การยืดอายุการเก็บพายไส้เผือกโดยใช้สารคงความชื้นและการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

นางสาว ศิรินทิพย์ แสงสว่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1987-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SHELF-LIFE EXTENSION OF TARO PIE USING HUMECTANT AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING

Miss Sirintip Sangsawang

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN 974-53-1987-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การยืดอายุการเก็บพายไส้เผือกโดยใช้สารคงความชื้นและการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ
โดย	นางสาว ศิรินทิพย์ แสงสว่าง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ

คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

……กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิรินทิพย์ แสงสว่าง : การยืดอายุการเก็บพายไส้เผือกโดยใช้สารคงความชื้นและการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ. (SHELF-LIFE EXTENSION OF TARO PIE USING HUMECTANT AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING) อ. ที่ปรึกษา: อ.ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ, 111 หน้า. ISBN 974-53 -1987-2

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาพายไส้เผือกให้ยาวนานขึ้น โดยใช้สารคงความชื้น (humectant) และการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ ในขั้นต้นเลือกสูตรเปลือกพายที่ใช้ในการผลิตตลอดงานวิจัยโดยแปรชนิดไขมันในสูตรเป็น 2 ชนิดได้แก่เนยสดและมาการีน ผลการทดลองพบว่า สูตรเนยสดได้คะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านความชอบจากผู้ทดสอบสูงกว่าสูตรมาการีน จึงเลือกสูตรเนยสดเป็นสูตรที่ใช้ผลิตเป็นเปลือกพายตลอดงานวิจัย ซึ่งพายไส้เผือกที่ได้มีค่า a_w ของเปลือกเป็น 0.78 และค่า a_w ของไส้เป็น 0.91 ในการศึกษาเพื่อลดการเกิด moisture migration ระหว่างเปลือกพายและไส้เผือกโดยใช้สาร humectant ได้แก่ น้ำตาลฟรักโตส และ กลีเซอรอล พบว่าการแทนที่น้ำตาลซูโครสปริมาณ 30% ในสูตรไส้เผือกทั้งหมด ด้วยน้ำตาลฟรักโตส 15% ร่วมกับ กลีเซอรอล 15% โดยน้ำหนักสามารถลดค่าa_w ของไส้จาก 0.91 เป็น 0.78 และได้รับ คะแนนความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุด และพบว่าการใช้ humectant ช่วยลดการเกิด moisture migration การหืน และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จาก 7 วัน เป็น 14 วัน เมื่อบรรจุใน ถุง polypropylene (PP) ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C

การศึกษาการยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์พายไส้เผือกสูตรที่บรรจุในถุง Polyvinylidene Chloride oriented polypropylene and polyethylene film (PVDC/OPP/PE) ในสภาพบรรยากาศ 5 ภาวะได้แก่ อากาศปกติ, อากาศปกติที่กำจัด ก๊าซ O_2 (air + O_2 absorber) , 20CO_2 /80 N_2 , 50CO_2 /50N_2และ 80CO_2 /20N_2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C พบว่าพายไส้เผือกสูตรทางการค้ามีอายุการเก็บ 7, 21,14, 28 และ 28 วันตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์พายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w มีอายุการเก็บ 14, 35, 21, 35 และ 35 วัน ตามลำดับ โดยการเก็บรักษาที่ภาวะ air + O_2 absorber และ 80CO_2 /20N_2 ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ยาวนานที่สุด อย่างไรก็ดี พบว่ามีการเจริญของ anaerobe organism ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่ภาวะ air + O_2 absorber

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ....เทคโนโลยีทางอาหาร.... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ....เทคโนโลยีทางอาหาร.... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2547

#4572513023 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: TARO PIE/ HUMECTANT/ MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING/ GLYCEROL/ FRUCTOSE

SIRINTIP SANGSAWANG : SHELF-LIFE EXTENSION OF TARO PIE USING HUMECTANT AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING. THESIS ADVISOR : UBONRAT SIRIPATRAWAN, Ph.D. 111 pp. ISBN 974-53-1987-2.

The objective of this research was to study the impacts of humectant and modified atmosphere packaging (MAP) on the shelf life extension of taro pie. The optimal recipe for preparing the commercial taro pie (control sample) was determined. Butter was used as fat composition in the pie crust recipe since it gave better sensory qualities when compared to margarine. Crust and filling of the taro pie had a_w value of 0.78 and 0.91, respectively. Due to the difference of a_w values between pie crust and taro filling, moisture migration between crust and filling was observed. The effect of humectants to reduce moisture migration between crust and filling was studied using various concentrations of fructose and glycerol. The result showed that replacing sucrose in the taro filling with 15% (w/w) fructose combined with 15% (w/w) glycerol could reduce a_w of taro filling from 0.91 to 0.78, while maintaining the acceptable sensory properties. Using humectant could decrease moisture migration, lipid oxidation, microbial growth and extend the shelf life of taro pie from 7 days to14 days when packaged in a polypropylene (PP) bag at 30 ^{o}C.

The effect of MAP on the shelf life of taro pie was determined. The results showed that when packaged under different gas conditions including air, air + O_2 absorber ,20CO_2/80 N_2, 50CO_2/ 50N_2 and 80CO_2/20N_2 in a polyvinylidene chloride coated with oriented-PP and polyethylene (PVDC/ OPP/PE)bag and stored at 30 ^{o}C the commercial taro pie had shelf life of 7 days, 21days, 14days, 28 days and 28 days, respectively, while the reduced-a_w taro pie had shelf life of 14 days, 35days, 21days, 35 days and 35 days, respectively. All MAP conditions were found the growth of aerobic microorganisms. Samples packaged in air + O_2 absorber and 80 CO_2/20N_2 had the longest shelf life. However anaerobe was evident in the air + O_2 absorber condition.

Department ….FOOD TECHNOLOGY…. Student's signature.....

Field of study …FOOD TECHNOLOGY…. Advisor's signature.....

Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้จากความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่เมตตา และให้คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ในงานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และกราบขอบพระคุณอาจารย์ ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล ในความกรุณาแนะนำและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พันธิพา จันทวัฒน์ ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ และอาจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าเพื่อแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย และบริษัทรินดา อินเตอร์ฟูดส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนวิจัย ขอขอบพระคุณ คุณวิมลรัตน์ และบริษัทจาร์พาร์ เทคเซนเตอร์จำกัด ที่อำนวยความสะดวกและแนะนำการใช้เครื่องวิเคราะห์ในงานวิจัย ขอขอบคุณเพื่อนนิสิต และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ตลอดจนครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุน ทำให้การทำงานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฌ
บทที่
1 บทนำและวัตถุประสงค์ 1
2 วารสารปริทัศน์ 3
2.1 ผลิตภัณฑ์เพสตรี 3
2.2 ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์เพสตรี 4
2.3 แป้งเผือก 6
2.4 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมอบ 6
2.4.1 การเสื่อมเสียทางกายภาพ (physical deterioration) 6
2.4.2 การเสื่อมเสียทางเคมี (chemical deterioration) 7
2.4.3 การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ (microbiological deterioration) 8
2.5 ความสำคัญของค่า water activity (a_w) 11
2.5.1 สารลดค่า a_w (humectant) 12
2.6 การปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ (Modified Atmosphere Packaging) 13
2.6.1 ชนิดและคุณสมบัติของก๊าซในการปรับสภาพบรรยากาศ 14
2.6.2 สารดูดกลืนออกซิเจน (Oxygen absorber) 16
2.6.3 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา. 16
3 การทดลอง 18
3.1 ศึกษาสูตรในการผลิตพายไส้เผือก 21
3.1.1 เตรียมไส้เผือกสูตรทางการค้า 22
3.1.2 ผลิตพายไส้เผือก 22
3.1.3 ศึกษาสูตรในการผลิตพายไส้เผือก 23

3.2 ศึกษาการใช้สาร humectant เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ 24
3.2.1 ศึกษาการใช้สาร humectant ชนิดเดียวได้แก่น้ำตาลฟรักโตสและกลีเซอรอล ในการลดค่า a_w ของไส้เผือก 24
3.2.2 ศึกษาการใช้สาร humectant ชนิดผสมได้แก่น้ำตาลฟรักโตสและกลีเซอรอล ในการลดค่า a_w ของไส้เผือก 25
3.2.3 วิเคราะห์คุณสมบัติของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w 26
3.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาพายไส้เผือกที่อุณหภูมิ 30° C 26
3.3.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า และสูตรลดค่า a_w 26
3.3.2 ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า และสูตรลดค่า a_w 26
3.4 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาพายไส้เผือก ที่อุณหภูมิ 30° C 27
3.4.1 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า 27
3.4.2 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w 28
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 29
4.1 ศึกษาสูตรในการผลิตพายไส้เผือก 29
4.2 ศึกษาการใช้สาร humectant เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ 33
4.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาพายไส้เผือกที่อุณหภูมิ 30° C 39
4.4 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาพายไส้เผือก ที่อุณหภูมิ 30° C 47
4.4.1 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า 47
4.4.2 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w 66
5 สรุปผลการทดลอง 85
ข้อเสนอแนะ 87
รายการอ้างอิง 88

ภาคผนวก 93
ภาคผนวก ก 94
ภาคผนวก ข 97
ภาคผนวก ค 98
ภาคผนวก ง 100
ภาคผนวก จ 105
ภาคผนวก ฉ 106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 111

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การเจริญและสร้างสารพิษของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีระดับ a_w แตกต่างกัน 10
3.1 สูตรการผลิตไส้เผือก 22
3.2 สูตรการผลิตเปลือกพาย 23
3.3 ตารางแสดงสูตรไส้เผือกที่ใช้สาร humectant ชนิดเดียวในการลดค่า a_w 24
3.4 ตารางแสดงสูตรไส้เผือกที่ใช้สาร humectant ชนิดผสมในการลดค่า a_w 25
4.1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติเปลือกพายสูตรเนยสดและสูตรมาการีน 29
4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติเปลือกพายสูตรเนยสดและสูตรมาการีน 30
4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเปลือกพายสูตรเนยสดและสูตรมาการีน 30
4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสเปลือกพายสูตรเนยสด และสูตรมาการีน 30
4.5 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของไส้เผือกสูตรทางการค้า 32
4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกสูตรทางการค้า 32
4.7 ผลวิเคราะห์ค่า a_w และผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดเดียวในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ 34
4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ในไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดเดียวในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ 34
4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดเดียวในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ 35
4.10 ผลวิเคราะห์ค่า a_w และผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดผสมในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ 37
4.11 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ในไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดผสมในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ 37
4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดผสมในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ 38

ตารางที่ หน้า

4.13 ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ความสว่าง (L) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ของไส้เผือกสูตรลดค่า a_w 38
4.14 ผลวิเคราะห์ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA และค่า pH ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30^O C 40
4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA และค่า pH ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30^O C..... 40
4.16 ผลวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30^O C 41
4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30^O C 41
4.18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30^O C 43
4.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30^O C..... 44
4.20 ปริมาณจุลินทรีย์ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30^O C..... 46
4.21 ผลวิเคราะห์ปริมาณก๊าซ O_2 ก๊าซ CO_2 ที่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 48
4.22 ผลวิเคราะห์ค่า a_wของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ..... 50
4.23 ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส(hardness) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 51
4.24 ผลวิเคราะห์ค่าTBA และค่า pH ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ..... 52
4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส(hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 0..... 54
4.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส(hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 7..... 54

ตารางที่ หน้า

4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส(hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 14 55
4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส(hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 21 55
4.29 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 59
4.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 0 60
4.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 7 60
4.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 14 61
4.33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 21 61
4.34 ผลวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 64
4.35 ผลวิเคราะห์ปริมาณก๊าซ O_2 ก๊าซ CO_2 ที่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรลดค่าa_w ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 67
4.36 ผลวิเคราะห์ค่า a_wของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 68
4.37 ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส(hardness) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 69
4.38 ผลวิเคราะห์ค่าTBA ค่า pH และ ค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 70
4.39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 0 71

ตารางที่ หน้า

4.40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 7 72
4.41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 14 72
4.42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 21 73
4.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 28 73
4.44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าa_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 35 74
4.45 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 77
4.46 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 78
4.47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 0 79
4.48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 7 79
4.49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 14 80
4.50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 21 80
4.51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 28 81

ตารางที่ หน้า

4.52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 35 81
4.53 ผลวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 83
ฉ.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30^{O} C (จากรูปที่ 4.1-4.3) 106
ฉ.2 ผลวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพายและไส้เผือกผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (จากรูปที่ 4.4-4.5) 107
ฉ.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (จากรูปที่ 4.6-4.9) 108
ฉ.4 ผลวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) ของไส้เผือกผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (จากรูปที่ 4.10) 109
ฉ.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_wเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (จากรูปที่ 4.11-4.14) 110

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ปฏิกิริยา Autoxidation 8

2.2 ความสัมพันธ์ของระดับ a_w ต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆ 9

2.3 ความสัมพันธ์ของระดับ a_w ต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ 20 ^{O} C 11

4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีเปลือกของผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ^{O} C 42

4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ^{O} C 42

4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ^{O} C 43

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพายสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 53

4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) ของไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 53

4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 56

4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 57

4.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 57

4.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 58

4.10 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพายสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 71

4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 74

รูปที่ หน้า

4.12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 75
4.13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ..... 75
4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 76
จ.1 แป้งเผือก..... 105
จ.2 พายไส้เผือก 105

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมสูงในประเทศไทย เนื่องจากมีรสชาติดี ให้คุณค่าทางโภชนาการและความสะดวกรวดเร็วในการเลือกรับประทานตามสภาพสังคมที่เร่งรีบ ทำให้มูลค่าของธุรกิจเพิ่มสูงตามความต้องการของตลาด (นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ, 2541) อย่างไรก็ดี สินค้าขนมอบมีข้อจำกัดในเรื่องอายุการเก็บสินค้า เนื่องจากรูปแบบการรับประทานของผลิตภัณฑ์เป็นสินค้าสดวางขายที่อุณหภูมิห้อง ทำให้มีระยะเวลาในการวางจำหน่ายสั้น ซึ่งส่งผลทำให้ต้นทุนในการขนส่งเพื่อกระจายสินค้าเพิ่มสูงยิ่งขึ้น

ผลิตภัณฑ์ประเภทพายมีไส้ เป็นขนมอบประเภทหนึ่งที่มีวางจำหน่ายทั่วไป ตามร้านขนมอบ ร้านสะดวกซื้อและห้างสรรพสินค้า เนื่องจากผลิตภัณฑ์เป็นที่นิยมของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์มีความหลากหลาย เป็นได้ทั้งอาหารคาวและของหวานขึ้นอยู่กับชนิดของไส้ภายใน เช่น ไส้เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ไส้ผลไม้กวน ไส้ข้าวโพด ไส้เผือก และไส้ลูกตาลเชื่อม เป็นต้น โดยสามารถรับประทานได้ทั้งมื้อหลักหรือเสริมเป็นอาหารว่าง (อัจฉรา ชินาลัย, 2534) อย่างไรก็ดี ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มักจะมีอายุการเก็บสั้น เนื่องจากการเสื่อมเสียทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล่าวคือ พายมีไส้เป็นขนมอบที่มีความแตกต่างของความชื้นในแต่ละส่วนของชิ้นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ส่วนของแป้งพายที่กรอบมีค่า moisture content และ ค่า water activity ต่ำ และส่วนของไส้ที่มักมี moisture content และ water activity สูงกว่า ทำให้ในระหว่างการเก็บรักษาเกิดการเคลื่อนย้ายของความชื้น(moisture migration) ภายในเนื้ออาหาร (Labuza and Hyman, 1998) ส่งผลให้อาหารมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและการเจริญของจุลินทรีย์เมื่ออาหารมีระดับ water activity สูงมากขึ้น ซึ่งการปรับสูตรของผลิตภัณฑ์ให้ความชื้นของเนื้ออาหารในแต่ละส่วนเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยการใช้สารคงความชื้น (humectant) หรือสารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ก่อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จะช่วยยับยั้งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้

การยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารโดยการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์อาหาร (Modified Atmosphere Packaging , MAP) เป็นวิธีที่ใช้เพื่อยืดอายุการเก็บของอาหาร โดยอาศัยแนวคิดในการปรับอัตราส่วนก๊าซของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ให้ต่างจากบรรยากาศปกติ (air) ซึ่งอาจเป็นการใช้ก๊าซเพียงชนิดเดียวหรือ ใช้ก๊าซหลายชนิดผสมกันหรือเป็นการดึงอากาศทั้งหมดออกจากบรรยากาศรอบอาหารทำให้เกิดสภาพสุญญากาศ (vacuum) เพื่อลดปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) ให้เหลือน้อยที่สุด ทำให้ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต และยับยั้ง

ปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณก๊าซบางชนิดเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษา (Philips, 1996) อย่างไรก็ดีในการเก็บรักษายังมีปัจจัยอื่นที่ควรคำนึงถึงร่วมด้วยได้แก่ ชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร ชนิดของบรรจุภัณฑ์ และภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นๆ

วัตถุประสงค์

เพื่อยืดอายุการเก็บพายไส้เผือกโดยใช้สารคงความชื้นและการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ มีวัตถุประสงค์ย่อยดังต่อไปนี้

1. ศึกษาสูตรในการผลิตพายไส้เผือก
2. ศึกษาการใช้สาร humectant เพื่อลดการเกิด moisture migration ระหว่างเปลือกพายและไส้เผือก
3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของพายไส้เผือกที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C
4. ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บพายไส้เผือกที่อุณหภูมิ 30^{o}C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

พายเพสตรีเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทหนึ่งประกอบด้วยส่วนเปลือก(crust)และส่วนไส้ (filling) โดยส่วนเปลือกจะมีลักษณะกรอบร่วน มีส่วนผสมหลักได้แก่แป้งสาลีและไขมัน ผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มได้แก่ พัฟเพสตรี พาย ทาร์ตและครีมพัฟ สามารถนำมาประกอบกับไส้ได้หลายชนิดเป็นได้ทั้งอาหารคาว อาหารว่างและของหวาน (อัจฉรา ชินาลัย, 2534) ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขนมอบเพสตรี แต่ละชนิดจะแตกต่างกันในวิธีผสมแป้งกับไขมันและ วิธีการผลิต ซึ่งทำให้ได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

2.1 ผลิตภัณฑ์เพสตรี แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

<u>พัฟเพสตรี</u> เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมหลักได้แก่แป้งสาลี ไขมัน และ น้ำ อาจมีส่วนผสมอื่นเพิ่มได้แก่ ไข่ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต เป็นต้น แตกต่างกันตามสูตรของผลิตภัณฑ์ โดยชนิดของไขมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ มี 2 ชนิดได้แก่ เนยขาว (shortening) และเพสตรีมาการีน เนยขาวเป็นไขมันที่ใช้ผสมกับแป้งสาลีและน้ำ เพื่อเตรียมก้อนโด (dough) มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าเพสตรีมาการีน ส่วนเพสตรีมาการีนเป็นไขมันอีกชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นชั้นไขมันมีจุดหลอมเหลวสูง พัฟเพสตรีที่อบสุกแล้ว ส่วนของแป้งพายจะพองเป็นชั้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสกรอบน่ารับประทาน โดยการขึ้นชั้นของแป้งโดเกิดจากวิธีการผลิตที่รีดชั้นแป้งและชั้นไขมันสลับกันหลายครั้ง การให้ความร้อนในระหว่างการอบจะทำให้น้ำที่มีอยู่ในแป้งโดเดือด เกิดการพองตัวของชั้นโด ซึ่งปริมาณของเพสตรีมาการีนที่ใช้จะมีผลต่อความหนาของชั้นไขมันระหว่างชั้นแผ่นแป้งโดและจำนวนชั้นแป้งโด ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาตรและความสูงของผลิตภัณฑ์หลังอบ (Doerry, 1998)

<u>พายและทาร์ต</u> เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกรอบร่วนไม่มีการขึ้นฟู ทำจากโดที่มีความชื้นต่ำและมีไขมันสูง ส่วนประกอบสำคัญได้แก่แป้งสาลีชนิดที่มีโปรตีนประมาณ 10-11 % ไขมัน น้ำ น้ำตาลและเกลือ (อัจฉรา ชินาลัย, 2534) แป้งทาร์ตจะมีส่วนผสมคล้ายแป้งพายแต่จะมีปริมาณน้ำตาลมากกว่า นิยมบรรจุร่วมกับไส้ที่เป็นของหวานหรือผลไม้สด ในการผสมแป้งพายและแป้งทาร์ต มี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก เป็นการผสมไขมันกับแป้งโดยการตัดไขมันเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับแป้งเพื่อให้แป้งหุ้มไขมันจนมีลักษณะ เป็นเม็ดร่วน ขั้นตอนที่สองจะเป็นการเติมน้ำและ

ส่วนผสมอื่นๆที่ละลายน้ำได้ ผสมให้เกิดเป็นก้อนโด จากนั้นพักไว้ในตู้เย็นเพื่อให้ไขมันแข็งตัวพอที่จะรีดเป็นแผ่นบาง ใส่ในพิมพ์ และบรรจุไส้ตามต้องการ

ครีมพัฟ เรียกอีกชื่อว่า ชูว์ เพสตรี เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งที่กวนสุกจนเกิดเป็นเจลด้วยน้ำและไขมันจากนั้นผสมไข่ การขึ้นฟูของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ขณะอบเกิดจากการพองตัวของแป้งและไข่กับไอน้ำเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งสามารถใช้สารแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตเพื่อช่วยในการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ขนมอบร่วมด้วยก็ได้ ผลิตภัณฑ์หลังอบจะพองฟูเพิ่มปริมาตรจากเดิม 2-3 เท่า โครงสร้างภายในกลวงจึงสามารถใช้บรรจุไส้ต่างๆ ได้ โดยทั่วไปจะทำให้สุกโดยใช้การอบ เช่น ผลิตภัณฑ์เอแคลร์ แต่บางกรณีใช้การทอด เช่น ทองพลุ ชูว์พิซซ่า

2.2 ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์เพสตรี

แป้งสาลี โปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของแป้งสาลีที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบได้แก่ โปรตีน gliadin และ glutenin ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างกลูเตน (gluten) ที่จำเป็นต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมอบชนิดต่างๆ (Bailey, 1941) โดยแป้งสาลีที่ใช้ผลิตขนมอบแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังต่อไปนี้

แป้งโปรตีนสูง มีปริมาณโปรตีนประมาณ 12-14 % ได้จากข้าวสาลีชนิดแข็งเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ขนมปัง แป้งสาลีชนิดนี้จะมีสีขาวนวลเข้มมากกว่าแป้งชนิดอื่น เนื้อแป้งหยาบ

แป้งโปรตีนต่ำ มีปริมาณโปรตีนประมาณ 7-9 % ได้จากข้าวสาลีชนิดอ่อน เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์เค้กชนิดต่างๆ แป้งสาลีชนิดนี้จะมีสีขาวมากกว่าแป้งชนิดอื่น เนื้อแป้งละเอียด

แป้งโปรตีนปานกลาง โดยทั่วไปมักเรียกว่า แป้งอเนกประสงค์ มีปริมาณโปรตีน ประมาณ 10-11% ได้จากการผสมแป้งสาลีชนิดแข็งและอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสม แป้งสาลีชนิดนี้จะมีสีขาวนวลอ่อนกว่าแป้งสาลีชนิดโปรตีนสูงเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์เพสตรี ประเภทต่างๆ ขนมปังกรอบ และคุกกี้ (นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ, 2541)

ไขมัน ไขมันและน้ำมัน มีโครงสร้างทางเคมี ซึ่งประกอบด้วโมเลกุลกรดไขมัน และกลีเซอรอลที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเอสเทอร์ (Nawar, 1996) ตัวอย่างของไขมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้แก่ เนยสด มาการีน และเนยขาว เป็นต้น ซึ่งอาจผลิตได้จากทั้งพืชและสัตว์ เนยสดเป็นไขมันที่ให้กลิ่นรสดีที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ แต่มีคุณสมบัติในการเป็นครีมค่อนข้างต่ำ การใช้เนยสดเพียงอย่างเดียวในส่วนผสมของไขมันในผลิตภัณฑ์เค้ก จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาตรต่ำ และมีเนื้อสัมผัสหยาบเมื่อเทียบกับการใช้เนยขาวชนิดคุณภาพดี อย่างไรก็ดีการใช้เนยสดในผลิตภัณฑ์ขนมอบจะให้กลิ่นรสดีกว่าเมื่อเทียบกับไขมันชนิดอื่น ส่วนมาการีนหรือ

เนยเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพืชหรือสัตว์ มีปริมาณไขมันไม่น้อยกว่า 80 % ซึ่งใกล้เคียงกับเนยสด

ไขมันในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมอบมีหน้าที่ให้ความอ่อนนุ่ม หล่อลื่นกลูเตน จับอากาศและกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้นทำให้เพิ่มปริมาตรในผลิตภัณฑ์ขนมปังและเค้ก และในผลิตภัณฑ์คุกกี้และพาย ไขมันทำให้เกิดความคงตัว ให้ปริมาตรและโครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2541)

<u>น้ำตาล</u> น้ำตาลที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่คือน้ำตาลซูโครส หรือ น้ำตาลทรายขาว (granulated sugar) มีความละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ น้ำตาลทรายชนิดละเอียดจะสามารถกระจายตัวและละลายได้ดีกับส่วนผสมแป้ง และช่วยให้โดมีความคงตัวมากยิ่งขึ้น ในผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของน้ำในสูตรการผลิตน้อยได้แก่ผลิตภัณฑ์พายเพสตรี อาจมีน้ำตาลบางส่วนที่ละลายไม่หมด จึงควรใช้น้ำตาลชนิดละเอียดที่สามารถละลายได้ง่ายกว่าการใช้น้ำตาลทรายชนิดหยาบ (นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ, 2541) ส่วนในผลิตภัณฑ์คุกกี้ การใช้น้ำตาลทรายชนิดหยาบจะช่วยให้คุกกี้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและขยายตัวได้มากกว่าน้ำตาลทรายชนิดละเอียด (ชมดาว สิกขมณฑล, 2540)

หน้าที่ของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้แก่ ให้ความหวาน สี กลิ่นรส และความชุ่มชื้นแก่ผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นอาหารของยีสต์ระหว่างกระบวนการหมักและช่วยในการตีครีมและตีไข่ให้มีความคงตัว (จริยา เดชกุญชร, 2547) นอกจากนี้ยังให้คุณสมบัติในการลดค่า water activity (a_w) (Cauvain and Young, 2000)

<u>เกลือ</u> เกลือที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบคือ sodium chloride ที่ป่นละเอียดมีหน้าที่ให้รสชาติกับผลิตภัณฑ์ ควบคุมการทำงานของยีสต์และยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ช่วยให้กลูเตนของโดมีกำลังในการยืดตัวและช่วยลดค่า a_w จึงสามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Williams and Pullen, 1998 ; Cauvain and Young, 2000)

<u>น้ำ</u> เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญในการผลิตพายและพัฟเพสตรี โดยในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ จะใช้น้ำอุณหภูมิต่ำเพื่อช่วยให้ไขมันในส่วนผสมแข็งตัวได้นานไม่หลอมเหลวเร็วจนเกินไป (นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ, 2541)

2.3 แป้งเผือก

เผือก เป็นพืชหัวที่เป็นแหล่งของแป้ง กัม และแร่ธาตุต่างๆ แต่มีไขมัน โปรตีนและวิตามินต่ำ (Nip et al., 1989a) จัดอยู่ในตระกูล Araceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Colocasia esculenta* L. Schott พันธุ์ที่นิยมปลูกทางการค้ามากที่สุดคือ เผือกหอม ซึ่งเป็น dasheen type Tagodoe and Nip (1994)การศึกษาส่วนประกอบของแป้งเผือกที่ผลิตจากเผือกที่ปลูกจากหลายแหล่งและมีวิธีการผลิตเป็นแป้งเผือกด้วยวิธีต่างๆพบว่าแป้งเผือกดังกล่าวจะมีความชื้น 5.9-9.7 % คาร์โบไฮเดรต 84.3-88.3 % ไขมัน 0-0.8 % โปรตีน 2.0-3.6% ใยอาหาร 5.5-9.9 % มีการประยุกต์ใช้แป้งเผือกในผลิตภัณฑ์ขนมอบและอาหารหลายชนิด เช่น คุกกี้ บิสกิต ขนมปัง อาหารเด็ก ขนมขบเคี้ยว และ ไอสกรีม (Hong and Nip, 1990 ; Nip et al., 1994)

2.4 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

สาเหตุการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบมักเกิดจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

