

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของไมโครเวฟต่อการอบแห้งของกล้วยตาก
(Studies on the Effect of Microwave on the Quality of Kluaytak)



T096506

นางสาวกฤษยา เอื้อกมลชาลย
นางสาวศรีวิไล แซ่อู๋

ป.พ.

เสนอ

ก 728 ๗

2540

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 96506

วัน,เดือน,ปี..... 7 9 2540

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2540



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของไมโครเวฟต่อการอบแห้งของกล้วยตาก
(Studies on the Effect of Microwave on the Quality of Kluaytak)

โดย

นางสาวกุลยา เอื้อกมลชาญ
นางสาวศรีวิไล แซ่อู๋

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

()

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....
ศ.ดร. วรชาติพร หาเรือนกิจ
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

21 ส.ค. 2541

วันที่ 30 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๒๗
๗๖๒๘๐๗
๕๕๓๙

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงเป็นรูปเล่มโดยสมบูรณ์ได้โดยมี ดร. ยุพร จรรย์กุลกุล กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษตลอดจนให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือมาตลอด รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในระหว่างปฏิบัติงาน จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความเอาใจใส่เป็นอย่างดีมา ณ ที่นี้ด้วย และขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด



นางสาวกุลยา เลื่อนมณฑล
นางสาวศรีวิไล แซ่กู่
มีนาคม 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กุลยา เอื้อกมลชาญ และ ศรีวิไล แซ่อู่ 2540. ผลของไมโครเวฟต่อการอบแห้งของกล้วยตาก (Studies on the effect of microwave on the quality of klauytak). ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อาจารย์ที่ปรึกษา :ดร. ยุพร จรรย์วงศ์วรกุล.

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งของกล้วยตากโดยใช้ตู้อบลมร้อน พบว่าความสูงของกล้วย ที่ระดับปานกลาง (กล้วยสุกก้านเหลือง สดัดหลุด) ให้ลักษณะที่ไม่แห้งแข็งและไม่นิ่ม และจนเกินไป การแช่น้ำเกลือที่ความเข้มข้น 5% ก่อนการอบแห้งจะทำให้ได้กล้วยตากที่มีสีสด และมีการเปลี่ยนเป็นสีคล้ำช้ากว่ากล้วยที่ไม่ได้แช่น้ำเกลือ ผลของไมโครเวฟต่อการอบแห้งพบว่า กล้วยที่ผ่านไมโครเวฟที่ระดับพลังงานต่ำเป็นเวลา 13 นาที ก่อนนำไปอบแห้งมีอัตราการทำแห้งเร็วกว่ากล้วยที่ไม่ได้ผ่านไมโครเวฟ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกล้วยตากที่ได้ทั้งสองวิธี.

กุลยา เอื้อกมลชาญ
ศรีวิไล แซ่อู่

ลายมือชื่อนักศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญตาราง	
สารบัญรูปภาพ	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	3
บทที่ 3 วิธีทดลอง	18
บทที่ 4 ผลการทดลอง	21
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	32
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก ก	34
ภาคผนวก ข	43
ภาคผนวก ค	44
ภาคผนวก ง	45
ภาคผนวก จ	50
ภาคผนวก ฉ	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละประเภทในช่วง water activity ต่างๆ	4
1.2 องค์ประกอบเปรียบเทียบของสดกับของแห้งคิดเป็นร้อยละ	12
4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง ที่ชั่วโมงต่างๆ เมื่อใช้ความสูงของกล้วยที่ระดับความสูงน้อย ความสูงปานกลาง และ ความสูงมาก	21
4.2 แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังอบที่ชั่วโมงต่างๆ เมื่อใช้ความสูงของกล้วย ที่ระดับปานกลาง เปรียบเทียบผลระหว่างกล้วยที่ไม่แช่สารละลายเกลือ แช่สารละลายเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายเกลือ 10 เปอร์เซ็นต์	24
4.3 ผลของเกลือที่มีต่อกล้วยตาก โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส	25
4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกล้วยเมื่ออบที่ระดับพลังงานต่ำ (low)	26
4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกล้วยเมื่ออบที่ระดับพลังงานปานกลาง (Medium)	27
4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกล้วยเมื่ออบที่ระดับพลังงานสูง (High)	28
4.7 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการทำแห้งของกล้วยที่ไม่ผ่านไมโครเวฟและ ผ่านไมโครเวฟที่ระดับพลังงานต่ำ เวลา 13 นาที	29
4.8 ผลของไมโครเวฟที่มีต่อกล้วยตากโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส	31

ตารางผนวกที่	หน้า
1. แสดงปริมาณน้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการอบแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ของกล้วยที่ผ่านการแช่น้ำเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์	45
2. แสดงปริมาณน้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการอบแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ของกล้วยที่ผ่านการแช่น้ำเกลือ 5% (เปรียบเทียบเป็นร้อยละ)	46
3. แสดงปริมาณน้ำหนักสูญเสียหลังการอบแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ของกล้วยที่ระดับระดับพลังงานต่ำ เป็นเวลา 13 นาที	47
4. แสดงปริมาณน้ำหนักสูญเสียหลังการอบแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ของกล้วยที่ระดับระดับพลังงานต่ำ เป็นเวลา 13 นาที (เปรียบเทียบเป็นร้อยละ)	48
5. เปรียบเทียบอัตราการระเหยของกล้วยที่ไม่ผ่านไมโครเวฟและผ่านไมโครเวฟที่ระดับพลังงานต่ำ เวลา 13 นาที	49
6. ผลของเกลือที่มีผลต่อการอบแห้งของกล้วยตากโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส	51
7. ผลของไมโครเวฟที่มีผลต่อการอบแห้งของกล้วยตากโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส	51

บทที่ 1

บทนำ

การทำให้อาหารแห้งนั้นนับเป็นวิธีการถนอมอาหารแบบหนึ่งซึ่งทำได้ง่าย และเป็นวิธีเก่าแก่ที่สุดวิธีหนึ่งที่มนุษย์ได้เรียนรู้มาจากธรรมชาติ โดยอาศัยความร้อนจากแสงแดด การทำอาหารแห้งได้ทวีความสำคัญขึ้นทุกวัน ยิ่งประเทศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) สูงอย่างประเทศไทยเราแล้ว นับว่ามีบทบาทสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะเกษตรกรจะได้รับผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจดีขึ้น อาทิเช่น ทำให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวได้แต่เนิ่นๆ โอกาสที่จะเสียหายเนื่องจากผลผลิตแก่และสูงจนมีน้อยทำให้เกษตรกรสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในรูปตากแห้งไว้ได้นาน โดยไม่สูญเสียคุณภาพและคุณค่าทางอาหาร และยังมีรายได้สำหรับผลิตภัณฑ์นั้นๆ เพิ่มขึ้น

การอบแห้งอาศัยหลักการที่ว่าปริมาณน้ำที่มีในอาหารสูงๆ จะทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมีดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะจะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ซึ่งจะอาศัยความร้อนเพื่อระเหยน้ำที่อยู่ในอาหาร โดยความร้อนจะถ่ายเทให้กับอาหารเพื่อใช้ระเหยน้ำ ขณะเดียวกันน้ำที่อยู่ในอาหารจะระเหยจากอาหาร สำหรับกรรมวิธีการอบแห้งนั้นได้มีการพัฒนาขึ้นเป็นลำดับวิธีที่ใช้ส่วนใหญ่จะมีแหล่งกำเนิดความร้อนเป็นไฟฟ้า ก๊าซ หรือไอน้ำแล้วผ่านอากาศเพื่อให้อากาศร้อนเข้าสู่ตูบ ซึ่งอาจเป็นทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้และลักษณะการถ่ายเทความร้อนจะเป็นแบบการนำและการพาความร้อนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งความร้อนหรืออากาศร้อนไม่สามารถผ่านโดยตรงเข้าไปได้ จึงมีการพัฒนานำหลักของการแผ่รังสีความร้อนเข้ามาใช้ในการอบแห้ง คลื่นรังสีไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความยาวคลื่นระหว่าง $10^0 - 10^{11}$ ไมครอน ได้ถูกเลือกมาใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟสามารถผ่านทะลุเนื้อวัตถุดิบเข้าไปได้ ทำให้อัตราการอบแห้งพร้อมๆ กันทุกจุดอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ทำให้อัตราการอบแห้งสูงมาก

ในการทดลองใช้ไมโครเวฟเพื่อหาระยะเวลาและระดับพลังงานที่เหมาะสมในการลดความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบโดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกับการอบแห้ง ใช้เครื่องอบแห้งลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบถาดเพียงอย่างเดียว กับการใช้ไมโครเวฟในการลดความชื้นเริ่มต้นแล้วนำไปอบแห้งต่อในเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการอบแห้งเพื่อศึกษาปัญหาพิเศษนี้ คือ กล้วยน้ำว่า โดยใช้กล้วยที่สูงอมแต่ไม่ซ่า เพื่อต้องการทดลองดูว่าสามารถที่จะแปรรูปวัตถุประสงค์ คือ กล้วยน้ำว่าให้เป็นผลิตภัณฑ์กล้วยตาก โดยการใช้ไมโครเวฟและตู้อบลมร้อน สำหรับเหตุผลที่เลือกใช้กล้วยน้ำว่าเป็นวัตถุประสงค์ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพน้อย ทำได้สะดวกมีราคาถูก และเป็นที่นิยมรับประทานสำหรับผู้บริโภคทั่วไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่ออัตราการอบแห้งของกล้วยตาก
2. เพื่อศึกษาผลของไมโครเวฟต่อคุณภาพของกล้วยตากที่อบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

การอบแห้งทั่วไป

ในอาหารมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ จุลินทรีย์ในอาหารจะเจริญเติบโตและเอนไซม์ (enzyme) ในอาหารจะทำงานได้ดีเมื่อมีน้ำเพียงพอ ดังนั้นวิธีที่จะป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์หรือการทำงานของ enzyme ได้ก็โดยการควบคุมหรือลดความชื้นในอาหารลงจะทำให้เก็บอาหารได้นานขึ้น จึงเป็นวิธีการถนอมอาหารที่ได้ผลดี การลดความชื้นในอาหารทำได้โดย (ศิริลักษณ์ 2520)

- 1) ขจัดน้ำออกจากอาหาร หรือ การทำให้อาหารแห้งนั่นเอง
- 2) การใช้ตัวถูกละลายบางอย่างใส่ในอาหารเพื่อไปรวมกับน้ำในอาหารทำให้ความชื้นที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้จริงๆ ลดลง เช่น การทำผลไม้แช่อิ่ม เป็นต้น

การทำให้อาหารแห้งนับเป็นวิธีการลดความชื้นเพื่อการถนอมอาหารที่ทำได้ง่ายและเก่าแก่ที่สุด แต่ก็ยังเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุด ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา โดยทั่วไปไม่สามารถจำแนกวิธีทำให้อาหารแห้งได้เป็น 3 วิธีด้วยกันคือ

- 1) โดยการพับหรืออัด
- 2) โดยการหมუნเพื่อให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง
- 3) โดยการใช้ความร้อน

ปกติแล้วการใช้ความร้อนเป็นวิธีที่ดีและนิยมใช้กันมากกว่าวิธีอื่นๆ เพราะเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด ทั้งยังสามารถลดความชื้นให้เหลือในปริมาณที่ต่ำได้ ส่วนการใช้วิธีนับหรือวิธีการหมუნจะเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับบางกรณีเท่านั้น (รัญญา 2531)

ความหมายของการทำแห้ง หมายถึง การถ่ายเทของเหลว (liquid) เช่น น้ำออกจากของแข็ง หรือวัสดุที่ชื้น (wet solids) ไปยังก๊าซที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated gas) ตัวอย่าง เช่น การตาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้งอาหารกลางแดด ความร้อนจากแสงแดดจะทำให้น้ำในอาหารระเหยออกไปในอากาศ ลมจะ ช่วยพัดไอน้ำที่ระเหยออกมาไปจากผิวหน้าของอาหาร เป็นต้น แต่การดึงน้ำออกจากก๊าซหรือของเหลวก็จัดเป็นการอบแห้ง เช่นเดียวกัน แต่มักจะเรียกเป็นอย่างอื่น เช่น Dehumidification เป็นต้น (สมบัติ 2529)

อาหารส่วนใหญ่จะเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสิ่งสำคัญ เพราะจุลินทรีย์มีอยู่ทั่วไป ทั้งในดิน น้ำ อากาศ ดังนั้นโอกาสที่จุลินทรีย์จะสัมผัสกับอาหารก็มีมาก แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็น รา แบคทีเรีย ยีสต์ จะมีความสามารถในการดำรงชีพหรือเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำในปริมาณที่เหมาะสมต่างๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 1.1 ถ้าปริมาณน้ำในอาหารน้อยเกินไป จุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญได้ ดังนั้นการลดปริมาณความชื้นในอาหารลงให้พอเหมาะกับอาหารแต่ละชนิด ก็สามารถจะถนอมรักษาอาหารไว้ได้นานขึ้น

ตารางที่ 1.1 ความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละประเภทในช่วง Water activity (a_w) ต่าง ๆ

จุลินทรีย์	ค่า a_w ต่ำสุดที่จะเจริญได้
Normal Bacteria	0.81
Normal Yeast	0.88
Normal Mold	0.80
Halophilic Bacteria	0.75
Xerophilic Fungi	0.65
Osmophilic Yeast	0.60

ที่มา : สมบัติ 2529

ประโยชน์ของการทำอาหารแห้ง (วัฒนา 2522)

