การปรับปรุงคุณภาพมะขามหวานด้วยความร้อนระดับครัวเรือน เพื่อวิสาหกิจชุมชน

Quality Improvement of Sweet Tamarind Using House Heating For Community Enterprise

มณี ภาชนะทอง

MANEE PACHANATONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2560

การปรับปรุงคุณภาพมะขามหวานด้วยความร้อนระดับครัวเรือน เพื่อวิสาหกิจชุมชน

Quality Improvement of Sweet Tamarind Using House Heating For Community Enterprise

มณี ภาชนะทอง

MANEE PACHANATONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพมะขามหวานด้วยความร้อนระดับครัวเรือน เพื่อวิสาหกิจชุมชน
ชื่อ นามสกุล	มณี ภาชนะทอง
ชื่อปริญญา	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	คหกรรมศาสตร์
คณะ	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ)

..... กรรมการ
(ดร.วไลภรณ์ สุทธา)

..... กรรมการ
(ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญาภัทร์ กี่อาริโย)

วันที่ 23 เดือน กันยายน พ.ศ. 2560

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงคุณภาพมะขามหวานด้วยความร้อนระดับครัวเรือนเพื่อวิสาหกิจชุมชน
ชื่อ นามสกุล มณี ภาชนะทอง
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ คหกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

มะขามหวานเป็นพืชเอกลักษณ์และพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ และได้รับการขึ้นทะเบียนบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ ปัญหาสำคัญของมะขามหวานคือ การเสื่อมเสียจากเชื้อราซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก ทำให้ผู้บริโภคไม่มั่นใจในคุณภาพ โดยเฉพาะมะขามหวานจากกลุ่มชุมชนขนาดเล็ก จึงทำการศึกษาการใช้ความร้อนระดับครัวเรือนเพื่อปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 60 70 และ 80 นาที นำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าการให้ความร้อนแก่มะขามหวานเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้สีของมะขามหวานคล้ำขึ้นและมีผลทำให้เนื้อของมะขามหวานมีปริมาณความชื้นสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากการศึกษาการทำแห้งมะขามหวานด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงขึ้นมีผลทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลงและมะขามหวานมีสีคล้ำขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งมีผลทำให้ความชื้นและคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของมะขามหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเก็บมะขามหวานในถุงตาข่ายที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความชื้นของเปลือกมะขามหวานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสามารถรักษาสภาพที่ดีของมะขามหวานได้อย่างน้อย 12 สัปดาห์ โดยไม่พบการเสื่อมเสียของมะขามหวานจากเชื้อรา

คำสำคัญ: มะขามหวาน, ความร้อน, ครัวเรือน, สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์

Thesis title	Quality Improvement of Sweet Tamarind Using House Heating for Community Enterprise
Author	Manee Pachanatong
Degree	Master of Home Economics
Major Program	Home Economics
Academic Year	2017

ABSTRACT

Sweet tamarind is a unique and economic plant of Phetchaboon province and it has already been geographical indication (GI) registered. One of its main problems is fungal degeneration which cannot be physically visible. This causes the consumer's uncertainty on its quality, especially sweet tamarind from small communities. This led to the study on the use of household heat to reduce fungal degeneration by steaming at 100°C for 50, 60, 70 and 80 minutes and drying in the hot air oven at 70°C for 3 hours. It was found that increasing the heat resulted in darkening the sweet tamarind color and heightening up its content moisture ($p \leq 0.05$) statistical significance. Drying temperature at 60, 70 and 80°C revealed the higher the heat, the shorter the drying time and the sweet tamarind content was darker. In addition, drying significantly decreased the moisture and preference score of sweet tamarind ($p \leq 0.05$). The storage of sweet tamarind in mesh bag at ambient temperature revealed that the increase of the storage time resulted in a significant increase in the moisture of the sweet tamarind shell ($p \leq 0.05$) and could preserve the tamarind for at least 12 weeks without the deterioration from the fungus.

Keywords: Sweet tamarind, Heating, Household, Geographical indication

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการแนะนำข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ตลอดจนการตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ ที่เป็นประธานในการสอบ ให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษา ท่านได้สละเวลาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์อย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบคุณ ดร.วไลภรณ์ สุทธา ที่เป็นกรรมการสอบ ให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างดียิ่งในครั้งนี้

ขอกราบขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนงค์พรรณ หัตถมาศ สาขาคหกิจอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษา ขอขอบคุณ อาจารย์ขวัญจิตต์ อนุกูลวัฒนา สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏ เพชรบูรณ์ ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำ

ขอกราบขอบคุณ อาจารย์เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ หัวหน้าสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร หัวหน้าเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และให้คำแนะนำในการใช้งานมาเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบคุณ เกษตรกรมะขามหวาน บ้านตะเบาะ ตำบลน้ำร้อน ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำข้อมูลเกี่ยวกับมะขามหวาน

ขอกราบขอบคุณพ่อ และแม่ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษา พี่สาวทุกคน พี่ชาย และครอบครัวที่คอยอบรม ดูแล เอาใจใส่ ให้คำปรึกษา และแนะนำ ให้ความรัก และเป็นกำลังใจให้ เสมอมา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่ ๆ น้อง ๆ ปริญญาโท สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ รุ่นที่ 8 ทุกคนในคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และขอขอบคุณผู้ปกครองที่ศูนย์เด็กพัฒนาก่อนวัยเรียนที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถาม ผู้ศึกษาจึงขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

มณี ภาชนะทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(5)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	21
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	21
3.2 วิธีทำการทดลอง	21
3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง	24
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	25
4.1 ผลการศึกษากระบวนการลดการเกิดเชื้อราในมะขามหวาน	25
4.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษามะขามหวาน	32
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	34
5.2 ข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการนึ่งมะขามหวาน และขั้นตอนการอบแห้งมะขามหวาน	40
ภาคผนวก ข องค์ประกอบทางกายภาพ	44
ภาคผนวก ค มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชมชน ผลไม้แห้ง (มผช. 1471/2549)	48
ภาคผนวก ง แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส	55
ประวัติการศึกษาและทำงาน	59

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของมะขามหวาน	4
2.2	อัตราส่วนของผักและผลไม้บางชนิดภายหลังทำการอบแห้ง การหดตัวและการคืนตัว	13
4.1	ของมะขามหวานหลังทำแห้งเมื่อใช้เวลาในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำต่างกัน	25
4.2	ความชื้นของมะขามหวานหลังทำแห้งเมื่อใช้เวลาในการให้ความร้อนต่างกัน	27
4.3	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบด้านความชอบของมะขามหวาน	28
4.4	สีของมะขามหวานที่ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งต่างกัน	29
4.5	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งที่ต่างกัน	31
4.6	a_w และความชื้นของมะขามหวานบรรจุในถุงตาข่ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 สัปดาห์	32

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชิ้นอาหารระหว่างการทำแห้ง	12
2.2	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์	15
2.3	ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล	16
2.4	แสดงขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์	18
3.1	กรรมวิธีการให้ความร้อนมะขามหวาน	22
3.2	กรรมวิธีการอบแห้งมะขามหวาน	23
4.1	ลักษณะมะขามหวานที่ผ่านการทำแห้ง ในระยะเวลาแตกต่างกัน	26
4.2	ความสัมพันธ์ของน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งมะขามหวาน	29
4.3	มะขามหวานที่ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน	30
4.4	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะขามหวานที่เก็บรักษาไว้ที่อุณภูมิห้อง	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะขามหวานเป็นพืชเอกลักษณ์และพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ เพราะสภาพดินและอากาศที่ดี ความโดดเด่นในเรื่องของรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ จนได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ มะขามหวานจากจังหวัดเพชรบูรณ์ได้รับการขึ้นทะเบียนบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication, GI) กับกรมทรัพย์สินทางปัญญา หรือตรา GI เป็นการจดทะเบียนรับรองถึงความเป็นเอกลักษณ์ GI ทำให้เกษตรกรมีการผลิตมะขามหวาน 86,509.43 ตันต่อปี และเกษตรกรยังมีรายได้ต่อปี 849.55 ล้านบาท (สำนักงานสถิติจังหวัดเพชรบูรณ์, 2556) เกษตรกรได้มีการกระจายมะขามส่งออกให้พ่อค้าคนกลาง และส่งออกไปต่างประเทศ เช่น อเมริกา ยุโรป และตะวันออกกลาง

มะขามหวานนิยมบริโภคฝักสด และนิยมซื้อเป็นของฝากประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่ พันธุ์สีทอง พันธุ์ศรีชมภู พันธุ์ประกายทอง พันธุ์ขันตี และพันธุ์น้ำผึ้ง ปัญหาสำคัญของมะขามหวานคือการเกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อรา ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก ทำให้ผู้บริโภคไม่มั่นใจในคุณภาพของมะขามหวาน โดยเฉพาะมะขามหวานจากกลุ่มชุมชนขนาดเล็ก โดยการเกิดเชื้อราในมะขามหวานจะเกิดตั้งแต่การเริ่มออกดอกของมะขามหวาน เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารเคมีฉีดรดลำต้นและพุ่มใบเพื่อลดการเกิดเชื้อราในมะขาม ซึ่งการใช้สารเคมีทำให้มะขามมีการตกค้างของสารเคมี และทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของเกษตรกร การป้องกันและลดเชื้อราในมะขามหวานในอุตสาหกรรม นิยมทำโดยการอบในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ อบในเตาไมโครเวฟ การรมด้วยกำมะถัน การเก็บในห้องเย็น การฉายรังสี ซึ่งวิธีดังกล่าวสามารถลดการเกิดเชื้อราในฝักมะขามได้ แต่ยังพบร่องรอยการถูกทำลายและเห็นสปอร์ของรา (ยุทธพงษ์, 2551 เบญจพร และคณะ, 2553) ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง นิยมทำในอุตสาหกรรม หรือกลุ่มชุมชนขนาดใหญ่ สำหรับกลุ่มชุมชนขนาดเล็กนิยมลดการเสื่อมเสียจากเชื้อราของมะขามโดยการนึ่งในลังถึง และ/หรือผึ่งแดด ซึ่งสามารถช่วยลดการเกิดเชื้อราได้ แต่ยังคงพบการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อรา และสีของฝักไม่สม่ำเสมอ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการนึ่งยังมีผลต่อคุณภาพของประสาทสัมผัสด้านรสชาติ (จินตนา และคณะ, 2553) ดังนั้นจึงทำการศึกษาวิธีการลดการเกิดเชื้อราในฝักมะขามหวาน เพื่อให้มะขามหวานมีคุณภาพ และปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค และสามารถเก็บรักษาได้นานด้วยวิธีที่กลุ่มชุมชนขนาดเล็กสามารถดำเนินการได้ เป็นการเพิ่มคุณภาพของมะขามหวาน และสร้างรายได้ให้กับกลุ่มชุมชนขนาดเล็ก

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการปรับปรุงคุณภาพมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู

1.2.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษามะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู ขนาดฝักมะขามหวานยาว 12 ± 1 เซนติเมตร ของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนมะขามหวาน ตำบลตะเบาะ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยวิธีการนึ่ง และอบแห้งด้วยตู้อบความร้อน

1.3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษามะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู โดยเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบถุงตาข่ายที่อุณหภูมิห้อง

1.3.3 เวลาทำการทดลอง เดือนสิงหาคม 2559 – ตุลาคม 2560

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ผลิตภัณฑ์มะขามหวานที่มีคุณภาพ และมีความปลอดภัยมากขึ้น

1.4.2 ทราบอายุการเก็บรักษามะขามหวานที่ได้จากกระบวนการนึ่ง และการอบแห้ง

1.4.3 ส่งเสริมให้มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูมีช่องทางในการจำหน่ายสูงขึ้น

1.4.4 สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำวิจัยครั้งนี้ไปเผยแพร่สู่เกษตรกรบ้านตะเบาะ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 มะขามหวาน

มะขามหวานมีชื่อภาษาอังกฤษว่า Sweet Tamarind มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Tamarindus indica* L. การจำแนกมะขามหวานดังนี้ คือ

ชั้น (Class) Dicotyledonae

อันดับ (Order) Leguminales

วงศ์ (Family) Leguminosae

สกุล (Genus) Tamarindus

ชนิด (Species)

มะขามหวาน เป็นไม้ผลที่มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ ปลูกได้ดีในสภาพพื้นที่ฝนตกไม่ชุกมากนัก ดินที่เหมาะสมในการปลูกมะขามหวานควรเป็นดินร่วน มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5 – 6.5 และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,200 – 1,800 มิลลิเมตร มะขามหวานจะเริ่มให้ผลผลิตหลักจากปลูกไปแล้ว 4 ปี และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตไปแล้วไม่ต่ำกว่า 30 ปี ตั้งแต่ติดดอกจนดอกบาน จะใช้ระยะเวลาประมาณ 20 วัน หลังจากดอกบานจนถึงฝักแก่ จะใช้เวลาประมาณ 8 เดือน ต้นอายุ 10 ปี จะให้ผลิตประมาณ 100 กิโลกรัม ผลผลิต 1 กิโลกรับ จะมีประมาณ 30 – 45 ฝัก ฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิตจะเริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ (สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2560)

จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นแหล่งกำเนิดมะขามหวานพันธุ์ดีและมีคุณภาพ มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับ ของผู้บริโภค พันธุ์มะขามหวานที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความสำคัญทาง เศรษฐกิจ ได้แก่ พันธุ์สีทอง พันธุ์ศรีชมพู พันธุ์ขันตี และพันธุ์ประกายทอง
(จินตนา และเบญจพร, 2555)

2.1.1.1 พันธุ์มะขามหวานศรีชมภู

มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู “พันธุ์น้ำร้อน” ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ศรีชมภูใบสีเขียวแก่ ยอดอ่อนสีแดงเข้มออกแดงปนเหลืองมองเห็นได้ชัด ยอดอวบกว่าอินทผาลัม ทรงพุ่มเป็นทรงกระบอกแน่นทึบ เปลือกลำต้นสีน้ำตาลเข้มลายแตกของเปลือกต้นหยาบ ฝักใหญ่ยาวค่อนข้างตรง และกลม ที่ตรงฝักมีร่องอกแบน เปลือกฝักสีน้ำตาลอ่อนปนเทา เนื้อรสหวานสนิท บางต้นมีรสเปรี้ยวเล็กน้อย เนื้อสีน้ำตาลอมเหลืองสาแหรก (รก) มีเนื้อน้อย เยื่อหุ้มเมล็ดบางไม่เหนียว ความดกปานกลางถึงดกมาก เป็นพันธุ์เบารองมาจากพันธุ์น้ำผึ้ง ฝักแก่เก็บได้ราวเดือนธันวาคมถึง เดือนกุมภาพันธ์ เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตเร็ว (เทพ, 2555)

พันธุ์ศรีชมภูเป็นพันธุ์ที่มีเปลือกบางมาก แตกง่าย การเก็บเกี่ยวต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษหากเปลือกแตกจะทำให้เสียราคา และเนื่องจากเป็นพันธุ์เบา มีระยะเวลาในการสะสมอาหารของฝักสั้นเพียง 6 - 7 เดือน ถ้าขาดปุ๋ยจะทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าพันธุ์หนัก และถ้าโดนความชื้นมากก็จะทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย และฝักเน่าทำให้มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูไม่มีคุณภาพ และราคาถูกกว่าพันธุ์อื่น (จินตนา และคณะ, 2548)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของมะขามหวานส่วนที่รับประทานได้ น้ำหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ	
พลังงาน	239	กิโล
คาร์โบไฮเดรต	62.5	กรัม
น้ำตาล	57.4	กรัม
เส้นใย	5.1	กรัม
ไขมัน	0.6	กรัม
โปรตีน	2.8	กรัม
วิตามินบี1	1 0.428	มิลลิกรัม
วิตามินบี2	2 0.152	มิลลิกรัม
วิตามินบี3	3 1.938	มิลลิกรัม
วิตามินบี5	5 0.143	มิลลิกรัม
วิตามินบี6	6 0.066	มิลลิกรัม
วิตามินบี9	9 14	ไมโครกรัม
โคลีน	8.6	มิลลิกรัม
วิตามินซี	3.5	มิลลิกรัม
วิตามินอี	0.1	มิลลิกรัม
วิตามินเค	2.8	ไมโครกรัม
ธาตุแคลเซียม	74	มิลลิกรัม
ธาตุเหล็ก	2.8	มิลลิกรัม
ธาตุแมกนีเซียม	92	มิลลิกรัม
ธาตุฟอสฟอรัส	113	มิลลิกรัม
ธาตุโพแทสเซียม	628	มิลลิกรัม

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ปริมาณ	
ธาตุโซเดียม	28	มิลลิกรัม
ธาตุสังกะสี	0.1	มิลลิกรัม

ที่มา: MedThai สรรพคุณสมุนไพร (https://medthai.com), USDA Nutrient Database (สืบค้นเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2560)

2.1.1.2 การเก็บรักษาฝักมะขามหวาน

การเก็บรักษาฝักมะขามหวาน เมื่อมะขามแก่จัด เนื้อจะมีการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเนื้อจะแห้งลงและแยกตัวออกจากเปลือก เมื่อเคาะด้วยนิ้วจะได้ยินเสียงโปร่ง โดยธรรมชาติจะแก่จากปลายฝักไปหาโคนฝัก สำหรับคนเก็บฝักมะขามที่ชำนาญมาก ๆ อาจจะใช้วิธีการสังเกตดูสีผิวของเปลือกที่จะเปลี่ยนสีน้ำตาลออกขาวนวลและแห้ง โดยวิธีการเก็บควรใช้บันไดสำหรับขึ้นไปเก็บ โดยใช้กรรไกรสำหรับตัดฝักมะขามโดยเฉพาะมีเหล็กหนีบขั้วของฝักติดอยู่ด้วยเมื่อตัดฝักจะไม่ร่วงหล่น เก็บใส่ยามหรือตะกร้าบุผ้าไม่ให้ฝักแตกเสียหาย ลำเลียงใส่ภาชนะอย่างระมัดระวัง การเก็บฝักมะขามหวานจะทยอยเก็บหลังเก็บฝักแล้วจะนำมาตัดขั้วออกให้สั้น พร้อมคัดขนาดไปในตัววางผึ่งลมให้ฝักแห้งสนิท 2 - 3 วัน ก่อนนำไปจำหน่าย

การเก็บรักษามะขามหวาน มักเกิดปัญหาในเรื่องของเชื้อรา หรือบางครั้งอาจมีหนอนเจาะเมล็ดเจริญเติบโตอยู่ภายในฝัก โดยที่เปลือกฝักภายนอกยังปกติอยู่ เมื่อนำไปจำหน่ายจะเกิดการเสียหายกับทั้งผู้ซื้อและผู้ขายได้ จึงควรทำการป้องกันการเกิดเชื้อราและแมลงเช่น การให้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำซึ่งอาจใช้ ลังถึง หรือ ซึ้ง วิธีนี้จะทำให้ผิวคล้ำลงเล็กน้อย จากนั้นนำมาผึ่งให้เย็น

2.1.2 โรคมะขามหวาน

2.1.2.1 โรคเชื้อราในฝักมะขามหวาน เชื้อราที่พบ คือ รา *Aspergillus niger* มีกลุ่มราสีดำหรือสีน้ำตาลเจริญเป็นกลุ่ม ๆ บนฝัก มักพบกับฝักมะขามที่แก่หรือระยะหมู (ใกล้สุก) เนื้อมะขามเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและแยกออกจากเปลือก รา *Phomopsis sp.* พบมากในฝักมะขามระยะสุกใกล้เก็บเกี่ยว ฝักมะขามเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจะถึงฝักแห้ง เชื้อราเป็นเส้นใยสีเทาขาวเจริญเป็นจุดเป็นจุดบนเนื้อ และรา *Penicillium sp.* ราจะเจริญเติบโตเป็นจุดเล็ก ๆ เกิดบนเนื้อ วิธีแพร่ระบาดของเชื้อราโดยอาศัยลม ฝน และการไหลไปตามหยดน้ำบนกิ่งไปยังฝักมะขามเข้าทางขั้วผลหรือผ่านทางเปลือกฝักมะขาม การป้องกันกำจัดโดยการฉัดพ่นสารป้องกันกำจัดเชื่อราชนิดดูดซึม ในช่วงฝนตกและใกล้เก็บเกี่ยว ไม่น้อยกว่า 1 เดือน ได้แก่ คาร์เบนดาซิม ไธอะเบนดาโซล และเมนโคเซบ เป็นต้น การฉีดพ่นยาป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดดูดซึมไม่ควรใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน ควรใช้สลับชนิดกันเพื่อป้องกันการดื้อยา (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2557)

โรคเชื้อราในฝักมะขาม พบมากและเป็นปัญหาสำคัญ ยากที่จะป้องกันกำจัด เพราะมีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้มะขามเกิดเชื้อราในเนื้อจะเกิดรุนแรงมากเมื่อมีฝนตก ในขณะที่มะขามกำลังสุก ราสีขาวที่เป็นเชื้อสาเหตุ คือ *Peatalotiopsis sydowiana* เป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในต้นมะขามหวาน จึงพบได้ทุกระยะ ตั้งแต่ดอกบานจนฝักสุก แม้นำเมล็ดมาเพาะเป็นต้นอ่อน ยังพบเชื้อราเกิดขึ้นที่ใบ จึงเป็นการยากที่จะป้องกันกำจัดโดยฉีดพ่นด้วยสารเคมีปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดเชื้อรา คือ เชื้อรามีปริมาณมาก แข็งแรงลดปริมาณเชื้อรา มะขามอ่อนแอสิ่งแวดล้อมบำรุงมะขามหวานให้ลดความชื้น ขาดการบำรุงความชื้นสูงแข็งแรง ต้านทานเชื้อราในสวนมะขาม

วิธีการป้องกันจำกัดเชื้อราในฝักมะขาม ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก

1) การลดปริมาณและกำจัดเชื้อรา

1.1) ไม่ควรทิ้งมะขามที่เป็นราลงใต้ต้น ควรเก็บรวบรวมไปทำลายโดยการเผา หรือ ทำปุ๋ยหมักชีวภาพที่ผ่านขบวนการหมักทำให้เชื้อถูกทำลายไป

1.2) เก็บรวบรวมฝักที่อยู่บนต้นที่ยังไม่สุกทำปุ๋ย เพราะหากปล่อยไว้นานเมื่อสุกในช่วงฤดูฝนพอดีจะเกิดเชื้อราทั้งหมด

1.3) ราดโคนต้นด้วยราเขียวไตรโดเดอร์มา (Trichodeuna) ราชนิดนี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของราขาว ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสวนมะขาม

1.4) ฉีดพ่นด้วยนำหมักชีวภาพที่มีรสฝาด โดยใช้ลูกตะโก เปลือก มังคุด หมาก เปลือกแค หมักกับกากน้ำตาลอัตรา 3 : 1 ฉีดพ่นเป็นประจำ หากต้องการใช้สารเคมีฉีดพ้น ให้ใช้สารในกลุ่มคาร์เบนดาร์ซิม (Corbendazim) ฉีดก่อนระยะคาบหมู เพื่อทิ้งช่วงไม่ให้เกิดการตกค้างของสารเคมี

1.5) ฉีดพ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ น้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้นสูงมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อราที่รุนแรง ได้ผลดีที่สุดในการป้องกันกำจัดเชื้อราในฝักมะขามหวาน และยังมีผลในการป้องกันกำจัดแมลง ใช้อัตราส่วน 1 : 200 ฉีดพ่นที่ใบและรอบทรงพุ่ม ตั้งแต่มะขามหวานออกดอกจนถึงระยะคาบหมู

2) การบำรุงมะขามหวานให้แข็งแรง เพื่อให้เกิดความต้านทานเชื้อรา ดังนี้

2.1) ใช้พันธุ์ต้านทาน มีมะขามหวานหลายพันธุ์ที่ไม่เป็นเชื้อราหรือเป็นน้อย ได้แก่ พันธุ์ขันตี พันธุ์ศรีชมภู พันธุ์ประกายเพชร

2.2) บำรุงด้วยปุ๋ยคอก มูลสุกร มูลไก่ไข่ จะทำให้มะขามหวานเกิดเชื้อราน้อยกว่าปุ๋ยชนิดอื่นแล้ว แต่ทำให้ฝักใหญ่ เนื้อหนา รสหวาน

2.3) ใช้กรดซิลิคอนโรยรอบทรงพุ่ม ตั้งแต่เริ่มออกดอก ผลึกซิลิเกตจะไปสะสมที่ผิวใบและฝัก ทำให้มะขามหวานแข็งแรง เชื้อราและแมลงจึงไม่ทำลาย นอกจากนี้ยังทำให้มีรสชาติดี

2.4) ใส่ปูนโดโลไมท์ ช่วยปรับความเป็นกรดของดินทำให้สามารถนำแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินไปใช้ได้และยังได้ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมทำให้แข็งแรง

2.5) ใส่ปุ๋ยหมักชีวภาพ ก่อนมะขามหวานจะออกดอกติดฝัก เพื่อบำรุงให้ต้นสมบูรณ์ แข็งแรงให้มีภูมิต้านทานโรค

3) การลดความชื้นในสวนและฝักมะขามหวาน

3.1) ไม่ควรปลูกมะขามหวานให้ชิดเกินไปควรใช้ระยะ 12 x 12 ม. ถ้าปลูกชิดกันควรตัดแต่งให้โปร่ง เพื่อให้ได้รับแสงแดดตลอดวัน และไม่ควรปลูกมะขามหวานในที่ลุ่ม

3.2) การตัดแต่งกิ่ง ตัดกิ่งที่รกทึบไม่สมบูรณ์ออกให้โปร่ง แสงแดดส่องได้ทั่วถึงลมพัดผ่านได้ ทำให้ความชื้นในต้นต่ำ ฝักที่เปียกจากน้ำค้างหรือฝนจะแห้งเร็ว

3.3) ดายหญ้ารอบทรงพุ่มเพื่อลดความชื้นในดิน ก่อนมะขามหวานจะเข้าระยะคาบหมู ให้แสงแดดส่องเข้าถึงพื้นดิน

3.4) ถ้าเชื้อราระบาดมาก ควรเก็บฝักในระยะคาบหมู ซึ่งกำลังเกิดเชื้อราอบในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 1 สัปดาห์ ทำให้ฝักแห้งเร็ว เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตต่อได้

3.5) นำมะขามหวานมาอบในตู้ไมโครเวฟ ประมาณ 7 นาที หลังจากนั้นจึงผึ่งแดดอีก 2 แดด เชื้อราจะไม่เจริญเติบโต (จินตนา และคณะ, 2557)

2.1.2.2 โรคราแป้ง *(*Powdery mildew*)* สาเหตุ จากเชื้อรา *oidium sp* ลักษณะอาการ ระยะกล้าใบอ่อนมะขามเป็นจุดด่างเหลืองด้านบนใบเป็นจุดเดี่ยว ๆ หรือรวมเป็นกลุ่ม ต่อมาจุดด่างเหลืองกระจายคลุมทั่วพื้นที่ใบ เมื่อมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมเชื้อราแป้งสีขาวจะเจริญฟูขึ้นตรงบริเวณจุดด่างเหลือง มีลักษณะเป็นผงสีขาวปกคลุมทั่วทั้งใบ ใบอ่อนและใบแก่ที่มีราแป้งเข้าทำลายอย่างรุนแรงจะแสดงอาการใบร่วงมาก ในระยะกล้ามะขามและระยะต้นโต การร่วงของใบทำให้ลดพื้นที่การสังเคราะห์แสงของใบ ทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงักลำต้นโตช้า และระยะเวลาปลูกต้นตอต้องใช้เวลานานขึ้นระยะต้นโต ยอดต้นมะขามที่โตแล้วเป็นโรคราแป้งมักมีสีซีดเหลือง ลักษณะอาการใบร่วงทำให้ทราบว่ายอดและใบอ่อนถูกราแป้งเข้าทำลายทั่วทั้งพุ่มต้น การเจริญเติบโตชะงักมีผลกระทบต่อการออกดอกและติดฝักระยะช่อดอก ราแป้งที่ทำลายยอดจะลุกลามบริเวณช่อดอกเจริญฟูบนรังไข่และฝักอ่อน ทำให้รังไข่และฝักอ่อนแห้งดอกร่วงหล่น ซึ่งเป็นระยะที่มักสังเกตได้ยาก ถ้าหากเกษตรกรไม่ได้สุ่มเก็บตัวอย่างช่อดอกมาตรวจดู

การแพร่ระบาด โรคราแป้งมะขามมีความจำเพาะกับชนิดพืช สังเกตได้จากรูปร่างของเชื้อรา ซึ่งมีการสร้างสปอร์ที่แตกต่างไปจากเชื้อราแป้งของพืชชนิดอื่น ๆ สร้างสปอร์แบบที่ไม่มีเพศเรียกว่า *oidium* หรือ *conidium* ใช้ในการแพร่พันธุ์บนผิวพืช สปอร์มีลักษณะคล้ายฝุ่นแป้ง เมื่อแก่ก็จะหลุดจากก้านชูสปอร์ถูกลมพัดพาไปยังยอดอ่อน ใบ และช่อดอกในต้นเดียวกันและต้นอื่น ๆ

การป้องกันกำจัด ในระยะกล้ามะขามควรควบคุมราแป้ง โดยฉีดพ่นป้องกันด้วยกำมะถันหรือสารประเภทดูดซึม เช่น *triadimefon* ระยะต้นโตควรทำการตัดแต่งให้โปร่งควบคุมราแป้งโดยฉีดพ่นสารเคมีป้องระยะใบอ่อนและช่อดอกเป็นระยะ ๆ จะช่วยลด

2.1.2.3 โรคราดำ *(Sooty mold)* สาเหตุจากเชื้อรา *Capnodium sp*. ลักษณะอาการจุดโคโลนีสีดำของราเจริญกระจายบนใบเมื่อมีสภาพความชื้นสูงจุดฟูสีดำอาจเชื่อมกันเป็นปื้นดำบนใบ กิ่ง ผล และฝัก ลำต้นที่มีพุ่มแน่นทึบและมีการระบาดของเพลี้ยหอยและเพลี้ยแป้งตรวจพบโรคราดำระบาดมาก

การแพร่ระบาด เชื้อราแพร่ระบาดโดยลมและสภาพที่มีความชื้นสูง อุณหภูมิค่อนข้างเย็นโดยอาศัยน้ำหวาน (honey dew) ที่แมลงขับถ่ายเป็นอาหารบนต้นมะขามที่มีเพลี้ยหอยและเพลี้ยแป้งแพร่ระบาด

การป้องกันกำจัด ตัดแต่งกิ่งให้โปร่ง ฉีดพ่นป้องกันด้วย mancozeb สลับกัน copper oxychioride และควบคุมการระบาดของแมลง

2.1.2.4 โรคฝักเน่า *(Pod rot)* ลักษณะอาการ เชื้อราที่ตรวจพบในฝักมะขามมีดังนี้ *Phompsis sp.* เป็นเชื้อราที่พบมากในฝักมะขามหวานระยะสุกใกล้เก็บเกี่ยว เนื้อฝักมะขามเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลตลอดจนถึงฝักแห้ง เชื้อรามีลักษณะเป็นเส้นใยสีเทาขาวเจริญเป็นจุดบนเนื้อฝัก ทำให้ฝักมะขามเป็นรูมีเชื้อราลุกลามปกคลุมฝัก บางครั้งพบลุกลามจากขั้วฝัก ทำให้ฝักมะขามหวานแทบทุกพันธุ์เน่าเป็นเปอร์เซ็นต์สูงมาก เชื้อรา *Aspergillus sp.* ทำให้เนื้อฝักเน่ามีกลุ่มราสีดำหรือสีน้ำตาลเจริญเป็นกลุ่ม ๆ บนฝักมักพบกับฝักมะขามที่มีลักษณะฝักแก่หรือระยะคาบหมูเชื้อรา *Lasiodiplodia sp*. ทำให้ฝักมะขามเน่าดำมีเส้นใยสีเทาดำปกคลุมฝักมะขามที่เก็บในสภาพที่ชื้นไม่มีการระบายอากาศ

การแพร่ระบาด เชื้อราอาศัยลม ลมฝน และการไหลของสปอร์ ไปตามหยดน้ำบนกิ่งไปยังฝักมะขามเข้าทำลายทางขั้วผลหรือผ่านทางเปลือกฝักมะขามที่แห้งกรอบ ซึ่งอาจแตกหักได้ง่ายเมื่อโดนกระแทก ในสภาพที่มีความชื้นในอากาศสูงเปลือกฝักจะดูดความชื้น ทำให้เปลือกนิ่มพองตัวออก เชื้อราเจริญเข้าทำลายได้ง่าย มะขามพันธุ์ที่มีความหวานสูงมักเป็นโรครุนแรงในสภาพอากาศที่มีหมอกลงจัดความชื้นในอากาศสูงและในดินมีความชื้นมากฝักมะขามที่ไม่แห้งมักมีเชื้อราทั้ง 3 ชนิดเข้าทำลาย

การป้องกันกำจัดการระบายน้ำที่ดีเมื่อมีฝนตก เพื่อลดการสะสมความชื้นที่ฝักแก่ซึ่งเหมาะสมกับการเข้าทำลายของเชื้อรา ฉีดพ่นป้องกันเชื้อราระยะฝักมะขามพัฒนาขนาดจำนวน 3 - 4 ครั้ง จะช่วยลดประชากรเชื้อราที่ตกค้างในสวน ควรหยุดการฉีดพ่นระยะ 1 เดือนก่อนการเก็บเกี่ยวสารที่ควบคุมเชื้อราที่ควรใช้ เช่น carbendazim

วิธีการป้องกันกำจัดเชื้อราในฝักมะขามหวาน คือ เตรียมสภาพสวนที่เหมาะสม จัดการระบายน้ำที่ดีเมื่อฝนตก เพื่อลดความชื้นที่ฝักแก่ ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดเชื้อทันทีภายหลังฝนตกสารที่ใช้ได้แก่ แมนโคเซบ คาร์เบนดาซิม (นิพนธ์, 2536)

วิธีการป้องกันโรคเชื้อราในฝักมะขามหวานโดยวิธีผสมสาน สภาพความชื้นที่เพิ่มมากโดยฝนตกหรือการให้น้ำในระยะที่ฝักมะขามแก่จะมีส่วนทำให้เชื้อราเข้าทำลายฝักมะขามมาก จึงจำเป็นสำหรับเกษตรกรในการเตรียมสภาพสวนที่เหมาะสม คือ จัดการระบายน้ำที่ดีเมื่อฝนตกเพื่อลดการสะสมความชื้นที่ ฝักแก่ ซึ่งเหมาะสมการเข้าทำลายของเชื้อรา จึงจำเป็นต้องฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดเชื้อราทันทีภายหลัง ฝนตก และการฉีดพ่นป้องกันเชื้อราระยะฝักมะขามพัฒนาขนาดจำนวน 3 - 4 ครั้ง จะช่วยลด ประชากรของเชื้อราในสวน ที่ตกค้างที่ลำต้นและที่แพร่ระบาดมาทางลมและฝนควรหยุดการฉีดพ่น ระยะ 1 เดือนก่อนการเก็บเกี่ยว แต่ถ้าหากมีความจำเป็นเนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศเปลี่ยน มีฝนหรือ มีหมอกลงจัดอาจเพิ่มการฉีดพ่นอีก 1 ครั้ง สารที่ควบคุมเชื้อราในฝักมะขามโดยฉีดพ่นป้องกันก่อน เชื้อราเข้าทำลายในสภาพดินฟ้าอากาศปกติของฤดูกาลอาจใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราประเภทฉีดพ่นป้องกัน เช่น แมนโคเซบ แต่ถ้ามีอากาศผันแปรมีฝนตก การฉีดพ่นสารป้องกันเชื้อราต้องใช้สาร ประเภทดูดซึมหรือสารที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น คาร์เบนดาซิมหรือไทอะเบนดาโซล ข้อแนะนำนี้ มีความจำเป็นต้องทำการทดลองโดยชาวสวนมะขามแต่ละท้องที่ เพื่อทราบ

ความเหมาะสมทาง เศรษฐกิจ ควรระมัดระวังการใช้บ่อยครั้งซึ่งจะทำให้เชื้อราดื้อยา (จินตนา และเบญจพร, 2555)

2.1.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบาดของเชื้อรา

2.1.3.1 เชื้อรา (fungi) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก แพร่กระจายทั่วไปในอากาศ เนื่องจากเชื้อรามีอยู่มากมายและมีการจำแนกแตกต่างกันออกไปหลายระบบ โดยยึดความสำคัญของคุณสมบัติต่าง ๆ สำหรับการแยกเชื้อราสาเหตุโรคพืชจะแยกตามระบบของ G.N. Agrios (1997) โดยอาศัยคุณสมบัติต่าง ๆ ของเส้นใยหรือสปอร์การเกิดหรือลักษณะของ fruiting body เนื่องจากประเทศไทยมีอากาศร้อนชื้น ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อรา เชื้อรามีการแพร่กระจายทั่วไปในอากาศ น้ำอาหาร และฝุ่นละออง เมื่อสปอร์ของเชื้อราปลิวไปตกในที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะเจริญเป็นเส้นใย เนื่องจากเชื้อราไม่มีคลอโรฟิลด์ จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ ต้องอาศัยอาหารสำเร็จรูปจากสิ่งมีชีวิต และอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ เช่น ซากพืช และซากสัตว์ โดยเชื้อราจะสร้างเอนไซม์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในวัตถุแทบทุกชนิดเป็นอาหารแล้วดูดซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปใช้งาน เชื้อราสามารถเจริญได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดหรือมีน้ำตาลเข้มข้นสูง พลังงานและคาร์บอนที่เชื้อราใช้ในการเจริญเติบโตมาจากคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากใยธรรมชาติส่วนใหญ่มีกลูโคสเป็นส่วนประกอบจึงเป็นแหล่งอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อรา นอกจากนี้เชื้อรายังมีสีต่าง ๆ ตามชนิดของอาหาร เช่น เหลือง ดำ เขียว การเจริญของเชื้อราจะมาจากส่วนปลายของเส้นใย แบ่งออกเป็นสองทิศทาง คือ ทางขวางจะเจริญไปเต็มที่แล้วหยุด ส่วนทางยาวเส้นใยจะงอกออกไปแตกกิ่งก้านสาขามากมายตราบเท่าที่สภาพแวดล้อมเหมาะสม (ดีพร้อม และวิวัฒน์, 2517)

รายงานว่ามีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการระบาดของเชื้อรา คือ

1) ฝน หากมีฝนตกในระยะที่ฝักแก่และแห้ง จะทำให้เชื้อระบาดมาก น้ำฝนทำให้เปลือกฝัก ที่แห้งเปียกและอ่อนนิ่ม ทำให้เชื้อรางอกทะลุผ่านเปลือกเข้าทำลายเนื้อในฝัก

2) ระดับน้ำในดิน หากระดับน้ำในดินสูง ฝักจะแก่ช้า เนื้อฝักสุกจะแห้งช้า ในสภาพอากาศร้อนจะมีความชื้นสูงภายในฝัก เปลือกมะขามจึงอ่อนตัวและบอบบางเชื้อราเข้าทำลายง่าย

3) ระดับความสมดุลของแร่ธาตุอาหารที่พืชได้รับ หากมะขามได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป ทำให้ฝักอวบน้ำจะอ่อนแอต่อโรค

4) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ในสภาพที่มีความเป็นกรดสูง หรือในดินเหนียวที่มีการให้ ปุ๋ยวิทยาศาสตร์เป็นระยะเวลานาน ๆ มักมีเชื้อราเข้าฝักได้ง่าย

5) ลักษณะพันธุ์มะขาม เช่น ความหนาของเนื้อ เนื้อหนามากจะแห้งช้า มีความชื้นในฝักมาก จะเกิดเชื้อรามาก ความหวานมะขามที่มีความหวานสูง มักเป็นเชื้อรามาก ความหนาของเปลือก เปลือกหนาเมื่อแห้งจะแข็งแรงเชื้อราเข้าทำลายน้อย แต่หากความชื้นสูงเป็นเวลานาน เปลือกหนาจะแห้งช้า เชื้อราทำลายมาก

6) ระยะเวลาเก็บเกี่ยว หากมะขามสุกพร้อมกันเก็บเกี่ยวช่วงสั้น จะถูกเชื้อราทำลายน้อย

7) การตัดแต่งทรงพุ่ม เพื่อทำลายเชื้อโรคและแมลงที่หลบซ่อนในทรงพุ่ม การตัดแต่งกิ่งทรงพุ่มโปร่ง เชื้อราจะเข้าทำลายฝักน้อยลง (นิพนธ์, 2536)

การเกิดเชื้อราในมะขามหวานเป็นปัญหาสำคัญของเกษตรกรชาวสวนมะขามหวานมาโดยตลอด จินตนา (2545 ก) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดเชื้อราในมะขามหวาน พบว่า ปัจจัยที่ทำให้เชื้อราเจริญเติบโตดี คือ ปริมาณฝน ความชื้นในดินและในอากาศ ปริมาณน้ำตาลซูโครสในเนื้อมะขาม ความหนาของเนื้อ ต้นที่เกิดเชื้อรามากมักมีร่มเงามาบังแสงหรือต้นที่อยู่ในที่ลุ่มและทรงพุ่มหนาแน่นทึบจะเกิดเชื้อราได้มาก นอกจากนี้ จินตนา, (2545 ข) ได้ศึกษาวิธีกลบางชนิด ได้แก่ การตัดแต่งกิ่ง การทำความสะอาดแปลงปลูก และการห่อฝักป้องกันความชื้น ปรากฏว่าสามารถลดปริมาณเชื้อราลงได้บ้าง แต่ไม่ได้ผลทั้งหมดมีการศึกษาชนิดของเชื้อราในมะขามหวาน (ณัฏฐีวรรณ และคณะ. 2531)

2.1.4 การนึ่ง หรือ การอบไอน้ำ

การนึ่ง หรือ การอบไอน้ำ เป็นกระบวนการทำอาหารให้สุกโดยการผ่านความร้อนจากไอน้ำ จากการต้มน้ำให้ถึงจุดเดือด การนึ่งเป็นกระบวนการทำอาหารที่เหมาะสมกับอาหารเกือบทุกชนิด ซึ่งสามารถรักษาและคงความชื้นไว้ในอาหารได้เป็นอย่างดี

การเก็บรักษามะขามหวานหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตให้มีคุณภาพและรสชาติดี โดยใช้วิธีการอบด้วยเตาไมโครเวฟ การอบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และการเก็บในห้องเย็น ซึ่งเป็นการใช้วัสดุ ที่มีราคาสูง ซึ่งมีวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำหรือการอบไอร้อนเป็นวิถีแบบชาวบ้านเป็นการเก็บรักษามะขามและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และแมลงในฝักมะขามหวาน เป็นที่นิยมของเกษตรกรสามารถทำได้ทุกครัวเรือน

การนึ่งด้วยไอน้ำ วิธีการนี้เป็นที่นิยมและมีการใช้กันมากที่สุด วัสดุที่ใช้หาง่ายในครัวเรือนคือเตาหุงต้มอาหารที่ใช้ถ่านและลังถึงสำหรับนึ่งอาหาร วิธีการทำโดยนำมะขามหวานที่เก็บจากต้นแล้วไปผึ่งแดด ½ วัน นำไปบรรจุลังถึง ต้มน้ำให้เดือดเสียก่อนนึ่ง ใช้เวลานึ่งนานประมาณ 5 - 8 นาที ขึ้นอยู่พันธ์ของมะขามหวานที่นำมานึ่งว่าเป็นพันธ์เปลือกหนาหรือบาง อย่างไรก็ตาม เวลาที่ใช้นึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละรายที่ทำกันมา หลังการนึ่งต้องนำมะขามหวานไปผึ่งแดดหรือลมให้เปลือกมะขามหวานแห้งสนิทดีก่อน จึงนำไปบรรจุในภาชนะสำหรับวางจำหน่ายต่อไป

ข้อดีของการนึ่งด้วยไอน้ำคือ วิธีการไม่ยุ่งยาก อุปกรณ์ที่ใช้หาได้ง่าย และประหยัดเชื้อเพลิงใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วในสวนมะขาม การนึ่งด้วยไอน้ำนี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต ของเชื้อราและทำลายแมลงบางชนิดได้ แต่ไม่อาจทำลายแมลงปีกแข็งบางชนิดได้ เนื่องจากแมลงปีกแข็งอาศัยอยู่ภายในเม็ดมะขามและความร้อนกระจายเข้าไปได้ไม่ทั่วถึง

ข้อเสียของการนึ่งด้วยไอน้ำคือ จะทำให้เปลือกของมะขามหวานที่ผ่านการนึ่งมาแล้วมีสีคล้ำ วิธีการนี้ไม่เหมาะกับมะขามหวานพันธุ์ประกายทองซึ่งมีเนื้อฟูหนา เพราะจะทำให้เนื้อของมะหวานเละ และติดกับเปลือกทำให้ไม่น่ารับประทาน

2.1.5 กระบวนการทำแห้ง หรือการอบแห้ง

2.1.5.1 การอบแห้ง (Drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มาก - น้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบ เมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบระเหยเป็นไอ จะได้

ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง ซึ่งนอกจากจะมีกรณีที่วัตถุดิบมีสภาพเป็นของแข็งที่เปียกชื้นแล้ว ยังมีกรณีที่อบของเหลวข้น (Slurry) หรือของเหลวใสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย

การทำแห้งเป็นกระบวนแปรรูปและถนอมอาหารที่สำคัญโดยลดความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหาร และค่ากิจกรรมของน้ำ (Water activity, a_w) เพื่อยับยั้งต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลให้อาหารเสื่อมเสีย แต่การทำแห้งผลิตภัณฑ์อาหารนั้น มักพบปัญหาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและองค์ประกอบที่สำคัญของอาหาร เช่น การหดตัว การสูญเสียสารหอมระเหย สี และคุณค่าทางโภชนาการ การทำแห้งแบบผสมผสาน (Hybrid drying) เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่นำมาแก้ไขข้อบกพร่องของการทำแห้งแบบขั้นตอนเดียว เช่น การใช้การทำแห้งแบบหลายขั้นตอน ซึ่งอาจจะใช้เครื่องอบแห้งชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ การเปลี่ยนอุณหภูมิของการทำแห้งในแต่ละขั้นตอน การเปลี่ยนความดัน หรือการนำวิธีการทำแห้งแบบต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน เพื่อผสมผสานข้อดีของเครื่องอบแห้งแต่ละชนิด ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น (ชาลีดา, 2555)

การทำแห้งเป็นการให้ความร้อนแก่อาหารระดับหนึ่ง เพื่อไล่เอาน้ำออกจากอาหารให้เหลืออยู่ปริมาณน้อยที่สุด การทำแห้งทำได้หลายวิธี เช่น การตากแดด (Sun drying) การทำแห้งโดยใช้พลังแสงอาทิตย์ (Solar drying) ตู้ทำแห้งแบบใช้ลมร้อน (Hot air drier) ตู้ทำแห้งแบบสูญญากาศ (Vacuum shelf drier) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying หรือ Sublimation) และการอบ (Baking) เป็นต้น ซึ่งอาหารแห้งที่ได้จะมีปริมาณน้ำหรือความชื้นประมาณร้อยละ 2.3 ทำให้ลด a_w ในอาหารให้น้อยลงด้วย จึงทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เพราะเมื่ออาหารมีน้ำลดลงจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และ การทำงานของเอนไซม์ได้ นอกจากนี้ การทำแห้งยังช่วยลดน้ำหนัก ทำให้ลดค่าใช้จ่ายระหว่างการเก็บรักษาและขนส่ง อาหารทำแห้งบางชนิดยังสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งวิธีการทำแห้งจึงเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างไรก็ตาม การทำแห้งทำให้สูญเสียทั้งคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร

คุณค่าทางโภชนาการของอาหารแห้ง เนื่องจากอาหารเมื่อแห้งจะเสียน้ำไป จึงทำให้สัดส่วนขององค์ประกอบของสารอาหารนั้นเพิ่มขึ้นต่อน้ำหนักเมื่อเทียบกับอาหารสด อย่างไรก็ตาม อาหารที่ถนอมด้วยวิธีใด ๆ ก็ตามจะไม่มีทางรักษาคุณค่าทางโภชนาการให้เท่ากับอาหารสดได้ การตากแห้งก็เช่นกัน คือ ผักและผลไม้ จะเสียวิตามินไปบ้าง โดยเฉพาะพวกที่ละลายในน้ำ คือ วิตามินซีจะเสื่อมไปบ้าง โดยการทำปฏิกิริยากับอากาศ ไรโบเฟลวิน จะเสื่อมจากการถูกแสงแดด วิตามินเสื่อมเพราะความร้อนและละลายน้ำ แม้วิตามินเอ ก็เสียไปมากเพราะถูกอากาศและแสงแดด วิตามินเหล่านี้จะลดน้อยลงอีกตามเวลาที่เก็บ (ดวง, 2539)

2.1.5.2 กลไกการทำแห้ง

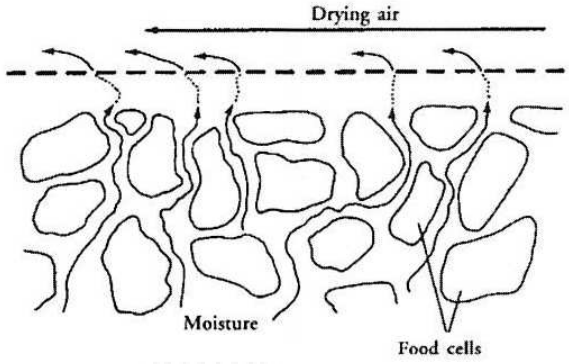
เมื่ออากาศร้อนถูกเป่าลงชิ้นอาหารที่เปียกชื้น ความร้อนจะถ่ายเทไปที่ผิวนอกของอาหาร ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำ (Latent heat of vaporization) จะทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำ และแพร่กระจายผ่าย Boundary film ของอากาศ และพาไอน้ำระเหยออกไป โดยมีอากาศแห้งเข้ามาแทนที่ ทำให้บริเวณผิวนอกของอาหารจะมีความดันไอของน้ำลดลง เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างอากาศภายนอกกับความชื้นภายในชิ้นอาหาร จึงเป็นแรงขับให้น้ำจากภายในจะเคลื่อนย้ายออกมาที่ผิวนอกของอาหารได้ด้วยกลไก ดังนี้

1) เคลื่อนที่โดย capillary force

2) เคลื่อนที่โดยการแพร่กระจายของน้ำ เนื่องจากตัวถูกละลายมีความเข้มข้นแตกต่างกันที่บริเวณต่าง ๆ กัน ในชิ้นอาหาร

3) น้ำจะถูกดูดซับด้วยชั้นของตัวถูกละลายออกมาอยู่ที่ผิวนอกอาหาร

4) ไอน้ำที่ระเหยออกไปในอากาศจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอ



ภาพที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชิ้นอาหารระหว่างการทำแห้ง
ที่มา: นิธิยา (2553)

2.1.5.3 ผลของการทำแห้งต่ออาหาร

1) ลักษณะเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสภายหลังการทำแห้งจะมีผลต่อคุณภาพของผลไม้ ซึ่งสามารถปรับปรุงให้คุณภาพดีขึ้นได้โดยการลวกและอาจเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงไปในน้ำที่ใช้ลวก การปอกเปลือกและหั่นชิ้นก่อนทำแห้งก็มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะเมื่อแช่น้ำให้คืนตัว การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสอาจเกิดขึ้นเมื่อสตาร์ชเกิดเจลาติไนเซชัน หรือเกิด Crystallization ของเซลลูโลส การเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำในอาหารระหว่างการทำแห้งทำให้อาหารเหี่ยว และมีปริมาณลดลง สอดคล้องกับ (จารุวรรณ และคณะ, 2550) ได้ทดสอบการหดตัวของกล้วยแผ่น มีการหดตัวมาก เมื่อทำการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูง และมีการหดตัวน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากกล้วยแผ่นที่อบแห้งภายใต้อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการอบแห้งที่รวดเร็ว น้ำที่อยู่ที่ผิวของกล้วยแผ่นจะระเหยไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ผิวที่อยู่ข้างนอกแห้งและเกิดการแข็งตัวที่ผิว ซึ่งการแข็งตัวที่ผิวนี้จะช่วยรักษาสภาพรูปทรง และปริมาตรของกล้วยแผ่นไม่ให้มีการหดตัวมาก ส่วนเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นหลังการอบแห้ง แต่มีผลต่อความแข็งโดยอุณหภูมิสูงให้ค่าความแข็งน้อยกว่าอุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนของผักและผลไม้บางชนิดภายหลักการทำแห้ง การหดตัว และการคืนตัว

ผัก	Drying ratio	Overall shrinkage ratio	Rehydration ratio
กะหล่ำปลี	11.5	21.0	10.5
แครอท (diced)	7.5	12.0	7.0
หอมหัวใหญ่ (sliced)	7.0	8.0	5.5
พริกหวาน (green pepper)	17.0	22.0	8.0
ผักโขม	13.0	13.5	5.0
มะเขือเทศ (flake)	14.0	20.0	5.0

ที่มา: Fellow (1997) อ้างถึงใน นิธิยา (2557)

