

การศึกษาสมบัติบางประการและการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยหักมุก

STUDY ON SOME PROPERTIES AND UTILIZATION OF  
SILVER BLUGGOE BANANA

[*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla. (ABB group) cv.] FLOUR

ชาชูชัย ศรีพร  
CHANCHAI SRIPORN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

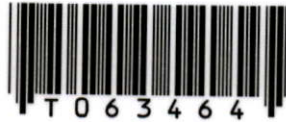
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2550-8

การศึกษาสมบัติบางประการและการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยหักมุก

STUDY ON SOME PROPERTIES AND UTILIZATION OF  
SILVER BLUGGOE BANANA

[*Musa acuminata x balbisiana* Colla. (ABB group) cv.] FLOUR

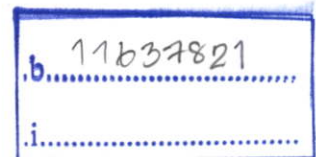


ชาญชัย ศรีพร

CHANCHAI SRIPORN

ฉพ.  
๕๔๘๖๗  
๒๕๔๙

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 63464  
วัน,เดือน,ปี..... 29 ส.ค. 2549



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2550-8

**STUDY ON SOME PROPERTIES AND UTILIZATION OF  
SILVER BLUGGOE BANANA  
[*Musa acuminata x balbisiana* Colla. (ABB group) cv.] FLOUR**

**CHANCHAI SRIPORN**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2006**

**ISBN 974-15-2550-8**

**COPYRIGHT 2006**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสมบัติบางประการและการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยหักมุก
นักศึกษา	นายชาญชัย ศรีพร
รหัสประจำตัว	44066015
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

### บทคัดย่อ

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยหักมุก [*Musa acuminata x balbisiana* Colla. (ABB group) cv. ; Silver Bluggoe] ที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน พบว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยจะมีความกว้าง ความยาว ความหนา น้ำหนักผล น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ ความถ่วงจำเพาะ และอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือกเพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาลดลง เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยหักมุก พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณเส้นใยและคาร์โบไฮเดรตลดลง ขณะที่ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น เมื่อตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยหักมุก พบว่าเม็ดแป้งกล้วยจะมีรูปร่างเป็นวงรีเรียวยาวไม่แน่นอนและมีขนาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20-70 ไมโครเมตร และเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้นเม็ดแป้งกล้วยก็จะมีขนาดและรูปร่างใหญ่ขึ้น แต่ความสามารถในการดูดซับน้ำ กำลังการพองตัว และการละลายจะลดลงจากการตรวจสอบคุณสมบัติด้านความหนืด พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันจนถึงอายุ 102 วัน จะมีค่า peak viscosity และค่า breakdown ลดลง ขณะที่ค่า trough ค่า final viscosity และค่า setback เพิ่มขึ้น โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีค่า peak viscosity และค่า breakdown มากที่สุด แต่มีค่า trough ค่า final viscosity และค่า setback น้อยที่สุด เมื่อนำแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ไปใช้ในการผลิตบะหมี่สด และนำแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน ไปใช้ในการผลิตปาท่องโก๋และแป้งชุบทอด โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะมีความเหนียวยืดหยุ่น และปริมาณการดูดซึมน้ำลดลง ขณะที่ปริมาณการสูญเสียในระหว่างการลวกเพิ่มขึ้น ส่วนปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น แต่จะมีปริมาณการละลาย และแป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารลดลง แต่จะมีความกรอบเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์เหล่านี้ พบว่าสามารถใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตได้ในปริมาณร้อยละ 20

<b>Thesis Title</b>	Study on Some Properties and Utilization of Silver Bluggoe Banana [ <i>Musa acuminata x balbisiana</i> Colla. (ABB group) cv.] Flour
<b>Student</b>	Mr. Chanchai Sriporn
<b>Student ID.</b>	44066015
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Programme</b>	Food Science
<b>Year</b>	2006
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Kittiphong Huangrak

### ABSTRACT

From the study on physical properties of banana [*Musa acuminata x balbisiana* Colla. (ABB group) cv. ; Silver Bluggoe] at 93 96 99 102 and 105 days old. The analytical results showed that when the fruit grew older the fruit width, length, thickness, weight, peel weight pulp weight, specific gravity and pulp weight to peel weight ratio increased while width to thickness ratio decreased. Regarding with the chemical compositions of flour, the analytical results showed that fiber content and carbohydrate decreased while moisture content, protein fat, ash and total sugar increased when the fruit grew older. The starch granules were rod-like lenticular shape with the size of 20-70  $\mu\text{m}$ . Size and shape of the starch granules in the banana flour increased with the fruit age but water absorption index, swelling power and solubility of banana flour will be decreased. From the pasting properties analysis, the results showed that peak viscosity and breakdown of the 93-102 days banana flour decreased while trough final viscosity and setback increased. The 105 days banana flour had high peak viscosity and breakdown but least trough, final viscosity and setback. The substitution of wheat flour with 105 days banana flour in fresh raw noodle and with 102 days banana flour in pa-thong-ko and frying batter at the level of 0 10 20 30 and 40%. The results showed that the elasticity and cooking weight of the noodle decreased while cooking loss increased and the firmness of pa-thong-ko increased while specific volume decreased with higher degree of substitution. The coating property of batter decreased while crispness increased when more banana flour was used. It was found that substitution of wheat flour in these products could be as high as 20%.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก รศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็น แนวคิดในการทำงาน และแนวทางการแก้ปัญหาในการทำวิจัยแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ และผศ.เขาวลัทธิ สุรพันธ์พิศิษฐ์ ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาในการศึกษา จนกระทั่งข้าพเจ้าประสบความสำเร็จในการศึกษาสูงสุดอีกระดับหนึ่ง

ขอขอบคุณ คุณปราโมทย์ โปษมรัตน์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์กัด้วยหักมุมเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่บริษัท จาร์พา จำกัด ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์กลางบางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณฉัฐธิญา ธิมา บริษัท ไทยนิสชิน เทคโนโลยี จำกัด ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกคน ที่เป็นกำลังใจให้กันและกัน รวมทั้งให้ความช่วยเหลือกันด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชาญชัย ศรีพร

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 กล้วย.....	4
2.2 กล้วยหักมุม.....	5
2.3 คณิตการเก็บเกี่ยว.....	6
2.4 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วย.....	8
2.5 แป้งกล้วย.....	11
2.6 บะหมี่.....	26
2.7 ปาท่องโก๋.....	33
2.8 แป้งชุบทอด.....	36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	43
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	43
3.2 สถานที่ดำเนินงาน.....	44
3.3 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง.....	44
3.4 วิธีการดำเนินงาน.....	45

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	52
4.1 ศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วย.....	52
4.2 ศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ ของแป้งกล้วย.....	57
4.3 ศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วย.....	79
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	104
บรรณานุกรม.....	107
ภาคผนวก.....	116
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์.....	117
ภาคผนวก ข แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส.....	132
ประวัติผู้เขียน.....	136

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การนับจำนวนวันที่ระยะต่าง ๆ ของกล้วยแต่ละสายพันธุ์.....	7
2.2 คุณค่าทางอาหารของกล้วยและกล้วย.....	9
2.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้า 3 พันธุ์ และกล้วยหักมุก.....	10
2.4 คุณค่าทางอาหารของแป้งกล้วยที่ผ่านกรรมวิธีการทำแห้งแบบต่าง ๆ.....	12
2.5 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่.....	13
2.6 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยสายพันธุ์ต่าง ๆ.....	18
2.7 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตโดยวิธีการต่างกัน.....	21
2.8 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ผ่านการให้ความร้อน ในระดับต่าง ๆ.....	23
2.9 ปริมาณส่วนผสมหลักและส่วนผสมรองในแป้งชูบทอดสูตรทั่วไป.....	37
3.1 ส่วนผสมในการผลิตมะพร้าวสด.....	48
3.2 ส่วนผสมในการผลิตปาตองโก้.....	49
3.3 ส่วนผสมในการผลิตแป้งชูบทอด.....	50
4.1 ผลของอายุผลกล้วยต่อความกว้าง ความยาว ความหนา และอัตราส่วน ระหว่างความกว้างต่อความหนาของผลกล้วยหักมุก.....	52
4.2 ผลของอายุผลกล้วยต่อน้ำหนักผล น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ อัตราส่วน ของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือก และความถ่วงจำเพาะของผลกล้วยหักมุก.....	53
4.3 ผลของอายุผลกล้วยต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของสีเปลือกและสีเนื้อของผลกล้วยหักมุก.....	55
4.4 ผลของอายุผลกล้วยต่อปริมาณผลผลิตของแป้งกล้วยหักมุก.....	57
4.5 ผลของอายุผลกล้วยต่อปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตของแป้งกล้วยหักมุก.....	59
4.6 ผลของอายุผลกล้วยต่อปริมาณสตาร์ช อะไมโลส และน้ำตาลทั้งหมด ของแป้งกล้วยหักมุก.....	61
4.7 ผลของอายุผลกล้วยต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแป้งกล้วยหักมุก.....	65
4.8 ผลของอายุผลกล้วยต่อความสามารถในการดูดซับน้ำและละลายน้ำ ของแป้งกล้วยหักมุก.....	68

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.9 ผลของอายุผลกล้วยต่อกำลังการพองตัวและการละลายของแป้งกล้วยหักมุก.....	70
4.10 ผลของอายุผลกล้วยต่อคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งกล้วยหักมุก.....	75
4.11 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วย ที่มีอายุ 105 วัน และแป้งสาลีเอนกประสงค์.....	80
4.12 ค่าสีของบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน.....	81
4.13 ค่าแรงต้านทานการดึงของบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย ในปริมาณต่างกัน.....	84
4.14 คุณภาพในการหุงต้มของบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย ในปริมาณต่างกัน.....	85
4.15 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลี ด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน.....	87
4.16 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วย ที่มีอายุ 102 วัน และแป้งสาลีเอนกประสงค์.....	90
4.17 ค่าสีภายนอกของปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน.....	91
4.18 ปริมาตรจำเพาะของปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน...	93
4.19 ค่าแรงตัดขาดของปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน.....	94
4.20 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลี ด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน.....	95
4.21 ค่าสีภายนอกของแป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย ในปริมาณต่างกัน.....	98
4.22 ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารของแป้งชุบทอดที่ทดแทน แป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน.....	100
4.23 ค่าการแตกหักของแป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย ในปริมาณต่างกัน.....	101
4.24 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแป้งชุบทอดที่ทดแทน แป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน.....	102
ก1 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส.....	123
ก2 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด.....	125

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	รูปร่างตามขวางของผลกล้วยเมื่ออายุต่างกัน..... 6
2.2	อัตราการทำแห้งของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ผ่านการนึ่งและไม่ผ่านการนึ่ง..... 14
2.3	Brabender Viscoamylograms ของ (1) แป้งกล้วยน้ำว้า และ (2) แป้งกล้วยหักมุก... 16
2.4	RVA Viscoamylograms ของแป้งกล้วยพันธุ์ Nanicao Nanica และ Ouro colatina..... 19
2.5	RVA Viscoamylograms ของแป้งกล้วยพันธุ์ Mysore..... 19
2.6	RVA Viscoamylograms ของแป้งกล้วยพันธุ์ Prata ana Prata comum Maca และ Ouro da mata..... 20
2.7	ลักษณะของเมล็ดสตาร์ชจากกล้วยน้ำว้า..... 21
2.8	รูปแบบการจัดเรียงตัวของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ..... 22
2.9	Brabender Viscoamylograms ของแป้งกล้วยหิน..... 23
2.10	กรรมวิธีการผลิตบะหมี่ตามแบบชาวเอเชีย..... 30
3.1	ขั้นตอนการผลิตแป้งกล้วย..... 46
4.1	ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกัน..... 64
4.2	สีของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกัน..... 67
4.3	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วัน..... 72
4.4	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 96 วัน..... 73
4.5	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 วัน..... 73
4.6	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน..... 74
4.7	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน..... 74
4.8	บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน (ก่อนลวก)..... 83
4.9	บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน (หลังลวก)..... 83
4.10	ปาต่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน..... 92

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.11	แป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน.....	99
ก1	กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส.....	124
ก2	กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด.....	125
ก3	ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA.....	128

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แป้งเป็นอาหารหลักที่ให้พลังงานสูงที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ ซึ่งอาหารทั้งหมดส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ข้าว ถั่วเขียว และขนมปัง จากคุณสมบัติเฉพาะของแป้งจึงได้มีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร ทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัวและเนื้อสัมผัสของอาหารจำพวกซอส ซุป และน้ำปรุงรสอาหาร ป้องกันเนื้อสัมผัสอาหารเสียรูปเนื่องจากกระบวนการแช่แข็งและคืนรูป (freeze-thaw) สภาวะกรด การทำพาสเจอร์ไรเซชัน (pasteurization) และสเตอริไรเซชัน (sterilization) นอกจากนี้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้วยังมีการนำแป้งมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมกาว และอุตสาหกรรมแป้งคัดแปร (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

วัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตแป้ง ได้แก่ พืชประเภทหัวและธัญพืชชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีผลไม้บางชนิดที่สามารถนำมาผลิตแป้งได้ เช่น ถั่วลิสง ซึ่งจัดเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทยและเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ประเทศไทยสามารถปลูกถั่วลิสงได้หลายชนิดและให้ผลผลิตเป็นจำนวนมากตลอดปี บางฤดูกาลมีผลผลิตของถั่วลิสงมากเกินไปเกินความต้องการของตลาด ทำให้บริโภคไม่ทันและเกิดปัญหาการขาดตลาด การแปรรูปถั่วลิสงจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาดได้

ถั่วลิสงหักมุกเป็นถั่วลิสงที่นำสนใจและน่าส่งเสริมให้มีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เนื่องจากถั่วลิสงหักมุกไม่นิยมนบริโภคสดและมีคุณสมบัติพิเศษที่ถั่วชนิดอื่นไม่มี คือ เนื้อผลแข็งและมีสีเหลือง เมื่อนำไปแปรรูปโดยการบั้ง เผา เชื่อม ทอด หรือฉาบน้ำตาล จะมีลักษณะปรากฏที่ดี เนื้อถั่วลิสงจะคงที่ไม่คืนตัวและมีสีเหลืองนวล (พานิชย์ ยศปัญญา, 2542) นอกจากนี้ถั่วลิสงยังมีคาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในรูปของสตาร์ช (starch) ในปริมาณสูง และเมื่อถั่วลิสงเริ่มสุกสตาร์ชจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเพื่อให้ความหวาน จึงได้มีการทดลองนำถั่วลิสงหักมุกคิบมาแปรรูปเป็นแป้งถั่วลิสง เนื่องจากแป้งถั่วลิสงเป็นแป้งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่สูงกว่าแป้งหลายชนิด เช่น แป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง และเนื่องจากเริ่มมีการใช้ประโยชน์จากแป้งถั่วลิสงกันมากขึ้น โดยเฉพาะแป้งถั่วลิสงหักมุกซึ่งมีกลิ่นเฉพาะตัวและมีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่สำคัญ คือ มีความสามารถในการรวมตัวกับน้ำได้ดี มีการละลายน้ำและพองตัวใสเมื่อได้รับความร้อน รวมทั้งยังมีปริมาณอะไมโลสสูงจึงทำให้มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถ

ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเหนียวในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวและขนมไทยบางชนิด (ฉันทนิสา รัตอาภา และคณะ, 2536)

โดยทั่วไปดัชนีการเก็บเกี่ยวของกล้วยจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีกายภาพและสรีรวิทยาของผล ความแก่อ่อนของผลจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของกล้วย เนื่องจากกล้วยที่มีอายุต่างกันจะมีสมบัติทางกายภาพและชีวเคมีแตกต่างกัน เมื่อนำไปแปรรูป แป้งกล้วยที่ได้น่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวบางประการที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วย รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วย เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อการแปรรูปเป็นแป้งกล้วยเพื่อให้มีองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้แป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลัก ประเภทขนมปังทองโก้ และแป้งชุบทอด ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลกล้วยที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย นอกจากนี้การใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีนั้นยังสามารถลดปริมาณการใช้แป้งสาลีลง ทำให้ช่วยลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศและลดต้นทุนการผลิตลงได้ รวมทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากกล้วยหักมุก ตลอดจนช่วยเพิ่มชนิดของแป้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอีกทางหนึ่งด้วย

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วย รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วย
- 1.2.2 เพื่อศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลกล้วยที่เหมาะสมต่อการแปรรูปเป็นแป้งกล้วย
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมปังทองโก้ และแป้งชุบทอด

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วย รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วย เพื่อใช้เป็นดัชนีกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อการแปรรูปเป็นแป้งกล้วยเพื่อให้มีองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมปังทองโก้ และแป้งชุบทอด

#### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลงานวิจัยนี้จะทำให้ทราบถึงดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลกล้วยหักมุกที่เหมาะสมต่อการแปรรูปเป็นแป้งกล้วย รวมทั้งความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมปัง ฟาฟองโก้ และแป้งชุบทอด ซึ่งจะเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภคและเป็นแนวทางให้มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป นอกจากนี้ก็ยังเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากกล้วยหักมุก ตลอดจนช่วยเพิ่มชนิดของแป้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอีกทางหนึ่งด้วย

## บทที่ 2

# งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 กล้วย

กล้วยเป็นพืชล้มลุกขนาดใหญ่ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Musa sapientum* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Musaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในแถบอากาศอบอุ่นและชุ่มชื้น เจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด เป็นพืชที่ปลูกง่ายไม่ยุ่งยากในการบำรุงรักษาและให้ผลผลิตตลอดปี จึงมีการขยายพันธุ์กันอย่างแพร่หลาย สำหรับประเทศไทยมีการปลูกกล้วยเพื่อบริโภคตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนถึงการปลูกเพื่อจำหน่ายในระดับอุตสาหกรรม จัดเป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรทั่วทุกภาค

กล้วยมีอยู่หลายชนิดดังนั้นจึงมีชื่อเรียกกันมากมาย ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้แบ่งกลุ่มกล้วยไว้เป็นกลุ่มใหญ่ 5 กลุ่ม ดังนี้ (สุนทรีย์ แสงสีโสตน, 2543)

1. กล้วยป่าออร์นาตา (wild ornata : *Musa ornata*) ในประเทศไทยปลูกมากแถบภาคเหนือ เรียกกันว่า กล้วยบัว แต่จังหวัดลำปางเรียกว่า กล้วยป่า

2. กล้วยป่าอะคิวมินาตา (wild acuminata : *Musa acuminata*) ในกลุ่มนี้มี 5 ชนิด ได้แก่ malaccensis microcarpa seamea banksii และ burmanica ปลูกแพร่หลายในประเทศไทย เรียกว่า กล้วยทองหรือกล้วยเข

3. กล้วยป่าบาลบิเซียนา (wild balbisiana : *Musa balbisiana*) ปลูกแพร่หลายทั่วประเทศ มีชื่อเรียกว่า กล้วยตานี

4. กล้วยพันธุ์อะคิวมินาตา (acuminata cultivars) กล้วยกลุ่มนี้มีหลายพันธุ์ เช่น กล้วยเล็บมือนาง กล้วยไข่ กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว กล้วยหอมค่อม

5. กล้วยลูกผสมอะคิวมินาตา กับ บาลบิเซียนา (acuminata balbisiana) พันธุ์กล้วยในกลุ่มนี้ได้แก่ กล้วยลังกา กล้วยน้ำ กล้วยหักมุก กล้วยน้ำว่า กล้วยส้ม

พันธุ์กล้วยในปัจจุบันเชื่อกันว่ามีวิวัฒนาการมาจากกล้วยป่า 2 ชนิด คือ *Musa acuminata* ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้ตัวอักษร AA แทน genome และ *Musa balbisiana* ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้ตัวอักษร BB แทน genome โดยกล้วยการค้าที่ปลูกกันอยู่ในปัจจุบันอาจมี chromosome เป็น diploid (2X) triploid (3X) หรือ tetraploid (4X) เช่น กล้วยในกลุ่ม genome ABB group ซึ่งเป็นกล้วยที่มาจากลูกผสมที่มี chromosome เป็น triploid (3X) คือ มีพ่อแม่มาจาก *Musa balbisiana* และ *Musa acuminata* โดยมี genome ของ A ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 33 (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2545)

## 2.2 กล้วยหักมุก

กล้วยหักมุก (silver bluggoe) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa acuminata x balbisiana* Colla. (ABB group) cv. จัดเป็นกล้วยในกลุ่ม genome ABB group มีปลูกเป็นการค้าทั่วไปในประเทศไทย ส่วนในต่างประเทศนิยมปลูกเป็นการค้าในชื่อ Bluggoe กล้วยหักมุกที่ปลูกกันในประเทศไทยมี 2 พันธุ์ คือ ชนิดสีนวลที่ผิวผลเรียกว่า กล้วยหักมุกขาว และชนิดไม่มีนวลที่ผิวผลเรียกว่า กล้วยหักมุกเขียว กล้วยทั้ง 2 ชนิดนี้มีปลูกทั่วไปทุกภาค แต่ส่วนใหญ่จะปลูกเป็นการค้าที่จังหวัดเพชรบุรีเพื่อทำเป็นกล้วยฉาบ กล้วยหักมุกโดยทั่วไปไม่นิยมบริโภคสด แต่ส่วนใหญ่จะนำไปเผาเชื่อม หรือฉาบน้ำตาล เนื่องจากเนื้อกล้วยมีสีเหลืองสวยกว่ากล้วยน้ำว่า กล้วยหักมุกเขียวนิยมใช้ทำกล้วยฉาบชนิดแฉนหรือแผ่น และกล้วยชั้นทอด เนื่องจากมีลักษณะปรากฏที่ดี ทอดแล้วเนื้อกล้วยมีสีเหลืองและกรอบ ส่วนกล้วยหักมุกขาวนิยมใช้ทำกล้วยปิ้งหรือกล้วยเผา กล้วยหักมุกทั้ง 2 พันธุ์ มีผลขนาดใหญ่ เปลือกหนา เมื่อสุกมีสีเหลืองอมน้ำตาลและมีนวลหนาที่เปลือกผล เนื้อผลสีส้ม รสอมเปรี้ยวเล็กน้อย ลำต้นสูงประมาณ 2.5-4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20-25 เซนติเมตร ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกถึงออกดอก 10 เดือน และระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกถึงเก็บเกี่ยว 3-4 เดือน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 6-7 หวีต่อเครือ จำนวนผลเฉลี่ย 13 ผลต่อหวี ขนาดผลโดยเฉลี่ยกว้าง 5.5 เซนติเมตร ยาว 13 เซนติเมตร (กวิศร์ วานิชกุล และคณะ, 2536)

กล้วยหักมุกเป็นกล้วยที่มีบทบาทสำคัญ และมีความผูกพันกับชีวิตคนไทยมาเป็นเวลานาน เนื่องจากเป็นกล้วยเพียงชนิดเดียวที่แพทย์แผนโบราณแนะนำให้ผู้ป่วยรับประทาน โดยเฉพาะกล้วยหักมุกเผา ซึ่งมีคุณสมบัติย่อยง่าย ระบายท้อง และให้พลังงานสูง ในปัจจุบันแพทย์ยังแนะนำให้ผู้ป่วยโรคแผลในกระเพาะอาหารรับประทานกล้วยหักมุกเผาแทนข้าว ซึ่งจะช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น นอกจากนี้กล้วยหักมุกเผายังมีวิตามินเอสูง และมีสรรพคุณในการรักษาโรคขาดวิตามินเอ โดยเฉพาะโรคเกี่ยวกับสายตา (ป.ประมณฑ์ปัญญา, 2526)

ศรีสมบัติ นวนพรัตน์สกุล และคณะ (2544) ศึกษาการใช้กล้วยหักมุกคิบในการป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร โดยการนำผลกล้วยหักมุกคิบมาหั่นเป็นชิ้น แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh เก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาศึกษาโดยการให้น้ำกลั่น แป้งข้าวโพดขนาด 1,250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไซเมธิตินขนาด 32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไมโซพลอสตอลขนาด 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และผงกล้วยหักมุกคิบในขนาด 750, 1,000 และ 1,250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แก่หนูขาว แล้วเหนี่ยวนำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหาร โดยให้แอสไพรินทางปากในขนาด 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ปริมาณผงกล้วยหักมุกคิบ 750, 1,000 และ 1,250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถลดขนาดของแผล ลดค่าเฉลี่ยของจำนวนแผล และเพิ่มค่าร้อยละของการยับยั้งได้ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้ ไซเมธิติน และไมโซพลอสตอล ( $p > 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับแป้งข้าวโพด พบว่า ผงกล้วยหักมุกคิบในขนาด 1,000

และ 1,250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ดีกว่าแป้งข้าวโพด ( $p < 0.05$  และ  $p < 0.01$  ตามลำดับ) คาดว่าปัจจัยหลักที่ผงกล้วยหักมุกคิบสามารถป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารที่เกิดจากการเหนียวน้ำด้วยแอสไพริน คือ ผลจากการที่ผงกล้วยหักมุกคิบไปป้องกันเยื่อกระเพาะอาหาร ทำให้ผลจากความเป็กรคของแอสไพรินลดลง

### 2.3 ดัชนีการเก็บเกี่ยว

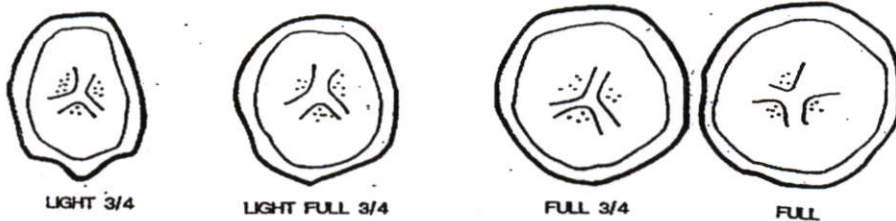
การเก็บเกี่ยวกล้วยมักจะเก็บเกี่ยวเมื่อกล้วยมีความแก่ต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การนำกล้วยไปใช้ เช่น เพื่อการส่งออกที่ต้องใช้ระยะเวลาเดินทางนานก็จะเก็บเกี่ยวเมื่อกล้วยยังมีเหล็ยมอยู่ คือ ยังแก่ไม่เต็มที่ มีความแก่ประมาณร้อยละ 70-80 แต่ถ้าส่งภายในประเทศควรเก็บเกี่ยวเมื่อแก่เต็มที่ ซึ่งมีมาตรฐานในการวัดความแก่ของกล้วยหลายวิธี เช่น มาตรฐานความแก่ของกล้วยขึ้นอยู่กับเหล็ยมของผลกล้วยดังนี้ (รูปที่ 2.1) (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2545)

Full หมายถึง ผลที่ไม่มีเหล็ยมเลยเรียกว่าแก่เต็มที่ร้อยละ 100

Full ¾ หมายถึง ผลที่มีเหล็ยมแต่ไม่ชัดเจน มีความแก่ประมาณร้อยละ 90

Light Full ¾ หมายถึง ผลที่มีเหล็ยมเห็นชัด มีความแก่ประมาณร้อยละ 80

Light ¾ หมายถึง ผลมีขนาดครึ่งหนึ่งของผลที่โตเต็มที่หรือมีความแก่ประมาณร้อยละ 70



รูปที่ 2.1 รูปร่างตามขวางของผลกล้วยเมื่ออายุต่างกัน

ที่มา : เบญจมาศ ศิลาชัย (2545)

การเก็บเกี่ยวมักจะเก็บเกี่ยวที่ความแก่ร้อยละ 80-100 ขึ้นกับตลาดและข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย อย่างไรก็ตามการดูความแก่ที่เหล็มนี่จะใช้ได้กับกล้วยที่รับประทานผลสดเท่านั้น เช่น กล้วยไข่และกล้วยหอม แต่ใช้ไม่ได้กับกล้วยหักมุก กล้วย และกล้วยหิน เนื่องจากกล้วยเหล่านี้จะมีเหล็ยมชัดเจนถึงแม้จะแก่เต็มที่ ดังนั้นจึงนิยมวัดความแก่ของกล้วยโดยนับจำนวนวันตั้งแต่กล้วยเริ่มแทงช่อดอกหรือแทงปลีจนถึงวันเก็บเกี่ยว ซึ่งกล้วยแต่ละสายพันธุ์จะมีค่าต่างกัน (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 การนับจำนวนวันที่ระยะต่าง ๆ ของกล้วยแต่ละสายพันธุ์

สายพันธุ์กล้วย	จำแนกตาม กลุ่ม (genome)	ออกดอกถึงให้ หวีสุกท้าย (วัน)	หวีสุกท้ายถึงวัน เก็บเกี่ยว (วัน)	ออกดอกถึงวัน เก็บเกี่ยว (วัน)
กล้วยไข่	AA	9.88	70.00	79.88
กล้วยเล็บมือนาง	AA	11.88	74.63	86.51
กล้วยหอมทอง	AAA	10.63	92.63	103.26
กล้วยหอมเขียวค่อม	AAA	15.00	97.88	112.88
กล้วยหักมุกขาว	ABB	14.50	132.50	147.00
กล้วยหักมุกเขียว	ABB	14.63	135.75	150.38
กล้วยน้ำว้าค่อม	ABB	20.50	116.75	137.25
กล้วยน้ำว้าขาว	ABB	19.00	133.88	152.88
กล้วยน้ำว้าแดง	ABB	19.00	128.00	147.00
กล้วยน้ำว้าเหลือง	ABB	21.38	126.00	147.38

ที่มา: คัดแปลงจาก กฤษดา สังข์สิงห์ (2536)

การนับจำนวนวันเช่นนี้เป็นวิธีการที่นิยมและเป็นที่ยอมรับได้ แต่ต้องทำมาเป็นเวลานานหลาย ๆ ปี ก่อนที่จะนำมาใช้ได้เพื่อให้ได้ผลที่แน่นอน จำนวนวันตั้งแต่เริ่มปลูก คอกบาน หรือเริ่มออกดอกจนกระทั่งถึงวันที่เก็บเกี่ยวได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งการนับจำนวนวันนี้จะได้ผลที่แน่นอนก็ต่อเมื่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในแต่ละปีมีน้อย และช่วงเวลาที่ดอกเริ่มบานหรือออกดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้ควรจะสั้นด้วย อย่างไรก็ตามการนับจำนวนวันดังกล่าวอาจเปลี่ยนแปลงไปตามพันธุ์ แหล่งปลูก ฤดูปลูก และการดูแลรักษา

นอกจากนี้การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกล้วย ก็เป็นวิธีที่ดีในการตัดสินความแก่หรือระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวได้เช่นกัน เพราะเป็นวิธีที่ค่อนข้างจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรสชาติของผลไม้ ในระยะแรกของการเจริญเติบโตของผลกล้วยหอมพันธุ์คาเวนดิช ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิงและน้ำตาลนัย-รีดิวซ์ซิงจะต่ำมาก หลังจากนั้น 115 วัน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดก็ยังคงต่ำอยู่ แต่เมื่อเริ่มแก่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยจะมีการเพิ่มปริมาณของกลูโคสและฟรุคโตส การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของน้ำตาลในผลกล้วยนี้จึงเป็นวิธีบอกความแก่ของกล้วยได้หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว ถ้าเก็บรักษากล้วยไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีการเพิ่มปริมาณของน้ำตาลมากขึ้น ส่วนปริมาณแป้งในเนื้อกล้วยจะเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 70 วัน จึงจะเริ่มลดลง ส่วนปริมาณของน้ำตาลทั้งหมด การปรากฏของกลูโคสและฟรุคโตส และการหยุดการเจริญของกล้วยสามารถใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้เป็นอย่างดี แต่การใช้องค์ประกอบทางเคมีเพียง

อย่างเคียวอาจให้ผลคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวิธีการดูแลรักษาในแปลงปลูกด้วย (คณัช บุญเกียรติ และนิธิยา รัตนานนท์, 2535)

จะเห็นได้ว่าการกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวของกล้วยนั้นยังไม่มีความชัดเจนที่แน่นอน แต่ยังมีวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้พิจารณาในการสังเกตอายุการเก็บเกี่ยวของกล้วยได้อีก เช่น คู่อากาศแห้งของขอบใบ ความเปราะของคอกที่แห้งติดปลายผล วัชอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อค่อน้ำหนักเปลือก วัชขนาดของผล และวัชความถ่วงจำเพาะของผล (ควงพร อัมศิริคณะ, 2536)

ชาติชาย รุฬักชี (2534) ศึกษาการเจริญเติบโตและดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลกล้วยไข่ พบว่าการเจริญเติบโตของผลหลังจากการปลีเปิดเต็มที่จนผลแก่เต็มที่ซึ่งใช้เวลา 52 วัน เป็นแบบ simple sigmoid curve ผลมีเหลี่ยมลดลงเมื่ออายุมากขึ้น และไม่ชัดเจนตั้งแต่อายุ 49 วัน เปลือกผลมีสีเขียวทองอ่อนขณะอายุ 0 วัน หลังจากนั้นเมื่ออายุ 14 วัน สีเปลือกเขียวขึ้นเรื่อย ๆ ค่อยๆ มีสีเขียวลดลงจนถึงสีเขียวทองอ่อนขณะผลแก่ ส่วนเนื้อผลเริ่มแรกมีสีขาว เมื่อผลอายุมากขึ้นจึงเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มในช่วงสุดท้าย ขณะผลอายุ 0 วัน ความถ่วงจำเพาะของผลมีค่ามากกว่า 1.00 หลังจากนั้นค่าลดลงต่ำกว่าและเท่ากับ 1.00 เมื่อผลอายุ 7 และ 14 วัน ตามลำดับ เมื่อผลอายุ 21 วันขึ้นไป ความถ่วงจำเพาะของผลมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า 1.00 อีกครั้ง ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solids) และปริมาณแป้งของเนื้อผลเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับร้อยละ 39.72 และ 27.50 ขณะผลอายุ 45 และ 35 วัน ตามลำดับ การสะสมปริมาณแป้งจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณของแข็งทั้งหมด ขณะที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugars) ในผลอายุ 0 ถึง 42 วัน มีปริมาณร้อยละ 0.157 หลังจากนั้นจึงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.717 และ 0.720 เมื่อผลอายุ 49 และ 52 วัน ตามลำดับ วัชของผลกล้วยไข่ที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวควรมีอายุระหว่าง 38 ถึง 45 วัน หลังจากการปลีเปิดเต็มที่ โดยมีลักษณะบ่งชี้ซึ่งสามารถสังเกตได้ คือ ผลยังคงมีเหลี่ยมปรากฏชัดเจน อัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาของผลมีค่าระหว่าง 1.10 ถึง 1.06 เปลือกผลมีสีเขียวทองอ่อน (yellow green 144B) เนื้อผลมีสีเหลืองอ่อน (yellow 12D) และอัตราส่วนระหว่างเนื้อผลต่อเปลือกมีค่าระหว่าง 1.85 ถึง 2.28

## 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วย

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณวิตามิน เกลือแร่ และให้พลังงานสูง จึงเหมาะกับการบริโภคสำหรับทุกเพศทุกวัย กล้วยส่วนใหญ่รับประทานได้ทั้งผลดิบและสุก แต่มีกล้วยประมาณครึ่งหนึ่งของชนิดกล้วยที่มีในโลกที่ต้องทำให้สุกด้วยความร้อนก่อนจึงจะมีรสชาติดี เรียกว่ากล้วย ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับกล้วยแต่ให้คาร์โบไฮเดรตและพลังงานมากกว่า กล้วยเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงใกล้เคียงกับมันฝรั่ง แต่จะมีไขมัน คอลเรสเตอรอล และเกลือแร่ต่ำ จึงเหมาะสำหรับเป็นอาหารของคนที่ลดความอ้วน กล้วยมีแคลเซียมเพียงเล็กน้อย

แต่มีโปแตสเซียมอยู่สูง จึงช่วยป้องกันโรคความดันเลือดสูงได้ กล้วยมีไขมันต่ำแต่ให้พลังงานสูง จึงเป็นอาหารที่แนะนำสำหรับคนชรา ผู้ป่วยโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร และเด็กที่ท้องเสียบ่อย ๆ นอกจากนี้กล้วยยังมีวิตามินเอ บีหก และซี จึงสามารถช่วยลดกรดในกระเพาะอาหารซึ่งเกิดจากความเครียดได้ ซึ่งคณะที่ปรึกษาของการวิจัยทางด้านเกษตรนานาชาติ (Consultative Group on International Agricultural Research /CGIAR) ภายใต้การสนับสนุนของโครงการพัฒนาแห่งองค์การสหประชาชาติ (United Nations Development Programme / UNDP) ได้จัดลำดับความสำคัญของกล้วยและกล้วย (banana and plantain) ว่าเป็นอาหารที่ประชากรโลกบริโภคสูงเป็นอันดับ 4 ของในแง่ปริมาณการผลิตรวมรองจากข้าว ข้าวสาลี และนม ตามลำดับ (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2545)

## ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของกล้วยและกล้วย

องค์ประกอบ	กล้วย (banana)	กล้วย (plantain)
<b>ส่วนประกอบของอาหาร (ร้อยละน้ำหนักสด)</b>		
น้ำ	75.7	66.4
คาร์โบไฮเดรต	22.2	31.2
โปรตีน	1.1	1.1
ไขมัน	0.2	0.4
เถ้า	0.8	0.9
<b>แร่ธาตุ (ต่อน้ำหนักสด 100 มิลลิกรัม)</b>		
ฟอสฟอรัส	27	32
โปแตสเซียม	460	440
แคลเซียม	7	14
แมกนีเซียม	36	32
ซัลเฟอร์	34	24
<b>วิตามิน (ต่อน้ำหนักสด 100 มิลลิกรัม)</b>		
วิตามิน เอ	ปานกลาง	มาก
วิตามิน บี 1 (thiamine)	0.04	0.05
วิตามิน บี 2 (riboflavin)	0.07	0.05
วิตามิน บี (pantothenic acid)	0.26	0.37
วิตามิน บี 6 (pyridoxine)	0.51	0.37
วิตามิน ซี (ascorbic acid)	10	20

ที่มา : Robinson (1996)

วิไลลักษณ์ รัตอากา และคณะ (2532) ศึกษาคุณค่าทางอาหารของกล้วยในกลุ่ม ABB บางชนิด คือ กล้วยน้ำว้า 3 พันธุ์ (พันธุ์ไข่ขาว พันธุ์ไข่เหลือง และพันธุ์ไข่แดง) และกล้วยหักมุก 1 พันธุ์ ทั้งดิบและสุกที่ปลูกในสถานีวิจัยปากช่อง (ตารางที่ 2.3) พบว่าขณะกล้วยสุก กล้วยน้ำว้าทั้ง 3 พันธุ์ และกล้วยหักมุก จะมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่า กล้วยน้ำว้าทั้ง 3 พันธุ์ และกล้วยหักมุก จะมีปริมาณแป้งลดลง แต่มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยสุก โดยกล้วยที่มีอายุร้อยละ 75 ของอายุกล้วยสุกจะมีปริมาณแป้งมากที่สุดและมีปริมาณน้ำตาลน้อยที่สุด ด้านปริมาณเกลือแร่ พบว่า เมื่อกล้วยทั้งสองชนิดสุกจะมีปริมาณฟอสฟอรัสลดลง แต่มีแคลเซียมเพิ่มขึ้น ด้านปริมาณวิตามิน พบว่า ปริมาณวิตามินซีของกล้วยน้ำว้าจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระยะที่กล้วยใกล้สุกและเริ่มลดลงเมื่อกล้วยน้ำว้าสุกอย่างสมบูรณ์ แต่ปริมาณวิตามินซีของกล้วยหักมุกจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยสุก ส่วนปริมาณวิตามินเอของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุกจะมีสูงมากเมื่อกล้วยดิบและเริ่มลดลงเมื่อกล้วยสุกมากขึ้น ขณะที่กล้วยยังดิบอยู่ พบว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่ได้แก่แป้ง และแป้งนี้จะเริ่มเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมากขึ้นเมื่อกล้วยสุกเต็มที่

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้า 3 พันธุ์ และกล้วยหักมุก

ตัวอย่างกล้วย (100 กรัม)	ร้อยละอายุ กล้วยสุก	ส่วนประกอบ (ร้อยละ โดยน้ำหนักเปียก)					
		ความชื้น	ไขมัน	เส้นใย	โปรตีน	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
กล้วยน้ำว้าไข่ ขาว	75	64.28	0.29	0.38	0.87	0.73	33.45
	90	64.92	0.31	0.41	0.74	0.87	32.75
กล้วยน้ำว้าไข่ เหลือง	กล้วยสุก	69.36	0.38	0.57	0.73	0.95	28.02
	75	66.32	0.28	0.38	0.84	0.72	31.45
กล้วยน้ำว้าไข่ แดง	90	67.01	0.31	0.43	0.70	0.79	30.76
	กล้วยสุก	69.54	0.38	0.59	0.70	0.91	27.87
กล้วยหักมุก	75	65.39	0.26	0.34	0.86	0.73	32.41
	90	65.39	0.35	0.46	0.71	0.85	31.37
กล้วยหักมุก	กล้วยสุก	66.25	0.37	0.55	0.70	0.91	27.92
	75	63.19	0.25	0.45	1.20	0.65	34.27
	90	66.23	0.34	0.55	0.98	0.75	31.15
	กล้วยสุก	69.54	0.35	0.67	0.98	0.93	27.53

ที่มา : คัดแปลงจาก วิไลลักษณ์ รัตอากา และคณะ (2532)

## 2.5 แป้งกล้วย

แป้งกล้วยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกล้วยดิบมาแปรรูปเป็นแป้ง เนื่องจากในกล้วยดิบจะมีปริมาณแป้งมาก แป้งกล้วยมีการผลิตและจำหน่ายในตลาดท้องถิ่นมาก่อน และเริ่มผลิตเป็นอุตสาหกรรมเมื่อปี 1982 ในประเทศอิเควดอร์จากกล้วยหอมกลุ่มคาเวนดิช ซึ่งพบว่ามีแป้งร้อยละ 48 ของน้ำหนักแห้ง หรือร้อยละ 12.7 ของน้ำหนักสด และเริ่มผลิตเป็นอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศอิเควดอร์และคอสตาริกา โดยมีการผลิตแป้งกล้วยปีละประมาณ 850 และ 2,700 ตัน ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเด็กทารกและคนชรา ปัจจุบันการนำกล้วยมาแปรรูปเป็นแป้งกล้วยนับเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ เนื่องจากมีประชากรโลกจำนวนมากนิยมใช้บริโภคแทนข้าว (เดช วัฒนชัยยังเจริญ, 2542)

