

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การพัฒนาเสบียงทรงชีพแบบแท่งพร้อมรับประทาน**

**Development of Ready - to - Eat Snack Bar for Military Purpose**



ร.พ.  
พ.699 1  
9/50

เลขที่.....  
เลข..... **83045**  
วัน,เดือน,ปี... **31 ก.ค. 2551**

b. **11960825**  
i.....

**ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาเสบียงทรงชีพแบบแห้งพร้อมรับประทาน

Development of Ready – to – Eat Snack Bar for Military Purpose

ผู้จัดทำ

1. นายพิพัฒน์ จันแยม
2. นางสาววิลาสินี สิทธิจาด
3. นางสาวสุภาวดี วรรณะมานี



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์มัธรรดา จิโนรส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>หัวข้อปริญญานิพนธ์</b>	การพัฒนาเสบียงทรงชีพแบบแท่งพร้อมรับประทาน
<b>นักศึกษา</b>	นายพิพัฒน์ จันเข้ม นางสาววิลาสินี สิทธิจาด นางสาวสุภาวดี วรรณะมานี
<b>อาจารย์ที่ปรึกษา</b>	อาจารย์มธุรดา จิโนรส
<b>ปริญญานิพนธ์</b>	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### บทคัดย่อ

เสบียงทรงชีพคืออาหารที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในกิจกรรมของกองทัพ โดยเสบียงทรงชีพที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยนี้เป็นเสบียงทรงชีพประเภท ก. ซึ่งมีลักษณะเด่นคือ สามารถรับประทานได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านการหุงต้ม มีลักษณะเป็นแท่งเพื่อความสะดวกในการพกพาและรับประทาน ในส่วนของสูตร (รสชาติ) ที่เลือกมาพัฒนาคือสูตรใบกะเพรา ทั้งนี้แบ่งขนาดของเสบียงทรงชีพที่ทำการศึกษาออกได้เป็น 2 ขนาด คือขนาดแท่ง 40 และ 65 กรัม หลังจากเตรียมสูตรเรียบร้อยแล้วจึงศึกษาผลของการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเสบียงทรงชีพมีค่าความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ฐานแห้ง (เพื่อให้ปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.5) ที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสและปริมาณน้ำอิสระหลังการอบแห้ง จากนั้นจึงเก็บเสบียงทรงชีพที่ได้ในถุงออลูมิเนียมฟอล์ยบรรจุแบบสุญญากาศ และนำออกมาวัดค่าความแข็งและปริมาณน้ำอิสระทุกสัปดาห์ ผลที่ได้พบว่าเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม อบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งและมีค่าความแข็งน้อยที่สุด นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาผ่านไปแนวโน้มค่าความแข็งยังเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดอีกด้วย ดังนั้นเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัมซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน โดยเสบียงทรงชีพ 1 ชุด จะบรรจุ 19 แท่ง มีน้ำหนักสุทธิ 760 กรัม เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานของกรมพลธิการทหารบก (พิจารณาจากค่าพลังงานที่ต้องการใน 1 วันของทหาร)

<b>Project Title</b>	Development of Ready - to - Eat Snack Bar for Military Purpose
<b>Student</b>	Mr. Phiphat Chanyeam Miss Wilasinee Sithijard Miss Supawadee Wanthamane
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering
<b>Program</b>	Food Engineering
<b>Year</b>	2007
<b>Project Advisor</b>	Miss Maturada Jinoros

### Abstract

In this research, ready-to-eat snack bar was developed for military purposes; according to the Quartermaster Department of the Royal Thai Army, this type of snack is classified as “kor type food,” i.e., food that is available for consumption without any further cooking. In order to allow easy carrying and consumption, snack bar was made into a rectangular shape of either 40 or 65 g. Regarding the formula of snack bar “kapraw” (sweet basil) flavor was selected. After formula identification snack bar was dried either at 50, 70, or 90 °C until the bar had the moisture content of 9% dry basis ( $a_w$  value of less than 0.5) and the effect of drying temperature on the texture and post-drying  $a_w$  was investigated. After drying dried snack bar was packed in a vacuum-sealed aluminum foil packet and its hardness and  $a_w$  were monitored at every one-week interval. The results showed that 40-g bar required shorter drying time than did 65-g bar. Drying at 90 °C took shortest time and resulted in the product with the least value of hardness. Snack bar dried at 90 °C also suffered least textural change when stored at room temperature. Therefore, 40-g ready-to-eat snack bar dried at 90 °C has a potential for military purposes according to the standard of the Quartermaster Department. One ready-to-eat snack bar set would contain 19 bars (the amount chosen is based on the standard daily energy need for a soldier) and has a net weight of 760 g.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคลากรหลายฝ่าย ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

ผศ. ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ อาจารย์หัวหน้าภาควิชา ผู้ให้ความไว้วางใจในการใช้ห้องปฏิบัติการล่วงหน้าเพื่อทำการวิจัย

อาจารย์มธุรดา จิโนรส อาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยเหลือดูแลดำเนินงานวิจัย ให้คำแนะนำ คำชี้แนะ รวมทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขปัญหาในการทำปริญญานิพนธ์มาโดยตลอด

รศ. ดร.สัถกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา ที่คอยให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาในการทำการวิจัย

อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือในคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ให้ยืมอุปกรณ์รวมทั้งสอนวิธีการใช้อุปกรณ์

เพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมอาหารที่คอยช่วยเหลือในการ เตรียมอุปกรณ์และทำการทดลอง ตลอดจนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำการวิจัย

สุดท้ายขอขอบพระคุณพ่อ คุณแม่และทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนที่ดีเสมอมา

พิพัฒน์ จันแย้ม

วิลาสินี สิทธิชาติ

สุภาวดี วรรณมานี

13 มีนาคม 2551

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตในการดำเนินงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เสบียงทรงชีพ	3
2.2 ความรู้เกี่ยวกับอาหารขบเคี้ยวประเภทธัญพืช	4
2.3 ความชื้น	7
2.4 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร	8
2.5 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการผสม	11
2.6 กระบวนการอบแห้ง	12
2.7 คุณค่าทางโภชนาการของเสบียงทรงชีพ	16
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	18
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	18
3.2 วิธีการทดลอง	18
3.3 ขั้นตอนการทำเสบียงทรงชีพ	20
3.4 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเสบียงทรงชีพ	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	25
4.1 การศึกษาหาสูตรเสบียงทรงชีพ	25

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การศึกษาหาระยะเวลาในการอบแห้งวัตถุดิบ	26
4.3 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง และปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพ	28
4.4 คุณค่าทางโภชนาการ	31
4.5 การศึกษาเนื้อสัมผัสของเสบียงทรงชีพหลังการอบแห้ง	31
4.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเสบียงทรงชีพในระยะเวลา 3 สัปดาห์	32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	37
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก ก	40
ภาคผนวก ข	43
ภาคผนวก ค	60



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารที่ปริมาณน้ำอิสระต่าง ๆ	10
4.1 แสดงผลของรสชาติและการเกาะตัวกันของเสบียงทรงซีฟสูตรต่าง ๆ	25
4.2 เพอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำอิสระของส่วนผสมของเสบียงทรงซีฟ	26
4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบเสบียงทรงซีฟ	30
4.4 คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม	31
ก.1 การวิเคราะห์สถิติ ANOVA ของค่าความแข็งของเสบียงทรงซีฟหลังอบแห้ง ที่อุณหภูมิและขนาดต่าง ๆ	41
ก.2 การวิเคราะห์สถิติ ANOVA ของปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงซีฟหลังอบแห้ง ที่อุณหภูมิและขนาดต่าง ๆ	42
ข.1 ปริมาณน้ำอิสระของกะเพราและแคโรท  ณ เวลาต่าง ๆ	44
ข.2 ปริมาณน้ำอิสระของ ไข่ขาวและ ไข่แดง  ณ เวลาต่าง ๆ	45
ข.3 เพอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงซีฟขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	47
ข.4 เพอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงซีฟขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	48
ข.5 เพอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงซีฟขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	49
ข.6 เพอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงซีฟขนาด 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	51
ข.7 เพอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงซีฟขนาด 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	52
ข.8 เพอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงซีฟขนาด 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	53
ข.9 ปริมาณน้ำอิสระ ของเสบียงทรงซีฟขนาด 40 กรัม (Drying Curve) ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	54

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.10 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม (Drying Curve) ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	55
ข.11 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม (Drying Curve) ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	55
ข.12 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 65 กรัม (Drying Curve) ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	56
ข.13 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 65 กรัม (Drying Curve) ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	56
ข.14 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 65 กรัม (Drying Curve) ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	57
ข.15 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	57
ข.16 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	58
ข.17 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	58
ข.18 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 65 กรัม ณ เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	58
ข.19 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 65 กรัม ณ เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	59
ข.20 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 65 กรัม ณ เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	59
ค.1 ค่าความแข็งของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	61
ค.2 ค่าความแข็งของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	61
ค.3 ค่าความแข็งของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	62

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.4 ค่าความแข็งของเสบียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	62
ค.5 ค่าความแข็งของเสบียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	63
ค.6 ค่าความแข็งของเสบียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงผลของปริมาณน้ำอิสระต่ออัตราการเสื่อมเสียคุณภาพอาหาร	9
2.2 การสูญเสียความกรอบของอาหารในปริมาณน้ำอิสระต่าง ๆ กัน	11
3.1 ใบกะเพราที่เด็ดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นใบ	21
3.2 แครอทที่หั่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 0.3×0.3×0.3 เซนติเมตร	21
3.3 แสดงลักษณะของแม่พิมพ์	22
3.4 เสบียงทรงชีฟบรรจุภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์	22
3.5 ใบมีดแบบ Blade with knife	23
3.6 การทดสอบเนื้อสัมผัสเสบียงทรงชีฟ โดยใช้ใบมีดแบบ Blade with knife	23
3.7 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	24
4.1 แสดงปริมาณน้ำอิสระของใบกะเพราที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	26
4.2 แสดงปริมาณน้ำอิสระของแครอทที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	27
4.3 แสดงปริมาณน้ำอิสระของไข่เค็มที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	27
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงชีฟ ขนาด 40 กรัมกับเวลา	28
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงชีฟ ขนาด 65 กรัมกับเวลา	29
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงชีฟ ขนาด 40 และ 65 กรัมกับเวลา	29
4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีฟ ขนาด 40 กรัม กับเวลา	30
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีฟ ขนาด 65 กรัม กับเวลา	30
4.9 แสดงค่าความแข็งของเสบียงทรงชีฟหลังอบ ณ อุณหภูมิอบแห้งต่าง ๆ	32
4.10 แสดงค่าความแข็งของเสบียงทรงชีฟขนาด 40 กรัม ณ สัปดาห์ต่าง ๆ	33
4.11 แสดงค่าความแข็งของเสบียงทรงชีฟขนาด 65 กรัม ณ สัปดาห์ต่าง ๆ	33
4.12 แสดงค่าความแข็งของเสบียงทรงชีฟ ขนาด 40 และ 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	34
4.13 แสดงปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีฟ 40 กรัม ณ สัปดาห์ต่าง ๆ	34

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 แสดงปริมาณน้ำอิสระของเสปียงทรงซีฟขนาด 65 กรัม ณ สัปดาห์ต่าง ๆ	35
4.15 แสดงค่าความแข็งส่วนหัว กลาง ท้าย ของเสปียงทรงซีฟ ณ สัปดาห์ต่าง ๆ	35



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เสบียงทรงชีฟเป็นอาหารรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีความมุ่งหมายเพื่อนำไปใช้ในกองทัพหรือหน่วยงานทหารที่ปฏิบัติการกิจ โดยภารกิจส่วนใหญ่จะปฏิบัติการกิจในป่าและภูเขาคิดเป็นร้อยละ 78 ของการออกปฏิบัติการกิจทั้งหมด การออกปฏิบัติการกิจแต่ละครั้งจะใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 3 วัน ซึ่งมีความลำบากในการพกพาอาหารที่มีน้ำหนักมากติดตัวไปหรือต้องหุงต้มก่อนรับประทาน ในระหว่างการปฏิบัติการกิจ

สำหรับประเทศไทยได้มีการวิจัยและพัฒนาเสบียงทรงชีฟโดยทางกรมพลธิการทหารบก ร่วมกับหน่วยงานต่าง ๆ ได้ทำการผลิตและพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสบียงทรงชีฟแบบต่าง ๆ มาโดยตลอดทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างครบถ้วนและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยในปี พ.ศ. 2538 กรมพลธิการทหารบกได้ร่วมมือกับสถาบันคีนันควาและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัทอุตสาหกรรมภาคเอกชน ทำการพัฒนาและปรับปรุงเสบียงทรงชีฟ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเสบียงทรงชีฟที่ได้นั้นยังไม่เป็นที่พอใจของผู้บริโภคเท่าที่ควร ในส่วนของกลิ่นและรสต้องการให้มีการปรับปรุงร้อยละ 15 และต้องการให้ปรับปรุงคุณภาพและปริมาณร้อยละ 23 (กรมพลธิการ, 2544)

ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้มีความสนใจในการพัฒนาเสบียงทรงชีฟในรูปแบบของอาหารสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแห้ง โดยเลือกใช้วิธีการอบแห้ง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร ทำลายเอนไซม์และเชื้อจุลินทรีย์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื่องจากสามารถลดค่า ปริมาณน้ำอิสระของอาหารได้ในระดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังเป็นอาหารที่สะดวกในการบริโภค ไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียม มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน มีขนาดและรูปร่างง่ายต่อการบรรจุ

### 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเสบียงทรงชีฟชนิดแห้งที่มีรสชาติและเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของกองทัพหรือหน่วยงานทหารที่ปฏิบัติการกิจ โดยเสบียงทรงชีฟที่พัฒนาขึ้นจะต้องมีน้ำหนักเบา พกพาสะดวก มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน ตรงตามมาตรฐานที่ทางกรมพลธิการกำหนด

### 1.3 ขอบเขตในการดำเนินงาน

1.3.1 ทำการพัฒนาสูตรและปรับปรุงรสชาติของเสบียงทรงชีพ

1.3.2 ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเสบียงทรงชีพ 2 ขนาด คือ ขนาด 40 และ 65 กรัม โดยทำการอบที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส

1.3.3 ศึกษาผลของการอบแห้งที่สภาวะต่าง ๆ ที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส และค่า ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพ

1.3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความแข็งและค่า ปริมาณน้ำอิสระ ของเสบียงทรงชีพในระหว่างการเก็บรักษา

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้กระบวนการผลิตเสบียงทรงชีพที่มีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับ สามารถพกพาได้สะดวก และมีคุณประโยชน์ต่อร่างกายตรงตามมาตรฐานที่กรมพลานิการทหารบกกำหนด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เสบียงทรงชีพ (กรมพลาธิการทหารบก, 2544)

#### 2.1.1 ประเภทของเสบียงทรงชีพ

เสบียงทรงชีพ เป็นอาหารรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีความมุ่งหมายเพื่อนำไปใช้ในกองทัพหรือหน่วยงานทหารที่ปฏิบัติการกิจต่าง ๆ เสบียงทรงชีพอาจแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะการใช้งาน ได้ดังนี้

1. **เสบียงประเภท ก.** หมายถึง อาหารสด และอาหารแห้งทุกชนิด ซึ่งใช้บริโภคประจำวัน ตามรายการอาหาร ก่อนรับประทานอาหารต้องทำการหุงต้มก่อน เสบียงประเภท ก. ถือเป็นเสบียงหลักสำหรับการใช้ในสถานการณ์ที่ไม่มีการเคลื่อนย้ายและโอกาสอำนวยให้ อย่างไรก็ตาม เสบียงประเภทนี้ได้ต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บ หรือในกรณีที่หน่วยเหนืออนุมัติให้หน่วยรองจัดหาเสบียงเองในท้องถิ่นในบางโอกาสที่มีขีดความสามารถจะทำได้

2. **เสบียงประเภท ข.** หมายถึง อาหารที่บรรจุกระป๋องหรือภาชนะอื่นใดในลักษณะทำนองเดียวกัน สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานในอุณหภูมิปกติและก่อนรับประทานต้องประกอบหรือปรุงบ้างเล็กน้อย เสบียงประเภท ข. ถือเป็นเสบียงหลักสำหรับการใช้ในขั้นการรบ เสบียงประเภทนี้มีความมุ่งหมายเพื่อใช้แทนเสบียงประเภท ก. เมื่อไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บหรือหน่วยไม่มีขีดความสามารถในการจัดหาเสบียงประเภท ก. ได้เองในท้องถิ่น ข้อแตกต่างของเสบียงประเภทนี้ที่แตกต่างจากเสบียงประเภท ก. ก็อยู่ที่ลักษณะของเสบียงซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นานในอุณหภูมิปกติ และสามารถบริโภคได้เมื่อมีการปรุงเพียงเล็กน้อย

3. **เสบียงประเภท ค.** หมายถึง อาหารสำเร็จรูปจ่ายเป็นชุดให้รับประทานได้ทันที โดยไม่ต้องทำการหุงต้มใด ๆ เสบียงประเภทนี้อาจบรรจุในกล่องหรือถุงพลาสติก 1 ชุด ใช้รับประทานได้ 1 คน ต่อ 1 วัน เสบียงประเภทนี้ใช้เมื่อไม่สามารถจัดคร้วเดียวกันได้ สภาพการณ์ดังกล่าวแล้วย่อมเกิดขึ้นได้ เช่น พลขับรถออกไปนอกหน่วย หรือพลประจำรถถังหมู่ลาดตระเวน หรือหน่วยทหารขนาดย่อม ต้องแยกกันกระจัดกระจายออกไปพ้นระยะการเลี้ยงดูจากคร้วของหน่วย หรืออยู่ในสภาวะฉุกเฉิน

4. **เสบียงประเภท ง.** หมายถึง อาหารย่อยง่าย ใช้เป็นอาหารบำรุงร่างกาย เป็นเสบียงสำหรับที่ปฐมพยาบาลหรือสถานพยาบาลจัดขึ้นใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ป่วย