1. เป็นการป้องกันการเน่าเสียเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี จากเอนไซม์และจากเชื้อจุลินทรีย์
2. เป็นการลดน้ำหนักอาหาร ทำให้น้ำหนักเบา เหมาะต่อการขนส่ง
3. ช่วยให้เก็บอาหารไว้ได้นาน ที่อุณหภูมิห้อง ไม่ต้องเก็บในห้องเย็นให้เปลืองค่าใช้จ่าย
4. ทำให้มีอาหารในเวลาขาดแคลน หรือ นอกฤดู หรือใช้ในแหล่งห่างไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

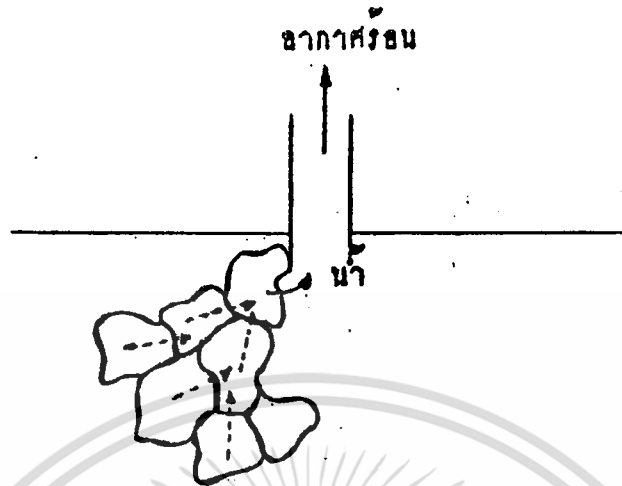
5. ได้อาหารที่มี รส สีส และกลิ่นต่างออกไป เป็นการเพิ่มอาหารให้มีมากขึ้น และมักเป็นที่นิยมของคนทั่วไป

การเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหาร

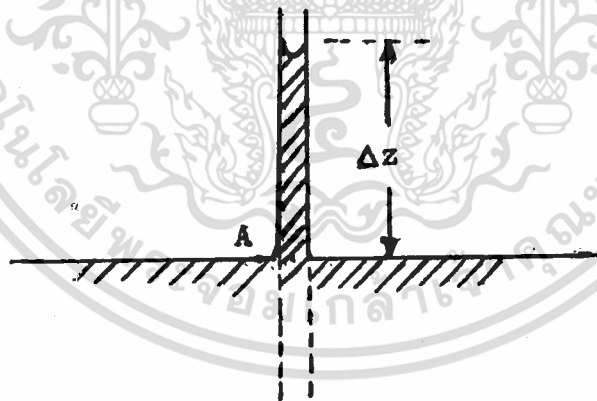
การระเหยน้ำเกิดขึ้นที่ผิวอาหาร น้ำจากส่วนในอาหารจะต้องเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารก่อน การเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหาร อธิบายได้ 2 แบบคือ การไหลออกแบบท่อเล็กๆ (CAPILLARY FORCE) ได้แก่ อาหารประเภทที่มีโครงสร้างเป็นเส้นใยหรือทรงกลม (ลักษณะแบบเดียวกับไม้ หรือ เม็ดทราย) จะมีช่องว่างระหว่างของแข็งติดต่อกันเป็นทางแคบๆ หรือ หลอดกลมๆ น้ำจะถูกดันขึ้นมาตามช่องแคบนี้ในกรณีของอาหารที่มีเนื้อเดียวติดต่อกันหมด (ลักษณะแบบดินเหนียว) การเคลื่อนที่ของน้ำเป็นแบบกระจายแทรกซึม (DIFFUSE) แทรกไปทั้งระหว่างเซลล์ และผ่านเซลล์ซึ่งมีลักษณะเป็นเยื่อที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ (SEMIPERMEABLE MEMBRANE) ดังนั้นการเคลื่อนที่แบบนี้จะช้า น้ำในอาหารบางอย่างเคลื่อนที่ด้วย CAPILLARY FORCE ก่อนเมื่อความชื้นลดลง ระดับน้ำลดลงจากผิวหน้าของอาหารจะเปลี่ยนเป็นแบบแพร่กระจาย การเคลื่อนที่ทั้ง 2 แบบ ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2

ในระยะเริ่มแรกของการอบแห้ง น้ำจะเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหาร ทำให้ผิวอาหารเปียกชุ่มขึ้น อากาศเหนือผิวอาหารจะอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ระบายที่อัตราเร็วที่น้ำเคลื่อนที่มาที่ผิว มากกว่าหรือเท่ากับอัตราที่น้ำระเหยกลายเป็นไอ และเคลื่อนย้ายไป ความร้อนที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยน้ำทั้งหมด ดังนั้นอุณหภูมิของผิวอาหารจะคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป ปริมาณน้ำในอาหารลดลง การเคลื่อนที่ของน้ำมาที่ผิวช้าลง จนกว่าอัตราการระเหยน้ำผิวอาหารจะแห้งเมื่อมีน้ำน้อย การระเหยน้ำลดลง ความร้อนที่เหลือจะทำให้ผิวอาหารร้อนขึ้น

การเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารช้าลงเมื่อมีความชื้นลดลง เนื่องจาก CAPILLARY FORCE หมดไป เปลี่ยนเป็น DIFFUSION ซึ่งช้ากว่า และเนื่องจากการหดตัวของอาหารตามชั้นนอกทำให้เนื้ออาหารส่วนนอกแน่น การแทรกซึมของน้ำซึ่งช้าลงการเคลื่อนที่ของของแข็งที่ละลายได้ (SOLUBLE SOLID) มาพร้อมกับน้ำที่ผิวหน้าเกิดเป็นแผ่นเหนียวน้ำผ่านไม่สะดวก



ภาพที่ 1 การไหลออกของน้ำแบบกระจายตัวข้ามผ่าน
ที่มา : สมบัติ 2529



ภาพที่ 2 การไหลออกของน้ำแบบท่อเล็กๆ
ที่มา : สมบัติ 2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกของการอบแห้ง

ในกระบวนการอบแห้งใดๆ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อวัสดุ มักนิยามไว้ว่าอัตราส่วนของมวลของน้ำต่อหน่วยมวลของวัสดุแห้ง และเรียกปริมาณนี้ว่าความชื้น (MOISTURE CONTENT)

การศึกษาถึงกลไกในการเปลี่ยนแปลงของความชื้นกับเวลาที่ใช้อบแห้ง และอัตราอบแห้งของวัสดุใดๆ สามารถดูได้จากกราฟแสดงลักษณะเฉพาะของการอบแห้งของวัสดุนิตินั้นๆ (DRYING CHARACTERISTIC CURVE) ซึ่งโดยทั่วไปแสดงเป็น 2 ลักษณะคือ

ก. กราฟแสดงความชื้นที่เปลี่ยนไปเทียบกับเวลา

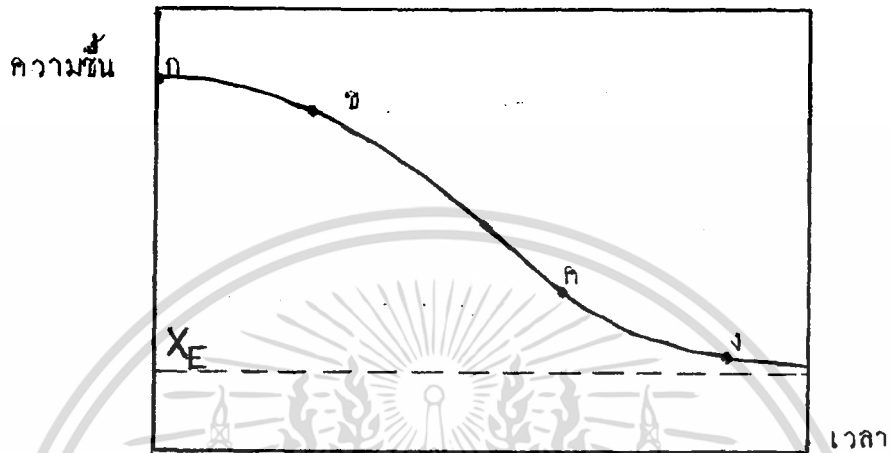
ข. กราฟแสดงอัตราการอบแห้ง

ซึ่งกรณีแรกสามารถดูได้จากภาพที่ 3 ส่วนอัตราการอบแห้งแสดงในรูป 4 จะเห็นได้ว่าสามารถแบ่งช่วงของการอบแห้งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ ได้แก่ช่วง ก.ข. ในกราฟ ในช่วงนี้สภาพที่ผิวหน้าวัสดุจะเปียกชื้นมาก ทำให้อากาศร้อน ได้สัมผัสกับผิวน้ำอย่างเต็มที่ (ดูภาพที่ 5 ก.) อัตราการอบแห้งเริ่มมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำและวัสดุเริ่มสูงขึ้นนั่นเอง ซึ่งตามทฤษฎีแล้ว อุณหภูมิของวัสดุในช่วงนี้จะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศร้อน
2. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ได้แก่ช่วง ข.ค. ในกราฟ ในช่วงนี้อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ตลอด ซึ่งทำให้ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุเท่านั้น การกระจายความชื้นที่ผิวหน้าวัสดุจะมีค่าคงที่ นั่นคืออัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวหน้ามีค่าเท่ากับอัตราการระเหยของความชื้นจากผิวหน้าวัสดุออกไป (ภาพที่ 5 ข) ดังนั้นอัตราการอบแห้งในช่วงนี้จึงมีค่าคงที่ และขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผิววัสดุเท่านั้น
3. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ได้แก่ช่วง ค.ง. ในกราฟในช่วงนี้ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิววัสดุจะระเหยหมดไป เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวหน้าวัสดุ เพราะถูกควบคุมด้วยอัตราการแพร่ของน้ำจากภายในมาสู่ภายนอก (ดังภาพ 6 ค,ง) ดังนั้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น อัตราความเร็วของการอบแห้งจะค่อยๆ ลดลง เพราะปริมาณความร้อนที่ผิววัสดุได้รับนอกจากจะลดลงแล้ว ความร้อนนี้ยังต้องใช้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ

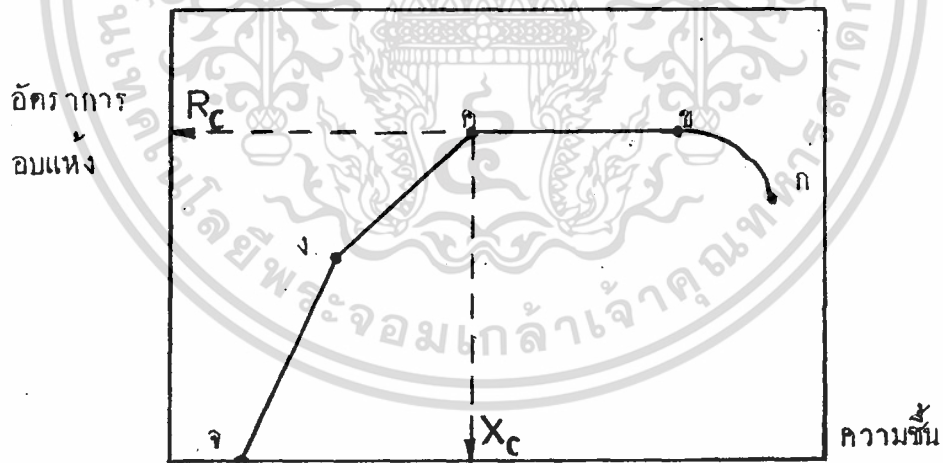
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกด้วย ปกติแล้ว สามารถแบ่งช่วงอัตราการอบแห้งลดลงนี้ออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความชื้นที่เปลี่ยนไปเทียบกับเวลา

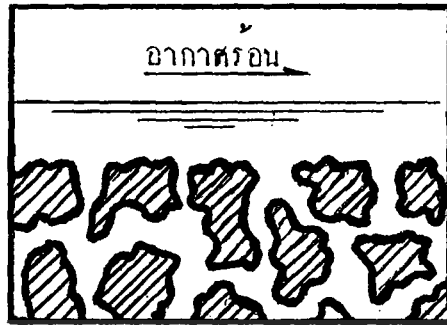
ที่มา : สมบัติ 2529



ภาพที่ 4 กราฟแสดงอัตราการอบแห้ง

ที่มา : สมบัติ 2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. ช่วงการให้ความร้อนเมืองต้น



ข. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่



ค. ระยะเวลาของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ง. ระยะหลังของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

ภาพที่ 5 แสดงการกระจายตัวของความชื้นในช่วงต่างๆ

ที่มา : สมบัติ 2529

ได้แก่ ระยะ ค.ง. ในกราฟ ที่ระยะนี้ระดับผิวหน้าของความชื้นแห้งจะเริ่มลดลงมาเท่ากับหรือต่ำกว่าระดับผิวหน้าของวัสดุเล็กน้อย (ดูภาพ 6 ค) ทำให้พื้นที่ผิวของความชื้นมีค่าลดลงจึงเป็นสาเหตุให้อัตราการอบแห้งลดลงด้วย ระยะของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ได้แก่ ระยะ ง.จ. ในกราฟ ที่ระยะนี้พื้นที่ผิวของความชื้นจะลดลงอย่างมากและอัตราการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากภายในจะช้ามากขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้อัตราการอบแห้งลดลง (ดูภาพ 6 ง)

