1893

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาคุณสมบัติและการปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าโดยขึ้นรูปด้วยตัวทำละลาย

(Producing Edible Film from Cassava starch and Rice Flour by Solvent Casting)

โดย

นางสาวสาลี สุขสม

นางสาวโสภิพรรณ วารีวนิช

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....อรอินท์ มหาวงษ์ 18/ม.ค./42..... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(รองศาสตราจารย์อรอินท์ มหาวงษ์)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่...../...**เดือน**...../...**พ.ศ.**.....

ปพ.
ส686ก
2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณสมบัติและการปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมัน สำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าโดยขึ้นรูปด้วยตัวทำละลาย

(Producing Edible Film from Cassava starch and Rice Flour by Solvent Casting)

T096728

นางสาวสาลี สุขสม

นางสาวโสภิพรรณ วารีวนิช

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2542

ปก.
ส 686 ก
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96728
วัน.เดือน.ปี - 4 JUN 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวสาลี สุขสม และนางสาวโสภิพรรณ วารีวนิช ปี 2541 การศึกษาคุณสมบัติและการปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าโดยขึ้นรูปด้วยตัวทำละลาย ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา

พลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ยาก ก่อปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปหลังและแป้งข้าวเจ้า และนำมาทดสอบคุณสมบัติของฟิล์มที่เตรียมได้เป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อทดแทนการใช้ฟิล์มพลาสติก

ผลจากการศึกษาพบว่าฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้ามีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ประโยชน์ เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน 80 : 20 ปริมาณของเหลวต่อของแข็งในอัตราส่วน 80 : 20 และเติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 เป็นพลาสติไซเซอร์ แผ่นฟิล์มที่ได้จะมีลักษณะปรากฏใส ผิวเรียบ ไม่มีฟองอากาศ ความหนาเฉลี่ย 0.0845 มิลลิเมตร และมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์คือ ค่าการต้านทานแรงดึงขาด 1.7454 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร คุณสมบัติด้านการซึมผ่านพบว่า มีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ 59.77 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ค่า A_w 0.542 และมีคุณสมบัติเด่นคือ ต้านทานการซึมผ่านน้ำมันได้ดีได้มากกว่า 15 วัน ฟิล์มที่ได้จะสามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ และสามารถละลายในน้ำต้มเดือดได้ภายใน 3 นาที

แต่อย่างไรก็ตามที่อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็งดังกล่าวจะเตรียมแผ่นฟิล์มได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากส่วนผสมที่ได้ข้นหนืด และฟิล์มที่ได้จะขาดคุณสมบัติในการยืดตัว

สาลี สุขสม
โสภิพรรณ วารีวนิช

.....
รายมือชื่อนักศึกษา

.....
รายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

.....
วัน / เดือน / ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ระจิตร จุธาภรณ์ และอาจารย์อัชชา วงศ์เจริญสถิตย์ คณะกรรมการ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ตลอดจนแนะนำแนวทางและข้อคิดเห็นต่างๆตลอดมา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทความรู้แก่คณะผู้จัดทำตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนกระทั่งคณะผู้จัดทำมีโอกาสประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ของศูนย์บรรจุหีบห่อไทย เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์และธุรการของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร และอาจารย์สุน จ่างประยูร อาจารย์ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการทางฟิสิกส์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือการวิเคราะห์งานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือทุกๆด้านระหว่างการศึกษา

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่อบรมเลี้ยงดู ให้กำลังใจและสนับสนุนค่าใช้จ่ายระหว่างการศึกษา

นางสาวสาลี สุขสม

นางสาวโสภิพรรณ วารีวนิช

มีนาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

กิตติกรรมประกาศ II

สารบัญ III

สารบัญตาราง V

สารบัญภาพ VI

บทที่

1. บทนำ 1
   - ความเป็นมา 1
   - วัตถุประสงค์ 2
2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 3
   - ฟิล์มที่บริโภคได้ 3
   - ฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้ง 9
   - พลาสติไซเซอร์กับฟิล์มที่บริโภคได้ 9
   - ผลของความหนากับฟิล์มที่บริโภคได้ 15
   - ฟิล์มที่บริโภคได้กับการใช้ประโยชน์ 16
   - องค์ประกอบโครงสร้างทางเคมี และสมบัติบางประการของแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า 19
3. อุปกรณ์และวิธีการ 21
   - วัตถุดิบ 21
   - สารเคมี 21
   - อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ 21
   - สถานที่ทำการทดสอบ 22
   - วิธีการทดลอง 22
   - การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ 27
   - การวิเคราะห์ผลทางสถิติ 35
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ	36
การศึกษาลักษณะปรากฏและลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม	36
การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์	36
5. สรุปผลการทดลอง	63
ข้อเสนอแนะ	64
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก	
ก. การศึกษาเบื้องต้นในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	71
ข. กราฟการวัดความต้านทานแรงดึงขาด	72
ค. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	100
ประวัติผู้เขียน	102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	36
2.	ลักษณะปรากฏและลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม	36
3.	ความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	43
4.	ปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	45
5.	ค่า Water Activity ของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	47
6.	อัตราการซึมผ่านของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	50
7.	ความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ	52
8.	ความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆจนฟิล์มละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ	56
9.	ความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	แสดงเครื่องไมโครมิเตอร์คาลิเปอร์ ชนิดเอ็กซ์เทอรัล	27
2.	แสดงเครื่อง Water Activity	29
3.	แสดงชุดทดสอบน้ำมัน	30
4.	แสดงชุดทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ	32
5.	แสดงชุดทดสอบการวัดความคงทนของฟิล์มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ	33
6.	แสดงเครื่องวัดแรงดึงTA-TX2 Texture Analyser	35
7.	แสดงลักษณะปรากฏและพื้นที่ผิวของแผ่นฟิล์ม	41
8.	กราฟแสดงความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	44
9.	กราแสดงปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	46
10.	กราฟแสดงค่า Water Activity ของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	48
11.	กราฟแสดงอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า	51
12.	กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	53
13.	กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	54
14.	กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	55
15.	กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนฟิล์มละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ	57
16.	กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนฟิล์มละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

17. กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนฟิล์มละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ 59
18. กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลัง 62
19. แสดงการศึกษาความเร็วรอบในการกวน 73
20.แสดงการศึกษอุณหภูมิของแป้งเปียกในการขึ้นรูปฟิล์ม 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

การศึกษาเรื่องการใช้ฟิล์มและสารเคลือบที่บริโภคได้เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาอาหารมีมาเป็นเวลานานพอสมควรแล้ว แต่ยังไม่แพร่หลายเนื่องจากคุณสมบัติบางประการด้อยกว่าฟิล์มพลาสติกทำให้มีข้อจำกัดในการใช้ อย่างไรก็ตามฟิล์มบริโภคได้ก็มีข้อดีกว่าฟิล์มพลาสติก คือ สามารถรับประทานไปพร้อมกับอาหารหรือสลายตัวขณะปรุงอาหารให้เกิดความสะดวกในการบริโภคหรือในกรณีที่ไม่รับประทาน ฟิล์มที่ทิ้งไปจะถูกย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย ซึ่งจะเป็นการลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังอาจช่วยเสริมคุณค่าทางอาหาร คุณค่าทางประสาทสัมผัสและสามารถใช้ร่วมกับฟิล์มพลาสติกโดยให้ฟิล์มบริโภคได้สัมผัสกับอาหาร ในกรณีนี้ทำให้ ไม่ต้องกังวลถึงอันตรายของการถ่ายเทสารระหว่างฟิล์มและอาหาร ฟิล์มบริโภคได้นี้สามารถเตรียมจากวัตถุดิบหลายชนิดทั้งพอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน หรือลิพิด (Kester และ Fennema, 1986) จากข้อดีของฟิล์มดังที่กล่าวมาแล้ว จึงควรทดลองเตรียมฟิล์มจากวัตถุดิบทางการเกษตรที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและพัฒนาแนวทางใหม่ในการใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้า โดยการขึ้นรูปด้วยตัวทำละลาย (Solvent casting)
2. เพื่อศึกษาขั้นตอนของการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้า พร้อมทั้งสูตรที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์ม
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของฟิล์มที่รับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. ฟิล์มบริโภคได้ (Edible film)

ฟิล์มบริโภคได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่บริโภคได้นำมาใช้กับอาหารโดยคลือบผิวของอาหารโดยตรงหรือเตรียมแผ่นฟิล์มขึ้นมาก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับอาหารโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันหรือชะลอการผ่านเข้าออกของก๊าซ ไอน้ำ ไอระเหย สารละลาย จุลินทรีย์ หรือสารอื่นๆจากอาหาร ฟิล์มที่เตรียมขึ้นอาจใช้สารชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันโดยนำคุณลักษณะเด่นของสารแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ (Guilbert, 1986)

1.1 ชนิดของฟิล์มบริโภคได้ ฟิล์มบริโภคได้แบ่งออกเป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ ฟิล์มโปรตีน ฟิล์มลิพิด และฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์

1.1.1 ฟิล์มโปรตีน (protein film) ในปัจจุบันการศึกษาฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนมีมากขึ้นเนื่องจากเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรง และมีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี นอกจากนี้โปรตีนยังมีคุณค่าทางอาหารสูงอีกด้วย ฟิล์มโปรตีนที่มีการศึกษาได้แก่ ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลืองและฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลี เป็นต้น

ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนในถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นส่วนของ 7s และ 11s โกลบูลิน ซึ่งโมเลกุลของโปรตีนทั้งสองชนิดนี้สามารถเชื่อมกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเกิดฟิล์ม ฟิล์มชนิดนี้เตรียมได้จากวัตถุดิบหลัก คือ น้ำนมถั่วเหลือง (Wu และ Bates, 1972) หรือโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Wu และ Bates, 1973) ต่อมามีการเติมพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) เพื่อให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่น และปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น (Chuah และคณะ, 1983; Brandenberg และคณะ, 1993) ฟิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติกันการซึมผ่านขอออกซิเจนได้ดีแต่กันการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อย เพราะมีความเป็นขั้วสูง ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลืองนี้สามารถนำมาบริโภคเป็นส่วนประกอบของซุปหรือ ทำเป็นเนื้อเทียม นอกจากนี้ยังนำมาใช้ห่อเนื้อบดหรือผักให้อยู่ในรูปร่างที่ต้องการ เช่น หมูตั้ง หอยจ๊อ เป็นต้น

ฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลี โปรตีนข้าวสาลี หรือกลูเตน ประกอบด้วยไกลอะดินร้อยละ 7 ที่เหลือเป็นกลูเตนิน ส่วนประกอบทั้งสองนี้มีพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเกิดฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทำให้มีลักษณะการยึดเกาะกันของพอลิเมอร์และให้ลักษณะยืดหยุ่นดี (Genadios และ Weller, 1990) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฟิล์มชนิดนี้มีอยู่หลายเรื่อง เช่น Aydt และคณะ (1991) ศึกษาคุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติกันการซึมผ่านพบว่า เป็นฟิล์มที่ไวต่อความชื้น แต่มีความแข็งแรงและกันการซึมผ่านของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี ต่อมา Gontard และคณะ (1992) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของกระบวนการหลักต่างๆ ต่อคุณสมบัติของฟิล์ม จากนั้นในปี 1993 Gontard และคณะ ยังศึกษาบทบาทของพลาสติไซเซอร์ คือ น้ำ และ กลีเซอรอลที่มีผลต่อคุณสมบัติการกันการซึมผ่านของไอน้ำอีกด้วย

นอกจากฟิล์มโปรตีนสองชนิดนี้ยังมีการศึกษาฟิล์มจากโปรตีนชนิดอื่นๆ ได้แก่ ฟิล์มจากโปรตีนข้าวโพด (Genadios และ Weller, 1990; Aydt และคณะ, 1991) ฟิล์มจากโปรตีนเวย์ (Mahmoud และ Savello, 1992; Gontard และคณะ, 1993; McHugh และคณะ, 1994) ฟิล์มจากเคซีน (Avena-Bustillos และ Krochta, 1993)

1.1.2 ฟิล์มลิพิด (lipid film) ลิพิดไม่นิยมขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มแต่จะใช้เป็นสารเคลือบโดยมีวัตถุประสงค์มี่จะให้ผลอย่างอื่นด้วย เช่น ลดการเสียดสีของผิวผลไม้ระหว่างการขนส่ง หรือป้องกันการเกิดสีน้ำตาล สารประกอบลิพิดหลายชนิดรวมทั้งแอซีทิลเลตโมโนกลีเซอไรด์ (acetylate monoglyceride) ไขธรรมชาติ และสารตึงผิวสามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบได้ ตัวอย่างของฟิล์มลิพิด ได้แก่ฟิล์มไขบริโภคได้ ซึ่งมีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดีมากโดยเฉพาะไขพาราฟินและไขผึ้ง นอกจากนี้ฟิล์มจากไขพาราฟินและไขคาร์นูบายังช่วยลดอัตราการแพร่ของเกลือเบนโซเอตเข้าสู่อาหารได้ดีจึงสามารถใช้รักษาความเข้มข้นของสารกันเสียที่ผิวของอาหารไว้ได้เป็นเวลานาน ฟิล์มลิพิดอีกชนิดหนึ่ง คือ สารตึงผิว (surfactant) การเคลือบอาหารด้วยสารตึงผิวจะช่วยลดค่า วอเทอร์แอกทิวิตี (water activity, A_w) ที่ผิวหน้าของอาหาร และลดอัตราการระเหยของน้ำซึ่งจะทำให้การเสื่อมสภาพของอาหารช้าลง โดยสารที่ให้ผลดีที่สุด คือ แอลกอฮอล์ซึ่งมีกรดไขมันในโมเลกุล (fatty alcohol) ที่มีจำนวนคาร์บอน 16 –18 อะตอม กลีเซอรัลโมโนพาบมิเทต และกลีเซอรัลโมโนสเทียเรต (Kester และ Fennema, 1986) นอกจากนี้ในการผลิตแผ่นฟิล์มจากโปรตีน หรือ พอลิแซ็กคาไรด์ยังใช้ลิพิดร่วมด้วยเพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติกันการซึมผ่านของความชื้น

1.1.3 ฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์ พอลิแซ็กคาไรด์หลายชนิดสามารถใช้ผลิตฟิล์ม หรือสารเคลือบบริโภคได้แต่เนื่องจากธรรมชาติของพอลิเมอร์เหล่านี้ชอบน้ำ (hydrophilic) จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ป้องกันการซึมผ่านของความชื้น อย่างไรก็ตามพอลิแซ็กคาไรด์บางตัวที่ใช้เคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารมีลักษณะเหมือนวุ้น จะชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารบางอย่างได้ในช่วงอายุการเก็บสั้นๆ นอกจากนี้ฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์บางชนิดยังช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิดและองค์ประกอบอื่นๆในอาหารได้อีกด้วย ตัวอย่างฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์ ได้แก่ ฟิล์มจากแอลจิเนต (alginate) นิยมใช้ในรูปโซเดียมแอลจิเนตทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนซึ่งอยู่ในรูปของแคลเซียมคลอไรด์ การเคลือบด้วยฟิล์มชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยจะช่วยลดการสูญเสียน้ำ ลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวเนื้อ รักษาสีแดงของเนื้อ ป้องกันการออกซิเดชันของลิพิด และช่วยให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น (Kester และ Fennema, 1986)

ฟิล์มจากอนุพันธ์ของเซลลูโลส อนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ใช้ในการผลิตฟิล์มบริโภคได้อยู่ในรูปของเซลลูโลสอีเทอร์ ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เมทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส หรือไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (Graham, 1977) ในการผลิตฟิล์มจากเซลลูโลสอีเทอร์นั้นมักใช้ร่วมกับลิพิดเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติกันการซึมผ่านของความชื้นให้ดีขึ้น (Kester และ Fennema, 1989; Greener และ Fennema, 1989; Rico-Pena และ Torres, 1990)

ฟิล์มจากสตาร์ช ที่ผ่านการผลิตฟิล์มจากสตาร์ชโดยตรงมีเพียงฟิล์มที่ผลิตจากสตาร์ชข้าวโพดที่มีปริมาณอะมิโลสสูงซึ่งผ่านการดัดแปรง (Roth และ Mehltretter, 1967) และฟิล์มที่ผลิตจากอะมิโลสซึ่งเป็นองค์ประกอบของสตาร์ชที่มีคุณลักษณะสามารถเกิดฟิล์มได้ แต่ต้องมีการแยกส่วนออกมาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมฟิล์มแบบออบเลต (oblate) คือ ใช้ร่วมกับสตาร์ชและวุ้น หรือใช้ร่วมกับวุ้น ฟิล์มที่ได้ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นรส มีความแข็งแรง ยืดหยุ่น เป็นมันวาว มีคุณสมบัติต้านทานไขมัน (grease) สูง และออกซิเจนซึมผ่านฟิล์มได้ต่ำ (มณฑาทิพย์, 2534) แต่ข้อเสียของฟิล์มชนิดนี้ คือ ปัญหาในการละลายอะมิโลสเพื่อเตรียมฟิล์มซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน

1.2 การเกิดฟิล์ม

ฟิล์มบริโภคได้เกิดขึ้นจากการทำให้สารที่สามารถเกิดฟิล์มละลายหรือกระจายตัว แล้วใช้วิธีต่างๆในการแยกสารนั้นออกจากตัวทำละลาย เช่น การทำให้ตัวทำละลายระเหยไป การเติมอิเล็กโทรไลต์เพื่อให้เกิดพันธะตรงกันข้าม การปรับความเป็นกรด-เบส ซึ่งเรียกว่า โคแอกเซอเวชัน(coacervation) หรือโดยการทำให้สารที่เกิดฟิล์มซึ่งหลอมเหลวแข็งตัว (solidification) ฟิล์มรับประทานได้มีองค์ประกอบหลัก คือ พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงซึ่งมีคุณสมบัติเกิดฟิล์มได้ ตัวทำละลายและสารเจือปนซึ่งเติมลงไปเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม (Kester และ Fennema, 1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเตรียมฟิล์มจะมีแรง 2 ชนิดที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ แรงโคฮีชัน (cohesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์ด้วยกันเองจะเกิดขึ้นระหว่างการเกิดฟิล์มทำให้เกิดการเชื่อมต่อของผิววัตถุเดียวกันสร้างพันธะที่แข็งแรงซึ่งจะช่วยป้องกันหรือต้านทานการแยกจากกัน ปัจจัยที่มีผลต่อแรงโคฮีชัน ได้แก่ โครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของพอลิเมอร์ ระบบการละลาย และสภาวะในการเตรียมฟิล์ม โดยแรงโคฮีชันมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล ความสม่ำเสมอของโครงสร้างสายโซ่ การแผ่กิ่งก้านสาขา และการกระจายของกลุ่มที่มีขั้วบนสายพอลิเมอร์ คือ สายพอลิเมอร์ที่ยาวทำให้เกิดการยึดเกาะกันได้ดี การกระจายของกลุ่มที่มีขั้วอย่างมีระเบียบในสายพอลิเมอร์จะช่วยให้เกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกระหว่างสายโซ่ทำให้มีความแข็งแรง การละลายของพอลิเมอร์ในการเตรียมฟิล์มยังมีผลต่อแรงโคฮีชัน คือ ถ้าโมเลกุลของพอลิเมอร์ละลายหรือขยายตัวได้มากที่สุดจะได้โครงสร้างซึ่งเชื่อมกันด้วยแรงโคฮีชันที่มาก ฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรง ส่วนสภาวะในการเตรียมฟิล์มนั้น ควรเตรียมฟิล์มโดยใช้สารละลายที่อุ่น และทำให้ฟิล์มแห้งโดยใช้ความร้อนที่เหมาะสม เพราะถ้าใช้อุณหภูมิสูงอาจทำให้อัตราการระเหยตัวทำละลายเร็วเกินไป โมเลกุลของพอลิเมอร์ถูกตรึงก่อนที่จะเชื่อมอย่างสมบูรณ์ทำให้เกิดรูเข็ม (pinholes) หรือทำให้ฟิล์มมีความหนาไม่สม่ำเสมอซึ่งทำให้การซึมผ่านของฟิล์มเพิ่มขึ้น ระดับของแรงโคฮีชันต่อคุณสมบัติต่างๆของฟิล์มได้แก่ ความหนาแน่นความอัดแน่น (compactness) ความโปร่งเป็นรูพรุน (porosity) ความสามารถในการซึมผ่าน (permeability) ความยืดหยุ่น (flexibility) และความเปราะ เป็นต้น ส่วนแรงอีกชนิดหนึ่ง คือ แรงแอดฮีชัน0.เป็นแรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์กับพลาสติไซเซอร์ ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆของฟิล์มเช่นกัน (Banker, 1966)

Graham (1977) อธิบายการเกิดฟิล์มจากเมทิลเซลลูโลสว่า เมื่อละลายเมทิลเซลลูโลสในสารทำละลายจะเกิดขั้นตอนต่างๆ คือ เกิดการพองตัวเนื่องจากมีโมเลกุลของสารทำละลายเข้าไปแทรกอยู่ขณะเดียวกันความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ต่อมาพันธะระหว่างสายพอลิเมอร์จะถูกทำลาย ทำให้สายโซ่เริ่มกระจายตัว ความหนืดลดลงและคงที่เมื่อการกระจายของโมเลกุลเกิดอย่างสมบูรณ์ ระหว่างการระเหยของสารทำละลาย สายโซ่จะเชื่อมต่อกันใหม่ได้แผ่นฟิล์มเมทิลเซลลูโลสถ้ามีการเติมพลาสติไซเซอร์ลงไปสารดังกล่าวจะไปแทรกอยู่ระหว่างสายพอลิเมอร์ ทำให้แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่นดีขึ้น ส่วนการเกิดฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลืองนั้น Gennadios Weller (1991) อธิบายว่า เมื่อให้ความร้อนน้ำนมถั่วเหลืองจนถึงระดับหนึ่งจะทำให้โครงสร้างสามมิติของโปรตีนเปิดออกหมู่ซัลไฮดริล และสายโซ่ด้านข้างที่ไม่มีขั้วคลายตัว กลูเตนกระจายตัว ระหว่างการทำแห้งหรือสูญเสียน้ำที่ผิว พอลิเมอร์เหล่านี้จะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและเชื่อมกันเป็นโครงร่างแมทริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ ไฮโดรโฟบิก และพันธะไฮโดรเจน โดยในโครงร่างมีหยดน้ำมันกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ

1.3 การขึ้นรูปฟิล์ม

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ การขึ้นรูปที่รวดเร็วเป็นที่ต้องการในแง่ของอุตสาหกรรม แต่จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม เพื่อให้ฟิล์มขึ้นรูปไม่เร็วเกินไปมิฉะนั้นฟิล์มจะไม่สม่ำเสมอ ผิวหน้าขรุขระและแตกง่าย (Bank, 1966) วิธีการขึ้นแผ่นฟิล์มมีหลายวิธีด้วยกัน คือ

1.3.1 วิธีเทสารละลายลงบนวัสดุต่างๆ (solvent casting) ในปี 1966 Mart และคณะเตรียมฟิล์มจากสตาร์ชที่มีปริมาณอะมิโลสสูง (amylomaize starch) โดยการเทลงบนแผ่นกระจกเคลือบซิลิโคน แล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน ฟิล์มที่ได้มีลักษณะโปร่งแสง ละลายน้ำได้ ต่อมามีการเตรียมฟิล์มจากแป้งข้าวเจ้าและวุ้นขึ้นรูปโดยการเทส่วนผสมลงในถาดโลหะปลอดสนิม เขย่าถาดเบาๆจนส่วนผสมกระจายเต็มถาด ทิ้งไว้ให้แห้งในอุณหภูมิห้อง ฟิล์มที่ได้มีสีขาวขุ่น เป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนา 113 ไมโครเมตร (พนอจิต, 2531) ต่อมาในปี 2534 มณฑาทิพย์ เตรียมฟิล์มแบบ ออบเลตจากสตาร์ช มันเทศและวุ้น สตาร์ชมันเทศอะมิโลสและวุ้น ด้วยวิธีการที่คล้ายกัน คือ เทส่วนผสมลงในถาดโลหะปลอดสนิมซึ่งทาด้วยน้ำมันพืช และทำให้ร้อนพอประมาณเอียงและเขย่าถาดเบาๆ ทิ้งไว้ให้แผ่นฟิล์มเปียกคงรูป ทำแห้งด้วยไอน้ำเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส ฟิล์มที่ได้มีความหนา 23-63 ไมโครเมตร

