



ปัญหาพิเศษ

แข่งขันมฟกทองสำเร็จรูป

(Kanom Fuktong Ready Mixed)

โดย

นายพันธ์วัช แแดงพรหม รหัสประจำตัว 42045107

นางสาวโสมลรี โชติโรคม รหัสประจำตัว 42045109

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

**Department of Agricultural Industry
Faculty of Agricultural Technology**

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

King Mongkut's Institute of Technology

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Chaokuntaharn Ladkrabang

กรุงเทพฯ 10520

Bangkok 10520 Thailand

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป
(Kanom Fuktong Ready Mixed)



T096580

นายพันชวีช แดงพรหม

รหัสประจำตัว 42045107

นางสาวโสมสิริ โชติวโรดม

รหัสประจำตัว 42045109

๑/๑๗.

๐๗564๑

2544

เลขหมู่.....

๑๑๖๕๘๐

เลขทะเบียน.....

วันที่มอบให้.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

แป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป

(Kanom Fuktong Ready Mixed)

โดย

นายพันธ์วัช แดงพรหม

รหัสประจำตัว 42045107

นางสาวโสมสิริ โชติวโรดม

รหัสประจำตัว 42045109

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....
.....

26/11/21

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....
.....

(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

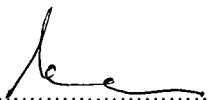
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันวิช แดงพรหม และโสภณิรี โชติวิโรดม. 2544.แป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป (Kanom fuktong ready mixed) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรัักษ์. 49 หน้า

จากการทดลองศึกษาการเตรียมแป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป จากการคัดเลือกสูตรขนมฟักทองพื้นฐาน โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากที่สุดมีส่วนผสมดังนี้คือ ฟักทอง 30% แป้งข้าวเจ้า 13% แป้งมันสำปะหลัง 5% กะทิ 31% น้ำตาล 20% และเกลือ 1% จากนั้นทำการศึกษาสภาวะการทำแห้งฟักทอง 6 สภาวะ แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสและทางด้านกายภาพ พบว่าสภาวะการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120 °C ความเร็วรอบ 1.5 รอบต่อนาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมฟักทองผงที่ได้มีความชื้นเท่ากับ 8.4% มีค่าการดูดซับน้ำเท่ากับ 5.3 กรัม/กรัม ค่าการละลายเท่ากับ 36.9% และมีค่าอัตราการคืนรูปเท่ากับ 4.46 กรัม/กรัม เมื่อนำมาทำเป็นขนมฟักทองแล้วทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าขนมที่ทำจากฟักทองผงสภาวะดังกล่าวมีการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด จากนั้นจึงนำมาปรับให้เป็นแป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป โดยวิเคราะห์ความชื้นของส่วนผสมแล้วคำนวณส่วนผสมเป็นฐานแห้ง โดยใช้กะทิผงแทนกะทิสดและฟักทองผงที่ได้จากการทำแห้งแทนฟักทองสด โดยมีสูตรพื้นฐานของแป้งสำเร็จรูปดังนี้ ฟักทองผง 11.44% แป้งข้าวเจ้า 24.02% แป้งมันสำปะหลัง 9.26% กะทิผง 11.17% น้ำตาล 42.01% และเกลือ 2.10% เมื่อนำขนมฟักทองจากแป้งสำเร็จรูปและขนมฟักทองจากส่วนผสมสดมาวัดเนื้อสัมผัส พบว่าค่าแรงกดทะลุของขนมฟักทองจากแป้งสำเร็จรูปมีค่าเท่ากับ 0.36 นิวตัน และค่าแรงกดทะลุของขนมฟักทองจากส่วนผสมสดเท่ากับ 0.35 นิวตัน และเมื่อนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าขนมฟักทองจากแป้งสำเร็จรูปมีคะแนนของการยอมรับในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ไม่แตกต่างจากขนมฟักทองจากส่วนผสมสดแต่การยอมรับในด้านสีและกลิ่น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

พันวิช แดงพรหม
โสภณิรี โชติวิโรดม

ลายมือชื่อนักศึกษา



ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

26 ส.ค. 24

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ต้องขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ เป็นอย่างสูง ที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษา ช่วยกรุณาแนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในระหว่างการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนแก้ไขรูปเล่มของปัญหาพิเศษจนสำเร็จ

ขอขอบคุณ คุณธงชัย พุฒทองศิริ คุณบุญญกฤต รัตนพันธ์ รวมทั้งเพื่อน ๆ ที่ให้การช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

| | |
|---|----|
| บทคัดย่อ | ก |
| กิตติกรรมประกาศ | ข |
| สารบัญ | ค |
| สารบัญตาราง | ง |
| สารบัญรูป | จ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์ | 2 |
| 2.1 ฟักทอง | 2 |
| 2.2 การทำแห้ง | 3 |
| 2.3 แป้งที่ใช้ทำขนมไทย | 4 |
| 2.4 น้ำตาล | 7 |
| 2.5 กะทิ | 8 |
| 2.6 มอลโทเด็กซ์ตริน | 9 |
| 2.7 รงควัตถุ | 10 |
| บทที่ 3 วัดดูดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง | |
| 3.1 วัดดูดิบ | 12 |
| 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง | 12 |
| 3.3 วิธีการทดลอง | 13 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง | |
| 4.1 การคัดเลือกสูตรขนมฟักทองที่เหมาะสม | 16 |
| 4.2 ศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฟักทอง | 17 |
| 4.3 ศึกษาปรับสูตรให้เป็นแป้งขนมสำเร็จรูป | 20 |
| 4.4 ศึกษาความแตกต่างของขนมฟักทองจากส่วนผสมสด และขนมฟักทองจากแป้งผสมสำเร็จรูป | 21 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 24 |
| เอกสารอ้างอิง | 26 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 แสดงปริมาณสารอาหารในส่วนต่าง ๆ ของฟักทอง | 2 |
| 2.2 แสดงความแตกต่างระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคติน | 5 |
| 2.3 ช่วงอุณหภูมิที่ทำให้แป้งชนิดต่าง ๆ พองตัวขึ้นใส (gelatinization temperature) และลักษณะเมื่อถูกความร้อน | 7 |
| 2.4 แสดงองค์ประกอบของกะทิ | 8 |
| 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของแคโรทีน แซนโทฟิลล์ ไตโคเฟิน | 11 |
| 3.1 แสดงส่วนผสมขนมฟักทองที่แตกต่างกัน 4 สูตร | 13 |
| 3.2 แสดงการเตรียมตัวอย่างและสภาวะที่ใช้ในการทำแห้งฟักทองผง | 14 |
| 4.1 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมฟักทอง | 16 |
| 4.2 แสดงผลของการยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ก่อนการทำแห้งแบบสไลด์ที่อุณหภูมิน้ำเดือด | 17 |
| 4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของฟักทองผง ที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีต่างๆ | 17 |
| 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยด้านคุณสมบัติต่างๆ ของฟักทองผง ที่ได้จากการทำแห้งด้วยสภาวะที่ต่างกัน | 18 |
| 4.5 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมฟักทองจากฟักทองผงที่ผ่านการทำแห้งที่สภาวะต่างกัน | 18 |
| 4.6 แสดงความชื้นของแต่ละองค์ประกอบของขนมฟักทอง | 20 |
| 4.7 องค์ประกอบของแป้งผสมสำเร็จรูปและส่วนผสมก่อนนี้ | 20 |
| 4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านสี ของขนมที่ทำจากฟักทองสดและที่ทำจากฟักทองแห้ง | 21 |
| 4.9 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงกดทะลุ ของขนมที่ทำจากฟักทองสดและจากแป้งสำเร็จรูป | 21 |
| 4.10 แสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของขนมที่ทำจากฟักทองสดและที่ทำจากฟักทองแห้ง | 22 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.1 แสดงความแตกต่างของขนมฟักทองที่ได้จาก แป้งผสมสำเร็จรูปกับขนมฟักทองที่เตรียมจากของสด | 23 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เรื่องของ “ขนม” นั้น นับว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง โดยเฉพาะ “ขนมไทย” ซึ่งมีมานานมากมายหลากหลายชนิด คนไทยสามารถนำส่วนผสมต่าง ๆ มาปรุงแต่งเป็นอาหารการกินได้อย่างยอดเยี่ยม ขนมไทยนั้นมีศิลปะมากมายในการทำและประดิษฐ์ประคอยอย่างสวยงามยากที่จะหาขนมหวานชาติใดมาเทียบฝีมือ รสชาติ รวมทั้งเอกลักษณ์ความเป็นไทย ทำให้ขนมไทยเป็นที่น่าเลื่อมใสศรัทธา ต่างชาติต่างภาษาเมื่อได้ลิ้มลองขนมไทยต่างก็สนใจขนมไทย

ขนมไทยเรานั้น มักเอาแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว หรือแป้งมันสำปะหลังมาใช้กันมากซึ่งถือว่าเป็นส่วนผสมหลักก็ว่าได้ รสหวานของขนมไทยส่วนใหญ่ได้จากน้ำตาลมะพร้าว หรือน้ำตาลโตนด และน้ำตาลทราย อีกอย่างหนึ่งที่สำคัญมากในการปรุงแต่งรสขนมไทยให้เกิดความหอม มัน อร่อย ได้แก่ มะพร้าว เอามาทำเป็นน้ำกะทิ เอาน้ำกะทิมาปรุงขนมหรือเอาเนื้อมะพร้าวมาผสมผสานกับขนมไทยบางชนิด เช่น เอามาคลุกกับตัวขนมก็มี เอามาโรยหน้าก็มี เป็นต้น

การผลิตขนมไทยในปัจจุบันได้ลดน้อยลงทุกที เนื่องจากกระบวนการทำที่มากด้วยขั้นตอนซึ่งต้องพิถีพิถันและใช้เวลานาน อีกทั้งมีการรับเอาขนมต่างชาติเข้ามา แต่ก็ยังมีขนมไทยบางชนิดที่ยังเป็นที่นิยมอยู่โดยสามารถพบเห็นได้ตามท้องตลาดเช่น ขนมชั้น ขนมตาล ขนมกล้วย ข้าวต้มมัด ฯลฯ ขนมฟักทองก็เป็นขนมไทยอีกชนิดหนึ่งที่พบเห็นได้แต่ไม่บ่อยครั้งนัก ดังนั้นการทำผลิตภัณฑ์แป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดระยะเวลาในการจัดหาซื้อวัตถุดิบขั้นตอนการทำ ทั้งยังเป็นการปรับปรุงการทำขนมไทยให้ทันสมัย สะดวกรวดเร็ว เท่าเทียมกับขนมต่างชาติที่รับเข้ามา และยังเป็นการอนุรักษ์ขนมไทยให้อยู่คู่กับคนไทยตลอดไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษากรรมวิธีและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำแป้งฟักทอง
2. ศึกษาการทำแป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์

2.1 ฟักทอง (Pumpkin)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cucurbita moschata* Decne. และ *Cucurbita pepo* Linn.

