# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง การศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาด

(A Study on the Production of Hard Candy)

โดย นาย สมชัย ชัยสิทธิ์วรกุล

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

.....(ลายมือชื่อ)..... 31/มีค./32 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(อาจารย์รุ่งนภา พงศ์สวัสดิมานิต) .../.../...

.....(ลายมือชื่อ)..... 31/มีค./32 กรรมการของภาควิชา

(อนันต์ วรชู)

.....(ลายมือชื่อ)..... 31/มีค./32 กรรมการของภาควิชา

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....(ลายมือชื่อ)..... 27 มี.ค. 2532

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรปาณี ปัญญ์)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 31 เดือน มี.ค. พ.ศ. 32

ปน.
ศ238ก
2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13668

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ (45499)

T100516

เรื่อง

# การศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาด

# (A Study on the Production of Hard Candy)

โดย

นาย สมชัย ชัยสิทธิ์วรกุล

จพ.
ส238ก
2531

เสนอ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 100516
วัน,เดือน,ปี 19 JUN 2009

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

# บทคัดย่อ

ในการทดลองนี้จะศึกษาถึงกรรมวิธีการผลิตลูกกวาดรสส้ม โดยใช้หม้อเคี่ยวที่ความดันบรรยากาศ และหาสูตรของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยใช้อุณหภูมิที่เคี่ยวลูกกวาดเป็น 140°ซ , 150°ซ และ 160°ซ ตามลำดับ และสัดส่วนน้ำตาลทราย : แบะแซ (Maltose syrup) เป็น 79:20, 69:30, 59:40 พบว่า อุณหภูมิใช้เคี่ยวลูกกวาด 150°ซ และสัดส่วนน้ำตาลทราย แบะแซ 69:30 ได้รับคะแนนการยอมรับดีที่สุด แต่ลูกกวาดที่เตรียมจากการใช้อุณหภูมิเคี่ยวลูกกวาด 150°ซ และสัดส่วนน้ำตาลทราย แบะแซ 79:20 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของสูตรทั้งสอง

นอกจากนี้ การใช้ปริมาณกรดซิตริกเป็น 0.5 เปอร์เซนต์, 0.75 เปอร์เซนต์ , 1 เปอร์เซนต์ และ 1.25 เปอร์เซนต์ พบว่า ปริมาณกรดซิตริก 1 เปอร์เซนต์ จะได้รับคะแนนการยอมรับในเรื่องรสชาติมากที่สุด ส่วนปริมาณหัวเชื้อ 0.1 เปอร์เซนต์, 0.2 เปอร์เซนต์, 0.3 เปอร์เซนต์ และ 0.4 เปอร์เซนต์ ในลูกกวาดที่เตรียมจากการเคี่ยวที่ 150°ซ สัดส่วนน้ำตาลทราย แบะแซ 79:20 กรดที่ 1 เปอร์เซนต์ นั้นผลปรากฏว่า ลูกกวาดรสส้มที่ใช้หัวเชื้อปริมาณ 0.4 เปอร์เซนต์ จะให้ระดับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดลองหาอายุการเก็บลูกกวาดรสส้มที่เก็บในภาชนะปิดสนิท พบว่า สามารถเก็บได้นาน 3 สัปดาห์ โดยมีความชื้นไม่เกิน 3 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำนิยม

ปัญหาพิเศษเรื่องนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี โดยความกรุณาของอาจารย์รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้ให้คำแนะนำด้วยดีตลอดมา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย สุดท้ายนี้ก็ต้องขอขอบพระคุณ บริษัท Food & Cosmetic System และ บริษัท สตรองแพค จำกัด ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์ วัตถุดิบและวัสดุด้วยดี

สมชัย ชัยสิทธิ์วรกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบาญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบาญตาราง | (1) |
| สารบาญภาพ | (2) |
| สารบาญตารางภาคผนวก | (3) |
| สารบาญภาพภาคผนวก | (5) |
| คำนำ | 1 |
| การตรวจเอกสาร | 2 |
| วัตถุดิบและอุปกรณ์ | 8 |
| วิธีการทดลอง | 9 |
| ผลและวิจารณ์ | 13 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 21 |
| เอกสารอ้างอิง | 22 |
| ภาคผนวก | 23 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบาญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกกวาดที่เตรียมจากอุณหภูมิและปริมาณเบะแซต่างกัน | 15 |
| 2 | คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกกวาดซึ่งใช้ปริมาณกรดซิตริกเป็นส่วนผสมในอัตราที่แตกต่างกัน | 17 |
| 3 | คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกกวาดที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อเป็นส่วนผสมที่แตกต่างกัน | 19 |
| 4 | ความชื้นของลูกกวาดที่เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บในระยะเวลาต่าง ๆ กัน | 20 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบาญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ขั้นตอนการผลิตลูกกวาด | 12 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตารางภาคผนวก


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของลูกกวาดที่อุณหภูมิและปริมาณน้ำตาลทราย : แบะแซ แตกต่างกัน | 25 |
| 2 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของลูกกวาดที่อุณหภูมิและปริมาณน้ำตาลทราย : แบะแซ แตกต่างกัน | 25 |
| 3 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติของลูกกวาดที่อุณหภูมิและปริมาณน้ำตาลทราย : แบะแซ แตกต่างกัน | 26 |
| 4 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแข็งของลูกกวาด ที่อุณหภูมิและปริมาณน้ำตาลทราย : แบะแซ แตกต่างกัน | 26 |
| 5 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของลูกกวาด ที่อุณหภูมิและปริมาณน้ำตาลทราย : แบะแซ แตกต่างกัน | 27 |
| 6 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของลูกกวาดที่มีปริมาณกรดซิตริก แตกต่างกัน | 28 |
| 7 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของลูกกวาดที่มีปริมาณกรดซิตริก แตกต่างกัน | 28 |
| 8 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติของลูก-กวาด ที่มีปริมาณกรดซิตริก แตกต่างกัน | 29 |
| 9 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแข็งของลูกกวาด ที่มีปริมาณกรดซิตริก แตกต่างกัน | 30 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบาญตารางภาคผนวก (ต่อ)


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 10 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของลูกกวาด ที่มีปริมาณกรดซิตริก แตกต่างกัน | 30 |
| 11 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของลูกกวาด ที่มีปริมาณหัวเชื้อ แตกต่างกัน | 31 |
| 12 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของลูกกวาด ที่มีปริมาณหัวเชื้อ แตกต่างกัน | 31 |
| 13 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติของลูก-กวาด ที่มีปริมาณหัวเชื้อ แตกต่างกัน | 32 |
| 14 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแข็งของลูกกวาด ที่มีปริมาณหัวเชื้อ แตกต่างกัน | 32 |
| 15 | การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกัยคุณภาพด้านการยอมรับของลูกกวาด ที่มีปริมาณหัวเชื้อ แตกต่างกัน | 33 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบาญภาพภาคผนวก


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | วัตถุดิบที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิต | 34 |
| 2 | ลูกกวาดที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตในขั้นตอนสุดท้าย | 35 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำนำ

ลูกกวาด (Hard Candy) เป็นขนมประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นที่นิยมกันมาก อุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาด เป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่สำคัญมากชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในแต่ละปีจะมีมูลค่าการขายสูง มีการจ้างแรงงานเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ดีกรรมวิธีการผลิตลูกกวาดเป็นเทคโนโลยี่ไม่ยาก สามารถผลิตขึ้นได้ด้วยอุปกรณ์พื้นฐานทั่ว ๆ ไป แต่อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีการผลิตลูกกวาด โดยใช้อุปกรณ์พื้นฐานย่อมต้องแตกต่างจากกรรมวิธีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งมีอุปกรณ์และเครื่องมือที่สมบูรณ์กว่า

การศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาด (Hard Candy) โดยใช้อุปกรณ์พื้นฐานนี้จะช่วยส่งเสริมเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจ ในการผลิตลูกกวาดอย่างง่าย ๆ ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ หรือ แม่บ้าน แม่เรือนที่ต้องการผลิตอย่างง่าย ๆ

วัตถุประสงค์ในการทดลองนี้ คือ

1. เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาดรสส้ม
2. ศึกษาสัดส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตลูกกวาด
3. ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การตรวจเอกสาร

ลูกกวาด (Hard Candy)หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทำด้วยน้ำตาล มีลักษณะแข็งเมื่อเคี้ยวจะแตกผลิตขึ้นจากการนำน้ำตาล กลูโคสไซรัป น้ำ มาเคี่ยวจนได้ที่ นวดผสม รีด อัดเป็นเม็ด แล้วทำให้เย็นลง ในระหว่างกรรมวิธีอาจเติมส่วนประกอบอื่น ๆ อีกก็ได้

ลูกกวาด แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

(1) แบบธรรมดา หมายถึง ลูกกวาดที่มีส่วนประกอบต่าง ๆ ผสมเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ก็ได้

(2) แบบสอดไส้ หมายถึง ลูกกวาดแบบธรรมดาที่มีส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสมบรรจุเป็นไส้ (มอก. 696, 2530)

ส่วนประกอบของลูกกวาด ได้แก่

1. น้ำตาลทราย เป็นสารที่จะให้ความหวาน และเป็นตัวหลักในส่วนผสม สำหรับลูกกวาดใช้ประมาณ 70 เปอร์เซนต์

2. แบะแซ หรือ กลูโคสไซรัป เป็นส่วนผสมสำคัญรองจากน้ำตาลทราย ใช้ประมาณ 30 เปอร์เซนต์

3. กรดผลไม้ ทำให้มีรสเปรี้ยวตามความต้องการแล้วแต่ชนิดของลูกกวาดที่จะผลิต

4. สารปรุงกลิ่น ตามปกติไม่มีการผลิตภายในประเทศ จะใช้เฉพาะที่ใช้ผสมอาหารได้ (Food Grade Essence)

5. สี เพื่อให้ได้สีตามลักษณะและรสแล้วแต่ชนิดลูกกวาดที่จะผลิต จะต้องเป็นสีที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ผสมในอาหารได้ ตามพระราชบัญญัติสาธารณสุข ฉบับที่ 11 พ.ศ. 2515

6. สารปรุงรส นอกจากกรดผลไม้ที่ใช้ในการทำลูกอมแล้ว ยังอาจมีเกลือแกง ช็อคโคแลต กาแฟ และอื่น ๆ อีก แล้วแต่รสชาติที่เป็นจุดประสงค์ของการผลิต

7. น้ำ จะต้องเป็นน้ำที่ใสปราศจาก สี กลิ่น และ ตะกอน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2519)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสำหรับต้มน้ำเชื่อมทำลูกกวาด จะบ่งชี้ถึงความเข้มข้นของน้ำเชื่อมนั้น เพราะว่าจุดเดือดน้ำเชื่อมมาจากคุณสมบัติรวม ซึ่งจะมีผลจากอนุภาคทั้งหลายที่มีในน้ำเชื่อมนั้น ปริมาณน้ำในผลที่ได้ขั้นสุดท้าย เป็นสิ่งแรกที่จะมีผลถึงความแข็งของลูกกวาด อุณหภูมิสำหรับต้มน้ำเชื่อมย่อมขึ้นกับ

1) ประเภทของลูกกวาดที่ทำ

2) ปริมาณและชนิดของส่วนผสมที่นอกเหนือไปจากน้ำตาลทราย

3) ความชื้น

4) ความสูงของระดับพื้นที่จากน้ำทะเล

ถ้าทำลูกกวาดในวันที่อากาศชื้นมาก จุดสุดท้ายของน้ำเชื่อมที่ต้มควรจะต้องสูงขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะน้ำเชื่อมนั้นมักจะดูดความชื้นจากอากาศได้ดี พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลที่ต่างกัน จะมีความกดดันของอากาศไม่เท่ากัน ซึ่งจะไปมีผลให้จุดเดือดของน้ำเชื่อมต่างกันไปด้วย

น้ำตาลทรายขาวนับว่าเป็นซูโครส (Sucrose) ที่เกือบบริสุทธิ์ แต่มีน้ำซึ่งเป็นส่วนผสมหลักอื่น จะมีความแตกต่างกันไปตามสถานที่ ขึ้นอยู่กับว่าเป็นน้ำที่มีความกระด้างประเภทใดมากน้อยเพียงไหน เกลือที่ละลายอยู่เป็นชนิดใด โดยทั่วไปน้ำกระด้างมักจะมีความเป็นด่างเล็กน้อย ถ้าจะเรียงลำดับผลของอิออนต่อการสลายตัวของซูโครสด้วยกรดอาจเรียงได้ดังนี้

อิออนบวก $Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sn^{2+} > Ba^{2+} > Li^{+} > Na^{+} > K^{+} > NH_4^{+}$

อิออนลบ $ClO_4^{-} > Br^{-} > Cl^{-} > NO_3^{-} > SO_4^{2-}$

ผลนี้อาจจะมีส่วนมาจากปฏิกิริยาร่วมของเกลือที่เป็นกลาง (เช่น NaCl ) และ น้ำตาลซูโครสด้วย เกลือแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) หรือเกลือของธาตุเหล็กและธาตุทองแดงที่มีอยู่ในลูกกวาด จะทำให้ลูกกวาดที่ต้มนั้นมีสีผิดแผกไป