Kester และ Fennema (1989) ขึ้นรูปฟิล์มจากเซลลูโซสอีเทอร์และไขมันบนแผ่นกระจกโดยวิธีโครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง (thin-layer chromatography) แล้วนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ฟิล์มที่ได้มีความหนาเฉลี่ย 0.01 มิลิเมตร ปนัดดา (2537) ดัดแปลงวิธีนี้โดยขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งถั่วเขียวบนแผ่นฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ(LDPE) ซึ่งขึงบนก้นถาดเหล็กปลอดสนิมจนเรียบตึงแล้วนำไปทำแห้งในตู้อบแบบถาด (tray drier) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ฟิล์มที่ได้โปร่งแสง พื้นผิวด้านที่สัมผัสกับพลาสติกเรียบมัน ส่วนด้านที่สัมผัสอากาศด้าน

1.3.2 วิธีเอกซ์ทรูชัน (extrusion) องค์ประกอบในการเตรียมฟิล์ม ได้แก่ สตาร์ชที่มีอะมิโลสร้อยละ 50-80 พลาสติไซเซอร์ร้อยละ 0-30 และน้ำร้อยละ 20-50 ฟิล์มที่ได้มีความชื้นร้อยละ 4-15 ความหนา 1-4 มิล (1มิล (mil) =0.0254 มิลลิเมตร) (Mumma, 1967) แต่จะต้องมีการทำให้อะโมโลสเป็นสารเทอร์โมพลาสติกเทียมก่อนจึงจะขึ้นรูปวิธีนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 วิธีการทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง (drum drier) Hullinger (1965) รายงานว่ามีการผลิตฟิล์มบริโภคได้จากสตาร์ช เรียกว่า ออบเลตฟิล์ม ซึ่งเตรียมจากการผสมสตาร์ชข้าวเจ้ากับกัมจากพืชเล็กน้อย ทำให้เป็นเพสต์เจือจางแล้วขึ้นรูปเป็นฟิล์มบนลูกกลิ้งร้อน 103-108 องศาเซลเซียส หมุนด้วยความเร็ว 70-110 วินาทีต่อรอบ นำฟิล์มที่ได้มาทำแห้งด้วยลมร้อนจนมีความชื้นร้อยละ 13 ฟิล์มมีลักษณะปรากฏเป็นดวงๆ บางมาก เปราะแตกง่ายเมื่อเก็บรักษาโดยไม่ควบคุมความชื้น

1.4 คุณสมบัติของฟิล์มและการทดสอบ

การนำเอาฟิล์มไม่ว่าชนิดใดมาใช้เป็นภาชนะบรรจุ ต้องคำนึงถึงโครงสร้างและสมบัติการใช้งาน โดยฟิล์มจะมีคุณสมบัติเช่นใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของพอลิเมอร์หลัก สารปรุงแต่ง สูตร และวิธีการผลิต ซึ่งสามารถจัดจำแนกสมบัติของฟิล์มได้กว้างๆ (Mount, 1969) คือ สมบัติ ทางกายภาพ ได้แก่ ความโปร่งแสง ความเป็นมันวาว ความหนา สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ ได้แก่ การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability) การซึมผ่านของออกซิเจน (oxygen permeability) สมบัติทางกล เช่น การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strenth) ซึ่งหมายถึง ความสามารถของฟิล์มที่จะต้านแรงดึงขาดซึ่งกระทำที่ปลายของชิ้นทดสอบจนชิ้นทดสอบนั้นขาด การยืดตัว(elongation) ความทนทานต่อการพับขาด (folding endurance) ซึ่งหมายถึงจำนวนการพับไปพับมา (double folds) ที่ทำให้แผ่นทดสอบขาดจากกันเมื่อใช้แรงดึงที่กำหนด และสมบัติเชิงความร้อนเช่น การปิดผนึก การหดตัว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสมบัติที่จำเป็นต่อการบรรจุ เช่น การต้านทานไขมัน วิธีการที่ใช้ประเมินค่าสมบัติต่างๆของภาชนะบรรจุที่ไม่สามารถบริโภคได้สามารถนำมาใช้ทดสอบฟิล์มบริโภคได้ แต่อย่างไรก็ตามฟิล์มบริโภคได้จะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยของสิ่งแวดล้อมมากกว่า โดยฟิล์มที่เป็นพอลิเมอร์มีขั้วจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นมาก ดังนั้นที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำฟิล์มมักจะแตก แต่ที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงฟิล์มจะบวมพองทำให้คุณสมบติการขวางกั้นของฟิล์มเสื่อมลง (Guibert, 1986)

สภาวะการทดสอบสมบัติของฟิล์มมีหลายมาตรฐานที่ผ่านการรับรองจากองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (the International Organization for Standardization, ISO) เช่น ก่อนการทดสอบกำหนดให้นำแผ่นฟิล์มไปเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75-80 และอุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียสหรือความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 และอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เป็นต้น เพราะสมบัติทางกายภาพของฟิล์มขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งจำเป็นต้องทดสอบในสภาวะเดียวกันเพื่อลดความผันแปรให้น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการผลิตภาชนะบรรจุจากฟิล์มแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งานจึงต้องอาศัยสมบัติทางกายภาพและทางกลเป็นปัจจัยสำคัญ เช่น การทำถุงต้องการสมบัติการลื่นสูงรวมทั้งต้องทนอุณหภูมิสำหรับการปิดผนึกได้และมีระดับการหดตัวต่ำ ฟิล์มที่นำไปใช้ห่อด้วยเครื่องควรมีความกระด้าง (stiffness) และความลื่นปานกลาง เป็นต้น นอกจากนี้ความต้องการสมบัติในการรักษาฟิล์มที่มีความต้านทานไขมันสูง ส่วนผลิตภัณฑ์เนื้อต้องการฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของความชื้นและออกซิเจนต่ำ มีความต้านทานไขมันได้ดี

ฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีน (Wu และ Bates, 1973; Aydt, 1991) และพอลิแซ็กคาไรด์ (Kester และ Fennema, 1989; Greener และ Fennema, 1989) เป็นฟิล์มจากพอลิเมอร์ที่มีขั้วจึงมีความชอบน้ำสูง ทำให้มีคุณสมบัติในการซึมผ่านของก๊าซได้ดี แต่กันการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อย ส่วนคุณสมบัติทางกลนั้นถ้ามีการเติมพลาสติไซเซอร์จะช่วยให้ฟิล์มที่ได้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น ไม่เปราะแตกง่าย (Brandenberg และคณะ, 1993; Gontard และคณะ, 1993; Park และคณะ, 1993) ส่วนฟิล์มลิพิดนั้นมีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีมากจึงนิยมใช้ร่วมกับฟิล์มชนิดอื่น

2. ฟิล์มบริโภคได้จากแป้ง

ฟิล์มบริโภคได้จากแป้งที่มีการผลิตนั้น เป็นฟิล์มจากสตาร์ชข้าวโพดที่มีปริมาณอะมิโลสสูงซึ่งผ่านการดัดแปรโดยการเติมหมู่ไฮดรอกซีโพรพิล (hydroxypropylated) ส่วนฟิล์มจากแป้งชนิดอื่นยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตามคุณสมบัติที่ควรคำนึงถึงของฟิล์มจากแป้งก็เป็นเช่นเดียวกับฟิล์มบริโภคได้ชนิดอื่น ได้แก่ ความโปร่งแสงของฟิล์ม ความเรียบของผิวฟิล์ม การตอบสนองต่อความชื้น และการละลายน้ำ เป็นต้น ฟิล์มที่ผลิตจากแป้งต่างชนิดกันจะให้คุณสมบัติแตกต่างกัน ฟิล์มแป้งที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังหรือแป้งมันฝรั่งมีความยืดหยุ่น การต้านทานต่อแรงดึงขาด ความแข็งสูงกว่าฟิล์มที่ผลิตจากแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี ส่วนคุณสมบัติการละลายน้ำนั้น ฟิล์มแป้งที่ได้จากพืชหัวและส่วนรากพืช ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง ละลายน้ำได้ดีกว่าฟิล์มจากแป้งธัญพืช และมีความโปร่งแสงมากกว่าด้วย (Whistler และคณะ, 1984)

3. พลาสติไซเซอร์กับฟิล์มบริโภคได้

3.1 ความหมาย คุณสมบัติ และชนิดของพลาสติไซเซอร์

พลาสติไซเซอร์ (plasticizer) ตามนิยามของ IUPAC หมายถึง สารที่เข้าไปรวมอยู่กับพลาสติกหรือ elastomer แล้วช่วยเพิ่มความอ่อนตัว ความคงทนต่อการใช้งาน และการยืดตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Bakker, 1986) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ พลาสติไซเซอร์ ภายนอก (external plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปในโครงสร้างพอลิเมอร์แล้วทำให้เกิดสารเชิงซ้อนหรือการจับกลุ่มของโมเลกุล เนื่องจากพลาสติไซเซอร์ไปจับยึดกับพอลิเมอร์ด้วยพันธะเวเลนซีทุติยภูมิ (secondary valency) ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัว (Mellan, 1961) และพลาสติไซเซอร์ภายใน (internal plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปแล้วทำหน้าที่เป็นสารร่วมช่วยในการเกิดพอลิเมอร์ (copolymerization)(Billmeyer, 1962)

คุณสมบัติของพลาสติไซเซอร์ที่ดีต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์ที่ใช้ทำฟิล์ม (compatible) โดยมีแรงระหว่างโมเลกุลของสารทั้งสองคล้ายคลึงกัน มีจุดเดือดสูง ระเหยยาก ละลายในตัวทำละลายที่ใช้ได้ดี นอกจากนี้ควรจะไม่มีสี กลิ่น รส ไม่เป็นพิษ และไม่ติดไฟ (Beerler และ Finney, 1983) ถ้าใช้พลาสติไซเซอร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมจะช่วยป้องกันมิให้เกิดการแยกตัวระหว่างการทำฟิล์มให้แห้ง ฟิล์มที่ได้มีลักษณะทางกายภาพดี สามารถคงความยืดหยุ่นตลอดการใช้งาน (Guibert, 1986)

ฟิล์มบริโภคได้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับฟิล์มจากพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆ คือ ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูงและสารทำละลายแล้วยังมีพลาสติไซเซอร์เป็นองค์ประกอบสำคัญ (Mahmoud และ Savello, 1992) เพื่อทำหน้าที่ปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มให้มีความยืดหยุ่นเพียงพอไม่แตกหักระหว่างการนำไปใช้และเก็บรักษา พลาสติไซอเซอร์ที่นำมาใช้ต้องได้รับอนุญาตจาก FDA โดยมีการพิสูจน์และยอมรับแล้วว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคทั้งในระยะเฉียบพลันและระยะยาว พลาสติไซเซอร์ที่นำมาใช้กับฟิล์มบริโภคได้มีหลายประเภท ได้แก่ โมโน ได และโอลิโกแซ็กคาไรด์ พอลิออลและลิพิดหรืออนุพันธ์ของลิพิด ปริมาณการใช้พลาสติไซเซอร์โดยทั่วไปประมาณร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนักแห้ง (Guilbert, 1986)

พอลิออล (polyols) หรือ พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลซึ่งหมู่คีโตนหรือแอลดีไฮด์ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล พอลิออลบางชนิดพบในผลไม้โดยเฉพาะพวกที่มีคาร์บอน 6 อะตอม เช่น ซอร์บิทอล หรือสามารถผลิตจากปฏิกิริยาเติมไฮโดรเจนให้กับน้ำตาล (hydrogenation) พอลิออลมีคุณสมบัติคงทนต่อสารเคมีและความร้อนได้ดีจึงไม่สามารถสลายตัวง่าย ดูดซับและเก็บความชื้นได้ดี ละลายน้ำได้ มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาล มีแคลอรีเพียง 2.4 กิโลแคลอรีต่อกรัม เนื่องจากถูกดูดซึมได้ช้ามากจึงสามารถใช้กับผู้ที่เป็นโรคเบาหวานได้ นอกจากนี้ยังไม่ทำให้ฟันผุเพราะแบคทีเรียในปากไม่สามารถใช้ได้ JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives กำหนดปริมาณการบริโภคต่อวัน (ADI) ของพอลิเมอร์เป็น “not

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

specified" หมายถึง สามารถใช้ได้ในระดับที่จำเป็นต่อกระบวนการแปรรูปเพื่อให้ได้อาหารที่มีคุณลักษณะตามต้องการ อย่างไรก็ตามพอลิออลอาจมีผลทำให้ระบายท้อง ดังนั้นผู้ใหญ่ไม่ควรบริโภคเกิน 60-80 กรัมต่อวัน และเด็กอายุ 5-16 ปี ไม่ควรบริโภคเกิน 30-40 กรัมต่อวัน (Le Bot และ Gouy, 1995) การนำพอลิออลมาใช้เป็นพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มบริโภคได้มีหลายชนิด ได้แก่

กลีเซอรอล (glycerol)หรือกลีเซอรีน (glycerrine) เป็นพอลิออลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม มีสูตรโมเลกุล $C_3H_8O_3$ มีน้ำหนักโมเลกุล 92 เป็นผลพลอยได้ในการผลิตสบู่และกรดไขมัน มีคุณสมบัติเป็นของเหลวมีที่ความหนืด รสหวาน 0.6 เท่าของน้ำตาลผสมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดีมาก เป็นสารทำละลายน้ำมันได้ดีพอสมควร ดูดความชื้นจากอากาศได้ปานกลาง (Windholz, 1976) ฟิล์มบริโภคได้หลายชนิดใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์ (Mart และคณะ, 1996; มณฑาทิพย์ ,2534; Mahmoud และ SaOvello, 1992;Gontard และคณะ, 1993; Park และคณะ, 1993; McHugh และคณะ, 1994)

ซอร์บิทอล (sorbitol) เป็นพอลิออลที่มีคาร์บอน 6 อะตอม น้ำหนักโมเลกุล 182 พบในผักและผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิล แพร์ เชอรี เป็นต้น ในทางการค้าจะผลิต D-ซอร์บิทอลจากการเร่งปฏิกิริยาเติมไฮโดรเจนของ D-กลูโคสซึ่งได้จากการย่อยสตาร์ชที่มีความบริสุทธิ์สูงด้วยเอนไซม์ ซอร์บิทอลเป็นผลึกสีขาวอยู่ในรูปของ γ-ซอร์บิทอลซึ่งคงตัว (Gonzen Rapaille,1992) มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลครึ่งหนึ่ง ละลายน้ำได้ดีสารละลายที่ได้มีความหนืดต่ำ เป็นสารทำละลายน้ำมันที่ไม่ดี เมื่อใช้ความเข้มข้นร้อยละ 3-60 สามารถรักษาความชื้นและคงลักษณะของความยืดหยุ่นไว้ได้ (Le Bot และ Gouy, 1995) ในปี 1994 McHugh และคณะศึกษาการเตรียมฟิล์มจากเวย์โปรตีนโดยใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์

พอลิเอทิลีนไกลคอล (polyethylene glycol) มีสูตรทั่วไปคือ $H(OCH_2CH_2)OH$ โดยที่ n มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4 ปกติแล้วจะบอกค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยด้วย เช่น พอลิเอทิลีนไกลคอล-400 พอลิเอทิลีนไกลคอลมีลักษณะเป็นผลึกขาวหรืออยู่ในรูปของเหลวใส มีความข้นหนืด ละลายในน้ำได้ให้สารละลายใส เสื่อมเสียยากเนื่องจากเชื้อราไม่สามารถเจริญได้ มีความเป็นพิษต่ำ สำหรับพอลิเอทิลีนไกลคอล-400 มีค่า n อยู่ระหว่าง 8.2-9.1 น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย 380-420 อยู่ในรูปของเหลวข้นหนืด มีกลิ่นจางๆ ไวต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นเล็กน้อย (Windholz,1976) มีการศึกษาการใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลเป็นพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มบริโภคได้เช่นเดียวกับพอลิออลชนิดอื่นๆ (Park และคณะ, 1993; McHugh และคณะ,1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 บทบาทของพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มบริโภคได้

การเติมพลาสติไซเซอร์ในระหว่างการเตรียมฟิล์มบริโภคได้นั้นใช้วิธีการละลาย โดยทั้งพลาสติไซเซอร์และพอลิเมอร์ละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ระหว่างการละลายมีการกวนผสมพร้อมทั้งให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาเหมาะสมแล้วจึงนำขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกไปในสภาวะที่ไม่รุนแรง การใช้พลาสติไซเซอร์ลักษณะนี้เป็นแบบภายนอก (external) คือ เมื่อเติมพลาสติไซเซอร์ลงไปแล้วจะไปจับยึดกับพอลิเมอร์ด้วยพันธะเวเลนซีทุติยภูมิ (secondary valency) (Mellan,1961) เกิดพันธะมีขั้วหรือพันธะไฮโดรเจนอย่างหลวมๆ ทำให้แรงระหว่างสายโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนลงซึ่งเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ อิทธิพลของความร้อนระหว่างการเตรียมสารละลายฟิล์มทำให้พลาสติไซเซอร์สามารถแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างสายพอลิเมอร์ง่ายขึ้น และพันธะไฮโดรเจนหรือแรงอื่นๆ ระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ถูกหักล้างไป เนื่องจากถูกแรงดึงดูดที่แข็งแรงระหว่างพอลิเมอร์กับพลาสติไซเซอร์ทำให้โมเลกุลของพอลิเมอร์ไม่สามารถจับกันเองได้ (Beerler และ Finney,1983) ส่งผลให้ฟิล์มที่ได้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ลดความเปราะแตกง่าย การต้านทานแรงฉีกขาด (tear strength) ลดลง นอกจากนี้พลังงานที่ใช้แยกสายโซ่พอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันยังมีความสัมพันธ์กับพลังงานที่ไปกระตุ้นการแพร่กระจายของก๊าซและไอให้ผ่านแผ่นฟิล์ม (energy of activation for diffusion = Ed) ดังนั้นเมื่อแรงดึงดูดระหว่างสายโซ่ลดลงทำให้ค่าEdลดลง การซึมผ่านของก๊าซและไอผ่านแผ่นฟิล์มจึงเพิ่มขึ้น (Banker,1966)

3.3 ผลของของพลาสติไซเซอร์ต่อคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้

คุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้ที่มีการเติมพลาสติไซเซอร์ลงไปจะเป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิด โครงสร้างทางเคมี ความเข้มข้นที่ใช้ และระดับการกระจายตัวของสารในฟิล์มนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์ รวมทั้งการเตรียมฟิล์มอีกด้วย (Kester และ Fennema, 1986) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลาสติไซเซอร์ในฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์มีดังนี้

Mark และคณะ (1966) ศึกษาการเตรียมฟิล์มจาก amylomaize starch ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 71 ขึ้นรูปบนแผ่นกระจกเคลือบซิลิโคนแล้วนำไปทำแห้งโดยใช้ลมร้อนพบว่า ฟิล์มที่ได้ทั้งที่มีการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 16 โดยน้ำหนัก และฟิล์มที่ไม่ใช้กลีเซอรอลไม่พบการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนเมื่อทดสอบที่อุณหภูมิ 5 และ 25 องศาเซลเซียสในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทณฑาทิพย์ (2534) ทดลองใช้กลีเซอรอลในออบเลตฟิล์ม 3 สูตร คือ สตาร์ชมันเทศและวุ้น (สูตรที่1) สตาร์ชมันเทศและอะมิโลส (1:1) และวุ้น (สูตรที่ 2) และอะมิโลสและวุ้น (สูตรที่ 3) โดยใช้กลีเซอรอลร้อยละ 0 , 0.25 และ 0.5 โดยน้ำหนักของสารละลาย พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้มีค่าการต้านทานแรงดึงขาดแปรผกผันกับปริมาณกลีเซอรอลที่เติมลงไปโดยในสูตรที่ 1 ค่าลดลงจาก 4.65 ถึง 3.31 สูตรที่ 2 จาก 2.29 ถึง 1.59 และสูตรที่ 3 จาก 1.47 ถึง 1.39 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร ค่าการยืดตัวแปรผันตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.4 ถึง 3.75 , 1.0 ถึง 3.15 และ 1.0 ถึง 2.25 ตามลำดับ และค่าการต้านทานแรงฉีกขาดแปรผันตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นจาก 3.39 ถึง 4.58, 3.29 ถึง 8.15 และ 1.55 ถึง 5.83 กรัม ตามลำดับ ส่วนอัตราการซึมผ่านของก๊าซจะแปรผกผันกับปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นโดยค่าลดลงจาก 4.83 ถึง 1.23 , 1.56 ถึง 1.09 และ 3.56 ถึง 2.18 $\times 10^{3}$ มิลลิลิตรต่อตารางเมตรต่อ 24 ชั่วโมงต่อบรรยากาศตามลำดับ และค่าวอเทอร์แอกทิวิตีของฟิล์มแปรผันตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นโดยค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.472 ถึง 0.580

Park และคณะ (1993) ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์ต่อฟิล์มเมทิลเซลลูโลส และฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมททิลเซลลูโลสโดยใช้พลาสติไซเซอร์ 3 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีนไกลคอล พรอพิลีนไกลคอล และกลีเซอรีน ที่มีความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0.17 , 0.33 , 0.50 และ 0.66 มิลลิลิตรพลาสติไซเซอร์ต่อกรัมเซลลูโลส และควบคุมความหนาของแผ่นฟิล์มพบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นพลาสติไซเซอร์เพิ่มขึ้น ค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มทั้งสองชนิดลดลง แต่ค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้น และการเพิ่มความเข้มข้นของพอลิเอทิลีนไกลคอลมีผลต่อการเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์มมากกว่าพลาสติไซเซอร์อีก 2 ชนิด ส่วนค่าคุณสมบัติในการขวางกั้นพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโพรพิลีนไกลคอล ค่าการซึมผ่านของไอน้ำ และก๊าซออกซิเจนของฟิล์มทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น ส่วนความเข้มข้นของพอลิเอทิลีนไกลคอลไม่มีผลต่อค่าทั้งสองนี้โดยพบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้น 0.33 มิลลิลิตรพลาสติไซเซอร์ต่อกรัมเซลลูโลส ค่าทั้งสองมีค่าสูงสุด สำหรับกลีเซอรีน เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจนถึง 0.33 มิลลิลิตรพลาสติไซเซอร์ต่อกรัมเซลลูโลส ค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นมากกว่านี้ค่าจะลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของกลีเซอรีนไม่มีผลต่อค่าการซึมผ่านของออกซิเจนของฟิล์มทั้งสองชนิด

เกศศิณี และคณะ (2539) ศึกษาคุณลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสำปะหลังผสมกลีเซอรอล หรือกลีเซอริลโมโนสเทียเรตในปริมาณร้อยละ 0.2 , 5 และ 10 ซึ่งผ่านการดัดแปรโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชันพบว่า ปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นทำให้แผ่นฟิล์มมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียบขึ้น แต่ความคงทนต่อการแตกเมื่อพับลดลง การผสมกลีเซอริลโมโนเทียเรตในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 ไม่ทำให้แผ่นฟิล์มมีคุณลักษณะดีขึ้น ฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังผสมกลีเซอรอลมีลักษณะใสและยืดหยุ่นดี ส่วนฟิล์มจากแป้งข้าวเจ้าผสมกลีเซอรอลมีสีขาวขุ่น ยืดหยุ่นน้อยกว่า

ส่วนฟิล์มโปรตีนก็มีงานวิจัยหลายเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลาสติไซเซอร์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม Mahmoud และ Savello (1992) รายงานผลของความเข้มข้นกลีเซอรอลในฟิล์มโปรตีนเวย์ที่มีต่อค่าแรงที่ทำให้ฟิล์มแตก (breaking force) และปริมาณความชื้นของฟิล์ม โดยใช้กลีเซอรอลร้อยละ 0.125 , 0.25 , 0.5 ,1 และ 2 ของสารละลายเตรียมฟิล์มพบว่า ความเข้มข้นของกลีเซอรอลมีอิทธิพลต่อค่าทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ คือ เมื่อใช้ความเข้มข้นของ กลีเซอรอลเพิ่มขึ้น แรงที่ใช้ในการทำให้ฟิล์มแตกจะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 100 ถึง 1900 กรัมต่อตารางเซนติเมตร และความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 28

Gontard และคณะ (1993) ศึกษาผลของปริมาณกลีเซอรอลต่อการทนต่อแรงทิ่มทะลุ (puncture strength) ของฟิล์มกลูเตน โดยใช้กลีเซอรอลปริมาณ 0 – 33.3 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง พบว่า เมื่อใช้กลีเซอรอลตั้งแต่ 15 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งขึ้นไปทำให้ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุลดลงจาก 2 ถึง 0.25 นิวตัน และการเสียรูปเพิ่มขึ้นจาก 5 ถึง 20 มิลลิเมตร ส่วนอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 0.00345 ถึง 0.00545 กรัม·มิลลิเมตรต่อตารางเซนติเมตรต่อ 24 ชั่วโมง