ค่าความชื้นที่เริ่มเปลี่ยนจากช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ไปเป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เรียกว่า ความชื้นวิกฤต X_c (CRITICAL MOISTURE) และค่าความชื้นสุดท้ายที่ทำให้อัตราการอบแห้งเป็นศูนย์เรียกว่าความชื้นสมดุล X_e (EQUILIBRIUM MOISTURE) แสดงด้วยจุด ค. และ จ. ซึ่งค่านี้เป็นค่าความชื้นของวัสดุที่คงเหลืออยู่ได้ภายหลังจากการอบแห้งได้สภาวะของอากาศคงที่หนึ่งๆ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง (สมบัติ 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำแห้งอาหารทั่วๆ ไป มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้การอบแห้งนั้นเกิดได้เร็วหรือช้า ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมากๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็ว นอกจากนั้นพื้นที่ผิวของอาหารก็จะมีผลต่ออัตราการอบแห้งมาก อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากๆ การอบแห้งก็จะทำได้เร็วขึ้น
2. ขนาดและรูปร่างของอาหาร ส่วนใหญ่จะคำนึงถึงเฉพาะความหนาของอาหารเนื่องจากอัตราการอบแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร ยิ่งอาหารหนามากเท่าไรการอบแห้งจะเกิดได้ช้าลง
3. ปริมาณอาหาร อาหารที่ใส่ในเครื่องอบแห้งและการจัดเรียงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่ง การใส่ปริมาณอาหารมากเกินไปเข้าไปในเครื่องอบแห้ง จะทำให้การอบแห้งทำได้ไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณช่วงกลางๆ น้ำจะระเหยออกได้ไม่ดีความร้อนเข้าไปไม่ค้อยถึง ยิ่งถ้าจัดเรียงตัวกันไม่ดีแล้ว ก็จะทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้ช้ามาก
4. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของลม ความชื้นของอากาศเป็นสิ่งสำคัญมาก การระเหยน้ำออกจะทำให้ดีหรือไม่ขึ้นกับความชื้นของอากาศและความเร็วของลม นอกจากนั้นอุณหภูมิที่ใช้ออบก็จะเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นกัน
5. ความดัน เกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำเนื่องจากในที่มีความดันต่ำๆ ลงมาน้ำก็จะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น
6. การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนทำให้เสียหาย (Browning or Heat damage) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความร้อนไปทำให้สารอาหารบางตัวโดยเฉพาะพวกแป้งและน้ำตาล เกิดการเผาไหม้โดยปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้ลักษณะของอาหารผิดไป การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้จะเกิดได้เร็วขึ้น ถ้ายังใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูงๆ จากการศึกษพบว่าเมื่ออบแห้งอาหารจนมีปริมาณความชื้นประมาณ 15-20% จะเร็วมาก ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงนี้ความเข้มข้นของพวกแป้งและน้ำตาลมากขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาเกิดรวดเร็วจน ในการทำแห้งอาหารโดยทั่วๆ ไป จะสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้ได้โดยการเติมสารเคมี คือใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในปริมาณประมาณ 200-700 ppm. แล้วแต่ประเภทของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการอบแห้งต่อปัจจัยต่างๆ ของอาหาร

1. อิทธิพลของการทำแห้งต่อคุณค่าทางอาหาร

ในขบวนการทำแห้งโดยทั่วๆ ไป น้ำในอาหารจะระเหยออกไปหรือความชื้นในอาหารลดลง ดังนั้นปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารแห้งเมื่อเทียบต่อน้ำหนักแล้วพบว่า อาหารแห้งจะมีความเข้มข้นของอาหารเพิ่มขึ้น เช่น โปรตีน แป้ง และไขมัน ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 องค์ประกอบเปรียบเทียบของสดกับของแห้งคิดเป็นร้อยละ

องค์ประกอบ	เนื้อวัว		ถั่ว	
	สด	แห้ง	สด	แห้ง
โปรตีน	20	55	7	25
ไขมัน	10	30	1	3
คาร์โบไฮเดรต	1	1	17	65
ความชื้น	68	18	78	5
เถ้า	1	4	1	2

ที่มา : สมบัติ 2529

1.1 อิทธิพลของการทำแห้งต่อโปรตีน โดยลักษณะธรรมชาติของโปรตีนแล้วถ้าได้รับความร้อนสูงนานๆ จะทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติไป (denature) ดังนั้นคุณค่าทางอาหารของโปรตีนจะเหลืออยู่มากหรือน้อยแค่ไหนก็ขึ้นกับวิธีการทำให้แห้ง กล่าวคือการเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอบแห้งแต่ละประเภท จะช่วยให้คุณค่าของโปรตีนคงอยู่มากขึ้น ถ้าใช้วิธีที่ต้องให้ความร้อนสูงและนานจะทำให้ร่างกายอาจจะใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

1.2 อิทธิพลของการทำแห้งต่อไขมัน ไขมันที่มีในอาหารทั้งๆ ไปจะเป็นตัวทำให้อาหารนั้นเหม็นหืน ยิ่งมีไขมันสูงและอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเหม็นหืนได้เร็วขึ้น ดังนั้นในการทำแห้งจึงต้องคำนึงถึงการเหม็นหืนของอาหารแห้งที่ได้ยิ่งถ้าเป็นอาหารที่มีไขมันสูงความหลีกเลี่ยงวิธีการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูง อาจจะใช้ทำแห้งโดยวิธีที่ใช้อุณหภูมิต่ำๆ หรือภายใต้สภาพสูญญากาศ หรืออาจจะใช้สารเคมีบางอย่างป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน (OXIDATION) โดยการใส่สารป้องกันการออกซิไดซ์ (ANTIOXIDANT) เช่น BHT (Butylated Hydroxy Toluene) เป็นต้น

1.3 อิทธิพลของการทำแห้งต่อคาร์โบไฮเดรต แป้งและน้ำตาลในอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญเมื่อได้รับความร้อนสูงในช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning) โดยเฉพาะในพวกผลไม้จะเกิดการเปลี่ยนสีในขณะที่ทำให้แห้ง จากปฏิกิริยา enzymatic browning หรือ caramelization ซึ่งจะเกิดจากปฏิกิริยาของพวก reducing sugar กับพวกกรดอินทรีย์ทำให้สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นในอาหารที่มีความชื้นตั้งแต่ 1.30 เปอร์เซ็นต์

2. อิทธิพลของการทำแห้งต่อเชื้อจุลินทรีย์

ความชื้นที่มีในอาหารสูงๆ จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั่วไป ดังนั้นการเก็บอาหารในสภาพสดหรือแห้งไม่พอจึงมีโอกาสที่จะเน่าเสียเนื่องจากพวกจุลินทรีย์ได้ง่าย อย่างไรก็ตามเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ จะเจริญได้ต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมโดยเฉพาะความชื้น ดังเช่น พวกแบคทีเรียและยีสต์ จะเจริญเติบโตได้ดีที่มีความชื้นสูงๆ คือมีความชื้นมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป แต่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ที่ที่มีความชื้นน้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นอาหารแห้งที่ทำการลดความชื้นจนเหลือน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถเก็บรักษาได้นาน ถ้าบรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่ดี และเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

3. อิทธิพลของการทำแห้งต่อเอนไซม์

ในการทำอาหารแห้งจะมีเอนไซม์หลายตัวที่มีผลต่ออาหารแห้งได้โดยเฉพาะในแง่ของการเก็บรักษาและคุณภาพของอาหารที่ได้ มีเอนไซม์ที่สำคัญ 2 ตัว คือ Catalase และ Peroxidase ซึ่งเป็นตัวที่ทนความร้อนได้สูง ดังนั้นในการทำแห้งอาหารจึงใช้เอนไซม์ 2 ชนิดนี้เป็นตัวบ่งชี้ (indicator) สำหรับการทดสอบว่ายังมีความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ (enzyme activity) เหลืออยู่ในอาหารแห้งหรือไม่ ลักษณะการทำงานของเอนไซม์ก็ลดลงด้วย โดยทั่วไปเอนไซม์จะหยุดการทำงานอย่างสิ้นเชิง ถ้าให้ความร้อนใกล้จุดเดือดของน้ำ แต่มีเอนไซม์บางชนิดสามารถทนทานได้แต่ถ้าใช้ความร้อนขึ้น 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที พบว่าเอนไซม์จะหยุดการทำงานลงอย่างสิ้นเชิง นอกจากนั้นในอาหารแห้งที่ทำให้ความชื้นลดลงต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความสามารถในการทำงานของเอนไซม์จะไม่มีเหลืออยู่เลย

ไมโครเวฟ (MICROWAVE) (กิตติพงษ์ 2535)

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง $10^8 - 10^{11}$ ไมครอน โดยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะอยู่ในช่วง 890-2450 MHz ซึ่งเรียกความถี่ในช่วงนี้ว่าเป็นแถบความถี่อุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ หรือ Industrial science and medical bands (ISM band) ไมโครเวฟมาตรฐานที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันมี 2 ค่าความถี่ คือ 2450 MHz สำหรับในยุโรป และ 915 MHz สำหรับในสหรัฐอเมริกา ซึ่งจะสามารถผ่านเข้าไปในอาหารได้ลึก 10 และ 30 เซนติเมตรตามลำดับ คลื่นไมโครเวฟเกิดได้จากแมกเนตรอน ซึ่งเป็นหลอดสูญญากาศประกอบด้วยขั้วคาโทด และแอโนด เมื่อมีการให้ความร้อนขั้วคาโทดจะปล่อยอิเล็กตรอนออกมาเมื่อได้รับความต่างศักย์สูง อิเล็กตรอนเหล่านี้จะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปไมโครเวฟแล้วส่งต่อไปยังส่วนที่นำคลื่น (wave guid) ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมทิศทางของไมโครเวฟ

คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นไมโครเวฟคือ

1. สามารถทะลุผ่านวัตถุบางอย่างได้ (transmittance)

คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านวัตถุบางชนิดได้โดยไม่ถูกดูดกลืน ทำให้คลื่นไมโครเวฟสามารถผ่านภาชนะใส่อาหารได้ ในขณะที่ให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟภาชนะใส่อาหารจะไม่ร้อนเมื่อเทียบกับการให้ความร้อนด้วยวิธีดั้งเดิม แต่ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ภาชนะอาจเกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากอาหารสู่ภาชนะ

2. สามารถสะท้อนกลับได้ (Reflection)

คลื่นไมโครเวฟจะเกิดการสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับวัตถุประเภทโลหะ ซึ่งทำให้คลื่นไมโครเวฟสามารถซึมผ่านเข้าไปในอาหารได้ทุกทิศทาง เนื่องจากการสะท้อนจากด้านล่างและด้านข้างของเตาอบไมโครเวฟซึ่งทำจากโลหะ

3. สามารถถูกดูดกลืนเข้าไปในอาหาร (Adsorption)

คลื่นไมโครเวฟถูกดูดกลืนเข้าไปในอาหารทำให้อาหารร้อนขึ้น อาหารที่มีน้ำอยู่มากจะดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟเข้าไปได้ง่าย

หลักการให้ความร้อนของไมโครเวฟ

เนื่องจากไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่ออาหารได้รับคลื่นไมโครเวฟ โมเลกุลที่มีอิเล็กตริกไดโพล (electric dipole) ในอาหาร เช่นโมเลกุลของน้ำจะเกิดการเรียงตัวให้สอดคล้องกับสนามไฟฟ้าซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงถึง 915 หรือ 2450 ล้านครั้งต่อวินาที ทำให้เกิดการจัดเรียง

ตัวใหม่อยู่ตลอดเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับทิศทางของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โมเลกุลเกิดการเคลื่อนที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อน

ปัจจัยที่มีผลกระทบ

1. ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ต่ำจะมีการทะลุผ่านขึ้นอาหารได้ดี และมีความสม่ำเสมอในการให้ความร้อนมากกว่า โดยทั่วไปจะเลือกความถี่ขึ้นกับความเหมาะสมในการใช้พลังงาน
2. ความเข้มของสนามไฟฟ้า เมื่อความเข้มของสนามมากขึ้น การให้ความร้อนจะใช้เวลาน้อยลง
3. ความชื้นในอาหาร อาหารที่มีความชื้นสูงสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้เร็ว
4. อุณหภูมิของอาหารมีผลต่อสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงพลังงานและสถานะขององค์ประกอบที่ดูดกลืนพลังงานได้ดี
5. รูปร่างของอาหาร อาหารที่มีความหนามากเกินไปอาจทำให้ไมโครเวฟไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ ความสม่ำเสมอของรูปร่างก็มีผลกับการให้ความร้อนโดยพวกที่มีรูปร่างทรงกลมจะให้ความร้อนได้สม่ำเสมอว่ารูปทรงที่เป็นเหลี่ยมมุม
6. การนำไฟฟ้าเมื่อมีการเพิ่มการนำไฟฟ้าให้กับอาหารเช่นการเติมเกลือ ทำให้อัตราการให้ความร้อนสูงขึ้น เนื่องจากมีจำนวนโมเลกุลที่มีลักษณะอิเล็กตริกไดโพลเพิ่มขึ้น
7. การนำความร้อนของอาหารระหว่างการให้ความร้อนมีการนำความร้อนในชั้นอาหาร
8. ความจุความร้อนจำเพาะของอาหาร มีผลต่ออัตราเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิของอาหาร

ข้อดีของการใช้ไมโครเวฟ

1. อัตราเร็วของการเพิ่มอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพของอาหารน้อย
2. ความสม่ำเสมอของการเพิ่มอุณหภูมิดี ไม่เกิดการแข็งตัวหรือไหม้ที่ผิวหน้า
3. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดี เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการทะลุผ่านของคลื่นไมโครเวฟเข้าไปในอาหาร จึงไม่มีการสูญเสียความร้อนให้กับอากาศ
4. เครื่องมือมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย และแหล่งกำเนิดพลังงานไม่ทำให้เกิดความร้อนในตัวเอง ทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมขณะประกอบการไม่สูงเท่ากับการให้ความร้อนด้วยวิธีอื่น นอกจากนี้ระหว่างการทำงานเครื่องมือจะไม่สกปรกมากนักและสามารถปรับใช้การควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของไมโครเวฟ

1. มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าใช้วิธีอื่น เพราะเครื่องมือมีราคาแพง
2. มีการศึกษาพบว่ามีโอกาสเป็นไปได้ที่คลื่นไมโครเวฟจะไม่ได้เข้าไปสัมผัสอาหารในทุกๆ ส่วน ถ้ามีเชื้อโรคหรือพยาธิปะปนอยู่อาจเกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ มีวิธีแก้คือ หมั่นนำอาหารออกมากวนเพื่อให้อาหารทุกส่วนได้รับคลื่นไมโครเวฟอย่างทั่วถึง
3. ถ้ามีการรั่วไหลของคลื่นออกมาภายนอกปริมาณมากอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้โดยเฉพาะกับดวงตา เพราะฉะนั้นต้องหมั่นตรวจสอบอยู่เสมอ

ความปลอดภัยในการใช้ไมโครเวฟ

มีรายงานทางด้านชีววิทยาว่าไมโครเวฟทำให้เกิดผลที่ไม่ใช่ผลจากความร้อน เช่น แรงกระทำที่เกิดขึ้นกับดีเอ็นเอ (DNA) หรือโปรตีน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับผลที่เกิดจากรังสีอิออนไนซ์ แต่รายงานส่วนใหญ่จะพูดถึงผลกระทบเนื่องมาจากความร้อน ซึ่งมีผลทำให้ความร้อนในร่างกายสูงขึ้นมากกว่าปกติ โดยเฉพาะในอวัยวะที่ไม่มีการหมุนเวียนของเลือดเพื่อช่วยลดอุณหภูมิ เช่นตา หู และลูกอذنทะ ซึ่งจะแสดงให้เห็นในลักษณะของการเสียสภาพทางธรรมชาติของเลนส์ หูอื้อ และการเป็นหมัน American National Standards Institution ได้กำหนดระดับมาตรฐานของไมโครเวฟที่ร่างกายสามารถสัมผัสได้คือ 10 mW/cm^2

การนำไมโครเวฟไปใช้ในอุตสาหกรรม

1. การลวก (blanching)

การลวก มีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งเอ็นไซม์ในผลไม้ทำให้เกิดการเสื่อมเสียที่อุณหภูมิแช่แข็ง ถึงแม้ว่าจะสามารถลดระยะเวลาของกระบวนการลงเมื่อเทียบกับการลวกน้ำร้อน แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าไรนัก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง และไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าเดิมมากนัก

2. Precook

การนำไมโครเวฟไปใช้ในกระบวนการนี้นับว่าประสบความสำเร็จ เนื่องจากสามารถลดระยะเวลาของกระบวนการ ลดค่าแรงงาน และเพิ่มเปอร์เซ็นต์ผลผลิต นอกจากนี้อาจใช้ร่วมกับวิธีการให้ความร้อนแบบดั้งเดิมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่กรอบและมีสีน้ำตาล

3. การอบ (baking)

โดยมากจะใช้การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟร่วมกับการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม ซึ่งจะ สามารถลดระยะเวลาการผลิต เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

4. การทำแห้ง (Drying)

เป็นกระบวนการที่ประสบความสำเร็จมากเนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายและเวลา ของกระบวนการลง คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ยังคงอยู่ และลดการเกิดการแข็งตัวภายนอกของอาหารเนื่องจากน้ำบริเวณผิวน้ำขึ้นอาหารระเหยได้เร็วกว่า (case hardening) เนื่องจากไมโครเวฟจะเริ่มให้ความร้อนจากด้านในออกมา

5. การเพิ่มอุณหภูมิ (Tempering)

การใช้ไมโครเวฟในการเพิ่มอุณหภูมิ จะทำให้สามารถลดเวลาในการเพิ่มอุณหภูมิของ อาหารแช่แข็ง ลดการสูญเสียน้ำหนัก เพิ่มความชุ่มน้ำในผลิตภัณฑ์ ลดปริมาณน้ำที่ออกมาจาก ผลิตภัณฑ์ (drip loss) ลดปริมาณจุลินทรีย์ และมีความยืดหยุ่นในการผลิต

6. การทำแห้งโดยใช้การแช่แข็ง (Freeze drying)

การใช้ไมโครเวฟจะช่วยลดเวลาในการให้ความร้อนจาก 12 ชั่วโมงเหลือเพียง 4.2 ชั่วโมง และลดค่าใช้จ่าย

7. อุตสาหกรรมมันฝรั่งทอด

การทอดโดยทั่วไปมักใช้อุณหภูมิประมาณ 182-193 องศาเซลเซียส นาน 2-3 นาทีจน ได้มันฝรั่งที่มีความชื้น 6-8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่ใช้มันฝรั่งที่มีปริมาณ น้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ การนำไมโครเวฟเข้ามาใช้จะช่วยแก้ปัญหาการเกิดสีน้ำตาล ในมันฝรั่งได้โดยทอดมันฝรั่งจนมีความชื้น 7-8 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นใช้ไมโครเวฟในการลดความชื้น จนเหลือความชื้นเพียง 1.5-2.0 เปอร์เซ็นต์

06506

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุประสงค์

กล้วยน้ำว้า ขนาดยาว 8.5 - 9.0 กว้างประมาณ 3 เซนติเมตร

3.2 อุปกรณ์ และสารเคมี

1. ตู้อบไมโครเวฟ

ยี่ห้อ National รุ่น NN-5656 F ความจุ 23 ลิตร
แรงดันไฟฟ้า 1300 วัตต์ 6.0 แอมป์ ~ 50 เฮิรตซ์ (ไมโครเวฟ) กำลังไฟฟ้า 900 วัตต์
ความถี่คลื่น 2450 เมกกะเฮิรตซ์

2. ตู้อบลมร้อนแบบถาด

3. เทอร์โมมิเตอร์

4. ชาม

5. มีดสำหรับปอกเปลือกกล้วยน้ำว้า

6. ชุดอุปกรณ์สำหรับหาความชื้น

7. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง

8. ช้อนตักสาร

9. แท่งแก้วคน

10. เกลือ

3.3 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 เพื่อศึกษาหาระดับความสุกของกล้วยที่เหมาะสม

1. เปิดตู้อบลมร้อน เพื่อให้อุณหภูมิภายในสูงขึ้นเป็น 55 องศาเซลเซียส ก่อนนำกล้วยเข้าไปอบนาน 30 นาที
2. ปอกกล้วยที่ความสุก 3 ระดับ(รายละเอียดในภาคผนวก ข)ด้วยมีด โดยระวังอย่าให้เกิดรอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บาดของมีดบนเนื้อกล้วย และคัดเลือกผลที่ซ้ำออก

3. เรียงกล้วยที่ปอกเปลือกเสร็จแล้วบนชั้นในตู้อบที่เตรียมไว้ระยะห่างระหว่างลูกและระหว่างแถว 5 เซนติเมตร และนำกล้วยส่วนหนึ่งไปหาความชื้นเริ่มต้น
4. สังเกตลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไปทุกชั่วโมง จนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีลักษณะเหมือนกล้วยตาก นำกล้วยตากที่ความสูง 3 ระดับ มาหาความชื้นสุดท้าย
5. เลือกระดับความสูงของกล้วยที่ให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเหมือนกล้วยตากมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 เพื่อศึกษามลของการแช่เกลือ

1. นำกล้วยที่ระดับความสูงที่เลือกไว้ปอกเปลือก แบ่งเป็น 3 ส่วน
 - ส่วนที่ 1 ไม่แช่เกลือ
 - ส่วนที่ 2 แช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์
 - ส่วนที่ 3 แช่เกลือ 10 เปอร์เซ็นต์
2. แช่กล้วยในสารละลายน้ำเกลือที่ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ 15 นาที จากนั้นนำสะเด็ดน้ำ 30 นาที
3. เรียงกล้วยบนชั้นในตู้อบที่เตรียมไว้จนความชื้นสุดท้ายเหลือประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์
4. สังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์สุดท้าย และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม

ขั้นตอนที่ 3 เพื่อศึกษามลของระดับพลังงานไมโครเวฟ

1. นำกล้วยที่ระดับความสูงที่เลือกไว้จำนวน 7 ลูก วางบนจานไมโครเวฟระยะห่างเท่าๆ กัน, ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น
2. ตั้งระดับพลังงานที่ระดับต่ำ (Low) ที่เวลา 1 นาที จากนั้นทำการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์บันทึกอุณหภูมิไว้ ชั่งน้ำหนักที่หายไป และสังเกตลักษณะผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไป
3. ทำการทดลองซ้ำที่ระดับพลังงานต่ำที่ 2-20 นาที และวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์บันทึกอุณหภูมิไว้ ชั่งน้ำหนักที่หายไป และสังเกตลักษณะผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไป
4. ทำการทดลองซ้ำที่ระดับพลังงานที่ระดับกลาง, และระดับสูง
5. เลือกระดับพลังงานและเวลาที่ทำให้น้ำหนักหายไปมากที่สุดที่คงลักษณะปรากฏที่ดีไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 เพื่อศึกษาผลของไมโครเวฟต่อคุณภาพของกล้วยตาก

1. นำกล้วยที่ความสุกที่เลือกไว้แช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 15 นาที สะเด็ดน้ำประมาณครึ่งชั่วโมง จากนั้นเข้าไมโครเวฟที่ระดับต่ำเวลา 13 นาที แล้วนำเข้าตู้อบลมร้อนที่เปิดเตรียมไว้ที่ 55 - 65 องศาเซลเซียส
2. นำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งไปหาความชื้นทุกชั่วโมง จนกว่าความชื้นจะเหลือ 25-30 เปอร์เซ็นต์
3. นำกล้วยที่สภาวะเดียวกันแต่ไม่ต้องเข้าไมโครเวฟ แบ่งตัวอย่างหาความชื้นเริ่มต้นก่อนเข้าตู้อบลมร้อน
4. ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 3 สังเกตลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายทดสอบผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



14918

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลของระดับความสุกของกล้วย

ลักษณะปรากฏของกล้วยที่ระดับความสุก 3 ระดับ เมื่อนำไปอบที่ตู้อบที่ช่วงเวลาต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ หลังการอบแห้งที่ชั่วโมงต่างๆเมื่อใช้ ความ สุกกล้วยที่ระดับความสุกน้อย ความสุกปานกลาง และสุกมาก

ชั่วโมงที่	ลักษณะปรากฏ		
	กล้วยก้านเขียว	กล้วยสุกปานกลาง	กล้วยสุกมาก
เริ่มต้น	ลักษณะผิวภายนอกมีสี ขาวอมเหลือง มีลักษณะ ชุ่มน้ำเล็กน้อย เนื้อแน่น แกนกลางของกล้วยแข็ง มีความหวานอ่อนๆ รส ฝืด	มีสีเหลืองอ่อน ผิวภาย นอกดูนุ่มฟู และมีความ ชุ่มน้ำ เนื้อส่วนแกนมี ความนิ่มมากกว่า มี ความหวานของกล้วยสุก	สีเหลืองเข้ม ผิวภายนอก มีความฉ่ำน้ำ ลักษณะ เนื้อนิ่ม ช้ำง่าย เนื้อส่วน แกนนิ่มมาก เมื่อสัมผัส จะมีน้ำเยิ้มติดมือมา มี ความหวาน รสจัด
1-2	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ลักษณะผิวภายนอกแห้ง ขึ้น เนื้อแน่น แกนกลาง ของกล้วยแข็ง	ผิวมีสีเหลืองอ่อน ผิวภาย นอกแห้งลง เนื้อส่วนแกน มีความนิ่ม	ผิวมีสีเหลืองเข้ม ผิวภาย นอกไม่ค่อยแห้ง ลักษณะ เนื้อนิ่ม เนื้อส่วน แกนกลางนิ่มมาก เมื่อ สัมผัสจะมีน้ำติดออกมา ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ชั่วโมงที่	ลักษณะปรากฏ		
	กล้วยก้านเขียว	กล้วยสุกปานกลาง	กล้วยสุกมาก
3-8	ผิวมีสีเขียวเข้มขึ้น ลักษณะผิวภายนอกเริ่มเหี่ยว มีขนาดเล็กกลวงเล็กน้อย ผิวภายนอกแข็งเป็นบางจุด	ผิวมีสีเหลืองอ่อนเข้มขึ้น เล็กน้อย ผิวภายนอกแห้งตึงและมีน้ำหวานซึมออกมาเล็กน้อย	ผิวมีสีเหลืองเข้ม ผิวภายนอกแห้งขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย เนื้อนิ่มมาก ผิวภายนอกเริ่มเหี่ยวและมีน้ำหวานซึมออกมา
9-12	ลักษณะผิวด้านนอกมีสีขาวเป็นจุด มีขนาดเล็กกลวงกว่าเดิม มีรอยย่นเพิ่มมากขึ้น ผิวแห้งกระด้าง	ผิวมีสีเหลืองเข้มขึ้น ลักษณะผิวภายนอกเริ่มเหี่ยวและมีน้ำหวานซึมออกมาเพิ่มขึ้น มีขนาดเล็กกลวง เริ่มมีรอยย่นบนผิว เริ่มมีกลิ่นคล้ายกล้วยตาก	ลักษณะผิวมีสีเหลืองเข้มขึ้น ผิวภายนอกแห้งขึ้นกว่าเดิม มีน้ำหวานซึมออกมา ผิวด้านนอกเหนียวเยิ้ม
17-18	กล้วยที่ทับแล้วผิวด้านนอกจะมีแถบขาวเพิ่มขึ้น มีน้ำหวานซึมออกมา และมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นบริเวณนั้น	มีสีเหลืองออกน้ำตาล ผิวด้านนอกรอยเหี่ยวย่น มีขนาดเล็กกลวง สามารถทับกล้วยให้แบนได้	เริ่มมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ผิวด้านนอกเหนียวเยิ้ม
19-25	กล้วยที่ทับแล้วจะมีแกนกลางที่แข็งขึ้น ผิวด้านนอกไม่เรียบ มีขนาดเล็กกลวง เริ่มมีกลิ่นน้ำตาลไหม้	กล้วยที่ทับแล้วเริ่มมีสีดงที่มีน้ำหวานซึมออกมาที่ผิวมากขึ้น กลิ่นกล้วยตากแฉะมากขึ้น	มีสีน้ำตาลเข้มและคงที่ ผิวด้านนอกเหนียวเยิ้ม แต่ผลกล้วยยังนิ่มมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงที่	ลักษณะปรากฏ		
	กล้วยก้านเขียว	กล้วยสุกปานกลาง	กล้วยสุกมาก
26-28	ผิวด้านนอกแห้งแข็ง แถบขาวเริ่มเปลี่ยนสี เป็นสีน้ำตาลอ่อนๆ มี กลิ่นน้ำตาลไหม้เพิ่ม มากขึ้น	มีลักษณะคล้ายกล้วย ตากที่ขายอยู่ตามท้อง ตลาดแต่มีสีจางกว่า	ผิวภายนอกเหนียว เยิ้มและนิ่ม
29-30	ผิวด้านนอกแห้งและ แข็งมากกลิ่นน้ำตาล ไหม้รุนแรง	มีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น เริ่มมีกลิ่นน้ำตาลไหม้	ผิวภายนอกเหนียว เยิ้มและนิ่มยังไม่ สามารถหับได้

