การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์และการหืนของกระเทียมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

MICROBIOLOGICAL AND RANCIDITY CHANGES OF DRIED GARLIC DURING STORAGE

พันทิพา สุวรรณรัตน์

PUNTIPA SUVANARUT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์และการหืนของกระเทียมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

MICROBIOLOGICAL AND RANCIDITY CHANGES OF DRIED GARLIC DURING STORAGE

พันทิพา สุวรรณรัตน์

PUNTIPA SUVANARUT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....74437
วัน,เดือน,ปี.....28 ก.ย. 2550

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาสุขาภิบาลอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

MICROBIOLOGICAL AND RANCIDITY CHANGES OF DRIED GARLIC DURING STORAGE

PUNTIPA SUVANARUT

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

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์และ การหืนของกระเทียมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา
นักศึกษา	นางสาวพันทิพา สุวรรณรัตน์
รหัสประจำตัว	45063007
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สุขาภิบาลอาหาร
พ.ศ.	2550
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์และการหืนของกระเทียมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษามีจุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาระยะเวลา และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยลมร้อน และอบด้วยรังสีอินฟราเรด พบว่า อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งกระเทียมด้วยลมร้อนเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ส่วนอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบด้วยรังสีอินฟราเรดเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษากระเทียมอบแห้งทั้งสองวิธีการ โดยบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ บรรจุถุง Polypropylene (PP) ปิดผนึกด้วยความร้อน บรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminate ชนิด Nylon/LLDPE และบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ในฟิลม์ Laminate ชนิด Nylon/LLDPE จากผลการทดสอบพบว่า การบรรจุกระเทียมอบแห้งโดยบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ให้ผลในการเก็บรักษานานที่สุด การติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของกระเทียมอบแห้งด้วยวิธีการอบ 2 วิธี และนำมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบเป็นเวลา 0 – 165 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) พบว่า การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งน้อยกว่า 1.5 log CFU/g ปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 1.0 log CFU/g และไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทั้ง *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยใช้ค่า Thiobarbituric acid (TBA) เป็นดัชนีแสดงการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้ง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 165 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยกระเทียมที่อบด้วยรังสีอินฟราเรดและบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน แสดงค่าน้อยที่สุดที่ 165 วัน รองลงมาเป็นกระเทียมที่อบแบบลมร้อนและบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน และกระเทียมที่อบด้วยรังสีอินฟราเรดและบรรจุสุญญากาศตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส

ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างการเก็บรักษาทั้ง 165 วัน คะแนนการยอมรับสูงสุดคือกระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและบรรจุแบบ เติมก๊าซไนโตรเจน

Thesis Title	Microbiological and Rancidity Changes of Dried Garlic during Storage.
Student	Miss Puntipa Suvanarut
Student ID.	45063007
Degree	Master of Science
Program	Food Sanitation
Year	2007
Thesis Advisor	Associate Professor Dr.Warawut Krusong

ABSTRACT

This study aimed to investigate the optimal temperature and time for drying garlic by using hot air oven and infrared radiation on the microbiological aspect and rancidity. The results showed that the proper temperature and time for drying garlic using hot air oven was 70^0C for 5 hours, whereas using infrared radiation was 70^0C for 3 hours. Study of the packaging for storage of the those dried garlic was also investigated by using three different packaging methods consisting of packing in Polypropylene(PP) plastic bags and then sealed with heat, vacuum packing in laminate film (Nylon/LLDPE) and using injected nitrogen into laminate film (Nylon/LLDPE). The results showed that the nitrogen flushing method gave the best results for long-term storage of dried garlic. Microbiological property changes of those dried garlic were analyzed after packaging by three different methods for 0-165 days at room temperature (35 $\pm$ 2°C). The results indicated that the amount of microbial agents found in all packages were less than 1.5 log CFU/g while the amount of yeast and fungi was less than 1.0 log CFU/g. In addition, no pathogenic bacteria of both *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* were found in all dried garlic products. During the storage period, chemical changes of the dried garlic in all packages were investigated for their rancidity by determining Thiobarbituric acid (TBA) value which is a rancidity indicator. Although the rancidity of all packages of dried garlic from both drying methods were significantly different after a storage period of 165 days at room temperature, it intended to increase within longer storage period. The dried garlic from infrared radiation and packed by nitrogen flushing showed the least rancidity at 165 days, followed by dried garlic from hot air oven and packed by nitrogen flushing and dried garlic from infrared

radiation and packed with vacuum, respectively. The changes in organoleptic acceptability of flavor, taste and texture were significantly different after 165 days of storage. However, infrared radiation with nitrogen flushing package has highest scores of preference.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. วราวุฒิ ครูส่ง ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ในการทดลอง และ คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. อดิศร เสวตวิวัฒน์ ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ และ ผศ.ดร. สุเมธ ตันตระเธียร ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ตลอดจนคณาจารย์ในสาขาสุขาภิบาลอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่ได้แนะแนวทางในการศึกษา รวมทั้งความรู้ และคำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ อาจารย์ วรรณภพ กล่อมเกลี้ยง หน่วยวิจัยทดสอบวัสดุและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือทุบกระเทียมระบบ Pneumatic Measurement Machine และ เครื่องอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด

ขอขอบคุณ อาจารย์ จันทร์จนา ตันสกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ของ โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ขอขอบคุณ คุณศธิดาพร อุทิศ ที่ให้การสนับสนุน และให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และ เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และ คุณแม่ ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง ที่ให้ความรัก ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุน ช่วยเหลือทุกๆด้านเสอมมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

พันทิพา สุวรรณรัตน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง VIII

สารบัญภาพ IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 กระเทียม 3

2.2 กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของกระเทียม 4

2.3 ประโยชน์ของกระเทียม 4

2.4 สรรพคุณทางยาของกระเทียม 5

2.5 การอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน 5

2.6 การใช้รังสีอินฟราเรดในการอบแห้ง 7

2.7 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง 11

2.8 การเสื่อมสภาพของกระเทียมอบแห้ง 14

2.9 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุกระเทียมอบแห้ง 18

2.10 วิธีการบรรจุ 19

2.11 ก๊าซที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์ 21

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 22

3.1 วัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ 22

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 22

3.3 สถานที่ดำเนินงาน 24

3.4 วิธีดำเนินงาน 24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 27

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ 27

4.2 การศึกษาเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งกระเทียมด้วยตู้อบลมร้อน 28

4.3 การศึกษาเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งกระเทียมด้วยรังสีอินฟราเรด..... 30

4.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้ง 32
ในระหว่างการเก็บรักษา

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 51

บรรณานุกรม 53

ภาคผนวก 58

ภาคผนวก ก. วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 58

ภาคผนวก ข. วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 61

ภาคผนวก ค. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 63

ภาคผนวก ง. ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ 65

ประวัติผู้เขียน 78

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา *B. cereus* และ *C. perfringens* ในวัตถุดิบ 27

4.2 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ ยีสต์และ ราที่อบแห้งด้วยลมร้อน
ที่อุณหภูมิ 55 60 65 70 และ 75 องศาเซลเซียส ณ เวลาในการอบแห้งต่างๆ 30

4.3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ ยีสต์และ ราที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด
ที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส 32

4.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด
บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส)
ระยะเวลา 0 – 165 วัน 34

4.5 ปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด
บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส)
ระยะเวลา 0 – 165 วัน 35

4.6 ปริมาณ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด
บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส)
ระยะเวลา 0 – 165 วัน 36

4.7 ปริมาณ *C. perfringens* ในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด
บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส)
ระยะเวลา 0 – 165 วัน 37

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ช่วงของรังสีที่ใช้ในการทำอาหารแห้ง 7

2.2 ภาพจำลองการสั่นสะเทือนเปลี่ยนรูปของโมเลกุลสาร 8

3.1 เครื่องทุบกระเทียมระบบ Pneumatic Measurement Machine 22

4.1 กระเทียมที่ผ่านการทุบจากเครื่องระบบ Pneumatic Measurement Machine 28

4.2 ลักษณะกระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ณ เวลา 5 ชั่วโมง 29

4.3 การอบกระเทียมในตู้อบรังสีอินฟราเรด 31

4.4 ลักษณะกระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิต่างๆ ณ เวลา 3 ชั่งโมง 31

4.5 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ของกระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 0 – 165 วัน 40

4.6 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนบรรจุในถุง Polypropylene เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 41

4.7 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนบรรจุสุญญากาศ ในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง(35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 41

4.8 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง(35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 41

4.9 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดบรรจุ ในถุง Polypropylene เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 42

4.10 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศ ในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 42

4.11 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติม ก๊าซไนโตรเจนในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165วัน 42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.12 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศา เซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 46

4.13 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 47

4.14 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง(35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 48

4.15 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 49

4.16 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 165 วัน 50

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การปลูกกระเทียมในประเทศไทยส่วนมากปลูกจังหวัดต่างๆ เช่น ที่เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ลำปาง พะเยา อุตรดิตถ์ แม่ฮ่องสอน และศรีสะเกษ พบว่าขั้นตอนการเก็บมีความสำคัญต่อคุณภาพของกระเทียม เพราะถ้าเก็บกระเทียมไว้ในสถานที่มีความชื้นสูงจะทำให้ขึ้นราได้ง่าย แล้วลุกลามไปติดกระเทียมมัดอื่นๆ ทำให้เกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก ยิ่งถ้าการขนส่งในระยะไกลไม่มีระบบจัดการการควบคุมคุณภาพที่ดียิ่งทำให้เชื้อราเจริญได้ง่ายมาก ดังนั้นจึงได้คิดพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งโดยใช้ลมร้อน และใช้รังสีอินฟราเรดในการอบแห้ง เพื่อลดการเสื่อมเสียของกระเทียมเนื่องจากการเป็นเชื้อรา และทำให้สามารถเก็บไว้ได้นาน รวมถึงขนาดบรรจุสามารถออกแบบให้ใช้ได้ตามความต้องการของลูกค้า ประหยัดเนื้อที่ในการเก็บรักษาโดยที่กระเทียมยังคงความกรอบ มีความหอมและ เผ็ดร้อนอยู่ อีกทั้งยังเป็นการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์อีกด้วย เพราะผลผลิตของกระเทียมสดมักมีปริมาณมากเกินเป้าหมายที่กำหนดเสมอจึงทำให้ราคาตกต่ำ

สำหรับงานวิจัยนี้นอกจากจะศึกษาการผลิตกระเทียมอบแห้งแล้ว ยังศึกษาถึงสภาพการเก็บรักษากระเทียมอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด คือ การบรรจุในถุงพลาสติก Polypropylene (PP) และปิดผนึกปากถุงด้วยความร้อน การบรรจุในถุงฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE ในการบรรจุสุญญากาศ และการบรรจุในถุงที่ทำจากฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE บรรจุด้วยวิธีการเติมก๊าซไนโตรเจน เพื่อศึกษาว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดใดที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้เก็บได้นานขึ้น และยังคงมีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาระยะเวลา และ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งกระเทียมด้วยลมร้อนและใช้รังสีอินฟราเรด

1.2.2 ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษากระเทียมอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

1.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาวิธีการผลิตกระเทียมอบแห้ง รวมทั้งเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสม ในการผลิตกระเทียมอบแห้ง วิธีการบรรจุที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา รวมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างเวลาการเก็บรักษาทางด้านจุลินทรีย์ เคมี และค่าทางประสาทสัมผัส ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิต และแนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษาสำหรับใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระเทียม Common garlic, Allium, Garlic

กระเทียมเป็นพืชล้มลุก ลำต้นมีลักษณะเป็นหัวอยู่ใต้ดิน ภายในหัวมีกลีบย่อยหลายกลีบเบียดติดเรียงราย เนื้อในมีสีขาวนวล กลิ่นฉุน รสเผ็ดร้อน แต่มีกระเทียมบางชนิดที่เป็นหัวเดียวๆ โดยไม่มีการแบ่งกลีบเรียกว่ากระเทียมโทน ใบของกระเทียมมีสีเขียว ยาวและแบน ส่วนปลายจะแหลม ข้างในกลวง ดอกกระเทียมจะมีสีขาวอมเหลือง หรือ ชมพูอมม่วง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ ว่า *Allium sativum* Linn. เป็นพืชในตระกูล Amaryilliaceae

กระเทียมเป็นพืชเศรษฐกิจพืชหลักของประเทศไทย นอกจากจะใช้ประกอบอาหารและยังเป็นพืชสมุนไพรรักษาโรคได้หลายชนิด ประเทศที่ผลิตกระเทียมได้มากคือ สาธารณรัฐประชาชนจีน เกาหลีใต้ และอินเดีย สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกระเทียม 150,000-190,000 ไร่ ผลผลิตประมาณ 110,433 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537) พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่จะปลูกในแถบจังหวัดทางภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ลำปาง พะเยา อุตรดิตถ์ และ แม่ฮ่องสอน นอกจากนี้ก็มีปลูกกันในจังหวัดอื่นๆ ด้วยเช่น ราชบุรี ศรีสะเกษ เป็นต้น (สุชาติ, 2521)

คุณค่าทางอาหารของกระเทียม (หัว) ในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัมให้พลังงาน 140 แคลอรี มีความชื้นอยู่ 68 กรัม โปรตีน 3.5 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 27 กรัม เส้นใยอาหาร 0.9 กรัม แคลเซียม 29 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 202 มิลลิกรัม โปแตสเซียม 529 มิลลิกรัม โซเดียม วิตามินเอ ไทอามีน ไรโบฟลาวิน ไนอาซีน และ วิตามินซี รสชาติของกระเทียมขึ้นอยู่กับกรดอะมิโน cystein ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ คือ S-allylcystein sulphoxide หรือมีชื่อเรียกสั้นๆว่า Allicin (Stoll และ Seeback, 1951 ; Cutter 2000)

Allicin เป็นกรดอะมิโน ที่พบในรูปของน้ำมันกระเทียม เป็นสารที่ไม่คงที่ ไม่มีสี ($C_6 H_{10} OS_2$) สกัดจากกลีบกระเทียม ใช้เป็นสารต่อต้านแบคทีเรีย (Antibacterial substance) เมื่อทุบหัวกระเทียม หรือโขลกกระเทียมให้แตกออก ก็จะได้กลิ่นกระเทียมที่รุนแรง ทั้งฉุนและเผ็ดของสาร Odoriferous Diallyl disulphide

กระเทียมสามารถยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีส่วนทำให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (Bailey, 1951 ; อดิศร, 2542) โดยเฉพาะกระเทียมมีฤทธิ์ในการต่อต้านแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค และรา ได้แก่ *Heliocobacter*

pylori, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Bacillus cereus, Clostridium botulinum, C. perfringens และ *Aspergillus* spp. (Lee และคณะ 2004)

2.2 กลไกในการยับยั้งจุลินทรีย์ของกระเทียม

กระเทียมมีสาร Allicin ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้ดี โดยสารดังกล่าวสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซน์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ เช่น อัลคาไลน์ฟอสฟาเทส (Alkaline phosphatase) ยูรีเอส (Urease) ซัคซินิคดีไฮโดรจีเนส (Succinic dehydrogenase) โคลีนเอสเทอเรส (Cholinesterase) โคลีนออกซิเดส (Choline oxidase) ไกลออกซิเลส (Glyoxylase) ไตรโอสฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (Triosephosphate dehydrogenase) และเฮกโซไคเนส (Hexokinase) โดยเอนไซม์เหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจหรือการเจริญของเซลล์ เป็นผลให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย สำหรับเอนไซม์ที่ถูกทำลายโดย Allicin ส่วนมากจะมีหมู่ SHอยู่ด้วย หมู่ SH นี้จะสามารถรวมกับ S-O-S- ในโครงสร้างของ Allicin ได้อย่างรวดเร็ว จึงเป็นผลให้กิจกรรมที่เกิดโดยเอนไซม์ถูกทำลาย (Willis,1956) โดยหมู่ SH มีความสำคัญต่อเซลล์เป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นตัวกระตุ้นที่จำเพาะในการเพิ่มจำนวนของเซลล์และยังมีความจำเป็นสำหรับการเจริญของเซลล์อีกด้วย

Cellini และคณะ(1996) ศึกษาสมบัติของสารสกัดจากกระเทียมสด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร คือ *Helicobacter pylori* พบว่าสารสกัดจากกระเทียมที่ความเข้มข้นระหว่าง 2-5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถต้านการเจริญของแบคทีเรียดังกล่าวได้ ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียนี้ได้ร้อยละ 90 (Minimum inhibitory concentration – MIC) อยู่ที่ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimum bactericidal concentration - MBC) นี้มีค่าเป็น 2 เท่าของ MIC และสารที่สกัดออกมาเมื่อนำไปผ่านความร้อนแล้วประสิทธิภาพในการยับยั้งจะลดลง 2-4 เท่า

2.3 ประโยชน์ของกระเทียม

กระเทียมนอกจากจะให้ผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์แล้ว ยังมีผลทำให้ระบบย่อยอาหารและการขับถ่ายในร่างกายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากมีสาร Allicin สามารถรวมตัวกับ วิตามินบีหนึ่ง และโปรตีนได้จึงช่วยในการดูดซึมสารอาหารที่ลำไส้และ ยังช่วยในการลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือดอีกด้วย ในกระเทียมยังมีกลูโคไซด์ของกำมะถันอีกชนิดหนึ่งคือ สคอร์จินิน (Scorginin) ซึ่งร่างกายจะเปลี่ยนแปลงให้เป็นสารชนิดหนึ่งที่มีหมู่เมอร์แคปแทน

(Mercaptan) เชื่อกันว่าเป็นสารที่ช่วยจำกัดโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น ปรอท และตะกั่วออกจากร่างกาย (ศักดิ์, 2542)

2.4 สรรพคุณทางยาของกระเทียม (ดวงจันทร์, 2549)

ประกอบด้วย

1. ลดระดับไขมันในเลือด และลดระดับคลอเลสเตอรอล
2. ต้านการเกาะกลุ่มของเกร็ดเลือด ป้องกันการเกิดลิ่มเลือด (Thrombus) ในร่างกาย
3. ป้องกันหัวใจเต้นผิดจังหวะ
4. ลดความดันโลหิต
5. ลดระดับน้ำตาลในเลือด
6. ต้านการเกิดเนื้องอก มะเร็ง และ ต้านการก่อกลายพันธุ์
7. ฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ดื้อยา ไวรัส โปรตัวซัว และ พยาธิไส้เดือน
8. ต้านการเกิดออกซิเดชั่น (Antioxidation)
9. ลดอาการพิษที่เกิดจากตะกั่ว
10. ชะลอความแก่ให้รู้สึกสดชื่น

2.5 การอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน

เป็นการอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนประเภทการพาความร้อนเป็นหลัก ส่วนประกอบที่สำคัญของตู้อบแห้ง ได้แก่ ตู้หรือห้องอบ (Drying chamber) แหล่งพลังงานความร้อน (Heater) พัดลม (Fan) ตัวกรองอากาศ (Screen หรือ Filter) และ ช่องระบายอากาศ (Damper)

หลักการทำงาน พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกผ่านแผ่นกรองอากาศเพื่อกรองฝุ่นละอองและสิ่งปนเปื้อนต่างๆ อากาศที่กรองแล้วจะผ่านขดลวดที่ให้ความร้อน ทำให้เกิดกระแสลมร้อน ซึ่งจะพัดผ่านอาหารที่วางอยู่ในตู้อบ ความร้อนจากลมร้อนจะถ่ายเทให้น้ำในอาหารเพื่อให้น้ำกลายเป็นไอน้ำซึ่งจะถูกปล่อยออกไปทางช่องระบายอากาศ ขณะเดียวกันลมร้อนบางส่วนจะหมุนเวียนอยู่ในตู้ เพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่เหลืออยู่ในอาหาร เพื่อให้น้ำกลายเป็นไอและระเหยออกจากผิวอาหาร ลมร้อนที่มีไอน้ำจะถูกปล่อยออกไปทางช่องระบายอากาศ ในขณะเดียวกันลมร้อนบางส่วนหมุนเวียนอยู่ในตู้ เพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนกับน้ำที่ยังอยู่ในอาหาร ร่วมกับความร้อนที่จากลมร้อนเข้ามาใหม่ (โชคชัย, 2539)

ณรงค์ศักดิ์ (2546) ได้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วของอากาศที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกระเทียม การอบแห้งกระเทียมแบบปลอกเปลือกพบว่า

การลดลงของความชื้นแบ่งเป็นสองช่วง คือ ความชื้นลดลงช่วงแรก อุณหภูมิและความเร็วของอากาศที่สูงมีผลต่ออัตราการอบแห้งสูง ในขณะที่ความชื้นลดลงช่วงสอง พบว่าเฉพาะอุณหภูมิเท่านั้นที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง คุณภาพของกระเทียมที่เปลี่ยนหลังจากผ่านการอบแห้ง พบว่าถ้าอุณหภูมิต่ำโครงสร้างเนื้อของกระเทียมเป็นรูพรุนขนาดเล็ก เมื่ออุณหภูมิสูงมีรูพรุนขนาดโตขึ้น ส่วนผลการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำเกิดการหดตัวของเนื้อกระเทียมสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง การวัดการเปลี่ยนแปลงสีโดยวัดในรูปของค่า L,a และ b พบว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำค่า L สูงกว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิสูง สำหรับค่า a, b มีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณการสูญเสียสารประกอบน้ำหอมระเหยหลังการอบแห้งกระเทียมที่เหลือจากการอบแห้งกระเทียมที่อุณหภูมิต่ำมีน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง

ธีรินทร์ และ คณะ (2543) ได้ทำการศึกษาพบว่าในการเก็บรักษาสมุนไพรด้วยการทำแห้งต้องคำนึงถึงรูปร่างโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การกำจัดความชื้นเกิดขึ้นในลักษณะที่ทำลายคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทำแห้งจะต้องมีคุณภาพใกล้เคียงกับสภาพเริ่มต้นหลังการดึงน้ำ และกระบวนการทำแห้งจะต้องมีการถ่ายเทความร้อน และมวลที่เหมาะสมภายในผลิตภัณฑ์เพื่อให้สมุนไพรที่ได้มีคุณภาพ ในผลิตภัณฑ์การถ่ายเทความร้อนและมวลภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์จะเป็นกระบวนการที่ขึ้นกับเวลา การอบสมุนไพรมักจะใช้วิธีการพาความร้อนโดยใช้แท่งความร้อน (Heater) หรือใช้ลมร้อนเป่าเข้าไปในตู้อบแล้วทำให้น้ำระเหยออกมา ซึ่งการใช้ตู้อบมีข้อเสียหลายอย่าง เช่น การเพิ่มอุณหภูมิไม่สามารถจะทำได้อย่างรวดเร็ว และ ยากต่อการควบคุม มีการสูญเสียความร้อนมาก นอกจากนี้การอบโดยใช้วิธีการพาความร้อนจะทำให้ผิวด้านนอกแห้งก่อนด้านใน การอบต้องใช้อุณหภูมิสูง และใช้เวลานานซึ่งอาจทำให้เกิดการระเหยของสารสำคัญในสมุนไพรได้ เช่นน้ำมันหอมระเหย (Essential Oil) เนื่องจากการเกิดการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในสมุนไพรปริมาณที่สูง ทำให้คุณค่าของสมุนไพรลดลง การใช้ตู้อบสมุนไพรระบบกึ่งสุญญากาศโดยใช้ความร้อนจากแสงอินฟราเรดจะช่วยแก้ปัญหาจากที่กล่าวมาได้ โดยจะใช้วิธีการให้พลังงานความร้อนแบบแผ่รังสีจากอินฟราเรดฮีทเตอร์ ที่เรียกว่า อินฟราเรด โดยภายในตู้อบทำให้เป็นกึ่งสุญญากาศ (Partial Vacuum) คือไม่ใช่สุญญากาศ 100 % แต่จะมีช่องระบายอากาศที่สามารถปรับให้ปิด – เปิดได้ โดยการใช้โซลินอยด์วาล์ว ที่จะช่วยระบายความชื้นที่ออกมาจากสมุนไพร ออกจากระบบ ยิ่งอากาศชื้นถูกกำจัดออกไปมากเท่าใด ประสิทธิภาพของตู้อบก็จะเพิ่มมากขึ้น

2.6 การใช้รังสีอินฟราเรดในการอบแห้ง

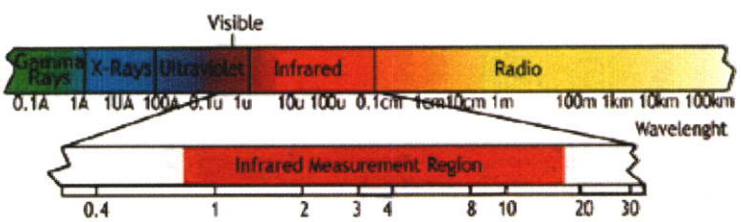
ปัจจุบันการพัฒนาวิธีการประหยัดพลังงาน เป็นสิ่งที่ทุกประเทศพยายามหาทางดำเนินการให้ประสบความสำเร็จ ในทำนองเดียวกันไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ถูกใช้อย่างมากในวงการอุตสาหกรรมประเภทที่ต้องใช้ความร้อน ดังนั้น การประหยัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อลดค่าใช้จ่ายของโรงงานเป็นเรื่องที่โรงงานอุตสาหกรรมทุกแห่ง ต่างให้ความสนใจ จึงมีการศึกษาวิธีการใช้ความร้อนให้มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่ามากที่สุด เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้นโดยยังรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้คงเดิม

2.6.1 รังสีอินฟราเรด

ถ้ามองดูแสงอาทิตย์ผ่านแท่งปริซึม(Prism) จะเห็นสายรุ้งสีต่างๆ 7 สี ตามลำดับคือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง ซึ่งรวมกันเป็นแสงแดดที่เรามองเห็นได้ สีเหล่านี้คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.22 ไมครอน ถึง 0.72 ไมครอน

รังสีอินฟราเรด ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1800 โดย Sir William Herschel นักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษ ซึ่งค้นพบขณะที่ศึกษาแสงจากดวงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรดมีข้อดีคือไม่ทำให้อุณหภูมิของอากาศบริเวณที่รังสีแผ่ไปสูงขึ้น แต่จะเกิดความร้อนอย่างรวดเร็วในบริเวณผิวของวัสดุที่สัมผัสกับรังสีนี้ และความร้อนจะกระจายเข้าสู่เนื้อในวัตถุ (พันทิพา, 2531) รังสีอินฟราเรดเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.72 – 1,000 ไมครอน ตามภาพที่ 2.1 โดยแบ่งออกเป็น

1. อินฟราเรดคลื่นสั้น มีความยาวคลื่น 0.72 – 1.5 ไมครอน
2. อินฟราเรดคลื่นยาว มีความยาวคลื่น 1.5 – 1,000 ไมครอน



ภาพที่ 2.1 ช่วงของรังสีที่ใช้ในการทำอาหารแห้ง

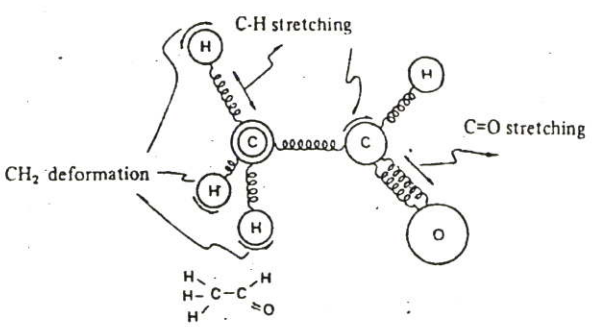
ที่มา : http://www.lesa.in.th/energy/em_wave/em_wave/em_wave.htm (2546)

ความสามารถของแสงอาทิตย์ที่ทำให้มนุษย์รู้สึกร้อนส่วนใหญ่เกิดจากรังสีอินฟราเรด เมื่อโมเลกุลของวัตถุที่กำลังสั่นสะเทือนได้รับรังสีอินฟราเรดในระดับความยาวคลื่นที่เหมาะสม วัตถุนั้นจะดูดซึมความร้อนเข้าไปทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นสะเทือนเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ผลที่ตามมา

คือกระบวนการเกิดความร้อนภายในตัววัตถุเองจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังนั้นเมื่อได้ศึกษาความสามารถในการดูดซึมรังสีอินฟราเรดของสสารแต่ละอย่างโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Infrared Spectrophotometer) พบว่าสสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซึมรังสีได้ดีที่สุดในระดับความยาวคลื่นต่างกัน แต่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 3 – 100 ไมครอน

2.6.2 การสั่นสะเทือนโมเลกุลและการดูดซึมรังสีอินฟราเรด

โมเลกุลของสสารทุกชนิดประกอบด้วยอะตอมจำนวนมากรวมตัวกันด้วยปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นเป็นโมเลกุล การเชื่อมโยงทางเคมีทำหน้าที่เหมือนสปริง การสั่นสะเทือนของโมเลกุลจะมีการสั่นสะเทือนทั้งแบบยืดตัวเข้าออกซึ่งเรียกว่า การสั่นสะเทือนตามแนวยาว (Stretching) หรือมีการเปลี่ยนทิศทางซ้ายบ้าง ขวาบ้างตลอดเวลา เรียกว่า การสั่นสะเทือนเปลี่ยนรูป (Deformation) ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ภาพจำลองการสั่นสะเทือนเปลี่ยนรูปของโมเลกุลสาร
ที่มา : นิรนาม (2540)

ช่วงเวลาการสั่นสะเทือนของขดลวดสปริงแต่ละตัวไม่ได้ขึ้นอยู่กับประเภทของสารเคมีเพียงอย่างเดียว เช่น C = O หรือ C – H แต่ขึ้นอยู่กับผลรวมทั้งหมดของโมเลกุลจากการอธิบายด้วยภาพลวดสปริง และ ลูกบอล จะเห็นว่าไม่มีสปริงเส้นใดสั่นสะเทือนได้ตามลำพัง การสั่นสะเทือนของสปริงทุกเส้นมีผลจากการเคลื่อนไหวของสปริงเส้นอื่นๆด้วย

ถ้ารังสีอินฟราเรดส่องกระทบลงบนโมเลกุล การสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงจะเกิดขึ้นด้วยความถี่เท่ากับความถี่ของรังสีอินฟราเรดนั้น และขดสปริงจะทำการดูดพลังรังสีไว้ และ สั่นสะเทือนมากยิ่งขึ้น ถ้าไม่มีลวดสปริงทำหน้าที่สั่นสะเทือน ณ. ระดับความถี่เท่ากันนี้ รังสีอินฟราเรดจะไม่ถูกดูดซึมเป็นอันขาด และมันจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลออกไป (นิรนาม, 2540)

2.6.3 การใช้รังสีอินฟราเรดในการแปรรูปอาหาร

แบ่งได้เป็น 2 ประเภทขึ้นกับระดับอุณหภูมิที่ใช้งาน

1. Medium temperature radiator แหล่งกำเนิดรังสีลักษณะเป็นเส้นลวดในหลอดโลหะ หรือ หลอดซิลิก้า ให้ความร้อนถึง 500 – 1,000 องศาเซลเซียส และให้พลังงาน 15 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะให้รังสีอินฟราเรดแบบคลื่นยาว มักนิยมใช้กับอาหารที่ไม่ไวต่อความร้อน

2. High temperature radiator แหล่งกำเนิดรังสีลักษณะเป็นหลอดทังสเตน หรือ หลอดควอตส์ จะให้ความร้อนถึง 2,500 องศาเซลเซียส และให้พลังงาน 10 – 65 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ให้รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น มักใช้กับอาหารที่ไวต่อความร้อน

เมื่ออาหารถูกดูดซึมรังสีอินฟราเรด อาหารนั้นจะเริ่มสุกที่ผิวหน้าอย่างรวดเร็ว ผิวหน้าจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล น้ำและพวกกลิ่นที่ระเหยได้ยังคงอยู่ในอาหาร ทำให้อาหารนั้นสุก และมีลักษณะฉ่ำน้ำ มีกลิ่นรสดี การที่ความร้อนจะทะลุสู่ใจกลางของอาหารถ้าเป็นแบบรังสีอินฟราเรดจะเกิดได้เร็วมาก (นิรนาม, 2540)

การใช้รังสีอินฟราเรดส่วนใหญ่ยังเป็นการวิจัยเพื่อให้ผลผลิตเหมาะกับการบริโภค โดยการทำลายเอนไซม์ เพื่อหยุดกิจกรรมที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสและสารประกอบแปลกปลอม หรือเพื่อให้เกิดประโยชน์จากการฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิสูงแต่ใช้เวลาสั้น (HTST) เพื่อลดปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (รุ่งนภา, 2539)

ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดถูกปลดปล่อยด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่น 1.8 – 3.4 μm. สามารถทะลุทะลวงลงในวัตถุทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการสั่นสะเทือนที่ความถี่ 60,000 – 150,000 MHz. ทำให้เกิดความร้อนภายใน จากนั้นน้ำก็จะระเหยออกมา รวมทั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในก็จะถูกทำลาย (Collier, 1986)

Fasina และคณะ (2001) พบว่ารังสีอินฟราเรดจะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ คุณสมบัติทางเคมี และส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์ประเภทธัญพืช

สุพรรณและ เสรี (2546) ได้ศึกษาการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีอินฟราเรดแบบใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในการออกแบบตู้อบลดความชื้นวัสดุเกษตร ซึ่งในการทดลองใช้อุปกรณ์กำเนิดรังสีขนาด 130 x 560 มิลลิเมตร อบขิงผงและกล้วยน้ำหว้าแผ่น พบว่า ช่วงการกระจายของอุณหภูมิวัสดุที่สม่ำเสมอบนระนาบตั้งฉากกับอุปกรณ์กำเนิดรังสีอินฟราเรด จะอยู่ในช่วงที่มีระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสี 575 - 825 มิลลิเมตร ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัสดุมีโอกาสได้รับการแผ่รังสีที่สม่ำเสมอกว่าบริเวณอื่นโดยรอบๆ เล็กน้อย โดยมีค่าอุณหภูมิอากาศสม่ำเสมอตลอดระนาบและมีค่าในช่วง 130 -100 องศาเซลเซียส ความชื้นวัสดุจะ

ลดลงอย่างสม่ำเสมอด้วยเช่นกัน ซึ่งการอบโดยการลดความชื้นอย่างต่อเนื่องจะทำให้วัสดุเสียหายในที่สุด ส่วนการอบโดยใช้ระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีช่วงต่ำกว่า 525 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงจัดกว่าวัสดุจะถูกเผาไหม้อย่างรวดเร็ว จึงไม่เหมาะสมในการใช้งาน สำหรับอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซในทุกการทดลองมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.026 เมกกะจูล/วินาที/ตารางเมตร

เสรี และ คำนึง (2546) ได้ศึกษาการแปรรูปขิงเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มขิงผงสำเร็จรูปด้วยเครื่องอบแบบอินฟราเรด (Infrared dryer) ต้นแบบเปรียบเทียบกับวิธีการอบด้วยเครื่องอบแบบอากาศร้อนชนิดถาดคงที่ (Fixed-tray dryer) และวิธีการตากด้วยแสงแดด ผลการศึกษาพบว่า ควรออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแบบอินฟราเรด โดยการอบแบบชั้นวาง และควบคุมให้รับพลังงานความร้อนจากอินฟราเรดเป็นเวลาไม่เกิน 90 วินาที แล้วปล่อยให้เย็นตัวในตู้อบ ใช้รูปแบบการอบแบบต่อเนื่อง โดยมีอัตราการอบลดความชื้นไม่ต่ำกว่า 80 กก. ผลิตภัณฑ์ขิงผง/วัน ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขิงผงภายหลังการอบ ต้องมีความชื้นไม่เกิน 2.5%อุณหภูมิกระเปาะเปียก มีสีสม่ำเสมอและไม่มีสิ่งแปลกปลอม ซึ่งเครื่องอบแบบอินฟราเรดที่ออกแบบตามแนวทางข้างต้น จะใช้พลังงานประมาณไม่เกิน 1.180 เมกกะจูล/กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ขิงผง หรือ 0.67 บาท/กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ขิงผง ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าเครื่องอบแบบอากาศร้อนที่เกษตรใช้งานประมาณ 13%

เสรี และ สุพรรณ (2547) รายงานว่าเครื่องอบอินฟราเรดสามารถอบแห้งวัสดุได้อย่างรวดเร็วและเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่น่าสนใจ จึงควรศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เครื่องอบอินฟราเรดสำหรับอบผลิตภัณฑ์กล้วยอบม้วนซึ่งผลิตจากกล้วยน้ำว้าซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับการอบสูงถึง 85% ของค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด พบว่า การอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากอินฟราเรดมีแนวโน้มที่จะใช้พลังงานน้อยกว่าการอบด้วยอากาศร้อน ซึ่งการศึกษาสามารถทดสอบได้รูปแบบการอบที่ใช้พลังงานน้อยกว่าการอบด้วยอากาศร้อนประมาณ 3.6% โดยการควบคุมพลังงานด้วยการเปิดปิดหลอดอินฟราเรดเป็นระยะๆ ร่วมกับการอุ่นอากาศในตู้อบให้มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ด้วยขดลวดความร้อนรูปแบบการอบ ดังกล่าวมีอัตราการอบ 0.36 กก. / ชม. สามารถเพิ่มอัตราการอบได้โดยการเพิ่มพื้นที่การอบและจำนวนหลอดอินฟราเรด และมีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบตามมาตรฐานกำหนด ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากอินฟราเรดมีศักยภาพพอเพียงที่จะพัฒนาเพื่อใช้สำหรับการอบผลิตภัณฑ์กล้วยอบม้วนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดหนึ่ง

ศรีสมา (2546) ได้ทำการศึกษาวิจัยการอบแห้งผลไม้และสมุนไพรโดยใช้ปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล(Far infrared) โดยทำการทดลองอบแห้งมะละกอเส้น ข่า และตะไคร้ รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนกับรังสีอินฟราเรดไกล ทั้งนี้อุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากับ 55 องศาเซลเซียส อุณหภูมิควบคุมการเปิดปิดแท่งรังสีอินฟราเรดไกล 45 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ความชื้นเริ่มต้นสูงโดยอินฟราเรดไกล

ช่วยลดเวลาในการอบแห้งได้มาก ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ในห้องอบแห้งมีความกระจายตัว ความชื้นสม่ำเสมอ และคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ในเกณฑ์ดี การอบแห้งมะละกอเส้นซึ่งความชื้นเริ่มต้น 2300 เปอร์เซนต์มาตรฐานแห้ง ช่วยลดเวลาในการอบแห้งได้มากที่สุดเท่ากับ 30% ลดการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 3% ค่าสมรรถนะของปั๊มความร้อนเท่ากับ 3.56 และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ใช้มะละกอเส้นเป็นผลิตภัณฑ์ในการอบแห้ง พบว่า เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล มีระยะเวลาการคืนทุนเร็วกว่าเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนประมาณ 2 เดือน

Min และ Naizhang (1992) ได้ทำการอบแห้งโดยใช้กระบวนการแผ่รังสีอินฟราเรดต่อเห็ดขาวจำนวน 50 กรัม ความหนา 1-3 3-5 และ 5-7 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ 60 องศาเซลเซียส ที่ความหนา 1-3 มิลลิเมตร

ประพัฒน์ และ ธวัชชัย (2543) ได้ทำการอบแห้งโดยใช้กระบวนการแผ่รังสีอินฟราเรดต่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จำนวน 500 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 70 – 90 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ 70 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง

Tan และคณะ (2001) ได้ทำการอบแห้งโดยใช้กระบวนการแผ่รังสีอินฟราเรดต่อแอปเปิ้ลมันฝรั่งขนาด (22x25x2 มิลลิเมตร) และ แครอท หนา 3 มิลลิเมตร พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ 60 องศาเซลเซียส

2.7 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง ประกอบด้วย

ก. ชนิดและคุณสมบัติของอาหารแห้ง

อาหารแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีและ คุณสมบัติที่แตกต่างกัน อาหารแห้งที่มีไขมันสูง โดยเฉพาะไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ง่ายเมื่อเก็บไว้ในสภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนเพียงพอ และตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยา เช่น แสง ความร้อน จะทำให้อาหารนั้นเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีโดยเฉพาะกลิ่นเหม็นหืน นอกจากนั้นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการออกซิเดชัน ยังทำให้เกิดผลเสียในด้านอื่น เช่น ทำให้สีซีดจาง ทำลายวิตามินซี วิตามินเอ วิตามินอี และยังสามารถทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งมีผลต่อความผิดปกติของร่างกาย ผลิตสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

ถ้าอาหารประกอบด้วยน้ำตาลและกรดอะมิโนสูงหรือโปรตีนสูง จะมีโอกาสเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลและมีการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร

นอกจากนี้ อาหารแห้งยังมีคุณสมบัติในการดูดน้ำ (Hygroscopic property) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจะแตกต่างไปตามชนิดของอาหารแห้ง ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ความชื้นของอาหาร องค์ประกอบทางเคมี และ โครงสร้างของอาหาร (โชคชัย, 2539)

ข. สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาอาหารแห้ง

ข.1. ความชื้นสัมพัทธ์และออกซิเจนในบรรยากาศ อาหารที่ได้จากการทำแห้งจะมีปริมาณความชื้นต่ำ ถ้าเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศปกติ หรือในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง จะเป็นผลให้อาหารแห้งดูดความชื้นจากบรรยากาศโดยรอบ มีผลทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพ นอกจากนั้นก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศก็มีผล เนื่องจากจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ข.2. อุณหภูมิและแสงในขณะเก็บรักษา ถ้าอาหารแห้งเก็บไว้ในที่อุณหภูมิสูง จะทำให้คุณภาพของอาหารเสื่อมเสียได้ง่าย ทำให้อายุการเก็บสั้นลง รวมทั้งแสงก็มีปัจจัยที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยา เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ข.3. สัตว์ แมลง จุลินทรีย์ และสิ่งปนเปื้อนต่างๆ สัตว์หรือแมลงเข้าไปกัดแทะอาหารแห้งทำให้เกิดความเสียหาย จุลินทรีย์ในสภาวะที่เก็บรักษาสามารถปนเปื้อนไปในอาหารแห้ง เมื่อสภาวะเหมาะสมจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้และทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพหรืออาหารเน่าเสียได้ (โชคชัย, 2539)

ค. การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง

ค.1. การใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ภาชนะบรรจุอาหารแห้ง มีความสำคัญต่อการทำให้อายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น เนื่องจากภาชนะบรรจุจะทำหน้าที่ป้องกันสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการเสื่อมเสีย และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา ภาชนะบรรจุอาหารแห้งควรมีความสามารถในการป้องกัน ความชื้น ออกซิเจน แสง สัตว์ แมลง จุลินทรีย์และสิ่งปนเปื้อน ควรมีความคงทน ไม่เป็นพิษ และมีราคาที่เหมาะสม

