การคัดเลือกและการเพาะเลี้ยงยีสต์ที่เหมาะสมในการทำขนมปังและการเติมส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัส

Yeast selection and culture for bread making and mixture addition for enhancing nutritional texture and sensory characteristics of bread

นางสาวสิรินนา ทนอกกระโทก
นางสาวสุทวริน เพ็ชร์หวล
นางสาวสุธาทิพย์ หวานทอง

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การคัดเลือกและการเพาะเลี้ยงยีสต์ที่เหมาะสมในการทำขนมปังและการเติมส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัส

Yeast selection and culture for bread making and mixture addition for enhancing nutritional texture and sensory characteristics of bread

นางสาวสิรินนา หนอกกระโทก

นางสาวสุทวริน เพ็ชร์หวล

นางสาวสุธาทิพย์ หวานทอง

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yeast selection and culture for bread making and mixture addition for enhancing nutritional texture and sensory characteristics of bread

SIRINNA NOKKRATHOK
SUTWARIN PETHUAL
SUTHATHIP WANTONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR DEGREE BACHELOR OF SCIENCE
IN INDUSTRIAL MICROBIOLOGY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การคัดเลือกและการเพาะเลี้ยงยีสต์ที่เหมาะสมในการทำขนมปังและการเติมส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัส

Yeast selection and culture for bread making and mixture addition for enhancing nutritional texture and sensory characteristics of bread

ชื่อนักศึกษา นางสาวสิรินนา หนอกกระโทก 55051404

นางสาวสุทวริน เพ็ชร์หวล 55051411

นางสาวสุธาทิพย์ หวานทอง 55051412

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์มงคล เพ็ญสายใจ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.วีนา ชูโชติ ประธานกรรมการ	
รศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง กรรมการ	
ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การคัดเลือกและการเพาะเลี้ยงยีสต์ที่เหมาะสมในการทำขนมปังและการเติมส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัส		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวสิรินนา	หนอกกระโทก	55051404
	นางสาวสุทวริน	เพ็ชร์หวล	55051411
	นางสาวสุธาทิพย์	หวานทอง	55051412
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์มงคล เพ็ญสายใจ		

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกยีสต์จากหลากหลายประเทศทั้งหมด 10 ยี่ห้อทางการค้า เพื่อให้ได้ยีสต์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั้งหมด 101 คน พบว่าขนมปังยีสต์ทางการค้าลำดับที่ 6 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด และศึกษาเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ใช้ยีสต์ทั้ง 10 ยี่ห้อทางการค้า โดยใช้เครื่อง Texture analyzer และนำยีสต์ที่ได้รับการคัดเลือกมาทำการเพาะเลี้ยงศึกษาอัตราการเพิ่มจำนวนเซลล์ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในระยะเอกซ์โพเนนเชียลเพื่อทำการเก็บเกี่ยวเซลล์ยีสต์มาใช้ในการทำขนมปังขั้นตอนการทำงานของยีสต์ในการขยายตัวและปริมาณของโดเพิ่มขึ้นสูงสุดและปรับปรุงสูตรควบคุมในการทำขนมปังเพื่อนำมาเพิ่มส่วนผสมโดยใช้กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง มาเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โครงงานพิเศษนี้สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูล เพื่อใช้ในการเลือกส่วนผสมที่สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มคุณสมบัติทางทางเนื้อสัมผัส โดยจากการเติม กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง ต้มและคั่วสุก 100 กรัม ต่อแป้งสาลี 300 กรัม เมื่อผ่านขั้นตอนในการผลิตแล้วได้เป็นขนมปังทั้งหมด 5 ตัวอย่าง รวมขนมปังควบคุม นำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ในขนมปังมันฝรั่งมีปริมาณโปรตีน เถ้าเยื่อใยหยาบและมากที่สุด คือเท่ากับ 11.93 เปอร์เซ็นต์, 1.88 เปอร์เซ็นต์ และ0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขนมปังงาดำมีปริมาณไขมันมากที่สุด คือเท่ากับ 15.66 เปอร์เซ็นต์ ในขนมปังทั้งหมด 5 ตัวอย่างมีปริมาณคือเท่ากับ 50.00 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน พบว่าขนมปังมันเทศได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด

คำสำคัญ : ขนมปัง คุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัส ลักษณะทางประสาทสัมผัส การเพาะเลี้ยงยีสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Yeast selection and culture for bread making and mixture addition for enhancing nutritional texture and sensory characteristics of bread		
Student	Sirinna	Nokkrathok	55051404
	Sutawarin	Pethual	55051411
	Suthathip	Wantong	55051412
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)		
Department	Biology		
Academic Year	2558		
Advisor	Asst.Prof.Mongkol Phensaijai		

Abstract

This project aims to study 10-selected commercial brands of yeast from various countries. After 101 consumers took the sensory tests, the researcher found that the commercial brand No. 6 is the most recognized yeast among the study group. The researcher also tested the bread texture by using the texture analyzer and the selected yeast to study the rate of cell proliferation that cultured yeast *Saccharomyces cerevisiae* in the exponential growth phase and to harvest yeast cell and use in the bread making process. Mixing with bananas, corns, black sesame, and potatoes adds up extra nutrition to the bread. This study can be used as a data resource in selecting the ingredient that enhances nutritious value in the bread making process. By adding each 100 grams of banana, corns, sesame, roasted potatoes, and boiled potatoes per 300 grams of wheat flour, the researcher found that the sweet potato bread contains the most protein 11.93% among the types of bread. Sesame bread contains 15.66% fat, more than the other kinds of bread. The sensory tests were given to 50 consumers; the sweet potato bread was the most selected popular kind.

Keywords : Bread , Nutrition , Texture , Sensory Evaluation, culture yeast

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาตรบัณฑิต ซึ่งสามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี นั้น ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มงคล เพ็ญสายใจ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และคอยช่วยเหลือในด้านต่างๆ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วีนา โชติ ประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์ ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบโครงการพิเศษครั้งนี้

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีต่างๆสำหรับการทดลองโครงการพิเศษนี้ และ ขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ แก่คณะผู้จัดทำ และช่วยผลักดันให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ทุกท่านของคณะผู้จัดทำ ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่มีส่วนช่วยเหลือในการสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำโครงการพิเศษนี้ ตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและจนสำเร็จการศึกษา

สิรินนา หนอกกระโทก
สุทวริน เพ็ชร์หวล
สุธาทิพย์ หวานทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 3
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ขนมปัง 4
2.2 การเพาะเลี้ยงเซลล์ยีสต์ 14
2.3 กล้วยหอม 18
2.4 ข้าวโพด 22
2.5 งาดำ 24
2.6 มันฝรั่ง 26
2.7 Texture profile analysis 28
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 34
3.1 วัตถุดิบ 34
3.1.1 การคัดเลือกยีสต์ 34
3.1.2 การเพาะเลี้ยงยีสต์ 38
3.1.3 การปรับปรุงสูตรขนมปัง 38
3.2 อุปกรณ์ในการทำขนมปัง 38
3.3 อุปกรณ์สำหรับเพาะเลี้ยงยีสต์ 39
3.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์โภชนาการ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 เครื่องมือ 40
3.6 สารเคมี 40
3.6 วิธีการทดลอง 40
3.6.1 ขั้นตอนการทำขนมปังที่ใช้คัดเลือกยีสต์ 40
3.6.2 ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงยีสต์ 42
3.6.2 ขั้นตอนการปรับปรุงสูตรขนมปัง 53
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 45
4.1 การคัดเลือกยีสต์ 45
4.2 การเพาะเลี้ยงยีสต์ 48
4.3 การปรับปรุงสูตรขนมปัง 50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ 63
5.1 สรุปผลการทดลอง 63
5.2 ข้อเสนอแนะ 64
เอกสารอ้างอิง 65
ภาคผนวก 67
ภาคผนวก ก 68
ภาคผนวก ข 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 วิธีตรวจวัดการเจริญของยีสต์ 16
2.2 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทองสุก พบว่ามีส่วนประกอบต่อ 100 กรัม 20
2.3 ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการสูง คุณค่าทางอาหารของผลกล้วย 4 ชนิด 21
4.1 การทดสอบเนื้อสัมผัสของขนมปังจากยีสต์ชนิดต่างๆ 47
4.2 คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม 53
4.3 ค่า Hardness ของขนมปัง 54
4.4 ค่า Area ของขนมปัง 55
4.5 ค่า Cohesiveness ของขนมปัง 56
4.6 ค่า Springiness ของขนมปัง 57
4.7 ค่า Gumminess ของขนมปัง 58
4.8 ค่า Chewiness ของขนมปัง 59
4.9 ค่า Stiffness ของขนมปัง 60
4.10 ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม 62
ก.1 แสดง conversion factor สำหรับอาหารชนิดต่างๆ 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของยีสต์	10
2.2	การเจริญของยีสต์ในระบบให้อาหารงวดเดียว	16
2.3	กล้วยหอม	18
2.4	ข้าวโพด	22
2.5	งาดำ	24
2.6	มันฝรั่ง	26
2.7	เครื่อง Texture analyzer	28
2.8	แสดงกราฟระหว่างแรงกับเวลาการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง	29
3.1	ยีสต์ชนิดที่ 1 ชื่อทางการค้า Kron Jast จากประเทศสวีเดน	34
3.2	ยีสต์ชนิดที่ 2 ชื่อทางการค้า Saf-instant จากประเทศฝรั่งเศส	35
3.3	ยีสต์ชนิดที่ 3 ชื่อทางการค้า Double Lion จากประเทศไซปรัส	35
3.4	ยีสต์ชนิดที่ 4 ชื่อทางการค้า Angel Instant Dry Yeast จากประเทศจีน	35
3.5	ยีสต์ชนิดที่ 5 ชื่อทางการค้า Lowan จากประเทศออสเตรเลีย	36
3.6	ยีสต์ชนิดที่ 6 ชื่อทางการค้า Mac magic จากประเทศกรีซ	36
3.7	ยีสต์ชนิดที่ 7 ชื่อทางการค้า Alalali จากประเทศซาอุดิอาราเบีย	36
3.8	ยีสต์ชนิดที่ 8 ชื่อทางการค้า Saf-levum จากประเทศฝรั่งเศส	37
3.9	ยีสต์ชนิดที่ 9 ชื่อทางการค้า Levadura Instantanea จากประเทศเม็กซิโก	37
3.10	ยีสต์ชนิดที่ 10 ชื่อทางการค้า Di-go จากประเทศบอสเนีย	37
3.11	เครื่อง Texture Analyzer	42
4.1	กราฟการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ใน YM broth โดยวัดเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD_{600})	48
4.2	(a) แสดงลักษณะของครีมยีสต์ (yeast cream) และ (b) แสดงลักษณะขนมปังที่ทำจากยีสต์สด	50
ก.1	กราฟแสดงค่า Hardness ของขนมปัง	54
ก.2	กราฟแสดงค่า Area ของขนมปัง	55
ก.3	กราฟแสดงค่า Cohesiveness ของขนมปัง	56
ก.4	กราฟแสดงค่า Springiness ของขนมปัง	57
ก.5	กราฟแสดงค่า Gumminess ของขนมปัง	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก.6 กราฟแสดงค่า Chewiness ของขนมปัง..... 59
ก.7 กราฟแสดงค่า Stiffness ของขนมปัง..... 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ชาวสวิสที่อาศัยอยู่ตามทะเลสาบในยุคหินเป็นผู้ริเริ่มนำเมล็ดข้าวสาลีมาบดโดยใช้ครกหยาบ ๆ ตำแล้วนำไปผสมน้ำแล้วนำไปเทลงบนหินร้อน ๆ เพื่อให้สุก ผลที่ได้คือขนมปังที่ขึ้นฟูโดยไม่ได้ตั้งใจ ซึ่งค้นพบมากว่า 3,000 ปี ก่อนคริสตกาล ประวัติที่ยอมรับสืบเนื่องกันมาก็คือพวกทาสในสมัยราชวงศ์อียิปต์ได้ผสมก้อนแป้งที่ลืมทิ้งไว้ลงไปในแป้งที่ผสมเสร็จใหม่ๆผลที่ได้คือ แป้งที่เบาและเลิศรส ดังนั้น ขนมปังเป็นอาหารที่ทำจากแป้งสาลีผสมกับน้ำและยีสต์ นอกจากนี้ยังมีการใช้ส่วนผสมอื่นๆเพื่อแต่งสี รสชาติและกลิ่น แตกต่างกันไปตามแต่ละประเภทของขนมปังและแต่ละประเทศที่ทำโดยนำส่วนผสมมาตีให้เข้ากันและนำไปอบ จนได้เป็นขนมปัง (จิตธนา และอรอนงค์, 2540)

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตขนมปัง ไม่เป็นที่นิยมเฉพาะผู้ผลิตที่ต้องการลงทุนทำธุรกิจการผลิตขนมปัง แต่สำหรับผู้บริโภคมีการตื่นตัวในการที่จะศึกษาหาความรู้ทางด้านนี้เช่นกัน เพราะความรู้ทางด้านนี้ไม่เฉพาะแต่จะช่วยให้ผู้บริโภคได้ผลิตขนมปังเพื่อเศรษฐกิจของตนเอง ยังช่วยให้เกิดความเพลิดเพลินและได้ผลประโยชน์ทางอ้อมอีกด้วย จะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมการผลิตขนมปังในปัจจุบันได้เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในประเทศไทย ทำให้คนไทยส่วนมากนิยมบริโภคขนมปัง บริโภคได้ทุกเพศทุกวัยมากกว่าในอดีต ซึ่งคนไทยในอดีตจะบริโภคขนมปังก็ต่อเมื่อในโอกาสพิเศษ เช่น ไปปิคนิคหรือทำเป็นอาหารว่าง ต่อมาคนไทยได้รับอารยธรรมตะวันตกมากขึ้นทำให้นิสัยการบริโภคเปลี่ยนไป คนไทยเริ่มที่จะบริโภคขนมปังในรูปแบบอื่นๆ เช่น ขนมปังแซนวิชและทาด้วยน้ำพริกเผา ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ศึกษามีความสนใจที่จะคัดเลือกยีสต์ขนมปังที่มีแหล่งผลิตจากหลากหลายประเทศ เพื่อให้ได้ยีสต์ทำให้ขนมปังมีรสชาติที่แตกต่างจากที่บริโภคโดยทั่วไป นอกจากนี้ยีสต์ที่ได้รับคัดเลือกจากผู้ทดสอบประสาทสัมผัสทำให้ได้ยีสต์ที่นำไปผลิตขนมปังมีรสชาติที่ดีที่สุดตรงต่อความต้องการของผู้บริโภค ผู้ศึกษาจึงได้นำยีสต์ที่ได้รับการคัดเลือกมาทำการเพาะเลี้ยงมาทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์ยีสต์ ช่วงใดมีการทำงานของยีสต์สูงที่สุดเหมาะแก่การเก็บเกี่ยวเซลล์ยีสต์ เพื่อใช้ในการผลิตขนมปัง ยีสต์สดที่เก็บเกี่ยวได้จากการเพาะเลี้ยงจะดีกว่ายีสต์แห้ง เนื่องจากเป็นยีสต์ใหม่และแข็งแรง ทำให้ขนมปังที่ได้สดและกลิ่นหอมธรรมชาติ (ดุษณี, 2555)

คนไทยส่วนใหญ่จะรับประทานข้าวเป็นอาหารหลัก มีหลายครอบครัวนิยมบริโภคอาหารจำพวกขนมปังชนิดต่าง ๆ เป็นประจำ เพราะหาซื้อได้ง่าย รับประทานได้ทันที ขนมปังสามารถดัดแปลงเป็นอาหารได้หลายชนิด ส่วนใหญ่จะเห็นว่าขนมปังเป็นอาหารที่ไม่ให้ประโยชน์กับร่างกาย เพราะมีแต่ส่วนประกอบของแป้งรับประทานทานเข้าไปจำนวนมาก จะทำให้เสียรูปร่าง แต่ผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเลือกขนมปังที่คุณค่าทางอาหารโดยการเลือกชนิดของขนมปังให้เหมาะสมและดีต่อสุขภาพ ผู้ศึกษาจึงเลือกที่จะนำขนมปังมาพัฒนาเพื่อเพิ่มส่วนผสมในขนมปังให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากยิ่งขึ้น และให้มีรสชาติที่ผู้บริโภคต้องการ โดยการเลือกส่วนผสมต่าง ๆ ได้แก่ กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง มาทำการผสมลงในสูตรขนมปังเพื่อช่วยเพิ่มรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการ เพราะส่วนผสมที่เติมลงไปในสูตรขนมปังล้วนแต่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารมากมายมีประโยชน์ต่อร่างกายหลายอย่างทั้งในด้านสุขภาพ ช่วยให้อิ่มท้อง ให้พลังงานที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกาย นอกจากนี้ขนมปัง มีไฟเบอร์สูงกากใยมาก ช่วยให้ขับถ่ายดีขึ้น มีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันสูง ซึ่งเป็นส่วนประกอบของขนมปังที่ดี และเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับคนรักสุขภาพ ทำให้ขนมปังมีความหลากหลายและเพิ่มมูลค่าในตัวของขนมปังได้อีกด้วย

ส่วนผสมที่เพิ่มลงไปในสูตรขนมปัง มีคุณค่าทางอาหารที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ กล้วยหอม เป็นวัตถุดิบที่นิยมรับประทานกันเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ กล้วยหอมอุดมไปด้วยน้ำตาลจากธรรมชาติรวมถึง 3 ชนิด คือ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโทส ช่วยเพิ่มพลังงานให้แก่ร่างกาย นอกจากนี้กล้วยหอมมีเส้นใย กากอาหาร วิตามินและแร่ธาตุหลากหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ ธาตุเหล็ก ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแมกนีเซียม คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี6 วิตามินบี12 และวิตามินซี

ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบที่เป็นธัญพืช ลักษณะของข้าวโพดจะเป็นฝักและเมล็ดที่มีรสชาติหวาน ข้าวโพดประกอบไปด้วยคุณค่าทางอาหารมากมาย ในปัจจุบันข้าวโพดเป็นธัญพืชชั้นดี ที่ช่วยดูแลสุขภาพร่างกายของผู้บริโภคและป้องกันโรค คุณค่าทางอาหารของข้าวโพด ประกอบไปด้วย คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามิน เกลือแร และเส้นใยอาหาร นอกจากนี้ข้าวโพดช่วยบำรุงสายตา ป้องกันโรคหัวใจ ต้านมะเร็ง ช่วยระบบย่อยอาหาร และช่วยบำรุงผิวพรรณ

งาดำ จัดเป็นวัตถุดิบที่มีคุณประโยชน์มากมาย อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ ได้แก่ วิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินบี3 วิตามินบี5 วิตามินบี6 วิตามินบี9 แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส สังกระสี และเหล็ก

มันฝรั่ง จัดเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ มีปริมาณของแป้ง โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินบางชนิดอยู่ในเกณฑ์สูง จึงใช้เป็นอาหารประจำวันได้เป็นอย่างดี และยังมีสรรพคุณต่างๆ มากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเพาะเลี้ยงยีสต์ *Saccharomyces cerevicieae* สำหรับผลิตขนมปัง

2. เพื่อคัดเลือกยีสต์ที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคที่สุดในการผลิตขนมปัง

3. เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัสและลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปัง โดยการเพิ่มส่วนผสม กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในการคัดเลือกยีสต์แห้งที่มีแห่งผลิตจากหลากหลายประเทศมา 10 ยี่ห้อทางการค้า เพื่อหายีสต์แห้งที่ผู้บริโภคพึงพอใจมากที่สุด โดยศึกษาจากลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ เมื่อได้ยีสต์ที่ต้องการแล้วนำมาเพิ่มส่วนผสมลงในสูตรขนมปัง ได้แก่ กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง นำขนมปังที่เพิ่มส่วนผสมต่างๆลงไปแล้ว หาคุณค่าทางอาหารจากการตรวจวัดปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อไยหยาบ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและลักษณะภายนอกของขนมปังโดยการวัดเนื้อสัมผัส (Texture) เมื่อผสมส่วนผสมทุกอย่างแล้วตีแป้งให้ส่วนผสมเข้ากันเป็นเวลา 30 นาที และพักแป้งในภาชนะที่ไม่ให้อากาศเข้าเป็นเวลาประมาณ 30-40 นาที เมื่อแป้งฟู (Dough) เป็นสองเท่านำมานวดไล่ลมเบาๆ จากนั้นในขั้นตอนการอบขนมปังเพื่อใช้คัดเลือกยีสต์และการอบขนมปังที่เพิ่มส่วนผสม จะต้องควบคุมอุณหภูมิตู้อบที่ 170-180 องสาเซลเซียส ใช้เวลาอบประมาณ 25-30 นาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถคัดเลือกยีสต์จากหลากหลายประเทศและทำการเพาะเลี้ยงเซลล์ยีสต์ *Saccharomyces cerevicieae* ได้

2. ทราบยีสต์ที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคที่สุดในการผลิตขนมปัง

3. สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัสและลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังโดยการเพิ่มส่วนผสมต่างๆลงไป ได้แก่ กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง และเป็นที่พึงพอใจแก่ผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมปัง

ขนมปังใช้แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบหลัก เนื่องจากแป้งสาลีมีคุณสมบัติเฉพาะที่แป้งอื่นไม่มี คือ แป้งสาลีจะประกอบไปด้วยโปรตีนที่สำคัญ 2 ชนิด คือ ไกลอะดิน (Gliadin) และกลูเตนิน (Glutenin) ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจะเกิดสารที่มีลักษณะยืดหยุ่น เหนียว ยืดเป็นยาง เรียกว่า กลูเตน (Gluten) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นร่างแห สามารถเก็บกักก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักได้ ทำให้เกิดโครงร่างที่ยืดหยุ่นและผลิตภัณฑ์ที่อบได้จะมีลักษณะเหมือนฟองน้ำ ไกลอะดินเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีความยืดหยุ่นมาก แต่มีสภาพยืดหยุ่นน้อย ละลายได้ในแอลกอฮอล์ ส่วนกลูเตนินเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีความยืดน้อย แต่มีสภาพยืดหยุ่นมาก ละลายได้ในกรดหรือเบส เมื่อรวมกันเป็นกลูเตนแล้วจะได้ลักษณะที่เหมาะสม มีความยืดหยุ่นพอดี (อรอนงค์, 2540)

2.1.1 ประเภทของขนมปัง

โดยทั่วไปแล้วขนมปังสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

2.1.1.1 ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังอิตาเลียน และขนมปังเวียนนา ขนมปังทั้ง 3 ประเภททำจากโดที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่า 0-3 เปอร์เซ็นต์ โดของขนมปังประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมเหมือนกัน แป้งที่ใช้ทำขนมปังชนิดนี้จะต้องเป็นแป้งที่มีปริมาณกลูเตนสูง เพื่อที่จะสามารถทนทานต่อการหมักได้นาน ทนต่อการพักตัว และการขึ้นฟูของโดในระยะแรกของการอบ

2.1.1.2 ขนมปังปอนด์หัวกะโหลกและแซนด์วิช เป็นขนมปังที่ชาวอเมริกันนิยมบริโภคมาก เพราะมีเนื้อขนมปังขาวนุ่ม ทำจากโดที่มีปริมาณไขมัน 3-6 เปอร์เซ็นต์ ถ้าใช้พิมพ์ขนมปังธรรมดาจะเป็นขนมปังหัวกะโหลก แต่ถ้าใช้พิมพ์ที่มีฝาปิดข้างบนจะมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม ซึ่งนิยมนำมาทำเป็นแซนด์วิชจึงเรียกว่า ขนมปังแซนด์วิช มีขั้นตอนการทำอย่างง่าย คือ นำส่วนผสมทั้งหมดนวดผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที นำโดที่ได้ไปพักเป็นเวลา 30-45 นาที หลังจากนั้นนำมาคลึงไล่อากาศออกนำใส่พิมพ์ที่ทาเนยขาวไว้แล้วพักต่ออีก 30 นาที จึงนำไปอบ

2.1.1.3 ขนมปังเนื้อนุ่ม (Soft Rolls หรือ Soft Buns) เป็นขนมปังที่ทำจากโดที่มีน้ำตาลและไขมันสูง ปกติจะทำจากโดที่มีน้ำตาลและไขมันมากกว่า 2 ชนิดแรก คือมีไขมัน 6-12 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไข่อาจเพิ่มขึ้น หรืออาจไม่ใช้ไข่ก็ได้ ใช้แป้งสาลีที่มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งปานกลาง คือ กลูเตน ไม่แข็งแรงมาก ขนมปังอบที่ได้จะมีรสหวาน นุ่ม มีเนื้อละเอียด เช่น แฮมเบอร์เกอร์ ฮอทดอก

2.1.1.4 ขนมปังหวาน (Sweet Dough) โดที่ทำขนมปังหวานจะต้องมีสูตรของส่วนผสมที่เข้มข้นกว่าโดที่ทำจากขนมปังจืด โดยมีปริมาณน้ำตาล นม ไขมัน และไข่สูงกว่าขนมปังจืด จะมีไขมัน 12-24 เปอร์เซ็นต์ ขนมปังหวานจากสูตรพื้นฐานเพียงสูตรเดียวสามารถดัดแปลงให้เกิดขนมปังหวานมากมายหลายชนิด โดยการปั้นให้มีรูปร่างและขนาดต่างกัน ใส่ไส้ชนิดต่าง ๆ แป้งที่ใช้อาจใช้แป้งสาลีชนิดแข็ง และแป้งสาลีอเนกประสงค์เช่นเดียวกับไส้ต่าง ๆ (จิตธนา และอรอนงค์ , 2540)