การทำแป้งจากกล้วยอาจใช้ทั้งกล้วยดิบและกล้วยสุก โดยหั่นเนื้อผลเป็นชิ้นบาง ๆ ผึ่งแดดให้แห้ง แล้วนำมาบดให้ละเอียด แป้งที่ทำจากกล้วยดิบเรียกว่า แป้งกล้วย (banana flour) ซึ่งมีส่วนประกอบของปริมาณแป้งสูง มีน้ำตาลต่ำ ส่วนแป้งที่ทำจากกล้วยสุกเรียกว่า กล้วยผง (banana powder) ซึ่งมีปริมาณแป้งต่ำ มีน้ำตาลสูง กล้วยผงจึงเหมาะสำหรับใช้ทำเป็นอาหารทารก (infant diets) (วิจิตร วังน, 2530)

แป้งกล้วยที่นำมาประกอบอาหารนั้นอาจนำไปผสมกับแป้งสาลีเพื่อทำขนมเค้กหรือขนมปัง แต่ไม่สามารถใช้แป้งกล้วยเพียงอย่างเดียวได้เนื่องจากแป้งกล้วยไม่มีกลูเตน (gluten) ซึ่งทำให้แป้งเหนียวหรือมีความยืดหยุ่น นอกจากนี้ยังสามารถนำแป้งกล้วยมาทำขนมไทยได้หลายชนิด เช่น ขนมกล้วย ขนมบัวลอย ขนมต้ม เป็นต้น (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2545)

### 2.5.1 วิธีการผลิต

Rodriguez - Sosa *et al.* (1977) ศึกษาปัจจัยในการทำแห้งที่มีผลต่อการผลิตแป้งกล้วย โดยนำกล้วยที่ยังมีเปลือกสีเขียวมานึ่งในหม้อความดันไอน้ำที่ความดัน 5.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่อปอกเปลือก ตัดกล้วยเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก แล้วนำไปแช่ในสารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 1,000 ppm ที่ปรับ pH เป็น 3.3 ด้วยกรดซิตริก เป็นเวลา 4 นาที จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบตู้ (cabinet dryer) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วบดเป็นผงผ่านตะแกรงที่มีขนาด 60 mesh ด้วยเครื่องบด ได้แป้งกล้วย บรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน (polyethylene) แล้วเก็บรักษาไว้ในกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 57 พบว่าการใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 93.3 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาการทำแห้ง 6 ชั่วโมง โดยวางชิ้นกล้วยบนถาดอบแห้งปริมาณ 2.95 กิโลกรัม ภายในเครื่องอบแห้งให้ความหนาของชั้น 0.9 กรัมต่อตารางเซนติเมตร จะมีอัตราการแห้งเร็วกว่า ทำให้แป้งกล้วยที่ได้มีลักษณะดี มีความชื้นต่ำ และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่า 13 สัปดาห์

สิริประภา กลั่นกลั่น และคณะ (2529) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ผลิตจากกรรมวิธีการทำแห้งด้วยแสงแดด ใช้ตู้อบแบบธรรมดา และใช้ตู้อบแบบสุญญากาศ โดยนำกล้วยน้ำว้าดิบมาปอกเปลือก ล้างน้ำและแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้มีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร จากนั้นจึงแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งนำมาตากแดด 1-2 วัน ส่วนที่สองนำเข้าสู่ตู้อบแบบธรรมดาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และส่วนที่สามนำเข้าสู่ตู้อบแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำกล้วยที่ผ่านการทำแห้งแต่ละวิธีมาบดด้วยเครื่องตีปั่นให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 30 mesh ได้แป้งกล้วยน้ำว้า พบว่า แป้งกล้วยที่ใช้วิธีทำแห้งแบบสุญญากาศมีคุณภาพดีที่สุด คือ มีสีขาว มีความชื้นต่ำ มีคาร์โบไฮเดรตและพลังงานสูงสุด (ตารางที่ 2.4) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและการพองตัวใกล้เคียงกับแป้งข้าวเจ้า

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางอาหารของแป้งกล้วยที่ผ่านกรรมวิธีการทำแห้งแบบต่าง ๆ

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	ตากแดด	ตู้อบธรรมดา	ตู้อบสุญญากาศ
ความชื้น	11.29	9.89	7.00
โปรตีน	2.59	2.22	2.60
ไขมัน	0.10	0.37	0.37
เส้นใย	1.40	1.35	1.56
เถ้า	2.22	1.68	1.81
คาร์โบไฮเดรต	82.40	84.49	86.66
พลังงาน (calories)	340.86	350.17	360.37

ที่มา : คัดแปลงจาก สิริประภา กลั่นกลั่น และคณะ (2529)

กรรมา วงษ์กระจ่าง และคณะ (2539) ศึกษาผลของการใช้ความร้อนในการนึ่งกล้วยหอมและกล้วยไข่ดิบต่อคุณภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตได้ โดยการแบ่งกล้วยหอมและกล้วยไข่ดิบเป็น 2 ส่วน กล้วยส่วนที่หนึ่งนำมานึ่งในหม้อความดันไอน้ำที่มีอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ขณะที่กล้วยอีกส่วนหนึ่งไม่ผ่านการนึ่ง จากนั้นนำกล้วยมาปอกเปลือกและหั่นเนื้อกล้วยเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปแช่ในสารละลายกรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ผึ่งบนตะแกรงแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส บดเป็นผงด้วยเครื่อง Pin Mill และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh ได้แป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่ที่ผ่านการนึ่งและไม่ผ่านการนึ่ง พบว่าการนึ่งกล้วยมีผลทำให้แป้ง (starch) บางส่วนเกิดการเจลาติไนเซชัน และทำให้แป้งกล้วยที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water retention capacity) สูงขึ้น แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

(oil retention capacity) ลดลง นอกจากนี้การนึ่งกล้วยยังมีผลต่อสีของแป้งกล้วยที่ได้ โดยทำให้แป้งกล้วยมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) สูงขึ้น (ตารางที่ 2.5)

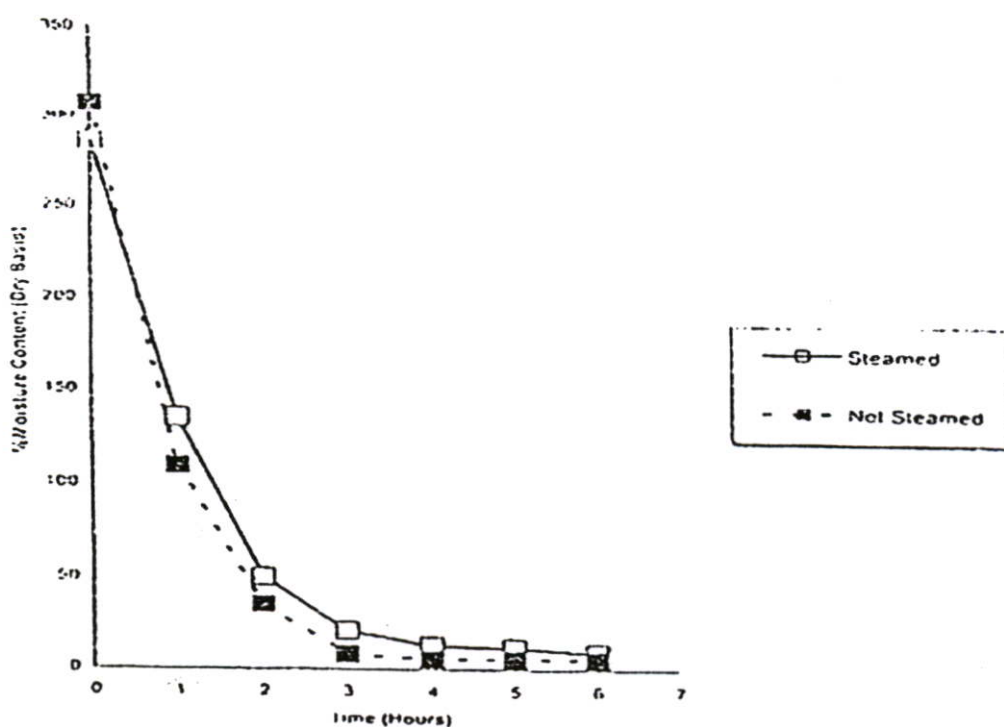
ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่

คุณสมบัติทางกายภาพ	แป้งกล้วยหอม		แป้งกล้วยไข่	
	ผ่านการนึ่ง	ไม่ผ่านการนึ่ง	ผ่านการนึ่ง	ไม่ผ่านการนึ่ง
ความสามารถในการอุ้มน้ำ	2.72	2.00	2.62	1.50
ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน	0.81	0.94	0.87	0.78
ค่าความสว่าง (L)	89.36	89.09	87.14	89.28
ค่าสีแดง (a)	1.28	1.18	1.38	0.72
ค่าสีเหลือง (b)	10.08	7.54	14.72	6.93

ที่มา : คัดแปลงจาก กรูณา วงษ์กระจ่าง และคณะ (2539)

กุลยา จันทร์อรุณ (2540) ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการลวกกล้วยน้ำว้า เพื่อช่วยในการปอกเปลือก พบว่า การลวกกล้วยที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทำให้ปอกเปลือกได้ง่าย เนื้อกล้วยไม่ติดเปลือกและมีสีขาว เมื่อผลิตเป็นแป้งกล้วยจะได้ผลผลิตมากที่สุด และยังกล่าวถึงวิธีการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าไว้ดังนี้ คือ นำกล้วยน้ำว้าดิบที่แก่เต็มที่มาล้างน้ำ แล้วนำไปลวกที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นแช่น้ำเย็นทันที ปอกเปลือกแล้วแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 20 นาที หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ตามขวางให้มีความหนา 0.5 เซนติเมตร นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จากนั้นบดเป็นผงด้วยเครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh ได้แป้งกล้วยน้ำว้า บรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน นอกจากนี้ยังกล่าวว่าการผลิตแป้งกล้วยระดับอุตสาหกรรมในปริมาณมากควรใช้วิธีการผลิตแบบเปียก โดยการนำกล้วยดิบมาล้างน้ำและปอกเปลือก จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไปลวกที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นพร้อม กับน้ำสะอาดในอัตราส่วนสองเท่าของเนื้อกล้วย นำกล้วยที่ปั่นแล้วบรรจุใส่ภาชนะเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน รินน้ำใสที่อยู่ส่วนบนทิ้ง นำส่วนที่ตกตะกอนมาไล่น้ำออกโดยใช้วัตถุที่มีน้ำหนักกดทับ อบให้แห้งแล้วบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบด ได้แป้งกล้วยที่ผลิตแบบเปียก

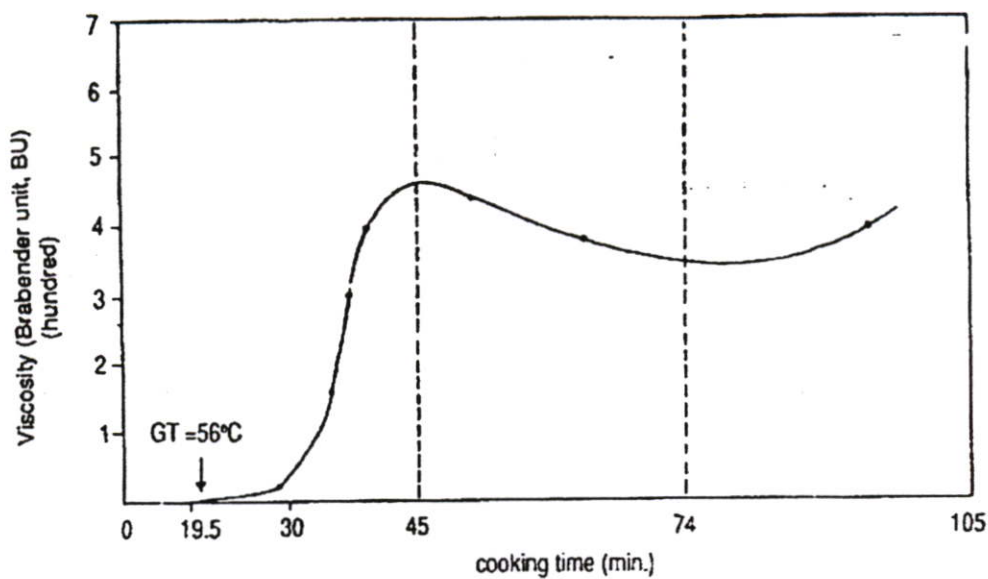
Muyonga *et al.* (2001) ศึกษาผลของการนึ่งกล้วยต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย โดยนำกล้วยที่มีความแก่ประมาณร้อยละ 90 และ 100 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน กล้วยส่วนที่หนึ่งนำมาล้างน้ำแล้วนึ่งในหม้อความดันไอน้ำที่ความดัน 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 7 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที กล้วยอีกส่วนหนึ่งนำมาล้างน้ำโดยไม่ผ่านการนึ่ง จากนั้นจึงปอกเปลือกกล้วยทั้งหมดและหั่นเนื้อกล้วยเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (hot air dryer) ที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นลดลงเหลือประมาณร้อยละ 12 จากนั้นจึงบดเป็นผงผ่านตะแกรงที่มีขนาด 60 mesh โดยเครื่อง Hammer Mill ได้แป้งกล้วย พบว่า แป้งกล้วยที่ผ่านการนึ่งมีอัตราการทำแห้งช้ากว่าแป้งกล้วยที่ไม่ผ่านการนึ่ง(รูปที่ 2.2) เนื่องจากแป้งในกล้วยที่ผ่านการนึ่งบางส่วนเกิดการเจลาติไนเซชัน จึงช่วยเพิ่มความสามารถในการละลาย ความหนาแน่น และคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ ขณะที่คุณสมบัติในด้านความหนืด การคืนตัว และสีมีค่าลดลง



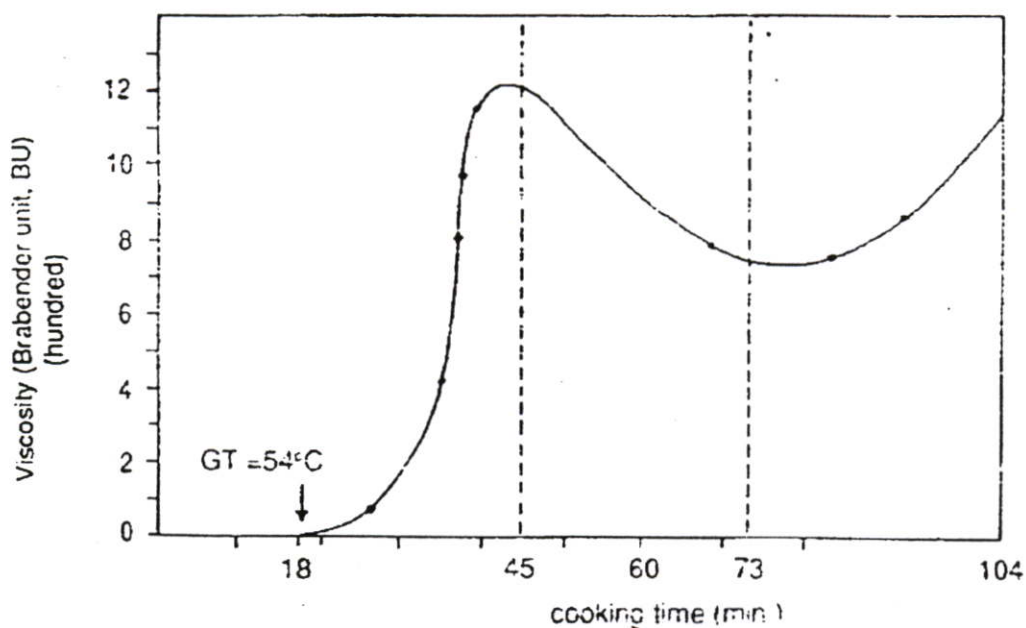
รูปที่ 2.2 อัตราการทำแห้งของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ผ่านการนึ่งและไม่ผ่านการนึ่ง  
ที่มา : Muyonga *et al.* (2001)

### 2.5.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

ญาติศา รัตอภา และคณะ (2536) ศึกษาคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุกโดยใช้เครื่อง Brabender Viscoamylograph ที่ความเข้มข้นของของผสมระหว่างแป้งกล้วยกับน้ำร้อยละ 10 โดยศึกษาที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่า แป้งกล้วยน้ำว้ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสตาร์ชข้าวเจ้า (รูปที่ 2.3(1)) โดยมีค่า peak viscosity และค่า breakdown ต่ำเหมือนสตาร์ชข้าวเจ้า คือ แป้งกล้วยน้ำว้าและสตาร์ชข้าวเจ้ามีค่า peak viscosity เท่ากับ 470 และ 543 Brabender Unit และมีค่า breakdown เท่ากับ 125 และ 223 Brabender Unit ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยน้ำว้าและสตาร์ชข้าวเจ้าเกิดการแตกตัวยาก พองตัวน้อย และเมื่อบดแป้งมีความคงทนต่อการกวน นอกจากนี้แป้งกล้วยน้ำว้ายังมีค่า final viscosity ต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 500 Brabender Unit จึงทำให้ของผสมที่ได้มีลักษณะไม่เหนียวหนืด ส่วนแป้งกล้วยหักมุกมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสตาร์ชข้าวเหนียว (รูปที่ 2.3(2)) โดยมีค่า peak viscosity และค่า breakdown สูงเหมือนสตาร์ชข้าวเหนียว คือ แป้งกล้วยหักมุกและสตาร์ชข้าวเหนียวมีค่า peak viscosity เท่ากับ 1,215 และ 818 Brabender Unit และมีค่า breakdown เท่ากับ 485 และ 513 Brabender Unit ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยหักมุกและสตาร์ชข้าวเหนียวเกิดการแตกตัวง่าย พองตัวมาก และเมื่อบดแป้งไม่มีความคงทนต่อการกวน นอกจากนี้แป้งกล้วยหักมุกยังมีค่า final viscosity สูง โดยมีค่าเท่ากับ 1,130 Brabender Unit จึงทำให้ของผสมที่ได้มีลักษณะเหนียวหนืดมาก



(1)



(2)

รูปที่ 2.3 Brabender Viscoamylograms ของ (1) แป้งกล้วยน้ำว้า และ (2) แป้งกล้วยหักมุก เมื่อตรวจสอบที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

เมื่อ GT คือ อุณหภูมิในการเกิดเจลาคีโนเซชัน (องศาเซลเซียส)

PV คือ ความหนืดสูงสุด (Brabender Unit)

$V_{95}$  คือ ความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

$V_{50}$  คือ ความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

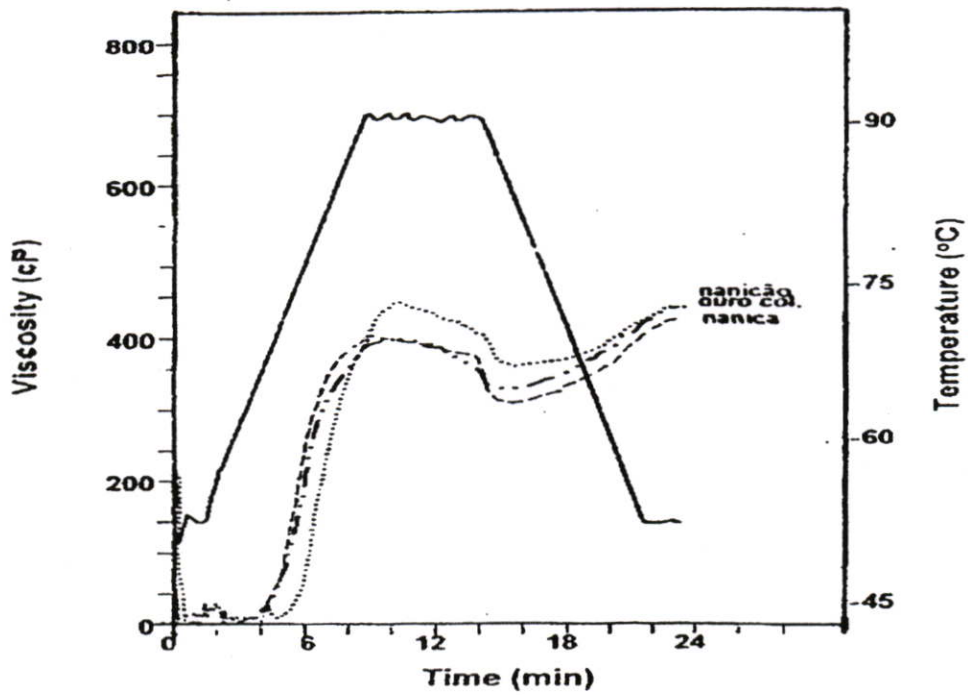
ที่มา : ญานิสรา รัตอาภา และคณะ (2536)

Mota *et al.* (2000) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยจากกล้วย 8 พันธุ์ คือ พันธุ์ Ouro colatina (AA) Nanica (AAA) Nanicao (AAA) Prata ana (AAB) Prata comum (AAB) Mysore (AAB) Maca (AAB) และ Ouro da mata (AAAB) ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี freeze drying พบว่า แป้งกล้วยทั้ง 8 พันธุ์ ประกอบด้วยปริมาณสตาร์ชร้อยละ 61-76.5 อะไมโลสร้อยละ 19-23 ความชื้นร้อยละ 4-6 โปรตีนร้อยละ 2.5-3.3 ไขมันร้อยละ 0.3-0.8 เถ้าร้อยละ 2.6-3.5 และเส้นใยร้อยละ 6-15.5 (ตารางที่ 2.6) ส่วนการตรวจสอบการเกิดเจลลิตีในเซชันของแป้งกล้วยโดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) พบว่า อุณหภูมิในการเกิดเจลลิตีในเซชันของแป้งกล้วยทั้ง 8 พันธุ์แตกต่างกันเล็กน้อยโดยอยู่ระหว่าง 68-76 องศาเซลเซียส ในขณะที่การตรวจสอบคุณสมบัติด้านความหนืดของของผสมระหว่างแป้งกล้วยกับน้ำที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) โดยเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 95 องศาเซลเซียส ในเวลา 7.5 นาที และคงอุณหภูมิไว้ที่ 95 องศาเซลเซียส ในเวลา 5 นาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิลงจนถึง 50 องศาเซลเซียส ในเวลา 7.5 นาที และคงอุณหภูมิไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 นาที พบว่า สามารถจำแนกแป้งกล้วยโดยพิจารณาจากลักษณะเส้นโค้งความหนืดได้ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 แป้งกล้วยที่มีความคงทนต่อการกวนซึ่งมีความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุดน้อย ได้แก่ แป้งกล้วยพันธุ์ Nanicao Nanica และ Ouro colatina (รูปที่ 2.4) แบบที่ 2 แป้งกล้วยที่มีความคงทนต่อการกวนและมีความหนืดสูง ได้แก่ แป้งกล้วยพันธุ์ Mysore (รูปที่ 2.5) และแบบที่ 3 แป้งกล้วยที่มีความคงทนต่อการกวนต่ำซึ่งมีความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุดมาก ได้แก่ แป้งกล้วยพันธุ์ Prata ana Prata comum Maca และ Ouro da mata (รูปที่ 2.6)

ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยสายพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์กล้วย	โปรตีน (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	เส้นใยที่ ละลายได้ (ร้อยละ)	เส้นใยที่ ไม่ละลาย (ร้อยละ)	สตาร์ช (ร้อยละ)	อะไมโลส (ร้อยละ)	อะไมโลเพคติน (ร้อยละ)
Prata comum	2.5±0.02	5.58±0.43	0.58±0.48	2.8±0.06	3.05±0.12	7.41±0.4	72.4±3.6	20.3±2.0	52.1
Ouro da mata	2.8±0.13	4.69±0.36	0.33±0.35	2.6±0.06	2.10±0.15	6.85±0.2	65.7±2.8	21.9±2.2	43.8
Nanica	2.8±0.19	6.17±0.13	0.78±0.51	3.5±0.06	2.39±0.10	5.37±0.2	76.5±2.9	22.2±1.3	54.3
Nanicao	2.6±0.20	4.17±0.42	0.82±0.47	3.0±0.06	2.18±0.09	4.10±0.1	76.1±3.7	21.7±2.6	54.4
Prata ana	2.9±0.04	4.97±0.40	0.47±0.29	2.9±0.06	2.31±0.13	6.55±0.2	68.2±4.0	22.4±1.5	45.8
Mysore	2.6±0.06	4.92±0.45	0.42±0.24	3.2±0.06	2.98±0.29	12.56±0.2	61.3±6.9	18.8±2.2	42.5
Maca	3.3±0.10	3.91±0.37	0.52±0.28	2.7±0.10	2.42±0.16	8.86±0.3	64.9±2.5	19.7±2.5	45.2

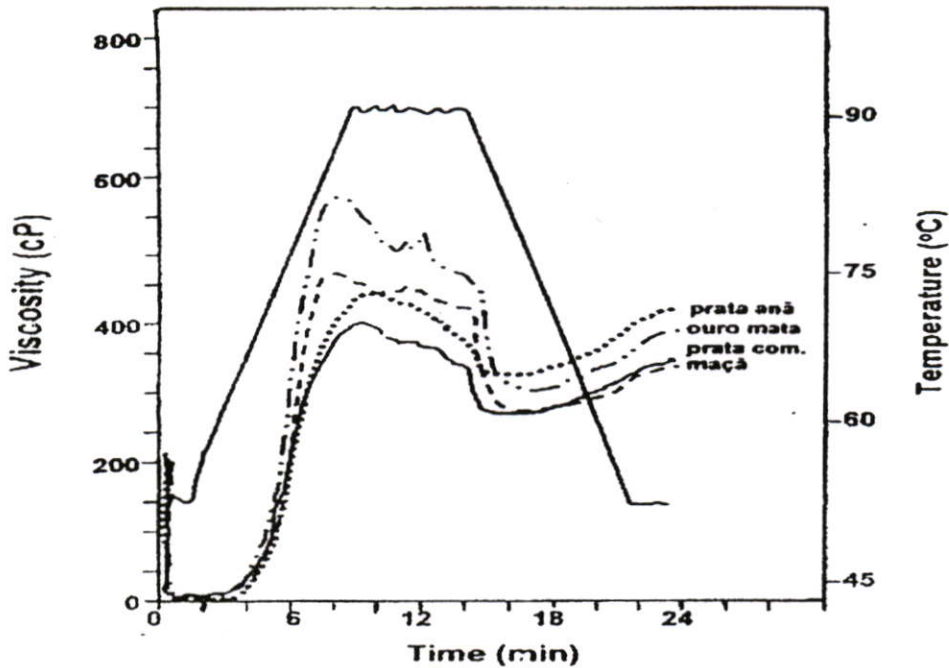
ที่มา : Mota *et al.* (2000)



รูปที่ 2.4 RVA Viscoamylograms ของแป้งกล้วยพันธุ์ Nanicao Nanica และ Ouro colatina  
ที่มา : Mota *et al.* (2000)



รูปที่ 2.5 RVA Viscoamylograms ของแป้งกล้วยพันธุ์ Mysore  
ที่มา : Mota *et al.* (2000)



รูปที่ 2.6 RVA Viscoamylograms ของแป้งกล้วยพันธุ์ Prata ana Prata comum Maca และ Ouro da mata

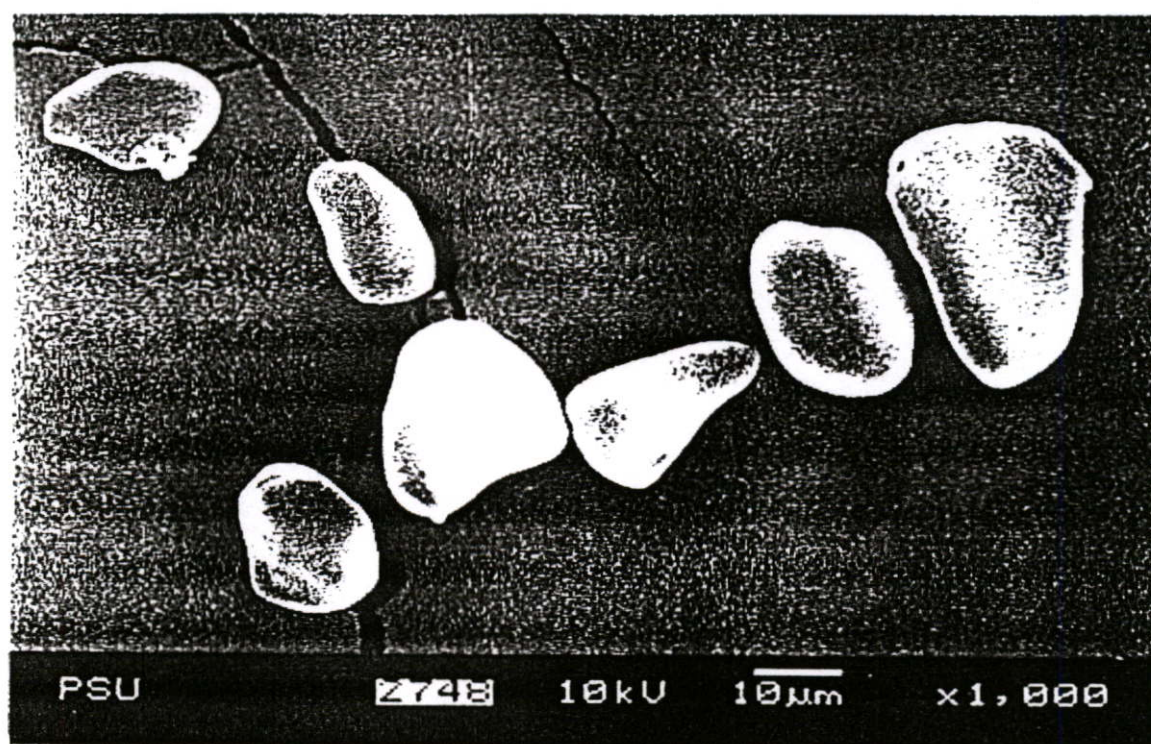
ที่มา : Mota *et al.* (2000)

จันทิมา ชนะพันธ์ และพิกุล สุกแดง (2544) ศึกษาชนิดของกล้วยและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณสมบัติทางชีวเคมีและกายภาพของแป้งกล้วย โดยการนำกล้วยน้ำว้า กล้วยหอม และกล้วยไข่ที่มีระดับความแก่ร้อยละ 80 มาผลิตแป้งกล้วยด้วยวิธีการแบบแห้งและแบบเปียก พบว่าแป้งกล้วยน้ำว้าที่ผลิตแบบแห้งมีปริมาณแป้งสูงสุด คือ ร้อยละ 47.5 เมื่อนำมาผลิตเป็นสตาร์ชจากกล้วยน้ำว้า และศึกษาถึงลักษณะของเม็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์ Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่า เม็ดแป้งมีรูปร่างไม่แน่นอน ส่วนใหญ่มีลักษณะรี ขนาดของเม็ดแป้งมีความกว้างประมาณ 10-25 ไมโครเมตร และยาวประมาณ 20-60 ไมโครเมตร (รูปที่ 2.7) เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer พบว่าแป้งกล้วยและสตาร์ชจากกล้วยน้ำว้ามีโครงสร้างผสมระหว่างชนิดเอและบี (รูปที่ 2.8) และมีอุณหภูมิในการเกิดเจลลิตในเซชันอยู่ในช่วง 68-78 องศาเซลเซียส เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า แป้งกล้วยน้ำว้าที่ผลิตแบบแห้งมีความหนืดมากที่สุด คือ 1,360 รอบต่อวินาที แป้งกล้วยน้ำว้าที่ผลิตแบบเปียกมีกำลังการพองตัวน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 62.25 และแป้งกล้วยไข่ที่ผลิตแบบเปียกมีความสามารถในการละลายมากที่สุด คือ ร้อยละ 20.24 (ตารางที่ 2.7)

ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตโดยวิธีการต่างกัน

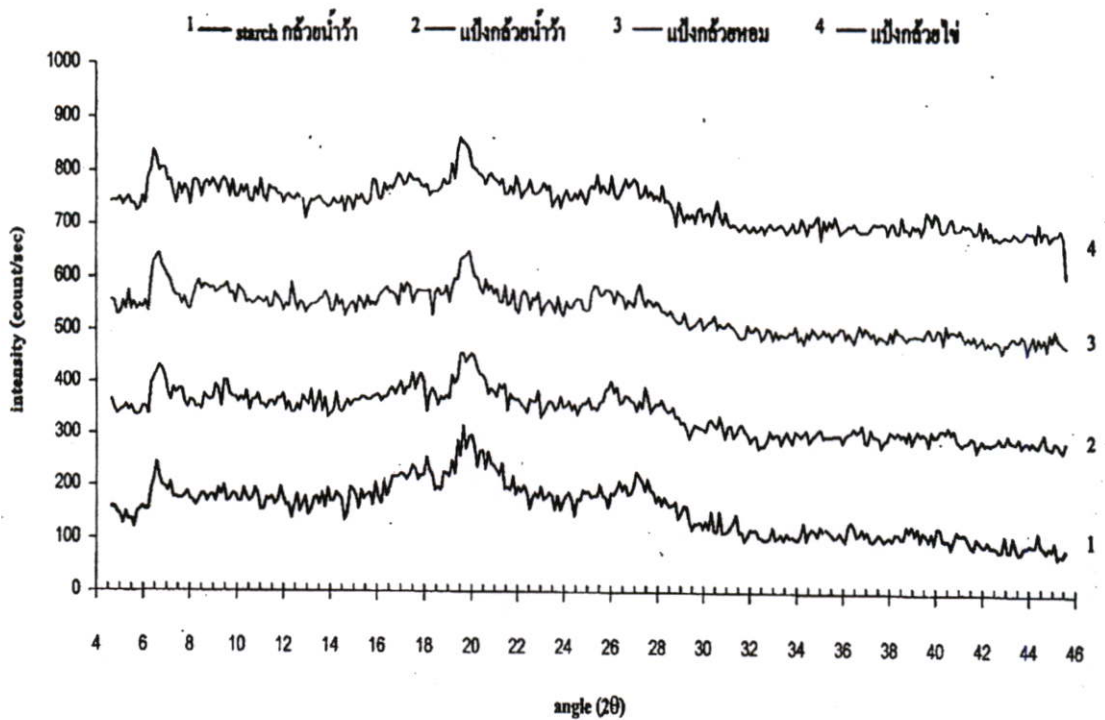
วิธีการผลิต	ชนิดกล้วย	ความหนืด (รอบต่อวินาที)	ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)	กำลังการพองตัว (ร้อยละ)
แบบแห้ง	กล้วยน้ำว้า	1360.67±2.31	12.01±0.27	64.97±0.24
	กล้วยหอม	1182.67±5.03	15.35±0.25	71.41±0.58
	กล้วยไข่	598.00±4.00	15.89±0.28	79.22±2.11
แบบเปียก	กล้วยน้ำว้า	1194.00±3.46	18.33±0.20	62.25±0.82
	กล้วยหอม	1262.00±2.00	16.26±0.15	63.55±0.77
	กล้วยไข่	982.00±4.00	20.24±0.13	63.37±2.90

ที่มา : คัดแปลงจาก จันทิมา ชนะพันธ์ และพิกุล สุกแดง (2544)



รูปที่ 2.7 ลักษณะของเม็ดสตาร์ชจากกล้วยน้ำว้า

ที่มา : จันทิมา ชนะพันธ์ และพิกุล สุกแดง (2544)



รูปที่ 2.8 รูปแบบการจذبรังสีของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ

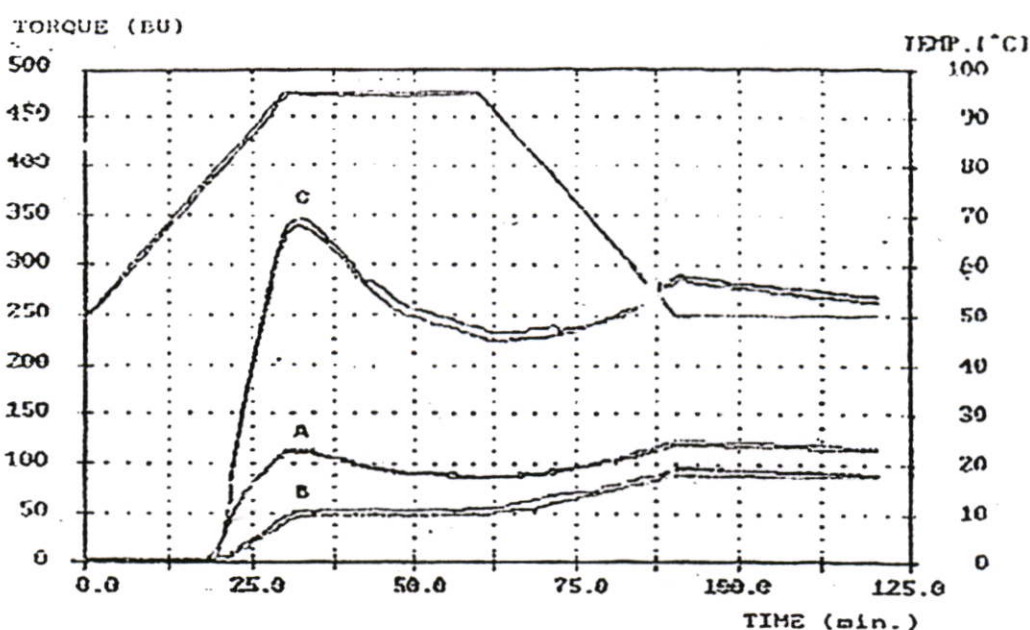
ที่มา : จันทิมา ชนะพันธ์ และพิบูล สุกแดง (2544)

สุธีรา เสาวภาคย์ (2545) ศึกษาผลของการใช้ความร้อนในการนึ่งกล้วยหั่นต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย โดยการแบ่งกล้วยหั่นที่มีระยะแก่จัดเป็น 3 ส่วน คือ กล้วยส่วนที่หนึ่งเป็นกล้วยที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน กล้วยส่วนที่สองนำมานึ่งไอน้ำเดือดในถังถึงเป็นเวลา 13 นาที และกล้วยส่วนที่สามนำมานึ่งในหม้อหนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาผลิตเป็นแป้งกล้วยและศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยทั้ง 3 ส่วน มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และน้ำตาลรีดิวซ์ไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ผ่านการนึ่งทั้ง 2 ส่วน มีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลส ไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) เช่นกัน แต่จะมีค่าน้อยกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 2.8) เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพโดยการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งกล้วยด้วยเครื่อง Brabender Viscoamylograph พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยทั้ง 3 ส่วน เริ่มมีอุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 80 องศาเซลเซียส ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ผ่านการนึ่งทั้ง 2 ส่วน จะมีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ความหนืดเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสน้อยกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (รูปที่ 2.9)

ตารางที่ 2.8 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ผ่านการให้ความร้อนในระดับต่าง ๆ

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ไม่นึ่ง	นึ่งไอน้ำเดือด	นึ่งหม้อนึ่งความดัน
ความชื้น	6.62	7.26	7.17
โปรตีน	2.55	2.53	2.37
ไขมัน	0.25	0.23	0.25
เถ้า	1.94	1.98	1.90
เส้นใย	1.95	1.99	1.93
คาร์โบไฮเดรต	93.31	93.27	93.56
น้ำตาลรีดิวซ์	0.064	0.061	0.062
สตาร์ช	83.63	74.82	74.22
อะไมโลส	33.5	28.3	29.2
อะไมโลเพคติน	66.5	71.7	70.8

ที่มา: ดัดแปลงจาก สุธีรา เสาวภาคย์ (2545)



รูปที่ 2.9 Brabender Viscoamylograms ของแป้งกล้วยหีน

เมื่อ A คือ แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ผ่านการนึ่งในหม้อนึ่งความดัน 121 องศาเซลเซียส

B คือ แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำเดือดในถังถึง 13 นาที

C คือ แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ไม่ผ่านการนึ่ง

ที่มา: สุธีรา เสาวภาคย์ (2545)

### 2.5.3 การใช้ประโยชน์

Rodriguez-Sosa *et al.* (1977) ศึกษาการผลิตคัพเค้ก (cupcakes) ซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วย แป้งสาลี เหนย นมผง น้ำตาล เกลือ ไข่ ผงฟู และกลี้นวานิลลา โดยใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วน 0:100 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 80:20 และ 90:10 วิธีการผลิตเริ่มจากผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน บรรจุใส่ถ้วย นำไปอบที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที แล้วนำออกจากตู้อบและตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คัพเค้กที่มีส่วนผสมระหว่างแป้งกล้วยกับแป้งสาลีในอัตราส่วน 30:70 และ 40:60 ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุดในระดับที่ไม่ต่างกัน ( $p > 0.05$ )

Varangoon *et al.* (1985) ศึกษาการผลิตขนมขบเคี้ยวจากแป้งกล้วยด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบ Low Cost Extrusion Cooking (LEC) ซึ่งกำหนดสูตรที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งถั่วเขียวต่อแป้งกล้วยดังนี้ สูตร X-GRMB-1 เท่ากับ 35:25:30:10 สูตร X-GRB-1 เท่ากับ 40:30:0:30 และสูตร X-GRB-2 เท่ากับ 30:50:0:20 โดยแต่ละสูตรใช้สภาวะของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตร X-GRB-2 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.9 ความหนาแน่น 0.11 กรัมต่อมิลลิลิตร อัตราการดูดซับน้ำร้อยละ 208 อัตราการพองตัวเท่ากับ 3.05 และมีลักษณะปรากฏที่ดีกว่าสูตรอื่นคือ มีกลี้นกล้วยเล็กน้อย สีน้ำตาล เนื้อสัมผัสกรอบ และลักษณะเป็นเกลียวคู่ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตร X-GRMB-1 ลักษณะปรากฏเป็นสีน้ำตาลเล็กน้อย เนื้อสัมผัสกรอบ และไม่มีกลี้นกล้วย เนื่องจากประกอบด้วยแป้งถั่วเขียวซึ่งมีกลี้นเฉพาะตัวในปริมาณมาก ทำให้กลี้นกล้วยในผลิตภัณฑ์ลดลง และผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตร X-GRB-1 มีลักษณะปรากฏเป็นสีน้ำตาล มีกลี้นกล้วยและรสหวานพอสมควร แต่เนื้อสัมผัสเหนียว เนื่องจากปริมาณแป้งกล้วยที่เพิ่มขึ้นทำให้ส่วนผสมมีลักษณะเหนียวเหนืดติดผนังบารเรล และมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ศิริประภา กลั่นกลั่น และคณะ (2529) ศึกษาการนำแป้งกล้วยน้ำว้ามาใช้ทดแทนแป้งต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด คือ ขนมกล้วยฟู ขนมบัวบับ ขนมกล้วย ขนมเค้ก และขนมสำปะนึ่ง ซึ่งปกติใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว กล้วยน้ำว้าสุก แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลักตามลำดับ โดยทดลองทดแทนในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 75 และ 100 ของปริมาณแป้งทั้งหมด พบว่า ในขนมบัวบับสามารถใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งข้าวเหนียวได้ทั้งหมด เนื่องจากได้รับการยอมรับจากผู้ชิมและลักษณะของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย คือ มีสีคล้ำลงและมีเนื้อสัมผัสร่วนซุย ส่วนในขนมเค้ก ขนมกล้วยฟู และขนมสำปะนึ่ง พบว่า สามารถใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังได้เพียงร้อยละ 25 เนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงพอสมควร คือ สีเข้มขึ้น เนื้อสัมผัสแข็ง ร่วนซุย และไม่ขึ้นฟู ส่วนในขนมกล้วยพบว่าไม่สามารถใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนกล้วยน้ำว้าสุกได้ เนื่องจากไม่ได้รับการ

