

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดด้วยฟิล์มที่รับประทานได้
(Mangosteen Shelf-life Extension by Edible Film)



T096948

นางสาวศุภฤกษ์ ศรีเจริญ
นายเอกขจิต ลิ้มพันธ์พิพัฒน์

รฟพ.
 ๑๗๓๑๗
 ๒๕๔๖

เลขหมู่.....
 เลขทะเบียน **96948**
 วันเดือนปี ๕ Jun 2๐๑๑

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๔๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดด้วยฟิล์มที่รับประทานได้
(Mangosteen Shelf – life Extension by Edible Film)

โดย

นางสาวศุภฎี ศรีเจริญ
นายเอกขจิต ลิ้มพันธ์พิพัฒน์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 27/11/47

(รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ)

คณบดีโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดด้วยฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง โดยสูตรที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้ คือ อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 1 : 3 และใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ระดับร้อยละ 5 และใช้อัตราส่วนปริมาณของแข็ง : ของเหลว เท่ากับ 1 : 25 (ของแข็ง คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนของเหลว คือ น้ำกลั่นและกลีเซอรอล) ปัจจัยที่ใช้ศึกษาในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุด คือ อุณหภูมิและการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ โดยนำมังคุดไปจุ่มฟิล์มที่รับประทานได้ตามสูตรและสภาวะที่เหมาะสม ทิ้งไว้ให้แห้ง เมื่อแห้งดีแล้วนำบรรจุใส่กล่องเก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับมังคุดที่ไม่เคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส เช่นกัน จากการศึกษาพบว่า มังคุดที่เคลือบฟิล์มที่รับประทานได้เก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุมังคุดได้นาน 32 วัน มังคุดที่ไม่เคลือบฟิล์มที่รับประทานได้มีอายุการเก็บรักษา 28 วัน และมังคุดที่เคลือบฟิล์มที่รับประทานได้เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษามังคุดได้ 14 วัน มังคุดที่ไม่เคลือบฟิล์มที่รับประทานได้มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน และมังคุดที่เก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นานกว่าที่ 25 องศาเซลเซียส

๑๕/๑๒/๒๕๖๓
เอกวิศ.....
เอกวิศ.....

รายชื่อผู้ศึกษา

.....
.....

รายชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

.....
.....

วัน / เดือน / ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาคอยแนะนำเอาใจใส่ ให้คำปรึกษาและดูแลเอาใจใส่ เป็นอย่างมาก รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอบคูน นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ช่วยเหลือด้วยดี รวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคน ที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์ในการทำงาน

นางสาวศุภฎี ศรีเจริญ

นายเอกขจิต ลิ้มพันธ์พิพัฒน์

26 กุมภาพันธ์ 2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. การตรวจเอกสาร	
2.1 มังคุด	2
2.2 ประโยชน์ของมังคุด	2
2.3 ศัพทมูลวิทยา	3
2.4 คุณภาพมังคุด	5
2.4.1 ขางของผล	5
2.4.2 เนื้อเป็นแก้ว	5
2.4.3 ผลไม่สม่ำเสมอ	6
2.5 สถานการณ์การผลิตและส่งออกมังคุด	7
2.6 फिल्मที่รับประทานได้	9
2.7 คุณลักษณะและข้อดีของ फिल्मที่รับประทานได้	9
2.8 วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียม फिल्म	10
2.8.1 ส่วนของโพลีเมอร์	10
2.8.1.1 โพลีแซคคาไรด์	10
2.8.1.2 ไขมัน	10
2.8.1.3 โปรตีน	11
2.8.2 ส่วนของพลาสติกไซเซอร์	11
2.9 ชนิดของ फिल्मที่รับประทานได้กับการใช้ประโยชน์	12
2.9.1 फिल्मโปรตีน	12
2.9.1.1 फिल्मจากโปรตีนข้าวโพด	12
2.9.1.2 फिल्मจากโปรตีนถั่วเหลือง	13
2.9.1.3 फिल्मจากโปรตีนข้าวสาลี	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9.1.4 फिल्मจากโปรตีนถั่วเขียว	14
2.9.1.5 फिल्मจากไข่ขาว	14
2.9.2 फिल्मโพลีแซคคาไรด์	16
2.9.2.1 สตาร์ช	17
2.9.2.2 แอลจินต	18
2.9.2.3 เพกทิน	19
2.9.2.4 คาราจีแนน	19
2.9.2.5 फिल्मจากอนุพันธ์ของเซลลูโลส	19
2.9.3 फिल्मไขมัน	20
2.9.3.1 फिल्मไขมันที่ทำจากไข่	20
2.9.3.2 फिल्मไขมันจากสารตั้งผิว	21
2.9.3.3 फिल्मไขมันที่ทำจากสารอะซิโตนโนกลีเซอไรด์	21
2.10 การเกิดฟิล์ม	22
2.11 การขึ้นรูปฟิล์ม	23
2.11.1 วิธีเทสารละลายลงบนวัสดุต่างๆ	23
2.11.2 วิธีเอ็กซ์ทรูชัน	23
2.11.3 วิธีทำแห้งด้วยลูกกลิ้งร้อน	23
2.12 ฟิล์มที่รับประทานได้กับการใช้ประโยชน์	24
3. วัตถุดิบ, สารเคมี, อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	26
3.1 วัตถุดิบ	26
3.2 สารเคมี	26
3.3 อุปกรณ์	26
3.4 สถานที่ทำการทดลอง	26
3.5 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	26
3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	33
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	34
5. สรุปผลการทดลอง	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงส่วนประกอบของเนื้อผลมังคุด 100 กรัม	3
2. แสดงพื้นที่ปลูก(ไร่)มังคุดในปี พ.ศ. 2543 – 2545	7
3. แสดงผลผลิต(ตัน)มังคุดในปี พ.ศ. 2543 – 2545	7
4. แสดงปริมาณและมูลค่าการส่งออกมังคุดผลสดและแช่แข็งในปี พ.ศ. 2541 – 2545	7
5. แสดงคุณสมบัติของฟิล์มที่รับประทานได้	10
6. แสดงคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ทำจากสตาร์ช	17
7. ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss ที่อุณหภูมิ 13 ^o C แบบไม่เคลือบฟิล์ม	34
8. ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss ที่อุณหภูมิ 13 ^o C แบบเคลือบฟิล์ม	35
9. ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss ที่อุณหภูมิ 25 ^o C แบบไม่เคลือบฟิล์ม	36
10. ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss ที่อุณหภูมิ 25 ^o C แบบเคลือบฟิล์ม	36
11. สรุปผลลักษณะปรากฏรวมภายใน ภายนอก และรสชาติ	38
12. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่อุณหภูมิ 13 ^o C และอุณหภูมิ 25 ^o C แบบเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้และไม่เคลือบฟิล์ม	55
13. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าการสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ที่อุณหภูมิ 13 ^o C และอุณหภูมิ 25 ^o C แบบเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้และไม่เคลือบฟิล์ม	56
14. แสดงลักษณะปรากฏภายใน ภายนอก และรสชาติของมังคุดที่อุณหภูมิ 13 ^o C และอุณหภูมิ 25 ^o C แบบเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้และไม่เคลือบฟิล์มที่วันต่างๆ	57

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมังคุดระดับสีที่ 0	4
2.การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมังคุดระดับสีที่ 1	4
3.การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมังคุดระดับสีที่ 2	4
4.การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมังคุดระดับสีที่ 3	4
5.การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมังคุดระดับสีที่ 4	4
6.การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมังคุดระดับสีที่ 5	4
7.แสดงยางของผลมังคุด	5
8. แสดงมังคุดเนื้อเป็นแก้ว	5
9. กราฟวงกลมแสดงปริมาณการส่งออกมังคุดที่เป็นผลสดและมังคุดแช่แข็ง	9
10.กราฟวงกลมแสดงปริมาณการส่งออกมังคุดผลสดไปประเทศต่างๆ	9
11.กราฟวงกลมแสดงปริมาณการส่งออกมังคุดแช่แข็งไปประเทศต่างๆ	9
12.แผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง	28
13.แสดงเครื่องกวนผสม	29
14.แสดงการกวนผสมแป้ง	29
15.แผนผังแสดงขั้นตอนการเคลือบฟิล์มที่ผิวผลไม้	30
16.แสดงมังคุดก่อนเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้	30
17.แสดงการตากแห้งมังคุดที่เคลือบฟิล์มที่รับประทานได้	31
18.แสดงการบรรจุมังคุด	31
19.แสดงกล่องที่ใช้สำหรับบรรจุมังคุด	32
20.แสดงเครื่องวัดสี	32
21.แสดงการวัดสีผิวมังคุด	33
22.แสดงการใช้เครื่องวัดสีผิวมังคุด	33
23.กราฟแสดงค่า ΔE ระหว่างอุณหภูมิ 13°C และ 25°C แบบเคลือบฟิล์มและไม้เคลือบฟิล์ม	37
24.กราฟแสดงค่า % weight loss ระหว่างอุณหภูมิ 13°C และ 25°C แบบเคลือบฟิล์มและไม้เคลือบฟิล์ม	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
25.แสดงผลม้งคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 6 วัน	39
26.แสดงผลม้งคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 10 วัน	40
27.แสดงผลม้งคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 14 วัน	41
28.แสดงผลม้งคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 18 วัน	42
29.แสดงผลม้งคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 28 วัน	43
30.แสดงผลม้งคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 32 วัน	44
31.แสดงผลม้งคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 36 วัน	45
32.แสดงผลม้งคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 25°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 6 วัน	46
33.แสดงผลม้งคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 25°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 14 วัน	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

มังคุด เป็นผลไม้ที่มีรสชาติดีชวนรับประทาน ซึ่งเป็นที่นิยมมากของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ จึงได้มีสมญานามว่า ราชนีแห่งผลไม้ (Queen of fruits) การส่งออกมังคุดไปขายยังต่างประเทศ พบว่ามังคุดได้มีการส่งออกไปสู่ประเทศทางยุโรป ตะวันออกกลางและสหรัฐอเมริกา มีแนวโน้มของปริมาณการส่งออกเพิ่มมากขึ้นทุกปี ในการขนส่งบางครั้งอาจต้องใช้ระยะเวลานานหลายวันหรือนานเกินกว่าที่กำหนดไว้อันเป็นสาเหตุทำให้มังคุดได้รับความเสียหายมาก โดยเฉพาะเกิดการสุกหรือการเน่าเสีย วิธีที่จะช่วยลดความเสียหายและชะลอการสุกของผลมังคุด คือ การเก็บผลมังคุดไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 10-13 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 % และมีการเคลือบไข (wax) เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ(จากการหายใจ) แล้วบรรจุในกล่องกระดาษ (สมเกียรติ เสริมภักดี,2543) ในประเทศไทยได้มีการค้นคว้าและวิจัยฟิล์มที่รับประทานได้ (Kester and Fennema,1986) เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ รวมทั้งช่วยชะลอและยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ วัสดุที่ใช้ในการทำฟิล์มที่รับประทานได้มีหลายชนิด เช่น สตาร์ช โพรตีน ลิปิด หรือหลายชนิดรวมกัน โดยเฉพาะฟิล์มที่รับประทานได้จากสตาร์ชหรือแป้งเป็นตัววัสดุหลัก คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง (สมศักดิ์ ภักดีวารภรณ์,2544) ซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีจำนวนมาก หาได้ง่าย มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดฟิล์มได้ดีและราคาถูก ดังนั้นการวิจัยจึงได้ ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามังคุด โดยใช้ฟิล์มที่รับประทานได้ที่ผลิตจากแป้งจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะใช้ผลผลิตทางการเกษตรของประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์และลดต้นทุนในการส่งออกมังคุด

วัตถุประสงค์

เพื่อยืดอายุในการเก็บรักษามังคุด โดยใช้ฟิล์มที่รับประทานได้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 มังคุด

มังคุด เป็นผลไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangosteen* Linn อยู่ในวงศ์ Guttifera มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินโดนีเซียและคาบสมุทรมลายู การนำมังคุดเข้ามาในประเทศไทยนั้นไม่ปรากฏหลักฐานชัดเจนว่านำเข้ามาเมื่อใดแต่ปรากฏว่ามีมาก่อนสมัยกรุงรัตนโกสินทร์เป็นราชธานี ปัจจุบันในประเทศไทยนับได้ว่ามีมังคุดอยู่เพียงพันธุ์เดียว คือพันธุ์พื้นเมืองเพราะมังคุดเป็นพืชที่ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด แหล่งปลูกมังคุดในประเทศไทยมีอยู่ 3 แหล่งใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ พื้นที่ในเขตภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด และปราจีนบุรี ภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร นครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี และภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี (สมเกียรติ เสริมภักดี,2543)

2.2 ประโยชน์ของมังคุด

ส่วนต่างๆ ของมังคุดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งหมด ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

- 1) ผลสุกใช้รับประทานสดเป็นผลไม้ มีรสชาติอร่อย
- 2) เปลือกมังคุดประกอบด้วยสารแทนนินในปริมาณสูง สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของสีย้อมผ้าได้
- 3) เปลือกมังคุดบดละเอียดใช้เป็นส่วนผสมของยาแก้โรคบิดและท้องร่วงได้
- 4) ใบสดนำไปตำรักษาแผลสดได้
- 5) เนื้อไม้มีสีน้ำตาลแก่ เป็นไม้เนื้อแข็ง หนัก ใช้ทำเครื่องเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ได้

สำหรับผลมังคุดที่รับประทานนั้น นอกจากจะมีรสชาติอร่อยแล้วยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อมังคุดจากการตรวจสอบของนักวิชาการพอสรุปได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเนื้อผลมังคุด 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
น้ำ	79.2 กรัม
พลังงาน	79 แคลอรี
โปรตีน	0.8 กรัม
ไขมัน	1 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	18.8 กรัม
เส้นใย	1.6 กรัม
แคลเซียม	10 กรัม
ฟอสฟอรัส	15 กรัม
เหล็ก	0.8 กรัม
วิตามิน บี 1	0.03 มิลลิกรัม
วิตามิน บี 2	0.01 มิลลิกรัม
ไนอาซิน	0.5 มิลลิกรัม
วิตามิน ซี	3 มิลลิกรัม

ที่มา หนังสือตำราแสดงคุณค่าอาหารไทยในสวนที่กินได้ 100 กรัม ของกองสุขภาพภาค กรมพลศึกษา

2.3 ดัชนีการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวผลมังคุดนั้นจะดูการเปลี่ยนสีของเปลือก มังคุดที่สุกสีของเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดงจนถึงม่วงดำ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะใช้เวลาประมาณ 7 วัน ในแต่ละวันความเข้มของสีจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ส่วนปริมาณยางในเปลือกจะลดลงเรื่อยๆ

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมังคุดดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็น 5 ระดับ (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2538) ดังนี้

ระดับสีที่ 0 ผลมีสีเขียวทองอ่อนทั้งผล ภายในเปลือกมียางสีเหลืองในระดัที่รุนแรงมาก เนื้อและเปลือกยังไม่สามารถแยกออกจากกันได้ เป็นผลอ่อนเกินไป ไม่ควรเก็บเกี่ยวเพราะคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับการบริโภค ดังรูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

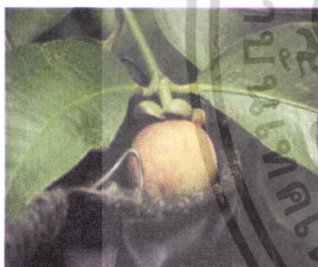
ระดับสีที่ 1 ผลมีสายเลือด (เกิดจุด แด้ม หรือประสีม่วงแดง) ขางภายในเปลือกยังคงมีอยู่ในระดับรุนแรง เนื้อและเปลือกยังไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ไม่เหมาะต่อการบริโภค แต่เหมาะต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อขนส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ หรือบริโภคได้ภายใน 4 วัน หลังการเก็บเกี่ยว (ณ อุณหภูมิเขตร้อน) ดังรูปที่ 2

ระดับสีที่ 2 ผลมีสีน้ำตาลแดงเรื่อๆเกือบทั้งผล ขางภายในเปลือกอยู่ในระดับปานกลาง การแยกตัวระหว่างเนื้อกับเปลือกทำได้ยากถึงปานกลาง เป็นระยะอ่อนที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ผลที่มีคุณภาพดี ไม่ควรปล่อยให้ผลติดกับต้นเกินวัยมากกว่านี้ ดังรูปที่ 3

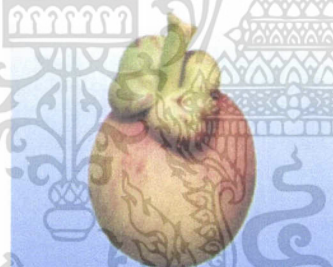
ระดับสีที่ 3 ผลมีสีน้ำตาลแดง ขางภายในเปลือกมีน้อยมาก การแยกตัวระหว่างเนื้อกับเปลือกดีเหมาะสำหรับเก็บเกี่ยวเพื่อส่งออกต่างประเทศเป็นระยะเก็บที่จะรับประทานได้ ดังรูปที่ 4

ระดับสีที่ 4 ผลมีสีม่วงอมแดง ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่เลย เนื้อกับเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย ซึ่งเป็นระยะที่ใช้รับประทานได้ ดังรูปที่ 5

ระดับสีที่ 5 ผลมีสีม่วงเข้มหรือม่วงดำ ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่เลย เนื้อกับเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่เหมาะสมต่อการรับประทานให้มีรสชาติอร่อยมากที่สุด ผลในวัยนี้สามารถอยู่ได้อีกประมาณ 10 วัน ถ้ามีการเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องอย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 6



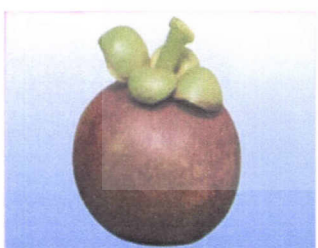
รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5



รูปที่ 6

การที่จะพิจารณาว่าจะเก็บเกี่ยวผลมังคุดในระยะใดขึ้นอยู่กับระยะทางในการขนส่งและการรอเวลาจำหน่ายเป็นหลัก โดยคาดการณ์ให้ผลมังคุดสุกหรือมีสีแดงพอดีเมื่อถึงผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คุณภาพของผลมังคุด

มังคุดเป็นผลไม้ที่มีเปลือกแข็ง โอกาสที่จะทำให้เนื้อในของผลเกิดความเสียหายจึงเป็นไปได้ยากขึ้น อย่างไรก็ตามมังคุดยังเป็นผลไม้ที่มีข้อจำกัดในตัวของมันเอง ซึ่งทำให้ราคาการจำหน่ายต่ำลง ข้อจำกัดดังกล่าวได้แก่

