การศึกษาสภาวะการผลิตและเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วง

STUDY ON PROCESS AND STORAGE CONDITIONS OF MANGO TOFFEE

นัฐนันท์ ปั้นจบุตร

NUTTANUNT PUNJABUTE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภัณฑ์และธุรกิจการอาหาร

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-ALM-055-143

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาสภาวะการผลิตและเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วง

STUDY ON PROCESS AND STORAGE CONDITIONS OF MANGO TOFFEE

ณัฐนันท์ ปัญจบุตร

NUTTANUNT PUNJABUTE

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 122977
วัน,เดือน,ปี 10 ต.ค. 2555

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและการบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AI-M-055-143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON PROCESS AND STORAGE CONDITIONS OF MANGO TOFFEE

NUTTANUNT PUNJABUTE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD CATERING TECHNOLOGY

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

KMITL-2012-AI-M-055-143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2012

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสภาวะการผลิตและเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวณัฐนันท์ ปัญจบุตร
รหัสประจำตัว	50068602
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

บทคัดย่อ

จากการศึกษาสภาวะการผลิตและเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วง พบว่า การศึกษาพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่โดยใช้วัตถุดิบหลักในการผลิต คือ มะม่วงพันธุ์แก้ว และพันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่ คือ มะม่วงพันธุ์แก้ว เมื่อนำทอฟฟี่มะม่วงที่ผลิตจากมะม่วงพันธุ์แก้วมาศึกษาปริมาณแบะแซที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง โดยใช้ปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 10 15 และ 20% ของน้ำหนักมะม่วง พบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมปริมาณแบะแซ 10% ของน้ำหนักมะม่วง เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาศึกษาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป เมื่อนำทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผลิตจากแบะแซ 10% ของน้ำหนักมะม่วง มาให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิสุดท้ายที่แตกต่างกัน คือ 112 116 และ 120 องศาเซลเซียส พบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ใช้อุณหภูมิสุดท้าย 112 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่จากมะม่วงแก้วที่บรรจุในซองอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต (PET/AL/PE) เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32-38 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 6 เดือน ในสภาวะบรรยากาศที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกันและสารดูดซับออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีใกล้เคียงกับทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผลิตใหม่มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Study on Process and Storage Conditions of Mango Toffee
Student	Miss Nuttanunt Punjabute
Student ID.	50068602
Degree	Master of Science
Program	Food Catering Technology
Year	2012
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Kittiphong Huangrak

ABSTRACT

In the present study, the effect of process and storage conditions on quality of mango toffee was investigated and effect of cultivars of mangoes (Kaew and Nam Dokmai) were also examined. Results showed that Kaew was more suitable cultivars to produce mango toffee. The three different glucose syrup contents of mango toffee (10, 15 and 20% by mango weights) were studied and found that 10% glucose syrup was the best. So Kaew and 10% glucose syrup were selected to study the suitable final processing temperature (112, 116 and 120 °C). Results showed that at 112 °C was the most suitable temperature. In addition, mango toffee products were storage by used the aluminumfoil laminate (PET/AL/PE) packaging with oxygen absorber and moisture absorber at room temperature (32-38 °C) for six months found that chemical and physical properties were not significantly different with control sample.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาโทของสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร, ดร.ระจิตร สุวพานิช, รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ และคณาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ เสนอแนะแนวทางในการทำวิจัย และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้ช่วยเหลืองานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ธีรนุช ฉายศิริโชติ อาจารย์พรดาราเขตต์ทองคำ อาจารย์อรรณพ ทัศนอุดม และคุณนเรศ บางศิริ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ ช่วยเหลือแนะนำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 ลักษณะทั่วไปของมะม่วง..... 3

2.2 ทอฟฟี่ผลไม้..... 9

2.3ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง..... 12

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 21

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง..... 22

3.1 วัตถุดิบ..... 22

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 22

3.3 สารเคมี..... 22

3.4 วิธีการทดลอง..... 23

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 27

4.1 การศึกษาพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง..... 27

4.2 การศึกษาปริมาณแบะแซที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในทอฟฟี่..... 33

4.3 ศึกษาอุณหภูมิสุดท้ายของการให้ความร้อนที่เหมาะสม..... 37

4.4 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์..... 41

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ข้อเสนอแนะ..... 58
บรรณานุกรม..... 59

ภาคผนวก

ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ..... 63
ข แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบ..... 67
ค กระบวนการผลิตและตัวอย่างผลิตภัณฑ์..... 72

ประวัติผู้เขียน..... 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ปริมาณและมูลค่ามะม่วงที่ผลิตในปี 2540-2544 4

2.2 ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อมะม่วงแก้วและน้ำดอกไม้สุกต่อ 100 กรัม.7

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแก้วและมะม่วงน้ำดอกไม้ 9

2.4 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ที่ความชื้นสัมพันธ์สมดุลต่างๆ 11

2.5 ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดแต่ละชนิด..... 12

2.6 จุดเดือดของสารละลายน้ำตาลที่บรรยากาศปกติเมื่อมีความเข้มข้นต่างกัน..... 13

2.7 การละลายของน้ำตาลที่อุณหภูมิต่างๆ 14

2.8 ปริมาณของแข็งของสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลและกลูโคสไซรัป..... 15

2.9 ส่วนประกอบของกลูโคสไซรัปที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน..... 17

2.10 สมบัติและการทำหน้าที่ของกลูโคสไซรัปที่มีค่า DE ต่างกัน..... 19

3.1 ส่วนผสมของทอฟฟี่มะม่วง 24

4.1 การเปรียบเทียบค่าสีระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้วและทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ 27

4.2 ผลจากการวัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วและน้ำดอกไม้ 29

4.3 ผลของการวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทอฟฟี่มะม่วงพันธุ์แก้วและน้ำดอกไม้..... 30

4.4 ผลการทดสอบทางประสาทของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว และทอฟฟี่น้ำดอกไม้..... 32

4.5 การเปรียบเทียบค่าสีทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมแบะแซในปริมาณที่แตกต่างกัน..... 33

4.6 ค่าจากการวัดเนื้อสัมผัส ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมแบะแซในปริมาณที่แตกต่างกัน..... 34

4.7 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมในปริมาณที่แตกต่างกัน..... 35

4.8 ค่าการทดสอบทางประสาทของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมแบะแซในปริมาณที่แตกต่างกัน..... 36

4.9 การเปรียบเทียบค่าสีระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผ่านการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิสุดท้าย แตกต่างกัน..... 37

4.10 การเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผ่านการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิ สุดท้ายแตกต่างกัน..... 38

4.11 การเปรียบเทียบค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผ่านการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิสุดท้ายแตกต่างกัน..... 39

4.12 การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบทางประสาทระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้ว ที่ผ่านการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิสุดท้ายแตกต่างกัน..... 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

4.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะต่างๆ ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บในสภาวะแตกต่างกัน นาน 6 เดือน..... .41
4.14 การเปลี่ยนแปลงของค่า L* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน.....43
4.15 การเปลี่ยนแปลงของค่า a* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 44
4.16 การเปลี่ยนแปลงของค่า b* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 45
4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของทอฟฟี่มะม่วงแก้วของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 48
4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นของทอฟฟี่มะม่วงแก้วของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 49
4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะรวมตัวของทอฟฟี่มะม่วงแก้วของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 50
4.20 การเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะรวมตัวของทอฟฟี่มะม่วงแก้วของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 52
4.21 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ เป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 54
4.22 คะแนนการทดสอบทางประสาทของทอฟฟี่มะม่วงแก้วในด้านสี เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ที่เก็บในสภาวะแตกต่างกันเป็นเวลา 6 เดือน 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่า L* ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 42

4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่า a* ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 44

4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่า b* ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 45

4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน...47

4.5 การเปลี่ยนแปลงของค่าการเกาะรวมตัว ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 48

4.6 การเปลี่ยนแปลงของค่าการเกาะรวมตัว ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 50

4.7 การเปลี่ยนแปลงของค่าการบดเคี้ยว ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาระยะเวลา 6 เดือน.....51

4.8 การเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน..... 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

มะม่วงจัดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีองค์ประกอบของวิตามินซีและเอสูง มีกรดอินทรีย์หลายชนิด เนื้อมะม่วงสุกจะให้สีเหลืองหรือส้มและมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ปัจจุบันประเทศไทยมีเกษตรกรที่เพาะปลูกมะม่วงจำนวนมาก ในช่วงเวลาที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดจึงเกิดปัญหาผลผลิตล้นตลาด ประกอบกับผลไม้ในเขตร้อนเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บค่อนข้างสั้น ผลผลิตเกิดการเน่าเสียหรือจากการขนส่ง ราคาผลผลิตที่ขายได้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นการนำเนื้อมะม่วงสุกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น แล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่มะม่วง การนำมะม่วงมาผสมในทอฟฟี่เป็นแนวทางหนึ่งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีและกลิ่นรสเฉพาะและยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย

ทอฟฟี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในบรรดาเด็กและวัยรุ่นและมีการจำหน่ายในท้องตลาดอย่างกว้างขวาง มีหลายชนิดทั้งชนิดนุ่มหรือนิ่ม (soft candy) และชนิดแข็ง (hard candy) ส่วนประกอบที่สำคัญของลูกอมคือ น้ำตาล สารแต่งกลิ่นและสี ในส่วนของสีที่ใช้ในลูกอม ตามกฎหมายให้ใช้สีจากธรรมชาติ และสีผสมอาหาร โดยต้องใช้ตามปริมาณที่กำหนดไว้ แต่ก็มีการพบว่าผู้ผลิตบางรายได้ใช้สีในปริมาณที่มากเกินจากกฎหมายกำหนด และยังมีการใช้สีที่มีโลหะหนักผสม ซึ่งกฎหมายไม่อนุญาตให้ใช้ เมื่อผู้บริโภครับประทานเข้าไปจึงเกิดการสะสมและเป็นอันตรายต่อชีวิตได้ การปรับปรุงคุณภาพของทอฟฟี่ด้วยมะม่วงจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้ประโยชน์ทั้งในด้านโภชนาการ และความปลอดภัยในการบริโภค

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง

1.2.2 ศึกษาปริมาณแบะแซที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในทอฟฟี่มะม่วง

1.2.3 ศึกษาอุณหภูมิสุดท้ายของการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการทำทอฟฟี่มะม่วง

1.2.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์แก้วและพันธุ์น้ำดอกไม้ นำพันธุ์ที่ได้จากการทดลองมาศึกษาปริมาณแบะแซที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20% ของน้ำหนักมะม่วง เมื่อได้ปริมาณแบะแซที่ต้องการ นำมาศึกษาอุณหภูมิใจกลางสุดท้ายที่เหมาะสมในการให้ความร้อนที่ 112 116 และ 120 องศาเซลเซียส และนำผลการทดลองที่ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงในซองอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต (PET/AL/PE) โดยเก็บรักษาในสภาวะต่างกัน 4 สภาวะ คือ ในสภาวะบรรยากาศปกติ ในบรรยากาศที่ใช้สารดูดซับความชื้น (moisture absorber) ในบรรยากาศที่ใช้สารดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber) และในบรรยากาศที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32-38 องศาเซลเซียส) ทำการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทอฟฟี่มะม่วงทุกเดือน เป็นเวลา 6 เดือน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้ผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงที่ช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตร

1.4.2 เป็นแนวทางเพิ่มคุณค่าโภชนาการในทอฟฟี่โดยใช้ผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่น

1.4.3 สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับตลาดและผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วง

มะม่วงเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ตระกูล *Anacardiaceae* สกุล *Mangifera* ชื่อสามัญคือ mango มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Mangifera indica* L. เป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มะม่วงเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจของหลายประเทศ ประเทศอินเดียเป็นประเทศที่ส่งออกมะม่วงรายใหญ่ที่สุดของโลก (Somogyi, L.P. et al. 1996)

ในประเทศไทยมะม่วงเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีพื้นที่ปลูกและปริมาณการผลิตเป็นอันดับสองรองจากกล้วย (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2529) มะม่วงเป็นผลผลิตที่มีรสชาติดี มีเนื้อนุ่ม มีกลิ่นหอม และมีสีสวยงาม การที่มะม่วงมีหลากหลายพันธุ์ทำให้มีกลิ่น สี รส และลักษณะเนื้อที่แตกต่างกันออกไป ผู้บริโภคจึงสามารถเลือกบริโภคได้ตามที่ต้องการ

2.1.1 ประวัติมะม่วง

มะม่วงเป็นผลไม้เมืองร้อนที่รู้จักกันมามากกว่า 4,000 ปี เชื่อว่ามีถิ่นกำเนิดทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในเขตติดต่อระหว่างอินเดียและพม่า การปลูกมะม่วงได้แผ่ขยายไปทางตะวันออกของอินเดียในระยะ 400 – 500 ปี ก่อนคริสต์กาล โดยพระภิกษุในพระพุทธศาสนาเป็นผู้นำไปพร้อมทั้งเผยแพร่ศาสนา (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2529) เชื่อว่ามะม่วงได้เผยแพร่ไปทางตะวันตกของแหล่งกำเนิดในราวคริสต์ศตวรรษที่ 16 โดยพวกพ่อค้านักแสวงโชคชาวโปรตุเกสนำพันธุ์จากเกาะกัวไปแอฟริกาตะวันตก (กัลยาณี ตันติธรรม. 2535)

2.1.2 ปริมาณการผลิต

การปลูกมะม่วงในประเทศไทยส่วนใหญ่มิได้เป็นอาชีพหลัก มักปลูกเพื่อป้องกันคันดินเซาะ หรือปลูกไว้เพื่อเป็นร่มเงาแก่พืชหลัก เช่น พริก องุ่น อ้อย เป็นต้น ประเทศไทยมีการปลูกเพิ่มขึ้นในปี 2540 จาก 8,539 เมตริกตัน ไปเป็น 10,829 เมตริกตัน ในปี 2544 ดังตารางที่ 2.1

ประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ของโลกได้แก่ประเทศอินเดีย ซึ่งผลิตมะม่วงได้กว่า 46.3% ของผลผลิตทั่วโลก รองลงมาได้แก่ จีน (12.5%) ไทย (8.2%) อินโดนีเซีย (7.9%) เม็กซิโก (5%) ฟิลิปปินส์ (4.6%) และปากีสถาน (4.4%) (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณ และมูลค่ามะม่วงที่ผลิตในปี 2540 - 2544

ปี	ปริมาณ (เมตริกตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2540	8539	149.0
2541	10209	201.5
2542	10473	159.6
2543	8755	164.9
2544	10829	217.5

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (2545)

2.1.3 การแบ่งประเภทมะม่วง

ปัจจุบันมีการแบ่งมะม่วงตามถิ่นกำเนิดและแบ่งตามความนิยมของผู้บริโภค

การแบ่งตามถิ่นกำเนิด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่สำคัญคือ กลุ่มอินเดีย (indian type) และกลุ่มอินโดจีน (indochinese type)

1. มะม่วงกลุ่มอินเดีย มะม่วงกลุ่มนี้มีถิ่นกำเนิดทางตอนเหนือของอินเดีย และปากีสถาน ปลูกกันมากในรัฐฟลอริดา ผลของมะม่วงกลุ่มนี้มีสีสันสะดุดตา เช่น มีผิวสีแดง ม่วง ส้ม

2. มะม่วงกลุ่มอินโดจีน มะม่วงกลุ่มนี้มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศอินโดจีน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ผลมีสีเขียว สีเหลือง เนื้อผลมีกลิ่นไม่แรง

การแบ่งตามความนิยมของผู้บริโภคออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. มะม่วงที่ใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ แก้ว สามปี และพิมเสน มะม่วงแก้วเหมาะสำหรับทำมะม่วงดอง จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุด มะม่วงพิมเสนเหมาะสำหรับทำมะม่วงกวน เพราะให้กลิ่นรสและลักษณะเนื้อดีที่สุด

2. มะม่วงที่ใช้บริโภคทั้งผลดิบและผลสุก ได้แก่ หนองแซง สายฝน สวนทิพย์ แห้ว เขียวเสวย ฟ้าลั่น ทวายมัน ทองดำ และแรด เป็นต้น

3. มะม่วงที่บริโภคเฉพาะผลสุก ได้แก่ พิมเสน น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน อกร่องเขียว อกร่องทอง สามฤดู ทวาย เป็นต้น (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2529)

2.1.4 การใช้ประโยชน์

ส่วนที่รับประทานได้ของมะม่วง คือ ส่วนเนื้อซึ่งแยกเปลือกและเมล็ดออกแล้ว พบว่ามีปริมาณอยู่ระหว่าง 55-75% (Jagtiani et al. 1988) คุณค่าทางอาหารในผลมะม่วงส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามิน (กองโภชนาการ. 2544)

มะม่วงสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ ได้หลายลักษณะด้วยกันคือ มะม่วงกวน มะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่ม น้ำมะม่วง ซอสมะม่วง เป็นต้น (วัฒนา สวรรยาธิปัติ. 2530) การบริโภคมะม่วงของคนไทยต่างจากชาติอื่น คือ บริโภคทั้งดิบและสุก ผลดิบและผลสุกสามารถแปรรูปเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปและสำเร็จรูปได้หลายชนิด ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปเป็นอาหารที่ไม่สามารถนำไปบริโภคได้ทันที ต้องนำไปปรุงแต่งหรือผ่านกรรมวิธีง่ายๆ ก่อน ส่วนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปบริโภคได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านการปรุงแต่งหรือผ่านกรรมวิธีอีก สามารถแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์ของมะม่วงได้ดังนี้ (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2530)

ผลิตภัณฑ์จากมะม่วงดิบ

ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป เช่น มะม่วงดิบแห้ง มะม่วงดิบผง ซอสมะม่วงดิบ

ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น มะม่วงดอง มะม่วงดองแช่น้ำผึ้ง มะม่วงสามรส

ผลิตภัณฑ์จากมะม่วงสุก

ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป เช่น เนื้อมะม่วงสุกตีป่น มะม่วงสุกผง

ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น มะม่วงกระป๋อง เครื่องดื่มมะม่วง มะม่วงแช่อิ่มแห้ง มะม่วงกวนแยมมะม่วงสุก มะม่วงแผ่นกรอบ ซอสมะม่วงสุก เป็นต้น

การนำมะม่วงมาแปรรูปควรเป็นมะม่วงที่มีเนื้อแน่น มีปริมาณเนื้อและน้ำตาลมาก เมื่อสุกมีสีสวย กลิ่นหอม มีความเป็นกรดต่ำ มะม่วงที่ใช้ในการแปรรูปมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 คือมะม่วงที่มีเนื้อมาก เส้นใยน้อย (fleshy type) มะม่วงชนิดนี้เหมาะสมที่จะแปรรูปเป็นมะม่วงดอง มะม่วงในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง กลุ่มที่ 2 เป็นมะม่วงที่มีน้ำและเส้นใยมาก (juice type) เมื่อสุกมีสีสวยและกลิ่นหอม มะม่วงชนิดนี้เหมาะสมที่ใช้แปรรูปเป็นเครื่องดื่ม เช่น น้ำมะม่วง (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาดและคณะ. 2541)

จากการวิจัยการแปรรูปมะม่วงเป็นผลิตภัณฑ์ พบว่า มะม่วงทุกพันธุ์ไม่สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทุกชนิด เนื่องจากผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องการพันธุ์มะม่วงที่มีลักษณะเฉพาะ พันธุ์มะม่วงที่มีบทบาทในการแปรรูปนั้นควรเป็นพันธุ์ที่ปลูกกันมาก เป็นมะม่วงที่ออกผลมาก และราคาไม่สูงจนเกินไป (สนั่น ชำเลิศ. 2533)

มะม่วงแก้วเป็นพันธุ์ที่มีการนำมาแปรรูปอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเมื่อสุกเนื้อแน่น ไม่เละ และมีกลิ่นหอมเฉพาะ ผลมีขนาดเล็กจนถึงปานกลาง เปลือกค่อนข้างบาง เมื่อผลดิบมีสีเขียวเข้ม เนื้อสีนวล มีรสเปรี้ยว เมื่อแก่จัดมีรสมันอมเปรี้ยว ผลมีรูปร่างค่อนข้างกลมป้อม ผลสุกผิวเปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีเหลืองหรือเหลืองส้ม เนื้อละเอียด เหนียว มีปริมาณเสี้ยนมาก มีรสหวานอมเปรี้ยว (ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ. 2545)

มะม่วงแก้วสามารถจำแนกตามคุณลักษณะของผลและแหล่งปลูกได้แก่ แก้วขาว แก้วดำ และแก้วจุก โดยมีความแตกต่างที่สรุปได้ดังนี้

1. พันธุ์แก้วขาวหรือแก้วทอง เมื่อผลดิบที่แก่จัด ผิวผลจะมีสีขาวนวลแตกต่างจากมะม่วงแก้วพันธุ์อื่นๆ ผลสุกมีเนื้อสีทอง เนื้อละเอียดเหมือนมะม่วงแก้วทั่วไป พบมากในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พันธุ์แก้วดำหรือแก้วแดง เป็นพันธุ์เดียวกันแต่มีชื่อเรียกตามสี คือ เมื่อดิบ ผิวสีเขียวคล้ำคล้ายมะปรางค์ทองดำ จึงเรียกแก้วดำ เมื่อผลสุก สีเนื้อผลมีสีแดงสด จึงเรียกว่าแก้วแดง เป็นพันธุ์มะม่วงแก้วดั้งเดิมที่ปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ

3. พันธุ์แก้วจุก มีลักษณะเหมือนพันธุ์แก้วดำ และแก้วขาว คือ เมื่อผลดิบ สีออกเขียวคล้ำคล้ายแก้วดำ และขาวนวลคล้ายแก้วขาว แต่มีลักษณะต่างกัน คือ ผลโตกว่าแก้วดำและแก้วขาว บริเวณด้านบนของผลมีลักษณะนูนยื่นออกมาเล็กน้อยคล้ายนอในมะม่วงแรด ลักษณะจุกนี้อาจจะไม่พบเสมอไป (วัฒนา สวรรยาธิปัติ. 2530)

จุดเด่นของมะม่วงแก้ว เป็นมะม่วงสายพันธุ์ที่นิยมนำเมล็ดมาเพาะเป็นต้นตอเพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ เพราะเจริญเติบโตเร็ว แข็งแรง

จุดด้อยของมะม่วงแก้ว ให้ผลผลิตได้ในเฉพาะช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม ขึ้นกับพื้นที่เพาะปลูก สำหรับพื้นที่เขตภาคเหนือตอนบนพบว่ามะม่วงแก้วมีมากในช่วงเดือนพฤษภาคม (ธวัชชัย รัตน์เชลศ และคณะ. 2541)

มะม่วงน้ำดอกไม้ นิยมปลูกกันมาก เป็นมะม่วงที่รับประทานผลสุก ส่วนมากมีนิสัยในการออกดอกทะวาย ออกดอกดก ติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปีขนาดผลเฉลี่ยยาว 16 เซนติเมตร กว้าง 7.2 เซนติเมตร และหนา 6.9 เซนติเมตร ทรงผลรูปไข่ ยาวๆ ผลโตปานกลาง หนักประมาณ 400 กรัม เนื้อมาก เมล็ดเล็ก มีผิวบาง เมื่อดิบมีรสเปรี้ยว ผิวสีเขียวนวล เนื้อแน่ ผลสุกสีเหลืองอมเขียวจนถึงเหลืองเปลือกบาง นุ่ม เนื้อผลละเอียดและมีสีเหลืองส้ม ฉ่ำน้ำ เมล็ดบางมาก เส้นใยน้อย รสหวานจัด กลิ่นหอม (วิจิตร วังใน. 2529)

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ออกดอกง่าย สามารถตอบสนองต่อการบังคับให้ออกก่อนฤดูได้เป็นอย่างดี และเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะตรงกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ พันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบันคือ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทอง

คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงแก้วและมะม่วงน้ำดอกไม้ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อมะม่วงแก้วและน้ำดอกไม้สุกต่อ 100 กรัม

องค์ประกอบ	มะม่วงแก้ว	มะม่วงน้ำดอกไม้
ความชื้น (กรัม)	76.7	79.6
พลังงาน (กิโลแคลอรี/100 กรัม)	93	80
โปรตีน	0.6	0.9
ไขมัน (กรัม)	0.1	0.2
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	22.4	18.8
เส้นใย (กรัม)	1.6	1.2
แคลเซียม (มก.)	34	6
ฟอสฟอรัส (มก.)	10	16
เหล็ก (มก.)	0.3	0.3
วิตามินเอ (IU/100 กรัม)	187	149
วิตามินบี 1 (มก.)	-	0.11
วิตามินบี 2 (มก.)	-	0.06
ไนอะซิน (มก.)	-	1.8
วิตามินซี (มก.)	-	5

ที่มา : Prapasri et al. (1999)

2.1.5 องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงและการเปลี่ยนแปลง

2.1.5.1 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

เมื่อมะม่วงสุกจะเกิดการไฮโดรไลซ์แป้งให้เป็นน้ำตาล คือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส ดังนั้นปริมาณแป้งจะลดลงในขณะที่ปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มสูงขึ้น ในระหว่างกระบวนการสุกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของน้ำตาลชนิดหนึ่งเป็นน้ำตาลอีกชนิดหนึ่งได้โดยปฏิกิริยาของเอนไซม์ (Boehringer. 1998 อ้างอิงถึงใน อุทัยวรรณ ฉัตรธง. 2546)

สำหรับมะม่วงจะมีปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และเกิดการสลายเป็นน้ำตาล กลูโคสและฟรุคโตสในเวลาต่อมา (ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2535)

2.1.5.2 กรดอินทรีย์ (Organic acid)

กรดอินทรีย์ในมะม่วงจะมีปริมาณลดลง เมื่อมะม่วงสุกมากขึ้น กรดที่พบในมะม่วงได้แก่ กรดซิตริก มาลิก ทาร์ทาริก ไกลโคลิก และออกซาลิก แต่กรดอินทรีย์ที่พบมากและเด่นชัดมาก ในมะม่วงคือ กรดซิตริกและมาลิก (Mitra and Baldwin. 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.3 รงควัตถุ (Pigment)

สารสีที่พบมากในมะม่วงมีหลายชนิด สีของผลจะเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงของสารสีที่เป็นองค์ประกอบ คือ

คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ซึ่งเป็นสารสีเขียวมีการสลายตัวตลอดเวลาภายหลังการเก็บเกี่ยว การสูญเสียสีเขียวทำให้สารสีอื่นๆ ที่มีอยู่แล้วในผลไม้ปรากฏขึ้น ดังนั้นเมื่อผลไม้สุก สีเขียวจะหายไปและมีสีเหลืองหรือแดงปรากฏขึ้นแทน

แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) สารกลุ่มแคโรทีนอยด์มีหลายชนิดที่พบมากในมะม่วง ได้แก่ แคโรทีน (Carotene) ซึ่งแบ่งออกเป็น α, β และ δ-carotene ในมะม่วงดิบจะมีแคโรทีนเป็นองค์ประกอบอยู่แล้วแต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ เมื่อมะม่วงเริ่มสุกคลอโรฟิลล์สลายตัวไปจึงปรากฏสีเหลือง ส้ม และแดงของแคโรทีนแทน (รุ่งอรุณ หอมดอก. 2545)

2.1.5.4 วิตามินและแร่ธาตุ (Vitamins and minerals)

วิตามินที่พบมากในมะม่วงได้แก่ โปรวิตามินเอ วิตามินบีต่างๆ และวิตามินซี

1. โปรวิตามินเอ พบในรูปของแคโรทีนซึ่งเป็นสารให้สี มี 3 รูปแบบ ได้แก่ α, β และ δ-carotene โดยจะพบ β-carotene ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ α-carotene และ δ-carotene พบน้อยที่สุด เมื่อผลไม้สุกจะมีการสังเคราะห์ชนิดและปริมาณแคโรทีนเพิ่มมากขึ้น

2. วิตามินบีชนิดต่างๆ ได้แก่ Thiamine (B1), Riboflavin (B2) และ Pyridoxine (B6) ทำหน้าที่เป็น โคเอนไซม์ในปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญหลายอย่าง

3. วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก วิตามินที่มีคุณค่าต่อร่างกายจะอยู่ในรูป L-ascorbic acid โดยมี คุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชั่นตามธรรมชาติ เมื่อถูกออกซิไดซ์จะเปลี่ยนเป็น Dehydro-L-ascorbic acid และถูกเปลี่ยนเป็น Diketo-L-gulonic acid ซึ่งเป็นรูปที่ไม่มีคุณสมบัติของวิตามินซี เหลืออยู่จึงไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย หลังการเก็บเกี่ยวจะมีการเปลี่ยนแปลงของวิตามินซีมากเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในผลไม้ และอาจเกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น การออกซิเดชั่น โดยมี แสง ออกซิเจน และอนุมูลโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

แร่ธาตุที่พบมากในมะม่วงได้แก่ แมกนีเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส

แมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในคลอโรฟิลล์ที่ใช้สังเคราะห์แสง

แคลเซียม มีส่วนสัมพันธ์กับโครงสร้างของผนังเซลล์รวมทั้งเมตาบอลซึ่มต่างๆ

ฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบของทั้งโปรตีน ไขมัน และโมเลกุลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึ่ม

องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแก้วและน้ำดอกไม้ ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแก้วและน้ำดอกไม้

องค์ประกอบ	มะม่วงแก้ว	มะม่วงน้ำดอกไม้
ค่า L* (ความสว่าง)	46.65	72.08
ค่า a* (สีแดง)	2.90	5.95
ค่า b* (สีเหลือง)	33.95	17.60
Brix (degree)	19.6	17.4
pH	4.74	4.37
Total Acidity (%)	0.18	0.33
Glucose	0.71	1.27
Fructose	2.37	4.64
Sucrose	13.14	8.44
Pectin (%)	1.54	0.95

ที่มา : มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ (2543)

2.2 ทอฟฟี่ผลไม้

ทอฟฟี่ หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำตาล มีลักษณะนิ่มจนถึงค่อนข้างแข็ง ได้จากการนำกลูโคสไซรัป (แบะแซ) และอาจมีส่วนประกอบอื่นด้วยมากวนจนเหนียวได้ที่ ทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ อาจปรุงแต่งสี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสด้วยส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม

ทอฟฟี่ผลไม้จัดเป็นขนมหวานประเภทขนมเคี้ยวอย่างหนึ่ง ทอฟฟี่ผลไม้จะใช้ผลไม้เป็นวัตถุดิบในการผลิตนอกจากน้ำตาลและส่วนผสมอื่น เมื่อบริโภค ร่างกายจะได้รับพลังงานส่วนหนึ่งจากน้ำตาลและได้สารอาหารที่มีอยู่ในผลไม้ด้วย การทำทอฟฟี่ผลไม้จะต้องเลือกใช้ผลไม้ที่ไม่ดิบหรือสุกเกินไป ผลไม้ที่ใช้ เช่น มะม่วง ทุเรียน กล้วยหอม สับปะรด เป็นต้น ทอฟฟี่ผลไม้มีรสชาติเฉพาะแตกต่างจากทอฟฟี่ชนิดอื่นและเป็นแนวทางในการนำผลไม้ท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น (ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ. 2549)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 228) พ.ศ. 2544 เรื่อง หมากฝรั่งและลูกอม ได้ให้ความหมายของลูกอมไว้ว่า หมายถึง ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้อมหรือเคี้ยว ที่มีการแต่งรส มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก และอาจมีส่วนประกอบอื่นเพื่อแต่งกลิ่นรสด้วยหรือไม่ก็ได้ ลูกอมแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้ 3 ประเภท คือ (กองควบคุมอาหาร. 2549)

1. ลูกกวาด (hard candy) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแข็ง เมื่อเคี้ยวจะแตก อาจมีการสอดไส้ด้วยก็ได้ ผลิตโดยการละลายกลูโคสไซรัป น้ำ นำมาเคี่ยวจนได้ที่ นวดผสมกัน แล้วรีดอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขนมเคี้ยว (chewy candy) ได้แก่ คาราเมล (caramels) ทอฟฟี่ ลักษณะจะนิ่มจนถึงค่อนข้างแข็ง ผลิตโดยการนำกลูโคสไซรัป น้ำ ไขมัน หรือส่วนประกอบอื่น ปั่นให้เข้ากันจนมีลักษณะเป็นอิมัลชั่นก่อน จึงนำมาเคี่ยวจนได้ที่ นวดผสม และรีดอัดเม็ด

3. ซอฟต์แคนดี้ (soft candy) ได้แก่ มาร์ชแมลโล (marshmallow) ครีม (creams) ฟัดจ์ (fudge) ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะนิ่มอ่อนตัวมากกว่าขนมเคี้ยว เนื่องจากมีความชื้นมากกว่า

ลูกอมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ สารให้ความหวาน สารแต่งรสหรือกลิ่น สารแต่งสี และอื่น ๆ (กองควบคุมอาหาร. 2549)

1. สารให้ความหวาน ได้แก่ น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป รวมทั้ง น้ำตาลแอลกอฮอล์ เช่น ซอร์บิทอล แมนนิทอล ซึ่งจะมีผลต่อความหวาน และความใสของลูกอมด้วย

2. สารแต่งรสหรือกลิ่น ได้แก่ วัตถุแต่งกลิ่นรส ทั้งที่เป็นธรรมชาติ เช่น น้ำมันยูคาลิปตัส น้ำมันเปลือกส้ม หรือจากการใช้สารเคมีผสมให้เกิดกลิ่นที่ต้องการ เช่น ครีมโซดา กลิ่นองุ่น หรือส่วนประกอบที่แต่งกลิ่นรสได้ เช่น กาแฟผง หรือนมผง ในลูกอมรส กาแฟ หรือทอฟฟี่นม เป็นต้น

3. ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ กรดอินทรีย์ กรดที่นิยมใช้ ได้แก่ กรดซิตริก กรดทาร์ทาริก และกรดมาลิก โดยใช้เพื่อควบคุมความหวาน แต่งรส และยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

2.2.1 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดจะต้องมีความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (ERH) ต่ำกว่า 75% หรือปริมาณของแข็ง (solids content) ไม่ต่ำกว่า 75% จึงจะไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ดังในตารางที่ 2.4 ถ้าผลิตภัณฑ์มีความชื้นสัมพัทธ์สมดุลสูงกว่า 75% ราและยีสต์จะสามารถเจริญเติบโตในส่วนของสารละลายที่เป็นคาร์โบไฮเดรต เป็นผลให้เกิดการเน่าเสีย (Jackson. 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดจากจุลินทรีย์ที่ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลต่างๆ

ผลิตภัณฑ์ลูกกวาด	เชื้อรา/ยีสต์	ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (%)
ฟองดองต์ (fondant)	แบคทีเรียทั่วไป, ยีสต์ส่วนใหญ่ เชื้อราบางชนิด เชื้อราทั่วไป	80-90
เยลลี่ (jellies) มาร์ชแมลโลว์ (marshmallow)	เชื้อราทั่วไป เชื้อราส่วนใหญ่	70-80
ฟัดจ์ (fudge)	เชื้อราส่วนใหญ่	70
เกรนด์ นูกัต (grained nougat)	เชื้อราทั่วไป เชื้อราส่วนใหญ่ ยีสต์ที่เติบโตในสภาวะน้ำตาลสูง	60-80
คาราเมล นูกัต (caramel nougat)	ยีสต์ที่เติบโตในสภาวะน้ำตาลสูง	40-60
บัตเตอร์สก็อตช์ (butterscotch)	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเติบโตได้	20-30
ลูกกวาดเนื้อแข็ง (hard candy)		10

ที่มา : ศิมาภรณ์ มีแสง (2546)

ที่ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล แสดงว่าผลิตภัณฑ์ไม่มีการสูญเสียน้ำหรือรับน้ำจากบรรยากาศ โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล สามารถแสดงอยู่ในรูปของ% ส่วนค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จะอยู่ในรูปของทศนิยม (Jackson. 2000) เช่น ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลเท่ากับ 70% แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เท่ากับ 0.7 ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของลูกกวาดชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดแต่ละชนิด

ลูกกวาด	ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล
ลูกกวาดชนิดแข็ง (hard candy)	>30
คาราเมล (caramel)	45-50
ครีม (cream)	80-85
ฟองดองต์ (fondant)	75-80
ฟัดจ์ (fudge)	65-75
กัมมี่เยลลี่ (gummy jellies)	60-76
ลิคอริซ (licorice)	57-65
มาร์ชเมลโลว์ (marshmallow)	64-72
เตอร์กิช ดีไลท์ (terkish delight)	60-70

ที่มา : Jackson (2000)

2.3 ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง

2.3.1 ซูโครสหรือน้ำตาลทราย (สุวรรณา สุภิมารส, 2543)

ในการทำลูกกวาด เมื่อกล่าวถึงน้ำตาลก็เป็นที่เข้าใจว่าหมายถึงน้ำตาลทรายหรือซูโครส (sucrose) ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตลูกกวาดทั่วไป โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เรียกว่า sugar-based confectionery คือมีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก ให้เนื้อและน้ำหนักแก่ผลิตภัณฑ์ โดยน้ำตาลมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ให้ความหวาน ซึ่งเป็นลักษณะที่เด่นมากของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่น้ำตาลละลายในน้ำได้ง่าย ทำให้เวลาบริโภคผลิตภัณฑ์เข้าไปจะรู้สึกหวานเร็วกว่าการกินผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก

2. เป็นเนื้อและน้ำหนักให้แก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่โดยทั่วไปจะมีการใช้น้ำตาลในปริมาณมาก เพราะเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูก

3. เกิดอินเวอร์ชั่น (inversion) เนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดโมเลกุลคู่ คือประกอบด้วย น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด ได้แก่ กลูโคส (glucose) หรือเดกโทรส (dextrose) และฟรุกโตส (fructose) หรือเลวูโลส (levulose) มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะทางเคมีชนิดไม่แข็งแรงมาก ดังนั้นจึงถูกแยกให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้ง่าย โดยมีกรดหรือความร้อนหรือแร่ธาตุบางชนิดอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นตัวก่อให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวหรืออาจเป็นผลร่วมกันของปัจจัยเหล่านี้ก็ได้ นอกจากนี้ยังอาจใช้เอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) ในปฏิกิริยาข้างต้นได้ด้วย ทั้งหมดนี้ปัจจัยที่จะมีผลต่อปฏิกิริยามากที่สุด คือ กรด ตัวอย่างเช่น เมื่อเก็บสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 65% ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นกรดด่าง (pH) 3.2 ไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าเกิดอินเวอร์ชั่นขึ้น 10% แต่ที่ค่าความเป็นกรดด่าง 5.5 จะเกิดอินเวอร์ชั่นเพียง 0.1% เท่านั้น หากต้องการเร่งปฏิกิริยาที่ค่าความเป็นกรดด่าง 5.5 จะต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น เช่น นำไปต้มที่ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน แต่ก็ยังเกิดอินเวอร์ชั่นได้ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการต้มน้ำตาลที่มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่า 4 โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่า 3.5 ลงไป จะเกิดอินเวอร์ชั่นถึง 50% หรือมากกว่านั้น ดังนั้นสิ่งที่ควรระวังในอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาด คือ ต้องไม่ให้เกิดอินเวอร์ชั่นในผลิตภัณฑ์เนื่องจากน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้นง่าย จะทำให้ลูกกวาดเยิ้มและเหนียวติดวัสดุที่ห่อได้

4. จุดเดือดของสารละลายน้ำตาล ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้กับสารละลายน้ำตาลที่อิ่มตัวแล้ว น้ำตาลจะละลายเพิ่มขึ้นได้อีก และจุดเดือดของสารละลายจะสูงขึ้นจากเดิม กล่าวได้ว่าสารละลายน้ำตาลซึ่งมีความเข้มข้นคงที่จะมีจุดเดือดคงที่จุดหนึ่งเสมอ และในทางกลับกันจุดเดือดของสารละลายน้ำตาลที่จุดหนึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำตาลค่าหนึ่งเสมอ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อกระบวนการผลิตลูกกวาดให้ได้ลักษณะตามต้องการ แต่น้ำตาลที่มีความเข้มข้นต่ำอุณหภูมิของจุดเดือดจะเพิ่มช้ามาก จึงไม่สามารถใช้อุณหภูมิเป็นตัวบอกความเข้มข้นของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นได้ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและจุดเดือดแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 จุดเดือดของสารละลายน้ำตาลที่บรรยากาศปกติเมื่อมีความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้น (% โดยน้ำหนัก)	จุดเดือด (องศาเซลเซียส)
40	101.4
50	102
60	103
70	105
75	106.9
80	109.6
85	113.9
90	122
95	130

ที่มา: สุวรรณา สุภิมารส (2543)

5. การละลาย (solubility) น้ำตาลละลายได้ดีที่อุณหภูมิห้อง (20 องศาเซลเซียส) โดยน้ำ 1 ส่วน จะละลายน้ำตาลได้สูงสุด (หรืออิ่มตัว) ที่ความเข้มข้น 67% โดยน้ำหนักดังในตารางที่ 2.6 ถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเป็น 100 องศาเซลเซียส จะละลายได้ถึง 83.8% เมื่อน้ำตาลละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราเร็วของการละลาย (rate of dissolution) จะลดลงขณะที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการเตรียมสารละลายน้ำตาลอิ่มตัวที่อุณหภูมิห้อง เมื่อใกล้จะถึงจุดอิ่มตัวน้ำตาลจะละลายช้าลงมากไม่ว่าจะคนแรงหรือเร็วเพียงใด ถ้าจะละลายให้หมดจะต้องใช้ความร้อนเข้าช่วยเสมอ และเมื่อให้ความร้อนน้ำตาลจะละลายได้เพิ่มขึ้น กลายเป็นสารละลายอิ่มตัวยวดยิ่ง (super saturation)

ตารางที่ 2.7 การละลายของน้ำตาลที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การละลายของน้ำตาล (%)
0	64.4
10	15.3
20	66.6
30	68.2
40	70.0
50	72.0
60	74.2
70	76.5
80	78.8
90	81.0
100	83.8

ที่มา : Jackson (2000)

เมื่อน้ำตาลกับกลูโคสไซรัป อยู่ร่วมกันในสารละลายจะทำให้ค่าปริมาณของแข็งเพิ่มสูงขึ้น ดังตารางที่ 2.8 ซึ่งกลูโคสไซรัปจะช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล และจากการที่ปริมาณของแข็งสูงขึ้น จึงสามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ปริมาณของแข็งของสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลและกลูโคสไซรับ

ปริมาณซูโครส (%)	ปริมาณแบะแซ (%)	ค่าของแข็งที่ละลายที่ 20 องศาเซลเซียส (%)
100	0.0	67
78.6	21.4	70
67.6	32.4	72
57.6	42.4	74
48.8	51.2	76
40.9	59.1	78
34.1	65.9	80
28.4	71.6	82
23.7	76.3	84