กรดอ่อนที่ใช้ในการประกอบอาหาร เช่น น้ำมะนาว น้ำส้ม น้ำผลไม้ เหล่านี้สามารถทำให้น้ำตาลซูโครสเกิดการสลายตัวให้น้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสได้น้ำเชื่อมที่ต้มด้วยไฟอ่อนระยะเวลานาน จะเกิดการสลายตัวได้มากกว่าที่ต้มด้วยไฟแรง ในระหว่างการเก็บน้ำตาลซูโครสก็อาจเกิดการสลายตัวขึ้นได้ แต่จะเกิดมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณกรด ขบวนการสลายตัวนี้เรียกว่า อินเวอร์ชั่น (Inversion) เกี่ยวข้องกับการที่น้ำเชื่อมไปเบี่ยงเบนแสงโพลาไรซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขวามือไปซ้ายมือ เนื่องจากซูโครสซึ่งปกติหมุนขวาจะเปลี่ยนเป็นส่วนผสมของน้ำตาลชั้นเดียว หรืออินเวอร์ทชูการ์ซึ่งหมุนซ้าย

การแตกตัวจากการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับน้ำตาลทรายอีกอย่างหนึ่ง จะเกิดในลูกกวาดชนิดแข็งที่ต้มด้วยอุณหภูมิสูง และมีความชื้นระดับต่ำเท่านั้น แต่จะไม่เกิดในลูกกวาดที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า และมีความชื้นสูงกว่า การเปลี่ยนแปลงนี้ เป็นการเปลี่ยนรูปที่ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันนัก สิ่งที่ได้จากการแตกตัวของซูโครสด้วยความร้อนจะไปช่วยให้น้ำเชื่อมข้าวโพดหรืออินเวอร์ทชูการ์ มีความสามารถป้องกันมิให้เกิดผลึกขึ้นในลูกกวาดชนิดแข็ง ถ้านำซูโครสแห้งมาตั้งไฟที่อุณหภูมิสูงมันจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้วเป็นสีน้ำตาลในที่สุดจะกลายเป็นสีดำ ในระหว่างเกิดขบวนการนี้จะมีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเกิดขึ้น เรียงตัวกันใหม่และมีการเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมา กรดน้ำตาลจะเกิดมีขึ้น ซึ่งจะไปช่วยกระตุ้นการสลายตัวของซูโครส โมเลกุลน้ำตาลจะสูญเสียน้ำไป เกิดน้ำตาลขาดน้ำในโมเลกุล (Sugaranhydrides) ซึ่งโมเลกุลของน้ำตาลเหล่านี้จะมาต่อกันได้ง่าย ถ้าแตกตัวต่อไปอีกจะเป็นผลให้เกิดสารประเภทแอลดีไฮด์ เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) และ ไฮดรอกซีเมทิล เฟอฟิวรัล (hydroxy-methylfurfural) ซึ่งจะมีส่วนทำให้เกิดกลิ่นฉุนของน้ำตาลที่ต้มนานเกินไป ผลจากการต้มน้ำตาลนานเกินไปจะไหม้จนกลายเป็นถ่านคาร์บอน และแล้วจะกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตาม ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันอย่างชัดเจนว่า ในการทำลูกกวาดชนิดแข็ง ขบวนการแตกตัวนี้จะหยุดตรงจุดไหน อาจจะเป็นช่วงใดช่วงหนึ่งในระยะเริ่มการเปลี่ยนแปลง แต่คงจะไม่ใช่ช่วงสุดท้าย ซึ่งจะทำให้ลูกกวาดถึงกับรับประทานไม่ได้ (ศิริลักษณ์, 2525)

ลูกกวาดที่มีส่วนผสมเป็นน้ำตาลอื่นนอกเหนือไปจากซูโครส จะทำให้ลักษณะการตกผลึกของลูกกวาดเปลี่ยนแปลงไป ได้มีผู้ศึกษาในเรื่องนี้พบว่า สำหรับน้ำเชื่อมจากซูโครสที่มีความอิ่มตัวยวดยิ่ง ที่ 25 องศาเซลเซียสนั้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของอินเวอร์ทชูการ์ จาก 0.01 เปอร์เซนต์ เป็น 10 เปอร์เซนต์ จะมีผลทำให้ระยะเวลาที่จะเกิดผลึกที่เห็นได้เพิ่มขึ้นจากประมาณ 100 นาที เป็นประมาณ 700 นาที

ในลูกกวาดชนิดแข็ง มีวิธีป้องกันมิให้เกิดผลึกได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ต้มน้ำเชื่อมจนอุณหภูมิสูงมากจนสิ่งที่ได้แข็งตัวเสียก่อนที่ผลึกจะมีโอกาสเกิดขึ้น

2. เติมสารขัดขวางการตกผลึกในปริมาณสูง จนผลึกเกิดขึ้นไม่ได้

3. ใช้ทั้งข้อ 1 และ ข้อ 2

ถึงแม้ว่าส่วนผสมในการทำลูกกวาดชนิดแข็งจะธรรมดาง่าย ๆ แต่ส่วนประกอบของผลที่ได้สุดท้ายกลับสลับซับซ้อน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลทรายด้วยความร้อน ถ้าเป็นลูกกวาดที่ต้องเติมกรด เช่น ครีมออฟทาร์ทาร์ ซูโครสบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นอินเวอร์ทชูการ์ อินเวอร์ทชูการ์นี้คือ ส่วนผสมของน้ำตาล D-glucose และ D-fructose รวมกันอยู่ในอัตราส่วนเท่ากัน ซึ่งเกิดได้จากการต้มน้ำตาลซูโครส โดยมีกรดอยู่ด้วย (ศิริลักษณ์, 2523)

ซูโครสเป็นไดแซคคาไรด์ที่เรียกกันว่า น้ำตาลอ้อย (cane sugar) น้ำตาลบีท (beet sugar) หรือน้ำตาลทราย มีผลึกสีขาว จุดหลอมเหลวจะได้สารเหนียวเรียกว่า คาราเมล (caramel) ซึ่งมีสีน้ำตาล เมื่อนำซูโครสไปทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับกรดเจือจาง จะได้ของผสมกลูโคสและฟรุคโตสในปริมาณเท่า ๆ กันดังนี้

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{HCl} \underset{\text{กลูโคส}}{C_6H_{11}O_6} + \underset{\text{ฟรุคโตส}}{C_6H_{11}O_6}$$

จากการศึกษาโครงสร้างของซูโครสสามารถกล่าวได้ว่า

1. ซูโครสมีสูตรโมเลกุล $C_{12}H_{22}O_{11}$ ประกอบด้วย D- glucose กับ D- fructose อย่างละหนึ่งโมเลกุล

2. โมเลกุลของซูโครสไม่มีหมู่อิสระของ -CHO และ $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$

3. D- glucose และ D- fructose เชื่อมเกาะกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกระหว่างคาร์บอน ตำแหน่งที่หนึ่งของ $\alpha$ -glucopyranose กับคาร์บอนตำแหน่งที่สองของ $\beta$-D- fructofuranose

4. จากการศึกษาด้วยเอกซเรย์ และจากการสังเคราะห์ (+) -Sucrose สามารถบอกได้ว่า (+)- Sucrose เป็นทั้ง $\beta$-D-fructoside และ $\alpha$ -D-glucoside ดังนั้น (+) - sucrose จึงเรียกเป็น $\alpha$ -D-glucopyranosyl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-β- fructofuranose หรือβ-D-fructofuranosyl-∝-D-glucopyranose

5. ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของซูโครสด้วยกรดเจือจาง เอนไซม์อินเวอร์เตส ของยีสต์ หรือเอนไซม์ซูเครส (sucrase) ในลำไส้ จะได้เป็นของผสมระหว่าง D-(+)-glucose และ D-(-)-fructose ในปริมาณอย่างละเท่า ๆ กัน (equimolecular mixture) เรียกของผสมนี้ว่าน้ำตาลอินเวอร์ท (วรรณา, 2531)

กรดซิตริก เป็นกรดประเภทไตรคาร์บอคซิลลิค (tricarboxylic) ที่มีการรู้จักใช้ในอาหารมานานกว่า 100 ปีแล้ว และมีการใช้มากกว่ากรดชนิดอื่น ๆ ด้วย โดยมีการใช้ถึง 60 เปอร์เซนต์ ของบรรดากรดทั้งหมด นอกจากนี้ ยังมีการใช้กรดซิตริกเป็นมาตรฐานเปรียบเทียบในการศึกษาผลของกรดชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ กรดซิตริกมีส่วนคล้ายกรดมาลิก (malic) คือพบมากในธรรมชาติในผลไม้ประเภทส้มและมะนาว เป็นกรดที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับวงจรการหายใจของพืชและสัตว์ กรดซิตริกมีคุณสมบัติดีกว่ากรดชนิดอื่น ๆ คือ สามารถละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ และเป็น Chelating agent ที่มีประสิทธิภาพสูง กรดซิตริกและเกลือของกรดซิตริกนั้น นิยมใส่ในอาหารประเภทน้ำผลไม้ และน้ำหวานชนิดต่าง ๆ ทั้งชนิดที่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ และไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องดื่มประเภทที่มีแอลกอฮอลล์ ทั้งนี้เพื่อช่วยปรับปรุงกลิ่นรส และความเป็นกรดด่างให้พอเหมาะเป็นวัตถุกันเสีย และจะช่วยทำปฏิกิริยากับโลหะที่อาจปนเปื้อนมาในวัตถุดิบเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น

ในผลิตภัณฑ์ประเภทขนมหวานนั้น การใช้กรดซิตริกจะช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล และป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของส่วนประกอบอื่น ๆ ด้วย (ศิวาพร, 2529)

แยมแอปเปิ้ลเป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นของเหลวข้นเหนียว มีรสหวานน้อย ๆ สีนวลถึงสีน้ำตาลเข้ม แล้วแต่ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตได้จากการย่อยแป้งในเมล็ดธัญญพืชด้วยเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ซึ่งมีอยู่ในเมล็ดธัญญพืชที่กำลังงอกที่เรียกว่า ข้าวมอลต์ (malt) กรรมวิธีการผลิตจะเริ่มต้นด้วยการเพาะเมล็ดธัญญพืชให้ได้ที่มีขนาดพอเหมาะเพื่อให้มีปริมาณเอนไซม์มากที่สุด เอนไซม์นี้จะย่อยแป้งที่มีอยู่ในเมล็ดธัญญพืช หรือที่เติมลงไปให้เปลี่ยนเป็นเด็กซตริน (dextrin) น้ำตาลมอลโตส (maltose) และน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลูโคส (glucose) ในอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมผลผลิตที่ได้ขั้นสุดท้าย เรียกว่า แบะแซ (maltose syrup) ซึ่งมีประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2519)

วัตถุเจือปนชนิดและปริมาณที่กำหนดไว้ (มอก., 2530) ดังนี้

1) สีธรรมชาติดังต่อไปนี้ ในปริมาณที่เหมาะสม
   - สีจากน้ำตาลเคี่ยวไหม้
   - สีธรรมชาติอื่น ๆ ที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้
2) สีสังเคราะห์

สีดังต่อไปนี้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกันไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เอโซรูบีน
เออริโทรซีน
ทาร์ทราซีน
ซันเซ็ท เยลโลว์ เอฟซีเอฟ
ฟาสต์ กรีน เอฟซีเอฟ
อินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิโกทีน

สีดังต่อไปนี้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกัน ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ฟองโซ 4 อาร์
บริลเลียนต์บลู เอฟ ซี เอฟ

3) วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส ดังต่อไปนี้ในปริมาณที่เหมาะสม
   หัวน้ำเชื้อ (fruit essence)
   วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสอื่น ๆ ที่ใช้กับ (food grade)
4) วัตถุกันเสีย
   กรดซอร์บิกหรือเกลือซอร์เบตไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# วัตถุดิบและอุปกรณ์

1. วัตถุดิบ
   1.1 น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์
   1.2 กรดซิตริก
   1.3 แบะแซ (maltose syrup) เกรด A
   1.4 สี ซันเซ็ท เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอฟ 15985
   1.5 หัวเชื้อใช้ Jaffa Orange 71002B
   1.6 น้ำสะอาด

2. อุปกรณ์ / เครื่องมือ
   2.1 hot plate
   2.2 หม้อเคี่ยว
   2.3 เทอร์โมมิเตอร์แบบวัดได้ 200 °ซ.
   2.4 เครื่องชั่ง
   2.5 กระดาษแก้ว Cellophane
   2.6 ถาดสแตนเลส
   2.7 อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ถ้วย, บีกเกอร์, ปิเปต, แท่งแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการทดลอง

### 1. การหาอุณหภูมิในการต้ม และสัดส่วนน้ำตาลทราย แบะแซที่เหมาะสม

#### 1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ชั่งน้ำตาลทรายและแบะแซในอัตราส่วน 59:40, 69:30, 79:20 จำนวนอัตราส่วน ละ 3 ซ้ำ เตรียมกรดซิตริกในอัตรา 0.7 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก ของน้ำหนักรวมระหว่างน้ำตาลทราย และแบะแซ (ประมาณ 250 กรัม) เตรียมน้ำสะอาดประมาณ 50 ml สีซันเซ็ท เยลโล่ว์ เอ็ฟซีเอฟ 15935 ปริมาณ 0.3 ml (35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) หัวเชื้อ Jaffa Orange 71002 E 0.2 เปอร์เซนต์ (0.5 ml )

#### 1.2 การต้มเคี่ยว

นำแบะแซละลายน้ำและตามด้วยน้ำตาลทราย คนจนส่วนผสมละลายหมดหยุดคน ต้มเพิ่มอุณหภูมิ จนได้อุณหภูมิ 140, 150, 160 องศาเซลเซียส ในแต่ละอัตราส่วนตามลำดับ เอาออกจาก hot plate

#### 1.3 การใส่สารให้กลิ่นรส

ทิ้งไว้จนอุณหภูมิลดเหลือ 115–120 องศาเซลเซียส ใส่สี, หัวเชื้อ , กรดซิตริก คนกวนช้า ๆ ให้ส่วนผสมเข้ากัน จากนั้นจะนำไปนวด ตัดเป็นเม็ดอัดใส่แบบหรือปั้นเป็นเม็ด ห่อด้วยกระดาษแก้ว Cellophane บรรจุภาชนะ