McHugh และคณะ (1994) รายงานผลของพลาสติไซเซอร์ต่อการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มโปรตีนเวย์ที่มีความหนาใกล้เคียงกันโดยใช้พลาสติไซเซอร์ 3 ชนิด คือ พอลิเอทิลีนไกลคอล กลีเซอรอล และซอร์บิทอล ในความเข้มข้นต่างๆกัน คือ ร้อยละ 37.5 และร้อยละ 50 ของน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายพบว่า เมื่อความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์เท่ากันฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นจาก 0.6 ถึง 7.6 กรัม·มิลลิเมตรต่อกิโลกรัมต่อปาสคาลต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร

Gennadios และคณะ (1996) ศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มที่เตรียมจากโปรตีนไข่ขาว (egg albumen) ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 30 , 40 และ 50 หรือพอลิเอทิลีนไกลคอลหรือซอร์บิทอลร้อยละ 50 มีค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำที่สุด ฟิล์มที่ใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลมีค่าการยืดตัวสูงที่สุด และฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลหรือพอลิเอทิลีนไกลคอลมีค่าการต้านทานแรงดึงขาดมากกว่าฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลของความหนาต่อคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้

นอกจากชนิดของพอลิเมอร์ การเตรียมฟิล์ม ชนิดและปริมาณพลาสติไซเซอร์ที่ใช้จะมีผลต่อคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้แล้ว คุณสมบัติของฟิล์มยังขึ้นอยู่กับความหนาที่สม่ำเสมอของแผ่นฟิล์มอีกด้วย (Hagenmaire และ Shaw, 1990) ความหนาจะมีผลต่อความแข็งแรงในการยึดเกาะกันของฟิล์ม โดยความแข็งแรงของฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นจนถึงค่าเฉพาะค่าหนึ่งหลังจากนั้นความแข็งแรงของฟิล์มจะคงที่แม้ว่าความหนาจะเพิ่มขึ้น มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของความหนาที่มีต่อคุณสมบัติต่างๆของฟิล์มดังนี้

Hagenmaire และ Shaw (1990) ศึกษาถึงความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์มที่เตรียมจากกรดไขมันและไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสซึ่งมีความหนาแตกต่างกันพบว่า ฟิล์มที่มีความหนา 15.24 – 38.1 ไมโครเมตร มีความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์มต่างกันน้อยมากคือมีค่าอยู่ในช่วง 3.56 $\pm$ 1.02 ถึง 5.08 $\pm$ 2.79 กรัม·ไมโครเมตรต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท แต่ฟิล์มที่มีความหนา 3.81 ไมโครเมตรมีค่านี้สูงถึง 20 เท่า คือ มีค่าเป็น 88.9 $\pm$ 35.56 กรัม·ไมโครเมตรต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท เนื่องจากฟิล์มที่บางมากเกิดการยืดตัวมากกว่าฟิล์มหนาในระหว่างการลอกออกจากวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป

Nelson และ Fennema (1991) ทดลองใช้ฟิล์มเมทิลเซลลูโลสป้องกันการถ่ายเทไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมหวานพบว่า เมื่อใช้ฟิล์มเมทิลเซลลูโลสที่มีความหนาต่างๆกัน คือ ตั้งแต่ 5.08 – 40.64 ไมโครเมตรพบว่า เมื่อความหนาของฟิล์มลดลงค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำมันถั่วลิสงเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ (imperfections) ของฟิล์มมากขึ้น และเมื่อฟิล์มหนาขึ้นจำนวนรูในแผ่นฟิล์มจะลดลง นอกจากนี้เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดกราดลำแสงพบว่า ฟิล์มที่มีความหนามากผิวฟิล์มเรียบไม่มีรอยแตกหรือรูเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่บางกว่า นอกจากนี้ความหนาของฟิล์มยังมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วย

Martin-Polo และคณะ (1992) ทดสอบอิทธิพลของความหนาของฟิล์มต่อค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate , WVTR) และค่าการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate , WVTR) โดยเตรียมฟิล์มจากการจุ่ม (dipping) เซลโลเฟนหรือกระดาษกรองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตรลงในไขพาราฟินหลอมเหลว หรือน้ำมันพาราฟินเป็นเวลา 30 วินาที พาบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มจากไขพาราฟินแปรผกผันกับความหนา ส่วนค่าการซึมผ่านของไอน้ำมีค่าคงที่ ส่วนฟิล์มจากน้ำมันพาราฟินเมื่อความหนาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มน้อยกว่า 80 ไมโครเมตร ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความหนาของฟิล์มเป็น 80-140 ไมโครเมตร ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและค่าการซึมผ่านของไอน้ำค่อนข้างคงที่ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อฟิล์มบางกว่า 80 ไมโครเมตร ชั้นของน้ำมันพาราฟินไม่สม่ำเสมอจึงเกิดการซึมผ่านของไอน้ำง่ายขึ้น

Mahmoud และ Savello (1992) ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มโปรตีนเวย์และรายงานว่า ความหนาของฟิล์มมีผลต่อความแข็งแรงของฟิล์มและการส่งผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์ม โดยความหนาของฟิล์มจะควบคุมได้ด้วยความเข้มข้นของโปรตีนเวย์ในสารละลายและพื้นที่ในการขึ้นรูป

Park และคณะ (1993) พบว่าเมื่อความหนาของฟิล์มเมทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้นจาก 45.72 – 106.68 ไมโครเมตร ค่าการต้านทานแรงดึงขาด ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ และก๊าซออกซิเจนมีค่าคงที่ ส่วนค่าร้อยละการยืดตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สำหรับฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสนั้นเมื่อความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้น ค่าการต้านทานแรงดึงขาดและร้อยละการยืดตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและไอน้ำคงที่เมื่อความหนาเพิ่มขึ้นจาก 22.86 – 139.7 ไมโครเมตร

McHugh และคณะ (1994) รายงานผลของความหนาต่อความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์มบริโภคได้ชนิดมีขั้ว (hydrophilic edible film) พบว่า กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มโซเดียมเคซีเนต กับความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำเป็นเส้นตรงที่มีความชันเป็นบวก เนื่องจากเมื่อฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นความทนต่อการเคลื่อนย้ายมวลสารผ่านแผ่นฟิล์มมีมากขึ้น ดังนั้นความสมดุลของความดันไอย่อยได้ผิวฟิล์มจึงมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ใต้ผิวฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

Cuq และคณะ (1996) ศึกษาอิทธิพลของความหนาที่มีต่อคุณสมบัติทางหน้าที่ของฟิล์มจากไมโอไฟบริลลาโปรตีนของปลาพบว่า ความหนาไม่มีอิทธิพลต่อความขุ่นของฟิล์มร้อยละของการละลายน้ำได้ การยืดตัวที่จุดขาด และสัมประสิทธิ์การคลายตัว แต่ความหนาที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่จุดขาดของฟิล์ม

5. ฟิล์มบริโภคได้กับการใช้ประโยชน์

การใช้ฟิล์มบริโภคได้เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บอาหารมีมานานแล้วโดยสามารถใช้ในรูปแบบการเคลือบ (coating) ซึ่งเป็นการนำสารมาเคลือบผิวของอาหารด้วยวิธีการต่างๆ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจุ่ม (dipping) การแปรง (brushing) หรือการพ่นฝอย (spraying) เพื่อเลียนแบบสารเคลือบผิวธรรมชาติของผักและผลไม้ (Kester และ Fennema, 1986) เนื่องจากผักและผลไม้เป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิตเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วยังมีการหายใจและการสูญเสียน้ำ ดังนั้นการเสื่อมเสียจึงเกิดได้ทันทีหลังการเก็บเกี่ยว โดยปริมาณการสูญเสียสูงถึงร้อยละ 50 ของผลผลิตทั่วโลก การเคลือบผิวผักและผลไม้ด้วย ฟิล์มบริโภคได้จะช่วยยืดอายุการหลังการเก็บเกี่ยวโดยลดการหายใจ การสูญเสียน้ำหนักและชะลอการสุกเนื่องจากความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำที่แตกต่างกันของสารเคลือบทำให้เกิดสภาพช่องบรรยากาศภายในที่ถูกดัดแปลงคือมีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูงส่วนความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำซึ่งจะเป็นผลให้อัตราการหายใจ การสร้างเอทิลีน และการสูญเสียน้ำลดลง (Nisperos และ Baldwin, 1996) และ นอกจากนี้ยังทำให้ผิวของผักและผลไม้เป็นมันเงาและลดการเกิดบาดแผลระหว่างการขนส่งได้อีกด้วย

สารเคลือบบริโภคได้ที่นิยมใช้กันมาเป็นเวลานานแล้ว คือ ไข (wax) และอิมัลชันของไขกับไขมัน น้ำมัน และสารอื่น (สุรพงษ์, 2530; Kester และ Fennema) ในปี 2536 สายสนม และคณะศึกษาการใช้อิมัลชันไขรำข้าว อิมัลชันไขผสมรำข้าวและคาร์นูบา เปรียบเทียบกับอิมันชันไขคาร์นูบาในการเคลือบผักและผลไม้บางชนิด พบว่าอิมัลชันไขผสมรำข้าวและคาร์นูบาเหมาะสำหรับเคลือบมะม่วง แครอต และมะนาว ส่วนอิมัลชันไขรำข้าวเหมาะสำหรับเคลือบพริกหวาน โดยการเคลือบอิมัลชันไขที่มีความเข้มข้นเหมาะสมจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและอัตราการหายใจรักษาสีเขียวของคลอโรฟิลล์และความแน่นเนื้อรวมทั้งชะลอการสุกของผักและผลไม้ที่ทำการทดลอง ทั้งนี้ผลการเคลือบอิมัลชันไขผสมรำข้าวและคาร์นูบาใกล้เคียงกับการเคลือบด้วยอิมันชันไขคาร์นูบา

ส่วนการเคลือบด้วยฟิล์มโปรตีนนั้น Packและคณะ (1994) ใช้โปรตีนข้าวโพด (corn zein) เคลือบผิวมะเขือเทศที่สุกแก่เต็มที่พบว่า ช่วยยืดระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียความแน่นเนื้อและน้ำหนักระหว่างการเก็บได้ สำหรับการใช้ฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์เพื่อการเคลือบมักมีจุดประสงค์ในด้านการแลกเปลี่ยนก๊าซมากกว่าการป้องกันการสูญเสียน้ำ ฟิล์มที่ผลิตขึ้นทางการค้ามีชื่อว่า “Prolong” เป็นซูโครสพอลิเอสเทอร์ของกรดไขมันและเกลือโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ต่อมามีการพัฒนาสูตรให้ดีขึ้น (Baldwin, 1994) หลังจากนั้น Su และ Chang (1995) ศึกษาการใช้พอลิแซ็กคาไรด์ 12 ชนิด เช่น สตาร์ชดัดแปร เดกซ์ทรินและแอลจิเนต เคลือบผิวถั่วที่ผ่านการนึ่งแล้วพบว่า การเคลือบบางชนิดสามารถลดการแยกของเมล็ดถั่ว การสูญเสียความแน่นเนื้อและสีได้ นอกจากนี้ HowardและDewi (1995) ศึกษาการเคลือบผิวแครอตปอกเปลือกด้วยฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96728

จากเซลลูโลสพบว่าช่วยลดการเปลี่ยนสีและรักษากลิ่นรสของแครอตไว้ได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่เคลือบผิว

การใช้ฟิล์มบริโภคได้อีกรูปแบบหนึ่ง คือ ผลิตฟิล์มขึ้นมาเป็นแผ่นแล้วจึงนำมาใช้กับอาหารโดยการห่อหุ้ม ใช้เป็นแผ่นกั้นระหว่างชั้นของอาหารที่มีองค์ประกอบต่างกัน หรือขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุ Kester และ Fennema (1989) ศึกษาการใช้แผ่นฟิล์มเมทิลเซลลูโลสเคลือบไขผึ้งขวางกั้นการถ่ายเทความชื้นระหว่างชั้นของขนมปังและซอสมะเขือของพิซซา แล้วห่อด้วยฟิล์มพอลิเอทิลีน นำไปเก็บที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 สัปดาห์ โดยในแต่ละสัปดาห์ มีการเก็บตัวอย่างบางส่วนมาเก็บที่ - 6.7 $\pm$ 2 องศาเซลเซียสพบว่า การใช้แผ่นฟิล์มเมทิลเซลลูโลสเคลือบไขผึ้งสามารถชะลอการถ่ายเทความชื้นการซอสมะเขือเทศไปสู่ขนมปังได้ และเมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังการอบ ได้แก่ คุณภาพระหว่างชั้น (interface quality) ความแฉะของขนมปัง และความชอบรวมพบว่า ให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสดีกว่าที่ไม่ใช้แผ่นฟิล์ม

Rico-Pena และTorres (1990) ใช้แผ่นฟิล์มที่เตรียมจากเมทิลเซลลูโลสกับกรดพาลมิติกในอัตราส่วน 3 : 1 และแผ่นฟิล์มจากเมทิลเซลลูโลส เพื่อกันการถ่ายเทความชื้นระหว่างโคนไอศกรีมกับชั้นของช็อกโกแลตโดยนำตัวอย่างไปเก็บที่อุณหภูมิต่างๆกัน คือ ตัวอย่างที่ใช้แผ่นฟิล์มชนิดแรกนำไปเก็บที่อุณหภูมิ – 23.3 องศาเซลเซียส และนำออกมาที่ -12.2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วันในทุกๆ สัปดาห์ ส่วนแผ่นฟิล์มชนิดที่สองเก็บที่อุณหภูมิ -12.2 องศาเซลเซียสพบว่า ตัวอย่างที่ใช้แผ่นฟิล์มชนิดแรกไม่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ -23.3 องศาเซลเซียสและ 4 สัปดาห์เมื่อมีการเก็บที่ -12.2 องศาเซลเซียสหลังจากนั้นความชื้นจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนตัวอย่างที่ใช้แผ่นฟิล์มทั้งสองชนิดจะสามารถรักษาความกรอบของโคนไอศกรีมไว้ได้นานกว่าอายุการเก็บปกติ

Nelson และFennema (1991) รายงานว่าแผ่นฟิล์มเมทิลเซลลูโลสกันการเคลื่อนที่ของไขมันในผลิตภัณฑ์ ช็อกโกแลตไส้ถั่วลิสงได้ผลดีพอควร

Heralod และคณะ (1996) ศึกษาการใช้ฟิล์มโปรตีนข้าวโพดที่เติมสารกันหืนและอิมัลซิไฟเออร์ห่อเนื้อไก่งวงที่อบแล้วเปรียบเทียบกับการห่อด้วยฟิล์มพอลิไวนิลิดีนคลอไรด์ (PVDC) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ตัวอย่างที่ห่อด้วยฟิล์มโปรตีนข้าวโพดมีปริมาณเฮกซาแนลต่ำกว่าตัวอย่างที่ห่อด้วยฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. องค์ประกอบ โครงสร้างทางเคมี และสมบัติบางประการของแป้งมันสำปะหลัง

6.1 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลัง เป็นแป้งที่ผลิตจากหัวมันสำปะหลังสดซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Monihot esculenta Crantz. แป้งมันสำปะหลังที่ผลิตในอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบดังนี้ ความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 โปรตีนไม่เกินร้อยละ 0.3 สตาร์ชไม่น้อยกว่าร้อยละ 97.5 เยื่อใยไม่เกินร้อยละ 2.2 โดยน้ำหนักแห้ง องค์ประกอบที่มีมากที่สุดในแป้งมันสำปะหลัง คือ สตาร์ช เมื่อพิจารณาลักษณะของเม็ดสตาร์ชแป้งมันสำปะหลังจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดกราดลำแสงพบว่า โดยส่วนใหญ่เป็นรูปไข่ที่ปลายข้างหนึ่งถูกตัดออก ผิวตรงส่วนตัดมีลักษณะเว้าเข้าข้างใน บางเม็ดอาจมีริมด้านหนึ่งโค้งอีกด้านหนึ่งแบนไม่สม่ำเสมอกัน พบรอยปุ่ม (eccentric hilum) อย่างเห็นได้ชัด และแต่ละเม็ดมีความยาวตั้งแต่ 15-35 ไมโครเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 15 ไมโครเมตร (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521)

โมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วย D(+) glucose unit ซึ่งอยู่ในรูปของ α-glucopyranose ring แต่ละหน่วยของกลูโคสมีพันธะเชื่อมเข้าด้วยกันโดยเชื่อมต่อกับอะตอมของออกซิเจนที่ตำแหน่ง 1,4 ทำให้โมเลกุลมีลักษณะคล้ายเส้นด้าย โดยทั่วไปสตาร์ชประกอบด้วยโมเลกุลตั้งแต่ 1.5×10^5–10^6 มีค่าระดับของการเกิดพอลิเมอร์ (degree of polymerization = DP.) ในช่วง 250-400 AGU (Anhydro-Glucose Unit) ต่อ 1 โมเลกุลของอะมิโลส (Hood, 1982) แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 24.0-26.3 (อรวรรณ, 2529) อะมิโลสเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีคุณสมบัติในการเกิดฟิล์ม ส่วนอะมิโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์กิ่งก้านที่ประกอบด้วยโมเลกุลส่วนเส้นตรงประมาณร้อยละ 94-96 มีค่า DP. อยู่ในช่วง 12-50 AGU เชื่อมต่อกับส่วนกิ่งก้านของพอลิเมอร์สั้นๆ ของกลูโคส 20-26 หน่วยซึ่งแทรกอยู่ประมาณร้อยละ 4-6 ที่ตำแหน่ง α-1,6 มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 10^6-10^9 (Hood, 1982) สำหรับแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะมิโลเพกทินร้อยละ 76.0-73.7

โดยธรรมชาติแป้งจะไม่ละลายน้ำเมื่ออยู่ในสภาพที่อุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิเจลาติไนซ์ เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ใกล้กันในโมเลกุลของสตาร์ช พันธะไฮโดรเจนน้ำอาจเชื่อมกับน้ำทำให้สามารถพองตัวได้เล็กน้อยและมีลักษณะผันกลับได้ เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งเม็ดสตาร์ชจะเริ่มพองตัว เมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับที่เม็ดสตาร์ชสูญเสียรอยกากบาทภายใต้แสงโพลาไรซ์ที่สภาวะนี้เรียกว่า สตาร์ชเกิดการเจลาติไนซ์ ซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ การพองตัวของเม็ดสตาร์ชจะเริ่มเกิดขึ้นบริเวณอสัณฐาน โดยมีโมเลกุลของน้ำมาเกาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากขึ้น ขณะเดียวกันพันธะไฮโดรเจนบริเวณรอบผลึกเม็ดสตาร์ชจะเริ่มถูกทำลายส่วนที่เป็นโมเลกุลอะมิโลสถจะออกมาในน้ำ ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นได้ลักษณะข้นเป็น แป้งเปียกซึ่งจัดเป็นพวกโซล (sol) แป้งมันสำปะหลังมีช่วงอุหภูมิเจลาติไนซ์ 65-70 องศาเซลเซียส คุณสมบัติของแป้งเปียกแป้งมันสำปะหลังจะใส มีความหนืดสูง เนื้อสัมผัสยาว ความต้านทานต่อแรงเสียดสีต่ำ และอัตราการกลับคืนตัวของแป้งต่ำ (Whistler และคณะ, 1984)

6.2 แป้งข้าวเจ้า

ข้าวเจ้าเป็นอาหารในชีวิตประจำวันของคนไทย ประกอบด้วยคาร์โบไอเดรทสูงถึง 70-80 % และส่วนมากจะเป็นสตาร์ช นอกจากนั้นเป็นซูโครสและเด็กซ์ตริน มีปริมาณอะไมโลสประมาณ 17-30 % ข้าวเจ้าใหม่มีความชื้นมากกว่าข้าวเจ้าเก่า เมื่อหุงต้มแล้วมีลักษณะแฉะกว่าข้าวเก่า เม็ดสตาร์ชของข้าวเจ้ามีขนาดเล็กที่สุด คือ ประมาณ 3-8 ไมครอน และมีรูปร่างหลายเหลี่ยม (polygonol)

จากการศึกษาการเกิดเจลของเม็ดสตาร์ชของแป้งข้าวเจ้าจากการวัดความหนืดของน้ำแป้งที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ พบว่าการที่จะทำให้แป้งจากธัญพืชข้นและเหนียวได้จะต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าแป้งจากพืชหัว นอกจากนี้ยับพบว่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งแล้วจะมีค่าคงที่ ซึ่งเป็นลักษณะที่พบในแป้งจากธัญพืช ลักษณะที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่าพันธะภายในเม็ดสตาร์ชมีมากกว่าหนึ่งชนิด อุณหภูมิที่ทำให้เกิดความหนืดสูงสุดของแป้งจากธัญพืชสูงกว่าแป้งจากส่วนของรากและ waxy corn โดยทั่วไปแล้วการเกิดเจลมักจะเสร็จสมบูรณ์ที่อุณหภูมิไม่เกิน 95 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15758

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

แป้งมันสำปะหลัง ตราปลาสี่ดาว ผลิตโดย ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล เอี๊ยบตงชั่น 1008-1016 ถนนทรงวาด กรุงเทพมหานคร โทร. 222-7218, 222-8815, 222-5378 แฟกซ์ 226-3345

แป้งข้าวเจ้า ตราใบหยก ผลิตโดย บริษัท บางกอกอินเตอร์ฟู้ด จำกัด 383 ถนนลาดหญ้า คลองสาน กรุงเทพมหานคร 10600 โทร. 437-3632 ,437-3786 แฟกซ์ 437-7937

2. สารเคมี

กลีเซอรอล glycerin zur analyse (etwa 87%) Merck, Germany $C_3H_8O_3$ 1 ลิตร = 1.23 กิโลกรัม, มวลโมเลกุล = 92.1 กรัมต่อโมล

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.1 เครื่องโพลาริมิเตอร์ (Polarimeter) POLAX-L Serial no.950112 Japa

3.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Memert Germany

3.3 เครื่องวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) Iso 2528-1974 E., USA

3.4 ไมโครมิเตอร์Exteral,USA

3.5 เครื่องวัดแรงดึงขาด TA- XT2 Texture Analyser,England

3.6 เครื่องวัดค่า a_w NOVASINA RS232 ,Switzerland

3.7 สเป็กโตโฟโตมิเตอร์ UV1601 UV-Vis SPECTROPHOTOMETERS,USA

3.8 เครื่องผสม (Mixing) IKA Labortechnik Germany

3.9 อ่างน้ำร้อน (Water Bath) Memmert Germany

3.10 แผ่นโพลีเอทธิลลีน ขนาด 20 x 30 นิ้ว

3.11 อุปกรณ์เครื่องแก้วและเคมีภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

4. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. วิธีการทดลอง

5.1 การเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าโดยวิธีขึ้นรูปด้วยตัวทำละลาย

เพื่อศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าโดยศึกษาผลของปัจจัยในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าที่สำคัญ 2 ปัจจัยคือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลวต่อของแข็ง (Liquid : Solid) ของส่วนผสมที่ใช้เตรียมฟิล์ม เปรียบเทียบ 3 อัตราส่วน คือ 90 : 10, 85 : 15 และ 80 : 20 และเปรียบเทียบอัตราส่วนปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน คือ 100 : 00, 90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30 ทั้ง 4 อัตราส่วนโดยใช้กลีเซอรอล 5 % (โดยน้ำหนักของแข็ง)เป็นพลาสติไซเซอร์ (เกศศิณี และคณะ, 2539) ผสมส่วนผสมในเครื่องผสมที่ความเร็วรอบ 250 รอบ /นาที (ภาคผนวก) โดยใช้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (เกศศิณี และคณะ, 2539)

ในการผสมจะให้ส่วนผสมเกิดเจลเลชั่น (gelation) อย่างสมบูรณ์ ตั้งทิ้งไว้จนส่วนผสมมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการไล่ฟองอากาศในส่วนผสม นำส่วนผสมปริมาณ 70 กรัม (น้ำหนักเปียก) มาแผ่เป็นแผ่นบางลงบนแผ่นโพลีเอทธิลลีนขนาด 20 X 30 เซ็นติเมตร โดยใช้เครื่องปาดซึ่งตั้งความสูงไว้ 1.0 มิลลิเมตร ที่วางบนแผ่นโพลีเอทธิลลีนโดยให้เครื่องปาดอยู่กับที่แล้วลากแผ่นโพลีเอทธิลลีนที่วางอยู่บนรางกระจก เพื่อแผ่ส่วนผสมบนแผ่นโพลีเอทธิลลีนจนเต็มแผ่นและเรียบสม่ำเสมอกัน นำไปผึ่งแดดให้แห้ง 4-6 ชั่วโมง จนแผ่นฟิลส์มแห้งสนิท ลอกแผ่นฟิล์มออกจากแผ่นโพลีเอทธิลลีน นำไปเก็บในถุงพลาสติก (PE) ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