ค.2. การใช้ก๊าซในการบรรจุ ก๊าซบางชนิดนิยมใช้ร่วมในการบรรจุอาหารแห้งที่ค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลของออกซิเจน เช่น อาหารที่มีไขมันไม่อิ่มตัวสูง มักมีการเติมก๊าซไนโตรเจน บรรจุลงในภาชนะ ทำให้สภาวะแวดล้อมของอาหารภายในภาชนะบรรจุนั้นเป็นสภาวะมีออกซิเจนต่ำ จึงป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ค.3. การใช้ระบบสุญญากาศในการบรรจุ ใช้ในการบรรจุอาหารที่มีสภาพค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงจากผลของออกซิเจน โดยใช้เครื่องบรรจุระบบสุญญากาศ ซึ่งภาชนะบรรจุที่ใช้ต้องสามารถทนต่อความดันที่แตกต่างกัน ระหว่างสภาวะภายนอกและสภาวะภายในภาชนะบรรจุ

ค.4. การใช้สารกำจัดออกซิเจน (Deoxidizer) จะบรรจุอยู่ในภาชนะที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ โดยสารที่บรรจุอยู่ในภาชะดังกล่าว จะใส่ลงในภาชนะบรรจุอาหารแห้ง ซึ่งควรเป็นภาชนะปิดสนิท ก๊าซไม่สามารถผ่านได้ สารดังกล่าวจะดึงออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ช่วยลดปริมาณออกซิเจนที่ทำปฏิกิริยาต่างๆ

ค.5. การใช้สารดูดความชื้น เช่น แคลเซียมออกไซด์ (ซิลิกาเจล) ใส่ลงในภาชนะบรรจุเล็กๆ ที่ทำด้วยวัสดุที่ความชื้นสามารถผ่านเข้าออกได้ แล้วจึงใส่ภาชนะที่มีสารดูดความชื้นดังกล่าวลงในภาชนะบรรจุที่บรรจุอาหารอีกทีหนึ่ง (โชคชัย, 2539)

2.7.1 ประโยชน์ของการอบแห้ง (กุลยาและศรีวิไล, 2540)

- เป็นการป้องกันการเน่าเสียเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี เอนไซม์และจุลินทรีย์
- เป็นการลดน้ำหนักในอาหาร ทำให้น้ำหนักเบา เหมาะต่อการขนส่ง
- ช่วยให้เก็บอาหารไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องไม่ต้องเก็บในตู้เย็น
- ทำให้มีอาหารในเวลาที่ขาดแคลน หรือใช้นอกฤดูกาล
- ได้อาหารที่มี สี กลิ่น รส ที่แตกต่างกันออกไป

2.7.2 ข้อเสียของการอบแห้ง (ไพบูลย์, 2532)

- ความไวต่อความร้อน เนื่องจากอาหารส่วนมากมีความไวต่อความร้อนระดับหนึ่งและ สามารถพัฒนาให้เกิดกลิ่นรสไหม้ขึ้นได้ ถ้าควบคุมสภาวะไม่เหมาะสม
- เกิดการสูญเสียกลิ่น รส ที่ระเหยได้ และ เกิดการฟอกสีของผลิตภัณฑ์ได้
- การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ซึ่งรวมถึงการเกิดการแห้งกรอบเนื่องจากการหดตัว
- เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์ ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ยังเกิดออกซิเดชันของไขมัน
- เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ถ้าหากว่าอัตราการอบแห้งเริ่มต้น หรือปริมาณความชื้นสุดท้ายมีค่าสูง หรือเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่บรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง

2.8 การเสื่อมคุณภาพของกระเทียมอบแห้ง

2.8.1 การเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล (Browning reaction)

การเกิดสีน้ำตาลในอาหารที่ผ่านความร้อนมาแล้ว หรืออาหารแห้งจะเป็นปฏิกิริยาที่สรุปได้ 3 แบบ คือ

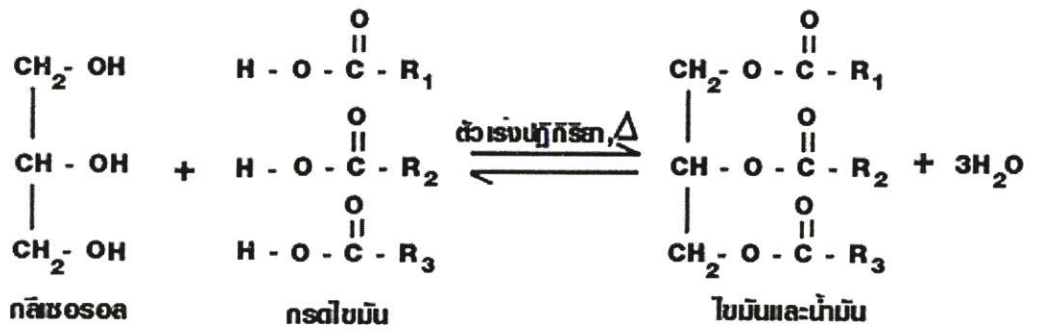
- คาร์โบไฮเดรตทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลหรือที่เรียกว่า Maillard Reaction ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้ถึงแม้จะมีคาร์โบไฮเดรท และกรดอะมิโนจำนวนเล็กน้อยก็ตาม
- Ascorbic acid degradation กรดแอสคอร์บิก สลายตัวจนได้สารสีน้ำตาลในขั้นตอนสุดท้าย
- Caramelization เกิดจากน้ำตาลสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุล ซึ่งจะเกิดเมื่อได้รับความร้อนสูง

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้แก่ อุณหภูมิที่เก็บ ความชื้น และการสัมผัสกับออกซิเจนของอาหารในระหว่างการเก็บหรือการแปรรูป ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดเร็วขึ้นซึ่งตรงกันข้ามกับความชื้น เพราะถ้าความชื้นสูงปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะช้าลง และถ้ามีปริมาณออกซิเจนทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเร็วขึ้น

การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล อาจทำได้ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง โดยผ่านกระบวนการบางอย่าง เช่น การแช่น้ำ การรมควัน หรือการแช่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในขณะที่การลวกจะลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้ นอกจากนี้อาจป้องกันโดยการบรรจุในสุญญากาศ

2.8.2 การเกิดกลิ่นหืนของกระเทียมอบแห้ง ปริมาณไขมันที่มาจากน้ำมันกระเทียมเมื่อเก็บไว้อาจเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ เนื่องมาจากการเกิดกลิ่นหืนของไขมัน โดยทั่วไปการเกิดกลิ่นหืนของไขมันมี 2 ลักษณะ คือ

2.8.2.1 การสลายตัวของไขมัน (Hydrolytic rancidity และ Lipolysis) เป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายของน้ำมันหรือไขมัน ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอลขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดเร็วขึ้น ถ้ามีกรดหรือเอนไซม์อยู่ด้วย หรืออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ดังสมการ



2.8.2.2 การเติมออกซิเจน(Oxidation rancidity) กรดไขมันอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้สารประกอบ Hydroperoxides ซึ่งสลายตัวต่อไปเป็นสารเคมีที่ระเหยง่ายและ มีกลิ่นหืน การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากการเติมออกซิเจน จะมีผลต่อกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลยาว แต่การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากการสลายตัวของไขมันจะเกิดเฉพาะในอาหารที่มีกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลสั้นๆ เท่านั้น การเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (Oxidation) นี้เป็นปฏิกิริยาแบบ Autoxidation และ Asmospheric oxidation ทำให้เกิดสารประกอบ Aldehydes หรือ Ketones ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ไม่ดีขึ้น

ปฏิกิริยาการเกิด oxidation ของไขมันมี 3 ระยะคือ

ระยะตั้งต้น (Intiation) เป็นระยะที่มีอนุมูลอิสระของกรดไขมันเกิดขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจมีแสง อุณหภูมิ หรือโลหะ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาก็ได้ ดังสมการ

แสง อุณหภูมิ โลหะ

RH ----------> R· + H·

กรดไขมัน อนุมูลอิสระ

ระยะเพิ่มจำนวน (Propagation) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระ (R) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้เป็นอนุมูล peroxy (ROO) ซึ่งอนุมูล perxy (ROO) นี้จะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมันได้สารประกอบ hydroperoxides (ROOH) และกรดไขมันอิสระ ซึ่ง hydroperoxides ที่เกิดขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาต่อไป ถ้ามีแสง ความร้อน และโลหะเป็นตัวเร่ง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอีก และเกิดปฏิกิริยาต่อไปแบบเดิมต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ แบบลูกโซ่ ทำให้มีอนุมูลอิสระสะสมมากขึ้นในระบบ จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงระยะสิ้นสุด ดังสมการ

$R\cdot + O2 \longrightarrow ROO\cdot$

$ROO\cdot + RH \longrightarrow ROOH \text{ (hydroperoxides)} + R\cdot$

แสง อุณหภูมิ โลหะ

$ROOH \longrightarrow RO\cdot + HO\cdot$

$RO\cdot + RH \longrightarrow ROH + R\cdot$

$OH + RH \longrightarrow H_2O + R\cdot$

ระยะสิ้นสุด (Termination) เป็นระยะที่มีอนุมูลอิสระต่าง ๆ รวมตัวกันเป็นสารประกอบใหม่ ดังสมการ

$R\cdot + R\cdot \longrightarrow RR$

$RO\cdot + R\cdot \longrightarrow ROR$

$RO\cdot + RO\cdot \longrightarrow ROOH$

$ROO\cdot + RO\cdot \longrightarrow ROOR$

$ROO\cdot + ROO\cdot \longrightarrow$ **Various product**

เมื่อปฏิกิริยาถึงระยะสิ้นสุดแล้ว จะมีสารประกอบ Hydroperoxides สะสมในระบบเป็นจำนวนมาก โดยปกติสารประกอบ Hydroperoxides ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่สารประกอบนี้สามารถสลายตัวและทำปฏิกิริยาต่อไป ได้เป็นสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งมีกลิ่นไม่ดี เช่น Aldehydes, Ketones และ Alcohol อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมัน ถ้าอาหารมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมาก โอกาสที่จะถูกออกซิไดซ์จะมากกว่าอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณน้อย และถ้าเก็บอาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันไว้ในสภาวะที่มีโอกาสสัมผัสกับแสง รังสี หรือในที่มีอุณหภูมิสูง มีออกซิเจนอยู่ด้วย จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น นอกจากนี้โลหะบางตัวอาจเร่งปฏิกิริยานี้ได้เหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทองแดงและเหล็ก

การติดตามปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนทำได้หลายวิธี เช่น การค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) การหากรดไขมันอิสระ การหาไอโอดีนัมเบอร์(Iodine number) และการหาค่า TBA (Thiobarbituric acid number) ซึ่งวิธีการหาค่าTBA จะดีกว่าวิธีอื่น ๆ คือ

- การวิเคราะห์ไม่ต้องใช้สารละลายมาสกัดไขมันออกมาจากอาหารก่อนเหมือนวิธีอื่น ๆ ทำให้วิเคราะห์ได้รวดเร็ว สามารถติดตามปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในไขมันชนิดที่สกัดไม่ได้ด้วยสารละลายธรรมดา(non extractable fat) เช่น phospholipids และไขมันที่รวมอยู่กับโปรตีนซึ่งไขมันพวกนี้ทำให้เกิดกลิ่นหืนมากกว่าไขมันพวกที่ถูกสกัดได้ด้วยสารละลาย(extractable fat) เช่น triglyceride
- ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เนื่องจากวิธีการที่ใช้วิเคราะห์เอง
- ค่าTBA มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับกลิ่นที่เกิดขึ้น
- ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ง่าย ๆ มีsensitivity สูง

จากการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบคาร์บอนิลที่มีอยู่ในอาหารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน สรุปว่าสารประกอบที่เป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดกลิ่นหืน คือ Malonaldehyde ซึ่งแยกออกมาได้โดยวิธีการอุ่นด้วยไอน้ำ โดยอาหารที่ถูกนำกลั่นมีสภาพเป็นกรด Malonaldehyde ที่ถูกกลั่นออกมาสามารถทำปฏิกิริยา 2-thiobarbituric acid ให้สารละลายสีชมพู ดูดกลืนแสงได้ที่ 538 นาโนเมตร ปริมาณที่ถูกดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนโดยตรง กับความเข้มข้นของมาโลนัลดีไฮด์ ความเข้มข้นของมาโลนัลดีไฮด์ต่อตัวอย่างอาหารหนึ่งกิโลกรัม คือค่า TBA ซึ่งแสดงถึงความมากน้อยของปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้น (วิชชุดา, 2531)

สุภาภรณ์และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะไส้ลำไยโดยบรรจุขนมเปี๊ยะแต่ละชิ้นใส่ซองพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน หรือ พีพี (polypropylene, PP) และบรรจุรวมในซองใหญ่ซึ่งเป็นฟิล์มประกบ 2 ชั้น ชนิดโพลิอะมายด์หรือไนลอนประกบกับเพท (NYLON/PET) ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซที่ดี พร้อมสารดูดซับออกซิเจนและบรรจุในกล่องกระดาษอีกชั้น โดยเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน และสุ่มตัวอย่างทุก 15 วัน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จุลินทรีย์และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาตรของความชื้นและ กรดไธโอบาบูริค (TBA value) มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 3 เดือนแรก หลังจากนั้นมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าน้ำอิสระ (a_w) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ และเมื่อเก็บได้ 3 เดือน พบว่ามีความแตกต่างด้านคุณภาพประสาทสัมผัสโดยรวมและคุณลักษณะด้านสี กลิ่นหอม กลิ่นหืน และเนื้อสัมผัส ส่วนแป้งขนมเปี๊ยะ ระหว่างตัวอย่างทดลองและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตใหม่อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะมีอายุการเก็บโดยประมาณ 3 เดือน

2.9 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุกระเทียมอบแห้ง ประกอบด้วย

2.9.1 ถุงพอลีโพรพิลีน (Polypropylene หรือ PP)

เป็นพลาสติกที่นิยมใช้มาก มีความแข็งแรงกว่าพอลีเอธีลีน (Polyethylene หรือ PE) สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ ไขมัน ได้ดีกว่า PE มีความใสนิยมใช้เป็นถุงบรรจุอาหารร้อน ใช้ทำซองบรรจุอาหารแห้ง และเป็นฟิลม์ชนิดหดรัด (งามทิพย์, 2539)

2.9.2 ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

เป็นพลาสติกที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากคุณสมบัติด้านความแข็งแรงทนทานต่อ ความร้อนสูง ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ กลิ่น และ ไขมันได้ดี การใช้ฟิลม์ Larminate จะต้องมีการประกบติดกับพลาสติกชนิดอื่นๆ เรียงกันเป็นชั้นๆ เช่น PP และ Nylon และสุดท้ายต้องประกอบด้วย Polyethylene หรือ PE เพื่อช่วยให้ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ (งามทิพย์, 2539)

Sacharow (1976) ได้ทำการศึกษาเรื่องแผ่นฟิลม์ Nylon พบว่า เป็นแผ่นฟิลม์ที่ทนความร้อนได้สูงถึง 350 องศาฟาเรนไฮต์ มีความเหนียว ทนต่อน้ำมัน และก๊าซได้ดี จึงเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องบรรจุขณะร้อนและเหมาะกับการบรรจุสุญญากาศ หรือบรรจุร่วมกับก๊าซ (Tenney และ Stewart, 1989) นอกจากนี้ยังทนต่อกรด และด่างเจือจางแต่ไม่ทนต่อกรดเข้มข้น แผ่นฟิลม์ไนลอนมีอัตราการซึมผ่านของน้ำสูง ดั้งนั้นจึงสามารถใช้ไนลอนเป็นภาชนะที่สามารถบรรจุนำไปฆ่าเชื้อได้ เนื่องจากไอน้ำที่เกิดขึ้นระหว่างการฆ่าเชื้อสามารถซึมผ่านแผ่นฟิลม์ได้

วรรณิยา (2544) ได้ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษากุ้งแห้งปริมาณ 100 กรัม ที่บรรจุ ในพลาสติก Laminates ชนิด Nylon / LLDPE ภายใต้สภาวะสุญญากาศ ณ อุณหภูมิห้อง (30 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) มีอายุการเก็บรักษา 70 วัน และ กุ้งแห้งที่บรรจุในสภาวะปกติร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนมีอายุการเก็บรักษา 105 วัน สรุปได้ว่ากุ้งแห้งที่บรรจุในสภาวะปกติร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนมีคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาดีกว่ากุ้งแห้งที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ

Geeson และคณะ (1985) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของฟิลม์พลาสติกชนิดต่างๆ ที่มีต่อระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุมะเขือเทศสด โดยทดลองบรรจุมะเขือเทศสดในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิลม์พลาสติกชนิดต่างๆ ที่มีความสามารถยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้แตกต่างกัน พบว่าบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิลม์พลาสติกชนิดที่มีความสามารถใน

การยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้ต่ำจะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูง เป็นผลให้มะเขือเทศเกิดการเน่าเสียได้ง่าย เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในขณะที่การใช้ฟิลม์พลาสติกชนิดที่มีความสามารถในการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้สูงส่งผลให้บรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นโอกาสที่มะเขือเทศจะเน่าเสียจะลดลง

2.10 วิธีการบรรจุ

2.10.1 Vacuum Packaging

การบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศที่ต่ำกว่าอากาศปกติ โดยการไล่อากาศออกทั้งหมดในภาชนะบรรจุก่อนปิดฝา หรือ ปิดผนึก โดยมีจุดประสงค์เพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนออกจากผลิตภัณฑ์ให้หมด เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และ การเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบการบรรจุในสภาวะปรับสภาพบรรยากาศและสุญญากาศพบว่าการบรรจุในสภาวะปรับสภาพบรรยากาศค่อนข้างยุ่งยากมากกว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศเพราะต้องคำนวณอัตราส่วนของก๊าซเริ่มต้นให้มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้น อีกทั้งต้นทุนการบรรจุจะสูงกว่าแบบสุญญากาศ (งามทิพย์, 2538)

2.10.2 การบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen flushing)

เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซ แตกต่างจากบรรยากาศปกติ โดยการฉีดก๊าซนั้นเข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะเช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ก๊าซไนโตรเจน วิธีนี้นิยมไล่ก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารที่ไวต่อก๊าซออกซิเจน เช่น อาหารแห้ง น้ำผลไม้

การเก็บรักษาอาหารในสภาพปรับบรรยากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้เพิ่มขึ้น ลดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ สามารถขนส่งได้ในระยะไกล ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีในระยะทางไกล ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดี แต่การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาพปรับบรรยากาศมีข้อเสีย คือเพิ่มต้นทุนการบรรจุ ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษา อัตราส่วนที่เหมาะสมของก๊าซผสมที่ใช้ในการปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ และในขั้นตอนการบรรจุต้องใช้เครื่องมือ และ วิธีการพิเศษ (Faber, 1991)

การบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนสามารถช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร ตั้งแต่ 50% ถึง 400% มีผลงานวิจัยเกี่ยวกับการบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ได้เผยแพร่ผลงาน นำเสนอทฤษฎีหลักการพื้นฐานการพัฒนานำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น (Murcia และคณะ, 2003)

งานวิจัยที่บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ปลาคอด (Guldagerและคณะ, 1998) เนื้อไก่งวง (Juneja และคณะ, 1996) เนื้อไก่ (Young และคณะ, 1989) สตูมันฝรั่งและ เนื้อวัวในน้ำซ๊อส (Goto และคณะ, 1995) แฮมอบแห้ง (Garcia-Esteban และคณะ, 2003) ผลไม้ (Chapon และคณะ, 2004) และอื่นๆ

เหตุผลสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผู้ประกอบการด้านอุตสาหกรรมอาหารหันมานิยมใช้การบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซอย่างมากเพราะผู้บริโภคต้องการบริโภคอาหารสดผ่านกระบวนการแปรรูปน้อยที่สุด (Minimally Processed Food) และอาหารที่ไม่มีการเติมสารเคมี (เช่นสารกันเสีย สีผสมอาหาร antioxidant และ อื่นๆ) เพราะการเติมสารเคมีอาจทำให้เกิดการแพ้ และอาจเป็นสารก่อมะเร็ง (Halliwell และคณะ, 1995)

ปัจจัยที่ต้องคำนึงในการบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนประกอบด้วย(Chapon.และคณะ, 2004)

- ขนาดรูพรุนของพลาสติก หรือ ฟิลม์
- ความหนาของพลาสติก หรือ ฟิลม์
- อัตราการซึมผ่านเข้าออกของก๊าซ
- ปริมาณของก๊าซที่เติมเข้าไปต้องสามารถไล่ออกซิเจนออกได้ เพื่อไม่ให้เนื้อเยื่อต่างๆใช้ออกซิเจนในการหายใจ
- ราคาของบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้มีราคาสูง

กาญจนารี (2537) ศึกษาสภาวะการบรรจุและการเก็บรักษาปลาดุกเส้น พบว่าปลาดุกเส้นที่บรรจุในสภาพปรับบรรยากาศและสภาพสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าปลาดุกเส้นที่บรรจุในสภาพบรรยากาศปกติ สภาพปรับอากาศที่มี 60% CO_2 + 40% N_2 และ 80% CO_2 + 20% N_2 สามารถยืดอายุการเก็บได้ใกล้เคียงกับการบรรจุในสภาพสุญญากาศและสภาพปรับบรรยากาศมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ 4 – 6 องศาเซลเซียส