#### 1.4 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำลูกกวาดมาทำการตรวจสอบ โดยการชิมและให้คะแนนในด้านสี กลิ่น รส ความแข็ง และการยอมรับดังแสดงในตารางที่ 1 โดยผู้ชิมคือ นักศึกษา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร 15 คน นำคะแนนมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยจัดแผนการทดลองเป็นแบบแฟคทอเรียน (พอใจ, 2531, Douglas , 1984)

### 2. การหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม

#### 2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่งน้ำตาลทราย : แบะแซ ในอัตราส่วนที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลองในขั้นที่ 1 จำนวน 4 ตัวอย่าง เตรียมกรดซิตริก 0.5 เปอร์เซนต์, 0.75 เปอร์เซนต์, 1 เปอร์เซนต์, 1.25 เปอร์เซนต์ (โดยน้ำหนัก) สำหรับตัวอย่างทั้ง 4 สำหรับสี หัวเชื้อ และ น้ำเตรียมในปริมาณเท่ากับข้อ 1.1

2.2 การต้มเคี่ยว

วิธีการเช่นเดียวกับ 1.2 แต่อุณหภูมิที่ใช้ จะใช้อุณหภูมิที่ทำให้ลูกกวาดมีคุณภาพดีที่สุด ซึ่งได้จากการทดลองในขั้นที่ 1

2.3 การใส่สารให้กลิ่นรส

วิธีการเช่นเดียวกับ 1.3 แต่ปริมาณกรดซิตริกจะมี 4 ระดับ สำหรับ 4 ตัวอย่าง

2.4 การตรวจสอบ

เช่นเดียวกับข้อ 1.4 แต่แผนการทดลอง การวิเคราะห์ทางสถิติจะใช้ **Randomized Block Experiment**

3. การทดสอบหาปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม

3.1 เตรียมน้ำตาลทราย : แบะแซ เช่นเดียวกับข้อ 2.1 เป็นจำนวน 4 ตัวอย่าง เตรียมสี และน้ำในปริมาณเท่ากับข้อ 2.1 เตรียมกรดซิตริกในปริมาณที่ทำให้ได้ลูกกวาดมีคุณภาพดีที่สุด ซึ่งได้จากการทดลองในขั้นที่ 2 สำหรับหัวเชื้อจะเตรียมในอัตรา 0.1 เปอร์เซนต์, 0.2 เปอร์เซนต์, 0.3 เปอร์เซนต์, 0.4 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

3.2 การต้มเคี่ยว

ใช้วิธีการและอุณหภูมิ เช่นเดียวกับข้อ 2.2

3.3 การใส่สารให้กลิ่นรส

วิธีการเช่นเดียวกับ 2.3 แต่ปริมาณหัวเชื้อจะมี 4 ระดับ สำหรับ 4 ตัวอย่าง

3.4 การตรวจสอบ

เช่นเดียวกับข้อ 1.4 แต่แผนการทดลอง การวิเคราะห์ทางสถิติใช้ **Randomized Block Experiment**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ

4. การทดลองหาอายุการเก็บ

เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในภาชนะพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทดสอบหาความชื้นที่ ( A.O.A.C , 1984) ของลูกกวาด ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของลูกกวาด เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4 อาทิตย์ ตามลำดับ แล้วนำค่าความชื้นที่หาได้เปรียบเทียบกับมาตรฐาน (มอก. 696-2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตลูกกวาด (Hard Candy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การหาอุณหภูมิและสัดส่วนน้ำตาลทรายต่อแบะแซที่เหมาะสม

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการชิมลูกกวาดที่เตรียมจากอุณหภูมิแตกต่างกันคือ 140°ซ 150°ซ 160°ซ และอัตราส่วนของแบะแซแตกต่างกันในระดับ 20 เปอร์เซนต์, 30 เปอร์เซนต์ และ 40 เปอร์เซนต์ ทั้ง 9 สูตร เพื่อทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนี้มีผลต่อสี กลิ่น รสชาติ ความแข็งและการยอมรับ ซึ่งสามารถแยกได้ดังนี้

1.1 สี จากการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อสีของลูกกวาด จากตารางที่ 1 พบว่าการใช้ระดับอุณหภูมิที่ 140°ซ และปริมาณแบะแซ 20 เปอร์เซนต์ จะให้ระดับคะแนนสูงที่สุด คือ 7.93 รองลงมาได้แก่ การใช้ระดับของอุณหภูมิที่ 140°ซ และปริมาณแบะแซที่ 30 เปอร์เซนต์ ส่วนระดับคะแนนที่ต่ำสุดคือ การใช้อุณหภูมิ 150°ซ และปริมาณแบะแซ 40 เปอร์เซนต์

แต่อย่างไรก็ดี พบว่า จากการคำนวณค่าทางสถิติของลูกกวาดทั้ง 9 สูตร พบว่าลูกกวาดมีสีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 1) จากผลการทดลองที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า การใช้อุณหภูมิและสัดส่วนน้ำตาลทรายต่อแบะแซที่แตกต่างกันจะให้สีที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นเพราะเป็นการยากที่ผู้ชิมจะแยกถึงความแตกต่างได้ชัดเจน ผลที่ได้จึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามผู้ชิมก็ยังสามารถที่จะให้คะแนนที่อุณหภูมิ 140°ซ สูงกว่า ช่วงอุณหภูมิอื่น ดังนั้น ถ้าต้องการให้ลูกกวาดมีสีที่ดีที่สุดควรใช้ที่อุณหภูมิ 140°ซ

1.2 กลิ่น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของลูกกวาด อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และปริมาณแบะแซ (ตารางที่ 1 และ ตารางภาคผนวกที่ 2)

1.3 รสชาติ ระดับคะแนนที่ได้สูงที่สุด คือ 6.93 ซึ่งได้จากการใช้อุณหภูมิ 150°ซ , 160°ซ ปริมาณแบะแซ 20 เปอร์เซนต์ และ 30 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ดี ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับกลิ่น (ตารางที่ 1 และ ตารางภาคผนวกที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ความแข็ง ถ้าสังเกตุจากตารางที่ 1 จะพบว่าที่ระดับอุณหภูมิสูง ๆ 160 °ซ ลูกกวาดจะมีระดับคะแนนสูงคือ 8.13, 8.07,และ 7.8 ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่าลูกกวาดที่อุณหภูมิอื่น แต่จากการคำนวณค่าทางสถิติ เพียงพบว่าไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น จึงสรุปว่า อุณหภูมิ และปริมาณสัดส่วนน้ำตาลทราย : แบะแซ ไม่มีผลต่อความแข็งของลูกกวาด (ตารางภาคผนวกที่ 4)

1.5 การยอมรับ จากการทดลอง ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของลูกกวาดจากตารางที่ 1 พบว่า การใช้อุณหภูมิและปริมาณแบะแซ 30 เปอร์เซนต์ จะให้ระดับคะแนนการยอมรับสูงที่สุดคือ 7.2 และพบอีกว่า การใช้อุณหภูมิ 150 °ซ และปริมาณแบะแซ 40 เปอร์เซนต์จะให้ระดับคะแนนการยอมรับรองลงมา คือ 7.13 ส่วนระดับคะแนนต่ำสุดได้เท่ากับ 5.47 ซึ่งได้จากปริมาณแบะแซ 30 เปอร์เซนต์ และอุณหภูมิ 160 °ซ

จากการคำนวณค่าทางสถิติของลูกกวาดรสส้มทั้ง 9 สูตร พบว่า ลูกกวาดรสส้มทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลแสดงในตารางผนวกที่ 5 พบว่าการใช้ระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน จะมีผลทำให้คะแนนการยอมรับแตกต่างกัน แต่การใช้สัดส่วนของน้ำตาลทราย : แบะแซ ที่แตกต่างกันจะไม่มีผลแตกต่างกันของระดับคะแนนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1 และ ตารางผนวกที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกกวาดที่เตรียมจากอุณหภูมิและปริมาณแบะแซต่างกัน*

| อุณหภูมิ (°ซ) | ปริมาณแบะแซ (%) | คุณสมบัติ** สี | กลิ่น | รสชาติ | ความแข็ง | การยอมรับ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 140 | 20 | 7.93a | 7.4a | 6.53a | 7.47a | 5.87cd |
| | 30 | 7.87a | 7.33a | 6.53a | 7.27a | 5.8cd |
| | 40 | 7.73a | 7.27a | 6.87a | 7.07a | 6.33cd |
| 150 | 20 | 7.47a | 7.33a | 6.93a | 7.73a | 7.0ab |
| | 30 | 7.53a | 7.13a | 6.27a | 7.4 a | 7.2 a |
| | 40 | 7.4a | 7.20a | 6.47a | 7.33a | 7.13a |
| 160 | 20 | 7.67a | 7.07a | 6.73a | 8.13a | 5.6d |
| | 30 | 7.56a | 7.27a | 6.93a | 8.07a | 5.47d |
| | 40 | 7.76a | 7.07a | 6.33a | 7.8a | 5.6 d |

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่เป็นไปได้ คือ 9

** คะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างตามตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๒. การหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม

ใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการชิมลูกกวาดที่มีความแตกต่างกันทางด้านปริมาณกรดซิตริกที่ใช้คือ 0.5 เปอร์เซนต์, 0.75 เปอร์เซนต์, 1 เปอร์เซนต์ และ 1.25 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เพื่อทดสอบหาผลของกรดซิตริกที่มีต่อคุณภาพลูกกวาดในด้านต่าง ๆ เช่น สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง และการยอมรับ

2.1 สี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2 และตารางภาคผนวกที่ 6)

2.2 กลิ่น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2 และตารางภาคผนวกที่ 7) จากตารางที่ 2 พบว่า ความแตกต่างของคะแนนในเรื่องกลิ่นมีน้อยมาก

2.3 รสชาติ จากตารางที่ 2 พบว่าการใช้ปริมาณกรดซิตริก 1 เปอร์เซนต์ จะได้รับระดับคะแนนการยอมรับ ในเรื่องรสชาติมากที่สุดคือ 7.2 ส่วนระดับคะแนนที่ได้รับรองลงมาคือ 7.13 ได้จากการใช้ปริมาณกรดซิตริก 1.25 เปอร์เซนต์ สำหรับระดับคะแนนการยอมรับในเรื่องรสชาติที่ได้น้อยที่สุด คือ 6.27 มาจากการใช้ปริมาณกรดซิตริก 0.5 เปอร์เซนต์

จากการคำนวณค่าทางสถิติของลูกกวาดรสส้มทั้ง 4 สูตร พบว่าลูกกวาดรสส้มทั้ง 4 สูตร มีระดับคะแนนการยอมรับในเรื่องรสชาติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ลูกกวาดรสส้มที่ใช้ปริมาณกรดซิตริก 1 เปอร์เซนต์ และ 1.25 เปอร์เซนต์ จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทั้ง 2 สูตร จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอีก 2 สูตรที่เหลือ (ตารางที่ 2 และ ตารางภาคผนวกที่ 8) สาเหตุที่การยอมรับแตกต่างกันเป็นเพราะกรดซิตริกจะให้รสเปรี้ยวในผลิตภัณฑ์ และพบว่าการใช้ปริมาณกรด 1 เปอร์เซนต์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติดีที่สุด

2.4 ความแข็งพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 9) และระดับคะแนนความแข็งที่ได้สูงสุด คือ 7.33 จากปริมาณกรดซิตริก 1 เปอร์เซนต์

2.5 การยอมรับ พบว่า ลูกกวาดรสส้มที่มีปริมาณกรดซิตริก 1 เปอร์เซนต์ จะได้รับระดับคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 7.07 รองลงมาคือ การใช้ปริมาณกรดซิตริก 1.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซนต์ได้รับระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.00 แต่อย่างไรก็ดี เมื่อนำผลไปคำนวณค่าทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 10)

จากการทดลองหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซิตริก ไม่มีผลต่อสี กลิ่น ความแข็ง และการยอมรับ แต่จะมีผลต่อรสชาติ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สิ่งที่น่าสังเกตุคือ จากการทดลองการยอมรับในเรื่องรสชาติมีความแตกต่างกันน่าจะมีผลต่อรดับคะแนนการยอมรับ โดยทั่วไปให้แตกต่างไปบ้าง แต่อาจเป็นเพราะว่า การไม่แตกต่างในเรื่องสี กลิ่น ความแข็ง มีอิทธิพลต่อการยอมรับมากกว่าความแตกต่างของรสชาติ

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของลูกกวาดซึ่งใช้ปริมาณกรดซิตริกเป็นส่วนผสมในอัตราที่แตกต่างกัน*

| ปริมาณกรด (%) | คุณสมบัติ** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | รสชาติ | ความแข็ง | การยอมรับ |
| 0.5 | 7.33a | 6.53a | 6.27b | 7.27a | 6.27a |
| 0.75 | 7.27a | 6.53a | 6.47b | 7.2 a | 6.33a |
| 1 | 7.40a | 6.53a | 7.20a | 7.33a | 7.07a |
| 1.25 | 7.00a | 6.47a | 7.13a | 7.0a | 7.00a |

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 9

** คะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างตามตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100516

3. ปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม

ใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการชิมลูกกวาด ที่มีความแตกต่างกันทางด้านปริมาณหัวเชื้อ กลิ่นรสส้ม ซึ่งใช้ในปริมาณ 0.1 เปอร์เซนต์, 0.2 เปอร์เซนต์, 0.3 เปอร์เซนต์ และ 0.4 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 3)