ยอมรับจากผู้ชิมและลักษณะของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก คือ กลิ่นและรสหวานของกล้วยน้ำว้าลดลง เนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง

ญาณิศา รัตอภา และคณะ (2536) ศึกษาการผลิตขนมจากแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุก โดยนำแป้งกล้วยน้ำว้ามาใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมกล้วย ในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 และ 75 ของปริมาณแป้งทั้งหมด พบว่า สามารถใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมกล้วยได้เพียงร้อยละ 25 นอกจากนี้ยังได้นำแป้งกล้วยหักมุกมาใช้ทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมเหนียว ขนมถั่วแปบ และขนมต้มขาว ในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 และ 75 ของปริมาณแป้งทั้งหมด พบว่า สามารถใช้แป้งกล้วยหักมุกทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมเหนียว ขนมถั่วแปบ และขนมต้มขาวได้เพียงร้อยละ 25 ในขณะที่ขนมกล้วยและข้าวคูที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนนั้น พบว่า ผู้ชิมไม่ชอบและไม่ยอมรับ นอกจากนี้ยังได้นำแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุกมาผสมกับแป้งชนิดต่าง ๆ เพื่อทำขนมขบเคี้ยว (snack) ขนมปังกรอบ (cracker) และคุกกี้ (cookies) พบว่าขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมระหว่างแป้งกล้วยน้ำว้ากับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน 20:80 และ 30:70 มีลักษณะปรากฏดีที่สุด คือ มีสีสวย เนื้อสัมผัสแข็งและกรอบ ขนมปังกรอบที่มีส่วนผสมระหว่างแป้งกล้วยน้ำว้า หรือแป้งกล้วยหักมุกกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 30:70 มีลักษณะปรากฏดีที่สุด คือ รสชาติดี เนื้อสัมผัสแข็งและกรอบ ส่วนคุกกี้ที่มีส่วนผสมระหว่างแป้งกล้วยน้ำว้ากับแป้งสาลีในอัตราส่วน 30:70 มีลักษณะปรากฏดีที่สุด คือ กลิ่นรสหอม เนื้อสัมผัสร่วน และขึ้นรูปได้ง่าย

กรรณา วงษ์กระจ่าง และคณะ (2539) ศึกษาการนำแป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่ที่ผ่านการนึ่งและไม่ผ่านการนึ่งมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมเค้กและคุกกี้ในอัตราส่วนร้อยละ 30 40 และ 50 ของปริมาณแป้งทั้งหมด พบว่า ในขนมเค้กสามารถใช้แป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่ที่ไม่ผ่านการนึ่งทดแทนแป้งสาลีได้ในปริมาณร้อยละ 30 40 และ 50 เนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่ที่ผ่านการนึ่งในปริมาณที่เพิ่มขึ้นนั้น จะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสจะมากขึ้นตามลำดับและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม ส่วนในคุกกี้พบว่าสามารถใช้แป้งกล้วยหอมที่ผ่านการนึ่ง แป้งกล้วยไข่ที่ผ่านการนึ่งและไม่ผ่านการนึ่งทดแทนแป้งสาลีได้ในปริมาณร้อยละ 30 40 และ 50 ตามลำดับ

วลัย หุตะโกวิท และคณะ (2542) ได้นำแป้งกล้วยน้ำว้ามาใช้ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังเค้ก คุกกี้ โดนัท และขนมเปียะไหว้พระจันทร์ ในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 75 และ 100 ของปริมาณแป้งทั้งหมด พบว่า สามารถใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในขนมปังเค้ก คุกกี้ โดนัท และขนมเปียะไหว้พระจันทร์ได้สูงสุดในอัตราส่วนร้อยละ 25 25 50 25 และ 50 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งกล้วยยังมีลักษณะที่ดีตามลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ แต่หากเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยมากกว่านี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะร่วนซุยและสีคล้ำ นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองเสริมแป้งกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์ขนมไทยบางชนิด เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและ

พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยจากแป้งกล้วย พบว่า สามารถเสริมแป้งกล้วยน้ำว้าในลูกชุบและเม็ดขนุนได้ร้อยละ 10 คอกจกร้อยละ 20 กลีบดำควนร้อยละ 30 ขนมงกร้อยละ 25 ข้าวเกรียบร้อยละ 25 ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่แป้งกล้วยและเสริมในขนมหม้อแกงด้วยทองได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะที่ดีขึ้น มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น และมีลักษณะเฉพาะคือมีกลิ่นหอมของกล้วย

นิตา พรประเสริฐสุด และคณะ (2544) ศึกษาการผลิตอาหารเข้าพร้อมบริโภครวมจากแป้งกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ โดยใช้ความเร็วรอบของสกรู 200 รอบต่อนาที อัตราเร็วของการป้อนส่วนผสม 40 รอบต่อนาที ความชื้นของส่วนผสมขณะป้อนร้อยละ 13 ขนาดของสกรู 2:1 และอุณหภูมิโซนที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 80 140 และ 180 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กำหนดส่วนผสมประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด น้ำตาลทราย และเกลือ ในปริมาณร้อยละ 84 1 1.5 12.5 และ 1 ตามลำดับ ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน 0:100 20:80 40:60 60:40 80:20 และ 100:0 จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าพร้อมบริโภคที่มีส่วนผสมระหว่างแป้งกล้วยน้ำว้ากับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน 40:60 ได้รับความยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุด จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าพร้อมบริโภคจะมีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย ในปริมาณร้อยละ 83.64 10.13 2.04 0.77 และ 0.42 ตามลำดับ อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1.14 ความเปราะและความแข็งของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1.57 และ 125.57 นิวตัน ตามลำดับ

## 2.6 บะหมี่

บะหมี่จัดเป็นอาหารหลักชนิดหนึ่งของประชากรชาวเอเชีย ซึ่งชาวจีนรู้จักวิธีการทำบะหมี่จนเป็นที่นิยมในการบริโภคแพร่หลายไปยังประเทศต่าง ๆ ในเอเชีย โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นซึ่งได้รับรูปแบบและแนวทางการทำบะหมี่จากประเทศจีนมาดัดแปลง กลายมาเป็นบะหมี่ญี่ปุ่น (udon) จนในปัจจุบันได้มีการผลิตบะหมี่มากมายหลายชนิดบริโภคกันทั่วไปในหมู่ชนชาวเอเชีย รวมทั้งชาวไทยด้วย (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

ปัจจุบันการผลิตบะหมี่เพื่อบริโภคสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ บะหมี่จีน และบะหมี่ญี่ปุ่น ซึ่งมีสูตรพื้นฐานต่างกัน คือ บะหมี่จีนผลิตจากแป้งสาลีเอนกประสงค์ (โปรตีนร้อยละ 10-12) 100 ส่วนผสมกับด่าง เช่น โซเดียมคาร์บอเนต 0.5-2 ส่วน น้ำ 30-35 ส่วน เกลือ 1.5 ส่วน และอาจมีการเติมไข่หรือไม่เติมก็ได้ บะหมี่ที่ได้จะมีสีเหลือง มีความเหนียวและยืดหยุ่น ส่วนบะหมี่ญี่ปุ่นนั้นผลิตจากแป้งสาลีเอนกประสงค์ (โปรตีนร้อยละ 9-10) 100 ส่วน น้ำ 28-33 ส่วน และเกลือ 2 ส่วน โดยไม่เติมด่าง จะได้เส้นบะหมี่สีขาว เนื้อสัมผัสนุ่มและไม่เหนียว

## 2.6.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตบะหมี่ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

2.6.1.1 แป้งสาลี เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตบะหมี่ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในส่วนผสม ดังนั้นลักษณะของเส้นบะหมี่ทั้งทางกายภาพและทางเคมี จึงเป็นผลมาจากสมบัติของแป้งสาลีที่ใช้ วัตถุประสงค์ประกอบสำคัญในแป้งสาลีซึ่งมีผลต่อลักษณะของเส้นบะหมี่ ได้แก่

2.6.1.1.1 สตาร์ช เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีในแป้งมากที่สุด (ประมาณร้อยละ 67) ดังนั้นสตาร์ชจึงเป็นโครงสร้างของเส้นบะหมี่ โดยมีความสัมพันธ์กับโปรตีนในรูปของกลูเตน ซึ่งจะให้ความยืดหยุ่น และสตาร์ชจะมีผลต่อเส้นบะหมี่เมื่อสุก ซึ่งสตาร์ชที่มีความหนืดสูงจะช่วยให้เส้นบะหมี่ยึดตัวดีและมีลักษณะเส้นที่เหนียว

2.6.1.1.2 โปรตีน ปริมาณโปรตีนและคุณภาพของกลูเตนจะมีผลต่อความยืดหยุ่น และความคงตัวของเส้นบะหมี่

2.6.1.1.3 เอ็นไซม์ ถ้าแป้งสาลีมีเอ็นไซม์แอลฟาอะไมเลส ( $\alpha$ -amylase) มาก จะเกิดการย่อยสลายสตาร์ชทำให้คุณสมบัติของสตาร์ชเสียไป มีความหนืดน้อยลง มีโครงสร้างและความยืดหยุ่นน้อย เส้นบะหมี่ที่ได้จะไม่เหนียว เปื่อยง่าย และเส้นแฉะ ส่วนเอ็นไซม์โปรตีเอส (protease) ซึ่งย่อยโปรตีนจะทำให้คุณสมบัติของกลูเตนเสีย นอกจากนี้เอ็นไซม์ยังมีผลต่อสีของเส้นบะหมี่ โดยเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ที่มีในแป้งจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับไทโรซีน (tyrosine) หรือสารฟีนอลชนิดอื่นในแป้งจนเกิดเป็นสารสีน้ำตาล ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.6.1.1.4 สี สารให้สีในแป้งสาลี คือ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งในสถานะที่เป็นกรดจะไม่มีสีแต่เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายด่างที่เติมในส่วนผสมจะให้สีเหลือง

2.6.1.2 น้ำ เป็นตัวทำละลายและทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ กระจายตัวได้ดีและสม่ำเสมอ นอกจากนั้นยังทำให้แป้งจับตัวเป็นก้อนโค สามารถรีดเป็นแผ่นบางและตัดเป็นเส้นได้ น้ำจะมีผลต่อลักษณะของเส้นบะหมี่โดยตรง คือ ถ้าใส่น้ำในส่วนผสมน้อยเกินไป โครงสร้างของเส้นบะหมี่จะไม่แข็งแรง จะร่วนและโปร่ง ทำให้เส้นบะหมี่แข็งและขาดง่าย แต่ถ้าใส่น้ำมากเกินไป โคจะแฉะเหนียวติดมือ และเมื่อตัดเป็นเส้นแล้วเส้นจะติดกันง่าย

2.6.1.3 เกลือ เติมเพื่อปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมกับชนิดของบะหมี่ที่ต้องการ เกลือจะมีผลโดยตรงต่อกลูเตนของโค โดยจะเพิ่มความแข็งแรงและแรงต้านทานการยืดตัวของโค ช่วยให้โคไม่แฉะ เมื่อตัดเป็นเส้นแล้วเส้นจะไม่ติดกัน นอกจากนี้เกลือยังช่วยควบคุมการทำงานของเอ็นไซม์โปรตีเอส ทำให้กลูเตนไม่ถูกทำลาย ช่วยให้โคคงความเหนียวและยืดหยุ่นได้นาน และช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จึงทำให้สามารถเก็บรักษาเส้นบะหมี่ได้นานขึ้น

2.6.1.4 สารละลายด่าง ในการทำบะหมี่แบบจีนนั้นนิยมเติมสารละลายด่างซึ่งอาจจะเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต ส่วนผสมของโซเดียมคาร์บอเนตและโปแตสเซียมคาร์บอเนต สารละลายด่างนี้จะช่วยทำให้ลักษณะของโคเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมีดังนี้

2.6.1.4.1 ช่วยควบคุมการทำงานของเอ็นไซม์แอลฟาอะไมเลส ซึ่งตามปกติแล้วเอ็นไซม์นี้จะทำงานได้ดีที่ pH 5.0-6.0 และในสถานะที่ pH สูงกว่านี้ เอ็นไซม์แอลฟาอะไมเลสจะทำงานช้าลง ดังนั้นการเติมสารละลายต่างจะช่วยทำให้ pH สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้การทำงานของเอ็นไซม์แอลฟาอะไมเลสช้าลงมาก เส้นบะหมี่ที่ได้จะไม่เหนียวติดมือ เนื่องจากไม่มีการแตกตัวของแป้งมากนัก

2.6.1.4.2 สารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นด่างหรือสารประเภทคาร์บอเนตและฟอสเฟต จะช่วยให้เม็คแป้งมีการอุ้มน้ำและดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น ทำให้สตาร์ชในโดมมีความหนืดเพิ่มขึ้น ช่วยให้โดมมีความทนทานต่อการผสมได้มากกว่าเดิม โดยยึดตัวได้มากขึ้น และช่วยให้เส้นไม่ติดกัน เนื่องจากผิวหนังของเม็คแป้งไม่มีน้ำเหลืออยู่ เส้นบะหมี่ที่ได้จึงมีลักษณะแห้ง

2.6.1.4.3 ทำให้บะหมี่มีสีเหลืองเนื่องจากปฏิกิริยาของสารละลายด่างและสารฟลาโวนในแป้ง

2.6.1.4.4 ช่วยให้คุณภาพของเส้นหลังการลวกหรือต้มดีขึ้น โดยช่วยให้เส้นมีเนื้อสัมผัสดี ทนต่อการลวกหรือต้มได้นานโดยที่เส้นไม่เปื่อยง่าย และเส้นมีความเหนียวยืดหยุ่นดีกว่าเส้นบะหมี่ที่ไม่เติมสารละลายด่าง

2.6.1.4.5 ทำให้เก็บรักษาเส้นบะหมี่ได้นานกว่าปกติ เนื่องจากสารละลายด่างมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้

2.6.1.5 วัตถุดิบชนิดอื่น นอกจากส่วนผสมหลักดังกล่าวแล้วยังอาจมีส่วนผสมอื่นที่เติมลงในสูตรเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่ให้เป็นที่พอใจของผู้บริโภคมากขึ้น ได้แก่

2.6.1.5.1 ไข่ เป็นส่วนผสมที่อาจใช้ในการผลิตบะหมี่แบบจีนเพื่อทำให้สีและรสชาติดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้วย โดยปกติแล้วปริมาณที่ใช้ต้องไม่มากเกินไป มิฉะนั้นไขมันที่มีอยู่ในไข่แดงอาจจะทำให้โปรตีนไม่จับตัวกัน ทำให้เส้นที่ได้ไม่เหนียว แต่ในปัจจุบันการผลิตบะหมี่มักจะไม่ได้ผสมไข่นอกจากจะสั่งทำพิเศษ เนื่องจากจะทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น โดยปริมาณที่เติมจะอยู่ระหว่างร้อยละ 5-25 ของน้ำหนักแป้ง

2.6.1.5.2 เกลือโพลิฟอสเฟต จะช่วยชะลอการทำงานของเอ็นไซม์โปรตีเอสและอะไมเลส ทำให้โดมมีความแข็งแรงและยืดหยุ่น

2.6.1.5.3 โซเดียมซิติเลต ช่วยทำให้โคเรียบเนียน

2.6.1.5.4 สีสผสมอาหาร ช่วยทำให้เส้นบะหมี่มีสีเหลืองสม่ำเสมอรับประทานส่วนใหญ่จะใช้สีเหลือง แต่ก็มียางครั้งที่ใช้สีอื่น เช่น สีเขียว เพื่อผลิตบะหมี่หยก

2.6.1.5.5 แป้งนวล เป็นสิ่งที่จำเป็นในการผลิตบะหมี่แม้ว่าจะไม่ใช่เป็นส่วนผสมโดยตรง แต่จะโรยบนแผ่นโคที่รีดจนเรียบเนียนได้ที่แล้วก่อนที่จะนำไปตัดเป็นเส้นเพื่อช่วยให้เส้นบะหมี่ไม่เกาะติดกัน แป้งนวลที่ดีควรเป็นผงละเอียด คุคน้ำได้ช้าและไม่เหนียว แป้งที่ใช้ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งสาลี เป็นต้น แต่ผู้ผลิตส่วนใหญ่นิยมใช้แป้งมันสำปะหลัง

คุณภาพของเส้นบะหมี่นั้นขึ้นกับคุณภาพของแป้งสาลีเป็นหลัก โดยแป้งสาลีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตบะหมี่จะต้องเป็นแป้งที่ไม่จากข้าวสาลีที่มีลักษณะทางเคมีและกายภาพดี คือไม่เกิดการงอก เมื่อนำมาไม่เป็แป้งจะมีสตาร์ชเสียหายน้อย ขนาดเม็ดแป้งสม่ำเสมอ ไม่มีรำ และลักษณะปน เป็นแป้งที่มีองค์ประกอบทางเคมีได้สัดส่วน โดยเฉพาะปริมาณและคุณภาพของโปรตีนตรงตามลักษณะของบะหมี่ที่ต้องการ เช่น แป้งที่ทำบะหมี่แบบจีนควรมีโปรตีนในปริมาณร้อยละ 10-12 นอกจากนั้นในแป้งสาลีควรมีเอนไซม์น้อย เนื่องจากถ้าแป้งที่ใช้มีเอนไซม์มาก เอนไซม์จะไปย่อยสตาร์ช ทำให้สตาร์ชลดลงซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดเจล คุณภาพของเส้นบะหมี่จะด้อยลง

## 2.6.2 กรรมวิธีการผลิตบะหมี่มีขั้นตอนหลักที่สำคัญ ดังนี้ (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2528)

### 2.6.2.1 การผสมแป้ง

การผสมแป้งเป็นขั้นตอนแรกของการทำบะหมี่ ในการผสมควรละลายเกลือและสารเคมีในน้ำก่อน ใส่ไข่ลงไป ตีให้เข้ากัน นำไปผสมกับแป้งสาลี นวดให้เข้ากันจนเป็นก้อนแป้งที่มีเนื้อเนียน แล้วพักไว้ 10-20 นาที เพื่อให้โปรตีนผ่านคลายตัว โปรตีนจะจับกันเป็นก้อนได้ดีขึ้น ทำให้ความเหนียวของก้อนแป้งเพิ่มขึ้น ริมไม่ขาดเมื่อรีดเป็นแผ่น นอกจากนี้ยังทำให้เม็ดสตาร์ชมีเวลาดูดซับน้ำมากขึ้น ทำให้แป้งไม่เหนียวเหนอะหนะและไม่ติดมือ

ในการผสมแป้งนั้น ถ้าใช้เครื่องผสมควรใช้ความเร็วต่ำและไม่ควรใช้เวลานานเกินไป การใช้ความเร็วต่ำจะทำให้โปรตีนจับตัวกันเป็นก้อนได้ดีขึ้นและไม่เกิดความร้อนมาก การผสมเป็นเวลานานจะเกิดความร้อนมาก อาจทำให้โปรตีนเสื่อมคุณภาพและความเหนียวลดลง สำหรับโรงงานที่ทำการผลิตบะหมี่ควรจะรักษาอุณหภูมิของห้องไว้ไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 10-25 องศาเซลเซียส และใช้เวลาผสมไม่เกิน 10 นาที

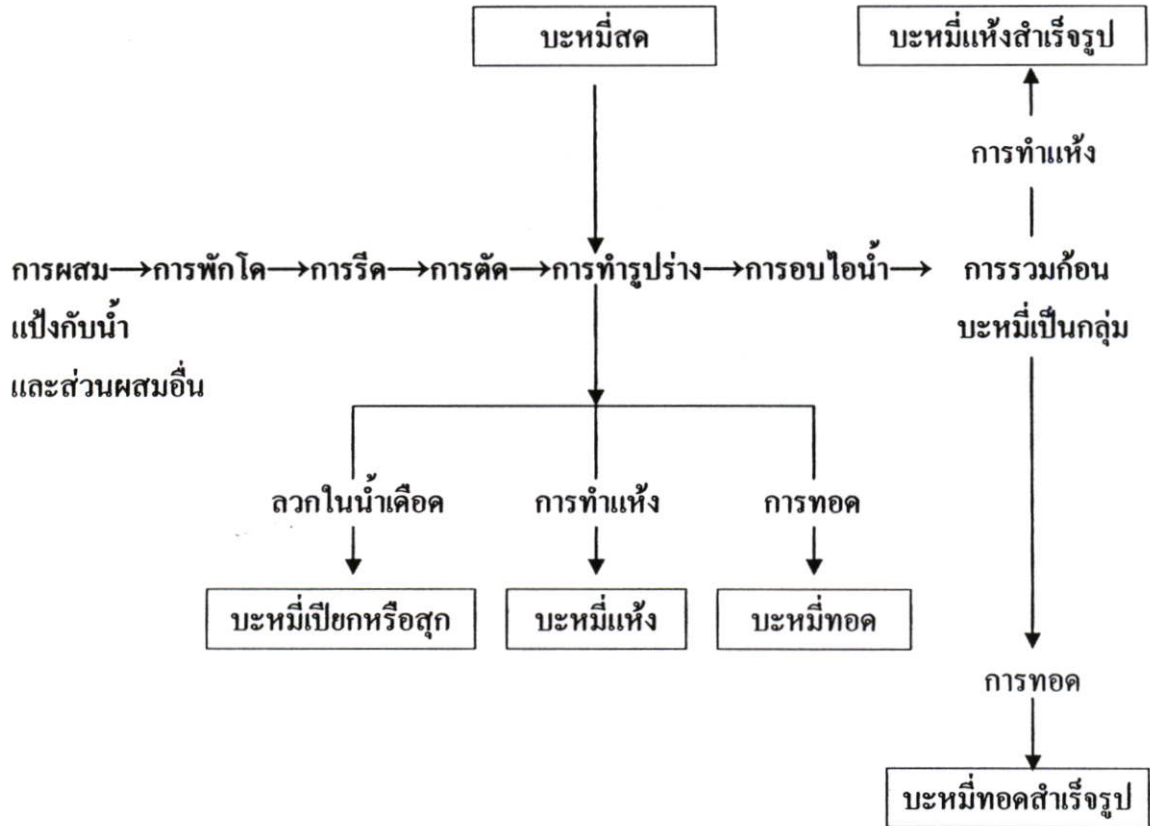
### 2.6.2.2 การรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้น

วิธีการรีดโดยใช้ไม้คดิ่ง จะเริ่มด้วยการวางก้อนโดลงบนกระดาน โรยด้วยแป้งนวลบาง ๆ รีดด้วยไม้คดิ่งให้เป็นแผ่นบาง ๆ และสม่ำเสมอ โรยด้วยแป้งนวลทั้งสองข้าง ใช้ไม้ม้วนแผ่นแป้งจากริมด้านหนึ่งไปสิ้นสุดอีกด้านหนึ่งแล้วดึงไม้ออก ริมม้วนแป้งให้บางลงอย่างสม่ำเสมอ คดิ่งแผ่นแป้งออก คดิ่งรอยพับให้หมดไป ให้ทำซ้ำอีก 2-3 ครั้ง จนกระทั่งแผ่นแป้งมีความหนาประมาณ 1.5-2.0 มิลลิเมตร ใช้ไม้ม้วนแผ่นแป้ง ดึงไม้ออก แล้วหันตามขวางให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร คดิ่งเส้นออก จะได้เส้นบะหมี่ตามต้องการ

วิธีการรีดด้วยเครื่อง โดยนำโดที่ได้จากการผสมมาพักไว้ประมาณ 10-30 นาที นำมารีดด้วยเครื่องรีด เริ่มจากช่วงที่ลูกกลิ้งมีความห่างมาก (3.8 มิลลิเมตร) รีดแล้วพับเป็น 2 ทบ แล้วรีดอีก ทำซ้ำ 2 ครั้ง จึงเปลี่ยนเป็นช่วงที่ลูกกลิ้งมีความห่างเล็กน้อย (2.7 มิลลิเมตร) รีดที่ช่วงนี้ 2 ครั้ง แล้วเปลี่ยนเป็นช่วงห่างเพียง 1.75 มิลลิเมตร จนได้แผ่นโดประมาณ 1.75 มิลลิเมตร

จึงนำแผ่น โคนี้มาตัดด้วยเครื่องตัด ขณะตัดควร โรยด้วยแป้งข้าวโพดหรือแป้งสาลีเพื่อไม่ให้เส้นติดกัน จัดเส้นให้เป็นก้อนโดยไม่ติดกัน

บะหมี่ที่ได้นี้จะเรียกว่าบะหมี่สด ซึ่งสามารถเก็บได้เพียง 1-3 วัน (Ding and Zheng, 1991) และถ้าต้องการเก็บให้นานกว่านี้ก็สามารถนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปต่อไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กรรมวิธีการผลิตบะหมี่ตามแบบชาวเอเชีย

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2532)

Shelke *et al.* (1990) ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่แบบจีน โดยใช้แป้งสาลีที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.5-12.7 ผสมกับเกลือและโซเดียมคาร์บอเนตในปริมาณร้อยละ 0.01-3.34 และ 0.0-2.0 ตามลำดับ จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของบะหมี่โดยการวัดค่าสี ความเป็นกรด-ด่าง ความแน่นเนื้อ การเจริญเติบโตของเชื้อรา และกลิ่นของบะหมี่ โดยพบว่าปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตจะมีผลต่อคุณภาพทั้งหมดของบะหมี่ ขณะที่ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีจะมีผลต่อความแน่นเนื้อของเส้นบะหมี่ โดยทั้งเกลือและโซเดียมคาร์บอเนตจะทำให้เกิดผลกระทบร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณเกลือนั้นไม่มีผลต่อคุณภาพของบะหมี่มากนัก จากการทดลองสามารถสรุปผลได้ว่าสูตรที่ดีที่สุดในการผลิตบะหมี่แบบจีน คือ ควรใช้แป้งสาลีที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.5-11.5 ใช้เกลือร้อยละ 1.4-1.7 และใช้โซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 0.7-1.2

Collins and Pangloli (1997) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ที่ผสมมันเทศและบะหมี่ที่ผสมแป้งถั่วเหลืองพร้อมไขมันในปริมาณต่าง ๆ กัน เปรียบเทียบกับบะหมี่สูตรควบคุม โดยพบว่าบะหมี่ที่ผสมมันเทศและบะหมี่ที่ผสมแป้งถั่วเหลืองพร้อมไขมันมีปริมาณโปรตีน เบตาแคโรทีน และใยอาหารสูงกว่าบะหมี่สูตรควบคุม รวมทั้งยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันต่ำกว่าบะหมี่สูตรควบคุมอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าการผสมมันเทศลงในบะหมี่จะทำให้บะหมี่มีสีเข้มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านสีที่เพิ่มขึ้น แต่จะทำให้เส้นบะหมี่มีความเหนียวลดลง ในขณะที่การผสมแป้งถั่วเหลืองพร้อมไขมันจะทำให้บะหมี่มีสีคล้ำลงเล็กน้อย แต่จะไม่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

เปรมวดี ฉายาปัญญา (2543) ศึกษาการผลิตบะหมี่อบแห้งผสมแป้งถั่ว 2 ชนิด คือ แป้งถั่วเขียวซีกและแป้งถั่วลิสง เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในบะหมี่ให้สูงขึ้น โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วเขียวซีกและแป้งถั่วลิสงในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 30 ของปริมาณแป้งทั้งหมด โดยพบว่า บะหมี่อบแห้งซึ่งทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวซีกและแป้งถั่วลิสงในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นนั้นจะมีปริมาณโปรตีนและปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นตามลำดับ จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าบะหมี่อบแห้งซึ่งทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวซีกในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นได้รับการยอมรับไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) ส่วนบะหมี่อบแห้งซึ่งทดแทนด้วยแป้งถั่วลิสงในอัตราส่วนร้อยละ 30 ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่บะหมี่อบแห้งซึ่งทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวซีกในอัตราส่วนร้อยละ 30 และบะหมี่อบแห้งซึ่งทดแทนด้วยแป้งถั่วลิสงในอัตราส่วนร้อยละ 20 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ส่วนการใช้เอ็นไซม์ทรานสกลูตามิเนส (transglutaminase) ในปริมาณร้อยละ 0.1 เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่อบแห้งหลังต้มสุก พบว่าเส้นบะหมี่อบแห้งที่ได้จะมีความเหนียวนุ่มขึ้น ยืดหยุ่นดี ไม่ขาดง่าย โดยไม่มีผลต่อสีและกลิ่นรสของบะหมี่หลังต้มสุก

จิรภัทร์ บุญศิริ และคณะ (2544) ศึกษาการผลิตบะหมี่สดผสมสาหร่ายผมนางเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยสาหร่ายผมนางในอัตราส่วนร้อยละ 2 4 6 และ 8 ของปริมาณแป้งทั้งหมด พบว่า บะหมี่สดซึ่งทดแทนด้วยสาหร่ายผมนางในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะมีปริมาณความชื้นและค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น ขณะที่มีค่าสีเหลือง (b) และค่าความสว่าง (L) ลดลงเมื่อนำไปต้ม พบว่า เส้นบะหมี่จะมีอัตราการดูดซึมน้ำลดลง ขณะที่ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย (solid loss) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความเหนียวยืดหยุ่น (elasticity) และความคงตัว (firmness) ของเส้นบะหมี่ที่ได้ยังมีค่าลดลงตามอัตราส่วนการทดแทนด้วยสาหร่ายผมนางที่เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า บะหมี่สดที่ได้จะมีปริมาณโปรตีน เส้นใย และเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนปริมาณไขมันนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ขณะที่บะหมี่สดซึ่งทดแทนด้วยสาหร่ายผมนางในอัตราส่วนร้อยละ 8 จะมีปริมาณโปรตีนและเส้นใยมากที่สุด จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า บะหมี่สดที่ได้จะมีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส ความคงตัว

และการยอมรับรวมลดลงตามอัตราส่วนการทดแทนด้วยสาหร่ายผสมนางที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อใช้แซนแทนกัม (xanthan gum) ในปริมาณร้อยละ 1 เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่สดพบว่า เส้นบะหมี่สดที่ได้จะคงรูปเป็นเส้นได้ดี มีความเหนียวพอเหมาะ และได้รับการยอมรับมากขึ้น

สฤระ หิรัญ (2544) ศึกษาการพัฒนาสูตรบะหมี่สดผสมโยอาหารจากเชื้อเมือกเมล็ดแมงลัก โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยเชื้อเมือกเมล็ดแมงลักในปริมาณร้อยละ 10 15 20 25 และ 30 แล้วนำผลิตภัณฑ์ทุกสูตรมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีไอดีลเรโซโพรไฟล์ (Ideal Ratio Profile) เพื่อหาเค้าโครงของผลิตภัณฑ์และทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพ จากนั้นเลือกสูตรที่มีเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด นำมาปรับปรุงให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น โดยปรับปรุงปริมาณของโซเดียมไบคาร์บอเนตและเกลือ จากนั้นนำสูตรที่ผู้บริโภคมอบรับมากที่สุดมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ จากการทดลองพบว่าปริมาณเชื้อเมือกเมล็ดแมงลักที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 10 และ 15 มีเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด ดังนั้นจึงพัฒนาบะหมี่สดผสมเชื้อเมือกเมล็ดแมงลักโดยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 เนื่องจากมีปริมาณเชื้อเมือกเมล็ดแมงลักมากกว่า เมื่อพัฒนาสูตรต่อไปพบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่โซเดียมไบคาร์บอเนตแต่ใส่เกลือในปริมาณร้อยละ 1.5 มากที่สุด จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่าบะหมี่สดผสมเชื้อเมือกเมล็ดแมงลักจะมีพลังงานต่ำคือ 110.34 กิโลแคลอรีต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (60 กรัม) และมีโยอาหารเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.57 ในบะหมี่สด (ก่อนลวก) และเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.17 ในบะหมี่สด (หลังลวก) เมื่อเปรียบเทียบกับบะหมี่สดสูตรต้นแบบ จากการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปผลได้ว่าบะหมี่สดผสมเชื้อเมือกเมล็ดแมงลักสามารถทดแทนแป้งสาลีด้วยเชื้อเมือกเมล็ดแมงลักในปริมาณร้อยละ 15 โดยไม่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตและเติมเกลือในปริมาณร้อยละ 1.5 ซึ่งเป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ และคณะ (2544) ศึกษาการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวเจ้า โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ แป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชัชวาท 1 มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 28.72 แป้งข้าวเจ้าทางการค้า มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 25.73 และแป้งข้าวเจ้าจากโรงงาน มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 18.97 ในอัตราส่วนร้อยละ 40 ของปริมาณแป้งทั้งหมด พบว่า บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปซึ่งทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชัชวาท 1 จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี คือ เส้นบะหมี่มีความเหนียวยืดหยุ่นและมีความคงตัวดีกว่าบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปอีก 2 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และเมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชัชวาท 1 ทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนร้อยละ 30 ร่วมกับการเติมสตาโรซัคดแปรจากแป้งมันสำปะหลังชนิดอะซิติกเลชัน (acetylation) หรือแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ (pregelatinized) ที่ผลิตโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ในปริมาณร้อยละ 10 พบว่า เส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่ได้จะมีความเหนียวนุ่มขึ้น ยืดหยุ่นดี เส้นเรียบและใสเป็นเงามากขึ้น

## 2.7 ปาท่องโก๋

ปาท่องโก๋เป็นผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งสาลีทอดที่มีการผลิตในอุตสาหกรรมครัวเรือนทุกพื้นที่ของประเทศไทยที่คนทั่วไปนิยมบริโภคกันมาก วิธีการรับประทานปาท่องโก๋ส่วนใหญ่จะแตกต่างกันไปตามแต่ละภูมิภาค เช่น ในกรุงเทพฯ ฯ มักนิยมรับประทานปาท่องโก๋กับน้ำเต้าหู้เป็นอาหารเช้า ส่วนในภาคใต้นิยมรับประทานปาท่องโก๋กับสังขยาหลังอาหารเย็น ในขณะที่บางพื้นที่นิยมรับประทานปาท่องโก๋กับน้ำจิ้มเป็นอาหารว่าง นอกจากนี้ปาท่องโก๋ที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปยังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน เช่น เนื้อกรอบนอกนุ่มใน เนื้อแน่นแข็ง หรือเนื้อกรอบกลวง ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและส่วนผสมในการผลิตเป็นสำคัญ (นวรรตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ, ม.ป.ป.)

ผลิตภัณฑ์อาหารทอดซึ่งมีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น ปาท่องโก๋และซาลาเปาทอด จะให้ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ คือ ความกรอบและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ โดยแป้งแต่ละชนิดจะมีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินในแป้งชนิดนั้น ๆ ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิจุดสุกและการเกิดเจล นอกจากนี้ยังมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งหลังจากได้รับความร้อน และทำให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน (Suderman and Cunningham, 1983)

### 2.7.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปาท่องโก๋ (นวรรตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ, ม.ป.ป.)

2.7.1.1 แป้งสาลี แป้งสาลีที่ใช้ในการผลิตปาท่องโก๋โดยเฉพาะควรเป็นแป้งที่มีปริมาณโปรตีนสูง มีลักษณะที่สำคัญ คือ แป้งมีสีครีม ไม่ขาว เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะไม่เกาะตัวกัน

2.7.1.2 น้ำ เป็นตัวทำละลายและทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ กระจายตัวได้ดีและสม่ำเสมอ นอกจากนั้นยังทำให้แป้งจับตัวกันเป็นก้อนโด โดยปริมาณน้ำที่มีอยู่ในโดจะมีผลโดยตรงต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋

2.7.1.3 น้ำตาลทราย ทำหน้าที่ให้ความหวานและกลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์ เป็นอาหารของยีสต์ในระหว่างการหมัก และช่วยให้สีของปาท่องโก๋เข้มขึ้น

2.7.1.4 เกลือ ทำหน้าที่เพิ่มรสชาติให้แก่ผลิตภัณฑ์ ช่วยให้กลูเต็นของโดมีกำลังในการยืดตัว และช่วยควบคุมการทำงานของยีสต์ในระหว่างการหมัก

2.7.1.5 ยีสต์แห้ง มีลักษณะเป็นผงละเอียด มีหน้าที่ทำให้แป้งหมักมีน้ำหนักเบาตัว มีความยืดหยุ่น มีโพรงอากาศ ทำให้ปาท่องโก๋พองตัวเมื่อนำไปทอด

2.7.1.6 เบคกิ้งโซดา มีลักษณะเป็นผงสีขาว เมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีหน้าที่ทำให้ปาท่องโก๋ขึ้นฟูและลักษณะเนื้อสัมผัสด้านนอกกรอบ แต่ถ้าใส่ในปริมาณมากเกินไปจะทำให้ปาท่องโก๋เกิดสีคล้ำ มีสารตกค้าง และมีรสฝาด

2.7.1.7 ผงฟู เป็นสารที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู ผงฟูที่นิยมใช้ในการผลิตปาท่องโก๋คือ ผงฟูดับเบิ้ลแอ็คชัน ซึ่งเป็นผงฟูที่ทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง โดยครั้งแรกจะเกิดขึ้นในระหว่างการหมัก ส่วนครั้งที่สองจะเกิดขึ้นในระหว่างการทอด มีลักษณะเป็นผงสีขาว แห้ง และไม่จับตัวกันเป็นก้อน

2.7.1.8 แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต มีลักษณะเหมือนเกลือป่นละเอียด สีขาว และมีกลิ่นเหม็นฉุน ซึ่งคนจีนนิยมเรียกว่า “เจาก่า” เป็นสารช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู ทำให้ปาท่องโก๋ขึ้นฟูโดยจะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย ซึ่งจะระเหยออกไปเมื่อสัมผัสความร้อน แต่ควรใช้ในปริมาณที่จำกัด เนื่องจากทำให้เกิดกลิ่นของแอมโมเนียคั่งค้างอยู่ในปาท่องโก๋เมื่อทอดเสร็จใหม่ ๆ จะทำให้มีกลิ่นฉุนเวลารับประทาน

## 2.7.2 กรรมวิธีและเทคนิคในการผลิตปาท่องโก๋ (นวรรตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ, ม.ป.ป.)

2.7.2.1 การชั่งตวง ควรใช้เครื่องชั่งที่มีความเที่ยงตรง สะอาด และอยู่ในสภาพดี ส่วนผสมที่ใช้ปริมาณมากควรใช้เครื่องชั่งขนาดใหญ่ที่มีความทนทาน ส่วนผสมที่ใช้ปริมาณน้อยควรใช้เครื่องชั่งขนาดเล็กที่มีความละเอียด การชั่งปริมาณของส่วนผสมที่ผิดพลาดเพียงเล็กน้อยอาจทำให้ปาท่องโก๋มีลักษณะที่ไม่ดีได้

2.7.2.2 การผสม ควรใช้วิธีผสมตามสูตรที่กำหนดให้ ส่วนผสมที่เป็นน้ำตาลทราย เกลือ ผงฟู และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต ควรละลายในส่วนผสมที่เป็นน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงนำไปผสมในส่วนผสมที่เป็นของแห้ง ซึ่งจะทำให้ของผสมเข้ากันได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ อัตราส่วนผสมระหว่างแป้งกับน้ำในแต่ละสูตรอาจมีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย เนื่องจากแป้งที่ใช้ อาจจะมีคุณภาพไม่เท่ากัน ดังนั้นถ้าใช้แป้งที่มีความเก่ามากอาจจะต้องมีการเพิ่มน้ำบ้างเล็กน้อย

2.7.2.3 การพักแป้ง ควรพักไว้อย่างน้อย 2-8 ชั่วโมง ก่อนนำไปทอด การพักแป้งไว้น้อยกว่า 2 ชั่วโมง จะทำให้ลักษณะก้อนแป้งพองตัวไม่ดี แต่ถ้าเกิน 8 ชั่วโมงจะทำให้แป้งมีคุณภาพต่ำ เริ่มเหลวและนิ่มเกินไป เมื่อนำไปทอดอาจทำให้ปาท่องโก๋ไม่พองตัว เนื่องจากแป้งและผงฟูหมดสภาพ

2.7.2.4 การตัดแป้ง ควรแผ่แป้งให้หนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร หากแป้งหนามากเกินไปจะทำให้แป้งเนื้อแน่น การตัดชิ้นแป้งควรตัดให้มีขนาดเท่ากันแล้วจึงแตะนั้นี่คิดตรงกลางประกบติดกัน โดยไม่ต้องบีบแป้งจนแน่น เนื่องจากถ้าบีบแป้งแน่นเกินไปจะทำให้ตัวปาท่องโก๋ไม่กางออก

2.7.2.5 การทอด ควรใช้น้ำมันปาล์มในการทอด เนื่องจากจะทำให้ปาท่องโก๋ที่ทอดออกมาไม่มีกลิ่น ความร้อนที่ใช้ทอดควรเป็นความร้อนปานกลาง เนื่องจากถ้าใช้ความร้อนสูงเกินไปจะทำให้ผิวนอกของปาท่องโก๋นิ่ม ไม่กรอบ และมีสีไม่สม่ำเสมอ เมื่อหย่อนชิ้นแป้งลง

ในน้ำมันจนกระทั่งจีนแป้งลอยตัวขึ้นมา ควรใช้ตะเกียบพลิกกลับไปกลับมาเพื่อช่วยให้ป่าทองโก้แห้งฟูและพองตัวเร็วขึ้น

วิชัช หฤทัยธนาสันดี และคณะ (2543) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ป่าทองโก้จากแป้งข้าว โดยการใส่แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวหอมมะลิ และแป้งข้าวเสาไห้ที่ผ่านวิธีการไม่เปียกและไม่แห้งทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนร้อยละ 20 30 และ 40 ของปริมาณแป้งทั้งหมด พบว่า แป้งข้าวทั้ง 3 ชนิด คือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวหอมมะลิ และแป้งข้าวเสาไห้ไม่ว่าจะผ่านวิธีการไม่เปียกหรือไม่แห้ง สามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ป่าทองโก้ได้ถึงร้อยละ 40 และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเป็นอย่างดี

