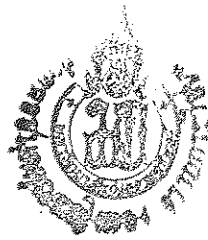


การผลิตถาดที่ย่อยสลายได้เสริมเส้นใย

Production of Biodegradable Tray with Fiber Added



ประนอม ตั้งมันคง

Pranorm Tangmunkhong

Order Key... 21247
BIR Key... 171509

0
เลขหมู่... TD1061 ฝ.๕๒
เลขทะเบียน... 2542 ก.๒
...../...../.....

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

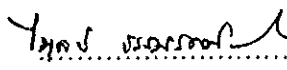
Prince of Songkla University

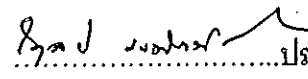
2542

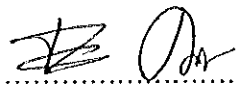
ชื่อวิทยานิพนธ์ การผลิตภาคที่ย่อยสลายได้เสริมเส้นใย
ผู้เขียน นางสาวประนอม ตั้งมั่นคง
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

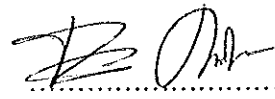
คณะกรรมการที่ปรึกษา

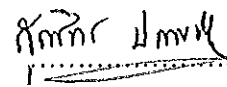
คณะกรรมการสอบ

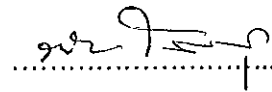
.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพฑูริย์ ธรรมรัตน์วาลิก)

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพฑูริย์ ธรรมรัตน์วาลิก)

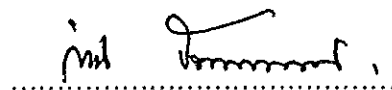
.....กรรมการ
(อาจารย์วรัญญา ศรีเดช)

.....กรรมการ
(อาจารย์วรัญญา ศรีเดช)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุรสิทธิ์ ประสารปราน)

.....กรรมการ
(ดร.พิเชิร ไตถพิพันธุ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้าน จันท์พรหมมา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การผลิตถาดที่ย่อยสลายได้เตรียมเส้นใย
ผู้เขียน	นางสาวประนอม ตั้งมันคง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

การผลิตถาดที่ย่อยสลายได้เตรียมเส้นใยที่สกัดจากเปลือกโกโก้ ใบสับประรดและเปลือกลูกตาล โดยการผสมเส้นใย, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร, คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC), น้ำ และนำไปขึ้นรูปบนแม่พิมพ์ พบว่า ถาดที่เตรียมเส้นใยโกโก้มีความแข็งแรงต่ำ มีค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุต่ำกว่าถาดเตรียมเส้นใยลูกตาลและเส้นใยสับประรด แต่มีค่าการดูดซึมน้ำสูง ในขณะที่ถาดเตรียมเส้นใยลูกตาลมีความแข็งแรงมากที่สุด และมีค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุสูงที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติของเส้นใย เมื่อนำถาดที่ผลิตได้ไปเคลือบผิวด้วยสารละลาย PARATEX - NS 6 จำนวน 1 2 และ 3 ครั้ง สำหรับชั้นสนและโคโตนชนิดละลายน้ำจะผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ในจำนวนร้อยละ 1 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง ถาดที่ผลิตได้มีผิวเรียบ สีเหลือง เมื่อนำไปวัดค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด การต้านแรงดันทะลุและการดูดซึมน้ำ พบว่าถาดที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกลูกตาลและผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลาย PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เป็นถาดที่มีความแข็งแรงมากที่สุด มีค่าการต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุ เท่ากับ 6.098, 7.141 และ 3.499 นิวตัน/ตร.ซม. ตามลำดับ และมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำเมื่อเทียบกับถาดอื่นๆ ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.019 กรัม/ตร.ซม.

เมื่อนำถาดที่ผลิตได้บรรจุชมพูที่ผ่านการตัดแต่งและหุ้มฟิล์มพีวีซี และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่า เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ทั้งถาดและชมพูมีการเปลี่ยนแปลงในทางเสื่อมลง ชมพูมีน้ำหนักลดลง ผิวแห้งและมีสีน้ำตาล ในขณะที่ถาดมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและนิ่มจนเสียรูปทรง เนื่องจากดูดซับน้ำจากชมพูไว้

Thesis Title Production of Biodegradable Tray with Fiber Added
Author Miss Pranorm Thangmunkhong
Major Program Food Technology
Academic Year 1998

Abstract

Production of biodegradable trays with fiber added was conducted by extracting the fiber from cocoa husk, pineapple leaf and palm husk. The trays were produced by mixing the fiber, modified tapioca starch, carboxymethyl - cellulose and water. The mixture was moulded. It was found that the tray with cocoa husk fiber added had less strength, bending strength, compression strength and bursting resistance while gave higher water absorption. On the other hand the tray with palm husk fiber added gave the highest bending strength compression strength and bursting resistance. This is due to the fiber properties. The trays were coated with PARATEX - NS 6 solution for 1, 2 and 3 time. As for the rosin and soluble chitosan these were added at 1, 3 and 5 % (by weight of starch) during the mixing ingredient. The surfaces of biodegradable trays were smooth and yellow in color. The physical properties of the trays namely, bending strength, compression strength, bursting resistance and water absorption were tested and found that the trays from palm husk fiber coated 3 times with PARATEX - NS 6 solution gave the strongest bending strength, compression strength and bursting resistance was 6.098, 7.141 and 3.499 N/cm² respectively with lower water absorption when compared to the others. It was 0.019 g/cm².

The trays were used as containers for rose apples and wrapped with plastic film then stored at 8 - 10 °C for 6 days. It was found that the weight of rose apple decreased with brown and dried skin. This is due to loss of water from transpiration and absorption by the trays. The trays gained more weight, soften and lost their original shape, because of an absorption of water from the fruit.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ข้าพเจ้าขอกราบพระคุณ รศ. ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก ประธานกรรมการที่ปรึกษา อ.วรัญญู ศรีเดช กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ในระหว่างทำการวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณ อ.สุรสิทธิ์ ประสานปราน กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร และ ดร.รพีพร โสคติพันธ์ กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการค้นคว้าวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณครูพรชัย ศรีไพบุลย์ คุณเมณัส อินทรพันธ์ และคุณอัญชัญ แซ่ม ที่ให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและความสะดวกในระหว่างทำการวิจัย ขอขอบคุณ คุณสมศักดิ์ สูดจันทร์ ที่ให้ความสะดวกในการตรวจสอบคุณสมบัติของถาดบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจที่ดีตลอดมา

และท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณพี่ หลานๆ ทุกคน รวมทั้งคุณชรินทร์ วัฒนธีรางกูร ที่ให้ความช่วยเหลือ ความหวังใยและเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งตลอดมา

ประนอม ตั้งมันคง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
รายการตาราง.....	(7)
รายการตารางภาคผนวก.....	(10)
รายการภาพ.....	(17)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
บทนำต้นเรื่อง.....	1
ตรวจเอกสาร.....	2
วัตถุประสงค์.....	10
2 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ.....	11
วัสดุ.....	11
อุปกรณ์.....	12
วิธีการ.....	13
3 ผลและการวิจารณ์.....	19
4 บทสรุป.....	70
เอกสารอ้างอิง.....	73
ภาคผนวก.....	80
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเส้นใย.....	80
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ.....	84
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ.....	88
ประวัติผู้เขียน.....	116

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ร้อยละของผลผลิตและความยาวของเส้นใยชนิดต่างๆ ที่ได้จากการสกัด	23
2. ค่า L, a และ b ของเส้นใยชนิดต่างๆ ที่ได้จากการสกัดและที่ผ่านการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	23
3. องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยทั้งสามชนิดที่ผ่านการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	26
4. ค่าเฉลี่ย น้ำหนักและความหนาของภาคที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกลูกตาลสูตรต่างๆ	29
5. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุภาคที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกลูกตาลสูตรต่างๆ	29
6. ค่าเฉลี่ย น้ำหนักและความหนาของภาคเสริมเส้นใยโกโก้, เส้นใยสับปะรดและเส้นใยลูกตาล	32
7. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกโก้, เส้นใยสับปะรดและเส้นใยลูกตาล ร้อยละ 6 ของน้ำหนักแห้ง	32
8. ค่าเฉลี่ย น้ำหนักและความหนาของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ด้วยวิธีการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6	35
9. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ด้วยวิธีการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6	36
10. ค่าเฉลี่ย น้ำหนักและความหนาของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ด้วยการเติมชั้นลอน	41
11. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ด้วยการเติมชั้นลอน	42
12. ค่าเฉลี่ย น้ำหนักและความหนาของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ด้วยการเติมไคโตแซนชนิดละลายน้ำ	47
	(7)

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
13. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ด้วยการเติมไคโตแซนชนิดละลายน้ำ	48
14. ค่าสัมประสิทธิ์สัมพัทธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ของภาค	53
15. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกล์ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	65
16. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยสับปะรดที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	66
17. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	66
18. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกล์ที่มีการเติมชั้นสนร์อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	67
19. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยสับปะรดที่มีการเติมชั้นสนร์อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	67
20. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่มีการเติมชั้นสนร์อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	68
21. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกล์ที่มีการเติมไคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของ น้ำหนักแห้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	68

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
22. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยสับปะรดที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	69
23. ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดัน ทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	69

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใย ลูกตาลในปริมาณต่างๆ	88
2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค เสริมเส้นใยลูกตาลในปริมาณต่างๆ	88
3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาค เสริมเส้นใยลูกตาลในปริมาณต่างๆ	89
4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาค เสริมเส้นใยลูกตาลในปริมาณต่างๆ	89
5. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใย ชนิดต่างๆ	90
6. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค เสริมเส้นใยชนิดต่างๆ	90
7. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาค เสริมเส้นใยชนิดต่างๆ	91
8. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาค เสริมเส้นใยชนิดต่างๆ	91
9. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใย ชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการเคลือบ สารกันน้ำ PARATEX - NS 6	92
10. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริม เส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการเคลือบ สารกันน้ำ PARATEX - NS 6	92
11. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริม เส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการเคลือบ สารกันน้ำ PARATEX - NS 6	93

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
12. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะเลของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6	93
13. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมชั้นสน	94
14. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมชั้นสน	94
15. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมชั้นสน	95
16. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะเลของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมชั้นสน	95
17. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมไคโตแซนชนิดละลายน้ำ	96
18. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมไคโตแซนชนิดละลายน้ำ	96
19. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมไคโตแซนชนิดละลายน้ำ	97
20. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะเลของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมไคโตแซนชนิดละลายน้ำ	97
21. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยโกล์ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	98

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
22. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยโกลี ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	98
23. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยโกลี ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	99
24. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกลี ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	99
25. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	100
26. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	100
27. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	101
28. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	101
29. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	102

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
30. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	102
31. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	103
32. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	103
33. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	104
34. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	104
35. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	105
36. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	105
37. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยตับปะรด ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	106

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
38. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยลึบประด ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	106
39. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยลึบประด ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	107
40. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลึบประด ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	107
41. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	108
42. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	108
43. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	109
44. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	109
45. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	110

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
46. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	110
47. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	111
48. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	111
49. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	112
50. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	112
51. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	113
52. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	113
53. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	114

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
54. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	114
55. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	115
56. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน	115

รายการภาพ

ภาพที่	หน้า
1. แผลพิมพ์	12
2. เส้นใยจากเปลือกโกโก้, เส้นใยจากใบสับปะรดและเส้นใยจากเปลือกลูกตาล ที่ได้จากการสกัดและที่ผ่านการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	22
3. ภาพเสริมเส้นใยเปลือกลูกตาล ที่มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 2, 4 และ 6 ของ น้ำหนักแป้ง	28
4. ภาพเสริมเส้นใยเปลือกโกโก้, เส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยเปลือกลูกตาล ที่มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 6 ของน้ำหนักแป้ง	31
5. ภาพเสริมเส้นใยเปลือกโกโก้, เส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยเปลือกลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 1, 2 และ 3 ครั้ง	34
6. ภาพตัดขวางของภาพเสริมเส้นใยโกโก้ ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง	37
7. ภาพตัดขวางของภาพเสริมเส้นใยสับปะรด ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง	38
8. ภาพตัดขวางของภาพเสริมเส้นใยลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง	38
9. ภาพเสริมเส้นใยเปลือกโกโก้, เส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยเปลือกลูกตาล ที่มีการเติมชนสนร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแป้ง	40
10. ภาพตัดขวางของภาพเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมชนสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง	43
11. ภาพตัดขวางของภาพเสริมเส้นใยสับปะรด ที่มีการเติมชนสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง	44
12. ภาพตัดขวางของภาพเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมชนสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง	44
13. ภาพเสริมเส้นใยเปลือกโกโก้, เส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยเปลือกลูกตาล ที่มีการเติมโคโคแชนชนิดละลายน้ำร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแป้ง	46

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
14. ภาพตัดขวางของภาคเสริมเส้นใยโกลี ที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง	49
15. ภาพตัดขวางของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง	50
16. ภาพตัดขวางของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง	50
17. น้ำหนักขมพูที่สูญเสีย (โดยน้ำหนักเริ่มต้น) เมื่อเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	59
18. น้ำหนักขมพูที่เพิ่มขึ้น (โดยน้ำหนักเริ่มต้น) เมื่อเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	60
19. ลักษณะของขมพูและภาคเสริมเส้นใยโกลี ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน	61
20. ลักษณะของขมพูและภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน	61
21. ลักษณะของขมพูและภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน	62
22. ลักษณะของขมพูและภาคเสริมเส้นใยโกลี ที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน	62
23. ลักษณะของขมพูและภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน	63

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
24. ลักษณะของชมพูและภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของ น้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน	63
25. ลักษณะของชมพูและภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่เติมโคโคแทนชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน	64
26. ลักษณะของชมพูและภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่เติมโคโคแทนชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน	64
27. ลักษณะของชมพูและภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่เติมโคโคแทนชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน	65

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

วิวัฒนาการของบรรจุภัณฑ์จากอดีตจนถึงปัจจุบัน เริ่มต้นด้วยบทบาทจากการปกป้องรักษาคุณภาพของสินค้า พัฒนามาเป็นสื่อโฆษณาสินค้าและสิ่งอำนวยความสะดวกในการบริโภค ส่วนใหญ่จะเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทโฟมและพลาสติก ซึ่งบรรจุภัณฑ์เหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง ได้แก่ สารบางประเภทที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตบรรจุภัณฑ์ เช่น CFC (chlorofluorocarbons) ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ แต่ผลกระทบที่รุนแรงมากที่สุด คือบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วก่อให้เกิดปัญหาขยะตามถนนหนทาง เนื่องจากย่อยสลายได้ยากและหากกำจัดด้วยวิธีการที่ไม่เหมาะสม เช่น การเผาที่อุณหภูมิไม่สูงพอ ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ก่อให้เกิดก๊าซพิษซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันแรงกดดันจากกระแสสังคมที่มีต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้บริโภคเริ่มสนใจบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ดังนั้น การออกแบบบรรจุภัณฑ์จึงต้องคำนึงถึงความสามารถในการกำจัดซากบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้ว และการรักษาทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ ซึ่งแนวความคิดที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติย่อมเป็นวิถีทางในการป้องกันสิ่งแวดล้อมได้ดีที่สุด เช่น ตัวอย่างของโพลีเอทิลีนและลูกกวาดที่ห่อด้วยกระดาษที่รับประทานได้ เป็นวิธีการลดบรรจุภัณฑ์ด้วยการบริโภคบรรจุภัณฑ์พร้อมอาหาร อีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาทำได้โดยใช้บรรจุภัณฑ์อื่นทดแทน ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable package) (ปุ่น และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

ตรวจเอกสาร

1. ภาคบรรจุภัณฑ์

ภาคเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถผลิตจากวัสดุต่างๆ ได้หลายชนิด เช่น แผ่นเปลวอะลูมิเนียม (aluminium foil) กระดาษแข็ง (paperboard) พลาสติกขึ้นรูปด้วยความร้อน (thermoformed plastic) และเยื่อกระดาษขึ้นรูป (moulded pulp) ภาครูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าและทรงกลมเป็นรูปทรงที่มีการใช้งานเป็นส่วนใหญ่ และไม่มีข้อกำหนดขนาดมาตรฐานสากลที่แน่นอนไว้ อย่างไรก็ตามสำหรับการจำหน่ายสินค้าระดับอุตสาหกรรมในกลุ่มประเทศยุโรปจะมีช่วงขนาดมาตรฐานที่เรียกว่า Gastronorm ซึ่งมีขนาดพื้นฐานเท่ากับ 530 × 325 มิลลิเมตร โดยกำหนดให้เป็น GN 1/1 และมีการผลิตภาครูปทรงโดยยึดถือขนาดมาตรฐานนี้เป็นขนาดมูลฐาน (สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง, 2538)

1.1 ภาคอะลูมิเนียม

ผลิตจากแผ่นเปลวอะลูมิเนียมซึ่งจะส่งไปยังผู้บรรจุในรูปพร้อมบรรจุ ความหนาของแผ่นเปลวอะลูมิเนียมที่ใช้อยู่ในช่วง 50 -100 ไมครอน การเลือกใช้ความหนาขึ้นอยู่กับขนาดของภาครูปทรงหลัก สำหรับสินค้าที่มีความเป็นกรดสูง (pH น้อยกว่า 3.5) แผ่นเปลวอะลูมิเนียมที่ใช้ทำภาครูปทรงจะต้องผ่านการเคลือบผิวด้วยแลกเกอร์ก่อน นอกจากนี้การเคลือบผิวแผ่นเปลวอะลูมิเนียมด้วยพลาสติกเป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งช่วยให้ภาครูปทรงสามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ พลาสติกที่ใช้ ได้แก่ โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และความเหนียวของพลาสติกยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้านการต้านแรงดันทะลุของแผ่นเปลวอะลูมิเนียมได้ (สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง, 2538)

1.2 ภาคพลาสติก

ขึ้นรูปจากแผ่นเทอร์โมพลาสติกด้วยความร้อน (thermoforming) และใช้แรงอัดช่วย (มยุรี ภาคลำเจียก และ อมรรรัตน์ สวัสดิ์พิพัฒน์, 2533) การผลิตภาครูปทรงแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการหลอมเหลวและอัดรีดพลาสติกผ่านหัวแบบจนได้เป็นแผ่นพลาสติก ซึ่งจะม้วนเก็บไว้ ขั้นตอนที่สองเป็นการขึ้นรูปภาครูปทรงโดยแผ่นพลาสติกจะถูกดึงออกจากม้วนแล้วผ่านกระบวนการให้ความร้อนจนอ่อนตัว แผ่นพลาสติกจะถูกยึดออก อัดลงแบบ และทำให้เย็นตัวลงตามลำดับ จากนั้นภาครูปทรงจะถูกตัดส่วนขอบออก ส่วนที่ไม่ต้องการสามารถผ่านกลับมาเข้าในขั้นตอนแรกได้อีก และในขั้นตอนที่สามจะเป็นกระบวนการพิมพ์บนภาครูปทรงที่ขึ้นรูปเสร็จแล้ว พลาสติกที่นิยมนำมาผลิตเป็นภาครูปทรงได้แก่ โพลีสไตรีน, โพลีไวนิลคลอไรด์ และโพลีโพรพิลีน

1.3 ถาดโฟม

ผลิตจากพลาสติกได้หลายชนิด เช่น โพลีเอทิลีนและโพลีสไตรีน โดยนำเม็ดพลาสติก มาเติมสารเร่งฟู (blowing agent) แล้วให้ความร้อนจนถึงจุดหนึ่ง สารเร่งฟูจะเกิดการสลายตัว กลายเป็นก๊าซ พองตัวและแทรกตามจุดต่าง ๆ ในเนื้อพลาสติก ทำให้เกิดเป็นโพรงที่เรียกว่า เซลล์ (cell) จากนั้นนำมารีดเป็นแผ่นโฟมดิบ ซึ่งต้องผ่านกระบวนการบ่ม โดยการบ่มจะใช้ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลาประมาณ 3-6 วัน เพื่อให้โฟมเกิดการพองตัว มีความ นุ่มและยืดหยุ่นอย่างถาวร หลังจากบ่มแล้วจะนำแผ่นโฟมดิบมาขึ้นรูปด้วยความร้อนตามแม่พิมพ์ ด้วยสูญญากาศและความดันช่วย แล้วทำให้เย็นอย่างรวดเร็วซึ่งจะทำให้โฟมกลับมาแข็งตัวดังเดิม ขั้นตอนสุดท้ายคือการตัดแต่งชิ้นงาน (มยุรี ภาคลำเจียก และ อมรรัตน์ สวัสดิ์ทิพย์, 2533)

1.4 ถาดเยื่อกระดาษขึ้นรูป

เยื่อกระดาษขึ้นรูป หมายถึง วัสดุหรือภาชนะบรรจุตามมิติที่ทำการขึ้นรูปของเยื่อ กระดาษให้เป็นรูปร่างตามที่ต้องการ โดยการกรองผ่านตะแกรงแม่แบบ เยื่อกระดาษขึ้นรูปแบ่ง ตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท คือ เยื่อกระดาษขึ้นรูปที่ทำจากเยื่อบริสุทธิ์ ใช้เส้นใยของต้นไม้ และเยื่อกระดาษขึ้นรูปที่ทำจากเศษกระดาษใช้เส้นใยจากกระดาษที่หมุนเวียน ใช้ใหม่ ซึ่งปกติไม่นิยมใช้เส้นใยจากกระดาษใช้แล้วทั้งหมด (สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง, 2538) ใน ระหว่างกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษขึ้นรูปอาจผสมสารกันน้ำ, สีและสารอื่นๆเพื่อเสริมคุณสมบัติ ที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วมักจะใส่ชั้นสนหรือซีฟิ่งผสมลงไปกับสารส้มเพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการกัน ซีมน้ำ ผลิตเป็นภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร หากต้องการเสริมคุณสมบัติในการต้าน ไชมัน ก็มักจะใส่สารประเภทฟลูออโรคาร์บอนผสมกับสารดูดประจุลงไป นอกจากนี้อาจใส่ สารพวกกันเปลวไฟ (flame retardants) สารเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเปียก (wet-strength resins) หรือแป้งดัดแปร (modified starch) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติเฉพาะตามต้องการ ถาดเยื่อกระดาษ ขึ้นรูปมีน้ำหนักเบามากเมื่อเทียบกับผนังที่ค่อนข้างหนา ซึ่งอาจหนาถึง 2 มิลลิเมตร ถาดที่ ใช้งานแล้วสามารถย่อยสลายและกำจัดได้ง่าย ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของการเลือกใช้วัสดุใน ปัจจุบันของประเทศอุตสาหกรรม (สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง, 2538)

2. การใช้งานถาดบรรจุภัณฑ์

ถาดอะลูมิเนียม ข้อดีของแผ่นเปลวอะลูมิเนียม คือ เป็นวัสดุที่ยอมรับกันทั่วไปให้ใช้ สัมผัสกับอาหารได้ แต่มีข้อจำกัดอยู่ที่ราคาค่อนข้างแพง การใช้งานมักเป็นรูปแบบของบรรจุภัณฑ์

ที่อำนวยความสะดวกในการบริโภค ซึ่งส่วนใหญ่ใช้บรรจุอาหารปรุงสำเร็จ เช่น พืชฯ ขนมหอย เป็นต้น โดยที่อาหารนั้นผ่านการแช่แข็งภายในภาชนะบรรจุและเมื่อจะรับประทานสามารถนำมาอุ่นทั้งภาชนะที่บรรจุได้เลย

ถาดพลาสติก ที่ทำจากพลาสติกขึ้นรูปด้วยความร้อนมีคุณสมบัติเหนียว ใส สามารถตกแต่งสีได้ง่าย ทนทานต่อสารเคมีค่อนข้างสูง มีคุณสมบัติเด่นในการเป็นตัวกันการซึมผ่านที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกไขมัน ถาดพลาสติกจึงมีการใช้งาน เป็นถาดบรรจุภัณฑ์สินค้าประเภทเนื้อสัตว์สด ผลิตภัณฑ์เนื้อ ซ็อกโกแลต ตลอดจนผลไม้ สำหรับถาดพลาสติกพร้อมฝาปิดจะเหมาะสมเป็นบรรจุภัณฑ์ขายปลีกประเภทผลิตภัณฑ์นม เช่น เนย แยม มาการีน นมเปรี้ยว ไอศกรีม และขนมหวาน นอกจากนี้อาหารแช่แข็งที่บรรจุในถาดพลาสติกขึ้นรูปด้วยความร้อนยังสามารถนำมาอุ่นภายในไมโครเวฟได้

ถาดโฟม เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นต่ำ มีการใช้งานในหลายรูปแบบ ได้แก่ ถาดโฟมแบบหลุม จะได้รับการออกแบบให้เหมาะกับรูปร่างผลิตภัณฑ์ที่บรรจุโดยเฉพาะ เช่น ถาดใส่สำหรับบรรจุไข่สดเพื่อการขนส่ง ถาดมุ้งคลุมสำหรับบรรจุผักเพื่อการส่งออก ถาดโฟมแบบหลุมนี้จะสามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์จากการกระทบกระแทกได้เป็นอย่างดี สำหรับแบบถาดโฟม หรือชามกลม นิยมบรรจุผัก ผลไม้สด อาหารแห้ง อาหารที่จัดเป็นชุดสำเร็จเพื่อความสะดวกในการปรุงและอาหารสำเร็จรูป เช่น บรรจุพะหนี่สำเร็จรูป

ถาดเยื่อกระดาษขึ้นรูป นิยมใช้แพร่หลายในการบรรจุไข่ ผักและผลไม้สด เพื่อการขายปลีกและเพื่อการขนส่ง เนื่องจากตัวถาดยอมให้มีการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ จึงเป็นประโยชน์กับผักและผลไม้สดซึ่งปกติจะมีการหายใจระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง การหายใจของผักและผลไม้สด เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ปกป้องสินค้าจากการเน่าเสียและการเกิดเชื้อรา นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกได้ดี และมีความแข็งแรงขณะเรียงซ้อนสูง จึงสามารถให้การคุ้มครองผลไม้ที่บอบบาง เช่น มะเขือเทศ แอปเปิล ไม่ให้เสียหายจากการกระทบกัน และจากการที่ตัวถาดเองมีน้ำหนักเบา เมื่อนำมาใช้งานภายในกล่อง เพื่อการขนส่ง จึงไม่เพิ่มค่าใช้จ่ายในการขนส่งมากนัก (สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง, 2538)

3. บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า การใช้พลาสติกนิยมแพร่หลายมากในอุตสาหกรรมและครัวเรือน ประมาณมากกว่า 100 ล้านตันต่อปี พลาสติกมีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีข้อเสียและ