ความสุกของกล้วยมีผลต่อลักษณะปรากฏของกล้วยที่อบได้ กล้วยที่สุกเกินไป มีน้ำ
ตาลอยู่เป็นจำนวนมากทำให้กล้วยที่อบได้มีลักษณะสีเข้ม ผิวภายนอกเหนียวเยิ้มมากเกินไป
(ชั่วโมงที่ 19 - 25) จากผลการทดลองกล้วยที่เหมาะสมจะนำไปใช้ในการอบในการทดลองต่อไป
ควรเป็นกล้วยที่สุกปานกลาง (ก้านเหลือง)

4.2 ผลของการแช่เกลือ

ลักษณะปรากฏของกล้วยที่ผ่านการแช่เกลือที่ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ ก่อน
นำเข้าอบที่เวลาต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังอบที่ชั่วโมงต่างๆ เมื่อใช้ความสูงของกล้วยที่ระดับปานกลาง เปรียบเทียบผล ระหว่างกล้วยที่ไม่แช่สารละลายเกลือและที่แช่สารละลายเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ และ แช่สารละลายเกลือ 10 เปอร์เซ็นต์

ชั่วโมงที่	ลักษณะปรากฏ		
	กล้วยที่ไม่แช่เกลือ	กล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์	กล้วยแช่เกลือ 10 เปอร์เซ็นต์
เริ่มต้น	ผิวภายนอกสีเหลืองนวล มีลักษณะชุ่มน้ำเล็กน้อย รสย่ำเกลือ 10 %ชาดหวาน	ผิวภายนอกมีสีเหลืองนวล เข้มกว่ากล้วยไม่แช่เกลือ มีลักษณะชุ่มน้ำ รสชาติหวาน	ผิวภายนอกมีสีเหลืองนวล เข้มกว่าไม่แช่เกลือ รสเค็มอมหวาน
1-2	ผิวหน้าของกล้วยเริ่มแห้ง สีและรสชาติไม่เปลี่ยนแปลง	ผิวหน้าของกล้วยเริ่มแห้งแต่น้อยกว่ากล้วยไม่แช่เกลือและไม่เหี่ยว	เหมือนกับกล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีรสเค็ม
3-8	ผิวหน้าของกล้วยเริ่มเหนียวเล็กน้อย	ผิวหน้าของกล้วยเริ่มแห้งมากขึ้นและมีความเหนียวมากขึ้น	เหมือนกับกล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีรสเค็ม
9-12	ผิวหน้าของกล้วยเหี่ยวลงอีกเล็กน้อย มีแถบขาวเป็นจุดๆ ลูกเริ่มเล็กลง	ผิวหน้าของกล้วยเริ่มเหี่ยวมากขึ้น เริ่มมีน้ำตาลเยิ้มออกมา	เหมือนกับกล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีรสเค็ม
13-16	ผิวหน้าเริ่มมีรอยย่นมากขึ้น ลูกเล็กลง	ผิวหน้าของกล้วยเริ่มมีรอยย่นและมีน้ำตาลเยิ้มออกมาอีก ลูกเริ่มเล็กลงเล็กน้อย	เหมือนกับกล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีรสเค็ม
17-18	สามารถหักกล้วยได้ ผิวหน้ามีแถบสีขาวเป็นแผ่นๆ	สามารถหักกล้วยได้ มีสีเหลืองอมน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ	เหมือนกับกล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีรสเค็ม
19-25	มีน้ำตาลเยิ้มออกมาเป็นจุดไม่สม่ำเสมอ สีไม่สม่ำเสมอ	สีน้ำตาลอมเหลืองสม่ำเสมอ มีน้ำตาลซึมออกมาทั่วทั้งลูก มีกลิ่นกล้วยตาก	เหมือนกับกล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีรสเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงที่	ลักษณะปรากฏ		
	กล้วยที่ไม่แช่เกลือ	กล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์	กล้วยแช่เกลือ 10 เปอร์เซ็นต์
26-28	ผิวหน้าเริ่มแห้งมากขึ้น สีคงที่มีกลิ่นของกล้วยตาก รสชาดหวาน	มีสีน้ำตาลอมเหลืองสม่ำเสมอคงที่ น้ำตาลซีมออกมากที่มีกลิ่นกล้วยตาก มีรสชาดหวานกว่ากล้วยไม่แช่เกลือ	เหมือนกับกล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีรสเค็ม
29-30	แห้งแข็ง ผิวมีความแห้งมาก มีความหวานมากขึ้น	มีความแห้งมากขึ้น หวานคงเดิม มีกลิ่นคล้ายน้ำตาลไหม้	มีความแห้งมากขึ้น หวานคงเดิม มีกลิ่นคล้ายน้ำตาลไหม้

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า การแช่เกลือมีส่วนช่วยทำให้กล้วยตากที่ได้มีสีเหลืองอมน้ำตาลมีความชุ่มฉ่ำสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้น อย่างไรก็ตามถ้าความเข้มข้นของน้ำเกลือมากเกินไป (10 เปอร์เซ็นต์) ทำให้เกิดรสเค็มซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในกล้วยตาก เมื่อนำกล้วยตากทั้ง 3 ตัวอย่างไปทดสอบทางประสาทสัมผัสและทำการวิเคราะห์ความแตกต่างเบื้องต้นโดยใช้โปรแกรม RBC และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan ' s New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของเกลือที่มีต่อกล้วยตากโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

Sample	การทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
กล้วยไม่แช่เกลือ	3.00 ^a	4.40 ^a	4.88 ^b	4.75 ^a	3.83 ^a
กล้วยแช่เกลือ 5%	5.50 ^b	5.83 ^b	5.17 ^b	4.83 ^a	5.17 ^b
กล้วยแช่เกลือ 10%	5.08 ^b	5.70 ^b	3.33 ^a	5.25 ^b	5.08 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการชิมแสดงให้เห็นว่าการยอมรับโดยรวมของกล้วยตากที่ผ่านการแช่เกลือมีมากกว่ากล้วยที่ไม่ผ่านการแช่เกลืออย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยเฉพาะในด้านลักษณะปรากฏของสีคะแนนของกล้วยตากที่ไม่ผ่านการแช่เกลือน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3 ผลของไมโครเวฟที่ระดับพลังงานต่างๆ

ผลของการอบแห้งกล้วยด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Low , Medium , High ที่เวลาต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.4, 4.5, และ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกล้วยเมื่ออบที่ระดับพลังงานต่ำ (Low)

เวลา (นาที)	Low		
	อุณหภูมิ °C	น้ำหนักที่หายไป(กรัม)	ลักษณะปรากฏ
1	30 - 34	0.24	ไม่เปลี่ยนแปลง
2	30 - 34	0.21	ไม่เปลี่ยนแปลง
3	34 - 39	0.25	ไม่เปลี่ยนแปลง
4	38 - 42	0.40	ไม่เปลี่ยนแปลง
5	43 - 45	0.65	ไม่เปลี่ยนแปลง
6	48 - 60	0.80	ไม่เปลี่ยนแปลง
7	50 - 58	0.97	ไม่เปลี่ยนแปลง
8	54 - 56	1.44	ไม่เปลี่ยนแปลง
9	57 - 60	1.64	ไม่เปลี่ยนแปลง
10	59 - 60	3.40	ผิวแห้ง
11	57 - 62	1.90	ผิวแห้ง
12	58 - 61	2.03	ผิวแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา (นาที)	Low		
	อุณหภูมิ °C	น้ำหนักที่หายไป(กรัม)	ลักษณะปรากฏ
13	56 - 63	2.50	ผิวแห้ง
14	64 - 68	2.91	ผิวแห้ง
15	63 - 66	4.40	เนื้อนุ่ม
16	67 - 70	4.20	เนื้อนุ่ม
17	66 - 72	4.40	เนื้อนุ่ม
18	66 - 71	4.30	เนื้อนุ่ม
19	65 - 70	4.20	เนื้อนุ่ม
20	67 - 71	5.75	เนื้อนุ่ม

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกล้วย เมื่ออบที่ระดับพลังงานปานกลาง (Medium)

เวลา (นาที)	Medium		
	อุณหภูมิ (°C)	น้ำหนักที่หายไป	ลักษณะปรากฏ
1	44 - 47	0.8	ไม่เปลี่ยนแปลง
2	56 - 59	1.0	ไม่เปลี่ยนแปลง
3	58 - 67	1.4	ไม่เปลี่ยนแปลง
4	75 - 78	2.9	เนื้อนุ่มมีกลิ่นสุก
5	75 - 78	3.22	เนื้อนุ่มมีกลิ่นสุก และมีน้ำเยิ้ม
6	78 - 87	5.0	มีน้ำเยิ้มออกมาทางรอยแตก ของผิวกล้วย
7	82 - 87	8.4	เนื้อนุ่มมีกลิ่นสุก มีน้ำเยิ้มออก มาทางรอยแตก เสียรูปทรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกล้วยเมื่ออบที่ระดับพลังงานสูง (High)

เวลา (นาที)	High		
	อุณหภูมิ (°C)	น้ำหนักที่หายไป	ลักษณะปรากฏ
1	53 - 57	0.64	ไม่เปลี่ยนแปลง
2	72 - 75	1.05	เนื้อนุ่มมากมีกลิ่นสุก
3	79 - 87	6.50	มีน้ำเยิ้มออกมาจากรอยแตก เสียรูปทรง
4	85 - 88	8.10	เนื้อนุ่มและ มีลักษณะสุกเสียรูปทรง

จากตารางที่ 4.4, 4.5 และ 4:6 จะเห็นว่าการเพิ่มระยะเวลาในการอบในไมโครเวฟอุณหภูมิภายในของกล้วยสูงขึ้นและน้ำหนักที่หายไป ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำจะสูงขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าเวลาที่ใช้ในการอบนานเกินไป ทำให้ลักษณะปรากฏของกล้วยไม่เหมาะที่จะนำไปทำเป็นกล้วยตากต่อไป กล่าวคือถ้าอุณหภูมิภายในกล้วยสูงเกินไปทำให้เกิดกลิ่นกล้วยสุกซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในการทำกล้วยตากดังนั้นจึงเลือกใช้ที่ 13 นาที ระดับพลังงานต่ำ ซึ่งให้ลักษณะปรากฏที่ดีและปริมาณน้ำที่สูญเสียน้ำสูงสำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

