ผลของกรรมวิธีก่อนการทอดต่อคุณภาพของมันเทศทอดในสภาวะบรรยากาศ
EFFECT OF PRE-TREATMENTS ON THE QUALITY OF ATMOSPHERIC FRYING PURPLE SWEET POTATO

นายกานต์ วิวัฒนพงศ์ศักดิ์
นางสาวสุพิชชา สุขวัฒนานุกิจ
นายสุฤทธิ์ อาสิงสมานันท์
นางสาวอรุณกมล เกิดคล้าย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

ผลของกรรมวิธีก่อนการทอดต่อคุณภาพของมันเทศทอดในสภาวะบรรยากาศ

EFFECT OF PRE-TREATMENTS ON THE QUALITY OF ATMOSPHERIC FRYING PURPLE SWEET POTATO

นายกานต์ วิวัฒนพงศ์ศักดิ์

นางสาวสุพิชชา สุขวัฒนานุกิจ

นายสุฤทธิ์ อาสิงสมานันท์

นางสาวอรุณกมล เกิดคล้าย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF PRE-TREATMENTS ON THE QUALITY OF ATMOSPHERIC FRYING PURPLE SWEET POTATO

MR. KARN WIWATTANAPONGSAK

MS. SUPITCHA SUKWATTANANUKIT

MR. SURIT ARSINGSAMANUNT

MS. AROONKAMOL KOETKHLAI

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KIN MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลของกรรมวิธีก่อนการทอดต่อคุณภาพของมันเทศทอดในสภาวะบรรยากาศ

EFFECT OF PRE-TREATMENTS ON THE QUALITY OF ATMOSPHERIC FRYING PURPLE SWEET POTATO

ผู้จัดทำ

1. นายกานต์ วิวัฒนพงศ์ศักดิ์
2. นางสาวสุพิชชา สุขวัฒนานุกิจ
3. นายสุฤทธิ์ อาสิงสมานันท์
4. นางสาววรุณกมล เกิดคล้าย

วรีสา ชูวัฒนกูล .....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.วรีสา ชูวัฒนกูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน ผลของกรรมวิธีก่อนการทอดต่อคุณภาพของมันเทศทอดในสภาวะบรรยากาศ

จัดทำโดย นายกานต์ วิวัฒนพงศ์ศักดิ์
นางสาวสุพิชชา สุขวัฒนานุกิจ
นายสุฤทธิ์ อาสิงสมานันท์
นางสาวอรุณกมล เกิดคล้าย

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วรีสา ชูวัฒนกูล
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาผลของกรรมวิธีก่อนการทอดในสภาวะบรรยากาศของมันเทศสีม่วง (Purple sweet potato) เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยผ่านการอบแห้งและแช่แข็งก่อนกระบวนการทอด โดยการนำมันเทศสีม่วงมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และแช่แข็งแบบทั่วไปที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมันเทศสีม่วงมาทอดในสภาวะบรรยากาศ 3ระดับที่อุณหภูมิ 150, 160 และ 170องศาเซลเซียส เวลาการทอด 3ระดับ คือ 2, 4 และ 6 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมันเทศสีม่วงหลังการทอด จากการศึกษาคุณลักษณะผลิตภัณฑ์พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ได้ค่าปริมาณน้ำอิสระที่น้อยที่สุดคือ 0.217 ค่าความชื้นมีค่าเท่ากับ 0.94% และค่าปริมาณน้ำมันคือ 18.10 % เมื่อทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ส่วนการแข่งแข็งก่อนนำไปทอดส่งผลให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 60.83% ค่าความชื้นมีค่า 10.28% ปริมาณน้ำมันมีค่า 45.32% และปริมาณน้ำอิสระมีค่า 0.705

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project title Effects of pre-treatments on the quality of atmospheric frying purple sweet potato

By MR. KARN WIWATTANAPONGSAK

MS. SUPITCHA SUKWATANANUKIT

MR. SURIT ARSINGSAMANUNT

MS. AROONKAMOL KOETKHLAI

Advisor Dr. Varesa Chuwattanakul

Department of Food Engineering

Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic year 2016

Abstract

This research studies the effects of pre-treatments by drying and freezing process on the quality of atmospheric frying purple sweet potato to preserve the nature of product. In the experiment, purple sweet potato chips were pre-treatment by drying at 70 and 80 °C for 2 hours. The pre-treatment of purple sweet potato chips were also examined by freezing process at -20 °C for 12 hours. After pre-treatments, the products were fried in a traditional (atmospheric pressure) fryer at 150, 160 and 170 °C for 2, 4 and 6 minutes. Experiments were carried out triplicate and analyzed the physical and chemical properties of the purple sweet potato chips. The results showed that the lowest water activity of products by drying process pre-treatment at 80°C was 0.217, moisture content was 0.94% and oil content was 18.10% in frying at 170°C for 6 minutes. Freezing process pre-treatment leaded to increase percentage yield which was 60.83%, moisture content was 10.28%, oil content was 45.32% and water activity was 0.705.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาและความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วรีสา ชูวัฒนกูล ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการศึกษาวิจัย พร้อมทั้งช่วยปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งความห่วงใยและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณคุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์, คุณอำนาจ คูตะคุ, คุณบุญนำ ผลโพธิ์ และคุณสุธัญญา ถาดนาค เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและธุรการ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในด้านการดำเนินงานวิจัยและข้อมูลด้านเอกสารทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆนักศึกษาทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และคอยสอบถามความก้าวหน้าของโครงงาน สุดท้ายนี้คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กานต์ วิวัฒนพงศ์ศักดิ์
สุพิชชา สุขวัฒนานุกิจ
สุฤทธิ์ อาสิงสมานันท์
อรุณกมล เกิดคล้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ปกในภาษาไทย i

ปกในภาษาอังกฤษ ii

หน้าอนุมัติ iii

บทคัดย่อ iv

กิตติกรรมประกาศ vi

สารบัญ vii

สารบัญรูป xi

สารบัญตาราง xiii

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 4

2.1 มันเทศ 4

2.1.1 ประวัติมันเทศ 4

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันเทศ 5

2.1.3 สายพันธุ์ 8

2.1.4 ประโยชน์ของมันเทศ 9

2.1.5 คุณค่าทางโภชนาการ 10

2.1.6 มาตรฐานมันเทศ 10

2.1.7 สถานการณ์การผลิตมันเทศต่างประเทศ 11

2.1.8 สถานการณ์การผลิตมันเทศในไทย 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

2.1.9 การตลาด 12

2.2 การทำแห้ง 12

2.2.1 กลไกการทำแห้ง 12

2.3 การแช่แข็ง 14

2.3.1 หลักการ 14

2.3.2 ทฤษฎีการแช่แข็ง 14

2.3.3 ประเภทของการแช่แข็งอาหาร 16

2.4 การทอด 17

2.4.1 ทฤษฎีกระบวนการทอด 17

2.4.2 ประเภทการทอด 17

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 อุปกรณ์และการทำการทดลอง 21

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ 21

3.2 การเตรียมการทดลอง 23

3.2.1 เครื่องอบแห้ง (Tray dryer) 23

3.2.2 ตู้แช่เยือกแข็ง (Freezer) 23

3.2.3 เครื่องทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep fat fryer) 23

3.2.4 ตัวแปรที่ศึกษา 23

3.3 แผนการทดลอง 24

3.3.1 การออกแบบแผนกรรมวิธีก่อนการทอด 25

3.3.2 การออกแบบแผนการทอด 25

3.4 วิธีการทดลอง 26

3.4.1 การเตรียมมันเทศสีม่วง 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

3.4.2 การทำกรรมวิธีก่อนการทอด 26

3.4.3 การทอด 25

3.5 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของมันเทศทอด 27

3.5.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ (% yield) 27

3.5.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content, %) 27

3.5.3 วอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity : aw) 27

3.5.4 ค่าสี (Color) 28

3.5.5 ค่าความแข็ง (Hardness) 28

3.5.6 ปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ (Oil content) 29

บทที่ 4 ผลการทดลอง 30

4.1 คุณสมบัติวัตถุดิบมันเทศสีม่วง 30

4.2 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอด 31

4.2.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ 34

4.2.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content) 36

4.2.3 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity ; aw) 37

4.2.4 ค่าความสว่าง (L*) 36

4.2.5 ค่าความเป็นสีแดง (a*) 37

4.2.6 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 37

4.2.7 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) 38

4.2.8 ค่าความแข็ง (Hardness) 40

4.2.9 ค่าปริมาณน้ำมัน (Oil Content) 40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 41

5.1 สรุปผลการทดลอง 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

5.2 ข้อเสนอแนะ 43

เอกสารอ้างอิง 44

ภาคผนวก ก 48

ภาคผนวก ข 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 มันเทศหลายหลายสายพันธุ์	4
2.2 ลักษณะการเจริญเติบโตของมันเทศ	5
2.3 รูปทรงของใบมันเทศ	6
2.4 ดอกมันเทศ	6
2.5 ส่วนต่าง ๆ ของผลและเมล็ดมันเทศ	7
2.6 ส่วนต่าง ๆ ของหัวมันเทศ	8
2.7 ส่วนต่าง ๆ ภายในหัวมันเทศ	8
2.8 มันเทศสีม่วงโอกินาว่า	9
2.9 ประเทศที่มีการผลิตมันเทศมากที่สุด 5 อันดับแรก	11
2.10 ภาพการค้าขายมันเทศที่ตลาดไท (เทคโนโลยีการผลิตมันเทศ)	12
2.11 กราฟอัตราการแห้ง	13
2.12 แผนภาพการแช่เยือกแข็งอาหาร	15
2.13 ลำดับการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ขนาดและตำแหน่งของผลึกน้ำแข็งของกระบวนการแช่เยือกแข็งแบบช้าและเร็ว	16
2.14 การทอดแบบน้ำมันตื้น	17
2.15 การทอดแบบน้ำมันท่วม	18
3.1 ขั้นตอนการเตรียมมันเทศสีม่วง	22
3.2 ขั้นตอนการทดลองกระบวนการทอดมันเทศ	25
3.3 เครื่อง Aqua lab	27
3.4 เครื่อง Texture analyzer	29
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้กับเวลาในการทอด	34
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระได้กับเวลาในการทอด	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของสีกับเวลาในการทอด	38
4.4 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส	39
4.5 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งที่ -20 องศาเซลเซียส	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 คุณค่าโภชนาการของแป้งมันเทศหนัก 100 กรัม	10
2.2 มาตรฐานมันเทศของ ASEAN แยกตามน้ำหนัก	10
2.3 จุดเยือกแข็งของอาหารบางชนิด	15
4.1 ค่าสมบัติทางกายภาพเริ่มต้นของมันเทศสีม่วง	30
4.2 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีก่อนการทอดด้วยการอบแห้ง 70°C	31
4.3 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีก่อนการทอดด้วยการอบแห้ง 80°C	32
4.4 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีก่อนการทอดด้วยการแช่แข็ง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มันเทศ *(Ipomoea batatas)* เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่บริเวณเขตร้อนของทวีปอเมริกา สำหรับประเทศไทยไม่มีหลักฐานบันทึกว่าได้มีการนำมันเทศเข้ามาปลูกในสมัยใด ในปัจจุบันมันเทศปลูกกันทั่วไปในประเทศไทย จังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุด ได้แก่ นครศรีธรรมราช พระนครศรีอยุธยา สงขลา นครปฐม เพชรบุรี เชียงใหม่ นครสวรรค์ ตรัง เลย และปทุมธานี เป็นต้น มันเทศจะเจริญเติบโตได้ดีในที่ซึ่งมีอากาศค่อนข้างร้อนและเป็นพืชที่มีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี ต้องการน้ำฝนเพียงชั่วเวลาระยะแตกยอดและใบเท่านั้น ซึ่งถือว่าเป็นพืชที่เหมาะกับดินฟ้าอากาศของประเทศไทยอย่างยิ่ง เพราะสามารถเจริญเติบโตได้ดี และให้ผลผลิตของหัวค่อนข้างสูง มันเทศปลูกได้ปีละ 2 ครั้ง คือ ในฤดูฝนตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนมิถุนายน และหลังฤดูฝนคือ ในราวเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน แต่อย่างไรก็ตามมันเทศมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาไม่ยาวนานนัก ดังนั้นการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมันเทศจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดการสูญเสียและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางเกษตร

มันเทศมีหลายสายพันธุ์ โดยส่วนใหญ่สายพันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ ฮาวาย เบนิฮารุกะ โอกินาว่า น้ำผึ้งอินโดนีเซีย เป็นต้น ซึ่งแต่ละสายพันธุ์จะมีสีผิวและเนื้อแตกต่างกันไปและมีสารบางชนิดต่างกันด้วย มันเทศที่มีเนื้อสีเหลืองส้มจะมีเบตาแคโรทีน (Beta-carotene) สูงมาก ช่วยบำรุงสายตา เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันให้ร่างกายและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ สำหรับมันเทศเนื้อสีม่วงจะมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชะลอความเสื่อมของเซลล์ ลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดสมองอุดตัน ในปัจจุบันได้มีการนำเอามันเทศพันธุ์โอกินาว่า(Okinawan) เข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทย ผลปรากฏว่ามันเทศพันธุ์โอกินาว่าให้ผลผลิตที่ดีกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ทั้งยังมีคุณภาพไม่แตกต่างจากการเพาะปลูกในเกาะโอกินาว่า ประเทศญี่ปุ่น ดังนั้นการปลูกมันเทศพันธุ์โอกินาว่าจึงเป็นโอกาสที่ดีสำหรับเกษตรกรชาวไทย

มันเทศสีม่วงพันธุ์โอกินาว่ามีสีผิวแดงอมม่วง เนื้อสีม่วง และเป็นพืชที่มีสรรพคุณทางยา คุณค่าทางโภชนาการ ช่วยในเรื่องการลดน้ำหนักได้ เนื่องจากเป็นพืชที่มีกากใยมาก เมื่อรับประทานจะทำให้รู้สึกอิ่มได้นาน สารที่มีประโยชน์ในมันเทศสีม่วง คือ สารแอนโทไซยานินมีฤทธิ์ช่วยในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันได้ และช่วยยับยั้งเชื้ออีโคไล *(E.Coli)* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วง ด้วยเหตุนี้มันเทศจึงเป็นที่ต้องการสำหรับผู้ที่ใส่ใจใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุขภาพเป็นอย่างมาก มันเทศเป็นพืชเถาเลื้อยราบไปบนพื้นดินที่มีประโยชน์ได้ทุกส่วน ดังนี้รากหรือหัวมันเทศมีคุณประโยชน์มากเพราะใช้เป็นแหล่งสะสมอาหารได้เป็นอย่างดี เราใช้มันเทศปรุงอาหารได้ทั้งคาวและหวาน ใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ได้อีกด้วย นอกจากนั้นหัวมันเทศยังใช้เป็นวัตถุดิบในงานอุตสาหกรรมได้หลายอย่าง เช่น ใช้ทำแป้ง ทำแอลกอฮอล์ ทำเหล้า และทำน้ำส้มสายชู ใบและยอดอ่อนของมันเทศสามารถนำมาปรุงเป็นอาหารได้และยังมีคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งประกอบด้วยวิตามินเอ ช่วยบำรุงสายตาและการมองเห็นได้เป็นอย่างดี วิตามินซี มีประโยชน์ต่อผิวพรรณ ฟัน และเนื้อเยื่อ ทำให้ร่างกายแข็งแรง วิตามินบีหก ทำให้ร่างกายผลิตพลังงานจากอาหารได้มากขึ้น ช่วยบรรเทาอาการที่เกิดขึ้นก่อนมีประจำเดือน อีกทั้งยังมีแร่ธาตุสังกะสี โพแทสเซียม แมงกานีส เป็นสารอาหารที่ป้องกันการเกิดโรคต่างๆ การแปรรูปมันเทศสีม่วงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดการสูญเสียและรักษาคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางเกษตร การทอดถือเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากระหว่างการทอดอาหารถูกจุ่มในน้ำมันร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ ทำให้น้ำที่ผิวหน้าอาหารเกิดการระเหยเป็นไอ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบน่ารับประทานมากขึ้น แต่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้นจึงทำให้เกิดความสูญเสียคุณภาพของมันเทศสดได้

ดังนั้นโครงงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรรมวิธีก่อนการทอดต่อคุณภาพของมันเทศทอดในสภาวะบรรยากาศโดยเน้นศึกษาวิธีการแช่แข็งและการอบแห้ง ซึ่งเป็นกรรมวิธีการแปรรูปอาหารเพื่อถนอมอาหารให้ได้ผลผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาให้ได้นานยิ่งขึ้น โดยทำการวางแผนการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบต่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อการแช่แข็งและอบแห้งมันเทศสีม่วง และศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มันเทศที่ได้ ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วยตัวแปรอิสระ ได้แก่ อุณหภูมิในการแช่แข็งและอบแห้ง อุณหภูมิน้ำมันที่ใช้ในการทอด เวลาในการทอด เป็นต้น ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของมันเทศทอด และตัวแปรควบคุม ได้แก่ ชนิดของมันเทศและชนิดน้ำมัน ความหนาของแผ่นมันเทศสีม่วง เป็นต้น ส่วนลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษาประกอบไปด้วย ค่าความชื้น ค่าสี ปริมาณผลผลิตที่ได้ วิเคราะห์เนื้อสัมผัส คุณสมบัติทางเคมี คือปริมาณน้ำมัน ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) การแช่แข็งและการอบแห้งเป็นกรรมวิธีการแปรรูปอาหารเพื่อถนอมอาหาร ยืดอายุให้สามารถเก็บไว้ได้นาน ทั้งนี้การที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นอยู่กับปัจจัยในการแช่แข็งและการอบแห้ง รายงานฉบับนี้ได้ทำการเปรียบเทียบการแช่แข็งและการอบแห้งมันเทศสีม่วงด้วยการกำหนดตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อกรรมวิธีก่อนการทอดพร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นมันเทศทอดสีม่วงที่ได้จากการแช่แข็งและอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทอดมันเทศได้แก่ วิธีการรักษาคุณภาพเบื้องต้น อุณหภูมิทอด เวลาทอด ในสภาวะบรรยากาศที่ผ่านกรรมวิธีก่อนการทอดที่ให้ผลดีที่สุดต่อคุณสมบัติของมันเทศหลังผ่านการทอด
- เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของมันเทศหลังการ ทอดในสภาวะบรรยากาศ เช่น ปริมาณความชื้น ค่าความแข็ง ค่าสี ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และปริมาณน้ำมัน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

- วัตถุดิบที่ใช้เนื้อมันเทศสีม่วงพันธุ์โอกินาว่า *(Ipomoea batatas)* จาก อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท
- ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย

  ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิที่ใช้แช่แข็งและอบแห้ง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด

  ตัวแปรตาม คือ สมบัติทางกายภาพและเคมีของมันเทศ

  ตัวแปรควบคุม คือ ชนิดของมันเทศ ชนิดของน้ำมันที่ใช้ ความหนาของมันเทศ
- ศึกษากรรมวิธีก่อนการทอดมันเทศในสภาวะบรรยากาศ โดยแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ การอบแห้งและการแช่แข็ง
- คุณสมบัติของมันเทศทอดที่ศึกษาประกอบด้วยวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น สี ปริมาณผลผลิตที่ได้ และวิเคราะห์เนื้อสัมผัส คุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ปริมาณน้ำมัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงกรรมวิธีก่อนการทอดที่เหมาะสมสำหรับการทอดมันเทศ สมบัติทางกายภาพและเคมีของมันเทศหลังการทอดในสภาวะบรรยากาศ

นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในงานอาหารต่างๆ เช่น เพิ่มมูลค่าผลผลิตในโรงงานทำขนมกรุบกรอบ แนะนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพผลผลิตภายในโรงงาน และสามารถเพิ่มรายได้ให้ผู้ผลิตขนาดกลางและขนาดเล็กในการแปรรูปผลผลิตให้มีคุณภาพสูงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 มันเทศ

มันเทศมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea batatas* (L.) Lam. อยู่ในวงศ์ Convolvulaceae สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน เป็นพืชที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะในแถบเอเชียและแอฟริกา มันเทศเป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยสารอาหารหลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต เบต้าแคโรทีน วิตามินซี และสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้ ปริมาณสารสำคัญขึ้นกับสีเนื้อมันเทศ ซึ่งมีหลากหลายตั้งแต่ สีขาว ครีม เหลือง ส้ม และม่วง

มันเทศเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญเป็น อันดับ 7 ของโลก รองจาก ข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี มันฝรั่ง มันสาปะหลัง และถั่วเหลือง สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ปลูกง่าย ไม่ต้องดูแลเอาใจใส่มาก สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด ในประเทศไทยมันเทศใช้ประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน ทางด้านอุตสาหกรรมมีการนำมาทำเป็นแป้งและอาหารเลี้ยงสัตว์ เช่น หมู วัวเนื้อ และวัวนม เป็นต้น

รูปที่ 2.1 มันเทศหลายหลายสายพันธุ์ (Source : www.muntess.com)

2.1.1 ประวัติมันเทศ (Austin, 1987)

มันเทศได้รับการตั้งชื่อครั้งแรก เมื่อปี ค.ศ. 1753 โดย Linnaeus ว่า *Convolvulus batatas* อย่างไรก็ตาม ในปี ค.ศ. 1791 Lamarckได้จำแนกมันเทศให้อยู่ในพืชสกุล Ipomoea ตามลักษณะของเกสรตัวเมียและเกสรตัวผู้ ชื่อของมันเทศจึงเปลี่ยนมาเป็น *Ipomoea batatas* (L.) Lam. ส่วนใหญ่จะมีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ภายในดอกเดียวกัน

สันนิษฐานว่ามันเทศมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตอเมริกากลาง เนื่องจากพบการกระจายพันธุ์มากในเขตดังกล่าว ในปี ค.ศ. 1492 โคลัมบัสได้นำมันเทศไปยังยุโรป จากนั้นในคริสตวรรษที่ 16 ชาวโปรตุเกสนำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทศไปปลูกในหลายพื้นที่ เช่น แอฟริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และอินเดีย ในช่วงเดียวกันชาวสเปนนำมันเทศจากประเทศเม็กซิโกไปปลูกที่ประเทศฟิลิปปินส์ นอกจากนี้ ยังมีหลักฐานอื่นๆ ที่แสดงให้เห็นว่ามีการแพร่กระจายของมันเทศไปทุกทวีปของโลก (Loebenstein, 2009)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันเทศ

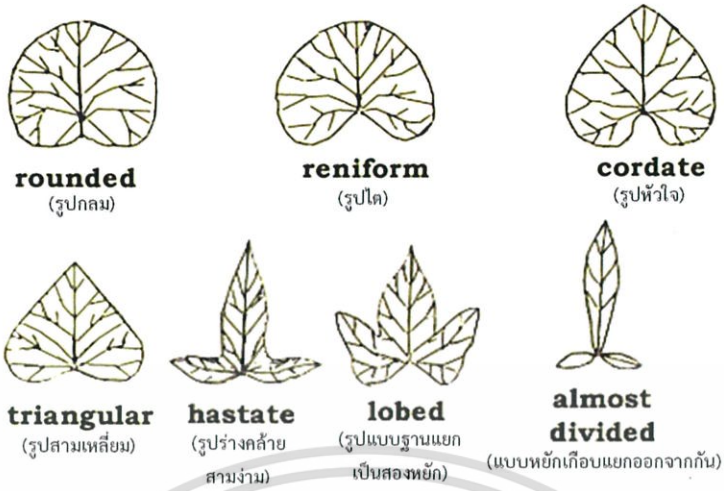
มันเทศเป็นพืชล้มลุก ปลูกได้ตลอดปีโดยใช้หัวพันธุ์ เถา หรือยอด การเจริญเติบโตของต้นมันเทศอาจยืดตั้งสูงชะลูดแบบตั้งตรง หรือกึ่งตั้งตรง หรือทอดยอดในแนวนอน หรือกึ่งทอดยอด

รูปที่ 2.2 ลักษณะการเจริญเติบโตของมันเทศ (Huaman, 1991)

ต้นหรือเถาของมันเทศ (Stem) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกยาว มีปล้องติดต่อกัน จำนวนปล้องขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตของลำต้นและความชื้นในดิน ลำต้นมันเทศที่ตั้งตรง จะมีความยาวประมาณ 1 เมตร ส่วนลำต้นที่เลื้อยไปตามดิน จะมีความยาวประมาณ 2-5 เมตร ภายในต้นเดียวกันความยาวของปล้องระหว่าง 1.5-12 เซนติเมตร และ เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3-0.9 เซนติเมตร มันเทศที่มีข้อถี่มีโอกาสลงหัวได้ดีกว่ามันเทศที่มีข้อห่าง ลำต้นของมันเทศมีหลายสีแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ เช่น เขียว น้ำตาล เขียวจุดม่วง และม่วง

ใบเรียงซ้อนกันอยู่บนลำตัน ในรูปแบบที่เรียกว่า 2/5 phyllotaxis (มี 5 ใบต่อ 2 วงรอบลาต้น) ขอบใบหรือริมใบ อาจหยักเป็นซี่หรือเป็นลอนขึ้นอยู่กับพันธุ์ ที่ฐานใบจะเว้ามี 2 หยัก (lobe) อาจเปลี่ยนเป็นเหยียดตรงหรือม้วนเป็นวงกลมก็ได้ รูปทรงของใบมันเทศมีหลายแบบ เช่น กลม (round) รูปไต (reniform) รูปหัวใจ (cordate) รูปสามเหลี่ยม (triangular) รูปร่างแหลมคล้ายสามง่าม (hastate) รูปแบบที่ ฐานแยกเป็น 2 หยัก และแบบหยักเกือบแยกออกจากกัน (almost divided lobe)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



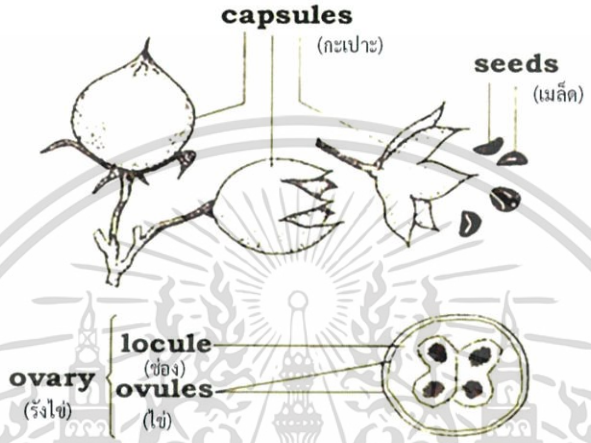
รูปที่ 2.3 รูปทรงของใบมันเทศ (Huaman, 1991)

ดอก มันเทศมีการออกดอกเป็นช่อหรือดอกย่อยอยู่ชิดกันเป็นกระจุก มีก้านช่อดอก (peduncle) แยกแขนงเป็นชั้น ๆ 2-3 ก้าน โดยมีก้านดอกแตกออกไปจากก้านช่อดอก สีของโดยทั่วไปดอกมันเทศมีสีม่วงอ่อน ตรงกลางดอกมีสีแดงถึงม่วงบางพันธุ์มีดอกสีขาว ในส่วนของเกสรตัวผู้มีก้านชูอับเกสรตัวผู้ (filament) 5 อัน อับเกสรตัวผู้ (anther) มีสีขาว เหลือง หรือชมพู ส่วนเกสรตัวเมีย ประกอบด้วยรังไข่ (ovary) ขนาดใหญ่ ภายในรังไข่ มีไข่ 1-2 ใบ บนรังไข่ มีก้านชูเกสรตัวเมีย (style) และยอดเกสรตัวเมีย (stigma) ที่ฐานของรังไข่ มีต่อมสีเหลือง 2 ต่อม ซึ่งบรรจุน้ำหวานสาหรับล่อแมลงมาช่วยผสมพันธุ์ ดอกมันเทศจะเริ่มบานในตอนเช้าของแต่ละวัน

รูปที่ 2.4 ดอกมันเทศ (Source : https://medthai.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลมันเทศมีลักษณะเป็นกระเปาะ ผลอ่อนมีสีเขียวผลแก่มีสีน้ำตาล ภายในผลมีเมล็ด 1-4 เมล็ด เมล็ดมีรูปร่างแบนเล็กน้อยด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งนูนโค้ง รูปร่างของเมล็ดไม่สม่ำเสมอ เมล็ดอ่อนสีเขียว เมื่อแก่สีน้ำตาลถึงดำ เมล็ดมีขนาดประมาณ 0.3 เซนติเมตร ต้นอ่อน(embryo) และ ใบเลี้ยง (cotyledon) ถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดที่แข็งและหนามาก ในการเพาะเมล็ดอาจต้องใช้สารเคมีช่วย เพื่อให้งอกดีเมล็ดพันธุ์มันเทศไม่มีการพักตัวสามารถอยู่ได้หลายปี

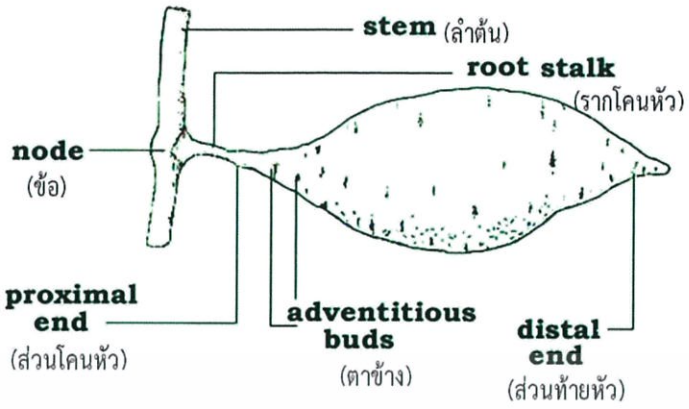


รูปที่ 2.5 ส่วนต่าง ๆ ของผลและเมล็ดมันเทศ (Huaman, 1991)

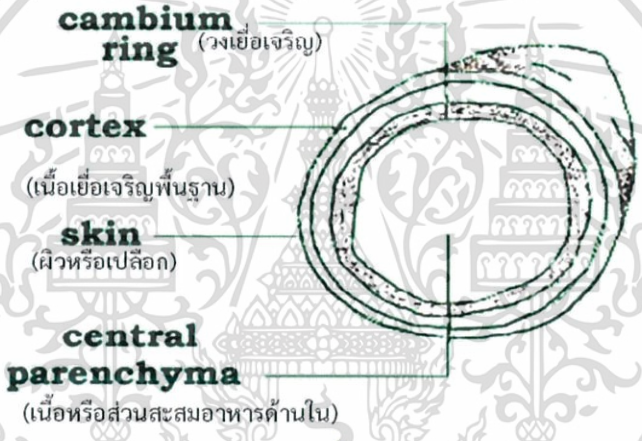
หัว (Storage root) หัวมันเทศเป็นรากสะสมอาหารที่แตกจากข้อของเถาที่ปลูกลงดิน พันธุ์มันเทศที่มีการลงหัวได้ง่าย อาจเกิดหัวจากข้อที่สัมผัสกับดินที่มีความชื้นก็ได้ ส่วนของหัวมันเทศที่ติดกับข้อ เรียกว่า โคนรากติดเถา (root stalk) จะมีตา (bud) ที่เรียกว่า proximal end ส่วนด้านท้ายของหัวจะมีตาเหมือนกัน เรียกว่า distal end เมื่อนำหัวมันเทศไปเพาะชำ ตาที่อยู่ส่วนโคนรากติดลำต้น จะพัฒนาเจริญเป็นยอดมันเทศจำนวนมากได้ รวดเร็วกว่าตาที่อยู่ตอนท้ายของหัว

ภายในหัว มันเทศประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ผิว (skin) เนื้อเยื่อชั้นนอก (exocarp) และเนื้อเยื่อเจริญพื้นฐาน (cortex) อยู่ตามขอบของหัวมันเทศ ซึ่งจะมีความหนาหรือบางแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ต่อจากนั้นจะพบวงเนื้อเยื่อเจริญ (cambium ring) และเนื้อหรือส่วนสะสมอาหารด้านใน (central parenchyma) อยู่ตรงกลางหัวยางสีขาวภายในหัวมันเทศอยู่ในเซลล์ parenchyma ปริมาณยางขึ้นกับพันธุ์ อายุและความชื้นในดิน เช่น อายุน้อยจะมียางมาก ยางที่เกิดขึ้นหลังถูกตัดจะเปลี่ยนเป็นสีดำอย่างรวดเร็วเมื่อทำปฏิกิริยากับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ส่วนต่าง ๆ ของหัวมันเทศ (Huaman, 1991)



รูปที่ 2.7 ส่วนต่าง ๆ ภายในหัวมันเทศ (Huaman, 1991)

2.1.3 สายพันธุ์

มันเทศเนื้อสีม่วงโอกินาว่าของประเทศญี่ปุ่น มีลักษณะหัวสีแดง ยาวรี ขนาดของหัวเฉลี่ยกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ลำต้นยาวประมาณ 200 เซนติเมตร ใบรูปหัวใจ ใบอ่อนและใบแก่มีสีเขียว ขนาดใบเฉลี่ยกว้าง 5.5 เซนติเมตร ยาว 8.5 เซนติเมตร อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 120 - 125 วัน

ในปัจจุบันได้มีการนำเอา มันเทศเนื้อสีม่วงโอกินาว่าเข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทย ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ พิจิตร ชัยนาท พิษณุโลก สุโขทัย เลย ศรีสะเกษ สุรินทร์ ระยอง ตราด พระนครศรีอยุธยา กาญจนบุรี และนครศรีธรรมราช ดินที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมเป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งผลปรากฏว่ามันเทศเนื้อสีม่วงโอกินาว่ามีการลงหัวที่ดีทั้งยังมีคุณภาพไม่แตกต่างจากการเพาะปลูกในเกาะโอกินาว่า ประเทศญี่ปุ่น ดังนั้นการปลูกมันเทศเนื้อสีม่วงโอกินาว่าจึงเป็นโอกาสที่สดใสสำหรับเกษตรกรชาวไทย

รูปที่ 2.8 มันเทศสีม่วงโอกินาว่า (Source : www.creditonhand.com)

2.1.4 ประโยชน์ของมันเทศ

เนื้อมันเทศมีสีม่วงเข้ม เป็นมันเทศที่มีสาร “แอนโทไซยานิน” (Anthocyanin) อยู่สูง ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระ มีส่วนช่วยในการชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันได้ นอกจากนั้นยังช่วยชะลอความเสื่อมของดวงตา และพบว่าสารชนิดนี้ช่วยยับยั้งเชื้ออีโคไลซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วง มันเทศ เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตชั้นดีที่ให้พลังงานโดยไม่ก่อพิษต่อร่างกายแบบอาหารแปรรูปจากแป้งและน้ำตาลแบบอื่นๆ

มันเทศนอกจากนำมาใช้บริโภคสดแล้ว ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ หรือผลิตแป้งที่มี สารต้านอนุมูลอิสระมาทดแทนแป้งสาลีได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้ทำเบเกอรี่และอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น เค้ก ขนมปัง โดนัท วอฟเฟิล แพนเค้ก ซาลาเปา พาสต้า เหมาะสาหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวานหรือโรคอ้วน และผู้ที่แพ้สารกลูเตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าโภชนาการของแป้งมันเทศหนัก 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการของแป้งมันเทศ 100 กรัม			
พลังงาน	90 Kcal 360 kJ	วิตามินบี 6	16 %
คาร์โบไฮเดรท	20.1 กรัม	กรดโฟลิก	3 %
แป้ง	12.7	วิตามินซี	4 %
น้ำตาล	4.2	วิตามินอี	2 %
ใยอาหาร	3	แคลเซียม	3 %
ไขมัน	0.1	เหล็ก	5 %
โปรตีน	1.6	แมกนีเซียม	7 %
วิตามินเอ	79 %	แมงกานีส	13 %
เบต้า แคโรทีน	79 %	ฟอสฟอรัส	7 %
วิตามินบี 1	6 %	โพแทสเซียม	7 %
วิตามินบี 2	4 %	โซเดียม	2 %
ไนอะซิน	4 %	สังกะสี	3 %
วิตามินบี 5	16 %		

แหล่งข้อมูล: *USDA Nutrient database

2.1.6 มาตรฐานมันเทศ

ปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานมันเทศของไทยอย่างเป็นทางการ หากต้องการใช้มาตรฐานมันเทศสามารถใช้เกณฑ์จากมาตรฐานสินค้าของ ASEAN เป็นแนวทาง

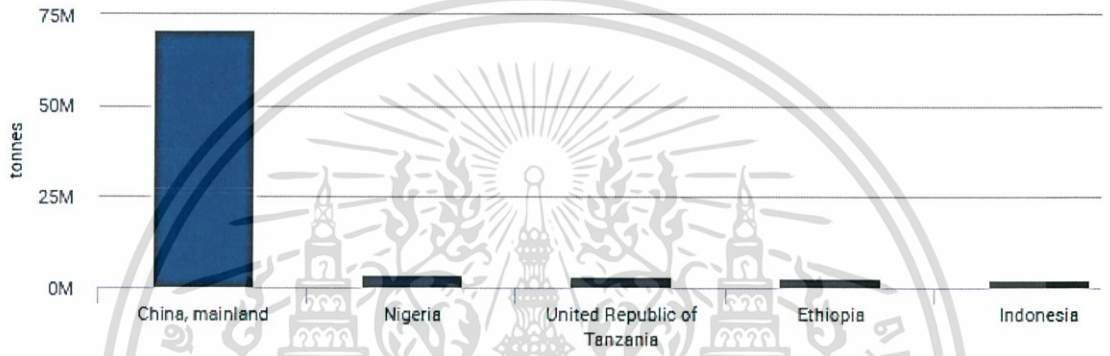
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานมันเทศของ ASEAN แยกตามน้ำหนัก (ASEAN standard for sweet potato)

ขนาดมาตรฐาน	น้ำหนักหัว (กรัม)
1	>400
2	>300-400
3	>200-300
4	100-200
5	<100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 สถานการณ์การผลิตมันเทศต่างประเทศ

การผลิตมันเทศของโลกส่วนใหญ่อยู่ในประเทศกำลังพัฒนา จากการรายงานพื้นที่ปลูกและผลผลิตของมันเทศทั่วโลกของ FAO (2014) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2557 พบว่า พื้นที่ที่มีการปลูกมันเทศมากที่สุดอยู่ในทวีปเอเชีย รองลงมาเป็นแอฟริกา และอเมริกา โดยในปี พ.ศ. 2557 มีพื้นที่ปลูกมันเทศทั่วโลก 13 ล้านไร่ และผลผลิต 104 ล้านตัน ทั้งนี้ 5 ประเทศที่มีการผลิตมันเทศมากที่สุดในโลก ได้แก่ ประเทศจีน ไนจีเรีย แทนซาเนีย เอธิโอเปีย และอินโดนีเซีย โดยประเทศจีนมีการผลิตมากที่สุดในโลก 70 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 67.7 ของการผลิตมันเทศทั่วโลก



รูปที่ 2.9 ประเทศที่มีการผลิตมันเทศมากที่สุด 5 อันดับแรก (FAO, 2014)

2.1.8 สถานการณ์การผลิตมันเทศในไทย (กรมศุลกากร, 2559)

มันเทศสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย แหล่งปลูกที่สำคัญประกอบด้วย ภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ พิษณุโลก เพชรบูรณ์ และสุโขทัย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ เลย สุรินทร์ และบุรีรัมย์ ภาคกลาง ได้แก่ อยุธยา สุพรรณบุรี ปทุมธานี และภาคใต้ ได้แก่ นครศรีธรรมราช ชุมพร ปัตตานี

ในปี 2555-2558 มีการนำเข้ามันเทศในรูปแบบต่างๆ มากขึ้นทุกปี โดยมีมูลค่าเพิ่มจาก 251.67 ล้านบาท เป็น 396.35 ล้านบาท จากข้อมูลในปี 2558 มีการนำเข้าจากประเทศลาวมากที่สุด มูลค่ามากกว่า 200 ล้านบาท รองลงมาคือ เวียดนาม มูลค่า 126.87 ล้านบาท ส่วนการนำเข้าในรูปแช่แข็ง พบว่า นำเข้ามาจากหลายประเทศ ได้แก่ จีน อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น เกาหลี และเวียดนาม สำหรับการส่งออกมันเทศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากข้อมูลการนำเข้า-ส่งออก จะเห็นได้ว่า ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินจากการนำเข้ามันเทศสูงมากในแต่ละปี ดังนั้น หากมีการส่งเสริมและพัฒนาการผลิตมันเทศให้มีศักยภาพ จะสามารถลดการนำเข้า ช่วยเพิ่มการส่งออกและการแข่งขันของประเทศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 การตลาด

มันเทศส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ จากการสอบถามผู้ค้ามันเทศที่ตลาดไทเมื่อเดือนสิงหาคม 2559 พบว่ามีการรับซื้อมันเทศจากแหล่งปลูกต่างๆ เช่น สุพรรณบุรี ราชบุรี และชัยนาทเป็นต้น โดยรับซื้อแบบคละขนาด ราคากิโลกรัมละ 10 บาท ในแต่ละวันมีพ่อค้านำผลผลิตมาจาหน่ายที่แผงค้าประมาณ 35-50 ตัน แต่ละร้านมีมันเทศขายโดยเฉลี่ยประมาณ 6-8 ตัน/วัน จากนั้นนำมาบรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม ราคาถุงละ 150-160 บาท มันเทศที่มีขนาดเล็กจะมีราคาลดลงไปถึงหนึ่งเท่าตัว (ถุงละ 70 บาท) ทั้งนี้ ราคาจะขึ้นอยู่กับปริมาณ มันเทศที่มีอยู่ในตลาด หากมีปริมาณมันเทศมาก ราคามันเทศจะตกต่ำ ส่วนการนำเข้ามันเทศญี่ปุ่นจากประเทศเวียดนามด้วย โดยขายเป็นกล่อง กล่องละ 5 กิโลกรัม ราคา 260 บาท ซึ่งราคาจะผันแปรไปตามความต้องการของตลาดด้วยเช่นกัน รวมถึงการนำเข้ามันเทศจากประเทศญี่ปุ่นโดยตรง ซึ่งอาจมีราคาจาหน่ายปลีกต่อกิโลกรัมสูงมากถึง 1,300 บาท

รูปที่ 2.10 ภาพการค้าขายมันเทศที่ตลาดไท (เทคโนโลยีการผลิตมันเทศ, 2016)

2.2 การทำแห้ง

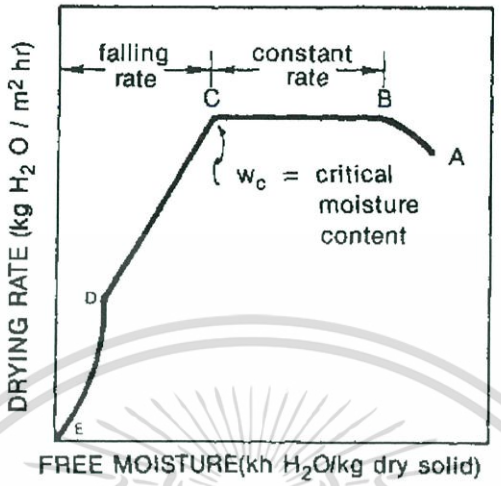
การทำแห้ง (Drying) หมายถึง การให้ความร้อนภายใต้สภาวะการควบคุมเพื่อกำจัดน้ำที่มีอยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำ วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำ คือ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้น การลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา และการขนส่งเพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค

2.2.1 กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยัง ผิวของอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่า ความดันไอน้ำในอาหารเป็นผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำ อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอน้ำสูงและค่อยๆลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร



รูปที่ 2.11 กราฟอัตราการแห้ง (จุด E คือความชื้นสมดุล, We) (Source : Geankoplis C.J. (2003)

แสดงกราฟอัตราแห้งซึ่งเป็นกราฟระหว่างอัตราการแห้ง (drying rate) และความชื้นในสารนั้น (moisture content, W) ดังรูปที่ 2.11 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (Initial Adjustment Period) เป็นช่วงที่ความชื้นที่มีอยู่ในอาหารปรับตัวเพื่อมีอุณหภูมิเท่ากับลมร้อน อัตราการแห้งจะต่ำและจะค่อยๆเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่ จากรูปที่ 2.11 คือ ช่วง AB ซึ่งถือว่าเป็นช่วงสั้นๆ สามารถตัดทิ้งได้เมื่อคำนวณเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (drying time) ส่วนช่วง A'B เป็นกรณีที่บริเวณผิวหน้าของแข็ง มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่จะเริ่มเกิดการระเหยในตอนแรกจะสูงและค่อยๆลดลงจนคงที่

ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (Constant Rate Period) เป็นช่วงที่น้ำในอาหารระเหยเป็นไออย่างต่อเนื่อง คล้ายกับการระเหยของน้ำโดยทั่วไป

ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling Rate Period) เป็นช่วงที่ความชื้น ในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าอาหารอย่างไม่ต่อเนื่อง ทำให้ชั้นของเหลวที่ปกคลุมอยู่ ไม่สม่ำเสมอ อัตราการแห้งจึงลดลง และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงความชื้นสมดุล ซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การแช่เยือกแข็ง

2.3.1 หลักการ

การแช่เยือกแข็ง (freezing) เป็นการลดอุณหภูมิของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลง เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส น้ำหรือสารละลายที่เป็นของเหลวในองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารจะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็ง ซึ่งเป็นกรรมวิธีการแปรรูปอาหาร (food processing) เพื่อการถนอมอาหาร (food preservation) ที่คงความสดและรักษาคุณภาพของอาหารได้ดีกว่าการถนอมอาหารด้วยวิธีอื่น ๆ (พิมพ์เพ็ญ, 2559)

การตกผลึก (Crystallization)คือปรากฏการณ์ที่อธิบายถึงการเกิดผลึกน้ำแข็ง (Ice crystal formation) เป็นการรวมตัวกันอย่างมีระเบียบในส่วนที่เป็นของแข็ง (solid phase) ที่เกิดจากน้ำหรือสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย การเกิดผลึกน้ำแข็งจะประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอน คือการเกิดนิวเคลียส (Nucleation) และ การโตขึ้นของผลึกน้ำแข็ง (Crystal growth) (H. Kiani, D.-W. Sun, 2011) ความรู้ทางเทอร์โมไดนามิก ชี้ให้เห็นว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำแข็งจะเป็นรูปที่เสถียรของน้ำบริสุทธิ์ อย่างไรก็ตามสถานะที่เป็นผลึกจะเกิดขึ้นได้ ต้องมีตัวล่อผลึกหรือนิวเคลียสก่อน (รศ.อรพิน,2555)

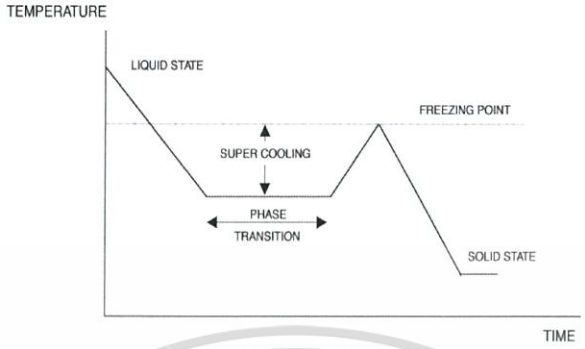
2.3.2 ทฤษฎีการแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็ง เกิดขึ้นโดยการดึงความร้อนสัมผัส (sensible heat) ออกจากชิ้นอาหาร เพื่อลดอุณหภูมิลงเรื่อย ๆ จนต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เรียกว่า สภาวะเย็นยิ่งยวด (supercooling) ซึ่งต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ในสภาวะดังกล่าวจะกระตุ้นให้เกิดนิวเคลียสของผลึกน้ำแข็ง (nucleation) และการโตขึ้นของผลึกน้ำแข็ง (crystal growth) จากนั้นจึงมีการคายความร้อนแฝงของการเกิดผลึก (latent heat of crystallization) ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดเยือกแข็งและคงที่อยู่จนกว่าส่วนที่เป็นของเหลวจะเปลี่ยนเป็นสถานะของแข็งได้ทั้งหมด แล้วอุณหภูมิจะลดต่ำลงอีก จนแน่ใจแล้วว่าอาหารทั้งชิ้นเข้าสู่สถานะเป็นน้ำแข็งทั้งหมด

สำหรับการแช่เยือกแข็งน้ำบริสุทธิ์จะมีความซับซ้อนน้อยกว่าแช่เยือกแข็งอาหาร จุดเยือกแข็งของสารละลายต่างๆ ขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของสารละลายนั้น ๆ จุดเยือกแข็งของน้ำบริสุทธิ์คือ 0 องศาเซลเซียส แต่การแช่เยือกแข็งของสารละลาย เกิดขึ้นเมื่อน้ำแยกตัวออกจากสารละลาย เพื่อต้องการให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (ADAPA ET AL,2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในชิ้นอาหารตามช่วงเวลาที่ผ่านไป สามารถแสดงได้ตามแผนภาพในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แผนภาพการแช่เยือกแข็งอาหาร (Gustavo V.,2005)

แผนภาพการแช่เยือกแข็งอาหารแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องจาก

- จุดเยือกแข็งที่แตกต่างกันของอาหารแต่ละชนิด ดังตารางที่ 2.3
- องค์ประกอบของอาหารที่แตกต่างกัน
- สถานะทางกายภาพของอาหารแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน
- อัตราการดึงความร้อนออกที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.3 จุดเยือกแข็งของอาหารบางชนิด (ที่มา: เอกสารการสอนชุดวิชา เทคโนโลยีการถนอมและแปรรูปอาหาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช)

ชนิดของอาหาร	น้ำ (%)	จุดเยือกแข็งเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)
ถั่วลันเตา	67	-0.6
แครอท	88	-1.4
ข้าวโพด	74	-0.6
มันฝรั่ง	78	-0.6
แอปเปิ้ล	84	-1.1
ปลาทูน่า	70	-2.2
ปลาแซลมอน	61	-2.2
กุ้ง	83	-2.2
เนื้อวัว	49	-1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

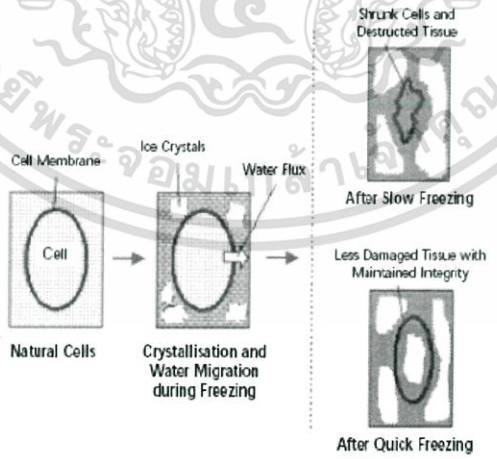
2.3.3 ประเภทของการแช่เยือกแข็งอาหาร

การแช่แข็งแบบช้า (Slow freezing)

การแช่แข็งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้นเยือกแข็งโดยอาจใช้เวลาตั้งแต่ 3 - 72 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส การแช่เยือกแข็งจะดำเนินไปอย่างช้า ๆ โดยเกิดจากภายนอกเข้าไปสู่ภายในของผลิตภัณฑ์ น้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular water) จะแข็งตัวเร็วกว่าน้ำที่อยู่ภายในเซลล์ เนื่องจากน้ำภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นของตัวถูกละลายต่ำกว่าทำให้เกิดเกล็ดน้ำแข็ง การทำให้อาหารแข็งตัวอย่างช้า ๆ น้ำค่อย ๆ แยกตัวออกจากเซลล์กล้ามเนื้อรวมตัวเป็นเกล็ดน้ำแข็ง น้ำแข็งจะเป็นผลึกใหญ่และมีขนาดไม่สม่ำเสมอและอยู่ระหว่างเซลล์ ในบริเวณที่มีน้ำอิสระมากน้ำที่ขยายตัวเมื่อแข็งอาจดันให้เซลล์แตกได้

การแช่แข็งแบบเร็ว (Quick Freezing)

การแช่แข็งโดยทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารทั้งชิ้นเยือกแข็งภายในเวลา 30 นาที หรือน้อยกว่า อุณหภูมิอาจอยู่ในระหว่าง -40 องศาเซลเซียส ถึง -18 องศาเซลเซียส การแช่แข็งแบบนี้อุณหภูมิของเนื้อหรือผลิตภัณฑ์เนื้อที่นำมาแช่แข็งนั้นจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เกล็ดน้ำแข็งเล็ก ๆ จะเกิดขึ้นอย่างเป็นระเบียบทั่วเนื้อเยื่อของเนื้อ ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกล็ดน้ำแข็งเล็ก ๆ ไม่สามารถเพิ่มขนาดขึ้นได้ จึงได้น้ำแข็งเล็ก ๆ ที่มีขนาดสม่ำเสมอและอยู่ภายในเซลล์เป็นส่วนใหญ่ (Quang Tuan PHAM,2008)



รูปที่ 2.12 ลำดับการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ขนาดและตำแหน่งของผลึกน้ำแข็งของกระบวนการแช่เยือกแข็งแบบช้าและเร็ว (Quang Tuan PHAM,2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทอด

2.3.1 ทฤษฎีกระบวนการทอด

การทอดเป็นการปฏิบัติการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน โดยการส่งผ่านความร้อนจากตัวกลาง คือน้ำมัน ไปยังอาหารอย่างรวดเร็ว เป็นการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนทำลายเชื่อจุลินทรีย์และเอนไซม์ในอาหาร และทำให้ค่า water activity ที่ผิวหน้าหรือทั้งชิ้นของอาหารลดลง อายุการเก็บรักษา ในระหว่างการทอดจะมีการระเหยของน้ำออกจากชิ้นของอาหารและมีการฟอร์มตัวของเม็ดแป้งเกิด gelatinization ภายในอาหาร ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัส และรสชาติเฉพาะ ทั้งนี้เวลาในการทอดจนได้เผลิตภัณฑ์จะใช้เวลาสั้นมาก ซึ่งพบว่าอาหารจะสุกในช่วงของการเพิ่มอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิของอาหารยังมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำมันอยู่มาก

2.3.2 ประเภทการทอด

การทอดแบบน้ำมันตื้น

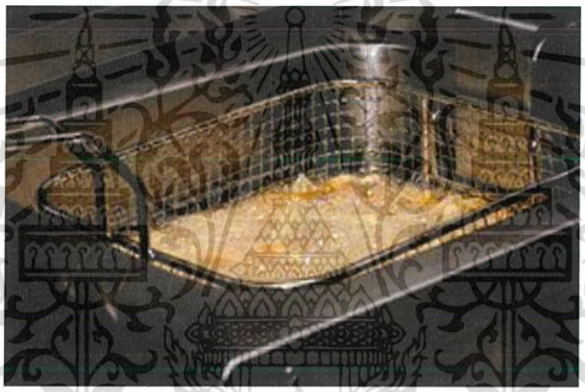
การทอดแบบน้ำมันตื้น เป็นการทอดอาหารในกระทะที่มีปริมาณน้ำมันเพียงเล็กน้อย โดยมีระดับน้ำมันในกระทะประมาณ 0.5นิ้ว น้ำมันจะไม่ท่วมชิ้นอาหารทั้งชิ้น วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงเช่น เบคอน ไข่ เบอร์เกอร์ และพายชนิดต่างๆ ความร้อนจากผิวของกระทะจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นน้ำมันบางๆไปยังอาหาร ความหนาของชั้นน้ำมันแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของผิวหน้าของอาหาร ถ้าชั้นน้ำมันบางฟองไอน้ำเดือดจะทำให้อาหารเคลื่อนที่ขึ้นลงบนผิวร้อนของกระทะ การกระจายความร้อนจึงไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผิวหน้าของอาหารที่ทอดแบบน้ำมันตื้นมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามวิธีทอดแบบน้ำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวสูง

รูปที่ 2.13 การทอดแบบน้ำมันตื้น (Source : http://www.reallynicerecipes.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทอดแบบน้ำมันท่วม

การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นการทอดอาหารในน้ำมันที่มีปริมาณมากเพียงพอที่จะท่วมอาหารทั้งชิ้นการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้เป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนจากภายในอาหาร ผิวของอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ การทอดแบบน้ำมันท่วมเหมาะสำหรับอาหารทุกรูปร่าง แต่อาหารที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีรูปร่างแน่นอน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนก่อนการระเหยเท่ากับ 250-300 W/m^2K และเพิ่มขึ้นเป็น 800-1000 W/m^2K เนื่องจากเกิดเทอบุเลนซ์ของไอที่หนีออกจากอาหาร อย่างไรก็ตามถ้าอัตราการระเหยสูงเกินไปจะเกิดฟิล์มบางๆของไอน้ำอยู่บนผิวอาหารทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนลดลง (นิธิยา และไพโรจน์, 2547)



รูปที่ 2.14 การทอดแบบน้ำมันท่วม (Source : http://www.fotosearch.com/photos-images)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Akdeniz et al., (2006) การทอดแบบน้ำมันท่วมมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีรสชาติ ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสที่บริโภคส่วนใหญ่ชื่นชอบ จุดประสงค์ของการทอดแบบน้ำมันท่วมคือการทำให้ผิวหน้าของอาหารปิดโดยการจุ่มอาหารทั้งชิ้นลงในน้ำมันร้อน ดังนั้น รสชาติและความชุ่มฉ่ำยังคงเหลืออยู่ในชิ้นอาหารทั้งหมด อุณหภูมิที่สูงจะทำให้น้ำบางส่วนระเหยออกไป และน้ำมันเข้ามาแทนที่ (Khalil, 1999; Moyano et al., 2002). ความนุ่มและความชื้น ที่อยู่ภายในอาหาร รวมถึงเปลือกนอกของอาหารที่กรอบจะทำให้อาหารมีความอร่อยมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bouchon et al., (2001) อาหารทอดแบบน้ำมันท่วมจะให้กลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะและช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารให้น่ารับประทาน จากโครงสร้างของเปลือกด้านนอกที่แข็งและกรอบ เนื่องจากมีรูพรุนภายในและมีน้ำมันเคลือบที่ผิวด้านนอกของอาหาร โดยเปลือกที่แห้งนี้จะห่อหุ้มความชื้นไว้ในใจกลางอาหาร เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ร่วมกับการถูกทำลายของโครงสร้างทางกายภาพทำให้เกิดการปล่อยสารในเซลล์ออกมา เช่น การเจลาติไนซ์ของแป้ง

Kita et al. (2007) ได้ทำการศึกษาผลของชนิดน้ำมันที่นำมาใช้ทอดมันฝรั่งแผ่น ซึ่งน้ำมันที่ใช้ในการทอดได้แก่ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันรีพสีด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันปาล์ม โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด 3 ระดับ ได้แก่ 150, 170 และ 190 องศาเซลเซียส พบว่า มันฝรั่งแผ่นทอดที่ใช้น้ำมันรีพลีสทอดมีอุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำมันต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 36.4 รวมทั้ง มีความกรอบมากที่สุด และความแข็งน้อยที่สุด Kita and Powolny (2005) กล่าวว่า เนื้อสัมผัสของอาหารจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมัน คือ ค่าความแข็งของมันฝรั่งทอดจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว และมีกรดไขมันทรานส์ (trans fatty acid) เพิ่มขึ้น

M.R. Teruel et al. (2014) ได้ทำการศึกษาการทอดนักเก็ตไก่ด้วยสภาวะสุญญากาศ ซึ่งได้ทำการรักษาคุณภาพเบื้องต้นด้วยวิธีการแช่แข็งที่อุณหภูมิ – 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการทอดด้วยสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส และเวลาในการทอด คือ 2, 4, 6 และ 8 องศาเซลเซียส และเปรียบเทียบกับการทอดที่สภาวะบรรยากาศที่อุณหภูมิ 150 และ 180 องศาเซลเซียส และเวลาในการทอด คือ 2, 4, 6 และ 8 องศาเซลเซียส น้ำมันที่ใช้ทอดคือน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน พบว่า กระบวนการทอดด้วยสภาวะสุญญากาศให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติใกล้เคียงกับกระบวนการทอดด้วยสภาวะบรรยากาศ การทอดด้วยสภาวะสุญญากาศไม่ได้ทำให้นักเก็ตไก่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าการทอดด้วยสภาวะบรรยากาศ

I.N. Ramos, T.R.S. Branda˜o and C.L.M. Silva (2010) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผักและผลไม้หลังผ่านการทำแห้งแบบอากาศไหลเวียน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เช่น ปริมาณรูพรุน การหดตัว และความหนาแน่นของอนุภาค ซึ่งมีผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัทรวดี วงศ์ชนะภัย,สิริมา ชินสาร (2011) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของสภาวะในการทอดและการทeแห้งก่อนการทอดต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันและคุณภาพของผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูป ผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่อุณหภูมิสูงขึ้น มีการดูดซับน้ำมันน้อยลง จากนั้นศึกษาผลของการทำแห้งก่อนการทอดต่อปริมาณการดูดซับน้ำมัน โดยการอบตัวอย่างภายหลังการขึ้นรูปด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน นำตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งและตัวอย่างที่มีความชื้นระดับต่างๆ มาทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที พบว่าผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูปที่ผ่านการทำแห้งก่อนการทอด สามารถลดการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอดได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งมีปริมาณการดูดซับน้ำมันมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และการทำการทดลอง

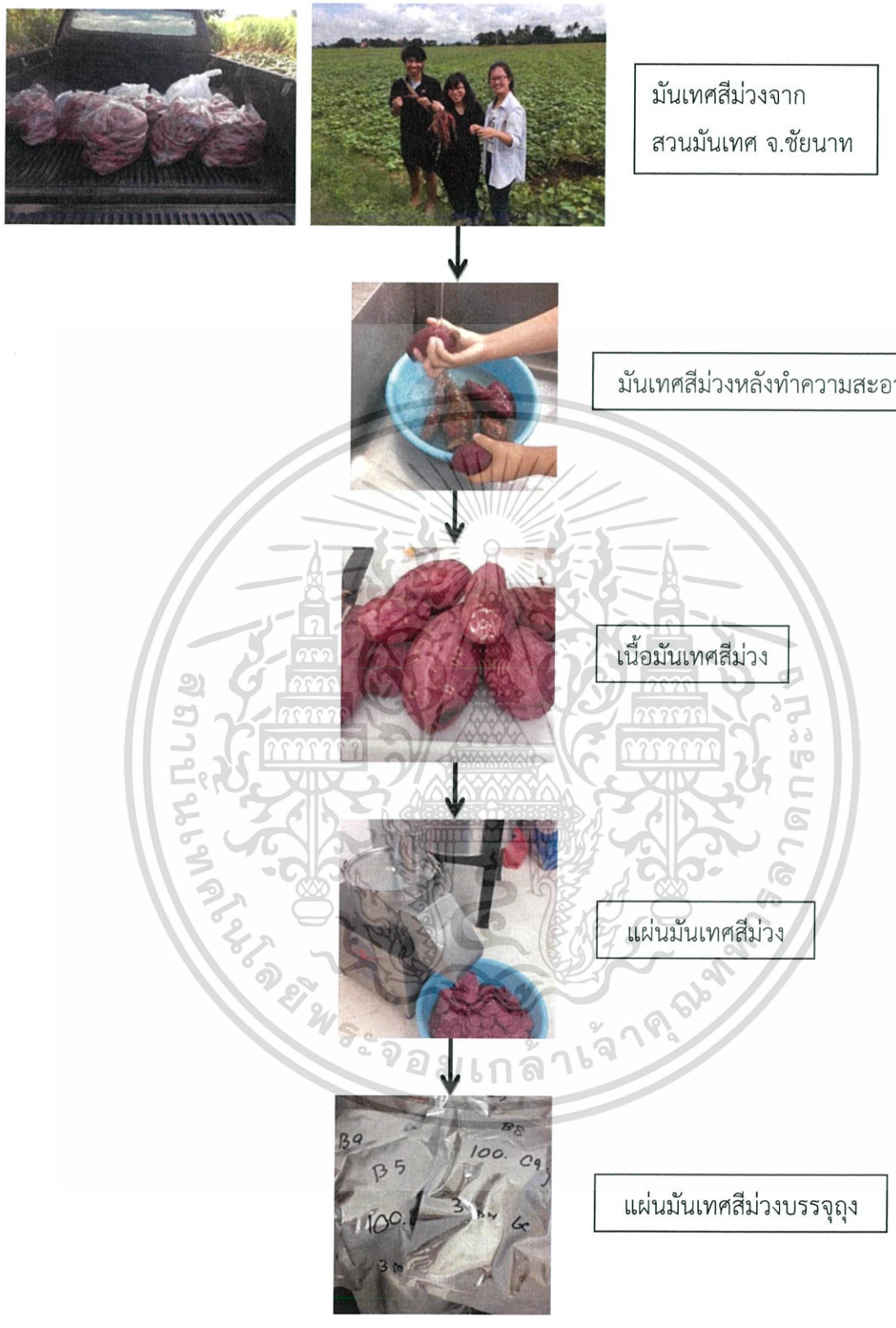
ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดมันเทศสีม่วง ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ อุณหภูมิทอด (150, 160, 170 องศาเซลเซียส) และเวลาที่ใช้ทอด (2, 4, 6 นาที) โดยการออกแบบการทดลองแบบ 3^k full factorial design จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ทอดมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้คือ เนื้อมันเทศสีม่วง (*Ipomoea batatas*) จากไร่สวนมันเทศ อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท และตลาดไท เตรียมมันเทศสีม่วงโดยการนำมาล้าง ปอกเปลือก แล้วนำมาสไลด์ให้เป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร บรรจุใส่ถุงๆละ 100 กรัม โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบคือ

1) มีดปอกเปลือก
2) กะละมัง
3) เครื่องชั่ง
4) ถาด
5) เครื่องหั่นซอยผักและผลไม้ Wasino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมมันเทศสีม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมการทดลอง

3.2.1 เครื่องอบแห้ง (Tray dryer)

1) เปิดเบรกเกอร์ตัวจ่ายไฟให้กับเครื่องอบแห้ง
2) เปิดเครื่องอบ, ฮีทเตอร์ และปรับอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งแบบถาดให้มีอุณหภูมิ 70 หรือ 80 องศาเซลเซียส ตามที่กำหนด
3) ทำการอบประมาณ 15 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิคงที่

3.2.2 ตู้แช่เยือกแข็ง

1) เสียบปลั๊กกดเปิดการทำงานของเครื่อง
2) ปรับอุณหภูมิให้เป็น -20 องศาเซลเซียส
3) ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที ตู้ทำความเย็นจนได้อุณหภูมิที่ต้องการ

3.2.3 เครื่องทอดแบบน้ำมันท่วม

1) เสียบปลั๊กเปิดเครื่องทอด
2) ปรับอุณหภูมิ 150, 160 หรือ 170 องศาเซลเซียส ตามต้องการ
3) ปรับเวลาที่ต้องการใช้เครื่องทอด
4) เช็คอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล

3.2.3 ตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้

1) ตัวแปรต้น
   - อุณหภูมิอบแห้ง 60 และ 70 องศาเซลเซียส
   - อุณหภูมิแช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส
   - อุณหภูมิที่ทอด 150, 160 และ 170 องศาเซลเซียส
   - เวลาทอด 2, 4 และ 6 นาที
2) ตัวแปรตาม
   - สมบัติทางกายภาพและเคมีของมันเทศทอด
3) ตัวแปรควบคุม
   - ชนิดของมันเทศสีม่วง
   - ชนิดของน้ำมัน
   - ความหนาของมันเทศสีม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แผนการทดลอง

แผนการทดลองที่ใช้เป็นแบบ 3^k full factorial design โดยทำการทดลองซ้ำทุก ๆการทดลอง จากตัวแปรที่ต้องการศึกษามี 2 ตัวแปรและแต่ละตัวแปรมีการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด 3 ค่า เพราะฉะนั้น จะได้การทดลองเท่ากับ 3^2 = 9 แผนการทดลอง ที่มีการทำซ้ำอย่างละ 3 ครั้ง ทุก ๆแผนการทดลอง

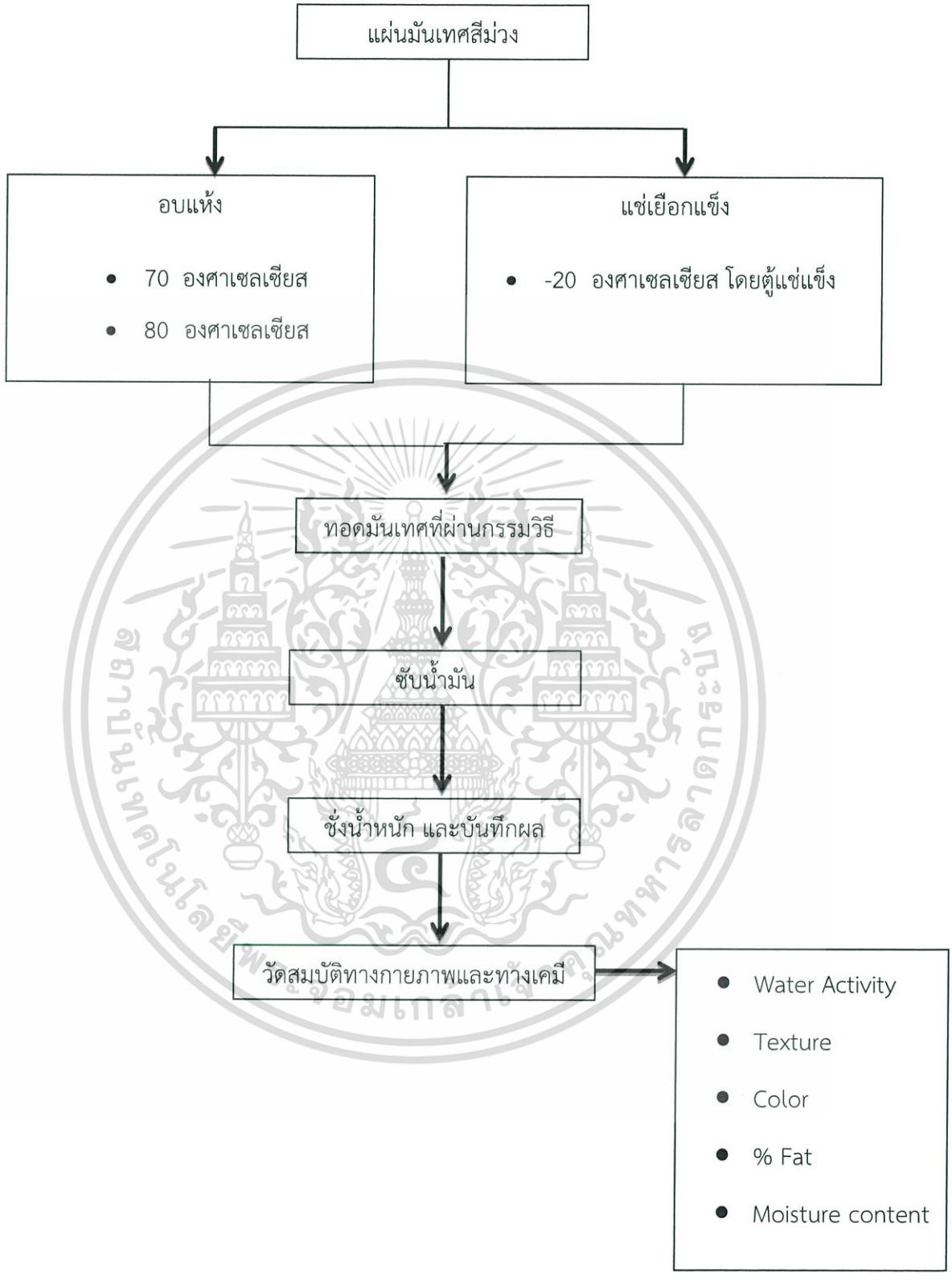
3.3.1 การออกแบบแผนกรรมวิธีก่อนการทอด

การทดลอง	กรรมวิธีก่อนการทอด	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1	อบแห้ง	70
2	อบแห้ง	80
3	แช่แข็ง	-20

3.3.2 การออกแบบแผนการทอด

การทดลอง	อุณหภูมิทอด (องศาเซลเซียส)	เวลาทอด (นาที)
1	150	2
2	150	4
3	150	6
4	160	2
5	160	4
6	160	6
7	170	2
8	170	4
9	170	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทดลองกระบวนการทอดมันเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมมันเทศสีม่วง

1) นำหัวมันเทศสีม่วงมาล้างนำเอาดินออก และปอกเปลือกมันเทศ
2) นำมันเทศสีม่วงที่ปอกเปลือกแล้วมาสไลด์ให้เป็นแผ่นบาง หนา 1 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องหั่นซอยผักผลไม้ Wasino
3) ชั่งน้ำหนักแผ่นมันเทศสีม่วง แบ่งเป็นชุด ชุดละ 100 กรัม
4) ใส่ถุงฟรอยด์และซีลปิดให้สนิท เตรียมนำไปผ่านกรรมวิธีก่อนการทอด

3.4.2 การทำกรรมวิธีก่อนการทอด

การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer)

1) ปรับอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งแบบถาดให้มีอุณหภูมิ 70 หรือ 80 องศาเซลเซียส ตามที่กำหนด โดยทำการอบประมาณ 15 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิคงที่
2) ชั่งน้ำหนักถาดเปล่าสำหรับใส่ตัวอย่าง บันทึกค่าน้ำหนักถาดเปล่า
3) นำแผ่นมันเทศเรียงบนถาด โดยไม่ให้ชิ้นแผ่นมันเทศม่วงซ้อนทับกัน ชั่งน้ำหนักแผ่นมันเทศเริ่มต้น และนำใส่เครื่องอบแห้ง
4) ชั่งน้ำหนักถาดรวมกับน้ำหนักแผ่นมันเทศ ทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนครบ 2 ชั่วโมง บันทึกค่าน้ำหนัก

การแช่เยือกแข็งด้วยตู้แช่เยือกแข็ง -20 องศาเซลเซียส

1) ปรับและวัดอุณหภูมิตู้แช่เยือกแข็ง ให้มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส
2) เรียงถุงมันเทศในตู้เยือกแช่แข็ง ไม่ให้ซ้อนทับกัน

3.4.3 การทอด

1) เปิดเครื่องทอด ปรับอุณหภูมิ 150, 160 และ 170 องศาเซลเซียส ให้ได้ตามต้องการ วัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล
2) เรียงแผ่นมันเทศบนตะแกรงทอดอาหาร เกลี่ยไม่ให้แผ่นมันทับกัน
3) จุ่มตะแกรงลงในน้ำมัน เริ่มจับเวลาเมื่อจุ่มในน้ำมัน
4) เมื่อครบกำหนดเวลา ยกตะแกรงขึ้น เทมันทอดบนกระดาษซับมันที่จัดไว้
5) ซับน้ำมัน โดยเรียงแผ่นมันเทศทอดให้กระจายบนกระดาษซับน้ำมัน ประมาณ 3 นาที
6) ชั่งน้ำหนักมันเทศทอด และบันทึกน้ำหนักหลังการทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของมันเทศทอด

3.5.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ (% yield) (Jayasundera et al., 2011)

การหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยนำผลิตภัณฑ์หลังทอดมาชั่งน้ำหนัก และหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังสมการที่ 5.1

$$\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังทอด(g)}}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบเริ่มต้น(g)}} \times 100 \qquad (5.1)$$

3.5.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content, %) (Caparinoa et al., 2012)

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยนำตัวอย่าง 3-5 กรัม ใส่ถ้วยอลูมิเนียมนำไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักตัวอย่างคงที่ จากนั้นนำออกไปใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และนำไปชั่งคำนวณหาปริมาณความชื้นดังสมการ 5.2

$$\text{ความชื้นของผลิตภัณฑ์} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \qquad (5.2)$$

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (g)

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)

3.5.3 วอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity : a_w)

ใช้เครื่องวัดค่า a_w อัตโนมัติยี่ห้อ AQUA LAB MODEL SE RIES 3 TE อ่านค่า a_w โดยทำการหาค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

รูปที่ 3.3 เครื่อง Aqua lab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 ค่าสี (Color)

ทำการวัดค่าสีด้วยเครื่อง HUNTER LAB บันทึกค่าสีระบบ CIE ในเทอมของ L^*, a^* และ b^* แล้วนำมาคำนวณค่าความแตกต่างของสีได้จากสมการที่ 5.3

$$\Delta E = [(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2]^{1/2} \quad (5.3)$$

เมื่อ L^* คือ ค่าความสว่าง

a^* คือ ค่าความเป็นสีแดงหรือความเป็นสีเขียว

b^* คือ ค่าความเป็นสีเหลืองหรือความเป็นสีน้ำเงิน

หมายเหตุ L^* มีค่าตั้งแต่ 0-100 ค่า 0 เป็นสีที่มืดที่สุด และค่า 100 เป็นค่าที่สว่างที่สุด

a^* เป็นบวกจะแสดงความเป็นสีแดง และค่า a^* เป็นลบจะแสดงความเป็นสีเขียว

b^* เป็นบวกจะแสดงความเป็นสีเหลือง และค่า b^* เป็นลบจะแสดงความเป็นสีน้ำเงิน

3.5.5 ค่าความแข็ง (Hardness)

วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Model TA-XT2i, Stable Micro Systems™ Co., England โดยใช้หัววัดแบบ P/5S probe แรงกด 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ค่าแรงสูงสุดที่กดจนตัวอย่างแตก การกำหนดค่าของเครื่องสำหรับตัวอย่างที่ถูกทอดแล้ว ความเร็ว diameter probe ที่ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที และระยะห่างจากตัวอย่าง 10 มิลลิเมตร แรงกดสูงสุดของแต่ละตัวอย่างได้จากเส้นการเปลี่ยนแปลงของแรงใช้เพื่อบอกถึงความแข็งของผลิตภัณฑ์ และการประเมินค่าผลรวมของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแต่ละการทำงานโดยใช้ Texture Expert Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 เครื่อง Texture analyzer

3.5.6 ปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ (Oil content)

วิเคราะห์ด้วยการสกัดร้อนโดยใช้ชุด Soxhlet Extractor และใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย บันทึกค่าที่ได้นำไปคำนวณหาร้อยละของน้ำมันในมันเทศทอดจากสมการ 54

$$\%\ \text{ปริมาณน้ำมันที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ(g)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังสกัด(g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น(g)}} \times 100 \qquad (5.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 คุณสมบัติวัตถุดิบมันเทศสีม่วง

เมื่อนำมันเทศสีม่วงจากตลาดไท จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดเศษดิน และปอกเปลือก จากนั้นนำมาสไลด์ให้เป็นแผ่นบาง 1 มิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักแบ่งเป็นถุง ถุงละ 100กรัม นำไปวัดค่าคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าสมบัติทางกายภาพเริ่มต้นของมันเทศสีม่วง

Water activity	0.977
Hardness	3.29 (N)
Color parameter	
L^* (lightness-darkness)	33.97
a^* (redness-greenness)	19.82
b^* (blueness-yellowness)	1.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอด

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีก่อนการทอดด้วยการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส

Temperature	Time (min)	% yield	Moisture (%db.)	Water activity	Hardness	Oil content	ΔE	Color parameter		
								L^*	a^*	b^*
150	2	35.82	2.18	0.312	21.17	20.75	14.11	12.59	13.07	6.88
	4	35.94	1.78	0.272	22.28	20.59	7.73	27.17	12.65	9.30
	6	34.06	1.42	0.334	21.54	19.97	11.09	26.62	13.20	11.67
160	2	34.82	1.33	0.375	22.84	20.61	11.56	27.16	13.41	11.88
	4	34.71	1.16	0.375	22.67	20.48	8.37	24.28	11.93	11.36
	6	34.44	1.43	0.374	18.53	19.76	8.53	25.88	12.24	12.40
170	2	35.27	1.21	0.450	20.16	20.27	13.88	29.41	13.76	16.12
	4	34.48	1.33	0.372	17.87	19.81	6.47	25.35	11.77	11.06
	6	34.69	1.04	0.362	17.61	19.43	9.75	24.86	11.27	11.51

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีก่อนการทอดด้วยการอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส

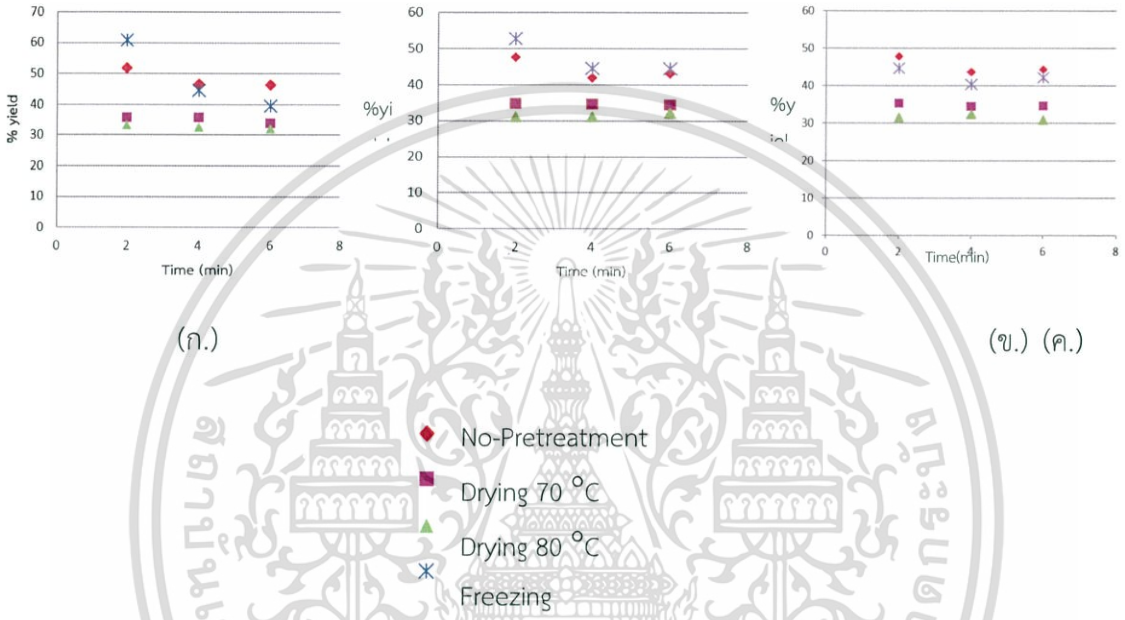
Temperature	Time (min)	% yield	Moisture (%db.)	Water activity	Hardness	Oil content	ΔE	Color parameter L*	a*	b*
150	2	33.26	1.70	0.367	20.34	19.93	11.21	28.55	13.16	8.43
	4	32.60	1.53	0.270	26.50	19.53	4.61	25.42	10.96	7.33
	6	32.10	1.11	0.261	25.76	19.27	6.74	24.62	11.42	7.97
160	2	31.12	1.59	0.247	17.70	19.54	6.73	25.19	11.98	7.93
	4	31.21	1.47	0.257	22.98	19.44	6.00	24.51	11.46	9.23
	6	32.01	1.03	0.238	26.77	18.96	5.21	25.02	11.39	9.95
170	2	31.57	1.32	0.250	22.17	19.32	4.42	24.73	12.12	8.17
	4	32.35	1.07	0.235	21.93	18.71	4.55	25.41	10.76	8.84
	6	30.84	0.94	0.217	27.81	18.10	10.25	26.27	11.21	11.64

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีก่อนการทอดด้วยการแช่แข็ง

Temperature	Time (min)	% yield	Moisture (%db.)	Water activity	Hardness	Oil content	ΔE	Color parameter		
								L^*	a^*	b^*
150	2	60.83	10.28	0.705	1.15	45.32	4.28	23.62	7.97	0.97
	4	44.62	3.29	0.438	1.07	38.94	5.88	20.45	9.65	2.77
	6	39.51	1.41	0.389	7.43	34.67	4.96	20.95	10.40	5.35
160	2	52.69	9.68	0.699	1.01	43.52	3.32	22.30	9.27	2.14
	4	44.43	3.85	0.335	2.50	36.16	4.48	22.48	10.96	6.25
	6	44.56	1.02	0.323	4.34	30.89	3.34	21.76	8.95	6.30
170	2	44.74	9.43	0.597	1.57	42.78	3.72	21.13	10.73	3.46
	4	40.34	1.98	0.352	7.36	33.42	3.65	23.04	11.19	8.69
	6	42.13	0.97	0.334	12.77	28.32	4.72	19.97	7.36	6.20

4.2.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าร้อยละของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 70 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 34.06% ถึง 35.82%, ร้อยละของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 30.84% ถึง33.26% และร้อยละของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมีค่าอยู่ในช่วง 39.51% ถึง 60.83%



(ก.) (ข.) (ค.)

รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้กับเวลาในการทอด
(ก.) ทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส (ข.) ทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส
(ค.) ทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้ง จะมีร้อยละปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็ง และเมื่อทอดที่อุณหภูมิสูงขึ้นร้อยละปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าลดลงเช่นเดียวกับเวลาทอด เมื่อเวลาทอดมากขึ้นปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าลดลง

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ทางด้านผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งพบว่า ผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งพบว่า ผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังตารางภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 70 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 1.04% ถึง 2.18% ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 0.94% ถึง 1.70% ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมีค่าอยู่ในช่วง 0.97%ถึง 10.28%

ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้ง มีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็ง เนื่องจากการอบแห้งเป็นการระเหยน้ำออกจากมันเทศ ความชื้นในมันเทศจะต่ำ และทำให้โครงสร้างภายในหดตัว เมื่อทอดจะทำให้ความชื้นในมันเทศลดลงอีกและดูดน้ำมันกลับได้น้อย เป็นผลให้มีความชื้นของผลิตภัณฑ์น้อย และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้ง 70 และ 80 องศาเซลเซียสมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมาก

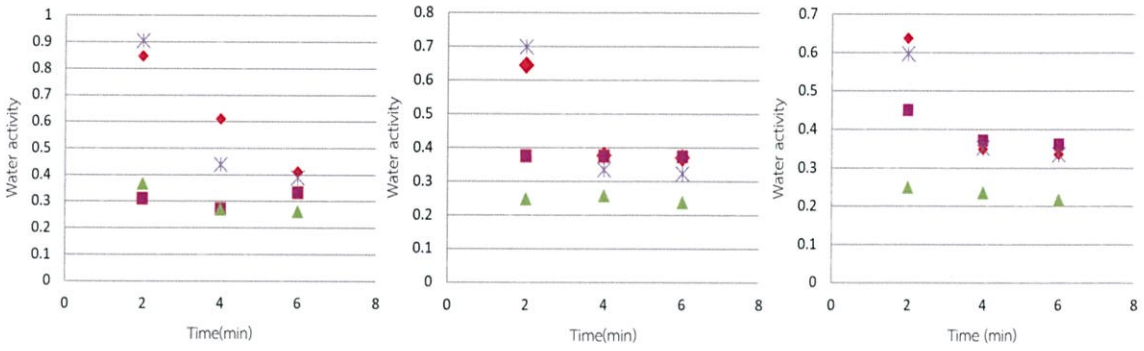
จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็ง พบว่าผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ดังตารางภาคผนวก ข.

4.2.3 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity ; a_w)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 70 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 0.272% ถึง 0.450% ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 0.217% ถึง 0.367% และปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมีค่าอยู่ในช่วง 0.323%ถึง 0.905%

จากรูปที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้ง จะมีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็ง และเมื่อทอดที่อุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณน้ำอิสระจะมีค่าลดลง เช่นเดียวกับเวลาทอดเมื่อเวลาทอดมากขึ้นปริมาณน้ำอิสระจะมีค่าลดลง มีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก.) (ข.) (ค.)

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้กับเวลาในการทอด
(ก.) ทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส (ข.)ทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส
(ค.)ทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็ง พบว่าผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ ดังตารางภาคผนวก ข.

4.2.4 ค่าความสว่าง (L*)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 70 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 12.59 ถึง 29.41 ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 24.51 ถึง 28.55 และค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมีค่าอยู่ในช่วง 19.97 ถึง23.62

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้ง จะมีค่าความสว่างมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็ง เมื่อทอดที่อุณหภูมิสูงขึ้นค่าความสว่างจะมีค่าลดลง และเมื่อเวลาทอดมากขึ้นค่าความจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันเทศที่ผ่านการอบแห้งจะมีสีน้ำตาล โดยเฉพาะที่ผิวนอกของอาหาร เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browing reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ เป็นปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนหรือกรดแอมิโนกับน้ำตาลในภาวะที่มีอุณหภูมิสูง

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็ง พบว่าผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างในผลิตภัณฑ์ ดังตารางภาคผนวก ข.

4.2.5 ค่าความเป็นสีแดง (a*)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 70 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 11.27 ถึง 13.76, ค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 1.76 ถึง13.16 และค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมีค่าอยู่ในช่วง 7.36 ถึง 11.19

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้ง จะมีค่าความเป็นสีแดงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งเล็กน้อย ค่าความเป็นสีแดงของแต่ละอุณหภูมิทอดและแต่ละเวลาทอด มีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมาก จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็ง พบว่าผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นสีแดงในผลิตภัณฑ์ ดังตารางภาคผนวก ข.

4.2.6 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 70 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 6.88 ถึง 16.12, ค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 7.33 ถึง 11.64 และค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมีค่าอยู่ในช่วง 0.97 ถึง 8.69

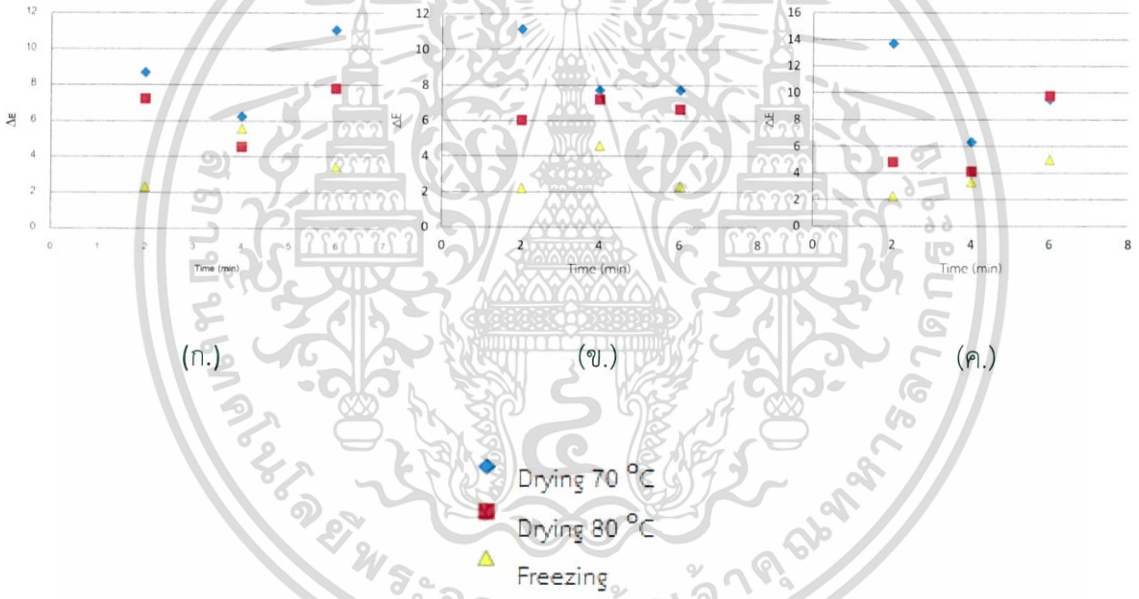
ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้ง จะมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งเล็กน้อย ค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามเวลาในการทอดและอุณหภูมิทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็ง พบว่าผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นสีเหลืองในผลิตภัณฑ์ ดังตารางภาคผนวก ข.

4.2.7 ค่าความแตกต่างของสี (Δ)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าค่าความแตกต่างของสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 70 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 6.47 ถึง 14.11, ค่าความแตกต่างของสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 4.55 ถึง 11.21 และค่าความแตกต่างของสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมีค่าอยู่ในช่วง 3.32 ถึง 5.88

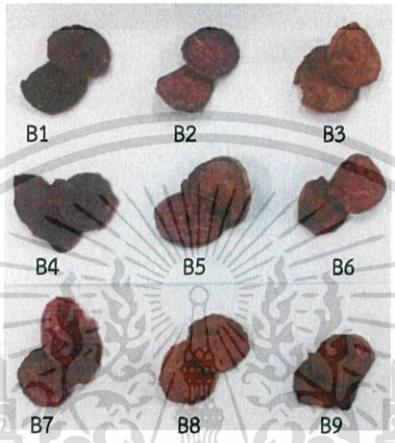


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของสีกับเวลาในการทอด
(ก.) ทอดที่อุณหภูมิ 150 องศสาเซลเซียส (ข.)ทอดที่อุณหภูมิ 160 องศสาเซลเซียส
(ค.)ทอดที่อุณหภูมิ 170 องศสาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้ง จะมีค่าความแตกต่างของสีมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งเล็กน้อย ค่าความแตกต่างของสีของแต่ละอุณหภูมิทอดและแต่ละเวลาทอด มีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ทางด้านผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งพบว่า ผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างของสีของผลิตภัณฑ์ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งพบว่า ผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างของสีของผลิตภัณฑ์ ดังตารางภาคผนวก ข.



รูปที่ 4.4 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งที่ -20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.8 ค่าความแข็ง (Hardness)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 70 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 17.61 (N) ถึง 22.84(N) ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 17.7(N) ถึง 27.81(N) และค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมีค่าอยู่ในช่วง 1.01(N) ถึง 12.7(N)

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้ง จะมีค่าความแข็งมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งเล็กน้อย ค่าความแข็งของแต่ละอุณหภูมิทอดและแต่ละเวลาทอด มีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมาก

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ทางด้านผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งพบว่า ผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งที่ได้ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งพบว่า ผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งที่ได้ ดังตารางภาคผนวก ข.

4.2.9 ค่าปริมาณน้ำมัน (Oil Content)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าค่าปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 70 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 19.76% ถึง 20.75% ค่าปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 18.1% ถึง 19.93% และค่าปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมีค่าอยู่ในช่วง 30.88% ถึง 45.32%

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งจะมีค่าปริมาณน้ำมันมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้ง เมื่ออุณหภูมิในการทอดมากขึ้นค่าปริมาณน้ำมันจะลดลง เช่นเดียวกับเวลาในการทอดที่เวลามากขึ้นค่าปริมาณน้ำมันจะลดลง

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็ง พบว่าผลกระทบของตัวแปรอุณหภูมิทอดและเวลาทอดนั้นมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ ดังตารางภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการทอดมันเทศที่บรรยากาศ ที่ผ่านกรรมวิธีการก่อนการทอดด้วยการอบแห้งและแช่แข็ง โดยควบคุมสภาวะในการทอดดังนี้ อุณหภูมิน้ำมัน 150, 160 และ 170 องศาเซลเซียส เวลาในการทอด 2, 4 และ 6 นาที โดยปัจจัยที่ศึกษากรรมวิธีการก่อนการทอดประกอบด้วยการอบแห้งและการแช่แข็ง

การทดลองพบว่า กรรรมวิธีก่อนการทอดมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์มันเทศทอด โดยการอบแห้งทั้งอุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ก่อนการทอดส่งผลให้ค่าร้อยละปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้, ค่าความชื้น, ปริมาณน้ำมัน, ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าลดลงในขณะที่ค่าความสว่างและค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดงมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเทียบกับการทอดที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการก่อนการทอด

การแช่แข็งก่อนการทอดที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีผลต่อผลิตภัณฑ์ทำให้ค่าความแข็ง และค่าความเป็นสีแดงมีค่าลดลง แต่ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นสีเหลืองและค่าร้อยละปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณน้ำอิสระ, ค่าสี, ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองมีผลต่างเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับการทอดที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการก่อนการทอด

โดยการอบแห้งและการแช่แข็งก่อนการทอดมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มันเทศทอดดังนี้

- ร้อยละปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ (% Yield) พบว่าการแช่แข็งส่งผลให้ค่าร้อยละปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นไม่มากนักเมื่อเทียบกับการทอดที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการก่อนการทอด แต่การอบแห้งก่อนการทอดจะส่งผลให้ร้อยละปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าลดลง ปริมาณร้อยละที่ได้จากการแช่แข็งจะมีค่ามากที่สุด เมื่อทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที ร้อยละปริมาณที่ได้มีค่า 60.83 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณความชื้น (Moisture content) พบว่าการแช่แข็งก่อนการทอดทำให้ปริมาณความชื้นภายในผลิตภัณฑ์มีปริมาณเพิ่นขึ้น แต่การอบแห้งส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วทอดที่อุณหภูมิ 170 เวลา 6 นาที จะได้ปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุด 0.94 เปอร์เซ็นต์
- ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) พบว่าการแช่แข็งก่อนการทอดมีปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันมากกับการทอดที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการก่อนการทอด แต่การอบแห้งนั้นทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระที่ได้ลดลง ปริมาณน้ำอิสระน้อยจะส่งผลดีกับอายุการเก็บรักษา สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยปริมาณน้ำอิสระที่น้อยที่สุดคือ 0.217 ได้จากการอบที่ 80 องศาเซลเซียส แล้วทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที
- ค่าความแข็ง (Hardness) พบว่าการแช่แข็งส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงจึงมีความกรอบน้อยกว่าการทอดแบบไม่ผ่านกรรมวิธีก่อนการทอด แต่การอบแห้งทำให้ค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น โดยค่าความแข็งที่มากที่สุดคือ 27.81 ได้จากการอบที่ 80 องศาเซลเซียส แล้วทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที แต่ค่าความแข็งนี้แข็งเกินไปจนไม่สามารถรับประทานได้
- ปริมาณน้ำมัน (Oil content) พบว่าการแช่แข็งก่อนการทอดส่งผลให้ปริมาณน้ำมันภายในผลิตภัณฑ์มีปริมาณมากขึ้น แต่การอบแห้งทำให้พื้นที่ในการดูดซับน้ำมันน้อยลงส่งผลให้ปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ลดลงไปด้วย โดยพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณน้ำมันที่น้อยที่สุดคือ 18.10 เมื่อทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที
- ค่าความสว่าง (L*) พบว่าการแช่แข็งและการอบแห้งก่อนการทอดนั้นได้ค่าความสว่างในผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันมากนัก
- ค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่าการแช่แข็งรวมทั้งการอบแห้งก่อนการทอดให้ค่าความเป็นสีแดงไม่แตกต่างกันมากนัก
- ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่าการแช่แข็งมีค่าเพิ่ม แต่การอบแห้งทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที จะได้ค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุดคือ 16.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าสี (ΔE) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่แข็งก่อนการทอดยังคงสีของวัตถุดิบไว้ได้ดี ค่าสีที่ได้จึงเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย แต่การอบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนมีสีน้ำตาลที่เกิดจากการไหม้มากกว่า โดยค่าสีที่ได้จากการแช่แข็งที่ -20 องศาเซลเซียสคือ 3.32 เป็นค่าที่มีเปลี่ยนแปลงของสีน้อยที่สุด ในการทอดที่ 160 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรเลือกซื้อมันเทศในปริมาที่เหมาะสมกับการทดลอง หรือมีการเก็บรักษาที่ดีเพื่อคงคุณภาพของมันเทศให้ดีอยู่เสมอ เนื่องจากหากซื้อมาเป็นเวลานานจะทำให้มันเทศเจริญเติบโตซึ่งทำให้คุณสมบัติทางเคมีภายในมันเทศมีการเปลี่ยนแปลง

- การใช้ชุดอุปกรณ์สกัด ต้องควบคุมอุณหภูมิที่ฮีทเตอร์ให้เหมาะสม เนื่องจากหากอุณหภูมิน้อยไปจะทำให้เฮกเซนเดือดช้า แต่หากใช้อุณหภูมิมากไปจะทำให้ flask แตกได้

- การอบแห้งควรใช้ค่าความชื้นเป็นตัวแปรต้น แทนการใช้เวลาในการอบ เพราะการความชื้นสามารถแสดงคุณสมบัติภานในให้มีค่าเท่ากัน ได้แม่นยำกว่า

- การแช่แข็งควรเพิ่มอุณหภูมิในการทดลอง อาจจะใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้เพื่อการเปรียบเทียบ และควรมีช่วงเวลาในการละลายน้ำแข็งภายในผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำมากขึ้น

- ร้อยละปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ ควรมีการวัดที่ดีกว่านี้ เพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับน้ำมันเข้าไปทำให้ค่าร้อยละปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ เกิดการคลาดเคลื่อนได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชาเทคโนโลยีการถนอมและแปรรูปอาหาร. 2555. "เอกสารการชุดวิชาเทคโนโลยีการถนอมและแปรรูปอาหาร". สาขาวิชามนุษยนิเวศศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นรินทร์ พูลเพิ่ม .2540. "มันเทศ". ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร สถาบันวิจัยพืชสวน. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 23 หน้า

ภัทรวดี วงศ์ชนะภัย และ สิริมา ชินสาร. 2554. "ผลของสภาวะในการทอดและการทำแห้งก่อนการทอดต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันและคุณภาพของเผือกแท่งชิ้นรูปทอดแบบนน้ำมันท่วม". Agricultural Sci Journal. : 441-444.

วิไล รังสาดทอง. 2547. "อาหารแช่แข็งและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการแช่แข็ง" วารสารสมาคมเครื่องทำความเย็นไทย. ฉบับที่ 12 เดือนมิถุนายน 2547.

อรพิน ชัยประสพ. 2558. "การถนอมอาหาร" พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยรามคำแหง : 107-121.

Adrian, V., Natalia, H., Magdalena, W., Arno D., Gerard V.D., Ruud V.S., Jaap N., Lucas V.c., Henk V.A., and John V.D., 2012. "The impact of freeze-drying on microstructure and rehydration properties of carrot". Food Research International. 49(2012). 687–693.

Agarry, S.E., Durojaiye, A.O., and Afolabi T.J., 2005. "Effect of pre-treatment on the drying rate and drying time of potato". Journal of Food technology. 3(3). 361-364.

Agnieszka, T.C., Adam, F., and Elzbieta, R., 2007. "Effect of potato strips pre-drying methods on Frenc h fries". Pol. J. Food Nutr.Sci., 57, 175-181.

Apapa S., Schmidt K.A., Jeon I.J., Herald T.J., Flores R.A., 2010"Mechanisms of ice crystallization and recrystallization in ice cream: A review" Department of Animal Sciences and industry Kansas State university : 259-271.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bordin, K., Kunitake, M. T., Aracava, K. K., and Trindade, C. S. F. 2013. "Changes in food caused by deep fat frying." COMPLETE SU COLECCION DE ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION. : 5-13.

Carpena, A.L. 2009 "Important Cultivars, Varieties, and Hybrids. In: G. Loebenstein & G. Thottappilly (Eds.), The Sweetpotato". Springer Science : 27-40

Cook K.L.K and Hartel R.W., 2010. "Mechanisms of ice crystallization in ice cream production" Comprehensive reviews in food science and food safety 9, 213-221.

Garayo, J., and Moreira, R. 2002. "Vacuum frying of potato chips." Journal of Food Engineering : 181–191.

Gustavo V., Bilge Altunakar, Danilo L., 2005 "Freezing of fruits and vegetables" :1-10

Hosain, D., Hamid, K., Ahmad, B., and Mehdi, l. 2013 "Effect of Shape Potato Chips on Drying Characteristics". IJACS.: 5, 2009-2018.

Hossein, K. and Sun, D.,2011. "Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review" Trends in Food Science and Technology 22, 407-426.

Huaman, Z. (ed.) 1991. *Descriptors List for Sweetpotato*. IBPGR, Rome.

Huaman, Z. 1992 " Morphologic Identification of Duplicates in Collections of *Ipomoea batatas*." CIP, Lima, Peru. : 2-26.

Jagamohan, M., Braja K.M., Prakarh, N., and Vishal, S. 2015 "Effect of Pre-drying and Frying Kinetics of Sweet Potato Chips". The Bioscan. 10(2): 521-525.

Marasca, E., Greetham, D., Herring, S.D., and Fisk, I.D. 2015 "Impact of nitrogen flushing and oil choice on the progression of lipid oxidation in unwashed fried sliced potato crisps". Food Chemistry. 199(2016). 81–86.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oyebanji, A.O., Ajani, A.O., and Adeize, A. 2013 "Effect of pre-drying treatments on utilizability of sweet potato tubers for production of chips for confectionery flour". Academic Journals. 7(9). 258-263.

Paulo, F.D.S., and Rosana, G.M. 2008 "Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks". LWT - Food Science and Technology. 41, 1758-1767.

Quang ,T.P., 2008. "Advances in food freezing/Thawing/Freeze Concentration Modelling and Techniques" Japan Journal of food engineering. 9, 21-32.

Ramos, I.N., Brandaˆo, T.R.S., and Silva, C.L.M., 2010 Structural Changes During Air Drying of Fruits and Vegetables. Food Science and Technology International.

Rocio, M.T., and Purificacion, G.S. 2014 "Use of vacuum-frying in chicken nugget processing". Innovative Food Science and Emerging Technologies. 26. 482-489.

Shaker, M. A. 2015. "Comparison between traditional deep-fat frying and air-frying for production of healthy fried potato strips." International Food Research Journal. : 1557-1563.

Seidu, J.M., Bobobee, E.Y.H., Kwenin, W.J.K., Tevor, W.J., Mahama, A.A. and Agbeven, J. 2012 "Drying of sweet potato for quality flour using locally constructed solar dryers". ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 7(6). 466-473

Zofia, L., Jacek, S., Waldemar, K., and Piotr, G., 2008 "Effect of pre-freezing and culinary treatment on the content of Amino acids of Green pea". Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 7(4) : 5-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์

ไม่ผ่านกระบวนการกรรมวิธีก่อนการทอด

ตารางแสดงผลปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังทอด	%yield
1	150	2	100.13	51.98	51.86
2	150	4	100.27	46.49	46.56
3	150	6	100.09	46.50	46.46
4	160	2	100.05	47.59	47.57
5	160	4	100.33	42.14	42.00
6	160	6	100.02	43.17	43.16
7	170	2	100.30	47.93	47.79
8	170	4	100.38	43.78	43.61
9	170	6	100.33	44.49	44.34

ตารางแสดงผลความชื้นของผลิตภัณฑ์

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังอบ	%ความชื้น
1	150	2	4.17	3.9258	5.86
2	150	4	3.71	3.691	1.91
3	150	6	3.74	3.6835	1.51
4	160	2	3.77	3.6893	2.14
5	160	4	3.74	3.6808	1.58
6	160	6	3.77	3.7185	1.37
7	170	2	3.54	3.5044	1.01
8	170	4	3.57	3.5108	1.65
9	170	6	3.43	3.4255	0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

Experiment No.	Temperature	Time	a_w
1	150	2	0.846
2	150	4	0.610
3	150	6	0.412
4	160	2	0.644
5	160	4	0.377
6	160	6	0.370
7	170	2	0.637
8	170	4	0.349
9	170	6	0.335

ตารางแสดงผลค่าสี

Experiment No.	Temperature	Time	L^*	a^*	b^*
1	150	2	23.53	10.51	-1.04
2	150	4	25.64	12.23	3.29
3	150	6	22.30	10.70	1.82
4	160	2	24.30	11.34	1.30
5	160	4	24.17	13.16	3.72
6	160	6	22.51	11.71	5.46
7	170	2	22.96	12.22	4.14
8	170	4	22.06	10.78	5.79
9	170	6	21.54	8.71	2.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลความแข็ง

Experiment No.	Temperature	Time	Force (N)
1	150	2	1.57
2	150	4	3.72
3	150	6	20.52
4	160	2	2.38
5	160	4	15.31
6	160	6	18.16
7	170	2	4.77
8	170	4	17.77
9	170	6	16.59

ตารางแสดงผลปริมาณน้ำมัน

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังสกัด	%น้ำมัน
1	150	2	4.4174	3.1931	27.71
2	150	4	4.3365	3.1405	27.58
3	150	6	4.2546	3.0850	27.49
4	160	2	4.3765	3.1655	27.67
5	160	4	4.2784	3.1031	27.47
6	160	6	4.1928	3.0448	27.38
7	170	2	4.2958	3.1097	27.61
8	170	4	4.2074	3.0542	27.41
9	170	6	3.9785	2.8955	27.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีก่อนการทอด : อบแห้ง 70 องศาเซลเซียส

ตารางแสดงผลปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักหลังทอด	%yield
1	150	2	100.45	29.42	35.98	35.82
2	150	4	101.09	29.73	36.27	35.94
3	150	6	100.55	28.37	34.26	34.06
4	160	2	100.67	29.23	35.06	34.82
5	160	4	100.69	29.64	34.96	34.71
6	160	6	101.10	29.52	34.58	34.44
7	170	2	100.69	30.00	35.52	35.27
8	170	4	100.32	29.49	34.59	34.48
9	170	6	100.99	29.84	35.05	34.69

ตารางแสดงผลความชื้นของผลิตภัณฑ์

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังอบ	%ความชื้น
1	150	2	4.7699	4.6661	2.18
2	150	4	4.7137	4.6304	1.78
3	150	6	4.7010	4.6340	1.42
4	160	2	4.7070	3.6446	1.33
5	160	4	4.3197	4.2695	1.16
6	160	6	4.6372	4.5707	1.43
7	170	2	4.8623	4.8031	1.21
8	170	4	4.0061	3.9527	1.33
9	170	6	4.3123	4.2674	1.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

Experiment No.	Temperature	Time	a_w
1	150	2	0.312
2	150	4	0.272
3	150	6	0.334
4	160	2	0.375
5	160	4	0.375
6	160	6	0.374
7	170	2	0.450
8	170	4	0.372
9	170	6	0.362

ตารางแสดงผลค่าสี

Experiment No.	Temperature	Time	L^*	a^*	b^*	ΔE
1	150	2	12.59	13.07	6.88	14.11
2	150	4	27.17	12.65	9.30	7.73
3	150	6	26.62	13.20	11.67	11.09
4	160	2	27.16	13.41	11.88	11.56
5	160	4	24.28	11.93	11.36	8.37
6	160	6	25.88	12.24	12.40	8.53
7	170	2	29.41	13.76	16.12	13.88
8	170	4	25.35	11.77	11.06	6.47
9	170	6	24.86	11.27	11.51	9.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลความแข็ง

Experiment No.	Temperature	Time	Force (N)
1	150	2	21.17
2	150	4	22.28
3	150	6	21.54
4	160	2	22.84
5	160	4	22.67
6	160	6	18.53
7	170	2	20.16
8	170	4	17.87
9	170	6	17.61

ตารางแสดงผลปริมาณน้ำมัน

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังสกัด	%น้ำมัน
1	150	2	4.7638	3.7753	20.75
2	150	4	4.6378	3.6829	20.59
3	150	6	4.8545	3.8851	19.97
4	160	2	4.3342	3.4409	20.61
5	160	4	4.7252	3.7575	20.48
6	160	6	4.6231	3.7096	19.76
7	170	2	4.5915	3.6608	20.27
8	170	4	4.6282	3.7114	19.81
9	170	6	4.5911	3.6990	19.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีก่อนการทอด : อบแห้ง 80 องศาเซลเซียส

ตารางแสดงผลปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักหลังทอด	%yield
1	150	2	100.35	28.00	33.38	33.26
2	150	4	100.17	27.30	32.66	32.60
3	150	6	100.08	27.12	32.13	32.10
4	160	2	100.06	26.11	31.14	31.12
5	160	4	100.07	26.19	31.23	31.21
6	160	6	100.18	26.93	32.07	32.01
7	170	2	100.24	27.21	31.33	31.57
8	170	4	100.34	27.11	32.46	32.35
9	170	6	100.36	26.14	30.95	30.84

ตารางแสดงผลความชื้นของผลิตภัณฑ์

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังอบ	%ความชื้น
1	150	2	4.3597	4.2856	1.70
2	150	4	4.3856	4.3185	1.53
3	150	6	4.4762	4.4265	1.11
4	160	2	4.4925	4.4211	1.59
5	160	4	4.5931	4.5256	1.47
6	160	6	4.4322	4.3865	1.03
7	170	2	4.5125	4.4529	1.32
8	170	4	4.3958	4.3488	1.07
9	170	6	4.5845	4.5414	0.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

Experiment No.	Temperature	Time	a_w
1	150	2	0.367
2	150	4	0.270
3	150	6	0.261
4	160	2	0.247
5	160	4	0.257
6	160	6	0.238
7	170	2	0.250
8	170	4	0.235
9	170	6	0.217

ตารางแสดงผลค่าสี

Experiment No.	Temperature	Time	L^*	a^*	b^*	ΔE
1	150	2	28.55	13.16	8.43	11.21
2	150	4	25.42	10.96	7.33	4.61
3	150	6	24.62	11.42	7.97	6.74
4	160	2	25.19	11.98	7.93	6.73
5	160	4	24.51	11.46	9.23	6.00
6	160	6	25.02	11.39	9.95	5.21
7	170	2	24.73	12.12	8.17	4.42
8	170	4	25.41	10.76	8.84	4.55
9	170	6	26.27	11.21	11.64	10.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลความแข็ง

Experiment No.	Temperature	Time	Force (N)
1	150	2	20.34
2	150	4	26.50
3	150	6	25.76
4	160	2	17.70
5	160	4	22.98
6	160	6	26.77
7	170	2	22.17
8	170	4	21.93
9	170	6	27.81

ตารางแสดงผลปริมาณน้ำมัน

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังสกัด	%น้ำมัน
1	150	2	4.5737	3.6622	19.93
2	150	4	4.5933	3.6962	19.53
3	150	6	4.6892	3.7856	19.27
4	160	2	4.7128	3.7919	19.54
5	160	4	4.5316	3.6507	19.44
6	160	6	4.5345	3.6748	18.96
7	170	2	4.6012	3.7122	19.32
8	170	4	4.5795	3.7227	18.71
9	170	6	4.5911	3.7601	18.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีก่อนการทอด : แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส (ตู้แช่แข็ง)

ตารางแสดงผลปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังทอด	%yield
1	150	2	100.08	60.91	60.83
2	150	4	100.14	44.69	44.62
3	150	6	100.27	39.61	39.51
4	160	2	100.09	52.92	52.69
5	160	4	100.10	44.48	44.43
6	160	6	100.13	44.65	44.56
7	170	2	100.08	44.78	44.74
8	170	4	100.08	40.38	40.34
9	170	6	100.09	42..16	42.13

ตารางแสดงผลความชื้นของผลิตภัณฑ์

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังอบ	%ความชื้น
1	150	2	4.6981	4.2151	10.28
2	150	4	4.7265	4.5710	3.29
3	150	6	4.7531	4.6861	1.41
4	160	2	4.5052	4.0691	9.68
5	160	4	4.6264	4.4483	3.85
6	160	6	4.6538	4.6063	1.02
7	170	2	4.5737	4.1424	9.43
8	170	4	4.5911	4.5002	1.98
9	170	6	4.4770	4.4336	0.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

Experiment No.	Temperature	Time	a_w
1	150	2	0.905
2	150	4	0.438
3	150	6	0.389
4	160	2	0.699
5	160	4	0.335
6	160	6	0.323
7	170	2	0.597
8	170	4	0.352
9	170	6	0.334

ตารางแสดงผลค่าสี

Experiment No.	Temperature	Time	L^*	a^*	b^*	ΔE
1	150	2	23.62	7.97	1.16	4.28
2	150	4	20.45	9.65	2.77	5.88
3	150	6	20.95	10.40	5.35	4.96
4	160	2	22.30	9.27	2.14	3.32
5	160	4	22.48	10.96	6.25	4.48
6	160	6	21.76	8.95	6.45	3.34
7	170	2	21.13	10.73	3.22	3.72
8	170	4	23.04	11.19	8.70	3.65
9	170	6	19.97	7.36	6.20	4.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลความแข็ง

Experiment No.	Temperature	Time	Force (N)
1	150	2	1.15
2	150	4	1.07
3	150	6	7.43
4	160	2	1.01
5	160	4	2.50
6	160	6	4.34
7	170	2	1.57
8	170	4	7.36
9	170	6	12.77

ตารางแสดงผลปริมาณน้ำมัน

Experiment No.	Temperature	Time	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักหลังสกัด	%น้ำมัน
1	150	2	4.5240	2.4737	45.32
2	150	4	4.7810	2.9192	38.94
3	150	6	4.4631	2.9157	34.67
4	160	2	4.5893	2.5920	43.52
5	160	4	4.8016	3.0653	36.16
6	160	6	4.4339	3.0642	30.89
7	170	2	4.6879	2.6824	42.78
8	170	4	4.7280	3.1479	33.42
9	170	6	4.8077	3.4461	28.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ภาคผนวก ข. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีก่อนการทอด

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยโปรแกรม SPSS แบบ full factorial และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีก่อนการทอด : อบแห้ง 70 องศาเซลเซียส

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

Dependent Variable: Yield

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.452[a]	8	.807	.212	.980
Intercept	21940.935	1	21940.935	5769.274	.000
Temp	1.219	2	.609	.160	.854
Time	2.592	2	1.296	.341	.720
Temp * Time	2.641	4	.660	.174	.946
Error	34.228	9	3.803		
Total	21981.615	18			
Corrected Total	40.680	17			

a. R Squared = .159 (Adjusted R Squared = -.589)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้นของผลิตภัณฑ์

Dependent Variable: Moisture

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.621[a]	8	.328	32.854	.000
Intercept	36.665	1	36.665	3676.747	.000
Time	.424	2	.212	21.276	.000
Temp	1.480	2	.740	74.208	.000
Time * Temp	.717	4	.179	17.965	.000
Error	.090	9	.010		
Total	39.376	18			
Corrected Total	2.711	17			

a. R Squared = .967 (Adjusted R Squared = .937)

ตารางที่ ข.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

Dependent Variable: Aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.036[a]	8	.005	191.650	.000
Intercept	2.341	1	2.341	98472.112	.000
Temp	.024	2	.012	512.208	.000
Time	.004	2	.002	84.301	.000
Temp * Time	.008	4	.002	85.044	.000
Error	.000	9	2.378E-5		
Total	2.378	18			
Corrected Total	.037	17			

a. R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความสว่าง

Dependent Variable: Lightness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	37.166[a]	8	4.646	.163	.991
Intercept	12460.942	1	12460.942	435.885	.000
Temp	2.658	2	1.329	.046	.955
Time	13.957	2	6.979	.244	.788
Temp * Time	20.551	4	5.138	.180	.943
Error	257.289	9	28.588		
Total	12755.397	18			
Corrected Total	294.455	17			

a. R Squared = .126 (Adjusted R Squared = -.650)

ตารางที่ ข.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นสีแดง

Dependent Variable: Redness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11.222[a]	8	1.403	.622	.743
Intercept	2851.887	1	2851.887	1263.988	.000
Temp	1.528	2	.764	.339	.721
Time	6.135	2	3.067	1.359	.305
Temp * Time	3.559	4	.890	.394	.808
Error	20.306	9	2.256		
Total	2883.415	18			
Corrected Total	31.528	17			

a. R Squared = .356 (Adjusted R Squared = -.217)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นสีเหลือง

Dependent Variable: Yellowness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	97.061[a]	8	12.133	.730	.666
Intercept	2318.578	1	2318.578	139.591	.000
Temp	41.727	2	20.863	1.256	.330
Time	5.633	2	2.817	.170	.847
Temp * Time	49.701	4	12.425	.748	.583
Error	149.488	9	16.610		
Total	2565.127	18			
Corrected Total	246.549	17			

a. R Squared = .394 (Adjusted R Squared = -.145)

ตารางที่ ข.7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความแตกต่างของสี

Dependent Variable: E

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	80.575[a]	8	10.072	.350	.923
Intercept	1681.420	1	1681.420	58.377	.000
Temp	1.221	2	.611	.021	.979
Time	52.061	2	26.031	.904	.439
Temp * Time	27.292	4	6.823	.237	.911
Error	259.226	9	28.803		
Total	2021.221	18			
Corrected Total	339.801	17			

a. R Squared = .237 (Adjusted R Squared = -.441)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความแข็ง

Dependent Variable: Texture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	102.328[a]	8	12.791	.598	.768
Intercept	11367.670	1	11367.670	531.180	.000
Temp	52.863	2	26.431	1.235	.314
Time	23.463	2	11.732	.548	.587
Temp * Time	26.002	4	6.500	.304	.872
Error	385.214	18	21.401		
Total	11855.211	27			
Corrected Total	487.542	26			

a. R Squared = .210 (Adjusted R Squared = -.141)

ตารางที่ ข.9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำมัน

Dependent Variable: Oil

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.882[a]	8	.485	17.880	.000
Intercept	7270.974	1	7270.974	267917.160	.000
Time	2.839	2	1.419	52.303	.000
Temp	.909	2	.455	16.755	.001
Time * Temp	.134	4	.033	1.231	.364
Error	.244	9	.027		
Total	7275.100	18			
Corrected Total	4.126	17			

a. R Squared = .941 (Adjusted R Squared = .888)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีก่อนการทอด : อบแห้ง 80 องศาเซลเซียส

ตารางที่ ข.10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

Dependent Variable: Yield

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.204[a]	8	.651	.116	.997
Intercept	20036.683	1	20036.683	3579.531	.000
Temp	1.003	2	.502	.090	.915
Time	.418	2	.209	.037	.964
Temp * Time	3.783	4	.946	.169	.949
Error	50.378	9	5.598		
Total	20092.266	18			
Corrected Total	55.582	17			

a. R Squared = .094 (Adjusted R Squared = -.712)

ตารางที่ ข.11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้นของผลิตภัณฑ์

Dependent Variable: Moisture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.131[a]	8	.141	16.453	.000
Intercept	29.825	1	29.825	3470.258	.000
Time	.732	2	.366	42.586	.000
Temp	.343	2	.171	19.940	.000
Time * Temp	.056	4	.014	1.642	.246
Error	.077	9	.009		
Total	31.034	18			
Corrected Total	1.209	17			

a. R Squared = .936 (Adjusted R Squared = .879)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

Dependent Variable: Aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.029[a]	8	.004	2.123	.142
Intercept	1.221	1	1.221	705.669	.000
Temp	.014	2	.007	4.080	.055
Time	.008	2	.004	2.227	.164
Temp * Time	.008	4	.002	1.093	.416
Error	.016	9	.002		
Total	1.266	18			
Corrected Total	.045	17			

a. R Squared = .654 (Adjusted R Squared = .346)

ตารางที่ ข.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความสว่าง

Dependent Variable: Lightness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25.114[a]	8	3.139	.761	.644
Intercept	11730.014	1	11730.014	2845.042	.000
Temp	4.993	2	2.497	.606	.567
Time	3.689	2	1.844	.447	.653
Temp * Time	16.433	4	4.108	.996	.457
Error	37.107	9	4.123		
Total	11792.235	18			
Corrected Total	62.221	17			

a. R Squared = .404 (Adjusted R Squared = -.126)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นสีแดง

Dependent Variable: Redness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8.394[a]	8	1.049	1.685	.226
Intercept	2426.026	1	2426.026	3896.986	.000
Temp	.706	2	.353	.567	.586
Time	6.167	2	3.083	4.953	.035
Temp * Time	1.521	4	.380	.611	.665
Error	5.603	9	.623		
Total	2440.022	18			
Corrected Total	13.997	17			

a. R Squared = .600 (Adjusted R Squared = .244)

ตารางที่ ข.15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นสีเหลือง

Dependent Variable: Yellowness

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	27.420[a]	8	3.428	1.107	.438
Intercept	1404.677	1	1404.677	453.604	.000
Temp	8.422	2	4.211	1.360	.305
Time	9.670	2	4.835	1.561	.262
Temp * Time	9.328	4	2.332	.753	.581
Error	27.870	9	3.097		
Total	1459.967	18			
Corrected Total	55.291	17			

a. R Squared = .496 (Adjusted R Squared = .048)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความแตกต่างของสี

Dependent Variable: E

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	99.530[a]	8	12.441	2.592	.089
Intercept	793.082	1	793.082	165.237	.000
Temp	7.573	2	3.787	.789	.483
Time	22.555	2	11.277	2.350	.151
Temp * Time	69.402	4	17.351	3.615	.051
Error	43.197	9	4.800		
Total	935.809	18			
Corrected Total	142.727	17			

a. R Squared = .697 (Adjusted R Squared = .428)

ตารางที่ ข.17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความแข็ง

Dependent Variable: Texture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	274.233[a]	8	34.279	1.764	.151
Intercept	14975.210	1	14975.210	770.414	.000
Temp	15.592	2	7.796	.401	.675
Time	203.403	2	101.701	5.232	.016
Temp * Time	55.238	4	13.809	.710	.595
Error	349.882	18	19.438		
Total	15599.324	27			
Corrected Total	624.114	26			

a. R Squared = .439 (Adjusted R Squared = .190)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำมัน

Dependent Variable: Oil

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.907[a]	8	.613	47.361	.000
Intercept	6589.137	1	6589.137	508813.694	.000
Time	1.913	2	.957	73.876	.000
Temp	2.726	2	1.363	105.257	.000
Time * Temp	.267	4	.067	5.156	.019
Error	.117	9	.013		
Total	6594.160	18			
Corrected Total	5.023	17			

a. R Squared = .977 (Adjusted R Squared = .956)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีก่อนการทอด : แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส (ตู้แช่แข็ง)

ตารางที่ ข.19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

Dependent Variable: Yield

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1088.346[a]	8	136.043	9.802	.000
Intercept	57114.521	1	57114.521	4115.132	.000
Time	624.467	2	312.233	22.497	.000
Temp	179.236	2	89.618	6.457	.008
Time * Temp	284.643	4	71.161	5.127	.006
Error	249.825	18	13.879		
Total	58452.692	27			
Corrected Total	1338.171	26			

a. R Squared = .813 (Adjusted R Squared = .730)

ตารางที่ ข.20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้นของผลิตภัณฑ์

Dependent Variable: Moisture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	231.427[a]	8	28.928	231.829	.000
Intercept	376.202	1	376.202	3014.845	.000
Time	226.192	2	113.096	906.341	.000
Temp	2.542	2	1.271	10.185	.005
Time * Temp	2.692	4	.673	5.394	.017
Error	1.123	9	.125		
Total	608.752	18			
Corrected Total	232.550	17			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

Dependent Variable: Aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.006[a]	8	.126	14.047	.000
Intercept	6.383	1	6.383	712.844	.000
Temp	.118	2	.059	6.588	.007
Time	.831	2	.416	46.407	.000
Temp * Time	.057	4	.014	1.596	.219
Error	.161	18	.009		
Total	7.551	27			
Corrected Total	1.167	26			

a. R Squared = .862 (Adjusted R Squared = .801)

ตารางที่ ข.22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความสว่าง

Dependent Variable: Lightness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	30.484[a]	8	3.810	.739	.657
Intercept	12626.946	1	12626.946	2449.364	.000
Temp	6.028	2	3.014	.585	.568
Time	9.608	2	4.804	.932	.412
Temp * Time	14.848	4	3.712	.720	.589
Error	92.793	18	5.155		
Total	12750.223	27			
Corrected Total	123.277	26			

a. R Squared = .247 (Adjusted R Squared = -.087)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นสีแดง

Dependent Variable: Redness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	172.501[a]	8	21.563	1.558	.206
Intercept	3064.112	1	3064.112	221.403	.000
Temp	66.495	2	33.247	2.402	.119
Time	46.512	2	23.256	1.680	.214
Temp * Time	59.495	4	14.874	1.075	.398
Error	249.111	18	13.840		
Total	3485.725	27			
Corrected Total	421.613	26			

a. R Squared = .409 (Adjusted R Squared = .147)

ตารางที่ ข.24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นสีเหลือง

Dependent Variable: Yellowness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	148.096[a]	8	18.512	6.189	.001
Intercept	591.927	1	591.927	197.895	.000
Temp	43.638	2	21.819	7.295	.005
Time	83.860	2	41.930	14.018	.000
Temp * Time	20.598	4	5.150	1.722	.189
Error	53.840	18	2.991		
Total	793.862	27			
Corrected Total	201.936	26			

a. R Squared = .733 (Adjusted R Squared = .615)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความแตกต่างของสี

Dependent Variable: E

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17.367[a]	8	2.171	.918	.525
Intercept	490.497	1	490.497	207.327	.000
Temp	8.682	2	4.341	1.835	.188
Time	3.709	2	1.854	.784	.472
Temp * Time	4.977	4	1.244	.526	.718
Error	42.585	18	2.366		
Total	550.448	27			
Corrected Total	59.952	26			

a. R Squared = .290 (Adjusted R Squared = -.026)

ตารางที่ ข.26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความแข็ง

Dependent Variable: Texture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	398.215[a]	8	49.777	3.307	.017
Intercept	511.865	1	511.865	34.005	.000
Temp	113.617	2	56.809	3.774	.043
Time	223.209	2	111.604	7.414	.004
Temp * Time	61.389	4	15.347	1.020	.424
Error	270.946	18	15.053		
Total	1181.026	27			
Corrected Total	669.161	26			

a. R Squared = .595 (Adjusted R Squared = .415)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำมัน

Dependent Variable: Oil

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	549.878[a]	8	68.735	699.234	.000
Intercept	24522.266	1	24522.266	249463.538	.000
Time	475.795	2	237.898	2420.118	.000
Temp	66.947	2	33.474	340.526	.000
Time * Temp	7.135	4	1.784	18.146	.000
Error	.885	9	.098		
Total	25073.028	18			
Corrected Total	550.762	17			

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้