ไพบูลย์ (2532) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของท้ออบแห้งที่บรรจุหีบห่อแบบธรรมดาและสุญญากาศและแบบเติมก๊าซไนโตรเจน พบว่า การบรรจุหีบห่อแบบเติมก๊าซไนโตรเจนสามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด นอกจากนี้วัสดุภาชนะบรรจุยังมีความสำคัญต่ออายุการ

เก็บรักษา กล่าวคือ วัสดุภาชนะบรรจุที่มีความสามารถต้านทานต่อการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนจะให้อายุการเก็บรักษาเพิ่ม ทั้งนี้เพราะอัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับออกซิเจนต่ำ

2.11 ก๊าซที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์

ก๊าซไนโตรเจน

คุณสมบัติที่นำมาใช้ในในบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร (งามทิพย์, 2539)

- เป็นก๊าซเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี จึงมักแทนที่ก๊าซออกซิเจนเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร นอกจากนั้นยังนิยมใช้ก๊าซไนโตรเจนเพื่อรักษาระดับความดันภายในภาชนะบรรจุป้องกันการยุบตัวของภาชนะ และการแตกหัก เสียรูปร่างของผลิตภัณฑ์
- ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา เนื่องจากเชื้อราต้องก๊าซออกซิเจนในการเจริญเติบโต
- ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส จึงสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิด
- ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก

Young และ Heinis (1989) ได้ทำการศึกษาภาชนะสำหรับบรรจุถั่วลิสงคั่ว โดยการบรรจุในกระป๋องสุญญากาศ ขวดแก้ว และในถุงลามิเนตของ Cellophane และ Glassine แต่การเก็บรักษาที่นานที่สุด ได้แก่ การบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน หรือสภาพสุญญากาศโดยเก็บได้นาน 1-2 ปี อุณหภูมิ 0 –10°C แสงสว่าง ความชื้น และสัมผัสกับอากาศมีผลมากต่ออายุการเก็บรักษาโดยเฉพาะในถุงพลาสติกที่บางใส อายุการเก็บรักษาถั่วลิสงคั่วลดลงจาก 48 เดือนที่อุณหภูมิ (–)17°C เป็นเวลา 4 เดือน ที่อุณหภูมิ 21°C แต่ก็สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เมื่อใช้สารกันหืน ถั่วลิสงอบเกลือต้องเก็บรักษาให้มีความชื้นไม่เกิน 4% โดยความชื้น 2–2.5% จะให้ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และลักษณะปรากฏที่ดีและยังคงสภาพใหม่สดได้นานถึง 35 วัน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50% แต่ถ้าเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ทำให้สูญเสียความใหม่สดภายใน 15 วัน โดยสีและลักษณะเนื้อสัมผัสที่สูญเสียไปเนื่องจากสภาพบรรยากาศ ในขณะที่กลิ่นรสของถั่วลิสงในระหว่างการเก็บรักษาสูญหายไปเนื่องจากเกิดกลิ่นอับ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงที่อุณหภูมิต่ำคือ (-)20°C ทำให้การลดลงของคะแนนกลิ่นรสเกิดขึ้นน้อยที่สุด

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์

3.1.1 กระเทียมกลีบใหญ่ จาก จังหวัดเชียงใหม่ (*Allium sativum* Linn)

3.1.2 ถุงพลาสติก (Polypropylene, PP) จากบริษัทเวิล์ด แพคเก็จจิ้ง จำกัด
ขนาดกว้าง 6 นิ้ว ยาว 9 นิ้ว ความหนา 45 ไมครอน
- อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน (O_2TR) 5,636 มิลลิลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน
- อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) 7.3 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

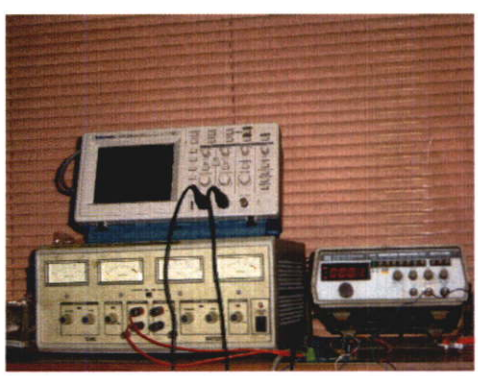
3.1.3 ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE จากบริษัทเวิล์ด แพคเก็จจิ้ง จำกัด
ขนาดกว้าง 110 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร ความหนา 135 ไมครอน
- อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน (O_2TR) 23.6 มิลลิลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน
- อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) 2.8 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

3.2 เครื่องมือ และ อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์การผลิต

- เครื่องทุบกระเทียม ระบบ Pneumatic Measurement Machine จากหน่วยวิจัยทดสอบวัสดุและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ดังแสดงในภาพที่ 3.1

(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.1 เครื่องทุบกระเทียมระบบ Pneumatic Measurement Machine :
(ก) ครก ; (ข) ชุดควบคุมระบบ Pneumatic Measurement Machine

- ตู้อบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด จากหน่วยวิจัยทดสอบวัสดุและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ตู้อบลมร้อน Model. D-63450 บริษัท Heraeus Instrument จำกัด ประเทศเยอรมันนี
- เครื่องปิดผนึกปากถุงโดยใช้ความร้อน
- เครื่องบรรจุสุญญากาศ บริษัท Sammic จำกัด ประเทศ สเปน
- เครื่องบรรจุสุญญากาศ และเติมไนโตรเจน Model. S220 บริษัท Vacstar จำกัด ประเทศ สวิตเซอร์แลนด์

3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- เครื่องตีป่น บริษัท Lul instruments masticator จำกัด ประเทศ สเปน
- Autoclave Model. SS-325 บริษัท Tommy จำกัด ประเทศ ญี่ปุ่น
- เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง Model. GR-200 บริษัท AND จำกัด ประเทศ ญี่ปุ่น
- อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา
- ตู้บ่มเชื้อ Model. BE400 บริษัท Memmert จำกัด ประเทศเยอรมันนี
- อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์
  - Peptone บริษัท Merck จำกัด ประเทศเยอรมันนี
  - Potato Dextrose Agar (PDA) บริษัท Merck จำกัด ประเทศ เยอรมันนี
  - Mannital – egg yolk – polymyxin Agar (MYP) บริษัท Criterion จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา
  - Cooked Meat medium (CM) บริษัท Merck จำกัด ประเทศ เยอรมันนี
  - Modified Brain Heart Infusion Egg yolk (BHI) agar บริษัท Merck จำกัด ประเทศเยอรมันนี
- สารเคมี
  - Tartaric acid บริษัท Merck จำกัด ประเทศ เยอรมันนี

3.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ Thiobarbituric acid number (TBA)
- เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ Model. Specto22 บริษัท Labomed จำกัด ประเทศ สหรัฐอเมริกา

- สารเคมี
  - สารละลาย Thiobarbituric acid number (TBA) บริษัท Merck จำกัด ประเทศเยอรมันนี
  - Glacial acetic acid บริษัท Merck จำกัด ประเทศเยอรมันนี
  - Tartaric acid บริษัท Merck จำกัด ประเทศเยอรมันนี
  - Hydrochloric บริษัท Merck จำกัด ประเทศเยอรมันนี

3.2.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ภาชนะบรรจุตัวอย่าง
- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.3 สถานที่ดำเนินงาน

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 วิธีการดำเนินงาน

3.4.1 วิธีการเตรียมกระเทียม

นำกระเทียมมาปอกเปลือก คัดกลีบเสียออก ล้างให้สะอาด ทำให้แห้ง จากนั้นนำมาเข้าเครื่องทุบกระเทียมระบบ Pneumatic Measurement Machine เพื่อให้เมล็ดกระเทียมแตกออก โดยที่มีแรงกระทำเท่ากันที่ 1 Bar. เวลา 5 นาที

3.4.2 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ (AOAC, 2000)

3.4.2.1 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ยีสต์และ รา ในกระเทียมปอกเปลือก และกระเทียมทุบ

3.4.2.2 วิเคราะห์เชื้อ *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* ใน กระเทียมปอกเปลือก และ กระเทียมทุบ

3.4.3 ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งกระเทียมด้วยตู้อบลมร้อน

นำกระเทียม จากข้อ 3.4.1 เข้าตู้อบด้วยลมร้อน โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 5 ชุด

ชุดที่ 1. อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
ชุดที่ 2. อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
ชุดที่ 3. อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส
ชุดที่ 4. อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ชุดที่ 5. อบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

ทำการอบแห้งทั้ง 5 ชุด ใช้เวลานาน 5 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิทั้ง 5 ชุดมาวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) นำข้อมูลที่ได้มาเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการให้ความร้อนแก่กระเทียม

3.4.4 การอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด

นำกระเทียมจากข้อ 3.4.1 มาทำการอบแห้งโดยใช้รังสิอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง เปิดช่องระบายความชื้นทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 15 นาที นำตัวอย่างที่ผ่านความร้อนมาวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC)

3.4.5 การบรรจุกระเทียมอบแห้งในภาชนะบรรจุ

นำกระเทียมที่อบจากข้อ 3.4.3 และ 3.4.4 มาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ดังนี้

3.4.5.1 ถุงพลาสติก Polypropylene (PP) ปิดผนึกโดยใช้ความร้อน (จากไฟฟ้า)

3.4.5.2 ถุงพลาสติกแบบฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon / LLDPE ปิดผนึกโดยใช้เครื่อง Vacuum Packaging

3.4.5.3 ถุงพลาสติกแบบ ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon / LLDPE ปิดผนึกโดยใช้เครื่องบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน

3.4.6 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ขนาดบรรจุ 25 กรัม มาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2) องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 0 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150 และ 165 วัน โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆดังนี้

3.4.6.1 วิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ (AOAC, 2000; ภาคผนวก ก.)

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด
- ยีสต์ และ รา
- *B. cereus*
- *C. perfringens*

3.4.6.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (AOAC, 2000; ภาคผนวก ข.)

- ปริมาณ Thiobarbituric acid number (TBA)
- การเปลี่ยนแปลงด้านสีด้วยการถ่ายภาพ

3.4.6.3 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการทดสอบการยอมรับของตัวอย่าง 6 ตัวอย่าง ใช้วิธีการประเมินแบบ Hedonic Scale-9 point กับผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน โดยใช้เนื้อไก่ 500 กรัม ผสมกับเกลือ 1 ช้อนชา และ พริกไทย 1/2 ช้อนชา แล้วนำไปทอดในน้ำมันจนไก่สุก จากนั้นนำตัวอย่างกระเทียมอบแห้งมาโรยบนเนื้อไก่ ให้ผู้ทดสอบชิมกระเทียมอบแห้งทั้ง 6 ตัวอย่าง แล้วให้คะแนนการยอมรับในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ การยอมรับผลิตภัณฑ์ ในการทดสอบจะมีการบันทึกการทดสอบ พร้อมใบบันทึกผล

3.4.7 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองทั้งหมดทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomize Design; CRD) นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Dancan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 13 ในการวิเคราะห์ผล

การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory) นำผลการทดลองของกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้แบบสอบถามที่แสดงใน ภาคผนวก ค

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ

4.1.1 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา *B. cereus* และ *C. perfringens*

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ คือ กระเทียมสดแกะเปลือกล้างและกระเทียมสดแกะเปลือกล้างแล้วนำมาทุบ พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา *B. cereus* และ *C. perfringens* ในวัตถุดิบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา *B. cereus* และ *C. perfringens* ในกระเทียมสดแกะเปลือก และ กระเทียมสดแกะเปลือกล้างแล้วนำมาทุบ

วัตถุดิบ	ปริมาณเชื้อ (log CFU/g)			
	TPC	ยีสต์และรา	*B. cereus*	*C. perfringen*
กระเทียมสดแกะเปลือกล้าง	4.14 - 4.47	2.30 – 3.48	< 1	ND
กระเทียมสดแกะเปลือกล้าง+ทุบ	2.10 - 2.50	1.90 – 2.20	< 1	ND

< 1 = ไม่พบการเจริญของโคโลนีในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อตัวอย่าง 0.1 กรัม

ND = Not detectable in 0.1 gram dried garlic

จากตารางที่ 4.1 พบว่าจุลินทรีย์ที่พบในกระเทียมสดนำมาแกะเปลือกและล้าง มีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.14 – 4.47 log CFU/g ยีสต์และราอยู่ในช่วง 2.30 – 3.48 log CFU/g และไม่พบการเจริญของเชื้อ *B. cereus* และ *C. perfringens* สำหรับกระเทียมสดแกะเปลือกล้างและนำมาทุบพบว่าปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงมาอยู่ในช่วง 2.10 – 2.50 log CFU/g ยีสต์และรา ลดลงอยู่ในช่วง 1.90 – 2.20 log CFU/g และไม่พบการเจริญของเชื้อ *B. cereus* และ *C. perfringens* เช่นกันเนื่องจากกระเทียมเมื่อนำมาทุบจะทำให้เซลล์ในกระเทียมที่มี alliin ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น และ เอนไซม์ allinase อยู่ด้วยกันแต่แยกกันอยู่คนละเซลล์ เมื่อกลีบกระเทียมถูกตัดหรือทำให้ช้ำ alliin และ เอนไซม์ allinase จะรวมตัวกันเกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นโดยเอนไซม์ allinase จะเปลี่ยน alliin ให้กลายเป็น allicin ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นที่สำคัญในกระเทียม ไม่มีสี และมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและรา (Freeman, 1975 ; อดิศร, 2542)

4.2 การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งกระเทียมด้วยตู้อบลมร้อน

นำกระเทียมสดแกะเปลือกล้างน้ำให้สะอาดและทำให้แห้ง แล้วนำไปทุบด้วยเครื่องทุบกระเทียมระบบ Pneumatic Measurement Machine ดังแสดงในภาพที่ 4.1 จากนั้นนำไปเข้าตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 55 60 65 70 และ 75 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 5 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 4.2 นำตัวอย่างที่ผ่านความร้อนทั้ง 5 ชุด มาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า กระเทียมเมื่อนำมาทุบและอบด้วยลมร้อน ในอุณหภูมิ และช่วงเวลาต่างๆ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1.5 log CFU/g. ยีสต์และราน้อยกว่า 1 log CFU/g. เนื่องจากกระเทียมเมื่อนำมาทุบทำให้เกิดสาร allicin ที่สามารถยังยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ และการเจริญของเซลล์ เป็นผลให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย (Willis, 1956 ; อดิศร, 2542) และเมื่ออบด้วยความร้อนทำให้เชื้อจุลินทรีย์ถูกทำลายทำให้ปริมาณเชื้อลดลงเมื่อเวลาอบเพิ่มขึ้น

จากนั้นคัดเลือกกระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากโดยทั่วไปเอนไซม์จะถูกยับยั้งที่อุณหภูมิตั้งแต่ 70 องศาเซลเซียส ขึ้นไป เอนไซม์ทุกชนิดในกระเทียมถูกทำลายได้ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 88 องศาเซลเซียส อีกทั้งการใช้อุณหภูมิสูงเกิน 70 องศาเซลเซียส จะทำให้ กระเทียมจะแห้งเร็วเกินไปจนเกิดสีคล้ำ (สมบัติ, 2539) ดังนั้นจึงใช้การอบแห้งกระเทียมด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (a_w = 0.65)

ภาพที่ 4.1 กระเทียมที่ผ่านการทุบจากเครื่องระบบ Pneumatic Measurement Machine

55 องศาเซลเซียส

60 องศาเซลเซียส

65 องศาเซลเซียส

70 องศาเซลเซียส

75 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.2 ลักษณะกระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ณ เวลา 5 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อยีสต์และรา ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 60 65 70 และ 75 องศาเซลเซียส ณ เวลาในการอบแห้งต่างๆ

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งกระทียม									
	55°C		60°C		65°C		70°C		75°C	
	TPC	ยีสต์และรา	TPC	ยีสต์และรา	TPC	ยีสต์และรา	TPC	ยีสต์และรา	TPC	ยีสต์และรา
	(log CFU/g)	(log CFU/g)	(log CFU/g)	(log CFU/g)	(log CFU/g)	(log CFU/g)	(log CFU/g)	(log CFU/g)	(log CFU/g)	(log CFU/g)
1	1.42	<1.00	1.30	<1.00	1.12	0.82	1.12	0.52	0.82	<1.00
2	1.30	<1.00	1.22	<1.00	1.12	<1.00	0.82	<1.00	0.52	<1.00
3	1.22	<1.00	1.12	<1.00	0.82	<1.00	0.52	<1.00	<1.00	<1.00
4	1.12	<1.00	1.12	<1.00	<1.00	<1.00	0.52	<1.00	<1.00	<1.00
5	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00

< 1 = ไม่พบการเจริญของโคโลนีในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อตัวอย่าง 0.1 กรัม

4.3 การศึกษาเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งกระเทียมด้วยรังสีอินฟราเรด

นำกระเทียมสดแกะเปลือกล้างน้ำให้สะอาดและทำให้แห้ง แล้วนำไปทุบด้วยเครื่องทุบกระเทียมระบบ Pneumatic Measurement Machine จากนั้นนำไปเข้าตู้อบด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 3 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ทำการคัดเลือกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (a_w = 0.70) เนื่องจากที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กระเทียมที่อบยังมีความชื้นเหลืออยู่และกระเทียมมีสีเหลืองนวล ต้องใช้เวลาในการอบ 4 ชั่วโมงกระเทียมจึงแห้ง สำหรับการอบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งผักและผลไม้(ทนง,2540) ในขณะที่[http://www.kanchanapisek.or.th/kp1/data/33/p5.htm] (2549) ได้ทำการอบแห้งกระเทียมพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 70 องศาเซลเซียส สำหรับลักษณะของกระเทียมในระหว่างอบแสดงในภาพที่ 4.3 นำตัวอย่างที่ผ่านความร้อนมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1.5 log CFU/g. ยีสต์และราน้อยกว่า 1 log CFU/g. เนื่องจากกระเทียมฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรียและเชื้อรา (Freeman, 1975 ; อดิศร, 2542)

ภาพที่ 4.3 การอบกระเทียมในตู้อบรังสีอินฟราเรด

60 องศาเซลเซียส

70 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.4 ลักษณะกระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิต่างๆ ณ เวลา 3 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.3 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อยีสต์และรา ในกระเทียมที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณเชื้อ (log CFU/g)			
	60°C		70°C	
	TPC	ยีสต์และรา	TPC	ยีสต์และรา
1	1.30	0.82	1.12	0.52
2	1.12	<1.00	<1.00	<1.00
3	0.82	<1.00	<1.00	<1.00

< 1 = ไม่พบการเจริญของโคโลนีในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อตัวอย่าง 0.1 กรัม

4.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้ง โดยการเก็บตัวอย่างแบ่งเป็น กระเทียมอบแห้งโดยใช้ลมร้อน และการอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด บรรจุในถุงพลาสติก Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน บรรจุแบบสุญญากาศในถุงฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon / LLDPE และ บรรจุด้วยวิธีการเติมก๊าซไนโตรเจนในถุงฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon / LLDPE ขนาดบรรจุ 25 กรัม หลังการอบแห้งกระเทียมจะถูกบรรจุทันทีทั้งนี้เพื่อป้องกันความชื้น การปนเปื้อนของจุลินทรีย์และแมลง (วราวุฒิ, 2538) จากนั้นทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน นำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี จุลินทรีย์ และ ประสาทสัมผัส ทุก 15 วัน ได้ผลการทดลองดังแสดงรายละเอียดต่อไปนี้

4.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา เชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคได้แก่ *B. cereus* และ *C. perfrigens.* ตามช่วงเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 และ 165 ในกระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด ที่บรรจุ 3 ลักษณะ ได้ผลตามตารางที่ 4.4 ถึง 4.7 โดยพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) มีค่าอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 1.5 log CFU/g ปริมาณยีสต์และรามีค่าน้อยกว่า 1 log CFU/g ไม่พบเชื้อ *B. cereus* และ *C. perfringens* ตลอดอายุการเก็บรักษา 0 – 165 วัน ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) เนื่องจากจุลินทรีย์ถูกยับยั้งการเจริญเมื่อทำการทุบกระเทียมให้แตก alliin และเอนไซม์ allinase จะรวมตัวกันเกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นโดยเอนไซม์ Allicinase จะเปลี่ยน alliin ให้กลายเป็น Allicin ที่มีฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรียและเชื้อรา (Freeman, 1975 ; อดิศร, 2542) รวมทั้งการ

อบแห้งเป็นการให้ความร้อนแก่อาหารในระดับหนึ่ง เพื่อไล่เอาน้ำออกจากอาหารให้เหลืออยู่ในปริมาณที่น้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยลดค่า water activity ในอาหารให้น้อยลงทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เพราะเมื่อน้ำในอาหารลดลงจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (สมบัติ, 2539)

แม้ว่ากระเทียมอบแห้งจะเป็นการทำแห้งกรรมวิธีหนึ่งในการถนอมอาหารที่สะดวกแต่โอกาสที่จะเกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งยังคงมีอยู่ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องควบคุมรักษาความสะอาดของแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยเฉพาะขั้นตอนการรับวัตถุดิบที่ใช้อบแห้งเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ตั้งแต่จุดเริ่มต้นเป็นสำคัญ ซึ่งจะทำให้กระเทียมอบแห้งมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานและปลอดภัยต่อผู้บริโภค (วราวุฒิ, 2538)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 0 - 165 วัน

เวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)					
	อบลมร้อน			อบรังสีอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	0.52	0.52	<1.00	0.52	<1.00	<1.00
15	<1.00	<1.00	<1.00	0.52	<1.00	<1.00
30	1.22	0.82	<1.00	0.82	<1.00	<1.00
45	<1.00	0.82	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
60	1.12	0.82	<1.00	0.82	<1.00	<1.00
75	1.22	0.82	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
90	1.22	0.82	<1.00	1.22	<1.00	<1.00
105	1.30	0.82	<1.00	1.22	<1.00	<1.00
120	1.30	0.82	<1.00	1.30	<1.00	<1.00
135	1.30	0.82	<1.00	1.30	<1.00	<1.00
150	1.47	0.52	<1.00	1.30	<1.00	<1.00
165	1.42	0.82	<1.00	1.22	<1.00	<1.00

PP = บรรจุในถุง Polypropylene

VAC = บรรจุสุญญากาศใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

N_2 = บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

หมายเหตุ <1 = ไม่พบการเจริญของโคโลนีในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อตัวอย่าง 0.1 กรัม

ตารางที่ 4.5 ปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 0 - 165 วัน

เวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณยีสต์และรา (log CFU/g)					
	อบลมร้อน			อบรังสีอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	0.52	<1	<1	0.52	<1.00	<1.00
15	0.52	<1	<1	0.52	<1.00	<1.00
30	0.52	0.82	<1	0.52	<1.00	<1.00
45	0.52	0.82	<1	0.52	<1.00	<1.00
60	0.52	<1	<1	0.52	<1.00	<1.00
75	0.52	<1	<1	0.82	<1.00	<1.00
90	0.82	<1	<1	0.82	<1.00	<1.00
105	0.82	<1	<1	0.82	<1.00	<1.00
120	0.82	<1	<1	1.00	<1.00	<1.00
135	1.00	<1	<1	1.00	<1.00	<1.00
150	1.00	<1	<1	1.00	<1.00	<1.00
165	1.12	<1	<1	1.00	<1.00	<1.00

PP = บรรจุในถุง Polypropylene

VAC = บรรจุสุญญากาศใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

N_2 = บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

หมายเหตุ <1 = ไม่พบการเจริญของโคโลนีในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อตัวอย่าง 0.1 กรัม

ตารางที่ 4.6 ปริมาณ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 0 - 165 วัน

เวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณเชื้อ *B. cereus* (log CFU/g)					
	อบลมร้อน			อบรังสีอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
15	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
30	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
45	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
60	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
75	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
90	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
105	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
120	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
135	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
150	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
165	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00

PP = บรรจุในถุง Polypropylene

VAC = บรรจุสุญญากาศใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

N_2 = บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

หมายเหตุ <1 = ไม่พบการเจริญของโคโลนีในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อตัวอย่าง 0.1 กรัม

ตารางที่ 4.7 ปริมาณ *C. perfringens* ในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะและ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 0 - 165 วัน

เวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณเชื้อ *C. perfringens* (log CFU/g)					
	อบลมร้อน			อบรังสีอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30	ND	ND	ND	ND	ND	ND
45	ND	ND	ND	ND	ND	ND
60	ND	ND	ND	ND	ND	ND
75	ND	ND	ND	ND	ND	ND
90	ND	ND	ND	ND	ND	ND
105	ND	ND	ND	ND	ND	ND
120	ND	ND	ND	ND	ND	ND
135	ND	ND	ND	ND	ND	ND
150	ND	ND	ND	ND	ND	ND
165	ND	ND	ND	ND	ND	ND

PP = บรรจุในถุง Polypropylene

VAC = บรรจุสุญญากาศใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

N_2 = บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

หมายเหตุ ND = Not detectable in 0.1 gram dried garlic.

จากการทดลองพบว่า ในการอบแห้งกระเทียมอบด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด ในการบรรจุทั้ง 3 ลักษณะ สามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 165 วัน เชื้อจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเทียมผง (มอก. 967-2533) เนื่องจากกระเทียมมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเมื่อนำมาอบแห้งเป็นการลดความชื้นทำให้จุลินทรีย์ไม่เหมาะสมที่จะเจริญเติบโต จากผลการทดลองที่แสดงในตาราง 4.5 ถึง 4.7 พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเพิ่มจำนวน เนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการบรรจุโดยวิธีสุญญากาศ และการเติมก๊าซไนโตรเจน เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ทั้งด้านความชื้นของผลิตภัณฑ์ และอากาศที่ถูกแทนที่ด้วยก๊าซไนโตรเจน ส่วนในเรื่องของสีมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนัท (2546) ที่ได้ทำการทดลองด้านบรรจุภัณฑ์ โดยใช้กล้วยตากมาบรรจุถุงไนลอนแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งมีคุณภาพยอมรับในสัปดาห์ที่ 8 โดยที่จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเจริญช้า สีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

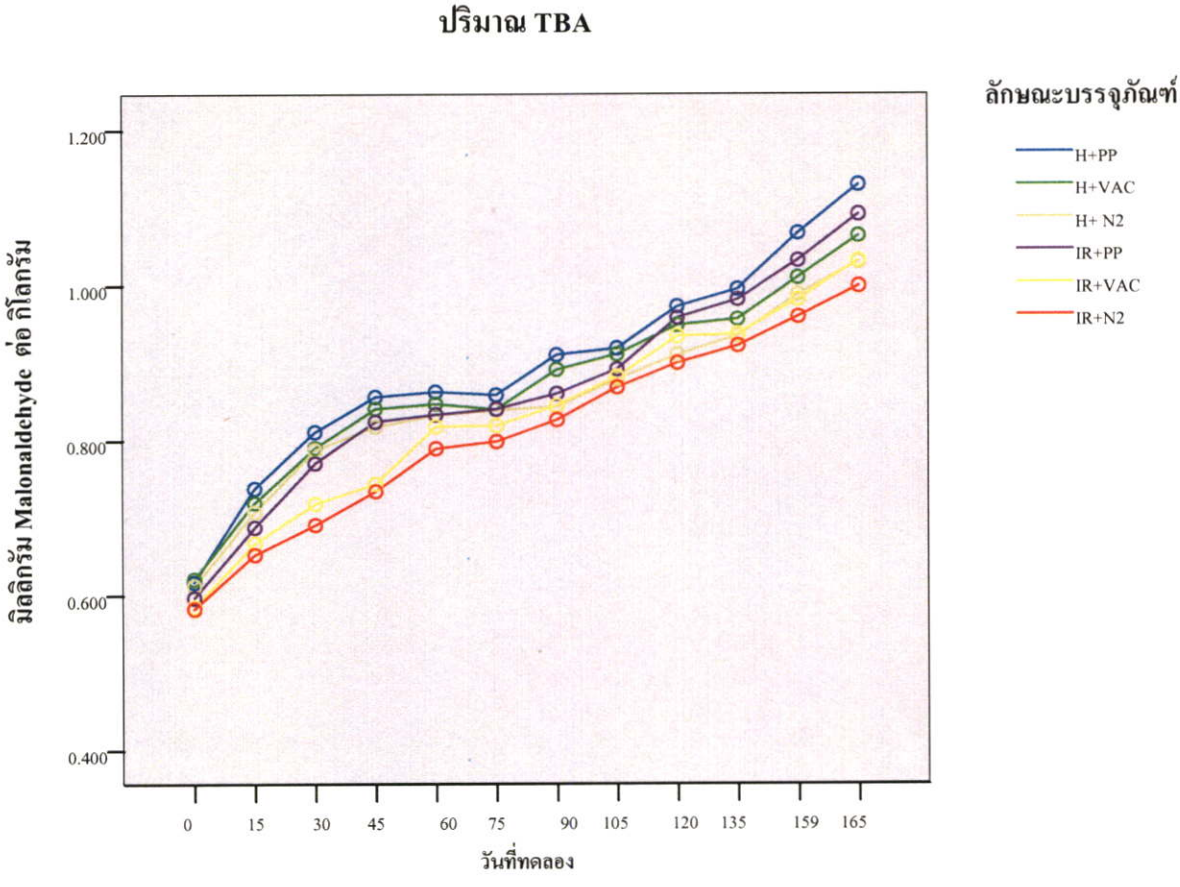
4.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

ผลการวิเคราะห์ Thiobarbituric acid number (TBA) ซึ่งบ่งบอกการเหม็นหืนของกระเทียมอบแห้งในช่วงเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ±2 องศาเซลเซียส) พบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยที่ค่าTBA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ค่าที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.4.2.1 Thiobarbituric acid number (TBA)

การวิเคราะห์ปริมาณ Malonaldehyde ในกระเทียมอบแห้งพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ±2 องศาเซลเซียส) การเกิดลิพิดออกซิเดชัน (Lipid Oxidation) ประเมินได้จาก TBA Value โดยที่ค่ามากแสดงถึงปริมาณ Malonaldehyde มากทำให้ผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งเกิดกลิ่นเหม็นหืน Igeneและคณะ (1979) กล่าวว่าถ้า TBA Value ในผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยกว่า 1 – 2 มิลลิกรัม Malonaldehyde ต่อกิโลกรัม หมายถึงผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเหม็นหืนเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.5 พบว่า การอบโดยใช้รังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE แสดงค่าน้อยที่สุดที่ 165 วัน ค่า TBA เฉลี่ย 0.998 ± 0.001 รองลงมาคือ อบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE ค่า TBA เฉลี่ย 1.029 ± 0.001 อบโดยใช้รังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE ค่า TBA เฉลี่ย 1.031 ± 0.001 อบลมร้อนบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE ค่า TBA เฉลี่ย 1.063 ± 0.002 อบโดยใช้รังสีอินฟราเรดบรรจุถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน 1.090 ±

0.001 และอบโดยใช้ลมร้อนบรรจุถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน ค่า TBA เฉลี่ย 1.128 ± 0.001 ตามลำดับ เนื่องจากกระเทียมอบแห้งมีความชื้นต่ำ ดังนั้นการเสื่อมเสียทางด้านจุลินทรีย์จึงไม่ใช่ปัญหาสำคัญ แต่มักจะประสบปัญหาการเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน นอกจากนี้วิตามินต่างๆก็อาจถูกออกซิไดส์ได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเปลี่ยนแปลงและคุณค่าทางอาหารต่ำลงด้วย ดังนั้นกระเทียมอบแห้งจึงควรอยู่ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (O_2 < 0.1%) (งามทิพย์, 2538)



ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ของกระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เวลา 0 – 165 วัน

H+PP = อบลมร้อนบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

H+VAC = อบลมร้อนบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิดNylon/LLDPE

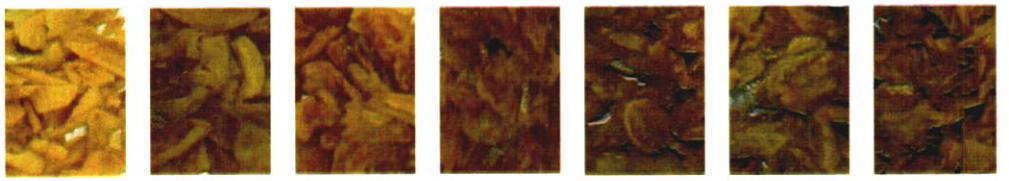
H+ N_2 = อบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

IR+PP = อบรังสีอินฟราเรดบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

IR+VAC= อบรังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

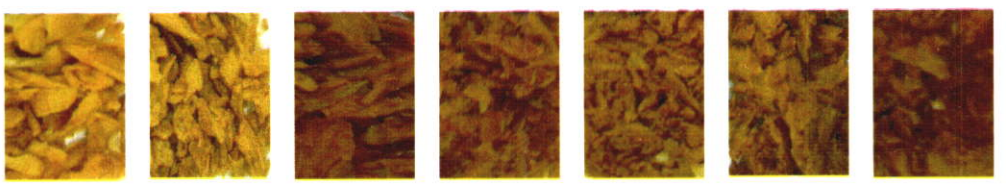
IR+ N_2 = อบรังสีอินฟราเรด บรรจุแบบ เติมก๊าซไนโตรเจนในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

หน้านี้ไม่มีในต้นฉบับ



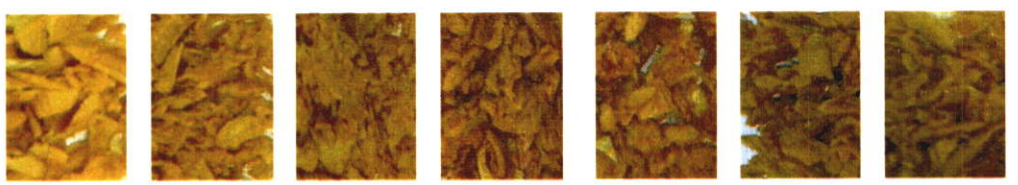
วันที่ 0 วันที่ 30 วันที่ 60 วันที่ 90 วันที่ 120 วันที่ 150 วันที่ 165

ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดบรรจุในถุง Polypropylene เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน



วันที่ 0 วันที่ 30 วันที่ 60 วันที่ 90 วันที่ 120 วันที่ 150 วันที่ 165

ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศในฟิลม์Laminates ชนิด Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน



วันที่ 0 วันที่ 30 วันที่ 60 วันที่ 90 วันที่ 120 วันที่ 150 วันที่ 165

ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

จากการทดลองพบว่ากระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดจะใช้อุณหภูมิ และเวลาการอบน้อยกว่าการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนเนื่องจากรังสีอินฟราเรดจะกระจายรังสีคลื่นยาวที่อุณหภูมิต่ำกว่า การให้ความร้อนแบบใช้ลมร้อนจึงทำให้ใช้เวลาการทำงานน้อยกว่า (นิรนาม, 2540) ประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบรังสีอินฟราเรดสามารถลดระยะเวลาได้มากกว่าการอบด้วยลมร้อนแบบเดิมกว่า 3 เท่าตัว ประหยัดการใช้ไฟฟ้าได้ถึง 30 – 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น ลดต้นทุนการผลิต และสามารถลดการสูญเสียของวัตถุดิบ โดยที่คุณค่าทางยาในกระเทียมที่ผ่านการอบจากรังสีอินฟราเรดยังคงไว้ซึ่งคุณสมบัติทางยาครบถ้วน (บวรโชค, 2546) ทำให้กระเทียมที่อบด้วยรังสีอินฟราเรดมีสีอ่อนกว่าและมีคุณภาพของกระเทียมใกล้เคียงกับกระเทียมสดมากกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน รุ่งกานต์ และคณะ (2547) ได้ศึกษาสีของกระเทียมเมื่อทำการอบแห้งเข้าสู่ช่วงที่อัตราการทำแห้งลดลง (Falling rate drying) ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จะร้อนขึ้น และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เป็นผลจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) โดยกระเทียมที่ลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลน้อยกว่าการอบด้วยลมร้อน และมีคุณภาพสีใกล้เคียงกับกระเทียมสดมากกว่าเนื่องมาจากเครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบใช้เวลาในการทำแห้งที่สั้นกว่า

4.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตามระยะเวลาการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทดสอบการยอมรับของตัวอย่าง 6 ตัวอย่าง โดยใช้การยอมรับแบบ Hedonic Scale-9 point กับผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน (Lawless และ Heymann, 1998) โดยเน้นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับผลิตภัณฑ์

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยนำไก่มาผสมกับกระเทียมอบแห้ง แล้วให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างกระเทียมอบแห้งพบว่า กระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดบรรจุด้วยวิธีการเติมก๊าซไนโตรเจนมีผลคะแนนสูงสุด รองลงมาเป็น กระเทียมอบแห้งโดยใช้ลมร้อนบรรจุด้วยวิธีการเติมก๊าซไนโตรเจน กระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดบรรจุด้วยวิธีสุญญากาศ กระเทียมอบแห้งโดยใช้ลมร้อนบรรจุด้วยวิธีสุญญากาศ กระเทียมอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดบรรจุด้วยถุงพลาสติก Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน และ กระเทียมอบแห้งโดยใช้ลมร้อนบรรจุด้วยถุงพลาสติก Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน ตามลำดับ เนื่องจากถุงพลาสติก Polypropylene มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนมาก ทำให้ก๊าซออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยา เกิดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำให้กระเทียมอบแห้งสีเข้มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น สอดคล้องกับการเกิดกลิ่นเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งเมื่อพิจารณาจาก TBA Value ที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนการอบด้วยรังสีอินฟราเรดมีคุณสมบัติคงสภาพของกระเทียมสดมากกว่าการอบด้วย

ลมร้อนทำให้มีอายุการเก็บรักษานาน ส่วนการบรรจุแบบสุญญากาศ และ แบบเติมก๊าซไนโตรเจน โดยเลือกใช้ ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE ที่มีความหนา และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำมากเมื่อเทียบกับการใช้ถุงพลาสติก Polypropylene ทำให้ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นให้ช้าลง ทั้งนี้ สำหรับการบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนมีคุณสมบัติเป็นก๊าซเฉื่อยจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาช้ากว่าการบรรจุแบบสุญญากาศเพราะในการบรรจุแบบสุญญากาศอาจจะดึงก๊าซออกซิเจนที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ไม่หมดทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีผลทำให้สีของกระเทียมอบแห้งเข้มขึ้นมากกว่าการบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน โดยค่าเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสเป็นดังนี้

การยอมรับในด้านสีของผลิตภัณฑ์ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน การยอมรับอยู่ที่ 150 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 5.86 ± 1.29 การอบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนคะแนนการยอบรับอยู่ที่ 120 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.31 ± 1.03 การอบลมร้อนบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 105 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.06 ± 1.21 การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 90 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.00 ± 1.24 ส่วนการอบลมร้อนและการอบรังสีอินฟราเรด บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.25 ± 0.99 และ 6.19 ± 0.92 ตามลำดับ

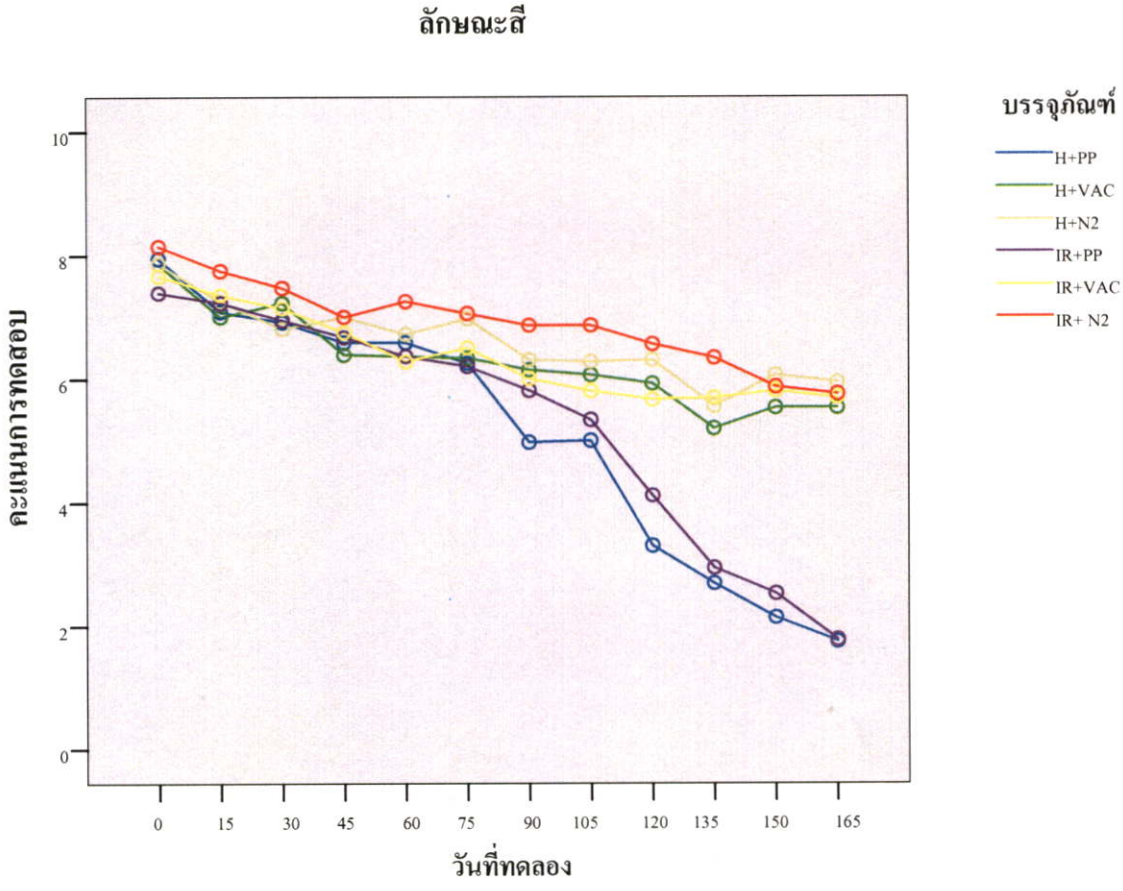
การยอมรับในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน การยอมรับอยู่ที่ 165 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.06 ± 0.95 การอบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนคะแนนการยอบรับอยู่ที่ 150 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.31 ± 0.88 การอบลมร้อนและการอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 120 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.19 ± 1.39 และ 6.36± 1.17 ตามลำดับ การอบรังสีอินฟราเรด บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.53 ± 0.94 และการอบลมร้อน บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 60 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.06 ± 1.17

การยอมรับในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนและการอบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนคะแนนการยอบรับอยู่ที่ 105 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.17 ± 087 และ 6.19 ± 0.95 ตามลำดับ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 90 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.17 ± 1.42 ขณะที่การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.00 ± 0.79 ส่วนการอบลมร้อนบรรจุแบบสุญญากาศได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 60 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.36 ± 1.69 ส่วนการอบลมร้อนบรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 45 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.02 ± 1.69

การยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 135 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.03 ± 0.81 ส่วนการอบลม

ร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนและการอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 120 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.03 ± 0.94 และ 6.03 ± 0.97 ตามลำดับ สำหรับอบลมร้อนบรรจุแบบสุญญากาศได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 105 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.17 ± 0.81 การอบรังสีอินฟราเรด บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนได้รับการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.22 ± 0.98 และการอบลมร้อน บรรจุในถุง Polypropylene ได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 60 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.06 ± 0.79

การยอมรับในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้ง การอบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนและ อบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 135 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.19 ± 0.78 และ 6.03 ± 1.00 ตามลำดับ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน และอบลมร้อนบรรจุแบบสุญญากาศ คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 120 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.17 ± 1.10 และ 6.06 ± 1.09 ตามลำดับ การอบรังสีอินฟราเรด บรรจุในถุง Polypropylene ได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.53 ± 0.81 และ การอบลมร้อน บรรจุในถุง Polypropylene ได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 60 วัน ค่าการยอมรับเฉลี่ย 6.00 ± 1.01 ทั้งนี้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.12 – 4.16



ภาพที่ 4.12 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

H+PP = อบลมร้อนบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

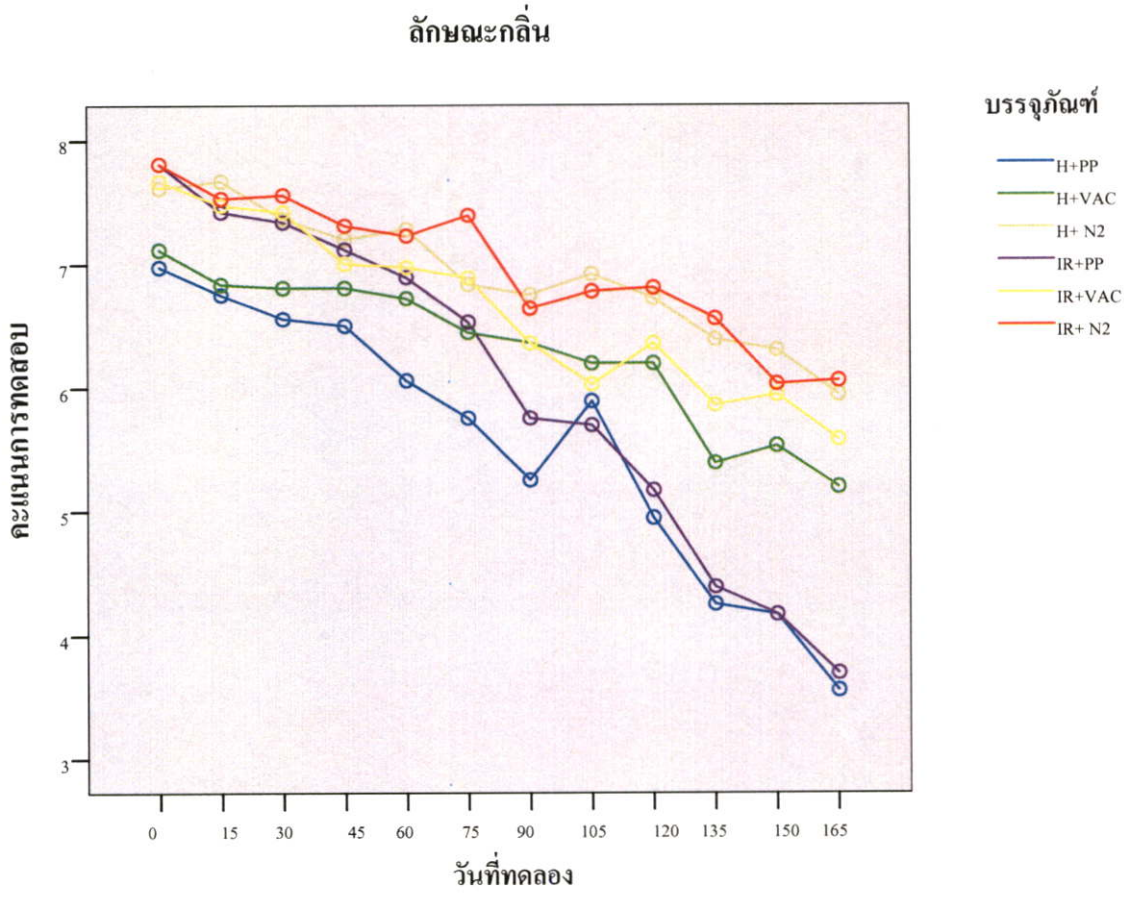
H+VAC = อบลมร้อนบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิดNylon/LLDPE

H+ N_2 = อบลมร้อนบรรจุแบบ เติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

IR+PP = อบรังสีอินฟราเรดบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

IR+VAC= อบรังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศในฟิลม์Laminatesชนิด Nylon/LLDPE

IR+ N_2 = อบรังสีอินฟราเรด บรรจุแบบ เติมก๊าซไนโตรเจนในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE



ภาพที่ 4.13 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

H+PP = อบลมร้อนบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

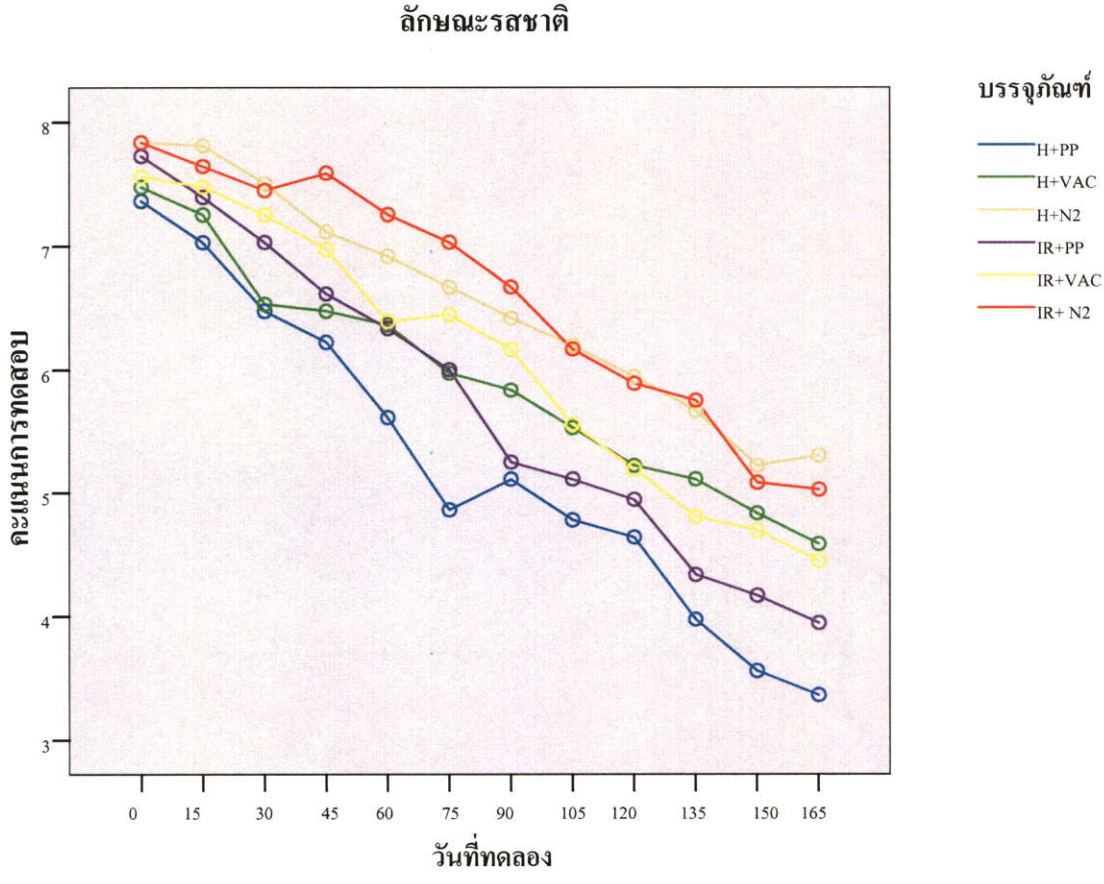
H+VAC = อบลมร้อนบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิดNylon/LLDPE

H+ N_2 = อบลมร้อนบรรจุแบบ เติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

IR+PP = อบรังสีอินฟราเรดบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

IR+VAC= อบรังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศในฟิลม์Laminatesชนิด Nylon/LLDPE

IR+ N_2 = อบรังสีอินฟราเรด บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE



ภาพที่ 4.14 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่อง การยอมรับด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรดบรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

H+PP = อบลมร้อนบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

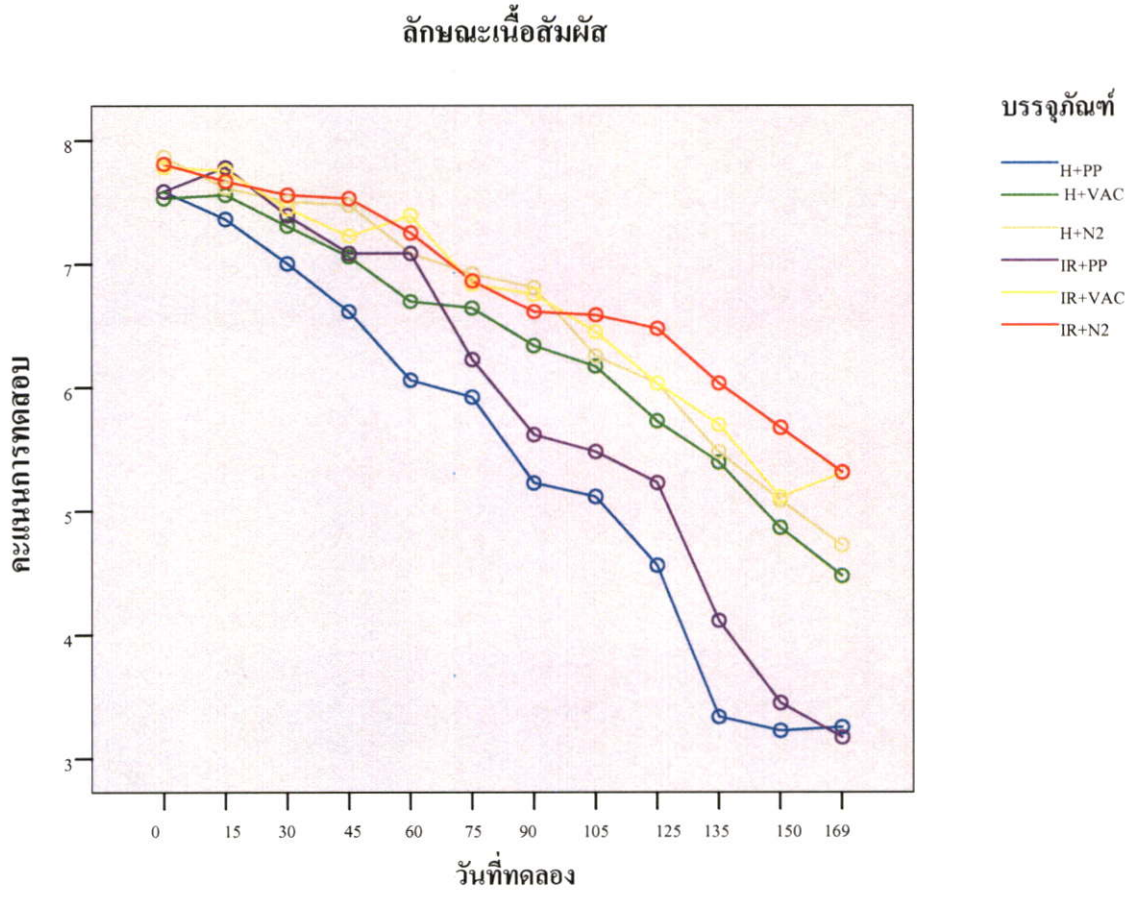
H+VAC = อบลมร้อนบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิดNylon/LLDPE

H+ N_2 = อบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

IR+PP = อบรังสีอินฟราเรดบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

IR+VAC= อบรังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศในฟิลม์Laminatesชนิด Nylon/LLDPE

IR+ N_2 = อบรังสีอินฟราเรด บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE



ภาพที่ 4.15 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรดบรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

H+PP = อบลมร้อนบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

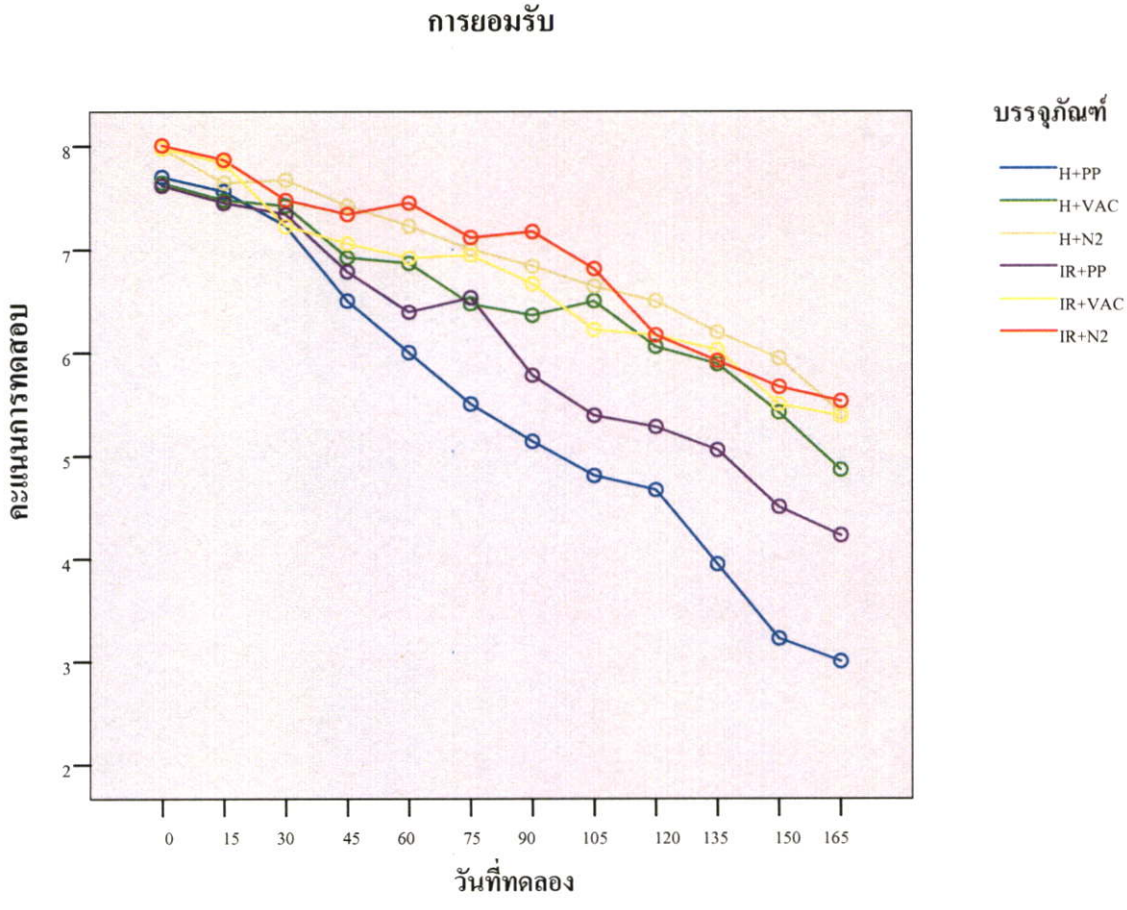
H+VAC = อบลมร้อนบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิดNylon/LLDPE

H+ N_2 = อบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

IR+PP = อบรังสีอินฟราเรดบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

IR+VAC= อบรังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศในฟิลม์Laminatesชนิด Nylon/LLDPE

IR+ N_2 = อบรังสีอินฟราเรด บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE



ภาพที่ 4.16 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

H+PP = อบลมร้อนบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

H+VAC = อบลมร้อนบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิดNylon/LLDPE

H+ N_2 = อบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนใน ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

IR+PP = อบรังสีอินฟราเรดบรรจุในถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

IR+VAC= อบรังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศในฟิลม์Laminatesชนิด Nylon/LLDPE

IR+ N_2 = อบรังสีอินฟราเรด บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์และการหืนของกระเทียมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า

1. กระเทียมอบแห้งโดยใช้ลมร้อนอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง (a_w=0.65) และกระเทียมอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรดอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง (a_w=0.70) แล้วนำมาบรรจุในถุง 3 ลักษณะ คือ ถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน ฟิลม์Laminates ชนิด Nylon/LLDPE บรรจุสุญญากาศ และ ฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE บรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน จากนั้นนำมาศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 – 165 วัน พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์น้อยกว่า 1.5 log CFU/g. ปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 1 log CFU/g และไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (*B. cereus* และ *C. perfringens*) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 165 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 2 องศาเซลเซียส)

2. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีคือ TBA Value ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 165 วัน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา TBA Value จะแสดงถึงการเกิดกลิ่นเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์ การอบโดยใช้รังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE แสดงค่าน้อยที่สุดที่ 165 วัน รองลงมาคือ อบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE อบโดยใช้รังสีอินฟราเรดบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE อบลมร้อนบรรจุสุญญากาศในฟิลม์ Laminates ชนิด Nylon/LLDPE อบโดยใช้รังสีอินฟราเรดบรรจุถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน และอบโดยใช้ลมร้อนบรรจุถุง Polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การยอมรับในด้านสีของผลิตภัณฑ์ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน การยอมรับอยู่ที่ 150 วัน การอบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนคะแนนการยอบรับอยู่ที่ 120 วัน การอบลมร้อนบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 105 วัน การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 90 วัน ส่วน การอบลมร้อนและการอบรังสีอินฟราเรด บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน

การยอมรับในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน การยอมรับอยู่ที่ 165 วัน การอบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนคะแนนการยอบรับอยู่ที่ 150 วัน การอบลมร้อนบรรจุแบบสุญญากาศและการอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 120 วัน การอบรังสีอินฟราเรด บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน และการอบลมร้อน บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 60 วัน

การยอมรับในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนและ การอบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนคะแนนการยอบรับอยู่ที่ 105 วัน การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 90 วัน การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน การอบลมร้อนบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 60 วัน และ การอบลมร้อน บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 45 วัน

การยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 135 วัน การอบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน และ การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 120 วัน การอบลมร้อนบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 105 วัน การอบรังสีอินฟราเรด บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน และ การอบลมร้อน บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 60 วัน

การยอมรับในผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้ง การอบลมร้อนบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน และ อบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 135 วัน การอบรังสีอินฟราเรดบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนและ อบลมร้อนบรรจุแบบสุญญากาศคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 120 วัน การอบรังสีอินฟราเรด บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 75 วัน และ การอบลมร้อน บรรจุในถุง Polypropylene คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 60 วัน

4. การอบแห้งแบบใช้รังสีอินฟราเรดจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการอบแบบลมร้อนเนื่องจากใช้ระยะเวลาการอบที่สั้นกว่า รวมทั้งใช้อุณหภูมิต่ำกว่าการอบลมร้อน และ TBA Value ที่ได้มีค่าต่ำกว่าการอบด้วยลมร้อน แต่จะต้องพิจารณาถึงลักษณะการบรรจุมาเป็นส่วนประกอบด้วย

5. ผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งที่บรรจุในสภาวะเติมก๊าซไนโตรเจน เป็นวิธีการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้นานที่สุด รองลงมาเป็นการบรรจุแบบสุญญากาศ แต่การบรรจุทั้ง 2 วิธีนี้จะต้องศึกษาคุณสมบัติของถุงที่มาบรรจุให้เหมาะสม

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2537. **สถิติการเพาะปลูกพืชผักทั่วประเทศ.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. อัดสำเนา

กาญจนารี พงษ์ฉวี. 2537. **การผลิตปลาดุกเส้น และ การเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

กุลยา เอื้อกมลชาญ และ ศรีวิไล แซ่อู๋. 2540. **ผลของไมโครเวฟต่อการอบแห้งของกล้วยตาก.** ปัญหาพิเศษ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 56 หน้า.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ลินคอร์นโปรโมชั่น. กรุงเทพฯ. 173 หน้า

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2539. **การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.** เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและแปรรูปอาหาร หน่วยที่ 13 . สาขาวิชาคณะคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ . หน้า 192-234 .

จิราพร เมลานนท์ และ เรืองวิทย์ กาญจนกิจเกษม. 2533. **การปรับปรุงและการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งกล้วยด้วยตู้อบแห้งรังสีอินฟราเรด.** ปัญหาพิเศษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 69 หน้า.

โชคชัย ธีรกุล. 2539. **การถนอมอาหารและแปรรูปอาหารด้วยการทำแห้ง.** เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและแปรรูปอาหาร หน่วยที่ 8. สาขาวิชาคณะคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ . หน้า11-34.