วิชัช หฤทัยธนาสันดี และคณะ (2544) ศึกษาการผลิตป่าทองโก้ชั้นขยายผลในเชิงทางการค้าโดยใช้แป้งข้าวหอมมะลิตดแทนแป้งสาลี จากนั้นได้พัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตให้เหมาะสม โดยพบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตป่าทองโก้จากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลินั้น ประกอบด้วยแป้งสาลี 70 กรัม แป้งข้าวหอมมะลิ 30 กรัม น้ำตาล 4.5 กรัม เกลือ 2.0 กรัม แอมโมเนีย 1.8 กรัม และน้ำ 74 มิลลิลิตร ขณะที่กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม คือ การผสมส่วนผสมทั้งหมด 10-15 นาที พักไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง ทำตัวแล้วนำไปทอดที่อุณหภูมิ 190-198 องศาเซลเซียส จากการขยายผลการผลิตของผลิตภัณฑ์ป่าทองโก้ด้วยการผสมแป้งตามสูตรพื้นฐานโดยใช้เครื่องผสม พบว่าสามารถขยายผลการผลิตได้ถึง 6 กิโลกรัม โดยป่าทองโก้ที่ได้ยังคงมีคุณภาพไม่แตกต่างจากเดิม และเมื่อนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคมากกว่าร้อยละ 90 ให้การยอมรับและชอบผลิตภัณฑ์ป่าทองโก้ที่ได้ จากการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทน ได้พบว่า การนำแป้งข้าวหอมมะลิไปใช้ทดแทนแป้งสาลีจะมีผลทำให้ต้นทุนผันแปรในการผลิตลดลงประมาณร้อยละ 7.5 และอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนผันแปรเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 24 นอกจากนั้นคาดว่าจะสามารถลดการนำเข้าแป้งสาลีได้ประมาณ 63 ล้านบาทต่อปี

พจนีย์ พงศ์พັນ (2546) ศึกษาการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตป่าทองโก้จากแป้งข้าวหอมมะลิ โดยศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้ทดแทนแป้งสาลี ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเกิดลักษณะโคที่ดี และศึกษาปริมาณน้ำตาลทราย เกลือ และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตที่ใช้เป็นส่วนผสม พบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวหอมมะลิตดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น โคป่าทองโก้จะมีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น และป่าทองโก้ที่ได้จะมีความกรอบเพิ่มขึ้น โดยสามารถใช้แป้งข้าวหอมมะลิตดแทนแป้งสาลีได้ถึงปริมาณร้อยละ 35 ซึ่งสูตรป่าทองโก้ที่เหมาะสมนั้น ประกอบด้วย แป้งสาลีร้อยละ 34.88 แป้งข้าวหอมมะลिर้อยละ 18.78 น้ำตาลทรายร้อยละ 4.67 เกลือร้อยละ 1 แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.97 และน้ำร้อยละ 39.70 นอกจากนั้นยังพบว่า การทอดป่าทองโก้ที่เหมาะสม คือ การทอดที่อุณหภูมิ 190-195 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีต่อป่าทองโก้จำนวน 15 ตัว โดยใช้น้ำมัน 7 ลิตร เมื่อนำไปทดสอบทางด้านความชอบของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ส่วนการขยายขนาดการผลิตนั้นสามารถขยายการผลิตโดยใช้เครื่องผสมได้ถึง 6 กิโลกรัม โดยที่คุณภาพของปาท่องโก๋ไม่เปลี่ยนแปลง และจากการศึกษาต้นทุนในการผลิตปาท่องโก๋ พบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋จะทำให้ต้นทุนลดลงร้อยละ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แป้งสาลีล้วน

## 2.8 แป้งชูบทอด

แป้งชูบทอด หมายถึง แป้งที่ผสมกับส่วนประกอบอื่นและใช้ชุปอาหารก่อนนำไปทอด เพื่อให้กรอบ ส่วนประกอบหลักของแป้งชูบทอดได้แก่ แป้ง เช่น แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และผงฟู ส่วนประกอบอื่นที่อาจมีได้ ได้แก่ เกลือบริโภค น้ำตาลทราย พริกไทย กระเทียมผง และอื่น ๆ คุณลักษณะที่ต้องการของแป้งชูบทอด คือ แข็ง ไม่จับตัวกันเป็นก้อน มีสีขาวนวลและปราศจากสิ่งแปลกปลอม เช่น แมลง ผง และขนสัตว์ มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 มีปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดไม่เกินร้อยละ 0.07 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2534)

2.8.1 ส่วนประกอบของแป้งชูบทอด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามปริมาณและหน้าที่ได้ดังนี้ (Suderman and Cunningham, 1983)

2.8.1.1 กลุ่มที่เป็นส่วนผสมหลัก คือ กลุ่มที่ทำหน้าที่ให้ปริมาตรหรือขนาด ได้แก่ แป้ง ซึ่งจัดได้ว่าเป็นส่วนผสมหลักเนื่องจากให้คุณสมบัติพื้นฐานของแป้งชูบทอด แป้งที่นิยมใช้คือ แป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์ แป้งขนมปัง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง ปริมาณแป้งที่ใช้ประมาณร้อยละ 80-90 ของส่วนผสมทั้งหมด

2.8.1.2 กลุ่มที่เป็นส่วนผสมรอง คือ กลุ่มที่ทำหน้าที่ให้คุณสมบัติพิเศษแก่ผลิตภัณฑ์ได้แก่ กัม แป้งคัดแปรสภาพ ไข่ ผงฟู เกลือ น้ำตาล เครื่องเทศ และอื่น ๆ ซึ่งจัดได้ว่าเป็นส่วนผสมรองเนื่องจากจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เช่น ความเหนียว การเกาะติดผิวอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัส สี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

### 2.8.2 สูตรของแป้งชูบทอด

สูตรของแป้งชูบทอดจะไม่มีข้อกำหนดไว้อย่างแน่ชัด แต่จะขึ้นอยู่กับอาหารที่ใช้ชุปทอดและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ดังนั้นในการกำหนดสูตรจึงเป็นเรื่องที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอด แต่ได้มีการกำหนดช่วงปริมาณส่วนผสมชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในแป้งชูบทอดสูตรทั่วไป ซึ่งแป้งชูบทอดบางสูตรอาจจะไม่เป็นไปตามนี้ก็ได้ (Loewe, 1996)

ตารางที่ 2.9 ปริมาณส่วนผสมหลักและส่วนผสมรองในแป้งชูบทอดสุรทั่วไป

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
<b>ส่วนผสมหลัก</b>	
แป้งสาลี	30-50
แป้งข้าวโพด	30-50
โซเดียมไบคาร์บอเนต	ไม่เกิน 3
กรดฟอสฟอริก	ปรับปริมาณตามความเป็นกลางของน้ำแป้งชูบ
<b>ส่วนผสมรอง</b>	
แป้งข้าวเจ้า ถั่วเหลือง ข้าวบาร์เลย์	0-5
เนยขาว น้ำมัน	0-10
นมผง	0-3
สตาร์ช	0-5
กัม อิมัลซิไฟเออร์ สารให้สี	ไม่เกิน 1
เกลือ	ไม่เกิน 5
น้ำตาล เดกซ์ทริน	0-3
สารให้กลิ่นรส สารปรุงรส เกล็ดขนมปัง	ไม่จำกัด

ที่มา : Loewe (1996)

แป้งชูบทอดที่มีน้ำผสมในปริมาณน้อย เมื่อได้รับความร้อนในระหว่างการทอดจะมีผลทำให้การสุกของแป้งช้าลง จึงต้องใช้น้ำในปริมาณเพียงพอที่จะทำให้เม็ดแป้งสุกและเกิดเป็นเจลเคลือบชั้นอาหารได้ นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมยังมีผลต่อความหนืดและความสามารถในการคิดผิวอาหารของแป้ง ซึ่งถ้าใช้น้ำในปริมาณน้อยจะมีผลทำให้แป้งชูบทอดขึ้นเกินไป แม้ว่า จะช่วยให้ความสามารถในการเกาะติดผิวอาหารในระหว่างการทอดดีขึ้น แต่หลังจากทอดสุกแล้วพบว่าแป้งที่เคลือบอยู่มีแนวโน้มที่จะหลุดออกได้ง่ายกว่าเมื่อใช้แป้งชูบทอดแบบเหลว เนื่องจากมีปริมาณน้ำน้อยเกินไปจนทำให้เม็ดแป้งสุกและเกิดเป็นเจลไม่สมบูรณ์เพียงพอ จึงเกาะติดผิวอาหารได้ไม่ดี โดยทั่วไปอัตราส่วนระหว่างน้ำที่ใช้ผสมต่อปริมาณแป้งชูบทอด คือ ประมาณ 1.5-2.0 : 1 (Hanson and Fletcher, 1963)

อรอนงค์ นัยวิกุล และคณะ (2526) ศึกษาคุณลักษณะความกรอบของแป้งชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบอาหารทอด โดยใช้แป้งข้าวเจ้าผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 พบว่าแป้งไม่เกาะติดชั้นอาหาร และเมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1.25 พบว่าอาหารชุบแป้งทอดที่ได้มีสีขาว ไม่พองฟู และแป้งกรอบแข็ง และเมื่อทดลองผสมแป้งสาลีเอนกประสงค์ 3 ส่วนกับแป้งข้าวเจ้า 1 ส่วนแล้วผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1.5 พบว่าแป้งเกาะติดชั้นอาหารดี อาหารชุบแป้ง

ทอดที่ได้จะมีสีเหลือง พองฟู และกรอบ่วน และเมื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1.25 พบว่า แป้งเกาะติดชิ้นอาหารได้ดีมาก อาหารชุบแป้งทอดที่ได้จะมีสีเหลืองอมน้ำตาล พองฟูมาก และกรอบ่วน โดยอาหารที่ใช้ชุบทอด คือ ถั่วฝักยาว ฝักนึ่ง ไข่ ปลาหมึก กุ้ง และมันเทศ

### 2.8.3 คุณสมบัติสำคัญของแป้งชุบทอด

#### 2.8.3.1 ความกรอบ (crispness)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของแป้งชุบทอด ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากเมื่อให้ความร้อนโดยการทอด เจลของแป้งจะเกิดการพองตัว น้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิดการขยายตัวดันให้เนื้อเยื่อของอาหารเป็นโพรงหรือรูพรุนเพื่อให้ไอน้ำเคลื่อนที่ออกจากเนื้อเยื่อ ขณะเดียวกันเนื้อเยื่ออาหารจะมีแรงที่ยึดโมเลกุลของน้ำไม่ให้หลุดออก และถ้าเนื้อเยื่ออาหารได้รับพลังงานความร้อนพอเหมาะ ความดันที่เกิดขึ้นจะเท่ากับแรงที่ยึดเหนี่ยวเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูพรุนสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นและมีความชื้นเหลืออยู่พอที่จะทำให้มีความกรอบพอดี (Eskew *et al.*, 1963)

#### ปัจจัยที่มีผลต่อความกรอบ

##### ก. องค์ประกอบของแป้งที่เป็นส่วนผสม

แป้งแต่ละชนิดมีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบและสมบัติของแป้ง ได้แก่ อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิแป้งสูงและการเกิดเจลเคลือบชิ้นอาหาร แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีอุณหภูมิแป้งสูงสูง เพื่อช่วยให้น้ำที่ผสมในแป้ง หรือในชิ้นอาหารมีโอกาสได้รับความร้อนและระเหยออกได้มากกว่าก่อนที่แป้งจะเกิดเป็นเจลเคลือบชิ้นอาหาร ทำให้แป้งที่เคลือบอยู่หลังจากทอดสุกแล้วดูดซับน้ำจากชิ้นอาหารได้น้อยลง จึงยังคงมีความกรอบมากกว่าแป้งที่มีอุณหภูมิแป้งสูงต่ำซึ่งจะเกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ อะไมโลสยังสามารถเกิดเป็นฟิล์มที่มีโครงสร้างแข็งแรงกว่าอะไมโลเพคติน ดังนั้นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดมีความกรอบสูงขึ้น แต่ต้องมีอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินในระดับที่เหมาะสมและไม่สูงเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากถ้ามีอะไมโลสสูงเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็งกระด้างจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Suderman and Cunningham, 1983)

##### ข. วิธีการให้ความร้อน

วิธีการให้ความร้อนที่นิยมใช้ คือ การทอดในภาชนะก้นลึกที่มีน้ำมันมาก (deep-fat frying) ซึ่งจะต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดให้อยู่ระหว่าง 150-220 องศาเซลเซียส เนื่องจากถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์จะมีความพองกรอบน้อยลง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 220 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (caramelization) เร็วขึ้น ทำให้ผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว โดยที่น้ำในชิ้นอาหารจะระเหยออกไปได้น้อย ความกรอบของผลิตภัณฑ์จึงลดลง (Robbin, 1976) นอกจากนี้วิธีการทำให้ชิ้นอาหารสุก (precooking) ก่อนนำมาชุบแป้งก็มีส่วนช่วยให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เนื่องจากน้ำบางส่วนในชิ้นอาหารได้ระเหยออกไปก่อนนำมาชุบแป้งทอด (Suderman and Cunningham, 1983)

### 2.8.3.2 ความสามารถในการเกาะติดผิวอาหาร (adhesion)

เกิดจากการที่น้ำแป้งได้รับความร้อนในอุณหภูมิที่เหมาะสมจนทำให้เกิดเป็นเจลที่เคลือบติดบนผิวของชิ้นอาหาร การเกาะติดผิวอาหารขึ้นอยู่กับความหนืดของแป้งเป็นสำคัญ ซึ่งความหนืดที่พอเหมาะจะช่วยให้การเกาะติดผิวอาหารเป็นไปได้ดี

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการเกาะติดผิวอาหาร

ก. องค์ประกอบของแป้งที่เป็นส่วนผสม

สตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักของแป้ง ดังนั้นอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินในสตาร์ชจะมีผลต่อโครงสร้างของสตาร์ชมาก โดยถ้าสตาร์ชมีอะไมโลสต่ำและอะไมโลเพคตินในปริมาณสูงจะทำให้แป้งที่ชุบอาหารมีโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบาและเปราะ (Feldberg, 1969) หลุดจากชิ้นอาหารได้ง่าย (Hanson and Fletcher, 1963) ในขณะที่ถ้าสตาร์ชมีอะไมโลสสูงจะให้ฟิล์มที่มีลักษณะแข็งแรงและยืดหยุ่น (Feldberg, 1969) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสสูงถึงร้อยละ 70 จะช่วยให้แป้งชุบทอดเกาะติดผิวอาหารมีพื้นผิวสม่ำเสมอและเหมาะสำหรับอาหารชุบทอดแช่เยือกแข็งที่ต้องนำมาอุ่นให้ร้อนอีกครั้งด้วยไมโครเวฟ (Kulp and Loewe, 1990) สตาร์ชที่กินตัวได้ดีจะช่วยเพิ่มการเกาะติดชิ้นอาหารให้ดีขึ้น และสตาร์ชดัดแปรโดยวิธีพรีเจลาติไนเซชัน (pregelatinization) จะช่วยให้การเกาะติดชิ้นอาหารดีขึ้น (Suderman and Cunningham, 1983) เนื่องจากสตาร์ชที่ผ่านพรีเจลาติไนเซชันจะสามารถกระจายตัวในน้ำและให้ความข้นหนืดได้ทันทีที่อุณหภูมิห้อง การชุบอาหารลงในน้ำแป้งสุก (paste) ที่มีความข้นหนืดจะทำให้การเกาะติดของน้ำแป้งสุกบนชิ้นอาหารนั้นดีขึ้น นอกจากนี้ในแป้งยังมีเอ็นไซม์ที่สำคัญ คือ แอลฟาอะไมเลส ซึ่งมีผลทำให้การเกาะติดชิ้นอาหารลดลง (Kulp and Loewe, 1990)

ข. ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม

ความหนืดมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการเกาะติดของส่วนผสม (batter) บนชิ้นอาหาร (Hsia *et al.*, 1992) ถ้าใช้น้ำในอัตราส่วนต่ำ ๆ จะทำให้แป้งชุบทอดมีความหนืดสูงซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการเกาะติดผิวอาหารสูงขึ้นเช่นกัน แต่อาจมีผลทำให้เกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดสตาร์ชไม่สมบูรณ์ ส่วนการเติมน้ำในปริมาณมากจะทำให้ความหนืดลดลง การเกาะติดชิ้นอาหารจะลดลง จึงนิยมเติมสตาร์ชดัดแปรด้วยวิธีพ่นระเชื่อมข้ามลงไปเพื่อปรับปรุงความหนืดให้เหมาะสม (Suderman and Cunningham, 1983)

### 2.8.3.3 การพองตัว (puffing)

เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ การพองตัวโดยคุณสมบัติของตัวแป้ง ซึ่งเกิดจากการพองตัว (swelling) และการดูดกลืนน้ำ (hydration) ของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน น้ำจะแปรสภาพเป็นไอน้ำเมื่อได้รับความร้อนสูง ทำให้แป้งขยายตัวหรือพองตัวออก (Fox and Cameron, 1970) นอกจากนี้การพองตัวยังเกิดจากผงฟูที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดการพองตัวได้เช่นกัน (Suderman and Cunningham, 1983)

### 2.8.3.4 การดูดซับน้ำมัน (oil absorption)

การนำอาหารไปทอดในน้ำมัน หากมีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้ชั้นอาหารดูดซับน้ำมันได้ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยทั่วไปอาหารชุบแป้งทอดจะดูดซับน้ำมันประมาณร้อยละ 25 (Meyers, 1990)

#### ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมัน

##### ก. องค์ประกอบของแป้งที่เป็นส่วนผสม

อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินในแป้งที่เป็นส่วนผสมมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพองตัวของเม็ดแป้งหลังจากได้รับความร้อน และทำให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการทอด แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวต่ำ ซึ่งมีผลทำให้การดูดซับหรืออมน้ำมันน้อยลง แต่แป้งที่มีอะไมโลเพกตินสูงจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวดี จึงทำให้ดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอดได้มาก (Feldberg, 1969) สำหรับผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดควรมีลักษณะพองตัวได้ดี แต่ไม่ควรดูดซับหรืออมน้ำมันมากเกินไป

##### ข. วิธีการให้ความร้อน

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทอดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ ควรใช้อุณหภูมิในการทอดสูงประมาณ 150-220 องศาเซลเซียส และใช้เวลาสั้นๆ ซึ่งจะทำให้การดูดซับน้ำมันน้อยลง เนื่องจากขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นความหนาแน่นของน้ำมันจะต่ำลง น้ำมันส่วนน้อยจะดูดซับในเวลาจำกัด ส่วนเวลาในการทอดนั้นจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ คือ ถ้าใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำจะต้องใช้เวลาทอดนานขึ้น ทำให้อาหารดูดซับน้ำมันได้มากขึ้น (Yang and Chen, 1979) เมื่อใช้น้ำมันที่มีจุดเกิดควันต่ำในการทอดจะทำให้อาหารดูดซับน้ำมันได้มากขึ้น เนื่องจากไม่สามารถใช้อุณหภูมิในการทอดสูงได้ (ศศิเกษม ทองยงค์ และพรณี เดชคำแหง, 2530)

### 2.8.3.5 สี (color)

ผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดที่ดีควรสุกเป็นสีน้ำตาลทอง (golden-brown) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการaramelไลเซชัน (caramelization) และเป็นผลมาจากการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของน้ำตาลในแป้งชุบทอดจนได้โมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) แล้วเกิดโพลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ได้สารสีน้ำตาลทอง (Fennema, 1996)

#### ปัจจัยที่มีผลต่อสี

##### ก. องค์ประกอบของแป้งที่เป็นส่วนผสม

องค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ได้แก่ แหล่งของโปรตีนและน้ำตาล ซึ่งเกี่ยวข้องกับชนิดของแป้งที่เป็นส่วนผสม โดยแป้งแต่ละชนิดจะให้สีของผลิตภัณฑ์หลังทอดแตกต่างกัน เช่น แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวกับแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลแวววาว (glossy brown) แป้งสาลีจะให้สีน้ำตาลอมเทา (grayish-brown) ในขณะที่แป้ง

ผสมระหว่างแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวกับแป้งข้าวโพดจะให้สีอ่อนจาง สำหรับแป้งมันฝรั่งจะให้สีน้ำตาลทอง (golden-brown) และแป้งข้าวโพดจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลืองเขียว (greenish-yellow) (Suderman and Cunningham, 1983)

#### ข. วิธีการให้ความร้อน

การทอดที่ใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานเกินไป จะทำให้ปฏิกิริยาการเมลลไธเซนชันเกิดขึ้นมาก จนอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Suderman and Cunningham, 1983)

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ (2534) ศึกษาการแปรสภาพแป้งข้าวเจ้าและนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสมเพียงชนิดเดียวจะมีอุณหภูมิแป้งสุกและปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งชุบทอดทางการค้า และมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดอยู่ในระดับเดียวกัน ขณะที่ปริมาณโปรตีน ตลอดจนลักษณะคุณภาพทั่วไป คือ สี ความกรอบ และการยอมรับรวมต่ำกว่าแป้งชุบทอดทางการค้า แต่จะมีการดูดซับน้ำมันน้อยกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งผสม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพแป้งสาลี และแป้งข้าวโพดผสมกันในอัตราส่วนร้อยละ 40 : 55 : 5 จะมีลักษณะคุณภาพทั่วไปอยู่ในระดับเดียวกับแป้งชุบทอดทางการค้า แต่จะมีอุณหภูมิแป้งสุกและปริมาณอะไมโลสสูงกว่า รวมทั้งมีการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าแป้งชุบทอดทางการค้า ซึ่งจะให้ลักษณะที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์

จารุวรรณ พัฒนอริยางกูล (2540) ศึกษาการผลิตแป้งชุบทอดที่มีรสกัดไขมันเป็นส่วนผสม โดยคัดเลือกสูตรแป้งชุบทอดสำหรับผลิตหอมหัวใหญ่และปลาหมึกชุบแป้งทอด ซึ่งแปรปริมาณแป้งสาลีร้อยละ 50-95 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 5-40 แป้งข้าวโพดร้อยละ 5-30 และรสกัดไขมันร้อยละ 15-27 ของปริมาณแป้งทั้งหมด โดยมีอัตราส่วนระหว่างแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:1.3 1:1.4 และ 1:1.5 จากนั้นปรับปรุงคุณภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ โดยแปรสภาวะในการทอดที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 และ 50 วินาที สำหรับหอมหัวใหญ่ชุบแป้งทอด และที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 70 และ 80 วินาที สำหรับปลาหมึกชุบแป้งทอด พบว่าสูตรแป้งชุบทอดสำหรับหอมหัวใหญ่ประกอบด้วยแป้งสาลีร้อยละ 65 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 5 แป้งข้าวโพดร้อยละ 30 และรสกัดไขมันร้อยละ 21 สำหรับปลาหมึกประกอบด้วยแป้งสาลีร้อยละ 55 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 40 แป้งข้าวโพดร้อยละ 5 และรสกัดไขมันร้อยละ 18 ซึ่งทั้ง 2 สูตร ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:1.3 นอกจากนี้การทอดผลิตภัณฑ์หอมหัวใหญ่และปลาหมึกชุบแป้งที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 และ 70 วินาที ตามลำดับ จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์หอมหัวใหญ่และปลาหมึกชุบแป้งทอดมีความกรอบมากยิ่งขึ้น

อกนิษฐ์ ธรรมมิณูช (2545) ศึกษาการผลิตแป้งชุบทอดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลักและใช้ส่วนผสมรองเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในสูตรแป้งชุบทอดให้ดีขึ้น คือ ใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรสตาซ์ด้วยเอ็นไซม์แอลฟาอะไมเลส ( $\alpha$ -amylase) ในปริมาณร้อยละ 8

เพื่อช่วยลดความหนืดของแป้งชูบทอด ใช้แป้งมันสำปะหลังตัดแปรสตาไรซ์ด้วยเอ็นไซม์พุลูลาเนส (pullulanase) ในปริมาณร้อยละ 5 เพื่อทำให้เจลของแป้งชูบทอดมีความแข็งแรงขึ้น และใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0-20 และ 0-0.8 ตามลำดับ พบว่าแป้งชูบทอดที่มีโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณสูงขึ้น จะต้องใช้น้ำในการผสมน้ำแป้งชูบเพิ่มขึ้นและทำให้น้ำแป้งชูบมีการยึดติดสูงขึ้น เมื่อนำแป้งชูบทอดไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งชูบแป้งทอดแช่เยือกแข็ง พบว่าโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะมีอันตรกิริยาต่อกันในทางลบ คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์อมน้ำมันมากขึ้นเมื่อมีส่วนผสมทั้งสองชนิดเป็นองค์ประกอบสูงขึ้น แต่สามารถรักษาวอเตอร์แอกติวิตี (water activity) ของเนื้อกึ่งภายในผลิตภัณฑ์ได้ดีขึ้นและให้เนื้อสัมผัสที่มีความกรอบเปราะมากขึ้น

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

##### 3.1.1 วัสดุคิบ

3.1.1.1 กล้วยหักมุก [*Musa acuminata x balbisiana* Colla. (ABB group) cv. ; Silver Bluggoe] จากสวนกล้วยอำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี

3.1.1.2 หอมหัวใหญ่พันธุ์เซลโลว์กราแนกซ์ไฮบริด (yellow granax hybrid) จากห้างเทศโก้ โลดส์ บางกะปิ กรุงเทพมหานคร

3.1.1.3 แป้งสาลีเอนกประสงค์ ตราว่าว บริษัท ยูไนเต็คฟลาวมิลล์ จำกัด

3.1.1.4 แป้งข้าวเจ้า ตรานิวเกรด บริษัท ไทวา ฟู้ด จำกัด

3.1.1.5 แป้งข้าวโพด ตราไมชน่า บริษัท ซีพีซี/อาอี (ประเทศไทย) จำกัด

3.1.1.6 เกลือป่น ตราปรุngthิพย์ บริษัท สหพัฒน์พิบูล จำกัด

3.1.1.7 น้ำตาลทราย ตรามิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด

3.1.1.8 ผงฟู ตราเบสท์ฟู้ด บริษัท ซีพีซี/อาอี (ประเทศไทย) จำกัด

3.1.1.9 น้ำมันปาล์มโอเลอิน ตราโอเลอิน บริษัท โอเลอิน จำกัด

##### 3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 กรดซิดริก (A.R. grade) (Merck Co., Germany)

3.1.2.2 กรดซัลฟูริก (A.R. grade) (Merck Co., Germany)

3.1.2.3 กรดบอริก (A.R. grade) (Sigma Chemical Co., Germany)

3.1.2.4 กรดอะซิติค (Food grade) (Fluka Chemical Co., Switzerland)

3.1.2.5 กรดไฮโดรคลอริก (A.R. grade) (Sigma Chemical Co., Germany)

3.1.2.6 แคลเซียมคลอไรด์ (A.R. grade) (Merck Co., Germany)

3.1.2.7 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Food grade) (Fluka Chemical Co., Switzerland)

3.1.2.8 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Food grade) (Fluka Chemical Co., Switzerland)

3.1.2.9 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (A.R. grade) (Merck Co., Germany)

3.1.2.10 ปีโตรเลียมอีเทอร์ (A.R. grade) (Merck Co., Germany)

3.1.2.11 เมทานอล (A.R. grade) (Merck Co., Germany)

3.1.2.12 ออร์ซินอล (A.R. grade) (Sigma Chemical Co., Germany)

3.1.2.13 ไอโอดีน (A.R. grade) (Sigma Chemical Co., Germany)

3.1.2.14 แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (Food grade) (Fluka Chemical Co., Switzerland)

3.1.2.15 แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ (A.R. grade) (Merck Co., Germany)

### 3.1.3 เครื่องมือ

3.1.3.1 เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน	B.W.S.-3	ไทย
3.1.3.2 เครื่องบดละเอียด	Retsch ZM 1000	เยอรมัน
3.1.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก	Mettler PE 3000	ญี่ปุ่น
3.1.3.4 ตู้อบลมร้อน	Memmert	เยอรมัน
3.1.3.5 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	Buchi B-316	เยอรมัน
3.1.3.6 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	Gerhardt Soxtherm	เยอรมัน
3.1.3.7 เครื่องวัดดัชนีการหักเหของแสง	Atago Polax-L	ญี่ปุ่น
3.1.3.8 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง	Shimadzu UV-1601	ญี่ปุ่น
3.1.3.9 เครื่องหมุนเหวี่ยง	Centrikon T-42K	อิตาลี
3.1.3.10 เครื่องวัดสี	Minolta CR-300	ญี่ปุ่น
3.1.3.11 เครื่องวัดความหนืดแบบรวดเร็ว	RVA-Model Super 3	ออสเตรเลีย
3.1.3.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน	JSM-5900 LV	ญี่ปุ่น
3.1.3.13 เครื่องนวดผสม	Kenwood A-9070	สหรัฐอเมริกา
3.1.3.14 เครื่องรีดและตัดเส้น	Ampia	ไทย
3.1.3.15 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	TA-XT2i	อังกฤษ

### 3.2 สถานที่ดำเนินงาน

3.2.1 ห้องปฏิบัติการโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.2 ห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์กลางบางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.3 ห้องปฏิบัติการบริษัทจาร์ฟา เทคโนโลยี จำกัด

### 3.3 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

เดือนกันยายน 2545 - เดือนมีนาคม 2547

### 3.4 วิธีการดำเนินงาน

#### 3.4.1 ศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วย

คัดเลือกต้นกล้วยหักมุกที่มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกันจำนวน 15 ต้น จากสวนกล้วยอำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี โดยผูกปายที่บริเวณลำต้นหลังจากกาบปลีหุ้มหวีเปิดเต็มที่เพื่อนับอายุวัน จากนั้นตัดผลกล้วยเพื่อนำมาทดสอบเมื่อผลกล้วยมีอายุได้ 93 96 99 102 และ 105 วัน หลังจากแทงปลี โดยตัดจากหวีที่ 2 3 และ 4 หวีละ 2 ผล นำมายังห้องปฏิบัติการโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยทางด้าน

3.4.1.1 ความกว้าง (วัดตรงส่วนกลางระหว่างสองด้านของผลในแนวตั้ง) ความยาว ความหนา (วัดตรงส่วนกลางระหว่างสองด้านของผลในแนวนอน) และอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนา โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ (verniercaliper)

3.4.1.2 อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือก

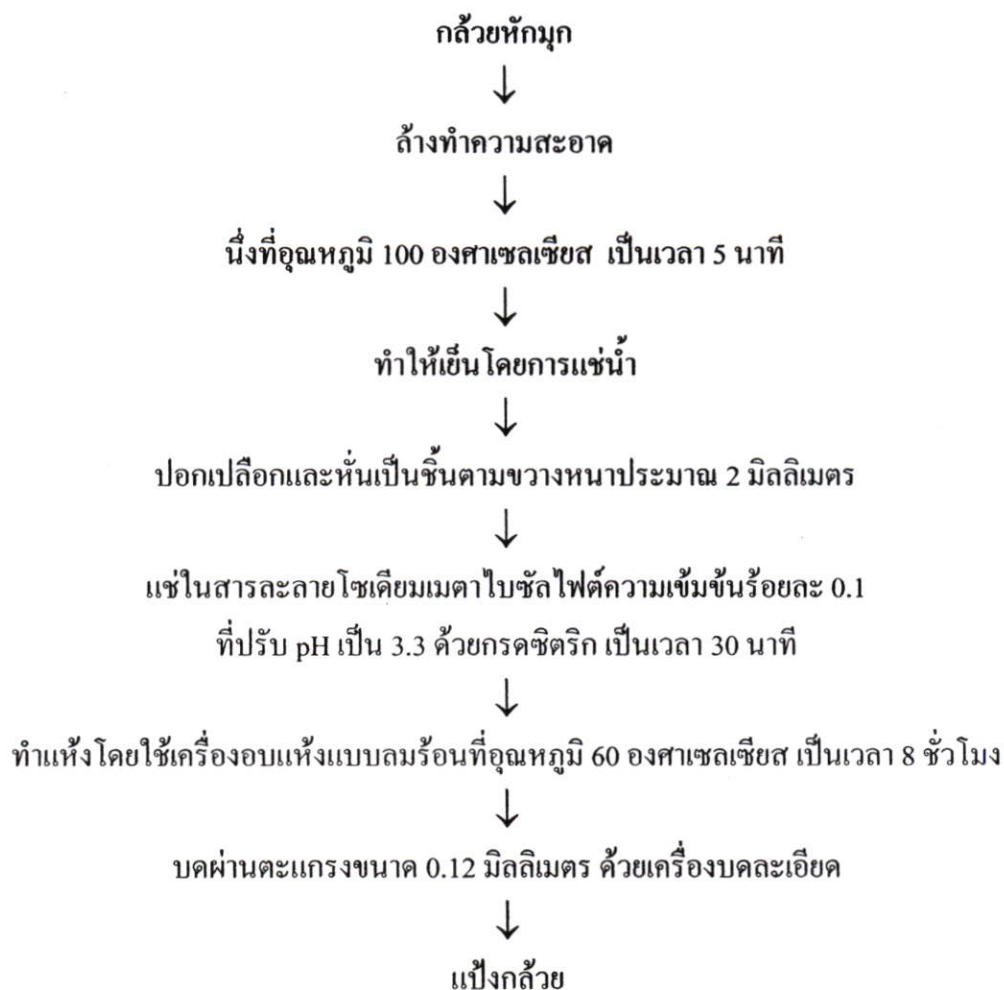
3.4.1.3 ความถ่วงจำเพาะ (Mohsenin, 1995)

3.4.1.4 สีเปลือกและสีเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อ 3.4.1.1-3.4.1.4 ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 9 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 3.4.2 ศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วย

นำกล้วยหักมุกที่ศึกษาสมบัติทางกายภาพจากข้อ 3.4.1 มาผลิตแป้งกล้วย (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตแป้งกล้วย

ที่มา : คัดแปลงจาก ญาณิสรา รัตอาภา และคณะ (2536)

- 3.4.2.1 วิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของแป้งกล้วย
- 3.4.2.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยในด้าน
- 3.4.2.2.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)
- 3.4.2.2.2 ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)
- 3.4.2.2.3 ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)
- 3.4.2.2.4 ปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)
- 3.4.2.2.5 ปริมาณเส้นใย (AOAC, 1995)
- 3.4.2.2.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (available carbohydrate) คำนวณจากผลต่างดังนี้
- คาร์โบไฮเดรต = 100 - (ความชื้น+โปรตีน+ไขมัน+ เถ้า+ เส้นใย)
- 3.4.2.2.7 ปริมาณสตาร์ช (AOAC, 1995)
- 3.4.2.2.8 ปริมาณอะไมโลส (Juliano *et al.*, 1981)
- 3.4.2.2.9 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Dubois *et al.*, 1956)
- 3.4.2.3 ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยในด้าน
- 3.4.2.3.1 วัดขนาดและศึกษารูปร่างของเม็ดแป้งกล้วย โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope)
- 3.4.2.3.2 สี โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter
- 3.4.2.3.3 ความสามารถในการดูดซับน้ำและละลายน้ำ (Anderson *et al.*, 1969)
- 3.4.2.3.4 กำลังการพองตัวและการละลาย (Schoch, 1964)
- 3.4.2.3.5 คุณสมบัติทางด้านความหนืด โดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer) (Mota *et al.*, 2000)
- วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองในข้อ 3.4.2.1-3.4.2.3 เช่นเดียวกับข้อ 3.4.1

### 3.4.3 ศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วย

#### 3.4.3.1 ศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตบะหมี่สด

นำแป้งกล้วยที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพจากข้อ 3.4.2 ซึ่งมีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) มากที่สุด และมีค่าการคืนตัว (setback) น้อยที่สุด มาใช้ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในการผลิตบะหมี่สดในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ซึ่งบะหมี่สดที่ใช้ในการทดลองมีส่วนผสม (ตารางที่ 3.1) และวิธีการผลิตดังนี้

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมในการผลิตบะหมี่สด

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
แป้งสาลีเอนกประสงค์	100
เกลือ	1.5
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.0
น้ำ	50

ที่มา : คัดแปลงจาก สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ (2542)

วิธีการผลิตบะหมี่สด คือ

ผสมแป้งสาลีเอนกประสงค์กับแป้งกล้วยให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 5 นาที แล้วค่อย ๆ เทส่วนผสมของน้ำที่ละลายเกลือและโซเดียมไบคาร์บอเนต ผสมและนวดให้เข้ากันประมาณ 10 นาที พักไว้ประมาณ 20 นาที จากนั้นรีดให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร และตัดเป็นเส้นขนาด 1.5 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องรีดและตัดเส้น จัดเส้นบะหมี่ให้เป็นก้อน ได้บะหมี่สด

ตรวจสอบคุณภาพของบะหมี่สดที่ได้ทางด้าน

3.4.3.1.1 ค่าสี โดยนำแผ่นโคที่เรียบเนียนแล้วแต่ยังไม่ตัดเป็นเส้นมาจากตำแหน่งหัว กลาง และท้ายของแผ่นโค ตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 2x2 ตารางนิ้ว แล้วนำไปวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter จากนั้นนำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาที แล้ววัดสีหลังลวก

3.4.3.1.2 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความเหนียวยืดหยุ่น โดยการลวกบะหมี่ 10 กรัม ในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที แล้วแช่น้ำเย็น 15 วินาที จากนั้นนำไปวัดค่าแรงต้านทานการดึงโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2i (ภาคผนวก ก)

3.4.3.1.3 คุณภาพในการหุงต้ม (AACC, 1995) โดยการลวกบะหมี่ 10 กรัม ในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำบะหมี่ขึ้นสะเด็ดน้ำ แล้วชั่งน้ำหนักของบะหมี่ที่เพิ่มขึ้นหลังลวกเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซึมน้ำของเส้นบะหมี่ (cooking weight) ส่วนน้ำที่เหลือจากการลวกนำมาระเหยให้แห้ง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการสูญเสียของเส้นบะหมี่ในระหว่างการลวก (cooking loss)

3.4.3.1.4 ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น ความเหนียว และการยอมรับรวม โดยนำมะพร้าว 100 กรัม ลวกในน้ำเดือด 1000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที แล้วแช่น้ำเย็น 15 วินาที จากนั้นนำมาคลุกน้ำมันกระเทียมเจียว 2 ช้อนชา แล้วแบ่งเส้นมะพร้าวใส่ถ้วย ๆ ละ 20 กรัม ผสมกับน้ำซุ้ที่จัดเตรียมไว้ นำไปให้ผู้ทดสอบ 20 คน ให้คะแนนโดยใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อ

3.4.3.1.1-3.4.3.1.3 ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ส่วนผลการทดลองข้อ 3.4.3.1.4 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 9 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 3.4.3.2 ศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตปาท่องโก๋

นำแป้งกล้วยที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพจากข้อ 3.4.2 ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสมากที่สุด มาใช้ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในการผลิตปาท่องโก๋ในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ซึ่งปาท่องโก๋ที่ใช้ในการทดลองมีส่วนผสม (ตารางที่ 3.2) และวิธีการผลิตดังนี้

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมในการผลิตปาท่องโก๋

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
แป้งสาลีเอนกประสงค์	100
เกลือ	2.1
น้ำตาลทราย	8.7
แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต	1.8
น้ำ	65

ที่มา : ดัดแปลงจาก วิชัย หฤทัยชนาสนันต์ และคณะ (2543)

วิธีการผลิตปาท่องโก๋ คือ

ผสมแป้งสาลีเอนกประสงค์กับแป้งกล้วยให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 5 นาที แล้วค่อย ๆ เทส่วนผสมของน้ำที่ละลายเกลือ น้ำตาลทราย และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต ผสมและนวดให้เข้ากันประมาณ 15 นาที พักไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง จากนั้นตัดก้อนแป้งเป็นแท่งยาวและยัดออกให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วตัดเป็นชิ้นให้มีความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร และยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ประคบเข้าหากันเพื่อทำเป็นตัวปาท่องโก๋ จากนั้นนำไป

ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 190-195 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ยกขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน แล้ววางบนกระดาษซับมันเป็นเวลา 1 นาที ได้ปาท่องโก๋

ตรวจสอบคุณภาพของปาท่องโก๋ที่ได้ทางด้าน

3.4.3.2.1 ค่าสีภายนอก โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter

3.4.3.2.2 ปริมาตรจำเพาะ โดยวิธี rapeseed displacement โดยใช้เมล็ดงาในการแทนที่ (AACC, 1995)

3.4.3.2.3 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2i (ภาคผนวก ก)

3.4.3.2.4 ทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อ

3.4.3.2.1-3.4.3.2.3 ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ส่วนผลการ

ทดลองข้อ 3.4.3.2.4 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดย

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 9 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 3.4.3.3 ศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแป้งชุบทอด

นำแป้งกล้วยที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพจากข้อ 3.4.2 ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสมากที่สุด มาใช้ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในการผลิตแป้งชุบทอดในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ซึ่งแป้งชุบทอดที่ใช้ในการทดลองมีส่วนผสม (ตารางที่ 3.3) และวิธีการผลิตดังนี้

ตารางที่ 3.3 ส่วนผสมในการผลิตแป้งชุบทอด

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
แป้งสาลีเอนกประสงค์	100
แป้งข้าวโพด	46
แป้งข้าวเจ้า	7.7
เกลือ	2.3
น้ำตาลทราย	4.6
ผงฟู	7.7
น้ำ	218.8

ที่มา : ดัดแปลงจาก จารุวรรณ พัฒนอริยางกูล (2540)

วิธีการผลิตแป้งชูบทอด คือ

ผสมแป้งสาลีเอนกประสงค์ แป้งกล้วย แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้าให้เข้ากัน แล้วค่อย ๆ เทส่วนผสมของน้ำที่ละลายเกลือ น้ำตาลทราย และผงฟู ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำหอมหัวใหญ่ที่หั่นเป็นวงหนาประมาณ 7 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4-5 เซนติเมตร จุ่มลงในส่วนผสมแป้งชูบทอดเป็นเวลา 15 วินาที แล้วนำไปทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 190-195 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ยกขึ้นให้สะเด็ดน้ำมันแล้ววางบนกระดาษซับมันเป็นเวลา 1 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ชูบแป้งทอด

ตรวจสอบคุณภาพของแป้งชูบทอดที่ได้ทางด้าน

3.4.3.3.1 ค่าสีภายนอก โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter

3.4.3.3.2 ความสามารถในการเกาะติดชั้นอาหาร (Herchdelrfer, 1978)

3.4.3.3.3 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านค่าการแตกหัก โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

TA-XT2i (ภาคผนวก ก)

3.4.3.3.4 ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อ

3.4.3.3.1-3.4.3.3.3 ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ส่วนผลการทดลองข้อ 3.4.3.3.4 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 9 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 ศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วย

ในการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วย โดยการตัดผลกล้วยที่มีอายุได้ 93 96 99 102 และ 105 วัน หลังจากแทงปลีในหวีที่ 2 3 และ 4 หวีละ 2 ผล เมื่อตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยทางด้านความกว้าง ความยาว ความหนา และอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนา ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของอายุผลกล้วยต่อความกว้าง ความยาว ความหนา และอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาของผลกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	ความกว้าง (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)	ความหนา (เซนติเมตร)	อัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนา
93	4.41±0.20 <sup>c</sup>	13.96±0.26 <sup>d</sup>	3.40±0.27 <sup>d</sup>	1.29±0.05 <sup>a</sup>
96	4.52±0.22 <sup>c</sup>	14.19±0.29 <sup>cd</sup>	3.71±0.23 <sup>cd</sup>	1.21±0.05 <sup>b</sup>
99	4.68±0.19 <sup>bc</sup>	14.49±0.29 <sup>bc</sup>	4.08±0.29 <sup>bc</sup>	1.14±0.07 <sup>c</sup>
102	4.90±0.19 <sup>ab</sup>	14.77±0.30 <sup>ab</sup>	4.45±0.28 <sup>ab</sup>	1.10±0.05 <sup>c</sup>
105	5.12±0.22 <sup>a</sup>	15.20±0.31 <sup>a</sup>	4.65±0.34 <sup>a</sup>	1.09±0.06 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผลกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีความกว้าง ความยาว ความหนา และอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยจะมีความกว้าง ความยาว และความหนาเพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาลดลง โดยผลกล้วยที่มีอายุ 93 และ 96 วัน จะมีความกว้าง ความยาว และความหนาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วง 4.41-4.52 13.96-14.19 และ 3.40-3.71 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากผลกล้วยที่มีอายุ 102 และ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยความกว้าง ความยาว และความหนาของผลกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ส่วนอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาพบว่าผลกล้วยที่มีอายุ 93 วัน จะมีอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนามากที่สุด คือ 1.29 โดยอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาของผลกล้วยจะลดลงเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ทั้งนี้

เนื่องจากการเจริญเติบโตของผลกล้วยทางด้านความกว้าง ความยาว และความหนาแน่นเกิดจากการแบ่งตัวและการขยายขนาดของเซลล์ (Ram and Steward, 1962) ซึ่งเมื่อกกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยจะมีการขยายขนาดของเซลล์เพิ่มขึ้น และมีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความหนาเริ่มใกล้เคียงกับความกว้าง (วนิดา คุณาวุฒิ, 2534) จึงทำให้ผลกล้วยที่มีอายุมากขึ้นมีความกว้าง ความยาว และความหนาเพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราการส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาติชาย รุฬักชี (2534) ที่ได้ศึกษาการเจริญเติบโตและดัชนีการเก็บเกี่ยวของกล้วยไข่ โดยพบว่าเมื่อกกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยจะมีความกว้าง ความยาว และความหนาเพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราการส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาลดลง โดยผลกล้วยไข่จะมีการเจริญเติบโตเต็มที่เมื่ออายุได้ 52 วัน และจะมีความกว้าง ความยาว และความหนาเท่ากับ 3.86 13.22 และ 3.74 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่อัตราการส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาเท่ากับ 1.03 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อกกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยหักมุกและผลกล้วยไข่จะมีความกว้าง ความยาว และความหนาเพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราการส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาลดลงเช่นเดียวกัน แต่ผลกล้วยหักมุกที่มีอายุมากขึ้นนั้นจะยังคงเห็นเหลี่ยมของผลปรากฏอย่างชัดเจน

จากการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยทางด้านน้ำหนักผล น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือก และความถ่วงจำเพาะ ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลของอายุผลกล้วยต่อน้ำหนักผล น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือก และความถ่วงจำเพาะของผลกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	น้ำหนักผล (กรัม)	น้ำหนักเปลือก (กรัม)	น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือก	ความถ่วงจำเพาะ
93	139.61±3.80 <sup>c</sup>	58.27±2.14 <sup>b</sup>	81.34±3.44 <sup>c</sup>	1.40±0.08 <sup>c</sup>	0.96±0.01 <sup>c</sup>
96	142.80±3.47 <sup>bc</sup>	59.70±3.38 <sup>ab</sup>	83.10±3.67 <sup>bc</sup>	1.42±0.08 <sup>c</sup>	0.97±0.00 <sup>bc</sup>
99	146.64±4.20 <sup>ab</sup>	59.96±4.51 <sup>ab</sup>	86.68±2.66 <sup>ab</sup>	1.44±0.14 <sup>bc</sup>	0.98±0.01 <sup>abc</sup>
102	148.99±4.39 <sup>a</sup>	60.32±3.30 <sup>a</sup>	88.67±3.55 <sup>a</sup>	1.46±0.11 <sup>ab</sup>	0.99±0.01 <sup>ab</sup>
105	151.81±4.31 <sup>a</sup>	61.24±4.80 <sup>a</sup>	90.57±3.54 <sup>a</sup>	1.48±0.17 <sup>a</sup>	1.00±0.01 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผลกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีน้ำหนักผล น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือก และความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อกกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยจะมีน้ำหนักผล

น้ำหนักรเปลือก น้ำหนักเนื้อ อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรเปลือก และความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น โดยผลกล้วยที่มีอายุ 93 และ 96 วัน จะมีน้ำหนักผล น้ำหนักรเปลือก และน้ำหนักเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) คือ อยู่ในช่วง 139.61-142.80 58.27-59.70 และ 81.34-83.10 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากผลกล้วยที่มีอายุ 102 และ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) โดยน้ำหนักผล น้ำหนักรเปลือก และน้ำหนักเนื้อของผลกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ส่วนอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรเปลือกและความถ่วงจำเพาะ พบว่าผลกล้วยที่มีอายุ 93 96 และ 99 วัน จะมีอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรเปลือกและความถ่วงจำเพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) คือ อยู่ในช่วง 1.40-1.44 และ 0.96-0.98 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากผลกล้วยที่มีอายุ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) โดยอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรเปลือก และความถ่วงจำเพาะของผลกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้นเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผลเกิดจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเนื้อและน้ำหนักรเปลือก โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผลส่วนใหญ่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเนื้อมากกว่าน้ำหนักรเปลือก จึงทำให้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรเปลือกเพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่ตลอดการพัฒนาของผล (กฤษณา สังข์สิงห์, 2536) และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของอนันดา ทองกลัด (2538) ที่ศึกษาการเจริญเติบโตและดัชนีการเก็บเกี่ยวของกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนน พบว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยจะมีน้ำหนักผล น้ำหนักรเปลือก น้ำหนักเนื้อ และอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรเปลือกเพิ่มขึ้น โดยผลกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนนจะมีการเจริญเติบโตเต็มที่เมื่ออายุได้ 98 วัน และจะมีน้ำหนักผล น้ำหนักรเปลือกและน้ำหนักเนื้อเท่ากับ 194.30 71.96 และ 122.34 กรัม ตามลำดับ ขณะที่อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรเปลือกเท่ากับ 1.70 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยหักมุกและผลกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนนจะมีน้ำหนักผล น้ำหนักรเปลือก น้ำหนักเนื้อและอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรเปลือกเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่ผลกล้วยหักมุกที่มีอายุมากขึ้นนั้นจะมีน้ำหนักผลน้อยกว่า จึงอาจทำให้ผลกล้วยหักมุกมีขนาดเล็กกว่าผลกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยจะมีการขยายขนาดของเซลล์เพิ่มขึ้น และเริ่มมีการสะสมปริมาณสารอาหารในรูปแบบต่าง ๆ เช่น น้ำตาลและแป้ง โดยมีการลำเลียงมาสะสมในผลมากขึ้น จึงทำให้ความถ่วงจำเพาะของผลเพิ่มขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

ในการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยในด้านสีเปลือกและสีเนื้อ ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของอายุผลกล้วยต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของสีเปลือกและสีเนื้อของผลกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	สีเปลือก			สีเนื้อ		
	L	a	b	L	a	b
93	47.29±5.56 <sup>a</sup>	-6.62±1.88 <sup>d</sup>	17.56±3.20 <sup>c</sup>	84.91±3.47 <sup>a</sup>	3.57±0.94 <sup>a</sup>	29.25±2.28 <sup>c</sup>
96	43.90±4.24 <sup>ab</sup>	-1.79±2.97 <sup>c</sup>	19.05±3.82 <sup>bc</sup>	79.48±4.39 <sup>ab</sup>	3.26±0.91 <sup>ab</sup>	30.22±2.18 <sup>bc</sup>
99	39.82±4.74 <sup>abc</sup>	5.45±2.59 <sup>b</sup>	19.65±1.64 <sup>bc</sup>	77.15±3.57 <sup>bc</sup>	3.05±0.78 <sup>abc</sup>	31.10±2.01 <sup>bc</sup>
102	35.86±5.33 <sup>bc</sup>	7.87±2.56 <sup>ab</sup>	21.66±2.57 <sup>b</sup>	74.72±3.68 <sup>bc</sup>	2.73±0.72 <sup>bc</sup>	32.58±1.54 <sup>ab</sup>
105	30.79±5.01 <sup>c</sup>	10.67±2.45 <sup>a</sup>	26.65±4.54 <sup>a</sup>	72.00±3.58 <sup>c</sup>	2.45±0.68 <sup>c</sup>	34.82±2.32 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของสีเปลือกและสีเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อพิจารณาจากสีเปลือก พบว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น สีเปลือกกล้วยจะมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) ลดลง โดยสีเปลือกกล้วยที่มีอายุ 93 วัน จะมีค่าสีแดง (a) น้อยที่สุด คือ -6.62 ซึ่งค่าสีแดง (a) ของสีเปลือกกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b) พบว่าสีเปลือกกล้วยที่มีอายุ 93 96 และ 99 วัน จะมีค่าสีเหลือง (b) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วง 17.56-19.65 ซึ่งแตกต่างจากสีเปลือกกล้วยที่มีอายุ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าสีเหลือง (b) ของสีเปลือกกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้นเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากภายหลังจากการแทงปลี ผลกล้วยเริ่มมีการสะสมคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ที่เปลือกผล และจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุผล แต่เมื่อผลกล้วยเริ่มแก่ปริมาณคลอโรฟิลล์จะลดลง (Munasque and Mendoza, 1990) ขณะเดียวกันปริมาณเอทิลีน (ethylene) ที่สะสมภายในผลนั้นจะเพิ่มขึ้น ทำให้ไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) จนเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และกระตุ้นการสะสมแคโรทีนอยด์ (carotenoid) (Shimokawa *et al.*, 1978) จึงทำให้สีเปลือกกล้วยมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่าง (L) พบว่าสีเปลือกกล้วยที่มีอายุ 93 96 และ 99 วัน จะมีค่าความสว่าง (L) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วง 39.82-47.29 ซึ่งแตกต่างจากสีเปลือก

กล้วยที่มีอายุ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าความสว่าง (L) ของสีเปลือกกล้วยจะลดลงเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกผลกล้วยหักมุกที่มีอายุมากขึ้นจะมีลักษณะเป็นรอยแตกหลายอย่างชัดเจนรวมทั้งยังมีจุดสีน้ำตาลดำเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จึงทำให้สีเปลือกกล้วยหักมุกที่มีอายุมากขึ้นมีค่าความสว่าง (L) ลดลง และเมื่อพิจารณาจากสีเนื้อ พบว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น สีเนื้อกล้วยจะมีค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ลดลง ขณะที่มีค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น โดยสีเนื้อกล้วยที่มีอายุ 93 และ 96 วัน จะมีค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วง 79.48-84.91 และ 3.26-3.57 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากสีเนื้อกล้วยที่มีอายุ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ของสีเนื้อกล้วยจะลดลงเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b) พบว่าสีเนื้อกล้วยที่มีอายุ 93 96 และ 99 วัน จะมีค่าสีเหลือง (b) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วง 29.25-31.10 ซึ่งแตกต่างจากสีเนื้อกล้วยที่มีอายุ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าสีเหลือง (b) ของสีเนื้อกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผลกล้วยหักมุกที่มีอายุมากขึ้น สีเนื้อกล้วยจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเหลืองนวลไปเป็นสีเหลืองเข้ม จึงทำให้สีเนื้อกล้วยมีค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ลดลง ขณะที่ค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของกัลยาณี โสมนัส (2540) ที่ศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนนที่มีระยะการสุกต่างกัน พบว่าสีเปลือกกล้วยที่มีระยะการสุกเพิ่มขึ้นจะมีค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) ลดลง โดยผลกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนนที่มีระยะการสุก 7-8 ซึ่งเป็นระยะที่ผลกล้วยเจริญเติบโตเต็มที่จะมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของสีเปลือก เท่ากับ 69.90 0.60 และ 48.80 ตามลำดับ ส่วนสีเนื้อกล้วยที่มีระยะการสุกเพิ่มขึ้นจะมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) ลดลง โดยผลกล้วยที่มีระยะการสุก 7-8 จะมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของสีเนื้อ เท่ากับ 76.30 -0.22 และ 25.90 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้นและมีระยะการสุกเพิ่มขึ้น สีเปลือกของกล้วยหักมุกและกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนนจะมีค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) ลดลงเช่นเดียวกัน แต่สีเปลือกของกล้วยหักมุกที่มีอายุมากขึ้นนั้นจะมีค่าสีแดง (a) มากกว่า และมีค่าความสว่าง (L) น้อยกว่า จึงอาจทำให้สีเปลือกของกล้วยหักมุกมีสีเข้มกว่าสีเปลือกของกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนน ส่วนสีเนื้อของกล้วยหักมุกและกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนนนั้นจะมีค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) ลดลงเช่นเดียวกัน แต่สีเนื้อของกล้วยหักมุก จะมีค่าสีเหลือง (b) มากกว่า และมีค่าความสว่าง (L) น้อยกว่า จึงอาจทำให้สีเนื้อของกล้วยหักมุกมีสีเข้มกว่าสีเนื้อของกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนน

## 4.2 ศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วย

ในการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วย โดยการนำผลกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จากหวีที่ 2 3 และ 4 หวีละ 2 ผล ซึ่งผ่านการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพจากข้อ 4.1 มาผลิตแป้งกล้วย จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยในด้านต่าง ๆ

### 4.2.1 ปริมาณผลผลิตของแป้งกล้วย

ในการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อปริมาณผลผลิตของแป้งกล้วย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลของอายุผลกล้วยต่อปริมาณผลผลิตของแป้งกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)
93	22.42±1.60 <sup>c</sup>
96	24.05±1.88 <sup>bc</sup>
99	25.06±1.28 <sup>ab</sup>
102	26.67±1.46 <sup>a</sup>
105	23.45±1.23 <sup>bc</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.4 พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีปริมาณผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ปริมาณผลผลิตของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันถึงอายุ 102 วัน มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณผลผลิตของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน มีแนวโน้มที่จะลดลง โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 96 วัน จะมีปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 22.42-24.05 ซึ่งแตกต่างจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยปริมาณผลผลิตของแป้งกล้วยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้น ซึ่งพบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 และ 102 วัน จะมีปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 25.06-26.67 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และเมื่อกล้วยมีอายุมาก

ขึ้นอีก ปริมาณผลผลิตของแปังกกล้วยจะลดลง โดยแปังกกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีปริมาณผลผลิตลดลงเหลือร้อยละ 23.45 แต่ไม่แตกต่างจากแปังกกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 96 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแปังกกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน มีปริมาณผลผลิตมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะเป็นช่วงที่ผลกล้วยเริ่มมีความแก่และเนื้อผลมีความแน่นแข็ง จึงสามารถนำมาผลิตแปังกกล้วยได้ง่ายและให้ปริมาณผลผลิตสูง ขณะที่แปังกกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ผลกล้วยมีความแก่เต็มที่และเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่กระบวนการสุก ทำให้เนื้อผลมีความแน่นแข็งลดลง เนื่องจากเกิดการเคลื่อนย้ายของน้ำจากเปลือกไปยังเนื้อในระหว่างกระบวนการสุก และเมื่อกล้วยสุกมากขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำสะสมอยู่ภายในเนื้อกล้วยเพิ่มขึ้น โดยปริมาณน้ำในเนื้อกล้วยที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เนื้อกล้วยนุ่มขึ้น (Will *et al.*, 1981) นอกจากนี้ในเนื้อกล้วยยังมีสารคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นนอกเหนือจากสตราซ์และน้ำตาล โดยสารเหล่านี้จะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคติน ซึ่งในระหว่างการสุกของกล้วยนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลต่าง ๆ ภายในผนังเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเพคตินซึ่งเดิมอยู่ในรูปของ โปรโตเพคติน (protopectin) ที่ไม่ละลายน้ำเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ และเมื่อกล้วยสุกมากขึ้นปริมาณโปรโตเพคตินที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อกล้วยนุ่มขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541) ดังนั้นเมื่อนำมาผลิตแปังกกล้วยจึงทำให้เกิดการสูญเสียในระหว่างขั้นตอนการทำแห้งและบดร่อน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งไม่เพียงพอต่อการระเหยน้ำออกจากชั้นกล้วย ส่งผลให้ชั้นกล้วยบางส่วนยังคงมีปริมาณความชื้นหลงเหลืออยู่ และเมื่อนำไปบดร่อนจะทำให้สูญเสียปริมาณผลผลิตค่อนข้างมาก ดังนั้นแปังกกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จึงมีปริมาณผลผลิตลดลงและเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของฉันทิศา รัตตภา และคณะ (2536) ที่ศึกษาผลของระยะเวลาในการนึ่งกล้วยที่มีต่อปริมาณผลผลิตของแปังกกล้วยน้ำว้าและแปังกกล้วยหักมุก พบว่าแปังกกล้วยน้ำว้าและแปังกกล้วยหักมุกที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 5 นาที จะมีปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ ร้อยละ 20.50 และ 15.50 ตามลำดับ ขณะที่แปังกกล้วยน้ำว้าและแปังกกล้วยหักมุกที่ไม่ผ่านการนึ่งจะมีปริมาณผลผลิตน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 19.91 และ 14.82 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลกล้วยที่ไม่ผ่านการนึ่งจะมียางมากและปอกเปลือกยาก เมื่อปอกเปลือกจะทำให้เนื้อกล้วยติดเปลือกกล้วย ปริมาณผลผลิตของแปังกกล้วยที่ได้จึงลดลง ซึ่งจะเห็นได้ว่าแปังกกล้วยหักมุกที่ไม่ผ่านการนึ่งและผ่านการนึ่งเป็นระยะเวลา 5 นาที จะมีปริมาณผลผลิตน้อยกว่าแปังกกล้วยหักมุกที่ได้จากการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากผลกล้วยที่ไม่ผ่านการนึ่งจะปอกเปลือกยาก ทำให้เนื้อกล้วยติดเปลือกกล้วย ขณะที่ผลกล้วยที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 5 นาที จะปอกเปลือกง่าย แต่เนื้อกล้วยจะมีลักษณะเหนียวและหั่นเป็นชิ้นได้ยาก และเมื่อนำมาผลิตแปังกกล้วยจึงอาจทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณผลผลิตได้มาก ปริมาณผลผลิตของแปังกกล้วยที่ได้จึงลดลง นอกจากนี้ยังอาจจะเกิดจากขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตแตกต่างกัน จึงอาจทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณผลผลิตแตกต่างกัน และจากงานวิจัยของกุลยา

จันทร์อรุณ (2540) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการลวกกล้วยที่เหมาะสมต่อการผลิตแปงกล้วยน้ำว้า โดยพบว่าการลวกกล้วยที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ก่อนปอกเปลือก จะทำให้ปอกเปลือกง่าย เนื้อกล้วยไม่ติดเปลือกกล้วย สีเนื้อกล้วยมีสีขาว และเมื่อผลิตเป็นแปงกล้วยจะได้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ ร้อยละ 25.07 ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณผลผลิตของแปงกล้วยหักมุกที่ได้จากการทดลอง

#### 4.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของแปงกล้วย

ในการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของแปงกล้วย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5-4.6

ตารางที่ 4.5 ผลของอายุผลกล้วยต่อปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตของแปงกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	ความชื้น (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน <sup>ns</sup> (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	เส้นใย (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)
93	9.40±0.08 <sup>e</sup>	2.36±0.11 <sup>c</sup>	0.51±0.05	1.95±0.11 <sup>c</sup>	1.35±0.09 <sup>a</sup>	84.43±0.29 <sup>a</sup>
96	9.50±0.15 <sup>d</sup>	2.42±0.12 <sup>bc</sup>	0.52±0.06	2.06±0.12 <sup>bc</sup>	1.22±0.09 <sup>ab</sup>	84.28±0.37 <sup>a</sup>
99	9.65±0.12 <sup>c</sup>	2.51±0.15 <sup>bc</sup>	0.53±0.05	2.19±0.13 <sup>bc</sup>	1.10±0.08 <sup>b</sup>	84.02±0.36 <sup>ab</sup>
102	9.74±0.13 <sup>b</sup>	2.65±0.13 <sup>b</sup>	0.55±0.06	2.33±0.14 <sup>ab</sup>	0.94±0.09 <sup>c</sup>	83.79±0.39 <sup>ab</sup>
105	9.84±0.15 <sup>a</sup>	2.92±0.11 <sup>a</sup>	0.56±0.07	2.52±0.22 <sup>a</sup>	0.76±0.11 <sup>d</sup>	83.40±0.45 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

จากตารางที่ 4.5 พบว่าแปงกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยแปงกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วัน จะมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 9.40 ซึ่งปริมาณความชื้นของแปงกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้น ส่วนปริมาณโปรตีนและเถ้า พบว่าแปงกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 และ 99 วัน จะมีปริมาณโปรตีนและเถ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 2.36-2.51 และ 1.95-2.19 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากแปงกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยปริมาณโปรตีนและเถ้าของแปงกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้นผลกล้วยจะเกิดการสะสมปริมาณน้ำ สารอาหาร

และแร่ธาตุเพิ่มขึ้น ซึ่งในระหว่างการสุกผลกล้วยจะเริ่มสะสมโปรตีนในปริมาณร้อยละ 0.5-2.5 (Wade *et al.*, 1972) และเริ่มสะสมแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น โปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตั้งแต่กล้วยแทงช่อดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2545) และเมื่อกล้วยสุกเต็มที่ผลกล้วยจะสะสมปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 75 (John and Marchal, 1995) เมื่อนำมาผลิตแป้งกล้วยจึงทำให้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นนี้มีปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้าเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณเส้นใยและคาร์โบไฮเดรต พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 96 วัน จะมีปริมาณเส้นใยและคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) คืออยู่ในช่วงร้อยละ 1.22-1.35 และ 84.28-84.43 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยปริมาณเส้นใยและคาร์โบไฮเดรตของแป้งกล้วยจะลดลงเมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเส้นใยที่พบในกล้วยคือ เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสนั้นเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) เมื่อกกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกล้วยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและส่วนประกอบของผนังเซลล์ โดยเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) จนกลายเป็นเซลโลไบโอสและโอลิโกเซลลูโลส (Gross and Sams, 1984) ซึ่งจะมีผลต่อการสูญเสียโครงสร้างที่ให้ความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์และทำให้เกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ (Hobson, 1968) ทำให้กล้วยที่มีอายุมากขึ้นมีปริมาณเส้นใยลดลง และเมื่อนำมาผลิตแป้งกล้วย จึงทำให้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นนี้มีปริมาณเส้นใยลดลง ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ลดลงนั้นอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lii *et al.* (1982) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของผลกล้วยที่มีระยะการสุกต่างกัน โดยพบว่าปริมาณเส้นใยและคาร์โบไฮเดรตในผลกล้วยจะเริ่มลดลงเมื่อผลกล้วยมีระยะการสุกเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณไขมัน พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) คืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.51-0.56 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อกกล้วยมีอายุมากขึ้นผลกล้วยจะมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (Goldstein and Wick, 1969) เมื่อนำมาผลิตแป้งกล้วย จึงทำให้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นมีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกัน ( $p>0.05$ )

ตารางที่ 4.6 ผลของอายุผลกล้วยต่อปริมาณสตาร์ช อะไมโลส และน้ำตาลทั้งหมดของแป้งกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	สตาร์ช (ร้อยละ)	อะไมโลส (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)
93	62.09±2.30 <sup>b</sup>	24.25±1.54 <sup>c</sup>	539.00±25.32 <sup>c</sup>
96	63.12±2.59 <sup>b</sup>	24.98±1.54 <sup>c</sup>	594.33±20.88 <sup>d</sup>
99	64.35±2.78 <sup>ab</sup>	25.62±1.42 <sup>b</sup>	660.00±29.98 <sup>c</sup>
102	67.04±3.03 <sup>a</sup>	27.46±1.49 <sup>a</sup>	810.00±21.50 <sup>b</sup>
105	62.49±1.64 <sup>d</sup>	24.86±1.38 <sup>c</sup>	970.33±22.88 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

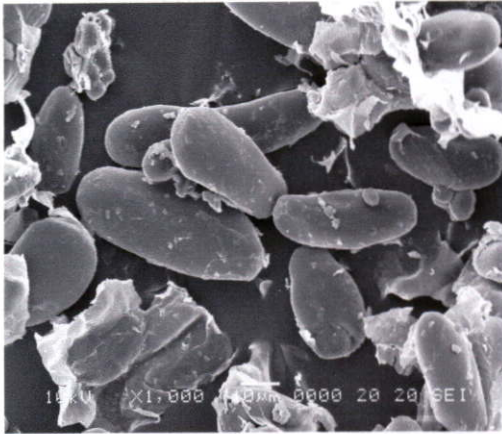
จากตารางที่ 4.6 พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีปริมาณสตาร์ช อะไมโลส และน้ำตาลทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันถึงอายุ 102 วัน มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน มีแนวโน้มที่จะลดลง โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 96 วัน จะมีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 62.09-63.12 และ 24.25-24.98 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสของแป้งกล้วยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้น ซึ่งพบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสมากที่สุด คือ ร้อยละ 67.04 และ 27.46 ตามลำดับ แต่เมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้นอีก ปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสของแป้งกล้วยจะลดลง โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสลดลงเหลือร้อยละ 62.49 และ 24.86 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 96 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 539.00 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของแป้งกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสมากที่สุด ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้นผลกล้วยจะเกิดการสะสมปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะปริมาณอะไมโลสที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณสตาร์ช จึงทำให้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน มีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสมาก

ที่สุด แต่เมื่อกกล้วยมีความแก่เต็มที่ ปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสจะลดลง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสตาร์ชไปเป็นน้ำตาล โดยน้ำตาลบางส่วนอาจเกิดจากการสลายตัวของเอมิเซลลูโลสภายในผนังเซลล์ (Simmonds, 1982) เมื่อนำมาผลิตแป้งกล้วย จึงทำให้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของสุคาทิพย์ อินทร์ชื่น (2545) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยน้ำว่าที่ผลิตจากกล้วยที่มีระยะความแก่ต่างกัน พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีระยะความแก่ร้อยละ 90 จะมีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสมากที่สุด คือ ร้อยละ 66.43 และ 23.77 ตามลำดับ ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีระยะความแก่ร้อยละ 100 จะมีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 60.72 และ 21.28 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้น คือ อายุ 93 วัน ถึงอายุ 102 วัน และแป้งกล้วยน้ำว่าที่ผลิตจากกล้วยที่มีระยะความแก่เพิ่มขึ้น คือ ระยะความแก่ร้อยละ 70 ถึงระยะความแก่ร้อยละ 90 จะมีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อกกล้วยมีอายุมากขึ้นผลกล้วยจะสะสมปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสเพิ่มขึ้น แต่เมื่อกกล้วยมีอายุมากขึ้นอีกและผลกล้วยมีความแก่เต็มที่ ปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสจะลดลง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสตาร์ชไปเป็นน้ำตาล เมื่อนำมาผลิตแป้งกล้วย จึงทำให้แป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้น คือ อายุ 105 วัน และแป้งกล้วยน้ำว่าที่ผลิตจากกล้วยที่มีระยะความแก่เพิ่มขึ้น คือ ระยะความแก่ร้อยละ 100 มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lii *et al.* (1982) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของผลกล้วยที่มีระยะการสุกต่างกัน โดยพบว่าเมื่อผลกล้วยมีระยะการสุกเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลกล้วยจะเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่นั้นจะเป็นน้ำตาลรีดิวิซ์ และซูโครส

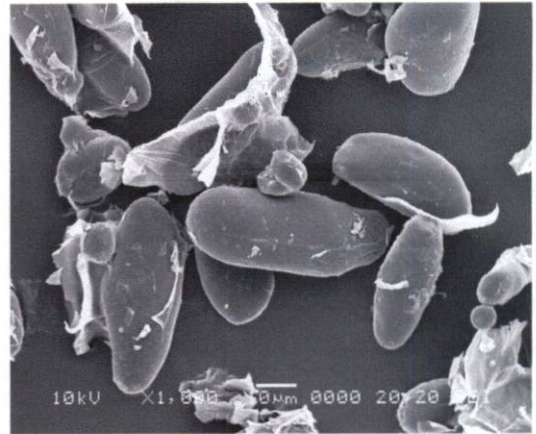
### 4.2.3 สมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วย

#### 4.2.3.1 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งกล้วย

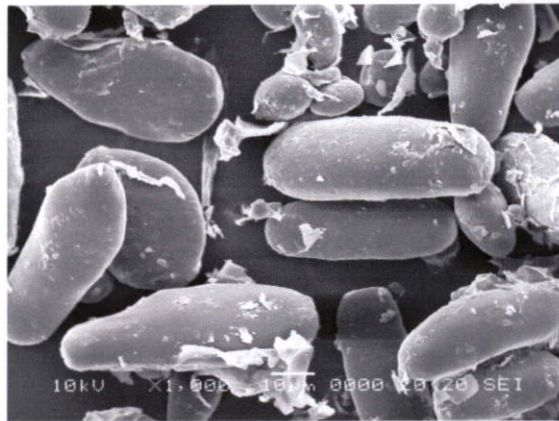
ในการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพในด้านขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งกล้วย เมื่อตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ Scanning Electron Microscope (SEM) (รูปที่ 4.1) พบว่าเม็ดแป้งกล้วยจะมีขนาดแตกต่างกันและมีรูปร่างเป็นวงรีเรียวยาวไม่แน่นอน ลักษณะพื้นผิวมีรอยแตกร้าวและไม่เรียบ โดยเม็ดแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วัน จะมีขนาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20-25 ไมโครเมตร และเพิ่มขึ้นเป็น 65-70 ไมโครเมตร เมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้นเม็ดแป้งกล้วยจะมีขนาดและรูปร่างใหญ่ขึ้น รวมทั้งยังมีลักษณะพื้นผิวเป็นริ้วรอยเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ในการเปลี่ยนสตาร์ชที่เป็นส่วนประกอบในเม็ดแป้งให้เป็นน้ำตาลในระหว่างการสุกของกล้วย (Kayisu *et al.*, 1981) ส่วนลักษณะพื้นผิวที่เป็นรอยแตกและไม่เรียบนั้นอาจเกิดจากการถูกทำลายในระหว่างขั้นตอนการผลิตหรือการบดร่อน ลักษณะโดยทั่วไปของเม็ดแป้งกล้วยจึงไม่ค่อยสมบูรณ์ และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Eggleston *et al.* (1992) ที่ศึกษาลักษณะของเม็ดสตาร์ชที่สกัดได้จากกล้วยที่นิยมนำความร้อนก่อนรับประทาน (cooking banana) และกล้วยดิบ (plantain) พบว่าเม็ดสตาร์ชจากกล้วยทั้งสองชนิดจะมีลักษณะรูปร่างเป็นวงรีเรียวยาวคล้ายคลึงกัน แต่จะมีขนาดเฉลี่ยแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 3.9-76.4 และ 7.8-61.3 ไมโครเมตร ตามลำดับ



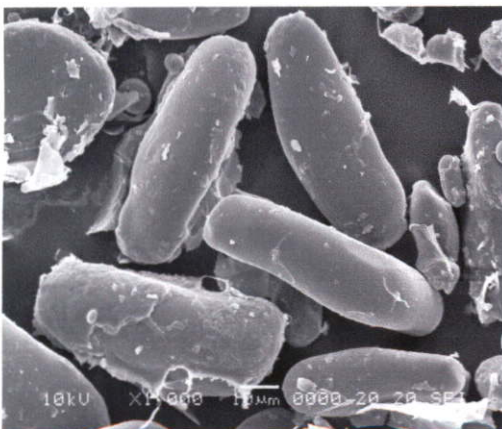
อายุ 93 วัน



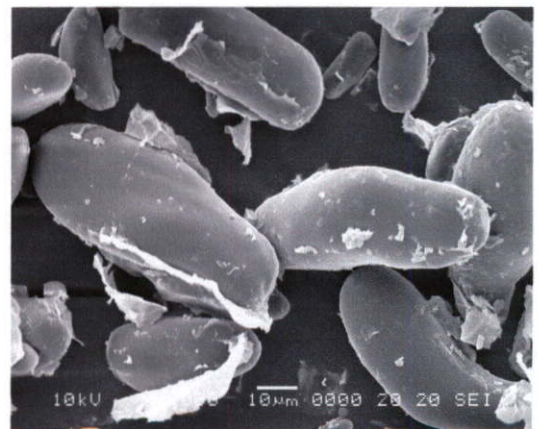
อายุ 96 วัน



อายุ 99 วัน



อายุ 102 วัน



อายุ 105 วัน

รูปที่ 4.1 ลักษณะรูปร่างของเมดแปงกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกัน

#### 4.2.3.2 สีของแป้งกล้วย

ในการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพในด้านสีของแป้งกล้วย ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7

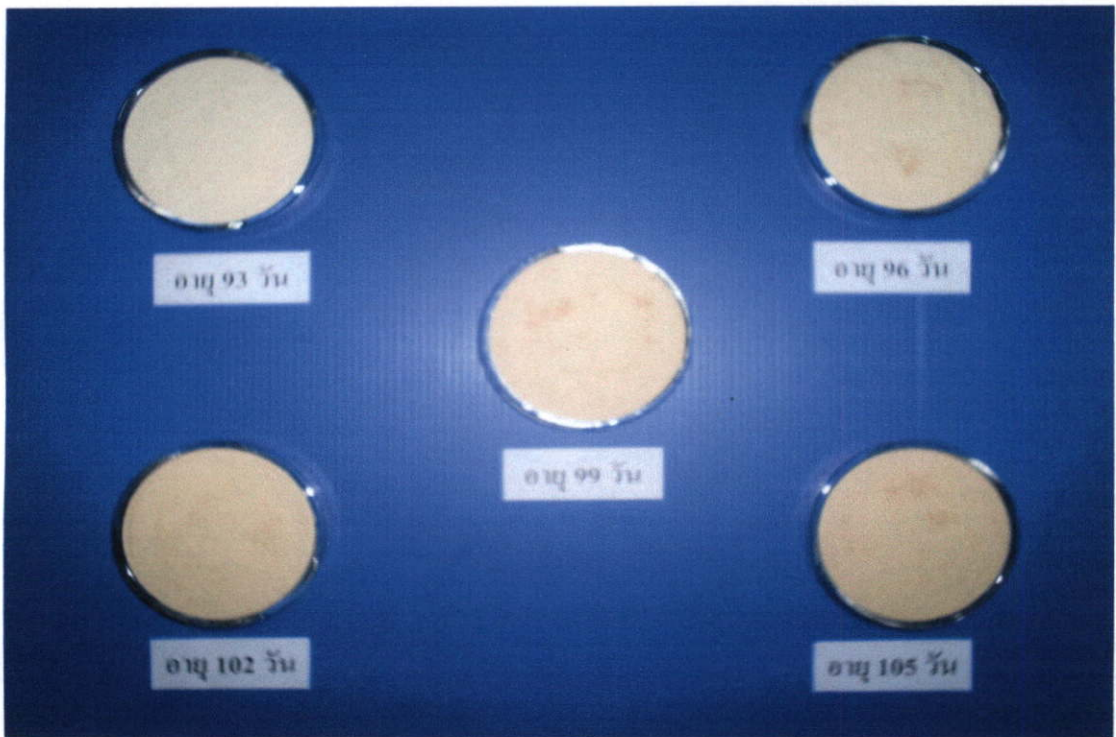
ตารางที่ 4.7 ผลของอายุผลกล้วยต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแป้งกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	L	a	b
93	76.65±0.78 <sup>a</sup>	-0.09±0.01 <sup>a</sup>	14.34±0.48 <sup>d</sup>
96	76.04±0.90 <sup>a</sup>	-0.17±0.01 <sup>b</sup>	14.74±0.43 <sup>d</sup>
99	75.59±0.85 <sup>ab</sup>	-0.25±0.01 <sup>c</sup>	15.50±0.37 <sup>c</sup>
102	74.47±0.47 <sup>bc</sup>	-0.33±0.02 <sup>d</sup>	16.98±0.32 <sup>b</sup>
105	73.79±0.45 <sup>c</sup>	-0.41±0.01 <sup>c</sup>	18.49±0.26 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.7 พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วัน จะมีค่าสีแดง (a) มากที่สุด คือ -0.09 ซึ่งค่าสีแดง (a) ของแป้งกล้วยจะลดลงเมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้น ส่วนค่าความสว่าง (L) พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 และ 99 วัน จะมีค่าความสว่าง (L) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วง 75.59-76.65 ซึ่งแตกต่างจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าความสว่าง (L) ของแป้งกล้วยจะลดลงเมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นเช่นเดียวกัน สำหรับค่าสีเหลือง (b) พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 96 วัน จะมีค่าสีเหลือง (b) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คือ อยู่ในช่วง 14.34-14.74 ซึ่งแตกต่างจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 102 และ 105 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าสีเหลือง (b) ของแป้งกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของสีเนื้อกล้วย (ตารางที่ 4.3) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อผลกล้วยหักมุกมีอายุมากขึ้น สีเนื้อกล้วยจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเหลืองนวลไปเป็นสีเหลืองเข้ม และเมื่อนำมาผลิตแป้งกล้วย จึงทำให้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นมีค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ลดลง ขณะที่ค่าสีเหลือง (b)

เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.2) และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของวลัย หุตะโกวิท และคณะ (2542) ที่ศึกษาการผลิตแป้งจากกล้วยน้ำว้า พบว่าแป้งกล้วยที่ได้จะมีสีไม่ขาวเหมือนแป้งโดยทั่วไป ทั้งนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ (enzymatic browning) ในผลกล้วย โดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) จะสัมผัสกับสารประกอบโมโนฟีนอล (monophenol) ในสภาพที่มีอากาศจนเกิดเป็นสารออร์โธไดฟีนอล (o-diphenols) และถูกออกซิไดส์กลายเป็นออร์โธควิโนน (o-quinones) ซึ่งออร์โธควิโนนที่เกิดขึ้นนี้มีสีเพียงเล็กน้อย และเป็นสารตัวกลางที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมาก โดยจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโนและสารอื่นโดยไม่ใช่เอนไซม์จนเกิดเป็นสารที่มีสีซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อน (Sapers, 1993) ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลนี้จะเกิดขึ้นได้ในระหว่างขั้นตอนการปอกเปลือกและการตัดของผลกล้วยก่อนที่จะนำไปแปรรูป (Cano *et al.*, 1990) และจากงานวิจัยของจันทิมา ชนะพันธ์ และพิกุล สุกแดง (2544) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีการต่างกัน พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีการแบบเปียกจะมีสีเข้มกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีการแบบแห้ง โดยแป้งกล้วยไข่จะมีสีเข้มที่สุด คือ มีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 64.71 2.39 และ 12.07 ตามลำดับ ขณะที่แป้งกล้วยน้ำว้าจะมีสีอ่อนที่สุด คือ มีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 78.02 0.27 และ 10.86 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับสีของแป้งกล้วยหักมุก จะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยไข่ซึ่งมีค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) น้อยกว่า ขณะที่ค่าสีแดง (a) มากกว่า แสดงว่ามีสีเข้มกว่าสีของแป้งกล้วยหักมุก ส่วนแป้งกล้วยน้ำว้าซึ่งมีค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) มากกว่า ขณะที่ค่าสีเหลือง (b) น้อยกว่า จึงมีสีอ่อนกว่าสีของแป้งกล้วยหักมุก



รูปที่ 4.2 สีของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกัน

#### 4.2.3.3 ความสามารถในการดูดซับน้ำและละลายน้ำ (water absorption and water solubility index)

ความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งกล้วย แสดงเป็นน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการละลายเม็ดแป้งในน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ขณะที่ความสามารถในการละลายน้ำแสดงเป็นน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ในการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อความสามารถในการดูดซับน้ำและละลายน้ำของแป้งกล้วย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลของอายุผลกล้วยต่อความสามารถในการดูดซับน้ำและละลายน้ำของแป้งกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	ความสามารถในการดูดซับน้ำ (กรัม/กรัม)	ความสามารถในการละลายน้ำ (ร้อยละ)
93	2.88±0.11 <sup>a</sup>	0.21±0.01 <sup>e</sup>
96	2.79±0.16 <sup>b</sup>	0.36±0.01 <sup>d</sup>
99	2.72±0.19 <sup>c</sup>	0.45±0.01 <sup>c</sup>
102	2.67±0.10 <sup>d</sup>	0.65±0.01 <sup>b</sup>
105	2.60±0.13 <sup>e</sup>	0.81±0.01 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.8 พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำและละลายน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วัน มีความสามารถในการดูดซับน้ำเท่ากับ 2.88 กรัมต่อกรัม ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำลดลงเป็น 2.60 กรัมต่อกรัม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเม็ดแป้งซึ่งจะทำให้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกันมีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน ซึ่งจากผลการทดลองที่ผ่านมาในข้อ 4.2.2 จะพบว่าเมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้นผลกล้วยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากสตรัซไปเป็นน้ำตาล ทำให้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.6) และเมื่อนำแป้งกล้วยไปละลายน้ำจะทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่มีอยู่ในแป้งละลายออกมา น้ำหนักของแป้งจึงลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งลดลงด้วย (สุคาทิพย์ อินทร์ชื่น, 2545) ดังนั้นแป้งกล้วยที่ผลิต

จากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นและมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น จึงมีความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของกรูมา วงษ์กระจ่าง และคณะ (2539) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้ความร้อนในการนึ่งกล้วยที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่ พบว่าแป้งกล้วยที่ผ่านการนึ่งจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water retention capacity) สูงกว่าแป้งกล้วยที่ไม่ผ่านการนึ่ง โดยแป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่ที่ผ่านการนึ่งจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 2.72 และ 2.62 มิลลิลิตรต่อกรัม ตามลำดับ ขณะที่แป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่ที่ไม่ผ่านการนึ่งจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 2.00 และ 1.50 มิลลิลิตรต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยหอมและแป้งกล้วยไข่ที่ผ่านการนึ่งจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำใกล้เคียงกับแป้งกล้วยหักมุก ทั้งนี้เนื่องจากการนึ่งกล้วยจะมีผลทำให้แป้ง (starch) บางส่วนเกิดการเจลาติไนซ์ จึงส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาความสามารถในการละลายน้ำ พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นจะมีความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันมีความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 0.21 ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.81 จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ ซึ่งโดยปกติแป้งดิบจะไม่ละลายหรือละลายได้น้อยในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ เนื่องจากโมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) จำนวนมากยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจนอยู่ในรูปร่างแหไมเซลล์ (mycels) การจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจึงดูดซึมน้ำและละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย (Leach *et al.*, 1959) แต่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของแป้งกล้วยแตกต่างกัน คือ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่มีอยู่ในแป้ง โดยพบว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำของแป้งจะเพิ่มขึ้น (สุคาทิพย์ อินทร์ชื่น, 2545) นั่นคือการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลและการลดลงของปริมาณแป้งมีผลทำให้การละลายของแป้งเพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ดังนั้นแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นและมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นจึงมีความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น

