สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาผลของกรดซิตริกและน้ำปูนใสต่อคุณภาพของกล้วยหอมทองอบกรอบ

EFFECT OF CITRIC ACID AND CALCIUM HYDROXIDE ON QUALITY OF DRY BANANA CHIPS

โดย

นางสาวดารุณี ผดุงสงษ์
นางสาวนีรชา ตรีเดช
นายไพบูลย์ ฐิติวรพงษ์

วน.
ต1429ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72180
วัน,เดือน,ปี 12 มิ.ย. 2550

.b 11764524
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF CITRIC ACID AND CALCIUM HYDROXIDE ON QUALITY OF DRY BANANA CHIPS

Miss Darunee Phadungsong
Miss Neeracha Treedech
Mr. Paiboon Teetiworapong

A SPECIAL PROJECT SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF FOOD ENGINEERING
DEPATMENT OF FOOD ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาผลของกรดซิตริกและน้ำปูนใสต่อคุณภาพของกล้วยหอมทองอบกรอบ

Effect of citric acid and calcium hydroxide on quality of dry banana chips

ผู้จัดทำ

นางสาวตารุณี ผดุงสงษ์

นางสาวนีรชา ตรีเดช

นายไพบูลย์ รัฐวิรพงษ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์มธุรดา จิโนรส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลของกรดซิตริกและน้ำปูนใสต่อคุณภาพของกล้วยหอมทองอบกรอบ

นางสาวดารุณี ผดุงสงฆ์
นางสาวนีรชา ตรีเดช
นายไพบูลย์ ฐีติวรพงษ์

อาจารย์มธุรดา จิโนรส อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของการเตรียมกล้วยหอมทอง (Musa acuminata) โดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ/หรือ ในน้ำปูนใส ก่อนนำไปอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Tray Dryer) ที่ระดับอุณหภูมิ 80 °ซ ความเร็วลม 0.95 เมตร/วินาที โดยจากการศึกษาพบว่า การเตรียมกล้วยหอมทองก่อนนำไปอบจะส่งผลต่อคุณภาพของกล้วยหอมทองอบกรอบอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่มีการเตรียมกล้วย ซึ่งผลต่อคุณภาพจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสารที่ใช้ โดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริกนั้นจะส่งผลดีต่อสีและความกรอบของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้โดยเฉพาะเมื่อมีการเพิ่มระดับความเข้มข้นของกรดให้สูงขึ้น ส่วนน้ำปูนใสจะช่วยให้เนื้อของกล้วยอบมีความกรอบเพิ่มมากขึ้นแต่กลับส่งผลเสียต่อสีของกล้วยหลังอบ นอกจากนี้ยังพบว่าหากใช้น้ำปูนใสร่วมกับกรดซิตริกจะส่งผลให้กล้วยอบที่ได้มีความกรอบและสีอ่อนสวยน่ารับประทาน เป็นที่ถูกใจของผู้บริโภคมากกว่าการแช่ในสารใดสารหนึ่งเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Effect of citric acid and calcium hydroxide on quality of dry banana chips

Miss Darunee Phadungsong
Miss Neeracha Treedech
Mr. Paiboon Teetiworapong

Miss Maturada Jinorose (Adviser)
2006

Abstract

The main purpose of this project was to study on the effect of pre-treatment method, by soaking bananas in citric acid and/or calcium hydroxide solutions, on dried bananas chips using tray dryer at 80 ^{o}C drying temperature with 0.95 m/s air flow rate. The results indicated that the selected method has a very marked influence in banana chips quality. By soaking bananas in citric acid solution help keep the color not turn brown too much as the one that did not soak in any solution, especially when the concentration of acid increase. While soaking banana in calcium hydroxide help improve banana texture by increase the crispness, it make the chips look less appealing. Furthermore that using both solutions together is more accept by the consumer than using only citric or calcium hydroxide solution alone.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์มธุรดา จิโนรส อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความรู้ความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ เสมอมาจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์อาหาร สจล. ทุกท่านที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์รวมทั้งให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่ดูแลช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านตลอดมา

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมอาหารและภาควิชาอื่น ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำแก่คณะผู้วิจัย

และท้ายสุดคุณประโยชน์ของงานวิจัยนี้ที่พึงมี คณะผู้วิจัยขอมอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่ บิดา มารดา และครูอาจารย์ทั้งในอดีตและปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญรูปภาพ	ค
สารบัญตาราง	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 กล้วยหอมทอง	3
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	3
2.1.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการสุกของกล้วยหอม	4
2.1.3 ประโยชน์ของกล้วยในการทำสมุนไพร	6
2.1.4 การแปรรูปของกล้วย	7
2.2 หลักการพื้นฐานของการอบแห้ง	8
2.2.1 การอบแห้ง	8
2.2.2 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง	10
2.2.3 การเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง	15
2.2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้ง	18
2.2.5 การเปลี่ยนแปลงของอาหารที่เกิดจากกระบวนการอบแห้ง	20
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	26
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	26
3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมี	26
3.1.2 อุปกรณ์	26
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการและวิธีการทดลอง	26
3.2.1 วิธีการทดลองขั้นต้น	26
3.2.2 วิธีการทดลอง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง 29
3.3.1 ระบบการวัดค่าสี 29
3.3.2 การวัดค่าสี 30
3.3.3 เนื้อสัมผัส 30
3.3.4 รสชาติ 31
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ 33
4.1 ผลการทดลองขั้นต้น 33
4.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส 34
4.2.1 การวิเคราะห์ความแข็ง 34
4.2.2 การวิเคราะห์ความกรอบ 36
4.3 การวิเคราะห์ค่าสี 39
4.3.1 การวิเคราะห์ค่า L* 39
4.3.2 การวิเคราะห์ค่า b* 40
4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส 41
4.4.1 สี 41
4.4.2 รสชาติ 43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 44
5.1 สรุป 44
5.2 ข้อเสนอแนะ 44
เอกสารอ้างอิง 45
ภาคผนวก 47
ภาคผนวก ก. 48
ภาคผนวก ข. 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนสีของกล้วยหอมที่ระยะการสุกต่างๆ 5

รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่ออบแห้งวัสดุภายใต้กระแสลมร้อนที่มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่ 11

รูปที่ 2.3 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง 12

รูปที่ 2.4 แสดงปรากฏการณ์ที่อัตราการอบแห้งลดลงระยะแรก 14

รูปที่ 2.5 แสดงปรากฏการณ์ที่อัตราการอบแห้งลดลงระยะที่สอง 15

รูปที่ 2.6 แสดงปรากฏการณ์ที่อัตราการอบแห้งขั้นสุดท้าย 15

รูปที่ 3.1 แสดงการหั่นกล้วย 27

รูปที่ 3.2 แสดงการแช่กล้วยในสารละลาย 27

รูปที่ 3.3 แสดงการเรียงกล้วยในถาดก่อนนำเข้าตู้อบลมร้อน 28

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทดลอง 29

รูปที่ 3.5 แสดงการวัดสีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบกรอบ 30

รูปที่ 3.6 แสดงการจัดวางชิ้นตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส 31

รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงผลของกรดซิตริกต่อความแข็งของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้ 34

รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงผลของน้ำปูนใสต่อความแข็งของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้ 35

รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงผลของน้ำปูนใสและกรดซิตริกต่อความแข็งของกล้วยหอมทอง อบกรอบที่ได้ 36

รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงผลของกรดซิตริกต่อความกรอบของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้ 36

รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงผลของน้ำปูนใสต่อความกรอบของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้ 37

รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงผลของน้ำปูนใสและกรดซิตริกต่อความกรอบของกล้วยหอมทอง อบกรอบที่ได้ 38

รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า L* ที่สภาวะการเตรียมกล้วยต่าง ๆ 39

รูปที่ 4.8 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า b* ที่สภาวะการเตรียมกล้วยต่าง ๆ 40

รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างกล้วยหอมทองอบกรอบที่ผ่านการเตรียมก่อนอบแบบต่าง ๆ 41

รูปที่ 4.10 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี 42

รูปที่ 4.11 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสชาติ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมี แร่ธาตุและปริมาณวิตามินของกล้วยหอมทองต่อ 100 กรัมของน้ำหนักผลสุก 4

ตารางที่ 2.2 ค่าร้อยละของปริมาณแป้งและน้ำตาลของผลกล้วยหอมทองที่มีการสุกในระยะต่างๆ 6

ตารางที่ 2.3 การแบ่งประเภทของเครื่องอบแห้ง 10

ตารางที่ 2.4 ปริมาณความชื้นของอาหารก่อนและหลังการทำแห้ง 21

ตารางที่ 2.5 สัดส่วนโดยประมาณสำหรับการอบแห้ง การหดตัวและการคืนตัวของผักบางชนิด 22

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการเตรียมตัวอย่างกล้วยก่อนอบแห้ง 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

กล้วยหอมทอง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Musa acuminata เป็นผลไม้ที่คนนิยมรับประทานมากชนิดหนึ่งในโลก เป็นพืชที่ปลูกง่ายและให้ผลเร็วมีคุณค่าทางอาหารให้พลังงานแก่ร่างกายสูง กล้วยหอมทองนำมาใช้บริโภคทั้งดิบและสุก นอกจากใช้บริโภคกันในประเทศแล้วยังส่งออกไปขายยังต่างประเทศ ซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศได้มากถึง 99.3 ล้านบาทในปี 2549 ทว่าตลาดกล้วยหอมทองในประเทศโดยเฉพาะตลาดท้องถิ่น มีความต้องการในปริมาณค่อนข้างจำกัด ผลผลิตส่วนใหญ่จึงถูกส่งเข้าไปจำหน่ายยังตลาดกลางในกรุงเทพฯ เพื่อส่งเป็นสินค้าออกไปยังต่างประเทศต่อไป ซึ่งประเทศที่เป็นคู่ค้าหลักได้แก่ ฮ่องกง สิงคโปร์ ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และสวิสเซอร์แลนด์

กล้วยหอมทองที่บริโภคภายในประเทศและที่ส่งเป็นสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศ จะมีปัญหาในเรื่องการเน่าเสียของกล้วย จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์กล้วยที่สามารถเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้นาน มีรสชาติและคุณลักษณะตรงกับความต้องการของผู้บริโภค การอบแห้งผลไม้เป็นหนึ่งในวิธีการดั้งเดิมที่ใช้ในการถนอมรักษาอาหารให้สามารถเก็บรักษาได้ยาวนาน โดยใช้หลักการในการลดความชื้นของอาหารให้อยู่ในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ การอบแห้งโดยทั่วไปจะอาศัยพลังงานความร้อนในการระเหยน้ำออก การผลิตด้วยวิธีอบแห้งเป็นวิธีที่เป็นที่นิยม เนื่องจากเป็นกรรมวิธีการผลิตอาหารที่ง่ายและสะดวก แต่การอบแห้งจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียทางด้านคุณภาพอาทิเช่น กลิ่น รสชาติ สี เนื้อสัมผัส เป็นต้น ดังนั้นคณะวิจัยโครงงานจึงสนใจที่จะนำกล้วยหอมทองซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีการเน่าเสียได้ง่ายมาทำการแปรรูปด้วยวิธีอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (Tray dryer) โดยมีการประยุกต์ใช้สารเคมีต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติในการรักษาหรือเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของวิธีการเตรียมกล้วยโดยการแช่กรดซิตริกและน้ำปูนใสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาการเตรียมกล้วยหอมก่อนการอบแห้งใช้กล้วยหอมทองที่ระดับความสุกเบอร์ 4 ทำการอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 80°ซ ด้วยความเร็วลม 0.95 เมตร/วินาทีใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ปรับปรุงกระบวนการผลิตกล้วยหอมทองอบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น
2. เป็นการพัฒนาการแปรรูปกล้วยหอมทองให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 กล้วยหอมทอง

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กล้วยหอมทอง[*Musa* (AAA group) "Kluai Hom Thong" กลุ่มย่อย Gros Michel] ชื่ออื่นๆ กล้วยหอม ชื่อสามัญ Hom Thong Banana [1]

ต้น ลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 20 เซนติเมตร ตามลำต้นด้านนอกมีประดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน และมีเส้นลายสีชมพู

ใบ ก้านใบมีร่องค่อนข้างกว้าง และมีปีก เส้นกลางใบสีเขียว

ดอก ก้านช่อดอกมีขนใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง มีไข ด้านในสีแดงชีด

ผล เครือหนึ่งมี 4-6 หวี หวีละ 12-16 ผล ปลายผลมีจุกเห็นชัด เปลือกบาง เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง แต่ที่ปลายจุกจะมีสีเขียว แล้วเปลี่ยนสีภายหลัง เนื้อสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอม รสหวาน

แหล่งที่พบ

ในต้นศตวรรษที่ 19 พันธุ์กล้วยหอมทอง (Gros Michel) และกล้วยพันธุ์หอมค่อม (Dwarf Cavendish) ได้ถูกนำเข้ามายังหมู่เกาะคาริบเบียน รวมทั้งพันธุ์อื่นๆ อีกหลายพันธุ์ ได้ถูกนำมาจากสวน Kew มารวบรวมไว้ที่ โดมินิกา ซึ่งเป็นเขตร้อน ในปี ค.ศ. 1902 มีการปลูกกล้วยหอมหลาย ๆ พันธุ์เพื่อใช้เป็นอาหารส่วนมากปลูกแถบเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือและลงมาทางใต้แผ่ขยายไปในที่ซึ่งมีอุณหภูมิดินและความชื้นเหมาะสมพันธุ์กล้วยหอมทอง (Gros Michel) เป็นพันธุ์ที่สำคัญในตลาดการค้าของโลกซึ่งนักพฤกษศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Francois Pouat เป็นผู้นำมาที่ซีกโลกตะวันตกเป็นครั้งแรก เมื่อปี ค. ศ. 1836

สำหรับประเทศไทยได้มีการปลูกกล้วยหอมทองมาช้านานแล้ว และเคยเป็นสินค้าออกมากแต่ปัจจุบันปริมาณการส่งออกลดลงอย่างมากเพราะคุณภาพในการขนส่งไม่ดีพอและกล้วยหอมทองที่ปลูกในประเทศไทยเป็นสายพันธุ์ที่ต่างจากกรอสมิเชล โดยต้นจะมีลักษณะไม่สูงใหญ่และให้ผลผลิตต่ำ มี 4-6 หวี ต้นไม่แข็งแรงแต่คุณภาพของเนื้อเป็นที่ชอบของคนไทยโดยทั่วไป [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมี แร่ธาตุและปริมาณวิตามินของกล้วยหอมทองต่อ 100 กรัม ของน้ำหนักผลสุก

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ความชื้น(g)	77.19
ไขมัน(g)	0.73
โปรตีน(N×6.25)	1.82
คาร์โบไฮเดรต(g)	18.42
เถ้า(g)	0.65
แคลเซียม(mg)	14.27
ฟอสฟอรัส(mg)	21.09
เหล็ก(mg)	8.71
B-Carotene(Ug)	197.20
แอสคอบิก(mg)	11.06

ที่มา: เบญจมาศ ศิลาย้อย [2]

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการสุกของกล้วยหอม [3]

2.1.2.1 การเปลี่ยนสี

เกิดจากการสลายตัวของแป้ง จะเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง CSIRO (1972) ได้แบ่งขั้นตอนในการสุกของกล้วย ดังนี้

ระยะที่ 1 เปลือกเขียว ผลแข็ง ไม่มีการสุก

ระยะที่ 2 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองนิดๆ

ระยะที่ 3 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองมากขึ้นแต่ยังมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง

ระยะที่ 4 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองและมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว

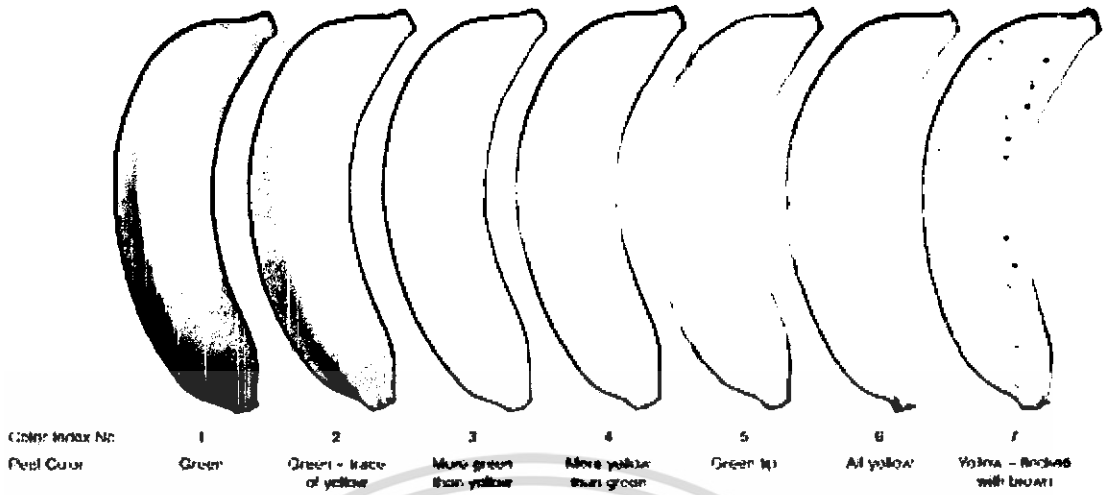
ระยะที่ 5 เปลือกเป็นสีเหลือง แต่ที่ปลายยังเป็นสีเขียว

ระยะที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง (ผลสุก)

ระยะที่ 7 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาล สุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม

ระยะที่ 8 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป, เนื้อเริ่มอ่อนตัวและมีกลิ่นแรง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนสีของกล้วยหอมที่ระยะการสุกต่างๆ

2.1.2.2 **การหายใจ**

เกิดการเปลี่ยนแปลงกรดอินทรีย์ เมื่อผลแก่เนื้อของผลจะมีกรดเพิ่มขึ้นและจะมีกรดมากที่สุดเมื่อผลเริ่มสุก กรดเริ่มลดลงในระยะผลสุก โดยในระยะที่ผลยังเขียวอยู่จะมีกรดออกซาลิกและหลังจากผลแก่เต็มที่จะมีกรดมาลิค

2.1.2.3 **การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ**

ทำให้เกิดรสชาติ ระยะแรกของการเจริญเติบโตเนื้อของผลมีน้ำหนักน้อยมากในขณะที่เปลือกมีน้ำหนักมาก แต่เมื่อผลแก่มากขึ้นน้ำหนักผลจะเพิ่มขึ้นในขณะที่น้ำหนักเปลือกลดลง ปริมาณของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบในเปลือกก็ย่อมลดลง น้ำตาลในเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และน้ำจากเปลือกเข้าไปในเนื้อผลได้มากขึ้น

