



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาปัจจัยบางอย่างที่มีผลต่อคุณภาพของ

ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

(Study of Some Factors Affecting Quality of Freeze Dried Sliced Banana)

โดย

หม่อมหลวง กฤตลักษณ์ จักรพันธ์

นางสาว มันทา ไอมะคุปต์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ACC. NO.....
Date Received... 16 ส.ค. 2537
Call No.....

de al 13/3/37
(อี.ล. สอนธีรวัฒน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

14-188

.....

7 ส.ค. 2541

(หม่อมราชวงศ์ อรุณ)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

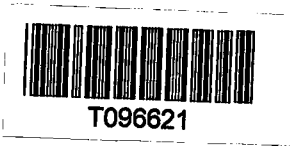
วันที่ เดือน พ.ศ. 37

ร.พ.
ก 276ก
2536

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**การศึกษาปัจจัยบางอย่างที่มีผลต่อคุณภาพของ
ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบ เยือกแข็ง**

Study of Some Factors Affecting Quality of Freeze Dried Sliced Banana



**หม่อมหลวง กฤตลักษณ์ จักรพันธุ์
นางสาว มันทา โอมะคุปต์**

นพ.
ก276ก
2537

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**03621**
วัน,เดือน,ปี.....**4 JUN 2009**

**รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรม เกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

พ.ศ. 2537

บทคัดย่อ

กฤตลักษณ์ จักรพันธุ์ และ มันทา โอมะคุปต์. 2537. : การศึกษาปัจจัยบางอย่างที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (STUDY OF SOME FACTORS AFFECTING QUALITY OF FREEZE DRIED SLICED BANANA) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ วิไล สนธิเพิ่มพูน, 90 หน้า

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกล้วยหอมแผ่นแห้ง ด้วยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง และศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษา ที่มีต่อคุณภาพของกล้วยหอมที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งโดยนำกล้วยหอมที่มีความสุกต่างกัน คือ ที่ระดับความสุกที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 24 และ 19 องศาบริกซ์ มาตัดเป็นชิ้นตามขวางหนา 0.2, 0.4 และ 0.6 ซม. นำมาผ่านกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็งจากนั้นจึงศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนา 0.6 ซม. ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงกว่าที่ความหนาอื่น เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงอะลูมิเนียมพอยล์ที่ลามิเนตด้วยโพลีเอทิลีน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้น และปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมระดับความสุก 24 องศาบริกซ์ จะมีความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมระดับความสุก 19 องศาบริกซ์ ส่วนปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ ความกรอบ เปอร์เซนต์การคืนตัว และการยอมรับของผู้บริโภคจะลดลง เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาโดยรวม พบว่ากล้วยหอมที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 24 องศาบริกซ์ ตัดเป็นชิ้นหนา 0.6 ซม. มีความเหมาะสมในการทำแห้ง ด้วยกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็งมากกว่ากล้วยหอมที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 19 องศาบริกซ์

อ.ว.  
ลายมือชื่อนักศึกษา


ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

23/3/37
วัน เดือน ปี

คำนิยม

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วย ความกรุณาจาก อาจารย์ วิไล สนิธิเพิ่มพูน อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้กรุณาสละเวลา ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและชี้แนะ แนวทางในการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ อย่างดียิ่ง ขอขอบพระคุณ อาจารย์รวิพิมพ์ ฉวีสุข และ ดร.รุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิต อาจารย์ ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ รวมทั้ง ดร. กิตติชัย บรรจง ที่กรุณาให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้องกับการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ธุรการ และนักวิทยาศาสตร์ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่ อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ นอกจากนี้ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ประจำห้องคอมพิวเตอร์ของภาควิชาบริหารธุรกิจเกษตร ที่ให้ความ อนุเคราะห์ในการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ขอขอบคุณ พี่ และเพื่อน ๆ ที่คอยช่วยเหลือและ ให้กำลังใจ จนปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ที่ช่วยส่งเสริม และสนับสนุนการเขียน ด้วยดีเสมอมา อีกทั้งเป็นกำลังใจสำคัญในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

หม่อมหลวง กฤตลักษณ์ จักรพันธุ์
นางสาว มันทา โอมะคุปต์

มีนาคม 2537

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ค)
คำนิยาม	(ง)
สารบัญตาราง	(จ)
สารบัญภาพ	(ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 กลัวย	2
2.2 การแปรรูปกลัวย	7
2.3 กลัวยหอมกับการทำแห้งแบบเยือกแข็ง	14
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	24
3.1 วัตถุประสงค์	24
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	24
3.3 สารเคมี	25
3.4 วิธีการทดลอง	25
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	30
4.1 การคัดเลือกระดับความสุกของกลัวยหอม	30
4.2 การคัดเลือกขนาดชิ้นที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์	31
4.3 การผลิตผลิตภัณฑ์กลัวยหอมแผ่นแห้ง	32
4.4 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์กลัวยหอมแผ่นแห้ง	32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลการทดลอง	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	55
ประวัติผู้เขียน	90

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงการเปรียบเทียบการยุบสลายที่ได้จากการทำนายและการทดสอบ ของน้ำผลไม้ต่าง ๆ	12
2 ค่าร้อยละของปริมาณแป้งและน้ำตาลของผลกล้วยที่มีการสุกในระยะต่าง ๆ	16
3 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ยอมมาให้ใช้กับผลไม้ในบางประเทศ	19
4 แสดงการยอมรับเฉลี่ยของกล้วยหอมที่ระดับความสุกต่าง ๆ กัน	30
5 แสดงผลการจัดลำดับการยอมรับของกล้วยหอมในแต่ละระดับความสุกที่ ความหนาของชั้นต่าง ๆ กัน	31
6 แสดงค่า Breaking force ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับ ความสุก 19-20 และ 23-24 องศาบริกซ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา ต่าง ๆ กัน	33
7 แสดงเปอร์เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา ระยะเวลาการแช่น้ำและ อุณหภูมิของน้ำต่างกัน	35
8 แสดงเปอร์เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา ระยะเวลาการแช่น้ำและ อุณหภูมิของน้ำต่างกัน	36
9 แสดงปริมาณความชื้นที่มีในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุกและ ระยะเวลาในการเก็บต่างกัน	40
10 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากกล้วยหอมที่มี ระดับความสุกและระยะเวลาในการเก็บต่างกัน	42
11 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเก็บไว้เป็นเวลาต่างกัน	43

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	แสดงคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับในปัจจัยต่าง ๆ เปรียบเทียบกันในสองระดับความสุก	45
13	แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลาต่างกันด้วย t-test analysis เปรียบเทียบกับระยะเวลาการเก็บที่ 0 สัปดาห์	46
14	แสดงผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test ที่ศึกษาอายุการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุ	48

สารบัญญัตราาง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบในสองระดับความสุก เมื่อเก็บไว้ในระดับต่าง ๆ กัน	57
2 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติ เกี่ยวกับคุณภาพด้านการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากกล้วยหอมที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิของน้ำที่แช่และระยะเวลาในการเก็บต่าง ๆ กัน	59
3 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากกล้วยหอมที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิของน้ำที่แช่และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	60
4 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติ เกี่ยวกับคุณภาพด้านปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบในสองระดับความสุก เมื่อเก็บไว้เป็นเวลาต่าง ๆ กัน	63
5 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพด้านปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบในสองระดับความสุก เมื่อเก็บไว้เป็นเวลาต่าง ๆ กัน	66
6 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับการเลือกความสุกของกล้วยหอมทอง	74
7 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับการเลือกขนาดขึ้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์	75
8 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับการเลือกขนาดขึ้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์	77
9 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบกันในสองระดับความสุก	79
10 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบกันใน 2 ระดับความสุก	80

สารบัญญัตินี้ (ต่อ)

ตารางหมวดที่	หน้า
11 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบกันในสองระดับความสุก	80
12 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบกันใน 2 สองระดับความสุก	81
13 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ และ 23-24 องศาบริกซ์ เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์	82
14 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์	83
15 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์	84
16 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์	85
17 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์	86
18 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์	86

สารบัญญัตินี้ (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
19 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์	87
20 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์	88
21 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์	88
22 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์	89
23 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์	89

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณการผลิตเพื่อส่งออกรวมที่ตลาดโลกสามารถรองรับได้ ในช่วงปี 1988 ถึงปี 1990 และประมาณการนำเข้ากล้วยสุ้ตลาดสูงสุดในปี 1994	2
2	แผนพัฒนากล้วยหอม กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตรในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 พ.ศ 2535-2539	4
3	แผนภาพวิฎภาคของน้ำ แสดงถึงการระเหิดของน้ำแข็ง	8
4	กราฟแสดงค่าความดันไอของน้ำแข็งกับอุณหภูมิ	9
5	แผนภาพแสดงถึงการระเหิดของน้ำแข็ง	10
6	แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตกล้วยหอมแผ่นแห้งโดยการทำแห้งแบบเป็อกแข็ง	26
7	แสดงขั้นตอนต่างๆในการผลิตกล้วยหอมแผ่นแห้งโดยการทำแห้งแบบเป็อกแข็ง	28
8	กราฟแสดงค่า Breaking force ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	33
9	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิในการแช่ 25 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการแช่น้ำต่างกัน เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการเก็บรักษา	37
10	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิในการแช่ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการแช่น้ำต่างกัน เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการเก็บรักษา	37
11	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิในการแช่ 25 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการแช่น้ำต่างกัน เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการเก็บรักษา	38
12	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิในการแช่ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการแช่น้ำต่างกัน เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการเก็บรักษา	38

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
13	กราฟแสดงปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมแต่ละระดับความสุกที่ 40 ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน
14	กราฟแสดงปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้าง ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอม 42 แต่ละระดับความสุกที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน
15	กราฟแสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอม แต่ละระดับ 44 ความสุกที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

บทที่ 1

บทนำ

กล้วยหอมทองเป็นกล้วยหอมชนิดที่ปลูกมากในประเทศไทย มีรสชาติดี และมีวิตามินสูง เคยเป็นกล้วยที่ส่งออกไปต่างประเทศในปริมาณสูง แต่ในปัจจุบัน ปริมาณการส่งออกลดลงอย่างมากเนื่องจากกล้วยหอมทองมีลักษณะที่ไม่เหมาะสมต่อการส่งออกในลักษณะสด ๆ เพราะมีเปลือกบาง ไม่เหนียว ขั้วหลุดง่าย ทำให้ไม่สามารถแข่งขันกับกล้วยหอมจากประเทศคู่แข่งอื่น ๆ เช่น ฟิลิปปินส์ ออฟริกา ไต้หวัน ละตินอเมริกา และประเทศในหมู่เกาะทะเลใต้ ได้ ดังนั้น เพื่อที่จะรักษาตลาดการส่งออกกล้วยหอมทองของไทย ประเทศไทยจึงต้องพัฒนาคุณภาพของกล้วยหอมทองให้เหมาะสมกับการส่งออกและต้องหาช่องทางส่งออก โดยการขยายตลาดกล้วยหอมทองแปรรูป ซึ่งเป็นตลาดที่มีการแข่งขันต่ำกว่าตลาดกล้วยสด และเป็นตลาดของประชากรที่มีรายได้สูงซึ่งมีความต้องการอาหารสำเร็จรูปค่อนข้างมาก ตัวอย่างเช่น ตลาดยุโรป ตลาดสหรัฐอเมริกา และตลาดญี่ปุ่น เป็นต้น

การทำแห้งแบบเยือกแข็ง เป็นกระบวนการแปรรูปอย่างหนึ่ง ที่สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแปรรูป ที่มีคุณภาพการส่งออกที่ดี สามารถรักษาคุณภาพในด้านต่าง ๆ เช่น คุณค่าทางโภชนาการ กลิ่นรส สี เนื้อสัมผัส ได้เป็นอย่างดีเนื่องจากไม่ต้องใช้ความร้อนสูงในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาปัจจัยบางอย่าง คือ ระดับความสุกของกล้วยหอมสด ขนาดชิ้นที่เหมาะสม ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการเก็บกล้วยหอมทองแผ่นแห้งโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกล้วยหอมแผ่นแห้งด้วยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง
2. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษา ที่มีต่อคุณภาพของกล้วยหอมที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

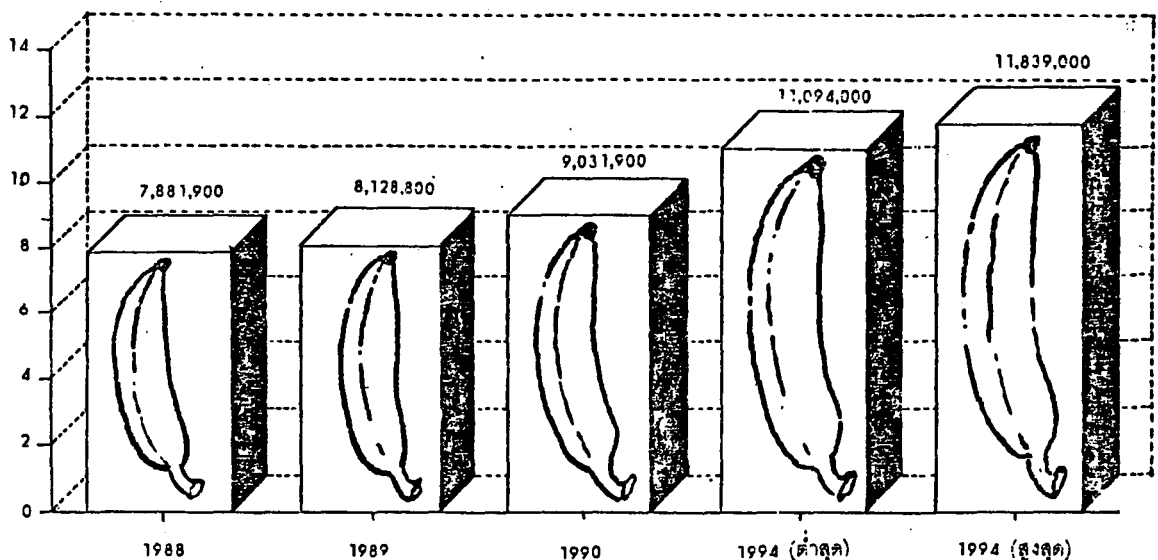
บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 กล้วย

กล้วยเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อคนไทยในด้านโภชนาการ และวัฒนธรรมอย่างยิ่งสำหรับประชากรโลกนั้นมีความสำคัญอย่างมากในด้านเศรษฐกิจและโภชนาการ ผลผลิตรวมทั้งหมดประมาณ 45,106,000 ตันต่อปี ตามรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติในปี 1991 แหล่งผลิตกล้วยเพื่อส่งออกที่สำคัญของโลกได้แก่ ประเทศเอกวาดอร์ ชอนดูรัส คอสตาริกา และฟิลิปปินส์ สำหรับประเทศไทยเราเป็นประเทศหนึ่งที่มีศักยภาพในการผลิตเพื่อการส่งออกกล้วยคือมีผลผลิตรวมโดยเฉลี่ย 1,606,000 ตันต่อปี แต่ประเทศไทยสามารถส่งออกกล้วยหอมได้ไม่เกิน 2,000 ตันต่อปีไปยังตลาดที่สำคัญในเอเชียเช่น ญี่ปุ่น หรือประมาณ 0.12 % ของผลผลิตรวม ซึ่งตรงข้ามกับความต้องการของตลาดโลกที่ต้องการกล้วยเพิ่มขึ้น (เดช, 2536) ดังแสดงในภาพ

หน่วย : 1,000,000 เมตริกตัน



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณการผลิตเพื่อการส่งออกรวมทั้งตลาดโลกสามารถรองรับได้ในช่วงปี 1988 ถึงปี 1990 และปริมาณการนำเข้ากล้วยสู่ตลาดโลกสูงสุดในปี 1994

2.1.1 กล้วยหอมทอง [*Musa* (AAA group) "Kluai Hom Thong" กลุ่มย่อย Gros Michel] ชื่ออื่น ๆ กล้วยหอม ชื่อสามัญ Hom Thong Banana เป็นกล้วยหอมที่มีรสชาติดี มีวิตามินสูงโดยเฉพาะวิตามินบี และมีโปรตีนสูงเมื่อเทียบกับกล้วยชนิดอื่น ๆ

กล้วยหอมทองมีลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีประจำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน และมีเส้นสีชมพู ก้านใบมีร่องค่อนข้างกว้างและมีปีก เส้นกลางในสีเขียว ก้านช่อดอกมีขน ในระดับรูปไข่ค่อนข้างกว้าง และมีปีก เส้นกลางในสีเขียว ก้านช่อดอกมีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง มีไข ด้านล่างสีแดงซีด เครือหนึ่งมี 4-6 หัว หัวหนึ่งมี 12-16 ผล ผลใหญ่ กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 21-25 เซนติเมตร ปลายผลมีจุดเห็นชัด เปลือกบาง เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทองแต่ที่ปลายจุดจะเปลี่ยนสีภายหลัง เนื้อสีส้มอ่อน ๆ มีกลิ่นหอม รสหวาน

กล้วยหอมทองส่วนใหญ่ปลูกในแถบภาคกลาง โดยเฉพาะจังหวัดปทุมธานี และกรุงเทพฯ หรือจังหวัดใกล้เคียง กล้วยหอมทองเคยเป็นกล้วยที่ส่งออกไปต่างประเทศในปริมาณสูง แต่ในปัจจุบัน ปริมาณการส่งออกลดลงอย่างมากเนื่องจากกล้วยหอมทองมีลักษณะที่ไม่เหมาะสมต่อการส่งออกในลักษณะสด ๆ เพราะมีเปลือกบาง ไม่เหนียว ขี้พริกง่าย (เบญจมาศ, 2534) ทำให้ไม่สามารถแข่งขันกับกล้วยหอมจากประเทศคู่แข่งอื่น ๆ ได้ ปริมาณการส่งออกจึงลดลงเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ดังนั้น เพื่อที่จะรักษาตลาดการส่งออกกล้วยหอมทองของประเทศไทย จึงต้องพัฒนาคุณภาพของกล้วยหอมทอง ให้เหมาะสมกับการส่งออก และ ต้องหาช่องทางในการส่งออกโดยการขยายตลาดกล้วยหอมทองแปรรูป ซึ่งเป็นตลาดที่มีการแข่งขันกันต่ำกว่าตลาดกล้วยหอมสด และเป็นตลาดของประชากรที่มีรายได้สูงซึ่งมีความต้องการอาหารสำเร็จรูปค่อนข้างมาก ตัวอย่าง เช่น ตลาดยุโรป ตลาดสหรัฐอเมริกา ตลาดญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งสถานการณ์ด้านการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับกล้วยหอมของไทยในปัจจุบันนั้น ตามแนวนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 ปี 2535-2539 นั้น เน้นการพัฒนาและปรับปรุงการเกษตรใน 4 หัวข้อหลักคือ

