ปัญหาพิเศษ

แป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป

(Kanom Tuay Fu Ready Mixed With Taro)

โดย

นายศิริชัย สมคะเนย์ รหัสประจำตัว 42045105

นายอำนาจ ภูมิจันทึก รหัสประจำตัว 42045112

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Agricultural Industry
Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Institute of Technology Chaokuntaharn Ladkrabang Bangkok 10520 Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17500

แป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป

(Kanom Tuay Fu Ready Mixed With Taro)

T096723

นายศิริชัย สมคะเนย์ รหัสประจำตัว 42045105

นายอำนาจ ภูมิจันทึก รหัสประจำตัว 42045112

ปพ.
ศ.A52ป
2543
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96723
วัน เดือน ปี 4 JUN 2009

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ.2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

แป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป

(Kanom Tuay Fu Ready Mixed With Taro)

โดย

นายศิริชัย สมคะเนย์ รหัสประจำตัว 42045105

นายอำนาจ ภูมิจันทึก รหัสประจำตัว 42045112

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 23/ 9 /44 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(.....)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(.....)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศิริชัย สมคะเนย์ และอำนาจ ภูมิจันทึก.2544.แป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป.(Kanom tuay fu ready mixed with taro) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

บทคัดย่อ

จากการศึกษาสูตรขนมถ้วยฟูที่ดีที่สุดในท้องตลาด 3 สูตร ได้สูตรที่เหมาะสมที่มีอัตราส่วน คือ แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม เผือกสด 100 กรัม น้ำ 134 กรัม น้ำตาล 97 กรัม ผงฟู 1.6 กรัม จากนั้นศึกษาสภาวะในการทำแห้งเผือก โดยใช้เผือกพันธุ์เผือกหอมนำมาทำแห้ง พบว่าการทำแห้งเผือกผงโดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120^0 C ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 1 รอบต่อนาที เผือกผงที่ได้จะมีอัตราการคืนรูป การดูดกลืนน้ำ และการละลายที่ดีที่สุด เมื่อนำเผือกนี้ผสมกับส่วนผสมอื่นเพื่อทำแป้งขนมถ้วยฟู เผือกสำเร็จรูป โดยการวิเคราะห์ความชื้นของส่วนผสมแล้วคำนวณส่วนผสมเป็นฐานแห้ง จะได้สูตรแป้ง ขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูปคือ แป้งข้าวเจ้า 33.38 กรัม เผือกแห้ง 33.40 กรัม ผงฟู 0.54 กรัม น้ำตาล 32.68 กรัม โดยเมื่อนำไปใช้จะต้องเติมน้ำ 47.13 กรัม เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบขนมถ้วยฟู จากเผือกสดและขนมถ้วยฟูจากแป้งสำเร็จรูป ในด้านรสชาติ และความชอบรวม พบว่ามีการยอมรับ ขนมถ้วยฟูจากเผือกสด มีการยอมรับในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัสมีความแตกต่างจากขนมถ้วยฟูที่ได้จากเผือกสด แต่ในด้านรสชาติและความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้แป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งมาใช้ทำขนมถ้วยฟูเผือกสามารถใช้แทนเผือกสดได้

ศิริชัย สมคะเนย์ / ศิริชัย ภูมิจันทึก	.....	23/4/44
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอบกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์เป็นอย่างสูงที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษแบบนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้ ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ขอขอบพระคุณคุณธงชัย พุฒทองศิริ ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษ ตรวจทานแก้ไขจนลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรีที่ให้ ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งจนเสร็จการทดลอง และขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ และเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องเป็นอย่างสูงที่ให้ความรักความอบอุ่น และเป็นกำลังใจเสมอมา

ศิริชัย สมคะเนย์

อำนาจ ภูมิจันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 เผือก	2
2.2 การทำแห้ง	4
2.3 สตาร์ช	12
2.4 การทำแห้งแป้งเผือก	15
2.5 คุณสมบัติของแป้งเผือก	15
2.6 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการทำแป้งเผือก	15
2.7 น้ำตาลทราย	16
2.8 น้ำ	18
2.9 สารเคมีที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู	18
2.10 การป้องกันการเกิดสีน้ำตาล	20
บทที่ 3 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	21
3.1 วัตถุดิบ	21
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	21
3.3 วิธีการทดลอง	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารย์ผลการทดลอง	25
4.1 การคัดเลือกสูตรขนมถ้วยฟูที่เหมาะสม	25
4.2 ศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแป้งเผือก	26
4.3 ศึกษาปรับสูตรให้เป็นแป้งขนมถ้วยฟูสำเร็จรูป	30
4.4 ศึกษาความแตกต่างของขนมถ้วยฟูจากส่วนผสมสด และขนมถ้วยฟูจากแป้งสำเร็จรูป	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญต่อ

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	**34**
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงความแตกต่างระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	13
3.1 แสดงส่วนผสมขนมถ้วยฟูที่แตกต่าง 3 สูตร	22
3.2 แสดงการเตรียมตัวอย่างและสภาวะที่ใช้ในการทำแห้งแป้งเผือก	23
4.1 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมถ้วยฟูเผือกสด	25
4.2 แสดงผลการยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในการเตรียมเผือกก่อนการทำแห้ง	26
4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของแป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ	27
4.4 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ทางเคมีของแป้งเผือก	28
4.5 แสดงค่าสีของเผือกสดและแป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งด้วยสภาวะต่าง ๆ	28
4.6 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมถ้วยฟูแป้งเผือกที่ผ่านการทำแห้งที่สภาวะต่าง ๆ กัน	29
4.7 แสดงความชื้นขององค์ประกอบของขนมถ้วยฟูเผือก	30
4.8 แสดงองค์ประกอบของแป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป	31
4.9 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมถ้วยฟูเผือกที่ได้จากส่วนผสมสดและขนมถ้วยฟูที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูป	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
4.1 แสดงความแตกต่างของแป้งเผือกที่ผ่านการทำแห้งด้วยสภาวะต่าง ๆ	33
4.2 ความแตกต่างของขนมถ้วยฟูเผือกที่ได้จากส่วนผสมสด และขนมถ้วยฟูที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูป	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ขนมไทยในปัจจุบันมีการนำมาผลิตน้อยลงทุกทีทั้ง ๆ ที่ขนมไทยเป็นขนมที่อร่อยให้คุณค่ามากมาย สำหรับขนมถ้วยฟูเป็นขนมไทยที่แพร่หลาย และเป็นที่นิยมในการรับประทานและทำเป็นผลิตภัณฑ์ง่าย อีกทั้งมีรสชาติที่อร่อย กลิ่นหอม ในปัจจุบันมีการนำกลิ่นและรสสังเคราะห์เข้ามาผสมในขนมถ้วยฟู ทำให้ได้สี กลิ่น และรสชาติที่แปลกใหม่ ดังนั้นหากนำเผือกซึ่งเป็นพืชที่หาง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูก ผ่านกรรมวิธีการทำเป็นแป้งเผือก จะทำให้กรรมวิธีการผลิตง่ายขึ้นและสะดวกในการหาวัตถุดิบนอกฤดูกาล เมื่อนำแป้งเผือกมาผสมในสูตร ขนมถ้วยฟูจะทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมถ้วยฟูที่มีสี กลิ่น และรสชาติที่ดี ซึ่งได้จากธรรมชาติเนื่องจากคุณสมบัติของเผือกเอง อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของเผือกเมื่อนำมาทำการแปรรูปแล้วทำให้เผือกมีมูลค่าทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น (สมหมาย แปลกลำยอง, 2535)

วัตถุประสงค์

1. ศึกษากรรมวิธีการทำแห้งเผือกด้วยวิธีการอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก และการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน
2. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการทำแป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 เผือก (Taro)

เผือกเป็นพันธุ์ไม้น้ำล้มลุกที่น่าสนใจชนิดหนึ่ง สามารถใช้เป็นอาหารได้เป็นอย่างดีที่นิยมกันมาก คือ ใช้ทำขนมหวาน ขนมที่ทำจากเผือกมีรสชาติดีจึงมีผู้นิยมรับประทานเผือกกันมากในปัจจุบัน เกษตรกรสามารถปลูกเผือกเป็นอาชีพได้ เผือกมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย ประชาชนทางภาคเหนือเรียกว่าบอนหรือตุน ประชาชนทางภาคใต้เรียกว่าบอนเขียว บอนจีนดำ บอนท่า หรือบอนน้ำ ประชาชนทางภาคกลางเรียกว่าเผือก จะเห็นได้ว่าการเรียกชื่อมักมีคำว่าบอนอยู่ด้วย ทั้งนี้เพราะบอนและเผือกมีลักษณะภายนอกเหมือนกันมาก

เผือกมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Colocasia esculenta (L)* schott อยู่ในตระกูล *Araceae* เท่าที่ทราบเผือกมีกว่า 200 พันธุ์แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. Eddoe type ประเภทนี้ได้แก่ *C. esculenta var antiquorum* หรือ *C.esculenta var qlobulifrea* ได้แก่เผือกที่มีหัวขนาดไม่ใหญ่และมีหัวเล็ก ๆ ล้อมรอบหลายหัว ทุกหัวใช้รับประทานได้และใช้ทำพันธุ์ได้ดี

2.Desheen type ประเภทนี้ได้แก่ *C. esculenta var escolenta* ได้แก่ เผือกที่มีหัวขนาดใหญ่และมีหัวขนาดเล็ก ๆ ล้อมรอบ ใช้รับประทานได้ ส่วนหัวเล็กอาจใช้ทำพันธ์ เผือกประเภทนี้ได้แก่ เผือกหอม ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในไทยเรา

เผือกที่ปลูกในประเทศไทยจำแนกได้ 4 ชนิดได้แก่

1. เผือกหอมชนิดหัวใหญ่หนักหัวละ 2-3 กิโลกรัม มีหัวเล็กติดกับหัวใหญ่เล็กน้อย ต้มรับประทานได้มีกลิ่นหอม มีลักษณะกาบใบใหญ่มีสีเขียว
2. เผือกเหลือง หัวขนาดย่อมมีสีเหลือง
3. เผือกไม้ หรือ เผือกไหหลำ มีหัวขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เผือกตาแดง ที่ตาของหัวมีสีเข้ม มีหัวเล็ก ๆ ล้อมรอบหัวใหญ่เป็นกลุ่มจำนวนมาก กาบใบมีเส้นสีแดง

เผือกที่คนไทยนิยมปลูกมากที่สุดคือ เผือกหอม ซึ่งสามารถปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิดถ้าปลูกในดินร่วนปนทรายอาหารอุดมสมบูรณ์จะทำให้เผือกมีหัวขนาดใหญ่ สามารถปลูกได้ในที่นาหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์และเก็บเกี่ยวได้ราวปลายเดือน มิถุนายนถึงต้นเดือนกรกฎาคมหรือระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน แล้วไปเก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายน

ในต่างประเทศมีการผลิตเผือกมากประชากรบางประเทศ เช่น ไนจีเรีย ใช้เผือกเป็นอาหารหลัก ประเทศอื่น ๆ ที่ปลูกเผือก เช่น กานา คาเมอรูน ญี่ปุ่น ปาปัวนิวกินี เป็นต้น สำหรับประเทศไทย มีการปลูกเผือกในบางจังหวัด จังหวัดที่ปลูกมากได้แก่ ราชบุรี นอกจากนี้จังหวัดที่มีการปลูกได้แก่ สงขลา ประจวบศีรีขันธ์ นครนายก และจังหวัดในแถบภาคกลาง

การใช้ประโยชน์จากเผือก ปัจจุบันใช้เผือกสดเป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เผือกต้ม เผือกกวน และเผือกฉาบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ใบและยอดในการประกอบอาหารในระดับครัวเรือน สำหรับเผือกนี้ยังไม่มีผู้สนใจนำเผือกมาผลิตหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมทั้ง ๆ ที่มีคาร์โบไฮเดรตรองลงมาจากมันสำปะหลัง 10 % เท่านั้น

2.1.1 ลักษณะของหัวเผือก

หัวเผือกมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกหรือทรงกลมและเป็นส่วนหนึ่งของต้น หัวเผือกในกลุ่ม dasheen จะมีขนาดยาวถึง 30 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 15 เซนติเมตร แต่กลุ่ม eddoe มีขนาดเล็กกว่าใบของเผือกจะงอกขึ้นมาจากส่วนบนสุดของหัวนี้ ใบที่หลุดออกไปแล้วจะเหลือเป็นรอยแผลเป็นอยู่บนผิวของเผือก ตาจะอยู่บนแผลนี้ เปลือกหนา มีสาร raphides (Caloium oxalate crystrals) อยู่มาก สารนี้ทำให้ ผู้รับประทานรู้สึกระคายเคือง

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของเผือก

หัวเผือกเป็นแหล่งอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตโดยเฉพาะแป้ง องค์ประกอบของเผือกโดยประมาณ ได้แก่ ความชื้น 63-85 % คาร์โบไฮเดรต 13-29 % โปรตีน 1.4-3.0 % ไขมัน 0.16-0.36 % เส้นใย 0.6-1.18 % เถ้า 0.6-1.3 % และวิตามินซีประมาณ 7-9 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมของส่วนที่กินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไธอามีนประมาณ 0.8 กรัมต่อ 100 กรัม ไรโบฟลาวินประมาณ 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ไนอาซีน 0.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

สำหรับเม็ดแป้งของเผือกเป็นเม็ดแป้งที่มีขนาดเล็กมากและมี 2 ประเภท ประเภทหนึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ถึง 1.5 ไมครอน อีกประเภทหนึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 ถึง 4 ไมครอน

เนื้อของเผือกมีสีที่ต่างกันไปตามชนิดของเผือกและมีเนื้อเหนียวกว่ามันเทศ ส่วนใหญ่นำมาแปรรูปด้วยการต้ม เผา ทอด อบ ตากแห้ง และทำขนมรับประทาน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาและวิจัยแป้งเผือกเพื่อใช้ในการทำขนมปัง อาหารทารก เครื่องดื่ม มีการใช้เป็นอาหารเพื่อป้องกันโรคบางอย่างในทารกและใช้แทนธัญพืชในการรักษาโรคที่เกี่ยวกับกระเพาะและลำไส้ ใบอ่อน ก้านใบสามารถใช้รับประทานได้บางประเทศมีการใช้ใบอ่อนประกอบเป็นอาหารหลายอย่าง