2.4.1 ยางของผล ยางของผลมังคุดจะเป็นน้ำยางสีเหลือง มักเกิดช่วงรอยแยกของผิว ซึ่งอาจจะเกิดการกระทบกระเทือนจากการเก็บเกี่ยวหรือจากการฉีกขาดของผิวเปลือกมังคุด ยางสีเหลืองนี้ยังมีผลทำให้เปลือกแข็งตัวและไม่สามารถรับประทานได้ ขณะนี้ยังไม่ทราบสาเหตุแน่นอนของการเกิดน้ำยางสีเหลือง เพราะจากการที่ได้ทดสอบนำมังคุดซึ่งได้รับการเก็บเกี่ยวอย่างดีทิ้งไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ปรากฏว่าผิวมังคุดดังกล่าวก็จะเกิดอาการแข็งที่เปลือกเช่นกัน



รูปที่ 7 ยางของผลมังคุด

2.4.2 เนื้อเป็นแก้ว เป็นอาการของเนื้อมังคุดที่มีสีขาวใสมนบางกลีบ โดยมากจะเป็นกับกลีบที่มีขนาดใหญ่ ในบางครั้งก็เป็นเนื้อแก้วทั้งผลอาการเนื้อแก้วนี้จะสังเกตได้จากลักษณะภายนอกโดยพบว่าผลที่มีรอยร้าวอยู่ที่ผิวมักจะมีอาการเนื้อแก้วด้วย แต่ในบางครั้งลักษณะภายนอกเป็นปกติเมื่อผ่าดูก็อาจพบอาการเนื้อแก้วได้เช่นกัน มังคุดที่มีเนื้อเป็นแก้วเป็นลักษณะที่ตลาดไม่ต้องการ (ศรียนต์ ชัยจำรูญพันธุ์, 2529) ได้ทำการศึกษาอาการเนื้อแก้วของมังคุด ในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่สามารถบอกได้ว่า อาการเนื้อแก้วของมังคุดเกิดจากสาเหตุใดและระยะเก็บเกี่ยวนั้นก็ไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดเนื้อแก้วแต่อย่างใด เมื่อนำมังคุดที่เป็นเนื้อแก้วไปตรวจหาเชื้อราแบคทีเรีย และไวรัสก็ไม่ปรากฏเชื้อดังกล่าว



รูปที่ 8 เนื้อแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ผลไม้สม่ำเสมอ ลักษณะของผลมังคุดในแต่ละต้นมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ความแก่อ่อนไม่เท่ากัน ทำให้เป็นปัญหาและเพิ่มค่าต้นทุนในการเก็บเกี่ยวเกษตรกรบางรายไม่สนใจในการคัดขนาดและคุณภาพ มีการคละปะปนกันไปทำให้มังคุดที่กระจายในตลาดเป็นมังคุดไม่ได้คุณภาพ และเป็นสาเหตุให้ถูกกดราคา

คุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก พ่อค้าผู้ส่งออกมังคุดจะมีกฎเกณฑ์การรับซื้อมังคุดที่ต่างไปจากตลาดภายในประเทศ คือ การเลือกซื้อเฉพาะมังคุดที่มีคุณภาพตามที่ตลาดต้องการเท่านั้นซึ่งมีลักษณะ ดังนี้

1) พ่อค้าผู้ส่งออกจะรับซื้อมังคุดขนาดกลางถึงค่อนข้างใหญ่มีน้ำหนักผลละ 70 – 100 กรัมหรือประมาณ 10 – 15 ผลต่อกิโลกรัม จะไม่รับซื้อผลมังคุดที่มีขนาดใหญ่หรือเล็กจนเกินไป ดังนั้นก่อนจำหน่ายเกษตรกรจะต้องคัดขนาดเสียก่อน

2) ผิวผลมังคุดจะต้องสะอาดไม่ดำดำน ไม่มีแมลงหรือราดำติดอยู่ ไม่มีรอยแผลหรือรอยกัดดูของแมลง ผิวไม่หยาบกร้านหรือตกระกิด กลิบเลี้ยงใกล้ขั้วผลควรมีสีเขียวสดไม่เหี่ยวแห้ง ถ้ามีอาการยางไหลอาจใช้มีดขูดยางออกให้หมดก็นำไปจำหน่ายได้

3) บริเวณใต้กิลีบหรือซอกมุมอื่นๆของผลมังคุด จะต้องสะอาดไม่มีแมลงอาศัยอยู่ เรื่องนี้เป็นสิ่งสำคัญเพราะบางประเทศจะห้ามนำมังคุดไปขาย หากตรวจพบว่ามีแมลงติดอยู่ที่ผล ดังนั้นหากพบควรใช้ผ้าเช็ด ใช้แปรงเขี่ยออกหรืออาจใช้ลมเป่าก็ได้

4) ต้องเป็นมังคุดที่ใช้รับประทานเนื้อได้ทั้งหมด ไม่มีอาการเปลือกแข็ง ยางไหล เนื้อแก้วหรือเน่าเสีย จึงจำเป็นต้องคัดเลือกผลที่เสียหรือมีตำหนิออกทุกครั้งที่พบตั้งแต่เก็บผลจนถึงก่อนส่งจำหน่าย ขณะที่ส่งจำหน่ายจะต้องไม่บรรจุในภาชนะที่ใหญ่เกินไป เพราะอาจทำให้ผลที่อยู่ด้านล่างช้ำได้

ส่วนของการรับซื้อของผู้ส่งออกนั้นมีทั้งที่มาติดต่อรับซื้อถึงสวนและติดต่อผ่านนายหน้าหรือผู้รวบรวมในท้องถิ่น แล้วแต่ว่าแบบไหนจะสะดวกกว่ากันหากในท้องถิ่นนั้นมีการรวมตัวของชาวสวนเป็นกลุ่มผู้ผลิตมังคุดคุณภาพหรือกลุ่มผู้ผลิตมังคุดเพื่อการส่งออกก็ง่ายต่อการติดต่อกับพ่อค้าส่งออกมากยิ่งขึ้นเพราะพ่อค้าเข้ามาติดต่อกับกลุ่มได้โดยตรง สำหรับราคาขายส่งให้พ่อค้าผู้ส่งออกนั้นเป็นราคาที่ค่อนข้างสูงพอสมควร

2.5 สถานการณ์การผลิตและส่งออกมังคุด

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าภาคตะวันออก เช่น จันทบุรี ตราด ระยอง มีพื้นที่ในการเพาะปลูก และให้ผลผลิตมังคุดมากกว่าภาคใต้ ดังนั้นจึงมีการส่งออกผลมังคุดไปต่างประเทศได้มาก ซึ่งจะเห็นได้จากข้อมูลที่แสดงดังตารางและกราฟ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แสดงพื้นที่ปลูก (ไร่) มังคุดในปี พ.ศ. 2543 – 2545

ปี	พื้นที่ให้ผล	พื้นที่ยังไม่ให้ผล	รวม	+/- %
2543	188,664	150,625	353,038	
2544	237,278	129,031	366,367	3.78
2545	240,000	140,000	380,000	3.72

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร(2546)

ตารางที่ 3 แสดงผลผลิต (ตัน) มังคุดในปี พ.ศ. 2543 - 2545

ปี	ผลผลิตรวม	+/- %	เฉลี่ย (กก./ไร่/ปี)	+/- %
2543	177,274		875	
2544	223,035	25.81	940	7.43
2545	240,000	7.61	1,000	6.38

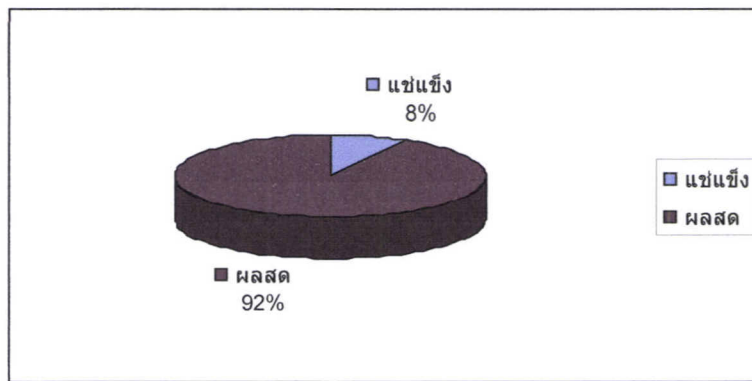
ที่มา : ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร(2546)

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณและมูลค่าการส่งออกมังคุดผลสดและแช่แข็งในปี พ.ศ. 2541 - 2545

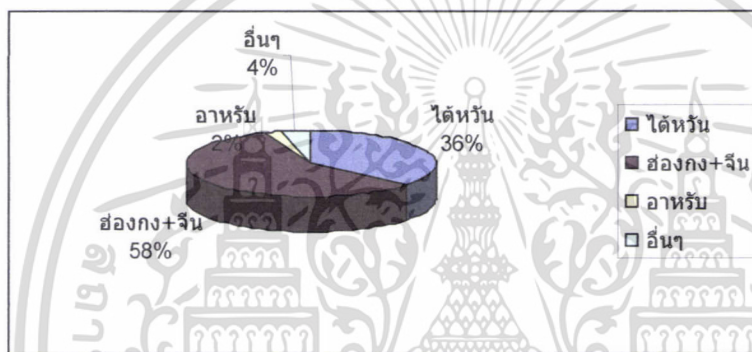
ปี	ผลสด		แช่แข็ง		รวมทั้งสิ้น	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2541	2,319	44	413	23	2,732	68
2542	5,001	105	281	26	5,282	131
2543	12,886	258	227	26	13,114	283
2544	18,388	408	329	21	18,718	430
2545	17,326	350	362	30	17,688	380

ที่มา : กรมศุลกากร(2546)

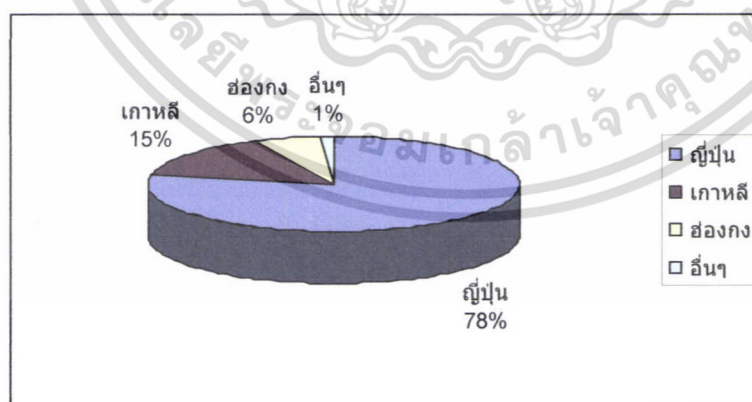
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 กราฟวงกลมแสดงปริมาณการส่งออกมังคุดที่เป็นผลสดและมังคุดแช่แข็ง
ที่มา : ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร(2546)



รูปที่ 10 กราฟวงกลมแสดงปริมาณการส่งออกมังคุดผลสดไปประเทศต่างๆ
ที่มา : ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร(2546)



รูปที่ 11 กราฟวงกลมแสดงปริมาณการส่งออกมังคุดแช่แข็งไปประเทศต่างๆ
ที่มา : ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร(2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 फिल्मบริโกลได้ (Edible film)

ฟิล์มบริโกลได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่บริโกลได้นำมาใช้กับอาหารโดยเคลือบผิวของอาหาร โดยตรงหรือเตรียมแผ่นฟิล์มขึ้นมาก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันหรือชะลอการผ่านเข้าออกของก๊าซ ไอน้ำ ไขมัน ไขมัน ไขมัน สารละลาย จุลินทรีย์ หรือสารอื่นๆ จากอาหาร ฟิล์มที่เตรียมขึ้นอาจใช้สารชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน โดยนำคุณลักษณะเด่นของสารแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ (Guilbert, 1986)

2.7 คุณลักษณะและข้อดีของฟิล์มที่รับประทานได้

คุณลักษณะของฟิล์มที่รับประทานได้จะมีลักษณะอย่างใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมาก จำเป็นต้องใช้ฟิล์มที่มีความต้านทานการซึมผ่านของออกซิเจนสูง เป็นต้น ดังนั้นจึงขอกกล่าวข้อดีของฟิล์มที่รับประทานได้ที่เหนือกว่าฟิล์มพลาสติก ดังนี้

- 1) บริโกลฟิล์มที่รับประทานได้พร้อมกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ ซึ่งเป็นการลดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม
- 2) ในกรณีที่ไม่บริโกลฟิล์ม ฟิล์มที่ทิ้งไปสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้โดยง่ายซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหามลพิษเช่นกัน
- 3) เพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำให้ผลิตภัณฑ์น่ารับประทานมากขึ้นและเข้าได้ดีกับสารประกอบที่ให้กลิ่นรสและความหวาน เป็นต้น
- 4) เสริมคุณค่าอาหาร โดยเฉพาะฟิล์มที่ทำจากโปรตีน
- 5) ใช้เคลือบอาหาร โดยแยกออกเป็นแต่ละชั้น เช่น ถั่ว สตรอเบอร์รี่
- 6) ใช้เป็นแผ่นกั้นระหว่างอาหารที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ เช่น พืชฆ่า พาย เนื่องจากการถ่ายเทความชื้นและไขมันในเนื้ออาหารที่แตกต่างกัน
- 7) ช่วยเก็บสารป้องกันจุลินทรีย์และสารกันหืน และยังควบคุมอัตราการซึมผ่านของสารกันเสียจากฟิล์มเข้าสู่เนื้ออาหาร
- 8) สามารถทำฟิล์มให้เป็นเม็ดแคปซูล บรรจุสารให้กลิ่นรสและสารทำให้ฟูขึ้น(leavening agent) ได้ เพื่อควบคุมการเติมสารที่ใส่ในอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ
- 9) สามารถใช้ร่วมกับฟิล์มพลาสติก โดยใช้ฟิล์มที่รับประทานได้สัมผัสกับอาหาร โดยตรง
- 10) เคลือบอาหารที่เปราะกรอบ เช่น อาหารเข้าที่ทำจากธัญพืชและอาหารที่ทำแห้งจากความเย็น เพื่อปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์และลดการสูญเสียเนื่องจากการเสียหาย
- 11) เคลือบผักและผลไม้สดทั้งหมดหรือบางส่วนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยลดการสูญเสียความชื้น การหายใจและการเปลี่ยนสี
- 12.) เคลือบอาหารแช่แข็งเพื่อป้องกันการ oxidation , ความชื้น , กลิ่นและสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) ทำเป็นถุงสำหรับใส่ส่วนผสมของอาหารแห้ง

สำหรับคุณสมบัติของฟิล์มที่รับประทานได้ สามารถสรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของฟิล์มที่รับประทานได้

Retards moisture migration
Retards gas transport (O ₂ , CO ₂)
Retards oil and fat migration
Improves mechanical – handling properties of foods
Retains volatile flavour compounds
Carries food additive

ที่มา : Guilbert,1986

2.8 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม

ในการเตรียมฟิล์มต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

- ส่วนโพลิเมอร์ (polymer)
- ส่วนพลาสติกไซเซออร์ (plasticizer)

2.8.1 ส่วนของโพลิเมอร์

จะทำหน้าที่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดโครงสร้างของฟิล์มโดยทั่วไป โพลิเมอร์สามารถทำให้เกิดฟิล์มได้ดี ได้แก่ โปรตีน(protein) โพลีแซคคาไรด์(polysaccharide) และไขมัน(lipid)

2.8.1.1 โพลีแซคคาไรด์(polysaccharide) โพลิเมอร์ในส่วนนี้ฟิล์มจะมีคุณสมบัติในการรวมตัวกับน้ำ จึงไม่เหมาะที่จะกั้นการซึมผ่านของความชื้นแต่สามารถที่จะป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดีและออกซิเจนผ่านได้ดี ตัวอย่างของโพลีแซคคาไรด์บางชนิดที่สามารถผลิตเป็นฟิล์มที่รับประทานได้ เช่น สตาร์ช(starch) อัลจิเนต(alginate) เพกติน(pectin) คาราจีแนน(carageenan) เด็กซ์ตริน(dextrin) เป็นต้น

2.8.1.2 ไขมัน (lipid) ฟิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติในการกั้นการซึมผ่านของความชื้นได้ดี จึงสามารถที่จะป้องกันการสูญเสียไอน้ำได้ดี แต่ในกรณีการเคลือบผลไม้ด้วยลิปติดจะให้ผลอย่างอื่น เช่น ลดการเสียดสีของผิวผลไม้ระหว่างการเดินทางทำให้เกิดรอยขรุขระ (soft scald) ตัวอย่างของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มไขมัน เช่น ฟิล์มจากไข(wax) กรดปาล์มมติก(palmitic acid) และสารลดแรงตึงผิว(surfactant) เป็นต้น

2.8.1.3 โปรตีน (protein) ฟิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติเด่นในแง่ของการยอมให้ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์และกลิ่นรส ซึมผ่านได้ดี แต่ฟิล์มจากโปรตีนจะเป็นตัวกันไอน้ำที่ไม่ดี ปานกลาง เมื่อ RH ต่ำ ตัวอย่างชนิดของโปรตีนที่ทำให้เกิดฟิล์มได้ ได้แก่ คอลลาเจน(collagen) เจลาติน(gellatin) เคซีน(casein) เวย์โปรตีน(whey protein) กลูเตนของข้าวสาลี(wheat gluten) โปรตีนจากถั่วเหลือง(soy protein)

2.8.2 ส่วนของพลาสติกไซเซอร์

พลาสติกไซเซอร์(plasticizer) ตามนิยามของ IUPAC หมายถึงสารที่เข้าไปอยู่ร่วมกับ พลาสติกหรือ elastomer แล้วช่วยเพิ่มความอ่อนตัว ความคงทนต่อการใช้งาน และการยืดตัว (Bakker,1986) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ พลาสติกไซเซอร์ภายนอก (external plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปในโครงสร้างโพลิเมอร์แล้วทำให้เกิดสารเชิงซ้อนหรือการจับกลุ่มของโมเลกุล เนื่องจาก พลาสติกไซเซอร์ไปจับยึดกับโพลิเมอร์ด้วยพันธะเวเลนซีทุติยภูมิ(secondary valency) ทำให้ แรงระหว่างโมเลกุลของสายโพลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัว(Mellan,1961) และพลาสติกไซเซอร์ ภายใน(internal plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปแล้วทำหน้าที่เป็นสารร่วมช่วยในการเกิดโพลิเมอร์ (copolymerization)(Billmeyer,1962)

คุณสมบัติของพลาสติกไซเซอร์ที่ดีต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับ โพลิเมอร์ที่ใช้ทำฟิล์ม (compatible) โดยมีแรงระหว่างโมเลกุลของสารทั้งสองคล้ายคลึงกัน มีจุดเดือดสูง ระเหยยาก ละลายในตัวทำละลายที่ใช้ได้ดี นอกจากนี้ควรจะไม่มีสี กลิ่น รส ไม่เป็นพิษ และไม่ติดไฟ (Beerler and Finney,1983) ถ้าใช้พลาสติกไซเซอร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมจะช่วยป้องกันมิให้เกิด การแยกตัวระหว่างการทำให้ฟิล์มแห้ง ฟิล์มที่ได้มีลักษณะทางกายภาพดี สามารถคงความยืดหยุ่น ตลอดการใช้งาน(Guibert,1986)

ซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ เนื่องจากถ้าในการเตรียมฟิล์ม ที่รับประทานได้จากโพลิเมอร์โดยไม่มีการใช้พลาสติกไซเซอร์ร่วมด้วยจะทำให้ได้ฟิล์มที่เปราะ มาก ไม่มีคุณสมบัติของการเป็นฟิล์มที่ดี ซึ่งวัตถุประสงค์ของการใช้พลาสติกไซเซอร์เพื่อช่วยให้ ฟิล์มมีคุณสมบัติอ่อนตัวและสามารถแผ่ขยายได้ เนื่องจากพลาสติกไซเซอร์จะช่วยลดแรงยึดจับ ภายในโมเลกุลระหว่างสายโพลิเมอร์และช่วยทำให้สายโพลิเมอร์มีการเคลื่อนที่ได้มากขึ้น จึงมีผล ให้ฟิล์มมีลักษณะไม่แตกหักง่าย แต่พลาสติกไซเซอร์ก็จะมีผลไปลดคุณสมบัติในการเป็นตัวกัน ก๊าซ ไอน้ำ และตัวถูกละลายของฟิล์ม และยังสามารถทำให้ความยืดหยุ่นและการเกาะตัวกันลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้สำหรับการเตรียมฟิล์ม ได้แก่ สารโพลีอัล(polyol) เช่น กลีเซอรอล คาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำตาลต่างๆ และไขมันและอนุพันธ์ของไขมัน เช่น กรดปาล์มมิติก เป็นต้น

การเตรียมฟิล์มบางชนิดอาจต้องใช้สารให้ความชุ่มชื้น(wetting agent) ทำให้สารละลายกระจายตัวได้สม่ำเสมอ หรืออาจใช้อิมัลซิฟายเออร์(emulsifier) ทำให้เกิดความคงตัวของ ฟิล์มอิมัลชัน ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้มีผลให้สารบางชนิดผ่านแผ่นฟิล์มที่เตรียมไว้ได้มากขึ้น หรืออาจผสมสารชนิดต่างๆ ลงในสารที่ใช้ทำฟิล์ม เช่น สารกันหืน(antioxidant) สารป้องกันจุลินทรีย์(antimicrobial) รวมทั้งยังสามารถเติมสารที่มีคุณค่าอาหาร สารให้รสชาติหรือรงควัตถุผสมแต่การเติมสารต่างๆเหล่านี้ให้ได้ผลดีนั้น เราจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบและความเข้มข้นของสารด้วยเพราะอาจทำให้ฟิล์มลดความสามารถในการต้านทานไอน้ำหรือแก๊สได้

2.9 ชนิดของฟิล์มบริโภคได้และการใช้ประโยชน์

ฟิล์มที่รับประทานได้แบ่งเป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ ฟิล์มโปรตีน ฟิล์มลิวติค และฟิล์มโพลีแซคคาไรด์

2.9.1 ฟิล์มโปรตีน (Protein film) ในปัจจุบันการศึกษาฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนมีมากขึ้น เนื่องจากเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรงและมีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี นอกจากนี้โปรตีนยังมีคุณค่าทางอาหารสูงอีกด้วย แหล่งของโปรตีนที่นิยมใช้ในการผลิตฟิล์มและสารเคลือบอาหารมีหลายชนิด เช่น ข้าวโพด, กลูเตน, เคซีน, whey protein isolate, soy protein isolate, คอลลาเจน, เจลาติน, ปลา, ข้าวฟ่าง, ไข่ขาว และถั่วเหลือง เป็นต้น

2.9.1.1 ฟิล์มจากโปรตีนข้าวโพด (corn zein) สามารถแบ่งโปรตีนในข้าวโพดตามการละลายออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

- แอลบูมิน (albumins) เป็นโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ
- โกลบูลิน (globulins) เป็นพวก saline-soluble
- ซีน (zein) เป็นพวกที่ละลายในแอลกอฮอล์ 70% เรียกว่า โปรลามีน
- กลูเตลิน (glutelin) เป็นพวกที่ละลายได้ในสารละลายด่างเจือจาง

zein เป็นโปรตีนข้าวโพดเพียงชนิดเดียวที่สามารถผลิตได้ในทางการค้า zein ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่มีขั้วและไม่ชอบรวมตัวกับน้ำ (hydrophobic) เช่น ลิวซีน(leucine) อะลานีน(alanine) และโพรลีน(proline) ในปริมาณสูง จึงทำให้ zein ไม่ละลายน้ำ ไม่ละลายในแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ และยังประกอบด้วยกรดกลูตามิก(glutamic) ในรูปกลูตามีน(glutamine) เป็นส่วนใหญ่ พบว่าหลังจากที่ระเหยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ออกไปแล้วจะมีลักษณะที่เหนียว เป็นมันเงา แข็งแรง และป้องกันไขมัน(grease) ได้ ได้ทำการขึ้นรูปฟิล์มจากสารละลายซึ่งประกอบด้วย zein 1-2 % เอทานอล (ethanol) 55-80% และที่เหลือเป็นน้ำ แล้วจึงนำฟิล์มไปทำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห่งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง फिल्मที่ได้มีลักษณะทึบแสง มีสีเหลือง ผิวหน้าเรียบและมีความยืดหยุ่น จึงใช้ zein เคลือบเมล็ดยาและผลิตภัณฑ์ขนมหวาน เช่น ถั่ว ผลไม้แห้ง เยลลี่ การเคลือบด้วย zein แบบเคลือบแห้งจะให้ผลดี เพราะมีอัตราการแห้งเร็วกว่าทำให้ความคงตัวเพิ่มขึ้น สามารถเก็บได้นานในสภาพที่มีความชื้นสูง นอกจากนี้ยังใช้เคลือบเปลือกไข่ เพื่อรักษาคุณภาพ กลิ่นรส และทำให้ไข่มีความต้านทานจุลินทรีย์สูงขึ้น ส่วนการเคลือบ zein บนผิวอาหารกึ่งชื้น (intermediate moisture food) นั้นได้เติมสารกันเสียลงไปด้วย เพื่อไม่ให้จุลินทรีย์เติบโตที่ผิวอาหาร อัตราการแพร่กระจายของสารเคมีเข้าสู่อาหารและรักษาความเข้มข้นของสารที่ผิวไว้ได้นาน (Genadios and Weller,1990 : Adyt et.al.,1991) ได้มีการใช้โปรตีนข้าวโพด (corn zein) เคลือบผิวมะเขือเทศที่สุกแก่เต็มที่ พบว่าช่วยยืดระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียความแน่นเนื้อและน้ำหนักระหว่างเก็บได้

2.9.1.2 फिल्मจากโปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนในถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นส่วนของ 7s และ 11s โกลบูลิน ซึ่งโมเลกุลของโปรตีนทั้งสองชนิดนี้สามารถเชื่อมกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเกิดฟิล์ม फिल्मชนิดนี้เตรียมได้จากวัตถุดิบหลัก คือ น้ำมันถั่วเหลือง (Wu และ Bates,1972) หรือโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Wu และ Bates,1973) ต่อมามีการเติมพลาสติกไซเซออร์เพื่อความยืดหยุ่นและปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น (Chuan และคณะ,1983 ; Brandenberg และคณะ ,1993) फिल्मชนิดนี้มีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีแต่กันการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อยเพราะมีความเป็นขั้วสูง फिल्मจากโปรตีนถั่วเหลืองนี้สามารถนำมาบริโภคเป็นส่วนประกอบของซูปหรือทำเป็นเนื้อเทียม นอกจากนี้ยังนำมาใช้ห่อเนื้อมะเขือเทศหรือผักให้อยู่ในรูปร่างที่ต้องการ เช่น หมูตั้ง หอยจ้อ เป็นต้น

2.9.1.3 फिल्मจากโปรตีนข้าวสาลี โปรตีนข้าวสาลี หรือกลูเตน ประกอบด้วยไกลอะดีน ร้อยละ 75 ที่เหลือเป็นกลูเตนิน ส่วนประกอบทั้งสองนี้มีพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเกิดฟิล์ม โดยทำให้มีลักษณะการยึดเกาะกันของโพลีเมอร์และให้ลักษณะยืดหยุ่นดี (Genadios และ Weller,1990) फिल्मกลูเตนมีความแข็งแรง ออกซิเจนคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้น้อย แต่เป็นฟิล์มที่ขึ้นง่าย (hydrophillic) จึงมีการนำกลูเตนมาใช้ร่วมกับสารอื่นเพื่อใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น เช่น ใช้เคลือบถั่วลิสงอบแห้งก่อนเดิมเกลือ ใช้ทำแคปซูลบรรจุสี และสารให้กลิ่นรส เพื่อใช้เติมในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ फिल्मชนิดนี้มีอยู่หลายเรื่อง เช่น Gontard และคณะ(1992)ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของกระบวนการหลักต่างๆ ต่อคุณสมบัติของ फिल्म จากนั้นในปี 1993 Gontard และคณะ ยังศึกษาบทบาทของพลาสติกไซเซออร์ คือ น้ำ และ กลีเซอรอลที่มีผลต่อคุณสมบัติการกันซึมผ่านของไอน้ำอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.4 **ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียว รัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2540)** ได้ศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว ที่แยกโปรตีนได้โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 นอร์มอล ปรับพีเอช 4.5 โดยใช้กรด ไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการแยกสกัดโปรตีนออกจากถั่วเขียว 90% ประสิทธิภาพในการตกตะกอนโปรตีนออกจากสารละลายได้ 84.88% ปัจจัยในการศึกษากระบวนการผลิตฟิล์มมี 2 ปัจจัย คือ ปริมาณของเหลวต่อปริมาณของแข็ง (30 : 70, 20 : 80, และ 10 : 90) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่อปริมาณโปรตีน (0.05 : 1, 0.10 : 1 และ 0.15 : 1) โดยใช้ความเข้มข้นของกลีเซอรอลคงที่ที่ 10% ผสมด้วยความเร็ว 180 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที นำมาเกลี่ยลงบนแผ่นกระจกและบดโดยใช้ลูกกลิ้งให้เป็นแผ่นฟิล์ม แล้วจึงนำฟิล์มที่ได้มาอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง จะได้แผ่นฟิล์มบางสีเหลืองอ่อน ฟิล์มที่ได้จะทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี คือ ความชื้น, ความหนา, อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ, ความต้านทานแรงดึงขาด, แรงยึดตัว และดัชนีการละลายน้ำ พบว่าฟิล์มที่ผลิตได้จากอัตราส่วนของปริมาณของเหลวต่อปริมาณของแข็ง (10 : 90) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่อปริมาณโปรตีน(0.15 : 1) โดยมีความชื้น $22.554 \pm 0.523\%$ ความหนา 0.2600 ± 0.033 มิลลิเมตร ซึ่งจะให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำสุดเท่ากับ 4.750 ± 0.871 กรัม/ตารางเมตร/วัน ในขณะที่ให้ค่าความต้านทานแรงดึงขาดสูงสุดเท่ากับ 1.3280 ± 0.118 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ฟิล์มที่ผลิตได้จากอัตราส่วนของปริมาณของเหลวต่อของแข็งที่ระดับ 30 : 70 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่อปริมาณโปรตีน(0.05 : 1) ให้ค่าการละลายน้ำได้ต่ำสุดเท่ากับ $25.930 \pm 0.968\%$ การศึกษาปัจจัยในการผลิตที่มีผลต่อคุณสมบัติของฟิล์ม พบว่าปริมาณของเหลวต่อปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น ความต้านทานแรงดึงขาดลดลง ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ความต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสำหรับความต้านทานการซึมผ่านของ ไอน้ำ พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่อปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำอย่างมีนัยสำคัญ

2.9.1.5 **ฟิล์มจากไข่ขาว** ในการผลิตฟิล์มโดยทั่วไปจำเป็นต้องมีการเติมพลาสติกไซเซอร์ลงไป เพื่อให้ฟิล์มสามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับโพลิเมอร์ที่ใช้ในการผลิตฟิล์ม คุณสมบัติโดยทั่วไปของพลาสติกไซเซอร์จะระเหยได้ยาก มีจุดเดือดสูง อาจจะละลายในตัวทำละลายได้ดีเพื่อมิให้เกิดการแยกตัวของพลาสติกไซเซอร์ในระหว่างการทำฟิล์มให้แห้ง พลาสติกไซเซอร์ที่นิยมใช้ในไข่ขาวมีหลายชนิด เช่น โพลีเอธิลีนไกลคอล(PEG) กลีเซอริน และซอร์บิทอล ความเข้มข้นของ พลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ในช่วงความเข้มข้น 25-50% การเติมพลาสติกไซเซอร์ที่มากเกินไปจะช่วยให้ฟิล์มสามารถจับยึดกันได้ด้วยตนเอง สำหรับ pH ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตฟิล์มอยู่ในช่วง 10-12 โดยใช้ โซเดียมโพแทสเซียม หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวปรับ pH สามารถละลายน้ำได้ในช่วงความเข้มข้น 7 -10 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร และให้ความร้อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่ขอสงวนสิทธิ์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 40–45 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 - 30 นาที เพื่อให้ลดการเกิดพันธะไดซัลไฟด์ของโมเลกุล โปรตีนจะคลายเกลียวออกเป็นหมู่ซัลไฟไฮดริลและหมู่ไฮโดรโฟบิก ทำให้โปรตีนกระจายตัวได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเมื่อนำฟิล์มที่ได้มาผ่านการทำให้แห้งโมเลกุลของโปรตีนก็จะสามารถจัดเรียงตัวให้อยู่ในสภาพเคมิดี และข้อควรระวังก็คือ การให้ความร้อนในการผลิตฟิล์มจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิที่ใช้และเวลาในการให้ความร้อนด้วย เพราะการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงประกอบกับใช้เวลานานจะทำให้โมเลกุลโปรตีนเกิดการตกตะกอน

การใช้ฟิล์มจากโปรตีนไข่ขาว พบว่ามีข้อดี เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนชนิดอื่นๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ซอยโปรตีน ข้าวฟ่าง คือ

- 1) ฟิล์มที่ได้มีลักษณะโปร่งใสและไม่มีกลิ่น
- 2) สามารถใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสำหรับการเตรียมฟิล์มได้ แต่ถ้าใช้โปรตีนจากแหล่งอื่นนี้ต้องใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการเตรียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบแอลกอฮอล์ ซึ่งปัญหาที่พบตามมาคือการระเหยสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้จะทำให้เกิดไอซึ่งเป็นพิษต่อสุขภาพได้

- 3) ค่าใช้จ่ายในการผลิตฟิล์มต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนแหล่งอื่นๆ

- 4) วิธีการผลิตฟิล์มนี้เป็นแบบง่ายๆ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

จากการศึกษาวิจัยและได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของฟิล์มจากโปรตีนไข่ขาวพบว่าฟิล์มจากโปรตีนไข่ขาวนั้นมีประโยชน์ คือ

- 1) ใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับวัตถุเจือปนด้านอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา และอุตสาหกรรมเคมีที่ละลายน้ำได้ในภาชนะบรรจุคล้ายคลึงกับตัวทำละลายที่ใช้เตรียมเซลล์โลสที่มีสารประกอบอีเทอร์เป็นองค์ประกอบที่ใช้ในทางการค้า

- 2) ใช้เป็นตัวกั้นการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน สำหรับการเคลือบอาหารแต่ละชนิดที่ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เช่น ถั่วเปลือกแข็ง เนื้อที่ผ่านการทำให้แห้ง

- 3) เป็นตัวกั้นการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์มที่เป็นองค์ประกอบหลายๆชั้น

- 4) ใช้เป็นตัวกลางจับยึดสำหรับอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบและยา

- 5) ใช้เป็นสารเคลือบอาหารที่กินได้ ป้องกันการเหม็นหืนและเป็นสารต่อต้านจุลินทรีย์สำหรับการควบคุมระดับของผิวหนังอาหารจนถึงภายในอาหาร

- 6) ใช้เป็นตัวกั้นความชื้นสำหรับอาหารที่มีไขมันหลายๆ ชนิดเป็นองค์ประกอบ โดยการหน่วงเหนี่ยวการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในอาหารที่ซับซ้อนข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนจะมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถเป็นตัวกั้น (barrier) ความชื้นได้ในระดับปานกลาง เช่น สมบัติการแพร่ผ่านของไอน้ำ และสามารถกั้นการแพร่ก๊าซออกซิเจนและกลิ่นรสได้อย่างดีเลิศ ซึ่งดีกว่าการใช้วัสดุอื่นๆที่ผลิตเป็นฟิล์ม เมื่อทำการทดลองที่สภาวะแวดล้อมความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จึงได้มีการศึกษาการปรับปรุงสมบัติของฟิล์มที่ใช้หลายประการ เช่น สมบัติกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติทางเคมี สมบัติด้านเอนไซม์ สมบัติด้านการเลือกใช้พลาสติกไซเซออร์ และสมบัติของไข่แดง ตัวอย่างการปรับปรุงสมบัติดังกล่าว เช่น

ก. สมบัติความแข็งแรงของฟิล์มและสมบัติการเป็นตัวกั้นความชื้น โดยการใช้สารประกอบอัลดีไฮด์ และการใช้เอนไซม์กลูตาอะมิเนส (glutaminase) ในระหว่างการใช้ความร้อนเพื่อช่วยให้โมเลกุลโปรตีนเกิดการเชื่อมไขว้กัน

ข. สมบัติการเป็นตัวกั้นความชื้น ทำได้โดยการใช้สารประกอบประเภทไขมัน เช่น ไข่ฝิ่ง หล้าขี้ชนิด และกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว หล้าขี้ชนิด

ค. ในการเลือกใช้พลาสติกไซเซออร์ที่เหมาะสม มีการศึกษาสารพลาสติกไซเซออร์ 3 ชนิด คือ กลีเซอริน โพลีเอธิลีนไกลคอล และซอร์บิทอล ที่มีผลต่อสมบัติของฟิล์มด้านต่างๆ คือ ความแข็งแรงของฟิล์ม สมบัติการยึดตัว ณ ตำแหน่งจุดหักและการแพร่ผ่านของไอน้ำ พบว่าเมื่อใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ จะให้ค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำที่สุด ในขณะที่ฟิล์มที่เตรียมด้วยโพลีเอธิลีนไกลคอลให้ค่ายึดตัวมากที่สุด ที่จุดแตกหัก และการใช้ซอร์บิทอลและโพลีเอธิลีนไกลคอลเป็นพลาสติกไซเซออร์นี้ทำให้ฟิล์มที่ได้มีค่าความแข็งแรงมากกว่าการใช้กลีเซอรินเป็นพลาสติกไซเซออร์

ง. ผลของไข่แดงที่มีต่อฟิล์มที่ผลิตได้ พบว่า การใช้ไข่แดงทดแทนบางส่วนของไข่ขาวที่ความเข้มข้น 10 – 50 % (ไข่แดงมีปริมาณไขมันประมาณ 30 – 35 %) ทำให้สีของฟิล์มที่ได้มีสีค่อนข้างสีเหลือง แต่มีผลทำให้สมบัติการซึมผ่านไอน้ำลดลง ความแข็งแรงของฟิล์มลดลง และทำให้ค่าการยึดตัวที่จุดแตกหักมีค่าลดลงตามไปด้วย

2.9.2 ฟิล์มโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide film) สามารถใช้โพลีแซคคาไรด์บางชนิดผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ เช่น สตาร์ช, เพคติน, แอลจินेट, คาราจีแนน และอนุพันธ์ของเซลลูโลส แต่เนื่องจากธรรมชาติของโพลีเมอร์เหล่านี้ชอบรวมตัวกับน้ำ (hydrophilic) จึงไม่เหมาะที่จะนำฟิล์มชนิดนี้มาใช้ป้องกันการซึมผ่านความชื้น อย่างไรก็ตามโพลีแซคคาไรด์บางตัวที่ใช้เคลือบมีลักษณะเหมือนวุ้น (gelatinous) และมีความชื้นสูง จะชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารบางอย่างได้ ในช่วงอายุการเก็บสั้นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยที่สารเคลือบเหล่านี้เป็นตัวเก็บอาหาร (sacrificing agent) มากกว่าเป็นตัวขวางกั้นการส่งผ่านความชื้น นอกจากนี้ฟิล์มโพลีแซคคาไรด์บางชนิด ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีออกซิเจนในลิพิด (lipid oxidation) และองค์ประกอบอื่นในอาหาร ซึ่งทำให้อาหารเหม็นหืน (Kester and Fennema, 1986)

เอ็กสตรานเป็นเอ็กสตรานที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้แทนไขมัน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2.1 สตาร์ช (strach) สตาร์ชประกอบด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพกทินในปริมาณและอัตราส่วนที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์พืช อะมิโลสเป็นโพลีเมอร์เส้นตรงและมีคุณลักษณะที่สามารถทำเป็นฟิล์มในตัวเอง(self supporting film) จึงใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมฟิล์มได้ ส่วนสตาร์ชก็สามารถนำมาเตรียมฟิล์มได้เช่นกัน แต่เป็นฟิล์มที่มีข้อจำกัดในการใช้งาน ดังนั้นจึงต้องมีการแยกส่วน(fractionation) อะมิโลสจากสตาร์ช เพื่อนำมาเตรียมฟิล์ม ลักษณะของฟิล์มอะมิโลสนี้จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่นรส ไม่เป็นพิษ แข็งแรง ยืดหยุ่น เป็นมันวาว มีคุณสมบัติต้านทานกริส(grease) ได้สูง และออกซิเจนซึมผ่านฟิล์มได้ต่ำ (มณฑาทิพย์,2534) แต่มีข้อเสียคือปัญหาการละลายอะมิโลสเพื่อเตรียมฟิล์ม เมื่อเตรียมฟิล์มจะต้องใช้อุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน จึงนิยมใช้อุณหภูมิของอะมิโลสซึ่งละลายน้ำได้ดีกว่า การใช้งานฟิล์มอะมิโลส เช่น ทำถุงบรรจุกาแฟ พาย ซุปสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์เชื่อมสำหรับทำไส้กรอก เคลือบผลไม้ เช่น ลูกพรุน ลูกกวาดผลไม้ ทำให้ผลไม้ไม่เนืวยืดกันเป็นก้อนและฟิล์มที่ผลิตจากสตาร์ชต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติที่ต่างกัันดังเช่นตาราง ฟิล์มที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังหรือมันฝรั่ง มีความยืดหยุ่น การต้านทานต่อแรงดึงขาดและความแข็งแรงสูงกว่าฟิล์มที่ผลิตจากแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ทำจากสตาร์ชต่างๆ

คุณสมบัติ	ชนิดของสตาร์ช				
	ข้าวโพด	มันฝรั่ง	ข้าวสาลี	มันสำปะหลัง	ข้าวโพด ข้าวเหนียว
ความใสของฟิล์ม	ขุ่น	ใส	ขุ่น	ใส	ใส
ความยืดหยุ่น, ความแข็งแรง, ความเหนียว	ต่ำ	สูง	ต่ำ	สูง	สูง

ที่มา : อรอนงค์(2540)

เกศิณี และคณะ(2539) ได้ทำฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการเปรียบเทียบกรรมวิธีที่จะใช้ผลิตวัสดุที่ใช้ทำฟิล์มจากแป้ง 2 ชนิด คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยวและเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์แบบสกรูคู่ เปรียบเทียบคุณสมบัติการละลายน้ำของวัสดุที่ใช้ทำฟิล์มจากแป้งต่างๆ และศึกษาคุณลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังผสมกลีเซอรอล หรือ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

glyceryl monostearate ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังผสม กลีเซอรอล หรือ glyceryl monostearate ร้อยละ 0.2 , 5 และ 10 ทำการผลิตวัสดุที่ใช้ทำฟิล์มโดย เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยวและเครื่องเอ็กซ์ทรูดเตอร์สามารถผลิตวัสดุที่ใช้ทำฟิล์มที่ดี คือ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำสูง ปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นทำให้ผิวแผ่นฟิล์มเรียบ ขึ้น แต่ก็ทำให้คุณภาพด้านทานความทนต่อการแตกเมื่อพับลดลง การผสม glyceryl monostearate ในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 ไม่ทำให้แผ่นฟิล์มมีคุณลักษณะดีขึ้น คุณลักษณะของแป้งมัน สำปะหลังผสมกลีเซอรอล คือ ใส ยืดหยุ่นดี ส่วนแผ่นฟิล์มที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมกลีเซอรอลจะมี สีขาวขุ่น ยืดหยุ่นพอใช้ เพราะบางกว่าแผ่นฟิล์มที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง

ปนัดดา พวงเกษม(2540) ได้ทำการทดลองเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จาก แป้งมันสำปะหลังและทดสอบคุณสมบัติของฟิล์มที่ผลิตได้เพื่อหาแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ที่ สามารถทดแทนการใช้ฟิล์มพลาสติก พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการ นำไปใช้ประโยชน์ซึ่งเตรียมได้จากน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 5 และเติมซอร์บิทอลร้อยละ 30 เป็นพลาสติกไซเซออร์ แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะปรากฏใส ผิวเรียบ ย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ใน ธรรมชาติและผืนกิดด้วยความร้อนจึงสามารถทำเป็นถุงได้ ส่วนการเคลือบผิวสตรอเบอร์รี่ เบบีแครอท และมะเขือเทศด้วยฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง จะไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหรือ ช่วยยืดอายุการเก็บได้

สมศักดิ์ ภักดีวารภรณ์(2544) ได้ทำการทดลองผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งออกแบบการทดลองเป็นแบบแฟคทอเรียล 5×3 โดย ปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยที่ 1 คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง ปัจจัย ที่ 2 คือ ปริมาณ กลีเซอรอลและอัตราส่วนระหว่างของแข็งต่อของเหลวคงที่ แผ่นฟิล์มที่เหมาะสม ในการใช้ประโยชน์ คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 1: 3 โดยใช้ กลีเซอรอลร้อยละ 5 และเมื่อทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีพบว่า มีความหนา, A_w , ความชื้น, ความสามารถในการยึดตัว, อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน ต่ำสุด แต่มีความต้านทานแรงดึงขาดสูงสุด

2.9.2.2 แอลจินेट (alginate) นิยมใช้รูปโซเดียมแอลจินेटสกัดจากสาหร่ายทะเลสี น้ำตาล การเกิดฟิล์มของโซเดียมแอลจินेटเป็นผลจากการเกิดเจล เมื่อแอลจินेटทำปฏิกิริยากับ polyvalent cation แคลเซียมเป็นไอออนที่ทำให้เกิดเจลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มักใช้ในรูปเกลือ แคลเซียมคลอไรด์เพราะทำให้เกิดเจลวุ้นเนื้อแน่น คุณภาพดี การเคลือบด้วยฟิล์มแอลจินेटส่วนใหญ่ นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ เช่น ชิ้นส่วนเนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อไก่ การเคลือบชิ้นเนื้อทำให้มี

เอกลีกรีนเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน เมื่ออนุญาตเห็นใบโฆษณาการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียให้น้อยกว่าชิ้นเนื้อที่ไม่ได้เคลือบ ถึงแม้ว่าฟิล์มแอลจินเตจจะยอมให้ความชื้นซึมผ่านได้สูง แต่การเคลือบก็ให้ผลดี เนื่องจากเจลในฟิล์มมีปริมาณความชื้นสูง ความชื้นในเจลระเหยออกไปก่อนที่ชิ้นเนื้อที่เจลห่อหุ้มไว้จะสูญเสียความชื้น นอกจากนี้ฟิล์มเจลนี้ยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวเนื้อ ช่วยรักษาสีแดงของเนื้อได้นานกว่าเนื้อปกติ ช่วยป้องกันการออกซิเดชันของไขมันในอาหารและช่วยให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น(Kester and Fennema,1986)

2.9.2.3 เพกทิน(pectin) เป็นกลุ่มสารประกอบเชิงซ้อนของโพลีแซคคาไรด์ พบในชั้นลามลลา(lamella) ส่วนกลางของเซลล์พืช เพกทินที่ใช้เป็นสารเคลือบเป็นชนิดที่มีจำนวนของเมททอกซิลต่ำ(low methoxyl) ซึ่งทำให้เกิดเจลขึ้นได้ เมื่อสารละลายเพกทินทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนหลังจากเจลแห้ง จะเกิดเป็นฟิล์มเพกทินเนต มักใช้เคลือบบนผิวอาหารโดยตรง ฟิล์มนี้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรักษาอาหาร(sacrificing agent) ป้องกันอาหารที่ห่อหุ้มไม่ให้สูญเสียความชื้น เนื่องจากฟิล์มเพกทินยอมให้น้ำซึมผ่านได้สูง ดังนั้นต้องทำให้ฟิล์มยอมให้การซึมผ่านไอน้ำลดลง โดยการเคลือบฟิล์มลิพิดทับบนฟิล์มเพกทินเนตก่อนเพื่อให้ฟิล์มแห้งจะใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้กว้างขึ้น (Kester and Fennema,1986)

จารุณี ยาห้องกาศ(2543) ได้ทำการทดลองเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและ เพกทิน ซึ่งออกแบบการทดลองเป็นแบบแฟคทอเรียล 3×3 โดยปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัย ที่ 1 คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อเพกทิน ปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณกลีเซอรอลและอัตราส่วนระหว่างของแข็งต่อของเหลวของแผ่นฟิล์มที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้า : เพกทิน เท่ากับ 25 : 75 โดยใช้กลีเซอรอลร้อยละ 5 , 10 และ 15

2.9.2.4 คาราจีแนน(carrageenan) เป็นกลุ่มสารโพลีแซคคาไรด์ซัลเฟต สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง เมื่อนำสารละลายคาราจีแนนร้อนแล้วทำให้เย็นจะเกิดเป็นเจล เจลคาราจีแนนที่ใช้เคลือบอาหารจะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรักษาอาหาร(sacrificing agent) โดยป้องกันการสูญเสียความชื้นในอาหารที่ห่อหุ้มไว้ มักใช้เคลือบชิ้นเนยแข็งที่เปียกชื้น(intermediate moisture cheese analog) ด้วยเจลผสมคาราจีแนนและวุ้น(agarose) ที่มีกรดซอร์บิกอยู่ด้วย มีผลทำให้จุลินทรีย์เติบโตบนผิวผลิตภัณฑ์ไม่ได้(Kester and Fennema,1986)

2.9.2.5 ฟิล์มจากอนุพันธ์ของเซลลูโลส อนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ใช้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้อยู่ในรูปของเซลลูโลสอีเทอร์ ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เมทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส หรือ ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส ในการผลิตฟิล์มจากเซลลูโลสอีเทอร์นั้นมักใช้ร่วมกับลิพิดเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติกันการซึมผ่านของความชื้นให้ดีขึ้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 ฟิล์มไขมัน(lipid film) การใช้ไขมันห่อหุ้มผลิตภัณฑ์อาหารมีมานานแล้ว ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน(confectionary) เช่น การเคลือบช็อกโกแลตหรือใช้กับผัก ผลไม้ เช่นการเคลือบผลไม้ด้วยไข(wax) สารประกอบลิพิดหลายชนิดรวมทั้ง acetylmonoglyceride ไขมันธรรมชาติ(natural wax) และสารตึงผิว(surfactant) นำมาใช้เป็นสารเคลือบได้โดยทั่วไป การเคลือบอาหารด้วยลิพิดก็เพื่อป้องกันการถ่ายเทความชื้น แต่ในกรณีการเคลือบผลไม้ด้วยลิพิดจะให้ผลอย่างอื่นด้วย เช่น ลดการเสียดสีของผิวผลไม้ระหว่างการขนถ่ายไม่ให้เกิดรอยฉ่ำ(soft scald) หรือเคลือบผลแอปเปิ้ลทันทีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสีน้ำตาลด้วยเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันต่างๆ (เช่น ลอริก , ปาล์มมิก , สเตียริก , โอลิก , ลิโนเลอิกและลิโนเลนิก เป็นต้น) หรือน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และเลซิทีน (มณฑาทิพย์,2534) ฟิล์มลิพิดได้แก่

2.9.3.1 ฟิล์มไขมันที่ทำจากไข(wax) ฟิล์มไขมันที่รับประทานได้ ความชื้นจะซึมผ่านได้ต่ำมากและต่ำกว่าฟิล์มไขมันส่วนใหญ่ โดยเฉพาะไขพาราฟิน(paraffin wax) และขี้ผึ้ง นอกจากนี้ฟิล์มไขมันยังลดอัตราการแพร่กระจายของเกลือเบนโซเอตเข้าสู่อาหารได้ดี ตัวอย่างเช่น ฟิล์มจากไขพาราฟิน และคาร์นوبا(carnuba) แต่ฟิล์มจากขี้ผึ้งจะทำให้การกระจายของเกลือเบนโซเอตต่ำกว่า เพราะฉะนั้นจึงสามารถใช้ฟิล์มไขมันในการรักษาความเข้มข้นของสารกันเสียที่ผิวของอาหารไว้ได้เป็นเวลานาน(Kester and Fennema,1986)

การเคลือบไขมักใช้กับผักผลไม้สด เช่น ส้ม , แอปเปิ้ล , กล้วย , แตง , มันเทศ , มะนาว เป็นต้น เพื่อยืดอายุการเก็บหลังเก็บเกี่ยว โดยการเคลือบฟิล์มไขมันเสริมที่ผิวของผักผลไม้แทนสารเคลือบผิว(cuticle) เพราะไขธรรมชาติถูกชะล้างได้ง่าย อันมีผลให้เนื้อเยื่อมีอัตราการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นหลังจากการเก็บเกี่ยวและทำให้อัตราการหายใจของผักผลไม้สูงขึ้นด้วย

การเคลือบผิวผักและผลไม้ มักเรียกว่า การเคลือบไข(waxing) แม้ว่าสารที่ใช้เคลือบในปัจจุบันอาจไม่ใช่ไขก็ตาม การเคลือบไขนิยมใช้หลังจากการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้ ซึ่งนิยมทำกันตาม packing house ในประเทศที่เจริญก้าวหน้าและเน้นเรื่องคุณภาพของสินค้าเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งวัตถุประสงค์โดยทั่วไปของการเคลือบผิวผักและผลไม้ ก็คือ

1) ช่วยรักษาความสดของผักผลไม้โดยการไปช่วยลดการคายน้ำที่ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก และปรากฏอาการเหี่ยวเฉาในระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย

2) ช่วยทำหน้าที่เป็นสื่อนำสารเคมีที่ป้องกันการเน่าเสียจากโรคพืชที่ปะปนโดยการผสมกับสารเคลือบผิว

3) ช่วยปิดบัง รอยขีดข่วนที่ผิวทดแทนไขมันธรรมชาติที่หลุดไปในระหว่างการทำความสะอาดและเกิดความแวววาวของสีที่ถูกใจผู้บริโภค

4) ช่วยยืดอายุการสุกของผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3.2 ฟิล์มไขมันจากสารตึงผิว(surfactant) การเคลือบอาหารด้วยสารตึงผิวจะช่วยลดค่า A_w ที่ผิวหน้า(superficial water activity) และอัตราการระเหยของน้ำสารเคลือบที่ให้ผลดีมากที่สุด ได้แก่ fatty alcohol ที่มีคาร์บอน 16 – 18 ตัว glycerolmonopalmitate และ glycerolmonostearate A_w ที่ผิวหน้ามีผลต่อการเสื่อมสภาพของอาหาร เช่น ถ้าอาหารมี A_w ที่ผิวหน้าต่ำจะชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ลดปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาเอนไซม์ด้วย ดังนั้นสารตึงผิวจึงสามารถป้องกันการเสื่อมสภาพได้ นอกจากนี้ฟิล์มสารตึงผิวยังช่วยป้องกันการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ในมันฝรั่งซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดสารพิษ glycoalkaloid เนื่องจากสารตึงผิวช่วยลดการคายคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่บริเวณเปลือก ทำให้เมื่อดูดคลอโรฟลัสเกิดการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์จนถึงระดับที่จะยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ได้ จึงมีการเคลือบมันฝรั่งด้วยสารตึงผิวจำพวก lecithin หรือ hydroxylated lecithin หรือ tween โดยจะใช้ได้ผลในสถานะสารละลายเหลวที่มีความเข้มข้นมากกว่าความเข้มข้นวิกฤติ micell นั่นคือ micell ของสารตึงผิวสามารถต้านทานการผ่านของ CO_2 นอกจากนี้แล้วผลของทวินจะดีขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับ Adjurants (Wu and Salunke,1978)

2.9.3.3 ฟิล์มไขมันที่ทำจากสารอะซิโตโมโนกลีเซอไรด์(Acetomono glyceride) ได้จากการเกิดอะซิทธิลเลชัน(acetylation) ของ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท(glycerolmonostearate) โดยการเกิดปฏิกิริยากับอะซิติกแอนไฮไดรด์ (acetic anhydride) ได้ สเตียโรโคอะเซตินอะซิทธิลเลทโมโนกลีเซอไรด์(1 – steardiacetin acetylated mono glyceride) โดยจะมีลักษณะการแสดงออกที่เป็นเอกลักษณ์ของของแข็ง ในสถานะที่ละลายทำให้เกิดการยึดหยุ่นคล้ายกับไข โดยมีลักษณะเหมือนของแข็ง ไขมันส่วนมากที่อยู่ในสถานะของของแข็งจะสามารถยืดออกได้เพียง 102% ของความยาวปกติก่อนที่จะฉีกขาด ขณะที่อะซิทธิลเลท กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (Acetylated glycerol monostearate) สามารถยืดได้ถึง 800% ของความยาวปกติ นั่นแสดงว่ามีคุณสมบัติในการยืดหยุ่น การแปรรูปได้ดีมาก

อะซิทธิลเลทโมโนกลีเซอไรด์ ถูกพัฒนาใช้กับสัตว์ปีก(poultry) และชิ้นเนื้อชำแหละ เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ(dehydrate) ระหว่างการเก็บรักษา โดยการฝังสัตว์ปีกไว้มากกว่า 10 วัน แล้วเก็บในที่เย็น น้ำหนักลดลงจาก 30.2% ในสัตว์ปีกที่ไม่ได้เคลือบเป็น 6.3% ในชิ้นเนื้อที่เคลือบด้วยอะซิทธิลเลทโมโนกลีเซอไรด์

การใช้อะซิทธิลเลทโมโนกลีเซอไรด์ โดยมากแล้วจะใช้ในรูปอิมัลชัน(W/O emulsion) การสเปรย์หรือการจุ่มชิ้นเนื้อหรือหุ้มลงในอิมัลชันของอะซิทธิลเลทโมโนกลีเซอไรด์แล้วเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น 25 วัน จะไม่มีการสูญเสียน้ำหนัก และมีการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นใบเซปรีเชชันด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

2.10 การเกิดฟิล์ม

ฟิล์มที่รับประทานได้เกิดขึ้นจากการทำให้สารที่สามารถเกิดฟิล์มได้ละลายหรือกระจายตัวแล้วใช้วิธีต่างๆ ในการแยกสารนั้นออกจากตัวทำละลาย เช่น การทำให้ตัวทำละลายระเหยไป การเติมอิเล็กโทรไลต์เพื่อให้เกิดพันธะข้าม การปรับความเป็นกรด-เบส ซึ่งเรียกว่า โคแอกเซอเวชัน (Coacervation) หรือโดยการทำให้สารที่เกิดฟิล์มที่หลอมเหลวนั้นแข็งตัว (solidification) ซึ่งฟิล์มที่รับประทานได้มีองค์ประกอบหลัก คือ โพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลซึ่งมีคุณสมบัติเกิดฟิล์มตัวทำละลายและสารเจือปนซึ่งเติมลงไปเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม (Kester and Fennema, 1986)

ในการเตรียมฟิล์มจะมีแรง 2 ชนิดที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ แรงโคฮีชัน (cohesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลโพลีเมอร์ด้วยกันเองจะเกิดขึ้นระหว่างการเกิดฟิล์มทำให้เกิดการเชื่อมต่อของผิววัตถุเดียวกันสร้างพันธะที่แข็งแรงซึ่งจะช่วยป้องกันหรือต้านทานการแยกจากกัน ปัจจัยที่มีผลต่อแรงโคฮีชัน ได้แก่ โครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีโพลีเมอร์ ระบบการละลาย และสภาวะในการเตรียมฟิล์ม โดยแรงโคฮีชันมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล ความสม่ำเสมอของโครงสร้างสายโซ่ การแผ่กิ่งก้านสาขา และการกระจายของกลุ่มที่มีขั้วบนสายโพลีเมอร์ คือ สายโพลีเมอร์ที่ยาวทำให้เกิดการยึดเกาะกันได้ดี การกระจายของกลุ่มที่มีขั้วอย่างมีระเบียบในสายโพลีเมอร์จะช่วยให้เกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกระหว่างสายโซ่ทำให้มีความแข็งแรง การละลายของโพลีเมอร์ในการเตรียมฟิล์มยังมีผลต่อโคฮีชัน คือ ถ้าโมเลกุลของโพลีเมอร์ละลายหรือขยายตัวได้มากที่สุดจะได้โครงสร้างซึ่งเชื่อมกันด้วยแรงโคฮีชันที่มาก ฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรง ส่วนสภาวะในการเตรียมฟิล์มนั้น ควรเตรียมฟิล์มโดยใช้สารละลายที่อุ่น และทำให้ฟิล์มแห้งโดยใช้ความร้อนที่เหมาะสม เพราะถ้าใช้อุณหภูมิสูงอาจทำให้อัตราการระเหยตัวทำละลายเร็วเกินไป โมเลกุลของโพลีเมอร์ถูกตรึงก่อนที่จะเชื่อมกันอย่างสมบูรณ์ทำให้เกิดรูเข็ม (pingoles) หรือทำให้ฟิล์มมีความหนาไม่สม่ำเสมอซึ่งทำให้การซึมผ่านของฟิล์มเพิ่มขึ้น ระดับของแรงโคฮีชันมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของฟิล์ม ได้แก่ ความหนาแน่น ความอัดแน่น (compactness) ความโปร่งเป็นรูพรุน (porosity) ความสามารถในการซึมผ่าน (permeability) ความยืดหยุ่น (flexibility) และความเปราะ เป็นต้น ส่วนแรงอีกชนิดหนึ่ง คือ แรงแอดฮีชัน (adhesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลของโพลีเมอร์กับสารอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมฟิล์มทำให้เกิดโครงร่างของฟิล์มได้ เช่น แรงระหว่างโมเลกุลของโพลีเมอร์กับพลาสติกไซเซอร์ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของฟิล์มเช่นกัน (Banker, 1966)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การขึ้นรูปฟิล์ม

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ การขึ้นรูปที่รวดเร็วเป็นที่ต้องการในแง่ของอุตสาหกรรม แต่จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม เพื่อให้ฟิล์มขึ้นรูปไม่เร็วเกินไป มิฉะนั้นฟิล์มจะไม่สม่ำเสมอ ผิวหน้าขรุขระและแตกง่าย วิธีการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มมีหลายวิธีด้วยกัน คือ

2.11.1 วิธีเทสารละลายลงบนวัสดุต่างๆ (solvent casting) เป็นการขึ้นรูปฟิล์มโดยการนำส่วนผสมของสารละลายที่ใช้ทำฟิล์มที่เตรียมขึ้นมาทาแผ่ให้เป็นแผ่นบางลงบนภาชนะหรือภาชนะที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำให้ฟิล์มแห้ง ได้มีการเตรียมฟิล์มจากข้าวโพดโดยเตรียมสารละลาย zein ในสารละลาย ethanol กับ glycerine และเติมด้วยกรดซิตริก ก่อนที่จะขึ้นรูปบนแผ่นกระจกให้นำสารละลายที่ได้มาทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenized) และให้ความร้อนจนถึง 70 องศาเซลเซียส ซึ่งการให้ความร้อนจะช่วยลดการเกิดแก๊สของสารละลายเพื่อป้องกัน การเกิดฟองอากาศระหว่างการทำฟิล์มแห้ง และได้มีการขึ้นรูปฟิล์มจากเซลลูโลสอีเทอร์และไขมันบนแผ่นกระจกโดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบาง (thin - layer chromatography) แล้วนำไป ทำแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ฟิล์มที่ได้มีความหนาเฉลี่ย 0.01 mm

2.11.2 วิธีเอกซ์ทรูชัน (extrusion) เป็นการขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้เครื่องมือในการทำฟิล์มขึ้นรูปเป็นแผ่นบาง ตัวอย่างเช่น การเตรียมฟิล์มจากสตาร์ชที่มีอะมิโลส ร้อยละ 50 - 80 พลาสติไซเซอร์ ร้อยละ 0 - 30 และน้ำ ร้อยละ 20 - 50 ฟิล์มที่ได้มีความชื้น ร้อยละ 7 - 15 ความหนา 1 - 4 มิล (1 มิล (mill) = 0.0254 มิลลิเมตร) (Mumma, 1967) แต่จะต้องมีการทำให้อะมิโลสเป็นสารเทอร์โมพลาสติกเสียก่อนจึงจะขึ้นรูปวิธีนี้ได้

2.11.3 วิธีทำแห้งด้วยลูกกลิ้งร้อน (drum drier) การผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากสตาร์ช เรียกว่า ออบเลตฟิล์ม (oblate film) ซึ่งเตรียมจากการผสมสตาร์ชข้าวเจ้ากับกัมจากพืชเล็กน้อย ทำให้เป็นเพสต์เจือจางแล้วขึ้นรูปเป็นฟิล์มบนลูกกลิ้งร้อน 103 - 108 องศาเซลเซียส หมุนด้วยความเร็ว 70 - 110 วินาทีต่อรอบ นำฟิล์มที่ได้มาทำแห้งด้วยลมร้อนจนมีความชื้น ร้อยละ 13 ฟิล์มมีลักษณะปรากฏเป็นดวงๆ บางมาก เปราะแตกง่าย เมื่อเก็บรักษาโดยไม่ควบคุมความชื้น (Hullinger, 1965)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 พิล์มที่รับประทานได้กับการใช้ประโยชน์

การใช้ฟิล์มที่รับประทานได้เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บอาหารมีมานานแล้วโดยสามารถใช้ในรูปแบบการเคลือบ(coating) ซึ่งเป็นการนำสารมาเคลือบผิวของอาหารด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การจุ่ม(dipping) การแปรง(brushing) หรือการพ่นฝอย(spraying) เพื่อเลียนแบบสารเคลือบผิวธรรมชาติของผักและผลไม้(Kester and Fennema,1986) เนื่องจากผักและผลไม้เป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิตเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วยังมีการหายใจและการสูญเสียน้ำ ดังนั้นการเสื่อมเสียจึงเกิดขึ้นทันทีหลังการเก็บเกี่ยว โดยปริมาณการสูญเสียน้ำสูงถึงร้อยละ 50 ของผลผลิตทั่วโลก การเคลือบผิวผักและผลไม้ด้วยฟิล์มที่รับประทานได้จะช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวโดยลดการหายใจ การสูญเสียน้ำหนักและชะลอการสุกเนื่องจากความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำที่แตกต่างกันของสารเคลือบทำให้เกิดสภาพของบรรยากาศภายในที่ถูกคัดแปลง คือ มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูง ส่วนความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำซึ่งจะเป็นผลให้อัตราการหายใจ การสร้างเอทิลีน และการสูญเสียน้ำลดลง(Nisperos and Baldwin,1996) นอกจากนี้ยังทำให้ผิวของผักและผลไม้เป็นมันเงา และลดการเกิดบาดแผลระหว่างการขนส่งได้อีกด้วย

สารเคลือบบริโภคได้ที่นิยมใช้กันมาเป็นเวลานานแล้ว คือ ไข(wax) และอิมัลชันของไขกับไขมัน น้ำมัน และสารอื่น (สุรพงษ์,2530 ; Kester and Fennema,1986) ในปี 2536 สายสนมและคณะ ศึกษาการใช้อิมัลชันไขรำข้าว อิมัลชันไขผสมรำข้าวและคาร์นูบา เปรียบเทียบกับอิมัลชันไขคาร์นูบาในการเคลือบผักและผลไม้บางชนิด พบว่าอิมัลชันไขรำข้าวและคาร์นูบาเหมาะสำหรับเคลือบมะม่วง แครอท และมะนาว ส่วนอิมัลชันไขรำข้าวเหมาะสำหรับเคลือบพริกหวาน โดยการเคลือบอิมัลชัน ไขที่มีความเข้มข้นเหมาะสมจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและอัตราการหายใจ รักษาสีเขียวของคอรอฟิลล์และความแน่นเนื้อรวมทั้งชะลอการสุกของผักและผลไม้ที่ทำการทดลอง ทั้งนี้ผลการเคลือบอิมัลชัน ไขผสมรำข้าวและคาร์นูบาใกล้เคียงกับการเคลือบด้วยอิมัลชันไขคาร์นูบา

ส่วนการเคลือบด้วยฟิล์มโปรตีนนั้น Park และคณะ (1993) ใช้โปรตีนข้าวโพด(corn zein) เคลือบผิวมะเขือเทศที่สุกแก่เต็มที่พบว่า ช่วยยืดระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนักเนื้อและน้ำหนักกระหว่างการเก็บได้

การใช้ฟิล์มที่รับประทานได้อีกรูปแบบหนึ่ง คือ ผลิตฟิล์มขึ้นมาเป็นแผ่นแล้วจึงนำมาใช้กับอาหาร โดยการห่อหุ้ม ใช้เป็นแผ่นกั้นระหว่างชั้นของอาหารที่มีองค์ประกอบต่างกัน หรือขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุ Kester and Fennema (1989) ศึกษาการใช้แผ่นฟิล์มเมทิลเซลลูโลสเคลือบไข่

เอ็กสตรานเป็นเอ็กสตรานที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อการศึกษานี้ เมื่อนำมาติดหน้าใบไข่ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝั่งขวางกั้นการถ่ายเทความชื้นระหว่างชั้นของขนมปังและซอสมะเขือเทศของพิซซ่า แล้วห่อด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีนนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 สัปดาห์ โดยในแต่ละสัปดาห์มีการเก็บตัวอย่างบางส่วนมาเก็บที่ -6.7 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้ฟิล์มเมทิลเซลลูโลสเคลือบไขฝั่งสามารถชะลอการถ่ายเทความชื้นจากซอสมะเขือเทศไปสู่ขนมปังได้ และเมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังการอบ ได้แก่ คุณภาพระหว่างชั้น(interface quality) ความแฉะของขนมปัง และความชอบรวม พบว่า ให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสดีกว่าที่ไม่ใช้ฟิล์ม

พรพรรณ จันทร์ไตร (2543) ศึกษาการใช้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังห่อทุเรียนกวนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า มีสีเข้มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความแข็งแรงและความเหนียวมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 10 ส่วนค่าความชื้นและค่าออสโมลลิตี (Aw) ไม่เปลี่ยนแปลง การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า ทุเรียนกวนที่ห่อด้วยฟิล์มแป้งมันสำปะหลังยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคที่อายุการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ เช่นเดียวกับทุเรียนกวนที่ห่อด้วยฟิล์มพอลิโพรพิลีน (polypropylene)

ทศยาภรณ์ จิตตะปาโล (2543) ศึกษาการใช้ฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนในรำข้าวมาทำของเพื่อใช้ในการบรรจุเครื่องปรุงระงับหมีกึ่งสำเร็จรูปสดัมยำกุ้ง เมื่อนำไปทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค พบว่ามีความชอบในระดับปานกลางถึงชอบมากและเครื่องปรุงระงับหมีกึ่งสำเร็จรูปที่บรรจุในฟิล์มที่รับประทานได้ไม่แตกต่างจากเครื่องปรุงระงับหมีกึ่งสำเร็จรูปที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกด้านความชอบรวม สี กลิ่นรส รสชาติ และนอกจากนี้ยังไม่มิกลิ่นรสแปลกปลอมตกค้างอีกด้วย ส่วนการใช้ฟิล์มนี้บรรจุชุปก้อน พบว่าผลิตภัณฑ์ชุปก้อนที่บรรจุในฟิล์มที่รับประทานได้สามารถเก็บได้นานกว่า 3 เดือน ที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2 โดยมีค่า Aw เท่ากับ 0.504 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ประภาพร แซ่หลิม (2543) ศึกษาการใช้ฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนถั่วเหลืองเพื่อใช้กันความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์พิซซ่าแช่แข็งที่มีการนำแผ่นฟิล์มมาใช้ในการป้องกันการซึมผ่านความชื้นคิดเป็นร้อยละ 90 โดยได้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางและผู้บริโภคมีความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 79 ต้นทุนวัตถุดิบที่มีการนำฟิล์มมาใช้ในการป้องกันการซึมผ่านความชื้นเท่ากับ 63.67 บาท และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์พิซซ่าแช่แข็ง ที่อุณหภูมิ -20 ± 2 องศาเซลเซียส ได้นาน 5 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ -8 ± 2 องศาเซลเซียส ได้นาน 2 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ยังคงคุณภาพเหมือนผลิตภัณฑ์เริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัตถุดิบ, สารเคมี, อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 มังคุด กลุ่มปรับปรุงคุณภาพมังคุด อ. ท่าใหม่ จ. จันทบุรี
- 3.1.2 แป้งข้าวเจ้า ตราช้างสามเศียร บริษัทโรงเส้นหมี่ซอเฮง จำกัด
- 3.1.3 แป้งมันสำปะหลัง ตราปลาห้าดาว บริษัท อี.ที.ซี.เอียบตงจัน จำกัด

3.2 สารเคมี

- 3.2.1 กลิเซอรอล glycerine zer analyse (et.87%) Merck , Germany

3.3 อุปกรณ์

- 3.3.1 เครื่องหั่นสาร OHOUS , U.S.A.
- 3.3.2 เครื่องกวนผสม (Rotor Mixing) IKA. Labortechnik , Germany
- 3.3.3 อ่างน้ำร้อน (Water bath) Memmert , Germany
- 3.3.4 เครื่องวัดสี (Minolta color meter CR 300, Japan)
- 3.3.5 อุปกรณ์เครื่องแก้วและเคมีภัณฑ์

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรและโรงแปรรูปอาหาร 1 โครงการคณะ
อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

3.5 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.5.1 การหาสูตรและสภาวะในการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้

จากการศึกษาเบื้องต้นในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและเพกทิน โดยใช้
อัตราส่วนที่เหมาะสมมาใช้ คือ อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า : เพกทิน เท่ากับ 25 : 75 และใช้กลีเซอรอล
เป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 (เทียบกับน้ำหนักแป้ง 100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง)
และใช้อัตราส่วนปริมาณของแข็ง : ของเหลว เท่ากับ 1 : 8 (ของแข็ง คือ แป้งข้าวเจ้าและเพกทิน
ส่วนของเหลว คือ น้ำกลั่น) ในการทดลองนำส่วนผสมทั้งสองมาผสมกัน ร่อนผ่านตะแกรงจน
ส่วนผสมทั้งสองเข้ากันดี ค่อยๆเทลงไปในเครื่องผสม (Rotor Mixing) ความเร็ว 350 รอบ / นาที ที่
มีการบรรจุน้ำกลั่นตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้และให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อน (Water bath) ที่
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเพิ่มความเร็วเป็น 500 รอบ / นาที ผสมต่ออีก 5 นาที ค่อยๆ เติมกลีเซอรอลลงไป แล้วผสมต่ออีก 5 นาทีปล่อยให้ที่อุณหภูมิของสารผสมที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ผลจากการศึกษาพบว่า फिल्मที่ได้มีลักษณะชั้นหนืดมากเกินไปเมื่อนำมาจุ่มผลไม้แล้ว फिल्मเคลือบที่ผิวผลไม้มากเกินไปและแห้งช้า

หลังจากนั้นจึงได้มีการปรับปรุงสูตรในการผลิตฟิล์ม โดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า : เพกทิน เท่ากับ 25 : 75 และใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 (เทียบกับน้ำหนักแป้ง 100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง) เช่นเดียวกับชุดแรก แต่มีการปรับปรุงอัตราส่วนปริมาณของแข็ง : ของเหลว เป็น 1 : 15.83 (ของแข็ง คือ แป้งข้าวเจ้าและเพกทิน ส่วนของเหลว คือ น้ำกลั่น) โดยทำการผลิตฟิล์มเช่นเดียวกับชุดแรก จากการทดลองพบว่า फिल्मที่ได้มีลักษณะชั้นและหนืดน้อยลงมากและเมื่อนำมาจุ่มผลไม้แล้ว फिल्मที่เคลือบผิวผลไม้ใส เนียนและมัน แต่เก็บไว้ในตู้เย็นได้ระยะหนึ่งฟิล์มร้อนและลอกออกรวมทั้งไวต่อความชื้นมาก

จากการศึกษาเบื้องต้นในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังโดยใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมมาใช้ คือ อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 1 : 3 และใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ระดับร้อยละ 5 และใช้อัตราส่วนปริมาณของแข็ง : ของเหลว เท่ากับ 1 : 5 (ของแข็ง คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนของเหลว คือ น้ำกลั่นและ กลีเซอรอล) ในการทดลองผสมแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำตามอัตราส่วน จากนั้นผสมด้วยเครื่องผสม (Rotor Mixing) ความเร็ว 250 รอบ / นาที โดยให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อน (Water bath) ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้น เติมกลีเซอรอลตามที่กำหนด เพิ่มความเร็วเป็น 350 รอบ / นาที ผสมต่ออีก 18 นาทีปล่อยให้ที่อุณหภูมิของสารผสมที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ผลจากการศึกษาพบว่า फिल्मที่ได้มีลักษณะชั้นหนืดมากเกินไปเมื่อนำมาจุ่มผลไม้แล้ว फिल्मเคลือบที่ผิวผลไม้มากเกินไปและแห้งช้า

จึงได้มีการปรับปรุงสูตรในการผลิตฟิล์ม โดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 1 : 3 และใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ระดับร้อยละ 5 เช่นเดียวกับชุดแรก แต่มีการปรับปรุงอัตราส่วนปริมาณของแข็ง : ของเหลว เป็น 1 : 15 , 1 : 20 , 1 : 25 , 1 : 33 (ของแข็ง คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนของเหลว คือ น้ำกลั่นและกลีเซอรอล) โดยทำการผลิตฟิล์มเช่นเดียวกับชุดแรก ผลจากการศึกษาพบว่า फिल्मที่ได้มีลักษณะชั้นและหนืดปานกลาง ใส เมื่อนำมาจุ่มผลไม้แล้ว फिल्मที่เคลือบผิวผลไม้ใส เนียนและเป็นมันวาวแล้วนำมาเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส फिल्मที่ได้จากอัตราส่วนปริมาณของแข็ง : ของเหลว 1 : 15 , 1 : 20 , 1 : 33 ร้อนและลอกออกจากตัวผลไม้ แต่ 1 : 25 ไม่ร้อนและลอกออก

จากการศึกษาเบื้องต้นทำให้ได้สูตรและวิธีการเตรียมที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้ คือ อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 1 : 3 และใช้กลีเซอรอล เป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ระดับร้อยละ 5 และใช้อัตราส่วนปริมาณของแข็ง : ของเหลว เท่ากับ 1 : 25 (ของแข็ง คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนของเหลว คือ น้ำกลั่นและกลีเซอรอล)

ผสมแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังค่อน้ำตามอัตราส่วน

แป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง (1 : 3)

โดยอัตราส่วนของแข็ง : ของเหลว เท่ากับ 1 : 25



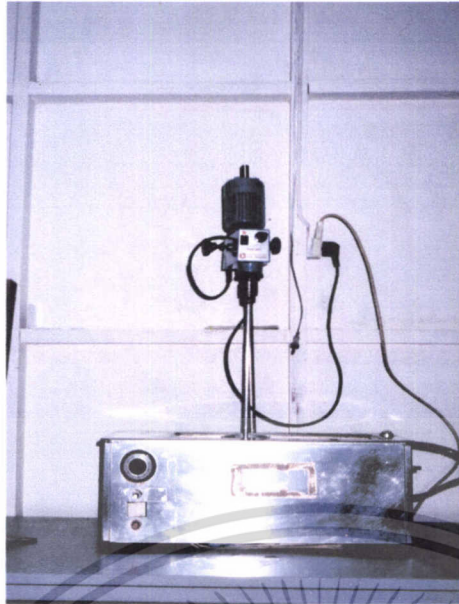
ผสมด้วยเครื่องผสมที่ ความเร็ว 250 รอบ / นาที โดยให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งแป้งจะเริ่มเกิดเจลลาตินไนซ์



เติมสารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 5 เพิ่มความเร็วเป็น 350 รอบ / นาที ผสมต่ออีก 18 นาที โดยแป้ง จะเกิดเจลลาตินไนซ์อย่างสมบูรณ์

ปล่อยให้ที่อุณหภูมิของสารผสมที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส

รูปที่ 12 แผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและ แป้งมันสำปะหลัง



รูปที่ 13 เครื่องกวนผสม (Rotor Mixing)



รูปที่ 14 การกวนผสมแป้ง

3.5.2 การเคลือบฟิล์มที่ผิวผลไม้

เมื่อเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังเรียบร้อยแล้วทิ้งไว้ให้อุ่นจนมือสัมผัสได้แล้วจึงนำผลมังคุดที่มีการคัดขนาด คัดสี ชั่งน้ำหนักและทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วมัดเชือกที่ขั้วผลไม้ นำไปจุ่มลงในฟิล์มจนทั่วผิวลูกมังคุดแล้วจึงนำขึ้นมาตากให้ฟิล์มแห้งดีโดยใช้พัดลมเป่า น้ำหนักของฟิล์มที่เคลือบบนผิวมังคุดประมาณ 0.54 กรัม เมื่อฟิล์มที่ผิวมังคุดแห้งดีแล้ว (ควรแห้งสนิทไม่เช่นนั้นแป้งจะขึ้นราได้) บรรจุใส่กล่องแล้วเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมังคุดที่มีการตัดขนาด , คัดสี และทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วมัดเชือกที่ขั้วผลไม้

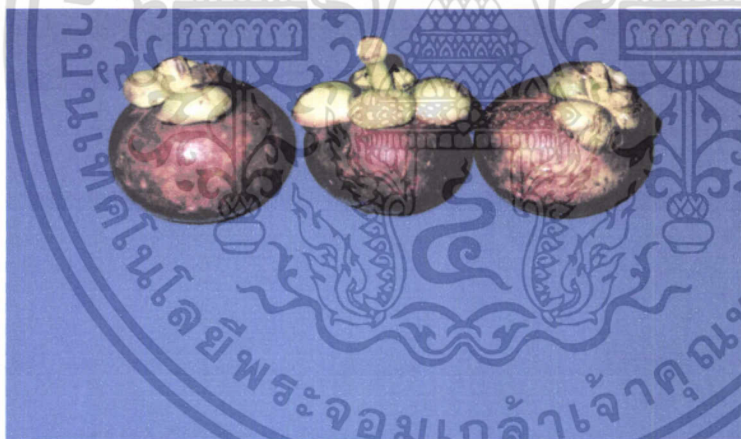


จุ่มลงในฟิล์มที่ผสมเสร็จแล้วจนทั่วผิว
นำมาตากให้ฟิล์มแห้งโดยใช้พัดลมเป่า
(น้ำหนักของฟิล์มที่เคลือบประมาณ 0.54 กรัม)



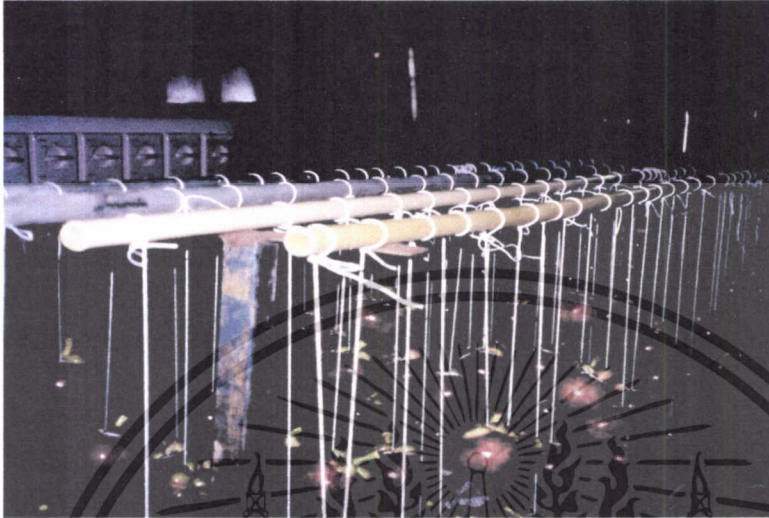
เมื่อฟิล์มที่ผิวมังคุดแห้งดีแล้ว บรรจุใส่กล่องแล้วเก็บในห้องเย็นตามอุณหภูมิที่กำหนด

รูปที่ 15 แผนผังแสดงขั้นตอนการเคลือบฟิล์มที่ผิวผลไม้



รูปที่ 16 มังคุดก่อนเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 การตากแห้งมังคุดที่เคลือบฟิล์มที่รับประทานได้แล้ว



รูปที่ 18 การบรรจุมังคุด

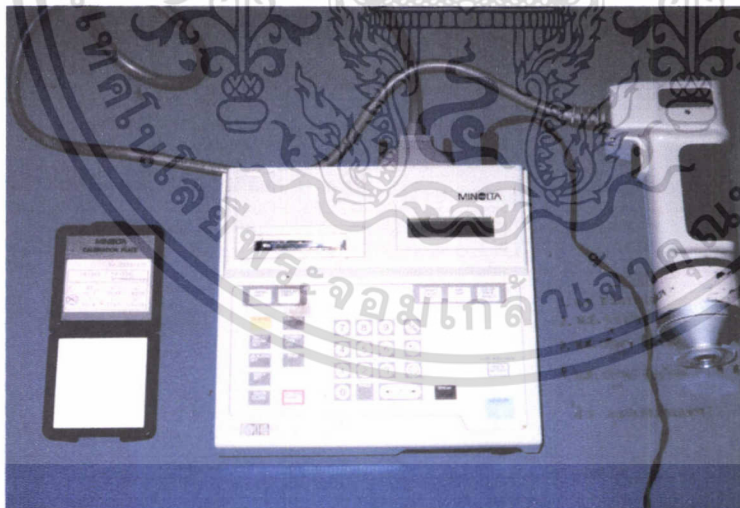
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 กล่องที่ใช้สำหรับบรรจุมังคุด

3.5.3 การตรวจวัดลักษณะทางกายภาพ

ทำการตรวจวัดสีและซังน้ำหนักทุก 2 วัน โดยนำมังคุดทุกลูกมาวัดสีที่เปลี่ยนแปลงไป ด้วยเครื่อง Minolta color meter วัด ลูกละ 3 ด้าน และซังน้ำหนักที่หายไปบันทึกผลที่ได้ แล้วทำการตรวจวัดลักษณะปรากฏรวม ภายใน ภายนอกและรสชาติ โดยสังเกตสีเปลือก สีขั้ว ผ่าผล มังคุดคุณลักษณะภายในและชิมรสชาติ

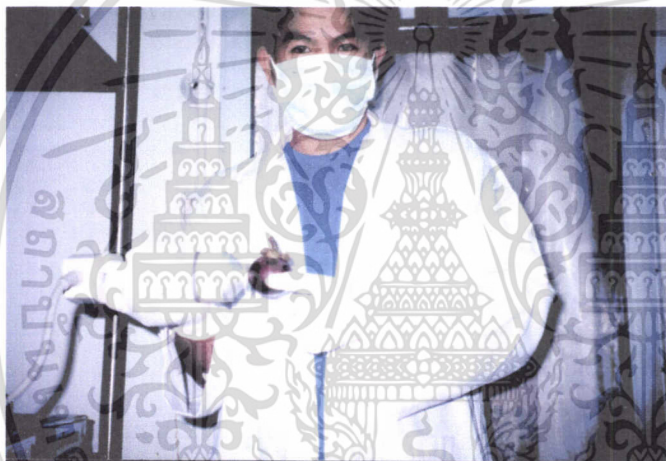


รูปที่ 20 เครื่องวัดสี (Minolta color meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 การวัดสีผิวมังคุด



รูปที่ 22 การใช้เครื่องวัดสีผิวมังคุด

3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังจากสูตรที่เหมาะสมจึงได้ออกแบบการทดลองเป็นการวัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experiment) 2×2 ใน CRD โดยปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 : การเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้และไม่เคลือบฟิล์ม

ปัจจัยที่ 2 : อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

นำข้อมูลของการวัดสี (ΔE) และ % weight loss มาทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยทั้งสองที่มีต่อสีและน้ำหนักที่หายไปของมังคุดที่เคลือบด้วยฟิล์มที่รับประทานได้และไม่เคลือบฟิล์ม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss ที่อุณหภูมิ 13°C และ 25°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์มที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ

จากการทดลองพบว่า เมื่อวันที่เก็บรักษานานขึ้น มังคุดที่อุณหภูมิ 13°C และ 25°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์มมีค่าความแตกต่างสี (ΔE) และ % weight loss เพิ่มมากขึ้น จากตารางที่ 6-9 และกราฟรูปที่ 24-25 มังคุดที่อุณหภูมิ 13°C แบบเคลือบฟิล์ม มีค่า ค่าความแตกต่างสี (ΔE) และ % weight loss มากกว่าแบบไม่เคลือบฟิล์ม และมังคุดที่อุณหภูมิ 25°C แบบเคลือบฟิล์ม มีค่า ค่าความแตกต่างสี (ΔE) และ % weight loss มากกว่าแบบไม่เคลือบฟิล์ม เช่นกัน

ตารางที่ 7 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss ที่อุณหภูมิ 13°C แบบไม่เคลือบฟิล์ม

วันที่เก็บรักษา	ΔE			% weight loss		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ค่าเฉลี่ย	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ค่าเฉลี่ย
1	0 ± 0	0 ± 0	0	0 ± 0	0 ± 0	0
4	6.05 ± 0.35	6.07 ± 0.49	6.06	0.88 ± 0.30	0.72 ± 0.20	0.80
7	6.58 ± 0.25	6.57 ± 0.38	6.58	1.46 ± 0.69	1.34 ± 0.30	1.40
9	7.23 ± 0.15	7.11 ± 0.27	7.17	1.73 ± 0.56	1.62 ± 0.34	1.68
11	8.05 ± 0.12	7.82 ± 0.24	7.94	1.90 ± 0.60	1.81 ± 0.36	1.86
14	8.44 ± 0.13	8.35 ± 0.14	8.40	2.23 ± 0.70	2.17 ± 0.44	2.20
16	9.88 ± 0.12	9.37 ± 0.29	9.81	2.50 ± 0.76	2.42 ± 0.49	2.46
18	11.15 ± 0.20	10.93 ± 0.23	11.04	2.72 ± 0.82	2.67 ± 0.53	2.70
21	11.80 ± 0.17	11.89 ± 0.24	11.85	3.73 ± 1.09	3.81 ± 0.68	3.77
23	12.68 ± 0.12	12.63 ± 0.21	12.66	4.14 ± 1.16	4.04 ± 0.71	4.09
25	13.12 ± 0.09	13.17 ± 0.21	13.15	4.42 ± 1.22	4.28 ± 0.74	4.35
28	13.99 ± 0.14	13.70 ± 0.18	13.85	4.73 ± 1.21	4.59 ± 0.77	4.66
30	15.91 ± 0.40	15.44 ± 0.19	15.68	4.95 ± 1.21	4.71 ± 0.80	4.83
32	16.94 ± 0.24	16.77 ± 0.25	16.86	5.18 ± 1.24	5.00 ± 0.79	5.09

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss ที่อุณหภูมิ 13°C แบบเคลือบฟิล์ม

วันที่เก็บรักษา	ΔE			% weight loss		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ค่าเฉลี่ย	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ค่าเฉลี่ย
1	0 ± 0	0 ± 0	0	0 ± 0	0 ± 0	0
4	2.80 ± 0.89	2.99 ± 0.50	2.90	0.50 ± 0.27	0.62 ± 0.25	0.56
7	4.10 ± 0.66	3.77 ± 0.37	3.94	1.06 ± 0.27	1.18 ± 0.25	1.12
9	5.00 ± 0.71	4.92 ± 0.39	4.96	1.44 ± 0.20	1.54 ± 0.23	1.49
11	5.77 ± 0.71	5.79 ± 0.35	5.78	1.59 ± 0.25	1.82 ± 0.26	1.71
14	6.34 ± 0.66	6.45 ± 0.22	6.40	1.94 ± 0.22	2.11 ± 0.23	2.03
16	6.66 ± 0.66	6.82 ± 0.17	6.74	2.18 ± 0.23	2.35 ± 0.26	2.27
18	7.01 ± 0.68	7.16 ± 0.18	7.09	2.43 ± 0.23	2.62 ± 0.29	2.53
21	7.24 ± 0.60	7.48 ± 0.15	7.36	2.83 ± 0.19	3.00 ± 0.30	2.92
23	7.82 ± 0.50	7.85 ± 0.15	7.84	3.16 ± 0.20	3.31 ± 0.23	3.24
25	8.55 ± 0.31	8.60 ± 0.13	8.58	3.48 ± 0.18	3.59 ± 0.19	3.54
28	9.91 ± 0.73	10.07 ± 0.27	9.99	3.79 ± 0.17	3.89 ± 0.14	3.84
30	10.36 ± 0.68	10.42 ± 0.23	10.39	4.15 ± 0.17	4.28 ± 0.15	4.23
32	10.71 ± 0.69	10.79 ± 0.19	10.75	4.48 ± 0.20	4.61 ± 0.16	4.55
36	11.21 ± 0.54	11.17 ± 0.29	11.19	4.79 ± 0.15	4.85 ± 0.12	4.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