2.4.1 การเสื่อมเสียทางกายภาพ (physical deterioration)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของขนมอบระหว่างการเก็บรักษา ที่สำคัญได้แก่ การได้รับหรือสูญเสียความชื้นภายในอาหารหรือระหว่างอาหารกับสิ่งแวดล้อม ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง การเคลื่อนย้ายของความชื้นภายในส่วนเนื้ออาหารเดียวกัน (moisture migration) และ staling คือสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ โดยการ staling เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากการเกิด retrogradation โดยการเกาะกันของอะไมโลสในสายที่คู่ขนานกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้ส่วนเปลือกขนมปัง (crust) มีลักษณะแห้ง และเนื้อแป้ง (crumb) ด้านในเปลี่ยนเป็นร่วนและมีสีขาวขุ่น โดยทั่วไปขนมปังมีการเสื่อมเสียของคุณภาพเริ่มตั้งแต่นำขนมปังออกจากเตาอบ และการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งไม่เหมาะแก่การบริโภคหลังเก็บรักษาไว้ 2-5 วัน ซึ่งอะไมโลส จะเกิด retrogradation ได้เร็วกว่าอะไมโลเพกตินมาก ดังนั้นผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทำจากแป้งสาลีที่มีปริมาณอะไมโลสมากมักเสื่อมเสียและมีอายุการเก็บสั้น อย่างไรก็ดีการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ขนมปังอีกครั้งหนึ่ง (reheat) ก่อนการรับประทานจะช่วยให้ขนมปังกลับมานุ่มได้อีก (Schiffmann, 1987)

ผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่มักมีองค์ประกอบหลายส่วน (multi-domain food) เช่น ผลิตภัณฑ์พายเพสตรีที่มีไส้บรรจุภายใน ผลิตภัณฑ์พิซซ่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังใส่ไส้ต่างๆ และผลิตภัณฑ์คุกกี้สอดไส้ เป็นต้น โดยในระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายในผลิตภัณฑ์จากความแตกต่างของความชื้นและค่า a_w ในแต่ละส่วนของผลิตภัณฑ์ ทำให้

เกิดการเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำ จากส่วนที่มีความชื้นและค่า a_w สูงกว่าไปสู่ส่วนที่ต่ำกว่าอย่างต่อเนื่องจนถึงภาวะสมดุล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากที่มีความกรอบและความชื้นต่ำ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงขึ้นและสูญเสียความกรอบ ซึ่งส่วนที่มีความชื้นมากกว่าเมื่อสูญเสียความชื้นจะเกิดการการตกผลึกของน้ำตาลหากมีน้ำตาลในส่วนผสมในปริมาณมาก และการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Roos, 1995; Labuza and Hyman, 1998)

2.4.2 การเสื่อมเสียทางเคมี (chemical deterioration)

ผลิตภัณฑ์ขนมอบมักมีส่วนประกอบที่เป็นไขมันในปริมาณสูง ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยา rancidity การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวในผลิตภัณฑ์ขนมอบ นอกจากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสแล้ว ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ปฏิกิริยา rancidity ในผลิตภัณฑ์อาหาร เกิดได้จาก 2 ปฏิกิริยาหลักได้แก่ hydrolytic rancidity และ oxidative rancidity (Ho and Hartman, 1993)

Hydrolytic rancidity เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการ hydrolysis ไขมัน ทำให้ไขมันเกิดการแตกตัวได้ glycerol และ กรดไขมันอิสระ ซึ่งเป็นโมเลกุลสายสั้นและมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โดยปริมาณความชื้นที่มากและเอนไซม์บางชนิดได้แก่ lipase มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (Nawar, 1996)

Oxidative rancidity คือการ decomposition ของไขมันเมื่อสัมผัสกับก๊าซ O_2 ทำให้เกิดกลิ่นหืนอย่างรวดเร็ว (lipid oxidation) ซึ่งการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ lipoxygenase สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ oxidative rancidity จะเกิดได้ง่ายกับไขมันที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) อาจเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า autoxidation โดยกลไกการเกิดแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.1ในขั้นเริ่มต้น (initiation) เป็นการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไขมันและก๊าซ O_2 ที่ถูกกระตุ้นด้วย catalysts ต่างๆ เช่น ความร้อน แสง และโลหะหนัก เป็นต้น เกิดเป็นสาร free radical ($R^{\cdot}$) ในปฏิกิริยาขั้นที่2 (propagation) free radical ($R^{\cdot}$) จากปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้น จะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับก๊าซ O_2 เกิดเป็น peroxide radical ($RO_2^{\cdot}$) และ peroxide radical ($RO_2^{\cdot}$) และจะทำปฏิกิริยาต่อกับไขมันโมเลกุลอื่นได้เป็น hydroperoxide (ROOH) และ free radical ($R^{\cdot}$) สำหรับปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย (termination) คือการทำปฏิกิริยาของ free radical ($R^{\cdot}$) ที่ได้จากการสลายตัวของไขมันโมเลกุลอื่น กับ free radical ($R^{\cdot}$) หรือ peroxide radical ($RO_2^{\cdot}$) จากปฏิกิริยาขั้นที่2 รวมถึงการทำปฏิกิริยาระหว่างสาร peroxide radical ($RO_2^{\cdot}$) เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่คงตัว (unstable compound) สามารถสลายตัวและทำให้เกิดสารประกอบทั้งที่เป็น volatile compound และ

nonvolatile compound ชนิดต่าง ๆ เช่น aldehydes, ketones, furans, alcohols และอื่นๆ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของไขมัน (Ho and Hartman, 1993)

RH	heat, light, metal, etc. ---------->	$R^{\cdot} + H^{\cdot}$	ขั้นเริ่มต้น (initiation)
$R^{\cdot} + O_2$	---------->	$RO_2^{\cdot}$	ขั้นที่2 (propagation)
$RO_2^{\cdot} + RH$	---------->	$ROOH + R^{\cdot}$	
$R^{\cdot} + R^{\cdot}$	---------->	R-R	ขั้นสุดท้าย (termination)
$R^{\cdot} + ROO^{\cdot}$	---------->	ROOR	
$ROO^{\cdot} + ROO^{\cdot}$	---------->	$ROOR + O_2$	

รูปที่ 2.1 : ปฏิกิริยา Autoxidation

ที่มา : Ho and Hartman (1993)

การเกิด oxidation ของไขมันจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารสัมผัสกับอากาศ มีผลทำให้กลิ่นรสและสีของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง (Matsushita, 1990) และปัจจัยที่มีผลต่อ lipid oxidation ของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ระยะเวลา, อุณหภูมิในการเก็บรักษา, แสงและก๊าซ O_2 โดย Labuza and Schmidl (1985) และ Yang (1998) รายงานว่าระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร

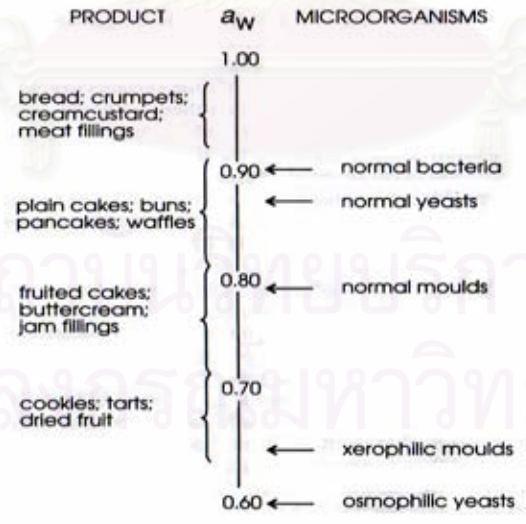
2.4.3 การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ (microbiological deterioration)

จุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดของการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยจุลินทรีย์ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่เสื่อมเสียได้แก่เชื้อรา ซึ่งพบมากในผลิตภัณฑ์ขนมปังและเค้กชนิดต่างๆ โดยการเจริญของจุลินทรีย์แต่ละประเภทในผลิตภัณฑ์อาหารจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับ a_w ของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ดี หากค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อาหารมีค่าน้อยกว่า 0.6 จุลินทรีย์จะถูกยับยั้งจนไม่สามารถเจริญเติบโต (Fennema, 1996) Legan and Voysey (1991) รายงานการเจริญของเชื้อ lactic acid bacteria และยีสต์ชนิด *Saccharomyces bacilli var. Osmophilus* ซึ่งทำให้เกิด

กลิ่นเปรี้ยวกลิ่นแอลกอฮอล์ และบรรจุภัณฑ์โป่งพองจากการสร้างก๊าซ CO_2 ในระหว่างการเจริญเติบโต กับผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทขนมปังครัมเปต

Blakistone (1999) รายงานการเจริญของจุลินทรีย์ต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีค่า a_w แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 พบว่าเชื้อแบคทีเรียจะเจริญและทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีค่า a_w เท่ากับหรือมากกว่า 0.90 เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมปัง ครัมเปตและไส้ของผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีความชื้นสูงได้แก่ไส้คัสตาร์ดครีมและไส้เนื้อสัตว์ สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีระดับ a_w เท่ากับ 0.70-0.90 เช่น เค้ก วัฟเฟิลจะพบการเจริญของเชื้อราและยีสต์ และผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีระดับ a_w ต่ำกว่า 0.70 จะพบการเจริญของเชื้อราชนิด xerophile และ ยีสต์ชนิด osmophile

นอกจากการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว จุลินทรีย์บางชนิดที่สร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ จะเจริญและสร้างสารพิษในผลิตภัณฑ์อาหารได้แตกต่างกันตามแต่ระดับ a_w ของผลิตภัณฑ์เช่นกัน จากตารางที่ 2.1 พบว่าเชื้อ *Clostridium botulinum* สามารถเจริญและสร้างสารพิษได้ในระดับ a_w เท่ากับ 0.94 และที่ระดับ a_w เท่ากับ 0.80 จะมีการสร้างสารพิษของเชื้อรา



รูปที่ 2.2 : ความสัมพันธ์ของระดับ a_w ต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆ

ที่มา : Blakistone (1999)

ตารางที่ 2.1 : การเจริญและสร้างสารพิษของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร ที่ มีระดับ a_w แตกต่างกัน

Range of a_w	**Microorganisms Inhibited**	**Examples of foods**
1.00-0.95	Some yeast, Gram negative rods, bacterial spores	Fresh foods, canned foods, processed cheese, bread, etc.
0.95-0.91	Most cocci, lactobacilli, vegetative cells of bacilli, some moulds	Mayonnaise, bacon, ham, some hard cheese
0.94	Growth and toxin production by all types of *Clostridium botulinum*	
0.91-0.86	Most yeast	Dry ham, jams, fruit juice concentrates, etc.
0.86	Aerobic growth of *Staphylococcus aureus*	
0.86-0.80	Most moulds	Fruit cake, sweetened condensed milk
0.80-0.75	Most halophilic bacteria	Salted fish, molasses, prunes, fondants
0.80	Production of mycotoxins	
0.75-0.65	Xerophilic moulds	Dates, figs,nuts
0.68	Practical limit for fungi	
0.65-0.60	Osmophilic yeasts	Confectionery products, honey
Below 0.60	No microbial growth	Dried milk, instant coffee, spices, flour , cereals,etc.

ที่มา : Zeuthen and Bogh-Sorensen (2003)

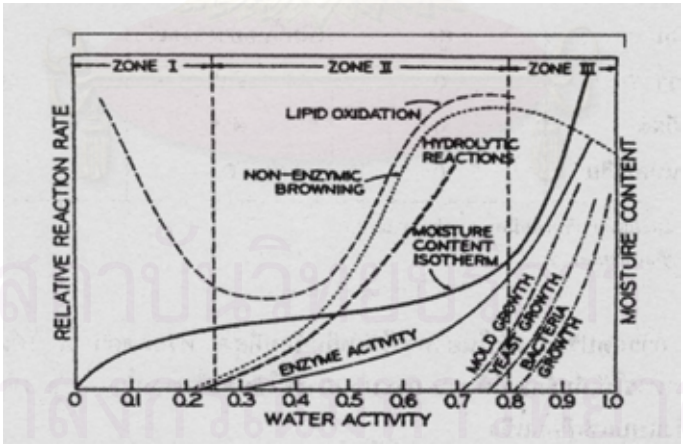
2.5 ความสำคัญของค่า water activity (a_w)

น้ำในผลิตภัณฑ์อาหารประกอบด้วย bound water ซึ่งเป็นน้ำที่มีความคงตัว ไม่แข็งตัวแม้ที่อุณหภูมิเยือกแข็ง (unfreezable water) และไม่สามารถใช้เป็นตัวทำละลายได้ capillary water เป็นน้ำที่อยู่ในโครงสร้างเนื้อเยื่อ มีบทบาทต่อการเกิด hysteresis ในอาหาร และ free water ซึ่งเป็นน้ำในรูปอิสระ ใช้เป็นตัวทำละลาย มีปริมาณแตกต่างกันตามชนิดของอาหาร เป็นน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ในการเจริญ และมีบทบาทในการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีของระบบ metabolism ภายในเซลล์จุลินทรีย์ การลดปริมาณน้ำจะช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์อาหาร ส่งผลให้อาหารมีอายุการเก็บนานยิ่งขึ้น โดยการเติมตัวถูกละลายในผลิตภัณฑ์อาหารอาจลดปริมาณน้ำอิสระในอาหารให้น้อยลงจนถึงระดับที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (Deman, 1990)

ค่า water activity (a_w) เป็นอัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหารที่ภาวะสมดุล (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (P_o) ที่อุณหภูมิเดียวกัน หรืออธิบายได้จากปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ (equilibrium relative humidity, ERH) ที่สัมผัสอาหารเมื่อระบบอยู่ในภาวะสมดุล (Fennema, 1996) ดังสมการต่อไปนี้

$$a_w = P / P_o = ERH / 100$$

ค่า a_w มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของอาหาร โดย อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเจริญของจุลินทรีย์จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่า a_w ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 : ความสัมพันธ์ของระดับ a_w ต่อการเกิด ปฏิกิริยาเคมี และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ 20^o C

ที่มา : Fennema (1976)

จากรายงานของ Williams (1976) พบว่าปฏิกิริยา lipid oxidation จะมีอัตราสูงสุดเมื่อมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.60-0.80 และจะเกิดในระดับต่ำสุดเมื่อมีค่า a_w 0.4-0.5 และที่ระดับ a_w สูงหรือต่ำกว่านี้

อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองของ Baker (2002) ซึ่งทดลองเก็บรักษาถั่วลิสงอบ (roasted peanuts) ที่ระดับ a_w ต่างๆ กันคือ 0.33-0.67 โดยเปรียบเทียบค่า peroxide เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าระดับ a_w มีผลกับอายุการเก็บรักษาถั่วลิสงอบ โดยที่ระดับ a_w เท่ากับ 0.67 มีอัตราการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation สูงสุดและลดลงตามลำดับจนถึงที่ระดับ a_w เท่ากับ 0.33 นอกจากนี้พบว่าค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส (flavor) ของถั่วลิสงอบลดลงเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นในระหว่างเก็บรักษา

2.5.1 สารลดค่า a_w (humectant)

การลดค่า a_wเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมอบ สารที่ใช้ในการลดค่า a_w หรือ humectant มีหลายชนิด เช่น น้ำตาลชนิดต่างๆ เกลือ กลีเซอรอล และ pregelatinized waxy maize starch เป็นต้น ทั้งนี้การเลือกใช้สารลดค่า a_w เพื่อเติมในผลิตภัณฑ์ควรคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ ได้แก่กลิ่นรส (flavor) ของสารที่ใช้ และต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค รวมถึงไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพด้านกายภาพและเคมีของอาหาร จนผู้บริโภคไม่ยอมรับในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Labuza and Hyman, 1998) humectant ที่นิยมใช้มีหลากหลายชนิด และสามารถลดค่า a_w ได้แตกต่างกัน จากรายงานของ Labuza and Hyman (1998) พบว่ากลีเซอรอลที่ความเข้มข้นอิ่มตัว 100% จะมีค่า a_w เท่ากับ 0 สารละลายซอร์บิทอล มีความเข้มข้นสารละลายอิ่มตัว 70% ให้ค่า a_w เท่ากับ 0.79 ในขณะที่น้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้นสารละลายอิ่มตัว 69% มีค่า a_w เท่ากับ 0.86 Cauvain and Young (2000) รายงานความสามารถในการลดค่า a_w ขึ้นกับ มวลโมเลกุล ปริมาณการแตกตัวเป็นอิออน ความสามารถในการละลาย และความเข้มข้นของสารที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ กล่าวคือสาร humectant ที่มีมวลโมเลกุลน้อยกว่า มีความสามารถในการแตกตัวเป็นอิออนและละลายในน้ำได้ดีกว่า และการใช้สารที่มีความเข้มข้นสูงในผลิตภัณฑ์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีค่า a_w ลดน้อยลงมากยิ่งขึ้น

<u>น้ำตาลฟรักโตส</u> (Fructose)

น้ำตาลฟรักโตส หรือ levulose เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจัดอยู่ในกลุ่มคีโตส สูตรโมเลกุลคือ $C_6H_{12}O_6$ พบมากในผลไม้ ผัก ธัญพืช และน้ำผึ้ง มีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 1.1-1.5 เท่า โดยจะมีความหวานลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น (Birch and Parker, 1982) ละลายได้ดีในน้ำ และการละลายจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และมีสมบัติ ดูดความชื้น (hygroscopic) โดยทั่วไปน้ำตาลที่ผลิตทางการค้าจะอยู่ในรูปที่ปราศจากน้ำ (anhydrous ß –D – fructopyranose) นิยมใช้เป็นสารให้ความหวานกับเครื่องดื่มชนิดต่างๆ และเป็นน้ำตาลชนิดที่ผู้ป่วยเบาหวานสามารถนำไปใช้ได้ (Deman, 1990)

นอกจากนี้น้ำตาลฟรักโตสยังสามารถใช้เป็นสารลดค่า a_w โดยน้ำตาลฟรักโตสที่ความเข้มข้นสารละลายอิ่มตัว 75 % มีค่า a_w เท่ากับ 0.63 (Labuza and Hyman, 1998) ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายเนื่องจากไม่ให้รสชาติแปลกปลอมเมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมักนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบหลายชนิด เช่น เค้ก และบิสกิต การใช้น้ำตาลฟรักโตสแทนที่น้ำตาลซูโครสในปริมาณที่เท่ากัน ช่วยให้ความชุ่มชื้นกับผลิตภัณฑ์ทำให้เค้กมีเนื้อสัมผัสนุ่มได้นาน จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และการใช้น้ำตาลฟรักโตสในผลิตภัณฑ์บิสกิต ทำให้เกิดปฏิกิริยา maillard reaction ได้ดีจึงทำให้บิสกิตมีสีสวยน่ารับประทาน (Birch and Parker, 1982)

<u>กลีเซอรอล</u> (Glycerol)

กลีเซอรอล หรือ กลีเซอรีน มีสูตรโมเลกุลคือ $C_3H_8O_3$ เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสหวานปนขม และมีความหวานประมาณ 0.6 เท่าของน้ำตาลซูโครส มีความ สามารถ ในการละลายที่ดีมากในอาหาร และมีคุณสมบัติเป็นสารลดค่า a_w จึงช่วยลดการเกิด moisture migration ช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Labuza and Hyman, 1998) โดย ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดมีการใช้กลีเซอรอลเป็นสารให้ความหนืดและปรับสภาพการตกผลึกในผลิตภัณฑ์ จึงช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดได้ (Cauvain and Young, 2000) นอกจากนี้กลีเซอรอลสามารถใช้ในการกักเก็บความชื้นในผลิตภัณฑ์เค้ก ทำให้เค้กมีเนื้อสัมผัสนุ่มนานยิ่งขึ้น (Cauvain and Young, 2000)

2.6 การปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ (Modified Atmosphere Packaging)

Modified Atmosphere Packaging (MAP) หมายถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆแตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บ ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ อัตราส่วนก๊าซที่บรรจุ และภาวะการเก็บ (Philips, 1996) อย่างไรก็ดี ชนิดและปริมาณของก๊าซรอบอาหาร เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่ออายุการเก็บของอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณก๊าซรอบอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซ O_2 จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ โดยเฉพาะเชื้อราซึ่งเป็นจุลินทรีย์หลักในการทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Wilbrandt, 1989) ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยลดปริมาณก๊าซ O_2 ให้น้อยลง จึงเป็นวิธีหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ขนมอบมักจำหน่ายในลักษณะผลิตภัณฑ์สดและมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 วัน การยืดอายุการเก็บรักษาโดยใช้วิธีการแช่เยือกแข็งทำให้ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนการผลิตที่สูงมากเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ Ooraikul (1991) ประเมินต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ขนมอบ 3 ชนิดได้แก่ ผลิตภัณฑ์ cheery

cream cheese cake carrot muffin และ butter pie โดยเปรียบเทียบการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยวิธี MAP และวิธีการแช่เยือกแข็ง พบว่าวิธี MAP ช่วยประหยัดพลังงานได้ถึง45 % และลดต้นทุนการผลิตลง14 % เมื่อเทียบกับการแช่เยือกแข็ง

อย่างไรก็ดีประสิทธิภาพของวิธี MAP . ในการช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน Ooraikul (1991) รายงานการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบได้แก่ cherry cream cheese cake และ chocolate danish โดยวิธี MAP ที่อุณหภูมิ 25° C เป็นเวลา 21 วันพบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บ 7 วัน cherry cream cheese cake มีปริมาณแบคทีเรียเท่ากับ 2×10^4 CFU/g ปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 2.9×10^4 CFU/g และในวันที่ 21 เพิ่มขึ้นเป็น ปริมาณแบคทีเรียเท่ากับ 1.8×10^6 CFU/g ปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 5.8×10^5 CFU/g อย่างไรก็ดีในผลิตภัณฑ์ chocolate danish พบว่าตลอดอายุการเก็บ 21 วัน ผลิตภัณฑ์มีปริมาณแบคทีเรียน้อยกว่า 300 CFU/g และปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 300 CFU/g เช่นกัน

2.6.1 ชนิดและคุณสมบัติของก๊าซในการปรับสภาพบรรยากาศ

ก๊าซออกซิเจน (O_2)

ก๊าซ O_2 เป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากทำให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมันในอาหารระหว่างการเก็บรักษา จึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหารด้านสี กลิ่นและรสชาติ นอกจากนี้ก๊าซ O_2 ยังจำเป็นต่อการเจริญของแบคทีเรียและรา ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเน่าเสีย (Suppakul, Miltz and Bigger, 2003) การลดปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์อาหารให้เหลือน้อยที่สุด นอกจากจะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์แล้ว ยังสามารถยับยั้งปฏิกิริยา lipid oxidation ที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในอาหารที่มีไขมันสูง และ การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase ซึ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้สด อย่างไรก็ดีภาวะที่ปราศจาก O_2 จะเอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการ O_2 (anaerobic microorganism) เช่น *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค รวมถึงการเจริญของ yeast บางสายพันธุ์ (Ooraikul, 1991) การกำจัด O_2 โดยวิธี MAP ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบ ทำได้หลายวิธี เช่น การกำจัดอากาศในบรรจุภัณฑ์ออกทั้งหมดทำให้เกิดภาวะสุญญากาศ (vacuum packing) ซึ่งเหมาะสมใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างที่ไม่แตกหักง่าย หรืออาจทำได้โดยการปรับอัตราส่วนของก๊าซ O_2 ให้ลดลงโดยการใช้ ก๊าซ N_2 ก๊าซ CO_2 ethanol และอื่นๆ (Church, 1994)

<u>ก๊าซไนโตรเจน</u> (N_2)

ก๊าซ N_2 เป็นก๊าซเฉื่อย ละลายในน้ำและไขมันได้ต่ำ ไม่ช่วยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ อย่างไรก็ดีในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยวิธี MAP นิยมใช้ก๊าซ N_2 ในการแทนที่ปริมาตรก๊าซอื่นๆ ที่ถูกกำจัดออกจากบรรยากาศในภาชนะบรรจุ เพื่อป้องกันการหดเสียรูปของบรรจุภัณฑ์เนื่องจากภาวะสุญญากาศ (Church, 1994)

<u>ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์</u> (CO_2)

Farber (1991)พบว่าในการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่จะใช้ก๊าซCO_2 เนื่องจากสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมลบและเชื้อรา ก๊าซชนิดนี้ละลายได้ดีในน้ำและไขมัน สามารถใช้ในการเก็บรักษาอาหารชนิดต่างๆ เนื่องจากการละลายของ CO_2 ในน้ำจะให้กรดคาร์บอนิก และอัตราการละลายจะน้อยลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 0 ^{o}C ความดัน 1 บรรยากาศ ก๊าซ CO_2 จะละลายได้ 3.38 g / kg H_2O และที่ 20 ^{o}C ความดัน 1 บรรยากาศ จะละลายได้ 1.73 g / kg H_2O (Day, 2003) ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียในอาหารนั้น กรดคาร์บอนิกที่เกิดขึ้นจะลดค่า pH ของผลิตภัณฑ์และจะซึมผ่านเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ในรูปที่ไม่แตกตัว จากนั้นแตกตัวเป็นไบคาร์บอเนตอิออนและไฮโดรเจนอิออน ทำให้ค่า pH ในเซลล์จุลินทรีย์ลดลงอย่างรวดเร็ว การทำงานของเอนไซม์และระบบ metabolism จึงถูกทำลาย ส่งผลต่อการเจริญและแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์และทำลายเซลล์จุลินทรีย์ในที่สุด อย่างไรก็ดีปริมาณก๊าซ CO_2 ที่มากเกินไป อาจเปลี่ยนสีและทำลายเนื้อเยื่ออาหารประเภทเนื้อสัตว์ การเปลี่ยนสีของผักและผลไม้ เนื่องจากปริมาณก๊าซ CO_2 เข้มข้นสูงเกินไป จะทำให้เนื้อเยื่อสัตว์เกิดสีน้ำตาลและยังทำให้เนื้อเยื่อมีเนื้อสัมผัสนิ่มลงจากเดิม โดยรายงานของ Parkin และ Brown (1983) พบว่าการเก็บเนื้อปู dungeness ในภาวะที่มีก๊าซ CO_2 80 % จะทำให้เนื้อปูมีสีคล้ำและทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ด้อยลง และการใช้ ก๊าซ CO_2 เข้มข้นสูงในการเก็บรักษาผักและผลไม้จะไม่ช่วยชะลอการเน่าเสีย เนื่องจากการยืดอายุการเก็บผักและผลไม้จะควบคุมปริมาณและสัดส่วนของก๊าซในบรรยากาศโดยรอบของอาหารให้มีปริมาณของก๊าซ O_2 และ CO_2 ให้เท่ากับอัตราการผลิตก๊าซ CO_2 และการใช้ ก๊าซ O_2 ของผักและผลไม้แต่ละชนิดในระหว่างการเก็บ ทั้งนี้เพื่อ ชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปนิยมใช้ก๊าซ O_2 1-10 % และก๊าซ $CO_2$0-30% ร่วมกับ N_2 ในการเก็บรักษาผักและผลไม้ (Wolfe, 1984 ; Seiler, 1989 ; .Zagory, 1994)

การใช้ก๊าซ CO_2 ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยวิธี MAP มักจะใช้ก๊าซ CO_2 ที่มีความเข้มข้นต่างๆ เติมลงในบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ Suppakul, Miltz and Bigger (2003) รายงานว่า ก๊าซ CO_2 ที่ความเข้มข้นสูง 60-80 % สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยในผลิตภัณฑ์ขนมอบนิยมใช้ก๊าซ CO_2 เข้มข้น 20-100 % ในการ

ยืดอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ (Farber, 1991) ในขนมอบประเภทขนมปังไรน์ชนิดแผ่นและก้อนกลม และขนมปังอาราบิค ที่มีค่า a_w สูง มีโครงสร้างเป็นรูพรุน พบว่าการใช้ ก๊าซ CO_2 47 % ช่วยยืดอายุระยะปลอดเชื้อราของผลิตภัณฑ์ได้1.3 เท่า (Avital and Mannheim,1988; Seiler, 1989) ในผลิตภัณฑ์ขนมปังครัมเปต ซึ่งมักมีการเจริญของ lactic acid bacteria ที่สร้างกรดและก๊าซ CO_2 ทำให้เกิดกลิ่นเปรี้ยวและบรรจุภัณฑ์โป่งพอง การใช้ก๊าซ CO_2 66% และ ก๊าซ N_2 33% สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า 1 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (Ooraikul, 1982) และการศึกษาของ Seiler (1989) พบว่าในการเก็บรักษาพายผลไม้ที่อุณหภูมิ 27 ^{o}C ด้วยก๊าซ CO_2 90% ช่วยยืดระยะปลอดเชื้อราของผลิตภัณฑ์ได้ 2.5 เท่า