ที่มา : Jackson (2000)

2.3.2 กลูโคสไซรัป (แบะแซ) (สุวรรณา สุภิมารส, 2543)

กลูโคสไซรัป หรือคอร์นไซรัป หรือลิควิดกลูโคส หรือแบะแซ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เตรียมในระยะแรกๆ (ในสหรัฐอเมริกา) คือ ข้าวโพด ปัจจุบันจะเตรียมจากการไฮโดรไลซ์แป้งที่บริโภคได้ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง หรือแป้งมันฝรั่ง ด้วยกรดหรือเอนไซม์เพียงบางส่วน โดยผ่านการทำให้บริสุทธิ์และทำให้เข้มข้นขึ้น กลูโคสไซรัปที่ได้จะเป็นสารละลายเนื้อเดียวของดี (+)-กลูโคส มอลโทส และพอลิเมอร์อื่นๆ ของกลูโคส ในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยตัวกลางและกระบวนการที่ต่างกัน ระดับการสลายตัวของสตาร์ชจะมีผลต่อชนิดและสมบัติของกลูโคสไซรัป ซึ่งนิยมกำหนดด้วยค่าสมมูลเดกซ์โทรส (dextrose equivalent, D.E.) หมายถึง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปดี (+)-กลูโคสที่มีในน้ำหนักแห้งทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ หากการไฮโดรไลซ์สตาร์ชแล้วโมเลกุลสตาร์ชกลายเป็นเส้นตรงทั้งหมด เรียกว่า เดกซ์ตริน ผลผลิตจะมีค่า D.E. เท่ากับ 0 และหากไฮโดรไลซ์สตาร์ช จนได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวทั้งหมด ผลผลิตจะมีค่า D.E. เท่ากับ 100 ปกติกลูโคสไซรัปที่ผลิตได้จะมีค่า D.E. อยู่ในช่วงกว้างมาก (สายสนม ประดิษฐดวง และสิริ ชัยเสรี. 2539) ในประเทศไทยจะใช้แป้งมันสำปะหลังในการผลิตกลูโคสไซรับ เนื่องจากราคาถูกมีปริมาณโปรตีนไขมันต่ำทำให้มีปัญหาในกระบวนการผลิตน้อย

ชนิดของกลูโคสไซรัปแบ่งออกได้ 5 ชนิดตามค่า D.E. ที่ผลิตได้ (สุวรรณา สุภิมารส. 2543)

1. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. ต่ำ (low conversion) มีค่า D.E. 20-38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. ปกติ (regular conversion) มีค่า D.E. 38-48

3. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. ปานกลาง (intermediate conversion) มีค่า D.E. 48-58

4. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. สูง (high conversion) มีค่า D.E. 58-68

5. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. สูงมาก (extra high conversion) มีค่า D.E. 68 ขึ้นไป

สำหรับสตาร์ชที่นำมาย่อยแล้วได้ค่า D.E. ต่ำกว่า 20 จะไม่เรียกว่ากลูโคสไซรัป แต่เรียกว่ามอลโตเดกซ์ตริน

โดยทั่วไปกลูโคสไซรัปที่ใช้ในอุตสาหกรรมลูกกวาดมีอยู่ 3 ชนิดคือ

1 ชนิดที่ D.E. ต่ำ ประมาณ 20

2 ชนิดที่ D.E. ปกติประมาณ 40-42

3. ชนิดที่ D.E. สูงประมาณ 60-65

ทั้งนี้องค์ประกอบของกลูโคสไซรัปที่มีค่า DE เท่ากันอาจจะแตกต่างกันได้ขึ้นกับวิธีการย่อย และตัวกลางที่ใช้ย่อยและที่จำหน่ายตามท้องตลาดจะมีความเข้มข้นประมาณ 43 °Be′ หรือประมาณ 80 องศาบริกซ์ และ 45 °Be′ หรือประมาณ 85 องศาบริกซ์ ไม่นิยมใช้ที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้ เพราะจะหนืดและไหลได้ยาก ขนย้ายลำบาก ราคาแพง และสิ้นเปลืองพลังงานในการขนถ่ายมากการเก็บรักษาไม่ค่อยมีปัญหา เพราะสามารถทนอากาศร้อนได้ แต่ต้องระวังไม่ให้มีน้ำผสมเข้าไป (สุวรรณา สุภิมารส. 2543)

ผลิตภัณฑ์ของกลูโคสไซรัปที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปจะมีลักษณะทั้งที่เป็นกึ่งแข็งกึ่งเหลวข้นหนืด และลักษณะที่เป็นผง ตามมาตรฐานทางการค้าจะต้องมีสารแห้ง (dry substance) ไม่น้อยกว่า 70% โดยน้ำหนัก ตามปกติจะมีอยู่ 80-82% ต้องมีค่า D.E. ไม่ต่ำกว่า 20 มีเถ้าซัลเฟตได้ไม่เกิน 1% ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ควรต่ำกว่า 20 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm) แต่ชนิดที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์ลูกกวาด อนุญาตให้มีได้ถึง 400 ppm (สายสนม ประดิษฐวงและสิรี ชัยเสรี. 2539)

กลูโคสไซรัปสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดมากขึ้นกว่าแต่ก่อนผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจใช้กลูโคสไซรัปในปริมาณที่มากกว่าน้ำตาลทราย (Edwards. 2000)

กลูโคสไซรัปจัดเป็นวัตถุดิบสำคัญต่อการผลิตลูกกวาดทุกชนิดรองลงมาจากน้ำตาล จึงทำหน้าที่เสมือนเป็นเนื้อของลูกกวาด แต่สำหรับหน้าที่แท้จริงของกลูโคสไซรัปนั้น คือการทำหน้าที่เป็น “doctor sugar” ทำให้น้ำตาลในลูกกวาดที่อยู่ในสภาวะเป็นสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวดไม่ตกผลึกออกมา หรือเกิดผลึกช้าลง หรือน้อยลง นอกจากนั้นยังมีผลต่อรสชาติและอายุการเก็บรักษาของลูกกวาดด้วย (สุวรรณา สุภิมารส. 2543)

กลูโคสไซรัปที่มีค่า DE สูง หมายความว่าแป้ง ถูกย่อยไปเป็นน้ำตาลมาก ดังนั้นโอกาสที่กลูโคสไซรัปจะเกิดปฏิกิริยาเป็นสารสีน้ำตาลจึงมีมากขึ้น หรือกลูโคสไซรัปที่มีค่า DE ต่ำหมายความว่าแป้งถูกย่อยไปเป็นน้ำตาลน้อยกลูโคสไซรัปจึงยังคงความเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แป้งไว้มาก แต่ในทางปฏิบัติสำหรับผู้ผลิตลูกกวาดแล้ว จะพิจารณาเฉพาะปัจจัยบางประการเท่านั้น ได้แก่ การดูดความชื้น การเกิดสีน้ำตาล การควบคุมการตกผลึก ความหวาน ความหนืด การเหนียวติดกัน การป้องกันไม่ให้น้ำตาลตกผลึก และคุณค่าทางอาหาร ตามลำดับ (สุวรรณา สุภิมารส. 2543)

อัจฉรา เทียมภักดี (2549) รายงานว่าเมื่อความเข้มข้นน้ำตาลทั้งหมดในส่วนผสมมีค่าเท่ากัน การเพิ่มกลูโคสไซรัปส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น แต่ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าลดลง

Gabara and Hartel (1998) รายงานว่าการศึกษาผลของกลูโคสไซรัปในการควบคุมการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครส โดยใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลูโคสไซรัปที่มีความเข้มข้นรวม 10% นำไปทำให้แห้งด้วยวิธีอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และบดเป็นผง เก็บรักษาไว้ในโถสุญญากาศที่มีสารดูดความชื้น พบว่าการใช้กลูโคสไซรัปที่ปริมาณ 10 และ 20% โดยน้ำหนักของน้ำตาลทั้งหมด มีผลรบกวนการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในรูปอสัณฐาน (amorphous) ในขณะที่การใช้กลูโคสไซรัปที่ปริมาณมากกว่า 50% ขึ้นไป จะสามารถป้องกันการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครสได้

คุณสมบัติสำคัญบางประการของกลูโคสไซรัป (อัจฉรา เทียมภักดี, 2549)

1. ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบ วิธีง่ายๆ ที่สามารถใช้แบ่งชนิดกลูโคสไซรัป คือ การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งจะไม่แสดงอัตราส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดที่เป็นส่วนประกอบของกลูโคสไซรัป ส่วนวิธีที่เหมาะสมในการตรวจสอบชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบ คือ การใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยส่วนประกอบของกลูโคสไซรัปจะแตกต่างกันตามกรรมวิธีที่ใช้ในการผลิตและเอนไซม์ที่นำมาใช้ไฮโดรไลซ์แป้ง ดังแสดงในตารางที่ 2.9 และ ตารางที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า D.E. และสมบัติของกลูโคสไซรัป

ตารางที่ 2.9 ส่วนประกอบของกลูโคสไซรัปที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน

ค่า D.E.	วิธีการผลิต	Dextrose (%)	Maltose (%)	Maltotriose (%)
42	กรด	19	14	12
	กรด-เอนไซม์	6	45	12
25-29	เอนไซม์-เอนไซม์	3-4	40-45	20-25
	Low temperature	3-4	11-13	12-13
	Heat stable	2-3	10-12	15-17

ที่มา : Belitz and Grosch (1987)

122977

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รสหวานรสหวานของกลูโคสไซรัปขึ้นกับปัจจัยดังนี้

รสหวานจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น

รสหวานจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

รสหวานจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า D.E. เพิ่มขึ้น

รสหวานจะลดลงเมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

รสหวานจะลดลงเมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น

3. ความสามารถในการดูดความชื้นจากบรรยากาศ หรือ hygroscopicity ของผลิตภัณฑ์เป็นความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับบรรยากาศที่ล้อมรอบอยู่ และเป็นสิ่งชี้บ่งอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relation Humidity ; ERH) เป็นตัวควบคุมโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่มี ERH ต่ำกว่าสิ่งแวดล้อม จะดูดความชื้นจากบรรยากาศ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า ERH สูงกว่าสิ่งแวดล้อม จะสูญเสียความชื้นออกไป ดังนั้น กลูโคสไซรัปที่มีค่า D.E. สูง ซึ่งมีค่า ERH ต่ำ จะมีโอกาสดูดความชื้นได้สูง ในขณะที่กลูโคสไซรัปที่มีค่า D.E. ต่ำจะมีค่า ERH สูง จะมีโอกาสดูดความชื้นได้ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 สมบัติและการทำหน้าที่ของกลูโคสไซรัป (แบะแซ) ที่มีค่า DE ต่างกัน

สมบัติหรือบทบาท	DE ของกลูโคสไซรัป				
	20-38	38-48	48-58	58-68	68 ขึ้นไป
ช่วยให้สีคงตัว	น้อย	→	→	→	มาก
ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล	น้อย	→	→	→	มาก
ใช้เป็นอาหารของยีสต์	น้อย	→	→	→	มาก
ช่วยเพิ่มกลิ่นรส	น้อย	→	→	→	มาก
ช่วยเป็นตัวกลางนำพากลิ่นรส	น้อย	→	→	→	มาก
ทำให้จุดเยือกแข็งต่ำลง	น้อย	→	→	→	มาก
ดูดความชื้น	น้อย	→	→	→	มาก
ความดันออสโมติก	น้อย	→	→	→	มาก
ความหวาน	น้อย	←	←	←	มาก
การให้เนื้อ	มาก	←	←	←	น้อย
การเหนียวติดกัน	มาก	←	←	←	น้อย
ช่วยทำให้อิมัลชันเสถียร	มาก	←	←	←	น้อย
ช่วยทำให้โฟมเสถียร	มาก	←	←	←	น้อย
ป้องกันไม่ให้น้ำตาลตกผลึก	มาก	←	←	←	น้อย
ป้องกันไม่ให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในระหว่างการแช่แข็ง	มาก	←	←	←	น้อย
เป็นสารข้นหนืด	มาก	←	←	←	น้อย
ความหนืด	มาก	←	←	←	น้อย
ช่วยเพิ่มความดันไอ	มาก	←	←	←	น้อย
ทำให้ผลิตภัณฑ์ชุ่มชื้น	←	←	เท่ากัน	→	→
ส่วนทำให้คุณค่าทางอาหาร	←	←	เท่ากัน	→	→
ทำให้ผลิตภัณฑ์แวววาว	←	←	เท่ากัน	→	→
ผลต่อสารละลาย	←	←	เท่ากัน	→	→
สามารถควบคุมให้เกิดผลึก	←	←	เท่ากัน	→	→

ที่มา : สุวรรณา สุภิมารส (2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความหนืด จะขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มข้น และอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบโดย

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความหนืดลดลง

เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นความหนืดเพิ่มขึ้น

เมื่อน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ในกลูโคสไซรัปมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความหนืดเพิ่มขึ้น และหากมีน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็กมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความหนืดลดลง

5. การเกิดสี ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสี คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) โดยเกิดจากคาร์โบไฮเดรต ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาล วิธีลดการเกิดสี คือ การลดปริมาณโปรตีน การเพิ่มซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การลดค่าความเป็นกรด-ด่าง และการลดค่า D.E.ให้ต่ำลง ซึ่งจะทำให้หมู่อัลดีไฮด์อิสระลดลง จึงเกิดปฏิกิริยาได้น้อยลง

6. การช่วยเสริมกลิ่น กลูโคสไซรัปที่มีค่า D.E. สูงจะช่วยเสริมกลิ่นแก่ผลิตภัณฑ์

7. การเกิดความเลื่อมมัน กลูโคสไซรัปช่วยให้ผลิตภัณฑ์หลายชนิดมีลักษณะปรากฏเลื่อมมัน เช่น ผลไม้แห้ง เค้ก และไอซิ่ง

2.3.3 กรดซิตริก (Somogyi, L.P. et al. 1996)

กรดซิตริกเป็นกรดที่มีการใช้กันอย่างมากในผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นกรด กรดซิตริกพบจำนวนตามธรรมชาติ acidulant จะใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการรสเปรี้ยว เนื่องจากให้ค่า pH ที่ต่ำ ซึ่งอาหารที่เป็นกรดจะป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ยังทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันการเกิดการหืน และการเปลี่ยนสีในผลิตภัณฑ์อาหารที่ความเข้มข้นที่เท่ากัน acidulant จะมีค่า pH หรือความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

ในผลิตภัณฑ์จำพวก candy กรดซิตริกมักใช้ในการเพิ่มรสชาติของผลไม้ แต่เมื่อเติมกรดซิตริกแล้ว ซูโครสจะเปลี่ยนไปเป็น invert sugar ช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลและป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของส่วนผสม กรดซิตริกจะเป็นตัวแสดงระดับความเปรี้ยวในผลิตภัณฑ์ dried-fruit snack ที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพชรวุฒิ สมพามา และ อุดมศักดิ์ ชาติวีรธรรม (2544) ศึกษาการผลิตมะละกอแผ่นและทอฟฟี่มะละกอโดยศึกษาปริมาณมะละกอ น้ำตาลทราย แบะแซ และกะทิ ที่ใช้ พบว่าผู้ทดสอบยอมรับทอฟฟี่มะละกอมากที่สุดเมื่อใช้ส่วนผสมคือ มะละกอ 47% น้ำตาลทราย 23% แบะแซ 15% และกะทิ 15% มากที่สุด

พจนีย์ โคกระเวียง และศรีประไพ ศรีนวน (2545) ศึกษาการผลิตทอฟฟี่จากนมข้าวโพด โดยศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่นมข้าวโพด พบว่าปริมาณการใช้กลูโคสไซรัป 22% ได้คะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่นมข้าวโพดที่มีปริมาณกลูโคสไซรัป 32 และ 48% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ทอฟฟี่นมข้าวโพดที่มีการใช้ปริมาณกลูโคสไซรัปที่ 22 และ 48% พบว่าผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเลื่อมมัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่นมข้าวโพดที่ใช้ปริมาณกลูโคสแตกต่างกัน ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และยังพบว่าการใช้ปริมาณแบะแซ 22% มีราคาต้นทุนถูกกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลูโคสไซรัป 32 และ 48%

ระพีพรรณ เองมหัสสกุล (2547) ศึกษาการพัฒนามะม่วงแคนดี้โดยมีการคัดเลือกสายพันธุ์มะม่วงที่ใช้จากพันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์โชคอนันต์ และพันธุ์แก้ว พบว่าผู้ทดสอบชิมได้ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากพิวเรย์มะม่วงพันธุ์แก้วและโชคอนันต์ ซึ่งมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์นำไปศึกษาปริมาณซูโครส กลูโครสไซรัป (แบะแซ) และกลีเซอรีนที่เหมาะสมในการเตรียม dried mango candy และใช้เกณฑ์ที่เหมาะสมคือค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่า 0.6 และเมื่อศึกษาผลของซูโครส กลีเซอรีน และกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมในการทำมะม่วงแคนดี้ พบว่าการใช้ซูโครส 15% กลีเซอรีน 5% และกลูโคสไซรัป 2% จะให้เนื้อสัมผัสของมะม่วงแคนดี้ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

กรรณิการ์ ทั่งทอง (2551) ศึกษาการผลิตผลไม้แผ่นจากผลมะม่วงหิมพานต์ โดยศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้และใช้ปริมาณแบะแซเพิ่มขึ้นมีผลทำให้มะม่วงหิมพานต์แผ่นมีสีคล้ำขึ้นและมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นโดยมะม่วงหิมพานต์แผ่นที่ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เป็น 25 องศาบริกซ์ และใช้ปริมาณแบะแซ 20% วัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าแรงดึงได้ 48.30 7.50 30.78 และ 1.370 N/m^2 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการวัดมะม่วงกวนแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ผลมะม่วงสุก พันธุ์แก้ว และพันธุ์น้ำดอกไม้ จากตลาดสี่มุมเมือง

3.1.2 น้ำตาลทราย ตรามิตรผล บริษัทน้ำตาลมิตรผล

3.1.3 แบะแซ ตราแสงเพชร บริษัท เอเชียกลูโคส จำกัด

3.1.4 กะทิพาสเจอร์ไลซ์ ตราชาวเกาะ บริษัท เทพผดุงพร จำกัด

3.1.5 เกลือ ตราปรุงทิพย์ บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด

3.1.6 กรดซิตริก ตรา Analar

3.1.7 ซองอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต (PET/AL/PE) ขนาด 8 x 12 นิ้ว ความหนา 12/7/40 ไมครอน และไม่มีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 0 cc/m^2

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 อุปกรณ์ครัว

3.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก Metter AJ100 ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3.2.3 เครื่องปั่นผสมอาหาร Moulinex รุ่น 645

3.2.4 เครื่องวัดค่าสีMinolta Cr-400 ประเทศญี่ปุ่น

3.2.5 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส TA-XT2i ประเทศอังกฤษ

3.2.6 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ Novasina MS1 ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3.2.7 รีแฟรคโตมิเตอร์ ATAGO N-1 ประเทศญี่ปุ่น

3.2.8 เทอร์โมมิเตอร์ 0-150 องศาเซลเซียส

3.3 สารเคมี

3.3.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (Marck, Germany)

3.3.2 สารละลายฟีนอล์ฟธาลีน

3.3.3 กรดซิตริก (บริษัท บอร์นเนต คอร์ปอเรชั่น จำกัด)

3.3.4 Plate count agar (PCA) (Merck, Germany)

3.3.5 สารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1% (Merck, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการศึกษา คือ มะม่วงสุก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แก้ว และพันธุ์น้ำดอกไม้ นำผลมะม่วงสุกมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง ปอกเปลือก หั่นแยกเนื้อออกจากเมล็ด แล้วนำเนื้อมะม่วงที่ได้มาแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 10 นาที (มัณฑนา ร่วมรักษ์. 2545) นำขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงบรรจุเนื้อมะม่วงดังกล่าวลงในซองอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต ขนาด 8 x 12 นิ้ว ในสภาพสุญญากาศ ปริมาณบรรจุถุงละ 1,000 กรัม นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เมื่อต้องการใช้จึงนำเนื้อมะม่วงมาละลายผลึกน้ำแข็ง (thawing) โดยการแช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งละลาย

3.4.2 กระบวนการผลิตทอฟฟี่มะม่วง

กระบวนการผลิตทอฟฟี่มะม่วง แสดงในภาพที่ 3.1 เริ่มต้นจากการนำเนื้อมะม่วงสุกที่เตรียมไว้จากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (3.4.1) มาปั่นให้ละเอียด ด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร ที่ความเร็วระดับกลาง เป็นเวลานาน 30 วินาที นำเนื้อมะม่วงที่ได้มาพักไว้ในภาชนะ จากนั้นเทส่วนผสมกะทิ น้ำตาลทราย เบะแซ และเกลือ ปริมาณ 42 50 15 และ 1% ของน้ำหนักมะม่วง ตามลำดับ ลงในหม้อสแตนเลส แล้วนำไปตั้งไฟอ่อนๆ กวนจนได้อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส (ประมาณ 20 นาที) จึงเติมเนื้อมะม่วงที่พักไว้ลงในหม้อสแตนเลส กวนให้เข้ากันจนกระทั่งอุณหภูมิได้ 116 องศาเซลเซียส (ประมาณ 90 นาที) จึงยกลงจากไฟ จากนั้นจึงนำมาขึ้นรูปด้วยการปั้นทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร จะได้ทอฟฟี่มะม่วงที่นำมาใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อมะม่วงที่ละลายแล้ว

