สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูด้วยเครื่องอบแบบลมร้อนไหลผ่าน

Study of Srichumpu sweet tamarinds Dehydration by the Fixed – Tray Drier

T042381

โดย

นายทนงเดช เสมมา

นายธนาพันธ์ จำปีรัตน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42381
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูด้วยเครื่องอบแบบลมร้อนไหลผ่าน

Study of Srichumpu Sweet Tamarinds Dehydration by the Fixed – Tray Drier

ผู้จัดทำ

นายทนงเดช เสมมา

นายธนาพันธ์ จำปีรัตน์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์กันต์กนิษฐ์ ธนศิริวัฒนา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์เอกสิทธิ์ ศรีธรรม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study of Srichumpu Sweet Tamarinds Dehydration by the Fixed – Tray Drier

Mr.Thanongdet Semma

Mr.Thanaphan Champeerat

Miss Kankanit Tanasiriwatana (Adviser)

Mr.Ekasit Sritham (Co-adviser)

2000

Abstract

The main purpose of this project was to study on dehydration of Srichumpu sweet tamarinds with the Fixed – Tray Drier. The experimental conditions of drying air were temperature of 55 , 65 , 70 and 75 ^{0}C , velocity of 1.933 , 2.577 and 3.866 m/s and the drying time for each experiment was 120 minutes. The results indicated that in every experiments the moisture content reduced from 35 – 38% wb. to 18 – 22 %wb. in both of seeded and unseeded tamarinds . The optimum conditions for seeded and unseeded Srichumpu Sweet tamarinds dehydration were 70 ^{0}C , 3.866 m/s and 70 ^{0}C , 1.933 m/s respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูด้วยเครื่องอบแบบลมร้อนไหลผ่าน

นายทนงเดช เสมมา
นายธนาพันธ์ จำปีรัตน์

อาจารย์กันต์กนิษฐ์ ธนศิริวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์เอกสิทธิ์ ศรีธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ได้ศึกษาและทดลองการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ดและไม่แกะเม็ด ใช้เครื่องอบแบบลมร้อนไหลผ่านโดยใช้สภาวะในการอบที่อุณหภูมิ 55 , 65 , 70 และ 75 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.933 , 2.577 และ 3.866 เมตรต่อวินาที โดยใช้เวลาอบ 120 นาที จากผลการทดลองพบว่าในการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ดและไม่แกะเม็ดตามสภาวะจากการทดลองข้างต้น สามารถลดความชื้นของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูจาก 35 - 37 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ให้ลดลงเหลือประมาณ 18 – 22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยที่คุณภาพของมะขามอบที่ได้มีคุณภาพดี เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค สภาวะที่เหมาะสมในการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดไม่แกะเม็ด คือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3.866 เมตรต่อวินาที และสภาวะที่เหมาะสมในการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ด คือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.933 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก)
สารบัญรูปภาพ	(ค)
สารบัญตารางและสัญลักษณ์	(ง)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 คำนิยาม	3
บทที่ 2 งานสำรวจเอกสาร	4
2.1 มะขามหวาน	4
2.2 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียของมะขามหวาน ในระหว่างการเก็บรักษา	9
2.3 ทฤษฎี	13
2.3.1 ทฤษฎีความชื้น	13
2.3.2 ทฤษฎีคุณสมบัติของอากาศ-น้ำ	13
2.3.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความชื้นสมดุล	14
2.3.4 หลักการอบแห้ง	14
2.3.5 ผลของการอบแห้งต่อปัจจัยต่าง ๆ ของอาหาร	15
2.3.6 การเปลี่ยนแปลงของอาหารจากกระบวนการทำแห้ง	17
2.3.7 วิธีการทำให้ผักและผลไม้แห้ง	22
2.3.8 กระบวนการอบแห้ง	22
2.3.9 เครื่องอบแห้งแบบถาดอยู่กับที่	23
บทที่ 3 การทดลอง	27
3.1 การทดลองอบมะขามหวาน	27
3.1.1การเตรียมวัสดุ	27
3.1.2การทดลองอบ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การทดลองการอบเพื่อหาค่าความชื้นหลังการอบ 31
3.1.4 การทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 30
3.1.5 การคำนวณหาค่าความชื้นของมะขามหวาน 31
3.2 เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง 32
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 35
4.1 ผลของความเร็วลมที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ 35
4.1.1 ผลของความเร็วลมที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ด ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 35
4.1.2 ผลของความเร็วลมที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดแกะเม็ด ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 37
4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบที่ความเร็วลมต่าง ๆ 39
4.2.1 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ด ที่ความเร็วลมต่าง ๆ 39
4.2.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ด ที่ความเร็วลมต่าง ๆ 41
4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง 42
4.3.1 มะขามชนิดไม่แกะเม็ด 42
4.3.2 มะขามชนิดแกะเม็ด 43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 44
เอกสารอ้างอิง 45
ภาคผนวก 46
ภาคผนวก ก. 47
ภาคผนวก ข. 48
ภาคผนวก ค. 49
ภาคผนวก ง. 52
กิตติกรรมประกาศ 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องอบแห้งแบบถาดอยู่กับที่	24
3.1 แผนภาพการดำเนินการทดลองการอบมะขามหวาน	28
3.2 เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนไหลผ่าน	32
3.3 เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง	32
3.4 การวางตัวอย่างมะขามในถาดของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนไหลผ่าน	33
3.5 การวางถาดตัวอย่างมะขามในตู้อบแห้งแบบลมร้อนไหลผ่าน	33
3.6 การวางตัวอย่างมะขามในถาดเพื่อหาความชื้น	34
3.7 การทดลองการอบเพื่อหาความชื้น	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบเปรียบเทียบของสดกับของแห้งคิดเป็นร้อยละ	15
3.1 เกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	30
3.2 รายละเอียดของตู้อบ	31
4.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วลมที่ผลต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ดที่อุณหภูมิต่าง ๆ	35
4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วลมที่ผลต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ดที่อุณหภูมิต่าง ๆ	37
4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ดที่ความเร็วลมต่าง ๆ	39
4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ดที่ความเร็วลมต่าง ๆ	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

A	พื้นที่, m^2
b	ระยะระหว่างถาด, m
c	ความร้อนจำเพาะ, kJ / kg.^{0}C
d	เส้นผ่าศูนย์กลาง, m
G	อัตราเร็วเชิงมวล, kg / h.m^2
h_{fg}	ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ, kJ / kg
h_t	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม, kJ / h.m^2.^{0}C
h'	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, kJ / h.m^2.^{0}C
h'_D	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล,kg / h.m^2(kg / m^3)
l	ความยาว หรือ ความยาวของเครื่องอบแห้ง, m
l'	ความยาวหนึ่งหน่วยการถ่ายเท, m
m	มวล, kg
m	อัตราการถ่ายเทมวลหรืออัตราการไหลเชิงมวล, kg/h or hg/s
n	จำนวนถาด
N_t	เลขหน่วยถ่ายเท
q	อัตราการถ่ายเทความร้อน, kJ h
U_V	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเชิงปริมาตร, kJ/h.m^3.^{0}C
V	ความเร็ว, m/h or m/s
ΔT_m	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของลมร้อนและวัสดุตลอดความยาวเครื่องอบแห้ง, ^{0}C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์กำกับล่าง

a	อากาศแห้ง
i	ทางเข้า
m	เฉลี่ย
o	สภาวะก่อนอบแห้งหรือทางเข้า
t	ถาดบรรจุอาหาร
vs	ไอน้ำอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ผลไม้อบแห้ง เป็นวิธีการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรที่เน่าเสียง่าย ไม่สามารถเก็บไว้ได้นานให้มีมูลค่าเพิ่ม ช่วยให้ราคาวัตถุดิบซึ่งได้แก่ผลไม้มีราคาดีขึ้น อุตสาหกรรมนี้ยังเป็นตลาดใหญ่สำหรับผลผลิตทางการเกษตร และเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดการจ้างแรงงานเป็นจำนวนมากด้วย สำหรับความต้องการของตลาด พบว่าในประเทศไทย ความต้องการยังอยู่ในวงจำกัด แต่ในต่างประเทศ เนื่องจากผลไม้อบแห้งมีความหวานและมีคุณค่าทางไวตามินสูง จึงใช้แทนสินค้าประเภทน้ำตาลที่มีความหวาน 100% ทั้งยังเป็นสินค้าที่เหมาะสมสำหรับประเทศที่ไม่มีผลไม้เมืองร้อน

อย่างไรก็ตามพบว่า เหตุผลสำคัญที่ทำให้ผลผลิตเพื่อการค้าของผลิตภัณฑ์ประเภทผลไม้อบแห้งยังมีค่าต่ำอยู่เนื่องมาจากการขาดเทคโนโลยีเฉพาะอย่างในด้านการผลิต ซึ่งรวมถึงการมีเครื่องมือที่เพียงพอสำหรับการอบแห้งและการถนอมอาหาร นอกจากนั้นอุปสรรคที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้การพัฒนาอุตสาหกรรมด้านนี้ลดต่ำลง คือ ค่าใช้จ่ายที่สูงในเรื่องของพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง (เพ็ญพรรณ, 2532)

มะขาม (Tamarind) เป็นไม้ยืนต้นที่เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อประเทศในเขตร้อนเป็นอย่างมาก มะขามมีอยู่ 2 ประเภท คือ มะขามเปรี้ยว และ มะขามหวาน ซึ่งมะขามเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายอย่าง เช่น ช่วยย่อยอาหาร เป็นยาระบาย ขับลม โดยเฉพาะมะขามหวานที่ผู้คนทั่วไปนิยมบริโภค นับเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก และในอนาคตความต้องการบริโภคมะขามหวานจะเพิ่มขึ้น และมีการแปรรูปมะขามหวานเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆอีกมากมายจึงจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาและวิจัยกระบวนการผลิต ให้มีความเหมาะสมมากขึ้น (กนก, 2534)

ในปัจจุบันได้มีเกษตรกรหันมาปลูกมะขามหวานเพิ่มขึ้นอย่างมากจนเป็นที่หวั่นเกรงกันว่าในอนาคตข้างหน้าเมื่อปริมาณผลผลิตมะขามหวานมีมากจนเกินความต้องการของตลาดแล้วจะทำให้ราคาจำหน่ายตกต่ำลงมาอย่างมากเช่นเดียวกับฝรั่งเวียดนาม ดังนั้นชาวสวนผู้ปลูกมะขามหวานจึงได้พยายามหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อช่วยให้เก็บรักษาไว้ได้นานขึ้นและเกิดการสูญเสียน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อจะได้เอาไว้ใช้จำหน่ายนอกฤดูกาลเป็นการช่วยรักษาระดับราคาให้สูงอยู่ได้อีกทางหนึ่งด้วย (ยุทธพงศ์, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการอบแห้งมะขามหวานจะเป็นการพัฒนาที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตมะขามหวานให้มีคุณภาพดีขึ้น ลดความเสื่อมเสียของมะขามหวาน ลดต้นทุนการผลิต สามารถเก็บรักษามะขามหวานได้เป็นเวลานาน

ปัญหาด้านราคาและตลาด (จตุพล และคณะ, 2542)

ปัญหาที่ส่งผลกระทบด้านราคามะขามที่เกษตรกรประสบคือ

1. ปัญหาด้านรสชาติมะขามที่ไม่สม่ำเสมอ
2. ค่าใช้จ่ายในการหีบห่อสูง เนื่องจากมะขามหวานมีเปลือกที่เปราะบางแตกง่าย การหีบห่อที่ไม่ดีจะทำให้เกิดการเสียหายแตกหักจากการขนส่งเคลื่อนย้าย ทำให้ราคาตก จึงต้องเสียค่าหีบห่อสูง
3. การขาดแคลนที่กักเก็บสินค้า เพื่อรอจำหน่ายนอกฤดู
4. มะขามที่แปรรูปยังไม่ได้มีการพัฒนาเท่าที่ควรนัก

1.2 วัตถุประสงค์

1.เพื่อหาสภาวะการอบที่เหมาะสมของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ดและไม่แกะเม็ด

2. เพื่อเปรียบเทียบภาวะการอบของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ดและไม่แกะ เม็ด

3.เพื่อปรับปรุงสภาวะการอบของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ดและไม่แกะเม็ด

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

หาสภาวะการอบที่เหมาะสม (อุณหภูมิ ความเร็วลม) ของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู ชนิดแกะเม็ด และไม่แกะเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ค่า อุณหภูมิ ความเร็วลม ของการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ด
2. ค่า อุณหภูมิ ความเร็วลม ของการอบมะขามหวานพันธ์ศรีชมภูชนิดไม่แกะเม็ด
3. ปริมาณความชื้น สี ที่เหมาะสมของมะขามอบของพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ดและไม่แกะเม็ด
4. ปรับปรุงคุณภาพของมะขามหวานให้ดียิ่งขึ้นก่อนการเข้าสู่การแปรรูปขั้นต่อไป
5. ปรับปรุงกระบวนการการผลิตมะขามอบเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพยิ่งขึ้น

1.5 คำนิยาม

1. *มะขามสด* หมายถึง มะขามที่ยังไม่ได้อบ
2. *มะขามอบ* หมายถึง มะขามที่ผ่านการอบตามสภาวะที่กำหนด
3. *มะขามอบแห้ง* หมายถึง มะขามที่อบจนไม่มีความชื้นเหลืออยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานสำรวจเอกสาร

2.1 มะขามหวาน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะขามหวาน

ชื่อสามัญ	Sweet Tamarind
ชื่อวิทยาศาสตร์	*Tamarind indica L.*
วงศ์	Leguminosae
สกุล	Tamarindes
ชนิด	indica

มีถิ่นกำเนิดที่ทางตอนใต้ของเอเชียและอัฟริกาตะวันออก มีผู้นำมะขามหวานจากอินเดียเข้าไปในยุโรป คำว่า "Tamarind" นั้นมาจาก Tamsbindi และ Tamarul Hind ซึ่งหมายถึง Indian Date หรือ Date of India (ผัสพร, 2517)

แหล่งกำเนิด

มะขามหวานมีขึ้นอยู่ทั่วไปแทบทุกภาค ที่อิสาน เช่น จังหวัดอุบลราชธานี นครราชสีมา อุดรธานี เป็นต้น ที่ภาคเหนือ เช่น เพชรบูรณ์ แพร่ ลำปาง อุตรดิตถ์ ภาคกลาง เช่น ลพบุรี สระบุรี สมุทรสาคร และนครปฐม เป็นต้น และที่ประเทศลาวก็มีมะขามหวานเช่นกัน

อุปนิสัย

มะขามหวานเป็นพืชที่มีใบผสม ผลัดใบแก่ และสลัดใบทิ้งในฤดูร้อน พอถึงต้นฤดูฝนจะแตกใบอ่อนขึ้นเต็มที่ พร้อมกับเริ่มออกดอก ประมาณเดือนเมษายน – ต้นเดือนพฤษภาคม เริ่มติดฝักอ่อนพอมองเห็นฝักได้ราวๆปลายเดือนพฤษภาคม – ต้นเดือนมิถุนายน และจะแก่จนเก็บได้ราวๆ ปลายเดือนธันวาคม – ต้นเดือนมิถุนายน ถ้าเป็นมะขามหวานพันธุ์เบา ก็จะเก็บได้ปลายเดือนพฤศจิกายน ถ้าหมดฝนช้าก็จะเก็บได้ช้า

ใบ

มะขามหวานเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ใบเป็นใบเล็กๆ ติดอยู่บนก้านใบใหญ่อีกทีหนึ่ง เรียกใบชนิดนี้ว่า "ใบประกอบ" ใบย่อยแต่ละใบมีขนาดกว้างประมาณ 6 มม. ยาวประมาณ 2 ซม. เรียงชิดติดกันสองข้างของก้านใบอย่างเป็นระเบียบซึ่งในก้านหนึ่งๆจะมีใบย่อยอยู่ประมาณ 24 – 32 ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะดอก

ดอกมะขามหวานเป็นดอกเดี่ยว แต่ในหนึ่งก้านอาจมีอกได้หลายดอกด้วยกันรวมกันเป็นพวง กลีบดอกล่างหรือกลีบเลี้ยงมีสีเหลืองอมเขียวอ่อนๆ เมื่อดอกบานจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และตัวกลีบดอกค่อนข้างหนา ส่วนกลีบดอกก้านใบหรือด้านบน (กลีบแท้) มีสีชมพูและมีเส้นลายแดงเหมือนเส้นโลหิตฝอยเป็นชนิดดอกสมบูรณ์เพศ ใน 1 ดอกมีเกสรตัวผู้ 3 อัน และเกสรตัวเมีย 1 อัน ผสมพันธุ์ข้ามดอก ดอกบานวันไหนก็จะผสมเสร็จกันในวันนั้น ถ้าไม่ได้รับการผสมกันในวันนั้นหรือผสมไม่ติด ในวันสองวันต่อมาดอกก็จะร่วงไปเท่านั้นเอง