2.6.2 สารดูดกลืนออกซิเจน (Oxygen absorber)

Oxygen absorber (O_2 absorber) เป็นสารที่สามารถดูดซับก๊าซ O_2 ได้ เช่น ferric powder, ascorbic acid ที่บรรจุอยู่ในซองกระดาษเคลือบพลาสติก ทำงานโดย ferric powder จะทำปฏิกิริยา oxidation กับก๊าซ O_2 ในภาวะที่มีความชื้น ให้ ferric oxide ทำให้ก๊าซ O_2 ในบรรยากาศหมดไปอย่างรวดเร็ว รวมถึงสามารถดูดซับก๊าซ O_2 ที่อาจซึมผ่านบรรจุภัณฑ์เข้ามาในระหว่างการเก็บรักษา โดยการเลือกใช้ O_2 absorber ที่เหมาะสม จะสามารถช่วยกำจัดก๊าซ O_2 ออกจากบรรยากาศภายในระยะเวลาอันสั้น ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และยับยั้งการเจริญของ aerobic organisms ที่เป็นจุลินทรีย์สำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Seiler, 1989)

Ahvenainen and Hurme (1997) รายงานการใช้ O_2 absorber ในอาหารพร้อมรับประทานชนิดต่างๆ เช่น แฮมเบอร์เกอร์, เส้นพาสต้าสด, มันฝรั่งแท่ง เค้กและขนมปัง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียง่ายเนื่องจากการเจริญของเชื้อรา โดยพบว่าสามารถยืดอายุการเก็บขนมปังชนิด crusty rolls ได้มากกว่า 60 วัน

O_2 absorber สามารถใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภายใต้ภาวะ MAP หรือภาวะอากาศปกติก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าสามารถลดปริมาณก๊าซ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ให้เหลือได้น้อยกว่า 0.01% ของความเข้มข้นทั้งหมด ทำให้สามารถยับยั้งปฏิกิริยา oxidation และการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากการเจริญของยีสต์และราได้ (Smith, 1993)

2.6.3 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ควบคู่กับเทคนิคการปรับสภาพบรรยากาศควรมีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม ไม่หดรูปเมื่อกำจัด ก๊าซออกหรือเติมเข้าในบรรจุภัณฑ์ และควรมีค่าการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำที่ต่ำเพื่อป้องกันอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อระบบการปรับก๊าซที่ใช้ในการเก็บรักษา ปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาได้แก่ อัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 (oxygen transmission rate, OTR)

อัตราการซึมผ่านของก๊าซ CO_2 (carbon dioxide transmission rate, COTR) และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) โดย ค่า OTR ที่ต่ำจะทำให้มีการซึมผ่านของก๊าซ O_2 จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่บรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ได้น้อยลง ซึ่งการลดปริมาณก๊าซ O_2 จะ ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยา oxidation ในอาหารที่มีไขมันสูง จึงเหมาะสมต่อการเก็บอาหารประเภทนี้ และค่า WVTR ที่ต่ำจะเหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นต่ำ

Zagory (1994) รายงานว่าฟิล์มชนิดโพลีไวนิลลิดีนคลอไรด์ (polyvinylidene chloride, PVDC) มีสมบัติในการป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสและการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ดี มีลักษณะใส ฟิล์มที่หนา 25 ไมโครเมตรมีค่า OTR เพียง 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อตารางเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง ต่อความดันบรรยากาศ ที่ 1 atm อุณหภูมิ 25 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ (2 cm^3/m^2 / 24hrs / atm at 25 ^{o}C and 50 % RH) และมีค่า WVTR เท่ากับ 1 กรัม ต่อตารางเมตร ต่อ 24 ชั่วโมงต่อความดันบรรยากาศ ที่ 1 atm อุณหภูมิ 25 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ (1g / m^2 /24hrs / atm at 25 ^{o}C and 75 % RH) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว PVDC จึงเป็นชนิดของบรรจุภัณฑ์หนึ่งที่นิยมใช้ในการบรรจุอาหารที่หลากหลาย ได้แก่อาหารประเภทขนมหวาน (confectionery) อาหารที่มีไขมันสูง ซอส อาหารแช่เย็นและ อาหารแช่แข็ง รวมทั้งอาหารที่เก็บรักษาโดยวิธีปรับสภาพบรรยากาศ ซึ่งพลาสติก PVDC สามารถใช้ในการบรรจุอาหารทั้งในรูปแบบเดี่ยวหรือรูปแบบการเคลือบประกบกับฟิล์มชนิดอื่น (lamination) เช่น ไนลอน (nylon) โพลีโพรพีลีน (polypropylene) metalized ฟิล์ม เพื่อช่วยเพิ่มสมบัติอื่นๆ ได้แก่ ความยืดหยุ่น การป้องกันผลิตภัณฑ์จากแสง อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และสมบัติในการปิดผนึก (Day, 1993)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทดลอง

วัตถุดิบสารเคมีและอุปกรณ์

<u>วัตถุดิบ</u>

1. เผือกหอม (*Colocasia esculenta* L. Schott) มีน้ำหนักต่อหัวประมาณ 600-650 กรัม (ตลาดไท)
2. น้ำตาลซูโครส ตรามิตรผล (บริษัทมิตรผล จำกัด)
3. น้ำตาลฟรักโตส (บริษัท Asia Pacific Specialty Chemicals)
4. กลีเซอรอล (บริษัท Carlo Erba Reagent)
5. แป้งสาลีอเนกประสงค์ ตราแต้มฟ้า มีองค์ประกอบคือ โปรตีน 10.4-10.8 % ความชื้น 12.5-13.5% และเถ้า < 1 % (บริษัทเคอรี-กลอรี ฟลาวมิลล์ จำกัด)
6. มาการีน ตรารอยัล คราวน์ มีองค์ประกอบคือ ความชื้น < 16%, ค่า peroxide value 1.5 meq /kg , อุณหภูมิเริ่มหลอม 36-41 ^{o}C_ (บริษัท มรกต อินดัสทรีส์ จำกัด มหาชน)
7. เนยสดชนิดจืด ตราออร์คิด มีองค์ประกอบคือ ความชื้น 16%, ไขมัน 80.5% (บริษัทอุตสาหกรรมนมไทยจำกัด)
8. เกลือ ความบริสุทธิ์ 99.9% ตราปรุงทิพย์ (บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์จำกัด)
9. บรรจุภัณฑ์พลาสติก Polypropylene (PP) ขึ้นรูปเป็นถุงขนาด 6 x 9 in^2 หนา 60 µm (ห้างหุ้นส่วนจำกัดวีแอนด์ดับบลิวพลาสติก)
10. บรรจุภัณฑ์พลาสติก PVDC coated on OPP/PE ขึ้นรูปเป็นถุงขนาด 6 x 9 in^2 หนา 20/40 µm มีค่า OTR เท่ากับ 10 cm^3 / m^2 / 24hrs / atm at 20- 25 ^{o}C ค่า WVTR เท่ากับ 4 g / m^2 / 24hrs (บริษัทเจนจรัส เคมแอนด์ซัพพลาย)
11. ออกซิเจน แอบซอบเบอร์ (oxygen absorber) (Best Kept ®) เป็นสารประกอบของ iron powder ที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์พลาสติก (บริษัทเจนจรัส เคมแอนด์ซัพพลาย)

<u>สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี</u>

1. กรดไทโอบาร์บิทูริก (2- thiobarbituric acid) (A.R.)
2. กรดอะซิติก (glacial acetic acid) (A.R)
3. กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) (A.R)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

1. อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (plate count agar) (Merck)
2. อาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์และรา (potato dextrose agar) (Merck)
4. เอทิลแอลกอฮอล์ (commercial grade)
5. agar (Merck)
6. กลูโคส (glucose) (Merck)
7. ทริปโตน (tryptone) (Merck)
8. บรอมครีซอล เพอเพิล (bromcresol purple) (Merck)

อุปกรณ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์

1. เครื่องผสมอาหารไฟฟ้า (กิตติวัฒนา, KM-05)
2. เครื่องรีดโด (Turri)
3. ตู้อบลมร้อน (บริษัทเหยี่ยวเฮง , HA-100S)
4. เตาอบไฟฟ้า (กิตติวัฒนา)
5. เตาไฟฟ้า (Kendo, KOE 1500)
6. เครื่องโม่แป้ง
7. อุปกรณ์กดขอบแป้ง , พิมพ์อะลูมิเนียมเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากพิมพ์ 6 cm, ส้อม, พิมพ์ตัดแป้งรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 cm, ตะแกรงร่อนส่วนผสม , ถาดอะลูมิเนียม
8. พายไม้ กระทะเคลือบ ชุดรังถึงสำหรับนึ่ง
9. ตะแกรงร่อนแป้ง (sieve) (ขนาด 100 mesh), ถาด stainless , slicer
10. เครื่องชั่งทศนิยม 1 ตำแหน่ง (Precisa, 6200D)
11. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Ohaus , GT 4100)
12. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius , GT 4100)
13. เครื่อง Heat Sealer (SEA Master)
14. เทอร์โมมิเตอร์ 50-300 องศาเซลเซียส (Ekco)
15. เทอร์โมมิเตอร์ 0-100 องศาเซลเซียส (Ekco)
16. เครื่องปรับสภาพอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ (Multivac)
17. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Gallenkamp)

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมี

1. ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์ TBA

2. เครื่อง Spectrophotometer (Spectrophotometer , V-530)
3. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius , GT 4100)

<u>อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ</u>

1. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aqua Lab)
2. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer , TA-TX2i)
3. เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter , CR 300 series)
4. เครื่องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (pH meter, CG-840)
5. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Portable multi-function analyzer MFA WITT, MFA III)

<u>อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์</u>

1. ตู้ถ่ายเชื้อ (Issco , BVT-123)
2. ตู้เลี้ยงเชื้อช่วง 25-70 องศาเซลเซียส (Memmert , B 301)
3. เครื่อง Stomacher (AES Laboratories)
4. เครื่อง Autoclave (Tommy , SS-320)
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius , GT 4100)

การวิเคราะห์

- วัดค่า water activity ด้วยเครื่องวัดค่า a_w (ภาคผนวก ก.1)
- วัดค่าเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง texturometer (Butcher and Hodge, 1984) (ภาคผนวก ก.2)
- วัดค่าสี ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter (ภาคผนวก ก.3)
- วัดค่า pH ด้วย pH meter (Ruck, 1969) (ภาคผนวก ก.4)
- วัดปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์ (ภาคผนวก ก.5)
- วิเคราะห์ค่า TBA (Kirk and Sawyer, 1991) (ภาคผนวก ข)
- วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (A.O.A.C. 1995) (ภาคผนวก ค.1)
- วิเคราะห์ปริมาณยีสต์ราทั้งหมด (A.O.A.C. 1995) (ภาคผนวก ค.2)
- วิเคราะห์คุณภาพจุลินทรีย์ anaerobe (Harrigen and Mccane, 1976) (ภาคผนวก ค.3)

<u>การประเมินผลทางประสาทสัมผัส</u> (ภาคผนวก ง.)

ประเมินผลผลิตภัณฑ์โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน มีอายุระหว่าง 18-46 ปี ไม่สูบบุหรี่ ทำการคัดเลือกและฝึกฝน โดยดัดแปลงจากวิธีของ Grosso and Resurreccion (2002) ระดมความคิดและประชุมกลุ่มเพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันเกี่ยวกับลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ปกติและผิดปกติ รวมถึงร่วมกันกำหนดคำพรรณนาเพื่อนำไปใช้ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ใช้แบบทดสอบชนิด scoring test โดยดัดแปลงจากวิธีของ ฉรงค์ นิยมวิทย์ (2537) แบ่งระดับคะแนนเป็น 9 ระดับโดยคะแนน 9 คือค่ามากที่สุดและคะแนน 1 คือค่าน้อยที่สุดคำจำกัดความของระดับคะแนนได้แก่ คะแนน 9-7 หมายถึง มีลักษณะ (เช่น สี / กลิ่น /รส/ความชอบ) ตามลักษณะปกติของผลิตภัณฑ์ คะแนน 6-4 หมายถึง มีลักษณะ (เช่น สี /กลิ่น /รส /ความชอบ) แตกต่างจากลักษณะปกติของผลิตภัณฑ์แต่สามารถยอมรับได้ และคะแนน 3-1 หมายถึง มีลักษณะ (เช่น สี / กลิ่น /รส /ความชอบ) แตกต่างจากลักษณะปกติของผลิตภัณฑ์มากถึงมากที่สุดและไม่สามารถยอมรับได้ ดังแสดงในภาคผนวก ง. โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน โดยในการทดลองข้อ 3.1 3.2 และ 3.3 และผู้ทดสอบจำนวน 6 คนในการทดลองข้อ 3.4
(ในการทดลองข้อ 3.3 และ3.4 ซึ่งเป็นการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ในการประเมินผลทุกครั้ง ผู้ทดสอบจะได้รับผลิตภัณฑ์ผลิตใหม่ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป)

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสูตรในการผลิตพายไส้เผือก

เตรียมแป้งเผือก (taro flour) จากเผือกหอม *Colocasia esculenia* L. Schott โดยดัดแปลงจากวิธีของ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ (2535) และ Tagodoe and Nip (1994) เพื่อใช้ในการผลิตไส้เผือกของผลิตภัณฑ์ตลอดงานวิจัย เริ่มจากทำความสะอาดหัวเผือกโดยล้างดินออกจนสะอาด ผึ่งลมให้แห้งจากนั้นปอกเปลือกและหั่นเผือกเป็นชิ้นเล็กมีขนาดประมาณ 1.0 x 2.0 cm หนา 0.1 cm นำมาเรียงบนถาดอะลูมิเนียม อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ อุณหภูมิ 60 ^{o}C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นบดชิ้นเผือกแห้งให้มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่องโม่แป้ง 2 ครั้ง ครั้งแรกเป็นการบดหยาบซึ่งจะลดขนาดชิ้นเผือก และบดซ้ำอีกครั้งเพื่อให้ได้เป็นแป้งเผือก ร่อนแป้งเผือกที่ได้ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh แป้งเผือกดังกล่าว วัดค่าความชื้นได้ประมาณ 7.8 % มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 84.3-88.3% ไขมัน 0-0.8% โปรตีน 2.0-3.6% ใยอาหาร 5.5-9.9 % (Tagodoe and Nip, 1994) นำแป้งเผือกที่เตรียมได้ บรรจุในถุงพลาสติก polypropylene หนา 60 μm. ให้แต่ละถุงมีแป้งเผือก น้ำหนัก 250 กรัม ปิดผนึกปากถุงด้วยเครื่อง heat sealer และเก็บรักษาในถังพลาสติกทึบแสง ที่มีฝาปิดสนิท เพื่อใช้ตลอดงานวิจัย (รูปแป้งเผือกแสดงในภาคผนวก จ)

3.1.1 เตรียมไส้เผือกสูตรทางการค้า

เตรียมโดยผสมแป้งเผือกและน้ำในอัตราส่วนแป้งเผือก 500 กรัมต่อน้ำ 1000 กรัม นำไปนึ่งในรังถึงที่มีน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 45 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นนำไปทำไส้เผือก โดยใช้ส่วนประกอบและวิธีการจากสูตรการผลิตพายไส้เผือกที่ดัดแปลงจากสูตรของ อัจฉรา ชินาลัย (2534) ดังตารางที่ 3.1 นำส่วนผสมทั้งหมดผสมเข้าด้วยกันในภาชนะเคลือบขนาด 2 ลิตร ให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า กวนผสมด้วยพายไม้จนกระทั่งเกลือและน้ำตาลละลายใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที ให้ความร้อนต่อจนของผสมมีอุณหภูมิ 70 °C กวนส่วนผสมเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 70± 5 °C ทิ้งให้เย็นเพื่อนำมาผลิตเป็นไส้พาย ในขั้นตอนต่อไป การเตรียมโดยวิธีนี้จะได้ไส้เผือกน้ำหนัก 510 ± 5.0 กรัม มีค่า a_w เท่ากับ 0.91

ตารางที่ 3.1 สูตรการผลิตไส้เผือก (ดัดแปลงจาก อัจฉรา ชินาลัย, 2534)

ส่วนผสม	ปริมาณ	
	เปอร์เซ็นต์ (%)	น้ำหนัก (กรัม)
เผือกสุก	65.00	350.0
น้ำตาล	34.35	185.0
เกลือ	0.65	3.5

3.1.2 ผลิตพายไส้เผือก

ผลิตไส้เผือกจากสูตรและวิธีการผลิตข้อ 3.1.1 เพื่อเตรียมบรรจุลงในเปลือกพายซึ่งเตรียมจากสูตรการผลิตพายไส้เผือก โดยดัดแปลงจากวิธีของ อัจฉรา ชินาลัย (2534) ดังแสดงในตาราง 3.2 โดยร่อนแป้งสาลี 3 ครั้ง เทแป้งสาลีลงในเครื่องผสม จากนั้นเติมไขมันเปิดเครื่องผสมแป้งความเร็วปานกลาง ประมาณ 2 นาที จะได้แป้งเป็นเม็ดมีลักษณะคล้ายเม็ดทราย ผสมน้ำเย็นจัดกับน้ำตาลและเกลือคนให้ละลาย เปิดเครื่องผสมเทส่วนของของเหลวลงในแป้ง ผสมพอให้เข้ากัน ประมาณ 1-2 นาทีแป้งจะเริ่มจับตัวเป็นก้อน นำก้อนแป้งที่ได้พักไว้ที่ อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที รีดแป้งพายด้วยเครื่องรีดโดให้เป็นแผ่นมีความหนา 0.5 cm กดแป้งจากพิมพ์กดรูปวงกลม นำไปกรุในพิมพ์อะลูมิเนียมที่เตรียมไว้ ตักไส้เผือกที่เตรียมไว้หนัก 10 กรัมใส่ลงพิมพ์ ปิดฝาถ้วยด้วยแป้งพายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 cm ปิดผนึกแป้งขอบพิมพ์และฝาด้วยที่กดขอบใช้ส้อมจิ้มที่ฝาถ้วย 3 ครั้ง เพื่อเป็นช่องระบายของไอน้ำขณะอบ โดยอัตราส่วนของน้ำหนักแป้ง (ถ้วยพายและฝาพาย)ต่อไส้ ประมาณ 35 กรัม : 10 กรัม นำแป้งพายที่เตรียมไว้ เข้าอบโดยวางใส่

ถาดอะลูมิเนียมได้ 16 ถ้วย ต่อ 1 ถาด เข้าอบครั้ง ละ 4 ถาด ที่ 175 °C เป็น เวลา 30 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์พายไส้เผือกที่มีน้ำหนักประมาณ 37.5 กรัม แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ในภาคผนวก จ.

ตารางที่ 3.2 สูตรการผลิตเปลือกพาย (ดัดแปลงจาก อัจฉรา ชินาลัย, 2534)

ส่วนผสม	ปริมาณ	
	เปอร์เซ็นต์ (%)	น้ำหนัก (กรัม)
แป้งสาลีอเนกประสงค์	57.35	250.0
ไขมัน*	25.20	110.0
น้ำตาล	0.80	3.50
เกลือ	2.30	10.0
น้ำเย็น	14.35	62.5

* มาการีนหรือเนยสด

3.1.3 <u>ศึกษาสูตรในการผลิตพายไส้เผือก</u>

เตรียมพายไส้เผือกตามวิธีในข้อ 3.1.2 แปรชนิดไขมันในส่วนผสมในสูตรเปลือกพายเป็น 2 ชนิดได้แก่เนยสด และมาการีน ผลิตเป็นพายไส้เผือกจากสูตรและวิธีการผลิตข้างต้น จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยแยกวิเคราะห์เฉพาะเปลือกพายในค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*)

วางแผนการทดลองในการวิเคราะห์คุณภาพเปลือกพายแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 6 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) Version 9.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเปลือกพายโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน ใช้แบบทดสอบ scoring test (ภาคผนวก ง.2) ประเมินผลในด้านสี, กลิ่น, ความกรอบ และความชอบ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

เตรียมพายไส้เผือกตามวิธีดังข้อ 3.1.2 ใช้ไขมันในส่วนผสมในสูตรเปลือกพายที่เลือกได้จากข้างต้น ผลิตเป็นพายไส้เผือก จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพเฉพาะไส้เผือกในค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส

(hardness) ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน ใช้แบบทดสอบ scoring test (ภาคผนวก ง.2) ประเมินผลในด้านสี ความหวาน ความขม ความนุ่ม และความชอบ วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 2 ซ้ำวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

3.2 ศึกษาการใช้สาร humectant เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์

3.2.1 ศึกษาการใช้สาร humectant ชนิดเดียวได้แก่ น้ำตาลฟรักโตสและกลีเซอรอล ในการลดค่า a_w ของไส้เผือก

เตรียมพายไส้เผือกจากสูตรที่เลือกได้จากข้อ 3.1.3 โดยแปรน้ำตาลในสูตรไส้เผือกจากการแทนที่น้ำตาลซูโครสเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักด้วยน้ำตาลฟรักโตสและกลีเซอรอล ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงสูตรไส้เผือกที่ใช้สาร humectant ชนิดเดียวในการลดค่า a_w

สูตร	เปอร์เซ็นต์ (%)			Code
	ซูโครส	ฟรักโตส	กลีเซอรอล	
1	75	25	-	S75F25
2	50	50	-	S50F50
3	25	75	-	S25F75
4	0	100	-	F100
5	90	-	10	S90G10
6	85	-	15	S85G15
7	80	-	20	S80G20
8	70	-	30	S70G30
9	60	-	40	S60G40
10	50	-	50	S50G50

วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยวิเคราะห์ค่า a_w ของไส้เผือก วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 2 ซ้ำวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน ใช้แบบทดสอบ scoring test (ภาคผนวก ง.2) ประเมินผลในด้านสี ความหวาน ความขม ความนุ่ม และ ความชอบ วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

3.2.2 <u>ศึกษาการใช้สาร humectant ชนิดผสมได้แก่ น้ำตาลฟรักโตสและกลีเซอรอลในการลดค่า a_w ของไส้เผือก</u>

ผลิตเปลือกพายจากสูตรที่เลือกได้จากข้อ 3.1.3 แปรน้ำตาลในสูตรไส้เผือกโดยแทนที่น้ำตาลซูโครสเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักด้วยน้ำตาลฟรักโตสผสมกลีเซอรอล ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงสูตรไส้เผือกที่ใช้สาร humectant ชนิดผสมในการลดค่า a_w

สูตร	เปอร์เซ็นต์ (%)			Code
	ซูโครส	ฟรักโตส	กลีเซอรอล	
11	80	10	10	S80F10G10
12	70	15	15	S70F15G15
13	72	10	18	S72F10G18
14	62	20	18	S62F20G18
15	40	40	20	S40F40G20

วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยวิเคราะห์เฉพาะค่า a_w ของไส้เผือก วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน ใช้แบบทดสอบ scoring test (ภาคผนวก ง.2) ประเมินผลในด้านสี ความหวาน ความขม ความนุ่ม และ ความชอบ วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 2 ซ้ำวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

3.2.3 วิเคราะห์คุณสมบัติของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w

นำไส้เผือกสูตรลดค่า a_w ที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2 มาผลิตเป็นพายไส้เผือกร่วมกับสูตรและวิธีการผลิตเปลือกพายตามข้อ 3.1.3 วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยแยกวิเคราะห์เฉพาะไส้เผือกในค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) วิเคราะห์คุณภาพโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาพายไส้เผือกที่อุณหภูมิ 30 °C

3.3.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า และสูตรลดค่า a_w

ผลิตพายไส้เผือกสูตรทางการค้า จากข้อ 3.1.3 และสูตรลดค่า a_w จากข้อ 3.2.3 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) ที่เป็นพลาสติกที่นิยมใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ ขนมอบ ขนาด 6 x 9 in^2 หนา 60 μm บรรจุผลิตภัณฑ์ 2 ชิ้น/ ถุง ปิดผนึกด้วยความร้อนจากเครื่อง heat sealer เรียงผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรใส่ตะกร้าสี่เหลี่ยม 12 ถุง/ตะกร้า นำผลิตภัณฑ์ที่เรียงใส่ตะกร้าเรียบร้อยแล้ว เก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งภายในตู้มีชั้นตะแกรงสำหรับวาง 3 ชั้น แต่ละชั้นวางตะกร้าผลิตภัณฑ์ 2 ตะกร้าโดยจัดวางให้ 1 ชั้นมีตะกร้าของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า 1 ตะกร้า และพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w อีก 1 ตะกร้า

3.3.2 ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า และสูตรลดค่า a_w

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ที่ 30 °C เก็บตัวอย่างทั้ง2 สูตร ในวันที่ 0, 3, 5, 7 และ 14 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ โดยแยกวิเคราะห์เปลือกพายและไส้เผือกได้แก่ ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ของเปลือกพายและไส้เผือก ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่า TBA เฉพาะเปลือกพาย ค่า pH เฉพาะไส้เผือก และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด, ปริมาณยีสต์ราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้น วางแผนการทดลองในการแบบ CRD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้นโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน ใช้แบบทดสอบ scoring test (ภาคผนวก ง.3) ประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ในส่วนเปลือกพาย ได้แก่ สี กลิ่นเนย กลิ่นหืน ความกรอบ และคุณภาพผลิตภัณฑ์ในส่วนไส้เผือก ได้แก่ สี ความนุ่ม กลิ่นเปรี้ยว และความชอบในผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้น วางแผนการทดลองแบบ RCBD

ทำการทดลอง 2 ซ้ำวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

3.4 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาพายไส้เผือกที่อุณหภูมิ 30°C

3.4.1 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า

ผลิตพายไส้เผือกสูตรทางการค้า จากข้อ 3.1.3 บรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด Polyvinylidene chloride oriented polypropylene and polyethylene film (PVDC/OPP/PE) ขนาด 6 x 9 in^2 บรรจุผลิตภัณฑ์ 2 ชิ้น/ถุง ปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เป็นภาวะบรรยากาศ ได้แก่ ภาวะอากาศปกติ (air) ภาวะกำจัด O_2 ที่มี oxygen absorber (air+ o_2 absorber) (แสดงรูปและวิธีการคำนวณชนิดของ o_2 absorber ในภาคผนวก ก.6) ภาวะที่มีก๊าซ 20 CO_2 / 80 N_2 , 50 CO_2 / 50 N_2 และ 80 CO_2 / 20 N_2 โดยใช้เครื่องปรับสภาพบรรยากาศ ปิดผนึกถุงด้วยเครื่อง heat sealer เรียงผลิตภัณฑ์ใส่ตะกร้าสี่เหลี่ยม 12 ถุง/ตะกร้า นำผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกและเรียงใส่ตะกร้าเรียบร้อยแล้ว เก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °C เก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ โดยวิเคราะห์ปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์ ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด, ปริมาณยีสต์ราทั้งหมด และตรวจหาจุลินทรีย์ชนิด anaerobe ของผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้น และแยกวิเคราะห์เปลือกพายและไส้เผือกในค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าความสว่าง (L) ส่วนค่า TBA ตรวจเฉพาะเปลือกพาย และค่า pH วัดเฉพาะไส้เผือก วางแผนการทดลองในการวิเคราะห์เปลือกพายแบบ CRD ทำการทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 6 คน ใช้แบบทดสอบ scoring test (ภาคผนวก ง.3) ประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ในส่วนเปลือกพายได้แก่ สี กลิ่นเนย กลิ่นหืน ความกรอบ และคุณภาพผลิตภัณฑ์ในส่วนไส้เผือกได้แก่ สี ความนุ่ม กลิ่นเปรี้ยว และความชอบในผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้น วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$

3.4.2 <u>ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บ ผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w</u>

ผลิตพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w ที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2 บรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด PVDC/OPP/PE ขนาด 6 x 9 in^2 บรรจุผลิตภัณฑ์ 2 ชิ้น/ถุง เก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศเช่นเดียวกับในข้อ 3.4.1

เก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 7, 14, 21,28 และ 35 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ โดยแยกวิเคราะห์เปลือกพายและไส้เผือกในคุณสมบัติต่างๆ วางแผนการทดลอง และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 3.4.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาสูตรในการผลิตพายไส้เผือก

จากการทดลองเพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกพาย โดยแปรชนิดไขมันในส่วนผสมได้แก่ เนยสด และมาการีน ใช้สูตรและผลิตตามการทดลองในข้อ 3.1.3 จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพได้แก่ ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง(a*) และค่าสีเหลือง (b*) ดังแสดงผลในตารางที่ 4.1 และ4.2 จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าเปลือกพายทั้ง 2 สูตรมีความแตกต่างในด้านค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) และค่าสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเปลือกพายสูตรเนยสดมีค่า a_w สูงกว่าสูตรมาการีน ในขณะที่เปลือกพายสูตรมาการีนมีค่าเนื้อสัมผัส (hardness) และค่าสีเหลือง(b*) มากกว่าสูตรเนยสด

จากผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของเปลือกพายสูตรเนยสดและสูตรมาการีน โดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบ RCBD ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า เปลือกพายทั้ง 2 สูตร ให้ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสีเปลือก กลิ่น และความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรเนยสดให้คะแนนด้านกลิ่น และความชอบ มากกว่าสูตรมาการีน และสูตรมาการีนให้คะแนนด้านสีเปลือกที่มากกว่าสูตรเนยสด อย่างไรก็ดีไม่มีความแตกต่างในด้านคะแนนความกรอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติเปลือกพายสูตรเนยสดและสูตรมาการีน

คุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	สูตรเนยสด	สูตรมาการีน
ค่า a_w	$0.78^{a} \pm 0.01$	$0.69^{b} \pm 0.01$
ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)	$327.26^{b} \pm 5.16$	$452.10^{a} \pm 2.7$
ความสว่าง (L) ^{ns}	71.90 ± 0.86	70.90 ± 0.72
สีแดง (a*) ^{ns}	$+0.85 \pm 0.24$	$+1.00 \pm 0.34$
สีเหลือง (b*)	$+20.74^{b} \pm 0.36$	$+25.98^{a} \pm 0.39$

a,b ตัวเลขที่มีอักษร กำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติเปลือกพายสูตรเนยสดและสูตรมาการีน

SOV	df	MS				
		a_w	เนื้อสัมผัส hardnes (g)	ความสว่าง (L)	สีแดง (a*)	สีเหลือง (b*)
สูตร	1	0.02*	46750.1*	2.67	0.44	70.13*
error	10	2.33×10^{-5}	16.1	0.65	0.08	0.14

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเปลือกพายสูตรเนยสดและสูตรมาการีน

สูตร	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	สี	กลิ่น	ความกรอบ	ความชอบ
เนยสด	$7.2^{b} \pm 0.41$	$8.5^{a} \pm 0.51$	7.4 ± 0.49	$7.8^{a} \pm 0.41$
มาการีน	$7.4^{a} \pm 0.50$	$6.3^{b} \pm 0.47$	7.3 ± 0.47	$7.1^{b} \pm 0.31$

a,b ตัวเลขที่มีอักษร กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสเปลือกพายสูตรเนยสดและสูตรมาการีน

SOV	df	MS			
		สี	กลิ่น	ความกรอบ	ความชอบ
สูตร	1	0.40*	46.23*	0.03	4.90*
panelist	9	0.54	0.40	0.17	0.16
error	9	0.11	0.19	0.25	0.12

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 พบว่าการผลิตพายเพสตรีโดยใช้ชนิดไขมันที่ต่างกัน ให้ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติ ได้แก่ ค่า a_w และเนื้อสัมผัส (hardness) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบเนยสดและมาการีนที่ผลิตวางขายในท้องตลาดใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกันได้แก่ โดยเนยสดผลิตมาจากน้ำนมสัตว์ ส่วนมาการีนผลิตจากไขมันพืชหรือสัตว์ที่ผ่านกระบวนการ hydrogenation หรือ interesterification และเติมสารแต่งสีและกลิ่น และemulisifier ต่างๆ เพื่อให้ได้อิมัลชันคงตัว

ในการใช้เนยสดและมาการีนเป็นส่วนผสมในการผลิตเปลือกพายในการทดลองนี้ แม้ว่าจะใช้สูตรและวิธีการผลิตเดียวกันจะให้เปลือกพายหลังอบที่มีค่า a_w ต่างกัน ซึ่งเปลือกพายจากสูตรที่ใช้เนยสดมีค่า a_w ที่สูงกว่าสูตรที่ใช้มาการีน เนื่องจากความแตกต่างของระดับ a_w ของวัตถุดิบที่ต่างกัน โดยเนยสดชนิดจืดจะมีระดับ a_w เท่ากับ 0.91-0.94 ในขณะที่มาการีนมีระดับ a_w เท่ากับ 0.87 (Troller and Christian, 1978; Beuchat, 1981; Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2001)

จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์สูตรมาการีนให้ค่ามีค่าเนื้อสัมผัส (hardness) มากกว่าสูตรเนยสด เนื่องจากมาการีนมี solid fat index มากกว่าเนยสด สอดคล้องกับ kazier and Dyer (1995) ที่รายงานการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเนยสดและ มาการีน พบว่ามาการีนมี solid fat index มากกว่าเนยสด ซึ่ง solid fat index ส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ของเปลือกพาย โดยผลิตภัณฑ์ที่มี solid fat index มากกว่า เมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์ขนมอบจะให้ค่าเนื้อสัมผัส(hardness) ที่มากกว่า อย่างไรก็ดีเมื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ จากผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากระดับความแตกต่างของค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ดังกล่าวเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส ยังไม่แตกต่างมากนัก จนทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและจากระดับคะแนความกรอบ (ตารางที่ 4.3) พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตร ให้ระดับคะแนนที่ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ปกติ (ลักษณะปกติของผลิตภัณฑ์ หมายถึง คะแนน 7-9 ระบุระดับความแตกต่างในแบบทดสอบดังแสดงในภาคผนวก ง)

นอกจากนี้ พบว่ามีความแตกต่างของค่าสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญ ในผลิตภัณฑ์หลังอบ โดยเปลือกพายที่ใช้เนยสดให้ค่าสีเหลืองน้อยกว่าสูตรที่ใช้มาการีน เนื่องจากลักษณะปรากฏด้านความเข้มของสีที่แตกต่างกันของวัตถุดิบเนยสดและมาการีน กล่าวคือ เนยสดมีสีเหลืองอ่อน ส่วนมาการีนมีสีเหลืองเข้มอมส้มเมื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จึงส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับกับผลประเมินทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่าเปลือกพายจากสูตรเนยสดให้คะแนนด้านสีเหลือง ที่ต่ำกว่าสูตรมาการีนอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น และความชอบ พบว่าเปลือกพายสูตรเนยสด มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าสูตรมาการีนอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบเนยสด มีกลิ่นที่หอมนมเนยและได้รับการยอมรับในด้านกลิ่นรสจากผู้บริโภคที่รับประทานผลิตภัณฑ์ขนมอบมากกว่า (Kazier and Dyer, 1995)

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสที่แสดงถึงคะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวข้างต้น จึงเลือกสูตรที่ใช้เนยสดเป็นสูตรในการผลิตเปลือกพายตลอดการทดลอง ในการทดลองขั้นต่อไป เป็นการศึกษาคุณสมบัติไส้เผือกสูตรทางการค้า สำหรับใช้ในงานวิจัย โดยผลิตพายไส้เผือกสูตรทางการค้าจากเปลือกพายสูตรเนยสดและไส้เผือก ตามข้อ 3.1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติในค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง(a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของไส้เผือกสูตรทางการค้าโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังแสดงผลในตารางที่ 4.5 จากนั้นทดสอบทางประสาทประสาทสัมผัส ด้านสีของไส้ ความหวาน ความขม ความนุ่ม และความชอบ โดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบ RCBD ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของไส้เผือกสูตรทางการค้า

คุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่า a_w	0.91 ± 0.02
ค่าเนื้อสัมผัส (hardness)	74.85 ± 0.73
ความสว่าง (L)	47.08 ± 1.32
สีแดง (a*)	+13.48 ± 0.09
สีเหลือง (b*)	+4.15 ± 0.49

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกสูตรทางการค้า

คุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สีของไส้	7.7± 0.49
ความหวาน	7.8 ± 0.44
ความขม	7.8 ± 0.62
ความนุ่ม	7.6 ± 0.51
ความชอบ	7.3 ± 0.47

จากผลวิเคราะห์คุณสมบัติในตารางที่ 4.5 และผลทดสอบทางประสาทสัมผัสซึ่งแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าสูตรและวิธีการผลิตไส้เผือกในการทดลองได้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับที่ไม่แตกต่างจากลักษณะปกติของผลิตภัณฑ์ไส้เผือก (ลักษณะปกติของผลิตภัณฑ์ หมายถึง คะแนน 7-9 ระบุระดับความแตกต่างในแบบทดสอบดังแสดงในภาคผนวก ง) ในด้านสีของไส้ ความหวาน ความขม ความนุ่ม รวมถึงคะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงสามารถใช้สูตรและวิธีการผลิตไส้เผือกดังกล่าวเป็นไส้เผือกสูตรทางการค้าที่ใช้ตลอดการทดลอง

4.2 ศึกษาการใช้สาร humectant เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์

ศึกษาการใช้สาร humectant ชนิดเดียวได้แก่ น้ำตาลฟรักโตสหรือกลีเซอรอลในการลดค่า a_w ของไส้เผือก โดยแปรน้ำตาลในสูตรไส้เผือกจากการแทนที่น้ำตาลซูโครสเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักด้วยน้ำตาลฟรักโตสหรือกลีเซอรอล จากสูตรในตารางที่ 3.3 ผลิตเป็นพายไส้เผือก และวิเคราะห์ค่า a_w จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่า a_w แบบ CRD ดังตารางที่ 4.7 และ 4.8 และทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลผลทดสอบแบบ RCBD ดังแสดงในตาราง ที่ 4.7 และ 4.9

จากผลการทดลองพบว่าการแทนที่น้ำตาลซูโครสด้วย humectant ชนิดเดียว ได้แก่ น้ำตาลฟรักโตสหรือกลีเซอรอลทั้ง 10 สูตร สามารถลดค่า a_w ของไส้เผือกให้ต่ำลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแต่ละสูตรให้คะแนนในด้านสีของไส้ ความหวาน ความขม และความชอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นกัน โดยการแทนที่ด้วยน้ำตาลฟรักโตส 100% จะทำให้ไส้เผือกมีสีที่แตกต่างจากลักษณะสีปกติของไส้เผือก (คะแนนน้อยกว่า 7 ระบุระดับความแตกต่างในแบบทดสอบดังแสดงในภาคผนวก ง) และการแทนที่ในทุกระดับให้ค่าความหวานที่แตกต่างจากความหวานปกติของไส้เผือก เช่นกัน อย่างไรก็ดี การแทนที่ด้วยน้ำตาลฟรักโตส 25 % ให้คะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างจากลักษณะปกติของไส้เผือก

นอกจากนี้การแทนที่น้ำตาลซูโครสด้วยกลีเซอรอลในทุกระดับให้คะแนนความขมและความชอบแตกต่างจากลักษณะปกติของไส้เผือก

ตารางที่ 4.7 ผลวิเคราะห์ค่า a_w และผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดเดียวในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์

สูตร	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	ค่า a_w	สีของไส้	ความหวาน	ความขม	ความนุ่ม	ความชอบ
S75F25	0.90^{a}±0.02	7.6^{a} ± 0.51	6.1^{c} ± 0.41	8.0^{a} ± 0.65	7.4^{a} ± 0.49	7.0^{a} ± 0.72
S50F50	0.89^{b}±0.03	7.1^{a} ± 0.55	4.0^{d} ± 0.60	8.2^{a} ± 0.51	7.0^{a} ± 0.50	3.1^{d} ± 0.71
S25F75	0.88^{c}±0.01	7.2^{a} ± 0.41	2.6^{e} ± 0.50	8.3^{a} ± 0.44	6.8^{b} ± 0.31	2.6^{e} ± 0.51
F100	0.86^{d}±0.05	5.6^{b} ± 0.51	1.6^{f} ± 0.50	8.4^{a} ± 0.44	6.5^{b} ± 0.41	2.6^{e} ± 0.50
S90G10	0.83^{e}±0.04	7.4^{a} ± 0.49	7.0^{a} ± 0.55	6.6^{a} ± 0.51	7.7^{a} ± 0.47	6.7^{a} ± 0.71
S85G15	0.82^{f}±0.03	7.4^{a} ± 0.50	7.4^{a} ± 0.49	5.9^{c} ± 0.64	7.4^{a}± 0.49	6.2^{b}± 0.66
S80G20	0.79^{g}±0.02	7.3^{a} ± 0.44	6.9^{a} ± 0.51	5.3^{d} ± 0.44	7.7^{a}± 0.5	4.9^{c}± 0.50
S70G30	0.77^{h}±0.05	7.6^{a} ± 0.50	6.9^{a} ± 0.49	2.2^{e} ± 0.59	7.3^{a}± 0.47	2.4^{e} ± 0.50
S60G40	0.75^{i}±0.05	7.4^{a} ± 0.50	6.5^{b} ± 0.41	1.5^{f} ± 0.51	7.2^{a}± 0.62	1.1^{f} ± 0.31
S50G50	0.73^{j}±0.1	6.9^{a} ± 0.41	6.6^{b} ± 0.41	1.0^{g} ± 0.51	6.9^{a}± 0.62	1.0^{f} ± 0.31

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษร กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ในไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดเดียว ในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์

SOV	df	MS
สูตร	9	0.008*
error	10	0.0003

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัส ไส้เผือก ที่ใช้ humectant ชนิดเดียวในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์

SOV	df	MS				
		สีของไส้	ความหวาน	ความขม	ความนุ่ม	ความชอบ
สูตร	9	7.15*	75.96*	158.98*	8.35*	103.18*
panelist	9	0.37	0.46	0.35	0.33	0.52
error	81	0.23	0.22	0.24	0.23	0.29

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การใช้น้ำตาลฟรักโตสหรือกลีเซอรอลเป็น humectant ในสูตรสามารถลดค่าa_w ของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลง โดย ประสิทธิภาพในการลดค่าa_w จะขึ้นกับปริมาณการใช้ที่มากขึ้น ดังแสดงในผลการทดลองจากตารางที่ 4.7 ซึ่งพบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำตาลฟรักโตสหรือกลีเซอรอลในสูตรให้มากขึ้นจะสามารถลดค่า a_w ได้มากขึ้น เนื่องจากใช้สาร humectant ที่มีความเข้มข้นสูงมากขึ้นในผลิตภัณฑ์ ปริมาณสารที่ละลายและแตกตัวจับกับโมเลกุลน้ำมากยิ่งขึ้นทำให้ปริมาณน้ำอิสระ (free water) ในอาหารลดลงส่งผลให้อาหารมีค่า a_w ลดลง

อย่างไรก็ดีกลีเซอรอลสามารถลดค่า a_w ได้ดีกว่าน้ำตาลฟรักโตสเมื่อเปรียบเทียบการใช้ในปริมาณที่เท่ากัน โดยเมื่อเปรียบเทียบการใช้กลีเซอรอล 50% (สูตร S50G50) และน้ำตาลฟรักโตส 50 % (สูตร S50F50) พบว่ากลีเซอรอล 50% ลดค่า a_w จาก 0.91 เป็น 0.73 ในขณะที่น้ำตาลฟรักโตส 50 % ลดค่า a_w จาก 0.91 เป็น 0.89 ทั้งนี้เนื่องจาก humectant แต่ละชนิดมีความสามารถในการลดค่า a_w ได้แตกต่างกัน และมีความสามารถในการละลายที่ต่างกัน กล่าวคือกลีเซอรอลและน้ำตาลฟรักโตส มีความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัวเท่ากับ 100% และ 75% ตามลำดับ (Labuza and Hyman, 1998)

นอกจากประสิทธิภาพในการละลายแล้ว กลีเซอรอลยังมีมวลโมเลกุลที่ต่ำกว่าน้ำตาลฟรักโตส สามารถลดค่า a_w ได้ดีกว่าน้ำตาลฟรักโตสเมื่อเปรียบเทียบการใช้ในปริมาณเท่ากัน โดยสารที่มีมวลโมเลกุลต่ำ มีการละลายและแตกตัวที่ดีจะมีความสามารถในการลดค่า a_w ได้มากกว่า (Cauvain และ Young, 2000) อย่างไรก็ดี ปริมาณการใช้ที่มากเกินไป ส่งผลให้รสชาติอาหารเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า การใช้น้ำตาลฟรักโตสหรือกลีเซอรอล ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้รสชาติของไส้เผือกเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในรสชาติของผลิตภัณฑ์ โดยน้ำตาลฟรักโตสมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 1.1-1.5 เท่า จากผลการทดลองทางประสาทสัมผัสของสูตร S50F50 S25F75 และ F100 พบว่าคะแนนด้านความ

หวานและความชอบอยู่ในระดับที่ไม่ยอมรับในลักษณะปกติของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้พบว่าในสูตร F100 ซึ่งมีการแทนที่น้ำตาลทั้งหมดในสูตรด้วยน้ำตาลฟรักโตส ให้ไส้เผือกที่มีสีแตกต่างจากลักษณะสีปกติของไส้เผือก เนื่องจากน้ำตาลฟรักโตสเกิดปฏิกิริยา Maillard reaction ได้ดีกว่าซูโครส (Bemiller and Whistler, 1996) ทำให้มีสีน้ำตาลเข้มมากกว่าลักษณะสีปกติไส้เผือก ส่งผลต่อคะแนนด้านสีของผลิตภัณฑ์

ในการใช้กลีเซอรอลเพื่อลดค่า a_w นั้นพบว่าทุกสูตรให้ผลคะแนนประสาทสัมผัสด้านความขมและความชอบ ในระดับที่แตกต่างจากลักษณะปกติของไส้เผือก โดยในสูตร S70G30 S60G40 และ S50G50 ผู้ทดสอบให้คะแนนผลทดสอบในระดับที่ไม่ยอมรับในความแตกต่างจากลักษณะปกติของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากรสชาติของกลีเซอรอลที่มีรสหวานน้อยปนรสขม ซึ่งรสขมเป็นรสชาติที่ไม่ควรพบในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

นอกจากนี้เนื่องจากกลีเซอรอลให้รสหวานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส ทำให้ไส้เผือกในสูตร S60G40 และ S50G50 ซึ่งมีการแทนที่ปริมาณน้ำตาลซูโครสในสูตรด้วยกลีเซอรอลในปริมาณ 40% และ 50% ตามลำดับ มีคะแนนด้านความหวานของผลิตภัณฑ์ลดลงต่ำกว่ารสหวานปกติของไส้เผือก

อย่างไรก็ดีแม้ว่าการใช้กลีเซอรอลจะสามารถลดค่า a_w ของไส้เผือกให้มีระดับใกล้เคียงกับค่า a_w ของเปลือกพาย แต่จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าการใช้ humectant เพียงชนิดเดียวไม่เพียงพอ ในการลดค่า a_w ของไส้เผือกให้เท่ากับหรือใกล้เคียงกับเปลือกพายโดยยังให้ผลทางประสาทสัมผัสที่ดี ดังแสดงจากผลการทดลองในตารางที่ 4.7 ซึ่งพบว่าการใช้ humectant เพียงชนิดเดียวในผลิตภัณฑ์ให้ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ยังไม่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับไส้เผือกสูตรทางการค้า ดังนั้นจึงทำการทดลองต่อโดยใช้ humectant ผสมทั้ง 2 ชนิดร่วมกันในการลดค่า a_w

การทดลองโดยใช้ humectant ชนิดผสม ได้แก่น้ำตาลฟรักโตสและกลีเซอรอล แทนที่น้ำตาลซูโครสในแต่ละสูตร จากสูตรในตารางที่ 3.4 ผลิตเป็นพายไส้เผือก และวิเคราะห์ค่า a_w จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD ดังตารางที่ 4.10 และ 4.11 และทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิเคราะห์ข้อมูลผลทดสอบแบบ RCBD ดังแสดงในตาราง ที่ 4.10 และ 4.12 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในค่า a_w ค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความขม และความชอบ

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.10 พบว่าในการที่แทนที่น้ำตาลซูโครสด้วยน้ำตาลฟรักโตส 15% ร่วมกับกลีเซอรอล 15 % (S70F15G15) และสูตรที่แทนที่น้ำตาลซูโครสด้วยน้ำตาลฟรักโตส 10% ร่วมกับกลีเซอรอล 10 % (S80F10G10) ให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างจากลักษณะปกติของผลิตภัณฑ์ไส้เผือก

ตารางที่ 4.10 ผลวิเคราะห์ค่า a_w และผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดผสมในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์

สูตร	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	ค่า a_w	สีของไส้[ns]	ความหวาน[ns]	ความขม	ความนุ่ม[ns]	ความชอบ
S40F40G20	0.76^{d}±0.03	7.3±0.47	7.2 ± 0.51	6.4^{b} ± 0.49	7.0 ± 0.47	6.1^{b} ± 0.51
S62F20G18	0.77^{c}±0.02	7.5±0.51	7.5 ± 0.51	6.5^{b} ± 0.50	7.1 ± 0.31	6.3^{b}±0.41
S72F10G18	0.78^{b}±0.02	7.3±0.47	7.3 ± 0.47	6.1^{b} ± 0.31	7.4 ± 0.50	6.2^{b} ± 0.31
S70F15G15	0.78^{b}±0.01	7.4±0.49	7.3 ± 0.49	7.1^{a} ± 0.55	7.5 ± 0.51	7.2^{a} ± 0.31
S80F10G10	0.79^{a}±0.01	7.4±0.49	7.3 ± 0.44	7.3^{a} ±0.44	7.3 ± 0.47	7.4^{a} ± 0.49

a,b ตัวเลขที่มีอักษร กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ในไส้เผือกที่ใช้ humectant ชนิดผสม ในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์

SOV	df	MS
สูตร	4	0.005*
error	10	6×10^{-5}

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสไส้เผือก ที่ใช้ humectant ชนิดผสมในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์

SOV	df	MS				
		สีของไส้ ns	ความหวาน ns	ความขม	ความนุ่ม ns	ความชอบ
สูตร	4	0.08	0.20	9.20*	0.51	19.6*
panelist	9	0.41	0.89	0.96	0.30	0.19
error	36	0.22	0.16	0.16	0.23	0.22

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าสูตร S72F10G18 S70F15G15 และ S80F10G10 มีค่า a_w เท่ากับ 0.78 0.78 และ 0.79 ตามลำดับ เมื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัสร่วมด้วย พบว่าสูตร S70F15G15 ให้คะแนนผลทดสอบประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากลักษณะปกติของไส้เผือก ดังนั้นจึงเลือกสูตร S70F15G15 ในการผลิตไส้เผือกสูตรลดค่า a_w ตลอดการทดลอง และเมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติอื่นๆ ของไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เพิ่มเติม ได้แก่ ค่าเนื้อสัมผัส (Hardnes) ความสว่าง (L) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าความสว่าง (L) สีแดง (a*) และ สีเหลือง(b*) ของไส้เผือกสูตรลดค่า a_w

คุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)	75.22 ± 0.56
ความสว่าง (L)	47.51 ± 0.51
สีแดง (a*)	+14.23 ± 0.64
สีเหลือง (b*)	+4.35 ± 0.27

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติไส้เผือกสูตรลดค่า a_w ดังแสดงในตารางที่ 4.13 ได้แก่ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ความสว่าง (L) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ค่าดังกล่าวของไส้เผือกสูตรทางการค้าดังแสดงในตารางที่ 4.5 และจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของไส้เผือกสูตรลดค่า a_w ได้แก่ สีของไส้ ความหวาน ความขม ความนุ่ม และความชอบ จากตารางที่ 4.13 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของไส้เผือกสูตรทางการค้า (ตารางที่ 4.6) และคะแนนที่ได้อยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างจากลักษณะปกติของไส้เผือก

4.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาพายไส้เผือกที่อุณหภูมิ 30 °C

<u>การวิเคราะห์ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH ค่าความสว่าง (L) และการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์</u>

เตรียมผลิตภัณฑ์ตามข้อ 3.3.1และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 30 °C เก็บตัวอย่างทั้ง 2 สูตรตามข้อ 3.3.2 นำมาวิเคราะห์คุณภาพในวันที่ 0, 3, 5, 7 และ 14 วัน โดยวิเคราะห์ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH ค่าความสว่าง (L) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ของเปลือกพายและไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w แบบ CRD แสดงในตารางที่ 4.14 - 4.17 ซึ่งพบว่าตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA และ ค่า pH ของเปลือกพายและไส้เผือกทั้งสองสูตรตลอดการเก็บรักษา โดยพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w พบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวน้อยกว่าเมื่อเทียบกับพายไส้เผือกสูตรทางการค้า อย่างไรก็ดีไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในค่าความสว่าง(L) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ของพายทั้งสองสูตร

เมื่อทดสอบด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของของพายไส้เผือกทั้ง 2 สูตรที่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ RCBD ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.3 และตารางที่ 4.18-4.19 พบว่าตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในการทดสอบด้าน กลิ่นเนย ความกรอบ ความนุ่ม กลิ่นเปรี้ยวและความชอบในผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้น อย่างไรก็ดีตลอดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านสีของผลิตภัณฑ์ส่วนเปลือกและไส้ และกลิ่นหืนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ผลวิเคราะห์ ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA และค่า pH ของพายไส้เผือก สูตรทางการค้า และสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

สูตร	วันที่	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
สูตรทางการค้า	0	0.78^{d}±0.01	0.91^{a}±0.02	327.26^{a}±5.16	74.85^{b}±0.73	0.180^{f}±0.003	6.45^{a}±0.01
	3	0.84^{b}±0.03	0.89^{b}±0.02	242.43^{b}±2.2	77.40^{ab}±0.56	0.204^{d}±0.003	6.42^{ab}±0.02
	5	0.90^{a}±0.04	0.87^{c}±0.04	226.95^{c}±4.95	78.17^{a}±0.48	0.248^{b}±0.004	6.40^{b}±0.03
	7	0.89^{a}±0.06	0.86^{d}±0.02	224.35^{c}±2.35	78.35^{a}±1.08	0.230^{b}±0.002	6.35^{d}±0.03
	14	-	-	-	-	-	-
สูตรลดค่า a_w	0	0.78^{d}±0.01	0.78^{f}±0.01	327.26^{a}±5.16	75.22^{b}±0.76	0.184^{e}±0.003	6.44^{a}±0.02
	3	0.78^{d}±0.01	0.77^{f}±0.02	324.33^{a}±2.72	75.37^{b}±1.06	0.185^{e}±0.004	6.42^{ab}±0.01
	5	0.79^{d}±0.04	0.78^{f}±0.03	320.31^{a}±1.56	75.03^{b}±0.41	0.204^{d}±0.002	6.41^{b}±0.04
	7	0.79^{d}±0.02	0.80^{e}±0.01	325.82^{a}±3.38	74.46^{b}±0.72	0.213^{c}±0.001	6.40^{b}±0.01
	14	0.81^{c}±0.03	0.80^{e}±0.02	320.04^{a}±1.67	74.81^{b}±0.48	0.269^{a}±0.003	6.37^{c}±0.03

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

a,b,.. ตัวเลขที่มีอักษร กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA และค่า pH ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

SOV	df	MS					
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
treatment	8	0.009*	0.006*	6979.4*	1.01*	1.04×10^{-4}*	0.008*
error	9	7.1×10^{-5}	8.8×10^{-5}	0.39	0.14	5.74×10^{-6}	8.9×10^{-4}

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

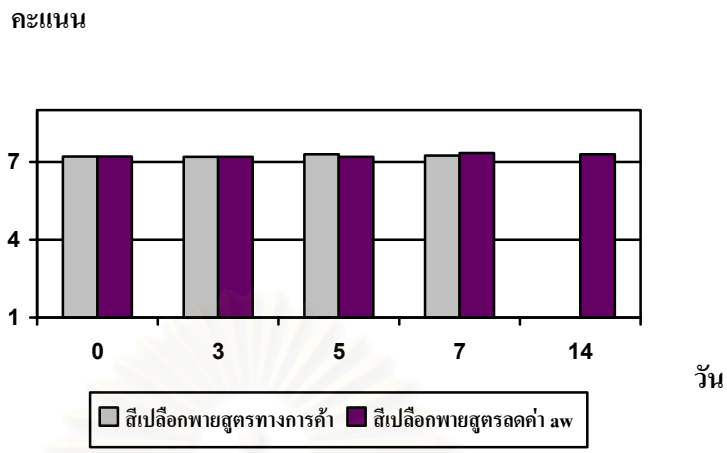
ตารางที่ 4.16 ผลวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ของ พายไส้ เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