5.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสตาร์ชโดยวิธี Polarization (AOAC 1984)

อุปกรณ์ : เครื่อง Polarimeter

การเตรียมตัวอย่าง : ชั่งตัวอย่างแป้ง 2.0 – 2.5 กรัม

วิธีการ : 1. ใส่ตัวอย่างลงในหลอด Centrifuge ที่มีฝาปิด เติม ethanol 65% จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วกวน แรงๆด้วยแท่งแก้ว

2. นำไปเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นทำการล้างตะกอนซ้ำ และเหวี่ยงใหม่ 5 ครั้ง โดยทุกๆ ครั้งให้ใช้แท่งแก้งอันเดิมกวน แรงๆ ก่อนหมุนเหวี่ยง

3. นำตะกอนที่ได้มาเติมน้ำกลั่นจำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วเทใส่ flask ขนาด 250 มิลลิลิตร กวนของตะกอนที่ติดตามหลอด Centrifuge ให้ทำการล้างด้วยสาร 60 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน โดยใช้แท่งแก้วคน

4. นำสารละลายมาทำให้เดือดอย่างรวดเร็ว โดยต้มบนตะแกรงลวด hot plate ใส่ glass bead ลงไป แล้วเขย่าตลอดเวลา ทำการต้มเดือดเป็นเวลานาน 15 – 17 นาที ระหว่างนี้ให้ใช้แท่งแก้วขูดตัวอย่างที่ติดข้าง flask ลงไปรวมกับสารละลายในขณะต้ม

5. ทำให้สารละลายเย็นลงอย่างรวดเร็ว โดยผ่านน้ำประปา

6. เทใส่ volummetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยล้างตะกอนด้วยสารละลาย $CaCl_2$

7. ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ถ้ามีฟองเกิดขึ้นให้เติม ethanol ประมาณ 1 หยด ผสมให้เข้ากัน

8. ดูดตัวอย่างประมาณ 10 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 2 ส่วนแรกที่กรองได้ให้ทิ้งไป แล้วเก็บส่วนที่กรองได้ 40-50 มิลลิลิตร

9. กรองผ่าน celite ที่บรรจุอยู่ใน pyrex glass ด้วยวิธีการ suction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. นำส่วนใสที่กรองได้ ไปวัดค่า rotation ด้วยเครื่อง polarimeter โดยใช้หลอด 10 เซนติเมตร ทำการวัด 3 ครั้ง

วิธีการคำนวณ % แป้ง $= \frac{100 \times R \times 100}{1 \times 203 \times W}$

$= \frac{49 \times R}{W}$

R = observed anagular rotation

W = น้ำหนักตัวอย่าง

203 = specific rotation ของแป้ง

5.2.2 ความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า โดยใช้วิธีการของ AOAC. Method No. 925.10 (1995 : Chapter 32 หน้า 1)

อุปกรณ์ : ภาชนะหาความชื้น , ตู้อบลมร้อน (hot air oven) , โถดูดความชื้น (desicator)

การเตรียมตัวอย่าง : ชั่งตัวอย่างฟิล์มน้ำหนักประมาณ 2-3 กรัมต่อ 1 ตัวอย่าง

วิธีการ : โดยชั่งตัวอย่างฟิล์มที่ได้หนักประมาณ 2-3 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ลงในภาชนะหาความชื้นแล้วนำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกใส่เครื่องกันความชื้น (desicator) ทิ้งให้เย็นจึงชั่ง บันทึกน้ำหนักไว้และอบต่ออีกประมาณ 10-15 นาที ทำเช่นนี้จนได้น้ำหนักคงที่ และคำนวณปริมาณความชื้น (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) จากน้ำหนักที่หายไประหว่างการอบ ดังนี้

การคำนวณ : เปอร์เซ็นต์ความชื้น $= \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

อุปกรณ์ : เครื่อง spectophotometer, อ่างน้ำร้อน (water bath)

การเตรียมตัวอย่าง: ตัวอย่างแป้งที่ผ่านการสกัดไขมันออก

วิธีการ : 1. ชั่งตัวอย่าง pure potato amylose 0.0400 g ใน Volumetic flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

2. เติม 1 มิลลิลิตร 95 % ethyl alcohol เขย่า Volumetic flask

3. เติม 9 มิลลิลิตร ของ 1 N NaOH โดยไม่มีการเขย่า

4. หลังจากนั้นต้มในอ่างน้ำร้อน 10 นาที และปรับระดับใน Volumetic flask เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บสารละลายที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง

5. ปิเปต สารสะลายตามข้อ 4. มา 1, 2, 3, 4,และ 5 มิลลิลิตร ของแต่ละ Volumetic flask

6. เติม 1 N acetic acid 0.2, 0.4, 0.6, 0.8,และ 1.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ

7. เติมสารละลายไอโอดีนในแต่ละ Volumetic flask 2 มิลลิลิตร และปรับระดับด้วย น้ำกลั่นให้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

8. ทำการวัดค่าโดยใช้เคลื่อง spectophotometerความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

9. Plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตราฐานกับ % amylose (8, 16, 24, 32, และ40%) ของแป้งตัวอย่างที่นำมาทำการทดสอบกับค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

10. ชั่งน้ำหนักแป้งตัวอย่างที่มีการสกัดไขมันออกแล้ว 0.100 กรัม ลงใน Volumetic flaskขนาด 100 มิลลิลิตร ทำตามขั้นตอนที่ 2- 4 ข้างต้น

11. ปิเปต 5 มิลลิลิตร ของสารตัวอย่างข้างต้นลงใน Volumetic flask เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติม 1 N สารละลาย acetic acid 1 มิลลิลิตรและ 2 มิลลิลิตร ของสารสะลายไอโอดีน ปรับระดับด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

12. ทำการวัดค่าโดยใช้เคลื่อง spectophotometerความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และหา % amylose

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

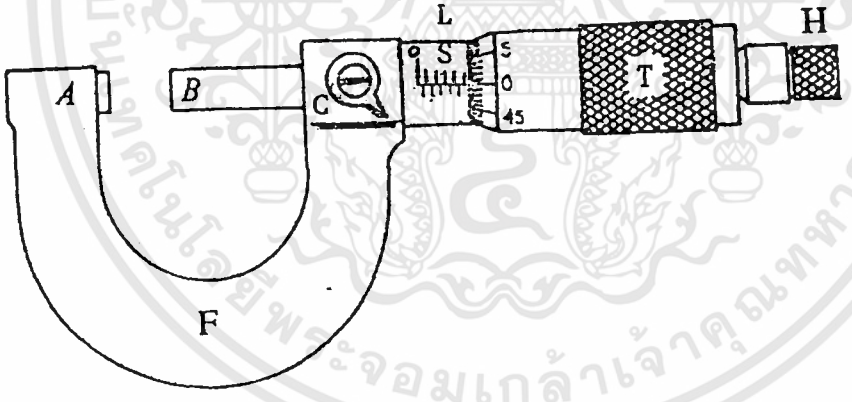
6. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ (Chemical and Physic properties)

6.1 ความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

อุปกรณ์ : ไมโครมิเตอร์คาลิเปอร์ชนิดเอ็กซ์เทอรัล

การเตรียมตัวอย่าง : ตัดตัวอย่างแผ่นฟิล์มขนาด 20 x 30 เซ็นติเมตร

วิธีการ : หมุนหัว T ให้แกน B ถอยห่างจากแป้น A พอสมควร วางแผ่นฟิล์มที่เตรียมไว้ โดย ให้ ด้านหนึ่งแตะแป้น A แล้วหมุน T จนแกน B ใกล้วัตถุจึงหมุนปุ่ม H ให้แกน B เคลื่อนที่ แตะกับแผ่นฟิล์มพร้อมกับมีเสียงดังกริ๊กที่ H อ่านค่าที่วัดได้ ซึ่งจะมีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร



ภาพที่ 1 แสดงเครื่องไมโครมิเตอร์คาลิเปอร์ ชนิดเอ็กซ์เทอรัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า
โดยใช้วิธีการของ AOAC. Method No. 925.10 (1995 : Chapter 32 หน้า 1)

อุปกรณ์ : ภาชนะหาความชื้น , ตู้อบลมร้อน (hot air oven) และโถดูดความชื้น (desicator)

การเตรียมตัวอย่าง : ชั่งตัวอย่างฟิล์มน้ำหนักประมาณ 2-3 กรัมต่อ 1 ตัวอย่าง

วิธีการ : โดยชั่งตัวอย่างฟิล์มที่ได้หนักประมาณ 2-3 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ลงในภาชนะหาความชื้นแล้วนำไปอบที่ตู้อบในอุณหภูมิ 130 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกใส่เครื่องกันความชื้น (desicator) ทิ้งให้เย็นจึงชั่ง บันทึกน้ำหนักไว้และอบต่ออีกประมาณ 10-15 นาที ทำเช่นนี้จนได้น้ำหนักคงที่ และคำนวณปริมาณความชื้น (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) จากน้ำหนักที่หายไประหว่างการอบ ดังนี้

การคำนวณ : เปอร์เซ็นต์ความชื้น = $\frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$

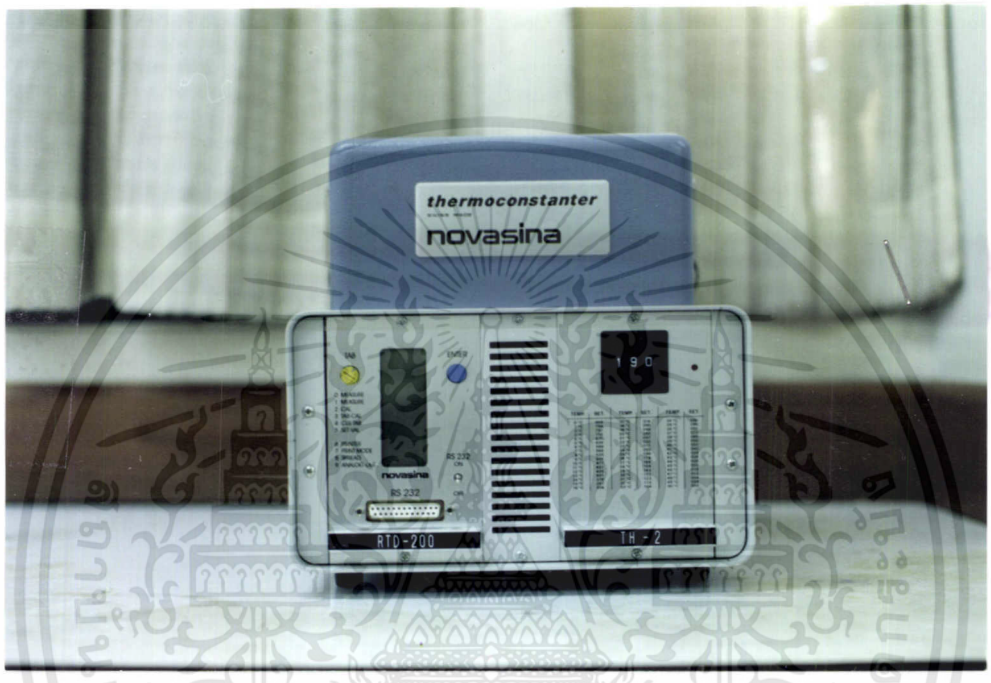
6.3 Water Activity ของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

อุปกรณ์ : เครื่องวัดหาค่า Water Activity (Aw NOVASINA RS 232, Switzerland)

การเตรียมตัวอย่าง : นำฟิล์มมาทำการบดให้ละเอียด

วิธีการ
1. ทำการคาร์ลิเบรทเครื่อง (คู่มือการใช้)
2. นำตลับพลาสติก (Sample cup) มาใส่ฟิล์มตัวอย่างที่บดละเอียดให้ ได้ปริมาตร 80-90 %
3. นำตลับตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measuring Chamb
4. ตั้งอุณหภูมิให้ได้ 25 องศาเซลเซียส
5. รอจนกระทั่งอ่านอุณหภูมิได้ตามที่ตั้งไว้และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ของอากาศที่วัดได้อยู่ในสภาวะที่สมดุลย์ (Equilibrium) กับสารตัวอย่าง อ่านค่า A_w ที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 แสดงเครื่อง Water Activity

6.4 การทดสอบการต้านทานน้ำมันของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า (grease and oil resistance) ดัดแปลงวิธี TAPPI – T (1989c : 112.)

อุปกรณ์ : แผ่นแก้วหรือแผ่นพลาสติก , แท่นรองรับ , นาฬิกาจับเวลา , แผ่นฟิล์ม ขนาด 2 มิลลิลิตร และน้ำมันพืช กรองผ่านกระดาษกรองเก็บไว้ใน ภาชนะที่ สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดสอบ : ตัดแผ่นฟิล์มตามขนาดที่กำหนดวางแผ่นฟิล์มลงบนแผ่นแก้วหรือแผ่นพลาสติก หยดน้ำมันประมาณ 2 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นฟิล์มสังเกตและจับเวลาดูแผ่นฟิล์มจนกว่าจะอิ่มตัวจนกระทั่งน้ำมันทะลุผ่านแผ่นฟิล์ม

การคำนวณ : คิดเวลาที่น้ำมันซึมผ่านแผ่นฟิล์มเป็นค่าความต้านทานน้ำมันของแผ่นฟิล์ม (นาที หรือ ชั่วโมง)

ภาพที่ 3 แสดงชุดทดสอบน้ำมัน

6.5 การทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate : WVTR) แบบ Dish – method ตามวิธีการของ ASTM (1974 : 1-10) (ภาพที่ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ : ชุดถ้วยสแตนเลสสำหรับวัดค่า WVTR (dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก ขนาด 9.6 เซ็นติเมตร ภายใน 7.8 เซ็นติเมตร ลึก 2.0 เซ็นติเมตร มีพื้นที่ทั้งหมดเฉลี่ย 50 ตารางเซ็นติเมตร และซิลิการ์เจล (siliga gel), โถดูดความชื้น (desicator) , พาราฟิน (paraffin wax)

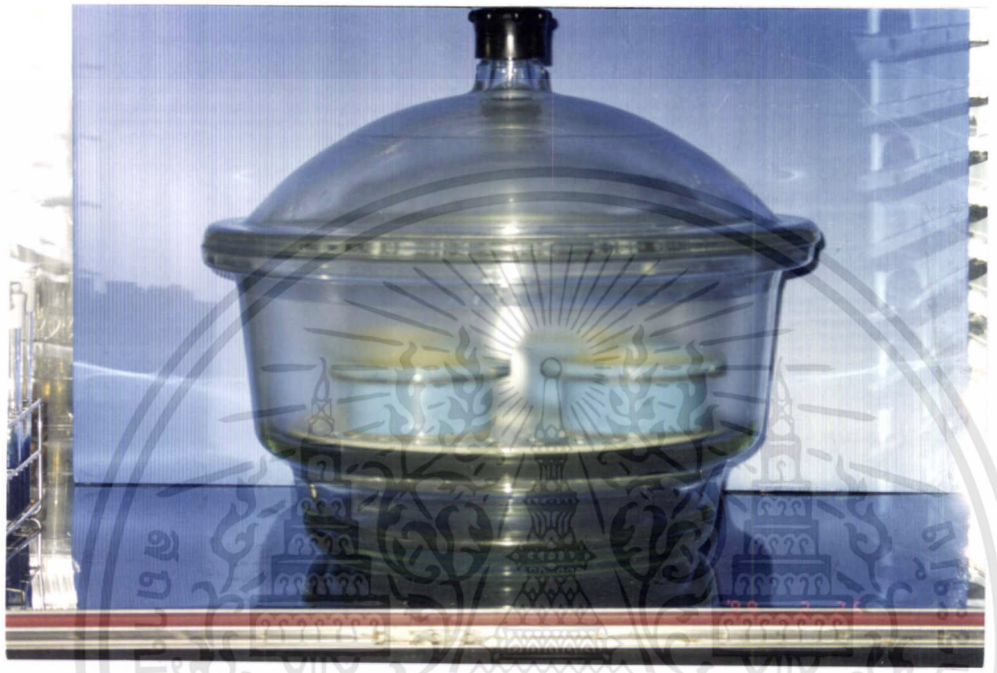
การเตรียมตัวอย่าง : ตัดตัวอย่างฟิล์มเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.8 เซ็นติเมตร โดยตัวอย่างต้องปราศจากรอยพับ ขีด รูรั่วที่มองเห็นได้

วิธีการทดสอบ : คัดแผ่นฟิล์มด้วยแผ่นตัดฟิล์ม ขนาดพื้นที่ผิวเท่ากับ 50 ตารางเซ็นติเมตร วางบนถ้วยสแตนเลส ซึ่งภายในบรรจุซิลิกาเจล ปริมาณ 30 กรัม ปิดขอบฟิล์มกับถ้วยสแตนเลสด้วยพาราฟินด้วยอุปกรณ์ชุดวัดค่า WVTR เก็บถ้วยดังกล่าวในตู้บ่ม (incubate) ที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมผัส
ร้อยละ 65 ± 5 ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนไปทุก 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน

การคำนวณ : อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) $= \frac{(G/T)}{A}$

โดยที่ G/T = อัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักต่อเวลา
A = พื้นที่ของตัวอย่างเท่ากับ 50 ตารางเซ็นติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 แสดงชุดทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ

6.6 การศึกษาความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิต่างๆกัน

อุปกรณ์ : ชุดทดสอบการละลาย, อ่างน้ำร้อน (Waterbath) , Thermometer , นาฬิกาจับ เวลา

การเตรียมตัวอย่าง : ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 3 x 3 เซ็นติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดสอบ : นำแผ่นฟิล์มที่เตรียมไว้ใส่ลงในบิกเกอร์ที่มีน้ำร้อนปริมาตร 200 มิลลิลิตร ซึ่งวางอยู่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 , 80 และ 100 องศาเซลเซียส จับเวลาตั้งแต่เริ่มใส่ฟิล์มลงไป แล้วบันทึกเวลาที่ฟิล์มเริ่มอ่อนตัวและแยกออกจากกันจนกระทั่งละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ

ภาพที่ 5 แสดงชุดทดสอบการวัดความคงทนของฟิล์มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.7 การทดสอบค่าการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัว (tensile strength and elongation) ตามวิธี (TA-XT_2 Texture Analyser) (ภาพที่)

อุปกรณ์ : เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการต้านทานแรงดึงขาดตัวโดยใช้หัวทดสอบแบบดังภาพซึ่งประกอบด้วยหัวทดสอบที่มีลักษณะเป็นหัวหนีบ 2 หัว ตั้งระยะห่างกัน 10 เซนติเมตร เครื่องวัดนี้จะต่อเข้ากับเครื่องพิมพ์ รายงานผลเป็นค่าการต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) และนำ กราฟของแต่ละตัวอย่างที่ทดสอบมาหาค่าการยืดตัว (extension)

การเตรียมตัวอย่าง : ตัดตัวอย่างฟิล์มที่มีขอบเรียบและขนานกัน มีความกว้าง 2.5 มิลลิเมตร และยาว 2.5 มิลลิเมตร

วิธีการทดสอบ : ยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นตัวอย่างกับหัวทดสอบให้แน่น แล้วจึงยึดปลายอีกข้างหนึ่ง ไม่ควรจับชิ้นตัวอย่างส่วนที่อยู่ระหว่างที่ยึด เริ่มทดสอบโดยปรับเครื่องทดสอบให้มีค่าอัตราเร็วในการดึง 15 มิลลิเมตร/ นาที และมีค่า load cell เท่ากับ 10 กิโลกรัม ถ้าชิ้นตัวอย่างเลื่อนหรือขาดตรงขอบที่ยึดหรือขณะทดสอบแสดงว่ามีแรงตามแนวกว้างของชิ้นตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ ให้ตัดค่าที่อ่านได้ทิ้งไป รายงานค่าการต้านแรงดึงขาด (กิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร)

การคำนวณ :

$$\text{ค่าการต้านทานแรงดึงขาด} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (กิโลกรัม)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร) x ความหนา(มิลลิเมตร) ของฟิล์ม}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 แสดงเครื่องวัดแรงดึงTA-TX2 Texture Analyser

7. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ศึกษาอัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (L:S) และอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า (C:R) ที่มีผลต่อคุณสมบัติของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า โดยเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติตามแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial design) 3 x 4 คือ อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง 3 อัตราส่วน คือ 90 : 10 , 85 : 15 และ 80 : 20 และเปรียบเทียบปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า คือ 100 : 0 , 90 : 10 , 80 : 20 และ 70 : 30 ตามลำดับ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ด้วยวิธี Dunean's New Multiple Range Test (DMRT) (พอใจ , 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ตารางที่ 1

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

องค์ประกอบทางเคมี [1)]	ร้อยละ	
	แป้งมันสำปะหลัง	แป้งข้าวเจ้า
ความชื้น	7.0875	6.5569
อะมิโลส	26.4000	25.5000
สตาร์ช	93.2480	77.9751

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ครั้ง

2. การศึกษาลักษณะปรากฏและลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

ตารางที่ 2

ลักษณะปรากฏและลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง	อัตราส่วนของแป้ง (แป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวเจ้า)	ลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์ม
1). 90: 10	100: 00	ใส ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมันลื่น เมื่อเอามือลูบ ไม่แตกหักง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะปรากฏและลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง	อัตราส่วนของแป้ง (แป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวเจ้า)	ลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์ม
2). 90: 10	90:10	ขุ่นกว่าและมีความแข็งมากกว่าแผ่นฟิล์มในข้อ 1). ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ ไม่แตกหักง่าย
3). 90: 10	80:20	ขุ่นกว่าและมีความแข็งมากกว่าแผ่นฟิล์มในข้อ 2). ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ ไม่แตกหักง่าย
4). 90: 10	70:30	ขุ่นและมีความแข็งมากกว่าข้อ 3). ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ มีความเหนียว แตกหักง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะปรากฏและลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง	อัตราส่วนของแป้ง (แป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวเจ้า)	ลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์ม
5). 85: 15	100:00	ใส ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมันลื่น เมื่อเอามือลูบ
6). 85: 15	90:10	ขุ่นกว่าและมีความแข็งมากกว่าแผ่นฟิล์มในข้อ 5). ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ
7). 85: 15	80:20	ขุ่นกว่าและมีความแข็งมากกว่าแผ่นฟิล์มในข้อ 6). ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะปรากฏและลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง	อัตราส่วนของแป้ง (แป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวเจ้า)	ลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์ม
8). 85: 15	70:30	ขุ่นกว่าและมีความแข็งมากกว่าแผ่นฟิล์มในข้อ 7). ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ
9). 80: 20	100:00	ใส ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ
10). 80: 20	90:10	ขุ่นกว่าและมีความแข็งมากกว่าแผ่นฟิล์มในข้อ 9). ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ

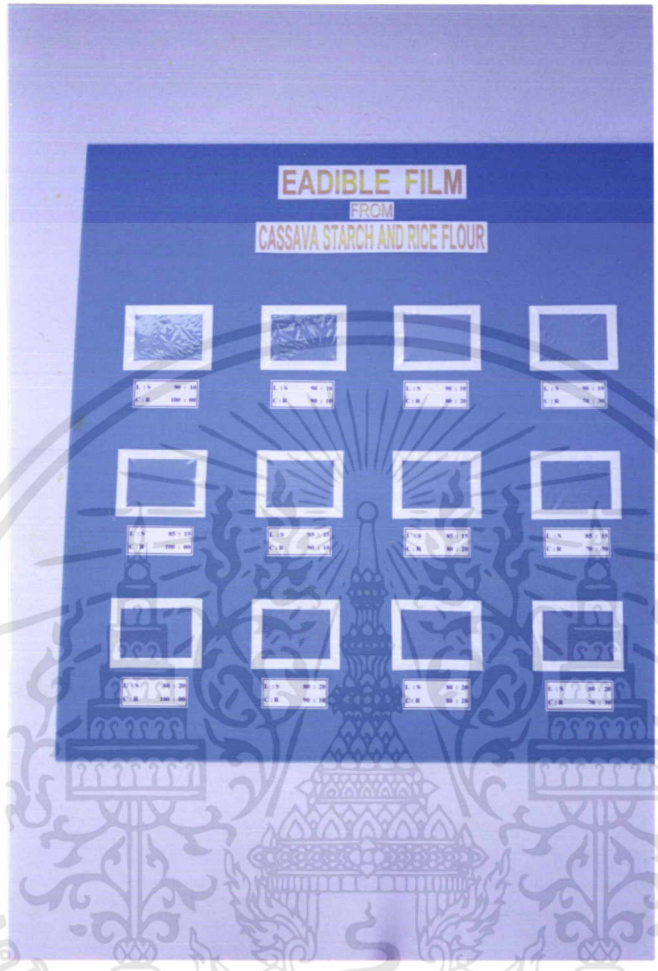
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะปรากฏและลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง	อัตราส่วนของแป้ง (แป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวเจ้า)	ลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์ม
11). 80: 20	80:20	ขุ่นกว่าและมีความแข็งมากกว่าแผ่นฟิล์มในข้อ 10). ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ
12). 80: 20	70:30	ขุ่นกว่าและมีความแข็งมากกว่าแผ่นฟิล์มในข้อ 10). ผิวเรียบทั้งสองด้าน ด้านที่สัมผัสอากาศจะหยาบและสาก ด้านที่สัมผัสกับพลาสติกจะมัน ลื่น เมื่อเอามือลูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 แสดงลักษณะปรากฏและพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