2.1.2 ชนิดของขนมปัง

ขนมปังปอนด์ (Sliced Bread) ขนมปังชนิดนี้มี 2 ชนิดคือข้าวสาลีที่ผ่านการขัดสีเรียกว่า ไวท์เบรด (White Bread) และข้าวสาลีที่ไม่ผ่านการขัดสีเรียกว่า โฮลวีต : Whole Wheat Bread หรือ (Brown Bread) ซึ่งสามารถทำออกมาได้หลายรูปทรงเช่น รูปทรงภูเขาซึ่งมีต้นกำเนิดจากอังกฤษซึ่งไม่ใช้ฝาพิมพ์ปิดและ รูปทรงสี่เหลี่ยมซึ่งใช้ฝาปิดทำให้ขณะอบมีรูปทรงสี่เหลี่ยม

ครัวซ็อง (Croissaint) มีลักษณะรูปทรงเหมือนจันทร์เสี้ยว คำว่าครัวส์ซองต์มาจากภาษาฝรั่งเศสโบราณว่า Creissant ซึ่งแปลว่า จันทร์เสี้ยว หรือ Crescentนั่นเอง ครัวซองค์นั้นมีเนื้อในเป็นชั้น ๆ ทับ 58 ชั้น เป็นขนมปังที่ใช้เนยครึ่งนึงของแป้งสาลี ทำให้มีปริมาณไขมันในเนื้อมาก

ขนมปังฝรั่งเศสหรือบาแก็ต (French Bread) มีมากกว่า 10 ชนิด เช่น บาร์แกต (Baquette) ขนมปังแท่งยาว ๆ กำเนิดที่เมืองปารีส ผิวด้านนอกจะแข็ง เนื้อในขาวนิ่ม สามารถทำให้สั้น-ยาวได้ หลายขนาด

พีตา (อังกฤษ: pita) หรือ พิตตา (pitta) เป็นขนมปังซึ่งทำจากแป้งสาลีที่ขึ้นฟูเล็กน้อย มีลักษณะแบนและกลมหรือรี มีหลากหลายขนาด ขนมปังชนิดแบนไม่ว่าจะมีการทำให้ขึ้นฟูหรือไม่ ก็ล้วนแต่เป็นขนมปังที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ฉะนั้น ขนมปังพีตาจึงถือว่าเป็นขนมปังโบราณชนิดหนึ่ง

ขนมปังไรย์ (Rye Bread) มีเนื้อสีน้ำตาลเข้ม มีหลายรูปทรงทั้ง แผ่นทั้งทรงกลม มีต้นกำเนิดที่ประเทศเยอรมนี ทหารเยอรมันมักจะเก็บไว้เป็นเสบียงยามสงคราม เพราะสามารถเก็บได้นานกว่าขนมปังทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริยอช (Brioche) มีต้นกำเนิดจากประเทศฝรั่งเศสมีส่วนผสมของไข่และเนยเป็นจำนวนมาก มีผิวสวยและนิ่มเพราะทาด้วยไข่แดงก่อนอบ

นาน (nan) เป็นขนมปังที่มีต้นกำเนิดจากอินเดีย มีรสชาติเปรี้ยวอ่อน ๆ จากโยเกิร์ต ทำให้กินเข้าได้กับแกงกะหรี่

เพรทเซิล (Pretzel) มีต้นกำเนิดจากประเทศฝรั่งเศส สมัยก่อนมีรสชาติเค็ม มีรูปทรงขดเป็นโบว์ อาจจะโรยด้วยเกลือหรือน้ำตาลไอซิ่ง และอาจจะมีอย่างอื่นอีกมากมาย

2.1.3 ส่วนผสมของขนมปัง

ส่วนผสมของขนมปังประกอบด้วยแป้งสาลีโปรตีนสูง เรียกทั่วไปว่า แป้งสาลีชนิดทำขนมปังผสมกับน้ำ ยีสต์ และเกลือ ทั้ง 4 อย่างนี้ จัดเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งจำเป็นต้องมีสูตรขนมปังทั่วไป นอกจากนั้น อาจใส่สารอื่นเพื่อปรับปรุงลักษณะของขนมปังให้แตกต่างออกไปตามความต้องการของผู้บริโภค ได้แก่ ไขมัน แป้งมอลต์ แป้งถั่วเหลือง ธัญพืชอื่น ๆ อาหารยีสต์ สารที่ทำให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันได้ (Emusifiers) น้ำนมและผลิตภัณฑ์จากนม ผลไม้ และกลูเตน เป็นต้น

2.1.2.1 แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง เป็นแป้งสาลีจากข้าวสาลีไม่ธรรมดาชนิดแข็งมีโปรตีนสูง 12-24 เปอร์เซ็นต์ ในบางประเทศ อาจใช้แป้งสาลีชนิดดูรัมโปรตีนสูง เพื่อทำเป็นขนมปังชนิดแบนแบบอาหรับ แต่โดยทั่วไปแล้วแป้งที่ใช้จะมีสีขาวนวล มีความชื้นไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ เป็นแป้งสาลีที่ดูดน้ำได้มาก (60-65 เปอร์เซ็นต์) มีเถ้า 0.40-0.50 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีน 10-16 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมวัดได้จากเครื่องฟาริโนกราฟและเอกซ์เทนซิกราฟ ส่วนปริมาณเอนไซม์ในแป้งวัดได้จากเครื่องอะมิโลกราฟ ทำให้ทราบถึงลักษณะคุณภาพของแป้งที่เหมาะสมในการทำขนมปังแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปบ้าง

หน้าที่ของแป้งสาลีในขนมปัง คือ เป็นโครงร่างที่สำคัญ มีความยืดหยุ่นในขณะผสม ขึ้นฟูขณะหมัก และเมื่อสุกจะแข็งตัวเป็นโครงร่างของขนมปัง เนื้อนุ่มเหนียวต่อการเคี้ยว โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงเกิดจากองค์ประกอบทางเคมีในแป้งสาลีที่สำคัญ คือ สตาร์ชและกลูเตน รวมทั้งองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ไขมัน เพนโตแซน น้ำตาล และอื่น ๆ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเมื่อผสมแป้งกับน้ำ ยีสต์ และเกลือเข้าด้วยกันจนเป็นโด

คุณค่าทางอาหารของแป้งสาลี

แป้งสาลีประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และวิตามินหลายชนิด ได้แก่ วิตามินบีรวม วิตามินบี1 ซึ่งช่วยป้องกันโรคเหน็บชาและระบบประสาท วิตามินบี2 ซึ่งมีความจำเป็นต่อผิวหนัง และเส้นผม ไนอะซิน (Niacin) ป้องกันโรคปากนกกระจอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Pelagra) โรคเรื้อรังที่เกี่ยวกับผิวหนัง และมีผลต่อระบบประสาทด้วย และธาตุเหล็กจะช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง (Anemia)

องค์ประกอบของแป้งสาลี

- โปรตีน	11 – 13	เปอร์เซ็นต์
- ความชื้น	12 – 14	เปอร์เซ็นต์
- ไขมัน	1 – 2	เปอร์เซ็นต์
- น้ำตาล	1	เปอร์เซ็นต์
- เถ้า	0.5	เปอร์เซ็นต์
- อื่นๆ	1 – 2	เปอร์เซ็นต์

โปรตีนในแป้งสาลี

ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีชนิดต่าง ๆ มีไม่เท่ากันซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 8–13 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนของแป้งสาลีมีองค์ประกอบที่ให้คุณสมบัติพิเศษในการยืดหยุ่น เนื่องจากมีปริมาณกลูเตนินและไกลอะดินมากใกล้เคียงกัน (จิตธนา และอรอนงค์, 2550) ซึ่งทั้งกลูเตนินและไกลอะดินเป็นส่วนผสมของกลูเตน กลูเตนจะทำให้โดหรือก้อนแป้งผสมมีกำลังที่จะอุ้มแก๊สที่ขึ้นฟูไว้ได้ ซึ่งจัดเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ส่วนไกลอะดินทำให้กลูเตนมีสมบัติในการยืดตัวและยืดหยุ่นได้ นั่นคือกลูเตนินให้ความแข็งตัวกับกลูเตน และไกลอะดินซึ่งเป็นสารอ่อนและเหนียวจะเป็นตัวเชื่อม ดังนั้นไกลอะดินจะติดอยู่กับกลูเตนิน และป้องกันไม่ให้กลูเตนินถูกล้างออกไปในกระบวนการสกัดกลูเตนออกมา

(อรอนงค์, 2540) กล่าวว่า เมื่อนวดแป้งกับน้ำมีผลทำให้โปรตีนทั้ง 2 รวมตัวกันกับน้ำกลายเป็นกลูเตนที่ให้ความหยืดหยุ่นแก่โด เนื่องจากเกิดการเชื่อมโยงของพันธะทางเคมีหลายชนิดได้แก่ พันธะโควาเลนต์ ไฮโดรเจน โพลาร์ ไมโพลาร์ วัลเดอร์วาลล์ และพันธะข้ามของ ไดโซฟายด์ เฉพาะไดโซฟายด์นี้มีความเคลื่อนย้าย ก่อให้เกิดการยืดตัวของกลูเตนได้เรียกว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนี่ยน (Brownian motion)

คาร์โบไฮเดรตในแป้งสาลี

องค์ประกอบที่สำคัญและมีปริมาณมากที่สุดในแป้งสาลีคือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งได้แก่ น้ำตาล สตาร์ช เซลลูโลส ฮีมิเซลลูโลส และเพนโทแซน เป็นต้น (จิตธนา และอรอนงค์, 2550) กล่าวไว้ว่าน้ำตาลในแป้งสาลีมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่น้อย เช่น น้ำตาลฟรักโทส กลูโคส ซูโครส มอลโทส และโอลิโกแซกคาไลด์ น้ำตาลที่มีอยู่ในแป้งนี้แม้ว่าจะมีปริมาณน้อย แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งสาลีนั้น เช่น การเปลี่ยนสีของขนมปังเป็นสีน้ำตาล สตาร์ชมีอยู่ในแป้งสาลีในปริมาณมากที่สุดเนื่องจากเป็นอาหารสะสมในเมล็ดข้าวสาลีในส่วนของเมล็ด มีสูตรโครงสร้างประกอบด้วย อะมิโลส และอะมิโลเพกติน โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะมิโลสคือ โพลิแซกคาไรด์ ประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,4 กลูโคซิดิกจำนวน 500 – 2,000 ยูนิต ส่วนอะมิโลเพกติน คือ โพลิแซกคาไรด์ ประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นกิ่งก้านสาขาเนื่องจากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 2 แบบ คือ แอลฟา 1,4 กลูโคซิดิก และแอลฟา 1,6 กลูซิดิก ซึ่งแยกแขนงจากกลูโคสเส้นตรง ประมาณ 20 – 25 ยูนิต

นอกจากนี้โดยปกติเม็ดสตาร์ชจะไม่เปลี่ยนแปลงในน้ำเย็น แต่เมื่อนำส่วนผสมของสตาร์ชมาให้ความร้อนโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชจะเริ่มเปลี่ยนแปลงเกิดการพองตัวขึ้น และมีความหนืดข้นขึ้น เรียกว่า เจลลาติไนซ์เซชั่น (gelatinization) โดยอุณหภูมิของการเริ่มหนืดข้นของสตาร์ชข้าวสาลีจะอยู่ระหว่าง 52 – 62 องศาเซลเซียส เมื่อทิ้งสตาร์ชหนืดข้นและใสนี้ให้เย็นลงจะเกิดลักษณะขุ่นกลับคืน (retrogadration) ซึ่งเกิดเนื่องจากโมเลกุลของอะมิโนโลส ค่อยรวมตัวกันเป็นผลึก แยกกับส่วนที่เป็นน้ำออกมาถ้าเกิดช้า จะมีลักษณะตกตะกอน ถ้าเกิดเร็วจะมีลักษณะเป็นเจลขุ่น

เซลลูโลสมีในแป้งหรือส่วนเนื้อของเมล็ดเพียง 0.3 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น เซลลูโลสจัดเป็นส่วนของเส้นใยอาหารในแป้งสาลีที่มีอยู่น้อยกว่าส่วนอื่นของเมล็ดข้าวสาลี

เฮมิเซลลูโลสและเพนโทแซน เป็นโพลิแซกคาไรด์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลมีคาร์บอน 5 และ 6 ตัวต่อกันโดย เฮมิเซลลูโลสจะหมายถึง ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ และเพนโทแซนจะหมายถึงส่วนที่ละลายน้ำ เนื้อของเม็ดจะมีเฮมิเซลลูโลสประมาณ 2.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะอยู่ในส่วนของสลัดจ์ (sludge) ในขั้นตอนการสกัดสตาร์ชจากแป้ง โดยการหมุนเหวี่ยงส่วนผสมของน้ำจากสตาร์ชที่ได้หลังจากแยกกลูเตนออกไปแล้ว สำหรับเพนโทแซนจะมีอยู่ในแป้งประมาณ 2 – 3 เปอร์เซ็นต์ (อรอนงค์, 2540)

ไขมันในแป้งสาลี

(จิตธนา และอรอนงค์, 2541) สรุปว่า ข้าวสาลีทั้งเมล็ดมีไขมันอยู่ 2.30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาโม่ให้ได้ส่วนต่าง ๆ และส่วนแป้งคุณภาพดีจะมีไขมันต่ำกว่าแป้งคุณภาพรองลงมา และส่วนของรำและคัพภะจะมีไขมันมากที่สุด ชนิดหรือชั้นของไขมันที่พบในแป้งมีหลายชนิด และเป็นองค์ประกอบหลักของไขมันคือ กรดไขมันอิสระตลอดจนไตรกลีเซอไรด์ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งสเตอรอลต่าง ๆ กรดไขมันที่พบมากที่สุดคือ กรดลิโนเลอิก (52 – 65 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ กรดพัลมาติก และโอเลอิก ส่วนกรดไมลิสติกมีในปริมาณน้อยมาก

แร่ธาตุในแป้งสาลี

ปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดในรูปเถ้า (ash) ของแป้งสาลี มาจากปริมาณสารสกัดแป้งนั้น ปริมาณเถ้าจะมากขึ้น เมื่อสกัดแป้งออกมาจากเมล็ดมากขึ้น เนื่องจากแร่ธาตุมีมากในส่วนของเปลือกเมล็ดข้าวสาลีมากกว่าในเนื้อเมล็ด ดังนั้นยิ่งสกัดให้ได้แป้งมาก ก็จะยิ่งมีเถ้าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ (จิตธนา และอรอนงค์, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 น้ำ เป็นส่วนผสมหลักที่สำคัญและมีผลต่อลักษณะของโดโดยตรงกล่าวคือ โดจะมีความนุ่ม ยืดหยุ่น ไม่ติดมือ ถ้าน้ำที่ใช้เป็นน้ำกระด้างปานกลางซึ่งมีแร่ธาตุบางชนิดปนอยู่อย่างเหมาะสมจะช่วยให้โดมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นตัวดี ถ้าน้ำกระด้างมากหรือถาวรจะทำให้โดแข็งเกินไป ส่วนน้ำอ่อนก็มีผลทำให้โดนุ่มเกินไปและอาจติดมือง่าย ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของน้ำก่อนนำไปใช้ทำขนมปังจึงจำเป็น เพื่อการปรับปรุงแก้ไขให้สภาพน้ำเหมาะสมโดยใช้เกลือและอาหารยีสต์ ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เช่น ถ้าน้ำอ่อนมากก็ควรเพิ่มเกลือและอาหารยีสต์ในสูตร แต่ถ้าน้ำกระด้างมากก็ลดเกลือลดอาหารยีสต์และเพิ่มปริมาณยีสต์ พร้อมทั้งใช้เวลาในการหมักนานขึ้น เป็นต้น โดยปริมาณน้ำที่เติมในสูตรจะอยู่ในช่วง 55-65 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของขนมปัง

น้ำมีผลต่อการทำขนมปังมาก เริ่มจากทำหน้าที่ละลายเกลือ ยีสต์ หรือส่วนผสมอื่น ๆ ให้สามารถผสมเข้าไปในเนื้อโดอย่างสม่ำเสมอ หลังจากการนวดแป้งกับน้ำจนกลายเป็นโด จะมีกลูเตนเกิดขึ้น ให้มีความยืดหยุ่นดี มีอุณหภูมิของโดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ ซึ่งทำงานได้เนื่องจากน้ำผสมกับส่วนผสมทำให้เอนไซม์ทำงานจนเกิดก๊าซ ทำให้โดพองฟูขึ้นขณะหมักเมื่อนำเข้าอบ น้ำจะมีส่วนให้สตาร์ชเกิดเจลเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กลูเตนขยายตัว และส่วนอื่นเปลี่ยนสภาพจากดิบเป็นสุก และคงรูปร่างของขนมปัง กล่าวคือ ถ้าเก็บขนมปังในภาชนะบรรจุที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ขนมปังแห้งจากการระเหยของน้ำออกจากภายในเนื้อขนมปัง หรือขนมปังแฉะจนขึ้นราเพราะมีความชื้นในเนื้อขนมปังมากเกินไป ก็จะทำให้ขนมปังนั้นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.1.2.3 เกลือ ถูกเติมลงในส่วนผสมของขนมปัง เพื่อทำให้ขนมปังมีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ช่วยทำให้กลูเตนแข็งแรงและคงทนเพิ่มขึ้น ทำให้โดไม่แฉะ มีส่วนในการควบคุมการทำงานของยีสต์ให้ช้าลง มีการหมักนานขึ้น ทำให้ขนมปังขึ้นฟูสม่ำเสมอและมีโครงสร้างดี

2.1.2.4 ยีสต์ เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharomyces cerevisiae* หรือเรียกทั่วไปว่า ยีสต์สำหรับทำขนมปังอบ (Baker's yeast) ซึ่งมีหน้าที่หลักในส่วนผสมขนมปัง 3 อย่างคือ

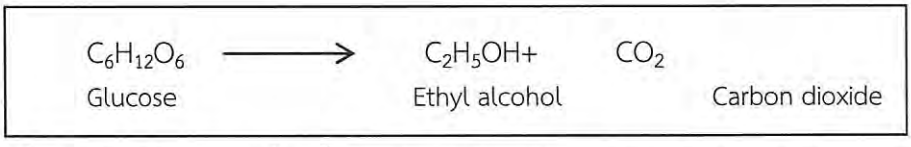
1. ช่วยทำให้เกิดก๊าซภายในโด

2. ปรับสภาพโดให้เหมาะสม

3. ให้กลิ่นรสแก่ขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยีสต์ที่ผสมอยู่ในโดจะเริ่มเติบโตเนื่องจากมีน้ำและอากาศจากการผสม และมีอาหาร คือน้ำตาล และสารอาหารอื่นจากโด ทำให้ยีสต์เพิ่มจำนวนมากขึ้น พร้อมกันนี้เอนไซม์ต่าง ๆ ในยีสต์จะแปรสภาพจากสารอาหารโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ น้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงาน



รูปที่ 2.1 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของยีสต์ (จิตธนา และอรอนงค์, 2550)

โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศ เรียกว่า กระบวนการหมัก ซึ่งเป็นผลให้ภายในโดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดันให้โดพองตัวขึ้นจากเดิมหลายเท่า ในขณะเดียวกันก็ปรับสภาพให้โดยืดตัว มีก๊าซแทรกอยู่ พร้อมทั้งให้กลิ่นหมักของแอลกอฮอล์ร่วมกับกลิ่นอื่น ๆ เมื่อนำโดเข้าเตาอบ ขณะที่ความร้อนยังไม่แผ่กระจายเข้าสู่โดมากนัก ยีสต์จะยังทำงานเป็นเหตุให้โดขึ้นฟูในเตาอบอีกระยะหนึ่ง จนในที่สุดความร้อนกระจายทั่วก้อนโด ทำให้ยีสต์ตายและขนมปังยังคงรูปร่างขึ้นฟูพร้อมกับมีกลิ่นหมัก กลิ่นยีสต์ และสารต่าง ๆ เป็นกลิ่นเฉพาะของขนมปังที่ผู้บริโภคพอใจ

2.1.2.5 น้ำตาล เป็นน้ำตาลซูโครสที่บริสุทธิ์ 99.99 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลที่มีขายในตลาดนั้นเป็นน้ำตาลทรายขาวที่ผลิตจากอ้อย ใช้กันมากในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ซึ่งมีขนาดความละเอียดต่างกัน มีตั้งแต่เป็นผงละเอียดมาก ธรรมดา และหยาบ ในต่างประเทศจะบอกความละเอียดไว้ที่กล่องบรรจุ สำหรับเมืองไทยที่วางขายทั่วไปมี 3 ขนาด คือขนาดธรรมดา ผลึกใหญ่หยาบ และผงละเอียด น้ำตาลที่ใช้ได้ผลดีควรมีความละเอียดและขาว เพราะจะผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ได้ดี ถ้าน้ำตาลใช้ขนาดผลึกใหญ่และหยาบจะผสมกับเนยได้ไม่ดี เพราะผลึกที่ใหญ่จะละลายได้ไม่หมดและมักจะคงอยู่ในรูปของผลึกน้ำตาล ผลึกน้ำตาลจะไม่ละลายโดยความร้อนจากตู้อบ และน้ำตาลที่อยู่ใกล้ผิวขนมจะเกิดเป็นจุดขึ้น นอกจากนั้นผลึกน้ำตาลที่หยาบจะไปขูดเอาดีบุกที่เคลือบเครื่องผสมหรือชามผสม ทำให้เกิดสีเทาขึ้นในผลิตภัณฑ์ และจะยิ่งเป็นมากขึ้นถ้าเนยหรือไขมันที่น้ำมาตีกับน้ำตาลเม็ดหยาบมีความเย็นมาก น้ำตาลทรายละเอียดจึงมีความเหมาะสมกว่าเพราะกระจายทั่วกับส่วนผสมแป้ง หน้าที่ของน้ำตาลที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ ให้ความนุ่ม ชุ่มฉ่ำ และให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้เปลือกนอกของผลิตภัณฑ์มีสีสวย และเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผลิตภัณฑ์ (จิตธนา และอรอนงค์, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.6 ไขมัน เป็นส่วนผสมที่ช่วยในการหล่อลื่นกลูเตนให้ยืดหยุ่นและเกิดก๊าซได้อย่างเหมาะสม ทำให้เนื้อขนมปังนุ่ม มีเซลล์บาง มีปริมาตรมากขึ้น และให้กลิ่นรสที่ดีของขนมปัง ไขมันที่นิยมใส่ขนมปัง ได้แก่ เนยขาว (Shortening) เนยสด และมาการีน (เนยเทียม) (จิตธนา และอรอนงค์, 2541)

2.1.3 กรรมวิธีการผลิตขนมปัง

2.1.3.1 การผสมเพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันดี และเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นของโด สำหรับวิธีการผสมมี 2 แบบ คือ แบบผสมครั้งเดียวและแบบผสมสองครั้ง โดยการผสมครั้งเดียวจะผสมส่วนผสมทั้งหมดรวมกันทีเดียว จนลักษณะโดที่ดี ดังนั้นคำว่า “ โด ” จึงหมายถึงส่วนผสมแป้งรวมกับน้ำรวมกับส่วนผสมอื่นจนเข้ากันดี มีลักษณะที่ยืดหยุ่นได้นั่นเอง และจะแบ่งการผสมเป็นสองครั้ง คือ ครั้งแรกจะผสมแป้งส่วนใหญ่กับน้ำและยีสต์เพื่อให้เข้ากันเท่านั้นแล้วหมักทิ้งไว้เรียกส่วนนี้ว่า ส่วนสปันจ์ ซึ่งใช้เวลาหมักประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วจึงทำการผสมครั้งที่สอง โดยผสมส่วนสปันจ์รวมกับแป้งที่เหลือ และส่วนผสมอื่นจนได้โดที่เรียบเนียนเช่นเดียวกับการผสมครั้งเดียว

2.1.3.2 การหมักเพื่อให้ก้อนโดเกิดการพองตัวเนื่องจากเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น เพราะยีสต์ในส่วนผสมเกิดการเจริญเติบโต และเปลี่ยนองค์ประกอบของสารอาหารในแป้งบางส่วนข้างในเป็นก๊าซดังกล่าวมีผลทำให้ก้อนโดขยายตัวขึ้นเป็นสองเท่า จึงจำเป็นต้องไล่ลมหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากโดก่อนที่ก้อนโดจะใหญ่เกินไปจนแตกเอง และการไล่ลมนี้อาจจะทำครั้งเดียวในช่วงการหมัก หรือสองครั้งก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของขนมปัง

2.1.3.3 การตัดแบ่งก้อนโดเพื่อให้ได้ก้อนโดที่มีขนาดเท่ากันตามลักษณะของชนิดขนมปัง เมื่อตัดแล้วต้องปั้นให้ก้อนกลมอีกครั้ง เพื่อให้คลุมก๊าซอยู่ภายในได้

2.1.3.4 การพักโดระยะสั้นให้โดได้พักคลายตัว หลังจากตัดและปั้นก้อนกลม จะได้สามารถปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ได้ง่ายตามความต้องการ เมื่อพักได้ประมาณ 8-12 นาทีแล้ว จึงทำการปั้นก้อนโดเพื่อนำลงพิมพ์

2.1.3.5 การใส่พิมพ์เพื่อให้ขนมปังมีรูปร่างและขนาดเท่ากันและสุกอย่างสม่ำเสมอ โดยนำก้อนโดที่ปั้นเป็นรูปร่างแล้วใส่ลงพิมพ์ที่ทาเนยขาว เพื่อไม่ให้ขนมปังติดพิมพ์เมื่อสุก

2.1.3.6 การพักโดก่อนอบมีจุดประสงค์เพื่อให้ขนมปังได้หมักอีกจนขนมขึ้นเกือบเต็มพิมพ์

2.1.3.7 การอบเพื่อให้ขนมปังสุก มีกลิ่นรสชวนรับประทาน จะใช้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 180-220 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของขนมปัง (จิตธนา และอรอนงค์, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การเสื่อมสลายของขนมปัง

2.1.4.1 การเสื่อมเสียจากเชื้อรา ลักษณะที่เห็นได้ชัดเจนคือ เห็นมีเชื้อราอยู่บนขนมปัง โดยเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ ถ้าหากสุขลักษณะในการผลิตขนมปังและการเก็บรักษาไม่ดีพอ นอกจากนี้เชื้อรายังสามารถเจริญในที่ที่มีความชื้นต่ำกว่าที่พวกแบคทีเรียและยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ แต่เชื้อราสามารถเจริญได้ในสภาพที่มีความเป็นกรด

ขนมปังมีลักษณะที่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดี เมื่อใดก็ตามที่ขนมปังสัมผัสกับบรรยากาศและถ้าความชื้นภายในบรรยากาศมีสูง เชื้อราก็จะสามารถเจริญเติบโตได้เร็วยิ่งขึ้น แต่ถ้าหากความชื้นภายในบรรยากาศต่ำ เชื้อราก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่สปอร์ก็อาจจะเกาะอยู่บนผิวก้อนของขนมปัง ดังนั้นขนมปังที่เก็บรักษาในสภาพที่แห้งและสะอาดก็จะสามารถป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อราได้

2.1.4.2 การเสื่อมเสียจากแบคทีเรีย การเน่าเสียจะเห็นได้ชัดคือ ภายในเนื้อของขนมปังจะมีลักษณะเหนียว และสีจะเปลี่ยนไปจากเดิม นอกจากนั้นกลิ่นยังมีลักษณะคล้ายกับสับปะรดเน่า การเน่าเสียดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากขนมปังมีเชื้อแบคทีเรียปะปนอยู่ และสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียที่สามารถทนต่อความร้อนในเตาอบได้ ดังนั้นเชื้อแบคทีเรียจะเจริญเติบโตภายในขนมปังและจะทำลายสารพวกโปรตีนและสตาร์ชภายในขนมปัง ทำให้เนื้อของขนมปังเปลี่ยนสีและมีกลิ่นเน่า ระยะเวลาหลังจากขนมปังออกจากเตาอบจนเกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ประมาณ 12-36 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียที่ปะปนอยู่

ลักษณะทางกายภาพที่แสดงให้ทราบว่าขนมปังนั้นเกิดการเน่าเสีย มีลักษณะดังนี้

- มีกลิ่นและรสผิดปกติคล้ายกับสับปะรดที่สุกเกินไป
- เนื้อภายในขนมปังจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ
- เนื้อภายในขนมปังจะมีลักษณะเหนียว
- สีของเปลือกนอกของขนมปังจะมีสีแดง

2.1.4.3 การแห้งของขนมปัง ขนมปังจะมีคุณภาพที่ดีที่สุดหลังจากที่นำออกจากเตาอบประมาณ 2-3 ชั่วโมง ซึ่งมีลักษณะสดและนิ่ม แต่เป็นไปไม่ได้ที่ทุกคนจะซื้อหา ขนมปังใหม่ ๆ ได้ นอกจากผู้ที่อยู่ใกล้กับร้านหรือโรงงานผลิตขนมปังเท่านั้น ผู้บริโภคขนมปังส่วนใหญ่จึงต้องซื้อขนมปังที่มีอายุมากกว่า 1 วัน ดังนั้นสาเหตุที่ทำให้ขนมปังด้อยคุณภาพลงจึงมาจากการแห้งของขนมปัง

วิธีการทดสอบว่าขนมปังแห้งหรือไม่นั้นทำได้ง่าย โดยการหั่นขนมปังออก แล้วใช้นิ้วหัวแม่มือกดเบา ๆ ถ้าหากขนมปังนิ่มแสดงว่า ขนมปังไม่แห้ง และถ้าหากกดลงไปได้เล็กน้อยแสดงว่า ขนมปังแห้ง ส่วนการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ทดสอบการแห้งของขนมปังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ค่อยได้ใช้กัน แต่การค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับการป้องกันการแห้งนั้นมีอยู่มากมาย สำหรับสาเหตุที่ทำให้ขนมปังแห้งมีอยู่ 2 ประการ คือ

การสูญเสียความชื้น โดยทั่วไปแล้วขนมปังที่อยู่ในสภาพดีนั้น จะมีความชื้นอย่างต่ำ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่ขนมปังออกจากโรงงานจะมีความชื้นประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ ขนมปังสามารถจะดูดซึมน้ำในบรรยากาศได้ถ้าหากบรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์เกิน 70 เปอร์เซ็นต์และขนมปังจะสูญเสียความชื้นถ้าหากในบรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นขนมปังมีโอกาสที่จะสูญเสียความชื้นไปมากกว่า ผิดกับคุกกี้ซึ่งมีความชื้นประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีโอกาสที่จะดูดความชื้นในบรรยากาศได้มาก ขนมปังที่มีความชื้นสูงในตอนแรกโดยเฉพาะในเนื้อขนมปังนั้น สามารถเก็บได้หลายวัน แต่ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่าความชื้นในก้อนขนมปังนั้นสูง เพราะหากเป็นเช่นนี้แล้วจะเกิดการเน่าเสียเร็วขึ้นโดยเฉพาะเกิดจากเชื้อรา

การป้องกันหรือยืดอายุการแห้งนั้น มีองค์ประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ควรใส่น้ำให้มากที่สุดในขณะทำการผสมแป้ง และควรใช้แป้งชนิดโปรตีนสูง ทั้งนี้เพื่อให้การดูดซับน้ำดำเนินไปได้ด้วยดี แต่การใส่น้ำจะต้องระวังไม่ควรจะให้มากเกินไป เพราะจะทำให้โดเหนียว แต่ถ้าหากโดเหนียวก็สามารถแก้ไขได้ เช่น ใช้ลมเป่าที่โดในขั้นการม้วนโดเพื่อให้ผิวนอกของโดแห้งเล็กน้อย ใช้สารเคมีบางอย่างเช่น ฟลูออน โดยใส่สารนี้ลงบนลูกกลิ้ง ซึ่งรีดโดให้เป็นแผ่นบาง

การเพิ่มน้ำนับเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะการผสมโดยใช้เครื่องผสม ซึ่งการผสมเป็นไปอย่างทั่วถึงทำให้คุณภาพของโดดีขึ้น

2) ระยะเวลาในการอบควรจะสั้น ทั้งนี้เพื่อให้แป้งภายในก้อนขนมปังเกิดการสุกและทำให้ได้ผิวของขนมปังบาง ๆ พยายามรักษาความชื้นภายในเตาอบให้สูงเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นภายในขนมปัง โดยปกติแล้วเวลาที่ใช้ในการอบขนมปังประมาณ 24 นาที

3) การทำให้ขนมปังเย็นอย่างถูกต้อง ขนมปังที่ออกจากเตาอบใหม่ ๆ จะมีอุณหภูมิที่สูงเมื่อกระทบกับอากาศที่เย็นกว่า ไอน้ำในขนมปังจะระเหยออกสู่บรรยากาศ การสูญเสียความชื้นจะมากหรือน้อยนั้นย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศในขณะนั้น ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงการสูญเสียความชื้นก็จะน้อย แต่ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำการสูญเสียก็จะมาก ดังนั้นเพื่อความสะอาดควรจะมีห้องพิเศษสำหรับทำให้ขนมปังเย็น โดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องนั้นให้ดี ควรจะให้อากาศภายในห้องนั้นมีการหมุนเวียนอยู่เสมอ ปกติแล้วห้องที่ทำให้ขนมปังเย็นจะมีอุณหภูมิประมาณ 70 องศาฟาเรนไฮต์ และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแห้งเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี ในปัจจุบันยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด แต่เชื่อกันว่าการแห้งของขนมปังเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในขนมปังอย่างช้า ๆ โดยเฉพาะส่วนประกอบของแป้ง โดยในระหว่างการอบ แป้งทั้งหมดจะเกิดเป็นเจลและคุณสมบัติของเจลจะไม่เปลี่ยนแปลงถ้าหากเก็บรักษาขนมปังที่อุณหภูมิสูงกว่า 131 องศาฟาเรนไฮต์ (55 องศาเซลเซียส) แต่ถ้าหากเก็บขนมปังต่ำกว่าอุณหภูมิดังกล่าว เจลจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติโดยจะแข็งขึ้น เมื่อเจลแข็งขึ้นจะขับน้ำออกจากเจล กระบวนการนี้จะเปลี่ยนไปรวดเร็วขึ้นหากอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิดังกล่าวมาก ๆ นอกเสียจากว่าหลังจากขนมปังออกจากเตาแล้วนำไปทำให้เย็นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำกว่า 23 องศาฟาเรนไฮต์ (-5 องศาเซลเซียส) การเปลี่ยนแปลงนี้จะมีน้อยมากหากนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสอีกครั้งหนึ่ง

ในการหมักแป้งหรือผสมโดไม่ถูกต้องและการหมักที่เร็วหรือนานเกินไปก็จะมีผลให้เกิดการแห้งมากขึ้น

การแห้งเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีสามารถป้องกันได้โดยการใช้สารเคมีบางอย่างเพื่อชะลอการแห้งที่เกิดขึ้นกับขนมปัง โดยใช้ กลีเซอรีนโมโนสเทียเรต (GMS) หรือ สเทียรีลทาเทรตประมาณ 100 กรัมต่อแป้ง 100 กรัมต่อแป้ง 100 กิโลกรัม เป็นต้น (จิตธนาและอรอนงค์, 2541)

2.2 การเพาะเลี้ยงเซลล์ยีสต์

2.2.1 ปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่มีผลต่อการเจริญ

2.2.1.1 อุณหภูมิ ยีสต์ที่ใช้ศึกษาในห้องปฏิบัติการและใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลางคือ 20-30 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามบางชนิดเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 12-15 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) ที่ยีสต์เจริญได้ขึ้นอยู่กับชนิด เช่น *Saccharomyces cerevisiae* และ *Saccharomyces paradoxus* เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35-43 องศาเซลเซียส

2.2.1.2 น้ำ ยีสต์ต้องการน้ำในการเจริญและใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมเช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ซึ่งสารอาหารและเอนไซม์ภายในเซลล์จะอยู่ในรูปของสารละลายหรือคอลลอยด์ (colloid) ที่มีน้ำล้อมรอบ นอกจากนี้กิจกรรมของเอนไซม์จะเกิดขึ้นไม่ได้เมื่อขาดน้ำ

2.2.1.3 ความเป็นกรด-เบส ปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญต่อการเจริญของยีสต์อีกปัจจัยหนึ่ง คือ สภาพความเป็นกรด-เบสยีสต์ส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ดีที่สภาพเป็นกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5) แต่ก็เจริญได้บ้างที่สภาพเป็นกรดมาก (pH 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.4 ปริมาณออกซิเจน ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของยีสต์ เนื่องจากยีสต์ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ (aerobe) และสามารถแบ่งยีสต์เป็นกลุ่มตามสมบัติการหมักและการตอบสนองต่อปริมาณออกซิเจนได้ 3 กลุ่ม คือ พวกที่ใช้อากาศหมักอย่างแท้จริง (obligate fermentative yeast) พวกที่สามารถใช้หรือไม่ใช้การหมักในการเจริญ (facultative fermentative yeast) และพวกที่ไม่ใช้การหมักในการเจริญ (non- fermentative yeast)

2.2.2 ลักษณะการเจริญในอาหารเหลวแบบให้อาหารงวดเดียว

การเพาะเลี้ยงยีสต์ในอาหารเหลวโดยให้สารอาหารพียงครั้งเดียวและบ่มในสภาวะที่เหมาะสม การเจริญของยีสต์ ณ เวลาต่าง ๆ จะมีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 5 ระยะ ดังนี้

2.2.2.1 ระยะปรับตัว (lag phase) เป็นระยะที่ไม่มีการเจริญหรืออัตราการเจริญจำเพาะเป็นศูนย์ เนื่องจากยีสต์พบการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารหรือสภาพแวดล้อมทางกายภาพใหม่ ระยะเวลาของช่วงเริ่มต้นจะนานเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่เจริยอยู่ ปริมาณยีสต์เริ่มต้น และลักษณะของยีสต์ก่อนที่จะนำมาเพาะเลี้ยง

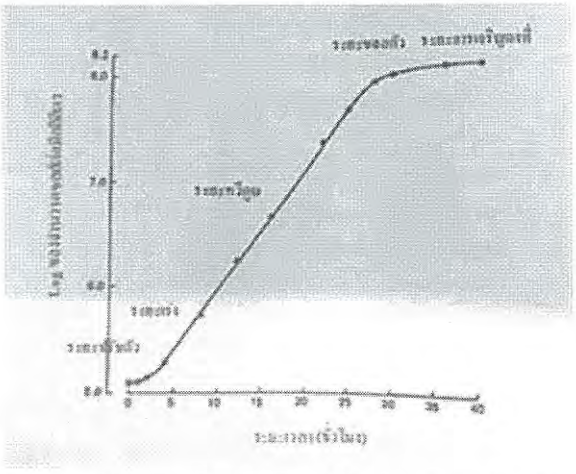
2.2.2.2 ระยะเร่ง (acceleration phase) เป็นระยะต่อจากระยะเริ่มต้น เซลล์เริ่มปรับตัวเข้าสภาพแวดล้อมที่เจริญอยู่ได้และเริ่มแบ่งเซลล์ ระยะนี้อัตราการเพิ่มจำนวนของยีสต์

2.2.2.3 ระยะทวีคูณ เป็นระยะที่เซลล์เพิ่มจำนวนแบบทวีคูณในอัตราคงที่และเป็นระยะที่อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด ซึ่งมีค่ามากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของยีสต์และสภาพแวดล้อมของการเจริญ (Rezaei, 2014)

2.2.2.4 ระยะชลอตัว (deceleration phase) เกิดขึ้นหลังระยะการเจริญแบบทวีคูณ เซลล์อยู่ในสภาวะเริ่มขาดแคลนอาหาร เกิดการสะสมเมทาบอไลท์ที่ยับยั้งการเจริญ และเซลล์เกิดการเกาะกลุ่มตกตะกอนจำนวนมาก ระยะนี้เซลล์ยีสต์เริ่มเจริญช้าลง

2.2.2.5 ระยะการเจริญคงที่ เป็นระยะที่เซลล์อยู่ในสภาพขาดสารอาหาร อัตราการเจริญในระยะนี้เท่ากับศูนย์ ระยะคงที่นี้แสดงถึงความสามารถของการอยู่รอดภายใต้สภาวะขาดสารอาหารโดยไม่มีการเติมอาหารเพิ่ม ซึ่งยีสต์บางชนิดอาจอยู่รอดได้นานนับเดือน (Serio และคณะ, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การเจริญของยีสต์ในระบบให้อาหารงวดเดียว (อรุณ, 2557)

2.2.3 การตรวจวัดการเจริญ

ตารางที่ 2.1 วิธีตรวจวัดการเจริญของยีสต์

วิธี	ลักษณะ
การวัดทางตรง -วัดจำนวนเซลล์	-ใช้เครื่องมือนับเซลล์ เช่น ฮีมาไซโทมิเตอร์ (hemacytometer) เครื่องนับเซลล์อิเลกทรอนิกส์ (electronic count, coulter) และเครื่องเลเซอร์โฟล์ไซโทมิเตอร์ (laser-flow cytometer)
-วัดมวลเซลล์	-การหาน้ำหนักเซลล์เปียก การหาน้ำหนักเซลล์แห้ง หรือการหาค่าความขุ่น
-วัดปริมาณของเซลล์	-การปั่นเหวี่ยง (centrifugation) ให้เซลล์ตกตะกอน หรือใช้เครื่องวิเคราะห์ขนาดเซลล์อิเลกทรอนิกส์ (electronic size analyzer)

ที่มา : (อรุณ, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 วิธีตรวจวัดการเจริญของยีสต์

วิธี	ลักษณะ
การวัดทางอ้อม -วัดองค์ประกอบทางฟิสิกส์และเคมีของเซลล์ -วัดเมแทบอลิซึมของเซลล์	-ตรวจวัดปริมาณมวลโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ เช่น ไขมัน โปรตีน พอลิแซคคาไรด์ และไกลโคเจน เป็นต้น -ตรวจวัดการใช้แหล่งคาร์บอน ออกซิเจน ปริมาณการผลิตกรดหรือคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

ที่มา : (อรุณ, 2557)

2.2.4 การเก็บรักษาสายพันธุ์ยีสต์บริสุทธิ์

การเก็บรักษาสายพันธุ์ยีสต์ที่ดีควรทำให้เซลล์มีชีวิตรอดได้มากที่สุดและไม่เสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรม โดยทั่วไปวิธีการเก็บรักษาสายพันธุ์ยีสต์ มีดังนี้

2.2.4.1 การถ่ายเชื้อเป็นระยะ (subculturing) เป็นการเพาะเลี้ยงยีสต์ในหลอดอาหารเอียง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (0-4 องศาเซลเซียส) ควรปิดทับหน้าอาหารที่มียีสต์เจริญอยู่ด้วยน้ำมันแร่ (mineral oil) เพื่อให้เกิดสภาพไร้อากาศก็จะทำให้อัตราการเจริญของยีสต์ลดลง และควรเปลี่ยนอาหารใหม่เป็นระยะ

2.2.4.2 การทำให้แห้ง (desiccation) โดยทำให้เซลล์ยีสต์เคลือบอยู่บนกระดากรองหรือ เม็ดซิลิกาเจล (silica gel) เป็นวิธีที่ง่ายและไม่ทำให้เกิดการกลาย

2.2.4.3 เอล-ดรายอิง (L-drying) โดยทำให้เซลล์ยีสต์ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวอยู่ในสภาพแห้งจากการดึงน้ำออกโดยตรงในระบบสุญญากาศ วิธีนี้ใช้ได้กับยีสต์ส่วนใหญ่ยกเว้นพวกที่เป็นเส้นใย พวกทนความแห้ง และพวกที่เจริญได้ในที่เย็น วิธีนี้จะให้ผลไม่ดีนัก

2.2.4.4 ไลโอฟิไลเซชัน (lyophilization) เป็นการทำให้เซลล์แห้งโดยใช้ความเย็นจัด ซึ่งมามารถทำได้โดยการเพาะเลี้ยงยีสตีในอาหารเหลวที่ผสมสารป้องกันเซลล์ (cytoprotectant) แล้วนำไปเข้าเครื่องไลโอฟิไลเซชัน (lyophilization) ให้ความเย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส หรือ -40 องศาเซลเซียส จนกระทั่งของเหลวเป็นน้ำแข็ง จากนั้นดึงไอน้ำจากน้ำแข็งออกจากหลอดแก้วแอมพูลที่เก็บยีสต์ด้วยเครื่องปั๊มอากาศจนแห้งสนิทภายใต้สภาวะไร้อากาศ วิธีนี้ใช้เก็บรักษายีสต์ได้นานนับสิบปี

2.2.4.5 การแช่แข็ง (freezing) โดยการนำเซลล์ยีสต์ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งหรืออาหารเหลวที่มีสารป้องกันเซลล์อยู่ นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ถึง -80 องศาเซลเซียส ในตู้แช่แข็ง (freezer) วิธีนี้จะทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่ำลง อัตราการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอดชีวิตของเซลล์มีปานกลาง การแช่แข็งแล้วนำมาละลสย (freeze-thawing) อาจทำให้สารพันธุกรรมได้รับความสียหายได้ การแช่แข็งอีกวิธีหนึ่งคือการแช่ในไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) โดยนำเซลล์ที่เพาะอยู่ในอาหารเหลวซึ่งมีสารป้องกันเซลล์ เช่น กลีเซอรอล ร้อยละ 5-20 เพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งภายในเซลล์ นำไปแช่แข็งในถังที่บรรจุไนโตรเจนที่มีอุณหภูมิประมาณ -196 องศาเซลเซียส วิธีนี้ช่วยให้เซลล์ยีสต์มีอัตราการอยู่รอดสูงและสารพันธุกรรมไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เป็นวิธีที่ลงทุนสูงและต้องเติมไนโตรเจนเหลวเป็นระยะเนื่องจากมีการระเหย

2.3 กล้วยหอม

รูปที่ 2.3 กล้วยหอม

กล้วยหอม ชื่อสามัญ Gros Michel มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ Musa *sapientum Linn.Fam* จัดเป็นพืชเศรษฐกิจ เป็นผลไม้เขตร้อน (tropical fruit) ปลูกมากบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออก แบ่งตามอัตราการหายใจ จัดเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit

ลักษณะทั่วไป ลำต้นเป็น ลำต้นเทียมสูงประมาณ 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร ตามลำต้นด้านนอกมีประสีดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน เส้นลายมีสีชมพู ใบ ก้านใบมีร่องกว้าง และมีปีก เส้นกลางใบมีสีเขียว ดอก ก้านช่อดอกมีขนใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง มีไข ด้านในสีแดงซีด ผล เครือหนึ่งมี 4-6 หวี หวีละ 12-16 ผล ปลายผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีจุกเห็นชัดเปลือกบางเมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทองแต่ที่ปลายจุกจะมีสีเขียวแล้วเปลี่ยนสีภายหลัง เนื้อสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอม รสหวาน เขียวอมน้ำเงินหรือเขียวอมส้ม มีทั้งผิวขรุขระและผิวเรียบ ก้านผลสั้นเป็นห้าเหลี่ยม เนื้อในมีสี เหลืองอมส้มและเหลืองอมเขียว เมล็ดมีรูปร่างคล้ายรูปไข่แบน (เบญจมาศ, 2555)

2.3.1 ชนิดของกล้วย

ชนิดที่นิยมปลูกกันมากเป็นการค้า ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม และกล้วยไข่ สำหรับกล้วยหอมที่ปลูกกันมากที่อยู่ 3 พันธุ์ คือ กล้วยหอมทอง ปลูกมากในจังหวัดฉะเชิงเทรา ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ปทุมธานี นนทบุรี นครปฐม และธนบุรี ส่วนกล้วยหอมเขียว และกล้วยหอมค่อมนั้นปลูกกันมากทางภาคใต้ สำหรับกล้วยไข่ ปลูกมากในจังหวัดกำแพงเพชร ส่วนกล้วยน้ำว้าปลูกกันทั่วๆ ไปกระจายอยู่ทั่วทั้งประเทศ ปลูกมาก ได้แก่ จังหวัดสุโขทัย พิษณุโลก เชียงใหม่ ฉะเชิงเทรา และจังหวัดในภาคกลาง

การเก็บรักษาผลกล้วย

กล้วยสามารถเก็บรักษาได้ดีที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 11 องศาเซลเซียส กล้วยจะเกิดอาการสะท้ายหนาว (chilling injury) เมื่อนำกล้วยดิบออกมาจากห้องเก็บรักษา ควรบ่มให้กล้วยสุกที่อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ และหากมีเอทิลีนช่วยเร่งให้กล้วยสุกเร็วขึ้นด้วย กล้วยหอมทองสามารถเก็บรักษาได้ดีในบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 11.7 องศาเซลเซียส ได้ 20 วัน

คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอม

กล้วยอุดมไปด้วยน้ำตาลจากธรรมชาติรวมถึง 3 ชนิดเลยทีเดียวนั่นก็คือ ซูโครส กลูโคส และฟรุคโทส ซึ่งช่วยเพิ่มพลังงานให้แก่ร่างกายนั่นเอง นอกจากนี้แล้วในกล้วยยังอุดมไปด้วยเส้นใยและกากอาหาร และยังวิตามินและแร่ธาตุนาๆชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแมกนีเซียม คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี6 วิตามินบี 12 และ วิตามินซี เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทองสุก พบว่ามีส่วนประกอบต่อ 100 กรัม ดังนี้

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
พลังงาน	88 กิโลแคลอรี่
น้ำ	74.8 เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	1.2 เปอร์เซ็นต์
ไขมัน	0.2 เปอร์เซ็นต์
น้ำตาล	20.4 เปอร์เซ็นต์
แป้ง	1.2เ ปอร์เซ็นต์
เถ้า	0.8 เปอร์เซ็นต์
วิตามินเอ	430 หน่วยสากล
วิตามินบีหนึ่ง	0.04 มก.
วิตามินบีสอง	0.05 มก.
ไนอะซิน	0.47 มก.
วิตามินบีหก	0.52 มก.
วิตามินซี	10.0 มก.
แคลเซียม	8.0 มก.
ฟอสฟอรัส	28.0 มก.
โพแทสเซียม	300-450 มก.
แมกนีเซียม	31-42 มก.
กำมะถัน	13.0 มก.
คลอรีน	78-125 มก.
เหล็ก	0.6 มก.
โซเดียม	0.006-0.415 มก.
แมงกานีส	0.64-0.82 มก.
ทองแดง	0.16-0.21 มก.
ไอโอดีน	0.02 มก.
สังกะสี	0.28 มก.