2.1.2.4 **การสังเคราะห์เอทธิลีน**

ทำให้เกิดกลิ่น

2.1.2.5 **การสังเคราะห์น้ำตาล**

การสังเคราะห์โปรตีนหรือเอนไซม์ ระยะแรกของการเจริญเติบโตน้ำตาลจะอยู่ในระดับต่ำมาก เมื่อผลเริ่มแก่น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่าร้อยละของปริมาณแป้งและน้ำตาลของผลกล้วยหอมทองที่มีการสุกในระยะต่างๆ

ระยะการสุกที่	กล้วยหอมทอง	
	น้ำตาล	แป้ง
1	0.8	21.1
2	2.7	18.4
3	4.8	16.1
4	8.2	12.5
5	13.2	6.8
6	17.6	3.3
7	18.5	2.4
8	19.9	1.3

ที่มา: เบญจมาศ ศิลาย้อย [2]

2.1.3 ประโยชน์ของกล้วยในการทำสมุนไพร

รากและลำต้นใต้ดิน ใช้รักษาผิวหนังที่แดง ปวดเนื่องจากถูกแดดเผา น้ำคั้นจากรากช่วยแก้โรคคอหอยพอก แก้ปวดฟันและใช้รักษาโรคขัดเบา รากและลำต้นมีสารแทนนินซึ่งช่วยในเรื่องของแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก

ลำต้นเทียมหรือกาบ กาบเอามาวางที่ลำตัวช่วยลดไข้ น้ำยางจากกาบช่วยทำให้หายปวดจากงูกัด

ใบ ใช้อังไฟ นำมาประคบบริเวณปวดเมื่อยจะบรรเทาอาการอักเสบใบอ่อนของกล้วยใช้แทนผ้าพันแผล

ปลี บำรุงน้ำนมมารดา ต้มคั้นเอาน้ำแก้ปวดท้อง แก้เบาหวาน ปลีตากแห้งใช้รักษาโรคโลหิตจางเพราะมีธาตุเหล็กมาก

เปลือกกล้วย ใช้ทาบริเวณยุงกัดหรือมดกัด ผื่นคัน

ก้านกล้วย มีสารแทนนินใช้ห้ามเลือด

ผล แก้ท้องผูก ช่วยรักษาโรคกระเพาะ ท้องเสียและท้องอืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การแปรรูปของกล้วย

การแปรรูปหมายถึงการนำกล้วยมาทำให้เก็บได้นาน ซึ่งมีวิธีการแปรรูปได้หลายแบบ ดังนี้

2.1.4.1 การทำพิวรีกล้วย (banana puree) เป็นอาหารที่สำคัญที่ได้จากการแปรรูปมากที่สุด ผลิตภัณฑ์พิวรีกล้วยนี้สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายอย่างโดยผสมกับนมหรือทำขนมอบต่างๆ การทำพิวรีกล้วยทำได้โดยบดผลกล้วยที่สุกงอมและบรรจุโดย

1. บรรจุกระป๋องโดยวิธีปลอดเชื้อ
2. ปรับความเป็นกรดแล้วบรรจุกระป๋องด้วยวิธีธรรมดา
3. บรรจุด้วยวิธีทำให้เย็นแข็งอย่างรวดเร็ว (quick freezing)

วิธีที่ใช้กันมากคือ การบรรจุกระป๋องโดยวิธีปลอดเชื้อ เพราะการบรรจุด้วยวิธีนี้จะทำให้กล้วยที่บรรจุมีความสดและมีกลิ่นเหมือนผลกล้วยสด

2.1.4.2 กล้วยตาก (banana figs) กล้วยตากทำจากผลกล้วยที่สุกงอมแล้ว ปอกเปลือกเอาแต่ตัวเนื้อกล้วยไปตากแดด เป็นกล้วยแปรรูปที่รู้จักกันดีและเป็นที่นิยมรับประทานกันมากในประเทศไทย และประเทศไทยได้ผลิตกล้วยตากส่งขายต่างประเทศด้วย กล้วยที่นิยมทำกล้วยตาก คือ กล้วยน้ำว้า ไม่นิยมกล้วยหอมหรือกล้วยไข่และกล้วยหักมุก อาจเป็นเพราะกล้วยหอมและกล้วยไข่มีน้ำมากและมีแป้งน้อยเมื่อกล้วยงอมสุกและกล้วยหักมุกมีแป้งมากเกินไป การทำกล้วยตากนั้นหลังจากปอกเปลือกกล้วยแล้วเอาตากแดดบนเสื่อ 1-2 แดด แล้วเอาไปคลึงและกดแบนไม่มีการใส่น้ำตาล ความหวานจะออกมาจากตัวกล้วยเอง ปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาทำเป็นเตาอบขนาดใหญ่เพื่อใช้ตากกล้วยหรืออบ ทำให้กล้วยตากที่ได้สะอาดกว่าตากจากแสงอาทิตย์โดยตรงมากเพราะไม่มีแมลงวันตอมหรือฝุ่นละอองเจือปน

2.1.4.3 แป้งกล้วย (banana flour) ทำจากผลกล้วยดิบซึ่งแก่เต็มที่แล้วจากกล้วยกินได้ การทำแป้งกล้วยทำได้โดยนำผลกล้วยดิบมาตากแดดจนกว่าจะแห้งหรืออาจจะใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์หรือเตาอบธรรมดาก็ได้

ในประเทศไทย กองวิทยาศาสตร์และชีวภาพ ได้แนะนำวิธีการทำแป้งกล้วยจากผลกล้วยน้ำว้าดิบโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ล้างผลกล้วยดิบ แล้วนึ่ง 5 นาที
2. แช่น้ำปอกเปลือก
3. หั่นเป็นแว่นบางๆและแช่ในสารกันบูด 0.01 %
4. ผึ่งลมให้แห้ง
5. อบที่เตาอบหรือตู้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่อุณหภูมิ 55°ซ นาน 30 นาที หรืออบแห้ง
6. บดด้วยเครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งกล้วยนี้ใช้ในการปรุงอาหารได้โดยทำ ขนมกล้วย ขนมเค้ก คุกกี้ ขนมบัวลอย เป็นต้น

2.1.4.4 กล้วยผง (banana power) กล้วยผงทำจากผลกล้วยสุก การทำกล้วยผงนี้ยังไม่มีการทำเป็นการค้ามากเพราะกล้วยผงไม่สามารถรักษากลิ่นไว้ได้และมักมีความชื้น การเก็บรักษาทำได้ยาก มักจะมีแมลงไปวางไข่แม้จะเก็บในสภาพที่สะอาด ไม่มีเชื้อโรคแล้วก็ตาม จึงไม่ค่อยนิยมทำแต่ก็มีการทำบ้างเล็กน้อยเพื่อใช้ในการผสมขนมเค้ก คุกกี้และไอศกรีม

2.1.4.5 กล้วยแผ่นแช่แข็ง (freeze dried banana slice) ทำจากกล้วยที่สุกเต็มที่แล้วแช่แข็งทันที อาจจะแช่ทั้งผลหรือฝานเป็นชิ้นบางๆหนาประมาณ 25 มม. การทำกล้วยแช่แข็งจะต้องนำกล้วยที่ฝานแล้วผ่านไอน้ำที่อุณหภูมิ 87.7°ซ นาน 4 นาที หรือ93.3°ซ นาน 2 นาทีแล้วทำให้เย็นแข็งที่ -42.7 °ซ จะเก็บกล้วยได้นาน 6 เดือน

2.1.4.6 กล้วยฉาบ (banana chip) ใช้ผลกล้วยดิบฝานบาง ๆ ผึ่งลมไว้สักครู่แล้วจึงนำลงทอดในน้ำมันพืช นิยมใช้กล้วยน้ำว้าหรือกล้วยหักมุก การฝานกล้วยอาจจะฝานตามยาวหรือตามขวางก็ได้ ขณะนี้มีการส่งกล้วยฉาบออกขายต่างประเทศ แต่กล้วยฉาบมีข้อเสียคือเมื่อเก็บไว้นานจะมีกลิ่นหืนและนุ่มเพราะความชื้นเข้า สำหรับในประเทศไทยหลังจากทอดแล้วนิยมฉาบด้วยน้ำตาล

2.1.4.7 กล้วยกระป๋อง (banana syrup) ใช้ผลกล้วยสุก ปอกเปลือกฝานบางๆหรือบรรจุทั้งผล การบรรจุมักใช้การบรรจุกับน้ำเชื่อม กล้วยที่นิยมทำการบรรจุกระป๋องได้แก่ กล้วยไข่และกล้วยน้ำว้า

2.1.4.8 การทำน้ำผลไม้ (fruit juice) นำเนื้อผลกล้วยมาใส่เอนไซม์ pectinolytic 0.01 % เพื่อย่อยเนื้อกล้วยแล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45°ซ นาน 1 ชั่วโมงจะได้น้ำกล้วยที่ใสโดยมีปริมาณน้ำ 55-60 % ของน้ำหนักของเนื้อกล้วยหลังจากบ่มแล้วนำมาทำให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง centrifuge จะได้น้ำกล้วยที่ใสมากยิ่งขึ้น

2.2 หลักการพื้นฐานของการอบแห้ง

2.2.1 การอบแห้ง [4, 5]

การอบแห้งคือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยโดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหยผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีความชื้นค่อนข้างสูงขณะทำการเก็บเกี่ยวทำให้เก็บรักษาได้ไม่นาน ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดแล้วจะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บได้นานขึ้น การอบแห้งเป็นวิธีที่ใช้กันมากในการถนอมอาหารเป็นระยะเวลานาน ซึ่งการอบแห้งทั่ว ๆ ไปจะมีจุดประสงค์หลัก 2 ประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหารเพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ จากการศึกษาพบว่าปริมาณความชื้นในอาหารที่จะป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปควรจะดึงน้ำออกจนมีปริมาณต่ำกว่าร้อยละ 10 ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเป็นสำคัญ

2. เพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหารเพื่อสะดวกต่อการขนส่ง เนื่องจากการขนส่งผลิตภัณฑ์บางชนิดในสภาพของสดจะกินเนื้อที่และการดูแลรักษาลำบากโดนเฉพาะพวกนมสด ถ้าเป็นนมผงจะทำให้น้ำหนักเบาขึ้น การบรรจุขนส่งก็สะดวกและประหยัด ในการอบแห้งอาหารทั่วๆไปพบว่าอาหารแห้งที่ได้มีน้ำหนักลดไปมาก

การกล่าวว่า อาหารที่มีปริมาณน้ำต่ำๆจะเก็บรักษาได้นานกว่านั้นจะสัมพันธ์อยู่กับลักษณะการเน่าเสีย อาหารส่วนใหญ่จะเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสำคัญเนื่องจากจุลินทรีย์มีอยู่ทั่วๆไปในดิน น้ำ และอากาศ ดังนั้นโอกาสที่จุลินทรีย์จะสัมผัสกับอาหารก็มีมาก แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ทุกชนิดจะมีความสามารถในการดำรงชีพหรือเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำในปริมาณที่เหมาะสม การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity ,a_w) ต่ำกว่า 0.07 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน

การทำแห้งจะเกี่ยวข้องอยู่กับการถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะมีการส่งผ่านความร้อนในระหว่างการทำแห้งเกิดขึ้น 3 แบบ กล่าวคือ ความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อน เช่น แสงแดดจะถูกส่งผ่านโดยวิธีการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนไปยังผิวหน้าของอาหาร จากนั้นความร้อนที่ผิวของอาหารจะถูกส่งผ่านโดยการนำความร้อนเข้าไปยังน้ำภายในอาหาร แล้วระเหยไปโดยมีลมเป่าเป็นตัวพาไอร้อนชื้น ในการสร้างเครื่องอบแห้งมักอาศัยหลักของการแผ่รังสีความร้อนขึ้นมาเนื่องจากอัตราการอบแห้งสูงมาก เครื่องอบแห้งอาจจะแบ่งออกตามหลักการของการส่งผ่านความร้อนได้ 5 พวกใหญ่ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การแบ่งประเภทของเครื่องอบแห้ง

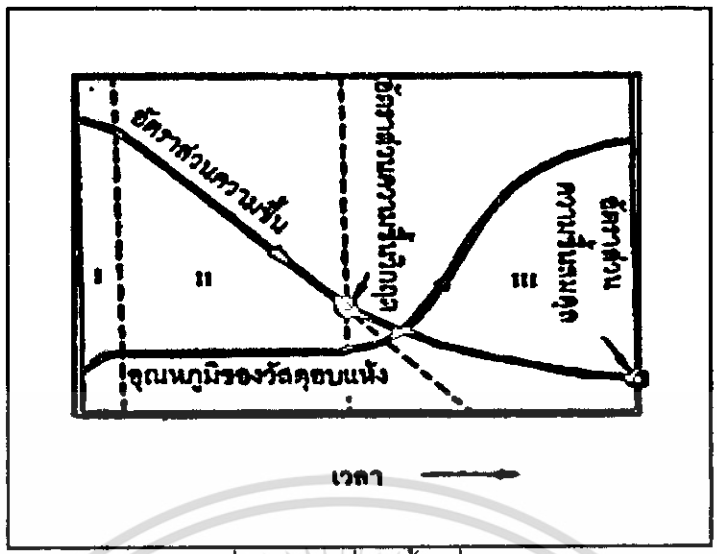
Mode of Heat Transfer	Batch Operation	Continuous Operation
Convection	Kiln drier Cabinet drier	Tunnel drier Conveyor drier Spray drier Fluidized-bed drier
Conduction	Heat-shelf drier Agitated pan driers	Drum drier
Radiation	Infrared heated Shelf drier	Infrared heated Belt drier
Internal General of heat	Microwave oven	Dielectric
Mixed	Shelf	Microwave Tunnel Rotary drier

ที่มา :อรุณี อภิชาติสรางกูร [6]

2.2.2 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการอบแห้งวัสดุที่เปียกชื้นอย่างมากภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งที่คงที่ ยกตัวอย่าง เช่น ในกรณีที่ว่างวัสดุเปียกชื้นภายในกระแสลมปริมาณมากที่มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่ ถ้าเราลองวัดการเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุแห้งนี้กับเวลา จะได้เส้นกราฟคล้ายคลึงกับของในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่ออบแห้งวัสดุภายใต้กระแสลมร้อนที่มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่

ที่มา: รศ.รัชนี ตัณฑะพานิชกุล [7]

การอบแห้งแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

I : ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ

II : ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วคงที่

III : ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง

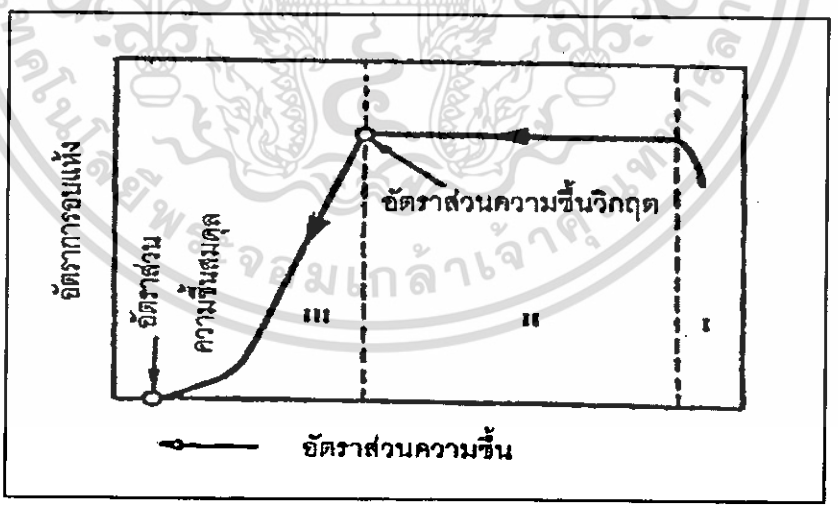
ที่ผิวของวัสดุที่เปียกชื้น ความชื้นที่ผิวจะอยู่ในรูปของน้ำ ถ้าเอาวัสดุนี้มาอบแห้งภายใต้ เงื่อนไขที่คงที่อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet – bulb temperature) t_w ของกระแสลมร้อนช่วงเวลาที่วัสดุใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่านี้ คือ ช่วง I ในรูปที่ 2.2 ในช่วงเวลา II ที่ถัดไป อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ประมาณ t_w ตราบใดที่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในรูปของน้ำที่ผิววัสดุ ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับเป็นช่วงนี้จะถูกใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น ดังเห็นได้จากรูป อัตราส่วนความชื้นเฉลี่ย W ของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในช่วง II นี้ ดังนั้น ความเร็วของการระเหยจะมีค่าคงที่ (constant drying rate) ในช่วงเวลา III ความชื้นในรูปของน้ำจาก ส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิวของวัสดุ ดังนั้น ผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น สรุปแล้วความเร็วของการอบแห้งจะค่อยๆ ลดลงเพราะปริมาณความร้อนที่วัสดุได้รับนอกจากจะลดลงแล้วความร้อนนี้ยังต้องใช้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุด้วย การอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนความชื้นลดลงถึงค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุล W_e (equilibrium moisture content) ค่าของอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยที่จุดต่อระหว่างช่วง Π และ III มีชื่อเรียกว่า อัตราส่วนความชื้นอิสระ F (free moisture content) F คือ ปริมาณความชื้นที่ระเหยออกไปได้โดยการอบแห้ง ในกรณีของวัสดุที่มีลักษณะเฉพาะบางชนิด อาจไม่มีช่วง Π เลยก็ได้ เงื่อนไขของการอบแห้งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ก่อให้เกิดการอบแห้งและเงื่อนไขภายในตัววัสดุเอง เงื่อนไขภายนอกจะเกี่ยวข้องกับวิธีถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุและวิธีกำจัดไอน้ำที่ระเหยออกมา ส่วนเงื่อนไขภายใน ได้แก่ องค์ประกอบและรูปร่าง, อัตราส่วนความชื้นสมดุลของวัสดุอบแห้ง เป็นต้น สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความร้อนของการอบแห้งมีอาทิเช่น R (Kg water/hr.m^2 drying area), R_w (Kg water/hr.kg dry solid) เป็นต้น ถ้าให้ W เป็นมวล (Kg) ของวัสดุแห้ง และ A (m^2) เป็นพื้นที่ของการอบแห้ง เราจะได้

$$R = R_w\left(\frac{W}{A}\right) \tag{2.1}$$

เส้นกราฟที่ได้จากการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการอบแห้ง และ W มีชื่อเรียกว่า เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง อัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยกับเวลาในรูปที่ 2.2 คือ R_w นั่นเอง ถ้าเขียนกราฟของ R_w กับ W จะได้รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

ที่มา: รศ.รัชนี ตัณฑะพานิชกุล [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการอบแห้งเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนการอบแห้งจะแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการอบแห้งคงที่และช่วงการอบแห้งลดลง