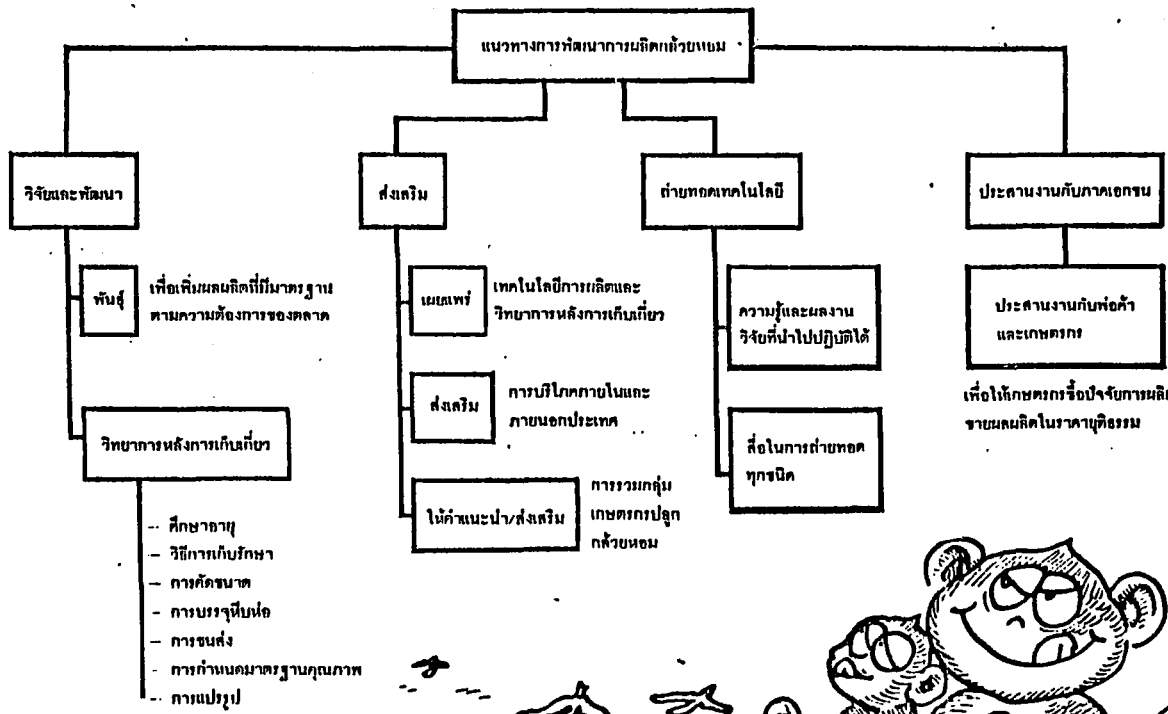
1. การผลิต
2. การตลาด
3. การอนุรักษ์พันธุ์ และการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติทางการเกษตร
4. การบริหารการพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์

นโยบายและแนวทางดำเนินงาน พ.ศ. 2535-2539 ของกรมวิชาการเกษตรได้จัดลำดับความสำคัญของกล้วยไข่อยู่ในกลุ่มที่ 1 ส่วนกล้วยหอมนั้นอยู่ในกลุ่มที่ 2 ในแนวทางการลำดับ

ความสำคัญของการวิจัย กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้จัดทำแผนพัฒนาพืช (กล้วยหอม) ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 ดังภาพที่ 2 โดยมีมุ่งประเด็นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะนี้คือ

1. ขาดพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการส่งออก
2. ขาดเทคโนโลยีด้านวิชาการหลังการเก็บเกี่ยว การบรรจุหีบห่อ และมาตรฐานต่ำในด้านการเก็บเกี่ยวรวมและขนส่ง
3. ผลผลิตกล้วยส่งออกมีคุณภาพต่ำและขาดความสม่ำเสมอ
4. การตลาด

เป้าหมายของแผนนี้เพื่อเพิ่มรายได้ของเกษตรกรรายย่อย และแก้ไขปัญหาความยากจน ซึ่งนับได้ว่าเป็นปัญหาที่ท้าทายอย่างมากในการหาทางแก้ไข



ภาพที่ 2 แผนพัฒนากล้วยหอม กรมวิชาการเกษตร และกรมส่งเสริมการเกษตร ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 พ.ศ. 2535-2539

2.1.2 การบ่มกล้วย กลัวยหอมโดยทั่วไปนั้น มักจะผ่านการบ่มมาแล้วก่อนถึงมือผู้บริโภค สำหรับการส่งออกกล้วยหอมไปยังต่างประเทศนั้น ประเทศที่รับซื้อกล้วยหรือผลไม้จากต่างประเทศมักต้องมีห้องบ่ม เมื่อกกล้วยไปถึงกล้วยนั้นจะต้องมีสีเขียวอยู่ เขาจะนำส่งไปยังห้องบ่มถ้าต้องการให้ออกสู่ตลาด หรือถ้ายังไม่ส่งตลาดก็จะเก็บไว้ในอุณหภูมิเดิมนานในห้องเก็บเมื่อกกล้วยถูกนำมาส่งที่ห้องบ่ม ห้องนั้นจะปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นคือ 17-19 องศาเซลเซียสและรมด้วยแก๊สเอทิลีน ประมาณ 1000 ppm เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดห้องให้มีอากาศถ่ายเทวันละประมาณ 20 นาที และลดอุณหภูมิลงเหลือ 16 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในห้องบ่มนี้สำคัญมาก เพราะจะเป็นตัวสำคัญที่จะทำให้กล้วยสุกตามกำหนด ปกติใช้เวลา 4-7 วัน และทำให้กล้วยมีคุณภาพดีเก็บได้นาน จุดประสงค์ในการบ่มก็เพื่อให้ผลสุกพร้อม ๆ กัน มีสีสวยสม่ำเสมอสีจะเปลี่ยนเป็นเหลืองสดใส แต่ที่ปลายผลยังมีสีเขียวและจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลือง การบ่มแบบนี้นิยมทำกับกล้วยหอมคาเวนดิช สำหรับในประเทศไทยกล้วยที่ต้องบ่มขายมีกล้วยหอมทอง และกล้วยไข่ เพราะกล้วย 2 ชนิดนี้เมื่อบ่มจะมีสีสวย การบ่มมักใช้แคลเซียมคาร์ไบด์หรือถ่านแก๊สทุบเป็นก้อนเล็ก ๆ ห่อด้วยกระดาษ ใสลงไปในช่องที่วางเรียงกล้วยไว้แล้ว หรืออาจจะเป็นโถงก็ได้ ถ่านแก๊สจะดูดเอาความชื้นที่ได้จากการคายน้ำของผลกล้วย ทำให้เกิดแก๊สเอทิลีน ซึ่งจะช่วยให้กล้วยสุกโดยสีของเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอย่างสม่ำเสมอในเวลา 1-3 วัน นอกจากถ่านแก๊สแล้ว การใช้สารละลายเอทิลีน เช่น เอนเทรล ความเข้มข้น 500-1000 ppm พ่นที่ผลกล้วยหุ้มด้วยถุงพลาสติก 1 วัน และเปิดให้มีอากาศถ่ายเท วิธีนี้ใช้ได้ดีเช่นกัน กล้วยจะสุกภายใน 1-3 วัน

ปกติกล้วยหอมทองและกล้วยไข่ที่เก็บมาขายในประเทศไทยมักจะเก็บเมื่อแก่เต็มที่เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้ในที่ ๆ อากาศถ่ายเทก็สามารถสุกได้เองตามธรรมชาติ แต่การสุกจะไม่พร้อมกันเหมือนการบ่ม คือจะสุกจากหวีด้านบนก่อน แล้วลงมาด้านล่าง ดังนั้นถ้าหากต้องการเก็บไว้รับประทานในครอบครัวก็ไม่ต้องบ่มก็ได้ แต่ถ้าต้องการขายก็ควรบ่มเสียก่อนเพราะสีจะสวยกว่าและมีการสุกสม่ำเสมอ

สำหรับกล้วยหอมทอง ไม่ค่อยเหมาะในการส่งออกขายต่างประเทศเพราะกล้วยหอมทองสุกง่ายตามธรรมชาติ แม้ไม่บ่มก็สุกได้เร็ว การลดอุณหภูมิในการขนส่งอาจช่วยชะลอการสุกได้ และวิธีการใช้สารละลายโปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต ใสลงในกล่องจะช่วยชะลอการสุกได้

ขั้นตอนการบ่มกล้วยนั้นสามารถสรุปได้คือ

1. ต้องแน่ใจว่าห้องบ่มมีอากาศเพียงพอ และมีอุณหภูมิและความชื้นที่พอดี
2. ต้องวัดอุณหภูมิของเนื้อมีกล้วย
3. ต้องทราบวันที่ต้องการขาย
4. ปรับอุณหภูมิของเนื้อมีกล้วยให้พอดีกับที่ต้องการ
5. ใส่แก๊สเอทิลีนตามความเหมาะสม (ต้องไม่เกิน 1000 ppm.)
6. ตรวจสอบอุณหภูมิของเนื้อมีกล้วย โดยวัด 2 ครั้งต่อวัน
7. ปรับการหมุนเวียนของอากาศเมื่อกล้วยเริ่มอยู่ในระยะ 2 และลดความชื้น
8. นำกล้วยออกขายเมื่อกล้วยสุกอยู่ในระยะ 3-4

ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการบ่ม

1. สีไม่สวย เกิดจาก
 - 1.1 แปลงปลูกอาจจะได้รับอุณหภูมิต่ำ หรืออาจจะได้รับความชื้นในระหว่างการขน
 - 1.2 อุณหภูมิของเนื้อของผลกล้วยอาจจะสูงกว่า 73 องศาฟาเรนไฮต์
 - 1.3 ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมากในช่วงบ่มช่วงแรก
 - 1.4 เอาผลกล้วยออกจากห้องบ่มเร็วไปในช่วงอุณหภูมิในห้องร้อนหรือเย็นเกินไป
2. กล้วยสุกเสียเร็วและกลิ่นแรง เกิดจาก
 - 2.1 อุณหภูมิของเนื้อของผลกล้วยสูงมากเกินไประหว่างการบ่ม
 - 2.2 เอาผลกล้วยออกจากห้องบ่มเร็วไปในช่วงอากาศข้างนอกร้อน
 - 2.3 ไร่ที่ขายผลไม่มีอุณหภูมิสูงมาก
 - 2.4 ช่วงการบ่มตอนสุดท้ายมีความชื้นมากไป
 - 2.5 ผลกล้วยได้รับความร้อนมากกระทบ
3. Flecking ก่อนที่กล้วยจะมีสีเหลือง เกิดจาก
 - 3.1 อุณหภูมิของเนื้อของผลกล้วยสูงไประหว่างการบ่ม
 - 3.2 เอาผลกล้วยออกจากห้องบ่มเร็วไป
 - 3.3 ผลกล้วยได้รับความร้อนมากกระทบ
4. ลักษณะภายนอกของผลดีแต่เนื้อมีการสุกไม่สม่ำเสมอ เกิดจาก
 - 4.1 อุณหภูมิของเนื้อต่ำเกินไปในระหว่างการบ่ม
 - 4.2 เอาผลกล้วยออกจากห้องบ่มเร็วไป

5. เปลือกไม้เหนียว ฉีกง่าย เกิดจาก ความชื้นสูงไปในช่วงบ่มตอนปลาย
6. มีเชื้อ anthracnose ทำให้เกิดสีดำที่ปลายผล เกิดจาก ผลไม้ไม่ได้รับการฉีดยา

กันราในตอนบรรจุหีบห่อ

7. ขั้วเหี่ยว เมื่อผลสุก ผิวของเปลือกมีจุดดำ ๆ และเหี่ยว เกิดจาก ความชื้นต่ำ

2.2 การแปรรูป

การแปรรูปนั้น มีจุดประสงค์หลักคือเพื่อการเก็บรักษา การแปรรูปเพื่อการเก็บรักษานี้ หมายถึงกระบวนการแปรรูปใด ๆ ที่ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น โดยที่คุณภาพ เช่น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสของอาหารยังมีลักษณะคงเดิมมากที่สุด หรือยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค กระบวนการแปรรูปเพื่อการเก็บรักษาผักผลไม้ นั้น สามารถแบ่งออกได้เป็นกลุ่มใหญ่ 3 กลุ่ม คือ

1. วิธีทางกายภาพ เช่นการใช้อุณหภูมิสูง การลดอุณหภูมิ การทำแห้ง การฉายรังสี เป็นต้น
2. วิธีทางเคมี เช่น การเติมสารเคมี เพื่อควบคุมปริมาณน้ำ ความเป็นกรด เบส หรือเติมสารที่มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์
3. วิธีทางชีวเคมี เช่น การปรับสภาพแวดล้อมของระบบ ให้เหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย เป็นต้น

2.2.1 การทำแห้ง

การทำแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปโดยวิธีทางกายภาพ เป็นวิธีที่มีมานานแล้ว มีจุดประสงค์เพื่อการเก็บรักษาอาหาร นิยมใช้ในการเก็บรักษาผลไม้ ซึ่งนอกจากช่วยให้สามารถเก็บอาหารได้นานขึ้นโดยไม่ต้องใช้อุณหภูมิต่ำแล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายของการบรรจุหีบห่อ และการขนส่ง เนื่องจากการทำแห้งนั้นสามารถลดทั้งน้ำหนักและปริมาณของอาหาร

กระบวนการทำแห้งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ การทำแห้งโดยใช้วิธีธรรมชาติ และการทำแห้งโดยใช้เครื่องจักร

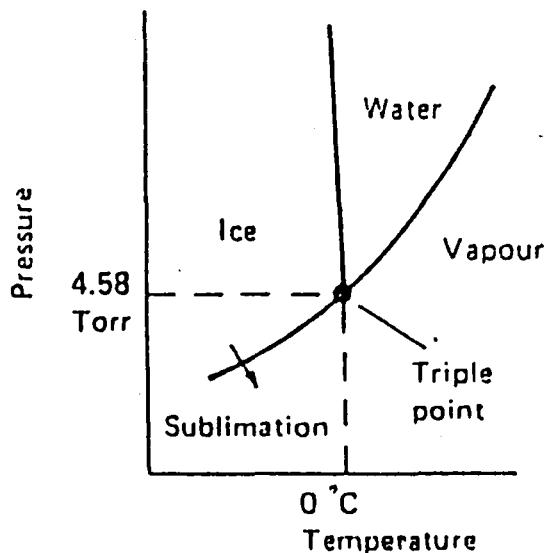
ก) การทำแห้งโดยวิธีธรรมชาติ อาศัยแสงแดดตามธรรมชาติ เป็นแหล่งความร้อน เพื่อให้น้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ เป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต่ำ ต้องใช้เวลานาน ใช้แรงงานมากในการขนถ่าย และการควบคุมตัวแปรระหว่างกระบวนการทำได้ยาก

ข) การทำแห้งโดยใช้เครื่องจักร เป็นวิธีที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่า การผึ่งแดด ใช้แรงงานน้อย สามารถควบคุมตัวแปรของกระบวนการได้ดีกว่า เมื่อผลิตภัณฑ์คั้นรูปแล้ว จะมีลักษณะใกล้เคียงกับของสด แต่ต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยากซับซ้อน และเสียค่าใช้จ่ายมากกว่า

ตัวอย่างของเครื่องมือ ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมทำแห้งผักผลไม้ เช่น tray or cabinet driers , tunnel driers , conveyer belt driers , vacuum driers, fluidized bed driers , spray driers , drum driers และ freeze driers (กิตติพงษ์, 2535)

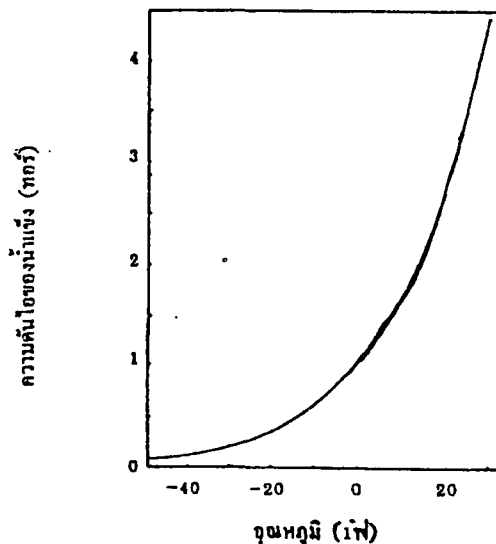
2.2.1.1 การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying)

การทำแห้งแบบเยือกแข็ง เป็นกระบวนการที่เอาน้ำออกจากอาหารในสภาวะที่น้ำเป็นของแข็ง (น้ำแข็ง) โดยให้กลายสภาพเป็นไอ นั่นคือเกิดกระบวนการระเหิดขึ้นเมื่อความดันไอและอุณหภูมิที่ผิวหน้า น้ำแข็งมีค่าต่ำกว่าจุดซึ่งวัฏภาคของก๊าซ ของเหลว และของแข็งอยู่ในสภาวะสมดุล (triple point 4.58 torr 0°C) (Karel, 1975) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพวัฏภาคของน้ำ แสดงถึงการระเหิดของน้ำแข็ง

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอกับอุณหภูมิ แสดงได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าความดันไอของน้ำแข็งกับอุณหภูมิ
ที่มา : Karel , 1975

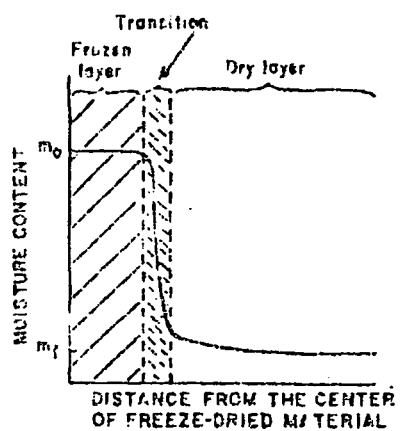
วิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็งจะเริ่มโดยการแช่แข็งอาหารเสียก่อน จากนั้นจึงนำไปทำการระเหิดน้ำ อาจแบ่งช่วงการทำงานออกเป็น 4 ช่วง คือ

1. การแช่แข็ง
2. การลดความดัน
3. การให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการระเหิด
4. การทำลายสุญญากาศที่เกิดขึ้น

โดยการทำงานทั้ง 4 ช่วงนี้จะเกิดขึ้นเรียงกันตามลำดับ ความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะอยู่ในช่วง 2-5 % อัตราเร็วของการแช่แข็งอาหารก่อนการทำแห้ง จะมีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ การใช้วิธีที่มีอัตราเร็วสูง จะได้ผลึกขนาดเล็กและกระจายอยู่สม่ำเสมอ ภายหลังจากการทำแห้ง ช่องว่างที่คงอยู่ภายในชิ้นอาหารจะมีขนาดเล็ก ช่วยเก็บกักกลิ่นรสของอาหาร มิให้ระเหยออกไปในระหว่างการทำแห้งและยังช่วยรักษาโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของอาหารหลังการคืนรูปให้ใกล้เคียงของเดิมมากที่สุดแต่เนื่องจากช่องว่างที่เกิดจากผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็ก การถ่ายเทมวลสารจะเกิดขึ้นได้ช้ากว่า ทำให้ต้องใช้เวลาในการทำแห้งและคืนรูปมากกว่า ในทางตรงกันข้าม การแช่แข็งด้วยวิธีที่มีอัตราเร็วต่ำ จะเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ภายนอกเซลล์ ซึ่งจะเปื่อยและทำลายเซลล์

บางส่วน โดยเฉพาะในอาหารพวกเนื้อสัตว์ ซึ่งเซลล์น้ำเนื้อเกาะเกี่ยวกันไม่ค่อยแน่นหนา นักเนื้อสัมผัสของอาหารจะถูกทำลาย แต่จากการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ช่องว่างที่เหลืออยู่ภายในชิ้นอาหารหลังจากการระเหิดก็จะมีขนาดใหญ่ ทำให้การถ่ายเทมวลสารสะดวกขึ้น เวลาที่ต้องใช้ในการทำแห้ง และการคืนรูปจะลดลงแต่จะเก็บรักษากลิ่นรสของอาหารไว้ได้ไม่ดึ้นก และมีเสถียรภาพในการเก็บรักษาต่ำจะเห็นว่า อัตราเร็วในการแช่แข็งอาหารมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจะต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดพอเหมาะ ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป สำหรับอาหารจะเลือกวิธีที่มีอัตราเร็วปานกลาง ไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป แต่สำหรับตัวอย่างทางชีววิทยา หรือ ทางการแพทย์ จะใช้วิธีที่มีอัตราเร็วสูงที่สุด เพื่อสงวนรักษาโครงสร้างหลังการคืนรูปไว้ให้คงเดิม

หลังจากแช่แข็ง จะลดความดันของระบบลงให้เหลือตามต้องการ และให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการระเหิดซึ่งอาจทำได้หลายลักษณะ เช่น โดยการนำความร้อนหรือการแผ่รังสีความร้อน การให้ความร้อนจะต้องระวังมิให้อุณหภูมิส่วนที่ยังคงเป็นของแข็งสูงเกินไปจนเกิดการละลาย ทำให้โครงสร้างของชิ้นอาหารพังตัว (Collapse) เวลาที่ใช้ในการทำแห้งจะขึ้นกับการถ่ายเทความร้อนและมวลสาร ว่ามีประสิทธิภาพสูงเพียงใด เมื่ออาหารมีความชื้นลดลงจนถึงระดับที่ต้องการ จะทำลายสุญญากาศของระบบโดยการปล่อยก๊าซเฉื่อยเข้าไป เพื่อเป็นการช่วยด้านคุณภาพในการเก็บรักษา ถ้าใช้อากาศแทนก๊าซเฉื่อย ออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศจะแทรกเข้าไปในโครงร่างโปร่งของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน อาหารนั้นจะมีอายุการเก็บลดลง ลักษณะการระเหิดของน้ำแข็งจากอาหารแสดงได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนภาพแสดงการระเหิดของน้ำแข็ง

ตามสภาวะในอุดมคติ (Ideal condition) ที่ช่วงต่อของส่วนที่แห้งและส่วนที่ยังคงเป็นน้ำแข็ง ความชื้นในอาหารจะลดลงจากความชื้นตั้งต้น (m_0) เหลือเท่ากับความชื้นสุดท้ายเมื่อแห้ง (m_f) ทั้งนี้ แต่ในความเป็นจริงพบว่าไม่ได้เกิดลักษณะเช่นนี้ โดยจะมีช่วงต่อซึ่งความชื้นค่อย ๆ ลดลงจากความชื้นตั้งต้นเหลือเท่ากับความชื้นสุดท้าย ซึ่งส่วนนี้เรียกว่า Transition region ซึ่งไม่มีน้ำแข็งเหลืออยู่ แต่ความชื้นยังคงสูงกว่าความชื้นสุดท้ายอยู่ อย่างไรก็ตาม พบว่าช่วงนี้เป็นส่วนที่แคบมาก การตั้งสมมติฐานในการคำนวณว่า การระเหิดเป็นแบบอุดมคติ คือไม่มีช่วงนี้อยู่จึงไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดมากนัก (กิตติพงษ์, 2535)

การควบคุมอุณหภูมิระหว่างกระบวนการเป็นสิ่งสำคัญ อุณหภูมิที่ผิวจะต้องไม่สูงจนเกินไปจนส่วนที่แห้งแล้วไหม้ และอุณหภูมิของส่วนที่ยังคงเป็นน้ำแข็งต้องต่ำกว่าอุณหภูมิจุดเยือกแข็งเพื่อมิให้น้ำแข็งละลาย อุณหภูมิที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่นอุณหภูมิตั้งแต่ -5 องศาเซลเซียส สำหรับเนื้อ จนถึง -42 องศาเซลเซียส สำหรับน้ำแอปเปิ้ลและน้ำสับปะรด โดยทั่วไปสำหรับอาหารนั้น ในการทำแห้ง อุณหภูมิที่ผิวสูงสุดจะอยู่ในช่วง $100-180$ องศาฟาเรนไฮต์ ความดัน $0.1-2.0$ ทอร์ แต่สำหรับตัวอย่างทางชีววิทยา วัคซีน และจุลินทรีย์ จะใช้อุณหภูมิที่ผิวสูงสุด $70-90$ องศาฟาเรนไฮต์ ความดันต่ำกว่า 0.1 ทอร์ ซึ่งที่อุณหภูมิสูงกว่าที่กล่าวมาแล้วมักจะเรียกกันทั่วไปว่า อุณหภูมิการยุบสลาย (collapse temperature) ซึ่งมีเหตุการณ์มากมายเกิดขึ้นซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องประเมินโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ได้ ในการแช่แข็งนั้นจะทำให้สารละลายที่มีอยู่ในอาหารแยกออกเป็นของผสม 2 ส่วน คือ ส่วนของผลึกน้ำแข็งและส่วนของสารละลายที่เข้มข้น คุณสมบัติของสารละลายเข้มข้นนี้ขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มข้น และ องค์ประกอบ ถ้าการทำแห้งทำที่อุณหภูมิต่ำ สภาพการเคลื่อนที่ของสารละลายเข้มข้นสูง ๆ จะเกิดขึ้นช้ามากจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเกิดขึ้นในระหว่างการทำแห้ง จากผลดังกล่าวโครงสร้างที่ได้จึงประกอบด้วยรู ซึ่งเป็นบริเวณที่ผลึกน้ำแข็งเคยอยู่นั่นเอง ในทางตรงกันข้าม ถ้าอุณหภูมิการทำแห้งสูงกว่าระดับวิกฤติ สภาพการเคลื่อนที่ของสารละลายเข้มข้นอาจจะสูงเพียงพอ ที่จะทำให้เกิดการไหลและสูญเสียของโครงสร้างเดิม และของตัวถูกละลายที่แยกตัว ที่เกิดขึ้นระหว่างการแช่แข็งระหว่างการทำแห้งแบบเยือกแข็ง จะปรากฏความแตกต่างของ อุณหภูมิและความแตกต่างของความชื้นในวัตถุที่อบแห้งดังได้กล่าวไว้ข้างต้น สภาพการเคลื่อนที่และการยุบสลายของสารละลายเข้มข้น จะแตกต่างจากแหล่งหนึ่งกับอีกแหล่งหนึ่ง การยุบสลายมีแนวโน้มที่จะเกิดที่บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงและ/หรือ ปริมาณความชื้นสูง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความแตกต่างของทั้งสองพารามิเตอร์ในการทำแห้งแบบเยือกแข็งจะมีลักษณะตรงกันข้ามกัน ดังนั้น การยุบสลายอาจจะ

เกิดที่บริเวณกึ่งกลางของชั้นแข็งมากกว่าที่จะเกิดที่ผิวหน้า สำหรับอาหารนั้นประกอบด้วยส่วนประกอบที่ละลายได้และส่วนที่ไม่ละลายชนิดต่าง ๆ จำนวนมาก ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะชี้เฉพาะถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ความชื้น อุณหภูมิ และการสูญเสียโครงสร้าง การยุบตัว (collapse) จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ยอมให้ผ่านได้ไม่ดี โครงสร้างของอาหารที่เกิดการยุบตัวนั้นแสดงให้เห็นได้จากการหดตัวอย่างเห็นได้ชัด และการคืนรูปที่ไม่ดี จำนวนและธรรมชาติของโครงสร้างของเซลล์หรือเส้นใยของอาหารนั้น มีความสำคัญต่ออุณหภูมิสูงสุดที่สามารถใช้ได้ในการอบแห้งแบบเยือกแข็ง เมมเบรนและผนังเซลล์ จะสามารถป้องกันการเกิดการยุบตัวที่อาจเกิดขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น น้ำแอปเปิ้ลจะต้องใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า -42 องศาเซลเซียส ในขณะที่แอปเปิ้ลตัดแผ่นจะสามารถใช้อุณหภูมิที่สูงกว่านั้นมาก ๆ ได้ (King, 1975)

ชนิดขององค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในอาหารก็มีผลต่อการเกิดการยุบตัว ตัวอย่างเช่น คาร์โบไฮเดรต มีความสามารถในการละลายได้ดีในน้ำ จึงมีส่วนช่วยทำให้เกิดการยุบตัวได้ง่าย เป็นต้น

TABLE I. Comparison of predicted and observed collapse temperatures for fruit juices^a

	Initial dissolved solids content	Average solute molecular weight	Collapse temperature (°C)	
			Predicted	Observed
Orange juice	23%	277	-30	-24
Sweetened concord grape juice	16%	261	-33	-33.5
Grapefruit juice	16%	228	-34	-30.5
Lemon juice	9%	194	-36	-36.5
Apple juice	22%	194	-40	-41.5
Prune extract	20%	180	-42	-35
Pineapple juice	10%	180	-40	-41.5
Concord grape juice	16%	180	-41	-46
Coffee extract	25%	—	—	-20

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบอุณหภูมิการยุบสลายที่ได้จากการทำนายและการทดสอบของน้ำผลไม้ต่าง ๆ

ข้อดีของการทำแห้งแบบ เยือกแข็งคือ

1. ทำที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้การสูญเสียคุณค่าทางอาหารเนื่องจากความร้อนจึงไม่มี และลดปฏิกิริยาเสื่อมเสียจากเอนไซม์และปฏิกิริยาทางเคมี
2. สามารถรักษากลิ่นรสของอาหารไว้ได้ดี
3. เกิดความเสียหายของโครงสร้างและ เนื้อสัมผัสของอาหารน้อย ทำให้อาหารไม่หดตัว มีโครงสร้างโปร่ง ทำให้สามารถคืนรูปได้ง่าย และได้อาหารคืนรูปที่มีลักษณะใกล้เคียงกับของเดิม ทั้งด้านขนาดและสีของผลิตภัณฑ์
4. ลดปัญหาการเคลื่อนที่ของของแข็งที่ละลายในอาหารระหว่างการทำแห้งจึงไม่เกิด case hardening

ข้อ เสียของการทำแห้งแบบ เยือกแข็งคือ

1. ต้องลงทุนขั้นต้นสูง
2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง
3. การทำแห้งผลิตภัณฑ์ในลักษณะชิ้นใหญ่ ๆ ทำได้ยาก ต้องมีการตัด (cut, dice, slice) เพื่อประสิทธิภาพในการทำแห้ง
4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโครงสร้างเปิด ซึ่งทำให้ต้องการการบรรจุที่เป็นพิเศษเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์

การทำแห้งแบบเยือกแข็งสามารถนำไปใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ผลไม้หลายชนิด ผลไม้ที่สามารถใช้กระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็งได้อย่างมีประสิทธิภาพได้แก่ สตรอเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ แครนเบอร์รี่ ราสเบอร์รี่ แบลคเบอร์รี่ เชอร์รี่ พลัม พีช แอปเปิล แพร์ สับปะรด มะละกอ ฝรั่ง ส้ม มะนาว และ กล้วยหอม

Vollinks และ คณะ (1968) ได้จดทะเบียนสิทธิบัตรเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพในการคืนรูปของผลไม้ที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งโดยอาศัยการแช่แข็งแบบช้า ซึ่งผลไม้ที่ใช้วิธีนี้ในการทำแห้งแบบเยือกแข็งนั้นได้แก่ สตรอเบอร์รี่ พีช และกล้วย ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถคืนรูปในน้ำนมได้ในเวลาเพียง 30-90 วินาที

Ewalt และ คณะ (1970) ได้จดทะเบียนสิทธิบัตรกระบวนการเติมแต่งกลีนิรสของผลไม้ที่ผ่านการทำแห้งแบบเปือกแข็ง โดยการแช่แข็งผลไม้ ปรับอุณหภูมิของผิวของผลไม้ที่ถูกแช่แข็งให้ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวเล็กน้อย จากนั้นจุ่มผลไม้ที่แช่แข็งนั้นลงในสารละลายที่มีสารเติมแต่งกลีนิรส ซึ่งการทำเช่นนี้จะทำให้มีองค์ประกอบที่หลอมเหลวได้ที่ผิวของผลไม้ ซึ่งจะทำให้สารเติมแต่งกลีนิรสและองค์ประกอบของกลีนิรสของผลไม้มีอยู่บริเวณผิวของผลไม้ จากนั้นอุณหภูมิของผลไม้จะถูกลดลงจนต่ำกว่าอุณหภูมิของการตกผลึกของสารละลาย (refreezing) จากนั้นจึงนำมาผ่านกระบวนการทำแห้งแบบเปือกแข็ง ซึ่งผลไม้ที่ได้ใช้วิธีนี้ได้แก่ สตรอเบอร์รี่

2.3 กลัวยหอมกับการทำแห้งแบบ เปือกแข็ง

Vollink และ คณะ (1968) ได้จดทะเบียนสิทธิบัตรการแปรรูปผลไม้แห้ง สำหรับผสมกับอาหารเข้าประเภท Dry cereal เช่น cornflake ด้วยการทำให้แห้งแบบเปือกแข็งโดยใช้เทคนิคการทำให้เปือกแข็งอย่างช้า ๆ สำหรับบริษัท General Foods Corporation สำหรับกลัวยหอมนั้นจะถูกปอกเปลือกแล้วเรียงลงบนถาดสำหรับแช่แข็ง ในลักษณะเรียงเป็นชั้นเดียว จากนั้นจะทำการแช่แข็งที่อุณหภูมิ 10 องศาฟาเรนไฮต์ กลัวยหอมจะถูกปล่อยให้มีความชื้นเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นจะลดอุณหภูมิลงอีกเป็น 0 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วจะทำการอุ่นกลัวยหอมให้มีความชื้น 24 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วจึงตัด (slice) ตามขวาง (cross section) ให้มีความหนา 1/4 นิ้ว เพื่อให้อัตราการทำให้แห้งเร็วขึ้น จากนั้นนำกลัวยหอมที่ได้ไปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบเปือกแข็ง ผลผลิตที่ได้มีความชื้น 1.5 % จึงนำมาผสมกับเกล็ดข้าวสาลี (wheat flakes) โดยทำการผสมในห้องบรรจุที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 30 % ภายในเวลาไม่เกิน 10-15 นาที เพื่อจำกัดการดูดความชื้นจากภายนอกให้ไม่เกิน 1 % ผลผลิตที่ได้ จะถูกบรรจุในฟิล์มอลูมิเนียมพอยล์ที่ลามิเนตด้วยซีฟี่ง ทำให้มีคุณสมบัติกันน้ำได้ จากนั้นก็จะบรรจุลงในกล่องกระดาษแข็งปิดผนึกด้วยฟิล์มที่ลามิเนตด้วยซีฟี่งอีกชั้นหนึ่ง ผลผลิตที่ผ่านการบรรจุแล้วจะมีความชื้นไม่เกิน 2.5 % ผลผลิตที่ได้จะสามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % เป็นเวลา 3-6 เดือนโดยไม่เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพ หลังจากการเก็บรักษาไว้ดังกล่าวข้างต้น พบว่า กลัวยหอมที่ผ่านการทำให้แห้งแบบเปือกแข็งวิธีนี้สามารถคืนรูปในน้ำนมหรือครีมได้ภายในเวลา 80-90 วินาที ในขณะที่เนื้อสัมผัส รสชาติ และคุณภาพต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันไปจากกลัวยหอมสด

Macy (1969) ได้จดทะเบียนสิทธิบัตร กระบวนการให้ความร้อนสูงกับผิวนอกที่เป็นน้ำแข็งของผลไม้ในการทำแห้งแบบเยือกแข็ง สำหรับบริษัท Kellogg ซึ่งเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีการพองตัว (puff) เป็นบางส่วน และมีกลิ่นรส ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส การคืนตัวและคุณภาพในการบริโภคเช่นเดียวกับอาหารสดตั้งต้น และผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาที่ยาวนานพอสมควร ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้นี้สามารถนำมาใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสให้กับอาหารชนิดอื่นได้ด้วย เช่น ในอาหารพวก cereal, soup และอื่น ๆ หรืออาจใช้รับประทานในรูปของขบเคี้ยว (snack) การผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมจากการทำแห้งแบบเยือกแข็งด้วยวิธีนี้ทำได้โดย ตัดกล้วยสดตามขวางให้มีความหนา 3/16 นิ้ว แช่แข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาฟาเรนไฮต์ แล้ววางเรียงในถาด จากนั้น กล้วยหอมที่ถูกแช่แข็งแล้วจะผ่านการทำให้ความร้อนสูงโดยจะเคลื่อนที่ผ่านเครื่องมือที่มีลักษณะเป็นช่องว่าง มีแหล่งกำเนิด infrared อยู่เหนือบริเวณที่กล้วยหอมแช่แข็งเคลื่อนที่ผ่าน 4 นิ้ว และ ใต้บริเวณที่กล้วยหอมเคลื่อนที่ผ่าน 4 นิ้ว โดยอัตราเร็วการเคลื่อนที่ผ่านคือ 6 วินาที ต่อ 1 นิ้ว โดยช่วงเวลาที่เคลื่อนที่ทั้งหมดคือ 60 วินาที จากนั้นกล้วยหอมที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วจะถูกส่งเข้าไปใน vacuum chamber ในเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็งธรรมดา และทำการลดความดันจนต่ำกว่า 100 ไมครอนปรอท ก่อนที่จะเกิดการละลายขึ้น การลดความดันจะทำอยู่เป็นเวลา 10 นาที ก่อนที่จะเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องขึ้นจนกระทั่งถึง 190 องศาฟาเรนไฮต์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้นประมาณ 2 % และพร้อมที่จะคืนตัวได้เมื่อเติมนมลงไป

2.3.1 การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิต ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งจากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

ในการเตรียมผักผลไม้ก่อนการทำแห้งทั่วไปนั้น ผักผลไม้จะถูกล้างทำความสะอาด แยกส่วนที่ไม่ต้องการเช่น เปลือก เมล็ด หรือสิ่งอื่น ๆ ออกก่อน เลือกขนาด คุณภาพ และตัดแต่งให้เหมาะสม

สำหรับกล้วยหอมที่จะนำมาทำแห้งแบบเยือกแข็งนั้น อาจทำการคัดเลือกได้โดยอาศัยระดับความสุก ซึ่ง CSIRO (1972) ได้แบ่งขั้นตอนการสุกของกล้วยหลังจากตัดมาบ่มดังนี้

ระยะที่ 1 เปลือกเขียว ผลแข็ง ไม่มีการสุก

ระยะที่ 2 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองนิด ๆ

ระยะที่ 3 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองมากขึ้นแต่ยังมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง

- ระยะที่ 4 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองและมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว
 ระยะที่ 5 เปลือกเป็นสีเหลือง แต่ที่ปลายยังเป็นสีเขียว
 ระยะที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง (ผลสุก)
 ระยะที่ 7 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาล (สุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม)
 ระยะที่ 8 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป เนื้อเริ่มอ่อนตัว และมึกลิ่นแรง)

ซึ่งในช่วงการสุกนี้จะทำให้คุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะแป้งที่มีมากตอน ผลกล้วยดิบ จะลดลงและเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ทำให้สามารถคัดเลือกกล้วยจากปริมาณน้ำตาลได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์ในกล้วยหอมทอง (Silayoi, 1986) กล้วยหอมคาเวนดิช (CSIRO, 1972) และกล้วยของมาเลเซีย ได้ผลใกล้เคียงกันดังตารางที่ 2

ระยะ การสุก ระยะที่	มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์		CSIRO		มาเลเซีย									
	หอมทอง	คาเวนดิช	Berangan	Embun	Emas Besar	Emas Keril	Rastall	น้ำตาล	แป้ง	น้ำตาล	แป้ง	น้ำตาล	แป้ง	น้ำตาล
1	0.8	21.1	0.5	20.0	0.9	23	<1	22	<1	24	<1	26	<1	22
2	2.7	18.4	2.5	18.0	4.0	20	3	22	<1	16	2	22	2	20
3	4.8	16.1	4.5	16.0	5.0	19	13	14	11	7	16	13	10	14
4	8.2	12.5	7.5	13.3	8.0	16	18	5	15	9	14	14	14	9
5	13.2	6.8	15.5	7.0	12.0	13	15	7	18	3	17	11	16	9
6	17.6	3.3	18.0	2.5	13.0	12	NA	NA	15	7	14	9	14	5
7	18.5	2.4	19.0	1.5	15.0	0	14	7	17	NA	16	8	15	5
8	19.9	1.3	19.0	1.0	16.0	8	NA	NA	20	5	17	6	15	5

ตารางที่ 2 ค่าร้อยละของปริมาณแป้งและน้ำตาลของผลกล้วยที่มีการสุกในระยะต่าง ๆ

NA: Not available.

ที่มา: Silayoi, B. 1986.

สำหรับผลไม้ทั่วไปนั้นก่อนการทำแห้งมักต้องมีการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เนื่องจากเอนไซม์ก่อน โดยเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลคือ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase, PPO)

2.3.1.1 Polyphenol oxidase เป็นเอนไซม์ที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ในผักผลไม้ ทั้งนี้เนื่องจากในเนื้อเยื่อผักและผลไม้มีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และสารประกอบฟีนอล ซึ่งโดยปกติจะอยู่แยกกัน แต่เมื่อผักและผลไม้ถูกปอก ตัด หรือทำให้บอบช้ำ จะทำให้เอนไซม์และสารประกอบฟีนอลทำปฏิกิริยากัน เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลขึ้น

เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เร่งปฏิกิริยาได้ 2 ปฏิกิริยา คือ

1. ปฏิกิริยา Hydroxylation ของ Monophenol ไปเป็น o-diphenol

2. ปฏิกิริยา Oxidation ของ o-diphenol ไปเป็น o-quinone

o-quinone ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา oxidation สามารถเกิดปฏิกิริยา polymerization กับ o-diphenol หรือกับกรดอะมิโนและโปรตีน ทำให้เกิดสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น และมีสีเข้มต่าง ๆ กัน

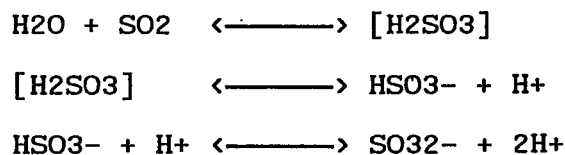
การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้ เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส จะก่อให้เกิดผลเสียต่ออุตสาหกรรมบางประเภท เช่น ผักผลไม้กระป๋อง ผักผลไม้แช่แข็ง น้ำผลไม้ เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำลง และยังทำให้ประมาณวิตามินซีที่มีอยู่ในผักผลไม้ลดลงด้วย อย่างไรก็ตามในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น ใบชา ลูกพรุน องุ่นแห้ง และโกโก้ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเป็นสิ่งที่ต้องการ และมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส อาจทำได้โดยใช้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์ ใช้สารประกอบซัลไฟต์ หรือกรด ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ สำหรับการให้ความร้อนยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกล้วยหอมนั้นมีผู้ทำการศึกษาเอามากมาย ตัวอย่างเช่น

Cano และ คณะ (1990) ได้ทำการศึกษาผลของระดับความสุกและการให้ความร้อนก่อนการทำเยือกแข็งกล้วยหอมที่ตัดเป็นแผ่น (sliced) ที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยได้เปรียบเทียบการให้ความร้อนแก่กล้วยหอม 2 วิธีคือ การลวกด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 11 นาที แล้วทำให้เย็นในน้ำเย็น

เป็นเวลา 5 นาที และการใช้ไมโครเวฟ ด้วยเตาไมโครเวฟ 650 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที แล้วทำให้เย็นในน้ำเย็นเป็นเวลา 5 นาที พบว่า การลวกด้วยน้ำเดือดให้ผลในการยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเกือบ 100 % ในขณะที่การใช้ไมโครเวฟมีผลในการยับยั้งเอนไซม์ polyphenoloxidase และ peroxidase ได้ในระดับสูง แต่จะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ และสำหรับกล้วยหอมแผ่นที่อยู่ในช่วง Preclimacteric นั้น จะทำให้เกิดสีน้ำตาลบริเวณกลางขึ้น ดังนั้น การใช้ไมโครเวฟจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลสำหรับการทำแห้งแบบเยือกแข็ง อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปนั้นจะไม่นิยมใช้ความร้อนในการรักษาสีของผลไม้ เนื่องจากจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลไม้ จึงมีการใช้สารเคมีในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลกัน อย่างแพร่หลาย โดยสารเคมีที่ใช้กันมากในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

2.3.1.2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ มีกลิ่นกำมะถัน หอมเหลว ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นของแข็งที่อุณหภูมิ -72 องศาเซลเซียส ละลายได้ในน้ำ (85 % ที่ 25 องศาเซลเซียส) ได้กรดซัลฟูรัส (H_2SO_3) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือของ มัน เช่น bisulfites , metabisulfites เมื่อละลายในน้ำจะทำให้เกิดสมมูล (Branen, 1989) ดังสมการ



เมื่อ pH ลดลง สัดส่วนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ bisulfite จะลดลง สำหรับการนำไปใช้นั้น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถนำไปใช้เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ สารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้งชนิดเนื่องมาจากเอนไซม์และไม่เอนไซม์เนื่องมาจากเอนไซม์ และป้องกันการสูญเสียสีอื่นเนื่องมาจากปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึงช่วยยืดอายุในการเก็บรักษา รักษาสีและกลิ่นรส นอกจากนี้ยังช่วยรักษากรดแอสคอร์บิกและแคโรทีนอีกด้วย

การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารกันเสียในอาหารนั้นจะใช้ในปริมาณ 0.01-0.2 % ซึ่งปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างอยู่จะสามารถถูกทำลายไปได้เนื่องจากความร้อนหรือการ

ใช้สุญญากาศ โดยการระเหยของซิลเฟอร์ไดออกไซด์อาจมากถึง 50 % ระหว่างการทำแห้งในสภาวะสุญญากาศ (Samogyi and Luh , 1975)

ข้อกำหนดทางกฎหมายสำหรับการใช้ซิลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ขอมมาให้ใช้กับผักผลไม้ในบางประเทศ

ประเทศ	ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ (มพีเอ็ม)
อังกฤษ	2,000 (750 สำหรับบลูเบอร์รี่)
แคนาดา	2,500
สวีเดน เซอร์แลนด์	2,000
เยอรมัน, ลอสเตอเรีย, ฮังการี	1,250
เชโกสโลวาเกีย	1,250 (ในลูกเกดเท่านั้น)
ฝรั่งเศส	1,000
ญี่ปุ่น	1,000 (ในแอปเปิ้ล) ไม่อนุญาตให้ใช้กับผลไม้อื่น
สหรัฐอเมริกา	
นิวยอร์ก	2,000
นิวแฮมป์ไชร์	ไม่อนุญาตให้ใช้

ที่มา : Morris 1947

สำหรับในประเทศไทยนั้น กำหนดให้มีปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมผลไม้แห้ง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้ง มอก. 919-2532 ส่วนความปลอดภัยในการใช้ หรืออันตรายที่จะได้รับจากการใช้วัตถุกันเสียชนิดนี้ จากการทดลองพบว่า เมื่อบริโภคสารนี้เข้าไป ซิลเฟอร์ไดออกไซด์และซิลไฟต์จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นซิลเฟตแล้วจะจัดออกทางปัสสาวะ แต่ถ้าหากบริโภคเข้าไปในปริมาณที่มากเกินไป ตัวอย่างเช่น การทดลองให้คนบริโภคโซเดียมซิลไฟต์ ในปริมาณ 1. กรัมต่อวัน พบว่า ปริมาณของวัตถุกันเสียที่เหลือจากการถูกออกซิไดซ์นี้ จะไปลดประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนและไขมันในร่างกาย ส่วน

การทดลองในหนูโดยใช้ซัลไฟต์ผสมในอาหารในระดับ 0.1 % พบว่าทำให้ ไธอามีน (Thiamine) ในอาหารที่ใช้เลี้ยงหนูถูกทำลาย ดังนั้นก่อนการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ควรมีการศึกษาให้ละเอียดก่อน และไม่ควรใช้เกินจากที่กฎหมายกำหนดไว้ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ปริมาณการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มักถูกจำกัดโดยอัตโนมัติอยู่แล้วเนื่องจากถ้าหากใช้มากเกินไป จะพบว่ามีกลิ่นและรสชาติของก้ามะถันหลงเหลืออยู่ในอาหารด้วย ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ นอกจากนี้ยังมีการแนะนำการใช้กรดแอสคอร์บิกรวมกับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจากมีผลดีคือเป็นการลดปริมาณการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ด้วยองค์ประกอบที่มีอยู่ในผลไม้ ในขณะที่เดียวกัน ก็ยังคงสามารถยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ได้ด้วยคุณสมบัติของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Samogyi and Luh , 1975) ถึงแม้ว่าจะมีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กันอย่างกว้างขวาง ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาน้ำตาล แต่สารชนิดนี้ก็มีข้อเสียหลายประการ ดังนี้

1. ทำให้เกิดการกัดกร่อน
2. ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี
3. ทำลายสารอาหารที่สำคัญบางอย่างเช่น ไธอามีน (Thiamine)
4. เป็นที่ห้ามในบางประเทศ

สำหรับการศึกษาการใช้สารเคมีในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ นั้น มีมากมาย ตัวอย่างเช่น

Mellor และ Irving (1969) ได้ศึกษาการใช้ Ascorbic acid และ 2-mercaptobenzolthiazole sodium ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ผลที่ได้คือ 2-mercaptobenzolthiazole sodium มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่า Ascorbic acid และนอกจากนั้นแล้วยังไม่ทำให้เกิดสีชมพูในผลไม้ที่มีสีอ่อน ที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งเช่น กล้วย อีกด้วย

Draudt และ Huang (1965) ได้ศึกษากิจกรรมของ Polyphenoloxidase และ Peroxidase enzyme ปริมาณ Ascorbic acid และการเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลของกล้วยหอม และพีชที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ทั้งแบบที่มีการใช้ซัลไฟต์ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและแบบที่ไม่ได้ใช้ซัลไฟต์ พบว่าการใช้ซัลไฟต์นั้นจะสามารถช่วยรักษาปริมาณของ Ascorbic acid ไว้ได้ และช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้

2.3.2 การบรรจุและการเก็บรักษา

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง มีพื้นที่ผิวภายในตัวผลิตภัณฑ์สูง ทำให้มีความไวต่อออกซิเจนและ/หรือ ความชื้น ซึ่งเป็นปัญหาในการบรรจุ และสำหรับผลิตภัณฑ์ก๊อปปี้ที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็งก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง โดยทั่วไปจึงบรรจุในภาชนะประเภทกระป๋องอะลูมิเนียมหรืออะลูมิเนียมฟอยล์ เนื่องจากคุณสมบัติที่ดีหลายอย่าง (King, 1975)

คุณสมบัติของอะลูมิเนียมฟอยล์ทั่ว ๆ ไป

1. เป็นโลหะที่สะอาดถูกสุขลักษณะ และเป็นประกายเมื่อกระทบกับแสง
2. อะลูมิเนียมฟอยล์มีความหนาไม่มาก สามารถที่จะเลือกใช้งานได้ทั้งด้านที่เป็นผิวมันและด้านที่มีผิวไม่มันหรือด้าน
3. นำไปใช้งานในการขึ้นรูปต่างๆหรือลายนูนได้
4. สามารถปะทับติดกับแผ่นฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆได้ ซึ่งจะทำได้พลาสติกที่มีความสามารถในการไหลผ่านของตัวกลางอื่นๆได้

คุณสมบัติของอะลูมิเนียมฟอยล์ในการนำไปใช้บรรจุผลิตภัณฑ์

1. อะลูมิเนียมฟอยล์เป็นวัสดุที่มีความสะอาดหลังจากผ่านการให้ความร้อนแล้ว และเชื้อโรคไม่สามารถที่จะเจริญเติบโตได้
2. ไม่เป็นพิษและปลอดภัยเมื่อนำไปใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ อาหาร ยา และเครื่องสำอาง
3. ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส
4. อะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีความหนาตั้งแต่ 0.01 นิ้วขึ้นไป จะมีคุณสมบัติในการป้องกันการไหลผ่านของตัวกลางต่างๆ
5. อะลูมิเนียมฟอยล์สามารถปะ ทาบ ติดหรือผนึก หรือเคลือบกับวัสดุชนิดอื่นๆได้จะสามารถอุดรูพรุน (pinholes) ที่เกิดขึ้นในแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ได้ดี
6. อะลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีการระเหยกลายเป็นไอ ขนาดจะคงที่ในช่วงอุณหภูมิ -100 ถึง 700 องศาฟาเรนไฮต์
7. อะลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้ดี
8. อะลูมิเนียมฟอยล์สามารถทำให้ความร้อน หรือปล่อยให้เป็นตัวลงได้อย่างรวดเร็ว

สำนักงานเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนคร กรุงเทพมหานคร

อะลูมิเนียมฟอยล์สามารถนำไปขึ้นรูปหรือพับเป็นภาชนะบรรจุได้ง่าย ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ทำเป็นภาชนะบรรจุที่ต้องการมีท่อหลายๆ ครั้ง หรือภาชนะบรรจุที่ต้องนำกลับมาใช้ใหม่ อะลูมิเนียมฟอยล์มีความอ่อนตัวสูง ทนต่อแรงดึงได้สูง สามารถหรือบุผนังภาชนะบรรจุ หรือขึ้นรูปเป็นช่องหรือถาดด้วยการปะทาบติดหรือผนึกกับวัสดุอื่นๆ เช่น พลาสติกเป็นต้น (วุฒิชัย, 2533)

Tuomy (1970) ได้ศึกษาการใช้ภาชนะบรรจุยืดหยุ่นได้ (flexible container) ในการบรรจุอาหารที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง พบว่ามีข้อดีคือ ไม้ลื่นเปื่อยเนื่อที่ในการเก็บรักษาและสามารถใช้บรรจุได้ทั้งในแบบสุญญากาศหรือแบบบรรจุก๊าซ โดยการบรรจุแบบสุญญากาศจะได้เปรียบในแง่ที่ไม่เกิดการแตกของภาชนะระหว่างการขนส่ง ซึ่งฟิล์มอะลูมิเนียมฟอยล์ ก็นับได้ว่าเป็นฟิล์มที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความชื้นและออกซิเจนได้ดีตัวหนึ่ง

ในการบรรจุด้วยภาชนะที่ยืดหยุ่นได้นั้น จะใช้กล่องกระดาษแข็งบรรจุทับอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันความเสียหายในระหว่างการขนส่ง

2.3.3. การควบคุมคุณภาพ (Quality control)

การควบคุมคุณภาพที่เฉพาะเจาะจงสำหรับผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้ง รวมทั้งผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็งได้แก่

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์มีหลายวิธี เช่น
 - การอบแห้งในสภาพสุญญากาศ โดยใช้เตาอบสุญญากาศ (vacuum oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง
 - การใช้ infrared moisture meter เป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นที่รวดเร็วใช้เวลาประมาณ 7-10 นาที แต่ผลที่ได้ไม่แม่นยำเท่าการใช้เตาอบสุญญากาศ
 - Karl Fisher titration เป็นวิธีที่สะดวกสำหรับผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่มีปริมาณความชื้นต่ำ
2. การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ใช้วิธี Monier-William Method ซึ่งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลไม้ จะถูกกลั่นออกมาโดยอาศัยกรดแก่ (HCl) แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณโดยการไตเตรตหรือชั่งน้ำหนัก
3. ลักษณะทางกายภาพวิเคราะห์ได้โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเกี่ยวกับ สี ความสม่ำเสมอของขนาด ความผิดปกติ เนื้อสัมผัส ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้ Numerical scoring หรือ Hedonic scale

4. สัดส่วนการคั้นตัว ซึ่งมีใช้การแช่ตัวอย่างผลไม้แห้ง 100 กรัม ลงในน้ำที่มากเกินไป โดยกำหนดอุณหภูมิและ เวลา จากนั้นสะเด็ดน้ำแล้วเปรียบเทียบกับน้ำหนักของผลไม้ที่สะเด็ดน้ำแล้วกับน้ำหนักแห้งก่อนแช่น้ำ

5. การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลไม้แห้ง มอก.919-2532 กำหนดให้ผลไม้แห้งมีจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 104 colony ต่อกรัม

6. การตรวจสอบ headspace สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุโดยการใช้อากาศอื่น ๆ แทนที่อากาศปกติ ซึ่งมาตรฐานปริมาณออกซิเจนที่ยอมให้มีอยู่ในภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ผลไม้ ที่มีการแทนที่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน คือ ปริมาณออกซิเจนไม่เกิน 2.0 %

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุคิบ : กล้วยหอมทอง ชื่อจากตลาดหัวตะเข้ ตลาดสามแยกเกษตร

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ :

1. Refractometer 0-32 oBrix
2. Freeze drier
3. Hot air oven
4. Analytical balance
5. Spectrophotometer
6. Centrifuge
7. Incubator
8. Larmina flow
9. Sensory evaluation set
10. Desiccator
11. KMITL Food Texture Measuring Instrument (กิตติชัย,2534)
12. Water Bath
13. Plate
14. Pipette and Pasteur pipette
15. Test tube
16. Cylinder
17. Erlenmeyer flask and Volumetric flask
18. Beaker
19. Burette and stand clamp
20. Autoclave
21. Blender

3.3 สารเคมี :

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ TVC
2. Potassium metabisulfite
3. Butterfield's buffer phosphate diluent
4. Formaldehyde solution
5. Acid-bleached p-rosaniline hydrochloride
6. Sodium tetrachloro mercurate
7. Sulfurdioxide standard solution

3.4 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การคัดเลือกระดับความสุกของกล้วยหอมที่จะใช้ในการศึกษา

1. เลือกกล้วยหอมที่มีระดับความสุกต่าง ๆ โดยสังเกตจากสี เหลี่ยมมุมของกล้วย และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นการอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความสุกกับปริมาณน้ำตาล จะได้กล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ 21-22 องศาบริกซ์ และ 23-24 องศาบริกซ์
2. ทำการคัดเลือกระดับความสุกของกล้วยหอมที่จะใช้ในการศึกษา โดยอาศัยการทดสอบประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic Test แบบ 5-point Hedonic scale ทำการทดสอบโดยใช้ผู้ชิมทั้งหมด จำนวน 10 คน ชิมกล้วยหอมที่มีระดับความสุกดังกล่าว และให้คะแนนความพอใจที่พอจะยอมรับได้ ซึ่งคัดเลือกกล้วยหอมที่มีระดับความสุกต่างกันได้จำนวน 2 ระดับ คือ กล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ และ 23-24 องศาบริกซ์
3. ทำการศึกษา ผลของระดับความสุกของกล้วยหอมที่ต่างกัน ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป

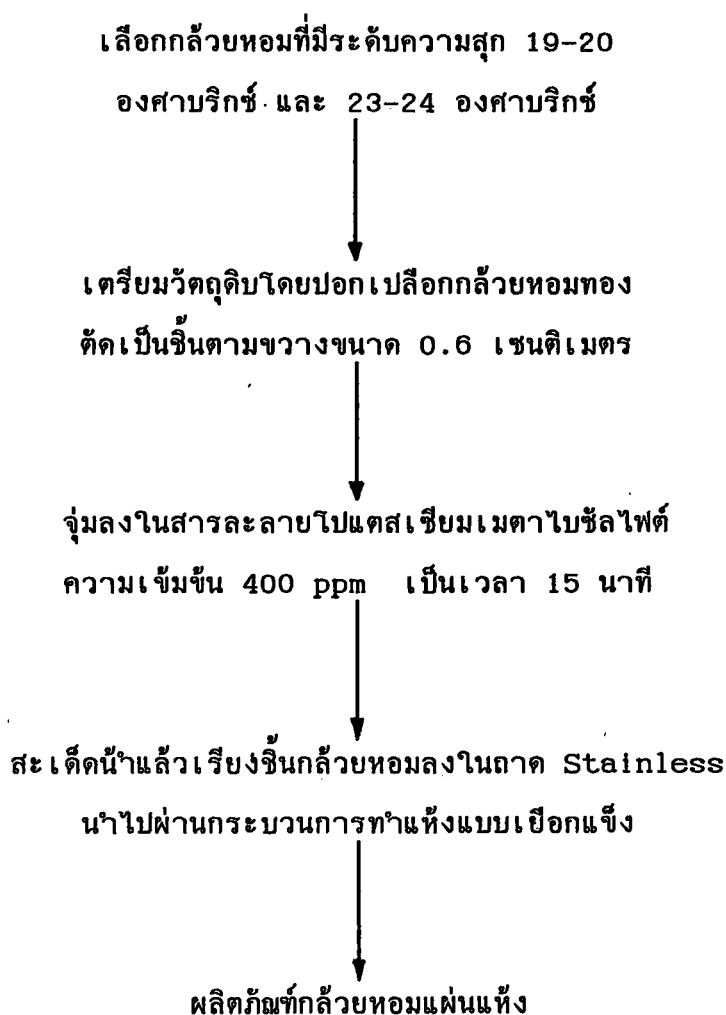
ตอนที่ 2 การคัดเลือกขนาดชิ้นที่เหมาะสมในการแปรรูป

1. นำกล้วยหอมที่มีความสุกระดับที่ได้รับการคัดเลือก มาหั่นตามขวางให้มีความหนาต่าง ๆ ได้แก่ 0.2 , 0.4 และ 0.6 เซนติเมตร ตามลำดับ จากนั้นนำมาจุ่มสารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 400 ppm เป็นเวลา 15 นาที (ได้มีการทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมแล้ว) เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

2. นำกล้วยหอมแต่ละระดับความสุกและความหนา ไปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง บันทึกอุณหภูมิและ เวลาตลอดกระบวนการ

3. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ที่มีต่อขนาดชิ้นของผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธี Ranking Test เพื่อเลือกขนาดชิ้นของกล้วยแต่ละความสุกที่ได้รับการยอมรับสูงสุด เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแปรรูปต่อไป

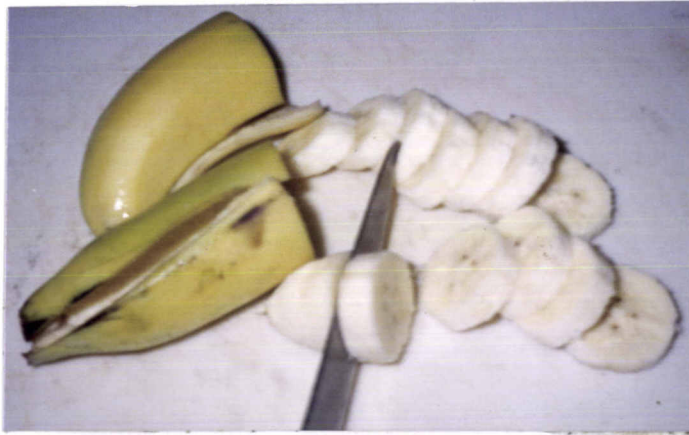
ตอนที่ 3 การผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7



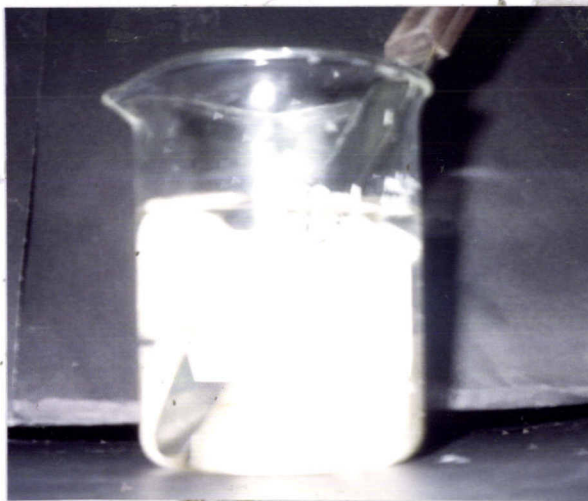
ภาพที่ 6 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตกล้วยหอมแผ่นแห้งโดยการทำแห้งแบบ เยือกแข็ง



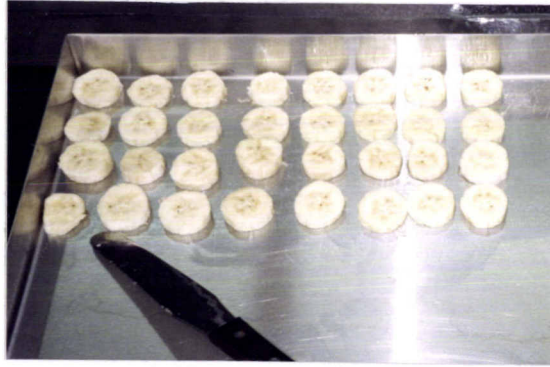
ก. กล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ และ 19-20 องศาบริกซ์



ข. การตัดตามตามขวางให้มีความหนา 0.6 เซนติเมตร



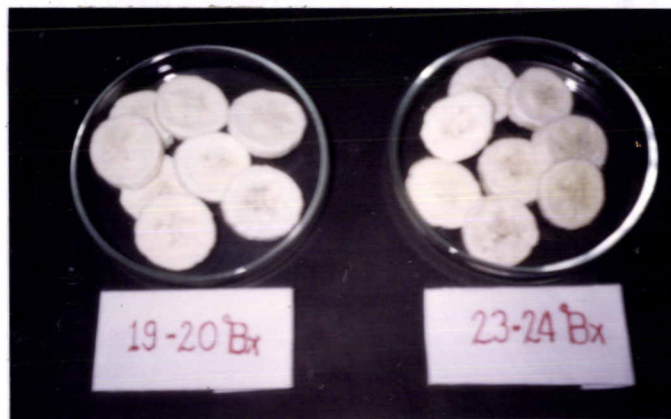
ค. การแช่ชิ้นกล้วยหอมลงในสารละลายโปแคส เข็ม เมตาไบซัลไฟต์



ง. การวาง เรียงชิ้นกล้วยหอมลงในถาดสแตนเลส



จ. นำไปผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งในเครื่อง Freeze Drier



ฉ. ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

ภาพที่ 7 แสดงขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตกล้วยหอมแผ่นแห้งโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

ตอนที่ 4 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้ง

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งจากตอนที่ 3 แล้ว นำมาบรรจุในถุงอะลูมิเนียมพอยล์ลามิเนตด้วยโพลีเอทิลีน ปิดผนึกด้วยความร้อน นำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยนำผลิตภัณฑ์ออกมาตรวจวิเคราะห์ทุก ๆ สัปดาห์

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1.1 เนื้อสัมผัส(ความกรอบ) โดยใช้เครื่อง KMITL Food Texture Measuring Instrument (กิตติชัย, 2534)

1.2 ทดสอบเปอร์เซ็นต์การคืนตัว (Gravimetric Method)

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

2.1 ปริมาณความชื้น (AOAC 1984 ข้อ 22.008)

2.2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (AOAC 1984 ข้อ 20.126)

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(Standard Plate Count, SPC) (AOAC 1984 ข้อ 46.005)

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.1 ทดสอบความชอบและการยอมรับในผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธี Numerical scoring test ใช้ผู้ชิม 12 คน ลักษณะที่ทดสอบได้แก่ สี ความกรอบ กลิ่น และรสชาติ

4.2 ทดสอบผลของอายุการเก็บรักษา ที่มีต่อการยอมรับในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Ratio Profile Test (RPT) ใช้ผู้ชิม 12 คน ลักษณะที่ทดสอบได้แก่ สี ความกรอบ กลิ่น รสชาติ และการยอมรับในผลิตภัณฑ์

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1. การคัดเลือกระดับความสุขของกล้วยหอมที่จะใช้ในการศึกษา

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิม 10 คน ด้วยวิธี Hedonic Test แบบ 5-point Hedonic scale คะแนนเฉลี่ยของกล้วยหอมแต่ละระดับความสุขเป็นดังตารางที่ 4 ตารางที่ 4 แสดงคะแนนการยอมรับเฉลี่ยของกล้วยหอมที่ระดับความสุขต่าง ๆ กัน

ระดับความสุข (องศาบริกซ์)	19-20	21-22	23-24
คะแนนเฉลี่ย	2.4a	2.9a	4.5b

จากผลการทดลองพบว่า คะแนนเฉลี่ยของกล้วยหอมที่ระดับความสุข 23-24 องศาบริกซ์ มีความแตกต่างจากคะแนนเฉลี่ย ของกล้วยหอมที่ระดับความสุข 21-22 และ 19-20 องศาบริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยของกล้วยหอมที่ระดับความสุข 21-22 และ 19-20 องศาบริกซ์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของกล้วยหอมที่ระดับความสุข 23-24 องศาบริกซ์ สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของกล้วยหอมที่ระดับความสุข 21-22 และ 19-20 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ซึ่งการที่ผลการทดสอบเป็นดังนี้อาจเนื่องมาจาก กล้วยหอมที่มีระดับความสุข 23-24 องศาบริกซ์นั้น มีระดับความสุขสูงกว่า ทำให้มีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าและมีกลิ่นรสหอมหวานกว่าในกล้วยหอมที่ระดับความสุข 19-20 และ 21-22 องศาบริกซ์ และกล้วยหอมที่มีระดับความสุข 19-20 และ 21-22 องศาบริกซ์นั้น ยังคงมีรสฝาดอยู่บ้าง ซึ่งเป็นรสชาติที่ผู้บริโภคไม่นิยม ดังนั้นผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงเลือกกล้วยหอมที่มีระดับความสุข 23-24 องศาบริกซ์ ให้ได้รับคะแนนการยอมรับเป็นอันดับหนึ่ง และให้กล้วยหอมที่มีระดับความสุข 19-20 องศาบริกซ์ และ 21-22 องศาบริกซ์ได้รับคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกัน ดังนั้นจากผลการทดสอบที่ได้จึงเลือกกล้วยหอมที่มีระดับความสุข 19-20 องศาบริกซ์ และกล้วยหอมที่ระดับความสุข 23-24 องศาบริกซ์ สำหรับนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

4.2. การคัดเลือกขนาดขึ้นที่เหมาะสมในการแปรรูป

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมที่มีต่อขนาดขึ้นของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Ranking Test ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการจัดลำดับการยอมรับของกล้วยหอมในแต่ละระดับความสุกที่ความหนาของขึ้นต่าง ๆ กัน

ผู้ชิม	ระดับความสุก ($^{\circ}$ Bx)					
	19-20			23-24		
	ความหนาของขึ้น (cm.)			ความหนาของขึ้น (cm.)		
	0.2	0.4	0.6	0.2	0.4	0.6
1	3	2	1	3	2	1
2	3	2	1	3	2	1
3	3	2	1	3	2	1
4	3	2	1	3	2	1
5	2	3	1	3	2	1
6	3	2	1	2	3	1
7	2	3	1	3	2	1
8	3	2	1	3	2	1
9	3	1	2	3	2	1
10	3	1	2	3	2	1
11	1	3	2	1	2	3
12	3	2	1	3	1	2

จากผลการทดสอบพบว่าผู้ชิมมีความเห็นสอดคล้องกันอย่างมากมีนัยสำคัญในการเลือกให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนา 0.6 เซนติเมตร ได้รับการยอมรับเป็นอันดับ 1 สำหรับทั้งสองระดับความสุก ทั้งนี้เนื่องมาจาก ขนาดความหนา 0.6 เซนติเมตรนั้น เป็นขนาดที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสกรอบ และมีกลิ่นรสของกล้วยหอมชัดเจนกว่าในผลิตภัณฑ์ที่มีความหนา 0.2 และ 0.4 เซนติเมตร ทำให้ผู้บริโภคนิยมมากกว่า ดังนั้นจากผลการทดสอบในครั้งนี้จึงเลือกความหนาของขนาดขึ้น 0.6 เซนติเมตรในการแปรรูปกล้วยหอมโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

4.3. การผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบ เยือกแข็ง

เมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งด้วยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งสองระดับความสุกมีลักษณะแห้ง มีสีขาวขึ้นเมื่อเทียบกับกล้วยหอมสด มีกลิ่นรสหอมหวานของกล้วยหอมชัดเจน และดูความชื้นอย่างรวดเร็ว

4.4. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการศึกษาผลของระยะเวลาในการ เก็บรักษาที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้ง

4.4.1. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

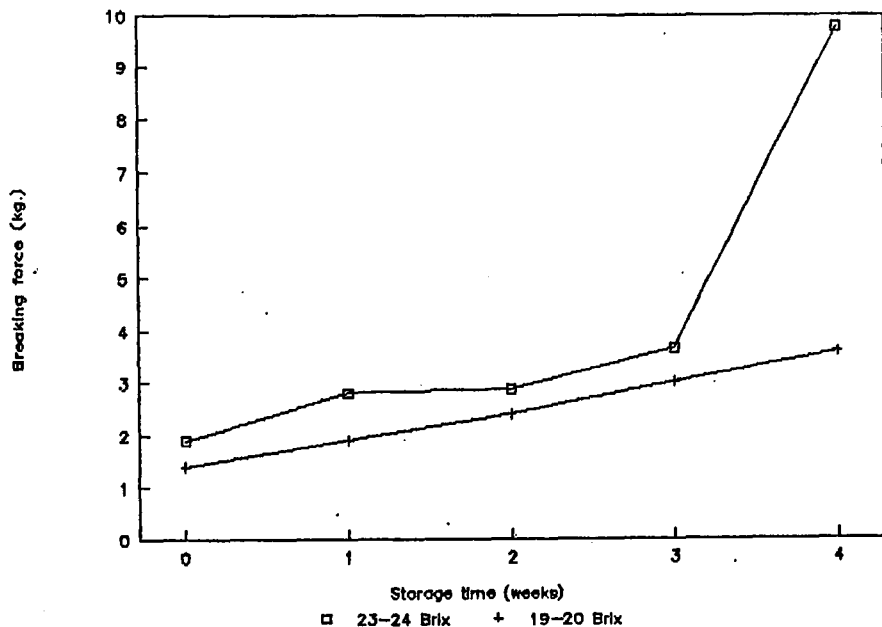
4.4.1.1. เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)

ในการศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้ง โดยใช้เครื่อง KMITL Food Texture Measuring Instrument (กิตติชัย, 2534) ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 และ ภาพที่ 8

ตารางที่ 6 แสดงค่า Breaking Force ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 และ 23-24 องศาบริกซ์ ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

ระดับความสุก (°Bx)	ค่า Breaking Force (กิโลกรัม)					ค่าเฉลี่ย ระดับความสุก
	ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	
19-20	1.405	1.893	2.408	3.012	3.599	2.464
23-24	2.035	2.802	2.862	3.653	9.758	4.222
ค่าเฉลี่ย	1.719	2.347	2.635	3.332	6.679	3.343

ระยะเวลาการเก็บ



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่า Breaking Force ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

จากผลการทดลองพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ มีค่า Breaking Force แตกต่างจากผลลัพธ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 นั้นคือผลลัพธ์จากกล้วยหอมทั้งสองระดับความสุกมีความกรอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 , 3 และ 4 สัปดาห์ ผลลัพธ์มีค่า Breaking Force แตกต่างไปจากผลลัพธ์ที่ 0 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงว่าที่ระยะเวลาการเก็บ 2 , 3 และ 4 สัปดาห์ ความกรอบของผลลัพธ์แตกต่างไปจากความกรอบของผลลัพธ์ที่มีระยะเวลาการเก็บ 0 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 1

4.4.1.2. การทดสอบเปอร์เซ็นต์การคืนตัว

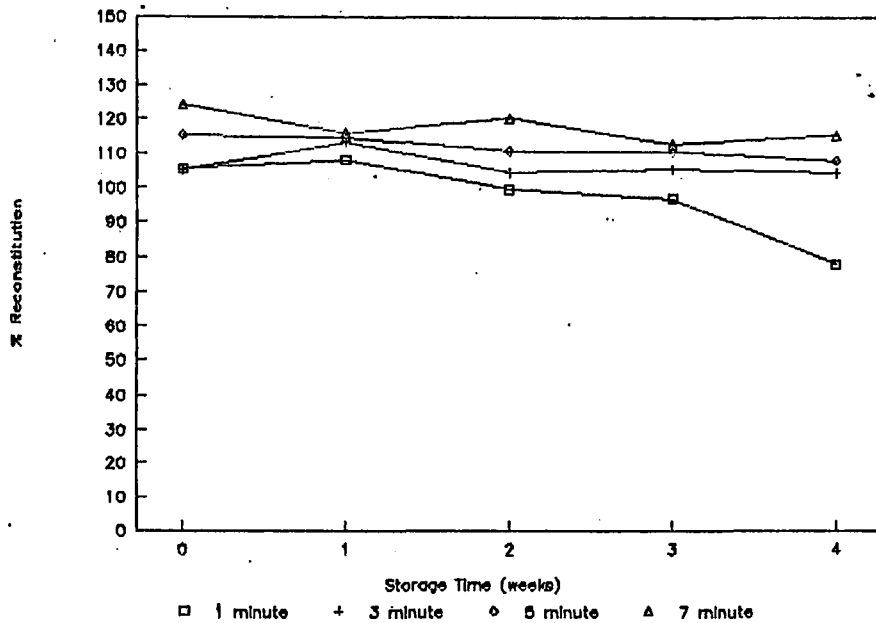
ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 7,8 และ ภาพที่ 9-12

ตารางที่ 7 แสดง เปอร์ เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา ระยะเวลาในการแช่น้ำ และ อุณหภูมิของน้ำที่ต่างกัน

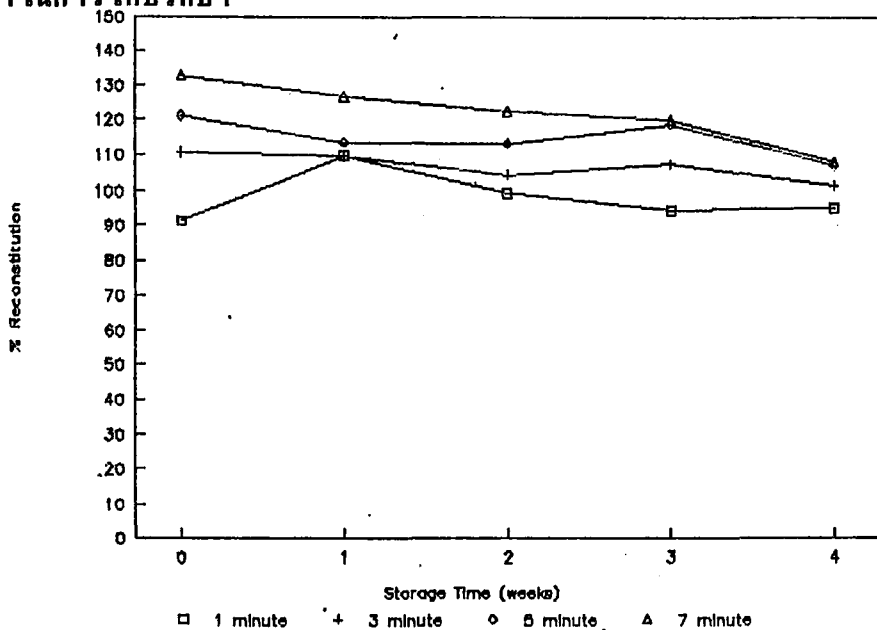
อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาที่แช่ (นาที)	เปอร์เซ็นต์การคืนตัว ที่ระยะเวลาในการเก็บ (สัปดาห์)					ค่าเฉลี่ย เวลาแช่
		0	1	2	3	4	
25	1	105.37	108.01	99.28	96.83	78.02	97.50
	3	104.97	113.33	104.24	105.38	104.27	106.44
	5	115.36	114.50	110.64	110.57	108.70	111.83
	7	124.26	115.91	120.37	112.80	115.48	115.76
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการเก็บ		112.49	112.94	108.63	106.39	101.46	108.38
60	1	91.39	109.78	99.49	94.52	95.15	119.74
	3	110.72	109.62	104.46	107.43	101.48	106.74
	5	121.15	113.57	113.19	118.88	107.18	114.77
	7	132.79	126.81	122.66	120.18	108.11	122.11
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการเก็บ		114.01	114.95	109.95	110.25	102.96	110.42
ค่าเฉลี่ยรวม		113.25	113.94	109.29	108.32	102.21	109.40

ตารางที่ 8 แสดง เปอร์เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา ระยะเวลาในการแช่น้ำ และ อุณหภูมิของน้ำที่ต่างกัน

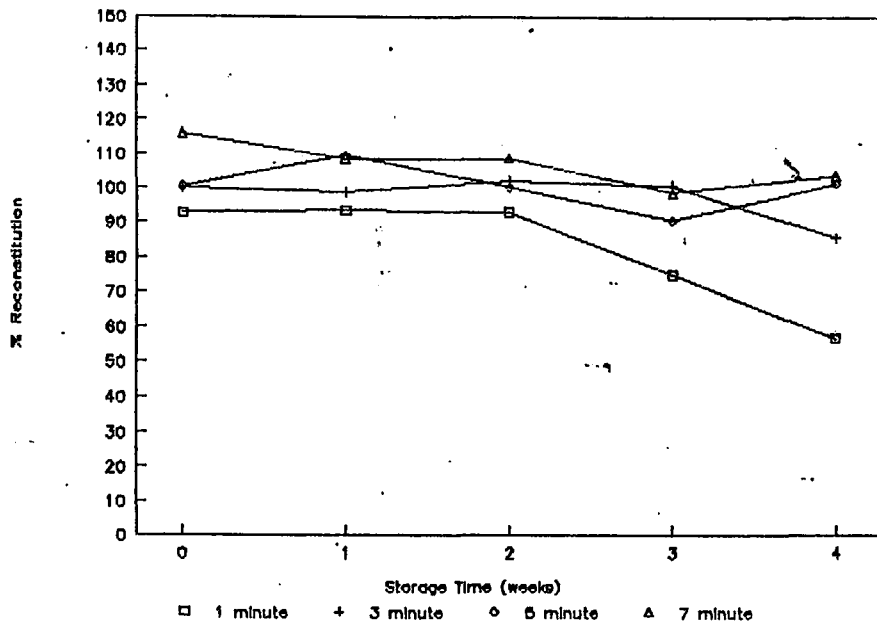
อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาที่แช่ (นาที)	เปอร์เซ็นต์การคืนตัว ที่ระยะเวลาในการเก็บ (สัปดาห์)					ค่าเฉลี่ย เวลาแช่
		0	1	2	3	4	
25	1	92.67	93.88	92.96	74.87	56.96	82.19
	3	99.81	98.70	101.98	100.53	85.79	97.36
	5	100.85	109.59	100.07	90.58	101.37	100.49
	7	115.95	108.53	108.63	98.77	103.77	107.13
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการเก็บ		102.32	102.58	100.91	91.19	86.97	96.79
60	1	102.14	88.09	96.02	85.39	80.15	90.36
	3	109.08	99.67	103.49	91.07	79.12	96.49
	5	110.05	115.28	117.33	98.40	100.07	108.23
	7	121.59	128.66	111.27	114.22	113.73	117.89
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการเก็บ		110.76	107.93	107.03	97.27	93.27	103.24
ค่าเฉลี่ยรวม		106.54	105.26	103.97	94.23	90.12	100.02



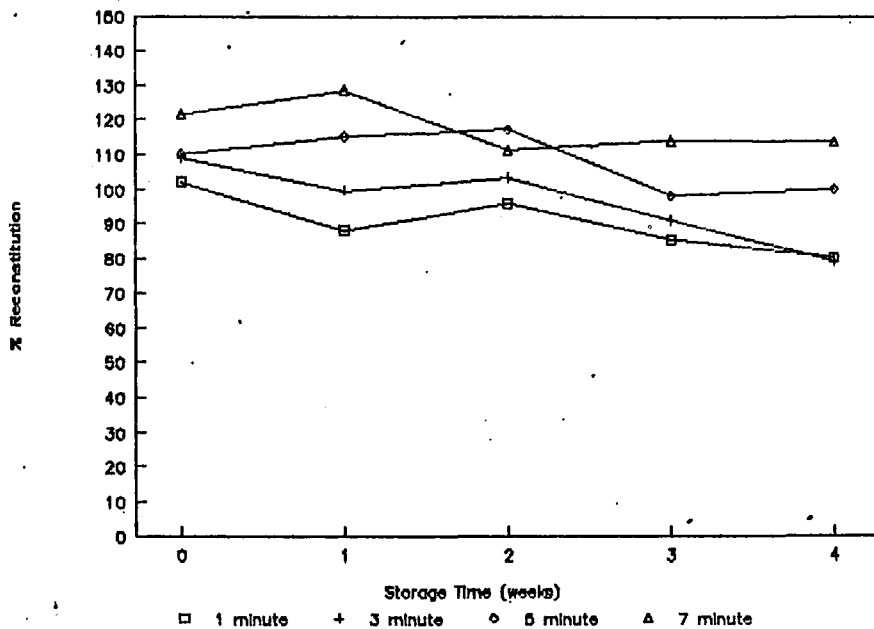
ภาพที่ 9 กราฟแสดง เปอร์ เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับสุก 19-20 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิในการแช่ 25 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการแช่น้ำต่างกัน เทียบกับ ระยะเวลาในการ เก็บรักษา



ภาพที่ 10 กราฟแสดง เปอร์ เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับสุก 19-20 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิในการแช่ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการแช่น้ำต่างกัน เทียบกับ ระยะเวลาในการ เก็บรักษา



ภาพที่ 11 กราฟแสดง เปอร์ เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับสุก 23-24 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิในการแช่ 25 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการแช่น้ำต่างกัน เทียบกับ ระยะเวลาในการเก็บรักษา



ภาพที่ 12 กราฟแสดง เปอร์ เซ็นต์การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับสุก 23-24 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิในการแช่ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการแช่น้ำต่างกัน เทียบกับ ระยะเวลาในการเก็บรักษา

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การคืบตัวจะลดลงเรื่อย ๆ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์การคืบตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมทั้งสองระดับความสุกที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 และ 2 สัปดาห์ กับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 0 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 2 และ 3 และจากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การคืบตัวจะเพิ่มขึ้น โดยความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การคืบตัวที่ระยะเวลาในการแช่น้ำต่าง ๆ กัน นั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมทั้งสองระดับความสุก ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 2 และ 3

การที่ผลการทดลองเป็นดังกล่าวข้างต้นอาจเนื่องมาจากเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานานขึ้นนั้น อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพบางอย่างด้อยลงเช่น ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ทำให้การคืบตัวของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้ช้าลง และความชื้นที่เพิ่มขึ้น อาจมีผลกับโครงสร้างในผลิตภัณฑ์ ทำให้การรักษาน้ำที่ดูซึมเข้าไปนั้นไม่ดีเท่ากับผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลาสั้นกว่า

4.4.2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

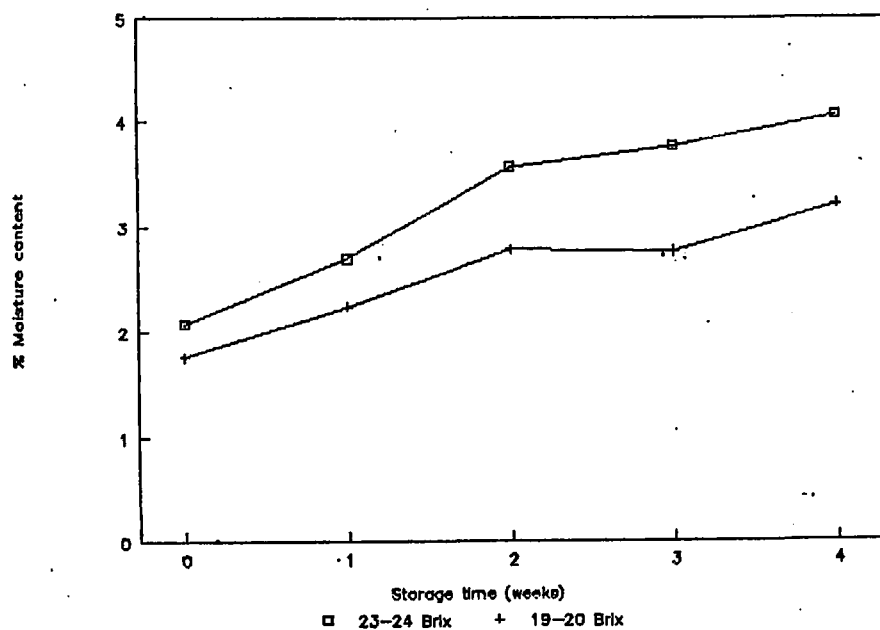
4.4.2.1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ในการศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณความชื้น แสดงได้ดังตารางที่ 9 และภาพที่ 13

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณความชื้นที่มีในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุกและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่างกัน

ระดับความสุก (°Bx)	ปริมาณความชื้น (%)					ค่าเฉลี่ย ระดับความสุก
	ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	
19-20	1.753	2.233	2.773	2.753	3.207	2.544
23-24	2.073	2.690	3.570	3.767	4.067	3.233
ค่าเฉลี่ย	1.913	2.462	3.172	3.260	3.637	2.889

ระยะเวลาการเก็บ



ภาพที่ 13 กราฟแสดงปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมแต่ละระดับความสุกที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

จากการทดลองพบว่าผลผลิตจากกล้วยหอม 23-24 องศาบริกซ์ มีปริมาณความชื้นแตกต่างจากผลผลิตจากกล้วยหอม 19-20 องศาบริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อเก็บผลผลิตไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ผลผลิต จะมีปริมาณความชื้นแตกต่างจากผลผลิตที่ 0 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 4 เมื่อพิจารณาจากกราฟพบว่า ความชื้นตั้งต้นของผลผลิตอยู่ประมาณ 1.5-2.5 % ความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น และ ผลผลิตที่ได้จากกล้วยหอมระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ มีปริมาณความชื้นสูงกว่าผลผลิตจากกล้วยหอมระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์

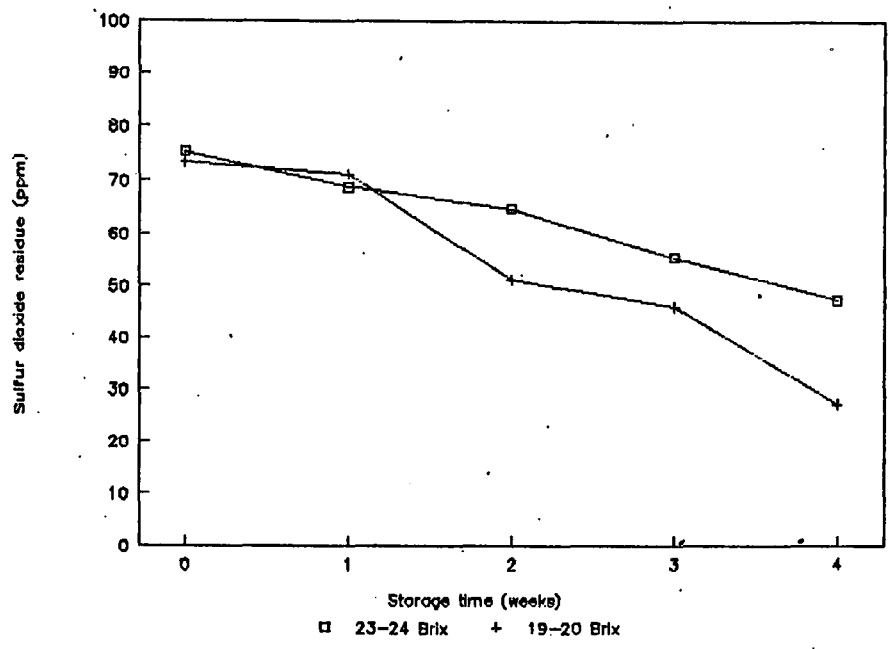
การที่ปริมาณความชื้นของผลผลิตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั้ง ๆ ที่เก็บในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันความชื้นได้นั้น อาจเนื่องมาจากระหว่างการบรรจุในการทดลองนั้นไม่ได้ควบคุมปริมาณความชื้นในอากาศ และ ไม่ได้ทำการไล่อากาศออกจากภาชนะบรรจุก่อนปิดผนึก ทำให้ในภาชนะบรรจุมีความชื้นอยู่ปริมาณหนึ่งและ เมื่อเก็บรักษาผลผลิตเอาไว้ในภาชนะบรรจุนั้น จึงทำให้ผลผลิตดูดเอาความชื้นที่มีอยู่ในภาชนะบรรจุเอาไว้ในตัวผลผลิต และ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานขึ้น ก็ทำให้ผลผลิตดูดความชื้นในภาชนะบรรจุได้มากขึ้น

4.4.2.2. การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้าง

ในการศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 10 และ ภาพที่ 14

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุกและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่างกัน

ระดับความสุก (°Bx)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)					ค่าเฉลี่ย ระดับความสุก
	ระยะเวลาการเก็บ					
	0	1	2	3	4	
19-20	73.333	71.000	51.000	46.000	27.333	53.733
23-24	75.333	68.667	64.667	55.333	47.333	62.267
ค่าเฉลี่ย	74.333	69.833	57.833	50.667	37.333	58.000



ภาพที่ 14 กราฟแสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมแต่ละระดับความสุกที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

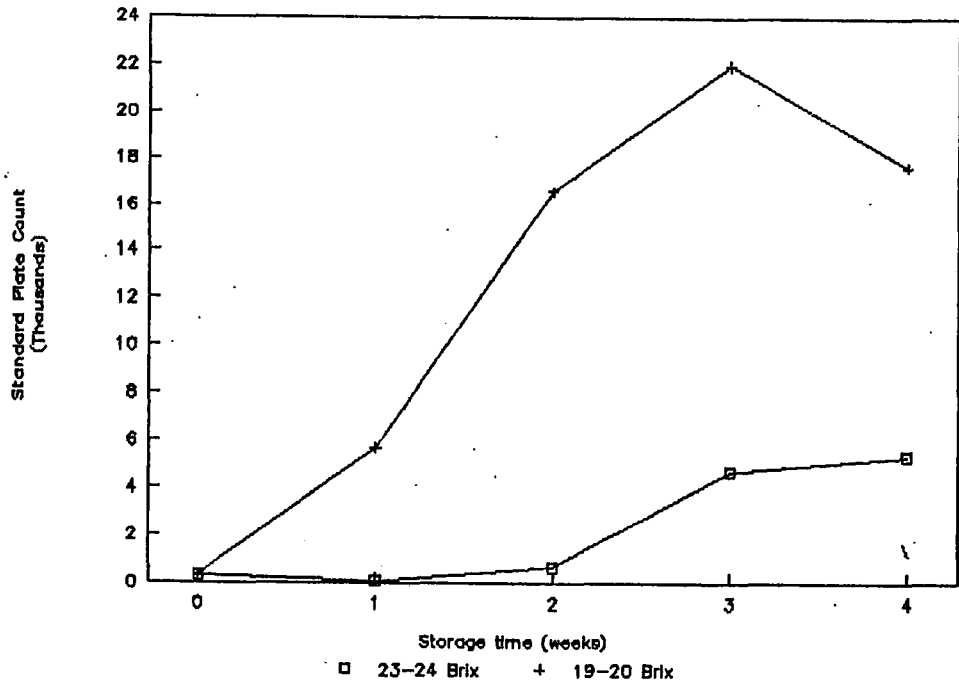
จากผลการทดลองพบว่า ไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างระดับความสุกและระยะเวลาการเก็บ และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพบว่า ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมทั้งสองระดับความสุก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 5 สำหรับปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์นั้นยังอยู่ต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้ง (มอก.919-2532) ที่กำหนดให้มีปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ได้ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อพิจารณาจากกราฟ ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์

4.4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Standard Plate Count, SPC) ดังแสดงผลในตารางที่ 11 และ ภาพที่ 15

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เมื่อเก็บไว้ เป็นเวลาต่าง ๆ กัน

ระดับความสุก (°Bx)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
19-20	3.33x10 ²	5.67x10 ³	1.66x10 ⁴	2.20x10 ⁴	1.77x10 ⁴
23-24	3.33x10 ²	1.00x10 ²	6.67x10 ²	4.67x10 ³	5.33x10 ³



ภาพที่ 15 กราฟแสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แต่ละระดับความสุกที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมทั้งสองระดับความสุก เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ นั้นมีจำนวนจุลินทรีย์สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีความสุก 23-24 องศาบริกซ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก กล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่หลงเหลืออยู่น้อยกว่า จึงทำให้มีจำนวนจุลินทรีย์เจริญได้มากกว่า และผลที่ได้อาจแสดงให้เห็นว่า ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์มากกว่าผลของปริมาณความชื้น และจากกราฟแสดงให้เห็นได้ว่า ปริมาณจุลินทรีย์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เมื่อเก็บไว้นานขึ้น ความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างน้อยลง ทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้มากขึ้น