ที่มา : (เบญจมาศ, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการสูง คุณค่าทางอาหารของผลกล้วย 4 ชนิด

คุณค่าทางโภชนาการ	กล้วยหอมทอง	กล้วยไข่	กล้วยหักมุก	กล้วยน้ำว้า
น้ำ %	77.19	70.66	72.03	69.02
ไขมัน %	0.73	0.84	0.83	0.76
โปรตีน %	1.82	1.45	1.18	0.89
น้ำตาล %	16.42	18.41	16.49	22.20
เถ้า %	0.65	0.61	0.54	0.72
แคลเซียม %	14.72	13.54	21.76	19.99
ฟอสฟอรัส %	21.08	24.71	28.79	25.09
เหล็ก %	8.71	6.71	8.27	11.39
วิตามินซี %	11.06	16.9	14.99	18.35

ที่มา : (เบญจมาศ, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ข้าวโพด

รูปที่ 2.4 ข้าวโพด

ลักษณะของข้าวโพด ข้าวโพด มีชื่อวิทยาศาสตร์: *Zea mays* Linn. เป็นพืชเลี้ยงเดี่ยว ตระกูลเดียวกับหญ้า ส่วนที่ใช้บริโภค คือเมล็ด จัดอยู่ในกลุ่มเมล็ดธัญพืช

ต้นข้าวโพด จัดเป็นไม้ล้มลุกจำพวกหญ้า มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ ในปัจจุบันมีการปลูกทั่วไปในเขตร้อนและในเขตอบอุ่นทั่วโลก ลำต้นนั้นมีลักษณะอวบกลมและตั้งตรงแข็งแรง มีความสูงของต้นประมาณ 1-4 เมตร ผิวต้นเรียบ เนื้อภายในฟ่ามคล้ายกับฟองน้ำ

ใบข้าวโพด ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ ใบมีลักษณะเรียวยาวเป็นรูปขอบขนาน ปลายใบแหลม โคนใบมน ส่วนขอบใบมนและมีขนอ่อน ๆ สีขาว เส้นกลางใบมองเห็นได้ชัดเจน ใบมีขนาดกว้างประมาณ 2-10 เซนติเมตร และยาวประมาณ 30-100 เซนติเมตร ส่วนก้านใบเป็นกาบหุ้มลำต้น

ดอกข้าวโพด ออกดอกเป็นช่อ ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียจะอยู่ในต้นเดียวกัน โดยดอกเพศผู้จะออกดอกเป็นช่อและออกที่ปลายยอด ส่วนดอกเพศเมียจะอยู่ต่ำถัดลงมาออกระหว่างกาบของใบและลำต้น เรียงเป็น 2 แถว มีประมาณ 8-18 ดอก ดอกย่อยจะมีก้านเกสรเพศผู้จำนวน 9-10 อัน และมีอับเรณูสีเหลืองส้ม ยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร ส่วนยอดเกสรเพศเมียเป็นเส้นบาง ๆ ยื่นออกมาเป็นจำนวนมาก คล้ายกับเส้นไหมจำนวนมาก (บ้างก็เรียกว่าหนวดข้าวโพด) โดยจะอยู่ระหว่างกาบใบและลำต้น และดอกเพศเมียเมื่อเจริญเติบโตแล้วก็จะออกเป็นฝักหรือเรียกว่าผล

ผลข้าวโพด ออกผลเป็นฝัก ผลถูกหุ้มไปด้วยกาบบาง ๆ หลายชั้น ฝักอ่อนเป็นสีเขียวเมื่อแก่แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีนวล เรียกว่าเปลือกข้าวโพด ฝักมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ในหนึ่งฝักจะมีเมล็ดอยู่รอบฝักเรียงเป็นระเบียบรอบแกนกลางของฝัก เมล็ดจะเกาะอยู่เป็นแถวประมาณ 8 แถว แต่ละแถวจะมีเมล็ดประมาณ 30 เมล็ดและมีสีต่าง ๆ กัน เช่น สีนวล เหลือง ขาว หรือสีม่วงดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของข้าวโพด จัดออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

1. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือข้าวโพดไร่ (field corn)

ข้าวโพดหัวแข็ง (Fint corn) เป็นสายพันธุ์ที่ส่วนบนสุดของเมล็ด มักมีสีเหลืองจัดและเมื่อแห้งจะแข็งมาก มีโปรตีนสูง ข้าวโพดชนิดนี้สำคัญมากและนิยมปลูกกันมากในประเทศสหรัฐอเมริกา ข้าวโพดหัวแข็งภายในเมล็ดมีรงควัตถุประเภทแคโรทีนอยด์ คือ บีตา-คริพโตแซนทิน (beta-cryptoxanthin) ซึ่งเป็นโปรวิตามินเอ สารนี้เมื่อสัตว์ได้รับเข้าไป ร่างกายสัตว์จะเปลี่ยนสารนี้ให้เป็นวิตามินเอ (vitamin A) ได้ นอกจากนี้สารนี้ยังช่วยให้ไข่แดงมีสีแดงเข้ม ช่วยให้ไก่มีผิวหนัง ปาก เนื้อ และหน้าแข้งมีสีเหลืองเข้มขึ้น ข้าวโพดหัวบุ๋ม หรือหัวบุบ (Dent corn) เป็นชื่อเรียกตามลักษณะของเมล็ดข้าวโพด เพราะเมื่อเมล็ดแห้งแล้วตรงส่วนหัวบนสุดจะมีรอยบุ๋มลงไป สีของเมล็ดมีตั้งแต่ขาวไปจนถึงเหลือง ส่วนของแป้งมีสีขาว มีโปรตีนน้อยกว่าพวกข้าวโพดหัวแข็ง

2. ข้าวโพดหวาน (Sweet corn) มีน้ำตาลสูง และมีรสหวานอร่อย มีสีเหลืองเข้ม ใช้รับประทานฝักสด โดยนำมาต้มให้สุก ใช้ประกอบอาหาร หรือนำไปแปรรูปเป็นข้าวโพดกระป๋อง เมล็ดมักจะใสและเหี่ยวเมื่อแก่เต็มที่ เพราะมีน้ำตาลมาก

3. ข้าวโพดคั่ว (Pop corn) เป็นข้าวโพดที่เมล็ดมีขนาดเล็ก เมล็ดมีลักษณะแหลม เรียกว่า ข้าวโพดข้าว (rice corn) ถ้าเมล็ดกลม เรียกว่า ข้าวโพดไข่มุก (Pearl corn) มีเยื่อหุ้มเมล็ดหนาและเหนียว เมื่อนำมาคั่วจะเกิดแรงดันภายในแล้วทำให้แตกระเบิด พองออก

4 ข้าวโพดแป้ง (Flour corn) มีสตาร์ช (starch) เป็นส่วนประกอบหลัก ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตแป้งข้าวโพด หรือสตาร์ช ข้าวโพด

5. ข้าวโพดเทียนหรือข้าวโพดข้าวเหนียว (Waxy corn) เป็นข้าวโพดที่คนใช้รับประทาน โดยนำฝักมาต้มให้สุกมีลักษณะเฉพาะคือ นุ่มเหนียว เพราะในเนื้อส่วนที่เป็นแป้ง จะประกอบด้วยสตาร์ชที่เป็นพวกแอมิโลเพกทิน (amylopectin) สูง

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพด

ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวโพดที่สามารถรับประทานได้หนัก 100 กรัม ประกอบด้วยน้ำ 10 กรัม โปรตีน 10 กรัม ไขมัน 4.5 กรัม คาร์โบไฮเดรต 70 กรัม เส้นใย 2 กรัม เถ้า 2 กรัม พลังงานเฉลี่ย 1,525 กิโลจูลต่อ 100 กรัม มีโปรตีนชนิดซีน (zein) 6-15 เปอร์เซ็นต์ และได้มีการปรับปรุงพันธุ์โดยใช้ยีน Opaque-2 ให้มีการสร้างกรดอะมิโนที่จำเป็นในปริมาณสูงสองชนิด คือทริปโทเฟน (tryptohane) และไลซีน (lysine)

แป้งที่เก็บสะสมไว้ในเอนโดสเปิร์มประกอบด้วยแอมิโลเพคทิน 67 เปอร์เซ็นต์ แอมิโลส 33 เปอร์เซ็นต์ เอนโดสเปิร์มมีน้ำหนักประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ด มีฟอสฟอรัส และแคลเซียมน้อย มีโปรตีน 67 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมดที่พบในเมล็ด มีปริมาณของไขมันและเกลือแร่ที่พบในจมูกข้าวหรือเอ็มบริโอมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของที่พบทั้งหมดในเมล็ด โดยเอ็มบริโอมีน้ำหนักประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดที่มีสีเหลืองอุดมไปด้วยโปรวิตามินเอ (provitamin A) ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปเป็นคริพโทแซนทิน (cryptoxanthin) โดยวิตามินที่พบในข้าวโพดทั้งหมดถูกพบที่ชั้นเนื้อเยื่อซึ่งอยู่ล้อมรอบเอนโดสเปิร์มและชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) แป้งข้าวโพดมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตขนมปัง เนื่องจากขาดกลูเตน (gluten) ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบเป็นปริมาณมากในข้าวสาลี เมล็ดข้าวโพด 1,000 เมล็ดหนักประมาณ 250-300 กรัม

2.6 งาดำ

รูป 2.5 งาดำ

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sesamum indicum* L.

การจำแนกทางพฤกษศาสตร์

Class	Angiospermae
Subclass	Dicotyledonae
Family	Pedaliaceae
Genus	*Sesamum*
Species	*S. indicum*

ลักษณะของงาดำไม้ล้มลุก สูงประมาณ 30-100 เซนติเมตร ลำต้นเป็นเหลี่ยม มีร่องตามยาวของลำต้น มีขนปกคลุม ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงตรงข้ามหรือสลับ ลักษณะใบเป็นรูปไข่ หรือรูปใบหอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้างประมาณ 2-5 ซม. ยาวประมาณ 6-10 ซม. ดอกเป็นดอกเดี่ยว เป็นหลอด ออกที่ซอกใบ กลีบดอกสีขาวหรือสีชมพู ออกโดยรอบลำต้นตอนบน ผลเป็นผลแห้ง มี 4 พู เมล็ดแบน ขนาดเล็ก มีจำนวนมาก รูปไข่ สีดำ เรียก"งาดำ" สีขาวหรือสีนวล เรียก" งาหม่น" ส่วนที่ใช้ : ดอกงา เมล็ดงา (ศัลยา, 2547)

คุณค่าทางโภชนาการ

งาดำอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ อย่างวิตามินบี1 บี2 บี3 บี5 บี6 บี9 แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส สังกะสี เหล็ก เป็นต้น โดยสามารถช่วยบำรุงร่างกายเกือบทุกสัดส่วน ไม่ว่าจะเป็น ผม ผิวพรรณ กระดูก เล็บ ระบบขับถ่าย การบำรุงหัวใจ จึงเหมาะกับทุกวัย แม้กระทั่งเด็กที่มีอาการป่วยอยู่แล้ว หรือผู้หญิงที่กำลังก้าวเข้าสู่วัยทอง งาดำจะจำเป็นอย่างมาก เพราะจะช่วยป้องกันโรคภาวะกระดูกพรุนอย่างได้ผล และยังช่วยกระตุ้นการเผาผลาญไขมัน ลดคอเลสเตอรอล ช่วยเสริมประสิทธิภาพของ วิตามินอี. มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงและยังมีฤทธิ์ต่อต้านการอักเสบ (anti – inflammatory effect) ได้ทุกชนิด ตั้งแต่การอักเสบของกระดูก การอักเสบของตับ ปอด และอื่น ๆ (Adawy, 1995)

ประโยชน์ของงาดำ

1.งาดำ มีความสำคัญอย่างมากต่อความสมบูรณ์ของร่างกาย

2. ช่วยชะลอความแก่ คงความอ่อนเยาว์

3. ช่วยบำรุงผิวพรรณให้เปล่งปลั่งสดใส ชุ่มชื้น ช่วยชะลอการเกิดริ้วรอยแห่งวัย

4. ช่วยซ่อมแซมและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับผิวหนังของคุณ

5. ประโยชน์ของงาดำช่วยบำรุงรากผมให้แข็งแรง และช่วยให้ผมดกเงางาม

6. ช่วยป้องกันผมหงอก

7. ช่วยเพิ่มพลังงานและความแข็งแรงของร่างกาย

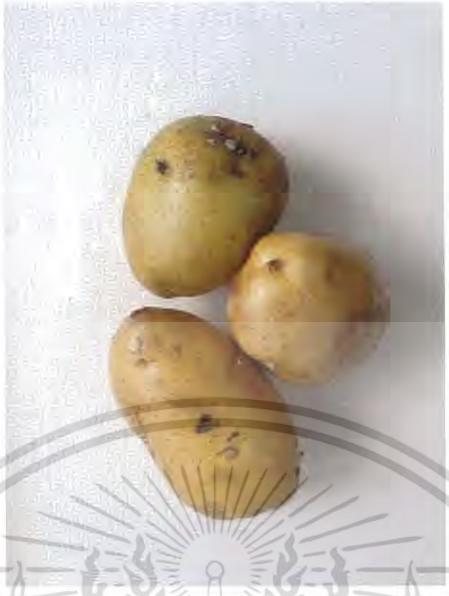
8. ช่วยในการเผาผลาญและสลายไขมัน ลดความอ้วน

9. ช่วยลดการดูดซึมและการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล

10. ช่วยป้องกันหลอดเลือดแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 มันฝรั่ง



รูปที่ 2.6 มันฝรั่ง

มันฝรั่ง (potato หรือ Irish potato) เป็นพืชหัว (tuber crop) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า โซลานัม ทูเบอโรซุม (*Solanum tuberosum*) อยู่ในตระกูล โซลานาซี (Solanaceae) มันฝรั่งจัดเป็นพวกพืชล้มลุก เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นำมาประกอบเป็นอาหารได้หลายชนิด และยังเป็นวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้อีกหลายชนิด

ลักษณะของมันฝรั่ง อายุตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 4 ถึง 5 เดือน ลำต้นสูงประมาณ 1-2 ฟุต หัวเกิดจากลำต้นใต้ดิน 1 ต้นจะให้หัว 8-10 หัว ผลมันฝรั่งแต่ละผลมีลักษณะเล็กกลม สีเขียวหรือน้ำตาล ติดกันเป็นพวงหัวเกิดจากไหลอันเป็นลำต้นที่เปลี่ยนแปลงไป หัวมันฝรั่ง มีตาอยู่โดย รอบในลักษณะวงกลม ที่ตามีเกล็ด (scale) ซึ่งรูปร่างคล้ายจานสำหรับป้องกันตามิให้ได้รับอันตราย

สายพันธุ์ของมันฝรั่ง

พันธุ์เมอร์คา เป็นพันธุ์ค่อนข้างเบา อายุตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 110-120 วัน ผลผลิตสูง หัวยาวรี ตาที่หัวตื้น เนื้อในเหลืองอ่อนถึงสีเหลือง มีใบมากพอสมควรและต้านทานความแห้งแล้งได้ดี ไม่ต้านทานต่อโรคใบไหม้ แต่ต้านทานต่อโรคใบม้วนและเชื้อไวรัสได้ดี

พันธุ์สปันตา เป็นพันธุ์ค่อนข้างเบา ให้ผลผลิตสูง หัวใหญ่และยาว ตาที่หัวตื้น เนื้อในสีเหลืองอ่อน ใบมากพอสมควร ต้านทานต่อความแห้งแล้งได้ดี ต้านทานโรคใบไหม้ดีพอสมควร เป็นโรคใบม้วนได้ง่าย แต่ต้านทานต่อเชื้อไวรัสและโรควอร์ทได้ดี เนื้อในเมื่อต้มแล้วแน่น และนอกจากนั้นยังมีสีเนื้อในสม่ำเสมอด้วย

พันธุ์โดนาตา (Donata) เป็นพันธุ์ที่ค่อนข้างหนัก อายุตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 130-140 วัน พันธุ์นี้เป็นพันธุ์ลูกผสมซึ่งเกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ แพเทอร์สันส์วิกตอเรีย (Patersons

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Victoria) และ บลูดอน (Blue Don) เจริญเติบโตรวดเร็ว ลำต้นแข็งแรง ใบค่อนข้างใหญ่และใบมีสีเขียวอ่อน หัวมีขนาดใหญ่และมีลักษณะรี หัวมีขนาดสม่ำเสมอ ผิวหัวสีเหลืองอ่อนผิวเรียบ ตาตื้น เนื้อในสีขาว เป็นโรควอร์ท โรคใบไหม้ และโรคสแคบ (Scab) ค่อนข้างง่าย แต่ต้านทานโรคใบม้วนได้ดี

พันธุ์เคนนีเบค (Kennebec) เป็นพันธุ์ดั้งเดิมของสหรัฐอเมริกา แต่ปัจจุบันนำไปขยายและผลิตหัวพันธุ์ในหลายประเทศ เช่น แคนนาดา เนเธอร์แลนด์ สก็อตแลนด์ และออสเตรเลีย นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2521 ใบใหญ่ พุ่มหนา หัวกลมรี ทรงรูปไข่ ตาตื้น ผิวสีเหลืองอ่อนเรียบ เนื้อสีขาว ทนแล้งได้ดี

พันธุ์แอตแลนติก (Atlantic) มีถิ่นกำเนิดในสหรัฐอเมริกา เป็นพันธุ์ค่อนข้างเบา มีอายุเก็บเกี่ยว 100-120 วัน ลักษณะหัวกลมขนาดปานกลาง ผิวสีเหลือง เนื้อสีขาวครีม เป็นพันธุ์มันฝรั่งแปรรูปที่เริ่มทดลองส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกใน พ.ศ. 2534-2535 โดยบริษัทสยามสแน็ก จำกัด

คุณค่าทางโภชนาการของมันฝรั่ง

โปรตีนที่ได้จากมันฝรั่งมีคุณภาพดีกว่าโปรตีนที่ได้จากพืชอื่น ๆ เช่น ถั่วลิสง มันฝรั่ง 100 กรัม ให้พลังงาน 85 แคลอรี และ 99.9% ของผลผลิตไม่มีไขมัน นอกจากนี้มันฝรั่งยังมีธาตุแคลเซียม โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ไอโอดีน แมกนีเซียม กรดโฟลิก และวิตามิน ซี, บี-1 และบี-2

มันฝรั่ง (ดิบ) มี 85.00 แคลอรี่ (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)

มันฝรั่ง (ดิบ) มี: - 18.90 คาร์โบไฮเดรต กรัม (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 0.10 กรัมไขมัน (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 2.00 กรัมโปรตีน (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)

แร่ธาตุ

มันฝรั่ง (ดิบ) มี: - 14.00 แคลเซียม มิลลิกรัม (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 0.90 มิลลิกรัมเหล็ก (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 0.00 แมกนีเซียมมิลลิกรัม (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 58.00 ฟอสฟอรัส มิลลิกรัม (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 450.00 โพแทสเซียม มิลลิกรัม (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 4.00 โซเดียมมิลลิกรัม (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)

วิตามิน

มันฝรั่ง (ดิบ) มี: - 0.01 มิลลิกรัมวิตามิน (retinol หรือแคโรทีน) (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 0.11 มิลลิกรัมวิตามิน B1 (วิตามินบี และAneurin) (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 0.04 B2 มิลลิกรัมวิตามินหรือ riboflavin (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 0.20 มิลลิกรัมวิตามิน B6 หรือไพริดอกซิ (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 30.00 มิลลิกรัมของวิตามินซีหรือกรดแอสคอบิ (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)
- 0.06 E มิลลิกรัมวิตามินหรือโทโคฟีรอ (มันฝรั่ง (ดิบ) - อาหาร 100 กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรรพคุณของมันฝรั่ง

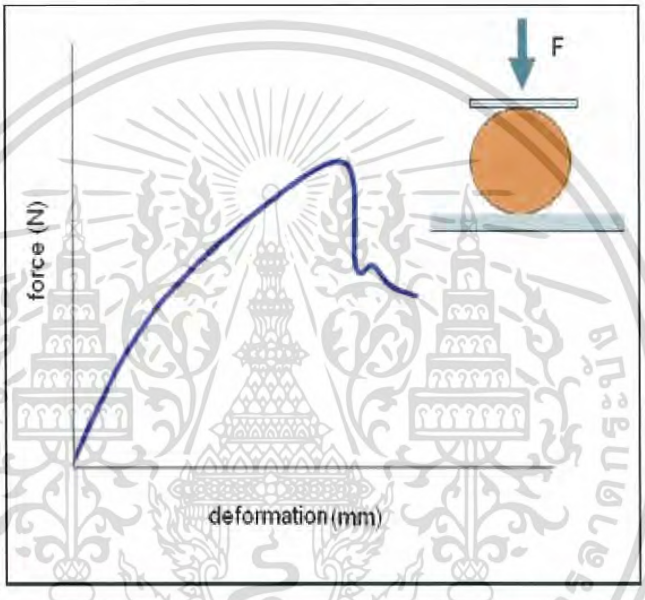
1. หัวมีสรรพคุณช่วยลดความดันโลหิตสูงและช่วยป้องกันหลอดเลือดแข็งตัว
2. ช่วยลดไขมัน ด้วยการใช้หัวมันฝรั่งมาปรุงเป็นอาหารรับประทาน
3. ช่วยป้องกันและรักษาโรคโลหิตจางได้ เพราะร่างกายจะดูดซึมธาตุเหล็กกับวิตามินซีที่มีอยู่ในหัวมันฝรั่ง ซึ่งจะช่วยในการสร้างเม็ดเลือดแดงในร่างกาย
4. ใบมีสรรพคุณช่วยทำให้หลับ
5. หัวมีสรรพคุณเป็นยาระงับประสาท
6. มันฝรั่งก็ช่วยบำรุงสมองได้ เพราะอุดมไปด้วยวิตามินบี 6 ที่เป็นตัวช่วยบำรุงระบบประสาทและสมอง ทำให้ผลิตสารสื่อประสาทได้อย่างเป็นปกติ เช่น เซโรโทนิน (ช่วยกระตุ้นอารมณ์) กาบา (ช่วยให้รู้สึกผ่อนคลาย) และอดรีนาลิน (ช่วยลดความเครียด) โดยปริมาณที่แนะนำให้รับประทานต่อวันคือ ครึ่งถึงหนึ่งถ้วยตวง (ทั้งแบบบดและแบบต้ม) และไม่ควรรับประทานมากกว่านี้ เพราะมีวิตามินซีอยู่ จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อกระเพาะอาหาร จนทำให้รู้สึกท้องอืดเฟ้อได้
7. ชาวเปรูจะนำมันฝรั่งมาทาบริเวณศีรษะเพื่อช่วยรักษาอาการปวดศีรษะ
8. มันฝรั่งมีวิตามินซีมาก จึงช่วยป้องกันไข้หวัดได้
9. นอกจากจะช่วยป้องกันหวัดแล้ว ยังช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟันได้เป็นอย่างดี

2.7 Texture Profile Analysis

รูปที่ 2.7 เครื่อง Texture analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นวิธีทดสอบเพื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analysis) ของอาหาร คิดค้นโดย A.S. Szczesniak เป็นการทดสอบโดยใช้หัวทดสอบแบบแผ่นแบนซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าขนาดของวัสดุ เป็นการให้แรงกด (compresion test) ลงบนตัวอย่างอาหาร ขนาดมาตรฐาน 2 ครั้ง เป็นการจำลองการใช้ฟันบดอาหาร การทดสอบด้วยวิธี texture profile analysis ประยุกต์ใช้วัดเนื้อสัมผัสของอาหารหลายชนิดอาหารที่อยู่ในสภาวะที่พร้อมรับประทาน ได้แก่ เนื้อสัตว์ (meat) และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เช่น แฮม ไส้กรอก เนยแข็งผัก ผลไม้ เต้าหู้ เยลลี่ เพราะคุณภาพที่ได้สัมพันธ์กับการทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) (Lampignano และคณะ, 2013)



รูปที่ 2.8 แสดงกราฟระหว่างแรงกับเวลาการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

ผลการทดสอบจะได้กราฟระหว่าง แรง (force,N) กับเวลา หรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (deformation) (รูปที่ 2.11) ที่ได้จากการทดสอบ เรียกว่า กราฟ TPA สามารถนำมาหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายเนื้อสัมผัสของอาหารได้หลากหลาย ดังนี้

- Hardness แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดหรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก หรือแรงที่ทำให้ขนมปังแยกกันอย่างสมบูรณ์ มีหน่วยเป็นหน่วยของแรง เช่น นิวตัน (N)

- Cohesiveness เป็นพลังงานยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร หรือค่าความเหนียวของเนื้อขนมปัง หาได้จาก อัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่เป็นค่าบวกของการกดหรือการเคี้ยวครั้งที่ 2 (Area 2) และครั้งที่ 1 (Area 1) ค่านี้จะไม่มีหน่วย

$$\text{cohesiveness} = \text{Area 2}/\text{Area 1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Area เป็นค่าพื้นที่ใต้กราฟของค่า Stiffness(ความแกร่ง) ซึ่งค่าพื้นที่ใต้กราฟจะแปรผันตามค่าความแกร่ง มีหน่วยเป็น Nmm