1. อัตราการอบแห้งคงที่ (Constant rate) [8]

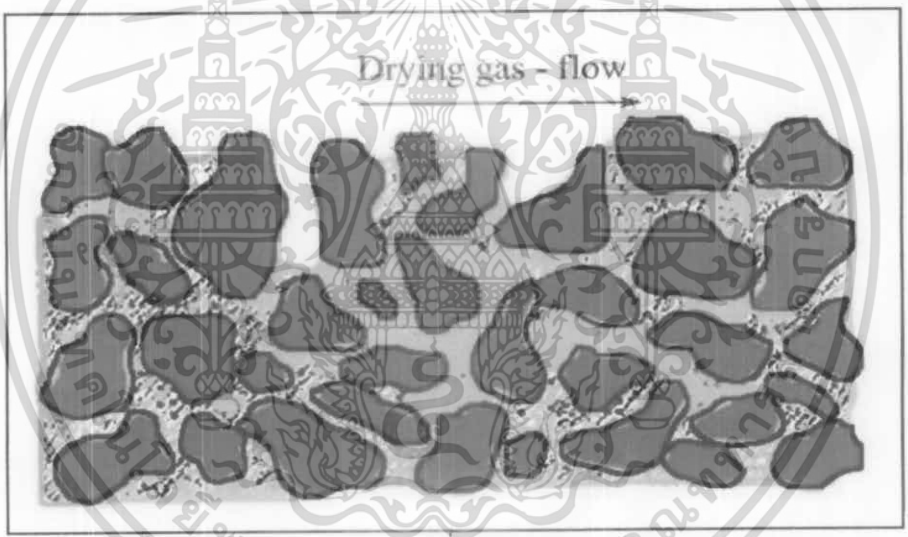
เมื่อวัสดุมีความชื้นสูงมากๆ อัตราการอบแห้งโดยปกติจะถูกควบคุมโดยจากอิทธิพลของสภาวะภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความเร็วของก๊าซ ความดันรวม และความดันย่อยของไอ ที่มีต่อวัสดุที่นำมาอบแห้ง หากสภาวะรอบนอกถูกควบคุมให้คงที่ ในคาบเวลานี้อัตราการระเหยของไอน้ำที่ออกจากผิวหน้าจะเท่ากับอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำจากภายในวัสดุพรุนที่มาเติมเต็มที่ผิวหน้า ดังนั้นทำให้มีฟิล์มของของเหลวบางๆ ปกคลุมที่ผิวหน้าวัสดุตลอดเวลา พารามิเตอร์ที่ควบคุมกระบวนการอบแห้งในคาบเวลานี้ คือ พลังงานความร้อนที่ป้อนให้กับตัววัสดุหรือการถ่ายเทมวลสารที่ออกจากผิววัสดุ การถ่ายเทมวลสารในขณะช่วงอัตราการทำแห้งคงที่นี้ใช้ในการระเหยน้ำซึ่งถ่ายเทมาจากลมร้อน อุณหภูมิของผิวหน้าวัสดุก็สามารถประมาณได้ด้วยอุณหภูมิกระเปาะเปียกในคาบเวลานี้การคำนวณอัตราการอบแห้งสามารถทำได้ง่าย โดยปกติการถ่ายเทความร้อนโดยการพา จะใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการในคาบเวลาดังกล่าวช่วงนี้ปริมาณความชื้นของวัสดุมีค่าสูงกว่าปริมาณความชื้นวิกฤต ที่ผิวของวัสดุจะมีน้ำเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อผ่านอากาศร้อนไปยังผิววัสดุเมล็ดพืช เนื่องจากความชื้นของเมล็ดพืชหลังการเก็บเกี่ยวมีค่าไม่สูงนัก ดังนั้นการอบแห้งที่เกิดขึ้นจะอยู่ในช่วงการอบแห้งลดลง

2. การอบแห้งลดลง (Falling rate) [8, 9]

เมื่อกระบวนการการอบแห้งดำเนินต่อเนื่องไปเรื่อยๆ เมื่อความชื้นมีค่าเข้าสู่ความชื้นวิกฤต ซึ่งค่าของความชื้นวิกฤตนี้จะขึ้นอยู่ความยากง่ายของการเคลื่อนตัวของความชื้นภายในโครงสร้างที่แตกต่างกันของวัสดุเป็นสำคัญ น้ำที่เคลื่อนตัวไปยังผิวหน้าภายใต้อิทธิพลของความดันแคปปิลารี่มีไม่เพียงพอที่จะไปเติมแทนที่น้ำที่เพิ่งระเหยออกไป ทำให้ฟิล์มของของเหลวบางๆ ที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าเกิดการแยกตัวในบางจุด ดังแสดงใน รูปที่ 2.4 ในคาบเวลานี้อัตราการอบแห้งโดยรวมจะเริ่มลดลง บางครั้งอาจมีการเรียกช่วงคาบเวลานี้ว่าคาบเวลาอัตราการอบแห้งลดลงระยะแรก หลังจากกระบวนการอบแห้งดำเนินต่อไป ชั้นของความแห้งจะเริ่มก่อตัวขึ้นอย่างสมบูรณ์ที่ผิวของวัสดุที่นำมาอบแห้ง แล้วค่อยๆ เคลื่อนตัวเข้าไปในเนื้อวัสดุดังแสดงใน รูปที่ 2.5 เรามักเรียกช่วงเวลานี้ว่าคาบเวลาอัตราการอบแห้งลดลงระยะที่สอง ซึ่งการระเหยตัวจะเกิดขึ้นที่ผิวรอยต่อระหว่างขั้นที่แห้งกับขั้นที่เปียกซึ่งมีความชื้นอยู่ ผิวรอยต่อนี้นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่า ผิวของการระเหยหรือผิวของการอบแห้ง หรือขอบเขตของการเคลื่อนที่ ซึ่งมันจะเริ่มเคลื่อนตัวไปกับคาบเวลาของการอบแห้ง การระเหยตัวจะเกิดขึ้นที่ผิวของการระเหย สามารถคำนวณได้ จากกฎของ Kelvin ที่อุณหภูมิเฉพาะตำแหน่งนั้นและที่ความดันไออิ่มตัว ซึ่งในคาบเวลานี้ อัตราการเคลื่อนตัวของมวลสารหรือความชื้นภายในจะเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการ

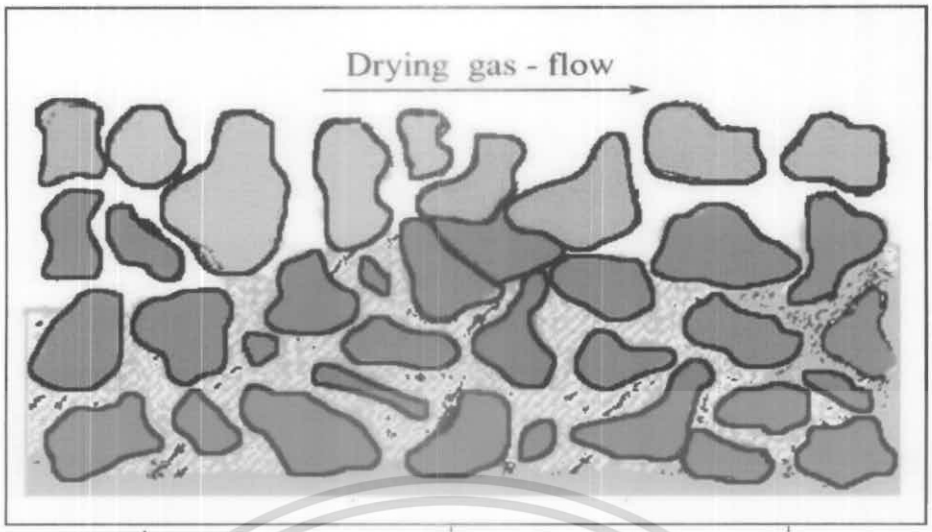
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาบเวลาที่อัตราการอบแห้งลดลงนี้อาจจะสังเกตได้จากการที่อัตราถ่ายเทมวลสารที่ผิวและความดันดังกล่าวนี้จะมีความยุ่งยากที่จะสังเกตได้จากการทดลองและเช่นกันกับวิเคราะห์เชิงทฤษฎีอันเนื่องมาจากความซับซ้อนปรากฏการณ์ของโครงสร้างวัสดุ ช่วงนี้ปริมาณความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤต การถ่ายเทความร้อนและมวลมิได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุเท่านั้น การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุมายังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งจะถูกควบคุมโดยความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในวัสดุ ทำให้เกิดเกรเดียนท์ ความชื้น และอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ ช่วงปลายของคาบเวลาอัตราการแบบแห้งลดลงระยะที่สองจะสังเกตว่าความชื้นภายในวัสดุจะเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยภายในช่องว่างหรือรูพรุนที่มีขนาดเล็กที่กระจายอยู่ตลอดช่วงของวัสดุ ตัวอย่างรูปที่ 2.6 ในช่วงสุดท้ายของกระบวนการนี้อัตราการอบแห้งมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งในกรณีนี้ความชื้นที่มีอยู่เราเรียกว่าค่าความชื้นสมดุล



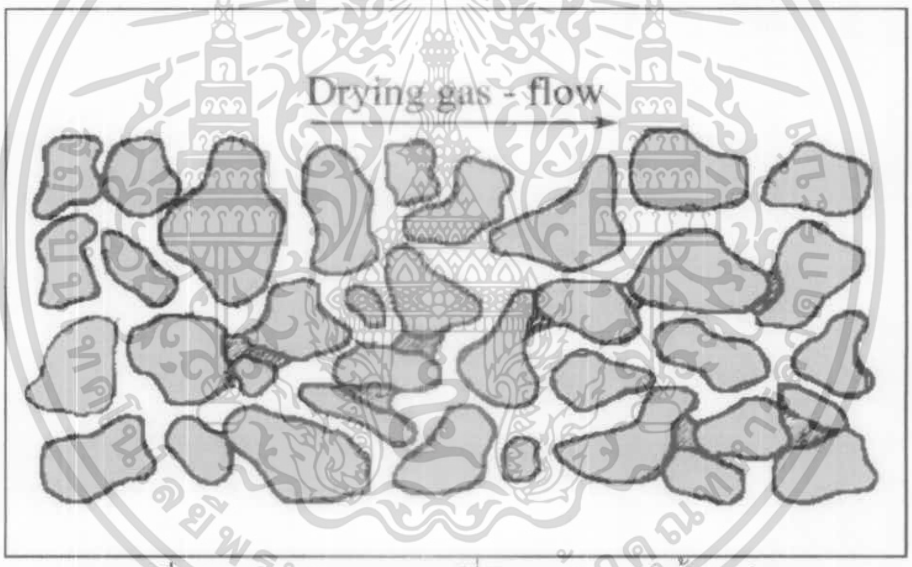
รูปที่ 2.4 แสดงปรากฏการณ์ที่อัตราการอบแห้งลดลงระยะแรก
ที่มา:โชคชัย ธีรกุลเกียรติ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงปรากฏการณ์ที่อัตราการอบแห้งลดลงระยะที่สอง

ที่มา:โชคชัย ธีรกุลเกียรติ [8]



รูปที่ 2.6 แสดงปรากฏการณ์ที่อัตราการอบแห้งขั้นสุดท้าย

ที่มา:โชคชัย ธีรกุลเกียรติ [8]

2.2.3 การเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง [10]

วัตถุดิบไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ และผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำมาถนอมและแปรรูปด้วยการทำแห้งนั้น จำเป็นต้องมีการเตรียมให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม ซึ่งวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดอาจมีวิธีการเตรียมแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดและสภาพของวัตถุดิบ วิธีการและเครื่องทำแห้งที่ใช้สภาพของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ต้องการและค่าใช้จ่ายเป็นต้น การเตรียมวัตถุดิบก่อนการแปรรูปด้วยการทำแห้งโดยทั่วไปนั้นจะเตรียมวัตถุดิบเพื่อให้อยู่ในสภาวะที่มีการปนเปื้อนของสิ่งปนเปื้อนต่างๆในปริมาณต่ำหรือไม่มีเลย ซึ่งการปนเปื้อนของสิ่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าว เช่น โลหะ แร่ธาตุ หิน แมลง สารเคมี จุลินทรีย์ สารพิษ และอื่นๆ มักมีผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องทำแห้ง และอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค การเตรียมวัตถุดิบควรเตรียมให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับการนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งที่ต้องการ เช่น ทำให้วัตถุดิบอยู่ในสภาพของเหลวข้น เมื่อต้องการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง การเตรียมวัตถุดิบมักมีการจำกัดส่วนที่บริโภคไม่ได้ออกไปก่อนนำไปทำแห้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้สะดวกแก่การนำไปบริโภคได้โดยตรง นอกจากนี้ยังควรเตรียมให้วัตถุดิบอยู่ในสภาพที่มีความสม่ำเสมอในแง่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านคุณภาพขนาดรูปร่าง ซึ่งทำให้อัตราการทำแห้งและผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้มีความสม่ำเสมอและควรเตรียมวัตถุดิบเพื่อให้อยู่ในสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้ง เช่น การลดขนาดของวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง เป็นต้น

วัตถุดิบก่อนการนำมาแปรรูปโดยการทำแห้งนั้นอาจต้องผ่านการเตรียมเพียงไม่กี่ขั้นตอนหรือหลายขั้นตอน ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ ลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ต้องการ วิธีการและเครื่องทำแห้งที่ใช้และอื่นๆ โดยทั่วไปปฏิบัติการที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง ได้แก่ การคัดแยก การทำความสะอาด การปอกเปลือกและตัดแต่ง การลวก การใช้สารเคมี และปฏิบัติการอื่นๆ

2.2.3.1 การคัดแยก

ในขั้นของการเตรียมวัตถุดิบมักจะมีการคัดแยกวัตถุดิบ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีความสม่ำเสมอและมีเหมาะสม ที่จะนำไปแปรรูปด้วยการทำแห้ง เช่น ความเหมาะสมและสม่ำเสมอในแง่คุณภาพความแก่อ่อน ขนาด รูปร่าง ลักษณะปรากฏ เป็นต้น โดยการคัดแยกนั้นอาจอาศัยคุณสมบัติใดคุณสมบัติหนึ่งของวัตถุดิบหรือร่วมกันในการคัดแยก ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและสภาพของวัตถุดิบซึ่งผลจากการคัดแยกที่ดีจะทำให้วัตถุดิบที่มีความสม่ำเสมอเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้วัตถุดิบทุกชิ้นมีอัตราการทำแห้งใกล้เคียงกัน และทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีคุณภาพสม่ำเสมอในที่สุด

2.2.3.2 การทำความสะอาด

วัตถุดิบที่นำมาทำแห้งมักจะมีการปนเปื้อนด้วยสิ่งปนเปื้อนต่างๆ เช่น โลหะ แร่ธาตุ สารเคมีเชื้อจุลินทรีย์และอื่นๆ การทำความสะอาดจึงเป็นการช่วยกำจัดหรือลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนดังกล่าว ซึ่งการทำความสะอาดนั้นอาจเป็นการทำความสะอาดแบบเปียกด้วยการแช่ การพ่นละอองน้ำ การใช้แปรงขัด ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและสภาพของวัตถุดิบ นอกจากนี้อาจทำความสะอาดแบบแห้ง เช่น การใช้ลมเป่า การใช้แม่เหล็กในการแยกเศษโลหะโลหะที่ปะปนออกมาจากวัตถุดิบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 การปอกเปลือกและตัดแต่ง

วัตถุดิบที่มีส่วนของเปลือกที่บริโภคไม่ได้หรือบริโภคได้แต่ต้องการแยกออกไป เช่น เปลือกของผัก ผลไม้ และอื่นๆ ก่อนนำมาทำแห้ง ซึ่งการปลอกเปลือกนั้นอาจกระทำได้โดยลักษณะเชิงเคมีฟิสิกส์ เช่น การปลอดเปลือกด้วยด่างด้วยไอร้อนด้วยเปลวไฟ เป็นต้น ทั้งนี้ชนิดและสภาพของวัตถุดิบเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเลือกวิธีการปลอกเปลือก ตัวอย่าง กรณีวัตถุดิบที่เป็นพืชหัว เช่น มันฝรั่ง มันเทศ แครอท

2.2.3.4 การลวก

การลวกเป็นการปฏิบัติการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบเป็นเวลาสั้นๆที่เหมาะสม ณ อุณหภูมิที่กำหนดประมาณ 70 ถึง 105 ^{o}ซ ซึ่งมักใช้ในการเตรียมวัตถุดิบจากการลวกนี้เพื่อทำลายเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ช่วยทำความสะอาด ช่วยลดปริมาณสารที่ไม่ต้องการและลดออกซิเจนในวัตถุดิบด้วย วิธีการลวกที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ การลวกด้วยไอน้ำและน้ำร้อน นอกจากการลวกแล้ว บางครั้งจะมีการให้ความร้อนในระดับที่สูงขึ้น นานขึ้นเพื่อทำให้วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสุกก่อนที่จะนำมาทำแห้ง

2.2.3.5 การใช้สารเคมี

สารที่ช่วยให้เนื้อสัมผัสคงตัว

1. เกลือแคลเซียม โดยไปทำปฏิกิริยากับ pectin substance ในผักและผลไม้ ทำให้โครงสร้างของเซลล์ผักและผลไม้แข็งแรงขึ้น มีผลให้การเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ในระหว่างการแปรรูปลดลง โดยที่กัญญารัตน์ (2536) พบว่า การใช้แคลเซียม-ไฮดรอกไซด์(น้ำปูนใส)ที่ได้จากการนำแคลเซียมคลอไรด์หรือแคลเซียมออกไซด์ไปละลายกับน้ำในการแปรรูปแอพพริคอตกระป๋อง จะทำให้เนื้อสัมผัสคงตัวดีขึ้น และการใช้ในแอปเปิ้ลสด จะทำให้ความคงตัวของลักษณะเนื้อสัมผัสของแอปเปิ้ลดีขึ้นในระหว่างการเก็บ

2. โซเดียมไพโรฟอสเฟต เป็นสารประกอบเกลือฟอสเฟต นิยมเติมลงไปในน้ำร้อนที่ใช้ลวก จุดประสงค์เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและช่วยลดการสูญเสียสารอาหารในขณะลวก ใช้ได้ผลดีกับมันฝรั่ง แครอท เห็ด

สารที่ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล

1. สารประกอบกำมะถัน ที่นิยมใช้จะอยู่ในรูปของโซเดียมซัลไฟต์ร่วมกับโซเดียมไบซัลไฟต์ในปริมาณเท่าๆกัน หรือในรูปของโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโนที่มีอยู่ในผลไม้ โดยเมื่อนำมาละลายน้ำสารประกอบกำมะถันจะแตกตัวให้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา นิยมเติมไปในน้ำที่ใช้ลวกหรือใช้แช่ก่อนนำไปอบแห้ง จุดประสงค์เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการอบแห้งและ