4.4.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.4.4.1 การทดสอบความชอบและการยอมรับในผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกันในสองระดับความสุก มีคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับในลักษณะต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับในปัจจัยต่างๆ เปรียบเทียบกันในสองระดับความสุก

ระดับความสุก (°Bx)	ปัจจัยคุณภาพ				
	สี	ความกรอบ	กลิ่น	กลิ่นรส	คะแนนรวม
19-20	13.75a	21.50a	13.42a	32.00a	84.00a
23-24	16.08b	22.08a	12.50a	35.58b	86.25a

* อักษรที่ต่างกันของแต่ละแถวในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

จากตารางแสดงคะแนนเฉลี่ยจากผู้บริโภคที่ให้กับลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ปรากฏว่าปัจจัยด้านสี คะแนนเต็ม 20 คะแนน ผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ ได้คะแนนสูงกว่า โดยความแตกต่างระหว่างคะแนนที่ได้รับนั้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 9 ปัจจัยด้านกลิ่นรส มีคะแนนเต็ม 40 คะแนน ผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ได้คะแนนสูงกว่า โดยคะแนนที่ได้รับนั้นก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 12 ส่วนปัจจัยด้านความกรอบและด้านกลิ่น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 10 และ 11 ตามลำดับ

4.4.4.2 การทดสอบผลของอายุการเก็บรักษา ที่มีต่อการยอมรับในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test เป็นดังตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลาดำเนินการด้วย t-test analysis เปรียบเทียบกับระยะเวลาการเก็บที่ 0 สัปดาห์

ปัจจัยคุณภาพ	ระดับความสุก (^o Bx)	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (t)			
		เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		1	2	3	4
สี	19-20	-2.27*	-1.85	-5.04*	-3.28*
	23-24	-2.46*	-2.38*	-3.28*	-3.28*
ความกรอบ	19-20	-3.59*	-4.09*	-6.04*	-10.03*
	23-24	-1.98	-3.42*	-3.45*	-3.92*
กลิ่น	19-20	-2.67*	-5.31*	-3.02*	-4.87*
	23-24	-2.15*	-2.23*	-3.95*	1.52
กลิ่นรส	19-20	-3.14*	-5.21*	-3.36*	-6.95*
	23-24	-3.55*	-2.87*	-5.06*	-6.81*
การยอมรับ	19-20	-3.16*	-4.04*	-7.78*	-7.83*
	23-24	-3.21*	-2.71*	-4.45*	-5.54*

* มีความแตกต่างไปจากการเก็บที่ 0 สัปดาห์

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วย t-test analysis เปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บที่ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ กับที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 สัปดาห์ พบว่าในด้านของสีนั้น ผู้บริโภคมีความเห็นว่า ผลลัพธ์จากกล้วยหอมระดับความสุก 19-20 °Bx เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างไปจากที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 สัปดาห์ แต่เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ขึ้นไป ผู้บริโภคจะรู้สึกได้ถึงความแตกต่างไป ในทางที่สีซีดลง ส่วนผลลัพธ์จากกล้วยหอมระดับความสุก 23-24 °Bx เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ จะมีความแตกต่างไปจากที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 13 ในด้านความกรอบ ผู้บริโภคมีความเห็นว่าผลลัพธ์จากกล้วยหอมระดับความสุก 19-20 °Bx เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีความแตกต่างไปจากที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 13 ส่วนผลลัพธ์จากกล้วยหอมระดับความสุก 23-24 °Bx เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างไปจาก ที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 สัปดาห์ แต่เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ขึ้นไป ผู้บริโภคจะรู้สึกได้ถึงความแตกต่างไปในทางที่ความกรอบลดลง ส่วนในด้านกลิ่น กลิ่นรส และการยอมรับ ผู้บริโภคมีความเห็นว่า ผลลัพธ์จากกล้วยหอมทั้งสองระดับความสุก เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีความแตกต่างไปจากที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 13 กล่าวโดยรวมแล้ว ผู้บริโภคมีความเห็นว่าอายุการเก็บรักษา มีผลต่อการยอมรับในด้านต่าง ๆ ของผลลัพธ์ ในทางที่การยอมรับลดลง แต่ยังคงยอมรับในผลลัพธ์เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ตารางที่ 14 แสดงผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test ที่ศึกษาอายุการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุ

ปัจจัยคุณภาพ	ระดับความสุก (°Bx)	ค่า S/S_0 ของกล้วยหอมแผ่นแห้ง			
		เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		1	2	3	4
สี	19-20	0.92a	0.98a	0.87a	0.88a
	23-24	0.91a	0.86a	0.80a	0.80a
ความกรอบ	19-20	0.90b	0.86b	0.78a	0.76a
	23-24	0.92a	0.81a	0.89a	0.81a
กลิ่น	19-20	0.94a	0.90a	0.89a	0.87a
	23-24	0.91a	0.93a	0.90a	1.09b
กลิ่นรส	19-20	0.91a	0.87a	0.91a	0.87a
	23-24	0.90a	0.93a	0.88a	0.84a
การยอมรับ	19-20	0.83a	0.87a	0.81a	0.81a
	23-24	0.91a	0.94a	0.89a	0.85a

* อักษรที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ในปัจจัยคุณภาพด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับนั้น เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 14, 15, 20, 21, 22 และ 23 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยคุณภาพด้านความกรอบ ผู้บริโภคมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมระดับความสุก 23-24 °Bx เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 และ 2 สัปดาห์กับ 3 และ 4 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 17 แต่เก็บที่ 3 และ 4 สัปดาห์ ผู้บริโภคจะรู้สึกได้ถึงความแตกต่างไปจากการเก็บที่ 1 และ 2 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมระดับความสุก 19-20 °Bx เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 16 สำหรับปัจจัยคุณภาพด้านกลิ่น ผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมระดับความสุก 19-20 °Bx ผู้บริโภคจะรู้สึกได้ถึงความแตกต่างไปเมื่อเก็บที่ 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมระดับความสุก 23-24 °Bx เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางภาคผนวกที่ 18 และ 19 ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาได้เลือกใช้กล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ และ 23-24 องศาบริกซ์ ความหนา 0.6 ซม. ซึ่งเป็นความหนาที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด เพื่อศึกษาผลของระดับความสุกของกล้วยหอมที่มีต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ซึ่งเมื่อศึกษาคุณภาพต่าง ๆ ในการเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมพอยล์ที่ลามิเนตด้วยโพลีเอทิลีน เป็นเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นและปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความกรอบเปอร์เซ็นต์การคินตัว การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างจะลดลง จึงสามารถกล่าวได้ว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่ำลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น สำหรับการพิจารณาผลของระดับความสุกทั้งสองนั้นจะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ มีคุณภาพดีต่อกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ในด้านความชื้นในผลิตภัณฑ์ ความกรอบ และเปอร์เซ็นต์การคินตัว แม้ผลที่ได้จากการศึกษาทางเคมีและกายภาพนั้นจะดีต่อกว่า แต่ผลจากการทดสอบผู้บริโภคนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ ได้รับการยอมรับสูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของปริมาณความชื้นและความกรอบที่ได้จากวิธีทางเคมีและกายภาพนั้น มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็ไม่มากพอที่จะทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ถึงความแตกต่าง ของคุณภาพในการบริโภคด้านความกรอบและอื่น ๆ นอกจากนั้น สี กลิ่นรส ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ ได้รับการยอมรับด้านสี กลิ่นรส มากกว่า จึงทำให้การยอมรับโดยรวมสูงกว่า

ดังนั้น จากการศึกษาในครั้งนี้ ถ้าหากจะเลือกระดับความสุกของกล้วยหอมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ จึงควรเลือกกล้วยหอมที่มีระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูง สำหรับปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่มีระดับความสุกต่ำกว่านั้น ก็ยังสามารถศึกษาหาวิธีแก้ไขต่อไปได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาเกี่ยวกับกล้วยหอมแผ่นแห้งที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งที่ควรจะดำเนินการต่อไปได้แก่

1. ศึกษาผลของขนาดชิ้นของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อคุณภาพ เนื่องจากยังไม่ได้ทำการศึกษาอย่างละเอียด อาทิแค่เพียงการยอมรับของผู้บริโภค ยังไม่ได้ทำการศึกษาถึงความเหมาะสมของขนาดชิ้นกับการกระบวนการผลิต
2. ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น
3. การศึกษาเกี่ยวกับการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ ไม่ได้ศึกษาถึงวิธีการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ในผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม การใช้ซิลเวอร์ไดออกไซด์ในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ เพียงเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลก่อนเข้าสู่กระบวนการ ซึ่งเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความชื้นหรือนำมาคืนตัวจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงน่าจะมีการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2535. กระบวนการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชา
อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง. 797 หน้า.
2. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2535. เอกสารประกอบการสอนวิชาผักและผลไม้.
กรุงเทพฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 311 หน้า.
3. เกศินี ระมิงค์วงศ์. 2528. ผลไม้เมืองร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่:มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่. 286 หน้า.
4. เดช วัฒนชัยเจริญยิ่ง และ ชำนาญ ทองกลัด. 2536. งานวิจัยและพัฒนากล้วยในปัจจุบัน.
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 8(2) : 93-99.
5. เบญจมาศ ศิลาชัย. 2534. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน.
290 หน้า.
6. ประพันธ์ ปินศิริโรคม. 2536. เอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในผักผลไม้. เอกสารประกอบ
การสอนวิชาเทคโนโลยีเอ็นไซม์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7. วุฒิชัย นาครักษา. 2533. หลักการบรรจุ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะ
เทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
350 หน้า.
8. ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุดิบอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. 162 หน้า.
9. สายใจ สีมาริวิจัย. 2535. กล้วยหอม : อนาคตส่งออกที่รุ่งโรจน์. สรุปข่าวธุรกิจ. ปีที่
23(7) : 32-40.
10. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 919-2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ผลไม้แห้ง. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

11. สุขใจ ชำรงชัยลักษณ์. 2534. ตลาดส่งออกกล้วย. เศรษฐกิจการพาณิชย์. ปีที่22(231 : 16-20.
12. Branen, A.L. Davidson, P.M. and Salminen, S. 1989. Food Additives New York : Marcel Dekker, Inc. 736 pp.
13. Cano, P. Antonia, M. and Fuster, C. 1990. Freezing of Banana slice Influence of Maturity Level and Thermal Treatment Prior to Freezing. J. Food Sci. 55:1070-1072.
14. Draudt, H.N. and Huang, I.Y. 1966. Browning in Freeze Dried Fruits Effect of Moisture Content of Freeze Dried Peaches and Bananas on Changes During Storage Related to Oxidativ and Carbonyl-Amine Browning. Agri. Food Chem. 14(2) : 170-1
15. Ewalt, D.J. and Kenyon, R.E. "Sweetened , Refrozen and Freeze-drie Fruit." U.S. Pat 3,501,319; March 17 , 1970.
16. Goldblith S.A. Rey L. and Rothmayr W.W. 1975. Freeze Drying an Advanced Food Technology. London : Academic Press Inc. 675
17. Karel M. 1975. Dehydration of Foods .In:Principles of Food Science Part-II Physical Principles of Food Preservation. Fennem O. (ed.), New York : Marcel Dekker, Inc. 361 pp.
18. King C.J. 1970. Freeze Drying of Food Stuffs. Critical reviews in Food Technology .Vol. 1 No. 3.
19. Lima, A.W.O. and Cal-Vidal, J. 1983. Hygroscopic Behaviour of Freeze dried Bananas. Food Tech. 18:687-696.
20. Macy, R.L. Jr. "Freeze Drying of Sweetened Frozen Fruit " U.S. Pat. 3,462,281; August 19 , 1969.

21. Mellor, J.D. and Irving, A.R. 1969. Role of an excipient in Freeze-Drying for Improving the Quality of the Product. In : International Institute of Refrigeration, Commission X., J.D. King (ed.), pp. 225-232, London : Butterworth.
22. Woodroof, J.G. and Luh, B.S. 1975. Commercial fruit Processing. Connection: The AVI Publishing Co. Inc.
23. Vollink, W.L. Kenyon, T.E. Bennett, S. and Bowden, H. "Freeze Drying of Fruit , Slow Freezing Technic" U.S. Pat. 3,395,022 ; July 30 , 1968.

การทบทวน

ภาคผนวก ก.

วิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพ

การศึกษาลักษณะความกรอบ โดย KMITL Texterometer Instrument. (กิตติชัย, 2534)

วิธีวิเคราะห์

1. จัดเครื่องมือโดยใช้หัวกด ลักษณะเป็นใบมีดกว้าง 2.5 เซนติเมตร หนา 0.1 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแท่นวาง 0.6 เซนติเมตร
2. วางผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้งที่ต้องการวัดลงบนแท่น โดยให้ส่วนกลางของผลิตภัณฑ์ อยู่กึ่งกลางระหว่างแท่นทั้งสอง ดังภาพ
3. เปิดเครื่องให้หัวกด กดลงบนผลิตภัณฑ์จนกระทั่งผลิตภัณฑ์เกิดการแตกหัก ทำการปิดเครื่อง แรงที่ใช้ในการกด จะถูกบันทึกไว้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และแสดงให้เห็นออกมาในรูปของกราฟ ระหว่างแรงเป็นกิโลกรัมกับเวลา
4. ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากกราฟและตัวเลขที่ได้จากคอมพิวเตอร์
5. เลือกค่าแรงที่จุดสูงสุดของกราฟแรกในการวิเคราะห์ โดยแรงที่ได้คือ Breaking force ซึ่งการวิเคราะห์ผลด้านความกรอบนั้นถ้า Breaking force สูง แสดงว่าต้องใช้แรงมากกว่าผลิตภัณฑ์จะเกิดการแตกหัก ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์มีความกรอบน้อย ถ้ามี Breaking force น้อย หมายถึง ผลิตภัณฑ์มีความกรอบมากสามารถเกิดการแตกหักได้ง่าย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติของตัวอย่างกล้วยหอมแผ่นแห้งเกี่ยวกับความกรอบของผลิตภัณฑ์ โดยใช้โปรแกรม SAS ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT เป็นดังนี้

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์
เปรียบเทียบในสองระดับความสุก เมื่อเก็บไว้เป็นเวลาต่าง ๆ กัน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	9	204.523	22.725	36.40*	2.21
Bx	1	29.936	29.936	47.95*	4.17
ST	4	124.821	31.205	49.99*	2.69
Bx*ST	4	49.766	12.442	19.93*	2.69
Error	30	18.728	0.624		
Total	39	223.251			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อ Bx = ระดับความสุก

ST = ระยะเวลาการเก็บรักษา

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ระดับความสุก(^o Bx)	19-20	23-24
ค่าเฉลี่ย	2.466	4.196

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	0	1	2	3	4
ค่าเฉลี่ย	<u>1.625</u>	<u>2.356</u>	2.645	3.342	6.668

การหาเปอร์เซ็นต์การคืนตัว (% Reconstitution)

วิธีวิเคราะห์

1. นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักโดยละเอียดด้วยตาชั่ง 4 ตำแหน่ง
2. นำผลิตภัณฑ์ในข้อหนึ่งแช่ลงในน้ำที่อุณหภูมิ 25 และ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 นาที แล้วนำขึ้นจากน้ำ
3. สะเด็ดน้ำผลิตภัณฑ์ โดยวางผลิตภัณฑ์ลงบนตะแกรงที่มีขนาดช่องตะแกรง 1/16 นิ้วเป็นเวลา 5 นาที
4. ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่สะเด็ดน้ำแล้วโดยใช้ตาชั่ง 4 ตำแหน่ง
5. คำนวนเปอร์เซ็นต์การคืนตัวได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การคืนตัว} = \frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังสะเด็ดน้ำ} - \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้งก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้งก่อนแช่น้ำ}} \times 100$$

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติของตัวอย่างกล้วยหอมแผ่นแห้ง เกี่ยวกับความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การคืนตัว) โดยใช้โปรแกรม SAS ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT เป็นดังนี้

ระยะเวลาในการแช่ ($^{\circ}\text{C}$)	1	3	5	7
ค่าเฉลี่ย	97.784	106.590	113.303	119.940

ระยะเวลาในการเก็บรักษา(สัปดาห์)	0	1	2	3	4
ค่าเฉลี่ย	113.344	113.251	109.292	108.327	102.208

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติ เกี่ยวกับคุณภาพด้านการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกล้วยหอมที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิของน้ำที่แช่และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	39	12646.746	324.276	5.05*	1.54
ST	4	2120.795	530.199	8.25*	2.48
Temp	1	124.970	124.970	1.95	3.96
DT	3	8074.497	2691.499	41.89*	2.72
ST*Temp	4	26.557	6.639	0.10	2.48
ST*DT	12	991.709	82.642	1.29	1.88
Temp*DT	3	85.245	28.415	0.99	2.72
ST*Temp*DT	12	1222.973	101.914	1.99*	1.88
Error	80	5140.018	64.250		
Total	119	17786.764			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาคผนวก ข.

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

วิธีวิเคราะห์

1. อบด้วยอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
2. ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
3. ชั่งน้ำหนัก
4. อบซ้ำ 1 ชั่วโมง (อย่างน้อย) ทำซ้ำจนน้ำหนักต่างกันไม่เกิน 0.2 % (0.002 กรัม)
5. การเตรียมตัวอย่างผลไม้แห้ง AOAC: 22.008 (c)
 - สับหรือลดขนาดด้วยมีดหรือมอร์ตาขนาดใหญ่ หรืออื่น ๆ ผสมให้เข้ากันดี ทำอย่างรวดเร็ว

เพื่อป้องกันการเสียน้ำ

6. เกลี่ยตัวอย่าง 5-10 กรัม ให้สม่ำเสมอในถ้วยอลูมิเนียม ที่มีฝาปิดสนิท
7. ชั่งน้ำหนัก
8. อบแห้ง 16-18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70 ± 1 องศาเซลเซียส
9. ปิดฝา ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
10. ชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติของตัวอย่างกล้วยหอมแผ่นแห้ง เกี่ยวกับปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ โดยใช้โปรแกรม SAS ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT เป็นดังนี้

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบในสองระดับความสุก เมื่อเก็บไว้เป็นเวลาต่าง ๆ กัน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	9	15.535	1.726	9.25*	2.39
Bx	1	3.564	3.564	19.11*	4.35
ST	4	11.467	2.867	15.37*	2.87
Bx*ST	4	0.504	0.126	0.68	2.87
Error	20	3.731	0.187		
Total	29	19.265			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อ Bx = ระดับความสุก

ST = ระยะเวลาการเก็บรักษา

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ระดับความสูง (oBx)	19-20	23-24			
ค่าเฉลี่ย	2.544	3.233			
ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	0	1	2	3	4
ค่าเฉลี่ย	1.913	2.462	<u>3.172</u>	<u>3.260</u>	<u>3.637</u>

การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (AOAC:20.126)

สารเคมี

1. Formaldehyde solution 0.015 %

การเตรียม : เตรียมจาก 40 % HCHO โดยทำการเจือจาง 2 ชั้น คือ จาก 10 ml. เป็น 1000 ml. และจาก 75 ml. เป็น 2000 ml.