ณรงค์ศักดิ์ แก้วนิล. 2546. **การศึกษาหาแนวทางในการอบแห้งกระเทียมที่เหมาะสม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ 117 หน้า.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2549. กระเทียมสมุนไพรครอบจักรวาล. **วารสารอาหาร 36 : 11-15.**

ทนง ภัครรัชพันธุ์. 2540. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 317.

ธนัท อ้วนอ่อน. 2546. **การปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีการผลิตกล้วยตาก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 111หน้า

ธีรินทร์ สุทธิสันติสกุล นัฐการต์ อัศวโกศสกุล และ น้ำทิพย์ สุกิตนิยาภรณ์. 2543. **ตู้อบสมุนไพรระบบกึ่งสุญญากาศโดยใช้ความร้อนจากแสงอินฟราเรด.** ปัญหาพิเศษ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ

นิรนาม. 2540. **เอกสารเผยแพร่อินฟราเรด ฮีทเตอร์.** บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด. กรุงเทพฯ. 32 หน้า

บวรโชค ผู้พัฒน์. 2546. เตาอบอินฟราเรดเพื่อ SMEs ไทยก้าวไกลสู่สากล. **วารสาร Engineering Today 1: 81-83.**

ประพัฒน์ ทองจันทร์ และ ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์. 2543. **การประเมินความเหมาะสมเบื้องต้นของวิธีการอบเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยใช้อินฟราเรด.** การประชุมวิศวกรรมเกษตรกับวิชาการสร้างสรรค์แห่งสหัสวรรษใหม่. วันที่ 25-26 มกราคม 2544. จังหวัดขอนแก่น. หน้า 241- 250.

พันทิพา พงษ์เพียงจันทร์. 2531. การพัฒนาตู้อบอินฟราเรดแบบประหยัด. **วารสารการเกษตร 4 : 84 – 93.**

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. **กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 243 – 298.

รุ่งกานต์ บุญนาถกร สิงหนาท พวงจันทน์แดง บวรศักดิ์ ลีนานนท สาโรช ค้าเจริญ และเยาวมาลย์ ค้าเจริญ. การเปรียบเทียบการแปรรูปกระเทียมผงโดยการทำแห้งแบบใช้ลมร้อนและแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบ. **วารสารอาหาร 34: 248-260.**

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2539. **การถนอมและการแปรรูปอาหารด้วยการเอกซ์ทรูชั่น ไมโครเวฟ รังสี อินฟราเรด การใช้ความร้อนแบบโอห์มิก และ ความดันสูง.** เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและแปรรูปอาหารหน่วยที่7 . สาขาวิชาคณะคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ. หน้า 291-294.

วรรณิยา โสภักดี. 2544. **การศึกษาอายุการเก็บรักษากุ้งแห้งในถุงลามิเนตเพื่อการค้า.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 144 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2538. **จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 210 หน้า.

วิชชุดา วรกุล. 2531. **การแปรรูปมะพร้าวอบแห้ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 281หน้า.

ศรีสมา แจ้คำ. 2546. **การอบแห้งผลไม้และ สมุนไพร โดยใช้ปั๊มความร้อนร่วมกับอินฟราเรดไกล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ. 91 หน้า.

ศักดิ์ บวร. 2542. **กระเทียมสมุนไพรครอบจักรวาล.** โอ เอ็น จี การพิมพ์ จำกัด. กรุงเทพฯ. 96 หน้า.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2539. **กรรมวิธีกาอบแห้ง.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 252 หน้า

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเทียมผง.** มอก. 967-2533. 5 หน้า.

สุชาติ เอกณรงค์. 2521. **รายงานผลการศึกษาวิจัยกระเทียม.** กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. กรุงเทพฯ. หน้า 1 – 35.

สุพรรณ ยั่งยืน และ เสรี วงส์พิเชษฐ . 2546. **การศึกษาลักษณะการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรด เพื่อการอบลดความชื้นวัสดุเกษตร.** รายงานการสัมมนาวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว/หลัง การผลิตแห่งชาติ ครั้งที่ 2. วันที่ 21-22 สิงหาคม 2546. โรงแรมเจริญธานีปริ๊นเซส จังหวัดขอนแก่น.

สุภาพร พิศพันธ์ พรภัทรา ศรีนรคุตร และ เรวดี มีสัตย์. 2549. **การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะไส้ลำไย.** วารสารอาหาร. 36 :147-156.

เสรี วงส์พิเชษฐ และ คำนึง วาทโยธา. 2546. **แนวทางที่เหมาะสมสำหรับออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มขิงผงสำเร็จรูป.** เครือข่ายข้อมูลวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. [http://www.phtnet.org/research/viewResearch.asp?id=11]. Accessed date 30/5/2003.

เสรี วงส์พิเชษฐ และ สุพรรณ ยั่งยืน. 2547. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เครื่องอบแบบอินฟราเรดสำหรับอบกล้วยอบม้วน.** เครือข่ายข้อมูลวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. [http://www.phtnet.org/research/viewResearch.asp?id=27]. Accessed date 16/3/2004.

อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2542. ผลของน้ำสกัดกระเทียมต่อการเจริญของกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติคสำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อและเชื้อโรคอาหารเป็นพิษที่พบมากในแหนม(ในหลอดทดลอง). **วารสารอาหาร. 29:107-115.**

[http://www.lesa.in.th/energy/em_wave/em_wave/em_wave.htm]. **คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.** The Lesa Project. Accessed date 18/5/2005.

[http://www.kanchanapisek.or.th/kp1/data/33/p5.htm]. **ขั้นตอนการทำกระเทียมอบแห้ง.** Accessed date 26/4/2006.

AOAC. 2000. **Offical Method of Analysis of AOAC International**. 17th.ed. AOAC International, Gaitheraburg, Maryland.

Bailey, L.H. 1951. **Manual of Cultivated Plants.** New York : The Macmillan Company. pp.1116 – 1118.

Chapon, J.F., C. Blanc and P. Varoquaux. 2004. A Modified Atmosphere System using a Nitrogen Generator. **J. Posth. 31: 21-28.**

Collier, J. 1986. Trends in the UK Usage of Brewing Adjuncts. **Brewing and Distilling International**. 16: 15-17.

Cellini, L., E.D. Campli, M.Masulli, S.D.,Bartolomeo and N. Allocati. 1996. Inhibition of *Helicobacter pylori* by Garlic Extract (*Allium sativum*). FEMS Immuno. **Med. Microbiol. 13: 273-277.**

Cutter,C.N. 2000. Antimicrobial Effect of Herb Extracts Against *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella Typhimurium* Associated with Beef. **J. Food Prot, 66 :601-607.**

Faber,J.M. 1991. Microbiological Aspects of Modified Atmosphere Packaging Technology. **J.Food prot. 54 : 58-69.**

Fasina,O., B. Tyler, M. Pickard, G.H. Zheng and N. Wang. 2001. Effect of Infrared Heating on the Properties of Legume Seed. **J. Food Sci. 36: 79-90.**

Freeman, G.G. 1975. Distribution of flavor components in onion (Allium cepa L.), leek (Allium porrum) and garlic (Allium sativum). **J. Sci.Food.Agri. 26: 471-475.**

Garcia-Esteban, M., D. Ansorena and I. Astiasran. 2003. Comparison of Modified Atmosphere Packaging and Vacuum Packaging for Long Period Storage of Dry-Cured Ham : Effect on Color, Texture and Microbiology Quality. **Meat Science.67: 57-63.**

Geeson, J.O., K.M. Browne, K. Maddison, J. Shepherd and F. Guaraldi. 1985. Modified Atmosphere Packaging to Extend the Shelf life of Tomatoes. **J. Food Technol. 20: 339 - 349.**

Goto, M., K. Hashimoto and K. Yamada. 1995. **Difference of Ascorbic acid Content Among Some Vegetable, Texture in Chicken, Pork and Sensory Evaluation Score in Some Dishes Between Vacuum and Ordinary Cooking.** Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi . 42: 50-54.

Guldager, H.S., N. Oknaes, C. Osterberg, J. Nielsen and P. Dalgaard. 1998. Thawed Cod Fillet Spoilless Rapidly than Unfrozen Fillets when Stored Under Modified Atmosphere at 2°C. **J. Food Prot. 61: 1129-1136**.

Halliwell, B., M. Murcia, S. Chirico and O.I. Aruoma. 1995. Free Redicals and Antioxidant in Food and In Vivo : What they do and How they Work?. Crit . Rev. **Food Sci.Nutr.**

35: 7-20.

Igene, J.O. and A.M.Pearson. 1979. Role of Phospholipids and triglycerides in warmed-over flavor development in meat model system. **J. Food Sci. 44: 1285-1290.**

Juneja, V.K., B.S. Marmer and J.E. Call. 1996. Influence of Modified Atmosphere Packaging on Growth of *Clostridium perfringens* in Cooked Turkey. **J. Food Safety.16: 141-150.**

Lawless, H.T. and H.Heymann. 1998. **Sensory Evalution of Food : Principles and Practices.** International Thomson Publishing. New York. 819pp.

Lee, C., C. Hen. and J,Tsau. 2004. In Vitro Inhibitory Activity of Chinese Leek Extract Against *Campylobactor* Species. Article in Press in International **J. Food Microbiol.** Available on line at www.sciencedirect.com. Accessed date 25/7/2004.

Min, Z. and X., Naizhang. 1992. **Research of Far-Infrared Drying on White Mushroom.** Proceeding of the International Agricultural Engineering Conference. pp. 637-641.

Murcia, A.M., M. Martinez-Tome, M.C. Nicolas and M. Vera. 2003. Extending the Shelf-life and Proximate Composition Stability of Ready to Eat Food in Vacuum or Modified Atmosphere Packaging. **J. Food Microbiol. 20: 671-679.**

Sacharow, S. 1976. **Handbook of Package Material.** The AVI Publishing Company,Inc., Westport , Connecticut. 243 pp.

Stoll, A. and E. Seeback. 1951. **Chemical Investigations of Alliin, the Specific Principle of Garlic in Advance in Enzymology Vol XI.** New York : Interscience Publishers. p471.

Tan, S.L., A. Chou., A.S. Mujumdar and K.J. Chua. 2001. **Convective and Intermittent Radiative Drying of Model Food : Effect on Drying Kinetics and Color Change.** In ACD2001 , August 20-22, Malaysia. pp537-546.

Tenney, H.W. and D.F. Stewart. 1989. **Film, Nylon Packaging Encyclopedia.** Rubbright Brody Inc., Georgia. 634pp.

Young, H., H.J.H. MacFie and N. Light. 1989. Effect of Packaging and Storage on the Sensory Quality of Cooked Chicken Menu Item Served Chilled Vending Machines. **J.Sci.Food Agri. 48: 323-338.**

Young, A. and B. Heinis. 1989. **Peanut Science and Technology.** Academic Press., New York. 253p.

Willis, E.D. 1956. Enzyme Inhibition by Alliin, the Active Principle of Garlic. **J. Biochem . 63: 514-519.**

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

1. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)

1.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม เติม dilution (peptone 1%) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยเครื่อง stomacher

1.2 เจือจางอาหาร 1:10 ด้วย dilution (peptone 1%) จนได้ความเจือจางที่ต้องการ

1.3 ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ความเจือจางต่างกันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ โดยทำความเจือจางละ 2 จาน

1.4 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) ที่หลอมและทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อ จานละประมาณ 15 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากับตัวอย่างทิ้งไว้จนแข็ง

1.5 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

1.6 อ่านผลโดยเลือกจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี

1.7 หาค่าเฉลี่ยของจำนวนที่นับได้คูณด้วยค่า dilution factor ของความเจือจางที่นับจำนวนได้ คำนวณเป็นจำนวนโคโลนีที่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

2. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000)

2.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม เติม dilution (peptone 1%) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยเครื่อง stomacher

2.2 เจือจางอาหาร 1:10 ด้วย dilution (peptone 1%) จนได้ความเจือจางที่ต้องการ

2.3 ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ความเจือจางต่างกันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ โดยทำความเจือจางละ 2 จาน

2.4 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ที่หลอมและทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ปรับ pH จนได้ 3.5±1 ด้วยสารละลาย 10% tartaric acid ลงในจานเพาะเชื้อ จานละประมาณ 15 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากับตัวอย่างทิ้งไว้จนแข็ง

2.5 บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน

2.6 อ่านผลโดยเลือกจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นอยู่ระหว่าง 10-150 โคโลนี

2.7 หาค่าเฉลี่ยของจำนวนที่นับได้คูณด้วยค่า dilution factor ของความเจือจางที่นับจำนวนได้ คำนวณเป็นจำนวนโคโลนีที่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

3. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณ *B. cereus* (AOAC, 2000)

3.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม เติม dilution (peptone 1%) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยเครื่อง stomacher

3.2 เจือจางอาหาร 1:10 ด้วย dilution (peptone 1%) จนได้ความเจือจางที่ต้องการ

3.3 ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ความเจือจางต่างกันปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Mannital-egg yolk-polymyxin (MYP) agar โดยทำความเจือจางละ 2 จาน

3.4 ใช้แท่งแก้วรูปตัวแอลเกลี่ยตัวอย่างอาหารให้ทั่วจาน

3.5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.6 ตรวจนับโคโลนีของเชื้อที่มีลักษณะโคโลนีสีชมพู มี opaque zone รอบโคโลนี

3.7 นำโคโลนีดังกล่าวทดสอบยืนยันโดยดูปฏิกิริยา hemolytic activity test โดยจะพบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงบนอาหาร blood agar

3.8 นับจำนวนโคโลนีที่ให้ผลการทดสอบคำนวณหาปริมาณเชื้อ *B. cereus* ต่อกรัมของตัวอย่างอาหาร

4. การตรวจวิเคราะห์ *C. perfringens* (AOAC, 2000)

4.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม เติม dilution (peptone 1%) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยเครื่อง stomacher

4.2 เจือจางอาหาร 1:10 ด้วย dilution (peptone 1%) จนได้ความเจือจางที่ต้องการ

4.3 ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ความเจือจางต่างกันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Cooked meat (CM) medium ความเจือจางละ 2 หลอด หยอด 2% agar ปิดทับผิวหน้าอาหาร

4.4 บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

4.5 ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop) จุ่มเชื้อจากก้นหลอด CM medium ถ่ายลงอาหาร Tryptose-sulfite-cycloserine (TSC) agar + egg yolk emulsion

ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณ Malonaldehyde (AOAC, 2000)

1.1 สารเคมี

- Thiobarbituric acid(TBA)
- (90%) Glacial acetic acid
- กรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 4 นอร์มัล

1.2 การเตรียมสารละลาย

ชั่ง Thiobarbituric acid 0.2883 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพูขนาด 100 มิลลิลิตร เติม (90%) Glacial acetic acid ปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตร

ไฮโดรคลอริคเข้มข้น จำนวน 32.8 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพูขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น (ที่ต้มจนเดือดเพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วทิ้งให้เย็น) ปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตร

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณ Malonaldehyde

1.3.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร 1-2 นาที

1.3.2 เติมน้ำ 47.5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร

1.3.3 เติมกรดไฮโดรคลอริค 4 นอร์มัล 25 มิลลิลิตร และ Glass bead

1.3.4 ทำการกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร

1.3.5 ปิเปตของเหลวที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ลงหลอดทดลองที่มีฝาปิด เติมสารละลาย TBA reagent 5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองแล้วปิดฝา

1.3.6 นำตัวอย่างมาต้มในน้ำเดือด 35 นาที

1.3.7 ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรแทนตัวอย่าง

1.3.8 หลังจากครบ 35 นาที ทำให้เย็นภายใน 10 นาที

1.3.9 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง Spectophoto meter ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

$$\text{คำนวณ \% TBA} = \frac{7.8 \times OD \times 10}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \quad \text{(มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม)}$$

ภาคผนวก ค.
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ ..... วันที่ .....

ผลิตภัณฑ์ กระเทียมอบแห้ง

คำชี้แจง กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนการยอมรับของตัวอย่างลงในช่องว่างให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง ตามความรู้สึกของท่าน กรุณาดื่มน้ำก่อนทดสอบตัวอย่างถัดไป โดยคะแนนการยอมรับดังนี้

9 คือยอมรับมากที่สุด	8 คือยอมรับมาก
7 คือยอมรับปานกลาง	6 คือยอมรับเล็กน้อย
5 คือบอกไม่ได้ว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับ	4 คือไม่ยอมรับเล็กน้อย
3 คือไม่ยอมรับปานกลาง	2 คือไม่ยอมรับมาก
1 คือไม่ยอมรับมากที่สุด	

ทดสอบการยอมรับ

	รหัสตัวอย่าง					
คุณสมบัติ	.....	.....	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....	.....	.....
การยอมรับ	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ภาคผนวก ง.
ตารางการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางที่ ง.1 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ของกระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เวลา 0– 165 วัน

วันที่	อบลมร้อน			อบอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	$0.616^{k} \pm 0.025$	$0.620^{k} \pm 0.025$	$0.611^{k} \pm 0.104$	$0.596^{k} \pm 0.015$	$0.585^{k} \pm 0.005$	$0.582^{k} \pm 0.005$
15	$0.737^{j} \pm 0.006$	$0.719^{j} \pm 0.006$	$0.707^{j} \pm 0.003$	$0.687^{j} \pm 0.005$	$0.667^{j} \pm 0.135$	$0.652^{j} \pm 0.010$
30	$0.810^{h} \pm 0.001$	$0.790^{i} \pm 0.002$	$0.787^{i} \pm 0.001$	$0.770^{i} \pm 0.003$	$0.718^{j} \pm 0.034$	$0.690^{j} \pm 0.015$
45	$0.855^{g} \pm 0.001$	$0.840^{g} \pm 0.006$	$0.817^{h} \pm 0.002$	$0.824^{h} \pm 0.008$	$0.744^{j} \pm 0.022$	$0.734^{j} \pm 0.012$
60	$0.862^{f} \pm 0.002$	$0.847^{g} \pm 0.003$	$0.832^{g} \pm 0.001$	$0.833^{g} \pm 0.001$	$0.818^{h} \pm 0.005$	$0.789^{i} \pm 0.009$
75	$0.858^{g} \pm 0.006$	$0.840^{g} \pm 0.002$	$0.839^{g} \pm 0.001$	$0.840^{g} \pm 0.006$	$0.819^{h} \pm 0.002$	$0.798^{h} \pm 0.001$
90	$0.910^{e} \pm 0.001$	$0.891^{e} \pm 0.002$	$0.843^{g} \pm 0.005$	$0.860^{f} \pm 0.005$	$0.845^{g} \pm 0.001$	$0.826^{h} \pm 0.001$
105	$0.918^{e} \pm 0.002$	$0.911^{e} \pm 0.004$	$0.879^{f} \pm 0.002$	$0.891^{e} \pm 0.016$	$0.882^{f} \pm 0.001$	$0.868^{f} \pm 0.001$
120	$0.972^{c} \pm 0.001$	$0.948^{d} \pm 0.002$	$0.910^{d} \pm 0.001$	$0.957^{c} \pm 0.001$	$0.934^{d} \pm 0.002$	$0.900^{g} \pm 0.000$
135	$0.994^{c} \pm 0.003$	$0.955^{c} \pm 0.001$	$0.935^{d} \pm 0.003$	$0.981^{c} \pm 0.000$	$0.937^{d} \pm 0.001$	$0.922^{e} \pm 0.002$
150	$1.066^{a} \pm 0.001$	$1.009^{b} \pm 0.001$	$0.988^{c} \pm 0.001$	$1.031^{b} \pm 0.001$	$0.981^{c} \pm 0.001$	$0.959^{c} \pm 0.003$
165	$1.128^{a} \pm 0.001$	$1.063^{a} \pm 0.002$	$1.029^{b} \pm 0.001$	$1.090^{a} \pm 0.001$	$1.031^{b} \pm 0.001$	$0.998^{c} \pm 0.001$

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ต่างกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ตารางที่ ง.2 การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TBA ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.514(a)	73	.048	985.573	.000
Intercept	157.050	1	157.050	3215728.793	.000
Day	3.306	11	.301	6154.174	.000
Treatment	.161	5	.032	658.432	.000
day * treatment	.047	55	.001	17.409	.000
Error	.007	142	4.88E-005		
Total	160.571	216			
Corrected Total	3.521	215			

a R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .997)

ตารางที่ ง.3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องสีของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