สูตร	วันที่	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตราฐาน					
		ความสว่าง (L)		ค่าสีแดง (a*)		ค่าสีเหลือง (b*)	
		เปลือกพาย^{ns}	ไส้เผือก^{ns}	เปลือกพาย^{ns}	ไส้เผือก^{ns}	เปลือกพาย^{ns}	ไส้เผือก^{ns}
สูตรทางการค้า	0	71.6±0.86	47.08±1.32	+0.85±0.24	+13.48±0.09	+20.74±0.36	+4.15±0.49
	3	71.2±1.02	47.19±0.59	+0.84±0.87	+13.76±0.54	+20.24±1.10	+4.26±0.37
	5	70.85±1.13	47.89±1.24	+0.90±0.53	+13.87±0.48	+20.35±0.79	+4.33±0.42
	7	71.33±0.57	47.02±0.76	+0.86±1.22	+14.02±0.51	+20.63±0.86	+4.18±0.51
	14	-	-	-	-	-	-
สูตรลดค่า a_w	0	71.47±0.82	47.51±0.51	+0.80±0.22	+14.23±0.64	+20.74±0.36	+4.35±0.27
	3	71.30±1.13	47.23±0.24	+0.85±0.45	+14.02±0.51	+20.25±0.33	+4.23±0.44
	5	70.24±0.46	47.59±1.27	+0.79±0.38	+13.82±0.51	+20.42±0.68	+4.17±0.65
	7	70.84±0.59	47.14±0.36	+0.83±0.42	+14.08±0.46	+20.47±0.35	+4.59±1.32
	14	70.34±0.46	47.10±0.74	+0.80±0.54	+14.03±1.05	+20.25±0.41	+4.36±1.88

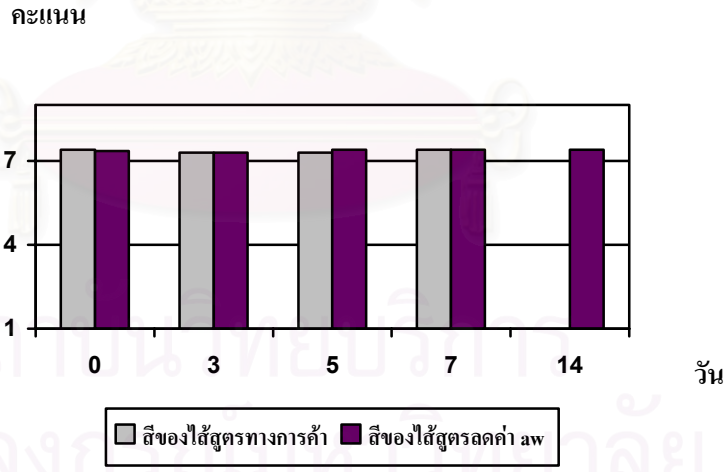
ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) พายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

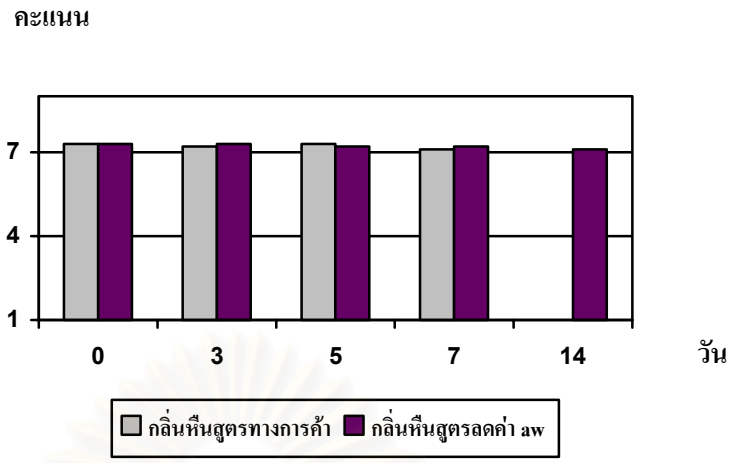
SOV	df	MS					
		ความสว่าง (L)		สีแดง (a*)		สีเหลือง (b*)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
treatment	8	0.15	0.41	0.01	0.02	0.30	0.44
error	9	0.05	0.24	0.54	0.47	0.02	0.34



รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีเปลือกของผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.1)



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า และสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.1)



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.1)

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

สูตร	วันที่	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตราฐาน				
		กลิ่นเนย	ความกรอบ	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
สูตรทางการค้า	0	$8.4^{a} \pm 0.50$	$7.4^{a} \pm 0.49$	$7.6^{a} \pm 0.57$	$7.7^{a} \pm 0.45$	$7.8^{a} \pm 0.77$
	3	$7.8^{b} \pm 0.45$	$6.7^{b} \pm 0.33$	$6.9^{c} \pm 0.31$	$7.5^{a} \pm 0.51$	$7.0^{b} \pm 0.49$
	5	$7.6^{b} \pm 0.49$	$5.4^{c} \pm 0.50$	$6.8^{d} \pm 0.50$	$6.8^{c} \pm 0.45$	$5.6^{d} \pm 0.71$
	7	$7.1^{c} \pm 0.49$	$5.2^{d} \pm 0.55$	$6.7^{d} \pm 0.71$	$6.4^{d} \pm 0.87$	$5.3^{e} \pm 0.55$
	14	-	-	-	-	-
สูตรลด a_w	0	$8.4^{a} \pm 0.47$	$7.4^{a} \pm 0.49$	$7.5^{b} \pm 0.0$	$7.6^{a} \pm 0.77$	$7.8^{a} \pm 0.35$
	3	$7.7^{b} \pm 0.71$	$7.3^{a} \pm 0.57$	$7.4^{b} \pm 0.41$	$7.5^{a} \pm 0.52$	$7.5^{a} \pm 0.49$
	5	$7.5^{b} \pm 0.71$	$7.3^{a} \pm 0.41$	$7.4^{b} \pm 0.51$	$7.2^{b} \pm 0.41$	$7.2^{b} \pm 0.77$
	7	$7.5^{b} \pm 0.55$	$7.2^{a} \pm 0.50$	$7.4^{b} \pm 0.50$	$7.1^{b} \pm 0.50$	$7.0^{b} \pm 0.49$
	14	$7.2^{c} \pm 0.44$	$7.2^{a} \pm 0.33$	$7.4^{b} \pm 0.49$	$6.8^{c} \pm 0.50$	$6.8^{c} \pm 0.32$

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษร กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีไส้	กลิ่นหืน	กลิ่นเนย	ความกรอบ	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
treatment	8	0.29	0.58	1.03	5.59*	14.14*	8.66*	5.35*	15.90*
panelist	9	0.13	0.07	0.36	0.18	0.21	0.34	0.16	0.29
error	72	0.05	0.12	0.29	0.15	0.08	0.06	0.25	0.16

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.14 พบว่าพายไส้เผือกสูตรทางการค้ามีการเปลี่ยนแปลงของ ค่า a_w และค่าเนื้อสัมผัส ในส่วนของเปลือกพายและไส้เผือกอย่างมีนัยสำคัญ ตลอดอายุการเก็บ เนื่องจาก มีความแตกต่างของค่า a_w ของไส้เผือกและเปลือกพาย จึงเกิดการเคลื่อนย้ายของไอน้ำจากไส้เผือกที่มีค่า a_w สูงกว่า ไปสู่เปลือกพายที่มีค่า a_w ต่ำ (moisture migration) ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของค่า a_w ในส่วนเปลือกพาย และการลดลงของค่า a_w ในส่วนของไส้เผือกตลอดอายุการเก็บ

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ที่เปลี่ยนแปลงไปของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเปลือกพายจะมีความกรอบลดลง ทำให้ค่าเนื้อสัมผัส (Hardness) ของเปลือกพายที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำลงตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ไส้เผือกจะมีค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ที่สูงขึ้น จากการสูญเสียน้ำให้กับส่วนของเปลือกพาย ซึ่งสอดคล้องกับผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีการลดลงของคะแนนความกรอบ ความนุ่ม และความชอบในผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.18 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kamper และ Fennema (1985) ซึ่งรายงานการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของแครกเกอร์กรอบไส้เนยแข็ง และไส้ผลไม้กวน โดยส่วนของขนมปังกรอบมีความชื้นสูงขึ้น เนื่องจากเกิด moisture migration จากไส้ทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความกรอบในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Ricopina (1990) ที่กล่าวถึงการสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโคนที่ภายในบรรจุไส้ไอศกรีม เนื่องจากการเกิด moisture migration ระหว่างส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w แตกต่างกัน และการทดลองของ Robb (1991) ที่รายงานการเกิด moisture migration ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พายไส้แอบเปิ้ล

เมื่อพิจารณาค่า a_w ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w พบว่าการปรับลดค่า a_w ของไส้เผือกโดยใช้ humectant ในระหว่างเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่เกิด moisture migration ซึ่งเกิดจากความแตกต่าง

ของค่า a_w ดังนั้นจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ดี หลังการเก็บนาน 14 วัน ค่า a_w ทั้งในส่วนเปลือกพายและไส้เผือกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สาเหตุอาจเนื่องมาจากอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ในภาวะแวดล้อมที่เก็บรักษา และอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสูง ทำให้มีการซึมผ่านของไอน้ำจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ดีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w เพียงเล็กน้อย ไม่ส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.14 ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w และในตารางที่ 4.18 ซึ่งแสดงผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของคะแนนความกรอบ ความนุ่ม ในผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w ที่วัดได้

เมื่อพิจารณาค่า TBA ของเปลือกพายทั้งสองสูตร (ตารางที่ 4.14) พบว่าตลอดการเก็บรักษา มีการเพิ่มขึ้นของค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตรอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเปลือกพายมีไขมันสูง เมื่อเก็บในภาวะบรรยากาศปกติ ทำให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับก๊าซ O_2 ทำให้เกิดปฏิกิริยา oxidative rancidity ส่งผลให้ค่า TBA สูงขึ้น อย่างไรก็ดีในพายไส้เผือกสูตรทางการค้ามีการเพิ่มขึ้นของ ค่า TBA มากกว่าสูตรลดค่า a_w เล็กน้อย เนื่องจากอิทธิพลของค่า a_w ในส่วนเปลือกพายที่เพิ่มสูงมากยิ่งขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งค่า a_w ที่เพิ่มมากขึ้น อยู่ในช่วง 0.60-0.80 สัมพันธ์กับอัตราการเกิดปฏิกิริยา oxidative rancidity ที่เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน (Katz & Labuza, 1981)

อย่างไรก็ดี ค่า TBA ที่เพิ่มขึ้นมีปริมาณไม่สูงเพียงพอจนทำให้ผู้ทดสอบสามารถระบุคะแนนด้านกลิ่นหืน ดังนั้นตลอดการเก็บรักษา จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นหืนอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาค่า pH ของไส้เผือกทั้งสองสูตร (ตารางที่ 4.14) พบว่ามีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษา เนื่องจาก ไส้เผือกมีส่วนผสมของน้ำตาลที่ค่อนข้างสูง (34.35 %) อาจเกิดการ fermentation จึงทำให้ค่า pH ของไส้เผือกลดลงตลอดการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.16 ซึ่งสอดคล้องกับผลประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

<u>การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์</u>

จากการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด และ ปริมาณยีสต์รา เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ตามที่แสดงในตาราง 4.20 พบว่าตลอดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ 14 วัน มีการเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ในทั้งสองสูตร โดยพายไส้เผือกสูตรทางการค้ามีอายุการเก็บสั้นกว่า โดยมีอายุการเก็บรักษา 7 วัน และพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w มีอายุการเก็บรักษา14 วัน

ตารางที่ 4.20 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

วัน	พายไส้เผือกสูตรทางการค้า		พายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w	
	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)	ปริมาณยีสต์ราทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)	ปริมาณยีสต์ราทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)
0	< 30	ไม่พบ	< 30	ไม่พบ
3	57	< 10	36	< 10
5	210	34	45	12
7	1.6×10^4	60	292	45
14	-	-	1.7×10^4	116

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

จากผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ในตารางที่ 4.20 พบว่าพายไส้เผือกสูตรทางการค้ามีการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และรา มากกว่าสูตรลดค่า a_w เนื่องจากพายไส้เผือกสูตรทางการค้ามีค่า a_w ที่สูงกว่า เอื้อต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่สั้นกว่า กล่าวคือในผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าปรากฏการเจริญของโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์ในวันที่ 14 จึงไม่นำมาวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ในขณะที่สูตรลดค่า a_w ยังไม่ปรากฏโคโลนีของเชื้อ โดยมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ 1.7×10^4 โคโลนี/ กรัมอาหาร และมีปริมาณยีสต์ราทั้งหมดเท่ากับ 116 โคโลนี/ กรัมอาหาร เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 14 วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาพายไส้เผือกที่อุณหภูมิ 30°C

4.4.1 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า

เตรียมพายไส้เผือกสูตรทางการค้าจากนั้นบรรจุผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ได้แก่ ภาวะอากาศปกติ (air) ภาวะที่กำจัดก๊าซ O_2 ที่มี O_2 absorber ภาวะที่มีก๊าซ $20CO_2 / 80N_2$, $50CO_2 / 50N_2$ และ $80CO_2 / 20N_2$ เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในตู้ควบคุมอุณหภูมิภายในที่ 30 °C เก็บตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงได้แก่ปริมาณก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 ที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา, ค่า a_w , ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA และค่า pH ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า ในภาวะการเก็บที่ต่างกันใน วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วิเคราะห์ผลแบบ CRD ดังแสดงในตารางที่ 4.21-4.28 และรูปที่4.4-4.5 และประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิเคราะห์ผลแบบ RCBD ดังแสดงในรูปที่ 4.6-4.9 และตารางที่ 4.30-4.33

<u>การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์</u>

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ดังตารางที่ 4.21 พบว่า ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยบรรจุในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ได้แก่การใช้ O_2 absorber และการใช้ ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้นต่างๆ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ ก๊าซทั้งสองชนิดในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ O_2 absorber ทำให้มีการลดลงของปริมาณก๊าซ O_2 และสามารถกำจัดก๊าซ O_2 ได้ทั้งหมดในวันที่ 7 และในการเก็บรักษาในภาวะที่มีก๊าซ $20CO_2 / 80N_2$, $50CO_2 / 50N_2$ และ $80CO_2 / 20N_2$ ในทุกภาวะ มีการลดลงของก๊าซ CO_2ตลอดการเก็บรักษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 ผลวิเคราะห์ปริมาณก๊าซ O_2 ก๊าซ CO_2 ที่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

Condition	วัน	ก๊าซ O_2 (% v/v)	ก๊าซ CO_2 (% v/v)
อากาศปกติ (air)	**0**	21.1	0.3
	7	21	0.2
กำจัด O_2 O_2 absorber	**0**	20.9	0.2
	7	0	0.4
	14	0	0.2
	21	0	0.3
20 CO_2 / 80N_2	**0**	0.4	19.8
	7	0.3	17.5
	14	0.4	16
50 CO_2 / 50 N_2	**0**	0.5	50.0
	7	0.4	45.8
	14	0.4	40.5
	21	0.4	34.2
	28	0.3	32.8
80 CO_2 / 20 N_2	**0**	0.4	80
	7	0.3	71.8
	14	0.4	66.5
	21	0.3	60.2
	28	0.3	52.1

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยบรรจุในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ทุกภาวะมีการลดลงของปริมาณก๊าซ O_2 ในภาวะที่ใช้ O_2 absorber เนื่องจาก O_2 absorber ประกอบด้วยสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซ O_2 ในบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดย O_2 absorber (Best Kept®) ที่ใช้ในการทดลอง เป็นสาร iron powder ซึ่งสาร iron powder จะ ทำปฏิกิริยา oxidation กับก๊าซ O_2 ที่ซึมผ่านเข้าสู่ภายในซอง O_2 absorber ในภาวะที่มีความชื้น เปลี่ยนเป็น nontoxic iron oxide ภายในซองของ O_2 absorber

ซึ่งการทำปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นจนกระทั่งก๊าซ O_2 ทั้งหมดถูกกำจัดออกจากบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดยประสิทธิภาพการทำงานของ O_2 absorber จะขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใช้ ความชื้นและค่า a_w ของอาหารแต่ละประเภท (Floros, Dock and Han, 1997 ; Vermeiren et al., 1999)

จากตารางที่ 4.21 พบว่ามีการลดลงของปริมาณก๊าซ CO_2 ในบรรจุภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะ $20CO_2 / 80N_2$, $50CO_2 / 50N_2$ และ $80CO_2 / 20N_2$ อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากก๊าซ CO_2 มีคุณสมบัติในการละลายในน้ำและไขมันได้ดี ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณก๊าซ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ในทุกภาวะลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับรายงานของ Ooraikul ในปี 1991 ซึ่งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดนัท ที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.82 ในภาวะที่ใช้ $60CO_2 / 40N_2$ ที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C พบว่าตลอดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 21 วัน มีการลดลงของก๊าซ CO_2 จาก 61 % v/v ในวันแรกเป็น 56 % v/v ในวันที่ 21

<u>การวิเคราะห์ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA ค่า pH ค่าความสว่าง (L) และการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์</u>

จากตารางที่ 4.22-4.24 แสดงผลวิเคราะห์ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA และค่า pH ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า ในภาวะการเก็บที่ต่างกัน การพิจารณาอิทธิพลของภาวะการเก็บที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตลอดการเก็บรักษาพบว่ามีความแตกต่างในค่า TBA และค่า pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ดีไม่มีความแตกต่างของภาวะการเก็บในค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพายและไส้เผือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 4.4-4.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.22 ผลวิเคราะห์ ค่า a_w ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ (air)	กำจัด O_2 (O_2 absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/50 N_2	80CO_2/20 N_2
ค่า a_w ของเปลือกพาย	0 ns	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.01	0.77 ± 0.02	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.01
	7 ns	0.88 ± 0.02	0.89 ± 0.01	0.88 ± 0.01	0.88 ± 0.03	0.88 ± 0.01
	14 ns	-	0.89 ± 0.01	0.89 ± 0.03	0.89 ± 0.03	0.89 ± 0.01
	21 ns	-	0.88 ± 0.02	-	0.88 ± 0.01	0.88 ± 0.02
	28	-	-	-	0.89 ± 0.01	0.88 ± 0.02
ค่า a_w ของไส้เผือก	0 ns	0.91 ± 0.01	0.91 ± 0.0	0.91 ± 0.0	0.91 ± 0.01	0.91 ± 0.01
	7 ns	0.87 ± 0.02	0.87 ± 0.01	0.87 ± 0.02	0.87 ± 0.03	0.87 ± 0.03
	14 ns	-	0.88 ± 0.0	0.87 ± 0.03	0.88 ± 0.03	0.87 ± 0.02
	21 ns	-	0.87 ± 0.02	-	0.87 ± 0.02	0.87 ± 0.03
	28 ns	-	-	-	0.88 ± 0.01	0.88 ± 0.0

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 ผลวิเคราะห์ค่า เนื้อสัมผัส (hardness) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ (air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/ 20N_2
ค่าเนื้อสัมผัส hardness(g) ของเปลือกพาย	0 ns	326.67 ±1.03	325.71 ±1.12	326.04±2.12	326.72± 3.15	325.82±1.53
	7 ns	226.76±1.90	227.05±1.41	228.77±0.53	229.32 ±1.05	226.8 ± 1.48
	14 ns	-	227.32±1.51	230.40±1.32	228.38 ±0.16	228.12 ±0.25
	21 ns	-	207.72±2.68	-	208.56 ±1.68	210.53 ±2.42
	28	-	-	-	202.32 ±1.04	200.56 ±1.02
ค่าเนื้อสัมผัส hardness(g) ของไส้เผือก	0 ns	74.75 ± 0.32	74.40 ± 0.22	74.30 ±1.41	73.58 ± 2.66	74.60 ± 1.29
	7 ns	74.38 ± 0.21	75.67 ±0.51	76.06 ±0.13	74.29 ± 1.03	75.13 ± 0.15
	14 ns	-	76.35 ±0.24	76.02 ±0.12	76.21 ± 0.14	76.35± 0.29
	21 ns	-	76.73 ±1.07	-	76.51 ± 0.62	76.78 ± 0.32
	28	-	-	-	77.51 ± 1.07	77.42 ± 1.11

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 ผลวิเคราะห์ค่า TBA และค่า pH ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

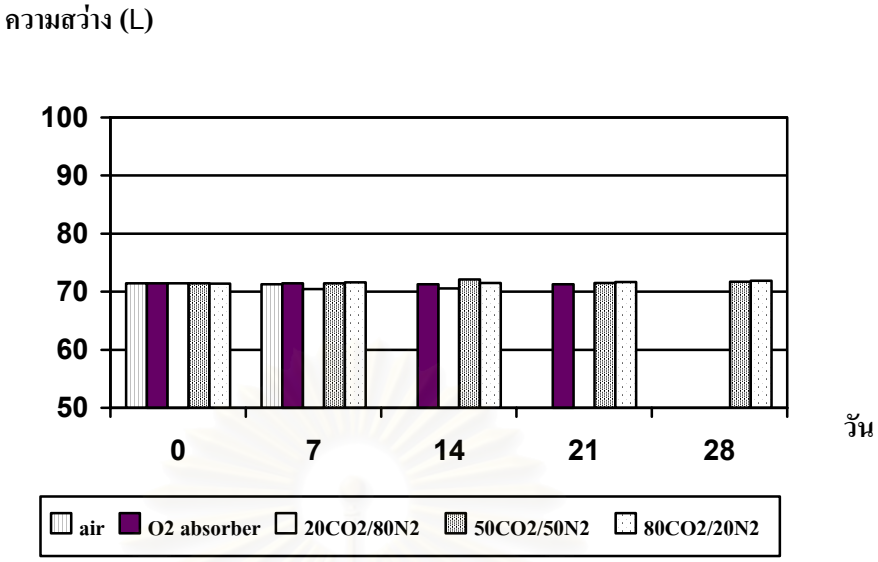
คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ (air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/20N_2
ค่า TBA ของเปลือกพาย	0 ns	0.173± 0.02	0.174±0.03	0.175±0.02	0.174± 0.02	0.175±0.02
	7	0.232[a]± 0.04	0.173[b]±0.02	0.179[b]±0.01	0.178[b]±0.02	0.176[b]±0.01
	14	-	0.178[c]±0.03	0.209[a]±0.02	0.211[a]± 0.04	0.205[b]±0.03
	21	-	0.184[b]±0.02	-	0.247[a]±0.02	0.25[a]± 0.04
	28	-	-	-	0.267± 0.03	0.270±0.01
ค่า pH ของไส้เผือก	0 ns	6.44 ± 0.03	6.43 ± 0.02	6.44 ± 0.01	6.43 ± 0.03	6.44 ± 0.01
	7	6.30[d] ± 0.01	6.40[a] ± 0.03	6.36[bc] ±0.01	6.35[bc] ±0.03	6.33[c] ±0.01
	14	-	6.35[a] ± 0.01	6.30[b] ± 0.01	6.30[b] ±0.01	6.25[c] ±0.03
	21	-	6.30[a] ± 0.02	-	6.31[a] ±0.01	6.26[b] ±0.02
	28	-	-	-	6.27 ±0.02	6.23 ± 0.02

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

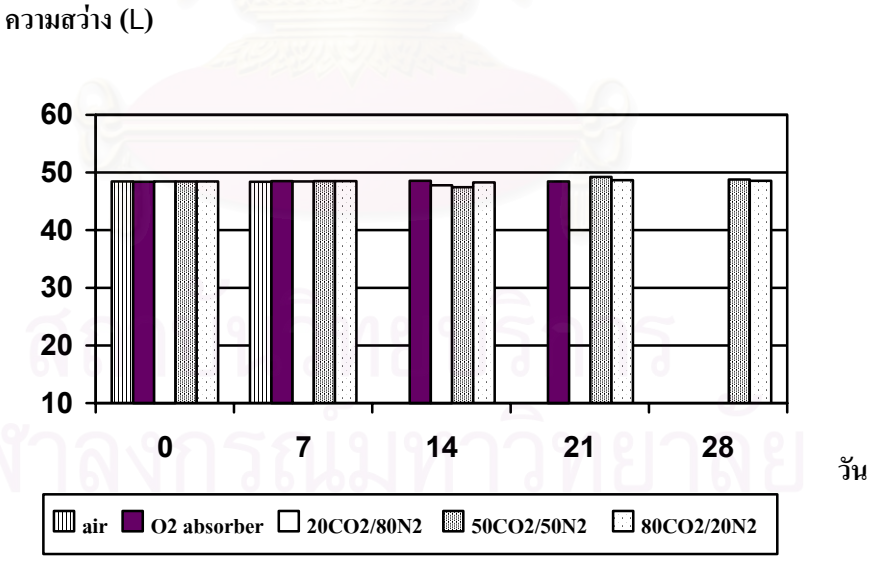
a,b,… ตัวเลขที่มีอักษร กำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 ผลวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพายสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.2)



รูปที่ 4.5 ผลวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) ของไส้เผือกสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.2)

ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 0

SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส Hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง (L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	4	0.002	0.03	0.02	0.94	$5.6x10^{-4}$	0.007	0.002	0.008
error	15	0.004	0.005	1.23	0.73	5.3×10^{-4}	0.003	0.002	0.03

ตารางที่ 4.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 7

SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง(L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	4	0.005	0.003	4.02	0.20	0.002 *	0.003*	0.003	0.01
error	15	0.004	0.006	0.82	0.65	0.02	0.004	0.001	0.02

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 14

SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง (L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	3	2×10^{-4}	0.002	0.21	0.11	0.005 *	0.002*	0.01	0.06
error	12	8×10^{-5}	0.009	0.05	0.04	6×10^{-4}	5×10^{-3}	0.05	0.01

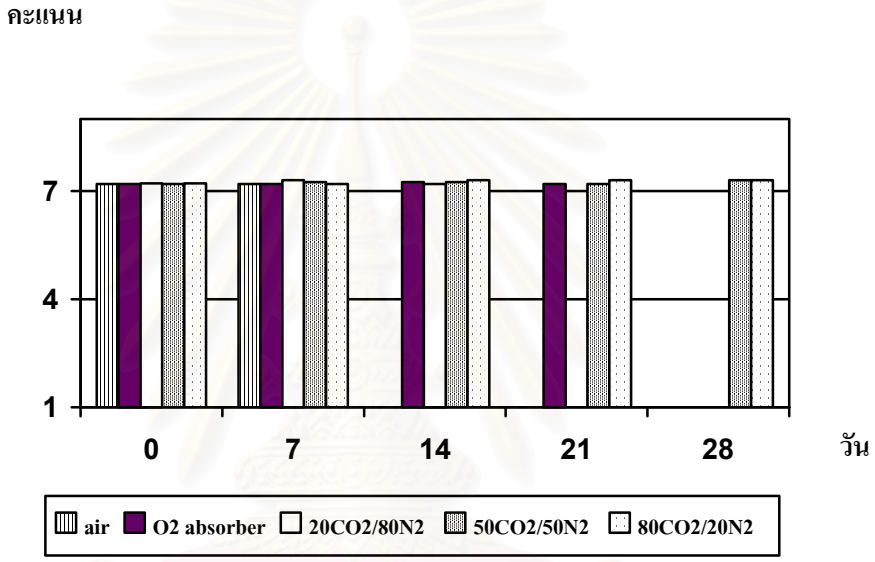
* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 21

SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง (L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	2	0.007	3×10^{-4}	2.66	0.28	0.004 *	0.004*	0.023	0.19
error	9	5×10^{-4}	0.003	0.73	0.13	1×10^{-4}	0.002	0.036	0.02

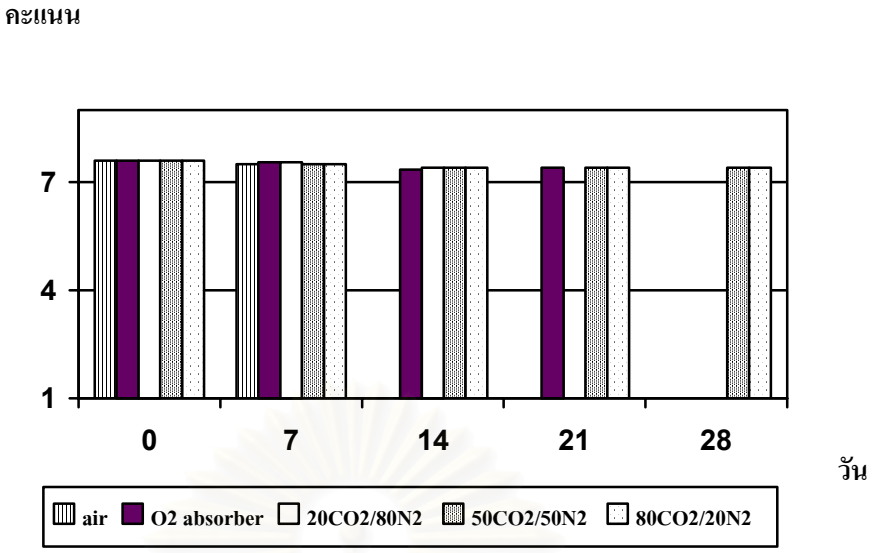
* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ พบว่าตลอดการเก็บรักษาทุกภาวะการเก็บ มีการลดลงของคะแนนกลิ่นเนย ความกรอบ ความนุ่ม และความชอบในผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาอิทธิพลของภาวะการเก็บที่มีต่อผลิตภัณฑ์พบว่ามีความแตกต่างในคะแนนกลิ่นเนย กลิ่นเปรี้ยวและความชอบในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 4.6- 4.9 และตารางที่ 4.29-4.33