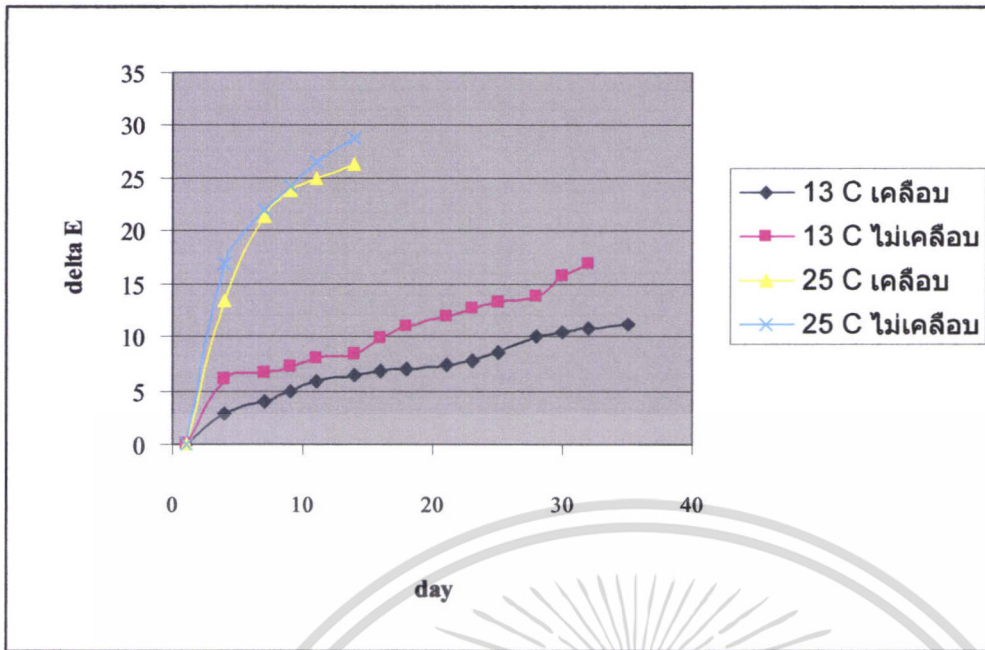
ตารางที่ 9 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss ที่อุณหภูมิ 25°C แบบไม่เคลือบฟิล์ม

วันที่เก็บรักษา	ΔE			% weight loss		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ค่าเฉลี่ย	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ค่าเฉลี่ย
1	0 ± 0	0 ± 0	0	0 ± 0	0 ± 0	0
4	17.14 ± 1.95	16.70 ± 3.79	16.92	2.03 ± 0.31	1.82 ± 0.41	1.93
7	21.65 ± 1.60	22.41 ± 3.49	22.03	3.07 ± 0.44	2.86 ± 0.54	2.97
9	24.73 ± 1.71	23.61 ± 2.93	24.17	3.53 ± 0.49	3.45 ± 0.62	3.49
11	26.97 ± 1.98	26.01 ± 3.03	26.49	4.16 ± 0.59	3.90 ± 0.71	4.03
14	28.60 ± 1.84	29.00 ± 3.24	28.80	5.03 ± 0.69	4.75 ± 0.86	4.89

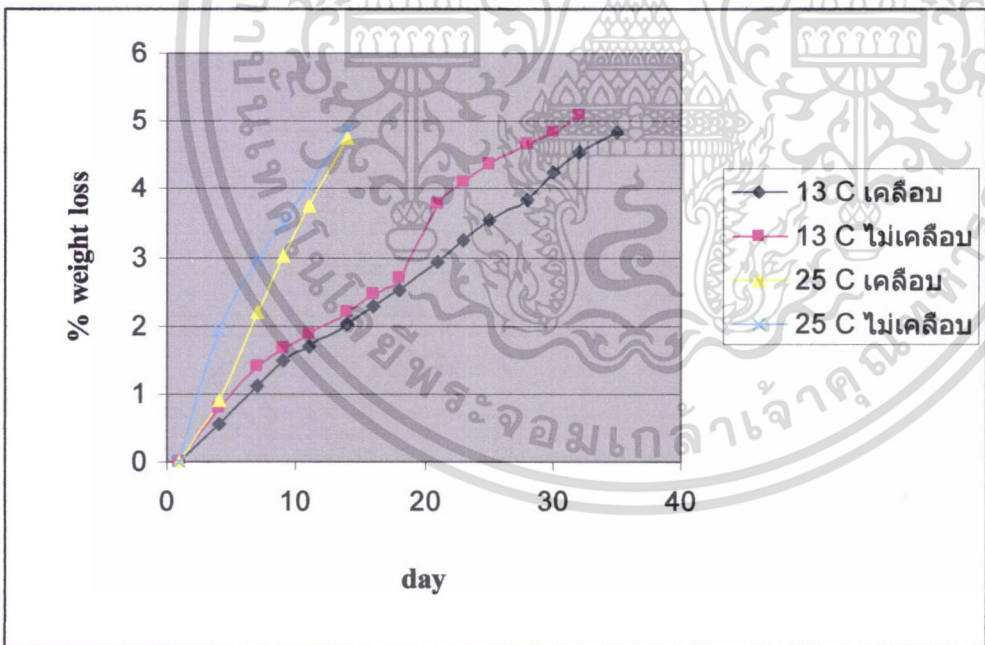
ตารางที่ 10 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss ที่อุณหภูมิ 25°C แบบเคลือบฟิล์ม

วันที่เก็บรักษา	ΔE			% weight loss		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ค่าเฉลี่ย	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ค่าเฉลี่ย
1	0 ± 0	0 ± 0	0	0 ± 0	0 ± 0	0
4	13.76 ± 4.42	13.06 ± 3.76	13.41	1.00 ± 0.31	0.80 ± 0.19	0.90
7	21.92 ± 2.59	20.94 ± 4.02	21.43	2.20 ± 0.58	2.19 ± 0.42	2.20
9	23.93 ± 2.65	23.61 ± 2.51	23.77	3.20 ± 0.56	2.82 ± 0.53	3.01
11	25.11 ± 3.07	24.70 ± 3.17	24.91	3.79 ± 0.76	3.71 ± 0.82	3.75
14	26.87 ± 4.12	25.88 ± 3.02	26.38	4.80 ± 0.87	4.70 ± 1.21	4.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 กราฟแสดงค่า ΔE ระหว่างอุณหภูมิ 13°C และ 25°C แบบเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม



รูปที่ 24 กราฟแสดงค่า % weight loss ระหว่างอุณหภูมิ 13°C และ 25°C แบบเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลลักษณะปรากฏรวมภายใน ภายนอก และรสชาติของมังคุดที่อุณหภูมิ 13°C และ 25°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์มที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ

จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการผ่ามังคุดดูลักษณะเนื้อในและชิมรสชาติ จากตารางที่ 7 และรูปที่ 23 เป็นต้นไป จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นผิวมังคุดเปลี่ยนสีจากสีเขียวสดไปเป็นสีม่วงดำ และข้าวผลที่เชื่อมมากขึ้น ลักษณะเนื้อมีสีขาวเป็นปกติจนถึงเนื้อเริ่มเน่า รสชาติเปลี่ยนจากเปรี้ยวเป็นรสหวานฉ่ำ มังคุดที่อุณหภูมิ 25°C จะเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำเร็วกว่ามังคุดที่อุณหภูมิ 13°C และมังคุดแบบเคลือบฟิล์มจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำเร็วกว่าแบบไม่เคลือบฟิล์ม มังคุดที่อุณหภูมิ 25°C มีรสชาติเปรี้ยวกว่ามังคุดที่อุณหภูมิ 13°C และมังคุดแบบเคลือบฟิล์มมีรสชาติเปรี้ยวกว่าแบบไม่เคลือบฟิล์ม

ตารางที่ 11 สรุปผลลักษณะปรากฏรวมภายใน ภายนอก และรสชาติของมังคุดที่อุณหภูมิ 13°C และ 25°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์มที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ

การทดลองที่	ปัจจัย		สีเปลือก (ΔE)	สีข้าว	รสชาติ
	อุณหภูมิ (°C)	เคลือบ / ไม่เคลือบ			
Tr ₁	13	เคลือบ	วันที่ 25 เริ่มเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ วันที่ 28 มีสีดำหมดทุกลูก	วันที่ 10 เริ่มเหี่ยว วันที่ 32 เหี่ยวมาก	วันที่ 32 มีรสหวานฉ่ำและเริ่มเน่าเสีย
Tr ₂	13	ไม่เคลือบ	วันที่ 21 มีสีม่วงดำหมดทุกลูก	วันที่ 10 เริ่มเหี่ยว วันที่ 21 เหี่ยวมาก	วันที่ 28 มีรสหวานฉ่ำและเริ่มเน่าเสีย
Tr ₃	25	เคลือบ	วันที่ 6 เริ่มเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ วันที่ 14 มีสีม่วงดำหมดทุกลูก	วันที่ 6 เริ่มเหี่ยว วันที่ 14 เหี่ยวมาก	วันที่ 14 มีรสหวานฉ่ำและเริ่มเน่าเสีย
Tr ₄	25	ไม่เคลือบ	วันที่ 6 มีสีม่วงดำหมดทุกลูก	วันที่ 6 เหี่ยวมาก	วันที่ 10 มีรสหวานฉ่ำและเริ่มเน่าเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพแสดงผลของการเปลี่ยนแปลงสีผิวมังคุดและลักษณะภายใน



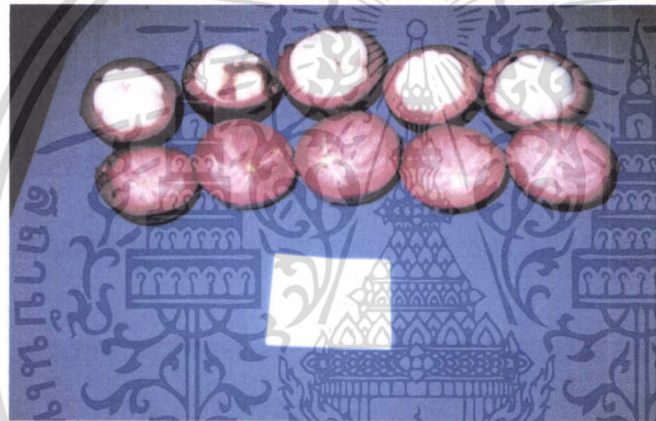
รูปที่ 25 แสดงผลมังคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 26 แสดงผลมังคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม
เมื่ออายุการเก็บรักษา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



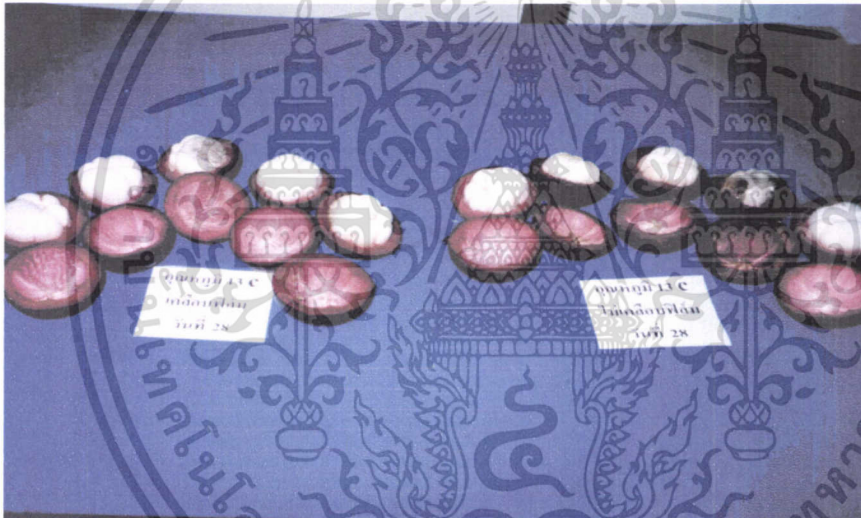
รูปที่ 27 แสดงผลมังคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม
เมื่ออายุการเก็บรักษา 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



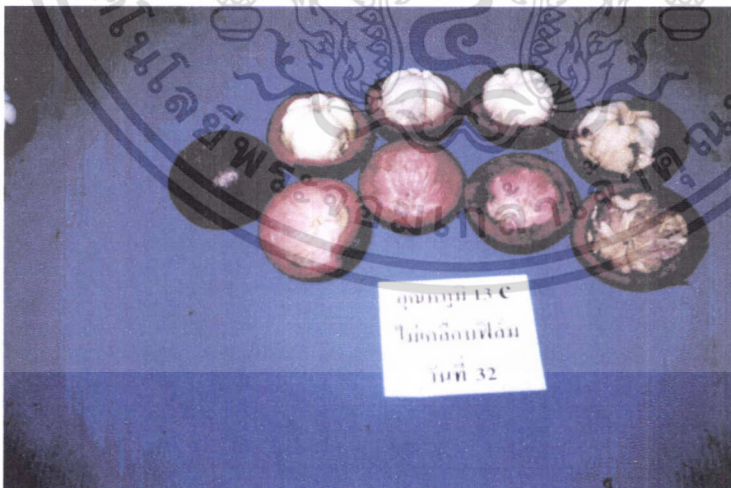
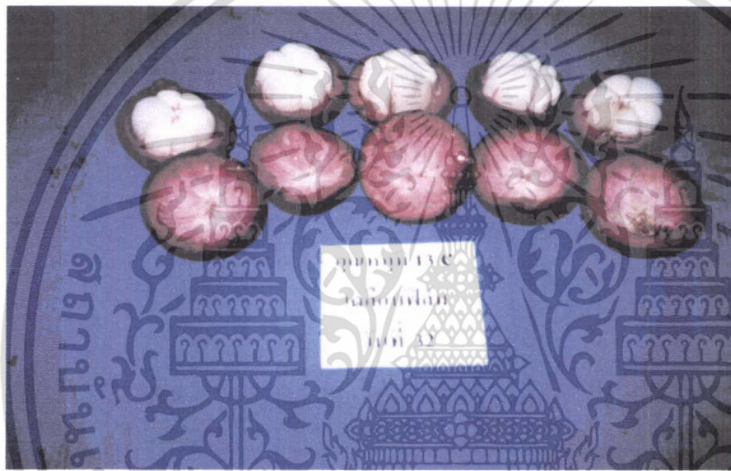
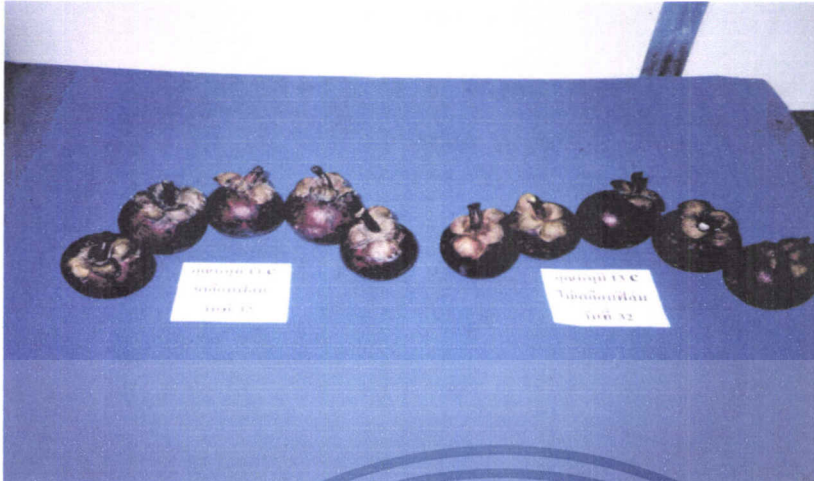
รูปที่ 28 แสดงผลมังคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



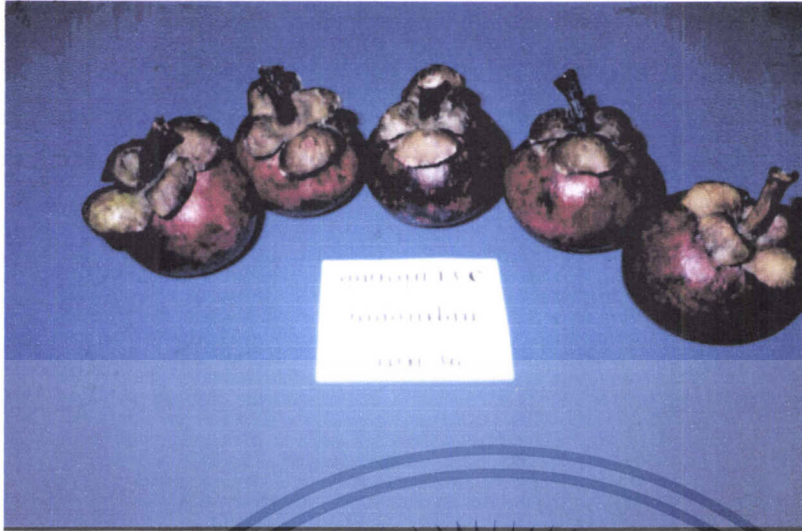
รูปที่ 29 แสดงผลมังคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 30 แสดงผลมังคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 32 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



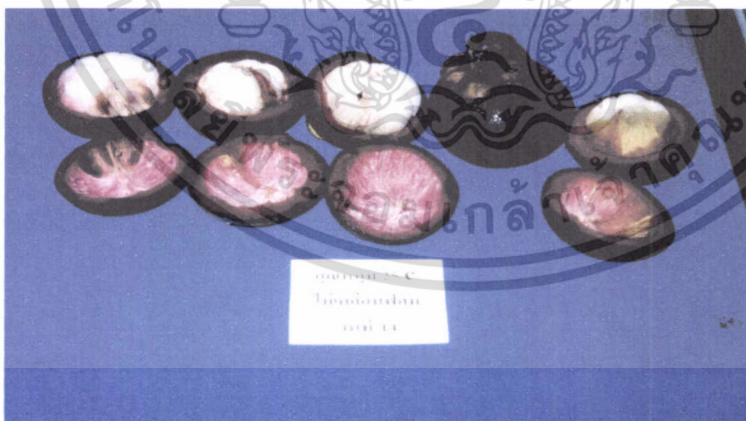
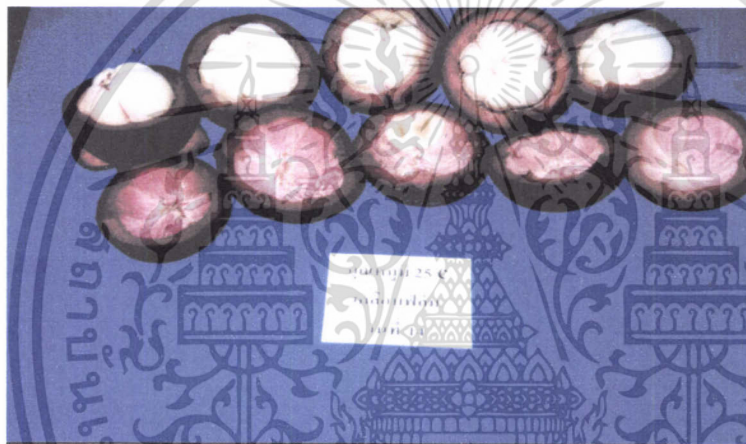
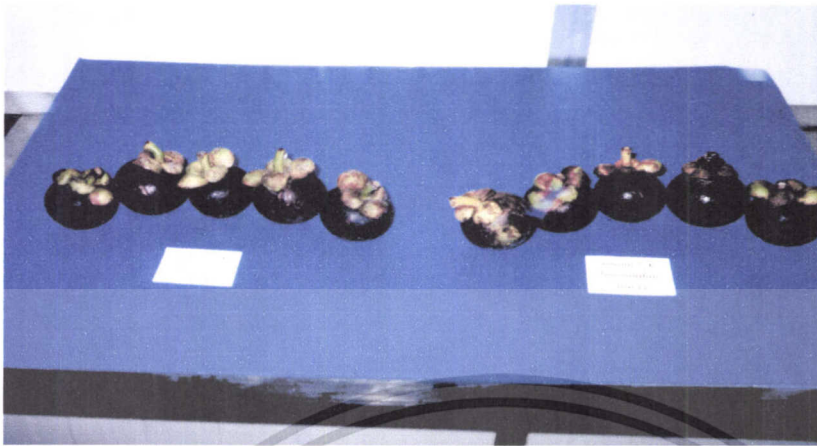
รูปที่ 31 แสดงผลมังคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 13°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 36 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 32 แสดงผลมังคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 25°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม เมื่ออายุการเก็บรักษา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 33 แสดงผลมังคุดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 25°C แบบทั้งเคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์ม
เมื่ออายุการเก็บรักษา 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์เตรียมได้จากอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 1 : 3 และใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ระดับร้อยละ 5 และใช้อัตราส่วนปริมาณของแข็ง : ของเหลว เท่ากับ 1 : 25 (ของแข็ง คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนของเหลว คือ น้ำกลั่นและกลีเซอรอล) ฟิล์มที่เตรียมได้นี้ใช้เคลือบมังคุดในระดับสีที่ 2 ถึง 3 โดยการจุ่มให้ทั่วผิว มังคุดซึ่งฟิล์มที่เคลือบมีน้ำหนักประมาณ 0.54 กรัม นำมังคุดที่เคลือบฟิล์มและไม่เคลือบฟิล์มไปเก็บที่อุณหภูมิ 13°C และ 25°C แล้วนำมาตรวจวัดลักษณะทางกายภาพวันเว้นวัน และตรวจลักษณะปรากฏรวมภายใน ภายนอก และรสชาติ ทุก 4 วัน ผลการทดลองที่ได้ คือ มังคุดที่อุณหภูมิ 13°C แบบเคลือบฟิล์ม มีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เท่ากับ 11.19 และ % weight loss เท่ากับ 4.82 มีอายุการเก็บรักษา 32 วัน มังคุดที่อุณหภูมิ 13°C แบบไม่เคลือบฟิล์ม มีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เท่ากับ 16.86 และ % weight loss เท่ากับ 5.09 มีอายุการเก็บรักษา 28 วัน มังคุดที่อุณหภูมิ 25°C แบบเคลือบฟิล์ม มีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เท่ากับ 26.38 และ % weight loss เท่ากับ 4.75 มีอายุการเก็บรักษา 14 วัน มังคุดที่อุณหภูมิ 13°C แบบไม่เคลือบฟิล์ม มีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เท่ากับ 28.80 และ % weight loss เท่ากับ 4.89 มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน

สรุปได้ว่า มังคุดแบบเคลือบฟิล์มมีอายุการเก็บรักษานานกว่าไม่เคลือบฟิล์มและมังคุดที่อุณหภูมิ 13°C มีอายุการเก็บรักษานานกว่า 25°C

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร 2546. สถานการณ์การผลิตและการตลาด ไม้ผล ไม้ยืนต้น และยางพารา ปี 2545- 2546. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร.
- เกศิณี ตรีภูทิวากร, วิภา สุโรจนะเมธากุล, ประชา บุญญสิริกุล และ สมยศ จรรยาวิลาศ. 2539. การทำฟิล์มบรีโกลได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง. อาหาร 26 (4) : 249-262
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 396 น.
- จารุณี ยาห้องกาศ. 2543. การผลิตคาร์โบไฮเดรตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและเพคติน. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- ทนง ภัครัชพันธุ์. 2526. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของผักและผลไม้. เล่ม 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 197 น.
- ทุดิยาภรณ์ จิตตะปาโล. 2543. การพัฒนาฟิล์มที่รับประทานได้จากรำข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2540. การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จาก โปรตีนสกัดจากถั่วเขียว. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- ปนัดดา พวงเกษม. 2540. การเตรียมฟิล์มบรีโกลได้จากแป้งชนิดต่างๆ. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประภาพร แซ่หลิม. 2543. การพัฒนาฟิล์มบรีโกลได้จากโปรตีนถั่วเหลืองเพื่อใช้กันความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรพรรณ จันทร์ไตร. 2543. การปรับปรุงคุณสมบัติความคงทนต่อการดูดซับน้ำของฟิล์มบรีโกลได้จากแป้งมันสำปะหลังและการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พัฒนา นรมาศ 2538. ดัชนีการเก็บเกี่ยวมังคุดเพื่อการส่งออก. แผ่นพับเผยแพร่ที่ 201. กรมส่งเสริมการเกษตร.
- มณฑาทิพย์ ชุ่นฉลาด. 2534. การเตรียมฟิล์มอะมิโลสจากสตาร์ชมันเทศที่แยกส่วนแล้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มยุรี ภาคกล้าเชือก. 2534. Edible and Biodegradable Polymer Films. วารสารพลาสติก 14 (3) : 27-35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รุ่งทิพย์ จุฑะมงคล. 2536. ผลของการเคลือบไขต่อพฤติกรรมการเก็บรักษาผักและผลไม้บางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศิริวรรณ แดงหน้า. 2543. กลไกการเกิดอาการเนื้อแก้วของผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศรียนต์ ชัยจัญญ์พันธุ์. 2529. การศึกษาอาการเนื้อแก้วของมังคุด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมเกียรติ เสริมภักดี. 2543. การปลูกมังคุด. พิมพ์ครั้งที่ 1. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- สมศักดิ์ ภักดีวารภรณ์. 2544. การผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง, เนื้อทอง วานานวัช, มณี แสงเงิน และรุ่งทิพย์ จุฑะมงคล. 2536. เอกสารเผยแพร่ เรื่อง สารเคลือบผิวผักและผลไม้สูตรใหม่จากไขรำข้าว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 6 น.
- สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2530. การเคลือบผิวผลไม้สดด้วยขี้ผึ้ง. เทคโนโลยีการเกษตร 11(24) : 56-60.
- สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2538. คู่มือดัชนีการเก็บเกี่ยวมังคุด. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540. ความรู้เบื้องต้นในการใช้ประโยชน์สารธรรมชาติ. หน้า 1-7. การประชุมวิชาการเรื่อง Strach Application Technology. ครั้งที่ 1. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Bakker, M. 1986. The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York. 746 p.
- Banker, G.S. 1966. Film Coatings Theory and Praticce. J. Pham. Sci. 55(1) : 81-89.
- Beerler, A.D. and Finney, D.C. 1983. Plasticizer, pp. 193-195. In Modern Plastics Enclyclopedia 59(10A). A Mcgraw-Hill Publication, New York.
- Chuah, E.C., Idrus, A.Z., Lim, C.L. and Seow, C.C. 1983. Development of An Improved Soya Protein-lipid Film. Fd. Technol. 18 : 619-627.
- Gennadios, A. and Weller, C.L. 1991. Edible Films and Coating : a review. Food Technol. 42 : 47-59.
- Gontard, N., Guilbert S. and Cuq, J.L. 1992. Edible Wheat Gluten Films : Influence of the Main Process Variables on Film Properties using Response Surface Methodology. J. Food Sci. 57(1) : 190-195.
- Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible films, pp. 371-394. In M. Mathlouthi (ed.). Food Packaging and Preservation Theory and Praticce. Elsevier Applied Science Publisher, London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hullinger, C.H. 1965. Strach Film and Coating. *Cereal Sci. Today* 10(9) : 508-510.
- Kester, J.J. and Fennema, O.K. 1986. Edible Films and Coating : a review. *Food Technol.* Dec. : 47-59.
- Krochta, J.M. and McHung, T.H. 1996. Water-Insoluble Protein-Based Edible Barrier Coating and Films. U.S. Patent 5,543,164.
- Mellan, I. 1961. Properties of Plasticizer. pp 1-25. In *The Behavior of Plasticizer*. Pergammon Press, New York.
- Mumma, C.E. 1967. Development of Extruded Amylose Packaging Film. *Cereal Sci. Today* 12 (1) : 4.
- Nisperos, M.O. and Baldwin, E.A. 1996. Edible Coating for Whole and Minimally Processed Fruits and Vegetable, *Food Australia*. 48(1) : 27-31.
- Park, H.J., Weller, C.L. , Vergano P.J. and Testin, R.F. 1993. Permeability and Mechanical Properties of Cellulose-Based Edible Films. *J. Food Sci.* 58(6) : 1361-1364.
- Wu, M.T. and D.K. , Salunkhe. 1978. Responses of Lecithin and Hydroxylated Lecithin Coating Potato Tubers to Light. *J. Agric. Food Chem.* 26 : 513-514.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การปรับอัตราส่วนของส่วนผสมในการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง

1. อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็ง : ปริมาณของเหลว

การทดลองศึกษาเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งและปริมาณของเหลวเป็น 500 ส่วน โดยส่วนของแข็ง คือ ปริมาณแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนของเหลว คือ กลีเซอรอลกับน้ำกลั่น

2. ตัวอย่างการคำนวณ

ยกตัวอย่าง อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็ง : ปริมาณของเหลว เท่ากับ 100 : 400 และ ปริมาณกลีเซอรอล เท่ากับ 5 % (ต่อน้ำหนักของผสม 100 กรัม)

ส่วนที่เป็นของแข็ง (ปริมาณแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง)	=	100 กรัม
แป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง (1 : 3)	=	25 กรัม : 75 กรัม
ส่วนที่เป็นของเหลว (กลีเซอรอล + น้ำกลั่น)	=	400 กรัม
- กลีเซอรอล (%)	=	20 กรัม
- น้ำกลั่น	=	380 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss

1. การคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE)

ค่าความแตกต่างของสี
$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

$\Delta L = L - L_R$; L_R คือ L วันที่เก็บรักษาวันที่ 1

$\Delta a = a - a_R$; a_R คือ a วันที่เก็บรักษาวันที่ 1

$\Delta b = b - b_R$; b_R คือ b วันที่เก็บรักษาวันที่ 1

2. การคำนวณ % weight loss

$$\% \text{ weight loss} = \frac{(\text{น.น.มั่งคุดของวันที่เก็บรักษาวันที่ 1} - \text{น.น.มั่งคุดของวันที่ตรวจสอบ})}{\text{น.น.มั่งคุดของวันที่เก็บรักษาวันที่ 1}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล

1. ค่าความแตกต่างของสี (ΔE)

ตารางที่ 12 : การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่อุณหภูมิ 13 °C และอุณหภูมิ 25 °C แบบเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้และไม่เคลือบฟิล์ม

Source of variation	df.	SS	MS	F – ratio
Treatment	3	1047.025	349.008	8.772
Temperature	1	957.569	957.569	24.067
Coating	1	80.770	80.770	2.030
Temp : Coating	1	8.686	8.686	0.218
Error	36	1432.363	39.788	
Total	39	2479.387	63.574	

จากตาราง ANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของอุณหภูมิ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ การเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และ interaction ของอุณหภูมิกับการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2. ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)

ตารางที่ 13 : การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าการสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ที่อุณหภูมิ 13°C และอุณหภูมิ 25 °C แบบเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้และไม่เคลือบฟิล์ม

Source of variation	df.	SS	MS	F – ratio
Treatment	3	1.837	0.612	0.246
Temperature	1	3.360E-03	3.360E-03	0.001
Coating	1	1.832	1.832	0.737
Temp : Coating	1	2.074 E-03	2.074 E-03	0.001
Error	36	89.487	2.486	
Total	39	91.325	2.342	

จากตาราง ANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่าผลของอุณหภูมิ การเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ และ interaction ของอุณหภูมิกับการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางที่ 14 แสดงลักษณะปรากฏภายใน ภายนอก และรสชาติ

วันที่ 1

การทดลอง	ลำดับที่	สีเปลือก					สีขั้ว			รสชาติ				
		0	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4
Trt 1					√			√			√			
Trt 2				√				√			√			
Trt 3				√				√			√			
Trt 4				√				√			√			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 6

การทดลอง	ลำดับที่	สีเปลือก					สีขั้ว			รสชาติ				
		0	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4
Trt 1	8				√			√			√			
	2				√			√			√			
	6				√			√			√			
	12				√			√			√			
	20				√			√			√			
Trt 2	19				√			√			√			
	10				√			√			√			
	14				√			√			√			
	19				√			√			√			
	4				√			√			√			
Trt 3	10						√		√			√		
	20						√		√			√		
	13					√			√			√		
	3					√			√			√		
	16						√		√			√		
Trt 4	11						√		√			√		
	12						√			√			√	
	17						√		√				√	
	5						√		√			√		
	8						√		√			√		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 10

การทดลอง	ลำดับที่	สีเปลือก					สีขั้ว			รสชาติ				
		0	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4
Trt 1	13				√				√		√			
	6				√				√		√			
	17				√				√		√			
	17				√				√		√			
	2				√				√		√			
Trt 2	15					√			√			√		
	11				√				√			√		
	1				√				√			√		
	16					√			√			√		
	15				√				√			√		
Trt 3	13						√		√				√	
	5						√		√				√	
	4						√		√		√			
	18					√			√				√	
	2						√		√				√	
Trt 4	20						√		√				√	
	6						√		√				√	
	18						√		√				√	
	14						√		√				√	
	4						√		√					√

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 14

การทดลอง	ลำดับที่	สีเปลือก					สีขั้ว			รสชาติ				
		0	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4
Trt 1	20				√				√		√			
	17				√				√		√			
	13				√				√		√			
	20				√				√		√			
	9				√				√		√			
Trt 2	10					√			√			√		
	16					√			√			√		
	7					√			√			√		
	5					√			√			√		
	11					√			√			√		
Trt 3	17						√			√				√
	8						√			√				√
	11						√			√			√	
	15						√			√				√
	5						√			√				√
Trt 4	2						√			√				√
	1						√			√				√
	1						√			√				√
	8						√			√				√
	20						√			√				√

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 18

การทดลอง	ลำดับที่	สีเปลือก					สีขั้ว			รสชาติ				
		0	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4
Trt 1	18				√				√		√			
	7				√				√		√			
	9				√				√			√		
	10				√				√		√			
	1				√				√		√			
Trt 2	8					√			√			√		
	20					√			√			√		
	8					√			√				√	
	1					√			√			√		
	13					√			√			√		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 21

การทดลอง	ลำดับที่	สีเปลือก					สีขั้ว			รสชาติ				
		0	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4
Trt 1	5					√			√			√		
	15					√			√			√		
	7					√			√			√		
	13					√			√			√		
	18					√			√			√		
Trt 2	17						√			√			√	
	12						√			√			√	
	6						√			√			√	
	2						√			√			√	
	16						√			√			√	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 25

การทดลอง	ลำดับที่	สีเปลือก					สีขั้ว			รสชาติ				
		0	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4
Trt 1	16					✓			✓			✓		
	14					✓			✓			✓		
	14					✓			✓			✓		
	9						✓			✓			✓	
	7					✓			✓			✓		
Trt 2	6					✓			✓				✓	
	17						✓			✓			✓	
	19						✓			✓			✓	
	3						✓			✓			✓	
	5						✓			✓			✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 28

การทดลอง	ลำดับที่	สีเปลือก						สีขั้ว			รสชาติ				
		0	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	
Trt 1	4					√				√				√	
	1						√			√				√	
	20					√			√					√	
	15						√			√				√	
	3						√			√				√	
Trt 2	9						√			√					√
	3						√			√					√
	11						√			√					√
	12						√			√					√
	8						√			√					√

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 32

การทดลอง	ลำดับที่	สีเปลือก						สีขั้ว			รสชาติ			
		0	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4
Trt 1	3						√			√				√
	6						√			√				√
	10						√			√				√
	8						√			√				√
	10						√			√				√
Trt 2	5						√			√				√
	15						√			√				√
	18						√			√				√
	9						√			√				√
	12						√			√				√

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หมายเหตุ : Trt 1 = อุณหภูมิเก็บรักษาที่ 13 °C เคลือบฟิล์ม
 Trt 2 = อุณหภูมิเก็บรักษาที่ 13 °C ไม่เคลือบฟิล์ม
 Trt 3 = อุณหภูมิเก็บรักษาที่ 25 °C เคลือบฟิล์ม
 Trt 4 = อุณหภูมิเก็บรักษาที่ 25 °C ไม่เคลือบฟิล์ม

- สีเปลือก : ระดับสีที่ 0 = ผลมีสีเขียวทองอ่อน
 ระดับสีที่ 1 = ผลมีสายเลือด (เกิดจุดแต้มหรือประสีม่วง)
 ระดับสีที่ 2 = ผลมีการเปลี่ยนเป็นสีแดงเรื่อๆ
 ระดับสีที่ 3 = ผลมีสีน้ำตาลแดง
 ระดับสีที่ 4 = ผลมีสีแดงม่วง
 ระดับสีที่ 5 = ผลมีสีม่วงเข้มหรือม่วงดำ

- สีขั้ว : 1 = สีขั้วมีสีเขียวสด
 2 = สีขั้วมีสีเขียวปนสีน้ำตาล เขียวเล็กน้อย
 3 = สีขั้วมีสีน้ำตาล เขียวมาก

- รสชาติ : 1 = มีรสเปรี้ยว
 2 = มีรสหวานอมเปรี้ยว
 3 = มีรสหวาน
 4 = มีรสหวานฉ่ำ เริ่มเน่าเสีย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวคุษฎี ศรีเจริญ เกิดวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ ปี พ.ศ. 2543 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ในปี พ.ศ. 2543

นายเอกขจิต ลิ้มพันธ์พิพัฒน์ เกิดวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนยานนาวาวิทยาคม ปี พ.ศ. 2543 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ในปี พ.ศ. 2543



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้