เป็นปัญหาแก๊สสิ่งแวดล้อมที่สะสมมาจากอดีต ซึ่งมีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบันและในอนาคต ปัญหาของขยะพลาสติกที่การแก้ไข และจัดการทำได้ยากลำบาก เนื่องจากน้ำย่อยของ จุลินทรีย์รวมทั้งปฏิกิริยาเคมีในภาวะปกติไม่สามารถย่อยสลายได้ หรือแม้จะย่อยสลายได้ก็ใช้ เวลาค่อนข้างนาน การกำจัดโดยการเผาไหม้ก่อให้เกิดความร้อนสูง เกิดก๊าซพิษสะสมและสร้าง มลภาวะเพิ่มขึ้น นักวิจัยตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายได้พยายามที่จะร่วมกันแก้ไขปัญหานี้ ด้วยการเปลี่ยนแปลงนโยบายการใช้พลาสติก กล่าวคือ พยายามใช้พลาสติกให้น้อยลง ใช้ระบบ หมุนเวียน และพยายามใช้โพลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ในธรรมชาติ (biodegradable polymers) เข้ามาทดแทนในส่วนพลาสติกมากขึ้น (มังกร โจจนีประภากร, 2541) ดังตัวอย่างการศึกษาของ Branch (1988) ทดลองทำบรรจุภัณฑ์จากเมล็ดข้าวโพด ขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ แล้วนำไปทอดใน น้ำมันพืช เพื่อให้ความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก บรรจุภัณฑ์ที่ได้มีความคงทน สามารถ ใส่อาหารเปียกและร้อนได้ ในปีต่อมา Cooper (1989) ทดลองทำบรรจุภัณฑ์ที่รับประทานได้ จากโคนที่มีความหนืดสูง โดยขึ้นรูปโดยบนแผ่นราบต่อเนื่อง และตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่มี ขนาดตามความต้องการ นำแผ่นโคมมาหอบบนพื้นผิวที่ใช้เป็นแบบ ซึ่งมีลักษณะเป็นกรวย ฉีดพ่น ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ นำเข้าอบ ได้บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี ส่วน Ruiz (1991) ทดลอง ทำบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นรูปถ้วย มีผนังและฐานหยักโค้งโดยรอบ คล้ายเปลือกหอยเชลล์ เพื่อเสริมความแข็งแรง โดยใช้แป้งเป็นส่วนผสมหลัก ในขณะที่ Sacharow (1991) ได้ผลิต บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้จากแป้ง (มันฝรั่ง, ข้าวสาลีหรือข้าวโพด) กับวัสดุเจือปนอื่นๆ นำมา ผสมกับน้ำ ใส่แม่พิมพ์ ให้ความร้อน บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตได้ทนต่อความชื้น ความร้อนและน้ำหนัก เบา ใช้บรรจุเวชภัณฑ์ เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในบ้าน ต่อมา Cessna (1992) ได้ผลิตถาดบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้จากเส้นใยธรรมชาติบริสุทธิ์ ร้อยละ 60 - 80 โดยน้ำหนักแห้ง เส้นใยสังเคราะห์ เช่น โพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนร้อยละ 20 - 40 โดยน้ำหนักแห้ง ดินขาว (china clay) ร้อยละ 10 - 15 โดยน้ำหนักเส้นใย และชั้นสนที่มีประจุบวก (cationic - dispersed resin) ร้อยละ 1 - 2 โดยน้ำหนักเส้นใย ซึ่งผลิตเป็นแผ่นผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปขึ้น รูปร้อน ถาดที่ผลิตได้สามารถป้องกันการซึมของของเหลวและป้องกันน้ำมันได้ดี ใช้ใส่อาหาร เข้าตู้อบไมโครเวฟได้ดี ต่อมา นพรัตน์ อุทัยพันธ์ (2540) ได้ทำการผลิตถาดบรรจุภัณฑ์จาก เส้นใยเปลือกโกโก้ โดยการนำเส้นใยมาผสมกับแป้ง น้ำและสารยึดเหนี่ยวบางชนิดในอัตราส่วน ต่าง ๆ จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นถาดบรรจุภัณฑ์บนแม่พิมพ์ที่มีอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส ให้ความดัน 8,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 5 นาที และที่ความดัน 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

อีก 15 นาที จะได้สภาพบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายโฟม ในขณะที่ แสงสุรีย์ ไรจน์สกุลวงศ์ (2540) ได้ทำการผลิตสภาพบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โดยผสมกับแป้งมันสำปะหลังดัดแปร สารยึดเหนี่ยวโพลีเอสเตอร์กับกัน จะให้สภาพที่มีผิวเรียบ แฉวฉว สีเหลืองอ่อน ให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งและการต้านทานแรงกดมากกว่าสภาพที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังธรรมดา และสารยึดเหนี่ยวชนิดอื่นๆ และจะให้ค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าสภาพที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังธรรมดา

บรรจุภัณฑ์จากแป้ง เริ่มด้วยการทำให้แป้งเกิดการพองตัว เนื่องจากแรงดันของน้ำ ในตัวแป้งเมื่อถูกความร้อนสูงจะกลายเป็นไอ แล้วขึ้นรูปแป้งเป็นภาชนะลักษณะต่างๆ ซึ่งได้มีการผลิตและมีการทดลองจำหน่ายในหลายประเทศแถบยุโรป ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในกลุ่มนี้มีข้อดี เนื่องจากราคาของแป้งถูกกว่าพลาสติกทั่วไป จึงสามารถเป็นคู่แข่งของพลาสติกได้และมีคุณสมบัติในการย่อยสลายที่ดีที่สุด แต่ข้อดีประการสุดท้ายกลับกลายเป็นข้อจำกัดเมื่อถูกความชื้นหรือสัมผัสกับน้ำจะสามารถย่อยสลายได้ง่าย จึงไม่เหมาะสมที่จะผลิตเป็นภาชนะใส่ของที่มีความชื้น และมีข้อจำกัดของความแข็งแรง (rigidity) การพัฒนาเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ได้แก่ การออกแบบให้การผลิตเป็นไปในระบบอัตโนมัติ ผลิตได้จำนวนมากๆ การเคลือบผิวภาชนะด้วยสารเคลือบที่ย่อยสลายได้และปลอดภัย เพื่อสร้างความทนทานต่อความชื้น และการเพิ่มเส้นใยเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (ปูน และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) ซึ่งเส้นใยมีความแข็งแรงและจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้แป้งยึดเกาะ โดยเส้นใยที่ยาวจะมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยที่สั้น (อมรรัตน์ ลวัสดิทัต, อัญชลี กมลรัตน์กุล และ มยุรี ภาคลำเจียก, 2532) และพบว่าเส้นใยยังไปลดการพองตัวของแป้ง ทำให้มีความหนาแน่นมากขึ้น (Anderson, et al., 1981) ความชื้นหรือน้ำแทรกตัวเข้าไปได้น้อย บรรจุภัณฑ์จากแป้งที่เสริมเส้นใยจึงมีความแข็งแรงและทนต่อความชื้นเพิ่มขึ้น

4. วัสดุหรือสารเพิ่มคุณสมบัติแก่บรรจุภัณฑ์

4.1 แป้งดัดแปร (modified starch)

แป้งดัดแปร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่งและแป้งสาลี มาเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีหรือทางกายภาพจากเดิมด้วยความร้อน เอนไซม์ และสารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยแป้งที่นิยมนำมาเป็นแป้งดัดแปรในประเทศไทย ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก วิธีการดัดแปรแป้งสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีแรกคือ

การดัดแปรเพื่อเปลี่ยนปริมาณอะมิโลสหรืออะมิโลเพกทิน สัดส่วนของโพลีเมอร์ทั้งสองชนิดที่ต่างกันจะมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง เช่น แป้งที่มีอะมิโลสสูงมีคุณสมบัติที่จะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ได้ดี ซึ่งมีความสำคัญในการนำไปใช้เพื่อเคลือบผิวหรือเป็นกาวติดวัสดุต่างๆ รวมถึงการทำวัสดุเพื่อบรรจุอาหารที่รับประทานได้ วิธีที่สองเป็นการดัดแปรโดยวิธีทางกายภาพ ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุลของแป้ง หรือไม่มีการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งโดยสารเคมีใดๆ แต่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพเท่านั้น เช่น แป้งดัดแปรที่เรียกว่าพรีเจลาติไนส์สตาร์ช (pregelatinized starch) ที่มีคุณสมบัติเด่น คือ สามารถเป็นเจลในน้ำที่อุณหภูมิห้องหรือต่ำกว่า และดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งดิบซึ่งจะให้ความหนืดได้ทันทีซึ่งช่วยให้สะดวกและรวดเร็วเมื่อใช้ในระบบอาหารที่ไม่ต้องการความร้อน วิธีสุดท้ายเป็นการดัดแปรโดยวิธีทางเคมี ซึ่งมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมีที่นำมาใช้ ในแต่ละปฏิกิริยาจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะแตกต่างกัน สามารถเลือกได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น ครอสส์-ลิงก์สตาร์ช (cross-linked starch) เป็นแป้งดัดแปรที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างแป้งกับสารเคมีที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ (multifunctional reagent) โดยจะเป็นปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันหรืออีเทอร์ฟิเคชันขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งมากกว่า 1 หมู่ ทำให้เกิดพันธะเชื่อมข้าม (crosslinks หรือ bridges) ระหว่างโมเลกุลของแป้ง 2 โมเลกุลที่เป็นพันธะโควาเลนต์ จะช่วยส่งเสริมพันธะไฮโดรเจนที่ยึดโครงสร้างของเม็ดแป้งไว้ให้แข็งแรงมากขึ้น ลดการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้แป้งดัดแปรทนต่อสภาพความเป็นกรด ความร้อน และสภาพที่มีแรงเฉือนจากเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร สารเคมีที่ใช้ได้แก่ ฟอสฟอรัสออกซิคลอไรด์ (phosphorus oxychloride) โซเดียมไตรเมทาฟอสเฟต (sodium trimetaphosphate) หรือ อีพิคลอโรไฮดริน (epichlorohydrin) เป็นต้น (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ สิทธิโชค วัลลภาพิสัย, 2540)

4.2 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose : CMC)

การผลิตในอุตสาหกรรมอาศัยใช้ปฏิกิริยาอีเทอร์ฟิเคชันระหว่างเซลลูโลสในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับโซเดียมคลอไรด์อะซีเตต จากนั้นทำให้เป็นกลางด้วยกรด โดยมีโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมไกลโคเลตเป็นผลจากปฏิกิริยาข้างเคียง ต้องใช้เมทานอลหรืออะซีโตนสกัดแยกเกลือโซเดียมทั้งสองออก เพื่อให้ได้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์สูง คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นแอนไอออนิกเซลลูโลสอีเทอร์ที่ละลายน้ำ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นอันตราย จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 2,100 - 500,000 ดาลตัน

เมื่อละลายน้ำจะได้สารแขวนลอย มีลักษณะขุ่นเหลว ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถละลายในตัวทำละลายผสมระหว่างน้ำกับตัวทำละลายอินทรีย์ที่ละลายน้ำ เช่น เอทานอล หรืออะซีโตน มีความเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรด - ด่างประมาณ 6.5 - 8.0 และถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ ในอุตสาหกรรมอาหารใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นสารที่ทำให้ข้นหนืดในน้ำสลัด เครื่องดื่ม ในอุตสาหกรรมยาใช้เคลือบเม็ดยาเพื่อให้คงตัว ให้เป็นสารควบคุมการออกฤทธิ์ของยา เนื่องจากคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสไม่ละลายในภาวะที่เป็นกรด เช่น ในกระเพาะอาหาร แต่ละลายในภาวะที่เป็นด่าง เช่น ลำไส้ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอใช้เป็นสารที่ทำให้ผ้าฝ้ายมีความแข็งแรง ทน เย็บ โดยทอหุ้มเส้นด้ายเอาไว้ และในอุตสาหกรรมกระดาษคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสช่วยเพิ่มความเรียบและความแข็งแรง (Batdorf and Rossman, 1973)

4.3 ไคโตแซน (chitosan)

ไคโตแซนเป็นอนุพันธ์ของไคติน ที่เกิดจากการแยกหมู่อะซีทิล (deacetylation) ออกจากไคติน เกิดเป็นหมู่เอมิโนอิสระที่สามารถจับโปรตอนและทำให้โพลีเมอร์ที่ได้มีประจุเป็นบวก จึงมีคุณสมบัติละลายได้ในสารละลายหลายชนิด ซึ่งมีความเป็นกรด โดยมีค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำกว่า 5.5 เช่น กรดฟอร์มิก อะซีติก ไพรอีนิก ออกซาลิก และกรดฟอสฟอริก แต่ไม่ละลายในกรดซัลฟูริก ไคโตแซนไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายได้ในรูปเกลือของกรดและไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ทั่วไป แต่จะละลายได้ในสารพอลิแอลที่มีสภาพเป็นกรด เช่น สารละลายผสมระหว่างกลีเซอรอลกับน้ำ ที่มีกรดอะซีติกเข้มข้นร้อยละ 1 (Anonymous, 1989) ไคโตแซนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในอุตสาหกรรมและการแพทย์ เช่น ใช้ไคโตแซนบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากไคโตแซนมีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะที่ดีมาก จะจับกับอะตอมของโลหะในสารละลายได้หลายตำแหน่ง โดยเฉพาะโลหะหนักพวกปรอท ตะกั่วและยูเรเนียม ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางใช้ไคโตแซนแบบละลายน้ำเป็นสารเพิ่มความข้นเหนียวในครีม โลชั่นและคอนดิชันเนอร์ ทางทางการแพทย์นิยมใช้ไคโตแซนเร่งการรักษาบาดแผล ผลิตเป็นผ้าปะแผล ด้ายเย็บแผล เนื่องจากร่างกายไม่มีปฏิกิริยาต่อต้านไคโตแซน มันจะสลายตัวอย่างช้า ๆ เป็นคาร์โบไฮเดรตและถูกดูดซึมอย่างสมบูรณ์ในร่างกาย ส่วนในอุตสาหกรรมกระดาษพบว่า การเพิ่มไคโตแซนลงในเยื่อกระดาษจะช่วยเพิ่มความทนทานของกระดาษทำให้กระดาษมีความแข็งแรงขณะเปียกดีขึ้น ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและผลิตเป็นวัสดุห่อหุ้มอาหารซึ่งไม่เป็นพิษและมีความแข็งแรงสูง

โคโตแซนชนิดละลายน้ำ (soluble chitosan) ได้จากการทำปฏิกิริยาแบบเฮเทอโร - จีเนียส (heterogenous) ซึ่งประกอบด้วย 3 เฟส คือ เฟสแรกเป็นของแข็งที่เป็นพอลิเมอร์ (โคโตแซน) ซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ขนาดของอนุภาค ลักษณะผลึก พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลและภายในโมเลกุล ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่อะมิโนอิสระในโคโตแซนกับโมเลกุลของกรด เฟสสองเป็นของเหลวจำพวกสารอินทรีย์ และเฟสสามเป็นกรดคาร์บอกซิลิกที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ในการผลิตโคโตแซนชนิดละลายน้ำนั้น โคโตแซนจะต้องกระจายอย่างเหมาะสมในเฟสของของเหลวทั้งสองชนิด นอกจากนี้ประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกและโคโตแซนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีก ได้แก่ การแตกตัวของกรดและค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของกรด (Austin and Sennett, 1986)

4.4 ชันสน (rosin)

ชันสนเป็นสารผสมระหว่างน้ำมันกับยางไม้ของต้นสน เป็นของแข็งอสังฐาน ปร่าจะมีสีน้ำตาลดำ - เหลืองส้ม และจัดเป็นสารประเภทเทอร์โมพลาสติกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ละลายในตัวนำอินทรีย์ทั่วไป เช่น อะซีโตนหรือคลอโรฟอร์ม แต่ไม่ละลายน้ำ หลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 80 - 90 องศาเซลเซียส สลายตัวที่อุณหภูมิ 200 - 320 องศาเซลเซียส องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดเรซิน (resin acid) ร้อยละ 90 และอีกร้อยละ 10 เป็นสารอื่นๆ ที่เป็นกลาง (neutral materials) ได้แก่ แอนไฮไดรด์ (anhydrides) สเตอรอล (sterol) ไดเทอร์พีน - อัลดีไฮด์ (diterpene aldehydes) และแอลกอฮอล์ มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น ชันสนผสมกับซีลีเนียมไปทดสอบความแข็งแรงต่อแรงอัด (compressive strength) ตามวิธีมาตรฐานของ ISO 604 (ISO, 1973) มีค่าเท่ากับ 175 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่พอลิเมอร์สังเคราะห์ประเภทเทอร์โมเซตมีค่าเท่ากับ 125.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ชันสนที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีมาตรฐานกำหนดดังนี้ คือ มีสิ่งเจือปนในชันสนที่ไม่ละลายในโทลูอีนตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 269 (ASTM, 1987a) เท่ากับร้อยละ 0.09 มีค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์ตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 269 (ASTM, 1987b) เท่ากับ 132.2 และมีค่าแอซิดนัมเบอร์ตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 269 (ASTM, 1987c) เท่ากับ 179.5 การนำชันสนไปใช้ที่สำคัญอันหนึ่ง คือ การเติมชันสนลงในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ เพื่อควบคุมการดูดซึมน้ำของกระดาษ นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาง ใช้ชันสนยาเรือเพื่อป้องกันน้ำรั่วซึม และประยุกต์ใช้ชันสนในการอนุรักษ์

โบราณวัตถุ เนื่องจากชั้นสนเมื่อหลอมเหลวแล้วสามารถไหลเข้าไปสู่พูนและโพรงของโบราณวัตถุได้ดี (Mills and White, 1987)

4.5 เส้นใย (fiber)

เส้นใยเป็นสเคลอเรนไคมา (sclerenchyma) ประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้ว มีลักษณะเรียวยาว ปลายทั้งสองค่อนข้างแหลม ช่องว่างภายในเซลล์เกือบไม่มีหรือเล็กมาก เรียกว่า ลูเมน มีผนังเซลล์หนาเพราะมีลิกนินและเซลลูโลสสะสมอยู่มาก นอกจากนี้ยังมีสคลีริน (sclereid) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเส้นใย แต่เซลล์ไม่เหมือนเส้นใย คือ เซลล์อาจจะสั้นกว่า กลมหรือเหลี่ยมหรือเป็นพืดสั้น ๆ หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน มักจะอยู่เป็นกลุ่มๆ ประมาณ 2 - 100 เซลล์ พบมากตามส่วนแข็ง ๆ ของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามเปลือกของเมล็ดหรือผลไม้ เช่น กะลามาะพร้าว เมล็ดพุทรา หรือพบในเนื้อผลไม้ที่มีเนื้อสาก ๆ เช่น ฝ้ายในเนื้อลูกสาเล่เนื้อน้อยหนา และฝรั่ง เป็นต้น (เซอร์วีนอร์ทซ์, 2522) เส้นใยมีองค์ประกอบแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง (structural polysaccharides) ประกอบด้วยเซลลูโลส และคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ไม่ใช่เซลลูโลส (เฮมิเซลลูโลสและเพคตินบางตัว) กลุ่มที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง (structural nonpolysaccharides) ได้แก่ ลิกนิน และกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ไม่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง (nonstructural - polysaccharides) ประกอบด้วย กัมและมิวซิเลจ

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาระบบรักษาที่ยืดอายุได้ตามธรรมชาติ ที่มีเส้นใยเป็นองค์ประกอบ
2. ศึกษาผลของชนิดเส้นใยที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของถาด
3. ศึกษาชนิดสารเคลือบผิวและสารที่เติมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซับน้ำที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของถาด
4. ศึกษาการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากถาดที่ผลิตขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษากันคว้าต่อไป

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. วัตถุดิบ

- เปลือกโกโก้พันธุ์ อัมเปอร์อเมซอน (upper amazon) จาก อ. สวี จ. ชุมพร
- ใบสับประรดพันธุ์ ปัตตาเวีย จาก อ. ป่าบอน จ. พัทลุง
- เปลือกลูกตาลโตนดพันธุ์ผลดีดำจาก อ. สทิงพระ จ. สงขลา
- แป้งมันสำปะหลังตัดแปรแบบครอลลิง ได้รับความอนุเคราะห์จาก

บริษัท สำปะหลังพัฒนา กรุงเทพฯ

- สารยึดเหนี่ยว คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) จากบริษัท Fluka จำกัด

ประเทศสวีเดน

- สารกันน้ำ (water repellent agent) ได้แก่ PARATEX – NS 6 ได้รับความ

อนุเคราะห์จาก บริษัท สยามบรจักษ์สงขลา

- ชันสน (rosin) จากบริษัท Fluka จำกัด ประเทศสวีเดน
- ไคโตแซนชนิดละลายน้ำ (soluble chitosan) ผลิตโดยดัดแปลงวิธีของ Austin

และ Sunnett (1986)

- ขมพูพันธุ์ทุลเกล้าจากตลาด อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา

2. สารเคมี

- สารเคมีที่ใช้ในการสกัดเส้นใยและฟอกสี ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

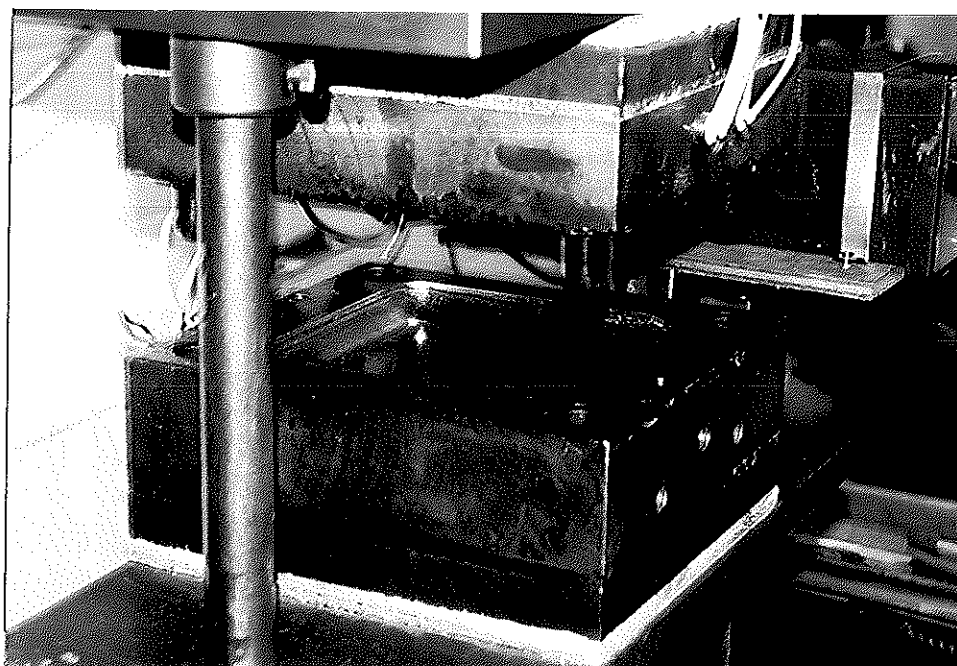
- สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ได้แก่ กรดซัลฟูริก, อะซิโตน, cetyl trimethylammonium bromine (CTAB), decahydronaphthalene sodium sulfate, disodium ethylene diamine – tetraacetate (EDTA), disodium lauryl sulfate และ disodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4)

อุปกรณ์

- เครื่องวัดค่าสี JUKI รุ่น JP 7100 F
- เครื่องวัดค่าพีเอช Mettler Delta 350
- หม้อน้ำความดันสูง
- ตู้อบแห้งลมร้อนแบบถาด
- เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ LLOYD รุ่น LR 30 K
- เครื่อง Scanning Electron Microscope แบบ JSM 5800LV ของ

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

- อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ลิกนิน เซมิเซลลูโลส เซลลูโลสและเถ้า
- เครื่องสำหรับการขึ้นรูปถาด ประกอบด้วย แม่พิมพ์ตัวผู้ และแม่พิมพ์ตัวเมีย ตัวเครื่องประกอบด้วย ฐานทำด้วยเหล็กปลอดสนิม มีฮีตเตอร์ฝังอยู่ภายใน ส่วนแม่พิมพ์ทำด้วย สเตนเลสเป็นรูปถาดขนาด (กว้าง × ยาว × สูง) 12.5 × 12.5 × 1.5 เซนติเมตร ใช้ร่วมกับ เครื่องอัดไฮโดรลิกและเครื่องควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แม่พิมพ์

วิธีการ

1. การสกัดเส้นใยจากวัสดุชนิดต่าง ๆ

1.1 สกัดเส้นใยจากเปลือกโกโก้และฟอกสีเส้นใย โดยดัดแปลงวิธีของ ฉลอง เขียมอาหาร (2533) และ Walter และคณะ (1985)

1.1.1 นำเปลือกโกโก้สดที่ผ่านการตัดตามความยาวของเปลือก ให้มีขนาดความกว้างแต่ละชิ้นประมาณ 2 นิ้ว แขนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วนวัตถุดิบต่อสารละลาย 0.5 : 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 7 ชั่วโมง จากนั้นแยกกะลาออกและนำส่วนเปลือกแช่ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที ในอัตราส่วนวัตถุดิบต่อสารละลาย 1 : 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ขั้นตอนต่อไปกรองล้างวัตถุดิบผ่านตะแกรงขนาด 16 เมช โดยมีน้ำไหลผ่านตลอด เพื่อให้เส้นใยแยกตัวออกและชะล้างเอาส่วนที่ไม่ใช่เส้นใยให้หลุดลอดผ่านตะแกรงออกไปจนเหลือแต่เฉพาะเส้นใย ล้างเส้นใยให้สะอาด สะเด็ดน้ำจนแห้ง นำเส้นใยไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบถาด จนเส้นใยมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้ง คำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้และวัดค่าสีของเส้นใย

1.1.2 นำเส้นใยที่สกัดจากข้อ 1.1.1 แขนในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย 1 : 100 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปรับให้ส่วนผสมมีค่าพีเอชประมาณ 10 - 10.5 นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำมาปรับค่าพีเอชให้เป็นกลาง จากนั้นกรองล้างผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช ด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง สะเด็ดน้ำทิ้งไว้จนแห้ง นำเส้นใยที่ได้ไปอบแห้งจนเส้นใยมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้ง วัดค่าสีของเส้นใย และนำบรรจุใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ต่อไป

1.2 สกัดเส้นใยจากเปลือกลูกตาลและฟอกสี โดยดัดแปลงวิธีของ ฉลอง เขียมอาหาร (2533) และ Walter และคณะ (1985)

1.2.1 แยกเปลือกออกจากเมล็ดลูกตาลสุกโดยใช้กรรไกร จากนั้นนำส่วนของเปลือกแช่ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที ในอัตราส่วนวัตถุดิบต่อสารละลาย 1 : 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ขั้นตอนต่อไปกรองล้างวัตถุดิบผ่านตะแกรงขนาด 16 เมช โดยมีน้ำไหลผ่านตลอด

เพื่อให้เส้นใยแยกตัวออก และชะล้างเอาส่วนที่ไม่ใช่เส้นใยให้หลุดลอดผ่านตะแกรงออกไปจนเหลือเฉพาะเส้นใย ล้างเส้นใยให้สะอาด สะเด็ดน้ำทิ้งไว้จนแห้ง นำเส้นใยไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบภาคจนเส้นใยมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้ง คำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้ และวัดค่าสีของเส้นใย

1.2.2 นำเส้นใยที่สกัดจากข้อ 1.2.1 แขนในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย 1 : 100 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปรับให้ส่วนผลมมีค่าพีเอชประมาณ 10 - 10.5 นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำมาปรับค่าพีเอชให้เป็นกลาง จากนั้นกรองล้างผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช ด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง สะเด็ดน้ำทิ้งไว้จนแห้ง นำเส้นใยที่ได้ไปอบแห้งจนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้ง วัดค่าสีของเส้นใยและนำบรรจุใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ต่อไป

1.3 สกัดเส้นใยจากใบสับปะรดและฟอกสี โดยดัดแปลงวิธีของ Chou และคณะ (1990) Hansen และ Balle (1991) และ Sen (1982)

1.3.1 เตรียมใบสับปะรด โดยตัดใบให้มีความยาว 3 เซนติเมตร นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้ง และเก็บใส่ถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิท และเก็บไว้ในที่แห้งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในขั้นต่อไป

1.3.2 นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้จำนวน 50 กรัม ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10-15 นาที โดยกวดตัวอย่างให้จมในน้ำเดือด เมื่อครบกำหนดเวลาให้สะเด็ดน้ำออกจากตัวอย่าง จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วนวัตถุดิบต่อสารละลาย 1 : 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองล้างวัตถุดิบผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช ซ้ำให้เส้นใยแยกตัวออก วางเส้นใยบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ นำเส้นใยไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบภาคจนเส้นใยมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้ง คำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้ และวัดค่าสีของเส้นใย

1.3.3 นำเส้นใยที่สกัดจากข้อ 1.3.2 แขนในสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 11 ในอัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย 1 : 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) คนให้เส้นใยกระจายตัวออกจากกัน เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก ในปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักเส้นใย คนเล็กน้อย ปิดปากภาชนะ นำไปให้

ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาดำเนินไยด้วยน้ำสะอาดบนตะแกรงขนาด 40 เมช จนหมดความเป็นต่าง จากนั้นนำเส้นไยที่ได้ไปอบแห้งจนเส้นไยมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้ง วัดค่าสีของเส้นไย และบรรจุใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ต่อไป

2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเส้นไยจากวัสดุชนิดต่าง ๆ

2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและเถ้า โดยวิธี A.O.A.C. (1990)

2.2 วิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยวิธีของ Van Soest และ Wine (1967)

3. การผลิตถาดที่เสริมเส้นไย

3.1 นำแป้งมันสำปะหลังคัดแปรจำนวน 30 กรัม เติมสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง น้ำจำนวน 25 กรัม และเส้นไยจากเปลือกโกโก้ เส้นไยจากใบส้มป่อยในจำนวนร้อยละ 6 ของน้ำหนักแป้ง (นพรัตน์ อุทัยพันธ์, 2540 ; แสงสุรีย์ โรจนสกุลวงศ์, 2540) ผสมส่วนประกอบทั้งหมดให้เข้ากัน แฝส่วนผลที่ได้ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3×3 นิ้ว ใส่ในแม่พิมพ์ที่มีอุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1) อัดแม่พิมพ์ให้ประกบติดกันนาน 5 นาที แล้วปลดแม่พิมพ์ลง และชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์วางให้เย็นแล้วตัดแต่งให้เรียบร้อย ชั่งน้ำหนักและวัดความหนาอย่างน้อย 5 จุด ที่บริเวณมุมทั้งสี่ด้านและตรงกลางของถาด ใส่ในถุงพลาสติกและปิดผนึก เก็บในภาชนะที่ปิดสนิทภายในมีซิลิกาเจลเพื่อดูดความชื้น

3.2 แป้งมันสำปะหลังคัดแปรจำนวน 30 กรัม เติมสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง น้ำจำนวน 25 กรัม และเส้นไยจากเปลือกลูกตาลจำนวนร้อยละ 2, 4 และ 6 ของน้ำหนักแป้ง ผสมส่วนประกอบทั้งหมดให้เข้ากัน นำไปขึ้นรูปเป็นถาดชั่งน้ำหนัก วัดความหนาและคัดเลือกถาดที่เสริมเส้นไยในปริมาณที่เหมาะสมจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.3 นำถาดที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่

3.3.1 การต้านแรงดัดโค้ง โดยดัดแปลงวิธีของศูนย์บรรจุหีบห่อไทย (2529)

3.3.2 การต้านแรงกด โดยดัดแปลงวิธีของศูนย์บรรจุหีบห่อไทย (2529)

3.3.3 การต้านแรงดันทะลุ โดยดัดแปลงตามวิธีมาตรฐาน ASTM D774 (1982)

3.3.4 การดูดซึมน้ำ โดยดัดแปลงตามวิธีมาตรฐาน ASTM D570 (1982)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ ชนิดของเส้นใย 3 ชนิด จากข้อ 1.1, 1.2 และ 1.3 ดังนั้นการทดลองประกอบด้วยชุดทดลองทั้งหมด 3 ชุดการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance และวัดความแตกต่างโดยใช้ Duncan's multiple range test (จิราพร ชมพิกุล, 2532)

4. ศึกษาผลของสารที่เติมต่อคุณสมบัติทางกายภาพ

4.1 นำสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 ผสมกับน้ำในอัตราส่วนสารต่อน้ำ 1:6 (ปริมาตรต่อปริมาตร) คนผสมให้เข้ากัน นำมาเคลือบภาคที่ผลิตขึ้นจากข้อ 3 โดยวิธีการจุ่มเป็นเวลา 30 วินาที จำนวน 1, 2 และ 3 ครั้ง จากนั้นนำภาคไปอบแห้งจนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้ง วัดความหนาและชั่งน้ำหนักของภาค

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จัดชุดการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ

- ชนิดของเส้นใย 3 ชนิด จากข้อ 1.1, 1.2 และ 1.3
- การเคลือบจำนวน 1, 2 และ 3 ครั้ง

ดังนั้นการทดลองประกอบด้วยชุดการทดลองทั้งหมด $3 \times 3 = 9$ ชุดการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance และวัดความแตกต่างโดยใช้ Duncan's multiple range test (จิราพร ชมพิกุล, 2532)

4.2 ผสมผงชั้นสนร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง กับแป้งมันสำปะหลังดัดแปรจำนวน 30 กรัม สารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง น้ำจำนวน 25 กรัม และเติมเส้นใยจากเปลือกโกโก้, เส้นใยจากใบสับปะรดจำนวนร้อยละ 6 ของน้ำหนักแห้ง (นพรัตน์ อุทัยพันธ์, 2540 ; แสงสุรีย์ โรจน์สกุลวงศ์, 2540) และเส้นใยจากเปลือกลูกตาลในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3.2 จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นภาค วัดความหนาและชั่งน้ำหนักของภาคที่ผลิตได้

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จัดชุดการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ

- ชนิดของเส้นใย 3 ชนิด จากข้อ 1.1, 1.2 และ 1.3
- ปริมาณชั้นสนร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง

ดังนั้นการทดลองประกอบด้วยชุดการทดลองทั้งหมด $3 \times 3 = 9$ ชุดการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance และวัดความแตกต่างโดยใช้ Duncan's multiple range test (จิราพร ชมพิกุล, 2532)

4.3 ผสมโคโตนแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง กับแป้งมันสำปะหลังดัดแปรจำนวน 30 กรัม เติมสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง น้ำจำนวน 25 กรัม และเติมเส้นใยจากเปลือกโกโก้, เส้นใยจากใบสับปะรดร้อยละ 6 ของน้ำหนักแห้ง (นพรัตน์ อุทัยพันธ์, 2540 ; แสงสุรีย์ โรจน์สกุลวงศ์, 2540) และเส้นใยจากเปลือกลูกตาลในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3.2 จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นถาด วัดความหนาและชั่งน้ำหนักของถาดที่ผลิตได้

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จัดชุดการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ

- ชนิดของเส้นใย 3 ชนิด จากข้อ 1.1, 1.2 และ 1.3
- ปริมาณโคโตนแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง

ดังนั้นการทดลองประกอบด้วยชุดการทดลองทั้งหมด $3 \times 3 = 9$ ชุดการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance และวัดความแตกต่างโดยใช้ Duncan's multiple range test (จิราพร ชมพิกุล, 2532)

4.4 นำถาดที่ผลิตได้ในข้อ 4.1- 4.3 มาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพตามข้อ 3.3 ศึกษาภาพตัดขวางของถาดโดยวิธี Scanning Electron Microscope (SEM) และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของคุณสมบัติทางกายภาพในแต่ละด้าน (Ferguson, 1976)

5. ศึกษาการใช้งานของถาดบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น

นำชิ้นชมพูที่ผ่านการล้างและตัดแต่งหนักจำนวน 100 กรัม บรรจุในถาดเสริมเส้นใยจากเปลือกโกโก้, เส้นใยจากใบสับปะรดและเส้นใยจากเปลือกลูกตาลที่มีการเคลือบ PARATEX-NS 6, เติมชั้นสน และเติมโคโตนแซนชนิดละลายน้ำ ในปริมาณที่ได้คัดเลือก หุ้มด้วยฟิล์มพีวีซี

เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

5.1 การเปลี่ยนแปลงของขมพูและกรดทางด้านลักษณะปรากฏ ผู้ทำการทดลองใช้การถ่ายภาพเป็นระยะๆ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 5 คน ในวันที่ 0, 2, 4 และ 6

5.2 การเปลี่ยนแปลงของขมพูและกรดทางด้านน้ำหนัก โดยทำการชั่งน้ำหนักของกรดและขมพู ในวันที่ 0, 2, 4 และ 6

5.3 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ ของกรดเสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิดที่เคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 กรดที่มีการเติมสารเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ได้แก่ ชันสนและโคโตนชนิดละลายน้ำ ทางด้านการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด การต้านแรงดันทะลุและการดูดซึมน้ำ ทำการตรวจสอบในวันที่ 0, 2, 4 และ 6

บทที่ 3

ผลและการวิจารณ์

1. การสกัดเส้นใยจากวัสดุชนิดต่าง ๆ

1.1 การสกัดเส้นใยจากเปลือกโกโก้

เปลือกโกโก้แบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกชั้นกลางแข็งที่สุด ซึ่งเป็นส่วนของกะลา ที่มีองค์ประกอบเป็นเซลลูโลส ที่จัดอยู่ในกลุ่มของเซลลูลิน รองมาเป็นเปลือกชั้นในและชั้นนอก เส้นใยจะอยู่ที่บริเวณเปลือกชั้นนอก ในการสกัดเส้นใยจำเป็นต้องแยกส่วนที่เป็นกะลาออกเนื่องจากเศษกะลามีความแข็งมาก อาจก่อให้เกิดปัญหาในขั้นตอนการทำภาคบรรจุภัณฑ์ได้ เส้นใยที่สกัดได้คิดเป็นปริมาณผลผลิตร้อยละ 1.21 ± 0.07 ต่อน้ำหนักแห้งของเปลือกโกโก้ (ตารางที่ 1) ใกล้เคียงกับรายงานของ นพรัตน์ อุทัยพันธ์ (2540) ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 1.19 ± 0.08 ต่อน้ำหนักแห้ง เมื่อวัดค่าสีของเส้นใย แสดงค่าสีในรูปของค่า L, a และ b โดยค่า L เท่ากับ 0 แสดงว่า มีสีดำ เมื่อค่า L เท่ากับ 100 แสดงว่า มีสีขาว สำหรับค่า a แสดงสีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก และสีเขียวเมื่อค่าเป็นลบ ค่า b แสดงสีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก และสีน้ำเงินเมื่อค่าเป็นลบ เส้นใยจากเปลือกโกโก้ที่ได้จากการสกัดมีสีน้ำตาล (ภาพที่ 2) มีค่า L, a และ b เท่ากับ 28.27 ± 0.06 , 4.58 ± 0.03 และ 8.76 ± 0.06 (ตารางที่ 2) ตามลำดับ ซึ่งมีสีเข้มไม่เหมาะสม เมื่อนำมาผสมกับส่วนประกอบอื่นๆ ในการทำภาคบรรจุภัณฑ์ จึงนำเส้นใยที่ได้มาฟอกสี ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในสภาวะต่าง การทำงานของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูงและอยู่ในสภาวะต่าง (พีเอช 8.5 - 11) (Gould, 1985) โดยที่อุณหภูมิสูงทำให้ค่าคงที่ของการแตกตัวสูงขึ้น และการเติมต่างจะช่วยลดไฮโดรเจนอิออน (H^+) และเพิ่มความเข้มข้นของเปอร์ไฮดรอกซิลอิออน (HOO^{\cdot}) (จิระศักดิ์ ชัยสนธิ, 2537) ซึ่งสามารถกำจัดลิกนินได้ถึงร้อยละ 50 (Gould, 1984) จากการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นไฮดรอกซิลอิออน ($\cdot OH$) และซูเปอร์ออกไซด์อิออน ($O_2^{\cdot -}$) ดังสมการที่ 1 และ 2 โดยอิออนทั้งสองจะทำการออกซิไดซ์ลิกนิน ให้อยู่ในรูปโมเลกุลที่มีน้ำหนักต่ำลงจนสามารถละลายน้ำได้ (Gould, 1985) ส่วนใหญ่จะได้อยู่ในรูปของกรดคาร์บอริก (Chou, et al., 1989) และมีผลทำลายพันธะคู่ของคาร์โบทีนอยด์ (Ranum and DeStefanis, 1989)



การฟอกสีเส้นใยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ได้เส้นใยที่มีค่า L a และ b เท่ากับ 70.59 ± 0.03 , 1.20 ± 0.06 และ 25.97 ± 0.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เส้นใยมีสีชาวใกล้เคียงกับแป้งมาก (ภาพที่ 2) ยาวเฉลี่ยประมาณ 1.88 เซนติเมตร มีลักษณะหนา แข็ง และเปราะแตกหักง่าย

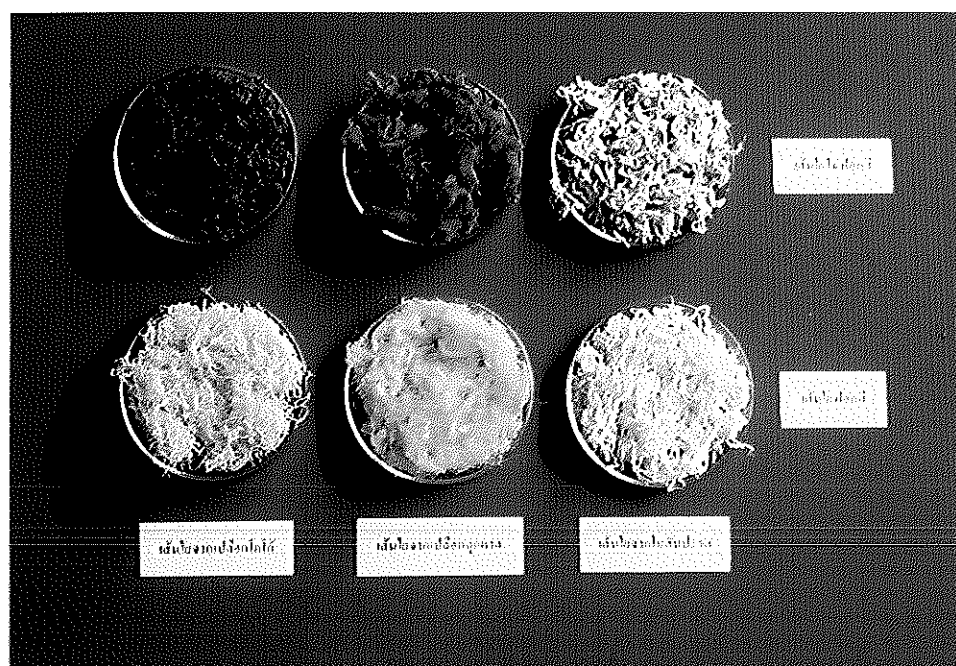
1.2 การสกัดเส้นใยจากเปลือกลูกตาล

ผลลูกตาลทุกจะพบเส้นใยอยู่บริเวณเปลือกชั้นนอก ถัดเข้าไปจะเป็นส่วนของเมล็ด การสกัดเส้นใยจึงต้องกำจัดส่วนเมล็ดออกโดยใช้กรรไกรตัด จากนั้นนำส่วนที่เหลือซึ่งเป็นเส้นใยและสารประกอบคาร์โบไฮเดรตมาต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที เมื่อครบกำหนดนำไปกรองเอาเฉพาะส่วนที่เป็นเส้นใย ได้เส้นใยคิดเป็นปริมาณผลผลิตร้อยละ 60.46 ± 0.06 ต่อน้ำหนักแห้งของเปลือกลูกตาล (ตารางที่ 1) เส้นใยจากเปลือกลูกตาลที่ได้จากการสกัดมีสีน้ำตาลใกล้เคียงกับเส้นใยจากเปลือกโกโก้ (ภาพที่ 2) มีค่า L a และ b เท่ากับ 18.01 ± 0.02 , 0.92 ± 0.05 และ 1.35 ± 0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เมื่อนำเส้นใยมาฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ได้เส้นใยที่มีค่า L a และ b เท่ากับ 74.46 ± 0.01 , 0.98 ± 0.05 และ 4.46 ± 0.03 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เส้นใยมีสีชาว ลักษณะบาง อ่อนนุ่มกว่าเส้นใยจากเปลือกโกโก้ และยาวมากกว่าเส้นใยจากใบสับปะรดและเส้นใยเปลือกโกโก้ ซึ่งมีความยาวเฉลี่ย 3.47 เซนติเมตร

1.3 การสกัดเส้นใยจากใบสับปะรด

การสกัดเส้นใยจากใบสับปะรด โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ได้เส้นใยคิดเป็นปริมาณผลผลิตร้อยละ 6.22 ± 0.08 ต่อน้ำหนักแห้งของใบสับปะรด (ตารางที่ 1) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ แลงสุรีย์ โรจน์สกุลวงศ์ (2540) มีค่าประมาณร้อยละ 6.34 ต่อน้ำหนักแห้งของใบสับปะรด และนอกจากนี้ได้กล่าวว่า การสกัดโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่ำ อุณหภูมิในการสกัดต่ำ จะให้ผลผลิตสูง และให้เส้นใย

ที่มีปริมาณแคลเซียมสูง แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ ส่วนการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักเส้นใย ในสภาวะที่เป็นต่าง ทำการฟอกสีที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบค่าสีของเส้นใยที่ได้จากการสกัดกับเส้นใยที่ฟอกสี จะพบว่า เส้นใยที่ได้จากการสกัดให้ค่า L เท่ากับ 67.97 ± 0.03 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า L ของเส้นใยที่ฟอกสี ซึ่งมีค่า L ประมาณ 79.69 ± 0.08 แสดงว่าเส้นใยที่ผ่านการฟอกสีมีสีขาวมากกว่าเส้นใยที่ได้จากการสกัด สำหรับค่า a และ b ของเส้นใยที่ได้จากการสกัดเท่ากับ 1.00 ± 0.02 และ 12.41 ± 0.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) มีค่ามากกว่าค่า a และ b ของเส้นใยที่ฟอกสีซึ่งมีค่าประมาณ 0.63 ± 0.01 และ 12.20 ± 0.05 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แสดงว่าการฟอกสีทำให้เส้นใยมีความขาวกว่าหรือมีความเข้มสีน้อยกว่าการไม่ฟอกสี (ภาพที่ 2) เส้นใยที่สกัดได้มีความยาวเฉลี่ย 2.50 เซนติเมตร มีลักษณะบาง ไม่แข็ง อ่อนนุ่มกว่าเส้นใยที่ได้จากเปลือกโกโก้และเปลือกลูกตาล เนื่องจากเส้นใยที่ได้จากส่วนของใบเป็นเส้นใยเดี่ยว รูปทรงกรวยปลายแหลม มีวอร์บอนนอกของเส้นใยเรียบ (อัจฉราพร ไศละสุต, 2529) เส้นใยจะอยู่เป็นกลุ่มกระจายตัวในเนื้อเยื่อใบ จากภาพตัดขวางของกลุ่มเส้นใยสับประรด เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 3,000 เท่า มีลักษณะหลายเหลี่ยม รี และค่อนข้างแบน มีลูเมน (lumen) อยู่ตรงกลางเส้นใย (อัจฉราพร ไศละสุต, 2529) และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยโดยประมาณเท่ากับ 5 ไมครอน (De Guzman, *et al.*, 1982)



ภาพที่ 2 เส้นใยจากเปลือกกล้วย, จากใบกล้วยและจากเปลือกกล้วย ที่ได้จากการสกัด และที่ผ่านการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ตารางที่ 1 ร้อยละของผลผลิตและความยาวของเส้นใยชนิดต่างๆ ที่ได้จากการสกัด

ชนิดของเส้นใย	ร้อยละของผลผลิต (ต่อน้ำหนักแห้ง)	ความยาวของเส้นใย (เซนติเมตร)
เส้นใยจากเปลือกโกโก้	1.21 ± 0.07	1.88
เส้นใยจากเปลือกลูกตาล	60.46 ± 0.06	<u>3.47</u>
เส้นใยจากใบสับประรด	6.22 ± 0.08	2.50

ตารางที่ 2 ค่า L , a และ b ของเส้นใยชนิดต่างๆ ที่ได้จากการสกัดและที่ผ่านการฟอกสี ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ชนิดของเส้นใย	L	A	b
ที่ได้จากการสกัด			
เส้นใยจากเปลือกโกโก้	28.27 ± 0.06	4.58 ± 0.03	8.76 ± 0.06
เส้นใยจากเปลือกลูกตาล	18.01 ± 0.02	0.92 ± 0.05	1.35 ± 0.01
เส้นใยจากใบสับประรด	67.97 ± 0.03	1.00 ± 0.02	12.41 ± 0.04
ที่ผ่านการฟอกสี			
เส้นใยจากเปลือกโกโก้	70.59 ± 0.03	1.20 ± 0.06	25.97 ± 0.02
เส้นใยจากเปลือกลูกตาล	74.46 ± 0.01	0.98 ± 0.05	4.64 ± 0.03
เส้นใยจากใบสับประรด	79.69 ± 0.08	0.63 ± 0.01	12.20 ± 0.05

2. องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยชนิดต่าง ๆ

องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย มีผลต่อคุณสมบัติของเส้นใย และเมื่อนำเส้นใยไปผลิตเป็นภาคบรรจุภัณฑ์จึงส่งผลต่อคุณสมบัติของภาค โดยเส้นใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลสมาก จะมีการดูดซึมน้ำน้อย เพราะเซลลูโลสมีคุณสมบัติไม่อมน้ำ ภาคที่ผลิตขึ้นจึงมีการดูดซึมน้ำน้อย แต่เส้นใยที่ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลสมาก จะมีการดูดซึมน้ำมาก เพราะเฮมิเซลลูโลสสามารถพองตัวทำให้เส้นใยอมน้ำ (Britt, 1979) ภาคที่ผลิตขึ้นจึงมีการดูดซึมน้ำมาก นอกจากนี้ยังขึ้นกับโครงสร้างและรูพรุนของผนังเซลล์ โดยเส้นใยที่มีโครงสร้างของผนังเซลล์จับตัวกันแน่นและมีรูพรุนน้อย มีความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำ (Chen, *et al.*, 1988 ; Gould, *et al.*, 1989 ; Ning, *et al.*, 1991) ดังนั้นการทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยแต่ละชนิด จึงมีความสำคัญเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องทำการศึกษา เส้นใยจากเปลือกโกโก้, เส้นใยจากเปลือกลูกตาลและเส้นใยจากใบสับปะรด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากเปลือกโกโก้

โกโก้ที่ใช้ในการทดลองเป็นพันธุ์อัปเปอร์เมซอน จากอำเภอสวี จังหวัดชุมพร พบว่าเปลือกโกโก้มีความชื้นสูงถึงร้อยละ 84.32 (น้ำหนักเปียก) เนื่องจากเปลือกโกโก้ประกอบด้วยน้ำและสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ โดยมีปริมาณน้ำมากกว่าร้อยละ 80 (น้ำหนักเปียก) และมีสารประกอบคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 49 - 61 (น้ำหนักแห้ง) (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, 2530) เมื่อนำเปลือกโกโก้มาผ่านการสกัด จะได้เส้นใยที่มีความชื้นร้อยละ 8.20 ± 0.2 และเถ้าร้อยละ 1.00 ± 0.09 (น้ำหนักแห้ง) มีปริมาณเซลลูโลส ลิกนินและเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 42.29 ± 0.4 19.09 ± 0.1 และ 21.22 ± 0.1 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากเปลือกลูกตาล

ลูกตาลที่ใช้ในการทดลองเป็นพันธุ์ที่มีผลสีดำ จากอำเภอสังขละ จังหวัดสงขลา พบว่าเปลือกลูกตาลมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 88.32 (น้ำหนักเปียก) เมื่อนำเปลือกลูกตาลมาผ่านวิธีการสกัดแล้วจะได้เป็นเส้นใยที่มีความชื้นร้อยละ 7.35 ± 0.1 เถ้าร้อยละ 1.16 ± 0.01 (น้ำหนักแห้ง) มีปริมาณเซลลูโลส ลิกนินและเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 63.73 ± 0.5 , 12.26 ± 0.6 และ 14.74 ± 0.2 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากใบสับปะรด

ใบสับปะรดที่ใช้ในการทดลองเป็นพันธุ์ปัตตาเวีย จากอำเภอบ้านนา จังหวัดพิจิตร พบว่าใบสับปะรดมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 80.92 (น้ำหนักเปียก) เมื่อนำใบสับปะรดมาผ่านวิธี

การสกัดได้เป็นเส้นใยที่มีความชื้นร้อยละ 8.53 ± 0.2 และเถ้าร้อยละ 1.48 ± 0.05 (น้ำหนักแห้ง) มีปริมาณเซลลูโลส ลิกนินและเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 74.46 ± 0.3 , 0.50 ± 0.1 และ 8.86 ± 0.4 ตามลำดับ (น้ำหนักแห้ง) (ตารางที่ 3)

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เส้นใยจากเปลือกโกโก้ เส้นใยจากเปลือกลูกตาลและเส้นใยจากใบสับปะรด ดังแสดงในตารางที่ 4 จะพบว่าเส้นใยจากเปลือกโกโก้มีเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบมากที่สุด รองลงมาเป็นเส้นใยจากเปลือกลูกตาล และเส้นใยจากใบสับปะรดมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสน้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อเรียงลำดับความสามารถในการดูดซึมน้ำของเส้นใยจากมากไปหาน้อยจึงได้เป็น เส้นใยจากเปลือกโกโก้ , เส้นใยจากเปลือกลูกตาลและเส้นใยจากใบสับปะรด (เส้นใยจากเปลือกโกโก้ > เส้นใยจากเปลือกลูกตาล > เส้นใยจากใบสับปะรด) เนื่องจากเหตุผลข้างต้นที่ว่า เส้นใยที่ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลสมาก จะมีการดูดซึมน้ำมาก เพราะเฮมิเซลลูโลสสามารถพองตัวทำให้เส้นใยอมน้ำ (Britt, 1979)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยทั้งสามชนิดที่ผ่านการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

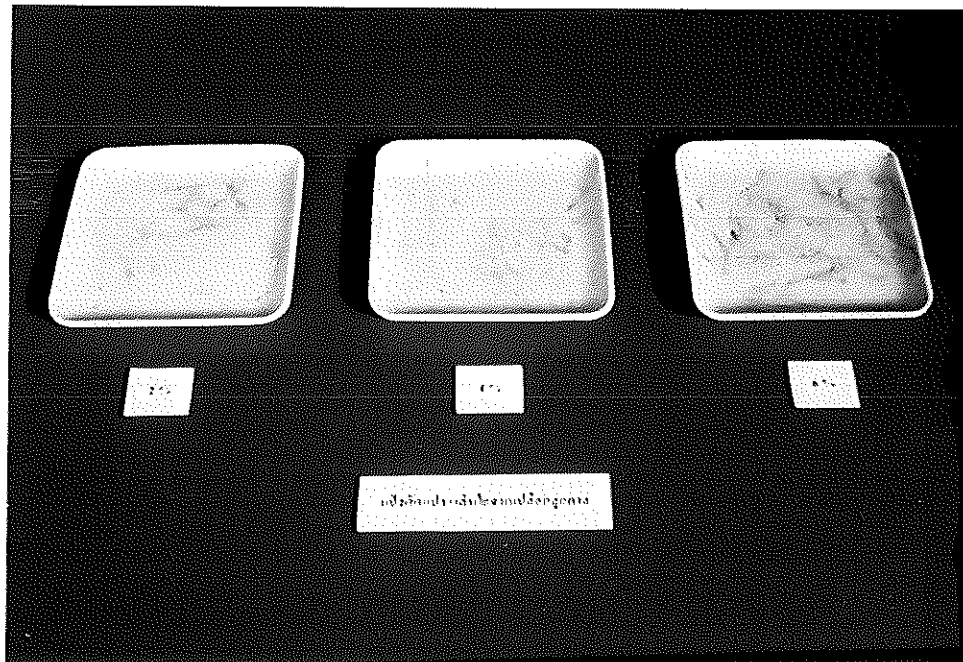
ชนิดของเส้นใย	ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)			
		เถ้า	เซลลูโลส	ลิกนิน	เฮมิเซลลูโลส
เส้นใยจากเปลือกโกโก้	8.20 ± 0.2	1.00 ± 0.09	42.29 ± 0.4	19.09 ± 0.1	21.22 ± 0.1
เส้นใยจากเปลือกลูกตาล	7.35 ± 0.1	1.16 ± 0.01	63.73 ± 0.5	12.26 ± 0.6	14.74 ± 0.2
เส้นใยจากใบสับปะรด	8.53 ± 0.2	1.48 ± 0.05	74.46 ± 0.3	0.50 ± 0.1	8.86 ± 0.4

3. ปริมาณเส้นใยจากเปลือกลูกตาลที่เหมาะสมในการผลิตถาดบรรจุภัณฑ์

นำแป้งมันสำปะหลังตัดแปร สารยึดเหนี่ยว น้ำและเส้นใยที่สกัดจากเปลือกลูกตาล จำนวนร้อยละ 2, 4 และ 6 ของน้ำหนักแป้ง ใส่ในแม่พิมพ์ที่มีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อัดแม่พิมพ์ให้ประกบติดกันทำให้เกิดความดันนาน 5 นาที ความร้อนจะทำให้ลายพันระโยโดรเจนของแป้ง ทำให้น้ำสามารถแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของแป้งได้ อะมิโลสภายในเม็ดแป้งจะละลายและดูดน้ำไว้ ทำให้น้ำเกิดการพองตัวจนเม็ดแป้งแตกออก บางส่วนของอะมิโลสจะไหลซึมออกมาในน้ำ ได้สารละลายที่มีลักษณะเหนียวข้น เกิดการจับยึดกันแน่นระหว่างโมเลกุลของแป้ง น้ำและเส้นใย (ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง, 2530 ; ศิวาพร ศิวเวช, 2529 ; Waniska and Gomez, 1992) นอกจากนี้ สารยึดเหนี่ยว คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ที่มีความเป็นกาวยสูงและมีโมเลกุลบางส่วนเป็นเซลลูโลส จึงสามารถจับกับแป้งและเส้นใยได้เป็นอย่างดี (Britt, 1970) ในขณะเดียวกันนั้น ความดันจะช่วยให้ส่วนผสมกระจายไปทั่วแม่พิมพ์ พร้อมทั้งควบคุมส่วนผสมให้มีรูปร่างตามแบบ และช่วยให้ผิวหน้าถาดเรียบสม่ำเสมอ ความดันภายในแม่พิมพ์ซึ่งมากกว่าภายนอก จะดันน้ำส่วนที่กลายเป็นไอ ให้ระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการพองตัว และอบในแม่พิมพ์ต่ออีก จนกระทั่งน้ำภายในระเหยออกหมด ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัว ไม่มีการบิดตัวในภายหลัง ถาดที่ผลิตได้จากการทดลองสามารถผ่านการทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบคุณสมบัติบรรจุภัณฑ์ ตามหลักมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งได้แก่ การดูดซึมน้ำ การต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุ เป็นต้น ดังนั้นในการคัดเลือกสูตรสำหรับผลิตถาดจึงต้องพิจารณาจากค่าทั้งสี่ กล่าวคือ ถาดต้องมีความแข็งแรงเพื่อสามารถรับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ และมีการดูดซึมน้ำน้อย เพื่อป้องกันมิให้เกิดการเสียรูปทรง เกิดการฉีกขาด ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเสริมเส้นใยลงในถาด ถาดที่เสริมเส้นใยจะมีการดูดซึมน้ำน้อยกว่าถาดที่ไม่เสริมเส้นใย เนื่องจากเส้นใยมีผลทำให้การพองตัวของแป้งลดลง และมีความหนาแน่นมากขึ้น (Anderson, et al., 1981) น้ำจึงแทรกตัวเข้าไปได้น้อย นอกจากนี้เส้นใยยังมีผลเข้าไปเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวและให้ความแข็งแรง จึงส่งผลให้ถาดเสริมเส้นใยมีค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุสูงกว่าถาดที่ไม่ได้เสริมเส้นใย

จากการทดลอง ถาดเสริมเส้นใยลูกตาลที่ผลิตได้ มีความกว้างและความยาวของปากถาดวัดภายใน (top in) เท่ากัน ประมาณ 12 เซนติเมตร ความกว้างและความยาวของกันถาดเท่ากัน ประมาณ 10 เซนติเมตร มีความลึกด้านเอียง (slant depth) ประมาณ 1.5

เซนติเมตร ความหนาประมาณ 2.82–3.27 มิลลิเมตร หนักประมาณ 29.93–32.02 กรัม (ตารางที่ 4) มีสีเหลืองอ่อนถึงสีน้ำตาลอ่อน ผิวเรียบและมีลักษณะแน่นทึบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณเส้นใยที่เสริมลงในส่วนผสมซึ่งมีค่าไม่เท่ากัน ทำให้ภาคที่ผลิตได้มีลักษณะแตกต่างกัน (ภาพที่ 3) เมื่อนำภาคตัวอย่างไปตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ยิ่งทำให้พบความแตกต่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยภาคทั้ง 3 สูตร มีค่าแรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5) ภาคที่ผลิตจากสูตรที่มีปริมาณเส้นใยลูกตาลร้อยละ 6 โดยน้ำหนักแห้ง ให้ค่าการต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุสูงกว่าภาคที่ผลิตจากสูตรที่มีปริมาณเส้นใยลูกตาลร้อยละ 4 และ 2 โดยน้ำหนักแห้ง ดังที่กล่าวมาแล้ว เส้นใยจะมีผลเข้าไปเพิ่มความยืดเหนียวและให้ความแข็งแรง ดังนั้น เมื่อภาคมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ภาคมีความแข็งแรงมากขึ้นด้วย สำหรับการดูดซึมน้ำของภาค พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อภาคที่ผลิตมีการเสริมเส้นใยลูกตาลเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2 เป็นร้อยละ 4 และ 6 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณเส้นใยลูกตาลที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตภาค จึงควรมีปริมาณเส้นใยร้อยละ 6 โดยน้ำหนักแห้ง เพราะให้ภาคที่ผลิตได้มีความแข็งแรงมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมเส้นใยลงในภาคเกินร้อยละ 6 ของน้ำหนักแห้ง จะทำให้การผสมส่วนผสมทำได้ยาก ภาคที่ผลิตได้มีผิวไม่เรียบและขึ้นรูปไม่เต็มภาค



ภาพที่ 3 ภาคเสริมเส้นใยเปลือกลูกตาล ที่มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 2, 4 และ 6 ของน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย น้ำหนักและความหนาของภาคที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกลูกตาลสูตรต่างๆ

ตัวอย่าง (%) ¹	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
A + เส้นใย 2 %	29.93	2.82
A + เส้นใย 4 %	31.69	3.03
A + เส้นใย 6 %	32.02	3.27

หมายเหตุ : A = แป้งมันสำปะหลังตัดแปรง + สารยึดเหนี่ยว + น้ำ

1 = โดยน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 5 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุของภาคที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกลูกตาลสูตรต่างๆ

ตัวอย่าง (%) ¹	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้านแรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้านแรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้านแรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
A + เส้นใย 2 %	0.063a	2.185c	3.379c	0.858c
A + เส้นใย 4 %	0.065a	2.875b	4.169b	1.414b
A + เส้นใย 6 %	0.067a	3.942a	5.382a	2.229a

หมายเหตุ : อักษรในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

A = แป้งมันสำปะหลังตัดแปรง + สารยึดเหนี่ยว + น้ำ

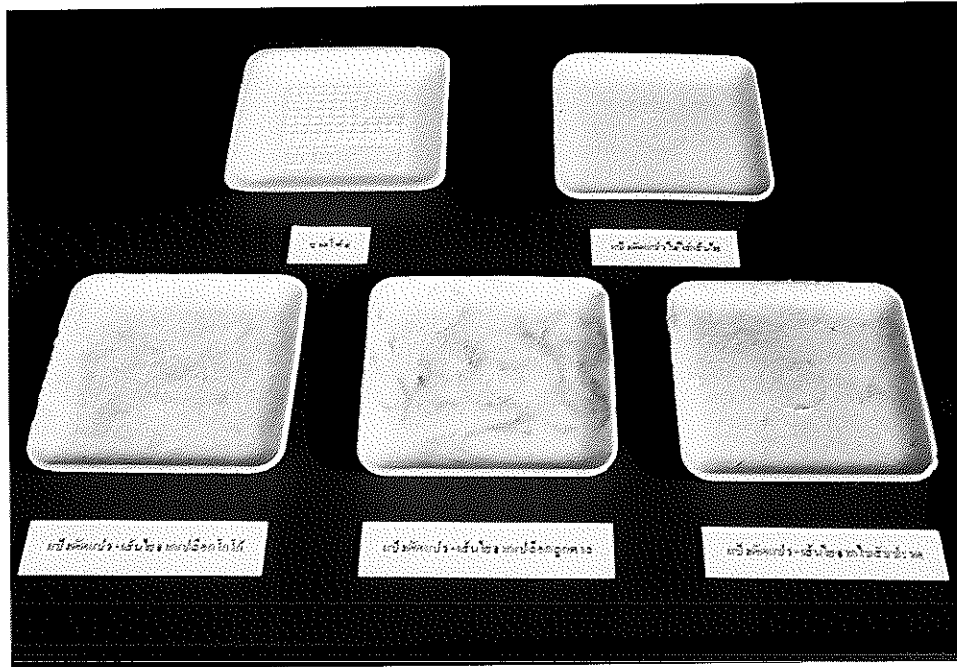
1 = โดยน้ำหนักแป้ง

4. การผลิตกรดบรจุภัณฑ์เสริมเส้นใยจากเปลือกโกโก้ , เส้นใยจากใบสับปะรด และ เส้นใยจากเปลือกลูกตาล

ทำการผลิตกรดที่ย่อยสลายได้เสริมเส้นใยจากเปลือกโกโก้ และเส้นใยจากใบสับปะรด ในปริมาณร้อยละ 6 ของน้ำหนักแป้ง (นพรัตน์ อุทัยพันธ์, 2540 ; แสงสุรีย์ โรจน์สกุลวงศ์, 2540) และผลิตกรดเสริมเส้นใยลูกตาลในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3 คือ ปริมาณร้อยละ 6 ของน้ำหนักแป้ง ภาวดังกล่าวทั้ง 3 สูตร มีความหนาวอยู่ในช่วง 3.16 - 3.26 มิลลิเมตร น้ำหนักในช่วง 31.38 - 32.02 กรัม (ตารางที่ 6) มีสีน้ำตาลอ่อน ผิวเรียบ แน่นทึบ (ภาพที่ 4) เส้นใย 3 ชนิด ได้แก่ เส้นใยจากเปลือกโกโก้, เส้นใยจากเปลือกลูกตาลและเส้นใยจากใบสับปะรด โดยเส้นใยแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะของเส้นใยและความยาวของเส้นใยที่แตกต่างกัน เมื่อนำเส้นใยแต่ละชนิดนั้นมาเสริมความแข็งแรงแก่กรดบรจุภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น จึงส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพของกรดเหล่านั้นแตกต่างกัน กล่าวคือ ภาวดเสริมเส้นใยลูกตาลมีความแข็งแรงมากกว่าภาวดเสริมเส้นใยสับปะรด และภาวดเสริมเส้นใยโกโก้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งภาวดเสริมเส้นใยลูกตาลให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้ง การต้านทานแรงกดและการต้านทานแรงดันทะลุสูงที่สุด รองลงมาเป็นภาวดเสริมเส้นใยสับปะรดและภาวดเสริมเส้นใยโกโก้ ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก เส้นใยลูกตาลมีความยาวมากกว่าเส้นใยสับปะรด และเส้นใยโกโก้ (ตารางที่ 1) ซึ่งเส้นใยที่ยาวจะมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยที่สั้น (อมรรัตน์ สวัสดิ์ทัต, อัญชลี กลมรัตนกุล และ มยรี ภาคลำเจียก, 2532) และสามารถยึดเกาะกับโครงสร้างของกรดได้มาก ทั้งยังเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว และให้ความแข็งแรงแก่กรด (ปุ่น และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของกรด สิ่งที่มีผลโดยตรง คือ องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย เส้นใยที่ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลสจำนวนมาก จะมีการดูดซึมน้ำได้มาก เนื่องจากเฮมิเซลลูโลสสามารถพองตัว ทำให้เส้นใยอมน้ำ (Britt, 1979) เส้นใยโกโก้มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสมากที่สุด รองลงมาเป็นเส้นใยลูกตาล และเส้นใยสับปะรดซึ่งมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสน้อยที่สุด (ตารางที่ 3) ดังนั้นเมื่อเรียงลำดับความสามารถในการดูดซึมน้ำของเส้นใยทั้ง 3 ชนิด จึงพบว่าเป็นดังนี้ เส้นใยโกโก้ > เส้นใยลูกตาล > เส้นใยสับปะรด และเมื่อนำเส้นใยเหล่านี้ไปเสริมความแข็งแรงแก่กรด ทำให้ภาวดที่ผลิตได้จึงมีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 7) โดยมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับความสามารถใน

การดูดซึมน้ำของเส้นใย คือ ถาดเสริมเส้นใยโกโก้จะมีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด รองลงมาเป็นถาดเสริมเส้นใยลูกตาล และถาดเสริมเส้นใยสับปะรด ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ถาดเสริมเส้นใยเปลือกโกโก้, เส้นใยสับปะรดและเส้นใยเปลือกลูกตาล ที่ปริมาณเส้นใยร้อยละ 6 ของน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย น้ำหนักและความหนาของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ , เส้นใยสับปะรดและเส้นใยลูกตาล

ตัวอย่าง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
ภาคเสริมเส้นใยโกโก้	31.38	3.16
ภาคเสริมเส้นใยสับปะรด	31.65	3.20
ภาคเสริมเส้นใยลูกตาล	32.02	3.23

ตารางที่ 7 ค่าการดูดซึมน้ำ , การต้านแรงดัดโค้ง , การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ , เส้นใยสับปะรด และเส้นใยลูกตาล ร้อยละ 6 ของน้ำหนักแป้ง

ตัวอย่าง	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
ภาคเสริมเส้นใยโกโก้	0.079a	3.035c	3.887c	1.022c
ภาคเสริมเส้นใยสับปะรด	0.058c	3.476b	4.611b	1.660b
ภาคเสริมเส้นใยลูกตาล	0.067b	3.942a	5.382a	2.229a

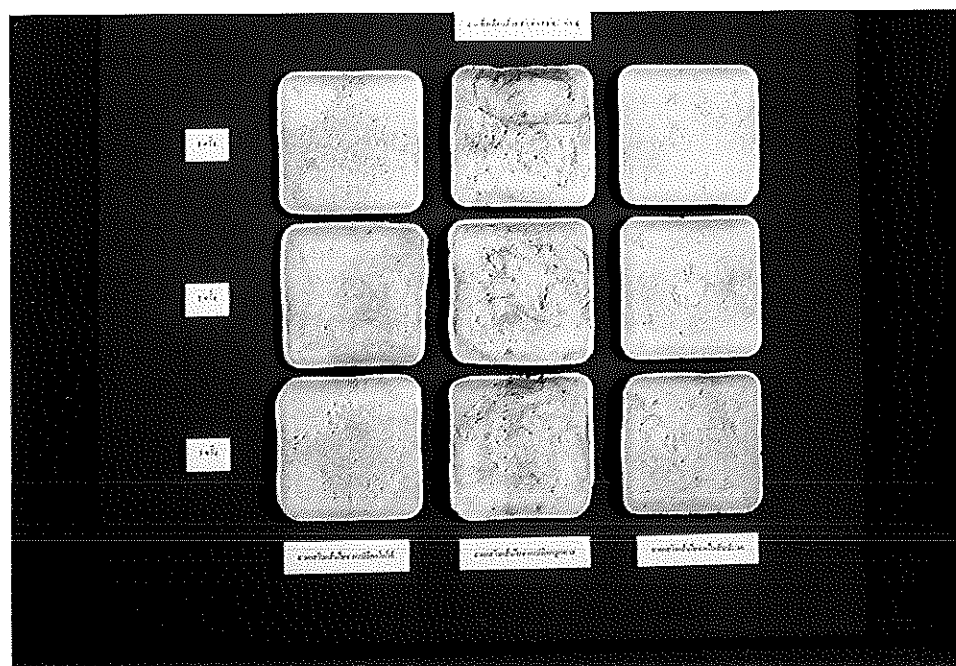
หมายเหตุ : อักษร a, b, และ c ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5. การปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของกรดบรจภูณฑ์เสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ

5.1 เคลือบสารกันน้ำ

กรดบรจภูณฑ์ที่ผลิตโดยเสริมเส้นใย 3 ชนิด ได้แก่ เส้นใยโกโก้ เส้นใยสับปะรด และเส้นใยลูกตาล เมื่อนำกรดมาเคลือบด้วยสารกันน้ำ PARATEX - NS6 จำนวน 1, 2 และ 3 ครั้ง กรดที่ได้มีลักษณะแวววาว สีเหลืองอ่อน (ภาพที่ 5) มีน้ำหนักและความหนาเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการเคลือบ กรดเสริมเส้นใยที่ผ่านการเคลือบจำนวน 1 ครั้ง มีน้ำหนักในช่วง 32.08 - 32.85 กรัม มีความหนาอยู่ในช่วง 3.75 - 3.85 มิลลิเมตร ส่วนกรดเสริมเส้นใยที่ผ่านการเคลือบ 2 ครั้ง มีน้ำหนักในช่วง 32.79 - 33.41 กรัม มีความหนาอยู่ในช่วง 4.53 - 4.67 มิลลิเมตร และกรดเสริมเส้นใยที่ผ่านการเคลือบจำนวน 3 ครั้ง มีน้ำหนักในช่วง 33.89 - 34.54 กรัม มีความหนาอยู่ในช่วง 4.98 - 5.04 มิลลิเมตร (ตารางที่ 8) จากข้อมูลข้างต้นแสดงว่าการเคลือบกรด 1 ครั้ง ทำให้กรดมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 0.8 กรัม และมีความหนาเพิ่มขึ้นประมาณ 0.6 มิลลิเมตร นอกจากผลทางด้านน้ำหนักและความหนาของกรดที่เพิ่มขึ้นแล้ว การเคลือบสารกันน้ำหลายครั้งยังผลให้กรดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย ดังผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ แสดงในตารางที่ 10 พบว่า กรดที่เสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด ที่ผ่านการเคลือบ 3 ครั้ง มีความแข็งแรงมากที่สุด ให้ค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุสูงที่สุด รองลงมาเป็นกรดที่ผ่านการเคลือบ 2 และ 1 ครั้ง ตามลำดับ ซึ่งกรดเสริมเส้นใยลูกตาลที่ผ่านการเคลือบ ยังคงมีความแข็งแรงมากกว่ากรดเสริมเส้นใยสับปะรด และกรดเสริมเส้นใยโกโก้ที่ผ่านการเคลือบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สำหรับคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของกรด พบว่า กรดที่ผ่านการเคลือบ 1 2 และ 3 ครั้ง มีค่าการดูดซึมน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 9) โดยกรดที่ผ่านการเคลือบ 3 ครั้ง มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด รองลงมาเป็นกรดที่ผ่านการเคลือบ 2 ครั้ง และกรดที่ผ่านการเคลือบเพียงครั้งเดียวมีการดูดซึมน้ำสูงที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เพราะสารกันน้ำ PARATEX - NS6 เป็นสารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอนและแว็กซ์ ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้เป็นอย่างดี จึงสามารถลดการสัมผัสระหว่างน้ำและกรด ทำให้กรดดูดซึมน้ำได้ยากและน้อยลง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาข้อมูล พบว่า การเคลือบจำนวน 3 ครั้ง ของกรดเสริมเส้นใยโกโก้ กรดเสริมเส้นใยสับปะรด และกรดเสริมเส้นใยลูกตาล มีค่าการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 9)



ภาพที่ 5 ถาดเสริมเส้นใยเปลือกโกโก้, เส้นใยใบต้วประดและเส้นใยเปลือกลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 1, 2 และ 3 ครั้ง

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย น้ำหนักและความหนา ของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ด้วยวิธีการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX – NS6

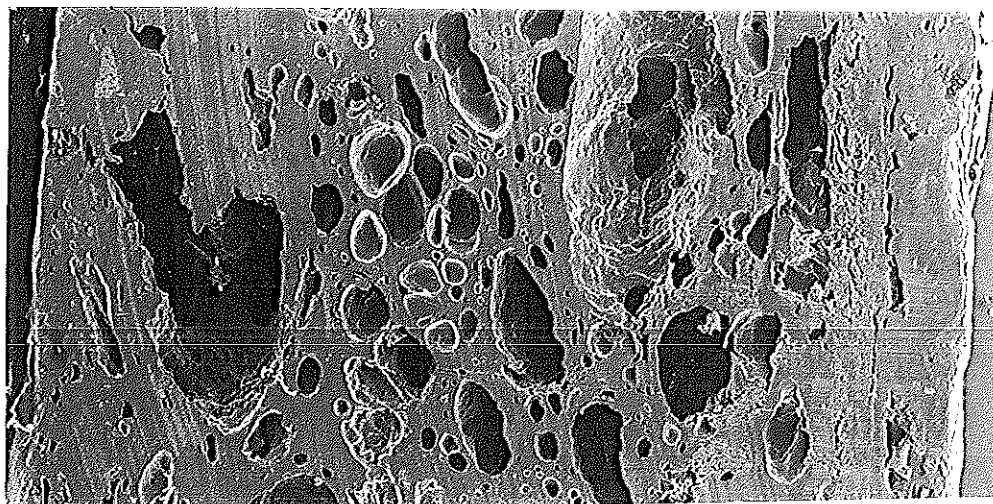
PARATEX – NS6 (ครั้ง)	ภาคเสริมเส้นใย	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
0	โกโก้	31.38	3.16
	สับปะรด	31.65	3.20
	ลูกตาล	32.02	3.23
1	โกโก้	32.08	3.75
	สับปะรด	32.46	3.81
	ลูกตาล	32.85	3.85
2	โกโก้	32.79	4.53
	สับปะรด	33.05	4.64
	ลูกตาล	33.41	4.67
3	โกโก้	33.89	4.98
	สับปะรด	34.17	5.02
	ลูกตาล	34.54	5.04

ตารางที่ 9 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS6

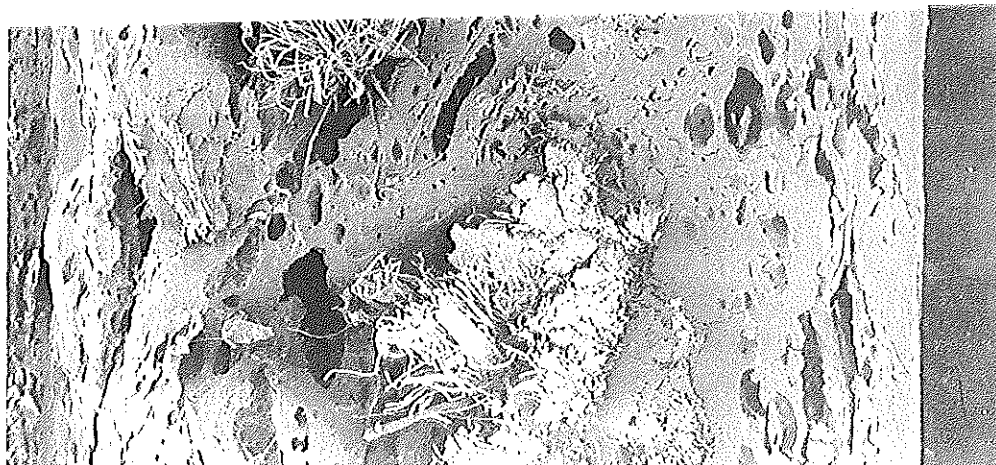
PARATEX-NS6 (ครั้ง)	ภาคเสริม เส้นใย	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
1	โกโก้	0.069a	3.340e	4.129e	1.277e
	สับปะรด	0.050b	3.572de	4.799de	1.854d
	ลูกตาล	0.063ab	4.209cd	5.512cd	2.344cd
2	โกโก้	0.047bc	3.869d	4.936d	1.919d
	สับปะรด	0.046c	4.551c	5.749c	2.415cd
	ลูกตาล	0.045c	4.949bc	6.010bc	2.789bc
3	โกโก้	0.020d	4.667c	5.862c	2.684c
	สับปะรด	0.019d	5.431b	6.531b	3.091b
	ลูกตาล	0.019d	6.098a	7.141a	3.499a

หมายเหตุ : อักษร a, b, c, d, และ e ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

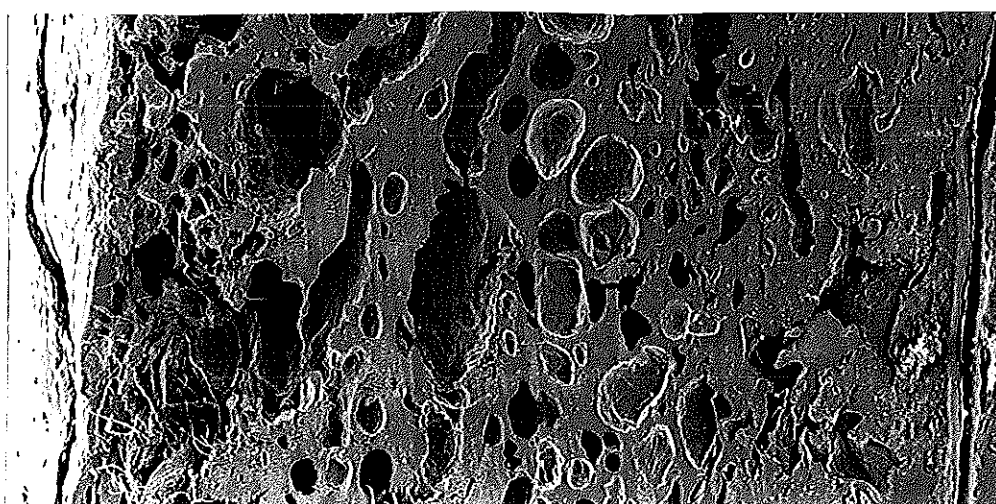
ภาพที่ 6 , 7 และ 8 แสดงภาพตัดขวางของถาดเสริมเส้นใยโกลี, เส้นใยสับประรด และเส้นใยลูกตาล (ตามลำดับ) ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง โดยวิธี Scanning Electron Microscope (SEM) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 40 เท่า พบว่า ที่ผิวถาดทั้งด้านซ้ายและด้านขวามีลักษณะเรียบ แน่น ไม่มีโพรงอากาศ เนื่องจากสารกันน้ำได้เคลือบผิวและแทรกเข้าไปจุดโพรงต่างๆ แต่เมื่อพิจารณาถัดเข้าไปบริเวณตรงกลางถาด พบโพรงอากาศและกลุ่มของเส้นใยกระจายอยู่ทั่วไป



ภาพที่ 6 ภาพตัดขวางของถาดเสริมเส้นใยโกลีที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง



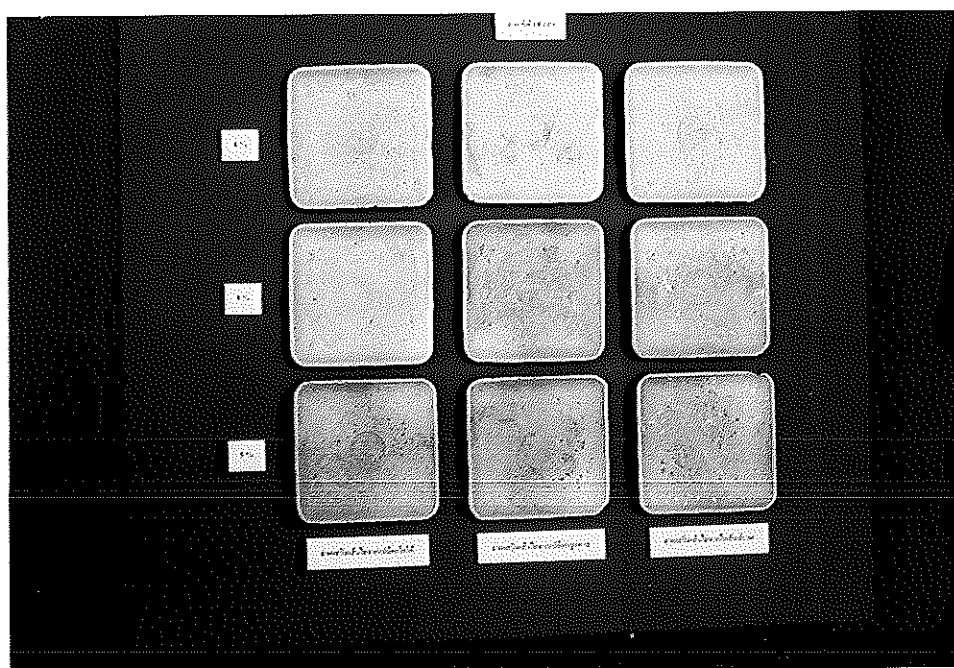
ภาพที่ 7 ภาพตัดขวางของเถาเด็มนไยดิบประด ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ
PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง



ภาพที่ 8 ภาพตัดขวางของเถาเด็มนไยลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ
PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง

5.2 เติมชั้นสน

การปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด โดยการเติมผงชั้นสนร้อยละ 1 3 และ 5 ของน้ำหนักแป้ง ผสมกับส่วนประกอบอื่นๆ แล้วนำไปขึ้นรูปเป็นภาคบรรจุภัณฑ์ ภาคที่ผลิตได้มีผิวเรียบ ลักษณะแน่นทึบ มีสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลแก่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณชั้นสนที่เติม เพราะผงชั้นสนเมื่อได้รับความร้อนจะหลอมเหลวและมีสีน้ำตาลดำ (ภาพที่ 9) ส่วนน้ำหนักและความหนาเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากภาคที่ไม่เติมชั้นสน มีน้ำหนักในช่วง 31.74 – 33.47 กรัม มีความหนาอยู่ในช่วง 3.16 – 3.24 มิลลิเมตร (ตารางที่ 10) เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของภาค จากข้อมูลตารางที่ 11 พบว่าการเติมชั้นสนลงในส่วนผสมของภาค ทำให้ภาคมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยภาคเสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง ให้ค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุมากกว่าภาคเสริมเส้นใยชนิดเดียวกัน ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 3 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง พบว่า ภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่เติมชั้นสนยังคงมีความแข็งแรง มากกว่าภาคเสริมเส้นใยสับปะรด และภาคเสริมเส้นใยโกโก้ที่เติมชั้นสน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากชั้นสนจัดเป็นสารประเภทเทอร์โมพลาสติก มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายได้ในตัวทำละลาย (McGraw – Hill, 1971 ; Mills and White, 1987) และเมื่อได้รับความร้อนจะหลอมเหลว สามารถไหลเข้าไปสู่รูพรุนและโพรงโครงสร้างของภาคได้ดี ทำให้โครงสร้างของภาคเชื่อมเกาะกัน ส่งผลให้ภาคมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น และลดการดูดซึมน้ำของภาค ฉะนั้นภาคเสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง จึงมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด และแตกต่างจากภาคเสริมเส้นใยที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 3 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง ซึ่งภาคเสริมเส้นใยลูกตาลและภาคเสริมเส้นใยสับปะรด จะมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าภาคเสริมเส้นใยโกโก้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ค่าการดูดซึมน้ำของภาคที่เสริมเส้นใยลูกตาล และภาคที่เสริมเส้นใยสับปะรดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 11) ดังนั้นการเติมชั้นสนในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของภาคที่เสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด คือ การเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง ซึ่งช่วยทำให้ภาคที่ผลิตได้มีความแข็งแรงสูงที่สุดและมีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด แต่ถ้าเติมชั้นสนลงในส่วนผสมของแป้ง เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง จะทำให้ส่วนผสมไม่เข้ากัน ภาคที่ผลิตได้มีสีคล้ำดำ ผิวภาคหตุร่อน ลักษณะปรากฏไม่สวยงาม



ภาพที่ 9 ภาดเสริมเส้นใยเปลือกโกโก้, เส้นใยโอบตบปะรดและเส้นใยเปลือกลูกตาล
ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย น้ำหนักและความหนาของถาดเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุง
คุณสมบัติการดูดซับน้ำด้วยการเติมชั้นสน

ชั้นสน (%) ¹	ถาดเสริมเส้นใย	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
0	โกโก้	31.38	3.16
	สับปะรด	31.65	3.20
	ลูกตาล	32.02	3.23
1	โกโก้	31.74	3.16
	สับปะรด	31.90	3.21
	ลูกตาล	32.25	3.23
3	โกโก้	32.22	3.17
	สับปะรด	32.49	3.21
	ลูกตาล	32.94	3.24
5	โกโก้	32.88	3.18
	สับปะรด	33.15	3.21
	ลูกตาล	33.47	3.24

หมายเหตุ : 1 = โดยน้ำหนักแห้ง

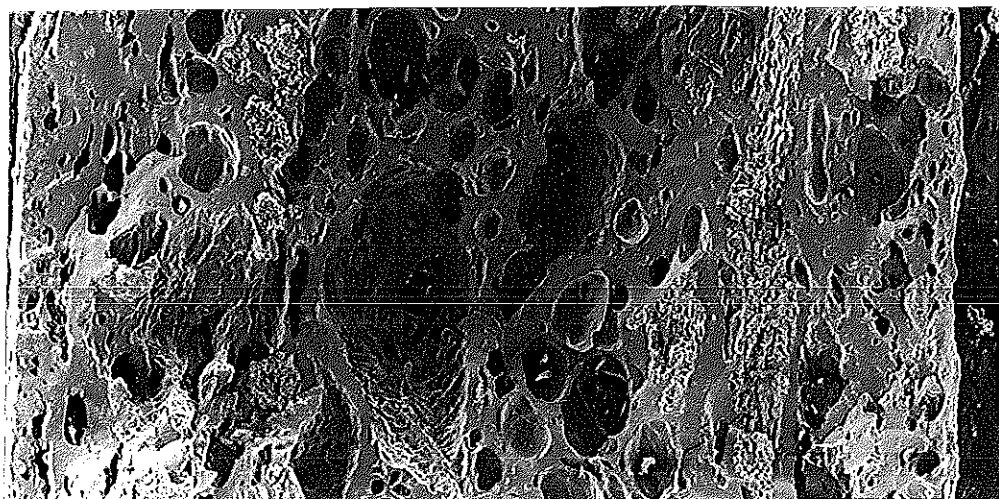
ตารางที่ 11 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมชั้นสน

ชั้นสน (%) ¹	ภาคเสริม เส้นใย	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
1	โกโก้	0.073a	3.117e	3.923e	1.097e
	สับปะรด	0.053c	3.548d	4.738cd	1.723d
	ลูกตาล	0.064b	3.990c	5.425b	2.341c
3	โกโก้	0.060b	3.372de	4.491d	1.439de
	สับปะรด	0.049c	3.808c	4.990c	2.034cd
	ลูกตาล	0.052c	4.294b	5.722ab	2.511b
5	โกโก้	0.039d	3.865c	5.008c	1.933d
	สับปะรด	0.028e	4.160b	5.341b	2.479b
	ลูกตาล	0.031e	4.773a	6.059a	2.903a

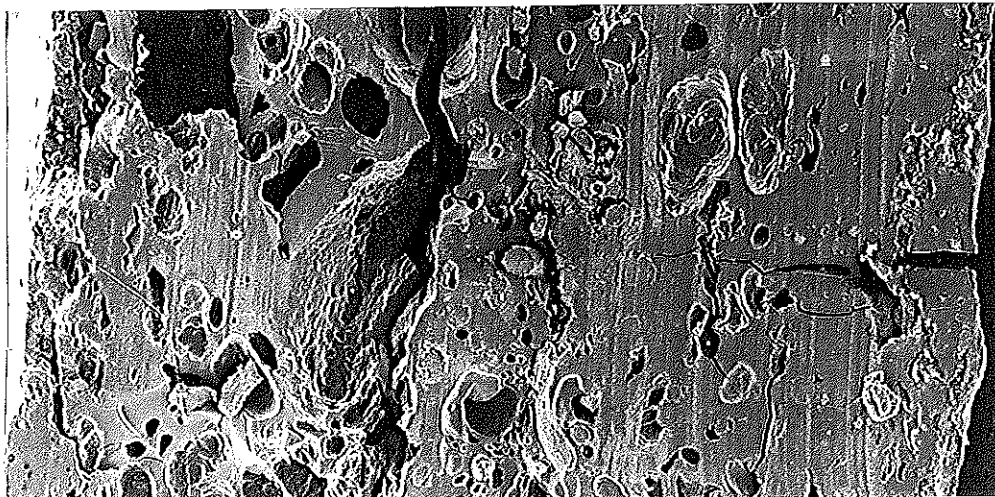
หมายเหตุ : อักษร a, b, c, d และ e ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

¹ = โดยน้ำหนักแห้ง

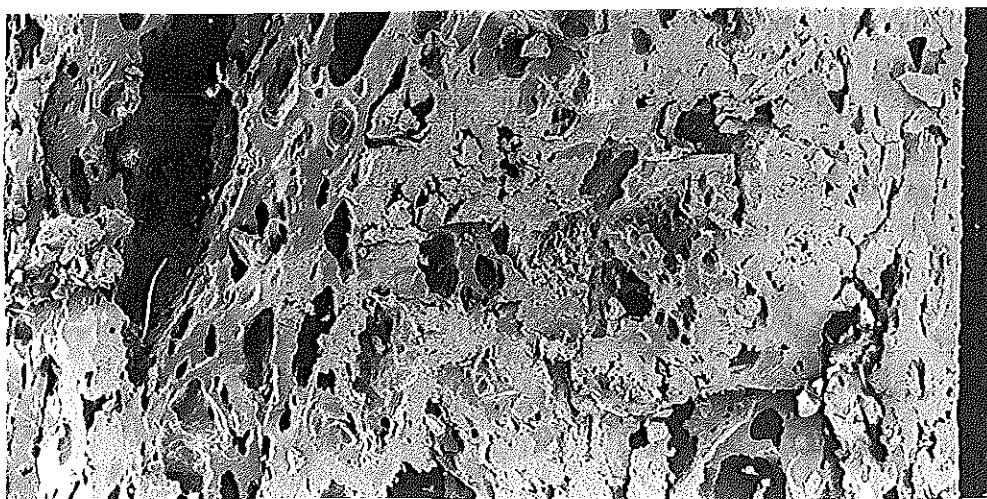
ภาพที่ 10, 11 และ 12 แสดงภาพตัดขวางของถาดเสริมเส้นใยโกลี, เส้นใยสับปะรด และเส้นใยลูกตาล (ตามลำดับ) ที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง โดยวิธี Scanning Electron Microscope (SEM) ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 40 เท่า พบว่าที่ผิวถาดทั้งด้านซ้ายและด้านขวามีลักษณะไม่เรียบ มีโพรงอากาศขนาดเล็กกระจายอยู่ เมื่อพิจารณาถัดเข้าไปบริเวณตรงกลางถาด พบโพรงอากาศขนาดใหญ่จำนวนเล็กน้อย มีกลุ่มของเส้นใยกระจายอยู่ทั่วถาด และพบผลึกของชั้นสนกระจายอยู่ทั่วไป บ้างเป็นกลุ่มผลึกเล็ก ๆ อดตามรูโพรงอากาศ บ้างเรียงตัวต่อกันกลายเป็นผลึกชั้นสนก้อนโต



ภาพที่ 10 ภาพตัดขวางของถาดเสริมเส้นใยโกลี ที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง



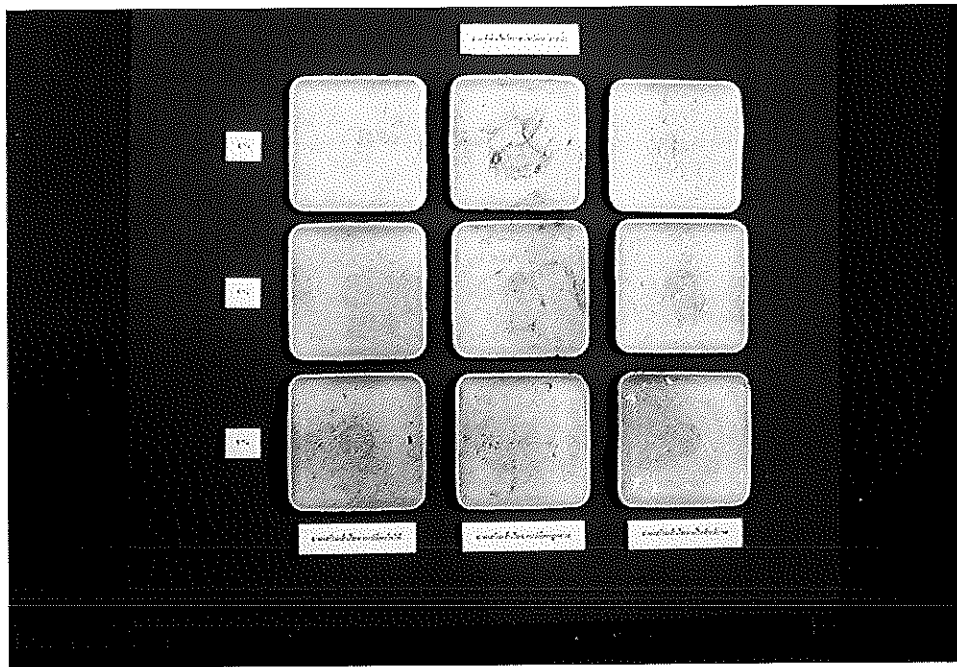
ภาพที่ 11 ภาพตัดขวางของเถาเดริมเส้นใยสับปะรด ที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง



ภาพที่ 12 ภาพตัดขวางของเถาเดริมเส้นใยลูกตาล ที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง

5.3 เติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำ

เติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแป้ง ลงในส่วนผสมของการผลิตถาดเสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของถาด ซึ่งถาดที่ผลิตได้มีผิวเรียบ ลักษณะแน่นทึบ มีสีเหลืองถึงสีน้ำตาลอ่อน (ภาพที่ 7) มีน้ำหนักและความหนาเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากถาดเสริมเส้นใยที่ไม่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำ คือ มีน้ำหนักในช่วง 31.70 – 33.50 กรัม ความหนาอยู่ในช่วง 3.16 – 3.25 มิลลิเมตร (ตารางที่ 12) สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพของถาด พบว่า การเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำลงในส่วนผสมของถาดทำให้ถาดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยถาดเสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด ที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง ให้ค่าการต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุมากกว่าถาดเสริมเส้นใยชนิดเดียวกัน ที่มีการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 3 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง ซึ่งถาดเสริมเส้นใยลูกตาลที่เติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำยังคงมีความแข็งแรงมากกว่าถาดเสริมเส้นใยสับปะรดและถาดเสริมเส้นใยโกโก้ ที่เติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เหตุที่การเติมโคโตแซนแล้วถาดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากโคโตแซนมีความสามารถในการเกิดเป็นแผ่นฟิล์ม โดยผงโคโตแซนซึ่งผสมรวมกับส่วนประกอบอื่น ๆ สัมผัสกับน้ำที่เติมในสูตร ทำให้โคโตแซนละลายน้ำกลายเป็นเจลและสร้างโครงสร้างร่างแห เมื่อนำของผสมไปขึ้นรูปบนแม่พิมพ์ ความร้อนจะทำให้น้ำระเหยออกไป เกิดเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มโคโตแซนแทรกไปตามโครงสร้างของถาด ส่งผลให้ถาดมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น และแผ่นฟิล์มโคโตแซนไปลดพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำและแป้ง โดยอาจแทรกเข้าไปอุดรูหรือโพรงอากาศภายใน ทำให้ถาดดูดซึมน้ำน้อยลง จากผลการทดลองจะเห็นว่า ถาดเสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด ที่มีการเติมโคโตแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง ให้ค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ซึ่งถาดเสริมเส้นใยลูกตาลและถาดเสริมเส้นใยสับปะรด มีค่าการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าถาดเสริมเส้นใยโกโก้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 13) ดังนั้นการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของถาดเสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด คือ การเติมโคโตแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง ซึ่งช่วยทำให้ถาดที่ผลิตได้มีความแข็งแรงสูงที่สุดและมีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด



ภาพที่ 13 ถาดเสริมเส้นใยเปลือกโกโก้, เส้นใยโอบตบประดและเส้นใยเปลือกลูกตาล ที่มีการเติมโคโคแทนซินิดละลายน้ำร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย น้ำหนัก และความหนาของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำ

โคโตแซนชนิด ละลายน้ำ (%) ¹	ภาคเสริมเส้นใย	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
0	โกโก้	31.38	3.16
	สับปะรด	31.65	3.20
	ลูกตาล	32.02	3.23
1	โกโก้	31.70	3.16
	สับปะรด	31.93	3.20
	ลูกตาล	32.28	3.23
3	โกโก้	32.26	3.16
	สับปะรด	32.51	3.21
	ลูกตาล	32.91	3.24
5	โกโก้	32.85	3.17
	สับปะรด	33.12	3.21
	ลูกตาล	33.50	3.25

หมายเหตุ : 1 = โดยน้ำหนักแห้ง

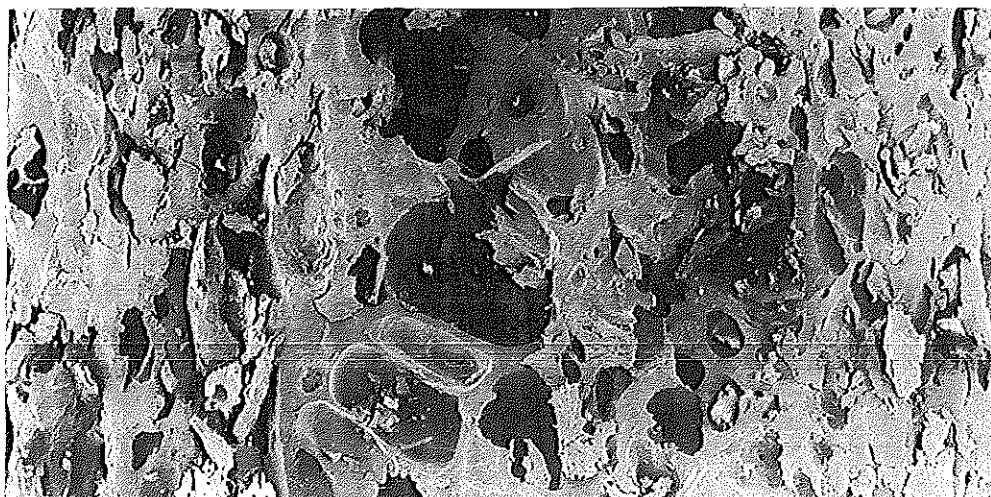
ตารางที่ 13 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้าน แรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยการเติมโคโตนชนิดละลายน้ำ

โคโตนชนิดละลายน้ำ (%) ¹	ภาคเสริมเส้นใย	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้านแรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้านแรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้านแรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
1	โกโก้	0.078a	3.104e	3.909e	1.076e
	สับปะรด	0.056c	3.515c	4.684cd	1.705cd
	ลูกตาล	0.066b	3.996b	5.407b	2.304b
3	โกโก้	0.065b	3.253d	4.332d	1.381d
	สับปะรด	0.052cd	3.741bc	4.863c	2.088c
	ลูกตาล	0.058c	4.066ab	5.579ab	2.439b
5	โกโก้	0.049d	3.670bc	4.951c	1.799cd
	สับปะรด	0.038e	3.944b	5.300b	2.289b
	ลูกตาล	0.045e	4.597a	5.726a	2.723a

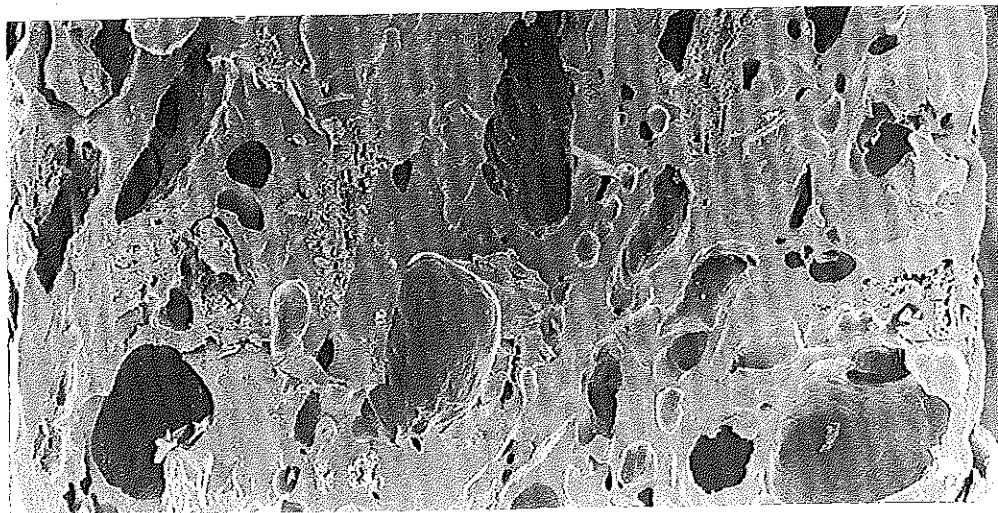
หมายเหตุ : อักษร a, b, c, d และ e ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

¹ = โดยน้ำหนักแห้ง

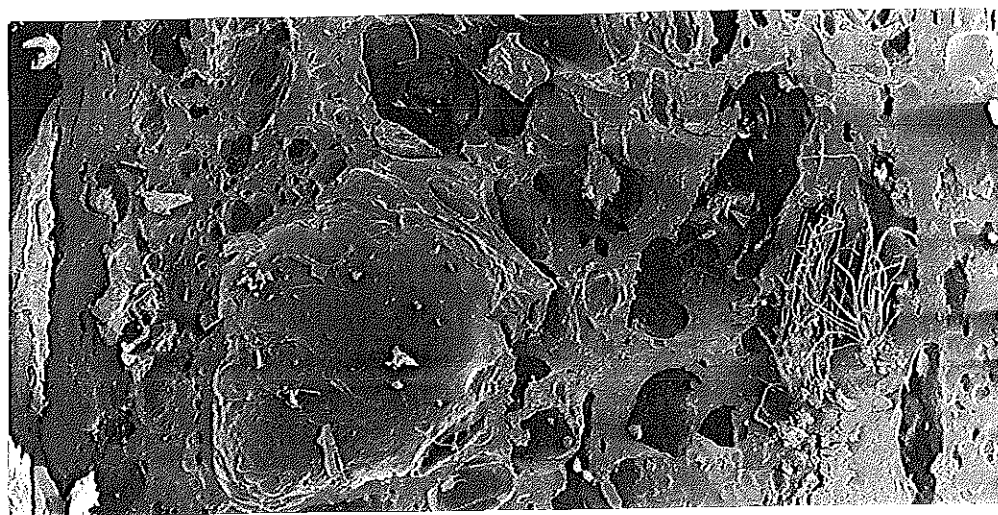
ภาพที่ 14, 15 และ 16 แสดงภาพตัดขวางของภาคเสริมเส้นใยโกโก้, เส้นใยสับปะรด และเส้นใยลูกตาล (ตามลำดับ) ที่เติมโคโตนแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง โดยวิธี Scanning Electron Microscope (SEM) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 40 เท่า พบว่า ที่ผิวภาคทั้งด้านซ้ายและด้านขวามีลักษณะไม่เรียบ บริเวณด้านในของภาคมีกลุ่มของเส้นใยกระจายอยู่ทั่วไป มีโพรงอากาศทั้งขนาดเล็กและใหญ่ และพบโพรงอากาศที่มีฟิล์มโคโตนแซนหรืออนุภาคของโคโตนแซนแทรกอยู่ภายใน กระจายอยู่ทั่วภาค



ภาพที่ 14 ภาพตัดขวางของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่เติมโคโตนแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง



ภาพที่ 15 ภาพตัดขวางของกรดเทริมแลนโอยด์บประรด ที่เติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง



ภาพที่ 16 ภาพตัดขวางของกรดเทริมแลนโอยด์ลูกตาล ที่เติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง

การปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยทั้ง 3 วิธี อันได้แก่ การเคลือบด้วยสารกันน้ำ การเติมชั้นสน และการเติมโคโตนแซนชนิดละลายน้ำ มีกลไกการทำงานที่ทำให้ภาคดูดซึมน้ำน้อยลงที่แตกต่างกันดังได้กล่าวไปแล้ว เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากข้อมูลค่าการดูดซึมน้ำของภาคแต่ละชนิด ในตารางที่ 9, 11 และ 13 จะพบว่าภาคเสริมเส้นใยที่มีการเคลือบด้วยสารกันน้ำมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด รองลงมาเป็นภาคเสริมเส้นใยที่มีการเติมชั้นสน และภาคเสริมเส้นใยที่มีการเติมโคโตนแซนชนิดละลายน้ำซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด เหตุผลที่ทำให้เป็นเช่นนั้นเนื่องจากการเคลือบภาคด้วยสารกันน้ำนั้น สารกันน้ำจะไปเคลือบอยู่ที่ผิว ทำให้โอกาสที่น้ำสัมผัสกับภาคแล้วถูกดูดซึมเป็นไปได้น้อย ภาคชนิดนี้จึงมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำมาก ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการ เพราะทำให้สามารถนำภาคไปใช้งานได้กว้างขึ้น สามารถใช้ได้กับอาหารที่มีความชื้นสูงเพื่อทดแทนการใช้ภาคโฟม ส่วนวิธีการเติมชั้นสนและการเติมโคโตนแซนชนิดละลายน้ำลงในส่วนผสมของแป้ง แล้วนำไปขึ้นรูปเป็นภาคนั้น ถึงแม้ว่าภาคที่ได้จะมีค่าการดูดซึมน้ำลดลง เมื่อเทียบกับภาคที่ยังไม่ได้ปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ แต่ก็ยังคงมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากเติมสารในปริมาณเพียงร้อยละ 1 3 และ 5 ของน้ำหนักแป้ง เท่านั้น ดังนั้นชั้นสนและโคโตนแซนชนิดละลายน้ำ จึงไม่สามารถแทรกเข้าไปอุดรูหรือโพรงภายในโครงสร้างได้ทั้งหมด เมื่อภาคสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นจึงยังคงสามารถดูดซึมน้ำได้ ในการนำชั้นสนและโคโตนแซนมาปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของภาคนั้นต่างก็มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ โดยวิธีการเติมชั้นสนมีข้อจำกัดในเรื่องของปริมาณ คือ ถ้าเติมชั้นสนลงในส่วนผสมของแป้งเกินร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง จะทำให้ส่วนผสมไม่เข้ากัน ภาคที่ผลิตได้มีสีคล้ำดำ ผิวภาคหตุร่อน ลักษณะที่ปรากฏไม่สวยงาม สำหรับวิธีการเติมโคโตนแซนมีข้อจำกัดในเรื่องชนิดของโคโตนแซน คือ เลือกใช้โคโตนแซนชนิดละลายน้ำ เพื่อต้องการให้โคโตนแซนละลายในน้ำ และน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ภาคเสริมเส้นใยที่มีการเติมโคโตนแซนชนิดละลายน้ำมีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าภาคที่มีการเติมชั้นสน และภาคที่มีการเคลือบสารกันน้ำ เพราะโคโตนแซนที่เติมลงในส่วนผสมของภาคจะกลายเป็นฟิล์มและยังคงสามารถดูดซึมน้ำได้ เมื่อสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นจากอาหารที่บรรจุ ทำให้ภาคยังคงดูดซึมน้ำได้ แต่หากเลือกใช้โคโตนแซนชนิดไม่ละลายน้ำ น่าจะทำให้ภาคมีการดูดซึมน้ำน้อยกว่าการใช้โคโตนแซนชนิดละลายน้ำ เพราะเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นจากอาหารที่บรรจุโคโตนแซนก็จะไม่มีการดูดซึมน้ำหรือละลาย นอกจากนี้การปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของภาคเสริมเส้นใยทั้ง 3 วิธี ยังส่งผลถึงความแข็งแรงของภาค เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากข้อมูลค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุ ของภาคแต่ละชนิด ในตารางที่ 9