⇩

ปั่นให้ละเอียด ความเร็วระดับกลาง เวลา 30 วินาที

⇩

ผสมกะทิ น้ำตาลทราย แบะแซ และเกลือในหม้อสแตนเลส

⇩

กวนจนได้อุณหภูมิ (107 องศาเซลเซียส)

⇩

ใส่เนื้อมะม่วงที่เตรียมไว้ลงในหม้อสแตนเลส กวนให้เข้ากัน
จนกระทั่งอุณหภูมิได้ 116 องศาเซลเซียส

⇩

ปั้นเป็นทรงกระบอกขนาด 0.8 x 2 เซนติเมตร

⇩

ทอฟฟี่มะม่วง

ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตทอฟฟี่มะม่วง

ที่มา : ดัดแปลงจาก เพชรวุฒิ สมพามาและอุดมศักดิ์ ชาติวีรธรรม. 2544

3.4.3 การศึกษาพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง

ศึกษาพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงระหว่างพันธุ์แก้ว และพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยทำการผลิตทอฟฟี่มะม่วงจากวัตถุดิบมะม่วงทั้ง 2 สายพันธุ์ ด้วยวิธีการผลิตในข้อ 3.4.2 ทั้งนี้ส่วนผสมที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของทอฟฟี่มะม่วง

ส่วนผสม	(% ของน้ำหนักเนื้อมะม่วง)
เนื้อมะม่วงปั่นละเอียด	100
กะทิ	42
น้ำตาลทราย	50
แบะแซ	15
เกลือ	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงนำทอฟฟี่มะม่วงที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนี้

3.4.3.1 ค่าสีโดยใช้ Chroma meter โดยการวัดเป็นค่า L* a* b*

3.4.3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (hardness) ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (cohesiveness) ความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ (springiness) ความคงทนต่อการบดเคี้ยว (chewiness) ด้วยเครื่อง Texture Measuring, TA-XT2i โดยใช้หัวกดสแตนเลสทรงกระบอก (Probe) เบอร์ P/35 วัดแรงกดแบบ TPA (Texture Profile Analyzer)

3.4.3.3 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้

3.4.3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบแบบ 7 Point hedonic scale โดยนำทอฟฟี่มะม่วงที่ผลิตได้ทั้ง 2 สิ่งทดลอง มาให้ผู้ทดสอบชิมทำการให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สีเหลือง กลิ่นมะม่วง รสหวาน รสเปรี้ยว ความเหนียว ความแข็งขณะเคี้ยว รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม ด้วยให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ ด้วยกัน โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน

3.4.3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการทดลองในข้อ 3.4.3.1-3.4.3.3 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ส่วนการทดลองข้อ 3.4.3.4 ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS การคัดเลือกพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง จะพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวม และต้นทุนการผลิต รวมถึงปริมาณผลผลิตที่ออกสู่ตลาด

3.4.4 การศึกษาปริมาณแบะแซที่เหมาะสม

ทอฟฟี่มะม่วงที่ผลิตจากสายพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสม ซึ่งคัดเลือกได้จากการทดลองที่ 3.4.3 จะนำมาใช้ในการศึกษาผลของปริมาณแบะแซที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง โดยแปรปริมาณแบะแซที่ใช้ในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20% ของน้ำหนักมะม่วง ทำการผลิตทอฟฟี่มะม่วงโดยใช้กระบวนการผลิตในการทดลองที่ 3.4.2 แล้วจึงนำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบในด้านต่างๆ ดังนี้

3.4.4.1 ค่าสีโดยใช้ Chroma meter โดยการวัดเป็นค่า L* a* b*

3.4.4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 3.4.3.2

3.4.4.3 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้

3.4.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 3.4.3.4

3.4.4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการทดลองในข้อ 3.4.4.1-3.4.4.3 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Randomized Design: CRD) ส่วนการทดลองข้อ 3.4.4.4 ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS การคัดเลือกปริมาณแบะแซที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง จะพิจารณาจากลักษณะเนื้อสัมผัสจากการทดสอบ TPA และคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิม

3.4.5 การศึกษาอุณหภูมิสุดท้ายของการให้ความร้อนที่เหมาะสม

นำสิ่งทดลองที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.4.4 ศึกษาอุณหภูมิสุดท้ายของการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง โดยทดลองให้ความร้อนกับส่วนผสมในขั้นตอนของการกวนทอฟฟี่ จนมีอุณหภูมิใจกลางสุดท้ายเป็น 112 116 และ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบและวิเคราะห์ผลในด้านต่างๆ เช่นเดียวกับข้อ 3.4.4 เพื่อเลือกอุณหภูมิสุดท้ายที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง โดยจะพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิม

3.4.6 การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ทำการผลิตทอฟฟี่มะม่วงตามสภาวะที่เหมาะสม (ที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.4.3-3.4.5) จากนั้นนำทอฟฟี่มะม่วงที่ได้มาห่อด้วยแผ่นพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ขนาด 1.5 x 2.5 เซนติเมตร ห่อแบบบิดปลายสองข้าง แล้วจึงเก็บตัวอย่างในซองอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต (PET/AL/PE) โดยเก็บรักษาในสภาวะต่างกัน 4 สภาวะ คือ ในสภาวะบรรยากาศปกติ ในบรรยากาศที่ใช้สารดูดซับความชื้น (moisture absorber) ในบรรยากาศที่ใช้สารดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber) และในบรรยากาศที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32-38 องศาเซลเซียส) ทำการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทอฟฟี่มะม่วงทุกเดือน เป็นเวลา 6 เดือน โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

3.4.6.1 ค่าสีโดยใช้ Chroma meter

3.4.6.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 3.4.3.2 3.4.4.2 และ 3.4.5.2

3.4.6.3 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ของทอฟฟี่มะม่วง ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้

3.4.6.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ค่าสีเหลือง เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม

3.4.6.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการทดลองในข้อ 3.4.6.1-3.4.6.3 ใช้แผนการทดลองแบบ split-plot design in CRD โดยระยะเวลาการเก็บเป็น main plot และสภาวะการเก็บเป็น sub plot ส่วนการทดลองข้อ 3.4.6.5 ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง

จากการวัดค่าสีของทอฟฟี่มะม่วงที่ใช้วัตถุดิบหลักในการผลิตที่แตกต่างกัน คือ มะม่วงแก้ว และมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่าสายพันธุ์มะม่วงที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงที่ผลิตได้ โดยเฉพาะค่า a* ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.00$) ส่วนค่า L* และ ค่า b* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว และทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.38$) และ ($p=0.52$) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าสีระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้ว และทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้

สิ่งทดลอง	ค่า L^{*ns}	ค่า a*	ค่า b^{*ns}
ทอฟฟี่มะม่วงแก้ว	44.83 ± 2.08	8.53 ± 0.46 ^{a}	24.90 ± 2.78
ทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้	44.40 ± 1.65	7.44 ± 0.76 ^{b}	24.53 ± 1.49

หมายเหตุ : ^{a,b} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

ค่า L* เป็นค่าแสดงความสว่างและความมืด (Lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ส่วนค่า a* เป็นค่าสีเขียวและสีแดง (Greeness/Redness) ในกรณีที่ค่าเป็นลบจะมีสีเขียวและกรณีที่ค่าเป็นบวกจะมีสีแดงมีค่าตั้งแต่ -60 ถึง 60 และค่า b* ซึ่งเป็นค่าสีน้ำเงินและสีเหลือง(Blueness/Yellowness) ในกรณีที่ค่าเป็นลบและเป็นบวก ตามลำดับ มีค่าตั้งแต่ -60 ถึง 60 เช่นเดียวกัน (Hunter Associates Laboratory Inc. 2009) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงในกระบวนการผลิตที่มีการใช้อุณหภูมิสูง มักมีสาเหตุจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545) โดยมักทำให้ค่า L* และ b* มีค่าลดลง แต่อาจทำให้ค่า a* มีค่าที่เพิ่มขึ้น จากปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (non-enzymatic browning) ที่เรียกว่า คาราเมไลเซชัน (caramelization) หรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาทั้ง 2 นี้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และปัจจัยที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545; อรรณพ ทัศนอุดม และวาสนา ฉัตรดำรง. 2554; Unnop, T. and Nanthaya, K. 2009) ในกระบวนการผลิตทอฟฟี่มะม่วง ใช้กระบวนการผลิตแบบเดียวกัน ชนิด และปริมาณของส่วนผสมที่เท่ากัน จะต่างกันก็เพียงชนิดของวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต คือ มะม่วงแก้ว และมะม่วงน้ำดอกไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นความแตกต่างของค่าสีที่เกิดขึ้นจึงเป็นผลจากความแตกต่างของวัตถุดิบที่นำมาใช้ เนื่องจากมะม่วงแก้ว และมะม่วงน้ำดอกไม้ มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของรงควัตถุในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งให้สีส้มเหลืองในเนื้อมะม่วง โดยพบว่าในมะม่วงแก้วมีปริมาณแคโรทีนอยด์มากกว่าในมะม่วงน้ำดอกไม้ คือ 9.4 และ 8.3 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัม (ของน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (Vasquez-caicedo และคณะ. 2002) จึงส่งผลให้เกิดความแตกต่างของค่า L* และ ค่า b* แต่จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่า L* และ ค่า b* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วและทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้มีไม่แตกต่างกันนั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแคโรทีนอยด์มิได้เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ หรือเกิดจากอิทธิพลของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดมีผลที่เด่นชัดกว่าจึงสามารถบดบังการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของค่า L* และ ค่า b* ในผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้ว และทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้

ในขณะที่ค่า a* (สีแดง) ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วและทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งนี้มีสาเหตุจากความแตกต่างของวัตถุดิบหลักที่นำมาใช้ในการผลิต ซึ่งก็คือองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ที่มีอยู่ในมะม่วงแก้ว และมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid: TSS) ที่พบว่าแตกต่างกันไปตามแต่ละพันธุ์ ดังตารางที่ 2.3 จากการทดลองของมณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ (2543) พบว่าที่มะม่วงพันธุ์เดียวกันมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมะม่วงแก้วเท่ากับ 19.6 องศาบริกซ์ ในขณะที่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่เพียง 17.4 องศาบริกซ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดนี้ในผลไม้มักอยู่ในรูปของน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เหล่านี้เองที่เป็นปัจจัยหลักทำให้เกิดความเข้มของสีแดงเพิ่มสูงขึ้น โดยทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งเกิดจากการที่น้ำตาลรีดิวซิงคีโตส และแอลโดสรวมตัวกับหมู่อะมิโน ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน (N-substituted glycosylamine) และเมื่อปฏิกิริยาดำเนินต่อเนื่องจะทำให้เกิดสารสีน้ำตาลที่เรียกว่าเมลานอยดิน (melanoidins) (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545) ดังนั้นในขั้นตอนของการให้ความร้อน(กวน) ในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลดังกล่าวขึ้น จากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับโปรตีนที่มีอยู่ในตัวของเนื้อมะม่วงเองในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง จากการทดลองของมณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ (2543) พบว่าในเนื้อมะม่วงสุกมีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 0.6-09 ในกรณีที่มีสารตั้งต้นของปฏิกิริยา คือ น้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณโปรตีนในเนื้อมะม่วงเพิ่มขึ้น และเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชั่น ปฏิกิริยาดังกล่าวส่งผลให้เกิดความเข้มของสีแดงเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว และทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ ด้วยวิธี TPA (Texture Profile Analysis) ซึ่งเป็นการวัดเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ (ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545) พบว่าพันธุ์มะม่วงต่างชนิดที่ใช้ในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงส่งผลให้เกิดความแตกต่างของค่าความแข็ง การเกาะรวมตัว และการบดเคี้ยว โดยทั้ง 3 ค่ามีค่า ($p=0.00$) อย่างไรก็ตามค่าความยืดหยุ่นของทอฟฟี่มะม่วงทั้ง 2 ชนิด ที่ทำการตรวจวัด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.11$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลจากการวัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วและน้ำดอกไม้

สิ่งทดลอง	ความแข็ง (g.force)	ความยืดหยุ่น^{ns}	การเกาะรวมตัว	การบดเคี้ยว (g.force)
ทอฟฟี่มะม่วงแก้ว	1263.07 ± 191.68^{a}	0.99 ± 0.11	0.51 ± 0.04^{b}	640.52 ± 110.72^{a}
ทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้	319.60 ± 54.74^{b}	0.99 ± 0.01	0.57 ± 0.08^{a}	179.93 ± 36.24^{b}

หมายเหตุ : ^{a,b} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

ค่าความแข็ง (hardness) คือ ค่าแรงที่เกิดจากการกดเพื่อทำให้ปริมาตรของตัวอย่างลดลงแต่ไม่ถึงกับทำลายให้รูปทรงของตัวอย่างเกิดการแตกแยกออกจากกัน ค่าการเกาะรวมตัว คือ (cohesiveness) แสดงความแข็งแกร่งของพันธะภายในผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ค่าการบดเคี้ยว คือ (chewiness) คุณลักษณะต้านทานการบดเคี้ยวเพื่อให้ตัวอย่างมีขนาดเล็กลงหรือแยกออกเป็นชิ้นเล็กลง (Szezesniak and Kramer. 1973) โดยจากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าทั้งค่าความแข็ง การเกาะรวมตัว และการบดเคี้ยว ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วและทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้มีความแตกต่างกัน ($p\leq0.05$) โดยพบว่าทอฟฟี่มะม่วงแก้วมีค่าดังกล่าวทั้ง 3 ค่า สูงกว่าทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ ซึ่งความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่มักมีอิทธิพลจากองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร กระบวนการแปรรูป และสภาวะในการเก็บรักษา (ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545) โดยจากรายงานของมณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ (2543) พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเพคตินในเนื้อมะม่วงแก้วมีปริมาณสูงกว่าที่พบในเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้ ดังตารางที่ 2.3 ดังนั้นจากความแตกต่างของปริมาณสารเพคติน รวมถึงขนาดโมเลกุล และคุณสมบัติในการละลาย จึงส่งผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อผลิตภัณฑ์ (ณรงค์ นิยมวิทย์ และอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2528) และจากรายงานของสินธนา สุคันธา (2535) พบว่าเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียด และมีเส้นใยปะปนอยู่น้อยกว่าเนื้อเนื้อมะม่วงแก้วนั้น เนื่องจากมะม่วงแก้วมีส่วนที่เป็นไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ (fiber content) ในรูปของเซลลูโลสสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ โดยเซลลูโลสที่มีอยู่ในเนื้อมะม่วง หรือผักผลไม้อื่นๆ อาจเรียกว่าไฟเบอร์ หรือเส้นใย หรือเสี้ยนของผลไม้

ส่วนค่าความยืดหยุ่น (springiness) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการถอนแรงออกไป (Szezesniak and Kramer. 1973) พบว่าค่าความยืดหยุ่นของทอฟฟี่มะม่วงแก้วและทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้นั้นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เนื่องจากส่วนผสม (แบะแซ) ที่ทำให้เกิดความยืดหยุ่นของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ในปริมาณที่เท่ากันจึงไม่ทำให้เกิดความแตกต่างเมื่อวัดค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สิ่งทดลอง สอดคล้องกับงานวิจัยของเมทินี ห้วยหงษ์ทอง (2553) ที่ทำการศึกษาปริมาณซูโครส เจลาติน และกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่เยลลี่มะม่วงหิมพานต์ โดยพบว่าชนิด และปริมาณของส่วนผสม 3 ชนิด มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นของกัมมี่เยลลี่มะม่วงหิมพานต์

จากการที่ทอฟฟี่จากมะม่วงน้ำดอกไม้ มีการเกาะตัวดีกว่าทอฟฟี่ที่ทำจากมะม่วงแก้ว เนื่องจาก จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความแข็งของทอฟฟี่มะม่วงแก้วสูงกว่าทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ ในขณะที่ค่าการเกาะรวมตัวของทอฟฟี่มะม่วงแก้วต่ำกว่าทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ ส่งผลให้ทอฟฟี่ที่ทำจากมะม่วงแก้วจะมีความแข็งและเปราะมากกว่าทอฟฟี่ที่ทำจากน้ำดอกไม้ เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณเพคตินต่ำกว่ามะม่วงแก้ว ซึ่งปริมาณเพคติค มีผลต่อโครงสร้างของทอฟฟี่ จากคุณสมบัติของเพคติน พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายเพคติน ได้แก่ ความเข้มข้นของเพคติน ปริมาณแคลเซียมหรือโลหะที่ไม่ใช่หมู่ alkali ค่า pH ปริมาณน้ำตาล ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเกิดเจล และค่า gel strength ที่ต้องการ จากรายงานของมณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด (2543) ที่ทำการศึกษาปริมาณเพคตินในมะม่วงทั้ง 2 ชนิด พบว่า มะม่วงแก้ว มีปริมาณเพคตินและแคลเซียมมากกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ 1.6 และ 5.6 เท่า ตามลำดับ ซึ่งจากคุณสมบัติของเพคตินจะไม่สามารถเกิดเจลได้หากมีแคลเซียมไม่เพียงพอ

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทั้งทอฟฟี่มะม่วงแก้วและทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 0.48 และเมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทอฟฟี่มะม่วงทั้ง 2 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน ($p=0.09$) ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของการวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทอฟฟี่มะม่วงพันธุ์แก้วและน้ำดอกไม้

สิ่งทดลอง	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้[ns]
ทอฟฟี่มะม่วงแก้ว	0.48 ± 0.01
ทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้	0.48 ± 0.02

หมายเหตุ : [ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) คือปริมาณน้ำอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และส่งสริมการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545) การที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วและทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ในการศึกษาไม่แตกต่าง ($p>0.05$) เนื่องจากมีการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงแก้ว และมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่จะนำมาใช้ในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงในการศึกษาครั้งนี้ให้มีค่าเท่ากัน คือ 25 องศาบริกซ์ และยังมีการการควบคุมกระบวนการผลิต ขั้นตอนการผลิต รวมถึงระยะเวลาการกวน และอุณหภูมิสุดท้ายในการให้ความร้อนของการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สิ่งทดลอง ที่เท่ากัน อย่างไรก็ตามพบว่าทอฟฟี่มะม่วงทั้ง 2 สิ่งทดลองที่ผลิตขึ้น มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ต่ำกว่าลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวซึ่งมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ อยู่ในช่วง 0.57-0.65 (รวิวรรณ สันตา. 2551)

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลอย่างมากต่อคุณภาพ อายุการเก็บรักษา และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เนื่องจากค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ โดยในกรณีที่อาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูง อาหารมีแนวโน้มที่จะเสื่อมเสียโดยแบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีกว่ายีสต์และรา ในทางตรงกันข้ามถ้าอาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำ เชื้อราหรือยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย (รวิวรรณ สันตา. 2551) ทอฟฟี่ ลูกอม หรือลูกกวาดจัดเป็นอาหารประเภทที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในระดับปานกลาง (Intermediate - moisture food, IMF) ซึ่งเป็นระดับที่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่อาจมีปัญหาเรื่องเชื้อราและยีสต์ โดยเฉพาะ Osmophilic yeast และราบางชนิด ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดเกิดการเสื่อมเสีย จะเจริญได้เมื่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ > 0.6 (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539)

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว และทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ของผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่าพันธุ์มะม่วงต่างชนิดกันที่ใช้ในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบที่มีผลต่อสีเหลือง ความเหนียว ความแข็งขณะเคี้ยว และความชอบโดยรวมแตกต่างกัน ($p=0.02$) ($p=0.00$) และ ($p=0.00$) ตามลำดับ สำหรับกลิ่นมะม่วง รสหวาน รสเปรี้ยว รสชาติโดยรวมและความชอบโดยรวมได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($p=0.68$) ($p=0.46$) ($p=0.08$) ($p=0.09$) และ ($p=0.15$) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว และทอฟฟี่น้ำดอกไม้

คุณลักษณะที่ทำการประเมิน	มะม่วงแก้ว	มะม่วงน้ำดอกไม้
ความชอบสีเหลือง	4.02 ± 1.03 [b]	4.51 ± 1.26 [a]
ความชอบกลิ่นมะม่วง [ns]	4.02 ± 1.10	3.94 ± 1.02
ความชอบรสหวาน [ns]	4.60 ± 1.05	4.52 ± 1.01
ความชอบรสเปรี้ยว [ns]	3.14 ± 1.19	3.54 ± 1.31
ความชอบความเหนียว	4.74 ± 1.28 [a]	3.93 ± 1.13 [b]
ความชอบความแข็งขณะเคี้ยว	4.54 ±1.27 [a]	3.06 ± 1.10 [b]
ความชอบรสชาติโดยรวม [ns]	4.37 ± 0.94	4.68 ± 1.07
ความชอบโดยรวม [ns]	4.53 ± 0.89	4.78 ± 1.00

หมายเหตุ : [a,b] **ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น** ($p \leq 0.05$)

[ns] **ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น** ($p>0.05$)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้สายพันธุ์มะม่วงที่แตกต่างกันในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน สามารถรับรู้ได้ถึงความแตกต่างของคุณลักษณะด้านสี และเนื้อสัมผัสเป็นหลัก ความแตกต่างของคุณลักษณะเหล่านี้มีสาเหตุหลักจากความแตกต่างองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต ทั้งในส่วนของปริมาณรงควัตถุ และปริมาณไฟเบอร์ สอดคล้องกับผลการศึกษาข้างต้น แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (prototype) ของทอฟฟี่มะม่วงทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน โดยระดับคะแนนที่ได้รับอยู่ในระดับชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมมีความต้องการทอฟฟี่มะม่วงที่มีคุณภาพดีขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วง โดยมุ่งเน้นในส่วนของการพัฒนาลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ (ได้รับคะแนนความชอบเพิ่มสูงขึ้น)