2) กลิ่นและรสชาติ ระหว่างการทำแห้งความร้อนจะทำให้สารให้กลิ่นระเหยออกไปด้วย ดังนั้น การสูญเสียสารให้กลิ่นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ และความเข้มข้นของแข็งทั้งหมดในอาหารความดันไอของสารที่ระเหยได้ และความสามารถในการละลายน้ำ หากเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายจะสูญเสียตั้งแต่เริ่มต้นอบ ส่วนช่วงหลังของการอบจะมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการควบคุมภาวะที่ใช้ในการทำแห้งจะช่วยลดการสูญเสียกลิ่นและรสชาติของอาหารได้ สอดคล้องกับจารุวรรณและคณะ (2550) ได้ศึกษาสารประกอบที่ระเหยง่ายในระหว่างการอบกล้วยแผ่น พบว่า สารประกอบที่ระเหยง่ายแต่ละชนิดมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งที่แตกต่างกัน โดยในกล้วยหอมมีสารประกอบที่ให้กลิ่นอยู่มากโดยส่วนมากประกอบด้วย Isoamyl acetate, Isobutylbutanoate และ Buty สารประกอบที่ระเหยง่ายแต่ละชนิดมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงสามารถลดปริมาณการสูญเสียสารระเหยง่ายในกล้วยได้ดีกว่าการอบแห้งอุณหภูมิต่ำกว่า อาจเป็นผลมากจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดผิวแข็งที่บริเวณผิวกล้วยซึ่งอาจจะช่วยให้การแพร่ของสารระเหย butyrate

3) สีการทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีผิวของอาหารและเปลี่ยนการสะท้อนแสงของสีมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารแคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนและการออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง ยิ่งการทำแห้งใช้เวลานานและอุณหภูมิสูงยิ่งเกิดได้ง่ายและอาจเกิด Browning สอดคล้องกับอาฒยา และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาพัฒนาขนมอาลัวโดยทำการศึกษาการทำแห้งขนมอาลัวที่อุณหภูมิที่ 65 70 และ 75 องศาเซลเซียส โดยขนมอาลัวที่ทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส มีสีขาวอมน้ำตาลเนื่องมาจากปฏิกิริยา Maillard browning โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อน ทำให้แป้งและน้ำตาลที่เกิดการเผาไหม้โดยปฏิกิริยาเคมีหากอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม 10 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้น 3 - 4 เท่าจากเดิม และสอดคล้องกับ Nadian et al. (2015) ได้ศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสีของแอปเปิ้ลระหว่างการทำแห้งของการเปลี่ยนสีของชิ้นแอปเปิ้ลระหว่างการทำแห้งด้วยลมร้อน พบว่า สีของแอปเปิ้ลจะเข้มข้นโดยเปลี่ยนจากสีขาวซีดเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว

เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาแบบปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non enzymatic browning reaction) และการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซิ่งกับกรดอมิโน นอกจากนี้การเกิดปฏิกิริยา Maillard browning ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยน้ำ ออกไป และการเก็บรักษาหากยังมี การทำงาน ของเอนไซม์ที่เหลืออยู่สามารถป้องกันการทำงานของเอนไซม์ได้โดยนำไปลวก และให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือวิตามินซี แต่ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะทำให้สีของแอนโทไซยานินหายไป และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างทำให้สีเปลี่ยน และผู้บริโภคบางคนเกิดการแพ้ได้ เช่น มีอาการหอบหืด

การเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับ a_w และอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการเก็บรักษายิ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูงยิ่งมีสีคล้ำ โดยเฉพาะเมื่ออาหารมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 4 - 5 และอุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส

4) คุณค่าทางโภชนาการ วิตามินแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในน้ำได้อย่างแตกต่างกัน วิตามินไวต่อการถูกทำลายด้วยความร้อนและออกซิเดชันมากที่สุด หากต้องการลดการสูญเสียวิตามินต้องใช้เวลาในการทำแห้งและเก็บรักษาที่สั้น ใช้อุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์และออกซิเจนต่ำ วิตามินบีหนึ่งก็ไวต่อความร้อน แต่วิตามินชนิดอื่นค่อนข้างทนต่อความร้อนและออกซิเดชัน จึงสูญเสียระหว่างทำแห้งเพียงร้อยละ 5 - 11 ภายหลังการลวก

วิตามินและสารอาหารที่ละลายได้ในไขมันค่อนข้างคงตัวในอาหารแห้งและมีความเข้มข้นมากขึ้น อย่างไรก็ตามหากมีโลหะหนักจะเร่งให้เกิดออกซิเดชันของสารอาหารที่มีพันธะคู่ อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเร็วขึ้นเมื่อมีน้ำน้อยลง เพราะตัวถูกละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น วิตามินที่ละลายในไขมันบางชนิดอาจสูญเสีย เนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับเพอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมัน ดังนั้น การลดออกซิเจน อุณหภูมิ และแสงสว่างช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษาได้

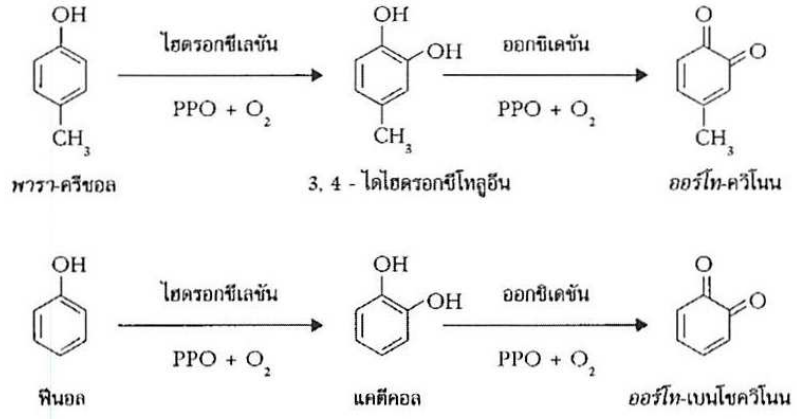
2.1.5.4 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารมี 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction) ซึ่งจะเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปและระหว่างการเก็บรักษา ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมีทั้งผลดี และผลเสียต่อคุณภาพของอาหาร ดังนั้น การเข้าใจถึงกลไกการเกิดปฏิกิริยานี้จึงมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรรูปอาหารเป็นอย่างมาก

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อน เพราะไม่ได้เป็นปฏิกิริยาปฐมภูมิ (Primary reaction) แต่เป็นปฏิกิริยาทุติยภูมิ (Secondary reaction) หลาย ๆ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นร่วมกันและให้สารสีที่ผันแปรได้ ถึงแม้จะเป็นอาหารชนิดเดียวกันก็ตาม ตัวอย่าง เช่น การปอกเปลือกมันฝรั่ง อาจทำให้เกิดสีแดง น้ำตาลหรือดำก็ได้ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทั้งสองแบบนี้สามารถยับยั้งได้โดยใช้สารประกอบซัลไฟต์ แต่ซัลไฟต์อาจทำให้ผู้บริโภคบางคนเกิดการแพ้ได้ เช่น ปริมาณซัลไฟต์ที่ยอมให้มีได้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

1) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ เป็นปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในพืชและอาหารทะเล (Shellfish) ในภาวะที่มีออกซิเจนในอากาศ และเอนไซม์ พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) จะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซีเดชันได้เป็นออร์โท-ไดฟีนอล (odiphenol) และจะถูกออกซิไดส์ ต่อได้เป็นออร์โท-ควิโนน (oquinone) เอนไซม์ PPO อาจมีชื่อเรียกว่า ไทโรซิเนส (tyrosinase) ไดฟีนอลออกซิเดส (odiphenol oxldase) หรือแคตีคอลออกซิเดส (Catechol oxidase) สารประกอบฟีนอลที่ถูกออกซิไดส์ได้ด้วยเอมไซม์ PPO ได้แก่ แคตีชิน (Catechins) เอสเทอร์ของกรดซินนามิก (Cinnanic acid ester) 3, 4 - ไอดรอกซีวินิลอะลานีน (3, 4 - hydroxyphenylalanine) หรือ DOPA) และไทโรซีน พีเอชที่เหมาะสมสำหรับเอนไซม์ PPO อยู่ในช่วง 5 -7 เป็นเอนไซม์ที่ไม่คงตัว ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน และถูกยับยั้งได้ด้วยกรดแฮไลด์ (Halides) กรดฟีนอลิกชัลไฟต์คีเลติ้งเอเจนต์ (Chelating agents) และรีดิวซิงเอเจนต์ (Reducing agents) เช่น กรดแอสคอร์บิก และซิสเตอีน (cysteine) เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์
ที่มา: นิธิยา (2553)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์นี้เป็นปัญหาสำคัญในการแปรรูปผลไม้หลายชนิด ได้แก่ แอปเปิ้ล ท้อ สาลี่ กล้วย องุ่น รวมทั้งผัก เช่น มันฝรั่ง เห็น และผักสลัด เพราะมีสารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นตามรอยตัดของผักและผลไม้ เนื่องจากปฏิกิริยาของออร์โทควิโนน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและพอลิเมอไรเซชันของสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังเกิดขึ้นในอาหารทะเลบางชนิด เช่น กุ้ง ปู และลอบสเตอร์ เมื่ออาหารเกิดสีน้ำตาลจะทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง และยังอาจทำให้เกิดปัญหากับผักและผลไม้ทำแห้ง และแช่เยือกแข็งอีกด้วย ข้อดีของปฏิกิริยานี้ ทำให้ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีสีและรสชาติดีขึ้น เช่น ลูกเกด ลูกพรุน กาแฟ ชา และโกโก้ ซึ่งต้องทำให้เกิดสีน้ำตาล รวมทั้งมีกลิ่นและรสชาติดี การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ในผักและผลไม้บางชนิดทำได้โดยการลวกเพื่อยับยั้ง และทำลายเอนไซม์ PPO แต่วัตถุดิบบางชนิดหากนำไปลวกจะมีผลกระทบต่อกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส เช่น หัวหอม

การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในอาหาร

1.1) ใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์ฟีนอเลสโดยการลวกผักด้วยไอน้ำ

1.2) ใช้สารเคมียับยั้งการทำงานของเอนไซม์ฟีนอเลส

1.3) เติมสารรีดิวซิงเอเจนต์

1.4) กำจัดออกซิเจน

1.5) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสับสเตรตที่มีอยู่ตามธรรมชาติ

การยับยั้งอาจใช้ 2-3 วิธีร่วมกันก็ได้ แต่การลวกด้วยไอน้ำกับผลไม้ไม่ได้ เพราะจะทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ และทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มลง อย่างไรก็ตามสามารถใช้ความร้อนยับยั้งเอนไซม์ในน้ำผลไม้และเนื้อผลไม้เข้มข้นได้ เอนไซม์นี้จะถูกทำลายได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส ในการทำลายเอนไซม์ และควรมีการศึกษาหา อุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมใน การทำลาย เอนไซฟีนอลเลสในผักหรือผลไม้แต่ละชนิด ภายหลังการลวกแล้วต้องทำให้ผักเย็นลงอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาคุณภาพของอาหารไว้ให้ดีที่สุด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารเคมีที่ยับยั้งเอนไซม์ฟีนอลเลสได้ดีที่สุด เป็นการยับยั้งแบบไม่กลับคืน นิยมใช้กับผลไม้ทำแห้ง เช่น ลูกเกด แต่มีข้อเสียคือ ทำให้เกิดกลิ่น ถ้าใช้มากเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และทำให้ผู้บริโภคบางคนแพ้ได้ สอดคล้องกับเบญจพร (2550) ได้ศึกษาผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ของการลวกฝรั่งเพื่อนำไปอบแห้งและพัฒนาเป็นคุณภาพฝรั่งอบแห้งปรุงรส และได้ระยะเวลาในการลวกฝรั่งเพื่อทำลายเอมไซม์มีต่อปฏิกิริยาสีน้ำตาล ได้ศึกษาวิธีการลวกฝรั่งด้วยน้ำเดือดที่ระยะเวลา การลวก 0 15 30 45 และ 60 วินาที พบว่าการลวกฝรั่งด้วยน้ำร้อน 60 วินาที เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมกับการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด และสอดคล้องกับ ดรุณี (2550) ศึกษาเรื่องการพัฒนา กระบวนการผลิตกล้วยน้ำว้าผง ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และชนิดของสารที่ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อกล้วยน้ำว้าสุกหนา 0.5 ซม. พบว่า การลวกในไอน้ำเดือดนาน 5 นาที สามารถยับยั้ง กิจกรรม ของเอนไซม์ได้ และการแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2 กับสารละลาย โพแทสเซียม เมตาไบต์ซัลไฟต์ร้อยละ 0.1 นาน 15 นาที จากนั้นลวกด้วยไอน้ำเดือดนาน 5 นาที สามารถลด การเกิดสีน้ำตาลได้

2) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์

ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (Caramelization) คือ ปฏิกิริยาการเกิด สีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนโซม์ (Non enzymatic browning reaction) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความร้อนสูง และมีการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) ของสาร ประกอบคาร์บอนได้เป็นสารที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว เรียกว่า คาราเมล

ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล
ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2558)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนี้เกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อน มีการสูญเสียน้ำ (Dehydration) มีการสลายตัว (Degradation) และมีการรวมตัวกัน (Condensation) พัฒนาเป็นสารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล และมีกลิ่นเฉพาะ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลงด้วย ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง เช่น เกิดขึ้นในระหว่างการคั่วเมล็ดกาแฟ ถั่วลิสง และโกโก้ การไหม้ของน้ำตาล (Sugar caramel) การทอด การอบเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ขนมอบ การปิ้ง - ย่าง และรสชาติดีขึ้น แต่ก็มีอาหารบางชนิดที่ไม่พึงประสงค์จะทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้ สอดคล้องกับจารุวรรณ และคณะ (2550) ได้ศึกษาคุณภาพของกล้วย แผ่นในระหว่างการอบแห้งพบว่าการอบแห้งกล้วยแผ่นที่ได้หลังจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียส เมื่อสังเกต ด้วยตาเปล่า จะพบว่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส กล้วยแผ่นโดยรวมแล้ว เริ่มจะมีสีน้ำตาลปรากฏ และมีสีน้ำตาลค่อนข้างแดง ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สีของกล้วยตัวอย่างไม่ค่อยสม่ำเสมอ โดยมีความอ่อน - เข้มที่แตกต่างกัน ซึ่งสีน้ำตาลเข้มที่สุดบริเวณรอบจุดศูนย์กลางของกล้วย เนื่องจากบริเวณนี้มีปริมาณน้ำตาลมากกว่าบริเวณอื่น การอบแห้งกล้วยที่อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่แตกต่างกันเริ่มมี ความแตกต่างกันโดยมีสีน้ำตาลมากขึ้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะพบว่าสีของกล้วยแผ่นที่ได้หลัง การอบแห้ง สำหรับอุณหภูมิการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส จะจัดอยู่ในกลุ่ม GREYED-ORANGE 163C โดยให้สีน้ำตาลเข้มมากที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงนั้นอิทธิพลของอุณหภูมิจะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้สูงกว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ แม้ว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่า

น้ำ หรือ a_w ก็เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เช่น ในภาวะแห้ง น้ำตาลกลูโคสกับกรดอะมิโนไกลซีนจะคงตัวและไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ถึงแม่จะมีอุณหภูมิสูงถึง 50องศาเซลเซียส เมื่อมีน้ำเพียงเล็กน้อยปฏิกิริยาสีน้ำตาลก็จะเกิดขึ้นทันที ดังนั้นที่อุณหภูมิต่ำการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจึงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนรูปน้ำตาลเป็นรูป Reactive aldehyde แต่ที่ อุณหภูมิสูงการเกิด dehydration ของน้ำตาลจะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยา เพราะมีน้ำเกิดขึ้น อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะช้าลงอีกครั้ง เมื่อมีปริมาณน้ำมากจนทำให้สับสเตรดเจือจางลง ซึ่งปริมาณน้ำสูดสุดสำหรับปฏิกิริยาสีน้ำตาลคือ ปริมาณร้อยละ 30

ออกซิเจนไม่มีผลต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ นอกจากออกซิเจนจะช่วยออกซิไดส์สารอื่นให้เป็นรูปที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังนั้น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนี้จึงเกิดขึ้นได้ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ส่วนแร่ธาตุที่มีผลต่อปฏิกิริยาสีน้ำตาล ได้แก่ ไอออนทองแดง เหล็ก และสังกะสี

2.1.5.5 การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ดีที่สุด คือ การกำจัดสารที่เป็นสับสเตรตของปฏิกิริยา น้ำตาลกลูโคสค่อนข้างเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ช้ากว่าน้ำตาลชนิดอื่น ดังนั้นสามารถออกซิไดส์ให้เป็นกรดกลูโคนิกได้ด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส

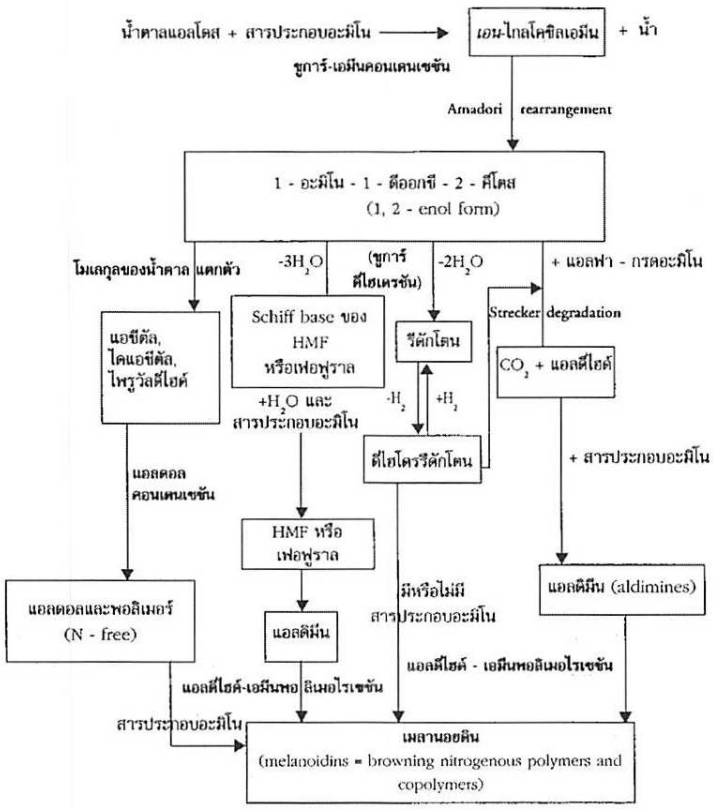
การล้างก็เป็นวิธีการง่าย ๆ ที่ช่วยลดปริมาณน้ำตาลและกรดอะมิโนออกไปได้เพราะสารละลายได้ดีในน้ำ สำหรับอาหารบางชนิด เช่น มันฝรั่ง การเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำตาลเปลี่ยนเป็นสตาร์ช จะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลให้น้อยลงระหว่างการแปรรูป หรือระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ภาวะที่ใช้รูปอาหารควรใช้อุณหภูมิต่ำที่สุด หรือ