5. **เสบียงพิเศษ** หมายถึง เสบียงสำหรับแจกจ่ายให้หน่วยต่างๆ ที่ปฏิบัติการรบพิเศษ หรือเสบียงอื่นใดที่กองทัพบกลงให้การสนับสนุนโดยไม่ต้องใช้เงินค่าเสบียงสนามหรือเงินค่าเลี้ยงดูสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 คุณลักษณะของเสบียงทรงชีพ

1. เสบียงทรงชีพต้องให้พลังงานได้ไม่น้อยกว่า 2,000 กิโลแคลอรี ต่อ 1 ชูค (แต่อาหารที่ฝึกต้องการพลังงานประมาณ 3,365 กิโลแคลอรี/คน/วัน)
2. อายุการใช้งาน ไม่น้อยกว่า 2-3 ปี นับตั้งแต่วันส่งมอบ
3. ปริมาณบรรจุ 1 ชูค ต่อ 1 วัน (รับประทาน 3 มื้อ) มีน้ำหนักสุทธิไม่เกิน 500 กรัม
4. ต้องแสดงชื่ออาหาร น้ำหนักสุทธิ ผู้ผลิต และ วัน เดือน ปี ที่ผลิตไว้ที่ภาชนะบรรจุ

### 2.1.3 มาตรฐานเสบียงทรงชีพ

1. รูปร่างเป็นอาหารชนิดแห้ง แท่งสี่เหลี่ยมขนาด บรรจุในถุงอลูมิเนียม เคลือบพลาสติก แบบสุญญากาศ
2. สารอาหารประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ไม่น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน ไม่น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน ไม่น้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ และเสริมด้วยเกลือแร่และวิตามิน
3. ลักษณะการใช้งาน แบ่งรับประทานทีละน้อย พร้อมดื่มน้ำตามหรือละลายในน้ำสุก
4. ความปลอดภัย เสบียงทรงชีพที่ผลิตจะต้องได้รับการรับรองจากหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

## 2.2 อาหารขบเคี้ยวประเภทธัญพืช (วิมลศิริ, 2539)

### 2.2.1 อาหารสำเร็จรูปจากพืช

เป็นอาหารที่ได้จากกระบวนการแปรรูปเมล็ดธัญพืชให้เหมาะสมสำหรับใช้ในการบริโภค โดยเมล็ดธัญพืชหลักที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมสำหรับอาหารสำเร็จรูปจากธัญพืชได้แก่ ข้าวโพด ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และข้าวบาร์เลย์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะพร้อมที่จะรับประทาน (Ready-to-Eat หรือ Ready-to-Cook หรือ Hot Cereal)

### 2.2.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปจากธัญพืช

ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปจากธัญพืช สามารถแบ่งตามวิธีการทำให้สุกก่อนบริโภคได้เป็น 4 ประเภทคือ

1. ประเภทดั้งเดิม (Traditional Cereal) ต้องทำให้สุก โดยใช้เวลาปรุงก่อนการบริโภค 5-10 นาที ลักษณะเป็นเมล็ดพืชดิบ เช่น ข้าวสารหักเป็นชิ้นเล็ก ๆ เมื่อต้มสุกเรียกว่า โจ๊ก โอ๊ตมีล (Oat Meal) ได้จากการบดข้าว โอ๊ตทั้งเมล็ดแบบหยาบ หรือข้าวสาลีไม่อย่างหยาบ เรียกว่า กริต (Grit) ธัญพืชบดหยาบเหล่านี้ต้องต้มนานหลายนาทีจึงจะสุกและบริโภคได้

2. ประเภทต้มเร็ว (Quick Cooking) ใช้เวลาต้มเพียง 1 นาที เช่น โธ๊ตบด (Rolled Oats) นำข้าวโอ๊ตมาบดหยาบ แล้วผ่านเข้าสู่ลูกกลิ้งบด ที่ร้อนด้วยไอน้ำภายในลูกกลิ้งทำให้ข้าวโอ๊ตแบน และสุกไปหนึ่งในสามส่วน เมื่อจะนำมาบริโภคก็ต้มต่อด้วยเวลาไม่นานก็สุกทั้งหมดรับประทานได้

3. ประเภทสุกทันที (Instant Traditional Hot Cereal) ใช้เค็มลงในน้ำร้อนเดือด บริโภคทันทีขณะร้อน ลักษณะเป็นเมล็ดธัญพืชที่ผ่านการทำให้สุกมาแล้ว เช่น นำข้าวบดหยาบมาทำให้สุก ปรุงรส อบแห้ง เป็นโจ๊กสำเร็จรูป

4. ประเภทอาหารเข้าสำเสร็จรูป (Ready-to-Eat Cereal) สามารถบริโภคได้ทันที อาจมีการเติมน้ำ นํ้านม หรือโยเกิร์ต ก็ได้เนื่องจากเป็นธัญพืชที่ผ่านกรรมวิธีการผลิต โดยนำเมล็ดธัญพืชมาทำให้สุกและมีการคัดแปดรูปร่างให้มีความเหมาะสม ปัจจุบันนี้ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเสร็จรูปจากธัญพืชประเภทนี้ได้รับความนิยมมากที่สุด

นอกจากนี้อาหารขบเคี้ยวสามารถแบ่งได้ตามรูปร่าง และชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้ แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีหลายลักษณะ ทำให้การแบ่งประเภทไม่ค่อยชัดเจน ตัวอย่าง เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเสร็จรูปจากธัญพืช ในลักษณะที่บดเป็นผงหยาบ ได้แก่ มิล (meal) และ ฟารินา (farina) อัดทับเป็นแผ่นแบน (flake) ลักษณะพองกรอบ (puff) ลักษณะเป็นชิ้น (shred) และลักษณะเป็นเม็ด (granular) ชนิดของธัญพืชที่นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต หรือทำมาจากธัญพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิดรวมกัน

ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเสร็จรูปจากธัญพืช จัดว่าเป็นอาหารขบเคี้ยวชนิดหนึ่ง ซึ่งผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วพร้อมบริโภคได้ทันที หรือมีการเตรียมเพียงเล็กน้อย เช่น เติมน้ำเค็ม สามารถบริโภคได้ระหว่างอาหารแต่ละมื้อ หรือผสมในอาหาร และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 6 สัปดาห์ โดยไม่ต้องอาศัยความเย็น อาหารขบเคี้ยวอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ อาหารขบเคี้ยวชนิดดั้งเดิม (Conventional Snack) ได้แก่ มันฝรั่งทอดกรอบ คอร์นเฟลก และอื่น ๆ อาหารคาวหรืออาหารที่ผ่านเครื่องอัดรีด (Extruder) พวกถั่วต่าง ๆ และอาหารจำพวกแคร็กเกอร์ ที่ให้รสเค็มและมีกลิ่นรสดี และอาหารขบเคี้ยวชนิดใหม่ (Newer Snacks) ได้แก่ อาหารกึ่งสำเสร็จรูป อาหารแท่งที่ทำจากธัญพืช อาหารจำพวกของหวานที่มีการสอดไส้ชนิดต่าง ๆ เครื่องดื่มนมที่มีการหมักแล้ว เช่น โยเกิร์ต และขนมอบกรอบที่ให้รสหวาน เช่น คุกกี้

นอกจากนี้ยังอาจแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเสร็จรูปจากธัญพืชตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ อาหารเข้าสำเสร็จรูปจากธัญพืชกลุ่มพื้นฐาน (Staple) ลักษณะของผลิตภัณฑ์จะมีรสจืด เหมาะสำหรับคนทุกกลุ่มตั้งแต่วัยเด็กไปจนถึงผู้ใหญ่ ได้แก่ คอร์นเฟลก อาหารเข้าสำเสร็จรูปจากธัญพืช กลุ่มสำหรับเด็ก (Child Taste) ลักษณะของผลิตภัณฑ์จะมีรสหวาน เหมาะสำหรับเด็กอายุ 6-14 ปี สินค้าในกลุ่มนี้จะเป็นธัญพืชที่หลายบริษัท ใช้ในการทำตลาด ได้แก่ โกโก้ครั้นช์ ฟรอสต์ อັນนี่คอมพ์ และอาหารเข้าสำเสร็จรูปจากธัญพืชประเภทเพื่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Health) ผลិតภณัต์ในกลุ่มนี้อาจมุ่งเน้นในเรื่องสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นสำหรับร่างกายครบ ได้แก่ แบรินเฟลค ผักและผลไม้ ไฟเบอร์ริฟิคที่ให้อ่อนโยนอาหาร

### 2.2.3 อาหารเข้าสำเร็จรูปแบบผสม (Ready-to-Eat Mixed Cereal)

อาหารเข้าสำเร็จรูปแบบผสม หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “มูสลิ” เป็นอาหารคั้งเดิมของชาวสวิส มีการรับประทานกันมานานแล้ว ประกอบด้วย ผลไม้ตามฤดูกาล เมล็ดข้าวชนิดต่าง ๆ เช่นข้าวโอ๊ต ข้าวฟ่าง ลูกเดือย มาผสมกันแล้วใส่น้ำนมเปรี้ยวลงไปบริโภคได้ทันที ต่อจากนั้นมีการนำมูสลิมาพัฒนาเป็นผลิตภณัต์อาหารเข้าสำเร็จรูปและจำหน่ายในรูปผลิตภณัต์ที่มีชื่อว่า Sun flakes ซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วยข้าวสาลี มะพร้าวอบแห้ง และผลไม้เป็นชั้นกรอบอบแห้งเคลือบด้วยน้ำตาล ผสมรวมกันบริโภคกับนมเปรี้ยวได้ทันที มีรสหวาน และกลิ่นรสที่ดี ผู้บริโภคยอมรับสูงและอุดมไปด้วยวิตามินและสารอาหารต่าง ๆ

### 2.2.4 อาหารเข้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแห้ง

ผลิตภณัต์อาหารเข้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแห้งเป็นอาหารที่พร้อมรับประทานเหมือนกับคอร์นเฟลค โดยมีการรวมน้ำตาล ไขมัน และนมอัดเป็นแห้งที่เคลือบผิวน้ำ ซึ่งในระยะแรกต้องใช้แรงต่ำสุดเพื่อทำให้พวกเฟลค และแกรนูลต่าง ๆ อยู่ในรูปเดิม โดยผลิตภณัต์สุดท้ายที่ได้จะเกาะกันด้วยโครงข่ายของน้ำตาล (Sugar lattice) แทนที่การใช้เนยขาว (Shortening) จากนั้นอบให้ผลิตภณัต์แห้งลักษณะแห้งที่ได้นี้จะต้องมีเนื้อสัมผัสที่กรอบมาก และไม่มีไขมันอยู่น้ำหนักแห้งละประมาณ 1-2 ออนซ์ ลักษณะแห้งที่ได้ต้องแข็งแรงไม่ถูกทำลายได้ง่ายด้วยมือระหว่างการบรรจุและจัดจำหน่าย

การผลิตผลิตภณัต์อาหารเข้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแห้งจะใช้ธัญพืชอย่างเดียวหรือหลายชนิดผสมกันก็ได้ เมล็ดธัญพืชที่ใช้ได้แก่ ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรน์ ข้าวเจ้า และข้าวโพด โดยนำเมล็ดพืชเหล่านี้มาปิ้ง หรือย่าง (Toasted) ก่อน จากนั้นจะนำมาผสมกับสารเชื่อมต่าง ๆ อาจมีการใส่ผลไม้อบแห้ง ถั่วต่าง ๆ ผลิตภณัต์ที่ได้จะมีลักษณะของธัญพืชที่มีขนาดอนุภาคที่หยาบ (Coarse particle)

อาหารเข้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแห้ง เป็นอาหารขบเคี้ยวประเภทหนึ่งที่ตั้งอยู่ในอาหารขบเคี้ยวชนิดใหม่ มีอายุการเก็บรักษานานและเป็นอาหารหวานมากกว่าอาหารคาวเป็นอาหารขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ จุดขายของผลิตภณัต์ชนิดนี้อยู่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง วัตถุประสงค์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบคือ ธัญพืช ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ ชนิดเคี้ยวกรอบแห้ง (Crunchy bars) เรียกอีกชื่อว่า มูสลิบาร์ (Muesli bars) ผลิตภณัต์ประเภทนี้จะประกอบด้วย โอ๊ตเฟลค วิตเฟลค ไรน์เฟลค ผลไม้แห้งต่าง ๆ (แอปเปิ้ลเฟลค เฮพบิคอต ลูกเกด) ถั่ว (อัลมอนด์ ถั่วลิสง มะพร้าว เฮซีลนัท) พืชเมล็ด (งา เมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทอง) และสารให้ความหวาน มีปริมาณน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดร้อยละ 15-20 ในรูปของซูโครส เป็นการเพิ่มกลีเซอรอลและเนื้อสัมผัส และชนิดเหนียวนุ่ม มีความชื้นสูง (Chewy bars) ส่วนผสมเหมือนชนิดเคี้ยวกรอบแห้งมีการเพิ่มจำนวนน้ำตาลให้สัมพันธ์กับส่วนผสมหรือบางครั้งอาจเติมน้ำตาลอินเวิร์ต เพื่อลดการตกผลึกของน้ำตาล และอาจเติมหางนมผงที่มีความหวานทำให้ผลิตภัณฑ์เหนียวนุ่ม มีความชื้น ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 25-30 ปริมาณไขมันน้อยกว่า 12-15 จนถึงร้อยละ 18 ซึ่งชนิดเหนียวนุ่ม นี้จะมีไขมันมากกว่าชนิดเคี้ยวกรอบแห้ง ถึงร้อยละ 22-24 ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีพัฒนาส่วนผสม ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาเหนียวนุ่ม เป็นลักษณะมูสลีบาร์ที่ปราศจากน้ำตาล หรือไขมันเป็นการช่วยรักษาสุขภาพได้

ลักษณะโดยทั่วไปของอาหารเข้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแห้งคือ เป็นอาหารชนิดหนึ่ง ที่สะดวกในการบริโภค เหมาะสำหรับสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน ได้แก่ กลีเซอรอลและรสของผลิตภัณฑ์ ต้องยังปรากฏอยู่ ต้องใช้น้ำลายเป็นตัวกลาง และกลืนกินได้อย่างต่อเนื่อง เนื้อสัมผัสง่ายต่อการเคี้ยว มีรส กลิ่น และได้รับประโยชน์จากการบริโภค ขนาดและรูปร่างต้องง่ายต่อการบรรจุและขนส่ง ต้องสะดวกสบายต่อการกักกิน และง่ายต่อการบริโภคต่อบุคคลหนึ่ง เก็บได้นาน และรับประทานได้ง่าย ไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียม

## 2.3 ความชื้น (ณัฐพล และคณะ, 2548)

### 2.3.1 ความหมายของความชื้นในอาหาร

ปริมาณความชื้น (Moisture Content) เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่อาหาร ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของน้ำที่เกาะติดกับอาหาร หรือถูกใช้ไปในการสร้างพันธะต่าง ๆ เช่น พันธะไฮโดรเจน พันธะไฮโดรเจน และอีกส่วนคือน้ำอิสระที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ในการเกิดพันธะใด ๆ และจะอยู่ภายในช่องว่างของอาหาร

### 2.3.2 การหาปริมาณความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน

วิธีการหาปริมาณความชื้นสำหรับเมล็ดพืชที่มีความชื้นต่ำกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ ทำโดยการนำวัตถุดิบที่ต้องการหาความชื้นมาบดและชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่าไว้เป็นมวลวัตถุ เริ่มต้นจากนั้นจึงนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ  $130 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วไปวางในโถดูดความชื้นจนเย็นจากนั้นบันทึกค่าไว้เป็นมวลวัตถุที่แห้งแล้วนำมาคำนวณหาความชื้น

การคำนวณหาค่าความชื้นสามารถทำได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก} = \frac{(\text{มวลวัตถุเริ่มต้น} - \text{มวลวัตถุที่แห้ง}) \times 100 \%}{\text{มวลวัตถุเริ่มต้น}} \quad (2.1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้ง} = \frac{(\text{มวลวัตถุเริ่มต้น} - \text{มวลวัตถุที่แห้ง}) \times 100 \%}{\text{มวลวัตถุที่แห้ง}} \quad (2.2)$$

## 2.4 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร

### 2.4.1 ความหมายของปริมาณน้ำอิสระ

ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity,  $a_w$ ) เป็นปริมาณน้ำอิสระที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ในการเกิดพันธะใด ๆ และจะอยู่ภายในช่องว่างของอาหาร เป็นโมเลกุลของน้ำที่พร้อมจะเปลี่ยนสภาวะจากของเหลวเป็นไอ

ปริมาณน้ำอิสระ เป็นอัตราส่วนระหว่างความดันย่อยในสารละลายหรือวัสดุอาหาร ( $P_w$ ) และความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ ( $P_w^0$ ) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ดังนั้นที่สภาวะสมดุลปริมาณน้ำอิสระจะสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) ของสิ่งแวดล้อม ดังสมการ

$$a_w = \frac{P_w}{P_w^0} \quad (2.3)$$

$$a_w = \frac{ERH}{100} \quad (2.4)$$

### 2.4.2 ความสำคัญของปริมาณน้ำอิสระ

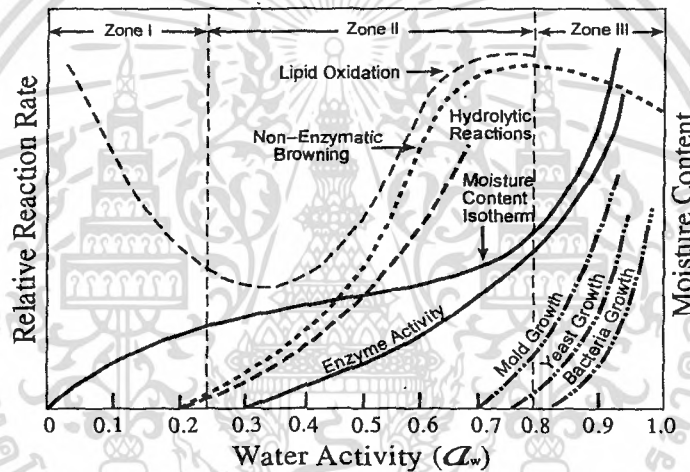
ปริมาณน้ำอิสระมีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่าปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร ในขณะที่อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปัจจัยอื่นๆ มีผลกระทบต่อความเร็วในการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร

นอกจากการควบคุมค่าปริมาณน้ำอิสระแล้วสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการเก็บรักษายังส่งผลต่ออายุการเก็บด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บของเค้กกับค่าปริมาณน้ำอิสระ เมื่อเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่างกัน ถ้าเค้กมีค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.81 จะสามารถป้องกันการเจริญของเชื้อราได้นาน 14 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และ 24 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเค้กมีค่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเป็น 0.85 จะพบว่าอายุการเก็บจะลดลงจากเดิมมากเหลือเพียง 8 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และ 12 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส

### 2.4.3 ผลของปริมาณน้ำอิสระต่อการเสื่อมเสียของอาหาร

#### 2.4.3.1 ความสำคัญของปริมาณน้ำอิสระทางด้านชีวเคมี

อาหารธรรมชาติหรือยังไม่ผ่านการแปรรูปมีน้ำประกอบอยู่ในปริมาณที่มาก เช่น เนื้อสัตว์มีน้ำประกอบอยู่ 50-60 เปอร์เซ็นต์ ผลไม้ 74-95 เปอร์เซ็นต์ และผักสด 74-95 เปอร์เซ็นต์ น้ำในอาหารดังกล่าวเป็นปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในอาหารที่สำคัญ ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid oxidation) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic reaction) การเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) รวมทั้งความสามารถของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยา (Enzyme activity) ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสี รส และกลิ่นของอาหารอย่างชัดเจน อัตราการเกิดขึ้นของปฏิกิริยาจะสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่มีในอาหารและค่าปริมาณน้ำอิสระดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงผลของปริมาณน้ำอิสระต่ออัตราการเสื่อมเสียคุณภาพอาหาร

#### 2.4.3.2 ความสำคัญของปริมาณน้ำอิสระทางด้านจุลินทรีย์

การเสื่อมเสียของอาหาร โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนประกอบที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำอิสระในระดับที่พอเหมาะ เรียกว่า Optimal Water Activity เมื่อปริมาณน้ำอิสระลดลง การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะลดลงไปด้วยจนถึงค่าปริมาณน้ำอิสระในระดับหนึ่งซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณน้ำที่ใช้ประโยชน์หรือปริมาณน้ำอิสระไม่เท่ากัน ระดับปริมาณน้ำอิสระต่ำสุดที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ เรียกว่า Minimal Water Activity ( $a_w$ )

เนื่องจากค่าปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าปริมาณน้ำอิสระ ในการที่จะประเมินว่าจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสียดลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดจากจุลินทรีย์ได้ เป็นเพราะจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่าปริมาณน้ำอิสระที่จำกัด โดยเราจะทำให้อาหารมีค่าระดับปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าที่จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแอกติวิตีต่ำกว่า 0.6 จะช่วยควบคุมการเสียเนื่องจากจุลินทรีย์นี้ได้ ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมของอาหารและระดับปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ แสดงในตารางที่ 2.1 วิธีที่ง่ายที่สุด ในการลดปริมาณน้ำอิสระในอาหารคือการกำจัดน้ำในอาหาร เช่น การทำให้สุก การอบ หรือการทำให้แห้ง กระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูง

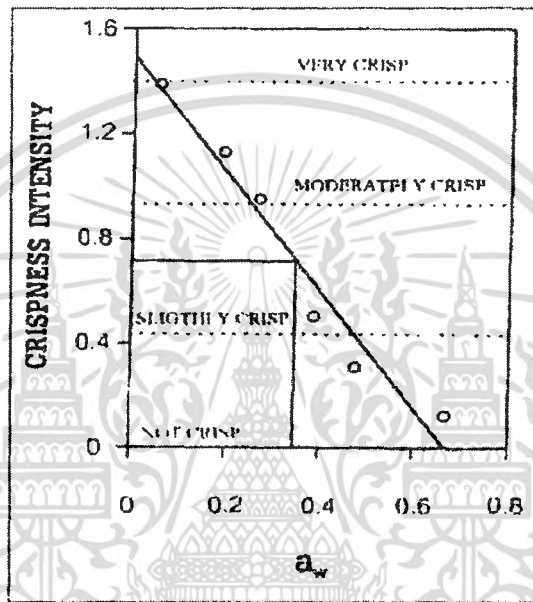
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่าง ๆ

ปริมาณน้ำอิสระ (a <sub>w</sub> )	จุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้ง	ตัวอย่างอาหาร
0.800	<i>Mycotoxigenic penicillia</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	น้ำผลไม้เข้มข้นเกือบทุกชนิด นมข้นหวาน ข้าว แป้ง
0.750	Halophilic bacteria, <i>Mycotoxigenic aspergilli</i>	แยม มาร์มาเลด
0.650	Osmophilic yeasts และราบางชนิด	ผลไม้แห้งความชื้นประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ น้ำผึ้ง ทอฟฟี่ คาราเมล
0.600	Xerophilic molds	เยลลี่ โมลาส ถั่ว ผลไม้อบแห้งบางชนิด
0.500	จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้	เครื่องเทศความชื้น ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เส้นก๋วยเตี๋ยวความชื้น ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์
0.400		ไข่ผงความชื้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์
0.300		ลูกก๊ี้ แครกเกอร์ความชื้น ประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2.3 ความสำคัญของปริมาณน้ำอิสระทางด้านกายภาพ

ค่าปริมาณน้ำอิสระนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่เกิดในอาหารแล้ว ปริมาณน้ำอิสระยังมีผลต่อคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของอาหารด้วย ได้แก่ ในด้านความกรอบ (Crispness) ของผลิตภัณฑ์อาหารจากธัญพืช (Cereal base product) เช่น แครกเกอร์ ขนมทอดกรอบ (Fried snacks) และในด้านความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์ โดยแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระและความกรอบของผลิตภัณฑ์อาหารแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การสูญเสียความกรอบของอาหารในค่าปริมาณน้ำอิสระต่าง ๆ กัน

## 2.5 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการผสม

อาหารที่ได้จากการผสมวัตถุดิบหลายชนิดเข้าด้วยกัน โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (ปริมาณน้ำอิสระ) ที่แตกต่างกัน หลังจากการผสมแล้ว เมื่ออาหารอยู่ในภาชนะปิดจะเกิดปรากฏการณ์ดังนี้

1. ส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำอิสระต่ำ จะได้รับความชื้นจากส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำอิสระที่สูงกว่า
2. ส่วนผสมแต่ละส่วนจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความชื้นสูงขึ้นหรือต่ำลงจะขึ้นอยู่กับไอโซเทอร์มของการดูดซับความชื้น
3. การดูดซับและการคายความชื้น จะทำให้สมบัติและคุณภาพอาหารเปลี่ยนไป
4. หลักการผสมที่อยู่ในรูปภาชนะปิด อาหารทุกตัวจะต้องอยู่ในสถานะสมดุลสมการสำหรับหาปริมาณน้ำอิสระรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$a_w = \frac{(W_1 S_1 a_{w1}) + (W_2 S_2 a_{w2})}{(W_1 S_1) + (W_2 S_2)} \dots \frac{(W_n S_n a_{wn})}{(W_n S_n)} \quad (2.5)$$

เมื่อ  $W_n$  = น้ำหนักของแข็งของส่วนประกอบ (กรัม)

$a_w$  = ปริมาณน้ำอิสระของส่วนประกอบ

$S_n$  = ความชื้นเชิงเส้นของไอโซเทอร์มแบบคู่ความชื้น ส่วนประกอบประมาณได้จากช่วงความเริ่มต้นจนถึงความชื้นวิกฤต

## 2.6 กระบวนการอบแห้ง (นิธิยา, 2545)

การอบแห้งเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนไปยังผิววัสดุที่ต้องการอบแห้งโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง เช่น การพา การนำ การแผ่รังสี หรือทั้งสามแบบผสมกัน เพื่อให้ให้น้ำหรือของเหลวที่อยู่ในเนื้อวัสดุระเหยออกมา

ในระหว่างกระบวนการอบแห้งอาจแบ่งอัตราการอบแห้งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และอัตราการอบแห้งลดลง ที่ช่วงการอบแห้งคงที่ความชื้นของวัสดุมีค่าสูงกว่าความชื้นวิกฤตที่ผิวของวัสดุจะมีน้ำเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อผ่านกระแสน้ำอากาศไปบนตัววัสดุ

### 2.6.1 หลักการอบแห้ง

การอบแห้งอาหาร โดยทั่วไป อาศัยหลักการที่ว่าปริมาณน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในอาหารจะทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย ทั้งเนื่องจากจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดจะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น การอบแห้งเป็นวิธีที่ใช้กันมากในการถนอมอาหาร ทั้งนี้หลักการอบแห้งอาหารจะเกี่ยวข้องกับจุดประสงค์ของการอบแห้งซึ่งมีจุดประสงค์หลักอยู่ 2 ประการ คือ

1. เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยทั่วไปควรจะต้องดึงน้ำออกจนมีปริมาณต่ำกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเป็นสำคัญ

2. เพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหาร สะดวกต่อการขนส่ง เนื่องจากการขนส่งผลิตภัณฑ์บางชนิดในสภาพของสดจะกินเนื้อที่และดูแลรักษาลำบาก ถ้าในการอบแห้งอาหารทั่ว ๆ ไปพบว่าอาหารแห้งที่ได้มีน้ำหนักลดไปมาก

### 2.6.2 ประเภทของเครื่องอบแห้ง

1. ตู้อบหรือโรงอบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ มีส่วนประกอบหลัก คือ แผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งทำด้วยวัสดุใส เมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรังสีคลื่นสั้น ตกลงบนแผงรับแสงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วจะทะลุผ่านไปยังวัสดุสีดำ ภายในตู้และเปลี่ยนเป็นความร้อน ซึ่งความร้อนนี้จะไปสัมผัสกับอาหารทำให้น้ำในอาหารระเหยออกมา และผ่านออกไปทางช่องระบายอากาศของตู้อบ หรือโรงอบ มีผลทำให้อาหารแห้ง ในระหว่างการอบควรกลับผลิตภัณฑ์นั้น วันละ 1-2 ครั้ง เพื่อให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ทุกส่วนได้สัมผัสกับความร้อน ทำให้แห้งเร็วและสม่ำเสมอ ส่วนมากตู้อบแสงอาทิตย์นี้จะใช้กับพวกผัก ผลไม้ และธัญพืช ข้อดีสำหรับการใช้ตู้อบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์คือ

- ได้ผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม และสม่ำเสมอ
- สะอาดเพราะสามารถควบคุมไม่ให้ฝุ่นละอองหรือแมลงเข้าไปได้
- ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลาในการตากได้ประมาณหนึ่งในสาม

- ประหยัดพื้นที่ในการตาก เพราะในตู้อบสามารถวางถาดที่จะใส่ผลผลิตได้หลายถาด
- ประหยัดแรงงาน เพราะไม่ต้องเก็บอาหารที่กำลังตากเข้าที่ร่มในตอนเย็น และเอาออกตากในตอนเช้าเหมือนสมัยก่อน ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการผลิตอาหารแห้งลดลง

2. เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแหล่งอื่น ความร้อนที่ใช้กับเครื่องอบประเภทนี้ส่วนมากจะได้จากกระแสไฟฟ้า หรือแก๊ส ส่วนมากใช้ในระดับอุตสาหกรรมซึ่งมีหลายแบบหลายขนาด โดยใช้หลักการที่แตกต่างกันแล้วแต่ประโยชน์ของการใช้สอย เช่น

- เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบตู้หรือถาด เป็นเครื่องอบแห้งที่อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนประเภทการพาความร้อนเป็นหลัก โดยส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอบแห้งแบบนี้ ได้แก่ ตู้หรือห้องอบ (Drying chamber) แหล่งพลังงานความร้อน (Heater) พัดลม (Fan) ตัวกรองอากาศ (Screen หรือ Filter) และช่องระบายอากาศ (Damper) โดยชิ้นอาหารที่ต้องการอบแห้งที่ผ่านการเตรียมมาเรียบร้อยแล้ว จะถูกจัดวางไว้ในถาดที่เรียงอยู่ในห้องอบ โดยถาดที่ใช้จะวางเรียงเป็นชั้นอยู่ในตู้ ถาดควรทำด้วยเหล็กปลอดสนิมและมีรูเปิดที่ถาดไว้ด้วย เพื่อให้ลมร้อนสามารถไหลเวียนผ่านได้

ในระดับอุตสาหกรรม ถาดอาจวางซ้อนกันบนโครงเหล็กที่มีล้อเลื่อน โดยเมื่อจัดวางอาหารที่ต้องการทำแห้งเรียบร้อยแล้ว จะเคลื่อนถาดทั้งหมดเข้าไปในตู้อบพร้อม ๆ กัน ทำให้สะดวกในการปฏิบัติงาน ขณะเครื่องทำแห้งทำงาน พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกเข้าไปในเครื่อง ซึ่งส่วนมากมักจะผ่านแผ่นกรองพวกฝุ่นละอองและสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ปะปนมาในอากาศ อากาศที่กรองแล้วจะผ่านขดลวดให้ความร้อน ทำให้เกิดกระแสลมร้อน ซึ่งจะพัดผ่านอาหารในถาดที่วางอยู่ในตู้ ความร้อนจากลมร้อนจะถ่ายเทให้น้ำในอาหาร เพื่อให้น้ำกลายเป็นไอและระเหยออกจากผิวอาหาร ลมร้อนที่มีไอน้ำอยู่จะถูกปล่อยออกไปทางช่องระบายอากาศในขณะเดียวกัน จะปล่อยให้ลมร้อนบางส่วนหมุนเวียนอยู่ในตู้ เพื่อช่วยให้การถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่ยังอยู่ในอาหาร ร่วมกับความร้อนจากลมร้อนที่เข้ามาใหม่

- เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบต่อเนื่อง มีลักษณะคล้ายอุโมงค์ ทำงานโดยการนำอาหารที่ต้องการอบแห้งวางบนสายพานที่เคลื่อนผ่านลมร้อนในอุโมงค์ เมื่ออาหารเคลื่อนออกจากอุโมงค์ก็จะแห้งพอดี ตัวอย่างอาหาร เช่น ผัก หรือ ผลไม้อบแห้ง

### 2.6.3 การเปลี่ยนแปลงของอาหารระหว่างกระบวนการอบแห้ง

#### 1. การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในอาหาร

ตัวถูกละลายซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำในอาหารจะมีการเคลื่อนที่ในระหว่างกระบวนการอบแห้งเนื่องจากน้ำภายในอาหารซึ่งเป็นตัวทำละลายภายในองค์ประกอบเหล่านี้เกิดการเคลื่อนที่ย้ายตำแหน่ง จึงพาองค์ประกอบเหล่านี้ให้เคลื่อนที่ไปด้วย เมื่อนำอาหารมาอบแห้ง การหดตัวของชิ้นอาหารที่ผิวจะทำให้ส่วนของอาหารที่อยู่ภายในเกิดแรงอัด ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลของของเหลวจากภายในออกมาสู่ภายนอก ลักษณะการยอมให้ผ่านของผนังเซลล์ (Cell permeability) ในเนื้อเยื่ออาหารจะเป็นตัวกำหนดการไหลของน้ำจากภายในสู่ภายนอก ขณะที่น้ำเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวเพื่อการระเหยนั้น ก็จะพาเอาตัวถูกละลายออกมไปด้วย เมื่อน้ำระเหยออกไปจากผิว ตัวถูกละลายจะตกค้างอยู่ที่ผิว ทำให้ที่ผิวภายนอกมีปริมาณตัวถูกละลายมากกว่าภายใน ในขณะที่เดียวกันจะเกิดกลไกอีกอย่างหนึ่งซึ่งตรงกันข้าม คือ ในขณะที่ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่ผิวมากกว่าความเข้มข้นภายใน จะเกิดการแพร่ของตัวถูกละลายนี้จากด้านนอกเข้าไปสู่ด้านในด้วยทิศทางตรงกันข้ามกับกรณีแรก ในการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบนี้ การที่จะเกิดการเคลื่อนที่แบบใดมากกว่านั้นจะขึ้นกับสมบัติเฉพาะตัวของอาหารและสถานะในการอบแห้ง แต่โดยทั่วไปแล้วมักจะเกิดการเคลื่อนที่แบบแรกมากกว่า การที่ตัวถูกละลายเคลื่อนที่ออกมาอยู่ที่ผิวของชิ้นอาหารมากเกินไปอาจเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการทำแห้ง ในกรณีนี้จะทำให้เกิดลักษณะแห้งแข็งที่ผิวเรียกว่า “Case hardening” กลไกการเกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ยังไม่รู้แน่ชัด แต่คาดว่าหนึ่งในปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุคือ การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย และการใช้อุณหภูมิการทำแห้งที่สูงเกินไป ลักษณะผิดปกติที่พบคือ ที่ผิวของอาหารด้านนอกจะมีลักษณะเหมือนกับอาหารนั้นแห้งแล้ว แต่ถ้าดูภายในพบว่าอาหารนั้นยังชื้นสูงอยู่ บางครั้งผิวด้านนอกที่แห้งจะมีลักษณะเหนียวเป็นยาง (Gummy) ใส (Glassy) หรือมีลักษณะคล้ายหนัง (Leathery) โดยมากการเกิดลักษณะแห้งแข็งที่ผิวนี้นี้ จะเกิดขึ้นในการทำแห้งผลไม้ เนื้อสัตว์ และปลา แต่ยังไม่มีย่อสรุปที่แน่นอนว่าลักษณะเช่นนี้จะเกิดเมื่อใช้สถานะอบแห้งเช่นใด หรือจะเกิดกับอาหารชนิดใดบ้าง ถ้าต้องการหลีกเลี่ยงสถานะนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิของอาหารอยู่ประมาณ 49-55 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกระเปาะเปียกลดลงไม่เกิน 68-86 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดความแตกต่างของความชื้นภายในกับภายนอกมากนัก การใช้ลมร้อนเพื่อป้องกันการแห้งแข็งที่ผิวนั้น เป็นวิธีที่ไม่ประสบผลสำเร็จนักเพราะความชื้นในอากาศจะทำให้อัตราการทำแห้งลดลง