วงศ์ : *Cucurbitaceae*

ชื่อท้องถิ่น : ฟักทอง (กลาง) มะฟักแก้ว (เหนือ) มะน้ำแก้ว (เลย) หมักคี่สำ (กะเหรี่ยงแม่ฮ่องสอน) หมักอ้อ (ปราจีนบุรี) หมากฟักเหลือง หมากอี (อีสาน)

ฟักทองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นเถาเลื้อยไปตามดิน ผลมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันตามพันธุ์ อาจมีรูปร่างตั้งแต่กลมจนถึงค่อนข้างแป้น ผิวมักเป็นตุ่มนูนและหยักเป็นร่อง เนื้อในผลมีสีเหลืองจนถึงเหลืองอมส้ม เหลืองอมเขียว เมล็ดมีจำนวนมากรูปร่างคล้ายรูปไข่แบน

สารอาหาร

สารอาหารในฟักทองในส่วนผลและส่วนยอด แสดงในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 แสดงปริมาณสารอาหารในส่วนต่าง ๆ ของฟักทอง

| ส่วนต่าง ๆ | Cal. (Kcal.) | Prot. (gm.) | Fat. (gm.) | CHO. (gm.) | Ca. (mg.) | P. (mg.) | β - carotene ไมโครกรัม เทียบ หน่วย retinol |
|---------------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|--|
| เนื้อและเปลือก 100 gm. | 43 | 1.9 | 0.2 | 8.5 | 8.50 | 17 | 225 |
| ยอดฟักทอง 100 gm. | 16 | 2 | 0.2 | 1.6 | 6 | 9 | 280 |

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข , 2535

บทบาททางอาหาร

เนื้อฟักทองให้รสชาติมัน อมหวาน จึงใช้ทำอาหารได้ทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน ชนิดของอาหารที่เด่นเป็นที่รู้จักมากที่สุดคือ ฟักทองผัดไข่ แง่เลียงผักรวมที่จะขาดฟักทองไม่ได้เป็นอันขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชทองแดงบวด สังกะสีพืชทอง ยอดอ่อน ใบอ่อนและดอกตูม นำไปลวกหรือต้มให้สุก ใช้เป็นผักจิ้ม น้ำพริก ยอดพืชทองและดอกพืชทองใช้ในแกงเลียงหรือแกงส้มได้อีกด้วย

2.2 การทำแห้ง

การทำแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารเพื่อการเก็บรักษา โดยลดปริมาณน้ำในอาหารลงให้เหลือในระดับต่ำ นอกจากจะช่วยในการยืดอายุการเก็บแล้ว การทำแห้งยังช่วยลดน้ำหนักและปริมาตร ทำให้ไม่สิ้นเปลืองเนื้อที่การเก็บ เป็นกระบวนการแปรรูปที่ประหยัด นิยมใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น อาหารเข้า ผลิตภัณฑ์พาสต้า ผักผลไม้ น้ำตาล เป็นต้น

วิธีการทำแห้ง

กระบวนการทำแห้งนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้มักถูกยอมรับในลักษณะของผลิตภัณฑ์เฉพาะ ที่โดยมากมักมีลักษณะต่างไปจากวัตถุดิบที่นำมาใช้เมื่อนำมาคืนรูป กระบวนการทำแห้งมักอาศัยวิธีตามธรรมชาติ และมักเรียกกระบวนการว่า “drying” ต่อมามีการใช้เครื่องจักรสำหรับการทำแห้ง และได้เปลี่ยนจุดมุ่งหมายของกระบวนการ โดยเน้นกระบวนการเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเมื่อนำมาคืนรูปแล้วมีลักษณะใกล้เคียงกับของสดมากที่สุด และเรียกกระบวนการว่า “dehydration” ซึ่งมักมีการควบคุมสภาวะของอุณหภูมิ ความชื้น และความร้อนของอากาศที่ใช้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีลักษณะตามต้องการ

เครื่องทำแห้งแบบถาดหรือแบบตู้ (Tray or Cabinet dryer)

เป็นเครื่องมือทำแห้งลมร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง ลักษณะเครื่องมือจัดเป็นตู้บุนวน มีถาดสำหรับใส่อาหารเรียงเป็นชั้นอยู่ภายใน ลมร้อนจะถูกบังคับให้ไหลหมุนเวียนโดยพัดลม การหมุนเวียนของอากาศอาจจะเป็นในแนวนอนขนานกับถาดใส่อาหาร หรือในแนวตั้งผ่านทะลุถาดใส่อาหาร แหล่งพลังงานความร้อนที่ใช้อาจได้จากไฟฟ้าหรือไอน้ำ สิ่งสำคัญในการทำแห้งคือ ต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนที่ใช้ให้สม่ำเสมอในระดับที่ต้องการ

เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer)

เป็นการทำแห้งโดยใช้การสัมผัสพื้นผิวที่ร้อน ใช้ได้กับอาหารที่เป็นของเหลวที่ไหลได้เท่านั้น หลักการทำแห้งคือ อาหารเหลวที่มีความชื้นพอสมควร จะถูกส่งลงบนช่องว่างของลูกกลิ้งทั้งสองในขณะลูกกลิ้งหมุนไป ซึ่งสามารถปรับความเร็วของลูกกลิ้งได้ โดยลูกกลิ้งทั้งสองจะหมุนสวนทางกัน ภายในลูกกลิ้งทั้งสองจะมีไอน้ำไหลผ่านเข้าไปเป็นตัวให้ความร้อนแก่อาหาร การควบคุมความเร็วของลูกกลิ้งและช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งจะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและคุณภาพของอาหารแห้งที่ต้องการ โดยทั่วไปเมื่ออาหารแห้งขึ้นติดไปเป็นฟิล์มบาง ๆ บนผิวลูกกลิ้งแล้วหมุนไปหนึ่งรอบก็จะแห้งพอดีแล้วมีใบมีดคมซึ่งได้ปรับระยะห่างพอดีจะชะเอาอาหารแห้งออก อาหารที่ถูกขูดออกมาส่วนมากจะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ หรือเป็นเกล็ดซึ่งอาจนำมาบดต่อให้ละเอียดอีกครั้ง ความเร็วในการหมุนของลูกกลิ้งจะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่อาหารจะถูกให้ความร้อน ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้งคือ ความดันของไอน้ำที่เป็นตัวให้ความร้อน ความเร็วรอบในการหมุนของลูกกลิ้ง และความหนาของฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหาร การทำแห้งโดยวิธีนี้ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่ทนอุณหภูมิสูง เพราะอุณหภูมิที่ผิวของลูกกลิ้งค่อนข้างสูง และไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ซึ่งจะหลุดออกจากผิวของลูกกลิ้งได้ง่าย

การทำแห้งฟักทอง

จากการศึกษาของสายวรุฬ ชัยวานิชศิริ และคณะ (2539) ในการหาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งฟักทอง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน พบว่าเมื่อทำแห้งฟักทองโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C และ 80 °C ฟักทองแห้งที่ได้จะมีลักษณะเป็นแผ่นหนาเหนียว สีน้ำตาลเข้ม เนื้อของฟักทองไม่สม่ำเสมอ และแผ่นที่ได้ขึ้นมาก และการใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่ความดัน 45 48 และ 50 lb/in² พบว่าการทำแห้งฟักทองที่ความดัน 48 และ 50 lb/in² ฟักทองแห้งที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกัน และเมื่อนำไปผสมในอาหารเสริมเด็กแล้วนำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ฟักทองที่ทำแห้งที่ความดัน 48 lb/in² มีคะแนนการยอมรับเฉลี่ยของการทดสอบทุกด้านมีค่าสูงกว่าที่ความดัน 50 lb/in² จึงเลือกใช้การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่ความดัน 48 lb/in²

2.3 แป้งที่ใช้ทำขนมไทย

ส่วนประกอบหลักของขนมไทยส่วนใหญ่จะเป็นแป้งชนิดต่าง ๆ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเขียว แป้งชนิดอื่น เช่น แป้งข้าวโพดและแป้งท้าวยายม่อม มักใช้เป็นส่วนประกอบเสริมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางอย่างของขนมเท่านั้น คุณสมบัติของแป้งจะมีผลต่อลักษณะของขนม เช่น แป้งข้าวเจ้าเมื่อถูกความร้อนแป้งจะสุกและมีลักษณะขุ่นขึ้น แป้งมันสำปะหลังเมื่อถูกความร้อนแป้งจะสุกและมีลักษณะโปร่งแสง เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะจับกันเหนียวใส แป้งที่ใช้ในการทำขนมส่วนใหญ่จะมีหน้าที่สำคัญในด้านการทำให้เกิดความขุ่นหนืดและเกิดเป็นเจล เช่น ขนมชั้น ขนมฟักทอง ขนมกล้วย ตะโก้ ขนมเทียน เป็นต้น

แป้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญพืช เช่น ข้าว พืชประเภทหัวจะมีแป้งมาก เช่น มันฝรั่ง พวกรากพืช เช่น มันสำปะหลัง แป้งเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อของพืชเท่านั้น แป้งต่างชนิดกันจะมีส่วนประกอบที่ต่างกันทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพ โดยทั่วไปแป้งจะมีคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด รองลงมาคือโปรตีน นอกจากนี้ยังมีไขมัน เซลลูโลส เกลือแร่ สารสี และเอนไซม์ แป้งมีความชื้นหรือมีน้ำอยู่ประมาณ 2-3% คาร์โบไฮเดรตในแป้งจะอยู่ในรูปของสตาร์ช ส่วนประกอบของสตาร์ชมี 2 อย่าง คือ อะไมโลส และอะไมโลเพคติน ทั้ง 2 อย่าง ประกอบด้วยกลูโคสหลาย ๆ หน่วยต่อกัน และมีความแตกต่างกันดังแสดงในตาราง 2.2

แป้งจากพืชที่ต่างกันจะมีส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินต่างกัน แป้งที่มีอะไมโลเพคตินมากหรือมีอะไมโลสน้อยจะเป็นแป้งเปื่อยที่หนืดขึ้นมาก ถ้าต้องการลักษณะอาหารให้เหนียวข้นแต่ไม่เป็นวุ้น เช่น ไข่ของพาย ชูปรีม น้ำเกรวี่ เต้าส่วน ก็ควรใช้แป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูง ปกติแป้งที่ได้จากพวกรากพืชจะมีอะไมโลเพคตินสูงกว่าที่ได้จากเมล็ดธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งที่ทำมาจากเมล็ด เช่น ข้าวโพด ข้าวเจ้า ถ้านำไปต้มแล้วทิ้งให้เย็นจะเป็นสีทึบ เป็นแป้งเปียก หรือเป็นวุ้น ส่วนแป้งที่ทำจากราก เช่น มัน มันฝรั่ง สาธู มักจะเป็นน้ำเหลวมีความเหนียวแต่ไม่เป็นวุ้น

ตาราง 2.2 แสดงความแตกต่างระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

| อะไมโลส | อะไมโลเพคติน |
|--|---------------------------------------|
| 1. ละลายน้ำได้ดีกว่า | 1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า |
| 2. เมื่อต้มในน้ำมีความหนืดข้นน้อยกว่าแต่มีความข้นมากกว่า | 2. มีความหนืดข้นมากกว่าและใส |
| 3. ให้สีน้ำเงินกับไอโอดีน | 3. ให้สีแดงม่วงหรือสีน้ำตาลกับไอโอดีน |
| 4. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสต่อกันเป็นเส้นตรง | 4. โมเลกุลกลูโคสต่อกันคล้ายกิ่งไม้ |
| 5. ประกอบด้วยกลูโคส 200 – 2100 หน่วย | 5. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20 – 25 หน่วย |
| 6. เมื่อต้มและตั้งทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้น | 6. ไม่จับตัวเป็นวุ้น |

ที่มา: รุจิรา , 2535

การหุงต้มแป้ง

1. การใช้ความร้อนแห้ง เมื่อเอาแป้งไปตั้งไฟโดยไม่ใช้น้ำ เช่น นำไปอบ คั่ว แป้งจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล โมเลกุลของแป้งจะแตกออกให้ส่วนที่เล็กลงเรียกว่า “เดกซทริน” (Dextrin) ผิวที่ถูกร้อนจะเป็นสีน้ำตาลและเริ่มไหม้ การเปลี่ยนสีและขนาดโมเลกุลของแป้งนี้เรียกว่า “dextrinization” ตัวอย่างเช่น ขนมปังปิ้ง ผิวนอกของขนมเค้ก

2. การใช้ความร้อนเปียกหรือความร้อนชื้น เมื่อผสมแป้งในน้ำเย็น แป้งจะกระจายตัวทั่วในน้ำ ถ้าทิ้งไว้จะนอนกัน ถ้าใช้ความร้อนโมเลกุลของแป้งจะอมน้ำ เม็ดแป้งจะพองตัวขึ้น น้ำแป้งจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นครึ่งแข็งครึ่งเหลว เหนียว และใสขึ้น มีลักษณะเป็นวุ้นคล้ายแป้งเปียก การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า “gelatinization” ถ้าต้มต่อไปอีกโดยให้ความร้อนที่มากขึ้น เม็ดแป้งจะพองตัวเต็มที่และแตกออก ความเหนียวจะลดลง เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นความหนืดจะเพิ่มขึ้น แป้งต่างชนิดกันจะพองตัวใสที่อุณหภูมิต่างกัน ดังแสดงในตาราง 2.3

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของเจลของแป้ง มีหลายประการ คือ