เพิ่มมากขึ้นจนทำให้สับสเตรตเจือจางลง การลดพีเอชก็ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ และอาจเพิ่มพีเอชของผลิตภัณฑ์อาหารให้สูงขึ้นตามที่ต้องการได้ในภายหลัง

การใช้สารเคมีใด ๆ ที่ช่วยยับยั้งการทำหน้าที่ของหมู่คาร์บอนิลอิสระ หรือสารประกอบคาร์บอนิลอื่น ๆ ก็ ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ เช่น โซเดียม และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ จะยับยั้งปฏิกิริยาการรวมตัวของคาร์บอนิลกับเอมีน และยังทำให้เกิดสารประกอบซัลโฟเตนในขั้นตอนหลัง ๆ ของปฏิกิริยาอีกด้วย ปัจจุบันยังไม่พบวามีสารใดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีเหมือนเกลือโซเดียมและโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

อย่างไรก็ตามถึงแม้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์นี้ไม่พึงประสงค์ให้เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด เพราะทำให้คุณภาพของอาหารต่ำลง แต่ก็มีผลิตภัณฑ์อาหารอีกหลายชนิดที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เพื่อให้อาหารนั้นมีสี กลิ่น และรสชาติดี เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบต่าง ๆ อาหารขบเคี้ยว นัท และเนื้ออบหรือบาร์บีคิว

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นกับผักและผลไม้ สามารถยับยั้งได้โดยการใช้ความเย็นควบคุม a_w ลดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ใช้เอนไซม์กลูโคสออกซิเดส ลดปริมาณอะมิโนไนโตรเจนในน้ำผลไม้โดยการแลกเปลี่ยนไอออน ใช้สารดูดจับออกซิเจน การใช้ซัลไฟต์ และใช้กรดอะมิโนที่มีหมู่ซัลฟ์ไฮดริส ซึ่งให้ผลดีใกล้เคียงกับซัลไฟต์ ยกเว้นซิสเตอีน (Cysteine) ใช้ไม่ใช้ผลกับแอปเปิ้ลแห้ง ขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์
ที่มา: นิธิยา (2553)

2.1.6 การเก็บรักษาอาหารแห้ง

การเก็บรักษาอาหารแห้ง เป็นการถนอมอาหารอย่างหนึ่ง การทำให้อาหารแห้งเป็นการกำจัดจุลินทรีย์จากอาหารทำให้อาหารเก็บได้นานไม่เน่าเสีย เพราะไม่มีส่วนของน้ำที่ทำให้จุลินทรีย์มีชีวิตอยู่ได้ ซึ่งอาหารแห้งก็คืออาหารที่ถูกกำจัดน้ำออกไปจนหมด จะมีน้ำก็จากความชื้นในอากาศที่เข้ามาใหม่หากเราเก็บไม่ดีพอ

ส่วนใหญ่อาหารแห้งเก็บได้ในอุณหภูมิปกติ ถ้าความชื้นในอาหารเหลือไม่เกินร้อยละ 5 จะเก็บได้นานเป็นปี บางอย่างอาจมีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 15 - 20 แต่เก็บได้นานเพราะมีปัจจัยอื่นเข้ามา เช่น การใช้น้ำตาล (แช่อิ่ม) หรือหมักเกลือ ซึ่งจะช่วยควบคุมจุลินทรีย์ไม่ให้เติบโตได้ แต่หากจะเก็บอาหารแห้งให้ได้นาน ๆ ก็ควรจะรู้วิธีการเก็บรักษาที่ถูกต้องไว้ก็จะเป็นประโยชน์ยิ่งขึ้น

อาหารแห้งจะเก็บให้ได้นานและปลอดภัย ก็ต้องหลีกเลี่ยงความชื้น เพราะจะทำให้อาหาร เสื่อมคุณภาพและอาจมีเชื้อจุลินทรีย์มารุกรานได้ โดยเฉพาะเชื้อรา เพราะราต้องการน้ำน้อยกว่าแบคทีเรียและยีสต์ในการดำรงชีวิต เราถึงเจออาหารแห้งส่วนใหญ่ราขึ้นมากกว่าสาเหตุอื่น ควรเก็บในที่แห้ง และควรใส่ภาชนะที่ปิดสนิท แต่ถ้ากันความชื้นไม่ได้แล้วขึ้นราทิ้งซะอย่าเสียดายอย่าตัดเฉพาะที่ขึ้นราทิ้งหรือพยายามล้างน้ำออก เพราะราบางชนิดสร้างสารพิษที่ทนความร้อนได้ดี สารพิษจากราที่ร้ายกาจ ชื่อ อะฟลาทอกซิน พบบ่อยในถั่วลิสงที่ไม่แห้งสนิท พริกแห้ง ธัญพืชต่าง ๆ หากสะสมในร่างกายอาจทำให้เกิดโรคมะเร็งที่ตับ

การเก็บรักษาฝักมะขามหวาน มะขามถึงแม้ว่าจะเป็นผลไม้ที่เก็บไว้รับประทานได้นานก็ตามแต่ถ้าต้องการเก็บ ไว้นานมาก ๆ เนื่องจากผลผลิตมากเกินไป จำหน่ายไม่หมด หรือเพื่อรอตลาด ควรมีการเก็บรักษาให้ถูกวิธี แนวทางการเก็บรักษาฝักมะขามหวานที่ชาวสวนมะขามหวานเพชรบูรณ์ใช้กันและได้ ผลดีคือ การอบด้วยไอน้ำเดือดหรือหรือการนึ่งฝักมะขามจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับ ขนาดของฝักพันธุ์มะขาม และปริมาณของฝักที่ใช้อบตลอดจนอุปกรณ์และเชื้อเพลิง ซึ่งอาจจะนำไปอบไอร้อนเพื่อลดความชื้นในฝัก ทำให้ฝักแห้ง จากนั้น บรรจุมะขามลงในโอ่งเคลือบที่แห้งและสะอาด คลุมด้วยผ้าพลาสติกแล้วปิดฝาทับอีกให้มิดชิด กันอากาศเข้า หรือจะบรรจุใส่ถึงพลาสติกหนาเย็บปากถุงให้สนิทก็ได้ผลเช่นกัน วิธีดังกล่าวจะช่วยทำลายไข่และตัวแมลง ตลอดจนเชื้อราต่าง ๆ ที่ติดมากับฝักมะขามให้หมดไป สามารถเก็บไว้ได้นานตามต้องการหรืออาจจะเป็นแนวทางที่จะช่วยให้สามารถส่งฝัก มะขามหวานไปจำหน่ายยังตลาดอันห่างไกลจากพื้นที่ปลูกได้ (ณิชาบลู, 2554)

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เบญจพร และคณะ (2552) ศึกษาการติดเชื้อราของมะขามหวานพันธุ์ประกายทองโดยนำเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ มาเพาะเชื้อ พบว่า มะขามหวานพันธุ์ประกายทองติดเชื้อราตั้งแต่ระยะดอก และจากการสำรวจและแยกเชื้อรา พบเชื้อราหลายชนิด ชนิดที่พบมาก 3 อันดับแรก คือ ราสีขาว *[pestalotiopsis sydowiana (Bres.B.Sutton]* ราสีเขียว*[Cladosporium cladosporioides (Fresen.) G.A. de Vries]* และราสีส้ม [Fusarium solani (Maet.) Sacc.] ได้นำราทั้ง 3 ชนิดไปทำการทดลอง ผลการศึกษาพบว่า การใช้น้ำส้มควันไม้ให้ผลที่ดีที่สุด ที่ความเข้มข้นร้อยละ 60 - 90 โดยก่อให้เกิดบริเวณใสมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.3 ม.ม.,11.0 ม.ม.และ9.0 ม.ม.บนราสี ขาว,ราสีเขียว และราสีส้มตามลำดับ สารสกัดสมุนไพรหมักเข้มข้นร้อย 80 เกิดบริเวณใสเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.3 ม.ม.บน ราสีเขยวี และ 4.7ม.ม.บน

ราสีส้ม ไม่มีผลต่อราสีขาว สารสกัดสะเดาเข้มข้นร้อยละ 90 เกิดบริเวณใสเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 ม. ม. บนราสีขาว และ15.0 ม.ม.บนราสีส้ม ไม่มีผลต่อราสีเขียว สำหรับเชื้อไตรโคเดอร์มา มีผลต่อเชื้อราสีขาวเพียงชนิดเดียวโดยเกิดบริเวณใสเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.0 ม.ม. จากข้อมูลที่ได้สารทดสอบที่แนะนำให้นำไปประยุกต์ใช้จริง ในสวนมะขามหวานพันธุ์ประกายทองคือน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นร้อยละ 60 ร่วมกับการฉีดพ่นเชื้อราไตรโคเดอร์มา บนพื้นดินใต้ต้นมะขามหวาน

จินตนา (2555) ศึกษาวิธีการป้องกันกำจัดเชื้อราในมะขามพันธุ์ประกายทองด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกรบ้านซับแล้งโดยใช้วิธีการ ดังนี้ 1. การลดความชื้นด้วยวิธีการตัดแต่งกิ่งการกำจัดวัชพืชรอบทรงพุ่มและโรยปูนขาว การห่อฝักด้วยพลาสติก 2. การบ่มมะขามหวานในระยะคาบหมูโดยการผึ่งแดดและการอบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 3. การใช้สารจากธรรมชาติและพืชสมุนไพรบางชนิดป้องกันการเกิดเชื้อราได้แก่ การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา การใช้สมุนไพรกำจัดเชื้อราตราปูนแดง ผลการศึกษาพบว่า 1. การลดความชื้นโดยการกำจัดวัชพืชโรยปูนขาวสามารถลดการเกิดเชื้อราในฝักมะขามได้มากที่สุด 2. วิธีการบ่มมะขามหวานโดยการผึ่งแดดและการอบในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถหยุดการทำลายของเชื้อราได้ผลดี 3. การใช้ เชื้อราไตรโคเดอร์มาทำให้มะขามหวานเกิดเชื้อราน้อยที่สุด

จินตนา และเบญจพร (2555) การศึกษาผลของการป้องกันกำจัดเชื้อราแบบผสมผสาน พบว่า การใช้กรด ซิลิคอน ทำให้เกิดเชื้อราน้อยที่สุด เปลือกและเนื้อแน่น รสหวาน รองลงมาคือการใส่ปูนโคโลไมท์ และการใช้แบบผสมผสาน และพบว่าเชื้อราที่พบมากในมะขามหวานได้แก่ คือ (1) ราสีขาว มีชื่อเชื้อรา *Pestalotiopsis sydowiana (Bres.) B. Sutton* ซึ่งพบมากที่สุด (2) ราสีเทา มีชื่อเชื้อว่า *Fusicoccum aesculi Sacc.* (3) ราสีเขียวมีชื่อเชื้อว่า *Cladosporium cladosporioides (Fresen.) G.A. de Vries* (4) ราสีส้มมีชื่อเชื้อว่า *Fusarium solani (Mart.) Sacc*

ดวง (2539) ศึกษาการเปรียบเทียบการรักษาคุณภาพมะขามหวานระหว่างการอบไอน้ำและการอบแห้ง จากการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการอบไอน้ำเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งระหว่าง 90 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ใช้มะขามตัวอย่าง 5 พันธุ์ ทำการทดสอบทุก 15 วัน การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะขามหวานแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกันไปตามเงื่อนไขการเก็บรักษาและแปลผลตามเวลา ผลการศึกษาในระยะเวลา 6 เดือน 15 วัน การอบแห้งจะเป็นวิธีการเก็บรักษาคุณภาพมะขามหวานได้ดีกว่าการอบไอน้ำ และการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 กรณี เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทจะมีคุณภาพดีกว่าไว้ในอากาศปกติหรือไว้ในถุงกระดาษสีน้ำตาล พันธุ์มะขามหวานที่เหมาะสำหรับการรักษาการคุณภาพโดยวิธีการอบแห้งได้แก่ มะขามหวานพันธุ์ประกายทอง พันธุ์หมื่นจง พันธุ์ศรีชมภู พันธุ์สีทอง และพันธุ์มะขามหวานที่เหมาะสำหรับการอบไอน้ำได้แก่ พันธุ์ประกายทอง พันธุ์หมื่นจง พันธุ์ศรีชมภู

ยุทธพงษ์ (2551) ศึกษา มะขามหวาน เป็นผลไม้ที่สร้างรายได้อย่างงามให้กับเกษตรกรของจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการใช้ การนึ่งไอน้ำหรือ อบ ด้วยไอร้อน การอบด้วยเตาไมโครเวฟการเก็บรักษาคุณภาพมะขามหวานให้มีคุณภาพดีและเก็บได้นาน นำเสนอเทคโนโลยีใหม่ คือ การฉายรั
เป็นกระบวนการถนอมอาหาร ผลการทดลอง สามารถกำจัดจุลินทรีย์ และแมลงที่ปนเปื้
อาหารได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู ของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนมะขามหวาน บ้านตะเบาะ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์

3.1.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือในการนึ่งมะขามหวาน และการอบมะขามหวาน

3.1.2.1 ลังถึง เบอร์ 40

3.1.2.2 เตาแก๊ส

3.1.2.3 ถาดอลูมิเนียม

3.1.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius ประเทศ GERMANY

3.1.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius ประเทศ GERMANY

3.1.2.6 น้ำเปล่า 4.5 ลิตร

3.1.2.7 ตู้อบลมร้อนแบบถาด BINDER (Oven) รุ่น FED5305-89309 ประเทศ GERMAN

3.1.2.8 ถาดอบมะขามหวาน

3.1.2.9 ตะแกรงพักมะขามหวาน

3.1.2.10 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) สเกล 0-100 องศาเซลเซียส

3.1.3 เครื่องมือวิเคราะห์ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพ

3.1.3.1 ตู้อบลมร้อน BINDER (Oven) รุ่น FED5305-89309 ประเทศ GERMANY

3.1.3.2 สมุดเทียบสี (The Munselle Book of Color)

3.1.3.3 เครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบอินฟาเรด (Moisture Determination Balance รุ่น FD - 620) ยี่ห้อ Sartorius

3.1.3.4 เครื่องวิเคราะห์วัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity meter) รุ่น (a_w) CX3TE ยี่ห้อ Aqualab

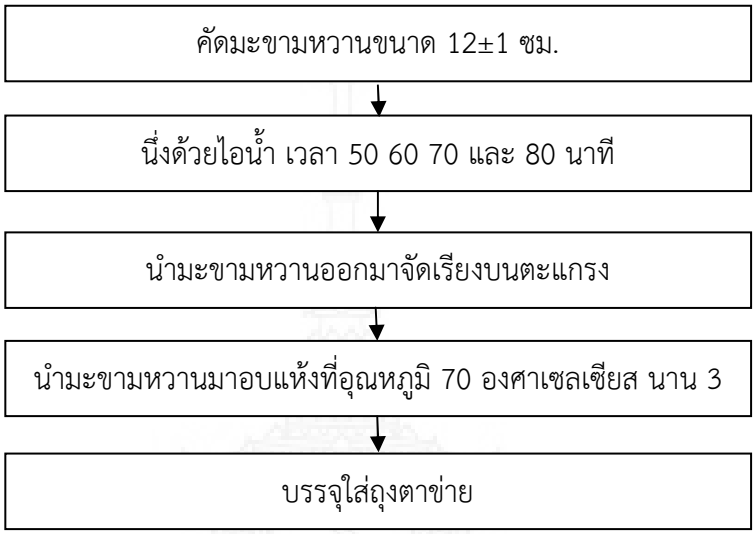
3.2 วิธีทำการทดลอง

3.2.1 ศึกษากระบวนการปรับปรุงคุณภาพมะขามหวาน

3.2.1.1 ศึกษาเวลาในการนึ่งมะขามหวาน

ทำการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งโดยใช้ไอน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 60 70 และ 80 นาที จากนั้นทำแห้งโดยใช้

ตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multi Range Test (DMRT) เพื่อเลือกระยะเวลาในการนึ่งเหมาะสมไปศึกษาในหัวข้อต่อไป ตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการให้ความร้อนมะขามหวาน

โดยทำการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

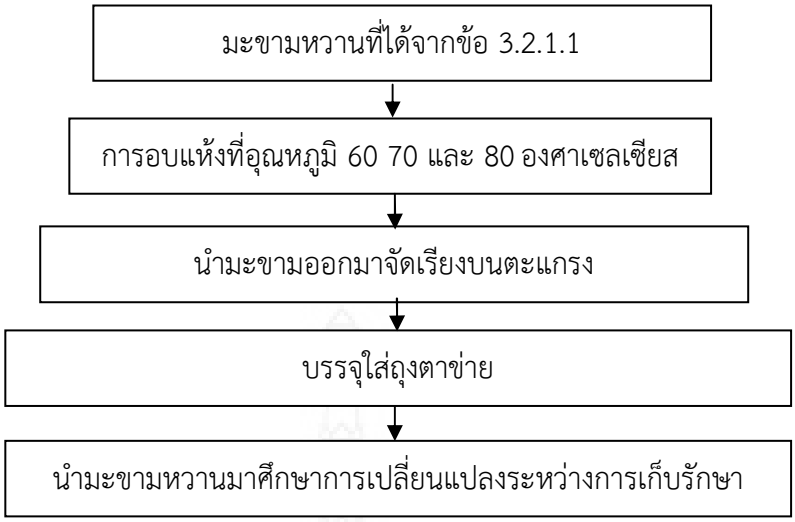
1) การวัดค่าสีในส่วนของเปลือกและเนื้อมะขามหวาน โดยการนำมะขามหวานมาวัดค่าสีโดยเทียบกับสมุดเทียบสี (The Munselle Book of Color)

2) วัดความชื้นของเนื้อมะขามหวานด้วยเครื่องอินฟาเรด (Moisture Determination Balance รุ่น FD - 620) ยี่ห้อ Sartorius

3) การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s New Multi Range Test (DMRT) เพื่อเลือกมะขามหวานไปทดลองต่อไป

3.2.1.2 ศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งหลังการนึ่งของมะขามหวาน

นำมะขามหวานที่ได้จากข้อ 3.2.1.1 มาทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s New Multi Range Test (DMRT) เพื่อเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งมะขามหวานไปทดลองในข้อต่อไป ตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3.2 กรรมวิธีการอบแห้งมะขามหวาน

โดยทำการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1) การวัดค่าสีในส่วนของเปลือกและเนื้อมะขามหวาน โดยการนำมะขามหวานมาวัดค่าสีโดยเทียบกับสมุดเทียบสี (The Munselle Book of Color)

2) วัดความชื้นของเนื้อมะขามหวานด้วยเครื่องอินฟาเรด (Moisture Determination Balance รุ่น FD - 620) ยี่ห้อ Sartorius

3) การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9 - Point hedonic scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s New Multi Range Test (DMRT) เพื่อเลือกมะขามหวานไปทดลองต่อไป

3.2.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลง

นำมะขามหวานที่ได้จากข้อ 3.2.1.2 มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยเก็บรักษาในถุงตาข่าย ที่อุณหภูมิห้อง ทำการทดสอบคุณภาพของมะขามหวาน ตรวจสอบคุณภาพมะขามหวานทุก 7 วัน โดยทำการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

3.2.2.1 ตรวจสอบเชื้อรา และสิ่งผิดปกติ โดยการสุ่มมะขามหวานมาตรวจสอบการเกิดเชื้อรา และสิ่งผิดปกติด้วยสายตา

3.2.2.2 การวัดความชื้นของเนื้อมะขามหวานด้วยเครื่องอินฟาเรด (Moisture Determination Balance รุ่น FD - 620) ยี่ห้อ Sartorius

3.2.2.3 การวัดค่า a_w ด้วยเครื่องวิเคราะห์วัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity meter) รุ่น (a_w) CX3TE ยี่ห้อ Aqualab

3.2.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 60 คน วางแผนการทดลอง

แบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multi Range Test (DMRT)

3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง

3.3.1 ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (521, 523, 621, และ 622) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.3.2 ศูนย์พัฒนาเด็กก่อนวัยเรียน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

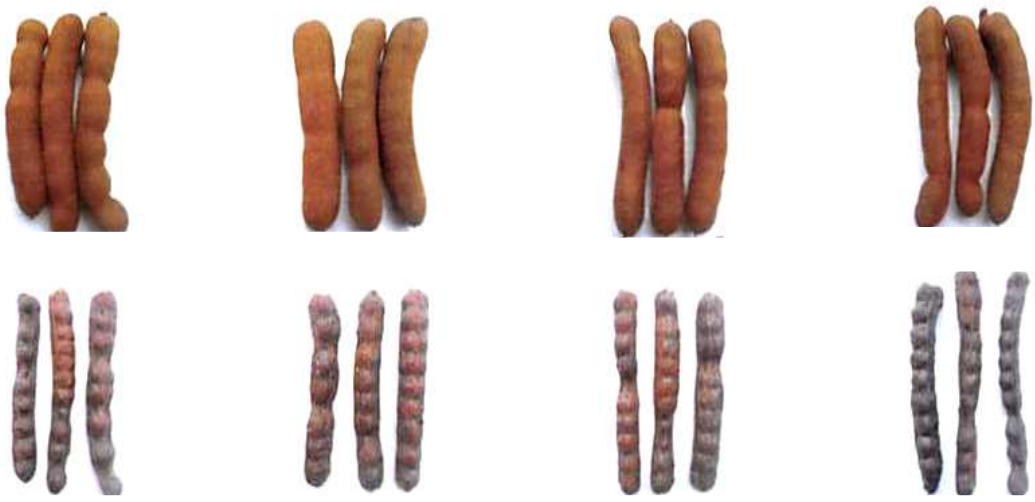
4.1 ผลการศึกษากระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพของมะขามหวาน

4.1.1 ผลของเวลาในการนึ่งมะขามหวาน

ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งโดยใช้ไอน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 60 70 และ 80 นาที และนำมาทำแห้งที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนต่างกันทำให้ได้ลักษณะของมะขามหวานแตกต่างกัน เมื่อนำมะขามหวานมาทำการวัดค่าสี โดยเทียบสีจาก Munsell Book ซึ่งสีของเปลือก และเนื้อของมะขามหวานอยู่ในเฉด 7.5YR และ 5YR ตามลำดับ โดยพบว่ามะขามหวานที่ให้ความร้อนเป็นเวลา 80 นาที มีสีของเปลือกและเนื้อของมะขามหวานมีสีที่เข้มที่สุด ดังตารางที่ 4.1 เนื่องจากมะขามหวานมีปริมาณน้ำตาลสูง เมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานาน ซึ่งอาจเป็นผลทำให้เนื้อมะขามมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากการใช้ความร้อนสูงสามารถเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ เป็นสาเหตุที่ทำให้ผลไม้แห้งมีสีเข้มขึ้น (Wojdylo et al., 2009) นอกจากนี้ในระหว่างการทำแห้งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ เป็นผลทำให้เปลือกและเนื้อของมะขามหวานมีสีเข้มขึ้น (Usall et al., 2016)

ตารางที่ 4.1 สีของมะขามหวานที่ใช้เวลาในการนึ่งต่างกัน

เวลา (นาที)	สี	
	เปลือกมะขาม	เนื้อมะขาม
50	7.5 YR 4/4	5 YR 3/4
60	7.5 YR 4/2	5 YR 3/4
70	7.5 YR 3/2	5 YR 2/4
80	7.5 YR 3/2	5 YR 2/4



50 นาที 60 นาที 70 นาที 80 นาที

ภาพที่ 4.1 มะขามหวานที่ใช้เวลาในการนึ่งต่างกัน

เมื่อนำเปลือกและเนื้อของมะขามหวานมาหาปริมาณความชื้น พบว่าเวลาที่ให้ความร้อนกับมะขามหวานไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของเปลือกมะขามหวาน ($p>0.05$) แต่มีผลต่อปริมาณความชื้นของเนื้อมะขามหวาน ($p\leq0.05$) โดยเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้นของเนื้อมะขามหวานเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 4.2 โดยพบว่ามะขามหวานที่ให้ความร้อนที่เวลา 80 นาที มีปริมาณความชื้นมากที่สุด โดยจากการสังเกตพบว่าเนื้อมะขามหวานที่ผ่านการให้ความร้อนที่เวลา 80 นาที มีลักษณะเนื้อที่มีความฉ่ำน้ำมากที่สุด เนื่องจากที่เปลือกของผลไม้มีคิวติเคิลที่ทำหน้าที่ป้องกันการผ่านเข้าออกของน้ำ (Riederer et al., 2015) ความร้อนอาจทำลายคิวติเคิลที่เปลือกของมะขามหวาน ซึ่งเมื่อมะขามหวานได้รับความร้อนจากการนึ่งทำให้ไอน้ำสามารถซึมผ่านเปลือกเข้าไปสู่เนื้อมะขามหวานได้มาก

ตารางที่ 4.2 ความชื้นของมะขามหวานที่ใช้เวลาในการนึ่งต่างกัน

เวลาในการนึ่ง (นาที)	ความชื้น (%)	
	เปลือก^{ns}	เนื้อมะขาม
50	9.80 ± 0.59	11.73 ± 1.56^{c}
60	9.50 ± 0.80	13.04 ± 1.84^{c}
70	9.80 ± 0.60	14.63 ± 1.42^{b}
80	9.71 ± 0.82	16.38 ± 0.94^{a}

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p > 0.05$)

เมื่อนำมะขามหวานไปทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่มะขามหวานมีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงทุกคุณลักษณะเมื่อเพิ่มระยะเวลาการให้ความร้อน โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาการให้ความร้อนมีผลทำให้สีเปลือกและสีของเนื้อของมะขามหวานมีคะแนนความชอบลดลงเนื่องจากสีเปลือกและสีเนื้อของมะขามหวานมีสีเข้มขึ้นดังภาพที่ 4.1 ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อนมีผลทำให้คะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อนมีผลทำให้มะขามหวานมีความชื้นมากขึ้นทำให้เนื้อมะขามแฉะและติดมือเมื่อสัมผัส โดยสอดคล้องกับ Suktanarak and Teerachaichayut (2012) กล่าวว่าปริมาณความชื้นในมะขามหวานเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินคุณภาพของมะขามหวาน นอกจากนี้ผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการความร้อนทำให้มะขามหวานมีรสขม จากผลการทดลองดังกล่าวจึงเลือกเวลาในการให้ความร้อนที่ 50 นาที ไปทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

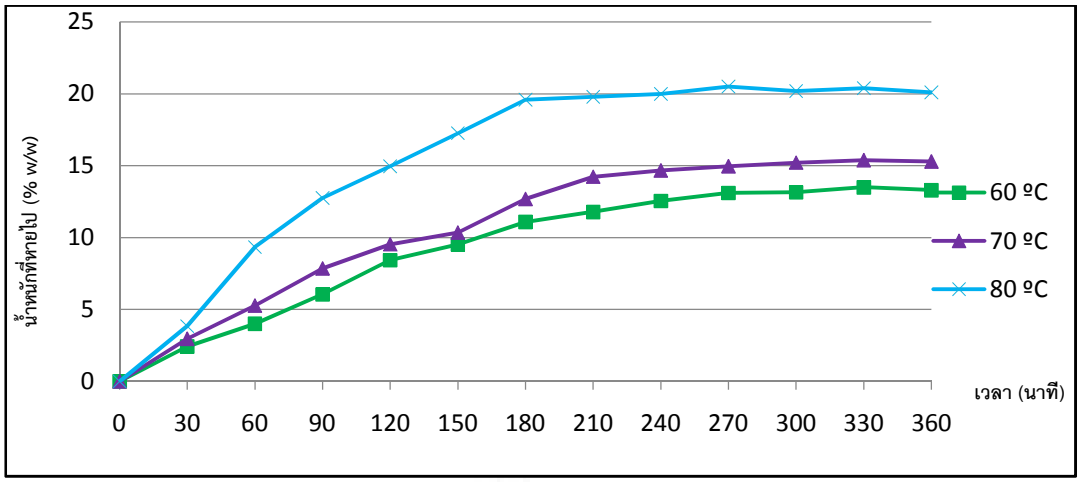
ตารางที่ 4.3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะขามหวานที่ใช้เวลาในการนึ่งต่างกัน

คุณลักษณะ	ระยะเวลาการให้ความร้อน (นาที)			
	50	60	70	80
ลักษณะปรากฏ (เปลือก)	8.20 ± 0.81^{a}	8.17 ± 0.79^{a}	7.93 ± 0.83^{a}	7.43 ± 0.94^{b}
ลักษณะปรากฏ (เนื้อ)	8.30 ± 0.84^{a}	7.93 ± 0.69^{ab}	8.00 ± 0.87^{ab}	7.63 ± 0.89^{b}
สี (เปลือก)	8.07 ± 0.91^{a}	8.20 ± 0.76^{a}	7.90 ± 0.92^{ab}	7.47 ± 0.97^{b}
สี (เนื้อ)	8.37 ± 0.76^{a}	7.97 ± 0.81^{ab}	7.83 ± 0.95^{b}	7.60 ± 0.86^{b}
กลิ่น	8.17 ± 0.95^{a}	7.83 ± 1.60^{a}	7.73 ± 0.91^{a}	7.80 ± 0.76^{a}
รสชาติ	8.27 ± 1.14^{a}	7.63 ± 1.03^{b}	7.93 ± 0.91^{ab}	7.63 ± 0.96^{b}
กลิ่นรส	8.17 ± 0.87^{a}	7.63 ± 1.03^{b}	7.80 ± 0.96^{ab}	7.87 ± 0.78^{ab}
เนื้อสัมผัส	8.30 ± 0.99^{a}	8.00 ± 0.87^{ab}	7.73 ± 0.86^{b}	8.00 ± 0.79^{ab}
ความชอบโดยรวม	8.30 ± 0.79^{a}	8.10 ± 0.88^{ab}	7.80 ± 1.00^{b}	8.13 ± 0.86^{ab}

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.1.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งมะขามหวาน

นำมะขามหวานที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 50 นาทีมาทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งได้แก่ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส มะขามหวานมีการสูญเสียน้ำในระหว่างการทำแห้งที่ต่างกัน พบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงสามารถลดปริมาณน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น การสูญเสียน้ำหนักของมะขามหวานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และมีแนวโน้มคงที่เมื่อเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น และการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาน้อยกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้มีอัตราการระเหยน้ำสูง (Miranda et al., 2010) ซึ่งการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุดและมีแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักคงที่เมื่อใช้เวลาในการทำแห้ง 180 นาที ส่วนการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 240 นาที และ 270 นาที ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.2 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Karabulut et al. (2007) และ Sabarez et al. (1997) โดยทำการอบแห้งแอบปริคอตและลูกพรุนตามลำดับ ด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ พบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาในการทำให้น้ำหนักของแอบปิคอตและลูกพรุนลดลง และมีแนวโน้มคงที่ได้เร็วที่สุด นอกจากนี้การแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้ได้มะขามหวานมีความชื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักที่หายไปและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งมะขามหวาน

เมื่อนำมะขามหวานมาทำการเทียบค่าสีด้วย Munsell Book พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งที่แตกต่างกันทำให้ได้มะขามหวานมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยสีเปลือกและสีเนื้อของมะขามหวานอยู่ในเฉด 7.5YR และ 5YR ตามลำดับ การเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งมีผลทำให้มะขามหวานมีสีเข้มขึ้น โดยมีผลการเทียบค่าสีดังตารางที่ 4.4 ซึ่งการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงนอกจากมีผลทำให้เกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดแล้ว มีผลทำให้ปริมาณน้ำในมะขามลดลงอย่างรวดเร็วและสูญเสียน้ำในปริมาณมาก มีผลน้ำให้สีเปลือกและเนื้อของมะขามหวามเข้มขึ้น (Usall et al., 2016) ซึ่งเป็นผลทำให้เม็ดสีที่มีอยู่ในมะขามหวานมีสัดส่วนสูงขึ้น (Wojdylo et al., 2009)

ตารางที่ 4.4 สีของมะขามหวานที่ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

อุณหภูมิ (°c)	คุณภาพของสี	
	เปลือกมะขาม	เนื้อมะขาม
60	7.5 YR 4/4	5 YR 3/4
70	7.5 YR 3/4	5 YR 3/4
80	7.5 YR 3/3	5 YR 2/4

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.3 มะขามหวานที่ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ทำแห้งมะขามหวานมีผลทำให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบที่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิที่ทำแห้งสูงขึ้นมีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเปลือก สีของเปลือก รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมลดลง อาจเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้สีของเปลืองมะขามหวานมีสีคล้ำมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีผลทำให้มะขามมีรสชาติขมมากขึ้น และเนื้อของมะขามหวานมีลักษณะแห้งและแข็งมากขึ้น ดังภาพที่ 4.3 เนื่องจากอัตราการสูญเสียน้ำของมะขามหวานสูงที่สุด ซึ่งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของมะขามหวาน Suktanarak and Teerachaichayut (2012) กล่าวว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของมะขามหวานมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในมะขามหวานโดยมะขามหวานที่มีความชื้นต่ำมีผลทำให้มะขามหวานมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งและแข็ง ซึ่งมะขามหวานที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 80องศาเซลเซียส มีความชื้นน้อยกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5 นอกจากนี้ ยังพบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อมะขามแยกออกจากเมล็ดยากที่สุด จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงเลือกมะขามหวานที่อบที่อุณหภูมิ 70องศาเซลเซียส เนื่องจากทำให้ได้คุณลักษณะของมะขามหวานที่ดีไปทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างเก็บรักษาต่อไป

ตารางที่ 4.5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของมะขามหวานที่ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

คุณลักษณะ	อุณหภูมิในการทำแห้ง (°C)		
	60	70	80
ลักษณะปรากฏ (เปลือก)	8.50 ± 0.58[a]	8.50 ± 0.62[a]	8.13 ± 0.78[b]
ลักษณะปรากฏ (เนื้อ)[ns]	8.50 ± 0.69	8.53 ± 0.62	8.57 ± 0.57
สี (เปลือก)	8.40 ± 0.57[a]	8.50 ± 0.58[a]	7.60 ± 0.57[a]
สี (เนื้อ)[ns]	8.50 ± 0.58	8.60 ± 0.57	8.73 ± 0.45
กลิ่น[ns]	8.57 ± 0.57	8.63 ± 0.56	8.53 ± 0.58
รสชาติ	8.40 ± 0.62[a]	8.53 ± 0.58[a]	7.67 ± 0.54[b]
กลิ่นรส[ns]	8.30 ± 0.53	8.57 ± 0.57	8.67 ± 0.54
เนื้อสัมผัส	8.43 ± 0.78[a]	8.47 ± 0.62[a]	7.53 ± 0.62[b]
ความชอบโดยรวม	8.70 ± 0.47[ab]	8.83 ± 0.38[a]	8.50 ± 0.69[b]

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
[ns] หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p > 0.05$)

4.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษามะขามหวาน

เมื่อนำมะขามหวานที่ให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 50 นาที ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาทีมาบรรจุในถุงตาข่ายแล้วเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องและทำการตรวจสอบคุณภาพของมะขามหวานทุกสัปดาห์ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษามะขามหวานเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความชื้นของเปลือกมะขามหวานสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นที่เปลือกของมะขามหวานเพิ่มขึ้นเนื่องจากการซึมผ่านของไอน้ำผ่านภาชนะบรรจุ สู่เปลือกมะขามหวาน เพื่อทำให้เกิดสภาวะสมดุลของปริมาณความชื้น ของสภาวะแวดล้อมภายนอกและมะขามหวาน ซึ่งการซึมผ่านของความชื้นจากเปลือกสู่เนื้อของมะขามหวานมีแนวโน้มสูงขึ้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากเปลือกของมะขามหวานช่วยป้องการให้ความชื้นจากภายนอกซึมผ่านมายังเนื้อของมะขามหวานได้

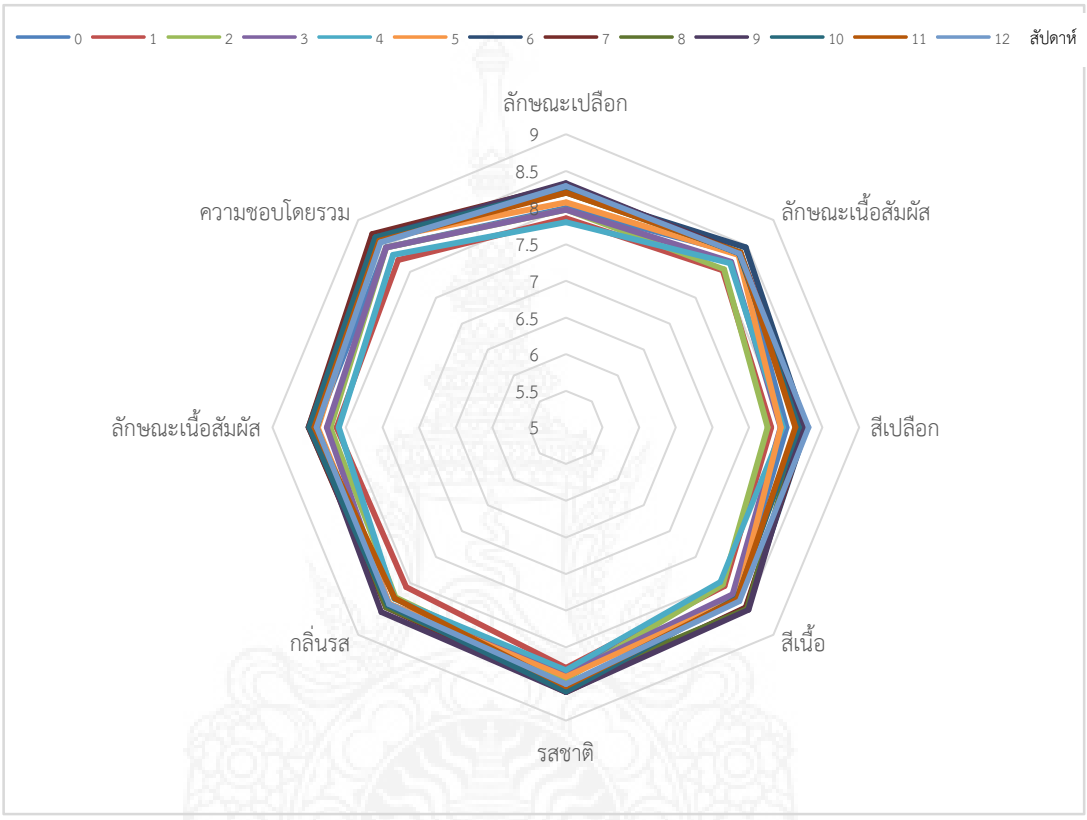
ตารางที่ 4.6 ค่า a_w และความชื้นของมะขามหวานบรรจุในถุงตาข่ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 12 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	a_w		ความชื้น (%)	
	เปลือกมะขาม	เนื้อมะขาม	เปลือกมะขาม	เนื้อมะขาม
0	0.62 ± 0.00^{cd}	0.64 ± 0.03^{abc}	8.72 ± 0.42^{cd}	14.88 ± 0.99a
1	0.62 ± 0.00^{cd}	0.64 ± 0.03^{bc}	8.77 ± 0.40^{cd}	19.05 ± 2.95b
2	0.69 ± 0.01^{a}	0.65 ± 0.01^{abc}	8.90 ± 0.85^{a}	20.39 ± 1.90b
3	0.68 ± 0.02^{a}	0.66 ± 0.01^{a}	8.86 ± 0.90^{a}	20.19 ± 2.56b
4	0.60 ± 0.01^{de}	0.61 ± 0.00^{d}	8.77 ± 0.69^{de}	20.95 ± 1.23b
5	0.65 ± 0.01^{b}	0.65 ± 0.01^{ab}	9.42 ± 0.83^{b}	19.49 ± 1.88b
6	0.63 ± 0.01^{bc}	0.64 ± 0.01^{c}	10.50 ± 0.44^{bc}	20.96 ± 1.05b
7	0.63 ± 0.00^{bc}	0.64 ± 0.01^{bc}	10.07 ± 0.46^{bc}	20.40 ± 0.98b
8	0.61 ± 0.01^{cd}	0.61 ± 0.01^{d}	9.51 ± 0.46^{cd}	20.40 ± 0.73b
9	0.59 ± 0.00^{f}	0.59 ± 0.00^{e}	9.90 ± 0.32^{f}	20.80 ± 2.39b
10	0.62 ± 0.07^{bcd}	0.66 ± 0.02^{a}	9.70 ± 1.04^{bcd}	20.87 ± 1.59b
11	0.59 ± 0.03^{ef}	0.60 ± 0.01^{e}	9.18 ± 0.32^{ef}	20.62 ± 1.21b
12	0.53 ± 0.01^{g}	0.56 ± 0.01^{f}	9.49 ± 0.42^{bcd}	20.87 ± 1.38b

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้พบว่า ค่า a_w ทั้งส่วนของเปลือกและเนื้อของมะขามหวานอยู่ในช่วง 0.5 - 0.7 ซึ่งเป็นช่วงที่แบคทีเรียและยีสต์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และเป็นช่วงที่เชื้อราเจริญเติบโตได้น้อย (deMan, 1990) โดยเชื้อราที่พบมากในฝักมะขามหวานระยะสุกใกล้เก็บเกี่ยว หรือมะขามเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจะถึงฝักแห้ง คือ รา *Phomopsis sp.* เป็นเชื้อราที่มีเส้นใยสีเทาขาวเจริญบนเนื้อของมะขามหวานและเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคฝักเน่าที่ทำให้คุณภาพของมะขามหวานลดลง จากการตรวจสอบคุณภาพของมะขามหวานไม่พบเชื้อราสีเทาขาวเจริญในมะขามหวานเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง (มผช.1471/2550) เชื้อราในกลุ่มของ *Phomopsis sp.* เป็นเชื้อราในกลุ่มที่ชอบอาศัยอยู่สิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิปานกลาง 10 องศาเซลเซียส – 42 องศาเซลเซียส (Ryckeboer et al., 2003) จึงถูกทำลายได้เมื่อนำมะขามไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที และเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ไม่พบเชื้อราดังกล่าว นอกจากนี้การทำแห้งต่อที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที มีผลทำให้ปริมาณน้ำในฝักของมะขามลดลง ทำให้ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อรา

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบระหว่าง 7.50-8.50 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกคุณลักษณะ ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาในการ ทำให้เนื้อมะขามหวานมีความฉ่ำน้ำมากขึ้น เป็นผลให้เนื้อของมะขามหวานไม่แห้งแข็ง นอกจากนี้กลิ่นรส และรสชาติไม่มีการเปลี่ยน และไม่พบเชื้อราในการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์



ภาพที่ 4.4 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะขามหวานที่เก็บรักษาไว้ที่อุณภูมิห้อง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 50 นาที และทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที ทำให้มะขามหวานได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดและใช้เวลาในการนึ่งและการทำแห้งน้อยที่สุด

การเก็บรักษามะขามหวานในถุงตาข่ายโดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษามะขามได้อย่างน้อย 12 สัปดาห์ โดยไม่พบการเสื่อมเสียของมะขามหวานจากเชื้อรา และได้รับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะในระดับชอบมาก

ในการศึกษากระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำ ระยะเวลาในการให้ความร้อนและการทำแห้งมะขามหวานมีผลต่อคุณภาพของมะขามหวาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การให้ความร้อนด้วยไอน้ำและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนทำให้เปลือกของมะขามหวานมีสีที่เข้มขึ้นควรศึกษาการลดการเกิดสีเข้มของมะขามหวาน

5.2.2 ควรศึกษาการนำมะขามหวานพันธุ์อื่น ๆ มาทำการทดลอง เช่น พันธุ์สีทอง พันธุ์ประกายทอง พันธุ์ขันตี และพันธุ์น้ำผึ้ง

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ กุลวิศวะ, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2550. **ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสาระเหยง่ายและคุณภาพทางกายภาพของกล้วยแผ่น**. วารสารวิจัยและพัฒนา วจธ. ปีที่ 30, ฉบับที่ 4 (ตุลาคม – ธันวาคม 2560) : 611 – 621.

จินตนา สนามชัยสกุล. 2545 ก. **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดเชื้อราบนฝักมะขามหวานต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพ. การศึกษาหาสาเหตุและการป้องกันกำจัดเชื้อจากเกษตรกร**. สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์. จังหวัดเพชรบูรณ์.

จินตนา สนามชัยสกุล. 2545 ข. **การศึกษาความสมพันธ์ระหว่างการเกิดเชื้อราบนฝักมะขามหวานต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพของมะขามหวานพันธุ์ประกายทอง พันธุ์สีทอง พันธุ์ศรีชมภู. การศึกษาหาสาเหตุ และการป้องกันกำจัดเชื้อราจากเกษตรกรผู้ปลูกมะขามหวาน**. สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์. จังหวัดเพชรบูรณ์.

จินตนา สนามชัยสกุล, นงลักษณ์ ฉัตรทาน, สุคนธ์ นางเพียงใต้ และ ปัทมาภรณ์ ไชยโพธิ์. 2548. **การวิจัยพัฒนาเพิ่มผลผลิตมะขามหวานของเกษตรกร.** สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์. จังหวัดเพชรบูรณ์.

จินตนา สนามชัยสกุล, เพ็ญจันทร์ สังข์แก้ว, เทพ เพียมะลัง และ ประธาน เรียงลาด. 2553. **การพัฒนาผลผลิตและคุณภาพมะขามหวานของเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนมะขามหวาน ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง จังหวัดเพชรบูรณ์.** สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์. จังหวัดเพชรบูรณ์.

จินตนา สนามชัยสกุล และ เบญจพร ศรีสุวรมาศ. 2555. **การจัดการเชื้อราแบบผสมผสานในสวนมะขามหวานเกษตรกรเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์.** สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. จังหวัดเพชรบูรณ์.

จินตนา สนามชัยสกุล, อนงค์พรรณ หัตถมาศ, นุทิศ เอี่ยมใส, ณัฐพล ชัยทวิชธานันท์, ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์, ประธาน เรียงลาด และ เทพ เพียมะลัง. 2557. **มะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์**. งานวิจัยและการวางแผน. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. 2555. **เทคโนโลยีการทำแห้งแบบผสมผสาน : การนำมาใช้เพื่อถนอมผลิตภัณฑ์อาหารที่ไวต่อความร้อน**. วารสารวิจัยและพัฒนา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐีวรรณ ปุ่นวัน, โชติกา บุญหลง, ศิริวรรณ ภู่สุวรรณ และ วินิดา บริราช. 2531. **ชนิดและสารพิษของเชื้อราในมะขามหวาน.** วารสารวิทยาศาสตร์การแพทย์. 30 (1), 3 - 8.

ณิชาบลู อินทรพุฒิ. (2554). **ความเป็นไปได้ในการลงทุนปลูกมะขามหวานในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์.** การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

ดรุณี มูลโรจน์. 2550. “**การพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยน้ำว้าผงโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมท**” รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาราชภัฏอุตรดิตถ์, อุตรดิตถ์.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ และ วิวัฒน์ แดงสุภา. 2517. **ตรวจเอกสาร**. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : www.lib.kps.ku.ac.th/, 15 มกราคม 2560.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ดวง ทองคำชุ่ย. 2539. **ศึกษาการเปรียบเทียบการรักษาคุณภาพมะขามหวานระหว่างการอบไอน้ำและการอบแห้ง.** สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์. จังหวัดเพชรบูรณ์.

เทพ เพียมะลัง. 2555. **การจัดการดินเพื่อการฟื้นฟูสวนมะขามหวานของเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์.** รายงานการวิจัย. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์. จังหวัดเพชรบูรณ์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. **เคมีอาหาร.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2536. **โรคพืชที่ท้าความเสียหายให้แก่มะขามหวาน. เอกสารการอบรมสัมมนา มะขามหวานแห่งประเทศไทย. ครั้งที่ 1/2536 จังหวัดเพชรบูรณ์ศูนย์วิจัยมะขามหวาน. 2543. การศึกษาปัญหาและต้องการของเกษตรกรผู้ปลูกมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์**. สำนักวิจัยและบริการการศึกษา. สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์

เบญจพร รอดอาวุธ. 2550. **การพัฒนาคุณภาพฝรั่งอบแห้งปรุงรสของกลุ่มแม่บ้านเกษตรบ้านเขาดิน อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

เบญจพร ศรีสุวรมาศ, จินตนา สนามชัยสกุล และ นิคม จันทรมังกร. 2552. **ศึกษาการติดเชื้อรา และผลการใช้เชื้อราไตรเดอร์มา สมุนไพรหมักสารไพรหมักสารสกัดสะเดา และน้ำส้มควันไม้ในการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวาน (พันธุ์ประกายทอง).** ใน ห้องปฏิบัติการ. จังหวัดเพชรบูรณ์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2558. **ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล, 12 มกราคม 2558.

ยุทธพงษ์ ประชาสิทธิศักดิ์ และ วชิรา พริ้งศุลกะ. 2537. **การใช้วิธีการฉายรังสีแกมมาลดการสูญเสียของมะขามหวานระหว่างการเก็บรักษา** การประชุมวิชาการไม้ผลแห่งชาติ ครั้งที่ 1. 2 - 5 ส.ค. 2537 จ.ระยอง หน้า 296 – 313.

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์. 2551. **เทคโนโลยีการฉายรังสีมะขาม(แผ่นพับ). จังหวัดปทุมธานี.** ศูนย์ฉายรังสีอาหารและผลผลิตการเกษตร. สถาบันนิวเคลียร์แห่งชาติ.

วรัญญา และนภาพร. 2558. **การตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือก และเนื้อผลไม้ในเรื่องสร้างสรรค์และพัฒนาเพื่อก้าวหน้าสู่ประชาคมอาเซียน ครั้งที่ 2.** จังหวัดนครราชสีมา.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2557. **การผลิตมะขามหวาน(เอกสารเผยแพร่).** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : www.agi.nu.ac.th/, 15 มกราคม 2560.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. **ผลไม้แห้ง.** มผช. 1471/2549.

สำนักงานสถิติจังหวัดเพรบูรณ์. 2556. **รายงานวิเคราะห์สถานการณ์จังหวัดเพชรบูรณ์.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : osthailand.nic.go.th/, 10 มกราคม 2560.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. 2560. **มะขามหวาน.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.agriman.doae.co.th, 13 พฤษภาคม 2560.

อาฒยา สันตะกุล, อบเชย วงศ์ทอง, กาญจนา ลุศนันทน์ และ สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2549. **การพัฒนาชุมชนอาลัวให้ได้สูตรมาตรฐาน**. ในเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการขอมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 44. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ : 557 – 564.

Agrios, G.N. 1997. **Plant Pathology**. 4th ed. Academic Press. New York.

DeMan, J.M. 1990. "**Principles of Food Chemistry**." 2nd ed., Van Nostrand Reinhold. New York.

Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S. and Ozturk, B. 2007. **"Effect of hot air drying and sun drying on color values and B-carrotene coctent of apricot (*Prunus armenica L.*)**." LWT. 40 : 753-758.

MedThai. 2560**. สรรพคุณสมุนไพร**. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : https://medthai.com, USDA Nutrient database/, 15 พฤษภาคม 2560.

M. Riederer, K Arand, M Burghardt, H. Huang, M. Riedet, A. Schuster, A. Smirnova and Y. Jiang, **"Water loss from litchi (Litchi chinensis) and longan (Dimocarpuslongan) fruits is biphasic and controlled by a complix pericarpal transpiration barrier"** Planta, vol. 242, pp. 1207-1219, 2015.

Miranda, M., Vega-Galvez, A., Garcia, P., Di Scala, K., Shi, J., Xue, S., and Uribe, E., 2010. "**Effect of temperature on atructural properties of aloe vera (Aloe Barbadensis Miller) gel and Weibull distribution for modeling drying process.**" IchemE. Food and Bioproducts Processing. 88 : 138-144.

Nadian, M.H., Rafiee, S., Aghbashlo, M., Hosseinpour, S. and Mohtasebi, S.S. 2015. **Continuous real-time monitoring and neural network modeling of apple slices color changes during hot air drying**. Food and Bioproducth Processing. 94: 263-274.

Ryckeboer, J., Mergaert, J., Vaes, K., Klammer, S., Declercq, d., Coosemans, J., Insam, H., and Swings , J. 2003. "**A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes**." Annals of Microbiology. 53(4) : 349-410.

Sabarez, H., Price, W.E., Back, P.J. and Woolf, L.A. 1997. "**Modelling the kinetics of drying of d' Agen plums (*pruns domestica*).**" Food Chemistry. 60(3) : 371-382

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Suktanarak, S. and Teerachaichayut, S. 2012. "**Detection for Moisturs Content of Sweet Tamarind Flesh by Transmittance Short Wavelength Near Infrared Spectroscopy**." International Conference on Nutrition and Food Sciences. IPCEE. 39.

Usall, J., Ippolito, A., Sisquella, M. and Neri, F. 2016. "**Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables**." Postharvest Biology and Technology. 122 : 30-40.

Wojdylo, A., Figiel, A. and Oszmianski, J. 2009. "**Effect of Drying Methods with the Application of Vacuum Microwaves on the Bioactive Compounds, Color, and Antioxdant Activity of Strawberry Fruits**." Journal or Agricultural and Food Chemistry. 57 : 1337-1343.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ขั้นตอนการนึ่งมะขามหวาน และขั้นตอนการอบแห้งมะขามหวาน

ภาคผนวก ข องค์ประกอบทางกายภาพ

ภาคผนวก ค มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชมชน ผลไม้แห้ง (มผช. 1471/2549)

ภาคผนวก ง แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการนึ่งมะขามหวาน และขั้นตอนการอบแห้งมะขามหวาน

ขั้นตอนการนึ่งมะขามหวาน

1. มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูขนาด 12±1 ซม.

2. นึ่งด้วยไอน้ำด้วยความร้อน

3. นำมะขามออกมาจัดเรียง

4. อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

5. บรรจุใส่ถุงตาข่าย

ขั้นตอนการอบแห้งมะขามหวาน

1. มะขามหวานที่ได้จากการนึ่ง

2. นำมะขามหวานที่ได้จากการนึ่งมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

3. บรรจุใส่ถุงตาข่าย

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะขามหวานบรรจุในถุงตาข่ายที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

อายุในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ลักษณะปรากฏ		สี		รสชาติ	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
	(เปลือก)	(เนื้อ)	(เปลือก)	(เนื้อ)				
0	7.99 ± 0.75^{bc}	8.35 ± 0.70^{ab}	8.01 ± 0.79^{abcd}	8.28 ± 0.80^{abc}	8.30 ± 0.72^{b}	8.41 ± 0.77^{a}	8.41 ± 0.77^{ab}	8.47 ± 0.57^{bc}
1	7.85 ± 0.76^{c}	8.03 ± 0.74^{c}	7.80 ± 0.83^{d}	8.06 ± 0.86^{abc}	8.28 ± 0.71^{b}	8.08 ± 0.71^{b}	8.13 ± 0.75^{bc}	8.23 ± 0.70^{d}
2	7.97 ± 0.74^{bc}	8.05 ± 0.67^{c}	7.75 ± 0.84^{d}	8.03 ± 0.78^{cd}	8.43 ± 0.74^{ab}	8.28 ± 0.67^{ab}	8.21 ± 0.72^{abc}	8.47 ± 0.60^{bc}
3	7.97 ± 0.84^{bc}	8.19 ± 0.72^{abc}	7.93 ± 0.84^{cd}	8.22 ± 0.80^{abcd}	8.37 ± 0.66^{ab}	8.41 ± 0.71^{a}	8.26 ± 0.63^{abc}	8.47 ± 0.65^{bc}
4	7.80 ± 0.73^{c}	8.17 ± 0.82^{bc}	7.96 ± 0.87^{bcd}	7.98 ± 0.85^{d}	8.31 ± 0.79^{b}	8.31 ± 0.79^{b}	8.10 ± 0.86^{c}	8.33 ± 0.72^{cd}
5	8.07 ± 0.78^{abc}	8.33 ± 0.62^{ab}	7.93 ± 0.88^{cd}	8.31 ± 0.77^{abc}	8.40 ± 0.61^{ab}	8.40 ± 0.56^{a}	8.38 ± 0.61^{ab}	8.63 ± 0.51^{ab}
6	8.23 ± 0.70^{ab}	8.47 ± 0.53^{a}	8.28 ± 0.69^{a}	8.48 ± 0.62^{a}	8.60 ± 0.58^{a}	8.45 ± 0.67^{a}	8.51 ± 0.68^{a}	8.67 ± 0.50^{ab}
7	8.31 ± 0.70^{a}	8.37 ± 0.60^{ab}	8.27 ± 0.66^{abc}	8.47 ± 0.57^{a}	8.61 ± 0.61^{a}	8.47 ± 0.62^{a}	8.51 ± 0.57^{a}	8.73 ± 0.44^{a}
8	8.20 ± 0.66^{ab}	8.37 ± 0.71^{ab}	8.19 ± 0.72^{abc}	8.50 ± 0.65^{a}	8.51 ± 0.62^{ab}	8.47 ± 0.65^{a}	8.40 ± 0.64^{ab}	8.67 ± 0.54^{ab}
9	8.33 ± 0.70^{a}	8.35 ± 0.68^{ab}	8.23 ± 9.72^{ab}	8.52 ± 0.70^{a}	8.61 ± 0.55^{a}	8.56 ± 0.62^{a}	8.45 ± 0.75^{a}	8.67 ± 0.50^{ab}
10	8.27 ± 0.63^{a}	8.35 ± 0.68^{ab}	8.18 ± 0.77^{abc}	8.30 ± 0.70^{abc}	8.60 ± 0.59^{a}	8.43 ± 0.62^{a}	8.50 ± 0.65^{a}	8.67 ± 0.47^{ab}
11	8.20 ± 0.70^{ab}	8.37 ± 0.71^{ab}	8.13 ± 0.77^{abc}	8.31 ± 0.79^{abc}	8.53 ± 0.72^{ab}	8.30 ± 0.74^{ab}	8.43 ± 0.74^{a}	8.60 ± 0.56^{ab}
12	8.29 ± 0.61^{a}	8.35 ± 0.68^{ab}	8.31 ± 0.72^{a}	8.35 ± 0.68^{ab}	8.50 ± 0.72^{ab}	8.41 ± 0.74^{a}	8.40 ± 0.74^{ab}	8.57 ± 0.62^{ab}

ภาคผนวก ข

องค์ประกอบทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตีด้วยเครื่อง Water activity meterยี่ห้อ Aqualab รุ่น AwCX3TE

วิธีการวิเคราะห์

1.สภาพแวดล้อมที่จะทำการวิเคราะห์

- ควรตั้งเครื่องวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตีไว้บนพื้นที่ที่เรียบ ขนานกับพื้นไม่เอียงและแข็งแรงมั่นคง

- อุณหภูมิภายในห้องวิเคราะห์ต้องไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นเครื่องจะไม่สามารถ วิเคราะห์ได้และเตือนว่าตัวอย่างนั้นร้อนเกินไป (Sample too hot)

2. การเปิดเครื่อง

- เสียบปลั๊กที่อยู่ด้านหลังเครื่อง จากนั้นจึงเสียบเข้าสู่เต้ารับ กดปุ่มเปิดเครื่องซึ่งอยู่ทางด้านหลัง

- วอร์มเครื่องก่อนการทำการวิเคราะห์เป็นเวลา 30 นาที

3. การเตรียมตัวอย่าง

- ปริมาณของตัวอย่างที่ได้ไม่ควรเกินครึ่งหนึ่งของภาชนะบรรจุ (ของเหลวประมาณ 7 มิลลิลิตร) ห้ามเติมตัวอย่างจนเต็มหรือล้นภาชนะ

- ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าบริเวณริมและด้านนอกถ้วยวิเคราะห์สะอาด

- ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์นั้นมีอุณหภูมิสูงเกินกว่า Chamber ไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส * สำหรับตัวอย่างที่เก็บรักษาในตู้เย็น จะต้องนำมาทำการละลายให้อยู่ในอุณหภูมิห้อง เสียก่อน จึงนำมาทำการวิเคราะห์

4. การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี

- ใส่ตัวอย่างในถ้วยวิเคราะห์ แล้วนำไปวางไว้ในลิ้นชักใส่ถ้วยของเครื่อง ดันลิ้นชักเข้าให้สุดด้วยความเบามือ

- หมุนปุ่มของลิ้นชักจากตำแหน่ง OPEN/LOAD ไปยังตำแหน่ง READ เครื่องจะเริ่มทำการวัดค่าทันที

- เมื่อเครื่องทำการวัดค่าเสร็จเรียบร้อย จะมีสัญญาณเตือน (สัญญาณที่เตือนขึ้นอยู่กับการตั้ง ค่าของเครื่อง ดูรายละเอียดในคู่มือการใช้งานของเครื่อง) - อ่านค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่วิเคราะห์ได้จากจอ LCD ด้านนอก

นำมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูขนาด 12±1 ซม.ทั้งเปลือกและเนื้อมะขามหวานแล้วนำมาทำการเทียบสี

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดสมุดเทียบสี Munselle Book
2. ตัดกระดาษ A4 ให้มีขนาดเท่ากับขนาดตารางสี Munselle Book
3. นำฝักมะขามหวานทั้งเปลือกและเนื้อมาเทียบสีตามเฉดสี Munselle Book โดยนำกระดาษ A4 ที่ตัดไว้ในข้อ 2. วางเทียบตารางเฉดสี Munselle Book กับตัวอย่างฝักมะขามหวาน
4. บันทึกผลการทดลอง
5. วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดลอง

การวัดค่าสีเปลือกมะขามและเนื้อมะขามหวาน โดยเทียบสีจากสมุด (The Munselle Book of Color)

7.5 YR

5 YR

วิธีการวิเคราะห์หาความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบอินฟาเรด (Moisture Determination Balance รุ่น FD - 620)

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดฝาครอบเครื่องขึ้นโดยหงายตัวเครื่องไปด้านหลัง วางจานสเตนเลส (Standless dish) ลงบนแผ่น (Sample dish stand)
2. เสียบปลั๊ก เปิดเครื่องด้วยสวิทซ์ด้านข้างของเครื่อง
3. วอร์มเครื่องไว้ประมาณ 30 นาทีก่อนการใช้งาน
4. กดปุ่ม Tare เพื่อทำการเคลียร์น้ำหนักจาน
5. ใส่ตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์ลงบนจานสแตนแลสประมาณ 3-5 กรัม เกลี่ยตัวอย่างให้กระจายเต็มทั่วถาด
6. ปิดฝาครอบเครื่องลง กดปุ่ม Start และรอจนกว่าเครื่องจะหยุดทำงานโดยจะมีความชื้นคงที่หรือเมื่อเครื่องมีสัญญาณเตือนดังโดยต่อเนื่อง
7. อ่านค่าความชื้นที่ได้ (%)
8. เปิดฝาครอบเครื่องขึ้นนำจานสเตนแลสออก ทำความสะอาดจานและบริเวณเครื่องให้เรียบร้อยถ้าต้องการวิเคราะห์ตัวอย่างต่อไปให้ปฏิบัติตามข้อ (4) ถึง (6)
9. เมื่อไม่ต้องการใช้งานให้ปิดเครื่องด้วยปุ่ม เปิด/ปิด ด้านข้างของเครื่อง

* สำหรับตัวอย่างที่เก็บรักษาในตู้เย็นจะต้องนำมาทำการละลายให้อยู่ในอุณหภูมิห้องเสียก่อน จึงนำมาทำการวิเคราะห์

ภาคผนวก ค

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง (มผช. 1471/2550)

มผช. 136/2546

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ผลไม้แห้ง

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมผลไม้ทุกชนิดที่นำมาทำให้แห้ง โดยอาจผ่านกรรมวิธีการดองหรือ แช่อิ่มก่อนการทำแห้งก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุ ทั้งนี้รวมถึงผลไม้แห้งที่มีการปรุงแต่งกลิ่นหรือรสด้วย

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ผลไมแห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ได้จากการนำผลไม้ที่อยู่ในสภาพดี ไม่เน่าเสีย โดยอาจนำมาผ่านกรรมวิธี การหมักดองหรือแช่อิ่มก่อนหรือไม่ก็ได้ มาลดความชื้นตามต้องการโดยใช้แสงแดดหรือนำไปอบ ทั้งนี้อาจปรุงแต่งกลิ่นหรือรสด้วยส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น น้ำตาล เกลือ พริก ด้วยก็ได้

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องคงลักษณะเนื้อที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้ผิวหน้าแห้ง ไม่เกาะติดกัน เนื้อไม่แข็งกระด้าง ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน

๓.๒ สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้ อย่างสม่ำเสมอ

๓.๓ กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๘.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคน ไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๓.๔ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูล จากสัตว์ เช่น แมลง หนูนก

๓.๕ วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๓.๖ ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๘ โดยน้ำหนัก

๓.๗ วอเตอร์แอกทิวิตี

ต้องไม่เกิน ๐.๗๕

หมายเหตุ วอเตอร์แอกทิวิติ เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างพิษของจุลินทรีย์

๓.๘ จุลินทรีย์

๓.๘.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน ๑ × ๑๐๔ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๒ เอสเชอริเชีย โคไล ด้วยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๓ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๓ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๔. สุขลักษณะ

๔.๑ สุขลักษณะในการทำผลไม้แห้ง ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุผลไม้แห้งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย สามารถป้องกันความชื้นและการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของผลไม้แห้งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุผลไม้แห้งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น มะม่วงแช่อิ่มแห้ง ชมพู่สามรส ฝรั่งหยี มะม่วงเค็ม

(๒) น้ำหนักสุทธิ

(๓) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๔) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา

(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้หมายถึง ผลไม้แห้งที่ทำจากผลไม้ชนิดเดียวกัน ที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและ ฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้ว ทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๔ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สาหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นรส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จานวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๓ จึงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร ความชื้น วอเตอร์แอกทิวิตี และจุลนทรีย์ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ หน่วยภาชนะบรรจุ นำมาทำเป็น ตัวอย่างรวม โดยน้ำหนักรวมต้องไม่น้อยกว่า ๘๐๐ กรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตาม ข้อ ๓.๕ ถึงข้อ ๓.๘ จึงจะถือว่าผลไมแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างผลไม้แห้งต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อจงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นรส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบผลไม้แห้งอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ วางตัวอย่างผลไม้แห้งในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน
(ข้อ ๘.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน(คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องคงลักษณะเนื้อที่ดีตามธรรมชาติของ ผลไม้ ผิวหน้าแห้ง ไม่เกาะติดกัน เนื้อไม่แข็งกระด้าง ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ	๔	๓	๒	๑
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	๔	๓	๒	๑

๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ตรวจพินิจ

๘.๓ การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร และความชื้น
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๔ การทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตี
ให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ (๒๕ ± ๒) องศาเซลเซียส

๘.๕ การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๖ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก.
สุขลักษณะ
(ข้อ ๔.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับ การทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำสะอาด มีคุณภาพดีมีการล้างหรือทำความสะอาด ก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของ ผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำเป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณ เพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะสิ่งสกปรก และนาทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภิณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก

ภาคผนวก ง

แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชุดที่.....

แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ : การลดการเกิดเชื้อราในมะขามหวานด้วยความร้อนในระดับครัวเรือน

ชื่อ – นามสกุล..... วัน/เดือน/ปี.....

คำชี้แจง 1. กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับคะแนนความชอบในแต่ละตัวอย่างตามลักษณะของ **มะขามหวาน** ดังต่อไปนี้ และ **ดื่มน้ำก่อนทดสอบชิมตัวอย่างถัดไป**

2. กลิ่นรส คือ ความรู้สึกที่เกิดขึ้นในขณะเคี้ยวอาหารซึ่งสัมผัสได้ทั้งกลิ่นและรสของอาหาร

9 = ชอบมากที่สุด	4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
8 = ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
7 = ชอบปานกลาง	2 = ไม่ชอบมาก
6 = ชอบเล็กน้อย	1 = ไม่ชอบมากที่สุด
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง			
ลักษณะปรากฏ (เปลือก)	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ (เนื้อมะขาม)	.....	.....	.....	.....
สี (เปลือก)	.....	.....	.....	.....
สี (เนื้อมะขาม)	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

ขอขอบคุณ

ชุดที่.....

แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ : การลดการเกิดเชื้อราในมะขามหวานด้วยความร้อนในระดับครัวเรือน

ชื่อ – นามสกุล..... วัน/เดือน/ปี.....

คำชี้แจง 1. กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับคะแนนความชอบในแต่ละตัวอย่างตามลักษณะของ **มะขามหวาน** ดังต่อไปนี้ และ **ดื่มน้ำก่อนทดสอบชิมตัวอย่างถัดไป**

2. กลิ่นรส คือ ความรู้สึกที่เกิดขึ้นในขณะเคี้ยวอาหารซึ่งสัมผัสได้ทั้งกลิ่นและรสของอาหาร

9 = ชอบมากที่สุด	4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
8 = ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
7 = ชอบปานกลาง	2 = ไม่ชอบมาก
6 = ชอบเล็กน้อย	1 = ไม่ชอบมากที่สุด
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง		
ลักษณะปรากฏ (เปลือก)	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ (เนื้อมะขาม)	.....	.....	.....
สี (เปลือก)	.....	.....	.....
สี (เนื้อมะขาม)	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

ขอขอบคุณ

ชุดที่.....

แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ : การลดการเกิดเชื้อราในมะขามหวานด้วยความร้อนในระดับครัวเรือน

ชื่อ – นามสกุล..... วัน/เดือน/ปี.....

คำชี้แจง 1. กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับคะแนนความชอบในแต่ละตัวอย่างตาม ลักษณะของ **มะขามหวาน** ดังต่อไปนี้ และ **ดื่มน้ำก่อนทดสอบชิมตัวอย่างถัดไป**

2. กลิ่นรส คือ ความรู้สึกที่เกิดขึ้นในขณะเคี้ยวอาหารซึ่งสัมผัสได้ทั้งกลิ่นและรสของอาหาร

9 = ชอบมากที่สุด	4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
8 = ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
7 = ชอบปานกลาง	2 = ไม่ชอบมาก
6 = ชอบเล็กน้อย	1 = ไม่ชอบมากที่สุด
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง		
ลักษณะปรากฏ (เปลือก)	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ (เนื้อมะขาม)	.....	.....	.....
สี (เปลือก)	.....	.....	.....
สี (เนื้อมะขาม)	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

ขอขอบคุณ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล มณี ภาชนะทอง
วัน เดือน ปี เกิด 17 ตุลาคม 2518
สถานที่เกิด อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
คหกรรมศาตร์บัณฑิต	สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์	2544

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

2555 – ปัจจุบัน	นักโภชนาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์