วันที่	อบลมร้อน			อบอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	$7.94^{a}_{t} \pm 1.04$	$7.86^{b}_{v} \pm 0.76$	$7.86^{b}_{v} \pm 0.96$	$7.39^{b}_{s} \pm 1.10$	$7.67^{a}_{v} \pm 0.92$	$8.14^{a}_{t} \pm 0.72$
15	$7.08^{b}_{u} \pm 1.02$	$7.00^{b}_{w} \pm 0.98$	$7.25^{b}_{w} \pm 1.44$	$7.22^{b}_{s} \pm 0.86$	$7.36^{b}_{v} \pm 0.83$	$7.75^{b}_{tu} \pm 0.96$
30	$6.92^{c}_{u} \pm 1.20$	$7.22^{b}_{w} \pm 1.14$	$6.81^{c}_{wx} \pm 1.14$	$6.94^{c}_{st} \pm 0.95$	$7.14^{b}_{vw} \pm 0.89$	$7.47^{b}_{uv} \pm 1.05$
45	$6.58^{c}_{uv} \pm 1.15$	$6.39^{d}_{x} \pm 1.10$	$7.00^{b}_{w} \pm 1.14$	$6.67^{c}_{tu} \pm 0.82$	$6.75^{c}_{wx} \pm 0.93$	$7.00^{b}_{vwx} \pm 0.82$
60	$6.58^{c}_{uv} \pm 1.10$	$6.36^{d}_{x} \pm 0.89$	$6.72^{c}_{wx} \pm 1.11$	$6.36^{d}_{tu} \pm 1.47$	$6.28^{d}_{xy} \pm 1.11$	$7.25^{b}_{vw} \pm 0.87$
75	$6.25^{d}_{v} \pm 0.99$	$6.33^{d}_{x} \pm 0.86$	$6.97^{c}_{w} \pm 0.87$	$6.19^{d}_{uv} \pm 0.92$	$6.50^{c}_{x} \pm 1.08$	$7.06^{b}_{vwx} \pm 1.04$
90	$4.97^{f}_{w} \pm 1.34$	$6.14^{d}_{x} \pm 1.53$	$6.31^{d}_{xy} \pm 1.09$	$5.81^{d}_{vw} \pm 1.14$	$6.00^{d}_{yz} \pm 1.24$	$6.86^{c}_{wxy} \pm 1.10$
105	$5.00^{f}_{w} \pm 1.60$	$6.06^{d}_{xy} \pm 1.21$	$6.28^{d}_{yz} \pm 1.21$	$5.33^{e}_{w} \pm 1.43$	$5.81^{e}_{yz} \pm 1.11$	$6.86^{c}_{wx} \pm 1.17$
120	$3.31^{g}_{x} \pm 1.16$	$5.92^{d}_{xy} \pm 1.51$	$6.31^{d}_{xy} \pm 1.03$	$4.11^{g}_{z} \pm 1.52$	$5.67^{e}_{z} \pm 1.09$	$6.56^{c}_{xy} \pm 1.05$
135	$2.69^{g}_{y} \pm 1.16$	$5.19^{f}_{z} \pm 1.11$	$5.56^{e}_{z} \pm 1.15$	$2.94^{g}_{y} \pm 1.26$	$5.69^{e}_{z} \pm 1.36$	$6.33^{d}_{yz} \pm 1.06$
150	$2.14^{g}_{z} \pm 0.79$	$5.53^{e}_{yz} \pm 1.13$	$6.06^{d}_{yz} \pm 1.04$	$2.53^{g}_{y} \pm 1.05$	$5.81^{e}_{yz} \pm 1.36$	$5.86^{e}_{z} \pm 1.29$
165	$1.75^{g}_{z} \pm 0.73$	$5.53^{e}_{yz} \pm 1.29$	$5.94^{d}_{yz} \pm 1.50$	$1.77^{g}_{z} \pm 0.98$	$5.69^{e}_{z} \pm 1.01$	$5.75^{e}_{z} \pm 1.07$

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (ตัวห้อย) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เดียวกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน (ตัวยก) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ต่างกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ตารางที่ ง.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5289.824(a)	105	50.379	39.885	.000
Intercept	96068.056	1	96068.056	76056.061	.000
Day	2941.306	11	267.391	211.691	.000
treatmtent	1156.097	5	231.219	183.054	.000
day * treatment	1163.375	55	21.152	16.746	.000
Error	3140.120	2486	1.263		
Total	104498.000	2592			
Corrected Total	8429.944	2591			

a R Squared = .628 (Adjusted R Squared = .612)

ตารางที่ ง.5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องกลิ่นของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

วันที่	อบลมร้อน			อบอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	$6.97^{d}_{t} \pm 1.08$	$7.11^{c}_{w} \pm 1.21$	$7.61^{a}_{u} \pm 1.10$	$7.81^{a}_{s} \pm 0.78$	$7.67^{a}_{u} \pm 0.86$	$7.81^{a}_{v} \pm 0.74$
15	$6.75^{d}_{t} \pm 1.46$	$6.83^{e}_{wx} \pm 0.91$	$7.67^{a}_{u} \pm 1.33$	$7.42^{b}_{st} \pm 1.07$	$7.47^{b}_{uv} \pm 0.84$	$7.53^{a}_{vw} \pm 0.81$
30	$6.56^{f}_{tu} \pm 1.15$	$6.81^{e}_{wx} \pm 0.78$	$7.36^{b}_{uv} \pm 1.43$	$7.33^{b}_{tu} \pm 0.79$	$7.42^{b}_{uv} \pm 0.80$	$7.56^{a}_{vw} \pm 0.99$
45	$6.50^{f}_{tu} \pm 1.13$	$6.81^{e}_{wx} \pm 1.00$	$7.19^{b}_{uvw} \pm 0.92$	$7.11^{c}_{tu} \pm 0.95$	$7.00^{c}_{vw} \pm 0.92$	$7.31^{b}_{vw} \pm 0.82$
60	$6.06^{g}_{uv} \pm 1.17$	$6.72^{d}_{wxy} \pm 1.36$	$7.28^{b}_{uvw} \pm 0.94$	$6.89^{d}_{uv} \pm 0.97$	$6.97^{d}_{vw} \pm 0.94$	$7.22^{b}_{wx} \pm 0.95$
75	$5.75^{h}_{vw} \pm 1.62$	$6.44^{f}_{xy} \pm 1.20$	$6.83^{e}_{uvwx} \pm 0.87$	$6.53^{f}_{v} \pm 0.94$	$6.89^{d}_{w} \pm 0.91$	$7.39^{b}_{vw} \pm 0.96$
90	$5.25^{i}_{wx} \pm 1.71$	$6.36^{f}_{xy} \pm 0.89$	$6.75^{e}_{uvwx} \pm 1.13$	$5.75^{h}_{w} \pm 0.87$	$6.36^{f}_{xy} \pm 1.12$	$6.64^{c}_{y} \pm 0.76$
105	$5.89^{i}_{vw} \pm 1.21$	$6.19^{fg}_{y} \pm 1.00$	$6.92^{d}_{vwx} \pm 1.36$	$5.69^{h}_{w} \pm 1.06$	$6.03^{g}_{xyz} \pm 1.05$	$6.78^{e}_{xy} \pm 1.12$
120	$4.94^{i}_{x} \pm 0.86$	$6.19^{fg}_{y} \pm 1.39$	$6.72^{e}_{wxy} \pm 1.08$	$5.17^{i}_{x} \pm 0.97$	$6.36^{f}_{x} \pm 1.17$	$6.81^{e}_{xy} \pm 1.39$
135	$4.25^{i}_{y} \pm 1.55$	$5.39^{i}_{z} \pm 1.10$	$6.38^{f}_{xyz} \pm 0.96$	$4.39^{i}_{y} \pm 0.93$	$5.86^{h}_{yz} \pm 1.04$	$6.56^{f}_{y} \pm 1.02$
150	$4.17^{i}_{y} \pm 1.46$	$5.53^{h}_{z} \pm 0.94$	$6.31^{f}_{yz} \pm 0.88$	$4.17^{i}_{y} \pm 1.00$	$5.94^{h}_{xyz} \pm 1.17$	$6.03^{g}_{z} \pm 1.00$
165	$3.56^{i}_{z} \pm 0.96$	$5.16^{i}_{z} \pm 1.09$	$5.94^{h}_{z} \pm 1.28$	$3.69^{i}_{z} \pm 0.88$	$5.58^{h}_{z} \pm 1.10$	$6.06^{g}_{z} \pm 0.95$

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (ตัวห้อย) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เดียวกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน (ตัวยก) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ต่างกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ตารางที่ ง.6 การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2554.022(a)	105	24.324	20.618	.000
Intercept	105966.176	1	105966.176	89822.614	.000
day	1571.245	11	142.840	121.079	.000
treatment	663.340	5	132.668	112.456	.000
day * treatment	297.267	55	5.405	4.581	.000
Error	2932.802	2486	1.180		
Total	111453.000	2592			
Corrected Total	5486.824	2591			

a R Squared = .465 (Adjusted R Squared = .443)

ตารางที่ ง.7 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องรสชาติของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

วันที่	อบลมร้อน			อบอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	$7.36^{b}_{u} \pm 1.04$	$7.47^{b}_{t} \pm 0.94$	$7.83^{a}_{s} \pm 1.08$	$7.72^{a}_{t} \pm 1.00$	$7.56^{b}_{u} \pm 0.96$	$7.83^{a}_{u} \pm 0.91$
15	$7.03^{d}_{u} \pm 0.94$	$7.25^{c}_{t} \pm 1.15$	$7.80^{a}_{s} \pm 1.00$	$7.39^{c}_{tu} \pm 1.15$	$7.47^{b}_{u} \pm 1.05$	$7.64^{a}_{uv} \pm 0.99$
30	$6.47^{e}_{v} \pm 1.18$	$6.53^{e}_{u} \pm 1.10$	$7.50^{b}_{st} \pm 1.02$	$7.03^{d}_{uv} \pm 1.02$	$7.25^{c}_{uv} \pm 0.87$	$7.44^{b}_{uvw} \pm 0.90$
45	$6.22^{f}_{v} \pm 1.69$	$6.47^{f}_{u} \pm 0.91$	$7.11^{c}_{tu} \pm 1.09$	$6.61^{e}_{vw} \pm 0.87$	$6.97^{d}_{v} \pm 0.94$	$7.58^{b}_{uv} \pm 1.07$
60	$5.61^{h}_{w} \pm 1.57$	$6.36^{e}_{uv} \pm 1.69$	$6.92^{d}_{u} \pm 0.90$	$6.33^{f}_{wx} \pm 1.01$	$6.39^{f}_{w} \pm 0.90$	$7.25^{c}_{vw} \pm 0.93$
75	$4.86^{k}_{x} \pm 1.12$	$5.97^{g}_{uvw} \pm 0.81$	$6.67^{e}_{uv} \pm 0.82$	$6.00^{g}_{x} \pm 0.79$	$6.44^{f}_{w} \pm 0.69$	$7.03^{d}_{wx} \pm 1.10$
90	$5.11^{j}_{wx} \pm 0.74$	$5.83^{h}_{vw} \pm 0.91$	$6.42^{f}_{vw} \pm 0.84$	$5.52^{j}_{y} \pm 0.84$	$6.17^{f}_{w} \pm 1.42$	$6.67^{e}_{x} \pm 0.92$
105	$4.78^{k}_{x} \pm 0.95$	$5.53^{i}_{wx} \pm 1.59$	$6.19^{f}_{wx} \pm 0.95$	$5.11^{j}_{y} \pm 0.78$	$5.56^{h}_{x} \pm 1.08$	$6.17^{f}_{y} \pm 0.87$
120	$4.64^{k}_{x} \pm 1.07$	$5.22^{j}_{xy} \pm 1.09$	$5.94^{g}_{xy} \pm 0.82$	$4.94^{j}_{y} \pm 1.19$	$5.19^{j}_{xy} \pm 0.85$	$5.89^{h}_{y} \pm 1.09$
135	$3.97^{k}_{y} \pm 1.29$	$5.11^{j}_{xyz} \pm 0.91$	$5.67^{h}_{yz} \pm 0.86$	$4.33^{k}_{z} \pm 1.04$	$4.81^{k}_{yz} \pm 0.85$	$5.75^{h}_{y} \pm 1.07$
150	$3.56^{k}_{yz} \pm 1.20$	$4.83^{k}_{yz} \pm 0.91$	$5.22^{j}_{z} \pm 0.76$	$4.17^{k}_{z} \pm 0.81$	$4.69^{k}_{yz} \pm 0.62$	$5.08^{j}_{z} \pm 0.93$
165	$3.36^{k}_{z} \pm 1.01$	$4.58^{k}_{z} \pm 0.80$	$5.31^{i}_{z} \pm 0.95$	$3.94^{k}_{z} \pm 0.89$	$4.44^{k}_{z} \pm 0.65$	$5.03^{j}_{z} \pm 0.73$

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (ตัวห้อย) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เดียวกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน (ตัวยก) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ต่างกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ตารางที่ ง.8 การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3496.358(a)	105	33.299	31.803	.000
Intercept	94117.732	1	94117.732	89890.406	.000
day	2791.347	11	253.759	242.361	.000
treatment	570.192	5	114.038	108.916	.000
day * treatment	118.813	55	2.160	2.063	.000
Error	2602.910	2486	1.047		
Total	100217.000	2592			
Corrected Total	6099.268	2591			

a R Squared = .573 (Adjusted R Squared = .555)

ตารางที่ ง.9 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด บรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

วันที่	อบลมร้อน			อบอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	$7.58^{b}_{t} \pm 0.80$	$7.53^{b}_{t} \pm 0.94$	$7.86^{a}_{u} \pm 0.72$	$7.58^{b}_{uv} \pm 0.99$	$7.78^{a}_{s} \pm 1.19$	$7.81^{a}_{t} \pm 0.88$
15	$7.36^{c}_{tu} \pm 1.26$	$7.56^{b}_{t} \pm 0.99$	$7.61^{b}_{u} \pm 0.93$	$7.78^{a}_{u} \pm 0.83$	$7.75^{a}_{s} \pm 0.93$	$7.67^{a}_{tu} \pm 1.01$
30	$7.00^{d}_{uv} \pm 0.92$	$7.31^{c}_{t} \pm 1.11$	$7.50^{b}_{uv} \pm 0.97$	$7.39^{b}_{uv} \pm 0.99$	$7.44^{b}_{st} \pm 0.87$	$7.56^{b}_{tu} \pm 0.84$
45	$6.61^{e}_{v} \pm 0.90$	$7.06^{d}_{tu} \pm 0.75$	$7.47^{b}_{uv} \pm 0.91$	$7.08^{d}_{v} \pm 0.93$	$7.22^{c}_{tu} \pm 1.14$	$7.53^{b}_{tu} \pm 0.84$
60	$6.06^{g}_{w} \pm 0.79$	$6.69^{e}_{uv} \pm 0.66$	$7.08^{d}_{vw} \pm 0.93$	$7.08^{d}_{v} \pm 0.96$	$7.38^{b}_{st} \pm 1.02$	$7.25^{c}_{uv} \pm 0.96$
75	$5.92^{h}_{w} \pm 0.96$	$6.64^{f}_{uvw} \pm 1.04$	$6.92^{e}_{w} \pm 0.90$	$6.22^{f}_{w} \pm 0.98$	$6.83^{e}_{uv} \pm 0.77$	$6.86^{e}_{vw} \pm 0.86$
90	$5.22^{i}_{x} \pm 1.07$	$6.33^{f}_{vw} \pm 1.17$	$6.81^{e}_{w} \pm 1.21$	$5.61^{i}_{x} \pm 0.96$	$6.75^{e}_{v} \pm 1.40$	$6.61^{e}_{wx} \pm 0.99$
105	$5.11^{i}_{x} \pm 1.09$	$6.17^{g}_{wx} \pm 0.81$	$6.25^{f}_{x} \pm 0.87$	$5.47^{i}_{x} \pm 1.15$	$6.44^{f}_{vw} \pm 1.20$	$6.58^{e}_{wx} \pm 0.87$
120	$4.56^{j}_{y} \pm 1.34$	$5.72^{h}_{xy} \pm 077$	$6.03^{g}_{x} \pm 0.94$	$5.22^{i}_{x} \pm 1.19$	$6.03^{g}_{wx} \pm 0.97$	$6.47^{f}_{x} \pm 0.87$
135	$3.33^{k}_{z} \pm 0.75$	$5.39^{i}_{y} \pm 0.76$	$5.47^{i}_{y} \pm 0.97$	$4.11^{k}_{y} \pm 0.95$	$5.69^{h}_{xy} \pm 0.88$	$6.03^{g}_{y} \pm 0.81$
150	$3.22^{k}_{z} \pm 1.01$	$4.86^{j}_{z} \pm 1.58$	$5.08^{j}_{yz} \pm 0.80$	$3.44^{k}_{z} \pm 1.05$	$5.11^{i}_{z} \pm 0.66$	$5.67^{h}_{yz} \pm 0.95$
165	$3.25^{k}_{z} \pm 0.93$	$4.47^{k}_{z} \pm 1.27$	$4.72^{j}_{z} \pm 0.81$	$3.17^{k}_{z} \pm 0.84$	$5.31^{i}_{yz} \pm 0.92$	$5.31^{i}_{z} \pm 0.85$

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (ตัวห้อย) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เดียวกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน (ตัวยก) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ต่างกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ตารางที่ ง.10 การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4112.093(a)	105	39.163	40.644	.000
Intercept	101700.500	1	101700.500	105546.740	.000
day	3218.620	11	292.602	303.668	.000
treatment	589.431	5	117.886	122.344	.000
day * treatment	280.560	55	5.101	5.294	.000
Error	2395.407	2486	.964		
Total	108208.000	2592			
Corrected Total	6507.500	2591			

a R Squared = .632 (Adjusted R Squared = .616)

ตารางที่ ง.11 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องการยอมรับของผลิตภัณฑ์กระเทียมอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรดบรรจุ 3 ลักษณะและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 165 วัน

วันที่	อบลมร้อน			อบอินฟราเรด		
	PP	VAC	N_2	PP	VAC	N_2
0	$7.69^{a}_{r} \pm 0.82$	$7.64^{a}_{t} \pm 0.93$	$7.97^{a}_{r} \pm 0.94$	$7.61^{a}_{v} \pm 0.93$	$7.97^{a}_{u} \pm 0.87$	$8.00^{a}_{u} \pm 0.82$
15	$7.56^{b}_{rs} \pm 1.18$	$7.47^{b}_{t} \pm 1.13$	$7.64^{a}_{rs} \pm 0.99$	$7.44^{b}_{v} \pm 0.73$	$7.83^{a}_{u} \pm 0.81$	$7.86^{a}_{uv} \pm 1.07$
30	$7.22^{c}_{s} \pm 0.92$	$7.42^{b}_{t} \pm 0.87$	$7.66^{a}_{rs} \pm 0.95$	$7.33^{c}_{v} \pm 0.79$	$7.22^{c}_{v} \pm 0.95$	$7.47^{b}_{vw} \pm 0.84$
45	$6.50^{f}_{t} \pm 1.20$	$6.92^{d}_{u} \pm 0.99$	$7.42^{b}_{st} \pm 0.99$	$6.78^{e}_{w} \pm 0.95$	$7.06^{c}_{vw} \pm 0.95$	$7.33^{c}_{w} \pm 0.63$
60	$6.00^{h}_{u} \pm 1.01$	$6.86^{d}_{uv} \pm 0.79$	$7.22^{c}_{stu} \pm 0.79$	$6.39^{f}_{vw} \pm 0.90$	$6.92^{d}_{vw} \pm 1.10$	$7.44^{b}_{vw} \pm 0.93$
75	$5.50^{i}_{v} \pm 1.00$	$6.47^{f}_{uvw} \pm 0.97$	$7.00^{c}_{tuv} \pm 0.92$	$6.53^{f}_{w} \pm 0.81$	$6.94^{d}_{vw} \pm 1.19$	$7.11^{c}_{wx} \pm 0.95$
90	$5.14^{j}_{vw} \pm 0.79$	$6.36^{f}_{vwx} \pm 0.89$	$6.83^{d}_{uvw} \pm 0.91$	$5.78^{i}_{x} \pm 0.72$	$6.67^{e}_{wx} \pm 1.06$	$7.17^{c}_{wx} \pm 1.02$
105	$4.81^{k}_{wx} \pm 0.57$	$6.50^{f}_{uvw} \pm 1.02$	$6.64^{f}_{vwx} \pm 0.93$	$5.39^{j}_{xy} \pm 1.27$	$6.22^{g}_{xy} \pm 0.98$	$6.84^{d}_{x} \pm 1.03$
120	$4.67^{k}_{x} \pm 0.79$	$6.06^{g}_{wx} \pm 1.09$	$6.50^{f}_{wx} \pm 0.97$	$5.28^{j}_{y} \pm 0.77$	$6.17^{g}_{y} \pm 1.08$	$6.17^{g}_{y} \pm 1.10$
135	$3.94^{k}_{y} \pm 0.92$	$5.89^{h}_{wx} \pm 0.82$	$6.19^{g}_{xy} \pm 0.78$	$5.06^{j}_{y} \pm 0.92$	$6.03^{h}_{y} \pm 1.00$	$5.92^{h}_{yz} \pm 1.27$
150	$3.22^{k}_{z} \pm 0.79$	$5.42^{j}_{y} \pm 1.29$	$5.94^{h}_{y} \pm 1.24$	$4.50^{k}_{z} \pm 0.94$	$5.50^{i}_{z} \pm 0.94$	$5.67^{i}_{z} \pm 1.28$
165	$3.00^{k}_{z} \pm 0.71$	$4.86^{k}_{z} \pm 1.09$	$5.42^{j}_{z} \pm 0.96$	$4.22^{k}_{z} \pm 0.95$	$5.39^{j}_{z} \pm 0.83$	$5.53^{i}_{z} \pm 1.05$

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (ตัวห้อย) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เดียวกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน (ตัวยก) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ต่างกันในช่วงเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ตารางที่ ง.12 การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3335.311(a)	105	31.765	33.911	.000
Intercept	105915.031	1	105915.031	113071.492	.000
day	2366.010	11	215.092	229.625	.000
treatment	685.277	5	137.055	146.316	.000
day * treatment	259.321	55	4.715	5.033	.000
Error	2328.657	2486	.937		
Total	111579.000	2592			
Corrected Total	5663.969	2591			

a R Squared = .589 (Adjusted R Squared = .571)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวพันทิพา สุวรรณรัตน์ เกิดวันที่ 3 พฤศจิกายน 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต(วท.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ในปีการศึกษา 2544 สำเร็จการศึกษาระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2550