2. Acid-bleached p-rosaniline hydrochloride

การเตรียม : ใส่ p-rosaniline HCl 100 mg และ H₂O 200 ml. ในขวดปริมาตร 2 ลิตร เติม HCl 160 ml. (1+1) ปรับปริมาตร
ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง ก่อนใช้

3. Sodium tetrachloro mercurate

การเตรียม : ใส่ NaCl 23.4 กรัม และ HgCl₂ 54.3 กรัม ในขวดปริมาตร 2 ลิตร ละลายด้วยน้ำ 1900 ml. ปรับปริมาตร

4. Sulfurdioxide standard solution

การเตรียม : ละลาย 170 mg. NaHSO₃ ในน้ำ เจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร standardize ด้วย 0.01 N Iodine solution ก่อนใช้งาน (100 µg SO₂/ml.)

การทำ Standard curve

1. ใส่ mercurate reagent 5 ml. ลงในขวดปริมาตร
2. เติม SO₂ standard solution 0, 1, 2, 3, ...ml. แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน
3. บีบสารละลายที่ได้ 5 ml. ใส่หลอดทดลอง 200 ml. ซึ่งมี rosaniline reagent 5 ml.
4. เติม สารละลาย HCHO 0.015 % 10 ml. ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส
5. อ่านค่า Absorbance (A) ที่ 550 nm ทำ standard curve

การวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 10 ± 0.02 กรัม (ตัวอย่างแห้งที่บดแล้ว)
2. ผสมน้ำ 290 ml. ใส่ลงในเครื่องตีปั่น เป็นเวลา 2 นาที
3. คูดของเหลวส่วนล่าง ปริมาณ 10 กรัม จากเครื่องตีปั่น โดยใช้ calibrated free running pipet ขนาด 10 ml. ใส่ ขวดปริมาตร 100 ml. ที่มี 0.5 N NaOH 4 ml. เขย่าให้เข้ากัน เป็นเวลา 13-30 วินาที
4. เติม 4 ml. 0.5 N H₂SO₄
5. เติม 20 ml. mercurate reagent
6. เจือจางจนได้ปริมาตร .
7. ทำ Blank โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่าง
8. คูดตัวอย่าง 2 ml. ลงในหลอดทดลองขนาด 200 ml. ที่มี rosaniline reagent 5 ml
9. เติม 0.015 % HCHO 10 ml. เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
10. อ่านค่า Absorbance (A) ที่ 550 nm

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติของตัวอย่างกล้วยหอมแผ่นแห้งเกี่ยวกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ โดยใช้โปรแกรม SAS ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT เป็นดังนี้

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบในสองระดับความสุก เมื่อเก็บไว้เป็นเวลาต่าง ๆ กัน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	9	6351.333	709.704	4.06*	2.39
Bx	1	546.133	546.133	3.19	4.35
ST	4	5326.333	1331.583	7.66*	2.87
Bx*ST	4	478.867	119.717	0.69	2.87
Error	20	3474.667	173.733		
Total	29	9826.000			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อ Bx = ระดับความสุก

ST = ระยะเวลาการเก็บรักษา

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ระดับความสูง(๐Bx)	19-20	23-24
ค่าเฉลี่ย	<u>57.733</u>	<u>62.267</u>

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	0	1	2	3	4
ค่าเฉลี่ย	<u>74.333</u>	<u>69.833</u>	<u>57.833</u>	50.667	37.333

ภาคผนวก ค.

วิธีการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Standard Plate Count)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ตัวอย่างกล้วยหอมแผ่นแห้ง

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA

การเตรียม : ชั่ง PCA 22.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

3. จานเพาะเชื้อ

4. บีเปต และสเตอไรซ์บีเปต

5. หลอดทดลอง

6. Butterfield's buffer phosphate diluent

การเตรียม : (AOAC : 46.014)

(1) Stock solution : ชั่ง Potassium dihydrogen phosphate 34.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ปรับ pH 7.2 ด้วย NaOH 1 N จำนวน 175 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็น

(2) Diluent : คูด stock solution 1.25 มิลลิลิตร ทำปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำเข้า Autoclave ที่ 121 องศาฟาเรนไฮด์ นาน 15 นาที

7. เครื่องตีปั่น

8. หลอดทดลอง

9. ตูบ่มเชื้อ

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างกล้วยหอมแผ่นแห้ง 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ที่ผ่านการการฆ่าเชื้อแล้ว
2. นำมาใส่ในเครื่องตีปั่นที่ผ่านการการฆ่าเชื้อ เติม diluent 45 มิลลิลิตร ทำการบดผสมให้เข้ากันดี
3. คูดสารละลายที่ได้มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มี diluent 9 มิลลิลิตร (ทำให้มีระดับความเจือจาง 10-2, 10-3, 10-4 ตามลำดับ)
4. ใช้สเตอไรซ์ปิเปต คูดสารละลายแต่ละระดับความเจือจางหยดลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA
5. ทิ้งไว้ให้แห้ง คว่าจานและนำไปใส่ตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
6. ทำการตรวจนับจำนวนโคโลนี บันทึกผลการทดลอง

ภาคผนวก ง.

วิธีการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างแบบสอบถามความชอบของตัวอย่าง "กล้วยหอมทอง"

กรุณากรอกข้อมูลและชิมตัวอย่างกล้วยหอมทองทั้ง 3 รหัสตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบ โดยพิจารณาจากความฝาดของกล้วยหอมที่พอจะยอมรับได้ โดยที่

คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก

คะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบ

คะแนน 3 หมายถึง เฉย ๆ

คะแนน 4 หมายถึง ชอบ

คะแนน 5 หมายถึง ชอบมาก

ชื่อ _____ วันที่ _____ เวลา _____ เพศ _____ อายุ _____

ความชอบในตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง

คะแนนที่ได้รับ

ข้อเสนอแนะ _____

ขอขอบคุณที่กรุณาสละ เวลาตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

ตัวอย่างแบบสอบถามความชอบของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" ที่มีต่อชาวจีน

เมื่อท่านได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นเยือกแข็ง" กรุณากรอกข้อมูลและชิมตัวอย่าง ทั้ง 3 รหัสตัวอย่าง พร้อมทั้งจัดลำดับความชอบโดยพิจารณาความเหมาะสมของชาวจีน ที่มีต่อ ลักษณะ เนื้อสัมผัสและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ใส่รหัสตัวอย่างให้ตรงกับผลการทดสอบของท่าน

ชื่อ _____ วันที่ _____ เวลา _____ เพศ _____ อายุ _____

ความชอบในผลิตภัณฑ์

ลำดับที่	รหัสตัวอย่าง
1	_____
2	_____
3	_____

ข้อเสนอแนะ _____

ขอขอบคุณที่กรุณาสละ เวลาตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

ตัวอย่างแบบสอบถามความชอบและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง"

เมื่อท่านได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" ที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง กรุณากรอกข้อมูลและตอบแบบสอบถามดังต่อไปนี้

ชื่อ _____ วันที่ _____ เวลา _____ เพศ _____ อายุ _____

ตอนที่ 1 เมื่อท่านชิมตัวอย่างของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่น กรุณาให้คะแนนสำหรับลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ในแต่ละลักษณะ โดยในแต่ละลักษณะจะมีคะแนนเป็นดังนี้

ลักษณะ	คะแนนเต็ม	ความต้องการ
สี	20	สีขาวนวล
ความกรอบ	25	กรอบ
กลิ่น	15	มีกลิ่นของกล้วยหอม
กลิ่นรสในปาก	40	กลิ่นรสหอมหวานของกล้วยหอม

คะแนนที่ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" ควรจะเป็นคือ

ลักษณะ	คะแนนที่ได้
สี	_____
ความกรอบ	_____
กลิ่นกล้วยหอม	_____
กลิ่นรสในปาก	_____

ตอนที่ 2 เมื่อท่านชิมตัวอย่างของ "ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแผ่นแห้ง" แล้ว ท่านคิดว่าจะยอมรับผลิตภัณฑ์ของเราหรือไม่

_____ ยอมรับ _____ ไม่ยอมรับ

ข้อ เสนอแนะ

ขอขอบคุณที่กรุณาสละ เวลาตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

ตัวอย่างแบบทดสอบผลของอายุการ เก็บที่มีต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง"

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ : กล้วยหอมแผ่นแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

คำแนะนำ : กรุณากรอกข้อมูลและชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" ในதாகของท่าน พร้อมทั้งบอกถึงความรู้สึกที่ได้จากการ ดู ชิม และการดมกลิ่น โดยขีดเส้นและสัญลักษณ์ "S" ลงบนเส้นตรง ณ ตำแหน่งที่ท่านเห็นว่าเป็นลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์

ชื่อ..... วันที่..... เวลา.....

1. สี

ขาว เหลือง

2. ความกรอบ

น้อย มาก

3. กลิ่นกล้วยหอม

น้อย มาก

4. กลิ่นรสกล้วยหอม

น้อย มาก

5. ความชอบรวม

น้อย มาก

6. ข้อเสนอแนะ

ขอบคุณที่กรุณาสละ เวลาตอบแบบทดสอบในครั้งนี้ค่ะ

การวิเคราะห์ทางสถิติคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างกล้วยหอมทอง

โดยใช้ Analysis of Variance แบบ Randomized Complete Block Design (RCBD)

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับการเลือกความสุกของกล้วยหอมทอง

ANOVA

SOV	SS	df	MS	F _{calculate}	F _{table(0.05)}
sample	24.07	2	12.04	19.42*	3.55
panelist	8.54	9	0.95	1.53	2.46
error	11.26	18	0.62		
total	4.39	29			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 3 โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอย่างที่	1	2	3
คะแนนเฉลี่ย	<u>2.4</u>	<u>2.9</u>	4.5

การวิเคราะห์ทางสถิติคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เพื่อคัดเลือกร
ความหนาของขนาดชิ้น

โดยใช้ Rank Data Analysis แบบ Test for Coefficient of Concordant (W)

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับการเลือกขนาดชิ้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์

ผู้ชิม	ความหนา(cm)		
	0.2	0.4	0.6
1	3	2	1
2	3	2	1
3	3	2	1
4	3	2	1
5	2	3	1
6	3	2	1
7	2	3	1
8	3	2	1
9	3	1	2
10	3	1	2
11	1	3	2
12	3	2	1
T	32	25	15
$T - \bar{T}$	8	1	-9
$(T - \bar{T})^2$	64	1	81

($\bar{T}=24$)

$$\sum(T - \bar{T})^2 = 162$$

$$\text{ค่า Coefficient of Concordant (W)} = \frac{12\Sigma(T-\bar{T})^2}{m^2(n^3-n)} = 0.51$$

ทดสอบความสอดคล้องของผู้ทดสอบโดยใช้ χ^2 -test จะได้ว่า

$$\chi^2(r) = m(n-1)W = 12.24* , \text{ d.f.} = n-1 = 3$$

จากตาราง $\chi^2(0.05) = 7.81$

* ผู้ทดสอบมีความเห็นสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับการเลือกขนาดชิ้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์
"กล้วยหอมแผ่นแห้ง" ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์

ผู้ชิม	ความหนา(cm)		
	0.2	0.4	0.6
1	3	2	1
2	3	2	1
3	3	2	1
4	3	2	1
5	3	2	1
6	2	3	1
7	3	2	1
8	3	2	1
9	3	2	1
10	3	2	1
11	1	2	3
12	3	1	2
T	33	24	15
(T=24) T-T	9	0	-9
(T-T) ²	81	0	81

$$\Sigma(T-T)^2 = 162$$

$$\text{ค่า Coefficient of Concordant (W)} = \frac{12\sum(I-I)^2}{m^2(n^3-n)} = 0.56$$

ทดสอบความสอดคล้องของผู้ทดสอบโดยใช้ χ^2 -test จะได้ว่า

$$\chi^2(r) = m(n-1)W = 13.44* , \text{ d.f.} = n-1 = 3$$

จากตาราง $\chi^2(0.05) = 7.81$

* ผู้ทดสอบมีความเห็นสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เพื่อทดสอบความชอบและการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์

โดยใช้ Analysis of Variance แบบ Randomized Complete Block Design (RCBD)

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบกันใน 2 ระดับความสุก

ANOVA

SOV	SS	df	MS	Fcalculate	Ftable(0.05)
sample	32.63	1	32.63	5.49*	4.84
panelist	107.83	11	9.80	1.65	2.82
error	65.37	11	5.04		
total	205.83	23			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบกันใน 2 ระดับความสุก

ANOVA

SOV	SS	df	MS	F _{calculate}	F _{table(0.05)}
sample	2.04	1	2.04	0.79	4.84
panelist	83.46	11	7.58	2.94*	2.82
error	28.46	11	2.58		
total	113.96	23			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบกันใน 2 ระดับความสุก

ANOVA

SOV	SS	df	MS	F _{calculate}	F _{table(0.05)}
sample	5.04	1	5.04	1.77	4.84
panelist	3.06	11	2.78	0.98	2.82
error	31.32	11	2.85		
total	66.96	23			

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบกันใน 2 ระดับความสุก

ANOVA

SOV	SS	df	MS	Fcalculate	Ftable(0.05)
sample	45.38	1	45.38	54.67*	4.84
panelist	2211.40	11	201.04	242.22*	2.82
error	9.18	11	0.83		
total	2265.96	23			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**การวิเคราะห์ทางสถิติคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เพื่อศึกษาผล
ของอายุการเก็บรักษาที่มีต่อผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับการเก็บที่ 0 สัปดาห์**

โดยใช้ Analysis of Variance แบบ t- Test Analysis

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ "กล้วย
หอมแผ่นแห้ง" ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์ และ 23-24 องศาบริกซ์ เปรียบเทียบเมื่อ
เก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ กับการเก็บที่ 0 สัปดาห์

23-24 BRIX

	COLOR			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.91	0.86	0.80	0.80
SD	0.12	0.20	0.20	0.20
t	-2.46	-2.38	-3.28	-3.28

	TEXTURE			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.92	0.81	0.85	0.81
SD	0.14	0.18	0.14	0.16
t	-1.98	-3.42	-3.45	-3.92

	AROMA			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.91	0.93	0.90	1.09
SD	0.14	0.11	0.08	0.19
t	-2.15	-2.23	-3.95	1.52

	FLAVOUR			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.90	0.93	0.88	0.84
SD	0.09	0.08	0.08	0.08
t	-3.55	-2.87	-5.06	-6.81

	ACCEPTABILITY			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.91	0.94	0.89	0.85
SD	0.09	0.07	0.08	0.09
t	-3.21	-2.71	-4.45	-5.54

t (table) = 2.201

19-20 BRIX

	COLOR			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.91	0.97	0.86	0.87
SD	0.13	0.06	0.09	0.07
t	-2.27	-1.85	-5.04	-6.24

	TEXTURE			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.90	0.86	0.78	0.76
SD	0.09	0.11	0.12	0.08
t	-3.59	-4.09	-6.04	-10.03

	AROMA			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.94	0.90	0.89	0.87
SD	0.07	0.06	0.12	0.09
t	-2.67	-5.31	-3.02	-4.87

	FLAVOUR			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.91	0.87	0.91	0.87
SD	0.09	0.08	0.09	0.06
t	-3.14	-5.21	-3.36	-6.95

	ACCEPTABILITY			
STORAGE TIME	1	2	3	4
AVERAGE S/So	0.83	0.87	0.81	0.81
SD	0.18	0.11	0.08	0.08
t	-3.16	-4.04	-7.78	-7.83

t (table) = 2.201

การวิเคราะห์ทางสถิติคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เพื่อศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาที่มีต่อผลิตภัณฑ์

โดยใช้ Analysis of Variance แบบ Randomized Complete Block Design (RCBD)

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาวิกร์

ANOVA

SOV	SS	df	MS	F _{calculate}	F _{table(0.05)}
sample	0.08	3	0.0267	3.98	4.84
panelist	0.16	11	0.0145	2.16	2.82
error	0.22	33	0.0067		
total	0.46	47			

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาเซลเซียส

ANOVA

SOV	SS	df	MS	Fcalculate	Ftable(0.05)
sample	0.10	3	0.0333	1.69	4.84
panelist	0.66	11	0.0600	3.04*	2.82
error	0.65	33	0.0197		
total	1.40	47			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส(ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์"กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์

ANOVA

SOV	SS	df	MS	Fcalculate	Ftable(0.05)
sample	0.17	3	0.0567	12.60*	4.84
panelist	0.29	11	0.0264	5.87*	2.82
error	0.15	33	0.0045		
total	0.60	47			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่เก็บไว้เป็นเวลาต่าง ๆ กัน โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ระยะเวลาการเก็บ	4	3	2	1	(สัปดาห์)
คะแนนเฉลี่ย	<u>0.76</u>	<u>0.78</u>	<u>0.86</u>	<u>0.90</u>	

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพค่านเนื้อสัมผัส(ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์"กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์

ANOVA

SOV	SS	df	MS	Fcalculate	Ftable(0.05)
sample	0.09	3	0.0300	2.60	4.84
panelist	0.68	11	0.0182	1.58	2.82
error	0.38	33	0.0115		
total	1.14	47			

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพค่านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์

ANOVA

SOV	SS	df	MS	Fcalculate	Ftable(0.05)
sample	0.04	3	0.0133	3.41	4.84
panelist	0.23	11	0.0209	5.36*	2.82
error	0.13	33	0.0039		
total	0.40	47			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับ คุณภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาเซลเซียส

ANOVA

SOV	SS	df	MS	Fcalculate	Ftable(0.05)
sample	0.27	3	0.0900	9.57*	4.84
panelist	0.50	11	0.0454	4.83*	2.82
error	0.31	33	0.0094		
total	1.08	47			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่เก็บไว้เป็นเวลาต่าง ๆ กัน โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ระยะเวลาการเก็บ	3	1	2	4	(สัปดาห์)
คะแนนเฉลี่ย	<u>0.90</u>	<u>0.91</u>	<u>0.93</u>	1.09	

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์

ANOVA

SOV	SS	df	MS	Fcalculate	Ftable(0.05)
sample	0.02	3	0.0067	2.48	4.84
panelist	0.19	11	0.0173	6.40*	2.82
error	0.09	33	0.0027		
total	0.36	47			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ "กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์

ANOVA

10

SOV	SS	df	MS	Fcalculate	Ftable(0.05)
sample	0.06	3	0.0200	2.86	4.84
panelist	0.08	11	0.0073	1.04	2.82
error	0.23	33	0.0070		
total	0.37	47			

ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์"กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 19-20 องศาบริกซ์

ANOVA

SOV	SS	df	MS	F _{calculate}	F _{table(0.05)}
sample	0.02	3	0.0067	1.00	4.84
panelist	0.37	11	0.0336	5.01*	2.82
error	0.22	33	0.0067		
total	0.62	47			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์"กล้วยหอมแผ่นแห้ง" เปรียบเทียบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ที่ระดับความสุก 23-24 องศาบริกซ์

ANOVA

SOV	SS	df	MS	F _{calculate}	F _{table(0.05)}
sample	0.05	3	0.0167	2.48	4.84
panelist	0.08	11	0.0073	1.08	2.82
error	0.22	33	0.0067		
total	0.35	47			

ประวัติผู้ เขียน

หม่อมหลวง กฤตลักษณ์ จักรพันธุ์ เกิดวันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2516 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนจิตรลดา เมื่อปี พ.ศ. 2533 สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2537

นางสาว มันทา โอมะคุปต์ เกิดวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2515 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา เมื่อปี พ.ศ. 2533 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2537