2.2 การทำแห้ง

การทำแห้งโดยทั่วไปหมายถึง การลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อลดค่า a_w ลงมาให้อยู่ในระดับต่ำพอที่จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร และทำให้ค่า a_w อยู่ในระดับที่ปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ ทำให้อาหารเสื่อมเสีย คุณภาพนั้นอยู่ในระดับต่ำสุด ดังนั้นการทำแห้งจึงจัดเป็นการถนอมอาหารเนื่องจากช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้เสื่อมเสียได้ยากขึ้นสามารถเก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง โดยทั่วไปผลจากการทำแห้งจะทำให้ น้ำหนักและปริมาตรของอาหารลดลงซึ่งช่วยให้ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและการขนส่งลดลง และเป็นการแปรรูปอาหารให้อยู่ในรูปที่สะดวกแก่การนำไปใช้ประโยชน์และบริโภค หรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ ได้แก่ การผลิตอาหารแห้งรูปผง เช่น เครื่องดื่มผง ซุปผง เป็นต้น ดังนั้นการทำแห้งนอกจากจะเป็นการถนอมอาหารแล้วยังจัดเป็นการแปรรูปวิธีหนึ่งด้วย ตามปกติผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการถนอมและแปรรูปโดยการทำแห้งนั้นเป็นอาหารที่มีความชื้นต่ำ (low moisture food) ซึ่งโดยทั่วไปมีความชื้นไม่เกิน 25 % และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 และอาจนำผลิตภัณฑ์อาหารแห้งนั้นนำมาบริโภคได้เลย เช่น เนื้อแห้ง ปลาแห้ง ผลไม้แห้ง หรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีการนำมาคืนสภาพ (rehydration) เพื่อให้ดูดน้ำกลับเข้าไปในอาหารก่อนบริโภค เช่น ผักตากแห้ง นมผง ชาผง น้ำผลไม้ผง เป็นต้น การทำแห้งเพื่อลดค่า a_w ของอาหารนั้นส่วนใหญ่จะอาศัยความร้อนในการระเหย (vaporization) น้ำออกจากอาหาร แต่อย่างไรก็ตามการทำแห้งมีหลายวิธี โดยจำแนกได้ 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ การทำแห้งโดยวิธีธรรมชาติ (natural drying) ได้แก่การตากแดด และทำแห้งแบบตู้อบพลังแสงอาทิตย์ (solar drying) อีกวิธีหนึ่งคือการทำแห้งด้วย วิธีเชิงกล (artificial หรือ mechanical drying) ซึ่งเป็นการทำแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งในการทำแห้งต้องมีการเลือกวิธีและการทำแห้งให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การทำแห้งแบบถาดหรือแบบชั้น (Tray Dryer)

มีลักษณะเป็นตู้ทรงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีลมร้อนไหลเข้าในตู้ทำให้ภายในตู้เกิดความร้อน อาหารที่วางอยู่ในถาดได้รับความร้อน จึงเกิดการระเหยน้ำทำให้น้ำภายในอาหารลดลง อาหารก็จะแห้งลงเรื่อย ๆ มีส่วนประกอบดังนี้

1. ตู้เหล็กฉนวนทรงสูงรูปร่างสี่เหลี่ยมภายในวางอาหารที่อบแห้งได้ 5 ถึง 8 ชั้น ในอุตสาหกรรมอาจใช้ตู้ใหญ่ มีจำนานชั้นเป็นสิบ ๆ ชั้น
2. ถาดที่วางอาหารควรทำด้วยเหล็กปลอดสนิม
3. มอเตอร์ เพื่อทำหน้าที่หมุนเวียนลมร้อน
4. ขดลวดร้อนให้ความร้อนสูงเกิน 100 ^{0}C อาจใช้ไอน้ำหรือแก๊สเป็นแหล่งของความร้อนก็ได้
5. เครื่องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ (ทั่วไปควบคุมอุณหภูมิ 50 ถึง 70 ^{0}C) หากอุณหภูมิเกิน 70 ^{0}C อาหารจะแห้งเร็วเกินไปทำให้โปรตีนจะตกตะกอนและอาหารจะมีสีคล้ำ

2.2.2 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (drum or roller dryer)

การอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก เป็นวิธีดีวิธีหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการทำแห้งอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะอาหารประเภทที่สามารถอยู่ในสภาพสารละลายได้ และสามารถจับเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ รอบลูกกลิ้งได้ เช่น น้ำนม น้ำผลไม้ น้ำแป้งต่างๆ จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมามีลักษณะเป็นแผ่นหรือผง เครื่องอบแห้งชนิดนี้อาจจะใช้ทำแห้งอาหารได้ทั้งในสภาพบรรยากาศธรรมดาหรืออาจจะอยู่ในสภาพสุญญากาศทำให้สามารถใช้อบแห้งอาหารบางประเภทที่ทนความร้อนสูง ๆ ไม่ได้ และยังช่วยรักษาคุณภาพของอาหารไว้ การอบแห้งอาหารโดยวิธีนี้มีข้อดีตรงที่ค่าดำเนินการ (Operating cost) ไม่สูงมากนัก แต่จะมีข้อเสียตรงที่บริเวณผิวหน้าของลูกกลิ้งอาจจะมีอุณหภูมิสูงมากอาจถึง 200-300 ^{0}F ซึ่งอาจจะมีผลทำให้อาหารที่นำมาทำแห้งเกิดการแห้งกรังติดลูกกลิ้งและไหม้เกรียมได้ แต่สามารถหาวิธีแก้ได้โดยการควบคุมอุณหภูมิเย็นลงโดยให้ความเย็นเข้าไปบางส่วน

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum Dryers) เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมจะทำให้อาหารแห้งเมื่ออาหารอยู่ในสภาพของเหลวที่มีความหนืดสูงซึ่งอยู่ในรูป slurries หรือ paste

เครื่องมืออบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum) จะมีหนึ่งหรือสองตัวก็ได้แล้วแต่ชนิด ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางมีหลายขนาด อาจจะยาวถึง 6 ฟุต อัตราเร็วของการหมุนตั้งแต่ 1-10 รอบต่อนาที ถ้าเป็นแบบลูกกลิ้งคู่ มีถังลูกกลิ้งสองตัว ลูกกลิ้งทั้งสองจะวางคู่กัน มีช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่สามารถปรับได้ในระหว่างการทำงานภายในลูกกลิ้งจะมีไอน้ำ (Steam) เป็นตัวให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากลูกกลิ้งแล้ว ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ อีกคือ ใบมีด (knife) เป็นใบมีดสำหรับกรีดอาหารที่แห้งแล้วออกจากเครื่อง สามารถปรับระยะห่างระหว่างใบมีดกับลูกกลิ้งได้

<u>เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ</u>

1. แบบลูกกลิ้งเดี่ยว (Single-drum dryer) อาจทำในบรรยากาศธรรมดาหรืออาจทำในห้องสุญญากาศก็ได้ ลักษณะเครื่องมือมีลูกกลิ้งเดี่ยวสารละลายอาหารที่จะอบแห้งจะป้อนจากด้านล่าง (dip feed) โดยมีเครื่องสูบ (pump) ส่งขึ้นไปลูกกลิ้งจะหมุนรอบภายในมีแหล่งให้ความร้อนอาจจะเป็นไอน้ำ (steam) และมีใบมีดกรีดอาหารที่แห้งแล้วออกไป

2. แบบลูกกลิ้งคู่ (Double-drum dryer) เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ยังแบ่งออกเป็น 2 พวกตามทิศทางการหมุนของลูกกลิ้งคือ Double drum dryer และ Twin-drum dryer ซึ่งทั้ง 2 แบบจะมีหลักการทำงานเหมือนกัน แต่จะหมุนในทางตรงข้ามกันเท่านั้น อาจทำงานในบรรยากาศธรรมดาหรือในสภาพสุญญากาศก็ได้เช่นกัน

ก. <u>Double-drum dryers</u> ประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอก 2 ตัว slurry จะถูกป้อนอยู่ระหว่างช่องของลูกกลิ้งทั้งความหนาและแผ่นฟิล์ม หรือ slurry layer จะขึ้นกับคุณสมบัติของ slurry ผิวหน้าของลูกกลิ้งและระยะห่างที่เป็นช่องระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 2 ตัว

ข. <u>Twin-drum dryers</u> มีหลักการเหมือนกัน double drum dryer เว้นแต่ว่ามันจะหมุนในทางตรงกันข้าม คือมันจะหมุนออกจากกัน ช่องห่างระหว่างลูกกลิ้งจะไม่มีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์ม แต่ก็สามารถปรับได้โดยใช้แบบจุ่ม คือทำให้ลูกกลิ้งจุ่มลงใน slurry feed ที่เราส่งเข้าไป ซึ่งเป็นแบบธรรมดาที่นิยมใช้กันแต่ถ้าวัตถุดิบมีคุณสมบัติที่ไม่เกาะติดกับลูกกลิ้งจะแก้ไขโดยวิธี top feed

<u>การป้อนอาหารเหลวที่ต้องการทำแห้งอาจจะป้อนได้ 3 แบบ</u> คือ

1. ป้อนจากด้านบนลูกกลิ้ง (Top feed)
2. ป้อนจากด้านล่างของลูกกลิ้ง (Dip feed)
3. ป้อนโดยการพ่นให้ติดลูกกลิ้ง (Splash feed)

ซึ่งวิธี top feed นี้จะทำให้เกิดการเคลือบหนาบนผิวลูกกลิ้ง ซึ่งจะทำให้ผลดีถ้าวัตถุเป็น granular และแห้งง่าย ส่วนแบบ splash feed คือฉีดหรือพ่นให้อาหารไปเคลือบติดบนผิวลูกกลิ้ง วิธีนี้ดีช่วยให้แผ่นฟิล์มเกาะแน่นที่ผิวและไม่หล่นลงมาในระหว่างการผลิต เหมาะกับวัตถุที่ผิวโลหะได้ดี

<u>ลักษณะการทำงานของการอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก</u>

ลักษณะการทำงานที่สำคัญของเครื่องอบแห้งแบบนี้ คือ อาหารเหลวซึ่งจะต้องมีความข้นพอสมควร จะถูกใส่ลงบนช่องว่างของลูกกลิ้งทั้งสองในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไปซึ่งสามารถปรับความเร็วของลูกกลิ้งได้ โดยลูกกลิ้งทั้งสองจะหมุนสวนทางกันภายในลูกกลิ้งทั้งสองจะมีไอน้ำไหลผ่านเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัว ให้ความร้อนแก่อาหาร การควบคุมความเร็วของลูกกลิ้งและช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งจะขึ้นกับชนิดของอาหารและคุณภาพของอาหารแห้งที่ต้องการ โดยทั่วไปเมื่ออาหารเหลวข้นติดไปเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ บนลูกกลิ้งและเมื่อหมุนไป 1 รอบก็จะแห้งพอดี มีใบมีดคมซึ่งได้ปรับได้ระยะห่างพอดีจะกรีดเอาอาหารแห้งออก ซึ่งอาหารแห้งที่ได้จะมีสภาพเป็นแผ่นบางหรือเป็นผง

สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ของเหลวที่จะนำมาทำแห้งซึ่งอยู่ในรูปของ slurries หรือ paste หรือถ้ามีความเข้มข้นของของแข็งต่ำเกินไปอาจจะมีการระเหยน้ำบางส่วนออกไปก่อนก็ได้ เมื่อของเหลวถูกส่งเข้าเครื่องจะถูกฉาบหรือเคลือบให้ติดอยู่ที่ผิวรอบนอกของลูกกลิ้งเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ขณะเดียวกันลูกกลิ้งจะหมุนไปอย่างช้า ๆ ความร้อนจากลูกกลิ้งจะทำให้ความชื้นที่แผ่นฟิล์มระเหยไปและเมื่อลูกกลิ้งไปได้ 3/5 รอบนั้น แผ่นฟิล์มก็จะแห้งและถูกใบมีดขูดออกไป ปกติจะใช้ความเร็ว 1-10 รอบต่อนาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของ flaked ซึ่งความชื้น (moisture Content) ของ flaked ที่ได้จะขึ้นกับ

- อัตราการหมุนของลูกกลิ้ง
- อุณหภูมิของผิวหน้าของลูกกลิ้ง
- ความหนาของแผ่นฟิล์ม

<u>สมบัติของอาหารที่จะทำแห้ง</u>

1. เครื่องอบแห้งชนิดนี้เหมาะสมที่จะใช้กับอาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบสูง เช่น กล้วยห่าม ๆ ข้าวโพด มะม่วงสุก หากอาหารมีน้ำตาลสูง น้ำตาลจะไหม้ติดลูกกลิ้งจะต้องเติมแป้งผสมลงไปด้วย เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า
2. อาหารจะต้องมีลักษณะหนืดเหนียวและไหลได้พอสมควร
3. อาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลว เช่น น้ำผลไม้ ไม่อาจใช้เครื่องอบแห้งชนิดนี้ได้

<u>การเตรียมเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง</u>

1. เครื่องอบแห้งชนิดนี้ประกอบด้วย ลูกกลิ้งแผ่ดคู่ 1 คู่ ภายในกลวงเป็นที่ติดขดลวดร้อนหรือเผาด้วยแก๊สหรือให้ไอน้ำเข้ามอเตอร์ควบคุมความเร็วลูกกลิ้ง ใบมีดขูดอาหารแห้งที่ผิวลูกกลิ้ง
2. ทำความสะอาดลูกกลิ้ง ตั้งใบมีดให้แนบสนิทลูกกลิ้งปรับระยะห่างของลูกกลิ้งประมาณ 0.2-0.3 มิลลิเมตร
3. เปิดสวิทซ์ไฟฟ้าให้มอเตอร์ทำงานเปิดไอน้ำเข้าลูกกลิ้งควบคุมความเร็วรอบของลูกกลิ้งตั้งแต่ 1 รอบต่อนาทีถึง 5 รอบต่อนาที ขึ้นกับส่วนประกอบของอาหาร ความดันไอน้ำ 40 ถึง 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ป้อนอาหารผ่านลูกกลิ้งจากด้านบน อาหารจะแห้งเป็นแผ่นบาง ๆ มีความชื้นประมาณ 8 % ต้องอบแห้งในตู้อบลดความชื้นให้ต่ำกว่า 5 %

5. เก็บตัวอย่างในขวดแก้ว ถุงอลูมิเนียม

<u>ปัญหาที่มักพบในการอบแห้งอาหารโดยวิธีลูกกลิ้งทรงกระบอก</u>

ปัญหาที่เกิดขึ้นมักจะเกี่ยวข้องในเรื่องที่จะทำให้ได้ flake sheet ที่มีความหนาสม่ำเสมอ และไม่ขาดตอน เป็นแผ่นยาวติดต่อกันกับการที่จะทำให้ slurry ที่ส่งเข้าเครื่องนั้นมีคุณสมบัติเกาะติดกับผิวโลหะลูกกลิ้งได้ดี รวมทั้งคุณสมบัติอื่นๆ ตามที่เราต้องการในผลิตภัณฑ์

การที่จะให้ได้อัตราการผลิตสูงสามารถจะทำได้โดยให้มีชั้น (layer) ของ slurry หนา ดังนั้นด้วยจุดประสงค์ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องทำให้ slurry มีความเข้มข้นมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นย่อมทำให้มีความหนืดสูงขึ้นด้วย การที่จะทำให้เป็นแผ่นยาวก็ลำบาก slurry อาจจะไม่เปียกพอที่จะเกาะติดผิวของลูกกลิ้งก็ได้ การปรับช่องห่างและอัตราการหมุนของลูกกลิ้งอาจจะต้องเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของของเหลวที่ส่งเข้าเครื่อง

ในการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกนี้มีปัญหาหลายประการที่มักจะเกิดขึ้น ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

1. แผ่นอาหารแห้งอบไหม้เกรียม เนื่องจากความร้อนของลูกกลิ้งสูงเกินไป อัตราเร็วของการหมุนของลูกกลิ้งช้าไป ความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มไม่พอดี และขึ้นกับคุณสมบัติของอาหารที่จะนำมาทำแห้ง