- Stiffness เป็นค่าความแกร่งของเนื้อขนมปัง ค่านี้ยิ่งน้อยแสดงให้เห็นว่าเนื้อขนมปังมีความพองฟูมาก มีหน่วยเป็น gf/cm

- Gumminess พลังงานที่ทำให้อาหารกึ่งของแข็ง ซึ่งมีค่าความแข็งน้อย (hardness) แต่พลังงานยึดเกาะกันภายใน (cohesiveness) สูง หรือค่าพลังงานที่ทำให้ขนมปังแตกออกจนสามารถกลืนได้ มีหน่วยเป็น N

gumminness = hardness x cohesiveness

- Springiness หมายถึงค่าการคืนตัวของเนื้อขนมปังเมื่อถูกแรงกดครั้งที่ 1 หรือระยะทางที่วัสดุเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างที่วัดได้จากการกดถึงแรงสูงสุดครั้งที่สองเท่านั้น แต่การอธิบายในลักษณะนี้จะทำให้การเปรียบเทียบสามารถทำได้กับตัวอย่างที่มีความสูงเริ่มต้นเท่ากัน มีหน่วยเป็น mm

- Chewiness พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร มีหน่วยเป็น Ncm

chewiness=gumminess x springiness

หรือ

chewiness =hardness x cohesiveness x springiness

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 Adawy (1995) พบว่าผลิตภัณฑ์จากงา (ทำเป็นอาหาร, งาคั่ว และโปรตีนจากงานั้นมีปริมาณที่สูง) จากงานวิจัยนี้ทำโดยการเพิ่มแป้งสาลีสีแดงผสมให้โปรตีนอยู่ในระดับต่าง ๆ กัน ได้แก่ 14 เปอร์เซ็นต์ 16 เปอร์เซ็นต์ 18 เปอร์เซ็นต์ และ20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ คุณสมบัติของแป้งโด (Dough) ประเมินได้จากปริมาณเปลือกสี และเนื้อขนมปังรวมทั้งกลิ่นรส ซึ่งเป็นคุณภาพโดยรวมของขนมปัง ในส่วนของการดูดซึมน้ำเวลาเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) รวมทั้งระดับโปรตีนที่เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ในขณะที่ความหนาแน่นของแป้งจะลดลง ผลิตภัณฑ์จากงา ที่เพิ่มลงไปในแป้งสาลีที่ระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของขนมปังจึงส่งผลให้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) นอกจากนี้การเพิ่มงาลงไปในขนมปังยังช่วยส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของ โปรตีน เกลือแร่ และกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมด โดยเฉพาะไลซีนยังทำการทดลองโดยการย่อยโปรตีน และคำนวณคุณค่าทางชีวภาพของงาอีกด้วย

2.8.2 Birch และคณะ (2013) พบว่ายีสต์ขนมปังทางการค้าประกอบด้วยเป็นสายพันธุ์ยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ยีสต์อาจจะมีความแตกต่างที่หลากหลายในแต่ละยีสต์ขนมปัง ซึ่งอาจมีผลต่อระยะเวลาในการหมักโด วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การตรวจสอบการขยายตัวของโดที่หมักโดยใช้ยีสต์ขนมปังทางการค้าเจ็ดชนิดที่มีความเข้มข้นของยีสต์ที่แตกต่างกันออกไป คือ $2.88 \cdot 10^{11}$, $5.76 \cdot 10^{11}$ และ $8.64 \cdot 10^{11}$ colony forming units/kg flour และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก คือ 5 องศาเซลเซียส 15 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ35 องศาเซลเซียส ในการขยายตัวของโดจะมีการตรวจสอบโดยตรวจสอบการขยายตัวของโดและพบว่ามีการอธิบายไว้เป็นอย่างดีโดยวิธี first order kinetic mode การหมักโดด้วยยีสต์ทางการค้า 4 ชนิดแรกของยีสต์ทางการค้าทั้งหมด 7 ชนิด ในอัตราการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ที่สูงขึ้นโดยทั่วไปและด้วยเหตุนี้ระยะเวลาในการหมักโดจะสั้นกว่าเมื่อเทียบกับการหมักกับอีกยีสต์ทางการค้า 3 ชนิดหลัง การหมักที่ใช้ระยะเวลาในการหมักที่สั้นที่สุด โดยจะพบการหมักโดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและมีความเข้มข้นของยีสต์สูงสุด พบว่ายีสต์ขนมปังทางการค้า 7 ชนิด มีแนวโน้มที่จะผ่านการทดสอบทั้งหมด ความแตกต่างในอัตราการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง บ่งบอกถึงความแตกต่างของสายพันธุ์ยีสต์ในหมู่ยีสต์ขนมปังทางการค้าที่เน้นความสำคัญของการเลือกยีสต์ขนมปังที่ดี เมื่อดูจากระยะเวลาในการหมักโด

2.8.3 Lampignano และคณะ (2013) พบว่าการทำแบบประเมินและการหาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่มีความโดดเด่นแตกต่างกันอย่างชัดเจนผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณยีสต์ทำให้มีปริมาณของเนื้อตัวอย่างขนมปังเพิ่มมากขึ้น มีผลต่อการลดลงของแรงกดของตัวอย่างขนมปังและในเรื่องความเหนียวแน่นของตัวอย่างขนมปังที่ลดลงตามมาอีกด้วย นอกจากนี้ผลของการศึกษา ลักษณะการกระจายตัวของฟองอากาศในตัวอย่างขนมปังที่มีขนาดเล็กและมีปริมาณมากนั้นนำไปสู่โครงสร้างของตัวอย่างขนมปังที่มีความแข็งกระด้าง ซึ่งผลของการพบลักษณะของตัวอย่างขนมปังในรูปแบบนี้ตรวจสอบโดยการใช้คุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านประสาทสัมผัสการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของ Microstructure มีความสำคัญต่อคุณภาพโดยรวมของขนมปัง เช่น กลิ่นและ คุณลักษณะภายนอกของขนมปังที่แสดงให้เห็น

2.8.4 Lezama และคณะ (2016) พบว่าขนมปังที่ทำด้วยแป้งข้าวโพดในหลากหลายประเทศนิยมทำกันมากโดยการนวดด้วยมือเป็นกระบวนการนวดที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแป้งข้าวโพดเพื่อให้แคลเซียมรวมตัวกันได้ดี จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติการไหล และความร้อนของแป้ง รวมถึงคุณลักษณะเนื้อสัมผัส และโครงสร้างจุลภาคของขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวโพด nixtamalized (NCF)/ แป้งสาลี (WF) ซึ่งการวิเคราะห์ความร้อนของแป้งชี้ให้เห็นว่า NCF มีการส่งเสริมความสัมพันธ์ ระหว่างโมเลกุลของแป้ง และไขมัน โดยการรวมตัวกันของ NCF ของแป้งที่แสดงให้เห็นว่า การรวมตัวกันของแป้ง และไขมัน มีส่วนทำให้ปริมาณกลูเตนลดลง เนื่องจาก WF เปลี่ยนตัวโดย NCF อาจจะได้รับความเชื่อมโยงของแคลเซียมไอออน การวิเคราะห์ทางสัณฐานวิทยาผ่าน SEM (Scaning ElectronMicroscopy) ที่แสดงให้เห็นว่า NCF มีขนาดโครงสร้างจุลภาคที่เล็กมาก และมีรูพรุนที่เกิดจากขนมปัง ซึ่งรูพรุนนี้แสดงถึง ความแข็งขึ้นของขนมปัง นอกจากนี้จำนวนของ NCF ที่เพิ่มขึ้น นำไปสู่สีเปลือกของขนมปังที่มีความโดดเด่นด้วยความสว่างมากขึ้น และอ่อน Hue ของสีเหลืองอีกด้วย

2.8.5 Ohyango และคณะ (2011) ขนมปังที่ทำจากมันสำปะหลัง ข้าวโพด มันฝรั่ง หรือแป้งข้าว ในอัตราส่วน 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, และ50:50 รวมถึงส่วนผสมเบเกอรี่อื่นๆ ที่เป็นพื้นฐานของการทำเบเกอรี่ โดยมีน้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 6.7 เปอร์เซ็นต์ ผงไข่ขาว 6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 1.7 เปอร์เซ็นต์ และยีสต์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มปริมาณแป้งเข้าไปนั้นมีผลต่อความยืดหยุ่นของขนมปังทั้งหมด โดยขนมปังที่ทำจากมันสำปะหลัง และแป้งข้าว มีคุณสมบัติความยืดหยุ่นที่ดีกว่าข้าวโพด และมันฝรั่ง กล่าวโดยรวมคือ ความหนาแน่น และความยืดหยุ่นของขนมปังที่ทำจากมันสำปะหลัง, ข้าวโพด, มันฝรั่ง หรือแป้งข้าว พบว่าแป้งมันสำปะหลังที่ 50 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติโดยรวมดีที่สุด

2.8.6 Rezaei และคณะ (2014) ในระหว่างการทำขนมปังโดยหัวเชื้อของแป้งโดและการขยายตัวในแป้งโดจุดมุ่งหมายของการศึกษานี้เพื่อให้เข้าใจในการทำงานของยีสต์ในแป้งขนมปังโดยการทดลองเก็บเกี่ยวยีสต์ 7จุดที่สำคัญที่แตกต่างกันในการเจริญเติบโตของยีสต์ในระหว่างกระบวนการหมักการผลิตเมทาบอไลต์ (สารใด ๆ ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ ในเมแทบอลิซึมของสารอาหารที่เกิดขึ้นภายในเซลล์) และผลกระทบที่สำคัญต่อค่าพารามิเตอร์ในการหมักแป้ง เช่นเวลาที่ใช้ในการเกิดแก๊สเซลล์ยีสต์ที่เก็บเกี่ยวในช่วง diauxic shift และหลัง diauxic shift พบว่าอัตราการหมักสูงกว่าเซลล์ยีสต์ที่เก็บเกี่ยวในระยะ Exponential phaseหรือStationary phase ผลต่อจากนั้นแสดงให้เห็นว่าเริ่มมีการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ จากกระบวนการหมักแป้งโดเทียบเท่ากับอัตราการหมักยีสต์แต่ไม่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สะสมการวิเคราะห์การผลิตเมทาบอไลต์ในแป้งโดได้ค่าที่สามารถอธิบายได้การผลิตในระดับที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะทางสรีรวิทยาและความ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นในแป้งโดจากผลนี้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบทางสรีรวิทยาของยีสต์ในช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยวในกระบวนการหมักแป้งโด

2.8.7 Serio และคณะ (2001) พบว่าโดยในกระบวนการหมักแบบแบตช์ที่มีการให้อากาศที่มีกลูโคสความเข้มข้นสูง *Saccharomyces cerevisiae* เจริญอย่างรวดเร็วในระยะทวีคูณ (Exponential) ครั้งแรก มีการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์และได้ผลผลิตชีวมวลต่ำ ซึ่งชี้ว่าเมแทบอลิซึมเป็นการหมักและเมื่อใดที่กลูโคสลดลงต่ำกว่า 50-100 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดระยะปรับตัว (Lag phase) เนื่องจากเชื้อปรับตัวเองต่อสภาวะแวดล้อมใหม่ซึ่งมีกลูโคสน้อยแต่มีเอทิลแอลกอฮอล์มาก ภายใต้สภาวะนี้เอนไซม์สำหรับการหายใจของ *Saccharomyces cerevisiae* ถูกเหนี่ยวนำและกระตุ้นให้ว่องไวมีผลให้ทั้งกลูโคสและเอทิลแอลกอฮอล์เกิดเมแทบอลิซึมแบบออกซิเดชันเริ่มระยะทวีคูณที่สอง (Exponential) และผลผลิตชีวมวลถึงจุดสูงสุด ผลจากการใช้คาร์บอน 2 ชนิดเป็นลำดับโดยมีระยะปรับตัว (Lag phase) ระหว่างระยะทวีคูณ (Exponential) ทั้งสองคือปรากฏการณ์ไดออกซิก (diauxic phenomena)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 การคัดเลือกยีสต์

1.	แป้งสาลีอเนกประสงค์	300	กรัม
2.	ยีสต์	10	กรัม
3.	น้ำตาล	30	กรัม
4.	เกลือ	3	กรัม
5.	เนยสดชนิดจืด	55	กรัม
6.	น้ำเย็น	200	กรัม

ยีสต์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* มีชื่อทางการค้า10 ชนิด ดังนี้

รูปที่ 3.1 ยีสต์ชนิดที่ 1 ชื่อทางการค้า Kron jäst จากประเทศสวีเดน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 ยีสต์ชนิดที่ 2 ชื่อทางการค้า Saf-instant จากประเทศฝรั่งเศส

รูปที่ 3.3 ยีสต์ชนิดที่ 3 ชื่อทางการค้า Double Lion จากประเทศไซปรัส

รูปที่ 3.4 ยีสต์ชนิดที่ 4 ชื่อทางการค้า Angel Instant Dry Yeast จากประเทศจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 ยีสต์ชนิดที่ 5 ชื่อทางการค้า Lowan จากประเทศออสเตรเลีย

รูปที่ 3.6 ยีสต์ชนิดที่ 6 ชื่อทางการค้า Mac magic จากประเทศกรีซ

รูปที่ 3.7 ยีสต์ชนิดที่ 7 ชื่อทางการค้า Alalali จากประเทศซาอุดิอาราเบีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 ยีสต์ชนิดที่ 8 ชื่อทางการค้า Saf-levum จากประเทศฝรั่งเศส

รูปที่ 3.9 ยีสต์ชนิดที่ 9 ชื่อทางการค้า Levadura Instantanea จากประเทศเม็กซิโก

รูปที่ 3.10 ยีสต์ชนิดที่ 10 ชื่อทางการค้า Di-go จากประเทศบอสเนียเฮอร์เซโกวีนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การเพาะเลี้ยงยีสต์

1. ยีสต์ชนิดที่ 6 ชื่อทางการค้า mac magic จากประเทศกรีซ
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ yeast malt
3. น้ำกลั่น

3.1.3 การปรับปรุงสูตรขนมปัง

1.	แป้งสาลีอเนกประสงค์	300	กรัม
2.	ยีสต์	10	กรัม
3.	น้ำตาล	70	กรัม
4.	เกลือ	3	กรัม
5.	เนยสดชนิดจืด	55	กรัม
6.	น้ำเย็น	100	กรัม
7.	ส่วนผสม	100	กรัม

ส่วนผสม ได้แก่ กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง

3.2 อุปกรณ์ในการทำขนมปัง

1. ช้อนตวงปริมาตรต่างๆ
2. เครื่องชั่ง
3. เครื่องนวดแป้ง
4. ชามสแตนเลส
5. ไม้พาย
6. พิมพ์ขนมปัง
7. เขียง
8. หม้อสแตนเลส
9. เตาไฟฟ้า
10. ที่ตัดแบ่งขนมปัง
11. มีดใบเลื่อย
12. เตาอบ
13. ตะแกรง
14. แผ่นฟิล์มถนอมอาหาร
15. ครกไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์สำหรับเพาะเลี้ยงยีสต์

1. ขวดรูปชมพู่
2. จุกสำลี
3. กระดาษ
4. ยาง
5. ปิเปต
6. จุกยาง
7. บีกเกอร์
8. แท่งแก้ว
9. หลอดปั่นเหวี่ยง
10. กรรไกร
11. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
12. คิวเวตแก้ว

3.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์โภชนาการ

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ภาชนะอลูมิเนียม (Moisture can) พร้อมฝาปิด
3. ตัวอย่างอาหาร
4. ทิมเบิล (thimble)
5. ตัวอย่างอาหาร
6. ฟลาสต์สกัดไขมัน
7. คีมคีบ (forcep)
8. โถดูดความชื้น (desiccator)
9. เครื่องปั๊มสุญญากาศ
10. กระดาษกรอง what man เบอร์ 1
11. บีกเกอร์
12. แท่งแก้ว
13. ปากคีบ (tong)
14. Volumetric flask
15. Hot plate
16. ครูซิเบิล
17. ช้อนตักสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 เครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
2. เครื่องปั่นเหวี่ยง
3. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง
4. อุปกรณ์การย่อย (digestion unit)
5. อุปกรณ์การกลั่น (distillation unit)
6. อุปกรณ์การไทเทรต (titration unit)
7. เครื่องสกัดไขมันแบบ Extraction
8. Hot plate
9. เตาเผา (muffle furnace)
10. เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

3.6 สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4 93-98 เปอร์เซ็นต์)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 เปอร์เซ็นต์
3. สารละลายกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์
4. Catalyst (ตัวเร่งปฏิกิริยา) ประกอบด้วย KSO_4 98 เปอร์เซ็นต์ และ $CuSO_4$ 2 เปอร์เซ็นต์
5. สารละลายอินดิเคเตอร์ (Mix indicator) เตรียมโดยผสม 0.1 เปอร์เซ็นต์ Bromocresol green ใน 95 เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ Methyl red ใน 95 เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
6. กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 นอร์มัล
7. ปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 30-50 องศาเซลเซียส
8. สารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.01 นอร์มัล (เตรียมได้โดยเจือจางกรดกำมะถันเข้มข้น 7.14 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร)
9. สารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.23 นอร์มัล เตรียมได้โดยชั่งโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์มา 125 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
10. อะซีโตน
11. น้ำกลั่น

3.7 วิธีการทดลอง

3.7.1 ขั้นตอนการทำขนมปังที่ใช้คัดเลือกยีสต์

1) นำยีสต์แห้งมาละลายน้ำโดยน้ำที่ใช้ละลายยีสต์ควรเป็นอุณหภูมิร่างกายคือ 36-37 องศาเซลเซียส ละลายยีสต์โดยการเทน้ำลงพอให้ท่วมยีสต์ คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนกระทั่งละลาย ถ้าใช้ยีสต์ผงควรทิ้งไว้สัก 5-10 นาที เพื่อให้ส่วนผสมขึ้นเป็นฟองปุด ซึ่งหากไม่มีปฏิกิริยานี้ภายใน 10 นาที ควรทิ้งแล้วเริ่มใหม่ โดยตรวจก่อนว่า ยีสต์ไม่หมดอายุ หรือไม่ร้อนเกินไปจนยีสต์ตายหรือเย็นเกินไปจนยีสต์ไม่ทำงาน

2) นำแป้ง น้ำตาล เกลือ ผสมรวมกันในชามสแตนเลส จากนั้นนำใส่เครื่องนวดแป้ง เทยีสต์ลงไปในเครื่องนวดแป้ง จากนั้นใส่เนยละลาย นวดประมาณ 30 นาที แป้งที่นวดได้ที่แล้ว เมื่อใช้นิ้วกดเบาๆจะเห็นแป้งเด้งคืนอย่างชัดเจน
3) ทาเนยลงไปในชามสเตนเลสที่จะพักแป้ง วางด้านหน้าของแป้งที่นวดได้ที่แล้วลงในชามสเตนเลส ให้แป้งติดเนยเล็กน้อย แล้วหงายขึ้น วางอีกด้านหนึ่งลงในชามสเตนเลส วิธีนี้ด้านหนึ่งที่ติดเนยจะไม่เป็นฝ้าแข็งขณะที่ค่อย ๆ ขึ้นเป็นสองเท่า คลุมด้วยแผ่นฟิล์มถนอมอาหาร (wrap) พักไว้ประมาณ 30 นาที จนแป้งพองขึ้นเท่าตัว
4) แป้งที่ขึ้นได้ที่แล้ว เมื่อกดด้วยปลายนิ้วรอยที่กดจะคงอยู่ไม่เด้งคืน ต่อยลมออกจากแป้ง เทแป้งไว้บนโต๊ะตบแป้งแรง ๆ หรือนวดอีกสัก 3-4 ครั้ง แล้วทิ้งให้แป้งพัก 10 นาที ปั้นแป้งที่นวดไว้เสร็จแล้วใส่พิมพ์ขนมปังขนาด ½ ปอนด์ พักรอให้ขนมปังที่แบ่งไว้ ขึ้นจนเป็นสองเท่าอีกครั้ง
5) ตั้งอุณหภูมิเตาอบที่ 170 – 180 องศาเซลเซียส แล้วนำขนมปังเข้าอบประมาณ 25 – 30 นาทีจนขนมปังสุกเหลือง ทดสอบความสุกของขนมปังโดยดูที่สีก่อนสีจะต้องเหลืองสวยโดยทั่ว ถอดขนมปังจากพิมพ์หรือหงายขนมปังขึ้น ใช้ปลายนิ้วเคาะส่วนล่างขนมปังสุกจะมีเสียงกลวง
6) ทำตามขั้นตอนข้างต้น โดยใช้ยีสต์ทางการค้าที่แตกต่างกัน 10 ชนิด

3.7.1.1) การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปัง

ใช้การทดสอบความแตกต่างตามลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (Scoring) ใช้ผู้ทดสอบ 101 คน เพื่อทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค

3.7.1.2) การศึกษาเนื้อสัมผัสของขนมปัง ตามวิธีของ Rizzello และคณะ (2014)

นำขนมปังมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer TA.XT plus) ใช้โพรบกระบอก P-Cy25S เตรียมขนมปังรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 5×5 (กว้าง × ยาว) การตั้งค่าที่เลือกมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนี้ ความเร็วในการทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะกดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของการเสียรูปของตัวอย่างและการบีบอัด การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก Texturometer Software ได้แก่ Hardness Springness Area Cohesiveness Gumminess Chewiness และStiffness

รูปที่ 3.11 เครื่อง Texture Analyzer

3.7.2 ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงยีสต์ ตามวิธีของ Rezaei และคณะ (2014)

1) นำยีสต์ที่คัดเลือกได้จาก 3.7.1 คือ ยีสต์ชนิดที่ 6 ชื่อทางการค้า Mac magic จากประเทศกรีซ มาใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ yeast malt medium (YM) ที่เตรียมเอาไว้ นำไปบ่มด้วยการใส่ในเครื่องบ่มแบบเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปทำเป็นหัวเชื้อ ทุกขั้นตอนทำด้วยวิธีการปลอดเชื้อ
2) นำหัวเชื้อที่ได้มาปิเปตลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ YM ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บ่มในเครื่องบ่มแบบเขย่า ทุกขั้นตอนทำด้วยวิธีการปลอดเชื้อ
3) ในชั่วโมงที่ 10 ของการเจริญเติบโตของยีสต์ เก็บเกี่ยวยีสต์โดยการปิเปตเชื้อลงในหลอดปั่นเหวี่ยงทำการ balance ด้วยเครื่องชั่ง แล้วนำลงเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบ 4500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) นำยีสต์ที่เก็บเกี่ยวได้เก็บไว้ในที่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำไปใช้ทันที
5) ศึกษาการเจริญเติบโตของยีสต์โดยการเก็บเซลล์ยีสต์ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ค่าการดูดแสง OD_{600}

3.7.3 ขั้นตอนการปรับปรุงสูตรขนมปัง

1) เตรียมส่วนผสมเพิ่มเติม (กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง) ล้างด้วยน้ำสะอาด เตรียมส่วยผสมเพิ่มเติม ดังนี้
   - กล้วยหอมนำไปบดให้ละเอียด
   - ข้าวโพดนำไปหั่นและบดให้ละเอียด
   - งาดำ นำไปแช่น้ำตั้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปคั่วด้วยไฟปานกลาง ประมาณ 10 นาที จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด
   - มันฝรั่งนำไปต้มเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด
2) นำยีสต์แห้งมาละลายน้ำโดยน้ำที่ใช้ละลายยีสต์ควรเป็นอุณหภูมิร่างกายคือ 36-37 องศาเซลเซียส ละลายยีสต์โดยการเทน้ำลงพอให้ท่วมยีสต์ คนจนกระทั่งละลาย ถ้าใช้ยีสต์ผงควรทิ้งไว้สัก 5-10 นาที เพื่อให้ส่วนผสมขึ้นเป็นฟองปุด ซึ่งหากไม่มีปฏิกิริยานี้ภายใน 10 นาที ควรทิ้งแล้วเริ่มใหม่ โดยตรวจก่อนว่า ยีสต์ไม่หมดอายุ หรือไม่ร้อนเกินไปจนฆ่ายีสต์หรือเย็นเกินไปจนยีสต์ไม่ทำงาน
3) นำแป้ง น้ำตาล เกลือ ผสมรวมกันในชามสแตนเลส จากนั้นนำใส่เครื่องนวดแป้ง เทยีสต์ลงไปในเครื่องนวดแป้ง เติมส่วนผสมเพิ่มเติมที่บดละเอียดแล้วลงไป จากนั้นใส่เนยละลาย นวดประมาณ 30 นาที แป้งที่นวดได้ที่แล้ว เมื่อใช้นิ้วกดเบา ๆ จะเห็นแป้งเด้งคืนอย่างชัดเจน
4) ทาเนยลงไปในชามสเตนเลสที่จะพักแป้ง วางด้านหน้าของแป้งที่นวดได้ที่แล้วลงในชามสเตนเลส ให้แป้งติดเนยเล็กน้อย แล้วหงายขึ้น วางอีกด้านหนึ่งลงในชามสเตนเลส วิธีนี้ด้านหนึ่งที่ติดเนยจะไม่เป็นฝ้าแข็งขณะที่ค่อย ๆ ขึ้นเป็นสองเท่า คลุมด้วยแผ่นฟิล์มถนอมอาหาร (wrap) พักไว้ประมาณ 30 นาที จนแป้งพองขึ้นเท่าตัว
5) แป้งที่ขึ้นได้ที่แล้ว เมื่อกดด้วยปลายนิ้วรอยที่กดจะคงอยู่ไม่เด้งคืน ต่อยลมออกจากแป้ง เทแป้งไว้บนโต๊ะตบแป้งแรง ๆ หรือนวดอีกสัก 3-4 ครั้ง แล้วทิ้งให้แป้งพัก 10 นาที ปั้นแป้งที่นวดไว้เสร็จแล้วใส่พิมพ์ขนมปังขนาด ½ ปอนด์ พักรอให้ขนมปังที่แบ่งไว้ ขึ้นจนเป็นสองเท่าอีกครั้ง
6) ตั้งอุณหภูมิเตาอบที่ 170 – 180 องศาเซลเซียส แล้วนำขนมปังเข้าอบประมาณ 25 – 30 นาทีจนขนมปังสุกเหลือง ทดสอบความสุกของขนมปังโดยดูที่สีก่อนสีจะต้องเหลืองสวยโดยทั่ว ถอดขนมปังจากพิมพ์หรือหงายขนมปังขึ้น ใช้ปลายนิ้วเคาะส่วนล่างขนมปังสุกจะมีเสียงกลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ทำตามขั้นตอนข้างต้น โดยเพิ่มส่วนผสมเพิ่มเติม (กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง) ครั้งละ 1 ชนิด