## 2. การหดตัวของอาหาร

การอบแห้งทุกแบบยกเว้นการอบแห้งในสภาวะแช่แข็งจะทำให้เกิดการหดตัวของอาหารมากน้อยต่างกันไปในแต่ละวิธี แม้อาหารที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ก็จะมี การหดตัวด้วย ในช่วงต้น การหดตัวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่ลดลง แต่ในช่วงปลายของการอบแห้ง การหดตัวจะลดลง อาหารจะมีขนาดและรูปร่างคงที่ก่อนที่การอบแห้งจะสิ้นสุด

## 3. การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส

ปัญหาที่พบมากในด้านการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส คือ เนื้อสัมผัสหลังคืนรูปแข็ง หรือเหนียวเกินไป และมีการสูญเสียความชุ่มน้ำ เป็นต้น

เหตุผลทางกายภาพเคมีของการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ยังไม่ทราบแน่ชัด ในกรณีเนื้อเยื่อพืช การสูญเสียความเต่งของเซลล์และการตกผลึกของโพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) อาจเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลง การตกผลึกของโพลีแซ็กคาไรด์ เช่น แป้ง หรือเซลลูโลส อาจเกิดจากการลดปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแป้งเป็นหลัก มักเกิดปฏิกิริยารีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) ควบคู่ไปกับการทำแห้ง ในกรณีเนื้อเยื่อสัตว์ ความนุ่มจะลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะแอกโตไมโอซิน (Actomyosin) การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดจากการรวมตัว หรือการเชื่อมข้ามของโปรตีนที่ยังไม่แปรสภาพธรรมชาติกับไขมัน หรือคาร์โบไฮเดรต ส่วนสำคัญที่เกิดการเชื่อมข้ามในแอกโตไมโอซิน (Myosin) คาดว่าการเชื่อมข้ามเกิดจากพันธะไดซัลไฟด์ (S-S bond) พันธะนี้อาจเกิดขึ้นได้แม้ในสภาวะแช่แข็ง การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสนี้จะพบได้ทั้งในการทำแห้งด้วยอากาศร้อนการทำแห้งในสภาวะแช่แข็งซึ่งใช้อุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิของการทำแห้งจะเป็นปัจจัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงนี้ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับไม่ได้

## 4. การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบย้อนกลับไม่ได้ ปฏิกิริยานี้บางครั้งเป็นที่ต้องการในอาหารบางชนิด เช่น การเกิดเปลือกสีน้ำตาลของก้อนขนมปัง แต่ในการอบแห้งโดยมากจะถือว่าเป็นข้อบกพร่องด้านคุณภาพที่สำคัญที่สุดข้อหนึ่ง ถ้าปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นไม่รุนแรงนักจะสังเกตเห็นเพียงการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นรุนแรงจะมีผลต่อกลิ่นรสและการคืนรูปของผลิตภัณฑ์ด้วย ปฏิกิริยาที่สำคัญที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลนี้มักเป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอนิล (Carbonyl group) และกลุ่มอะมิโน (Amino group) ปฏิกิริยาจะเป็นแบบลูกโซ่ เกิดสารที่มีสีชมพูหรือแดงก่อน และจะเปลี่ยนแปลงเป็นพอลิเมอร์สีน้ำตาล ในทางอาหารปฏิกิริยามักเกิดระหว่างน้ำตาลกับโปรตีนดังนั้นนอกจากจะทำให้ลักษณะปรากฏไม่น่าดูแล้ว ปฏิกิริยานี้ยังก่อให้เกิดการสูญเสียสารอาหารไปในตัวด้วย อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิ อัตราเร็วของการเกิดสีน้ำตาลยังขึ้นกับปริมาณน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอาหาร ในสารละลายที่เจือจางมากจะเกิดปฏิกิริยาช้า แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น ปฏิกิริยาจะมีความเร็วสูงสุด เมื่อมีความเข้มข้น 15-20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความเข้มข้นลดลงกว่านี้ อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะลดลง ที่ความเข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์ จะไม่เกิดปฏิกิริยาแม้ว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้น

## 2.7 คุณค่าทางโภชนาการของเสบียงทรงชีพ

คุณค่าทางโภชนาการเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากในการปฏิบัติการกินอกสถานของกองทัพจำเป็นต้องได้รับสารอาหารอย่างเพียงพอใน 1 มื้อ โดยกรมพลธิการได้กำหนดคุณค่าทางโภชนาการไว้ในหมวดความเป็นมาตรฐานของเสบียงทรงชีพได้แก่ สารอาหารต้องประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตไม่น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนไม่น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ เสริมด้วยเกลือแร่และวิตามิน ปริมาณความต้องการพลังงานของทหารที่ฝึกประมาณ 3,365 กิโลแคลอรี/คน/วัน (กรมพลธิการทหารบก, 2544) โดยปริมาณโปรตีนที่ผู้ชายอายุ 20 ปีขึ้นไปต้องการใน 1 วันคือ 51 กรัม/วัน (สิริพันธุ์, 2547)

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรรณิการ์ นำชัยสวัสดิ์ และ ชุติมา มหาทำนุ โโชค (2547) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแห้งจากข้าวพองเสริมผลไม้ โดยศึกษาปัจจัยเรื่องอัตราส่วนของผลไม้ที่ผสมระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้อบ แล้วนำมาทดสอบโดยการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Hedonic scale test เพื่อหาปริมาณความชื้นและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ พบว่าคุณลักษณะด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแห้งเสริมผลไม้ที่มีอัตราส่วนของมะเขือเทศแช่อิ่ม : ลูกเกดอบแห้ง : กล้วยน้ำว้าทอดกรอบ 1 : 1 : 2 อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสใช้เวลาอบ 15 นาที เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นได้เท่ากับ 1.27 เปอร์เซ็นต์ มีคุณค่าทางโภชนาการคิดเป็นปริมาณต่อหน่วยบริโภค 1 แห่ง น้ำหนัก 50 กรัม พบว่าให้พลังงาน 144.8 กิโลแคลอรี โปรตีน 4.6 กรัม ไขมัน 5.9 กรัม คาร์โบไฮเดรต 18.1 กรัม โยอาหาร 0.4 กรัม

จุฑารัตน์ จรูญสิริเศรษฐ์ และคณะ (2547) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแห้งแบบเหนียวนุ่ม 2 สูตร คือสูตรที่ 1 มีอัตราส่วนของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบ 7 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดฟักทอง 14 เปอร์เซ็นต์ ถั่วเขียวเลาะเปลือก 7 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 2 มีอัตราส่วนของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบ 7 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดฟักทอง 7 เปอร์เซ็นต์ ถั่วเขียวเลาะเปลือก 7 เปอร์เซ็นต์ ลูกพรุน 7 เปอร์เซ็นต์ นำมาทดสอบโดยการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Hedonic scale test เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ตรงกับความต้องการแล้วนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัส หาค่าความชื้น และปริมาณไขมัน พบว่าเมื่อทำการทดสอบ

การยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตรในระดับปานกลาง และผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ที่มีลูกพรุน และมีสัดส่วนของเมล็ดพืชทองลดลง ได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด เนื่องจากมีความหวาน และเหนียวนุ่มมากกว่า เมื่อนำมาประเมินคุณภาพทางกายภาพพบว่า มีปริมาณความชื้น 5.17 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 7.18 เปอร์เซ็นต์ และความแข็ง 3447.1 กรัมแรง

ณัฐพล และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาการสร้างสูตรผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโดยการประยุกต์ใช้ไอโซเทอร์มแบบดูดซับความชื้นที่ 25 และ 40 องศาเซลเซียส ของวัตถุดิบหลักคือ เม็ดมะม่วงหิมพานต์ ลูกเดือย เม็ดบัว และงาคำปรงรส ซึ่งข้อมูลสามารถอธิบายได้ดีด้วยแบบจำลองของ Halsey พบว่าผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงไอโซเทอร์มแบบดูดซับความชื้น ส่งผลต่อเม็ดมะม่วงหิมพานต์มากที่สุด รองลงมาคืองาคำปรงรสเม็ดบัวและลูกเดือยตามลำดับ จากนั้นสร้างผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์ใช้ไอโซเทอร์มแบบดูดซับความชื้นและสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างสูตรผลิตภัณฑ์และทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท

ดวงพร พงษ์พานิชนุกูล และอมรรัตน์ วงศ์นิ่ม (2549) ได้ศึกษาปัจจัยในการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเซาะชนิดแห้งทางด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและเนื้อสัมผัส จากผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด จากนั้นนำมาทดสอบกลิ่นรส และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูปชนิดแห้งจากข้าวกล้องหอมมะลิ พบว่าปัจจัยในการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารชนิดแห้งจากผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยการเปรียบเทียบการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสและคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์กัน ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง ความแน่นเนื้อ และความเหนียว

วิมลศิริ ธนะสูติ (2539) ได้ทำการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ได้แนวความคิดผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแห้งคือ ผลิตภัณฑ์แบบเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 3×5×7.5 เซนติเมตร อบผลิตภัณฑ์ให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที นำผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอล์ย เมื่อนำมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่ามีความแข็ง 62.82 นิวตัน ค่า ปริมาณน้ำอิสระ 0.37 ความชื้นร้อยละ 5.96 ไขมันร้อยละ 25.21 เถ้าร้อยละ 1.80 โปรตีนร้อยละ 12.59 เยื่อใยร้อยละ 38.11 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 60.40 เมื่อรับประทานผลิตภัณฑ์ 60 กรัม ได้คุณค่าทางโภชนาการ พลังงาน 423.60 กิโลแคลอรี วิตามินเอ 72.61 ไมโครกรัมเรตินอล วิตามินบีหนึ่ง 0.15 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.13 มิลลิกรัม ไนอะซิน 1.87 มิลลิกรัม และเหล็ก 2.11 มิลลิกรัม ผลิตภัณฑ์นี้ปลอดภัยจูลินทรีย์ เมื่อทดสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสสามารถเก็บได้นาน 81 วัน และจากการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์กับบุคคลทั่วไป พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โดยมีความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องอบแห้งแบบถาด (กล้วยน้ำไทยการช่าง)
2. ตู้บลมร็อน (MEMMERT, UM500, Germany)
3. เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Stable micro system, TA-XT plus, UK)
4. เครื่องปั่น (Panasonic, MX-795)
5. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqualab model, CX3TE)
6. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Shimadzu, BX 3000)

#### 3.2 วิธีการทดลอง

##### 3.2.1 การพัฒนาสูตรเสบียงทรงชีพ

เสบียงทรงชีพที่ทำการทดลองมีทั้งหมด 6 สูตร ได้แก่ สูตรโบกะเพรา สูตรโบกะเพราใส่ไข่เค็ม สูตรผงกะหรี่ สูตรผงถาบ สูตรข้าวผัด และสูตรแกงเขียวหวาน เพื่อเลือกรสชาติที่เป็นที่ยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด 1 สูตรสำหรับนำมาพัฒนาเป็นเสบียงทรงชีพ และศึกษาหาสภาวะเหมาะสมสำหรับใช้ในการอบผักเพื่อเป็นส่วนผสมในเสบียงทรงชีพ ซึ่งพิจารณาจากค่า ปริมาณน้ำอิสระ เป็นหลัก

**สูตรที่ 1** สูตรโบกะเพรา ประกอบด้วย ข้าวพอง 41.55 เปอร์เซ็นต์ หมูหยอง 16.64 เปอร์เซ็นต์ โบกะเพรา 0.74 เปอร์เซ็นต์ แครอท 4.48 เปอร์เซ็นต์ แปะแซ 26.90 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 1.79 เปอร์เซ็นต์ ซอสปรุงรส 1.45 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 0.05 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 6.40 เปอร์เซ็นต์

**สูตรที่ 2** สูตรโบกะเพราใส่ไข่เค็ม ประกอบด้วย ข้าวพอง 37.68 เปอร์เซ็นต์ หมูหยอง 13.74 เปอร์เซ็นต์ โบกะเพรา 0.98 เปอร์เซ็นต์ แครอท 3.74 เปอร์เซ็นต์ ไข่เค็ม 15.46 เปอร์เซ็นต์ แปะแซ 20.70 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 1.55 เปอร์เซ็นต์ ซอสปรุงรส 1.30 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 0.05 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 4.80 เปอร์เซ็นต์

**สูตรที่ 3** สูตรผงกะหรี่ ประกอบด้วย ข้าวพอง 49.11 เปอร์เซ็นต์ เนื้อไก่ 20.14 เปอร์เซ็นต์ ผงกะหรี่ 5.76 เปอร์เซ็นต์ แครอท 2.23 เปอร์เซ็นต์ ต้นหอม 1.44 เปอร์เซ็นต์ แปะแซ 12.58 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 1.41 เปอร์เซ็นต์ พริกไทย 0.98 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 0.77 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 5.58 เปอร์เซ็นต์

**สูตรที่ 4** สูตรผงลาบ ประกอบด้วย ข้าวพอง 44.48 เปอร์เซ็นต์ เนื้อไก่ 16.99 เปอร์เซ็นต์ ผงลาบ 4.79 เปอร์เซ็นต์ ใบกะเพรา 4.24 เปอร์เซ็นต์ แครอท 1.23 เปอร์เซ็นต์ แบนแซ 19.82 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 1.89 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 0.78 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 5.78 เปอร์เซ็นต์

**สูตรที่ 5** สูตรข้าวผัด ประกอบด้วย ข้าวพอง 46.79 เปอร์เซ็นต์ เนื้อไก่ 8.00 เปอร์เซ็นต์ หมูหยอง 7.35 เปอร์เซ็นต์ ผงข้าวพัด 4.67 เปอร์เซ็นต์ ใบกะเพรา 2.75 เปอร์เซ็นต์ แครอท 2.11 เปอร์เซ็นต์ ต้นหอม 1.11 เปอร์เซ็นต์ แบนแซ 19.69 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 1.58 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 0.03 เปอร์เซ็นต์ พริกไทย 0.03 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 5.89 เปอร์เซ็นต์

**สูตรที่ 6** สูตรแกงเขียวหวาน ประกอบด้วย ข้าวพอง 43.62 เปอร์เซ็นต์ เนื้อไก่ 18.24 เปอร์เซ็นต์ ใบกะเพรา 2.78 เปอร์เซ็นต์ แบนแซ 24.90 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 2.56 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 1.01 เปอร์เซ็นต์ พริกไทย 1.02 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 5.87 เปอร์เซ็นต์

### 3.2.2 การศึกษาการอบแห้งของใบกะเพราและแครอท

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเทียบกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งใบกะเพราและแครอท

1. ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของผักแต่ละชนิดด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Shimadzu, BX 3000)
2. อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (กล้วยน้ำไทยการช่าง) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
3. นำออกมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และวัดค่า ปริมาณน้ำอิสระ (Aqualab model, CX 3TE) ทุก ๆ 15 นาที ใน 1 ชั่วโมงแรก แล้วเปลี่ยนเป็นชั่งน้ำหนักทุก ๆ ครึ่ง ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำมาวิเคราะห์และสรุปผลโดยเขียนกราฟระหว่างค่าความชื้นฐานแห้งกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ปริมาณน้ำอิสระ กับเวลาในการอบแห้ง เพื่อเลือกระยะเวลาที่จะใช้ในการอบแห้ง โดยกำหนดค่า ปริมาณน้ำอิสระ ที่ต้องการมีค่าเท่ากับ 0.5

### 3.2.3 การศึกษาการอบแห้งของไข่เค็ม

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเทียบกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งไข่เค็ม โดย

1. ปอกเปลือกไข่เค็ม
2. นำไข่เค็มมาแยกไข่ขาวและไข่แดงออกจากกัน
3. หั่นไข่เค็มเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกเต๋ายขนาด 0.3×0.3×0.3 เซนติเมตร
4. ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของไข่เค็ม
5. อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
6. นำออกมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และวัด ปริมาณน้ำอิสระทุก ๆ 15

นาที ใน 1 ชั่วโมงแรก แล้วเปลี่ยนเป็นชั่งน้ำหนักทุก ๆ ครึ่งชั่วโมง จนกระทั่ง น้ำหนักคงที่ นำมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์และสรุปผล โดยเขียนกราฟระหว่างค่าความชื้นฐานแห้งกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับเวลาในการอบแห้ง เพื่อเลือกระยะเวลาที่จะใช้ในการอบแห้งโดยกำหนดปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.5

### 3.2.4 การศึกษาการอบแห้งเสียบึงทรงชีพ

1. เตรียมเสียบึงทรงชีพตามวิธีข้างต้น โดยชั่งน้ำหนักแห้งประมาณ 40 กรัม
2. นำเสียบึงทรงชีพที่อัดแห้งแล้วมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (MEMMERT, UM500, Germany) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
3. นำเสียบึงทรงชีพออกมาชั่งน้ำหนักทุก ๆ 15 นาที ในช่วงโมงแรก แล้วเปลี่ยนเป็นชั่งน้ำหนักทุก ๆ 30 นาที ใน 3 ชั่วโมงต่อมา จากนั้นจึงชั่งน้ำหนักทุก ๆ ชั่วโมงจนกระทั่งเสียบึงทรงชีพมีน้ำหนักคงที่
4. ทุก 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างเสียบึงทรงชีพออกมา 1 แห่ง ตัดแบ่งเป็น 4 ส่วน ด้วยระยะจากจุดเริ่มต้น 2.5 5 และ 7.5 เซนติเมตร นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด แล้ววัดปริมาณน้ำอิสระ
5. เมื่อน้ำหนักคงที่นำเสียบึงทรงชีพออกมาอบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก (AOAC, 1995) เพื่อหาน้ำหนักแห้ง
6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งตามสมการ (2.2)
7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นฐานแห้งกับเวลาในการอบและกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับเวลาในการอบ เพื่อเลือกระยะเวลาในการอบแห้งเสียบึงทรงชีพที่เหมาะสม โดยปริมาณน้ำอิสระที่ต้องการมีค่าอยู่ประมาณ 0.5
8. ทำซ้ำข้อ 1-7 โดยเปลี่ยนอุณหภูมิในการอบเป็น 70 และ 90 องศาเซลเซียส
9. ทำซ้ำข้อ 1-8 โดยเปลี่ยนน้ำหนักของเสียบึง ทรงชีพเป็น 65 กรัม