1. ชนิดและปริมาณสตาร์ช ปริมาณของสตาร์ชที่ทำให้สารแขวนลอยจากสตาร์ชชนิดต่าง ๆ มีความข้นหนืดเท่ากันนั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิดและแหล่งของแป้ง สำหรับธัญพืชที่มีอะไมโลเพคตินสูง จะใช้ปริมาณน้อยกว่าแป้งจากธัญพืชชนิดอื่นเนื่องจากปริมาณอะไมโลเพคตินมีผลต่อความหนืด ถ้าจะทำให้แป้งมีความหนืดเท่ากันแป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูงก็จะใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพคตินต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุณหภูมิ เมื่อนำแป้งไปต้มให้ร้อน เม็ดแป้งจะดูดซับน้ำได้มากขึ้นและพองตัวมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงจะเป็นไปอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับของการเกิดเจลลิตินซ์ อุณหภูมิของการเกิดเจลลิตินซ์ของแป้งแต่ละชนิดจะต่างกัน (ตาราง 2.3) แป้งที่เกิดเจลลิตินซ์จะมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดจะมากน้อยต่างกันตามชนิดของแป้ง มักพบว่าแป้งที่พองตัวได้อย่างรวดเร็วจะมีความหนืดสูงแต่จะไม่คงตัวถ้าต้องทำการกวนหรือคนอย่างแรงหรือต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นในกระบวนการแปรรูป

3. น้ำตาล น้ำตาลมีความสำคัญต่อการจับตัวเป็นเจลของแป้ง เมื่อใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้นเจลที่ได้จะใสขึ้นและนุ่มนวลมากขึ้น แต่ถ้าเติมน้ำตาลในปริมาณที่สูงเกินไปส่วนผสมจะเกิดเป็นน้ำเชื่อมข้นแทนที่จะเป็นเจลเนื่องจากน้ำตาลไปขัดขวางการจับตัวของสตาร์ชโดยแย่งจับน้ำที่มีอยู่ เมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น สตาร์ชจับน้ำได้น้อยลง เจลที่ได้จะอ่อนกว่าและมีการยุบตัวของเจลเนื่องจากมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง

4. ความเป็นกรดค่า pH อาหารส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรดค่า pH 4-7 ความเป็นกรดในช่วงนี้มีผลเล็กน้อยต่ออัตราการพองตัวและความหนืดของเม็ดแป้ง การศึกษาผลของค่า pH ต่ออัตราการพองตัวของเม็ดแป้งได้รับความสนใจน้อยกว่าผลอันเนื่องมาจากกรด ความเป็นกรดสูงช่วยเร่งการพองตัวของเม็ดแป้งอย่างรวดเร็ว ตลอดจนมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้ง จนกระทั่งความหนืดของน้ำแป้งลดลงอย่างรวดเร็ว

5. เกลือ โมเลกุลของแป้งในอาหารไม่มีหมู่ที่สามารถไอออนไนซ์ (ionizable group) เหมือนโปรตีน ดังนั้นผลของเกลือที่มีต่อแป้งจึงน้อยกว่าที่มีต่อโปรตีน ยกเว้นแป้งมันฝรั่งซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลของ อะไมโลเพคตินสามารถถูกแทนที่ด้วย orthophosphate group ในปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์

6. ไขมัน ไขมันจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งและความหนืดของแป้งได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับว่าไขมันดังกล่าวเป็นไขมันอย่างเดี่ยวหรือไขมันที่ผสมด้วยอีมีลซิไฟเออร์ ทั้งนี้เนื่องจากผลที่เกิดจากไขมันทั้งสองชนิดให้ผลตรงข้ามกัน ไขมันมีผลต่ออุณหภูมิของการเกิดความหนืดสูงสุด (maximum viscosity) เช่น แป้งข้าวโพดเข้มข้น 6% โดยปกติจะมีความหนืดของเจลสูงสุดที่อุณหภูมิ 32 °C เมื่อมีไขมันผสมอยู่ 9-12% อุณหภูมิดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็น 82 °C

ตาราง 2.3 ช่วงอุณหภูมิที่ทำให้แป้งชนิดต่าง ๆ พองตัวขึ้นใส (gelatinization temperature) และลักษณะเมื่อถูกความร้อน

| ชนิดแป้ง | อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) | ลักษณะของแป้งเมื่อถูกความร้อน |
|-----------------|---------------------------------|--|
| แป้งมันสำปะหลัง | 66-75 | ทิ้งไว้ให้เย็นจะจับกันเหนียวใส |
| แป้งมันเทศ | 67-70 | ทิ้งไว้ให้เย็นจะจับกันเหนียว ชุ่ม ชื่น |
| แป้งสาลี | 61-88 | ชุ่ม ชื่น และเหนียว แข็งปานกลาง |
| แป้งข้าวโพด | 66-85 | ชุ่ม ชื่น ไม่คืนตัวง่าย ขาวและแข็ง |
| แป้งข้าวเจ้า | 66-85 | ชุ่ม ชื่น เป็นวุ้นอ่อนใส |
| แป้งข้าวเหนียว | 65-76 | ชุ่ม เหนียว |
| แป้งท้าวยายม่อม | 65-76 | แป้งใส แข็ง เหนียว |
| แป้งถั่ว | 67-82 | ชุ่ม ใส เป็นวุ้น แข็ง |
| แป้งเค้ก | 61-82 | ขาว ชื่น |

ที่มา : รุจิรา , 2535

2.4 น้ำตาล

น้ำตาลมีความสำคัญและจำเป็นต่ออาหารทั้งในรูปอาหารหวานและหวาน นอกจากนี้จะใช้เป็นอาหาร

โดยตรงแล้ว น้ำตาลยังใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลไม้กระป๋อง เครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลมต่าง ๆ

น้ำตาล หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน แบ่งเป็นพวกใหญ่ ๆ ตามลักษณะโมเลกุลได้ 3 พวก คือ น้ำตาลชั้นเดียว น้ำตาลสองชั้น และน้ำตาลหลายชั้น น้ำตาลที่ใช้ประกอบอาหารที่สำคัญ คือ น้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลสองชั้น มีผลึกสีขาว จุดหลอมเหลว 180°C ละลายได้ในน้ำ เมื่อนำไปทำให้ร้อนจนอุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวได้สารเหนียว เรียกว่า “คาราเมล” (caramel) ซึ่งมีสีน้ำตาล น้ำตาลทรายเป็นน้ำตาลที่ใช้กันมากและแพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป ได้จากอ้อยและหัวบีท เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งค่อนข้างบริสุทธิ์ 99.9 % โดยไม่มีวิตามินและแร่ธาตุปะปนมาหากเป็นน้ำตาลที่ผ่านกรรมวิธีที่ถูกต้องน้ำตาลเมื่อละลายน้ำจะทำให้คุณสมบัติของอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น ช่วยเพิ่มความหนืด เปลี่ยนแปลงจุดเดือดให้สูงขึ้น ลดความดันไอแต่จะเพิ่มแรงดันออสโมซิส

2.5 กะทิ

กะทิเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อมะพร้าวมาคั้น โดยอาจจะเติมน้ำหรือไม่เติมน้ำก็ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะคล้ายนม กะทิเป็นอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (oil-in-water) อิมัลชันถูกทำให้คงตัวโดยโปรตีนในกะทิ องค์ประกอบต่าง ๆ ของกะทิจะแตกต่างกันตามวิธีการคั้นว่าเติมน้ำหรือไม่ (ตาราง 2.4)

กะทิที่นำมาใช้ในการทำขนมส่วนใหญ่เป็นกะทิที่ได้จากการคั้นน้ำแรกหรือที่เรียกว่าหัวกะทิ บทบาทของกะทิในขนม คือ

- ช่วยเพิ่มรสชาติของขนมให้ดีขึ้น
- เป็นตัวนำความร้อนทำให้ขนมสุก
- ช่วยทำให้ขนมมีความมันสวยงามเพิ่มขึ้น
- ช่วยให้เนื้อขนมมีความแข็งตัวมากขึ้น เมื่อใช้หัวกะทิในส่วนประกอบของขนมมากขึ้น

เนื้อขนมจะแข็งกระด้างแต่ความมันของเนื้อขนมมากขึ้น แต่ถ้าใช้ในปริมาณน้อยเนื้อขนมจะมีความนุ่ม แต่ไม่มีความมันของเนื้อขนมมากนัก

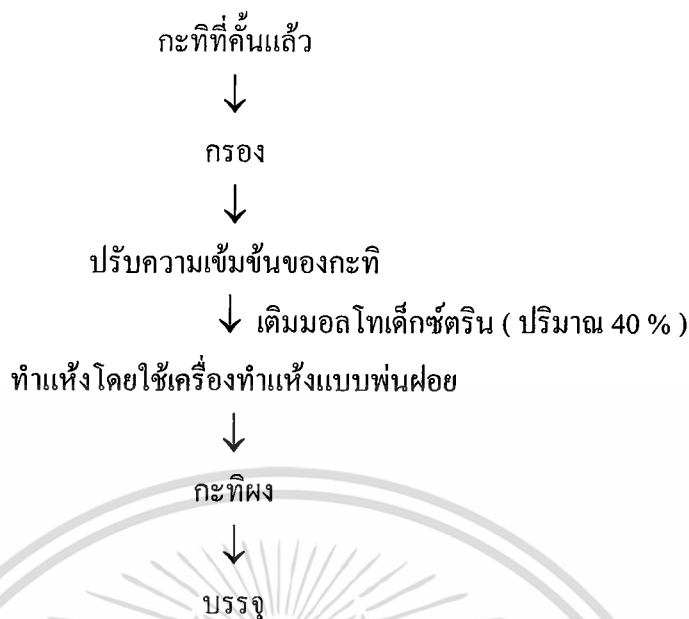
กะทิผง หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกะทิสดมาทำให้เป็นผง ซึ่งเมื่อผสมน้ำแล้วสามารถนำไปใช้ได้ทันที กะทิผงมีลักษณะเป็นผงร่วน มีสีและกลิ่นตามธรรมชาติของกะทิ (มอก. 2528)

ตาราง 2.4 แสดงองค์ประกอบของกะทิ

| องค์ประกอบ | คั้น โดยไม่เติมน้ำ | คั้น โดยเติมน้ำ |
|-----------------|--------------------|-----------------|
| ความชื้น | 42.2 | 82 |
| เกลือแร่ | 1.1 | 0.6 |
| โปรตีน | 4.2 | 1.4 |
| ไขมัน | 45.0 | 13.5 |
| น้ำตาลอินเวอร์ต | 4.6 | 2.1 |

ที่มา : กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ , 2510

กรรมวิธีการผลิตกะทิผง



ที่มา : ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ , 2537

การผลิตกะทิผง เริ่มจากการเตรียมให้ได้น้ำกะทีก่อน จากนั้นทำการปรับความเข้มข้นของกะทิ อาจมีการเติมสารช่วยให้กะทิไม่จับตัวกันเป็นก้อนผสมลงไปก่อนที่จะนำไปทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยเช่นเดียวกับการทำนมผงชนิดละลายทันที จากนั้นบรรจุกะทิผงที่ได้ในภาชนะที่สามารถป้องกันอากาศและความชื้นผ่านเข้าออกได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเสื่อมเสียเร็ว

คุณภาพของกะทิผงที่ได้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตแล้ว ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ด้วย เช่น พันธุ์ของมะพร้าว ความแก่อ่อนของมะพร้าว คุณภาพของน้ำที่ใช้คั้น รวมทั้งความสะอาดของเครื่องมือและภาชนะบรรจุ แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพด้านกลิ่นจะลดลง เนื่องจากการกรรมวิธีการผลิตจะต้องมีการผ่านความร้อน ทำให้กลิ่นตามธรรมชาติของกะทิเปลี่ยนไป ดังนั้นในการผลิตกะทิผงจึงมีการเติมกลิ่นสังเคราะห์ (ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ, 2537)

2.6 มอลโทเด็กซ์ตริน

มอลโทเด็กซ์ตริน ($C_6H_{10}O_5$)_n·H₂O คือ สายโพลิเมอร์ของแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วย D-glucose ยูนิต หลายยูนิตต่อกันด้วยแขนงชนิด α -1-4 และมีค่าสมมูลเด็กซ์โตรส (dextrose equivalent หรือ DE) ต่ำกว่า 20 เตรียมได้จากการไฮโดรไลซ์สตาร์ชข้าวโพดด้วยกรดและหรือเอนไซม์ มอลโทเด็กซ์ตรินมีลักษณะเป็นผงสีขาว มีความหวานเล็กน้อยหรือไม่หวานเลยขึ้นอยู่กับค่า DE มีความชื้นประมาณ 3-5% มีความหนาแน่นปรากฏอยู่ในช่วง 0.31-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถใช้มอลโทเด็กซ์ตรินได้ในปริมาณที่เหมาะสมกับชนิดของอาหารและหน้าที่ของมอลโทเด็กซ์ตรินในอาหารนั้น มอลโทเด็กซ์ตรินสามารถละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิห้อง สารละลายที่ได้อาจใสหรือขุ่นขึ้นอยู่กับชนิดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอลโทเด็กซ์ทรินที่นำมาใช้ สารละลายที่ได้มีคุณสมบัติด้านความเป็นเนื้อ (body) มีความหนืดที่สม่ำเสมอ มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ (low hygroscopicity) โดยเฉพาะพวกที่มีค่า DE ต่ำๆ มีจุดเยือกแข็งที่คงที่และสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดสีน้ำตาลน้อยลงมาก นอกจากนี้ยังสามารถละลายได้ในอาหารที่เป็นของเหลว เช่น ซุป น้ำผลไม้ เป็นต้น โดยอาจเติมในลักษณะที่เป็นผงโดยตรงหรือนำมาละลายในน้ำก่อน