ลักษณะฝัก

ฝักหรือผลของมะขามหวานเป็นชนิดผลเดี่ยวหรือฝักเดี่ยว แต่มีหลายเมล็ดมีตั้งแต่ 1 – 8 เมล็ด ฝักเป็นฝักยาว บางพันธุ์เป็นฝักตรง บางพันธุ์มีลักษณะโค้ง เปลือกเมื่อดิบมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และเปลือกแยกออกจากเนื้อฝักหรือผลของมะขามหวาน อาจแบ่งออกตามลักษณะความยาวหรือความโค้งของฝักได้ดังนี้ คือ

1. *ฝักดาบ* มีลักษณะค่อนข้างแบน โค้งเล็กน้อย มีลักษณะคล้ายมีดดาบ
2. *ฝักโค้งเป็นวงฆ้อง* มีลักษณะค่อนข้างกลม ส่วนยาวของฝักจะโค้งจนหัวและท้ายเกือบจดกัน มีลักษณะเหมือนฆ้องวง
3. *ฝักดิ่ง* มีลักษณะค่อนข้างตรง ไม่โค้ง ฝักค่อนข้างกลม
4. *ฝักดูก* ฝักจะมีลักษณะเป็นปล้อง ข้อถี่โค้งบ้างตรงบ้าง ฝักมีทั้งกลมและแบน นับว่าเป็นมะขามหวานที่ลักษณะไม่ค่อยดี

ลักษณะของเนื้อ

เนื้อมะขามหวานแต่ละพันธุ์ไม่เหมือนกัน ทั้งรสชาติและสี แต่เท่าที่พอสังเกตความแตกต่างของเนื้อมะขามหวานในเรื่องสี พอจะรวบรวมแบ่งได้ดังนี้

1. สีน้ำตาลเกือบดำ
2. สีน้ำตาลอ่อน
3. สีเหลืองคล้ายขี้ผึ้ง
4. สีน้ำตาลแดงเข้ม และสีค่อนข้างเหลือง

รสมะขาม

มะขามทั้งชนิดเปรี้ยวและหวานมีองค์ประกอบที่เหมือนกัน คือ กรด Tartaric acid ซึ่งถ้าในมะขามเปรี้ยวจะมีกรดนี้มาก ในมะขามหวานจะมีน้อยมาก นอกจากนั้นมะขามหวานจะมีความหวานตั้งแต่ 30 % ขึ้นไป และมีโปรตีนอยู่ประมาณ 35 % เชื่อกันว่าถ้ามะขามใดมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงก็นับว่าเป็นมะขามที่มีรสหวานมาก แต่ก็ไม่แน่เสมอไป แต่ถ้ารสกลมกล่อมก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์มะขามด้วย

<u>พันธุ์มะขามหวาน</u>

พันธ์ศรีชมภู

เจ้าของต้นพันธุ์เดิม ชื่อ นายตา คำเที่ยง นำมาจากเมืองเวียงจันทน์ ประเทศลาว พ.ศ.2481 มาปลูกที่ บ้านน้ำร้อน ต.น้ำร้อน อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ ปี พ.ศ.2503 ครูอุดม ศรีชมภู ครูใหญ่โรงเรียนบ้านน้ำร้อน (ครั้งนั้น) ได้ทาบกิ่งมาปลูก และส่งเสริมให้โด่งดังมาจนถึงปัจจุบันนี้ แต่เดิมนั้นชื่อว่า "พันธุ์น้ำร้อน" ลักษณะทั่วไป คือ ใบใหญ่สีเขียวแก่ ยอดอ่อนสีแดงเข้มออกแดงปนเหลืองมองเห็นชัด ยอดใบอวบกว่าลำต้นอินทผลัม ทรงพุ่มเป็นทรงกระบอกแน่นทึบ เปลือกลำต้นสีน้ำตาลเข้ม ลายแตกของเปลือกลำต้นหยาบพอๆกับหมื่นจง ที่ฝักตรงมีร่องอกแบน ฝักใหญ่และยาวค่อนข้างตรงและกลม เปลือกฝักสีน้ำตาลอ่อนปนเทา รสหวานสนิท บางต้นอมเปรี้ยวนิดๆ เนื้อหนาสีน้ำตาลอมเหลือง สาแหรก (รก) มีน้อย เยื่อหุ้มเมล็ดบาง ไม่เหนียว ความดกปานกลางถึงดกมาก เป็นพันธุ์เบารองลงมาจากพันธุ์น้ำผึ้ง ฝักแก่เก็บได้ราวต้นเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตเร็ว อย่างไรก็ตาม พันธุ์นี้มีข้องสังเกตอยู่ว่ารสชาติเปลี่ยนได้ง่ายในบางต้นสภาพดินฟ้าอากาศแต่ละปี คือ ถ้าปีไหนแล้งจัด ต้นไม่สมบูรณ์หรือฝนตกชุกเกินไป รสชาติออกอมเปรี้ยวบ้างแต่ไม่ถึงกับเสียรสชาติมะขามหวานไปมากนัก จุดอ่อนอีกอย่างหนึ่ง คือ เปลือกบาง ฝักแตกง่าย การเก็บเกี่ยวหรือบรรจุกล่องหรือการขนส่งต้องทำอย่างระมัดระวัง

พันธุ์หมื่นจง

มะขามพันธุ์หล่มสัก – หล่มเก่าที่นับว่าเป็นพันธุ์เก่าแก่ดั้งเดิม และเป็นยอดมะขามหวาน คือ "พันธุ์หมื่นจง" มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ บ้านเลขที่ 305 ต.ในเมือง อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ ประวัติความเป็นมาของมะขามหวานต้นนี้ นายสิม พุทธสิมมา เป็นเจ้าของดั้งเดิม โดยเป็นผู้ดูแลรักษาสืบต่อกันมาจากบรรพบุรุษรุ่นก่อนย้อนไป นับว่ามะขามพันธุ์หมื่นจงต้นนี้ เป็นต้นที่มีอายุยืนที่สุด แต่ก่อนไม่มีใครเรียกมะขามหวานบ้านนายสิม ต้นนี้ว่า "หมื่นจง" เลย แต่รู้จักกันแต่เพียงว่า "มะขามหวานบ้านนายสิม" ต่อมาได้เรียกเป็น "หมื่นจง" ตามตำแหน่ง "หมื่นจง ประชากิจ" ที่ได้รับตอนที่ได้รับเลือกเป็นผู้ใหญ่บ้าน ประกอบกับตอนนั้นชื่อเสียงรสมะขามหวานบ้านผู้ใหญ่สิม หอมหวานเลื่องลือไปทั่ว คนก็เลยตั้งชื่อมะขามหวานต้นเอกต้นนั้นว่า "หมื่นจง"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วไป

รสชาติหวาน แต่จะต้องเป็นมะขามที่ฝักแก่จัดเต็มที่ ซึ่งจะต้องแก่จนเปลือกฝักเป็นสีน้ำตาลเข้ม (แก่เปลือกฝักออกสีน้ำตาลอมเทา) เนื้อในมีสีเหลืองเจือน้ำตาล เปลือกลำต้นสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ใบใหญ่สีเขียวสด และใบไม่มากไม่หนาทึบ ฝักมีขนาดปานกลาง ฝักโค้งเป็นรูปวงฆ้อง บางฝักโค้งเกือบจดกัน เมล็ดเล็ก เนื้อหนา มีรสหวานและหวานสนิท แม้จะกินติดต่อกันหลายๆฝักก็ไม่รู้สึกว่าเปรี้ยวแต่อย่างใด เป็นพันธุ์หนักเก็บเกี่ยวช้า คือฝักแก่เก็บได้ประมาณเดือนกุมภาพันธ์ น้ำหนักฝักประมาณ 30 – 35 ฝัก / กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงถึง 45.2 % ข้อเสียของพันธุ์นี้ คือ มีใบน้อย ทำให้ติดดอกออกฝักไม่ค่อยดก และมักออกเว้นปี ถ้ากระทบฝนช่วงฝักแก่ ฝักจะแตก และถ้าถูกฝนมากอาจแตกถึง 40% ของจำนวนฝักทั้งต้น ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมปลูก คือ ผู้คนเกี่ยงว่าฝักแตกเมื่อโดนฝน แต่อย่างไรก็ตามพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่มีรสชาติดีเยี่ยม ต้นที่อายุมากๆ ปัญหาฝักแตกจะลดลงเรื่อยๆ

พันธุ์สีทอง (นายหยัด)

เมื่อราว 20 ปีเศษมาแล้ว ชาวบ้านใน อ.หล่มสัก – หล่มเก่ามีมะขามหวานกันหลายบ้านเลยทีเดียว แต่มีกันบ้านละต้นสองต้น ไม่ได้ปลูกกันเป็นไร่เป็นสวนกันแต่อย่างใด นายหยัด ทองมูล ชาวบ้าน อ.หล่มเก่า มองว่ามะขามหวานพันธุ์หมื่นจงต้นที่บ้านนายสิม พุทธสิมมามีรสชาติหอมหวานเป็นเลิศมากกว่าต้นไหนๆ จึงมีความคิดก้าวหน้าที่จะเอาเมล็ดมาเพาะพันธุ์ให้มะขามหวานพันธุ์นี้มีมากต้นขึ้น จึงได้ขอฝักมะขามหวานจากผู้ใหญ่สิม พุทธสิมมาและเจาะจงเอาเฉพาะฝักจากต้นเอกต้นนั้น และฝักที่จะเอาต้องเป็นฝักที่มีเมล็ดเดียวข้อเดียวเท่านั้น ก็ได้ทำการปลูกฝักมะขามทั้งหมดที่เอามา มีอยู่ต้นหนึ่งที่มีลักษณะดีที่สุด และดีกว่าพันธุ์พ่อพันธุ์แม่ และต้นนี้เอง คือ พันธุ์ที่ดีเยี่ยมที่สุดฝักแพงที่สุดในบรรดามะขามหวานของไทย และได้ตั้งชื่อว่า *พันธุ์นายหยัด* และชื่อ "สีทอง" นั้นถือเอาตามเนื้อมะขามเมื่อสุกแก่จัดแล้ว ซึ่งเหลืองเป็นสีทอง

ลักษณะทั่วไป

ลักษณะเปลือกของลำต้นสีค่อนข้างขาวนวล ลายแตกของเปลือกละเอียด ใบใหญ่และบางใบมีน้อยทรงพุ่มเอาแน่นอนไม่ได้ เพราะกิ่งก้านออกไม่เป็นระเบียบ ออกดอกช้ากว่าพันธุ์อื่นๆ ประมาณ 2 – 3 วัน (ปกติออกดอกต้นเดือนพฤษภาคม พร้อมกันทุกพันธุ์) ถ้าฝนแรกมาช้าจะออกดอกช้า ลักษณะฝักโค้ง ใหญ่ยาว เปลือกฝักสีขาวนวล เนื้อหนา เนื้อสีทอง รสหวานจัดอร่อยมาก เมล็ดเล็ก นับว่าเป็นพันธุ์ที่มีฝักใหญ่ที่สุด เนื่องจากมะขามหวานพันธุ์นี้เป็นพันธุ์หนัก ฝักเลยแก่ช้าที่สุด (พันธุ์หมื่นจงแก่ก่อน 10 วัน) ฝักแก่เก็บได้ราวๆ ปลายเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม การติดฝักไม่ค่อยจะดกและมักออกปีเว้นปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ขันตี

เข้าใจว่ากลายพันธุ์จากหมื่นจงหรือสีทองยังไม่แน่ชัด เจ้าของต้นพันธุ์เดิม คือ นายขันตี แก้ววงษ์ อยู่เลขที่ 31 หมู่ 11 (บ้านป่าม่วง) ต.ท่าพล อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์

ลักษณะทั่วไป

ใบถี่และเล็ก ใบหนาสีเขียวเข้ม มองเผินๆเหมือนใบมะขามเปรี้ยว ลักษณะทรงพุ่มคล้ายพันธุ์น้ำผึ้งมาก ลำต้นคล้ายสีทอง คือสีเปลือกค่อนข้างขาว มีลายแตกตามยาวละเอียดกว่าสีทอง ฝักค่อนข้างตรง แต่ฝักสั้นกว่า และมองเห็นเป็นข้อปล้องชัดกว่าพันธุ์ศรีชมภู รสชาติคล้ายกัน อาจด้อยกว่าพันธุ์ศรีชมภูนิดหน่อย ออกดอกต้นเดือนพฤษภาคม และสุกแก่เก็บได้ราวๆ ต้นมกราคม ความดกเกือบจะพอๆกับพันธุ์น้ำผึ้ง ซึ่งนับว่าเป็นพันธุ์ที่ดกมาก ผลผลิตเฉลี่ย 50 กก. / ต้น (อายุ 6 – 7 ปี)

พันธุ์น้ำผึ้ง

เข้าใจว่ากลายพันธุ์มาจาก "หมื่นจง" หรือไม่ก็ "พันธุ์ปากดุก"

ลักษณะทั่วไป

เปลือกลำต้นสีน้ำตาลค่อนข้างดำ ใบเล็กสีเขียวเข้ม (สีเข้มกว่าใบของพันธุ์อื่นๆ) ปริมาณใบมากและทึบกว่ามะขามหวานทุกพันธุ์ ทรงพุ่มดีมาก เป็นทรงกลมไม่สูงนัก ประมาณ 3 – 5 เมตร เหมาะแก่การบำรุงรักษาและเก็บเกี่ยว ลักษณะฝักโค้งงอเช่นเดียวกับหมื่นจง บางฝักโค้งกลมเลยก็มี แต่ส่วนมากฝักโค้งเป็นวงม้อง จึงจัดอยู่ในประเภทฝักโค้งเล็ก เพราะฝักเล็กกว่าหมื่นจงให้ผลผลิตต่อต้นต่อไร่สูงมาก เนื่องจากดก ทั้งดกไม่เว้นปี รสชาติคล้ายน้ำผึ้งหวานเข้มข้น จึงเรียกว่า "พันธุ์น้ำผึ้ง" เนื้อสีน้ำตาลเข้มค่อนข้างฉ่ำ น้ำหนักอัตราเนื้อต่อเมล็ดเท่ากับ 1 : 1 เปลือกหนาเก็บไว้ได้นาน ความหวานประมาณ 12 – 15 ซีซีเอส. (เครื่องวัดความหวานของอ้อย) ขณะที่ฝักอ่อนอยู่รสชาติจะออกเปรี้ยวฝาด ฝักระยะคาบหมูรสชาติเปลี่ยนเป็นหวานเนื่องจากมะขามหวานพันธุ์น้ำผึ้งเป็นพันธุ์เบา ช่วงการออกดอกจะออกดอกก่อนพันธุ์อื่นๆ เล็กน้อย แต่ฝักจะแก่เร็วคือเก็บฝักแก่ได้ราวๆ ปลายเดือนพฤศจิกายน ต้นธันวาคม เพราะว่าเป็นพันธุ์เบาและดกทุกปีนี้เอง จึงเหมาะที่ปลูกเป็นการค้าต้นใหญ่ๆ ให้ผลผลิตฝักเพิ่มขึ้นทุกปีๆ ละ 10 กิโลกรัมเป็นอย่างต่ำ อายุ 6 – 7 ปีขึ้นไปให้ผลผลิตฝักประมาณ 50 กิโลกรัม และถ้าบำรุงดีอาจให้ผลผลิตฝักถึง 100 กิโลกรัมต่อต้น (มะขามหวาน,ฐานเกษตรกรรม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดการสูญเสียของมะขามหวานในระหว่างการเก็บรักษา (ยุทธพงศ์, 2539)

โดยทั่วไปแล้วมะขามหวานจัดเป็นผลไม้ที่สามารถเก็บไว้ได้นานพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ นับเป็นข้อดีของผลไม้ชนิดนี้เพราะช่วยให้ชาวสวนผู้ปลูกมีอำนาจต่อรองในเรื่องราคาได้มากขึ้น เนื่องจากไม่จำเป็นต้องรีบจำหน่ายออกไปภายหลังที่เก็บมาจากต้นแล้ว อย่างไรก็ตาม มะขามหวานก็ยังคงมีตัวการที่ก่อให้เกิดความสูญเสียขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาด้วยกัน 2 อย่าง คือ การเข้าทำลายของแมลงและการเกิดเชื้อรา

แมลง เป็นตัวการที่สร้างความเสียหายให้กับมะขามหวานอย่างมาก และยากต่อการกำจัดหรือทำลาย ซึ่งได้แก่ ผีเสื้อกลางคืน(Citripestis Saqitiferella Moore), ด้วงขาใหญ่ (Carydedon gonagra Fabriciuos),ด้วงหนวดยาว(Perissus lactus Lameere) และ ด้วงงวง (Calandra linearis Herbst) เป็นต้น

เชื้อรา เป็นตัวการที่สร้างความเสียหายให้กับมะขามหวานอีกอย่างหนึ่ง มักเกิดขึ้นในขณะอากาศมีความชื้นสูง เช่น เกิดฝนตกขึ้นในช่วงที่จะเก็บเกี่ยวมะขามหวาน หรือเกิดจากการนำเอามะขามหวานไปกองรวมกันในห้องที่อับชื้น การถ่ายเทอากาศไม่ดี อย่างไรก็ตาม การป้องกันหรือควบคุมเชื้อราสามารถทำได้ง่ายกว่าแมลง เพียงแต่ลดความชื้นภายในฝักของมะขามหวานลงโดยการผึ่งแดด การนึ่งไอน้ำ หรือการอบด้วยไอร้อน ก็สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราได้แล้ว

2.2.1 การเก็บรักษา

จากความพยายามต้องการเก็บรักษามะขามหวานให้ได้มากขึ้น และให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด เกษตรกรผู้ปลูกมะขามหวานจึงได้พยายามหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อที่จะใช้กำจัดแมลงและควบคุมการเจริญของเชื้อราในมะขามหวาน รวมทั้งการศึกษาและพัฒนาวิธีการเก็บรักษาของนักวิชาการหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีการนำเอาความรู้และวิทยาการสมัยใหม่มาประยุกต์ร่วมใช้ด้วย ทำให้เกิดวิธีการปฏิบัติเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะขามหวานให้ได้นานขึ้นหลายวิธีด้วยกัน

1.การนึ่งด้วยไอน้ำ (ลังถึง) วิธีการนี้เป็นที่นิยมและมีการใช้กันมากที่สุดวัสดุที่ใช้เป็นของใช้ในชีวิตประจำวันอยู่แล้ว ซึ่งได้แก่ เตาหุงต้มอาหารที่ใช้ถ่านและลังถึงสำหรับนึ่งอาหาร ทำโดยนำเอามะขามหวานที่เก็บจากต้นแล้วไปผึ่งแดด 1 วัน แล้วนำไปบรรจุลงในลังถึง ต้มน้ำให้เดือดเสียก่อนจึงทำการนึ่ง ใช้เวลานึ่งนานประมาณ 5 – 8 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์มะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หวานที่นำมานึ่งเป็นพันธุ์ที่มีเปลือกหนาหรือบางเพียงใด อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่ใช้นึ่งนี้เกษตรกรแต่ละรายอาจใช้ระยะเวลานึ่งแตกต่างกันขึ้นกับประสบการณ์ ภายหลังการนึ่งต้องนำมะขามหวานไปผึ่งแดดต่ออีกประมาณครึ่งวัน เพื่อให้เปลือกของมะขามหวานแห้งสนิทดีเสียก่อนจึงนำไปบรรจุในภาชนะสำหรับวางจำหน่ายต่อไป การนึ่งด้วยไอน้ำสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราและทำลายแมลงประเภทผีเสื้อกลางคืนของมะขามหวานได้ แต่ไม่อาจทำลายแมลงปีกแข็งบางชนิดได้ เนื่องจากมักอาศัยอยู่ภายในเม็ดของมะขามหวาน และความร้อนไม่อาจกระจายเข้าไปได้ทั่วถึง วิธีการนึ่งด้วยไอน้ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของมะขามหวานออกไปได้อีกระยะหนึ่ง

2.การอบด้วยไอร้อน วิธีการนี้ได้มีเกษตรกรผู้ปลูกมะขามหวานของจังหวัดเลยคิดประดิษฐ์ตู้อบไอร้อนสำหรับอบมะขามหวนขึ้นมาใช้ โดยใช้ลมเป่าผ่านแผ่นเหล็กที่เผาไฟให้ร้อนด้วยแก๊สหุงต้มอาหาร หมุนเวียนลมริ้นให้กระจายไปทั่วทั้งตู้และควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ 70 – 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบนานประมาณ 50 นาที ต่อมา กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้ช่วยออกแบบสร้างตู้อบมะขามหวานและผลไม้ชนิดอื่น ๆ ด้วย โดยปรับปรุงระบบการหมุนเวียนความร้อนให้มีการกระจายดีขึ้นกว่าเดิมและควบคุมอุณหภูมิให้เที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น วิธีการอบด้วยไอร้อนนี้สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราและกำจัดแมลงที่ติดมาในมะขามหวานได้เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงนำมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะขามหวานให้ได้นานขึ้นอีกระยะหนึ่ง แต่ไม่สามารถทำลายแมลงให้หมดสิ้นไปได้ สำหรับการอบด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ จะมีผลทำให้เนื้อของมะขามหวานมีความกระด้างและมีรสชาติเปลี่ยนแปลงไป

3.การอบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการนำพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เกษตรกรสามารถสร้างตู้อบขึ้นใช้ได้เองโดยใช้เหล็กฉากทำเป็นโครงรูปสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 48 x 96 x 20 ลูกบาศก์นิ้ว (กว้าง x ยาว x สูง) บุด้านล่างและด้านข้างของตู้ด้วยกระดาษอัดชานอ้อย ด้านในทาสีดำเพื่อให้ดูดซับความร้อนได้ดี ด้านบนปิดด้วยพลาสติกใสอย่างหนา พื้นด้านล่างให้วางตะแกรงโดยยกให้สูงจากพื้นของตู้ประมาณ 1 –2 นิ้ว เจาะรูเล็ก ๆ ที่กระดาษอัดชานอ้อยที่บุด้านข้างใกล้ขอบบนสุดและขอบล่าง เพื่อให้อากาศหมุนเวียนพาความชื้นออกไปได้ นำมะขามหวานใส่ลงในตู้โดยวางเรียงบนตะแกรงให้กระจายทั่วทั้งตู้ ปล่อยให้ผึ่งแดดเป็นเวลาประมาณ 1 – 2 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพของมะขามหวาน จากนั้นนำมะขามหวานออกจากตู้ใส่ถุงพลาสติกขนาด 25 x 29 ตารางนิ้ว ปิดปากถุงให้สนิทและปล่อยให้ผึ่งแดดต่อไปอีก 1 วัน จึงนำออกมาวางผึ่งลมให้เปลือกแห้งสนิทดีเสียก่อน แล้วนำไปบรรจุภาชนะเพื่อจำหน่ายต่อไป วิธีการอบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถช่วยแก้ปัญหาที่เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเชื้อราอย่างได้ผลและลดความเสียหายจากแมลงได้ด้วย แม้ว่าจะไม่สามารถทำลายให้หมดสิ้นไปได้ก็ตาม

4.การอบด้วยตู้อบไมโครเวฟ เป็นวิธีการนำเอาตู้อบอาหารสมัยใหม่มาใช้อบมะขามหวานเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากแมลงและเชื้อรา วิธีการอบทำได้ง่ายและสะดวก แต่เกษตรกรต้องลงทุนซื้อตู้อบไมโครเวฟซึ่งมีราคาสูงพอสมควร วิธีการอบ จะนำมะขามหวานวางบนจานของตู้อบ และอบนานประมาณ 7 – 8 นาที การอบมะขามหวานแต่ละครั้งจะต้องหยุดเครื่องเมื่ออบไปได้ครึ่งเวลาเพื่อทำการสับเปลี่ยนเอามะขามหวานที่อยู่ด้านล่างขึ้นมาแทน เพื่อให้มะขามหวานได้รับคลื่นไมโครเวฟอย่างทั่วถึง มะขามหวานที่เอาออกจากตู้อบไมโครเวฟใหม่ ๆ ต้องปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นลงเสียก่อน จึงนำไปบรรจุกล่องหรือถุงพลาสติกเพื่อวางจำหน่ายต่อไป วิธีการอบด้วยตู้อบไมโครเวฟสามารถช่วยกำจัดแมลงได้บางส่วนและควบคุมการเจริญของเชื้อราได้เป็นอย่างดี เพราะการอบตู้ไมโครเวฟจะมีผลให้ความชื้นภายในฝักมะขามหวานลดลงจนเชื้อราไม่สามารถเจริญได้ อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ไม่สามารถทำลายแมลงที่ติดมาในฝักมะขามหวานได้หมดสิ้น เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากคลื่นไมโครเวฟมีการกระจายไม่ทั่วถึง มะขามหวานที่อบด้วยไมโครเวฟอาจมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน บริเวณที่ถูกไมโครเวฟมากเกินไปอาจมีเนื้อสัมผัสแข็งกระด้างหรือบางครั้งมีกลิ่นไหม้อยู่ด้วย

5.การเก็บในห้องเย็น เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้เก็บรักษามะขามหวานไว้จำหน่ายนอกฤดูกาลอย่างได้ผล วิธีนี้เป็นการผสมผสานกันระหว่างวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำกับหารใช้ความเย็น โดยก่อนการเก็บในห้องเย็นจะต้องนำมะขามหวานไปนึ่งด้วยไอน้ำประมาณ 5 นาที แล้วนำไปผึ่งแดดอีกประมาณครึ่งวันเพื่อลดความชื้นของมะขามหวานลง จากนั้นจึงนำไปเก็บในห้องเย็น (อุณหภูมิประมาณ 0 – 2 องศาเซลเซียส) เมื่อต้องการจะนำออกไปจำหน่าย ให้นำมะขามหวานออกจากห้องเย็นไปนึ่งไอน้ำอีกครั้งหนึ่งแล้วนำไปผึ่งแดดให้เปลือกแห้งดีเสียก่อน จากนั้นจึงนำไปบรรจุถุงพลาสติกหรือกล่องเพื่อวางจำหน่าย ข้อดีของการเก็บรักษามะขามหวานในห้องเย็น คือ สามารถรักษาสีของเนื้อมะขามหวานให้ดูเหมือนสดอยู่เสมอ คือ สีไม่คล้ำหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม แม้ว่าจะเก็บรักษาเป็นเวลานาน ๆ ก็ตาม

6.การฉายรังสีแกมมา รังสีแกมมาเป็นพลังงานรูปหนึ่ง มีลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นสั้นและมีอำนาจทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูง สามารถทำลายเชื้อโรคและแมลงที่ปนเปื้อนมากับอาหารได้และไม่ก่อให้เกิดสารรังสีขึ้นในอาหาร ในปี พ.ศ. 2536 – 2537 กลุ่มงานถนอมอาหาร กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สำนักงานพลังปรมาณูเพื่อสันติ ได้ศึกษาวิจัยการใช้รังสีเพื่อลดการสูญเสียของมะขามหวานในการเก็บรักษา ผลการวิจัยพบว่า ถ้านำมะขามหวานไปผึ่งแดดอย่างน้อย 1 วัน แล้วนำไปบรรจุกล่องพลาสติกที่ป้องกันแมลงไม่ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปได้อีก นำไปฉายรังสีประมาณ 1 กิโลเกรย์ สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราและกำจัดแมลงที่ติดมาได้หมดสิ้น นอกจากนี้มะขามหวานที่ผ่านการฉายรังสีสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 8 เดือน โดยยังมีรสชาติเป็นที่ต้องการของผู้ชิม ในปี พ.ศ. 2538 คณะกรรมการอาหารและยา (อย.) อาศัยอำนาจตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 103 (พ.ศ. 2529) อณุญาตให้มะขามหวานฉายรังสีและจำหน่ายแก่ประชาชนเพื่อการบริโภคได้

2.2.2 การแปรรูปมะขามหวาน (จตุพล และคณะ, 2542)

การแปรรูปมะขามหวานมักทำเป็นงานเสริมรายได้จากอาชีพหลัก การแปรรูปมะขามหวานหรือมะขามกลายพันธุ์ทำได้หลายอย่างดังนี้

1. *มะขามแกะเปลือก* เป็นมะขามหวานที่แกะเปลือกที่หุ้มเนื้อมะขามออกแล้วนำมาบรรจุ ภาชนะ แล้วนำออกจำหน่าย
2. *มะขามคลุก* มะขามที่จะใช้ทำนั้นเป็นมะขามหวานอมเปรี้ยว นำมะขามหวานที่แกะเปลือกแล้ว มาผสมกับน้ำตาล เกลือ และพริก ในอัตราส่วนที่พอเหมาะสม ขึ้นอยู่กับการชิมรสของผู้ทำว่าจะให้ออกรสไหน ซึ่งเป็นการคลุกด้วยมือ เมื่อคลุกเสร็จก็นำไปบรรจุและจำหน่ายได้
3. *มะขามแก้ว* เป็นมะขามเปรี้ยว (มะขามเปียก) โดยนำมากวนและผ่านขั้นตอนต่าง ๆ โดยใช้ส่วนผสมที่สำคัญ คือ น้ำตาล เกลือ และพริก ซึ่งส่วนผสมจะให้รสชาติแตกต่างไปตามส่วน
4. *มะขามกวน* นำมะขามมาแช่น้ำคั้นเอาเนื้อมะขาม จากนั้นนำเนื้อมะขามมาเคี่ยว เพื่อใส่ส่วนผสมต่าง ๆ (มะขามเปรี้ยว,กะทิ,น้ำตาล,นมข้นหวาน และเกลือ) เมื่อเคี่ยวเสร็จจึงนำมาทำเป็นแท่ง เพื่อห่อด้วยพลาสติกแล้วนำออกจำหน่ายต่อไป
5. *มะขามแช่อิ่ม* ทำโดยการนำฝักมะขามดิบ ซึ่งเป็นมะขามเปรี้ยวมาดำเนินขั้นตอนต่าง ๆ คือ การลวกน้ำร้อน แช่น้ำปูน ตากแดด แช่น้ำตาล ตากแดด อบน้ำผึ้ง ซึ่งเป็นการใช้เวลาและกรรมวิธีที่ค่อนข้างซับซ้อน เมื่อเสร็จแล้วจึงนำมาบรรจุกล่องพลาสติกใส แล้วนำออกจำหน่ายต่อไป

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปที่กล่าวมา ปัจจุบันมีการทำกันน้อย ส่วนใหญ่มักจะทำกันเป็นบางช่วงเวลา เช่น ตอนปลายปี อย่างไรก็ตามหากผู้บริโภคหันมานิยมบริโภคผลิตภัณฑ์ประเภทนี้กันมากขึ้น ก็จะมีความเป็นไปได้ในการผลิตแบบอุตสาหกรรมและทำการส่งเสริมทางด้านการตลาดควบคู่กันไป เพื่อเป็นแหล่งรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกมะขามได้อีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎี

2.3.1 ทฤษฎีความชื้น (จตุพล และคณะ,2542)

Jason (1992) ได้ให้นิยามไว้ว่า ความชื้น หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารหรือวัสดุใดๆ มักกำหนดเป็นอัตราร้อยละของน้ำหนักต่อน้ำหนักของวัสดุ กำหนดไว้ 2 แบบ คือแบบมาตรฐานเปียก (wet basis) และแบบมาตรฐานแห้ง (dry basis)

1. *ปริมาณความชื้นแบบมาตรฐานเปียก (wet basis)*

เป็นอัตราร้อยละของน้ำต่อน้ำหนักทั้งหมดของวัสดุ คำนวณได้จาก

$$\% \text{ ความชื้นมาตรฐานเปียก} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำในวัสดุ} * 100}{\text{น้ำหนักของวัสดุทั้งหมด}}$$

2. *ปริมาณความชื้นแบบมาตรฐานแห้ง (dry basis)*

เป็นร้อยละของน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักวัสดุที่แห้ง คำนวณได้จาก

$$\% \text{ ความชื้นมาตรฐานแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำในวัสดุ} * 100}{\text{น้ำหนักของวัสดุที่แห้ง}}$$

2.3.2 ทฤษฎีคุณสมบัติของอากาศ-น้ำ (จตุพล และคณะ,2542)

สมบัติ ขอทวีวัฒนา (2529) ได้ให้นิยามต่าง ๆ ไว้ดังนี้

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) หมายถึง อุณหภูมิของอากาศซึ่งสามารถวัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์โดยตรง ค่าที่อ่านได้จะเป็นอุณหภูมิของอากาศแบบอุณหภูมิกระเปาะแห้ง

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) หมายถึง อุณหภูมิของอากาศโดยการวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดาแต่ตรงปลายหลอดแก้วที่เป็นกระเปาะบรรจุปรอทห่อหุ้มด้วยผ้าชุบน้ำดังนั้นอุณหภูมิที่อ่านได้จะเป็นอุณหภูมิของน้ำที่ห่อหุ้มกระเปาะโดยปรอทภายในหลอดแก้วจะลดลงอย่างรวดเร็วตามอุณหภูมิของน้ำที่ห่อหุ้มปรอท และจะต้องอ่านอุณหภูมิทันที โดยปกติแล้วค่าอุณหภูมิของกระเปาะเปียก จะอ่านค่าได้ต่ำกว่าค่าของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง เนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกนั้นมีผ้าชุบน้ำหุ้มอยู่ ไอน้ำจากถุงผ้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่รอบ ๆ กระเปาะเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงจะระเหยออกมา ซึ่งไอน้ำที่ระเหยออกมารอบ ๆ กระเปาะนี้จะทำให้ปรอทเย็นลง ทำให้ค่าอุณหภูมิที่อ่านโดยอุณหภูมิกระเปาะเปียกมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ซึ่งความแตกต่างระหว่าง 2 ค่านี้ จะมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำในอากาศด้วยถ้าไอน้ำในอากาศมีมากอัตราการระเหยของน้ำในอากาศได้มาก อัตราการระเหยของน้ำจากถุงผ้าจะสูง ทำให้ค่าที่อ่านได้แตกต่างกันมากขึ้น แต่ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเป็น 100 % อุณหภูมิแบบกระเปาะเปียกจะมีค่าเท่ากับกระเปาะแห้ง เนื่องจากสภาพดังกล่าวอากาศไม่สามารถดูดซึมความชื้น หรือ ไอน้ำได้อีกแล้ว ทำให้การระเหยของไอน้ำจากถุงผ้าไม่มีจึงอ่านอุณหภูมิได้เท่ากัน

2.3.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความชื้นสมดุล

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน เช่น เมล็ดพืชไปวางไว้ในอากาศที่มีสภาวะคงที่คือมี อุณหภูมิ และ ความชื้นสัมพัทธ์คงที่ผลิตภัณฑ์นั้นอาจจะคายความชื้นให้กับอากาศ (desorption) หรือ ดูดซับความชื้นจากอากาศ (adsorption) ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของอากาศและเมื่อวางไว้เป็นเวลานาน ๆ ผลิตภัณฑ์นี้จะมีความชื้นคงที่ค่าหนึ่งเรียกว่าความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content, EMC) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะสมดุลนั้นอัตราการสูญเสียความชื้นจากผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศรอบ ๆ มีค่าเท่ากับ อัตราการได้รับความชื้นจากอากาศ รอบ ๆ หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าในขณะที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะสมดุลนั้นความดันไอที่ผิวของผลิตภัณฑ์จะมีค่าเท่ากับความดันไอของอากาศรอบ ๆ

2.3.4 หลักการอบแห้ง (Principle of Drying) (ปิยฉัตร และคณะ, 2542)

การอบแห้งอาหารโดยทั่ว ๆ ไป อาศัยหลักการที่ว่าปริมาณน้ำหรือความชื้นที่มีในอาหารสูง ๆ จะทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย ทั้งเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดแล้วจะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น การอบแห้งเป็นวิธีที่ใช้กันมากในการถนอมอาหารเป็นระยะเวลานาน การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะช้ามาก ถ้าปริมาณความชื้นต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้เป็นเวลานานโดยไม่เสีย(เพ็ญพรรณ,2532) ทั้งนี้หลักการอบแห้งอาหารจะเกี่ยวเนื่องกับจุดประสงค์ของการอบแห้ง ซึ่งการอบแห้งอาหารทั่ว ๆ ไป จะมีจุดประสงค์หลักอยู่ 2 ประการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหาร เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ จากการศึกษาพบว่าปริมาณความชื้นในอาหารที่จะป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปควรจะดึงน้ำออกจนมีปริมาณต่ำกว่า ร้อยละ 10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเป็นสำคัญ
2. เพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหาร เพื่อสะดวกต่อการขนส่งเนื่องจากการขนส่งผลิตภัณฑ์บางชนิดในสภาพของสดจะกินเนื้อที่และการดูแลรักษาลำบาก โดยเฉพาะพวกนมสด ถ้าทำเป็นนมผงจะทำให้น้ำหนักเบาขึ้น การบรรจุ ขนส่งก็สะดวกและประหยัด ในการอบแห้งอาหารทั่ว ๆ ไปพบว่าอาหารแห้งที่ได้มีน้ำหนักลดไปมาก

การกล่าวว่า อาหารที่มีปริมาณน้ำต่ำ ๆ จะเก็บรักษาได้นานกว่านั้น จะสัมพันธ์อยู่กับลักษณะการเกิดการเน่าเสียของอาหาร อาหารส่วนใหญ่จะเน่าเสียเนื่องจากชื้อจุลินทรีย์เป็นสำคัญ เนื่องจากจุลินทรีย์มีอยู่ทั่ว ๆ ไปทั้งในดิน น้ำ และอากาศ ดังนั้น โอกาสที่จุลินทรีย์จะสัมผัสกับอาหารก็มีมาก แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ทุกชนิดจะมีความสามารถในการดำรงชีพหรือเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำในปริมาณที่เหมาะสม

2.3.5 ผลของการอบแห้งต่อปัจจัยต่าง ๆ ของอาหาร

2.3.5.1 อิทธิพลของการทำแห้งต่อคุณค่าทางอาหาร

ในขบวนการทำแห้งโดยทั่ว ๆไป น้ำในอาหารจะระเหยออกไปหรือความชื้นในอาหารลดลง ดังนั้นปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารแห้งเมื่อเทียบต่อน้ำหนักแล้วพบว่า อาหารแห้งจะมีความเข้มข้นของอาหารเพิ่มขึ้น เช่น โปรตีน แป้ง และไขมัน ดังตารางที่ 2.1 (ปิยฉัตรและคณะ,2542)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบเปรียบเทียบของสดกับของแห้งคิดเป็นร้อยละ

องค์ประกอบ	เนื้อวัว		ถั่ว	
	สด	แห้ง	สด	แห้ง
โปรตีน	120	55	7	25
ไขมัน	10	30	1	3
คาร์โบไฮเดรต	1	1	17	65
ความชื้น	28	16	74	5
เถ้า	1	4	1	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.1.1 อิทธิพลของการทำแห้งต่อโปรตีน

โดยลักษณะธรรมชาติของโปรตีนแล้ว ถ้าได้รับความร้อนสูงนาน ๆ จะทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติไป (denature) ดังนั้นคุณค่าทางอาหารของโปรตีนจะเหลืออยู่มากหรือน้อยแค่ไหนก็ขึ้นกับวิธีการทำให้แห้ง กล่าวคือ การเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอบแห้งแต่ละประเภท จะช่วยให้คุณค่าของโปรตีนคงอยู่มากขึ้น ถ้าใช้วิธีที่ต้องใช้ความร้อนสูงและนานจะทำให้ร่างกายได้โปรตีนไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

2.3.5.1.2 อิทธิพลของการทำแห้งต่อไขมัน

ไขมันในอาหารทั่ว ๆ ไปจะไปเป็นตัวทำให้อาหารนั้นเหม็นหืน ยิ่งมีไขมันสูงและอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเหม็นหืนได้เร็วขึ้น ดังนั้นการทำแห้งจึงต้องคำนึงถึงการเหม็นหืนของอาหารแห้งที่ได้ยิ่งถ้าเป็นอาหารที่มีไขมันสูง ควรหลีกเลี่ยงวิธีการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูง อาจใช้การทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ๆ หรือภายใต้สภาวะสุญญากาศ หรืออาจใช้สารเคมีบางอย่างป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) โดยใช้สารป้องกันการออกซิไดซ์ (antioxidant) เช่น BHT (Butylated Hydroxy Toluene) เป็นต้น

2.3.5.1.3 อิทธิพลของการทำแห้งต่อคาร์โบไฮเดรต

แป้งและน้ำตาลในอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญเมื่อได้รับความร้อนสูงในช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning) โดยเฉพาะในพวกผลไม้จะเกิดการเปลี่ยนสีในขณะทำแห้ง จากปฏิกิริยา Enzymatic browning หรือ caramelization ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาของพวก reducing sugar กับพวกกรดอินทรีย์ทำให้สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นในอาหารที่มีความชื้นตั้งแต่ 1.30%

2.5.3.2 อิทธิพลของการทำแห้งต่อเชื้อจุลินทรีย์

ความชื้นที่มีในอาหารสูง ๆ จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั่วไป ดังนั้นการเก็บอาหารในสภาพสดหรือแห้งไม่พอจึงมีโอกาสที่จะเน่าเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย อย่างไรก็ตามเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ จะเจริญได้จะต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยเฉพาะความชื้น ดังนั้น พวกแบคทีเรียและยีสต์ จะเจริญได้ที่ความชื้นสูง ๆ คือ มีความชื้นมากกว่า 30% ขึ้นไป แต่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ในที่ที่มีความชื้นน้อยกว่า 12% ดังนั้นอาหารแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ทำหารลดความชื้นจนเหลือน้อยกว่า 10% จึงสามารถเก็บไว้ได้นาน ถ้าบรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่ดี และเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

2.5.3.3 อิทธิพลของการทำแห้งต่อเอนไซม์

ในการทำอาหารแห้งจะมีเอนไซม์หลายตัว ที่จะมีผลต่ออาหารแห้งที่ได้โดยเฉพาะในแง่ของการเก็บรักษาและคุณภาพอาหารแห้งที่ได้ มีเอนไซม์ที่สำคัญ 2 ตัว คือ Catalase และ Peroxidase ซึ่งเป็นตัวที่ทนความร้อนได้สูง ดังนั้นในการทำอาหารแห้งจึงใช้เอนไซม์ 2 ชนิดนี้เป็นตัวบ่งชี้ (indicator) สำหรับการทดสอบว่ายังมีความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ (enzyme activity) เหลืออยู่ในอาหารแห้งหรือไม่ ลักษณะการทำงานของเอนไซม์โดยทั่ว ๆ ไป ขึ้นอยู่กับความชื้น เมื่อความชื้นของอาหารลดลงความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ก็ลดลงด้วย โดยทั่วไปเอนไซม์จะหยุดการทำงานอย่างสิ้นเชิงถ้าให้ความร้อนใกล้จุดเดือดของน้ำ แต่มีเอนไซม์บางชนิดสามารถทนทานได้ แต่ถ้าใช้ความร้อนชื้น 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที พบว่าเอนไซม์ลดลงด้วย โดยทั่วไปเอนไซม์จะหยุดการทำงานอย่างสิ้นเชิง นอกจากนั้นในอาหารแห้งที่ทำให้ความชื้นลดต่ำกว่า 1% พบว่าความสามารถในการทำงานของเอนไซม์จะไม่มีเหลืออยู่เลย

2.3.6 การเปลี่ยนแปลงของอาหารจากกระบวนการทำแห้ง

2.3.6.1 การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในอาหาร

ตัวถูกละลายซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำในอาหารจะมีการเคลื่อนที่ในระหว่างการทำแห้ง เนื่องจากน้ำภายในอาหารซึ่งเป็นตัวทำละลายขององค์ประกอบเหล่านี้เกิดการเคลื่อนที่ย้ายตำแหน่ง จึงพาองค์ประกอบเหล่านี้ให้เคลื่อนที่ไปด้วย เมื่อนำอาหารมาทำแห้งด้วยลมอุ่น การหดตัวของชิ้นอาหารที่ผิวจะทำให้ส่วนของอาหารที่อยู่ภายในเกิดแรงอัด ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลของของเหลวจากภายในออกมาสู่ภายนอก ลักษณะการยอมให้ผ่านของผนังเซล (Cell permeability) ในเนื้อเยื่ออาหารจะเป็นตัวกำหนดการไหลของน้ำจากภายในสู่ภายนอก ขณะที่น้ำเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวเพื่อการระเหยนั้น ก็จะพาเอาตัวถูกละลายออกมาด้วย เมื่อน้ำระเหยออกไปจากผิว ตัวถูกละลายจะตกค้างอยู่ที่ผิว ทำให้ที่ผิวนอกมีปริมาณตัวถูกละลายมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42381

กว่าภายใน ในขณะเดียวกันจะเกิดกลไกอีกอย่างหนึ่งซึ่งตรงกันข้าม คือ ในขณะที่ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่ผิวมากกว่าความเข้มข้นภายใน จะเกิดการแพร่ของตัวถูกละลายนี้จากด้านนอกเข้าไปสู่ด้านในด้วยทิศทางตรงกันข้ามกับกรณีแรก ในการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบนี้ การที่จะเกิดการเคลื่อนที่แบบใดมากกว่านั้นจะขึ้นกับสมบัติเฉพะตัวของอาหารและสภาวะในการทำแห้ง แต่โดยทั่วไปแล้ว มักจะเกิดการเคลื่อนที่แบบแรกมากกว่า การที่ตัวถูกละลายเคลื่อนที่ออกมาอยู่ที่ผิวของชิ้นอาหารมากเกินไปอาจเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการทำแห้ง ในกรณีนี้จะทำให้เกิดลักษณะแห้งแข็งที่ผิวที่เรียกว่า "เคสฮาร์ดเดนนิ่ง"(Case Hardening) กลไกการเกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ยังไม่รู้แน่ชัด แต่คาดว่า หนึ่งในหลายปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุ คือ การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย และการใช้อุณหภูมิการทำแห้งที่สูงเกินไป ลักษณะผิดปกติที่พบ คือ ที่ผิวของอาหารด้านนอกจะมีลักษณะเหมือนกับอาหารนั้นแห้งแล้ว แต่ถ้าดูภายในจะพบว่าอาหารนั้นยังมีความชื้นสูงอยู่ บางครั้งผิวด้านนอกที่แห้งจะมีลักษณะเหนียวเป็นยาง (gummy) ใส(glassy) หรือมีลักษณะคล้ายหนัง(leathery) โดยมากการเกิดลักษณะแห้งแข็งที่ผิวนี้ จะเกิดขึ้นในการทำแห้งผลไม้ เนื้อสัตว์ และปลา แต่ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่นอนว่า ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อใช้สภาวะอบแห้งเช่นใดหรือจะเกิดกับอาหารชนิดใดบ้าง ถ้าต้องการหลีกเลี่ยงสภาวะเช่นนี้จะควบคุมอุณหภูมิของอาหารอยู่ประมาณ 120 – 130 ^{0}F (49 – 55 ^{0}C) และอุณหภูมิกระเปาะเปียกลดลงไม่เกิน 20 – 30 ^{0}F ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของความชื้นภายในกับภายนอกมากนัก การใช้ลมร้อนขึ้นเพื่อป้องกันการแห้งแข็งที่ผิวนั้น เป็นวิธีที่ไม่ประสบผลสำเร็จมากนัก เพราะความชื้นในอากาศจะทำให้อัตราการทำแห้งลดลง

2.3.6.2 การหดตัวของอาหาร

การทำแห้งทุกแบบยกเว้นการทำแห้งในสภาวะแช่แข็ง จะทำให้เกิดการหดตัวของอาหารมากน้อยต่างกันไปในแต่ละวิธี แม้อาหารที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ก็จะมีการหดตัวด้วย ในช่วงต้นการหดตัวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่ลดลง แต่ในช่วงปลายของการทำแห้ง การหดตัวจะลดลง อาหารจะมีขนาดและรูปร่างคงที่ก่อนที่การทำแห้งจะสิ้นสุด ความโปร่งพรุนของโครงสร้างและ Bulk density ของผักแห้งจะขึ้นกับสภาวะในการทำแห้ง เมื่ออัตราการทำแห้งในตอนต้นสูง ผิวภายนอกของชิ้นอาหารจะแข็ง ปริมาตรจะคงที่อยู่ตัว ขณะที่การทำแห้งดำเนินต่อไป เนื้อเยื่อภายในจะแยกตัวเป็นโครงสร้างที่โปร่ง อาหารที่เกิดการทำแห้งในลักษณะนี้จะมี bulk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

density ต่ำ และคืนรูปได้ง่าย กลับกันถ้าอัตราการทำแห้งในตอนต้นต่ำชิ้นอาหารจะหดตัวทำให้มี bulk density สูง การหดตัวนี้อาจมีผลต่ออัตราการทำแห้งเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิว การป้องกันการหดตัวนี้ อาจทำโดยการควบคุมความดันของบรรยากาศให้มีความดัน 500 – 1,500 psig ด้วยก๊าซต่างๆ เช่น มีเทน ไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ อากาศ ฟรีออน หรือ อีเทน แล้วนำไปแช่แข็ง จากนั้นจึงทำให้แห้งโดยใช้อากาศ ผลิตภัณฑ์จะโปร่งพรุน และไม่หดตัว ก๊าซที่ใช้ถ้าเป็นคาร์บอนไดออกไซด์จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าชนิดอื่น วิธีอื่นที่ช่วยลดการหดตัว คือ ใช้การทำแห้งแบบพัฟ

2.3.6.3 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส

ข้อบกพร่องที่พบมากในด้านการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส คือ เนื้อสัมผัสหลังคืนรูปแข็งหรือเหนียวเกินไป และมีการสูญเสียความชุ่มน้ำ เป็นต้น

เหตุผลทางกายภาพเคมีของการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ยังไม่ทราบแน่ชัด ในกรณีเนื้อเยื่อพืช การสูญเสียความเต่งของเซลและการตกผลึกของโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) อาจเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลง การตกผลึกของโพลีแซคคาไรด์ เช่น แป้ง หรือ เซลลูโลส อาจเกิดจากการลดปริมาณน้ำ ในผลิตภัณฑ์ขนมอบและผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแป้งเป็นหลักชนิดอื่น มักเกิดปฏิกิริยารีโทรเกรเดชั่นควบคู่ไปกับการทำแห้ง ในกรณีเนื้อเยื่อสัตว์ ความนุ่มจะลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะแอกโตไมโอซิน (actomyosin) การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดจากการรวมตัว หรือการเชื่อมข้ามของโปรตีนที่ยังไม่แปรสภาพธรรมชาติ หรือเกิดการแปรสภาพธรรมชาติของโปรตีนก่อนการรวมตัว หรือเกิดจากปฏิกิริยาของโปรตีนทั้งที่แปรสภาพแล้วและยังไม่แปรสภาพธรรมชาติกับไขมันหรือคาร์โบไฮเดรต ส่วนสำคัญที่เกิดการเชื่อมข้ามในแอกโตไมโอซิน คือ ไมโอซิน (myosin) คาดว่าการเชื่อมข้ามเกิดจากพันธะไดซัลไฟด์ (S – S bond) พันธะนี้อาจเกิดขึ้นได้แม้ในสภาวะแช่แข็ง การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสนี้จะพบได้ทั้งในการทำแห้งด้วยอากาศร้อนและการทำแห้งในสภาวะแช่แข็งซึ่งใช้อุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิของการทำแห้งจะเป็นปัจจัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงนี้ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.4 การสูญเสียสารระเหย

เมื่อน้ำระเหยออกจากอาหารจะพาเอาสารระเหยบางส่วนออกไปด้วย ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่ต้องการ ปริมาณการสูญเสียนี้จะขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้และความดันไอของสารแต่ละชนิดที่อุณหภูมินั้น ในอาหารประเภทสารละลายคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตจะเกาะเกี่ยวกันและเก็บกักสารระเหยเอาไว้ภายใน ช่วยให้การสูญเสียสารระเหยลดลง องค์ประกอบของอาหารบางอย่างช่วยดูดซับสารให้กลิ่นรสเอาไว้ได้ด้วยเหมือนกัน

มีการทดลองหาวิธีลดการสูญเสียสารให้กลิ่นรสเหล่านี้ เช่น มีการทดลองใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) หรือสารอื่นเพื่อดูดซับสารระเหยเหล่านี้ไว้จากอากาศร้อนที่ถูกปล่อยออกจากเครื่องอบแห้งแล้วคืนกลับลงไปในผลิตภัณฑ์เพื่อให้คุณภาพดีขึ้น แต่ยังไม่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วไป

2.3.6.5 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบย้อนกลับไม่ได้ ปฏิกิริยานี้บางครั้งเป็นที่ต้องการในอาหารบางชนิด เช่น การเกิดเปลือกสีน้ำตาลของก้อนขนมปัง แต่ในการทำแห้งโดยมากจะถือว่าเป็นข้อบกพร่อง(defect) ด้านคุณภาพที่สำคัญ ถ้าปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นไม่รุนแรงนักจะสังเกตุเห็นเพียงการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นรุนแรงจะมีผลต่อกลิ่นรสและการคืนรูปของผลิตภัณฑ์ด้วย ปฏิกิริยาริยาที่สำคัญที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลนี้มักเป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ด(maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอนิล(carbonyl group) และกลุ่มอะมิโน(amino group) ปฏิกิริยาจะเป็นแบบลูกโซ่ เกิดสารที่มีสีชมพูหรือแดงก่อน และจะเปลี่ยนเป็นโพลีเมอร์สีน้ำตาล ในทางอาหารปฏิกิริยามักเกิดระหว่างน้ำตาลกับโปรตีน ดังนั้น นอกจากจะทำให้ลักษณะปรากฏไม่น่าดูแล้ว ปฏิกิริยานี้ยังก่อให้เกิดการสูญเสียสารอาหารไปในตัวด้วย อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงทันที การเปลี่ยนแปลงมักจะเป็นผลมาจากอุณหภูมิร่วมกับเวลา อาหารที่ไม่ทนอุณหภูมิสูงจะทนอุณหภูมิ 200 ^{0}F (93^{0}C) หรือสูงกว่าได้เพียง 2 – 3 วินาที ท่านั้นโดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่โดยทั่วไปสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิ 120 ^{0}F (49 ^{0}C) เป็นเวลา 8 – 10 ชั่วโมง อัตราเร็วของการเกิดสีน้ำตาลยังขึ้นกับปริมาณน้ำในอาหาร ในสารละลายที่เจือจางมากจะเกิดปฏิกิริยาช้า แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น ปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ริยาจะมีความเร็วสูงสุด เมื่อมีความชื้น 15 – 20 % เมื่อความชื้นลดลงกว่านี้ อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะลดลง ที่ความชื้น 1 – 2 % จะไม่เกิดปฏิกิริยาแม้ว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้น สำหรับอาหารแห้งที่มีความชื้นต่ำมากๆ นี้ลักษณะของคุณภาพอื่นๆ เช่น การเกิดกลิ่นหืนจะเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์มากกว่าการเกิดสีน้ำตาล การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลอาจทำได้โดยใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรืออาจใช้ในรูปของซัลไฟต์(sulfite) และเมตาไบซัลไฟต์ (Metabisulfite) ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ การทำแห้งด้วยอากาศร้อนจากการเผาแก๊สหรือน้ำมัน ถ้าในเชื้อเพลิงมีกำมะถันอยู่อาจทำให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกินปริมาณที่กำหนดได้ จึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ

2.3.6.6 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ

สำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีข้อมูลแสดงการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแห้งต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นกับการเตรียมวัตถุดิบ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ทำแห้ง และสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน การทำแห้งผักผลไม้ การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการจากการเตรียมวัตถุดิบมักจะมากกว่ากระบวนการทำแห้ง จากการติดตามการสูญเสียวิตามินซีในการผลิตแอปเปิลเกล็ด พบว่า การสูญเสียจากการหั่นจะมีค่า 8% จากการลวก 62% จากการบด 10% และจากการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเพียง 5% ระหว่างการทำแห้ง สารละลายของวิตามินที่ละลายน้ำในอาหารจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น สารละลายของวิตามินบางชนิดอาจจะมีความเข้มข้นสูงจนถึงระดับอิ่มตัว และมีวิตามินตกตะกอนออกมา แต่การสูญเสียในลักษณะนี้จะมีน้อย วิตามินบางชนิด เช่น วิตามินซี จะมีการละลายสูงมากและไม่เกิดการตกตะกอน การสูญเสียวิตามินซีจะเกิดจากความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชั่น สภาวะการทำแห้งจึงควรใช้เวลาสั้น อุณหภูมิต่ำ และควบคุมออกซิเจนและความชื้นให้น้อยที่สุด ไทอะมินก็จะมีการสูญเสียเนื่องจากความร้อนเช่นเดียวกัน ส่วนวิตามินที่ละลายน้ำอื่นๆจะทนต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีกว่า และมีการสูญเสียเพียง 5 – 10 % ซึ่งรวมทั้งการสูญเสียจากการลวก วิตามินที่ละลายในน้ำมัน จะไม่ถูกเพิ่มความเข้มข้นเช่นเดียวกับวิตามินที่ละลายน้ำแต่อย่างไรก็ตามการลดปริมาณน้ำลงอาจทำให้ความเข้มข้นของโลหะซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิริยาออกซิเดชั่นเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ วิตามินที่ละลายในไขมันจะเกิดการสูญเสียเนื่องจากปฏิกิริยากับเพอร์ออกไซด์ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของไขมัน การลดการสูญเสียวิตามินเหล่านี้ระหว่างการเก็บจะทำโดยการลดปริมาณออกซิเจน ลดอุณหภูมิเก็บ และป้องกันแสง การทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำนั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อโปรตีน สตาร์ช และคาร์โบไฮเดรตอื่นน้อยมาก แต่เนื่องจากอาหารแห้งซึ่งได้จากกระบวนการนี้จะมีโครงสร้างโปร่งพรุน จึงช่วยให้ออกซิเจนสามารถเข้าไปเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันภายในอาหารได้ดีขึ้น อาหารเหล่านี้จึงมักบรรจุภายในก๊าซเฉื่อยหรือภายในสุญญากาศ การเปลี่ยนแปลงและการสูญเสียของไทอะมิน วิตามินซี และวิตามินอื่นๆจะมีน้อย ส่วนมากการสูญเสียจะเกิดขึ้นในช่วงการเตรียมวัตถุดิบ

2.3.7 วิธีการทำให้ผักและผลไม้แห้ง (ปิยฉัตร และคณะ,2542)

เมื่อผ่านการเตรียม นำผักหรือผลไม้มาเรียงบนถาดหรือตะแกรง อย่าให้แน่นหรือซ้อนกันมากเกินไป แล้วไปทำให้แห้ง ซึ่งอาจใช้เตาอบ (Oven) หรือเครื่องอบแห้งชนิดอื่นที่เหมาะสมกับการทำให้ผักและผลไม้แห้ง

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำให้ผักและผลไม้ให้แห้ง คือ 51.6 – 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเริ่มต้นอาจสูงกว่าที่กำหนดได้ เพื่อช่วยให้ความชื้นออกจากอาหารได้เร็วขึ้น และป้องกันการเกิดรสเปรี้ยวของอาหาร แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำในการทำให้อาหารแห้งจะได้อาหารที่มีคุณภาพดี และรักษาคุณค่าทางวิตามินของอาหารด้วย

เวลาที่ใช้ในการทำแห้งขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ขนาดของชิ้นอาหาร ชนิดของเครื่องทำแห้ง และอุณหภูมิของการทำแห้ง

2.3.8 กระบวนการอบแห้ง (ไอริน และคณะ,2541)

การอบแห้งเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนไปยังผิววัสดุที่ต้องการอบแห้งโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง เช่น การพา การนำ การแผ่รังสี หรือทั้งสามแบบผสมกัน เพื่อทำให้น้ำหรือของเหลวที่อยู่ในเนื้อวัสดุระเหยออกมาอยู่ในรูปความดันไอ โดยความร้อนที่ได้รับคือความร้อนแฝงในการระเหย วัสดุสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในที่มีลักษณะเป็นรูพรุน

ในกระบวนการอบแห้งสามารถแบ่งอัตราการอบแห้งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และอัตราการอบแห้งลดลง ที่ช่วงการอบแห้งคงที่ความชื้นของวัสดุมีค่าสูงกว่าความชื้นวิกฤต ที่ผิวของวัสดุจะมีน้ำเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อผ่านกระแสอากาศไปบนตัววัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

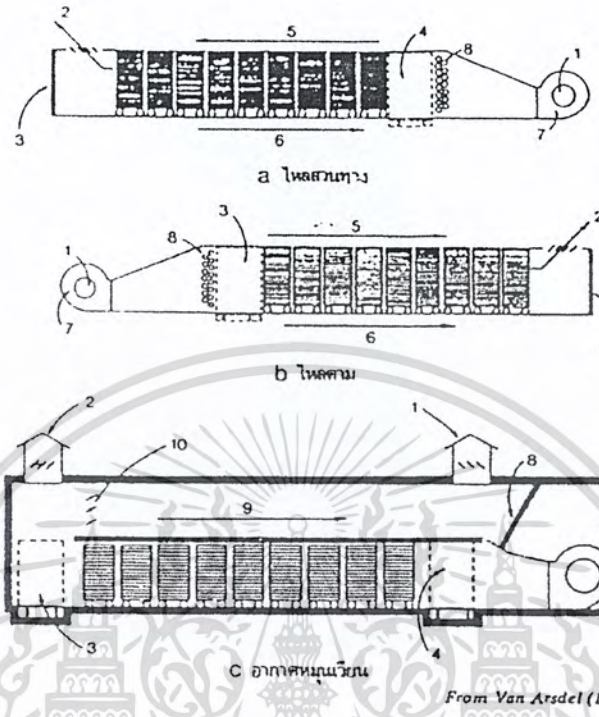
2.3.9 เครื่องอบแห้งแบบถาดอยู่กับที่ (Fixed-Tray Drier)

เครื่องอบแห้งแบบถาดอยู่กับที่เหมาะกับอาหารที่อยู่ในรูปของแข็งที่ไม่สามารถอบแห้งแบบกองรวมกันเป็นปริมาณมาก (Bulk drying) เครื่องอบแห้งแบบนี้แบ่งออกได้เป็นสองชนิด คือ เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (tunnel dryer) และเครื่องอบแห้งแบบตู้ (cabinet dryer) อาหารที่ต้องการอบแห้งเรียงอยู่บนถาดซึ่งวางซ้อนกันโดยมีช่องว่างของอากาศระหว่างถาด (เพ็ญพรรณ, 2532)

เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์

รถเข็นที่บรรจุถาดอาหารอยู่เต็มเคลื่อนที่เข้าอุโมงค์อบแห้งที่ปลายด้านหนึ่งของเครื่องอบแห้ง(ทางเข้า) จำนวนรถเข็นในอุโมงค์ขึ้นอยู่กับขนาดของรถเข็นและความยาวของอุโมงค์ ลมร้อนไหลผ่านช่องว่างของอากาศระหว่างถาดและทำให้อาหารแห้ง เมื่ออาหารบนรถเข็นแห้งดีแล้ว จะเคลื่อนที่ออกที่ปลายด้านตรงข้าม(ทางออก) และรถเข็นที่บรรจุอาหารเปียกจะเคลื่อนที่เข้าแทนที่ที่ทางเข้า อัตราการนำรถเข็นเข้าและออกสอดคล้องกับอัตราการอบแห้ง เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์อาจแบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อนและรถเข็นได้เป็น 2 ชนิด คือ เครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง และเครื่องอบแห้งแบบไหลตาม ในเครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง รถเข็นและลมร้อนมีทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้นอาหารบนรถเข็นใกล้ทางออกจะสัมผัสกับอากาศที่ร้อนที่สุด ส่วนอาหารบนรถเข็นตรงทางเข้าจะสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำแล้ว ทำให้การใช้ความร้อนสัมผัสในอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากอาหารที่แห้งแล้วจะสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นอาจทำให้คุณภาพอาหารลดลงได้ ในเครื่องอบแห้งแบบไหลตาม รถเข็นและลมร้อนมีทิศทางตามกัน อาหารที่แห้งแล้วสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ และอาหารที่ยังเปียกอยู่สัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงมักไม่ค่อยมีปัญหาด้านคุณภาพของอาหารหลังการอบแห้ง แต่การสิ้นเปลืองความร้อนอาจสูงกว่าเครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 เครื่องอบแห้งแบบถาดอยู่กับที่ (Fixed – Tray Drier)

จากรูปที่ 2.1 (a) แสดงแบบเครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทางดังเช่นรูปที่ 2.1 (b) แต่เพิ่มการนำเอาอากาศที่ใช้อบแห้งแล้วมาผสมกับอากาศใหม่ เครื่องอบแห้งแบบนี้อาจมีขนาดสั้นกว่าเครื่องอบแห้งในรูปที่ 2.1 (c) และเพราะไม่ต้องกลัวว่าอากาศหลังอบแห้งแล้วจะยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก

ปัญหาสำคัญในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ คือ การกระจายของลมร้อนในอุโมงค์มักจะไม่ทั่วถึง ทำให้อาหารที่บางจุดแห้งเกินไปหรือชื้นเกินไป ดังนั้นอาจต้องมีตัวช่วยบังคับทิศทางลม เช่น เวนบังคับทิศทางลมหรือบานเกล็ดซึ่งปรับค่าช่องเปิดได้ ทั้งนี้เพื่อให้การกระจายลมร้อนเป็นไปอย่างทั่วถึงตลอดพื้นที่หน้าตัดขวางของอุโมงค์ ในกรณีของบานเกล็ดอาจมีปัญหาในเรื่องของความปั่นป่วน การออกแบบเวนบังคับทิศทางลมที่เหมาะสมจะช่วยในเรื่องของการกระจายลมได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ จำเป็นต้องรู้ชนิดและสภาวะของอาหารที่ต้องการอบแห้ง และสภาวะของลมร้อนที่ใช้เป็นตัวกลางในการอบแห้ง สิ่งที่ต้องการหา คือ ความยาวของอุโมงค์ที่สัมพันธ์กับอัตราการการผลิตอาหารแห้ง โดยนิยาม

$$N_t = (T_i - To) / \Delta T_m \quad (2.1)$$

เมื่อ N_t = เลขหน่วยถ่ายเท (number of transfer units)

T_I = อุณหภูมิอากาศตรงทางเข้าเครื่องอบแห้ง , ^0C

To = อุณหภูมิอากาสตรงทางออกเครื่องอบแห้ง, ^0C

ΔT_m = ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิลมร้อนและอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ตลอดความยาวเครื่องอบแห้ง , ^0C