72180
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษา ทำให้ผักและผลไม้ยังคงมีสีตามธรรมชาติ อีกทั้งยังป้องกันการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้ผักผลไม้เก็บได้นานขึ้น และแมลงไม่ค่อยเข้าทำลาย

สำหรับผลไม้ส่วนใหญ่ วิธีการแช่ในสารละลายซัลไฟต์ไม่ค่อยนิยมเพราะจะมีการชะเอาน้ำตาล, กรดจากผลไม้ออกมา จึงนิยมใช้วิธีการรมควันกำมะถันที่เกิดจากการเผาผงกำมะถันในตู้ที่ปิดสนิท

2. กรด

2.1 กรดแอสคอร์บิก ทำโดยการจุ่มน้ำผลไม้ที่หั่นแล้วลงในสารละลายกรดแอสคอร์บิก ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้แห้ง โดยการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล

2.2 กรดซิตริก จะช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล และป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของส่วนประกอบอื่นๆด้วย นอกจากนี้การจุ่มกล้วยหรือแอปเปิ้ลลงในสารละลายผสมระหว่างกรดซิคลิกและกรด erythorbic จะช่วยชะลอสีน้ำตาลที่จะเกิดขึ้นด้วย

2.2.3.6 ปฏิบัติการอื่นๆ

ปฏิบัติการอื่นๆที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบก่อนนำมาทำแห้ง ตัวอย่างเช่น ปฏิบัติการถอนขนของสัตว์มีขนการแยกกระดูกออกจากเนื้อ การแช่น้ำเกลือ และการปรุงรสที่ใช้เตรียมวัตถุดิบจากสัตว์บางชนิด เป็นต้น วัตถุดิบที่นำมาทำแห้งนั้น นอกจากจะอยู่ในสภาพแข็งคงรูปเป็นชิ้น เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ปลา วัตถุดิบบางประเภทอาจอยู่ในสภาพของเหลว เช่น น้ำนมดิบ หรือวัตถุดิบบางประเภทต้องมีการเตรียมให้อยู่ในสภาวะของเหลว เช่น การเตรียมน้ำผลไม้ น้ำผัก จากผลไม้และผัก ก่อนมาทำแห้งเป็นผลไม้ผง หรือน้ำผักผง หรืออาจเตรียมวัตถุดิบให้มีสภาพข้นหนืดก่อนที่จะนำมาทำแห้ง เช่น การเตรียมกล้วยหอมให้มีลักษณะข้นหนืด ก่อนที่จะนำมาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เป็นต้น ดังนั้นในการเตรียมวัตถุดิบต่างๆดังกล่าว จึงมีปฏิบัติการอื่นๆรวมด้วย เช่น ปฏิบัติการสกัดสำหรับสกัดน้ำผลไม้ปฏิบัติการลดขนาดได้แก่ การตีปั่นกล้วยหอม ปฏิบัติการแลกเปลี่ยนความร้อน ได้แก่ การระเหยเพื่อแยกน้ำน้ำออกจากวัตถุดิบต่างๆทำให้วัตถุดิบมีความเข้มข้นและมีความข้นหนืดที่เหมาะสมต่อการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งชนิดนั้นๆเหล่านี้ เป็นต้น

2.2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้ง [11, 12, 13]

2.2.4.1 ธรรมชาติของอาหาร

อาหารเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมาทับถมกัน การระเหยเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้งที่พื้นที่หน่วยน้ำหนักมาก

2.2.4.3 ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน

อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะรับไอน้ำได้น้อยและจะมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

2.2.4.4 ปริมาณอาหารต่อถาด

ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อนหรือได้รับความร้อนจากถาดแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

2.2.4.5 ตำแหน่งอาหารในเตา

น้ำในอาหารส่วนที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับอากาศร้อนที่มีความชื้นต่ำกว่าย่อมระเหยได้ดีกว่า

2.2.4.6 อุณหภูมิของอากาศ

ในการกำหนดอุณหภูมิของอากาศร้อนที่จะใช้ในการอบแห้งว่าอยู่ในช่วงไหนนั้น จะต้องคำนึงถึงว่าเมล็ดพืชนั้นเป็นสิ่งมีชีวิต ดังนั้นการอบที่อุณหภูมิสูงอาจทำลายหรือทำให้สุกหรือทำให้เมล็ดร้าวซึ่งเกิดจากความเค้น (Stress) ภายในเมล็ด ซึ่งทำให้ผิดวัตถุประสงค์ของการอบแห้ง ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ความสามารถในการรับไอน้ำเพิ่มขึ้นมีผลต่ออัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้นมีผลต่ออัตราการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง

2.2.4.7 ความชื้นสมดุล

ความชื้นสมดุล คือ ค่าความชื้นของอาหารที่มีค่าเท่ากับความดันไอของอากาศที่อยู่บริเวณรอบๆขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร อุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ของอากาศ

2.2.4.8 ความเร็วของอากาศร้อน[14]

การอบแห้งที่ต้องการความรวดเร็ว เราจะต้องผ่านอากาศที่มีอุณหภูมิสูงพอสมควรเข้าไปในชั้นของวัสดุ อากาศร้อนจำนวนนี้จะทำหน้าที่อย่างน้อย 2 ประการในเวลาเดียวกัน คือ ประการแรก ความร้อนที่มีอยู่ในอากาศจะถูกถ่ายเทให้กับวัสดุเพื่อทำให้วัสดุคลายความชื้นแล้วในวัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น หรือไปเพิ่มพลังงานให้กับน้ำที่อยู่ภายในวัสดุ ประการที่สองอากาศร้อนจะช่วยพาเอาความชื้นหรือไอที่ซึมผ่านมาที่ผิวของวัสดุหลุดไปพร้อมๆกับอากาศ ลมร้อนทำหน้าที่ ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วลมของลมร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการเคลื่อนย้ายน้ำออกจากวัสดุเร็วขึ้นการเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อนาที นอกจากนั้นความเร็วของลมร้อนทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตาอากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

2.2.4.9 ความจุความร้อนจำเพาะ

ความจุความร้อนจำเพาะ คือ อัตราส่วนความร้อนที่ใส่เข้าไปในระบบต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

2.2.4.10 ความร้อนจำเพาะ

ความร้อนจำเพาะ คือ อัตราส่วนระหว่างความจุความร้อนต่อหน่วยมวล

2.2.4.11 ความหนาแน่นของอาหาร

ความหนาแน่นของอาหาร คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของอาหารต่อปริมาตรของอาหารนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดและความชื้นของอาหาร

2.2.4.12 สัมประสิทธิ์การแพร่

เป็นคุณสมบัติเฉพาะของอาหารขึ้นกับความชื้นของอาหารที่มีผลต่อการอบแห้งสามารถหาค่าได้จากการทดลอง

2.2.5 การเปลี่ยนแปลงของอาหารที่เกิดจากกระบวนการอบแห้ง[15]

2.2.5.1ลักษณะเนื้อสัมผัส

ข้อบกพร่องที่พบมากในด้านการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส คือ เนื้อสัมผัสหลังคืนรูปแข็งหรือเหนียวเกินไป และมีการสูญเสียความชุ่มน้ำ เป็นต้น ในหลายประเทศจะไม่ใช้วิธีทำแห้งกับอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนื่องจากอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีรักษาอาหารอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนเกิดการเสียสภาพและจับตัวกันและสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ เป็นผลทำให้กล้ามเนื้อเหนียวและแข็ง อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมาก โดยทั่วไปการทำแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิและการทำแห้งที่ต่ำกว่า ตัวละลายจะเคลื่อนที่เข้าจากด้านในไปยังผิวอาหารในระหว่างที่น้ำถูกกำจัดออกในขั้นตอนการทำแห้งกลไกและอัตราการเคลื่อนที่มีความจำเพาะสำหรับตัวละลายแต่ละชนิด และขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและสภาวะการทำแห้ง การระเหยของน้ำทำให้ตัวละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้นอุณหภูมิที่สูงขึ้นของอากาศทำให้อาหารโดยเฉพาะผลไม้ ปลา และเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหารและทำให้ผิวแข็งหรือที่เรียกว่า การเกิดผิวแข็ง (Case hardening) การควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นด้านในและที่ผิวอาหารจะช่วยลดเหตุการณ์ดังกล่าวได้ วิธีการทำแห้งและขนาดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณความชื้นของอาหารต่างๆก่อนและหลังการทำแห้ง

ตารางที่ 2.4 ปริมาณความชื้นของอาหารก่อนและหลังการทำแห้ง

อาหาร (%)	ความชื้นก่อนการทำแห้ง (%)	ความชื้นหลังการทำแห้ง (%)
น้ำนม :		
น้ำนมสด	87	5.0
นมสกัดไขมัน	90	5.0
ไข่ :		
ไข่รวม	74	2.9
ไข่ขาว	88	7.3
ไข่แดง	51	1.1
เนื้อโค (เนื้อย่าง)	60	1.5
เนื้อไก่ (ไก่ย่าง)	61	1.6
ถั่ว (อบ)	92	11.5
ข้าวโพด (หวาน)	76	3.2
มันฝรั่ง (ต้ม)	80	4.0
น้ำแอปเปิ้ล	86	6.2

ที่มา:วิไล รังสาดทอง [15]

ตารางที่ 2.5 สัดส่วนโดยประมาณสำหรับการอบแห้ง การหดตัวและการคืนตัวของผักบางชนิด

ผัก	อัตราการทำแห้ง	อัตราการหดตัวโดยรวม	อัตราการคืนตัว
กะหล่ำปลี	11.5	21.0	10.5
แครอท, ลูกเต๋า	7.5	12.0	7.0
หัวหอมใหญ่, แผ่นบาง	7.0	8.0	5.5
พริกไทยสด	17.0	22.0	8.0
ผักขมฝรั่ง	13.0	13.5	5.0
แผ่นมะเขือเทศ	14.0	20.0	5.0

ที่มา:วิไล รังสาดทอง [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.2 การหดตัวของอาหาร

การแห้งทุกแบบยกเว้นการทำแห้งในสภาวะแช่แข็ง จะทำให้เกิดการหดตัวของอาหารมากน้อยต่างกันไปในแต่ละวิธี แม้อาหารที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ก็จะมีการหดตัวด้วย ในช่างต้นการหดตัวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่ลดลง แต่ในช่วงปลายของการทำแห้งการหดตัวจะลดลงอาหารจะมีขนาดและรูปร่างคงที่ก่อนที่การทำแห้งจะสิ้นสุดลง ความโปร่งพรุนของโครงสร้างและ Bulk density ของผักแห้งจะขึ้นกับสภาวะในการทำแห้ง เมื่ออัตราการทำแห้งในตอนต้นสูงผิวภายนอกของชิ้นอาหารจะแข็งปริมาตรจะคงที่อยู่ตัว ขณะที่การทำแห้งดำเนินต่อไปเนื้อเยื่อภายในจะแยกตัวเป็นโครงสร้างที่โปร่ง อาหารที่เกิดการทำแห้งในลักษณะนี้จะมี Bulk density ต่ำและคืนรูปได้ง่าย กลับกันถ้าอัตราการทำแห้งในตอนต้นต่ำชิ้นอาหารจะหดตัวทำให้มี Bulk density สูงอาหารแต่ละชนิดมีระดับการหดตัวที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.5

2.2.5.3 สี

การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะผิวหน้าของอาหาร การสะท้อนแสงและสี การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของคาโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์เกิดจากความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง โดยทั่วไปการทำแห้งที่เวลานานกว่าและอุณหภูมิสูงกว่าทำให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาจากเอนไซม์ที่หลงเหลืออยู่ในอาหารทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาทั้งนี้ป้องกันได้โดยการลวกหรือการใช้กรดแอสคอร์บิดหรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อัตราการเกิดสีคล้ำระหว่างการเก็บรักษาผักผลไม้ที่มีซัลเฟอร์ในปริมาณไม่มากนักจะแปรผกผันกับปริมาณซัลเฟอร์ที่ตกค้างอยู่เป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนสีผักผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา อัตราการเกิดสีน้ำตาลในนมหรือผลิตภัณฑ์ผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของอาหารและอุณหภูมิในการเก็บรักษา อัตราการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิการทำแห้งที่สูงเมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงกว่า 4-5 % และอุณหภูมิเก็บรักษาเกิน 38 ^{o}ซ

2.2.5.4 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ

สำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีข้อมูลแสดงการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแห้งแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นกับการเตรียมวัตถุดิบ อุณหภูมิ เวลาที่ใช้ทำแห้ง และสภาวะการเก็บที่แตกต่างกันการทำแห้งผักผลไม้ การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการจากการเตรียมวัตถุดิบมักจะมากกว่ากระบวนการการทำแห้ง จากการติดตามการสูญเสียวิตามินซีในการผลิตแอปเปิ้ลเกล็ดพบว่า การสูญเสียจากการหั่นจะมีค่า 8% จากการลวด 62% จากการบด 10% และจากการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเพียง 5% ระหว่างการทำแห้ง สารละลายวิตามินที่ละลายน้ำในอาหารจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น สารละลายของวิตามินบางชนิดอาจจะมีความเข้มข้นสูงจนถึงระดับอิ่มตัวและมีวิตามินตกตะกอนออกมา แต่การสูญเสียในลักษณะนี้จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย วิตามินบางชนิด เช่น วิตามินซี จะมีการละลายสูงมากและไม่เกิดการตกตะกอน การสูญเสียวิตามินซีจะเกิดจากความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันสภาวะการทำแห้งควรใช้เวลาสั้น อุณหภูมิต่ำ และควบคุมออกซิเจนและความชื้นให้น้อยที่สุด ไทอะมินก็จะมีการสูญเสียเนื่องจากความร้อนเช่นเดียวกัน ส่วนวิตามินที่ละลายน้ำอื่นๆจะทนต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่า และมีการสูญเสียเพียง 5-10 %ซึ่งรวมทั้งการสูญเสียจากการลวก วิตามินที่ละลายในน้ำมันจะไม่ถูกเพิ่มความเข้มข้นเช่นเดียวกับวิตามินที่ละลายน้ำ

แต่อย่างไรก็ตามการลดปริมาณน้ำลงอาจทำให้ความเข้มข้นของโลหะซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ วิตามินที่ละลายในไขมันจะเกิดการสูญเสียเนื่องจากปฏิกิริยากับเพอร์ออกไซด์ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การลดการสูญเสียวิตามินเหล่านี้ระหว่างการเก็บจะทำโดยการลดปริมาณออกซิเจน ลดอุณหภูมิการเก็บและป้องกันแสง การทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำนั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อโปรตีน สตาร์ชและคาร์โบไฮเดรตอื่นน้อยมาก แต่เนื่องจากอาหารแห้งซึ่งได้จากกระบวนการนี้จะมีโครงสร้างโปร่งพรุนจึงช่วยให้ออกซิเจนสามารถเข้าไปเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันภายในอาหารได้ดีขึ้น อาหารเหล่านี้จึงมีมักบรรจุภายในก๊าซเฉื่อยหรือภายในสุญญากาศ การเปลี่ยนแปลงและการสูญเสียของไทอะมิน วิตามินซี และวิตามินอื่นๆจะมีน้อยส่วนมากการสูญเสียจะเกิดขึ้นในช่วงการเตรียมวัตถุดิบ

2.2.5.5 กลิ่นและรส

ความร้อนนอกจากจะทำให้น้ำระเหยแล้วยังทำให้สารหมอระเหยบางชนิดสูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของของแข็งในอาหารความดันไอและความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย สารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหยและการแทนที่สูงจะเกิดการสูญเสียที่ช่วงแรกของการอบแห้ง เกิดการสูญเสียของสารระเหยในช่วงหลังของการทำแห้งต่ำ การควบคุมสภาวะการทำแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด อาหารให้กลิ่นรสที่มีมูลค่าสูง เช่น สมุนไพรและเครื่องเทศจะใช้อุณหภูมิในการทำแห้งต่ำ

ปฏิกิริยาออกซิเดชันรงควัตถุ วิตามินและไขมันในอาหารระหว่างการเก็บรักษาเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียกลิ่น อาหารแห้งซึ่งมีรูพรุนอยู่ภายในจะเก็บกักก๊าซออกซิเจนได้มากด้วย อุณหภูมิในการเก็บรักษาและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้จะเป็นตัวกำหนดอัตราการเสื่อมเสียของอาหาร

ปฏิกิริยาออกซิเดชันในนมผงแห้งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหื่น เนื่องจากการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นที่ 2 รวมทั้งเดลตา - แล็กโตส ผักและผลไม้มีปริมาณไขมันเพียงเล็กน้อยแต่ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันทำให้เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซซันดีไฮเดรชัน หรือออกซิเดชันและกลายเป็นแอลดีไฮด์ คีโตน และกรดซึ่งทำให้เกิดการเหม็นหืน แคโรทีนในอาหารบางชนิด เช่น แครอท อาจจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิด เบตา – อิโอนโนน ซึ่งทำให้กลิ่นดอกไวโอแลตสามารถลดปฏิกิริยาเหล่านี้ออกได้โดยการบรรจุในสุญญากาศหรือเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ การกำจัดแสงอุลตราไวโอเลตหรือแสงที่มองเห็นได้ การควบคุมรักษาความชื้นให้ต่ำ การเติมสารสังเคราะห์หรือสารธรรมชาติที่สามารถป้องกัน ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การเติมเอนไซม์กลูโคสออกซิเดชันสามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารแห้ง การใช้ถุงซึ่งออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้แต่ความชื้นไม่ผ่านโดยมีกลูโคสและเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสบรรจุอยู่บนอาหารแห้งในบรรจุภัณฑ์ การกำจัดออกซิเจนออกจากช่องว่างในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา นมผงภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจนที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10% นมจะดูดก๊าซและทำให้เกิดสุญญากาศย่อยภายในช่องว่างเหนืออาหาร อากาศจะแพร่ออกไปจากอาหารแห้งและถูกกำจัดออกโดยการเติมก๊าซใหม่หลัง 24 ชั่วโมง มีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลไม้เพื่อป้องกันเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและไฮโดรไลซิส ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นเปลี่ยนแปลง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

E.E.Ehabe และคณะ [16] ได้ศึกษาผลของการแช่กล้วยในสารละลายน้ำตาล สารละลายเกลือและสารละลายน้ำตาลผสมเกลือก่อนนำมาอบ พบว่าส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพในการเก็บรักษาโดยการแช่กล้วยในน้ำเปล่าก่อนนำไปอบจะได้ค่าความสว่างมากกว่าการแช่กล้วยในสารละลายที่มีน้ำตาลผสมอยู่ ถึงแม้ว่าการแช่กล้วยในสารละลายจะเป็นการเพิ่มการแพร่ของตัวถูกละลายไปสู่กล้วยมากขึ้นแต่กล้วยที่ไม่แช่สารจะมีคุณภาพทางด้านภาพลักษณ์ ความรู้สึกจากการใช้มือสัมผัสและรสชาติที่ดีกว่าสารละลายน้ำตาลหรือเกลือที่มีความเข้มข้น 10% น้ำหนัก/ปริมาตร และสารละลายผสมเกลือ 5% กับน้ำตาล 5% จะมีผลทำให้เกิดการอุ้มน้ำและความชื้นเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพในการเก็บรักษา ในทางกลับกันการแช่กล้วยในสารละลายเกลือสารละลายเกลือและสารละลายน้ำตาลผสมเกลือจะมีผลต่อคุณภาพในการเก็บรักษาคือช่วยยับยั้งการเกิดราบนผิวกล้วย

Gordon Yong และ Richard Mason [17] ได้ศึกษาพฤติกรรมการแห้งของกล้วยโดยใช้การเตรียมกล้วยก่อนการอบแห้ง 4 วิธี คือ การให้ความร้อน การแช่แข็ง การแช่เย็นและการให้ความร้อนและการแช่แข็ง ใช้อุณหภูมิที่ 50 ^{o}ซ ด้วยความเร็ว 3.1 เมตร/วินาที และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 10-35 % ผลปรากฏว่า การทำแห้งที่มีการเตรียมกล้วยหอมด้วยการใช้วิธีแช่แข็งและให้ความร้อนร่วมกันจะมีอัตราการทำแห้งสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Devlet Dermirel และ Mahir Turhan [18] ได้ศึกษาพฤติกรรมการทำแห้งของกล้วยหั่นบาง พันธุ์ Dwart Cavendish และ Gros Michel โดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 40-70 °ซ กับกล้วยธรรมดาและกล้วยที่ผ่านการเตรียมกล้วยก่อนอบแห้ง ด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียม-ไบซัลไฟต์และกรดซิตริกหรือกรดแอสคอร์บิค กล้วยที่มีการเตรียมก่อนการทำแห้งจะมีอัตราการทำแห้งที่เพิ่มขึ้นและกล้วยที่แช่สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์จะแห้งเร็วกว่ากล้วยที่แช่สารละลายกรดซิตริกหรือกรดแอสคอร์บิค หลังจากการอบแห้งกล้วยที่แช่สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสดีกว่าแต่จะมีกลิ่นของโซเดียมไบซัลไฟต์ติดมากับผลิตภัณฑ์ การแพร่ของน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิระหว่าง 40-70 °ซ ในกล้วยที่ไม่ผ่านการเตรียมส่วนกล้วยที่มีการเตรียมก่อนการอบแห้งจะมีการแพร่ของน้ำเพิ่มขึ้นระหว่างอุณหภูมิ 40-60 ° ซ และลดลงที่อุณหภูมิ 70 °ซ อาจจะเกี่ยวกับการเกิด Case hardening และ Gelatinization ที่อุณหภูมิมากกว่า 60 °ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมี

1. กล้วยหอมทองเบอร์ 4
2. ปูนแดง (Calcium Oxide)
3. กรดซิตริก (Critic acid)

3.1.2 อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (tray dryer) (กล้วยน้ำไทการช่าง)
2. Hand-held refractometer รุ่น ATAGO N-2E และรุ่น ATAGO N-3E
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก (SHIMADZU, รุ่น BX 3000)
5. เครื่อง colorimeter (Juki, รุ่น Color JC 801)
6. บีกเกอร์ขนาด 1000 mL

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 วิธีการทดลองขั้นต้น

1. เตรียมกล้วยหอมทองระดับความสุก 19 - 20 °Bx หั่นตามขวางได้ลักษณะเป็นแผ่นกลมหนา 2 มิลลิเมตร

2. ทำการเตรียมกล้วยโดยลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปเรียงในถาด

3. นำถาดกล้วยเข้าอบในตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 70 °ซ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

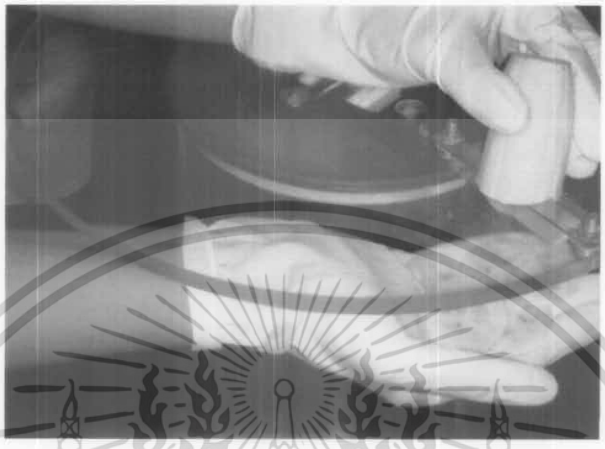
4. ทำซ้ำข้อ 2-4 โดยเปลี่ยนวิธีการเตรียมตัวอย่างเป็นการแช่สารละลายน้ำปูนใสความเข้มข้น 1% โดยมวล เป็นเวลา 10 นาที การแช่สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 10 นาที และการแช่สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 10 นาที ตามลำดับ

5. สังเกตความเปลี่ยนแปลงของกล้วยที่ได้แล้วเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วิธีการทดลอง

1. เตรียมกล้วยหอมทองโดยทำการปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นแว่นหนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 6 ชุด ชุดละ 25 ชิ้น รวมทั้งหมด 150 ชิ้น โดยทำการหั่น 2 ชุดแรกก่อนและอีก 10 นาทีถัดมาค่อยหั่นอีก 4 ชุดที่เหลือ



รูปที่ 3.1 แสดงการหั่นกล้วย

2. เตรียมสารละลายกรดซิตริก 0.5 และ 1 % น้ำปูนใส 1 % โดยแยกใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 mL ดังนี้ คือ กรดซิตริก 0.5 และ 1 % อย่างละ 2 ใบ น้ำปูนใส 1% 3 ใบ และน้ำเปล่า 1 ใบ

3. แช่กล้วยหอมในสารละลายต่างๆโดยมีการแช่ดังนี้คือ

กล้วยชุดที่ 1 แช่น้ำเปล่า 10 นาที

กล้วยชุดที่ 2 แช่น้ำปูนใส 1 % 10 นาที

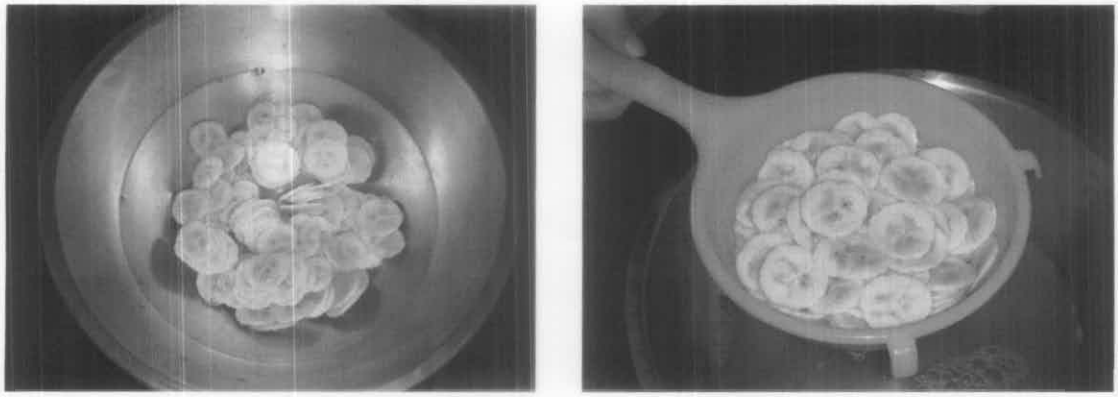
กล้วยชุดที่ 3 แช่กรดซิตริก 0.5 % 10 นาที

กล้วยชุดที่ 4 แช่กรดซิตริก 1 % 10นาที

กล้วยชุดที่ 5 แช่น้ำปูนใส 1% 10 นาที แล้วนำมาแช่กรดซิตริก 0.5 % อีก 10 นาที

กล้วยชุดที่ 6 แช่น้ำปูนใส 1% 10 นาที แล้วนำมาแช่กรดซิตริก 1 % อีก 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 3.2 แสดงการแช่กล้วยในสารละลาย

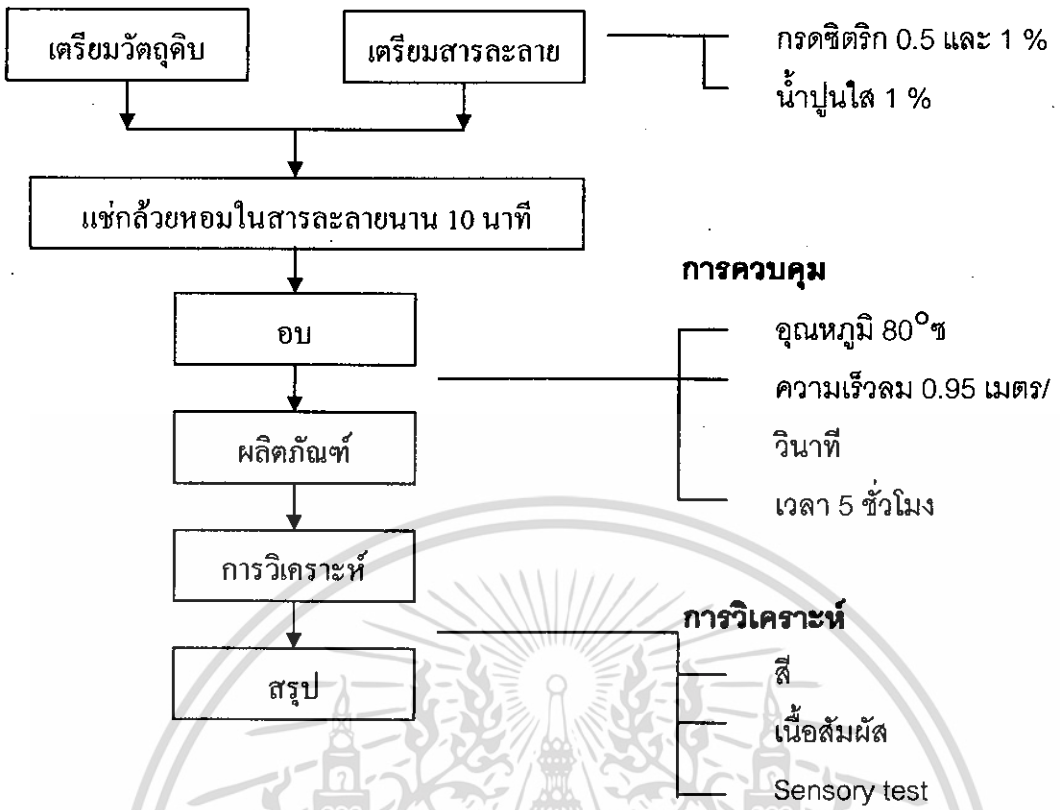
ลำดับการแช่คือ นำกล้วยชุดที่ 5 และ 6(2 ชุดแรกที่หั่นก่อน) แช่ในน้ำปูนใสก่อน 10 นาที จากนั้นเมื่อครบ 10 นาทีแล้วให้นำกล้วยชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 (4 ชุดที่หั่นทีหลัง) แช่ในสารละลายที่กำหนดไว้เป็นเวลา 10 นาที ในขณะเดียวกันก็ย้ายกล้วยชุดที่ 5 และ 6 ไปแช่ในกรดซิตริก 0.5 และ 1 % ตามลำดับ โดยใช้เวลาในการแช่ 10 นาที เช่นเดียวกัน

4. นำกล้วยมาเรียงบนถาดโดยเรียงตามชุดแล้วนำเข้าตู้อบลมร้อน

รูปที่ 3.3 แสดงการเรียงกล้วยในถาดก่อนนำเข้าตู้อบลมร้อน

5. อบกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 80 °ซ ความเร็วลม 0.95 เมตร/วินาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง
6. เก็บตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้แก่ สี, เนื้อสัมผัส และsensory test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.3.1 ระบบการวัดค่าสี [19]

การวัดสีระบบ C.I.E. Lab (L*, a*, b*) เป็นหนึ่งในระบบที่นิยมใช้บอกค่าสีโดยค่า tristimulus เครื่องมือวัดระบบสี tristimulus colorimeter เป็นเครื่องมือที่ออกแบบขึ้นเพื่อพัฒนาจากระบบ spectrophotometer เพื่อให้การวัดง่ายขึ้นโดยส่วนประกอบหลักคือ แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน แก้วกรองแสงสามชุดซึ่งให้สเปกตรัมเลียนแบบ X, Y, Z เซลล์รับแสง (Photo cell) ซึ่งสามารถอ่านค่าออกมาเป็นค่า tristimulus (X, Y, Z) ของวัตถุที่ต้องการวัด

การวัดสีระบบ C.I.E. Lab (L*, a*, b*) เป็นระบบสีที่กำหนดขึ้นในปีค.ศ.1976 โดย C.I.E. โดยใช้ค่า L*, a* และ b* ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ใหม่มาแสดงค่าสี และสามารถนำมาหาค่า Chroma (C*) และ Hue (H) ได้ [17] ข้อดีของระบบ C.I.E. Lab คือสามารถหาค่าความแตกต่างระหว่าง 2 สี หรือค่า E* (total difference) ได้จาก

$$\Delta E = \sqrt{\left(\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}\right)} \qquad (3.1)$$

ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่างหรือความขาว

มีค่า 0-100 ที่ 0 แสดงถึงสีมืดที่สุด

ที่ 100 แสดงถึงสีสว่างที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า a* คือค่า Hue ซึ่งเป็นค่าที่บอกสีโดยแสดงในสองแกน

a* = + อยู่ภายใต้อิทธิพลของสีแดง

a* = - อยู่ภายใต้อิทธิพลของสีเขียว

ค่า b* คือค่า Hue ซึ่งเป็นค่าที่บอกสีโดยแสดงในสองแกน

b* = + อยู่ภายใต้อิทธิพลของสีเหลือง

b* = - อยู่ภายใต้อิทธิพลของสีน้ำเงิน

3.3.2 การวัดค่าสี

นำชิ้นตัวอย่างกล้วยหอมทองอบกรอบมาบดให้ละเอียดแล้วนำมาวัดค่าสีด้วย เครื่อง colorimeter (Juki, รุ่น Color JC 801) โดยการเข้าโปรแกรมการวัดสี เลือกคำสั่ง MEASUREMENT ต่อจากนั้นเปิดเครื่องวัดสี เลื่อนแถบกั้นแสง แล้วนำ Light Tap Block วางครอบช่องวัดสีของตัวอย่าง กด F1 ใส่แผ่นมาตรฐานที่เป็นวัตถุขาววางครอบช่องวัดสีของตัวอย่าง จากนั้นเปิดเครื่องวัดสีเลื่อนแถบกั้นแสงเข้าที่เดิมแล้วกด F1 ตรวจวัดค่าวัตถุขาวให้ได้ตามกล่อง ซึ่งมีค่า L*, a*, b* ดังนี้ 99.10, 0.11, 0.40 ตามลำดับ เสร็จแล้วนำตัวอย่างกล้วยหอมทองอบกรอบที่บดละเอียดแล้ววางบนแท่นวางแล้วครอบด้วยที่ครอบสีดำ แล้วกด Enter 2 ครั้ง ทำการบันทึกค่า L*, a*, b*

รูปที่ 3.5 แสดงการวัดสีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 เนื้อสัมผัส (Texture)

ใช้เครื่อง Texture Analyser (TA) เพื่อหาค่า ความแข็ง (Hardness) และความกรอบ (Crispness) โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1. ประกอบหัว กดชนิดหัวกลม (P/0.25s ball + 1 curcular support insert) และฐานเข้ากับตัวเครื่อง ใช้ Model Fracturability Torllica ทำการ calibrate force โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 2000 กรัม
2. ทำการ calibrate height โดยตั้งระยะหัววัดให้สูงกว่าความสูงของตัวอย่าง
3. ตั้งโปรแกรมโดยเลือกรูปแบบการทดสอบพร้อมทั้งจัดค่าความเร็วหัววัดเริ่มต้น 1 มม/วินาที ความเร็วขณะกดเป็น 1 มม/วินาที ความเร็วของหัวกลับเป็น 10 มม/วินาที ระยะที่ใช้กดเป็น 3 มม แรงกดเริ่มต้นที่ 5 นิวตัน และ Acquisition Rate เป็น 500 pps
4. นำชิ้นตัวอย่างกล้วยหอมทองอบกรอบมาวางไว้ที่แท่นวางโดยให้ปลายหัวกดตรงกับตำแหน่งจุดศูนย์กลางของชิ้นกล้วยพอดี
5. เดินเครื่องควบคุม รอจนกระทั่งเครื่องทำงานเสร็จ
6. ทำการวัดค่าแรงกด 12 ซ้ำ
7. บันทึกกราฟที่ได้อ่านค่า แรงแตกหักสูงสุด (N) และจำนวนพีค (Crispness)

(ก) (ข)

รูปที่3.6 แสดงการจัดวางชิ้นตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 รสชาติ (sensory test)

ใช้วิธี Ranking เป็นการทดสอบแบบโดยให้ผู้ทดสอบเลือกตามความชอบเรียงลำดับจากชอบมากที่สุดไปน้อยที่สุด การวิเคราะห์โดยทำแบบทดสอบเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างที่เตรียมให้และชุดที่ 2 ให้ผู้ทดสอบดูสี นำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์

4.1 ผลการทดลองขั้นต้น

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวิธีการเตรียมตัวอย่างกล้วยก่อนการอบแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ โดย

- การลวกด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90°ซ เป็นเวลา 2 นาที
- การแช่ในสารละลายน้ำปูนใสเป็นเวลา 10 นาที
- การแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตรเป็นเวลา 10 นาที
- การแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตรเป็นเวลา 10 นาที

โดยใช้กล้วยระดับความสุก 19-20 °Bx ในการทดลอง จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°ซ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สังเกตความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการเตรียมตัวอย่างกล้วยก่อนอบแห้ง

วิธีเตรียมตัวอย่าง	การเปลี่ยนแปลงหลังการอบ 4 ชั่วโมง
การลวกด้วยน้ำ 90°C 2 นาที	หลังการลวกก่อนนำไปเข้าตู้อบกล้วยเริ่มช้ำ หลังจากอบแล้วกล้วยมีสีค่อนข้างคล้ำโดย เฉพาะบริเวณกลางแผ่นจะคล้ำจนเกือบดำและผลิตภัณฑ์แห้งน้อยที่สุด
แช่ในสารละลายน้ำปูนใส 10 นาที	หลังการแช่กล้วยมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น แต่เริ่มมีรอยคล้ำเป็นเส้นที่รอบๆผิว หลังการอบแห้งสีคล้ำขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ผลิตภัณฑ์แห้งและแข็งกว่าการเตรียมกล้วยแบบอื่นๆ
แช่ในสารละลายกรดซิตริก 10 กรัม/ลิตร	หลังการแช่ก่อนนำเข้าตู้อบกล้วยมีสีสว่างขึ้นเมื่อเทียบกับกล้วยที่ไม่ได้ผ่านการเตรียม หลังการอบแห้งกล้วยมีสีเปลี่ยนไปจากเดิมไม่มาก (จากการสังเกตด้วยตาเปล่า) และมีความแห้งและกรอบมากกว่าแบบลวกแต่ไม่แห้งเท่าแบบแช่ในสารละลายน้ำปูนใส มีรสเปรี้ยว
แช่ในสารละลายกรดซิตริก 5 กรัม/ลิตร	ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับการแช่ในสารละลายกรดซิตริกแบบความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตรเ แต่มีรสเปรี้ยวน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาเบื้องต้น เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ จะพบว่า

เมื่อเปรียบเทียบความแห้ง : น้ำปูนใส > กรดซิตริก > การลวก

เมื่อเปรียบเทียบสี (ความคล้ำ) : กรดซิตริก < น้ำปูนใส < การลวก

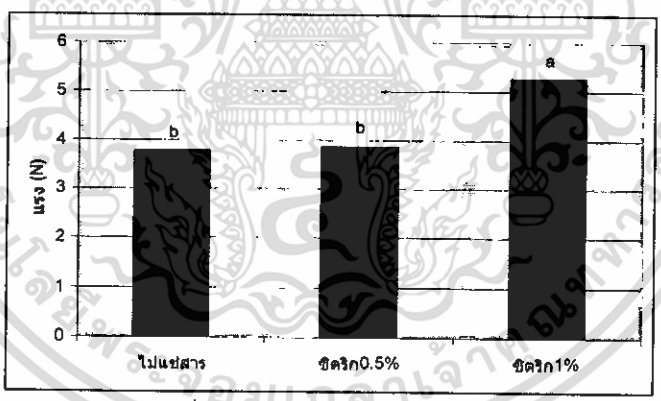
สรุปได้ว่าการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตรให้ผลดีที่สุดในการเปลี่ยนแปลงสีหลังการอบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นและและมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุดสำหรับการแช่ในน้ำปูนใส โดยวัดจากความพอใจของกลุ่มผู้ทดสอบเป็นหลัก ด้วยเหตุนี้จึงสนใจที่จะศึกษาผลของกรดซิตริกและน้ำปูนใสต่อคุณภาพของกล้วยหอมทองอบกรอบ และจากการศึกษาได้ผลดังนี้

4.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

จากการนำชิ้นตัวอย่างกล้วยหอมทองอบกรอบมาทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser และข้อมูลที่ได้จากกราฟมาคำนวณทางสถิติได้ผลดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ความแข็ง (Hardness)

4.2.1.1 ผลของกรดซิตริก



หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

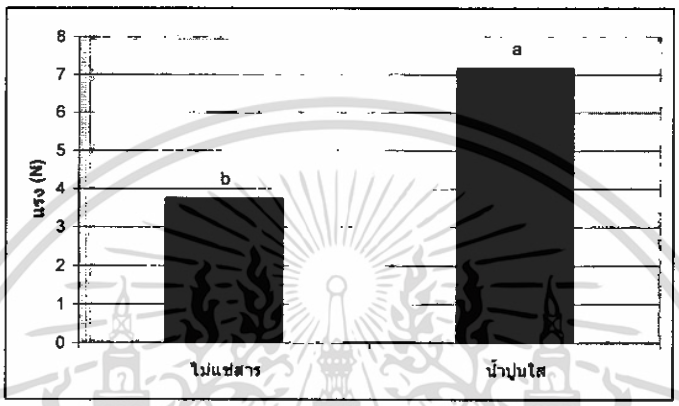
รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงผลของกรดซิตริกต่อความแข็งของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้

จากรูปที่ 4.1 พบว่าความแข็งของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้จากการแช่ในกรดซิตริก 0.5% มีค่าใกล้เคียงกับความแข็งของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ไม่มีการแช่สาร และเมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของกรดซิตริกเป็น 1% พบว่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเนื่องมาจากกรดซิตริกมีคุณสมบัติช่วยลดการเกิดเจลของเพคตินในกล้วย ซึ่งเจลของเพคตินจะเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำ ส่งผลให้น้ำเคลื่อนที่ออกได้น้อยในขั้นตอนการอบ ด้วยเหตุนี้ความชื้นของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้จากการแช่ในกรดซิตริก 1% จึงมีค่าน้อยกว่าแช่ในกรดซิตริก 0.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวได้ว่าความชื้นของกล้วยหอมทองอบกรอบส่งผลต่อความแข็งโดยตรง ส่วนการที่ความแข็งของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้จากการไม่แช่สาร และ แช่ในกรดซิตริก 0.5% มีค่าใกล้เคียงกัน น่าจะเป็นเพราะเวลาในการแช่อาจจะน้อยเกินไป ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีที่เกิดระหว่างการแช่ทำให้ไม่พบความแตกต่างของความแข็ง

4.2.1.2 ผลของน้ำปูนใส



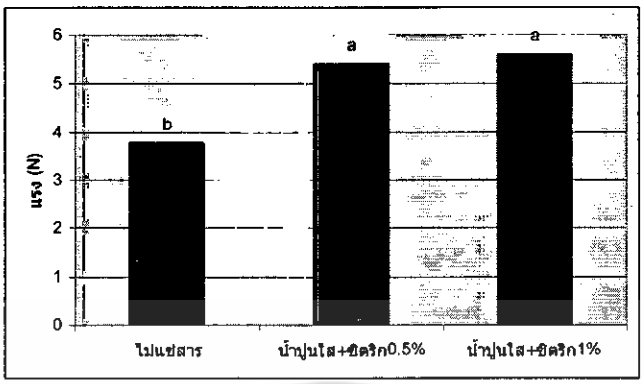
หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงผลของน้ำปูนใสต่อความแข็งของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้

จากรูปที่ 4.2 พบว่าความแข็งของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้จากการแช่ในน้ำปูนใสมีค่ามากกว่าการไม่แช่สารอย่างเห็นได้ชัด ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นเพราะคุณสมบัติของน้ำปูนใสที่ไปทำปฏิกิริยากับเพคตินที่แทรกอยู่ระหว่างผนังเซลล์ของกล้วย โดยทำให้เพคตินมีความแข็งแรงส่งผลต่อโครงสร้างโดยรวม ช่วยให้โครงสร้างมีการยึดกันแน่นมากขึ้น จึงทำให้ความแข็งมีค่าเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ผลของน้ำปูนใสและกรดซิตริก



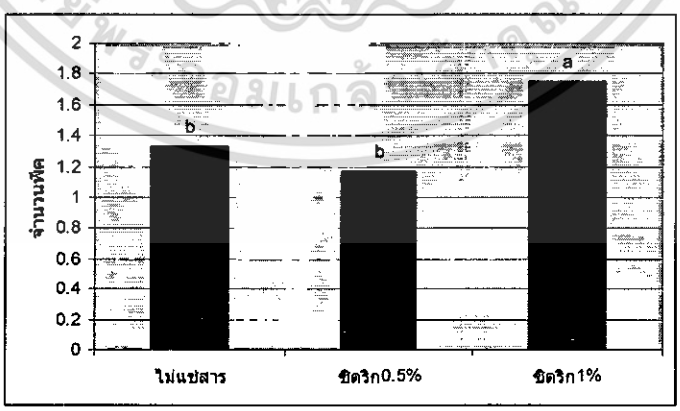
หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงผลของน้ำปูนใสและกรดซิตริกต่อความแข็งของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้

จากรูปที่ 4.3 พบว่ากล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้จากการแช่ในน้ำปูนใสกับกรดซิตริก 0.5% และน้ำปูนใสกับกรดซิตริก 1% มีค่าใกล้เคียงกัน และมากกว่าการไม่แช่สารอย่างเห็นได้ชัด ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากได้รับผลของน้ำปูนใสและกรดซิตริกร่วมกัน โดยน้ำปูนใสช่วยเพิ่มความแข็ง และกรดซิตริกช่วยให้น้ำเคลื่อนที่ไปสู่ผิวกล้วยและถูกดึงออกไปได้ง่ายในขั้นตอนของการอบทำให้ความชื้นมีค่าน้อยกว่าส่งผลให้ความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น

4.2.2 การวิเคราะห์ความกรอบ (crispness)

4.2.2.1 ผลของกรดซิตริก



หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงผลของกรดซิตริกต่อความกรอบของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 พบว่ากล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้จากการไม่แช่สาร และแช่ในกรดซิตริก 0.5% มีความกรอบที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริกเป็น 1% พบว่าความกรอบมีค่าเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเกิดจากการที่กรดซิตริกลดการเกิดเจลของเพคติน ทำให้น้ำเคลื่อนที่ได้ง่าย โดยเมื่อน้ำเคลื่อนที่ออกไปจะเกิดช่องว่างภายในโครงสร้าง ซึ่งช่องว่างที่เกิดนั้นคือบริเวณเดิมที่น้ำแทรกอยู่ เมื่อเป็นเช่นนี้โครงสร้างของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้จะมีความพรุนเกิดขึ้น

กล่าวคือการแช่ในกรดซิตริก 1% จะทำให้โครงสร้างของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้มีความพรุนมากกว่า หรือมีความกรอบมากกว่านั่นเอง ส่วนความกรอบที่ใกล้เคียงกันสำหรับการไม่แช่สาร และ แช่ในกรดซิตริก 0.5% นั้นสาเหตุน่าจะมาจากเวลาในการแช่ที่อาจจะน้อยเกินไป จึงไม่ค่อยเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนในด้านความกรอบ

4.2.2.2 ผลของน้ำปูนใส

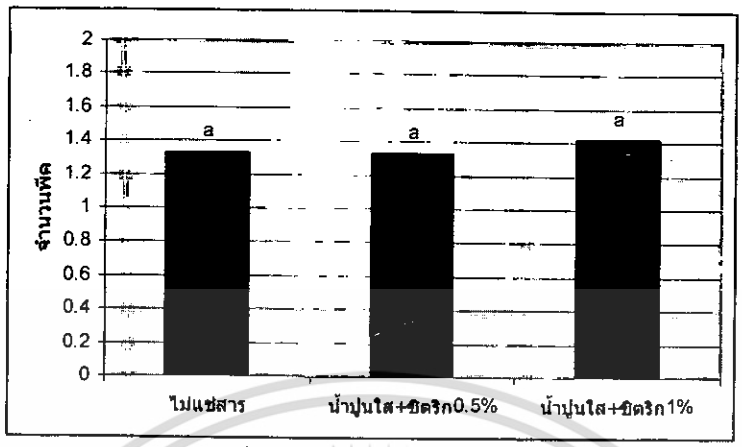
หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงผลของน้ำปูนใสต่อความกรอบของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้

จากรูปที่ 4.5 พบว่ากล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้จากการไม่แช่สาร และ แช่ในน้ำปูนใส มีความกรอบใกล้เคียงกัน ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นเพราะน้ำปูนใสทำปฏิกิริยากับเพคตินทำให้โครงสร้างโดยรวมมีความแน่นมากขึ้น แต่ไม่ได้ไปขัดขวางการเกิดเจลของเพคติน ทำให้ความยากง่ายในการเคลื่อนที่ของน้ำออกไปสู่ผิวกล้วยในขั้นตอนการอบใกล้เคียงกับการไม่แช่สาร ด้วยเหตุนี้ความพรุนของโครงสร้างจึงใกล้เคียงกัน ส่งผลให้มีความกรอบใกล้เคียงกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 ผลของน้ำปูนใสและกรดซิตริก



หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

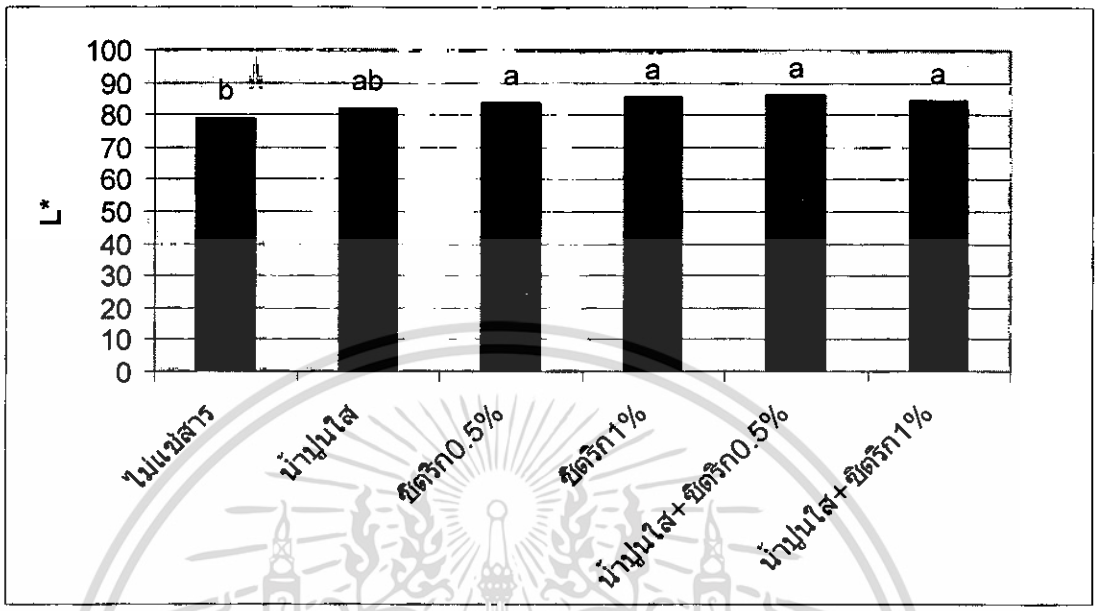
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงผลของน้ำปูนใสและกรดซิตริกต่อความกรอบของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้

จากรูปที่ 4.6 พบว่า กล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้จากการไม่แช่สาร, น้ำปูนใสกับกรดซิตริก 0.5% และ น้ำปูนใสกับกรดซิตริก 1% มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าการแช่น้ำปูนใสและกรดซิตริกร่วมกันไม่ส่งผลต่อความกรอบ หรืออาจจะส่งผลเพียงเล็กน้อยจนถือว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นเพราะหลังจากแช่ในน้ำปูนใส เพคตินจะมีความแข็งแรงและความคงตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างกรดซิตริกกับเพคตินในการยับยั้งการเกิดเจลไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้ความกรอบที่ได้ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ค่าสี

4.3.1 การวิเคราะห์ค่า L*



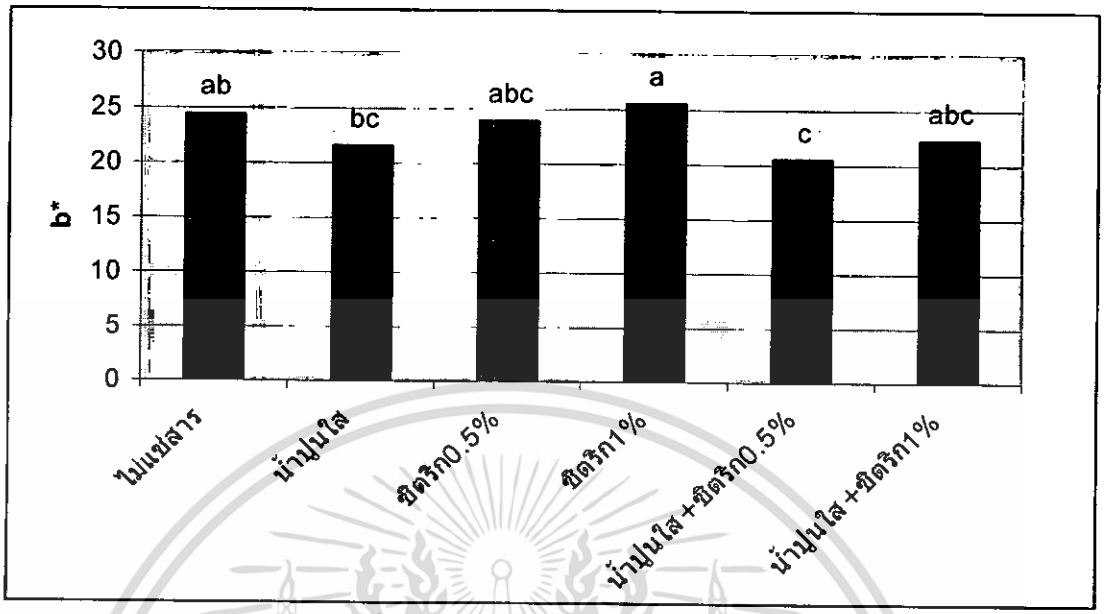
หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า L* ที่สภาวะการเตรียมกล้วยต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.7 จะสังเกตได้ว่าเมื่อมีการแช่กรดซิตริกร่วมด้วย ค่า L* จะมีค่าสูงกว่าที่ไม่มีการแช่กรดซิตริก อาจกล่าวได้ว่ากล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้นั้นจะมีสีที่อ่อนและออกไปในแนวโทนสีขาวมากกว่าแบบที่ไม่มีการแช่กรดซิตริก ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเนื่องมาจากการที่กรดซิตริกมีคุณสมบัติในการลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยจะเข้าไปขัดขวางการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนของกลุ่มเอนไซม์ฟีนอลเลส (Phenolase) และเมื่อเปรียบเทียบทุกสภาวะกับไม่แช่สารแล้วจะเห็นได้ว่าการเตรียมกล้วยก่อนนำไปอบจะช่วยให้สีของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้มีสีที่อ่อนลง ทำให้ดูน่ารับประทานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การวิเคราะห์ค่า b*



หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

รูปที่ 4.8 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า b* ที่สภาวะการเตรียมกล้วยต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่ากรดซิตริก 1% มีค่า b* สูงที่สุด ซึ่งแสดงว่ามีความเป็นสีเหลืองมากที่สุดและใกล้เคียงกับไม่แช่สาร ส่วนเมื่อเทียบระหว่างกรดซิตริก 0.5% กับ กรดซิตริก 1% จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้น ค่า b* ก็เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเทียบระหว่างกรดซิตริก 0.5% กับ น้ำปูนใสและกรดซิตริก 0.5% จะพบว่าค่า b* ลดลง ส่วนกรดซิตริก 1% กับ น้ำปูนใสและกรดซิตริก 1% ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสีของกล้วยสดที่วัดค่าจากการทดลองเบื้องต้น พบว่าการแช่ในกรดซิตริกนั้นมีค่า b* ที่ใกล้เคียงมากที่สุด

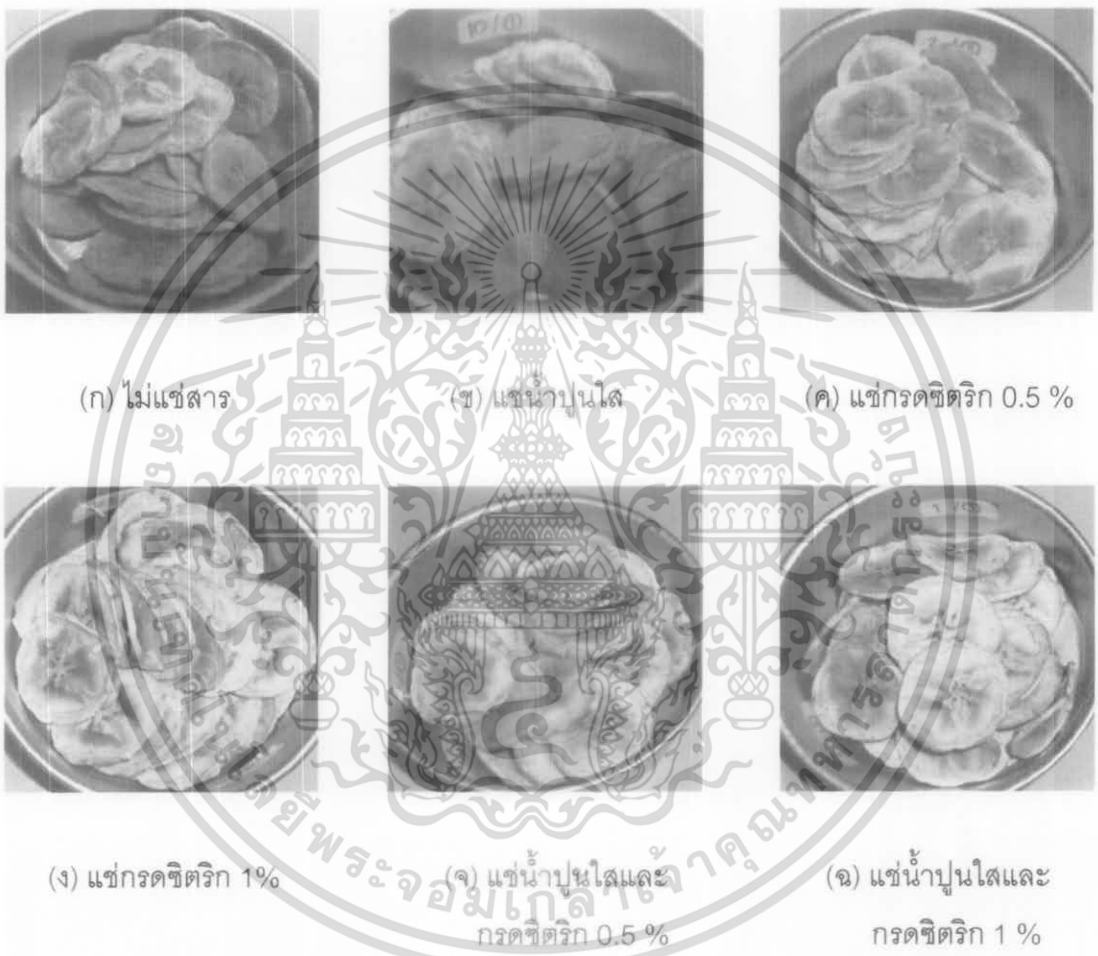
กล่าวได้ว่าค่า b* ที่สูงซึ่งบ่งบอกถึงมีความเป็นสีเหลืองที่สูง ซึ่งสีเหลืองก็เป็นสีธรรมชาติของกล้วยอยู่แล้ว ดังนั้นกล้วยหอมทองอบกรอบที่มีความเป็นสีเหลืองสูงน่าจะเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคมากกว่า เนื่องจากยังคงสภาพของสีได้ใกล้เคียงกับสีกล้วยสดได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory Test)

แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ชุดคือ แบบทดสอบสี และรสชาติ ซึ่งเป็นการทดสอบโดยให้ผู้ทดสอบเลือกตามความชอบเรียงลำดับจากชอบมากที่สุดไปน้อยที่สุด ซึ่งผลที่ได้นำมาคำนวณทางสถิติได้ผลดังนี้

4.4.1 สี

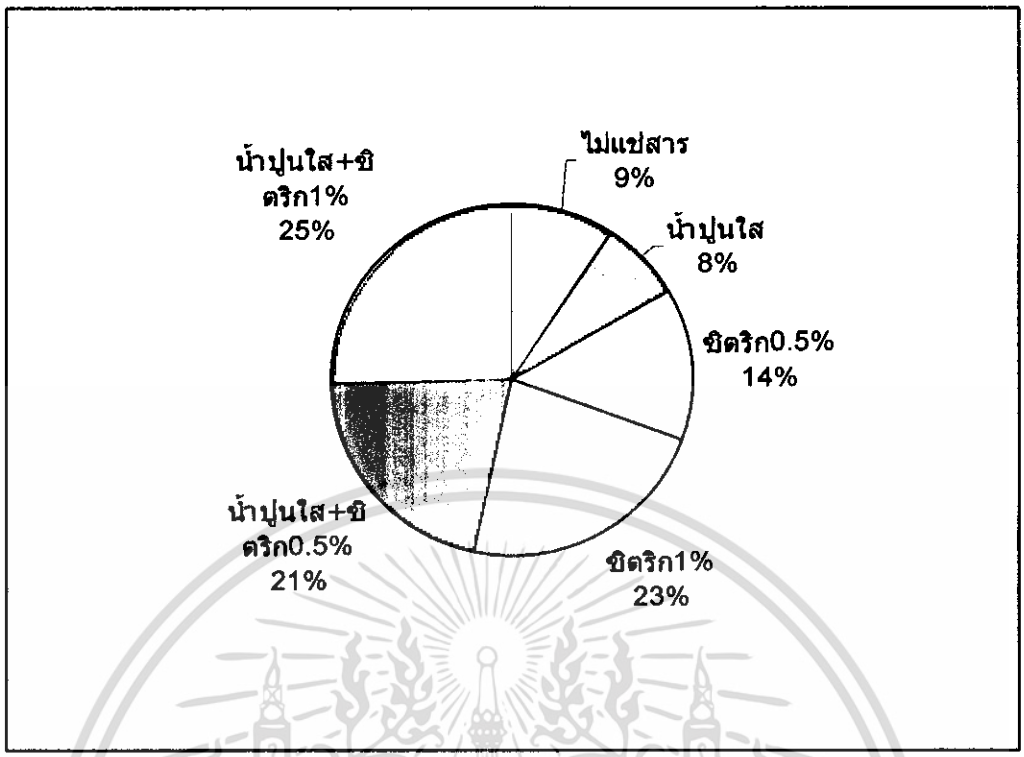


(ก) ไม่แช่สาร (ข) แช่น้ำปูนใส (ค) แช่กรดซิตริก 0.5 %

(ง) แช่กรดซิตริก 1% (จ) แช่น้ำปูนใสและกรดซิตริก 0.5 % (ฉ) แช่น้ำปูนใสและกรดซิตริก 1 %

รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างกล้วยหอมทองอบกรอบที่ผ่านการเตรียมก่อนนำไปอบแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

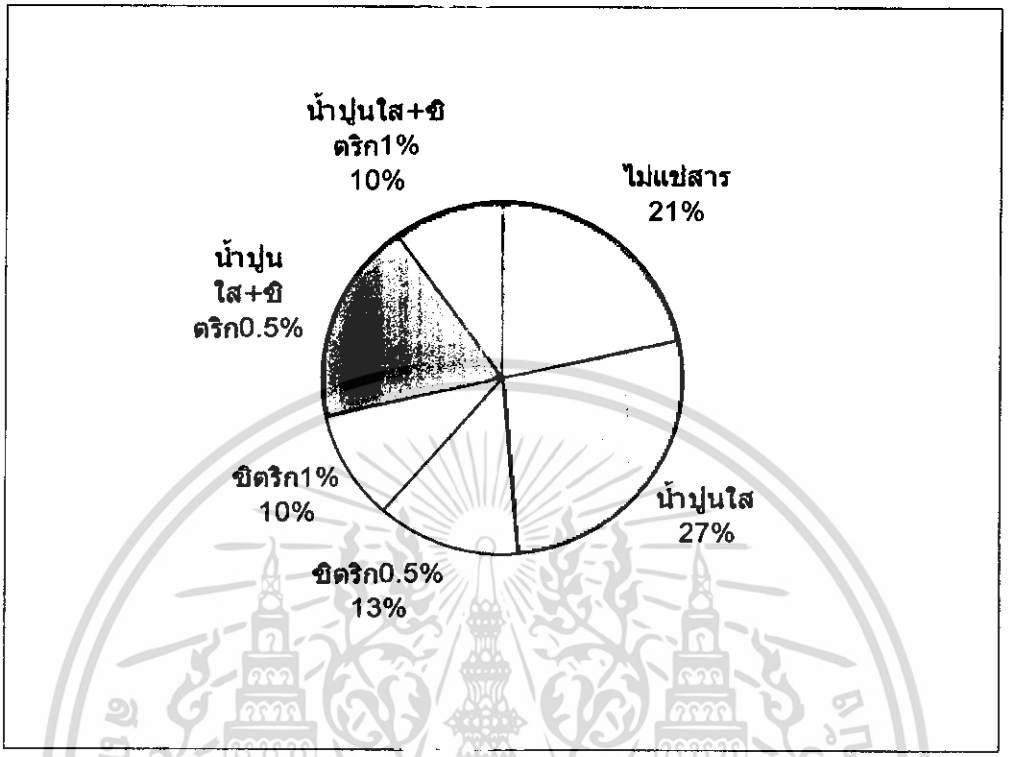


รูปที่ 4.10 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี

น้ำปูนใสกับกรดซิตริก 1% มีคนชอบมากที่สุด รองลงมาคือ กรดซิตริก 0.5%, กรดซิตริก 1% และน้ำปูนใสกับกรดซิตริก 0.5% ซึ่งมีคนชอบเท่ากัน และสุดท้ายคือ ไม่แช่สารกับน้ำปูนใสโดยทั้งคู่มีคนชอบน้อยที่สุดเท่ากัน จะสังเกตได้ว่าวิธีการเตรียมกล้วยก่อนอบที่มีกรดซิตริกร่วมด้วยจะมีคนชอบในลำดับต้นๆ แสดงว่ากลุ่มผู้ทดสอบชอบกล้วยหอมทองอบกรอบที่มีสีอ่อนมากกว่าสีเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 รสชาติ



รูปที่ 4.11 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสชาติ

น้ำปูนใสมีคนชอบมากที่สุด รองลงมาคือ ไม่แช่สาร, กรดซิตริก 0.5% และน้ำปูนใสกับกรดซิตริก 0.5% ซึ่งมีคนชอบเท่าๆกัน ส่วนกรดซิตริก 1% และ น้ำปูนใสกับกรดซิตริก 1% มีคนชอบน้อยที่สุดเท่าๆกัน สำหรับการทดสอบทางด้านรสชาติจะพบว่าผลที่ได้จะกลับกันกับการทดสอบทางด้านสีที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นเพราะซิตริกซึ่งเป็นกรดเมื่อใส่ในอาหารจะทำให้มีรสเปรี้ยว โดยผลการทดสอบบ่งบอกได้ว่ากลุ่มผู้ทดสอบไม่ชอบกล้วยหอมทองอบกรอบที่มีรสชาติเปรี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการเตรียมกล้วยหอมทองก่อนนำไปอบจะส่งผลต่อคุณภาพของกล้วยหอมทองอบกรอบอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับการที่ไม่มีการแช่สารซึ่งผลต่อคุณภาพก็จะแตกต่างกันไปตามสารที่ใช้ ซึ่งกรดซิตริกจะช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และ ช่วยลดการเกิดเจลของเพคติน ส่งผลดีต่อสีและความกรอบของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ได้ ส่วนน้ำปูนใสจะช่วยให้เนื้อสัมผัสของกล้วยหอมทองอบกรอบมีความแน่น เนื่องจากไปเพิ่มความแข็งแรงของเพคติน ทำให้โครงสร้างโดยรวมมีความแน่นและคงตัว

การใช้ประโยชน์จากกรดซิตริกและน้ำปูนใสร่วมกันจะช่วยลดจุดด้อยและเสริมจุดเด่นให้แก่กันและกัน ดังจะเห็นได้จาก สีของกล้วยหอมทองอบกรอบที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำปูนใสจะเข้มกว่าสีของกล้วยที่ผ่านการแช่น้ำปูนใสแล้วนำไปแช่กรดซิตริกต่อ และน้ำปูนใสก็จะช่วยเพิ่มความแน่นให้แก่เนื้อสัมผัส เป็นต้น

สุดท้ายแล้วต้องทำให้คุณภาพที่ได้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด ผลของกรดซิตริกจะช่วยให้สีของกล้วยหอมทองอบกรอบอ่อนและมีสีใกล้เคียงกับกล้วยหอมทองสดทำให้ดูน่ารับประทาน แต่ถ้าใส่ในปริมาณมากเกินไปก็จะทำให้เกิดรสชาติเปรี้ยวซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคส่วนใหญ่ น้ำปูนใสจะเป็นตัวช่วยเพิ่มความหนาแน่นให้กับเนื้อสัมผัสทำให้กล้วยหอมทองอบกรอบ มีเนื้อสัมผัสดีเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค แต่ในด้านของสีซึ่งมีลักษณะคล้ำส่งผลให้ผู้บริโภคยังไม่ยอบรับเท่าที่ควร

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับผู้ที่มีความสนใจที่จะทำการศึกษาต่อไป ควรมีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภายในที่เกิดขึ้นระหว่างการอบด้วย

2. ควรมีการทดลองวิธีการเตรียมกล้วยก่อนอบแบบอื่น ๆ เพิ่มเติมด้วยเพราะว่าการเปลี่ยนแปลงของสี ความแข็งและความกรอบอาจจะได้ผลที่ดีกว่าหรือแตกต่างกันออกไป

3. ในการศึกษาครั้งนี้ได้อบกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 80 ^{o}C ระดับความสุกกล้วยเบอร์ 4 เพื่อเร่งอัตราการทำแห้งเนื่องจากเวลาในการแห้งค่อนข้างจำกัดซึ่งในความเป็นจริงแล้วควรศึกษาโดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ และระดับความสุกกล้วยต่าง ๆ เพื่อที่จะได้เห็นอัตราการเปลี่ยนสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Doae, กล้วยหอมทอง. [Online]. Available:http://www.doae.go.th/LIBRARY/html/detail/banana/page62.html. 2006.

[2] เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2538. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์บริษัทประชาชน จำกัด. กรุงเทพฯ.

[3] บุณรา บุญวรากุล. "ปัญหาพิเศษ เรื่อง ผลของระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง." ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542.

[4] สมบัติ ขอทวีวัฒนา. **การพัฒนากรรมวิธีการผลิต ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร.** กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2527.

[5] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. **การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท.** กรุงเทพมหานคร : โครงการส่งเสริมการสร้างตำรา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2540.

[6] อรุณี อภิชาติสรางกูร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทั่วไป. ภาควิชาวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาวตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530

[7] รศ.รัชนี ตัณฑะพานิชกุล. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายตำราและอุปกรณ์การสอน ม.ราม, 2532.

[8] โชคชัย ธีรกุลเกียรติ และคณะ. การถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช. 2544.

[9] คณาอาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2539

[10] ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช. "การวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งในวัสดุพรุน! หลักการเบื้องต้นของการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในกระบวนการอบแห้งวัสดุพรุน." **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาไทย).** ปีที่ 12, ฉบับที่ 1 (มีนาคม-เมษายน 2547). หน้า 1-10.

[11] โชคชัย ธีรกุลเกียรติ และคณะ. **การถนอมและการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช. 2544.

[12] อนุตรา ปล้องคำ และวีระพล ดำคร้าม. **"โครงงานวิศวกรรมอาหาร เรื่อง การใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับตู้อบแห้งแบบฉมร้อน."** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 2546.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] ฐิตถิ อารมณ์เพียร และณัฏฐพล บุญเกิดทรัพย์สิน. "**ปัญหาพิเศษ เรื่อง ศึกษาการทำแห้งเนื้อลูกตาลสุก.**" ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543.

[14] อาภากร วัฒนะ. "การอบแห้งเมล็ดข้าวโพดโดยก๊าซซีวมวลจากซังข้าวโพด." ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 2541.

[15] วิไล รังสาดทอง. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร Food Processing Technology. กรุงเทพมหานคร : บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด. 2546.

[16][Online]Available:http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6T8J4GV9S4P37&_cdi=5088&_user=1750352&_orig=search&_coverDate=10%2F31%2F2006&_sk=999239995&view=c&wchp=dGLbVzbzSkzS&md5=15e55df1c1f7363abdf1cb91d84129e5&ie=/sdarticle.pdf. 2006.

[17][Online]Available:http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6T8J452WBN222R&_cdi=5088&_user=1750352&_orig=search&_coverDate=11%2F30%2F2002&_sk=999449997&view=c&wchp=dGLbVzzzSkzV&md5=51d2968c7105ad930ece86673d8264ee&ie=/sdarticle.pdf. 2006.

[18][Online]Available:http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6T8J47S6MWG63D&_cdi=5088&_user=1750352&_orig=search&_coverDate=08%2F31%2F2003&_sk=999409998&view=c&wchp=dGLzVzzzSkzS&md5=dc07fc762bab03fb1d6f476c888bade4&ie=/sdarticle.pdf. 2006.

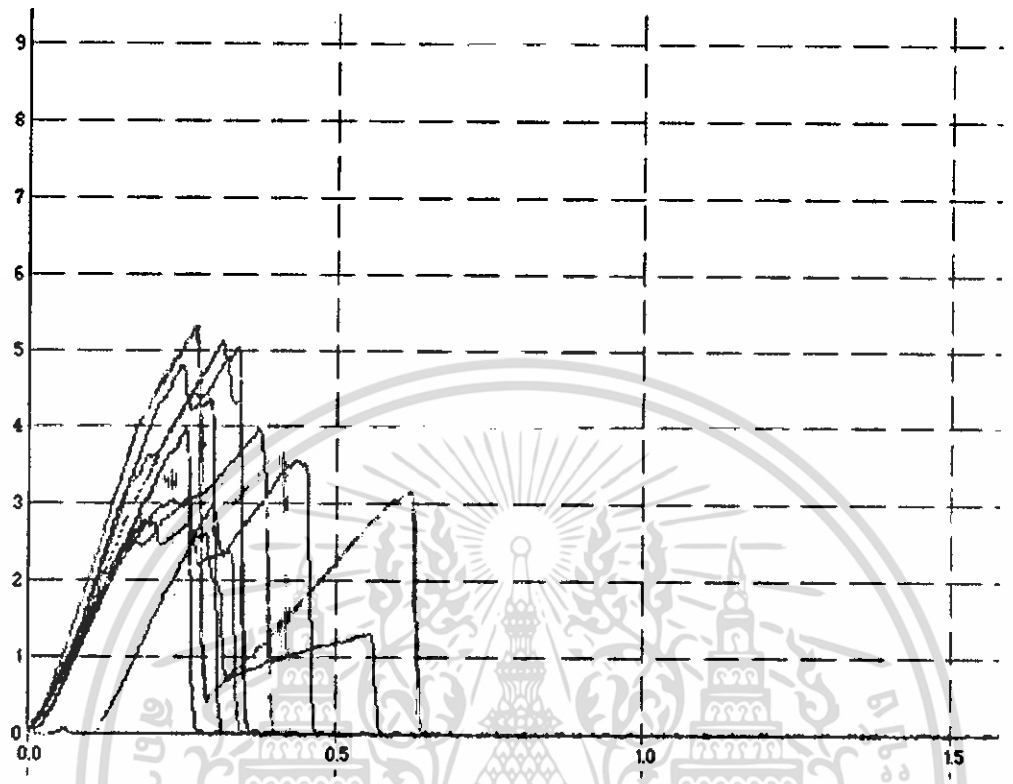
[19] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และสาธิป รัตนภาสกร. 2538. สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

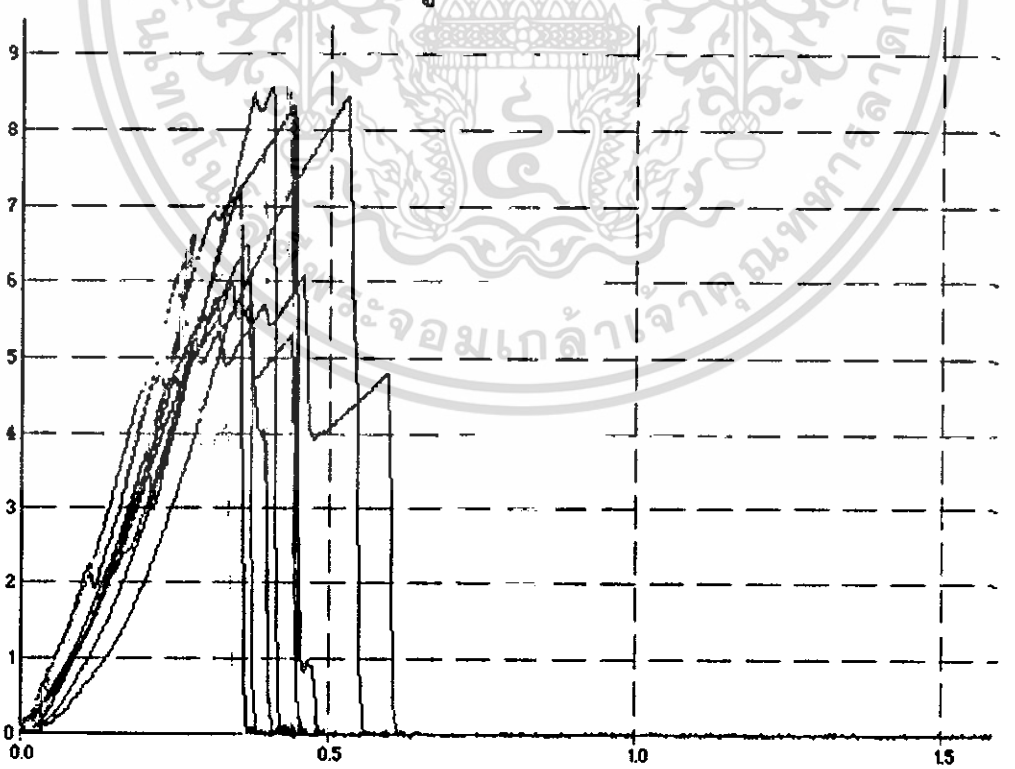
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. ลักษณะกราฟจากเครื่อง texture analyzer แกนyคือแรง(นิวตัน) แกนxคือเวลา (วินาที)

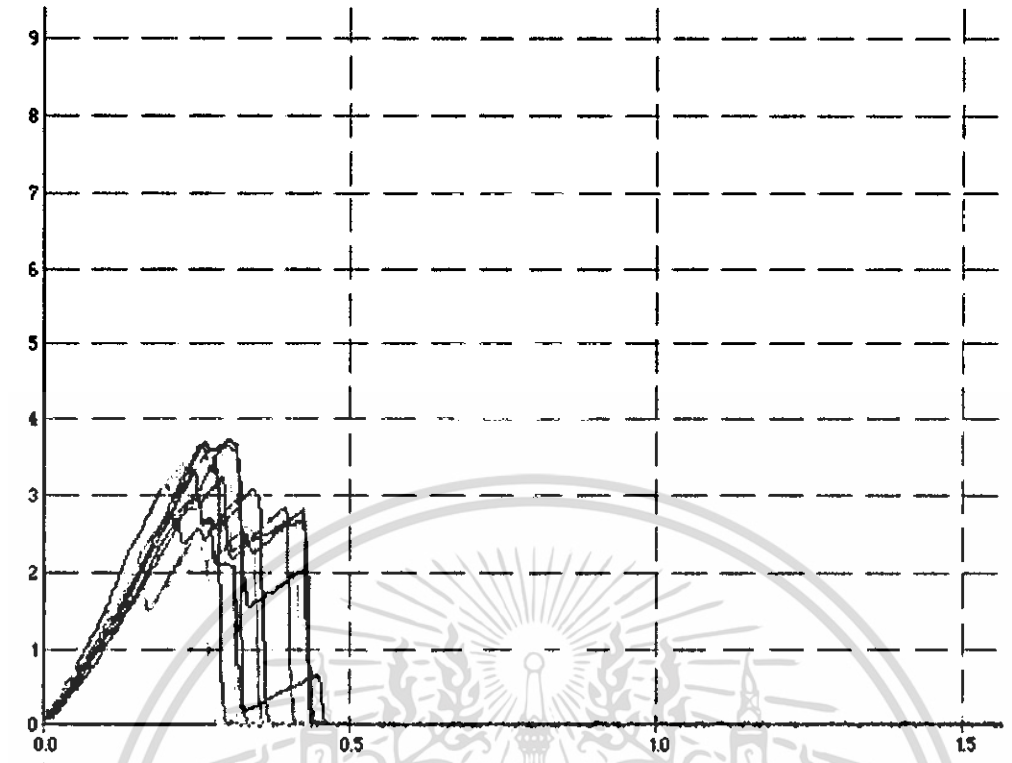


รูปที่ ก.1 ไม่แช่สาร

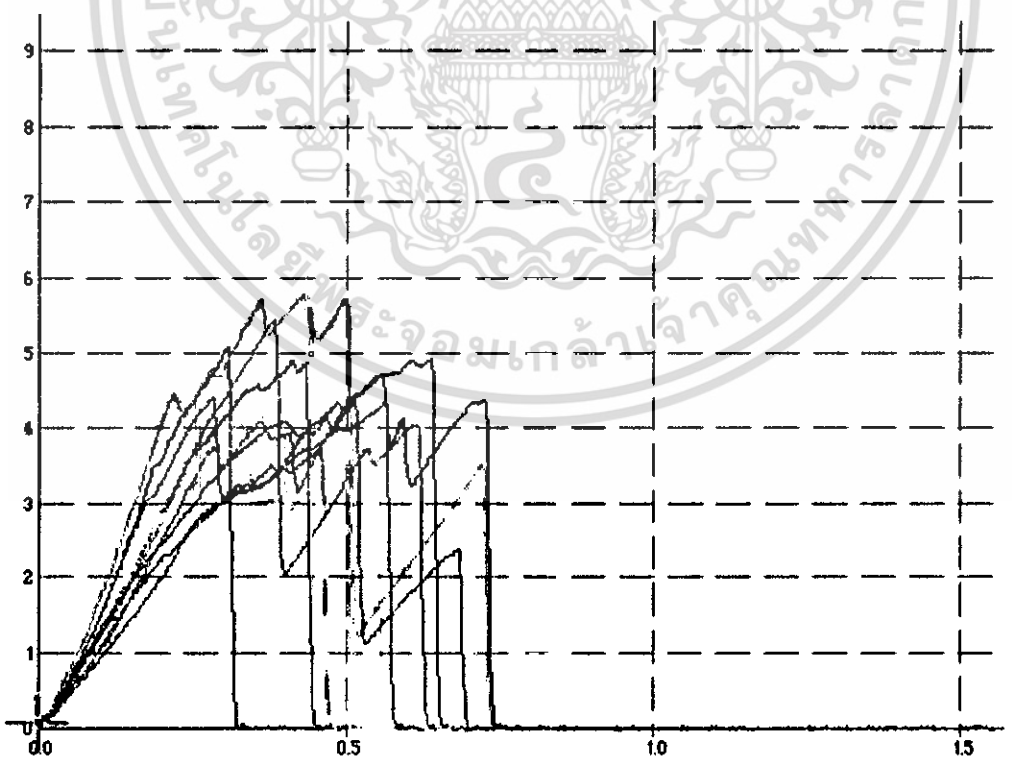


รูปที่ ก.2 น้ำปูนใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

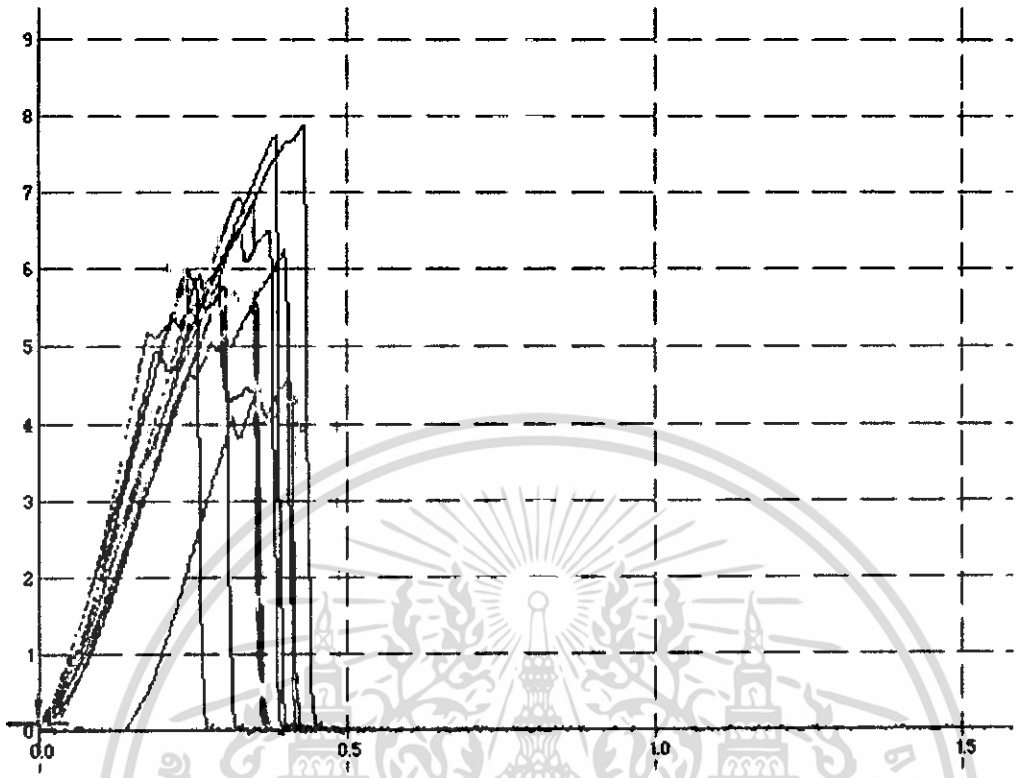


รูปที่ ก.3 กรดซิตริก 0.5%

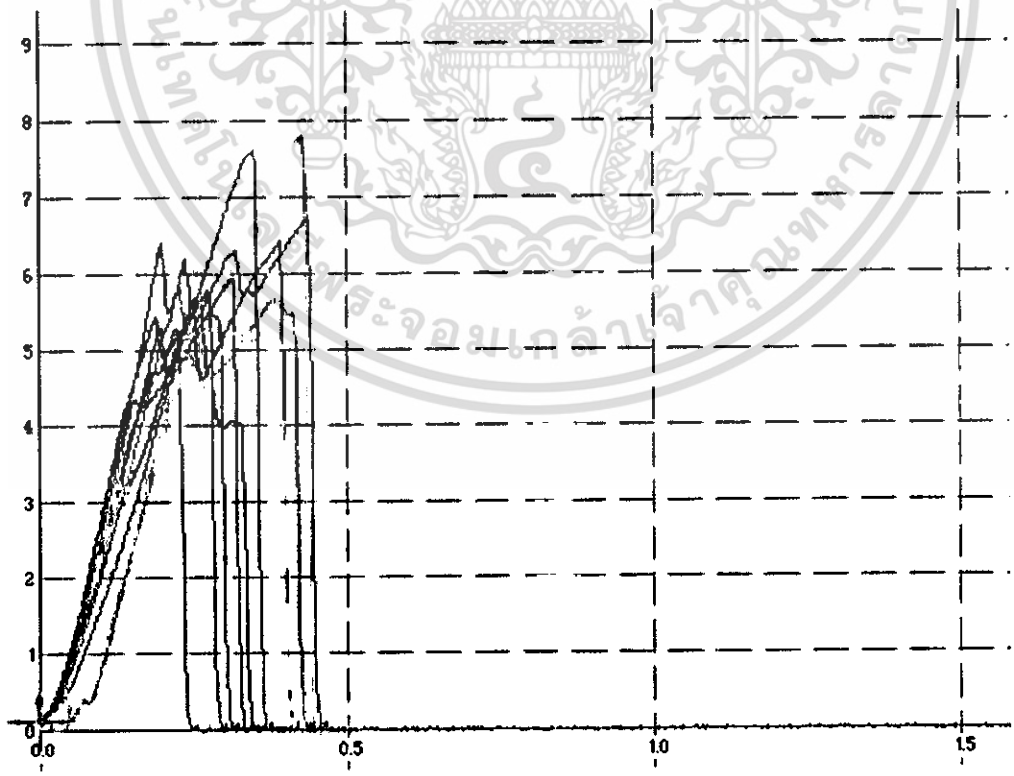


รูปที่ ก.4 กรดซิตริก 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 น้ำปูนใส+ซิตริก 0.5%



รูปที่ ก.6 น้ำปูนใสและกรดซิตริก 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. ตารางบันทึกผลการทดลองต่างๆ

ตารางที่ ข.1 ค่าแรงแตกหักสูงสุด

วิธีการเตรียมกล้วยก่อนอบ	ซ้ำ (ครั้งที่)	แรง (N) ตัวอย่าง (ชิ้นที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ไม่แช่สาร	1	3.9843	5.1314	3.5825	5.3081	4.0489	3.0838	4.8147	3.6353	2.7887	3.9864	4.6672	4.8955
	2	3.5800	3.2256	3.4076	4.0571	5.0684	2.5525	3.2289	3.8988	2.7604	2.1605	3.5735	2.8874
น้ำปูนใส	1	1.8636	6.1708	7.2997	8.2971	7.7079	7.9793	8.1355	7.1004	6.1428	7.2501	6.2441	7.7480
	2	6.4685	5.3419	8.6128	8.5697	6.0969	6.3500	5.9828	8.3188	7.2579	8.4448	11.4625	7.6640
กรดซิตริก0.5%	1	2.3266	5.1034	3.6557	2.6982	3.1344	5.2262	4.5358	5.8165	6.0437	3.3305	5.8811	4.6176
	2	3.5853	3.2289	2.9467	3.5853	3.2967	3.6564	3.2752	2.9531	3.7275	3.5832	3.6640	2.5880
กรดซิตริก1%	1	7.1833	8.5631	6.5737	3.9293	6.1504	6.9302	4.6262	5.2984	3.5674	6.5629	4.8438	5.2854
	2	5.0813	3.7178	5.7770	4.2035	5.4647	4.7237	5.1632	4.9359	4.4189	4.3877	4.4760	4.9004
น้ำปูนใสและกรดซิตริก 0.5%	1	5.7691	5.9716	7.7531	6.9313	6.0136	4.5896	7.8716	6.3087	6.2538	5.8703	5.6096	6.5241
	2	4.7507	5.4535	5.6592	7.7779	4.3608	4.7507	4.0323	4.2294	4.5633	4.9531	4.3942	3.5078
น้ำปูนใสและกรดซิตริก 1%	1	5.6517	5.4298	5.4535	5.6592	7.7779	6.3959	6.7299	6.9420	5.9231	6.4412	5.6506	7.6206
	2	5.2407	4.8379	5.5293	4.6150	4.1303	5.6241	4.2175	5.8492	5.1168	4.4308	4.4017	5.0027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 จำนวนพีค

วิธีการเตรียมกล้วยก่อนอบ	ซ้ำ (ครั้งที่)	จำนวนพีค ตัวอย่าง (ชิ้นที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ไม่แช่สาร	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1
	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1
น้ำปูนใส	1	1	1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	2
	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1
กรดซิตริก0.5%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
กรดซิตริก1%	1	2	2	1	3	1	2	2	3	3	1	1	1
	2	1	1	1	3	1	2	2	1	1	2	2	3
น้ำปูนใสและกรดซิตริก 0.5%	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1
	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	3	1
น้ำปูนใสและกรดซิตริก 1%	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2
	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสี

วิธีการเตรียมกล้วยก่อนนอน	ผู้ตัดสิน(คนที่)										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ไม่แช่สาร	5	4	5	5	4	6	5	6	5	6	51
น้ำปูนใส	6	6	6	6	5	5	6	4	6	4	54
กรดซิตริก0.5%	3	5	4	4	6	3	4	5	2	5	41
กรดซิตริก1%	2	2	3	3	3	1	2	2	1	3	22
น้ำปูนใสและกรดซิตริก 0.5%	4	1	1	2	2	4	3	3	4	1	25
น้ำปูนใสและกรดซิตริก 1%	1	3	2	1	1	2	1	1	3	2	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของรสชาติ

วิธีการเตรียมกล้วยก่อนอบ	ผู้ตัดสิน(คนที่)										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ไม่แช่สาร	1	2	2	2	2	6	2	2	4	2	25
น้ำปูนใส	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	13
กรดซิตริก0.5%	6	4	4	6	4	3	5	6	2	3	43
กรดซิตริก1%	4	5	5	4	5	5	6	5	6	4	49
น้ำปูนใสและกรดซิตริก 0.5%	5	3	3	1	3	2	3	3	3	5	31
น้ำปูนใสและกรดซิตริก 1%	3	6	6	5	6	4	4	4	5	6	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้