3.1 ความหนาของฟิล์มรับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

จากกราฟพบว่า เมื่ออัตราส่วนระหว่างปริมาณของของเหลวต่อของแข็งและอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้าลดลง ความหนาของแผ่นฟิล์มจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลร่วมกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่ออัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลวต่อของแข็งลดลงจะทำให้ของผสมที่จะนำไปขึ้นรูปแผ่นฟิล์มโดยการระเหยน้ำออกไปมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น จึงทำให้ฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เมื่ออัตราส่วนระหว่างปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้าลดลง ความหนาของแผ่นฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากว่าการเกิดเจลที่ไม่สมบูรณ์ของเม็ดสตาร์ชของแป้งข้าวเจ้าซึ่งมีลักษณะโมเลกุลขนาดเล็ก ดังนั้นต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าการเกิดเจลของเม็ดสตาร์ชของแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีโมเลกุลใหญ่ (วรรณา) จากการทดลองพบว่า ที่สภาวะที่มีการกวนผสมแป้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และความเร็วรอบ 240 รอบ/ นาที จะไม่เพียงพอสำหรับการเกิดเจลที่สมบูรณ์ของเม็ดสตาร์ชของแป้งข้าวเจ้า โดยสังเกตได้จากลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มที่เติมแป้งข้าวเจ้า ฟิล์มที่ได้จะมีลักษณะพื้นผิวขรุขระ สากเมื่อเอามือลูบ มองเห็นเม็ดแป้งสีขาวเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไป ขณะที่ฟิล์มที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังอย่างเดียวจะ ใส เรียบ ไม่สากเมื่อเอามือลูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3

ความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

Treatment No.	Factor		Physical and Chemical properties
	L:S	C:R	Thickness (mm.)
1	90:10	100:0	0.0645[a]
2		90:10	0.0663[ab]
3		80:20	0.0705[b]
4		70:30	0.077[c]
5	85:15	100:0	0.08[d]
6		90:10	0.0803[de]
7		80:20	0.0807[e]
8		70:30	0.083[f]
9	80:20	100:0	0.0833[g]
10		90:10	0.084[gh]
11		80:20	0.0845[h]
12		70:30	0.0883[i]

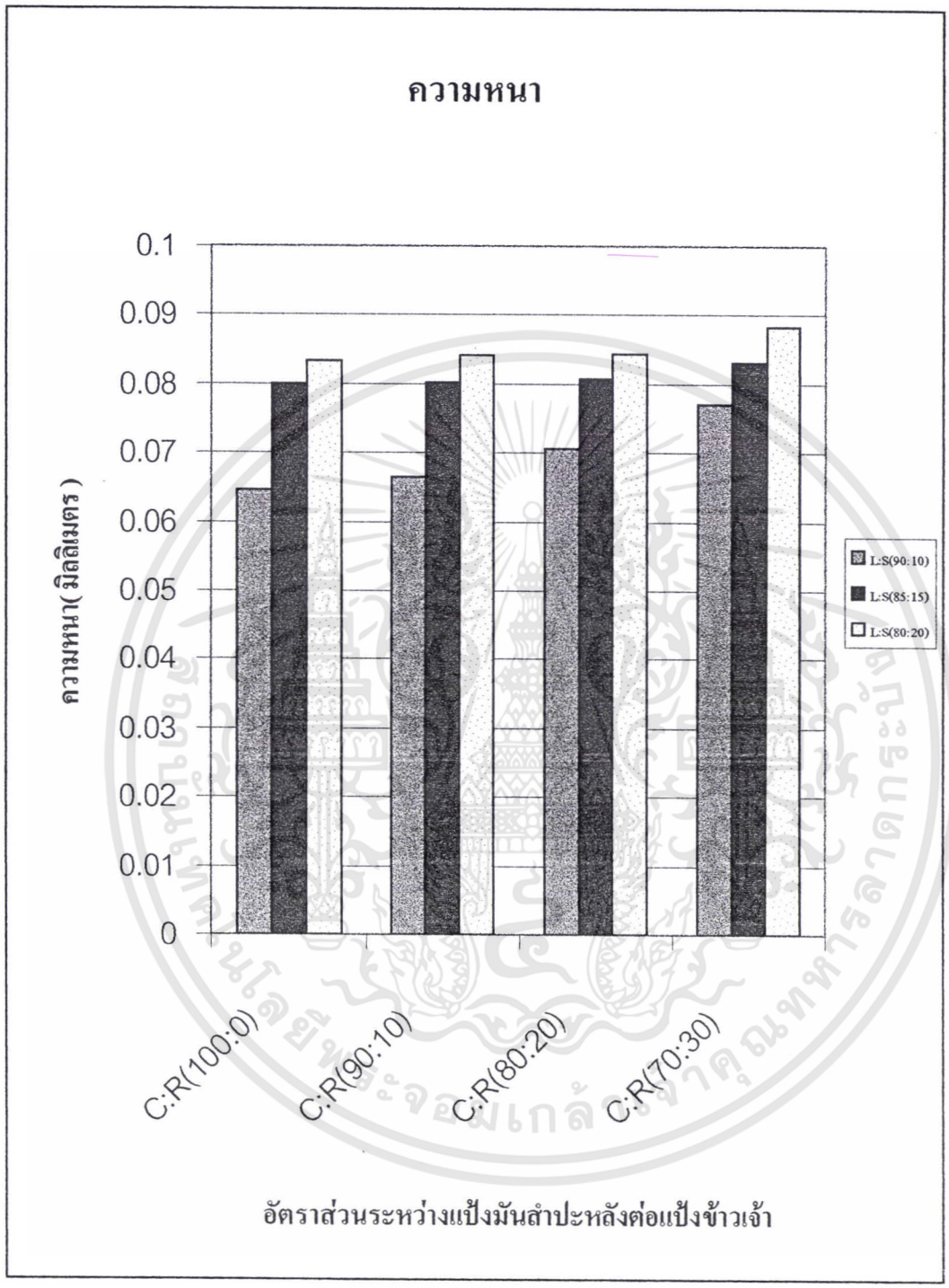
หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า (C : R ; นน. : นน.)

4) ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

จากการทดลอง พบว่าที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลวต่อปริมาณของแข็งในส่วนผสมระดับ 90:10 , 85:15 และ 80:20 ในทุกอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 100:0 , 90:10 , 80:20 และ 70:30 มีปริมาณความชื้นของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่าง 9.6418 – 12.1632 %

ตารางที่ 4

ปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

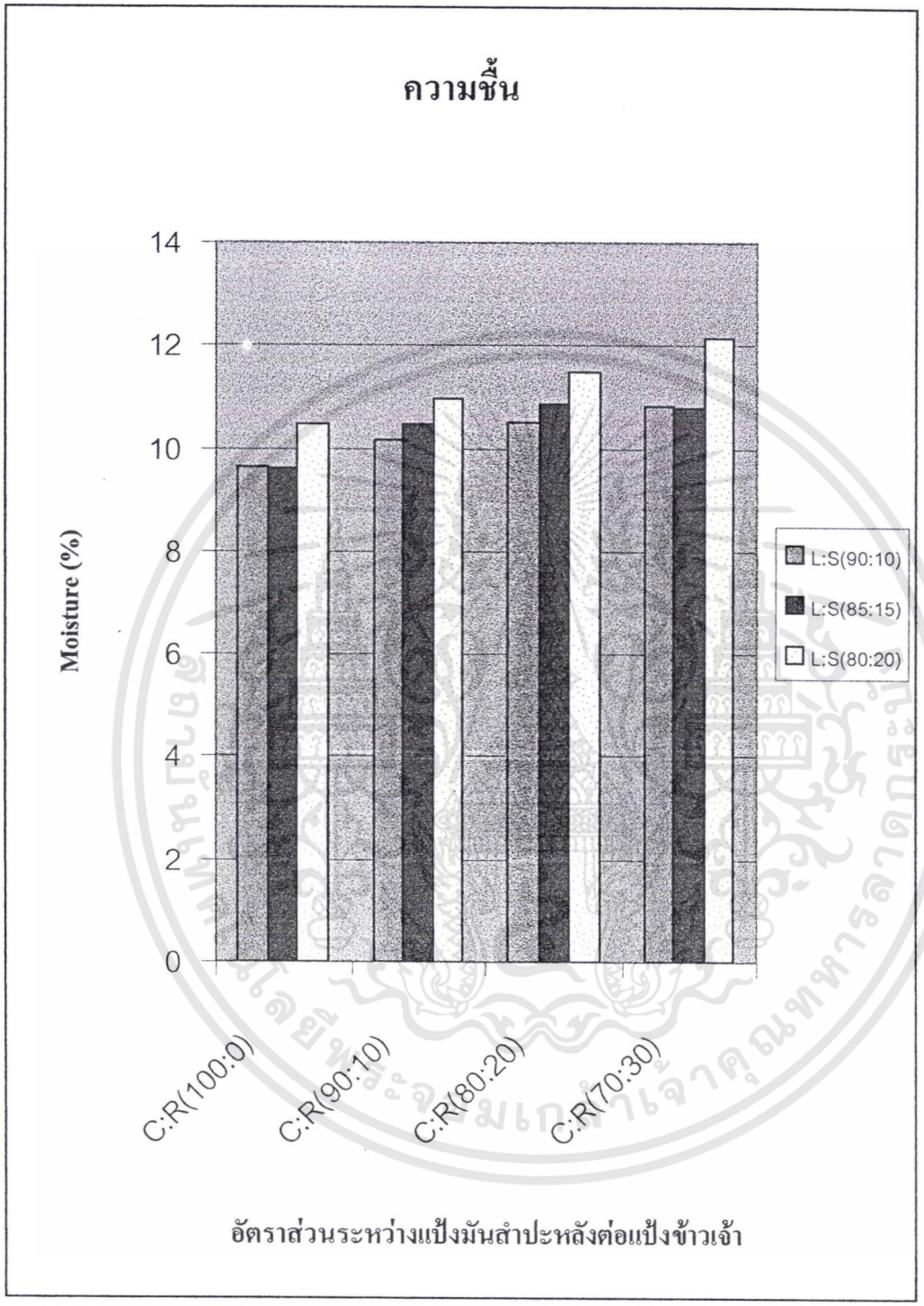
Treatment	Factor		Physical and Chemical properties
No.	L:S	C:R	Moisture (%)
1	90:10	100:0	9.6418
2		90:10	10.1741
3		80:20	10.4957
4		70:30	10.8119
5	85:15	100:0	9.6137
6		90:10	10.4668
7		80:20	10.8522
8		70:30	10.7792
9	80:20	100:0	10.4627
10		90:10	10.9725
11		80:20	11.5031
12		70:30	12.1632

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า (C : R ; นน. : นน.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9กราฟแสดงปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ค่า Water Activity ของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

จากการทดลอง พบว่าที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลวต่อปริมาณของแข็งในส่วนผสมระดับ 90:10 , 85:15 และ 80:20 ในทุกอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 100:0 , 90:10 , 80:20 และ 70:30 มีค่า Water Activity ของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่าง 0.525 – 0.545

ตารางที่ 5

ค่า Water Activity ของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

Treatment	Factor		Physical and Chemical properties
No.	L:S	C:R	Water Activity
1	90:10	100:0	0.525
2		90:10	0.527
3		80:20	0.528
4		70:30	0.53
5	85:15	100:0	0.533
6		90:10	0.536
7		80:20	0.539
8		70:30	0.541
9	80:20	100:0	0.535
10		90:10	0.541
11		80:20	0.542
12		70:30	0.545

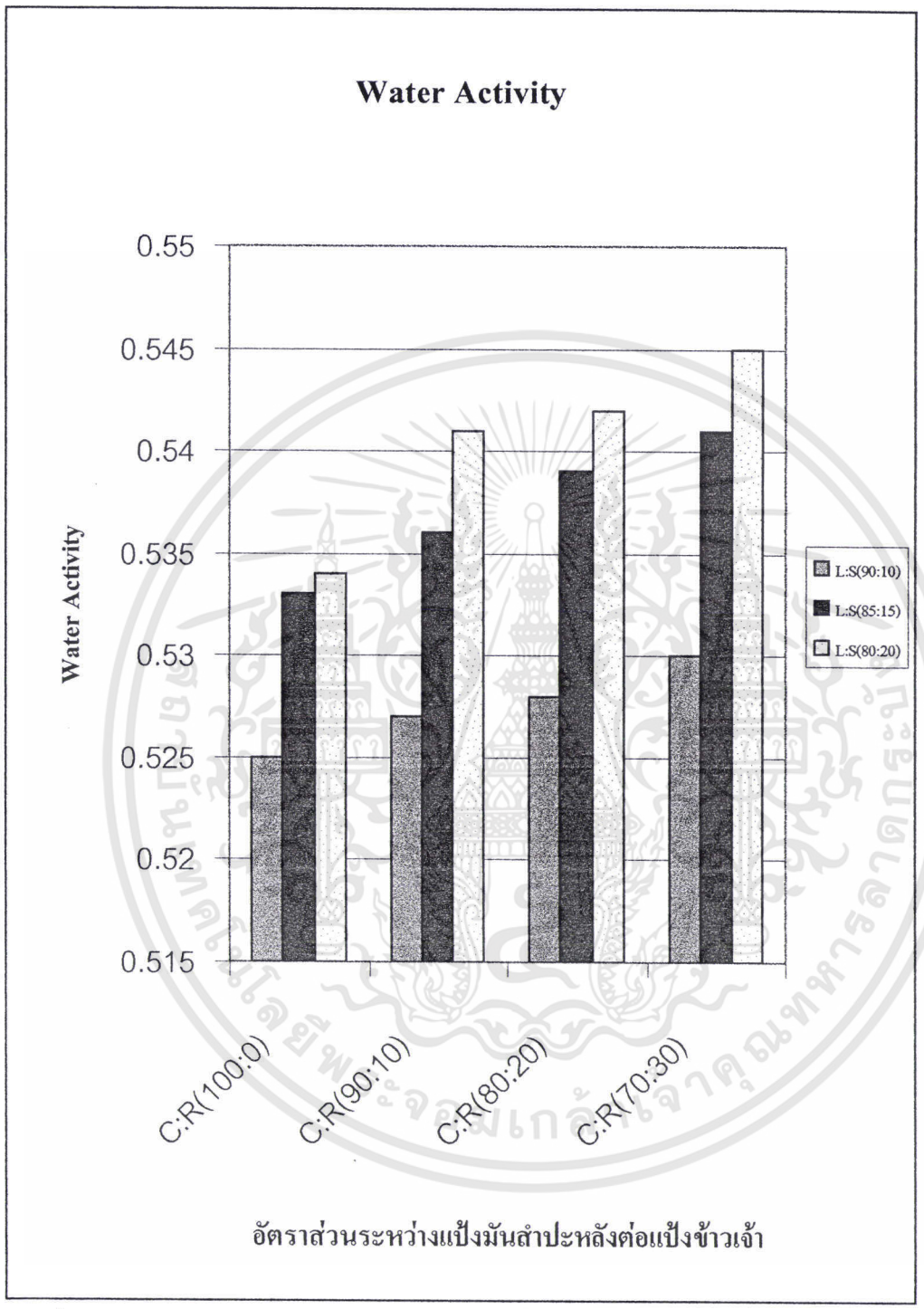
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า (C : R ; นน. : นน.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่10กราฟแสดงค่า Water Activity ของฟิล์มที่รับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6

อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

Treatment	Factor		Physical and Chemical properties
No.	L:S	C:R	WVTR ($g/m^2/day$)
1	90:10	100:0	72.75^{a}
2		90:10	72.42^{a}
3		80:20	71.505^{b}
4		70:30	69.635^{c}
5	85:15	100:0	67.105^{d}
6		90:10	66.635^{d}
7		80:20	64.715^{e}
8		70:30	64.115^{f}
9	80:20	100:0	63.585^{g}
10		90:10	62.58^{g}
11		80:20	59.77^{h}
12		70:30	57.595^{i}

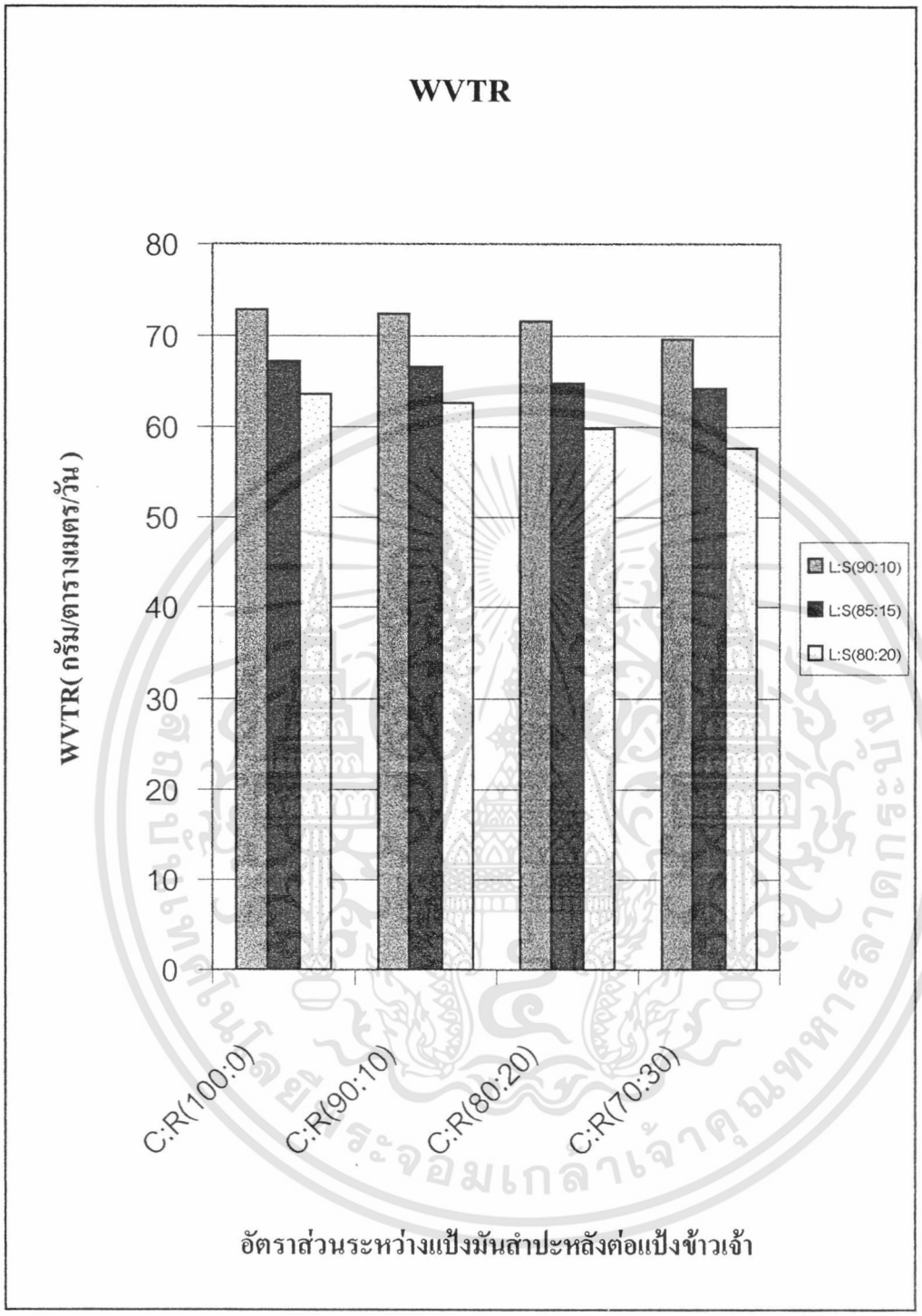
หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า (C : R ; นน. : นน.)

4) ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 กราฟแสดงอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ความคงทนของฟิล์มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

จากการทดลองพบว่า ความคงทนของฟิล์มที่ทุกปัจจัยที่ทดสอบสามารถละลายได้ภายใน 5 นาทีที่อุณหภูมิน้ำร้อน 60 , 80 , และ 100 องศาเซลเซียส และฟิล์มที่ทดสอบที่อุณหภูมิดังกล่าวสามารถละลายหมดจนเป็นเนื้อเดียวกับน้ำภายในเวลา 4ชั่วโมง

ตารางที่ 7

ความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้ จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

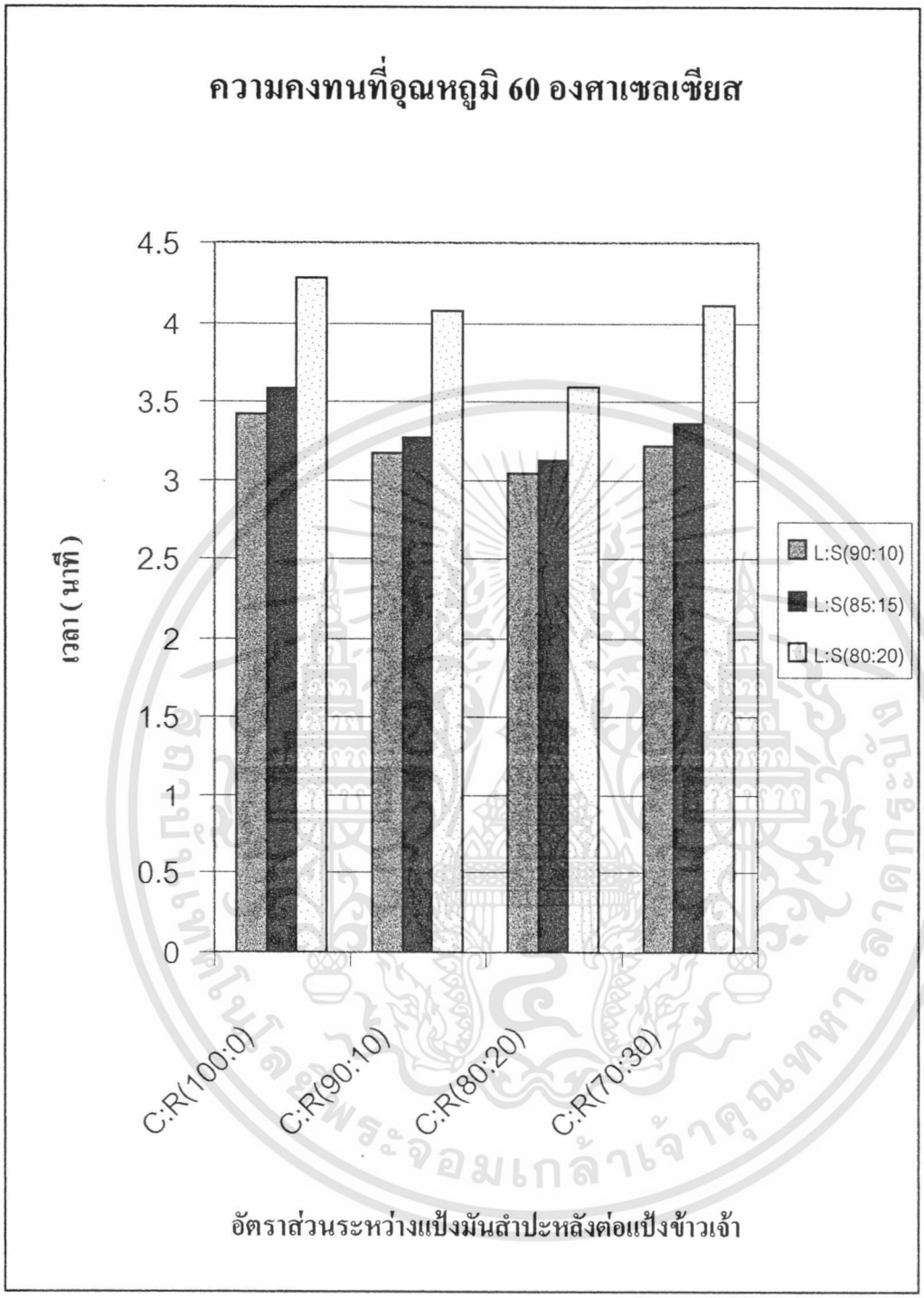
Treatment No.	Factor		เวลา (นาที)		
	L :S	C :R	60°C	80°C	100°C
1	90:10	100:0	3.42	1.53	1.31
2		90:10	3.17	1.36	1.17
3		80:20	3.04	1.23	1.02
4		70:30	3.21	1.43	1.23
5	85:15	100:0	3.58	2.01	1.42
6		90:10	3.27	1.48	1.26
7		80:20	3.12	1.37	1.14
8		70:30	3.36	1.52	1.37
9	80:20	100:0	4.28	2.36	1.52
10		90:10	4.07	1.53	1.33
11		80:20	3.59	1.38	1.20
12		70:30	4.11	2.18	1.40

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

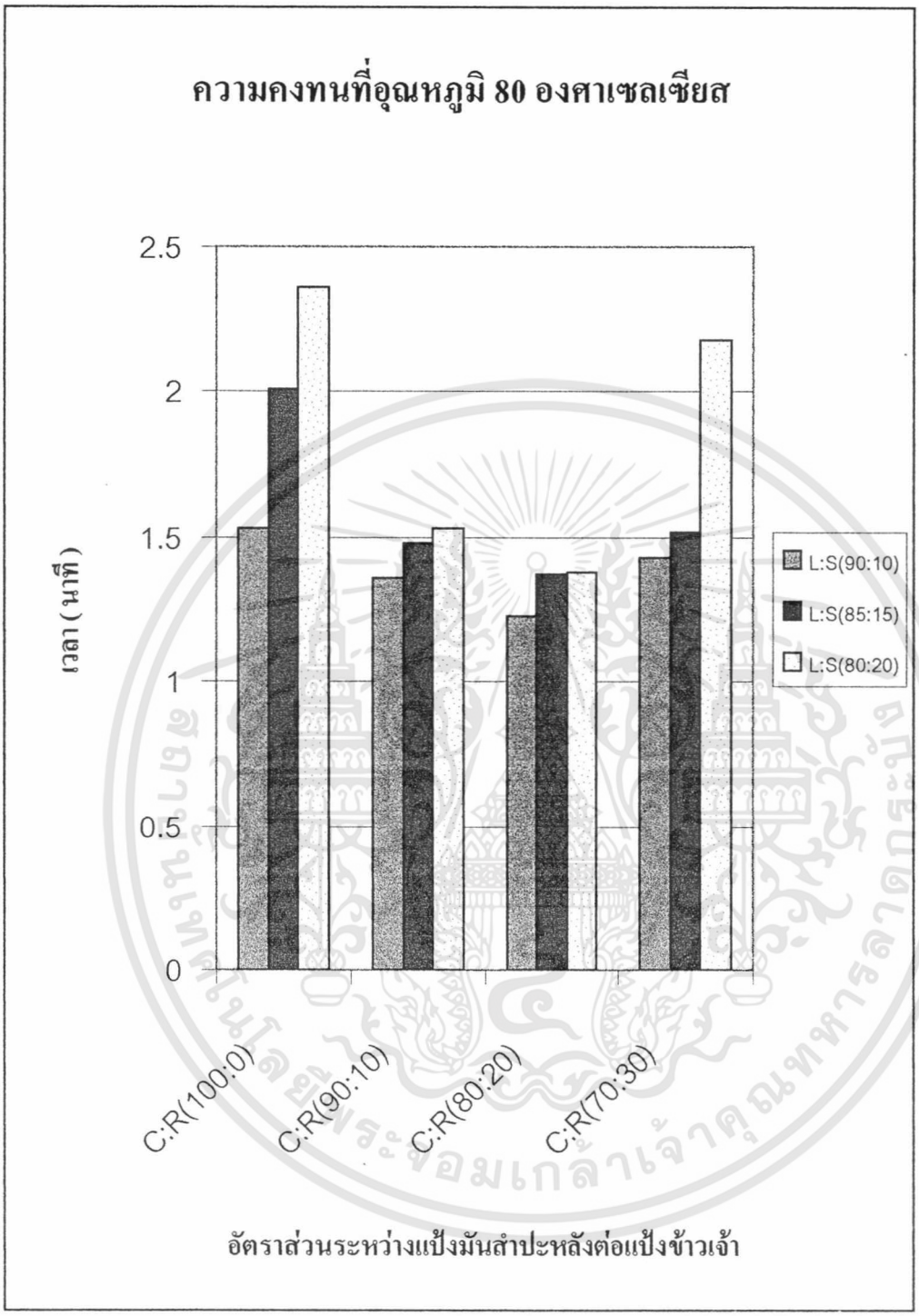
3) อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า (C : R ; นน. : นน.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



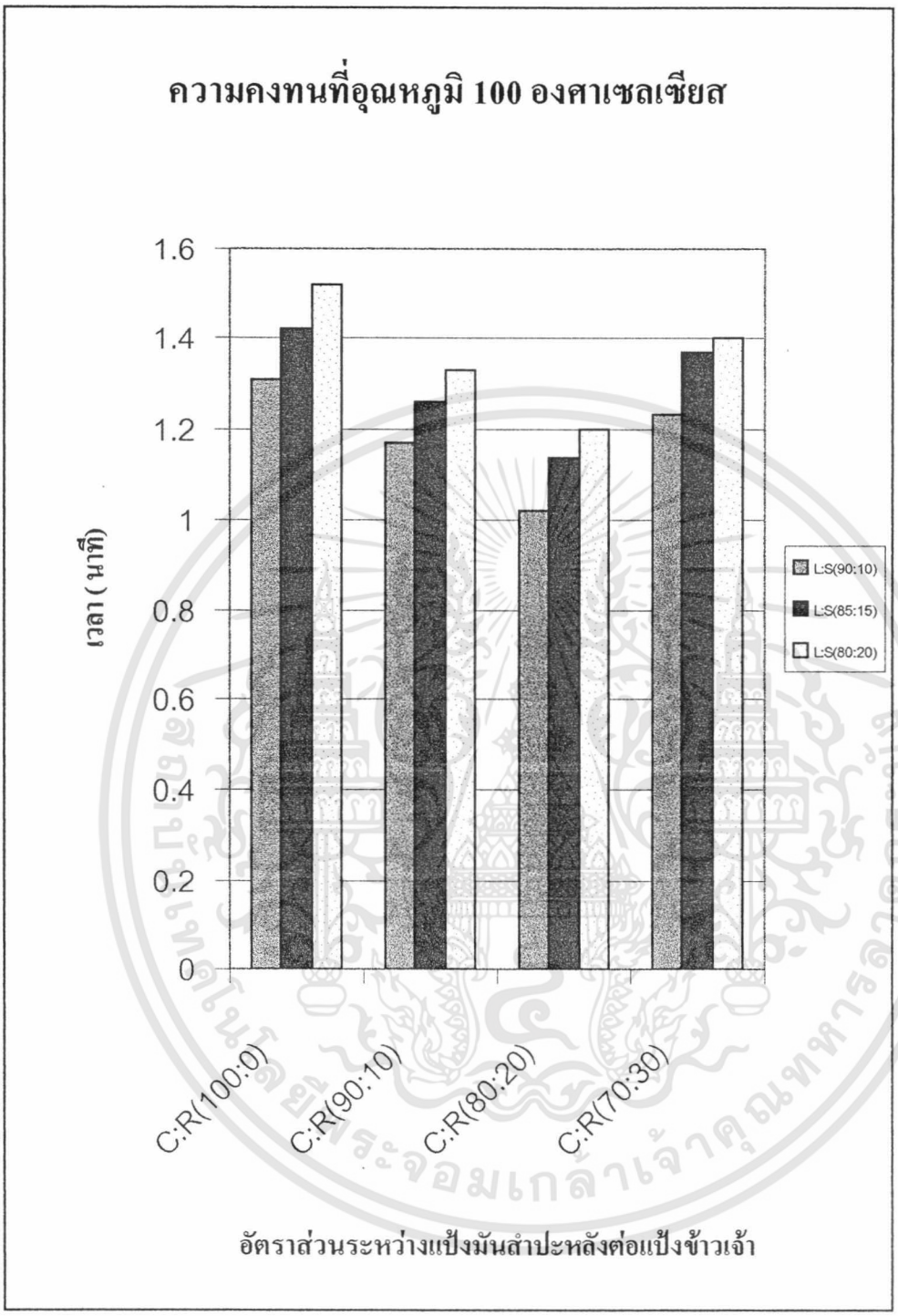
ภาพที่ 12 กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8

ความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ จนฟิล์มละลายหมดเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ

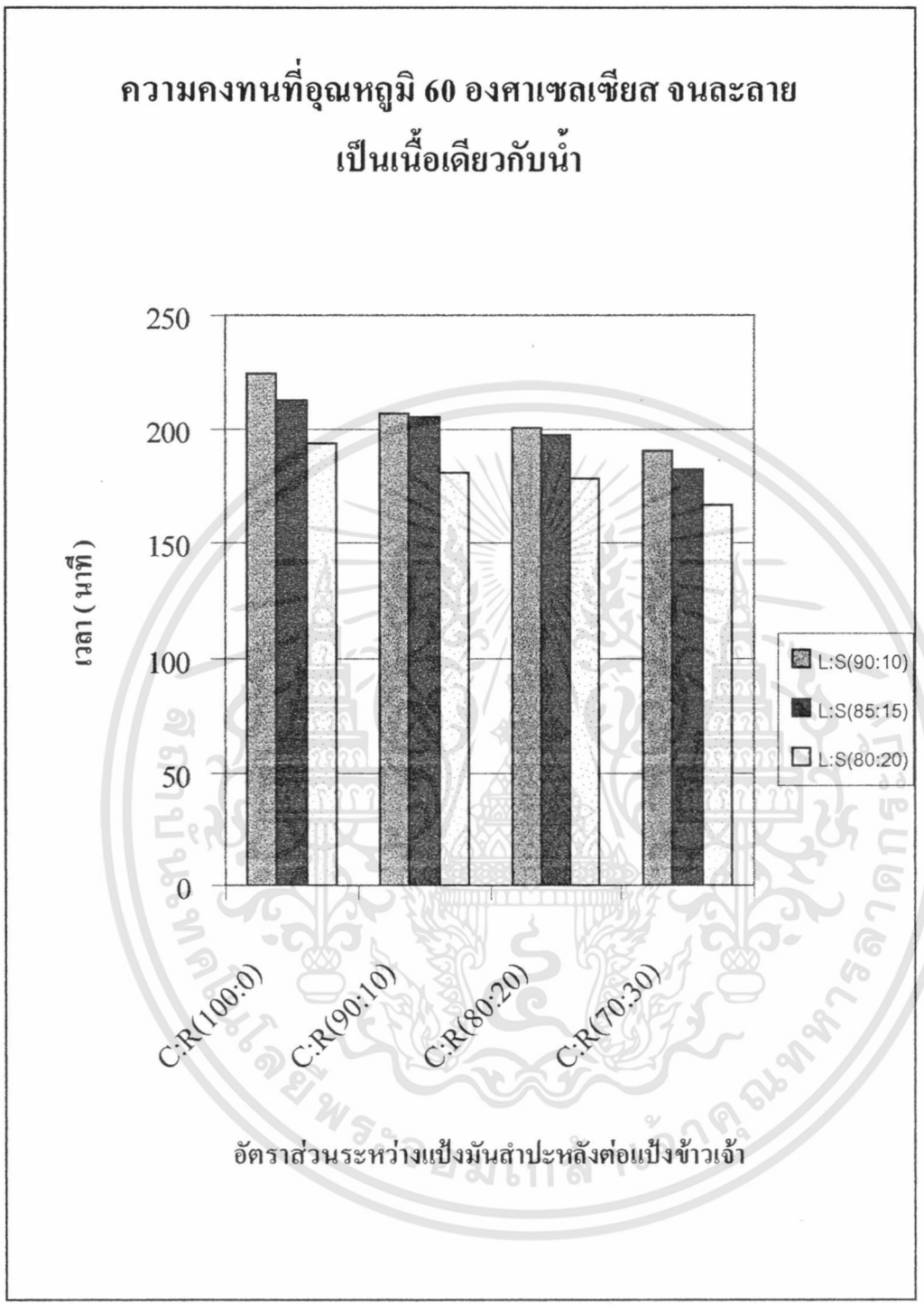
Treatment	Factor		เวลา (นาที)		
No.	L :S	C :R	60 °C	80 °C	100 °C
1	90:10	100:0	225	115	104
2		90:10	207	102	97
3		80:20	201	84	73
4		70:30	191	75	64
5	85:15	100:0	213	96	91
6		90:10	206	86	74
7		80:20	198	72	62
8		70:30	183	68	57
9	80:20	100:0	194	56	52
10		90:10	181	48	39
11		80:20	179	36	25
12		70:30	167	29	19

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

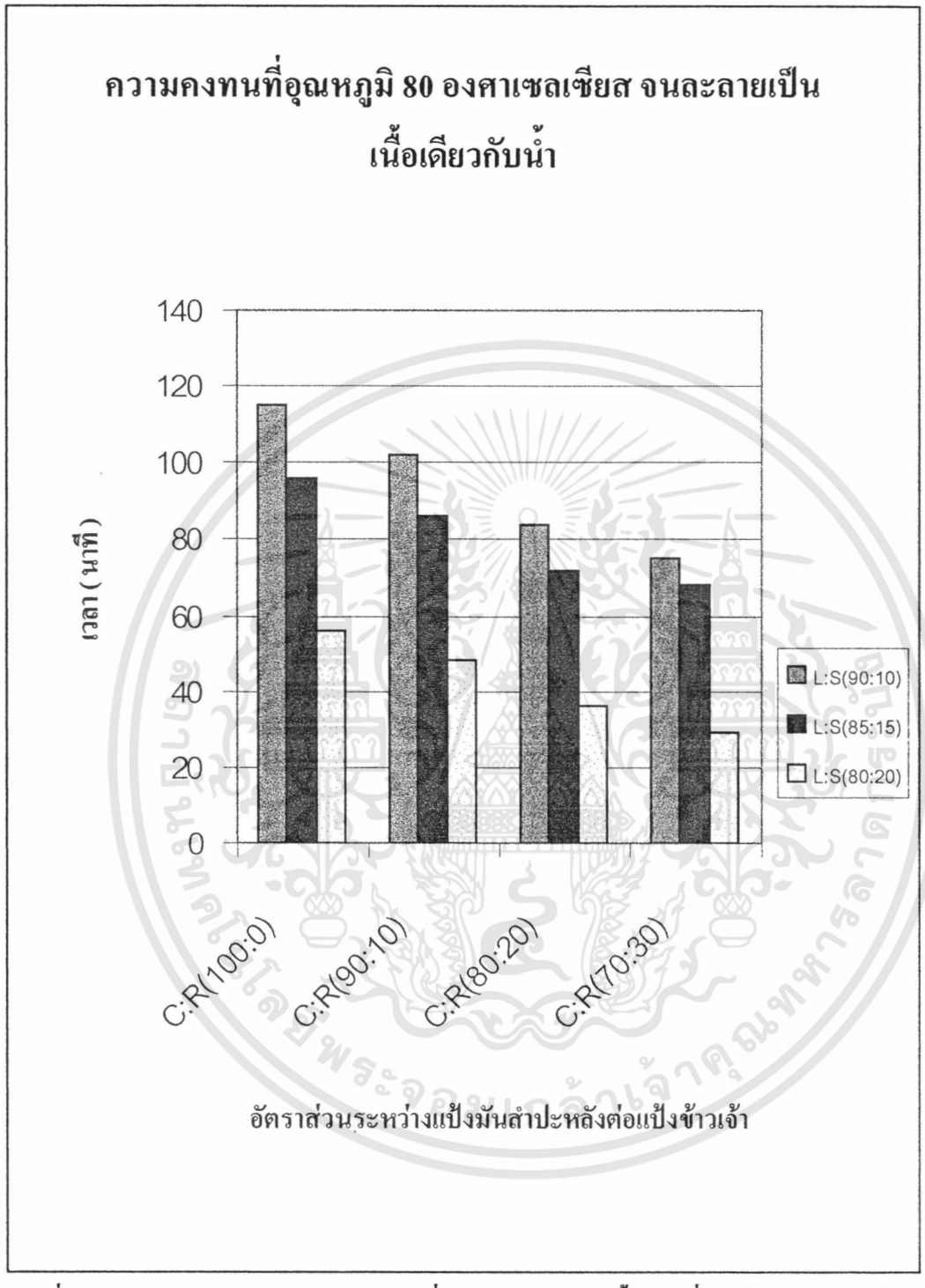
3) อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



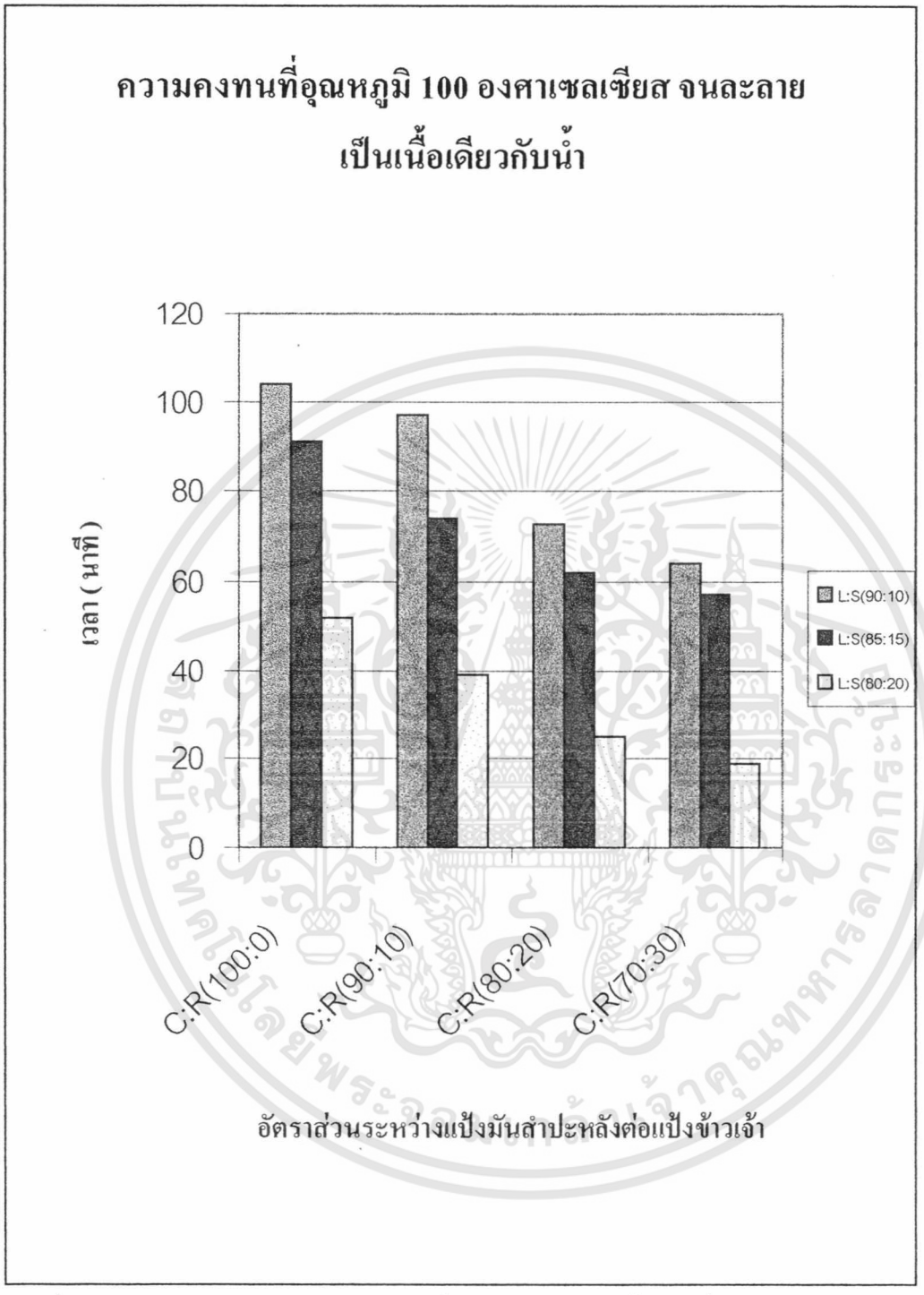
ภาพที่ 15 กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนฟิล์มละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 16 กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนฟิล์มละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 กราฟแสดงความคงทนของฟิล์มที่รับประทานได้ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนฟิล์มละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ความต้านทานแรงดึงขาด

จากการทดลองหาความต้านทานแรงดึงขาด ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของความต้านทานแรงดึงขาด คือ อัตราส่วนปริมาณของเหลวต่อของแข็งและอัตราส่วนปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า ในส่วนผสมและได้ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan ' s New Multiple Range Test (สุรพล, 2539) พบว่าถ้าอัตราส่วนปริมาณของเหลวต่อของแข็งลดลง ค่าความต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น และถ้าอัตราส่วนปริมาณของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้าเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงขาดก็จะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระดับหนึ่งแล้วจะมีแนวโน้มที่จะคงที่อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

โดยที่ฟิล์มที่ระดับปริมาณของเหลวต่อของแข็งเท่ากับ 80 : 20 และ อัตราส่วนปริมาณแป้งมันต่อแป้งข้าวเจ้า 80 : 20 ให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดสูงสุดเท่ากับ 1.7453 kg / ตารางมิลลิเมตร และเมื่อระดับอัตราส่วนปริมาณของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้าเท่ากับ 70 : 30 ของทุกระดับอัตราส่วนปริมาณของเหลวต่อของแข็งจะทำให้ความต้านทานแรงดึงขาดลดลง ทั้งนี้จะสอดคล้องกับฟิล์มเมทิลเซลลูโลส และฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส ซึ่งเมื่อความหนาของของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น ค่าการต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (Park และ คณะ,1993) ซึ่งน่าจะเป็นเพราะ ความหนาจะมีผลต่อความแข็งแรงในการยึดเกาะกันของฟิล์มโดยความแข็งแรงของฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่เหมาะสม หลังจากนั้นความแข็งแรงของฟิล์มจะมีค่าคงที่แม้ว่าความหนาจะเพิ่มขึ้น (Banker, 1966)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9

ความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

Treatment No.	Factor		Physical and Chemical properties
	L:S	C:R	Tensile strength (kg/mm^2)
1	90:10	100:0	0.5498[a]
2		90:10	0.6324[a]
3		80:20	0.6308[b]
4		70:30	0.4837[c]
5	85:15	100:0	0.6310[d]
6		90:10	0.8060[d]
7		80:20	0.9171[e]
8		70:30	0.6392[f]
9	80:20	100:0	0.9282[g]
10		90:10	1.3911[g]
11		80:20	1.7454[h]
12		70:30	1.0689[I]

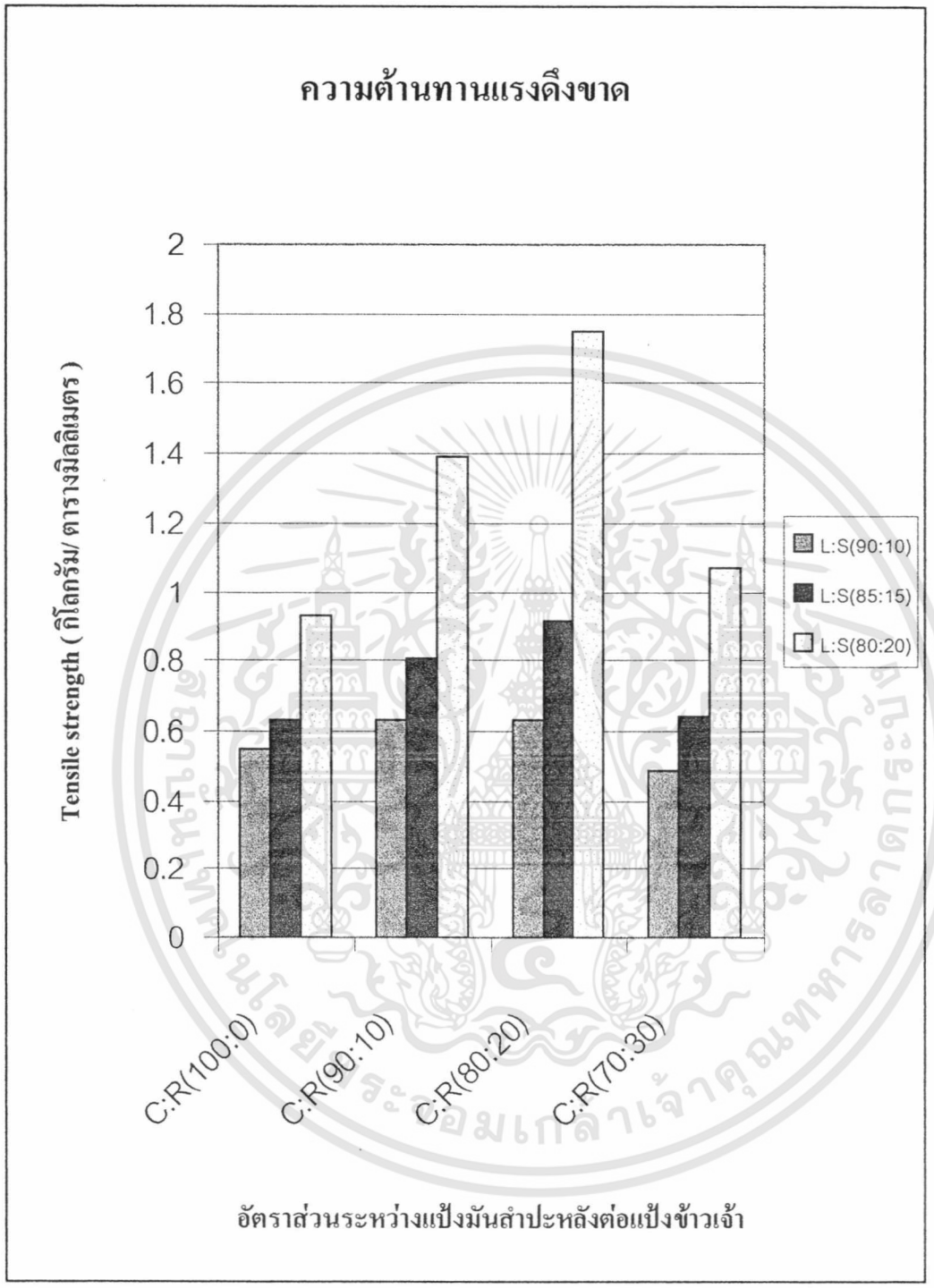
หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า (C : R ; นน. : นน.)

4) ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มที่รับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

แผ่นฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์เตรียมได้จากอัตราส่วนของของเหลวต่อของแข็ง 80 : 20 และอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า 80 : 20 เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 เป็นพลาสติไซเซอร์ โดยน้ำหนักของแป้ง ขึ้นรูปบนแผ่นโพลีเอทธิลลีนขนาด 20 x 30 เซนติเมตร โดยวิธีซึ่งปรับปรุงมาจากวิธีการโครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง (Thin – layer chromatography) ใช้แป้งปริมาณ 70 กรัม โดยน้ำหนักเปียก ตั้งความสูงของเครื่องปาด 1.00 มิลลิเมตร นำส่วนผสมที่ใช้อัตราเร็วในการกวน 250 รอบ / นาที กวนเป็นเวลานาน 15 นาที ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 45 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ฟองอากาศที่แทรกอยู่ในส่วนผสมออกไป แผ่ส่วนผสมลงบนแผ่นโพลีเอทธิลีนจนเต็มแผ่น นำไปผึ่งแดด 4 – 6 ชั่งโมง แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะปรากฏใสผิวเรียบ เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ พบว่า ฟิล์มมีความหนา 0.0845 มิลลิเมตร ความสามารถในการต้านทานแรงดึงขาด 1.7453 กิโลกรัม / ตารางมิลลิเมตร การซึมผ่านพบว่า แผ่นฟิล์มมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 59.77 กรัม / ตารางเมตร. วัน ค่า A_w เท่ากับ 0.542 และยังมีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 15 วัน รวมถึงถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ และสามารถละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 60 , 80 และ 100 องศาเซลเซียส ภายใน 5 นาที

แต่อย่างไรก็ตามฟิล์มที่ได้ยังมีคุณสมบัติด้อยในเรื่องของการยืดตัวจึงควรได้รับการศึกษาต่อไป

นอกจากนี้พบว่าฟิล์มรับประทานได้ยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ ความปลอดภัยในการนำไปใช้ซึ่งยังไม่มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับรองในการนำไปใช้ และยังไม่ประสบความสำเร็จทางการค้าเท่าที่ควร เพราะต้นทุนที่สูงและคุณสมบัติที่ยังด้อยกว่าการใช้ฟิล์มโพลีเมอร์สังเคราะห์ทั่วไปอยู่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้ายังมีข้อด้อยในด้านสมบัติที่ไวต่อความชื้นจึงมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ คือไม่สารารถใช้ในลักษณะที่สัมผัสอากาศโดยตรงได้ และไม่สามารถบรรจุอาหารแห้งผงเพราะจะดูดซับความชื้นจากบรรยากาศได้เร็ว และอาหารผงด้านในเกาะติดกันเป็นก้อน จึงน่าศึกษาและพัฒนาปรับปรุงสมบัติให้ทนความชื้นได้ดีขึ้น
2. การเตรียมฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้านี้เป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการซึ่งขึ้นรูปด้วยมือจึงทำได้ในปริมาณน้อย และความหนาที่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ขึ้นรูป ดังนั้น ควรศึกษาการขยายขนาดการทดลองโดยใช้เครื่องมืออัตโนมัติในการขึ้นรูปเพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มที่มีความหนาสม่ำเสมอและปริมาณมากในเวลาสั้นซึ่งจะเหมาะสมกับการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกศศิณี ตระกูลทิวากร, วิภา สุโรจนะเมธากุล, ประชา บุญญสิริกุล และ สมยศ จรรยาวิลาศ. 2539. การทำฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง. อาหาร 26 (4): 249-262

เดลินิวส์. 2540. ราคาหัวมันสดเฉลี่ยทั้งประเทศมีแนวโน้มลดลง. เดลินิวส์ 17,382 : 12.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2540. การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,กรุงเทพฯ.

นภดล พีระเสถียร. 2538. จับชีพจรเศรษฐกิจ "สถานการณ์สินค้าเกษตรสำคัญปี 2538". วารสารเศรษฐกิจธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) 27 (9) : 6-7.

สุรพล รักวิจัย. 2538. ปฏิบัติการฟิสิกส์ทั่วไป 1. ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,กรุงเทพฯ.

ปนัดดา พวงเกษม. 2537. การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งชนิดต่างๆ. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พนอจิต ธัญญมงคลพงศ์. 2531. การแยกส่วนอะไมโลสจากแป้งข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พอใจ ลิ้มพันธ์อุดม. 2534. เอกสารประกอบการสอนวิชา สถิติและการควบคุมคุณภาพ. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2534. การเตรียมฟิล์มอะมิโลสจากสตาร์ชมันเทศที่แยกส่วนแล้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญา-โท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มยุรี ภาคลำเจียก. 2534 . Edible and Biodegradable Polymer Films. วารสารพลาสติก 14 (3) : 27-35

มยุรี ภาคลำเจียก, อมรรัตน์ สวัสดิทัต, วัลย์ลดา หงส์ทอง และ นฤมล รื่นไวย์. 2533. คู่มือการหีบห่อเรื่อง คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ. ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 145 น.

รุ่งทิพย์ จูฑะมงคล. 2536. ผลของการเคลือบไขต่อพฤติกรรมการเก็บรักษาผักและผลไม้บางชนิด. . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2534 . เคมีอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

สมาคมการค้าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไทย. 2530. อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไทย. สมาคมการค้า-อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไทย, กรุงเทพฯ. 62 น.

สายสนม ประดิษฐดวง, เนื้อทอง วนานุวัธ, มณี แสงเงิน และ รุ่งทิพย์ จูฑะมงคล. 2536. เอกสารเผยแพร่ เรื่อง สารเคลือบผิวผักและผลไม้สูตรใหม่จากไขรำข้าว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 6 น.

สุรพงษ์ โกสยะจินดา. 2530. การเคลือบผิวผลไม้สดด้วยนวลเทียม. เคหการเกษตร 11 (124) : 56-60. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2521. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง. กระทรวงอุตสาห-กรรม, กรุงเทพฯ. 14 น.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุนมและผลิตภัณฑ์นม. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 18 น.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำมันและไขมันบริโภค. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำมันและไขมันบริโภค. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.21 น.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2534. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถุงพลาสติกสำหรับบรรจุอาหาร. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 14 น.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2535. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 11 น.

อนันต์ชัย เชื่อนธรรม. 2534. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 227 น.

อรวรรณ เดหสุขเจริญ. 2529. คุณสมบัติบางประการในการนำไปใช้ประโยชน์ของแป้งต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aguilera, J.M. and D.W. Stanley. 1990. Microstructural Principals of Food Processing & Engineering. Elsevier Applied Food Science Series. Elsevier Science Publishing Co.,Inc., New York. 343 p.

American Standard for Testing and Materials. 1964. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting, ASTM D 882-64 T. Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia.

American Standard for Testing and Materials. 1988. Standard test method for folding endurance of paper by the MIT Tester, ASTM D 2176-69 (Reapproved, 1982). Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

American Standard for Testing and Materials. 1988 b. Standard test method for determining gas permeability characteristic of plastic film and sheeting, D 1434-82. Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia.

American Standard for Testing and Materials. 1990. Standard test method for water vapor transmission of materials, E 96-80. Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1298 p.

Bakker, M. 1986. The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York. 746 p.

Banker, G.S. 1966. Film coatings theory and practice. J.Pharm. Sci. 55 (1) : 81-89.

Beerler, A.D. and D.C. Finney. 1983. Plasticizers, pp. 193-195. In Modern Plastics Encyclopedia 59 (10A). A Mcgraw-Hill Publication, New York.

Billmeyer, F.W. 1962. Textbook of Polymer Science. John Wiley & Sons,Inc., New York. 737 p.

Brandenburg, A.H., C.L. Weller and R.F. Testin. 1993. Edible films and coatings from soy protein. J. Food Sci. 58 (5) : 1086-1089.

Chuah, E.C., A.Z. Idrus, C.L. Lim and C.C. Seow. 1983. Development of an improved soya protein-lipid film. Fd. Technol. 18 : 619-627.

Cuq, B., N. Gontard, J.L. Cuq and S. Guilbert. 1996. Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as affected by film thickness. J. Food Sci. 61 (3) : 580-584.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

De Leiris, J.P. 1985. Water activity and permeability, pp. 213-233. In M. Mathlouthi (ed.). Food Packaging and Preservation : Theorie and Practice. Elsevier Applied Science Publishers, New York.

Eckey, E.W. 1954. Vegetable Fats and Oils. Reinhold Publishing Corporation, New York. 836 p.

Gennadios, A. and C.L. Weller. 1990. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. Food Technol. 44 (10) : 63-69.

Gennadios, A. and C.L. Weller. 1991. Edible films and coatings : a review. Food Technol. 42 : 47-59.

Gontard, N., S. Guilbert and J.L. Cuq. 1992. Edible wheat gluten films : influence of the main process varibles on film properties using response surface methodology. J. Food Sci. 57 (1) : 190-195.

Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible films, pp. 371-394. In M. Mathlouthi (ed.). Food Packaging and Preservation Theory and Practice. Elsevier Applied Science Publisher, London.

Hullinger,C.H. 1965. Starch film and coating. Cereal Sci. Today 10(9) : 508-510.

Kester, J.J. and O.K. Fennema. 1986. Edible films and coating : a review. Food Technol. Dec. : 47-59.

Kester, J.J. and O.K. Fennema. 1989. An edible films of lipids and cellulose ethers : performance in a model frozen-food system. J. Food Sci. 54 (6) : 1390-1392,1406.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Louis, P.J. and J.P. De Leiris. 1991. Active Packaging. (In French). Cited by งามทิพย์ ภู่วโรดม. ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 173 น.

Mount, L.S. 1969. Physical properties of plastic films, pp.115. In W.R.R. Park (ed.). Plastic Film Technology. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Mumma, C.E. 1967. Development of extruded amylose packaging film. Cereal Sci. Today 12 (1) : 4.

Nelson, K.L. and O.R. Fennema. 1991. Methylcellolose films to prevent lipid migration in confectionery products. J. Food Sci. 56 (2) : 504+509.

Park, H.J., C.L. Weller, P.J. Vergano and R.F. Testin. 1993. Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. J. Food Sci. 58 (6) : 1361-1364.

Schricker, G. 1970. Test methods for packaging material, pp. 287-294. In R. Heiss (ed.). Principles of Food Packaging. FAO Publisher, Munich.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การศึกษาเบื้องต้นในการผลิตฟิล์มที่รับประทานจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

จากการทดลองเบื้องต้น เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า โดยแบ่งขั้นตอนการผลิตดังนี้

1). ความเร็วรอบในการกวน

ศึกษาผลของความเร็วรอบที่ใช้ในการกวนส่วนผสมของเครื่องผสม ซึ่งการทดลองใช้เครื่อง RW 20 IKA-WEEK ที่ปรับความเร็วรอบ 2 ระดับ คือ 180 และ 250 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาทีเท่ากัน พบว่า ที่ระดับความเร็วรอบ 180 รอบ/นาที ส่วนผสมแป้งเปียกที่ได้จะข้นหนืด มีฟองอากาศมาก ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มยาก ดังนั้นการทดลองจึงเลือกใช้ความเร็วรอบในการผสมที่ 250 รอบ/นาที ที่ให้ลักษณะการผสมที่สมบูรณ์ที่สุด

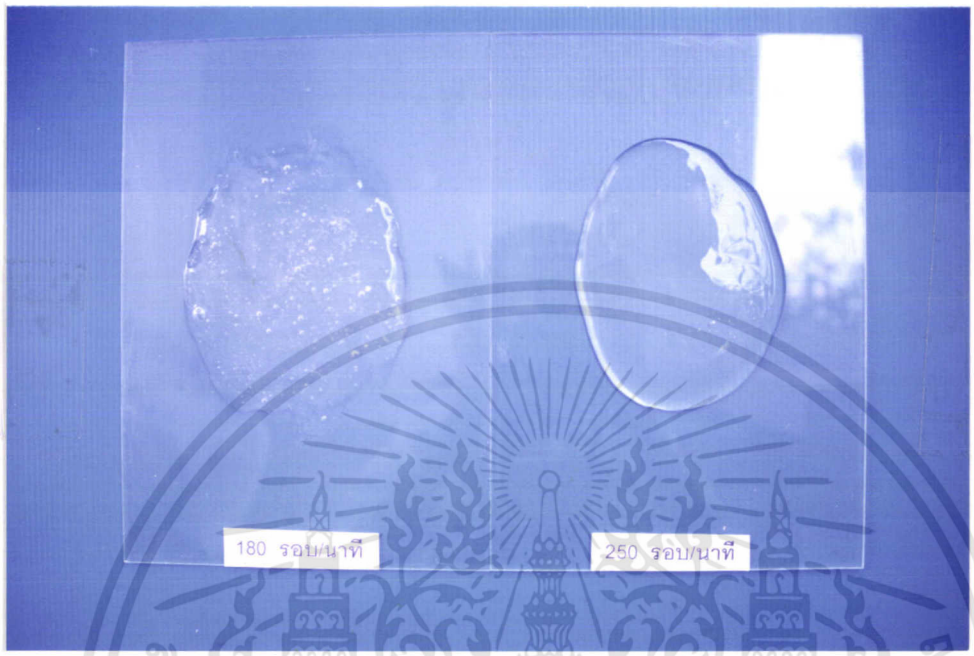
2). อุณหภูมิของแป้งเปียกในการขึ้นรูปฟิล์ม

ศึกษาผลของอุณหภูมิของแป้งเปียกในการขึ้นรูปฟิล์ม ซึ่งการทดลองใช้อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 80 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะทำให้ฟิล์มมีฟองอากาศมาก ผิวขรุขระ ดังนั้นการทดลองจึงเลือกใช้อุณหภูมิของแป้งเปียกในการขึ้นรูปที่ 45 องศาเซลเซียส

3). ระดับของแผ่นเหล็กที่ปาดผิวหน้าแป้งเปียกในการขึ้นรูปฟิล์ม

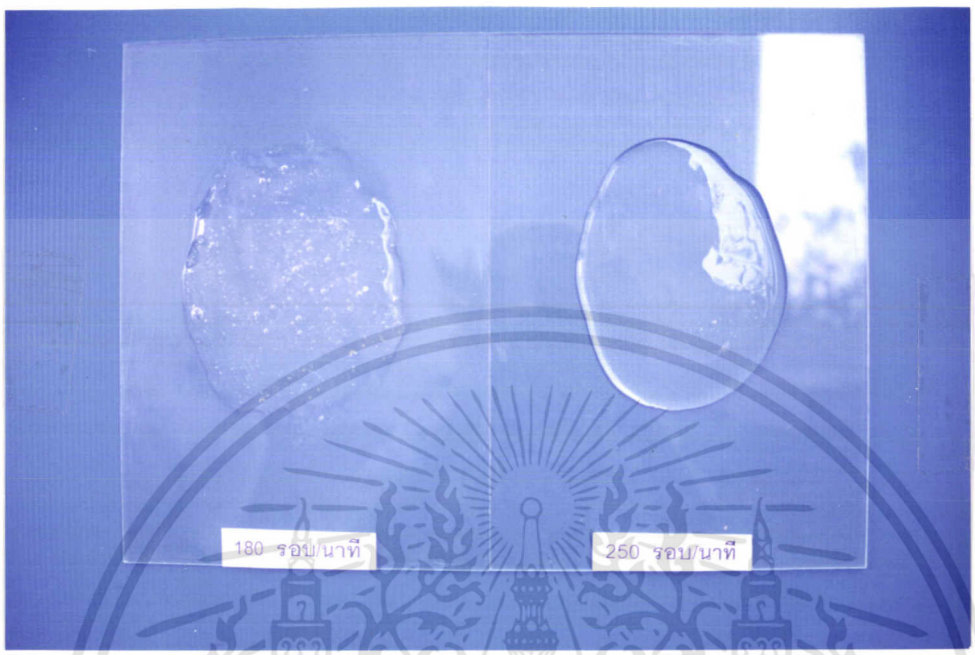
ศึกษาผลของระดับของแผ่นเหล็กที่ใช้ในการปาดผิวหน้าแป้งเปียก ซึ่งการทดลองใช้ระดับของแผ่นเหล็กสูงจากระดับผิวหน้าแผ่นโพลีเอทธิลีน 2 ระดับ คือ 1.0 มิลลิเมตร และ 1.3 มิลลิเมตร พบว่า ที่ระดับความสูง 1.3 มิลลิเมตรจะได้แผ่นฟิล์มที่หนาและแข็ง ไม่มีคุณสมบัติในการพับ โค้งงอ ดังนั้นในการทดลองจึงเลือกใช้ระดับของแผ่นเหล็กที่ปาดสูงกว่าระดับผิวหน้าแผ่นโพลีเอทธิลีน 1.0 มิลลิเมตรในในการขึ้นรูปฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 แสดงการศึกษาความเร็วรอบในการกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



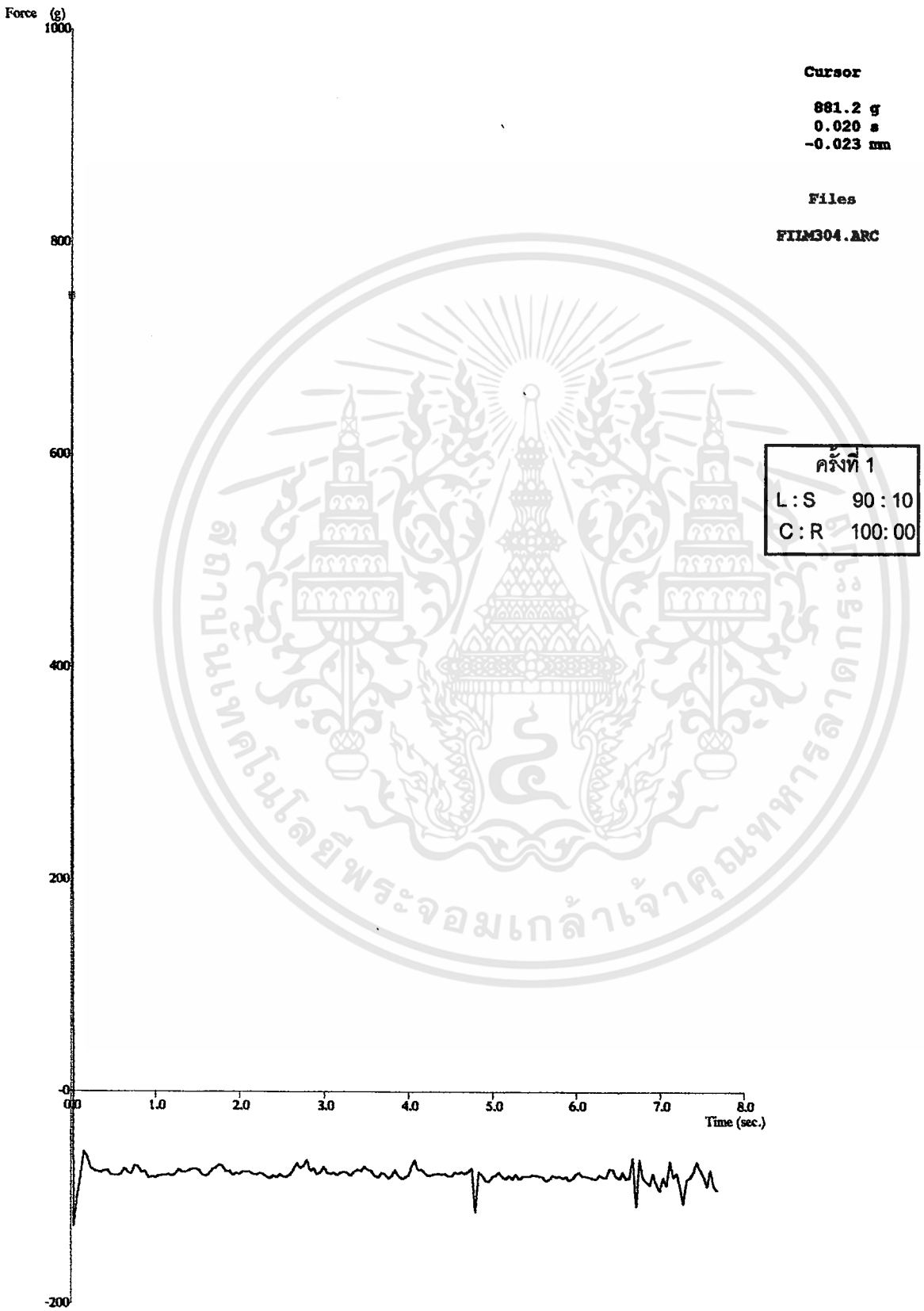
ภาพที่ 20 แสดงการศึกษาอุณหภูมิของแป้งเปียกในการขึ้นรูปฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