2. แผ่นอาหารแห้งที่ได้ออกมาไม่ต่อเนื่อง กล่าวคือแผ่นอาหารออกมาเป็นช่วง ๆ ทำให้อัตราการผลิต (production rate) ต่ำเนื่องจากสารละลายอาหารมีความข้นไม่พอ หรือช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งกว้างไป ทำให้แผ่นฟิล์มที่ติดบนลูกกลิ้งบางเกินไป

3. แผ่นอาหารแห้งที่ได้ออกมายังเปียกเกินไป คือยังมีความชื้นสูง เนื่องจาก ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งกว้างเกินไป ทำให้แผ่นฟิล์มบนลูกกลิ้งหนา ความร้อนที่ทำให้อาหารแห้งไม่พอ หรือเนื่องจากอาหารเหลวที่ป้อนเข้าไปมีความข้นมากเกินไปทำให้มีความหนืด (viscosity) สูง ทำให้ติดกับลูกกลิ้งหนาไม่เท่ากัน

4. อุณหภูมิที่ผิวของลูกกลิ้งสูงเกินไป ทำให้อาหารแห้งกรังหรือไหม้ติดลูกกลิ้งเนื่องจากความร้อนสะสมภายในลูกกลิ้งมากเกินไป อาจแก้ได้โดยทำให้ลูกกลิ้งบริเวณที่เกือบถึงใบมีดเย็นลงโดยการให้ความเย็นเข้าไปในส่วนนั้น ทำให้อาหารแห้งบนลูกกลิ้งมีการหดตัวและขยายตัวไม่เท่ากัน ทำให้เกิดการแตกหัก (cracking) ร่อนหลุดออกจากลูกกลิ้งได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักในการปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ดีมีหลายประการ คือ

1. การลดความชื้นโดยวิธีอื่น เช่น การระเหยให้น้ำลดลง 5 เท่าหรือ 3 เท่าก่อนแล้วค่อยป้อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก จะเป็นการประหยัดในด้านเศรษฐกิจ

2. อาจจะมีการทำให้ slurry นั้นร้อนก่อนเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้ง (drying rate) ให้ดีขึ้น

3. ควรมีการดูดเอา condensate ที่อยู่ในลูกกลิ้งออกมาเพื่อให้ได้ไอน้ำมีคุณภาพ 100 % อุณหภูมิที่ผิวโลหะต้องมี 300 ^{0}F จึงจะมีประสิทธิภาพพอทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน

4. ความเร็วของการหมุนของลูกกลิ้งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความหนาแน่น เส้นผ่าศูนย์กลางและช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง

5. สำหรับอาหารที่มีไขมัน ควรมีการโฮโมจิไนซ์เพื่อป้องกันไม่ให้ไขมันแยกตัวออกไป

6. ผิวของลูกกลิ้งจะต้องราบเรียบเสมอ และต้องมีการตรวจซ่อมหลังจากที่ทำงานและ 1000 ถึง 3000 ชั่งโมง

7. มีดที่ใช้ขูด ควรเป็นมีดที่ปรับง่ายและติดแน่นกับลูกกลิ้ง

8. การที่ผลิตภัณฑ์แห้งมีความชื้นสูงอาจเกิดจากผิวลูกกลิ้งมีอุณหภูมิต่ำไม่สูงพอ ฟิล์มที่หนามีความเข้มข้นสูงและลูกกลิ้งหมุนเร็วเกินไป

9. ถ้าต้องการระเหยน้ำ 1 ปอนด์ต้องใช้ไอน้ำ 1.5 ปอนด์

10. ปริมาณอาหารที่เหมาะสมจากการผลิตจะเป็น 3 ถึง 5 ปอนด์ต่อตารางฟุตต่อชั่วโมงของผลิตภัณฑ์แห้ง

การควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก

ในการใช้เครื่องอบแห้งแบบนี้ทำอาหารแห้งนั้น จะต้องดูคุณสมบัติและลักษณะของอาหารประเภทนั้น ๆ มาอย่างดีก่อน กล่าวคือควรจะทราบลักษณะของการละลาย ความหนืด การทนต่อความร้อน เป็นต้น นอกจากนั้นในการทำงานของเครื่องมักมีปัจจัยหลายอย่างที่ควรสนใจและควบคุม คือ

1. ขนาดของลูกกลิ้ง รวมถึงเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาว
2. อัตราเร็วของการหมุนของลูกกลิ้ง
3. ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง
4. อัตราการป้อนของเหลวหรือความลึกของลูกกลิ้งที่จุ่มลงไปในอาหารเหลว
5. ลักษณะของลูกกลิ้ง ความเรียบของผิวหน้าลูกกลิ้ง
6. ความคมของใบมีดและระยะห่างจากลูกกลิ้ง
7. การควบคุมความเย็นในช่วงก่อนถึงใบมีด
8. ปริมาณไอน้ำที่ป้อนเข้าในลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการทำแห้ง

ลักษณะการเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหารมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (การสูญเสียน้ำต่อหน่วยเวลา) ถ้าอาหารมีเนื้อโปร่งการเคลื่อนที่ของน้ำเป็นแบบการไหลผ่านช่องแคบ (Capillary flow) น้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารได้เร็วกว่าการระเหยกลายเป็นไอ จึงทำให้อาหารเปียกชุ่มด้วยน้ำ การระเหยของน้ำเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ จึงเรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ ต่อมาเมื่อการไหลผ่านช่องแคบหมดไป น้ำต้องเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้ามากจนมาที่ผิวไม่เพียงพอผิวอาหารจึงแห้ง การระเหยเกิดขึ้นได้ช้าลง อัตราการทำแห้งจึงลดลง เรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่าช่วงอัตราการทำแห้งลดลง อาหารที่มีเนื้อแน่นน้ำเคลื่อนที่จากภายในชิ้นอาหารได้ช้าจึงมีเฉพาะช่วงอัตราการทำแห้งลดลง

การทำแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อความชื้นของอากาศในเตาสมดุลกับความชื้นอาหารหรือค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเท่ากับค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของอาหารคูณ 100 และเรียกความชื้นของอาหารขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

การทำแห้ง คือ การเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ปัจจัยใดๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายนี้จึงมีผลต่ออัตราเร็วการทำแห้ง ได้แก่

1. ธรรมชาติของอาหาร

อาหารเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มี น้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มีการลวก ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งเร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างของอาหารมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักเช่น รูปร่างของอาหารที่เหมือนกันแต่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกัน การระเหิดเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้ง ๆ ที่พื้นที่ต่อหน่วยน้ำหนักมาก

3. ตำแหน่งของอาหารในเตา

น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาณอาหารต่อถาด

ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอาหารร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

5. ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน

อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะรับไอน้ำได้น้อยจะมีผลในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

6. อุณหภูมิของอากาศร้อน

ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงของอัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้นจึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราทำแห้งลดลงด้วย

7. ความเร็วของลมร้อน

ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อนาที นอกจากความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตา อากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง ดังนี้คือ

1. การหดตัว

การเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ๆ

2. การเปลี่ยนสี

อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลอุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้น 10 ถึง 20 % มีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

3. การเกิดเปลือกแข็ง

เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูง เพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

4. การเสียความสามารถในการคืนสภาพ

อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิมเพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ สตาร์ชและโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน

5. การสูญเสียคุณค่าของอาหารและสารละลาย

เกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซีและแครอทีนจากปฏิกริยาออกซิเดชั่น ไรโบฟลาวินจากแสง ไทอะมีนจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งนานการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นเดียวกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลงหรือแตกต่างไปจากเดิม

2.3 สตาร์ช (starch)

สตาร์ชเป็นคาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้น ซึ่งจะประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 องค์การอาหารและยาหรือ เอฟดีเอ (Food and Drug Administration หรือ FDA) ให้ความหมายของสตาร์ชว่า เป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลแอนไฮโดรกลูโคส (anhydroglucose) ที่ต่อกันเป็นสายและสาขาที่เรียกว่า อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) ตามลำดับ แหล่งของสตาร์ชที่พืชสร้างขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวของน้ำตาลกลูโคส โดยจะสูญเสียน้ำ 1 โมเลกุลต่อพันธะระหว่างน้ำตาลกลูโคส 2 โมเลกุล พืชจะสะสมสตาร์ชไว้ตามส่วนต่างๆ โดยเฉพาะในเมล็ด ราก ลำต้น ใบ เช่น ธัญพืชต่าง ๆ บางชนิดสะสมไว้ตามรากหรือหัว เช่น เผือกและมัน เป็นต้น โดยทั่วไปพืชมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 30 ถึง 70 % สตาร์ชที่เกิดขึ้นในธรรมชาติอยู่ในรูปของเม็ดแป้ง (starch granule) ซึ่งมีขนาดประมาณ 1 ถึง 100 ไมครอน ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งจะขึ้นอยู่กับแหล่งของแป้งแต่ละชนิด ภายในเม็ดในเม็ดแป้งประกอบด้วย โพลิเมอร์ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ อะไมโลส และอะไมโลเพคติน ซึ่งมีลักษณะดังนี้คือ

อะไมโลส (amylose) เป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลแอนไฮโดรกลูโคสที่เรียงต่อกันเป็นสายพันธะของ α-1,4-glocosidic มีขนาดแตกต่างไปตามชนิดและสายพันธุ์ของพืช มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 150,000 ถึง 1,000,000 โดยปกติแป้งทั่วไปมีอะไมโลส 15 ถึง 30 % และอะไมโลสไม่ละลายน้ำเย็น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นการละลายจะดีขึ้น อะไมโลสละลายได้ดีในสารละลายที่เป็นด่างให้เจลที่แข็งและไม่มีสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะไมโลเพคติน (amylopectin) เป็นโพลิเมอร์ที่เกิดจากพันธะ α-1,4 glucosidic บริเวณจุดแตกตัว เป็นกิ่งมีการจับตัวกันแบบ α-D-(1,6)glucosidic แทรกอยู่ประมาณ 4 ถึง 6 % แต่ละกิ่งเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลแอนไฮโดรกลูโคสเรียงต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic โพลิเมอร์หนึ่งของอะไมโลเพคตินจะมีขนาดใหญ่กว่าอะไมโลสมาก ประมาณว่าประกอบด้วยน้ำตาลแอนไฮโดรกลูโคสมากกว่า 200,000 หน่วยขึ้นไป อะไมโลเพคตินมักเกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ภายในโมเลกุล หรือกับโมเลกุลอื่น ถ้าพันธะไฮโดรเจนแตกออกจากกันจะทำให้อะไมโลเพคตินละลายได้ในน้ำเย็นโดยไม่เกิด รีโทรกราเดชั่น (retrogradation) อะไมโลเพคตินสลายตัวได้ง่ายเมื่อทำปฏิกิริยากับกรด เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงหรือมีการกวนอย่างรุนแรง มักพบในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวเหนียว

ตาราง 2.1 สรุปความแตกต่างระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคติน มีดังนี้

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
ประกอบด้วยกลูโคส 250-2000 หน่วย โมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรง ละลายน้ำได้ดีกว่า ให้สีน้ำเงินกับไอโอดีน หนืดข้นมากกว่าและใส ไม่เกิดเจล	แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้ ละลายน้ำได้น้อยกว่า ให้สีแดงม่วงหรือน้ำตาล เมื่อต้มในน้ำจะหนืดข้นน้อยกว่าแต่ขุ่นกว่า เมื่อปล่อยทิ้งไว้จะเกิดเจล

ที่มา: อพิณทิพย์, 2541

ภายในเม็ดแป้งประกอบด้วยโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 จัดเรียงตัวกันอย่างมีระบบแบบแผน ภายในเม็ดแป้งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นผลึกและส่วนที่ไม่เป็นผลึกที่เรียกว่า อสัณฐาน ซึ่งจะเรียงตัวเป็นวงแหวนซ้อนกันหลายชั้นเรียกว่า concentric shell ทำให้เกิดการหักเหสองแนวเป็นเงากากบาทเมื่อส่องผ่านแสงโพลาไรซ์ (polarized light) เรียกว่า ไบรีฟริงเจนซ์ (birefrigence) โมเลกุลของอะไมโลสมีลักษณะสายตรง (linear chain) ขดตัวเป็นวง (helix) ส่วนโมเลกุล ของอะไมโลเพคตินมีลักษณะเป็นกิ่งก้านสาขา (branch chain) ยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งบริเวณที่เกิดเรียกว่า micelle การเกิด micelle ขึ้นนั้นเนื่องมาจากการรวมตัวระหว่างโมเลกุลของ อะไมโลสอย่างหลวม ๆ ทำให้สามารถซึมผ่านเข้าไปอยู่ระหว่าง micelle ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชต่างชนิดกันมีสัดส่วนอะไมโลส ต่ออะไมโลเพคตินต่างกัน อัตราส่วนนี้จะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง (swelling) ความหนืด (viscosity) ความใสของเพสต์ (paste) และการเกิดรีโทรกราเดชั่นของเพสต์หรือการคืนตัว (set back) เมื่อนำแป้งไปละลายน้ำเม็ดแป้งจะดูดน้ำเข้าไปทำให้เกิดการพองตัว แต่จะพองตัวอย่างจำกัด การพองตัวของเม็ดแป้งที่อุณหภูมิห้องเรียกว่า true swelling สามารถนำไปทำแห้งกลับคืนสภาพเดิมได้ (set back) ถ้านำน้ำแป้งนั้นมาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่สูงกว่า critical temperature ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 50 ^{0}C ขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของแป้ง ความร้อนจะทำลายพันธะไฮโดรเจนส่วนอสัณฐานก่อนทำให้น้ำสามารถแทรกเข้าไปภายในเม็ดได้ และเกิดการพองตัว ระหว่างนี้เม็ดแป้งจะสูญเสียการหักเหของแสงภายในเม็ดแป้งเนื่องจากเกิดการการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวของโมเลกุลสตาร์ช เมื่อเม็ดแป้งพองตัวมาขึ้นความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว และของผสมมีความใสมากขึ้นเมื่อเม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ และแตกออกทำให้ความหนืดลดลง อุณหภูมินี้เรียกว่าอุณหภูมิแป้งสุก (gelatinizing temperature) และปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่าการสุกของแป้ง (gelatinization) เม็ดแป้งแต่ละชนิดจะสุกที่อุณหภูมิต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับพันธะภายในเม็ดแป้งนั้น ๆ อุณหภูมิที่ทำให้ เม็ดแป้งแต่ละชนิดสุกเรียกว่า specific gelatinizing temperature เม็ดแป้งขนาดใหญ่จะพองตัวได้ง่ายกว่าเม็ดแป้งขนาดเล็ก