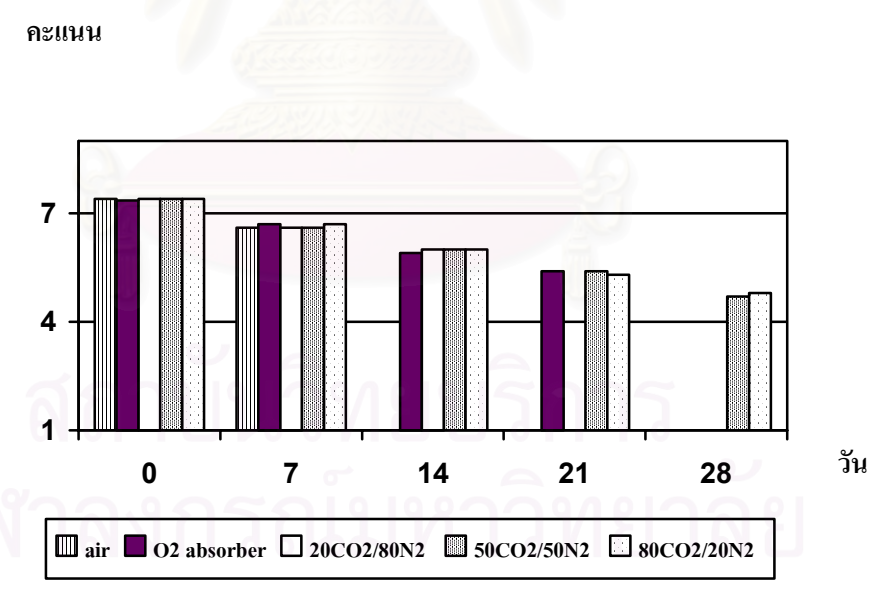


รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.3)

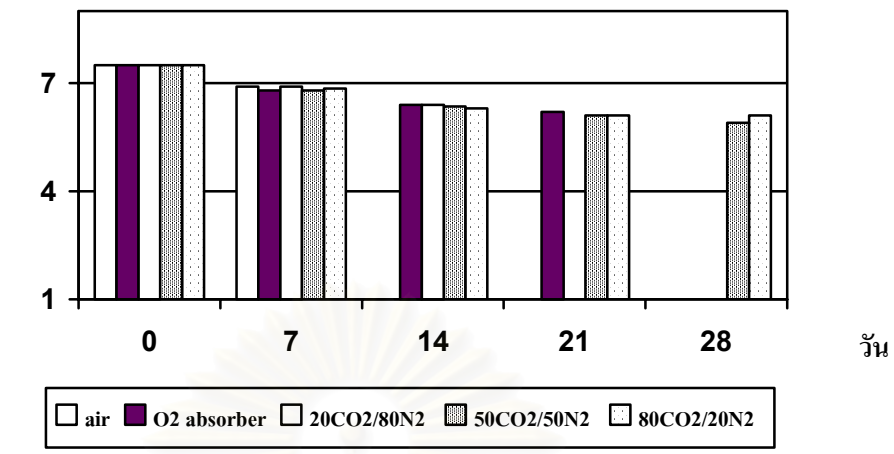
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.3)



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.3)



รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.3)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.29 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ(air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/20N_2
กลิ่นเนย	0 ns	8.4 ± 0.29	8.4± 0.0	8.4± 0.35	8.3 ± 0.49	8.4± 0.50
	7 ns	7.3 ± 0.50	7.3 ± 0.51	7.25 ± 0.20	7.25 ± 0.49	7.3±0.49
	14	-	7.3^{a} ± 0.15	7.0^{b} ± 0.48	7.1^{b} ± 0.32	7.0^{b} ± 0.25
	21	-	7.2^{a} ± 0.33	-	7.0^{b} ± 0.50	7.0^{b} ± 0.40
	28	-	-	-	6.7± 0.14	6.8 ± 0.30
กลิ่นหืน	0 ns	7.4± 0.39	7.4 ± 0.0	7.5± 0.15	7.5 ± 0.20	7.4 ± 0.50
	7 ns	7.4± 0.49	7.4 ± 0.25	7.4 ± 0.24	7.4 ± 0.35	7.4 ± 0.71
	14 ns	-	7.2± 0.10	7.2 ± 0.27	7.3 ± 0.40	7.3 ± 0.49
	21 ns	-	7.2 ± 0.27	-	7.3 ± 0.85	7.3± 0.36
	28	-	-	-	7.2± 0.17	7.2± 0.40
กลิ่นเปรี้ยว	0 ns	7.7 ± 0.51	7.7± 0.52	7.65± 0.49	7.7 ± 0.39	7.65± 0.45
	7	7.0^{b} ± 0.35	7.4^{a} ± 0.0	7.4^{a} ± 0.39	7.4^{a} ± 0.49	7.3^{ab} ±0.20
	14	-	7.3^{a} ± 0.29	6.9^{b} ± 0.53	7.3^{a} ± 0.35	7.2^{a} ± 0.14
	21	-	7.0^{b} ± 0.45	-	7.3^{a} ± 0.25	7.2^{a} ± 0.45
	28	-	-	-	6.8± 0.45	6.7 ± 0.30
ความชอบ	0 ns	7.4± 0.39	7.4 ± 0.00	7.5± 0.15	7.5 ± 0.20	7.4 ± 0.50
	7	7.2^{c} ± 0.49	7.4^{a} ± 0.25	7.3^{b} ± 0.24	7.4^{a} ± 0.35	7.4^{a} ± 0.71
	14	-	7.2^{a} ± 0.10	7.0^{b} ± 0.27	7.2^{a} ± 0.40	7.2^{a} ± 0.49
	21	-	7.2^{b} ± 0.27	-	7.3^{a} ± 0.85	7.3^{a} ± 0.36
	28	-	-	-	7.2± 0.17	7.2 ± 0.40

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บน ผลิตภัณฑ์

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษร กำกับที่ต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 0

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บรักษา	4	0.34	0.08	0.25	0.27	0.67	0.02	0.24	0.17
panelist	5	0.22	0.34	0.57	0.03	0.67	0.02	0.59	0.26
error	20	0.23	0.16	0.07	0.05	0.03	0.02	0.19	0.05

ตารางที่ 4.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 7

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บรักษา	4	0.18	0.23	0.74	0.43	0.79	0.58	0.10*	0.39*
panelist	5	0.12	0.05	0.11	0.23	0.15	0.23	0.13	0.07
error	20	0.19	0.04	0.15	0.12	0.24	0.09	0.06	0.12

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 14

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บรักษา	3	0.6	0.17	0.46*	0.13	0.67	0.15	0.07*	0.35*
panelist	5	0.12	0.32	0.31	0.11	0.38	0.4	0.43	0.16
error	15	0.24	0.08	0.19	0.14	0.16	0.12	0.07	0.13

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 21

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บรักษา	2	0.54	0.33	0.13*	0.49	0.08	0.19	0.86*	0.13*
panelist	5	0.14	0.26	0.15	0.31	0.11	0.23	0.1	0.15
error	10	0.16	0.07	0.24	0.17	0.08	0.19	0.18	0.26

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 4.22-4.23) แสดงการวิเคราะห์ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ในภาวะการเก็บที่ต่างกัน การพิจารณาอิทธิพลของภาวะการเก็บที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างของสภาวะการเก็บต่อค่า ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ

สอดคล้องกับการประเมินผลทางประสาทสัมผัส (รูปที่ 4.8-4.9) ที่ไม่พบความแตกต่างของภาวะการเก็บรักษาที่มีต่อคะแนนความกรอบ และความนุ่มของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ดี จากผลการทดลองดังกล่าวพบแนวโน้มที่ผลิตภัณฑ์ในทุกภาวะการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในค่า a_w ของเปลือกพายและการลดลงในค่า a_w ของไส้เผือก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของ ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ของไส้เผือก และการลดลงของค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ของเปลือกพาย เนื่องจากการเกิด moisture migration ระหว่างเปลือกพายและไส้เผือก จากความแตกต่างของระดับ a_w อย่างไรก็ดีพบว่าภาวะในการเก็บรักษาด้วยการปรับสภาพบรรยากาศรอบอาหารโดยใช้ O_2 absorber และ การใช้ก๊าซ N_2 และก๊าซ CO_2 เข้มข้นต่างๆ ค่า a_w ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก การเกิด moisture migration เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหาร ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความชื้นและค่า a_w ของส่วนต่างๆภายในเนื้ออาหาร หรือระหว่างอาหารกับความชื้นจากสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปของผลิตภัณฑ์ในแต่ละส่วน โดยส่วนที่กรอบซึ่งมีระดับ a_w ต่ำจะเปลี่ยนเป็นชื้นเหนียวจากการเคลื่อนย้ายของความชื้นจากส่วนที่มี ระดับ a_w สูงกว่า (Roos,1995) ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณของก๊าซรอบอาหาร สอดคล้องกับผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัส (รูปที่ 4.8-4.9) ที่มีการลดลงของคะแนนความกรอบ และความนุ่ม แต่ไม่พบความแตกต่างของภาวะการเก็บรักษาที่มีต่อคะแนนความกรอบ และความนุ่มของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 4.24) พิจารณาอิทธิพลของภาวะการเก็บที่มีต่อค่าTBA ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า พบว่า มีความแตกต่างในค่า TBA อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่า TBA เป็นดัชนีที่ชี้วัดปฏิกิริยา oxidation ของไขมัน (Nawar, 1996) จากตารางที่ 4.24 ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในภาวะอากาศปกติ (air) และการปรับสภาพบรรยากาศโดยใช้ก๊าซ N_2 และก๊าซ CO_2 เข้มข้นต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยา oxidation ระหว่างไขมันและ ก๊าซ O_2 ที่ยังเหลืออยู่ในบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ (แสดงในตารางที่ 4.21)

อย่างไรก็ดีในการเก็บผลิตภัณฑ์ในภาวะอากาศปกติ ที่ใช้ O_2 absorber (air + O_2 absorber) ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการเก็บในภาวะอื่น เนื่องจากไม่มีก๊าซ O_2 เหลืออยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ โดยพบความแตกต่างของค่า TBA ในภาวะการเก็บที่ใช้ O_2 absorber และภาวะการเก็บอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าค่า TBA ที่วัดได้ยังอยู่ในปริมาณที่ต่ำ ไม่ส่งผลต่อผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.29)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.24 เมื่อพิจารณาอิทธิพลของภาวะการเก็บที่มีต่อ ค่า pH ของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า พบว่า มีความแตกต่างของค่า pH อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของภาวะการเก็บ พบว่าการลดลงของ pH แปรผันตามความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากก๊าซ CO_2 มีคุณสมบัติในการละลายในน้ำและไขมัน โดยการละลายให้กรดคาร์บอนิก ซึ่งกรดบางส่วนจะแตกตัวให้ ไบคาร์บอเนตอิออน และไฮโดรเจนอิออน ซึ่งไบ

คาร์บอเนตอิออน อาจแตกตัวอีกขั้นหนึ่งให้คาร์บอเนตอิออนและไฮโดรเจนอิออน ซึ่งทำให้ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ลดลง (Floros, Dock and Han, 1997) ดังนั้นภาวะการเก็บที่มีก๊าซ $80CO_2/ 20N_2$ จึงเป็นภาวะที่มีค่า pH ลดลงต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.29 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเนย กลิ่นเปรี้ยว และความชอบของผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อพิจารณาอิทธิพลของภาวะการเก็บพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในคะแนนกลิ่นเนย โดยภาวะที่ใช้ O_2 absorber (air + O_2 absorber) ให้คะแนนมากกว่าภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากก๊าซ O_2 จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นรส และการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร (Jay et al., 1992) ซึ่งในภาวะที่มี O_2 absorber ก๊าซ O_2 ทั้งหมดได้ถูกกำจัดออกจากบรรยากาศ ทำให้ภาวะดังกล่าวมีคะแนนการประเมินผลด้านกลิ่นเนยสูงกว่าภาวะอื่น การพิจารณาอิทธิพลของภาวะการเก็บต่อคะแนนกลิ่นเปรี้ยว และความชอบ พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งคะแนนที่แตกต่างในแต่ละสภาวะเกิดจากการ fermentation น้ำตาล เนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนน กลิ่นเปรี้ยว และความชอบลดลง

ผลการทดลองค่าความสว่าง(L) ของเปลือกพายและไส้เผือก (L) (รูปที่ 4.4-4.5) พบว่าไม่มีความแตกต่างของภาวะการเก็บในค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพายและไส้เผือกอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัส (รูปที่ 4.6-4.7) ที่ไม่พบความแตกต่างของภาวะการเก็บรักษาที่มีต่อคะแนนสีของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ

<u>การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์</u>

จากการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด และการตรวจหาจุลินทรีย์ anaerobe ได้ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4.34 และวิเคราะห์ปริมาณ ก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 ที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ภาวะ ดังแสดงในตารางที่ 4.35 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในภาวะอากาศปกติ (air) ,ภาวะที่ใช้ O_2 absorber (air + O_2 absorber), ภาวะที่มีก๊าซ $20CO_2 / 80N_2$ $50CO_2 / 50N_2$ และ $80CO_2 / 20N_2$ ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บ 7 วัน, 21 วัน, 14 วัน, 28 วัน และ 28 วันตามลำดับ

ตารางที่4.34 ผลวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรียที่เปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

condition	วัน	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)	ปริมาณยีสต์ราทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)	การตรวจหาจุลินทรีย์ anaerobe (+ / -)
อากาศปกติ (air)	**0**	< 30	ไม่พบ	-
	7	7.9×10^3	55	-
กำจัด O_2 O_2 absorber	**0**	< 30	ไม่พบ	-
	7	165	ไม่พบ	+
	14	1.5×10^3	ไม่พบ	+
	21	4.8×10^3	ไม่พบ	+
20 CO_2/ 80N_2	**0**	< 30	ไม่พบ	-
	7	3.6×10^3	22	-
	14	2.1×10^4	43	-
50 CO_2 / 50 N_2	**0**	< 30	ไม่พบ	-
	7	196	< 10	-
	14	295	35	-
	21	2.9×10^3	47	-
	28	2.3×10^4	53	-
80 CO_2 / 20 N_2	**0**	< 30	ไม่พบ	-
	7	134	< 10	-
	14	207	12	-
	21	1.9×10^3	37	-
	28	8.6×10^3	41	-

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาดังแสดงในตารางที่ 4.34 พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บมากขึ้น และพบการเจริญของจุลินทรีย์ชนิด anaerobe ในภาวะการเก็บที่ไม่มีก๊าซ O_2 (air+ O_2 absorber) พบว่าการใช้ O_2 absorber จะช่วยป้องกันการเจริญของเชื้อราในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะที่มีก๊าซ CO_2 ช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น และอายุการเก็บรักษาจะเพิ่มมากตามความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่ใช้มากขึ้น ซึ่งการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ภาวะ $50CO_2/50N_2$ และ $80CO_2/20N_2$ ช่วยเพิ่มอายุการเก็บผลิตภัณฑ์จากภาวะอากาศปกติ (air) ที่มีอายุการเก็บ 7 วัน เป็น 28 วัน อย่างไรก็ดี เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แล้ว การใช้ $80CO_2/20N_2$ ในการเก็บรักษา พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตน้อยกว่า กล่าวคือ ภาวะ $50CO_2/50N_2$ มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ 2.3×10^4 โคโลนี/กรัม ปริมาณยีสต์ราทั้งหมดเท่ากับ 53 โคโลนี/กรัม เปรียบเทียบกับ ภาวะ $80CO_2/20N_2$ มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ 8.6×10^3 โคโลนี/กรัม ปริมาณยีสต์ราทั้งหมดเท่ากับ 41 โคโลนี/กรัม ดังนั้นการใช้ $80CO_2/20N_2$ จึงเป็นภาวะที่ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าได้ดีที่สุด

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Ooraikul (1991) ซึ่งรายงานว่าการใช้ก๊าซ CO_2 20-70 % ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆได้ดี นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ก๊าซ $80CO_2/ 20N_2$ ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ Madeira cakes และการใช้ก๊าซ $50CO_2/ 50N_2$ ในการยืดอายุการเก็บรักษา Tea cake และ เดนิช เพสตรี (Smith and Simpson, 1995) Day ในปี 2003 อธิบายว่าการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียในอาหารนั้น กรดคาร์บอนิกที่เกิดขึ้นจะลดค่า pH ของผลิตภัณฑ์และจะซึมผ่านเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ในรูปที่ไม่แตกตัว จากนั้นแตกตัวเป็นไบคาร์บอเนตอิออนและไฮโดรเจนอิออน ทำให้ค่า pH ในเซลล์จุลินทรีย์ลดลงอย่างรวดเร็ว การทำงานของเอนไซม์และระบบ metabolism จึงถูกทำลาย ส่งผลต่อการเจริญและแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์และทำลายเซลล์จุลินทรีย์ในที่สุด

อย่างไรก็ดีในภาวะการเก็บที่ใช้ O_2 absorber พบการเจริญของจุลินทรีย์ชนิด anaerobe ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการก๊าซ O_2 ในการเจริญเติบโต แต่ไม่พบการเจริญของเชื้อดังกล่าวในภาวะอื่น โดยจุลินทรีย์ชนิด anaerobe ที่สำคัญ และสามารถสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค คือ เชื้อ *Clostridium botulinum* ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 3.3-50 ^oC ในอาหารที่มีค่า a_w ตั้งแต่ 0.94 ขึ้นไป (Jay et al., 1992) ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ในการทดลองที่ไส้เผือกสูตรทางการค้ามีค่า a_w เท่ากับ 0.91 ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับระดับ a_w ต่ำที่สุด ที่เชื้อสามารถเจริญได้ จึงมีความเป็นไปได้ที่อาจมีการเจริญของ *Clostridium botulinum* ในผลิตภัณฑ์

4.4.2 ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w

เตรียมพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w จากนั้นบรรจุในภาวะปรับสภาพบรรยากาศได้แก่ ภาวะอากาศปกติ (air), ภาวะที่กำจัดก๊าซ O_2 ที่ใช้ O_2 absorber ภาวะที่มีก๊าซ $20CO_2$ / $80N_2$ $50CO_2$ / $50N_2$ และ $80CO_2$ / $20N_2$ เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ภายในที่ 30 ^oC เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพได้แก่ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่าTBA และ ค่าpH ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w ในภาวะการเก็บที่ต่างกันใน วันที่ 0, 7, 14, 21, 28 และ 35 วิเคราะห์ผลแบบ CRD ดังแสดงในตารางที่ 4.35-4.44 และรูปที่ 4.10 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิเคราะห์ผลแบบ RCBD ตามรูปที่ 4.11- 4.14 และตารางที่ 4.45-4.52

<u>การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์</u>

การวิเคราะห์ปริมาณ ก๊าซ O_2 และ ก๊าซ CO_2 ที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ภาวะ ดังแสดงในตารางที่ 4.35 พบว่าปริมาณ ก๊าซ O_2 และ ก๊าซ CO_2 มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะที่ใช้ O_2 absorber (air + O_2 absorber), ภาวะที่มีก๊าซ $20CO_2$ / $80N_2$ $50CO_2$ / $50N_2$ และ $80CO_2$ / $20N_2$ มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ ก๊าซทั้งสองชนิด ในระหว่างการเก็บเช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า โดยในภาวะที่ใช้ O_2 absorber มีการลดลงของปริมาณก๊าซ O_2 และสามารถกำจัดก๊าซ O_2 ได้หมดภายในวันที่ 7 และในการเก็บรักษาในภาวะที่มีก๊าซ CO_2 ความเข้มข้นต่างๆ มีการลดลงของก๊าซ CO_2ตลอดการเก็บรักษาในทุกภาวะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.35 ผลวิเคราะห์ปริมาณก๊าซ O_2 ก๊าซ CO_2 ที่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

condition	วัน	ก๊าซ O_2 (% v/v)	ก๊าซ CO_2 (% v/v)
อากาศปกติ (air)	0	20.5	0.3
	7	21	0.3
	14	21	0.3
กำจัด O_2 O_2 absorber	0	21	0.3
	7	0	0.2
	14	0	0.3
	21	0	0.3
	28	0	0.3
	35	0	0.2
20 CO_2 / 80 N_2	0	0.3	19.9
	7	0.2	17.8
	14	0.3	17.0
	21	0.3	15.8
50 CO_2 / 50 N_2	0	0.4	50.0
	7	0.2	49.0
	14	0.3	46.3
	21	0.3	42.0
	28	0.3	39.2
	35	0.3	36.5
80 CO_2 / 20 N_2	0	0.4	80.0
	7	0.3	74.5
	14	0.4	68.7
	21	0.3	60.4
	28	0.3	55.9
	35	0.3	52.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า a_w เนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH ค่าความสว่าง (L) และการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.36-4.37 พบว่าตลอดการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ในทุกภาวะการเก็บไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w และเนื้อสัมผัส Hardness (g) ของเปลือกพายและไส้เผือก และผลิตภัณฑ์ในแต่ละภาวะการเก็บไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของค่า a_w และเนื้อสัมผัสของเปลือกพายและไส้เผือก

อย่างไรก็ดีในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ มีความแตกต่างของค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพายและไส้เผือก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.10 เมื่อพิจารณาอิทธิพลของภาวะการเก็บที่มีต่อผลิตภัณฑ์พบว่ามีความแตกต่างในค่า TBA และค่าpH แต่ไม่มีความแตกต่างในค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพายและไส้เผือก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.36 ผลวิเคราะห์ค่า a_w ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ(air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/80N_2	50CO_2/50N_2	80CO_2/20N_2
ค่า a_w ของเปลือกพาย	0 ns	0.78 ± 0.01	0.78± 0.04	0.78 ±0.01	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.05
	7 ns	0.79 ± 0.03	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.02	0.78 ± 0.03	0.79 ± 0.01
	14 ns	0.79 ± 0.03	0.79 ± 0.02	0.80 ± 0.02	0.79 ± 0.02	0.80 ± 0.04
	21 ns	-	0.79 ± 0.04	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.03
	28 ns		0.80 ± 0.01	-	0.81 ± 0.03	0.81 ± 0.02
	35 ns	-	0.80 ± 0.03	-	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.02
ค่า a_w ของไส้เผือก	0 ns	0.78 ± 0.03	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.0	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.01
	7 ns	0.79 ± 0.04	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.04	0.78 ± 0.03
	14 ns	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.03	0.78 ± 0.02	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.02
	21 ns	-	0.78 ± 0.01	0.79 ± 0.03	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.04
	28 ns	-	0.78 ± 0.02	-	0.78 ± 0.05	0.78 ± 0.06
	35 ns	-	0.78 ± 0.02	-	0.79 ± 0.04	0.78 ± 0.01

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.37 ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ (air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/20N_2
ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g) ของเปลือกพาย	0 ns	325.36±1.57	326.71±2.06	326.15±1.19	325.84±1.36	325.82±0.23
	7 ns	320.84 ±0.48	323.35±1.27	324.31±1.53	325.32±0.89	322.91±1.04
	14 ns	327 .02±0.59	327.32±0.71	328.35±1.58	327.11±0.87	328.27±1.01
	21 ns	-	325.97±1.44	326.2± 1.33	325.11±0.28	324.4 ± 0.22
	28 ns	-	322.31±0.62	-	322.19±1.03	319.98±1.32
	35 ns	-	322.97±1.02	-	320.34±1.36	321.56±0.84
ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g) ของไส้เผือก	0 ns	74.58 ± 0.97	74.67 ±0.34	74.52 ± 1.02	74.43 ± 0.37	74.55 ± 0.56
	7 ns	74.23 ± 1.03	74.59 ±1.08	74.62 ± 0.88	74.47 ± 2.12	74.51 ± 1.32
	14 ns	74.59 ± 0.38	74.66 ±1.17	75.02 ± 1.01	74.82 ± 1.24	74.67± 0.51
	21 ns	-	76.51 ±1.31	76.59 ±0.85	76.55 ± 0.42	76.23 ± 1.52
	28 ns	-	76.49 ±2.58	-	76.51 ± 1.23	76.22 ±1.12
	35 ns	-	76.72 ±1.33	-	76.87± 2.31	76.83 ± 1.57

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

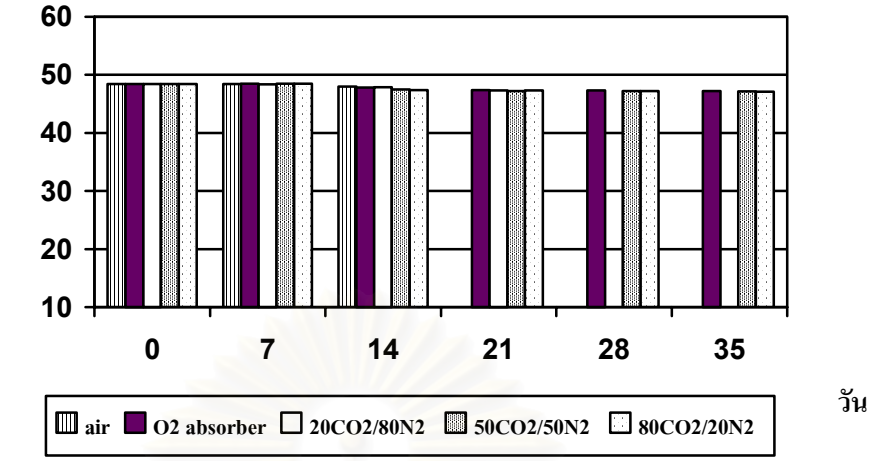
ตารางที่ 4.38 ผลวิเคราะห์ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ (air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/20N_2
ค่า TBA ของเปลือกพาย	0 ns	0.183± 0.02	0.184± 0.03	0.181± 0.01	0.185 ± 0.02	0.186 ±0.02
	7	0.222^{a}±0.04	0.185^{b}±0.01	0.186^{b}±0.02	0.184^{b} ±0.03	0.187^{b}±0.01
	14	0.227^{a}±0.01	0.186^{c}±0.02	0.201^{b}±0.02	0.207^{b}±0.005	0.206^{b}±0.02
	21	-	0.188^{b}±0.01	0.211^{a}±0.12	0.223^{a} ±0.14	0.215^{a}±0.01
	28		0.187^{b}±0.12	-	0.232^{a} ±0.03	0.230^{a}±0.02
	35	-	0.183^{b}±0.08	-	0.236^{ab} ±0.13	0.238^{a}±0.05
ค่า pH ของไส้เผือก	0 ns	6.45±0.01	6.45 ± 0.01	6.45 ± 0.06	6.45 ±0.12	6.45±0.03
	7	6.40^{a}±0.03	6.40^{a} ± 0.03	6.41^{a} ±0.04	6.40^{a}±0.02	6.37^{b}±0.05
	14	6.35^{c}±0.13	6.40^{a} ± 0.01	6.42^{a} ±0.05	6.39^{b} ±0.03	6.35^{c}±0.02
	21	-	6.38^{a} ± 0.12	6.32^{ab}±0.06	6.31^{b} ±0.02	6.30^{b}±0.05
	28	-	6.36^{a} ± 0.06	-	6.30^{c} ±0.06	6.34^{b}±0.04
	35	-	6.35^{a} ± 0.04	-	6.28^{b} ±0.02	6.23^{c}±0.03
ค่าความสว่างของเปลือกพาย	0 ns	71.90 ±0.52	71.85 ± 0.28	71.85 ±0.51	71.80 ±0.56	71.90±0.59
	7 ns	70.47±1.32	71.73 ± 0.26	71.20 ±1.02	71.40 ±0.54	71.10±0.43
	14 ns	70.23±0.67	71.64 ± 0.32	70.87 ± 0.38	71.06±0.51	71.03±0.81
	21	-	71.68^{a} ± 0.51	70.82^{b}±0.77	70.85^{b}±1.66	70.84^{b}±0.28
	28	-	71.46^{a} ± 0.83	-	70.56^{b}±1.05	70.50^{b}±1.05
	35	-	71.44^{a} ± 0.86	-	70.23^{c} ±0.72	70.34^{b}±0.89

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

a,b,.... ตัวเลขที่มีอักษร กำกับที่ต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)



รูปที่ 4.10 ผลวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) ของไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.4)

ตารางที่ 4.39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 0

SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง (L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	4	0.008	0.005	0.24	0.35	0.017	0.02	0.33	0.25
error	15	0.05	0.02	0.43	0.48	3.2×10^{-4}	0.04	0.28	0.19