#### 4.2.3.4 กำลังการพองตัวและการละลาย (swelling power and solubility)

กำลังการพองตัวของแป้งกล้วย แสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเมล็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อแป้งพองตัวอย่างอิสระในน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ขณะที่ค่าการละลายแสดงเป็นน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส และแยกออกจากส่วนของเมล็ดแป้งที่พองตัว

ในการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อกำลังการพองตัวและการละลายของแป้งกล้วย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลของอายุผลกล้วยต่อกำลังการพองตัวและการละลายของแป้งกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	กำลังการพองตัว (ร้อยละ)	การละลาย (ร้อยละ)
93	16.35±0.41 <sup>b</sup>	8.14±0.34 <sup>b</sup>
96	14.97±0.35 <sup>c</sup>	7.52±0.33 <sup>b</sup>
99	13.13±0.38 <sup>d</sup>	6.24±0.39 <sup>c</sup>
102	11.55±0.41 <sup>c</sup>	4.93±0.43 <sup>d</sup>
105	17.57±0.30 <sup>a</sup>	9.12±0.50 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.9 พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีกำลังการพองตัวและการละลายที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วัน มีกำลังการพองตัวเท่ากับร้อยละ 16.35 ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน มีกำลังการพองตัวลดลงเป็นร้อยละ 11.55 แต่หลังจากนั้นกำลังการพองตัวของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 17.57 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเมล็ดแป้งซึ่งจะทำให้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกันมีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน ซึ่งจากผลการทดลองที่ผ่านมาในข้อ 4.2.2 พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันถึงอายุ 102 วัน จะมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น ในขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีปริมาณอะไมโลสลดลง (ตารางที่ 4.6) ซึ่งปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้นจะทำให้โครงสร้างร่างแหภายในเมล็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของอะไมโลสที่เป็นเส้นตรงจะสามารถเรียงตัวกันอย่างใกล้ชิด และเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้มาก (อรวรรณ เคนสุขเจริญ, 2529) และเมื่อแรงยึดเหนี่ยวภายในเมล็ด

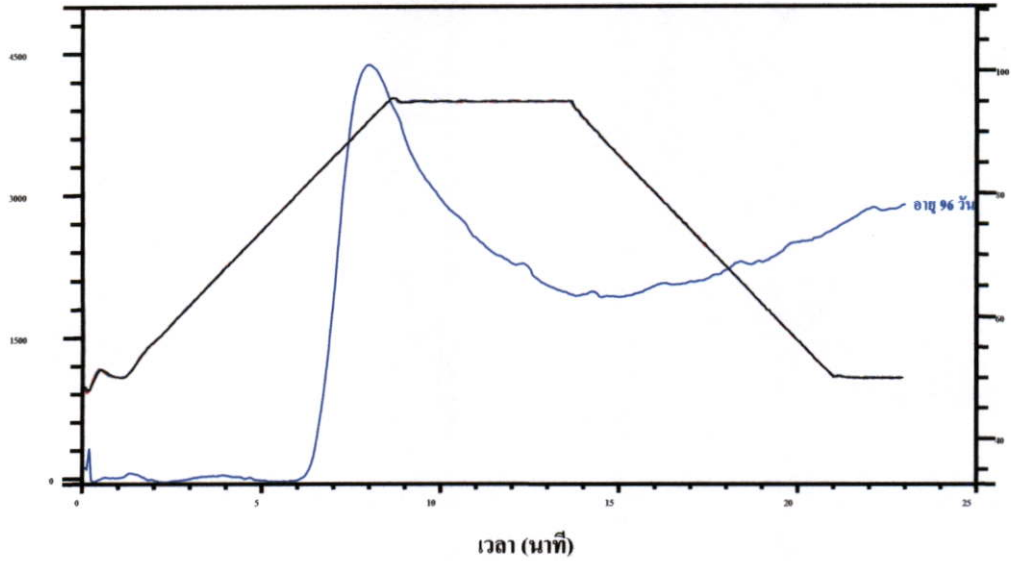
แป้งเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้น้อยลง จึงต้องใช้พลังงานความร้อนสูงในการทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัว (ชนินันท์ วรธนะหทัย, 2542) ดังนั้นแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันถึงอายุ 102 วัน ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นจึงมีกำลังการพองตัวลดลง และแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสลดลงจึงมีกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าการละลาย พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วัน มีค่าการละลายเท่ากับร้อยละ 8.14 ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน มีค่าการละลายลดลงเป็นร้อยละ 4.93 แต่หลังจากนั้นค่าการละลายของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.12 ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าค่าการละลายมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่ากำลังการพองตัว ทั้งนี้เนื่องจากการละลายของแป้งจะมีความสัมพันธ์กับกำลังการพองตัว คือ เมื่อเม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจะทำให้โมเลกุลอะไมโลสบางส่วนหลุดออกจากเม็ดแป้งและเป็นโมเลกุลอิสระละลายอยู่ในน้ำแป้งมากขึ้น การละลายของแป้งจึงสูงขึ้น (อรวรรณ เกษสุขเจริญ, 2529) ดังนั้นแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันจนถึงอายุ 102 วัน ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นจึงมีกำลังการพองตัวและการละลายลดลง และแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสลดลงจึงมีกำลังการพองตัวและการละลายเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของจันทิมา ชนะพันธ์ และพิกุล สุกแดง (2544) ที่ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีการต่างกัน พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีการแบบแห้งจะมีกำลังการพองตัวสูงกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีการแบบเปียก โดยแป้งกล้วยไข่จะมีกำลังการพองตัวสูงสุด คือ ร้อยละ 79.22 (โดยน้ำหนักแห้ง) ขณะที่แป้งกล้วยน้ำว้าจะมีกำลังการพองตัวต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 64.97 (โดยน้ำหนักแห้ง) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยไข่และแป้งกล้วยน้ำว้าที่ผลิตด้วยวิธีการแบบแห้งจะมีกำลังการพองตัวสูงกว่าแป้งกล้วยหักมุก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งกล้วยหักมุกมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าจึงอาจทำให้เกิดการพองตัวได้น้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีการแบบเปียกจะมีค่าการละลายสูงกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีการแบบแห้ง โดยแป้งกล้วยไข่จะมีค่าการละลายสูงสุด คือ ร้อยละ 20.24 (โดยน้ำหนักแห้ง) ขณะที่แป้งกล้วยหอมจะมีค่าการละลายต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 16.26 (โดยน้ำหนักแห้ง) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยไข่และแป้งกล้วยหอมที่ผลิตด้วยวิธีการแบบเปียกจะมีค่าการละลายสูงกว่าแป้งกล้วยหักมุก ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนของวิธีการผลิตแบบเปียกจะมีการบดกล้วยและแช่น้ำไว้ 1 คืน เมื่อนำมาให้ความร้อนโดยการอบแห้งจะทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้ระดับหนึ่ง จึงส่งผลให้แป้งกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีการแบบเปียกมีกำลังการพองตัวลดลงและมีค่าการละลายเพิ่มขึ้น



ความหนืด (เซนติพอยส์)

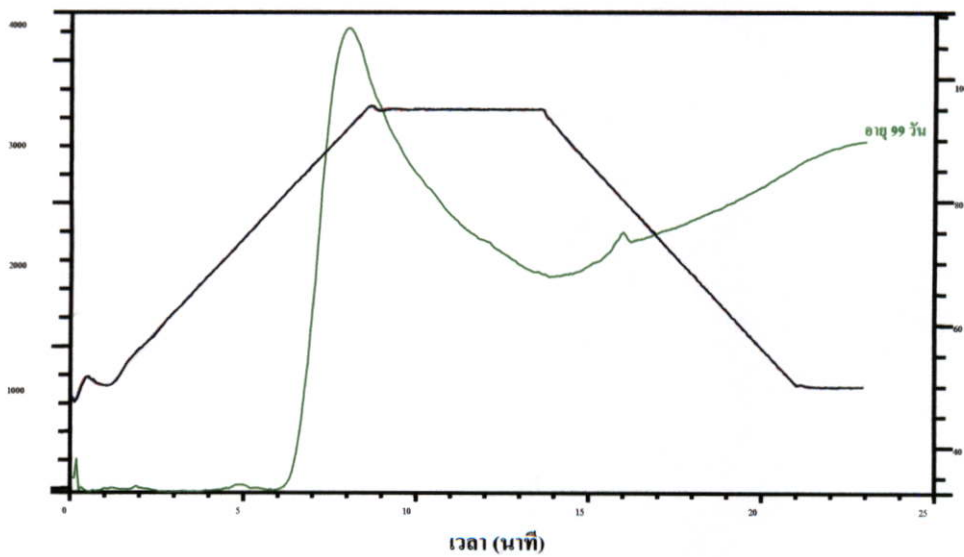
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 96 วัน

ความหนืด (เซนติพอยส์)

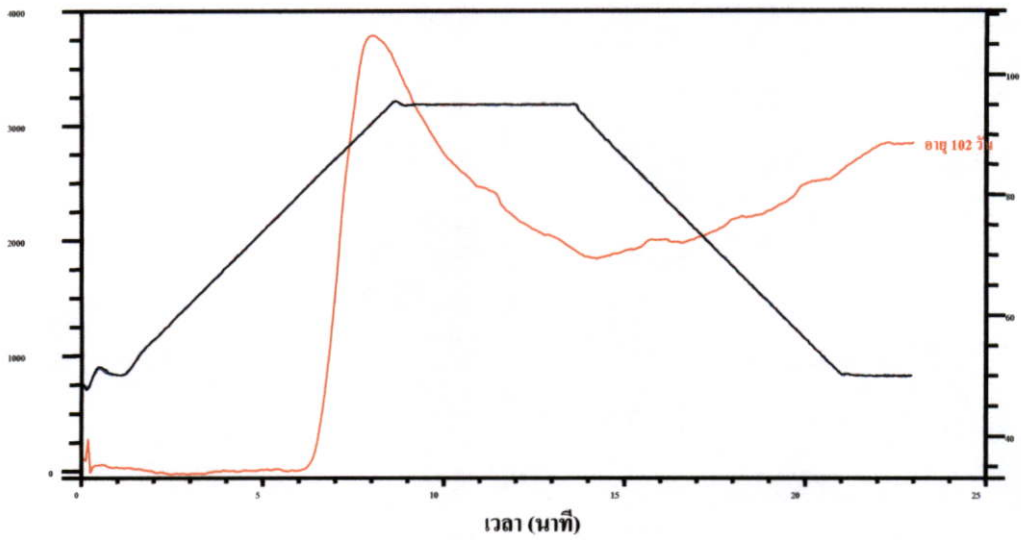
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 วัน

ความหนืด (เซนติพอยส์)

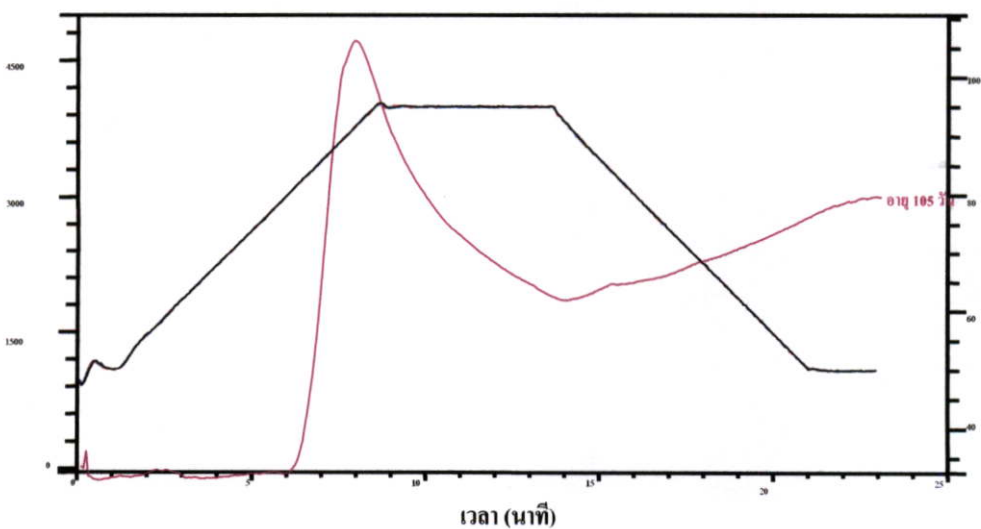
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน

ความหนืด (เซนติพอยส์)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน

ตารางที่ 4.10 ผลของอายุผลกล้วยต่อคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งกล้วยหักมุก

อายุ (วัน)	Peak Viscosity (เซนติพอยส์)	Trough (เซนติพอยส์)	Breakdown (เซนติพอยส์)	Final Viscosity (เซนติพอยส์)	Setback (เซนติพอยส์)	Peak Time <sup>ns</sup> (นาที)	Pasting Temperature <sup>n</sup> (องศาเซลเซียส)
93	4712.00±80.24 <sup>a</sup>	1738.33±187.54 <sup>c</sup>	2973.67±192.92 <sup>a</sup>	2538.66±213.75 <sup>bc</sup>	800.33±46.52 <sup>c</sup>	8.25±0.11	80.90±1.00
96	4351.00±66.18 <sup>b</sup>	2116.33±156.44 <sup>b</sup>	2234.67±184.27 <sup>b</sup>	2947.33±277.04 <sup>b</sup>	831.00±131.91 <sup>c</sup>	8.11±0.08	80.40±0.47
99	4019.33±43.33 <sup>c</sup>	2576.00±50.69 <sup>a</sup>	1443.33±85.86 <sup>c</sup>	3489.33±89.18 <sup>a</sup>	913.33±108.49 <sup>b</sup>	8.19±0.06	80.76±0.64
102	3762.00±79.96 <sup>d</sup>	2608.33±142.68 <sup>a</sup>	1153.67±134.75 <sup>c</sup>	3659.33±257.12 <sup>a</sup>	1051.00±141.61 <sup>a</sup>	8.15±0.08	80.70±0.71
105	4800.00±66.36 <sup>a</sup>	1648.33±185.08 <sup>c</sup>	3151.67±194.23 <sup>a</sup>	2420.66±274.15 <sup>c</sup>	772.33±106.01 <sup>d</sup>	8.09±0.11	80.20±0.80

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p>0.05)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน จะมีค่า pasting temperature และค่า peak time ไม่แตกต่างกัน ( $p>0.05$ ) แต่มีค่า peak viscosity ค่า trough ค่า breakdown ค่า final viscosity และค่า setback แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) โดยเมื่อคั่ว ๆ ให้ความร้อนแก่สารละลายแป้งพร้อมทั้งมีการกวนอย่างสม่ำเสมอ เม็ดแป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำจะเกิดการพองตัวขึ้น ให้ความความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกันเริ่มมีอุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงความหนืด (peak time) ประมาณ 8 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าภายในแป้งมีการจัดเรียงตัวกันอย่างแข็งแรงจึงทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวในระหว่างการให้ความร้อนน้อย และต้องใช้ความร้อนสูงในการทำละลายพันธะภายในเม็ดแป้ง เพื่อให้เม็ดแป้งสามารถดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวได้ (Lii *et al.*, 1982) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น แป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นเจล ให้ความความหนืดเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ซึ่งเป็นจุดที่เม็ดแป้งเกิดการพองตัวเต็มที่ โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 105 วัน จะมีค่า peak viscosity มากที่สุด คือ 4712.00 และ 4800.00 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีค่า peak viscosity น้อยที่สุด คือ 3762.00 เซนติพอยส์ แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 105 วัน จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวได้สูงกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 105 วัน ซึ่งมีกำลังการพองตัวสูง (ตารางที่ 4.9) เมื่อได้รับความร้อนจึงทำให้มีค่า peak viscosity สูง (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต่อไปอีกรวมทั้งมีการกวนอย่างต่อเนื่อง จะมีผลทำให้โครงสร้างภายในเม็ดแป้งแตกออก ให้ความความหนืดลดลง ซึ่งเป็นความหนืดต่ำสุดของแป้งในขณะที่ได้รับความร้อนในระยะเวลาหนึ่ง (trough) โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 และ 102 วัน จะมีค่า trough มากที่สุด คือ 2576.00 และ 2608.33 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 105 วัน จะมีค่า trough น้อยที่สุด คือ 1738.33 และ 1648.33 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 และ 102 วัน ซึ่งมีกำลังการพองตัวค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 4.9) เมื่อได้รับความร้อนและแรงกวนอย่างต่อเนื่อง ทำให้โครงสร้างผลึกภายในเม็ดแป้งถูกทำลายได้น้อย (Svensson and Eliasson, 1995) แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 และ 102 วัน จึงมีความหนืดต่ำสุดสูงกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 105 วัน

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (breakdown) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงเสถียรภาพของแป้งสุก (heat stability) พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 105 วัน จะมีค่า breakdown มากที่สุด คือ 2973.67 และ 3151.67 เซนติพอยส์

ตามลำดับ ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 และ 102 วัน จะมีค่า breakdown น้อยที่สุด คือ 1443.33 และ 1153.67 เซนติพอยส์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 และ 102 วัน จะมีความสามารถในการทนต่อความร้อนและแรงเฉือนได้มากกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 105 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 และ 102 วัน ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างสูง (ตารางที่ 4.6) โครงสร้างของอะไมโลสในแป้งซึ่งมีความแข็งแรงจะดูดซับน้ำได้น้อยและเกิดการพองตัวน้อย ส่งผลให้ความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุดมีค่าน้อยไปด้วย (ปิยะพร ภัทรกิจกำจร, 2547) แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 99 และ 102 วัน จึงมีเสถียรภาพของแป้งสูงกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 และ 105 วัน

เมื่อลดอุณหภูมิลง ทำให้เกิดการรีโทรเกรเดชัน ความหนืดที่เกิดจากการเรียงตัวกันใหม่ของโมเลกุลอะไมโลสที่หลุดออกจากเม็ดแป้ง (final viscosity) จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนืดเมื่อแป้งเกิดการคืนตัว (setback) เพิ่มขึ้นด้วย โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีค่า final viscosity และค่า setback มากที่สุด คือ 3659.33 และ 1051.00 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ขณะที่แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีค่า final viscosity และค่า setback น้อยที่สุด คือ 2420.66 และ 772.33 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 4.6) ทำให้เกิดการจับกันระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลอะไมโลสในระหว่างการเย็นตัวต่ำ จึงเกิดการคืนตัวได้ช้าและให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งสุกที่อ่อนนุ่ม ใส และไม่ทึบแสง (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน นอกจากนี้ ปริมาณอะไมโลสก็ยังมีส่วนสำคัญต่อความหนืด คือ ถ้าแป้งชนิดใดมีปริมาณอะไมโลสสูงย่อมแสดงค่า final viscosity สูงด้วยเช่นกัน (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543) และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของฉันทิศา รัตอากาศ และคณะ (2536) ที่ได้ศึกษาคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งกล้วยหักมุกโดยใช้เครื่อง Brabender Viscoamylograph พบว่าแป้งกล้วยหักมุกมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสตาร์ชข้าวเหนียว คือ จะมีค่า peak viscosity และค่า breakdown สูงเหมือนสตาร์ชข้าวเหนียว โดยแป้งกล้วยหักมุกจะมีค่า peak viscosity และค่า breakdown เท่ากับ 1,215 และ 485 Brabender Unit ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากค่า peak viscosity และค่า breakdown ของแป้งกล้วยหักมุกจากการทดลอง โดยแป้งกล้วยหักมุกจากการทดลองจะมีค่า peak viscosity และค่า breakdown สูงกว่า คือ อยู่ในช่วง 3762.00-4800.00 และ 1153.67-3151.67 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะที่ใช้ในการตรวจสอบแตกต่างกัน จึงอาจทำให้ค่า peak viscosity และค่า breakdown ของแป้งกล้วยหักมุกแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยหักมุกนั้นจะเกิดการแตกตัวได้ง่าย พองตัวมาก และเม็ดแป้งไม่มีความคงทนต่อการกวน นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งกล้วยหักมุกมีค่า final viscosity สูง โดยจะมีค่าเท่ากับ 1,130

Brabender Unit ซึ่งแตกต่างจากค่า final viscosity ของแป้งกล้วยหักมุกจากการทดลอง โดยแป้งกล้วยหักมุกจากการทดลองจะมีค่า final viscosity สูงกว่า คือ อยู่ในช่วง 2420.66-3659.33 เซนติพอยส์ จึงอาจทำให้แป้งสุกที่ได้มีลักษณะเหนียวหนืดมากกว่า

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วย พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า น้ำตาลทั้งหมด และความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณเส้นใย คาร์โบไฮเดรต และความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง ส่วนปริมาณสตาร์ช และอะไมโลส พบว่าจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันถึงอายุ 102 วัน และมีปริมาณลดลงในแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ขณะที่ค่ากำลังการพองตัว และการละลาย พบว่าจะมีค่าลดลงในแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันถึงอายุ 102 วัน แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นในแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ส่วนคุณสมบัติด้านความหนืด พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 วันถึงอายุ 102 วัน จะมีค่า peak viscosity และค่า breakdown ลดลง ขณะที่มีความค่า trough ค่า final viscosity และค่า setback เพิ่มขึ้น โดยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีค่า peak viscosity และค่า breakdown มากที่สุด ขณะที่มีความค่า trough ค่า final viscosity และค่า setback น้อยที่สุด ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีปริมาณสตาร์ช ปริมาณอะไมโลส ค่า final viscosity และค่า setback มากที่สุด ขณะที่มีความค่า breakdown น้อยที่สุด ส่วนแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ความสามารถในการละลายน้ำ และค่า peak viscosity มากที่สุด ขณะที่มีความค่า final viscosity และค่า setback น้อยที่สุด ดังนั้นแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 และ 105 วัน จึงมีองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพที่น่าจะเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมปัง ปาท่องโก๋ และแป้งชุบทอดได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 และ 99 วัน และเมื่อพิจารณาจากการศึกษาผลของอายุกล้วยหักมุกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วย จะเห็นได้ว่าผลกล้วยที่มีอายุ 102 และ 105 วัน ซึ่งมีอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือกและความถ่วงจำเพาะมากที่สุด คือ อยู่ในช่วง 1.46-1.48 และ 0.99-1.00 ตามลำดับ ขณะที่อัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาน้อยที่สุด คือ อยู่ในช่วง 1.09-1.10 สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวของผลกล้วยเพื่อนำไปแปรรูปเป็นแป้งกล้วยได้ ทั้งนี้เนื่องจากผลกล้วยซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนา อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือกและความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วงดังกล่าว จะเกิดการขยายขนาดของเซลล์และสะสมปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อนำค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนา ค่าอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือก และค่าความถ่วงจำเพาะของผลกล้วยซึ่งอยู่ในช่วงดังกล่าวมาใช้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยว จึงน่าจะช่วยให้การเก็บเกี่ยวของผลกล้วยเพื่อนำไปแปรรูปเป็นแป้งกล้วยนั้นสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

### 4.3 ศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วย

#### 4.3.1 ศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง

จากการศึกษาเบื้องต้นซึ่งได้ทดลองผลิตขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกัน คือ อายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของขนมปังทางด้านค่าสี คุณภาพในการหุงต้ม ลักษณะเนื้อสัมผัส และทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยซึ่งผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีคุณภาพทางด้านสี คุณภาพในการหุงต้ม และลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับขนมปังสูตรมาตรฐานมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น ความเหนียว และการยอมรับรวม ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยซึ่งผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 และ 102 วัน ดังนั้นจึงเลือกแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน มาใช้สำหรับศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังต่อไป และจากการศึกษาคุณสมบัติทางด้านความหนืดของแป้งกล้วย พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) มากที่สุด ขณะที่มีการคืนตัว (setback) น้อยที่สุด (ตารางที่ 4.10) แสดงให้เห็นว่าเมื่อได้รับความร้อนเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำได้มากและเกิดการพองตัวได้สูง จึงทำให้มีความหนืดสูง โดยแป้งที่มีความหนืดสูงจะช่วยให้เส้นขนมปังมีความยืดตัวดีและมีลักษณะเส้นที่เหนียว (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงการเกิดริโทรเกรเดชันของแป้งสุกที่ค่อนข้างช้าจนทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งสุกมีความอ่อนนุ่ม ซึ่งคุณสมบัติของแป้งสุกจะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของขนมปังในด้านเนื้อสัมผัส (Oda *et al.*, 1980) และจากงานวิจัยของสุภารัตน์ เรืองฉนิไพฑูรย์ และคณะ (2544) ได้ศึกษาการผลิตขนมปังสำเร็จรูปจากแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งมีค่าการคืนตัว (setback) น้อยที่สุดทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 40 จะทำให้เส้นขนมปังมีความเหนียวยืดหยุ่นดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าพันธุ์อื่น ๆ ดังนั้นเมื่อนำแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ซึ่งมีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) มากที่สุดและมีค่าการคืนตัว (setback) น้อยที่สุดมาใช้ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในการผลิตขนมปัง จึงน่าจะได้ขนมปังที่มีคุณภาพดี คือ เส้นขนมปังมีความคงรูป ลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม และมีความยืดหยุ่นดี

ในการศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง โดยนำแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน มาใช้ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จากนั้นผลิตขนมปังตามสูตรและส่วนผสมดังตารางที่ 3.1 แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพทางด้านค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส คุณภาพในการหุงต้ม และลักษณะทางประสาทสัมผัส

การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน และแป้งสาลีเอนกประสงค์ ได้ผลดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน และแป้งสาลีเอนกประสงค์

องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ	แป้งกล้วยที่ผลิตจาก กล้วยที่มีอายุ 105 วัน	แป้งสาลีเอนกประสงค์
ความชื้น (ร้อยละ)	9.84±0.15 <sup>b</sup>	13.04±0.21 <sup>a</sup>
โปรตีน (ร้อยละ)	2.92±0.11 <sup>b</sup>	12.23±0.08 <sup>a</sup>
ไขมัน (ร้อยละ)	0.56±0.07 <sup>b</sup>	1.08±0.12 <sup>a</sup>
เถ้า (ร้อยละ)	2.52±0.22 <sup>a</sup>	0.56±0.33 <sup>b</sup>
เส้นใย (ร้อยละ)	0.76±0.11 <sup>a</sup>	0.17±0.04 <sup>b</sup>
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	83.40±0.45 <sup>a</sup>	72.92±0.57 <sup>b</sup>
ค่าความสว่าง (L)	73.79±0.45 <sup>b</sup>	93.64±0.32 <sup>a</sup>
ค่าสีแดง (a)	-0.41±0.01 <sup>b</sup>	0.22±0.03 <sup>a</sup>
ค่าสีเหลือง (b)	18.49±0.26 <sup>a</sup>	6.05±0.17 <sup>b</sup>
ความสามารถในการดูดซับน้ำ (กรัม/กรัม) <sup>ns</sup>	2.60±0.13	2.82±0.20

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

จากตารางที่ 4.11 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน และแป้งสาลีเอนกประสงค์ พบว่าแป้งทั้ง 2 ชนิดจะมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแป้งสาลีเอนกประสงค์จะมีปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) สูงกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน คือ มีปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 13.04 12.23 และ 1.08 ตามลำดับ ขณะที่ค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) เท่ากับ 93.64 และ 0.22 ตามลำดับ ส่วนแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน จะมีปริมาณเถ้า ปริมาณเส้นใย ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และค่าสีเหลือง (b) สูงกว่าแป้งสาลีเอนกประสงค์ คือ มีปริมาณเถ้า ปริมาณเส้นใย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 2.52 0.76 และ 83.40 ตามลำดับ ขณะที่ค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 18.49 นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งสาลี

เอนกประสงค์จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำสูงกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

#### 4.3.1.1 ค่าสี

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านค่าสีของบะหมี่สดทั้งก่อนลวกและหลังลวก ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าสีของบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ก่อนลวก			หลังลวก		
	L	a	b	L	a	b
0	78.47±0.38 <sup>a</sup>	0.98±0.02 <sup>c</sup>	15.82±0.42 <sup>d</sup>	74.32±0.40 <sup>a</sup>	0.64±0.03 <sup>c</sup>	13.42±0.40 <sup>c</sup>
10	77.36±0.33 <sup>b</sup>	1.27±0.04 <sup>d</sup>	16.40±0.33 <sup>d</sup>	73.70±0.36 <sup>b</sup>	0.83±0.04 <sup>d</sup>	14.23±0.20 <sup>d</sup>
20	74.63±0.48 <sup>c</sup>	1.64±0.05 <sup>c</sup>	18.28±0.27 <sup>c</sup>	69.89±0.33 <sup>c</sup>	1.28±0.03 <sup>c</sup>	16.72±0.33 <sup>c</sup>
30	72.76±0.17 <sup>d</sup>	1.97±0.06 <sup>b</sup>	20.74±0.43 <sup>b</sup>	66.07±0.29 <sup>d</sup>	1.48±0.05 <sup>b</sup>	17.51±0.27 <sup>b</sup>
40	70.68±0.49 <sup>c</sup>	2.12±0.06 <sup>a</sup>	21.97±0.47 <sup>a</sup>	64.75±0.45 <sup>c</sup>	1.72±0.04 <sup>a</sup>	18.76±0.39 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p\leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.12 พบว่าสีของบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ทั้งก่อนลวกและหลังลวกจะมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) เมื่อพิจารณาจากสีของบะหมี่สดก่อนลวก พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) ลดลง โดยบะหมี่สดสูตรมาตรฐานมีค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 0.98 15.82 และ 78.47 ตามลำดับ ขณะที่บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 จะมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้นเป็น 2.12 และ 21.97 ตามลำดับ แต่มีค่าความสว่าง (L) ลดลงเป็น 70.68 เมื่อพิจารณาจากสีของบะหมี่สดหลังลวก พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) ลดลงเช่นเดียวกับสีของบะหมี่สดก่อนลวก โดยบะหมี่สดสูตรมาตรฐานมีค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 0.64 13.42 และ 74.32 ตามลำดับ ขณะที่บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 จะมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้นเป็น 1.72 และ 18.76 ตาม

ลำดับ แต่มีค่าความสว่าง (L) ลดลงเป็น 64.75 แสดงให้เห็นว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มขึ้นทั้งก่อนลวกและหลังลวก คือ มีสีเหลืองปนแดงออกน้ำตาลคล้ำ (รูปที่ 4.8 และ 4.9) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 105 วัน ซึ่งมีสีเหลืองนวลเข้ม (ตารางที่ 4.11) ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ซึ่งมีสีขาวขุ่นในปริมาณเพิ่มขึ้น จะทำให้แป้งผสมมีสีเข้มขึ้น เมื่อนำไปผลิตบะหมี่จึงทำให้สีของบะหมี่สดทั้งก่อนลวกและหลังลวก มีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสฤระ หิรัญ (2544) ที่ศึกษาการผลิตบะหมี่สดเสริมเยื่อเมือกเมล็ดแมงลัก โดยพบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเยื่อเมือกเมล็ดแมงลักในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มขึ้นทั้งก่อนลวกและหลังลวก คือ สีของบะหมี่จะมีค่าความสว่าง (L) ลดลง ขณะที่ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผงเยื่อเมือกเมล็ดแมงลักจะมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ โดยจะทำให้สีของบะหมี่ทั้งก่อนลวกและหลังลวกมีสีเหลืองปนแดงออกน้ำตาลคล้ำมากขึ้นตามปริมาณการทดแทนที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.8 บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน (ก่อนลวก)



รูปที่ 4.9 บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน (หลังลวก)

#### 4.3.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความเหนียวยืดหยุ่นของบะหมี่สด ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าแรงต้านทานการดึง (tensile strength) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าแรงต้านทานการดึงของบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ค่าแรงต้านทานการดึง (กรัม)
0	21.36±0.08 <sup>a</sup>
10	20.94±0.10 <sup>b</sup>
20	18.28±0.17 <sup>c</sup>
30	16.57±0.12 <sup>d</sup>
40	15.16±0.15 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05)

จากตารางที่ 4.13 พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีค่าแรงต้านทานการดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยบะหมี่สดสูตรมาตรฐานจะมีค่าแรงต้านทานการดึงเท่ากับ 21.36 กรัม ขณะที่บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 20 30 และ 40 จะมีค่าแรงต้านทานการดึงลดลงเป็น 20.94 18.28 16.57 และ 15.16 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีความเหนียวยืดหยุ่นลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณของแป้งสาลีลดลง ส่งผลให้แป้งผสมมีปริมาณกลูเตนซึ่งเป็นโปรตีนในแป้งสาลีลดลง ความแข็งแรงของโดจึงลดลงตามไปด้วย (จิรภัทร์ บุญศิริ และคณะ, 2544) โดยการเกิดโดซึ่งเป็นการรวมตัวของเม็ดแป้ง โปรตีน และน้ำเพื่อเกิดเป็นโครงร่างของโดนั้น แป้งสาลีผสมที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าจะให้โดที่มีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นมากกว่า (ฉัฐญา โกมลมณี, 2541) ดังนั้นการใช้แป้งกล้วยซึ่งมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่า (ตารางที่ 4.11) ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้น จะทำให้แป้งผสมมีปริมาณโปรตีนลดลง ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของโดจึงลดลง เมื่อนำโดที่ได้ไปผลิตเป็นเส้นบะหมี่และตรวจวัดลักษณะเนื้อสัมผัส จึงทำให้เส้นบะหมี่เกิดการฉีกขาดได้ง่ายและสามารถดึงยึดเส้นได้น้อยลง ดังนั้นบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจึงมีค่าแรงต้านทานการดึงและความเหนียวยืดหยุ่นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนิษานาถ ปลื้มปวารณ์

และคณะ (2547) ที่ศึกษาการผลิตเส้นอุด้งที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยกากถั่วเหลือง โดยพบว่า เส้นอุด้งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณเพิ่มขึ้นนั้นจะมีค่าแรงต้านทานการคังลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการลดลงของปริมาณแป้งสาลีจะทำให้มีปริมาณกลูเต็นลดลง และโปรตีนจากกากถั่วเหลืองจะแข่งการจับน้ำกับกลูเต็น ทำให้กลูเต็นเกิดเป็นโครงร่างที่ไม่แข็งแรง โคที่ไคจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจึงแข็งแรงน้อยลง เส้นอุด้งที่ได้จึงมีความเหนียวยืดหยุ่นลดลง นอกจากนี้ Moss *et al.* (1986) ยังพบว่าความเหนียวยืดหยุ่นของเส้นแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของบะหมี่ โดยบะหมี่ที่มีคุณภาพดีจะต้องมีความเหนียวยืดหยุ่นดี มีความแน่นเนื้อมาก เส้นไม่เหนียวติดกัน และมีความใสเงา

#### 4.3.1.3 คุณภาพในการหุงต้ม (cooking quality)

การตรวจสอบคุณภาพในการหุงต้ม (cooking quality) ของบะหมี่สด ซึ่งแสดงผลในรูปของปริมาณการดูดซึมน้ำของเส้นบะหมี่ (cooking weight) และปริมาณการสูญเสียของเส้นบะหมี่ในระหว่างการลวก (cooking loss) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 คุณภาพในการหุงต้มของบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ปริมาณการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ปริมาณการสูญเสีย (ร้อยละ)
0	181.43±1.81 <sup>a</sup>	5.56±0.04 <sup>c</sup>
10	179.96±0.89 <sup>b</sup>	5.68±0.05 <sup>d</sup>
20	172.25±1.09 <sup>c</sup>	6.43±0.03 <sup>c</sup>
30	165.56±1.12 <sup>d</sup>	7.02±0.04 <sup>b</sup>
40	159.11±1.24 <sup>e</sup>	7.31±0.03 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.14 พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีปริมาณการดูดซึมน้ำ (cooking weight) และปริมาณการสูญเสีย (cooking loss) ในระหว่างการลวกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อพิจารณาจากปริมาณการดูดซึมน้ำ พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณการดูดซึมน้ำลดลง โดยบะหมี่สดสูตรมาตรฐานมีปริมาณการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 181.43 ขณะที่บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 20 30 และ 40 จะมีปริมาณการดูดซึมน้ำลดลงเป็นร้อยละ 179.96 172.25 165.56 และ 159.11

ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของแป้งกล้วยซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อย (ตารางที่ 4.11) เมื่อนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งผสมมีความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจึงมีน้ำหนักหลังลวกลดลง ส่งผลให้ปริมาณการดูดซึมน้ำในระหว่างการลวกลดลงตามไปด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของเปรมวดี ฉายาปัญญา (2543) ที่ศึกษาการผลิตบะหมี่อบแห้งจากแป้งถั่วเขียวชีกและแป้งถั่วลิสง พบว่าบะหมี่อบแห้งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วเขียวชีกในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณการดูดซึมน้ำในระหว่างการลวกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติของแป้งถั่วเขียวชีกซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้สูง จึงทำให้บะหมี่อบแห้งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วเขียวชีกในปริมาณเพิ่มขึ้นสามารถดูดซับน้ำเอาไว้ในระหว่างการลวกเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีน้ำหนักหลังลวกเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาจากปริมาณการสูญเสีย พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณการสูญเสียเพิ่มขึ้น โดยบะหมี่สดสูตรมาตรฐานมีปริมาณการสูญเสียเท่ากับร้อยละ 5.56 ขณะที่บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 20 30 และ 40 จะมีปริมาณการสูญเสียเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.68 6.43 7.02 และ 7.31 ตามลำดับ โดยเส้นบะหมี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะเกิดการฉีกขาดได้ง่าย ในขณะที่ลวก ทำให้มีปริมาณของแข็งหลงเหลืออยู่ในน้ำที่ใช้ลวก ซึ่งผลดังกล่าวนี้เกิดจากโคโมคองตัว เนื่องจากการลดลงของปริมาณแป้งสาลีจะส่งผลให้ปริมาณกลูเต็นซึ่งเป็นโครงร่างหลักลดลง และโครงร่างหลักที่เกิดขึ้นอาจไม่แข็งแรงพอที่จะเก็บกักองค์ประกอบส่วนอื่นเอาไว้ได้ จึงทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณของแข็งในระหว่างการลวก (เปรมวดี ฉายาปัญญา, 2543) โดยเส้นบะหมี่ที่ได้้นอกจากจะมีค่าแรงต้านทานการดึงที่ลดลงแล้วยังอาจทำให้มีปริมาณของแข็งหลงเหลืออยู่ในน้ำที่ใช้ลวกเพิ่มขึ้นตามปริมาณการทดแทนที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย (Bahnassey and Khan, 1986) ดังนั้น บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นซึ่งมีค่าแรงต้านทานการดึงลดลง (ตารางที่ 4.13) จึงมีปริมาณการสูญเสียในระหว่างการลวกเพิ่มขึ้น

#### 4.3.1.4 ลักษณะทางประสาทสัมผัส

การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของบะหมี่สดทางด้านสี กลิ่น ความเหนียว และการยอมรับรวม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น <sup>ns</sup>	ความเหนียว	การยอมรับรวม
0	7.75±0.71 <sup>a</sup>	4.95±0.39	7.60±0.82 <sup>a</sup>	7.65±0.74 <sup>a</sup>
10	7.65±0.63 <sup>a</sup>	5.15±0.44	7.50±0.78 <sup>a</sup>	7.60±0.83 <sup>a</sup>
20	7.30±0.52 <sup>ab</sup>	5.10±0.43	6.90±0.59 <sup>b</sup>	7.35±0.91 <sup>ab</sup>
30	6.90±0.96 <sup>b</sup>	5.00±0.32	6.15±0.68 <sup>c</sup>	7.00±0.62 <sup>b</sup>
40	6.05±1.09 <sup>c</sup>	5.05±0.35	6.05±0.73 <sup>c</sup>	6.20±0.65 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

จากตารางที่ 4.15 พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) แต่จะมีคะแนนความชอบทางด้านสี ความเหนียว และการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีคะแนนความชอบทางด้านสี ความเหนียว และการยอมรับรวมลดลง

เมื่อพิจารณาทางด้านสี พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบทางด้านสีน้อยที่สุด คือ 6.05 ขณะที่บะหมี่สดสูตรมาตรฐานจะมีคะแนนความชอบทางด้านสีมากที่สุด คือ 7.75 แต่ไม่แตกต่างจากบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แป้งกล้วยที่มีสีเหลืองนวลเข้มทดแทนแป้งสาลีซึ่งมีสีขาวขุ่นในปริมาณเพิ่มขึ้น จะทำให้บะหมี่สดมีสีเข้มขึ้น คือ มีสีเหลืองปนแดงออกน้ำตาลคล้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านค่าสี (ตารางที่ 4.12) จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบไม่ให้เกิดการยอมรับ

เมื่อพิจารณาทางด้านกลิ่น พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) โดยผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างของกลิ่นได้ชัดเจนนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างขั้นตอน

การเตรียมบะหมี่นั้นมีการใส่น้ำมันกระเทียมเจียวในปริมาณมากเกินไป จนทำให้บะหมี่ที่ได้มีกลิ่นแรง จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างกลิ่นของกระเทียมเจียวและกลิ่นกล้วยได้

เมื่อพิจารณาทางด้านความเหนียว พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบทางด้านความเหนียวน้อยที่สุด คือ 6.05 ขณะที่บะหมี่สดสูตรมาตรฐานจะมีคะแนนความชอบทางด้านความเหนียวมากที่สุด คือ 7.60 แต่ไม่แตกต่างจากบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณของแป้งสาลีลดลง ส่งผลให้แป้งผสมมีปริมาณกลูเตนซึ่งเป็นโปรตีนในแป้งสาลีลดลง ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของโดจึงลดลง เมื่อนำโดที่ได้ไปผลิตเป็นเส้นบะหมี่จึงทำให้มีความเหนียวยืดหยุ่นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความเหนียวยืดหยุ่น (ตารางที่ 4.13) จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบไม่ให้เกิดการยอมรับ

เมื่อพิจารณาทางด้านการยอมรับรวม พบว่าบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบทางด้านการยอมรับรวมน้อยที่สุด คือ 6.20 ขณะที่บะหมี่สดสูตรมาตรฐานจะมีคะแนนความชอบทางด้านการยอมรับรวมมากที่สุด คือ 7.65 แต่ไม่แตกต่างจากบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากคะแนนความชอบทางด้านสีและความเหนียว ซึ่งมีค่าสูงสุดจึงทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่า การผลิตบะหมี่สดจากแป้งกล้วยนั้นสามารถใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีได้ถึงปริมาณร้อยละ 20 เนื่องจากบะหมี่สดที่ได้จะมีคุณภาพทางด้านสี คุณภาพในการหุงต้ม และลักษณะเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น ความเหนียว และการยอมรับรวม ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 30 และ 40