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ สิ่งทดลองที่จะนำไปศึกษาต่อ คือ ทอฟฟี่น้ำดอกไม้เนื่องจากคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะที่ทำการประเมินมีแนวโน้มที่สูงกว่าทอฟฟี่มะม่วงแก้ว แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบด้านความชอบโดยรวม ที่พบว่าทอฟฟี่มะม่วงทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ประกอบกับเมื่อพิจารณาด้านต้นทุนการผลิต และการจัดการปัญหาวัตถุดิบ (มะม่วง) ล้นตลาด ซึ่งพบว่าต้นทุนต่อกิโลกรัมของมะม่วงแก้วถูกกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ถึง 6 เท่า (มะม่วงแก้วราคาขายกิโลกรัมละ 10 บาท ส่วนมะม่วงน้ำดอกไม้ราคาขายกิโลกรัมละ 63 บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ตลาดสี่มุมเมือง, ส.ค. 2553) อีกทั้งในฤดูกาลที่ผลผลิตของมะม่วงแก้วออกสู่ตลาดมาก ทำให้ราคาของมะม่วงแก้วตกต่ำ ซึ่งปัญหาผลผลิตล้นตลาดนี้ไม่เกิดขึ้นกับมะม่วงน้ำดอกไม้ เนื่องจากเป็นผลไม้ที่สามารถส่งออกไปจำหน่ายดังต่างประเทศได้ (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2545) ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วง จึงควรนำมะม่วงพันธุ์แก้วมาเป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

4.2 ศึกษาปริมาณแบะแซที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในทอฟฟี่

การเติมแบะแซในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 10 15 และ 20% ของน้ำหนักมะม่วง จะได้ผลิตภัณฑ์ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่มีค่า L* a* และ b* อยู่ในช่วง 44.68 – 45.39, 9.75 – 10.30 และ 27.20 – 28.29 ตามลำดับ และเมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่า L* a* และ b* ของสิ่งทดลองทั้ง 3 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p=0.48) (p=0.19) และ (p=0.35) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าสีทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมแบะแซในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณแบะแซ	ค่าสี		
(% w/w)	ค่า L*^{ns}	ค่า a*^{ns}	ค่า b*^{ns}
10	45.39 ± 2.20	9.65 ± 0.69	28.29 ± 2.59
15	45.09 ± 2.31	9.79 ± 1.58	27.61 ± 3.28
20	44.68 ± 2.30	10.30 ± 1.83	27.20 ± 2.98

หมายเหตุ : ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การเพิ่มปริมาณแบะแซในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงแก้วไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (L* a* b*) ของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้สาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงค่าสีในผลิตภัณฑ์จะเกิดจากอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อน และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในตัวของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 2.3 โดยในการทดลองครั้งนี้เนื่องจากมีการควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อน รวมถึงชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ (มะม่วงแก้ว) จึงทำให้สามารถควบคุมผลจากอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวได้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่า L* และ a* มีแนวโน้มเพิ่มสูง ส่วนค่า b* มีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับรายงานของระพีพรรณ เองมหัสสกุล (2547) ที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงแคนดี้เมื่อเพิ่มปริมาณกลูโคสไซรัป (แบะแซ) ในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ค่า L* และ a* เพิ่มสูงขึ้น แต่ค่า b* มีค่าลดลง โดยปริมาณกลูโคสไซรัปที่ศึกษา คือ 0 0.65 2.5 4.35 และ 5% ของน้ำหนักมะม่วง โดยกวนพิวเรย์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วนำไปอบแห้งที่ 50-70 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของพจนีย์ โคกระเวียง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศรีประไพ สีนวน (2545) ที่ทำการศึกษาหาปริมาณกลูโคสไซรัป ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตทอฟฟี่นมข้าวโพด โดยใช้ปริมาณกลูโคสไซรัป 22 32 และ 48% โดยน้ำหนักของนมข้าวโพด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกลูโคสไซรัปในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวส่งผลให้ค่า L* a* และ b*ของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน และมีแนวโน้มลดลง

ผลการวัดเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่า การเติมแบะแซในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 10 15 และ 20% ของน้ำหนักมะม่วง ในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงส่งผลให้เกิดความแตกต่างของค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และการบดเคี้ยว ทั้ง 3 ค่า ($p=0.00$) แต่ค่าการเกาะรวมตัวของผลิตภัณฑ์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ($p=0.99$) ดังแสดงในตาราง 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าจากการวัดเนื้อสัมผัส ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมแบะแซในปริมาณที่แตกต่างกัน

ค่าเนื้อสัมผัส	ปริมาณแบะแซ (%w/w)		
	10	15	20
ความแข็ง (g.force)	1174.54 ± 134.16^{c}	1437.90 ± 195.93^{b}	1938.86 ± 409.00^{a}
ความยืดหยุ่น	0.97 ± 0.04^{a}	0.93 ± 0.06^{b}	0.90 ± 0.07^{c}
การเกาะรวมตัว^{ns}	0.50 ± 0.05	0.51 ± 0.03	0.51 ± 0.04
การบดเคี้ยว (g.force)	558.99 ± 103.59^{c}	689.51 ± 127.71^{b}	854.24 ± 146.55^{a}

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วโดยวิธี TPA (Texture Profile Analysis) พบว่าการเพิ่มปริมาณแบะแซในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงแก้ว มีผลทำให้ค่าความแข็ง และการบดเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ที่ได้มากขึ้น. และส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นลดลงซึ่งเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าการบดเคี้ยว (chewiness) สอดคล้องกับค่าความแข็ง (hardness) และค่าการเกาะรวมตัว (cohesiveness) ถ้าผลิตภัณฑ์มีความแข็งและการเกาะรวมตัวกันสูง จะทำให้ผลิตภัณฑ์เคี้ยวยากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งและการเกาะรวมตัวกันต่ำ (Jones. 1977) เมื่อความเข้มข้นน้ำตาลทั้งหมดในส่วนผสมเท่ากัน การเพิ่มแบะแซส่งผลให้ค่าความหนืดสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ได้ลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉรา เทียมภักดี (2549) ที่ทำการศึกษาผลของพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครสต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ โดยพบว่า กลูโคสไซรัป (แบะแซ) ประกอบด้วยโอลิโกแซคคาไลด์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการเพิ่มความหนืด และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งและเคี้ยวยากขึ้น และสอดคล้องกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยของชรริน เจษฎามโนมัย และคณะ (2548) ที่พบว่า ปริมาณแบะแซมากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นน้อยลง เนื่องจากแบะแซมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์จับตัวเป็นก้อนได้ดีขึ้น

ผลการวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว ทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่า การเติมแบะแซในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 10 15 และ 20% ของน้ำหนักมะม่วง จะได้ผลิตภัณฑ์ของทอฟฟี่มะม่วงที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ อยู่ในช่วง 0.46–0.48 และเมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิตพบว่า ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของสิ่งทดลอง 3 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p=0.00) ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณแบะแซ (% w/w)	วอเตอร์แอคติวิตี้
10	0.48 ± 0.04^{a}
15	0.48 ± 0.18^{a}
20	0.46 ± 0.02^{b}

หมายเหตุ : ^{a,b} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 การเพิ่มปริมาณแบะแซในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง จะทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ลดลง เนื่องจากแบะแซเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์แป้งเป็นบางส่วน ซึ่งประกอบไปด้วยโอลิโกแซคคาไลด์ทำหน้าที่เป็นตัวถูกละลายในระบบ ดังนั้นการมีปริมาณของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหารนั้นลดลง (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545; ชรริน เจษฎามโนมัย และคณะ. 2548) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรรณิการ์ ทั่งทอง (2551) ที่ทำการศึกษาปริมาณแบะแซที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงหิมพานต์แผ่น โดยพบว่า เมื่อใช้ปริมาณแบะแซที่เพิ่มขึ้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของมะม่วงหิมพานต์แผ่นมีค่าลดลง เช่นเดียวกับการเติมแบะแซในผลิตภัณฑ์น้ำพริกบางชนิด ซึ่งพบว่านอกจากทำให้น้ำพริกจับตัวกันเป็นก้อนแล้วยังทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดลงอีกด้วย (อรรณพ ทัศนอุดม และคณะ. 2552)

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วทั้ง 3 สิ่งทดลอง ของผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่าการเติมปริมาณแบะแซแตกต่างกันคือ 10 15 และ 20% ของน้ำหนักมะม่วง ในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงแก้ว ผู้ชิมให้คะแนนความชอบสีเหลือง ความเหนียว ความแข็งขณะเคี้ยว และความชอบโดยรวมของสิ่งทดลองทั้ง 3 สิ่งทดลอง แตกต่างกันทางสถิติ โดย (p=0.00) แต่พบว่าคุณลักษณะด้านกลิ่นมะม่วงได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน (p=0.41) ดังตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมแบะแซในปริมาณที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะที่ทำการประเมิน	ปริมาณแบะแซ (% w/w)		
	10	15	20
ความชอบสีเหลือง	4.41 ± 0.81^{a}	4.27 ± 0.70^{ab}	4.04 ± 0.73^{b}
ความชอบกลิ่นมะม่วง^{ns}	3.27 ± 1.12	3.55 ± 1.14	3.40 ± 1.17
ความชอบความเหนียว	5.39 ± 1.09^{a}	4.67 ± 1.10^{b}	4.32 ± 1.07^{c}
ความชอบความแข็งขณะเคี้ยว	5.65 ± 0.83^{a}	4.34 ± 1.08^{b}	3.94 ± 1.02^{b}
ความชอบโดยรวม	4.97 ± 1.13^{a}	4.82 ± 1.02^{a}	3.52 ± 1.27^{b}

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p > 0.05$)

การใช้ปริมาณแบะแซที่แตกต่างกันในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงแก้ว เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความแตกต่างของคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ทั้งในส่วนของความเหนียวและความแข็งขณะเคี้ยว โดยผู้ทดสอบชิมสามารถรับรู้ได้ถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นกับทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เติมแบะแซในปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณแบะแซที่ระดับ 20% ของน้ำหนักมะม่วง ทำให้ทอฟฟี่มะม่วงได้รับคะแนนความชอบด้านความเหนียว และความแข็งขณะเคี้ยวต่ำกว่าการเติมแบะ-แซที่ระดับ 10 และ 15% ของน้ำหนักมะม่วง โดยระดับคะแนนที่ได้รับอยู่ในระดับชอบปานกลางค่อนไปทางชอบมากเล็กน้อย

ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้ สิ่งทดลองที่จะนำไปศึกษาต่อ คือทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ปรับปริมาณแบะแซ 10% ของน้ำหนักมะม่วง เนื่องจากคะแนนความชอบมีแนวโน้มมากกว่าทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ปรับปริมาณแบะแซ 15% ถึงแม้ว่าคะแนนความชอบโดยรวมของทั้ง 2 สิ่งทดลองไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อนำปัจจัยด้านต้นทุนการผลิตมาพิจารณาประกอบด้วยแล้ว พบว่าต้นทุนของการใช้ปริมาณแบะแซ 10% ต่ำกว่าต้นทุนการใช้แบะแซ 15%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาอุณหภูมิสุดท้ายของการให้ความร้อนที่เหมาะสม

ผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วหลังผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสุดท้ายที่แตกต่างกัน คือ 112 116 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีค่า L* a* และ b* อยู่ในช่วง 42.60 – 44.43, 6.87 – 9.47 และ 27.96 – 33.67 ตามลำดับ และเมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า L* a* และ b* ของสิ่งทดลอง 3 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p=0.00) ดังแสดงในตารางที่ 4.9 โดยพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสุดท้ายของการให้ความร้อนในขั้นตอนของการกวน จะทำให้ผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ได้มีสีเข้มขึ้น

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าสีระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผ่านการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิสุดท้ายแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี		
	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
112	44.43 ± 1.48^{a}	6.87 ± 0.31^{c}	33.67 ± 1.59^{a}
116	43.94 ± 0.96^{b}	7.43 ± 0.52^{b}	29.06 ± 2.00^{b}
120	42.60 ± 0.96^{c}	9.47 ± 0.71^{a}	27.96 ± 2.32^{b}

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

การเพิ่มอุณหภูมิสุดท้ายในขั้นตอนการกวนจะทำให้ค่า L* และค่า b* ของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วลดลง เนื่องจากในขั้นตอนดังกล่าวนอกจากจะเป็นการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์แล้วยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อันเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วย โดยปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถเกิดได้มากขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545) ดังนั้นหากมีระดับอุณหภูมิในขั้นตอนของกระบวนการให้ความร้อนที่ต่ำกว่า ในระยะเวลาของการให้ความร้อนที่เท่ากัน จะทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเกิดขึ้นได้น้อยกว่า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะของสีน้ำตาล หรือความเข้มน้อยกว่าในผลิตภัณฑ์ที่มีระดับอุณหภูมิสุดท้ายในการให้ความร้อนสูง

แต่อย่างไรก็ตามทอฟฟี่มะม่วงแก้วมีสีเหลืองออกแดงหรือน้ำตาลแดง และผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่า a* ของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสุดท้ายในขั้นตอนการกวน เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้โมเลกุลของน้ำตาลสลายและเกิดโพลิเมอร์ไรเซชั่นของสารประกอบคาร์บอน ได้เป็นสารสีน้ำตาลซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมไลเซชั่น (caramelization) โดยสารสีในอาหารมีการพัฒนาเป็นสารสีเหลืองจนถึงน้ำตาลและน้ำตาลแดง (Fenema, 1996 อ้างถึงใน อุทัยวรรณ ฉัตรธง. 2546) ยังทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ได้โดยที่โปรตีนจะทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์แล้วทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นเกิดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลได้ (Fenema, 1996 อ้างถึงใน อุทัยวรรณ ฉัตรธง, 2546) สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐกรณ์ ธรรมโกสิทธิ์ และคณะ (2547) ที่ทำการศึกษาถึงอุณหภูมิการกวนทุเรียนที่มีผลต่อการเปลี่ยนสีและการเก็บรักษา โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* และ b* ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการให้ความร้อนในระหว่างขั้นตอนการกวน ซึ่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น (ค่า a* เพิ่มขึ้น) และยังสอดคล้องกับรายงานของ Ibardz et al. (1998) ที่ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) โดยพบว่าซุปผลแพร์จะสูญเสียสีเหลืองขณะที่สีแดงเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในขั้นตอนของการให้ความร้อน ซึ่งมีสาเหตุจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และจากการที่เม็ดสีถูกทำลายด้วยความร้อน

ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วทั้ง 3 สิ่งทดลอง ที่ให้ความร้อนของอุณหภูมิสุดท้ายแตกต่างกันด้วยวิธี TPA พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิสุดท้ายในการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วส่งผลให้เกิดความแตกต่างของค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และการบดเคี้ยว โดยทั้ง 3 ค่ามีค่า (p=0.00) ของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่าการเกาะรวมตัวของทอฟฟี่มะม่วงทั้ง 3 สิ่งทดลอง นั้นไม่มีความแตกต่างกัน (p=0.22) ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผ่านการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิสุดท้ายแตกต่างกัน

ค่าเนื้อสัมผัส	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	112	116	120
ความแข็ง (g.force)	313.56 ± 70.20 ^{c}	1046.45 ± 184.35 ^{b}	2693.76 ± 467.89 ^{a}
ความยืดหยุ่น	0.99 ± 0.02 ^{a}	0.99 ± 0.01 ^{a}	0.89 ± 0.09 ^{b}
การเกาะรวมตัว ^{ns}	0.49 ± 0.02	0.45 ± 0.06	0.48 ± 0.06
การบดเคี้ยว (g.force)	146.33 ± 30.79 ^{c}	468.32 ± 95.98 ^{b}	1087.27 ± 150.26 ^{a}

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p > 0.05$)

การที่ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น และค่าการบดเคี้ยวของทอฟฟี่มะม่วงแก้วทั้ง 3 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นี้ด้วย ซึ่งมีสาเหตุจากความสามารถในการระเหยของน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน โดยการกวนจนถึงที่ระดับอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส จะทำให้น้ำระเหยออกไปได้มากกว่าการกวนจนถึงที่ระดับอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 112 และ 116 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และกวนทอฟฟี่มะม่วงแก้วจนถึงที่ระดับอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส ยังใช้ระยะเวลาในการกวนนานกว่าที่ระดับอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 112 และ 116 องศาเซลเซียส เท่ากับ 20 และ 10 นาที (การกวนทอฟฟี่มะม่วงแก้วจนถึงที่ระดับอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 112 116 และ 120 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาเท่ากับ 100 110 และ 120 นาที ตามลำดับ) ทั้งนี้ปริมาณน้ำในอาหารจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ดังนั้นการที่น้ำสามารถระเหยออกจากตัวผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะแข็ง หรือขาดความฉ่ำน้ำ (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2528) และจากการศึกษาขั้นต้น พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์จะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าการบดเคี้ยว และความยืดหยุ่น สอดคล้องกับงานวิจัยของเกรียงไกร สร้อยนาค (2542) ที่ทำการศึกษาถึงการใช้โอลิโกแซ็กคาไรด์แลคโทซูโครสทดแทนซูโครส และกลูโคสไซรัป (แบะแซ) ทั้งหมดในกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในลูกกวาด (นม) แบบนุ่ม โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิการให้ความร้อนสูงขึ้นค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการระเหยของน้ำออกจากตัวผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และอาจเนื่องมาจากเมื่อทอฟฟี่เย็นตัวลงน้ำตาลมีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบมากขึ้น ทำให้มีค่าแรงต้านการกดมากขึ้น

นอกจากนี้การให้ความร้อนจนถึงที่ระดับอุณหภูมิสุดท้ายแตกต่างกัน คือ 112 116 และ 120 องศาเซลเซียส ยังทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วทั้ง 3 สิ่งทดลอง แตกต่างกัน ($p=0.00$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผลิตได้มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.44 – 0.52 ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผ่านการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิสุดท้ายแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	วอเตอร์แอคติวิตี้
112	0.52 ± 0.01^{a}
116	0.48 ± 0.02^{b}
120	0.44 ± 0.06^{c}

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

เมื่ออุณหภูมิในการผลิตทอฟฟี่มะม่วงเพิ่มขึ้น (ในขั้นตอนของการกวน) จะทำให้ค่าวอเตอร์-แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากมีการระเหยของน้ำอิสระออกจากตัวผลิตภัณฑ์ โดยค่าวอ-เตอร์แอคติวิตี้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ (นิติยา รัตนาปนนท์. 2545) สอดคล้องกับรายงานของเกรียงไกร สร้อยนาค (2542) ที่พบว่าในกระบวนการผลิตลูกกวาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นมแบบนุ่ม เมื่ออุณหภูมิในการผลิตสูงขึ้น จะทำให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมระเหยมากขึ้นทำให้ความชื้นคงเหลือในผลิตภัณฑ์ลดลง และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดลงด้วย

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิสุดท้ายที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (112 116 และ 120 องศาเซลเซียส) พบว่าผลิตภัณฑ์ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ได้รับคะแนนความชอบด้านต่างๆ (ตารางที่ 4.12) อยู่ในระดับไม่ชอบมากถึงชอบเล็กน้อย โดยพบว่าคะแนนด้านกลิ่นมะม่วง ของสิ่งทดลองทั้ง 3 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.10$) แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.00$) ในส่วนของคะแนนด้านสีเหลือง ความเหนียว ความแข็งขณะเคี้ยว รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม

ตารางที่ 4.12 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ผ่านการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิสุดท้ายแตกต่างกัน

คุณลักษณะที่ทำการประเมิน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	112	116	120
ความชอบสีเหลือง	5.50 ± 0.92^{a}	4.14 ± 0.82^{b}	3.01 ± 0.89^{c}
ความชอบกลิ่นมะม่วง ^{ns}	4.01 ± 1.30	3.53 ± 1.14	3.34 ± 1.21
ความชอบความเหนียว	5.21 ± 1.84^{a}	4.19 ± 1.08^{b}	3.38 ± 1.21^{c}
ความชอบความแข็งขณะเคี้ยว	5.81 ± 1.27^{a}	4.09 ± 1.09^{b}	2.84 ± 1.44^{b}
ความชอบโดยรวม	4.74 ± 1.22^{a}	4.68 ± 1.15^{a}	2.58 ± 1.11^{b}

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิสุดท้ายที่แตกต่างกันในกระบวนการผลิตทอฟฟี่มะม่วงแก้ว จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน สามารถรับรู้ได้ถึงความแตกต่างของคุณลักษณะด้านสีเหลือง ความเหนียว ความแข็งขณะเคี้ยวและความชอบโดยรวมเป็นหลัก ซึ่งความแตกต่างของคุณลักษณะเหล่านี้มีสาเหตุหลักจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิสุดท้ายที่แตกต่างกัน ทั้งในส่วนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) และการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยสอดคล้องกับผลการศึกษาที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น และจากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าผู้ทดสอบให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คะแนนความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ใช้อุณหภูมิสุดท้าย 112 และ 116 ไม่แตกต่างกัน โดยระดับคะแนนที่ได้รับอยู่ในระดับชอบปานกลาง

แต่อย่างไรก็ตาม ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ให้ความร้อนจนมีระดับอุณหภูมิสุดท้ายที่ 112 องศาเซลเซียส นั้นมีแนวโน้มของคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะที่ทำการประเมินสูงกว่าในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่ให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิสุดท้ายที่ 116 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วจึงควรใช้อุณหภูมิสุดท้ายที่ 112 องศาเซลเซียส ในขั้นตอนของการกวนผลิตภัณฑ์

4.4 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ผลการศึกษาปัจจัย และอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ คือ สภาวะบรรยากาศปกติ สารดูดซับความชื้น (moisture absorber) สารดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber) และในบรรยากาศที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32-38องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าระยะการเก็บ (main plot) มีผลทำให้ค่า L* a* b* ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ค่าความแข็ง และค่าการบดเคี้ยว แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนสภาวะในการเก็บรักษา (sub plot) มีผลทำให้ค่า L* b* ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เท่านั้นที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่อิทธิพลร่วม (interaction) ของทั้งสองปัจจัยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.13

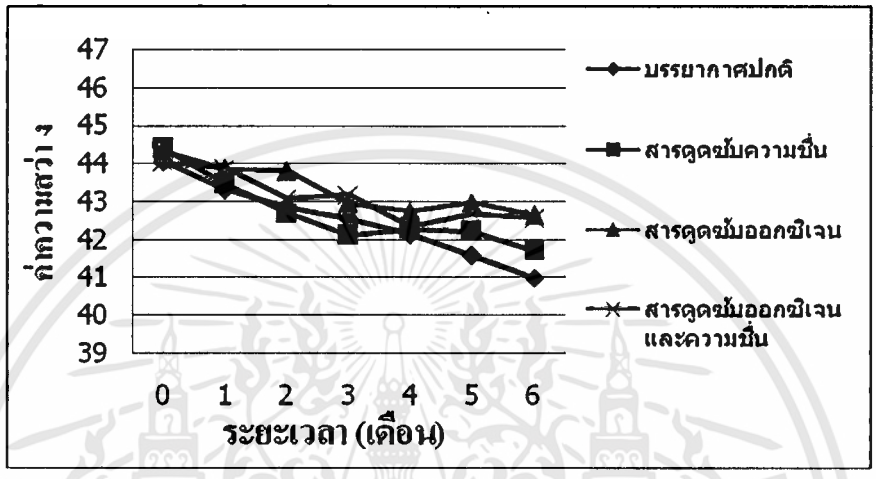
ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะต่างๆ ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บในสภาวะแตกต่างกัน นาน 6 เดือน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ค่า p (p value)							
	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	ค่าความแข็ง	ค่าความยืดหยุ่น	ค่าการเกาะรวมตัว	ค่าการบดเคี้ยว
ระยะเวลาเก็บ	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.003*	0.459	0.083	0.000*
สภาวะ	0.000*	0.648	0.000*	0.010*	0.227	0.523	0.265	0.053
ระยะเวลาเก็บx สภาวะ	0.934	0.874	0.888	0.827	0.934	0.802	0.620	0.684

หมายเหตุ : * ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกัน 4 สภาวะ คือ สภาวะบรรยากาศปกติ สารดูดซับความชื้น สารดูดซับออกซิเจน และในบรรยากาศที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L* (ความสว่าง) อย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วงแก้วมีค่า L*ลดลง ทุกสภาวะการเก็บรักษา ดังภาพที่ 4. 1



ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่า L* ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา พบว่าค่า L* ในสภาวะการเก็บรักษาทั้ง 4 สภาวะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนพบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ และสารดูดซับความชื้น มีค่า L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่ใช้สารดูดซับออกซิเจน ส่วนทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนมีค่า L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ ใช้สารดูดซับความชื้นและใช้สารดูดซับออกซิเจน ดังตารางที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงของค่า L* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

การเก็บรักษา	บรรยากาศปกติ	สารดูดซับความชื้น	สารดูดซับออกซิเจน	สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน
0^{ns}	43.84 ± 1.52^{A}	44.40 ± 0.98^{A}	44.34 ± 1.40^{A}	44.04 ± 1.24^{A}
1^{ns}	43.31 ± 0.92^{AB}	43.46 ± 0.81^{AB}	43.87 ± 1.52^{AB}	43.89 ± 1.34^{A}
2	42.85 ± 0.64^{ABCb}	42.70 ± 0.74^{BCb}	43.81 ± 0.79^{ABa}	43.08 ± 1.03^{ABab}
3^{ns}	42.18 ± 1.10^{BCD}	42.11 ± 1.14^{C}	42.96 ± 1.58^{AB}	43.18 ± 0.90^{AB}
4^{ns}	41.87 ± 1.12^{CD}	42.29 ± 0.97^{C}	42.74 ± 0.71^{B}	42.36 ± 1.51^{B}
5^{ns}	41.58 ± 2.15^{CD}	42.21 ± 1.24^{C}	42.97 ± 1.00^{AB}	42.69 ± 1.74^{AB}
6	40.99 ± 1.77^{Db}	41.72 ± 1.59^{Cab}	42.66 ± 1.42^{Ba}	42.57 ± 0.91^{Ba}

หมายถึง : ^{ns} ตัวอักษรกำกับหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

^{a,b} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

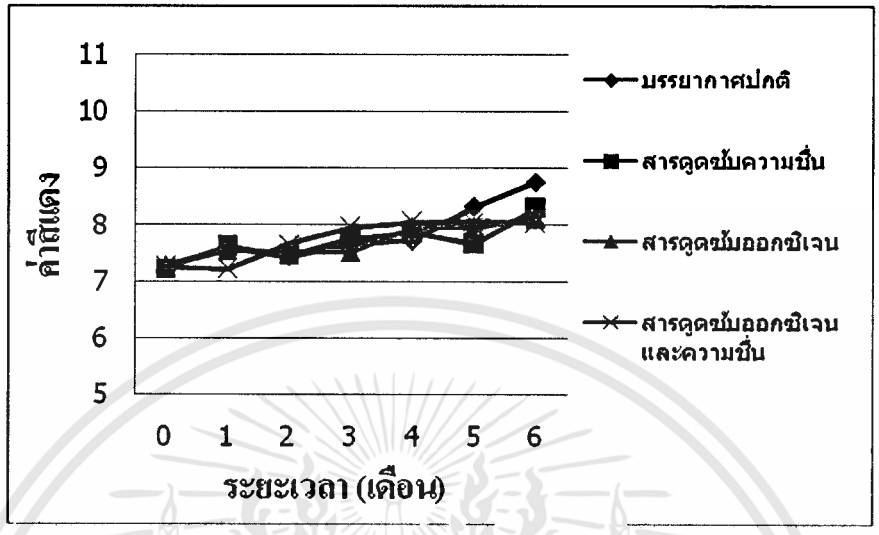
^{A,B,C,D} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

และเมื่อทำการเก็บรักษาต่อไปเป็นเวลา 3-5 เดือน ค่า L* ของการเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วงแก้วทั้ง 4 สภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่แตกต่างกันอีกครั้งเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน โดยทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะที่ใช้สารดูดซับความชื้น มีค่า L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ สภาวะที่ใช้สารดูดซับออกซิเจนเพียงอย่างเดียว และสภาวะที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน ดังตารางที่ 4.14

ในขณะที่ ค่า a* (-สีเขียว/ +สีแดง) ของการเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วงแก้วทั้ง 4 สภาวะ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังภาพที่ 4.2 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 4.15 แสดงว่า สภาวะในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า a*ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วในแต่ละสภาวะที่ระยะเวลาต่างๆกัน กลับพบว่า ค่า a* ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ ใช้สารดูดซับความชื้น ใช้สารดูดซับออกซิเจน และใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จากวันเริ่มต้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 6 4 และ 4 เดือน ตามลำดับ สามารถอธิบายได้ว่า การเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษาทอฟฟี่มะม่วงแก้ว ในสภาวะที่ใช้สารดูดซับออกซิเจนเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า a* เร็วกว่าสภาวะที่ไม่ใช้สารดูดซับออกซิเจน ดังตารางที่ 4.15



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่า a* ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงของค่า a* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

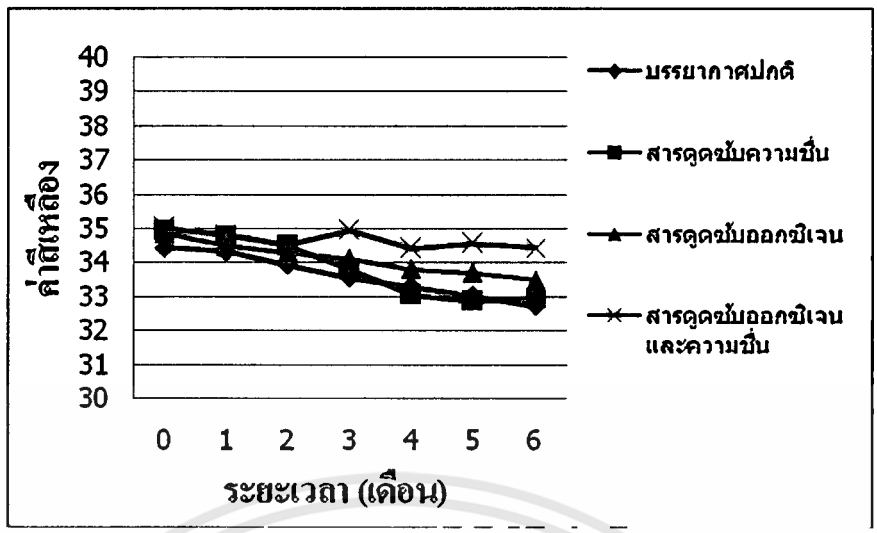
การเก็บรักษา	บรรยากาศปกติ	สารดูดซับความชื้น	สารดูดซับออกซิเจน	สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน
0^{ns}	7.28 ± 0.71^{C}	7.23 ± 0.63^{B}	7.29 ± 0.63^{B}	7.27 ± 0.98^{B}
1^{ns}	7.59 ± 0.51^{C}	7.63 ± 0.47^{AB}	7.56 ± 0.74^{AB}	7.22 ± 0.97^{B}
2^{ns}	7.45 ± 0.60^{BC}	7.47 ± 0.78^{AB}	7.52 ± 0.48^{AB}	7.66 ± 0.66^{AB}
3^{ns}	7.67 ± 0.61^{BC}	7.76 ± 0.26^{AB}	7.53 ± 0.40^{AB}	7.97 ± 1.14^{AB}
4^{ns}	7.73 ± 0.55^{BC}	7.87 ± 0.89^{AB}	7.97 ± 0.61^{A}	8.06 ± 0.69^{A}
5^{ns}	8.33 ± 1.34^{AB}	7.67 ± 0.71^{AB}	7.97 ± 0.62^{A}	8.07 ± 0.63^{A}
6^{ns}	8.77 ± 1.26^{A}	8.31 ± 1.70^{A}	8.13 ± 0.91^{A}	8.04 ± 0.60^{A}

หมายถึง : ^{ns} ตัวอักษรกำกับหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

^{a,b} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่า b* ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า b* (-น้ำเงิน/ +เหลือง) ของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว ทุกสภาวะการเก็บรักษามีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ยกเว้น สภาวะการเก็บรักษาที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนที่ค่า b* มีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงของค่า b* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

การเก็บรักษา	บรรยากาศปกติ	สารดูดซับความชื้น	สารดูดซับออกซิเจน^{ns}	สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน^{ns}
0^{ns}	34.44 ± 1.51^{A}	34.97 ± 0.97^{A}	34.87±1.90	35.04±1.77
1^{ns}	34.34 ± 2.03^{A}	34.83 ± 1.08^{A}	34.48±0.99	34.81±1.54
2^{ns}	33.93 ± 1.42^{AB}	34.51 ± 1.43^{AB}	34.31±0.85	34.52±1.62
3	33.56 ± 1.84^{ABb}	33.82 ± 0.83^{BCab}	34.13±1.14^{ab}	34.95±1.37^{a}
4	33.29 ± 1.13^{ABb}	33.06 ± 0.55^{CDab}	33.82±1.68^{ab}	34.43±1.41^{a}
5	33.03 ± 0.87^{ABb}	32.87 ± 0.70^{CDb}	33.71±1.52^{ab}	34.57±1.06^{a}
6	32.72 ± 0.69^{Bb}	32.96 ± 0.65^{Db}	33.49±1.35^{ab}	34.44±1.40^{a}

หมายถึง : ^{ns} **ตัวอักษรกำกับหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น** ($p>0.05$)

^{a,b} **ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น** ($p\leq0.05$)

^{A,B,C,D} **ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น** ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่า b* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว จากตารางที่ 4.16 พบว่าทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกันมีค่า b* แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือนขึ้นไป โดยสภาวะการเก็บรักษาที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3-6 เดือน และ สภาวะการเก็บรักษาโดยการใช้สารดูดซับออกซิเจน สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสภาวะการเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ และสภาวะการเก็บรักษาโดยใช้สารดูดซับความชื้นอย่างเดียว เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา นานกว่า 4 เดือน แสดงว่า สารดูดซับออกซิเจน และสารดูดซับความชื้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว สอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาที่สภาวะเดียวกันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b* ของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน สภาวะที่ใช้สารดูดซับออกซิเจน และสารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน ค่า b* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นการเก็บรักษา ในขณะที่สภาวะการเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ และสภาวะการเก็บรักษาโดยใช้สารดูดซับความชื้นอย่างเดียว มีค่า b* แตกต่างจากวันเริ่มต้นเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา นานกว่า 5 เดือน และ 3 เดือนขึ้นไป ตามลำดับ

การเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วงแก้ว ในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (L* a* b*) ในทอฟฟี่มะม่วงแก้ว โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิด browning ในระหว่างอายุการเก็บรักษา ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ที่เรียกว่าเมลลาร์ด (Maillard reaction) โดยจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลรีดิวซิ่งและหมู่อะมิโนของโปรตีน ในระหว่างเก็บรักษา (Baibosa-Canovas and Welti-chanes. 1995) ส่งผลให้ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษานาน 6 เดือน มีสีน้ำตาลที่เข้มขึ้น

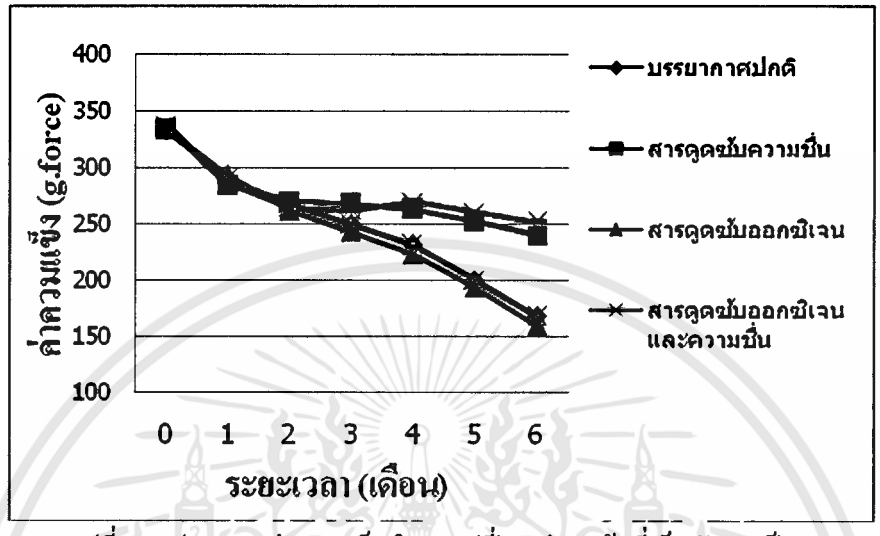
การวัดค่าเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วด้วยวิธี TPA พบว่าทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกัน 4 สภาวะ เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง (hardness) ความยืดหยุ่น (springiness) การเกาะรวมตัว (cohesiveness) และการบดเคี้ยว (chewiness)

ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง (hardness)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว พบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ และสารดูดซับออกซิเจน มีแนวโน้มการลดลงของค่าความแข็งอย่างรวดเร็ว ในอัตราคงที่จากเริ่มต้นเก็บรักษา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาด้วยสารดูดซับความชื้น และในสภาวะที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนค่าความแข็งลดลงอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 2 เดือน หลังจากเริ่มต้นเก็บรักษา จากนั้นค่าความแข็งของทอฟฟี่มะม่วงแก้วมีค่าลงลงอย่างช้าๆ



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าดวามแข็ง ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.17 พบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกัน มีค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานกว่า 5 เดือน โดยสภาวะการเก็บที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน มีค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสภาวะการเก็บรักษาโดยใช้สารดูดซับออกซิเจน และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาวะเดียวกัน พบว่าค่าความแข็งเริ่มต้นของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่ใช้สารดูดซับความชื้น และสภาวะการเก็บที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ และสารใช้สารดูดซับออกซิเจนมีค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากวันเริ่มต้นเก็บรักษา เมื่อทำการเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วง เป็นเวลานานกว่า 4 และ 3 เดือน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของทอฟฟี่มะม่วงแก้วของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

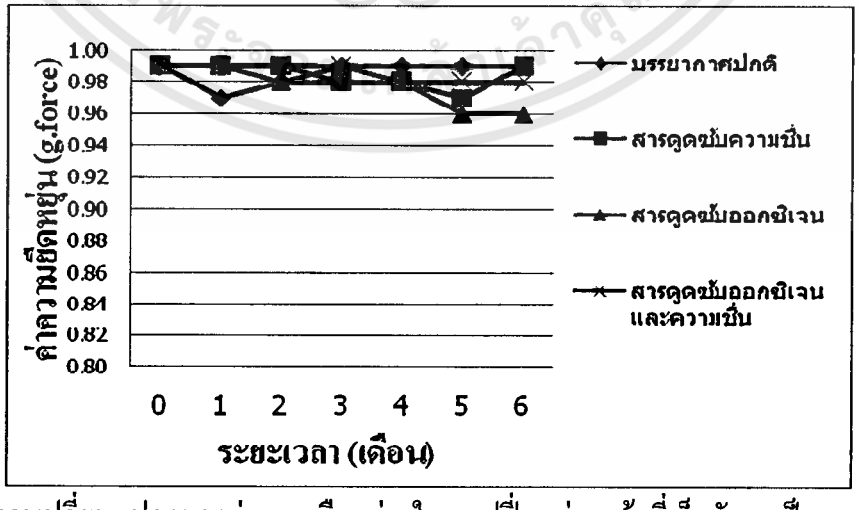
การเก็บรักษา	บรรยากาศปกติ	สารดูดซับความชื้น^{ns}	สารดูดซับออกซิเจน	สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน^{ns}
0^{ns}	332.77±53.97^{A}	335.36±26.80	333.86±60.52^{A}	338.01±51.71
1^{ns}	289.73±74.92^{AB}	283.79±70.69	290.08±61.88^{AB}	285.68±71.74
2^{ns}	267.87±59.03^{ABC}	270.87±71.01	261.97±83.52^{ABC}	264.35±74.11
3^{ns}	249.58±49.73^{ABC}	268.21±60.06	242.92±48.52^{ABC}	262.57±72.77
4^{ns}	231.87±53.59^{ABC}	263.35±43.34	223.40±64.60^{BC}	269.73±36.77
5^{ns}	200.52±50.68^{BC}	252.42±58.73	193.50±22.02^{BC}	260.77±49.09
6	168.25±40.04^{Cab}	240.03±73.00^{ab}	160.03±11.10^{Cb}	252.33±29.69^{a}

หมายถึง : ^{ns} ตัวอักษรกำกับหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

^{a,b} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าความยืดหยุ่นของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว พบว่า ค่าความยืดหยุ่นของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในทุกสภาวะมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 ดังภาพที่ 4.5 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษา และสภาวะในการเก็บรักษา ไม่ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 4.18



ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของค่าความยืดหยุ่น ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

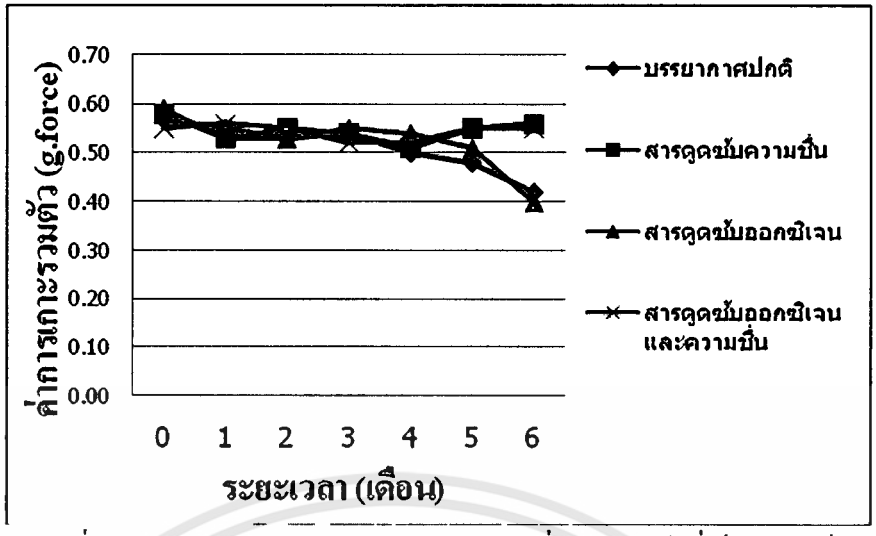
ตารางที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

การเก็บรักษา	บรรยากาศปกติ^{ns}	สารดูดซับความชื้น^{ns}	สารดูดซับออกซิเจน^{ns}	สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน^{ns}
0^{ns}	0.99 ± 0.01	0.99 ± 0.01	0.99 ± 0.01	0.99 ± 0.01
1^{ns}	0.97 ± 0.01	0.99 ± 0.02	0.99 ± 0.01	0.99 ± 0.01
2^{ns}	0.98 ± 0.03	0.99 ± 0.01	0.98 ± 0.02	0.99 ± 0.01
3^{ns}	0.99 ± 0.01	0.98 ± 0.03	0.98 ± 0.03	0.99 ± 0.01
4^{ns}	0.99 ± 0.01	0.98 ± 0.03	0.98 ± 0.03	0.98 ± 0.02
5^{ns}	0.99 ± 0.01	0.97 ± 0.03	0.96 ± 0.03	0.98 ± 0.01
6^{ns}	0.99 ± 0.01	0.99 ± 0.01	0.96 ± 0.05	0.98 ± 0.01

หมายถึง : ^{ns} ตัวอักษรกำกับหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าการเกาะรวมตัวของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว พบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะการเก็บที่ใช้สารดูดซับความชื้น และสารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนมีแนวโน้มของการเกาะรวมตัวลดลงในช่วงเดือนแรกของการเก็บรักษา และมีแนวโน้มคงที่จนสิ้นสุดการเก็บรักษา ในขณะที่การเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะการเก็บรักษาโดยใช้สารดูดซับออกซิเจน มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังภาพที่ 4.6 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษา และสภาวะในการเก็บรักษา ไม่ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงการเกาะรวมตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะรวมตัวของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว ดังตารางที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของค่าการเกาะรวมตัว ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

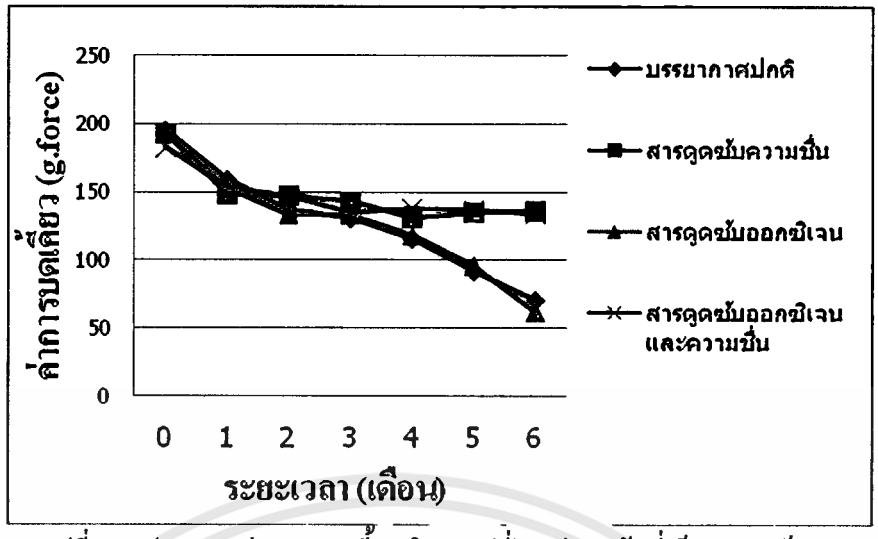
ตารางที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะรวมตัวของทอฟฟี่มะม่วงแก้วของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

การเก็บรักษา	บรรยากาศปกติ^{ns}	สารดูดซับความชื้น^{ns}	สารดูดซับออกซิเจน^{ns}	สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน^{ns}
0^{ns}	0.57 ± 0.05	0.58 ± 0.05	0.59 ± 0.04	0.55 ± 0.09
1^{ns}	0.55 ± 0.06	0.53 ± 0.11	0.53 ± 0.04	0.56 ± 0.14
2^{ns}	0.53 ± 0.04	0.55 ± 0.02	0.53 ± 0.07	0.55 ± 0.08
3^{ns}	0.54 ± 0.08	0.54 ± 0.05	0.55 ± 0.05	0.52 ± 0.04
4^{ns}	0.50 ± 0.02	0.51 ± 0.09	0.54 ± 0.03	0.52 ± 0.04
5^{ns}	0.48 ± 0.12	0.55 ± 0.04	0.51 ± 0.05	0.55 ± 0.05
6^{ns}	0.42 ± 0.10	0.56 ± 0.05	0.40 ± 0.06	0.55 ± 0.04

หมายถึง : ^{ns} ตัวอักษรกำกับหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าการบดเคี้ยวของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว พบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ และสารดูดซับออกซิเจน มีแนวโน้มการลดลงของค่าการบดเคี้ยวอย่างรวดเร็ว ในอัตราคงที่จากเริ่มต้นเก็บรักษา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน ในขณะที่ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาด้วยสารดูดซับความชื้น และในสภาวะที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนค่าการบดเคี้ยวลดลงอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 1 เดือน หลังจากเริ่มต้นเก็บรักษา จากนั้นค่าการบดเคี้ยวของทอฟฟี่มะม่วงแก้วมีแนวโน้มคงที่ ดังภาพที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของค่าการบดเคี้ยว ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.20 พบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกัน มีค่าการบดเคี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือนขึ้นไป โดยสภาวะการเก็บที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน มีค่าการบดเคี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสภาวะการเก็บรักษาอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาวะเดียวกัน พบว่าค่าการบดเคี้ยวเริ่มต้นของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่ใช้สารดูดซับความชื้น และสภาวะการเก็บที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ และสารใช้สารดูดซับออกซิเจนมีค่าการบดเคี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากวันเริ่มต้นเก็บรักษา เมื่อทำการเก็บรักษาทอฟฟี่มะม่วง เป็นเวลานานกว่า 2 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงค่าการบดเคี้ยวของทอฟฟี่มะม่วงแก้วของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

การเก็บรักษา	บรรยากาศปกติ	สารดูดซับความชื้น^{ns}	สารดูดซับออกซิเจน	สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน^{ns}
0^{ns}	195.24 ± 24.41^{A}	192.57 ± 21.85	192.97 ± 21.21^{A}	182.95 ± 24.05
1^{ns}	159.17 ± 36.28^{AB}	147.99 ± 53.94	153.01 ± 35.86^{AB}	152.59 ± 6.87
2^{ns}	136.52 ± 19.56^{B}	147.09 ± 37.26	133.54 ± 31.07^{B}	147.34 ± 59.13
3^{ns}	130.45 ± 9.97^{BC}	142.99 ± 44.45	133.57 ± 40.41^{B}	135.10 ± 37.26
4^{ns}	115.83 ± 26.01^{BC}	131.17 ± 26.77	118.42 ± 36.70^{B}	138.22 ± 29.16
5	91.70 ± 15.35^{CDb}	134.95 ± 33.07^{ab}	95.86 ± 23.75^{BCab}	139.83 ± 12.79^{a}
6	70.31 ± 20.76^{Db}	135.96 ± 53.75^{a}	61.89 ± 7.73^{Cb}	137.14 ± 16.77^{a}

หมายถึง : ^{ns} ตัวอักษรกำกับหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p>0.05$)

^{a,b} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

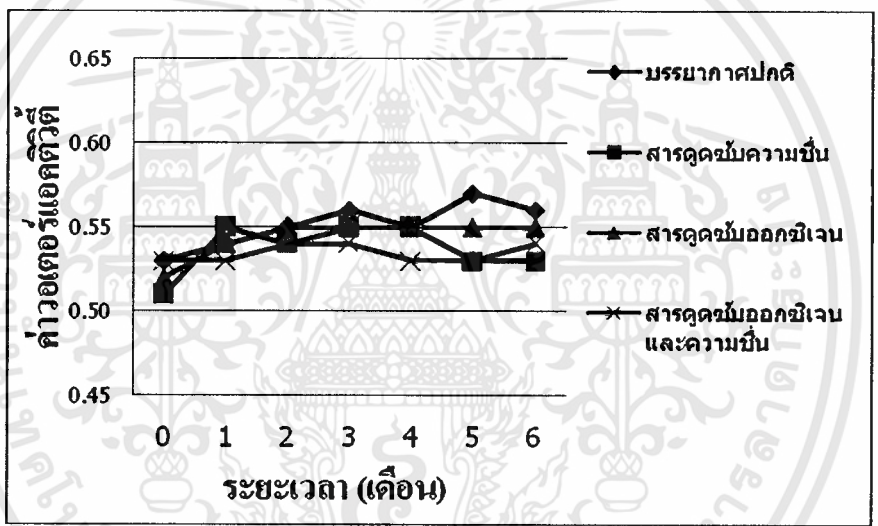
การเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะเป็นระยะเวลา 6 เดือน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว โดยผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้วด้วยวิธี TPA พบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่มีสารดูดซับออกซิเจนจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง (hardness) ความยืดหยุ่น (springiness) การเกาะรวมตัว (cohesiveness) และการบดเคี้ยว (chewiness) มากที่สุด รองลงมา คือ ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะปกติ สภาวะที่มีสารดูดซับความชื้น และสภาวะที่มีทั้งการใช้สารดูดซับความชื้นรวมกับสารดูดซับออกซิเจน

จากการศึกษาพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งค่าความแข็ง การเกาะรวมตัว และการบดเคี้ยว มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งจากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าการลดลงของค่าเนื้อสัมผัส สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสของผู้ประเมิน ดังจะได้กล่าวถึงในหัวข้อการประเมินด้านประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาดังแสดงในตารางที่ 4.17 และจากการสังเกตด้วยสายตาพบว่าทอฟฟี่มะม่วงแก้วในทุกสภาวะการเก็บรักษา จะมีส่วนที่เป็นน้ำมัน (สีเหลือง) ไหลเยิ้มออกมาจากก้อนทอฟฟี่เมื่อเก็บรักษาไปเพียง 3 เดือน คาดว่าเป็นผลจากอุณหภูมิที่เก็บรักษา (32-38 องศาเซลเซียส) ส่งผลทำให้เกิดการหลอมตัว (หลอมละลาย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วในระดับที่เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (texture analyzer) สามารถตรวจวัดได้ จึงส่งผลให้ค่าเนื้อสัมผัสดังกล่าวลดลง โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษานาน 6 เดือน จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหนียวขึ้น และได้รับคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลง

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว พบว่า ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในทุกสภาวะมีแนวโน้มของค่า a_w เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังภาพที่ 4.8 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษา และสภาวะในการเก็บรักษา ไม่ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงค่า a_w แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว ดังตารางที่ 4.21



ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะเป็นระยะเวลา 6 เดือน

การเก็บรักษา	บรรยากาศปกติ	สารดูดซับความชื้น	สารดูดซับออกซิเจน	สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน
0	0.53±0.02	0.52±0.02	0.53±0.01	0.53±0.02
1	0.54±0.02	0.53±0.02	0.52±0.02	0.54±0.04
2	0.55±0.02	0.53±0.01	0.54±0.01	0.54±0.01
3	0.55±0.02	0.54±0.02	0.55±0.01	0.54±0.01
4	0.56±0.02	0.54±0.02	0.55±0.01	0.54±0.02
5	0.56±0.04	0.55±0.02	0.57±0.01	0.54±0.02
6	0.57±0.04	0.55±0.02	0.56±0.02	0.55±0.02

หมายเหตุ : ^{ns} **ตัวอักษรกำกับหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น** ($p>0.05$)

^{a,b} **ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น** ($p\leq0.05$)

^{A,B,C,D} **ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น** ($p\leq0.05$)

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วมีค่าเท่ากับ 0.53 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอากาศภายนอกสามารถผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุและถูกดูดซับไว้ในผลิตภัณฑ์ โดยค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ สัมพันธ์โดยตรงกับน้ำในผลิตภัณฑ์ (นิติยา รัตนาปนนท์. 2545) การยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ด้วยการป้องกันการเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้ว อาจทำได้โดยการใช้สารดูดซับความชื้น ซึ่งสารดังกล่าวมีความสามารถในการดูดชื้นหรือโมเลกุลของไอน้ำจากบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่ล้อมรอบอาหารต่ำกว่าในตัวผลิตภัณฑ์ (Rooney. 1997) จึงไม่เกิดการเคลื่อนย้ายความชื้นจากบรรยากาศเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้สามารถลดการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ ที่พบว่าทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติจะมีการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ มากกว่าในทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่มีการใช้สารดูดความชื้น และสภาวะที่ใช้สารดูดความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามการเก็บในสภาวะที่มีการใช้สารดูดซับออกซิเจนไม่สามารถลดการเปลี่ยนแปลง หรือการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะนุช คันโธ และ สุคนธ์ชื่น ศรีงาม (2545) ที่ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บขนมเปียะไส้ถั่วกวนโดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ของส่วนไส้ พบว่าการใช้ฟิล์มพลาสติก ร่วมกับสารซับดูดความชื้นสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ในผลิตภัณฑ์ได้

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่มะม่วงแก้ว ของผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่าสภาวะการเก็บรักษาต่างกันผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบที่มีต่อสีเหลือง เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ ความชอบโดยรวมแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทอฟฟี่มะม่วงแก้วในด้านสี เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ที่เก็บในสภาวะแตกต่างกันเป็นเวลา 6 เดือน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลา (เดือน)	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตใหม่	บรรยากาศปกติ	สารดูดซับความชื้น	สารดูดซับออกซิเจน	สารดูดซับความชื้นและออกซิเจน
สีเหลือง	0[ns]	6.29 ± 0.64	6.00 ± 0.66	5.89 ± 0.58	6.16 ± 0.58	6.10 ± 0.85
	1[ns]	6.28 ± 0.67	6.40 ± 0.59	6.42 ± 0.40	6.46 ± 0.42	6.22 ± 0.58
	2[ns]	6.08 ± 0.87	6.26 ± 0.85	6.22 ± 0.76	6.28 ± 0.73	6.03 ± 0.75
	3	6.03 ± 0.46[a]	5.29 ± 1.19[c]	5.27 ± 0.61[c]	5.48 ± 0.55[bc]	5.72 ± 0.32[ab]
	4	6.17 ± 0.87[a]	4.26 ± 1.56[c]	4.81 ± 1.42[bc]	5.10 ± 1.62[b]	5.28 ± 1.34[b]
	5	5.89 ± 1.02[a]	3.19 ± 0.70[c]	3.68 ± 1.12[c]	4.70 ± 1.64[b]	4.50 ± 1.42[b]
	6	5.23 ± 1.23[a]	2.55 ± 1.01[d]	2.98 ± 1.06[cd]	3.54 ± 0.69[c]	4.59 ± 1.86[d]
เนื้อสัมผัส	0[ns]	6.44 ± 0.53	6.25 ± 0.44	6.34 ± 0.45	6.15 ± 0.44	6.03 ± 0.65
	1[ns]	6.03 ± 0.42	5.61 ± 1.11	5.56 ± 0.76	5.64 ± 0.57	5.72 ± 0.29
	2	6.49 ± 0.51[a]	5.93 ± 0.74[b]	6.22 ± 0.41[ab]	6.02 ± 0.60[ab]	6.23 ± 0.47[ab]
	3	6.10 ± 0.50[a]	4.90 ± 1.18[c]	5.55 ± 0.66[b]	5.26 ± 0.7[bc]	5.52 ± 0.58[b]
	4	6.46 ± 0.54[a]	4.66 ± 1.78[b]	4.62 ± 1.32[b]	4.59 ± 1.64[b]	4.84 ± 1.55[b]
	5	6.17 ± 0.54[a]	4.33 ± 1.52[c]	5.02 ± 1.51[b]	4.97 ± 1.52[bc]	5.30 ± 1.10[b]
	6	6.04 ± 0.55[a]	2.68 ± 0.82[d]	2.94 ± 0.79[cd]	3.12 ± 0.84[bc]	3.43 ± 0.83[b]
ลักษณะปรากฏ	0[ns]	6.32 ± 0.57	6.10 ± 0.61	6.22 ± 0.41	6.10 ± 0.42	6.23 ± 0.47
	1[ns]	6.12 ± 0.59	5.97 ± 0.82	6.24 ± 0.50	5.84 ± 0.92	5.84 ± 0.82
	2	6.21 ± 0.72[a]	5.30 ± 1.23[c]	5.62 ± 0.82[bc]	5.66 ± 0.82[bc]	5.83 ± 0.90[ab]
	3	6.14 ± 0.75[a]	5.55 ± 1.14[b]	5.74 ± 0.75[ab]	5.78 ± 0.89[ab]	5.93 ± 0.92[ab]
	4	6.20 ± 0.55[a]	4.67 ± 1.59[c]	5.12 ± 1.53[bc]	5.07 ± 1.59[bc]	5.44 ± 1.18[b]
	5	5.81 ± 1.16[a]	4.09 ± 1.52[c]	4.57 ± 1.59[bc]	4.52 ± 1.62[bc]	4.94 ± 1.43[b]
	6	6.03 ± 0.38[a]	2.98 ± 1.02[c]	3.36 ± 1.24[bc]	3.43 ± 0.82[bc]	3.78 ± 0.79[b]
ความชอบโดยรวม	0[ns]	6.20 ± 0.55	5.94 ± 0.83	6.32 ± 0.45	5.91 ± 0.90	5.90 ± 0.75
	1[ns]	6.28 ± 0.63	5.98 ± 0.81	5.70 ± 0.79	6.19 ± 0.59	6.13 ± 0.85
	2	5.93 ± 0.70[a]	5.39 ± 0.67[b]	5.69 ± 0.67[ab]	5.35 ± 0.67[b]	5.96 ± 0.45[a]
	3	5.89 ± 0.57[a]	5.33 ± 0.96[c]	5.44 ± 0.80[bc]	5.52 ± 0.75[abc]	5.77 ± 0.71[ab]
	4	6.12 ± 0.75[a]	4.60 ± 1.52[c]	5.32 ± 1.03[b]	5.55 ± 1.36[ab]	5.55 ± 1.45[ab]
	5	5.69 ± 1.22[a]	4.19 ± 1.58[c]	4.35 ± 1.36[bc]	5.00 ± 1.61[ab]	5.05 ± 1.66[ab]
	6	6.07 ± 0.59[a]	3.01 ± 1.71[c]	3.34 ± 1.33[c]	4.05 ± 1.52[b]	4.36 ± 1.54[b]

หมายเหตุ : [a,b,c,d,e] ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกันเป็นระยะเวลา 6 เดือน จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ที่แตกต่างกัน โดยผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน สามารถรับรู้ได้ถึงความแตกต่างของคุณลักษณะด้านสีเหลือง เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีเหลือง เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบคุณลักษณะต่างๆ ของทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่ใช้ทั้งสารดูดซับความชื้นและสารดูดซับออกซิเจนร่วมกันมากที่สุด รองลงมา คือ ทอฟฟี่มะม่วงแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะที่มีสารดูดซับออกซิเจน ในสภาวะที่มีสารดูดซับความชื้นและสภาวะบรรยากาศปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการศึกษาพันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะม่วง คือ ทอฟฟี่มะม่วงที่ผลิตจากพันธุ์แก้วและพันธุ์น้ำดอกไม้ ผู้ทดสอบชิม ให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะม่วงแก้วและทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้มีค่า L* b* ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ประกอบกับเมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิต และการจัดการปัญหาผลผลิตล้นตลาด พบว่าต้นทุนต่อกิโลกรัมของมะม่วงแก้วถูกกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ถึง 6 เท่า จึงควรนำมะม่วงพันธุ์แก้วมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนาต่อไป

5.1.2 การปรับปริมาณแบะแซที่แตกต่างกันคือ 10 15 และ 20% ของน้ำหนักมะม่วง พบว่าปริมาณแบะแซ 10% ของน้ำหนักมะม่วง มีคะแนนความชอบโดยรวม ความเหนียว และความแข็งขณะเคี้ยวสูงที่สุด

5.1.3 อุณหภูมิสุดท้ายของการให้ความร้อนแตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และค่าเนื้อสัมผัส อุณหภูมิสุดท้ายของการให้ความร้อนที่ 112 องศาเซลเซียส ได้คะแนนความชอบด้านสี ความเหนียว ความแข็งขณะเคี้ยว และความชอบโดยรวมมากที่สุด

5.1.4 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ คือ สภาวะบรรยากาศปกติ ที่มีสารดูดซับความชื้น ที่มีสารดูดซับออกซิเจน และใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน พบว่าทอฟฟี่ที่เก็บในสภาวะที่ใช้สารดูดซับความชื้นร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรควบคุมองค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของวัตถุดิบที่ใช้
2. การศึกษาอายุการเก็บรักษา ควรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ระหว่างการเก็บรักษา
3. ในกระบวนการผลิตทอฟฟี่มะม่วงควรหาวิธีควบคุมความร้อนในการผลิต เพื่อให้ได้อุณหภูมิสุดท้ายที่แน่นอนยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ ทั่งทอง. 2551. "การผลิตผลไม้แผ่นจากผลมะม่วงหิมพานต์." กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและการบริการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กรมวิชาการเกษตร. 2535. **เอกสารประกอบคำบรรยาย การอบรมหลักสูตรมะม่วงอุตสาหกรรม การแปรรูปมะม่วงเพื่ออุตสาหกรรม.** ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ กรมวิชาการเกษตร. 56 น.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2545. สถิติและข้อมูลการส่งเสริมการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

กองควบคุมอาหาร. 2549. **"ลูกอมใส่สีมีอันตราย."** สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.qmaker.com/fda/new/web_cms/topic.php?Top_ID=233&SubCol_ID=69& Col_ID=25

กองโภชนาการ. 2544. **ตารางคุณค่าทางโภชนาการ.** กรุงเทพฯ : กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. **สถานการณ์มะม่วง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://job.haii.or.th/moac/index.php?method=subject&action=detail&category_id=2&subcategory_id=4&content_id=167

กัลยาณี ตันติธรรม. 2535. **การแปรรูปมะม่วงเพื่ออุตสาหกรรม.** กรุงเทพ : กลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยการแปรรูปผลิตผลการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร การเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร.

เกรียงไกร สร้อยนาค. 2542. "การใช้โอลิโกแซ็กคาไรด์ร่วมกับไบฟีโดแบคทีเรียในลูกกวาดชนิดนุ่ม." กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรการอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คณาจารย์ภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2539. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร :** สำนักพิมพ์มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ. 2549. **ทอฟฟี่ผลไม้.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.sc.chula.ac.th/clubs/FoodClub/page_123.htm

ช่อลัดดา เที่ยงพุก. 2542. "การผลิตน้ำมะม่วงเข้มข้นใสจากพันธุ์น้ำดอกไม้." กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรการอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2529. "ผลิตภัณฑ์มะม่วง." หน้า 8-13 ใน **อาหาร** 16(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2530. "มะม่วงและผลิตภัณฑ์จากมะม่วง." **อาหาร** 17(3) หน้า 168-181

ณรงค์ นิยมวิทย์ และอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2528. **เอกสารประกอบการสอนวิชา วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร.** ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐกรณ์ ธรรมโกสิทธิ์, รักชนก แสงจันทร์ และวชิราภรณ์ แสงอาทิตย์. 2547. "การศึกษาอุณหภูมิการกวนที่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของทุเรียนกวนในระหว่างการกวนและการเก็บรักษา." กรุงเทพฯ : ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. **การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์

ธวัชชัย รัตน์เชลศ, พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ และรุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์. 2541. **อุตสาหกรรมการแปรรูปมะม่วงในเขตภาคเหนือตอนบน.** เชียงใหม่ : ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

บุษกร อุตรภิชาติ. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2544 **"หมากฝรั่งและลูกอม."** ฉบับที่ 228. กรุงเทพฯ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.qmaker.com/fda/new/images/cms/top_upload/1143287817_ntf228-2544.pdf

พจนีย์ โคกระเวียง และ ศรีประไพ สืนวน. 2545. "การผลิตทอฟฟี่จากนมข้าวโพด." กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เพชรวุฒิ สมพามา และ อุดมศักดิ์ ชาติวีรธรรม .2544. "การผลิตมะละกอแผ่นและทอฟฟี่มะละกอ." กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. **การประเมินทางประสาทสัมผัส.** เชียงใหม่ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี, ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และรุ่งอรุณ หอมดอก. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนคต้ามะม่วงผสมสมุนไพร (ระยะที่ 1). เชียงใหม่ : ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มณฑาทิพย์ ขุ่นฉลาด, ฉลองชัย แบบประเสริฐ, กาญจนารัตน์ ทวีสุข, ชิดชม ฮิรางะและรจิตร จุฑากร. 2541. "การประเมินผลทางประสาทสัมผัสของน้ำมะม่วงพร้อมดื่มพันธุ์ลูกผสมบรรจุกระป๋อง". **อาหาร.** 28(3) : หน้า 177 – 189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, กาญจนารัตน์ ทวีสุข, ชิดชม ฮิรางะ, วิภา สุโรจนะเมธากุล, สิริพร สธนเสาวภาคย์ และวินัย ปิติยนต์. 2543. "ศึกษาสารให้กลิ่นรสของพันธุ์มะม่วงในประเทศที่มีศักยภาพในอุตสาหกรรมการแปรรูป." หน้า 181-216. ใน **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงเพื่อเพิ่มมูลค่าและการส่งออก.** กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

มัณฑนา ร่วมรักษ์. 2545. "เทคโนโลยีการแปรรูปผัก การทำน้ำผักและผลไม้พร้อมดื่ม ผลไม้อบแห้งสามรสและผลไม้แช่อิ่มแห้ง." สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เมทินี ห้วยหงษ์ทอง. 2553. "ผลของปริมาณเจลาติน น้ำตาลทราย และกลูโคสไซรัปต่อคุณภาพของกัมมี่เยลลี่มะม่วงหิมพานต์." กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและการบริการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ระพีพรรณ เองมหัสสกุล. 2547. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงแคนดี้." กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รวิวรรณ สันตา. 2551. "การพัฒนาสูตรลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว." เชียงใหม่ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รุ่งอรุณ หอมดอก. 2545. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนคต้ามะม่วงสมุนไพร." เชียงใหม่ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วัฒนา สวรรยาธิปัติ. 2530. **มะม่วง.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์.

วิจิตร วังใน. 2529. **มะม่วง.** กรุงเทพฯ : ศรีสมบัติการพิมพ์. 285 น.

วิภาพร สกุลครู. 2547. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง." กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิมาภรณ์ มีแสง. 2546. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่รสมะนาววิตามินซีสูง." กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายสนม ประดิษฐดวง และสิริ ชัยเสรี. 2539. **ลูกกวาดและช็อกโกแลต.** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนั่น ชำเลิศ. 2533. **การทำสวนมะม่วง.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

สินธนา สุคันทา. 2535. **การแปรรูปผักและผลไม้.** เชียงใหม่ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุวรรณา สุภิมารส. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรณพ ทัศนอุดม วรรณภา สระพินครบุรี และสุริยาพร นิพรรัมย์. 2552. การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำพริก. วาสารมหาวิทยาลัยนเรศวร 17(2) : 136-144

อรรณพ ทัศนอุดม และ วาสนา ฉัตรดำรง. 2554. **การผลิตไซรัปจากกล้วยตากตกเกรด.** รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ชุดโครงการการพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs), สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ.

อัจฉรา เทียมภักดี. 2549. "ผลของพีเอช เจลาติน เพกติน น้ำตาล และน้ำผลไม้ ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อุทัยวรรณ ฉัตรธง. 2546. "การจำลองแบบวิโคอิลาสติกของมะม่วง." เชียงใหม่ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

AOAC. 2000. **Official method of analysis of association of official analytical chemists.** 17th ed, Maryland : Gaithersburg.

Belitz, H.D. and Grosch, W. 1987. Food additives. Food Chemistry. Germany : Springer Verlag Berlin.

Bower, J. 1992. Food Theory and Applications. Second edition. Macmillan Publishing Company, New York. 777p.

Edwards W.P. 2000. **The science of sugar confectionery.** The Royal Society of Chemistry, UK.

Gabara, P. and Hartel, R.W. 1998. Corn syrup slids an their saccharide factions affect crystallization of amorphous sucrose. Journal of Food Science. New York, USA : avi Publication

Hunter Associates Laboratory Inc. 2009. **ColorFlex Tomato Color Meter**. hunterlab. retrived from : http://www.hunterlab.com/Instruments/Bench/ColorFlex; March 12, 2010.

Ibarz A., Pagan.J and Gasza S., 1998, Kinetice model for color change in pear puree during heating at relatively high temperature. 415-422. in Journal of Food Engineering.

Jackson, B. 2000. Fundamentals of sugar confectionery. **The Manufacturing Confectioner** 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) : 35-41

Jagtiani, J. Harvey, T. Chan, Jr. and William S.S. 1988. **Tropical fruit Processing**. 45-104 in Academic Press Inc. California. United States of America.

Mitra, S.K. and E.A. Baldwin. 1997. Mango, pp. 85-122. *In* S.K. Mitra (ed.). Postharvest Physiology and storage of Tropical and Subtropical Fruits. Biddles Ltd, Guildford.

Prapasri Puwastien, Monthip Raroengwichit, Pongtorn Sungpuag, Kunchit Judprasong . 1999. **Thai Food Composition Tables.** Institute of Nutrition. Mahidol University (INMU). Thailand

S.K. Mitra and E.A. Baldwin. 1997. Mango : Posthavest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. USA : CAB INTERNTIONAL.

Somogyi, L.P., H.S. ramawamy and Y.H. Hui. 1996. **Processing Fruit : Science nd Technology Volume 1 : Biology, Principles, and Applications.** Technomic Publishing Company, Inc., United States of America. 510p.

Szezesniak, A.S. and Kramer A. 1973. Texture Measurements of Foods. Holland : Reidel Publishing Company.

Unnop, T. and Nanthaya, K. 2009. The Color Attribute Improvement of Dried Longans. **NU Science Journal** 6(S1): 114–122

Vásqueaz-Caicedo. A.L., S. Neidhart., P. Pathomrungsiyounggul., P. Wiriyacharee., A. Chattrakul., P. Sruamrsiri., P. Manochai., F. Bangerth. and R. Carle. 2002. **Physical, chemical and sensory properties of Nine Thai Mango Cultivars and Evaluation of their Technological and Nutritional Potential.** 1-13 in International Symposium Sustaining Food Security and Managing Natural Resources in Asia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Monita chroma meter

1.1 เครื่องมือ

Monita chroma meter, CR 400 series

1.2 วิธีการ set เครื่อง

1. กดปุ่ม power จากนั้นไปที่ index set
2. เมื่อหน้าจอรันเสร็จ กด จะขึ้นที่หน้าจอว่าต้องการปริ้นหรือไม่ N/Y
3. จะ protent อะไร จากนั้นจะขึ้น N/Y (No)
4. N (multi chawl)
5. light source (C and Dos) ไปที่ D65 = light แล้วกด enter
6. ถ้าเปิดเครื่องแล้วต้องการ check ว่าเครื่อง set ไว้อย่างไรให้ไปที่ index set

วัดสีของผลิตภัณฑ์โยใส่ตัวอย่างในภาชนะ ทำการวัด ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือคือ ค่า L a และ b โดยที่

ค่า L แทนค่าความสว่าง

ค่า a แทนค่าสีแดง คือ (+) แทนค่าสีแดง (-) แทนค่าสีเขียว

ค่า b แทนค่าสีเหลือง คือ (+) แทนค่าสีเหลือง (-) แทนค่าสีน้ำเงิน

1.3 วิธีการ Calibration

1. calibrate จะ show "CAL" จากนั้นจะ show yxy จากนั้นจะป้อนค่า y x ตามค่าบนแผ่น calibration y = 92.0,3163
2. วางหัววัดที่แผ่นสีขาว จากนั้นกดเครื่องแล้วปล่อยให้วาบ 3 ครั้ง ไปที่ color space เพื่อเปลี่ยนค่าเป็น Lab จากนั้น show ค่าสีขาวของแผ่น calibrate
3. ทำการวัดตัวอย่างแล้วกดเครื่อง a b L show แล้วสั่งปริ้นกระดาษ
4. ต้องการหยุดเครื่อง break

2. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง TA-XT2 Texture Analyser, England

2.1 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) เป็นการวัดค่าเนื้อสัมผัสในลักษณะเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

ในการวัดจะทำการกดตัวอย่าง 2 ครั้ง ค่าเนื้อสัมผัสที่ได้จากการวัดโดยวิธี TPA ได้แก่ ค่า hardness ค่า springiness ค่า cohesiveness และค่า chewiness เป็นต้น

ค่า hardness คือ ค่าแรงสูงสุดที่ได้จากการกดครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า springiness คือ พื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการกดครั้งที่ 2 /พื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการกดครั้งแรก

ค่า cohesiveness คือ ระยะทางตั้งแต่การกดครั้งที่ 2 จนถึงก่อนการถอนแรง

ค่า chewiness คือ ค่า cohesiveness x hardness x springiness

3. การวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

เตรียมตัวอย่างให้ชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในตลับพลาสติกสำหรับวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ นำไปใส่ในช่องใส่ตัวอย่างในเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ แล้วรอเวลาจนเครื่องอ่านค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของตัวอย่างให้คงที่ จึงอ่านค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบ

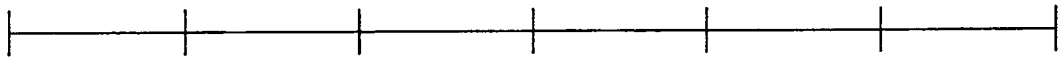
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ_____ **วันที่** _____

ตัวอย่าง : ทอฟฟี่มะม่วง

คำแนะนำ : ชิมตัวอย่างและขีดเครื่องหมายเส้นตรง (|) ลงบนเส้นตรงตามความรู้สึกและเขียนรหัสของตัวอย่างกำกับ โดยประเมินสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างดังนี้

1.สีเหลืองของทอฟฟี่



ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

2.กลิ่นของมะม่วง

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

3.รสหวาน

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

4.รสเปรี้ยว

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

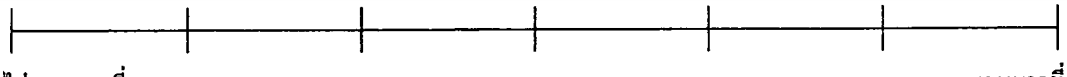
5.ความเหนียว

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

6. ความแข็งขณะเคี้ยว

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

7. รสชาติโดยรวม



ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

8. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

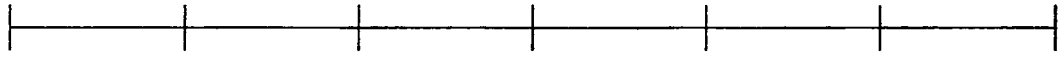
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ_____ วันที่_____

ตัวอย่าง : ทอฟฟี่มะม่วง

คำแนะนำ : ชิมตัวอย่างและขีดเครื่องหมายเส้นตรง (|) ลงบนเส้นตรงตามความรู้สึกและเขียนรหัสของตัวอย่างกำกับ โดยประเมินสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างดังนี้

1.สีเหลืองของทอฟฟี่



ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

2.กลิ่นของมะม่วง

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

3.ความเหนียว

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

4. ความแข็งขณะเคี้ยว

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

5. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

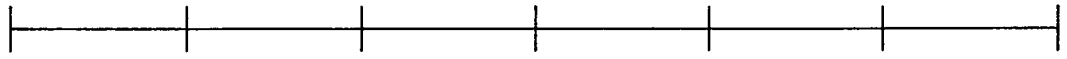
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ_____ **วันที่** _____

ตัวอย่าง : ทอฟฟี่มะม่วง

คำแนะนำ : ชิมตัวอย่างและขีดเครื่องหมายเส้นตรง (|) ลงบนเส้นตรงตามความรู้สึกและเขียนรหัสของตัวอย่างกำกับ โดยประเมินสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างดังนี้

1.สีเหลือง



ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

2.เนื้อสัมผัส

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

3.ลักษณะปรากฏ

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

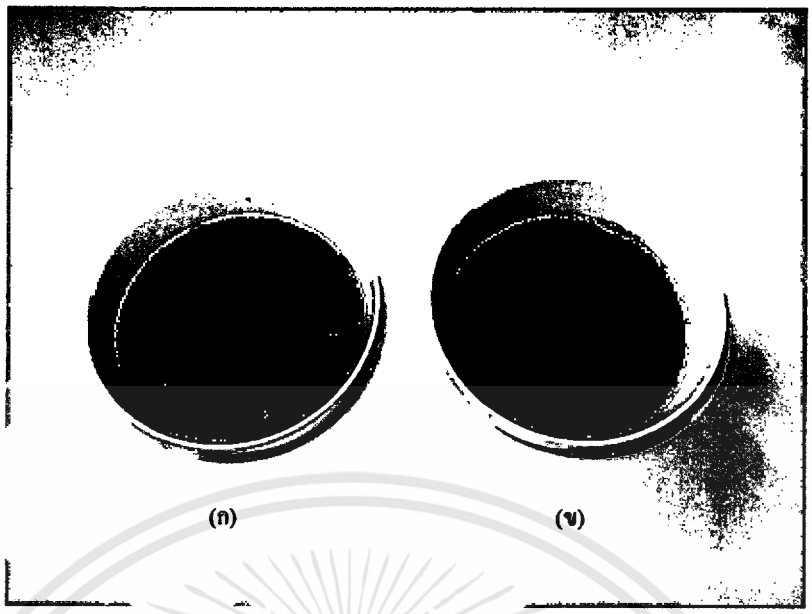
4. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
กระบวนการผลิตและตัวอย่างผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



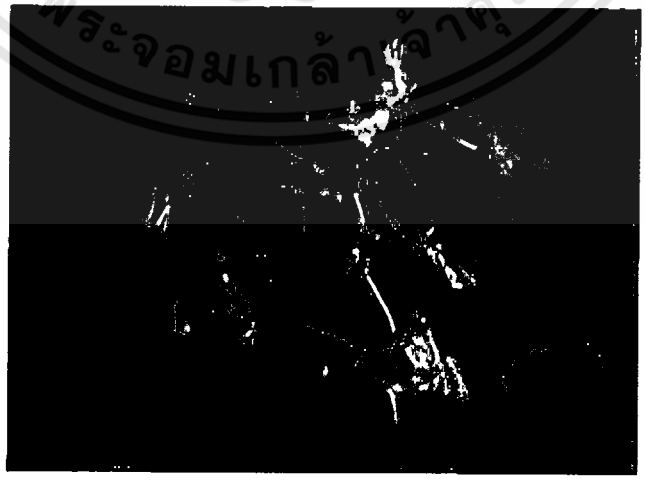
มะม่วงแก้ว (ก) มะม่วงน้ำดอกไม้ (ข)

กะทิ น้ำตาลทราย เกลือ และแบะแซ จนได้อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

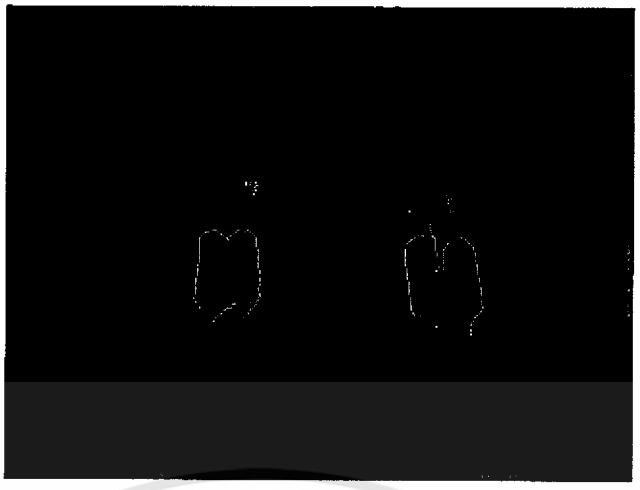
กระบวนการขึ้นรูปทอฟฟี่มะม่วง

การทำรูปร่าง



ทอฟฟี่มะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ทอฟฟี่มะม่วงแก้ว (ซ้าย) ทอฟฟี่มะม่วงน้ำดอกไม้ (ขวา)

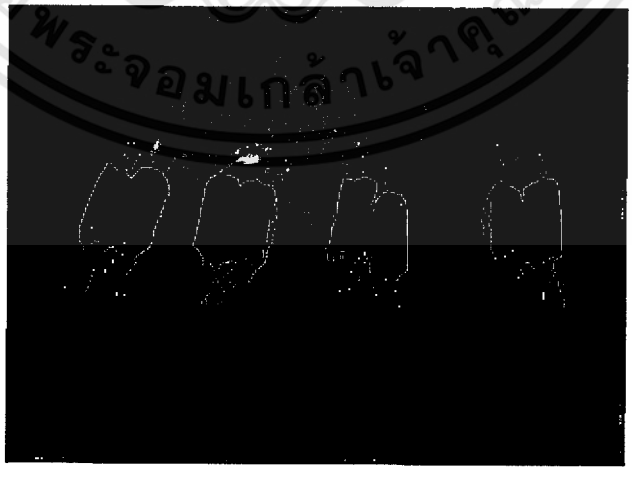
ทอฟฟี่มะม่วงที่เติมปริมาณแบะแซแตกต่างกัน

ทอฟฟี่มะม่วงเก็บรักษา 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

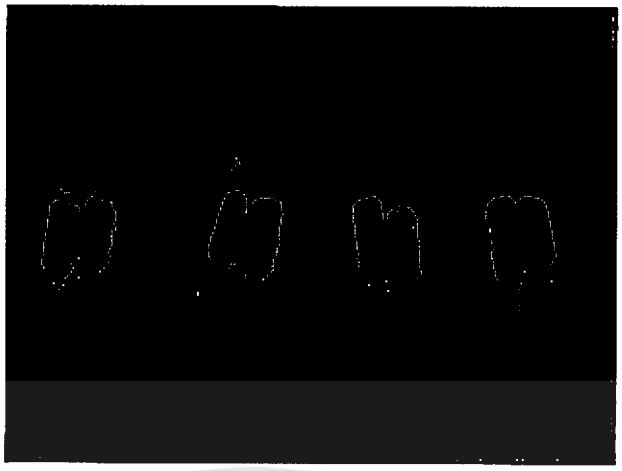
ทอฟฟี่มะม่วงที่เก็บรักษา 2 เดือน

ทอฟฟี่มะม่วงที่เก็บรักษา 3 เดือน



ทอฟฟี่มะม่วงเก็บรักษา 4 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ทอฟฟี่มะม่วงเก็บรักษา 5 เดือน

ทอฟฟี่มะม่วงเก็บรักษา 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวณัฐนันท์ ปัญจบุตร
วัน เดือน ปีเกิด	6 มิถุนายน 2526 ที่กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	9/19 ซ. ชัยพฤกษ์ 13 ถ.ชัยพฤกษ์ ตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170
ประวัติการศึกษา	2548 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป จาก มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้