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 7

SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง(L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	4	0.03	0.04	1.03	0.05	0.021 *	0.016*	0.032*	0.28
error	15	0.005	0.21	0.38	0.17	1×10^{-4}	0.002	0.04	0.13

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 14

SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง (L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	4	0.006	3×10^{-4}	2.66	0.28	0.04 *	0.03*	0.02*	0.27
error	15	1×10^{-4}	0.003	0.73	0.13	1.2×10^{4}	0.02	0.036	0.02

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 21

SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง (L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	3	0.004	0.42	0.06	0.07	0.005*	0.14*	0.06*	0.71
error	12	0.007	0.026	0.24	0.54	0.51	0.07	0.025	0.35

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 28

SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง (L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	2	0.05	0.32	1.66	0.26	0.15 *	0.08*	0.37*	0.89
error	9	1×10^{-4}	0.12	0.73	0.07	3.1×10^{-4}	0.03	0.013	0.16

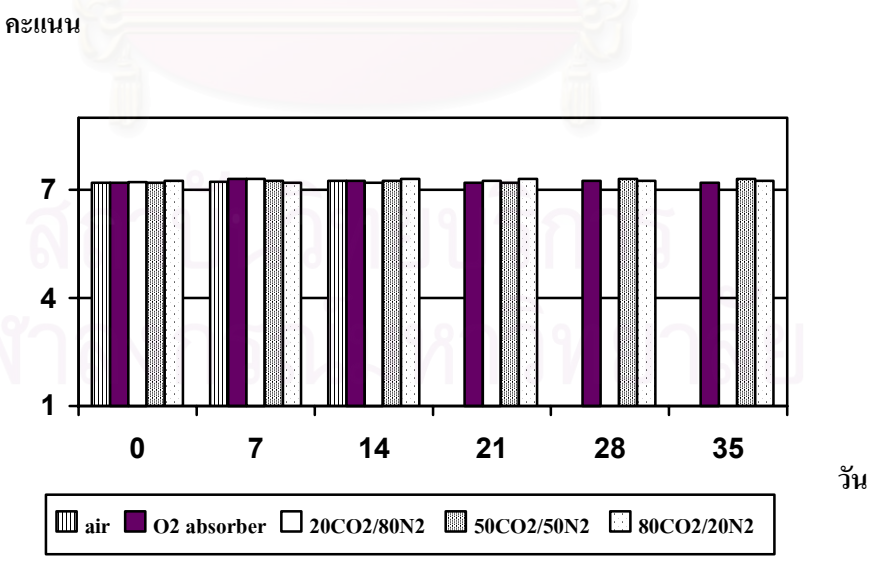
* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 35

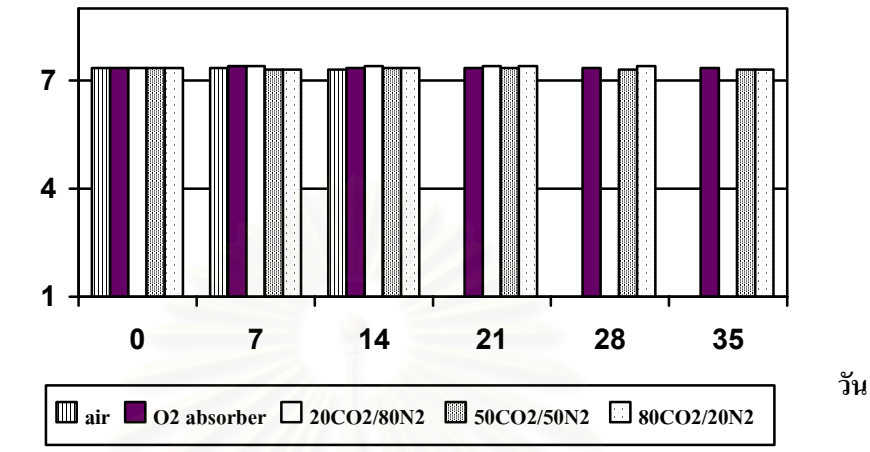
SOV	df	MS							
		ค่า a_w		ค่าเนื้อสัมผัส hardness (g)		ค่า TBA	ค่า pH	ความสว่าง (L)	
		เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก	เปลือกพาย	ไส้เผือก
ภาวะการเก็บรักษา	2	3×10^{-3}	1×10^{-4}	0.03	0.32	0.17 *	0.26*	0.52*	0.83
error	9	2×10^{-4}	0.021	0.21	0.08	1.2×10^{-4}	0.04	0.05	0.19

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

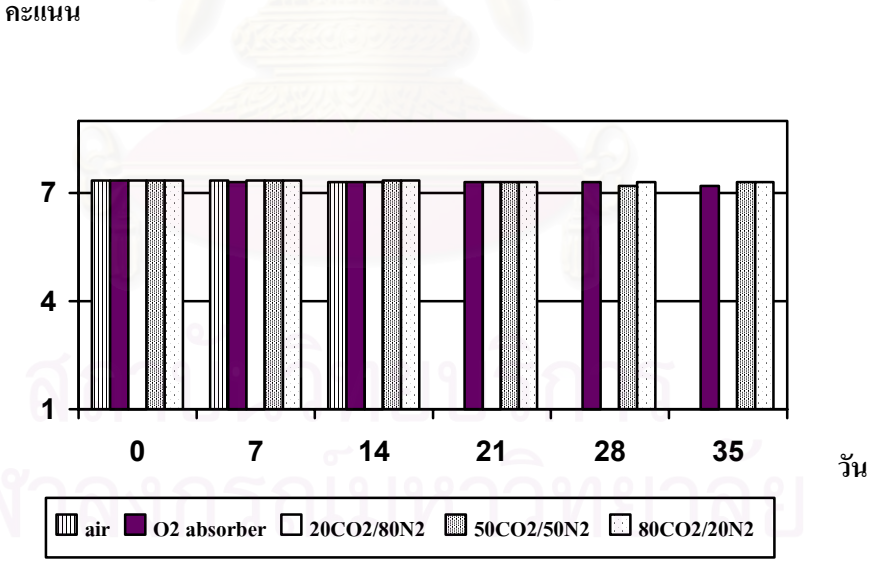
จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิเคราะห์ผลแบบ RCBD ตามรูปที่ 4.11-4.14 และตารางที่ 4.45-4.52 พบอิทธิพลของภาวะการเก็บต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยมีความแตกต่างของคะแนนด้านกลิ่นเนย กลิ่นเปรี้ยวและความชอบในผลิตภัณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



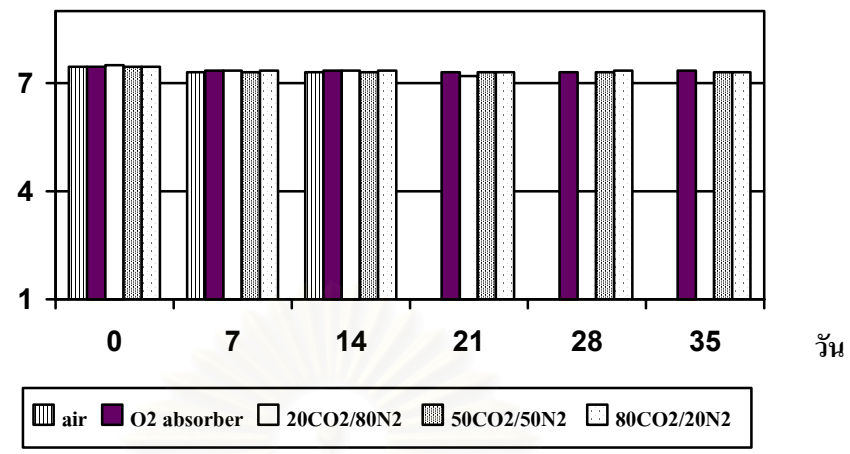
รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.5)



รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.5)



รูปที่ 4.13 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของเปลือกผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.5)



รูปที่ 4.14 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของไส้ผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (ตารางข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ.5)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.45 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ(air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/20N_2
กลิ่นเนย	0 ns	8.4 ± 0.29	8.4 ± 0.69	8.4± 0.42	8.4 ± 0.53	8.4 ± 0.48
	7 ns	8.0± 0.48	8.1 ± 0.26	8.0 ± 0.32	8.0± 0.53	8.1±0.48
	14	7.3^{b} ± 0.50	8.1^{a}± 0.57	8.0^{a} ± 0.32	8.1^{a}± 0.32	8.0^{a}± 0.25
	21	-	7.8^{a}± 0.64	7.3^{b} ± 0.32	7.8^{a} ± 0.55	7.8^{a} ± 0.40
	28	-	7.7^{a} ± 0.15	-	7.6^{b} ± 0.53	7.4^{c}± 0.56
	35	-	7.1^{a} ± 0.52	-	7.0^{b}± 0.10	7.0^{b}± 0.30
กลิ่นหืน	0 ns	7.4 ± 0.50	7.4 ± 0.57	7.4± 0.25	7.4± 0.42	7.4 ± 0.37
	7 ns	7.4 ± 0.46	7.4 ± 0.20	7.4 ± 0.15	7.4 ± 0.25	7.4 ± 0.10
	14 ns	7.2± 0.20	7.2± 0.50	7.2 ± 0.55	7.3 ± 0.52	7.2 ± 0.25
	21 ns	-	7.2 ± 0.48	7.2 ± 0.25	7.2 ± 0.45	7.2± 0.50
	28 ns	-	7.2 ± 0.50	-	7.0± 0.35	7.1± 0.17
	35 ns	-	7.1 ± 0.45	-	7.1± 0.48	7.1± 0.35

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

a,b,.. ตัวเลขที่มีอักษร กำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.46 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ(air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/20N_2
กลิ่นเปรี้ยว	0 ^{ns}	7.7 ± 0.51	7.7± 0.52	7.7± 0.49	7.7 ± 0.39	7.7± 0.45
	7	7.0^{b} ± 0.24	7.4^{a} ± 0.03	7.4^{a}± 0.25	7.4^{a} ± 0.31	7.3^{ab}±0.35
	14	7.0^{c}± 0.36	7.4^{a}± 0.25	7.2^{b} ± 0.17	7.3^{a}± 0.35	7.2 ^{a}± 0.14
	21	-	7.2^{a}± 0.35	7.1^{b} ± 0.35	7.2^{a} ± 0.45	7.2^{a} ± 0.45
	28	-	7.0^{b}± 0.45	-	7.1 ^{ab}±0.20	7.2^{a} ± 0.33
	35	-	6.8^{a}± 0.13	-	6.7^{b}± 0.22	6.7^{b} ± 0.25
ความชอบ	0 ^{ns}	7.8± 0.15	7.8 ± 0.05	7.8± 0.25	7.8 ± 0.15	7.8± 0.33
	7	7.4^{b}± 0.25	7.5^{a}± 0.17	7.3^{c} ± 0.31	7.5^{ab} ± 0.45	7.4 ^{b}± 0.46
	14	7.0^{c}± 0.20	7.3^{a}± 0.25	7.0 ^{c}± 0.45	7.3^{b} ± 0.35	7.4^{a} ± 0.31
	21	-	7.2^{b} ± 0.15	7.0^{c} ± 0.14	7.3^{a} ± 0.85	7.3^{a}± 0.36
	28	-	7.2^{b} ± 0.10	-	7.1^{c} ± 0.20	7.3^{a} ± 0.45
	35	-	7.0^{c} ± 0.33	-	7.1^{b}± 0.17	7.2^{a}± 0.36

(-) หมายถึงไม่ได้ทำการทดลองต่อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียโดยปรากฏการเจริญของโคโลนีจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษร กำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตร ลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 0

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บรักษา	4	0.24	0.03	0.14	0.05	0.06	0.02	0.24	0.35
panelist	5	0.12	0.25	0.06	0.08	0.26	0.14	0.62	0.42
error	20	0.36	0.04	0.07	0.13	0.14	0.02	0.03	0.02

ตารางที่ 4.48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 7

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บรักษา	4	0.06	0.35	0.36	0.22	0.31	0.16	0.58*	0.68*
panelist	5	0.22	0.24	0.72	0.33	0.20	0.81	0.24	0.22
error	20	0.15	0.07	0.13	0.10	0.45	0.23	0.16	0.50

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 14

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บ	4	0.22	0.31	0.25*	0.15	0.58	0.23	0.12*	0.07*
panelist	5	0.85	0.26	0.85	0.23	0.13	0.39	0.52	0.18
error	20	0.32	0.09	0.14	0.17	0.21	0.25	0.04	0.29

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.50 การวิเคราะห์ ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 21

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บ	3	0.23	0.51	0.36*	0.08	0.06	0.23	0.39*	0.11*
panelist	5	0.15	0.94	0.24	0.26	0.11	0.14	0.25	0.06
error	15	0.12	0.08	0.33	0.42	0.56	0.15	0.32	0.17

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 28

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บ	2	0.54	0.45	0.23*	0.15	0.79	0.12	0.13*	0.41*
panelist	5	0.16	0.51	0.12	0.21	0.82	0.25	0.46	0.15
error	10	0.11	0.67	0.19	0.55	0.03	0.88	0.58	0.77

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศในวันที่ 35

SOV	df	MS							
		สีเปลือก	สีของไส้	กลิ่นเนย	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความนุ่ม	กลิ่นเปรี้ยว	ความชอบ
ภาวะการเก็บ	2	0.79	0.20	0.50*	0.34	0.02	0.16	0.34*	0.17*
panelist	5	0.65	0.96	0.13	0.46	0.56	0.05	0.22	0.56
error	10	0.97	0.03	0.19	0.16	0.89	0.74	0.53	0.84

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองของค่า a_w และค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ดังแสดงในตารางที่ 4.36 และ 4.37 ไม่พบอิทธิพลของภาวะการเก็บรักษาต่อค่า a_w และค่าเนื้อสัมผัส (hardness) ของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีการปรับสูตรโดยใช้สาร humectant เพื่อให้ระดับ a_w เท่ากัน จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w และค่าเนื้อสัมผัส (hardness) นอกจากนี้ ภาวะการเก็บรักษาโดยการใช้ O_2 absorber และการใช้ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้นต่างๆ ให้ผลวิเคราะห์ที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังอธิบายในข้อที่ 4.4.1 สอดคล้องกับการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ที่พบว่าในทุกภาวะการเก็บรักษา มีคะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ และความนุ่ม อยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้น และไม่มีความแตกต่างของภาวะการเก็บรักษาต่อคะแนนความกรอบและความนุ่มของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (รูปที่ 4.13-4.14)

เมื่อพิจารณาค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.38) พบว่าในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะอากาศปกติ (air) และการปรับสภาพบรรยากาศโดยใช้ก๊าซ N_2 และก๊าซ CO_2 เข้มข้นต่างๆ มีการเพิ่มขึ้นของค่า TBA มากกว่าการเก็บรักษาโดยใช้ O_2 absorber ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงในค่า TBA มากนัก เนื่องจากการใช้ O_2 absorber ช่วยกำจัดปริมาณก๊าซ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ (แสดงในตารางที่ 4.35) อย่างไรก็ดีพบว่าค่า TBA ที่วัดได้ยังอยู่ในปริมาณที่ต่ำ จึงไม่ส่งผลต่อผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.45) เช่นเดียวกับในพายไส้เผือกสูตรทางการค้า

จากผลการทดลองค่า pH (ตารางที่ 4.38) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของภาวะการเก็บรักษา ต่อค่า pH ของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากค่า pH จะลดลงในภาวะที่มีอัตราส่วนของก๊าซ CO_2 สูงขึ้นเช่นเดียวกับในพายไส้เผือกสูตรทางการค้า

จากการพิจารณาค่าความสว่าง(L) ของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.10) พบว่าภาวะการเก็บรักษามีผลต่อค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพาย อย่างมีนัยสำคัญ หลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 21 วัน จากปฏิกิริยา Maillard reaction ที่เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาล ทำให้เกิดสีคล้ำกับผลิตภัณฑ์อาหาร

<u>การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์</u>

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาดังแสดงในตารางที่ 4.53 พบว่าปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บมากขึ้น โดยในภาวะการเก็บที่ใช้ O_2 absorber มีการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในผลิตภัณฑ์ขนมอบ และพบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ชนิด anaerobe เช่นเดียวกับในพายสูตรทางการค้า ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะที่ใช้ O_2 absorber พบว่าช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้นมากกว่า การใช้ ก๊าซ $50CO_2$ /50 N_2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.53 ผลวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรียที่เปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ

condition	วัน	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)	ปริมาณยีสต์ราทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)	การวิเคราะห์คุณภาพ anaerobe
อากาศปกติ (air)	0	< 30	ไม่พบ	-
	7	235	39	-
	14	5.4×10^3	85	-
กำจัด O_2 O_2 absorber	0	< 30	ไม่พบ	-
	7	107	ไม่พบ	-
	14	218	ไม่พบ	-
	21	2.2×10^3	ไม่พบ	+
	28	3.1×10^4	ไม่พบ	+
	35	3.5×10^4	ไม่พบ	+
20 CO_2 / 80 N_2	0	< 30	ไม่พบ	-
	7	134	18	-
	14	1.2×10^3	25	-
	21	3.9×10^4	39	-
50 CO_2 / 50 N_2	0	< 30	ไม่พบ	-
	7	112	< 10	-
	14	226	22	-
	21	3.3×10^3	30	-
	28	8.5×10^3	41	-
	35	5.1×10^4	55	-
80 CO_2 / 20 N_2	0	< 30	ไม่พบ	-
	7	98	< 10	-
	14	195	< 10	-
	21	1.7×10^3	24	-
	28	2.5×10^3	36	-
	35	4×10^3	45	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 4.53) การเก็บพายไส้เผือกพบว่าในภาวะอากาศปกติ (air), ภาวะที่ใช้ O_2 absorber (air + O_2 absorber) , $20CO_2$ / $80N_2$, $50CO_2$ / $50N_2$ และ $80CO_2$ / $20N_2$ ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนาน 14, 35, 21, 35 และ 35 วัน ตามลำดับ ซึ่งการใช้ก๊าซ $80CO_2$ /20 N_2 ช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้นานที่สุด กล่าวคือ มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่าภาวะที่ใช้ O_2 absorber และภาวะ$50CO_2$ / $50N_2$ โดยมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ 4×10^3 โคโลนี/ กรัม ปริมาณยีสต์ราทั้งหมดเท่ากับ 45 โคโลนี/ กรัม โดยกลไกของก๊าซ CO_2 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ มีดังอธิบายในข้อที่ 4.4.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ในการเลือกสูตรเปลือกพายในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พายไส้เผือก พบว่าเปลือกพายสูตรเนยสดให้ค่า a_w ที่สูงกว่าสูตรมาการีน ในขณะที่สูตรมาการีนให้ค่าเนื้อสัมผัส (hardness) และค่าสีเหลือง (b*) ที่สูงกว่าสูตรเนยสด เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรเนยสดให้คะแนนด้านกลิ่นสูงกว่าและคะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์สูงกว่าจึงเลือกสูตรเนยสดเป็นสูตรในการผลิตเป็นเปลือกพายตลอดการวิจัย

การใช้ humectant ร่วมกัน 2 ชนิดได้แก่น้ำตาลฟรักโตสและกลีเซอรอล ในการแทนที่น้ำตาลซูโครสในสูตรไส้เผือก สามารถลดค่า a_w และให้ผลการทดสอบทางประสาท สัมผัสที่ดีกว่าการใช้ humectant เพียงชนิดเดียว โดยการแทนที่ด้วยน้ำตาลฟรักโตส15% และกลีเซอรอล 15% สามารถลดค่า a_w ของไส้เผือกได้ใกล้เคียงกับค่า a_w ของเปลือกพายมากที่สุด และมีผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับที่ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ปกติ จึงเลือกเป็นสูตรในการผลิตพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w

ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า และสูตรลดค่า a_w ที่อุณหภูมิ 30 ^{0}C พบว่าพายไส้เผือกสูตรทางการค้ามีอายุการเก็บรักษา 7 วัน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w มีอายุการเก็บนาน 14 วัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้ามีค่า a_w สูงกว่าซึ่งเอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าเกิด moisture migration เนื่องจากความแตกต่างของค่า a_wของเปลือกพายและไส้เผือก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสที่ดีของผลิตภัณฑ์ และส่งผลให้คะแนนด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลง

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าในภาวะปรับสภาพบรรยากาศได้แก่ ภาวะที่กำจัดก๊าซ O_2 ที่มี O_2 absorber , ภาวะที่มีก๊าซ $20CO_2$ / $80N_2$, $50CO_2$ / $50N_2$ และ $80CO_2$ / $20N_2$ เมื่อพิจารณาเฉพาะภาวะการเก็บรักษา พบว่า ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในค่า TBA และ ค่า pH โดยผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบ ความแตกต่างของคะแนน กลิ่นเนย กลิ่นเปรี้ยวและความชอบในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดี ผลการทดลองมีแนวโน้มว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยปรับสภาพบรรยากาศ ไม่สามารถยับยั้งการเกิด moisture migration ได้ จึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในค่า a_w และค่าเนื้อสัมผัสของเปลือกพายและไส้เผือกเช่นเดียวกับการเก็บในภาวะปกติ

การพิจารณาผลวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้า พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าในภาวะปรับสภาพบรรยากาศด้วย 80 CO_2 /20N_2 คือภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาจาก 7 วัน เป็น 28 วัน

ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ เมื่อพิจารณาเฉพาะภาวะการเก็บรักษา พบว่า ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญใน ค่า TBA ค่า pH และค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพาย การประเมินทางประสาทสัมผัส พบ ความแตกต่างของคะแนน กลิ่นเนย กลิ่นเปรี้ยวและความชอบในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

การพิจารณาผลวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w พบว่าการปรับสภาพบรรยากาศด้วยการใช้ O_2 absorber , 50CO_2 / 50 N_2 และ 80CO_2 / 20 N_2 ให้อายุการเก็บรักษาเท่ากัน คือ 35 วัน แต่เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตใน ผลิตภัณฑ์แล้ว การเก็บรักษาโดยใช้ 80CO_2 / 20 N_2 เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดใน การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรลดค่า a_w

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ก๊าซ CO_2 ในการปรับสภาพบรรยากาศให้ผลในการยืดอายุผลิตภัณฑ์ได้ดี และเหมาะสมในการนำมาใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พายไส้เผือก อย่างไรก็ดีเครื่องจักรที่ใช้ในการปรับสภาพบรรยากาศ รวมทั้ง เครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซ ในบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันยังมีราคาสูงมาก ดังนั้นจึงเป็นอุปสรรคสำหรับผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบรายเล็ก ที่จะสามารถนำผลของงานไปใช้ในการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน
2. จากผลการทดลองการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตร ด้วยวิธีปรับสภาพบรรยากาศ โดยการใช้ O_2 absorber พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ anaerobe ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าจุลินทรีย์ดังกล่าวเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค หรือสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นควรมีการวิจัยในเชิงลึกเพิ่มเติม เพื่อระบุชนิดของจุลินทรีย์ให้แน่ชัด ทั้งนี้เพื่อการประยุกต์ใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. 2535. การใช้แป้งมันเทศพันธุ์พื้นเมืองในผลิตภัณฑ์คุกกี้ . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล . 2541 . เบเกอร์รี่เทคโนโลยีเบื้องต้น , 224 หน้า. พิมพ์ครั้งที่5. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พิฆเณศ.

จริยา เดชกุญชร. 2547. ขนมปัง . กรุงเทพมหานคร : ฮอบบี้เมคเกอร์.

ชมดาว สิกขะมณฑล. 2540. การพัฒนาคุกกี้กล้วยตาก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ นิยมวิทย์ .2537. การชิมอาหาร : ทฤษฎีและวิธีการปฏิบัติ . กรุงเทพมหานคร : วี บี บุ๊คเซนเตอร์ .

นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ .2541. อาชีพแก้จน : ขนมอบ . กรุงเทพมหานคร:แม่บ้าน.

อัจฉรา ชินาลัย . 2534. เบเกอร์รี่ 2 “ พาย พัฟเพสตรี ทาร์ต ” . กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แสงแดด.

A.O.A.C. 1995. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington D.C : Association of Official Analytical Chemists.

Ahvenainen, R., and Hurme, E. 1997. Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety . Food Additives and Contaminants. 14:753-763.

Avital, Y., and Mannheim, C.H. 1988. Modified atmosphere packaging of pita bread. Packaging Technology and Science. 1: 17-23.

Bailey, C.H. 1941 . A transfer of Beccari’s lecture concerning grain . Cereal Chemistry. 18: 555-561 .

Baker, G.L. 2002. Storage water activity effect on oxidation and sensory properties of high-oleic peanuts. Journal of Food Science . 67(4) : 1600-1603.

Bemiller, J.N., and Whistler, R.L. 1996. Carbohydrates. Food Chemistry . 3rd ed., pp 510-515. New York : Marcel Dekker.

Beuchat, L.R. 1981. Water Activity of Foods [online]. Available from: http:// foodsafety.cas.psu.edu / Food preservation/ water_ activity _ of _ foods. htm. [2005, May 3].

Birch, G.G., and Parker, K.J. 1982. Sucrose, the optimum sweetener . Nutritive Sweeteners , pp. 2-35. London : Applied Science Publishers.

Blakistone, B.A. 1999. Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food . 2nd ed. USA : Aspen.

Butcher, G.J., and Hodge, D.G. 1984. Pastry Technology : The softening of pork pie pastry during storage. Flour Milling Baking Research Association Report. No. 116.

Cauvain, S.P., and Young, L.S. 2000. Bakery Food Manufacture and Quality : Water control and effects . Oxford : Blackwell Science .

Center For Food Safety and Applied Nutrition. 2001. Evaluation and Definition of Potentially Hazardous Foods [online] . Available from : http://www.cfsan.fda.gov/~ comm./ ift 4-8. html.[2005, May 3].

Church, N. 1994. Development in modified atmosphere packaging and related technologies. Trends in Food Science and Technology. 5: 345-352.

Day, B.F. 1993.Fruit and vegetables. Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food ,pp 115-133. UK : Blackie Academic & Professional.

Day, B.F. 2003. Novel MAP application for fresh – prepare produce. Novel Food Packaging Technique .Cambridge : Woodhead.

Deman, J.M. 1990. Principles of Food Chemistry. 2 nd ed., pp 1-35. New York: Van Nostrand Reinhold.

Doerry, W. 1998 . Formulation and production of puff pastries. Technical Bulletin: American Institute of Baking . 20(2) : 1-8 .

Farber, J.M. 1991. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology . Journal of Food Protection. 54 : 58-70.

Fennema, O.R. 1976. Water and ice. Food Chemistry , pp 13-39. New York: Marcel Dekker.

Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry. 3rd ed. New York: Marcel Dekker .

Floros, J.D., Dock, L.L., and Han, J.H. 1997. Active packaging technologies and application .Food Cosmetic &Drug Packaging. 20(1) :10-17.

Grosso, N.R., and Resurreccion, A.V.A. 2002. Predicting consumer acceptance ratings of cracker-coated and roasted peanuts from descriptive analysis and hexanal measurements. Journal of Food Science. 67(4) : 1530-1537.

Harrigen, W.F., and Mccane, M.E. 1976. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology . London : Academic Press.

Ho, C.H., and Hartman, T.G. 1993. Lipids in food flavors: an overview. Lipids in Food Flavors , pp. 3-20 .Washington D.C : American Chemical Society.

Hong, G.P., and Nip, W.K. 1990. Functional properties of precooked taro flour in sorbets. Food Chemistry. 36 : 261-270.

Jay, J.M.1992. Modern Food Microbiology. USA: Aspen.

Kamper, S.L., and Fennema, O.R. 1985. Use of edible film to maintain water vapor gradient in foods. Journal of Food Science. 50(1) : 382-384.

Katz, E.E., and Labuza, T.P. 1981. Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. Journal of Food Science. 46(1): 403-409.

Kazier, H., and Dyer, B. 1995. Reduced fat pastry margarine for laminated dough in puff, Danish and croissant applications. Cereal Food World. 40(5) : 363-365.

Kirk, R.S., and Sawyer, R. 1991 . Pearson composition and analysis of foods. Harlow : Longman Scientific and Technical.

Labuza, T.P., and Schmidl, M.K. 1985. Accelerated shelf-life testing in foods. Food Technology. 39(9) : 57-64.

Labuza, T.P., and Hyman, C.R. 1998. Moisture migration and control in multi-domain foods. Trends in Food Science and Technology. 9: 47-55.

Legan, J.D., and Voysey, P.A. 1991. Yeast spoilage of bakery products and ingredients. Journal of Applied Bacteriology. 70(8) : 361-371.

Matsushita, S. 1990. Oxidation of food. Food Packaging , pp 25-44. New York : Academic Press.

Nawar, W.W.1996. Lipids. Food Chemistry .3rd ed., pp 225-319.New York : Marcel Decker.

Nip, W.K., Kimball, R.N., Belgin, F.M., and Moy, J.H. 1989a. Minimal thermal processes for taro products . Food Science (Taipei, ROC). 16: 114-117.

Nip, W.K., Whitaker, C.S., and Vargo, D. 1994. Application of taro flour in cookie formulations. International Journal of Food Science and Technology .29: 463-468.

Ooraikul, B.1982 . Gas packing a bakery product. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal . 15(4) : 313-315.

Ooraikul, B. 1991. Modified atmosphere packaging of bakery products. Modified Atmosphere Packaging of Foods , pp. 49-117.Ellis Harwood, Chichester.

Parkin, K.L.,and Brown, W.D. 1983. Modified atmosphere of Dungeness crab (*Cancer magister)*. Journal of Food Science . 48: 370-378.

Philips, C.A. 1996. Review : Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of product. Journal of Science and Technology. 31 : 463-479.

Ricopina, D.C., and Torres, J.A. 1990. Edible methyl cellulose based film as moisture impermeable barriers in sundae ice cream cones. Journal of Food Science. 55(5) : 1468-1469.

Robb, J. 1991. Moisture migration in apple pies. Flour Milling Baking Research Association Report . No. 145.

Roos, Y.H. 1995. Glass transition-related physicochemical changes in foods. Food Technology. 48(10) : 97-102.

Ruck, J.A. 1969. Chemical Method for Analysis of Fruit and Products, pp. 12-13. CN : Canada Department of Agriculture.

Schiffmann, R.F.1987. Performance testing of products in microwave oven. Microwave World. 8(1):7.

Seiler, D.A.L. 1989. Modified atmosphere packing of bakery products. Controlled/ Modified Atmosphere/Vacuum Packaging of Foods. Food and Nutrition Press, pp.119-133. CN: Trumbull.

Smith, J.P. 1993. Bakery product. Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food, pp 134-169. UK : Blackie Academic & Professional.

Smith, J.P., and Simpson, B.K.1995. Modified atmosphere packaging of bakery and pasta products. Principles of Modified Atmosphere Packaging, pp 207-243.Langcaster Technomic.

Suppakul, P., Miltz, K., and Bigger, S.W. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. Journal of Food Science . 68 (2) : 408-420.

Troller, J.A., and Christian, J.H.B. 1978. Water Activity and Food . New York : Academic Press.

Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van, B.M., and de Kruijf, A.D.J. 1999. Development in the active packaging of foods. Trends in Food Science and Technology. 10(3): 77-86.

Wilbrandt, C.S. 1989. Checklist for MAP strategy. National Food Processors Association Convention Proceedings. Food Engineering. 6(4) : 621-622.

Williams, J.C.1976. Chemical and non-enzymatic changes in intermediate moisture food. Intermediate Moisture Food. London : Applied Science Publisher.

Williams, A., and Pullen, G. 1998. Functional Ingredients in Technology of Bread Making , pp 45-80. UK : Blackie Academic & Professional.

Wolfe, S.K. 1984. Use of CO and CO_2 enriched atmosphere for meat, fish and products. Food Technology . 34(3) : 55-58.

Tagodoe, A., and Nip, W.K. 1994. Functional properties of raw and precooked taro (*Colocasia esculenta*) flours. International Journal of Food Science and Technology. 29 : 457-462.

Yang, T.S. 1998. Ambient storage. Food Storage Stability, pp 436-458. USA : CRC.

Zagory, D. 1994. Fundamentals of reduced-oxygen packaging . Modified Atmosphere Food Packaging, pp 9-17. Herndon : Institute of Packaging Professionals.

Zeuthen, P., and Bogh-Sorensen, L. 2003. Food Preservation Techniques. Washington D.C :Woodhead.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก.1 การวัดค่า water activity

<u>อุปกรณ์</u>

เครื่องวัดค่า water activity (Aqua Lab)

<u>วิธีทดลอง</u>

1. ทำการ Calibrate เครื่องโดยสารละลายมาตรฐานที่มีค่า a_w ต่างๆ
2. บดตัวอย่างประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยตัวอย่าง เกลี่ยให้กระจาย ให้มีความสูงไม่เกินครึ่งหนึ่งของส่วนสูงของถ้วย
3. นำมาใส่เครื่องวัดค่า จะมีไฟกระพริบแสดงการทำงานของเครื่อง
4. รอจนกระทั่งไฟกระพริบหยุด และมีเสียงเตือนแสดงการวัดค่าเสร็จสิ้น หน้าจอจะแสดงค่า a_w บันทึกค่าที่วัดได้

ก.2 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกพายและไส้เผือก Hardness (g)

(ดัดแปลงจาก Butcher and Hodge, 1984)

<u>อุปกรณ์</u>

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA-TX2)

<u>วิธีทดลอง</u>

1. เปิดเครื่อง texture analyzer และเครื่องคอมพิวเตอร์ ประกอบอุปกรณ์วัดค่า โดยใช้หัว cylinder probe ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 mm.
2. Calibrate ค่า force และ probe ก่อนการวัด โดยตั้งระยะ probe เป็น 20 cm.
3. เลือก option : return to start pre-test speed : 2.0 mm/s
   Test speed : 2.0 mm/s Post- test speed 15 mm/s
   Distance : 8 mm
4. นำผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้นใส่ในเครื่อง กดปุ่ม run a test หัว probe จะเจาะบริเวณกึ่งกลางของ ฝาเปลือกพาย คอมพิวเตอร์จะแสดงผลกราฟ peak ต่างๆ ได้แก่ ค่าแรงที่ใช้ กด (กรัม) ต่อเวลา (วินาที) ค่า hardness ของเปลือกพายคือ peak ที่สูง ที่สุด หมายถึงแรงกดสูงสุดในการเจาะ เนื่องจากความกรอบของเปลือกพาย ประเภท short crust pastry จะอยู่ที่เปลือกนอก (Butcher and Hodge, 1984) วัดค่า 5 ตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ย

5. ทำการวัดค่า เนื้อสัมผัสความแข็งของไส้เผือกคือ หลังจากวัดค่า hardness ของเปลือกพายแล้ว ให้ค่อยๆเลาะฝาเปลือกพายออกตั้งค่าเครื่อง โดยเลือก

   option : return to start pre-test speed : 2.0 mm/s

   Test speed : 2.0 mm/s Post- test speed 15 mm/s

   Distance : 15 mm
6. นำผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้นใส่ในเครื่อง กดปุ่ม run a test หัว probe จะเจาะบริเวณกึ่งกลางของ ไส้เผือกในถ้วย คอมพิวเตอร์จะแสดงผลกราฟ peak ต่างๆ ได้แก่ค่าแรงที่ใช้กด (กรัม) ต่อเวลา (วินาที) ค่า hardness ของไส้เผือกคือ peak สูงที่สุด หมายถึง แรงกดสูงสุดในการเจาะ วัดค่า 5 ตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ย

ก.3 การวัดสีด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter

<u>อุปกรณ์</u>

เครื่อง Minolta Chroma Meter, CR300 series

<u>วิธีทดลอง</u>

1. Calibrate เครื่องวัดสีด้วยแผ่นกระเบื้องสีขาว ตั้งเครื่องให้วัดค่า ความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)
2. วัดค่าผลิตภัณฑ์โดยนำหัววัดไปสัมผัสที่ผิว ใน 3 ตำแหน่ง ต่อ 1 ผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้น วัด 5 ตัวอย่างต่อ 1 ซ้ำ
3. บันทึกผลเป็นค่าเฉลี่ยของ L, a* และ b*

ก.4 การวัดค่าความเป็นกรด (Ruck , 1969)

<u>อุปกรณ์</u>

เครื่อง pH meter, CG 840

<u>วิธีทดลอง</u>

1. ทำความสะอาดหัว probe ด้วยน้ำกลั่นและซับให้แห้ง
2. Calibrate เครื่องด้วยสารเคมีที่มีค่า pH 4.0 และ pH 7.0
3. เตรียมสารละลายตัวอย่างโดยใช้ตัวอย่าง 10 กรัม และน้ำกลั่น 15 กรัม
4. วัดค่า pH ของตัวอย่าง

ก.5 การวัดค่าปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์

<u>อุปกรณ์</u>

เครื่อง portable multi-function analyzer MFA WITT, WFA III

<u>วิธีทดลอง</u>

1. เปิดเครื่องและเลือก selector mode ไปที่ตำแหน่งที่ 1 เครื่องจะแสดงตำแหน่ง needle
2. Calibrate ปริมาณก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 จากอากาศในบรรยากาศ รอจนกระทั่งไฟเขียวดับ เพื่อแสดงการ calibrate เสร็จสมบูรณ์
3. ติดแผ่นยางกันรั่วที่บรรจุภัณฑ์ จากนั้นใช้เข็มแทงผ่านแผ่นยาง เข้าไปในบรรจุภัณฑ์ตัวอย่าง โดยให้เข็มอยู่บริเวณช่องว่างในบรรจุภัณฑ์และตัวอย่างที่มีก๊าซอยู่เท่านั้น
3. กดปุ่มเพื่อทำการวัดค่าก๊าซ รอจนกระทั่งไฟเขียวดับจึงดึงเข็มออก
4. หน้าจอแสดงผลปริมาณ ก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 คำนวณค่า ก๊าซ N_2 โดยลบออกจาก100% ของอากาศทั้งหมด

ก.6 การคำนวณชนิดของ O_2 absorber ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ (ในการทดลองข้อที่ 3.4)
โดยในงานวิจัยข้อ 3.4 บรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเท่ากับ 37.50 gm จำนวน 2 ชิ้น ใน ถุง PVDC ที่มีขนาด 6x 9 in^2

<u>สูตรในการคำนวณ</u> คือ

(ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ - น้ำหนักผลิตภัณฑ์) / 5 = ปริมาณก๊าซที่ต้องกำจัดออก (cc)

<u>แทนค่า</u>

$$((1012.50 - 2(37.50)) / 5 = 187.50$$

ดังนั้นจะต้องใช้ O_2 absorber ชนิดที่สามารถกำจัดก๊าซ O_2 ได้ประมาณ 200 cc/ 48 hrs

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิธีวัดทางเคมี

ข.1 การวิเคราะห์ค่า TBA ดัดแปลงจากวิธีของ Kirk และ Sawyer (1991)

อุปกรณ์

- ชุดเครื่องแก้วสำหรับกลั่น
- เครื่อง Spectrophotometer

สารเคมี

- สารละลาย 2- thiobarbituric acid
- กรด acetic
- กรด hydrochloric

วิธีทดลอง

1. บดตัวอย่างเปลือกพายประมาณ 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 97.5 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายไฮโดรคลอริก 4 โมล ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. ต่อเข้ากับชุดอุปกรณ์กลั่น กลั่นจนได้ปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร
4. ปิเปตตัวอย่างที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 2- thiobarbituric acid 5 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำประปาประมาณ 10 นาที
5. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 530 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer แล้วคำนวณค่า TBA จากสูตร

$$\% \text{ TBA (มิลลิกรัม / กิโลกรัมตัวอย่าง)} = \frac{7.8 \times \text{O.D.} \times 10}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

ค.1 การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (A.O.A.C. 1995)

สารเคมี

- สารละลาย peptone 0.1%
- plate count agar (PCA)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ใน sterile bag เติมสารละลาย peptone 0.1% จำนวน 250 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่อง stomacher ตีป่นเป็นเวลา 30 วินาที จนเป็นของผสมเนื้อเดียวกัน จะได้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10^{-1} เท่า
2. เจือจางเป็นความเข้มข้น 10^{-2} เท่า โดยปิเปตสารละลายเข้มข้น 10^{-1} เท่า ปริมาณ 1 มิลลิลิตรในสารละลาย peptone 0.1% จากนั้นทำเป็นสารละลายเข้มข้น 10^{-3} เท่า
3. ปิเปตสารละลายตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว เท PCA เหลวทับ ผสมให้เข้ากันโดยหมุนจานเพาะเชื้อวนไปทางด้านซ้ายและขวา (pour plate technique)
4. รอให้อาหารแข็งตัว นำไปเข้าในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{o}C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
5. นับจำนวนโคโลนีเชื้อจากจานที่มีจำนวนโคโลนีเชื้อระหว่าง 30-300 โคโลนี
6. คำนวนค่าเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง

ค.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (A.O.A.C. 1995)

สารเคมี

- สารละลาย peptone 0.1%
- potato dextrose agar (PDA)
- กรด tartaric 0.1 %

วิธีทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างความเข้มข้นต่างๆ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรีย
2. ปรับความเป็นกรดอาหาร PDA โดยใช้กรด tartaric 0.1 % จนอาหารมีค่า pH 3-4 เทอาหารลงในจานเพาะเชื้อ ทิ้งไว้ให้แข็งตัว
3. ปิเปตสารละลายตัวอย่างแต่ละความเข้มข้น ปริมาณ 1 มิลลิลิตรลงบนอาหารแข็ง เกลี่ยให้กระจายด้วยแท่งแก้วงอที่ ฆ่าเชื้อโดยการปาดให้ทั่วผิวหน้าอาหาร (spread plate technique)
4. นำไปเข้าในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{o}C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
5. นับจำนวนโคโลนีเชื้อจากจานที่มีจำนวนโคโลนีเชื้อระหว่าง 30-300 โคโลนี
6. คำนวนค่าเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง

ค.3 การตรวจหาแบคทีเรีย anaerobe (ดัดแปลงจาก Harrigen and Mccane, 1976)

สารเคมี

- สารละลาย peptone 0.1%
- dextrose tryptone bromcresol purple broth
- agar 2%

วิธีทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างความเข้มข้นต่างๆ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียและยีสต์รา
2. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มี dextrose tryptone bromcresol broth 1 มิลลิตร ปิดทับผิวหน้าด้วยวุ้นหลอมเหลว 2% อีก 1 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดให้สนิท
3. นำไปเข้าในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{o}C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. ตรวจผลโดยสังเกตความขุ่นและการเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลืองของอาหารเลี้ยงเชื้อ
5. สรุปผล พบ/ไม่พบ แบคทีเรียชนิด anaerobe

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ง.1 แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสสำหรับฝึกฝนผู้ทดสอบ

ชื่อผู้ทดสอบ_____ วันที่ทดสอบ_____

คำแนะนำ : กรุณากากบาทตัวอย่างหนึ่งตัวอย่างที่แตกต่างจากอีกสองตัวอย่าง ในด้าน รสชาติ หวาน ขม กลิ่นหืน กลิ่นเปรี้ยว และเนื้อสัมผัสความกรอบ

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____
1. รสชาติความหวาน	_____	_____	_____
2. รสชาติความขม	_____	_____	_____
3. กลิ่นหืน	_____	_____	_____
4. กลิ่นเปรี้ยว	_____	_____	_____
5. เนื้อสัมผัสกรอบ	_____	_____	_____

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.2 แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของการทดลองข้อ 3.1และ 3.2

ชื่อผู้ทดสอบ_____ วันที่ทดสอบ_____

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับคะแนนต่อลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกทดสอบ (เฉพาะเปลือกพาย / เฉพาะไส้เผือก / ทั้งเปลือกพายและไส้เผือก)

รหัสตัวอย่าง _____

รายละเอียด	คะแนนที่ได้

เปลือกพาย

1. สีของเปลือกพาย

สีเหลืองซีด ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

สีเหลืองอ่อนกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

สีเหลืองปกติตามลักษณะของผลิตภัณฑ์พาย (คะแนน7-9)

2. กลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์

กลิ่นหอมน้อยมาก ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

กลิ่นหอมน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

กลิ่นหอมปกติตามลักษณะของผลิตภัณฑ์พาย (คะแนน7-9)

3. ความกรอบ

กรอบน้อยมาก ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

กรอบน้อยกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

กรอบปกติตามลักษณะของผลิตภัณฑ์พาย (คะแนน7-9)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ความชอบ

ไม่ชอบมากที่สุดถึงไม่ชอบปานกลาง (คะแนน1-3)

ไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย (คะแนน4-6)

ชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด (คะแนน7-9)

ไส้เผือก

1. สีของไส้เผือก

สีเข้มมากหรือน้อยผิดปกติ ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

สีเข้มมากหรือน้อยกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

สีเข้มปกติตามลักษณะของไส้เผือก (คะแนน7-9)

2. รสหวาน

รสหวานมากหรือน้อยผิดปกติ ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

รสหวานมากหรือน้อยกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

รสหวานปกติตามลักษณะของไส้เผือก (คะแนน7-9)

3. รสขม

รสขมเจือปนมาก ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

รสขมเจือปนน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

ไม่มีรสขมเจือปนตามลักษณะของไส้เผือก (คะแนน7-9)

3. ความนุ่ม

แข็งมาก ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

แข็งมากกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

เนื้อสัมผัสนุ่มปกติตามลักษณะของไส้เผือก (คะแนน7-9)

4. ความชอบ

ไม่ชอบมากที่สุดถึงไม่ชอบปานกลาง (คะแนน1-3)

ไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย (คะแนน4-6)

ชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด (คะแนน7-9)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.3 แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของการทดลองข้อ 3.3 และ 3.4

ชื่อผู้ทดสอบ_____ วันที่ทดสอบ_____

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้เทียบกับผลิตภัณฑ์ปกติที่วางทางด้านซ้ายมือ และให้ระดับคะแนนต่อลักษณะต่างๆ

รหัสตัวอย่าง _____

รายละเอียด	คะแนนที่ได้
เปลือกพาย	
1. สีของเปลือกพาย	
สีเหลืองเข้ม ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)	
สีเหลืองเข้มกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)	
สีเหลืองปกติตามลักษณะของผลิตภัณฑ์พาย (คะแนน7-9)	
2. กลิ่นเนย	
กลิ่นเนยน้อยมาก ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)	
กลิ่นเนยน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)	
กลิ่นเนยปกติตามลักษณะของผลิตภัณฑ์พาย (คะแนน7-9)	
3. กลิ่นหืน	
กลิ่นหืนมาก ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)	
กลิ่นหืนน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)	
ไม่มีกลิ่นหืนตามลักษณะของผลิตภัณฑ์พาย (คะแนน7-9)	
4. เนื้อสัมผัสความกรอบ	
กรอบน้อยมาก ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)	
กรอบน้อยกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)	
กรอบปกติตามลักษณะของผลิตภัณฑ์พาย (คะแนน7-9)	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไส้เผือก

5. สีของไส้เผือก

สีเข้มผิดปกติ ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

สีเข้มกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

สี ปกติตามลักษณะของไส้เผือก (คะแนน7-9)

6. กลิ่นเปรี้ยว

มีกลิ่นเปรี้ยว ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

มีกลิ่นเปรี้ยวมากกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

ไม่มีกลิ่นเปรี้ยวตามลักษณะของไส้เผือก (คะแนน7-9)

7. ความนุ่ม

แข็งมาก ไม่เป็นที่ยอมรับ (คะแนน1-3)

แข็งมากกว่าปกติ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน4-6)

เนื้อสัมผัสนุ่มปกติตามลักษณะของไส้เผือก (คะแนน7-9)

ผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้น

8. ความชอบ

ไม่ชอบมากที่สุดถึงไม่ชอบปานกลาง (คะแนน1-3)

ไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย (คะแนน4-6)

ชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด (คะแนน7-9)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

รูปที่ จ.1 : แป้งเผือก

รูปที่ จ.2 : พายไส้เผือก น้ำหนักผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้น 37.5 กรัม

ภาคผนวก ฉ

ตารางที่ ฉ.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้าและสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C (จากรูปที่ 4.1-4.3)

สูตร	วันที่	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตราฐาน		
		สีของเปลือก ns	สีของไส้ ns	กลิ่นหืน ns
สูตรทางการค้า	0	7.2 ± 0.40	7.4± 0.49	7.3 ± 0.57
	3	7.2 ± 0.65	7.3 ± 0.35	7.2 ± 0.58
	5	7.3± 0.02	7.3±1.25	7.3± 0.65
	7	7.3 ± 0.89	7.4 ± 0.65	7.1 ± 0.10
	14	-	-	-
สูตรลด a_w	0	7.2 ± 0.55	7.4 ± 0.45	7.3 ± 0.50
	3	7.2 ± 0.40	7.3 ± 0.51	7.3 ± 0.71
	5	7.3± 0.71	7.4 ± 0.35	7.2 ± 0.44
	7	7.3 ± 0.50	7.4 ± 0.50	7.2 ± 0.65
	14	7.2± 0.50	7.4 ± 1.00	7.1 ± 0.65

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.2 ผลวิเคราะห์ ค่าความสว่าง (L) ของเปลือกพายและไส้เผือกของ ผลิตภัณฑ์สูตรทางการค้าเมื่อเก็บรักษาในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (จากรูปที่ 4.4-4.5)

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ (air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/20N_2
ค่าความสว่างของเปลือกพาย	0 ns	71.46± 1.25	71.47±0.53	71.43±1.02	71.42± 0.89	71.43±3.02
	7 ns	71.30± 0.15	71.43±1.02	71.46±0.95	71.43±1.03	71.60±1.87
	14 ns	-	71.30±0.85	71.50±2.02	71.48±0.54	71.50±1.03
	21 ns	-	71.30±0.95	-	71.50±1.06	71.65± 1.02
	28	-	-	-	71.70± 0.83	71.88±0.57
ค่า ความสว่างของไส้เผือก	0 ns	48.42 ± 0.58	48.41 ± 0.06	48.42 ± 0.01	48.42 ± 0.27	48.41 ± 0.06
	7 ns	48.40 ± 0.69	48.50 ± 0.73	48.43 ±1.02	48.50 ±2.09	48.50 ±0.57
	14 ns	-	48.53 ± 1.11	47.80 ± 0.85	47.47 ±1.02	48.26±1.03
	21 ns	-	48.44 ± 0.79	-	49.20 ±0.85	48.69±1.00
	28	-	-	-	48.77 ±0.72	48.56 ±0.66

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรทางการค้า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (จากรูปที่ 4.6-4.9)

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ(air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/20N_2
สีเปลือก	0 ns	7.2 ± 0.45	7.2± 0.02	7.2± 0.98	7.2 ± 0.11	7.2± 0.49
	7 ns	7.2 ± 0.50	7.2 ± 1.51	7.3 ± 0.10	7.3 ± 0.25	7.3±0.25
	14 ns	-	7.3± 0.15	7.2 ± 0.59	7.3± 0.51	7.3± 0.51
	21 ns	-	7.2 ± 0.45	-	7.2 ± 0.49	7.3 ± 0.40
	28	-	-	-	6.7± 0.14	6.8 ± 0.30
สีไส้	0 ns	7.6± 0.49	7.6 ± 0.05	7.6± 0.19	7.6 ± 0.35	7.6 ± 0.27
	7 ns	7.5± 0.50	7.6 ± 0.20	7.5 ± 0.55	7.5 ± 0.25	7.5 ± 0.71
	14 ns	-	7.4± 0.85	7.4 ± 0.50	7.4 ± 0.55	7.4 ± 0.51
	21 ns	-	7.4 ± 0.10	-	7.4 ± 1.05	7.4± 0.59
	28	-	-	-	7.4± 0.17	7.3± 0.51
ความกรอบ	0 ns	7.4 ± 0.25	7.4± 0.53	7.4± 0.49	7.4 ± 1.05	7.4± 0.20
	7 ns	6.6 ± 0.35	6.7 ± 1.05	6.6± 0.50	6.6 ± 0.53	6.7±1.02
	14 ns	-	5.8± 1.02	6.0 ± 0.50	6.0± 0.13	6.0± 0.25
	21 ns	-	5.4± 0.59	-	5.4 ± 0.45	5.3 ± 0.25
	28	-	-	-	4.7± 0.40	4.8 ± 0.25
ความนุ่ม	0 ns	7.5± 0.21	7.5 ± 0.05	7.5± 0.15	7.5 ± 0.30	7.5 ± 0.05
	7 ns	6.9± 0.40	6.8± 0.75	6.9 ± 0.25	6.8 ± 0.35	6.9± 0.21
	14 ns	-	6.4± 0.50	6.4± 0.50	6.4 ± 0.55	6.4 ± 1.49
	21 ns	-	6.2 ± 0.53	-	6.1 ± 0.85	6.1± 1.46
	28	-	-	-	5.9± 0.55	6.1± 0.80

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.4 ผลวิเคราะห์ ค่าความสว่าง (L) ของไส้เผือก สูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (จากรูปที่ 4.10)

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ (air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/80N_2	50CO_2/50N_2	80CO_2/20N_2
ค่า ความสว่าง ของไส้เผือก	0 ns	48.42±1.02	48.41 ± 0.69	48.42±1.23	48.42±0.58	48.41 ± 0.50
	7 ns	48.40±1.15	48.50 ± 0.46	48.39±1.55	48.10±2.09	48.35 ±0.58
	14 ns	-	47.80 ± 0.56	47.89±0.30	47.52±0.33	47.40±0.97
	21 ns	-	47.38 ± 1.26	47.33±0.57	47.22±0.40	47.30 ±0.65
	28 ns	-	47.30±1.01	-	47.22±1.05	47.23 ±0.21
	35	-	47.20±0.65	-	47.13±0.76	47.09 ±0.38

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพายไส้เผือกสูตรลดค่า a_w เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (จากรูปที่ 4.11-4.14)

คุณสมบัติ	วันที่	ภาวะการเก็บรักษา				
		อากาศปกติ(air)	กำจัด O_2 (O_2absorber)	20CO_2/ 80N_2	50CO_2/ 50N_2	80CO_2/20N_2
สีเปลือก	0 ns	7.2 ± 0.39	7.2± 0.15	7.2± 0.47	7.3 ± 0.56	7.3 ± 1.19
	7 ns	7.2 ± 1.10	7.3 ± 1.01	7.3 ± 0.45	7.3 ± 0.12	7.2±0.85
	14 ns	7.3 ± 0.57	7.3± 1.15	7.2 ± 0.26	7.3± 0.81	7.3± 0.79
	21 ns	-	7.2 ± 0.42	7.3 ± 0.25	7.2 ± 0.85	7.3 ± 0.25
	28 ns	-	7.3 ± 1.25	-	7.3 ± 0.72	7.3 ± 0.50
	35	-	7.2 ± 0.45	-	7.3 ± 0.60	7.3 ± 1.31
สีไส้	0 ns	7.4 ± 0.35	7.4 ± 0.20	7.4 ± 0.85	7.4 ± 0.70	7.4 ± 0.35
	7 ns	7.4± 1.52	7.4 ± 0.85	7.4 ± 1.33	7.3 ± 0.56	7.3 ± 0.28
	14 ns	7.3 ± 0.40	7.4± 1.06	7.4 ± 1.25	7.4 ± 1.11	7.4 ± 0.58
	21 ns	-	7.4 ± 1.30	7.4 ± 0.64	7.4 ± 1.25	7.4± 0.50
	28 ns	-	7.4 ± 1.20	-	7.3 ± 1.01	7.4 ± 0.50
	35	-	7.4 ± 0.45	-	7.3± 0.20	7.3± 0.58
ความกรอบ	0 ns	7.4 ± 0.56	7.4± 1.02	7.4± 0.30	7.4 ± 0.85	7.4± 0.50
	7 ns	7.4 ± 0.05	7.3 ± 0.40	7.4± 1.03	7.4 ± 0.20	7.4±0.56
	14 ns	7.3 ± 1.00	7.3± 0.50	7.3 ± 0.50	7.4± 0.55	7.4 ± 0.20
	21 ns	-	7.3± 0.80	7.2[3]± 0.45	7.3 ± 0.40	7.3 ± 0.20
	28 ns	-	7.3 ± 1.00	-	7.2 ± 0.80	7.3 ± 0.40
	35	-	7.2 ± 0.80	-	7.3± 1.02	7.3 ± 0.50
ความนุ่ม	0 ns	7.5± 0.57	7.5 ± 0.15	7.5± 0.90	7.5 ± 0.40	7.5 ± 0.10
	7 ns	7.3± 1.01	7.4 ± 0.55	7.4 ± 0.60	7.4 ± 0.20	7.4 ± 1.11
	14 ns	7.3 ± 0.75	7.4 ± 0.20	7.4± 0.84	7.3 ± 0.67	7.4 ± 0.35
	21 ns	-	7.3 ± 0.20	7.2 ± 0.50	7.3 ± 0.21	7.3± 1.03
	28 ns	-	7.3 ± 1.02	-	7.3± 0.55	7.4 ± 0.79
	35	-	7.4 ± 1.50	-	7.3± 0.20	7.3± 0.90

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ศิรินทิพย์ แสงสว่าง เกิดเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2520 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ พ.ศ. 2541 เข้าทำงานในบริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ ในแผนก Factory Logistics และ Product Development เป็นเวลา 3 ปี จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2545.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย