การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

UTILIZATION OF BANANA FLOUR IN BAKERY PRODUCTS

สุชาดา ไม้สนธิ์

SUCHADA MAISONT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

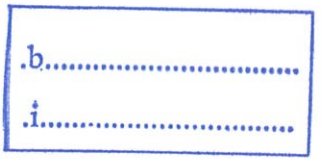
ISBN 974-324-312-7

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

UTILIZATION OF BANANA FLOUR IN BAKERY PRODUCTS

สุชาดา ไม้สนธิ์
SUCHADA MAISONT



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

ISBN974-324-312-7

UTILIZATION OF BANANA FLOUR IN BAKERY PRODUCTS

SUCHADA MAISONT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SFIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2003

ISBN974-324-311-9

COPYRIGHT 2003
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

UTILIZATION OF BANANA FLOUR IN BAKERY PRODUCTS

ชื่อนักศึกษา นางสุชาดา ไม้สนธิ์

รหัสประจำตัว 44066002

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วุฒิชัย	นาครักษา	
ดร.พอใจ	ถามากร	
ดร.กิตติชัย	บรรจง	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 8 เมษายน 2546 เวลา 13.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D213 อาคารเจ้าคุณทหาร

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....๙.....**เดือน**..พฤษภาคม.....**พ.ศ**.....๒๕๔๖.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์ขนมอบ
นักศึกษา	นางสุชาดา ไม้สนธิ์
รหัสประจำตัว	44066002
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ในผลิตภัณฑ์ขนมอบโดยนำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลีและในผลิตภัณฑ์ขนมปังทดแทนแป้งสาลีได้ 15 -20 % ส่วนเค้กและคุกกี้ทดแทนได้ 70-90 % ขนมปังที่ได้มีปริมาตรจำเพาะและความนุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลีล้วน สีเนื้อในของขนมปังคล้ำขึ้นมีค่า L, b ลดลง และค่า a เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ เมื่อทดแทนแป้งกล้วยที่ 15 และ 20 % ลักษณะการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศใกล้เคียงกับขนมปังจากแป้งสาลีมากที่สุด การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสโดยเปรียบเทียบความแตกต่างกับขนมปังจากแป้งสาลี พบว่า สีเนื้อในขนมปังมีความแตกต่างกับขนมปังจากแป้งสาลี สำหรับผลิตภัณฑ์เค้กมีปริมาตรจำเพาะ และความนุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และพบว่าการทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 70, 80 และ 90 % ปริมาตรจำเพาะที่ลดลงไม่มีความแตกต่างกัน และผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนด้วยแป้งกล้วยมากขึ้น ปริมาตรจำเพาะ ความกรอบ และการขยายในด้านความกว้างลดลง แต่มีความหนาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

Thesis	Utilization of Banana Flour in Bakery Products
Student	Mrs. Suchada Maisont
Student ID.	44066002
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2003
Thesis advisor	Assoc.Prof.Dr. Woatthichai Narkrugsa

ABSTRACT

The utilization of banana flour (70, 80, 90 and 100 % maturity) form Kluai Nam Wa [Musa (ABB group)] in bakery products, by partial substitution of wheat flour in bread, cake and cookie making. Banana flour are able to added in the standard formula 15-20 % for bread, 70-90 % for cake and cookie. Bread are significantly ($P \leq 0.05$) decreased in specific volume, and tenderness, crumb color is slightly darker L b, decreased and a increased ($P \leq 0.05$). While banana flour substitution in amount of 15 and 20 %, air cells characteristics of bread are almost similar to whole wheat bread. Samples were assessed by sensory panels and comparing with whole wheat bread, crumb color is significantly. For cake product decreased in tenderness and specific volume, but there are no significant differences when banana flour substitute of 70,80 and 90 %. Cookie product decreased in specific volume, crispness , and expansion (wide), while thickness increased ($P \leq 0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ ข้อคิดเห็น คำแนะนำอันมีค่า และคำปรึกษาต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าในการทำงานวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร. พอใจ ถามากร และ ดร. กิตติชัย บรรจง ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่ข้าพเจ้าทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์เรืองศรี ชีพเป็นสุข และอาจารย์นงเยาว์ เกษรศิริ อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันราชภัฏพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำขนมอบพร้อมทั้งให้คำแนะนำที่มีคุณค่าในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่คณาจารย์ และผู้มีพระคุณ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

สุชาดา ไม้สนธิ์

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		II
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
สารบัญตาราง		VI
สารบัญภาพ		IX
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2	ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 กล้วยน้ำว้า	3
	2.2 แป้งสาลี	11
	2.3 ขนมปัง	12
	2.4 เค้ก	15
	2.5 คุกกี้	17
	2.6 การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร	18
	2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนอบ	19
บทที่ 3	อุปกรณ์และวิธีการ	22
	3.1 วัตถุดิบ	22
	3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	23
	3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง	24
	3.4 วิธีการทดลอง	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	35
4.1 องค์ประกอบทางเคมีและค่าสีของแป้งกล้วย	35
4.2 ผลการศึกษาปริมาณแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ100 % ที่สามารถทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง	36
4.3 ผลการศึกษาปริมาณแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ที่สามารถทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้ก	52
4.4 ผลการศึกษาปริมาณแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ที่สามารถทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้	63
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	76
ข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	79
ภาคผนวก	84
ก. วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแป้งกล้วย	84
ข. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิธีวิเคราะห์ผล	89
ค. ตารางวิเคราะห์ผลการทดลองขนมอบ	92
ง. ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน	106
ประวัติผู้เขียน	110

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1. คุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้าพันธุ์ต่างๆ ในผลดิบและผลสุก..... 6

3.1. ความแก่ของกล้วยและจำนวนสัปดาห์ในการเก็บเกี่ยว..... 25

3.2. สูตรพื้นฐานของขนมปัง..... 26

3.3. สูตรพื้นฐานเค้ก..... 29

3.4. สูตรพื้นฐานคุกกี้..... 32

4.1. องค์ประกอบทางเคมีและค่าสีของแป้งกล้วย..... 35

4.2. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %..... 50

4.2. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %..... 50

4.3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 %..... 51

4.4. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 %..... 51

4.5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %..... 61

4.6. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %..... 61

4.7. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งสาลีแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 %..... 62

4.8. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 %..... 62

4.9. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %..... 74

4.10. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %..... 74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.11 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 %..... 75

4.12 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 %..... 75

ก1 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส..... 87

ก2 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส..... 88

ค1 ปริมาตรจำเพาะลักษณะเนื้อสัมผัส ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70%..... 92

ค2 ปริมาตรจำเพาะและลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80%..... 92

ค3 ปริมาตรจำเพาะและลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90%..... 93

ค4 ปริมาตรจำเพาะและลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100%..... 93

ค5 สีเปลือกนอก และสีเนื้อใน ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70%..... 94

ค6 สีเปลือกนอก และสีเนื้อใน ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80%..... 95

ค7 สีเปลือกนอก และสีเนื้อใน ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90%..... 96

ค8 สีเปลือกนอก และสีเนื้อใน ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100%..... 97

ค9 ปริมาตรจำเพาะ และลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70%..... 98

ค10 ปริมาตรจำเพาะและลักษณะเนื้อสัมผัส ของเค้ก ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %..... 98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค11 ปริมาตรจำเพาะและลักษณะเนื้อสัมผัส ของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90%..... 99

ค12 ปริมาตรจำเพาะและลักษณะเนื้อสัมผัส ของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100%..... 99

ค13 สีของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %..... 100

ค14 สีของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %..... 100

ค15 สีของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 %..... 101

ค16 สีของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 %..... 101

ค17 ปริมาตรจำเพาะ ความกว้าง ความหนา และลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %..... 102

ค18 ปริมาตรจำเพาะ ความกว้าง ความหนา และลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %..... 102

ค19 ปริมาตรจำเพาะ ความกว้าง ความหนา และลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 %..... 103

ค20 ปริมาตรจำเพาะ ความกว้าง ความหนา และลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 %..... 103

ค21 สีของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %..... 104

ค22 สีของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %..... 104

ค23 สีของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 %..... 105

ค24 สีของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 %..... 105

ง1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70-100%..... 106

ง2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70-100%..... 107

ง3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70-100%..... 108

ง4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรจำเพาะของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70-100%..... 109

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 รูปร่างตามขวางของผลกล้วยเมื่ออายุต่างกัน..... 4

2.2 ลักษณะรูปร่างเม็ดสตาร์ชจากกล้วย..... 9

3.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งกล้วย..... 25

3.2 กรรมวิธีการผลิตขนมปัง..... 27

3.3 กรรมวิธีการผลิตเค้ก..... 30

3.4 กรรมวิธีการผลิตคุกกี้..... 32

4.1 ปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 100 %..... 37

4.2 ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 -100 % 38

4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 -100 %..... 41

4.4 การจัดเรียงตัวเซลล์อากาศของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วย ที่ระยะความแก่ 70 - 80 %..... 42

4.5 สีเปลือกนอก และสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %..... 44

4.6 สีเปลือกนอก และสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %..... 45

4.7 สีเปลือกนอก และสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90%..... 46

4.8 สีเปลือกนอก และสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100%..... 47

4.9 ภาพถ่ายสีเปลือกนอก และสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 80 %..... 48

4.10 ปริมาตรจำเพาะของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 100 %..... 53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.11 เค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 100 %..... 54

4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70- 100 % 57

4.13 สีของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 และ 80 %..... 58

4.14 สีของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 และ 100 %..... 59

4.15 ปริมาตรจำเพาะของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 100 %..... 64

4.16 ความกว้างของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 100 %..... 65

4.17 คุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 100%..... 66

4.18 ความหนาของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 100 %.... 68

4.19 ลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 100%..... 69

4.20 สีของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 80 %..... 72

4.21 สีของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 - 100 %..... 73

ก.1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส..... 87

ก.2 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด..... 88

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผู้นิยมบริโภคกันมากขึ้น อาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ ทำให้ประชากรมีความเป็นอยู่ที่รีบเร่งขึ้นมีเวลาในการประกอบอาหารน้อยลง ประกอบกับตัวของผลิตภัณฑ์ก็มีการพัฒนาในด้านของการผลิตรูปแบบ และคุณค่าทางโภชนาการให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคอยู่เสมอ จึงทำให้ได้รับความนิยมในการบริโภคมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ขนมอบมีส่วนผสมหลัก คือ แป้งสาลี เนื่องจากแป้งสาลีมีโปรตีน ไกลอาดินและกลูเตนิน ทำให้แป้งสาลีมีความยืดหยุ่นและเหมาะสมในการทำขนมอบได้เป็นอย่างดี ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตแป้งสาลีได้แต่ยังให้ผลผลิตที่ต่ำและคุณภาพของแป้งสาลีที่ผลิตได้ยังมีคุณภาพไม่เหมาะสม ดังนั้นแป้งสาลีที่ใช้จึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีมูลค่าประมาณ หกพันล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2542)

กล้วยน้ำว้าเป็นกล้วยที่มีการปลูกมากเป็นอันดับ 1 ในเมืองไทยเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยชนิดอื่น ๆ จัดเป็นกล้วยที่ปลูกง่าย โตเร็ว ทนต่อโรคและแมลง และมีผลผลิตตลอดทั้งปี การผลิตกล้วยน้ำว้าในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) กล้วยน้ำว้ามีการนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ ส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์จากกล้วยผลสุก อาทิเช่น กล้วยตาก กล้วยกวน กล้วยบรรจุกระป๋อง และกล้วยผลสด การแปรรูปจะทำเพื่อบริโภคในครัวเรือนและขายตลาดในท้องถิ่นเป็นส่วนมากและมีการส่งออกขายยังประเทศใกล้เคียงจำนวนหนึ่ง ปัจจุบันกล้วยน้ำว้าโดยเฉพาะกล้วยผลดิบได้รับความสนใจในการศึกษาในด้านการนำไปใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากในกล้วยผลดิบมีปริมาณแป้งอยู่สูง และ มีประชากรโลกจำนวนมากที่ใช้บริโภคแทนข้าวใช้เป็นอาหารของเด็กและคนชรา ได้เป็นอย่างดี (เดช วัฒนาชัยยิ่งเจริญ, 2542) โดยแป้งจากกล้วยน้ำว้าจะให้พลังงานสูงเทียบได้กับแป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง และสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลี เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 84.46 % ส่วนใหญ่อยู่ในรูปสตาร์ช แป้งกล้วยน้ำว้านอกจากจะให้พลังงานสูงแล้วยังมีคุณค่าทางโภชนาการ มีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่ดี มีการละลายน้ำ และพองตัวใสเมื่อได้รับความร้อน (สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น, 2545) ด้วยคุณสมบัติที่กล่าวมาของแป้งจากกล้วยน้ำว้า นับว่าเป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาผลิตเป็นแป้งและนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการนำแป้งกล้วยไปใช้ประโยชน์ให้เกิดความหลากหลายมากขึ้น ถือว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกล้วยน้ำว้าอีกทางหนึ่ง และยังสามารถลดการใช้แป้งสาลีได้บางส่วนอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาปริมาณแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ในการทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมอบ ได้แก่ ขนมปัง เค้ก และคุกกี้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 %ในการทดแทนแป้งสาลี ในการผลิตขนมอบ ได้แก่ ขนมปัง เค้ก และ คุกกี้ โดยขนมปังทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 15, 20, 25 และ 30 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด เค้กและคุกกี้ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 70, 80 , 90 และ 100 % จากนั้นเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับผลิตภัณฑ์จาก แป้งสาลีล้วน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 %ในการทดแทนแป้งสาลี ในการผลิตขนมอบ ได้แก่ ขนมปัง เค้ก และ คุกกี้ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้แป้งกล้วยที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตขนมอบที่กล่าวมาและชนิดอื่น ทั้งในระดับครัวเรือนและเป็นประโยชน์ในการพัฒนาในขั้นอุตสาหกรรมต่อไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า [*Musa* (ABB group)] Kluai Namwa และมีชื่อเรียก อื่น ๆ ตามภูมิภาคอีกเช่น กล้วยใต้ (เชียงใหม่, เชียงราย) ; กล้วยตานีอ่อง (อุบลราชธานี) ; กล้วยมะลิอ่อง (จันทบุรี) ; กล้วยอ่อง (ชัยภูมิ) มีชื่อสามัญว่า Pisang Awak กล้วยน้ำว้ามีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อนมีประดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางในสีเขียว ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้นปลายป้านด้านบนสีแดงอมม่วงมีนวล ด้านล่างสีแดงเข้ม เครือหนึ่งมี 7–10 หวี หวีหนึ่งมี 10–16 ผล ผลใหญ่กว่ากล้วยไข่ กว้าง 3–4 เซนติเมตร ยาว 11–13 เซนติเมตร มีเหลี่ยม ก้านผลยาว เมื่อสุกเปลือกเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาว รสหวาน ที่แกนกลางหรือที่เรียกว่าไส้กลาง มีสีเหลือง ชมพูหรือขาว ซึ่งทำให้แบ่งออกได้เป็นกล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2538)

กล้วยน้ำว้าปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทยและเป็นที่นิยมในการบริโภค โดยทั่วไปพื้นที่ปลูกมากได้แก่ภาคกลาง ที่จังหวัดอ่างทอง และสิงห์บุรี ภาคเหนือที่ กำแพงเพชร เชียงราย เชียงใหม่ นครสวรรค์ พิษณุโลก และเพชรบูรณ์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดชัยภูมิ นครราชสีมา อุดรธานี ภาคตะวันออกที่จังหวัดชลบุรี ภาคตะวันตกที่จังหวัดเพชรบุรี ภาคใต้ที่จังหวัดชุมพร นครศรีธรรมราช และสงขลา ปริมาณการปลูกและผลผลิตกล้วยน้ำว้าในระยะ 10 ปี ตั่งแต่ปี พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2545 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2536 มีเนื้อที่ปลูกเป็น 679,521 ไร่ ผลผลิตรวม 1,015,809.48 ตัน ราคาขายเฉลี่ยกิโลกรัมละ 3.09 บาท ปี 2543 มีเนื้อที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 765,658 ไร่ ผลผลิตรวม 1,367,452.24 ตัน ราคาขายเฉลี่ยกิโลกรัมละ 4.50 บาท นอกจากนี้ จะสังเกตได้ว่ากล้วยน้ำว้าให้ผลผลิตต่อพื้นที่เพิ่มสูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญกับการปลูกกล้วย และใส่ใจกับผลผลิตมากขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545)

2.1.1 ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvesting Index)

ดัชนีการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่กำหนดว่า เมื่อไรกล้วยควรจะเก็บเกี่ยวได้และให้คุณภาพดี ดัชนีที่ดีควรเป็นดัชนีที่เชื่อถือได้ใช้ได้สำหรับผลิตผลนั้นๆ ในทุกแหล่งปลูกและในทุกฤดูกาลผลิต (สายชล เกตุษา, 2528) ดัชนีการเก็บเกี่ยวของกล้วยจะสังเกตได้จากขนาดและเหลี่ยมของผล โดยปกติแล้วสามารถเก็บเกี่ยวกล้วยได้เมื่อผลมีขนาด 3/4 ของขนาดจริงและยังเห็นเหลี่ยมของผล

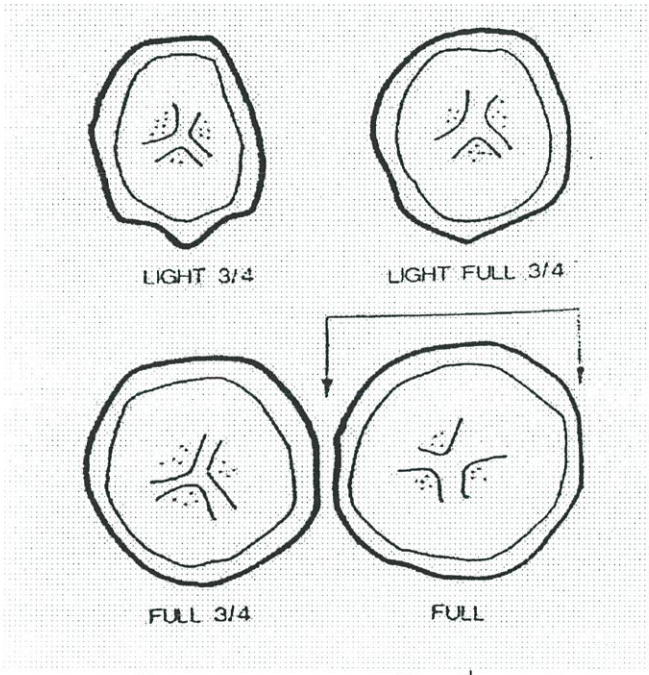
ชัดเจนซึ่งในระยะนี้ถือว่า กล้วยมีความแก่ประมาณ 75 % (สมชาย กล้าหาญ, 2541) แต่การดูความแก่ที่เหลี่ยมของผลกล้วยนี้จะใช้ได้กับกล้วยที่รับประทานผลสดเท่านั้น เช่น กล้วยไข่ กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า เป็นต้น แต่ใช้ไม่ได้กับกล้วยหักมุก กล้วยกล้าย กล้วยหิน เพราะกล้วยเหล่านี้จะมีเหลี่ยมชัดเจนถึงแม้จะแก่เต็มที่ ฉะนั้น จึงดูที่ผิวของผลและอายุเป็นเกณฑ์ ดังนั้นสำหรับกล้วยน้ำว้าสามารถแบ่งมาตรฐานความแก่ของกล้วยซึ่งขึ้นอยู่กับเหลี่ยมของผลกล้วยได้ดังนี้

Light ¾ หมายถึง ผลที่มีขนาดครึ่งหนึ่งของผลที่โตเต็มที่หรือมีความแก่ 70 %

Light Full ¾ หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมเห็นชัด มีความแก่ประมาณ 80 %

Full ¾ หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน มีความแก่ประมาณ 90 %

Full หมายถึง ผลที่ไม่มีเหลี่ยมเลย เรียกว่าแก่เต็มที่ 100 %



ภาพที่ 2.1 แสดงรูปร่างตามขวางของผลกล้วยเมื่ออายุต่างกัน

ที่มา : เบญจมาศ ศิลาย้อย (2538)

การเก็บเกี่ยวกล้วยมักเก็บเกี่ยวเมื่อกล้วยมีความแก่ต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับตลาดและข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย สำหรับตลาดในต่างประเทศ ส่วนมากใช้การวัดขนาดโดยการใช้คาลิปเปอร์เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยว หรืออาจใช้การนับจำนวนวัน เช่น การตัดกล้วยหอมกลุ่มคาเวนดิชอาจจะอยู่ระหว่าง 60-85 วันซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ปลูกและการดูแลรักษา ควบคุมอุณหภูมิ ถ้าอากาศร้อนจำนวนวันตั้งแต่แทงปลีจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 80 วัน ถ้าอากาศหนาว อาจจะเป็น 120 วันในกล้วยกลุ่ม AAA แต่ในกลุ่ม ABB อาจถึง 180 วัน (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2538)

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น (2545) ศึกษาดัชนีที่เหมาะสมในการกำหนดการเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้าที่ระยะการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันในการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า คือที่ความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % โดยพบว่าสามารถเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้าได้หลังจากที่กล้วยแทงปลีแล้ว 15,16,17 และ 18 สัปดาห์ ตามลำดับ และพบว่าเมื่อกล้วยมีความแก่มากขึ้น ความยาวเส้นรอบวงจะเพิ่มขึ้น แต่อัตราส่วนเปลือกต่อเนื้อจะลดลง ดังนั้นการเก็บเกี่ยวกล้วยเพื่อใช้ในการผลิตแป้ง สามารถใช้การนับจำนวนวัน ร่วมกับการพิจารณาเหลี่ยมของผลพิจารณาร่วมกันได้หรืออาจจะใช้อัตราส่วนเปลือกต่อเนื้อของกล้วยร่วมด้วยก็ได้

นอกจากดัชนีการเก็บเกี่ยวที่กล่าวมา การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของกล้วย ก็เป็นวิธีการที่ดีในการตัดสินความแก่หรือระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวได้เช่นกัน เพราะเป็นวิธีที่ค่อนข้างจะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อรสชาติของผลไม้ เช่น ในระยะแรกของการเจริญเติบโตของผลกล้วยหอมพันธุ์คาเวนดิช ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ และน้ำตาลนัน-รีดิวส์จะต่ำมาก และหลังจากนั้น 115 วัน ปริมาณน้ำตาลรวมก็ยังคงต่ำอยู่ แต่เมื่อกล้วยเริ่มแก่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยจะมีการเพิ่มปริมาณของกลูโคสและฟรุกโทส ซึ่งการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของน้ำตาลในผลกล้วยนี้เป็นวิธีบอกความแก่ของกล้วยได้หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว ถ้าเก็บรักษากล้วยไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเพิ่มปริมาณของน้ำตาลมากขึ้น ส่วนปริมาณแป้งในเนื้อกล้วยจะเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 70 วัน จึงจะเริ่มลดลง ส่วนปริมาณของน้ำตาลทั้งหมด การปรากฏ ของกลูโกสและฟรุกโทส และการหยุดการเจริญของกล้วยสามารถใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้เป็นอย่างดี แต่การใช้องค์ประกอบทางเคมีเพียงอย่างเดียวอาจให้ผลคลาดเคลื่อนเนื่องจากปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผลิตผลขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวิธีการดูแลรักษาในแปลงปลูกด้วย (ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2541)

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วย

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีวิตามิน เกลือแร่ ให้พลังงานสูง จึงเหมาะสำหรับการบริโภคทุกเพศทุกวัย ในประเทศอูกันดามีประชาชนรับประทานกล้วยโดยเฉลี่ยวันละ 4-4.5 กิโลกรัม ใช้แทนเนื้อสัตว์ได้ด้วย กล้วยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าพอ ๆ กับมันฝรั่ง คณะที่ปรึกษาของการวิจัยด้านการเกษตรนานาชาติ(Consultative Group on Internation Agriculteral Research/CGIAR) ภายใต้การสนับสนุนโครงการสหประชาชาติ (United Nations Development Programe / UNDP) ได้จัดอันดับความสำคัญของกล้วยและกล้าย (Banana and Plantain) ว่าเป็นอาหารที่ประชากรโลกบริโภคสูงเป็นอันดับ 4 ของในแง่ปริมาณการผลิตรวมรองจากข้าว ข้าวสาลี และนม ตามลำดับ (เบญจมาศ ศิลาย้อย , 2538)

วิไลลักษณ์ รัตอาภา และคณะ (2532) ศึกษาคุณค่าทางอาหารของกล้วยในกลุ่ม ABB บางชนิด แสดงในดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้าพันธุ์ต่าง ๆ ในผลดิบและผลสุก

กล้วยน้ำว้า(ในส่วนที่กินได้100กรัม)	อายุกล้วย(%ของอายุกล้วยสุก)	ส่วนประกอบ					
		ความชื้น	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
กล้วยน้ำว้าไส้ขาว	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
	กล้วยสุก	69.36	0.38	0.57	0.73	0.95	28.02
กล้วยน้ำว้าไส้เหลือง	75	66.32	0.28	0.38	0.84	0.72	31.45
	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
กล้วยน้ำว้าไส้แดง	75	65.39	0.26	0.34	0.86	0.73	32.41
	90	66.25	0.35	0.46	0.71	0.85	31.37
	กล้วยสุก	69.52	0.37	0.55	0.70	0.91	27.92
กล้วยน้ำว้าดิบ	กล้วยดิบ	69.00	0.20	0.50	1.40	-	28.70

ที่มา : ดัดแปลง จาก วิไลลักษณ์ รัตอาภา และคณะ (2532)

2.1.3 แป้งกล้วยคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

แป้งกล้วย (banana flour) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผลกล้วยดิบเพราะในกล้วยดิบจะมีปริมาณแป้งมาก แป้งกล้วยมีการทำและขายกันในตลาดท้องถิ่นมาก่อน และเริ่มทำเป็นอุตสาหกรรมเมื่อปี ค.ศ. 1982 ในประเทศอิเควดอร์ด้วยกล้วยหอมกลุ่มคาเวนดิช และมีการผลิตแป้งกล้วยกันเพิ่มมากขึ้นเป็นอุตสาหกรรม ในประเทศอิเควดอร์มีการผลิตประมาณปีละ 850 ตัน และประเทศคอสตาริกามีการผลิตปีละประมาณ 2700 ตัน เพื่อใช้เป็นอาหารของเด็กทารก และคนชรา

Crowther (1979) กล่าวถึงวิธีการผลิตแป้งกล้วยไว้ดังนี้ นำกล้วยที่มีความแก่ full ¾ มาล้างด้วยน้ำเย็น หลังจากนั้นจุ่มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส และ 70-75 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาประมาณ 5-6 นาที ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว หนา ¼ นิ้ว นำไปรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 20-25 นาที แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel dryer) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 7-8 ชั่วโมง ความชื้นจะลดลงจนเหลือ

ประมาณ 8 % หลังจากนั้นบดเป็นผงด้วยเครื่องบดร่อนผ่านตะแกรง ได้แป้งกล้วย บรรจุในภาชนะที่สะอาด แห้ง และมีฝาปิด

ญาณิศา รัตอาภา และคณะ (2536) ศึกษาผลของความร้อนในการนึ่งกล้วยที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮท์ เพื่อช่วยในการปลอกเปลือกและหั่นเนื้อกล้วยเป็นชิ้นเล็ก ๆ พบว่าควรนึ่งกล้วยนาน 1 นาที เพื่อให้การปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำได้ง่าย และกล่าวถึงวิธีการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุกไว้ดังนี้ นำกล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุกดิบล้างน้ำ นึ่งที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮท์ 1 นาที ทำให้เย็น ปอกเปลือก และหั่นเป็นลูกเต๋าขนาด 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 0.1 % พีเอช 3.3 ปรับพีเอชด้วยกรดซิตริก แช่ประมาณ 4 นาที จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 –55 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง และบดด้วยเครื่อง Hammer mill และ Pin mill ได้แป้งกล้วยสีขาวนวลนำมาบรรจุในถุง Polyethlene เคลือบอะลูมิเนียมฟอยด์

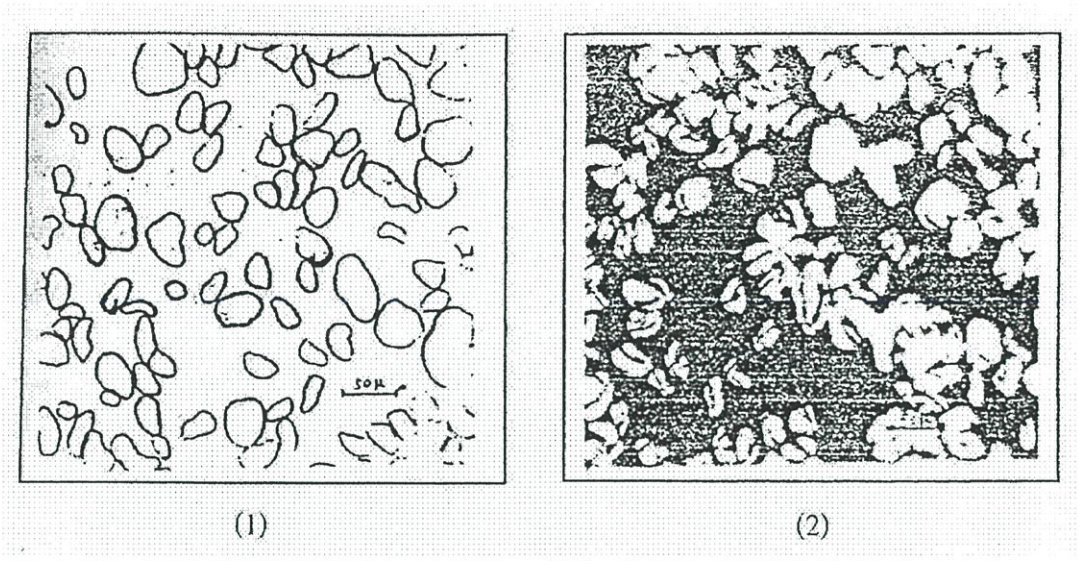
จรูญ อุ่นสุวรรณ์ (2530) กล่าวถึงวิธีการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าโดยการตากแดดและใช้ลูกกลิ้งร้อน (drum dryer) วิธีการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าโดยการตากแดดทำได้โดย นำกล้วยน้ำว้าดิบล้างน้ำ นึ่งในรังถึง 10 -20 นาที แล้วปอกเปลือก ตัดเนื้อกล้วยเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ หลังจากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 0.1 % พีเอช 3.3 ปรับพีเอชด้วยกรดซิตริก นำกล้วยมาแช่น้ำนาน 5 นาที ตากแดดจนแห้ง ถ้าแดดจัดใช้เวลาประมาณ 2 วันหลังจากนั้นบดเป็นผง ได้แป้งกล้วย บรรจุในภาชนะที่สะอาด แห้ง และ ปิดสนิท นอกจากนี้การผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าโดยใช้ลูกกลิ้งร้อนทำได้โดย นำกล้วยน้ำว้าดิบล้างน้ำ นึ่งในหม้อความดันไอน้ำ 5-8 ปอนด์ ต่อตารางนิ้วประมาณ 3-5 นาที ปอกเปลือก หั่นเนื้อกล้วยเป็นชิ้นบาง ๆ ตามขวาง เติมน้ำและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1% พีเอช 3.3 ปรับพีเอชด้วยกรดซิตริก แล้วบดรวมกัน เทเข้าเครื่องลูกกลิ้งร้อนที่ 55-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หลังจากนั้นบดเป็นผง ได้แป้งกล้วยบรรจุในภาชนะที่แห้ง สะอาด และปิดสนิท

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น (2545) ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ความแก่แตกต่างกัน แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีความแก่มากขึ้น จะมีปริมาณโปรตีน เถ้า และน้ำตาลทั้งหมดสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณเยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลง และพบว่าสตาร์ชและ อะไมโลสมีปริมาณสูงสุด เมื่อกล้วยมีความแก่ 90 % โดยแป้งกล้วยประกอบด้วยสตาร์ชและอะไมโลสประมาณ 60-66 และ 21-23 % ตามลำดับ รูปร่างของเม็ดกล้วยเมื่อทดสอบด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) มีรูปร่างรูปไข่และมีรูปร่างไม่แน่นอน ขนาด 27-45 ไมโครเมตร เมื่อระยะความแก่ของกล้วยมากขึ้น เม็ดแป้งมีขนาดใหญ่มากขึ้น ความคงทนต่อแรงเฉือนและความสามารถในการดูดซับน้ำมีแนวโน้มลดลง ส่วนความสามารถในการละลายและความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลาย (Freeze-Thaw Stability) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแป้ง

กล้วยที่ผลิตจากกล้วยน้ำว้าที่ความแก่ 80 และ 90 มีค่า Peak viscosity ,Holding strength, Break down, Final viscosity และSet back สูงกว่ากล้วยที่มีความแก่ 70 และ 100% ตามลำดับ แป้งกล้วยมี Peak temperature ประมาณ 88 องศาเซลเซียส Peak time ประมาณ 8 นาที และ Pasting temperature ประมาณ 80 องศาเซลเซียส

Kayisu และคณะ (1981) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชจากกล้วย พบว่าแป้งจากกล้วยดิบประกอบด้วยสตาร์ช 78.0 % และแป้งจากกล้วยสุกประกอบด้วยสตาร์ช 16.1 % และเมื่อส่องดูด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope พบว่าสตาร์ชจะอยู่ในลักษณะที่เป็นเม็ด (starch granule) มีรูปร่างทรงกลม (spheroid) และ แท่งยาว (elongated) โดยรูปร่างทรงกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 – 40 ไมโครเมตร และรูปร่างแท่งยาว มีความกว้าง 5 – 25 ไมโครเมตร และยาว 20 – 50 ไมโครเมตร พื้นผิวของเม็ดสตาร์ชจากกล้วยดิบมีลักษณะเรียบในขณะที่เม็ดสตาร์ชจากกล้วยสุกมีลักษณะเป็นริ้ว ๆ ซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ อะไมเลส (Amylase) ในระหว่างการสุกของกล้วย ส่วนคุณสมบัติด้านความหนืดของเม็ดสตาร์ชเมื่อตรวจสอบโดย Brabender viscoamylograph พบว่าการตรวจสอบของผสม สตาร์ชกับน้ำที่มีความเข้มข้นต่ำไม่พบการเกิด Peak viscosity และมีความหนืดเกิดขึ้นเล็กน้อยในระหว่างให้ความร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัวน้อย จึงมีความแข็งแรงมากพอที่จะต้านทานต่อการกวนได้ แต่เมื่อตรวจสอบของผสมสตาร์ชกับน้ำที่มีความเข้มข้น 8 % กราฟความหนืดที่ได้ใกล้เคียงกับสตาร์ชจากธัญพืช โดยหลังจากเกิด Peak viscosity แล้วเมื่อให้ความร้อนและเวลาต่อไป ความหนืดจะลดลง หลังจากนั้นเมื่อลดอุณหภูมิลงความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้น และพบว่าอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization temperature) อยู่ในช่วง 67–70 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับสตาร์ชข้าวโพด แต่ต่ำกว่าสตาร์ชมันฝรั่งและมันสำปะหลัง และสูงกว่าสตาร์ชจากธัญพืช นอกจากนี้ยังพบว่าสตาร์ชจากกล้วยมีรูปแบบการพองตัวใกล้เคียงกับสตาร์ชจากถั่วเขียว

Lii และคณะ (1982) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสตาร์ชจากกล้วย (*Musa sp*) ที่ระยะการสุกแตกต่างกัน พบว่าเม็ดสตาร์ชเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงธรรมดา (normal light) (ภาพที่ 2.2 (1)) มีรูปวงรี (Oval) และรูปร่างไม่แน่นอน (Irregular) และเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงโพลาไรซ์ (polarized light) พบการเกิดลักษณะไบรีฟริงเจน (Birefringence) (ในภาพที่ 2.2 (2)) เม็ดสตาร์ชมีขนาดอยู่ระหว่าง 6-80 ไมโครเมตร แต่ที่พบมากที่สุดอยู่ระหว่าง 20-60 ไมโครเมตรและเมื่อกล้วยมีระยะการสุกมากขึ้น พบเม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่มากที่สุด โดยจะไม่พบเม็ดแป้งที่มีขนาดเล็กกว่า 15 ไมโครเมตรเมื่อกล้วยมีระยะการสุกมากกว่าระยะที่ 1 และจะไม่พบเม็ดสตาร์ชที่มีขนาดเล็กกว่า 20 ไมโครเมตร เมื่อกล้วยมีระยะการสุกมากกว่าระยะที่ 4



(1) (2)

ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะรูปร่างของเม็ดสตาร์ชจากกล้วย (1)(normal light) (2) (polarized light)

ที่มา : Lii และคณะ (1982)

เมื่อตรวจสอบสอบคุณสมบัติการพองตัวและการละลายของสตาร์ชจากกล้วยที่มีระยะการสุก 0 ถึง 3 ตรวจสอบที่อุณหภูมิ 65- 95 องศาเซลเซียส พบว่าสตาร์ชจากกล้วยมีกำลังการพองตัวน้อยมาก (Fairly restriced swelling power) แต่สูงกว่าสตาร์ชจากธัญพืช ส่วนผสมความสามารถในการละลายน้ำก็เช่นเดียวกัน นอกจากนี้คุณสมบัติด้านความหนืดของของผสมสตาร์ชจากกล้วยกับน้ำที่ความเข้มข้น 5, 7 และ 9 % เมื่อตรวจสอบด้วย Brabender viscoamylograph ที่อุณหภูมิ 35-95-35 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที พบว่าของผสมสตาร์ชที่มีความเข้มข้น 5 % ไม่พบ Peak viscosity เนื่องจากสตาร์ชมีการพองตัวน้อย จึงมีความหนืดเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่การตรวจสอบของผสมสตาร์ชที่ความเข้มข้น 7 และ 8 % พบ Peak viscosity ในระหว่างการให้ความร้อน และเมื่อลดอุณหภูมิลงจะเกิดการ set back ขึ้นและตรวจสอบสตาร์ชจากกล้วยที่มีระยะการสุกต่างกัน มี Gelatinization temperature ใกล้เคียงกัน โดยมี Gelatinization temperature อยู่ในช่วง 74-83 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าภายในสตาร์ชมีการจัดเรียงตัวอย่างแข็งแรง จึงทำให้เม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัวในระหว่างการให้ความร้อนน้อย ดังนั้นต้องให้ความร้อนสูงเพื่อทำลายพันธะในเม็ดสตาร์ช เม็ดสตาร์ชจึงสามารถดูดน้ำและพองตัวได้

ญาณิศา รัตอาภา และคณะ (2536) ศึกษาคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุกเมื่อตรวจสอยด้วย Brabender viscoamylograph ที่ความเข้มข้นของของผสมแป้งกล้วยกับน้ำ 10 % โดยการตรวจสอบที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และ

อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับสตาร์ชข้าวเจ้าและสตาร์ชข้าวเหนียว พบว่าแป้งกล้วยน้ำว้ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสตาร์ชจากข้าวเจ้า โดยแป้งกล้วยน้ำว้ามีค่า Peak viscosity และ Break down ต่ำเหมือนสตาร์ชข้าวเจ้า ซึ่งแป้งกล้วยน้ำว้าและสตาร์ชข้าวเจ้ามีค่า Peak viscosity และ Break down เท่ากับ 470 และ 543 Brabender unit และมีค่า Break down เท่ากับ 125 และ 223 Brabender unit ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยน้ำว้าและสตาร์ชข้าวเจ้าเกิดการแตกตัวยาก พองตัวน้อย และเม็ดมีความคงทนต่อการกวน นอกจากนี้แป้งกล้วยน้ำว้ายังมีค่า Final viscosity ต่ำอีกด้วยโดยมีค่าเท่ากับ 500 Brabender unit จึงทำให้ของผสมที่ได้มีลักษณะไม่เหนียวหนืด ส่วนแป้งกล้วยหักมุกมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสตาร์ชข้าวเหนียวโดยแป้งกล้วยหักมุกมีค่า Peak viscosity สูง (1215 Brabender unit) และแป้งกล้วยหักมุกและ สตาร์ชข้าวเหนียวยังมีค่า Break down ค่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน (485 และ 513 Brabender unit ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยหักมุกและสตาร์ชข้าวเหนียวเกิดการแตกตัวง่าย พองตัวมากและเม็ดแป้งไม่มีความคงทนต่อการกวน นอกจากนี้กล้วยหักมุกยังมี Final viscosity สูงทำให้ของผสมที่ได้มีลักษณะเหนียวหนืดมาก

2.1.4 การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วย

ญาณิศา รัตอาภา และคณะ (2536) ได้ทำการประกอบอาหารจากแป้งกล้วยพบว่าเมื่อใช้แป้งกล้วยน้ำว้า 25 % ของแป้งทั้งหมดในขนมกล้วย และแป้งกล้วยหักมุกเป็น 25 % ของแป้งทั้งหมดในขนมเหนียว ขนมถั่วแปบ และขนมต้มขาว ผู้ชิมชอบและยอมรับแต่ต้มขาว แต่ขนมกล้วยที่ใส่แป้งกล้วยน้ำว้านั้นผู้ชิมไม่ชอบ

วลัย หุตะโกวิทและคณะ (2542) ได้นำแป้งกล้วยมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก คุกกี้ โดนัท ขนมเปี๊ยะไหว้พระจันทร์ ในอัตราส่วน 25, 50, 75 และ 100 % พบว่าสามารถนำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก คุกกี้ โดนัท และขนมเปี๊ยะไหว้พระจันทร์ได้สูงสุด ในอัตราส่วน 25, 25, 50, 25 และ 50 % ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งกล้วยยังมีลักษณะดีตามลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้นๆ และหากเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยมากกว่านี้ พบว่าผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะร่วนซุยสีคล้ำ และนอกจากนี้ยังมีการทดลองเสริมแป้งกล้วย ในผลิตภัณฑ์ขนมไทยบางชนิด เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและลดปริมาณการใช้แป้งชนิดอื่น และพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยจากแป้งกล้วย พบว่าสามารถนำแป้งกล้วยเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมลูกชุบและเม็ดขนุนได้ 10 % ทำผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่แป้งกล้วย และเสริมในขนมหม้อแกงถ้วยทองได้

กรุณา วงษ์กระจ่าง และคณะ (2539) นำแป้งกล้วยไข่และกล้วยหอมที่ผ่านการนึ่งและไม่ได้ผ่านการนึ่งในการปอกเปลือกทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ในปริมาณ 30, 40 และ 50 % การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า เค้กที่ทำจากแป้งกล้วยที่ไม่ผ่านการนึ่ง

ในการปอกเปลือกได้รับการยอมรับมากกว่า แป้งกล้วยที่ผ่านการนึ่งลักษณะเค้กที่ได้จะแฉะเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วย สำหรับคุกกี้ที่ทำจากแป้งกล้วยหอมที่ผ่านการนึ่งได้รับการยอมรับมากกว่าในขณะที่คุกกี้แป้งกล้วยไข่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมในระดับเดียวกัน

สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ (2540) นำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบหลายชนิดโดยแต่ละชนิดจะใช้ทดแทนแป้งสาลีและแป้งชนิดอื่นในส่วนผสม เช่น ผลิตภัณฑ์ เอแคร์ จะประกอบด้วยส่วนของตัวขนมและไส้ขนม ซึ่งสามารถใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในส่วนตัวขนมได้ 20 % และส่วน ไส้ใช้ทดแทนแป้งข้าวโพดได้ 50 % ทาร์ตกล้วย ส่วนตัวแป้งทดแทนแป้งสาลีทดแทนแป้งสาลีได้ 48 % ส่วนไส้ทดแทนแป้งข้าวโพดได้ 50 % บราวนี่ ทดแทนแป้งสาลีได้ 33 % โดนัททดแทนแป้งสาลีได้ 40 % ขนมปังไส้ต่าง ๆทดแทนแป้งสาลีได้ 42 % และคุกกี้เนยสดทดแทนแป้งสาลีได้ 53 %

Chatket และคณะ (1985) ใช้แป้งกล้วยที่ผลิตขึ้นเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตและลดต้นทุนในการผลิตสแน็คโดยใช้กระบวนการเอกซ์ทรูชั่น ส่วนผสมประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งถั่วเขียว และใส่แป้งกล้วยเพิ่มในปริมาณ 10, 20 และ 30 % พบว่าการใช้แป้งกล้วย 10 % ได้รับการยอมรับมากที่สุดและการใช้แป้งกล้วยในปริมาณที่มากขึ้นจะพบปัญหาในขบวนการผลิตคือ ความเหนียวของส่วนผสมและอุณหภูมิในการเจลาติไนส์ของแป้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น

2.2 แป้งสาลี (wheat flour)

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทุกชนิดเพราะแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิด ที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตนินและไกลอะดิน (Glutenin & Gliadin) ซึ่งเมื่อแป้งผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เกิด "กลูเตน" (gluten) มีลักษณะเป็นยางเหนียวยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ทำให้เกิดโครงร่างที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ เมื่อได้รับความร้อนจากการอบ

ข้าวสาลีชนิดที่นำมาโม่เป็นแป้งสาลีนั้น แบ่งเป็น 2 ประเภทตามความแข็งและสีของเมล็ด จัดเป็นข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard wheat) กับข้าวสาลีชนิดอ่อน (Soft wheat)

ข้าวสาลีชนิดแข็ง เมื่อนำมาโม่จะได้แป้งสาลีชนิดแข็ง ซึ่งเป็นแป้งที่มีโปรตีนสูงเหมาะสำหรับใช้ในการทำผลิตภัณฑ์พวกขนมปัง แป้งชนิดนี้มีโปรตีนที่มีคุณภาพดี สามารถนวดผสมให้ได้ก้อนแป้งที่มีความยืดหยุ่นสูง ทนต่อสภาพการผสม การหมัก อุณหภูมิมีคุณสมบัติในการอุ้มก๊าซที่ดี ซึ่งจะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาตรและเนื้อสัมผัสที่ดี ก้อนโดที่ทำจากส่วนผสมของแป้งสาลีชนิดแข็งจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำ ได้สูง

ข้าวสาลีชนิดอ่อน เมื่อนำมาโม่ก็จะได้แป้งสาลีชนิดอ่อนซึ่งมีโปรตีนต่ำ แป้งจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ต่ำกว่าแป้งชนิดแข็ง มีความทนทานต่อการผสมและการหมักที่ต่ำ

ไม่เหมาะที่จะใช้ทำขนมปังเพราะไม่สามารถจะนวดผสมให้เป็นก้อนโดได้ แต่จะเหมาะสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก และคุกกี้

แป้งสาลีที่ผลิตออกมาขายเพื่อการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้นมี 3 ชนิดที่สำคัญคือ แป้งขนมปัง แป้งเค้ก และแป้งอเนกประสงค์ ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและคุณลักษณะรวมถึงการใช้ประโยชน์ต่างกันคือ

2.2.1. แป้งขนมปัง มีโปรตีนสูง 12–14 % โม่จากข้าวสาลีชนิดแข็งพวก Hard Red Spring หรือ Hard Red Winter ซึ่งเป็นแป้งสาลีที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกขนมปังจืด ขนมปังหวาน และผลิตภัณฑ์ที่ใช้หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ลักษณะของแป้งชนิดนี้คือ เมื่อถูด้วยมือจะรู้สึกคายมือคล้ายมีกรวด หรือทราย มีสีครีม ไม่ขาว เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้งจะไม่เกาะตัวกัน แป้งชนิดนี้ใช้ยีสต์เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู เพราะยีสต์เท่านั้นที่จะทำให้ก้อนโดพองตัวได้

2.2.2. แป้งอเนกประสงค์ มีโปรตีนสูงปานกลาง 10-11 % เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ชนิด ใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่าง เช่น ขนมปังจืดและหวาน ขนมเค้กบางชนิด ปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี ใช้เวลาในการนวดแป้งน้อยกว่าขนมปัง ลักษณะของแป้งชนิดนี้จะมีลักษณะของแป้งขนมปังและแป้งเค้กรวมกัน สารที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู

2.2.3. แป้งเค้ก มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำประมาณ 7-9 % โม่จากข้าวสาลีชนิดอ่อน พวก Soft Wheat และ Soft Red Winter ใช้ทำเค้ก คุกกี้ ลักษณะของแป้งเมื่อถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกอ่อนนุ่มเนียนละเอียด มีสีขาวกว่าแป้ง 2 ชนิดแรก เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะเกาะรวมกันเป็นก้อนและคงรอยนิ้วมือไว้ แป้งชนิดนี้ใช้สารเคมีช่วยทำให้ขึ้นฟูเท่านั้น ไม่ใช้ยีสต์ซึ่งสารเคมีก็ได้แก่ ผงฟู และ เบคกิ้งโซดา เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยนั้น ปัจจุบันได้สั่งข้าวสาลีจากต่างประเทศมาทำการโม่เป็นแป้งโดยโรงโม่ที่มีอยู่จะทำการโม่แป้งหลัก 3 ชนิดดังกล่าวมาแล้ว และจากแป้งหลักเหล่านี้ โรงโม่แต่ละแห่งจะทำการโม่แป้งสำหรับทำผลิตภัณฑ์เฉพาะอย่างขึ้น โดยจะบ่งบอกไว้ที่ถุงบรรจุแป้งว่า ใช้ทำผลิตภัณฑ์อะไรบ้าง ซึ่งผู้ซื้อจะต้องรู้ว่าแป้งที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการนั้นเป็นแป้งชนิดใด มีโปรตีนเท่าใด แล้วจึงเลือกซื้อให้เหมาะสม (อรอนงค์ นัยวิกุล ,2540)

2.3 ขนมปัง (bread)

สูตรพื้นฐานของขนมปังโดยทั่วไปประกอบด้วยแป้งสาลี ยีสต์ เกลือ น้ำ และยังมีส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ ไขมัน น้ำตาล สารลดแรงตึงผิว แป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลักที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการให้โดที่หนืด และยืดหยุ่นเมื่อเติมน้ำ ทำให้กักเก็บก๊าซได้ และทำให้ได้ขนมปังเนื้อนุ่มมีโครงสร้างดี ก้อนโดเกิดจากการรวมตัวกันของโปรตีน 2 ชนิดในปริมาณเท่า ๆ กันคือ กลูเตนิน และ

ไกลอะดิน ยีสต์มีหน้าที่หลักในการเปลี่ยนสารพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และเอทานอล ก๊าซที่ผลิตขึ้นจะทำให้ได้ขนมปังที่ขึ้นฟู เกลือมีหน้าที่หลักในการเพิ่มรสชาติ ทำให้โดแข็งแรง ไขมันจะไปเพิ่มปริมาตรและทำให้ขนมปังนุ่ม รวมถึงเพิ่มอายุการเก็บ น้ำตาลเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต สำหรับยีสต์ และให้รสชาติ สารออกซิแดนท์ เช่น ascorbic acid และ potassium bromate ทำให้ได้ขนมปังที่มีเนื้อสัมผัสและปริมาตรที่ดี สารลดแรงตึงผิวทำให้โดที่แข็งแรง และป้องกันการเสื่อมสภาพของขนมปัง (Hoseney,1994)

การทำขนมปังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ การผสม หรือการทำให้เกิดโด การหมัก และการอบโด การผสมเป็นขั้นตอนที่ทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ รวมเป็นเนื้อเดียวกันและที่สำคัญจะรวมอากาศ (air) เข้าไปในโดการหมักเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญขั้นหนึ่งในการทำขนมปังคือยีสต์จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เอทานอลและน้ำตาล พร้อมกับให้ความร้อน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะแพร่เข้าไปในเซลล์อากาศที่เกิดจากการผสม โดจะมีความสามารถในการกักเก็บก๊าซ ทำให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น และเซลล์อากาศมีขนาดใหญ่ขึ้น การผสมใหม่ หรือการลดปริมาตรก้อนโด มีผลทำให้เซลล์อากาศขนาดใหญ่แบ่งย่อยเล็กลงทำให้ได้ขนมปังที่เนื้อนุ่มละเอียด หลังจากนั้นแบ่งโดใส่พิมพ์แล้วหมักโดต่อ (proofing) ที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 85 ใช้เวลาประมาณ 55-65 นาที โดจะเพิ่มปริมาตรอย่างมาก หลังจากนั้นนำเข้าเตาอบ ระหว่าง 2-3 นาทีแรกในการอบ โดจะขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เรียกว่า oven spring ในการเปลี่ยนรูปของโดจนเป็นขนมปังนั้น จะเป็นขบวนการที่ต่อเนื่อง คือเมื่อโดเข้าอบความร้อนจะแพร่จากผิวหน้าเข้าสู่ศูนย์กลาง เมื่ออุณหภูมิจุดกลางของโดถึง 64 องศาเซลเซียส สตาร์ชเกิดเจลาติไนส์ และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจะได้ลักษณะขนมปังอย่างสมบูรณ์พอถึง 95 องศาเซลเซียส ขนมปังจะมีความยืดหยุ่นและการขยายตัวลดน้อยลง ต่อจากนั้นก็จะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (He และ Hoseney, 1991) การเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกขนมปัง (ปริศนา สุวรรณาภรณ์, 2540) กล่าวว่า การเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกของขนมปังจะเกิดในช่วงหลังของการอบในขณะที่ เปลือกนอกของโดแห้งและแข็งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลซึ่งการเกิดสีน้ำตาลในขนมปังเกิดจากปฏิกิริยา 2 แบบคือ

ก. ปฏิกิริยามิลลาร์ด (Millard – type reaction) ปฏิกิริยานี้จะมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังมากซึ่งขึ้นอยู่กับการทำงานของยีสต์และปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในสูตรขนมปังเป็นหลัก ดังสมการแสดง

ข. ปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น (Caramelization) ปฏิกิริยานี้จะมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังน้อยกว่า ซึ่งการเกิดขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลที่มีในสูตรและความร้อนที่ใช้ในการอบขนมปัง

น้ำตาล ——ความร้อน——→ คาราเมล

ขนมปังที่ขึ้นฟูด้วยผงฟูจะไม่เกิดสีน้ำตาลที่เปลือกเนื่องจากไม่มียีสต์ที่จะเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลยกเว้นมีการเติมน้ำตาลลงไปในสูตรอาจเกิดสีน้ำตาลบ้างเล็กน้อย ในช่วงแรก ๆ ของการนำขนมปังเข้าอบ ยีสต์ยังคงทำงานอยู่ (ปกติยีสต์จะหยุดทำงานที่ 43 องศาเซลเซียส และจะตายที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส) จึงยังคงมีการผลิตก๊าซอยู่ แป้งเกิดการเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เอนไซม์อะไมเลสจะ active จนถึงอุณหภูมิ 79 – 84 องศาเซลเซียส กลูเตนเกิดการตกตะกอน (precipitate) ที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส เกิดเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ซึ่งเปลือกนอกของโดจะแห้งและแข็งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

2.3.1 ชนิดของขนมปัง

ขนมปังที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปจะมีรูปแบบต่าง ๆ เช่น มีลักษณะเป็นแท่ง เป็นก้อนกลม หรือเป็น Loaf แต่หากจะแบ่งชนิดของขนมปัง ตามปริมาณไขมันที่ใช้เป็นส่วนผสมสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.3.1.1 ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปัง อิตาเลียน และขนมปังเวียนนา ขนมปังทั้ง 3 ประเภท ทำจากโดที่มีปริมาณ ไขมันต่ำประมาณ 0–3 % โดของขนมปังประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมเหมือนกัน แป้งที่ใช้ทำขนมปังชนิดนี้จะต้องเป็นแป้งที่มีปริมาณกลูเตนสูง เพื่อที่จะสามารถทนทานต่อการหมักได้นาน ทนต่อการพักตัวและการขึ้นฟูของโดในระยะแรกของการอบ

2.3.1.2.ขนมปังปอนด์หัวกะโหลกและแซนด์วิช เป็นขนมปังที่ชาวอเมริกันนิยมบริโภคกันมาก เพราะมีเนื้อขนมปังขาวนุ่ม ทำจากโดที่มีปริมาณไขมัน 3-6 % ถ้าใช้พิมพ์ ขนมปังแบบธรรมดา ก็จะเป็นขนมปังปอนด์หัวกะโหลก แต่ถ้าใช้พิมพ์ที่มีฝาปิดข้างบน ก็จะมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม ซึ่งนิยมนำมาทำเป็นแซนด์วิช จึงเรียกว่า ขนมปังแซนด์วิช

2.3.1.3 ขนมปังเนื้อนุ่ม (soft rolls หรือ soft buns) เป็นขนมปังที่ทำจากโดที่มีความเข้มข้นสูง ปกติจะทำจากโดที่มีน้ำตาลและไขมันมากกว่าขนมปัง 2 ชนิดแรกไขมัน 6 –12 % ปริมาณไข่อาจเพิ่มขึ้น หรืออาจไม่ใช้ไข่ก็ได้ แป้งที่ใช้เป็นแป้งที่มีความแข็งปานกลางคือ กลูเตนไม่แข็งมาก ขนมปังที่อบได้จะมีรสหวาน นุ่ม และมีเนื้อละเอียด เช่น ขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ ขนมปังฮอทดอก

2.3.1.4 ขนมปังหวาน (sweet dough) โดที่ทำขนมปังหวานจะมีสูตรที่เข้มข้นกว่าโดที่ทำขนมปังจืด โดยมีปริมาณน้ำตาล นมไขมันและไข่สูงกว่าขนมปังจืด มีไขมัน 12–24 % ขนมปังสูตรเดียว สามารถดัดแปลงให้เกิดเป็นขนมปังหวานมากมายหลายชนิดโดยการขึ้นรูป (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2541)

2.3.2 การเสื่อมคุณภาพของขนมปัง (bread staling)

ขนมปังที่ออกมาจากเตาอบใหม่ ๆ เป็นขนมปังที่มีคุณภาพดีที่สุด โดยจะมีลักษณะภายนอกดี มีเปลือกนอกแข็งกรอบสีน้ำตาล เนื้อในนุ่มสีขาว มีความยืดหยุ่นตัว เหนียวเป็นใยเซลล์รูปรี มีกลิ่นดี เมื่อเคี้ยวจะเหนียวเล็กน้อย รสชาติอร่อย แต่พอทิ้งขนมปังนี้ไว้ให้เย็น แล้วใส่ภาชนะบรรจุที่เป็นถุงพลาสติกธรรมดา หรือทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องนานขึ้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะขนมปังทั้งภายนอกและภายใน โดยเปลือกนอกจะไม่กรอบ แต่เหนียวคล้ายหนัง เนื่องจากความชื้นจากภายในระเหยมายังเปลือก ส่วนเนื้อขนมปังภายในจะมีลักษณะร่วน สีขาวขุ่น ทั้งนี้เชื่อว่าเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของสตาร์ช ในส่วนของอะไมโลสที่แยกตัวจากเมล็ดสตาร์ชและเกิดตะกอนขุ่นขาวเมื่อเย็นลงกลูเตน สูญเสียน้ำ มีผลให้โครงร่างแข็งตัวขึ้น สีขุ่น ทำให้เนื้อขนมปังมีลักษณะร่วน ไม่นุ่ม เคี้ยวแล้วไม่เหนียวเหมือนเดิม จึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่ถ้ามีการควบคุมสภาพการเก็บก็จะสามารถเก็บรักษาคุณภาพของขนมปังไว้ได้นานขึ้น (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2541)

2.4 เค้ก (cake)

เค้กเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ขึ้นฟูด้วยสารเคมี(chemical leavened products) มีส่วนผสมที่สำคัญคือแป้งสาลี น้ำตาล เกลือ ผงฟู ไขมัน นม ไข่ และ กลิ่นรส ส่วนผสมเหล่านี้เมื่อรวมตัวกันจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียดและเบา ความสัมพันธ์โดยทั่ว ๆ ไปของส่วนผสมเหล่านี้จะต้องนำมาทำให้มีความสมดุลต่างกันไปตามชนิดของเค้กคุณภาพของเค้กขึ้นอยู่กับการใช้ส่วนผสมหรือวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีวิธีการผสมที่ถูกต้อง มีอุณหภูมิของแป้ง ระยะเวลาที่อบ และอุณหภูมิที่ใช้อบที่ถูกต้อง สำหรับส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กนั้นแบ่งเป็น 2 พวกด้วยกัน คือ พวกที่ทำให้เกิดโครงสร้างของเค้กได้แก่ แป้ง ไข่ และนม ส่วนพวกที่ทำให้เค้กมีความนุ่มได้แก่ น้ำตาล ไขมัน และผงฟู (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)

ในผลิตภัณฑ์เค้กลักษณะที่ต้องการคือโครงสร้างที่โปร่งเบา ดังนั้นอากาศจะต้องถูกผสมให้มากที่สุดซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการผสมซึ่งวิธีผสมเค้กเนยทั่วไปมี 4 วิธีคือ

ก. วิธีครีมเนย (Creaming method)

ข. วิธีคนผสม (Blending method)

ค. วิธีชูการ์-วอเตอร์ (Sugar-water method)

ง. วิธีผสมครั้งเดียว (Single-stage method)

ในที่นี้จะขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะวิธีครีมเนย ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทดลองนี้โดยจะเริ่มผสมไขมันกับน้ำตาลโดยตีให้ส่วนผสมผสมอยู่ในสภาพที่อ่อนตัวปานกลางและเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะเป็นครีมโดยใช้ความเร็วของเครื่องผสมปานกลาง จุดประสงค์เพื่อกักเก็บอากาศไว้ในไขมัน เซลล์อากาศที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซึมเข้าไว้ในส่วนผสมทำให้ส่วนผสมเบาและฟูตัวขึ้น ค่อย ๆ เติมไข่ที่ละฟอง ตีต่อไปจนส่วนผสมเข้ากันอย่างทั่วถึงเมื่อเติมไข่ลงไปแล้ว ส่วนผสมจะเบาและอ่อนตัวขึ้น ส่วนผสมจะอยู่ในรูปอิมัลชั่นแบบน้ำในไขมัน ปริมาณการเติมไข่และน้ำแต่ละครั้งสำคัญมาก การเติมไข่และน้ำเร็วเกินไปจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสของอิมัลชั่นไปเป็นแบบไขมันในน้ำ ที่มีผลต่อลักษณะ batter และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ช่วงสุดท้ายเป็นช่วงของการเติมแป้งทั้งหมดที่ใช้ในสูตร โดยของเหลวได้แก่ น้ำหรือนม จะเติมสลับไปกับแป้งลงในส่วนผสม โดยเริ่มด้วยแป้งและสิ้นสุดด้วยแป้งสลับกันไป การที่เติมแป้งสลับกับนมเช่นนี้เพื่อที่จะทำให้แป้งค่อย ๆดูดซึมน้ำบางส่วนและ ผสมป้องกันการจับตัวเป็นก้อน ผสมต่อไปจนกระทั่งส่วนผสมเรียบเนียน

การอบเค้ก ควรอบทันทีหลังผสม เพราะผงฟูเมื่ออยู่ในส่วนผสมจะอยู่ในรูปสารละลายที่พร้อมจะสูญหายตลอดเวลา ปกติฟองอากาศใน batter จะกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ เมื่อตั้งทิ้งไว้ฟองอากาศเล็ก ๆจะรวมเป็นฟองอากาศใหญ่ ลอยขึ้นสู่ผิว และหลุดออกไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อนำไปอบเนื้อเค้กที่ได้จะหยาบ อุณหภูมิในการอบจะต้องมีความเหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับสูตรโดยเฉพาะความเข้มข้น (rich) สูตร ขนมดของพิมพ์ ความชื้นของ batter และปริมาณน้ำตาลในสูตร

2.4.1 ชนิดของเค้ก

เค้กนอกจากจะแบ่งตามวิธีการผสมแล้วยังแบ่งตามชนิดของส่วนผสมที่ทำให้คุณฟู ได้แก่

2.4.1.1. เค้กเนย (batter – type cakes) เป็นเค้กที่มีเปอร์เซ็นต์ของไขมันสูง การขึ้นฟูของเค้กประเภทนี้เกิดจากอากาศที่ได้จากการตีเนย โดยเม็ดไขมันจะเก็บอากาศเข้าไว้ ซึ่งจะขยายตัวในระหว่างการอบ เค้กประเภทนี้ได้แก่ เยลโลเค้ก ช็อกโกแลตเค้ก และฟรุตเค้กหรือเค้กผลไม้

2.4.1.2. เค้กไข่ (foam – type cakes) เป็นเค้กที่ไม่มีไขมันในส่วนผสม เนื้อเค้กและปริมาตรของเค้กขึ้นอยู่กับการขยายตัวของไข่ขาวที่นำมาตีจนเป็นฟองซึ่งจะเก็บอากาศเข้าไว้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ในระหว่างการตีไข่และทำให้เค้กขยายตัวหรือขึ้นฟูในระหว่างการอบ การทำเค้กประเภทนี้ควรทำด้วยความระมัดระวังเพราะฟองที่เกิดจากการตีไข่ขาวนั่นอ่อนตัว ไม่เหมือนประเภทแรก เค้กประเภทนี้ได้แก่ แองเจิลฟูดเค้ก สปันจ์เค้ก แยมโรลล์ เป็นต้น

2.4.1.3 ชิฟฟอนเค้ก (chiffon – type cakes) เป็นเค้กที่มีลักษณะรวมของเค้กเนยและเค้กไข่คือมีโครงสร้างที่ละเอียดของเค้กไข่ และมีเนื้อเค้กที่มันเงาของเค้กเนย ต่างจากเค้กเนยตรงชิฟฟอนเค้กใช้น้ำมันพืชผสมแทนเนยหรือมาร์การีนในเค้กเนย

2.5 คุกกี้ (cookie)

คุกกี้ เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีขนาดเล็ก มีรูปร่างและกลิ่นรสต่าง ๆ กัน บางชนิดมีสีอ่อนและแก่ หรืออาจจะตกแต่งด้วยผลไม้และพวกนัต ถั่ว ส่วนผสมของคุกกี้ คือ แป้ง ไขมัน และน้ำตาล การผสมที่นิยมมี 2 แบบคือ การผสมแบบขั้นตอนเดียว (single stage) ทำโดยการผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้วตีผสม และวิธีตีครีม (creaming) โดยตีไขมันและน้ำตาลจนขึ้นฟูและใส่ส่วนผสมที่เป็นของเหลว และไข่ จากนั้นใส่แป้ง และอบที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม ส่วนผสมที่เป็นของเหลวและอุณหภูมิที่อบมีผลต่อการแผ่ของคุกกี้ ถือเป็นคุณภาพอย่างหนึ่งของคุกกี้ การแผ่ที่มากเกิดไปจะทำให้ยากต่อการบรรจุและทำให้รูปร่างของคุกกี้ไม่สม่ำเสมอ

2.5.1 ชนิดของคุกกี้

ศรีสมร คงพันธ์ (2535) ได้แบ่งชนิดของคุกกี้ตามวิธีการทำเป็น 5 ชนิด คือ

2.5.1.1. Dropped Cookie เป็นคุกกี้ชนิดที่เรียกแบบตักหยอด ลักษณะของแป้งจะเหลว ตักได้ง่าย ลักษณะของคุกกี้เมื่ออบแล้วจะกลมและนูนตรงกลางหรือเป็นแผ่นบางกรอบร่วน

2.5.1.2 Sliced or Refrigertor Cookie เป็นคุกกี้ชนิดหั่นเป็นชิ้น ๆ หรือแบบแช่แข็งจนกว่าจะหั่นเป็นชิ้น ๆ ได้ ในการแช่แข็งนี้ควรคลึงแป้งให้เป็นก้อนยาว มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว แล้วจึงห่อด้วยพลาสติกแช่ในตู้เย็น เมื่อแข็งแล้วนำมาหั่นมีความหนา 1/8 นิ้ว คุกกี้จะกรอบแข็ง

2.5.1.3. Molded Cookie เป็นคุกกี้ที่ปั้นด้วยมือ ใช้แป้งสาลีทามือบาง ๆ แล้วจึงตัดแป้งขนมวางบนมือ คลึงเบา ๆ ให้หนาตามต้องการแล้วจึงใช้พิมพ์ตัดเป็นรูปต่าง ๆ ถ้าต้องการให้คุกกี้กรอบร่วน เมื่อปั้นเป็นก้อนกลมแล้ว ให้ใช้ช้อนส้อมกดให้เป็นแผ่นแบน

2.5.1.4. Pressed Cookie คุกกี้ชนิดนี้ใช้พิมพ์กดเป็นรูปต่าง ๆ โดยใช้กระบอกสำหรับกดคุกกี้ คุกกี้ชนิดนี้มีส่วนผสมของไขมันมากกว่าคุกกี้ชนิดอื่น เช่น คุกกี้เนย สามารถเปลี่ยนดอกรูปร่างต่าง ๆ กันได้ โดยการเปลี่ยนแป้นที่ปิดหัวกระบอก (plates)

49607

2.5.1.5 Rolled Cookie คุกกี้ชนิดนี้แป้งจะแข็งกว่าชนิดอื่น ถ้าแป้งนุ่มจะคลึงยาก คุกกี้สามารถทำให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ โดยใช้พิมพ์กด และตกแต่งให้สวยงามก่อนและหลังอบ

2.5.2 การแผ่ของคุกกี้และปัจจัยที่มีผล

การแผ่ของคุกกี้ (cookie spread) ถือว่าเป็นคุณภาพอย่างหนึ่งของคุกกี้ การแผ่ที่มากเกินไปจะทำให้ยากต่อการบรรจุและทำให้รูปร่างและขนาดของคุกกี้ไม่ สม่ำเสมอ เป็นปัญหาสำหรับคุกกี้ที่ต้องมีการประกบข้างบนและข้างล่างให้เท่ากันพอดี

2.5.2.1 ปัจจัยหลักคือที่มีผลต่อการแผ่ของคุกกี้ คือ

ปริมาณน้ำอิสระในส่วนผสม สูตรที่ค่อนข้างแห้งจะควบคุมการแผ่ของคุกกี้ได้ดีกว่าปริมาณน้ำตาล ถ้าน้ำตาลที่มีขนาดใหญ่จะทำให้คุกกี้แผ่ได้มากกว่าน้ำตาลที่มีขนาดเม็ดเล็ก . แป้งที่มีค่าการดูดซับน้ำสูง เช่น แป้งที่มี damage starch สูงจะลดการแผ่ของคุกกี้ ไขมันในแป้งปริมาณไขมันในแป้งจะลดการแผ่ของคุกกี้. และแพนโตซาน (pantosan) จะช่วยลดการแผ่ของคุกกี้ รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น ปริมาณและคุณภาพของโปรตีน ระดับของน้ำตาล อุณหภูมิในการอบเป็นต้น

2.6 การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร

การเกิดสีน้ำตาลในอาหารมีสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากเอนไซม์ (enzymatic browning) และ ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning) ดังนี้

2.6.1. การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning)

เอนไซม์ ที่ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลคือ โพลีฟีนอลออกซิเคส (polyphenol oxidase; PPO; 1,2-benzenediol: oxygen oxidoreductase; EC1.10.3.1) เป็น copper-containing enzyme มีชื่อเรียกอีกหลายอย่างได้แก่ phenolase, catechol oxidase และ tyrosinase เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส พบมากในพืช เช่น สาลี่ มันฝรั่ง ผักกาดหอม องุ่น มะม่วง โกโก้ และ การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ เกิดเมื่อเนื้อเยื่อของผลไม้ฉีกขาดในระหว่างการขนส่ง หรือในขบวนการผลิต ทำให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส สัมผัสกับสารประกอบโมโนฟีนอล ในสภาพที่มีออกซิเจน และเกิดการเติมหมู่ไฮดรอกซิล ได้ออร์โธไดฟีนอล ซึ่งจะถูกเติมออกซิเจน ต่อได้ออร์โธควินโนน (*o*-quinones) และออร์โธควินโนนที่เกิดขึ้นจะมีสีเล็กน้อย ซึ่งเป็นสารตัวกลางที่มีความไวต่อปฏิกิริยาการเกิดสี น้ำตาลมาก โดยจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และสารอื่นๆ โดยไม่ใช้เอนไซม์ แล้วเกิดเป็นสารซึ่งมีโครงสร้างซับซ้อน เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส มี

ความจำเพาะกับสาร 3,4-dihydroxy-phenylethylamine หรือที่เรียกว่า โดพามีน (dopamine) ซึ่งโดพามีน ถือว่าเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญสำหรับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในกล้วย การเกิดสีน้ำตาลนี้จะเกิดขึ้นได้ในระหว่างขั้นตอนการปอกเปลือก และการตัดก่อนที่จะนำไปแปรรูป (Cano และ คณะ,1990)

2.6.2 การเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (nonenzymatic browing)

มีการแบ่งการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.6.2.1 ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) หรือ Carbonyl amino acid) คือ การเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่อัลดีไฮด์ (aldehydes) หรือคีโตน (ketones) ของน้ำตาลรีดิวส์กับหมู่อะมิโนของ กรดอะมิโน เปปไทด์ หรือโปรตีน ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นสารเมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งมีสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตโกโก้ กาแฟ เนื้ออบ และเบเกอรี่ แต่ไม่เป็นที่ต้องการในอุตสาหกรรมการผลิตผัก และผลไม้แห้ง ไข่ผง และนมผง

2.6.2.2 ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชั่น (Caramelization) เกิดจากการให้ความร้อนแก่น้ำตาลที่อุณหภูมิสูง โดยมีสภาพกรดหรือด่างเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ ลักษณะของปฏิกิริยาเป็นแบบ dehydration fragmentation และ condensation ปฏิกิริยานี้มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องโคล่า เบียร์ บรั่นดี ลูกกวาด เค้ก

2.6.2.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation reaction) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดแอสคอร์บิค ได้ผลิตภัณฑ์เป็น furfural ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ที่มีกรดแอสคอร์บิคสูง เช่น น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศ เพราะทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซี การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ สามารถทำได้ทั้งวิธีทางเคมีและวิธีทางกายภาพ วิธีทางเคมีได้แก่การเติมสารพวก reducing agent, chelating agent เช่น sodium mercaptabenzothaizole wesche-Ebeling และ (Palmer, 1971) พบว่าการลวกกล้วยในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 นาที หรือให้ความร้อนจนจุดกึ่งกลางของผลกล้วยมีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ก็สามารถทำลายเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ และ (Mao และคณะ 1974) พบว่าการใช้ไอน้ำ 100 องศาเซลเซียสลวกเนื้อกล้วยหอมคาเวนดิช (*Musa cavendish)* เป็นเวลา 7 นาที สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ฟีนอลเลสได้อย่างสมบูรณ์ และพบว่าการใช้ไอน้ำ 100 องศาเซลเซียส ลวกเนื้อกล้วยหอมคาเวนดิชเป็นเวลา 5 นาที จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สามารถเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลได้จึงเป็นการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ได้ส่วนหนึ่งการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์และการลดปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์สามารถทำได้หลายวิธี คือ ลดปริมาณสารที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยา

ลง ได้แก่ สาร อะมิโน และ น้ำตาลรีดิวส์ ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นโดยเก็บในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนเติมสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ เพราะการเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากเอนไซม์จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ต่อไปได้สารประกอบสีน้ำตาล และการเติมสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Bolin และ Steele,1987) สารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์มีหลายชนิดได้แก่ sodium metaisulfite, sodium bisulfute, dithionite, bromine, furfuryl mercaptan, 2-mercaptoacetic acid L-cystine เป็นต้น กลไกลการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของสารเหล่านี้จะเกิดเมื่อ อนุมูลอิสระ (free radical) ของสารยับยั้งจับกับสารตัวกลาง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

แป้งสาลีเป็นแป้งที่มีความเหมาะในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ แต่ในหลายประเทศไม่ได้ปลูกข้าวสาลีเป็นหลัก เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ไม่เอื้ออำนวย จึงได้มีงานวิจัยถึงการใช้แป้งจากพืชชนิดอื่นที่มีการปลูกเป็นหลักและนำมาทดแทนแป้งสาลี ทั้งนี้ก็เพื่อเพิ่มมูลค่าของพืชชนิดนั้นซึ่งก็จะมีผลต่อราคาของผลิตภัณฑ์หากสามารถใช้ประโยชน์จากแป้งชนิดนั้นได้ก็จะทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์ต่ำลงด้วย

ในปี 1964 FAO (Food and Agriculture Organization United Nation) ได้เริ่มโครงการ composit flour ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ให้มีการใช้แป้งชนิดต่าง ๆ ที่สามารถได้ในแต่ละประเทศแทนการใช้แป้งสาลีในการทำขนมอบ มีการทดลองใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวโพด และแป้งถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้วนำมาทำขนมปังได้ผลเป็นที่น่าสนใจ (Hudson และคณะ 1976) ได้ศึกษาปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่มีผลต่อคุณภาพของขนมอบ พบว่าการเติมมอลท์ 0.25 % จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตรเพิ่มขึ้น (Eggleston และคณะ ,1993) ได้กล่าวว่าแป้งจากมันสำปะหลังจากพันธุ์ที่แตกต่างกันจะมีผลต่อคุณภาพของขนมปังที่ผลิตได้

Defloor และคณะ (1994) ได้ศึกษาอายุของมันสำปะหลังที่มีต่อคุณภาพของขนมปังโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง 80 % แป้งถั่วเหลือง 20 % และ glycerlmonostearate 3 % และใช้มันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาต่างกันคือ 6, 9 ,12 , 15 และ 18 เดือนหลังทำการเพาะปลูก พบว่าคุณภาพของขนมปังดีที่สุดคือมันสำปะหลังที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน ทั้งนี้เพราะช่วงอายุการเก็บเกี่ยว 6-12 เดือนจะมีการเพิ่มค่าความหนืดสูงสุด ส่งผลให้คุณภาพของขนมปังดีขึ้น โดยอายุการเก็บเกี่ยวหัวมัน 12 เดือนจะมีความหนืดสูงสุด 810 - 1460 Brabender units (BU)

สุนทร สหัสโพธิ์ (2533) ได้ศึกษาความสำคัญของอะไมโลสและสารยึดเกาะในการผลิตขนมปังโดยใช้แป้งข้าวเจ้า พบว่าขนมปังที่มีคุณภาพดีทั้งด้านปริมาตร เนื้อในและรสชาติ ใช้แป้งข้าวเจ้าพันธุ์ กข.15 เติม Hydroxypropyl mehylcellulose 3 % ของน้ำหนักแป้ง สำหรับขนมปังที่ได้จากแป้งข้าวที่มีอะไมโลสปานกลางจะให้ขนมปังที่เนื้อร่วนและเปลือกหนา และในงานวิจัยของ งามชื่น คงเสรี (2537) ได้ทดลองการใช้แป้งข้าวผสมแป้งสาลีเพื่อทำขนมปังพบว่าการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีมีผลให้ขนมปังมีปริมาตรเล็กลง น้ำหนักก้อนขนมมากขึ้น รวมทั้งปริมาตรต่อน้ำหนักของก้อนขนมปังลดลงและได้ศึกษาการเติมมอลท์และเอนไซม์อะไมเลส พบว่าเมื่อมีการเติมมอลท์ มีแนวโน้มในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปังได้ดีกว่าการเติมเอนไซม์อะมิเลสจากเชื้อราเล็กน้อย ขนมปังที่มีคุณภาพยอมรับได้ แป้งข้าวอาจนำมาทดแทนแป้งสาลีได้ถึง 15 % โดยการเติมมอลท์หรือใช้เอนไซม์อะมิเลสจากเชื้อราในการ ปรับปรุงคุณภาพของแป้ง นอกจากนั้นยังพบว่าสามารถนำแป้งข้าวเจ้าพันธุ์หอมดอกมะลิ 105 มาใช้ในการผลิตเค้กได้100 % แต่หากเป็นแป้งข้าวชนิดอื่นที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ต้องผสมกับแป้งสาลี 20 % และนอกจากนี้ยังสามารถนำแป้งข้าวหอมมะลิมาใช้ในการผลิตคุกกี้ได้ 100 % เช่นกัน

Bondola (1991) ได้ทดลองการใช้ข้าวไทย 3 พันธุ์ คือ พันธ์ กข.21 กข. 23 และพันธุ์เหลืองประทิว 123 ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง พบว่าเมื่อเปรียบเทียบในเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลี และขนมปังที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวพันธุ์ กข 21 5% และใช้เอนไซม์บาร์เล่มอลท์นั้นไม่แตกต่างกัน

Huang และคณะ (1991) ได้ทดลองผลิต leaven rice cakes พบว่าข้าวที่มีอะไมโลสสูงและคุณสมบัติแป้งเป็นแบบแป้งสุกแข็ง (hard gel consistency) จะให้เค้กที่มีปริมาตรจำเพาะสูง เนื้อเค้กฟูเบา แต่เนื้อหยาบ และแห้งเร็ว ขณะที่เค้กจากข้าวอะไมโลสต่ำ แป้งสุกอ่อนนุ่ม (soft gel consistency) และการคืนตัวต่ำ ให้ปริมาตรจำเพาะต่ำ เนื้อแน่น เหนียว เนื้อหยาบ และแห้งช้ากว่า

Tsaun และ Trisnamurti (1988) ได้ใช้ประโยชน์จากสาคูในการทำขนมปังโดยใช้สตาร์ชสาคู และสาคูสุก แทนที่แป้งสาลีบางส่วน การแทนที่ด้วยสตาร์ชสาคู 25 % และสาคูสุก 15 % จะมีการยอมรับมากที่สุดเพราะมีคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ดีที่สุด นอกจากนี้แล้วยังมีการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยพืชชนิดอื่น ๆ อีก เช่น (Ciacco และ D' Appolonia,1977)ได้นำมันมือเสือ (yam) และแป้งท้าวยายม่อม (arrowroot) มาใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ขนมอบ

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 กล้วยน้ำว้าดิบ [*Musa* (ABB group) Kluai Nam Wa] ที่มีความแก่ 70, 80, 90, และ 100 % โดยพิจารณาจากเหลี่ยมของผล และจำนวนสัปดาห์ 15,16,17 และ 18 สัปดาห์ตั้งแต่กล้วยแทงปลีจนถึงวันเก็บเกี่ยว เบญจมาศ ศิลาย้อย,(2538) และ สุดาทิพย์ อินทร์ซื่น, (2545)

3.1.2 วัตถุดิบในการผลิตขนมปัง เค้ก และคุกกี้

3.1.2.1 แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง ตราใบไม้แดง

3.1.2.2 แป้งสาลีชนิดทำเค้ก ตราพัดโบก

3.1.2.3 แป้งสาลีอเนกประสงค์ ตราบัวแดง

3.1.2.4 ยีสต์แห้งชนิดผง ตรา เฟอร์มิพัน

3.1.2.5 น้ำตาลทราย

3.1.2.6 เกลือ

3.1.2.7 เนยขาว

3.1.2.8 เนยสดชนิดเค็ม

3.1.2.79 เบคกิ้งโซดา

3.1.2.10 ผงฟู

3.1.2.11 นมผง

3.1.2.12 น้ำตาลไอซิ่ง

3.1.2.13 ไข่ไก่

3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการผลิตแป้ง

3.1.3.1 Acetic acid (Food grade)

3.1.3.2 Sodium metabisulfite (Food grade)

3.1.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพแป้ง

3.1.4.1 Alcohol 95 %

3.1.4.2 Calcium chloride

3.1.4.3 Citric acid

3.1.4.4 Hydrochloric acid

3.1.4.5 Ice-cold orcinol

3.1.4.6 Iodine

3.1.4.7 Methanol

3.1.4.8 Petroleum ether

3.1.4.9 Sodium hydroxide

3.1.4.10 Sulfuric acid

3.2 อุปกรณ์เครื่องมือ

3.2.1 อุปกรณ์เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพแป้งกล้วย

3.2.1.1 ตู้อบแห้งแบบลมร้อน (Tray dry)

3.2.1.2 เครื่องบดแป้ง	Retsch, ZM 1000	เยอรมัน
3.2.1.3 เครื่องหมุนเหวี่ยง	Centrikon T-42K	อิตาลี
3.21..4 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง	Shimadzu-UV 1601	ญี่ปุ่น
3.21.5 เครื่องวัดสี	Minolta CR/300	ญี่ปุ่น
3.21.6 Polarimeter	ATAGO POLAX-L	ญี่ปุ่น
3.2.1.7 ตู้อบลมร้อน	Memmert	เยอรมัน

3.2.1.8 เครื่องชั่ง

3.2.2 อุปกรณ์เครื่องมือในการผลิตขนมปัง เค้ก และคุกกี้

3.2.2.1 เครื่องนวดผสม

3.2.2.2 เครื่องรีด

3.2.2.3 เตาอบแก๊ส

3.2.2.4 พิมพ์ขนมปัง

3.2.2.5 พิมพ์เค้ก

3.2.2.6 เครื่องกดคุกกี้

3.2.2.7 อุปกรณ์ขนมอบ

3.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.3.1 เครื่องวัดสี Minolta CR/300

3.2.3.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA-XT2i)

3.2.3.3 กระบอกตวง

3.2.3.4 เมล็ดงา

3.2.3.5 บีกเกอร์ 2000 มิลลิลิตร

3.2.3.6 เวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.2.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.4.1 อุปกรณ์ในการทดสอบ

3.2.4.2 แบบสอบถาม

3.2.5 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.2.5.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

3.2.5.2 โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง

3.3.1 ห้องปฏิบัติการโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.2 อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 1 โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.3 ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพระนคร

3.4 วิธีการทดลอง

การเตรียมแป้งกล้วยเพื่อใช้ในการทดลอง นำกล้วยน้ำว้าดิบจากสวนเดียวกัน ในอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีช่วงอายุของกล้วยแตกต่างกัน 4 ระดับ คือกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % โดยดูจากลักษณะเหลี่ยมผลของกล้วย (เบญจมาศ ศิลาย้อย , 2538) พร้อมทั้งการนับจำนวนสัปดาห์ตั้งแต่กล้วยแทงปลีจนถึงวันเก็บเกี่ยว (สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น, 2545) แสดงในตารางที่ 3.1 จากนั้นนำกล้วยมาผลิตเป็นแป้งกล้วย (ชลธิรา บุญเรืองยา, 2545) ดังแสดงในภาพที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ความแก่ของกล้วยและจำนวนสัปดาห์ในการเก็บเกี่ยว

ความแก่ของกล้วย (%)	ลักษณะเหลี่ยมผล	จำนวนสัปดาห์ตั้งแต่แทงปลีจนเก็บเกี่ยว
กล้วยแก่ 70	ผลมีขนาดครึ่งหนึ่งของผลที่โตเต็มที่	15
กล้วยแก่ 80	ผลที่มีเหลี่ยมเห็นชัดเจน	16
กล้วยแก่ 90	ผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน	17
กล้วยแก่ 100	ผลที่ไม่มีเหลี่ยมเลย	18

ที่มา : เบญจมาศ ศิลาย้อย,(2538) , สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น, (2545)

กล้วยน้ำว้าดิบ

↓

ทำความสะอาด และคัดวัตถุดิบตามระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 %

↓

นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

↓

ทำให้เย็นทันทีโดยการแช่ในน้ำประมาณ 10 นาที

↓

ปอกเปลือกและหั่นเป็นแว่นตามขวางหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร

↓

แช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 0.1%
ที่ปรับ pH เป็น 3.3 ด้วยกรดซิตริก เป็นเวลา 30 นาที

↓

อบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

↓

กล้วยแผ่น บดลดขนาด

↓

บดด้วยเครื่องบดแป้งใช้ sieve ขนาด 0.25 มิลลิเมตร

↓

แป้งกล้วย

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งกล้วย

ที่มา : ชลธิรา บุญเรืองยา, (2545)

3.4.1.2 วิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลส Juliano et al. (1981)

3.4.1.3 วิเคราะห์ปริมาณสตาร์ช AOAC (1995)

3.4.1.4 วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) Dubois *et al.* (1956)

3.4.1.5 ตรวจวัดค่าสีโดยใช้ เครื่องวัดสี (Minolta, CR-300) แสดงผลในรูปของค่า L, a, b

3.5 การใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70,80,90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง

ศึกษาผลของปริมาณแป้งกล้วย โดยนำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลี 4 ระดับคือ 15, 20, 25 และ 30 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในสูตรมาตรฐาน โดยใช้สูตรที่ดัดแปลงจากสูตรของ (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล,2539)(ตารางที่ 3.2) และมีขบวนการผลิตดังภาพที่ 3.2 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำขนมปังที่ผลิตตรวจสอบคุณภาพ

ตารางที่ 3.2 สูตรพื้นฐานของขนมปัง

ส่วนผสม	ส่วน (โดยน้ำหนัก)
แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง	100
ยีสต์แห้งชนิดผง	2
น้ำตาลทราย	5
เกลือป่น	2
เนยขาว	5
น้ำ	64

ที่มา : ดัดแปลงจาก จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, (2539)

ผสมแป้งสาลี และยีสต์เข้าด้วยกัน

↓

ละลายน้ำตาล เกลือป่น ในน้ำ

↓

เทของเหลวลงในแป้ง ผสมให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องผสมประมาณ 2 นาที เติมเนยขาว

↓

ผสมต่อจนได้โดที่เรียบเนียน ใช้เวลาประมาณ 14-16 นาที

ตัดแบ่งโดเป็นก้อน ๆ ละ 190 กรัม

↓

คลึงให้เป็นก้อนกลม

นำก้อนโดรีดไล่อากาศ

↓

นำโดคลึงและใส่ลงพิมพ์ขนาด 9 x 16 x 9 เซนติเมตร ที่ทาไขมันแล้ว

↓

พักโดในตู้บ่มอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที

↓

อบขนมปังที่ 200 องศาเซลเซียส นาน 15-17 นาที

↓

นำขนมปังออกจากพิมพ์ ทิ้งไว้ให้เย็นในตะแกรงพัก

↓

ขนมปัง

ภาพที่ 3.2 กรรมวิธีการผลิตขนมปัง

ที่มา : ดัดแปลงจาก จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, (2539)

3.5.1 ปริมาตรจำเพาะของขนมปังหาได้โดยวิธีใช้เมล็ดพืชทดแทนปริมาตร (repeseed displacement) ในการทดลองนี้ใช้เมล็ดงาในการแทนที่ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2524) ชั่งน้ำหนักขนมปัง ที่จะตรวจสอบหลังจากที่ขนมปังเย็นแล้ว ใส่ขนมปังลงในภาชนะที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าขนาดขนมปังที่จะตรวจสอบ แล้วเติมเมล็ดงาให้เต็มช่องว่างทั้งด้านข้างและด้านบนของภาชนะ วัดปริมาตรของงาที่ใช้เติมลงไปทั้งหมด โดยตวงด้วยกระบวกตวงที่ขีดแบ่งปริมาตรจะได้เป็นปริมาตรของภาชนะที่เหลือจากการแทนที่ของขนมปัง หลังจากนั้นวัดปริมาตรของภาชนะโดยการเติมงาให้เต็มภาชนะ แล้ววัดปริมาตรของงานั้นด้วยกระบอกตวง

ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม/กรัม) = ปริมาตรของภาชนะ -ปริมาตรของภาชนะที่เหลือ
น้ำหนักขนมปัง

3.5.2 ทดสอบเนื้อสัมผัสทางด้านความนุ่ม ของเนื้อในขนมปัง (bread crumb) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA-XT2i) ดัดแปลงวิธีจาก (AACC, 1995) ตัดตัวอย่างขนมปังให้มีความสูง 3 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ใช้หัววัดเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 35 มิลลิเมตรความเร็วของหัวกดเคลื่อนที่กดลงมาบนตัวอย่าง (test speed) 20 มิลลิเมตร ต่อนาที กดลงไปเป็นระยะทาง 20 มิลลิเมตร (70% ของความสูงของตัวอย่าง) ทำการวัดค่า 6 ครั้งต่อหน่วยการทดลองและทำการทดลอง 2 ซ้ำค่าที่ได้จะเป็นแรงที่ใช้ในการกดมีหน่วยเป็น (g.f)

3.5.3 ตรวจสอบลักษณะการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศ โดยการทำ ink-print นำขนมปังที่เย็นแล้วมาสไลด์ตามขวางมีความหนา 1-1.5 เซนติเมตรเลือกขนมปังในตำแหน่งกึ่งกลางของก้อน เทหมึกลงในภาชนะแบน นำแผ่นขนมปังวางลงในภาชนะแตะหมึกนำมาวางทาบลงบนกระดาษสีขาวไม่มีเส้นเมื่อแห้งสังเกตลักษณะของเซลล์อากาศ (ปิยะวรรณ สุกุมลนันท์, 2537)

3.5.4 วัดสีเปลือกนอกและสีเนื้อในขนมปัง โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta, CR-300) แสดงผลในรูปของค่า L, a, b

L = ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)

A = ค่าสีแดง (+ = สีแดง – = สีเขียว)

B = ค่าสีเหลือง (+ = สีเหลือง – = สีน้ำเงิน)

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ' s New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น ($P \leq 0.05$)

3.5.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปัง (Prinyawiwatkul,2002)

นำขนมปังทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีเปรียบเทียบความแตกต่าง ของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับขนมปังจากแป้งสาลี (Difference from Control Test) ใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน ผู้ทดสอบชิมจะประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สีเปลือกนอก สีเนื้อใน ลักษณะเซลล์ กลิ่น ความนุ่ม และรสชาติ โดยมีการให้คะแนน 3 ช่วงสเกลเริ่มจาก -1 ถึง +1

สเกล -1 หมายถึง คุณลักษณะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลีแล้วมีคุณลักษณะด้อยกว่าขนมปังจากแป้งสาลี

สเกล 0 หมายถึง คุณลักษณะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลีแล้วมีคุณลักษณะไม่แตกต่างกับขนมปังจากแป้งสาลี

สเกล +1 หมายถึง คุณลักษณะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลีแล้วมีคุณลักษณะดีกว่าขนมปังจากแป้งสาลี

นำคะแนนที่ได้วิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Dunnett 's test

3.6 การใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70,80,90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้ก

ศึกษาผลของปริมาณแป้งกล้วย โดยนำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลี 4 ระดับคือ 70, 80, 90 และ100 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในสูตรมาตรฐาน โดยใช้สูตรที่ดัดแปลงจากสูตรของ(จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)(ตารางที่ 3.3) และมีขบวนการผลิตดังภาพที่ 3.3 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำขนมเค้กที่ผลิตมาทำการตรวจสอบคุณภาพ

ตารางที่ 3.3 สูตรพื้นฐานของขนมเค้ก

ส่วนผสม	ส่วน (โดยน้ำหนัก)
แป้งสาลีชนิดทำเค้ก	100
เนยสด	30
เนยขาว	30
น้ำตาลทรายป่น	100
เกลือ	1.5
นมผง	6.5
ไข่ไก่	60
น้ำ	60
ผงฟู	4

ที่มา : ดัดแปลงจาก จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, (2539)

ร่อนน้ำตาล เกลือ และนมผงผสมให้เข้ากัน

↓

ตีเนยขาวและเนยสดด้วยเครื่องผสมใช้หัวตีใบไม้

ใช้ความเร็วปานกลาง (No. 6) ประมาณ 7 นาที

↓

เติมน้ำตาลเกลือและนมผงตีต่ออีก 4 นาที

↓

ผสมแป้งกับผงฟู เติมลงไปในส่วนผสมสลับกับน้ำ โดยแบ่งแป้งเป็น 4 ส่วน น้ำ 3 ส่วน เริ่มผสม

ด้วยแป้งแล้วจบด้วยแป้งผสมโดยใช้ความเร็วต่ำสุดประมาณ 2 นาที

↓

เทใส่พิมพ์ที่รองด้วยกระดาษไขน้ำหนัก 250 กรัม

↓

อบที่อุณหภูมิ 350 องศาฟาเรนไฮท์ เวลา 30 นาที

↓

ขนมเค้ก

ภาพที่ 3.3 กรรมวิธีการผลิตขนมเค้ก

ที่มา : ดัดแปลงจาก จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, (2539)

3.6.1 ปริมาตรจำเพาะของเค้กหาได้โดยวิธี ใช้เมล็ดพืชทดแทนปริมาตร (repeseed displacement) ในการทดลองนี้ใช้เมล็ดงาในการแทนที่ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม , 2524) ชั่งน้ำหนักขนมเค้ก ที่จะตรวจสอบหลังจากที่เค้กเย็นแล้ว ใส่เค้กลงในภาชนะที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าขนาดเค้กที่จะตรวจสอบ แล้วเติมเมล็ดงาให้เต็มช่องว่างทั้งด้านข้างและด้านบนของภาชนะ วัดปริมาตรของงาที่ใช้เติมลงไปทั้งหมด โดยตวงด้วยกระบวกตวงที่ขีดแบ่งปริมาตรจะได้เป็นปริมาตรของภาชนะที่เหลือจากการแทนที่ของเค้ก หลังจากนั้นวัดปริมาตรของภาชนะโดยการเติมงาให้เต็มภาชนะ แล้ววัดปริมาตรของงานั้นด้วยกระบอกตวง

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม/กรัม)} = \frac{\text{ปริมาตรของภาชนะ - ปริมาตรของภาชนะที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักเค้ก}}$$

3.6.2 ทดสอบเนื้อสัมผัสทางด้านความนุ่ม ของเค้ก ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA-XT2i) ดัดแปลงวิธีจาก (AACC, 1995) ตัดตัวอย่างขนมเค้กให้มีความสูง 3 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ใช้หัววัดเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 35 มิลลิเมตรความเร็วของหัวกดเคลื่อนที่กดลงมาบนตัวอย่าง (test speed) 20 มิลลิเมตร ต่อนาที กดลงไปเป็นระยะทาง 20 มิลลิเมตร (70 %ของความสูงของตัวอย่าง) ทำการวัดค่า 6 ครั้งต่อหน่วยการทดลองและทำการทดลอง 2 ซ้ำค่าที่ได้จะเป็นแรงที่ใช้ในการกดเค้กมีหน่วยเป็น (g.f)

3.6.3 วัดสีเนื้อเค้ก โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta, CR-300) แสดงผลในรูปของค่า L, a, b

L = ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)

A = ค่าสีแดง (+ = สีแดง – = สีเขียว)

B = ค่าสีเหลือง (+ = สีเหลือง – = สีน้ำเงิน)

นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น ($P \geq 0.05$)

3.6.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเค้ก (Prinyawiwatkul, 2002)

นำขนมเค้กทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีเปรียบเทียบความแตกต่าง ของขนมเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับขนมเค้กจากแป้งสาลี (Difference from Control Test) ใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน ผู้ทดสอบชิมจะประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน เนื้อสัมผัส สีเนื้อเค้ก ลักษณะเซลล์ ความชุ่มฉ่ำ กลิ่น ความนุ่ม และรสชาติ โดยใช้ช่วงสเกลจาก -1 ถึง +1

สเกล -1 หมายถึง คุณลักษณะของขนมเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับขนมเค้กจากแป้งสาลีแล้วมีคุณลักษณะด้อยกว่าขนมเค้กจากแป้งสาลี

สเกล 0 หมายถึง คุณลักษณะของขนมเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับขนมเค้กจากแป้งสาลีแล้วมีคุณลักษณะไม่แตกต่างกับขนมเค้กจากแป้งสาลี

สเกล +1 หมายถึง คุณลักษณะของขนมเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับ ขนมเค้กจากแป้งสาลีแล้วมีคุณลักษณะดีกว่าขนมเค้กจากแป้งสาลี

นำคะแนนที่ได้วิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design(RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Dunnett 's test

3.7 การใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70,80,90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้

ศึกษาผลของปริมาณแป้งกล้วย โดยนำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลี 4 ระดับคือ 70, 80, 90 และ100 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในสูตรควบคุม

โดยใช้สูตรที่ดัดแปลงจากสูตรของ(จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)(ตารางที่ 3.4) และมีขบวนการผลิตดังภาพที่ 3.4 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำคุกกี้ที่ผลิตตรวจสอบคุณภาพ

ตารางที่ 3.4 สูตรพื้นฐานของคุกกี้

ส่วนผสม	ส่วน (โดยน้ำหนัก)
แป้งสาลีอเนกประสงค์	100
เนยสด	52
เนยขาว	13
เกลือ	0.6
น้ำตาลป่น	52
ไข่ไก่	39
ผงฟู	1.3
เบคกิ้งโซดา	0.8
วานิลลา	1

ที่มา : ดัดแปลงจาก จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, (2539)

ร่อนแป้ง และผงฟู เบคกิ้งโซดา เข้าด้วยกัน

↓

ตีเนยขาวและเนยสดจนขึ้นฟูนาน 7 นาที

↓

เติมน้ำตาลและตีต่อไป นาน 5 นาที จนน้ำตาลละลาย

↓

เติมไข่ที่ละฟอง

ตีต่อจนส่วนผสมเข้ากันดี

↓

เติมแป้งที่ร่อนไว้กับส่วนผสมอื่น

↓

นำมาใส่กระบอกกดเป็นดอก

นำเข้าเตาอบ อุณหภูมิ 275 องศาฟาเรนไฮท์ นาน 17 นาที

↓

คุกกี้

ภาพที่ 3.4 กรรมวิธีการผลิตคุกกี้

ที่มา : ดัดแปลงจาก จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, (2539)

3.7.1 ปริมาตรจำเพาะของคุกกี้หาได้โดยโดยวิธีทดแทนด้วยเมล็ดพืช (repeseed displacement)ในการทดลองนี้ใช้เมล็ดงาในการแทนที่(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2524) ชั่งน้ำหนักคุกกี้ ที่จะตรวจสอบหลังจากที่คุกกี้เย็นแล้ว ใส่คุกกี้ลงในภาชนะที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าขนาดคุกกี้ที่จะตรวจสอบ แล้วเติมเมล็ดงาให้เต็มช่องว่างทั้งด้านข้างและด้านบนของภาชนะ วัดปริมาตรของงาที่ใช้เติมลงไปทั้งหมด โดยตวงด้วยกระบวกตวงที่ขีดแบ่งปริมาตรจะได้เป็นปริมาตรของภาชนะที่เหลือจากการแทนที่ของคุกกี้ หลังจากนั้นวัดปริมาตรของภาชนะโดยการเติมงาให้เต็มภาชนะ แล้ววัดปริมาตรของงานั้นด้วยกระบอกตวง

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม/กรัม)} = \frac{\text{ปริมาตรของภาชนะ - ปริมาตรของภาชนะที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักคุกกี้}}$$

3.7.2 ทดสอบเนื้อสัมผัสทางด้านความกรอบคุกกี้(crisp fracture) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA-XT2i) ใช้หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25s มีลักษณะเป็น ball probe ค่าที่ได้ออกมาจะเป็นค่าแรงที่ใช้ในการกดให้คุกกี้แตก ทำการวัด 10 ครั้งต่อหน่วยการทดลอง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.7.3 วัดความกว้าง (wide)ของคุกกี้ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

3.7.4 วัดความหนา (thick)ของคุกกี้ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

3.7.5 วัดสีคุกกี้ โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta, CR-300) แสดงผลในรูปของค่า L, a, b

L = ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)

A = ค่าสีแดง (+ = สีแดง – = สีเขียว)

B = ค่าสีเหลือง (+ = สีเหลือง – = สีน้ำเงิน)

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น ($P \leq 0.05$)

3.7.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ (Prinyawiwatkul, 2002)

นำคุกกี้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีเปรียบเทียบความแตกต่าง ของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับคุกกี้จากแป้งสาลี (Difference from Control Test) ใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน ผู้ทดสอบชิมจะประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี ลักษณะเนื้อสัมผัส ความกรอบกลิ่น และรสชาติ โดยใช้ช่วงสเกลจาก -1 ถึง +1

สเกล -1 หมายถึง คุณลักษณะของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลีแล้วมีคุณลักษณะด้อยกว่าคุกกี้จากแป้งสาลี

สเกล 0 หมายถึง คุณลักษณะของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลีแล้วมีคุณลักษณะไม่แตกต่างกับคุกกี้จากแป้งสาลี

สเกล +1 หมายถึง คุณลักษณะของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลีแล้วมีคุณลักษณะดีกว่าคุกกี้จากแป้งสาลี

นำคะแนนที่ได้วิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design(RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Dunnett 's test

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบทางเคมีและสีของแป้งกล้วย

จากการนำแป้งกล้วยมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และสีได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีและสีของแป้งกล้วยที่มีระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 %

องค์ประกอบทางเคมีและสี	ระยะความแก่ของกล้วย (%)			
	70	80	90	100
ความชื้นในแป้ง	8.55 ± 0.29^{b}	8.63 ± 0.69^{b}	6.91 ± 0.22^{a}	7.17 ± 0.46^{a}
ปริมาณอะไมโลส	27.77 ± 0.54^{a}	30.82 ± 0.67^{b}	31.08 ± 0.44^{b}	28.48 ± 0.62^{a}
ปริมาณสตาร์ช	63.76 ± 1.83^{a}	66.61 ± 1.07^{b}	69.64 ± 1.20^{c}	63.55 ± 0.61^{a}
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(mg/100g)	522 ± 31.43^{a}	602 ± 23.26^{b}	688 ± 14.52^{c}	723 ± 1.73^{c}
ค่าความสว่าง (L)	91.14 ± 0.27^{c}	90.39 ± 0.24^{b}	88.89 ± 0.14^{a}	88.70 ± 0.08^{a}
ค่าสีแดง (a)	1.42 ± 0.06^{a}	1.53 ± 0.05^{b}	1.61 ± 0.03^{b}	1.59 ± 0.01^{b}
ค่าสีเหลือง (b)	6.56 ± 0.04^{a}	6.74 ± 0.13^{b}	7.68 ± 0.08^{c}	7.94 ± 0.04^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองพบว่า แป้งกล้วยที่ผลิตได้จากกล้วยน้ำว้าที่ระยะความแก่ต่างกัน คือ 70, 80, 90 และ 100 % มีลักษณะเป็นผงเนื้อละเอียด และมีกลิ่นหอมของกล้วยอ่อน ๆ และเมื่อกล้วยมีความแก่มากขึ้นกลิ่นกล้วยจะเพิ่มมากขึ้น กล้วยที่แก่ 100 % จะได้กลิ่นหอมมากที่สุด แป้งกล้วยมีสีขาวออกเหลืองและเมื่อนำมาวัดด้วยเครื่องวัดสี จะได้ ค่าความสว่าง (L)อยู่ระหว่าง 89.70-91.14 ค่าความเป็นสีแดง (a) อยู่ระหว่าง 1.42-1.59 และค่าความเป็นสีเหลือง(b) อยู่ระหว่าง 6.56-7.94

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 6.91-8.55 % และปริมาณ สตาร์ช 63.55- 69.64 % โดยกล้วยมีความแก่มากขึ้นปริมาณสตาร์ชจะเพิ่มขึ้น แป้ง

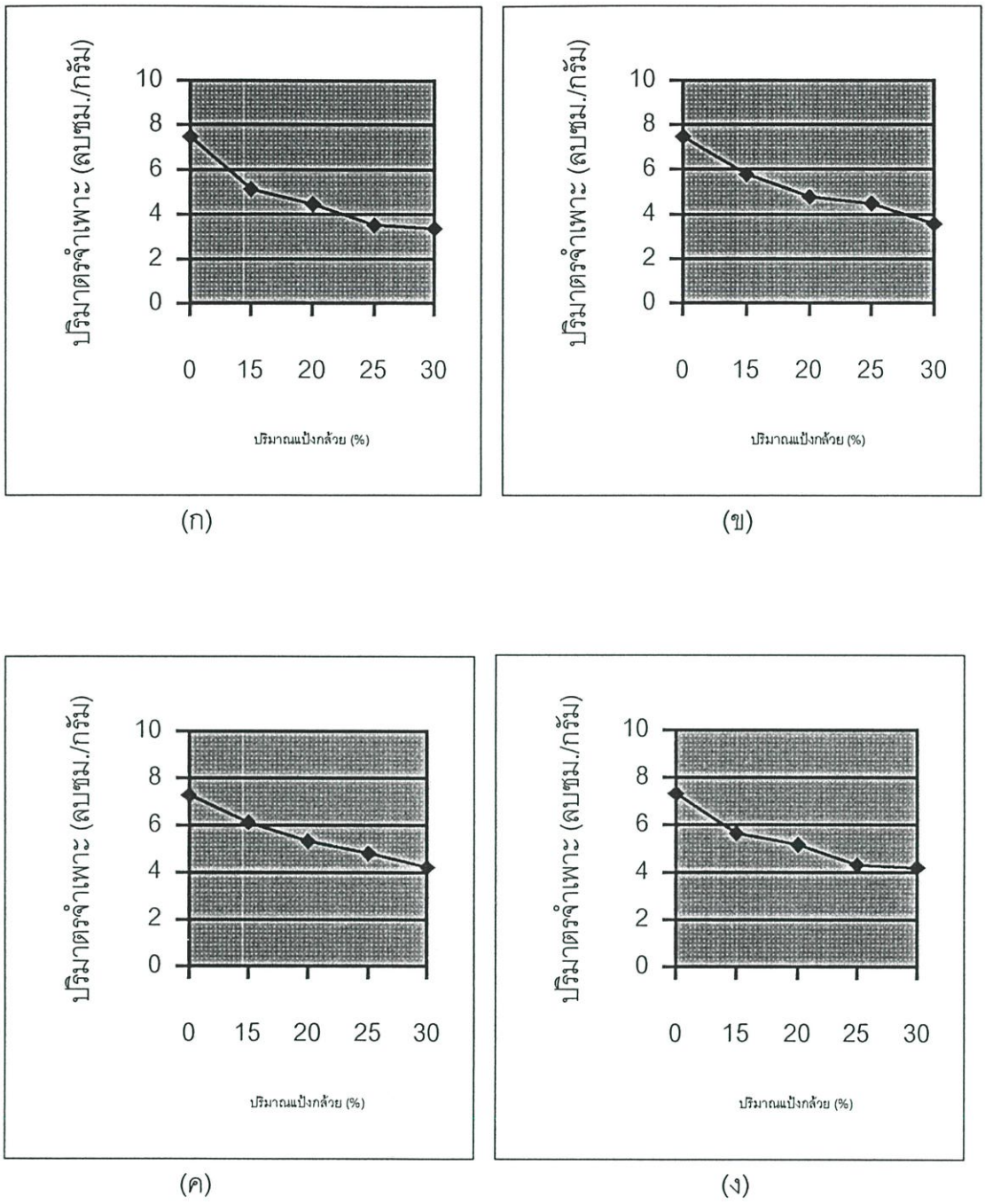
กล้วยที่มีความแก่ 70 % ประกอบด้วยสตาร์ช 63.76 % และเพิ่มเป็น 69.64 % เมื่อกล้วยมีความแก่ 90 % และเมื่อกล้วยมีความแก่เต็มที่ ปริมาณสตาร์ชจะลดลงเหลือ 63.55 % เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาล

ส่วนปริมาณอะไมโลส จะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีความแก่มากขึ้น แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % มีอะไมโลส 27.77 % และเพิ่มเป็น 31.08 % เมื่อกล้วยมีความแก่ 90 % และจะลดลงเหลือ 28.34 % เมื่อกล้วยมีความแก่ 100 % ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดนั้นพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีความแก่มากขึ้น กล้วยที่ระยะความแก่ 70 % มีปริมาณทั้งหมด 522 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และจะเพิ่มขึ้นเป็น 723 มิลลิกรัม เมื่อกล้วยมีระยะความแก่ 100 % การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในแป้งกล้วยที่มีความแก่มากขึ้น เนื่องจากกลไกการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล โดยเอนไซม์อะไมเลสจะย่อยแป้งให้มีโมเลกุลเล็กลงเป็นน้ำตาล และน้ำตาลที่พบในกล้วยส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาล ซูโครส กลูโคส และ ฟรุกโตส (ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2541)

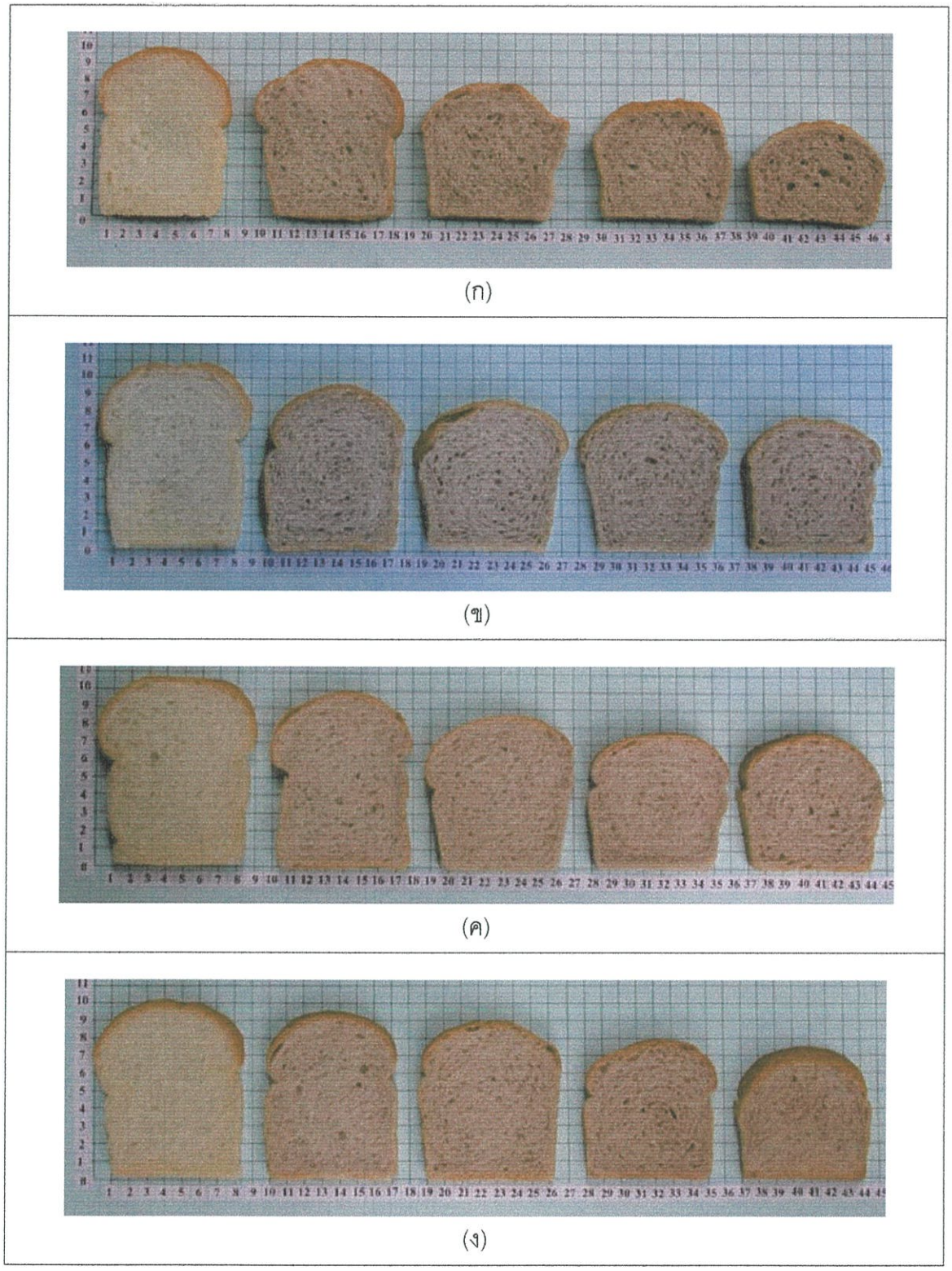
4.2 การใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ที่สามารถทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง

4.2.1. ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง

จากการใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 15, 20, 25 และ 30 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในขนมปัง (ภาพที่ 4.1) พบว่าขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วนมีปริมาตรจำเพาะสูงสุด และปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ ขนมปังจากแป้งสาลีล้วน และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยในการทดแทนมากขึ้น ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง จะลดลงมากขึ้น (ภาพที่ 4.2) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 , 100 % ทดแทนที่ระดับ 25 , 30 % และการทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80, 90 % ทดแทนที่ระดับ 20, 25 % พบว่า ปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ลดลงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) He และ Hoseney (1991) กล่าวว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งชนิดอื่นที่ไม่มีกลูเตนในผลิตภัณฑ์ขนมปังจะทำให้โดที่ได้จากการนวดผสมไม่แข็งแรง โดจึงไม่สามารถกักเก็บก๊าซไว้ได้ในระหว่างขั้นตอนการหมัก และการอบทำให้ ขนมปังที่ได้มีปริมาตรต่ำเนื้อแน่น เช่นการ ใช้แป้งข้าวเจ้า หรือแป้งข้าวโพดทดแทนแป้งสาลี ให้ผลสอดคล้องกับ (พรวีนัส ปั้นหยา, 2544) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่าเมื่อมี



ภาพที่ 4.1 ปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี



ภาพที่ 4.2 ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

อัตราส่วนของแป้งข้าวหอมมะลิมากขึ้นในสูตรจะทำให้ปริมาตรจำเพาะของขนมปังลดลงเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณอะไมโลสเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งชนิดอื่น (ภานุมาศ รุ่งเรืองอารี, 2541) และ (Athapol และคณะ, 1994) ได้ศึกษาถึงผลของ อะไมโลสในแป้งข้าวโดยนำแป้งข้าวมาใช้ในการผลิตขนมปัง พบว่า ปริมาตรจำเพาะ ของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง และสูง จะได้ ขนมปังที่มีปริมาตรจำเพาะมากกว่าขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าที่มีอะไมโลสต่ำ

4.2.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง

จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อในขนมปังด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยรายงานผลเป็นค่าของแรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างขนมปัง (compression test) พบว่าแรงที่ใช้ในการกดขนมปัง ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 ,80, 90 และ 100 % ระดับการทดแทนที่ 15, 20, 25 และ 30 % แตกต่างกับขนมปังจากแป้งสาลีล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 4.3) ขนมปังจากแป้งสาลีล้วนจะมีค่าความนุ่มสูงสุดเนื่องจากมีค่าแรงที่ใช้ในการกดน้อยที่สุด และการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในระดับที่มากขึ้นค่าความนุ่มของขนมปังจะลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ค่าความนุ่มของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 15 , 20 % ค่าความนุ่มที่ลดลงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณกลูเตนที่เหมาะสมในแป้งสาลีส่งผลให้ขนมปังมี ลักษณะเซลล์อากาศที่โปร่งบางมีความยืดหยุ่นสูงขนมปังจึงมีความเหนียวนุ่ม การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย ทำให้ปริมาณของกลูเตนลดลงทำให้คุณสมบัติในการยืดหยุ่นและความเหนียวของโดน้อยลง โดพองตัวได้น้อยร่วมกับการกักเก็บอากาศในขั้นตอนการหมักและอบได้น้อยลงด้วย ขนมปังที่ได้จึงมีเนื้อแน่นและแข็งเมื่อปริมาณของแป้งกล้วยเพิ่มมากขึ้น

4.2.3 ลักษณะการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง

ลักษณะการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่ดูจากภาพที่ 4.4 การทำ ink-print จากภาพสังเกตได้ว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งกล้วยจากกล้วยที่มีระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % มีลักษณะการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังคล้ายคลึงกัน คือ การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 15 และ 20 % การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศ มีลักษณะคล้ายขนมปังจากแป้งสาลี ซึ่งมีลักษณะเซลล์อากาศที่โปร่ง มีผนังเซลล์อากาศบาง เซลล์อากาศมีลักษณะปิดและเปิด เป็นรูปกลมและรี เซลล์อากาศของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ 25 % ผนังของเซลล์จะหนาขึ้น เนื่องจากขนมปัง มีปริมาณกลูเตนน้อยลง ในขณะที่มีปริมาณแป้งมากขึ้นซึ่งปริมาณแป้งจะไปแทรกตัวอยู่ภายในฟิล์มของกลูเตนที่มีอยู่ในปริมาณน้อยกว่ากลูเตนจากแป้ง

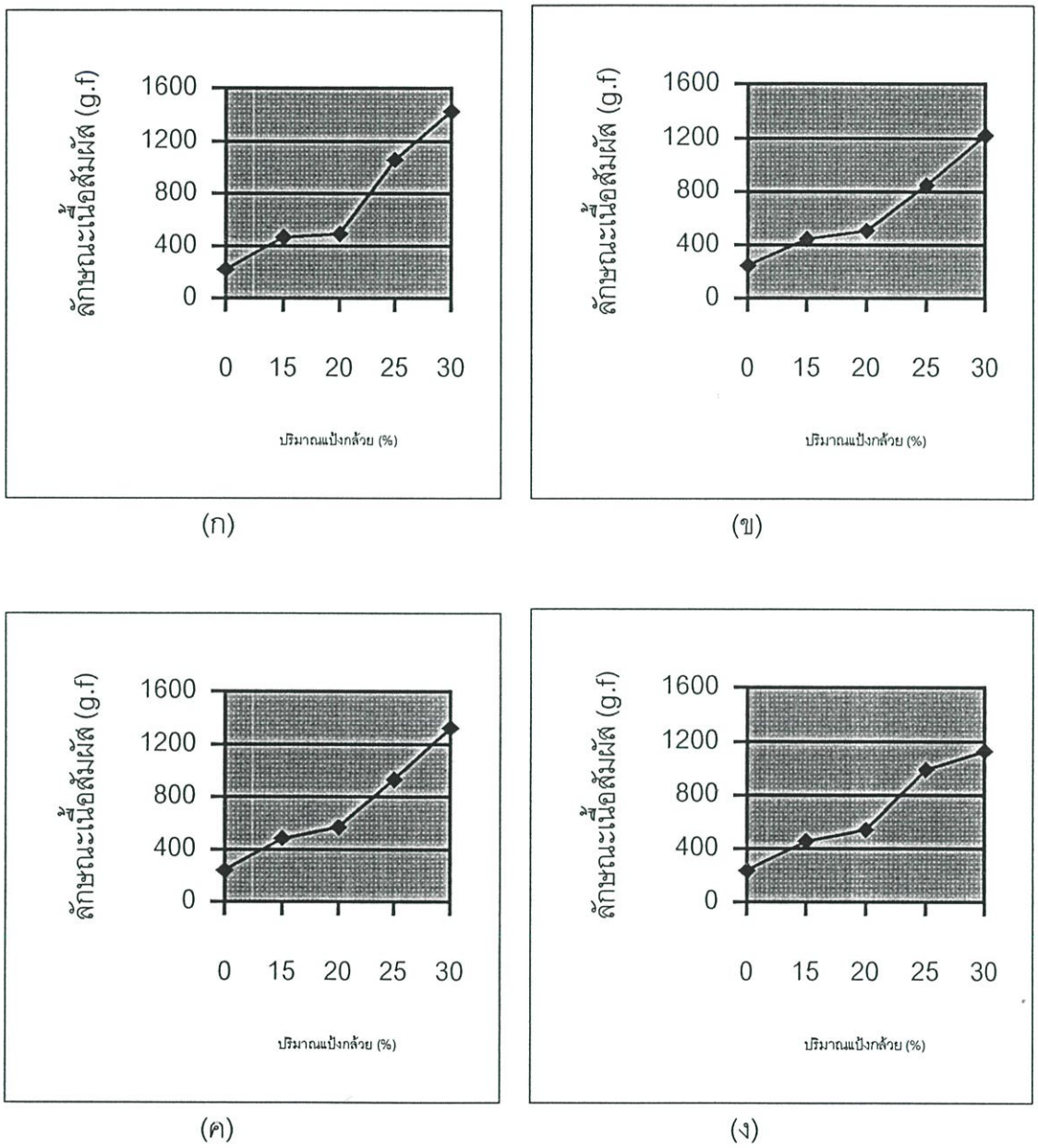
สาลีล้วน ทำให้ฟิล์มของกลูเตนมีความยืดหยุ่นและความสามารถในการขยายตัวน้อยลง จนทำให้ฟิล์มของกลูเตนฉีกขาดได้ระหว่างที่โดมีการขยายตัวในระหว่างการหมักและการอบ ทำให้เกิดการรั่วและสูญเสียก๊าซไป ส่งผลให้ผนังเซลล์อากาศแยกตัวออกจากกันและได้เซลล์อากาศที่ใหญ่และหยาบขึ้น ลักษณะของผนังเซลล์หนาขึ้น (Hudson and Ogunsua, 1976) ส่วนลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 30 % จะมีเซลล์อากาศที่หนามาก จึงทำให้ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์ แน่นและทึบ เนื่องจากโดมีความสามารถในการเก็บก๊าซได้น้อยมาก ซึ่งจะสังเกตได้จากขั้นตอนการพักโด โดยบริเวณผิวหน้าของโดจะมีรอยย่นผิวไม่เรียบ และเมื่อนำขนมปังเข้าเตาอบ สตาร์ชจะเกิดเจลาติไนส์จะมีการขยายปริมาตรของเม็ดสตาร์ชทำให้เปลือกของขนมปังทนแรงดันไม่ไหวเกิดการรั่วของ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ผิวเปลือกนอก (crust) ไม่เรียบและมีความหนามากขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะมีความชัดเจนมากในขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ที่ 70 % ที่ระดับการทดแทนที่ 30 %

4.2.4 สีเปลือกนอกและสีเนื้อในขนมปัง

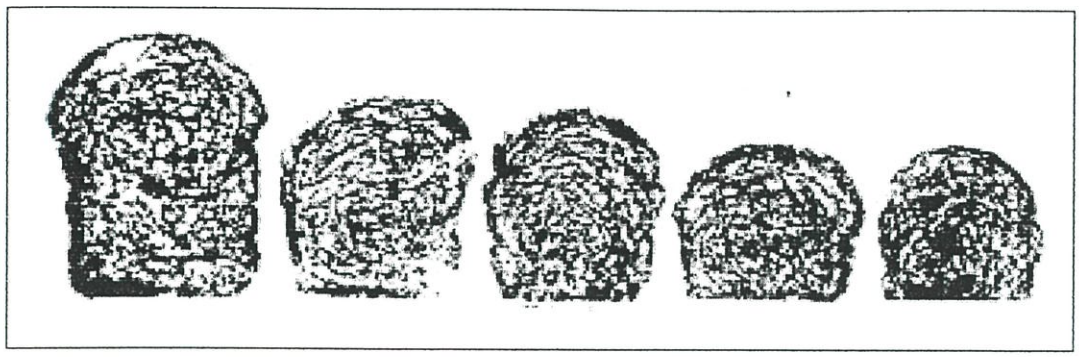
ขนมปังที่ใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 15, 20, 25 และ 30 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด เมื่อนำมาวัดสีเปลือกนอกและสีเนื้อในเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลีล้วน (ภาพที่ 4.5) พบว่าสีเปลือกนอกขนมปังจากแป้งสาลีล้วน มีค่า L ซึ่งแสดงถึงความสว่างมีค่าน้อยสุด และเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย ค่า L มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลี 30% ส่วนค่า a ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง (+ หมายถึงสีแดง - หมายถึงสีเขียว) และ ค่า b แสดงถึงความเข้มของสีเหลือง (+ หมายถึงสีเหลือง – หมายถึง สีน้ำเงิน) จะให้ผลในทางตรงกันข้าม เมื่อใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีมากขึ้นค่า a และค่า b จะลดลง เมื่อมองโดยภาพรวมจะทำให้ขนมปังมีสีเปลือกอ่อนลง (ภาพที่4.9) โดยเฉพาะขนมปังที่มีการทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ที่ระดับการทดแทนที่ 20-30 % ค่า L จะมีความแตกต่าง จาก ค่า L ของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ 15 % และขนมปังจากแป้งสาลีล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยปกติทั่วไปขนมปังจากแป้งสาลีจะมีสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลอ่อนซึ่งเป็นสี ที่ผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับ สำหรับการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกนอกของ ขนมปัง (ปริศนา สุวรรณาภรณ์, 2540) กล่าวว่าการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกของขนมปังจะเกิดในช่วงหลังของการอบในขณะที่ เปลือกนอกของโดแห้งและแข็งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลซึ่งการเกิดสีน้ำตาลในขนมปังเกิดจากปฏิกิริยา 2 แบบคือ

ก. ปฏิกิริยามิลลาร์ด (Millard – type reaction)ปฏิกิริยานี้จะมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังมากซึ่งขึ้นอยู่กับการทำงานของยีสต์และปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในสูตรขนมปังเป็นหลัก

ข. ปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น (Caramelization) ปฏิกิริยานี้จะมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังน้อยกว่า ซึ่งการเกิดขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลที่มีในสูตรและความร้อนที่ใช้ในการอบขนมปัง

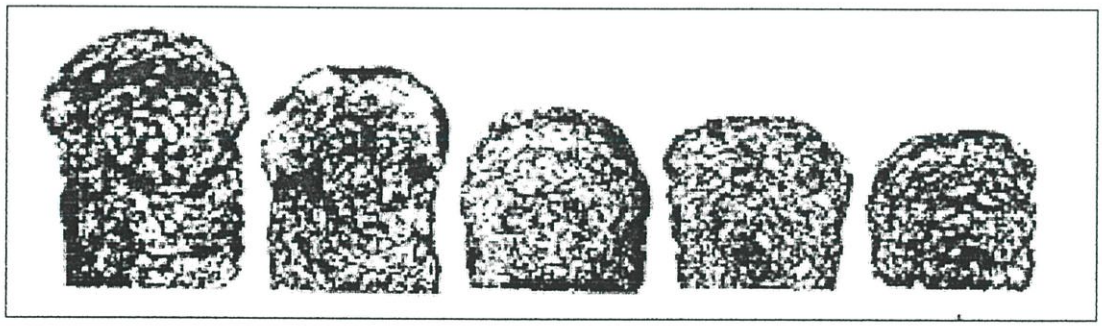


ภาพที่ 4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) 80 % (ข) 90 % (ค) และ100 % (ง)) โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

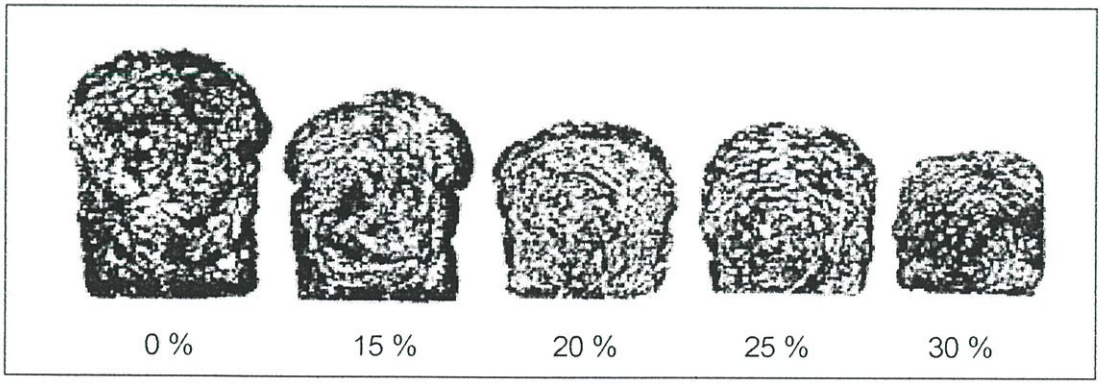


(ก)

(ข)



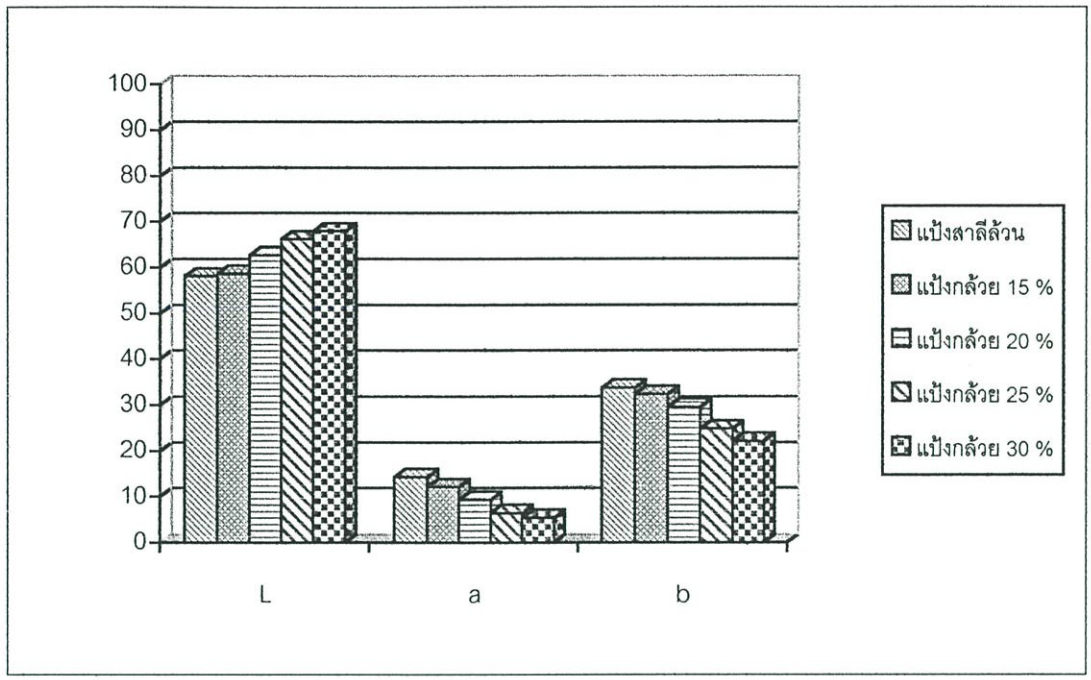
(ค)



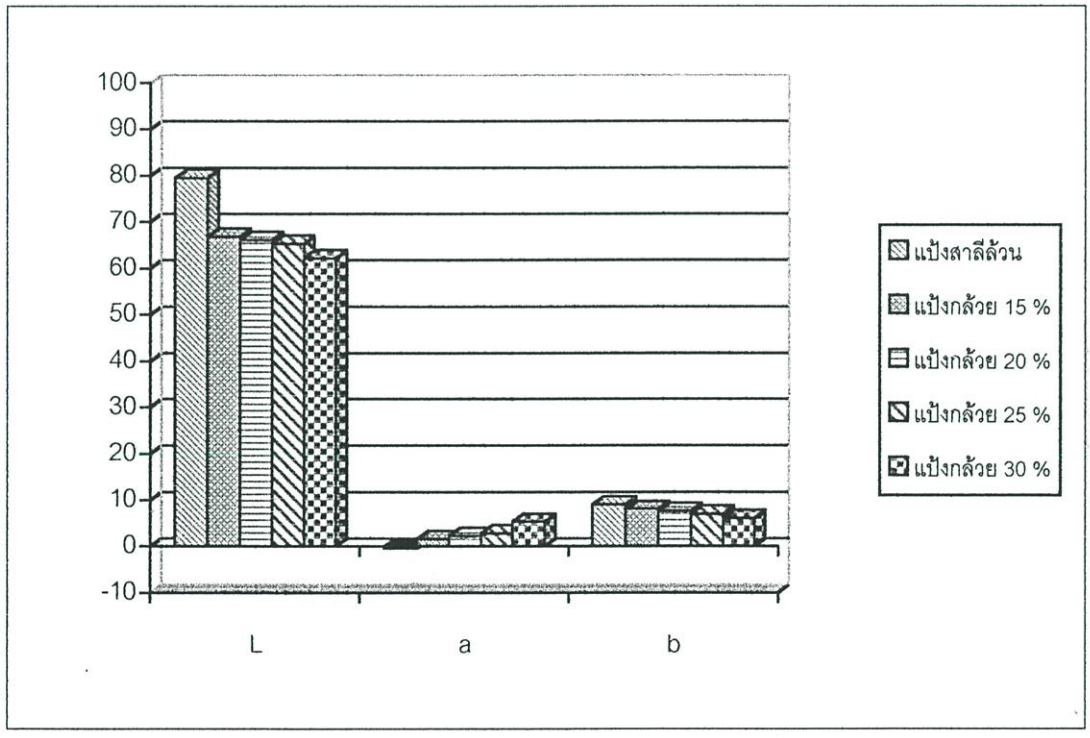
(ง)

ภาพที่ 4.4 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศขนมปังจากการทำ ink – print (ก) ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

จากการวัดสีเนื้อในขนมปัง (crumb color) โดยสไลด์ขนมปังตามขวางเป็นแผ่นและทำการวัด (ภาพที่ 4.5-4.8) พบว่าขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีผลต่อสีเนื้อในของขนมปังโดยเนื้อขนมปังมีสีคล้ำขึ้น จากการทดลอง พบว่าค่า L ของขนมปังจากแป้งสาลีล้วนมีค่าสูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดแทน และค่า b มีแนวโน้ม ลดลงอย่างต่อเนื่อง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับขนมปังจากแป้งสาลี ส่วนค่า a เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดแทน ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ งานวิจัยของ (วลัย หุตะโกวิท และคณะ, 2542) ที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ คุกกี้ เค้ก และขนมชนิด อื่น ๆ และพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยมากขึ้นจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์นั้นคล้ำขึ้น ด้วยสาเหตุจากแป้งกล้วยที่ผลิตได้มีสีไม่ขาวเหมือนแป้งโดยทั่วไป ซึ่งสาเหตุเกิดจากสารประกอบ ฟีนอลในกล้วยเมื่อสัมผัสและเอนไซม์ Polyhenol oxidases (PPO) เช่น Catecholase และo-diphenol oxidases เป็นต้น จะให้สารประกอบ Quinone ซึ่งต่อมาเกิดปฏิกิริยา Polymerization ให้ผลิตภัณฑ์ที่โมเลกุลใหญ่ขึ้นโดยอาจรวมตัวกับกรด Amino หรือ Sulfhydryl droup ของโปรตีนให้สารสีน้ำตาล (นิภา คุณทรงเกียรติ, 2541)

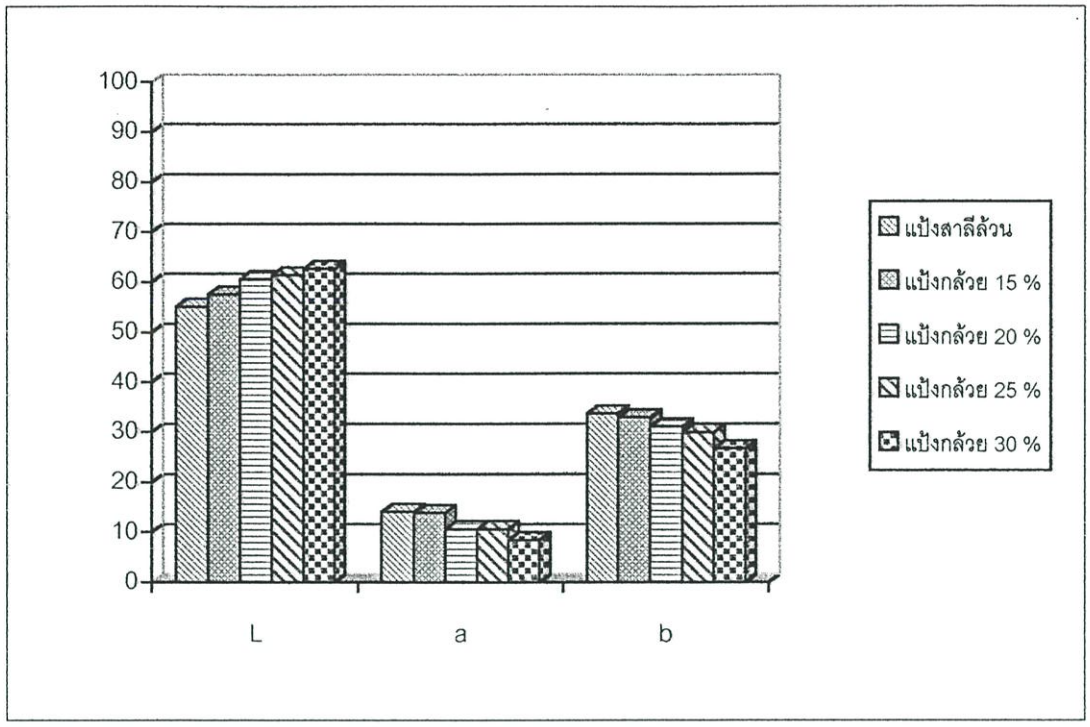


(ก)

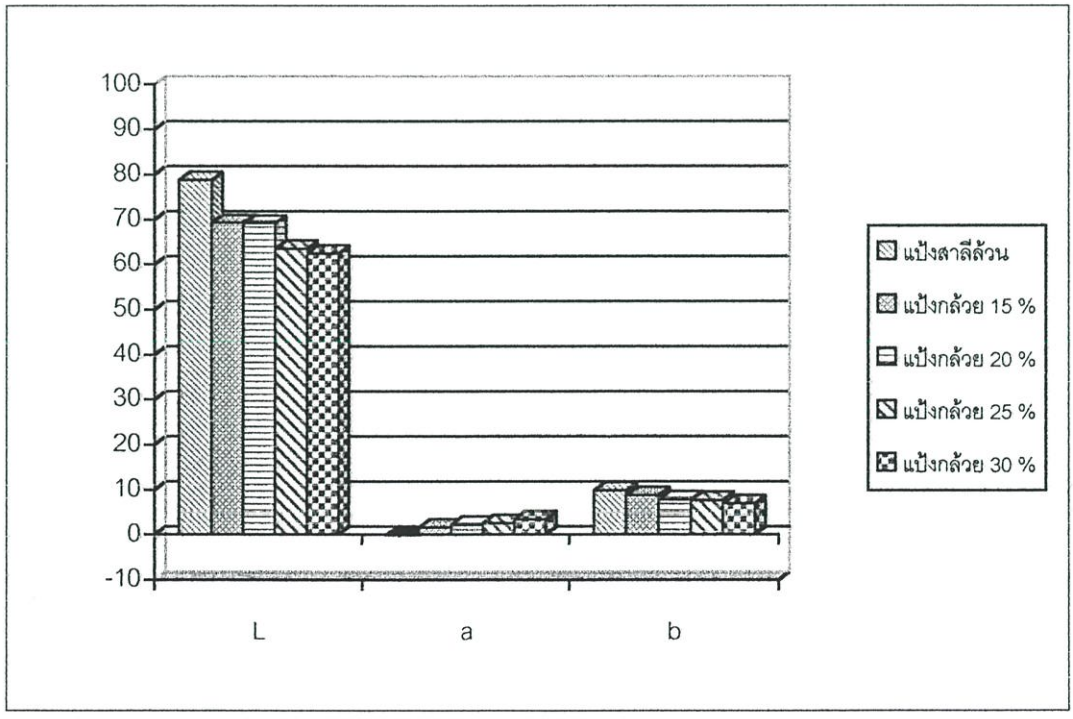


(ข)

ภาพที่ 4.5 สีเปลือกนอกและสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

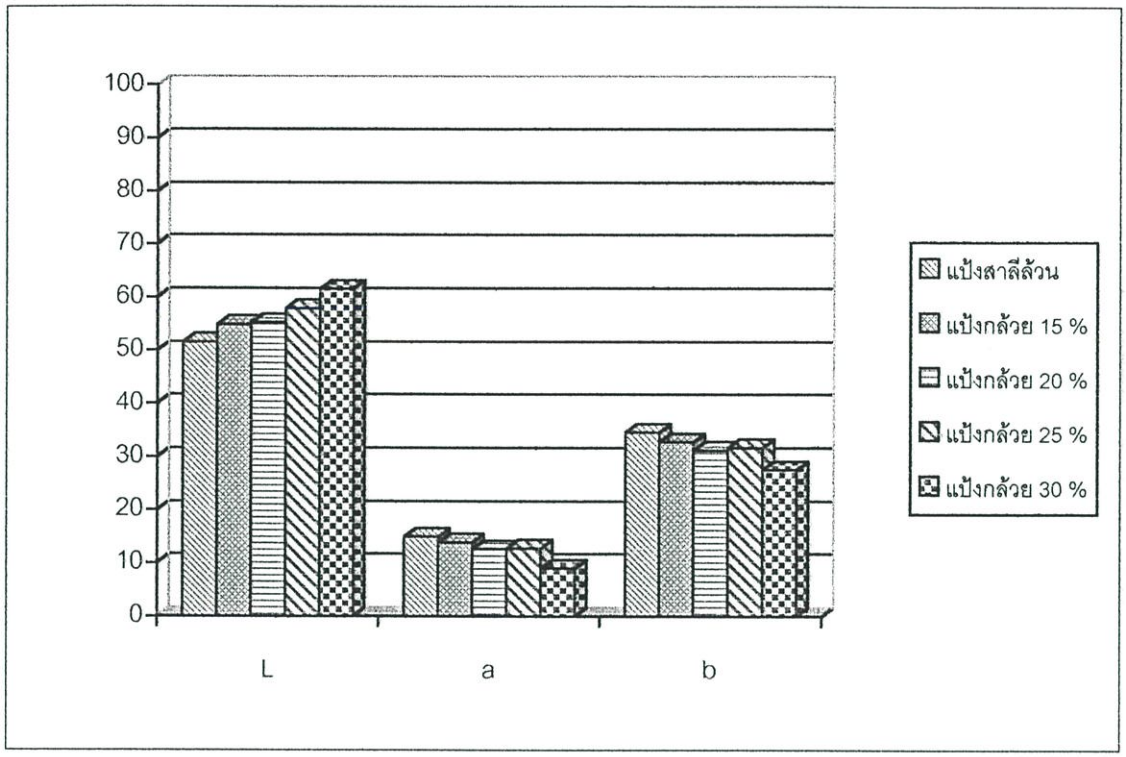


(ก)

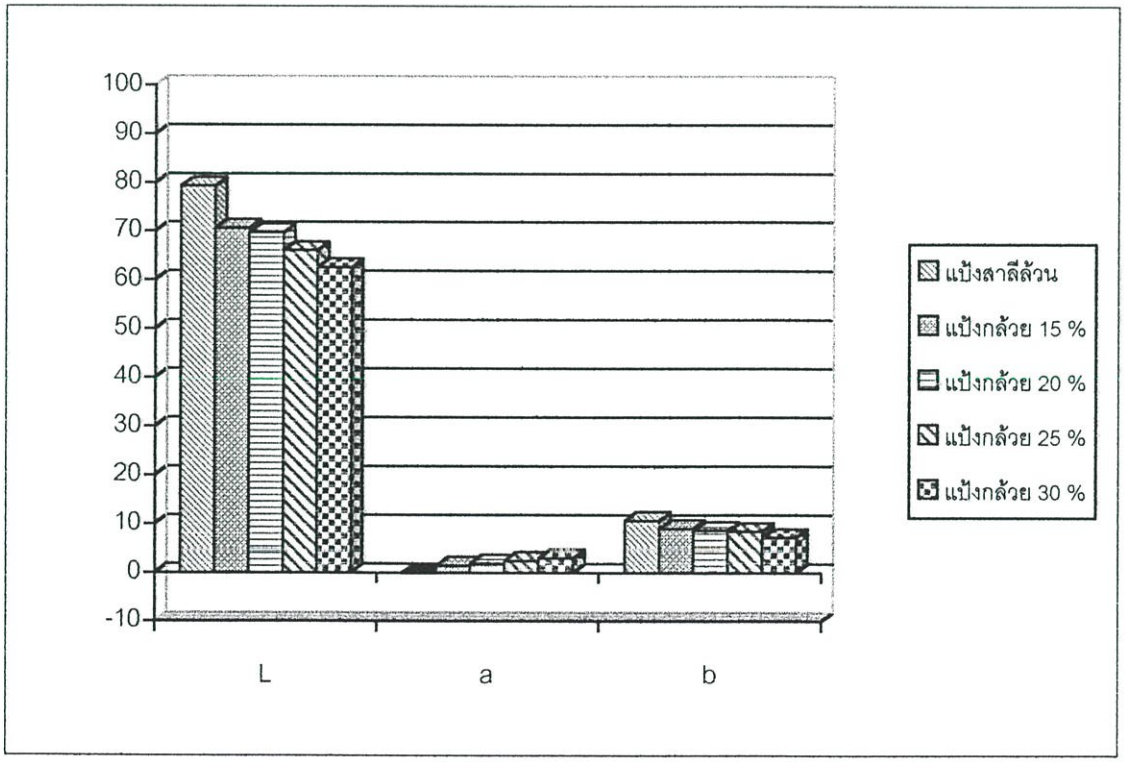


(ข)

ภาพที่ 4.6 สีเปลือกนอกและสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

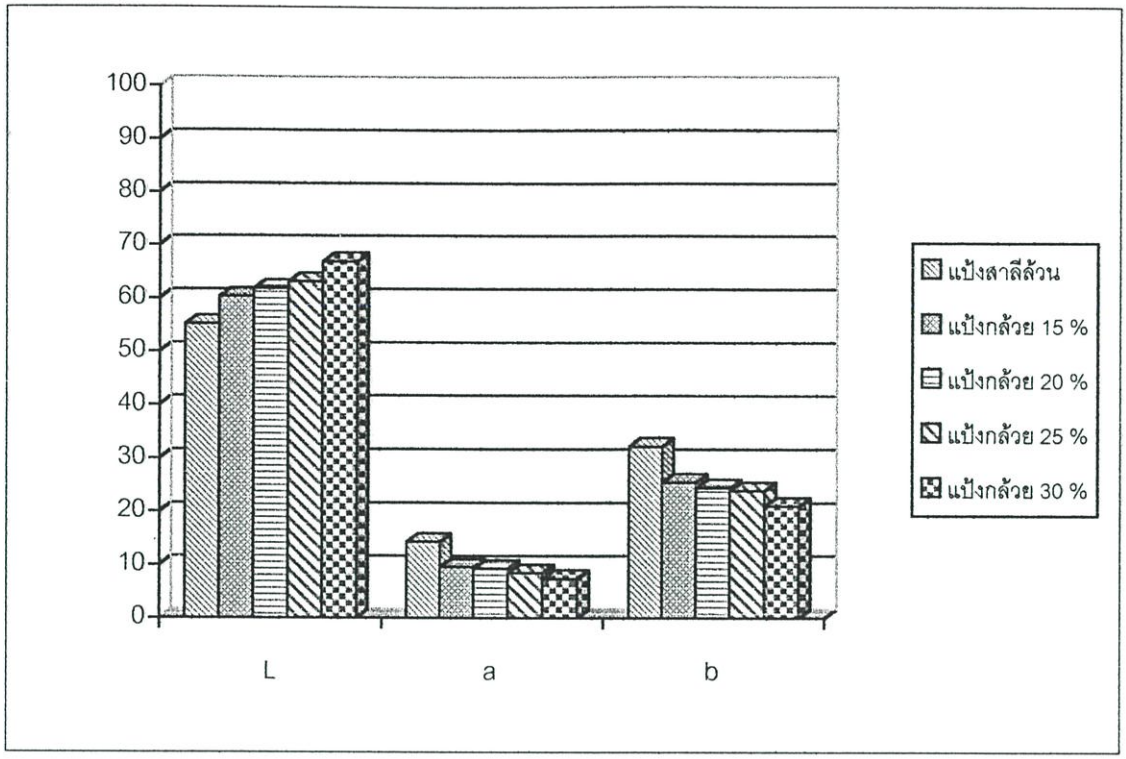


(ก)

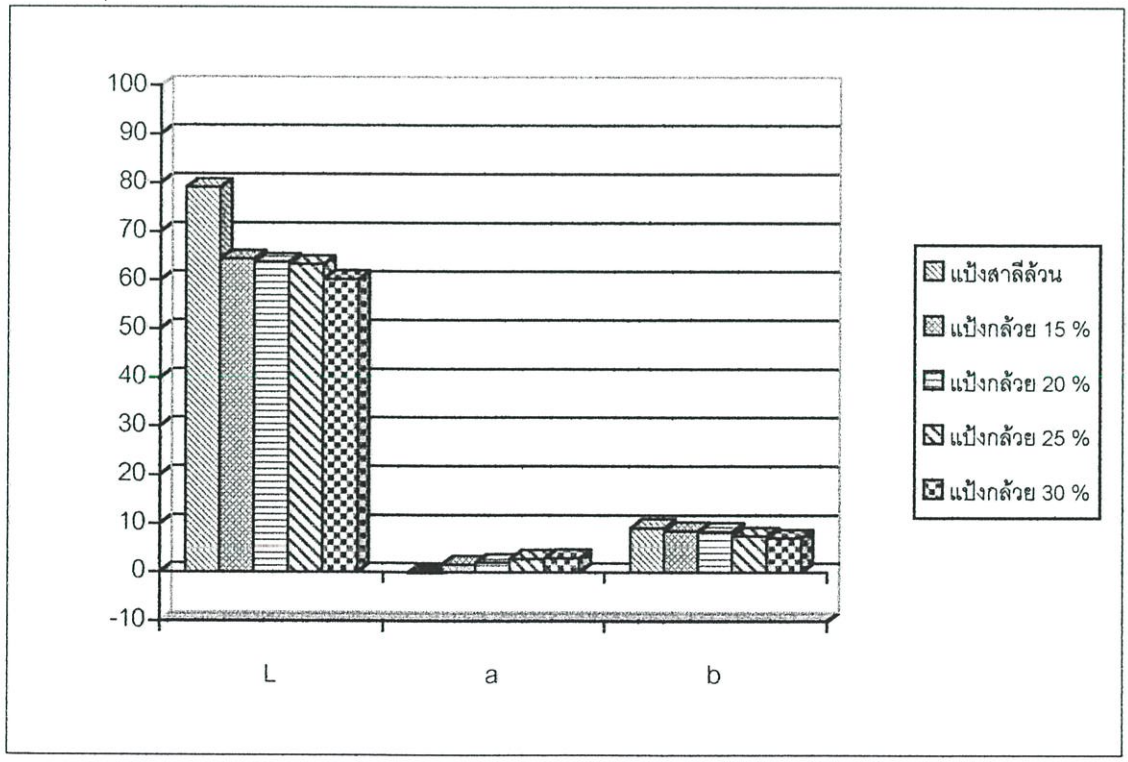


(ข)

ภาพที่ 4.7 สีเปลือกนอกและสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 % โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

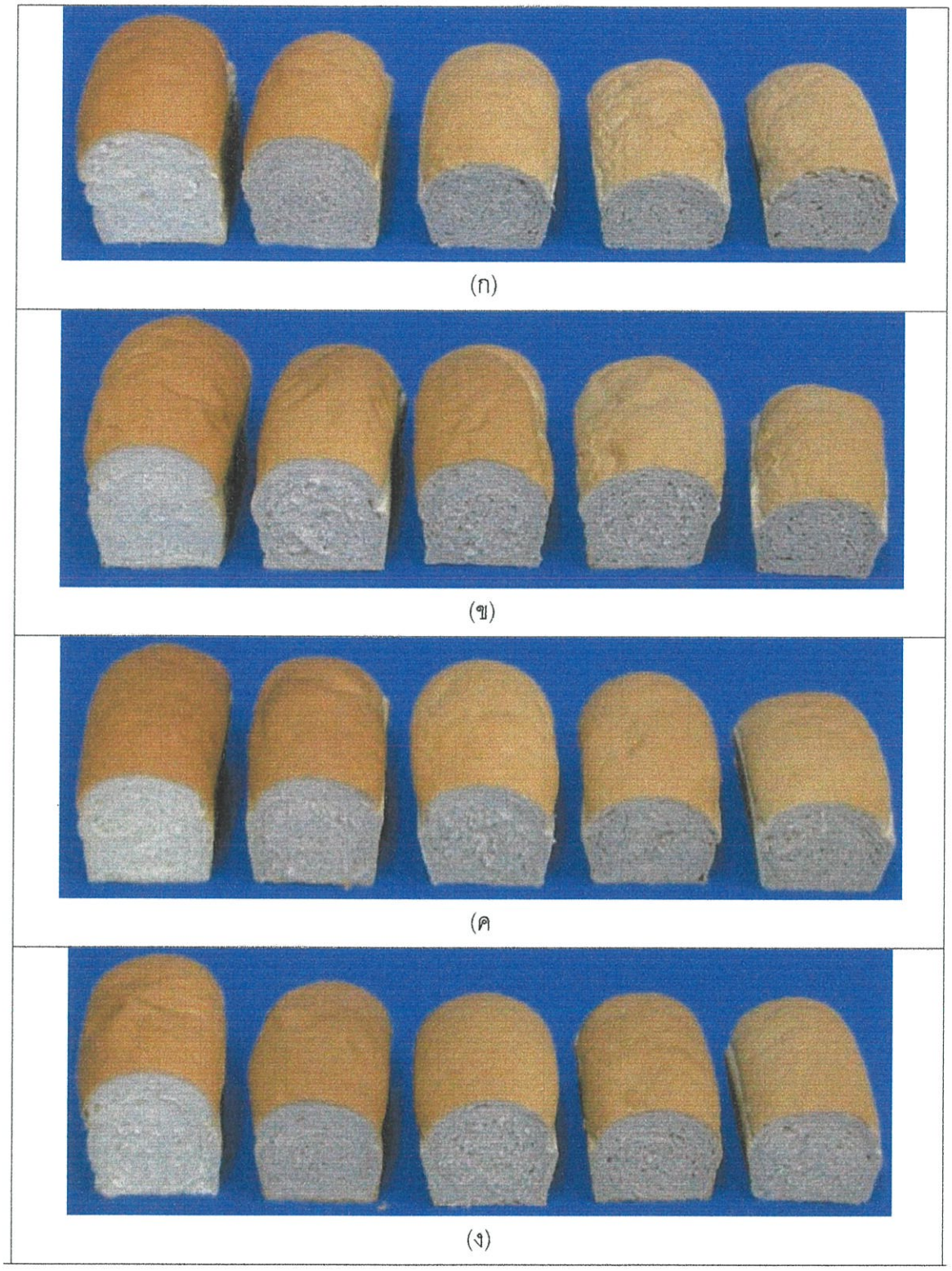


(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.8 สีเปลือกนอกและสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 % โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี



ภาพที่ 4.9 สีเปลือกนอกและสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลีล้วน

4.2.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปัง

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปัง ใช้วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม (Difference from Control Test) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ผู้ทดสอบจะทดสอบคุณลักษณะของขนมปังในด้าน สีเปลือกนอก, สีเนื้อใน, ลักษณะเนื้อสัมผัส, ลักษณะของเซลล์อากาศ, กลิ่น และรสชาติ โดยมีการให้คะแนน 3 ระดับ คือ (+ 1 , 0 และ -1) คะแนน +1 หมายถึง ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีคุณลักษณะที่แตกต่างจากขนมปังแป้งสาลีในด้านที่ดีกว่า คะแนน 0 หมายถึง ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีคุณลักษณะไม่แตกต่างกับขนมปังจากแป้งสาลี คะแนน -1 หมายถึง ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีคุณลักษณะที่แตกต่างในทางที่ด้อยกว่าขนมปังจากแป้งสาลี จากผลการทดสอบ (ตารางที่ 4.2 - 4.5) พบว่าขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ในระดับการทดแทนที่ 15, 20, 25 และ 30 % มีผลต่อคุณลักษณะในด้านสีเนื้อในของขนมปัง โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของสีเนื้อในขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยเมื่อเปรียบเทียบกับสีเนื้อในของขนมปังจากแป้งสาลีล้วนได้ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวัดค่าสีเนื้อในของขนมปังด้วยเครื่องวัดสี การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างในด้าน สีเนื้อใน, กลิ่น และรสชาติ ของขนมปังได้ในระดับการทดแทนแป้งสาลีที่ 15 % ในขณะที่ การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80, 90 และ 100 % ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างได้ใกล้เคียงกันคือ เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยมากกว่า 15 % การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณที่มากขึ้น ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างระหว่างขนมปังจากแป้งสาลีล้วนและขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยได้มากขึ้น โดยดูได้จากค่าคะแนนที่แสดงความแตกต่างใน (ตาราง ที่ 4.2-4.5) และพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยทุกระยะความแก่ในระดับการทดแทนที่ 25 และ 30 % ผู้ทดสอบสามารถอย่างแยกความแตกต่างคุณลักษณะของขนมปังใน ทุกๆ ด้านได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของขนมปังที่ทดสอบ					
	สีเปลือก	สีเนื้อใน	เนื้อสัมผัส	ลักษณะเซลล์	กลิ่น	รสชาติ
15	-0.20 ^{ns}	-0.76 *	-0.20 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	-0.25 *
20	-0.45 *	-0.75 *	-0.80 *	-0.53 *	-0.38 *	-0.48 *
25	-0.75 *	-0.55 *	-0.85 *	-0.88 *	-0.53 *	-0.63 *
30	-0.88 *	-0.85 *	-0.98 *	-0.88 *	-0.78 *	-0.88 *

ตารางที่ 4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของขนมปังที่ทดสอบ					
	สีเปลือก	สีเนื้อใน	เนื้อสัมผัส	ลักษณะเซลล์	กลิ่น	รสชาติ
15	-0.18 ^{ns}	-0.63 *	-0.18 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.03 ^{ns}
20	-0.18 ^{ns}	-0.83 *	-0.25 *	-0.18 ^{ns}	-0.30 *	-0.15 ^{ns}
25	-0.43 *	-0.78 *	-0.83 *	-0.73 *	-0.50 *	-0.55 *
30	-0.73 *	-0.92 *	-0.95 *	-0.78 *	-0.43 *	-0.63 *

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบขนมปังที่ ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับขนมปังจากแป้งสาลี

Ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับขนมปังจากแป้งสาลี

ตารางที่ 4.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของขนมปังที่ทดสอบ					
	สีเปลือก	สีเนื้อใน	เนื้อสัมผัส	ลักษณะเซลล์	กลิ่น	รสชาติ
15	-0.20 ^{ns}	-0.76 *	-0.20 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	-0.25 *
20	-0.45 *	-0.75 *	-0.80 *	-0.53 *	-0.38 *	-0.48 *
25	-0.75 *	-0.55 *	-0.85 *	-0.88 *	-0.53 *	-0.63 *
30	-0.88 *	-0.85 *	-0.98 *	-0.88 *	-0.78 *	-0.88 *

ตารางที่ 4.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของขนมปังที่ทดสอบ					
	สีเปลือก	สีเนื้อใน	เนื้อสัมผัส	ลักษณะเซลล์	กลิ่น	รสชาติ
15	-0.18 ^{ns}	-0.63 *	-0.18 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.03 ^{ns}
20	-0.18 ^{ns}	-0.83 *	-0.25 *	-0.18 ^{ns}	-0.30 *	-0.15 ^{ns}
25	-0.43 *	-0.78 *	-0.83 *	-0.73 *	-0.50 *	-0.55 *
30	-0.73 *	-0.92 *	-0.95 *	-0.78 *	-0.43 *	-0.63 *

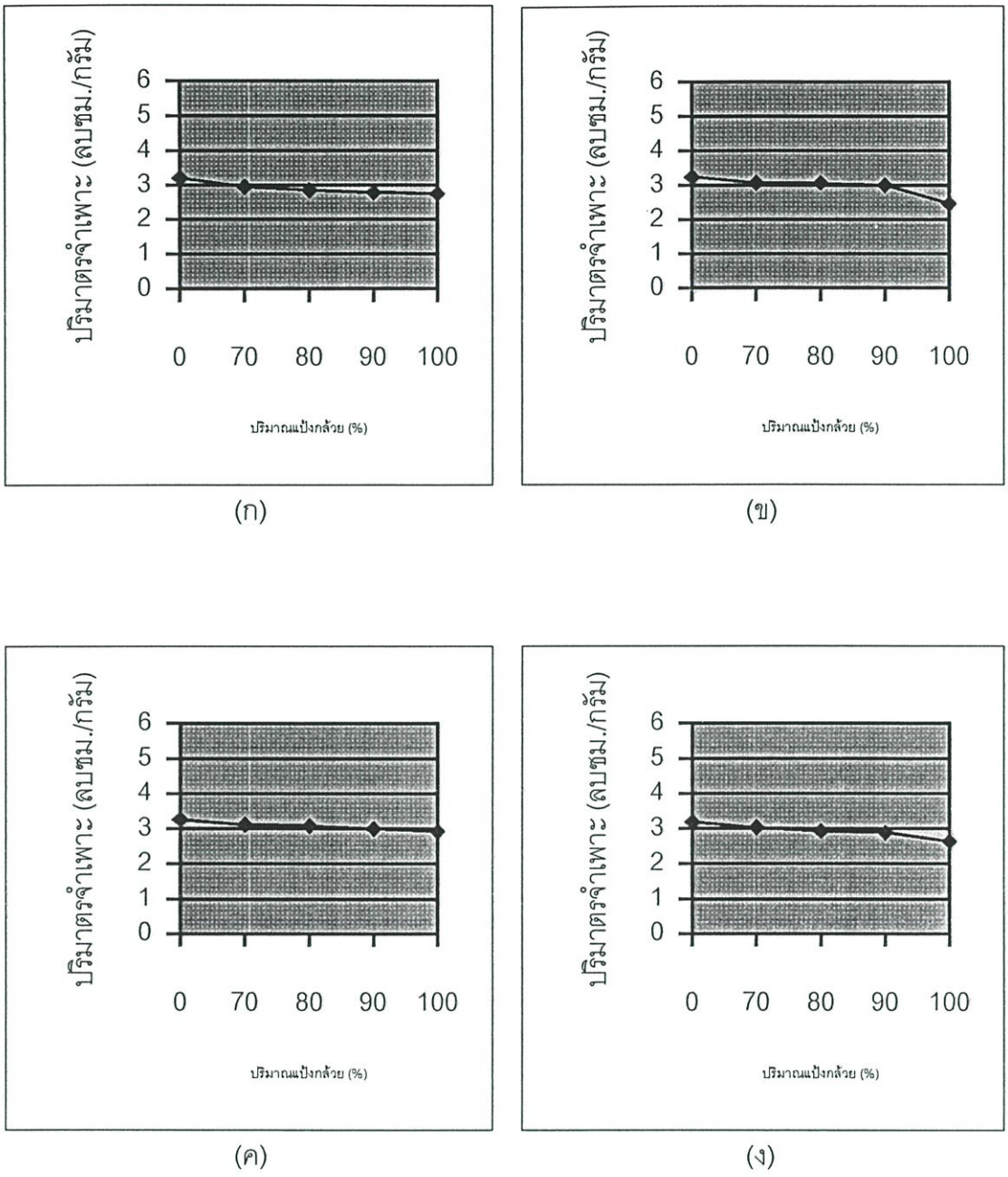
หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับขนมปังจากแป้งสาลี

Ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับขนมปังจากแป้งสาลี

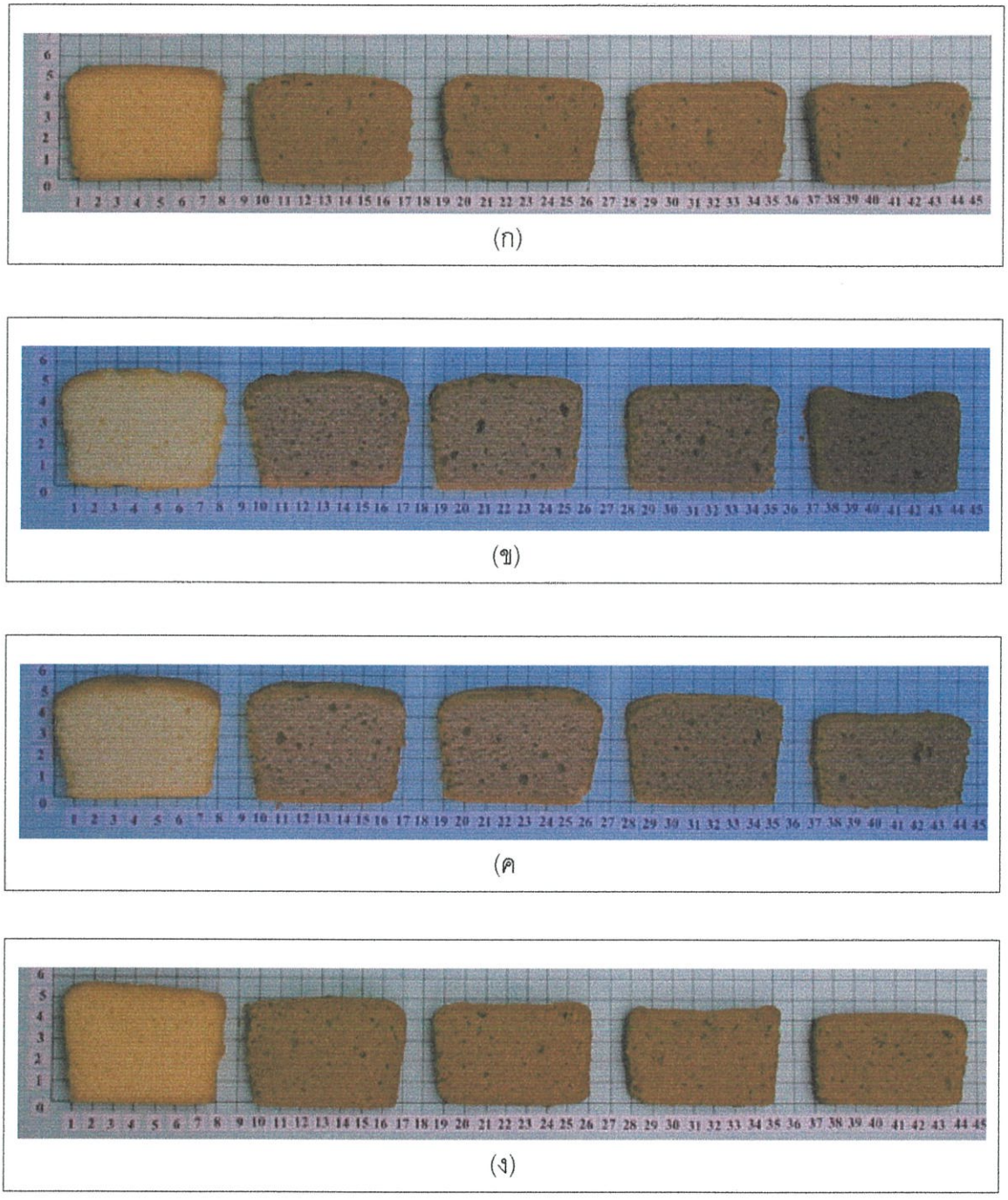
4.3 การใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ที่สามารถทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้ก

4.3.1. ปริมาตรจำเพาะของเค้ก

จากการใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % และทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 70, 80, 90 และ 100 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในเค้ก (ภาพที่ 4.10) พบว่าเค้กที่ผลิตจากแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะสูงสุดอยู่ระหว่าง 3.18- 3.26 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม และปริมาตรจำเพาะของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลีทุกระดับการทดแทน และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยในการทดแทนมากขึ้น ปริมาตรจำเพาะของเค้กจะลดลงมากขึ้น (ภาพที่ 4.11) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ทุกระยะความแก่ที่ระดับการทดแทนที่ 70 , 80 และ90 % ปริมาตรจำเพาะที่ลดลงจะไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่เมื่อทดแทนแป้งกล้วยที่ 100 % ปริมาตรจำเพาะจะมีความแตกต่างจากการทดแทนที่ระดับ 70, 80 และ 90 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ปริมาณแป้งสาลีที่ลดลงทำให้โปรตีนที่มีอยู่ในส่วนผสมลดลงด้วย ซึ่งทำให้แป้งมีกำลังในการอุ้มก๊าซได้น้อยลงในขั้นตอนของการผสมและการอบ ทำให้ปริมาตรของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีปริมาตรลดลง



ภาพที่ 4.10 ปริมาตรจำเพาะของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี



ภาพที่ 4.11 เค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี

4.3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้ก

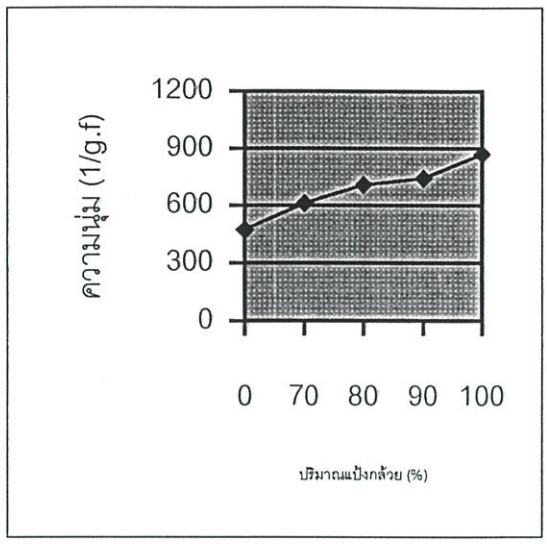
จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยรายงานผลเป็นค่าของแรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างขนมเค้ก (compression test) พบว่าแรงที่ใช้ในการกดขนมเค้ก ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 ,80, 90 และ 100 % ระดับการทดแทนที่ 70, 80, 90 และ 100 % แตกต่างกับเค้กจากแป้งสาลีล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 4.12) เค้กจากแป้งสาลีจะมีค่าความนุ่มสูงสุดเนื่องจากมีค่าแรงที่ใช้ในการกดน้อยที่สุด การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ที่ระดับการทดแทนที่ 70 % จะมีความนุ่มแตกต่างจากการทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 80 และ 90 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80, 90 และ 100 % ความนุ่มของเค้กที่ระดับการทดแทนที่ 70,80 และ 90 % จะไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เค้กเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นฟูด้วยสารเคมีและอาศัยการเก็บอากาศในระหว่างขั้นตอนการผสม แป้งสาลีที่ใช้ผลิตเค้กเป็นแป้งโปรตีนต่ำและให้ลักษณะกลูเตนที่นุ่ม เมื่อผสมแล้วจะไม่ให้ความเหนียวและแข็งแก่เนื้อเค้กแต่จะต้องมีความคงตัว เป็นโครงร่างขึ้นฟู มีรูพรุนและเนื้อนิ่ม เพราะฉะนั้นคุณสมบัติของแป้งเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเค้ก (Bean และคณะ 1983) ได้ผลิตเค้กโดยใช้แป้งข้าว 100 % น้ำตาล 80 % น้ำมัน 15 % น้ำ 80 %และผงฟู 5-7 % พบว่าเค้กที่ใช้แป้งที่มีอะไมโลสต่ำ และอุณหภูมิเจลาติไนส์ต่ำให้เนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าเค้กที่ได้จากแป้งที่มีอะไมโลสสูงและอุณหภูมิในการเจลาติไนส์สูง และ (Huang และคณะ 1991) ผลิตเค้กจากแป้งสุกที่มีความคงตัวของแป้งสูง hard gel consistency จะได้เนื้อเค้กที่ฟูเบา แต่เนื้อหยาบและแห้งเร็ว ในขณะที่แป้งที่เป็น soft gel consistency จะให้เค้กที่เนื้อแน่นและ แห้งช้ากว่า

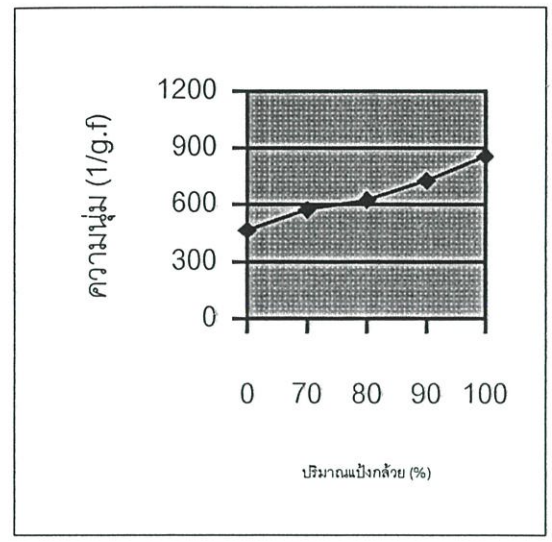
4.3.3 สีเนื้อเค้ก

เค้กที่ใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 70, 80, 90 และ 100 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด นำมาตัดเป็นแผ่นความหนาประมาณ 1 นิ้วและนำมาวัดค่าสีเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี (ภาพที่ 4.11) พบว่าสีของเค้กจากแป้งสาลีจะมีสีเหลืองครีม ส่วนเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดแทนจะมีสีน้ำตาลเข้ม จากการทดลอง (ภาพที่ 4.13-4.14) พบว่าค่า L a และ b ของเค้กจากแป้งสาลีล้วนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดแทนโดยค่า L และ ค่า b ลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนค่า a จะเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่มากขึ้นแต่ไม่แตกต่างทางสถิติในทุกระดับของการทดแทนด้วยแป้งกล้วย ค่า L ของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ทุกระดับของการทดแทนไม่

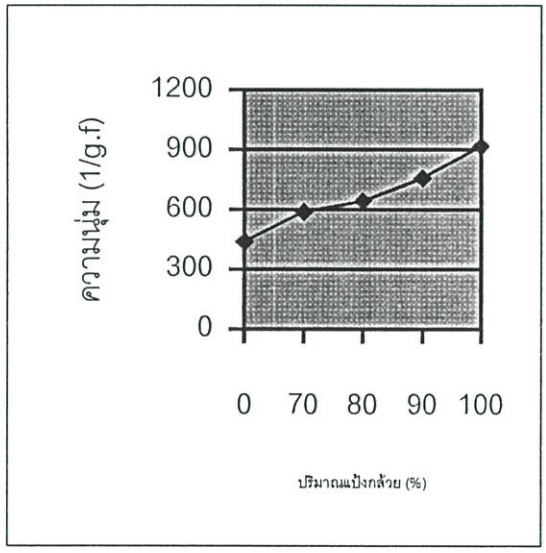
แตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่า L ของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % การทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 70 % จะมีความแตกต่างจากการทดแทนด้วยแป้งกล้วยในระดับ 80, 90 และ 100% ในขณะที่ ค่า L ของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 และ 100 % การทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 100 % มีความแตกต่างจากการทดแทนด้วยแป้งกล้วยในระดับ 70, 80 และ 90 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ค่า b ของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ทุกระยะความแก่ของกล้วยในการทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 70 80 และ 90 % ($P \leq 0.05$) มีความแตกต่างจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 100 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเกิดสีน้ำตาลในเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยเนื่องมาจากการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่มาจากแป้งกล้วยและเป็นสารตั้งต้นในการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง ซึ่งในส่วนผสมและขั้นตอนการผสมรวมถึงขั้นตอนการอบเค้กซึ่งเกิดทั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) และคาราเมลไรเซชั่น (caramelization)



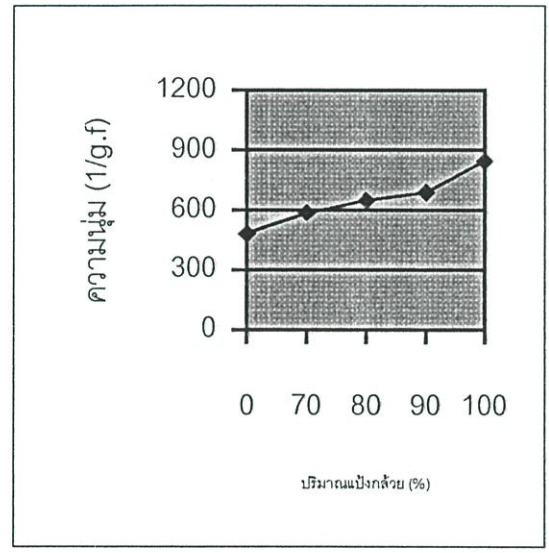
(ก)



(ข)

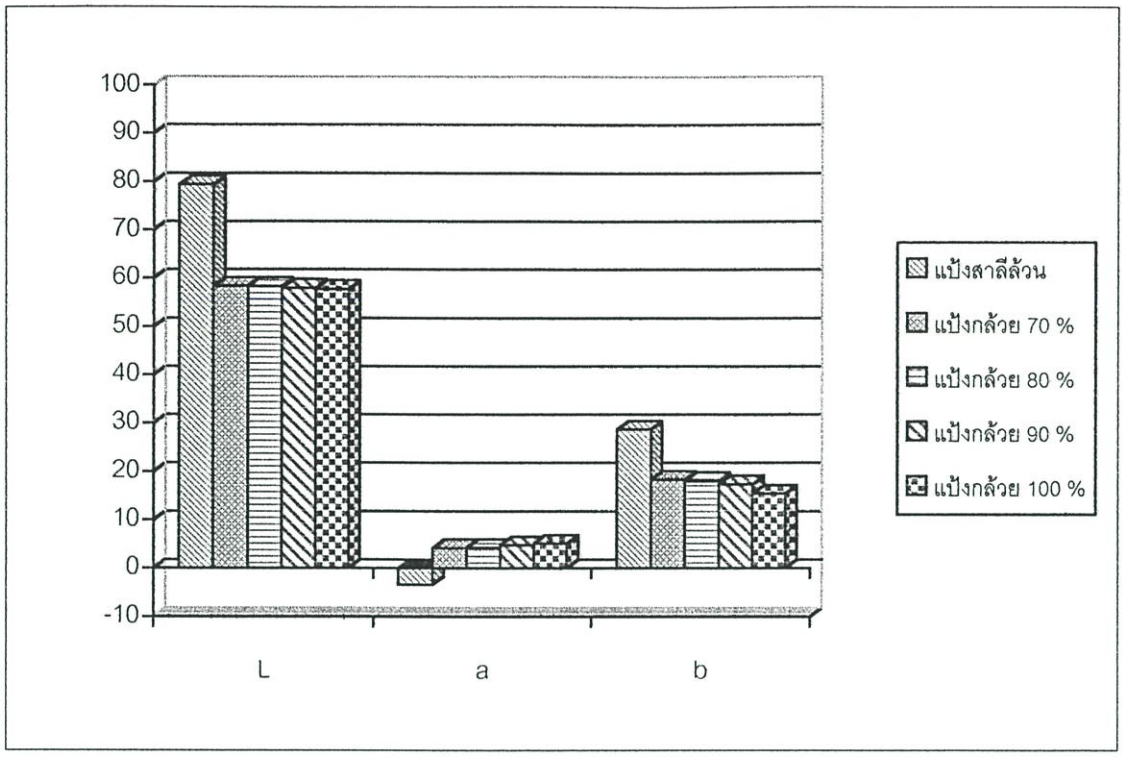


(ค)

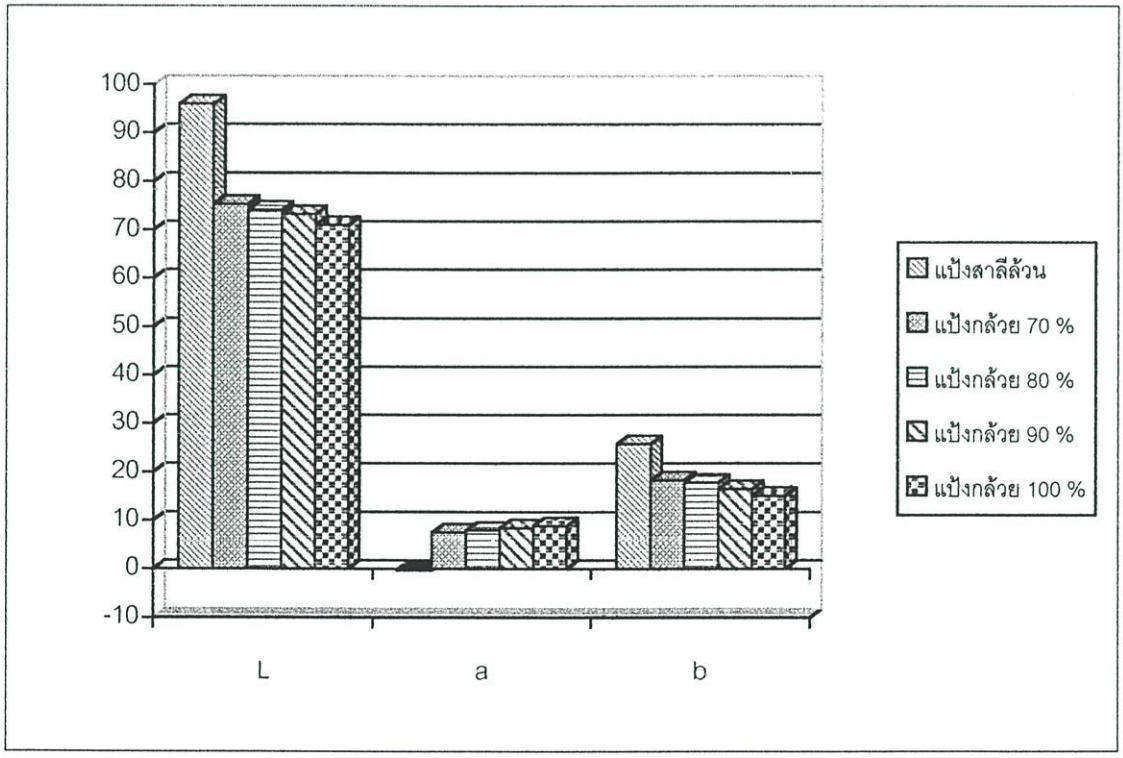


(ง)

ภาพที่ 4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี

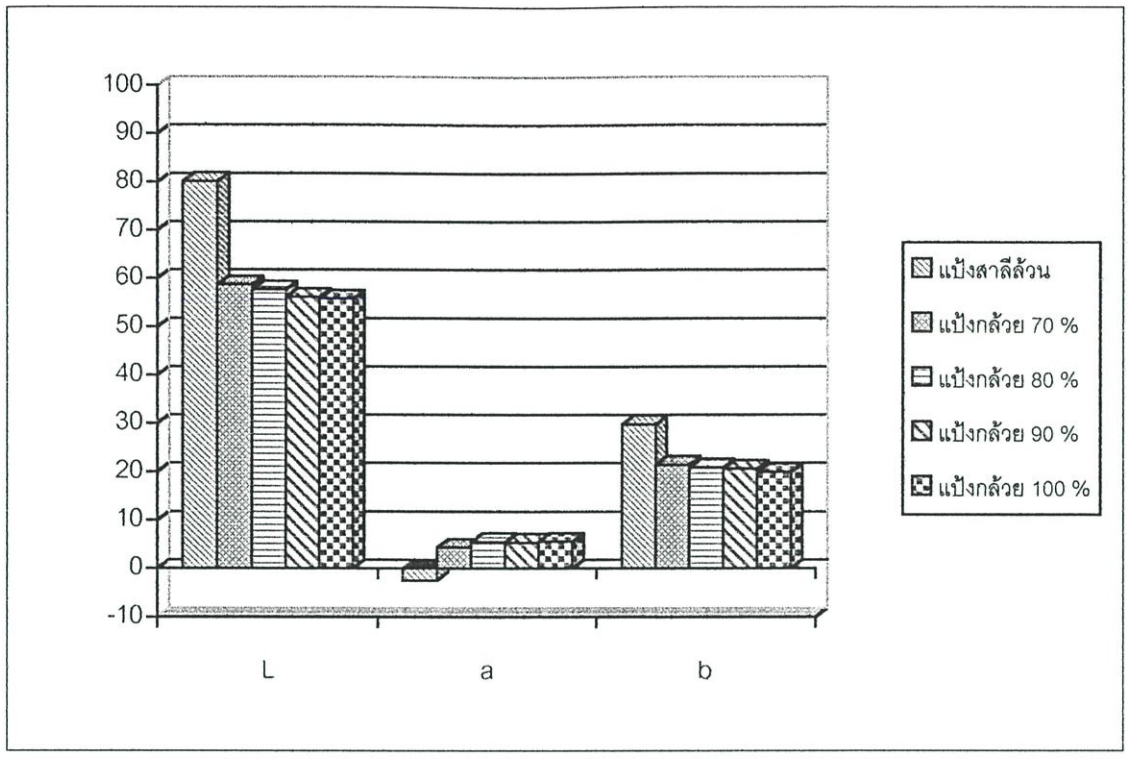


(ก)

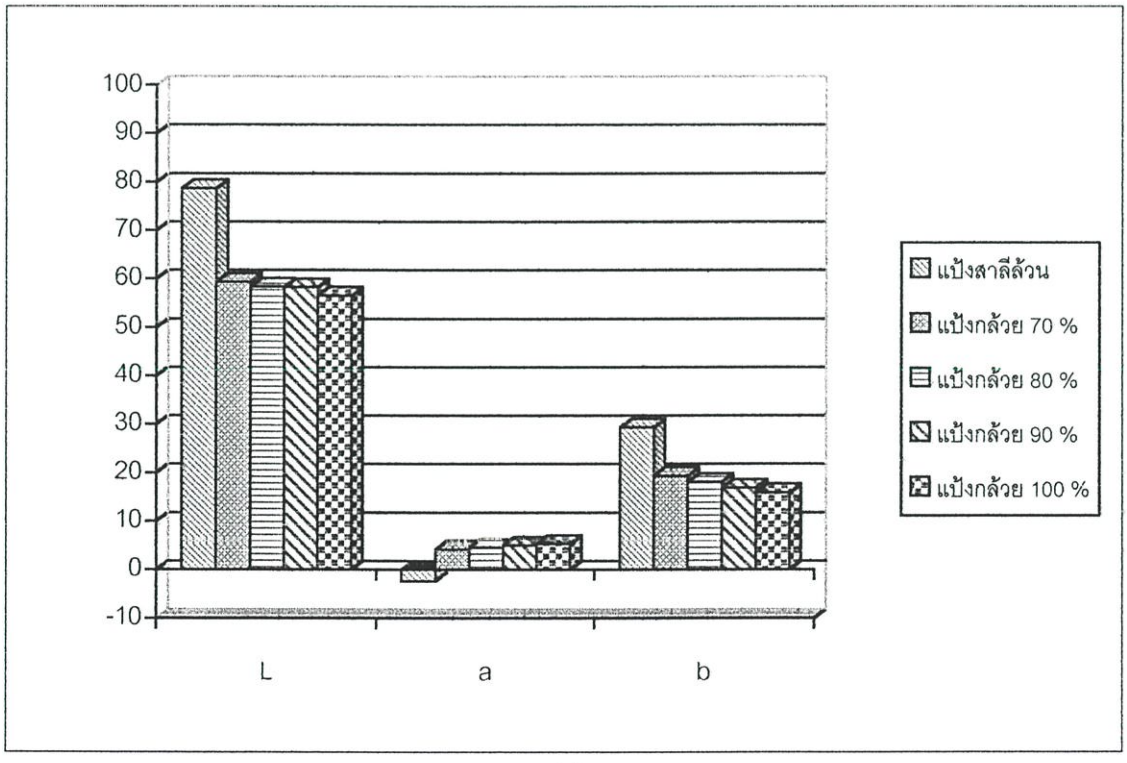


(ข)

ภาพที่ 4.13 สีเนื้อเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) และที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.14 สีเนื้อเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 % (ก) และที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 % โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี

4.3.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเค้ก

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้ก ใช้วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม (Difference from Control Test) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ผู้ทดสอบจะทดสอบคุณลักษณะของเค้กในด้าน สีเนื้อเค้ก, ลักษณะเนื้อสัมผัส, ลักษณะของเซลล์อากาศ, ความชุ่มฉ่ำ, กลิ่น และรสชาติ โดยมีสเกลการให้คะแนน 3 ระดับ คือ (+ 1 , 0 และ -1) คะแนน +1 หมายถึง เค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีคุณลักษณะที่แตกต่างจากเค้กแป้งสาลีในด้านที่ดีกว่า คะแนน 0 หมายถึง เค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีคุณลักษณะไม่แตกต่างกับเค้กจากแป้งสาลี คะแนน -1 หมายถึง เค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีคุณลักษณะที่แตกต่างในทางที่ด้อยกว่าเค้กจากแป้งสาลี จากผลการทดสอบ (ตารางที่ 4.6 – 4.9) พบว่าเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ในระดับการทดแทนที่ 70, 80, 90 และ 100 % มีผลต่อคุณลักษณะในด้านสี และกลิ่นของเค้ก โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของสีเนื้อเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยเมื่อเปรียบเทียบกับสีเนื้อเค้กจากแป้งสาลีได้ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวัดค่าสีเนื้อด้วยเครื่องวัดสี ลักษณะเนื้อสัมผัสเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดลองพบว่ามีความแตกต่างจากเค้กที่ผลิตจากแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งก็ให้ผลสอดคล้องกับการวัดเนื้อสัมผัสของเค้กด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสเช่นกัน ลักษณะเซลล์ของเค้กพบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยระดับ70 และ80 % ที่ทุกระยะความแก่ของกล้วยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านความชุ่มฉ่ำของเนื้อเค้กนั้นการทดแทนด้วยแป้งกล้วยในระดับ 70 % ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รสชาติของเค้กพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่าง ของเค้กได้ในระดับการทดแทนแป้งสาลีที่ 70 % ในขณะที่ การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80, 90 และ 100 % ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างได้เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยมากกว่า 80 % จากข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบชิมพบว่า การใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ทดแทน แป้งสาลีในเค้ก เค้กที่ทดสอบชิมมีความฝาดและมีรสเปรี้ยวเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากคุณสมบัติของแป้งกล้วยมีระยะการเก็บเกี่ยวกล้วยที่ไม่แก่เต็มที่กล้วยยังมีส่วนของแทนนินและกรดในปริมาณที่มากกว่าเมื่อกล้วยมีความแก่มากขึ้นจึงส่งผลทำให้รสชาติของเค้กมีความแตกต่างในด้านรสชาติ

ตารางที่ 4.6 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของเค้กที่ทดสอบ					
	สีเนื้อ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะเซลล์	ความชุ่มฉ่ำ	กลิ่น	รสชาติ
70	-0.33*	-0.60*	-0.15^{ns}	-0.18^{ns}	-0.38*	-0.25*
80	-0.45*	-0.65*	-0.30*	-0.45*	-0.35*	-0.43*
90	-0.60*	-0.56*	-0.35*	-0.53*	-0.40*	-0.45*
100	-0.83*	-0.78*	-0.45*	-0.70	-0.55*	-0.65*

ตารางที่ 4.7 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของเค้กที่ทดสอบ					
	สีเนื้อ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะเซลล์	ความชุ่มฉ่ำ	กลิ่น	รสชาติ
70	-0.85*	-0.63*	-0.20^{ns}	-0.23^{ns}	-0.33*	-0.23^{ns}
80	-0.80*	-0.33*	-0.23^{ns}	-0.35*	-0.33*	-0.23^{ns}
90	-0.88*	-0.50*	-0.45*	-0.45*	-0.33*	-0.38*
100	-0.88*	-0.58*	-0.40*	-0.58*	-0.38*	-0.48*

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับเค้กจากแป้งสาลี

Ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับเค้กจากแป้งสาลี

ตารางที่ 4.8 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของเค้กที่ทดสอบ					
	สีเนื้อ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะเซลล์	ความชุ่มฉ่ำ	กลิ่น	รสชาติ
70	-0.73*	-0.33*	-0.20*	-0.23^{ns}	-0.33*	-0.13^{ns}
80	-0.83*	-0.38*	-0.23*	-0.30*	-0.30*	-0.20^{ns}
90	-0.83*	-0.40*	-0.40*	-0.30*	-0.33*	-0.45*
100	-0.83*	-0.35*	-0.58*	-0.43*	-0.43*	-0.45*

ตารางที่ 4.9 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของเค้กที่ทดสอบ					
	สีเนื้อ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะเซลล์	ความชุ่มฉ่ำ	กลิ่น	รสชาติ
70	-0.88*	-0.30*	-0.18^{ns}	-0.28^{ns}	-0.36*	-0.20^{ns}
80	-0.63*	-0.45*	-0.23^{ns}	-0.35*	-0.28*	-0.23^{ns}
90	-0.90*	-0.73*	-0.68*	-0.50*	-0.43*	-0.58*
100	-0.88*	-0.68*	-0.68*	-0.63*	-0.48*	-0.60*

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับเค้กจากแป้งสาลี

Ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับเค้กจากแป้งสาลี

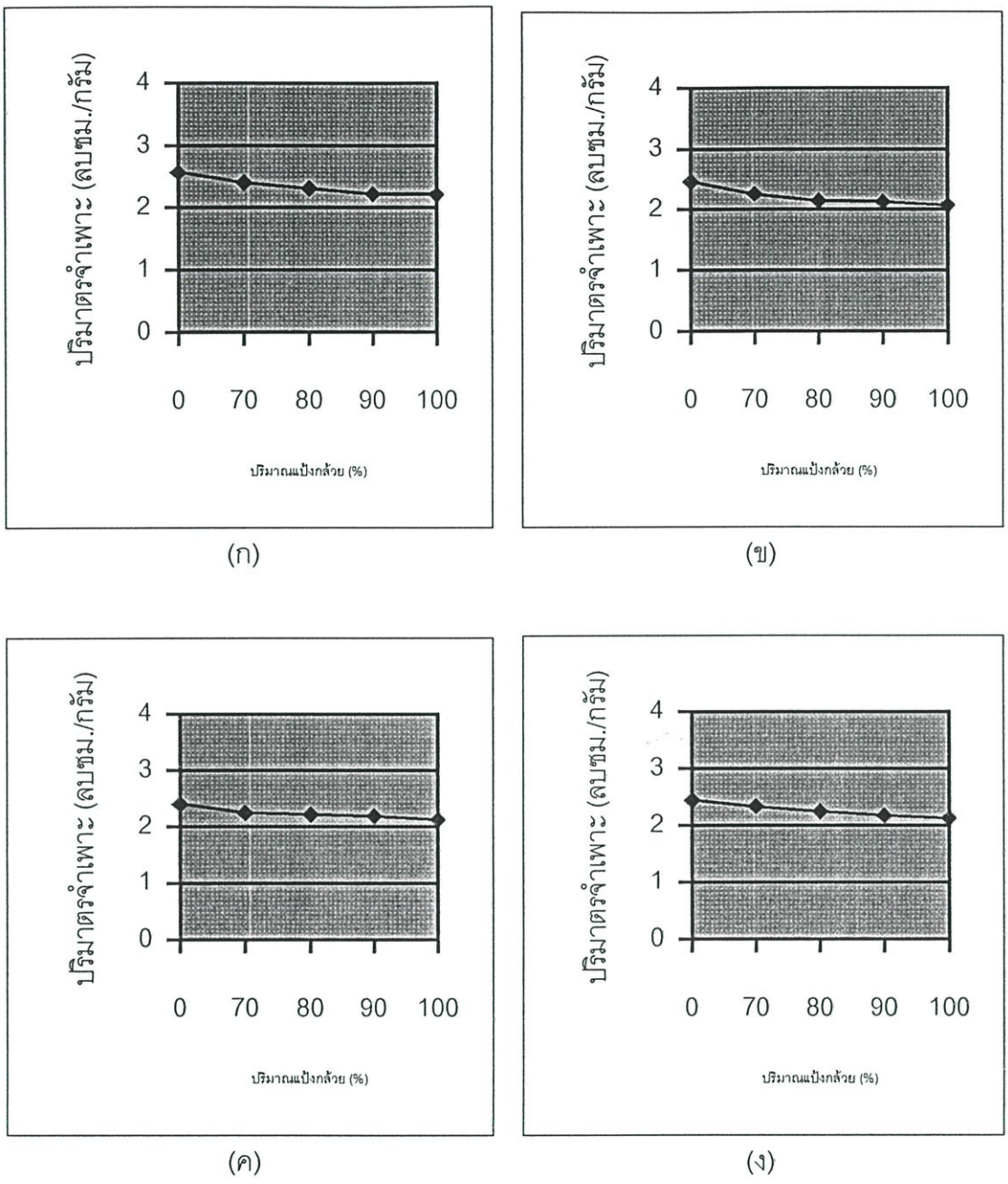
4.4 การใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ100 % ที่สามารถทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้

4.4.1. ปริมาตรจำเพาะของคุกกี้

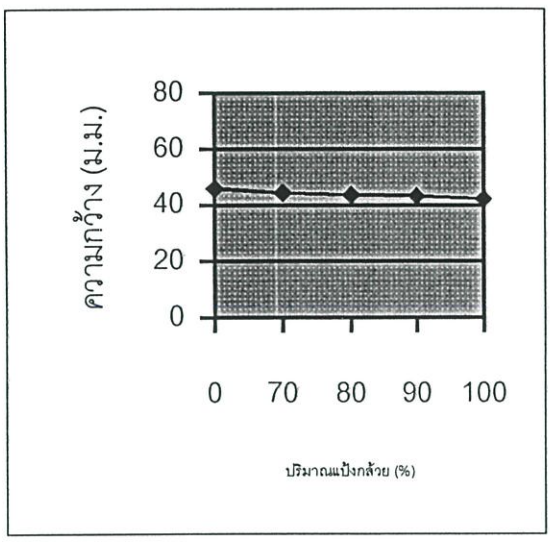
จากการใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % และทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 70, 80, 90 และ 100 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในคุกกี้ (ภาพที่ 4.15) พบว่าคุกกี้ที่ผลิตจากแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะสูงสุดอยู่ระหว่าง 2.40 - 2.56 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม และปริมาตรจำเพาะของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี (ภาพที่ 4.16) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ทุกระยะความแก่ที่ระดับการทดแทนที่ 70 , 80, 90 และ100 % ปริมาตรจำเพาะของคุกกี้ที่ลดลงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แป้งกล้วยมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นน้อยเพราะฉะนั้นในการทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้จึงทำให้คุกกี้มีการขยายตัวได้น้อยแต่มีน้ำหนักต่อชิ้นสูงในขณะที่คุกกี้จากแป้งสาลีมีการขึ้นฟูและน้ำหนักต่อชิ้นน้อยจึงทำให้เกิดความแตกต่างกันในด้านปริมาตรจำเพาะ

4.4.2 ความกว้างของคุกกี้

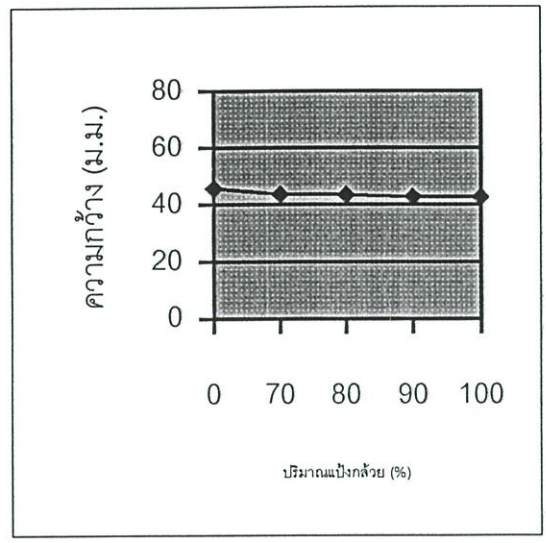
จากการใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % และทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 70, 80, 90 และ 100 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในคุกกี้ (ภาพที่ 4.16) พบว่าคุกกี้ที่ผลิตจากแป้งสาลีมีความกว้าง (w) สูงสุดอยู่ระหว่าง 45.55 - 46.89 มิลลิเมตร และความกว้างของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี (ภาพที่ 4.17) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ที่ระดับการทดแทนที่ 100 % ความกว้างของคุกกี้ที่ลดลงมีความแตกต่างกับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 70, 80 และ 90 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80, 90 และ 100 % ที่ระดับการทดแทนแป้งสาลีที่ 100 % ไม่มีความแตกต่างกัน รวมถึงการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ทุกระดับจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับความกว้างของคุกกี้จะเกี่ยวข้องกับการแผ่ของคุกกี้ซึ่งมีปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการแผ่ของคุกกี้คือปริมาณน้ำอิสระในส่วนผสมสูตรที่ค่อนข้างแห้งจะควบคุมการแผ่ของคุกกี้ได้ดีกว่า โปรตีนและคุณภาพของโปรตีน และค่าการดูดซับน้ำของแป้งถ้ามีสูง สูงจะลดการแผ่ของคุกกี้ลงทำให้ความกว้างของคุกกี้ลดลงด้วย



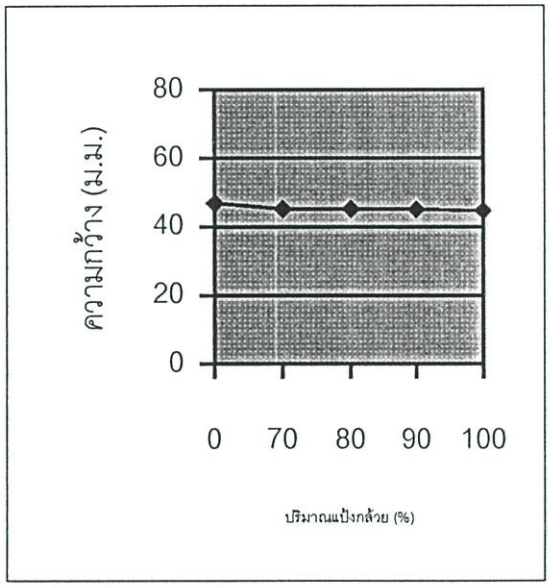
ภาพที่ 4.15 ปริมาตรจำเพาะของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) และแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี



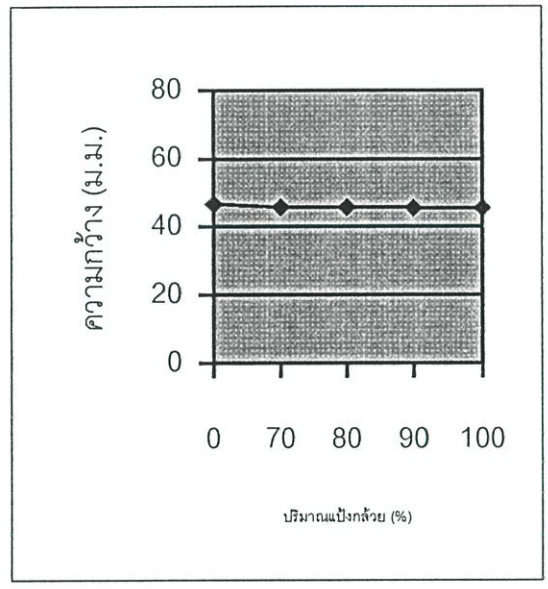
(ก)



(ข)

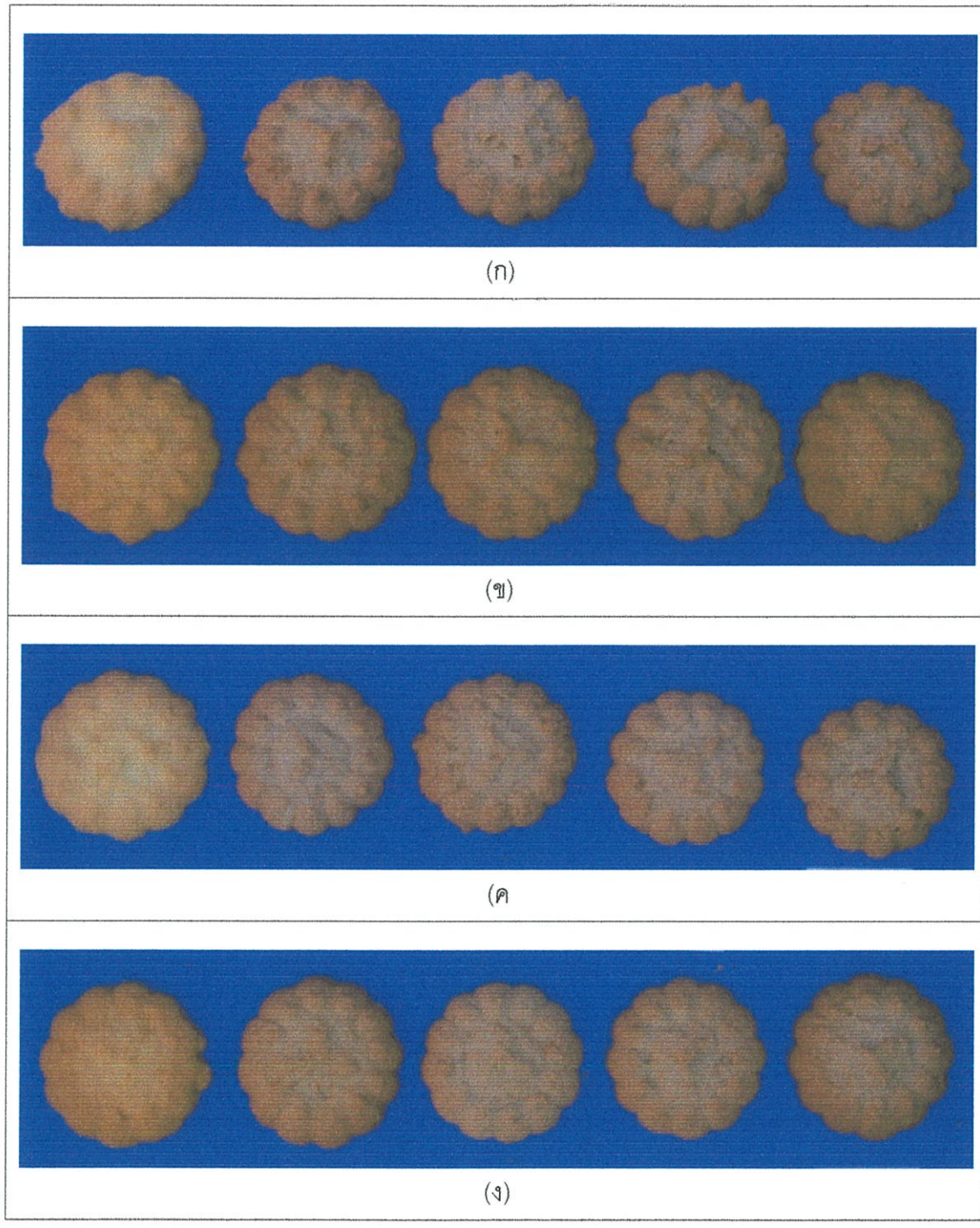


(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.16 ความกว้างของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) และแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี



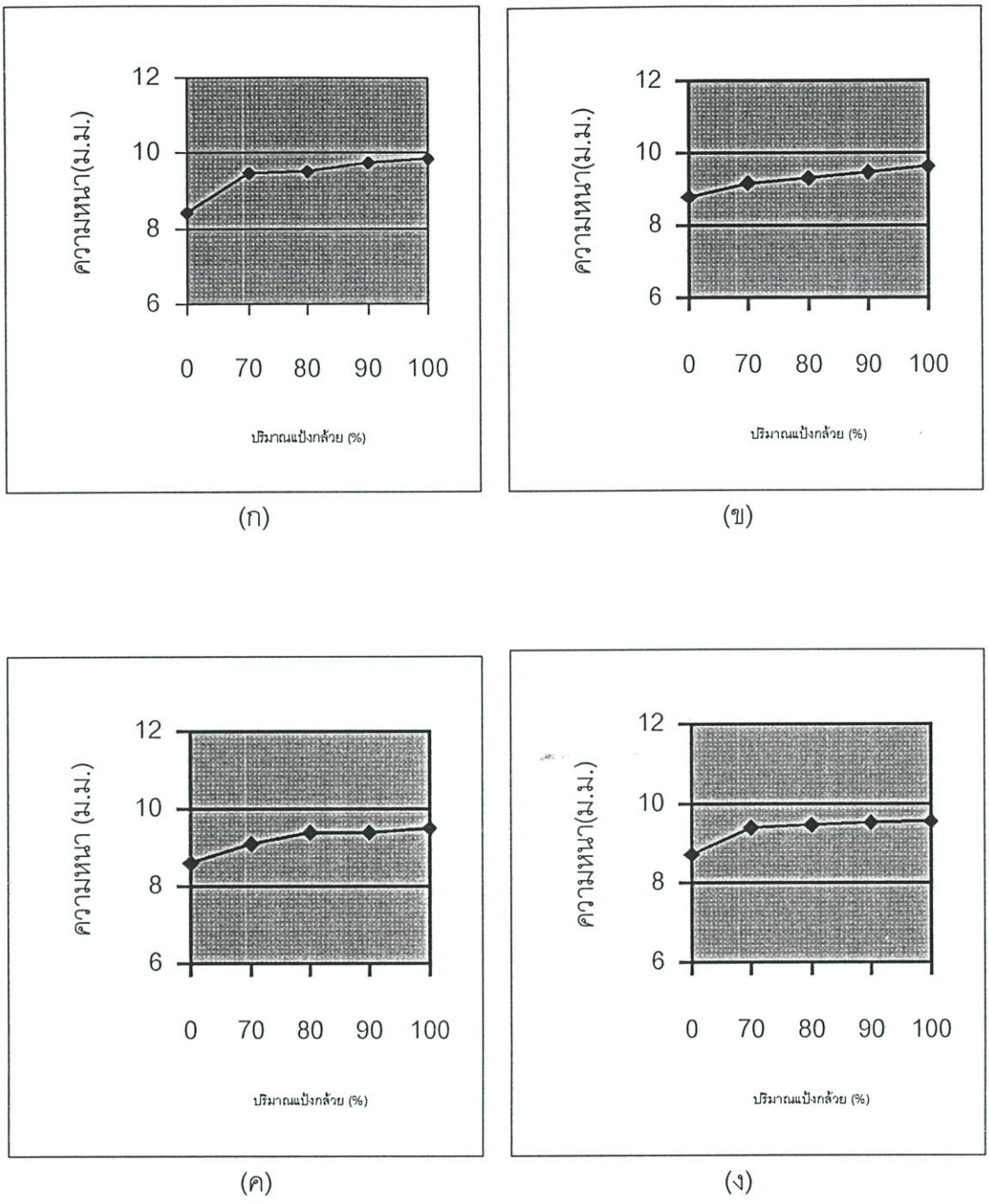
ภาพที่ 4.17 คุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

4.4.3 ความหนาของคุกกี้

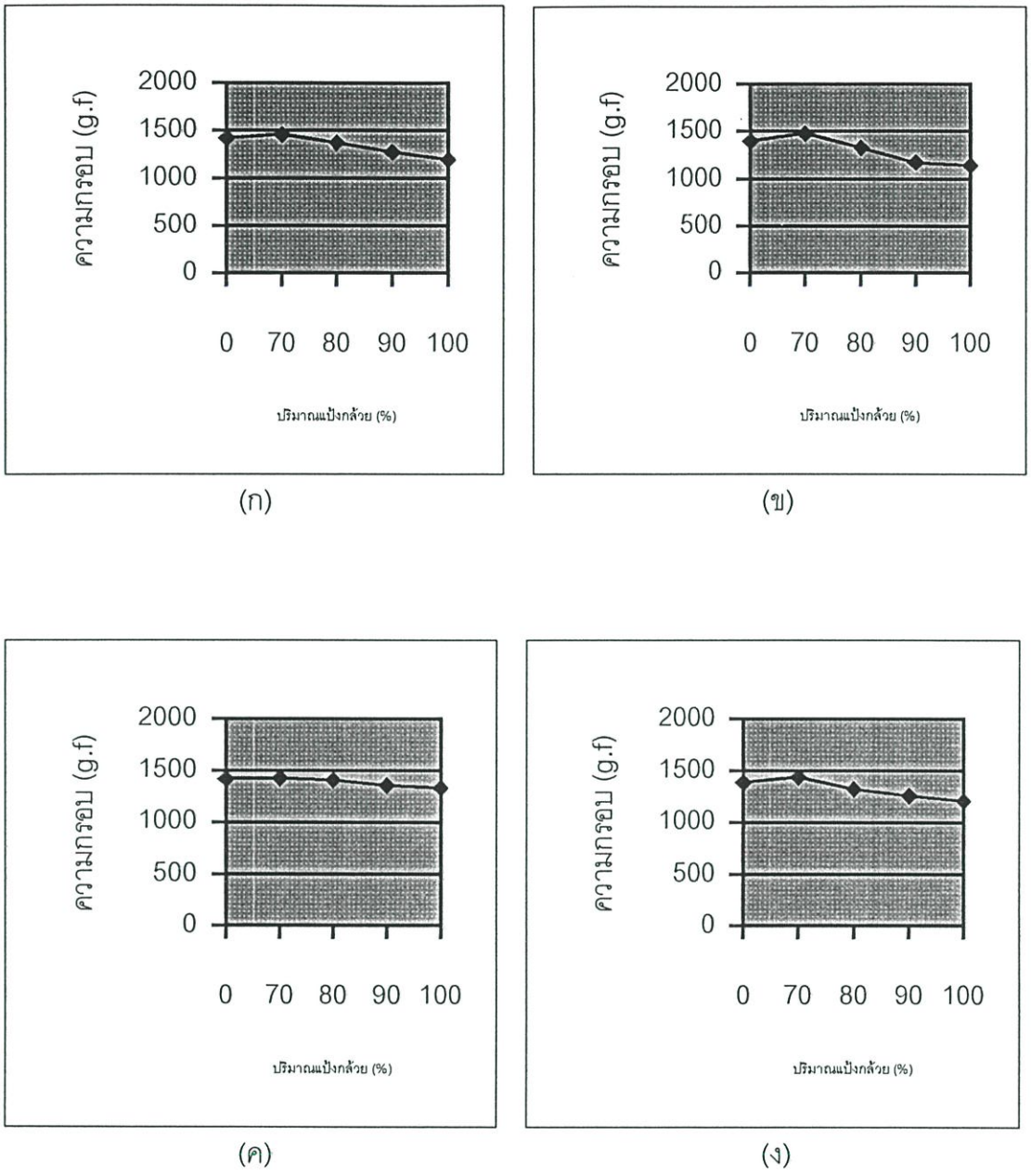
จากการใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % และทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 70, 80, 90 และ 100 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในคุกกี้ (ภาพที่ 4.18) พบว่าคุกกี้ที่ผลิตจากแป้งสาลีมีความหนาน้อยที่สุดมีค่าอยู่ระหว่าง 8.60 - 8.78 มิลลิเมตร และ ความหนาของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดลองมีความหนาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี (ภาพที่ 4.17) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ที่ระดับการทดแทนที่ 70, 80 % และที่ระดับการทดแทนที่ 90, 100 % ความหนาของคุกกี้ที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80, 90 และ 100 % ที่ทุกระดับของการทดแทนความหนาของคุกกี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อเพิ่มการทดแทนแป้งแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยมากขึ้นคุกกี้จะมีแนวโน้มของความหนาเพิ่มมากขึ้น ความหนาและความกว้างของคุกกี้มีความสัมพันธ์กันหากคุกกี้มีความกว้างมากจะมีความหนาน้อยเพราะคุกกี้มีการขยายตัวมากและในทางกลับกันถ้าคุกกี้มีความกว้างน้อยจะมีความหนามาก ในกรณีของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยคุกกี้ที่ได้ทุกระดับของการทดแทนจะมีความกว้างน้อยและมีความหนามากโดยเฉพาะในคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ที่ระดับการทดแทนแป้งสาลีที่ 90 และ 100%

4.4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้

จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ (ในด้านความกรอบ) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส รายงานผลจากการวัดเป็นค่าของแรงที่ใช้ในการกดลงที่ชิ้นคุกกี้แล้วทำให้คุกกี้แตก (Fracturability) พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 70 % ที่ทุกระยะความแก่ของกล้วยจะมีค่าแรงที่ใช้ในการทำให้คุกกี้แตกสูงสุด (ภาพที่ 4.19) ในขณะที่คุกกี้จากแป้งสาลีและคุกกี้จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย ระดับการทดแทนที่ 80 % มีค่าของแรงที่ใช้ใกล้เคียงกัน และการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในระดับการทดแทนที่ 90 และ 100 % ในแป้งกล้วยจากกล้วยทุกระยะความแก่จะมีลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ไม่มีความแตกต่างกันและค่าของแรงที่ใช้จะมีค่าน้อยลงเพราะคุกกี้ที่ได้จะมีลักษณะร่วนมากขึ้น หากกล่าวโดยรวมแล้วคุกกี้ที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วนจะมีความกรอบน้อยกว่าคุกกี้ที่ผสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งกล้วยเพราะการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ 70 % ใช้แรงในการทำให้คุกกี้แตกมากกว่าคุกกี้จากแป้งสาลี แต่เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนไปที่ 90 และ 100 % คุกกี้จะมีความกรอบน้อยลง



ภาพที่ 4.18 ความหนาของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) และแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % (ข) 90 % (ค) 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี



ภาพที่ 4.19 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) 80 % (ข) 90 % (ค) และ 100 % (ง) โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

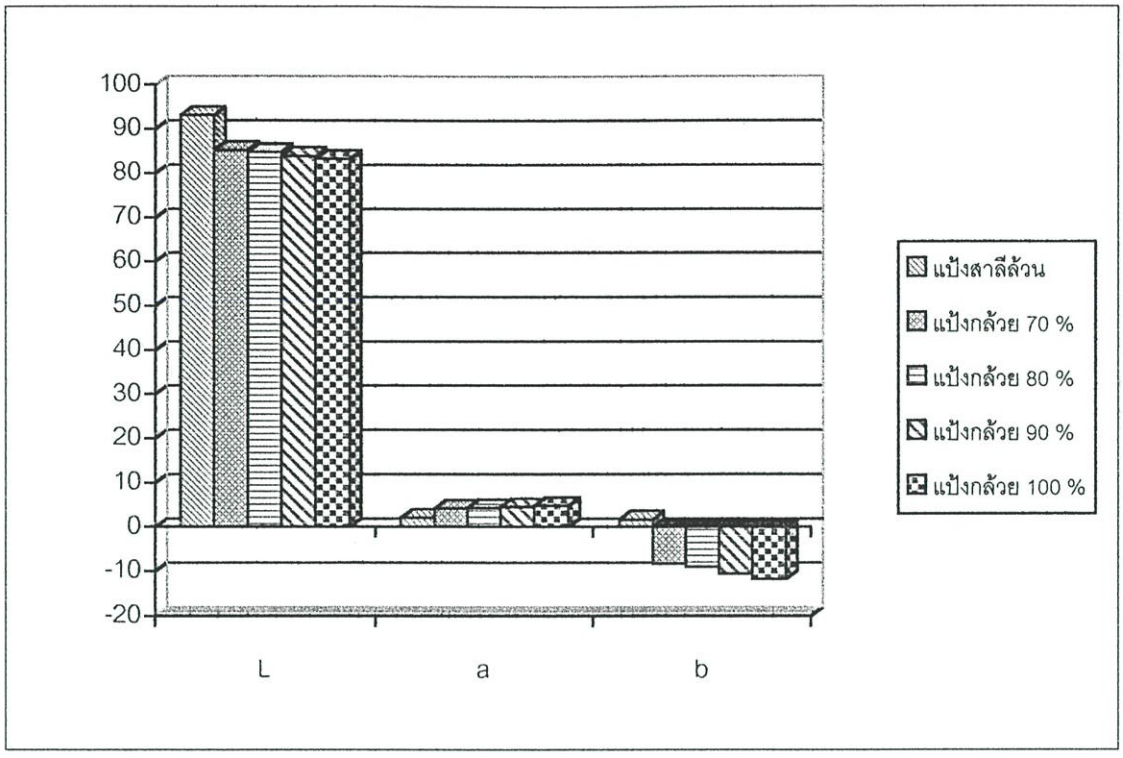
4.4.5 สีคุกกี้

สีของคุกกี้ที่ใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 70, 80, 90 และ 100 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด นำมาวัดค่าสีเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี (ภาพที่ 4.17) พบว่าสีของคุกกี้จากแป้งสาลีจะมีสีเหลือง ส่วนคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดแทนจะมีสีน้ำตาลเข้ม จากการทดลอง (ภาพที่ 4.20-21) พบว่าค่า L a และ b ของคุกกี้จากแป้งสาลีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยทุกระดับการทดแทนโดยค่า L และ ค่า b ลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนค่า a จะเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่มากขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกระดับของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าค่า a ของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ค่าที่ได้จากการวัดสีพบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระยะความ 90 และ 100 % มีแนวโน้มที่ ค่า a จะเพิ่มขึ้นมาก กว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 และ 80 % สีที่เข้มขึ้นของคุกกี้เกิดจากการเกิดสีน้ำตาลทั้งที่มีเอ็นไซม์เกี่ยวข้องและไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องเนื่องมาจากคุณภาพของแป้งกล้วยและส่วนประกอบในการผลิตคุกกี้ที่มีทั้งโปรตีน ไขมัน และน้ำรีดิวส์ รวมถึงมีการให้ความร้อนสูงซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดสีน้ำตาลได้มากขึ้น

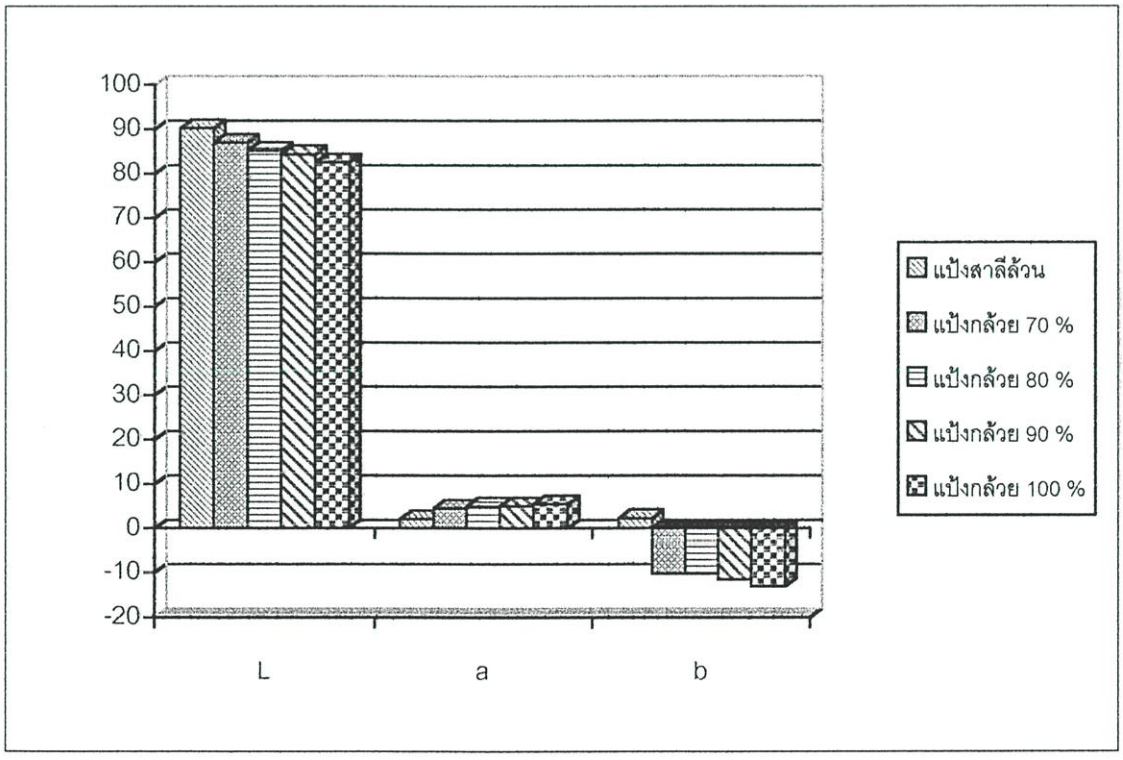
4.4.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุกกี้

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุกกี้ ใช้วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม (Difference from Control Test) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ผู้ทดสอบจะทดสอบคุณลักษณะของคุกกี้ในด้าน สี, ลักษณะเนื้อสัมผัส, กลิ่น และรสชาติ โดยมีสเกลการให้คะแนน 3 ระดับ คือ (+ 1 , 0 และ -1) คะแนน +1 หมายถึง คุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีคุณลักษณะที่แตกต่างจากคุกกี้แป้งสาลีในด้านที่ดีกว่า คะแนน 0 หมายถึง คุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีคุณลักษณะไม่แตกต่างกับคุกกี้จากแป้งสาลี คะแนน -1 หมายถึงคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมีคุณลักษณะที่แตกต่างในทางที่ด้อยกว่าคุกกี้จากแป้งสาลี จากผลการทดสอบ (ตารางที่ 10-13) พบว่าคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ในระดับการทดแทนที่ 70, 80, 90 และ 100 % มีผลต่อคุณลักษณะในด้านสี และกลิ่นของคุกกี้ โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของสีคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยเมื่อเปรียบเทียบกับสีคุกกี้จากแป้งสาลีได้ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวัดค่าสีเนื้อด้วยเครื่องวัดสี ลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านความกรอบของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยทุกระยะความแก่ที่ระดับการทดแทนที่ 70 % ความกรอบไม่มีความแตกต่างจากคุกกี้ที่ผลิตจากแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งก็ให้ผลสอดคล้องกับการวัดเนื้อสัมผัสของคุกกี้ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสเช่นกัน ในด้านรสชาติของ

คุกกี้พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่าง ของคุกกี้ได้ในระดับการทดแทนแป้งสาลีที่ 70 % ในขณะที่ การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80, 90 และ 100 % ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างได้เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยมากกว่า 70 % ซึ่งมีข้อเสนอแนะจากผู้ทดสอบชิมในลักษณะเดียวกับในเค้กโดยพบว่า การใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้ จะมีความฝาดและมีรสเปรี้ยวเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลจากคุณสมบัติของแป้งกล้วยที่มีระยะการเก็บเกี่ยวกล้วยที่แตกต่างกันกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % ยังไม่แก่เต็มที่กล้วยยังมีส่วนของแทนนินและกรดในปริมาณที่มากกว่าเมื่อกล้วยมีความแก่มากขึ้นจึงส่งผลทำให้รสชาติของคุกกี้ที่ผลิตได้

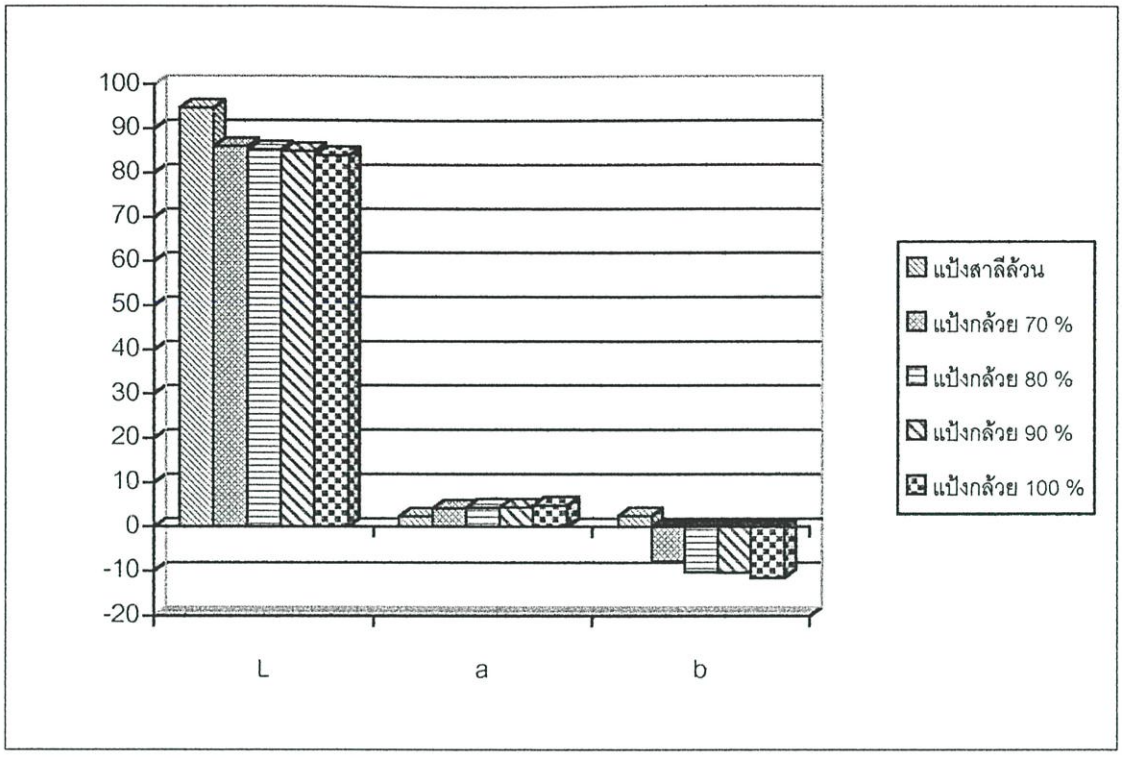


(ก)

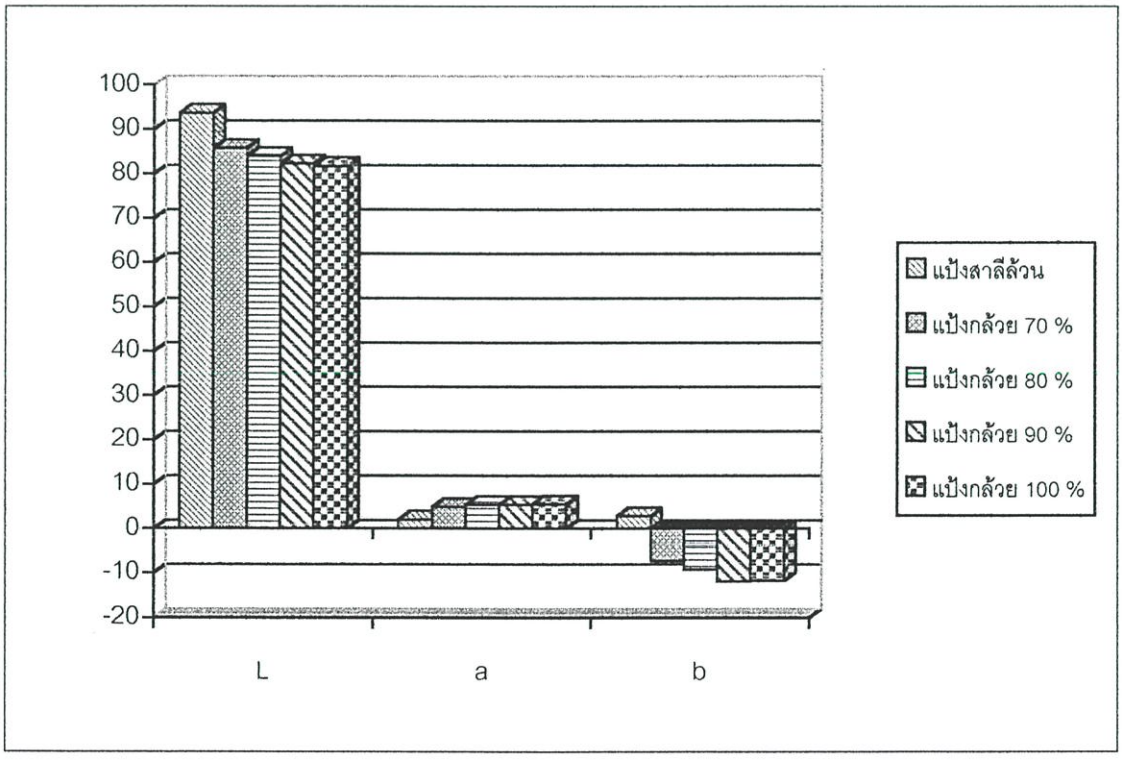


(ข)

ภาพที่ 4.20 สีคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % (ก) และที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.21 สีคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 % (ก) และที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 % โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

ตารางที่ 4.10 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของคุกกี้ที่ทดสอบ			
	สีคุกกี้	ความกรอบ	กลิ่น	รสชาติ
70	-0.65*	-0.23^{ns}	-0.31*	-0.30*
80	-0.85*	-0.38*	-0.35*	-0.36*
90	-0.80*	-0.38*	-0.50*	-0.42*
100	0.95*	-0.35*	-0.58*	-0.58*

ตารางที่ 4.11 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของคุกกี้ที่ทดสอบ			
	สีคุกกี้	ความกรอบ	กลิ่น	รสชาติ
70	-0.60*	-0.25^{ns}	-0.25^{ns}	-0.15^{ns}
80	-0.73*	-0.25*	-0.33*	-0.25^{ns}
90	-0.85*	-0.35*	-0.48*	-0.43*
100	-0.85*	-0.43*	-0.35*	-0.38*

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับคุกกี้จากแป้งสาลี

Ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับคุกกี้จากแป้งสาลี

ตารางที่ 4.12 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของคุกกี้ที่ทดสอบ			
	สีคุกกี้	ความกรอบ	กลิ่น	รสชาติ
70	-0.58*	-0.30*	-0.38*	-0.25^{ns}
80	-0.63*	-0.35*	-0.43*	-0.25*
90	-0.63*	-0.43*	-0.45*	-0.38*
100	-0.60*	-0.45*	-0.47*	-0.40*

ตารางที่ 4.13 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 %

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	คุณภาพของคุกกี้ที่ทดสอบ			
	สีคุกกี้	ความกรอบ	กลิ่น	รสชาติ
70	-0.53*	-0.23^{ns}	-0.28*	-0.17^{ns}
80	-0.63*	-0.38*	-0.28*	-0.25^{ns}
90	-0.65*	-0.43*	-0.33*	-0.35*
100	-0.68*	-0.58*	-0.35*	-0.48*

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับคุกกี้จากแป้งสาลี

Ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยกับคุกกี้จากแป้งสาลี

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาปริมาณแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีที่ 15, 20, 25 และ 30 % พบว่า ทำให้ปริมาตรจำเพาะ และความนุ่มของขนมปังลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี สีเนื้อในของขนมปังมีสีคล้ำขึ้น คือมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีเหลือง (b) ลดลง และค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทางกลับกันสีเปลือกนอกของขนมปังมีสีอ่อนลงมีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น ค่าสีเหลือง (b) และค่าสีแดง (a) ลดลง เมื่อทดแทนด้วยแป้งกล้วยในปริมาณที่มากขึ้น

2. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังสีเนื้อใน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับขนมปังจากแป้งสาลีล้วน ส่วนสีเปลือกนอก, ลักษณะเนื้อสัมผัส, ลักษณะของเซลล์อากาศ, กลิ่น และรสชาติ ส่วนใหญ่จะมีความแตกต่างที่ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยมากกว่า 15 %

3. ในการทดแทนแป้งกล้วยในการผลิตขนมปังที่เหมาะสม สามารถทดแทนได้ในช่วง 15-20 % ด้วยแป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีระยะความแก่ 80 -100 %

4. การศึกษาปริมาณแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีที่ 70, 80, 90 และ100 % ในผลิตภัณฑ์เค้ก พบว่าทำให้ปริมาตรจำเพาะ และความนุ่มของเค้กลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี และ สีเนื้อเนื้อเค้กคล้ำขึ้นมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีเหลือง (b) ลดลง และค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

5. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของในด้าน สีและกลิ่นของเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเค้กจากแป้งสาลี ลักษณะเนื้อสัมผัส, ลักษณะของเซลล์อากาศ, ความชุ่มฉ่ำ, และรสชาติ มีความแตกต่างเมื่อทดแทนด้วยแป้งกล้วยมากว่า 70 %

6. ในการทดแทนแป้งกล้วยในการผลิตเค้กที่เหมาะสม สามารถทดแทนได้ในช่วง 70 - 90 % ด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 - 100 %

7. การศึกษาการใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % ทดแทนแป้งสาลีที่ 70, 80, 90 และ100 % ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่า ทำให้ปริมาตรจำเพาะ ค่าความกว้างและค่าความกรอบของคุกกี้ลดลง แต่ค่าความหนาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี และ สีของคุกกี้จะเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีค่าความสว่าง (L) ค่าสีเหลือง (b) ลดลง และค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

8. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของ สีและกลิ่นของคุกกี้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับคุกกี้จากแป้งสาลี ลักษณะเนื้อสัมผัส(ความกรอบ), กลิ่น และรสชาติ มีความแตกต่างที่ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยมากกว่า 70 %

9. การทดแทนแป้งกล้วยในการผลิตคุกกี้ที่เหมาะสม สามารถทดแทนได้ในช่วง 70-90 % ด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 -100 %

10. การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบควรเลือกใช้กล้วยที่ระยะความแก่ตั้งแต่ 80-100 % และทดแทนในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ตั้งแต่ 15-20 % ในขนมปัง และ 70-90 % ในผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้

ข้อเสนอแนะ

1. แป้งกล้วยที่จะนำทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบควรเป็นแป้งที่ได้จากกล้วยที่มีระยะความแก่ตั้งแต่ 80 % ขึ้นไป เพราะจะไม่ทำให้เกิดปัญหารสฝาดในผลิตภัณฑ์

2. การศึกษาปริมาณแป้งกล้วยที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ ขนมปัง เค้ก และคุกกี้ ในครั้งนี้เน้นการศึกษาเบื้องต้นถึงขอบเขตในการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ จึงควรมีการพัฒนาสูตรของแต่ละผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณลักษณะที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

3. แป้งกล้วยจะมีกลิ่นเฉพาะตัวและมีสีเข้มเมื่อนำมาใส่ในผลิตภัณฑ์จึงควรมีการพัฒนานำแป้งกล้วยไปทดแทนในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ต้องการสีเข้ม และมีกล้วยเป็นส่วนผสมหลัก

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมวิชาการเกษตร. 2544. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีการเพาะปลูก 2533-2544 . กรุงเทพ ฯ. ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมศุลกากร อ้างใน สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2544. ข้อมูลด้านการผลิตและการตลาดสินค้าเกษตรที่สำคัญ. สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

กรุณา วงษ์กระจ่าง, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์, ลัดดา แสงเดือน, สุมิตรา บุญบำรุง และพะยอม อัตถวิบูลย์กุล. 2539. " สรุปผลการดำเนินงานวิจัยโครงการวิจัยทุนอุดหนุน วิจัย มก. ประเภท ข. ประจำปี 2537 และ 2538." กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . เอกสารประกอบการสัมมนา.

ชลธิรา บุญเรืองยา. 2545. "การศึกษาอายุการเก็บรักษาแป้งกล้วย." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2541. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2539. **ผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งสาลี**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เอกสารประกอบการฝึกอบรม.

ญาณิศา รัตอาภา, วิภา สุโรจนะเมธากุล, มาฤดี ผ่องพิพัฒนพงศ์, ตวิษา โลหะนะ, ไพลิน ผู้พัฒน์ และ วารุณี ประดิษฐ์ศรีกุล. 2536. " การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วย." : **วารสารอาหาร**. 23(3): 197-208.

เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ. 2542. " **กล้วยไทยสู่ปี 2000**" กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร. เอกสารประกอบการสัมมนา.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. **สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน**. เชียงใหม่. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .

ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนปนนท์. 2535. **การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

พรวีนัส ปั้นหยา. 2544. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ". วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภานุมาศ รุ่งเรืองอารี. 2541. "ผลของแป้งข้าวพรีเจลาติไนซ์และการเสริมโปรตีนต่อคุณภาพของขนมปังจากแป้งข้าวเจ้า". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิภา คุณทรงเกียรติ. 2541. **วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน**. ชลบุรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2538. **กล้วย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. ประชาชน.

ปิยวรรณ สุกุมลนันทน์. 2537. "การใช้แป้งคัพภะข้าวโพดและแป้งสาลีชนิดอื่นทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการทำขนมปัง." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วลัย หุตะโกวิท, บุษรา สร้อยระย้า, ดวงแข สุขโข, เฟื่องฟ้า เมฆเกรียงไกร, รัมภา สุวรรณพฤกษ์, จุฑา วิริยะ และวิไลลักษ์ สุทธา. 2542. "**กล้วยไทยสู่ปี 2000**." กรุงเทพฯ กรมส่งเสริมการเกษตร. เอกสารประกอบการสัมมนา.

ปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2540. เอกสารประกอบการสอน วิชาเบเกอรี่เทคโนโลยีและวิชาเทคโนโลยีธัญพืช. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิไลลักษณ์ รัตอาภา และ คณะ. 2532 "การศึกษาคุณค่าทางอาหารของกล้วยในกลุ่ม ABB บางชนิด." **วารสารอาหาร**. 19 (4): 247-256.

สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์. 2540. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกล้วย. กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบการสัมมนา.

สุนทร สหัสโพธิ์. 2533. "ความสำคัญของอะไมโลสและสารยึดเกาะในการผลิตขนมปังโดยใช้แป้งข้าวเจ้า." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2545. "การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งสาลีชนิดทำขนมปัง**. มอก. 374-2524. กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจเกษตร. 2542 . เอกสารสถิติการเกษตรเล่มที่ 12. สำนักเศรษฐกิจเกษตร กรุงเทพฯ .

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2539. **ข้าวสาลี**. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2541. เอกสารสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร หน่วยที่ 1-7 : **ผลิตภัณฑ์ขนมอบ**. สาขาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช . กรุงเทพฯ.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16 th ed. Virginia : The Association of Analysis Chemists. Arlington, Virginia.

Athapol,N., D. C. Bandola and N. Kongseree. 1994. Effect of rice variety, rice flour concentration and enzyme levels on composite bread quality. J. Sci. Food agric. 64: 433-440.

Bandola,D. C. 1991. Application of wheat and rice composite flour in breadmaking. M.S. thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.

Bean, C. M. , E. A. Elliston-Hoops and K. D. Nishita. 1983. Rice flour treatment for cake-baking application. **Cereal Chem.** 60(6): 445-449

Cano, P., M.A. Mtin and C. Fuster. 1990. Effect of some thermal treatments on polyphenoloxidase activities of banana (Musa Cavendish, var enona). J. Sci. Food Agric. 51: 223-231.

Chung,O. K., C. C. Tsen and R. J. Robinson. 1981. Functional properties of surfactants in breadmaking. III Effect of surfactants and soy flour on lipid binding in breads. Cereal Chem. 5(3): 220-226.

Ciacco, C. F. and B. L. D' Appolonia. 1977. Characterization of starches from various tubers and their use in bread-making. **Cereal Chem.** 54(5): 1096-1107.

Crowther, P.C. 1979. **The Processing of Banana Products for Food Use.** London : Tropical Products Institute.

Defloor, I., C. de Greet, M. Schellekens, A. Martens and J. A. Delcour. 1991. Emulsifiers and/or extruded starch in the production of bread from cassava. **Cereal chem.** 68(4) : 323-327.

Defloor, I., M. Nys and J. A, Delcour. 1993. Wheat starch, cassava starch and cassava flour impairment of the breadmaking potential of wheat flour. **Cereal Chem.** 70(5) : 526-530.

Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Robers. and F. Smith . 1956. " Colorimetric Method for Determination of Sugar and Related Substances." **Anal. Chem.** 28: 250-356.

Eliasson, A.C. and K. Larsson. 1993. **Cereals in Bread baking** . Marcel Decker, Inc., New York.

He, H. and R. C. Hoseney. 1991. Gas retention in bread dough during baking. **Cereal Chem.** 68(5) : 521-525.

Hoseney, R.C. 1994. Bread baking. **Cereal Food World** 39(3) : 180-183.

Hudson, B.J.F. and A.O. Ogunsua. 1976. The effect of fiber, starch damage and surfactants on the baking guality of wheat/ cassava composite flour flour. **J. food Technol.** 11(2) : 129- 136.

Juliano, B.O., C.M. Perez, A.B. Blankenny, T. Castillo, N. Kongseree, N., B. Laignelet., E.T. Lapis, V.V.S. Murt., C.M. Paule, and B.D. Webb. 1981. " International Cooperative Testing on the Amylose Content of Milled Rice." **Starch/ Starke.** 33(5) 157-162.

Juliano, B. O. 1997. A simplified essay for milled-rice amylose, **Cereal Sci. Today** 16: 334-338.

Kayisu, K., L.F.Hood and P.J. Vousoest. 1981. "Characterization of Starch and Fiber of Banana fruit." **J. Food Sci.** 46 : 1885-1890.

Lue, B. S. 1991. **Rice flour for baking**, pp. 9-34. In B. S. Lue (ed.). Rice Utilization. AVI Book, New York.

Mao, W.W and J.E. Kinsella. 1974. Amylase activity in banana fruit : Properties and changes in activity with ripening. **J. Food Sci.** 46: 1400-1403.

Palmer, J.K. 1971. The banana; Biochemistry of fruits and their products, p.65 in R.J. Chariers and M.A. Tung. Physical, rehological and chemical properties of bananas during ripening. **J. Food Sci.** 38: 456-459.

Perez, C. M. and B. O. Juliano. 1988. Varietal differences in quality characteristics of rice layer cakes and fermented cake. **Cereal chem.** 65(1): 40-43.

Prinyawimatkul, W. 2002. **Sensory Evaluation of Food** : Overview, Update, and Its Application. King Mongkut' s Institute of Technology, Ladkrabang , Bangkok.

Sheng, D. Y. 1995. Rice-based ingredients in cereal and snack. **Cereal Food World** 40(8): 538-540.

Thompson, L. U., L. Hung, N. Wang, V. F. Rasper and H. Gade. 1976. Preparation of mung bean flour and its application in bread making. **J. Food Sci.Techno.** 9(1): 1-5.

Tsaun, S.and R. H. Trisnamurti. 1988. Sago flour substitution in bread making process, pp. 216-224. In S. Maneepan, P. Varongoon and Phithakpol (eds.). Proceedings of The Food Conference October 24-26 1988. Bangkok, Thailand.

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1.การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC.1995)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำ aluminium can อบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 120 ± 3 องศาเซลเซียส น้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียด ใส่ใน aluminium can
3. นำไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 120 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
4 ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (dessicator)
5 .ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักต.ย. ก่อนอบ- นำหนัก ต.ย. หลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. การหาปริมาณสตาร์ช (Calcium chloride method, AOAC.1995)

สารเคมี

1. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เตรียมให้มีความเข้มข้นของ Ca 33 %
2. เอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 65 %
3. สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.8 %
4. ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 2 – 2.5 กรัม ใส่ในหลอดเซนทริฟิวจ์ (centrifuge tube)
2. กำจัดไขมันออกโดยเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 10 มิลลิลิตร และเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 65 % 10 มิลลิลิตร
3. คนด้วยแท่งแก้ว นำไปเซนทริฟิวจ์ประมาณ 15 นาที ที่ความเร็วรอบประมาณ 8000 รอบต่อนาที
4. เทส่วนใสทิ้งจากนั้น กำจัดไขมันต่อจนใช้สารสกัดทั้งหมด 60 มิลลิลิตร
5. เติมน้ำกลั่นลงในกาก 10 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้ว เทลงใน erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร

6. เติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 60 มิลลิลิตร และสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.8 % 2 มิลลิลิตร
7. ต้มส่วนผสม 15 – 17 นาที และคนอย่างต่อเนื่อง ระวังอย่าให้เป็นฟองและติดข้าง flask
8. ทำให้เย็นทันทีและเทใส่ใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ หยดแอลกอฮอล์ 1 หยด ถ้าเกิดฟอง
9. กรองของผสมผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ด้วยชุด bushner funnel และ suction
10. นำส่วนใสประมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ใน polarimetric tube ให้เต็ม ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศ
11. นำสารละลายไปวัดค่ามุมการหมุน
12. คำนวณหาปริมาณสตาร์ชจากสูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณสตาร์ช} = \frac{49 \times \text{มุมของการหมุน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

3. การหาปริมาณอะไมโลส (Juliano *et al.*,1981)

สารเคมี

1. เอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 95 %
2. เมทานอลข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มอล
4. สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มอล
5. Potato amylose (pure)
6. สารละลายไอโอดีน (ไอโอดีน 2 กรัม + โพแทสเซียมไอโอไดด์ 20 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร)

วิธีวิเคราะห์

การทำกราฟมาตรฐานอะไมโลส

1. ชั่ง Potato amylose (pure) 0.04 กรัม ใน 100 มิลลิลิตร volumetric flask
2. เติมเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 95 % 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าผสมให้เข้ากัน
3. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มอล 9 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องเขย่า
4. นำไปต้มใน water bath 10 นาที ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นตั้ง standard solution ที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

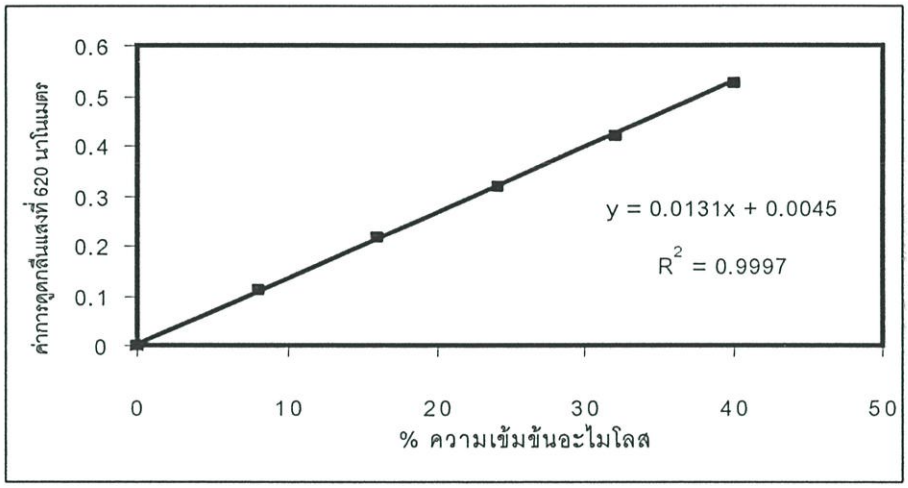
5. ปิเปต standard solution 1, 2, 3,4 และ 5 มิลลิลิตร ลงใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร
6. เติมสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มอล 0.2,0.4,0.6,0.8 และ 1.0 มิลลิลิตรลงในแต่ละ volumetric flask ตามลำดับ เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร
7. ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
8. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometerที่ความยาวคลื่น620นาโนเมตร
9. วาดกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของอะไมโลส (0, 8, 16, 24, 32 และ 40 %) และค่าการดูดกลืนแสง

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้ว 0.1 กรัม ลงใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร
2. เติมเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 95 % 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าผสมให้เข้ากัน
3. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มอล 9 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องเขย่า
4. นำไปต้มใน water bath 10 นาที ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นตั้ง standard solution ที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ลงใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
6. เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร
7. ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
8. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร
9. คิดเป็น % อะไมโลสโดยเทียบจากกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ก1 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

% อะไมโลส	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร
0	0
8	0.1125
16	0.218
24	0.319
32	0.4220
40	0.528



ภาพที่ ก1 แสดงกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

4 การหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Dubois *et .al* ,1956)

โดยใช้วิธี Orcial – sulfuric assay

Sensitivity : 0 – 20 μg. carbohydrate in 200 μl.

Final volume : 1.0 ml.

สารเคมี

1. สารละลาย Orcinol (ละลาย Ice-cold orcinol ในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร)
2. น้ำตาลกลูโคส

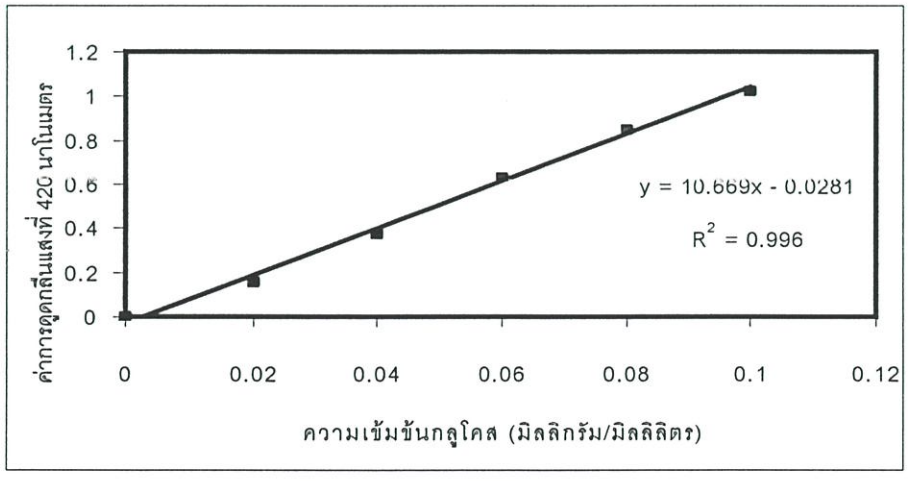
วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของกลูโคสที่ความเข้มข้น 0.002, 0.004, 0.006, 0.008 และ 0.01 % w/v
2. เตรียมสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.01 % w/v

3. นำสารละลายในข้อ 1 และ 2 มาผสมกับสารละลาย Orcinol ในอัตราส่วน 200 μl. : 800 μl. ในหลอดทดลอง
4. นำสารละลายไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิห้อง
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร บันทึกผล
6. วาดกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของตัวอย่างโดยเทียบจากกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ก2 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร
0	0
0.02.1	0.155
0.04	0.374
0.06	0.628
0.08	0.848
0.01	1.027



ภาพที่ ก2 แสดงกราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบทดสอบการทดสอบทางประสาทสัมผัส

โดยวิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (Difference from Control Test)

ชื่อ.....วันที่.....ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมปัง

คำแนะนำ

1. ให้ผู้ทดสอบประเมินคุณลักษณะตัวอย่างขนมปังควบคุม "C" จนคุ้นเคยกับลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ สีของเปลือกนอก, สีของเนื้อใน, เนื้อสัมผัส, ลักษณะเซลล์อากาศ, กลิ่น, และ รสชาติ แล้วปรับให้แต่ละคุณลักษณะที่กำหนดให้เป็น " 0"
2. ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างขนมปังที่เสิร์ฟให้ตามลำดับ โดยให้ประเมินเพียงครั้งเดียว
3. ให้ผู้ทดสอบบอกความแตกต่างของคุณลักษณะขนมปังควบคุม " C" กับตัวอย่างขนมปังที่เสิร์ฟให้แล้วทำการทดสอบโดยทำเครื่องหมาย กากบาท (X) เพื่อให้คะแนนตามความรู้สึกของท่าน ซึ่งมีการกำหนดคะแนนไว้ดังนี้

   คะแนน – 1 หมายถึง ขนมปังที่เสิร์ฟให้มีคุณลักษณะที่ด้อยกว่าขนมปังควบคุม "C"

   คะแนน 0 หมายถึง ขนมปังที่เสิร์ฟให้มีคุณลักษณะไม่แตกต่างกับขนมปังควบคุม "C"

   คะแนน + 1 หมายถึง ขนมปังที่เสิร์ฟให้มีคุณลักษณะดีกว่าขนมปังควบคุม "C"

1.สีของเปลือกนอก (color of crust)

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

2. สีของเนื้อในขนมปัง (color of crumb)

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

รหัสตัวอย่าง _____ -1 0 +1

3 เนื้อสัมผัส(texture)

รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1

4 เซลล์อากาศ

รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1

กลิ่น (aroma)

รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1

รสชาติ (taste)

รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1
รหัสตัวอย่าง _____	-1	0	+1

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

การแปรผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกตัวกับตัวเปรียบเทียบในการทดลองนี้เลือกใช้การเปรียบเทียบแบบ Dunnett test ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์กับตัวเปรียบเทียบโดยไม่ต้องผ่านการวิเคราะห์ความแปรปรวนมาก่อน วิธีนี้ Dunnett ได้กำหนดค่า t ไว้สำหรับการเปรียบเทียบโดยเฉพาะ โดยค่า t ดังกล่าวขึ้นอยู่กับ degree of freedom และจำนวนตัวอย่าง (Dunnett, 1955) สมการที่ใช้คำนวณมีดังนี้

$A = ts\ (p/n)1/2$ (เมื่อจำนวนผู้ชิมเท่ากัน)

เมื่อ A = ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ โดยไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวแตกต่างกัน ถ้าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวเปรียบเทียบกับทรีตเมนท์เท่ากับหรือมากกว่านี้จะแสดงว่าค่าเฉลี่ยทั้งสองแตกต่างกัน

t = ค่าจาก Dunnett table (เมื่อทราบค่า p และ df)

p = จำนวนตัวอย่างโดยไม่รวมตัวเปรียบเทียบ

N = จำนวนผู้ชิมทั้งหมด

$$S = \frac{\text{ค่ารูทสองของความแปรปรวนเฉลี่ย ของตัวอย่างทั้งหมด}}{(p+1)}$$

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค1 ปริมาตรจำเพาะ และลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (g.f.)
0	7.48 ± 0.06^{d}	217.88 ± 19.25^{a}
15	5.12 ± 0.04^{c}	465.15 ± 26.98^{b}
20	4.46 ± 0.08^{b}	492.31 ± 28.51^{b}
25	3.52 ± 0.06^{a}	1055.87 ± 49.85^{c}
30	3.37 ± 0.07^{a}	1422.83 ± 41.45^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ค2 ปริมาตรจำเพาะ และลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (g.f.)
0	7.47 ± 0.17^{d}	243.45 ± 46.75^{a}
15	5.78 ± 0.02^{c}	443.48 ± 24.09^{b}
20	4.78 ± 0.27^{b}	505.90 ± 3 4.71^{c}
25	4.48 ± 0.23^{b}	848.31 ± 24.15^{c}
30	3.57 ± 0.07^{a}	1220.48 ± 34.15^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค3 ปริมาตรจำเพาะ และลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 % โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม./กรัม)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (g.f.)
0	7.28 ± 0.04^{d}	238.40 ± 31.25^{a}
15	6.13 ± 0.25^{c}	480.27 ± 28.56^{b}
20	5.33 ± 0.37^{b}	566.98 ± 63.60^{b}
25	4.80 ± 0.09^{b}	933.25 ± 60.05^{c}
30	4.21 ± 0.10^{a}	1321.21 ± 52.80^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค4 ปริมาตรจำเพาะ และลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 % โดยเปรียบเทียบ กับขนมปังจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม./กรัม)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (g.f)
0	7.32 ± 0.09^{d}	233.07 ± 17.76^{a}
15	5.65 ± 0.18^{c}	453.07 ± 38.95^{b}
20	5.17 ± 0.14^{b}	538.89 ± 44.24^{c}
25	4.32 ± 0.06^{a}	987.52 ± 18.15^{c}
30	4.19 ± 0.14^{a}	1128.32 ± 42.20^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค5 สีเปลือกนอก สีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ค่าสีเปลือกนอก		
	L	a	b
0	57.09 ± 1.90^{a}	14.31 ± 1.10^{d}	33.69 ± 1.21^{c}
15	58.62 ± 7.72^{a}	12.01 ±1.88^{cd}	32.31 ± 1.25^{c}
20	62.72 ± 0.62^{b}	9.23 ± 0.64^{bc}	29.50 ± 1.50^{bc}
25	66.10 ± 1.17^{bc}	6.40 ± 0.74^{ab}	24.80 ±0.40^{ab}
30	67.86 ± 1.17^{c}	5.29 ± 1.04^{a}	22.08 ± 3.61^{a}
	ค่าสีเนื้อใน		
0	79.56 ± 1.38^{c}	-0.38 ± 1.70^{a}	9.11 ± 1.82^{b}
15	66.75 ± 0.31^{b}	1.61 ± 0.78^{b}	8.07 ± 0.28^{ab}
20	66.10 ± 0.48^{b}	2.25 ± 0.34^{c}	7.65 ± 0.19^{a}
25	65.25 ±0.48^{b}	2.81 ± 1.70^{d}	6.98 ± 0.59^{a}
30	62.20 ± 0.35^{a}	5.29 ± 1.04^{a}	22.08 ± 3.61^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค6 สีเปลือกนอก และสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	ค่าสีเปลือกนอก		
	L	a	b
0	55.08 ± 1.71^{a}	14.08 ± 2.01^{b}	34.67 ± 1.96^{c}
15	57.52 ± 2.00^{ab}	13.87 ± 0.21^{b}	32.89 ±1.03^{bc}
20	60.5 4± 2.26^{bc}	10.57 ± 0.45^{ab}	31.09 ±0.06^{bc}
25	61.35 ± 1.23^{bc}	10.58 ± 1.83^{ab}	29.98 ±0.72^{ab}
30	62.63 ± 0.39^{c}	8.37 ± 1.41^{a}	26.73 ± 2.40^{a}
	ค่าสีเนื้อใน		
0	78.82 ± 0.31^{c}	-0.16 ± 0.33^{a}	9.90 ± 0.13^{c}
15	69.26 ± 0.80^{b}	1.60 ± 0.11^{b}	8.80 ± 0.01^{bc}
20	69.12 ± 1.23^{b}	2.17 ± 0.26^{c}	7.90 ± 0.06^{ab}
25	63.48 ± 0.31^{a}	2.53 ± 0.01^{c}	7.76 ± 0.01^{ab}
30	62.64 ± 0.83^{a}	3.37 ± 0.18^{d}	7.06 ± 1.27^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค7 สีเปลือกนอก และสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 % โดยเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ค่าสีเปลือกนอก		
	L	a	b
0	51.56 ± 0.56^{a}	14.86 ± 0.49^{c}	34.56 ± 1.16^{d}
15	54.85 ± 0.04^{b}	13.80 ± 0.76^{bc}	32.75 ± 0.44^{c}
20	55.21 ± 0.44^{b}	12.56 ± 0.32^{b}	31.21 ± 0.70^{b}
25	57.87 ± 0.28^{c}	12.73 ± 0.99^{b}	31.71 ± 1.27^{b}
30	61.53 ± 0.48^{d}	8.96 ± 0.59^{a}	27.52 ± 1.10^{a}
	ค่าสีเนื้อใน		
0	79.30 ± 0.35^{d}	-0.13 ± 0.42^{a}	10.64 ± 0.37^{c}
15	70.55 ± 0.38^{c}	1.40 ± 0.10^{b}	8.96 ± 0.73^{b}
20	69.67 ± 0.53^{c}	1.86 ± 0.43^{bc}	8.60 ± 0.31^{ab}
25	66.01 ± 0.39^{b}	2.39 ± 0.40^{cd}	8.37 ± 0.51^{ab}
30	62.53 ± 0.72^{a}	2.93 ± 0.38^{d}	7.16 ± 0.93^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค8 สีเปลือกนอก และสีเนื้อในของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 % โดยเปรียบเทียบ กับขนมปังจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ค่าสีเปลือกนอก		
	L	a	b
0	55.12 ± 0.52[a]	14.29 ± 0.35[b]	32.21 ± 1.10[c]
15	60.25 ± 1.44[b]	9.46 ± 2.03[a]	25.45 ± 0.47[b]
20	61.74 ± 1.02[bc]	9.22 ± 1.01[a]	24.42 ± 0.45[b]
25	63.05 ± 0.20[c]	8.41 ± 0.91[a]	23.91 ± 0.70[b]
30	66.81 ± 0.03[d]	7.32 ± 1.81[a]	21.02 ± 0.83[a]
		ค่าสีเนื้อใน	
0	79.10 ± 0.26[c]	-0.29 ± 0.20[a]	9.21 ± 0.18[b]
15	64.34 ± 0.01[b]	1.49 ± 0.45[b]	8.57 ± 0.21[b]
20	63.71 ± 0.50[b]	1.92 ± 0.20[b]	8.44 ± 2.50[b]
25	63.25 ± 0.80[b]	2.71 ± 0.53[c]	7.47 ± 1.56[a]
30	60.22 ± 0.05[a]	2.83 ± 0.95[c]	7.04 ± 0.51[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค9 ปริมาตรจำเพาะ และความนุ่มของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (g.f.)
0	3.20 ± 0.02^{c}	472.92 ± 30.05^{a}
70	2.95 ± 0.07^{b}	610.52 ± 20.88^{b}
80	2.85 ± 0.07^{ab}	706.31 ± 24.17^{c}
90	2.79 ± 0.09^{ab}	739.55 ± 24.50^{c}
100	2.74 ± 0.06^{a}	868.85 ± 21.70^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค10 ปริมาตรจำเพาะและความนุ่มของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (g.f.)
0	3.24 ± 0.02^{a}	462.39 ± 49.32^{a}
70	3.07 ± 0.06^{b}	571.11 ± 48.58^{b}
80	3.05 ± 0.02^{b}	623.08 ± 28.07^{bc}
90	3.00 ± 0.02^{b}	724.68 ± 30.53^{c}
100	2.46 ± 0.06^{a}	852.71 ± 37.62^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค11 ปริมาตรจำเพาะ ความนุ่ม ของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะ ความแก่ 90 % โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (g.f.)
0	3.26 ± 0.02^{d}	437.96 ± 36.62^{a}
70	3.12 ± 0.02^{c}	588.17 ± 39.98^{b}
80	3.07 ± 0.03^{bc}	641.87 ± 40.44^{b}
90	3.00 ± 0.02^{b}	756.97 ± 42.06^{c}
100	2.93 ±0.08^{a}	918.08 ± 38.56^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค12 ปริมาตรจำเพาะและความนุ่มของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 % โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (g.f.)
0	3.18 ± 0.02^{d}	481.10 ± 38.05^{d}
70	3.03 ± 0.07^{c}	584.33 ± 41.71^{c}
80	2.93 ± 0.04^{bc}	645.82 ± 30.80^{bc}
90	2.88 ± 0.05^{b}	687.91 ± 21.35^{b}
100	2.64 ± 0.02^{a}	846.74 ± 53.34^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค13 สีเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 % โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0	79.43 ± 0.78[b]	-3.45 ± 0.27[a]	28.67 ± 0.34[c]
70	58.34 ± 0.29[a]	4.10 ± 0.02[b]	18.31 ± 0.11[b]
80	58.30 ± 0.25[a]	4.18 ± 0.29[bc]	18.01 ± 1.03[b]
90	57.96 ± 0.60[a]	4.73 ± 0.48[bc]	17.35 ± 0.11[b]
100	57.73 ± 0.30[a]	5.03 ± 0.40[c]	15.41 ± 0.62[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ค14 สีเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % โดยเปรียบเทียบ กับเค้กจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0	80.14 ± 0.54[d]	-2.51 ± 0.198[a]	29.82 ± 1.22[b]
70	58.69 ± 0.08[c]	4.97 ± 0.24[bc]	21.42 ± 0.25[a]
80	57.67 ± 0.99[ab]	5.12 ± 0.33[c]	20.87 ± 0.26[a]
90	56.14 ± 0.03[a]	5.31 ± 0.37[c]	20.61 ± 0.48[a]
100	55.85 ± 0.02[a]	5.50 ± 0.43[c]	19.96 ± 0.89[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค15 สีเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 % โดยเปรียบเทียบกับเค้กจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0	86.01 ± 0.01^{d}	-0.30± 0.00^{a}	25.79 ± 0.41^{d}
70	58.33 ± 0.63^{c}	7.55 ± 0.27^{b}	18.30 ±0.39^{c}
80	58.17± 0.74^{bc}	7.90 ± 0.72^{b}	17.87 ±0.68^{bc}
90	57.26 ± 0.17^{b}	8.40 ± 0.65^{b}	16.52 ±0.66^{b}
100	54.02 ± 1.37^{a}	8.86 ± 0.70^{b}	15.14 ± 0.63^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค16 สีเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 % โดยเปรียบเทียบ กับเค้กจากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0	78.71 ± 0.03^{c}	-2.41 ± 0.04^{a}	29.33 ± 0.47^{d}
70	59.32 ± 0.38^{b}	4.11 ± 0.15^{b}	18.35 ± 0.25^{c}
80	58.34 ± 0.64^{b}	4.47 ± 0.12^{bc}	17.06 ± 0.07^{bc}
90	58.24 ± 0.59^{b}	4.94 ± 0.51^{bc}	16.84 ± 0.02^{b}
100	56.52 ± 0.08^{a}	5.24 ± 0.07^{c}	15.90 ± 0.45^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค17 ปริมาตรจำเพาะ, ความกว้าง (w) ความหนา (T) และ ลักษณะเนื้อสัมผัส ของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะ ความแก่ 70 % โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ความกว้าง(w) (มิลลิเมตร)	ความหนา (T) (มิลลิเมตร)	ลักษณะเนื้อสัมผัส ((g.f.))
0	2.56 ± 0.04^{c}	45.95 ± 0.72^{d}	8.63 ± 0.07^{a}	1417.85 ± 25.00^{bc}
70	2.40 ± 0.02^{b}	44.23 ± 0.02^{c}	9.45 ± 0.08^{b}	1454.70 ± 34.23^{c}
80	2.31 ± 0.01^{ab}	43.61 ± 0.11^{bc}	9.49 ± 0.02^{b}	1371.83 ± 46.98^{b}
90	2.22 ± 0.02^{a}	43.01 ± 0.14^{b}	9.73 ± 0.02^{c}	1270.76 ± 14.30^{a}
100	2.21 ± 0.08^{a}	42.08 ± 0.11^{a}	9.83 ± 0.06^{c}	1195.50 ± 20.80^{a}

ตารางที่ค18 ปริมาตรจำเพาะ, ความกว้าง (w) ความหนา (T) และ ลักษณะเนื้อสัมผัส ของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะ ความแก่ 80 % โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ความกว้าง(w) (มิลลิเมตร)	ความหนา (T) (มิลลิเมตร)	ลักษณะเนื้อสัมผัส ((g.f.))
0	2.46 ± 0.05^{c}	45.58 ± 0.19^{b}	8.78 ± 0.11^{a}	13.97.06 ± 30.52^{b}
70	2.25 ± 0.06^{b}	43.54 ± 0.27^{a}	9.16 ± 0.07^{b}	1474.55 ± 42.50^{c}
80	2.14 ± 0.07^{ab}	43.42 ± 1.59^{a}	9.30 ± 0.02^{bc}	1329.10 ± 34.10^{b}
90	2.13 ± 0.07^{ab}	42.72 ± 0.57^{a}	9.47 ± 0.07^{cd}	1168.70 ± 19.96^{a}
100	2.07 ± 0.04^{a}	42.56 ± 0.41^{a}	9.63 ± 0.07^{c}	1141.44 ± 40.00^{a}

ตารางที่ ค 19 ปริมาตรจำเพาะ, ความกว้าง (w) ความหนา (T) และลักษณะเนื้อสัมผัส ของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะ ความแก่ 90 % โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ความกว้าง (w) (มิลลิเมตร)	ความหนา (T) (มิลลิเมตร)	ลักษณะเนื้อสัมผัส ((g.f.))
0	2.40 ± 0.08^{c}	46.89 ± 0.83^{a}	8.60 ± 0.16^{a}	1414.55 ± 22.14^{bc}
70	2.25 ± 0.01^{b}	45.14 ± 0.32^{b}	9.11 ± 0.04^{b}	1425.68 ± 41.22^{c}
80	2.22 ± 0.02^{bc}	45.07 ± 0.02^{b}	9.40 ± 0.15b^{c}	1408.10 ± 17.25^{abc}
90	2.19 ± 0.04^{ab}	45.07 ± 0.56^{b}	9.40 ± 0.14b^{c}	1335.24 ± 29.41^{ab}
100	2.13 ± 0.02^{a}	44.70 ± 0.16^{b}	9.51 ± 0.05^{c}	1328.70 ± 39.48^{a}

ตารางที่ ค 20 ปริมาตรจำเพาะ, ความกว้าง (w) ความหนา (T) และ ลักษณะเนื้อสัมผัส ของคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะ ความแก่ 100 % โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม. / กรัม)	ความกว้าง (w) (มิลลิเมตร)	ความหนา (T) (มิลิเมตร)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (กรัม. แรง)
0	2.44 ± 0.03^{d}	46.55 ± 0.07^{b}	8.72 ± 0.02^{a}	1382.93 ± 39.95^{cd}
70	2.33 ± 0.04^{c}	45.65 ± 0.00^{a}	9.40 ± 0.07^{b}	1437.47 ± 23.05^{d}
80	2.25 ± 0.03^{bc}	45.62 ± 0.13^{a}	9.47 ± 0.16^{b}	1319.32 ± 21.29^{bc}
90	2.17 ± 0.02^{ab}	45.55 ± 0.28^{a}	9.53 ± 0.09^{b}	1257.71 ± 24.44^{ab}
100	2.13 ± 0.04^{a}	45.46 ± 0.11^{a}	9.56 ± 0.04^{b}	1203.40 ± 30.49^{a}

ตารางที่ ค 21 สีคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70 %โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0	93.09 ± 0.24^{b}	2.23 ± 0.15^{a}	1.77 ± 0.24^{d}
70	85.22 ± 0.93^{a}	4.26 ± 0.44^{b}	-8.20 ± 0.05^{c}
80	84.80 ± 0.72^{a}	4.37 ± 0.13^{bc}	-9.00 ± 0.6^{bc}
90	83.89 ± 0.23^{a}	4.57 ± 0.08^{bc}	-10.57 ± 0.60^{ab}
100	83.25 ± 0.90^{a}	4.87 ± 0.09^{c}	-11.77 ± 0.86^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค 22 สีคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 80 % โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0	90.19 ± 0.21^{c}	2.19 ± 0.28^{a}	2.37 ± 0.24^{c}
70	86.93 ± 0.02^{bc}	4.60 ± 0.02^{b}	-10.13 ± 0.13^{b}
80	85.14 ± 0.98^{ab}	5.03 ± 0.02^{bc}	-10.22 ± 0.11^{b}
90	84.35 ± 0.94^{ab}	5.12 ± 0.28^{cd}	-11.46 ± 0.72^{b}
100	82.48 ± 0.68^{a}	5.55 ± 0.06^{d}	-13.10 ± 0.15^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค 23 สีคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 90 % โดยเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0	94.70 ± 0.06^{c}	2.43 ± 0.38^{a}	2.57 ± 0.24^{d}
70	85.99 ± 0.91^{b}	4.26 ± 0.30^{b}	-7.74 ± 0.33^{c}
80	85.24 ± 0.18^{ab}	4.41 ± 0.01^{b}	-10.19 ± 0.22^{b}
90	84.92 ± 0.32^{ab}	4.51 ± 0.52^{b}	-10.31 ± 0.21^{b}
100	84.00 ± 0.65^{a}	4.89 ± 0.16^{b}	-11.49 ± 0.07^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ค24 สีคุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 100 % โดยเปรียบเทียบ กับคุกกี้จากแป้งสาลี

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0	93.63 ± 0.53^{c}	2.13 ± 0.12^{a}	2.90 ± 0.05^{e}
70	85.7 9 ± 0.43^{b}	4.96 ± 0.67^{b}	-7.33 ± 0.63^{d}
80	83.95 ± 1.67^{ab}	5.42 ± 0.40^{b}	-9.22 ± 0.20^{c}
90	82.29 ± 0.42^{a}	5.43 ± 0.42^{b}	-10.82 ± 0.09^{b}
100	81.72 ± 0.45^{a}	5.60 ± 0.10^{b}	-11.80 ± 0.07^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100%

Source of variance	df	SS	MS	F - value	Sig.
Banana Flour 70%					
Treatment	4	1950217.0	487554.25	398.707	0.000*
Error	5	6114.189	1222.838		
Total	9	1956331.2			
Banana Flour 80%					
Treatment	4	1186885.6	296721.39	259.359	0.000*
Error	5	5720.289	1144.058		
Total	9	1192605.9			
Banana Flour 90%					
Treatment	4	1436256.3	359064.08	146.800	0.000*
Error	5	12229.665	2445.933		
Total	9	1448486			
Banana Flour 100%					
Treatment	4	1030034.7	257508.67	218.232	0.000*
Error	5	5899.886	1179.977		
Total	9	1035934.6			

ตารางที่ ง2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเนื้อสัมผัส ของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100%

Source of variance	df	SS	MS	F - value	Sig.
Banana Flour 70%					
Treatment	4	175217.97	43804.494	73.216	0.000*
Error	5	2991.445	598.289		
Total	9	178209.42			
Banana Flour 80%					
Treatment	4	177523.31	44380.827	27.989	0.000*
Error	5	7928.364	1585.673		
Total	9	185451.67			
Banana Flour 90%					
Treatment	4	260865.77	65216.441	41.642	0.000*
Error	5	7830.532	1566.106		
Total	9	268696.30			
Banana Flour 100%					
Treatment	4	145997.98	36499.496	24.532	0.000*
Error	5	7439.309	1487.862		
Total	9	153437.29			

ตารางที่ ง3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรจำเพาะ ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย จากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100%

Source of variance	df	SS	MS	F - value	Sig.
Banana Flour 70%					
Treatment	4	22.195	5.549	1255.365	0.000*
Error	5	2.210E-02	4.420E-03		
Total	9	22.217			
Banana Flour 80%					
Treatment	4	17.692	4.423	140.723	0.000*
Error	5	0.157	3.143E-02		
Total	9	17.849			
Banana Flour 90%					
Treatment	4	11.411	2.853	66.049	0.000*
Error	5	0.216	4.319E-20		
Total	9	11.626			
Banana Flour 100%					
Treatment	4	12.795	3.199	182.479	0.000*
Error	5	8.765E-02	1.753E-02		
Total	9	12.883			

ตารางที่ ง4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรจำเพาะ ของเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย จากกล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90 และ 100%

Source of variance	df	SS	MS	F - value	Sig.
Banana Flour 70%					
Treatment	4	.265	6.622E-02	13.940	0.000*
Error	5	2.375E-02	4.750E-03		
Total	9	0.289			
Banana Flour 80%					
Treatment	4	0.708	0.177	84.317	0.000*
Error	5	1.050E-20	2.100E-03		
Total	9	0.719			
Banana Flour 90%					
Treatment	4	0.136	3.398E-02	45.313	0.000*
Error	5	3.750E-03	7.500E-04		
Total	9	0.140			
Banana Flour 100%					
Treatment	4	0.318	7.954E-02	31.563	0.000*
Error	5	1.260E-02	2.520E-03		
Total	9	0.331			

ประวัติผู้เขียน

นางสุชาดา ไม้สนธิ์ เกิดวันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จากสถาบันราชภัฏจันทรเกษม ในปีการศึกษา 2538 และเข้ารับราชการตำแหน่งอาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สังกัดคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพระนคร ในปีการศึกษา 2544 ลาศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาการ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปี การศึกษา 2546