เมื่อเม็ดแป้งแตกออกอะไมโลสจะหลุดออกจากเม็ดแป้ง ทำให้น้ำแป้งมีลักษณะข้นหนืดเรียกว่าแป้งเปียก หรือเพสต์ (paste) ถ้าปล่อยให้เย็นตัวแป้งอาจจะยังคงเป็นซอลส์ (sols) หรือเปลี่ยนเป็นเจลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำแป้ง และชนิดของแป้งหรือปริมาณอะไมโลสโดยทั่วไปถ้าน้ำแป้งมีความเข้มข้นต่ำแป้งเปียกที่ได้จะเป็นซอลส์ ถ้าน้ำแป้งมีความเข้มข้นสูงแป้งเปียกที่ได้จะมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นจนเป็นเจล แป้งชนิดที่มีอะไมโลสต่ำมากโมเลกุลส่วนใหญ่จะเป็นพวกอะไมโลเพคติน แป้งเปียกที่ได้จะไม่แข็งตัวมากนักแม้จะปล่อยไว้ให้เย็น แต่ถ้าแป้งเปียกมีความเข้มข้นสูงมากอาจเกิดเจลขึ้นได้ ในการทิ้งไว้ให้เย็นนั้นโมเลกุลของอะไมโลสที่แขวนลอยอยู่ขณะร้อน จะพยายามจัดตัวให้อยู่ในรูปเดิมอีกครั้ง (recrystallization) ทำให้เกิดความขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้นเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดรีโทรกราเดชั่น หรือการคืนตัว การเกิดรีโทรกราเดชั่นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ เช่น ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง วิธีการทำให้ เกิดเพสต์ อุณหภูมิ เวลา ความเป็นกรดด่าง วิธีการทำให้เย็นและองค์ประกอบอื่น ๆ ของแป้ง โดยทั่วไปจะพบว่าการเกิดรีโทรกราเดชั่นจะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิต่ำความเข้มข้นสูงและที่ความเป็นกรดด่างในช่วง 5 ถึง 7 การเกิดรีโทรกราเดชั่นจะลดลงถ้ามีความเป็นกรดด่างสูงหรือต่ำเกินไป จากการศึกษาการคืนตัวได้ช้ามาก เนื่องจากโมเลกุลเป็นกิ่งก้านยากแก่การรวมตัว แป้งเปียกที่เกิดจากการคืนตัวมากจนน้ำที่เกาะกับโมเลกุล ของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินแยกตัวออกมา และปรากฏให้เห็นเป็นหยดน้ำลักษณะนี้เรียกว่า การแยกตัวของน้ำ (syneresis)
การศึกษาการพองตัวและการเกิดเจลของแป้งชนิดต่างๆ ทำได้โดยการวัดความหนืดด้วยเครื่อง viscograph ซึ่งวัดความหนืดของน้ำแป้งสัมพันธ์กับอุณหภูมิ เมื่อเม็ดแป้งได้รับความร้อนจะดูดน้ำและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พองตัวขึ้น ในขณะเดียวกันน้ำที่อยู่รอบ ๆ จะเหลือน้อยลงทำให้การเคลื่อนไหวของเม็ดแป้งยากขึ้น ความหนืดของแป้งจึงเพิ่มมากขึ้น แต่เม็ดแป้งแตกน้ำภายในเม็ดแป้งจะออกมารวมกับ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน ความหนืดจึงลดลง ความหนืดจะเพิ่มอีกครั้ง เมื่อแป้งเปียกเย็นตัว และเกิดเจลขึ้น การวัดการพองตัว และการเกิดเจล คือการเปลี่ยนแปลงความหนืด

2.4 การทำแห้งแป้งเผือก

เผือกถือเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการประกอบอาหารเพราะเม็ดแป้งสามารถย่อยได้ง่ายให้พลังงานสูง มีวิตามินบี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็กในปริมาณสูงและที่สำคัญคือไม่เป็นพิษ

ปัญหาในการทำแห้งแป้งเผือกคือ การสูญเสียเผือกเนื่องจากกระบวนการแปรรูปโดยที่เผือกยิ่งมีขนาดเล็กเท่าไรก็จะมีปริมาณเปลือกเพิ่มมากขึ้น และในการทำแห้งเผือก จะส่งผลต่อการเก็บรักษาและการยอมรับของผู้บริโภค

2.5 คุณสมบัติของแป้งเผือก

จากการศึกษาแป้งเผือก (*Colocasia esculenta*) ที่สกัดโดยใช้ เมตาไบซัลไฟท์ 0.2 % พบว่าเม็ดแป้งเผือกมีขนาดเล็ก ซึ่งเผือกแต่ละพันธุ์ก็จะมีขนาดแตกต่างกัน แป้งเผือกจะมีปริมาณอะไมโลสประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณอะไมโลสในแป้งจากธัญพืช เผือกเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งที่มีอุณหภูมิการเกิดเพสต์ต่ำ เนื่องจากแป้งจากพืชหัวจะมีความชื้นสูงและมีปริมาณอะไมโลสต่ำ ซึ่งถ้าปริมาณอะไมโลสสูง อุณหภูมิในการเกิดเพสต์ก็จะสูงด้วย แป้งเผือกโดยทั่วไปจะมีค่าการค่าละลาย และการพองตัวต่ำยกเว้นเผือกที่มีเม็ดแป้งขนาดเล็กมากจะมีค่าการละลายและการพองตัวสูงขึ้น

2.6 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการทำแห้งเผือก

2.6.1 ความเป็นกรดด่าง

จากการวัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดด่างของตัวอย่างเผือกที่เก็บ 0-6 เดือน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง 0-0.3 ในตัวอย่างที่เก็บที่ 21 ^{0}C และ 38 ^{0}C ส่วนตัวอย่างที่เก็บที่ 60 ^{0}C พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่าง 0.6-1.3

2.6.2 สี

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแห้งเผือก ที่สกัดโดยเอทานอลที่ 520 นาโนเมตร และ 422 นาโนเมตร พบว่าตัวอย่างที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด ในระหว่างการเก็บรักษาค่าการดูดกลืนแสงที่ 20 นาโนเมตรลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสียแอนโธไซยานิน ส่วนที่ 422 นาโนเมตร จะมีการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงอย่างช้า ๆ เนื่องจากการสูญเสียเม็ดสีสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การย่อยจากเอนไซม์

ผลจากการไตเตรทพบว่ามีการย่อยลดลงในทุกตัวอย่างแป้งเผือก ตัวอย่างแป้งเผือกจากการทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ จะมีประสิทธิภาพการย่อยสูงกว่าตัวอย่างที่ทำแห้งชนิดแช่เยือกแข็งและการใช้ลมร้อนต่ำที่สุด และตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีเดียวกันแต่เก็บที่อุณหภูมิต่างกันพบว่าตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ จะมีประสิทธิภาพการย่อยสูงที่สุด และตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิสูงกว่า 60^{0}C จะมีประสิทธิภาพการย่อยเป็นศูนย์

2.6.4 ความชื้น

ตัวอย่างที่ทำแห้งโดยวิธีใช้ลมร้อนและแสงแดด จะมีค่าความชื้นสูง ซึ่งอาจทำให้เกิดเปลือกแข็งห่อหุ้มผิวนอก ทำให้การทำแห้งเกิดไม่สมบูรณ์ ค่าความชื้นของแต่ละตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อการเก็บนานขึ้นยกเว้นตัวอย่างเผือกที่ทำแห้งโดยวิธีใช้ลมร้อนและแสงแดดที่เก็บที่ 60 ^{0}C

2.6.5 คุณภาพในการบริโภค

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในตัวอย่างที่ทำแห้งในแต่ละวิธี

2.6.6 อุณหภูมิในการเกิดเจล

เผือกแห้งจะเริ่มเกิดเจลที่ 64-67 ^{0}C และเกิดสมบูรณ์ที่ 71.5-73 ^{0}C ในขณะที่เผือกสดจะมีอุณหภูมิการเกิดเจลอยู่ในช่วง 65.5-71.5 ^{0}C แต่อายุการเก็บรักษาจะไม่มีผลต่อการเกิดเจล

2.7. น้ำตาลทราย

น้ำตาลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายได้ดีในน้ำและมีรสหวาน จัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลที่มีขายในตลาดนั้นเป็นน้ำตาลทรายขาวที่ผลิตจากอ้อย น้ำตาลนี้เป็นน้ำตาลซูโครสที่บริสุทธิ์ 99.9 % มีอยู่หลายชนิด แต่ที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ทั่ว ๆ ไปมี 3 ชนิดด้วยกันคือ

2.7.1 น้ำตาลทรายขาว (Granulated sugar) ใช้กันมากในการทำผลิตภัณฑ์ น้ำตาลทรายมีขนาดความละเอียดต่าง ๆ กัน มีตั้งแต่เป็นผงละเอียดมาก ธรรมดา และหยาบ ในต่างประเทศจะบอกความละเอียดไว้ที่กล่องบรรจุ สำหรับเมืองไทยที่วางขายทั่ว ๆ ไปมี 3 ขนาด คือขนาดธรรมดาผลึกใหญ่หยาบ และเป็นผงละเอียด น้ำตาลทรายที่ใช้ได้ผลดีควรมีความละเอียดและขาว เพราะจะผสมเข้ากับส่วนผสมอื่น ๆ ได้ดี ถ้าน้ำตาลที่ใช้มีขนาดผลึกใหญ่และหยาบจะผสมกับเนยได้ไม่ดี เพราะผลึกที่ใหญ่ของมันจะไม่ละลายหมดและมักจะคงอยู่ในรูปเม็ด ผลึกของน้ำตาลจะไม่ละลายโดยความร้อนจากตู้อบและน้ำตาลที่อยู่ใกล้ ๆ ผิวขนมจะเกิดเป็นจุดขึ้น นอกจากนั้นผลึกน้ำตาลที่หยาบจะไปขูดเอาดีบุกที่เคลือบเครื่องผสมหรือชามผสม ทำให้เกิดสีเทาขึ้นในผลิตภัณฑ์ และยิ่งเป็นมากขึ้นถ้าเนยหรือไขมันที่นำมาตีกับน้ำตาลเม็ดหยาบมีความเย็นมาก อย่างไรก็ตามโอกาสที่จะใช้น้ำตาลทรายหยาบก็มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก เช่น ใช้ในการโรยไปบนคุกกี้ ย้อมสีต่าง ๆ ใช้ทำไส้ขนมและไซรับสำหรับทำไอซิ่ง แต่งหน้าเค้ก ส่วนน้ำตาลผงใช้ในการทำไอซิ่ง

2.7.2 น้ำตาลไอซิ่ง (Icing or confectionary sugar) น้ำตาลชนิดนี้เป็นผงละเอียดที่มีแป้งข้าวโพดปนอยู่ด้วยประมาณ 3 % ทั้งนี้เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อนหรือป้องกันการเป็นผลึกของน้ำตาล ส่วนมากใช้ในการทำไอซิ่งและผสมกับแป้งทำแป้งเค้กสำเร็จรูป ความละเอียดของน้ำตาลชนิดนี้ช่วยให้ผสมง่ายขึ้นและมักใช้กับแองเจิ้ลเค้ก

2.7.3 น้ำตาลทรายแดง (Yellow or Brown sugar) น้ำตาลชนิดนี้จะมีพวกคาราเมล แร่ธาตุ และความชื้นปนอยู่ด้วยและยังเป็นน้ำตาลที่ไม่บริสุทธิ์หรือเรียกว่าน้ำตาลดิบ น้ำตาลชนิดนี้ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกลิ่นรส และสีของน้ำตาลทรายแดง ส่วนใหญ่ใช้ในการทำคุกกี้และเค้กบางชนิด เช่น ฟรุตเค้ก ไม่ใช้ในการเค้กที่มีความเบาตัว ถ้าจำเป็นต้องใช้ต้องเพิ่มความระมัดระวังให้มากในการที่จะผสม

นอกจากน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดนี้แล้ว ยังมีน้ำตาลอื่น ๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเช่น น้ำตาลข้าวโพดหรือเด็กโตรส (Corn Sugar or Dextrose) เป็นน้ำตาลที่ทำจากแป้งข้าวโพด น้ำตาลเด็กโตรสนี้จะมีความหวานประมาณ 75 % ของน้ำตาลทรายซูโครส ส่วนมากใช้ในการทำขนมปังหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ เพราะยีสต์สามารถนำน้ำตาลนี้ไปใช้ได้โดยตรงทำให้เกิดการหมักเร็วขึ้น

น้ำตาลจากนมหรือแลคโตส (Milk sugar or Lactose) เป็นน้ำตาลที่มีอยู่ในนมสดหรือในหางนม น้ำตาลชนิดนี้จะเป็นส่วนที่ช่วยเพิ่มความหวานและให้รสกลิ่นแก่ผลิตภัณฑ์

น้ำตาลมอลโตสหรือน้ำตาลจากข้าวมอลท์ (Malt sugar) มีอยู่ในมอลท์ไซรับช่วยเพิ่มความหวานให้แก่ผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ในการทำขนมปังชนิดแข็ง

น้ำตาลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายได้ดีในน้ำ มีรสหวาน ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลซูโครส น้ำตาลทรายเป็นน้ำตาลที่ใช้กันมากและแพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป ได้จากอ้อยและหัวบีท เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งค่อนข้างบริสุทธิ์ 99.9 % โดยไม่มีวิตามินและแร่ธาตุปะปนมา หากเป็นน้ำตาลที่ผ่านกรรมวิธีที่ถูกต้อง น้ำตาลทรายเป็นน้ำตาลที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตสเชื่อมต่อกัน เมื่อละลายน้ำอาจจะมีส่วนหนึ่งที่มีการคงตัวและอีกส่วนหนึ่งจะแตกตัวโดย น้ำตาลกลูโคสจะแยกออกจากน้ำตาลฟรุคโตสในสภาพเป็นกลางธรรมดา ถ้ามีสารบางชนิด เช่น เกลือแกง แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ จะช่วยให้การแตกตัวของน้ำตาลเพิ่มขึ้น น้ำตาลเมื่อละลายน้ำจะทำให้คุณสมบัติของอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น ช่วยเพิ่มความหนืด เปลี่ยนแปลงความหนืดให้สูงขึ้นลดความดันไอแต่จะเพิ่มความดันออสโมซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96723

2.8 น้ำ

นอกจากแป้งซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในการทำผลิตภัณฑ์แล้ววัตถุดิบที่สำคัญรองลงมาคือ น้ำ ซึ่งถ้าปราศจากน้ำการผลิตขนมปังหรือการทำผลิตภัณฑ์อีกหลาย ๆ อย่างจะเกิดขึ้นไม่ได้ น้ำที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์นั้นอาจเป็นน้ำทั่ว ๆ ไป หรือเป็นน้ำที่อยู่ในนมหรือน้ำผลไม้ก็ได้ คือเป็นของเหลวที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์

น้ำเป็นส่วนผสมที่จัดว่ามีราคาถูกที่สุดในการทำขนมปังและเป็นส่วนผสมที่สำคัญมาก ขาดไม่ได้ เนื่องจากน้ำมีหน้าที่รวมตัวกับโปรตีนในแป้งให้เกิดเป็นกลูเตน

ชนิดของน้ำ

น้ำจำแนกตามปริมาณของอินทรีย์สารและเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำเป็น 6 ชนิดด้วยกัน คือ

