



รายงานการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ขนมห่วงกิ่งสำโรงรูป

Semi - Processed Ka – Nom - Keng

คณะผู้วิจัย

วิภาวัน จุลยา

รุ่งทิวา วงศ์ไพศาลฤทธิ์

RMUTK - CARIT



3 2000 00095622 9

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2550

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ACM
664.0285
ว236ข



รายงานการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ขนมห่วงกิ่งตำเรีจรูป

Semi - Processed Ka – Nom - Keng

คณะผู้วิจัย

วิภาวัน จุลยา

รุ่งทิพา วงศ์ไพศาลฤทธิ

RMUTK - CARIT



โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2550

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐานที่เหมาะสมในการผลิตขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป ผลการทดลองพบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับมีส่วนผสมดังนี้คือ แป้งข้าวเหนียว 750 กรัม น้ำตาลทราย 600 กรัม น้ำมันพืช 60 กรัม และ น้ำ 480 กรัม จากนั้นศึกษากรรมวิธีการผลิตขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้ระยะเวลาในการหมักแป้งต่างกันแล้วเปรียบเทียบลักษณะและความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาในการหมักแป้งที่ได้รับการยอมรับคือ 6 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป พบว่ามีปริมาณความชื้น 32.67% เถ้า 0.25% โปรตีน 2.10% ไขมัน 11.01% เชื้อไข 0.01 % และคาร์โบไฮเดรต 10.01 % และพลังงาน 547 แคลอรี จากการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมแข่งของผู้บริโภคจำนวน 200 คน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมแข่ง จำนวน 198 คน จากการศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป โดยออกแบบบรรจุภัณฑ์เป็น 2 แบบ พบว่าผู้บริโภคชอบบรรจุภัณฑ์แบบที่ 1 จำนวน 76 คน แบบที่ 2 จำนวน 124 คน จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป พบว่าที่อุณหภูมิห้อง(25-28 องศาเซลเซียส) ผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูปเกิดการเสื่อมเสียในช่วง 3 วันของสัปดาห์แรก แต่ที่อุณหภูมิแช่เย็น (22 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) ไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และสามารถเก็บขนมแข่งได้นาน 3 เดือน ในอุณหภูมิแช่เย็นตั้งแต่ 22 องศาเซลเซียส

664 0285

๑๑๖๗

เลขที่.....

เลขทะเบียน..... ๐๘๔๖

วัน..... ๑๕/๑๑/๕๖

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ABSTRACT

This research aimed to choose standard formula of semi-processed Ka-nom- keng products. The results showed that the tasters accepted the formula which had the mixer ; rice flour 750 grams, sugar 600 grams, vegetable oil 60 grams and water 480 grams. The studying a suitable of semi-processed Ka-nom- keng products making by using difference time for fermenting and compared. The results showed that the tasters accepted time for fermenting at six hours. From analyzing chemical elements of products , it showed that a semi-processed Ka-nom-keng product has amount of humidity 32.67% , ash 0.25% , protein 2.10% , fat 11.01%, fiber 0.01% carbohydrate 10.01% and energy 547 kilocalories. For the studying acceptance of semi-processed Ka-nom- keng products by using questionnaire 200 ensemble. It was found that the tasters accepted 198 peoples. As for studying a suitable package of semi-processed Ka-nom-keng by using two designs . The results showed that 76 tasters accepted the first packaging and 124 tasters accepted the second packaging which were plastic and paper box respectively. For keeping age of semi-processed Ka-nom- keng products in a room temperature (25-28 °C) it showed that all products could keep ages for 3 days . In contrast the products in chilling room and freezing room were not poisoned by microorganism and the keeping ages were three months.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
งบผลประโยชน์ปี 2550 ขอขอบคุณอารติ ทองสุข, อัญชลี กานต์ดา และ มณีรัตน์ ตรีสัตย์
นักศึกษาด้านอาหารและโภชนาการ - พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ให้ความช่วยเหลืองานวิจัยนี้สำเร็จ
ดู่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัย



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
งบประมาณประจำปี 2550 ขอขอบคุณอารติ ทองสุข, อัญชลี กานต์คา และ มณีรัตน์ ตรีสิลสัตย์
นักศึกษาด้านสาขาอาหารและโภชนาการ - พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ให้ความช่วยเหลืองานวิจัยนี้สำเร็จ
ดูล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญภาพ.....	v
.....	vi
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ขนมห่วง.....	3
2.1.1 วันตรุษจีน.....	3
2.1.2 วันสารทจีน.....	4
2.2 แป้ง.....	5
2.2.1 แป้งที่ใช้ทำขนมไทย.....	6
2.2.2 องค์ประกอบของแป้ง.....	7
2.2.3 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติของแป้งและผลิตภัณฑ์ขนมไทย.....	7
2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของเจลของแป้ง.....	9
2.3 น้ำตาลซูโครส.....	10
2.3.1 คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของน้ำตาลซูโครส.....	10
2.3.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์.....	14
2.4 น้ำ.....	15
2.5 น้ำมันถั่วเหลือง.....	16
2.6 การแช่แข็งอาหาร.....	19
2.6.1 การเกิดผลึกน้ำแข็ง.....	19
2.6.2 เวลาของการแช่แข็ง.....	19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.3 ระบบแช่แข็งและเครื่องแช่แข็ง.....	20
2.6.4 ผลของการแช่เยือกแข็งต่ออาหาร.....	21
2.6.5 ผลของการเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็ง.....	21
2.7 จุลินทรีย์.....	21
2.7.1 เชื้อรา.....	21
2.7.2 การจำแนกประเภทรา.....	32
2.8 ภาชนะบรรจุ.....	37
2.8.1 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์.....	37
2.8.2 ประเภทของบรรจุภัณฑ์.....	38
2.8.3 บทบาทของบรรจุภัณฑ์อาหาร.....	40
2.8.4 การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทอาหาร.....	42
2.8.5 บรรจุภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้.....	43
2.8.6 การเลือกบรรจุภัณฑ์พลาสติกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์.....	45
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	47
3.1 วัสดุ.....	47
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	47
3.2.1 อุปกรณ์งานครัว.....	47
3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส.....	47
3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมี.....	48
3.3 สารเคมี.....	48
3.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	49
3.4.1 การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมแข่ง.....	49
3.4.1.1 ศึกษาสูตรมาตรฐานที่เหมาะสม.....	49
3.4.1.2 ศึกษากรรมวิธีขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป.....	50
3.4.1.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป.....	50
3.4.1.4 ศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป.....	50
3.4.1.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป.....	50
3.4.2 ทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป.....	50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 สถานที่ดำเนินงาน.....	
3.6 ระยะเวลาดำเนินงาน.....	50
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	50
4.1 การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมแข่ง.....	51
4.1.1 ผลการศึกษาสูตรมาตรฐานที่เหมาะสม.....	51
4.1.2 ผลการศึกษากกรรมวิธีขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป.....	51
4.1.3 ผลการศึกษองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป..	53
4.1.4 ผลการศึกษารรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่ง กิ่งสำเร็จรูป.....	56
4.1.5 ผลการศึกษายาบูการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป.....	56
4.2 ผลการทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข่ง กิ่งสำเร็จรูป.....	57
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	58
ข้อเสนอแนะ.....	61
บรรณานุกรม.....	63
	64

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างน้ำตาลซูโครส.....	10
2.2 การแตกตัวของน้ำตาลซูโครส.....	11
2.3 ลักษณะการเกิด epimerization ของน้ำตาลกลูโคส ฟรักโตส และแมนโนส.....	11
2.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคสในสภาพกรดอ่อนกรดแก่ และในน้ำโบรมีน.....	12
2.5 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคส ฟรักโตส แมนโนส ในสภาพกรด.....	12
2.6 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลแมนโนสในสภาพการ(ออกซิเดชัน).....	13
2.7 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคส ฟรักโตส แมนโนส ในสภาพด่าง.....	13
2.8 น้ำตาลซูโครสทำปฏิกิริยากับ long chain fatty acid ester ได้เป็น sugaresters.....	14
2.9 แสดงเส้นใยของรา 3 แบบ.....	23
2.10 แสดงสปอร์แบบไม้อาศัยเพศของรา.....	25
2.11 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของรา.....	27
2.12 สปอร์แบบอาศัยเพศ.....	27
2.13 การสืบพันธุ์แบบสปอร์มาไคเซชัน.....	28
2.14 Aspergillus.....	34
2.15 Rhizopus.....	35
2.16 เชื้อราในคลาสไซโกไมซีตีส.....	36
4.1 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมแข่ง สูตรมาตรฐาน.....	51
4.2 ส่วนผสมของสูตรมาตรฐานที่ 1,2 และ 3 ตามลำดับ.....	53
4.3 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมแข่ง ด้านการมีสี.....	53
4.4 ส่วนผสมของขนมแข่งขณะทำการหมักที่ 0,3 และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ.....	55
4.5 รูปของบรรจุภัณฑ์แบบที่ 1.....	57
4.6 รูปของบรรจุภัณฑ์แบบที่ 2.....	57
4.7 ลักษณะของเชื้อราที่พบในขนมแข่ง.....	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติที่แตกต่างระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพกติน.....	7
2.2 เปรียบเทียบความหวานของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ.....	14
2.3 ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลใน น้ำมันถั่วเหลือง.....	17
2.4 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันและน้ำมันที่มาจากสัตว์.....	18
2.5 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันและน้ำมันที่มาจากพืช.....	18
2.6 แสดงลักษณะที่แตกต่างระหว่างรากับซูแบคทีเรีย.....	22
2.7 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูปด้านเทคนิคและด้านการตลาด.....	38
2.8 การแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์.....	39
2.9 ประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทของอาหารแปรรูป.....	43
3.1 สูตรขนมแข็ง.....	49
4.1 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมแข็งสูตรมาตรฐาน.....	51
4.2 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมแข็งด้านกรรมวิธี.....	53
4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมแข็งสำเร็จรูปและคุณค่าทางโภชนาการ.....	56
4.4 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมแข็งสำเร็จรูป.....	58
4.5 การยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข็งสำเร็จรูป.....	59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ของหวานไทยหรือขนมไทย กล่าวได้ว่ามีอยู่คู่กับคนไทยมาช้านาน เพราะเป็นวัฒนธรรมอย่างหนึ่งที่บอกเล่าว่า คนไทยเป็นคนมีลักษณะนิสัยอย่างไร เนื่องด้วยขนมไทยแต่ละชนิด ล้วนมีเสน่ห์ มีรสชาติ ที่แตกต่างกันออกไป แต่แฝงไปด้วยความละเมียดละไม ความวิจิตรบรรจง อยู่ในรูปลักษณะ กลิ่น รสของขนม ที่สำคัญ ขนมไทย แสดงให้เห็นว่า เป็นคนใจเย็น รักสงบ มีฝีมือเชิงศิลปะ ขนมธรรมดา ๆ ทำด้วยแป้ง น้ำตาล มะพร้าว เป็นส่วนประกอบ สำคัญ สามารถดัดแปลงเป็นขนมหลายชนิด หน้าตา แตกต่างกันไป

ในสมัยโบราณคนไทยจะทำขนมเฉพาะในวาระสำคัญเท่านั้น เช่น งานทำบุญ เทศกาลสำคัญ หรือต้อนรับแขกสำคัญ เพราะขนมบางชนิดจำเป็นต้องใช้กำลังคนอาศัยเวลาในการทำอยู่พอสมควร ส่วนใหญ่เป็น ขนมประเพณี เป็นต้นขนมงาน เนื่องในงานแต่งงาน ขนมพื้นบ้าน เช่น ขนม ครก ขนมถ้วย ฯลฯ ซึ่งมีเห็นออกฉายคั่น ส่วนขนมในครัวในวังจะมีหน้าตาจุ่มจิมประณีตวิจิตรบรรจงในการจัดวางรูปทรงขนมสวยงาม ขนมไทยเป็นเอกลักษณ์ด้านวัฒนธรรมประจำชาติไทยอย่างหนึ่งที่เป็นที่รู้จักกันดีเพราะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความละเอียดอ่อนประณีตในการทำ ตั้งแต่วัตถุดิบ วิธีการทำที่กลมกลืน พิถีพิถัน ในเรื่องรสชาติ สีสัน ความสวยงาม กลิ่นหอม รูปลักษณะชวนรับประทาน ตลอดจนกรรมวิธีการรับประทานขนมแต่ละชนิด ซึ่งยังแตกต่างกันไปตามลักษณะของขนมชนิดนั้น ๆ

ขนมเข่งนิยมนับบริโภคในช่วงเทศกาลตรุษจีน ซึ่งในปัจจุบัน พฤติกรรมการบริโภคของคนไทยเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เนื่องจากวิถีชีวิตของคนไทยเปลี่ยนไปจากเดิม จากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคม ที่ต้องพึ่งพาสินค้าอุตสาหกรรม เนื่องจากทุกคนมีวิถีชีวิตที่เร่งรีบต้องแข่งกับเวลา ผู้หญิงทำงานนอกบ้านมากขึ้น ทำให้มีเวลาที่จะประกอบอาหารน้อยลงต้องอาศัยอาหารสำเร็จรูป อาหารพร้อมปรุง หรืออาหารที่สะดวกในการจัดเตรียมพกพามากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้ ผู้ทำโครงการ จึงสนใจที่จะผลิตขนมเข่งสำเร็จรูปขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐานที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป
- 1.2.2 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป
- 1.2.3 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป
- 1.2.4 เพื่อศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป
- 1.2.5 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป
- 1.2.6 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ส่วนที่พัฒนาสูตร และกรรมวิธีการผลิตในระดับห้องทดลอง เพื่อให้ได้สูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูปที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม
- 1.3.2 เป็นการขยายระดับการผลิตในระดับกึ่งอุตสาหกรรม มีการผลิตจำนวนมากจะทดลองในห้องปฏิบัติการอาหารของวิทยาเขตพระนครใต้แล้วนำไปทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้ผลิตภัณฑ์ขนมแข่งชนิดใหม่ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
- 1.4.2 เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน
- 1.4.3 ผู้บริโภคได้รับความสะดวกสบาย
- 1.4.4 เป็นการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ขนมไทยให้แพร่หลายมากขึ้น
- 1.4.5 ได้ข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมไทยเป็นสินค้าส่งออก

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนบแข่ง

คือขบวนที่ทำด้วยแป้งข้าวเหนียวผสมน้ำตาลทรายใส่ข่งเล็ก ๆ หรือกระทงใบตองหนึ่งให้ลูก
มักทำในเทศกาลตรุษจีน เป็นของคนจีน (มานิต มานิตเจริญ, 2507)

2.1.1 วันตรุษจีน

คือวันขึ้นปีใหม่ของคนจีน (วันที่ 1 เดือน 1 ของวันจีน) ถือเป็นเทศกาลใหญ่ที่ประหนึ่งรวม
เทศกาลวันตรุษและอาจรวมเทศกาลไหว้สัันปีเข้ากับเทศกาลวันตรุษ ซึ่งจะต่างกับวันไทย และวัน
สากลในขณะที่ วันขึ้นของไทยเป็นวัน-ข้างขึ้น และข้างแรม เดือนหนึ่ง มี 30 วัน ของจีนจะ เป็นเดือน
สั้น และเดือนยาว เดือนสั้นมี 29 วัน เดือนยาวมี 30 วัน วันจีนจะ ซ้ำกว่าวันข้างขึ้นข้างแรมใน
ปฏิทินอยู่ 2 เดือนยกตัวอย่างวันไหว้พระจันทร์ ตรงกับวันที่ 15 เดือน 8 เมื่อดูในปฏิทินจะเป็นขึ้น
15 ค่ำ เดือน 10 หรือ สมมติว่าวันที่ 31 ธันวาคม 2535 ตรงกับวันขึ้น 8 ค่ำ เดือน 2 ก็คิดกลับ
เป็นวันจีนจะเป็นวันที่ 8 เดือน 12 จากนั้นนับต่อจากวันที่ 8 ไปเป็นวันที่ 9 เดือน 12 ของจีนคือวันที่
1 มกราคม 2536 นับไปเรื่อย ๆ จนครบวันที่ 30 เดือน 12 ของจีน ซึ่งจะตรง กับวันที่ 22 มกราคม
2536ของไทยดังนั้นวัน ตรุษจีน คือ วันที่ 1 เดือน 1 ของจีน ก็จะตรงกับวันที่ 23 มกราคม2536

วันสัันปีจะมีการไหว้ หลายอย่าง นิยมเรียกว่า "วันไหว้" มักเรียก วันก่อน หน้าวันไหว้วา
"วันจ่าย" เพราะเป็นวันสุดท้ายที่จะจ่ายซื้อของ ไหว้ของใช้ต่างๆก่อนที่ร้านค้าจะปิดธุรกิจหลาย
วันการไหว้ตรุษจีนจะนิยม เรียกกันว่า "วันชิวอิด" แปลว่า วันที่ 1 มีความน่า สนใจตรงที่ว่า คนจีน
จะไหว้ "ไฉ่ซิงเอี้ย" หรือ "เทพเจ้าแห่ง โชคลาภ" ในเวลากลางดึกเมื่อ เวลา ย่างเข้าวันตรุษหรือวัน
ชิงอิดไฉ่ แปล ว่า โชคซิง และเอี้ย แปลว่า เจ้า นอกจากนี้เวลาไหว้ยังมีฤกษ์ยาม และทิศ ที่จะตั้งโต๊ะ
ไหว้ยังเป็นทิศ และเวลาเฉพาะใน แต่ละปี เพื่อความเป็นสิริมงคลของไหว้จะ ไหว้อย่าง ด้วส้ม
และโหงวเล็กทั้งกับ น้ำชา

2.1.1.1 การไหว้จ้ที่ ประกอบด้วย

- ของควา หมู เป็ด ไก่ คับ ปลา แล้วแต่ว่าจะไหว้มากหรือน้อย
- ไหว้ 3 อย่าง เรียกว่า ซุดซาแซ ประกอบด้วย หมู เป็ด ไก่
- ไหว้ 5 อย่าง เรียกว่า ซุดโหงวแซ ประกอบด้วย หมู เป็ด ไก่ คับ ปลา
- ขนมหั้วสวกก้วยหรือขนมถ้วยฟูคักท้อก้วยหรือขนมกุยช่าย
- ขนมนันอับ ซาลาเปา ขนมหั้ววันค้องมีสีชมพู หรือมีแค้นจุดแดง
- ขนมหั้วพิเศษ ขนมห่ง ขนมหื่น ค้องมีขึ้นเป็นหลัก

- ผลไม้ ส้ม กล้วยทั้งหวีเลือกเขียวๆ องุ่น แอปเปิ้ล ชมพู ลูกพลับ
- เครื่องดื่ม น้ำชา 5 ที่ หากมีไหว้ของคาวจะไหว้เหล้าด้วยก็ได้ ก็จัด 5 ที่เช่นกัน
- กระดาษเงิน กระดาษทอง ชุดไหว้เจ้า จำนวนธูปไหว้ คนละ 5 ดอก

2.1.1.2 ของไหว้บรรพบุรุษ ประกอบด้วย

- ของคาว หมู เป็ด ไก่ ดับ ปลา แล้วแต่จะไหว้มากหรือน้อย
- ไหว้ 3 อย่าง เรียกว่า ชุดซาแซ ประกอบด้วย หมู เป็ด ไก่
- ไหว้ 5 อย่าง เรียกว่า ชุดโหวงแซ ประกอบด้วย หมู เป็ด ไก่ ดับ ปลา
- กับข้าว นิยม 8 อย่าง หรือ 10 อย่าง โดยให้มีของน้ำ 1 อย่าง ข้าว ข้าวสวยใส่ชาม

พร้อมตะเกียบ จำนวนชุดตามจำนวนบรรพบุรุษ นิยมนับถึงแคว้นปู่ย่า

- ขนมไหว้ สุกก้วยหรือขนมถ้วยฟู ตักทอถ้วยหรือขนมกุยช่าย
- ขนมจันอับ ซาลาเปา ขนมไหว้นี้ต้องมีสีชมพู หรือมีแต้มจุดแดง
- ขนมไหว้พิเศษ ขนมแข่ง ขนมเทียน ต้องมีขึ้นเป็นหลัก
- ผลไม้ ส้ม กล้วยทั้งหวีเลือกเขียวๆ องุ่น แอปเปิ้ล ชมพู ลูกพลับ
- เครื่องดื่ม น้ำชา 5 ที่ หากมีไหว้ของคาวจะไหว้เหล้าด้วยก็ได้ ก็จัด 5 ที่เช่นกัน
- กระดาษเงิน กระดาษทอง ต้องมี อ่องแซจี้ สำหรับใบเบิกทางให้บรรพบุรุษลง

มารับของไหว้

- ทองแท่งสำริดรูป แบนก้งเด็ก คือกี้ ฯลฯ จะมากหรือน้อยจำนวนธูปไหว้ คนละ

3 ดอก

- จำนวนชนิดของขนมไหว้ นิยมให้สอดคล้องกับของคาว เช่น ไหว้ของคาว 3

อย่าง ขนม 3 อย่าง ผลไม้ 3 อย่าง (ครุฑจีน, 2549)

2.1.2 วันสารทจีน

ตามปฏิทินจีนโบราณ เดือน 7 ถือเป็นเดือนสำคัญที่ถูกหาลานจะแสดงความกตัญญูต่อบรรพบุรุษโดยพิธีเซ่นไหว้ หลัที่แต่งงานแล้วต้องกลับมาเซ่นไหว้ที่บ้านเดิม ต่อมาเรื่องนี้ได้ไปปะปนกับเรื่องของพระโมคคัลลานะ ที่ช่วยมารดาให้พ้นจากนรก จึงมีความเชื่อว่าเป็นเวลาที่ประตูนรกนั้นได้ถูกเปิด เพื่อให้บรรดาญาติออกเร่ร่อนตามสถานที่ต่างๆ ชาวจีนจะมีการเซ่นไหว้เพิ่มขึ้นมาอีกพิธีหนึ่ง คือ ในตอนเช้าจะเซ่นไหว้เจ้าที่ และเซ่นไหว้บรรพบุรุษ ตอนบ่ายจะเซ่นไหว้ผีไม่มีญาติ หรือบรรพบุรุษคันตระกูลของชาวจีน ที่ล่วงลับไปแล้วแต่ไม่มีลูกหลานสืบสกุล แต่ในบางแห่งก็นิยมไหว้ในตอนเช้าด้วยเช่นกัน ประเพณีนี้ได้ยึดถือปฏิบัติสืบทอดกันมายาวนานในรอบหนึ่งปี ชาวจีนจะมีไหว้เจ้าใหญ่ 8 ครั้ง เรียกว่า ไหว้ 8 เทศกาล ปีละ 1 ครั้ง การไหว้สารทจีนเป็นการไหว้ครั้งที่ 5 ตรงกับวันที่ 15 เดือน 7 ซึ่งถือกันว่าเป็นเดือนผี เป็นเดือนที่ประตูนรก ปิดเปิด ให้ผีทั้งหลายมารับกุศลผลบุญได้

ตำราจีนหนึ่งกล่าวไว้ว่า วันที่ 15 เดือน 7 เป็นวันที่เซ็งฮี้ได้ตั้งจะตรวจดูบัญชีวิญญาณคนตายส่งวิญญาณขึ้นสวรรค์ และส่งวิญญาณร้ายลงนรก ชาวจีนทั้งหลายรู้จักสงสารวิญญาณร้าย จึงทำบุญอุทิศส่วนกุศลให้ นรกจึงเปิดประตู เพื่อให้วิญญาณร้ายออกมารับกุศลผลบุญ

ของไหว้เจ้าที่ประกอบด้วย การไหว้ในเทศกาลสารทจีนต่างจากการไหว้ในเทศกาลอื่นๆ ตรงที่แบ่งการไหว้ ออกเป็น 3 ชุด

ชุดแรก สำหรับไหว้เจ้าที่ จะไหว้ในตอนเช้า มีอาหารคาวหวาน ขนมไหว้ก็ใช้ ด้วยฟู กุยช่าย ซึ่งต้องมีสีแดงแต้มเป็นจุดเอาไว้ ส่วนขนมไหว้พิเศษที่ต้องมี ซึ่งเป็นประเพณีของสารทจีน คือ ขนมแข่ง ขนมเทียน นอกจากนี้ก็มีผลไม้ น้ำชา หรือเหล้าจีน และกระดวยเงิน กระดวยทอง

ชุดที่สอง สำหรับไหว้บรรพบุรุษคล้ายของไหว้เจ้าที่ พร้อมกับกับข้าวที่ บรรพบุรุษชอบตามธรรมเนียมต้องมีน้ำแกง หรือขนมน้ำใสๆ วางข้างชามข้าวสวย และน้ำชา จัดชุดตามจำนวนของบรรพบุรุษ ถ้าเป็นคนมีฐานะก็นิยมไหว้โหงวแซ่ คือมี เป็ด ไก่ หมู ดับ ปลา พร้อมกับกับข้าวอีกหลายอย่าง แล้วแต่จะจัดที่บรรพบุรุษชอบ หรือจะจัดแบบที่ถูกหลายคนที่ได้กินจริงชอบ แต่ตามธรรมเนียมการไหว้บรรพบุรุษ ต้องมีของน้ำสำหรับชดให้คล่องคอ จะเป็นน้ำแกงก็ได้ หรือเป็นขนม น้ำใสๆ เช่น อี๋ (คือขนมบัวลอย) ก็ได้ วางเคียงกับชามข้าวสวยและน้ำชา ของหวานก็มี ขนมแข่ง ขนมเทียน ผลไม้ และกระดวยเงินกระดวยทอง ที่ขาดไม่ได้ก็คือ ขนมแข่ง ขนมเทียน ผลไม้ และกระดวยเงินกระดวยทอง

ชุดที่สาม สำหรับไหว้วิญญาณพนजर ฝัไม่มีญาติ ซึ่งไม่มีลูกหลานกราบไหว้ เรียกว่า ไป้อี้อเฮี้ย หรือบางแห่งเรียกว่า ฮ้อเฮี้ยตี่ จะต้องไหว้นอกบ้าน ของไหว้มีทั้งของคาวหวาน กับผลไม้ตามต้องการ และที่พิเศษคือ มีข้าวหอมแบบเงินโบราณ คอปีง เผือกหนึ่งผ่าซีกเป็นเสี้ยวใส่ถาด เส้นหมี่ห่อใหญ่ เหล้า น้ำชา และกระดวยเงินกระดวยทองแบบเฉพาะ ที่เรียกว่า อ่วงแซเจิว จัดทุกอย่างวางอยู่ด้วยกันสำหรับเซ่นไหว้ (งานพัฒนาและการจัดการสารสนเทศ, 2549)

2.2 แป้ง

ความหมายของคำว่าแป้ง โดยทั่วไปได้แบ่งความหมายของแป้งจากการเรียกในภาษาอังกฤษได้ 2 ประเภท คือแป้งฟลาว(Flour) และแป้งสตาร์ช (Starch) โดยทั้ง 2 ประเภท จะมีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างกัน

- แป้งฟลาว(Flour) หมายถึง แป้งที่ผลิตได้จากเมล็ด หัวหรือส่วนอื่นๆ ของพืชที่สามารถนำมาบริโภค โดยนำมาสี บด หรือโม่แล้วร่อนให้เป็นผงละเอียด ซึ่งแป้งที่ได้จะประกอบด้วยสารอาหารที่อยู่ในวัตถุดิบเดิมทั้งหมด คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใยแร่ธาตุต่าง ๆ เป็นต้น

- แป้งสตาρχ (Starch) หมายถึง แป้งที่ผลิตได้จากส่วนต่างๆของพืชเช่นเดียวกับ แป้งฟลาว แต่กรรมวิธีการผลิตจะแยกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นสารอาหารคาร์โบไฮเดรตล้วน โดยมีสารอื่นๆปะปนมาน้อยที่สุด ดังนั้นแป้งสตาρχจึงประกอบด้วยสารอาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ (ชนินฐา เวชวงษ์ และณัฐชา กิตติธรรมธิ, 2544)

2.2.1 แป้งที่ใช้ทำขนมไทย

ส่วนประกอบหลักของขนมไทยส่วนใหญ่จะเป็นแป้งชนิดต่างๆ เช่นแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเขียว แป้งชนิดอื่นๆ เช่นแป้งข้าวโพดและแป้งท้าวยายม่อม มักใช้เป็นส่วนประกอบเสริมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางอย่างของขนมเท่านั้น คุณสมบัติของแป้งจะมีผลต่อลักษณะของขนม เช่น แป้งข้าวเจ้าเมื่อถูกความร้อนแป้งจะสุกและมีลักษณะพุ่งขึ้น แป้งมันสำปะหลังเมื่อถูกความร้อนแป้งจะสุกและมีลักษณะโปร่งแสง เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะจับกันเหนียวใส แป้งที่ใช้ในการทำขนมส่วนใหญ่มีหน้าที่สำคัญในด้านการทำให้เกิดความข้นหนืดและเกิดเจล เช่น ขนมชั้น ขนมฟักทอง ขนมกล้วย ตะโก้ ขนมเทียน ขนมแข่ง เป็นต้น

แป้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืช เช่น ข้าว พืชประเภทหัวจะมีแป้งมาก เช่น มันฝรั่ง พวกรากพืช เช่น มันสำปะหลัง แป้งเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อของพืชเท่านั้น แป้งต่างชนิดกันจะมีส่วนประกอบที่ต่างกันทางด้านคุณภาพทางโภชนาการ ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพ โดยทั่วไปแป้งจะมีคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด รองลงมาคือโปรตีน นอกจากนี้ยังมีไขมัน เซลลูโลส กลีเซอรอล สารสี และเอนไซม์ แป้งมีความชื้นหรือน้ำอยู่ประมาณ 2-3% คาร์โบไฮเดรต ในแป้งจะอยู่ในรูปสตาρχ ส่วนประกอบของสตาρχมี 2 อย่าง คือ อะไมโลส และ อะไมโลเพกติน ทั้ง 2 อย่าง ประกอบด้วยกลูโคสหลายหน่วยต่อกัน และมีความแตกต่างกัน แป้งจากพืชที่ต่างกันจะมีส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินต่างกัน แป้งที่มีอะไมโลเพกตินมากหรือมีอะไมโลสน้อยจะเป็นแป้งเปื่อยที่มีความข้นหนืดมาก ถ้าต้องการลักษณะอาหารให้เหนียวข้นแต่ไม่เป็นวุ้น เช่น ไข่ของพาย ชูครีม เต้าส่วน ก็ควรใช้แป้งที่มีอะไมโลเพกตินสูง ปกติแป้งที่ได้จากรากพืชจะมีอะไมโลเพกตินสูงกว่าที่ได้จากเมล็ดธัญพืช (ศิริชัย สมคะเน และอำนาจ ภูมิจันทร์, 2543)

แป้งที่ได้จากเมล็ด เช่น ข้าวโพด ข้าวเจ้า ถ้านำไปต้มแล้วทิ้งให้เย็นจะเป็นสีทึบ เป็นแป้งเปื่อยหรือเป็นวุ้น ส่วนแป้งที่ได้จากราก เช่น มัน มันฝรั่ง สาหร่าย มักจะเป็นน้ำเหลวที่มีความเหนียวแต่ไม่เป็นวุ้น โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินจะยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้มีการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ นอกจากนี้อะไมโลสและอะไมโลเพกตินยังมีคุณสมบัติอื่นที่แตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติที่แตกต่างระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพกติน

อะไมโลส	อะไมโลเพกติน
1. ละลายน้ำได้น้อย	1. ละลายน้ำได้ดี
2. เมื่อต้มในน้ำจะหนืดข้นมากและใส	2. เมื่อต้มในน้ำจะหนืดน้อยแต่ขุ่นตัว
3. ให้สีน้ำเงินเมื่อทำปฏิกิริยากับ สารละลายไอโอดีน	3. ให้สีม่วงเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย ไอโอดีน
4. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกัน เป็นเส้นตรง	4. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกัน เป็นแขนงคล้ายกิ่งไม้
5. เมื่อให้ความร้อนในน้ำและตั้งทิ้งไว้จะ จับตัวกันเป็นวุ้น	5. เมื่อให้ความร้อนในน้ำและตั้งทิ้งไว้จะ ไม่จับตัวกันเป็นวุ้น

ที่มา: ขนิษฐา เวชวงษ์ และฉวีรุชา กิตธารามย์ (2544)

2.2.2 องค์ประกอบของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีอัตราส่วนอะตอมคาร์บอน : ไฮโดรเจน : ออกซิเจน (C : H : O) คือ 6 : 10 : 5 โมเลกุลเป็นกลูโคสโพลิเมอร์แบบความแน่น (โมเลกุลกลูโคสต่อกันโดยสูญเสียโมเลกุลน้ำ) แป้งประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ซึ่งประกอบด้วยหน่วยกลูโคสชาดน้ำ (dextrose or glucosidic) อะไมโลส คือ สตาร์ชที่มีโครงสร้างมีลักษณะเป็นเส้นตรงประกอบด้วยหน่วยกลูโคสเฉลี่ยประมาณ 1,500 หน่วย ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 กลูโคซิดิกทั้งหมด อะไมโลเพกติน คือ สตาร์ชที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นสายตรง (linear form) ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 - กลูโคซิดิก (glucosidic) และมีส่วนที่เป็นสาขาแยกจากโครงสร้างหลัก (branched form) ต่อกันด้วยพันธะ 1,6 - กลูโคซิดิก มีหน่วยกลูโคสชาดน้ำได้มากกว่า 1,000,000 หน่วย แต่โดยปกติแล้วมีประมาณ 100,000 หน่วย

2.2.3 ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณสมบัติของแป้งและผลิตภัณฑ์ขนมไทย

แป้งที่ทำขนมไทย จะทำหน้าที่สำคัญในการทำให้เกิดความข้นและเกิดลักษณะพองตัวขึ้นใน หรือเรียกว่าทำให้ขนมมาจับตัวกันและสุก คุณสมบัติของแป้งจะเป็นอย่างไรขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของแป้งนั้นๆ เช่น สตาร์ชที่มีอยู่ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ทั้งลักษณะของเม็ดแป้ง สตาร์ชที่แตกต่างกันด้วย ขนมไทยหลายชนิดที่ทำจากแป้งจะมีลักษณะหรือคุณสมบัติเป็นไปตามการพองตัวขึ้นในของเม็ดแป้งเป็นสำคัญ

2.2.3.1 การพองตัวของไอโซของเม็ดแป้ง (gelatinization)

เม็ดแป้งในสภาพปกติจะมีการจัดเรียงตัวกันของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในลักษณะเป็น crystallize อย่างหนาแน่นแข็งแรง ไม่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น 0 – 40 องศาเซลเซียส แต่อาจมีน้ำซึมเข้าไปข้างใน ส่วน amorphous ของเม็ดแป้งที่ไม่แข็งแรงได้บ้างประมาณ 25-30 % และพองตัวขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสามารถกินตัวสภาพปกติได้อีกถ้าทำให้แห้ง แต่เมื่อให้ความร้อนแก่เม็ดแป้งในน้ำจนถึงอุณหภูมิประมาณ 60 – 70 องศาเซลเซียส จะทำให้พันธะไฮโดรเจนหรือส่วนที่เป็น crystallize คลายตัว เม็ดแป้งจะดูดน้ำและพองตัวอย่างถาวร ทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและใสขึ้น ขบวนการนี้เรียกว่า เจลาติไนเซชัน (gelatinization)

การพองตัวของไอโซของเม็ดแป้งในสภาพที่มีน้ำเพียงเล็กน้อยจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าในสภาพที่มีน้ำมากและในสภาพที่มีน้ำอยู่มากนั้น เมื่อเจลาติไนซ์แล้วเม็ดแป้งยังพองตัวเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย การเจลาติไนเซชันจะไม่เกิดขึ้นถ้ามีน้ำในปริมาณที่น้อยกว่า 30 % นอกจากนั้นแป้งที่มีเม็ดแป้งขนาดใหญ่กว่าจะเริ่มพองตัวได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งที่มีเม็ดแป้งขนาดเล็ก

2.2.3.2 ความใสของแป้งเปียก

เป็นสมบัติสำคัญในอาหารเพราะแป้งที่ขุ่นมัวจะมองดูไม่น่ารับประทานจากัญพืช มักจะให้แป้งที่มีลักษณะขุ่นแต่แป้งที่ได้จากรากหรือลำต้น จะให้แป้งเปียกที่มีลักษณะใสกว่าลักษณะความขุ่นของแป้งเปียกจากเมล็ดธัญพืช สามารถจะปรับปรุงได้โดยนำแป้งชนิดอื่นๆมาผสมได้

2.2.3.3 ความข้นหนืดของแป้งเปียก

ความข้นหนืดของแป้งเปียก จะเกิดขึ้นจากส่วนของสตาρχที่เป็นองค์ประกอบ เมื่อนำน้ำแป้งมาให้ความร้อนในชั้นต้นจะมีความหนืดเกิดขึ้นเมื่อสตาρχพองตัวขึ้นส แต่ถ้าต้มไปจนสตาρχเกิดการแตกตัว จะทำให้ความหนืดของน้ำแป้งลดลงเล็กน้อยและเมื่อทำให้เย็นลง แป้งจะกลับมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น ความข้นหนืดที่ได้ของแป้งแต่ละชนิดมีบทบาทสำคัญต่อลักษณะสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นองค์ประกอบ

2.2.3.4 ความอยู่ตัวภายในสภาวะการแช่แข็งและการคืนตัว (Freeze-thaw stability)

แป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพกตินมากจะคงทนต่อสภาวะการแช่แข็งและการคืนตัวได้ดีกว่าแป้งที่มีอะไมโลสสูง แต่แป้งที่มีอะไมโลเพกตินสูงจะขาดความใสและลักษณะใสและลักษณะที่ดีของเนื้อสัมผัส จึงจำเป็นต้องปรับปรุงสมบัติให้เหมาะสม

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของเจลของแป้ง มีหลายประการ คือ

2.2.4.1 ชนิดและปริมาณสตราซ์

ปริมาณของสตราซ์ที่ทำให้สารแขวนลอยจากสตราซ์ชนิดต่างๆ มีความข้นหนืดเท่ากันนั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิดและแหล่งของแป้ง สำหรับธัญพืชที่มีอะไมโลเพกตินสูง จะใช้ปริมาณน้อยกว่าแป้งจากธัญพืชชนิดอื่นเนื่องจากปริมาณอะไมโลเพกตินมีผลต่อความหนืด ถ้าจะทำให้แป้งมีความหนืดเท่ากันแป้งที่มีอะไมโลเพกตินสูงจะใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพกตินต่ำ

2.2.4.2 อุณหภูมิ

เมื่อนำแป้งไปต้มให้ร้อน เม็ดแป้งจะดูดซับน้ำได้มากขึ้นและพองตัวมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงจะเป็นไปอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับของการเกิดเจลลิตในซึ่ อุณหภูมิของการเกิดเจลลิตในซึ่ของแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป แป้งที่เกิดเจลลิตในซึ่จะมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดจะมากน้อยต่างกันตามชนิดของแป้ง มักพบว่าแป้งที่พองตัวได้อย่างรวดเร็วจะมีความหนืดสูงแต่จะไม่คงตัวถ้าต้องทำการกวนหรือคนอย่างแรงหรือต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ในกระบวนการแปรรูป

2.2.4.3 น้ำตาล

น้ำตาลมีความสำคัญต่อการจับตัวเป็นเจลของแป้ง เมื่อใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้นเจลที่ได้จะใสขึ้นและนุ่มนวลมากขึ้น แต่ถ้านิเติมน้ำตาลในปริมาณสูงเกินไปส่วนผสมจะเกิดเป็นน้ำเชื่อมข้นแทนที่จะเป็นเจลเนื่องจากน้ำตาลไปขัดขวางการจับน้ำของสตราซ์ โดยแบ่งจับน้ำที่มีอยู่ เมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น สตราซ์จับน้ำได้น้อยลง เจลที่ได้จะอ่อนกว่าและมีการยุบตัวของเจลเนื่องจากมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง

2.2.4.4 ความเป็นกรดและด่าง

อาหารส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรดต่าง 4-7 ความเป็นกรดต่างในช่วงนี้ มีผลเล็กน้อยต่ออัตราการพองตัวและความหนืดของเม็ดแป้ง การศึกษาผลของค่าอัตราการพองตัวของเม็ดแป้งได้รับความสนใจน้อยกว่าผลอื่นเนื่องจากกรด ความเป็นกรดสูงช่วยเร่งการพองตัวของเม็ดแป้งอย่างรวดเร็ว ตลอดจนมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้ง จนกระทั่งความหนืดของน้ำแป้งลดลงอย่างรวดเร็ว

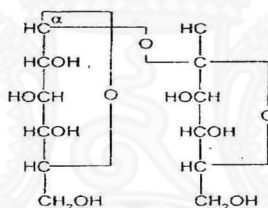
2.2.4.5 ไขมัน

ไขมันจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งและความหนืดของแป้งได้หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับไขมันดังกล่าวเป็นไขมันอย่างไรหรือไขมันที่ผสมด้วยอิมัลซิไฟเออร์ ทั้งนี้เนื่องจากผลที่เกิดจากไขมันทั้งสองชนิดให้ผลตรงข้ามกัน ไขมันมีผลต่ออุณหภูมิของการเกิดความหนืดสูงสุด (maximum viscosity) เช่น แป้งข้าวโพดเข้มข้น 6% โดยปกติจะมีความหนืดของเจลสูงสุด ที่

อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เมื่อมีไขมันผสมอยู่ 9-12 % อุณหภูมิดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็น 82 องศาเซลเซียส (พันวัช แดงพรหม และโสเมสิริ โชติโรคม, 2543)

2.3 น้ำตาลซูโครส

คำว่าน้ำตาล หรือน้ำตาลทรายที่ใช้กันทั่วไปนั้นหมายถึงน้ำตาลซูโครส มีสูตรโมเลกุลว่า $C_{12}H_{22}O_{11}$ เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ เกิดจากการจับตัวของน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทส มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 342 ปกติน้ำตาลบริสุทธิ์จะอยู่ในรูปผลึกแบบ monoclinic ไม่มีสีและมีลักษณะโปร่งแสง ปกติเมื่อพืชสังเคราะห์จะสร้างแป้งเพื่อเก็บไว้เป็นอาหาร แต่ในพืชบางชนิดสามารถสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสได้ในปริมาณสูงและเก็บไว้ในลำต้นหรือหัวได้ โดยเฉพาะ *Saccharum officinarum* (อ้อย) หรือพืชหัว Beta เมื่อนำพืชประเภทนี้มาสกัดโดยน้ำ น้ำตาลก็จะละลายออกมาและเมื่อทำการสกัดสิ่งแปลกปลอมออก ก็สามารถตกผลึกน้ำตาลออกมาได้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของน้ำตาลซูโครส

ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)

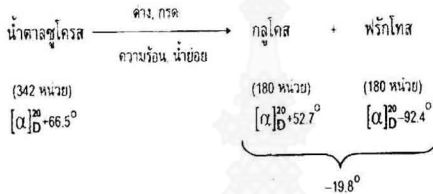
น้ำตาลจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากจะเป็นสารให้ความหวานแล้ว ยังมีหน้าที่อื่นๆ อีกมากมายที่หาสารอื่นๆ ทดแทนไม่ได้ ทั้งนี้เพราะน้ำตาลมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนืด ความแวววับ

2.3.1 คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของน้ำตาลซูโครส

2.3.1.1 การแตกตัวของน้ำตาลซูโครส

น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ตัว คือ น้ำตาลกลูโคสจับตัวกับน้ำตาลฟรุกโทส ในสภาวะที่มีความร้อนสูงหรือมีน้ำย่อย หรือมีสภาวะกรด/ด่างสูงจะมีการแตกตัวเป็นน้ำตาลเดี่ยวทั้งสอง และจะดำเนินปฏิกิริยาแตกต่างออกไป จะได้สารประกอบต่าง ๆ หลายชนิด ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรด/ด่าง สิ่งที่เกิดขึ้นหลังจากการแตกตัว

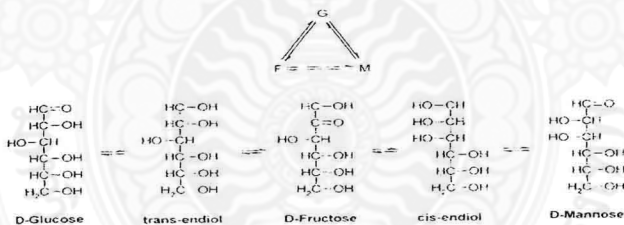
ของน้ำตาลทรายที่อุตสาหกรรมอาหารมักประสบปัญหาเสมอคือสภาพการเกิดสี เช่นสีชมพู สีแดง สีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เมื่อน้ำตาลซูโครสแตกตัวออกมาเป็นน้ำตาล ฟรุกโทสและกลูโคส



ภาพที่ 2.2 การแตกตัวของน้ำตาลซูโครส

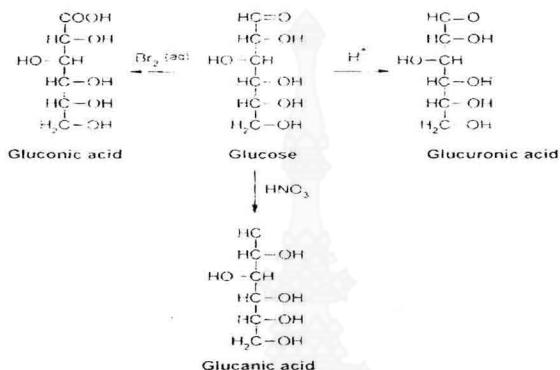
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)

จะเกิดเหตุการณ์ที่สำคัญ ๆ คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total solublesolids) จะมากขึ้นกว่าเดิม คือ จะเกิดน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทสทั้งหมด เป็น 360 หน่วย จากน้ำตาลทราย 342 หน่วย การเปลี่ยนแปลงของแสงจากค่า specific rotation ของน้ำตาลซูโครส ที่ +66.5° จะเปลี่ยนเป็น -19.8° ซึ่งเรียกเหตุการณ์นี้ว่า “inversion” และเรียกน้ำตาลที่เกิดจากเหตุการณ์นี้ว่า invert sugars มีความหมายถึงน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโทสที่เกิดจากเหตุการณ์นี้เอง



ภาพที่ 2.3 ลักษณะการเกิด epimerization ของน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโทส และแมนโนส

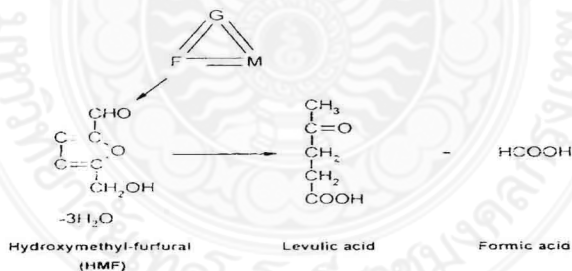
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)



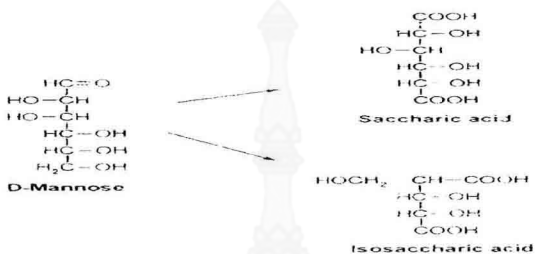
ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคสในสภาพกรดอ่อน กรดแก่ และในน้ำโบรมีน
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)

ในสภาพเป็นกรดอ่อนหรือด่างอ่อน ขั้นแรกนั้นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นคือ Epimerization ระหว่างน้ำตาลทั้ง 3 (หลังจาก mutarotation แล้ว) และเมื่อถูกออกซิไดซ์โดยกรด จะเกิดเป็น sugar acid มี 3 พวกคือ

1. aldonic acid เกิดขึ้นเมื่อ aldehyde group ถูกออกซิไดซ์เป็น COOH
2. uronic acid เกิดขึ้นเมื่อ primary alcohol group ถูกออกซิไดซ์เป็น COOH
3. alderic acid เกิดขึ้นเมื่อ aldehyde C และ primary alcohol ถูกออกซิไดซ์เป็น COOH (เกิด dicarboxylic acid)



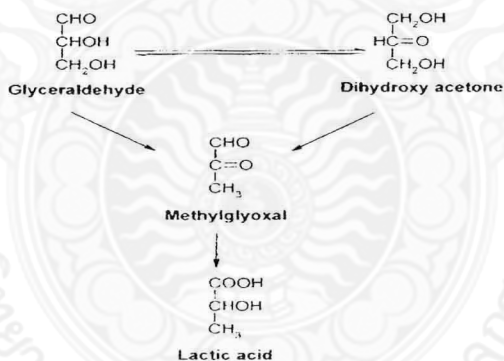
ภาพที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโทส แมนโนส ในสภาพกรด
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)



ภาพที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลแมนโนสในสภาพกรด (ออกซิเดชัน)
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)

ในสภาพที่เป็นกรด ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญคือ hydroxymethylfurfural (HMF) ซึ่งเป็นสารเริ่มต้นของสารประกอบน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ ซึ่งเป็นตัวต้นเหตุทำให้เกิดสารมีสี

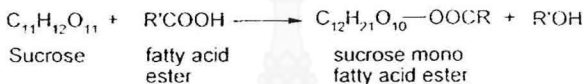
ในสภาพเป็นด่าง น้ำตาลจะแตกตัวได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติก เหตุการณ์นี้เป็นกระบวนการผลิตกรดแลคติกที่รู้จักกันดีและมีผลเป็นอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ pH ของอาหารและอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมการผลิต หรือการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้



ภาพที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโทส แมนโนส ในสภาพด่าง
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)

2.3.1.2 Esterification

น้ำตาลสามารถทำปฏิกิริยากับพวก long chain fatty acid ester ได้เป็น sugar ในกรณีที่น้ำน้อยหรือตัวทำละลายหรือตัวเร่งที่เหมาะสม



ภาพที่ 2.8 น้ำตาลซูโครสทำปฏิกิริยากับ long chain fatty acid ester ได้เป็น sugar ester
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)

Sugar ester ที่เกิดขึ้นจะมีคุณสมบัติเป็น surfactant ที่สามารถใช้รับประทานได้ ใช้ในอุตสาหกรรมซักล้าง ยา เครื่องสำอาง พลาสติกและสิ่งทอ เพราะมีความสามารถในการกระจายตัว การเกิดฟอง การเป็น emulsifier และการทำความสะอาด

2.3.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์

2.3.2.1 การให้ความหวาน

น้ำตาลซูโครสจะมีคุณสมบัติการให้ความหวานที่ถูกกำหนดให้เป็นค่ามาตรฐาน มีค่ามาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 100 หน่วย(สารละลาย 20%) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลชนิดอื่นๆที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิเดียวกัน

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความหวานของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

น้ำตาลชนิดต่าง ๆ	ความหวาน (หน่วย)
น้ำตาลฟรุคโทส	140-175
น้ำตาลฟรุคโทสและกลูโคส	100-130
น้ำตาลซูโครส	100
น้ำตาลกลูโคส (Anhydrous)	70-75
น้ำตาลกลูโคส (Monohydrate)	60-65
น้ำตาลมอลโทส	30
น้ำตาลแลคโทส	15

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)

2.3.2.2 ความหนาแน่นของสารละลายน้ำตาลซูโครส

ความหนาแน่นของสารละลายที่เกิดจากการเติมน้ำตาลซูโครสลงไป มีความสำคัญมากในการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิต การคำนวณหาการถ่ายเทความร้อน น้ำหนักที่ไหลผ่าน ฯลฯ ต้องอาศัยค่าความหนาแน่นเป็นปัจจัยทั้งสิ้น

2.3.2.3 จุดเดือดที่เพิ่มขึ้นของสารละลาย (Boiling Point Elevation, BFE)

เป็นที่ทราบกันดีว่า เมื่ออาหารมีส่วนผสมของตัวถูกละลายมากขึ้น โดยเฉพาะ น้ำตาล ผลทางฟิสิกส์ที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ จุดเดือดของอาหารนั้นจะเพิ่มขึ้น จุดเดือดที่เพิ่มขึ้นนี้มีความสำคัญต่องานกระบวนการออกแบบการผลิต โดยเฉพาะกระบวนการใช้ความร้อน

2.3.2.4 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์

คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่สำคัญของสารละลาย คือ ค่าเอนทัลปี ซึ่งจำเป็นมากสำหรับการคำนวณออกแบบเกี่ยวกับการใช้ความร้อนทุกกรณี เอนทัลปีของอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก (กล้าณรงค์ สรรอด, 2542)

2.4 น้ำ

นอกจากแป้งซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในการทำผลิตภัณฑ์แล้ววัตถุดิบที่สำคัญอีกชนิด คือ น้ำ ซึ่งถ้าปราศจากน้ำการทำผลิตภัณฑ์อาจเกิดขึ้นไม่ได้ น้ำที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์นั้นอาจเป็นน้ำทั่วไป หรือเป็นน้ำที่มีอยู่ในน้ำมัน หรือน้ำผลไม้ก็ได้ คือเป็นของเหลวที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์

น้ำเป็นส่วนผสมที่จัดว่ามีราคาถูกที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์ และเป็นส่วนผสมที่สำคัญมากขาดไม่ได้ เนื่องจากน้ำมีหน้าที่รวมตัวกับ โปรตีนในแป้งให้เกิดเป็นกลูเต็น

น้ำจำแนกตามปริมาณของอินทรีย์สารและเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำเป็น 6 ชนิด คือ

1. น้ำอ่อน เป็นน้ำที่มีปริมาณของแร่ธาตุละลายอยู่ต่ำ
2. น้ำกระด้าง จะเป็นพวกแร่ธาตุละลายอยู่ในปริมาณสูงน้ำกระด้างนี้อาจเป็นน้ำกระด้างชั่วคราว (Temporary hardness) หรือน้ำกระด้างถาวร (Permanent hardness) ก็ได้
3. น้ำด่าง (Alkaline water) เป็นน้ำที่มีพวกโซเดียมไบคาร์บอเนตอยู่
4. น้ำที่มีความเป็นกรด (Acid water) มักพบในที่ที่เป็นเหมืองแร่ และเป็นน้ำที่ได้รับจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม น้ำที่มีความเป็นกรดนั้นไม่ค่อยมีในธรรมชาติ
5. น้ำเกลือ (Saline water) จะมีพวกเกลือปนอยู่บ้าง ทำให้มีรสเค็ม
6. น้ำที่มีสารแขวนลอย (Turbid water) น้ำทุกชนิดที่กล่าวมาข้างต้นอาจเป็นน้ำ

ประเภทนี้ได้ โดยเกิดมีสารแขวนลอย เช่น ดินเหนียว ทรายละเอียด ตะกอน หรืออื่นๆ ปนอยู่ (ศิริชัย สมคะเน และอำนาจ ภูมิจันทร์, 2543)

2.5 น้ำมันถั่วเหลือง

เป็นน้ำมันที่มีปริมาณการผลมากที่สุดในโลก สกัดได้จากเมล็ดของถั่วเหลือง ซึ่งมีน้ำมันประมาณ 20% ค่อน้ำหนักแห้ง และเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดลิโนเลนิกสูงที่สุด การสกัดแยกเอาน้ำมันออกจากเมล็ดถั่วเหลืองใช้วิธีบีบ หรือใช้สกัดด้วยตัวละลาย น้ำมันที่ได้จะนำมาผ่านกระบวนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ คือ การรีไฟน์ ฟอกสี กำจัดกลิ่น และอาจทำไฮโดรจิเนชันเพียงบางส่วนก็ได้ เมื่อต้องการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบในการผลิตเนยเทียมหรือมาร์การีนและเนยขาว น้ำมันถั่วเหลืองยังนำไปใช้ผสมกับน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ แต่มีข้อเสีย คือ จะเกิดออกซิเดชันได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศและความร้อนสูง นอกจากนี้ น้ำมันถั่วเหลืองยังนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ dering oil products น้ำมันถั่วเหลืองที่มีคุณภาพดีจะมีสีเหลืองอ่อน การรีไฟน์น้ำมันถั่วเหลืองด้วยค่าจะช่วยลดความเข้มของสีให้อ่อนลงได้ น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองที่ยังไม่แก่จัด หรือเมล็ดที่ยังมีสีเขียวอาจมีคลอโรฟิลล์ปนอยู่ในน้ำมันได้ ทำให้ได้น้ำมันมีสีเขียวซึ่งผลิตจากปกติ นอกจากนั้นน้ำมันที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองที่มีคุณภาพต่ำ เช่น เมล็ดเสียหายจากการถูกทำลายด้วยแมลง หรือเมล็ดแตกจะทำให้ได้น้ำมันที่สกปรกได้มีสีน้ำตาล ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสีให้เป็นปกติได้โดยวิธีการรีไฟน์และการฟอกสี

สารฟอสฟาไต์ ซึ่งสามารถแยกออกได้โดยการล้างด้วยน้ำ ส่วนที่ถูกแยกออกมาอยู่ในน้ำจะมีเลขทินสูง จึงใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตเลขทินในอุตสาหกรรม

นอกจากนี้ การสกัดน้ำมันถั่วเหลืองยังอาจใช้ตัวทำละลายอื่นๆ เช่น ไชโคลเฮกเซน เอทานอล และไครลอลโรเอทิลีน การใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะทำให้ได้น้ำมันที่ได้มีกลิ่นดีขึ้น แต่โปรตีนในกากถั่วเหลืองมีจะสมบัติเปลี่ยนไป มีผลทำให้ functionality ลดลง การใช้ไครลอลโรเอทิลีนเป็นตัวทำละลาย จะทำให้ในกากถั่วเหลืองมีสารใหม่เกิดขึ้นซึ่งเป็นสารพิษต่อสัตว์ ดังนั้นจึงนิยมใช้เอกเซนเป็นตัวทำละลายมากที่สุด

ในน้ำมันถั่วเหลืองจะมีกรดไขมันอิสระปนอยู่ประมาณ 0.5 % มีค่าการหักเหแสงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 1.460 ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.898 และมีความบริสุทธิ์ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยค่าประมาณ 0.6 %

น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการรีไฟน์และกำจัดกลิ่นแล้วนำไปใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันสำหรับทอดอาหาร น้ำมันสลัด เนยขาว เนยเทียม และใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตปลาทูนับรจุกระป๋อง สำหรับสมบัติของน้ำมันถั่วเหลืองตามมาตรฐาน มีดังนี้

ความถ่วงจำเพาะ (25 องศาเซลเซียส)	0.9170 – 0.921
ค่าไอโอดีน (Wijs)	120 – 141
ค่าซาฟอนิฟิเคชัน	189 – 195
สารที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยค่า (%)	< 1.5

กรดไขมันที่สำคัญในน้ำมันถั่วเหลือง คือ กรดลิโนเลอิก มีอยู่ประมาณ 43 – 56 % กรดลิโนเลนิก ประมาณ 5-11 % และกรดไขมันชนิดอื่นตัวประมาณ 11 – 26 % ของกรดไขมันทั้งหมด ความผันแปรของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบจะทำให้ค่าไอโอดีน (I. N.) เปลี่ยนไป หากทราบค่าไอโอดีนของน้ำมันถั่วเหลืองจะสามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของไขมันได้จากสมการดังนี้

$$\% \text{ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว} = -0.045 \text{ I.N.} + 20.5$$

$$\% \text{ กรดโอเลอิก} = -0.792 \text{ I.N.} + 128.3$$

$$\% \text{ กรดลิโนเลอิก} = 0.669 \text{ I.N.} + 31.9$$

$$\% \text{ กรดลิโนเลนิก} = 0.170 \text{ I.N.} + 17.0$$

การที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง ทำให้เกิดออกซิเดชันและหืนได้ง่าย มีผลทำให้ปริมาณกรดลิโนเลนิกลดลงเหลือน้อยกว่า 1 % กรดลิโนเลอิก ลดลงเหลือประมาณ 35% และมีกรดโอเลอิกเพิ่มสูงขึ้นถึง 50 % ซึ่งสามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ โดยการทำให้ selective hydrogenation แต่อาจทำให้เกิดไอโซเมอร์เป็น ทรานส์-ไอโซเมอร์ได้ (นิธิยา รัตนานนท์, 2548)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในน้ำมันถั่วเหลือง

กรดไขมัน	ปริมาณ (%โดยน้ำหนัก)	
	ช่วงห่าง	ค่าเฉลี่ย
กรดไขมันชนิดอิ่มตัวทั้งหมด	10 -19	15.0
กรดลอริก	-	0.1
กรดไมริสติก	< 0.5	0.2
กรดปาล์มติก	7 -12	10.7
กรดสเตียริ	2 -5.5	3.9
กรดอะราคิก	1.0	0.2
กรดบีฮีนิก	0.5	-
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว		
กรดปารมิโดเลอิก	< 0.5	0.3
กรดโอเลอิก	20.0 -50.0	22.8
กรดลิโนเลอิก	35.0 -60.0	50.8
กรดอีโคเซโนอิก	1.0	-

ที่มา : นธิยา รัตนานนท์ (2548)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันและน้ำมันที่มาจากสัตว์

ชนิดของอาหาร	กรดไขมันชนิดอิ่มตัว %	กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่ 1 อัน %	กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 อันขึ้นไป %
ปลา	28	29	43
ไก่	40	38	22
หมู	40	46	14
วัว	54	44	2
เนย	59	37	4

ที่มา : นิธิยา รัตนพานนท์ (2548)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันและน้ำมันที่มาจากพืช

ชนิดของอาหาร	กรดไขมันชนิดอิ่มตัว %	กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่ 1 อัน %	กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 อันขึ้นไป %
ดอกคำฝอย	11	11	78
เมล็ดทานตะวัน	12	18	70
ข้าวโพด	14	26	60
งา	14	43	43
ถั่วเหลือง	15	27	58
ถั่วลิสง	20	45	35
เมล็ดฝ้าย	29	19	52
มะพร้าว	86	12	2
เนยเทียม	20	48	32

ที่มา : นิธิยา รัตนพานนท์ (2548)

2.6 การแช่แข็งอาหาร (Food Freezing)

การเก็บรักษาอาหารด้วยการแช่แข็งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากวิธีนี้สามารถรักษากลิ่น รส และคุณค่าทางอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลจากการทำงานของการเก็บรักษาโดยการแช่แข็งเกิดขึ้นได้หลายอย่างเมื่อผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิลดลงจนต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเสื่อมเสียเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงอย่างมาก รวมทั้งปฏิกิริยาทางเคมีอื่น ๆ อันเนื่องมาจากเอนไซม์และออกซิเดชันด้วย นอกจากนั้นการเกิดผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์จะทำให้ น้ำที่เหลือน้ำที่เหลือที่จะทำปฏิกิริยาซึ่งจะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียลดลง โดยทั่วไปมักจะแช่แข็งที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า หลักสำคัญ คือ เปลี่ยนสถานะของน้ำที่เป็นของเหลวให้เป็นของน้ำแข็งเพื่อไม่ให้น้ำสามารถทำปฏิกิริยาเคมี อย่างไรก็ตามแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำเพียงใดก็ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ให้หมดไปได้

2.6.1 การเกิดผลึกน้ำแข็ง

ลักษณะผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นภายในอาหารระหว่างกระบวนการแช่แข็งเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากขนาดและรูปร่าง (Configuration) ของผลึกน้ำแข็งล้วนมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ กระบวนการเกิดจะเกิดได้ 2 ขั้นตอน

1. การเกิดผลึก (Crystal formation) หรือที่เรียกว่า นิวคลีเอชัน
2. การเติบโตของผลึก (Crystal growth)

2.6.2 เวลาของการแช่แข็ง

เวลาของการแช่แข็งหรืออัตราการแช่แข็งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกระบบแช่แข็งเพื่อให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม เวลาของการแช่แข็งจะเป็นตัวบ่งบอกความจุ (Capacity) ของระบบด้วยและยังมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของอาหารแช่แข็ง ดังนั้นวิธีหาเวลาของการแช่แข็งจึงมีความสำคัญเพื่อแน่ใจว่าระบบแช่แข็งที่เลือกมีประสิทธิภาพ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการแช่แข็งคือ

1. ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผลิตภัณฑ์และตัวกลางทำให้เย็น
2. ลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากผลิตภัณฑ์ หรือภายในผลิตภัณฑ์
3. ขนาด ชนิด และรูปร่างของภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์
4. ขนาด รูปร่าง และคุณสมบัติทางด้านความร้อนของผลิตภัณฑ์

2.6.3 ระบบแช่แข็งและเครื่องแช่แข็ง

การแช่แข็งผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่ำช่วงระยะเวลาหนึ่งเพื่อกำจัดความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงของการหลอมเหลวออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลดลง และนำภายในเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง (น้ำแข็ง)

กระบวนการแช่แข็งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบคือการสัมผัสโดยตรงและการสัมผัสโดยอ้อม จะใช้ระบบใดขึ้นกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการแช่แข็ง

2.6.3.1 ระบบสัมผัสโดยตรง (Direct – contact systems)

เครื่องแช่แข็งหลายชนิดมักทำงานโดยมีการสัมผัสโดยตรงระหว่างสารทำความเย็นและผลิตภัณฑ์ทำให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่มีตัวกั้นการถ่ายเทความร้อนระหว่างสารทำความเย็นและผลิตภัณฑ์สารทำความเย็นในระบบนี้อาจเป็นลมเย็นอุณหภูมิต่ำมากที่มีความเร็วสูงมากหรือสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจะมีการเปลี่ยนสถานะเมื่อสัมผัสกับผิวอาหาร ระบบนี้ออกแบบมาเพื่อให้เกิดการแช่แข็งอย่างรวดเร็ว ที่เรียกว่า อินดิวิเดิล ควิก ฟรีซิง (individual quick freezing : IQF)

- การใช้ลมเป่า (air –blast) การใช้ลมเย็นอุณหภูมิต่ำความเร็วสูงสัมผัสกับอาหารขนาดเล็ก เป็นลักษณะของการให้ความเย็นแบบ ไอ – คิว – เอฟ จะทำให้เวลาในการแช่แข็งสั้นหรือเกิดการแช่แข็งอย่างรวดเร็ว
- การจุ่ม (immersion) เป็นการจุ่มผลิตภัณฑ์อาหารลงในสารทำความเย็นเหลว ถ้าผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กมากกว่ากระบวนการแช่แข็งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว หรือเกิดภายใต้สภาวะไอคิวเอฟ

2.6.3.2 ระบบการสัมผัสโดยอ้อม (Indirect contact system)

ระบบการแช่แข็งที่อาหารและสารทำความเย็นถูกแยกจากกันโดยตัวกั้น ตลอดกระบวนการแช่แข็งซึ่งตัวกั้นนี้รวมถึงภาชนะบรรจุที่ห่อหุ้มอาหารทำให้ไม่มีการสัมผัสโดยตรงระหว่างอาหารและสารทำความเย็นเครื่องแช่แข็งระบบนี้ได้แก่

- เครื่องแช่แข็งแบบแผ่นทำความเย็น (plate Freezer) ประกอบด้วยแผ่นโลหะหลายๆ แผ่นจัดเรียงเป็นชั้นๆ ผลิตภัณฑ์จะถูกแช่แข็งขณะที่วางระหว่างแผ่นทำความเย็นสองแผ่น ซึ่งจะคงอุณหภูมิแช่แข็งที่ต้องการทำให้การแช่แข็งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว
- เครื่องแช่แข็งแบบใช้ลมเป่า (air –blast freezer) ได้แก่ห้องเย็น โดยผลิตภัณฑ์วางอยู่ในห้องและอากาศเย็นจะหมุนเวียนอยู่ภายในรอบๆ ผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาการแช่แข็ง
- เครื่องแช่แข็งแบบอาหารเหลว (liquid food freezer) เครื่องแช่แข็งชนิดนี้ออกแบบสำหรับอาหารเหลวโดยเฉพาะ โดยทั่วไปกำจัดความร้อนออกจากอาหารเหลวที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ กระทำก่อนที่จะบรรจุในภาชนะ

2.6.4 ผลของการแช่เยือกแข็งต่ออาหาร

การแช่แข็งมีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหาร โดยตรง คือ ทำให้เซลล์ของเนื้อเยื่อแตก เนื่องจากเกิดสื่อน้ำแข็งขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อการแช่แข็งเกิดขึ้นอย่างช้าๆ การแช่เยือกแข็งจะมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของสารสี รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ถึงแม้จะมีการสูญเสียบ้างระหว่างการเตรียมวัตถุดิบหรือระหว่างการเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็ง สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบหากนำไปแช่เยือกแข็งต้องใช้สตาร์ชที่มีสัดส่วนของอะไมโลเพกตินสูง เพื่อป้องกันการเกิด staling ในขนมปัง เนื่องจากสตาร์ชเกิด retrogradation ซึ่งจะมีผลทำให้ขนมปังแข็งเร็วระหว่างการแช่เยือกแข็งอย่างช้าๆ หรือระหว่างการเก็บรักษา

2.6.5 ผลของการเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็ง

การเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็ง ยิ่งลดอุณหภูมิให้ต่ำลงยิ่งลดอัตราการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจลนทรีย์ และปฏิกิริยาทางชีวเคมีให้น้อยลง เพราะกระบวนการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษาไม่ได้ทำลาย activity ของเอนไซม์ และผลต่อจลนทรีย์มีความผันแปรไปตามอุณหภูมิด้วย การเก็บรักษาที่อุณหภูมิระหว่าง -4 ถึง -10 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้เกิด lethargic effect ต่อจลนทรีย์มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ (ระหว่าง -15 ถึง -30 องศาเซลเซียส) นอกจากนั้นแล้วยังมีส่วนของ จลนทรีย์บางชนิดที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ ยกเว้นประเภทยีสต์ รา แบคทีเรีย ส่วนใหญ่ทำลายได้เกือบทั้งหมด ส่วนแบคทีเรีย สปอร์ของราค่อนข้างทนต่อการแช่เยือกแข็ง แต่สปอร์ของแบคทีเรียโดยเฉพาะ *Bacillus species* และ *clostridium species* จะไม่ได้รับผลกระทบต่อการแช่เยือกแข็ง (เบญจพร มีเกาะ, 2546)

2.7 จุลินทรีย์

2.7.1 เชื้อรา

ลักษณะที่สำคัญของรา เป็นยูคาริโอต เคโมออร์แกโนโทรฟ ไม่มีคลอโรพลาสต์ ดำรงชีวิตแบบแอโรบ (aerobe) หรือแฟคัลเตดแอโรบ (facultative anaerobe) มีลักษณะเป็นทาลัส (thallus) อาจเป็นเซลล์เดี่ยว เช่น ยีสต์ แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหลายเซลล์มาต่อเป็นเส้นสายยาว มีผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) หรือไคติน (chitin) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือสองอย่าง และมีสปอร์เพื่อการสืบพันธุ์ รา มีลักษณะที่แตกต่างจากแบคทีเรีย

2.7.1.1 สันฐานวิทยา

รา มีทั้งชนิดที่เป็นเซลล์เดี่ยว เช่น ยีสต์ และที่เป็นหลายเซลล์เรียงกันเป็นเส้นใย (hypha) กลุ่มของเส้นใยเรียกไมซีเลียม (mycelium) เส้นใยทั่วไปมีความกว้าง 5-10 ไมโครเมตร และมีความยาวมาก เส้นใยประกอบด้วยผนังเซลล์ เชื้อหุ้มเซลล์และช่องว่างภายในที่บรรจุ

โพรโทพลาสซึม เชื้อหุ้มเป็นเชื้อสองชั้นล้อมรอบโพรโทพลาสซึม ส่วนผนังเซลล์ประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) หรือไคทิน ในราชั้นต่ำผนังเซลล์ประกอบไปด้วยเซลลูโลส

ตารางที่ 2.6 แสดงลักษณะที่แตกต่างระหว่างรากับยูแบคทีเรีย

	รา	ยูแบคทีเรีย
ชนิดของเซลล์	เซลล์ยูคาริโอต มีเชื้อหุ้มนิวเคลียส	โพรคาริโอต
เชื้อหุ้มเซลล์	มีสเตอรอล	ไม่มีสเตอรอล
ผนังเซลล์	กลูแคน แมนแนน ไคทิน	เพปติโกแคน
สปอร์	สร้างสปอร์เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ ทั้งอาศัยและไม่อาศัยเพศ	สร้างสปอร์เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ ทั้งอาศัยและไม่อาศัยเพศ
เมแทบอลิซึม	มีแคเธโทรโรโทรฟ แอโรบแฟ คัลเดตีฟแอนแอโรบ	เฮเทอโรโทรฟ เกโมออร์แกโนโทรฟ แอโรบ แฟคัลเดตีฟแอนแอโรบ แอนแอโรบ โฟโตลิโธโทรฟ
ไวต่อสาร	มักไวต่อพอลิอินส์ อิมิดาโซล	มักไวต่อเพนิซิลลิน เตตราไซคลิน และอะ
ปฏิชีวนะ	และ กริสซิโอฟูลิน	มินิโกลโคไซด์

ที่มา : วิลาวรรณ์ เจริญจิระตระกูล (2539)

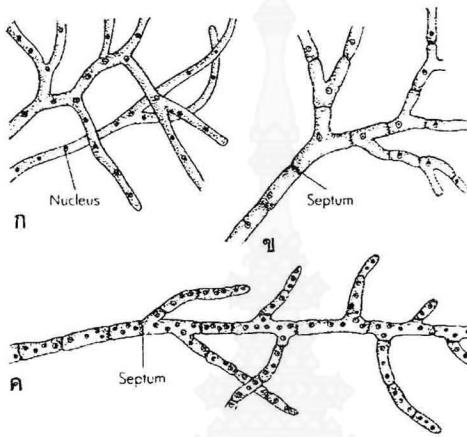
การเจริญของเส้นใยเกิดทางด้านไกลปลาย โดยมีการขีดตัวในบริเวณนั้น เส้นใยจะมีการแบ่งตัวเว้าเข้ามาในเซลล์ และเกิดผนังกันโดยเชื้อหุ้มเซลล์คอดเข้ามา เกิดเป็นผนังที่ไม่สมบูรณ์ เพราะมีรูตรงกลางผนังเพื่อให้โพรโทพลาสซึมไหลเวียนถึงกันได้ แม้แต่นิวเคลียสก็เคลื่อนที่จากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่งได้

เส้นใยแบ่งเป็น 3 แบบคือ

1. เส้นใยไม่มีผนังกัน เส้นใยจะเป็นท่อทะลุถึงกันมีไซโทพลาสซึมและนิวเคลียสต่อเนื่องกัน

2. เส้นใยที่มีผนังกัน และมีนิวเคลียสอันเดียวในแต่ละเซลล์

3. เส้นใยที่มีผนังกัน และมีนิวเคลียสหลายอันในแต่ละเซลล์



ภาพที่ 2.9 แสดงเส้นใยของรา 3 แบบ

- ก) เส้นใยไม่มีผนังกัน
- ข) เส้นใยที่มีผนังกันมีนิวเคลียสอันเดียวต่อเซลล์
- ค) เส้นใยที่มีผนังกันมีนิวเคลียสหลายอันต่อเซลล์

ที่มา: วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล (2539)

รานอกจากมีรูปร่างเป็นเส้นใยและเป็นเซลล์เดี่ยวๆแล้ว บางชนิดยังมีรูปร่าง 2 แบบ คือ ถ้าเจริญในดินหรือในอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้องจะมีรูปร่างเป็นเส้นใย แต่ถ้าเจริญที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หรือในร่างกายโฮสต์ เช่น คน จะมีรูปร่างเป็นเซลล์เดี่ยวแบบยีสต์ได้แก่ ราที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น กลาก เกลื้อน และที่ทำให้เกิดโรคกับธัญพืช เป็นต้น

เส้นใยของราที่เจริญแตกแขนงออกไปมากมายเรียกว่าไมซีเลียม ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ส่วนที่ยึดเกาะอาหาร มีหน้าที่ดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้วไปเลี้ยงทลัสต์ส่วนต่างๆ และส่วนที่ขึ้นไปในอากาศ ทำหน้าที่สร้างสปอร์เพื่อการสืบพันธุ์

นอกจากนี้เส้นใยยังอาจเรียงตัวกันประสานกันคล้ายเนื้อเยื่อ ซึ่งมี 2 ชนิด คือ โปรเซนไคมา (prosenchyma) เป็นเนื้อเยื่อที่เส้นใยมาอัดกันหลวมๆตามยาว และซูโดพาราเนไคมา (pseudoparenchyma) เป็นเนื้อเยื่อที่เส้นใยอัดกันแน่น คล้ายเนื้อเยื่อพาราเนไคมาของพืชชั้นสูง

เส้นใยของราสามารถเปลี่ยนรูปร่างเพื่อทำหน้าที่พิเศษ ได้แก่ ไรซอยด์ (rhizoid) ซึ่งมีลักษณะคล้ายรากพืชยื่นออกมาจากไมซีเลียม ไรซอยด์จะยึดให้ราติดกับอาหารช่วยดูดซึมอาหารด้วย ส่วนฮอสทอเรีย (haustoria) เป็นเส้นใยที่ยื่นเข้าเซลล์โฮสต์เพื่อดูดอาหารของโฮสต์ พบในราที่เป็นปรสิตอย่างแท้จริง

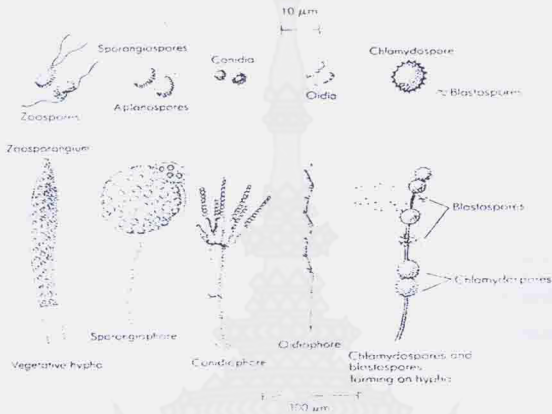
2.7.1.2 การสืบพันธุ์ของรา

รามีการสืบพันธุ์ 2 แบบ คือ

- 1) การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction)
- 2) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction)

2.7.1.2.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ มีหลายแบบ ได้แก่

1. การแตกหักเป็นท่อนๆ (fragmentation) เส้นใยที่ฉีกขาดเป็นท่อนๆ เจริญเป็นเส้นใยใหม่ได้
2. การแตกหน่อ (budding) โดยเซลล์แม่มีส่วนยื่นออกมาเป็นหน่อเล็กๆ หน่อเจริญเติบโตขึ้นจนแยกจากเซลล์แม่
3. การแบ่งตัว (fission) เซลล์แต่ละเซลล์จะคอดตรงกลาง แล้วแบ่งออกเป็นสองส่วนพบในยีสต์บางชนิด
4. การสร้างสปอร์ (sporulation) สปอร์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual spore) ของราเกิดขึ้นโดยการแบ่งไมโทซิสและไม่มีการรวมกันของนิวเคลียสของเซลล์ มีหลายชนิด คือ
 - โคนิไดโอสปอร์หรือโคนิเดีย (conidiospore หรือ conidia) เกิดที่ปลายเส้นใย มีทั้งขนาดเล็กเรียกว่า ไมโครนิเดีย (microconidia) และขนาดใหญ่ เรียกว่า แมโครโคนิเดีย (macroconidia)
 - สปอร์แรงกิโอสปอร์ (sporangiospore) เกิดภายในถุงหรืออับสปอร์ (sporangium) ซึ่งอยู่ที่ปลายเส้นใยที่เรียกว่าสปอร์แรงจิโอฟอร์ (sporangiophore) สปอร์แรงกิโอสปอร์ที่เคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลาเรียกว่า ซูโอสปอร์ (zoospores) ส่วนสปอร์ที่เคลื่อนที่ไม่ได้ เรียกว่า อะพลาโนสปอร์ (aplanospores)
 - อาร์throสปอร์หรืออออิดี (arthrospore หรือ oidia) เป็นสปอร์เซลล์เดี่ยวที่เกิดจากเส้นใยหลุดออกมากลายเป็นสปอร์
 - แคลมิดีโอสปอร์ (chlamydospore) เป็นสปอร์เซลล์เดี่ยวผนังหนา คงทนต่อสภาพที่ไม่เหมาะสมได้
 - บลาสโตสปอร์ (blastospore) เป็นสปอร์ที่เกิดโดยการแตกหน่อของสปอร์เดิม



ภาพที่ 2.10 แสดงสปอร์แบบไม้อาศัยเพศของรา
ที่มา:วิลาวณิช เจริญจิระตระกูล (2539)

2.7.1.2.2 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

มีการรวมตัวกันของนิวเคลียสของสองเซลล์ เริ่มจากโปรโทพลาสต์รวมกันเป็นเซลล์เดียวเรียก พลาสโมแกมี (plasmogamy) ต่อมานิวเคลียสรวมตัวกันเรียกว่า คาร์ิโอแกมี (karyogamy) เป็น $2n$ ในราชชั้นสูงระยะทั้งสองจะเกิดไม่ต่อเนื่องกัน เมื่อเกิดพลาสโมแกมีแล้วจะได้เซลล์ที่มี 2 นิวเคลียส เรียกเซลล์นั้นว่า ไดคาริออน (dikaryon) และอยู่ในลักษณะไดคาริออนได้นาน โดยนิวเคลียสต่างก็แบ่งตัวไปพร้อมกับการแบ่งเซลล์ จนระยะต่อมาจะมีการรวมนิวเคลียส แล้วเกิดไมโอซิสลดโครโมโซมลงเป็นผลพloid อีก

ออร์แกเนลล์ที่เกี่ยวกับเพศ เรียกว่า แกมีแทนเจียม (gametangium) ภายในมีเซลล์สืบพันธุ์ (gamete) ถ้าแกมีแทนเจียมทั้ง 2 เพศต่างกัน แกมีแทนเจียมเพศผู้จะเรียกว่า แอนโทโกเนียม (antheridium) แกมีแทนเจียมเพศเมียเรียกว่า โอโอโกเนียม (oogonium) และเอสโกโกเนียม

คือการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศที่มีร่วมกันของนิวเคลียสเกิดได้หลายวิธี คือ

1. การรวมตัวกันของแกมีต (gametic copulation) มีการรวมตัวกันของเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งแกมีตอันใดอันหนึ่งหรือทั้งสองอันอาจเคลื่อนที่ได้

2. การรวมกันของแกมีต-แกมีแทนเจียม (gametic-gametangial copulation) โดยการที่แกมีแทนเจียม 2 อัน มาใกล้กันและสัมผัสกัน แต่ไม่เชื่อมกัน นิวเคลียสเพศผู้จะเคลื่อนที่ผ่านรู (fertilization) เข้าไปในแกมีแทนเจียมเพศเมีย

3. การรวมกันของแกมีแทนเจียม (gametangial copulation) โดยการที่แกมีแทนเจียมทั้ง 2 อันมาเชื่อมต่อกันได้ ไซโกตซึ่งจะเจริญเป็นไซโกสปอร์ (zygospore)

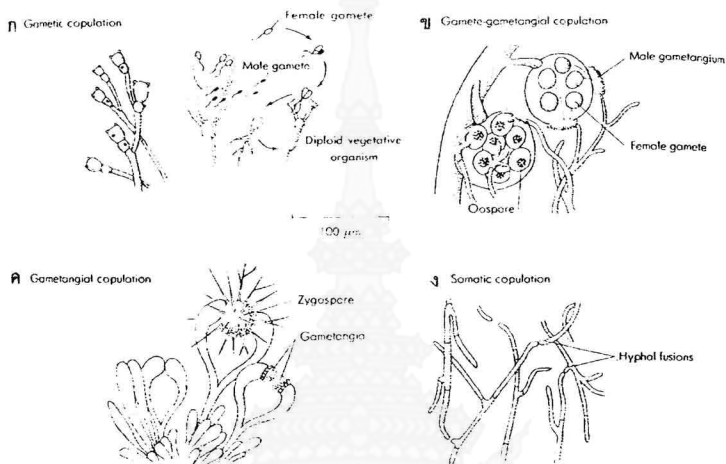
4. การรวมตัวกันของโซมาติกเซลล์ (somatic copulation) เกิดการเชื่อมกันของโซมาติกเซลล์ โดยไม่สร้างอวัยวะเพศ

5. สปอร์มาโตเซชัน (spermatization) เป็นการรวมตัวกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่เรียกว่าสปอร์มาเดียม (spermatium) ซึ่งเป็นเซลล์เล็กๆ มีนิวเคลียสอันเดียว กับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียที่มีลักษณะเซลล์กลมใหญ่ในแอสโคโกเนียม โดยผ่านทางเส้นใยที่เรียกว่าทริโคไจน์ (trichogyne) สปอร์แบบอาศัยเพศที่เกิดการรวมตัวกันของสองนิวเคลียสกลายเป็นไซโกตนิวเคลียส (zygote nucleus) ที่มีโครโมโซม $2n$ หลังจากนั้นจึงแบ่งไมโอซิสได้นิวเคลียสที่มีโครโมโซม n กลายเป็นสปอร์ สปอร์แบบนี้มีจำนวนน้อยกว่าที่ได้จากสปอร์ที่ไม่อาศัยเพศ สปอร์อาศัยเพศมีหลายชนิด ได้แก่

1. แอสโคสปอร์ (ascospore) เป็นสปอร์ที่เกิดภายในถุง (ascus) มักมี 8 แอสโคสปอร์ต่อ 1 ถุง พบในคลาสแอสโคไมซีตัส (Ascomycetes)

2. เบสิดิโอสปอร์ (basidiospore) เป็นสปอร์ที่สร้างบนเบสิดียม (basidium) โดยสร้างภายนอกที่ปลายก้านสเตอริกมา (sterigma) มักมี 4 สปอร์เกิดบนก้านแต่ละก้าน พบในคลาสแอสโคไมซีตัส (Ascomycetes)

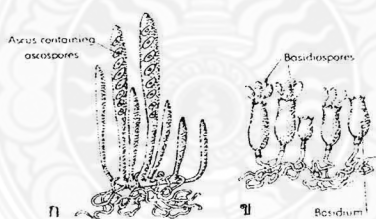
3. ไซโกสปอร์ (zygospore) เป็นสปอร์ขนาดใหญ่ผนังหนาเกิดจากการรวมนิวเคลียสของเส้นใย 2 สายมาพบกัน พบในเชื้อ *Rhizopus*, *Mucor*



ภาพที่ 2.11 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของรา

- ก. การรวมตัวกันของแกมีต
- ข. การรวมกันของแกมีต-แกมีแทนเจียม
- ค. การรวมกันของแกมีแทนเจียม
- ง. การรวมตัวกันของโซมาติคเซลล์

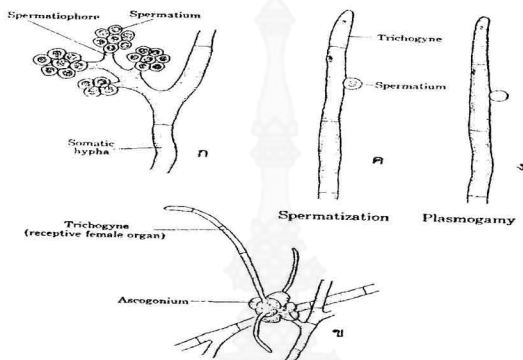
ที่มา: วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล (2539)



ภาพที่ 2.12 สปอร์แบบอาศัยเพศ

- ก. แอสโคสปอร์
- ข. เบสิดิโอสปอร์

ที่มา: วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล (2539)



ภาพที่ 2.13 การสืบพันธุ์แบบสปอร์มาไคเซชัน

ที่มา: วิลาวรรณย์ เจริญจิระตระกูล (2539)

4. โอโอสปอร์ (oospore) เป็นสปอร์ที่เกิดภายในโครงสร้างที่เรียกว่า โอโอโกเนียม (oogonium) เกิดจากการรวมนิวเคลียสของไข่หรือโอโอสเฟียร์ (oosphere) กับแกมีเพสท์ที่สร้างจากแอนเทอริเดียม พบในคลาสโอโอไมซีตีส (Oomycetes)

สปอร์แบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศอาจมีโครงสร้างมาห่อหุ้มที่เรียกว่าฟรุติติงบอดีส (fruiting bodies) ฟรุติติงบอดีสของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีชื่อต่างๆ เช่น อะเคอวูลัส (acervulus) พิคนินเดียม (pycnidium) ส่วนฟรุติติงบอดีสของการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีชื่อ เช่น เพอริทีเคียม (perithecium) อะโพทีเคียม (apothecium) เป็นต้น

2.7.1.3 ลักษณะการเติบโตของรา

ธาตุที่จำเป็นสำหรับการเติบโตของรามีทั้งธาตุที่ต้องการในปริมาณมาก เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อย เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสี โมลิบดีนัม สารประกอบคาร์บอนมีหน้าที่ที่สำคัญ 2 ประการ คือเป็นแหล่งของคาร์บอน ในการสังเคราะห์สารประกอบของเซลล์ และเป็นแหล่งพลังงาน ราสามารถใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนได้อย่างกว้างขวาง ราเกือบทั้งหมดสามารถใช้กลูโคสและส่วนใหญ่เติบโตได้ดีในฟรุกโทส แมนโนส ส่วนกาแลคโตสใช้ไม่ได้เท่ากลูโคส ส่วนน้ำตาลเพนโทสที่ร่าใช้ได้น้อย คือ ไซโลส สำหรับอะราบินอส มีราเพียงบางพวกเท่านั้นที่ใช้ได้ อนุพันธ์ของน้ำตาลเช่น ซอร์บิทอล แมนนิทอล ราบางชนิดสามารถใช้เป็นแหล่งคาร์บอนได้เช่นกัน แต่ส่วนใหญ่ใช้ไม่ได้เท่าน้ำตาลกลูโคส

โคแฉกคาร์ไลด์ และพอลิแฉกคาร์ไลด์ เป็นแหล่งของคาร์บอนที่สำคัญในธรรมชาติ ราที่สามารถใช้พวกนี้ได้ต้องสามารถสลายสารนี้เป็นน้ำตาลมอนอแซ็กคาไรด์ และสามารถนำเข้าเซลล์ได้ มอลโทสและเซนโลไบโอส ราสามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางจากซูโครสและแล็กโทสมีราจำนวนน้อยที่สามารถใช้ได้ พอลิแฉกคาร์ไลด์ที่ราใช้ได้กว้างขวางคือแป้งและเซลลูโลส ส่วนเพกติน ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส มีราบางชนิดเท่านั้นที่ใช้ได้ แหล่งคาร์บอนนอกจากได้จากคาร์โบไฮเดรตอาจได้จากพวกไขมัน กรดอินทรีย์

แหล่งไนโตรเจน ราต้องการเพื่อนำไปใช้ในการสร้างกรดอะมิโน ราอาจใช้ในโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ เช่น ไนเตรต แอมโมเนีย หรือใช้ในรูปสารอินทรีย์ แหล่งซัลเฟอร์มักใช้ในรูปซัลเฟต ราวบางพวกไม่สามารถใช้ซัลเฟตได้ต้องใช้ในรูป กรดอะมิโนซิสเตอีน ซิสทีน เมไทโอนีน แหล่งฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ราใช้ในรูปสารอินทรีย์ ส่วนธาตุที่ต้องใช้ในปริมาณน้อยส่วนใหญ่ต้องการในปริมาณ 0.001 – 0.5 ส่วนในล้านส่วน สำหรับโมลิบดีนัม ต้องการน้อยมากคือ 0.1 – 10 ส่วนในล้านล้านส่วน ถ้ามีธาตุเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นพิษต่อเซลล์ สำหรับวิตามิน ราวบางชนิดสามารถสังเคราะห์ วิตามินที่ต้องการได้เอง แต่บางชนิดสังเคราะห์เองไม่ได้ ราไม่ต้องการวิตามิน เอ บี ซี แต่ต้องการวิตามิน บี

การเจริญเติบโตของราจะเติบโตบริเวณปลายไฮฟา (hypha tip) และมักมีการแตกแขนง โดยแขนงอันแรกทำให้เกิดแขนงที่ 2 3 ต่อไป แขนงเหล่านี้เติบโตไปด้านหน้าทางขอบของโคโลนี และแยกห่างจากอันอื่นๆ การเติบโตจะหยุดลงเมื่อไมซีเลียมใช้อาหารรอบๆ บริเวณนั้นหมดไปและแตกแขนงไปอย่างรวดเร็ว ในอาหารที่ยังไม่ได้ใช้ การเติบโตลักษณะนี้ทำให้โคโลนีมีลักษณะเป็นวงกลมบนอาหารแข็ง เส้นใยของราบนอาหารแข็งบางส่วนของลิกนินไปในอาหารเพื่อดูดอาหารส่งไปให้ส่วนที่ไม่ได้สัมผัสกับอาหาร โคโลนีของราแตกต่างกัน บางชนิดเส้นใยอัดแน่น บางชนิดอยู่กันอย่างหลวมๆ มีลักษณะฟู ผิวหน้าโคโลนีบางชนิดแห้ง บางชนิดเปียกหรือเหนียว สีเส้นใยอาจมีสีดำ เทา น้ำตาล แดง เหลือง ส่วนสปอร์ที่เห็นอาจเป็นสีเขียว น้ำตาลแกมเขียว ส้ม ชมพู น้ำตาล ดำ เทา เป็นต้น ส่วนการเติบโตของราบนอาหารเหลว มักเติบโตเป็นแผ่นบนผิวหน้าอาหาร แต่ถ้าให้อากาศโดยการเขย่าเส้นใยจะรวมกันเป็นกระจุก ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเม็ดกลมๆ

การวัดการเติบโตของราวิธีที่นิยมใช้คือ การหาน้ำหนักแห้ง ซึ่งทำได้โดยเลี้ยงเชื้อราบนอาหารเหลว เมื่อถึงเวลาเหมาะสม แยกไมซีเลียมออกโดยการกรอง ถ้าเป็นพวกมีลักษณะเมือกเหนียว อาจต้องใช้การเหวี่ยงช่วยนำไมซีเลียมที่ได้ล้างอาหารที่ติดมาออกให้หมดอบให้แห้งโดยอาจใช้ความร้อน 70 – 80 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ นำไปชั่งน้ำหนักได้เป็นน้ำหนักแห้ง แต่ถ้าเลี้ยงในอาหารแข็งมักไม่เลี้ยงในวิธีนี้ แต่หากจำเป็นทำได้โดยกำจัดวันออกด้วยน้ำร้อน แล้วทำให้แห้งหนักแห้งหายไป การวัดการเติบโตโดยการหาน้ำหนักแห้ง มีข้อเสียคือ น้ำหนักที่ได้มักเกิดจากพวกพอลิแซ็กคาไรด์ หรือสารอื่นๆ ที่สะสมไว้แทนที่เกิดจาก

การสร้างโปรโทพลาสซึมใหม่ และจำเป็นต้องใช้เชื้อเป็นจำนวนมาก นอกจากการวัดการเติบโตด้วยวิธีนี้ อาจใช้การวัดปริมาณของโคโลนิบนอาหารแข็ง ในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งวิธีนี้ได้ผลไม่ค่อยแน่นอนและถ้าวันไม่บริสุทธิ์จะมีผลต่อการเติบโตของรา

2.7.1.4 สรีรวิทยาของรา

ราสามารถใช้อาหารได้กว้างขวางตั้งแต่อาหารง่ายๆ จนถึงอาหารซับซ้อน ถ้าอาหารเป็นพวกที่มีโมเลกุลเล็กๆ เช่น กลูโคส กรดอะมิโน ซึ่งละลายอยู่รอบๆ ไซฟา ราสามารถดูดเข้าไปได้โดยตรง แต่ถ้าเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น แป้ง เซลลูโลส หรือโปรตีน ว่าจะส่งเอนไซม์ออกมานอกเซลล์เพื่อสลายสารเหล่านั้นให้มีโมเลกุลเล็กๆ ซึ่งเอนไซม์เหล่านั้นมีความจำเพาะสูง สามารถสลายโมเลกุลที่จำเพาะเท่านั้น ในการสลายโมเลกุลใหญ่ราจำเป็นต้องใช้เอนไซม์มากกว่าหนึ่งชนิด จนได้สารโมเลกุลเล็ก ราจึงสามารถดูดเข้าไปใช้โดยโมเลกุลเล็กๆ เหล่านั้นสลายต่อไปโดยเอนไซม์ภายในเซลล์ ดังนั้นการที่ราจะเติบโตในอาหารได้หรือไม่ ขึ้นกับว่ามีเอนไซม์ที่จะสลายสารเหล่านั้นหรือไม่

2.7.1.4.1 อุณหภูมิ

ราส่วนใหญ่เป็นพวกมีไซโฟล์ อุณหภูมิต่ำสุดในการเจริญเติบโตส่วนใหญ่ 0 - 5 องศาเซลเซียส แต่มีบางชนิดที่สามารถเติบโตได้ดีที่ (-5) ถึง (-8) องศาเซลเซียส เช่น *Cladosporium Sporotrichum* อุณหภูมิสูงสุดในการเติบโตส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 35 - 40 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโต ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 25 -30 องศาเซลเซียส แต่มีบางชนิดที่แตกต่างจากนี้ เช่น *Botrytis cinerea* 15 - 18 องศาเซลเซียส *Aspergillus fumigatus* 37 องศาเซลเซียส *A. nidulans* 40 องศาเซลเซียส ราที่เป็นเทอร์โมไฟล์พบน้อยมาก อาจพบพวกทนอุณหภูมิสูง (thermotolerant) เช่น *A. fumigatus* ซึ่งเติบโตในอุณหภูมิช่วงกว้างคือ 12 - 52 องศาเซลเซียส พวกที่เป็นไซโครไฟล์พบได้น้อยเช่นเดียวกัน

2.7.1.4.2 ออกซิเจน

ราส่วนใหญ่เป็นพวกต้องการออกซิเจนในการเติบโต แต่มีข้อยกเว้นบ้าง เช่น *Fusarium oxysporum* และ *F. eumartii* สามารถทนคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 7.53 % *Aqualinderella fermentans* เติบโตได้ดีถ้าเพิ่มออกซิเจนเป็น 20 % และสามารถทนได้ถึง 99 % และราพวกนี้สามารถเติบโตได้ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน เนื่องจากไม่มีไซโทโครมในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ดังนั้นไม่สามารถหายใจได้ถึงแม้มีออกซิเจน (obligately fermentative) หรือในพวก *Neurospora crassa* สามารถใช้ไนเตรตเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน แต่ไม่มีราชนิดไหนที่เป็นออบลิเกด แอนแอโรบ คือออกซิเจนเป็นพิษต่อเซลล์

2.7.1.4.3 พีเอซ

พีเอซที่เหมาะสมของราส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า 7 เช่น *Aspergillus flavus* 5.5 - 8.4 *A. niger* 4.4 -7.5 *Geotrichum sp* 3.0 *Neurospora crassae* 4.3 - 6.5 *Penicillium expansum* 4.4 -7.5

เราสามารถเปลี่ยนพีเอซของสิ่งแวดล้อมด้วยตัวเองได้ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการนำไอออนบางชนิดไปใช้ ทำให้พีเอซเปลี่ยนไป เช่น ถ้าเลี้ยงในสภาพมีเกลือแอมโมเนียม จะใช้แอมโมเนียมทำให้อาหารมีพีเอซเป็นกรด แต่ถ้าเลี้ยงในสภาพที่มีโซเดียมในเตรคก็ใช้ในเตรคทำให้พีเอซเป็นด่าง นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการผลิตสารต่างๆ เช่น การผลิตกรดอินทรีย์จากน้ำตาล ทำให้พีเอซต่ำลง การผลิตคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้คาร์โบไฮเดรตซึ่งเมื่อรวมกับน้ำได้กรด คาร์บอนิก ทำให้พีเอซลดลง หรือการกำจัดแอมโมเนียมจากการ คีโอมิเนชัน กรดอะมิโน จะทำให้ พีเอซสูงขึ้น

2.7.1.4.4 ความชื้น

โดยทั่วไปราสามารถเติบโตในสภาพที่มีความชื้นต่ำได้ดีกว่ายีสต์และแบคทีเรียแต่การเติบโตสูงสุดของราส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 95 % ขึ้นไป และการเติบโตจะลดลงเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์เป็น 80 - 85 % ค่า a_w ต่ำสุดในการเติบโตของราบางชนิด

2.7.1.4.5 แสง

แสงในช่วงที่มองเห็นคือมีความยาวคลื่น 380 - 750 นาโนเมตรจะไม่มีผลต่อการสืบพันธุ์ คือ มักจะทำให้เกิดการสร้างสปอร์ ทั้งสปอร์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ โดยมักมีผลต่อราที่อยู่บนบกมากกว่าในน้ำ นอกจากนี้แสงมีผลต่อการแพร่กระจายของสปอร์ด้วย

2.7.1.4.6 ลักษณะการเติบโตบนอาหารเพาะเชื้อ

สีของโคโลนี การเปลี่ยนสีของโคโลนี การเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันอย่างหลวมๆ หรือเกาะกันแน่น ผิวหน้าโคโลนีเป็นผงแห้ง เมื่อเกี่ยวเหียว หรือมีลักษณะเป็นก้อนหยาบ

2.7.1.4.7 ลักษณะทางสรีรวิทยา

ระดับอุณหภูมิ พีเอซ ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเติบโต อัตราเร็วในการเติบโต

2.7.2 การจำแนกประเภท

ราที่มีความสำคัญด้านอาหาร มีดังนี้คือ

คลาส *Phycomycetes*

ซับคลาส *Zygomycetes*

ออเคอร์ *Mucorales*

สกุล *Mucor*

Rhizopus

Thamnidium

คลาส *Deuteromycetes (Fungi Imperfecti)*

ออเคอร์ *Moniliales*

แฟมิลี *Moniliaceae*

สกุล *Aspergillus*

Botrytis

Cephalosporium

Geotrichum

Monilia

Penicillium

Scopulariopsis

Sporotrichum

Trichoderma

Trichothecium

แฟมิลี *Dematiaceae*

สกุล *Alternaria*

Aureobasidium (Pullularia)

Cladosporium

Helminthosporium

แฟมิลี *Tuberculariaceae*

สกุล *Fusarium*

2.7.2.1 การจำแนกหมวดหมู่ของรา

การจำแนกหมวดหมู่ของรา อาศัยลักษณะของสปอร์แบบมีเพศ และการสร้างฟรุติติงบอดีในวงจรชีวิต (life cycle) แบบอาศัยเพศ แต่มีราหลายชนิดที่สร้างสปอร์แบบไม่มีเพศ และฟรุติติงบอดีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเท่านั้น จึงยังมีราอีกหลายชนิดที่ยังไม่ทราบวงจรชีวิตที่สมบูรณ์ ทำให้การจัดจำแนกราเหล่านั้นต้องอาศัยลักษณะอื่นๆ เช่น สัณฐานวิทยาของสปอร์แบบไม่อาศัยเพศ โครงสร้าง การเติบโต และการดำรงชีวิต นอกเหนือจากระยะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

ลำดับการจัดหมวดหมู่ของรา และคำลงท้ายที่เป็นมาตรฐานของแต่ละลำดับ คือ
 divisions) ลงท้ายด้วยคำว่า ไมโคตา (-mycota)

subdivisions) ลงท้ายด้วยคำว่า ไมโคตินา (-mycotina)

classes) ลงท้ายด้วยคำว่า ไมซีติส (-mycetes)

subclasses) ลงท้ายด้วยคำว่า ไมซีติดี (-mycetidae)

orders) ลงท้ายด้วยคำว่า เอเลส (-ales)

families) ลงท้ายด้วยคำว่า เอซี (-aceae)

ส่วนคำลงท้ายของจีนัส (genera) และสปีชีส์ (species) ไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน

2.7.2.2 สกุลของราที่มีความสำคัญด้านอาหาร

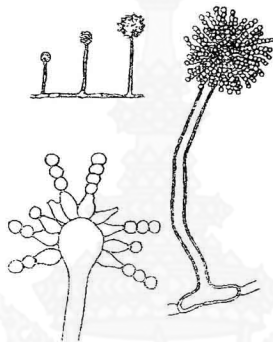
Aspergillus

โคโลนีของราพวกนี้มีขอบเขตจำกัด เส้นใยแตกกิ่งก้านสาขามีผนังกันตามขวางส่วนใหญ่ไม่มีสี คอนอดิโอฟอร์ยื่นชูในอากาศ ฐานมีผนังหนา เรียกว่า ฟุตเซลล์ ส่วนปลายของคอนอดิโอฟอร์ขยายใหญ่ เรียกว่า เวสิเคิล มีสเตรกมาอยู่บนเวสิเคิล ทำหน้าที่สร้างคอดีเคีย คอดีเคียขนาดเล็กเซลล์เดียวเรียงต่อกันเป็นสาย มักมีสีเขียว น้ำตาล หรือ ดำ

ราสกุลนี้มีความสำคัญต่ออาหารหลายด้าน คือ

1) ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น *A.alliaceus* ทำให้หอม กระเทียมเน่าดำ (charcoalrots; black rot) *A. niger* เติบโตบนขนมปัง สร้างสปอร์สีเขียว น้ำตาล หรือ ดำ และสร้างสารสีเหลืองแพร่กระจายไปในขนมปัง นอกจากนี้ทำให้ผลไม้ตระกูลส้มเกิดเน่าดำ *A. repens* เติบโตบนผิวมันชั้นหวน ขนาดของโคโลนีขึ้นขนาดเท่ากับอากาศในกระป๋อง *A. clavat* *A. niger* *A. glaucus* เติบโตบนเนื้อ *A. rubber* *A. niger* พบในไส้กรอกหมัก *A. conicus* *A. repens* *A. rubber* *A. chevalieri* พบในแฮมนอกจากนี้ในอาหารที่มีความชื้นต่ำ เช่น เมล็ดธัญพืช ถั่วลิสง ถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวันมักจะพบราสกุลนี้ เนื่องจากราพวกนี้สามารถเติบโตได้ในที่มีความชื้นต่ำ เช่น *A. halophilicus* ๐.68 *A. restrictus* 0.70 *A. glaucus* 0.73 *A. candidus* 0.80 เป็นต้น ราเหล่านี้ทำให้เมล็ดพืชเสียหาย การงอกลดลง สีเปลี่ยนแปลง

ทำให้เกิดกลิ่นและเน่าเสียในที่สุด *A. tamari* ทำให้น้ำมันข้าวโพดกลายเป็นกรดไขมันอิสระ *A. repens* ทำให้น้ำมันโอลิฟเหม็นหืน *A. restrictus* ทำให้ข้าวโอตเกิดรสขม เป็นต้น (วิลาวณิช เจริญจิระตระกูล, 2539)



ภาพที่ 2.14 Aspergillus

ที่มา: วิลาวณิช เจริญจิระตระกูล (2539)

2) ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น *A. oryzae* มีบทบาทสำคัญในการหมักอาหารพื้นเมืองพวกถั่วเหลือง เช่น เมจิ (Meju) ของเกาหลี มิโซ (Miso) โชยุ (Shoyu) ของญี่ปุ่น และจีน เต้าเจี้ยว นอกจากนี้ใช้เป็น

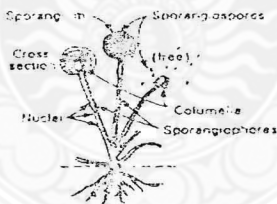
3) ใช้ผลิตเอนไซม์และกรดอินทรีย์ เช่น *A. niger* ใช้ผลิตกรดซิตริก กรดกลูโคินิก กรดคาร์บาริก กรดออกซาลิก *A. itaconicus A. terreus* ใช้ผลิตกรดซิตริก (itaconic) เอนไซม์อะมัยเลสผลิตโดย *A. niger A. oryzae* เอนไซม์กลูโคอะมัยเลสโดย *A. awamori A. niger* เอนไซม์เพคตินเอส แล็กเทส กลูโคออกซิเดส คาตาเลส โดย *A. niger* เอนไซม์โปรติเอส โดย *A. oryzae*

4) การสร้างสารพิษในอาหาร เช่น อะฟลาทอกซิน โดย *A. flavus A. parasiticus* พบในอาหารพวกถั่วลิสง ข้าวโพด ข้าว ข้าวฟ่าง ซิตรินิน (citrinin) โดย *A. candidus A. niveus A. terreus* พบในข้าว ข้าวโอต ข้าวสาลี โอคราทอกซิน โดย *A. ochraceus A. melleus A. sulphureus* พบในข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวโอต ข้าวบาร์เลย์ ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย ผลไม้ตระกูลส้ม ยาสูบ กาแฟ พาทูลิน โดย *A. clavatus A. giganteus A. terreus* พบในน้ำแอปเปิ้ลผลไม้อื่นๆ กรดเพนิซิลลิก (penicillic acid) โดย *A. ochraceus A. alliaceus A. melleus A. sclerotiorum A. sulphureus* พบในข้าวโพด ถั่ว ยาสูบ สเตอริกมาโทซิลทิน (sterigmatocystin) โดย

A. amstelodami *A. chevalieri* *A. flavus* *A. nidulans* และที่สำคัญที่สุดคือ *A. versicolor* พบในข้าวโพด นอกจากนี้ *A. fumigatus* เป็นสาเหตุให้เกิดโรคแอสเพอจิโลซิส (Aspergillosis) ลักษณะอาการคล้ายวัณโรค

Aspergillus (คลาสสคิวเทอไรไมซีตีส) พบในธรรมชาติตามผัก ผลไม้ เจริญได้ดีบนอาหารแทบทุกชนิด มีทั้งประโยชน์และโทษ บางชนิดทำให้อาหารเน่าเสีย และทำให้สิ่งของเครื่องใช้พวกเครื่องหนัง เสื่อมเสียหาย บางชนิดทำให้เกิดโรค ส่วนผลดีเนื่องจากมีเอนไซม์หลายชนิดจึงมีประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตกรดต่างๆ การทำเบียร์ การทำสารปฏิชีวนะ ลักษณะรูปร่างเป็นไมซีเลียมที่แตกแขนงและมีผนังกันแต่ส่วนที่กันแล้วมีนิวเคลียสหลายอัน โคนิไดโอฟอร์จะเกิดฟุตเซลล์ (foot cell) โคนิไดโอฟอร์อาจมีผนังกันหรือไม่ก็ได้ ส่วนปลายของโคนิไดโอฟอร์จะโป่งออกเป็นเวสิเคิล (vesicle) และมีส่วนที่ยื่นออกมาเป็นสเตอริกมา (sterigma) ซึ่งอาจมีชั้นเดียวหรือสองชั้นก็ได้ โคนิเดียมจะถูกสร้างขึ้นภายในสเตอริกมา โคนิเดียมที่ถูกสร้างขึ้นภายหลังจะดันโคนิเดียมอันแรกๆออกมา และยังคงติดต่อกันอยู่ จึงเกิดเป็นสายของโคนิเดียม โคนิเดียมมีส่วนต่างๆ กัน และเป็นลักษณะเฉพาะของเชื้อแต่ละชนิด ส่วนใหญ่มีสีค่าน้ำตาล เขียว

Rhizopus สร้างเส้นใยไม่มีผนังกัน stolons และ rhizoids โดยทั่วไปก้านสปอร์เกิดรวมกันเป็นกลุ่มตรงปลายของ stolons ณ จุดกำเนิดของ rhizoids *R. stolonifer* เป็นราที่พบบ่อยในอาหาร บางครั้งถูกเรียกว่าราขนมปัง ทำให้เกิดโรคเน่าแบบมีน้ำไหลในผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล แพร์ ฝรั่ง ผลไม้เนื้อแข็ง อุ่นมะเดื่อ ฯลฯ บางสปีชีส์ทำให้เกิดโรคจุดดำกับเนื้อวัวและเนื้อแกะแซ่แข็ง อาจพบในเบคอนและ เนื้อสัตว์แช่เย็น บางสปีชีส์สร้างเอนไซม์ pectinase ส่วน *R. oligosporus* มีความสำคัญในการผลิตอาหารพื้นเมืองของอินโดนีเซีย คือ ออนคอน (oncom) บอนเคร็ค (bonkreik) เทมเป้ (tempeh)



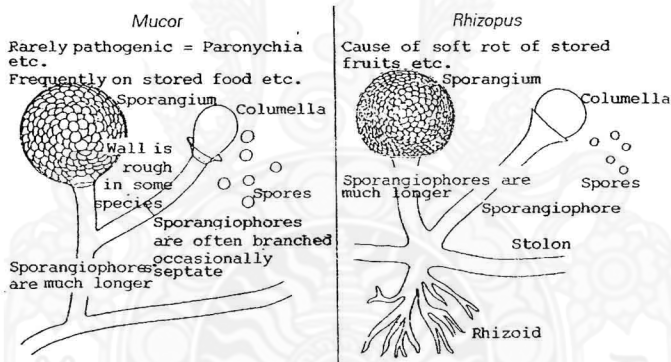
ภาพที่ 2.15 *Rhizopus*

ที่มา: วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล (2539)

Rhizopus (คลาสไซโกไมซีติส)

หรือราขนมปัง เป็นราพวกทำให้อาหารเน่าเสีย ที่รู้จักกันดีคือ *R.stolonifer* ลักษณะเป็นเส้นใยไม่มีผนังกัน จะสร้างผนังกันตรงส่วนที่จะกลายเป็นสปอร์แรงเจียม สปอร์แรงจิโอฟอร์เกิดขึ้นตรงส่วนที่จะสร้างไรซอย สปอร์แรงเจียมมักมีขนาดใหญ่ มีสีดำ และมีคอลัมเมลลา (columella) จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศต้องการไมซีเลียมที่ต่างกัน เมื่อนิวเคลียสมาผสมกันได้ไซโกตจะเจริญเป็นไซโกสปอร์ที่มีผนังหนา สีดำ และทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี

เชื้อที่มีประโยชน์ในอุตสาหกรรม เช่น *R.stolonifer* ผลิตกรดฟูมาริก *R. oryzae* ผลิตแอลกอฮอล์ *R.sinensis* , *R.nodosus* , *R.stolonifer* และ *R. oryzae* ผลิตกรดแลกติก (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2547)



ภาพที่ 2.16 เชื้อราในคลาสไซโกไมซีติส

ที่มา : นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ (2539)

2.8 ภาชนะบรรจุ (Packaging)

ภาชนะบรรจุ หมายถึง วัตถุหรือวัสดุที่ใช้บรรจุสินค้าหรือสิ่งของด้วยวิธีการใส่ หรือ ห่อ หรือด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ที่ทำให้สินค้าหรือสิ่งของที่อยู่ภายใน ถูกปกปิดมิดชิด โดยที่วัสดุ หรือ วัสดุที่ใช้บรรจุสินค้าหรือสิ่งของนั้น ต้องมีหน้าที่ปกป้องคุ้มครองสินค้า หรือสิ่งของที่อยู่ภายใน ให้มีความปลอดภัย สะดวกในการใช้งาน (ดวงฤทัย ช่างโชติ, 2549)

2.8.1 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูปมีความสอดคล้องกับวิทยาการ 2 ด้าน คือ ด้าน เทคนิคและด้านการตลาด จำแนกได้ดังนี้

ตารางที่ 2.7 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูปด้านเทคนิคและด้านการตลาด

ด้านเทคนิค	ด้านการตลาด
การบรรจุใส่	การส่งเสริมการขาย
การปกป้องคุ้มครอง	การแสดงข้อมูลอาหาร
การรักษาคุณภาพอาหาร	การตั้งราคาขายได้สูงขึ้น
การขนส่ง	การเพิ่มปริมาณขาย
การวางจำหน่าย	ให้ความถูกต้องรวดเร็ว
การรักษาสิ่งแวดล้อม	การรณรงค์

ที่มา: ปิ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ (2541)

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์สามารถให้คำอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

- การทำหน้าที่บรรจุใส่ ได้แก่ ใส่หรือห่อสินค้า ด้วยการชั่ง ตวง วัด นับ
- การทำหน้าที่ปกป้องคุ้มครอง ได้แก่ ป้องกันไม่ให้สินค้าเสียรูป แฉกหัก ไหลซึม
- การทำหน้าที่รักษาคุณภาพอาหาร ได้แก่ การใช้วัสดุที่ป้องกันอากาศซึมผ่าน ป้องกันแสง ป้องกันก๊าซเฉื่อยที่ซึมเข้าไปชะลอปฏิกิริยาชีวภาพ
- การทำหน้าที่ขนส่ง ได้แก่ กล่องลูกฟูก ลังพลาสติก ซึ่งบรรจุสินค้าหลายห่อหรือหน่วย เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและขนส่งสินค้าไปยังแหล่งผลิตหรือขายสินค้า
- การวางจำหน่าย คือ การนำบรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าอาหารแปรรูปอยู่ในวางจำหน่ายได้โดยไม่จำเป็นต้องให้เห็นสินค้า
- การรักษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ให้ปริมาณขยะน้อย นำบรรจุภัณฑ์เวียนใช้ใหม่ และ หมุนเวียนนำกลับมาผลิตใหม่

- ทำหน้าที่ส่งเสริมการขาย เพราะบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบสวยงามสามารถใช้เป็นสื่อโฆษณาได้ด้วยตัวเอง

- ทำหน้าที่ฉลากแสดงข้อมูลของอาหารแปรรูป ได้แก่ ข้อมูลทางโภชนาการ ส่วนประกอบ วันที่ผลิต หมดอายุ คำแนะนำ

- ทำให้ต้นทุนราคาได้สูงขึ้น เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามจะสร้างมูลค่าให้แก่สินค้า

- การเพิ่มปริมาณการขาย ด้วยการรวมหน่วยขายปลีกในบรรจุภัณฑ์อีกชั้นหนึ่ง

- ให้ความถูกต้องรวดเร็วในการขาย โดยการเพิ่มบาร์โค้ดบนบรรจุภัณฑ์ทำให้คนคิดเงินไม่จำเป็นต้องอ่านป้าย

- ร่วมมือบทบาทในการรณรงค์เรื่องต่างๆ เช่น สัญลักษณ์รีไซเคิล ฉลากเขียว ทองเขียว เป็นต้น

2.8.2 ประเภทของบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่เป็นพาหนะนำผลผลิตจากกระบวนการการผลิต ผ่านการขนย้าย เก็บในคลังสินค้า ระบบการขนส่ง ระบบการจัดจำหน่าย เปิดโอกาสให้เลือกซื้อ เอื้ออำนวยความสะดวกในการบริโภคพร้อมทั้งการกำจัดกากบรรจุภัณฑ์ได้ง่าย จากขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านี้ การแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์อาจแยกได้หลายลักษณะแล้วแต่จุดมุ่งหมายการแยกประเภท ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.8 การแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์

วิธีการ	จุดมุ่งหมาย	ประเภทของบรรจุภัณฑ์
1	การออกแบบ	1.1 บรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือปฐมภูมิ (Primary Packaging)
		1.2 บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือทุติยภูมิ (Secondary Packaging)
		1.3 บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สามหรือตติยภูมิ (Tertiary Packaging)
2	วัสดุที่ใช้ผลิต	2.1 เชื้อกระดาษ
		2.2 พลาสติก
		2.3 แก้ว
		2.4 โลหะ

ที่มา: ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ (2541)

2.8.2.1 บรรจุภัณฑ์แบ่งตามการออกแบบ

ด้วยหลักการในการออกแบบจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์ได้เป็น 3 จำพวก คือ

1. บรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือปฐมภูมิ (Primary Packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผู้ซื้อจะได้สัมผัสเวลาที่จะบริโภค บรรจุภัณฑ์นี้จะได้รับการโชนทั้งเมื่อมีการเปิดและบริโภคสินค้าภายในจนหมด เช่น ขອງบรรจุน้ำตาล เป็นต้น
2. บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือทุติยภูมิ (Secondary Packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่รวบรวมบรรจุภัณฑ์ชั้นแรกเข้าด้วยกัน เพื่อเหตุผลในการการป้องกันหรือจัดจำหน่ายสินค้าได้มากขึ้น หรือด้วยเหตุผลในการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองที่เห็นได้ทั่วไป เช่น กล่องกระดาษแข็งของหลอดยาสีฟัน
3. บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สามหรือตติยภูมิ (Tertiary Packaging) หน้าที่หลัก คือการป้องกันสินค้าระหว่างการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ชั้นนี้ อาจแบ่งย่อยเป็น 3 ประเภท คือ
 - บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งผลิตถึงแหล่งขายปลีกเมื่อสินค้าได้รับการจัดเรียงวางบนหิ้งหรือคลังสินค้าของแหล่งขายปลีกแล้ว บรรจุภัณฑ์ขนส่งก็หมดหน้าที่การใช้งาน
 - บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ระหว่างโรงงาน เป็นบรรจุภัณฑ์ที่จัดส่งสินค้าระหว่างโรงงาน ตัวอย่าง ดังใส่ของพริกป่น เป็นผลผลิตจากโรงงานหนึ่งไปยังโรงงานอาหารสำเร็จรูปเพื่อทำการบรรจุไปพร้อมกับอาหารหลัก
 - บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งขายปลีกไปยังมือผู้บริโภค เช่น ถุงต่างๆ ที่ร้านค้าใส่สินค้าให้ผู้ซื้อ

2.8.2.2 บรรจุภัณฑ์จำแนกตามวัสดุ

บรรจุภัณฑ์แยกตามวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตได้ 4 ประเภท คือ

1. เชื้อกระดาษ นับได้ว่าเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มากที่สุดและมีแนวโน้มใช้มากยิ่งขึ้นเนื่องจากการรีไซเคิลได้ง่าย อันเป็นผลจากการรณรงค์สิ่งแวดล้อม กระดาษนับเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ ประเภทเดียวที่สามารถสร้างขึ้น ได้ใหม่ได้จากการปลูกป่าทดแทน กระดาษที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีหลายประเภท และสามารถพิมพ์ตกแต่งได้ง่ายและสวยงาม นอกจากนี้ สะดวกต่อการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังผู้ใช้เนื่องจากสามารถพับได้ ทำให้ประหยัดค่าขนส่ง
2. พลาสติก เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงมาก คุณสมบัติของพลาสติก คือ มีน้ำหนักเบา ป้องกันการซึมผ่านของอากาศและก๊าซได้ระดับหนึ่ง สามารถต่อต้านการทำลายของแบคทีเรียและเชื้อรา มีคุณสมบัติที่สามารถเลือกใช้ในงานที่เหมาะสม
3. แก้ว นับเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความเกี่ยวข้องต่อการทำปฏิกิริยากับสารเคมีชีวภาพ เมื่อเทียบกับวัสดุบรรจุภัณฑ์อื่นๆ ข้อดีของแก้วคือมีความใสและทำเป็นสีต่างๆ สามารถทนต่อแรงกดได้สูงแต่เปราะแตกง่าย ในด้านสิ่งแวดล้อม แก้วสามารถนำกลับมาใช้ได้หลายครั้ง อาจจะถึง 100 ครั้ง และสามารถหมุนเวียนนำกลับมาหลอมใช้ใหม่ได้

4. โลหะ ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหาร วัสดุโลหะที่ใช้มี 2 ชนิดคือ

- เหล็กเคลือบดีบุก เป็นบรรจุภัณฑ์ที่แข็งแรงป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อมและสภาวะอากาศ การลงทุนในการผลิตไม่สูงนักและไม่สูงนักและไม่สลับซับซ้อน สามารถใช้บรรจุอาหารได้ดี เนื่องจากสามารถปิดผนึกได้สนิทและฆ่าเชื้อได้ด้วยความร้อน ในแง่ของสิ่งแวดล้อมแยกออกจากขยะได้ง่ายด้วยการใช้แม่เหล็ก

- อะลูมิเนียม มักใช้ในรูปแบบอะลูมิเนียมหรือกระป๋อง มีน้ำหนักเบา อีกทั้งมีความแข็งแรงทนต่อการซึมผ่านของอากาศ ก๊าซ แสง และกลิ่นรสได้ดี ส่วนในรูปของอะลูมิเนียมมักใช้เคลือบกับวัสดุอื่น ซึ่งให้ภาพที่ดีเนื่องจากความเงาแวววาวของอะลูมิเนียมและเป็นตัวนำความร้อนได้ดี

2.8.3 บทบาทของบรรจุภัณฑ์อาหาร

บรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญในการเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่ช่วยรักษาคุณภาพอาหาร ซึ่งอาจทำให้เปลี่ยนแปลงไปโดยปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์หลักที่จัดว่าสำคัญมาก คือ การยืดอายุการเก็บของอาหารให้ยาวนานขึ้น และสามารถรักษาคุณภาพของอาหารให้คงอยู่จนกระทั่งบริโภคหมด ในแง่ของการส่งออกจำเป็นอย่างยิ่งที่บรรจุภัณฑ์ช่วยรักษาคุณภาพของความหอมและรสชาติความอร่อยจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค

2.8.3.1 บรรจุภัณฑ์เพื่อการรักษาคุณภาพอาหาร

2.8.3.1.1 การปกป้องเชิงรับ หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่ทำหน้าที่ใส่อาหารเพียงอย่างเดียว ทำหน้าที่เป็นตัวกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้สัมผัสกับบรรยากาศภายนอก บรรจุภัณฑ์จะทำหน้าที่เป็นกลไกในการปกป้องผลิตภัณฑ์จากสิ่งเหล่านี้

1.1 การป้องกันทางกายภาพ

- การรั่ว การหลุดรอดของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาเป็นสิ่งที่ไม่ควรเกิดขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้ดูเหมือนว่าจะเกิดจากการปิดผนึกที่ไม่แข็งแรงพอที่จะรับรองแรงกระแทกหรือแรงดันที่ระหว่างทางขนส่ง

- การซึมผ่านวัสดุ ปรากฏการณ์การซึมผ่านของผลิตภัณฑ์อาจเกิดขึ้นได้ทั้งในสถานะของเหลวหรือในสถานะที่เป็นก๊าซ ในกรณีของเหลวภาวะการรั่วซึมส่วนมากจะพบเห็นที่รอยปิดผนึกของถุงพลาสติกทั่วไป เนื่องจากวัสดุบรรจุภัณฑ์เกือบทั้งหมดยกเว้นรอยเชื่อมของกระป๋องหรือฝาขวดแก้วจะมีรูพรุนเพียงพอที่ก๊าซจะผ่านได้

1.2 การถ่ายเทพลังงาน

มีพลังงานอย่างน้อย 2 ประเภทที่สามารถถ่ายเทผ่านบรรจุภัณฑ์เข้าไปถึงผลิตภัณฑ์ได้ คือ แสงและความร้อน พลังงานทั้ง 2 ประเภทอาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ได้เร็วขึ้น

- แสง ผลึกกันซ์อาหารหลายชนิดมีความไวต่อแสงซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี และส่งผลให้สีของผลึกกันซ์อาหารมีสีซีดลง สูญเสียวิตามิน และเกิดการแปรสภาพของกรดอะมิโน

- ความร้อน การส่งผ่านของความร้อนเกิดขึ้นได้ในรูปแบบการแผ่รังสี การนำพาความร้อน และการเหนี่ยวนำความร้อน การเก็บรักษาผลึกกันซ์อาหารที่มีความเสี่ยงต่อความร้อนสูงจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ระหว่างการเก็บรักษาและการจัดจำหน่าย

1.3 จุลินทรีย์

บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ปกป้อง ผลึกกันซ์อาหารในทางกายภาพจากจุลินทรีย์ที่มีจำนวนมากมหาศาลในบรรยากาศและจากตัวของผลึกกันซ์เอง ซึ่งวิธีนี้ก่อให้เกิดบรรจุภัณฑ์แบบปลอดเชื้อ ขึ้นมา มีผลึกกันซ์ 4 ประเภท ที่จำเป็นต้องหลีกเลี่ยงจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ คือ

- ผลึกกันซ์ที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เช่น ขนบปิ้ง เครื่องเทศ ซึ่งอาจถูกปนเปื้อนด้วยเชื้อโรค หรือจุลินทรีย์ต่างๆ ในระหว่างการเก็บเกี่ยวและขนส่ง

- ผลึกกันซ์ประเภทหมักด้วยจุลินทรีย์บางประเภท เช่น ไข่กรอบ ผลึกกันซ์ประเภทนี้ต้องระวัง ไม่ให้ถูกปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่มีอยู่ภายนอก หรือแผ่มากับอุปกรณ์เตรียมอาหาร

- ผลึกกันซ์ที่เป็นของสด เช่น ผักและปลา ต้องผ่านขั้นตอนทำความสะอาดที่ถูกต้องเพื่อป้องกันการเกิดอาหารเป็นพิษ

- ผลึกกันซ์ที่ใช้ฆ่าเชื้อ ตัวผลึกกันซ์อาหารจะต้องทนทานต่อการฆ่าเชื้อ

2.8.3.1.2 การปกป้องเชิงรุก

- การฆ่าเชื้อ หนึ่งในกรรมวิธีรักษาที่เก่าแก่ที่สุด คือ การใช้ความร้อนฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในกระป๋องและขวดแก้ว บรรจุกันซ์จะต้องถูกปิดผนึกเพื่อกันอากาศได้อย่างสมบูรณ์ เพื่อป้องกันความร้อนที่จะทำให้รอยผนึกแยกออกจากกันได้ รวมถึงการระเบิดและบวมด้วย วิวัฒนาการของเทคโนโลยีการฆ่าเชื้อก้าวหน้าตามไปกับวิวัฒนาการทางด้านบรรจุกันซ์ จากการฆ่าเชื้อของกระป๋องและขวดแก้วได้พัฒนามาเป็นช่องและถาดพลาสติก

- บรรจุกันซ์ปลอดเชื้อ วัสดุบรรจุกันซ์จะต้องผ่านการฆ่าเชื้อโดยตรงไม่ว่าจะโดยการฆ่าเชื้อภายใต้สารเคมีหรือการฉายรังสี หรือกรรมวิธีอื่น แล้วจึงบรรจุและปิดผนึกในทันทีภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ

- บรรจุกันซ์ปรับสภาวะบรรยากาศ ภายใต้การปรับสภาวะบรรยากาศระบบของบรรจุกันซ์จะเป็นตัวกำหนดอายุของผลึกกันซ์แต่เป็นที่น่าสนใจว่าการวิจัยและเทคโนโลยีขั้นสูงในสาขานี้ถูกเก็บงำในทางธุรกิจบางสาขาเท่านั้น

- บรรจุภัณฑ์ชนิดพิเศษ ผลิตภัณฑ์บางประเภทที่มีมูลค่าสูงๆ เช่น กาแฟ ในการบรรจุจะใช้บรรจุภัณฑ์แบบพิเศษที่สามารถปลดปล่อยความดันภายในที่เกิดขึ้นจาก เมล็ดกาแฟ แคร่ราคาของบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้ก็จะสูงตามคุณสมบัติในการใช้งานด้วย

2.8.4 การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทอาหาร

การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับประเภทอาหาร มีปัจจัยอันดับแรกที่ต้องพิจารณา คือ คุณลักษณะของตัวผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เป็นอาหารที่ได้รับการแปรรูปแล้ว อันดับต่อมา คือ รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่จะหาได้ด้วยต้นทุนที่เหมาะสมกับสภาวะตลาด พร้อมทั้งสามารถรักษาคุณภาพของอาหารได้ตามอายุไขที่ต้องการ ปัจจัยภายนอกที่จะต้องคำนึงถึง คือ เทคนิคในการบรรจุ สภาวะการขนส่ง และการจัดเก็บ ปัจจัยที่สำคัญประการสุดท้าย คือ ช่องทางการจัดจำหน่าย หรือวิธีขาย เช่น ขายตามซูเปอร์มาร์เก็ตหรือขายตามตลาดสด

ตารางที่ 2.9 ประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทของอาหารแปรรูป

กลุ่มอาหาร	ประเภทบรรจุภัณฑ์	คำแนะนำและเหตุผล
อาหารถนอมด้วยน้ำตาล และทำแห้ง	1.1 ซองพลาสติก PE	มีราคาถูกและปิดผนึกด้วยความร้อนได้ง่าย
	1.2 ซองพลาสติก PP	สามารถป้องกันความชื้นได้ดีแต่ปิดผนึกยากกว่าฟิล์ม PE เนื้อพลาสติกใสช่วยเพิ่มคุณค่าสินค้า
	1.3 เซลโลเฟนหรือกระดาษแก้ว	สามารถป้องกันความชื้นได้ระดับหนึ่ง
	1.4 กระป๋องพลาสติกหรือกระป๋องพลาสติกมีฝาปิด	มักนิยมใช้ห่อปิดปลายเห็นสินค้าได้รอบตัว ควรปิดฝาด้วยเทปให้สนิท
	1.5 ถาดพลาสติกใสชนิดมีฝาและกาวหอย	ควรปิดด้วยความร้อนแทนที่จะใช้ลวดตะเข็บหรือใช้เทป
	1.6 กระป๋องโลหะ	สามารถสร้างจุดเด่นที่ดีให้แก่สินค้าและแปลกใหม่แต่มีมูลค่าสูง
	1.7 กระป๋องกระดาษ	คล้ายคลึงกระดาษกับกระป๋องโลหะ แต่พิมพ์สวยงามได้ง่ายกว่า
	1.8 ถุงเคลือบหลายชั้นอาจใช้แบบวางตั้งได้อาจมีซิปด้วย	เป็นบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ก่อให้เกิดความสะดวกในการบริโภค เปิดโอกาสให้ใช้เทคนิคระบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น ระบบสุญญากาศ

ที่มา : ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ (2541)

2.8.5 บรรจุภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้

2.8.5.1 บรรจุภัณฑ์อาหารที่ผลิตจากกระดาษ มีคุณลักษณะเด่น คือ ความสามารถที่จะพับได้หรือการพับเส้นบนกระดาษขึ้นเป็นรูปบรรจุภัณฑ์กระดาษประเภทต่างๆ เช่น ถุง กล่อง โดยมีคุณสมบัติทั่วไปของกระดาษดังนี้

- ความหนาและน้ำหนักมาตรฐาน หน่วยซื้อขายกระดาษคติน้ำหนักเป็นกรัม ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนความหนาวัดเป็นไมครอน หรือมิลลิเมตร

- ความขาวสว่าง ความขาวสว่างของกระดาษวัดจากการสะท้อนกลับของแสงสีขาวแสดงค่าระหว่าง 1 ถึง 100 โดยปกติกระดาษที่มีคุณภาพดีจะมีค่าของความขาวสว่างอยู่ระหว่าง 80 ซึ่งกระดาษที่มีค่าของความขาวสว่างสูงจะเพิ่มความมันวาวในการพิมพ์

- ปริมาณความชื้น กระดาษวัสดุที่สามารถดูดและคายความชื้นได้ดีและรวดเร็ว เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เป็น 20% กระดาษจะมีปริมาณความชื้นประมาณ 4% ณ อุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส ประเภทของบรรจุภัณฑ์กระดาษ การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์กระดาษเริ่มจากความรู้เกี่ยวกับกระดาษที่นำมาขึ้นรูปและคุณสมบัติของสินค้าที่จะบรรจุใส่ บรรจุภัณฑ์กระดาษที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เช่น กล่องกระดาษแข็งพับได้ กล่องกระดาษแข็งสามารถขึ้นรูปได้และจัดส่งเป็นแผ่นแบนราบ (Flat Blanks) เมื่อถึงโรงงานบรรจุอาจนำไปทากาวพร้อมบรรจุสินค้าหรือตัวกล่องอาจทากาวตามขอบข้างกล่องไว้ให้เรียบร้อยเพื่อบรรจุและปิดฝากล่องได้ทันที แต่ไม่ว่าจะขึ้นรูปในรูปแบบใด เวลาขนส่งจะพับแบนราบเพื่อประหยัดค่าขนส่ง กล่องกระดาษแข็งอาจแบ่งย่อยแบบท่อ (Tube) และแบบถาด (Tray) (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

2.8.5.2 บรรจุภัณฑ์พลาสติก

พลาสติกประเภทที่ผลิตจากทางเคมี ได้แก่ Cellulose จากพืช ใช้ผลิต Cellulose Acetate หรือ Cellophane และพลาสติกเป็นสารสังเคราะห์จำพวกโพลิเมอร์ ประกอบด้วยสารหลายอย่าง โดยใช้กรรมวิธีเคมีที่ดัดแปลงให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับงานที่ใช้ เช่น กันการซึมของอากาศ น้ำ ไขมัน ทนต่อความร้อนหรือความเย็น ทนกรดและด่าง มีลักษณะแข็งหรือเหนียว ฯลฯ โดยทั่วไปพลาสติกมีน้ำหนักเบา ไม่นำความร้อน ไม่นำไฟฟ้า และทำให้รูปร่างและขนาดต่างๆ ได้

พลาสติก แบ่งตามรูปแบบได้ 2 ประเภท คือ

1. พลาสติก (Plastic Film) คือ พลาสติกที่เป่ารีดเป็นแผ่นบาง อาจเป็นชั้นเดียวหรือหลายชั้นได้มักใช้ทำถุงลักษณะงานใช้งานมีดังนี้

- การห่อ (Wrapping) เช่น การห่อขนมปัง ลูกกวาด คุกกี้ ฯลฯ

- ถุงเย็น ทำมาจากเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ถุงมีลักษณะค่อนข้างใส นิ่ม ยืดหยุ่นพอสมควรใช้บรรจุของทั่วไปรวมทั้งอาหารแช่แข็ง

- ถุงเย็น ส่วนใหญ่ทำมาจากเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีน(PP) ถุงมีลักษณะใสมาก และมีความกระด้างกว่าถุงเย็น สามารถบรรจุของร้อนได้ถึงจุดเดือดแต่ไม่เหมาะกับการบรรจุอาหารแช่แข็งเพราะพลาสติกจะเปราะ ถุงอีกชนิดหนึ่งทำมาจากเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีนชนิดหนาแน่นสูง (HDPE) ถุงจะมีลักษณะบางขุ่น (ก่อกี๋ริ้ว) วิริยะกิจวัฒนา และเดชา อัสวสิทธิถาวร , 2545)

- โพลิโพรพิลีน (Polyethylene - PP) มักจะรู้จักกันในนามถุงร้อน ด้วยคุณสมบัติเด่นของ PP ซึ่งมีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี คุณสมบัติเด่นอีกประการ คือ มีจุดหลอมเหลวสูงทำให้สามารถใช้บรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับบรรจุอาหารในขณะร้อน (Hot - Fill) การใช้งานของ PP กับผลิตภัณฑ์อาหาร

- ใช้บรรจุอาหารร้อน เช่น ถุงร้อน (ชนิดใส)

- ใช้บรรจุอาหารที่ต้องผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ โดยที่ PP จะเป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัสดุที่ใช้ผลิตของประเภทนี้ ที่เรียกว่า Retort Pouch ของนี้สามารถใช้แทนกระป๋องโลหะได้ บางครั้งจึงเรียกว่า Flexible Can

- ใช้ทำถุงบรรจุผักและผลไม้

- ใช้ทำซองบรรจุอาหารแห้ง เช่น บะหมี่สำเร็จรูป และอาหารที่มีไขมันอายุการเก็บรักษาไม่สูง เช่น ถั่วทอด

- ใช้ทำกล่องอาหาร ถัง ถาด และตะกร้า (เปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

- ถุงซิป (Zip Lock Back) เป็นถุงชนิดที่ปากถุงมีล๊อคเพื่อความสะดวกในการเปิดและปิด ใช้บรรจุอาหารสำเร็จรูป ส่วนมากทำมาจากโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

- ถุงพลาสติกสำหรับบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ ทำจากแผ่นประกอบของไนลอนและโพลิเอทิลีน

- ถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุอาหารที่ผลิตโดยวิธีเยือกแข็งแบบสุญญากาศ ทำจากแผ่นประกอบโมลาร์ แผ่นอะลูมิเนียมบางๆ แผ่นโพลิเอทิลีน

2. ภาชนะพลาสติก (Plastic Container) คือ พลาสติกที่มีการขึ้นรูปทรงต่างๆ ตามแม่แบบและกรรมวิธีการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์รูปแบบต่างๆ (Rigid Package)

- กล่องพลาสติก ทั้งฝาปิด และแบบไม่มีฝา ที่นิยมใช้บรรจุอาหารสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูป ประเภทที่ปรุงสำเร็จได้ในเวลารวดเร็ว อาหารที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม พลาสติกที่นิยมใช้ คือ โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) โพลีสไตรีน (PS) โฟม (Expanded Polystyrene)

- เป็นฉนวนกันความร้อน ในเนื้อโฟมมีโพรงอากาศเล็กๆ อยู่มากมายโพรงอากาศเหล่านี้จะกันความร้อนผ่านเนื้อโฟม นั้นจึงสามารถเก็บอาหารให้อุ่นได้นานกว่ากล่องกระดาษ

- แบคทีเรียไม่ก่อตัวบนผิวโฟม

- ช่วยกันกระแทก ได้ดีกว่า

- ไม่มีพิษ

- มีความคงตัวทั้งในอุณหภูมิสูงและต่ำ(ก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา และเดชา อัสวสิทธิถาวร, 2545)

2.8.6 การเลือกบรรจุภัณฑ์พลาสติกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ต่างกันย่อมต้องการความคุ้มครองที่แตกต่างกัน ผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์จะต้องเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น อาหารที่มีไขมันหรือการป้องกันการความคุ้มครองจากแสงและออกซิเจน ส่วนขนมกรอบต่างๆมักดูแลความชื้นได้ง่าย เมื่อสัตัวต่างๆ มักจะแห้งง่าย ส่วนนมและน้ำแร่ก็ต้องได้รับความคุ้มครองมิให้ดูดซับกลิ่นจากภายนอกที่ไม่พึงปรารถนา

การเลือกใช้จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติที่ต้องการและต้นทุนของวัสดุ เช่น ความเหนียวและคงทนของ PET เหมาะสำหรับการใช้ทำขวดลิตรบรรจุโคคาโคล่า ซึ่งนอกจากแข็งแรงแล้วก็ยังเก็บแก๊ส กลิ่นและทนแรงอัดได้ดี กระป๋อง PP ที่ใช้สำหรับบรรจุสีกี๊พลอดจากปัญหาเป็นสนิมและยังแข็งแรงพอที่จะบรรจุขึ้นไว้ให้สูงในโกดังได้ คุณสมบัติในการทนต่อความร้อนและด้านการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำนั้นจำเป็นสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปไม่ว่าจะเป็น ปลา เนื้อ หรือแม่แต่นมแข็ง

บรรจุภัณฑ์ของอาหารแช่แข็งจะต้องทนต่อความเย็นจัดถึง - 40 องศาเซลเซียสได้ พลาสติกจำพวก LOPE HDPE และ PET จะเหมาะสำหรับงานประเภทนี้ แต่อาหารที่ต้องเก็บในตู้เย็น เช่น ผักสด หรือ ขนมของว่าง สามารถใช้บรรจุภัณฑ์ประเภท PP PS และ PVC (ปูน คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

2.8.6.1 ปัญหาในการใช้พลาสติกบรรจุอาหาร

1. การผลิตพลาสติกบรรจุอาหารไม่ได้มาตรฐาน

2. การใช้พลาสติกผิดประเภท

3. การใช้สีที่ไม่ได้มาตรฐาน

4. การใช้ถุงพลาสติกซ้ำหลังจากการใช้งานมาแล้ว (ก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา

และเดชา อัสวสิทธิถาวร, 2545)

อายุการเก็บรักษา คือ ช่วงระยะเวลาที่สินค้าบรรจุในบรรจุภัณฑ์และสามารถรักษาคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ภายใต้สภาวะการเก็บหนึ่ง

2.8.6.2 ปัจจัยที่สัมพันธ์กับอายุการเก็บรักษา

1. สินค้า สินค้าจะเสื่อมคุณภาพด้วยปฏิกิริยาต่างๆ กัน สินค้าบางชนิดไม่ได้รับการยอมรับเมื่อนั้นเสื่อมคุณภาพ ต้องได้รับการแก้ไขปรับปรุง โดยการควบคุมคุณภาพและใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม

2. บรรจุภัณฑ์ ตัวบรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เสื่อมเสียคุณภาพ วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบประเมินอายุของอาหาร จำต้องกำหนดรายละเอียดให้ชัดเจน ตั้งแต่โครงสร้าง แหล่งการผลิต รายละเอียดที่จำเป็นต้องทราบ เช่น อัตราการซึมผ่านของสารที่มีโอกาสทำปฏิกิริยา แล้วส่งผลให้สินค้าเสื่อมคุณภาพ

3. สิ่งแวดล้อม การขนส่งสินค้าอาหารจากแหล่งผลิตไปยังจุดขายย่อมมีโอกาสทำให้อาหารบอบช้ำและอาจเสียหาย (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุ

1. แป้งข้าวเหนียว	ตราช้างสามเศียร	โรงเส้นหมี่ซอเสง จำกัด	ไทย
2. น้ำตาลทราย	ตรามิตรผล	น้ำตาลมิตรผล จำกัด	ไทย
3. น้ำมันพืช	ตราอรุณ	น้ำมันพืชไทย	ไทย

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์งานครัว

1. ถาด	ตั้งจิบเส็ง	ไทย
2. พายพลาสติก	ไพบูรณ์ภัณฑ์	ไทย
3. ชามผสม	ตั้งจิบเส็ง	ไทย
4. จาน ชาม ถ้วย	ตั้งจิบเส็ง	ไทย
5. ถ้วยตวง	ไอโอเนีย อินดัสเตรียล จำกัด	ไทย
6. ช้อนตวง	ไอโอเนีย อินดัสเตรียล จำกัด	ไทย
7. ที่ร่อนแป้ง	ตั้งจิบเส็ง	ไทย
8. เครื่องชั่งตัง	จิบเส็ง	ไทย
9. ตะแกรงวางขนม	ตั้งจิบเส็ง	ไทย
10. ถังตั้ง	-	ไทย

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

- อุปกรณ์ในการทดสอบ เช่น ถ้วยชิม แก้วน้ำ ถาด กระดาษทิชชู ฯลฯ
- แบบสอบถาม

3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมี

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	SARTORIUS GMBH GOTTINGEN type B1209	เยอรมันนี
2. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)	WTB binder 7200 tuttlingen	เยอรมันนี
3. เตาเผาถ่าน (Muffle furnace)	Carbolite Furnaces CSF 12/7	อังกฤษ
4. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	Soxhlet apparatus SER 148 Solvent Extractor	อิตาลี
5. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	Micro-Kjeldahl distillation apparatus VELP Scietifica	อิตาลี
6. เครื่องวิเคราะห์เส้นใย	fibertec system M 1017 hot extra etor	สวีเดน
7. เครื่องแก้วต่าง ๆ	Pyrex	เยอรมันนี

3.3 สารเคมี

1. โซเดียมซัลเฟต (sodium sulphate ; Na_2SO_4)	Ajax	ออสเตรเลีย
2. คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulphate; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	Ajax	ออสเตรเลีย
3. เซเลเนียมไดออกไซด์ (selenium dioxide ; $\text{SeO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	Ajax	ออสเตรเลีย
4. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. Sulfuric ; H_2SO_4)	J.T.Bake	สหรัฐอเมริกา
5. กรดบอริก (boric acid ; H_3BO_3)	Merck	เยอรมันนี
6. เมทิลเรด (methyl red ; $\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_2$)	Panrac	สหภาพยุโรป
7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide ; NaOH)	Merck	เยอรมันนี
8. กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid ; HCl)	Mallinckrodt	สหรัฐอเมริกา
9. ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)	Mallinckrodt	สหรัฐอเมริกา
10. เอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 (ethyl alcohol 95 % ; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	องค์การสุรา กรมสรรพสามิต	ไทย

3.4 ระเบียบวิธีวิจัย

3.4.1 การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมแข่ง แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

3.4.1.1 ศึกษาสูตรมาตรฐานที่เหมาะสม

โดยศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับสูตร ส่วนประกอบจากคำรับอาหารต่าง ๆ โดยทำการทดลองใช้สูตรขนมแข่ง 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 (เสริมพร ศาตรพันธุ์และคณะ, 2545) สูตรที่ 2 (จันทร์ ทศานนท์, 2531) และสูตรที่ 3 (วรพร คำแป้น , 2549) แล้วทำการคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชิม ให้การยอมรับโดยทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ให้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คนให้คะแนนแบบ 9 Point Hedonic Scal โดย 1 คะแนน หมายถึง ชอบน้อยที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด วางแผนแบบ RCB (Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test)

ตารางที่ 3.1 สูตรขนมแข่ง

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้(กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งข้าวเหนียว	750	560	545
แป้งท้าวยายม่อม	-	20	20
น้ำตาลทราย	590	300	500
น้ำมัน	60	60	60
น้ำ	480	375	380

ที่มา : สูตรที่ 1 (เสริมพร ศาตรพันธุ์และคณะ, 2545)

สูตรที่ 2 (จันทร์ ทศานนท์, 2531)

สูตรที่ 3 (วรพร คำแป้น , 2548)

วิธีทำ

1. นวดแป้งทั้ง 2 อย่างกับน้ำตาลทรายให้เข้ากัน ค่อยๆ ใส่น้ำมันให้เข้ากันจนน้ำตาลทรายละลาย ใส่น้ำมันนวดให้เข้ากันอีกครั้ง พักทิ้งไว้
2. ตักใส่กระทงใบตองที่ทำน้ำมันเรียงลงรังถึง นึ่งในน้ำเดือดไฟแรงนานประมาณ 30 นาที

3.4.1.2 ศึกษาการรวมวิธีการผลิตขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป

โดยศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักแป้ง เริ่มจากผสมส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วทำการหมักในระยะเวลาที่กำหนด คือ 0 , 3 และ 6 ชั่วโมง แล้วทำการคัดเลือกสูตรที่ ผู้ทดสอบชิม ให้การยอมรับโดยทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม ให้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คน ให้คะแนนแบบ 9 Point Hedonic Scale โดย 1 คะแนน หมายถึง ชอบน้อยที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด วางแผนแบบ RCB(Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test)

3.4.1.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป

โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ A.O.A.C (1995) และคำนวณคุณค่าทางโภชนาการตามวิธีการของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2546)

3.4.1.4 ศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป

โดยทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และเพื่อสำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การบรรจุ ความสะดวก ความสวยงาม ทำการคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคที่ให้การยอมรับ มา 1 แบบ จากการทดลองบรรจุภัณฑ์ 2 แบบ