#### 4.3.2 ศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตปาท่องโก๋

จากการศึกษาเบื้องต้นซึ่งได้ทดลองผลิตปาท่องโก๋โดยใช้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกัน คือ อายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของปาท่องโก๋ทางด้านค่าสีภายนอก ปริมาตรจำเพาะ ลักษณะเนื้อสัมผัส และทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยซึ่งผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีคุณภาพทางด้านสี ปริมาตรจำเพาะ และลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับปาท่องโก๋สูตรมาตรฐานมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวมซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยซึ่งผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 และ 105 วัน ดังนั้นจึงเลือกแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน มาใช้สำหรับศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตปาท่องโก๋ต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารทอดซึ่งมีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น ปาท่องโก๋และซาลาเปาทอด จะให้ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ คือ ความกรอบและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ โดยแป้งแต่ละชนิดจะมีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์เนื่องจากอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินในแป้งชนิดนั้น ๆ ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิแป้งสุกและการเกิดเจล นอกจากนี้ยังมีผลต่อการพองตัวของแป้งหลังจากได้รับความร้อนและทำให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน (Suderman and Cunningham, 1983) และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วย พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีปริมาณอะไมโลสมากที่สุด (ตารางที่ 4.6) ซึ่งแป้งที่มีอะไมโลสสูงจะให้ความกรอบสูง เนื่องจากแป้งที่มีอะไมโลสสูงจะดูดซับน้ำได้น้อยทำให้แป้งเกิดการพองตัวได้ช้าลง จึงต้องใช้อุณหภูมิในการเกิดเจลสูงกว่าปกติเพื่อให้แป้งเกิดการพองตัวได้อย่างสมบูรณ์ (Wurzburg, 1972) แป้งที่มีอะไมโลสสูงจึงมีอุณหภูมิแป้งสุกสูงทั้งนี้เพื่อให้หน้าที่ผสมในแป้งมีโอกาสได้รับความร้อนและระเหยออกได้มากกว่าก่อนที่แป้งจะเกิดเจล และเมื่อนำมาทอดจะทำให้แป้งสูญเสียน้ำออกไปได้มากจึงส่งผลให้แป้งมีความกรอบเพิ่มขึ้น (Whistler and Daniel, 1990) แป้งที่มีอะไมโลสสูงจึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบสูง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเกิดการพองตัวลดลงซึ่งมีผลทำให้การดูดซับน้ำมันลดลงด้วย (อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2534) และจากงานวิจัยของวิชัย หฤทัยธนาสันต์ และคณะ (2543) ได้ศึกษาการผลิตปาท่องโก๋จากแป้งข้าวชนิดต่าง ๆ พบว่าการใช้แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวหอมมะลิ และแป้งข้าวเสาไห้ที่ผ่านวิธีการไม่เปียกและไม่แห้งทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 40 จะทำให้ผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ได้รับคะแนนความชอบทางด้านความกรอบมากกว่าผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋จากแป้งสาลีล้วน โดยปาท่องโก๋ที่ผลิตจากแป้งข้าวเสาไห้ซึ่งเป็นแป้งที่มีอะไมโลสสูง จะมีระยะเวลาหลังการทอดที่ยังคงยอมรับความกรอบของผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋จากแป้งข้าวชนิดอื่น ดังนั้นเมื่อนำแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสมากที่สุดมาใช้ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในการ

ผลิตปาห้องโกโก้ จึงน่าจะได้อาหารที่มีลักษณะปรากฏที่ดี คือ มีเนื้อสัมผัสกรอบนอก นุ่มใน เนื้อแน่น และไม่ดูดซับน้ำมัน

ในการศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตปาห้องโกโก้ โดยนำแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน มาใช้ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จากนั้นผลิตปาห้องโกโก้ตามสูตรและส่วนผสมดังตารางที่ 3.2 แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพทางด้านค่าสีภายนอก ปริมาตรจำเพาะ ลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัส

การเปรียบเทียบขององค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน และแป้งสาลีเอนกประสงค์ ได้ผลดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน และแป้งสาลีเอนกประสงค์

องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ	แป้งกล้วยที่ผลิตจาก กล้วยที่มีอายุ 102 วัน	แป้งสาลีเอนกประสงค์
ความชื้น (ร้อยละ)	9.74±0.13 <sup>b</sup>	13.04±0.21 <sup>a</sup>
โปรตีน (ร้อยละ)	2.65±0.13 <sup>b</sup>	12.23±0.08 <sup>a</sup>
ไขมัน (ร้อยละ)	0.55±0.06 <sup>b</sup>	1.08±0.12 <sup>a</sup>
เถ้า (ร้อยละ)	2.33±0.14 <sup>a</sup>	0.56±0.33 <sup>b</sup>
เส้นใย (ร้อยละ)	0.94±0.09 <sup>a</sup>	0.17±0.04 <sup>b</sup>
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	83.79±0.39 <sup>a</sup>	72.92±0.57 <sup>b</sup>
อะไมโลส (ร้อยละ)	27.46±1.49 <sup>a</sup>	23.84±1.38 <sup>b</sup>
น้ำตาลรีดิวิซ์ (ร้อยละ)	4.25±0.76 <sup>a</sup>	2.53±0.64 <sup>b</sup>
ค่าความสว่าง (L)	74.47±0.47 <sup>b</sup>	93.64±0.32 <sup>a</sup>
ค่าสีแดง (a)	-0.33±0.02 <sup>b</sup>	0.22±0.04 <sup>a</sup>
ค่าสีเหลือง (b)	16.98±0.32 <sup>a</sup>	6.05±0.17 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

จากตารางที่ 4.16 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบขององค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน และแป้งสาลีเอนกประสงค์ พบว่าแป้งทั้ง 2 ชนิดจะมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต อะไมโลส น้ำตาลรีดิวิซ์ ค่า

ความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแป้งสาลีเอนกประสงค์จะมีปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) สูงกว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน คือ มีปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 13.04 12.23 และ 1.08 ตามลำดับ ขณะที่มีความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) เท่ากับ 93.64 และ 0.22 ตามลำดับ ส่วนแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีปริมาณเถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต อะไมโลส น้ำตาลรีดิซ และค่าสีเหลือง (b) สูงกว่าแป้งสาลีเอนกประสงค์ คือ มีปริมาณเถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต อะไมโลส และน้ำตาลรีดิซเท่ากับร้อยละ 2.33 0.94 83.79 27.46 และ 4.25 ตามลำดับ ขณะที่มีความสีเหลือง (b) เท่ากับ 16.98

#### 4.3.2.1 ค่าสีภายนอก

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านค่าสีภายนอกของปาท่องโก๋ ซึ่งแสดงผลในรูปแบบของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ค่าสีภายนอกของปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L	a	b
0	63.98±0.16 <sup>a</sup>	1.24±0.04 <sup>c</sup>	18.44±0.21 <sup>c</sup>
10	61.64±0.32 <sup>b</sup>	1.49±0.03 <sup>d</sup>	19.89±0.23 <sup>d</sup>
20	60.03±0.23 <sup>c</sup>	1.80±0.05 <sup>c</sup>	20.51±0.17 <sup>c</sup>
30	57.60±0.25 <sup>d</sup>	2.38±0.04 <sup>b</sup>	22.74±0.21 <sup>b</sup>
40	54.22±0.35 <sup>e</sup>	3.17±0.03 <sup>a</sup>	24.13±0.14 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.17 พบว่าสีภายนอกของปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยปาท่องโก๋สูตรมาตรฐานมีค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 1.24 18.44 และ 63.98 ตามลำดับ ขณะที่ปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 จะมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้นเป็น 3.17 และ 24.13 ตามลำดับ แต่มีค่าความสว่าง (L) ลดลงเป็น 54.22 และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของวิชัย หลุทัยธนาสันต์ และคณะ (2544) ที่ศึกษาการผลิตปาท่องโก๋จากแป้ง

สาธิตผสมแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่าปาตองโกที่ได้จะมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 85.90 -0.46 และ 14.66 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปาตองโกที่ทดแทนแป้งสาธิตด้วยแป้งกล้วยจะมีสีเข้มกว่าปาตองโกที่ผลิตจากแป้งสาธิตผสมแป้งข้าวหอมมะลิ โดยปาตองโกที่ทดแทนแป้งสาธิตด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มขึ้น คือ มีสีเหลืองปนแดงออกน้ำตาลคล้ำ (รูปที่ 4.10) ทั้งนี้เนื่องมาจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ค่อนข้างสูง (ตารางที่ 4.6 และ 4.16) เมื่อนำมาใช้ทดแทนแป้งสาธิตในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งผสมมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดปฏิกิริยามอลลาร์ดได้ง่ายเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนในระหว่างการทอด (Spark, 1969) ดังนั้นการเปลี่ยนสีที่เกิดขึ้นในปาตองโกจึงอาจเกิดจากปฏิกิริยามอลลาร์ดโดยกรดอะมิโนของโปรตีนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ในแป้งจนทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Fennema, 1996) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการทอดและทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาล (brown color macromolecular melanoidins) โดยสารประกอบสีน้ำตาลนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส (Pokomy, 1999) ดังนั้นการใช้แป้งกล้วยซึ่งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ที่ค่อนข้างสูงทดแทนแป้งสาธิตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น อาจจะทำให้เกิดปฏิกิริยามอลลาร์ดรวดเร็วขึ้นจึงส่งผลให้ปาตองโกมีสีเข้มขึ้น



รูปที่ 4.10 ปาตองโกที่ทดแทนแป้งสาธิตด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

#### 4.3.2.2 ปริมาตรจำเพาะ

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านปริมาตรจำเพาะของปาท่องโก๋ โดยวิธี rapeseed displacement ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ปริมาตรจำเพาะของปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม)
0	3.32±0.03 <sup>a</sup>
10	3.24±0.02 <sup>b</sup>
20	3.13±0.03 <sup>c</sup>
30	2.86±0.02 <sup>d</sup>
40	2.35±0.04 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

จากตารางที่ 4.18 พบว่าปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีปริมาตรจำเพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยปาท่องโก๋สูตรมาตรฐานจะมีปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 3.32 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ขณะที่ปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 20 30 และ 40 จะมีปริมาตรจำเพาะลดลงเป็น 3.24 3.13 2.86 และ 2.35 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการลดลงของปริมาณแป้งสาลีทำให้ปริมาณกลูเตนซึ่งเป็นตัวกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้นในก้อนแป้งผสมลดลง ส่งผลให้โดมมีกำลังการขยายตัวน้อยลง และเมื่อนำไปทอดจะทำให้ปาท่องโก๋เกิดการพองตัวได้น้อยลง ปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์จึงลดลงตามไปด้วย ดังนั้นปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจึงมีปริมาตรจำเพาะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิรัช ฤทธิ์ธนาสันต์ และคณะ (2543) ที่ศึกษาการใช้แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวหอมมะลิ และแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ โดยพบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวชนิดต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากการที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกลูเตนจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตรจำเพาะ แต่จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวชนิดต่าง ๆ ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นนั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกลูเตนลดลง จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋มีปริมาตรจำเพาะลดลงด้วย

### 4.3.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความแน่นเนื้อของปลาห้องโก๋ ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าแรงตัดขาด (cutting force) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ค่าแรงตัดขาดของปลาห้องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ค่าแรงตัดขาด (กรัม)
0	6898.48±172.41 <sup>c</sup>
10	7659.31±188.67 <sup>d</sup>
20	8107.65±153.00 <sup>c</sup>
30	10564.24±176.99 <sup>b</sup>
40	13434.78±166.96 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.19 พบว่าปลาห้องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีค่าแรงตัดขาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยปลาห้องโก๋สูตรมาตรฐานมีค่าแรงตัดขาดเท่ากับ 6898.48 กรัม ขณะที่ปลาห้องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 20 30 และ 40 จะมีค่าแรงตัดขาดเพิ่มขึ้นเป็น 7659.31 8107.65 10564.24 และ 13434.78 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปลาห้องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นนอกจากจะมีปริมาตรจำเพาะที่ลดลงแล้วยังอาจทำให้ปลาห้องโก๋ที่ได้มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการลดลงของปริมาณแป้งสาลี ทำให้ปริมาณกลูเตนซึ่งเป็นตัวกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้นในก้อนแป้งผสมลดลง ส่งผลให้โดมที่กำลังการขยายตัวน้อยลง และเมื่อนำไปทอดจะทำให้ปลาห้องโก๋เกิดการพองตัวได้น้อยลง ลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาห้องโก๋ที่ได้จึงมีเนื้อแน่นมากขึ้น นอกจากนี้การใช้แป้งกล้วยซึ่งมีปริมาณอะไมโลสสูงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นยังอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดการพองตัวและมีปริมาตรจำเพาะลดลง แต่ก็จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นแข็งขึ้นซึ่งจะช่วยเพิ่มความกรอบของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น (จามรี จันทรวินมลิอง และนารี โดอุสาห์, 2526) ดังนั้นการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปลาห้องโก๋มีความแน่นเนื้อและความกรอบเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่าแรงตัดขาดของปลาห้องโก๋มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

#### 4.3.2.4 ลักษณะทางประสาทสัมผัส

การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของปาห้องโก๋ทางด้านสี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปาห้องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น <sup>ns</sup>	ความกรอบ	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	6.95±0.71 <sup>a</sup>	5.00±0.49	6.75±0.73 <sup>b</sup>	6.85±0.68 <sup>a</sup>	7.45±0.59 <sup>a</sup>
10	6.70±0.89 <sup>ab</sup>	5.15±0.36	7.15±0.57 <sup>ab</sup>	6.55±0.74 <sup>ab</sup>	7.40±0.53 <sup>a</sup>
20	6.75±0.80 <sup>ab</sup>	5.20±0.41	7.55±0.51 <sup>a</sup>	6.60±0.71 <sup>ab</sup>	7.35±0.67 <sup>a</sup>
30	6.45±0.67 <sup>b</sup>	5.10±0.44	7.50±0.66 <sup>a</sup>	6.40±0.55 <sup>b</sup>	6.90±0.75 <sup>b</sup>
40	5.80±0.73 <sup>c</sup>	5.05±0.55	7.45±0.69 <sup>a</sup>	6.35±0.63 <sup>b</sup>	6.25±0.81 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

จากตารางที่ 4.20 พบว่าปาห้องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) แต่จะมีคะแนนความชอบทางด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยปาห้องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะมีคะแนนความชอบทางด้านความกรอบเพิ่มขึ้น ขณะที่คะแนนความชอบทางด้านสี รสชาติ และการยอมรับรวมลดลง

เมื่อพิจารณาทางด้านสี พบว่าปาห้องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 จะมีคะแนนความชอบทางด้านสีน้อยที่สุด คือ 5.80 ขณะที่ปาห้องโก๋สูตรมาตรฐานจะมีคะแนนความชอบทางด้านสีมากที่สุด คือ 6.95 แต่ไม่แตกต่างจากปาห้องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้แป้งกล้วยซึ่งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ที่ค่อนข้างสูงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดปฏิกิริยามอลดาร์ควูดเร็วขึ้น จึงส่งผลให้ปาห้องโก๋มีสีเข้มขึ้น คือ มีสีเหลืองปนแดงออกน้ำตาลคล้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านค่าสี (ตารางที่ 4.17) จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับ

เมื่อพิจารณาทางด้านกลิ่น พบว่าปาห้องโก้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน ( $p>0.05$ ) โดยผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างของกลิ่นได้ชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากมาจากมีกลิ่นของแอมโมเนียตกค้างอยู่ในปาห้องโก้มากเกินไปจนทำให้มีกลิ่นฉุน จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างกลิ่นของแอมโมเนียและกลิ่นกล้วยได้

เมื่อพิจารณาทางด้านความกรอบ พบว่าปาห้องโก้สูตรมาตรฐานมีคะแนนความชอบทางด้านความกรอบน้อยที่สุด คือ 6.75 ขณะที่ปาห้องโก้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 20 จะมีคะแนนความชอบทางด้านความกรอบมากที่สุด คือ 7.55 แต่ไม่แตกต่างจากปาห้องโก้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แป้งกล้วยซึ่งมีปริมาณอะไมโลสสูงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดการพองตัวและมีปริมาตรจำเพาะลดลง แต่ก็จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นแข็งขึ้นซึ่งจะช่วยเพิ่มความกรอบของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น (จามรี จันทร์วิมลือง และ นารี โทอุสาห์, 2526) ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความแน่นเนื้อ (ตารางที่ 4.19) จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากขึ้น

เมื่อพิจารณาทางด้านรสชาติ พบว่าปาห้องโก้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 30 และ 40 มีคะแนนความชอบทางด้านรสนาติน้อยที่สุด คือ 6.40 และ 6.35 ตามลำดับ ขณะที่ปาห้องโก้สูตรมาตรฐานจะมีคะแนนความชอบทางด้านรสนาติมากที่สุด คือ 6.85 แต่ไม่แตกต่างจากปาห้องโก้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ปาห้องโก้ที่มีรสฝาดขึ้นเล็กน้อย จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับ

เมื่อพิจารณาทางด้านการยอมรับรวม พบว่าปาห้องโก้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบทางด้านการยอมรับรวมน้อยที่สุด คือ 6.25 ขณะที่ปาห้องโก้สูตรมาตรฐานจะมีคะแนนความชอบทางด้านการยอมรับรวมมากที่สุด คือ 7.45 แต่ไม่แตกต่างจากปาห้องโก้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากคะแนนความชอบทางด้านสีและรสชาติซึ่งมีค่าสูงสุดจึงทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่า ในการผลิตปาห้องโก้จากแป้งกล้วยนั้นสามารถใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีได้ถึงปริมาณร้อยละ 20 เนื่องจากปาห้องโก้ที่ได้จะมีคุณภาพทางด้านสี ปริมาตรจำเพาะ และลักษณะเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ดี นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวม ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปาห้องโก้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 30 และ 40

#### 4.3.3 ศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแป้งชูบทอด

จากการศึกษาเบื้องต้นซึ่งได้ทดลองผลิตแป้งชูบทอดโดยใช้แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุต่างกัน คือ อายุ 93 96 99 102 และ 105 วัน ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของแป้งชูบทอดทางด้านค่าสีภายนอก ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัส และทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยซึ่งผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีคุณภาพทางด้านสี ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหาร และลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแป้งชูบทอดสูตรมาตรฐานมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวมซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยซึ่งผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 93 96 99 และ 105 วัน ดังนั้นจึงเลือกแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วันมาใช้สำหรับศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแป้งชูบทอดต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากการผลิตอาหารชูบแป้งทอดให้มีคุณภาพดีนั้น แป้งชูบทอดจะต้องมีคุณสมบัติทางด้านความกรอบ การพองตัว การดูดซับน้ำมัน และความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารที่เหมาะสม ซึ่งก็จะมีผลโดยตรงต่อรสชาติและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วย พบว่าแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน จะมีปริมาณอะไมโลสมากที่สุด (ตารางที่ 4.6) ซึ่งแป้งที่มีอะไมโลสสูงจะให้ความกรอบสูง เนื่องจากแป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีอุณหภูมิแป้งสูง ทำให้น้ำที่ผสมในแป้งหรือในชิ้นอาหารมีโอกาสได้รับความร้อน และระเหยออกได้มากกว่าก่อนที่แป้งจะเกิดเป็นเจลเคลือบชิ้นอาหาร ส่งผลให้แป้งที่เคลือบอยู่หลังจากทอดสุกดูดซับน้ำจากชิ้นอาหารได้น้อยลง จึงยังคงมีความกรอบมากกว่าแป้งที่มีอุณหภูมิแป้งสูงต่ำซึ่งจะเกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็ว (Suderman and Cunningham, 1983) นอกจากนี้อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินในแป้งยังจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับ การพองตัวของเม็ดแป้งหลังจากได้รับความร้อน ทำให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการทอด โดยแป้งที่มีอะไมโลสสูงจะช่วยเพิ่มความกรอบของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดฟิล์มที่มีลักษณะแข็งแรงเคลือบชิ้นอาหาร แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเกิดการพองตัวลดลงซึ่งมีผลทำให้การดูดซับน้ำมันลดลงด้วย (อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2534) ดังนั้นเมื่อนำแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสมากที่สุดมาใช้ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในการผลิตแป้งชูบทอด จึงน่าจะได้ผลิตภัณฑ์ชูบแป้งทอดที่มีลักษณะปรากฏที่ดี คือ มีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ พองตัวได้ดี และไม่ดูดซับน้ำมัน

ในการศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแป้งชูบทอด โดยนำแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน มาใช้ทดแทนแป้งสาลีเอนกประสงค์ในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จากนั้นผลิตแป้งชูบทอดตามสูตรและส่วนผสมดังตารางที่ 3.3 แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพทางด้านค่าสีภายนอก ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัส

#### 4.3.3.1 ค่าสีภายนอก

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านค่าสีภายนอกของแป้งชูบทอด ซึ่งแสดงผลในรูปแบบของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.21

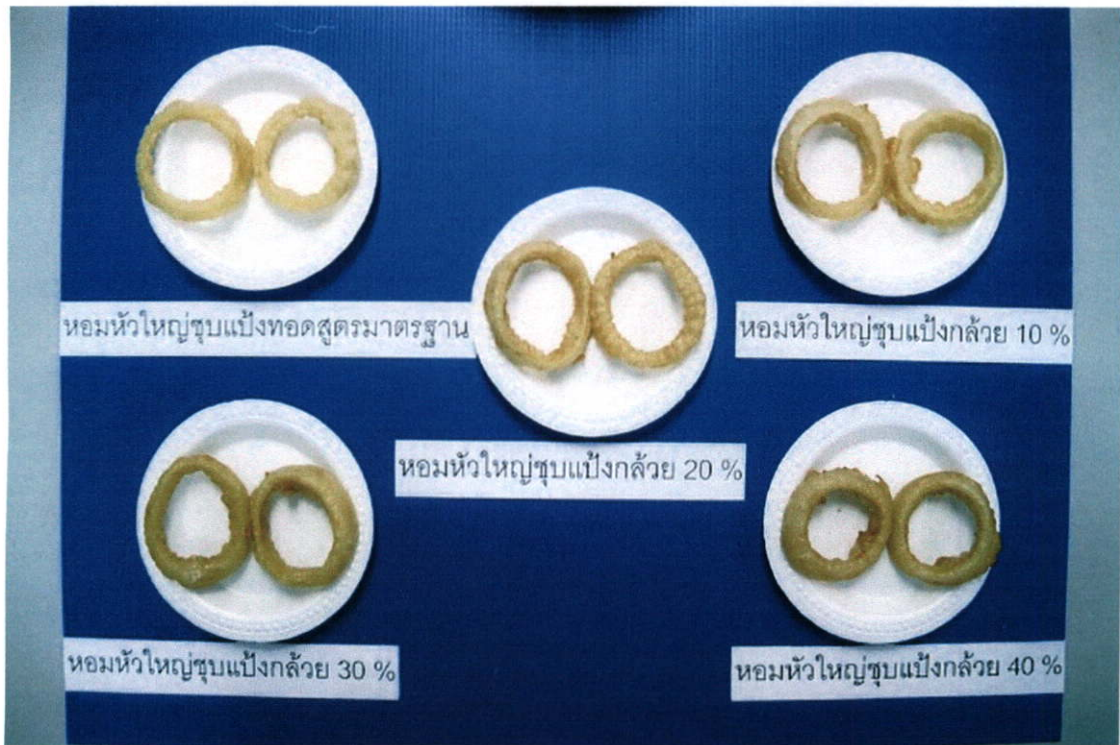
ตารางที่ 4.21 ค่าสีภายนอกของแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L	a	b
0	59.88±0.36 <sup>a</sup>	-2.19±0.04 <sup>c</sup>	11.65±0.36 <sup>d</sup>
10	57.62±0.40 <sup>b</sup>	-1.94±0.03 <sup>d</sup>	12.36±0.35 <sup>c</sup>
20	56.46±0.30 <sup>c</sup>	-1.50±0.03 <sup>c</sup>	13.17±0.24 <sup>b</sup>
30	54.09±0.33 <sup>d</sup>	-1.17±0.04 <sup>b</sup>	14.71±0.15 <sup>a</sup>
40	53.73±0.27 <sup>c</sup>	-0.92±0.02 <sup>a</sup>	15.04±0.24 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

จากตารางที่ 4.21 พบว่าสีภายนอกของแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยแป้งชูบทอดสูตรมาตรฐานมีค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่าความสว่าง (L) เท่ากับ -2.19 11.65 และ 59.88 ตามลำดับ ขณะที่แป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 จะมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้นเป็น -0.92 และ 15.04 ตามลำดับ แต่มีค่าความสว่าง (L) ลดลงเป็น 53.73 แสดงให้เห็นว่าแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มขึ้น คือ มีสีเหลืองปนน้ำตาล (รูปที่ 4.11) ทั้งนี้เนื่องมาจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีอายุ 102 วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ค่อนข้างสูง (ตารางที่ 4.6 และ 4.16) เมื่อนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งผสมมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดปฏิกิริยามัลลาร์ดได้ง่ายเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนในระหว่างการ

ทอด (Spark, 1969) ดังนั้นการเปลี่ยนสีที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดจึงอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยกรดอะมิโนของโปรตีนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ในแป้งจนทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Fennema, 1996) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการทอดและทำให้เกิดสารประกอบที่มีสีน้ำตาล (brown - color macromolecular melanoidins) โดยสารประกอบสีน้ำตาลนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส (Pokorny, 1999) ดังนั้นการใช้แป้งกล้วยซึ่งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ค่อนข้างสูงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเร็วขึ้น จึงส่งผลให้แป้งชุบทอดมีสีเข้มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจารุวรรณ พัฒนอริยางกูล (2540) ที่ศึกษาการผลิตแป้งชุบทอดเสริมรสกัด โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอดที่เสริมรสกัดในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มขึ้น คือ มีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการผสมรสกัดที่มีปริมาณโปรตีนสูงลงในแป้งชุบทอดนั้นอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเพิ่มมากขึ้น โดยโปรตีนในรสกัดจะทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในแป้งชุบทอดจนเกิดเป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาลขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอดที่เสริมรสกัดในปริมาณเพิ่มขึ้นมีสีเข้มขึ้น



รูปที่ 4.11 แป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

#### 4.3.3.2 ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหาร

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารของแปรงซูป  
ทอค ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารของแปรงซูปทอคที่ทดแทนแปรงสีด้วยแปรง  
กล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแปรงกล้วย (ร้อยละ)	ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหาร (ร้อยละ)
0	67.87±0.26 <sup>a</sup>
10	65.62±0.29 <sup>b</sup>
20	63.28±0.27 <sup>c</sup>
30	60.83±0.32 <sup>d</sup>
40	53.59±0.43 <sup>e</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.22 พบว่าแปรงซูปทอคที่ทดแทนแปรงสีด้วยแปรงกล้วยในปริมาณ  
ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารแตกต่างกันอย่างมี  
นัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแปรงซูปทอคมาตรฐานจะมีความสามารถในการเกาะติดชิ้น  
อาหารมากที่สุด คือ ร้อยละ 67.87 ขณะที่แปรงซูปทอคที่ทดแทนแปรงสีด้วยแปรงกล้วยในปริมาณ  
ร้อยละ 10 20 30 และ 40 จะมีความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารลดลงเป็นร้อยละ 65.62  
63.28 60.83 และ 53.59 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารของ  
แปรงซูปทอคจะขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนและความข้นหนืดของน้ำแปรง โดยแปรงซูปทอคที่ประกอบ  
ด้วยแปรงสีในปริมาณมากจะมีปริมาณโปรตีนสูง (กลูเตนินและไกลอะดิน) ซึ่งสามารถเกิดพันธะ  
ไฮโดรเจนกับน้ำได้ และเมื่อโปรตีนดูดซับน้ำได้มากขึ้นจะส่งผลให้น้ำแปรงมีความข้นหนืดสูง  
(Eliasson and Gudmundsson, 1996) โดยน้ำแปรงที่ประกอบด้วยแปรงสีในปริมาณสูงจะมีความ  
ข้นหนืดและความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารสูง เนื่องจากน้ำแปรงที่ประกอบด้วยแปรงสี  
ในปริมาณสูงจะมีโปรตีนสูงด้วย ซึ่งโปรตีนจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการทำให้อาหารนั้นเกาะ  
ติดกัน (Loewe, 1993) แปรงผสมซูปทอคที่มีปริมาณโปรตีนสูงจึงมีความสามารถในการเกาะติดชิ้น  
อาหารสูง (อกนิษฐ์ ธรรมมิณูช, 2545) ดังนั้นการใช้แปรงกล้วยซึ่งมีปริมาณโปรตีนที่ค่อนข้างต่ำ  
(ตารางที่ 4.16) ทดแทนแปรงสีในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้แปรงผสมซูปทอคมีปริมาณโปรตีนลดลง  
และเมื่อนำมาผสมเป็นน้ำแปรง จะทำให้กลูเตนินและไกลอะดินซึ่งเป็นโปรตีนในแปรงสีดูดซับน้ำ

ได้น้อยลง จึงส่งผลให้น้ำแป้งมีความข้นหนืดลดลง และเมื่อนำไปชุปอาหารจะทำให้น้ำแป้งยึดติดกับชิ้นอาหารได้น้อยลง จึงส่งผลให้ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารของแป้งลดลงตามไปด้วย ดังนั้นแป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจึงมีความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารลดลง

#### 4.3.3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งชุบทอด ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าการแตกหัก ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ค่าการแตกหักของแป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ค่าการแตกหัก (กรัม)
0	406.16±11.38 <sup>d</sup>
10	456.70±12.17 <sup>c</sup>
20	518.34±10.88 <sup>b</sup>
30	551.73±11.07 <sup>b</sup>
40	595.10±10.52 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.23 พบว่าแป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีค่าการแตกหักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแป้งชุบทอดสูตรมาตรฐานมีค่าการแตกหักเท่ากับ 406.16 กรัม ขณะที่แป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 20 30 และ 40 จะมีค่าการแตกหักเพิ่มขึ้นเป็น 456.70 518.34 551.73 และ 595.10 กรัม ตามลำดับ ซึ่งค่าการแตกหักนี้จะแสดงให้เห็นถึงความเปราะบางของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการแตกหักสูงจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความเปราะบางน้อย ดังนั้นผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นซึ่งมีค่าการแตกหักที่สูงขึ้นจึงน่าจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แป้งกล้วยซึ่งมีปริมาณอะไมโลสสูง (ตารางที่ 4.16) ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งผสมชุบทอดมีปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น ซึ่งแป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีอุณหภูมิแป้งสุกสูง ทำให้น้ำที่ผสมในแป้งหรือในชิ้นอาหารมีโอกาสได้รับความร้อนและระเหยออกได้มากกว่าขณะที่แป้งจะเกิดเจลเคลือบชิ้นอาหาร ส่งผลให้แป้งที่เคลือบอยู่หลังจากทอดสุกดูดซับน้ำจากชิ้นอาหารได้น้อยลง จึง

ยังคงมีความกรอบมากกว่าแป้งที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำซึ่งจะเกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็ว (Suderman and Cunningham, 1983) แป้งที่มีอะไมโลสสูงจึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบสูง โดยจะทำให้เกิดฟิล์มที่มีลักษณะแข็งแรงเคลือบชิ้นอาหาร (อมรัตน์ มุขประเสริฐ, 2534) ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าการแตกหักที่สูงขึ้น ดังนั้นแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นซึ่งมีค่าการแตกหักที่สูงขึ้นจึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็งเพิ่มขึ้น

#### 4.3.3.4 ลักษณะทางประสาทสัมผัส

การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของแป้งชูบทอดทางด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณแป้งกล้วย (ร้อยละ)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	สี	ความกรอบ	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	6.35±0.44 <sup>c</sup>	7.15±0.53 <sup>b</sup>	6.20±0.83 <sup>a</sup>	6.95±0.72 <sup>b</sup>
10	7.10±0.74 <sup>b</sup>	7.25±0.48 <sup>b</sup>	6.00±0.52 <sup>ab</sup>	7.80±0.53 <sup>a</sup>
20	7.50±0.71 <sup>ab</sup>	8.10±0.68 <sup>a</sup>	5.80±0.64 <sup>b</sup>	7.85±0.61 <sup>a</sup>
30	7.85±0.63 <sup>a</sup>	8.05±0.79 <sup>a</sup>	5.45±0.75 <sup>c</sup>	7.40±0.59 <sup>ab</sup>
40	7.75±0.58 <sup>a</sup>	8.00±0.82 <sup>a</sup>	5.35±0.67 <sup>c</sup>	7.35±0.78 <sup>ab</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.24 พบว่าแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีคะแนนความชอบทางด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้น จะมีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติลดลง ขณะที่มีคะแนนความชอบทางด้านสี ความกรอบ และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาทางด้านสี พบว่าแป้งชูบทอดสูตรมาตรฐานมีคะแนนความชอบทางด้านสีน้อยที่สุด คือ 6.35 ขณะที่แป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 30 จะมีคะแนนความชอบทางด้านสีมากที่สุด คือ 7.85 แต่ไม่แตกต่างจากแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 20 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้แป้งกล้วยซึ่งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ที่ค่อนข้างสูงทดแทน

แป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมเร็วขึ้น จึงส่งผลให้แป้งชูบทอดมีสีเข้มขึ้น คือ มีสีเหลืองปนน้ำตาล ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านค่าสี (ตารางที่ 4.21) จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากขึ้น

เมื่อพิจารณาทางด้านความกรอบ พบว่าแป้งชูบทอดสูตรมาตรฐานจะมีคะแนนความชอบทางด้านความกรอบน้อยที่สุด คือ 7.15 ขณะที่แป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 20 จะมีคะแนนความชอบทางด้านความกรอบมากที่สุด คือ 8.10 แต่ไม่แตกต่างจากแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แป้งกล้วยซึ่งมีปริมาณอะไมโลสสูงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งผสมชูบทอดมีปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น และเมื่อนำไปทอดจึงทำให้เกิดฟิล์มที่มีลักษณะแข็งแรงเคลือบขึ้นอาหาร ซึ่งจะช่วยเพิ่มความกรอบของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น แป้งชูบทอดที่ได้จึงมีความกรอบเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.23) จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากขึ้น

เมื่อพิจารณาทางด้านรสชาติ พบว่าแป้งชูบทอดสูตรมาตรฐานจะมีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติมากที่สุด คือ 6.20 ขณะที่แป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 40 จะมีคะแนนความชอบทางด้านรสน้อยที่สุด คือ 5.35 แต่ไม่แตกต่างจากแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งชูบทอดที่ได้มีรสฝาดขึ้นเล็กน้อย จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับ

เมื่อพิจารณาทางด้านกรอมรับรวม พบว่าแป้งชูบทอดสูตรมาตรฐานมีคะแนนความชอบทางด้านกรอมรับรวมน้อยที่สุด คือ 6.95 ขณะที่แป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 20 จะมีคะแนนความชอบทางด้านกรอมรับรวมมากที่สุด คือ 7.85 แต่ไม่แตกต่างจากแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 10 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากคะแนนความชอบทางด้านสีและความกรอบซึ่งมีค่าสูง จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่า การผลิตแป้งชูบทอดจากแป้งกล้วยนั้นสามารถใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีได้ถึงปริมาณร้อยละ 20 เนื่องจากแป้งชูบทอดที่ได้จะมีคุณภาพทางด้านสี ความสามารถในการเกาะติดขึ้นอาหาร และลักษณะเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ดี นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวมซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 30 และ 40

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น ผลกลัยจะมีความกว้าง ความยาว ความหนา น้ำหนักผล น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ ความถ่วงจำเพาะ และอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักเปลือก เพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาลดลง

2. เมื่อกล้วยมีอายุมากขึ้น สีเปลือกกลัยจะมีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่มีความสว่าง (L) ลดลง ส่วนสีเนื้อกลัยจะมีความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ลดลง ขณะที่ค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น

3. แป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุมากขึ้น จะมีปริมาณเส้นใยและคาร์โบไฮเดรตลดลง ขณะที่มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยแป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุ 93 วัน จนถึงอายุ 102 วัน จะมีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสเพิ่มขึ้น ขณะที่แป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุ 105 วัน จะมีปริมาณสตาร์ชและอะไมโลสลดลง

4. เม็ดแป้งกลัยจะมีรูปร่างเป็นวงรีเรียวยาวไม่แน่นอน ลักษณะพื้นผิวมีรอยแตกร้าวและไม่เรียบ โดยมีขนาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20-70 ไมโครเมตร และเมื่อผลกลัยมีอายุมากขึ้น เม็ดแป้งกลัยจะมีขนาดและรูปร่างใหญ่ขึ้น

5. แป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุมากขึ้นจะมีค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่มีความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ลดลง

6. แป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุมากขึ้นจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง ขณะที่มีความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น แต่แป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุ 93 วัน จนถึงอายุ 102 วัน จะมีกำลังการพองตัวและการละลายลดลง ขณะที่แป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุ 105 วัน จะมีกำลังการพองตัวและการละลายเพิ่มขึ้น

7. แป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุ 93 วันจนถึงอายุ 102 วัน จะมีค่า peak viscosity และค่า breakdown ลดลง ขณะที่มีความ trough ค่า final viscosity และค่า setback เพิ่มขึ้น โดยแป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุ 105 วัน จะมีค่า peak viscosity และค่า breakdown มากที่สุด ขณะที่มีความ trough ค่า final viscosity และค่า setback น้อยที่สุด

8. แป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุ 105 วัน ซึ่งมีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) มากที่สุด และมีค่าการคืนตัว (setback) น้อยที่สุดเหมาะสำหรับการผลิตขนมปัง ขณะที่แป้งกลัยที่ผลิตจากกลัยที่มีอายุ 102 วัน ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสมากที่สุดเหมาะสำหรับการผลิตปาท่องโก๋และแป้งชุบทอด

9. บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีค่าสี คุณภาพในการหุงต้ม และลักษณะเนื้อสัมผัส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยบะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มขึ้นทั้งก่อนลวก และหลังลวก คือ มีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่มีความสว่าง (L) ลดลง นอกจากนี้เส้นบะหมี่ที่ได้ยังมีความเหนียวยืดหยุ่นและปริมาณการดูดซึมน้ำลดลง แต่จะมีปริมาณการสูญเสียในระหว่างการลวกเพิ่มขึ้น

10. บะหมี่สดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี ความเหนียว และการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบทางด้านสี ความเหนียว และการยอมรับรวมลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้น

11. ปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีค่าสีภายนอก ปริมาตรจำเพาะ และลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มขึ้น คือ มีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่มีความสว่าง (L) ลดลง นอกจากนี้ปาท่องโก๋ที่ได้ยังมีปริมาตรจำเพาะลดลง แต่จะมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น

12. ปาท่องโก๋ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบทางด้านสี รสชาติ และการยอมรับรวมลดลง ขณะที่ให้คะแนนความชอบทางด้านความกรอบเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้น

13. แป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีค่าสีภายนอก ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหาร และลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มขึ้น คือ มีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ขณะที่มีความสว่าง (L) ลดลง นอกจากนี้แป้งชูบทอดที่ได้ยังมีความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารลดลง แต่จะมีความกรอบเพิ่มขึ้น

14. แป้งชูบทอดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 จะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบทางด้าน รสชาติลดลง ขณะที่ให้คะแนนความชอบทางด้านสี ความกรอบ และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณเพิ่มขึ้น

15. ในการผลิตบะหมี่สด ปาท่องโก๋ และแป้งชุบทอดนั้นสามารถใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีได้ถึงปริมาณร้อยละ 20

## บรรณานุกรม

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กวีศรี วานิชกุล, เบญจมาศ ศิลาชัย, ฉลองชัย แบบประเสริฐ, จุลภาค คู่ณรงค์ และธำรง ช่วยเจริญ. 2536. “การทดสอบและเปรียบเทียบศักยภาพของกล้วยพันธุ์การค้าที่ขยายพันธุ์โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในแหล่งปลูกต่าง ๆ ของประเทศไทย.” รายงานการวิจัยประจำปี 2536. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- กฤษฎา สังข์สิงห์. 2536. “การเจริญเติบโต ลักษณะที่แสดงออก และการให้ผลผลิตของกล้วยการค้าบางพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรุณา วงษ์กระจ่าง, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์, ลัดดา แสงเดือน, สุมิตรา บุญบำรุง และพยอม อัดถวิบูลย์กุล. 2539. “สรุปผลการดำเนินงานวิจัย โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประเภท ข. ประจำปี 2537 และ 2538.” กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เอกสารประกอบการสัมมนา.
- กฤษยา จันทร์อรุณ. 2540. “กรรมวิธีการผลิตแป้งกล้วยผงและอาหารผงสำหรับสัตว์จากส่วนต่าง ๆ ของกล้วย.” รายงานการวิจัยประจำปี 2537. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- กัลยาณี โสมนัส. 2540. “การผลิตกล้วยหอมผงโดยการทำแห้งแบบโฝมและแบบพ่นฝอย.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จามรี จันทร์วิมลสิ่ง และนารี โตอุส่าห์. 2526. “ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวของแป้งชนิดต่าง ๆ.” ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จารุวรรณ พัฒนอริยางกุล. 2540. “การเสริมรสชาติในแป้งชูบทอด.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรภัทร์ บุญศิริ, ธนัญชนก อิทธิศิริ และพรพิมล อรุณวัฒนาพร. 2544. “การใช้สารรายได้ในผลิตภัณฑ์บะหมี่เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร.” ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- จันทิมา ชนะพันธ์ และพิบูล สุกแดง. 2544. “การศึกษาชนิดของกล้วยและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณสมบัติทางชีวเคมีและกายภาพของแป้งกล้วย.” โครงการงานนักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชนินันท์ วรรณะหทัย. 2542. “การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของแป้งที่ได้จากพันธุ์ข้าวไทยและการผลิตมอลโทเดกซ์ทริน.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชาติชาย รุฬักชี. 2534. “การเจริญเติบโต คัดชั้นการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาของผลกล้วยไข่ในสภาพบรรยากาศคัดแปลง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ญาณิศา รัตอาภา, วิภา สุโรจนะเมธากุล, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์, ศวิยา โลหะนะ, ไพธิน ผู้พัฒนา และวารุณี ประดิษฐ์ศรีกุล. 2536. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วย.” วารสารอาหาร. 23(3) : 197-208.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2528. “ปะหมี่.” วารสารอาหาร. 15(1) : 1-11.
- ณัฐญา โกมลณี. 2541. “การทดแทนแป้งบางส่วนด้วยเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารเส้น.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คนัย บุญเกียรติ และนิธยา รัตนาปนนท์. 2535. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ ฯ : โอเคียนสโตร์.
- เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ. 2542. “กล้วยไทยสู่ปี 2000.” กรุงเทพฯ ฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร. เอกสารประกอบการสัมมนา.
- ดวงพร อัมดิรัตน์. 2536. “วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวกล้วย.” กรุงเทพฯ ฯ : กรมวิชาการเกษตร. เอกสารประกอบการสัมมนา.
- ธนีนาถ ปลื้มปวารณ์, นพวรรณ นิจโรจเสถียร และลักดา สุจิรัฐไกร. 2547. “การทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยกากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เส้นอุด้งอบแห้ง.” ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นวรรณ์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ. ม.ป.ป. คู่มือการทำปาท่องโก๋สำหรับมืออาชีพ. กรุงเทพฯ ฯ : แม่บ้าน.
- นิตา พรประเสริฐสุด, ปวีตรา แสงวัชระกุล และวันเพ็ญ ชัยเวชวิศิษฐ. 2544. “การใช้แป้งกล้วยน้ำว่าทดแทนแป้งข้าวเจ้าในการผลิตอาหารเข้าพร้อมบริโภค.” ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิตา พรประเสริฐสุด, ปวีตรา แสงวัชระกุล และวันเพ็ญ ชัยเวชวิศิษฐ. 2544. “การใช้แป้งกล้วยน้ำว่าทดแทนแป้งข้าวเจ้าในการผลิตอาหารเข้าพร้อมบริโภค.” ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545. กกล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ป.ประมณฑ์ปัญญา. 2526. “กล้วยหักมุกทำยางเพชรบุรีได้อย่างไร.” วารสารชาวเกษตร. (30) : 3-15.
- ปิยะพร ภัทรกิจกำจร. 2547. “การศึกษาสูตรและสภาวะการทอดที่เหมาะสมของแป้งชุบทอดคุกกี้ใช้น้ำมันต่ำจากแป้งข้าวโพดอะไมโลสสูง แป้งข้าวเจ้าฟริเจด และแป้งข้าวเจ้า.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เปรมวดี ฉายาปัญญา. 2543. “การเสริมแป้งถั่วในบะหมี่อบแห้ง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พานิชย์ ชยปัญญา. 2542. กกล้วยในเมืองไทย. กรุงเทพฯ ฯ : มติชน.
- พจนีย์ พงศ์พงษ์. 2546. “การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตปาท่องโก๋จากแป้งข้าวหอมมะลิไทยผสมแป้งสาลี.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วนิดา कुमारุณี. 2534. “การเจริญเติบโตของช่อดอกและผลของกล้วยน้ำว้าค่อม.” ปัญหาพิเศษภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วลัย หุตะโกวิท, บุษรา สร้อยระย้า, ดวงแข สุขโข, เพ็ญฟ้า เมฆเกรียงไกร, รัมภา สุวรรณพฤษย์ จุฑา วิริยะ และวไลภรณ์ สุทธา. 2542. “ผลิตภัณฑ์จากกล้วย.” วารสารวิจัยและฝึกอบรมสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 1(3) : 15-27.
- วิจิตร วังใน. 2530. กกล้วย. กรุงเทพฯ ฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิชัย หลุทัยธนาสันต์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, กล้าณรงค์ ศรีรอด, ธงชัย สุวรรณสิขณณ์ และพจนีย์ พงศ์พงษ์. 2543. “การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋.” หน้า 520-552. ใน รายงานการวิจัยชุดโครงการวิจัยข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- วิชัย หลุทัยธนาสันต์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, กล้าณรงค์ ศรีรอด, ธงชัย สุวรรณสิขณณ์, ฤดี ธีระวนิช และศรีเวียง ทิพกานนท์. 2544. “การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดทอด : การผลิตปาท่องโก๋ขึ้นขยายผลในเชิงทางการค้า.” หน้า 169-204. ใน รายงานการวิจัยชุดโครงการวิจัยการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิไลลักษณ์ รัตอาภา, วิภา สุโรจนะเมธากุล, เพลินใจ ดังคณะกุล, เบญจมาศ ศิลาชัย และกรรณาวงษ์กระจำง. 2532. “การศึกษาคุณค่าทางอาหารของกล้วยในกลุ่ม ABB บางชนิด.” วารสารอาหาร. 19(4) : 247-256.
- ศศิเกษม ทองขงค์ และพรรณี เศษคำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ ฯ : โอเดียนสโตร์.