3.7.3.1) การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปัง

ใช้การทดสอบการยอมรับแบบ 9 – point hedonic (Hedonic 9 – point scale acceptance testing) ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน หาคะแนนความชอบในด้านต่างๆ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม โดยมีช่วงคะแนน 1 – 9 ซึ่ง 9 เป็นคะแนนที่สูงที่สุด เพื่อทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค

3.7.3.2) การศึกษาเนื้อสัมผัสของขนมปัง ตามวิธีของ Rizzello และคณะ (2014)

นำขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม (กล้วย ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง) มาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer TA.XT plus) ใช้โพรบกระบอก P-Cy25S เตรียมขนมปังรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 5x5 (กว้าง x ยาว) การตั้งค่าที่เลือกมีดังนี้ ความเร็วในการทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที 30 เปอร์เซ็นต์ของการเสียรูปของตัวอย่างและการบีบอัด การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก Texturometer Software ได้แก่ Hardness Springness Area Cohesiveness Gumminess Chewiness และStiffness

3.7.3.3) การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของขนมปัง

นำขนมปังที่ใส่ส่วนผสมพืชอาหารเพิ่มเติม (กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ และเถ้า ตามวิธี AOAC (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การคัดเลือกยีสต์

4.1.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (scoring) จากข้อมูลทางสถิติพบว่าขนมปังที่ทำจากยีสต์ 10 ชนิด มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และขนมปังที่ทำมาจากยีสต์ชนิดที่ 6 ชื่อทางการค้า Mac magic จากประเทศกรีซ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยมีค่าความชอบสูงสุด

4.1.2 การศึกษาเนื้อสัมผัสของขนมปัง

การศึกษาเนื้อสัมผัสของขนมปังจากยีสต์แต่ละชนิดโดยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า

- ค่า Hardness คือ แรงที่ทำให้ขนมปังแยกกันอย่างสมบูรณ์ พบว่าขนมปังจากยีสต์ชนิดที่ 5 มีค่าสูงที่สุด
- ค่าความเหนียว (Cohesiveness) ของเนื้อขนมปัง พบว่าขนมปังจากยีสต์ชนิดที่ 6 มีค่าความเหนียวสูงที่สุด
- ค่าการคืนตัว (Springiness) เมื่อถูกแรงกดครั้งที่ 1 พบว่าขนมปังจากยีสต์ชนิดที่ 3 มีค่าการคืนตัวดีที่สุด
- ค่า Gumminess คือ ค่าพลังงานที่ทำให้ขนมปังแตกจนสามารถกลืนได้ พบว่าขนมปังจากยีสต์ชนิดที่ 10 มีค่าพลังงานที่ใช้น้อยที่สุด
- ค่า Chewiness คือ ค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว พบว่าขนมปังจากยีสต์ชนิดที่ 10 ต้องการพลังงานในการเคี้ยวน้อยที่สุด
- ค่าความแกร่ง (Stiffness) ของเนื้อขนมปังจากยีสต์ชนิดที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าเนื้อขนมปังมีความพองฟูมากขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ใต้กราฟของขนมปังจากยีสต์ชนิดที่ 1 มีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาเนื้อสัมผัสของขนมปังจากยีสต์แต่ละชนิดโดยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่ายีสต์ที่ 9 มีค่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก Texturometer Software ได้แก่ Hardness เท่ากับ 0.00 N. Area เท่ากับ 0.00 Nmm. Cohesiveness เท่ากับ 0.00 Springiness เท่ากับ 0.00 mm. Gumminess เท่ากับ 0.00 N. Chewiness เท่ากับ 0.00 Ncm. และStiffness เท่ากับ 0.00 gf/cm. เนื่องมาจากขนมปังที่ทำจากยีสต์ที่ 9 แข็งจนเกินไปทำให้เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่สามารถอ่านค่าได้ เพราะยีสต์ที่ 9 ไม่ทำงานอาจเกิดจากยีสต์ที่นำมาใช้หมดอายุไปแล้ว หรือน้ำที่นำมาละลายยีสต์มีอุณหภูมิไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ทำให้ยีสต์ไม่ทำงาน

หน้าที่ของยีสต์ที่เกี่ยวข้องกับการทำขนมปังคือสามารถหมักน้ำตาลที่มีอยู่ในแป้งให้เป็นแอลกฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นบทบาทที่สำคัญที่สุดของยีสต์ โดยก๊าซที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่เป็นฟองเล็กๆ ในระหว่างเนื้อแป้งมีผลทำให้แป้งพองตัว ได้ก้อนแป้งที่เรียกว่าโด เมื่อนำไปอบจะมีผลทำให้ขนมปังฟู ยีสต์มีผลต่อคุณลักษณะของโด คาดว่าเกี่ยวกับการลดต่ำลงของพีเอชโดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการผลิตเอทานอลและการขยายตัวของก๊าซในโด และนอกจากนี้กลูตาไทโอนจากยีสต์จะช่วยลดพันธะไดซัลไฟด์ในกลูเตน ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของโดด้วย ทำให้ขนมปังอบที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม นอกจากนี้ยีสต์ยังให้กลิ่นและรสชาติเฉพาะตัวให้กับขนมปัง ที่เกิดจากการหมักของยีสต์ ทำให้ได้สารประกอบต่างๆ (ดุษณี , 2555) ดังนั้นยีสต์ทางการค้าที่มีที่มาและกรรมวิธีที่แตกต่างกันในการผลิตทั้ง 10 ยีสต์จึงให้รสชาติที่แตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

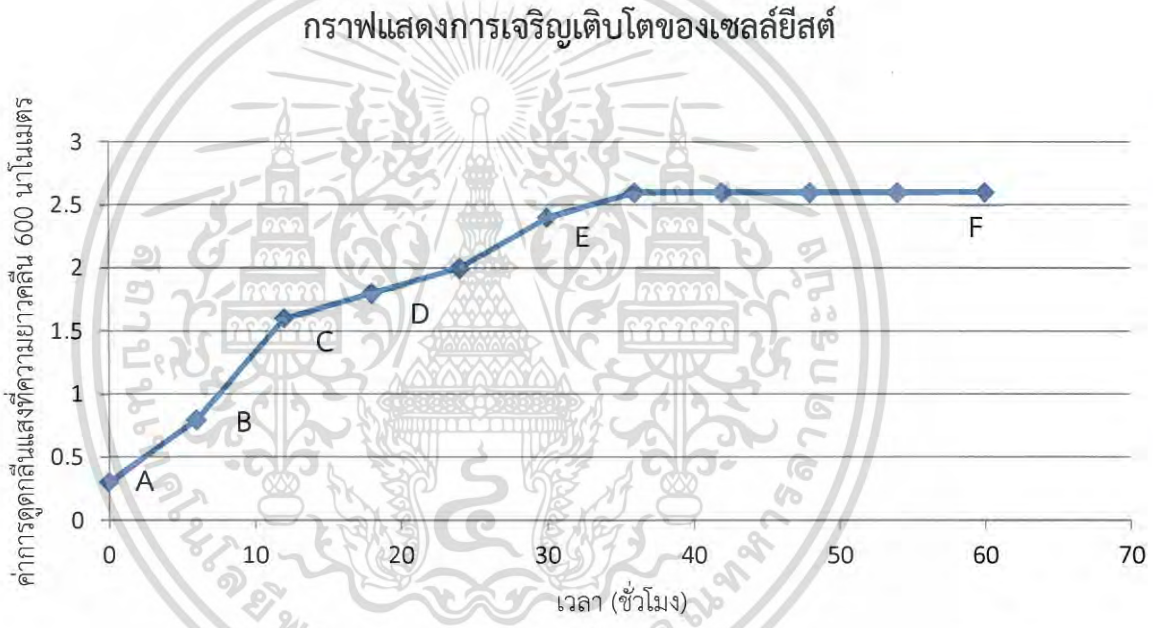
ตารางที่ 4.1 การทดสอบเนื้อสัมผัสของขนมปังจากยีสต์ชนิดต่างๆ

ชนิดยีสต์	Hardness (N)	Area (Nmm)	Cohesiveness	Springiness (mm)	Gumminess (N)	Chewiness (Ncm)	Stiffness (gf/cm)
1	2.215874±0.13^{cd}	8.033524±3.17^{b}	0.563905±0.01^{b}	12.900690±0.07^{b}	1.348058±0.07^{e}	1.718094±0.07^{e}	204.372438±0.07^{f}
2	3.789452±0.25^{b}	15.189230±6.94^{b}	0.512054±0.01^{d}	12.897146±0.00^{b}	2.077527±0.07^{bc}	2.564830±0.07^{c}	384.000264±7.07^{c}
3	4.010612±0.24^{b}	14.717360±6.55^{b}	0.522008±0.01^{c}	13.117023±0.07^{a}	2.231570±0.07^{bc}	2.900662±0.07^{b}	404.808405±2.12^{b}
4	2.593790±0.18^{cd}	11.818391±6.27^{b}	0.455194±0.01^{f}	10.139367±0.02^{f}	1.388182±0.21^{de}	1.303581±0.07^{f}	234.635697±7.07^{e}
5	11.172780±0.79^{a}	48.141565±22.77^{a}	0.499188±0.01^{e}	12.220413±0.07^{d}	5.898697±0.07^{a}	7.168106±0.07^{a}	928.786664±1.41^{a}
6	2.918376±0.15^{c}	9.806462±2.80^{b}	0.659079±0.01^{a}	12.789544±0.01^{c}	2.409100±0.57^{b}	2.618542±0.07^{c}	277.541192±2.82^{d}
7	3.898746±0.30^{b}	17.476910±9.85^{b}	0.435012±0.01^{g}	10.785295±0.01^{e}	1.817878±0.07^{cd}	1.955825±0.07^{d}	379.199282±0.71^{c}
8	2.579844±0.17^{cd}	12.138229±7.61^{b}	0.390777±0.01^{h}	9.448027±0.07^{g}	1.060325±0.03^{ef}	0.982700±0.07^{g}	282.483247±0.71^{d}
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	2.074315±0.14^{d}	10.036397±6.90^{b}	0.346777±0.00^{i}	8.562520±0.01^{h}	0.802096±0.07^{f}	0.649359±0.07^{h}	206.098781±0.71^{f}

หมายเหตุ a , b , c , d , e , f , g , h , I และ j ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 การเพาะเลี้ยงยีสต์

การเพาะเลี้ยงยีสต์แบบปิดโดยเริ่มต้นจากการเพาะเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ YM broth จากนั้นบ่มภายในสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญ ตลอดระยะที่ทำการเลี้ยงเชื้อไม่มีการเติมสารอาหาร องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ ความเข้มข้นของเซลล์ยีสต์ และความเข้มข้นของเมแทบอไลต์มักมีการเปลี่ยนแปลงคงที่เป็นผลจากเมเทบอลิซึมของเซลล์ เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงของเซลล์ยีสต์มาพล็อตกับเวลาจะได้กราฟการเจริญเติบโต ซึ่งประกอบด้วยระยะต่าง ๆ คือ ระยะแล็ก ระยะที่มีความเร่ง ระยะเอกซ์โพเนนเชียล ระยะลดความเร่ง และระยะสเตชันนารี (สาวิตรี , 2549)



รูปที่ 4.1 กราฟการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ใน YM broth โดยวัดเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD_{600}) (A และ B คือระยะเอกซ์โพเนนเชียล ; C คือระยะไดออกซี ; D คือระยะหลังไดออกซี ; E คือระยะต้นสเตชันนารี ; F คือระยะสเตชันนารี)

ระยะแล็กเป็นระยะที่มีการเจริญต่ำมากและอัตราการเพิ่มจำนวนเซลล์ในช่วงแรกต่ำสุดแต่จะค่อยเพิ่มสูงขึ้นแม้ว่าน้ำหนักของเซลล์อาจมีการเปลี่ยนแปลง ในระยะนี้ยีสต์จะปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมใหม่ เช่นสารอาหารที่มีปริมาณลดลง ทั้งนี้สภาวะทางสรีรวิทยาของหัวเชื้อมีผลต่อระยะแล็ก คือถ้าหัวเชื้ออยู่ในระยะเอกซ์โพเนนเชียลอาจไม่เกิดระยะแล็กและเชื้ออาจจะมีการเจริญทันที นอกจากนั้นความเข้มข้นของหัวเชื้ออาจมีผลต่อระยะแล็กเช่นกัน โดยปกติในกระบวนการอุตสาหกรรมระยะนี้ควรลดให้สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อเซลล์เปลี่ยนจากระยะแล็กเข้าสู่การแบ่งเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ว่องไวเซลล์จะผ่านเข้าสู่ระยะที่มีความเร่งก่อนมีการเจริญแบบเอกซ์โพเนนเชียล การเจริญของเซลล์สามารถอธิบายเป็นปริมาณได้เท่ากับการเพิ่มจำนวนเซลล์เป็นสองเท่าต่อหน่วยของเวลา สำหรับการเพาะเลี้ยงแบบแบตช์ระยะเอกซ์โพเนนเชียลจะค่อนข้างสั้นเนื่องจากสารอาหารหมด โดยชนิดของสารอาหารมีผลต่อการเข้าสู่ระยะสเตชันนารี เมื่อ *S. cerevisiae* ขาดแหล่งคาร์บอนจะเข้าสู่ระยะสเตชันนารี ต่อจากระยะเอกซ์โพเนนเชียลการเจริญช้าลงในระยะลดความเร่งก่อนที่เซลล์จะเข้าสู่ช่วงที่มีอัตราการเจริญเป็นศูนย์หรือระยะสเตชันนารี การลดและหยุดการเจริญเพราะอาหารหมด ถ้าซับสเตรตชนิดหนึ่งหมดไปแต่ยังมีซับสเตรตชนิดอื่นอาจมีระยะเอกซ์โพเนนเชียลที่สองระหว่างเมแทบอลิซึมของซับสเตรตชนิดที่สองนี้ และอัตราการเจริญจำเพาะในระยะเอกซ์โพเนนเชียลที่สองนี้ ยีสต์อาจเข้าสู่ระยะที่สอง (secondary phase) ของการเจริญแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่เรียกว่าไดออกซี (diauxy) ปรากฏการณ์นี้เกิดเมื่อยีสต์อยู่ในแหล่งคาร์บอนสองชนิดซึ่งยีสต์ใช้เป็นลำดับ (ไม่ได้ใช้พร้อมกัน) จะมีระยะเอกซ์โพเนนเชียลเกิดขึ้นโดยมีระยะแล็กระยะที่สองแยกระยะเอกซ์โพเนนเชียลออกจากกัน กระบวนการไดออกซีนี้เกิดขึ้นเพราะซับสเตรตหนึ่งถูกแคแทบอไลซ์ซับสเตรตชนิดที่สองถูกเหนี่ยวนำในระยะแล็กที่สองโดยเฉพาะเมื่อซับสเตรตแรกถูกเมแทบอไลส์อย่างสมบูรณ์ เช่น การเจริญไดออกซี (diauxic growth) ของ *S. cerevisiae* ตรวจพบได้เมื่อเลี้ยงในสภาพที่มีออกซิเจนและขาดกลูโคส ซึ่งการกดดันเอนไซม์หลายชนิดหมดไปทำให้สามารถใช้ซับสเตรตชนิดที่สองคือเอทานอล

จากงานวิจัยของ Rezaei และคณะ (2014) พบว่าเซลล์ยีสต์ที่เก็บเกี่ยวในระยะการเจริญ diauxic growth มีอัตราการหมักสูงสุดและการขยายตัวของแป้งโดสูงสุดในระยะระหว่างหรือหลังระยะ diauxic shift ดังนั้นจึงเก็บเกี่ยวเซลล์ยีสต์ในระยะนี้ โดยทำการแยกเซลล์ยีสต์โดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifugal separator) ที่ความเร็วรอบ 4500 รอบต่อนาที ซึ่งที่ความเร็วรอบนี้สามารถแยกเซลล์ออกมาได้หมด หลังจากนั้นนำเซลล์ยีสต์มาล้างให้สะอาด ยีสต์ที่ได้จะมีสีขาว ทั้งนี้ของเหลวที่ได้ซึ่งมีความเข้มข้นของเซลล์ยีสต์สูงดังกล่าวเรียกว่าครีมยีสต์ (yeast cream) ล้างครีมยีสต์ 1 ครั้งหรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของกากน้ำตาลเพราะว่าถ้ามีสิ่งเจือจางปนมากสีจะเข้ม ยีสต์ครีมที่ได้ค่อนข้างคงทนเก็บได้เป็นเวลาหลายวันที่อุณหภูมิ 1-4 องศาเซลเซียสโดยที่คุณภาพของยีสต์ไม่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a b

รูปที่ 4.2 (a) แสดงลักษณะของครีมยีสต์ (yeast cream) และ (b) แสดงลักษณะขนมปังที่ทำจากยีสต์สด

เมื่อนำครีมยีสต์ที่ได้จากการแยกเซลล์ยีสต์ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแล้วนำครีมยีสต์ที่ได้มาผลิตขนมปัง จะได้ขนมปังที่ได้สดและมีกลิ่นหอมธรรมชาติ ยีสต์สดดีกว่ายีสต์แห้งเนื่องจากว่าเป็นยีสต์ใหม่ที่แข็งแรง คุณสมบัติของยีสต์แห้งจะสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการทำแห้ง นอกจากนี้ราคายังถูกกว่ายีสต์แห้ง 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าปริมาณที่ใช้จะมากกว่าถึง 3 เท่าของน้ำหนักยีสต์แห้ง อย่างไรก็ตามการใช้ยีสต์สดในประเทศไทยไม่ค่อยเป็นที่นิยมนักเนื่องจากยีสต์สดมีอายุสั้น และต้องเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น ไม่สะดวกในการทำขนมปัง โดยเฉพาะในกรณีของร้านทำขนมปังขนาดเล็กที่อยู่ห่างไกลตัวเมือง ยีสต์ขนมปังที่ใช้ส่วนใหญ่จึงเป็นยีสต์แห้งที่นำเข้าจากต่างประเทศ

4.3 การปรับปรุงสูตรขนมปัง

4.3.1 การศึกษาทางโภชนาการของขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม (กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง)

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม (กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง) พบว่าขนมปังที่มีการใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม (กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง) มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นจากขนมปังควบคุม โดยประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณ 35.06, 7.23, 6.74, 0.01, 0.04 และ 53.91 กรัมต่อร้อยกรัม ตามลำดับ ขนมปังที่มีการใส่กล้วยหอมประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณ 35.81, 11.87, 5.62, 2.48, 3.26 และ 41.29 กรัมต่อร้อยกรัม ตามลำดับ ขนมปังที่มีการใส่ข้าวโพดประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปริมาณ 39.79, 0.60, 5.78, 2.14, 3.22 และ 48.55 กรัมต่อร้อยกรัม ตามลำดับ ขนมปังที่มีการใส่งาดำประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณ 26.28, 0.58, 15.66, 5.48, 11.97 และ 44.28 กรัมต่อร้อยกรัม ตามลำดับ ขนมปังที่มีการใส่มันฝรั่งประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณ 39.34, 11.93, 2.64, 3.12, 3..02 และ 39.84 กรัมต่อร้อยกรัม ตามลำดับ

จากผลการทดลองในตาราง 4.2 พบว่าขนมปังข้าวโพดมีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ 39.79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับขนมปังมันฝรั่งที่มีปริมาณความชื้น คือ 39.35 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากวัสดุของทั้งสองขนมปังนั้นก็คือ ข้าวโพดและมันฝรั่งต้องนำไปต้มให้สุกก่อนแล้วจึงนำมาเพิ่มส่วนผสมทำให้ได้ปริมาณความชื้นมากกว่าขนมปังควบคุมและขนมปังกล้วย ซึ่งขนมปังดังกล่าวมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน คือ 35.06 และ 35.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ขนมปังงาดำมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเนื่องจากงาดำมีความชื้นน้อย

ขนมปังมันฝรั่งมีปริมาณโปรตีนสูงที่สูด คือ 11.93 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ขนมปังกล้วยหอม 11.87 เปอร์เซ็นต์ แต่โปรตีนที่พบในขนมปังควบคุมหรือขนมปังแป้งสาลีส่วนใหญ่ คือ โปรตีนกลูเตนินและโปรตีนไกลอะดินในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน กลูตามินจะทำให้โดหรือก้อนแป้งผสมมีกำลังที่จะอุ้มก๊าซที่ขึ้นฟูได้ ซึ่งจะเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ส่วนไกลอะดินนั้นทำให้กลูเตนมีคุณสมบัติในการยืดตัวและยืดหยุ่นได้ โดยโปรตีนทั้ง 2 ชนิดนี้จะไม่พบหรือพบน้อยมากในพืชชนิดอื่น (จิตธนา และอรอนงค์ , 2550) สำหรับขนมปังข้าวโพดมี 0.60 เปอร์เซ็นต์ และขนมปังงาดำมี 0.58 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณโปรตีนต่ำเนื่องมาจากมีส่วนประกอบของความชื้นและคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ ในขนมปังข้าวโพดเมื่อเกิดการรวมตัวกันของแป้ง และไขมัน มีส่วนทำให้ปริมาณโปรตีนกลูเตนลดลงอีกด้วย (Lezama และคณะ ,2016)

ขนมปังงาดำมีปริมาณไขมันสูงที่สุด คือ 15.66 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากไขมันในเมล็ดงาดำมีน้ำมัน 45-55% เป็นน้ำมันที่มีกลิ่นหอม มีสีสวย และไม่เหม็นหืนง่าย มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง จึงทำให้ขนมปังงาดำมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือขนมปังควบคุม ขนมปังกล้วยหอม ขนมปังข้าวโพด และขนมปังมันฝรั่ง มีปริมาณในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน

ปริมาณเยื่อใยหยาบที่ได้จากขนมปังที่ใส่ส่วนผสมมีปริมาณมากกว่าขนมปังควบคุม เนื่องจากส่วนผสมที่นำมาใส่เพิ่มเติมทั้งกล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง มีปริมาณเยื่อใยหยาบเป็นส่วนประกอบอยู่ทำให้ได้ปริมาณสูงกว่าขนมปังควบคุม

ขนมปังงาดำให้ปริมาณเถ้ามากที่สุด คือ 11.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าขนมปังชนิดอื่น ปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดในรูปเถ้าของแป้งสาลี มาจากปริมาณสารสกัดแป้งนั้นปริมาณเถ้าจะมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสกัดแป้งออกมาจากเมล็ดมากขึ้น เนื่องจากแร่ธาตุมีมากในส่วนของเปลือกเมล็ดข้าวสาลีมากกว่าในเนื้อเมล็ด ดังนั้นยิ่งสกัดให้ได้แป้งมาก ก็จะยิ่งมีเถ้าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของขนมปังควบคุมมีค่ามากที่สุด คือ 53.91 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมากจากส่วนประกอบของขนมปังควบคุมมีปริมาณของแป้งอยู่มากที่สุดเนื่องมาจากไม่ได้ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติมลงไป

นอกจากนี้ความร้อนยังมีผลต่อคุณภาพทางโภชนาการของอาหารอีกด้วย การใช้ความร้อนในกระบวนการเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางโภชนาการของอาหาร เช่น การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้ง การตกตะกอนของโปรตีน ซึ่งจะช่วยให้การย่อยอาหารเหล่านี้ได้ง่ายขึ้นพร้อมกับทำลายสารประกอบที่ยับยั้งคุณภาพทางโภชนาการ อย่างไรก็ตามความร้อนจะทำลายวิตามินที่ไม่ทนทานต่อความร้อน ลดคุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนเนื่องจากการทำลายกรดอะมิโน และยังเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีผลเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารสัมผัสกับอากาศ หรือเกิดจากความร้อนหรือเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยานี้ (วิไล , 2546)

ดังนั้น การศึกษาทางโภชนาการของขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม คือ กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง ทำให้ได้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม

ตัวอย่าง	คุณค่าทางโภชนาการ (เปอร์เซ็นต์)					
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใยหยาบ	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
ขนมปังควบคุม	35.0585 ± 0.16^{d}	7.2228 ± 5.13^{a}	6.7357 ± 0.10^{b}	0.0032 ± 0.00^{d}	0.0385 ± 0.02^{c}	53.9056 ± 5.27^{a}
ขนมปังกล้วย	35.8122 ± 0.13^{c}	11.8666 ± 1.26^{a}	5.6162 ± 1.65^{b}	2.4816 ± 0.57^{bc}	3.2599 ± 0.19^{b}	41.2880 ± 0.22^{b}
ขนมปังข้าวโพด	39.7881 ± 0.06^{a}	0.6009 ± 0.01^{b}	5.7750 ± 3.97^{b}	2.1426 ± 0.31^{c}	3.2249 ± 0.25^{b}	48.5523 ± 4.63^{ab}
ขนมปังงาดำ	26.2772 ± 0.18^{e}	0.5806 ± 0.36^{b}	15.6606 ± 4.79^{a}	5.4777 ± 0.32^{a}	11.9709 ± 0.63^{a}	44.2750 ± 1.77^{b}
ขนมปังมันฝรั่ง	39.3497 ± 0.78^{b}	11.9340 ± 0.10^{a}	2.6419 ± 0.44^{b}	3.1225 ± 0.23^{b}	3.0216 ± 0.22^{b}	39.8425 ± 0.79^{b}

หมายเหตุ a , b , c , d , e ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บัณฑิตวิทยาลัย โดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.3.2 การศึกษาเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม (กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง)

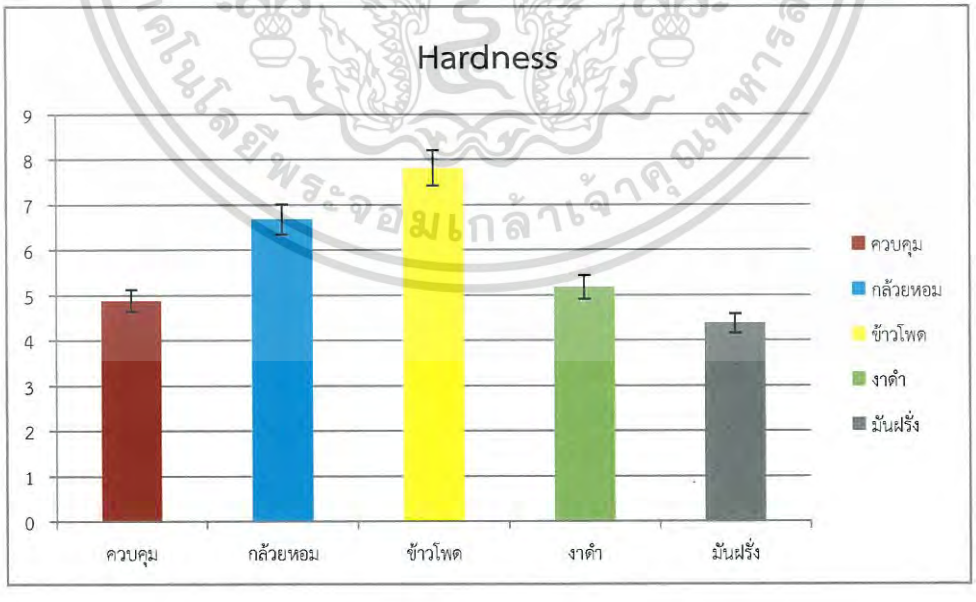
4.3.2.1 Hardness

ค่า Hardness คือ แรงที่ทำให้ขนมปังแยกกันอย่างสมบูรณ์ พบว่าขนมปังข้าวโพด มีค่าสูงที่สุด

ตารางที่ 4.3 ค่า Hardness ของขนมปัง

ตัวอย่าง	Hardness (N)
ควบคุม	4.8787 ± 0.30^{c}
กล้วยหอม	6.6811 ± 0.53^{b}
ข้าวโพด	7.8162 ± 0.61^{a}
งาดำ	5.1723 ± 0.30^{c}
มันฝรั่ง	4.3711 ± 0.23^{c}

หมายเหตุ a , b , c ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ ก.1 กราฟแสดงค่า Hardness ของขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

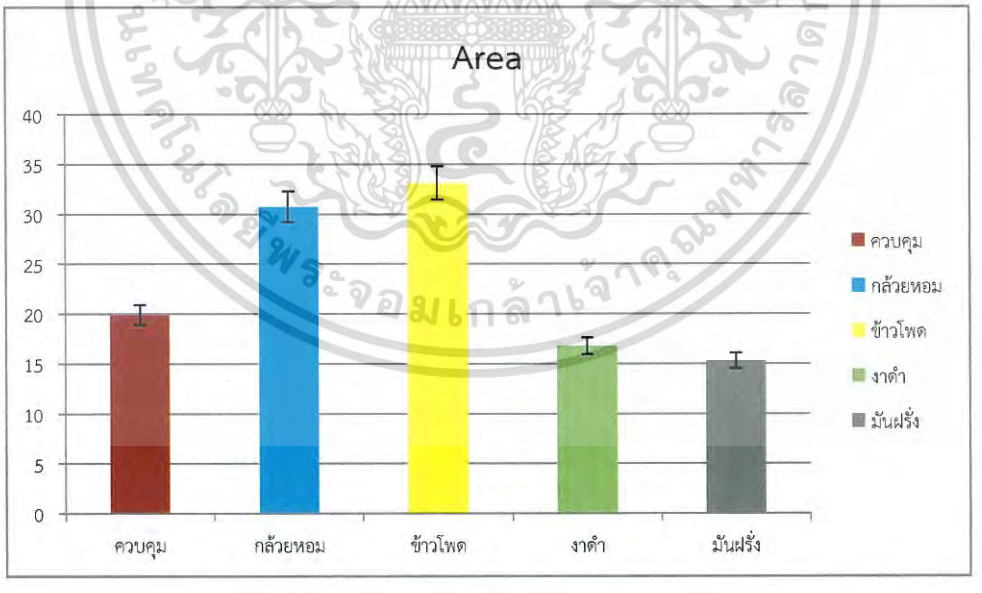
4.3.2.2 Area

ค่าพื้นที่ใต้กราฟของขนมปังที่ใส่มันฝรั่ง มีค่าน้อยที่สุด มีผลมาจากค่าความแกร่ง (Stiffness) ที่น้อยลง

ตารางที่ 4.4 ค่า Area ของขนมปัง

ตัวอย่าง	Area (Nmm)
ควบคุม	19.9420±9.07[a]
กล้วยหอม	30.7545±16.86[a]
ข้าวโพด	33.1293±19.41[a]
งาดำ	16.7891±7.49[a]
มันฝรั่ง	15.2968±6.60[a]

หมายเหตุ a ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ ก.2 กราฟแสดงค่า Area ของขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

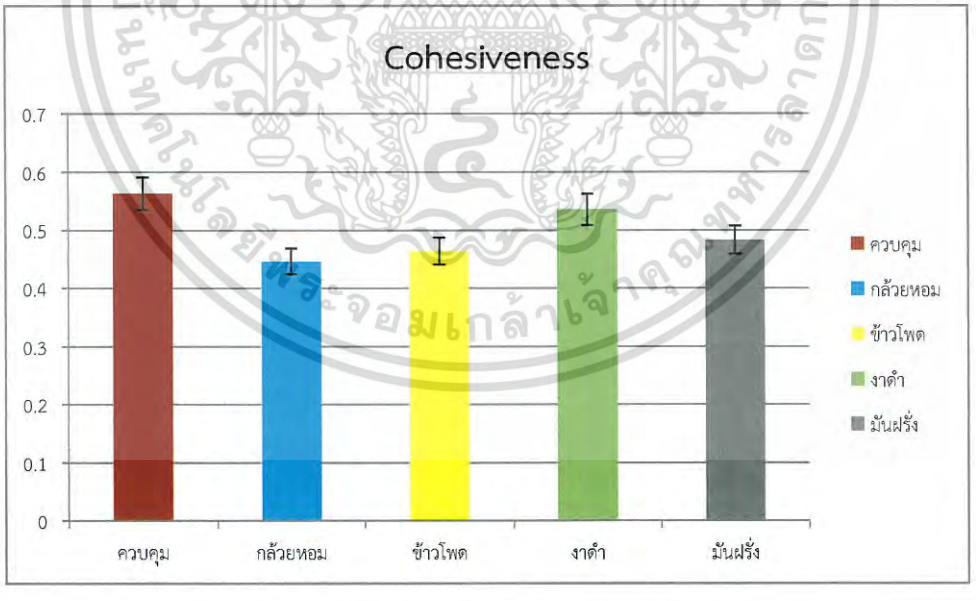
4.3.2.3 Cohesiveness

ค่าความเหนียว (Cohesiveness) ของเนื้อขนมปัง พบว่าขนมปังควบคุม มีค่าความเหนียวสูงที่สุด

ตารางที่ 4.5 ค่า Cohesiveness ของขนมปัง

ตัวอย่าง	Cohesiveness
ควบคุม	0.5631±0.07[a]
กล้วยหอม	0.4462±0.00[a]
ข้าวโพด	0.4641±0.07[a]
งาดำ	0.5353±0.02[a]
มันฝรั่ง	0.4826±0.07[a]

หมายเหตุ a ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ ก.3 กราฟแสดงค่า Cohesiveness ของขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.4 Springiness

ค่าการคืนตัว (Springiness) เมื่อถูกแรงกดครั้งที่ 1 พบว่าขนมปังที่ใส่งาดำ มีค่าการคืนตัวดีที่สุด เมื่อเทียบกับขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติมอื่นๆ

ตารางที่ 4.6 ค่า Springiness ของขนมปัง

ตัวอย่าง	Springiness (mm)
ควบคุม	12.1455 ± 0.00^{b}
กล้วยหอม	9.7853 ± 0.07^{c}
ข้าวโพด	11.7784 ± 0.14^{b}
งาดำ	13.3586 ± 0.21^{a}
มันฝรั่ง	13.2337 ± 0.07^{a}

หมายเหตุ a , b , c ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ ก.4 กราฟแสดงค่า Springiness ของขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

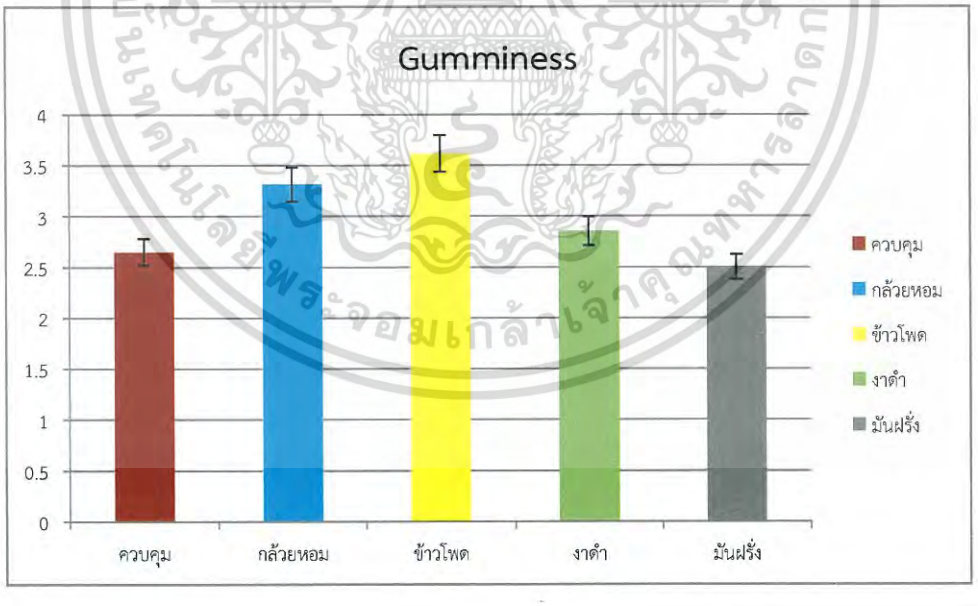
4.3.2.5 Gumminess

ค่า Gumminess คือ ค่าพลังงานที่ทำให้ขนมปังแตกจนสามารถกลืนได้ พบว่าขนมปังที่ใส่มันฝรั่ง มีค่าพลังงานที่ใช้น้อยที่สุด แสดงว่าขนมปังมีความนุ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4.7 ค่า Gumminess ของขนมปัง

ตัวอย่าง	Gumminess (N)
ควบคุม	2.6482 ± 0.05^{bc}
กล้วยหอม	3.3141 ± 0.28^{a}
ข้าวโพด	3.6166 ± 0.28^{a}
งาดำ	2.8529 ± 0.07^{b}
มันฝรั่ง	2.5005 ± 0.12^{bc}

หมายเหตุ a , b , c ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ ก.5 กราฟแสดงค่า Gumminess ของขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

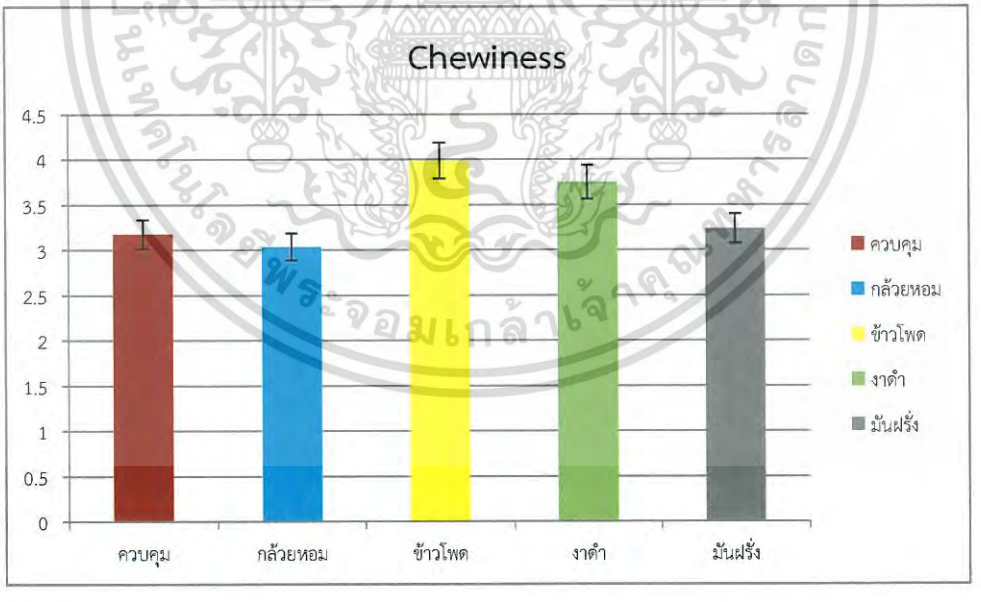
4.3.2.6 Chewiness

ค่า Chewiness คือ ค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว พบว่าขนมปังที่ใส่กล้วยหอม ต้องการพลังงานในการเคี้ยวน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังควบคุม

ตารางที่ 4.8 ค่า Chewiness ของขนมปัง

ตัวอย่าง	Chewiness (Ncm)
ควบคุม	3.1731 ± 0.00^{c}
กล้วยหอม	3.0367 ± 0.00^{d}
ข้าวโพด	3.9851 ± 0.00^{a}
งาดำ	3.7522 ± 0.07^{b}
มันฝรั่ง	3.2346 ± 0.07^{c}

หมายเหตุ a , b , c , d , e ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ ก.6 กราฟแสดงค่า Chewiness ของขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

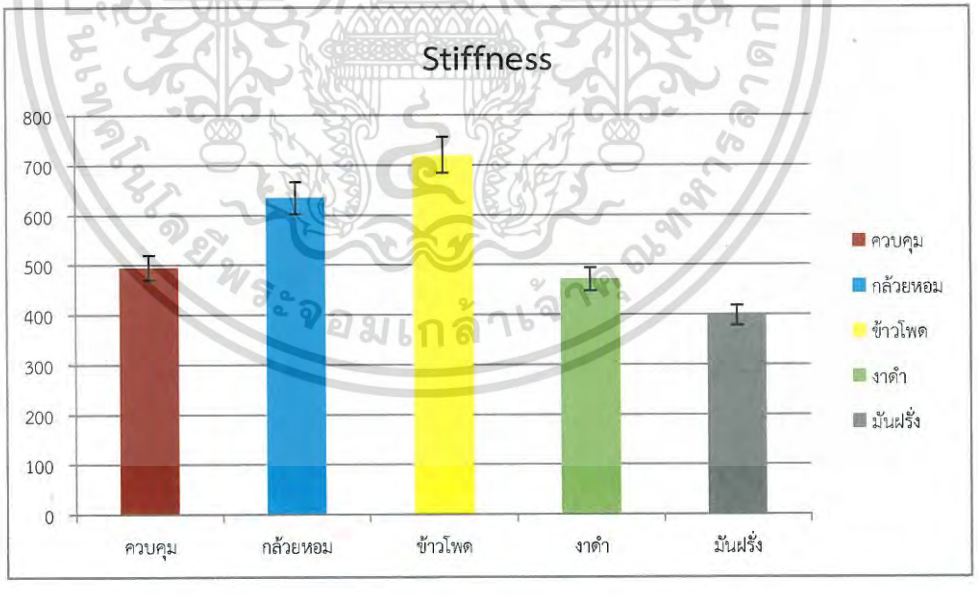
4.3.2.7 Stiffness

ค่าความแกร่ง (Stiffness) ของเนื้อขนมปังที่ใส่มันฝรั่ง มีค่าต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าเนื้อขนมปังมีความนุ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังควบคุม

ตารางที่ 4.9 ค่า Stiffness ของขนมปัง

ตัวอย่าง	Stiffness (gf/cm)
ควบคุม	494.8161±7.07^{c}
กล้วยหอม	634.5432±0.71^{b}
ข้าวโพด	720.5395±0.71^{a}
งาดำ	471.1723±0.71^{d}
มันฝรั่ง	398.5097±1.41^{e}

หมายเหตุ a , b , c , d , e , f ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ ก.7 กราฟแสดงค่า Stiffness ของขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tong และคณะ (2010) กล่าวว่า โดยปกติแล้วขนมปังที่มีคุณภาพดีควรมีค่าความแข็งและค่าความยากในการเคี้ยวที่ต่ำ และควรมีค่าการคืนตัว ความเหนียว และการยึดเกาะกันสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะของเนื้อขนมปังที่มีการเพิ่มส่วนผสมของกล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ และมันฝรั่ง ที่มีค่าดังตารางที่ 4.3-4.9 พบว่าขนมปังมันฝรั่งมีค่าความแข็งต่ำกว่าขนมปังควบคุมและขนมปังกล้วยหอมมีค่าความยากในการเคี้ยวต่ำกว่าขนมปังควบคุม และขนมปังมันฝรั่งและขนมปังงาดำมีค่าการคืนตัวสูงกว่าขนมปังควบคุม และค่าการยึดเกาะกันของขนมปังกล้วยหอม ข้าวโพด งาดำสูงกว่าขนมปังควบคุม

จากผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม พบว่าค่าความแข็ง (hardness) ที่ได้จากขนมปังมันฝรั่งมีค่าความแข็งน้อยกว่าขนมปังควบคุม เนื่องมาจากปริมาณความชื้น คือเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งจะลดลง ส่วนขนมปังข้าวโพดและขนมปังกล้วยหอมซึ่งมีค่าความแข็งมากกว่าขนมปังควบคุม เนื่องมาจากเมื่อโปรตีนกลูเตนมีค่าลดลงค่าความแข็งก็จะมีค่าลดลงด้วย (Lazame และคณะ ,2016) ซึ่งปริมาณโปรตีนของขนมปังข้าวโพดและขนมปังงาดำมีปริมาณน้อยกว่าขนมปังควบคุมแต่มีค่าความแข็งมากกว่าขนมปังควบคุม ซึ่งขัดแย้งกับผลการวิจัยของ Lazame และคณะ เนื่องมาจากขนมปังควบคุมในการทดลองมีปริมาณแป้งมากกว่างานวิจัยดังกล่าว จึงทำให้มีโปรตีนกลูเตนมากกว่าส่งผลให้มีค่าความแข็งมากกว่าตามมา ส่วนขนมปังกล้วยหอมอาจมีปริมาณเยื่อใยหยาบมากกว่าขนมปังควบคุมทำให้ได้ค่าความแข็งมากกว่าขนมปังควบคุม ดังนั้นค่าความแข็ง หรือแรงที่ทำให้ขนมปังแยกกันอย่างสมบูรณมีค่าสูงสุดในขนมปังมันฝรั่ง

ค่าความเหนียว (cohesiveness) ของขนมปังควบคุมมีค่าสูงสุด จากงานวิจัยของ Tong และคณะ (2010) ระบุว่าความเหนียวของขนมปังแป้งสาลีมีมากกว่าขนมปังมันฝรั่งและขนมปังข้าวโพด เนื่องมาจากขนมปังควบคุมหรือขนมปังแป้งสาลีมีปริมาณโปรตีนกลูเตนสูง ซึ่งกลูเตนเป็นสารที่มีลักษณะเหนียว เป็นยาง และยืดหยุ่นได้ ทำให้มีค่าความเหนียวสูงขึ้นด้วย

Szczesniak และคณะ (1963) ได้สรุปลักษณะทางเนื้อสัมผัสของอาหารไว้ว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารส่วนใหญ่กำหนดโดยความชื้น ปริมาณไขมัน ชนิดและปริมาณของคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ปัจจัยที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสและการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมปัง ความนุ่มของขนมปังอาจแสดงถึงความใหม่ของอาหาร ขนมปังที่เก็บไว้นานมักจะมีความนุ่มลดลง ปัจจัยที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของขนมปัง ได้แก่ ปัจจัยก่อนอบ วัตถุดิบที่นำมาทำขนมปัง และส่วนผสมเพิ่มเติมที่ใส่ในขนมปัง (ปานมนัส ,2554) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยของกระบวนการ เช่น เวลาและอุณหภูมิในการอบ เวลาในการพักโด เป็นต้น น้ำช่วยควบคุมอุณหภูมิของโด เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ใช้จะแสดงให้เห็นถึงความหนืดของโด น้ำช่วยควบคุมอุณหภูมิของโด และการที่จะทำให้โดมีความอุ่นหรือเย็นสามารถควบคุมที่น้ำได้ โดที่มีความเหนียวแน่นมากเกินไปเนื่องมาจากน้ำน้อยเกินไป ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในโดจะมีผลอย่างยิ่งต่อโครงสร้างของขนมปัง น้ำจะทำให้เนื้อใน (crumb) ของผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นอ่อนนุ่มและมีขนาดและรูปร่างของเซลล์เปิด โดที่แน่นจะทำให้เนื้อในขนมปัง มีขนาดและรูปร่างของเซลล์ที่ปิดแน่น มีเปลือกนอกแข็งและมีปริมาตรเล็ก (จิตธนา และอรอนงค์ ,2550) ขนาดของขนมปังเกี่ยวข้องกับเวลาที่ต้องการที่จะทำให้อุณหภูมิที่กลางขนมปังถึงระดับที่ต้องการ ถ้าขนาดใหญ่เกินไป ผิวก็จะมีสีเข้มหรือ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหม้ขณะที่ภายในยังไม่สุก และเวลาที่เหมะสมนำไปสู่เนื้อสัมผัสที่ดี ดังนั้นความสมดุลระหว่างการอบและการถ่ายเทความร้อนจึงเป็นสิ่งสำคัญ

4.3.3 การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

การทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบโดยรวม โดยใช้การทดสอบแบบ 9 - point hedonic scale (ช่วง คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด – 9 คือ ชอบมากที่สุด) โดยทดสอบกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 50 คน พบว่าค่าความชอบโดยรวมของขนมปังที่ใส่มันฝรั่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบมากที่สุด คืออยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงความชอบมาก จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางความชอบโดยรวมพบว่า ขนมปังมันฝรั่งเป็นขนมปังที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบมากที่สุด และจากการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะเพิ่มเติมได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อขนมปังมันเทศ พบว่า ผู้บริโภคให้ระดับความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อขนมปังมันเทศเฉลี่ยเท่ากับ 7.54, 7.54, 6.68 และ 6.90 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชอบรสชาติของขนมปังมันฝรั่งมากที่สุด

ตารางที่ 4.10 ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใส่ส่วนผสมเพิ่มเติม

ตัวอย่าง	ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	โดยรวม
ควบคุม	7.4200±0.99^{c}	7.2600±1.17^{b}	7.2200±1.56^{b}	6.9400±1.65^{b}	7.2200±1.41^{bc}
กล้วย	6.5600±1.45^{b}	6.8400±1.78^{b}	6.9000±2.00^{b}	6.8000±1.71^{b}	6.8800±1.84^{b}
ข้าวโพด	7.0800±1.20^{ab}	6.6200±1.44^{b}	6.6400±1.68^{b}	6.8800±1.57^{b}	6.8200±1.38^{b}
งาดำ	5.5400±2.12^{a}	5.5400±2.12^{a}	4.6400±2.39^{a}	4.9200±2.01^{a}	4.7600±2.12^{a}
มันฝรั่ง	7.5400±1.24^{c}	7.5400±1.24^{c}	6.6800±1.47^{b}	6.9000±1.59^{b}	7.6600±1.33^{c}

หมายเหตุ a , b , c ในแถวแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหาร เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น รูปร่าง และสี เป็นลักษณะที่สำคัญที่สุดสำหรับผู้บริโภค ลักษณะเหล่านี้เป็นตัวกำหนดความชอบผลิตภัณฑ์ใดผลิตภัณฑ์หนึ่งของผู้บริโภคแต่ละคนและมีผลมากต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกันแต่ผลิตโดยผู้ผลิตต่างกัน มีการพยายามพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปเพื่อให้อาหารคงคุณภาพด้านประสาทสัมผัสหรือลดความเสียหายของอาหารเนื่องจากการแปรรูป (วิไล , 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการคัดเลือกยีสต์หลากหลายประเทศทั้งหมด 10 ยี่ห้อทางการค้าเพื่อให้ได้ยีสต์ที่ได้ยีสต์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั้งหมด 101 คน โดยให้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับความชอบถึงความชอบปานกลาง จากข้อมูลทางสถิติพบว่าขนมปังที่ทำจากยีสต์ 10 ยี่ห้อทางการค้า ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ยีสต์ที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ ขนมปังที่ทำจากยีสต์ทางการค้าชนิดที่ 6 ชื่อทางการค้า Mac magic จากประเทศกรีซ

การคัดเลือกยีสต์จาก 10 ยี่ห้อทางการค้า ยีสต์ชนิดที่ 6 ที่ได้รับการคัดเลือกมาทำการเพาะเลี้ยงศึกษาอัตราการการเพิ่มจำนวนเซลล์ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในระยะทวีคูณ เพื่อทำการเก็บเกี่ยวเซลล์ยีสต์มาใช้ในการทำขนมปัง ซึ่งในระยะนี้ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวจำนวนเซลล์ยีสต์ที่มีการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการขยายตัว และปริมาณของโดเพิ่มขึ้นสูงสุด

จากการศึกษาการปรับปรุงสูตรขนมปังโดยใช้ยีสต์ทางการค้าชนิดที่ 6 จากการคัดเลือกยีสต์ 10 ยี่ห้อทางการค้ามาเป็นส่วนผสม และเพิ่มเติมส่วนผสม (กล้วยหอม ข้าวโพด งาดำ มันฝรั่ง) เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต โดยในขนมปังข้าวโพดมีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ เท่ากับ 39.79 เปอร์เซ็นต์ และขนมปังมันฝรั่งมีปริมาณความชื้นรองลงมา คือ 39.35 เปอร์เซ็นต์ ในขนมปังมันฝรั่งมีปริมาณโปรตีนมากที่สุด คือ เท่ากับ 11.93 เปอร์เซ็นต์ ในขนมปังงาดำมีปริมาณไขมันมากที่สุด คือ เท่ากับ 15.66 เปอร์เซ็นต์ ในขนมปังมันฝรั่งมีปริมาณเยื่อใยหยาบมากที่สุด คือ เท่ากับ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ในขนมปังมันฝรั่งมีปริมาณเถ้ามากที่สุด คือ เท่ากับ 1.88 เปอร์เซ็นต์ และในขนมปังควบคุมนั้นมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด คือ 53.91 เปอร์เซ็นต์ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบมีความชอบโดยรวมของขนมปังมันฝรั่ง เป็นที่ยอมรับมากที่สุด ใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ช่วงคะแนนคือ ไม่ชอบมากที่สุด 0 - 9 คือชอบมากที่สุด จากการทดสอบทางเนื้อสัมผัสขนมปังมันฝรั่ง นั้นมีค่าความเหนียว (Cohesiveness) สูงที่สุด คือเท่ากับ 0.48 NCm. และมีค่าการคืนตัว (Springingness) มากที่สุด คือเท่ากับ 13.23 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) เวลาในการหมักโด ถ้าหมักโดนานเกินไปจะทำให้ขนมปังแฉะ เนื้อร่วน ถ้าหมักน้อยเกินไปจะทำให้ขนมปังที่ได้มีขนาดเล็ก สีเปลือกเข้ม และเนื้อขนมปังสีไม่ขาว จึงควรใช้เวลาในการหมักโดที่เหมาะสม ประมาณ 30 – 40 นาที

2) หลังจากการหมักโดแล้ว ควรจะมีการไล่อากาศเพื่อทำให้อุณหภูมิทั่วทั้งก้อนโดเท่ากัน ไล่ก๊าซขนาดใหญ่ออกจากก้อนโด จะทำให้ยีสต์ทำงานได้เต็มที่ เพื่อให้กลูเตนที่มีอยู่ในก้อนโดพักตัวและสร้างกลูเตนขึ้นใหม่ จะได้โครงสร้างที่แข็งแรง

3) ยีสต์สดจะมีความชื้นอยู่ประมาณ 70% จึงควรเก็บในตู้เย็นถ้าเก็บไว้นานเกิน 1 วัน และอาจจะเก็บไว้ได้นานเป็นสัปดาห์โดยไม่เสื่อมคุณภาพที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เก็บได้นานเป็นเดือนที่อุณหภูมิ -1.1 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะเริ่มเสื่อมคุณภาพทีละน้อย ๆ การแช่เยือกแข็งยีสต์สดจะทำให้ ยีสต์มีคุณภาพ และอยู่ได้นาน

4) สีของแป้ง (color) สีของแป้งมีผลต่อคุณภาพอย่างหนึ่งของผลิตภัณฑ์ แป้งที่ดีควรมีสีขาว ถ้าหากมีสีอื่นปน เช่น สีเหลืองอ่อนของแซนโทฟิลล์ หรือสีครีม จะทำให้ขนมปังมีเนื้อใน (crumb) ที่มีสีไม่ดี ดังนั้นแป้งที่โม่ออกมาควรผ่านการฟอกสีก่อน

5) นอกจากแป้งที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แล้ว วัตถุดิบที่รองลงมาก็ คือน้ำ เป็นส่วนผสมที่สำคัญมากขาดไม่ได้ ถ้ากรณีที่น้ำมีพวกโซเดียมคลอไรด์อยู่ การเกิดก๊าซจะลดลงเนื่องจากการกระทำของเกลือที่มีต่อยีสต์ ทำให้กลูเตนแข็งตัว แก้โดยการลดเกลือลงในสูตร

6) การลดปริมาตรของโด หรือการไล่ลมนั้นไม่ควรทำหลายครั้ง เพราะถ้าลดบ่อยๆ จะทำให้แป้งหมักนั้นเหนียว แป้งแต่ละชนิดจะมีระยะเวลาในการหมักที่อุณหภูมิเหมาะสมต่างกันขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ของแป้ง สูตรที่ใช้ระยะเวลาการผสมก่อนนำมาหมัก

7) ความสามารถในการเก็บความร้อนของตู้อบ นอกจากขนาดรูปร่างของโดน้ำตาลในโด และผลจากการอบ ทำให้ต้องปรับอุณหภูมิของตู้อบให้สูงขึ้นหรือต่ำลงแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดของตู้อบว่าจะร้อนเร็วและร้อนนานแค่ไหนด้วย ถ้าตู้อบร้อนช้าจะทำให้เนื้อในของขนมปัง ขยายตัวมาก แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้เปลือกนอกไหม้เร็ว โดยเฉพาะตามขอบเป็นผลทำให้รูปร่างของขนมปังไม่ได้สัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล . 2540 .เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2541 .เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2550 .เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฏฐิกา ศิลาลาย และรสสุคนธ์ ไทยประเสริฐ. 2552. ปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. [online]. Available : http://olearning.siam.edu/images/stories/foodscience-2-2554/foodscience-2-2554/127-222/week10_127-222/Document/Lab8.pdf.

ดุษณี ธนะบริพัฒน์. 2555. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. หจก. วี.เจ.พริ้นติ้ง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2555 .กล้วย. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. 2554. เทคโนโลยีเนื้อสัมผัสของผลผลิตเกษตรและอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ครั้งที่ 3. กรุงเทพ. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์รัล พับลิเคชั่น.

ศัลยา คงสมบูรณ์เวช. 2547. “เซซามินกับสุขภาพ (Sesamin and health)”. วารสารโภชนบำบัด. 15(2) : 98-105.

สาวิตรี ลิ่มทอง. 2549. ยีสต์ : ความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพ. ครั้งที่ 1. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรุณ ชาญชัยเชาว์วิวัฒน์. 2557. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. ก้าวไทยแอดเวอร์ไทซิ่ง แอนด์ พริ้นติ้ง จำกัด. 109-120.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540 .วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Adawy, T.A. 1995. Effect of sesame seed protein supplementation on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour bread. Food Chemistry. 7-14.

AOAC International 1995. Official Methods of Analysis 16th Ed. AOAC International:Gaaithersburg, MD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Birch, A.N., Berg, F., and Hansen, A.S., 2013. Expansion profiles of wheat doughs fermented by seven commercial baker's yeasts. Journal of Cereal Science, 318-323

Lampignano, V., Lavers, J., Mastromatteo, M., and Del Nobile, M.a., 2013. Microstructure, textural and sensorial properties of durum wheat bread as affected by yeast content. Food Research International 50, 369–376.

Lezama, A.Y., Navas, H.C., Carter, E.J., and Ramirez, J.A., 2016. Rheological and thermal properties of dough and textural and microstructural features of bread obtained from nixtamalized corn/wheat flour blends. Journal of Cereal Science, 158-165.

Merrill, A.L., and Watt, B.K., 1973. Energy value of foods basis and derivation. Human Nutrition Research Branch, 1-109.

Onyango, C., Mutungi, C.T., Unbehend, G.T., and Lindhauer, M.G. 2011. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. Food Science and Technology. 681-686.

Rezaei, M.N., Dornez, E., Jacobs, P., Parsi, A., and Verstrepen, K.J., and Courtin, C.M. 2014. Harvesting yeast (Saccharomyces cerevisiae) at different physiological phases significantly affects its functionality in bread dough fermentation. Food Microbiology. 109-115.

Rizzello, C.G., Calasso, M., Campanella, D. Angelis, M.D., and Gobbetti, M., 2014. Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. International Journal of Food Microbiology. 78-87.

Serio, M.D., E. De Alteriis, P. Parascandola and E. Santacesaria. 2001. A general kinetic and mass transfer model to simulate the baker's yeast growth in bioreactors. Catalysis Today. 437-445.

Szczesniak, A.S., Brandt, M.A, Friedman, H.M. 1963. Development of standard rating scale for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and sensory methods of texture evaluation. Food Science, 397-403.

Tong, Q., Zhang, X., tong, J., Zhang, p., and Zhang, J. 2010. Effect of honey powder on dough rheology and bread quality. Food Research International. 2284-2288.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์โภชนาการ

1) การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture content) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) ตามวิธี AOAC (1995)

ความชื้น คือ สารที่สูญเสียไปจากอาหารเมื่อเพิ่มความร้อนให้แก่อาหารนั้น ความร้อนที่ให้ต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่าจุดเดือดของนั้น หรือปล่อยให้อาหารตั้งทิ้งไว้ในสารดูดความชื้น (dehydrating agent) หรือให้ความร้อนในสภาพสุญญากาศ น้ำหนักที่หายไปจากอาหาร คือ สารที่ระเหยทั้งหมด หรือ total volatile matter ที่หายไป ณ อุณหภูมินั้น ส่วนของแข็งแห้งที่เหลืออยู่หลังระเหยน้ำออกไปหมดแล้วเรียกว่า ของแข็งทั้งหมด (Total solids)

ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีความชื้นเป็นส่วนประกอบ ซึ่งการวิเคราะห์หาความชื้นเป็นการตรวจสอบคุณค่าทางอาหารอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญมากเพราะปริมาณความชื้นในอาหารจะบอกให้ทราบว่าอาหารนั้นมีคุณภาพดีหรือไม่ ระยะเวลาในการเก็บรักษานานเท่าใด ความเสถียรของจุลินทรีย์คุณสมบัติการไหลหรือความหนืด ความเข้มข้นหรือความบริสุทธิ์ รวมทั้งข้อกำหนดตามกฎหมาย เป็นต้น

การวิเคราะห์ความชื้นมีหลายวิธี วิธีการที่นิยมใช้คือ Drying method ซึ่งมี 3 แบบ คือ

1. Hot air oven method
2. Vacuum oven method
3. การใช้สารดูดความชื้น

วิธีการที่ใช้ในปฏิบัติการนี้ คือ Hot oven method โดยมีหลักการคือหาน้ำหนักตังอย่างที่หายไป เนื่องจากการระเหยของน้ำที่มีอยู่ในอาหารเป็นไอน้ำ ที่อุณหภูมิใกล้จุดเดือดหรือที่จุดเดือดของน้ำ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ภาชนะอลูมิเนียม (Moisture can) พร้อมฝาปิด
3. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
4. โถดูดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. อบภาชนะอลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำออกมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง นำไปอบซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-3 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนใส่ในภาชนะอลูเนียม
3. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง โดยเปิดฝาภาชนะอลูเนียมออก
4. นำภาชนะออกจากตู้อบไฟฟ้าพร้อมปิดฝาอลูมิเนียม ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นจนกระทั่งเย็น จากนั้นชั่งน้ำหนัก
5. นำกลับไปอบซ้ำอีก จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่
6. คำนวณหาปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมดดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (น้ำหนักเปียก)} = \frac{(W_1-W)-(W_2-W)}{(W_1-W)} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (น้ำหนักแห้ง)} = \frac{(W_1-W)-(W_2-W)}{(W_2-W)} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด} = \frac{(W_2-W)}{(W_1-W)} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักของภาชนะอลูเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของภาชนะอลูเนียมพร้อมฝาปิด และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของภาชนะอลูเนียมพร้อมฝาปิด และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2) การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (crude protein) โดยวิธี Kjeldahl method ตามวิธี AOAC (1995)

วิธีการหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method เป็นการหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยใช้หลักว่าไนโตรเจนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์ส่วนมากมาจากโปรตีน ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ซึ่งเป็นหลักการของวิธีนี้จึงใช้ได้กับอาหารทุกชนิด เมื่อต้องการคำนวณปริมาณโปรตีน ก็เปลี่ยนค่าของไนโตรเจนอีกครั้งด้วยค่าคงที่คือ Conversion factor

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แสดง conversion factor สำหรับอาหารชนิดต่างๆ

Food	Factor
Animal origin	
Eggs	6.25
Meat	6.25
Milk	6.38
Vegetable origin	
Barley	5.83
Corn (maize)	6.25
Millets	5.83
Oats	5.83
Rice	5.95
Rye	5.83
Sorghums	6.25
Wheat: Whole kernel	5.83
Bran	6.31
Endosperm	5.70
Beans: Castor	5.30
Jack, lima, navy, mung	6.25
Soybean	5.71
Velvet beans	6.25
Peanuts	5.46

ที่มา : Merrill และ Watt, 1973

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การย่อย (digestion unit)
2. อุปกรณ์การกลั่น (distillation unit)
3. อุปกรณ์การไตเตรท (titration unit)
4. Boiling chip

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4 93-98 %)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 %
3. สารละลายกรดบอริก 4 %
4. Catalyst (ตัวเร่งปฏิกิริยา) ประกอบด้วย KSO_4 98 % และ $CuSO_4$ 2 %
5. สารละลายอินดิเคเตอร์ (Mix indicator) เตรียมโดยผสม 0.1 % Bromocresol green ใน 95 % แอลกอฮอล์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กับ 0.1 % Methyl red ใน 95 % แอลกอฮอล์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
6. กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

ก. ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่างมาประมาณ 2.0 – 3.0 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในหลอดย่อย
2. ใส่คะตะเลสลงไปประมาณ 5 กรัม
3. เติมกรดซัลฟิวริกข้มข้น ลงไปประมาณ 20-25 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเบาๆ และใส่ boiling chip 2-3 เม็ด
4. เปิดเครื่องย่อย แล้วตั้งหลอดย่อยในเครื่อง สวมเครื่องดักจับไอกรดลงบนส่วนบนของหลอดย่อย และเปิด Power ของเครื่องดักจับไอกรด โดยทำการย่อยในตู้ดูดควัน
5. กดปุ่ม Start ที่เครื่องย่อย เมื่ออุณหภูมิได้ 420 องศาเซลเซียสแล้ว ทำการย่อยต่อไปอีก 2 ชั่วโมง จนตัวอย่างเป็นสารละลายสีเขียวใส จากนั้นยกหลอดย่อยออกมาตั้งพักไว้ให้เย็น
6. ปิด Power เครื่องย่อย แต่ยังคงเปิดเครื่องดักจับไอกรดไว้เพื่อดักจับไอกรดที่ยังคงเหลืออยู่

ข. ขั้นตอนการกลั่น

1. เปิด Power เครื่องหล่อเย็น แล้วเซ็ทระบบการทำงานของเครื่องกลั่น จากนั้นเปิดเครื่องกลั่นทำการล้างระบบด้วยน้ำกลั่น
2. ตวงสารละลายกรดบอริคเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร พร้อมหยดอินดิเคเตอร์ ซึ่งจะทำให้กลายเป็นสารละลายสีชมพูอ่อน
3. นำหลอดย่อยประกอบเข้ากับเครื่องกลั่น และวางขวดรูปชมพูที่บรรจุสารละลายกรดบอริกไว้บริเวณ Plateform ให้แท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้กรบอริก
4. ปิด Safety door ทำการกลั่น เป็นเวลาประมาณ 4 นาที
5. เมื่อกลั่นเสร็จแล้ว เอาขวดรูปชมพู่ และหลอดย่อยออกจากเครื่อง

ค. ขั้นตอนการไทเทรต

1) นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ไปไทเทรตกับสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อน
2) คำนวณผลการวิเคราะห์ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(\text{ปริมาตรของ } H_2SO_4 \text{ ที่ใช้ไตเตรท} - \text{ปริมาตรของ } H_2SO_4 \text{ ที่ใช้ไตเตรท Blank})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 0.1 \times 0.014 \times 100$$

เปอร์เซ็นต์โปรตีน = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน × conversion factor

โดย ค่า conversion factor ของผลิตภัณฑ์แป้งข้าวสาลี เท่ากับ 5.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (crude fat) ด้วยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction method) ตามวิธี AOAC (1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน
2. เครื่องสกัดไขมันแบบ soxhlet
3. ทิมเบิล (thimble)
4. ตัวอย่างอาหารที่ผ่านการอบไล่ความชื้น
5. ฟลาสก์สกัดไขมัน
6. เครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง
7. คีมคีบ (forcep)
8. โถดูดความชื้น

สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 30-50 องศาเซลเซียส

วิธีการ

1. อบฟลาสก์สกัดไขมันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสในตู้อบลมร้อน 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักของฟลาสก์ แล้วจดน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างอาหาร 2-3 กรัมที่บดละเอียด ห่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (จดน้ำหนักที่แน่นอน) แล้วใส่ในทิมเบิล
3. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในฟลาสก์สำหรับสกัดไขมัน 150 มิลลิลิตร จากนั้นนำทิมเบิลที่มีตัวอย่างอาหารใส่ลงไปส่วนของ extraction tube
4. ต่อฟลาสต์ที่มีปิโตรเลียมอีเทอร์เข้ากับส่วนของ extraction tube และ condenser ทำการสกัดประมาณ 2 ชั่วโมง
5. แยกเอาฟลาสก์ออกจากเครื่องสกัดแล้วใช้คีมคีบทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างอาหารออกจากฟลาสก์
6. นำฟลาสตก์ที่มีปิโตรเลียมอีเตอร์ออก แล้วอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวทำละลายจะระเหยหมด จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก
7. คำนวณหาปริมาณไขมัน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างอาหาร}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยหยาบ (Crude Fiber) ตามวิธี ณัฏฐิกา และรสสุคนธ์ (2552)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งชนิดทศนิยมสี่ตำแหน่ง
2. เครื่องกรองสุญญากาศ (Buchner)
3. โถดูดความชื้น
4. ปากคีบ (Tong)
5. Volumetric flask
6. บีกเกอร์
7. ครูซิเบิล
8. เตาเผา (Muffle furnace)
9. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
10. กระบอกตวง

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.01 นอร์มัล (เตรียมได้โดยเจือจางกรดกำมะถันเข้มข้น 7.14 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิตร)
2. สารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.23 นอร์มัล เตรียมได้โดยชั่งโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์มา 125 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
3. อะซีโตน
4. น้ำกลั่นต้มให้เดือดสำหรับล้างตัวอย่างหลังผ่านการย่อยด้วยกรดและด่าง

วิธีการ

1. นำตัวอย่างอาหารที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้วไปบดลดขนาดด้วย Blender
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างอาหารประมาณ 3 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.01 นอร์มัล ปริมาตร 150 มิลลิลิตร
4. นำไปต้มให้เดือดเบา ๆ นาน 30 นาที โดยพยายามรักษาระดับของเหลวในบีกเกอร์ให้คงที่โดยการเติมน้ำกลั่นที่ร้อน และคนเป็นระยะๆ เพื่อป้องกันตัวอย่างเกาะติดกับผนังบีกเกอร์
5. กรองอย่างรวดเร็วผ่านกระดาษกรองบน Buchner ล้างบีกเกอร์ และกากบนกระดาษกรองหลายๆรอบด้วยน้ำกลั่นที่ร้อน จนกระทั่งน้ำที่ผ่านกระดาษกรองลงมาเป็นกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.23 นอร์มัล นำไปต้มให้เดือดเบาๆ นาน 30 นาที โดยพยายามรักษาระดับของเหลวในบีกเกอร์ให้คงที่โดยการเติมน้ำกลั่นที่ร้อน และคนเป็นระยะๆ เพื่อป้องกันตัวอย่างเกาะติดกับผนังบีกเกอร์
7. กรองอย่างรวดเร็วผ่านกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้า ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนบน Buchner ล้างบีกเกอร์ และกากบนกระดาษกรองหลายๆรอบด้วยน้ำกลั่นที่ร้อนหลายๆ รอบ และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นเย็น 1 ครั้ง
8. ล้างตะกอนด้วยเอทานอล 95% ปริมาณเล็กน้อย 2 รอบ
9. นำตะกอนมาระเหยเอาเอทานอลออก และนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ (F_2)
10. นำออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำหนักกากที่ได้
11. นำกากที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (ash) (F_1) บันทึกผล และคำนวณหาปริมาณเส้นใยในอาหารจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบ (Crude fiber)} = \frac{F1 - F2}{F0} \times 100$$

5) วิเคราะห์ปริมาณเถ้าทั้งหมด (total ash) ตามวิธี AOAC (1995)

อุปกรณ์

1. ครูซิเบิล (crucible)
2. เตาเผา (muffle furnace)
3. ช้อนตักสาร
4. โถดูดความชื้น (disiccator)
5. เครื่องชั่งชนิดทศนิยมสี่ตำแหน่ง

วิธีการ

1. เผา ครูซิเบิลในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 500 – 550 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนของครูซิเบิ้ล
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดแล้ว ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในครูซิเบิล (ถ้าตัวอย่างมีความชื้นสูงหรือเป็นของเหลว ให้นำไปทำให้แห้งก่อนโดยใช้ Water bath หรือตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส)
3. เผาตัวอย่างอาหารจนไม่มีควันด้วย Hot plate ในตู้ดูดควันจากนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 – 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำครูซิเบิลไปใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้จนกระทั่งเย็น แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณเถ้าทั้งหมดในอาหารดังนี้

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด} = \frac{\text{น้ำหนักครูซิเบิลพร้อมตัวอย่างหลังเผา} - \text{น้ำหนักครูซิเบิล}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

6) การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (1995)

ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบโดยประมาณ (proximate analysis) ของตัวอย่างอาหารจะต้องวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ไขมัน/ลิพิด (crude fat) โปรตีน (crude protein) และเถ้า สำหรับ 40 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (total carbohydrate) คือส่วนที่เหลือโดยผลต่าง (by difference) จึงหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหาร

การคำนวณ

เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = 100 - (%ความชื้น + %ไขมัน + %เถ้า + %เยื่อใยอาหาร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารเลี้ยงเชื้อ

Yeast Malt Medium (YM)

ประกอบด้วย

Yeast extract	3	กรัม
Malt extract	3	กรัม
Peptone	5	กรัม
Glucose	10	กรัม
Distilled water	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น ปรับพีเอชเป็น 5.5 กรณีอาหารแข็ง เติมวุ้น 20 กรัม/ลิตร วางทิ้งไว้ให้อาหารมีอุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :YM agar เตรียมโดยใช้ส่วนประกอบเช่นเดียวกับ YM broth และใส่วุ้น 15 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบ (Scoring)

ตัวอย่าง ขนมปัง

ชื่อผู้ทดสอบ..... **วันที่ 17 พฤศจิกายน พ.ศ.2558**

คำแนะนำ จงให้คะแนนความชอบโดยวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่ตรงกับความชอบ

ให้ 0 ชอบน้อยที่สุด 9 ชอบมากที่สุด

408	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
296	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
163	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
368	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
062	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
741	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
529	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
961	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
834	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
603	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอบคุณค่ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9 - point hedonic scale

วันที่ _____ ตัวอย่าง ขนมปัง ชื่อผู้ทดสอบ _____

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามระดับความชอบของแต่ละรหัสตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง / ความชอบโดยรวม	786					342					157					290					456				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	โดยรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	โดยรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	โดยรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	โดยรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	โดยรวม
ชอบมากที่สุด																									
ชอบมาก																									
ชอบปานกลาง																									
ชอบเล็กน้อย																									
เฉย ๆ																									
ไม่ชอบเล็กน้อย																									
ไม่ชอบปานกลาง																									
ไม่ชอบมาก																									
ไม่ชอบมากที่สุด																									

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอบคุณค่ะ.

ห้องสมุดวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณพหลโยธิน