การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในมัฟฟิน

SUBSTITUTION OF *HOM MA LI* BROWN RICE FLOUR TO WHEAT FLOUR IN MUFFIN

สถิรัตน์ แก้วมณี

SATHIRAT KEAWMANEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรมอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในมัฟฟิน

SUBSTITUTION OF *HOM MA LI* BROWN RICE FLOUR TO WHEAT FLOUR IN MUFFIN

สถิรัตต์ แก้วมณี

SATHIRAT KEAWMANEE

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....74549
วัน,เดือน,ปี.....- 3 ต.ค. 2550

.b.....11803940
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

SUBSTITUTION OF *HOM MA LI* BROWN RICE FLOUR TO WHEAT FLOUR IN MUFFIN

SATHIRAT KEAWMANEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD CATERING TECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในมัฟฟิน**
นักศึกษา	**นางสาวสธิรัตต์ แก้วมณี**
รหัสประจำตัว	**47063303**
ปริญญา	**วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร**
พ.ศ.	**2550**
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	**รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ**

บทคัดย่อ

แป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์มีองค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้น 9.28 % โปรตีน 5.75% ไขมัน 3.52% และใยอาหาร(dietary fiber) 10.60% เมื่อนำแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์มาทดแทนแป้งสาลีในมัฟฟิน พบว่า สามารถใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟินได้ถึง 80% โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากมัฟฟินสูตรมาตรฐาน มัฟฟินแป้งข้าวกล้องมีปริมาณใยอาหารสูงกว่ามัฟฟินสูตรมาตรฐาน 54.17% เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง โดยเก็บมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติก OPP/CPP 45 ไมครอน และใช้สภาวะการบรรจุ 4 สภาวะ คือ บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ บรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจน บรรจุในก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 และบรรจุในก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน พบว่า มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ สามารถเก็บได้นาน 3 วัน แต่เมื่อบรรจุในก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 สามารถเก็บได้นาน 4 วัน ส่วนมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและใช้ก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน จะเก็บได้นาน 6 วันการศึกษาผลของสภาวะบรรจุต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง พบว่าการบรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและใช้ก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจนสามารถยืดอายุการเก็บรักษา และรักษาคุณภาพในด้านต่าง ๆ ได้ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงควรบรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนเพียงอย่างเดียวเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบรรจุ

Thesis Title	**Substitution of *Hom Ma Li* brown rice flour to wheat flour in muffin**
Student	**Miss Sathirat Keawmanee**
Student ID.	**47063303**
Degree	**Master of science**
Programme	**Food Catering Technology**
Year	**2007**
Thesis Advisor	**Associate Professor Dr. Ratiporn Haruenkit**

ABSTRACT

Chemical compositions of *Hom Ma Li* brown rice flour (variety *Hom Ma Li Daeng Surin*) were 9.28% moisture, 5.75% protein, 3.52% fat and 10.60% dietary fiber. Brown rice flour can be used to substitute to wheat flour up to 80% with non significantly preference scores from the panelists to control muffin. Dietary fiber content of brown rice muffin was 54.17% higher. Muffin were packed in 45 micron OPP/CPP plastic bags under 4 conditions, i.e., normal air, normal air with oxygen absorber, mixture of 40% nitrogen and 60% carbon dioxide and mixture of 40% nitrogen and 60% carbon dioxide with oxygen absorber and kept at room temperature. Results showed that shelf-life of brown rice muffin packed under normal air and mixture of 40% nitrogen and 60% carbon dioxide were 3 and 4 days respectively, while ones packed under normal air with oxygen absorber and under mixture of 40% nitrogen and 60% carbon dioxide with oxygen absorber were the same for 6 days. The study on effect of packing conditions to quality of brown rice muffin showed that packing under normal air with oxygen absorber and packing under mixture of 40% nitrogen and 60% carbon dioxide with oxygen absorber could similarly extend the shelf-life and keep quality. Then packing under normal air with oxygen absorber should be used due to lower cost.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ซึ่งช่วยกรุณาให้คำแนะนำต่าง ๆ พร้อมทั้งให้คำปรึกษาตรวจทานและแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร และผศ.ดร.ประภาศรี เทพรักษา ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขรวมทั้งให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณธงชัย พุฒทองศิริ คุณวรรณวรางค์ วัชรานานนท์ คุณวรรณยุพน ปั้นสุข คุณวริสรา กุศล คุณเกษราภรณ์ พิเชฐเมธากุล คุณปิยรัตน์ เชียรรติวงศ์ และคุณสุขเกษม รัตนวงศ์วโรภาส ที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ปริญญาเอก ปริญญาโท และปริญญาตรีทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้กันและกัน และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สถิรัตต์ แก้วมณี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 มัฟฟิน 3

2.1.1 วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์ 3

1. แป้งสาลี 3

2. ไข่ 5

3. นม 5

4. น้ำตาล 5

5. สารที่ช่วยให้ขึ้นฟู 6

6. ไขมัน 7

7. สารปรุงแต่งกลิ่นรส 8

2.2 ข้าวกล้อง 8

2.2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเม็ดข้าว 8

2.2.1.1 ส่วนประกอบของข้าวกล้อง 9

2.2.1.2 กระบวนการผลิตข้าวกล้องและข้าวขาว และปริมาณผลิตผล 10

2.2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ของข้าวกล้อง 10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 กรรมวิธีผลิตแป้งข้าว 13
2.3.1 การโม่เปียกหรือการโม่น้ำ 13
2.3.2 การโม่แห้ง 13
2.3.3 การโม่แบบผสม 13
2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งชนิดอื่นในผลิตภัณฑ์อาหาร 15
2.5 การศึกษาอายุการเก็บ 18
2.6 สภาวะการบรรจุ 18
2.6.1 ความหมายของการใช้ก๊าซในการบรรจุแบบต่าง ๆ 18
2.6.1.1 Controlled Atmosphere Package (CAP) 18
2.6.1.2 Modified Atmosphere Package (MAP) 19
2.6.1.3 Gas-Flush Packaging 19
2.6.1.4 Vacuum Packaging 19
2.6.2 ก๊าซที่ใช้ในการบรรจุและคุณสมบัติของก๊าซ 19
2.6.2.1 คุณสมบัติของก๊าซที่ใช้ 19
1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 19
2) ก๊าซไนโตรเจน 20
3) ก๊าซออกซิเจน 20
2.6.3 วัตถุประสงค์ของการใช้ก๊าซบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร 21
2.6.4 การใช้ก๊าซในการบรรจุขนมอบ 22
2.6.4.1 สเตลิง (Staling) 22
2.6.4.2 การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความชื้น 22
2.6.4.3 จุลินทรีย์ 22
2.6.5 งานวิจัยด้าน Modified Atmosphere Package (MAP) กับขนมอบ 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 25
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 25
3.1.1 วัตถุดิบ 25
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำมัฟฟิน 25
3.1.3 เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ 26
3.2 วิธีการทดลอง 26

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 31
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์ 31
4.2 ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน 32
4.3 เปรียบเทียบปริมาณ dietary fiber ของมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี 37
4.4 ศึกษาสภาวะการบรรจุและอายุการเก็บของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี 38

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 53

บรรณานุกรม 54

ภาคผนวก 58

ประวัติผู้เขียน 76

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบต่าง ๆ ของแป้งสาลี	4
2.2	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้อง	11
2.3	เปรียบเทียบสารอาหารระหว่างข้าวกล้องกับข้าวขาวในข้าว 100 กรัม	11
2.4	ประโยชน์ของข้าวกล้องต่อร่างกาย	12
3.1	ส่วนผสมของมัฟฟินสูตรมาตรฐาน	27
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์	31
4.2	ค่าปริมาตรจำเพาะ ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน	32
4.3	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน	36
4.4	ปริมาณใยอาหารของมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้อง	37
4.5	ค่าTBA ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะต่าง ๆ เมื่อเก็บในระยะเวลาต่างกันที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °C)	40
4.6	ค่า firmness ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะต่าง ๆ เมื่อเก็บในระยะเวลาต่างกันที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °C)	42
4.7	คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง(30±2 °C) เป็นระยะเวลา 6 วัน	46
4.8	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความแข็งและคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความอ่อนนุ่มของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง	51
4.9	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า TBA และคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นหืนของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง	51

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระบวนการผลิตข้าวกล้องและข้าวขาว และปริมาณผลิตผล	10
2.2	กรรมวิธีผลิตแป้งข้าว	14
3.1	กรรมวิธีผลิตแป้งข้าวกล้อง	26
3.2	กรรมวิธีผลิตมัฟฟินสูตรมาตรฐาน	28
4.1	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง เมื่อเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง (30±2 °C) เป็นระยะเวลาต่างกัน	38
4.2	ค่า TBA ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง ที่บรรจุในสภาวะต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง(30±2 °C) เป็นระยะเวลาต่างกัน	40
4.3	ค่าความแข็งของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °C) เป็นระยะเวลาต่างกัน	42

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์มัฟฟินเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบซึ่งใช้แป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลักในการผลิต ประเทศไทยต้องนำเข้าแป้งสาลีมาจากต่างประเทศในปริมาณและมูลค่าที่สูงขึ้นเรื่อยๆ (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2544) ทำให้เสียเงินตราให้แก่ต่างประเทศ ในปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากคนไทยให้ความสนใจสุขภาพร่างกายตัวเองมากขึ้น จึงหันมาบำรุงรักษาสุขภาพให้แข็งแรงอยู่เสมอด้วยการเลือกรับประทานอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ อาหารสุขภาพเป็นอาหารที่มีสารอาหารที่ร่างกายพึงได้รับและมีผลต่อการป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น อาหารพลังงานและไขมันต่ำ ซึ่งเน้นรูปแบบไม่มีโคเลสเตอรอล ไม่มีน้ำตาล ไม่มีเกลือ และอาหารพลังงานต่ำใยอาหารสูงที่เน้นการมีใยอาหารในปริมาณมาก

ข้าวกล้องเป็นอาหารเพื่อสุขภาพอย่างหนึ่ง เนื่องจากข้าวกล้อง คือข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียว เพื่อให้เปลือกหุ้มเมล็ดหลุดออก ดังนั้นข้าวกล้องจึงมีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมาก เช่น วิตามินต่าง ๆ โดยเฉพาะวิตามินบี 1 ป้องกันโรคเหน็บชา โรคอ่อนเพลีย และมีธาตุเหล็กป้องกันโรคโลหิตจาง นอกจากนี้ยังมีใยอาหาร (dietary fiber) ซึ่งเอนไซม์ในร่างกายของคนไม่สามารถย่อยได้ จึงช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น มีรายงานว่าใยอาหารมีผลช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด และลดระดับโคเลสเตอรอล (Mendeloff. 1975)

การทำวิจัยครั้งนี้ ได้นำข้าวกล้องมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวกล้องเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตมัฟฟินซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคเป็นอาหารเช้า อาหารว่าง มีลักษณะคล้ายเค้ก แต่เนื้อสัมผัสอาจจะไม่นุ่มเท่าเค้ก ผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้เป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้องที่น่าจะมีสารอาหารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอยู่มาก และการนำข้าวกล้องมาแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายจะเป็นการส่งเสริมให้มีผู้สนใจบริโภคข้าวกล้องเพิ่มขึ้น และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้ที่ไม่บริโภคข้าวกล้องโดยตรง นอกจากนี้การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในการผลิตผลิตภัณฑ์มัฟฟินนั้น เป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากข้าวเจ้า และแป้งข้าวเจ้า ซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตได้เอง เป็นการลดการนำเข้าแป้งสาลีได้อีกทางหนึ่งด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้อง

1.2.2 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้การทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน

1.2.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน และศึกษาสภาวะการเก็บรักษาของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องภายใต้บรรยากาศดัดแปร

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์มัฟฟินเพื่อสุขภาพโดยใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน ซึ่งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์มัฟฟินให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพเพื่อสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่หันมารับประทานอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการใช้แป้งข้าวกล้องซึ่งผลิตได้ประเทศไทยมาใช้ประโยชน์ จึงสามารถช่วยให้ประเทศไทยลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มัฟฟิน (Muffin)

มัฟฟินเป็นขนมอบชนิดหนึ่งที่นิยมเสิร์ฟเป็นอาหารเช้าตามร้านเบเกอรี่ โรงแรม และภัตตาคาร (วนิดา มะยมทอง. 2546) อาจเรียกมัฟฟินว่า เป็นขนมปังแบบเร่งรัดก็ได้ (สำนักพิมพ์แสงแดด. 2539) เนื่องจากไม่ต้องใช้เวลามากในการรอให้ขนมขึ้นฟู

มัฟฟินที่ดีนั้นจะต้องมีความเบา และนุ่ม ผิวนอกเป็นสีทอง ลักษณะหน้าขนมจะมน กลม (Sultan. 1996)

2.1.1 วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์

1. แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทุกชนิด ไม่มีแป้งชนิดอื่นใช้แทนแป้งสาลีได้ ทั้งนี้เพราะแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนิน และไกลอะดิน (Glutenin & Gliadin) ซึ่งเมื่อแป้งผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า "กลูเตน" (Gluten) มีลักษณะเป็นยาง เหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ ทำให้เกิดเป็นโครงร่างของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ หน้าที่ของแป้งสาลีที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ ช่วยทำให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้เมื่ออบเสร็จ

1.1 ชนิดของแป้งสาลี

แป้งสาลีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้นมี 3 ชนิดที่สำคัญ คือ แป้งขนมปัง แป้งเค้ก และแป้งสาลีอเนกประสงค์ ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและคุณลักษณะ รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงควรเลือกใช้แป้งสาลีที่มีคุณลักษณะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำ

ก. แป้งขนมปัง

มีโปรตีนสูง 12-14% โม่จากข้าวสาลีชนิดแข็งพวก Hard Red Spring และ Hard Red Winter ซึ่งเป็นข้าวสาลีที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง ใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมปังจืด ขนมปังหวาน และผลิตภัณฑ์ที่ใช้หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ลักษณะของแป้งชนิดนี้ คือ เมื่อถูด้วยมือจะรู้สึกระคายมือคล้ายมีกรวด หรือหยาบเหมือนทราย มีสีครีม ไม่ขาว เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะไม่เกาะตัวกัน แป้งชนิดนี้ใช้ยีสต์เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู ทำให้ก้อนโดพองตัวได้

ข. แป้งสาลีอเนกประสงค์

มีโปรตีนสูงปานกลาง 10-11% เป็นแป้งที่ได้จากการผสมแป้งสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ชนิด เช่น ขนมปัง จีด และหวาน ขนมเค้กบางชนิด คุกกี้ ปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี และมัฟฟิน ลักษณะของแป้งชนิดนี้จะมีลักษณะของแป้งขนมปังและแป้งเค้กรวมกัน สารที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์ และผงฟู

ค. แป้งเค้ก

มีปริมาณโปรตีนต่ำประมาณ 7-9% โม่จากข้าวสาลีชนิดอ่อน พวก Soft Wheat และ Soft Red Winter ใช้ทำเค้ก คุกกี้ ลักษณะแป้งเมื่อถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกอ่อนนุ่มเนียนละเอียด มีสีขาวกว่าแป้งสองชนิดแรก เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะเกาะตัวกันเป็นก้อนและคงนิ้วมือไว้ แป้งชนิดนี้ใช้สารเคมีช่วยให้ขึ้นฟูเท่านั้น ไม่ใช้ยีสต์ ซึ่งสารเคมีได้แก่ ผงฟู เบคกิ้งโซดา (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546)

1.2 องค์ประกอบของแป้งสาลี

แป้งสาลีที่ได้จากการโม่โดยแยกส่วนของแป้งในเอนโดสเปอร์มออกมาประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ โดยเฉลี่ย ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบต่าง ๆ ของแป้งสาลี

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
แป้งสตาร์ช (starch)	70
ความชื้น	15
โปรตีน	11.5
น้ำตาล	1
ไขมัน	1
แร่ธาตุ	0.4
อื่น ๆ	2

ที่มา : จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล (2546)

2. ไข่

ไข่ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนมากใช้ไข่ไก่ โดยปกติใช้ไข่ทั้งฟอง ไข่แดงจะช่วยสร้างโครงสร้างและเพิ่มความอ่อนนุ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไข่แดงมีไขมันสูง ไข่ขาวช่วยสร้างโครงสร้างของขนมเพราะมีโปรตีนที่สามารถตีให้ขึ้นฟูได้ดี ทั้งไข่ขาวและไข่แดงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้น (วนิดา มะยมทอง. 2546) นอกจากนี้ไข่ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูเนื่องจากอากาศที่เก็บไว้ในระหว่างการตี ทำให้เกิดโครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ ช่วยทำให้เกิดสีเหลืองและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางอาหารอีกด้วย

3. นม

นมเป็นสารละลายที่มีอนุภาคเล็ก ๆ ของไขมัน โปรตีน น้ำตาลและแร่ธาตุปนอยู่โดยไม่แยกออกจากกันเมื่อตั้งทิ้งไว้ หน้าที่ของนมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ ช่วยรวมส่วนผสมอื่น ๆ เข้าด้วยกัน ช่วยละลายน้ำตาลซึ่งเป็นตัวทำให้ผลิตภัณฑ์อ่อนนุ่ม และช่วยให้แป้งเกิดเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เมื่อรวมกันกับน้ำ ช่วยทำให้เกิดสีน้ำตาลทองแก่ผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีน้ำตาลแลกโตสและเคซีน (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2546)

4. น้ำตาล

น้ำตาลเป็นซูโครสที่บริสุทธิ์ 99.9% น้ำตาลที่มีขายในตลาดนั้นเป็นน้ำตาลทรายขาวที่ผลิตจากอ้อย ใช้กันมากในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ซึ่งมีขนาดความละเอียดต่าง ๆ กัน มีตั้งแต่เป็นผงละเอียดมาก ธรรมดา และหยาบ ในต่างประเทศจะบอกความละเอียดไว้ที่กล่องบรรจุ สำหรับเมืองไทยที่วางขายทั่วไปมี 3 ขนาด คือ ขนาดธรรมดา ผลึกใหญ่หยาบ และเป็นผงละเอียด น้ำตาลที่ใช้ได้ผลดีควรมีความละเอียดและขาว เพราะจะผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ได้ดี ถ้าน้ำตาลที่ใช้ขนาดผลึกใหญ่และหยาบ จะผสมกับเนยได้ไม่ดี เพราะผลึกที่ใหญ่จะละลายไม่หมดและมักจะคงอยู่ในรูปของผลึกน้ำตาล ผลึกน้ำตาลจะไม่ละลายโดยความร้อนจากตู้อบ และน้ำตาลที่อยู่ใกล้ผิวขนมจะเกิดเป็นจุดขึ้น นอกจากนั้นผลึกน้ำตาลที่หยาบจะไปขูดเอาดีบุกที่เคลือบเครื่องผสมหรือชามผสม ทำให้เกิดสีเทาขึ้นในผลิตภัณฑ์ และจะยิ่งเป็นมากขึ้นถ้าเนยหรือไขมันที่นำมาตีกับน้ำตาลเม็ดหยาบมีความเย็นมาก การใช้น้ำตาลทรายละเอียดจึงมีความเหมาะสมกว่าเพราะกระจายทั่วกับส่วนผสมแป้ง หน้าที่ของน้ำตาลที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ ให้ความนุ่ม ชุ่มฉ่ำ และให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้เปลือกนอกของผลิตภัณฑ์มีสีสวย และเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผลิตภัณฑ์ (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2546)

5. สารที่ช่วยให้ขึ้นฟู

5.1) เบคกิ้งโซดา (Baking soda) หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นสารเคมีที่เมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าใช้แต่เพียงอย่างเดียวจะมีผลเสียคือสารตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ และถ้าใช้ในปริมาณมากก็จะมีสารตกค้างอยู่มาก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเฝื่อน

5.2) ผงฟู (Baking powder) เป็นสารที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูที่ผลิตขึ้นจากการผสมของเบคกิ้งโซดาหรือโซเดียมไบคาร์บอเนตกับสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นกรด ซึ่งในการผสมจะเติมแป้งข้าวโพดลงไปด้วยส่วนหนึ่ง เพื่อป้องกันมิให้สารทั้งสองชนิดนี้สัมผัสกันโดยตรง ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นได้ แป้งข้าวโพดที่ใส่ลงไปนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวดูดความชื้นไว้ ทำให้ผงฟูไม่จับตัวเป็นก้อน ดังนั้นส่วนผสมของผงฟูจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ เบคกิ้งโซดา สารที่ให้ความเป็นกรด และแป้งข้าวโพด ตามกฎข้อบังคับของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) ได้บ่งไว้ว่า ผงฟูที่ผลิตออกมานั้นจะต้องผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่น้อยกว่า 12% ผงฟูมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับกรดที่นำมาผสม โดยทั่วไปแล้วจัดเป็น 2 ชนิดด้วยกัน คือ

ก. ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยารวดเร็ว หรือที่เรียกว่า ผงฟูกำลังหนึ่ง (Single acting หรือ Fast action) ผงฟูชนิดนี้จะประกอบด้วยเบคกิ้งโซดากับกรดทาร์ทาริก หรือ ครีมออฟทาร์ทาร์ (Cream of tartar) หรือเกลือฟอสเฟต เช่น แคลเซียมแอซิดฟอสเฟต (Calcium acid phosphate) แคลเซียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (Calcium acid pyrophosphate) ผงฟูชนิดนี้จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทันทีในขณะที่ผสม และจะผลิตก๊าซออกมาอย่างรวดเร็วในระหว่างที่ผลิตภัณฑ์รอการอบ ดังนั้นการใช้ผงฟูประเภทนี้จะต้องผสมส่วนผสมอย่างรวดเร็ว และนำเข้าอบทันทีที่ผสมเสร็จมิฉะนั้นแล้วการสูญเสียก๊าซจะเกิดขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อบออกมาขึ้นฟูได้ไม่ดี

ข. ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้า หรือ ผงฟูกำลังสอง (Double acting) ผงฟูประเภทนี้ประกอบด้วย เบคกิ้งโซดากับกรด 2 ชนิด หรือมากกว่า กรดชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเร็ว อีกชนิดหนึ่งเกิดปฏิกิริยาช้า กรดที่เกิดปฏิกิริยาเร็วได้แก่ แคลเซียมแอซิดฟอสเฟต ส่วนกรดที่เกิดปฏิกิริยาช้าอาจเป็นโซเดียมไพโรฟอสเฟตหรือโซเดียมอะลูมิเนียมซัลเฟตก็ได้ ในขณะที่กำลังผสมเข้าด้วยกัน กรดที่ให้ปฏิกิริยาเร็วของผงฟูชนิดนี้จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาส่วนหนึ่ง และเมื่อนำผลิตภัณฑ์เข้าอบ กรดที่ให้ปฏิกิริยาช้าซึ่งเป็นพวกเกลือซัลเฟตจะผลิตก๊าซออกมาอีกส่วนหนึ่งเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ จึงเรียกผงฟูชนิดนี้ว่าผงฟูกำลังสอง หรือผงฟูที่ให้ปฏิกิริยา 2 ครั้ง ผงฟูชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในหมู่ผู้ประกอบกิจการ เพราะไม่จำเป็นต้องรีบนำผลิตภัณฑ์เข้าอบในทันทีหลังจากที่ผสมแล้วดังเช่นการใช้ผงฟูชนิดแรก

ปริมาณการใช้ผงฟูนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในสูตรและความสูงเหนือระดับน้ำทะเลของสถานที่ที่จะทำผลิตภัณฑ์ และการใช้สารที่ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูนั้นควรชั่ง ตวง ด้วยความระมัดระวัง เพราะถ้าใช้ในปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูมากอาจทำให้ล้มหรือหดตัวได้หลังจากอบแล้ว และถ้าใช้ในปริมาณที่ต่ำเกินไปก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูไม่เต็มที่ เป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแน่น หนัก ปริมาตรไม่ดีและไม่ชวนให้รับประทาน (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2546)

6. ไขมัน

ไขมันและน้ำมันประกอบด้วยกรดไขมัน 3 โมเลกุล และกลีเซอรอล ซึ่งกรดไขมันหนึ่งชนิดหรือมากกว่าหนึ่งชนิดจะรวมตัวกับโมเลกุลของกลีเซอรอลเพื่อให้เกิดไตรกลีเซอไรด์ ส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์ที่มีลักษณะแข็งที่อุณหภูมิของห้อง เรียกว่า "ไขมัน" และส่วนประกอบที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิของห้อง เรียกว่า "น้ำมัน"

ก. เนยสด (butter) ทำจากส่วนที่เป็นไขมันของน้ำนมวัว ประกอบด้วยไขมัน 80% มีสีเหลือง มีกลิ่นรสหวาน มีลักษณะแข็งที่อุณหภูมิห้อง เนยสดใช้ได้ดีที่สุดในการให้กลิ่นรส แต่มีคุณสมบัติด้อยในการเป็นครีม คือ เนยสดจะตีเป็นครีมไม่ดีและขาดการเป็นเนื้อเดียวกัน

ข. น้ำมันพืช เป็นน้ำมันที่ได้จากเมล็ดแห้งของพืชที่ให้น้ำมัน นำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ขจัดสีและสิ่งแปลกปลอมออกไป แล้วสีของน้ำมันก็จะต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ เช่น น้ำมันที่ได้จากถั่วลิสง และจากเมล็ดฝ้ายจะไม่มีสี ในขณะที่น้ำมันจากข้าวโพดและถั่วเหลือง มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และมีไขมันอยู่ 100% น้ำมันพืชเป็นตัวทำให้เค้กนุ่ม

หน้าที่ของไขมันในผลิตภัณฑ์ คือ ให้ความอ่อนนุ่ม และให้กลิ่นรสที่ดี นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟล์เออร์ในผลิตภัณฑ์อีกด้วย (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2546)

7. สารปรุงแต่งกลิ่นรส

สารปรุงแต่งกลิ่นรส หมายถึง สารประกอบที่ตามปกติแล้วจะไม่นำมาใช้เป็นอาหารบริโภคโดยตรง และไม่ใช่ส่วนประกอบหลัก (ingredients) ในผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่ว่าสารนั้นจะมีคุณค่าโภชนาการหรือไม่ก็ตาม จะนำมาเติมลงในอาหาร เพื่อจุดประสงค์ทางเทคนิคของการผลิต การแปรรูป หรือการปฏิบัติการใดก็ตามที่ส่งผลคุณลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติ หรือทั้งให้กลิ่นและรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ อย่างปลอดภัย และได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศนั้น (ศิวาพร ศิวเวชช. 2546)

กลิ่นรส (Flavors) ได้มาจากการสกัดส่วนที่มาจากน้ำมันธรรมชาติหรืออาจทำเทียมได้ โดยกลิ่นที่ประดิษฐ์ขึ้นมาจะเป็นกลิ่นรสชนิดแท้หรือเทียม ผู้ผลิตจะบ่งไว้ที่ฉลากของบรรจุภัณฑ์ สำหรับกลิ่นรสเทียมมักจะมีราคาถูก กลิ่นรสที่เป็นของเหลวควรเก็บไว้ในขวดสีมืดและปิดขวดให้สนิทเมื่อใช้แล้วเพื่อป้องกันการระเหยของกลิ่น กลิ่นรสนั้นไวต่อแสงสว่างและอาจสูญเสียความแรงได้ถ้าเก็บในที่มีแสง ในขนมอบกลิ่นรสส่วนใหญ่จะหายไปเมื่อนำไปอบโดยการระเหย จึงควรเติมกลิ่นรสไปพร้อมกับไขมันในการตีครีม กลิ่นรสจะถูกดูดซึมกระจายได้ดีและไม่ระเหยง่าย (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2546) สารปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีหลายชนิด เช่น กลิ่นรสวนิลลา กลิ่นรสเนย กลิ่นรสนมเนย เป็นต้น (วนิดา มะยมทอง. 2546)

2.2 ข้าวกล้อง

ข้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* Linn. วงศ์ Graminae

ข้าวกล้อง หมายถึง ข้าวที่ได้จากการนำข้าวเปลือก มากะเทาะให้เปลือกออกเท่านั้น ข้าวที่ได้จะมีสีขาวขุ่น บ้างมีสีน้ำตาลปนแดง มากน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว (ปราณี วราสวัสดิ์. 2534) ข้าวกล้องถือว่าเป็นสารอาหารที่มีความสมดุล เนื่องจากมีวิตามินหลายอย่างที่ไม่ได้ถูกขัดออกไป วิตามินเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมาก (สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม และคณะ. 2547)

2.2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว (Matz. 1991)

เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk)
2. ข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice)

2.2.1.1 ส่วนประกอบของข้าวกล้อง (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547)

1. เยื่อหุ้มผล (pericarp) มีปริมาณ 1-2% ของข้าวกล้อง เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของข้าวกล้องที่อยู่ติดกับส่วนเปลือก หนาประมาณ 10 ไมโครเมตร มีสารอาหารที่เป็นเซลลูโลสและ เฮมิเซลลูโลส มีเส้นใยสูง มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่าง ๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง น้ำตาลจนเกือบดำ เป็นต้น

2. เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat layer) มีปริมาณ 4-6% ของข้าวกล้อง เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไป มีส่วนสารที่เป็นไข (thick cuticle) หนาประมาณ 0.5 ไมโครเมตร ส่วนนี้อุดมด้วยโปรตีน ไขมัน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ดังนั้นเมื่อบริโภคข้าวกล้องจึงรู้สึกแข็งกระด้างกว่าข้าวสาร

3. เยื่อแอลิวโรน (aleurone layer) เป็นชั้นที่ห่อหุ้มทั้งเนื้อเมล็ด มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีผนังเซลล์หนา มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง เป็นชั้นที่สำคัญ เพราะอุดมไปด้วยองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด มีไขมัน โปรตีน แร่ธาตุ นอกจากนั้นยังมีน้ำตาล รวมทั้งอุดมไปด้วยวิตามิน เช่น ไนอะซิน ภายในเซลล์แอลิวโรนยังมีเมล็ดแอลิวโรน (aleurone grain) ขนาดเล็กอยู่มากมายซึ่งภายในเมล็ดเป็นกรดไนตริก (สารประกอบธาตุไนตริก) หรือเกลือโพรแตสเซียม และแมกนีเซียม รวมทั้งโปรตีนอยู่ด้วย

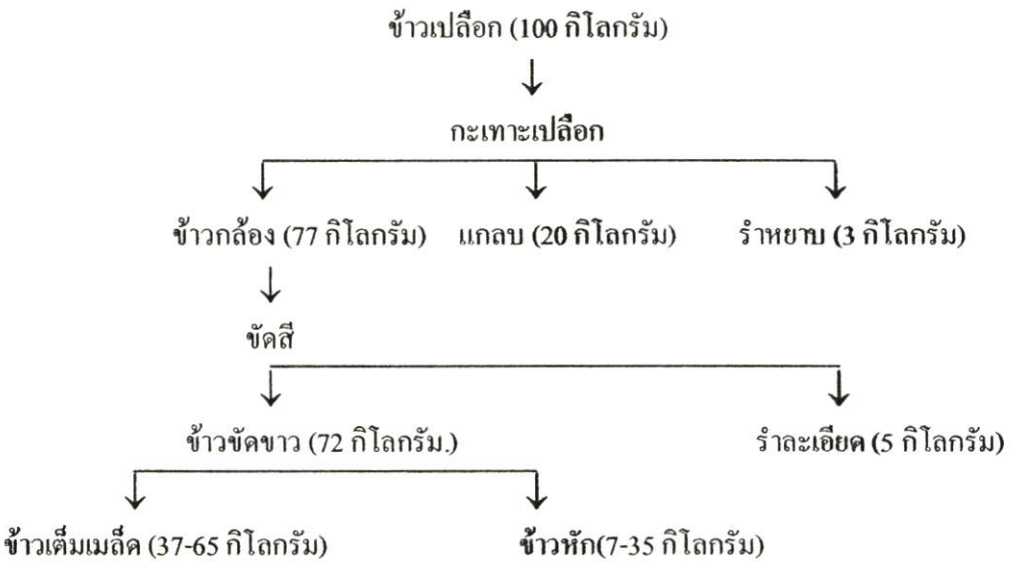
4. คัพภะ (germ หรือ embryo) มีประมาณ 2-3% ของข้าวกล้อง อยู่ปลายด้านท้องของเมล็ด ในคัพภะจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนใบเลี้ยง (scutellum) และส่วนของคัพภะเอง ในส่วนของ embryo นี้ จะประกอบไปด้วยสารอาหาร โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามิน ได้แก่ วิตามินบี 1 (thiamine) วิตามินบี 2 (riboflavin) และ ไนอาซิน (niacin)

5. เนื้อเมล็ดหรือเนื้อข้าว (endosperm) มีประมาณ 89-94% ของข้าวกล้อง ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่มีปริมาณ 90.2% ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบมากที่สุด คือ สตาร์ช รองมาคือ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เนื่องจากเซลลูโลสมีลักษณะโครงสร้างที่ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1,4 กลูโคซิดิก ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยได้เมื่อบริโภคแล้วจึงขับถ่ายออกมาในรูปกากอาหาร ส่วนโปรตีน ไขมัน และเส้นใยในเอนโดสเปอร์มมีปริมาณ 7.8, 0.5 และ 0.4% ตามลำดับ

ในเมล็ดข้าวที่ยังไม่ผ่านการกะเทาะเปลือก จะมีส่วนของแกลบอยู่ 18-28% ส่วนของข้าวกล้อง 72-82% ส่วนของเยื่อหุ้มผล 1-2% เยื่อแอลิวโลนและเยื่อหุ้มเมล็ด 4-6% เอ็มบริโอ 2-3% และส่วนเอนโดสเปอร์ม 89-94% (Matz. 1991)

2.2.1.2 กระบวนการผลิตข้าวกล้องและข้าวขาว และปริมาณผลิตผล

กระบวนการผลิตข้าวกล้องและข้าวขาว แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตข้าวกล้องและข้าวขาว และปริมาณผลิตผล

ที่มา : สายสนม ประดิษฐ์ดวง (2541)

เมื่อพิจารณากระบวนการผลิตและปริมาณผลผลิตของข้าวกล้องและข้าวขาว จะเห็นว่าข้าวกล้องให้ผลผลิตมากกว่า ไม่ต้องใช้พลังงานขั้นการขัดสี

2.2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ของข้าวกล้อง

ข้าวกล้องเป็นข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียว จึงยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดซึ่งอุดมไปด้วยโปรตีนที่ช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย รวมทั้งวิตามินและเกลือแร่นานาชนิด ข้าวกล้องมีสารอาหารครบทุกชนิด มีองค์ประกอบหลักคือ คาร์โบไฮเดรต เช่นเดียวกับข้าวชนิดอื่น กล่าวคือ ข้าวกล้อง 100 กรัม มีคาร์โบไฮเดรต 75 กรัม มีโปรตีน 7.1 กรัม มีไขมันต่ำคือ 2.0 กรัม และมีใยอาหาร 2.1 กรัม ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งสูงกว่าข้าวขาวถึง 3 เท่า และการรับประทานข้าวกล้อง 100 กรัม (น้ำหนักดิบ) หรือ คิดเป็น 263.16 กรัม (น้ำหนักสุก) จะได้พลังงานเท่ากับ 374 กิโลแคลอรี่ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาวซึ่งมีการสูญเสียโปรตีน ไขมัน ใยอาหารไปในระหว่างการขัดสี มีคาร์โบไฮเดรต 79 กรัม โปรตีน 6.7 กรัม ไขมัน 0.8 กรัม ใยอาหาร 0.7 กรัม และให้พลังงาน 351 กิโลแคลอรี่ นอกจากนี้ข้าวกล้องยังมีปริมาณวิตามินและเกลือแร่ ที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกาย แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้อง

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
โปรตีน	7.1 - 8.3
ไขมัน	1.6 - 2.8
เถ้า	1.0 - 1.5
คาร์โบไฮเดรต	73 – 87
เส้นใยอาหาร	2.9 -3.9

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2547)

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบสารอาหารระหว่างข้าวกล้องกับข้าวขาวในข้าว 100 กรัม

สารอาหาร	หน่วย	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว
โปรตีน	กรัม	7.60	6.4
วิตามิน			
บี 1 (B1 Thiamine)	มิลลิกรัม	0.34	0.07
บี 2 (B2 Riboflavin)	มิลลิกรัม	0.05	0.03
ไนอาซีน	มิลลิกรัม	0.62	0.11
กรดเพนโธเธนิค	มิลลิกรัม	1.50	0.22
กรดโฟลิค	มิลลิกรัม	20.00	3.60
เกลือแร่			
เหล็ก	มิลลิกรัม	1.6	0.8
แคลเซียม	มิลลิกรัม	32.0	24.0
แมกนีเซียม	มิลลิกรัม	52.0	14.0
แมงกานีส	มิลลิกรัม	1.5	0.9
สังกะสี	มิลลิกรัม	1.9	1.5
โคบอลท์	มิลลิกรัม	4.2	0.9
ทองแดง	มิลลิกรัม	360.0	230.0
ซิลิเนียม	มิลลิกรัม	38.8	31.8
ไอโอดีน	มิลลิกรัม	2.2	2.0

ที่มา : สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2541)

ข้าวกล้องมีเส้นใยอาหารซึ่งช่วยในการทำงานของระบบขับถ่ายและป้องกันโรคลำไส้อีกด้วย นอกจากนั้นการบริโภคข้าวกล้องซึ่งมีใยอาหารมากกว่าข้าวขาวถึง 3 เท่า จะทำให้รู้สึกอิ่มเร็วและอิ่มนาน เนื่องจากใช้เวลาในการย่อยข้าวกล้องที่มีใยอาหารนานกว่าข้าวขาว (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2548) ซึ่งสารอาหารในข้าวกล้องมีประโยชน์ต่อร่างกาย ดังแสดงตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ประโยชน์ของข้าวกล้องต่อร่างกาย

สารอาหาร	คุณประโยชน์
คาร์โบไฮเดรต	ให้พลังงานแก่ร่างกาย
โปรตีน	ช่วยเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ
ไขมัน ไม่อิ่มตัว	ให้พลังงานและความอบอุ่นแก่ร่างกาย
วิตามินบี 1	ช่วยป้องกันโรคเหน็บชาและช่วยในการทำงานของระบบประสาทในการบังคับกล้ามเนื้อ
วิตามินบี 2	ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอกและช่วยในการเผาผลาญอาหารให้พลังงาน
ไนอาซีน	ช่วยในการทำงานของระบบผิวหนังและระบบประสาท
ธาตุเหล็ก	ช่วยป้องกันภาวะโลหิตจางและเสริมสร้างการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย
แคลเซียมและฟอสฟอรัส	ช่วยให้กระดูกและฟันแข็งแรง
ใยอาหาร	ทำให้ขับถ่ายสะดวก ป้องกันท้องผูกและป้องกันการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้ยังช่วยดูดซับไขมันและน้ำตาล ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล ป้องกันการสะสมของไขมันในหลอดเลือด และลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ

ที่มา : ทัณฑสถานโรงพยาบาลราชทัณฑ์ (2548)

2.3 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว

การผลิตแป้งข้าวทำได้ 3 วิธี (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547)

2.3.1 การโม่เปียกหรือการโม่น้ำ

เป็นวิธีการที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเป็นส่วนใหญ่ในประเทศไทย เนื่องจากข้าวยังมีสิ่งเจือปนมาก จึงต้องทำความสะอาดในระบบแห้ง ด้วยเครื่องแยกชนิดต่าง ๆ แล้วยังต้องล้างด้วยน้ำให้สะอาด จากนั้นแช่ข้าวจนนิ่ม แล้วทำการโม่ด้วยเครื่องโม่แบบหินจาน

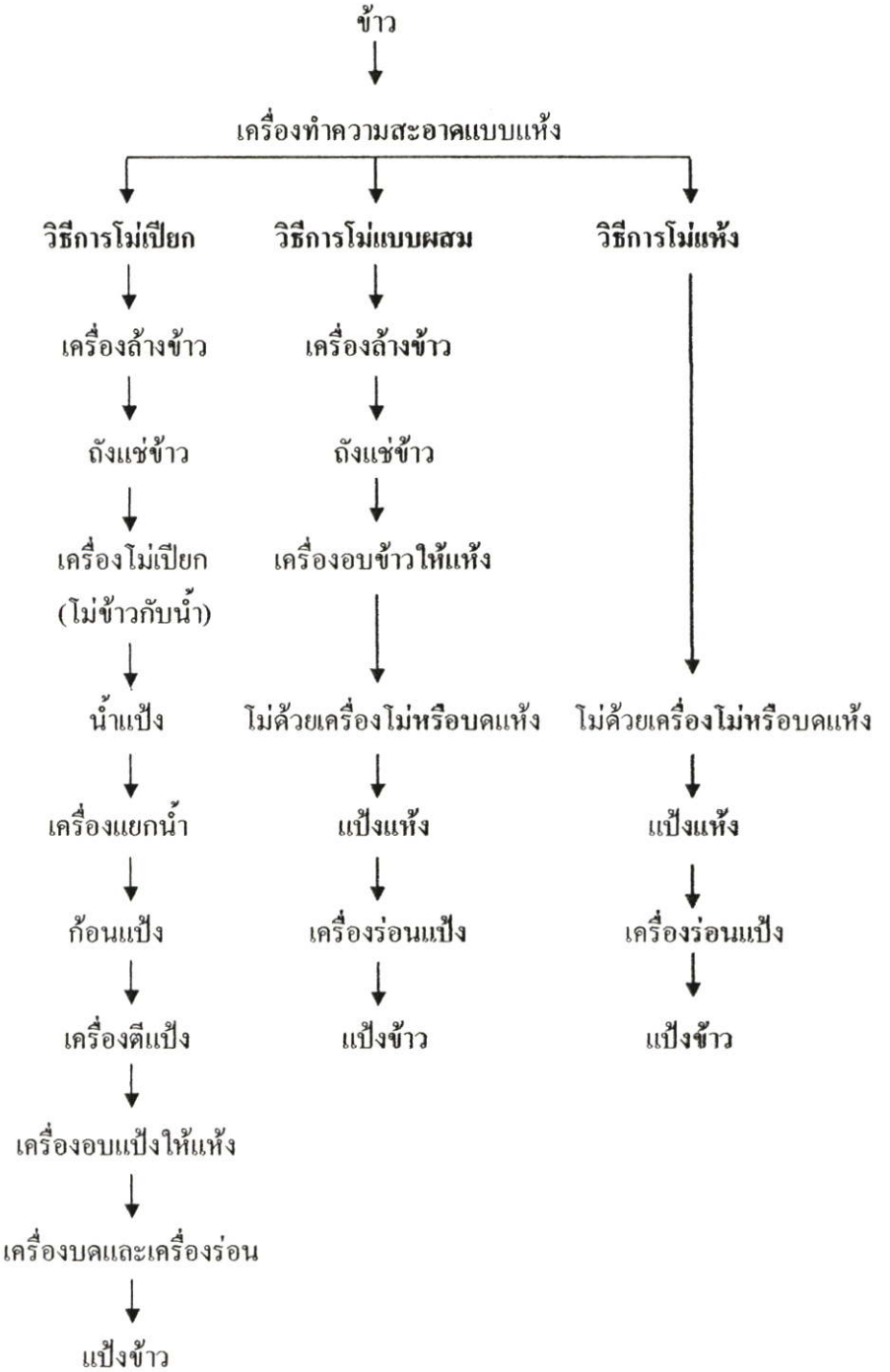
2.3.2 การโม่แห้ง

เป็นการนำข้าวที่ผ่านระบบการทำความสะอาดแบบแห้ง มาผ่านกระบวนการผลิตแป้งโดยใช้เครื่องโม่หรือบดแป้งเป็นแป้งผง

2.3.3 การโม่แบบผสม

มีขั้นตอนการโม่คล้ายคลึงกับวิธีโม่เปียกในช่วงล้างข้าว และแช่ข้าวจนนิ่ม ต่อจากนั้นนำข้าวไปอบในเครื่องอบแห้งให้ข้าวแห้งในระดับหนึ่ง อาจจะประมาณ 15-17% จึงนำข้าวมาบดหรือโม่แบบแห้ง กรรมวิธีการโม่จะผสมระหว่างโม่เปียกกับโม่แห้งเข้าด้วยกัน จึงเรียกว่า วิธีการโม่แบบผสม

กรรมวิธีผลิตแป้งข้าวทั้ง 3 วิธี แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กรรมวิธีผลิตแป้งข้าว

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2547)

2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งชนิดอื่นในผลิตภัณฑ์อาหาร

จุฬาพร แสงเจริญรัตน์ (2533) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลี 4 ชนิด คือ แป้งเค้ก 2 ชนิด แป้งอเนกประสงค์ และแป้งขนมปังด้วยแป้งมันสำปะหลังในการทำสปันจ์เค้ก พบว่า เมื่อระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะของเค้กเพิ่มขึ้น และจากการทดลองพบว่า ระดับการทดแทนของแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมที่สุด คือ ระดับการทดแทน 40% ในแป้งเค้กชนิดแรก และอายุการเก็บของสปันจ์เค้กที่ทดแทนด้วยแป้งมันสำปะหลัง 40% สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ 2 วัน และที่อุณหภูมิเย็น (4°C) ได้ 7 วัน

Noomhorm. *et al.* (1994) ได้ศึกษาผลของการใช้แป้งจากข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ของไทยทดแทนแป้งสาลีในการทำขนมปัง โดยใช้ข้าวพันธุ์ กข 21, กข 23 และเหลืองปะทิวทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 5 10 15 และ 20% ของน้ำหนักแป้ง พบว่าพันธุ์และปริมาณของแป้งข้าวมีผลต่อปริมาตรและคะแนนความชอบรวมของขนมปัง และสามารถใช้แป้งข้าวพันธุ์ กข 21 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสต่ำ ทดแทนแป้งสาลีได้ 15% โดยที่ผู้บริโภคยอมรับได้ ส่วนแป้งจากข้าวพันธุ์ กข 23 และเหลืองปะทิว มีปริมาณอะมิโลสสูง ทำให้ได้ขนมปังที่มีปริมาตรต่ำ

ศิริจันทร์ ผาติบัญฑิต และ วรชนี ยิ่งเจริญ (2540) ศึกษาการนำแป้งที่ผลิตได้ภายในประเทศซึ่งได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า เพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก พบว่าแป้งทดแทนทั้ง 3 ชนิด สามารถทดแทนแป้งสาลีได้สูงสุดถึง 50% โดยยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดแทนด้วยแป้งมันสำปะหลัง พบว่าเมื่ออัตราส่วนการทดแทนเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของขนมจะลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณกลูเตนลดลง ทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่ได้แข็งแรงไม่ยุบตัว สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเจ้า พบว่าเมื่ออัตราส่วนการทดแทนสูงขึ้น ค่าความแข็งของขนมจะลดลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะฟูมาก อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่ได้จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งสามชนิดในอัตราส่วนการทดแทน 50% พบว่าที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้เพียง 2 วัน ในขณะที่อุณหภูมิเย็น (4°C) เก็บได้นานกว่า 1 เดือน

งามชื่น คงเสรี และคณะ (2543) ศึกษาการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ โดยใช้แป้งข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข 23 และเหลืองปะทิว 123 เตรียมแป้งข้าวขาวโดยวิธีโม่แห้งและโม่เปียก พบว่า เมื่อผสมแป้งข้าวกับแป้งสาลีชนิดแป้งเค้กทำให้การยอมรับในคุณภาพผลิตภัณฑ์เค้กลดต่ำลงตามอัตราการเพิ่มแป้งข้าว เมื่อประเมินโดยวิธีทางประสาทสัมผัส และเมื่อใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลี 20 % ไม่ว่าจะมาจากข้าวพันธุ์ใดหรือการโม่ชนิดใด คุณภาพของเค้กยังคงได้รับการยอมรับใกล้เคียงกับเค้กแป้งสาลี

เนื้อทอง วนานุวัธ และคณะ (2543) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังเพื่อลดการนำเข้าแป้งสาลีโดยใช้แป้งอะมิโลสต่ำที่เตรียมจากปลายข้าวที่ผ่านการขัดสีโดยวิธีไม่แห้งและไม่เปียก พบว่าผู้บริโภคไม่สามารถบอกความแตกต่างของขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพในระดับการทดแทนที่ 30% จากขนมปังปกติได้ ส่วนการทดแทนที่ระดับ 70% นั้น ผู้บริโภคสามารถบอกความแตกต่างจากขนมปังปกติได้ แต่ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งการทดแทนในระดับสูงเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ต้องการความกรอบแข็ง เช่น ขนมปังขาไก่ เปลือกพิซซ่า และพาย เป็นต้น

ปริศนา สุวรรณาภรณ์ และคณะ (2544) ได้พัฒนาขนมปังเสริมแป้งข้าวโดยการใช้แป้งข้าวที่มีอะมิโลสแตกต่างกัน 3 ชนิด คือแป้งข้าวขาวดอกมะลิ แป้งข้าวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด และแป้งข้าวพันธุ์เหลือง 11 โดยทดแทนที่ระดับ 10-90 % พบว่าผู้บริโภคไม่สามารถบอกความแตกต่างของขนมปังแป้งข้าวในระดับการทดแทนต่ำ (น้อยกว่า 30%) จากขนมปังปกติได้ ($p<0.05$) การทดสอบความชอบ (preference test) ของขนมปังแป้งข้าวที่ระดับการทดแทนสูง (มากกว่า 50%) พบว่าผู้ชิมยังยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะในระดับปานกลาง

พรวีนัส ปั้นหยา (2544) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานจากแป้งข้าวสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิเพิ่มขึ้น ขนมปังจะมีปริมาตรจำเพาะลดลง และมีความแข็งของเนื้อขนมเพิ่มขึ้น ซึ่งระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสม คือ 30% และผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานจากแป้งข้าวสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ 3 วัน

ศรีเวียง ทิพกานนต์ (2544) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าว พบว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวเพิ่มขึ้น จะทำให้หมั่นโถวมีปริมาตรจำเพาะลดลง และมีความแข็งเพิ่มขึ้น ปริมาณแป้งข้าวที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในระดับที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์หมั่นโถว คือ 35%

อรอนงค์ นัยวิกุล และคณะ (2544) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ซาลาเปาจากแป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีโดยใช้แป้งข้าวเหลือง 11 แป้งข้าวกล้องเหลือง 11 และแป้งข้าวหอมนิล จากการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวเพิ่มขึ้นทำให้ซาลาเปามีปริมาตรจำเพาะลดลงและมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งระดับทดแทนของแป้งข้าวทั้ง 3 ชนิดที่เหมาะสม คือ 40%

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ทัณฑิมา แซ่ลิ่ว (2545) ศึกษาการนำแป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในเค้กกล้วยหอม โดยนำมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ห้านาที และพันธุ์ระยอง 2 มาบดเป็นแป้งและทดแทนแป้งสาลีในเค้กกล้วยหอม พบว่า เค้กกล้วยหอมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีทดแทนแป้งสาลี 70% ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด ซึ่งเค้กกล้วยหอมที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีนั้นมีความนุ่มมากกว่าเค้กกล้วยหอมสูตรพื้นฐาน เนื่องจากเค้ก กล้วยหอมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลี มีปริมาณโปรตีนในส่วนผสมต่ำกว่าเค้กกล้วยหอมสูตรพื้นฐาน ทำให้มีความแข็งน้อยกว่า

พจนีย์ พงศ์พงัน (2546) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิไทยในปาท่องโก๋ พบว่าโดปาท่องโก๋จะมีความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น และปาท่องโก๋มีความกรอบเพิ่มขึ้นและสามารถใช้แป้งข้าวหอมมะลิไทยทดแทนแป้งสาลีได้ 35%

มาลี ชิ้มศรีสกุล และ กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล (2546) ได้ศึกษาการใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในการผลิตชิฟฟอนเค้ก พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะ ความข้นหนืดของ batter ปริมาตรของเค้ก และลักษณะเซลล์ภายในเนื้อเค้กมีความสัมพันธ์กับระดับการทดแทนของแป้งมันสำปะหลัง โดยสามารถทดแทนแป้งสาลีได้ 35% และศึกษาการเติมแซนแทนกัม พบว่าหากเติมแซนแทนกัม 0.7% ในเค้กจากแป้งผสม จะให้เค้กที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับเค้กจากแป้งสาลีมากที่สุด

วนิดา มะยมทอง (2546) ศึกษาการนำแป้งมันสำปะหลังพันธุ์หวานทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน พบว่า เมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น มัฟฟินจะมีปริมาตรลดลง มีค่าความแข็งของเนื้อในลดลง สามารถใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟินได้ถึง 50% โดยผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์มัฟฟินอยู่ในระดับปานกลาง ผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง 50% ทดแทนแป้งสาลี สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ 2 วัน และที่อุณหภูมิเย็น (5-7°C) เก็บได้ 6 วัน

74549

2.5 การศึกษาอายุการเก็บ

อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร หมายถึง เวลาในการเก็บของผลิตภัณฑ์จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ ความสำคัญของการศึกษาอายุการเก็บเพื่อกำหนดวันหมดอายุของอาหารให้ผู้บริโภคทราบและประกันว่าในช่วงที่ระบุไว้ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพดี

การที่ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้เป็นระยะเวลาหนึ่ง โดยไม่เสื่อมเสียคุณภาพเป็นสิ่งจำเป็น อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เป็นเท่าใดนั้นย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ และปัจจัยหลายอย่าง เช่น ภาชนะบรรจุ สภาพการเก็บ เป็นต้น สภาพการเก็บที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และแสง ก่อนที่จะศึกษาอายุการเก็บต้องเข้าใจถึงหลักการแปรรูปผลิตภัณฑ์นั้น และเข้าใจถึงลักษณะการเสื่อมเสียที่อาจเกิดขึ้นได้กับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

การศึกษาอายุการเก็บสามารถทำได้หลายวิธี การทดลองเก็บจริงก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง โดยเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในสภาพที่วางขายในท้องตลาดตั้งแต่ผลิตออกมา และมีการทดสอบตลอดเวลาซึ่งอาจจะเป็นเดือนละครั้งจนกระทั่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ แสดงว่าหมดอายุการเก็บ วิธีนี้จะได้รายละเอียดมากแต่ก็เสียเวลามากเช่นกัน (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2535)

2.6 สภาวะการบรรจุ

2.6.1 ความหมายของการใช้ก๊าซในการบรรจุแบบต่าง ๆ

Gas-Exchange Packaging หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด โดยอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ นั้นจะแตกต่างไปจากอัตราส่วนที่พบในบรรยากาศ

เมื่อประมาณ 30 กว่าปีมานี้ มักเรียกการบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซนี้ว่า Controlled Atmosphere Packaging แต่เนื่องจากในทางปฏิบัติมิสามารถควบคุมบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ให้คงที่ตลอดเวลาได้ จึงมีการจำแนกกระบวนการบรรจุนี้ออกเป็น 4 ประเภท เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และทำความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538)

2.6.1.1 Controlled Atmosphere Package (CAP)

หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้จะคงที่ตลอดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

2.6.1.2 Modified Atmosphere Package (MAP)

หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา โดยขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่ม วัสดุบรรจุที่ใช้ และสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

2.6.1.3 Gas-Flush Packaging

หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซไนโตรเจน โดยการพ่นก๊าซนั้น ๆ เข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะ วิธีนี้นิยมใช้สำหรับไล่ก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น อาหารที่มีไขมันมาก น้ำผลไม้ เป็นต้น

2.6.1.4 Vacuum Packaging

หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สุญญากาศ โดยการดึงเอาอากาศภายในภาชนะและ/หรือภายในผลิตภัณฑ์ออกไป และไม่มีการพ่นก๊าซใด ๆ เข้าไปแทนที่ ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในและนอกภาชนะ สังเกตได้จากการหดรัดของภาชนะบรรจุชนิดอ่อนตัว หรือยุบตัวของภาชนะประเภทกึ่งคงรูป โดยทั่วไปความดันภายในภาชนะจะมีค่าประมาณ 0.5-8 ทอร์ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์และระบบการบรรจุ

2.6.2 ก๊าซที่ใช้ในการบรรจุและคุณสมบัติของก๊าซ

ก๊าซที่นำมาใช้มากใน Gas-Exchange Packaging คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (O_2) (งามทิพย์ ภู่วโรคม. 2538)

2.6.2.1 คุณสมบัติของก๊าซที่ใช้

1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในอากาศปกติจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 0.03% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง จะมีบทบาทมากต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร คุณสมบัติที่สำคัญของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ

1.1) ชะลออัตราการหายใจของพืช โดยทั่วไปเมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจของพืชจะลดลง ทำให้อายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้สดเพิ่มขึ้น

1.2) ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด จึงเรียกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่าเป็น Bacteriostatic หรือ Funjistatic agent คือ จะยับยั้งการเจริญเติบโตเท่านั้นมิได้ทำลายหรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปจะต้องใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นอย่างน้อย 20% ณ สมดุลในบรรยากาศ พบว่า ผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เป็นประเภทเลือกเฉพาะ (Selective Effect) ดังนี้ คือ

- แบคทีเรียที่ชอบอากาศและเชื้อราทั่วไป ไม่สามารถเจริญเติบโตในบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ
- แบคทีเรียที่ชอบอากาศน้อย ๆ (Slight aerobic bacteria) เช่น Lactobacillus ยังคงเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ
- แบคทีเรียที่เจริญได้ทั้งในสภาพมีหรือไม่มีอากาศ (Facultative anaerobic bacteria) พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูง ๆ มิได้ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโต บางกรณียังช่วยเร่งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเหล่านี้ด้วย
- แบคทีเรียที่ไม่ชอบอากาศ (Anaerobic) เจริญเติบโตได้ดีในสภาพไร้ก๊าซออกซิเจนและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10-20% ถ้าเพิ่มปริมาณก๊าซออกซิเจนเล็กน้อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเหล่านี้ได้บางชนิด
- ยีสต์ ค่อนข้างจะทนทานต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี จึงยังพบการเจริญเติบโตของยีสต์ในสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ๆ

จากผลงานของนักวิจัยหลายท่านพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง หรือเมื่อความดันของบรรยากาศเพิ่มขึ้น

2) ก๊าซไนโตรเจน

ในอากาศทั่วไปจะมีก๊าซไนโตรเจนประมาณ 79% คุณสมบัติสำคัญที่นำมาใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร คือ

2.1) เป็นก๊าซเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี จึงมักใช้ในการแทนที่ก๊าซออกซิเจนเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร นอกจากนี้ยังนิยมใช้ก๊าซไนโตรเจนเพื่อรักษาระดับความดันภายในภาชนะบรรจุ ป้องกันการยุบตัวของภาชนะ และการแตกหักเสียรูปทรงของผลิตภัณฑ์

2.2) ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส จึงสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิด

2.3) ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก

3) ก๊าซออกซิเจน

ในอากาศมีก๊าซออกซิเจนประมาณ 20.9% คุณสมบัติที่สำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร คือ

3.1) สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบต่าง ๆ ในอาหาร เช่น ไขมัน วิตามิน เป็นต้น อาหารที่มีไขมันสูง หรืออาหารที่สูญเสียวิตามินได้ง่ายควรบรรจุให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากก๊าซออกซิเจน เพื่อป้องกันปฏิกิริยาเหล่านี้

3.2) จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ที่สำคัญคือแบคทีเรียที่ชอบอากาศ และเชื้อราแทบทุกชนิด การบรรจุอาหารในสภาพไร้ก๊าซออกซิเจน หรือมีก๊าซออกซิเจนต่ำกว่า 0.1% จะสามารถป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพอาหารจากการกระทำของจุลินทรีย์ดังกล่าวได้

3.3) สามารถทำปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร ทำให้คุณภาพด้านสีของอาหารลดลง

2.6.3 วัตถุประสงค์ของการใช้ก๊าซบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร

วัตถุประสงค์ของการใช้ก๊าซบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารจะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็เพื่อเป้าหมายหลักเดียวกันคือชะลอหรือป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นก่อนเวลาอันควร เช่น

2.6.3.1 ชะลอหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหาร

ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญคือปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเมื่อเกิดกับไขมันจะทำให้อาหารเหม็นหืน เมื่อเกิดกับวิตามินจะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง หรือสีของอาหารซีดจางลง เป็นต้น การชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยานี้จะต้องกำจัดก๊าซออกซิเจนภายในบรรยากาศล้อมรอบอาหารออกไป

2.6.3.2 ชะลอหรือป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียคุณภาพอาหาร

สภาพบรรยากาศที่ไร้ก๊าซออกซิเจนและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ จะช่วยชะลอและป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยทั่วไปจะใช้ได้ผลดีกับแบคทีเรียที่ชอบอากาศ และ เชื้อรา ส่วนยีสต์นั้นไม่ค่อยเด่นชัด

2.6.3.3 ป้องกันการเสียรูปทรงของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์บางประเภทไม่เหมาะที่จะใช้การบรรจุระบบสุญญากาศ เนื่องจากจะทำให้เกิดความเสียหาย เช่น การแตกหักของมันฝรั่งทอด การยุบตัวของขนมปัง เป็นต้น จึงควรใช้การบรรจุภายใต้ Modified Atmosphere Package หรือ Gas Flush Packaging แทน (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538)

2.6.4 การใช้ก๊าซในการบรรจุขนมอบ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น ขนมปัง เค้ก โดนัท เป็นต้น มักจำหน่ายในลักษณะผลิตภัณฑ์สด และมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 วัน เมื่อประมาณ 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมา การเพิ่มอายุเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ใช้วิธีการแช่เยือกแข็งเป็นหลัก แต่ต้นทุนการผลิตอาหารแช่เยือกแข็งสูง จึงค้นคว้าหาวิธีประหยัดพลังงานมากกว่าขึ้นและพบว่าการใช้ Modified Atmosphere Package (MAP) ที่เหมาะสม สามารถช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาให้อยู่ในระดับที่น่าพอใจในเชิงอุตสาหกรรมได้ นอกจากการเก็บรักษา การขนส่งและการวางจำหน่ายยังสามารถกระทำได้ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ต้นทุนต่ำกว่าการแช่เยือกแข็งมาก ซึ่งสาเหตุของการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมอบ สามารถแยกได้ 3 ประการสำคัญ คือ

2.6.4.1 สเตลิง (Staling)

สเตลิงเกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมปังเป็นส่วนใหญ่ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี ทำให้เปลือกขนมปังเหนียวและไม่กรอบ ส่วนเนื้อร่วนและสีขาวขุ่น กลิ่นเริ่มผิดปกติ อะมิโลสจะแยกตัวจากเม็ดสตาร์ชและเกิดเป็นตะกอนขาวขุ่น และกลูเตนสูญเสียน้ำ การเสื่อมเสียนี้จะเริ่มเกิดตั้งแต่ขนมปังออกจากเตาอบและเสื่อมคุณภาพจนกระทั่งไม่เหมาะที่จะบริโภคภายใน 2-5 วัน การใช้ Modified Atmosphere Package (MAP) สามารถช่วยชะลอการเสื่อมเสียนี้ได้บ้าง (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538)

2.6.4.2 การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความชื้น

ผลิตภัณฑ์ขนมอบโดยทั่วไปมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลประมาณ 78% ถึง 97% เมื่อเก็บไว้ในอากาศจะมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำทำให้เนื้อสัมผัสร่วนและแห้ง ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีส่วนแป้งและส่วนครีมหรือไส้ซึ่งมีความชื้นแตกต่างกัน เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างกันทำให้เนื้อสัมผัสผิดปกติ นอกจากนี้การบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบในภาชนะปิด อาจเกิดหยดน้ำภายในภาชนะเป็นสาเหตุให้ผิวผลิตภัณฑ์เปียกชื้นมากขึ้น เชื้อราเจริญเติบโตได้ง่ายขึ้น ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขโดยการเลือกวัสดุบรรจุที่มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเหมาะสม (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538)

2.6.4.3 จุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมอบเสื่อมเสีย จุลินทรีย์ที่สำคัญที่สุดคือ เชื้อรา บางกรณีอาจจะพบแบคทีเรียและยีสต์บ้างซึ่งมีสาเหตุมาจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไม่สะอาดหรือสุขอนามัยคนงานไม่ดี แบคทีเรียที่พบมากเช่น *Serratia marcesce Leuconostoc emsenteroides Bacillus lichenfomis* และ *Bacillus mesentericus* ส่วนแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเป็นพิษตรวจพบน้อยมาก ถ้าพบส่วนใหญ่จะเป็นเค้กไส้ครีมต่าง ๆ เช่น *Staphylococcus aureas, Bacillus cereus* และ *Salmonella* เป็นต้น

ยีสต์ที่ตรวจพบมักเป็นสายพันธุ์ที่ทนแรงดันออสโมติกได้ เช่น *Saccharomyces baillii* var. osmophilus จะสร้างแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เนื่องจากเชื้อราเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดของการเสื่อมเสียคุณภาพ อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมอบจึงมักกำหนดจากระยะเวลาที่สังเกตไม่พบเชื้อราบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งนิยมเรียกว่า Mold free shelf life ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

2.6.5 งานวิจัยด้าน Modified Atmosphere Package (MAP) กับขนมอบ

ปัจจุบันนิยมใช้ Modified Atmosphere Package (MAP) เพื่อวัตถุประสงค์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผลิตภัณฑ์มากที่สุด เป็นการเพิ่ม Mold free shelf life อย่างไรก็ตามการใช้ Modified Atmosphere Package (MAP) จะมีประโยชน์มากที่สุดต้องอาศัยการวิจัยที่ค่อนข้างเฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์ และบางกรณีต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับ Modified Atmosphere Package (MAP) ด้วย เช่น การลดค่า Aw หรือค่าความเป็นกรด-เบสของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือไอของเอทานอลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์มีมากยิ่งขึ้น

การแก้ปัญหาเชื้อราของผลิตภัณฑ์ขนมอบที่เก็บรักษาภายใต้ Modified Atmosphere Package (MAP) อาจใช้สารดูดกลืนออกซิเจนร่วมด้วย เชื้อราจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศรอบผลิตภัณฑ์มีน้อยกว่า 0.4% ในการบรรจุภายใต้ Modified Atmosphere Package (MAP) นั้น วัสดุบรรจุที่นิยมใช้อาจป้องกันก๊าซออกซิเจนผ่านเข้ามาได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นระหว่างการเก็บรักษาจะมีก๊าซออกซิเจนเข้ามาในภาชนะบรรจุตลอดเวลา การควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนให้ต่ำกว่า 0.4% ตลอดอายุการเก็บรักษา จำเป็นต้องใช้สารดูดซับก๊าซออกซิเจนเข้าช่วย โดยก๊าซออกซิเจนที่ซึมผ่านเข้ามาระหว่างการเก็บจะถูกสารนี้ดูดกลืนไว้ ดังนั้นการเลือกใช้สารดูดกลืนที่มีปริมาณเหมาะสมจะทำให้สามารถควบคุมความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะมิให้เกิน 0.4% ได้ตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เชื้อราก็ไม่สามารถเจริญได้ (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538)

Ooraikul (1991) ได้รวบรวมผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ Modified Atmosphere Package (MAP) กับผลิตภัณฑ์ขนมอบหลากหลายชนิด ผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จมากและมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอย่างจริงจัง คือ ครัมเปต ซึ่งปกติมีอายุเก็บรักษาเพียง 2-3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อใช้ MAP ทำให้สามารถเพิ่มอายุการเก็บได้ถึง 6 สัปดาห์ ซึ่งสภาพ Modified Atmosphere Package ที่ใช้ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 60% กับก๊าซไนโตรเจน 40% หลังจากประสบความสำเร็จจากการใช้ Modified Atmosphere Package เพิ่มอายุการเก็บรักษาของครัมเปตแล้ว จึงได้มีการประยุกต์ใช้ MAP กับขนมอบชนิดอื่น เช่น มัฟฟินแครอท ซึ่งปกติเก็บได้เพียง 3 วันที่อุณหภูมิห้อง เมื่อใช้ Modified Atmosphere Package ทำให้สามารถเก็บได้นานกว่า

3 สัปดาห์ โดนัทเค้กซึ่งปกติเก็บได้เพียง 3-5 วันที่อุณหภูมิห้อง เมื่อใช้ Modified Atmosphere Package ทำให้สามารถเก็บได้นานกว่า 3 สัปดาห์ เค้กชั้นสตรอเบอร์รี่ซึ่งปกติเก็บได้น้อยกว่า 7 วันที่อุณหภูมิห้อง เมื่อใช้ Modified Atmosphere Package ทำให้สามารถเก็บได้ 2 สัปดาห์

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 แป้งสาลีเอนกประสงค์ ตราว่าว

3.1.1.2 ข้าวกล้อง พันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์ จากตลาดเทศบาลอำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์

3.1.1.3 นมข้นจืดหรือนมระเหย ตราคาร์เนชั่น

3.1.1.4 น้ำมันปาล์ม ตรา มรกต

3.1.1.5 น้ำตาลทราย ตรามิตรผล

3.1.1.6 ไข่ไก่เบอร์สอง ฟองละ 60 กรัม

3.1.1.7 เนยสด ตราออร์คิด

3.1.1.8 ผงฟู ตราเบสท์ฟูดส์

3.1.1.9 เบคกิ้งโซดา ตราแม็กกาแรต

3.1.1.10 กลิ่นบัตเตอร์ครีมมิลล์ผสมครีม ตรา วินเนอร์

3.1.1.11 ถุงพลาสติกชนิด OPP (oriented polypropylene) / CPP (cast polypropylene) ขนาด 8 x 5 นิ้ว ความหนา 45 ไมครอน ของบริษัทควอลิตี้ แพคพริ้นติ้ง 2000 จำกัด

3.1.1.12 สารดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber) แบบ Ageless ขนาด PR 50 ยี่ห้อ Wonderkeep ของบริษัทเจนจรัสเคมซัพพลาย จำกัด

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำมัฟฟิน

3.1.2.1 เครื่องผสมไฟฟ้า ยี่ห้อ Kitchen Aid รุ่น Hobart Corporation

3.1.2.2 เตาอบไฟฟ้า

3.1.2.3 เครื่องชั่ง

3.1.2.4 อ่างผสม

3.1.2.5 ที่ร่อนแป้ง

3.1.2.6 พิมพ์มัฟฟินแบบกระดาษขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร

3.1.3 เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

3.1.3.1 ตู้อบลมร้อน (Memmert รุ่น 854, Germany)

3.1.3.2 เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร (dietary fiber) (Velp รุ่น CSF6, Italy)

3.1.3.3 เครื่องสกัดไขมัน (Buchi 810, Germany)

3.1.3.4 เครื่องสกัดโปรตีน (Buchi Distillation Unit B-316, Germany)

3.1.3.5 เครื่องวัดสี (Minolta Cr-300, Japan)

3.1.3.6 เตาหลุม (J.P. SELECTA, Spain)

3.1.3.7 เครื่องหล่อเย็น (Model CBA-I, Thailand)

3.1.3.8 เครื่องบดแป้ง (Restsch ZM 1000, Germany)

3.1.3.9 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT2i, England)

3.1.3.10 เครื่องบรรจุแบบอัดก๊าซ (Supervac รุ่น 6K100(GAS))

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์

3.2.1.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้อง

โดยนำข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์มาผ่านกระบวนการผลิตแป้งโดยเป็นวิธีผลิตแบบไม่แห้ง ดังภาพที่ 3.1 จากนั้นนำไปบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนชนิดหนา ขนาด 6 x 9 นิ้ว ถุงละ 100 กรัม ปิดผนึกภายใต้สุญญากาศด้วยเครื่อง vacuum package เก็บรักษาไว้ในตู้เย็น เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ข้าวกล้อง

↓

บดด้วยเครื่องบดแห้งให้มีขนาดเล็กลง

↓

บดด้วยเครื่องบดแป้งผ่านตะแกรงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง (Mesh size) 0.12 มิลลิเมตร

↓

แป้งข้าวกล้อง

ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีผลิตแป้งข้าวกล้อง

3.2.1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้อง

1) ปริมาณความชื้น (A.O.A.C. 2000)

2) ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C. 2000)

3) ปริมาณไขมัน (A.O.A.C. 2000)

4) ปริมาณใยอาหาร (dietary fiber) (A.O.A.C. 2000)

3.2.2 การศึกษาปริมาณของแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน

3.2.2.1 การเตรียมมัฟฟินสูตรมาตรฐาน

มัฟฟินสูตรมาตรฐานมีส่วนผสมดังตารางที่ 3.1 และกรรมวิธีการผลิตมัฟฟินแสดงดังภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของมัฟฟินสูตรมาตรฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ(%)
แป้งสาลีเอนกประสงค์	275	100
ผงฟู	9.5	3.45
เบคกิ้งโซดา	1.3	0.47
น้ำตาลทราย	250	90.91
ไข่ไก่ (3 ฟอง)	180	65.45
นมข้นจืด	100	36.36
น้ำ	100	36.36
น้ำมันปาล์ม	100	36.36
เนยสด (เนยละลาย)	125	45.45
กลิ่นบัตเตอร์มิลล์ผสมครีม	6.5	2.36

ที่มา : อรรถ ขันสี (2548)

ตีไข่ น้ำตาลทราย นมข้นจืดผสมน้ำ และกลิ่นบัตเตอร์มิลล์ผสมครีม
ด้วยเครื่องผสมที่ความเร็ว 1 เป็นเวลา 5 นาที

↓

เติมแป้งสาลีเอนกประสงค์ ผงฟู และเบคกิ้งโซดา ที่ผ่านร่อนรวมกัน 3 ครั้ง ลงในส่วนผสม

↓

เติมน้ำมันปาล์มและเนยละลาย ตีให้เข้ากันที่ความเร็ว 1 เป็นเวลา 3 นาที

↓

นำส่วนผสมที่ได้พักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

↓

ตักใส่พิมพ์ 30 กรัม / พิมพ์

↓

นำไปอบที่อุณหภูมิ 220°C เป็นเวลา 15 นาที

↓

ขนมมัฟฟินสูตรมาตรฐาน

ภาพที่ 3.2 กรรมวิธีผลิตมัฟฟินสูตรมาตรฐาน

ที่มา : อรรถ ขันสี (2548)

3.2.2.2 การศึกษาปริมาณของแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน

ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่สามารถทดแทนแป้งสาลีได้ในปริมาณมากที่สุด โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีมีดังนี้ 0 (สูตรมาตรฐาน) 40 60 80 และ 100% ตามลำดับ นำไปผ่านกรรมวิธีการผลิตมัฟฟิน ดังภาพที่ 3.2 นำผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่ได้มาวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

1) ค่าสีในระบบ L a b โดยใช้ Chromameter

2) ปริมาตรจำเพาะ โดยใช้วิธีแทนที่ปริมาตรด้วยเมล็ดงาดำ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524) (ภาคผนวก ข1)

3) ทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบระดับ ความเข้มของแต่ละลักษณะ (scoring) ทางด้านความเข้มสีและกลิ่น ความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏโดยประเมินจากการขึ้นฟูของมัฟฟิน ลักษณะความละเอียดของ crumb โดยให้คะแนน 5 ระดับ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินความชอบ (hedonic scale) ทดสอบความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏของมัฟฟินด้านการขึ้นฟู ลักษณะ crumb และความชอบรวม โดยให้คะแนน 5 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 20 คน ซึ่งผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติแบบ ANOVA (Analysis of variance) โดยข้อ 1) ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design ส่วนข้อ 2) ใช้แผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test นำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากข้อ 1) และ 2) มาพิจารณาเพื่อหาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมในการทำมัฟฟิน

3.2.3 เปรียบเทียบปริมาณ dietary fiber ของมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีอเนกประสงค์

โดยนำมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งแป้งสาลีในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.2 มาวิเคราะห์ปริมาณ dietary fiber (A.O.A.C. 2000)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่าง โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ T- Test โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีอเนกประสงค์

3.2.4 ศึกษาสภาวะการบรรจุและอายุการเก็บของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี

นำมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่ได้รับการคัดเลือกแล้วจากข้อ 3.2.2 มาศึกษาอายุการเก็บโดยใช้สภาวะการบรรจุ 4 สภาวะ ดังนี้ บรรจุในบรรยากาศปกติ บรรจุโดยใช้สารดูดซับออกซิเจน บรรจุโดยใช้ 40% N_2: 60% CO_2 และบรรจุโดยใช้ 40% N_2 : 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน โดยบรรจุในถุงพลาสติกชนิด OPP/CPP ขนาด 8 x 5 นิ้ว ความหนา 45 ไมครอนเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm2^{\circ}C$) สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มัฟฟินแป้งข้าวกล้องทุกวันมาวิเคราะห์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.2.4.1 ตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธี Total plate count (A.O.A.C. 2000) นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งต้องมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 6.00 log CFU/g เมื่อปริมาณจุลินทรีย์มากกว่า 6.00 log CFU/g จะไม่นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสในข้อ 3.2.4.4

3.2.4.2 ตรวจสอบกลิ่นหืนโดยหาค่า thiobarbituric acid number (TBA number) (Kirl and Sawyer. 1991)

3.2.4.3 ตรวจสอบความแข็งของมัฟฟิน โดยการวัดค่าความแข็ง (firmness) (Baixauli. *et al.* 2006)

3.2.4.4 ทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบระดับความเข้มของแต่ละลักษณะ (scoring) ทางด้านความเข้มสีและกลิ่นหืน ความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส รสชาติ โดยให้คะแนน 5 ระดับ และใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสประเมินความชอบ (hedonic scale) ทดสอบความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม โดยให้คะแนน 5 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 20 คน ซึ่งผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร

3.2.4.5 หาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับค่า TBA และค่าความแข็ง (firmness) โดยนำข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนกับค่า TBA และข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความอ่อนนุ่มกับค่าความแข็ง (firmness) มาหาค่าความสัมพันธ์ซึ่งวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์

จากการนำข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์มาผ่านกระบวนการผลิตแป้งโดยวิธีโม่แห้ง และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)
ความชื้น	9.28 ± 0.15
โปรตีน	5.47 ± 0.09
ไขมัน	3.52 ± 0.16
ใยอาหาร(dietary fiber)	10.60 ± 0.14

จากตารางที่ 4.1 พบว่า แป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เท่ากับ 9.28 5.47 และ 3.52% ตามลำดับ และยังมีใยอาหาร (dietary fiber) สูงถึง10.60% ซึ่งมากกว่าใยอาหารของแป้งสาลีเอนกประสงค์ที่มี 2.7 % (Cho and Dreher. 2001) ดังนั้นจึงนำแป้งข้าวกล้องมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟินเพื่อเพิ่มใยอาหารในการทดลองต่อไป

4.2 ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน

4.2.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ผลวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในปริมาณต่าง ๆ และ แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าปริมาตรจำเพาะ ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ของมัฟฟินที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน

ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่ใช้ทดแทน (%)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	ค่าสี		
		L	a	b
0	2.53 ± 0.06^{a}	52.90 ± 2.02^{a}	11.33 ± 1.37^{c}	27.89 ± 2.39^{a}
40	2.32 ± 0.08^{b}	46.60 ± 0.75^{b}	12.10 ± 0.43^{b}	12.60 ± 0.72^{b}
60	2.32 ± 0.15^{b}	47.50 ± 1.04^{b}	12.38 ± 0.75^{b}	12.83 ± 0.56^{b}
80	2.19 ± 0.07^{b}	42.32 ± 1.14^{c}	13.96 ± 0.33^{a}	7.47 ± 0.68^{c}
100	1.80 ± 0.06^{c}	39.30 ± 1.15^{d}	14.26 ± 0.53^{a}	5.20 ± 1.40^{d}

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า การใช้แป้งข้าวกล้องตั้งแต่ 40 60 80 และ 100% ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน มีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะ และ ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะของมัฟฟินจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี 40 60 และ 80% พบว่า ปริมาตรจำเพาะของมัฟฟินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่จะมีความแตกต่างจากมัฟฟินสูตรมาตรฐาน ส่วนการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง 100% พบว่า ปริมาตรจำเพาะของมัฟฟินจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี 40 60 และ 80% เพราะการลดแป้งสาลี ทำให้ปริมาณกลูเตนที่มีอยู่ในส่วนผสมลดลงด้วยแป้งจึงมีกำลังในการอุ้มก๊าซได้น้อยลงในขั้นตอนการผสมและการอบ (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546) เมื่อวัดค่าสีในระบบ L a b พบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L) จะมีค่าลดลง และค่าสีแดง (a) จะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์มัฟฟินจะมีสีน้ำตาลแดงเข้มขึ้นตามปริมาณ

แป้งข้าวกล้อง เนื่องมาจากส่วนเยื่อหุ้มผลของข้าวกล้องที่ใช้มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547)

4.2.2 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมัฟฟินที่ใช้แป้งสาลีและแป้งข้าวกล้องในปริมาณต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน คะแนนด้านความเข้มสี ความเข้มกลิ่น การขึ้นฟู ความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส ความละเอียดของ crumb มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ คือ ความชอบด้านสี ความชอบด้านกลิ่น ความชอบด้านความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส ความชอบด้านความละเอียด ของ crumb และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีเพียงความชอบด้านการขึ้นฟู ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความเข้มสีและความชอบด้านสี เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความเข้มสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มัฟฟินจะมีสีเข้มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าสีในระบบ L a b ของมัฟฟิน คือ เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L) จะมีค่าลดลง และค่าสีแดง (a) จะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มัฟฟินจะมีสีน้ำตาลแดงเข้มขึ้น แต่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเป็นเพราะแม้ว่ามัฟฟินจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น แต่ยังคงลักษณะสีของผลิตภัณฑ์มัฟฟินอยู่ โดยทั่วไปมัฟฟินสูตรมาตรฐานจะมีสีเหลืองทอง แต่มัฟฟินแป้งข้าวกล้องจะมีสีน้ำตาลคล้ายคลึงกับมัฟฟินที่มีส่วนผสมของช็อคโกแลต ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องในปริมาณต่าง ๆ อยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ ถึงชอบ

ความเข้มกลิ่นและความชอบด้านกลิ่น พบว่า เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความเข้มกลิ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมัฟฟินจะมีกลิ่นของข้าวกล้องเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแป้งข้าวกล้อง แต่ปริมาณแป้งข้าวกล้องไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น ($p > 0.05$) ของผู้ทดสอบ ถึงแม้ว่าผู้ทดสอบสามารถรับรู้กลิ่นของข้าวกล้อง แต่เนื่องจากปริมาณกลิ่นของข้าวกล้องที่เติมในระดับต่างๆ มีความเข้มไม่มากนัก จึงทำให้ยังคงกลิ่นของมัฟฟินอยู่ โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องในปริมาณต่าง ๆ อยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ ถึงชอบ

การขึ้นฟูและความชอบด้านการขึ้นฟู ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของระดับการขึ้นฟูของมัฟฟินได้ชัดเจน เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น การขึ้นฟูของมัฟฟินจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดปริมาตรจำเพาะของมัฟฟิน โดยเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะของมัฟฟินจะลดลง และเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง 100% พบว่า ปริมาตรจำเพาะของมัฟฟิน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี 40 60 และ 80% เนื่องจากการขึ้นฟูของมัฟฟินเกิดจากการกักเก็บก๊าซของกลูเตนในแป้งสาลีในขั้นตอนการผสมและการอบ รวมทั้งเกิดจากปฏิกิริยาของสารที่ทำให้ขึ้นฟู แต่เมื่อใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีทั้งหมดซึ่งไม่มีกลูเตน การขึ้นฟูจึงเกิดจากปฏิกิริยาของสารทำให้ขึ้นฟูเพียงอย่างเดียว มัฟฟินจึงขึ้นฟูได้น้อย ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนความชอบด้านการขึ้นฟูของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีทั้งหมดน้อยที่สุด และให้คะแนนความชอบด้านการขึ้นฟูน้อยกว่ามัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีด้วยปริมาณอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการขึ้นฟูน้อยทำให้ลักษณะของมัฟฟินเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ผู้ทดสอบมีความชอบด้านการขึ้นฟูน้อยตามไปด้วย

ความอ่อนนุ่มและความชอบด้านความอ่อนนุ่ม ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความอ่อนนุ่มของมัฟฟินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น เพราะในแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตนิน และไกลอะดิน ซึ่งเมื่อแป้งผสมกับน้ำจะทำให้เกิดกลูเตนซึ่งมีโครงสร้างแบบร่างแหที่เก็บก๊าซไว้ภายในทำให้เกิดความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการลดแป้งสาลีทำให้ปริมาณกลูเตนในส่วนผสมลดลง แป้งจึงเก็บกักก๊าซได้น้อยลง มัฟฟินจึงมีความอ่อนนุ่มลดลง ส่วนคะแนนความชอบด้านความอ่อนนุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ถึงแม้ว่าคะแนนความชอบด้านความอ่อนนุ่มของมัฟฟินจะลดลงตามปริมาณแป้งข้าวกล้องที่ใช้เพิ่มขึ้น แต่ผู้ทดสอบยังคงยอมรับ ทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของมัฟฟินไม่แตกต่างกัน โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านความอ่อนนุ่มของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องในปริมาณต่าง ๆ อยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ ถึงชอบ

ความละเอียดของ crumb และความชอบด้านความละเอียดของ crumb ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความละเอียดของ crumb ของมัฟฟินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ความละเอียดของ crumb ของมัฟฟินจะลดลง เพราะปริมาณกลูเตนในแป้งสาลีมีโครงสร้างแบบร่างแห ส่งผลให้ crumb เชื่อมติดกันและมีความละเอียด ดังนั้นเมื่อปริมาณแป้งสาลีลดลง ทำให้โครงสร้างร่างแหของกลูเตนเกิดได้น้อย เป็นผลให้ crumb แยกออกจากกัน และมีความละเอียดลดลง แต่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านความละเอียดของ crumb ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากผู้ทดสอบสามารถยอมรับความละเอียดของ crumb ในระดับต่าง ๆ ได้ โดยผู้ทดสอบให้คะแนน

ความชอบด้านความละเอียดของ crumb ของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องในปริมาณต่าง ๆ อยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ ถึงชอบ

ความชอบโดยรวม เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ โดยส่วนมากที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีเพียงความชอบด้านการขึ้นฟูเพียงลักษณะเดียวที่มีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนั้นเมื่อผู้ทดสอบพิจารณาถึงความชอบโดยรวม จึงให้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องในปริมาณต่าง ๆ อยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ ถึงชอบ

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพดังตารางที่ 4.2 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 4.3 พบว่า ปริมาตรจำเพาะและความชอบในด้านต่าง ๆ ของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี 80% ไม่มีความแตกต่างกับมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี 40 และ 60% ดังนั้น ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน คือ ปริมาณแป้งข้าวกล้อง 80 %

ตารางที่ 4.3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน

ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่ใช้ทดแทน (%)	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส										
	ความเข้มสี	ความชอบด้านสี^{ns}	ความเข้มกลิ่น	ความชอบด้านกลิ่น^{ns}	การขึ้นฟู	ความชอบด้านการขึ้นฟู	ความอ่อนนุ่ม	ความชอบด้านความอ่อนนุ่ม^{ns}	ความละเอียดของ crumb	ความชอบด้านความละเอียดของ crumb^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
0	2.14±0.46^{d}	3.33±0.92	2.57±1.15^{c}	3.33±0.92	3.79±0.73^{a}	3.94±0.56^{a}	3.57±0.88^{a}	3.62±0.63	3.66±0.78^{a}	3.71±0.71	3.62±0.75
40	3.06±0.72^{c}	3.42±0.72	2.94±0.78^{bc}	3.27±0.70	3.74±0.41^{a}	3.73±0.56^{a}	3.72±0.60^{a}	3.57±0.60	3.35±0.80^{ab}	3.40±0.65	3.46±0.69
60	3.31±0.45^{c}	3.68±0.57	3.15±0.80^{ab}	3.49±0.62	3.92±0.51^{a}	3.87±0.44^{a}	3.70±0.72^{a}	3.72±0.39	3.36±0.68^{ab}	3.52±0.72	3.65±0.50
80	4.01±0.35^{b}	3.81±0.74	3.22±0.64^{ab}	3.50±0.54	3.27±0.66^{b}	3.64±0.60^{a}	3.32±0.74^{ab}	3.50±0.64	3.47±0.69^{ab}	3.61±0.78	3.69±0.70
100	4.41±0.38^{a}	3.54±0.88	3.43±0.67^{a}	3.64±0.74	2.68±0.86^{c}	3.05±0.85^{b}	2.93±0.85^{b}	3.31±0.79	3.15±0.71^{b}	3.39±0.68	3.31±0.84

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษรที่กำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.3 เปรียบเทียบปริมาณใยอาหารของมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารของมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณใยอาหารของมัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้อง

ตัวอย่าง	ปริมาณใยอาหาร (%)
มัฟฟินสูตรมาตรฐาน	1.20 ± 0.00^{b}
มัฟฟินแป้งข้าวกล้อง	1.85 ± 0.71^{a}

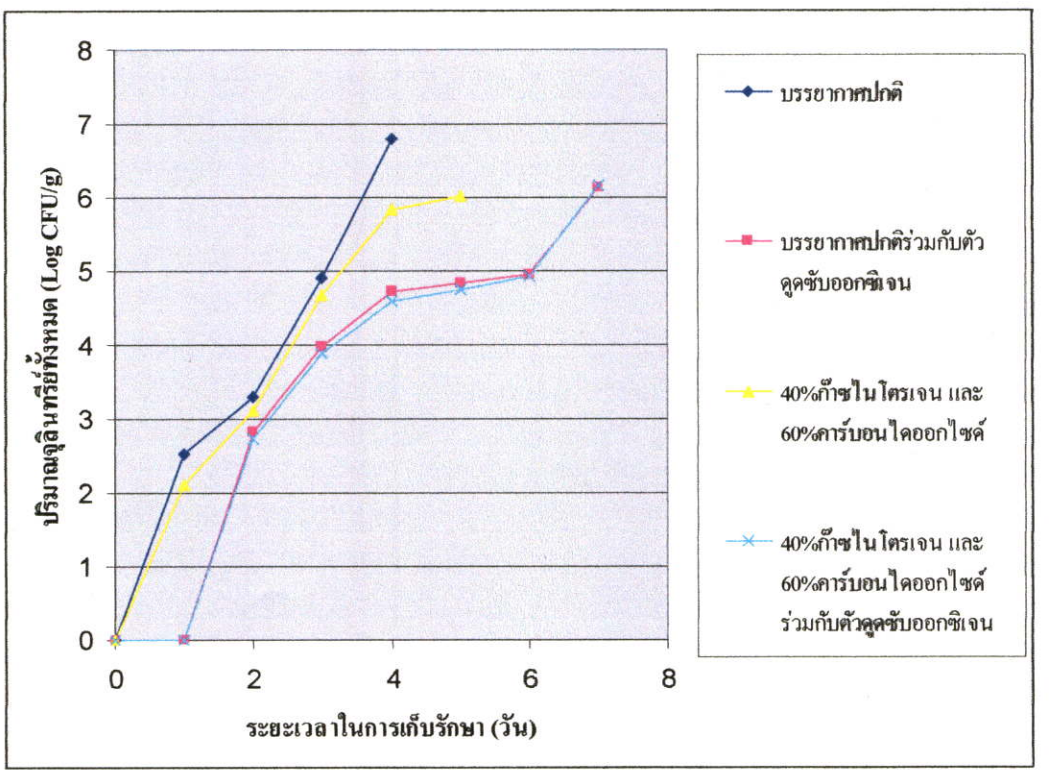
หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า มัฟฟินสูตรมาตรฐานและมัฟฟินแป้งข้าวกล้องมีปริมาณใยอาหาร เท่ากับ 1.20% และ 1.85% ตามลำดับ ซึ่งมัฟฟินแป้งข้าวกล้องมีปริมาณใยอาหารมากกว่ามัฟฟินสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมัฟฟินแป้งข้าวกล้องจะมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น 54.17% ตามข้อกำหนดสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai Recommended Daily Intake - THAI RDI) พบว่า ปริมาณใยอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวัน เท่ากับ 25 กรัม (กรมอนามัย. 2532) แต่มัฟฟินแป้งข้าวกล้อง 1 ชิ้น น้ำหนัก 25 กรัม มีปริมาณใยอาหารเท่ากับ 0.46 กรัม ดังนั้นการรับประทานมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง 1 ชิ้น ยังมีปริมาณใยอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน จึงจำเป็นต้องรับประทานอาหารชนิดอื่นเพื่อให้มีปริมาณใยอาหารครบตามปริมาณที่แนะนำให้บริโภคประจำวัน แต่การรับประทานมัฟฟินแป้งข้าวกล้องยังดีกว่าการรับประทานมัฟฟินแป้งสาลีล้วน เนื่องจากมีปริมาณใยอาหารมากกว่า

4.4 ศึกษาสภาวะการบรรจุและอายุการเก็บของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี

4.4.1 ผลของสภาวะการบรรจุต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเก็บในระยะเวลาต่างๆกัน

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °C) ในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ กัน แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) เป็นระยะเวลาต่างกัน

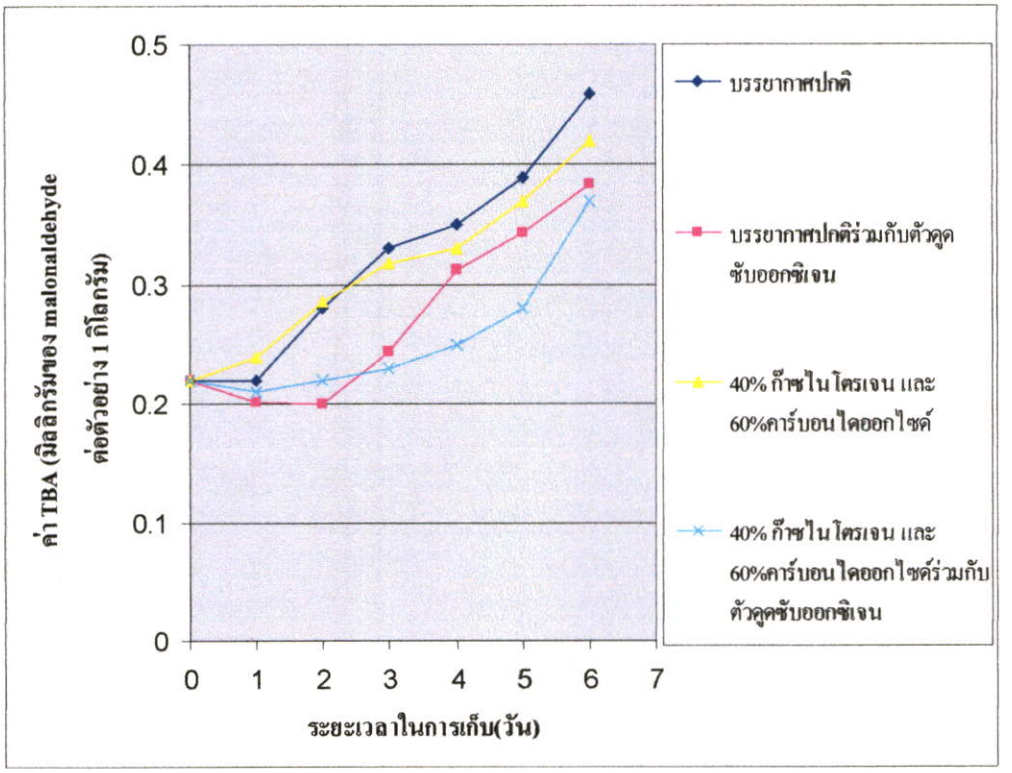
เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.3 พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่เก็บในอุณหภูมิห้อง (30±2°C) ภายใต้สภาวะทั้งสี่จะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บนานขึ้น โดยมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ และบรรจุในก๊าซ 40% N_2 : 60% CO_2 สามารถเก็บได้นาน 3 และ 4 วัน ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็น 4.90 และ 5.84 log CFU/g ตามลำดับ ส่วนมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและในก๊าซ 40% N_2 : 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) ได้นาน 6 วัน ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็น 4.96 และ 4.94 log CFU/g ตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งต้องมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

ทั้งหมดน้อยกว่า 6.00 log CFU/g (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2536) การเพิ่มของจำนวนจุลินทรีย์ในการบรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนจะช้า และเริ่มไม่เพิ่มมากหลังจาก 2 วัน ซึ่งแสดงถึงการขาดออกซิเจนในการเจริญ เนื่องจากตัวดูดซับออกซิเจนจะช่วยกำจัดออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุและที่ซึมผ่านเข้ามาในภาชนะบรรจุ การบรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนทั้งสองสภาวะจึงสามารถเก็บได้นานกว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ และการบรรจุในก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 อย่างไรก็ตามต้องระวังจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนอาจจะเพิ่มจำนวนหลังจากออกซิเจนหมดไป

ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Rasmussen and Hansen (2001) ซึ่งพบว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศดัดแปรสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บของขนมปังได้ โดยเก็บขนมปังไว้ในบรรยากาศปกติและในก๊าซ 50% N_2: 50% CO_2 จะเห็นเชื้อราปรากฏบนขนมปังเมื่อเก็บไว้เป็นเวลามากกว่า 8 วัน และ 24 วัน ตามลำดับ ส่วนขนมปังที่เก็บในก๊าซ 100% CO_2 ไม่พบเชื้อราปรากฏเมื่อเก็บไว้มากกว่า 2 เดือน นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับการทดลองของ Guynot. *et.al.* (2003) ซึ่งพบว่าการบรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและการบรรจุภายใต้บรรยากาศดัดแปรร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน มีผลการยับยั้งเชื้อราใกล้เคียงกันเนื่องจากทำให้ออกซิเจนในภาชนะบรรจุเหลืออยู่น้อย และพบว่าการบรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนภายใต้บรรยากาศปกติ และการบรรจุภายใต้บรรยากาศดัดแปรร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจนจะมีผลในการยับยั้งเชื้อราได้มากกว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศดัดแปรบรรยากาศเพียงอย่างเดียว

4.4.2 ผลของสภาวะการบรรจุและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBA ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง

เมื่อเก็บมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) ในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ กัน พบว่าสภาวะการบรรจุและระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อค่า TBA แสดงดังภาพที่ 4.2 และตารางที่ 4.5 ซึ่งค่า TBA เป็นค่าที่ใช้ติดตามการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยค่า TBA วัดได้เป็นมิลลิกรัมของมาโลดีนัลดีไฮด์ในตัวอย่าง 1 กิโลกรัม เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดสารประกอบคาร์บอนิลซึ่งทำให้เกิดการเหม็นหืนและสารที่สำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นหืน คือ มาโลดีนัลดีไฮด์



ภาพที่ 4.2 ค่า TBA ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง ที่บรรจุในสภาวะต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °C) เป็นระยะเวลาต่างกัน

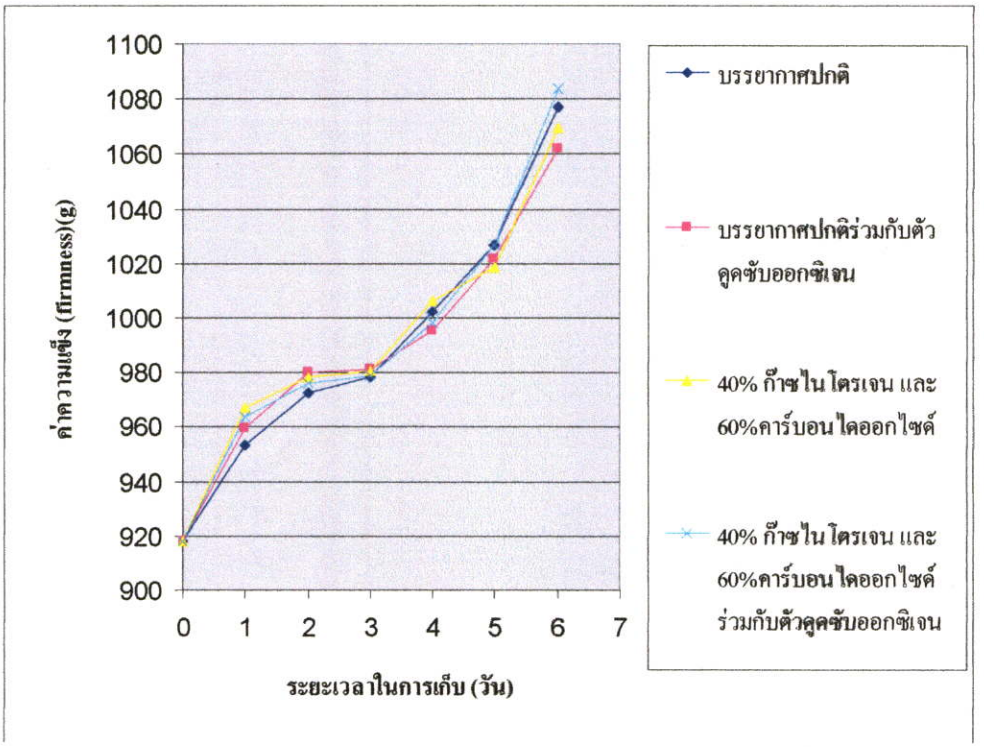
ตารางที่ 4.5 ค่า TBA ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะต่าง ๆ เมื่อเก็บในระยะเวลาต่างกันที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °C)

วันที่	ค่า TBA (มิลลิกรัมของ malonaldehyde/ตัวอย่าง 1 กิโลกรัม)			
	บรรยากาศปกติ	ตัวดูดซับออกซิเจน	40% N_2: 60% CO_2	40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน
0	0.22 ± 0.01	0.22 ± 0.01	0.22 ± 0.01	0.22 ± 0.01
1	0.22 ± 0.02	0.20 ± 0.01	0.24 ± 0.01	0.21 ± 0.02
2	0.28 ± 0.04	0.20 ± 0.04	0.29 ± 0.05	0.22 ± 0.04
3	0.33 ± 0.03	0.24 ± 0.02	0.32 ± 0.11	0.23 ± 0.02
4	0.35 ± 0.11	0.31 ± 0.02	0.33 ± 0.12	0.25 ± 0.02
5	0.39 ± 0.04	0.34 ± 0.04	0.37 ± 0.08	0.28 ± 0.05
6	0.46 ± 0.06	0.38 ± 0.02	0.42 ± 0.02	0.37 ± 0.03

เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ค่า TBA ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องจะเพิ่มขึ้น มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและในก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน มีค่า TBA น้อยกว่ามัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในอีกสองสภาวะ เนื่องมาจากก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุในระหว่างการเก็บจะทำปฏิกิริยากับตัวดูดซับออกซิเจน จึงทำเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยกว่า การเลือกใช้ปริมาณของตัวดูดซับออกซิเจนที่เหมาะสมจะสามารถลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุไม่ให้เกิน 0.4% ได้ (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538) เมื่อพิจารณาสภาวะการเก็บของมัฟฟิน พบว่า หลังจากเก็บไว้ 3 วัน มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีค่า TBA มากที่สุด เนื่องจากมีออกซิเจนอยู่ในภาชนะบรรจุ นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษายังมีก๊าซออกซิเจนแพร่เข้ามาในภาชนะบรรจุตลอดเวลา (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538) ส่วนการบรรจุในก๊าซ 40% N_2 : 60% CO_2 นั้นไม่สามารถทดแทนออกซิเจนในภาชนะบรรจุได้ทั้งหมด เนื่องจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เป็นรูพรุน จึงยากแก่การกำจัดออกซิเจนให้หมดด้วยการแทนที่ก๊าซ ทำให้ค่า TBA ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 มีค่าใกล้เคียงกับของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในบรรยากาศปกติ

4.4.3 ผลของสภาวะการบรรจุและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความแข็งของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง

ค่าความแข็งของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm2^{\circ}C$) ในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ กัน แสดงดังภาพที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.6



ภาพที่ 4.3 ค่าความแข็งของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง ที่บรรจุในสภาวะต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง(30±2 °C) เป็นระยะเวลาต่างกัน

ตารางที่ 4.6 ค่าความแข็งของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะต่าง ๆ เมื่อเก็บในระยะเวลาต่างกันที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °C)

วันที่	ค่าความแข็ง (firmness) (g)			
	บรรยากาศปกติ	ตัวดูดซับออกซิเจน	40% N_2: 60% CO_2	40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน
0	917.84±29.32	917.84±29.32	917.84±29.32	917.84±29.32
1	953.15±18.49	959.68±20.78	967.14±11.21	963.49±18.26
2	972.72±24.72	979.88±27.24	978.27±33.21	975.82±28.57
3	978.52±21.76	981.07±14.14	980.71±17.46	979.10±24.48
4	1002.12±24.86	995.14±47.89	1006.61±60.89	998.06±48.73
5	1026.91±55.56	1021.92±48.18	1018.66±34.86	1026.74±3.59
6	1077.08±23.70	1061.84±43.46	1069.45±22.36	1083.80±14.48

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.3 และตารางที่ 4.6 พบว่า พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ค่าความแข็งของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องจะเพิ่มขึ้น โดยมัฟฟินที่แข็งเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการเกิดสเตลิง (staling) โดยสเตลิงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี ซึ่งประกอบด้วย การเกิดรีโทรกาเดรชันของแป้งและการสูญเสียน้ำของกลูเตน (Ji. *et al.* 2007) ในแต่ละวันที่เก็บมัฟฟิน พบว่า มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุภายใต้สภาวะทั้งสี่มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน เนื่องจากสภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อการเกิดรีโทรกาเดรชันของแป้งและการสูญเสียน้ำของกลูเตน ส่งผลให้สภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อค่าความแข็งของมัฟฟินตามไปด้วย ซึ่งผลการทดลองได้สอดคล้องกับการทดลองของ Rasmussen, P.H and Hansen, A. (2001) ซึ่งพบว่า การเกิดสเตลิงของขนมปังที่เก็บในก๊าซ 100% CO_2 50% N_2: 50% CO_2 ไม่แตกต่างกับขนมปังที่เก็บในบรรยากาศปกติ แสดงให้เห็นว่า การบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปรไม่มีผลต่อการเกิดสเตลิง

4.4.4 ผลของสภาวะการบรรจุต่อค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง

จากตารางที่ 4.7 แสดงคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะต่าง ๆ คือ บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ บรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจน บรรจุในก๊าซ40% N_2 : 60% CO_2 และบรรจุในก๊าซ40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 6 วัน พบว่า สภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มสีน้ำตาลและการยอมรับลักษณะปรากฏ ความอ่อนนุ่มและการยอมรับเนื้อสัมผัส รสชาติและการยอมรับด้านรสชาติ และการยอมรับโดยรวม แต่จะมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืน และการยอมรับด้านกลิ่น

ความเข้มสีน้ำตาลและการยอมรับลักษณะปรากฏ เมื่อเก็บมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 6 วัน พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความเข้มสีน้ำตาลและการยอมรับลักษณะปรากฏของมัฟฟินที่บรรจุภายใต้ภาวะทั้งสี่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากสีของมัฟฟินเกิดจากรงควัตถุในข้าวกล้อง ซึ่งรงควัตถุในพืชจะเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน และเมื่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้สีของมัฟฟินยังเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลเมื่ออุณหภูมิสูง ดังนั้นสภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อสีของมัฟฟิน เมื่อพิจารณาคะแนนด้านการยอมรับลักษณะปรากฏ พบว่า คะแนนจะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ แต่ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ โดยคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องอยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ กับยอมรับ

กลิ่นหืนและการยอมรับด้านกลิ่น พบว่าเมื่อเริ่มเก็บ ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านกลิ่นหืนและการยอมรับด้านกลิ่นของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะทั้งสี่ใกล้เคียงกัน เมื่อเก็บไว้ 2 วัน มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีกลิ่นหืนมากกว่าสภาวะอื่น เพราะมีก๊าซออกซิเจนอยู่ในภาชนะบรรจุ จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและมีกลิ่นหืน ส่งผลให้มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลค่า TBA โดยในวันที่ 3 ของการเก็บ มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีค่า TBA มากที่สุด วันที่ 4 ของการเก็บ มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในบรรยากาศปกติได้เสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ มัฟฟินจึงที่บรรจุในก๊าซ 40% N_2 : 60% CO_2 จะมีกลิ่นหืนมากที่สุด และมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างเป็นรูพรุน จึงไม่สามารถกำจัดก๊าซออกซิเจนได้หมดด้วยการแทนที่ก๊าซ มัฟฟินจึงเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในวันที่ 5 และ 6 ของการเก็บ มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในก๊าซ 40% N_2 : 60% CO_2 ได้เสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ คะแนนด้านกลิ่นหืนและการยอมรับด้านกลิ่นของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนทั้งสองสภาวะมีค่าใกล้เคียงกัน คะแนนด้านกลิ่นหืนของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุใช้ตัวดูดซับออกซิเจนทั้งสองจะน้อยกว่าอีกสองสภาวะ ซึ่งสอดค่ากับ ค่า TBA เช่นกัน โดยมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนทั้งสองสภาวะมีค่า TBA น้อยกว่าอีกสองสภาวะ เนื่องจากก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุในระหว่างการเก็บจะทำปฏิกิริยากับตัวดูดซับออกซิเจน จึงทำเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยกว่า เมื่อพิจารณาจะพบว่าคะแนนด้านกลิ่นหืนจะเพิ่มขึ้น ส่วนคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นจะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ แต่ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ โดยคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องอยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ กับยอมรับ เช่นกัน

ความอ่อนนุ่มและการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่อเก็บมัฟฟินแป้งข้าวกล้องเป็นเวลา 6 วัน โดยใช้สภาวะการบรรจุแตกต่างกัน 4 สภาวะ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความอ่อนนุ่มและการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะทั้งสี่ใกล้เคียงกัน แสดงว่าสภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อคะแนนด้านความอ่อนนุ่มและการยอมรับด้านความอ่อนนุ่มของมัฟฟิน เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อความอ่อนนุ่มของมัฟฟินนั้น คือ การสูญเสียน้ำของกลูเตน และการแยกตัวของอะไมโลสออกจากเม็ดสตาร์ช และเมื่อสังเกตพบว่าคะแนนด้านความอ่อนนุ่มและการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสจะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ แต่คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องยังอยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ กับยอมรับ ซึ่งแสดงว่ายังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความอ่อนนุ่มสอดคล้องกับค่าความแข็ง โดยค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ และสภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อค่าความแข็ง

รสชาติและการยอมรับด้านรสชาติ เมื่อเก็บมัฟฟินแป้งข้าวกล้องไว้เป็นเวลา 6 วัน ในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ พบว่า เมื่อเริ่มเก็บ ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านรสชาติและการยอมรับด้านรสชาติของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะทั้งสี่ใกล้เคียงกัน แสดงว่าสภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อคะแนนด้านรสชาติและการยอมรับด้านรสชาติ เนื่องจากรสชาติของมัฟฟินเกิดจากส่วนผสมต่าง ๆ ในการทำมัฟฟินตั้งแต่เริ่มต้นเก็บ ถึงแม้ว่าผู้ทดสอบจะให้คะแนนด้านรสชาติและการยอมรับด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ แต่ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ โดยคะแนนการยอมรับการยอมรับด้านรสชาติของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องอยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ กับยอมรับ

การยอมรับโดยรวม พบว่า เมื่อเก็บไว้ 6 วัน ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านการยอมรับโดยรวมของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะทั้งสี่ใกล้เคียงกัน แต่คะแนนด้านการยอมรับโดยรวมลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ แต่ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ โดยคะแนนการยอมรับการยอมรับด้านรสชาติของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องอยู่ในช่วงระหว่างเฉย ๆ กับยอมรับ เนื่องจากคะแนนการยอมรับในด้านต่าง ๆ ยังอยู่ในช่วงยอมรับผลิตภัณฑ์เช่นกัน

ตารางที่ 4.7 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง(30±2 °C) เป็นระยะเวลา 6 วัน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	คะแนนทางประสาทสัมผัส			
		บรรยากาศปกติ	สารดูดซับออกซิเจน	40% N_2: 60% CO_2	40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน
ความเข้มสีน้ำตาล	0	4.30±0.25	4.30±0.25	4.30±0.25	4.30±0.25
	1	4.33±0.32	4.39±0.32	4.42±0.27	4.43±0.26
	2	4.28±0.30	4.39±0.29	4.38±0.28	4.31±0.45
	3	4.30±0.24	4.34±0.32	4.35±0.37	4.29±0.42
	4	*	4.33±0.29	4.34±0.36	4.43±0.28
	5	*	4.44±0.30	*	4.37±0.30
	6	*	4.42±0.29	*	4.38±0.23
การยอมรับลักษณะปรากฏ	0	4.54±0.31	4.54±0.31	4.54±0.31	4.54±0.31
	1	4.47±0.28	4.49±0.31	4.51±0.31	4.50±0.30
	2	3.96±0.57	4.00±0.58	4.01±0.45	4.00±0.57
	3	3.47±0.62	3.52±0.65	3.60±0.49	3.65±0.52
	4	*	3.47±0.54	3.58±0.74	3.64±0.47
	5	*	3.20±0.39	*	3.26±0.45
	6	*	3.05±0.70	*	3.05±0.79

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	คะแนนทางประสาทสัมผัส			
		บรรยากาศปกติ	สารดูดซับออกซิเจน	40% N_2: 60% CO_2	40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน
กลิ่นหืน *	0	4.78±0.27	4.78±0.27	4.78±0.27	4.78±0.27
	1	4.58±0.37	4.56±0.33	4.62±0.36	4.65±0.32
	2	4.26±0.54	4.41±0.38	4.40±0.38	4.44±0.38
	3	4.12±0.52	4.40±0.39	4.36±0.41	4.43±0.47
	4	*	4.34±0.44	4.22±0.40	4.40±0.34
	5	*	3.95±0.52	*	4.11±0.45
	6	*	3.56±0.59	*	3.61±0.60
การยอมรับด้านกลิ่น	0	4.74±0.23	4.74±0.23	4.74±0.23	4.74±0.23
	1	4.57±0.32	4.57±0.28	4.62±0.32	4.61±0.31
	2	4.33±0.36	4.50±0.35	4.47±0.38	4.40±0.37
	3	4.00±0.52	4.14±0.45	4.08±0.48	4.27±0.45
	4	*	3.95±0.56	3.89±0.50	4.03±0.37
	5	*	3.78±0.45	*	3.97±0.40
	6	*	3.58±0.52	*	3.63±0.44

* ค่าคะแนนกลิ่นหืน 1 = มีกลิ่นหืนมากที่สุด 5 = ไม่มีกลิ่นหืน

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	คะแนนทางประสาทสัมผัส			
		บรรยากาศปกติ	สารดูดซับออกซิเจน	40% N_2: 60% CO_2	40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน
ความอ่อนนุ่ม	0	4.42±0.39	4.42±0.39	4.42±0.39	4.42±0.39
	1	4.29±0.36	4.31±0.34	4.31±0.28	4.35±0.31
	2	3.87±0.52	3.84±0.63	3.85±0.40	4.07±0.54
	3	3.60±0.80	3.77±0.58	3.73±0.54	3.80±0.51
	4	*	3.69±0.82	3.61±0.98	3.58±0.88
	5	*	3.37±0.66	*	3.28±0.68
	6	*	3.35±0.58	*	3.21±0.68
การยอมรับด้านเนื้อสัมผัส	0	4.52±0.33	4.52±0.33	4.52±0.33	4.52±0.33
	1	4.35±0.47	4.41±0.33	4.34±0.37	4.40±0.50
	2	4.00±0.50	4.05±0.33	4.06±0.49	4.08±0.68
	3	3.96±0.56	3.98±0.53	4.01±0.58	3.95±0.51
	4	*	3.39±0.78	3.56±0.73	3.63±0.65
	5	*	3.29±0.57	*	3.34±0.59
	6	*	3.26±0.59	*	3.22±0.55

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	คะแนนทางประสาทสัมผัส			
		บรรยากาศปกติ	สารดูดซับออกซิเจน	40% N_2: 60% CO_2	40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน
รสชาติ	0	4.82±0.22	4.82±0.22	4.82±0.22	4.82±0.22
	1	4.59±0.39	4.52±0.41	4.62±0.37	4.63±0.34
	2	4.32±0.50	4.36±0.64	4.37±0.56	4.46±0.54
	3	4.01±0.54	4.22±0.39	4.06±0.47	4.21±0.41
	4	*	3.47±0.80	3.45±0.87	3.64±0.77
	5	*	3.17±0.53	*	3.27±0.57
	6	*	3.17±0.54	*	3.21±0.43
การยอมรับด้านรสชาติ	0	4.74±0.28	4.74±0.28	4.74±0.28	4.74±0.28
	1	4.48±0.34	4.55±0.36	4.47±0.38	4.50±0.34
	2	4.19±0.51	4.27±0.52	4.24±0.55	4.29±0.54
	3	3.79±0.61	3.97±0.58	3.90±0.64	4.05±0.53
	4	*	3.56±0.60	3.45±0.67	3.61±0.56
	5	*	3.31±0.49	*	3.45±0.55
	6	*	3.14±0.53	*	3.24±0.51

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	คะแนนทางประสาทสัมผัส			
		บรรยากาศปกติ	สารดูดซับออกซิเจน	40% N_2: 60% CO_2	40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน
การยอมรับโดยรวม	0	4.62±0.32	4.62±0.32	4.62±0.32	4.62±0.32
	1	4.56±0.31	4.50±0.32	4.57±0.37	4.58±0.39
	2	4.10±0.58	4.12±0.54	4.07±0.59	4.05±0.53
	3	4.00±0.59	4.12±0.50	4.03±0.54	4.06±0.58
	4	*	3.47±0.64	3.62±0.58	3.65±0.67
	5	*	3.14±0.61	*	3.25±0.50
	6	*	3.08±0.55	*	3.18±0.50

หมายเหตุ * หมายถึง ตัวอย่างเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์แล้ว

4.4.5. ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านความอ่อนนุ่มกับค่าความแข็ง และ ด้านกลิ่นหืนกับค่า TBA

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความแข็ง และคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความอ่อนนุ่ม แสดงดังตารางที่ 4.8 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า TBA และคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นหืน แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความแข็ง และคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความอ่อนนุ่มของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง

สภาวะ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
บรรยากาศปกติ	- 0.90
สารดูดซับออกซิเจน	- 0.94
40% N_2 : 60% CO_2	- 0.88
40% N_2 : 60% CO_2 ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน	- 0.91

ค่าความแข็งของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้งสี่มีความสัมพันธ์อย่างมากกับคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความอ่อนนุ่ม เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าใกล้เคียง -1 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง - 0.88 ถึง – 0.94 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าติดลบแสดงว่าค่าความแข็งกับคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความอ่อนนุ่มมีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้าม ซึ่งแสดงว่าเมื่อค่าความแข็งเพิ่มขึ้น มัฟฟินแป้งข้าวกล้องจะมีความอ่อนนุ่มลดลง

ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า TBA และคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นหืนของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง

สภาวะ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
บรรยากาศปกติ	- 0.94
สารดูดซับออกซิเจน	- 0.89
40% N_2 : 60% CO_2	- 0.98
40% N_2 : 60% CO_2 ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน	- 0.96

จากตารางที่ 4.9 พบว่า มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้งสี่มีค่า TBA สัมพันธ์กับคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนเป็นอย่างมาก เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าใกล้เคียง -1 เช่นกัน โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า TBA กับ

คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนอยู่ในช่วง -0.89 ถึง -0.98 เมื่อค่า TBA เพิ่มขึ้น มัฟฟินแป้งข้าวกล้องจะมีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้น แต่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า TBA กับคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนมีค่าติดลบ เนื่องจากกลิ่นหืนที่มาก จะอยู่ในสเกลที่น้อยของแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังภาคผนวก ค2

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบในด้านต่าง ๆ พบว่า อายุการเก็บของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องใช้เกณฑ์ทางจุลินทรีย์เป็นตัวกำหนด เนื่องจากการวัดค่า TBA ค่าความแข็ง และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่ยังไม่เสื่อมเสียด้วยจุลินทรีย์นั้น พบว่า ค่า TBA และค่าความแข็งมีความสัมพันธ์กับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส และผู้ทดสอบยังให้คะแนนการยอมรับของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องอยู่ในช่วงยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยอายุการเก็บของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติและในก๊าซ 40% N_2 : 60 CO_2 สามารถเก็บได้ 3 และ 4 วัน ตามลำดับ ส่วนมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและในก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน เก็บได้นาน 6 วัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงสุรินทร์ มีปริมาณความชื้น 9.28% โปรตีน 5.47% ไขมัน 3.52% และใยอาหาร 10.60%
2. การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟินฟิน พบว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีเพิ่มมากขึ้น ผลิตภัณฑ์มัฟฟินจะมีปริมาตรลดลง มีค่าความสว่าง (L) ลดลง และค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น
3. ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน คือ ปริมาณแป้งข้าวกล้อง 80 %
4. ปริมาณใยอาหารของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องและมัฟฟินสูตรมาตรฐานมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมัฟฟินแป้งข้าวกล้องจะมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น 54.17% เมื่อเปรียบเทียบกับมัฟฟินสูตรมาตรฐาน
5. เมื่อเก็บมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm2^{\circ}C$) ในถุงพลาสติกชนิด OPP/CPP หนา 45 ไมครอน พบว่า มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ สามารถเก็บได้นาน 3 วัน และบรรจุในก๊าซ 40% N_2 : 60% CO_2 สามารถเก็บได้นาน 4 วัน ตามลำดับ ส่วนมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่บรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและในก๊าซ 40% N_2 : 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน เก็บได้นาน 6 วัน ดังนั้น การบรรจุในก๊าซ 40% N_2 : 60% CO_2 สามารถยืดอายุการเก็บได้ 1 วัน ส่วนการบรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและในก๊าซ 40% N_2 : 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจน สามารถยืดอายุการเก็บได้ 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บภายใต้บรรยากาศปกติ
6. จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสร่วมกับลักษณะทางกายภาพและทางเคมี รวมทั้งคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า การบรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและในก๊าซ 40% N_2: 60% CO_2 ร่วมกับตัวดูดซับออกซิเจนสามารถยืดอายุการเก็บรักษา และรักษาคุณภาพในด้านต่าง ๆ ได้ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงควรบรรจุโดยใช้ตัวดูดซับออกซิเจนเพียงอย่างเดียว เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบรรจุ

บรรณานุกรม

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2544. **สถิติการค้าและเครื่องชี้ภาวะเศรษฐกิจของไทยปี 2543.** กรุงเทพฯ : กระทรวงพาณิชย์.

กรมอนามัย. 2532. "สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป" [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/ntf182.htm

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2548. **"คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ของของข้าวกล้อง."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http:// www.egat.or.th/thai/brownrice/b5_1.html (กันยายน 2, 2548)

งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปียชน และรุจิรา ปรีชา. 2543. "การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเค้กและคุกกี้." **รายงานการวิจัย ชุดโครงการข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว.** กรมวิชาการเกษตร และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **ก๊าซกับการบรรจุภัณฑ์อาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ลินคอร์นโปรโมชั่น.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฬาพร แสงเจริญรัตน์. 2533. "ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของสปันจ์เค้ก" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

ทัณฑสถานโรงพยาบาลราชทัณฑ์. 2548. **"คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ของของข้าวกล้อง."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http :// hosdoc.com/ppp/Doc-2003/L3-021.htm (กันยายน 2, 2548)

ทัณทิมา แซ่ลิ่ว. 2545. "การใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในเค้กกล้วยหอม" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เนื้อทอง วนานุวัธ, อรอนงค์ นัยวิกุล และปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2543. "การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปัง." **รายงานการวิจัย ชุดโครงการข้าว และผลิตภัณฑ์ข้าว.** กรมวิชาการเกษตร และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2536. **เอกสารอ้างอิงกรมวิทยาศาสตร์การแพย์.** กรุงเทพฯ : ฝ่ายวิเคราะห์อาหารทางจุลวิทยา กองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.

ปราณี วราสวัสดิ์. 2534. **เทคโนโลยีผลิตธัญพืช.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะบริหารธุรกิจการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

ปริศนา สุวรรณาภรณ์, เนื้อทอง วนาวัธ, วราภา มหากาญจนกุล, วาณี ชนเห็นชอบ, ธงชัย สุวรรณสิชณน์. 2544. "การพัฒนาคุณภาพและเก็บรักษาขนมปังแป้งข้าว" **รายงานการวิจัยชุดโครงการวิจัยการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร.** กรุงเทพฯ :สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

พจนีย์ พงศ์พงัน. 2546. "การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตปาท่องโก๋จากแป้งข้าวหอมมะลิไทยผสมแป้งสาลี"" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

พรวีนัส ปิ้นหยา. 2544. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

มาลี ชิ้มศรีสกุล และกมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล. 2546. "การใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนบางส่วนของแป้งสาลีในชิฟฟอนเค้ก." **รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 41 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร).** มหาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

วนิดา มะยมทอง. 2546. "การใช้แป้งมันสำปะหลังพันธุ์หวานทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ศรีเวียง ทิพกานนต์. 2544. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าว." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ศิริจันทร์ ผาติบัณฑิต และวรชนี ยิ่งเจริญ. 2540. "การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งที่ผลิตภายในประเทศในผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก" รายงานการวิจัย ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2535. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. **วัตถุเจือปนอาหาร เล่ม 1.** นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2541. "ข้าวกล้อง : ข้าวซ้อมมือ : ข้าวขาว" เอกสารวิชาการ.

สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม , ช่อลัดดา เที่ยงพุก , วัฒนา วิริวุฒิกร และ จารุวรรณ ศิริพรรณพร. 2547. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิสำเร็จรูป" **อาหาร**. 34(3) : 241

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2541. "อาหารป้องกันโรค : **ข้าวกล้องและรำข้าว.**" **วารสารอุตสาหกรรมเกษตร**. 9 (2).

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งสาลีชนิดทำเค้ก.** มอก. 373-2524.

สำนักพิมพ์แสงแดด. 2539. ตำราแบเกอรี่ เล่ม 5. **พิมพ์ครั้งที่3**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เอ.ที. พริ้นติ้ง จำกัด.

อรรถ ขันสี ให้สัมภาษณ์, 21 กรกฎาคม 2548. สถิรัตต์ แก้วมณี ผู้สัมภาษณ์. **ส่วนผสมและวิธีการผลิตมัฟฟินสูตรมาตรฐาน.** 35 ตรอกแจ่งหัวริน ต.เวียงเหนือ อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล, วิลาวรรณ บุญเจือ และเฟื่องฟ้า ไชยมณี. 2544. " ซาลาเปาจากแป้งข้าวทดแทนแป้งสาลี." **รายงานการวิจัยชุดโครงการวิจัยการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร.** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

A.O.A.C. 2000. " Official Method of the analysis 32nd ed" **Association of official analytical chemists.**

Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman,.S. M. 2006. Influence of the dosing process on the rheological and microstructural properties of a bakery product. Food Hydrocolloids. 21 : 230-236.

Cho, S.S. and Dreher, M.L. 2001. **Dietary fiber.** New York : Marcel Dekker, Inc.

Guynot, M.E., Sanchis, V., Ramos, A.J. and Marin, S. 2003. Mold-free Shelf-life Extention of Bakery Products by Active Packaging. Journal of food science, 68(8) : 2547-2552.

Ji, Y., Zhu, K., Orian, H. and Zhou, H. (2006). Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. Food chemistry, 104 : 53-58.

Kirl, R.S. and Sawyer, R. 1991. **Person's composition and analysis of foods**. Longman Scientific and Technical.

Matz, S.A. 1991. "Rice, structure and composition." **The Chemistry and Technology of Cereal as Food and Feed.** 240-246.

Mendeloff, A. L. 1975. **Dietary fiber**. Nutr. Rev. 33 : 321 - 326.

Noomhorm, A., Bandola, D.C. and Kongseree, N. 1994. Effect of variety, rice flour concentration and enzyme levels on composite bread quality. Journal of food science. 64 : 433-440.

Ooraikul, B. 1991. "Modified Atmosphere Packaging of Bakery Products." In Book Ooraikul, B. and Stiles, M.E. (eds.) **Modified Atmosphere Packaging.** England : Ellis Horwood Limited.

Rasmussen, P.H and Hansen, A. 2001. Staling of Wheat Bread Stored in Modified Atmosphere. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 34(7) 487-491.

Sultan, W. J. 1996. **Practical Baking.** New York : The AVI publishing company, Inc.

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

1. ความชื้น (AOAC. 2000)

ชั่งน้ำหนัก moisture can ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน(ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

↓

ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน
ใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแล้ว (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

↓

นำไปอบในตู้ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 130°C ประมาณ 4-6 ชั่วโมง

↓

นำมาใส่เดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก

↓

นำไปอบต่อจนน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. ปริมาณไขมัน (AOAC. 2000)

อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chipที่อุณหภูมิ 130°C
เป็นเวลา 1 ชั่วโมงบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

↓

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 5 กรัม
บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนห่อด้วยกระดาษกรอง

↓

ตวงปิโตรเลียมอีเทอร์ 150 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน

↓

นำกระดาษกรองใส่ใน thimble และนำ thimble ประกอบเข้ากับ holder วางลงในบีกเกอร์
นำไปต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ไขมัน จนเครื่องทำการสกัดไขมันจนเสร็จ

↓

นำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุหภูมิ 105°C ไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

↓

นำมาใส่เดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก

↓

นำไปอบต่อจนน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

3. ปริมาณโปรตีน โดยวิธี kjeldahl (AOAC. 2000)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ลงในหลอดย่อยโปรตีน

↓

เติม catalyst 10 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก

↓

นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด ทิ้งให้เย็น

↓

นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% กับน้ำกลั่นในปริมาณที่เครื่องกลั่นแต่ละเครื่องกำหนด

↓

ตวงกรดบอริก 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตรใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด mixed indicator 2-3 หยด จะได้สารสีแดงใส วางใต้เครื่องกลั่น รอกลั่นจนเสร็จ

↓

นำ Erlenmeyer flask หลังกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียซึ่งมีสีฟ้าใสมาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.01 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี

↓

บันทึกปริมาณไฮโดรคลอริกที่ใช้

การคำนวณ

$$\%\ \text{ไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times C \times 14 \times 100}{D \times 1000}$$

A = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

C = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N)

D = น้ำหนักของตัวอย่าง

$$\%\ \text{โปรตีน} = \%\ \text{ไนโตรเจน} \times 5.95$$

4. ปริมาณ Dietary fiber (AOAC. 2000)

ขั้นตอนที่ 1 การสกัดแยกเอาสตาร์ชและโปรตีนออก

ชั่งตัวอย่างปริมาณ 1 กรัมที่ผ่านการอบแห้งแล้ว ลงใน Erlenmeyer flask

ทำ 2 ซ้ำ สำหรับตัวอย่าง และทำ 2 ซ้ำสำหรับ blank

↓

เติมสารละลายฟอตเฟตบัฟเฟอร์ ที่มี pH 6 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร

↓

เติมเอนไซม์ ∝ - amylase จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ปิดปาก Erlenmeyer flask ด้วยอลูมิเนียมฟอยด์

↓

นำไปให้ความร้อนในน้ำเดือด จนสารละลายมีอุณหภูมิ 95-100°C

กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าตลอดเวลาเป็นเวลา 30 นาที

↓

ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง

↓

เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.275 โมลาร์ ประมาณ 10 มิลลิลิตร

เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็น 7.5± 0.2

↓

เติมเอนไซม์ protease จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ปิดปาก Erlenmeyer flask ด้วยอลูมิเนียมฟอยด์

↓

นำไปให้ความร้อนจนสารละลายมีอุณหภูมิ 45 -55 °C

กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าตลอดเวลาเป็นเวลา 30 นาที

↓

ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง

↓

เติมเอนไซม์ amyloglucosidase จำนวน 0.3 มิลลิลิตร ปิดปาก Erlenmeyer flask

ด้วยอลูมิเนียมฟอยด์

↓

นำไปให้ความร้อนจนสารละลายมีอุณหภูมิ 60-65°C

กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าตลอดเวลาเป็นเวลา 30 นาที

↓

ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนที่ 2 หาปริมาณ Insoluble fiber

กรองกากที่ได้จากขั้นตอนที่ 1

↓

ล้างกากที่ได้ด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง

↓

รวมเอาน้ำที่ filtrate และน้ำที่ล้างกากเข้าด้วยกัน
สำหรับหาปริมาณ soluble fiber ในขั้นตอนที่ 3

↓

นำกากที่ล้างน้ำแล้วมาล้างด้วยเอทานอล 95% ปริมาณ 10 มิลลิลิตรจำนวน 2 ครั้ง
ผ่านครูซิเบิลชนิดกรองที่รู้น้ำหนักแล้ว จำนวน 3 ครั้ง

↓

ล้างกากด้วยอะซิโตน ปริมาณ 10 มิลลิลิตรจำนวน 2 ครั้ง
ผ่านครูซิเบิลชนิดกรองที่รู้น้ำหนักแล้ว จำนวน 3 ครั้ง

↓

นำครูซิเบิลชนิดกรองไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์

↓

ชั่งน้ำหนัก นำน้ำหนักที่ชั่งได้หักกับน้ำหนักครูซิเบิลชนิดกรอง
และน้ำหนักซีไลท์ เพื่อหาน้ำหนักกาก

↓

นำกากที่กรองได้มา 1 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธี kjeldahl

↓

นำกากอีกมา 1 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยให้ความร้อนในเตาเผา
ที่อุณหภูมิ 525°C อย่างน้อย 5 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

↓

คำนวณน้ำหนักโปรตีนและน้ำหนักเถ้า และนำมาหักออกจากน้ำหนักกาก

↓

Insoluble fiber

ขั้นตอนที่ 3 หาปริมาณ Soluble fiber

นำ filtrate และน้ำล้างกากจากขั้นตอนที่ 2 มาตกตะกอนด้วยเอทานอล 95%
ปริมาณ 4 เท่าของปริมาตรสารละลายที่ได้

↓

ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C แล้วปล่อยให้ตกตะกอน
ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

↓

กรองเอาตะกอนออกโดยผ่านครูซิเบิลชนิดกรองที่รู้น้ำหนักแล้ว

↓

ล้างตะกอนที่กรองได้ด้วยเอทานอล 78% ปริมาณ 20 มิลลิลิตร
ผ่านครูซิเบิลชนิดกรอง จำนวน 3 ครั้ง

↓

ล้างตะกอนที่กรองได้ด้วยเอทานอล 98% ปริมาณ 10 มิลลิลิตร
ผ่านครูซิเบิลชนิดกรอง จำนวน 3 ครั้ง

↓

ล้างตะกอนที่กรองได้ด้วยอะซีโตน ปริมาณ 10 มิลลิลิตร
ผ่านครูซิเบิลชนิดกรอง จำนวน 3 ครั้ง

↓

นำครูซิเบิลชนิดกรองไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์

↓

ชั่งน้ำหนัก นำน้ำหนักที่ชั่งได้หักกับน้ำหนักครูซิเบิลชนิดกรอง
และน้ำหนักซีไลท์ เพื่อหาน้ำหนักกาก

↓

นำกากที่กรองได้มา 1 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธี kjeldahl

↓

นำกากอีกมา 1 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยให้ความร้อนในเตาเผา
ที่อุณหภูมิ 525°C อย่างน้อย 5 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

↓

คำนวณน้ำหนักโปรตีนและน้ำหนักเถ้า และนำมาหักออกจากน้ำหนักกาก

↓

Soluble fiber

การคำนวณ

Total dietary fiber = Insoluble fiber + Soluble fiber

คำนวณหา Insoluble fiber และ Soluble fiber แยกกันดังนี้

$$\% \text{ fiber} = \frac{\frac{R_1+R_2}{2} - P - A - B}{\frac{m_1+m_2}{2}} \times 100$$

R_1 = น้ำหนักของตะกอนตัวอย่างของซ้ำที่ 1 (กรัม)

R_2 = น้ำหนักของตะกอนตัวอย่างของซ้ำที่ 2 (กรัม)

P = น้ำหนักโปรตีนของตัวอย่าง (กรัม)

A = น้ำหนักเถ้าตัวอย่าง (กรัม)

m_1 = น้ำหนักตัวอย่างของซ้ำที่ 1 (กรัม)

m_2 = น้ำหนักตัวอย่างของซ้ำที่ 2 (กรัม)

$$B = \frac{R_{B1}+R_{B2}}{2} - P_B - P_A$$

R_{B1} = น้ำหนักของตะกอนตัวอย่างของซ้ำที่ 1 (กรัม)

R_{B2} = น้ำหนักของตะกอนตัวอย่างของซ้ำที่ 2 (กรัม)

P_B = น้ำหนักโปรตีนของตัวอย่าง (กรัม)

P_A = น้ำหนักเถ้าตัวอย่าง (กรัม)

5. Thiobarbituric acid number (TBA number)(Kirl and Sawyer. 1991)

ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม นำไปปั่นกับน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร นาน 2 นาที

↓

นำตัวอย่างที่ปั่นแล้วเทลงในขวดกลั่น ล้างตัวอย่างออกจากภาชนะที่ใช้ปั่น
ด้วยน้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร เทลงในขวดกลั่น

↓

เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 4.0 โมลาร์ จำนวน 2.5 มิลลิลิตร
เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH)ให้ได้ประมาณ 1.5

↓

ใส่ glass beads

↓

นำตัวอย่างไปกลั่นจนกระทั่งได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร

↓

ปิเปตของเหลวที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

↓

เติมสารละลาย TBA (ละลาย TBA 0.2883 กรัม ด้วย 90% glacial acetic acid) 5 มิลลิลิตร

↓

ปิดฝาหลอด เขย่าให้เข้ากัน

↓

ต้มในน้ำเดือดนาน 35 นาที

↓

ทำให้เย็นลงภายในเวลา 10 นาที

↓

นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (A) ที่ 538 นานโนเมตร

<u>การคำนวณ</u>

TBA No. (มิลลิกรัมของ malondehyde ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม) = 7.8A

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวัดปริมาตรจำเพาะ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524.)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

↓

ใส่งาดำในบีกเกอร์จนถึงปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วเทออกใส่ภาชนะที่เตรียมไว้

↓

นำตัวอย่างใส่ลงในบีกเกอร์อันเดิม เทงาดำที่เตรียมไว้ลงไปในบีกเอร์
ให้เต็มช่องว่างทั้งด้านข้างและด้านบน จนถึงปริมาตร 100 มิลลิลิตร

↓

วัดปริมาตรของงาดำที่เหลือโดยใช้กระบอกตวง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)} = \frac{\text{ปริมาตรที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

2. การวัดเนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง (firmness)) (Baixauli. *et al.* 2006) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

ตัดตัวอย่างมัฟฟินตรงกลางก้อน และตัดขอบบนและล่างออก

เป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 2.5 x 2.5 x.2.5 เซนติเมตร

↓

Calibrate force ก่อนทำการวัดทุกครั้ง

↓

ประกอบชุดเครื่องมือสำหรับวัดโดยใช้หัววัด แบบ cylinder probe

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร

↓

Calibrate probe ก่อนทำการวัดทุกครั้ง

↓

เลือกรูปแบบการวัด

Test mode and option : TPA

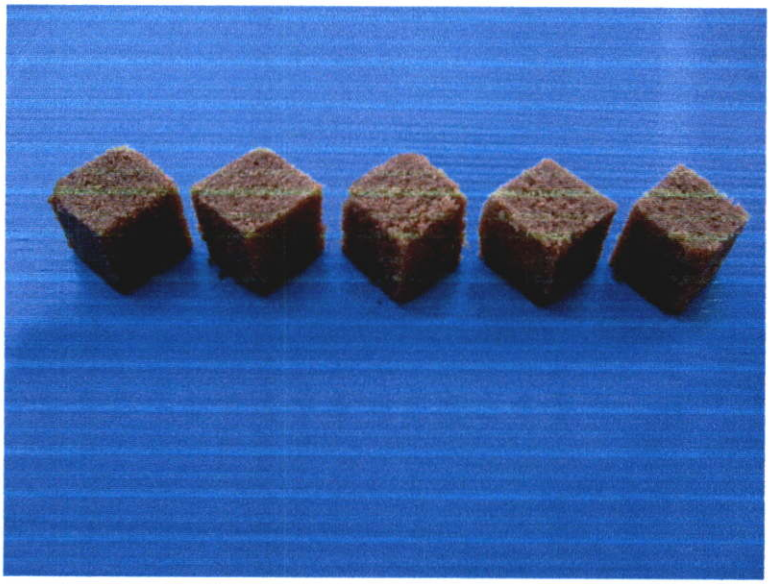
Pre test	1.0	mm/s
Test speed	1.0	mm/s
Post test	1.0	mm/s
Time	5	s
Distance	50%	strain

↓

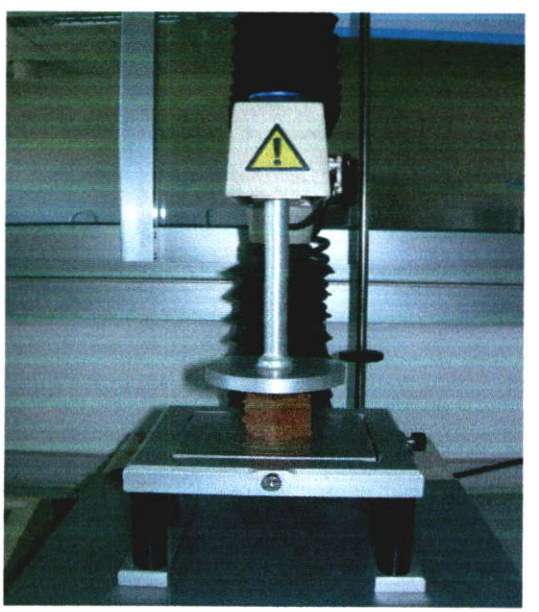
วางชิ้นตัวอย่างบนฐาน กดคำสั่งวัด เมื่อเริ่มทำการวัดเครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงกราฟที่วัด

↓

สั่งโปรแกรมคำนวณหาค่าความแข็งของขนมมัฟฟิน



ภาพที่ ข1 ตัวอย่างขนมมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่นำมาวัดเนื้อสัมผัส



ภาพที่ ข2 แสดงการวัดเนื้อสัมผัสของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลี

ผลิตภัณฑ์ มัฟฟินแป้งข้าวกล้อง

ชื่อ.....วันที่.....

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอจากซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นคะแนนของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตามความเข้มที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน **พร้อมระบุรหัสตัวอย่างเหนือเส้น**

รหัสตัวอย่าง ....

1. สี

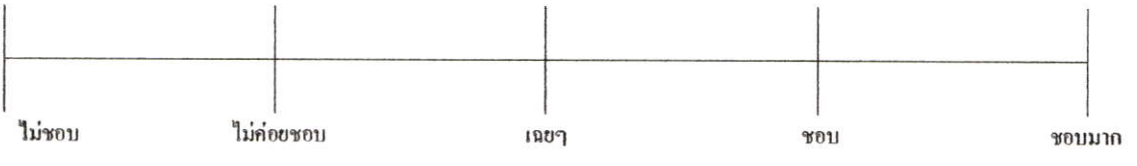
1.1 ความเข้มสี

1.2 ความชอบด้านสี

2. กลิ่น

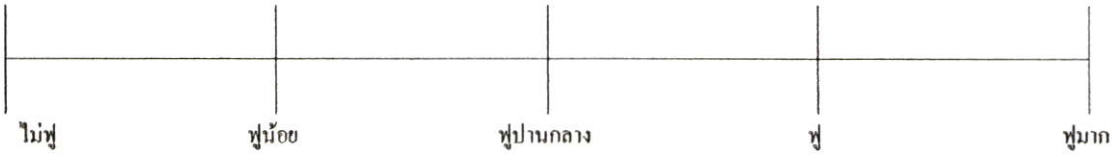
2.1 ความเข้มกลิ่น

2.2 ความชอบด้านกลิ่น

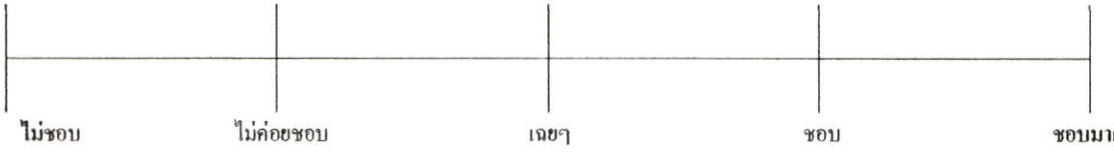


3. การขึ้นฟูของมัฟฟิน

3.1 การขึ้นฟูของมัฟฟิน

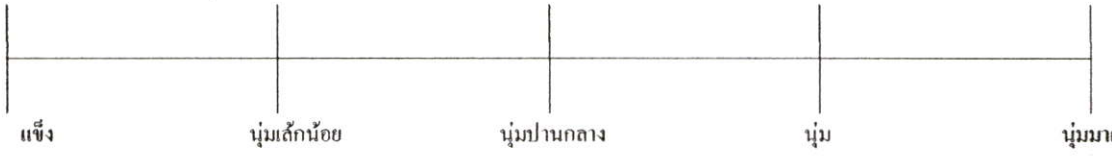


3.2 ความชอบด้านการขึ้นฟูของมัฟฟิน

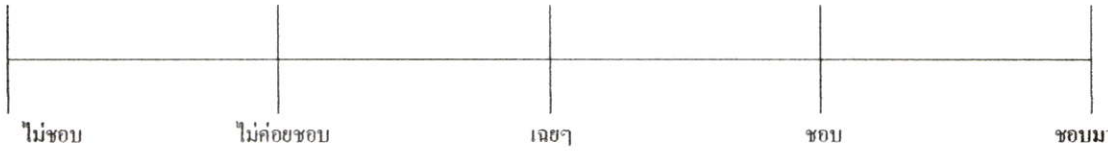


4. ความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส

4.1 ความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส



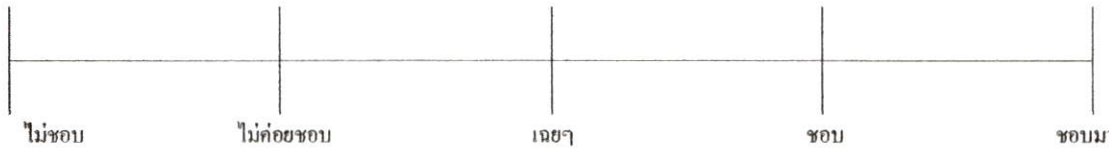
4.2 ความชอบด้านความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส



5. ความละเอียดของ crumb

5.1 ความละเอียดของ crumb

5.2 ความชอบด้านความละเอียดของ crumb



6. ความชอบโดยรวม

วิจารณ์.....

.....

.....

2. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาอายุการเก็บรักษาแป้งข้าวกล้อง

ผลิตภัณฑ์ มัฟฟินแป้งข้าวกล้อง

ชื่อ.....**วันที่**.....

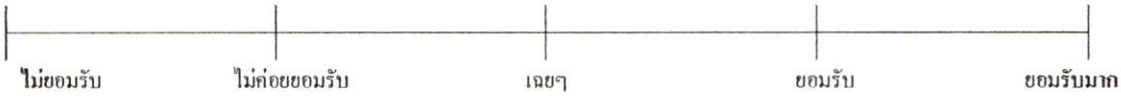
<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอจาก**ซ้ายไปขวา** แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นคะแนนของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตามความเข้มที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน **พร้อมระบุรหัสตัวอย่างเหนือเส้น**

รหัสตัวอย่าง ....

1. ลักษณะปรากฏ

1.1 สีน้ำตาล

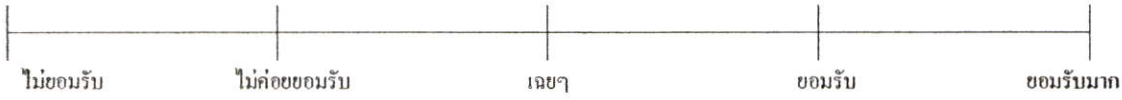
1.2 การยอมรับด้านลักษณะปรากฏ



2. กลิ่น

2.1 กลิ่นหืน

2.2 การยอมรับด้านกลิ่น



3. เนื้อสัมผัส

3.1 ความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส

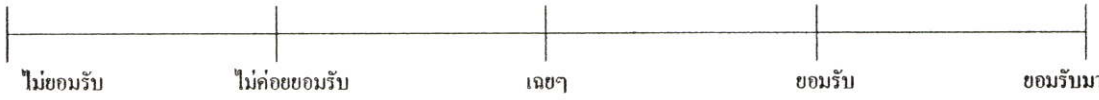
3.2 การยอมรับด้านเนื้อสัมผัส

4. รสชาติ

4.1 รสชาติผิดปกติ

4.2 การยอมรับด้านรสชาติ

5. ความยอมรับโดยรวม

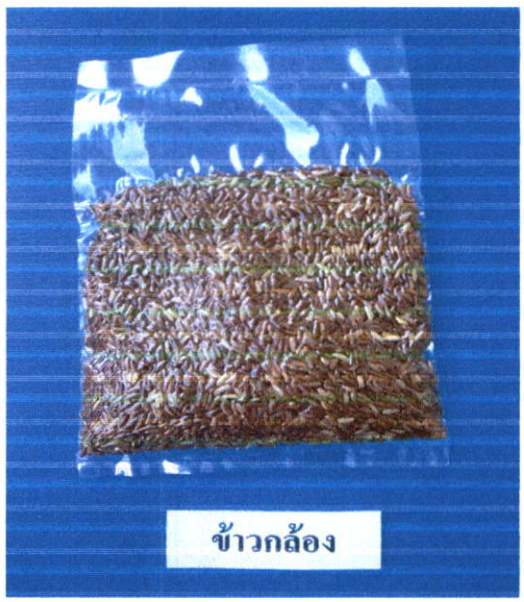


วิจารณ์.....

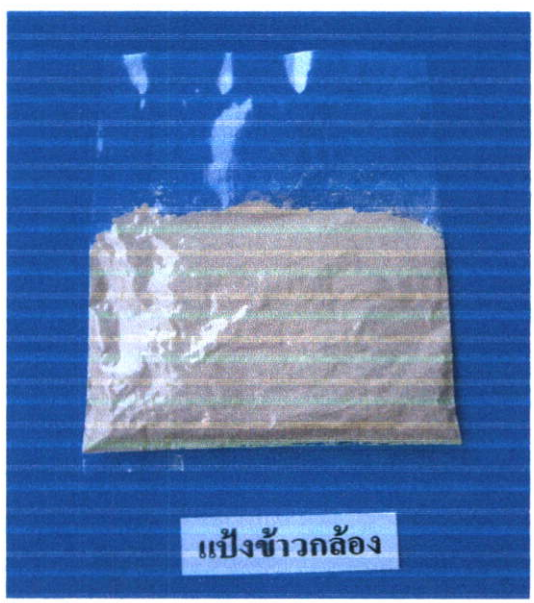
.....

ภาคผนวก ง

ภาพแป้งข้าวกล้องและผลิตภัณฑ์มัฟฟิน



ภาพที่ ค1 ข้าวกล้อง**พันธ์**หอมมะลิแดงสุรินทร์



ภาพที่ ค2 แป้งข้าวกล้อง**พันธ์**หอมมะลิแดงสุรินทร์

ภาพที่ ค3 มัฟฟินแป้งข้าวกล้อง 80%

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสถิรัตต์ แก้วมณี เกิดวันที่ 18 มกราคม 2525 ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต(วท.บ.) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2546 ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2549