3.4.1.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป

โดยทำการผลิตขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป แล้วทดลองเก็บรักษาในถุงสุญญากาศแล้วเก็บในอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 25- 28 , 22 ,และ -20 องศาเซลเซียส แล้วทำการบันทึกข้อมูลเปรียบเทียบการเก็บรักษานขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์

3.4.2 ทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป

โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 200 คน โดยการให้คะแนน แบบ 9 Point Hedonic Scale แล้วรายงานผลการทดสอบจากแบบสอบถาม ให้อยู่ในลักษณะของค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ

3.5 สถานที่ดำเนินงาน

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

3.6 ระยะเวลาในการทดลอง

กันยายน 2549 – ตุลาคม 2550

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมแข่ง แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

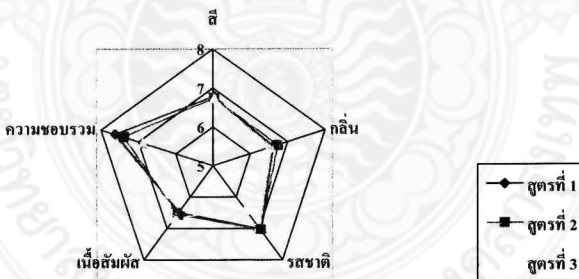
4.1.1 ผลการศึกษาสูตรมาตรฐานที่เหมาะสมในการผลิตขนมแข่งทั้งสำเร็จรูป

โดยศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบจากตำรับอาหารต่าง ๆ แล้วทดลองทำขนมแข่ง 3 สูตร สูตรที่ 1 : เสริมพร สาตรพันธุ์และคณะ, 2545 สูตรที่ 2 : จันทร ทศานนท์, 2531 สูตรที่ 3 : วรพร คำแป้น, 2549 และคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับโดยทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับ คือ สูตรที่ 1 : เสริมพร สาตรพันธุ์และคณะ, 2545 ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมแข่งสูตรมาตรฐาน

สูตรที่	คะแนนเฉลี่ยด้านประสาทสัมผัส ^{ns}				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบ
1	6.78 ± 1.18	6.78 ± 1.34	7.02 ± 1.25	6.46 ± 1.48	7.64 ± 1.13
2	6.74 ± 1.38	6.74 ± 1.70	7.02 ± 1.69	6.56 ± 1.73	7.42 ± 1.55
3	6.74 ± 1.33	6.54 ± 1.63	6.40 ± 1.71	6.66 ± 1.70	6.88 ± 1.52

หมายเหตุ : ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมแข่งสูตรมาตรฐาน

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมแข่งทั้ง 3 สูตร พบว่าขนมแข่งทั้ง 3 สูตร มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนี้

ด้านสี พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร สูตรที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดคือสูตรที่ 1 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.78 คะแนน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสูตรที่ 2 และ 3 เพราะส่วนผสมในแต่ละสูตรเหมือนกันหรือแตกต่างกันเพียงปริมาณเท่านั้น

ด้านกลิ่น พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร สูตรที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดคือสูตรที่ 1 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.78 คะแนน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสูตรที่ 2 และ 3 เพราะส่วนผสมในแต่ละสูตรไม่มีการใช้สารปรุงแต่งกลิ่น

ด้านรสชาติ พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร สูตรที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดคือสูตรที่ 1 อยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.02 คะแนน) แต่สูตรที่ 2 มีคะแนนเท่ากับสูตรที่ 1 คือ (7.02 คะแนน) จึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสูตรที่ 2 และ 3 เพราะส่วนผสมของน้ำตาลในแต่ละสูตรมีปริมาณแตกต่างกันคือ ในสูตรที่ 1 ใช้ปริมาณน้ำตาล 600 กรัม สูตรที่ 2 ใช้ปริมาณน้ำตาล 300 กรัม และ สูตรที่ 3 ใช้ปริมาณน้ำตาล 500 กรัม

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร สูตรที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดคือสูตรที่ 3 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.66 คะแนน) จึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 2 เพราะส่วนผสมของของเหลวที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสมีปริมาณแตกต่างกันในส่วนชงน้ำและน้ำมัน

ด้านความชอบรวม พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร สูตรที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดคือสูตรที่ 2 อยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.64 คะแนน) จึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสูตรที่ 2 และ 3 เพราะส่วนผสมของขนมแข่งเหมือนกันแต่แตกต่างกันด้านปริมาณจึงทำให้มีความคล้ายคลึงกันมาก ดังนั้นสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด

สรุปว่าสูตรมาตรฐานในการผลิตขนมแข่ง คือ สูตรที่ 1 ซึ่งผู้ชิมยอมรับมากที่สุดมาใช้เป็นสูตรมาตรฐานในการศึกษาข้อต่อไป



ภาพที่ 4.2 ส่วนผสมของสูตรมาตรฐานที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

4.1.2 ผลการศึกษากรรณวิธีการผลิตขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป

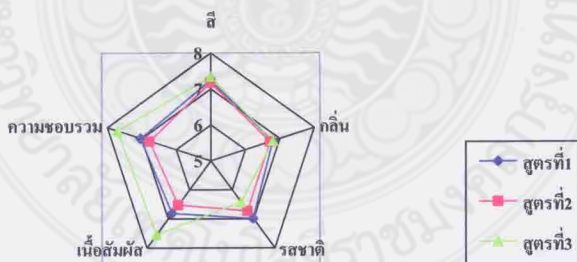
นำสูตรในการผลิตขนมแข่งกิ่งที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในข้อที่ 4.1.1 มาศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักแป้ง เริ่มจากผสมส่วนผสมให้เข้ากันแล้วทดลองหมัก ซึ่งเป็น 3 ระดับ คือ 0 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง แล้วทำการคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับโดยทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับได้ผล ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมแข่งกิ่งด้านกรรมวิธี

สูตรที่	คะแนนเฉลี่ยด้านประสาทสัมผัส				
	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{**}	เนื้อสัมผัส ^{**}	ความชอบ ^{ns}
1	7.24±0.98	6.80±0.92	6.98±1.09	6.80±0.98	7.02±1.03
2	7.18±1.06	6.72±1.03	6.72±1.03	6.52±1.37	6.76±1.00
3	7.34±1.15	6.80±1.16	7.42±0.95	7.54±1.07	7.70±1.01

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

^{**} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมแข่งกิ่งด้านกรรมวิธี

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งทั้ง 3 สูตร พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมทางด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในด้านของสี กลิ่น และความชอบรวม กล่าวคือ

ด้านสี พบว่าจะคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดคือสูตรที่ 3 อยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.43 คะแนน) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสูตรที่ 2 และ สูตรที่ 2 เพราะส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมแข่งมีส่วนผสมแต่ละสูตรเหมือนกัน

ด้านกลิ่น พบว่าจะคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้คะแนนความชอบสูงสุดคือสูตรที่ 3 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.80 คะแนน) เท่ากับสูตรที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และ สูตรที่ 3 เพราะส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมแข่งไม่มีการปรุงแต่งกลิ่นและส่วนผสมเหมือนกันทั้ง 3 สูตร

ด้านรสชาติ พบว่าจะคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดคือสูตรที่ 3 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.42 คะแนน) จึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) กับสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 เนื่องจากส่วนผสมของน้ำตาลในแต่ละสูตรมีปริมาณแตกต่างกันคือ ในสูตรที่ 1 ใช้ปริมาณน้ำตาล 600 กรัม สูตรที่ 2 ใช้ปริมาณน้ำตาล 300 กรัม และ สูตรที่ 3 ใช้ปริมาณน้ำตาล 500 กรัม ซึ่งมีผลต่อความหวานของขนมแข่งที่ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าจะคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร สูตรที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดคือสูตรที่ 3 อยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.54 คะแนน) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) กับสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 เนื่องจากระยะเวลาในการหมักที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของขนมแข่ง ในสูตรที่ 1 ไม่ใช้เวลาในการหมัก สูตรที่ 2 ใช้เวลาในการหมัก 3 ชั่วโมง และ สูตรที่ 3 ใช้เวลาในการหมัก 6 ชั่วโมง จึงทำให้สูตรที่ 3 ซึ่งหมักนานที่สุดมีเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวที่ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด

ด้านความชอบรวม พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งที่ได้ทั้ง 3 สูตร สูตรที่ได้คะแนนความชอบสูงสุดคือสูตรที่ 3 อยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.70 คะแนน) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 เนื่องจากในแต่ละสูตรของขนมแข่งมีความใกล้เคียงกันในเรื่องของด้านสี กลิ่น แต่แตกต่างกันเล็กน้อยในด้านของรสชาติ และเนื้อสัมผัสเพราะส่วนผสมและระยะเวลาในการหมัก มีผลต่อรสชาติและเนื้อสัมผัสของขนมแข่ง ดังนั้นสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด

สรุปว่าสูตรที่ใช้ระยะเวลาในการหมักขนมแข่ง 6 ชั่วโมง ในสูตรที่ 3 ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดมาใช้เป็นสูตรมาตรฐานในการศึกษาขั้นต่อไป



ภาพที่ 4.4 ส่วนผสมของขนมแข่งขณะทำการหมักที่ 0,3 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ

4.1.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป

โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ A.O.A.C (1995) และคำนวณคุณค่าทางโภชนาการตามวิธีการของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2546) ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูปและคุณค่าทางโภชนาการ (ใช้ตัวอย่างอาหารในการวิเคราะห์ น้ำหนัก 100 กรัม)

องค์ประกอบทางเคมีและคำนวณคุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณที่วัด (%)
ความชื้น	32.67
เถ้า	0.25
โปรตีน	2.1
ไขมัน	11.01
เยื่อใย	0.01
คาร์โบไฮเดรต	10.01
พลังงาน	547 Kg Cal

4.1.4 ผลการศึกษามรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป

โดยออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และเพื่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยคัดเลือกภาชนะบรรจุที่สามารถทนต่ออุณหภูมิได้ เช่น พลาสติก จึงได้บรรจุภัณฑ์แบบที่ 1 ซึ่งคือกล่องบรรจุอาหารที่สามารถอุ่นร้อนได้ด้วยไมโครเวฟใช้ฉลากที่เป็นสติ๊กเกอร์สีแดงสดให้เข้ากับเทศกาลซึ่งสามารถบรรจุได้จำนวน 8 ชิ้น ราคา 50 บาท และแบบที่ 2 เป็นกล่องกระดาษที่ออกแบบโดยใช้กระดาษแข็งขาวปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์เพื่อป้องกัน การเปียกชื้น สามารถบรรจุได้จำนวน 6 ชิ้น ราคา 30 บาท จากนั้นทดสอบถามบรรจุภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้บริโภค ซึ่งจากผู้ทดสอบจำนวน 200 คน ให้การยอมรับในแบบที่ 1 จำนวน 76 คน (38%) และแบบที่ 2 จำนวน 124 คน (62%)



ภาพที่ 4.5 รูปของบรรจุภัณฑ์แบบที่ 1



ภาพที่ 4.6 รูปของบรรจุภัณฑ์แบบที่ 2

4.1.5 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำโรงรูป

โดยทำการผลิตขนมแข่งกิ่งสำโรงรูป แล้วทดลองเก็บรักษาในถุงสุญญากาศแล้วเก็บในอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 25- 28 , 22 ,และ -20 องศาเซลเซียส แล้วทำการบันทึกข้อมูลเปรียบเทียบการเก็บรักษานมแข่งกิ่งสำโรงรูป พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามที่สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดโดยทำการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ในระยะทุก 2 สัปดาห์ ได้ผลการศึกษาดังนี้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อาชญากรรมเกี่ยวกับสุขภาพของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งถึงสำเร็จรูป

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
ระยะเวลา	อุณหภูมิห้อง(25-28)	อุณหภูมิแช่เย็น(20)	อุณหภูมิแช่แข็ง(-20)
สัปดาห์ที่ 2	เกิดราสีดำ เชื้อขาว	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
สัปดาห์ที่ 4	เกิดราสีดำ เชื้อขาว	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
สัปดาห์ที่ 6	เกิดราสีดำ เชื้อขาว	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
สัปดาห์ที่ 8	เกิดราสีดำ เชื้อขาว	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
สัปดาห์ที่ 10	เกิดราสีดำ เชื้อขาว	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
สัปดาห์ที่ 12	เกิดราสีดำ เชื้อขาว	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ



ภาพที่ 4.7 ลักษณะของเชื้อราที่พบในขนมแข่ง

4.2 ทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข่งถึงสำเร็จรูป

ผลการศึกษารับรู้รสชาติที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งถึงสำเร็จรูป โดยออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ จากนั้นคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 200 คน โดยการให้คะแนน แบบ 9 Point Hedonic Scale แล้วรายงานผลการทดสอบจากแบบสอบถาม ให้อยู่ในลักษณะของค่าร้อยละ ดังที่แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป

1. เพศ	หญิง 72%	ชาย 28%	รวม 100%
2. อายุ			
15-30 ปี	62.5%	24.5%	87%
31-45 ปี	4.5%	1.5%	6%
46-60 ปี	3.5%	1.5%	5%
61-75 ปี	1.5%	0.5%	2%
3. ผลิตภัณฑ์ขนมแข่ง			
ชอบมาก	7%	19.5%	26.5%
ชอบ	54%	6.5%	60.5%
เฉยๆ	10.5%	2%	12.5%
ไม่ชอบ	0.5%	-	0.5%
4. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป			
ยอมรับ	71%	28%	99%
ไม่ยอมรับ	1%	-	1%
5. ชอบภาชนะบรรจุแบบใด			
แบบที่ 1	32.5%	5.50%	38%
แบบที่ 2	39.5%	22.5%	62%
6. ผลิตภัณฑ์จำหน่าย ท่าน จะซื้อหรือไม่			
ซื้อ	54%	18.50%	72.5%
ไม่ซื้อ	1%	1.5%	2.5%
ยังไม่แน่ใจ	17%	8%	25%

ผลการศึกษารรูกัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูปโดยออกแบบ รรูกัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ จากนั้นคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 200 คน โดยให้คะแนน แบบ 9 Point Hedonic Scale และรายงานผลการทดสอบจากแบบสอบถามให้ในลักษณะของค่าร้อยละ ซึ่งในจำนวนผู้ทดสอบ 200 คน มีเพศหญิง 144 คน และเพศ ชาย 56 คน ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมแข่ง 198 คน ในระดับชอบมาก 53 คน ระดับชอบ 121 คน ระดับเฉยๆ 25 คน และระดับไม่ชอบ 1 คน ด้านความชอบภาชนะบรรจุ ชอบแบบที่ 1 จำนวน 76 คน และชอบแบบที่ 2 จำนวน 124 คน หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูปผู้ทดสอบสนใจซื้อ 145 คน ไม่ซื้อ 5 คน ยังไม่แน่ใจ 50 คน ซึ่งจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูปผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ของขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป



สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาสูตรมาตรฐานที่เหมาะสมในการผลิตขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป โดยศึกษา ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบจากคาร์โบไฮเดรตต่าง ๆ แล้วทดลองใช้สูตรขนมแข่ง 3 สูตร ทำ การคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับ โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูตรขนมแข่งที่มีส่วนประกอบ ดังนี้ใช้เป็นสูตรมาตรฐานในการศึกษาข้อต่อไป

แป้งข้าวเหนียว	750	กรัม
น้ำตาลทราย	600	กรัม
น้ำมัน	60	กรัม
น้ำ	500	กรัม
วิธีทำ		

1) นวดแป้งกับน้ำมันแล้วค่อย ๆ ใส่น้ำจนแป้งนุ่มเหนียวดี จึงใส่น้ำตาลทรายและน้ำที่ เหลือนวดให้เข้ากันดี หมักทิ้งไว้

2) ตักใส่กระทงใบตองที่ทำน้ำมันเรียงลงรังถึง นึ่งในน้ำเดือดไฟแรงนานประมาณ 30 นาที

2. จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป โดยศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมใน การหมักแป้ง เริ่มจากผสมส่วนผสมให้เข้ากันแล้วหมักในระยะเวลาที่กำหนด คือ 0, 3 และ 6 ชั่วโมง เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชิม ให้การยอมรับ โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับ ในการหมักที่ระยะเวลาที่หมัก นานที่สุด คือ 6 ชั่วโมง เนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความเหนียวนุ่มที่สุด

3. จากศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกิ่งสำเร็จรูป พบว่า ความชื้น 32.67 % เถ้า 0.25 % โปรตีน 2.10 % ไขมัน 11.01 % เชื้อใย 0.01 % คาร์โบไฮเดรต 10.01 % และพลังงาน 547 กิโลแคลอรี ตามวิธีการ A.O.A.C (1995) และคำนวณคุณค่าทาง โภชนาการตามวิธีการของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2546)

4. จากการศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูปโดยทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และเพื่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยคัดเลือกภาชนะบรรจุที่สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำ เช่น พลาสติก จึงได้บรรจุภัณฑ์แบบที่ 1 คือกล่องบรรจุอาหารที่สามารถอุ่นร้อนได้ด้วยไมโครเวฟ บรรจุได้จำนวน 8 ชิ้น ราคา 50 บาท ส่วนแบบที่ 2 เป็นกล่องกระดาษสามารถ บรรจุได้จำนวน 6 ชิ้น ราคา 30 บาท จากนั้นทดสอบถามบรรจุภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้บริโภค ซึ่งกลุ่มผู้บริโภคให้การยอมรับในแบบที่ 2

5. จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูป โดยผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป แล้วทดลองเก็บรักษาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส) , อุณหภูมิแช่เย็น (22 องศาเซลเซียส) และ อุณหภูมิแช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) โดยวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ในระยะทุก 2 สัปดาห์ พร้อมทั้งวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามที่สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนด โดยวิเคราะห์ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส) เกิดการเสื่อมเสียในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ในวันที่ 3 ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นสีดำและเขียว ซึ่งเชื้อราที่มีสีดำคือ *Aspergillus oryzae* และเชื้อราที่มีสีเขียวคือ *Aspergillus niger* ในขณะที่อุณหภูมิแช่เย็น (15-20 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) ไม่มีการเสื่อมเสียหลังจากทำการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ในระยะเวลา 12 สัปดาห์

6. จากการศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูปโดยออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ จากนั้นคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้บริโภค โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 200 คน โดยให้คะแนน แบบ 9 Point Hedonic Scale และรายงานผลการทดสอบจากแบบสอบถามให้อยู่ในลักษณะของค่าร้อยละ ซึ่งในจำนวนผู้ทดสอบ 200 คน มีเพศชาย 28 % และ เพศหญิง 72 % ในช่วงอายุ 15-75 ปี ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมแข่ง 99% ในระดับชอบมาก 26.5 % ระดับชอบ 60.5% ระดับเฉยๆ 12.5% ระดับไม่ชอบ 0.5% ด้านความชอบภาชนะบรรจุ แบบที่ 1 ทั้งหมด 38% และแบบที่ 2 ทั้งหมด 62% หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผู้ทดสอบสนใจซื้อ 72.5% ไม่ซื้อ 2.5% ยังไม่แน่ใจ 25% จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมแข่งกึ่งสำเร็จรูปให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ แบบที่ 2 62%

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้แข่งชนิดอื่นเป็นสั้งเปรียบเทียบ เช่น แป้งกล้วย แป้งขนุน แป้งเผือก เป็นต้น
2. ควรศึกษาเสริมส่วนผสมอื่นๆที่มีคุณค่ามากขึ้นเพื่อประโยชน์ด้านโภชนาการ
3. อุณหภูมิที่ใช้ในการนึ่งขนมแข่งควรมีความสม่ำเสมอ เพื่อเนื้อสัมผัสที่ดีของแป้ง
4. อาจเติมสิ่งช่วยเพิ่มรสชาติและกลิ่น เช่น ใบเคย เผือก เป็นต้น

บรรณานุกรม

- กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. **สารให้ความหวาน**. กรุงเทพฯ: จาร์พาทีกเซ็นเตอร์.
- ก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา, และเดชา คงเจริญเกียรติ. 2545. **การบรรจุภัณฑ์**. กรุงเทพฯ: วังอักษร.
- ขนิษฐา เวชวงษ์, และณัฐชา กิตติารเมธี. 2544. “การใช้แป้นดัดแปลงทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมเปียกปูน.” ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- งานพัฒนาและจัดการสารสนเทศ ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศห้องสมุด. 2549. **สารจีน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.lic.ru.ac.th./journal/sart-chin.html>
- จันทร์ ทศานนท์. 2531. **อาหารไทย**. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท
- ดวงฤทัย ชำรงโชติ. ม.ป.ป. **เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์**. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครใต้. กรุงเทพฯ:
- เทศการครูจีน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.moohin.com>
- ธงชัย บุญทองศิริ. 2541. “**แป้งขนมชั้นสำเร็จรูป**”. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2547. **จุลชีววิทยาทั่วไป**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน**. กรุงเทพฯ : โอเคียนสโตร์.
- เบญจพร มีเกาะ. 2546. “**การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟัฟเฟสตร์แช่แข็งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลี**”. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปุ่น คงเกียรติเจริญ, และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. กรุงเทพฯ : หอี่เองจำกัด.
- พันธวัช แดงพรหม, และโสมสิริ โชติโรคม. “**แป้งขนมฟักทองสำเร็จรูป**”. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- มานิต มานิตเจริญ. 2507. **พจนานุกรมไทย-สมบูรณ์** ทันสมัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สุภาวรรณ คำแป้น. 2549. อาจารย์แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพมหานคร. สัมภาษณ์, 15 กันยายน.