1. น้ำอ่อน เป็นน้ำที่มีปริมาณของแร่ธาตุละลายอยู่ต่ำ
2. น้ำกระด้าง จะเป็นพวกแร่ธาตุละลายอยู่ในปริมาณสูง น้ำกระด้างนี้อาจเป็นน้ำกระด้างชั่วคราว (Temperary hardness) หรือน้ำกระด้างถาวร (Permanent hardness) ก็ได้
3. น้ำด่าง (Alkaline water) เป็นน้ำที่มีพวกโซเดียมไบคาร์บอเนตอยู่
4. น้ำที่มีความเป็นกรด (Acid water) มักพบในที่ที่เป็นเหมืองแร่ และเป็นน้ำที่ได้รับจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม น้ำที่มีความเป็นกรดนั้นไม่ค่อยมีในธรรมชาติ
5. น้ำเกลือ (Saline water) จะมีพวกเกลือปนอยู่บ้าง ทำให้มีรสเฝื่อน
6. น้ำที่มีสารแขวนลอย (Turbid water) น้ำทุกชนิดที่กล่าวมาข้างต้นอาจเป็นน้ำประเภทนี้ได้ โดยเกิดมีสารแขวนลอย เช่น ดินเหนียว ทรายละเอียด ตะกอน หรืออื่นๆ ปนอยู่

2.9 สารเคมีที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู

หน้าที่ของสิ่งช่วยให้ขึ้นฟูต่อผลิตภัณฑ์

1. ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความเบา ขึ้นฟู ง่ายต่อการขบเคี้ยว
2. ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สารเหล่านี้จะมีลักษณะเนื้อในเป็นรูโปร่ง ดังนั้นน้ำย่อยจึงสัมผัสกับอาหารได้ทั้งหมด ทำให้ย่อยง่ายขึ้น
3. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่ารับประทานและอร่อย

เบคกิ้งเพาว์เดอร์หรือผงฟู (Baking powder) เป็นสารช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูที่ผลิตขึ้นจากการผสมของเบคกิ้งโซดาหรือโซเดียมไบคาร์บอเนตกับสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นกรด ซึ่งในการผสมนี้จะเติมแป้งข้าวโพดลงไปด้วยส่วนหนึ่งเพื่อป้องกันมิให้สารทั้งสองชนิดนี้สัมผัสกันโดยตรงซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้ และแป้งข้าวโพดที่ใส่ลงไปนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวดูดความชื้นไว้ ทำให้ผงฟูไม่จับกันเป็นก้อน ดังนั้นส่วนผสมของเบคกิ้งเพาว์เดอร์ ก็จะประกอบสิ่งสำคัญ 3 อย่างด้วยกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบคกิ้งโซดา

สารที่ให้ความเป็นกรด

แป้งข้าวโพด

ตามกฎข้อบังคับของ FDA (กองการอาหารและยา) ได้บ่งไว้ว่า ผงฟูที่ผลิตออกมานั้นจะต้องผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ไม่น้อยกว่า 12 %

ผงฟูมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับกรดที่นำมาผสม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจัดเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ

1. ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยารวดเร็วหรือที่เรียกว่าผงฟูกำลังหนึ่ง (Single Acting หรือ Fast Action) ผงฟูชนิดนี้จะประกอบด้วยเบคกิ้งโซดากับกรดทาร์ทาร์ริค หรือครีมออฟทาร์ทาร์ (Cream of tartar) หรือเกลือฟอสเฟต เช่น แคลเซียมแอซิดฟอสเฟต (CalCium acid phosphate) แคลเซียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (Calcium acid pyrophosphate) ผงฟูชนิดนี้จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทันทีในขณะที่ส่วนผสมถูกผสม และจะผลิตก๊าซออกมาอย่างรวดเร็วในระหว่างที่ผลิตภัณฑ์รอการนำเข้าอบ ดังนั้นการใช้ผงฟูประเภทนี้จะต้องผสมส่วนผสมอย่างรวดเร็วและนำเข้าอบทันทีที่ผสมเสร็จ มิฉะนั้นแล้วการสูญเสียก๊าซจะเกิดขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อบออกมาขึ้นฟูได้ไม่ดี

2. ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้า หรือผงฟูกำลังสอง (Double acting หรือ Slow action) ผงฟูประเภทนี้ประกอบเบคกิ้งโซดากับกรด 2 ชนิด หรือมากกว่า กรดชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเร็ว อีกชนิดหนึ่งเกิดปฏิกิริยาช้า กรดที่เกิดปฏิกิริยาเร็วได้แก่แคลเซียมแอซิดฟอสเฟต ส่วนกรดที่เกิดปฏิกิริยาช้าอาจเป็นโซเดียมไพโรฟอสเฟตหรือโซเดียมอลูมิเนียมซัลเฟตก็ได้ ในขณะที่กำลังผสมส่วนผสมเข้าด้วยกัน กรดที่ให้ปฏิกิริยาเร็วของผงฟูชนิดนี้จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาจำนวนหนึ่ง กรดที่ให้ปฏิกิริยาช้าซึ่งเป็นพวกเกลือซัลเฟตจะผลิตก๊าซออกมาอีกส่วนหนึ่งเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ จึงเรียกผงฟูชนิดนี้ว่าผงฟูกำลังสองหรือผงฟูที่ให้ปฏิกิริยา 2 ครั้ง ผงฟูชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในหมู่ผู้ประกอบกิจการ เพราะไม่จำเป็นต้องรีบร้อนนำผลิตภัณฑ์เข้าอบในทันทีหลังจากที่ผสมแล้ว ดังเช่นการใช้ผงฟูชนิดแรกสามารถที่จะรอคอยการเข้าอบได้โดยไม่เกรงว่าจะสูญเสียก๊าซไป

สำหรับการเลือกซื้อผงฟูมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ควรดูที่ฉลากกระป๋องว่าเป็นผงฟูชนิดใด ที่ฉลากกระป๋องจะบ่งชนิดของผงฟูไว้โดยจะมีภาษาอังกฤษกำกับไว้ใต้คำ Baking powder ว่าเป็น Single Acting หรือ Double Acting และที่ข้างๆ กระป๋องจะมีส่วนผสมของผงฟูบ่งไว้ว่าประกอบด้วยเบคกิ้งโซดากับกรดตัวใดบ้าง ถ้าพบว่าส่วนผสมนั้นประกอบด้วยโซดาและกรดทาร์ทาร์ริคหรือครีมออฟทาร์ทาร์ ก็แสดงว่าเป็นผงฟูชนิดให้ปฏิกิริยาเร็วหรือผงฟูกำลังหนึ่ง เมื่อนำมาใช้ในสูตรผสมก็ต้องเพิ่มปริมาณการใช้มากขึ้น แต่ถ้าพบว่ามีส่วนผสมของโซดาและกรดมากกว่าหนึ่งชนิดขึ้นไปก็จัดเป็นพวกผงฟูกำลังสองการใช้ในสูตรผสมใช้ในอัตราปกติที่สูตรกำหนดให้

ปัจจุบันมีผงฟูออกวางขายในท้องตลาดหลายยี่ห้อด้วยกัน ส่วนใหญ่ก็ผลิตขึ้นภายในประเทศซึ่งมีราคาถูกกว่าของต่างประเทศมาก โดยปกติแล้วผงฟูนั้นจะมีอายุการเสื่อมเสีย ดังนั้นจึงควรมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบอกกำหนดการหมดอายุของผงฟูไว้ที่ภาชนะบรรจุด้วย ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะไม่มีบ่งไว้นับว่าเป็นการเสี่ยงอย่างยิ่งสำหรับผู้ใช้ เพราะในบางครั้งอาจจะไปซื้อเอาผงฟูที่เสื่อมคุณภาพแล้วแม้ว่าจะยังไม่มีการเปิดกระป๋องหรือยังดูว่ากระป๋องยังใหม่อยู่ก็ตาม เพราะผงฟูสามารถเสื่อมคุณภาพได้โดยเฉพาะในที่ที่มีความชื้นสูง ดังนั้นเมื่อเปิดกระป๋องใช้แล้วควรปิดฝาให้แน่นและเก็บไว้ในที่แห้ง ผงฟูบางยี่ห้อจะบ่งบอกกำหนดการเสื่อมอายุไว้ใต้กระป๋องด้านนอกว่าจะหมดอายุในเดือนใด ปีใด ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้ได้อย่างสะดวก

สำหรับการตรวจสอบการเสื่อมเสียของผงฟูก่อนนำไปใช้เป็นสิ่งที่ควรกระทำโดยเฉพาะถ้าไม่มีการบ่งกำหนดการหมดอายุไว้ที่กระป๋องบรรจุ วิธีทดสอบก็ทำได้โดยตักผงฟูประมาณ 1 ช้อนชาใส่ลงไปในน้ำร้อน ถ้าพบว่ามีฟองปุดขึ้นมาอย่างรวดเร็วแล้วค่อยๆ ช้าลงจนหมดฟอง แสดงว่าผงฟูนั้นยังมี คุณภาพดีอยู่ แต่ถ้าใส่ลงไปในน้ำแล้วเกิดฟองอย่างช้าๆ หรือไม่เกิดเลย แสดงว่าผงฟูนั้นเสื่อมคุณภาพแล้ว ไม่สมควรที่จะนำมาใช้อีกต่อไป เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ขึ้นฟู

ปริมาณการใช้ผงฟูนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในสูตรและความสูงเหนือระดับน้ำทะเลของสถานที่ที่จะทำผลิตภัณฑ์

การใช้สารที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูนั้นควรชั่งตวงด้วยความระมัดระวัง เพราะถ้าใช้ในปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูมากอาจทำให้ล้มหรือหดตัวได้หลังจากอบแล้วและถ้าใช้ในปริมาณที่ต่ำเกินไปก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูไม่เต็มที่ เป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแน่นหนัก ปริมาตรไม่ดีและไม่ชวนให้รับประทาน

2.10 การป้องกันการเกิดสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลของอาหารแห้งเกิดจากเอนไซม์และปฏิกิริยาเคมี ในกรณีแรกป้องกันโดยการลวกทำลายเอนไซม์ โดยใช้เวลาและอุณหภูมิที่เพียงพอในการทำลายเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) หรือแคทาเลส (Catalase) ซึ่งทดสอบในด้านสารละลาย guaiacol และไฮโดรออกไซด์ (hydroperoxide) ตามลำดับ ส่วนในกรณีหลังป้องกันโดยใช้สารประกอบซัลเฟอร์

สารประกอบซัลเฟอร์ช่วยป้องกันการเปลี่ยนสีของอาหาร โดยทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl) ของโปรตีน โปรตีนจึงไม่สามารถรวมตัวกับน้ำตาลเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสารฟอกสีอีกด้วย สารประกอบซัลเฟอร์อาจได้จากการเผากำมะถันแต่จะควบคุมปริมาณได้ยาก จึงนิยมใช้สารโซเดียมหรือโพแทสเซียมซัลไฟต์ ปริมาณการใช้ 2000 ppm เพียงพอในการป้องกันการเกิดสีระหว่างการทำแห้ง มีการสูญเสียระหว่างการทำแห้งและการประกอบอาหารเหลือประมาณ 50 ถึง 100 ppm เมื่อบริโภค การใช้มากเกินไปจะทำให้สีซีดและมีกลิ่นซัลเฟอร์ ข้อเสียของสารประกอบซัลเฟอร์คือ ทำลายวิตามินบีและทำให้เกิดการแพ้ในบางคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17500

บทที่ 3
วัตถุดิบอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เผือกสดพันธุ์เผือกหอม จากตลาดหัวตะเข้

3.1.2 แป้งข้าวเจ้าตราช้างสามเศียร ผลิตโดยบริษัทโรงเส้นหมี่ชอเฮง จำกัด

3.1.3 น้ำตาลทรายมิตรผล ผลิตโดยบริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด

3.1.4 ผงฟูตราเบสต์ฟูด ผลิตโดยบริษัท ซีพีซี / อายิ (ประเทศไทย) จำกัด

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 ตู้อบลมร้อน B.W.S-3

3.2.2 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง รุ่น OD 6x8 ของ Pacific instuments (Japan)

3.2.3 เครื่องวัดสี Chroma Meter รุ่น CR – 2006 Minolta (Japan)

3.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก Mettler PF 3000

3.2.6 ลังถึง, ถ้วยตะไล

3.2.7 เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับทำการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ฉลองกรุงธนบุรี

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาสูตรขนมถ้วยฟูที่เหมาะสมที่สุด

การคัดเลือกสูตรขนมถ้วยฟูที่เหมาะสม ซึ่งจะคัดเลือกจาก 3 สูตร ที่ได้จากการรวบรวมจากเอกสารต่าง ๆ มาคำนวณส่วนผสมเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองทำแป้งขนมถ้วยฟูสำเร็จรูปต่อไป โดยได้สูตรที่มีส่วนผสมต่างกัน 3 สูตร ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนผสมขนมถ้วยฟูที่แตกต่างกัน 3 สูตร

สูตรที่ 1 *	สูตรที่ 2 **	สูตรที่ 3 ***
แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม	แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม	แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม
เผือกสด 100 กรัม	เผือกสด 100 กรัม	เผือกสด 100 กรัม
น้ำ 358 กรัม	น้ำ 179 กรัม	น้ำ 134 กรัม
น้ำตาล 194 กรัม	น้ำตาล 97 กรัม	น้ำตาล 97 กรัม
ผงฟู 1.6 กรัม	ผงฟู 1.6 กรัม	ผงฟู 1.6 กรัม
	ไข่ไก่ 1 ฟอง	
	มะนาว 3 กรัม	

ที่มา : *หลานแม่ครัวหัวป่า.จ.จ.ร., 2521

**วัชรีพันธ์ พิศนาคะ, 2519

***หลานแม่ครัวหัวป่า.จ.จ.ร., 2519

ทดลองทำขนมถ้วยฟูโดยชั่งส่วนผสมตามสูตร ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน ตักใส่ถ้วยตะไลเล็ก นึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือดประมาณ 15 นาที หรือจนขนมสุกแล้วยกลงจากเตาทิ้งไว้ให้เย็นจึงแคะออกจากถ้วยตะไล แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 15 คน ทดสอบแบบ Hedonic Scale 5 ระดับ ใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ก1) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan' s New Multiple Range Test เลือกสูตรที่ได้รับความชอบมากที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการทดลองทำเป็นแป้งผสมสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแป้งเผือก

3.3.2.1 การศึกษาสภาวะในการยับยั้งเอนไซม์

นำเผือกที่หั่นเป็นชิ้นบางไปนึ่งโดยใช้เวลา 2 และ 4 นาทีแล้ววัดอุณหภูมิจุดกึ่งกลางของชิ้นเผือก (core temperature) แล้ววัดการทำงานของเอนไซม์ (กิตติพงษ์ , มปป) นำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ในการเตรียมตัวอย่างก่อนทำแป้งเผือกในข้อ 3.3.2.2 ต่อไป

3.3.2.2 การทดลองหาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฟักทอง

ทดลองทำแห้งเผือกโดยใช้สภาวะ การเตรียมเผือก อุปกรณ์ทำแห้ง และสภาวะการทำแห้งต่างกัน ดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 แสดงการเตรียมตัวอย่างและสภาวะที่ใช้ในการทำแป้งเผือก

สภาวะ	เครื่องอบแห้งที่ใช้	สภาวะในการทำแห้ง	การเตรียมตัวอย่างเผือก
1	ตู้อบลมร้อน	50 ^{0}C	หั่นเป็นชิ้น มีความหนา 1 มิลลิเมตร นำไปนึ่งให้อุณหภูมิจุดกึ่งกลางของชิ้นเผือก เท่ากับ 80 ^{0}C
2	ตู้อบลมร้อน	60^{0}C	หั่นเป็นชิ้น มีความหนา 1 มิลลิเมตร นำไปนึ่งให้อุณหภูมิจุดกึ่งกลางของชิ้นเผือก เท่ากับ 80 ^{0}C
3	ตู้อบลมร้อน	70 ^{0}C	หั่นเป็นชิ้น มีความหนา 1 มิลลิเมตร นำไปนึ่งให้อุณหภูมิจุดกึ่งกลางของชิ้นเผือก เท่ากับ 80 ^{0}C
4	ตู้อบลมร้อน	50 ^{0}C	หั่นเป็นชิ้นเล็กๆขนาดเท่าๆกัน นึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด
5	ตู้อบลมร้อน	60^{0}C	หั่นเป็นชิ้นเล็กๆขนาดเท่าๆกัน นึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด
6	ตู้อบลมร้อน	70 ^{0}C	หั่นเป็นชิ้นเล็กๆขนาดเท่าๆกัน นึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด
7	เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	100^{0}C	หั่นเป็นชิ้นเล็กๆขนาดเท่าๆกัน นึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด
8	เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	110^{0}C	หั่นเป็นชิ้นเล็กๆขนาดเท่าๆกัน นึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด
9	เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	120^{0}C	หั่นเป็นชิ้นเล็กๆขนาดเท่าๆกัน นึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด 20 นาที บดละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำแป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งในสภาวะต่าง ๆ มาตรวจสอบคุณภาพ โดยวิธีทางกายภาพ คือ อัตราการคืนรูป (Subadra, 1997) ความชื้น (AOAC, 1995) วัดสี ค่าการดูดกลืนน้ำ และ ค่าการละลาย (Anderson *et al*, 1969) วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และนำแป้งเผือกที่ได้มาทำขนมถ้วยฟูแล้วทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 15 คน ทดสอบแบบ Hedonic Scale 5 ระดับ ใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ก2) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan' s New Multiple Range Test เพื่อเลือกสภาวะการทำแป้งเผือกที่เหมาะสม

3.3.3 ศึกษาการปรับสูตรส่วนผสมให้เป็นแป้งผสมสำเร็จรูป

จากการคัดเลือกสูตรที่ได้รับความชอบมากที่สุดในข้อ 3.3.1 วิเคราะห์หาความชื้นในส่วนผสมทั้งหมดด้วยวิธี AOAC (1995) และคำนวณเปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมโดยน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบแต่ละชนิด ผสมส่วนผสมตามสัดส่วนที่คำนวณได้โดยใช้แป้งเผือกที่ได้จากข้อ 3.3.2 มาใช้แทนเผือกสดในสูตรขนมถ้วยฟู จะได้ขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป

3.3.4 การศึกษาความแตกต่างของขนมถ้วยฟูเผือกที่ได้จากส่วนผสมสดและขนมถ้วยฟูเผือกที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูป

นำแป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูปจากข้อ 3.3.3 มาทดลองทำขนมถ้วยฟูตามข้อ 3.3.1 ใช้ปริมาณแป้งเผือกตามสัดส่วนที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับขนมถ้วยฟูเผือกที่ทำจากส่วนผสมสด แล้วทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 15 คน ให้คะแนน 5 ระดับ Hedonic scale ใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก.ก1.) วิเคราห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดสอบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Design)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การคัดเลือกสูตรขนมถ้วยฟูที่เหมาะสม

จากการทดลองเพื่อคัดเลือกสูตรขนมถ้วยฟูเพื่อนำไปเป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองทำแป้งเผือกผสมขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป เมื่อทดลองทำขนมถ้วยฟูเผือกสด โดยใช้สูตรที่แตกต่างกัน 3 สูตร แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมถ้วยฟูเผือกสด

สูตร	สี	กลิ่น	ความนุ่ม	ความเหนียว ^{ns}	รสชาติ	ความชอบรวม
1	2.87 ± 0.69^{b}	3.17 ± 0.56^{b}	2.97 ± 0.49^{b}	2.72 ± 0.85	2.70 ± 0.65^{b}	2.55 ± 0.81^{b}
2	3.25 ± 0.65^{ab}	3.72 ± 0.67^{a}	3.57 ± 0.54^{a}	2.60 ± 0.77	3.15 ± 0.78^{a}	2.90 ± 0.68^{ab}
3	3.47 ± 0.75^{a}	3.07 ± 0.67^{b}	3.17 ± 0.65^{ab}	2.57 ± 0.65	3.17 ± 0.78^{a}	3.32 ± 0.74^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตาราง 4.1 พบว่าค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านสี ความนุ่ม ความเหนียว รสชาติ ความชอบรวม ของขนมถ้วยฟูเผือกในสูตรที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คุณสมบัติทางด้านกลิ่นของสูตรที่ 2 มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากสูตรที่ 3 แต่ในสูตรที่ 1 มี ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ต่ำกว่าอีก 2 สูตร ในการพิจารณาคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจึงพิจารณาสูตรที่ 2 และ 3

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสูตรที่เหมาะสมในการทำขนมถ้วยฟูคือสูตรที่ 2 และ 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการพิจารณาเลือกสูตรจึงพิจารณาจากส่วนผสมที่ใช้ทำขนมถ้วยฟูเผือกซึ่งในสูตรที่ 2 จะมีการใช้น้ำมะนาวและไข่ไก่ในส่วนผสม ส่วนในสูตรที่ 3 ไม่มีการใช้น้ำมะนาวและไข่ไก่ จึงพิจารณาเลือกใช้สูตรที่ 3 เป็นสูตรพื้นฐาน เนื่องจากการใช้ไข่ไก่และน้ำมะนาวเป็นการเพิ่มต้นทุนและขั้นตอนการผลิต ดังนั้นจึงใช้สูตรที่ 3 เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแป้งเผือก

4.2.1 การศึกษาสภาวะในการยับยั้งเอนไซม์

นำเผือกที่หั่นเป็นชิ้นบางขนาด 1 มิลลิเมตรไปนึ่งโดยใช้เวลา 2 และ 4 นาทีแล้ววัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของชิ้นเผือก แล้ววัดการทำงานของเอนไซม์ได้ผลการทดลองดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 แสดงผลของการยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสก่อนการทำแห้ง

เวลา	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้
2 นาที	อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของชิ้นเผือกเท่ากับ 65 ^{0}C มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลแดงภายใน 3.5 นาที ซึ่งแสดงว่าไม่สามารถยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้
4 นาที	อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของชิ้นเผือกเท่ากับ 80 ^{0}C ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีภายใน 3.5 นาทีและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 5 นาทีเกิดสีน้ำตาลอ่อนๆ ซึ่งแสดงว่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสถูกยับยั้งได้

จากตาราง 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เวลานึ่งนาน 4 นาทีหรือทำให้อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของชิ้นเผือกเท่ากับ 80 ^{0}C ซึ่งสามารถยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ ดังนั้นการลวก 4 นาทีจึงเป็นเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมเผือกเบื้องต้นก่อนการอบแห้งเนื่องจากสามารถทำลายเอนไซม์ที่ทนความร้อนสูงได้ ในการเตรียมเผือกก่อนทำแห้ง ในการทดลองนี้ต่อไปจะนึ่งเผือกที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 4 นาทีก่อนนำไปทำแห้ง

4.2.2 วิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งเผือก

จากการทดลองนำเผือกมาทำแห้งเพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิในสภาวะเดียวกันด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งและการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และนำแป้งที่ได้จากสภาวะต่าง ๆ มาทำขนมถ้วยฟูเปรียบเทียบกับขนมถ้วยฟูที่ทำจากเผือกสดเพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งเผือกเพื่อนำแป้งเผือกที่ได้ไปใช้ในการทำขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป ได้ผลการทดลองด้านกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตาราง 4.3 ถึง 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของแป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ

สภาวะ	เครื่องอบแห้งที่ใช้	สภาวะในการทำแห้ง	ลักษณะของเผือกผง
1	ตู้อบลมร้อน	หั่นเป็นชิ้นบาง ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50^0 C	ใช้เวลาในการทำแห้ง 6-8 ชม. แป้งเผือกมีสีน้ำตาลอ่อน
2	ตู้อบลมร้อน	หั่นเป็นชิ้นบาง ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60^0 C	ใช้เวลาในการทำแห้ง 6-7 ชม. แป้งเผือกมีสีน้ำตาลอ่อน
3	ตู้อบลมร้อน	หั่นเป็นชิ้นบาง ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70^0 C	ใช้เวลาในการทำแห้ง 5-6 ชม. แป้งเผือกมีสีน้ำตาลอ่อน
4	ตู้อบลมร้อน	บดละเอียด ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50^0C	ใช้เวลาในการทำแห้ง 7-8 ชม. แป้งเผือกมีสีน้ำตาล
5	ตู้อบลมร้อน	บดละเอียด ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60^0C	ใช้เวลาในการทำแห้ง 6-7 ชม. แป้งเผือกมีสีน้ำตาล
6	ตู้อบลมร้อน	บดละเอียด ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70^0C	ใช้เวลาในการทำแห้ง 5-6 ชม. แป้งเผือกมีสีน้ำตาล
7	เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	บดละเอียด ทำแห้งที่อุณหภูมิ 100^0 C	แป้งเผือกที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน
8	เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	บดละเอียด ทำแห้งที่อุณหภูมิ 110^0 C	แป้งเผือกที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน
9	เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	บดละเอียด ทำแห้งที่อุณหภูมิ 120^0 C	แป้งเผือกที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน

หมายเหตุ การทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง ใช้ความเร็ว 1 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ทางเคมีของแป้งเผือก

สภาวะการทำแห้ง	ความชื้น[ns] (%)	อัตราการคืนรูป (g/g)	การดูดซับน้ำ (g/g)	การละลาย (%)
1	8.46±0.28	5.43±0.002^{fg}	4.6±00.05^{f}	30.91±0.06^{d}
2	8.50±0.14	5.45±0.001^{de}	4.76±0.03^{e}	30.62±1.06^{d}
3	8.59±0.13	5.46±0.003^{d}	4.91±0.05^{cd}	30.88±1.49^{d}
4	8.52±0.29	5.41±0.004^{g}	4.72±0.05^{e}	36.06±0.63^{c}
5	8.58±0.14	5.44±0.008^{ef}	4.79±0.06^{dc}	3615±0.02^{c}
6	8.61±0.14	5.47±0.01^{d}	4.95±0.004^{c}	36.94±0.91^{bc}
7	8.52±0.16	5.51±0.007^{c}	5.48±0.05^{b}	38.28±1.10^{ab}
8	8.49±0.14	5.53±0.01^{b}	5.58±0.01^{b}	38.85±0.40^{ab}
9	8.58±0.24	5.57±0.009^{a}	5.74±0.08^{a}	38.95±0.02^{a}

หมายเหตุ 1) ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

2) รายละเอียดของสภาวะการทำแห้งดูได้จากตาราง 3.2 หน้า 23

3)[ns]ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง 4.5 แสดงค่าสีของเผือกสดและแป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งเผือกด้วยสภาวะต่าง ๆ

สภาวะการทำแห้ง	L	a	B
1	60.94±0.22^{d}	3.59±0.10^{d}	4.87±0.07^{d}
2	69.36±0.67^{b}	2.33±0.03^{f}	3.51±0.09^{f}
3	64.54±0.07^{c}	2.25±0.31^{f}	4.73±0.05^{d}
4	42.60±0.74^{l}	4.51±0.10^{bc}	4.78±0.09^{d}
5	42.70±0.23^{hi}	4.47±0.27^{c}	4.14±0.07^{e}
6	42.86±0.59^{h}	3.72±0.20^{d}	4.89±0.08^{d}
7	69.67±0.15^{a}	4.89±0.06^{a}	6.43±0.21^{b}
8	53.12±0.21^{f}	4.32±0.09^{c}	5.50±0.24^{c}
9	48.10±0.62^{g}	4.80±0.21^{ab}	5.33±0.17^{c}
ของสด	57.84±0.14^{e}	3.19±0.07^{e}	6.94±0.30^{a}

หมายเหตุ 1) ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

2) รายละเอียดของสภาวะการทำแห้งดูได้จากตาราง 3.2 หน้า 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.6 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมถ้วยฟูแป้งเผือกที่ผ่านการทำแห้งที่สภาวะต่างกัน

สภาวะการทำแห้ง	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบรวม
1	2.80 ± 0.52^{c}	2.76 ± 0.65^{dc}	3.20 ± 0.68^{ab}	3.03 ± 0.55^{cd}	2.76 ± 0.56^{de}
2	3.13 ± 0.58^{abc}	3.16 ± 0.41^{bc}	3.16 ± 0.69^{ab}	3.36 ± 0.74^{bc}	3.16 ± 0.65^{bc}
3	2.86 ± 0.63^{c}	2.76 ± 0.59^{dc}	2.70 ± 0.64^{c}	2.70 ± 0.68^{d}	2.66 ± 0.47^{e}
4	2.83 ± 0.64^{c}	2.60 ± 0.63^{dc}	3.03 ± 0.67^{abc}	2.96 ± 0.72^{cd}	2.90 ± 0.63^{cde}
5	3.26 ± 0.37^{ab}	3.03 ± 0.52^{bcd}	3.10 ± 0.68^{abc}	3.26 ± 0.62^{bc}	3.33 ± 0.52^{b}
6	3.03 ± 0.52^{bc}	2.83 ± 0.56^{cde}	2.80 ± 3.2^{bc}	3.13 ± 0.61^{bc}	2.86 ± 0.58^{cde}
7	2.86 ± 0.48^{c}	2.76 ± 0.68^{de}	2.86 ± 3.16^{bc}	2.73 ± 0.65^{d}	2.90 ± 0.66^{cde}
8	2.93 ± 0.49^{bc}	2.96 ± 0.48^{bcde}	2.83 ± 0.56^{bc}	3.03 ± 0.52^{cd}	3.13 ± 0.61^{bcd}
9	3.43 ± 0.41^{a}	3.30 ± 0.41^{a}	3.43 ± 0.53^{a}	3.50 ± 0.42^{a}	3.46 ± 0.29^{a}
ของสด	3.25 ± 0.39^{ab}	3.68 ± 0.54^{a}	3.03 ± 0.39^{abc}	3.66 ± 0.50^{a}	3.99 ± 0.34^{a}