4.4 ผลของไมโครเวฟต่อคุณภาพของกล้วยตาก

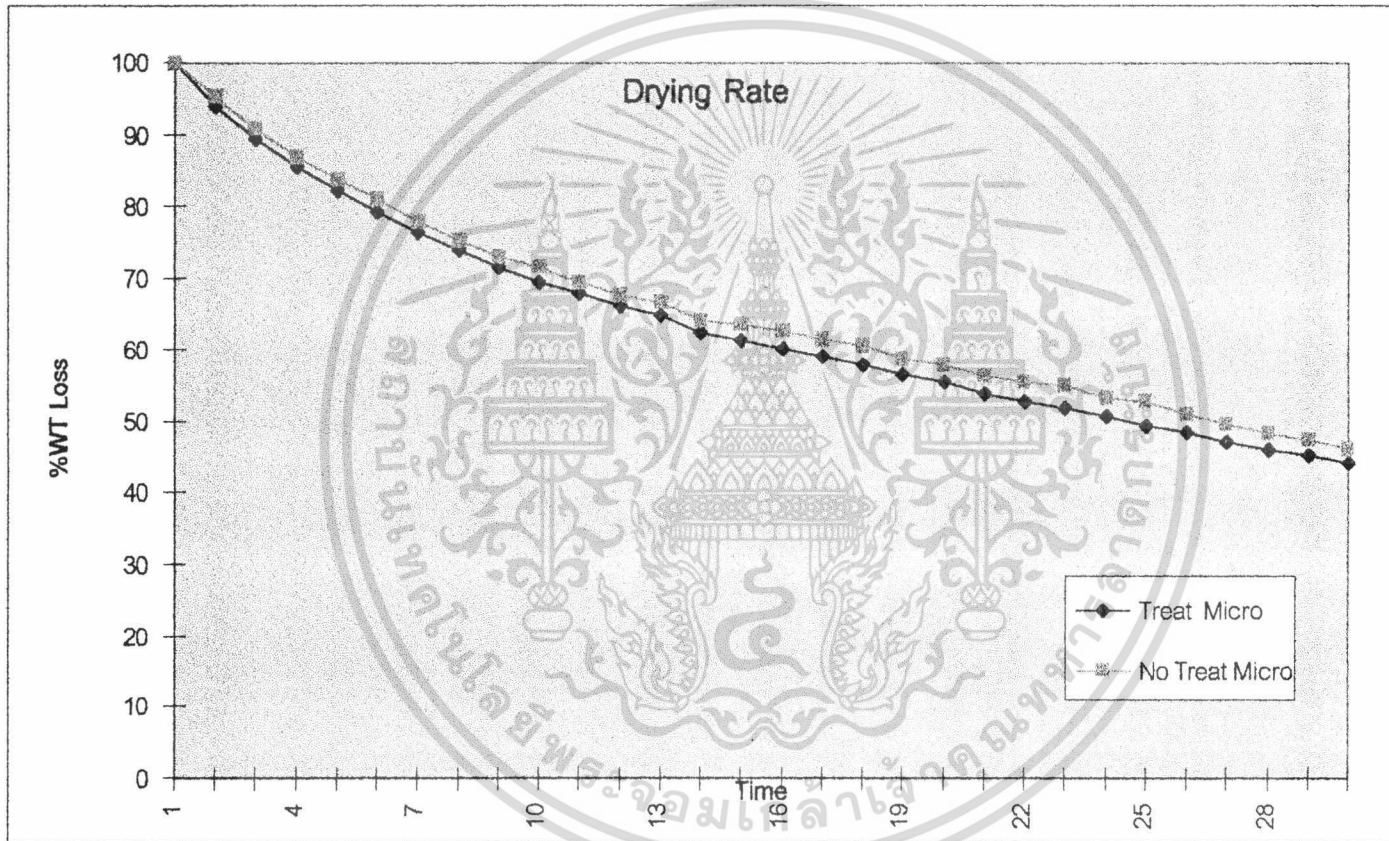
ผลของอัตราการทำแห้งระหว่างกล้วยที่ผ่านไมโครเวฟ และกล้วยที่ไม่ผ่านไมโครเวฟแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราการทำแห้งของกล้วยที่ไม่ผ่านไมโครเวฟและผ่านไมโครเวฟที่ระดับพลังงานต่ำ เวลา 13 นาที

ชั่วโมงที่	ค่าเฉลี่ยของกล้วยที่ผ่านไมโครเวฟ	ค่าเฉลี่ยของกล้วยที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ
1	100.00	100.00
2	93.87	94.21
3	89.39	89.87
4	85.65	86.13
5	82.32	82.85
6	79.31	80.31
7	76.59	77.15
8	73.96	74.47
9	71.53	72.08
10	69.49	70.00
11	67.96	67.69
12	65.88	66.33
13	66.33	64.62
14	62.46	63.22
15	61.39	61.92
16	60.22	60.64
17	59.06	59.46
18	57.91	58.33
19	56.63	57.04
20	55.38	55.69
21	54.01	54.40
22	52.86	53.23
23	51.80	52.19
24	50.83	52.47
25	50.05	50.40
26	49.17	49.64
27	48.33	48.98
28	47.58	48.34
29	46.70	47.62
30	45.86	47.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางสามารถนำผลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ได้ดังนี้



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแห้งกับเวลา

จากกราฟจะเห็นว่ากล้วยที่ผ่านไมโครเวฟ จะมีอัตราการทำแห้งเร็วกว่ากล้วยที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ อย่างไรก็ตามอัตราการทำแห้งของกล้วยทั้ง 2 อย่าง ให้ผลแตกต่างกันไม่มากนัก จึงนำกล้วยตากทั้ง 2 ตัวอย่าง ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างเบื้องต้นโดยใช้โปรแกรม RBC และวิเคราะห์ความแตกต่างหาค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลของไมโครเวฟที่มีต่อกล้วยตาก

Sample	การทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
กล้วยแช่เกลือ 5%	5.25 ^a	5.33 ^a	5.17 ^a	5.17 ^a	5.08 ^a
กล้วยแช่เกลือ 5% และผ่านไมโครเวฟ	5.5 ^a	5.25 ^a	5.83 ^a	5.25 ^a	5.17 ^a

ผลการชิมแสดงให้เห็นว่า การยอมรับโดยรวมของกล้วยตากที่ผ่านไมโครเวฟและกล้วยที่ไม่ผ่านไมโครเวฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

1. ความสุขของกล้วยที่ระดับปานกลาง เป็นระดับที่เหมาะสมในการทำกล้วยตาก
2. การแช่น้ำเกลือที่ความเข้มข้น 5% ก่อนการอบแห้งจะทำให้ได้กล้วยตากที่มีสีสด และมีการเปลี่ยนเป็นสีคล้ำช้ากว่ากล้วยที่ไม่ได้แช่น้ำเกลือ
3. ผลของไมโครเวฟต่อการอบแห้ง พบว่ากล้วยที่ผ่านไมโครเวฟก่อนนำไปอบแห้ง มีอัตราการทำแห้งเร็วกว่ากล้วยที่ไม่ได้ผ่านไมโครเวฟ
4. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกล้วยตากที่ได้
5. การทำกล้วยตากด้วยวิธีตู้อบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ ลักษณะกล้วยตากที่ได้ต่างจากห้องตลาดคือ กล้วยตากมีสีสด และมีน้ำตาลเคลือบบนผิวน้อยกว่า

เอกสารอ้างอิง

กฤติกา ตันประเสริฐ, ชุลีพร บุญมาศิริ และ นพมาศ เนื่องทอง. 2537. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแคทไอออนิกส์คาร์ทโดยใช้ไมโครเวฟ. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2535. กระบวนการแปรรูปอาหาร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 797 หน้า

เกษร ทวีเศษ. 2511. ศึกษาวิธีการทำกล้วยน้ำว้าตากแห้งโดยใช้ลมร้อนเป่าผ่านจากการแผ่รังสีความร้อนของแผ่นโลหะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเกษตรศาสตร์. ๓๓๓ หน้า

จิราพร เมาลานนท์ และเรื่องวิทย์ กาณจนกิจเกษม. 2533. การปรับปรุงและการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งกล้วยโดยใช้ตู้อบแห้งรังสีอินฟราเรด. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รัศมี ศุภศรี. 2531. การทำกล้วยตากโดยใช้ตู้อบ. วารสารอาหาร. 8 (2). 25-38.

เรจินต์ โพธิ์เจริญ. : 2506. การทำกล้วยตากโดยใช้ลมร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเกษตรศาสตร์. ๓๓๓ หน้า

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2520. ทฤษฎีอาหารเล่ม 2. กรุงเทพฯ. 150 หน้า.

สมบัติ ขอบทีวัฒนา, 2529. กรรมวิธีการอบแห้ง. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. บางเขน กรุงเทพฯ. 252 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การทำกล้วยตากโดยใช้ตู้อบ

รัศมี ศุภศรี .2531.

การตากแห้งโดยเฉพาะการทำอาหารแห้งได้ทวีความสำคัญขึ้นทุกวัน ยิ่งประเทศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) สูงอย่างประเทศไทยเราแล้ว การตากแห้งนับได้ว่ามีบทบาทสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะเกษตรกรจะได้รับผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจดีขึ้น อาทิเช่น

ทำให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวได้แต่เนิ่นๆ โอกาสที่จะเสียหายเนื่องจากผลิตผลแก่และสุกงอมมีน้อย และให้เกษตรกรมีเวลาในการไถพรวนดินเพื่อเตรียมดินไว้สำหรับการเพาะปลูกในคราวต่อไป

ทำให้เกษตรกรสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในรูปตากแห้งไว้ได้นาน โดยผลิตผลไม่สูญเสียคุณภาพและคุณค่าทางอาหารทำให้เกษตรกรมีรายได้สำหรับผลิตภัณฑ์นั้นๆ เพิ่มขึ้น

กล้วยเป็นพืชล้มลุกที่ปลูกได้ง่ายและเติบโตได้ในพื้นที่ต่างๆ ไปได้โดยไม่ต้องบำรุงรักษามากนัก ให้ผลได้ตลอดปี ซึ่งนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของคนไทยเป็นอย่างมากเพราะกล้วยได้เข้ามามีส่วนพัวพันกับชีวิตประจำวันของคนไทยนับตั้งแต่แรกเกิดจนตาย กล้วยคือเมื่อเป็นเด็กทารกก็รู้จักกินกล้วยบด กล้วยสุกและกล้วยเผา ต่อมาเติบโตขึ้นก็รู้จักใช้ในตอมวงมวนยาสูบ และใช้ประโยชน์อย่างอื่น ลำต้นใช้ทำเชือกและเลี้ยงสุกร นอกจากนี้ยังรู้จักแปลงผลกล้วยเป็นอาหารคาวหวานได้อีกด้วย

กล้วยเป็นผลไม้ที่เสียได้ง่ายภายในเวลา 2-3 วัน ถึงแม้จะเก็บไว้ในตู้เย็นก็ตาม ดังนั้นเราจึงดัดแปลงมาทำกล้วยตาก ซึ่งแต่เดิมใช้วิธีการตากแดด ต่อมาจึงได้มีการทำกล้วยอบโดยใช้ตู้อบ การทำกล้วยตากหรือกล้วยอบนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้เก็บกล้วยไว้ได้นาน ถ้าได้รับการปลูกคุณภาพของผลิตภัณฑ์ วิธีการทำ เครื่องมือเครื่องใช้ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง

การทำแห้งโดยวิธี Dehdration หมายถึงการทำแห้งโดยอาศัยความร้อนที่ควบคุมสถานะอากาศได้ ทั้งอุณหภูมิของตู้อบที่ใช้ในการทำแห้ง และการหมุนเวียนของอากาศภายในตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีข้อเสียของการทำแห้งแบบใช้ตู้อบกับการตากแดด มีดังนี้

- ทางด้านความสะดวก เมื่อเทียบกับการทำผลไม้แบบตากแดด (Sun Dry) แล้ว แบบใช้ตู้อบมีความสะดวกมากกว่า
 - ใช้เนื้อที่ในการทำแห้งน้อยกว่าการทำแห้งแบบตากแดด (ซึ่งต้องมีลานตาก)
 - ต้นทุนในการผลิตถึงแม้จะค่อนข้างสูง แต่ได้ผลิตภัณฑ์ที่คุณภาพดีกว่าแบบตากแดด
 - ประหยัดเวลาในการทำ เนื่องจากควบคุมอุณหภูมิได้
 - ค่าเครื่องมือในการทำแม้จะมีราคาสูง แต่ก็มีอายุการใช้งานยาวนาน
- ซึ่งเราจะเห็นว่าการทำแห้งแบบใช้ตู้อบนั้นสะดวก และดีกว่าแบบตากแดดเป็นอย่างมาก

ตารางเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของกล้วยกับผลไม้ชนิดอื่นๆ (ในส่วนของกินได้ 100 กรัม)

	กล้วยหอม	กล้วยน้ำว้า	พุทธรักษา	แตงโม	ชมพู่	องุ่น
ความชื้น (กรัม)	66.50	66.50	85.90	92.20	84.50	78.60
พลังงาน (หน่วย)	119.00	119.00	55.00	28.00	56.00	76.00
ไขมัน (กรัม)	0.40	0.40	0.10	0.20	0.30	0.40
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	31.20	31.20	12.80	6.90	14.20	19.90
กาก (กรัม)	0.60	0.40	-	0.50	1.10	2.30
โปรตีน (กรัม)	0.10	1.10	0.80	0.50	0.60	0.40
แคลเซียม (ม.ก.)	11.00	7.00	30.00	10.00	29.00	5.00
ฟอสฟอรัส (ม.ก.)	24.00	30.00	30.00	10.00	16.00	19.00
เหล็ก (ม.ก.)	0.70	0.70	0.80	0.50	1.20	0.50
วิตามิน เอ (หน่วย)	540.00	605.00	70.00	360.00	130.00	-
วิตามิน บี1 (ม.ก.)	0.02	0.06	-	0.03	0.02	0.06
วิตามิน บี2 (ม.ก.)	0.23	0.04	-	0.03	0.03	0.02
วิตามิน ซี (ม.ก.)	12.00	14.00	-	6.00	2.00	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการตากแห้ง

1. คัดเลือกพันธุ์ ให้เหมาะสมกับการตากแห้ง ตัวอย่างเช่น
 - แอบเปิล : ต้องเป็นพันธุ์เนื้อแข็ง สีขาว และมีความหวานสูง
 - องุ่น : ต้องเป็นพันธุ์ที่ให้ความหวานสูงและไม่มีเมล็ด
 - กล้วย : ที่นิยมมีหลายชนิด เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ แต่พบว่ากล้วยน้ำว้าได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากเกิดเปลี่ยนแปลงสภาพได้น้อย, ทำได้สะดวกกว่าและราคาก็ถูกกว่าด้วย
2. การคัดเลือก (Grading) มักเลือกกล้วยที่สุกหอมแต่ไม่ซ้ำ ถ้ากล้วยไม่สุก กล้วยที่อบแล้วบางทีจะมีเนื้อแข็งรสไม่หวาน เนื่องจากกล้วยยังมีแป้งมากเกินไป ถ้ากล้วยอบมีรสฝาดก็เพราะมีสาร Tannin ในกล้วยมาก แต่ถ้าใช้กล้วยที่สุกเกินไปก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีไม่สวยและมีเนื้อเหนียว โดยมากมักจะเก็บตอนดิบๆ แล้วนำมาอบเอง ซึ่งอาจบ่มด้วยก๊าซเอทิลีนเพื่อช่วยให้ได้วัตถุดิบที่มีความสุกสม่ำเสมอ ตามที่เราต้องการได้นอกจากนี้ขนาดของผลต้องสม่ำเสมอ เพื่อกล้วยที่อบได้แต่ละครั้งจะได้มีความแห้งสม่ำเสมอ
3. การทำความสะอาด (Washing) การทำความสะอาดวัตถุดิบโดยทั่วไป แบ่งเป็น 2 แบบ คือ การทำความสะอาดแบบแห้ง (Dry washing) เช่นการร่อนเอาทรายออกกับการทำความสะอาดแบบเปียก (Wet washing) โดยการใช้น้ำช่วยซึ่งโดยปกติแล้วนิยมใช้ชนิดน้ำแบบสเปรย์มากกว่าเพราะล้างได้เร็ว สะอาดและล้างได้เป็นจำนวนมากต่อเนื่องกัน ถ้าต้องการล้างเอาสารเคมีหรือยาฆ่าแมลงที่ตกค้างออก โดยปกติมักล้างด้วยกรดเกลือเจือจาง (dilute hydrochloric acid) 0.75-2% แล้วจึงล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งหนึ่ง
4. การตัดแต่ง (Trimming) ผลไม้บางอย่างต้องตัดแต่งก่อนทำแห้ง ซึ่งจะตัดรอยตำหนิ ส่วนเสียออกจากวัตถุดิบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ส่วนที่ดีไว้
5. การหั่น (slicing) ผลไม้บางอย่างอาจต้องหั่นให้ได้ขนาดตามต้องการก่อนนำไปทำแห้ง โดยมากนิยมใช้กับผลไม้ผลใหญ่
6. การเลือกตู้อบ (Dryer) ในการตากหรืออบนั้นใช้ตู้อบได้หลายแบบหลายชนิด ซึ่งเราอาจจะเลือกแบบไหนก็แล้วแต่ความสะดวกและความจำเป็น ถ้าเป็นกล้วยก็ขึ้นอยู่กับพันธุ์กล้วยและวิธีการทำด้วย จะสรุปว่ากล้วยชนิดใดเหมาะกับตู้อบชนิดใด จะต้องทำการทดลองอบกับตู้อบชนิดนั้นได้ผลดีมาแล้ว อย่างไรก็ตาม สำหรับกล้วยตากนั้นใช้ตู้อบได้เพียง 2-3 ชนิดเท่านั้น เช่น ตู้อบชนิดชั้น (Carbinet dryer) เหมาะกับกล้วยที่หั่นเป็นชิ้นๆ และตู้อบแบบถาด (Tray dryer) เหมาะกับกล้วยตากทั้งลูก

การป้องกันมิให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสี หรือให้เกิดปฏิกิริยาข้าง

1. เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์เปลี่ยนสภาพของอาหารที่เหมาะสมกับปฏิกิริยาของเอนไซม์ เช่น pH
2. ใช้สารป้องกันเช่นแก๊สกำมะถันป้องกันสีคล้ำ Staneous salt ใช้ป้องกันการเปลี่ยนสีของอาหารได้ดี เช่นเดียวกับเกลือ sulfite อย่างไรก็ดีทั้งเกลือ sulfite และ Staneous salt ถ้าถูก oxidase จะมีสีคล้ำได้ ส่วนเกลือแองและเกลือคลอไรด์อื่นๆ ป้องกันการเปลี่ยนสีได้ชั่วคราว
3. ป้องกันไม่ให้กล้วยตากสัมผัสกับออกซิเจน โดยใช้น้ำตาลเป็นตัวป้องกันน้ำตาลจะเป็นตัวลดจำนวนออกซิเจนที่ละลายในอาหาร ลดการกระจายของออกซิเจนเข้าสู่อาหารและยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์
4. ทำลายเอนไซม์โดยใช้ความร้อน หรือแช่แข็ง
5. ใช้อาหารที่มีออกซิเจนอยู่น้อย เช่น กล้วยน้ำว้ามีออกซิเจนในเนื้อเยื่อน้อยกว่ากล้วยหอม สีจึงคล้ำน้อยกว่ากล้วยหอม
6. ลวกโดยให้ความร้อนสูงในช่วงเวลาสั้น เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งช่วยลดการเปลี่ยนสีระหว่างการเก็บ การลวกในน้ำเดือดทำให้เสียคุณค่าทางอาหารมากกว่าอบไอน้ำ
7. ใช้กำมะถัน จะลดการเปลี่ยนสีได้มาก แต่มีข้อเสียที่ต้องใช้อย่างระมัดระวังและควบคุมอย่างใกล้ชิด ใช้ในปริมาณที่จำกัดและเมื่อเก็บไว้นานๆ ปริมาณกำมะถันลดลงกล้วยตากอาจมีสีคล้ำได้ จึงควรตรวจปริมาณแก๊สกำมะถันอยู่เสมอ และเติมให้ได้ปริมาณที่เหมาะสม
8. ใช้กรดซิตริก (Citric acid De Silvera) แนะนำให้ใช้กรดน้ำหนึ่งเปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันสีคล้ำ
9. ใช้กรดซอร์บิก (Sorbic acid) และเกลือ (Sorbate) ในปริมาณที่เหมาะสมก็จะช่วยเรื่องสีได้ดี

ความสัมพันธ์ของการอบแห้งกับคุณค่าทางอาหาร

การทำผลไม้หรือผักตากแห้งโดยวิธีใช้ตู้อบ เราจะต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จออกมา (finish product) เพราะองค์ประกอบต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ที่ได้ อาจเปลี่ยนไปมากบ้างน้อยบ้างขึ้นอยู่กับวิธีการทำ ซึ่งผู้ผลิตโดยเฉพาะผลิตเป็นอุตสาหกรรมใหญ่ๆ จะต้องคำนึงถึงตัวอย่างความสัมพันธ์ดังกล่าวพอจะสรุปได้คร่าวๆ ดังนี้

- โปรตีน - ถ้าใช้อุณหภูมิอบให้แห้งไม่สูงมากเกินไป ก็จะช่วยให้คุณสมบัติในการย่อยโปรตีนดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไขมัน - ปัญหาสำคัญ คือการเกิดการเหม็นหืน (rancidity) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของไขมันกับออกซิเจนในอากาศ เราอาจช่วยได้โดยการใช้สารกันหืน (antioxidant)
- คาร์โบไฮเดรต - มีปัญหาที่ทำให้เกิดมีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ การใช้สารเคมีบางอย่างอาจช่วยป้องกันได้ เช่น พวกสารประกอบซัลเฟอร์
- จุลินทรีย์ - อาจเกิดขึ้นได้เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ทำสำเร็จแล้ว มีความชื้นมากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ ยีสต์และแบคทีเรีย เกิดได้ตั้งแต่ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป พวกแบคทีเรีย pathogenic bacteria ไม่อาจทนอยู่ในอาหารแห้งได้ พวกพยาธิ (parasite) เช่น *Trichinella spiralis* จะมีชีวิตได้ในอาหารแห้ง จึงต้องทำลายเสียก่อนจะทำแห้ง
- เอนไซม์ - จะไวต่อความร้อนขึ้นมากกว่าความร้อนแห้งเช่นลมร้อน
- เม็ดสี - carotene เปลี่ยนไป
anthocyanin ถูกทำลายไป
chlorophyll เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองของ pheophytin และอาจเกิดสีน้ำตาลของ Millard reaction
- วิตามิน - วิตามินต่างๆ มีลักษณะถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน แต่กล้วยที่รมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะช่วยป้องกันการสูญเสียวิตามินซีได้

กรรมวิธีการทำกล้วยตากโดยใช้ตู้อบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกล้วยตากก่อนอบและหลังอบ

	กล้วยยังไม่อบ(เปอร์เซ็นต์)	กล้วยอบแล้ว(เปอร์เซ็นต์)
น้ำตาล	21.59	29.95
ความชื้น	66.20	23.04
กาก	0.6042	0.5562
ไขมัน	0.227	0.12
วิตามิน ซี ม.ก.	8.11	-

การเสื่อมสภาพของกล้วยตากหลังผลิต

กล้วยตากเสียนั้นลักษณะ เช่น สี กลิ่น รส จะเปลี่ยนไป หรือมีแมลงเข้าไปกิน ไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค เราพอสรุปการเสื่อมเสียของกล้วยตากหลังจากกรรมวิธีการผลิตได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนสีของกล้วยตาก มีสาเหตุ 2 ประการ

ก. เนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่ทำให้เป็นสีน้ำตาล เรียกว่า Enzymatic Browning Reaction ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์จำพวก polyphenol oxidase กับสารพวก phenolic compound เป็นปฏิกิริยา oxidation reaction จึงเกิดสีน้ำตาลขึ้น กล้วยตากจึงเปลี่ยนสีผิดไปจากธรรมชาติ

เหตุที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลและกลิ่นไม่ดี

1. ปริมาณวิตามิน ซี (Ascorbic acid) ที่มีอยู่ในกล้วยจะเป็นตัวทำให้เกิดเปลี่ยนสีเร็วขึ้น เสดตแมน พบว่าการเปลี่ยนสีไปนั้น เนื่องจากการสลายตัวของวิตามินซีไปเป็น dehydro ascorbic acid
2. อุณหภูมิ มีความสำคัญที่สุด ในการช่วยเร่งปฏิกิริยาของออกซิเจนกับอาหารแห้ง ปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า ทุกๆ ระยะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส.
3. ความชื้น ซึ่งอยู่ในสารที่เจือจาง หรือในอาหารสดจะทำให้เกิดสีคล้ำได้ช้า แต่เมื่อความเข้มข้นของอาหารเพิ่มขึ้นอย่างในกรณีอาหารแห้ง ปฏิกิริยาจะเพิ่มสีคล้ำเร็วขึ้น
4. ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ ถ้ามีออกซิเจนมากจะทำให้เกิดสีคล้ำเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความเป็นกรดต่าง (pH) ถ้า pH สูง หรือค่อนข้างเป็นด่าง จะเกิดสีน้ำตาลเร็วเมื่อเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสีน้ำตาลจะทำให้กล้วยตากเปลี่ยนแปลงไป
6. ทำให้กล้วยตากมีสีดำไม่เป็นสีธรรมชาติ
7. วิตามิน ซี. สลายตัวเนื่องจากวิตามิน ซี. ไปทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสี
8. เมื่อเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสีทำให้ปริมาณสารไนโตรเจนที่มีอยู่ลดลง
9. ความเข้มข้นของน้ำตาลเปลี่ยนไป เมื่อสีคล้ำปริมาณ reducing sugar จะลดลง

ข. การเปลี่ยนสีที่ไม่ได้เกิดจากปฏิกิริยาของ enzyme แต่อาจเนื่องจาก

- กรรมวิธีที่ใช้
- ระหว่างการผลิต
- การขนส่งและการเก็บวัตถุดิบ เป็นต้น

2. การเกิดกลิ่นหืน (Rancidity) เนื่องจากองค์ประกอบของกล้วยมีไขมันอยู่ราว 0.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไขมันส่วนนี้อาจทำให้เกิดกลิ่นหืนได้

สาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนคือ

- ความร้อน
- แสงแดด
- ปฏิกิริยาของ enzyme
- การมีออกซิเจนมาก

การป้องกันความหืน

- ป้องกันปฏิกิริยาของ enzyme เช่น ปฏิกิริยาของเอนไซม์ lipase, lipoxidase
- พยายามไล่ออกซิเจนออกให้มากที่สุด
- ป้องกันไม่ให้อาหารถูกแสงแดด
- เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ
- แก้ไขวิธีการบรรจุให้ดีขึ้น
- ใช้สารเคมี เช่น สารกันหืน (antioxidant) ซึ่งเป็นสารเคมีที่จะลดอัตราการทำปฏิกิริยาระหว่าง ออกซิเจนกับไขมัน

การใช้สารกันหืน (antioxidant)

- ควรจะใช้ให้น้อยที่สุด
- จะต้องเป็นตัวที่ไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอย่างอื่นในอาหาร
- ปลอดภัยในการใช้ ไม่เป็นพิษ
- ราคาถูก
- ไม่สลายตัวได้ง่าย

3. เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ การเสียนเนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสิ่งสำคัญที่สุดเพราะทำให้บริโภคผลิตภัณฑ์ไม่ได้ จุลินทรีย์ที่พบบ่อยๆ มี

รา (mold) มีลักษณะเป็นปุยอาจมีสีขาว หรือสีอื่นๆ ที่พบในกล้วยตาก และอาหารอื่นๆ ไข่ มักเป็นพวก *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* และ *Rhizopus*
 ยีสต์ มักเป็นพวก *Saccharomyces* ซึ่งจะใช้น้ำตาลในกล้วยแล้วเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ ทำให้กล้วยตากมีรสเปรี้ยว
 แบคทีเรีย ไม่ค่อยเกิดมากนัก เนื่องจากกล้วยตากแห้งมีปริมาณน้ำน้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์

4. กล้วยตากเสียอันเกิดจากแมลง ที่เข้าไปกัดกินทำให้เกิดความเสียหายไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ภาคผนวก ข

ระดับความสุกของกล้วย

กล้วยสุกน้อย (ก้านเขียว)

ลักษณะกล้วยสด มีเปลือกสีเขียวทั้งหมดเกือบทั้งผล เหลือส่วนจุกและขั้วของผลที่ยังเป็นสีเขียวซีดๆ (ก้านเขียว) ยกหัวกล้วยขึ้นสลัดผลกล้วยยังไม่หลุดออกจากหัว

กล้วยสุกปานกลาง (ก้านเหลือง)

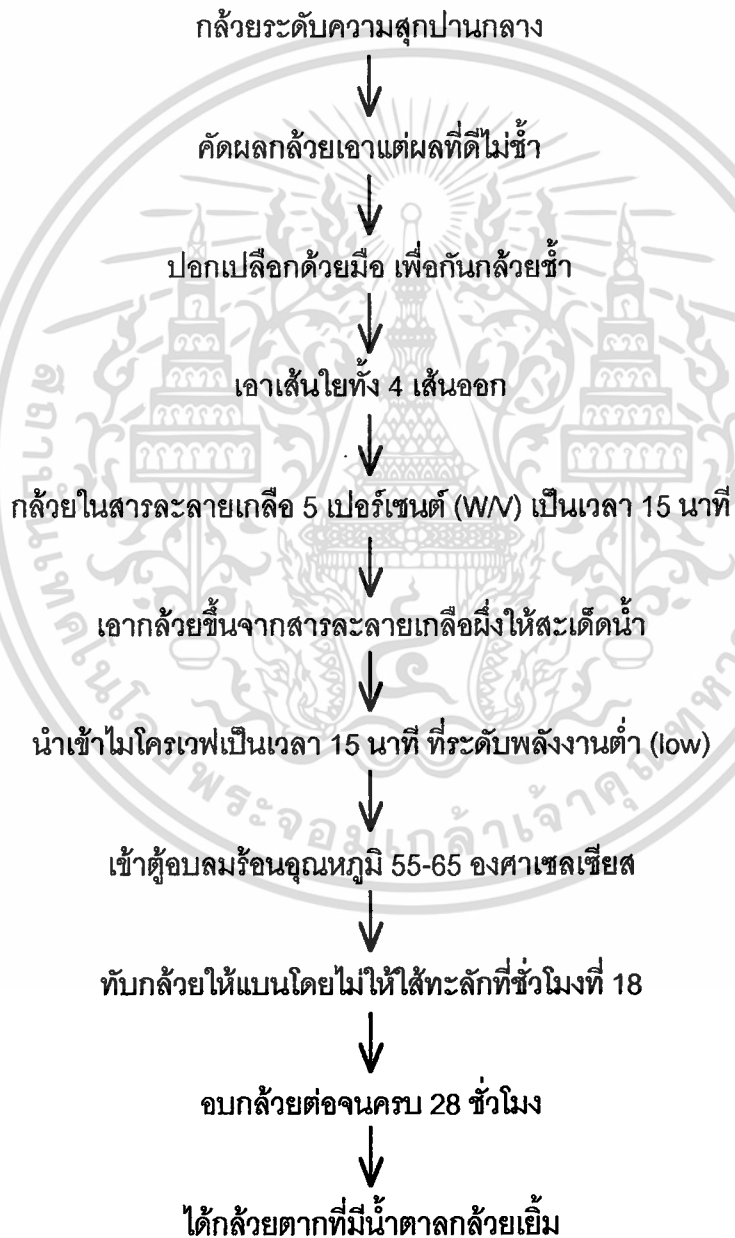
ลักษณะกล้วยสด มีเปลือกสีเหลืองหมดทั้งผล ขั้วของผลมีสีเหลือง มีจุดสีน้ำตาลเล็กๆเกิดขึ้นเล็กน้อยตามบริเวณส่วนปลายของผล เมื่อยกหัวขึ้นสลัด ผลกล้วยหลุดจากขั้วง่าย

กล้วยสุกมาก

ลักษณะของกล้วยสด กล้วยสุกงอมมากผิวมีสีน้ำตาลเป็นจุดและสีน้ำตาลเป็นแผ่นๆ แฉมเมื่อยกขึ้นกล้วยจะหลุดออกจากหัวโดยไม่ต้องออกแรงสลัด

ภาคผนวก ค

กรรมวิธีการทำกล้วยตากโดยใช้ไมโครเวฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการวิเคราะห์

ตารางผนวกที่ 1 แสดงปริมาณน้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการอบแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ของกล้วยที่ผ่านการแช่น้ำเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ผ่านไมโครเวฟ

ชั่วโมงที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
1	64.40	65.00	53.30	32.60
2	60.35	61.02	50.38	49.89
3	57.19	58.03	48.25	47.86
4	54.45	55.50	46.40	49.07
5	52.15	53.31	44.71	44.46
6	49.96	51.27	43.22	43.20
7	48.07	49.57	41.85	41.69
8	46.25	47.80	40.45	40.36
9	44.55	46.10	39.28	39.25
10	43.14	44.70	38.20	38.22
11	41.79	42.37	37.23	37.31
12	40.65	42.18	36.29	36.44
13	39.43	40.98	35.44	35.65
14	38.62	40.18	34.59	34.85
15	37.69	39.28	33.94	34.25
16	36.83	38.45	33.26	33.61
17	36.02	37.66	32.64	33.03
18	35.28	36.93	32.04	32.45
19	34.42	36.06	31.38	31.79
20	33.62	35.26	30.61	31.00
21	32.85	34.43	29.89	30.30
22	32.14	33.67	29.27	29.65
23	31.53	32.99	28.71	29.06
24	30.93	32.29	28.22	28.56
25	30.52	31.82	27.75	28.01
26	30.13	31.37	27.27	27.57
27	29.73	30.86	26.95	27.23
28	29.32	30.41	26.64	26.89
29	28.87	29.98	26.37	26.52
30	28.42	29.52	26.11	26.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงปริมาณน้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการอบแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ของกล้วยที่ผ่านการแช่น้ำเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ผ่านไมโครเวฟ (เทียบเป็นร้อยละ)

ชั่วโมงที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ค่าเฉลี่ย
1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2	93.71	93.88	93.52	93.74	94.21
3	88.80	89.28	90.53	90.88	89.87
4	84.61	85.38	87.05	87.49	86.13
5	80.98	82.02	83.88	84.53	82.85
6	79.58	78.88	81.09	81.69	80.31
7	74.64	76.26	78.52	79.17	77.15
8	71.82	73.54	75.89	76.64	74.47
9	69.18	70.92	73.70	74.53	72.08
10	66.99	68.77	71.67	72.58	70.00
11	64.89	65.18	69.85	70.85	67.69
12	63.12	64.89	68.09	69.20	66.33
13	61.23	63.05	66.49	67.70	64.62
14	59.97	61.82	64.90	66.18	63.22
15	58.52	60.43	63.68	65.04	61.92
16	57.19	59.15	62.40	63.82	60.64
17	55.93	57.94	61.24	62.72	59.46
18	54.78	56.82	60.11	61.62	58.33
19	53.45	55.48	58.87	60.37	57.04
20	52.20	54.25	57.43	58.87	55.69
21	51.01	52.97	56.08	57.54	54.40
22	49.91	51.80	54.92	56.30	53.23
23	48.96	50.75	53.86	55.18	52.19
24	48.03	49.68	52.95	54.23	52.47
25	47.39	48.95	52.06	53.19	50.40
26	46.79	48.26	51.16	52.35	49.64
27	46.16	47.48	50.56	51.71	48.98
28	45.53	46.78	49.98	51.06	48.34
29	44.83	46.12	49.47	50.06	47.62
30	44.13	45.42	48.99	49.89	47.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงปริมาณน้ำหนักรวมเฉลี่ยหลังการอบแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ของกล้วยที่ผ่านการแช่
น้ำเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ และผ่านไมโครเวฟที่ระดับพลังงานต่ำเป็นเวลา 13 นาที

ชั่วโมงที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
1	59.22	61.26	65.00	64.36
2	55.85	57.99	60.74	59.89
3	53.52	55.66	57.49	56.56
4	51.51	53.63	54.91	53.80
5	49.67	51.75	52.64	51.45
6	48.05	50.10	50.54	49.27
7	46.52	48.53	48.72	47.38
8	45.03	47.01	46.98	45.56
9	43.70	45.65	45.28	43.85
10	42.49	44.40	43.96	42.53
11	41.41	43.27	43.69	41.28
12	40.38	42.21	41.60	40.18
13	39.46	41.24	40.40	38.95
14	38.50	40.25	39.65	38.18
15	37.79	39.51	38.79	37.31
16	37.04	38.72	37.97	36.49
17	36.34	38.03	37.23	45.73
18	35.66	37.30	36.50	34.99
19	34.90	36.51	35.66	34.19
20	33.98	35.59	34.91	33.42
21	33.18	34.74	34.14	32.69
22	32.43	33.97	33.47	32.02
23	31.71	33.27	32.84	31.43
24	31.12	32.65	32.21	30.85
25	30.51	32.19	31.75	30.42
26	29.96	31.43	31.31	30.00
27	29.28	30.95	30.81	29.58
28	28.70	30.47	30.39	28.19
29	28.18	29.92	29.80	28.65
30	27.52	29.48	29.28	28.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 แสดงปริมาณน้ำหนักสูญเสียหลังการอบแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ของกล้วยที่ผ่านการแช่น้ำเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ และผ่านไมโครเวฟที่ระดับพลังงานต่ำเป็นเวลา 13 นาที (เทียบเป็นร้อยละ)

ชั่วโมงที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ค่าเฉลี่ย
1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2	94.31	94.66	93.45	93.05	93.87
3	90.37	90.86	88.45	87.88	89.39
4	86.98	87.54	84.48	83.59	85.65
5	83.87	84.48	80.98	79.94	82.32
6	81.14	81.78	77.75	76.55	79.31
7	78.55	79.22	74.95	73.62	76.59
8	76.04	76.74	72.28	70.79	73.96
9	73.81	74.52	69.66	68.13	71.53
10	71.75	72.48	67.63	66.08	69.49
11	69.93	70.63	67.22	64.04	67.96
12	68.19	68.90	64.00	62.43	65.88
13	66.63	76.32	62.15	60.20	66.33
14	63.81	65.70	61.00	59.32	62.46
15	63.81	64.50	59.68	57.57	61.39
16	62.55	63.21	58.42	56.70	60.22
17	61.36	62.08	57.28	55.52	59.06
18	60.22	60.89	56.15	54.37	57.91
19	58.93	59.60	54.86	53.12	56.63
20	57.78	58.10	53.71	51.93	55.38
21	56.03	56.71	52.52	50.79	54.01
22	54.76	55.45	51.49	49.75	52.86
23	53.55	54.31	50.52	48.83	51.80
24	52.55	53.30	49.55	47.93	50.83
25	51.52	52.55	48.85	47.27	50.05
26	50.59	51.31	48.17	46.61	49.17
27	49.44	50.52	47.40	45.96	48.33
28	48.46	49.74	46.75	45.35	47.58
29	47.59	48.84	45.85	44.52	46.70
30	46.47	48.12	45.05	43.78	45.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 เปรียบเทียบอัตราการระเหยน้ำของกล้วยที่ไม่ผ่านไมโครเวฟและผ่านไมโครเวฟที่ระดับพลังงานต่ำ เวลา 13 นาที

ชั่วโมงที่	ค่าเฉลี่ยของกล้วยที่ผ่านไมโครเวฟ	ค่าเฉลี่ยของกล้วยที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ
1	100.00	100.00
2	93.87	94.21
3	89.39	89.87
4	85.65	86.13
5	82.32	82.85
6	79.31	80.31
7	76.59	77.15
8	73.96	74.47
9	71.53	72.08
10	69.49	70.00
11	67.96	67.69
12	65.88	66.33
13	66.33	64.62
14	62.46	63.22
15	61.39	61.92
16	60.22	60.64
17	59.06	59.46
18	57.91	58.33
19	56.63	57.04
20	55.38	55.69
21	54.01	54.40
22	52.86	53.23
23	51.80	52.19
24	50.83	52.47
25	50.05	50.40
26	49.17	49.64
27	48.33	48.98
28	47.58	48.34
29	46.70	47.62
30	45.86	47.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรู๊ปรองการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การคำนวณอัตราการทำแห้ง

แสดงการคำนวณการหาอัตราการทำแห้งจากน้ำหนักที่หายไปของกล้วยตากที่ชั่วโมงต่างๆ

$$\text{อัตราการระเหย} = \frac{\text{น้ำหนักกล้วยที่ชั่วโมงต่าง ๆ} * 100}{\text{น้ำหนักกล้วยเริ่มต้น}}$$

เช่น น้ำหนักกล้วยเริ่มต้น 65 กรัม เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง น้ำหนักกล้วยเหลือ 61.02 กรัม

$$\begin{aligned} \text{อัตราการทำแห้ง} &= \frac{61.02 * 100}{65} \\ &= 93.88 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางผนวกที่ 6 ผลของเกลือที่มีต่อการอบแห้งของกล้วยตากโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบ 12 คน

Sample	การทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
กล้วยไม่แช่เกลือ	3.00	4.40	4.88	4.75	3.83
กล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์	5.50	5.83	5.17	4.83	5.17
กล้วยแช่เกลือ 10 เปอร์เซ็นต์	5.08	5.70	3.33	5.25	5.08

ตารางผนวกที่ 7 ผลของไมโครเวฟที่มีต่อคุณภาพของกล้วยตากทางประสาทสัมผัส

Sample	การทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
กล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์	5.25	5.33	5.17	5.17	5.08
กล้วยแช่เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ และผ่านไมโครเวฟ	5.5	5.25	5.83	5.25	5.17

หมายเหตุ : 1 = ไม่ชอบมาก

2 = ไม่ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบ

4 = เฉย ๆ

5 = ชอบ

6 = ชอบปานกลาง

7 = ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ



กล้วยสุกน้อย



กล้วยสุกปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ**กล้วยแช่ในสารละลายเกลือ**นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การผึ่งกล้วยให้สะเด็ดน้ำ



การให้ความร้อนที่ระดับพลังงานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกฤษยา เชื้อกมลชาญ เกิดเมื่อ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2516 ณ จังหวัด ฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ในปี พ.ศ. 2535 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกเคมีปฏิบัติการ-ปิโตรเคมี จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ ในปี พ.ศ. 2538 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2540

นางสาวศรีวิไล แซ่อู๋ เกิดเมื่อ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2516 ณ จังหวัด นครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนยานนาวาเวศวิทยาคม จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2535 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกเคมีปฏิบัติการ-ปิโตรเคมี จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ ในปี พ.ศ. 2538 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2540



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้