11 และ 13 จะพบว่า ภาดเสริมเส้นใยที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง มีความแข็งแรงมากกว่า มีค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุมากที่สุด รองลงมาเป็นภาดเสริมเส้นใยที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง และ ภาดเสริมเส้นใยที่มีการเติมโคโตนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง มีค่าแรงทั้งตามน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษา และคุณสมบัติทางกายภาพของภาด โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ดังแสดงในตารางที่ 14 ซึ่งปัจจัยที่ศึกษาคือ ปริมาณสารปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของภาด ได้แก่ การเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 1 2 และ 3 ครั้ง การเติมชั้นสนปริมาณร้อยละ 1 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง การเติมโคโตนชนิดละลายน้ำปริมาณร้อยละ 1 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง และคุณสมบัติทางกายภาพของภาด อันได้แก่ การดูดซึมน้ำ การต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังนี้ (Ferguson, 1976)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ความสัมพันธ์
0.00 - 0.20	ไม่มี
0.20 - 0.40	ต่ำ
0.40 - 0.60	กลาง
0.60 - 0.80	ค่อนข้างสูง
0.80 - 1.00	สูง

ตารางที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพของภาค

ปัจจัย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)			
	การดูดซึมน้ำ	การต้านแรงดัดโค้ง	การต้านแรงกด	การต้านแรงดันทะลุ
ปริมาณสารปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ				
PARATEX - NS 6				
เส้นใยโกล์	-0.99 ^{**}	0.98 [*]	0.99 ^{**}	0.99 ^{**}
เส้นใยสับปะรด	-0.89 [*]	0.99 ^{**}	0.98 [*]	0.99 ^{**}
เส้นใยลูกตาล	-0.98 [*]	0.99 [*]	0.99 [*]	0.99 ^{**}
ชั้นสน				
เส้นใยโกล์	-0.98 [*]	0.97 [*]	0.98 [*]	0.99 ^{**}
เส้นใยสับปะรด	-0.96 [*]	1.00 ^{**}	1.00 [*]	1.00 ^{**}
เส้นใยลูกตาล	-0.98 [*]	0.99 [*]	0.98 [*]	0.99 [*]
โคโตนแซนชนิดละลายน้ำ				
เส้นใยโกล์	-0.99 [*]	0.98 [*]	0.99 ^{**}	0.99 ^{**}
เส้นใยสับปะรด	-0.98 [*]	0.96 [*]	0.91 [*]	0.99 ^{**}
เส้นใยลูกตาล	-0.98 [*]	0.89 [*]	0.96 [*]	0.99 [*]

หมายเหตุ : * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

ค่าการดูดซึมน้ำของภาค แสดงความสัมพันธ์เชิงลบกับทุกปัจจัยที่ศึกษา (จำนวนครั้งของการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 ปริมาณชั้นสนที่เติม และปริมาณโคโตนแซนชนิดละลายน้ำ) คือถ้าปัจจัยดังกล่าวเพิ่มขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำของภาคมีค่าลดลง เช่น ปริมาณชั้นสนเพิ่มขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำของภาคมีค่าลดลง ซึ่งทุกปัจจัยมีความสัมพันธ์สูงกับค่าการดูดซึมน้ำของภาค ส่วนค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุ แสดงความสัมพันธ์

เชิงบวกกับทุกปัจจัยที่ศึกษา คือถ้าปัจจัยดังกล่าวเพิ่มขึ้น ค่าการต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เช่น ปริมาณชั้นสนเพิ่มขึ้น ค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกดและการต้านแรงดันทะลุมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าแรงทั้งสามมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับทุกปัจจัยที่ศึกษา

ดังนั้นการศึกษาปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ของภาคเสริมเส้นใยทั้ง 3 ชนิด ด้วยวิธีการการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 การเติมชั้นสน และการเติมโคโตนชนชนิดละลายน้ำ จึงสามารถคัดเลือกภาคที่เหมาะสมเพราะมีความแข็งแรงมากที่สุดและมีการดูดซึมน้ำน้อย ได้ทั้งหมด 9 ชุดการทดลอง อันได้แก่

- ภาคเสริมเส้นใยโกล์ที่เคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง
- ภาคเสริมเส้นใยลัมปะรดที่เคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง
- ภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่เคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง
- ภาคเสริมเส้นใยโกล์ที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
- ภาคเสริมเส้นใยลัมปะรดที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
- ภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
- ภาคเสริมเส้นใยโกล์ที่เติมโคโตนชนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
- ภาคเสริมเส้นใยลัมปะรดที่เติมโคโตนชนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
- ภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่เติมโคโตนชนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง

6. การประยุกต์ใช้ประโยชน์จากบรรจุมันท์ที่ผลิตได้

ถาดที่คัดเลือกจากข้อที่ 5 และถาดโฟม (ตัวอย่างควบคุม) นำมาบรรจุขมพูที่ผ่านการตัดแต่งและหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน หลังจากนั้นทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของขมพูและถาด พบว่า

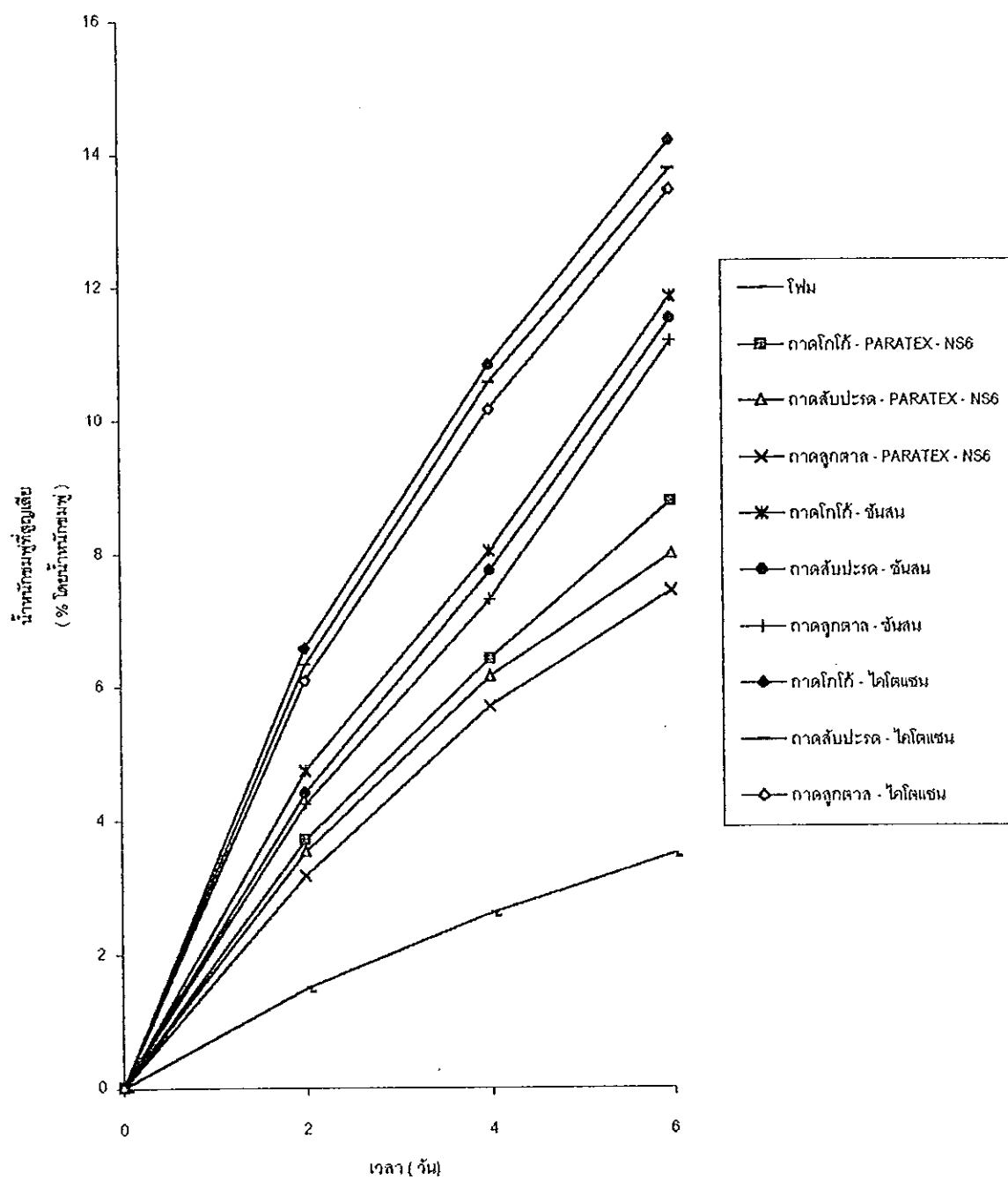
การเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะปรากฏของขมพูและถาด เกิดขึ้นไม่ชัดเจน ผู้ทำการทดลองจึงใช้การถ่ายภาพทุกสองวัน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 19-27 โดยพบว่า เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ขมพูและถาดมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะปรากฏในทางเสื่อมลง กล่าวคือ ผิวของขมพูแห้งลงเรื่อยๆ และมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นเล็กน้อยตรงบริเวณที่ตัดแต่ง เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในเนื้อผลไม้ดึงออกซิเจนเข้ามาทำปฏิกิริยากับสารโพลีฟีนอล ทำให้เกิดสารควิโนที่มีสีน้ำตาล (มณฑาทิพย์ หยุนฉลาด, 2539 ; ประสาร สวัสดิ์ชิตัง, 2538) เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของขมพูจากถาดเสริมเส้นใยที่ผลิตขึ้นกับถาดโฟม พบว่าขมพูในถาดเสริมเส้นใยเกิดลักษณะดังกล่าวเร็วกว่าขมพูจากถาดโฟม เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำมากกว่า และเป็นเหตุผลเดียวกันที่ทำให้ขมพูในถาดเสริมเส้นใยที่เติมโคโคซาน 5 ชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง และขมพูจากถาดเสริมเส้นใยที่เติมชันร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง มีลักษณะผิวแห้ง เกิดสีน้ำตาลมากกว่าขมพูในถาดเสริมเส้นใยที่มีการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง แต่ขมพูที่บรรจุบนถาดทุกชุดการทดลองไม่พบการเน่าเสียหรือเชื้อราเกิดขึ้นแต่อย่างใด

ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะปรากฏของถาด พบว่า ถาดโฟมไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ถาดเสริมเส้นใยเริ่มเน่าในบริเวณที่สัมผัสกับขมพูโดยตรง นับตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา เพราะถาดดูดซึมน้ำจากขมพูไว้ ยกเว้นถาดเสริมเส้นใยที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง ยังคงแข็งแรงทั้งบริเวณขอบและบริเวณที่สัมผัสกับขมพู เมื่อการเก็บรักษาผ่านไปถึงวันที่ 4 และ 6 บริเวณตรงกลางของถาดเสริมเส้นใยทุกชุดการทดลองเน่ามาก มีความยืดหยุ่นสูง สูญเสียรูปทรง ผิวถาดไม่เป็นเนื้อและไม่เปื่อยยุ่ย ส่วนชนิดของเส้นใยทั้ง 3 ชนิด อันได้แก่ เส้นใยโกโก้ เส้นใยสับปะรด และเส้นใยลูกตาลที่เสริมในถาดเพื่อเพิ่มความแข็งแรงนั้น พบว่า มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะปรากฏของขมพูและถาดไม่แตกต่างกัน

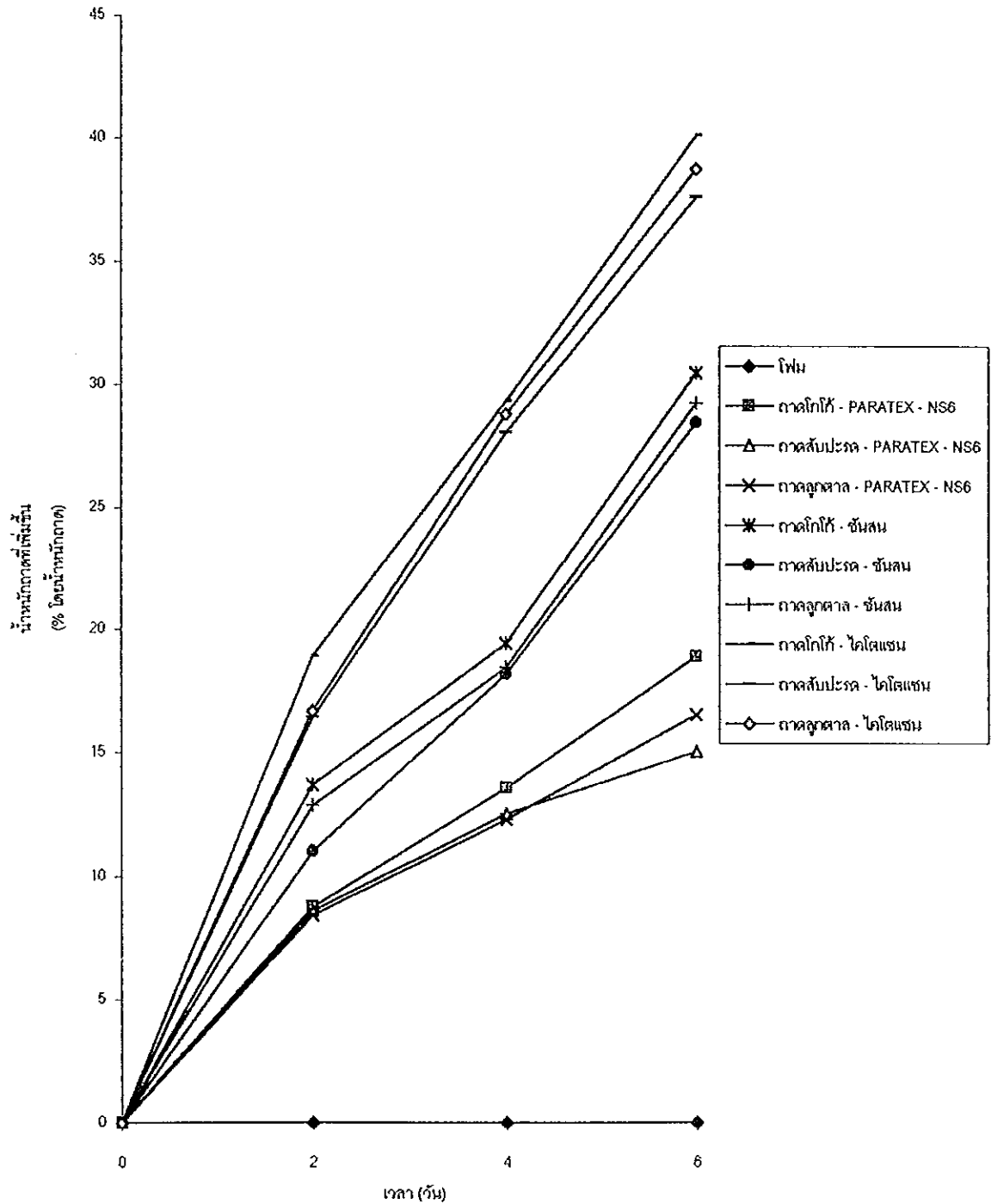
การเปลี่ยนแปลงทางด้านน้ำหนักของขมพูและถาด เกิดขึ้นชัดเจนมาก พบว่า ในแต่ละวัน น้ำหนักของขมพูมีค่าลดลงจากน้ำหนักเริ่มต้น เพราะขมพูมีความชื้นสูง จะเกิดการ

ถ่ายเทความชื้นให้กับห้องเย็นและภาคที่บรรจุ เนื่องจากห้องเย็นที่ใช้ทำการทดลองนั้นมีความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งต่ำกว่าความชื้นของผลไม้มาก ที่มีค่าประมาณร้อยละ 80-95 (ศูนย์บริการข้อมูลชนบท, 2534) ทั้งยังมีการตัดแต่งชมพูก่อนบรรจุลงภาค ทำให้เซลล์ภายในถูกเปิดออก จึงเป็นการเร่งอัตราการสูญเสียน้ำหนัก เพราะน้ำระเหยออกไปได้ง่าย โดยน้ำหนักชมพูจะลดลงมากในช่วงสองวันแรกและค่อย ๆ ช้าลง (ภาพที่ 17) เนื่องจากในช่วงแรกภาคเสริมเส้นใยที่ขึ้นรูปจากแป้งมีรูโหว่อากาศกระจายอยู่ทั่วไป เมื่อสัมผัสกับชมพูโดยตรง จะรับความชื้นและดูดซึมเอาได้ตามรูโหว่เหล่านั้น ครั้นเมื่อเก็บรักษาในช่วงสี่วันหลัง น้ำได้แทรกเข้าไปอยู่จนภาคอิมมิตัวด้วยน้ำ จึงดูดซึมน้ำจากชมพูลดลง ทำให้น้ำหนักของชมพูลดลงอย่างช้า ๆ สำหรับน้ำหนักของภาคมีค่าเพิ่มขึ้นจากน้ำหนักเริ่มต้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 18) ทั้งนี้จากเหตุผลที่กล่าวไปแล้วว่าชมพูจะมีการคายความชื้น ภาคซึ่งสามารถดูดซึมน้ำได้จึงดูดซับความชื้นไว้ทำให้ภาคมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อสังเกตจากการทดลองพบว่า ชมพูที่บรรจุบนภาคเสริมเส้นใยที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาเป็นชมพูที่บรรจุบนภาคเสริมเส้นใยที่มีการเติมชั้นสนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง และชมพูที่บรรจุบนภาคเสริมเส้นใยที่มีการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ดังภาพที่ 17 ส่วนภาคที่บรรจุชมพูนั้น พบว่า ภาคเสริมเส้นใยที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาเป็นภาคเสริมเส้นใยที่มีการเติมชั้นสนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง และภาคเสริมเส้นใยที่มีการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ตามลำดับ ดังภาพที่ 18 ที่เป็นเช่นนั้นน่าจะมีเหตุผลมาจากภาคเสริมเส้นใยที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำทั้ง 3 วิธี การเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 การเติมชั้นสนและการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำ ทำให้ภาคมีความสามารถในการดูดซึมน้ำที่ชมพูคายออกมาได้ไม่เท่ากัน ภาคที่มีการเติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำ มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดีกว่า จึงสามารถรับความชื้นที่ชมพูคายออกมาได้มาก ทำให้เร่งการถ่ายเทความชื้นจากชมพู เพราะต้องการปรับความชื้นให้สมดุลกับสิ่งแวดล้อม ชมพูที่บรรจุบนภาคชนิดนี้จึงมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด และภาคมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด แต่สำหรับภาคที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จะให้ผลในทางกลับกัน คือ ภาคมีความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำมาก จึงสามารถรับความชื้นที่ชมพูคายออกมาได้น้อย ทำให้การคายความชื้นจากชมพูเพื่อพยายามปรับความชื้นให้สมดุลกับสิ่งแวดล้อมเป็นไปอย่างช้า ๆ ชมพูที่บรรจุบนภาคชนิดนี้จึงมีการสูญเสียน้ำหนัก

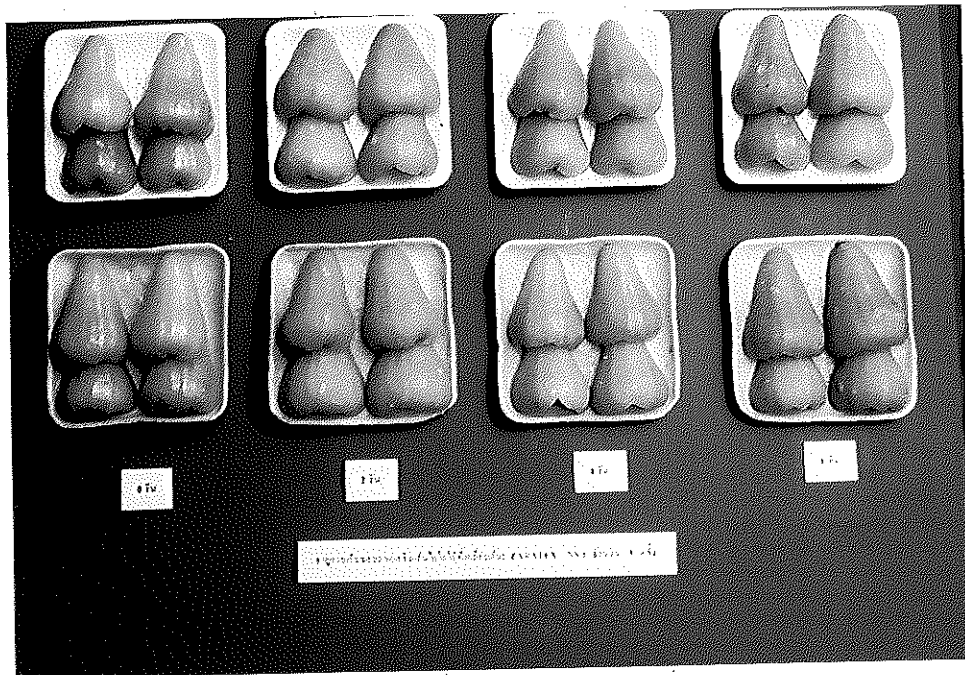
เส้นใยลูกตาลนั้นมีความแข็งแรงมากที่สุด สามารถทดสอบค่าแรงทั้งสามได้ สำหรับค่าการดูดซึมน้ำของถาด พบว่า มีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น ในทุกชุดการทดลอง ยกเว้นถาดโฟม เนื่องจากถาดเสริมเส้นใยค่อย ๆ อิ่มตัวด้วยน้ำจากชมพู ดังนั้นจึงเหลือส่วนที่รับน้ำได้น้อยลง



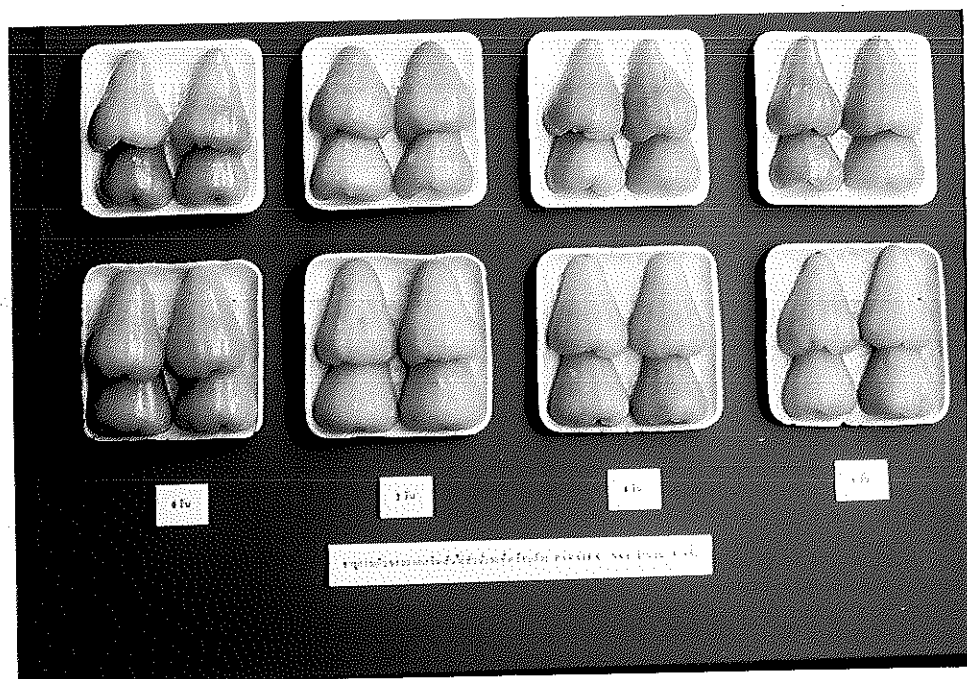
ภาพที่ 17 น้ำที่ระเหยสูญหาย (โดยน้ำหนักเริ่มต้น) เมื่อเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน



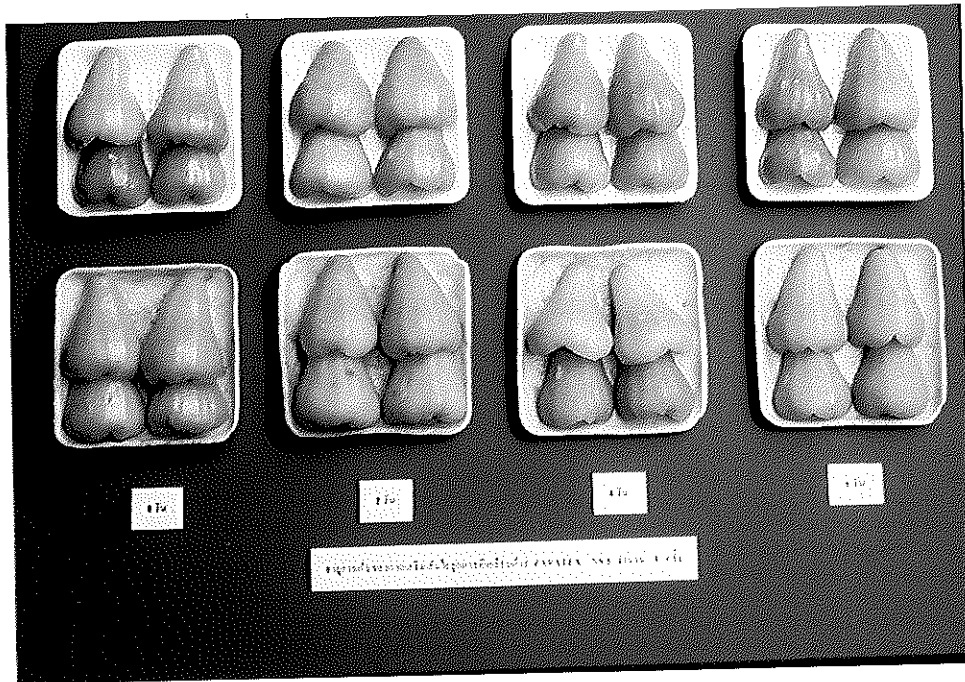
ภาพที่ 18 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (โดยน้ำหนักเริ่มต้น) เมื่อเก็บไว้
ที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน



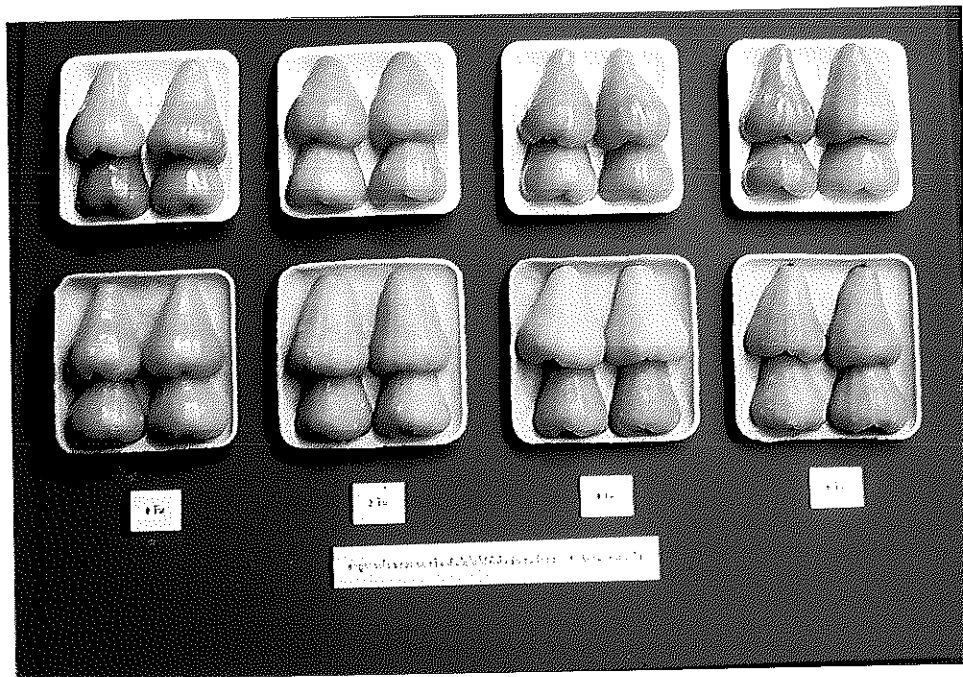
ภาพที่ 19 ลักษณะของชมพูและภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 20 ลักษณะของชมพูและภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 21 ลักษณะของชมพู่และภาคเสริมเส้นใยจากตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 22 ลักษณะของชมพู่และภาคเสริมเส้นใยจากโกโก้ ที่เติมชั้นตุน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน



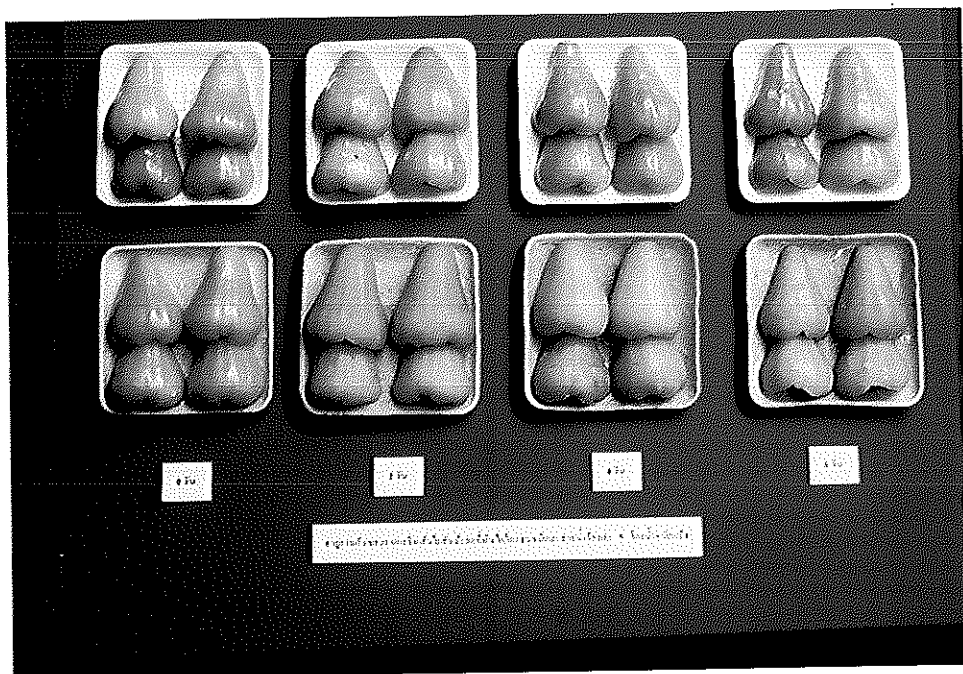
ภาพที่ 23 ลักษณะของขมพู่และภาคเดริมีแดนไยดัดบะจวด ที่เติมซันตนร้อยละ 5 ของ น้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน



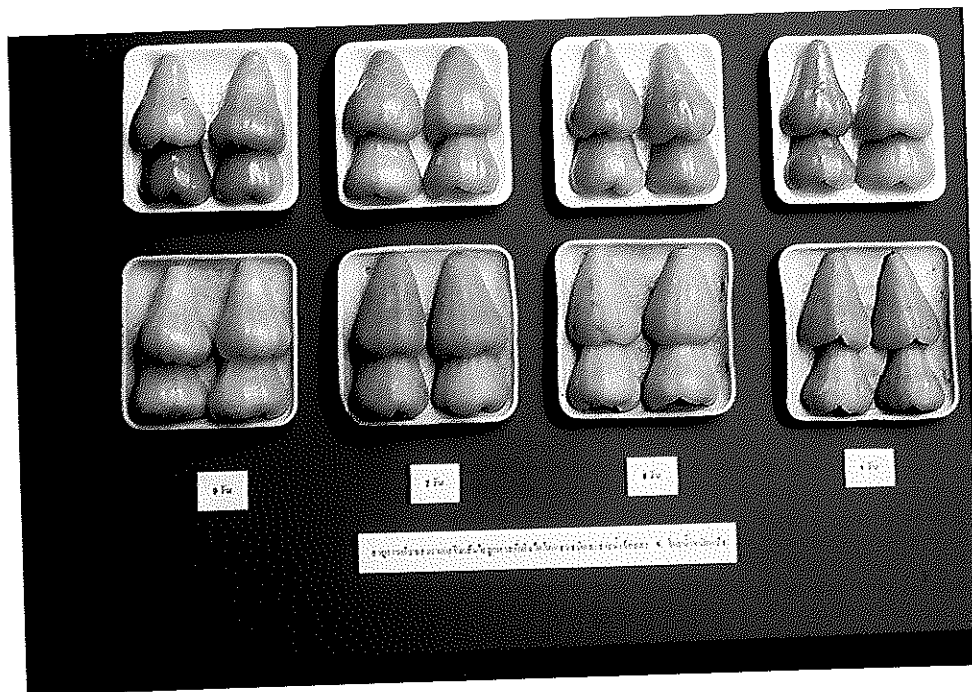
ภาพที่ 24 ลักษณะของขมพู่และภาคเดริมีแดนไยลูกตาล ที่เติมซันตนร้อยละ 5 ของ น้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 25 ลักษณะของชมพูและภาคเตรียมเส้นใยโกโก้ ที่เติมโคโคแทนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 26 ลักษณะของชมพูและภาคเตรียมเส้นใยสับปะรด ที่เติมโคโคแทนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 27 ลักษณะของชมพูและภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่เติมโคโคแชนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน

ตารางที่ 15 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังบรรจุชมพูเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
0	0.020 a	4.667 a	5.862 a	2.684 a
2	0.018 ab	3.827 b	4.604 b	2.039 b
4	0.018 ab	3.169 c	3.531 c	1.541 c
6	0.015 b	2.283 d	2.478 d	0.985 cd

หมายเหตุ : อักษร a, b, c และ d ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 16 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลึบประรด ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังบรรจุชมพูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
0	0.019 a	5.431 a	6.531 a	3.091 a
2	0.017 ab	4.576 b	5.324 b	2.301 b
4	0.016 ab	3.639 c	4.279 c	1.716 c
6	0.014 b	2.782 d	3.367 d	1.129 d

หมายเหตุ : อักษร a, b, c และ d ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 17 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง หลังบรรจุชมพูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
0	0.019 a	6.098 a	7.141 a	3.499 a
2	0.018 a	5.174 b	6.034 b	2.823 b
4	0.016 ab	4.221 c	4.889 c	2.316 c
6	0.014 b	3.275 d	3.620 d	1.437 d

หมายเหตุ : อักษร a, b, c และ d ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 18 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยโกล์ที่มีการเติมชั้นสนร์้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
0	0.039 a	3.865 a	5.008 a	1.933 a
2	0.036 ab	3.074 ab	4.163 b	1.472 b
4	0.032 b	2.288 b	3.067 c	0.938 c
6	0.029 b	1.537 c	1.910 d	0.425 d

หมายเหตุ : อักษร a, b, c และ d ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 19 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่มีการเติมชั้นสนร์้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังบรรจุหมฟูเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
0	0.028 a	4.160 a	5.341 a	2.479 a
2	0.025 ab	3.248 b	4.461 b	1.745 b
4	0.022 b	2.459 c	3.406 c	1.129 c
6	0.020 b	1.773 d	3.328 d	0.538 d

หมายเหตุ : อักษร a, b, c และ d ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 20 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุ ของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมชั้นสนร์้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังบรรจุชมพูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
0	0.031 a	4.773 a	6.059 a	2.903 a
2	0.028 ab	3.803 b	4.931 b	2.300 ab
4	0.025 b	2.847 c	3.780 c	1.643 b
6	0.023 bc	1.930 d	2.619 d	0.891 c

หมายเหตุ : อักษร a, b, c และ d ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 21 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุ ของภาคเสริมเส้นใยโกโก้ ที่มีการเติมโคโคแทนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังบรรจุชมพูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
0	0.049 a	3.670 a	4.951 a	1.799 a
2	0.044 b	2.693 b	3.620 b	1.136 b
4	0.040 b	1.808 c	2.271 c	0.508 c
6	0.037 c	*	*	*

หมายเหตุ : อักษร a, b, c และ d ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* ไม่สามารถทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 22 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยสับปะรด ที่มีการเติมโคโคซานชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังบรรจุชมพูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
0	0.038 a	3.944 a	5.300 a	2.289 a
2	0.035 b	2.923 b	4.104 b	1.624 b
4	0.032 bc	2.153 c	3.026 c	0.913 c
6	0.030 c	*	1.938 d	*

หมายเหตุ : อักษร a, b, c และ d ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* ไม่สามารถทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 23 ค่าการดูดซึมน้ำ, การต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาล ที่มีการเติมโคโคซานชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง หลังบรรจุชมพูเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม)	การต้าน แรงดัดโค้ง (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงกด (นิวตัน/ตร.ซม)	การต้าน แรงดันทะลุ (นิวตัน/ตร.ซม)
0	0.045 a	4.597 a	5.726 a	2.723 a
2	0.040 b	3.514 b	4.447 b	2.196 b
4	0.036 bc	2.629 c	3.317 c	1.542 c
6	0.032 c	1.634 d	2.108 d	0.735 d

หมายเหตุ : อักษร a, b, c และ d ในแนวตั้งที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

บทที่ 4

สรุป

เส้นใยจากเปลือกโกโก้ เส้นใยจากเปลือกลูกตาลและเส้นใยจากใบสับปะรด เส้นใยแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะของเส้นใยและความยาวของเส้นใยที่แตกต่างกัน คือ เส้นใยโกโก้มีลักษณะ หนา เปราะ มีความยาวของเส้นใยน้อย และมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเฮมิเซลลูโลส จึงสามารถพองตัวและอมน้ำได้ ทำให้เส้นใยโกโก้ มีค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใยมาก เมื่อนำเส้นใยมาเสริมความแข็งแรงแก่พลาสติกที่ผลิตขึ้น ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของพลาสติกแตกต่างกัน พลาสติกผลิตจากเส้นใยโกโก้จึงมีความแข็งแรงต่ำ มีค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด การต้านแรงดันทะลุ ต่ำกว่าพลาสติกเสริมเส้นใยลูกตาลและพลาสติกเสริมเส้นใยสับปะรด แต่มีค่าการดูดซึมน้ำของพลาสติกสูงกว่าพลาสติกเสริมเส้นใยชนิดอื่นๆ สำหรับพลาสติกเสริมเส้นใยลูกตาลมีความแข็งแรงมากที่สุด มีค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด การต้านแรงดันทะลุสูงที่สุด เนื่องจากเส้นใยมีลักษณะอ่อนนุ่ม ไม่เปราะ มีความยาวของเส้นใยมาก ส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยสับปะรด มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด เพราะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลสซึ่งไม่อมน้ำ มีเฮมิเซลลูโลสเพียงเล็กน้อย

การปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของพลาสติก ได้แก่ การเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 1 2 และ 3 ครั้ง การเติมชั้นสนในปริมาณร้อยละ 1 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง และการเติมไคโตแซนชนิดละลายน้ำในปริมาณร้อยละ 1 3 และ 5 ของน้ำหนักแห้ง พบว่า จำนวนครั้งของการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 ปริมาณชั้นสนและไคโตแซนชนิดละลายน้ำที่เติมมีค่าเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้พลาสติกมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น มีค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุเพิ่มขึ้น แต่ค่าการดูดซึมน้ำของพลาสติกลดลง ดังนั้นจากการทดลอง สามารถคัดเลือกพลาสติกที่เหมาะสม เพราะมีความแข็งแรงมากที่สุดและมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ได้ทั้งหมด 9 สูตร ได้แก่

- พลาสติกเสริมเส้นใยโกโก้ที่เคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง
- พลาสติกเสริมเส้นใยสับปะรดที่เคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง
- พลาสติกเสริมเส้นใยลูกตาลที่เคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง
- พลาสติกเสริมเส้นใยโกโก้ที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
- พลาสติกเสริมเส้นใยสับปะรดที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง

- ภาวะเสริมเส้นใยลูกตาลที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
 - ภาวะเสริมเส้นใยโกโก้ที่เติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
 - ภาวะเสริมเส้นใยสับปะรดที่เติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
 - ภาวะเสริมเส้นใยลูกตาลที่เติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง
- เมื่อนำภาวะมาบรรจุชมพูที่ผ่านการตัดแต่งและหุ้มด้วยฟิล์มยึดที่วีซี เก็บไว้ที่อุณหภูมิ

8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 วัน พบว่า เมื่ออายุการเก็บนานขึ้นทั้งภาวะและชมพู มีการเปลี่ยนแปลงในทางเสื่อมลง กล่าวคือ ชมพูมีผิวแห้ง มีสีน้ำตาล และมีน้ำหนักลดลง ในขณะที่ภาวะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น บริเวณตรงกลางภาวะนี้มากและสูญเสียรูปทรง สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของภาวะ จากการตรวจสอบคุณสมบัติของภาวะ พบว่า ค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด และการต้านแรงดันทะลุของภาวะมีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยภาวะเสริมเส้นใยที่เติมโคโคแซนชนิดละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด รองลงมาเป็นภาวะเสริมเส้นใยที่เติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง และภาวะเสริมเส้นใยที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง มีความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งภาวะเสริมเส้นใยลูกตาลที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง มีค่าการต้านแรงดัดโค้ง, การต้านแรงกด, การต้านแรงดันทะลุสูงกว่า ภาวะเสริมเส้นใยโกโก้และภาวะเสริมเส้นใยสับปะรดที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX-NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เป็นภาวะที่มีความเหมาะสมมากที่สุดและสามารถบรรจุชมพูที่ผ่านการตัดแต่ง มีอายุการเก็บรักษาได้ 6 วัน

ข้อเสนอแนะ

1. ในการผลิตถาด 1 ถาด ต้องใช้เวลาในการผสมส่วนผสม 5 นาที และใช้เวลาในการขึ้นรูปอีก 5 นาที ในการทดลองครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาและออกแบบให้การผลิตเป็นไปในระบบอัตโนมัติ ผลิตได้จำนวนมากๆ เพื่อลดเวลาและต้นทุนการผลิต
2. ต้นทุนการผลิตถาด (แป้งมันสำปะหลังตัดแประ คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส สารเคมีที่ใช้ในการสกัดเส้นใย) ถาดเสริมเส้นใยจากเปลือกโกโก้ประมาณ 11 บาทต่อถาด ถาดเสริมเส้นใยจากใบสับปะรดประมาณ 8 บาทต่อถาด ถาดเสริมเส้นใยจากเปลือกลูกตาลประมาณ 5 บาทต่อถาด ซึ่งเมื่อเทียบกับถาดโฟมจะเห็นว่ามีความค่อนข้างสูง เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของเส้นใยที่ได้น้อยมาก ดังนั้นควรเลือกใช้แหล่งของเส้นใยใหม่ที่ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงและวิธีการสกัดเส้นใยไม่ยาก อาจทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้
3. เนื่องจากถาดที่ผลิตขึ้นไม่เหมาะสมกับอาหารที่มีความชื้นสูง เพราะน้ำจะทำให้โครงสร้างของถาดอ่อนตัวลง จึงควรหาวิธีการทำให้ถาดไม่ดูดซึมน้ำ เช่น ศึกษาการเคลือบถาดด้วยสารที่ป้องกันน้ำได้ดีกว่า PARATEX - NS 6 หรืออาจใช้ร่วมกับวิธีอื่นๆ การเติมโคโคแทนชนิดที่ไม่ละลายน้ำหรือสารอื่นๆ ลงในส่วนผสมของถาด เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ สิทธิโชค วัลลภาพิทย. 2540. แป้งดัดแปร. *อุตสาหกรรมเกษตร*. 8 (2) : 51 - 57.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2539. ภาชนะบรรจุใบตอง. *อุตสาหกรรมเกษตร*. 7 (1) : 21 - 23.
- จิระศักดิ์ ชัยสนธิ. 2537. แป้งออกไซด์กับอุตสาหกรรมกระดาษ. *ว. กรมวิทยาศาสตร์บริการ*. 42 (135) : 15 - 16
- จิราพร ชมพิกุล. 2532. สถิติเพื่อการวางแผนการตลาด. สงขลา : ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ฉลอง เขียมอาทร. 2533 การทำกระดาษจากผักตบชวา. *อุตสาหกรรมสาร*. 33 (1) : 56 - 60.
- เซาว์ ชิโนร์ภย์. 2522. ชีววิทยา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นพรัตน์ อุทัยพันธ์. 2540. การผลิตถาดจากเส้นใยโกโก้. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2530. การใช้เปลือกโกโก้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. *ว. วิทยาศาสตร์เกษตร*. 20 (2) : 238 - 290.
- ปุ่น และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. บรรจุภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ : บริษัท แพคเมทส์ จำกัด.

- ประสาร สวัสดิ์ชิตัง. 2538. การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุมป้องกัน. อาหาร. 25 (3) : 160 - 169
- มยุรี ภาคลำเจียก และ อมรรัตน์ สวัสดิ์หัต. 2533. คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ. กรุงเทพฯ : ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- มังกร โรจน์ประการ. 2541. แป้งมันสำปะหลังกับภาชนะบรรจุในอนาคต. อุตสาหกรรมเกษตร. 9 (2) : 62 - 70.
- มณฑาทิพย์ ญุ่นฉลาด. 2539. ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้. อาหาร. 22 (1) : 1 - 6
- ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2529. วัตถุดิบอาหาร เล่ม 2. กรุงเทพฯ : ภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย. 2529. หลักการทดสอบวัสดุและภาชนะบรรจุ. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- ศูนย์บริการข้อมูลชนบท. 2534. การเก็บถนอมอาหารประเภทผักและผลไม้. เทคโนโลยี. 12 (2) : 15 - 21
- แสงสุรีย์ โรจน์สกุลวงศ์. 2540. การผลิตถาดจากเส้นใยลัมปะรด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง. 2538. บรรจุภัณฑ์ถาดและถ้วย. ว. การบรรจุภัณฑ์. 3 (2) :
5 - 10

ลำปะหลังพัฒนา จำกัด. บริษัท. 2541. ติดต่อด่วนตัว.

อมรรัตน์ สวัสดิ์ดี , อัญชลี กมลรัตนกุล และ มยุรี ภาคลำเจียก. 2532. คู่มือการใช้
กระดาษเพื่อการหีบห่อ. กรุงเทพฯ : ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยา-
ศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

อัจฉราพร ไสละสูต. 2529. ความรู้เรื่องผ้า. กรุงเทพฯ : บริษัทศูนย์หนังสือกรุงเทพฯ.

Anderson, Y., Hedlund, B., Jonsson, L. and Sevnsnon, S. 1981. Extrusion
cooking of a high - fiber cereal product with cripbread character.
Cereal chem. 58 (5) : 370 - 374.

Anonymous. 1989. Chitosan makes the good. Manufacture Chemist. 60 (10) :
31 - 35.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. The Association of Official
Analytical Chemists. 15 th ed. Verginia : Arlington.

ASTM. 1987 a. Annual Book of ASTM Standards : Standards Test Methods for
Toluene - Insoluble Solid Matter in Rosin. Philadelphia : American
Society for Testing and Materials D. 269.

ASTM. 1987 b. Annual Book of ASTM Standards : Standards Test Methods for Saponification Number of Naval Store Product Including Tall Oil and Other Related product. Philadelphia : American Society for Testing and Materials D. 464.

ASTM. 1987 c. Annual Book of ASTM Standards : Standards Test Methods for Acid Number of Rosin. Philadelphia : American Society for Testing and Materials D. 465.

ASTM. 1982 a. Annual Book of ASTM Standards : Plastic General Test Methods Nomenclature. Philadelphia : American Society for Testing and Materials D. 774.

ASTM. 1982 b. Annual Book of ASTM Standards : Plastic General Test Methods Nomenclature. Philadelphia : American Society for Testing and Materials D. 570.

Austin, P.R. and Sennett, S. 1986. Dry chitosan salts and complexes of aliphatic carboxylic acids. In : Chitin in Nature and Technology. Muzzarelli, R., Jenniaux, C. and Goody, G.W. (eds). Plenum Press, New York. 279 - 286.

Batdorf, J.B. and Rossman, J.M. 1973. Sodium carboxymethylcellulose. In : Industrial Gum : Polysaccharides and Their Derivatives. USA : Academic Press, Inc. Ltd. 695 - 729.

Branch, B.W. 1988. Method for making an edible container from corn. U.S. Patent. 4,749,583.

- Britt, K.W. 1970. Handbook of Pulp and Paper Technology. New York : Van Nostrand Reinhold, Co. 723.
- Cessna, F.L. 1992. Biodegradable food trays. U.S. Patent. 5,154,982.
- Chen, H., Rubenthaler, G.L., Leung, H.K. and Baranowski, J.D. 1988. Chemical, Physical and Baking Properties of Apple Fiber Compared with Wheat and Oat Bran. Cereal Chem. 65 (3) : 244 - 247.
- Chou, Y.T., Garrison, D.F. and Lewis, W.I. 1990 Alkaline Extraction, Peroxide Bleaching of Woody Lignocellulose Substrates. U.S. Patent. 4,957,599.
- Cooper, I.A. 1989. Method for forming an edible food container. U.S. Patent. 4,795,652.
- De Guzman, Z.I., Berana, N.B. and Reyes, Jr., A.M. 1982. Abaca Kenaf and Pineapple Fibers for Nonwoven Fabrics. NSTA Technology J. 7 : 77 - 87.
- Ferguson , G. F. 1976. Statistical Analysis In Psychology & Education. 4 th ed. Tokyo : McGraw - Hill Kogakusha.
- Gould, J.M. 1984. Alkaline Peroxide Delignification of Agricultural Residues to Enhance Enzymatic Saccharification. Biotechnology and Bioengineering. 26 : 46 - 52.

- Gould, J.M. 1985. Studies on the Mechanism of Alkaline Peroxide Delignification of Agricultural Residues. *Biotechnology and Bioengineering*. 27 : 225 - 231.
- Gould, J.M., Jasberg, B.K. and Cote, G.L. 1989. Structure Function Relationships of Alkaline Peroxide - Treatment Lignocellulose From Wheat Straw. *Cereal Chem.* 66 (3) : 213 - 217.
- Hansen, S.K. and Balle, A.H. 1991. Production and Process for Preparing a Plant Fiber Product. U.S. Patent. 5,068,121.
- ISO. 1973. plastics - Determination of compressive Properties. International Standard Organization.
- McGraw - Hill. 1971. Encyclopedia of Science and Technology. Vol. II. New York. 679.
- McGraw - Hill. 1994. Concise Encyclopedia of Science and Technology. Vol. III. New York. 1637.
- Mill, J.S. and White, R. 1987. The Organic Chemistry of Museum Objects. Butterworths, London. 85 - 88.
- Ning, L., Villota, R. and Artz, W.E. 1991. Modification of corn Fiber Through Chemical Treatments in Combination Twin - Screw Extrusion. *Cereal Chem.* 68 (6) : 632 - 636.

Ranum, P.M. and DeStefanis, V.A. 1989. Bleaching of Flour and Dietary Fiber Products. *Cereal Foods World*. 34 (12) : 984 - 985, 988.

Ruiz , M.R. 1991. Edible food product. U.S. Patent. 5,002,783.

Sacharow, S. 1991 Austrain firm 's biopolymer offers environmental option. *Paper Film and Foil Converter*. 65 : 58 - 59

Sen, S.K. 1982. Method of Processing Pineapple Leaves for the Production of Fibers. U.K. Patent. 832,508.

Van Soest, P.T. and Wine , R.H. 1967. Use of Detergents in Analysis of Fibrous Feeds Determination of Plant Cell Walls Constituents. *J. AOAC*. 50 (1) : 50.

Walter, R.H., Rao, M.A., Sherman, R.M. and Cooley, H.J. 1985. Edible Fiber from Apple Pomace. *J. Food Sci*. 50 : 747 - 749.

Waniska, R.D. and Gomez, M.H. 1982. Dispersion Behavior of starch. *Food Tech*. 46 (6) : 112 - 123.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณลิกนินและเซลลูโลส (Van Soest and Wine, 1967)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดหาปริมาณสารเยื่อใย ซึ่งประกอบด้วย บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร (Berzelius beaker) อุปกรณ์ความแน่น และอุปกรณ์ให้ความร้อน
2. Fritted glass crucible ชนิดรูพรุนหยาบ ความจุ 40–50 มิลลิลิตร ล้างและเผาครุซีเบลที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ก่อนใช้
3. เครื่องดูดสูญญากาศ
4. ขวดสำหรับกรอง (Filtering flask) ขนาด 1 ลิตร
5. แท่งแก้วคน

สารเคมี

1. Acid detergent solution โดยชั่งกรดซัลฟูริก 49.04 กรัม แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วเติม Cetyl trimethylammonium bromine (CTAB) ลงไป 20 กรัม ผสมให้เข้ากัน
2. Decahydronaphthalene
3. อะซิโตน
4. กรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 72

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ประมาณ 1 กรัม (S) ใส่ลงในบีกเกอร์ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย acid detergent 100 มิลลิลิตร และ decahydronaphthalene 2 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนเดือดภายใน 5–10 นาที แล้วลดความร้อนลงให้เดือดเบาๆ ต้ม (reflux) ให้เดือดต่อไปอีก 60 นาที
3. กรองผ่านครุซีเบลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว (W_1) โดยใช้แรงดูดสูญญากาศเบาๆ ล้างตัวอย่างที่ติดอยู่ในบีกเกอร์ลงครุซีเบลด้วยน้ำร้อน (90–100 องศาเซลเซียส)

4. เชื้อยัก่อนเนื้อเยื่อที่อยู่ในครุชิลเบลให้กระจายออกโดยแทงแก้ว ล้างด้วยน้ำร้อน (90-100 องศาเซลเซียส) 2 ครั้ง โดยคนและแช่ไว้นาน 15-30 วินาที แล้วจึงดูดด้วยเครื่องดูดสูญญากาศ

5. ล้างเยื่อใยในครุชิลเบลด้วยอะซิโตนอีก 2 ครั้ง พร้อมทั้งกระจายเยื่อใยด้วยแทงแก้วคน ให้อะซิโตนสะอาดทั่วถึง ใช้แรงดูดสูญญากาศดูดให้แห้ง

6. นำครุชิลเบลไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง หรือตลอดคืน ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_2)

7. นำครุชิลเบลวางในภาดก้นตื้น เติมกรดซันฟูริกเข้มข้นร้อยละ 72 (แช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส) ลงในครุชิลเบลประมาณครึ่งหนึ่ง แล้วคนด้วยแทงแก้วคนเพื่อให้เยื่อใยเปียกอย่างทั่วถึง เติมกรดลงไปอีกแล้วคนอย่างสม่ำเสมอ ปล่อยให้แทงแก้วไว้ในครุชิลเบล อาจเติมกรดทุก ๆ 1 ชั่วโมง และควรวางครุชิลเบลไว้ในที่เย็น (20-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

8. นำครุชิลเบลไปกรองเอากรดออกโดยใช้เครื่องดูดสูญญากาศ แล้วล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด ใช้น้ำร้อนชะล้างครุชิลเบลและแทงแก้วคน นำแทงแก้วคนออก

9. นำครุชิลเบลไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ตลอดคืน ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_3)

10. นำครุชิลเบลไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าไม่มีคาร์บอน ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_4)

การคำนวณ

$$ADF = \frac{W_2 - W_1}{S} \times 100$$

$$L = \frac{W_3 - W_4}{S} \times 100$$

$$C = ADF - L$$

โดยที่ ADF = Acid detergent fiber (ร้อยละ)

L = ปริมาณเลกนิน (ร้อยละ)

C	=	ปริมาณเซลล์โลส (ร้อยละ)
W ₁	=	น้ำหนักครุชิวิลเปล่า
W ₂	=	น้ำหนักครุชิวิลและตัวอย่างหลังผ่านสารละลาย acid detergent
W ₃	=	น้ำหนักครุชิวิลและตัวอย่างหลังผ่านกรดซันฟูริก
W ₄	=	น้ำหนักครุชิวิลและตัวอย่างหลังเผา
S	=	น้ำหนักตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ปริมาณแอมิเซลลูโลส (Van Soest and Wine , 1967)

อุปกรณ์

เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณลิกนินและเซลลูโลส

สารเคมี

1. Neutral detergent solution

วิธีเตรียม

— สารละลาย A

ชั่ง disodium ethylene diamine - tetraacetate (EDTA) 18.61 กรัม และ sodium borate decahydrate ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 6.81 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นลงไปพอประมาณ นำไปต้มจนกระทั่งละลายหมด

— สารละลาย B

ละลาย disodium lauryl sulfate (USP) 30 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วเติม 2-ethoxyethanol 10 มิลลิลิตร ลงไป

— ผสมสารละลาย A ลงในผสมสารละลาย B

— ละลาย disodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) 4.56 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ต้มจนละลายหมดแล้ว เทผสมลงในสารละลาย A และ B ปรับปริมาตรของสารละลายผสมให้ได้ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น สารละลายที่ได้จะมี pH 6.9-7.1 (ถ้าไม่ได้ตามนี้ให้ปรับความเป็นกรดต่างด้วย HCl หรือ NaOH)

2. Decahydronaphthalene

3. sodium sulfate

4. อะซิโตน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ประมาณ 1 กรัม (S) ใส่ง
2. ในบีกเกอร์ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลาย Neutral detergent ที่มีอุณหภูมิประมาณ 22 องศาเซลเซียส 100 มิลลิลิตร , decahydronaphthalene 2 มิลลิลิตร และ sodium sulfate 0.5 กรัม ต้มให้เดือดภายใน 5 - 10 นาที แล้วลดความร้อนลงให้เดือดเบา ๆ ต้ม (reflux) ให้เดือดต่อไปอีก 60 นาที
4. กรองผ่านครุชชีเบลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว (A) โดยใช้แรงดูดสุญญากาศเบา ๆ ล้างตัวอย่างที่ติดอยู่ในบีกเกอร์ลงครุชชีเบลด้วยน้ำร้อน (90 - 100 องศาเซลเซียส)
5. เชี่ยวก่อนเนื้อเยื่อที่อยู่ในครุชชีเบลให้กระจายออกโดยแทงแก้ว ล้างด้วยน้ำร้อน (90 - 100 องศาเซลเซียส) 2 ครั้ง โดยคนและแช่ไว้นาน 15 - 30 วินาที แล้วจึงดูดด้วยเครื่องดูดสุญญากาศ
6. ล้างเยื่อใยในครุชชีเบลด้วยอะซิโตนอีก 2 ครั้ง พร้อมทั้งกระจายเยื่อใยด้วยแทงแก้วคน ให้อะซิโตนชะได้ทั่วถึง ใช้แรงดูดสุญญากาศดูดให้แห้ง
7. นำครุชชีเบลไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง หรือตลอดคืน ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (B)

การคำนวณ

$$\text{NDF} = \frac{(B - A)}{S_1} \times 100$$

$$H = \text{NDF} - \text{ADF}$$

โดยที่ NDF = Neutral detergent fiber (ร้อยละ)

ADF = Acid detergent fiber (ร้อยละ)

H = ปริมาณแอมิเซลลูโลส (ร้อยละ)

A = น้ำหนักครุชชีเบลเปล่า

B = น้ำหนักครุชชีเบลและตัวอย่างหลังผ่านสารละลาย Neutral

detergent

S₁ = น้ำหนักตัวอย่าง

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1. การดูดซึมน้ำของถาด (ดัดแปลงวิธีตามมาตรฐาน ASTM D 570, 1982)

การดูดซึมน้ำของถาด หมายถึง ปริมาณน้ำที่ถาดดูดซึมไว้ในระยะเวลาที่กำหนด

อุปกรณ์

1. กระดาษ 200 ปอนด์ ขนาด 12.5 × 12.5 เซนติเมตร
2. ลูกตุ้มหนัก 10 กิโลกรัม
3. กระบอกตวงขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. แผ่นไม้ขนาด 10.5 × 10.5 × 1 เซนติเมตร
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก

สารเคมี

น้ำกลั่น

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของถาด (W_1)
2. เทน้ำกลั่น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในถาด จับเวลา 4 นาที 45 วินาที แล้วรีบเทน้ำออกจากถาด
3. นำกระดาษและแผ่นไม้วางลงบนถาด กดทับด้วยน้ำหนัก 10 กิโลกรัม เป็นเวลา 15 วินาที ยกลูกตุ้มน้ำหนัก แผ่นไม้และกระดาษออก
4. นำถาดที่ผ่านการทดสอบไปชั่งน้ำหนัก (W_2)

การคำนวณ

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำของถาด} = (W_2 - W_1) / A$$

โดยที่	W_1	=	น้ำหนักเริ่มต้นของถาด
	W_2	=	น้ำหนักของถาดหลังใส่น้ำ
	A	=	พื้นที่ของถาดที่สัมผัสกับน้ำ

หมายเหตุ

การใช้กระดาษ แผ่นไม้ และลูกตุ้มน้ำหนัก 10 กิโลกรัม กดทับบนภาดหลังจากเทน้ำทิ้ง เพื่อให้กระดาษดูดซึมน้ำส่วนเกินที่ภาดไม่ดูดซึมออกไป โดยมีแผ่นไม้รองรับลูกตุ้มไม่ให้โดนขอบภาด

2. การต้านแรงตัดโค้ง (ดัดแปลงวิธีของศูนย์บรรจุหีบห่อไทย , 2539)

การต้านแรงตัดโค้ง หมายถึง ความสามารถของภาชนะบรรจุในการต้านแรงตัดโค้ง ที่กระทำบนภาชนะบรรจุด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนภาชนะเสียรูป

อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ LLOYD รุ่น LR 30 K
2. แท่งเหล็กกลมรัศมี 2.5 เซนติเมตร ยาว 11 เซนติเมตร
3. แท่นวางภาดซึ่งมีช่องว่างอยู่ตรงกลาง
4. เครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. ติดตั้งแท่งเหล็กกลมเข้ากับเครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ ที่ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ตั้ง load cell เท่ากับ 2.5 กิโลนิวตัน อัตราเร็ว 25 มิลลิเมตรต่อนาที
2. นำภาดไปวางบนเครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ โดยคว่ำภาดลงบนแผ่นรองรับ แล้วตั้งให้เครื่องทำงานซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ แท่งเหล็กกลมจะค่อย ๆ เลื่อนลงไป กดภาดจนภาดแตกหรือเสียรูปทรง ซึ่งแรงที่กดลงไปในนั้นจะถูกบันทึกเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์และแสดงค่าแรงสูงสุดที่ภาดทนได้หนึ่งค่า (F_m)

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{ค่าการต้านแรงตัดโค้ง} &= (F_m) / A \\ \text{โดยที่} \quad F_m &= \text{ค่าแรงสูงสุดที่ภาดทนได้} \\ A &= \text{พื้นที่ผิวของภาดที่สัมผัสกับแท่งเหล็กกลม} \\ &= (\text{ความกว้างของแท่งเหล็กกลมที่สัมผัสกับภาด} \\ &\quad \times \text{ความยาว}) \end{aligned}$$

3. การต้านแรงกด (ดัดแปลงวิธีของศูนย์บรรจุนิปปอไทย , 2539)

การต้านแรงกด หมายถึง ความสามารถของภาชนะบรรจุในการต้านแรงกดที่กระทำบนภาชนะบรรจุด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนภาชนะเสียรูป

อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ LLOYD รุ่น LR 30 K
2. แท่งเหล็กกลมรัศมี 7.5 เซนติเมตร
3. เครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. ติดตั้งแท่งเหล็กกลมเข้ากับเครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ ที่ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ตั้ง load cell เท่ากับ 2.5 กิโลนิวตัน อัตราเร็ว 25 มิลลิเมตรต่อนาที
2. นำภาชนะไปวางบนเครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ โดยหงายภาชนะบนแท่นรองรับ แล้วสั่งให้เครื่องทำงานซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ แท่งเหล็กกลมจะค่อย ๆ เลื่อนลงไป กดภาชนะจนขาดแตกหรือเสียรูปทรง ซึ่งแรงที่กดลงไปนั้นจะถูกบันทึกเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์และแสดงค่าแรงสูงสุดที่ขาดทนได้หนึ่งค่า (F_m)

การคำนวณ

$$\text{ค่าการต้านแรงกด} = (F_m) / A$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่} \quad F_m &= \text{ค่าแรงสูงสุดที่ขาดทนได้} \\ A &= \text{พื้นที่ผิวภาคที่สัมผัสกับแท่งเหล็กกลม ในที่นี้} \\ &\text{เป็นขอบของภาชนะ} \\ &(\text{เส้นรอบวงของภาชนะ} \times \text{ความหนาของภาชนะ}) \end{aligned}$$

4. การต้านแรงดันทะลุ (ดัดแปลงวิธีตามมาตรฐาน ASTM D 774 , 1982)

การต้านแรงดันทะลุ หมายถึง ความสามารถของภาชนะบรรจุในการต้านแรงดันทะลุ ที่กระทำบนภาชนะบรรจุด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนภาชนะเสียรูป

อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ LLOYD รุ่น LR 30 K
2. แท่งเหล็กกลมรัศมี 1.25 เซนติเมตร

3. แผ่นวางภาคซึ่งมีช่องว่างอยู่ตรงกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10×10 เซนติเมตร

4. เครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. ติดตั้งแท่งเหล็กทรงกระบอกเข้ากับเครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ ที่ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ตั้ง load cell เท่ากับ 2.5 กิโลนิวตัน อัตราเร็ว 25 มิลลิเมตรต่อวินาที
2. นำภาคไปวางบนเครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ โดยหงายภาคขึ้นบนแท่นรองรับ แล้วสั่งให้เครื่องทำงานซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ แท่งเหล็กกลมจะค่อย ๆ เลื่อนลงไปกดภาคจนภาคแตกหรือเสียรูปทรง ซึ่งแรงที่กดลงไปนั้นจะถูกบันทึกเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ และแสดงค่าแรงสูงสุดที่ภาคทนได้หนึ่งค่า (F_m)

การคำนวณ

$$\text{ค่าการต้านแรงดัดโค้ง} = (F_m) / A$$

โดยที่

$$F_m = \text{ค่าแรงสูงสุดที่ภาคทนได้}$$

$$A = \text{พื้นที่ผิวภาคที่สัมผัสกับแท่งเหล็กกลม}$$

รัศมี 1.25 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ 5 ตารางเซนติเมตร

ภาคผนวก ค. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยลูกตาลในปริมาณต่าง ๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	2	2.4E-05	1.2E-05	4.0E+00 ^{ns}
ERROR	6	1.8E-05	3.0E-06	
TOTAL	8	4.2E-05		

หมายเหตุ C.V. = 2.7 %
ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยลูกตาลในปริมาณต่าง ๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	2	4.7E+00	2.4E+00	1.1E+01 [*]
ERROR	6	1.3E+00	2.2E-01	
TOTAL	8	6.0E+00		

หมายเหตุ C.V. = 15.7 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริม เส้นใยลูกตาลในปริมาณต่าง ๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	2	6.1E+00	3.1E+00	2.9E+01
ERROR	6	6.4E-01	1.1E-01	
TOTAL	8	6.7E+00		

หมายเหตุ C.V. = 7.6 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงคั้นทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลในปริมาณต่าง ๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	2	2.9E+00	1.4E+00	2.4E+01
ERROR	6	3.6E-01	6.0E-02	
TOTAL	8	3.2E+00		

หมายเหตุ C.V. = 16.4 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยชนิดต่าง ๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	2	6.7E-04	3.3E-04	2.3E+01 *
ERROR	6	8.6E-05	1.4E-05	
TOTAL	8	7.5E-4		

หมายเหตุ C.V. = 5.6 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	2	1.2E+00	6.2E-01	2.1E+01 *
ERROR	6	1.8E-01	2.9E-02	
TOTAL	8	1.4E+00		

หมายเหตุ C.V. = 4.9 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริม
เส้นใยชนิดต่าง ๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	2	3.4E+00	1.7E+00	3.5E+01 *
ERROR	6	2.9E-01	4.8E-02	
TOTAL	8	3.6E+00		

หมายเหตุ C.V. = 4.7 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาค
เสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	2	2.3E+00	1.1E+00	2.6E+01 *
ERROR	6	2.6E-01	4.3E-02	
TOTAL	8	2.5E+00		

หมายเหตุ C.V. = 12.8 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของถาดเสริม
เส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการ
เคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	8.5E-03	1.1E-03	4.5E+01*
ชนิดเส้นใย (A)	2	3.4E-04	1.2E-04	5.1E+00*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	7.9E-03	3.9E-03	1.7E+02*
A×B	4	3.4E-04	8.4E-05	3.6E+00*
ERROR	18	2.6E-01	2.3E-05	
TOTAL	26	2.5E+00		

หมายเหตุ C.V. = 11.5 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของถาด
เสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธี
การเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	1.9E+01	2.4E+00	7.8E+01*
ชนิดเส้นใย (A)	2	5.7E+00	2.9E+00	9.3E+01*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	1.3E+01	6.5E+00	2.1E+02*
A×B	4	3.7E-01	9.2E-02	3.0E+00*
ERROR	18	5.5E-01	3.1E-02	
TOTAL	26	2.0E+01		

หมายเหตุ C.V. = 3.9 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การแรงกดของภาคเสริม
เส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการ
เคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	2.0E+01	2.5E+00	1.9E+02*
ชนิดเส้นใย (A)	2	7.1E+00	3.5E+00	2.6E+02*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	1.3E+01	6.5E+00	4.8E+02*
A×B	4	1.7E-01	4.4E-02	3.2E+00*
ERROR	18	2.4E-01	1.3E-02	
TOTAL	26	2.1E+01		

หมายเหตุ C.V. = 2.1 %

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะเลของภาค
เสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธี
การเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	1.1E+01	1.4E+00	3.0E+02*
ชนิดเส้นใย (A)	2	3.8E+00	1.9E+00	4.1E+02*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	7.3E+00	3.6E+00	7.7E+02*
A×B	4	5.7E-02	1.4E-02	3.0E+00*
ERROR	18	8.4E-02	4.7E-03	
TOTAL	26	1.1E+01		

หมายเหตุ C.V. = 2.8 %

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการ
เติมชั้นสนในปริมาณต่างๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	5.4E-03	6.8E-04	8.7E+01*
ชนิดเส้นใย (A)	2	8.9E-04	4.5E-04	5.7E+01*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	4.4E-03	2.2E-03	2.8E+02*
A×B	4	9.7E-05	2.4E-05	3.1E+00*
ERROR	18	1.4E-04	7.8E-06	
TOTAL	26	5.6E+03		

หมายเหตุ C.V. = 5.6 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธี
การเติมชั้นสนในปริมาณต่างๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	6.1E+00	7.6E-01	3.0E+02*
ชนิดเส้นใย (A)	2	3.7E+00	1.8E+00	7.3E+02*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	2.3E+00	1.2E+00	1.2E+02*
A×B	4	3.0E-02	7.5E-03	3.0E+00*
ERROR	18	4.5E-02	2.5E-03	
TOTAL	26	6.1E+00		

หมายเหตุ C.V. = 1.3 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การแรงกดของภาคเสริม
เส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการ
เติมชั้นสนในปริมาณต่างๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	1.0E+01	1.3E+00	6.8E+01*
ชนิดเส้นใย (A)	2	7.2E+00	3.6E+00	1.9E+02*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	2.7E+00	1.4E+00	7.3E+01*
A×B	4	2.2E-01	5.6E-02	3.0E+00*
ERROR	18	3.3E-01	1.9E-02	
TOTAL	26	1.0E+01		

หมายเหตุ C.V. = 2.7 %

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาค
เสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธี
การเติมชั้นสนในปริมาณต่างๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	7.8E+00	9.8E-01	1.9E+02*
ชนิดเส้นใย (A)	2	5.4E+00	2.7E+00	5.3E+02*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	2.4E+00	1.2E+00	2.3E+02*
A×B	4	6.2E-02	1.5E-02	3.0E+00*
ERROR	18	9.3E-02	5.2E-03	
TOTAL	26	7.9E+00		

หมายเหตุ C.V. = 3.5 %

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการ
เติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำในปริมาณต่างๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	3.5E-03	4.4E-04	4.7E+01*
ชนิดเส้นใย (A)	2	1.1E-03	5.3E-04	5.7E+01*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	2.4E-03	1.2E-03	1.3E+02*
A×B	4	1.1E-04	2.8E-05	3.0E+00*
ERROR	18	1.7E-04	9.3E-06	
TOTAL	26	3.7E-03		

หมายเหตุ C.V. = 5.4 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธี
การเติมโคโตแซนชนิดละลายน้ำในปริมาณต่างๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	4.9E+00	6.2E-01	8.8E+01*
ชนิดเส้นใย (A)	2	3.5E+00	1.7E+00	2.5E+02*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	1.4E+00	6.8E-01	9.8E+01*
A×B	4	8.4E-02	2.1E-02	3.0E+00*
ERROR	18	1.3E-01	7.0E-03	
TOTAL	26	5.0E+00		

หมายเหตุ C.V. = 2.2 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การแรงกดของภาคเสริม เส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการเติมโคโตนชนิดละลายน้ำในปริมาณต่างๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	8.6E+00	1.1E+00	3.1E+01*
ชนิดเส้นใย (A)	2	6.2E+00	3.1E+00	8.8E+01*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	2.0E+00	9.9E-01	2.8E+01*
A×B	4	4.2E-01	1.1E-01	3.0E+00*
ERROR	18	6.4E-01	3.5E-02	
TOTAL	26	9.2E+00		

หมายเหตุ C.V. = 3.8 %

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะเลของภาคเสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยวิธีการเติมโคโตนชนิดละลายน้ำในปริมาณต่างๆ

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
สิ่งทดลอง	8	6.8E+00	8.5E-01	1.0E+02*
ชนิดเส้นใย (A)	2	5.2E+00	2.6E+00	3.1E+02*
จำนวนการเคลือบ (B)	2	1.5E+00	7.5E-01	9.0E+01*
A×B	4	1.0E-01	2.6E-02	3.1E+00*
ERROR	18	1.5E-01	8.3E-03	
TOTAL	26	6.9E+00		

หมายเหตุ C.V. = 4.6 %

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยโกโก้ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3
ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6
วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	3.8E-05	1.3E-05	1.0E+01 *
ERROR	8	1.0E-05	1.5E-06	
TOTAL	11	4.8E-05		

หมายเหตุ C.V. = 6.3 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยโกโก้ที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6
จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0,
2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	9.2E+00	3.1E+00	4.7E+01 *
ERROR	8	5.2E-01	6.5E-02	
TOTAL	11	9.7E+00		

หมายเหตุ C.V. = 7.3 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาค
เสริมเส้นใยโกลีที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6
จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0,
2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.9E+01	6.3E+00	3.3E+01 *
ERROR	8	1.5E+00	1.9E-01	
TOTAL	11	2.0E+01		

หมายเหตุ C.V. = 10.7 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะเลของภาค
เสริมเส้นใยโกลีที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6
จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0,
2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	4.7E+00	1.6E+00	1.5E+01 *
ERROR	8	8.4E-01	1.1E-01	
TOTAL	11	5.5E+00		

หมายเหตุ C.V. = 17.9 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยระดับประดที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน
3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ
6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	3.9E-05	1.3E-05	1.3E+01
ERROR	8	8.0E-06	1.0E-06	
TOTAL	11	4.7E-05		

หมายเหตุ C.V. = 6.1 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยระดับประดที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6
จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0,
2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.2E+01	3.9E+00	4.4E+01
ERROR	8	7.2E-01	9.0E-02	
TOTAL	11	1.3E+01		

หมายเหตุ C.V. = 7.3 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยสับปะรดที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.7E+01	5.6E+00	3.9E+01 *
ERROR	8	1.1E+00	1.4E-01	
TOTAL	11	1.8E+01		

หมายเหตุ C.V. = 7.7 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยสับปะรดที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	6.3E+00	2.1E+00	1.6E+01 *
ERROR	8	1.1E+00	1.4E-01	
TOTAL	11	7.4E+00		

หมายเหตุ C.V. = 17.8 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยลูกตาลที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน
3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ
6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	4.4E-05	1.5E-05	1.5E+01
ERROR	8	8.0E-06	1.0E-06	
TOTAL	11	5.2E-05		

หมายเหตุ C.V. = 6.0 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยลูกตาลที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6
จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0,
2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.3E+01	4.5E+00	4.3E+01
ERROR	8	8.3E-01	1.0E-01	
TOTAL	11	1.4E+01		

หมายเหตุ C.V. = 6.9 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	2.1E+01	6.9E+00	3.7E+01
ERROR	8	1.5E+00	1.9E-01	
TOTAL	11	2.2E+01		

หมายเหตุ C.V. = 8.0 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่ผ่านการเคลือบสารกันน้ำ PARATEX - NS 6 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	6.8E+00	2.3E+00	1.8E+01
ERROR	8	9.8E-01	1.2E-01	
TOTAL	11	7.8E+00		

หมายเหตุ C.V. = 13.9 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยโกโก้ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่
อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.7E-04	5.8E-05	2.3E+01 *
ERROR	8	2.0E-05	2.5E-06	
TOTAL	11	1.9E-04		

หมายเหตุ C.V. = 4.7 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยโกโก้ที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อ
เก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	9.1E+00	3.0E+00	2.5E+01 *
ERROR	8	9.9E-01	1.2E-01	
TOTAL	11	1.0E+01		

หมายเหตุ C.V. = 12.9 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาค
เสริมเส้นใยโกลีที่มี การเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บ
ที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.6E+01	5.4E+00	3.7E+01 *
ERROR	8	1.2E+00	1.5E-01	
TOTAL	11	1.7E+01		

หมายเหตุ C.V. = 10.9 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาค
เสริมเส้นใยโกลีที่มี การเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อ
เก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	3.8E+00	1.3E+00	2.4E+01 *
ERROR	8	4.2E-01	5.3E-02	
TOTAL	11	4.3E+00		

หมายเหตุ C.V. = 19.2 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยลึบประดที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บ
ที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.1E-04	3.7E-05	2.1E+01 *
ERROR	8	1.4E-05	1.7E-06	
TOTAL	11	1.2E-04		

หมายเหตุ C.V. = 5.6 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยลึบประดที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง
เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	9.5E+00	3.2E+00	4.3E+01 *
ERROR	8	5.9E-01	7.3E-02	
TOTAL	11	1.0E+01		

หมายเหตุ C.V. = 9.3 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาค
เสริมเส้นใยลึบประดามีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อ
เก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	8.2E+00	2.7E+00	3.8E+01 *
ERROR	8	5.8E-01	7.3E-02	
TOTAL	11	8.8E+00		

หมายเหตุ C.V. = 6.5 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาค
เสริมเส้นใยลึบประดามีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง
เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	6.2E+00	2.1E+00	2.7E+01 *
ERROR	8	6.2E-01	7.7E-02	
TOTAL	11	6.9E+00		

หมายเหตุ C.V. = 18.9 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
 เติมน้ำในลูกตาลที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่
 อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.1E-04	3.7E-05	5.9E+00 *
ERROR	8	5.0E-05	6.2E-06	
TOTAL	11	1.6E-04		

หมายเหตุ C.V. = 9.3 %
 * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
 เติมน้ำในลูกตาลที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อ
 เก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.3E+01	4.5E+00	4.0E+01 *
ERROR	8	9.1E-01	1.1E-01	
TOTAL	11	1.4E+01		

หมายเหตุ C.V. = 10.1 %
 * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	2.0E+01	6.6E+00	4.0E+01 *
ERROR	8	1.3E+00	1.7E-01	
TOTAL	11	2.1E+01		

หมายเหตุ C.V. = 9.3 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่มีการเติมชั้นสนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	6.7E+00	2.2E+00	2.0E+01 *
ERROR	8	9.0E-01	1.1E-01	
TOTAL	11	7.6E+00		

หมายเหตุ C.V. = 17.3 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยโกโก้ที่มีการเติมโคโคแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเก็บ
ที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	2.4E-04	8.1E-05	2.7E+01 *
ERROR	8	2.4E-05	3.0E-06	
TOTAL	11	2.7E-04		

หมายเหตุ C.V. = 4.1 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยโกโก้ที่มีการเติมโคโคแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อ
เก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	2.2E+01	7.3E+00	5.9E+01 *
ERROR	8	9.9E-01	1.2E-01	
TOTAL	11	2.3E+01		

หมายเหตุ C.V. = 17.2 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาค
เสริมเส้นใยโกลีที่มีการเติมโคโคไธนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อ
เก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	4.0E+01	1.3E+01	4.6E+01*
ERROR	8	2.3E+00	2.9E-01	
TOTAL	11	4.2E+01		

หมายเหตุ C.V. = 19.8 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาค
เสริมเส้นใยโกลีที่มีการเติมโคโคไธนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อ
เก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	5.5E+00	1.8E+00	2.7E+01*
ERROR	8	5.4E-01	6.8E-02	
TOTAL	11	6.0E+00		

หมายเหตุ C.V. = 30.2 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยลึบประดที่มีการเติมโคโคแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อ
เก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.1E-04	3.7E-05	2.1E+01 *
ERROR	8	1.4E-05	1.8E-06	
TOTAL	11	1.2E-04		

หมายเหตุ C.V. = 3.9 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยลึบประดที่มีการเติมโคโคแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง
เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	2.5E+01	8.4E+00	5.2E+01 *
ERROR	8	1.3E+00	1.6E-01	
TOTAL	11	2.6E+01		

หมายเหตุ C.V. = 17.8 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยสังเคราะห์ที่มีการเติมโคโตแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.9E+01	6.2E+00	3.8E+01*
ERROR	8	1.3E+00	1.6E-01	
TOTAL	11	2.0E+01		

หมายเหตุ C.V. = 11.3 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยสังเคราะห์ที่มีการเติมโคโตแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	8.7E+00	2.9E+00	3.4E+01*
ERROR	8	6.8E-01	8.5E-02	
TOTAL	11	9.3E+00		

หมายเหตุ C.V. = 24.2 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การดูดซึมน้ำของภาคเสริม
เส้นใยลูกตาลที่มีการเติมโคโคแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อ
เก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	2.8E-04	9.3E-05	1.6E+01 *
ERROR	8	4.6E-05	5.8E-06	
TOTAL	11	3.2E-04		

หมายเหตุ C.V. = 6.3 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดัดโค้งของภาค
เสริมเส้นใยลูกตาลที่มีการเติมโคโคแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง
เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	1.4E+01	4.8E+00	4.4E+01 *
ERROR	8	8.6E-01	1.1E-01	
TOTAL	11	1.5E+01		

หมายเหตุ C.V. = 10.6 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงกดของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่มีการเติมโคโคแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้งเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	2.2E+01	7.2E+00	4.4E+01 *
ERROR	8	1.3E+00	1.6E-01	
TOTAL	11	2.3E+01		

หมายเหตุ C.V. = 10.4 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 56 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย การต้านแรงดันทะลุของภาคเสริมเส้นใยลูกตาลที่มีการเติมโคโคแซนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้งเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน

S.O.V.	D.F.	S.S.	M.S.	F
TREATMENT	3	6.6E+00	2.2E+00	2.9E+01 *
ERROR	8	6.2E-01	7.7E-02	
TOTAL	11	7.2E+00		

หมายเหตุ C.V. = 15.5 %
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวประนอม ตั้งมั่นคง
วัน เดือน ปี เกิด 7 มิถุนายน 2518
วุฒิการศึกษา
วุฒิ ชื่อสถาบัน ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 2539
(วิทยาศาสตรจารย์อาหาร)