3.1 สี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

3.2 กลิ่น จากตารางที่ 3 พบว่า การใช้ปริมาณหัวเชื้อที่ 0.4 เปอร์เซนต์ จะให้ระดับคะแนนการยอมรับสูงที่สุด ส่วนระดับคะแนนที่รองลงมาคือ 6.2 จากการใช้ปริมาณหัวเชื้อ 0.3 และ 0.1 เปอร์เซนต์ แต่จากการคำนวณค่าทางสถิติ ของลูกกวาดทั้ง 4 สูตร พบว่า ลูกกวาดรสส้มทั้งหมดไม่มีความแตกต่างของระดับคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (ตารางภาคผนวกที่ 12)

3.3 รสชาติ เพื่อใช้ปริมาณหัวเชื้อ 0.4 เปอร์เซนต์ จะทำให้มีคะแนนการยอมรับในเรื่องรสชาติสูงที่สุดเท่ากับ 7.8 และเช่นเดียวกับสีและกลิ่น เมื่อคำนวณค่าทางสถิติแล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 13)

3.4 ความแข็ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 14)

3.5 การยอมรับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 15) ระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 7.53 มาจากลูกกวาดที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อ 0.4 เปอร์เซนต์

จากข้างต้นที่ผ่านมาพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณหัวเชื้อ ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของลูกกวาดทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับ แต่อย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่า จากการคำนวณจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากการสังเกตุอย่างละเอียด พบว่าการใช้ปริมาณหัวเชื้อ 0.4 เปอร์เซนต์ จะได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของลูกกวาดที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อเป็นส่วนผสมที่แตกต่างกัน*

| ปริมาณหัวเชื้อ (%) | คุณสมบัติ** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | รสชาติ | ความแข็ง | การยอมรับ |
| 0.1 | 6.87a | 6.2a | 7.0a | 8.07a | 7.00a |
| 0.2 | 6.73a | 5.87a | 7.2a | 7.67a | 6.53a |
| 0.3 | 7.0 a | 6.2 a | 7.07a | 7.33a | 6.8 a |
| 0.4 | 6.93a | 7.0 a | 7.8 a | 7.40a | 7.53a |

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่เป็นไปได้ คือ 9

** คะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างตามตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

4. การหาอายุการเก็บ

จากตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณความชื้นจะมีเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่ผ่านไป และจากมาตรฐาน มอก. 696-2530 ลูกกวาดต้องมีความชื้นไม่เกิน 3 เปอร์เซนต์ ดังนั้น ลูกกวาดที่เตรียมขึ้นนี้ไม่ควรเก็บไว้นานกว่า 3 สัปดาห์ ในขวดโหลพลาสติกที่ปิดฝาสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงความชื้นของลูกกวาดที่เตรียมจากปริมาณแบะแซ 20 เปอร์เซนต์ กรดซิตริก 1 เปอร์เซนต์ และปริมาณหัวเชื้อ 0.1 เปอร์เซนต์ โดยเก็บในขวดพลาสติกที่ปิดฝาสนิทเป็นเวลา 4 สัปดาห์

| สัปดาห์ที่ | % ความชื้น |
|---|---|
| 0 | 0.97 |
| 1 | 1.35 |
| 2 | 1.925 |
| 3 | 2.92 |
| 4 | 3.53 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13668



## สรุป

จากการศึกษาถึงกรรมวิธีการผลิตลูกกวาด พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเคี่ยวลูกกวาดคือ 150° ซ ซึ่งคะแนนการยอมรับสูงที่สุด และแตกต่างจากระดับอุณหภูมิอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ส่วนปริมาณแบะแซที่ใช้ควรใช้ที่ 20 เปอร์เซนต์ เพราะสะดวกในการเตรียม และจะประหยัดต้นทุนได้มากกว่า แต่ถ้าต้องการคะแนนการยอมรับที่สูงกว่าควรใช้ปริมาณแบะแซที่ 30 หรือ 40 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้ปริมาณกรดซิตริกที่ใช้ พบว่ากรดซิตริกในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์ จะได้การยอมรับของผู้บริโภคในแง่รสชาติมากที่สุด

ส่วนปริมาณหัวเชื้อที่ใช้ 0.4 เปอร์เซนต์ จะให้คะแนนการยอมรับสูงสุด แต่ปริมาณหัวเชื้อ 0.3 เปอร์เซนต์ เป็นปริมาณที่โรงงานลูกกวาดทั่วไปใช้

สำหรับการทดลองหาอายุการเก็บ พบว่า ไม่ควรเก็บลูกกวาดไว้นานเกินกว่า 3 สัปดาห์ เพราะจะทำให้ลูกกวาดชื้นแฉะได้

ข้อเสนอแนะ

1. ทดลองศึกษากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์พวก candy ประเภทอื่น เช่น ทอฟฟี่ เยลลี่

2. ทดลองใช้กรดอินทรีย์ชนิดอื่น เช่น กรดมาลิก แทนกรดซิตริก หรือร่วมกับกรดซิตริก ในการทำผลิตภัณฑ์ลูกกวาดรสอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

# เอกสารอ้างอิง

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ. 2519. เอกสารเผยแพร่ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ เรื่อง วิธีการทำลูกกวาดและอุปกรณ์. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ. 3 น.

2519. เอกสารเผยแพร่ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ เรื่อง วิธีทำแบะแซ(Maltese Syrup). กรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ. 3น.

พอใจ ลิ้มพันธ์อุดม. 2531. เอกสารประกอบการสอนวิชา สถิติและการควบคุมคุณภาพอาหาร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2531 – 2532. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

มอก. 696. 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลูกกวาดและทอฟฟี่. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2531. เอกสารประกอบการสอบวิชา ชีวเคมีอาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2530 – 2531. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2523. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 1. แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ คณะวิชาคหกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาลัยเทคนิค กรุงเทพฯ. 1 : 56–66. 247 น.

2525. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 3. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 3 : 86–113. 270 น.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุเจือปนอาหาร 1. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 162 น.