มอลโทเด็กซ์ทรินสามารถนำมาใช้เพิ่มปริมาณของแข็งให้กับวัตถุดิบก่อนที่จะนำเข้าเครื่องทำแห้ง และยังช่วยลดการดูดความชื้นกลับในผลิตภัณฑ์ผงซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง เช่น น้ำผลไม้ผง เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้สามารถไหลได้โดยสะดวก (Macrae และคณะ , 1993)

2.7 รงควัตถุ

สารสีหรือรงควัตถุ (pigment) ส่วนใหญ่อยู่ในพลาสติด (plastid) ซึ่งอยู่ในโปรโตพลาสซึมของเซลล์ เช่น คลอโรพิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวเกิดในคลอโรพลาสต์และแคโรทีนอยู่ในโครโมพลาสต์ บางครั้งรงควัตถุอาจเป็นผลึกลอยอยู่ในโปรโตพลาสซึม เช่น แท่งของแคโรทีนในเซลล์ของแคโรท เป็นต้น รงควัตถุที่ละลายน้ำได้จะละลายอยู่ในแควิวโอลแต่ไม่กระจายทั่วเซลล์

แคโรทีนอยด์ (carotenoids)

แคโรทีนอยด์เป็นกลุ่มรงควัตถุสีเหลืองและสีส้ม ซึ่งส่วนใหญ่ละลายในไขมันได้ พบอยู่ทั่วไปในผลิตภัณฑ์พืชและสัตว์ในธรรมชาติ รงควัตถุเหล่านี้มีอยู่ทั่วไปและมีปริมาณมากในธรรมชาติ ในผักใบเขียว แคโรทีนอยด์อยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ซึ่งมีคลอโรพิลล์อยู่ด้วย สีเขียวของคลอโรพิลล์กลบสีเหลืองของแคโรทีนอยด์จนมองไม่เห็น ส่วนสีเหลืองของผักทองและแคโรทเกิดจากแคโรทีนที่อยู่ใน โครโมพลาสต์ (chromoplast)

สารแคโรทีนอยด์บางชนิดจะมีความสำคัญทางโภชนาการ คือ เป็นแหล่งของวิตามินเอ สารแคโรทีนอยด์ที่มีไอโอโนนริง (ionone ring) ที่สมบูรณ์ เช่น เบต้าแคโรทีน และคริปโตแซนทิน สามารถแตกตัวให้วิตามินเอ โมเลกุลของแคโรทีนอยด์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปทรานส์ (trans-form) ซึ่งโซ่คาร์บอนจะอยู่ในแนวเส้นตรงมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามโมเลกุลอาจบิดตัวในรูปซิส (cis-form) ได้ การเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลต่อสีและความสามารถในการเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ การเกิดไอโซเมอร์ (isomer) นี้เกิดจากแสงสว่าง ความร้อน และกรด การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของอาหาร คือ การแตกตัวจากกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในกระบวนการทำแห้ง เบต้าแคโรทีนเมื่อเกิดออกซิเดชันจะได้เบต้าไอโอโนนซึ่งเป็นอะโรมาติกลิโตนที่มีกลิ่นคล้ายดอกไวโอเล็ต การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้อาจเกิดจากเอนไซม์ในกลุ่มไลโปออกซิเดส (lipoxidase) ได้

การสูญเสียแคโรทีนอยด์

การสูญเสียแคโรทีนอยด์ในอาหารส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากโมเลกุลของแคโรทีนอยด์เป็นระบบไม่อิ่มตัว เมื่อทิ้งไว้ให้ถูกอากาศนาน ๆ มันอาจถูกออกซิไดซ์เองโดยออกซิเจน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นกับแสง ความร้อน และการมีแอนติออกซิแดนท์ (antioxidants) อยู่ การหุงต้มธรรมดาไม่มีผลต่อสีและคุณค่าทางโภชนาการของแคโรทีนอยด์สีของแคโรทีนอยด์ทนกรดและไม่ถูกชะออกด้วยน้ำ และในการหุงต้มนาน ๆ ไม่ทำให้สีของแคโรทีนอยด์เปลี่ยนแปลงไปมากนัก ในผักผลไม้ที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงจะยังคงมีสีสวยสดหลังหุงต้มแล้ว แต่แคโรทีนอยด์ในอาหารที่ตากแห้งอาจเปลี่ยนสีได้เมื่อทิ้งไว้ในอากาศนาน ๆ

ตาราง 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของแคโรทีน แซนโทฟิลล์ ไลโคพีน ในสภาวะต่าง ๆ

| | |
|----------------|---|
| การละลาย | ละลายน้ำได้เล็กน้อย |
| สภาวะที่มีกรด | ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง |
| สภาวะที่มีด่าง | ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง |
| การหุงต้มนาน ๆ | ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าต้มนานจะดำเล็กน้อย |

ที่มา : รุจิรา , 2535



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. ฟักทอง พันธุ์คางคก ชื่อจากตลาดหัวตะเข้ เขตตลาดกระบี่ กรุงเทพมหานคร
2. แป้งข้าวเจ้า ตราช้างสามเศียร ผลิตโดยบริษัทโรงเส้นหมี่ชอเฮง จำกัด
3. แป้งท้าวยายม่อม ตราปลามังกร ผลิตโดยบริษัท อี.ซี.ที. เอียบตงจัน จำกัด
4. แป้งมันสำปะหลัง ตราปลามังกร ผลิตโดยบริษัท อี.ซี.ที. เอียบตงจัน จำกัด
5. น้ำตาลทราย ตรามิตรผล ผลิตโดยบริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด
6. กะทิผง ตราชาวเกาะ ผลิตโดยบริษัทเทพผดุงพรมะพร้าว จำกัด
7. มะพร้าวชูดขาว
8. กะทิสด
9. เกลือป่น

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dryer) B.W.S-3
2. เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) รุ่น OD 6x8 ของ Pacific instruments
3. เครื่องวัดสี (Chroma Meter) รุ่น CR-2006 ของ Minolta (Japan)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก Mettler PE3000
5. เครื่อง Texture Analysis รุ่น TX - T2
6. ชุดอุปกรณ์ทำขนม
7. เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สำหรับการวิเคราะห์

3.3 การทดลอง

3.3.1 การคัดเลือกสูตรขนมฟักทองที่เหมาะสม

การคัดเลือกสูตรขนมฟักทองที่เหมาะสม ซึ่งจะคัดเลือกจาก 4 สูตร ที่ได้จากการรวบรวมจากเอกสารต่าง ๆ มาคำนวณส่วนผสมเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองทำแป้งขนมฟักทองสำเร็จรูปต่อไป โดยได้สูตรที่มีส่วนผสมต่างกัน 4 สูตร ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 แสดงส่วนผสมขนมฟักทองที่แตกต่างกัน 4 สูตร

| ส่วนผสม | สูตรที่ 1 * (เปอร์เซ็นต์) | สูตรที่ 2 ** (เปอร์เซ็นต์) | สูตรที่ 3 *** (เปอร์เซ็นต์) | สูตรที่ 4 **** (เปอร์เซ็นต์) |
|------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| ฟักทองนึ่งสุกบดละเอียด | 43 | 40 | 37 | 30 |
| แป้งข้าวเจ้า | 10.5 | 8 | 9 | 13 |
| แป้งมันสำปะหลัง | - | 1.5 | 3 | 5 |
| แป้งท้าวยายม่อม | - | 4 | 3.5 | - |
| หัวกะทิคั้นสด | 26 | 29 | 26 | 31 |
| มะพร้าวขูดขาว | 5 | 2 | 4 | - |
| น้ำตาลทราย | 15 | 15 | 17 | 20 |
| เกลือ | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.0 |

ที่มา : * จรรยา สุบรรณ (2532)

** ทศนีย์ โรจนไพบุลย์ (2532)

*** สุภรณ์ พจนมณี (มปป.)

**** สุภาภรณ์ รัตนมงคลกุล (2544)

ทดลองทำขนมฟักทองโดยซึ่งส่วนผสมตามสูตร ผสมส่วนผสมทั้งหมดคให้เข้ากัน ตักใส่ถ้วยตะไลใหญ่ นึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือดประมาณ 30 นาทีหรือจนขนมสุกแล้วยกออกจากเตาทิ้งไว้ให้เย็นจึงแกะออกจากถ้วยตะไล แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 15 คน ใช้แบบสอบถามแบบ Hedonic Scale 5 ระดับ (ภาคผนวก ก1) ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test เลือกสูตรที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการทดลองทำเป็นแป้งผสมสำเร็จรูป

3.3.2 ศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฟักทองผง

3.3.2.1 การศึกษาสภาวะในการยับยั้งเอนไซม์

นำฟักทองที่หั่นเป็นชิ้นบาง ไปนึ่งให้อุณหภูมิจุดกึ่งกลางของชิ้นฟักทอง (core temperature) เท่ากับ 85°C ที่เวลา 2 และ 4 นาที แล้ววัดการทำงานของเอนไซม์ (กิตติพงษ์, มปป) นำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ในการเตรียมตัวอย่างก่อนทำฟักทองผงในข้อ 3.3.2.2 ต่อไป

3.3.2.2 การทดลองหาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฟักทอง

ทดลองทำแห้งฟักทองโดยใช้สภาวะ การเตรียมฟักทอง อุปกรณ์ทำแห้ง และสภาวะการทำแห้ง ต่างกัน ดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 แสดงการเตรียมตัวอย่างและสภาวะที่ใช้ในการทำแห้งฟักทองผง

| สภาวะ | เครื่องอบแห้งที่ใช้ | สภาวะในการทำแห้ง | การเตรียมตัวอย่างฟักทอง |
|-------|------------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 | ตู้อบลมร้อน | 60°C | หั่นเป็นชิ้น มีความหนา 1 มิลลิเมตร นำไปนึ่งให้ฟักทองมีอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางชิ้นเท่ากับ 85°C นาน 4 นาที |
| 2 | ตู้อบลมร้อน | 60°C | หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดเท่า ๆ กัน นึ่งที่อุณหภูมิ น้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด |
| 3 | ตู้อบลมร้อน | 80°C | หั่นเป็นชิ้น มีความหนา 1 มิลลิเมตร นำไปนึ่งให้ฟักทองมีอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางชิ้นเท่ากับ 85°C นาน 4 นาที |
| 4 | ตู้อบลมร้อน | 80°C | หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดเท่า ๆ กัน นึ่งที่อุณหภูมิ น้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด |
| 5 | เครื่องอบแห้งแบบ ลูกกลิ้ง | 1 รอบต่อนาที 120°C | หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดเท่า ๆ กัน นึ่งที่อุณหภูมิ น้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด |
| 6 | เครื่องอบแห้งแบบ ลูกกลิ้ง | 1.5 รอบต่อนาที 120°C | หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดเท่า ๆ กัน นึ่งที่อุณหภูมิ น้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด |

นำฟักทองผงที่ได้จากการทำแห้งในสภาวะต่าง ๆ มาตรวจสอบคุณภาพโดยวิธีทางกายภาพ ในด้านอัตราการคืนรูป (Subadra, 1997) ค่าการดูดกลืนน้ำ (Anderson และคณะ, 1969) ค่าการละลาย (Anderson และคณะ, 1969) และความชื้น (AOAC, 1995) วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และนำมาทำเป็นขนมแล้วทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้แผนการทดสอบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 15 คน ใช้แบบสอบถามแบบ Hedonic Scale 5 ระดับ (ภาคผนวก ก2) ทำ 2 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test เพื่อเลือกสภาวะการทำแห้งฟักทองผงที่เหมาะสมมากที่สุด

3.3.3 ศึกษาการปรับสูตรส่วนผสมให้เป็นแป้งผสมสำเร็จรูป

จากการคัดเลือกสูตรที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในข้อ 3.3.1 วิเคราะห์หาความชื้นในส่วนผสมทั้งหมดด้วยวิธี AOAC (1995) และคำนวณเปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมโดยน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบแต่ละชนิด ผสมส่วนผสมตามสัดส่วนที่คำนวณได้โดยใช้ฟักทองผงที่ได้จากการทำแห้งสภาวะที่เลือกในข้อ 3.3.2 และใช้กะทิผงแทนกะทิสด จะได้แป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป

3.3.4 ศึกษาความแตกต่างของขนมฟักทองที่ได้จากส่วนผสมสดและขนมฟักทองที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูป

นำแป้งขนมฟักทองสำเร็จรูปจากข้อ 3.3.3 มาทดลองทำขนมฟักทองเปรียบเทียบกับขนมฟักทองที่ทำจากส่วนผสมสด ใช้เครื่องวัดสี วัดความแตกต่างของสีของขนมฟักทองที่ได้ และใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TX-T2) วัดความแตกต่างของแรงกดทะลุ วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test แล้วทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 15 คน ใช้แบบสอบถาม Hedonic scale 5 ระดับ (ภาคผนวก ก1) วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดสอบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การคัดเลือกสูตรขนมฟักทองที่เหมาะสม

จากการทดลองเพื่อคัดเลือกสูตรขนมฟักทองเพื่อนำไปใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองทำแป้งผสมสำเร็จรูป เมื่อทดลองทำขนมฟักทองโดยใช้สูตรที่แตกต่างกัน 4 สูตร แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมฟักทอง

| สูตร | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
|------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1 | 2.63±0.70 ^b | 3.05±0.99 ^c | 3.16±0.70 ^b | 2.61±0.90 ^c | 2.72±0.79 ^c |
| 2 | 3.88±0.97 ^a | 3.44±0.72 ^{bc} | 3.22±0.64 ^b | 2.72±0.84 ^c | 3.19±0.68 ^b |
| 3 | 3.75±0.54 ^a | 3.63±0.63 ^{ab} | 3.19±0.84 ^b | 3.41±0.91 ^b | 3.44±0.88 ^{bc} |
| 4 | 4.16±0.68 ^a | 3.94±0.76 ^a | 4.25±0.60 ^a | 4.13±0.50 ^a | 4.36±0.68 ^a |

หมายเหตุ 1) ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2) รายละเอียดของขนมทั้ง 4 สูตร ดูจากตาราง 3.1 หน้า 13

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ได้แสดงให้เห็นว่าขนมฟักทองทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณส่วนผสมที่ต่างกันสูตรทั้ง 4 มีผลต่อคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติมากกว่าด้านสีและกลิ่น และจะเห็นว่าขนมสูตรที่ 4 มีความแตกต่างจากสูตรอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยการยอมรับของลักษณะต่าง ๆ สูงกว่าสูตรอื่นมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะในสูตรที่ 4 มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังมากกว่าสูตรอื่นซึ่งจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของขนมทำให้เกิดความนุ่มเหนียวมากกว่า อีกทั้งยังมีปริมาณกะทิ เกลือ และน้ำตาลมากกว่าสูตรอื่น ส่วนผสมเหล่านี้มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคในด้านรสชาติมากที่สุด ดังนั้นในการทดลองจึงพิจารณาคัดเลือกสูตรที่ 4 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทำแป้งผสมสำเร็จรูปต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฟักทอง

4.2.1 การศึกษาสภาวะในการยับยั้งเอนไซม์

เมื่อนำฟักทองที่หั่นเป็นชิ้นมีความหนา 1 มิลลิเมตรไปนึ่งให้อุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นฟักทอง (core temperature) 85°C ที่เวลา 2 และ 4 นาที แล้ววัดการทำงานของเอนไซม์ จะได้ผลการทดลองดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 แสดงผลของการยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสก่อนการทำแห้งแบบสไลด์ที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นฟักทองเป็น 85°C

| เวลา | การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ |
|--------|---|
| 2 นาที | มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลแดงภายใน 3.5 นาที ซึ่งแสดงว่าไม่สามารถยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ |
| 4 นาที | ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีภายใน 3.5 นาทีและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 5 นาทีเกิดสีน้ำตาลอ่อนๆ ซึ่งแสดงว่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสถูกยับยั้งได้ |

จากตาราง 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เวลาลวกนาน 4 นาทีสามารถยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ ดังนั้นการลวก 4 นาทีจึงเป็นเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมชิ้นฟักทองเบื้องต้นก่อนการอบแห้งเนื่องจากสามารถทำลายเอนไซม์ที่ทนความร้อนสูงได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่เวลาดังกล่าวก็สามารถทำลายเอนไซม์ชนิดอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

4.2.2 วิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฟักทอง

จากการทดลองนำฟักทองมาทำแห้งด้วยวิธีและสภาวะที่ต่างกัน โดยเปรียบเทียบระหว่างการทำแห้งด้วย ตู้อบลมร้อนและเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง ได้ผลการทดลองด้านต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 4.3 ถึง 4.5

ตาราง 4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของฟักทองผงที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีต่างๆ

| สภาวะ | เครื่องอบแห้งที่ใช้ | สภาวะในการทำแห้ง | ลักษณะของฟักทองแห้ง |
|-------|------------------------------|--------------------------|--|
| 1 | ตู้อบลมร้อน | 60 °C | บดเป็นผงละเอียดได้ง่ายใช้เวลาในการทำแห้ง 6-8 ชม. แป้งฟักทองออกสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นฟักทองแห้ง |
| 2 | ตู้อบลมร้อน | 60 °C | ใช้เวลาในการทำแห้งประมาณ 8-10 ชม. สีของฟักทองผงออกสีเหลืองมีกลิ่นฟักทองแห้ง |
| 3 | ตู้อบลมร้อน | 80 °C | ใช้เวลาในการทำแห้งประมาณ 5-6 ชม. สีของฟักทองผงจะคล้ำ และมีกลิ่นใหม่ |
| 4 | ตู้อบลมร้อน | 80 °C | ใช้เวลาในการทำแห้งประมาณ 6-8 ชม. ฟักทองผงที่ได้มีสีคล้ำ และมีกลิ่นใหม่ |
| 5 | เครื่องอบแห้งแบบ ลูกกลิ้ง | 1 รอบต่อนาที 120 °C | ฟักทองผงที่ได้มีสีคล้ำ และมีกลิ่นใหม่ |
| 6 | เครื่องอบแห้งแบบ ลูกกลิ้ง | 1.5 รอบต่อนาที 120 °C | ฟักทองผงที่ได้มีสีเหลือง มีกลิ่นฟักทองแห้ง |

ตาราง 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยด้านคุณสมบัติต่างๆ ของฟักทองผงที่ได้จากการทำแห้งด้วยสภาวะที่ต่างกัน

| สภาวะการทำแห้ง | ค่าการละลาย ^{ns} | ค่าการดูดซับน้ำ | อัตราการคืนรูป | เปอร์เซ็นต์ความชื้น |
|----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 30.97±8.95 | 4.06±0.00841 ^d | 4.42±0.00233 ^c | 5.97±0.21 ^c |
| 2 | 35.20±0.50 | 4.51±0.0321 ^c | 4.44±0.0318 ^{bc} | 7.93±0.0989 ^b |
| 3 | 30.64±1.79 | 4.85±0.12 ^b | 4.44±0.007 ^b | 8.03±0.0565 ^{ab} |
| 4 | 37.98±0.52 | 3.71±0.0362 ^c | 4.44±0.00381 ^{bc} | 8.33±0.43 ^{ab} |
| 5 | 35.68±0.41 | 5.3±0.0106 ^a | 4.45±0.00494 ^{ab} | 8.59±0.33 ^a |
| 6 | 36.68±0.7 | 5.21±0.0103 ^a | 4.46±0.00841 ^a | 8.40±0.12 ^{ab} |

หมายเหตุ 1) ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกัน ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

2) รายละเอียดของสภาวะการทำแห้งดูได้จากตาราง 3.2 หน้า 14

3) ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.5 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมฟักทองจากฟักทองผงที่ผ่านการทำให้แห้งที่สภาวะต่างกัน

| สภาวะการทำแห้ง | สี | กลิ่น | เนื้อสัมผัส |
|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1 | 3.11±1.36 ^{bc} | 3.16±0.98 ^b | 3.02±1.40 ^c |
| 2 | 3.88±1.02 ^a | 3.33±0.84 ^b | 3.00±1.02 ^c |
| 3 | 2.72±1.17 ^c | 2.83±1.38 ^b | 3.33±1.37 ^{bc} |
| 4 | 1.83±0.92 ^d | 3.11±1.27 ^b | 3.22±0.73 ^c |
| 5 | 3.55±0.85 ^{ab} | 3.22±0.87 ^b | 3.94±0.63 ^{ab} |
| 6 | 3.83±0.92 ^{ab} | 4.11±0.47 ^a | 4.22±0.73 ^a |

หมายเหตุ 1) ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

2) รายละเอียดของสภาวะการทำแห้งดูได้จากตาราง 3.2 หน้า 14

จากผลการทดลองในตาราง 4.3 เมื่อทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนสำหรับฟักทองที่หั่นเป็นชิ้นบางและฟักทองบดละเอียดโดยใช้อุณหภูมิ 60 และ 80 °C จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิเดียวกันลักษณะของฟักทองที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C จะใช้เวลาทำแห้งสั้นกว่าส่วนการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120 °C เมื่อใช้ความเร็วรอบต่างกัน 2 ระดับคือ 1 และ 1.5 รอบต่อนาที พบว่าการใช้ความเร็วรอบ 1.5 รอบต่อนาที ฟักทองผงที่ได้มีลักษณะปรากฏด้านสีดีกว่าการใช้ความเร็วรอบ 1 รอบต่อนาที และลักษณะฟักทองผงที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับการใช้ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 °C การพิจารณาเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งจึงต้องพิจารณาสมบัติของฟักทองผงด้านค่าการละลาย อัตราการดูดซับน้ำ ความชื้น อัตราการคืนรูป และคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของฟักทองผงด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส จากผลในตาราง 4.4 พบว่าค่าเฉลี่ยของการละลายของฟักทองผงจากทุกสภาวะในการทำแห้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ยของการดูดซับน้ำของฟักทองผงที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ยของอัตราการคืนรูปของฟักทองผงที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ส่วนค่าเฉลี่ยของอัตราการคืนรูปที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่ 1 และ 1.5 รอบต่อนาทีไม่มีความแตกต่างกัน เปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟักทองผงที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 °C มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำที่สุด ส่วนฟักทองผงที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งความเร็วรอบ 1 รอบต่อนาทีมีความชื้นสูงที่สุด เมื่อนำผงฟักทองผงที่ได้จากสภาวะการทำแห้งต่าง ๆ มาทำขนมฟักทองแล้วทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส พบว่าการทำแห้งฟักทองด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งความเร็วรอบ 1.5 รอบต่อนาทีมีค่าเฉลี่ยของการยอมรับในด้านต่าง ๆ สูงที่สุด โดยเฉพาะคุณสมบัติทางด้านกลิ่นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ได้ พบว่าสถานะในการทำแห้งทุกสภาวะมีค่าเฉลี่ยของค่าการละลาย ค่าการดูดซับน้ำ อัตราการคืนรูป และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟักทองผง มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการพิจารณาเลือกสภาวะการทำแห้งฟักทองที่เหมาะสม จึงพิจารณาจากผลของการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ซึ่งพบว่าการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งความเร็วรอบ 1.5 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ยของการยอมรับของผู้บริโภคสูงที่สุด จึงเลือกใช้สภาวะการทำแห้งนี้ในการทำฟักทองผงเพื่อทำเป็นแป้งผสมขนมฟักทองสำเร็จรูป

4.3 ศึกษาการปรับสูตรให้เป็นแป้งขนมสำเร็จรูป

จากสูตรที่คัดเลือกได้ในข้อ 4.1 นำองค์ประกอบต่าง ๆ มาหาความชื้นเพื่อใช้ในการคำนวณส่วนผสมเป็นน้ำหนักแห้ง (ภาคผนวก ข) แสดงในตาราง 4.6 จึงได้แป้งผสมที่มีองค์ประกอบดังตาราง 4.7

ตาราง 4.6 แสดงความชื้นของแต่ละองค์ประกอบของขนมฟักทอง

| องค์ประกอบของขนมฟักทอง | ปริมาณความชื้น(%) |
|------------------------|-------------------|
| ฟักทอง | 81.83 |
| แป้งข้าวเจ้า | 12.04 |
| แป้งมันสำปะหลัง | 11.84 |
| กะทิ | 82.85 |
| น้ำตาลทราย | - |
| เกลือ | - |

ตาราง 4.7 องค์ประกอบของแป้งผสมสำเร็จรูปและส่วนผสมก่อนนี้

| องค์ประกอบของแป้งผสมสำเร็จรูป | ปริมาณ (%) |
|-------------------------------|------------|
| ฟักทองผง | 11.44 |
| แป้งข้าวเจ้า | 24.02 |
| แป้งมันสำปะหลัง | 9.26 |
| กะทิผง | 11.17 |
| น้ำตาลทราย | 42.01 |
| เกลือ | 2.10 |
| ส่วนผสมก่อนนี้ | |
| แป้งผสม | 48.98 |
| น้ำ | 51.02 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณส่วนผสมก่อนนี้ทำได้โดยการคำนวณส่วนผสมเป็นของแห้งในส่วนผสมทั้งหมด แล้วหักปริมาณความชื้นออก จากนั้นนำมาคำนวณกลับเพื่อหาปริมาณน้ำที่ต้องใช้เติมลงไป

จากผลการทดลองที่ได้ ส่วนผสมก่อนนี้นั้นมีแป้งผสมและปริมาณน้ำที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในทางปฏิบัติจริงสามารถใช้แป้งผสมและปริมาณน้ำในปริมาณที่เท่า ๆ กันได้

4.4 ศึกษาความแตกต่างของขนมฟักทองจากส่วนผสมสดและขนมฟักทองจากแป้งสำเร็จรูป

หลังจากการปรับสูตรแป้งขนมฟักทองสำเร็จรูปในข้อ 4.3 แล้วนำแป้งผสมสำเร็จรูปที่ได้มาทำขนมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างขนมที่ทำจากฟักทองสดและแป้งสำเร็จรูป ผลที่ได้ดังตาราง 4.8-4.10

ตาราง 4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านสีของขนมที่ทำจากฟักทองสดและที่ทำจากฟักทองแห้ง

| ค่าสี | ขนมฟักทองจากของสด | ขนมฟักทองจากแป้งสำเร็จรูป |
|-------|-------------------------|---------------------------|
| L | 76.40±4.73 ^a | 77.92±0.50 ^a |
| a | 1.47±1.25 ^a | 0.18±0.32 ^b |
| b | 85.02±6.00 ^a | 45.81±1.42 ^b |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตาราง 4.9 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงกดทะลุของขนมที่ทำจากฟักทองสดและจากแป้งสำเร็จรูป

| | ค่าแรงกดทะลุ |
|---------------------------|--------------------------|
| ขนมฟักทองจากของสด | 0.36±0.0465 ^a |
| ขนมฟักทองจากแป้งสำเร็จรูป | 0.36±0.0519 ^a |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

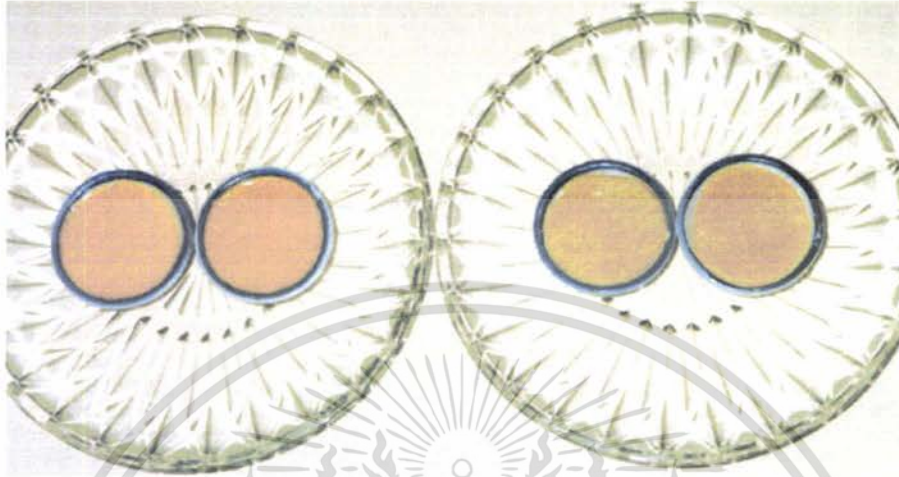
ตาราง 4.10 แสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของขนมที่ทำจากฟักทองสดและที่ทำจากฟักทองแห้ง

| | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| ขนมฟักทองจากของสด | 4.4167±.6474 ^a | 4.0554±0.617 ^a | 3.4722±.8309 ^a | 3.5833±.6697 ^a | 2.9444±0.6474 ^a |
| ขนมฟักทองจากแป้งสำเร็จรูป | 2.994±0.661 ^b | 3.22±0.7901 ^b | 3.778±0.927 ^a | 3.50±0.686 ^a | 2.994±0.7254 ^b |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ผลการวัดสีและแรงกดทะลุ แสดงในตาราง 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสมบัติด้านสีของขนมฟักทองจากส่วนผสมสดและขนมฟักทองจากแป้งผสมสำเร็จรูปพบว่า ค่า L ของขนมฟักทองทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนค่า a และค่า b ของขนมฟักทองจากของสดมีค่าสูงกว่าค่าของขนมฟักทองจากแป้งสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า b ที่วัดได้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสีเหลืองของขนม แสดงให้เห็นว่าขนมฟักทองที่ได้จากส่วนผสมสดมีสีเหลืองมากกว่าขนมฟักทองจากแป้งผสมสำเร็จรูป เมื่อนำตัวอย่างมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้แรงกดทะลุด้วยเครื่อง Texture Analysis ผลที่ได้พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมฟักทองจากส่วนผสมสดและขนมฟักทองที่ทำจากแป้งสำเร็จรูปมีค่าเฉลี่ยของแรงกดทะลุไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตาราง 4.10) พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนในด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สมบัติด้านสี กลิ่น และการยอมรับรวมของผู้บริโภคจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ฟักทองผงแทนฟักทองสดนั้นจะทำให้ขนมที่ได้มีกลิ่นและสีต่างจากการใช้ของสด การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเป็นผลที่เกิดจากกระบวนการทำแห้งซึ่งมีการใช้อุณหภูมิสูงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของโครทินและสารระเหยในเนื้อฟักทอง ขนมฟักทองที่ใช้ฟักทองผงแทนฟักทองสดจึงมีการยอมรับในด้านสีและกลิ่นในระดับที่ต่ำกว่าของสด ซึ่งสอดคล้องกับผลของการวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี

ความแตกต่างของขนมฟักทองที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูปกับขนมฟักทองที่เตรียมจากของสด
แสดงในรูป 4.1



ขนมฟักทองจากของสด

ขนมฟักทองจากแป้งสำเร็จรูป

รูป 4.1 แสดงความแตกต่างของขนมฟักทองที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูปกับขนมฟักทองที่เตรียมจากของ
สด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. สูตรขนมฟักทองที่เหมาะสมที่นำมาใช้เป็นสูตรพื้นฐาน

| ส่วนผสมขนมฟักทอง | ปริมาณ(%) |
|---------------------|-----------|
| ฟักทองนึ่งบดละเอียด | 30% |
| แป้งข้าวเจ้า | 13% |
| แป้งมันสำปะหลัง | 5% |
| กะทิ | 31% |
| น้ำตาล | 20% |
| เกลือ | 1% |

2. สภาพการทำแห้งฟักทองที่เหมาะสมคือ การใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง อุณหภูมิ 120 °C ความเร็วรอบ 1.5 รอบต่อนาที เป็นสภาพที่เมื่อนำฟักทองผงที่ได้มาทำขนมฟักทองแล้วได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

3. สูตรแป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป

| ส่วนผสมแป้งสำเร็จรูป | ปริมาณ (%) |
|-----------------------|------------|
| ฟักทองผง | 11.44 |
| แป้งข้าวเจ้า | 24.02 |
| แป้งมันสำปะหลัง | 9.26 |
| กะทิผง | 11.17 |
| น้ำตาลทราย | 42.01 |
| เกลือ | 2.10 |
| ส่วนผสมก่อนนี้ | |
| แป้งผสม | 48.98 |
| น้ำ | 51.02 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทำแห้งฟักทองด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง อาจจะมีการเติมแป้งลงไปในฟักทองบดก่อนนำไปป้อนลงบนพื้นผิวของลูกกลิ้ง เนื่องจากฟักทองเป็นวัตถุดิบที่ทำแห้งด้วยวิธีนี้ยากพอสมควร เพราะในฟักทองมีปริมาณน้ำตาลสูงจึงทำให้มีปัญหาในการหลุดออกจากผิวลูกกลิ้ง การเติมแป้งลงไปอาจช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้
2. จากการทดลอง ผงฟักทองที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงในด้านสีและกลิ่น เนื่องจากการใช้ความร้อนในการทำแห้ง ดังนั้นในการรักษาสี และกลิ่นของฟักทองอาจใช้วิธีการทำแห้งที่ไม่ใช้ความร้อนมากนัก



เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย และสถาบันวิจัยโภชนาการ. 2535. มหัศจรรย์ผัก. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ

กิตติพงษ์ ห่วงรัญ. 2536. กระบวนการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

กิตติพงษ์ ห่วงรัญ. 2536. ผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

จรรยา สุบรรณ. 2532. อาหารและขนมไทย. สำนักพิมพ์บรรลือสาสน์ กรุงเทพฯ.

ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ. 2537. กะทิสำเร็จรูป. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

ทัศนีย์ โรจนไพบุลย์. 2532. ตำรับขนมของไทย. กรุงเทพฯ

ธงชัย พุฒทองศิริ. 2542. แป้งขนมชั้นสำเร็จรูป. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. มปป. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

รัชนี ตัฒตะพานิชกุล. 2537. เคมีอาหาร. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ

รุจิรา สีห์โสภณ. 2535. หลักการประกอบอาหาร. แผนกอาหารและโภชนาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครใต้. กรุงเทพฯ.

วิชุดา พรสวัสดิ์ชัย และเพ็ญญา แสนยานุสิน. 2532. การแปรรูปฟักทองผสมเป็นอาหารเสริมสำเร็จรูป. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

สายรุพ ชัยวานิชศิริ วิชุดา พรสวัสดิ์ชัย และเพ็ญญา แสนยานุสิน. 2539. อาหารเสริมผสมฟักทองสำหรับเด็ก. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สุภาภรณ์ รัตนมงคลกุล. 2544. จากการสัมภาษณ์

สุภรณ์ พจนมณี. มปป. ตำรับอาหาร. แผนกอาหารและโภชนาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครใต้. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2528. มาตรฐานผลิตภัณฑ์กะทิผง. (มอก.2528)

กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ

Anderson, R. A. , Conway , H. F. , Pfeifer , V. F. and Griffin , E. L. 1969.Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. Cereal Sci. Today. 14(1) :4-11

AOAC.1995. Official Method of Analysis of Association of Official Analysis chemists

16th. The Association of Official Analysis chemists ,Washington D.C.

Macrae,R. Robinson,R.K. and Sadler.M.J. อ่างในธงชัย พุดทองศิริ.2542. แป้งขนมชั้นสำเร็จรูป. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

Subadra, S., Monica, J.and Dhai, D.1997. Retention and storage stability of beta-carotene in dehydrated drumstick leaves (Moringe oleifera). J.of Food Sci and Nut. 48:373



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.1
แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อ.....อายุ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ขนมฟักทอง

คำชี้แจง

1. โปรดประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ ของขนมฟักทองในด้านสี กลิ่น (กลิ่นหอมของขนม) รสชาติ

เนื้อสัมผัส (ความนุ่มเหนียวของเนื้อขนม) และความชอบรวม

2. ประเมินโดยการให้คะแนนตามความรู้สึกที่เป็นจริงของตนเอง คือ

1 = ไม่ชอบ

2 = ชอบเล็กน้อย

3 = ชอบปานกลาง

4 = ชอบมาก

5 = ชอบมากที่สุด

3. ควรบันทึกทุกครั้งในระหว่างการประเมิน

****การให้คะแนนตามความรู้สึกที่เป็นจริงของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการประเมิน****

| คุณลักษณะ | ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง | | | |
|-------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | รหัส. | รหัส. | รหัส. | รหัส. |
| สี | | | | |
| กลิ่น | | | | |
| รสชาติ | | | | |
| เนื้อสัมผัส | | | | |
| ความชอบรวม | | | | |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.2
แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อ.....อายุ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ขนมฟักทอง

คำชี้แจง

1. โปรดประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ ของขนมฟักทองในด้านสี กลิ่น (กลิ่นหอมของขนม) เนื้อสัมผัส (ประเมินเฉพาะความเนียนของเนื้อขนม)

2. ประเมิน โดยการให้คะแนนตามความรู้สึกที่เป็นจริงของท่านเอง คือ

1 = ไม่ชอบ

2 = ชอบเล็กน้อย

3 = ชอบปานกลาง

4 = ชอบมาก

5 = ชอบมากที่สุด

3. ควรชิมปากทุกครั้งในระหว่างการประเมิน

****การให้คะแนนตามความรู้สึกที่เป็นจริงของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการประเมิน****

| คุณลักษณะ | ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง | | | |
|-------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | รหัส. | รหัส. | รหัส. | รหัส. |
| สี | | | | |
| กลิ่น | | | | |
| เนื้อสัมผัส | | | | |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 1
วิธีวิเคราะห์ความชื้น

1. ชั่งน้ำหนัก aluminium can พร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาก่อน
2. ใส่ตัวอย่างอาหาร 2-5 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปชั่งด้วยตาชั่งละเอียด
3. นำไปอบในตู้อบ โดยเปิดฝา aluminium can ใช้อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
4. เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบ ปิดฝา aluminium can นำมาทำให้เย็นใน desicator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น = $\frac{\text{น.น.สด (กรัม)} - \text{น.น.แห้ง (กรัม)}}{\text{น.น.สด (กรัม)}} * 100$

น.น.สด (กรัม)

ผลการหาความชื้นของวัตถุดิบ

| ตัวอย่าง | น้ำหนัก can + ฝา (กรัม) | น้ำหนัก can + ฝา + ตัวอย่าง (กรัม) | น้ำหนักหลังอบ (กรัม) | ความชื้น (%) |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| ฟักทองสด | 1. 15.7852 | 17.8126 | 16.1510 | 81.95 |
| | 2. 18.0692 | 20.1561 | 18.4486 | 81.81 |
| | 3. 19.3220 | 21.3688 | 19.6955 | 81.75 |
| | | | เฉลี่ย | 81.83 |
| แป้งข้าวเจ้า | 1. 16.5750 | 19.5814 | 19.2204 | 12.00 |
| | 2. 15.8881 | 18.8888 | 18.5294 | 11.97 |
| | 3. 17.9380 | 20.9547 | 20.5878 | 12.16 |
| | | | เฉลี่ย | 12.04 |
| แป้งมันสำปะหลัง | 1. 17.1946 | 20.2027 | 19.8445 | 11.90 |
| | 2. 17.7870 | 20.7944 | 20.4410 | 11.75 |
| | 3. 17.3623 | 20.3793 | 20.0209 | 11.87 |
| | | | เฉลี่ย | 11.84 |
| กะทิ | 1. 19.7838 | 22.7874 | 20.2888 | 83.18 |
| | 2. 18.8233 | 21.8256 | 19.3486 | 82.50 |
| | 3. 19.4330 | 22.4368 | 19.9470 | 82.85 |
| | | | เฉลี่ย | 82.85 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ตัวอย่าง | น้ำหนัก can + ฝา (กรัม) | น้ำหนัก can + ฝา + ตัวอย่าง (กรัม) | น้ำหนักหลังอบ (กรัม) | ความชื้น(%) |
|------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------|
| มะพร้าว | 17.8154 | 20.8246 | 18.8734 | 64.84 |
| | 18.0055 | 21.0098 | 18.9578 | 68.30 |
| | 16.5658 | 19.5691 | 17.7377 | 60.97 |
| | | | เฉลี่ย | 64.70 |
| น้ำตาลทราย | 17.2432 | 20.2516 | 20.2511 | 0.01 |
| | 22.3889 | 25.4166 | 25.4131 | 0.11 |
| | 17.7618 | 20.7721 | 20.7694 | 0.08 |
| | | | เฉลี่ย | 0.06 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 2

การคำนวณส่วนผสมแป้งสำเร็จรูป

โดยใช้สูตรที่ 4 คัดสัดส่วนของของแข็งและความชื้นในส่วนผสม 100 กรัม

| | | | | |
|-------------------|---------|------------------------|---|------------------|
| ฟักทอง | 30 กรัม | เป็นสัดส่วนของความชื้น | $= \frac{81.83 \times 30}{100}$ | $= 24.549$ กรัม |
| | | ส่วนที่เป็นของแข็ง | $= \frac{18.17 \times 30}{100}$ | $= 5.451$ กรัม |
| แป้งข้าวเจ้า | 13 กรัม | เป็นสัดส่วนของความชื้น | $= \frac{12.04 \times 13}{100}$ | $= 1.565$ กรัม |
| | | ส่วนที่เป็นของแข็ง | $= \frac{87.96 \times 13}{100}$ | $= 11.4348$ กรัม |
| แป้งมันสำปะหลัง | 5 กรัม | เป็นสัดส่วนของความชื้น | $= \frac{11.84 \times 5}{100}$ | $= 0.592$ กรัม |
| | | ส่วนที่เป็นของแข็ง | $= \frac{88.16 \times 5}{100}$ | $= 4.408$ กรัม |
| กะทิ | 31 กรัม | เป็นสัดส่วนของความชื้น | $= \frac{82.85 \times 31}{100}$ | $= 25.6835$ กรัม |
| | | ส่วนที่เป็นของแข็ง | $= \frac{17.15 \times 31}{100}$ | $= 5.3165$ กรัม |
| น้ำตาลทราย | 20 กรัม | ส่วนที่เป็นของแข็ง | | $= 20$ กรัม |
| เกลือ | 1 กรัม | ส่วนที่เป็นของแข็ง | | $= 1$ กรัม |
| ความชื้นในส่วนผสม | | | $= 24.549 + 1.565 + 0.592 + 25.6835$ | $= 52.3895$ กรัม |
| ปริมาณของแข็ง | | | $= 5.451 + 11.4348 + 4.408 + 5.3165 + 20 + 1$ | $= 47.6103$ กรัม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปปริมาณของแข็งและความชื้นในส่วนผสม ได้ดังนี้

| ส่วนผสม | ปริมาณความชื้น (กรัม) | ปริมาณของแข็ง (กรัม) |
|-----------------|-----------------------|----------------------|
| ฟักทอง | 24.549 | 5.451 |
| แป้งข้าวเจ้า | 1.565 | 11.4348 |
| แป้งมันสำปะหลัง | 0.592 | 4.408 |
| กะทิ | 25.6835 | 5.3165 |
| น้ำตาลทราย | - | 20 |
| เกลือ | - | 1 |
| รวม | 52.39 | 47.61 |

คำนวณเปอร์เซ็นต์ของแข็งของส่วนผสม (ของแห้ง)

| | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|
| ฟักทอง | $= \frac{5.451}{47.61} \times 100$ | $= 11.44 \%$ |
| แป้งข้าวเจ้า | $= \frac{11.4348}{47.61} \times 100$ | $= 24.02 \%$ |
| แป้งมันสำปะหลัง | $= \frac{4.408}{47.61} \times 100$ | $= 9.26 \%$ |
| กะทิ | $= \frac{5.3165}{47.61} \times 100$ | $= 11.17 \%$ |
| น้ำตาลทราย | $= \frac{20}{47.61} \times 100$ | $= 42.01 \%$ |
| เกลือ | $= \frac{1}{47.61} \times 100$ | $= 2.10 \%$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปปริมาณของแข็งในแป้งผสมสำเร็จรูป

| ส่วนผสม | ปริมาณของแข็ง (%) |
|-----------------|-------------------|
| ฟักทอง | 11.44 |
| แป้งข้าวเจ้า | 24.02 |
| แป้งมันสำปะหลัง | 9.26 |
| กะทิ | 11.17 |
| น้ำตาลทราย | 42.01 |
| เกลือ | 2.10 |

คำนวณแป้งผสมขนมฟักทองสำเร็จรูป

basis 500 กรัม

| ส่วนผสม | น้ำหนักแห้ง (กรัม) | ความชื้น (กรัม) | น้ำหนักที่ชั่ง (กรัม) |
|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| ฟักทองผง | 57.20 | 8.64 | 62.61 |
| แป้งข้าวเจ้า | 120.10 | 12.04 | 136.54 |
| แป้งมันสำปะหลัง | 46.30 | 11.84 | 52.52 |
| กะทิ | 55.85 | 2.15 | 57.08 |
| น้ำตาลทราย | 210.05 | - | 210.05 |
| เกลือ | 10.50 | - | 10.50 |
| | | รวม | 529.30 |

เพราะฉะนั้นในส่วนผสม 500 กรัม มีความชื้นเท่ากับ $529.30 - 500 = 29.3$ กรัม

ปริมาณน้ำที่ใช้เติมในแป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป

แป้ง 47.61 กรัม มีความชื้น 52.39

แป้ง 500 กรัม มีความชื้น $52.39 \times 500 = 550.20$ กรัม

47.61

ปริมาณน้ำที่ต้องเติมจริง $550.20 - 29.30 = 520.9$ กรัม

น้ำหนักแป้งผสมสำเร็จรูปรวมกับปริมาณน้ำ = 1020.9 กรัม

มีปริมาณแป้งผสมสำเร็จรูป = 500 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งผสมสำเร็จรูปรวมกับปริมาณน้ำ 1020.9 กรัม มีแป้งผสม 500 กรัม
 ถ้าแป้งผสมสำเร็จรูปรวมกับปริมาณน้ำ 100 กรัม มีแป้งผสม $\frac{500}{1020.9} \times 100 = 48.98$ กรัม
 เพราะฉะนั้นในแป้งผสม 100 กรัม จะต้องเติมน้ำ = $100 - 48.98$
 = 51.02 กรัม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 3
วิธีวิเคราะห์อัตราการคั้นรูป

1. ชั่งเนื้อฟักทองผง 2 กรัม ใส่น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิว
2. ต้มจนเดือดเป็นเวลา 5 นาที
3. กรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 โดยใช้ Buchner funnel
4. ชั่งเนื้อฟักทองสุกที่คั้นรูป
5. คำนวณอัตราการคั้นรูป = $\frac{\text{น้ำหนักเนื้อฟักทองสุกที่คั้นรูป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักฟักทองผง (กรัม)}}$

ผลการหาอัตราการคั้นรูป

| สภาวะการทำแห้ง | น.น. ฟักทองผง (กรัม) | น.น.ฟักทอง ที่คั้นรูป (กรัม) | น.น.กระดาษกรอง ที่เปียกน้ำ (กรัม) | อัตราการคั้นรูป (กรัม) |
|--|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| ตู้อบลมร้อน แบบหันเป็นขึ้น 60 °C | 2.0421 | 10.2099 | 1.1710 | 4.4262 |
| | 2.0300 | 10.2020 | 1.2101 | 4.4295 |
| | | | เฉลี่ย | 4.4278 |
| ตู้อบลมร้อน แบบบดละเอียด 60 °C | 2.0015 | 10.1650 | 1.2800 | 4.4391 |
| | 2.0107 | 10.2428 | 1.3080 | 4.4436 |
| | | | เฉลี่ย | 4.4413 |
| ตู้อบลมร้อน แบบหันเป็นขึ้น 80 °C | 2.0050 | 10.2021 | 1.3050 | 4.4374 |
| | 2.0398 | 10.1988 | 1.1270 | 4.4473 |
| | | | เฉลี่ย | 4.4423 |
| ตู้อบลมร้อน แบบบดละเอียด 80 °C | 2.0256 | 10.2026 | 1.2018 | 4.4435 |
| | 2.0306 | 10.2031 | 1.1910 | 4.4381 |
| | | | เฉลี่ย | 4.4408 |
| เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง 1 รอบต่อนาที | 2.0027 | 10.0443 | 1.1385 | 4.4468 |
| | 2.0249 | 10.2195 | 1.2009 | 4.4538 |
| | | | เฉลี่ย | 4.4503 |
| เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง 1.5 รอบต่อนาที | 2.0110 | 10.1889 | 1.2303 | 4.4547 |
| | 2.0297 | 10.2704 | 1.2044 | 4.4666 |
| | | | เฉลี่ย | 4.4604 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 4

วิธีวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ (WAI) และวิธีวิเคราะห์ค่าการละลาย (WSI)

1. ชั่งตัวอย่างแป้งฟักทองผง 2.5 กรัม (คิดต่อน้ำหนักแป้งแห้ง) ลงในหลอดพลาสติกสำหรับปั่นเหวี่ยง ที่ทราบน้ำหนักหลอดเริ่มต้นแล้ว
2. เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน
3. นำมาปั่นในเครื่องปั่น centrifuge ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
4. แยกส่วนใส (supernatant) ที่ได้ใส่ลงใน aluminium can ที่ทราบน้ำหนักแล้ว และชั่งน้ำหนักตะกอน แป้งที่กั้นหลอด เพื่อใช้ในการคำนวณความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งฟักทองผง
5. นำส่วนใสไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือจนแห้ง แล้วจึงนำมาทำให้เย็นใน desiccator ประมาณ 30 นาที นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณ

water absorption index (WAI , กรัม/กรัม) = $\frac{\text{น้ำหนักตะกอนแป้งหลังการปั่นเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น}}$

water solubility index (WSI , %) = $\frac{\text{น้ำหนักส่วนใสหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น}} \times 100$

ผลการหาความสามารถในการดูดซับน้ำ

| สภาวะการทำแห้ง | น.น.หลอด centifuge + ฟา (กรัม) | น.น.ฟีกทองผง (กรัม) | น.น.ตะกอนแป้ง (กรัม) | ค่าการดูดซับน้ำ (กรัม) |
|--|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| ตู้อบรมร้อนแบบ หั่นชิ้นบาง 60 °C | 24.2906 | 2.5032 | 34.4790 | 4.0701 |
| | 24.1401 | 2.5008 | 34.2890 | 4.0582 |
| | | | เฉลี่ย | 4.0641 |
| ตู้อบลมร้อนแบบ บดละเอียด 60 °C | 24.2400 | 2.5011 | 35.4810 | 4.4944 |
| | 24.2046 | 2.5069 | 35.5859 | 4.5399 |
| | | | เฉลี่ย | 4.5171 |
| ตู้อบลมร้อนแบบ หั่นชิ้นบาง 80 °C | 24.1887 | 2.5058 | 36.5592 | 4.9367 |
| | 24.2756 | 2.5075 | 36.2405 | 4.7716 |
| | | | เฉลี่ย | 4.8541 |
| ตู้อบลมร้อนแบบ บดละเอียด 80 °C | 24.2433 | 2.5004 | 33.6041 | 3.7437 |
| | 24.2130 | 2.5035 | 33.4572 | 3.6925 |
| | | | เฉลี่ย | 3.5564 |
| เครื่องอบแห้ง แบบลูกกลิ้ง 1 รอบต่อนาที | 24.3409 | 2.5000 | 37.6187 | 5.3111 |
| | 24.2222 | 2.5037 | 37.4819 | 5.2960 |
| เครื่องอบแห้ง แบบลูกกลิ้ง 1.5 รอบต่อนาที | | | เฉลี่ย | 5.3035 |
| | 24.2401 | 2.5012 | 37.3092 | 5.2251 |
| | 24.2774 | 2.5019 | 37.3134 | 5.2104 |
| | | | เฉลี่ย | 5.2177 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการหาค่าการละลาย

| สภาวะการทำแห้ง | น.น.aluminium can + ฝา(กรัม) | น.น.พี กทองผง (กรัม) | น.น.หลังการอบ แห้ง(กรัม) | ค่าการละลาย(%) |
|--|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------|
| ตู้อบรมร้อนแบบ หั่นชิ้นบาง 60 °C | 19.8965 | 2.5058 | 20.5134 | 24.64 |
| | 18.9988 | 2.5075 | 19.9317 | 37.30 |
| ตู้อบลมร้อนแบบ บดละเอียด 60 °C | 18.2889 | 2.5011 | 19.1604 | 34.84 |
| | 22.6854 | 2.5069 | 23.5770 | 35.56 |
| ตู้อบลมร้อนแบบ หั่นชิ้นบาง 80 °C | 17.8478 | 2.5058 | 18.6475 | 31.91 |
| | 16.8597 | 2.5075 | 17.5964 | 29.37 |
| ตู้อบลมร้อนแบบ บดละเอียด 80 °C | 21.1516 | 2.5004 | 22.0921 | 37.61 |
| | 17.0893 | 2.5035 | 18.0494 | 38.35 |
| เครื่องอบแห้ง แบบ ลูกกลิ้ง 1 รอบต่อนาที | 16.8440 | 2.5000 | 17.7289 | 35.39 |
| | 18.1006 | 2.5037 | 19.0014 | 35.97 |
| เครื่องอบแห้งแบบ ลูกกลิ้ง 1.5รอบต่อ นาที | 18.5981 | 2.5012 | 19.5282 | 37.18 |
| | 18.0189 | 2.5019 | 18.9399 | 36.81 |
| | | | เฉลี่ย | 37.0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การคัดเลือกสูตรขนมฟักทองที่เหมาะสม

ใช้แผนการทดลองแบบ RCB ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวนดังนี้

การยอมรับในด้านความชอบรวม

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|--------|----|-------|---------------------|
| สูตร | 25.625 | 3 | 8.542 | 15.558* |
| ผู้ชิม | 12.028 | 17 | 0.708 | 1.289 ^{ns} |
| error | 28.00 | 51 | 0.549 | |
| total | 65.65 | 72 | | |

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การยอมรับในด้านสี

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|--------|----|------|--------------------|
| สูตร | 24.306 | 3 | 8.10 | 16.16* |
| ผู้ชิม | 12.236 | 17 | 0.72 | 1.43 ^{ns} |
| error | 25.569 | 51 | 0.50 | |
| total | 62.11 | 71 | | |

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การยอมรับในด้านกลิ่น

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|--------|----|-------|---------------------|
| สูตร | 7.483 | 3 | 2.494 | 5.047* |
| ผู้ชิม | 17.531 | 17 | 1.031 | 2.087 ^{ns} |
| error | 25.205 | 51 | 0.494 | |
| total | 50.21 | 72 | | |

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยอมรับในด้านรสชาติ

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|-------|----|------|--------------------|
| สูตร | 15.06 | 3 | 5.02 | 12.24 [*] |
| ผู้ชิม | 12.87 | 17 | 0.75 | 1.84 ^{ns} |
| error | 20.91 | 51 | 0.41 | |
| total | 48.87 | 72 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ผู้ชิม ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การยอมรับในด้านเนื้อสัมผัส

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|-------|----|------|--------------------|
| สูตร | 27.02 | 3 | 9.00 | 15.79 [*] |
| ผู้ชิม | 15.31 | 17 | 0.90 | 1.57 ^{ns} |
| error | 29.09 | 51 | 0.57 | |
| total | 71.44 | 71 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ผู้ชิม ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. การคัดเลือกสภาวะการทำแห้งที่เหมาะสม โดยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

2.1 ใช้แผนการทดลองแบบ RCB ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวน ดังนี้

การยอมรับในด้านสี

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|--------|-----|-------|--------------------|
| สูตร | 55.71 | 5 | 11.14 | 9.88 [*] |
| ผู้ชิม | 18.82 | 17 | 1.10 | 0.98 ^{ns} |
| error | 95.78 | 85 | 1.12 | |
| total | 170.32 | 107 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ผู้ชิม ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยอมรับในด้านกลิ่น

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|--------|-----|------|--------------------|
| สูตร | 16.85 | 5 | 3.37 | 3.63 [*] |
| ผู้ชิม | 26.85 | 17 | 1.58 | 1.70 ^{ns} |
| error | 78.81 | 85 | 0.92 | |
| total | 122.51 | 107 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ผู้ชิม ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การยอมรับในด้านเนื้อสัมผัส

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|--------|-----|------|--------------------|
| สูตร | 23.24 | 5 | 4.64 | 4.92 [*] |
| ผู้ชิม | 28.73 | 17 | 1.69 | 1.79 ^{ns} |
| error | 80.18 | 85 | 0.94 | |
| total | 132.16 | 107 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ผู้ชิม ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.2 ใช้แผนการทดลองแบบ CRD ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวน ดังนี้

ความชื้น (%)

| Source | SS | df | MS | F |
|----------------|------|----|--------|--------------------|
| Between Groups | 9.32 | 5 | 1.864 | 29.92 [*] |
| Within Groups | 0.37 | 6 | 0.0622 | |
| Total | 9.69 | 11 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าการดูดซับน้ำ (WAI)

| Source | SS | df | MS | F |
|----------------|--------|----|--------|---------------------|
| Between Groups | 4.02 | 5 | 0.80 | 296.83 [*] |
| Within Groups | 0.0162 | 6 | 0.0271 | |
| Total | 4.04 | 11 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการละลาย (WSI)

| Source | SS | df | MS | F |
|----------------|-------|----|-------|--------|
| Between Groups | 64.52 | 5 | 12.90 | 10.30* |
| Within Groups | 7.52 | 6 | 1.25 | |
| Total | 72.03 | 11 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อัตราการคืนรูป

| Source | SS | df | MS | F |
|----------------|----------|----|-----------|-------|
| Between Groups | 0.00119 | 5 | 0.000239 | 8.22* |
| Within Groups | 0.000174 | 6 | 0.0000290 | |
| Total | 0.00137 | 11 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าแรงกดทะลุ

| Source | SS | df | MS | F |
|----------------|--------|----|---------|--------------------|
| Between Groups | 0.15 | 6 | 0.0250 | 6.06 ^{ns} |
| Within Groups | 0.0289 | 7 | 0.00414 | |
| Total | 0.18 | 13 | | |

^{ns} ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าสี

| | Source | SS | df | MS | F |
|---|----------------|---------|----|--------|---------|
| L | Between Groups | 183.45 | 6 | 30.57 | 9.27* |
| | Within Groups | 46.13 | 14 | 3.29 | |
| | Total | 229.59 | 20 | | |
| a | Between Groups | 72.62 | 6 | 12.10 | 48.63* |
| | Within Groups | 3.48 | 14 | 0.25 | |
| | Total | 76.10 | 20 | | |
| b | Between Groups | 4268.49 | 6 | 711.41 | 126.33* |
| | Within Groups | 78.84 | 14 | 5.63 | |
| | Total | 4347.33 | 20 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ของระหว่างส่วนผสมสดกับแป้งสำเร็จรูป

ใช้แผนการทดลองแบบ RCB ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวน ดังนี้

การยอมรับในด้านสี

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|-------|----|------|--------------------|
| สูตร | 3.67 | 1 | 3.67 | 0.94* |
| ผู้ชิม | 14.06 | 17 | 0.83 | 4.18 ^{ns} |
| error | 14.95 | 17 | 0.88 | |
| total | 32.69 | 35 | | |

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การยอมรับด้านกลิ่น

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|-------|----|------|--------------------|
| สูตร | 2.51 | 1 | 0.45 | 0.42* |
| ผู้ชิม | 7.62 | 17 | 0.42 | 0.37 ^{ns} |
| error | 8.62 | 17 | 1.10 | |
| total | 18.74 | 35 | | |

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การยอมรับด้านรสชาติ

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|-------|----|------|--------------------|
| สูตร | 0.44 | 1 | 0.44 | 0.40 |
| ผู้ชิม | 7.06 | 17 | 0.42 | 0.38 ^{ns} |
| error | 18.81 | 17 | 1.11 | |
| total | 26.31 | 35 | | |

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัส

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|-------|----|------|--------------------|
| สูตร | 0.06 | 1 | 0.06 | 0.11 |
| ผู้ชิม | 6.31 | 17 | 0.37 | 0.68 ^{ns} |
| error | 9.31 | 17 | 0.55 | |
| total | 15.69 | 35 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ผู้ชิม ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การยอมรับทางด้านความชอบรวม

| Source | SS | df | MS | F |
|--------|-------|----|-------|--------------------|
| สูตร | 12.25 | 1 | 12.25 | 27.77* |
| ผู้ชิม | 9.22 | 17 | 0.54 | 1.23 ^{ns} |
| error | 7.50 | 17 | 0.44 | |
| total | 28.97 | 35 | | |

* ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ผู้ชิม ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายพันวัช แดงพรหม ภูมิลำเนาเดิมจังหวัดนครศรีธรรมราช
 วุฒิการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
 วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

นางสาวโสมสรี โชติวิโรตม ภูมิลำเนาเดิมจังหวัดกรุงเทพมหานคร
 วุฒิการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
 วิทยาเขตพระนครใต้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้