หมายเหตุ 1) ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

2) รายละเอียดของสภาวะการทำแห้งดูได้จากตาราง 3.2 หน้า 23

จากผลการทดลองในตาราง 4.3 พบว่าลักษณะทางกายภาพของแป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งในสภาวะต่างกันไม่มีความแตกต่างกันในด้านสีของแป้งจะต่างกันในระยะเวลาการทำแห้งเท่านั้นซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นจะใช้เวลาสั้นลง ในการพิจารณาเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งเผือกจึงใช้ คุณสมบัติทางเคมีของแป้งเผือกด้านความชื้น อัตราการคืนรูป การดูดซับน้ำ ค่าการละลาย ค่าการวัดสี และค่าของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งพบว่าค่าความชื้นของแป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งในสภาวะที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอัตราการคืนรูป การดูดซับน้ำ การละลาย พบว่าการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งในอุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งเผือกด้วยสภาวะอื่น ๆ แต่การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120 ^{0}C จะมีค่าเฉลี่ยด้านต่าง ๆ สูงที่สุด ค่าการวัดสีของแป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งสภาวะต่าง ๆ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าของสีของเผือกสดนั้น แป้งเผือกที่ได้จะมีค่าสีที่แตกต่างจากเผือกสดเมื่อพิจารณาที่ค่า L ซึ่งแสดงถึงความสว่าง พบว่าการทำแห้งเผือกโดยการหั่นเผือกเป็นชิ้นบางแล้วทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและการทำแห้งเผือกด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C จะมีค่าที่สูงกว่าค่า L ของเผือกสดทำให้แป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งในสภาวะดังกล่าวมีสีที่อ่อนกว่าสีของเผือกสด และการทำแห้งเผือกบดละเอียดด้วยตู้อบลมร้อนและการทำแห้งเผือกด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่า L ที่ต่ำลงซึ่งพบว่าสีของแป้งเผือกที่ได้มีสีที่เข้มกว่าสีของเผือกสด จากผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการวัดสีนั้นไม่สามารถสรุปสภาวะการทำแห้งเผือกที่ดีที่สุดได้จึงใช้การพิจารณาค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อสรุปสภาวะการทำแห้งที่ดีที่สุดจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในตาราง 4.6พบว่าการทำแห้งเผือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120 ^{0}C มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของขนมถ้วยฟูที่ทำจากเผือกสดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองสามารถสรุปสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งเผือกได้ว่าการใช้การทำแห้งเผือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120 ^{0}C มีผลทำให้อัตราการคืนรูป การดูดซับน้ำ และค่าการละลายที่ดีกว่าการใช้การทำแห้งด้วยสภาวะอื่น และเมื่อพิจารณาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีค่าการยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากของสด ดังนั้นจึงใช้แป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120 ^{0}C ในการทดลองต่อไป

4.3 ศึกษาการปรับสูตรให้เป็นแป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป

จากสูตรที่คัดเลือกได้ในข้อ 4.1 นำองค์ประกอบต่าง ๆ มาหาความชื้นเพื่อใช้ในการคำนวณส่วนผสมเป็นน้ำหนักแห้ง (ภาคผนวก ข)แสดงในตาราง 4.7 และได้แป้งผสมที่มีองค์ประกอบดังตาราง 4.8

ตาราง 4.7 แสดงความชื้นขององค์ประกอบของขนมถ้วยฟูเผือก

องค์ประกอบของขนมถ้วยฟูเผือก	ปริมาณความชื้น (%)
แป้งข้าวเจ้า	12.54
เผือกสด	84.60
ผงฟู	2.56
น้ำตาลทราย	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.8 แสดงองค์ประกอบของแป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป

องค์ประกอบของแป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป	ปริมาณ (%)
แป้งสำเร็จรูป	
แป้งข้าวเจ้า	33.7
แป้งเผือก	33.2
น้ำตาล	32.6
ผงฟู	0.5
ส่วนผสมก่อนนึ่ง	
แป้งผสม	67.97
น้ำ	32.03

4.4 ศึกษาความแตกต่างของขนมถ้วยฟูเผือกที่ได้จากส่วนผสมสดและขนมถ้วยฟูที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูป

ผลการทดลองความแตกต่างของขนมถ้วยฟูที่ทำจากส่วนผสมสดและขนมถ้วยฟูที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จได้ผลตามตาราง 4.9

ตาราง 4.9 แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณสมบัติต่าง ๆ ของขนมถ้วยฟูเผือกที่ได้จากส่วนผสมสดและขนมถ้วยฟูที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูป

สภาวะ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ[ns]	ความชอบรวม[ns]
ขนมถ้วยฟูจากของสด	3.46 ± 0.39^{a}	3.36 ± 0.44^{a}	3.06 ± 0.56^{b}	3.60 ± 0.47	3.46 ± 0.48
ขนมถ้วยฟูจากแป้งสำเร็จรูป	3.06 ± 0.41^{b}	2.93 ± 0.45^{b}	3.53 ± 0.85^{a}	3.40 ± 0.38	3.23 ± 0.56

หมายเหตุ 1) ค่าเฉลี่ยภายใต้ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ได้แสดงให้เห็นว่าขนมถ้วยฟูเผือกสดและขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูป มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยคุณสมบัติด้านต่าง ๆ คือ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ดังตาราง 4.9 จะเห็นว่าขนมถ้วยฟูจากเผือกสดมีการยอมรับของผู้บริโภคด้านสี กลิ่น ดีกว่าขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

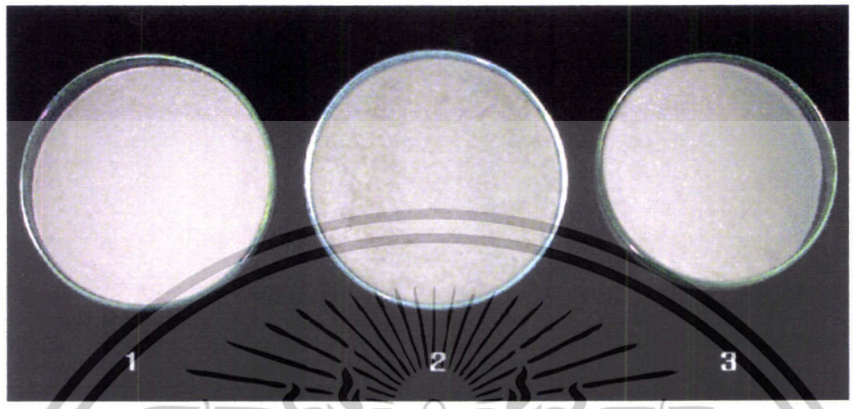
รูปแต่ขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูปมีการยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าขนมถ้วยฟูจากเผือกสด ส่วนการยอมรับในด้านรสชาติและความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองที่ได้ผลที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องจากแป้งเผือกที่ผ่านการทำแห้งจะมีสีซีดกว่าเผือกสดและกลิ่นบางส่วนหายไปกับการให้ความร้อนในการทำแห้ง มีผลทำให้การยอมรับในด้านสีและกลิ่นมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าขนมถ้วยฟูจากเผือกสด ส่วนค่าเฉลี่ยของการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสที่ขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูปมีค่าสูงกว่าขนมถ้วยฟูจากเผือกสด เกิดจากเผือกที่ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งซึ่งมีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งขนาดแคบทำให้มีการบดอัดโมเลกุลของเผือกที่ปกติจะมีขนาดใหญ่และมีคุณสมบัติการละลายและการคืนรูปที่ต่ำ (อพิณทิพย์, 2541) **จนมีโมเลกุลขนาดเล็กลงทำให้แป้งเผือกที่ได้จากกระบวนการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งมีการละลายและการคืนรูปที่ดีขึ้น** ส่งผลให้เมื่อนำมาทำเป็นขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูปทำให้ได้ขนมที่มีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนกว่าขนมถ้วยฟูเผือกสด **การยอมรับในด้านรสชาติและความชอบรวมที่ไม่มีความแตกต่างกันนั้นเกิดจากอัตราส่วนของส่วนผสมที่ใช้ทำขนมนั้นไม่มีความแตกต่างกันจะต่างกันก็เพียงการใช้แป้งเผือกแทนการใช้เผือกสดในขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูปซึ่งไม่มีผลต่อรสชาติของขนมที่ได้จึงทำให้มีค่าการยอมรับด้านรสชาติที่ไม่แตกต่างกัน การยอมรับรวมที่ไม่มีความแตกต่างกันอาจเกิดจากผลของเนื้อสัมผัสของขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูปที่ดีกว่าขนมถ้วยฟูที่ทำจากเผือกสด ถึงแม้ว่าการยอมรับด้านสีและกลิ่นของขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูปจะมีค่าการยอมรับที่ต่ำกว่าขนมถ้วยฟูที่ทำจากเผือกสด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางด้านสีและกลิ่นจะมีผลต่อการยอมรับรวมของผู้บริโภคน้อยกว่าคุณสมบัติด้านเนื้อสัมมผัสและรสชาติของขนมถ้วยฟูที่ได้**

ผลการทดลองที่ได้โดยสรุปจะเห็นได้ว่าแป้งเผือกที่ได้สามารถนำมาใช้ในการทำขนมถ้วยฟูเผือกได้โดยไม่ทำให้ความชอบรวมของขนมที่ได้มีความแตกต่างทางด้านความชอบรวมและรสชาติของขนมถ้วยฟูเผือกสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างของแป้งเผือกที่ได้จากสภาวะต่าง ๆ และขนมถ้วยฟูเผือกที่ได้จากส่วนผสมสดและขนมถ้วยฟูที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูปแสดงในรูป 4.1 และ 4.2



รูป 4.1 แสดงความแตกต่างของแป้งเผือกที่ผ่านการทำแห้งด้วยสภาวะต่าง ๆ

หมายเหตุ 1 = แป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งเผือกหั่นชิ้นบางด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60^0 C

2 = แป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งเผือกบดละเอียดด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60^0 C

3 = แป้งเผือกที่ได้จากการทำแห้งเผือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120^0 C

ขนมถ้วยฟูเผือกจากส่วนผสมสด ขนมถ้วยฟูเผือกแป้งผสมสำเร็จรูป

รูป 4.2 ความแตกต่างของขนมถ้วยฟูเผือกที่ได้จากส่วนผสมสดและขนมถ้วยฟูที่ได้จากแป้งผสมสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1) สูตรขนมถ้วยฟูเผือกสด

คัดเลือกสูตรขนมถ้วยฟูที่ดีที่สุดแล้วคิดสูตรเป็นเปอร์เซ็นต์

ส่วนผสม	ปริมาณ (%)
แป้งข้าวเจ้า	23
เผือกสด	23
น้ำตาล	22.5
ผงฟู	0.4
น้ำ	31

2) สภาวะในการทำแห้งเผือกที่เหมาะสมคือ การใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120^0 C ที่ความเร็ว 1 รอบต่อนาที

3) การยับยั้งเอนไซม์ในเผือกก่อนที่จะนำไปทำแห้งใช้การนึ่งให้อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของชิ้นเผือกมีอุณหภูมิ 80 ^{0}C หรือใช้เวลาประมาณ 4 นาที ในการทดลองนี้

4) แป้งขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูปที่ได้สามารถนำมาใช้ในการทำขนมถ้วยฟูเผือกได้โดยไม่ทำให้มีความแตกต่างทางด้านความชอบรวม และรสชาติกับขนมถ้วยฟูเผือกสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) สูตรขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูป

	ปริมาณ (%)
ส่วนผสม	
แป้งข้าวเจ้า	33.7
แป้งเผือก	33.2
น้ำตาล	32.6
ผงฟู	0.5
ส่วนผสมก่อนนึ่ง	
แป้งผสม	67.97
น้ำ	32.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2537. เทคโนโลยีของน้ำตาล(เล่ม1). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพ ฯ.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2536. กระบวนการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

จินธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2335. เบเกอร์รี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ ฯ.

จำเนียร แสงนิ่มนวล. 2500. การปลูกเผือกหอม. วารสารกสิกร. 30(3)

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. ธัญชาติและพืชหัว. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ ฯ.

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

วัชรีพันธ์ พินาคะ. 2519. ตำรับกับข้าวไทยคาวหวาน 400 ชนิด. สำนักพิมพ์หอสมุดกลาง .กรุงเทพ ฯ.

สมหมาย แปลกลำยอง. 2535 .การผลิตอาหารว่างจากเผือก. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. ปีที่ 40 ฉบับที่ 130 .

สิริพร แก้วสุริยะ และธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน. แป้งเผือกสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบ.รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 11

หลานแม่ครัวหัวป่า. จ.จ.ร. 2519. ตำรับกับข้าว 600 ชนิด คาวหวานของไทย จีน ฝรั่ง มุสลิม. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพ ฯ.

หลานแม่ครัวหัวป่า. จ.จ.ร. 2521. ของหวานอาหารว่างทิพรส. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพ ฯ.

อพิณทิพย์ บุศย่อย. 2541 ผลของไมโครเวฟต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเผือก ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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. 1998. Official method of analysis of the association of official analytical chemistry. 16th ed. Gaithersburg, Maryland.

Subadra, S., Monica, J.and Dhahai, D.1997. Retention and storage stability of beta-Carotene in dehydrated drumstick leaves (Moringa oleifera). J. of Food SCi. and Nut.48:373-379

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.1

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสสูตรขนมถ้วยฟู

ผลิตภัณฑ์ ...ขนมถ้วยฟูเผือก

ชื่อ .....วันที่.....

คำชี้แจง...โปรดประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ ของขนมถ้วยฟูเผือก โดยให้ผู้ชิมให้ระดับตามความชอบต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง		
รหัส			
สี กลิ่น ความนุ่ม ความเหนียว รสชาติ ความชอบรวม			

*หมายเหตุ...ไม่ชอบ = 1 ชอบเล็กน้อย = 2 ชอบปานกลาง = 3

ชอบ = 4 ชอบมาก = 5

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.2

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมถ้วยฟูแป้งเผือก

ผลิตภัณฑ์ ...ขนมถ้วยฟูเผือก

ชื่อ .....วันที่.....

คำชี้แจง...โปรดประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ ของขนมถ้วยฟูเผือก โดยให้ผู้ชิมให้ระดับตามความชอบต่อ **ผลิตภัณฑ์** เพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง		
รหัส			
สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ความชอบรวม			

*หมายเหตุ...ไม่ชอบ = 1 ชอบเล็กน้อย = 2 ชอบปานกลาง = 3

ชอบ = 4 ชอบมาก = 5

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 1

วิเคราะห์ความชื้น

1. ชั่งน้ำหนัก aluminium can พร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาก่อน
2. ใส่ตัวอย่างอาหาร 2 – 5 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปชั่งด้วยตาชั่งละเอียด (10^{-4})
3. นำไปอบในตู้อบ โดยเปิดฝา aluminium can ใช้อุณหภูมิ 130 ^{0}C นาน 2 ชั่วโมง
4. เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบ ปิดฝา aluminium can นำมาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น = $\frac{(\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง})}{\text{น้ำหนักสด}} * 100$

ผลการหาความชื้นของวัตถุดิบ

ส่วนผสม	น.น can+ฝา (g)	น.น can+ฝา+ ตัวอย่าง (g)	น.น หลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย
แป้งข้าวเจ้า	16.5131	18.7362	18.4553	12.63	12.545
	16.8992	19.1295	18.8514	12.46	
เผือก	17.7271	20.1045	22.2613	4.64	4.60
	16.8475	18.9745	19.0715	4.56	
ผงฟู	18.6245	20.6640	18.6245	2.45	2.56
	16.3948	18.4168	18.3631	2.67	
น้ำตาล	18.3825	22.0194	22.0161	0.001	0.001
	17.3353	20.7064	20.7021	0.001	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.2

การคำนวณส่วนผสมแป้งสำเร็จรูป

โดยใช้สูตรที่ 3 คิดสัดส่วนของแป้งและความชื้นในส่วนผสม 100 กรัม

- แป้งข้าวเจ้า 23 กรัม

คิดเป็นสัดส่วนความชื้น $\frac{12.575*23}{100} = 2.892$ กรัม

คิดเป็นสัดส่วนของแข็ง $\frac{87.425*23}{100} = 20.107$ กรัม

- เผือกผง 23 กรัม

คิดเป็นสัดส่วนความชื้น $\frac{8.6*23}{100} = 1.978$ กรัม

คิดเป็นสัดส่วนของแข็ง $\frac{91.4*23}{100} = 21.02$ กรัม

- ผงฟู 0.4 กรัม

คิดเป็นสัดส่วนความชื้น $\frac{0.4*2.57}{100} = 0.01028$ กรัม

คิดเป็นสัดส่วนของแข็ง $\frac{0.4*17.43}{100} = 0.389$ กรัม

- น้ำตาล 22.5 กรัม

คิดเป็นของแข็ง = 22.5 กรัม

- น้ำ 31 กรัม

คิดเป็นน้ำ = 31 กรัม

ความชื้นในส่วนผสม = 2.892+1.978+0.010+31 = 34.96

ของแข็งในส่วนผสม = 20.107+21.02+0.389+22.5 = 64.136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความชื้นและของแข็งในส่วนผสมสรุปได้ดังนี้

ส่วนผสม	ปริมาณความชื้น (g)	ปริมาณของแข็ง (g)
แป้งข้าวเจ้า	2.892	20.107
เผือกผง	1.058	21.140
ผงฟู	0.010	0.389
น้ำตาล	-	22.5
น้ำ	31	-
รวม	34.96	64.136

คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของแข็งของส่วนผสม / ของแห้ง

แป้งข้าวเจ้า $= \frac{20.107*100}{64.136} = 31.35\ \%$

เผือกผง $= \frac{21.94*100}{64.136} = 34.208\ \%$

ผงฟู $= \frac{0.389*100}{64.136} = 0.606\ \%$

น้ำตาล $= \frac{22.5*100}{64.136} = 35.08\ \%$

สรุป ปริมาณของแข็งในส่วนผสม

ส่วนผสม	ปริมาณของแข็ง (%)
แป้งข้าวเจ้า	31.35
เผือกผง	34.208
ผงฟู	0.606
น้ำตาล	35.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณแป้งผสมขนมถ้วยฟูเผือกสำเร็จรูป (basis 500 g)

ส่วนผสม	น.น แห้ง (g)	ความชื้น (g)	น.น ที่ชั่ง (g)
แป้งข้าวเจ้า	156.75	12.545	179.2350
เผือกผง	171.04	4.60	179.2872
ผงฟู	3.03	2.56	2.95
น้ำตาล	175.40	-	175.40
รวม			536.8722

เพราะฉะนั้นในส่วนผสม 500 กรัม มีความชื้นเท่ากับ 536.8722 –500 = 36.8722 กรัม

ปริมาณน้ำที่ใช้เติมในขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูป

แป้ง 64.136 กรัม มีความชื้น 34.96 กรัม

แป้ง 500 กรัม มีความชื้น $\frac{34.96*500}{64.136}$ = 272.5458 กรัม

ปริมาณที่ต้องการเติมจริง = 272.5458-36.8722 = 235.6736 กรัม

น้ำหนักแป้งสำเร็จรูปรวมกับปริมาณน้ำ = 235.6736+500 =730.6736 กรัม

ปริมาณแป้งผสมสำเร็จรูป = 500 กรัม

แป้งสำเร็จรูปรวมกับน้ำ 735.67 กรัมมีแป้งผสม = 500 กรัม

แป้งสำเร็จรูปรวมกับน้ำ 100 กรัมมีแป้งผสม = $\frac{500*100}{735.67}$ = 67.9652 กรัม

เพราะฉะนั้นแป้งผสม 100 กรัมมีส่วนผสมน้ำ = 32.0348 กรัม

การคำนวณแป้งผสมขนมถ้วยฟูแป้งเผือกสำเร็จรูป (basis 100 กรัม)

องค์ประกอบของแป้งสำเร็จรูป	น้ำหนักที่ชั่ง
แป้งข้าวเจ้า	33.7
เผือกผง	33.2
น้ำตาล	32.6
ผงฟู	0.5
ปริมาณน้ำที่ต้องการ	42.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 3

วิธีวิเคราะห์อัตราการคืนรูป

1. ชั่งเนื้อเผือก 2 กรัม ใส่น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปิดบิกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา
2. ต้มจนเดือดเป็นเวลา 5 นาที
3. กรองด้วยกระดาษกรอง whatmam เบอร์. 1 โดยใช้ buchner funnel
4. ชั่งเนื้อเผือกสุกที่คืนรูป
5. คำนวณอัตราการคืนรูป = $\frac{\text{น้ำหนักเนื้อเผือกผงที่คืนรูป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเผือกผง (กรัม)}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงอัตราการคืนรูป

สภาวะการทำแห้ง	น้ำหนักเผือกผง(กรัม)	น้ำหนักเผือกที่คืนรูป (กรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองที่เปียกน้ำ (กรัม)	อัตราการคืนรูป (กรัม)
1	2.0253	12.3003	1.3040	5.4295
	2.0304	12.2366	1.2043	5.4336
2	2.0346	12.2426	1.1127	5.4564
	2.0357	12.3636	1.2508	5.4590
3	2.0398	13.8999	1.2340	5.4663
	2.0471	12.5358	1.3345	5.4718
4	2.0058	11.9812	1.2831	5.4134
	2.0073	12.2346	1.3463	5.4244
5	1) 2.0049	12.2106	1.3080	5.4380
	2) 2.0064	12.2443	1.3099	5.4498
6	1) 2.0149	12.1773	1.1740	5.4610
	2) 2.0264	12.2960	1.1835	5.4839
7	1) 2.0128	12.4350	1.3445	5.5100
	2) 2.0256	12.5397	1.3556	5.5214
8	1) 2.0249	12.4403	1.2094	5.5464
	2) 2.0318	12.5502	1.3136	5.5304
9	1) 2.0156	12.4477	1.2301	5.5654
	2) 2.0244	12.6392	1.3465	5.5783

<u>หมายเหตุ</u> รายละเอียดของสภาวะการทำแห้งดูได้จากตาราง 3.2 หน้า 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 4

วิธีวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำและวิธีวิเคราะห์ค่าการละลาย

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแป้งเผือกผง 2.5 กรัม ลงในหลอดพลาสติก สำหรับหมุนเหวี่ยงที่ทราบน้ำหนักหลอดเริ่มต้นแล้ว

2. เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน

3. นำมาปั่นในเครื่องหมุนเหวี่ยงแรงหนีศูนย์ ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบ / นาที ที่อุณหภูมิ 30^0C เป็นเวลา 30 นาที

4. แยกเอาส่วนที่ใสที่ได้ ใส่ลงใน aluminium can ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว และชั่งน้ำหนักตะกอนแข็งที่ก้นหลอด เพื่อใช้ในการคำนวณความสามารถในการดูดน้ำของแป้งเผือก

5. นำส่วนใสที่ได้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 700 C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือจนแห้ง แล้วจึงนำมาเก็บไว้ใน desiccator ประมาณ 30 นาที นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาความสามรถในการละลาย

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าการดูดซับน้ำ

สภาวะการทำแห้ง	น้ำหนักหลอด Centifuge + ฝา (กรัม)	น้ำหนักเผือก (กรัม)	น้ำหนักตะกอนแข็ง (กรัม)	ค่าการดูดซับน้ำ (กรัม)
1	24.2709	2.5067	35.7192	4.5671
	24.2401	2.5036	35.8663	4.6438
2	24.1784	2.5078	36.0751	4.7439
	24.2430	2.5037	36.2492	4.7954
3	24.3422	2.5014	36.5235	4.8698
	24.2756	2.5027	36.6742	4.9541
4	24.2236	2.5058	36.1642	4.7652
	24.1987	2.5034	35.9246	4.6840
5	24.2445	2.5039	36.3846	4.8485
	24.2908	2.5045	36.1979	4.7543
6	24.2490	2.5087	36.6658	4.9495
	24.1875	2.5075	36.6164	4.9567
7	24.3204	2.5068	38.1470	5.5156
	24.3482	2.5085	38.0084	5.4456
8	24.2772	2.5038	38.2842	5.5943
	24.1485	2.5027	38.0988	5.5741
9	24.5032	2.5034	38.7305	5.6832
	24.4011	2.5015	38.9010	5.7965

<u>หมายเหตุ</u> รายละเอียดของสภาวะการทำแห้งดูได้จากตาราง 3.2 หน้า 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าการละลาย

สภาวะการทำแห้ง	น้ำหนัก aluminium Can + ฝา (กรัม)	น้ำหนักเผือก (กรัม)	น้ำหนักหลังการอบแห้ง (กรัม)	ค่าการละลาย (%)
1	19.9543	2.5412	20.7387	30.87
	18.8496	2.5849	19.6498	30.96
2	21.1543	2.5441	21.9523	31.37
	18.1054	2.5326	18.8618	29.87
3	17.2450	2.5149	17.9954	29.83
	19.8745	2.5386	20.6854	31.94
4	19.8475	2.5242	20.7464	35.61
	18.9845	2.5624	19.9201	36.51
5	17.8462	2.5715	18.7757	36.14
	19.4355	2.5841	20.3702	36.17
6	21.0456	2.5761	21.9806	36.29
	19.9854	2.5114	20.9291	37.58
7	18.5996	2.5165	19.5435	37.50
	19.4465	2.5289	20.4344	39.06
8	17.6481	2.5613	18.6361	38.57
	19.9588	2.5724	20.9658	39.14
9	16.8542	2.5785	17.8581	38.93
	17.0164	2.5914	18.0264	38.97

หมายเหตุ รายละเอียดของสภาวะการทำแห้งดูได้จากตาราง 3.2 หน้า 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1 .การคัดเลือกสูตรขนมถ้วยฟูที่เหมาะสม

ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวนดังนี้

การยอมรับด้านสี

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	6.100	19	.321	.572^{ns}
สูตร	3.675	2	1.837	3.274*
Error	21.325	38	.561	
Total	31.100	59		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับทางด้านกลิ่น

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	4.246	19	.223	.350^{ns}
สูตร	4.900	2	2.450	3.837*
Error	24.267	38	.639	
Total	33.413	59		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับทางด้านความนุ่ม

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	2.079	19	.109	.253^{ns}
สูตร	3.733	2	1.867	4.316*
Error	16.433	38	.432	
Total	22.246	59		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยอมรับทางด้านความเหนียว

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	13.933	19	.733	1.448^{ns}
สูตร	.258	2	.129	.255^{ns}
Error	19.242	38	.506	
Total	33.433	59		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

^{ns}ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับทางด้านรสชาติ

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	15.912	19	.837	1.992*
สูตร	2.858	2	1.429	3.400*
Error	15.975	38	.420	
Total	34.746	59		

*ผู้ชิมมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับทางด้านความชอบรวม

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	11.650	19	.613	1.108^{ns}
สูตร	3.808	2	1.904	3.442*
Error	21.025	38	.553	
Total	36.483	59		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคัดเลือกวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแป้งเผือกเพื่อใช้ในการทำขนมถ้วยฟูแป้งเผือกโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

2.1 ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปวนดังนี้

การยอมรับด้านสี

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	9.602	14	.686	3.143^{ns}
สูตร	6.473	9	.719	3.296*
Error	27.495	126	.218	
Total	43.570	149		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับทางด้านกลิ่น

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	16.181	14	1.156	5.439^{ns}
สูตร	14.064	9	1.563	7.355*
Error	26.773	126	.212	
Total	57.018	149		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัส

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	17.534	14	1.252	4.438^{ns}
สูตร	6.608	9	.734	2.602*
Error	35.560	126	.282	
Total	59.702	149		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยอมรับทางด้านรสชาติ

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	20.820	14	1.487	6.020^{ns}
สูตร	13.251	9	1.472	5.961*
Error	31.124	126	.247	
Total	65.195	149		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับทางด้านความชอบรวม

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	11.785	14	.842	3.536^{ns}
สูตร	22.367	9	2.485	10.438*
Error	30.000	126	.238	
Total	64.153	149		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ใช้แผนการทดลองแบบ CRD ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวนดังนี้

ความชื้น (%)

Source	SS	df	MS	F
Between Groups	0.007	8	0.009	.240^{ns}
Within Groups	0.346	9	0.03	
Total	0.420	17		

^{ns}ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

อัตราการคืนรูป

Source	SS	df	MS	F
Between Groups	0.042	8	0.005	82.270*
Within Groups	0.0005	9	0.000006	
Total	0.043	17		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การดูดซับน้ำ (WAI)

Source	SS	df	MS	F
Between Groups	2.837	8	.355	133.322*
Within Groups	0.023	9	0.002	
Total	2.861	17		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การละลาย (WSI)

Source	SS	df	MS	F
Between Groups	198.891	8	24.861	37.463*
Within Groups	5.973	9	.664	
Total	204.863	17		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดสี

	Source	SS	df	MS	F
L	Between Groups	2118.108	9	235.345	19612.111*
	Within Groups	0.120	10	0.01	
	Total	2118.228	19		
a	Between Groups	17.039	9	1.893	55.617*
	Within Groups	0.340	10	0.03	
	Total	17.379	19		
b	Between Groups	18.304	9	2.034	57.975*
	Within Groups	0.351	10	0.03	
	Total	18.655	19		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเปรียบเทียบขนมถ้วยฟูเผือกระหว่างส่วนผสมสดกับแป้งสำเร็จรูป

ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวนดังนี้

การยอมรับด้านสี

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	3.617	14	.258	3.444^{ns}
สูตร	1.200	1	1.200	16.000*
Error	1.050	14	0.07	
Total	5.867	29		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับด้านกลิ่น

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	3.450	14	.246	1.556^{ns}
สูตร	1.408	1	1.408	8.895*
Error	2.217	14	.158	
Total	7.075	29		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับด้านเนื้อสัมผัส

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	8.550	14	.611	1.398^{ns}
สูตร	1.633	1	1.633	3.738^{ns}
Error	6.117	14	.437	
Total	16.300	29		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

^{ns}ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยอมรับด้านรสชาติ

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	1.750	14	.125	.507^{ns}
สูตร	.300	1	.300	1.217^{ns}
Error	3.450	14	.246	
Total	5.500	29		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

^{ns}ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การยอมรับด้านความชอบรวม

Source	SS	df	MS	F
ผู้ชิม	4.700	14	.336	1.584^{ns}
สูตร	.408	1	.408	1.927^{ns}
Error	2.967	14	.212	
Total	344.750	30		

^{ns}ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

^{ns}ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายศิริชัย สมคะเนย์ ภูมิลำเนาจังหวัดกรุงเทพ ฯ วุฒิการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ

นายอำนาจ ภูมิจันทึก ภูมิลำเนาจังหวัดนครราชสีมา วุฒิการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้