- ศรีสมบัติ นวนพรัตน์สกุล, ณัฐณิชา ทรัพย์สมุทรชัย, สันทิส กิจปรีชา, ชนัญชิตา ปิตานุสรณ์ และสุจิตรา มาลัยเจริญ. 2544. “ผลของกล้วยหักมุกคิบในการป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร.” วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร. 21(ฉบับพิเศษคณะเภสัชศาสตร์) : 60-73.
- สติระ หิรัญ. 2544. “การพัฒนาสูตรบะหมี่สดเสริมเยื่อเมือกเมล็ดแมงลัก.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาวิชาโภชนาวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สิริประภา กลั่นกลิ่น, พรพิมล หลวงอินทิม และชูเกียรติ วิวัฒน์วงศ์เกษม. 2529. “คุณค่าทางโภชนาการ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยน้ำว้า ในการทำผลิตภัณฑ์อาหาร.” วารสารโภชนาการสาร. 20(1) : 10-26.
- สุนทรีย์ แสงสีโสด. 2543. “กล้วย : ผลไม้สารพัดประโยชน์.” วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 48 (153) : 3-5.
- สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2545. “การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุธีรา เสาวภาคย์. 2545. “การเตรียมและสมบัติแป้งกล้วยหิน.” รายงานการวิจัยประจำปี 2541. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์. 2542. “การศึกษาเปรียบเทียบสสารไขมันเทศกับสสารชนิดอื่นในการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปชนิดทอด.” วารสารเกษตรศาสตร์. 33(3) : 452-460.
- สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์, วารุณี วารุญยานนท์ และชมดาว สิกขะมณฑล. 2544. “การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เส้นและแผ่น:คุณภาพของบะหมี่และแผ่นกึ่ง.” หน้า 123-167. ใน รายงานการวิจัยชุดโครงการวิจัยการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ:สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2534. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : แป้งผสมสำหรับประกอบอาหารทอด.** มอก. 1028-2534.
- อกนิษฐ์ ธรรมมิญช. 2545: “แป้งผสมชุบทอดจากแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลักสำหรับกึ่งกูลาดำชุบแป้งทอดแช่เยือกแข็ง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนันดา ทองกลัด. 2538. “การเจริญเติบโต ดัชนีการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาผลกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์เนนในสภาพบรรยากาศเปลี่ยนแปลง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- อมรรัตน์ มุขประเสริฐ. 2534. “การแปรสภาพแป้งข้าวเจ้าโดยวิธีทางเคมีและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรรวรรณ เกษสุขเจริญ. 2529. “คุณสมบัติบางประการในการนำไปใช้ประโยชน์ของแป้งต่าง ๆ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรอนงค์ นัยวิกุล, จิตธนา แจ่มเมฆ, ชารินี หลีละเมียร และศรินทร์ อีสรินทร์. 2526. “การศึกษาคุณลักษณะของความกรอบหรือกรอบพองของแป้งชนิดต่างๆเพื่อใช้ประกอบอาหารทอด.” รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. **ข้าวสาลี : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** กรุงเทพฯ ฯ : กราฟฟิคแอนดปรินติ้งเซ็นเตอร์.
- AACC. 1995. **Approved Methods of The American Association of Cereal Chemists.** 9<sup>th</sup> ed. Minnesota : The American Association of Cereal Chemists.
- AOAC. 1995. **Official Method of Analysis.** 16<sup>th</sup> ed. Virginia : The Association of Official Analytical Chemists.
- Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L. 1969. “Gelatinization of Corn Grits by Roll and Extrusion Cooking.” **Cereal Sci. Today.** 14 : 4-12.
- Bahnassey, Y. and Khan, K. 1986. “Fortification of Spaghetti with Edible Legumes. II. Rheological , Processing and Quality Evaluation Studies.” **Cereal Chem.** 63(3) : 216-219.
- Cano, P., Matin, M.A. and Fuster, C. 1990. “Effect of Some Thermal Treatments on Polyphenoloxidase Activities of Banana (*Musa Carvendish, Var. Enoma*.)” **J. Sci. Food Agric.** 51 : 223-231.
- Collins, J.L. and Pangloli, P. 1997. “Chemical, Physical and Sensory Attribute of Noodle with Added Sweet Potato and Soy Flour of Food Science.” **Cereal Chem.** 62(2) : 622-625.
- Ding, X. and Zheng, J. 1991. “Steamed Bread and Noodles in China.” **Cereal International Proceeding of Conference.** 9-13 September 1991.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Roberts, P.A. and Smith, F. 1956. “Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances.” **Anal. Chem.** 28 : 350-356.

- Eggleston, G., Swennen, R. and Akoni, S. 1992. "Physicochemical Studies on Starches Isolated from Plantain Cultivars Plantain Hybrids and Cooking Bananas." **Starch/Starke**. 44(4) : 121-128.
- Eliasson, A.C. and Gudmundsson, M. 1996. "Starch : Physicochemical and Functional Aspects." in Eliasson, A.C. (ed.). **Carbohydrates in Food**. New York : Marcel Dekker.
- Eskew, R.K., Cording, J.Jr. and Sullivan, J.F. 1963. "Explosive Puffing." **Food Engineering**. 35(4) : 91.
- Feldberg, C. 1969. "Extruded Starch Based Snacks." **Cereal Sci. Today**. 14(6) : 211-214.
- Fennema, O.R. 1996. **Principles of Food Science : Part I Food Chemistry**. New York : Marcel Dekker.
- Fox, B.A. and Cameron, A.G. 1970. **Food Science : A Chemical Approach**. London : Hodder and Strongton.
- Goldstein, J.L. and Wick, E.L. 1969. "Lipid in Ripening Banana Fruit." **J. Food Sci.** 34(2) : 482-484.
- Gross, K.C. and Sams, C.E. 1984. "Changes in Neutral Sugar Composition During Fruit Ripening." **Phytochemistry**. 23 : 2457-2461.
- Hanson, H.L. and Fletcher, L.R. 1963. "Adhesion of Coating on Frozen Fried Chicken." **Food Technol.** 17 : 793.
- Herchdelrfer, S.M. 1978. "Determination of Fish Content of Coated Fish Products." **Analyst**. 103 : 973.
- Hobson, G.E. 1968. "Cellulase Activity During Maturation and Ripening of Tomato Fruit." **J. Food Sci.** 33 : 588-592.
- Hsia, H.Y., Smith, D.M. and Steffe, J.F. 1992. "Rheological Properties and Adhesion Characteristics of Flour-Based Batters for Chicken Nuggets as Affected by Three Hydrocolloids." **J. Food Sci.** 57 : 16-18.
- John, P. and Marchal, J. 1995. "Ripening and Biochemistry of the Fruit." in Gowen, S. (ed.). **Bananas and Plantains**. London : Chapman & Hall.
- Juliano, B.O., Perez, C.M., Blankenny, A.B., Castillo, T., Kongseree, N., Laignelet, B., Lapis, E.T., Murty, V.V.S., Paule, C.M. and Webb, B.D. 1981. "International Comperative Testing on the Amylose Content of Milled Rice." **Starch/Starke**. 33(5) : 157-162.

- Kayisu, K., Hood, L.F. and Vansoest, P.J. 1981. "Characterization of Starch and Fiber of Banana Fruit." **J. Food Sci.** 46 : 1885-1890.
- Kulp, K. and Loewe, R. 1990. **Batter and Breeding in Food Processing**. Minnesota : The American Association of Cereal Chemists.
- Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J. 1959. "Structure of the Starch Granule I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches." **Cereal Chem.** 36 : 534-544.
- Lii, C.Y., Chang, S.M. and Young, Y.L. 1982. "Investigation of the Physical and Chemical Properties of Banana Starches." **J. Food Sci.** 47 : 1493-1497.
- Loewe, R. 1993. "Role of Ingredients in Batter System." **Cereal Food World.** 38 : 9.
- Loewe, R. 1996. "Ingredient Selection for Batter Systems." 11-28. in Kulp, K. and Loewe, R. (eds.). **Batter and Breeding in Food Processing**. Minnesota : The American Association of Cereal Chemists.
- Meyers, M.A. 1990. "Functionality of Hydrocolloids in Batter Coating System." 117-142. in Kulp, K. and Loewe, R. (eds.). **Batter and Breeding in Food Processing**. Minnesota : The American Association of Cereal Chemists.
- Mohsenin, N.N. 1995. **Physical Properties of Plant and Animal Materials**. London : Gordon and Breach Science.
- Moss, H.J., Miskelly, D.M. and Moss, R. 1986. "The Effect of Alkaline Conditions on the Properties of Wheat Flour, Dough and Cantonese-Style Noodles." **J. Cereal Sci.** 4 : 261-268.
- Mota, R.V., Lajolo, F.M., Ciacco, C. and Cordenunsi, B.R. 2000. "Composition and Functional Properties of Banana Flour from Different Varieties." **Starch/Starke.** 52 : 63-68.
- Munasque, V.S. and Mendoza, D.B. 1990. "Developmental Physiology and Ripening Behavior of "Sinorita" Banana Fruits." **ASEAN Food J.** 5(4) : 152-157.
- Muyonga, J.H., Ramteke, R.S. and Eipeson, W.E. 2001. "Predehydration Steaming Changes Physicochemical Properties of Unripe Banana Flour." **J. Food Proc. and Preserv.** 25 : 35-47.
- Newport Scientific. 1995. **Operation Manual for the Series 4 Rapid Visco Analyser**. New South Wales : Warriewood.
- Oda, M., Yasuda, Y., Okazaki, S., Yamaguchi, Y. and Yokoyama, Y. 1980. "A Method of Flour Quality Assessment for Japanese Noodles." **Cereal Chem.** 57(4) : 253-254.

- Pokorny, J. 1999. "Change of Nutrients at Frying Temperature." 69-103. In **Frying of Food**. Lancaster : Technomic.
- Ram, H.Y. and Steward, F.C. 1962. "Growth and Development of the Banana Plant." **Ann. Bot.** 26(104) : 657-673.
- Robbin, P.M. 1976. **Convenient Food : Recent Technology**. New Jersey : Noyes Data Corporation.
- Robinson, J.C. 1996. **Bananas and Plantains**. CAB International.
- Rodriguez-Sosa, E.J., Gonzalez, M.A., Beauchamp de Caloni, I. and Parsi-Ros, O. 1977. "The Preparation of Green Banana Flour." **J. Agric. Univ. P.R.** 61(4) : 470-478.
- Sapers, G.M. 1993. "Browning of Foods : Control by Sulfites, Antioxidants and other Means." **Food Technol.** 47(10) : 75-84.
- Schoch, T.J. 1964. "Swelling Power and Solubility of Granular Starches." 106-108. in Whistler, R.L., Smith, R.J. and BeMiller, J.N. (eds.). **Methods in Carbohydrates Chemistry**. Vol. IV. New York :Academic Press.
- Shelke, K., Dick, J.W., Holm, Y.F. and Loo, K.S. 1990. "Chinese Wet Noodle Formulation a Response Surface Methodology Study." **Cereal Chem.** 67(4) : 3383-3392.
- Shimokawa, K., Shimada, S. and Yaco, K. 1978. "Ethylene-Enhanced Chlorophyllase Activity During Degreening of Citrus (*Unshiu Mare*)." **Scientia Hortic.** 8(1) : 129-135.
- Simmonds, N.W. 1982. **Bananas**. London : Longman Group.
- Spark, A.A. 1969. "Role of Amino Acids in Non-Enzymatic Browning." **J. Sci. Food Agric.** 20 : 308.
- Suderman, D.R. and Cunningham, F.E. 1983. **Batter and Breeding**. Connecticut : AVI Publishing.
- Svensson, E. and Eliasson, A.C. 1995. "Crystalline Changes in Native Wheat and Potato Starches at Intermediate Water Levels During Gelatinization." **Carbohydrate Polym.** 26 : 171-176.
- Varangoon, P., Chatket, I., Piansiripinyo, P. and Chavacharoen, S. 1985. "Banana Flour and Its Utilization." Bangkok : Thailand Institute of Scientific and Technological Research.
- Wade, N.L., O'Connell, P.B.H. and Brady, C.J. 1972. "Content of RVA and Protein of the Ripening Banana." **Phytochemistry.** 11 : 975-979.

- Whistler, R. and Daniel, J.R. 1990. "Functional of Polysaccharides in Foods." 395-423. in Branen, A.L., Davidson, P.M. and Salinen, S. (eds.). **Food Additives**. New York : Marcel Dekker.
- Wills, R.B.H., Lee, T.H., Graham, D., McGlasson, W.B. and Hall, E.G. 1981. **Postharvest : An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables**. Connecticut : AVI Publishing.
- Wurzburg, O.B. 1972. "Starch in the Food Industry." 361-395. in Furia, T.E. (ed.). **CRC Handbook of Food Additive**. Vol. I. New York : CRC Press.
- Yang, C.S. and Chen, T.C. 1979. "Yields of Deep-Fat Fried Chicken Parts as Affected by Preparation, Frying Conditions and Shortening." **J. Food Sci.** 44 : 1074-1079.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
วิธีการวิเคราะห์

## 1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในภาชนะอลูมิเนียมซึ่งอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
2. นำตัวอย่างเข้าอบแห้งในตู้อบซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ที่  $130 \pm 2$  องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาทิ้งไว้เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
3. ปิดฝาภาชนะในขณะที่ยังอยู่ในตู้อบ แล้วทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator จากนั้นจึงนำไปชั่งน้ำหนัก
4. กำหนดหาปริมาณความชื้น โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ(กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)}} \times 100$$

## 2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)

### สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์
5. สารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) เตรียมโดยผสมซีลีเนียมไดออกไซด์ ( $\text{SeO}_2$ ) 2.5 กรัม โพแตสเซียมซัลเฟต ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) 100 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 20 กรัม เข้าด้วยกัน
6. อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator)
  - 6.1 เตรียม bromocresol green ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และเตรียม methyl red ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
  - 6.2 ผสม bromocresol green 10 มิลลิลิตร กับ methyl red 2 มิลลิลิตร

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ใน kjeldahl tube แล้วใส่ glass beads 2-3 เม็ด
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม แล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร
3. นำ kjeldahl tube ต่อเข้ากับเครื่อง Digestion Unit จากนั้นทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วค่อยๆ เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

4. นำ kjeldahl tube ต่อเข้ากับเครื่อง Distillation Unit แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ จนสารละลายตัวอย่างกลายเป็นสีน้ำตาลเข้ม จากนั้นทำการกลั่นเป็นเวลา 4 นาที แล้วจึงรองรับสารที่กลั่นด้วยสารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ซึ่งเติมอินดิเคเตอร์ผสม 3-4 หยด

5. นำสารละลายในขวดรองรับ มาทำการไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

6. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน โดยใช้สูตร

ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ) = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร) X ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มัล) X 1.4 / น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) = ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ) X 6.25

### 3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)

สารเคมี

1. ปีโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม จากนั้นห่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

2. ใส่ห่อตัวอย่างลงใน thimble แล้วบรรจุลงในเครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet Apparatus) จากนั้นเติมปีโตรเลียมอีเทอร์ 200 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัดที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

3. สกัดไขมันเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 150 องศาเซลเซียส

4. ระบายส่วนของปีโตรเลียมอีเทอร์ออกจากส่วนของไขมันที่สกัดได้ แล้วนำขวดสกัดไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่

5. ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักขวดสกัด

6. คำนวณหาปริมาณไขมัน โดยใช้สูตร

ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) =  $\frac{\text{น้ำหนักไขมันที่สกัดได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$

#### 4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)

##### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ใน crucible ซึ่งอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
2. นำตัวอย่างไปเผาจนหมดควัน
3. นำไปเผาต่อในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าเป็นสีขาว
4. ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณหาปริมาณเถ้า โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังเผา (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

#### 5. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC, 1995)

##### สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์
3. เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์

##### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ จากนั้นประกอบเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย แล้วต้มให้สารละลายเดือดตลอดเวลานาน 30 นาที และสังเกตไม่ให้ปริมาตรของสารละลายลดลง หากลดลงให้เติมน้ำร้อนลงไป
3. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วยกรดผ่านกรวยบุษเนอรัเซรามิกที่รองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 มิลลิเมตรปรอท จากนั้นล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด
4. นำกากที่ได้มาย่อยต่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ โดยต้มให้สารละลายเดือดตลอดเวลานาน 30 นาที และสังเกตไม่ให้ปริมาตรของสารละลายลดลง หากลดลงให้เติมน้ำร้อนลงไป
5. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วยด่างผ่านกรวยบุษเนอรัเซรามิกที่รองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 มิลลิเมตรปรอท จากนั้นล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์ด่าง
6. ละลายกากตัวอย่างที่ติดกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นที่ร้อน แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

7. ล้างภาชนะที่ได้ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร อีก 2 ครั้ง

8. นำภาชนะที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ  $130 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่

9. ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักจะได้เป็นน้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา

10. นำตัวอย่างใส่ใน crucible ที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอน

11. เผา crucible พร้อมตัวอย่างในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าเป็นสีขาว

12. ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักจะได้เป็นน้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

13. คำนวณหาปริมาณเส้นใย โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{[\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)}] \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

## 6. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)} = 100 - \text{ร้อยละ (ความชื้น+โปรตีน+ไขมัน+เถ้า+เส้นใย)}$$

## 7. การวิเคราะห์ปริมาณสตาร์ช (AOAC, 1995)

### สารเคมี

1. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 33 เปอร์เซ็นต์

2. สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์

### วิธีการ

1. บดตัวอย่างแบ่งให้มีขนาดเล็กและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช จากนั้นชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2.0-2.5 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ละลายตัวอย่าง จากนั้นเติมน้ำสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 33 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 58 มิลลิลิตร และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

3. นำสารละลายไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 15-17 นาที

4. ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นเทสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

5. นำสารละลายไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 จนได้สารละลายใส

6. นำสารละลายไฮโปปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ใน polarimetric tube ให้เต็ม จากนั้นนำไปวัดค่ามุมของการหมุน

7. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสตาร์ช โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณสตาร์ช (ร้อยละ)} = \frac{49 \times \text{มุมของการหมุน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

## 8. การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (Juliano *et al.*, 1981)

### สารเคมี

1. อะไมโลสบริสุทธิ์จากมันฝรั่ง (standard potato amylose)
2. เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล
4. สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล
5. สารละลายไอโอดีน (เตรียมโดยละลายไอโอดีน (I<sub>2</sub>) 2 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 20 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร)

### วิธีการ

#### การสร้างกราฟมาตรฐานของอะไมโลส

1. ชั่งอะไมโลสบริสุทธิ์ 0.04 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าผสมให้เข้ากัน
3. เติมน้ำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องเขย่า
4. นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. ปิเปตสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน ปริมาตร 1 2 3 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
6. เติมน้ำสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวดวัดปริมาตร ตามลำดับ
7. เติมน้ำสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
8. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

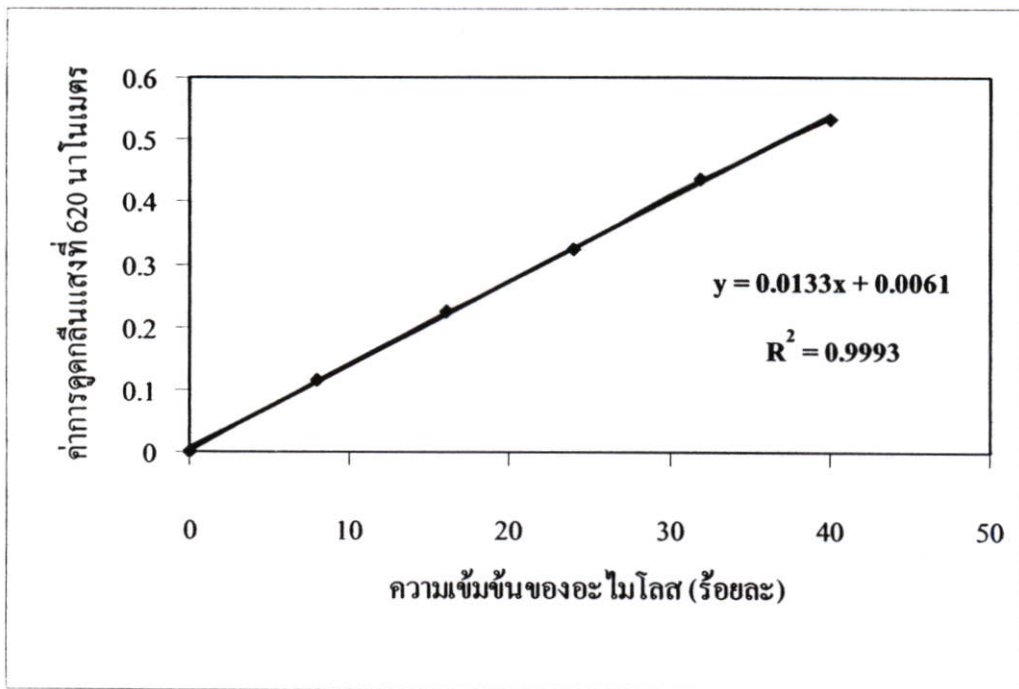
9. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน (ร้อยละ 0 8 16 24 32 และ 40) กับค่าการดูดกลืนแสง

#### การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้ว 0.1 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าผสมให้เข้ากัน
3. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องเขย่า
4. นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
6. เติมสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร
7. เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
8. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร
9. คำนวณหาปริมาณอะไมโลสโดยเทียบจากกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ก1 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

ความเข้มข้นของอะไมโลส (ร้อยละ)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร
0	0
8	0.116
16	0.223
24	0.325
32	0.437
40	0.532



รูปที่ ก1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

## 9. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Dubois *et al.*, 1956)

### สารเคมี

1. สารละลาย orcinol (เตรียมโดยละลาย ice-cold orcinol 2 กรัม ในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1000 มิลลิลิตร

2. น้ำตาลกลูโคส

### วิธีการ

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของกลูโคสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.002 0.004 0.006 0.008 และ 0.01 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

2. เตรียมสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3. นำสารละลายในข้อ 1 และข้อ 2 มาผสมกับสารละลาย orcinol ในอัตราส่วน 200 ไมโครลิตรต่อ 800 ไมโครลิตร ในหลอดทดลอง

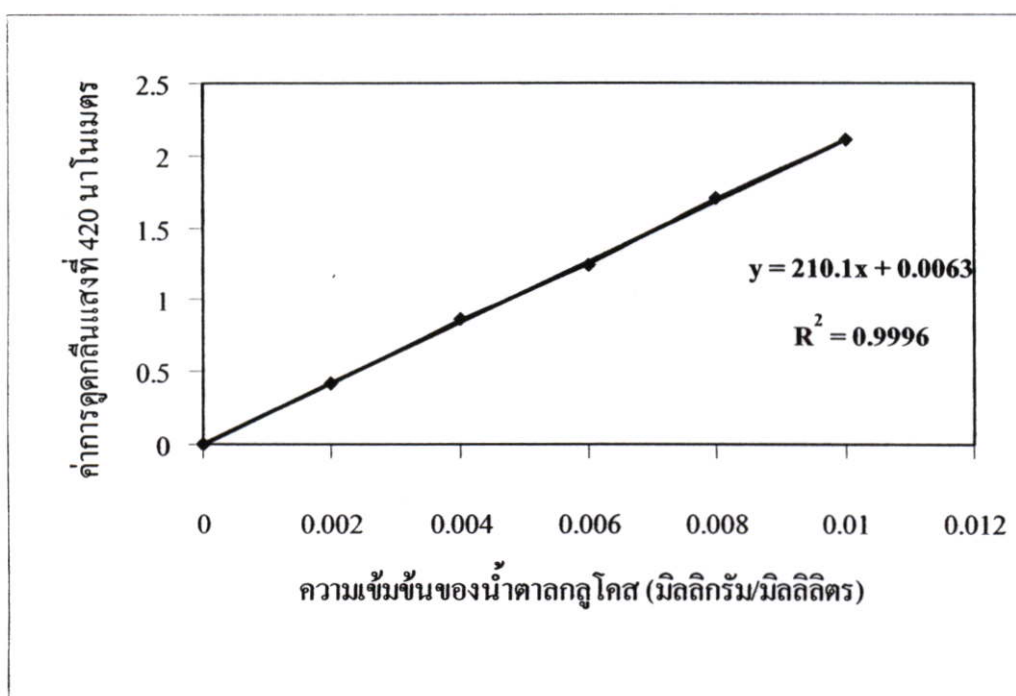
4. นำสารละลายไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิห้อง

5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

6. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของตัวอย่างโดยเทียบจากกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ก2 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร
0	0
0.002	0.425
0.004	0.872
0.006	1.243
0.008	1.697
0.010	2.104



รูปที่ ก2 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

## 10. การวัดค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและละลายน้ำ (ดัดแปลงจากวิธีของ Anderson *et al.*, 1969)

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.5 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ในหลอดพลาสติกสำหรับปั่นเหวี่ยง (ที่ทราบน้ำหนักหลอดเริ่มต้นแล้ว) เติมน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. บ่มตัวอย่างในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส และเขย่าที่ความเร็วรอบ 174 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
3. นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แล้วแยกส่วนใส (supernatant) ที่ได้ลงในจานระเหยที่ทราบน้ำหนัก
4. ระเหยส่วนใสบนอ่างน้ำเดือดจนแห้งและนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจึงนำจานระเหยเก็บไว้ใน desiccator ประมาณ 1-2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาส่วนที่สามารถละลายได้ ส่วนตะกอนแป้งที่กั้นหลอดให้นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้ง โดยใช้สูตร

$$\text{ความสามารถในการดูดซับน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนแป้งหลังการปั่นเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น}}$$

(กรัม/กรัม)

$$\text{ความสามารถในการละลายน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนใสหลังอบแห้ง} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น}}$$

(ร้อยละ)

## 11. การวัดค่ากำลังการพองตัวและการละลาย (ดัดแปลงจากวิธีของ Schoch, 1964)

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.5 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ในหลอดพลาสติกสำหรับปั่นเหวี่ยง (ที่ทราบน้ำหนักหลอดเริ่มต้นแล้ว) เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. แช่ตัวอย่างในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 85 องศาเซลเซียส และกวนตลอดเวลา นาน 30 นาที
3. นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที
4. ดูดของเหลวส่วนบนใส่ในภาชนะที่ทราบน้ำหนักให้มากที่สุด และนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
5. ชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ ส่วนแป้งเปียกในหลอดนำมาชั่งเป็นน้ำหนักแป้งที่พองตัว แล้วนำมาคำนวณหา กำลังการพองตัวและการละลาย โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละการละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

$$\text{กำลังการพองตัว} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่พองตัว} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})}$$

## 12. การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งโดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer (คัดแปลงจากวิธีของ Mota *et al.*, 2000)

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 3 กรัม ใส่ในภาชนะบรรจุ (can) แล้วเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร
2. ใส่ใบพัดกวน (paddle) ลงในภาชนะบรรจุ แล้วหมุนใบพัดกวนไปมาแรง ๆ และดึงขึ้นลงเพื่อกวนตัวอย่างไม่ให้จับเป็นก้อนที่ผิวน้ำ
3. นำไปตรวจสอบคุณสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง RVA ซึ่งตั้งสภาวะการทำงานไว้ดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้นถึง 50 องศาเซลเซียส	ใช้เวลา 1 นาที
เพิ่มอุณหภูมิจาก 50 องศาเซลเซียสถึง 95 องศาเซลเซียส	ใช้เวลา 7.5 นาที
คงไว้ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส	ใช้เวลา 5 นาที
ลดอุณหภูมิจาก 95 องศาเซลเซียสถึง 50 องศาเซลเซียส	ใช้เวลา 7.5 นาที
คงไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	ใช้เวลา 2 นาที

4. จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลาที่ได้อ่านและบันทึกค่าต่าง ๆ ดังนี้

เวลาที่เกิด peak ของความหนืด (peak time) มีหน่วยเป็นนาที

อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด (pasting temperature) มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่เกิด peak ของความหนืด (peak temperature) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

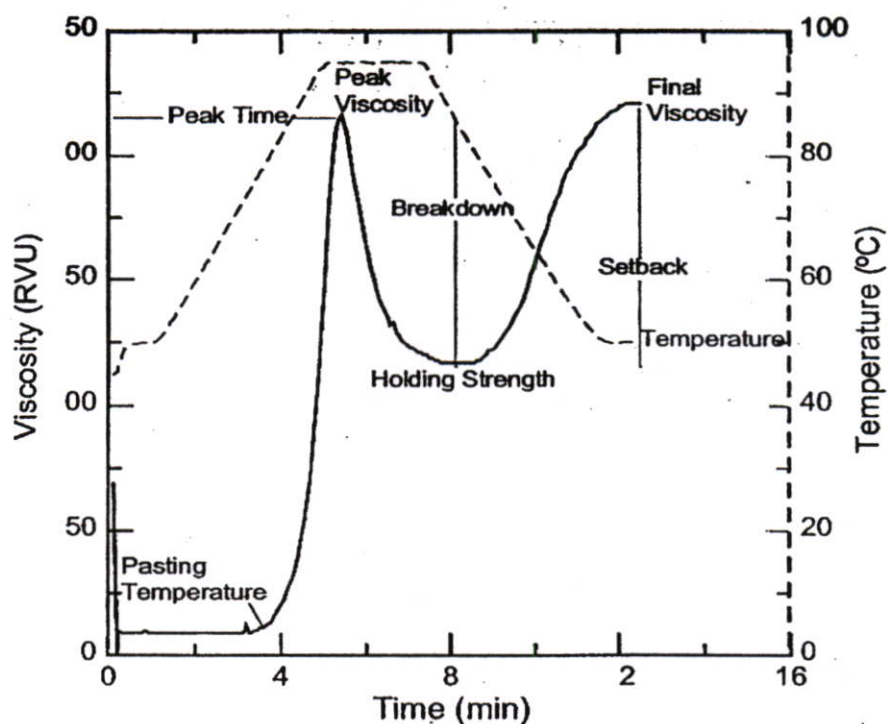
ความหนืดที่ต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น (holding strength) มีหน่วยเป็น RVU

ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (breakdown) มีหน่วยเป็น

RVU

ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง (final viscosity) มีหน่วยเป็น RVU

ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (setback) มีหน่วยเป็น RVU



รูปที่ ก3 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

### 13. การตรวจสอบคุณภาพในการหุงต้มของเส้นบะหมี่ (AACC, 1995)

#### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างบะหมี่สด 10 กรัม ใส่ในภาชนะบรรจุ แล้วเติมน้ำร้อนเดือด 100 มิลลิลิตร
2. ลวกบะหมี่เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำบะหมี่ขึ้นสะเด็ดน้ำ
3. ชั่งน้ำหนักของบะหมี่หลังลวก แล้วคำนวณหาปริมาณการดูดซึมน้ำของเส้นบะหมี่

(cooking weight) โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณการดูดซึมน้ำของเส้นบะหมี่ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของบะหมี่หลังลวก (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักของบะหมี่ก่อนลวก (กรัม)}}$$

4. ระบายน้ำในภาชนะบรรจุที่เหลือจากการลวกบะหมี่ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่

5. ชั่งหาน้ำหนักที่เหลือในภาชนะบรรจุ แล้วคำนวณหาปริมาณการสูญเสียของเส้นบะหมี่ (cooking loss) โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณการสูญเสียของเส้นบะหมี่ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เหลือจากการระเหยน้ำ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักของบะหมี่ก่อนลวก (กรัม)}}$$

#### 14. การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer

##### วิธีการ

1. ติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
2. Calibrate force ก่อนการวัดทุกครั้ง
3. ประกอบชุดเครื่องมือสำหรับวัดแรงต้านทานการดึง โดยใช้หัววัด A/SPR ต่อเข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
4. Calibrate probe ก่อนการวัด โดยตั้งระยะ probe เป็น 15 มิลลิเมตร
5. ตั้งสภาวะการทำงานของเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสไว้ดังนี้

Mode	:	Measure Force in Tension
Option	:	Return to Start
Pre-Test Speed	:	3.0 mm./s.
Test Speed	:	3.0 mm./s.
Post-Test Speed	:	5.0 mm./s.
Distance	:	50 mm.
Trigger Type	:	20 g.
Data Acquisition Rate	:	200 pps.

6. นำเส้นบะหมี่มา 1 เส้น พันเข้ากับ probe ที่อยู่ด้านล่าง 3 รอบ แล้วพาดขึ้นไป probe ด้านบน แล้วพันอีก 3 รอบ จากนั้นจึงสั่งให้เครื่องทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยทำการวัดตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ๆ ละ 10 เส้น ซึ่งค่าแรงกระทำสูงสุด (peak force) ที่ได้จากกราฟจะแสดงเป็นค่าแรงต้านทานการดึง

#### 15. การตรวจสอบปริมาตรจำเพาะของปาท่องโก๋ (AACC, 1995)

##### วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักปาท่องโก๋แล้วใส่ลงในภาชนะบรรจุที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าขนาดของปาท่องโก๋
2. เติมน้ำให้เต็มช่องว่างทั้งด้านข้างและด้านบนของภาชนะบรรจุ
3. วัดปริมาตรของเมล็ดคางที่ใช้เติมลงไปทั้งหมดโดยการตรวจด้วยกระบอกตวง จะได้เป็นปริมาตรของภาชนะบรรจุที่เหลือจากการแทนที่ด้วยปาท่องโก๋
4. วัดปริมาตรของภาชนะบรรจุโดยการเติมน้ำให้เต็มภาชนะบรรจุแล้ววัดปริมาตรของเมล็ดคางนั้นด้วยกระบอกตวง จะได้เป็นปริมาตรของภาชนะบรรจุ
5. คำนวณหาปริมาตรจำเพาะ โดยใช้สูตร

ปริมาตรจำเพาะ =  $\frac{\text{ปริมาตรของภาชนะบรรจุ} - \text{ปริมาตรของภาชนะบรรจุที่เหลือจากการแทนที่}}{\text{น้ำหนักของปาท้องโก}}$   
(ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)

#### 16. การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของปาท้องโกโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer

##### วิธีการ

1. ติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
2. Calibrate force ก่อนการวัดทุกครั้ง
3. ประกอบชุดเครื่องมือสำหรับวัดแรงตัดขาด โดยใช้หัววัด HDP/BS ต่อเข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

4. Calibrate probe ก่อนการวัด

5. ตั้งสภาวะการทำงานของเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสไว้ดังนี้

Mode	:	Measure Force in Compression
Option	:	Return to Start
Pre-Test Speed	:	2.0 mm./s.
Test Speed	:	2.0 mm./s.
Post-Test Speed	:	10.0 mm./s.
Distance	:	20 mm.
Trigger Type	:	50 g.
Data Acquisition Rate	:	200 pps.

6. นำปาท้องโกวางบนแท่นของเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของหัววัด จากนั้นจึงสั่งให้เครื่องทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยทำการวัดตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ๆ ละ 10 ซีน ซึ่งค่าแรงกระทำสูงสุด (peak force) ที่ได้จากรูปจะแสดงเป็นค่าแรงตัดขาด

#### 17. การตรวจสอบความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหารของแป้งชุบทอด (Herchdelrfer, 1978)

##### วิธีการ

1. นำชิ้นอาหารจุ่มลงในน้ำแป้งแล้วนำไปทอดให้สุก จากนั้นตั้งทิ้งไว้บนกระดาษซับมันเป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนักทั้งหมดหลังทอด
2. แยกส่วนของแป้งทั้งหมดออกจากชิ้นอาหารแล้วนำไปชั่งน้ำหนักแป้งที่เคลือบหลังทอด
3. คำนวณหาค่าความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหาร โดยใช้สูตร

$$\text{ความสามารถในการเกาะติดชิ้นอาหาร (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่เคลือบหลังทอด (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักทั้งหมดหลังทอด (กรัม)}}$$

## 18. การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งชูบทอดโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer

### วิธีการ

1. ติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
2. Calibrate force ก่อนการวัดทุกครั้ง
3. ประกอบชุดเครื่องมือสำหรับวัดค่าการแตกหัก โดยใช้หัววัด P/6 ต่อเข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
4. Calibrate probe ก่อนการวัด
5. ตั้งสภาวะการทำงานของเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสไว้ดังนี้

Mode	:	Measure Force in Compression
Option	:	Return to Start
Pre-Test Speed	:	2.0 mm./s.
Test Speed	:	2.0 mm./s.
Post-Test Speed	:	10.0 mm./s.
Distance	:	10 mm.
Trigger Type	:	20 g.
Data Acquisition Rate	:	200 pps.

6. นำหอมหัวใหญ่ชูบแป้งทอดวางลงบนแท่นของเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของหัววัด จากนั้นจึงสั่งให้เครื่องทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยทำการวัดตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ๆ ละ 10 ชิ้น ซึ่งค่าแรงกระทำสูงสุด (peak force) ที่ได้จากกราฟจะแสดงเป็นค่าการแตกหัก

ภาคผนวก ข  
แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส

## แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : **บะหมี่สด**

ชื่อผู้ทดสอบ \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ทีละตัวอย่าง แล้วประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ พร้อมทั้งให้คะแนน โดยเรียงลำดับตามความชอบของท่าน

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

รหัสตัวอย่าง \_\_\_\_\_

สี \_\_\_\_\_

กลิ่น \_\_\_\_\_

ความเหนียว \_\_\_\_\_

การยอมรับรวม \_\_\_\_\_

ข้อเสนอแนะ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : ปาท่องโก๋

ชื่อผู้ทดสอบ \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ทีละตัวอย่าง แล้วประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ พร้อมทั้งให้คะแนน โดยเรียงลำดับตามความชอบของท่าน

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

รหัสตัวอย่าง \_\_\_\_\_

สี \_\_\_\_\_

กลิ่น \_\_\_\_\_

ความกรอบ \_\_\_\_\_

รสชาติ \_\_\_\_\_

การยอมรับรวม \_\_\_\_\_

ข้อเสนอแนะ \_\_\_\_\_

---



---



---



---

## แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : แป้งชูบทอด

ชื่อผู้ทดสอบ \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ทีละตัวอย่าง แล้วประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ พร้อมทั้งให้คะแนน โดยเรียงลำดับตามความชอบของท่าน

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

รหัสตัวอย่าง					
สี					
ความกรอบ					
รสชาติ					
การยอมรับรวม					

ข้อเสนอแนะ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ประวัติผู้เขียน

นายชาญชัย ศรีพร เกิดวันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2517 ที่จังหวัดสุรินทร์ สำเร็จการศึกษา  
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง ในปี  
การศึกษา 2542 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม  
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ในปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จ  
การศึกษาในปี พ.ศ. 2549