**A.O.A.C. 1984. Official inethod of Analysis. Association of official analytical chemist. 14 th ed. USA.**

**Douglas C. Montgomery. 1984. Design and Analysis of Experiment ; 196–200. USA.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การหาความชื้นของผลิตภัณฑ์ลูกกวาด

นำตัวอย่างลูกกวาดมาบด (ถ้าจำเป็น) และผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งตัวอย่างอย่างละเอียดประมาณ 5 กรัม ใส่ใน flat dish (Ni, Pt หรือ Al ที่มีฝาปิดสนิท) อบที่อุณหภูมิ 100° ซ 3 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง ทำเช่นนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนความแตกต่างของน้ำหนักจะน้อยกว่า 2 มิลลิกรัม

สำหรับน้ำตาลที่มีผลึกใหญ่ ช่วงท้ายการอบต้องเพิ่มอุณหภูมิเป็น 105–110° ซ เพื่อขับไล่ ความชื้นที่ติดอยู่ให้ออกไป

ชั่งหาน้ำหนักที่หายไปให้เป็นน้ำหนักน้ำ

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกกวาด

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของลูกกวาดที่อุณหภูมิและปริมาณน้ำตาลทราย : แบะแซ แตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | F | Ftable(0.05) |
|---|---|---|---|---|---|
| Syrup | 0.11 | 2 | 0.053 | 0.072 NS | 3.00 |
| Temp | 3.22 | 2 | 1.61 | 2.176 NS | 3.00 |
| Interaction | 0.64 | 4 | 0.16 | 0.216 NS | 2.37 |
| Error | 92.67 | 126 | 0.74 | | |
| Total | 96.64 | | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของลูกกวาดที่อุณหภูมิและปริมาณ น้ำตาลทราย : แบะแซ แตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | F | Ftable(0.05) |
|---|---|---|---|---|---|
| Syrup | 0.19 | 2 | 0.10 | 0.059 NS | 3.00 |
| Temp | 0.9 | 2 | 0.45 | 0.27 NS | 3.00 |
| Interaction | 1.04 | 4 | 0.26 | 0.15 NS | 2.37 |
| Error | 211.73 | 126 | 1.68 | | |
| Total | 213.88 | 134 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติของลูกกวาดที่อุณหภูมิและปริมาณ น้ำตาลทราย : แบะแซ แตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | F | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Syrup | 0.84 | 2 | 0.42 | 0.4 NS | 3.00 |
| Temp | 0.31 | 2 | 0.15 | 0.14 NS | 3.00 |
| Interaction | 7.73 | 4 | 1.93 | 1.86 NS | 2.37 |
| Error | 130.85 | 126 | 1.04 | | |
| Total | 139.73 | 134 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแข็งของลูกกวาดที่อุณหภูมิและปริมาณ น้ำตาลทราย : แบะแซ แตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | F | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Syrup | 3.21 | 2 | 1.61 | 0.85 NS | 3.00 |
| Temp | 4.73 | 2 | 2.37 | 1.44 NS | 3.00 |
| Interaction | 0.3 | 4 | 0.08 | 0.04 NS | 2.37 |
| Error | 239.53 | 126 | 1.9 | | |
| Total | 247.77 | 134 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของลูกกวาดที่อุณหภูมิและปริมาณน้ำตาลทราย : แบะแช แตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | F | Ftable(0.05) |
|---|---|---|---|---|---|
| Syrup | 1.64 | 2 | 0.82 | 1.16 NS | 3.00 |
| Temp | 57.77 | 2 | 28.89 | 40.85 * | 3.00 |
| Interaction | 60.80 | 4 | 14.20 | 20.08 * | 2.37 |
| Error | 89.12 | 126 | 0.71 | | |
| Total | 209.33 | 134 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการชิมเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับ โดยวิธี Duncan's new multiple range test

| $A_2B_3$ | $A_1B_3$ | $A_3B_3$ | $A_2B_1$ | $A_1B_1$ | $A_3B_1$ | $A_1B_2$ | $A_2B_2$ | $A_3B_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.47 | 5.6 | 5.6 | 5.8 | 5.87 | 6.33 | 7.0 | 7.13 | 7.2 |

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของลูกกวาดที่มีปริมาณกรดซิตริกแตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | F | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 1.38 | 3 | 0.46 | 0.14 NS | 2.8 |
| SS R | 2 | 14 | 0.14 | | |
| Residual | 81.87 | 42 | 3.29 | | |
| Total | 85.25 | 52 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่น ของลูกกวาดที่มีปริมาณกรดซิตริก แตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | F | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 0.07 | 3 | 0.023 | 0.02 NS | 2.8 |
| SS R | 8.75 | 14 | 0.63 | | |
| Residual | 58.18 | 42 | 1.39 | | |
| Total | 67 | 59 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติ ของลูกกวาดที่มีปริมาณกรดซิตริก แตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | F | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 9.93 | 3 | 3.31 | 5.91* | 2.8 |
| SS R | 29.23 | 14 | 2.09 | | |
| Residual | 23.57 | 42 | 0.56 | | |
| Total | 62.73 | 59 | | | |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการชิมเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติ โดยวิธี Duncan's new multiple range test

| 0.5 % | 0.75 % | 1 % | 1.25 % |
|---|---|---|---|
| 6.27 | 6.47 | 7.2 | 7.13 |

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแข็งของลูกกวาดที่มีปริมาณกรดซิตริก แตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | $F_{cal}$ | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 0.933 | 3 | 0.311 | 0.21 NS | 2.8 |
| SS R | 4.1 | 14 | 0.29 | | |
| Residual | 63.57 | 42 | 1.51 | | |
| Total | 68.6 | 59 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติ เกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของลูกกวาดที่มีปริมาณกรดซิตริก แตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | $F_{cal}$ | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 8.13 | 3 | 2.71 | 1.51 NS | 2.8 |
| SS R | 3.33 | 14 | 0.24 | | |
| Residual | 80.87 | 45 | 1.80 | | |
| Total | 92.33 | 59 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของลูกกวาด ที่มีปริมาณหัวเชื้อแตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | $F_{cal}$ | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 1 | 3 | 0.33 | 0.2 NS | 2.8 |
| SS R | 5.75 | 14 | 0.41 | | |
| Residual | 71.43 | 42 | 1.7 | | |
| Total | 78.18 | 59 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของลูกกวาดที่มีปริมาณหัวเชื้อแตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | $F_{cal}$ | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 10.45 | 3 | 3.48 | 1.03 NS | 2.8 |
| SS R | 12.73 | 14 | 0.91 | | |
| Residual | 141.8 | 42 | 3.38 | | |
| Total | 164.98 | 59 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติของลูกกวาดที่มีปริมาณหัวเชื้อแตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | $F_{cal}$ | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 6 | 3 | 2 | 1.79 NS | 2.8 |
| SS R | 6.73 | 14 | 1.68 | | |
| Residual | 47 | 42 | 1.12 | | |
| Total | 59.73 | 59 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแข็งของลูกกวาดที่มีปริมาณหัวเชื้อแตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | $F_{cal}$ | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 4.98 | 3 | 1.66 | 0.58 NS | 2.8 |
| SS R | 3.433 | 14 | 0.25 | | |
| Residual | 119.77 | 42 | 2.85 | | |
| Total | 128.18 | 59 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของลูกกวาดที่มีปริมาณหัวเชื้อแตกต่างกัน

ANOVA

| SOV | SS | DF | MS | $F_{cal}$ | $F_{table(0.05)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| SS b | 8.07 | 3 | 2.69 | 2.11 NS | 2.8 |
| SS R | 4.43 | 14 | 0.38 | | |
| Residual | 53.43 | 42 | 1.27 | | |
| Total | 65.93 | 59 | | | |

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ภาพผนวกที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 2 ลูกกวาดที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตในขั้นตอนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้