## 3.3 ขั้นตอนการทำเสียบึงทรงชีพ

### 3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

กะเพรา

1. นำไปล้างน้ำ
2. นำมาเค็ดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นใบ
3. อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.2



รูปที่ 3.1 ใบกะเพราที่เด็ดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นใบ

#### แครอท

1. นำไปล้างน้ำ
2. ปอกเปลือกออก
3. หั่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด  $0.3 \times 0.3 \times 0.3$  เซนติเมตร
4. อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.2



รูปที่ 3.2 แครอทที่หั่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด  $0.3 \times 0.3 \times 0.3$  เซนติเมตร

#### ข้าวพอง

1. นำข้าวเหนียวดิบแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง
2. หุงให้สุกโดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที
3. นำข้าวเหนียวที่หุงแล้วมาแช่ในน้ำเพื่อให้เมล็ดข้าวเหนียวแยกตัวออกจากกัน
4. นำข้าวเหนียวมาสะเด็ดน้ำ แล้วเข้าอบในตู้อบแห้งแบบถาดโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้แห้ง
5. เมื่ออบเสร็จแล้วนำไปทอดในน้ำมันอุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วินาที จนข้าวพองตัว
6. ตักออกมา รอสะเด็ดน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การเตรียมเสบียงทรงชีพ

1. ชั่งส่วนผสมต่าง ๆ ตามสูตรที่ได้เลือกจากการทดลองที่ 3.2.1
2. นำเบะแซ น้ำตาล เกลือ น้ำ ผสมกัน
3. นำไปให้ความร้อนด้วยการใช้ Water bath ด้วยอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส
4. เมื่อส่วนผสมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ใส่ชอสปรงรกลงไป
5. นำส่วนผสมทั้งหมดใส่แก้วคลูกให้เข้ากัน
6. นำส่วนผสมที่ได้ใส่แม่พิมพ์ขนาด  $4 \times 10 \times 4.5$  เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก แล้วอัดแท่งด้วยน้ำหนัก 15 กิโลกรัม
7. อบแห้งเสบียงทรงชีพที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.4
8. เมื่ออบแห้งเสบียงทรงชีพเสร็จแล้ว บรรจุลงในถุงอคูมิเนียมพอลย์ แล้วบรรจุแบบสุญญากาศ เพื่อป้องกันมิให้เสบียงทรงชีพเสื่อมเสียหรือมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแสงและอากาศ



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของแม่พิมพ์



รูปที่ 3.4 เสบียงทรงชีพบรรจุภายในถุงอคูมิเนียมพอลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเสบียงทรงชีพ

เมื่ออบแห้งเสบียงทรงชีพตามระยะเวลาที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.4 แล้วทำการวัดค่าเนื้อสัมผัส และวัดค่า ปริมาณน้ำอิสระ ก่อนอบแห้ง หลังอบแห้ง และทุก ๆ สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยใช้หัววัดแบบ Blade with knife และตั้งค่าเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสดังต่อไปนี้

Option : return to start

Test speed : 2 mm/sec

Post-test speed : 10 mm/sec

Target Mode : Distance

Distance : 40 mm

Trigger Type : button

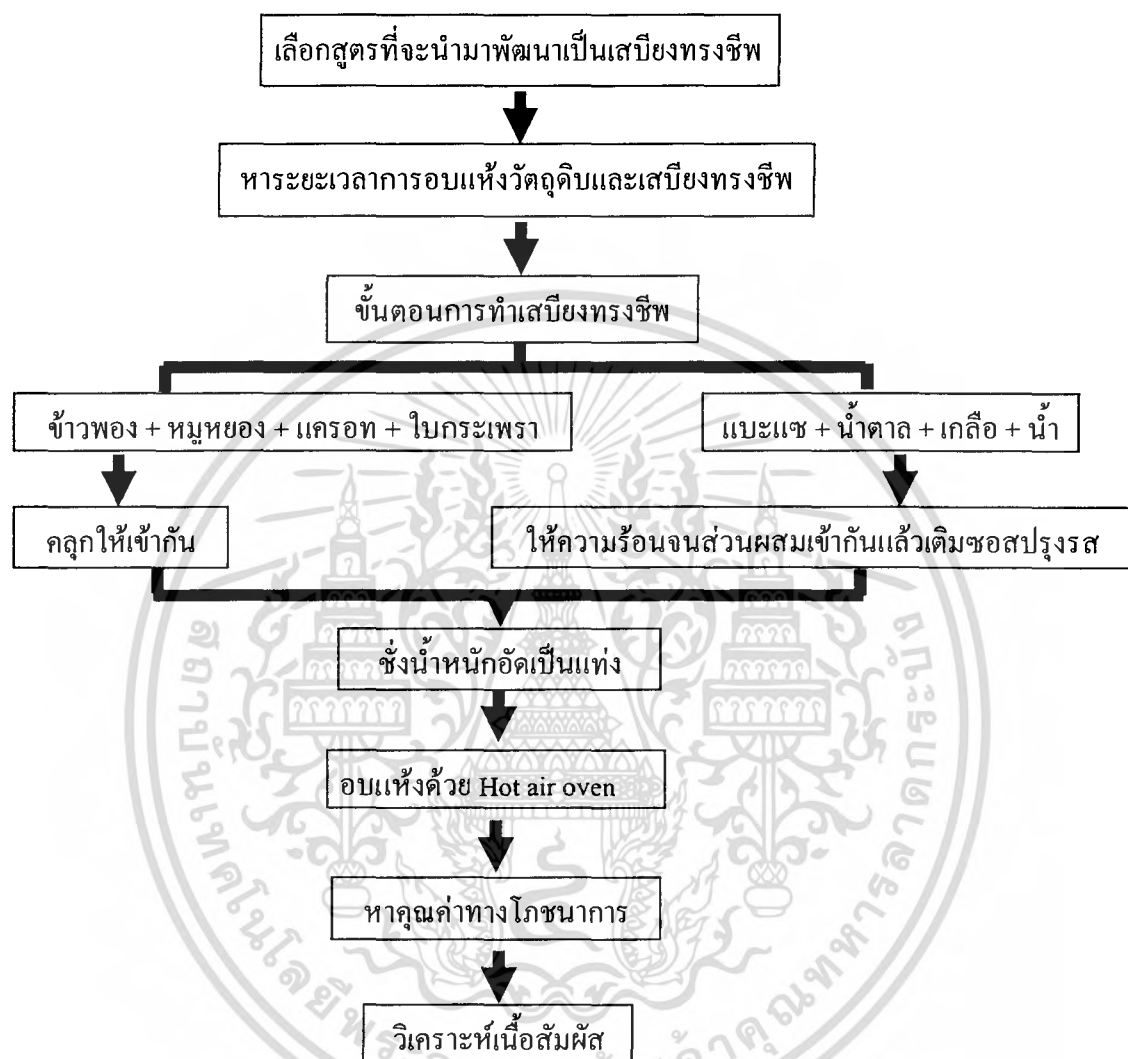


รูปที่ 3.5 ไขมีดแบบ Blade with knife



รูปที่ 3.6 การทดสอบเนื้อสัมผัสเสบียงทรงชีพ โดยใช้ไขมีดแบบ Blade with knife

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 การศึกษาหาสูตรเสบียงทรงซีฟ

จากการทดสอบรสชาติโดยผู้ทดสอบดังผลในตารางที่ 4.1 พบว่าสูตรที่เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อคือสูตรใบกะเพราใส่ไข่เค็ม แต่เมื่อทำการทดลองอบแห้งไข่เค็ม พบว่าไม่สามารถลดค่าปริมาณน้ำอิสระ ลงมาจนถึงระดับที่ต้องการได้ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งจะส่งผลให้เสบียงทรงซีฟเมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง ค่าความชื้นของไข่เค็มอาจจะแพร่ออกไปยังส่วนประกอบอื่น ทำให้ค่า ปริมาณน้ำอิสระ รวมมีค่าสูงกว่า 0.5 ซึ่งเป็นสาเหตุให้เสบียงทรงซีฟเน่าเสีย หรือเก็บไว้ได้ไม่นาน จึงเลือกเสบียงทรงซีฟสูตรใบกะเพราที่ได้รับความนิยมรองลงมาแทน

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของรสชาติและการเกาะตัวกันของเสบียงทรงซีฟสูตรต่าง ๆ

สูตรของเสบียงทรงซีฟ	ผลการทดสอบรสชาติและลักษณะการเกาะตัว
สูตรที่ 1 สูตรใบกะเพรา	รสชาติที่ได้เป็นที่น่าพอใจ การเกาะตัวกันเป็นที่น่าพอใจ
สูตรที่ 2 สูตรใบกะเพราใส่ไข่เค็ม	รสชาติที่ได้เป็นที่น่าพอใจมาก การเกาะตัวเป็นที่น่าพอใจ
สูตรที่ 3 สูตรผงกะหรี่	รสชาติที่ได้พอใช้ แต่มีกลิ่นที่รุนแรง และเมื่อต้องบริโภคน้ำตามในปริมาณมาก การเกาะตัวกันไม่ดีเท่าที่ควร
สูตรที่ 4 สูตรลาบ	มีรสชาติที่เผ็ดมาก การเกาะตัวกันเป็นที่น่าพอใจ
สูตรที่ 5 สูตรข้าวผัด	รสชาติที่ได้ ไม่มีรสชาติของข้าวผัดอย่างที่คาดหวังไว้ การเกาะตัวกันเป็นที่น่าพอใจ
สูตรที่ 6 สูตรแกงเขียวหวาน	เสบียงทรงซีฟที่ได้ ไม่เกาะตัวกันเป็นแท่ง

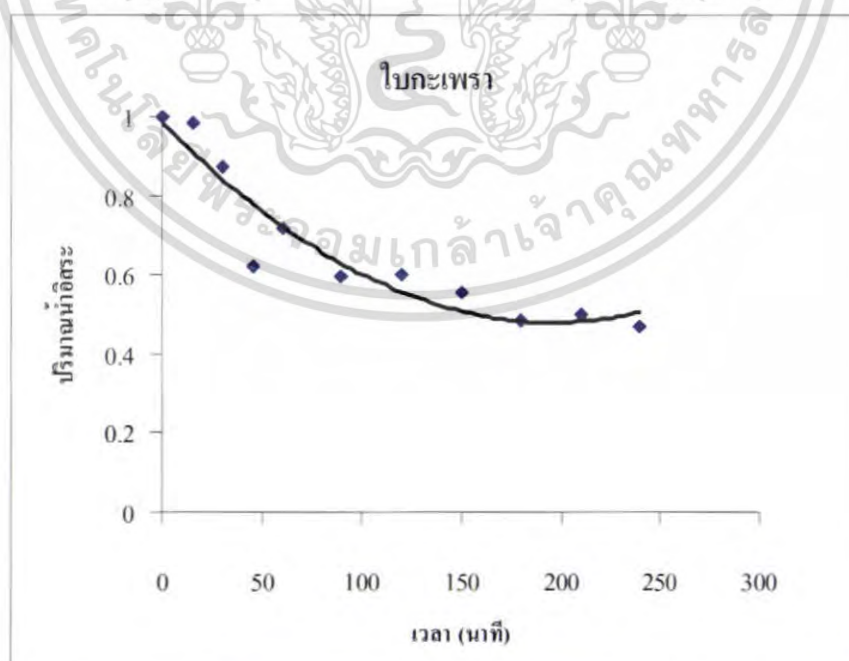
เมื่อส่วนผสมต่าง ๆ ของเสบียงทรงซีฟมีค่า ปริมาณน้ำอิสระ ต่ำกว่า 0.6 แล้ว จะทำให้ง่ายต่อการควบคุมเวลาและอุณหภูมิที่ใช้อบ เพื่อให้เสบียงทรงซีฟที่ได้มีค่า ปริมาณน้ำอิสระ รวมไม่เกิน 0.6 ซึ่งค่า ปริมาณน้ำอิสระ ของส่วนผสมต่าง ๆ ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ และค่า ปริมาณน้ำอิสระ ของส่วนผสมของเสบียงทรงจีพ

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์	ค่า water activity (ปริมาณน้ำอิสระ)
ข้าวพอง	41.55	0.52
หมูหยอง	16.64	0.55
ใบกะเพรา	0.74	0.50
แครอท	4.48	0.50
แบะแซ	26.90	0.64
น้ำตาล	1.79	0.62
ซอสปรุงรส	1.45	0.78
เกลือ	0.05	0.67
น้ำ	6.40	1.00

#### 4.2 การศึกษาหาระยะเวลาในการอบแห้งวัตถุดิบ

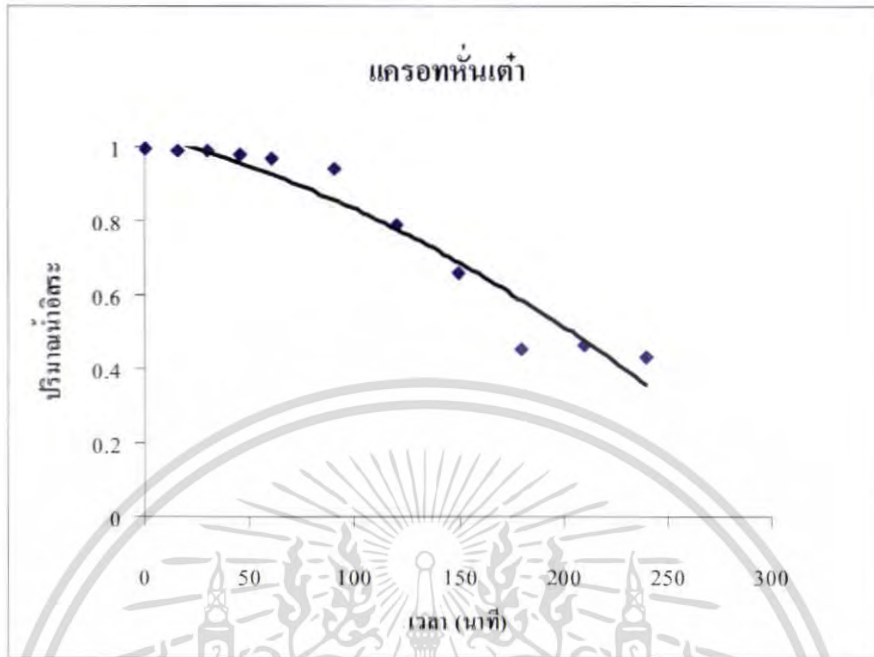
การหาระยะเวลาในการอบแห้งผัก เพื่อให้ผักมีปริมาณน้ำอิสระ ประมาณ 0.5 ซึ่งจะส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระ ไม่แตกต่างกับส่วนประกอบอื่นมากนักทำให้เวลาอบแห้งเสบียงทรงจีพใช้เวลาไม่นาน ส่วนประกอบที่จะทำการอบแห้งมีสองอย่างคือ ใบกะเพรา และแครอท



รูปที่ 4.1 แสดงค่า ปริมาณน้ำอิสระ ของใบกะเพราที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

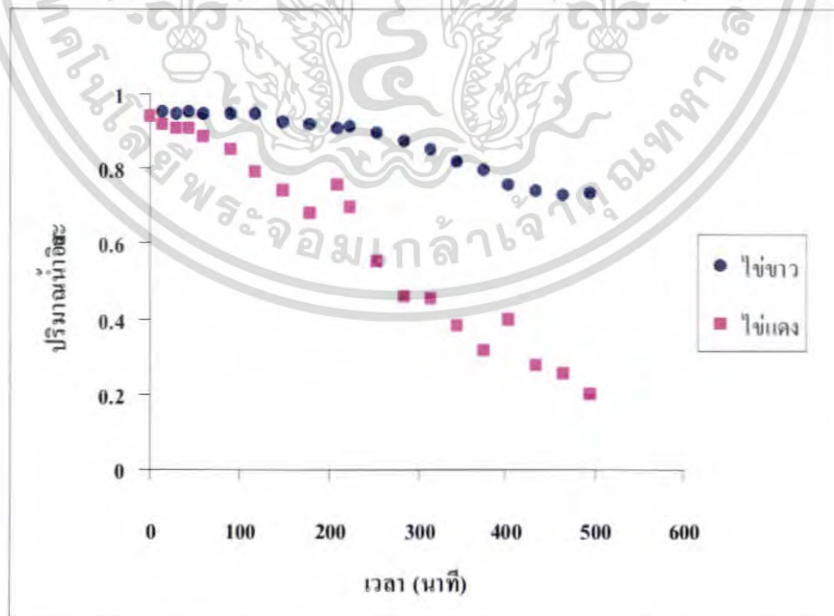
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากต้องการอบแห้งใบกะเพราให้ได้ปริมาณน้ำอิสระ ประมาณ 0.5 จะต้องใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 150 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.2 แสดงค่า ปริมาณน้ำอิสระ ของแครอทที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

หากต้องการอบแห้งใบกะเพราให้ได้ปริมาณน้ำอิสระประมาณ 0.5 จะต้องใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 200 นาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณน้ำอิสระของไข่เค็มที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

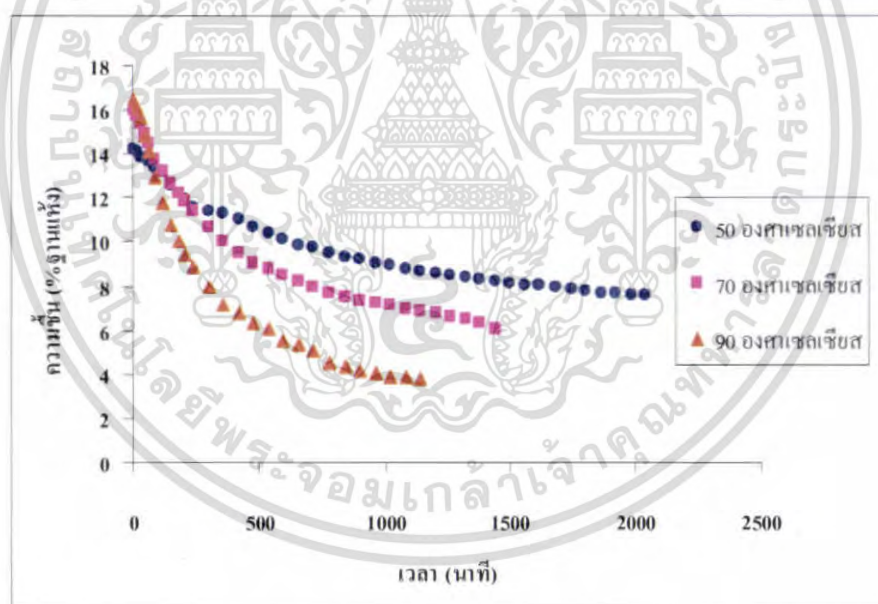
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำอิสระของไข่ขาวไม่สามารถลดค่าลงมาจนถึงระดับที่ต้องการได้ ส่วนไข่แดงต้องใช้เวลาในการอบแห้ง ค่า ปริมาณน้ำอิสระ ถึงจะลดค่าลงมาจนถึงระดับดังแสดงในรูปที่ 4.3

### 4.3 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง และปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพ

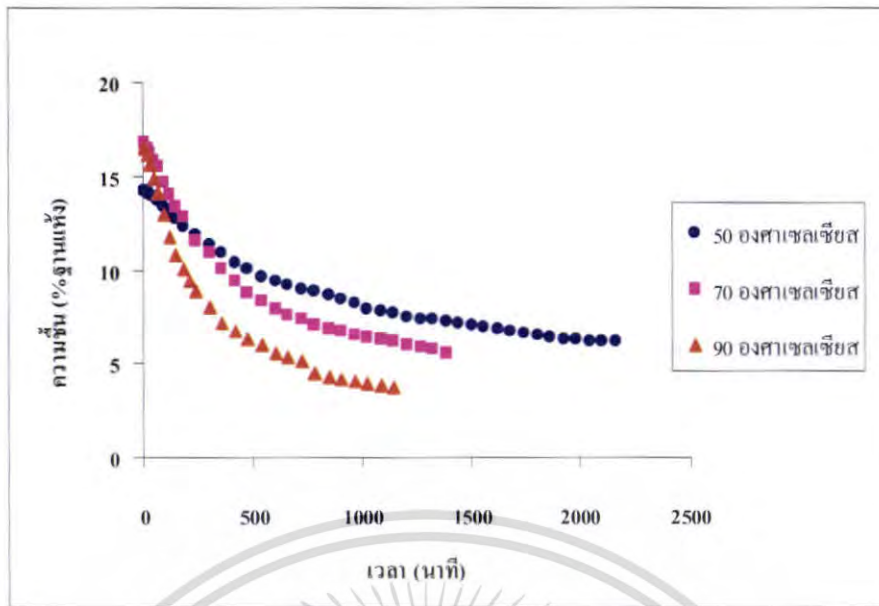
ในการอบแห้งเสบียงทรงชีพเพื่อหาค่าความชื้นที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการกำหนดระยะเวลาในการอบแห้ง (ให้ได้ค่า ปริมาณน้ำอิสระ น้อยกว่า 0.5) จากรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 เมื่ออบแห้งเสบียงทรงชีพที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความชื้นของเสบียงทรงชีพมีค่าลดลงรวดเร็วที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นลดลงช้าที่สุด และจากรูปที่ 4.6 พบว่าเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม จะมีค่าความชื้นลดลงเร็วกว่าขนาด 65 กรัม

ปริมาณน้ำอิสระก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความชื้น นั่นคืออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งยิ่งสูง ปริมาณน้ำอิสระยิ่งลดลงอย่างรวดเร็ว และเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม ปริมาณน้ำอิสระจะลดลงเร็วกว่าขนาด 65 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ รูปที่ 4.8

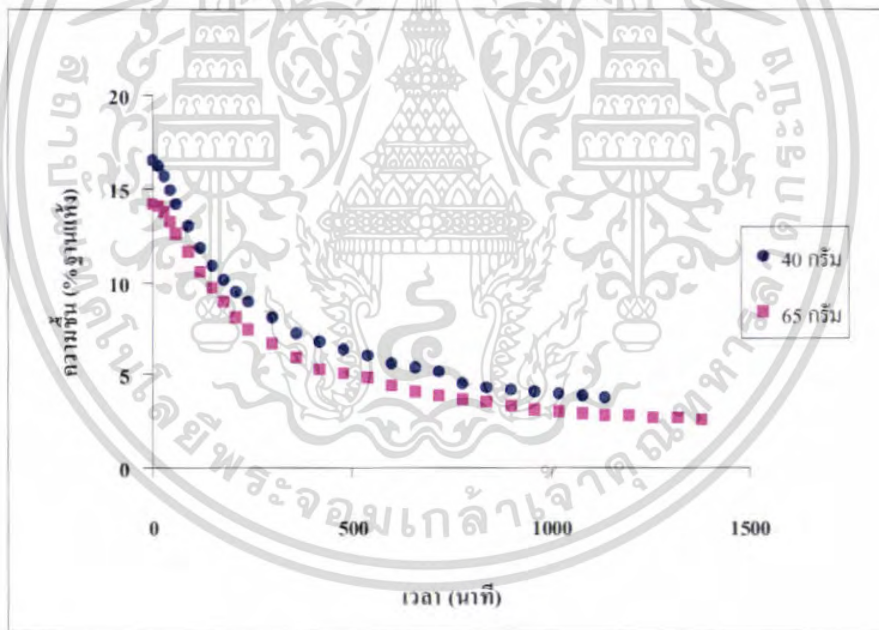


รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัมกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

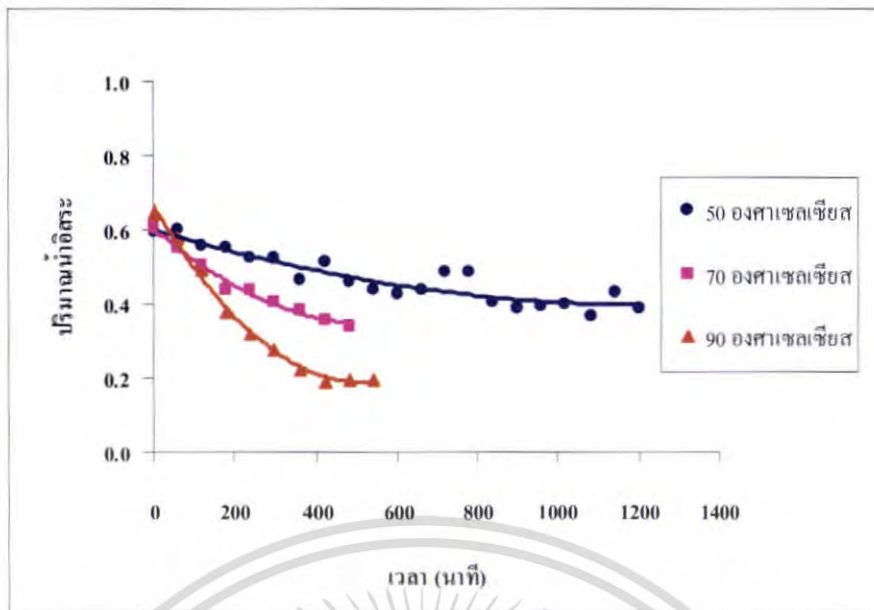


รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงรีพขนาด 65 กรัมกับเวลา

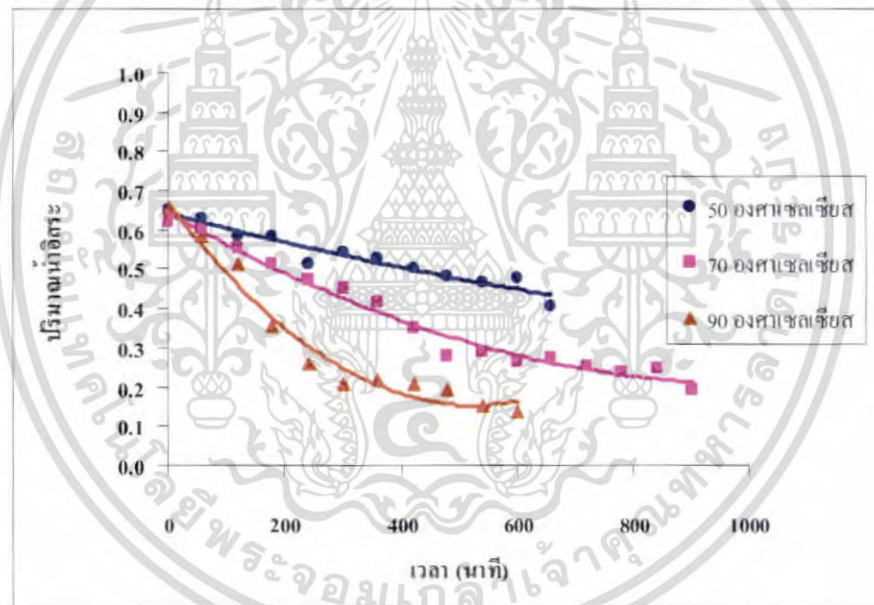


รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงรีพขนาด 40 และ 65 กรัมกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม กับเวลา



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพขนาด 65 กรัม กับเวลา

ตารางที่ 4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบเสบียงทรงชีพ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาในการอบ (นาที)	
	40 กรัม	65 กรัม
50	483	516
70	183	243
90	150	233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.5 จะได้ค่าความชื้นของเสบียงทรงชีพที่เหมาะสมคือ ความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ฐานแห้ง โดยระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเสบียงทรงชีพที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพื่อให้ได้ความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

#### 4.4 คุณค่าทางโภชนาการ

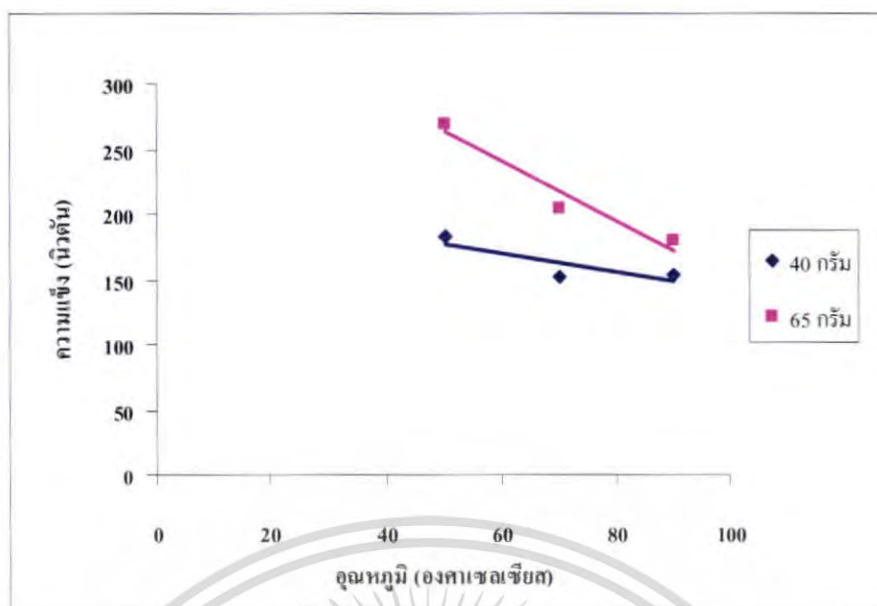
เสบียงทรงชีพเมื่ออบแห้งตามระยะเวลาที่กำหนดแล้ว ได้นำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คุณค่าทาง โภชนาการต่อ 100 กรัม

สารอาหาร	เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้ง		มาตรฐาน/วิธีการ
	มาตรฐานของกรมพาณิชย์	เสบียงที่พัฒนาขึ้น	
ความชื้น	-	8.48	AOAC (1995)
ไขมัน	ไม่น้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์	18.39	Soxtec System
โปรตีน	ไม่น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์	9.72	Kjeldahl Method
คาร์โบไฮเดรต	ไม่น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์	63.41	100 (%) - 1-2-3
พลังงาน	3,365 กิโลแคลอรี/คน/วัน	458.03 กิโลแคลอรี	

#### 4.5 การศึกษาเนื้อสัมผัสของเสบียงทรงชีพหลังการอบแห้ง

เมื่ออบแห้งเสบียงทรงชีพที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส ตามเวลาที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.4 แล้ว นำมาวัดค่าเนื้อสัมผัส ผลปรากฏว่าเสบียงทรงชีพขนาด 40 กรัม มีค่าความแข็งน้อยกว่าขนาด 65 กรัม ที่อุณหภูมิการอบแห้งทุกระดับเพราะระยะทางที่ความชื้นเคลื่อนตัวมาที่ผิวน้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงค่าความแข็งแรงของเสบียงทรงชีพหลังอบ ณ อุณหภูมิอบแห้งต่าง ๆ

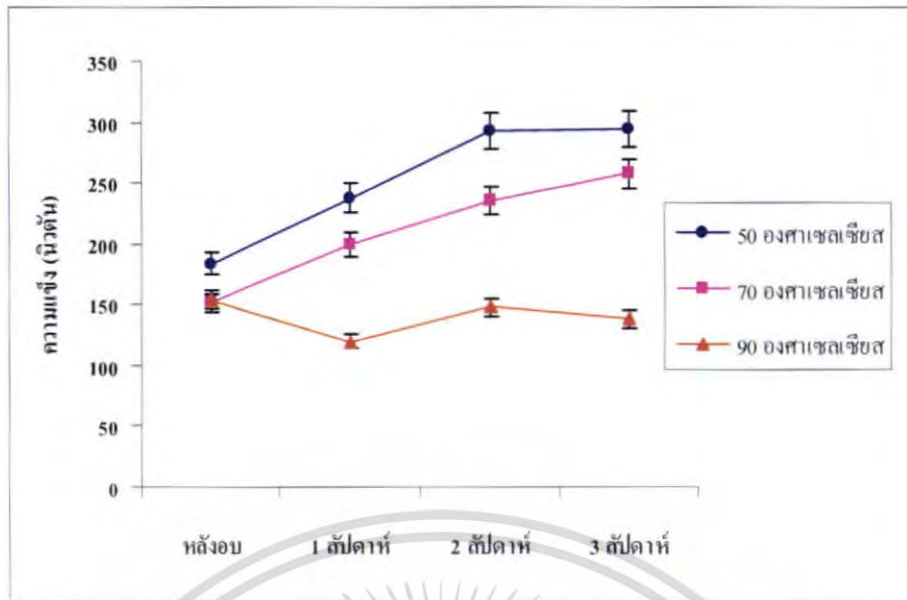
เสบียงทรงชีพขนาดเท่ากัน เมื่ออบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จะมีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด เมื่ออบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะมีค่าความแข็งแรงมากที่สุด เพราะที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการอบแห้งนานมากที่สุดทำให้ที่ผิวของเสบียงทรงชีพแข็ง

#### 4.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเสบียงทรงชีพในระยะเวลา 3 สัปดาห์

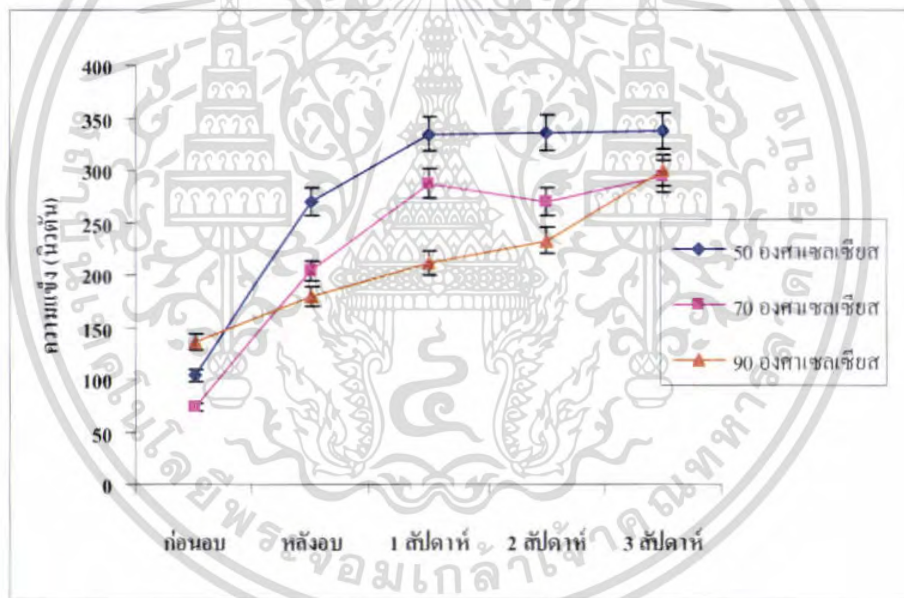
หลังจากที่อบแห้งเสบียงทรงชีพแล้วเก็บเสบียงทรงชีพไว้ในถุงอูมิเนียมพอลิเอทิลีนแบบสุญญากาศและนำออกมาวิเคราะห์ทุกสัปดาห์ พบว่าค่าความแข็งแรงของเสบียงทรงชีพทั้งขนาด 40 และ 65 กรัม มีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.10 และ รูปที่ 4.11 เพราะเมื่อเวลาผ่านไปความชื้นจากภายในเคลื่อนที่มาบริเวณผิวซึ่งขณะที่น้ำเคลื่อนที่จะพาน้ำตาลเคลื่อนที่มาที่ผิวด้วย ทำให้ความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

เมื่ออบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งแรงของเสบียงทรงชีพมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บน้อยที่สุด เมื่ออบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งแรงของเสบียงทรงชีพมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการอบที่อุณหภูมิต่ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) มากกว่า ความแข็งแรงจึงมีค่ามากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



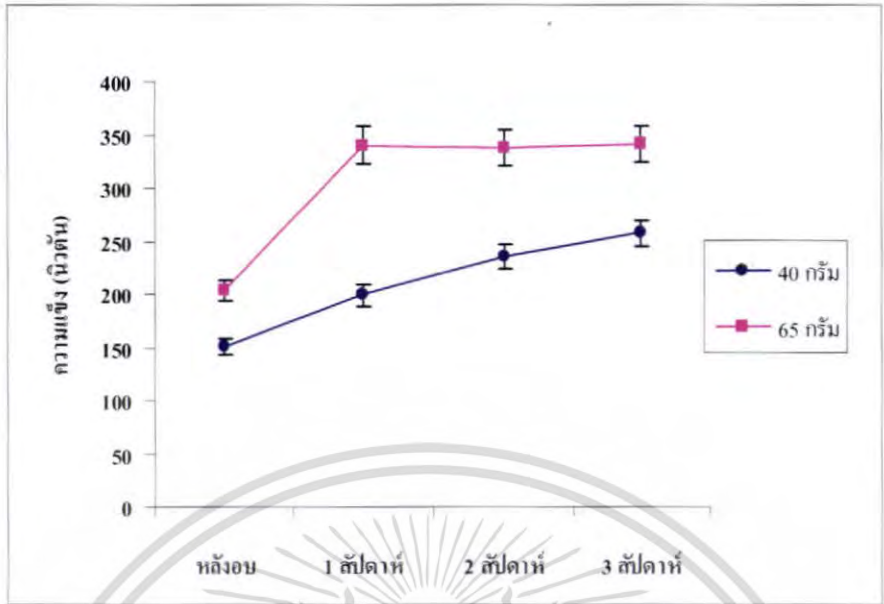
รูปที่ 4.10 แสดงค่าความแข็งแรงของเสบียงทรงซีพขนาด 40 กรัม ณ สัปดาห์ต่างๆ



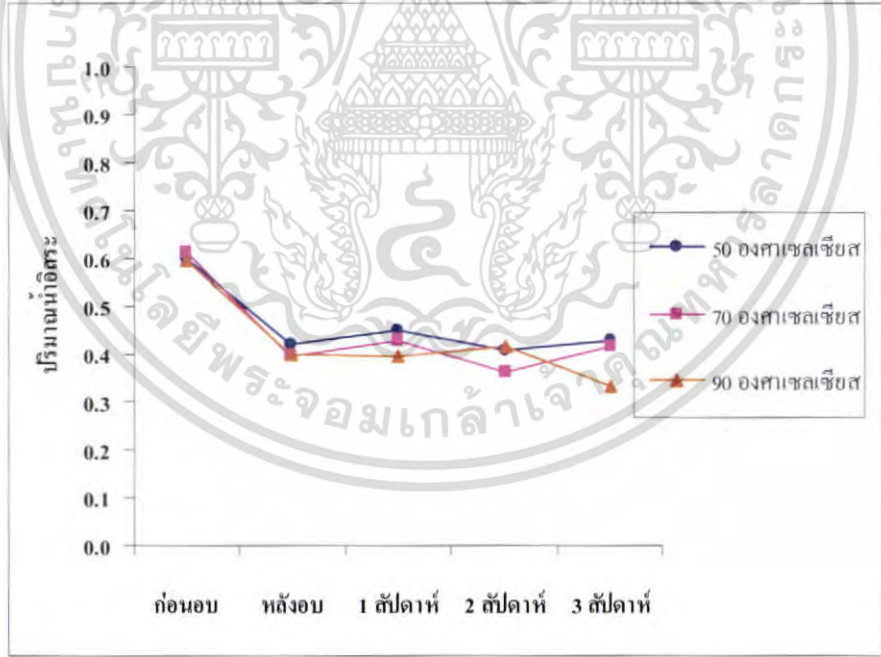
รูปที่ 4.11 แสดงค่าความแข็งแรงของเสบียงทรงซีพขนาด 65 กรัม ณ สัปดาห์ต่างๆ

ที่อุณหภูมิอบแห้งเท่ากัน ค่าความแข็งแรงของเสบียงทรงซีพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่เสบียงทรงซีพขนาด 40 กรัม มีค่าความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงน้อยกว่า ขนาด 65 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

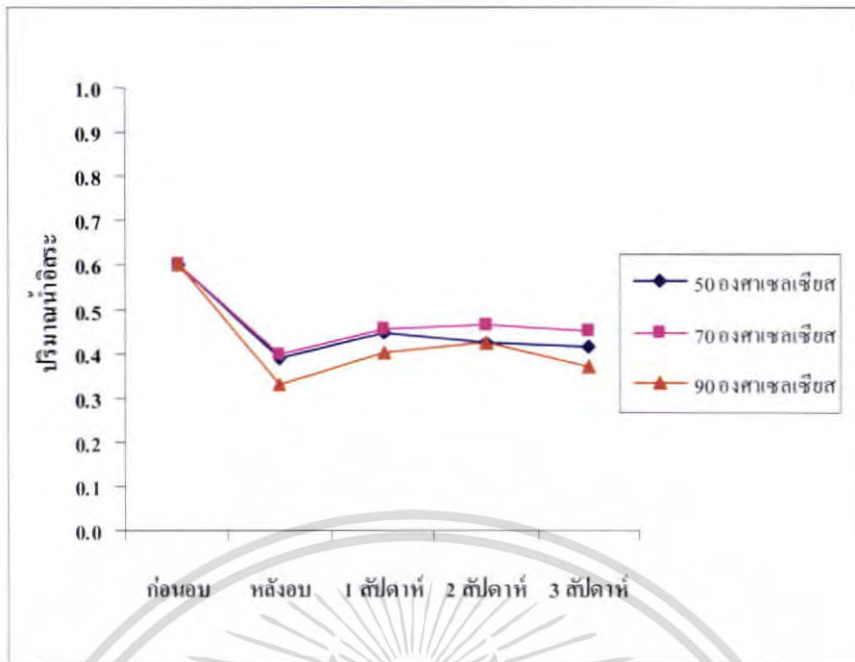


รูปที่ 4.12 แสดงค่าความแข็งแรงของเสียบขงทรงชีพ ขนาด 40 และ 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



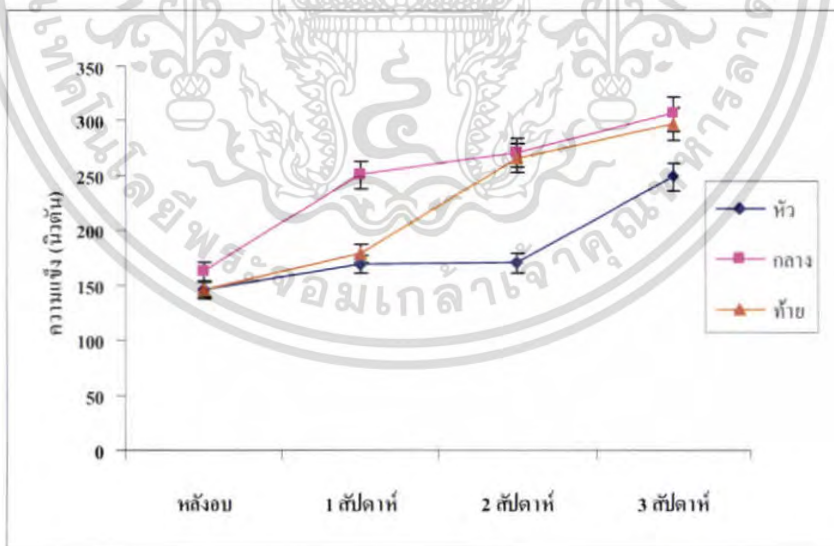
รูปที่ 4.13 แสดงปริมาณน้ำอิสระของเสียบขงทรงชีพ 40 กรัม ณ สัปดาห์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงรีขนาด 65 กรัม ณ สัปดาห์ต่าง ๆ

เมื่อเวลาผ่านไปเสบียงทรงรีขนาดเดียวกันจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำอิสระใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูป 4.13 และรูป 4.14



รูปที่ 4.15 แสดงค่าความแข็งส่วนหัว กลาง ท้าย ของเสบียงทรงรี ณ สัปดาห์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความแข็งแกร่งกลางของเสปียงทรงชีพมีค่าความแข็งแกร่งมาก ที่ส่วนหัวและส่วนท้ายมีค่าความแข็งแกร่งน้อยลงมา เมื่อเวลาผ่านไปค่าความแข็งแกร่งของส่วนต่าง ๆ มีแนวโน้มเข้าสู่ค่าหนึ่ง เนื่องมาจากการที่ความชื้นของเสปียงทรงชีพแต่ละส่วนไม่เท่ากันเกิดการเคลื่อนที่จนกระทั่งความชื้นภายในแห้งเท่ากันหมดทั้งแท่ง ดังแสดงในรูป 4.15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

เสบียงทรงชีฟคืออาหารที่ผลิตขึ้น เพื่อใช้ในกิจกรรมของกองทัพ สามารถรับประทานได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านการหุงต้ม ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงมีความสนใจที่จะทำการพัฒนาเสบียงทรงชีฟให้มีลักษณะเป็นแท่ง เพื่อความสะดวกในการพกพาและรับประทาน โดยเลือกจากรสชาติซึ่งเป็นที่ยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด คือ สูตรใบกะเพรา มี 2 ขนาด คือ ขนาด 40 กรัม และ 65 กรัม นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้ค่าความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ฐานแห้ง เพื่อให้ปริมาณน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.5 พบว่าขนาด 40 กรัม ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 483 183 และ 150 นาที ตามลำดับ ส่วนขนาด 65 กรัม ใช้เวลา 516 243 และ 233 นาที ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระและค่าความแข็งหลังอบแห้งจากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับค่าความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปัจจัยด้านขนาดของเสบียงทรงชีฟและอุณหภูมิในการอบแห้งไม่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระ

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งของเสบียงทรงชีฟอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ในขณะที่ปัจจัยเรื่องขนาดของเสบียงทรงชีฟส่งผลกระทบต่อค่าน้อยกว่า เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำระยะเวลาในการอบแห้งก็จะนานมากขึ้น ทำให้ผิวของเสบียงทรงชีฟแข็ง ส่วนที่อุณหภูมิสูง ความแข็งมีค่าน้อยกว่า เนื่องจากเสบียงทรงชีฟมีความชื้นค่อนข้างต่ำอยู่แล้วก่อนอบ จึงใช้เวลาในการอบแห้งน้อย ผิวของเสบียงทรงชีฟยังไม่เกิดการแข็งตัว

เมื่อนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีฟทุก ๆ สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์พบว่าปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีฟแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนค่าความแข็งมีแนวโน้มที่จะแข็งขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปค่าความชื้นด้านในของเสบียงทรงชีฟก็จะเคลื่อนมาที่ผิวและพาน้ำตาลที่ละลายอยู่ในน้ำเคลื่อนที่ตามมาเกิดเป็นผลึกบนผิวด้วยทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยพบว่าเสบียงทรงชีฟขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของเสบียงทรงชีฟขนาด 65 กรัม 1 แท่ง ให้พลังงาน 297.72 กิโลแคลอรี เเสบียงทรงชีฟขนาด 40 กรัม 1 แท่ง ให้พลังงาน 183.21 กิโลแคลอรี เพื่อที่จะให้ได้ปริมาณพลังงานเพียงพอกับความต้องการของทหารที่ฝึกคือ 3,365 กิโลแคลอรี/คน/วัน ตามมาตรฐานของกรมพลาธิการทหารบก จึงต้องรับประทานเสบียงทรงชีฟขนาด 65 กรัม จำนวน 12 แท่ง คิดเป็นน้ำหนักรวม 780 กรัม หรือรับประทานเสบียงทรงชีฟ ขนาด 40 กรัม จำนวน 19 แท่ง คิดเป็นน้ำหนักรวม 760 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการปรับปรุงสูตรของเสปียงทรงซีพีให้มีความหลากหลายมากกว่านี้
2. ควรทดลองอบเสปียงทรงซีพีที่อุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ
3. ควรมีการนำเสปียงทรงซีพีออกไปทดสอบการใช้งานภาคสนาม เพื่อดูความเหมาะสมในด้านการใช้งาน และความสะดวกในการพกพา
4. ควรทำการเก็บและวัดปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแข็งอย่างต่อเนื่องสัปดาห์ละ 1 ครั้ง จนกว่าเสปียงทรงซีพีจะเสียวหรือมีกลิ่นเหม็นหืน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กรมพลานิการทหารบก รายงานการวิจัย. 2544. โครงการวิจัยและพัฒนาเสบียงทรงชีพ. กรุงเทพฯ  
 กรรณิการ์ นำชัยสวัสดิ์ และชุติมา มหาทำนุโชค. 2547. “ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแ่งจากธัญพืช  
 เสริมผลไม้”. ปริญญานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร  
 โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จุฑารัตน์ จรุงสิริเศรษฐ์ ฦัฐวรรณ อำนาจอนันต์ และสิริพร พงษ์วุฒิประพันธ์. 2547. “การพัฒนา  
 ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแ่งแบบเหนียวนุ่ม”. ปริญญานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมเกษตร  
 สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอม  
 เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ฦัฐพล แสนยาเจริญกุล สุรเดช สองห้อง และอรุณทร ชูเชียว. 2548. “การประยุกต์ใช้ไอโซเทอร์ม  
 แบบดูคความชื้นเพื่อพัฒนาสูตรอาหารขบเคี้ยว”. ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์  
 สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- ดวงพร พงษ์พานิชกุล และ อมรรัตน์ วงศ์นั้ม. 2549. “คุณลักษณะทางเคมีกายภาพและทาง  
 ประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชนิดแ่งจากข้าวกล้องหอมมะลิเสริมสารพรีไบโอติก”.  
 ปริญญานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะ  
 อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์ : 370-373.
- วิมลศิริ ชนะสุดิ. 2539. “การพัฒนาอาหารเข้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแ่ง”. วิทยานิพนธ์  
 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิไล รังสาดทอง. 2545. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
 พระนครเหนือ.
- สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2547. **โภชนาการเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.



## ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์สถิติ ANOVA ของค่าความแข็งของเสียบยงทรงสี่เหลี่ยม

หลังอบแห้งที่อุณหภูมิและขนาดต่าง ๆ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	37838.432 <sup>a</sup>	5	7567.686	2.673	.056
Intercept	870377.277	1	870377.277	307.382	.000
Temp	16199.420	2	8099.710	2.860	.083
Size	17852.157	1	17852.157	6.305	.022
Temp * Size	3786.856	2	1893.428	.669	.525
Error	50968.519	18	2831.584		
Total	959184.228	24			
Corrected Total	88806.951	23			

หมายเหตุ : Temp หมายถึง อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความแข็งของเสียบยงทรงสี่เหลี่ยม

Size หมายถึง อิทธิพลของขนาดเสียบยงทรงสี่เหลี่ยมที่มีผลต่อค่าความแข็งของเสียบยงทรงสี่เหลี่ยม

Temp \* Size หมายถึง อิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและขนาดเสียบยงทรงสี่เหลี่ยมที่มีผลต่อค่าความแข็งของเสียบยงทรงสี่เหลี่ยม

ตารางที่ ก.2 การวิเคราะห์สถิติ ANOVA ของค่าความ ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพ  
หลังอบแห้งที่อุณหภูมิและขนาดต่าง ๆ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.018 <sup>a</sup>	5	.004	8.742	.000
Intercept	3.648	1	3.648	8.777E3	.000
Temp	.007	2	.004	8.780	.002
Size	.006	1	.006	15.483	.001
Temp * Size	.004	2	.002	5.334	.015
Error	.007	18	.000		
Total	3.674	24			
Corrected Total	.026	23			

หมายเหตุ : Temp หมายถึง อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพ

Size หมายถึง อิทธิพลของขนาดเสบียงทรงชีพที่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพ

Temp \* Size หมายถึง อิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและขนาดเสบียงทรงชีพที่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงชีพ



## ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข ตารางบันทึกผลการทดลองปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นฐานแห้ง ณ เวลาต่าง ๆ

ตารางที่ ข.1 ปริมาณน้ำอิสระของกะเพราและแครอท ณ เวลาต่าง ๆ

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำอิสระ	
	กะเพรา	แครอท
0	0.999	0.996
15	0.983	0.988
30	0.872	0.987
45	0.622	0.981
60	0.717	0.965
90	0.595	0.942
120	0.603	0.789
150	0.554	0.66
180	0.485	0.452
210	0.501	0.467
240	0.471	0.431

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ปริมาณน้ำอิสระของ ไข่ขาวและไข่แดง ณ เวลาต่าง ๆ

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำอิสระ	
	ไข่ขาว	ไข่แดง
0	0.94	0.938
15	0.952	0.919
30	0.942	0.908
45	0.949	0.906
60	0.946	0.886
90	0.942	0.849
120	0.946	0.788
150	0.925	0.742
180	0.917	0.678
210	0.908	0.759
225	0.909	0.695
255	0.894	0.555
285	0.873	0.458
315	0.849	0.451
345	0.815	0.379
375	0.794	0.314
405	0.759	0.397
435	0.74	0.276
465	0.73	0.253
495	0.733	0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 40 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ความชื้น (%db)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	14.24	14.15	14.19
15	14.19	14.02	14.10
30	13.83	13.90	13.87
45	13.76	13.87	13.81
60	13.64	13.74	13.69
90	13.41	13.35	13.38
120	13.15	13.27	13.21
150	12.60	12.62	12.61
180	12.21	12.18	12.20
240	11.71	11.49	11.60
300	11.48	11.31	11.40
360	11.35	11.30	11.32
540	10.41	10.39	10.40
600	10.15	10.15	10.15
660	9.89	9.85	9.87
780	9.55	9.53	9.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงซีพขนาด 40 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

เวลา (นาที)	ความชื้น (%db)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
840	9.40	9.31	9.35
900	9.24	9.18	9.21
960	9.11	9.02	9.07
1020	8.96	8.86	8.91
1080	8.82	8.77	8.80
1140	8.77	8.68	8.72
1200	8.65	8.55	8.60
1260	8.53	8.47	8.50
1320	8.42	8.38	8.40
1380	8.35	8.29	8.32
1440	8.25	8.20	8.23
1500	8.15	8.12	8.14
1560	8.09	8.03	8.06
1620	8.07	8.00	8.03
1680	7.97	7.91	7.94
1740	7.90	7.84	7.87
1800	7.86	7.73	7.80
1860	7.77	7.64	7.71
1920	7.74	7.62	7.68
1980	7.67	7.61	7.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 40 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ความชื้น (%db)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	16.19	15.81	16.00
15	15.75	15.69	15.72
30	15.38	15.36	15.37
45	14.85	15.08	14.96
90	13.53	14.03	13.78
120	12.97	13.50	13.23
150	12.47	12.93	12.70
180	12.02	12.47	12.25
210	11.60	12.10	11.85
240	11.21	11.63	11.42
300	10.49	10.85	10.67
360	9.91	10.20	10.05
420	9.41	9.60	9.50
480	9.02	9.14	9.08
540	8.63	8.83	8.73
600	8.47	8.46	8.47
660	8.20	8.24	8.22
720	7.94	7.89	7.92
780	7.68	7.70	7.69
840	7.52	7.58	7.55
900	7.39	7.31	7.35
960	7.25	7.16	7.20
1020	7.16	7.07	7.11
1080	7.01	6.93	6.97
1140	6.89	6.85	6.87
1200	6.88	6.65	6.77
1380	6.49	6.25	6.37
1440	6.30	5.89	6.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 40 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

เวลา (นาท)	ความชื้น (%db)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	16.79	16.05	16.42
15	16.40	15.81	16.11
30	15.83	15.39	15.61
45	15.00	14.74	14.87
60	14.19	14.11	14.15
90	12.96	12.84	12.90
120	11.84	11.66	11.75
150	10.85	10.70	10.78
180	10.13	9.88	10.00
210	9.57	9.32	9.44
240	9.04	8.70	8.87
300	8.12	7.84	7.98
360	7.34	7.03	7.18
420	6.90	6.60	6.75
480	6.48	6.09	6.29
540	6.21	5.83	6.02
600	5.79	5.31	5.55
660	5.43	5.19	5.31
720	5.26	4.93	5.10
780	4.58	4.49	4.54
840	4.37	4.24	4.31
900	4.25	4.03	4.14
1080	4.02	3.74	3.88
1140	3.88	3.66	3.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสปียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 65 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ความชื้น (%db)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	14.54	14.01	14.28
15	14.41	13.95	14.18
30	14.24	13.80	14.02
45	14.08	13.76	13.92
60	13.87	13.57	13.72
90	13.43	13.32	13.37
120	13.09	13.00	13.04
150	12.76	12.69	12.73
180	12.47	12.05	12.26
240	11.87	11.79	11.83
300	11.33	11.35	11.34
360	10.90	10.99	10.94
420	10.52	10.30	10.41
480	10.10	9.99	10.04
540	9.78	9.57	9.68
600	9.59	9.23	9.41
660	9.27	9.03	9.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงรีพขนาด 65 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

เวลา (นาที)	ความชื้น (%db)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
720	9.09	8.91	9.00
780	8.94	8.90	8.92
840	8.72	8.55	8.63
900	8.53	8.27	8.40
960	8.45	8.08	8.26
1140	7.71	7.64	7.68
1200	7.59	7.39	7.49
1260	7.43	7.27	7.35
1320	7.58	7.09	7.34
1380	7.49	6.99	7.24
1440	7.42	6.99	7.20
1500	7.30	6.88	7.09
1560	7.12	6.83	6.98
1620	6.95	6.77	6.86
1680	6.86	6.70	6.78
1740	6.74	6.45	6.60
1800	6.57	6.43	6.50
1860	6.51	6.33	6.42
1920	6.42	6.25	6.33
1980	6.31	6.21	6.26
2040	6.28	6.13	6.21
2100	6.26	6.10	6.18
2160	6.26	6.09	6.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 65 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ความชื้น (%db)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	15.02	18.56	16.79
15	14.85	18.10	16.47
30	14.50	17.97	16.24
45	13.96	17.72	15.84
60	13.47	17.46	15.46
90	12.44	16.91	14.67
180	10.51	15.08	12.79
240	9.49	13.69	11.59
300	8.53	13.38	10.96
360	7.63	12.58	10.10
420	7.02	11.81	9.41
480	6.55	11.05	8.80
540	6.16	10.58	8.37
600	5.85	10.06	7.95
660	5.58	9.69	7.64
720	5.38	9.35	7.36
780	5.14	8.94	7.04
840	5.04	8.66	6.85
900	4.78	8.60	6.69
960	4.74	8.34	6.54
1020	4.69	8.15	6.42
1080	4.63	8.00	6.32
1140	4.54	7.82	6.18
1200	4.40	7.63	6.02
1260	4.27	7.55	5.91
1320	4.18	7.41	5.80
1380	4.01	7.18	5.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเสบียงทรงซีพขนาด 65 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ความชื้น (%db)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	13.70	14.57	14.14
15	13.59	14.48	14.04
30	13.20	14.20	13.70
90	10.87	12.16	11.52
120	9.87	11.15	10.51
150	8.96	10.29	9.63
180	8.19	9.51	8.85
210	7.24	8.85	8.04
240	6.58	8.15	7.36
300	6.19	7.14	6.66
360	5.36	6.35	5.85
420	4.85	5.72	5.29
480	4.46	5.55	5.00
540	4.22	5.37	4.80
600	3.93	4.74	4.34
660	3.76	4.44	4.10
720	3.55	4.21	3.88
780	3.34	4.02	3.68
840	3.20	3.92	3.56
900	3.01	3.72	3.36
960	2.74	3.43	3.09
1020	2.63	3.35	2.99
1080	2.53	3.22	2.88
1140	2.51	3.15	2.83
1200	2.44	3.11	2.77
1260	2.32	3.01	2.66
1320	2.27	3.00	2.64
1380	2.24	2.94	2.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 ปริมาณน้ำอิสระของเสปียงทรงรีพขนาด 40 กรัม (Drying Curve)

ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.626	0.597	0.611
60	0.578	0.600	0.589
120	0.561	0.555	0.558
180	0.554	0.552	0.553
240	0.520	0.527	0.523
300	0.516	0.524	0.520
360	0.515	0.464	0.489
420	0.510	0.512	0.511
480	0.463	0.458	0.460
540	0.511	0.435	0.473
600	0.506	0.426	0.466
660	0.508	0.438	0.473
720	0.418	0.487	0.452
780	0.456	0.489	0.473
840	0.457	0.407	0.432
900	0.465	0.388	0.426
960	0.418	0.394	0.406
1020	0.425	0.403	0.414
1080	0.410	0.369	0.389
1140	0.377	0.432	0.404
1200	0.425	0.390	0.407

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงซีพขนาด 40 กรัม (Drying Curve)

ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.614	0.606	0.610
60	0.581	0.551	0.566
120	0.518	0.502	0.510
180	0.486	0.436	0.461
240	0.436	0.437	0.437
300	0.413	0.406	0.409
360	0.383	0.383	0.383
420	0.358	0.359	0.358
480	0.338	0.342	0.340

ตารางที่ ข.11 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงซีพขนาด 40 กรัม (Drying Curve)

ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.664	0.642	0.653
60	0.596	0.576	0.586
120	0.516	0.490	0.503
180	0.432	0.380	0.406
240	0.344	0.319	0.331
300	0.278	0.275	0.277
360	0.246	0.223	0.235
420	0.230	0.191	0.210
480	0.228	0.194	0.211
540	0.21225	0.1955	0.204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.12 ปริมาณน้ำอิสระของเสปียงทรงรีพขนาด 65 กรัม (Drying Curve)**

ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.633	0.649	0.641
60	0.613	0.629	0.621
120	0.569	0.586	0.578
180	0.546	0.584	0.565
240	0.510	0.512	0.511
300	0.512	0.545	0.529
360	0.496	0.527	0.511
420	0.469	0.501	0.485
480	0.477	0.484	0.480
540	0.462	0.469	0.465

**ตารางที่ ข.13 ปริมาณน้ำอิสระของเสปียงทรงรีพขนาด 65 กรัม (Drying Curve)**

ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.664	0.621	0.642
60	0.604	0.602	0.603
120	0.544	0.554	0.549
180	0.509	0.510	0.510
240	0.435	0.473	0.454
300	0.384	0.450	0.417
360	0.336	0.418	0.377
420	0.301	0.353	0.327
480	0.287	0.282	0.284
540	0.282	0.288	0.285
600	0.275	0.264	0.269

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.14 ปริมาณน้ำอิสระ ของเสบียงทรงสี่เหลี่ยม 65 กรัม (Drying Curve)

ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.619	0.648	0.634
60	0.554	0.583	0.568
120	0.535	0.512	0.523
180	0.410	0.354	0.382
240	0.267	0.257	0.262
300	0.280	0.208	0.244
360	0.256	0.219	0.237
420	0.221	0.206	0.214
480	0.174	0.192	0.183
540	0.187	0.153	0.170
600	0.147	0.139	0.143

ตารางที่ ข.15 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงสี่เหลี่ยม 40 กรัม

ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ก่อนอบ	0.610	0.589	0.600
หลังอบ	0.441	0.403	0.422
1 สัปดาห์	0.443	0.459	0.451
2 สัปดาห์	0.410	0.404	0.407
3 สัปดาห์	0.439	0.421	0.430

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.16 ปริมาณน้ำอิสระ ของเสปียงทรงชีพขนาด 40 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ก่อนอบ	0.614	0.608	0.611
หลังอบ	0.392	0.404	0.398
1 สัปดาห์	0.456	0.400	0.428
2 สัปดาห์	0.380	0.348	0.364
3 สัปดาห์	0.427	0.406	0.417

ตารางที่ ข.17 ปริมาณน้ำอิสระของเสปียงทรงชีพขนาด 40 กรัม  
ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ก่อนอบ	0.598	0.592	0.595
หลังอบ	0.399	0.399	0.399
1 สัปดาห์	0.354	0.436	0.395
2 สัปดาห์	0.418	0.418	0.418
3 สัปดาห์	0.287	0.381	0.334

ตารางที่ ข.18 ปริมาณน้ำอิสระของเสปียงทรงชีพขนาด 65 กรัม ณ เวลาต่างๆ  
ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ก่อนอบ	0.607	0.597	0.602
หลังอบ	0.395	0.387	0.391
1 สัปดาห์	0.449	0.448	0.449
2 สัปดาห์	0.429	0.423	0.426
3 สัปดาห์	0.419	0.417	0.418

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.19 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 65 กรัม ณ เวลาต่าง ๆ  
ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ	ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ก่อนอบ	0.590	0.617	0.603
หลังอบ	0.396	0.398	0.397
1 สัปดาห์	0.480	0.436	0.458
2 สัปดาห์	0.491	0.4435	0.467
3 สัปดาห์	0.470	0.4305	0.450

ตารางที่ ข.20 ปริมาณน้ำอิสระของเสบียงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 65 กรัม ณ เวลาต่าง ๆ  
ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ	ค่า ปริมาณน้ำอิสระ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ก่อนอบ	0.602	0.604	0.603
หลังอบ	0.331	0.334	0.332
1 สัปดาห์	0.362	0.444	0.403
2 สัปดาห์	0.344	0.505	0.424
3 สัปดาห์	0.408	0.338	0.373

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค ตารางค่าความแข็งของเสียบึงทรงสี่เหลี่ยม

ตารางที่ ค.1 ค่าความแข็งของเสียบึงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ครั้งที่	แท่งที่	ระยะที่ตัด (mm)	ความแข็ง (N)				
			ก่อนอบ	หลังอบ	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์
1	1	2.5	35.7065	210.5606	157.7358	336.7984	323.900
		5	44.8801	221.1173	182.5222	387.3557	374.311
		7.5	100.8238	160.0409	204.3801	376.5625	290.025
	2	2.5	59.7234	93.2943	313.0826	208.6173	214.109
		5	72.1317	182.0156	292.1467	321.4309	380.456
		7.5	23.364	140.2715	130.1813	249.6038	187.741
2	1	2.5	43.2656	201.6504	281.2306	243.024	412.809
		5	56.4839	297.7529	341.9726	374.1746	391.813
		7.5	56.9599	170.3176	250.3911	336.2491	136.371
	2	2.5	43.7867	172.2773	328.5858	210.0971	276.755
		5	70.3915	144.0358	251.5048	303.5129	400.177
		7.5	46.7414	208.1368	121.7619	171.4952	141.399

ตารางที่ ค.2 ค่าความแข็งของเสียบึงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ครั้งที่	แท่งที่	ระยะที่ตัด (mm)	ความแข็ง (N)				
			ก่อนอบ	หลังอบ	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์
1	1	2.5	106.0894	179.4012	138.5124	93.5385	275.282
		5	157.0928	178.6194	397.2044	410.1787	373.0297
		7.5	152.6849	126.9045	220.9755	376.22	445.208
	2	2.5	187.2632	152.188	316.2664	344.0815	199.5689
		5	97.3198	140.8131	313.2463	307.1771	310.3005
		7.5	154.4185	175.8758	328.7022	307.2503	225.3516
2	1	2.5	56.7725	138.4183	135.8769	47.9163	222.7882
		5	71.704	156.2679	147.635	177.6	240.1579
		7.5	54.7245	107.4785	37.3861	207.4293	150.9277
	2	2.5	18.3115	112.2454	83.9198	194.8136	104.7066
		5	67.7652	174.3964	145.7988	188.6216	272.165
		7.5	40.0913	176.5251	129.3743	176.2451	272.2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ค่าความแข็งของเสียบยंत्रงซีพขนาด 40 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ครั้งที่	แท่งที่	ระยะที่ตัด (mm)	ความแข็ง (N)				
			ก่อนอบ	หลังอบ	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์
1	1	2.5	120.0649	213.4011	99.2959	56.1995	107.4639
		5	109.0829	162.6693	84.1714	52.1567	78.6934
		7.5	70.0512	117.7907	98.9296	68.08	63.4067
	2	2.5	87.7909	142.8191	55.1043	74.02	120.002
		5	142.7868	144.3944	41.4505	60.8099	45.2129
		7.5	112.9808	192.2481	90.9853	46.7639	120.2874
2	1	2.5	114.891	130.797	142.3562	132.265	141.0704
		5	102.4953	203.0717	123.9992	201.326	235.1205
		7.5	95.7041	153.3843	129.2961	210.308	297.3618
	2	2.5	143.267	96.6904	158.7058	269.37	191.7322
		5	111.889	175.6013	199.9538	197.15	207.9743
		7.5	115.1451	120.3664	217.1912	346.712	121.778

ตารางที่ ค.4 ค่าความแข็งของเสียบยंत्रงซีพขนาด 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ครั้งที่	แท่งที่	ระยะที่ตัด (mm)	ความแข็ง (N)				
			ก่อนอบ	หลังอบ	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์
1	1	2.5	107.8015	87.3225	345.111	438.132	495.843
		5	83.4096	176.6048	351.952	345.778	356.111
		7.5	83.0594	149.8881	449.003	320.138	457.855
	2	2.5	64.1131	360.6285	427.118	381.350	320.810
		5	90.6449	498.8929	328.332	450.872	459.323
		7.5	141.45	370.2074	417.190	425.641	386.982
2	1	2.5	125.1106	215.0658	305.780	248.331	275.171
		5	111.8707	273.5526	288.859	327.389	204.841
		7.5	93.5226	255.9819	255.168	275.981	262.819
	2	2.5	105.2421	270.6927	304.699	308.328	207.518
		5	118.7641	305.8674	301.879	256.920	384.171
		7.5	125.7394	273.1865	243.358	243.758	244.968

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 ค่าความแข็งของเสียบยงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ครั้งที่	แท่งที่	ระยะที่ตัด (mm)	ความแข็ง (N)				
			ก่อนอบ	หลังอบ	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์
1	1	2.5	110.2248	220.3517	367.521	238.389	320.810
		5	36.3153	165.625	198.391	208.599	242.819
		7.5	112.8172	193.0847	202.959	287.119	308.062
	2	2.5	68.1396	195.4633	207.919	219.471	261.622
		5	61.9883	175.6153	264.700	309.939	311.149
		7.5	87.8208	154.3836	268.601	345.911	295.580
2	1	2.5	31.8443	266.4911	224.969	257.450	297.991
		5	57.264	225.0539	228.599	346.312	319.600
		7.5	76.9953	266.0927	345.240	261.351	270.212
	2	2.5	55.0594	260.7089	350.071	259.469	270.069
		5	126.6181	189.5066	469.554	236.249	292.448
		7.5	67.8212	134.6012	317.318	271.279	348.598

ตารางที่ ค.6 ค่าความแข็งของเสียบยงทรงสี่เหลี่ยมขนาด 65 กรัม ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ครั้งที่	แท่งที่	ระยะที่ตัด (mm)	ความแข็ง (N)				
			ก่อนอบ	หลังอบ	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์
1	1	2.5	176.4121	130.1811	170.878	54.228	184.970
		5	119.0409	197.22	155.981	57.720	229.128
		7.5	74.0988	138.666	33.830	32.657	156.110
	2	2.5	156.1161	143.9056	101.210	82.292	228.189
		5	107.654	194.281	114.368	67.791	157.449
		7.5	118.0556	131.765	106.050	38.660	199.738
2	1	2.5	114.3709	258.1257	266.048	363.629	344.168
		5	138.5486	283.7086	449.003	494.776	371.551
		7.5	101.7986	176.0513	226.579	365.911	391.408
	2	2.5	171.2167	152.8481	369.269	350.208	428.728
		5	152.8363	162.8566	307.919	281.621	471.289
		7.5	199.2094	183.0471	232.762	606.159	446.290

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้