โดยนิยามเช่นกัน

$$U_v = q / (V\Delta T_m) \quad (2.2)$$

เมื่อ U_v = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเชิงปริมาตร , kJ / h.m^3.^{0}C

q = อัตราการพาความร้อน , kJ / h

V = ปริมาตรของเครื่องอบแห้ง , m^3

แทนค่า q และ V ลงในสมการ (2.2) จะได้ว่า

$$U_V = m_a c_a (T_i - To) / (Al\Delta T_m) \quad (2.3)$$

เมื่อ m_a = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ , kg / h

c_a = ความร้อนจำเพาะของอากาศ , kJ / kg.^{0}C

A = พื้นที่หน้าตัดของเครื่องอบแห้ง , m^2

L = ความยาวของเครื่องอบแห้ง , m

เมื่อแทนสมการ (2.1) ลงในสมการ (2.3) และแทน m_a / A ด้วย G_a จะได้ว่า

$$l / N_t = l' = G_a c_a / U_V \quad (2.4)$$

เมื่อ l' = ความยาวหนึ่งหน่วยถ่ายเท (length of a transfer unit) , m

G_a = ความเร็วเชิงมวลของอากาศ , kg / h.m^2

ในกรณีของลมร้อนไหลขนานกับแผ่นวัสดุ สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนได้จากสมการ

$$h' = c\, G_a^{0.8} \quad (2.5)$$

เมื่อ c คือ ตัวคงที่ และมีค่าระหว่าง 0.07 – 0.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการพาความร้อนสามารถคำนวณได้จาก

$$q = h' A_t n \Delta T_m \quad (2.6)$$

เมื่อ A_t = พื้นที่การถ่ายเทความร้อน (พื้นที่ถาด) , m^2

n = จำนวนถาด

เมื่อแทนค่า h' จากสมการ $h' = c\, G_a^{0.8}$ ลงในสมการ (2.6) จะได้

$$q = 0.07\, G_a^{0.8}\, A_t n \Delta T_m \quad (2.7)$$

ปริมาตรของเครื่องอบแห้งสามารถประเมินได้จาก (โดยคิดว่าปริมาตรของถาดมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับปริมาตรทั้งหมด)

$$V = A_t n b \quad (2.8)$$

เมื่อ b = ระยะห่างระหว่างถาด , m

จากสมการ (2.8) ให้ค่าปริมาตรของเครื่องอบแห้งที่ต่ำกว่าความเป็นจริงเพราะไม่ได้รวมปริมาตรของวัสดุซึ่งวางอยู่บนถาด แทนค่า q จากสมการ (2.7) และ V จากสมการ (2.8) ลงในสมการ (2.3) จะได้ว่า

$$U_V = 0.07\, G_a^{0.8} / b \quad (2.9)$$

เมื่อแทนค่า U_V จากสมการ (2.9) ลงในสมการ (2.3) และสมมติว่า c_a มีค่าประมาณเท่ากับ 1 จะได้ว่า

$$1 / N_t = 1' \sim 14.2\, b\, G_a^{0.2} \quad (2.10)$$

ในการคำนวณนั้นจะเริ่มหา 1' ก่อน จากนั้นจึงหา N_t และสุดท้ายคือหา 1 ส่วนการคำนวณหา ΔT_m นั้นสามารถทำได้ดังนี้

สำหรับส่วนของอุโมงค์ที่ทำการอบแห้งอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ อุณหภูมิของผิววัสดุอบแห้งจะคงที่ตลอดเวลา โดยการใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิแบบลอการิทึมมิค จะสามารถหาค่า ΔT_m ได้จาก

$$\Delta T_m = [(T_0 - T_{VS}) - (T_i - T_{VS})] / \ln[(T_0 - T_{VS}) / (T_i - T_{VS})] \quad (2.11)$$

เมื่อ T_{VS} คือ อุณหภูมิที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำของผิววัสดุ , ^0C

เมื่อแทนค่า ΔT_m จากสมการ (2.11) ลงในสมการ (2.1) จะได้ว่า

$$N_t = \ln[(T_i - T_{VS}) / (T_0 - T_{VS})] \quad (2.12)$$

สำหรับส่วนของอุโมงค์ที่ทำการอบแห้งอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง สามารถหาได้เช่นเดียวกัน เพียงแต่ว่าอุณหภูมิของผิววัสดุอบแห้งไม่คงที่ คือ เปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางในอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การทดลอง

ในการศึกษาการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ดและไม่แกะเม็ด โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนไหลผ่าน (รูปที่ 3.2) เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยในการอบ 2 ปัจจัย ดังนี้

1. อุณหภูมิ 4 ระดับ ได้แก่ 55, 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส
2. ความเร็วลม 3 ระดับ ได้แก่ 1.933, 2.577 และ 3.866 m/s

การทดลองจะใช้มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู 2 แบบ คือ ชนิดแกะเม็ด และไม่แกะเม็ด

การทดลองจะทำการอบมะขามหวานตามสภาวะที่ได้กำหนดไว้ และเก็บตัวอย่างมะขามที่อบเสร็จแล้วมาทำการทดสอบคุณภาพ โดยการวัดความชื้น และทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory Test)

3.1 การทดลองอบมะขามหวาน

3.1.1 การเตรียมวัสดุ

มะขามที่ใช้ในการทดลอง มี 2 ส่วน คือ มะขามหวานชนิดแกะเม็ดและไม่แกะเม็ด โดยมีการเตรียมดังนี้

มะขามหวานชนิดแกะเม็ด จะต้องนำมะขามหวานที่แกะเปลือกออกแล้วมาทำการคว้านเอาเม็ดออก ในส่วนของมะขามหวานชนิดไม่แกะเม็ดจะใช้มะขามหวานที่แกะเปลือกออกแล้วมาทำการทดลอง ซึ่งมะขามหวานที่ใช้ในการทดลองจะเป็นมะขามที่ซื้อมาจากผู้ขายรายเดียวกัน และซื้อในครั้งเดียวกันทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าความชื้นเริ่มต้นของมะขามหวานมีค่าเท่า ๆ กัน

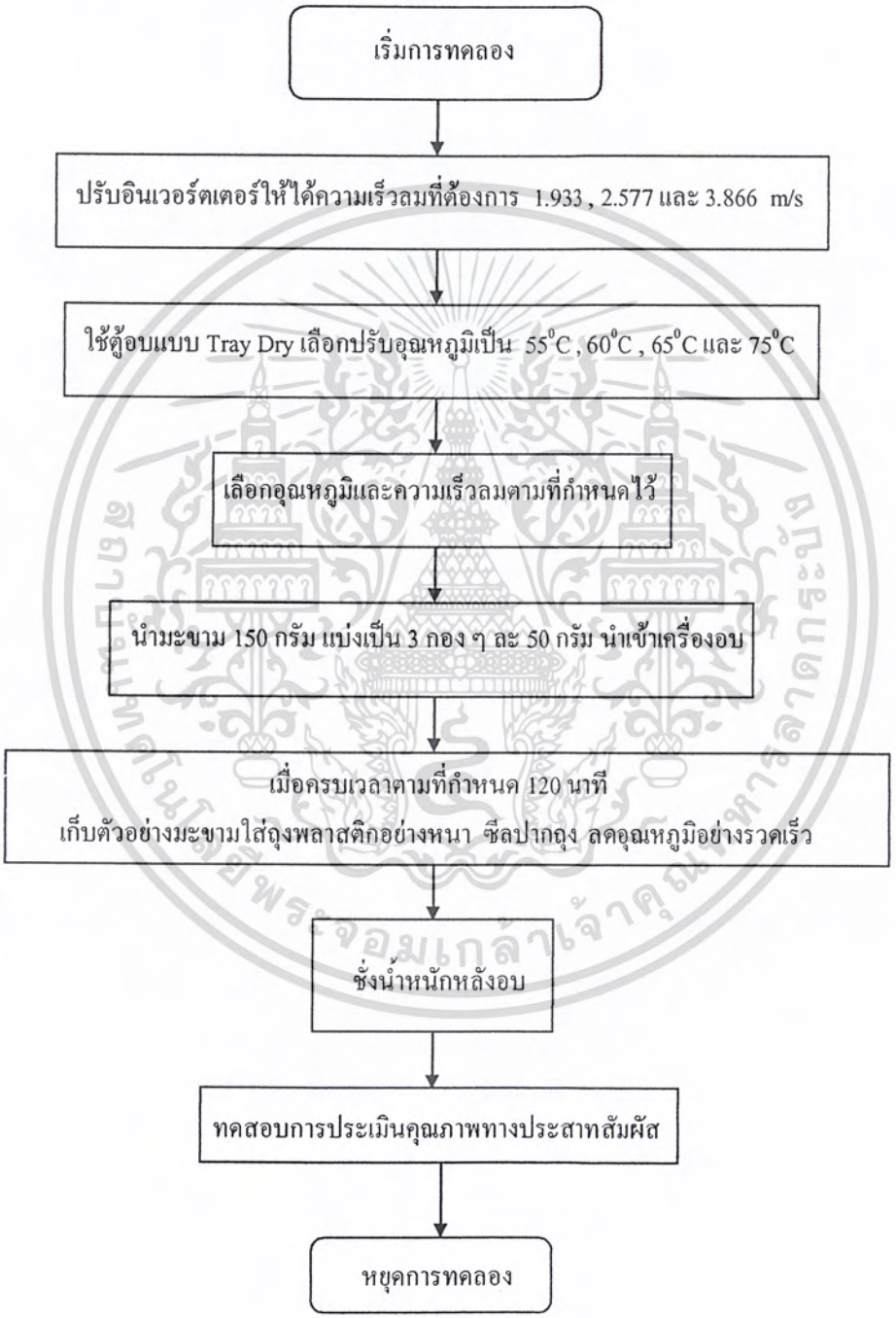
3.1.2 การทดลองอบ

ในการอบแห้งโดยทั่ว ๆ ไปจะใช้ความเร็วลมประมาณ 0.6 – 5 m/s (เพ็ญพรรณ,2532) สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้ความเร็วลมประมาณ 2 – 4 m/s

เดินเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนไหลผ่าน (รูปที่ 3.3) ทำการปรับตั้งค่าต่าง ๆ ตามปัจจัยที่ต้องการศึกษา ให้ระบบเข้าสู่สภาวะที่ตั้งไว้ แล้วจึงทำการเตรียมตัวอย่างมะขามโดยชั่งน้ำหนักมะขามตัวอย่างละประมาณ 50 กรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง วางลงในถาด (รูปที่ 3.4) และนำเข้าตู้อบทำการอบจนครบเวลาที่ต้องการ เก็บตัวอย่างมะขามใส่ถุงพลาสติก ปิดผนึกปากถุงด้วยการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องซีล และนำไปวัดความชื้นสุดท้าย และทำการทดสอบการประมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory Test) ดังตารางภาคผนวก ข. เพื่อเป็นการง่ายต่อการนำเสนอ ขั้นตอนการทดลองทั้งหมดจึงอยู่ในรูปโฟลว์ชาร์ต ดังมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภาพการดำเนินการทดลองอบมะขามหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การทดลองอบเพื่อหาค่าความชื้นหลังการอบ

ชั่งน้ำหนักมะขามด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง YAMATO Electronic Balance นำตัวอย่างมะขามไปอบในเครื่องอบไฟฟ้าแบบควบคุมอุณหภูมิ MEMMERT Model D 06061 โดยตั้งค่าอุณหภูมิ 103^{0}C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำออกมาชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย (มาตรฐานเปียก) บันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory Test)

ทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะขามอบทางด้านสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้ผู้ทดสอบ 6 คน ให้คะแนน 1 ถึง 5 คะแนน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ลักษณะที่ทดสอบ	ระดับคะแนน	ลักษณะของผลิตภัณฑ์
1. สี	5	น้ำตาลอ่อน
	4	น้ำตาล
	3	น้ำตาลเข้ม
	2	น้ำตาลค่อนข้างเข้ม เกือบดำ
	1	ดำ
2. ลักษณะเนื้อสัมผัส	5	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อนิ่ม
	4	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อนิ่ม และเหนียว
	3	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อนิ่ม และเหนียวมาก
	2	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อแข็ง ไม่เหนียว
	1	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อแข็ง เหนียว
3. ลักษณะที่เห็น	5	แห้งมาก
	4	แห้ง
	3	ชื้นเล็กน้อย
	2	แฉะ
	1	แฉะมาก
4. ความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์	5	ชอบมาก
	4	ชอบ
	3	เฉย ๆ
	2	ไม่ชอบ
	1	ไม่ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 การคำนวณหาค่าความชื้นของมะขามหวาน

$$\%\text{ความชื้น(มาตรฐานเปียก)} = \frac{(\text{น้ำหนักมะขามก่อนอบ} - \text{น้ำหนักมะขามหลังอบ})*100}{\text{น้ำหนักมะขามก่อนอบ}}$$

3.2 เครื่องอบที่ใช้ในการทดลอง (ณัฐพล และคณะ , 2541)

ใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนไหลขนาน ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ ตู้อบแห้งที่บุด้วยฉนวน ถาดสำหรับวางชิ้นอาหาร อุปกรณ์ที่ทำให้อากาศร้อนไหลเวียน และแหล่งให้ความร้อน การทำงานอาศัยหลักของการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหาร ทำให้น้ำหรือความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไปจากผิวหน้าของอาหาร ความร้อนที่ส่งเข้าไปจะเป็นแบบการพาความร้อน ลมร้อนที่ออกจากการอบจะปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศ

อุปกรณ์

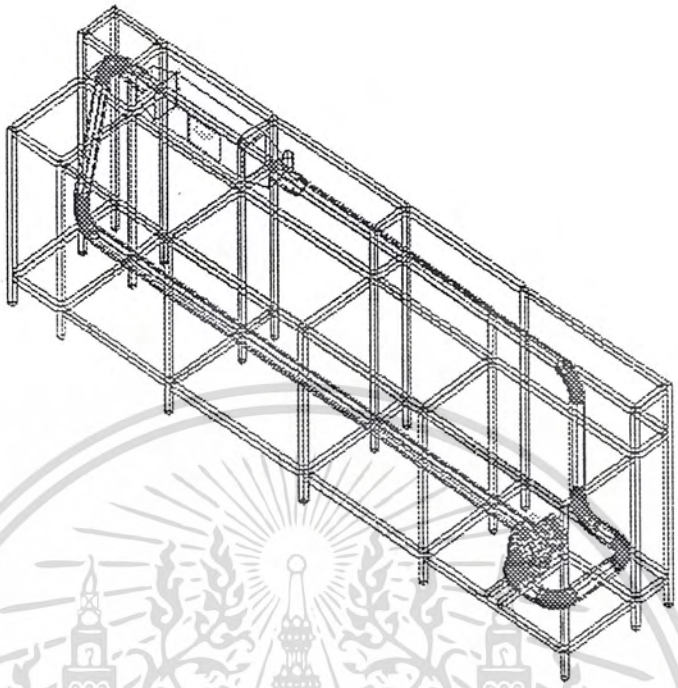
1. เครื่องอบแห้ง (ดังรูป 3.2)
2. เครื่องวัดความดันแบบออริฟิต แบบขอบคม $\beta = 0.5$
3. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ ยี่ห้อ DIGICON Model ID-8 ใช้บันทึกและแสดงค่าอุณหภูมิที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิล
4. มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า ยี่ห้อ MITSUBISHI TYPE ME-63E

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของตู้อบ

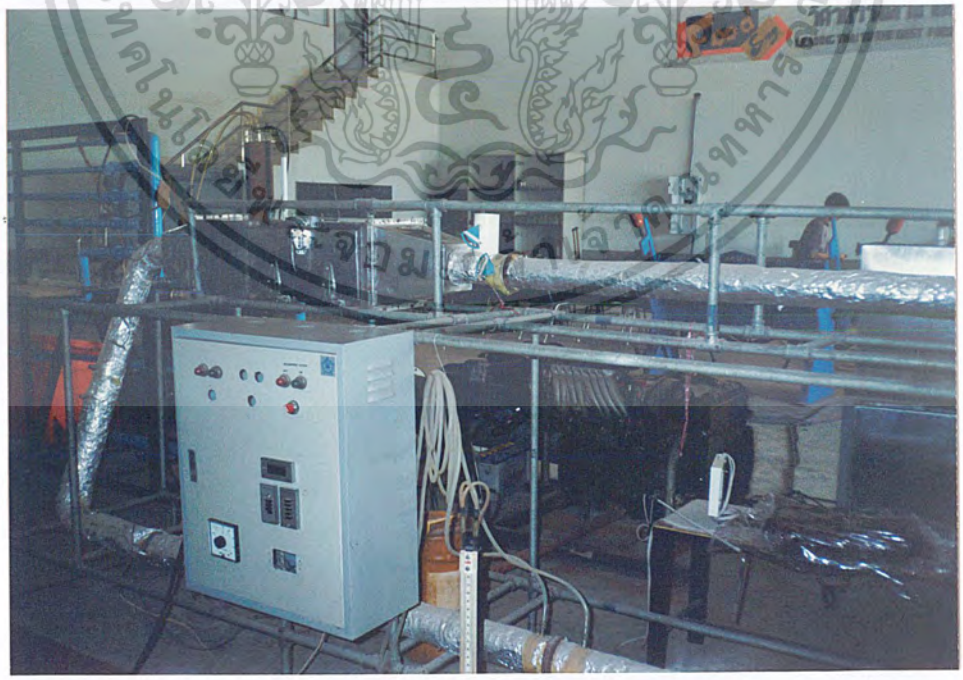
ลำดับ	รายละเอียด	ขนาด(ซ.ม.)	จำนวน
1	พัดลม	43	1
2	มอเตอร์		1
3	ท่อดูด	11x30	1
4	ท่อลมเข้าห้องอบ	7x(43+185+110)+ (3x2.5)	1
5	ท่อลมเข้า	7x(24+85+24)	1
6	ห้องอบแห้ง	25x80	
7	ถาด		1
8	ท่อลมออก	7x(33+85+40+30)	1
9	ประตู	80x25	1
10	วาล์ว		1

(ที่มา : ณัฐพล และคณะ,2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

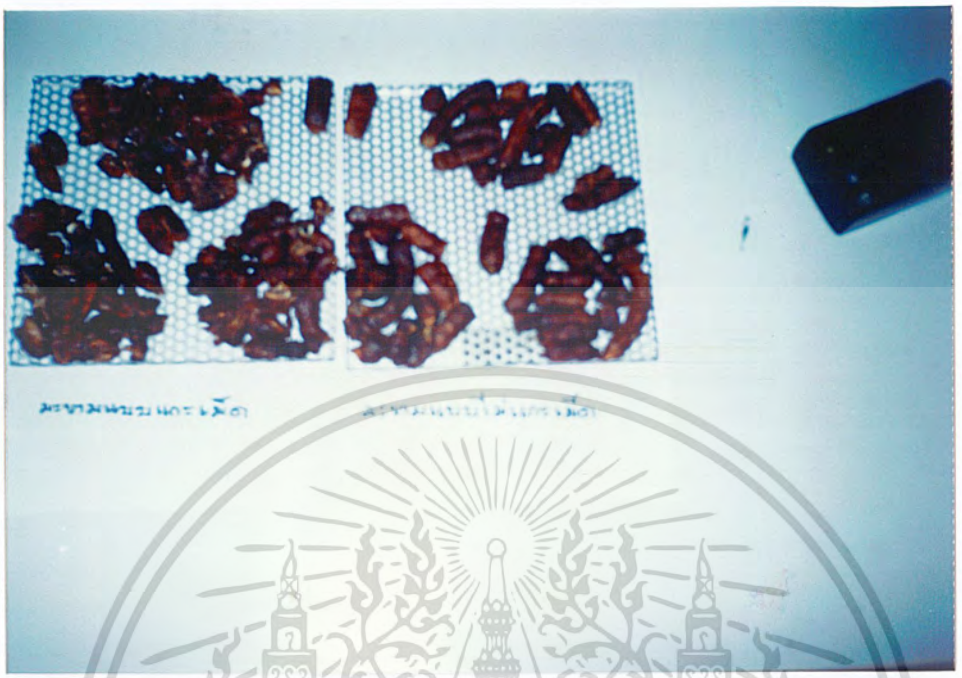


รูปที่ 3.2 เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนไหลขนาน



รูปที่ 3.3 เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

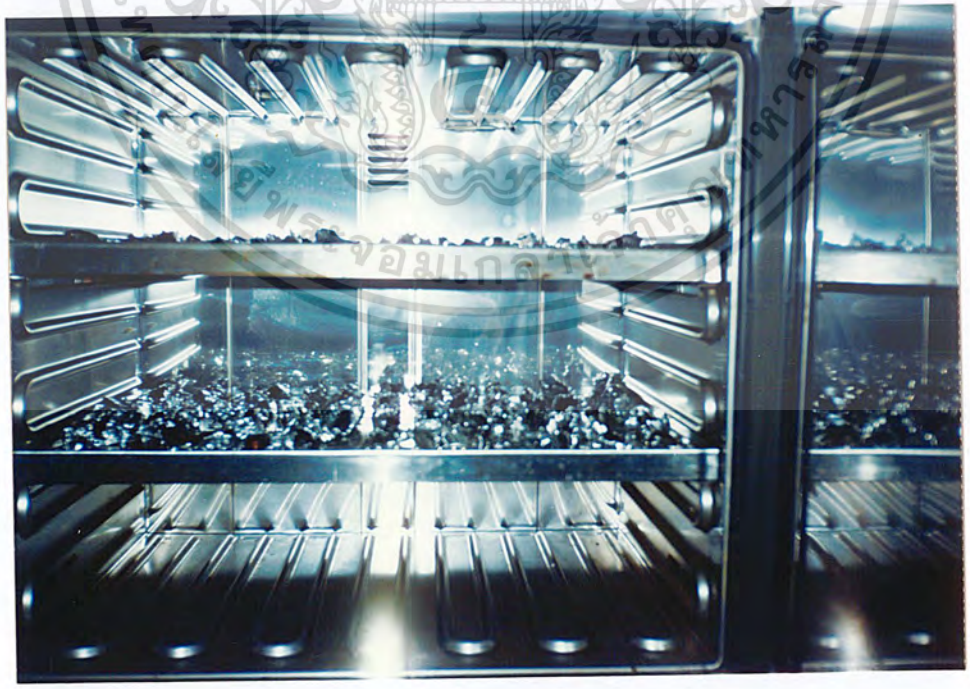


รูปที่ 3.4 การวางตัวอย่างมะขามในถาดของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนไหลผ่าน

รูปที่ 3.5 การวางถาดตัวอย่างมะขามในตู้อบแห้งแบบลมร้อนไหลผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 การวางตัวอย่างมะขามในถาดเพื่อหาความชื้น



รูปที่ 3.7 การทดลองการอบเพื่อหาความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลของความเร็วลมที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ

4.1.1 ผลของความเร็วลมที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วลมที่มีผลต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (^{0}C)	ความเร็วลม (m/s)	สี	ลักษณะที่เห็น	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบ	ความชื้น (%wb)
55	1.933	3.7500a	2.7915a	4.2500a	3.1667a	22.4975b
	2.577	3.5832a	3.3747a	4.2085a	4.0000a	20.3650a
	3.866	3.6250a	2.8332a	4.3332a	2.8332a	21.7825ab
65	1.933	3.9165b	2.7082a	4.0000a	3.7500a	23.1950b
	2.577	3.6665b	3.3332ab	3.9582a	3.2080a	20.7200a
	3.866	2.9582a	3.7497b	4.2497a	3.2082a	21.7425a
70	1.933	3.4582a	3.4582a	4.3332a	4.1250b	21.6700b
	2.577	3.8332a	3.3332a	4.1665a	3.1650ab	21.5975b
	3.866	3.3750a	3.9165a	3.4165a	2.7915a	19.6025a
75	1.933	2.6250a	3.6667a	3.6707a	2.9582b	20.1175a
	2.577	3.0832a	3.500a	3.7500a	1.6667a	20.0350a
	3.866	2.6248a	3.9582a	2.7915a	1.7500a	21.0850a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงความไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.1 พบว่า

ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความเร็วลมที่ระดับต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบไม่แตกต่างกัน แต่ระดับความเร็วลมมีผลต่อความชื้นหลังอบของมะขาม โดยแต่ละระดับความเร็วลมจะมีผลต่อความชื้นหลังการอบแตกต่างกันทั้ง 3 ระดับ โดยที่ความเร็วลม 2.577 m/s มีผลทำให้ความชื้นมีค่าต่ำที่สุด และที่ความเร็วลม 1.933 m/s มีผลให้ความชื้นมีค่าสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกความเร็วลม 2.577 m/s เนื่องจากที่ความเร็วลม 2.577 m/s เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด และให้ผลทางด้านคุณลักษณะอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ความเร็วลมที่ระดับต่าง ๆ มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบไม่แตกต่างกัน แต่ระดับความเร็วลมมีผลต่อ สี ลักษณะที่เห็น และความชื้นหลังการอบ โดยที่ความเร็วลม 1.933 m/s และ 2.577 m/s ให้ค่าสีไม่แตกต่างกัน และที่ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลให้ลักษณะที่เห็นมีความแตกต่างกันทั้งหมด โดยที่ความเร็วลม 1.933 m/s และ 2.577 m/s ให้ผลของลักษณะที่เห็นที่ใกล้เคียงกัน ที่ระดับความเร็วลมมีผลต่อความชื้นหลังการอบโดยที่ความเร็วลม 2.577 m/s และ 3.866 m/s ไม่แตกต่างกัน แต่ที่ความเร็วลม 2.577 m/s ให้ค่าความชื้นต่ำที่สุด ที่ความเร็วลม 1.933 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกความเร็วลมที่ 2.577 m/s เนื่องจากให้ความชื้นต่ำที่สุด และลักษณะที่เห็นดีที่สุด

ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็นและลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน แต่ที่ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อความชอบและความชื้นหลังการอบของมะขาม โดยระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อความชอบแตกต่างกันทั้งหมด ที่ความเร็วลม 1.933 m/s ให้คะแนนความชอบสูงที่สุด และระดับความเร็วมีผลต่อความชื้นหลังการอบ ที่ความเร็วลม 1.933 m/s และ 2.577 m/s มีผลไม่แตกต่างกัน และที่ความเร็วลม 3.866 m/s ให้ค่าความชื้นต่ำที่สุด ที่ความเร็วลม 1.933 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่ความเร็วลม 2.577 m/s เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชื้นหลังการอบไม่แตกต่างกัน ที่ความเร็วลม 2.577 m/s ให้ความชื้นหลังการอบมีค่าต่ำที่สุด ที่ความเร็วลม 3.866 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด แต่ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อความชอบแตกต่างกัน โดยที่ความเร็วลม 2.577 m/s และ 3.866 m/s ให้ผลไม่แตกต่างกัน ที่ความเร็วลม 1.933 m/s ให้คะแนนความชอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่ความเร็วลม 2.577 m/s เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลของความเร็วลมที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดแกะเม็ดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วลมที่มีผลต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดแกะเม็ดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (^{0}C)	ความเร็วลม (m/s)	สี	ลักษณะที่เห็น	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบ	ความชื้น (%wb)
55	1.933	4.0832a	2.8750a	3.9167a	3.2085a	22.7775a
	2.577	4.2085a	2.9580a	3.6667a	3.2497a	22.3100a
	3.866	4.0415a	3.1665a	4.2915a	3.5415a	21.3000a
65	1.933	3.9582a	3.0832a	3.3332a	3.2500a	20.6425a
	2.577	3.5000a	3.2082a	2.9167a	2.8750a	21.0175a
	3.866	3.4582a	3.7500a	3.2500a	3.5417a	23.8625b
70	1.933	3.5415a	3.4997a	3.3732a	3.3332a	18.8425a
	2.577	3.8332a	3.7082a	3.0457a	3.0000a	21.9475b
	3.866	3.6665a	3.6667a	4.0000a	2.8325a	20.1550ab
75	1.933	3.5000a	3.8332a	3.7907a	3.2082a	20.6175a
	2.577	3.7917a	3.4167a	2.7500a	2.7917a	20.3500a
	3.866	3.3957a	3.6665a	2.6875a	2.9582a	19.8600a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงความไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.2 พบว่า

ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบ และความชื้นหลังการอบไม่แตกต่างกัน ที่ความเร็วลม 3.866 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด ที่ความเร็วลม 1.933 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่ความเร็วลม 3.866 m/s เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบ ไม่แตกต่างกัน แต่ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อความชื้นหลังการอบแตกต่างกัน โดยที่ความเร็วลม 1.933 m/s และ 2.577 m/s ไม่แตกต่างกัน และที่ความเร็วลม 1.933 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด ที่ความเร็วลม 3.866 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่ความเร็วลม 1.933 m/s เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบไม่แตกต่างกัน ที่ความเร็วลม 1.933 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด และที่ความเร็วลม 2.577 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่ความเร็วลม 1.933 m/s เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ระดับความเร็วลมต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบ ความชื้นหลังการอบไม่แตกต่างกัน แต่ที่ความเร็วลม 3.866 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด และที่ความเร็วลม 1.933 m/s และ 2.577 m/s ให้ค่าความชื้นหลังการอบใกล้เคียงกัน ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่ความเร็วลม 3.866 m/s เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบที่ความเร็วลมต่าง ๆ

4.2.1 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ดที่ความเร็วลมต่าง ๆ

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดไม่แกะเม็ดที่ความเร็วลมต่าง ๆ

ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิ (^{0}C)	สี	ลักษณะที่เห็น	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบ	ความชื้น (%wb)
1.933	55	3.7500b	2.7915a	4.2500a	3.1667a	22.4975b
	65	3.9165b	2.7082a	4.0000a	3.7500a	23.1950b
	70	3.2082ab	3.4582ab	4.3332a	4.0000a	21.6700ab
	75	2.6250a	3.6667b	3.6665a	2.9582a	20.1175a
2.577	55	3.5832a	2.8747a	4.2085b	4.0000b	20.3650ab
	65	3.6665a	3.3332a	3.9582ab	3.2080b	20.7200ab
	70	3.8332a	3.3332a	4.1665ab	3.1665b	21.5975b
	75	3.0832a	3.500a	3.7500a	1.6625a	20.0350a
3.866	55	4.0400a	3.1657a	4.2900a	3.5400a	21.3000a
	65	3.4582a	3.7500a	3.2500a	3.5417a	23.8625b
	70	3.6665a	3.7917a	4.0000a	2.8332a	20.6550a
	75	3.3957a	3.6665a	2.6875a	2.9582a	19.8600a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงความไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.3 พบว่า

ที่ความเร็วลม 1.933 m/s ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบไม่แตกต่างกัน แต่ผลต่อสี ลักษณะที่เห็นและความชื้นหลังการอบแตกต่างกัน โดยที่ระดับอุณหภูมิ 55 และ 65 องศาเซลเซียส มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็นและความชื้นหลังการอบไม่แตกต่างกัน โดยอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุดและอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ค่าความชื้นต่ำที่สุดและคุณลักษณะโดยรวมดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความเร็วลม 2.577 m/s ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็นไม่แตกต่างกัน แต่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบ ความชื้นหลังการอบแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ 55 , 65 , 75 องศาเซลเซียสให้สีไม่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 65 , 70 องศาเซลเซียส ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 55 , 65 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบไม่แตกต่างกัน และที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุดและที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุดและมีลักษณะโดยรวมดีที่สุด

ที่ความเร็วลม 3.866 m/s ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบไม่แตกต่างกัน แต่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อค่าความชื้นหลังการอบแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ 55 , 70 , 75 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบไม่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด และที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดแกะเม็ดที่ความเร็วลมต่าง ๆ

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณลักษณะของมะขามอบชนิดแกะเม็ดที่ความเร็วลมต่าง ๆ

ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิ (^{0}C)	สี	ลักษณะที่เห็น	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบ	ความชื้น (%wb)
1.933	55	4.0832a	2.8750a	3.9167a	3.2085a	22.7775c
	65	3.9582a	3.0832a	3.3332a	3.2500a	20.8300b
	70	3.4515a	3.7998a	3.1665a	3.3332a	18.7675a
	75	3.5000a	3.8332a	3.7915a	3.2082a	20.6175b
2.577	55	4.2085a	3.0830a	3.6667a	3.2497a	22.3100a
	65	3.5000a	3.2082a	3.9167a	2.7500a	21.0175a
	70	3.8332a	3.7082a	3.0415a	3.0000a	21.9475a
	75	3.9175a	3.4167a	3.7500a	3.7917a	20.3500a
3.866	55	4.0416a	3.1665a	4.2915a	3.5416a	21.3000a
	65	3.4582a	3.7500a	3.2500a	3.5417a	23.8625b
	70	3.6665a	3.6667a	4.0000a	2.8332a	20.6550a
	75	3.3957a	3.6665a	2.6875a	2.9582a	19.8600a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงความไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่4.4 พบว่า

ที่ความเร็วลม 1.933 m/s ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบไม่แตกต่างกัน แต่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อค่าความชื้นหลังการอบแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ65 และ 75 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบไม่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความเร็วลม 2.577 m/s ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบ ค่าความชื้นหลังการอบไม่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุดซึ่งจะพิจารณาเลือกที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

ที่ความเร็วลม 3.866 m/s ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบไม่แตกต่างกัน แต่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อค่าความชื้นหลังการอบแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ 55 , 65 และ 75 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นไม่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสให้ค่าความชื้นหลังการอบสูงที่สุด ซึ่งจะพิจารณาเลือกที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด

4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.3.1 มะขามชนิดไม่แกะเม็ด

ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส การเพิ่มความเร็วลมให้มากขึ้นไม่มีผลให้ความชื้นของมะขามหลังการอบลดต่ำลง แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 55 , 65 และ 75 องศาเซลเซียสซึ่งเมื่อเพิ่มความเร็วลมให้มากขึ้น ความชื้นของมะขามหลังการอบก็จะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง อัตราการทำแห้งที่ผิวมีค่าสูงกว่าอัตราการถ่ายเทน้ำภายในเนื้อมะขาม ทำให้ผิวมะขามที่แข็งเป็นตัวกั้นไม่ให้น้ำภายในเนื้อมะขามถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้สะดวก จึงทำให้มะขามหลังการอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสมีความชื้นสูงกว่าที่อุณหภูมิอื่น ๆ และการเพิ่มความเร็วลมให้มากขึ้นจะทำให้เนื้อมะขามมีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากที่ความเร็วลมสูง ๆ มะขามจะมีความแห้งที่ผิวกับภายในเนื้อไม่เท่ากันโดยที่ผิวมีความแห้งมากกว่าจึงทำให้มะขามหลังการอบที่ความเร็วลมสูง ๆ มีความแข็งมากกว่า และการเพิ่มความเร็วลมให้สูงขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีที่ทุก ๆ อุณหภูมิ ที่ทุก ๆ ความเร็วลม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบให้มากขึ้นจะทำให้ค่าความชื้นลดต่ำลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงกว่าจะมีความสามารถในการระเหยน้ำมากกว่า ที่ความเร็วลม 3.866 m/s เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้มากขึ้นจะทำให้เนื้อมะขามมีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากที่ความเร็วลมสูง ๆ มะขามจะมีความแห้งที่ผิวกับภายในเนื้อไม่เท่ากันโดยที่ผิวมีความแห้งมากกว่าจึงทำให้มะขามหลังการอบที่ความเร็วลมสูง ๆ มีความแข็งมากกว่า และที่ทุก ๆ ความเร็วลม การเพิ่มอุณหภูมิให้มากขึ้นจะทำให้สีของมะขามอบเข้มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 มะขามชนิดแกะเม็ด

การเพิ่มความเร็วลมให้มากขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของมะขามอบที่ทุก ๆ ความเร็วลม การเพิ่มอุณหภูมิการอบให้สูงขึ้นจะทำให้ค่าความชื้นหลังการอบลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง ๆ จะมีความสามารถในการระเหยน้ำมากกว่า การเพิ่มอุณหภูมิการอบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี ซึ่งแตกต่างจากมะขามชนิดไม่แกะเม็ด อาจเนื่องจากไม่มีเม็ดซึ่งเป็นส่วนที่สามารถเก็บและถ่ายเทความร้อนได้ดี มะขามชนิดไม่แกะเม็ดจะได้รับความร้อนมากกว่ามะขามชนิดแกะเม็ด ทั้งจากการให้ความร้อนจากภายนอกและความร้อนสะสมในเม็ดมะขาม ทำให้มะขามชนิดไม่แกะเม็ดมีการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิการอบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดไม่แกะเม็ดและชนิดแกะเม็ด โดยใช้อุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 55 , 65 , 70 และ 75 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.933 , 2.577 และ 3.866 m/s โดยออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธี Duncan 's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า

1. การอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดไม่แกะเม็ด ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 3.866 m/s มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด และให้คุณลักษณะด้านสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัสดี
2. การอบมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูชนิดแกะเม็ด ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.933 m/s มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่าความชื้นหลังการอบต่ำที่สุด และให้คุณลักษณะด้านสี ลักษณะที่เห็น ลักษณะเนื้อสัมผัสดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับผู้ที่มีความสนใจที่จะทำการศึกษาต่อไป ควรจะมีการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังจากกระบวนการทำแห้งของมะขามหวาน เพื่อให้มะขามหวานหลังการอบมีคุณลักษณะที่ดีและมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน
2. ควรมีการทดลองการอบมะขามหวานพันธุ์อื่น ๆ ด้วยเพื่อเป็นการพัฒนาความรู้ทางวิชาการในการแปรรูปมะขามหวาน และเป็นการขยายโอกาสในการขยายตลาดการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ณัฐพล ภูสมปอง, ปิยนันท์ มั่นคง, ลาวัลย์ เลิศมาลัยมาลย์, สมถวิล น้อยมณี,"การศึกษาการอบแห้งพริกและเห็ดหอม" ,คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,12 – 16 หน้า, 2541
2. จตุพล ยางสูง, สุนันท์ สมวัน, ดวงใจ ลอสิงห์,"การหาค่าวอเตอร์แอกทิวิทีและซอร์ปชันไอโซเทอร์มของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู สีทอง และพันธุ์ขันตี",คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 5 – 10 หน้า, 2542
3. ไอริน กาลวิบูลย์, พลเอก ตั้งเจริญ, เอกสิทธิ์ ศรีธรรม, "การออกแบบและศึกษาเครื่องอบแห้งทดลองสำหรับพริกไทยขาว โดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด",คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 5 – 6 หน้า,2541
4. เพ็ญพรรณ ทะสะโส, "การศึกษาแนวทางการอบแห้งที่เหมาะสมของมะละกอแช่อิ่ม" ,คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 1 – 15 หน้า, 2532
5. ปิยฉัตร พุทธรักษ์, โสมพรรณ น่วมเศรษฐี, "การอบแห้งมะละกอด้วยเครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อน" ,คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,4 – 10 หน้า, 2542
6. มารีนา นุ้ยหมีม,"แนวทางการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มที่เหมาะสมที่สุด" , คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 39 หน้า, 2534
7. ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์, "เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดการสูญเสียของมะขามหวานในระหว่างการเก็บรักษา", วารสารนิวเคลียร์ปริทัศน์, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, 2539, หน้า 17 – 22
8. กนก ชวนานนท์, "สรรพประโยชน์", คู่มือมะขามหวาน, หน้า 7 – 9
9. กองบรรณาธิการเฉพาะกิจ, "ลักษณะทางพฤษศาสตร์", มะขามหวาน, พิมพ์ครั้งที่ 6, หน้า 5 - 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางบันทึกการอบ

ตัวอย่างที่ _____

	น.น.มะขาม(กรัม)			%ความชื้น			สี		ลักษณะผิว			กลิ่น	
	ก่อนอบ	หลังอบ	ผลต่าง	ก่อนอบ	หลังอบ	ผลต่าง	ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	ก่อนอบ	หลังอบ
ชุดที่ 1													
ชุดที่ 2													
ชุดที่ 3													
เฉลี่ย													

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ภาคผนวก ข.

แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างที่ _____

ผู้ทดสอบ _____

เกณฑ์การให้คะแนน

สี	5	หมายถึง	น้ำตาลอ่อน
	4	"	น้ำตาล
	3	"	น้ำตาลเข้ม
	2	"	น้ำตาลค่อนข้างเข้ม เกือบดำ
	1	"	ดำ
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5	หมายถึง	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อนิ่ม เหนียวเล็กน้อย
	4	"	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อนิ่ม เหนียว
	3	"	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อนิ่ม เหนียวมาก
	2	"	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อแข็ง ไม่เหนียว
	1	"	เวลาเคี้ยวรู้สึกว่าเนื้อแข็ง เหนียว
ลักษณะปรากฏ	5	หมายถึง	แห้งมาก
	4	"	แห้ง
	3	"	ชื้นเล็กน้อย
	2	"	แฉะ
	1	"	แฉะมาก
ความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์	5	หมายถึง	ชอบมาก
	4	"	ชอบ
	3	"	เฉย ๆ
	2	"	ไม่ชอบ
	1	"	ไม่ชอบมาก

คะแนน สี _____

ลักษณะเนื้อสัมผัส _____

ลักษณะปรากฏ _____

ความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. ผลคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Sensory Test)

ตัวอย่างที่	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบ	ลักษณะที่เห็น
1	4.000	4.833	3.333	3.000
2	4.000	4.500	3.000	2.833
3	3.000	3.500	2.000	3.000
4	3.500	4.000	3.000	2.500
5	4.000	4.000	4.000	3.000
6	3.500	4.500	4.500	2.833
7	3.855	4.167	4.500	2.853
8	3.000	4.167	4.000	2.853
9	4.000	4.833	4.000	2.833
10	3.000	4.000	3.000	3.000
11	4.167	4.000	1.500	2.500
12	3.833	4.167	4.167	2.833
13	3.000	4.833	2.000	2.833
14	3.000	4.833	4.000	4.333
15	2.833	3.833	3.833	3.833
16	3.000	3.500	3.000	4.000
17	3.833	4.000	3.333	3.000
18	3.853	3.500	3.853	2.853
19	4.167	4.000	3.833	3.167
20	2.833	4.333	1.833	4.333
21	4.333	4.833	3.833	3.000
22	4.000	4.500	3.000	2.833
23	3.853	4.500	4.167	2.500
24	3.500	2.167	4.000	2.500
25	4.167	4.000	3.000	4.000
26	3.000	4.000	3.000	4.000
27	3.000	4.333	3.333	3.833
28	3.333	1.333	1.833	3.833
29	4.333	4.000	2.833	2.833
30	4.000	4.000	2.000	2.500
31	4.000	4.333	4.000	4.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบ	ลักษณะที่เห็น
32	3.000	4.333	3.833	4.000
33	3.833	4.833	4.000	2.833
34	3.500	5.000	3.500	3.000
35	2.500	3.500	4.000	4.000
40	2.000	1.000	2.000	3.830
41	3.000	3.500	1.150	3.000
42	3.000	4.000	2.000	3.000
43	3.000	3.500	1.500	4.000
44	3.330	4.000	2.000	4.000
45	3.000	4.000	4.000	2.500
46	3.000	3.850	3.000	4.160
47	2.500	4.000	2.853	4.000
48	2.000	2.833	2.000	4.000
49	4.000	5.000	3.500	2.833
50	4.333	3.833	2.833	3.000
51	3.667	4.333	3.333	4.333
52	4.000	4.000	4.500	2.500
53	4.167	2.167	2.000	2.833
54	4.167	4.167	3.833	2.833
55	4.167	4.000	3.667	3.333
56	4.333	4.333	3.333	2.833
57	4.000	4.500	2.667	3.000
58	3.833	3.500	3.000	3.000
59	4.000	3.500	3.500	3.000
60	4.000	4.167	4.167	2.500
61	3.500	3.000	3.000	2.833
62	3.500	4.000	4.500	4.000
63	3.833	4.000	4.000	4.167
64	3.000	1.500	2.500	4.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบ	ลักษณะที่เห็น
65	4.000	4.000	3.833	3.000
66	4.000	3.167	1.667	2.833
67	3.000	3.000	3.000	3.000
68	3.000	1.500	3.000	4.000
69	4.000	2.000	2.000	3.000
70	4.000	3.833	4.000	2.500
71	4.000	4.000	3.000	4.000
79	4.000	4.333	4.000	4.000
80	3.000	2.833	2.500	4.000
81	3.833	2.000	3.000	3.333
82	4.000	2.000	3.500	2.500
83	3.000	4.333	3.833	4.333
84	3.333	4.333	3.000	3.833
85	4.333	4.333	3.833	2.833
86	3.000	4.000	3.000	3.833
87	3.000	1.167	2.000	4.000
88	3.000	1.000	3.000	4.000
89	4.000	4.000	4.000	3.000
90	4.167	2.167	2.500	2.667
91	4.000	2.833	2.167	4.167
92	3.000	2.000	2.500	4.000
93	4.000	3.833	3.000	3.000
94	1.000	4.167	3.667	4.167
95	3.000	2.833	3.333	3.833
96	3.000	4.333	3.000	4.333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Sensory Test)

ตัวอย่างที่	ชนิดมะขามหวาน	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ลักษณะที่เห็น	ความชอบ	ความชื้นสุดท้าย (%wb)
1	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	22.51
2	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	21.91
3	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ไม่ชอบ	21.84
4	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	20.87
5	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	21.25
6	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	19.92
7	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบมาก	21.19
8	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	19.10
9	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	22.30
10	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	23.89
11	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ไม่ชอบ	22.50
12	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	21.30
13	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	ไม่ชอบ	22.21
14	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	แห้ง	ชอบ	22.06
15	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบ	21.30
16	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	21.40
17	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	20.64
18	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	20.74
19	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	20.60
20	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	20.9
21	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	24.69

ตัวอย่างที่	ชนิดมะขามหวาน	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ลักษณะที่เห็น	ความชอบ	ความชื้นสุดท้าย (%wb)
22	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชิ้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	23.54
23	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	22.93
24	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	21.62
25	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	20.5
26	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	20.9
27	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	19.45
28	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	17.56
29	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	21.69
30	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ไม่ชอบ	20.69
31	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบ	22.1
32	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบ	21.91
33	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	22.66
34	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	21.68
35	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบ	21.58
36	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบ	20.76
37	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	21.72
38	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบมาก	20.85
39	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม - ค่อนข้างดำ	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	20.97
40	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม - ค่อนข้างดำ	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	20.8
41	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ไม่ชอบ	21.3
42	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ไม่ชอบ	20.26

ตัวอย่างที่	ชนิดมะขามหวาน	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ลักษณะที่เห็น	ความชอบ	ความชื้นสุดท้าย (%wb)
43	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	20.18
44	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	18.4
45	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	21.7
46	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	21.27
47	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	20.05
48	ไม่แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม - ค่อนข้างดำ	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวมาก	แห้ง	ไม่ชอบ	17.45
49	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	22.3
50	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	21.3
51	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	21.1
52	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบมาก	20.5
53	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ไม่ชอบ	23.6
54	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	22.7
55	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ขอบ	22.2
56	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	20.74
57	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	23.85
58	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวเล็กน้อย	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	23.51
59	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	23.03
60	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	ชอบ	20.72
61	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชื้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	24.97
62	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบมาก	25.23
63	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบ	24.35

ตัวอย่างที่	ชนิดมะขามหวาน	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ลักษณะที่เห็น	ความชอบ	ความชื้นสุดท้าย (%wb)
60	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	20.72
61	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	24.97
62	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบมาก	25.23
63	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบ	24.35
64	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	20.9
65	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	22.06
66	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวมาก	ชิ้นเล็กน้อย	ไม่ชอบ	20.81
67	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวมาก	ชิ้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	21
68	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	20.2
69	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ไม่ชอบ	21.2
70	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	21.37
71	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	20.5
72	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	20.7
73	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	20.7
74	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	22.02
75	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	20.6
76	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	19.3
77	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวมาก	ชิ้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	23.68
78	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	23.1
79	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบ	22.4
80	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวมาก	แห้ง	เฉย ๆ	18.61
81	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	19.26

ตัวอย่างที่	ชนิดมะขามหวาน	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ลักษณะที่เห็น	ความชอบ	ความชื้นสุดท้าย (%wb)
82	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	18.61
83	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	18.6
84	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	18.6
85	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	20.62
86	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	20.03
87	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง และเหนียว	แห้ง	ไม่ชอบ	18.86
88	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	19.93
89	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	ชอบ	22
90	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	21.3
91	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียวมาก	แห้ง	ไม่ชอบ	19.2
92	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกแข็ง ไม่เหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	18.9
93	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	ชิ้นเล็กน้อย	เฉย ๆ	22.06
94	แกะเม็ด	น้ำตาล	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	ชอบ	20.87
95	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	19.39
96	แกะเม็ด	น้ำตาลเข้ม	เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่ม และเหนียว	แห้ง	เฉย ๆ	20.15

หมายเหตุ มะขามเริ่มต้น ชนิดแกะเม็ดและไม่แกะเม็ด มีสีน้ำตาล เวลาเคี้ยวรู้สึกนิ่มและเหนียวเล็กน้อย ลักษณะที่เห็นจะมีลักษณะแฉะ มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 35 - 38 (%wb)

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ทดลองขอขอบพระคุณ อาจารย์กันต์กนิษฐ์ ธนศิริวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้ทดลอง

ขอบพระคุณ ผศ.สาทิป รัตนภาสกร ที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านจนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบพระคุณ อาจารย์ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นผลให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบพระคุณ อาจารย์เอกสิทธิ์ ศรีธรรม สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือต่าง ๆ

ขอบคุณ พี่แมนสำหรับความช่วยเหลือเรื่อง ระบบไฟฟ้า อุปกรณ์ต่าง ๆ และเรื่องสถานที่ทดลอง

ขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมเคมี เพื่อน ๆ น้อง ๆ ชาวชุมนุมฟุตบอลคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้สละเวลามาร่วมทดสอบ

และที่จะขาดไม่ได้ คือ ขอขอบพระคุณพ่อ แม่ และทุกคนในครอบครัวสำหรับกำลังใจ ความห่วงใย และการสนับสนุนข้าพเจ้าเป็นอย่างดีเสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้