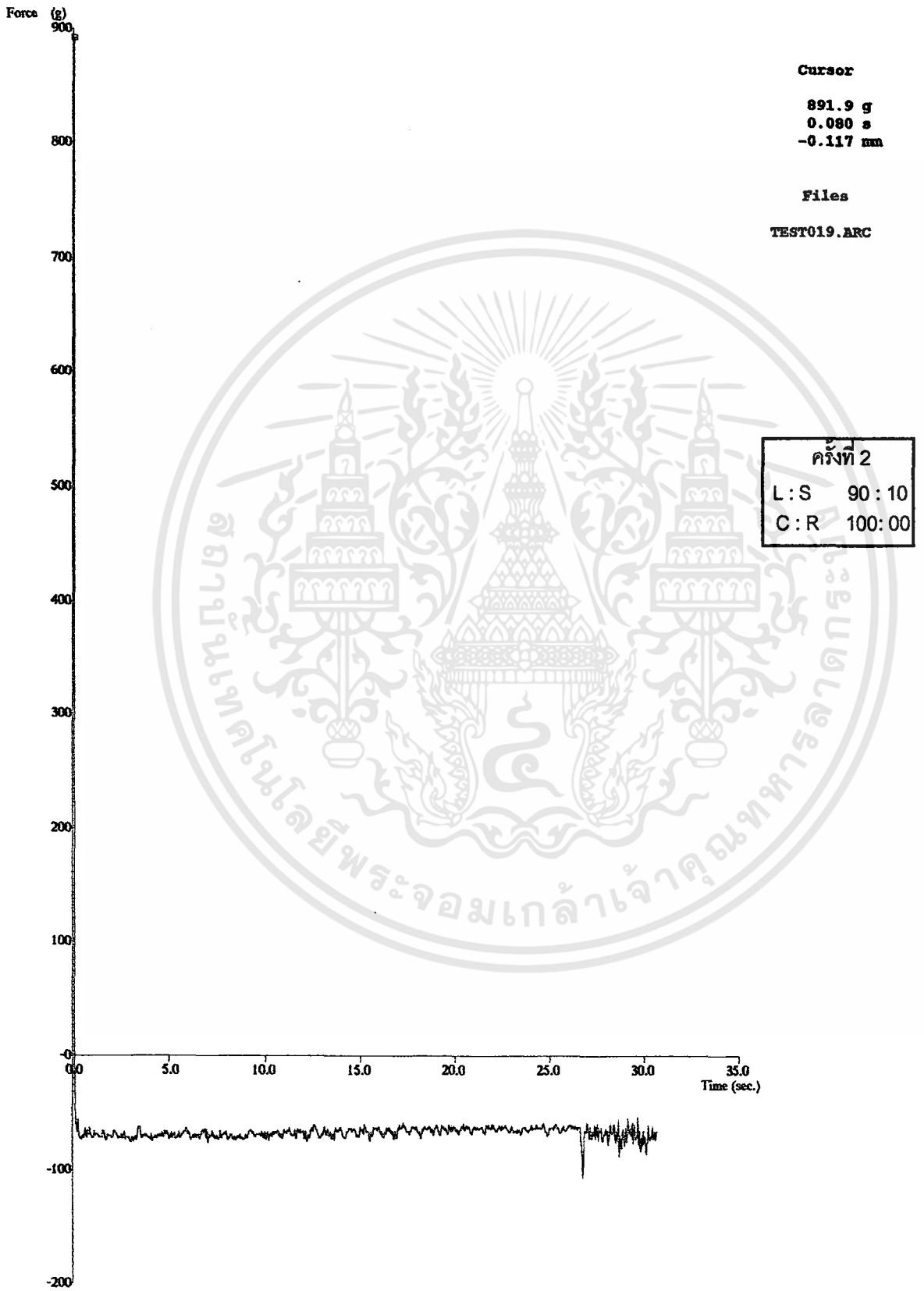
กราฟการวัดความต้านทานแรงดึงขาดด้วยเครื่อง TA-XT2 Texture Analyser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

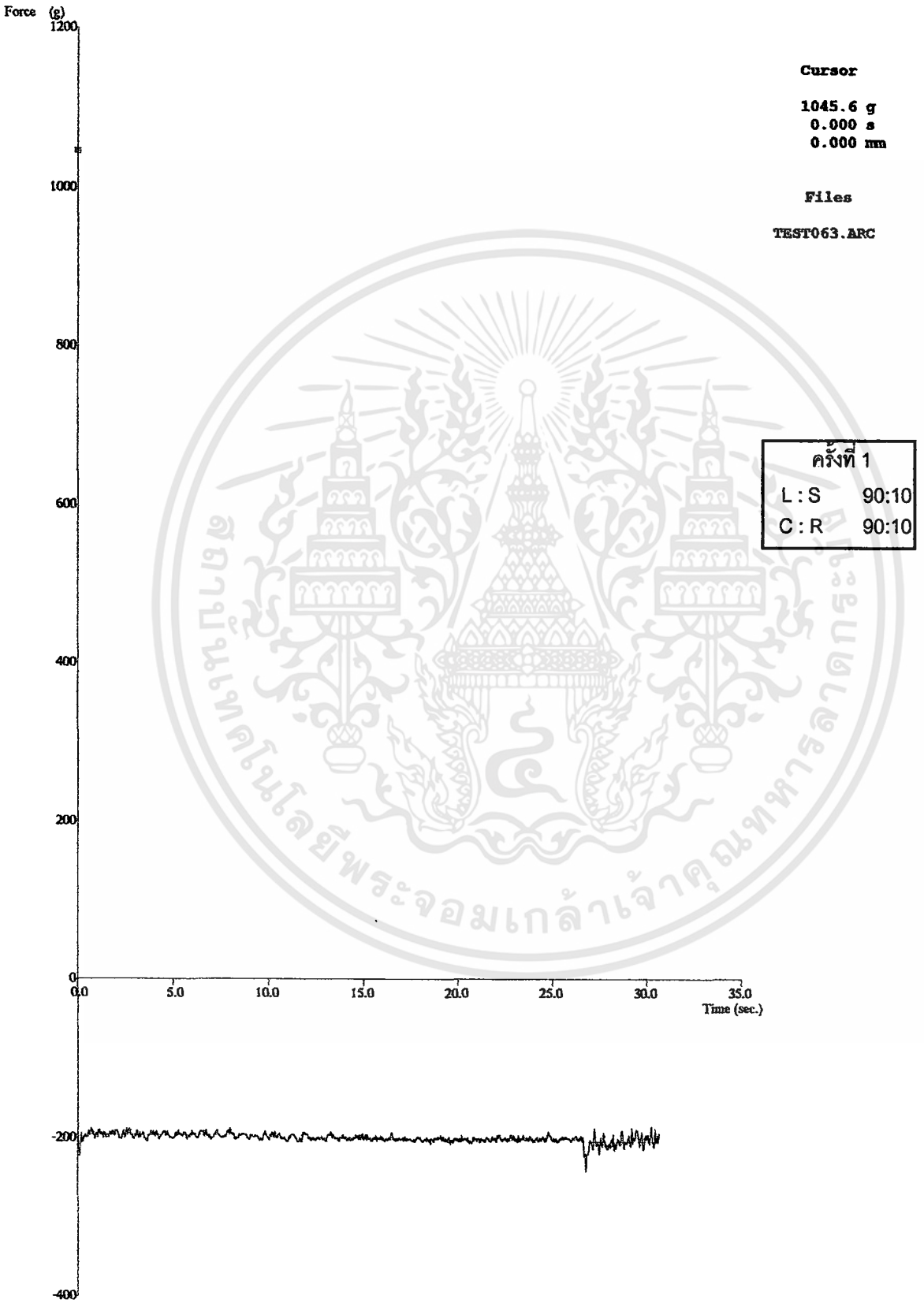


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

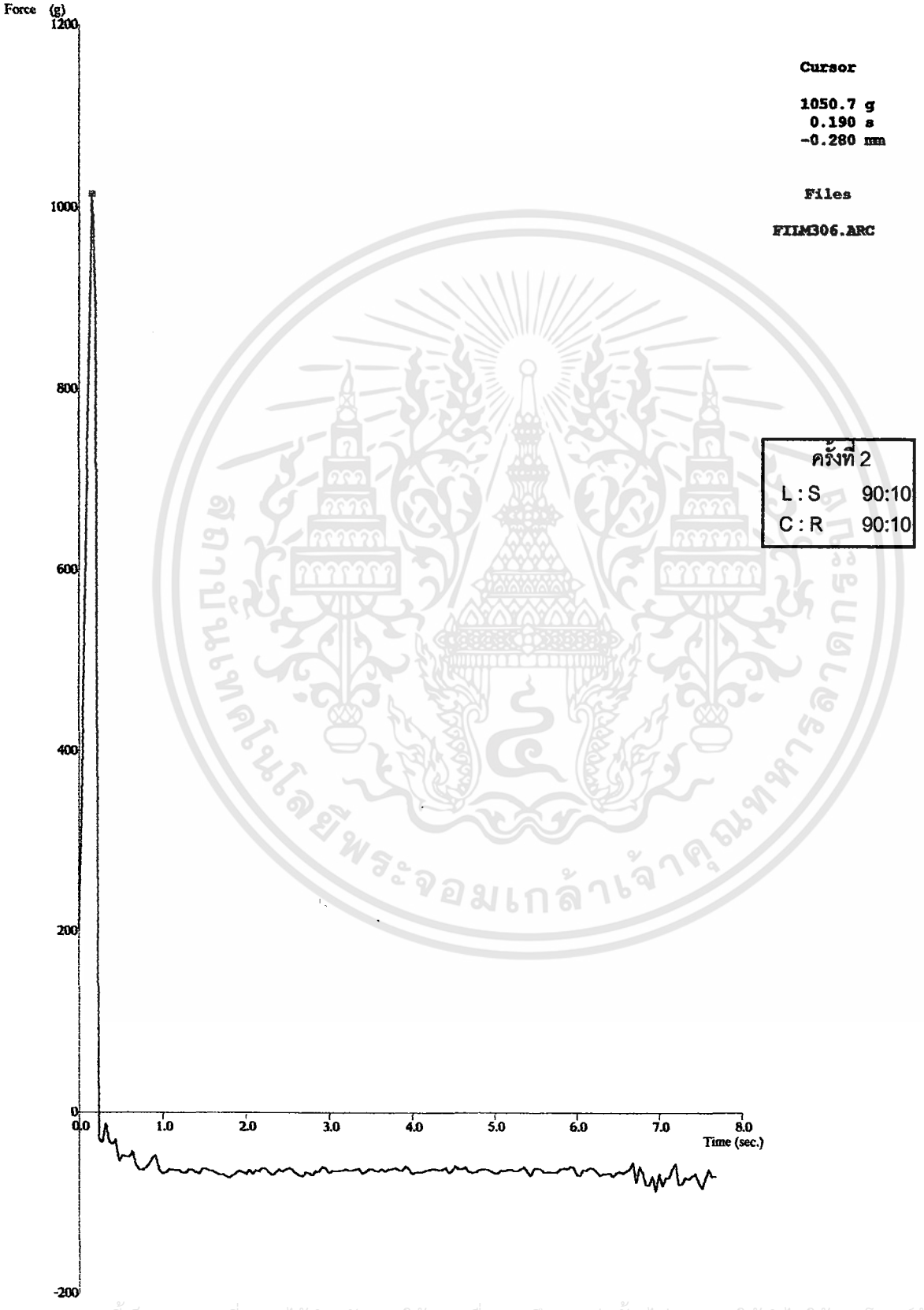
Stable Micro Systems - Texture Expert



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

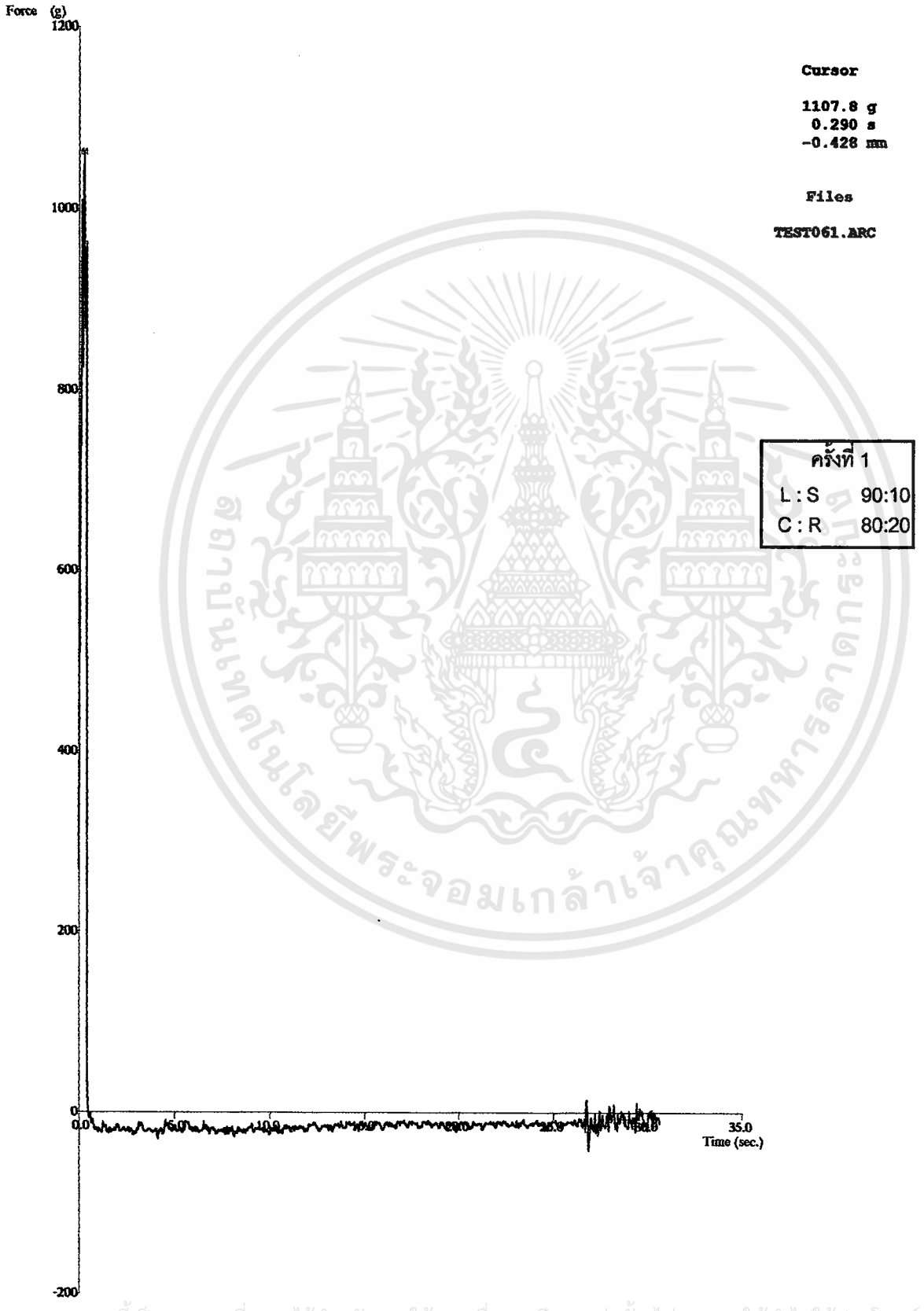


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

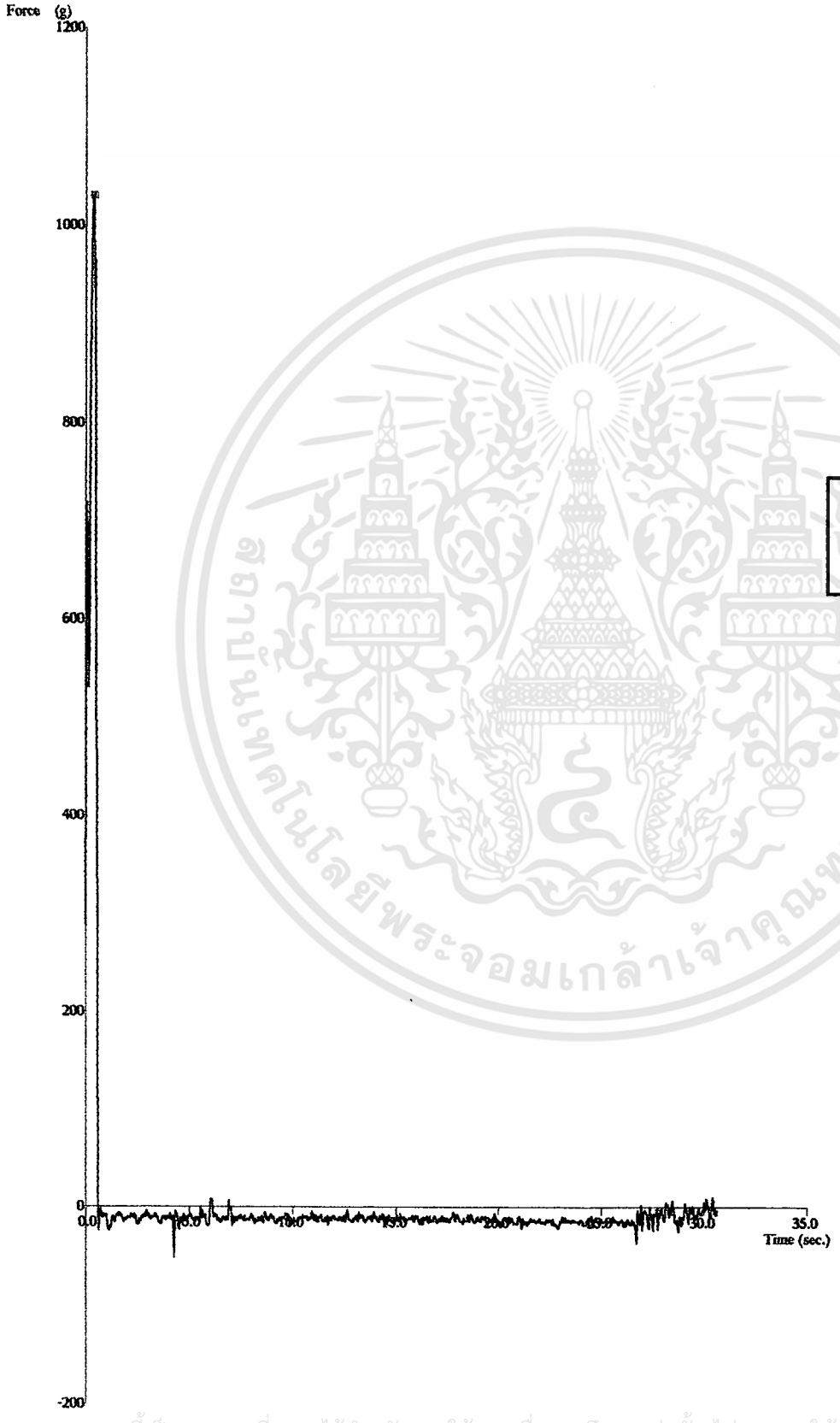


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert

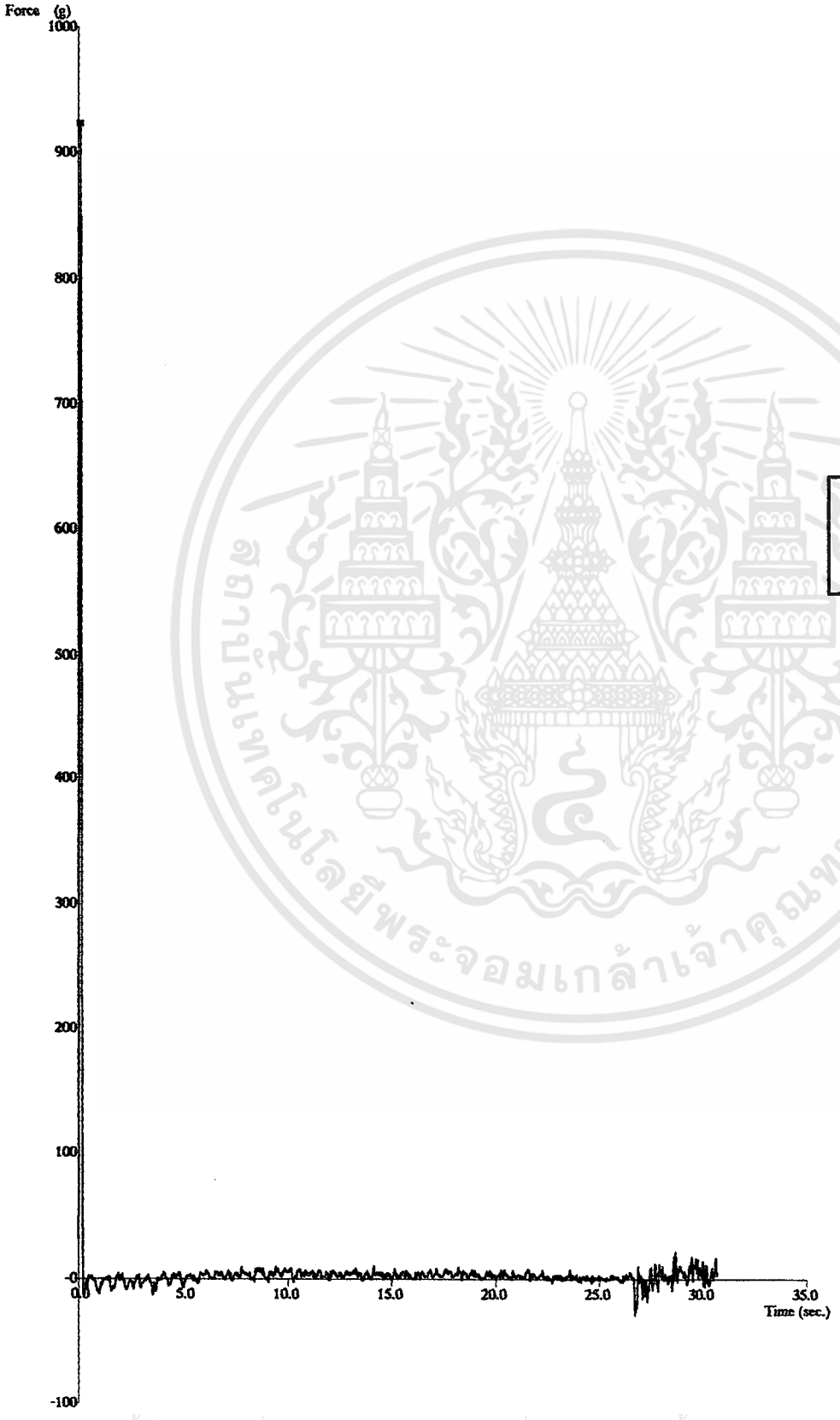


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

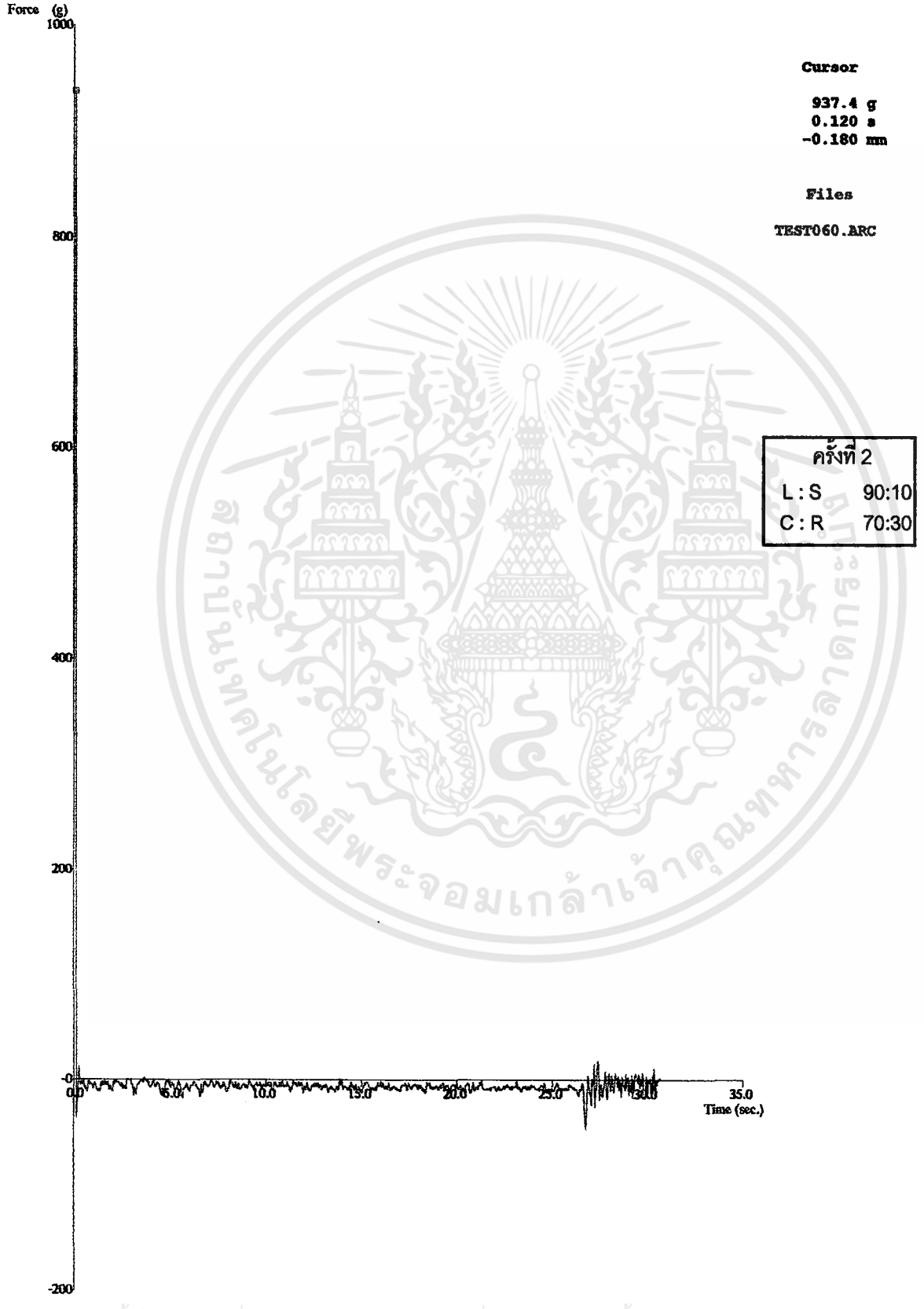


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert

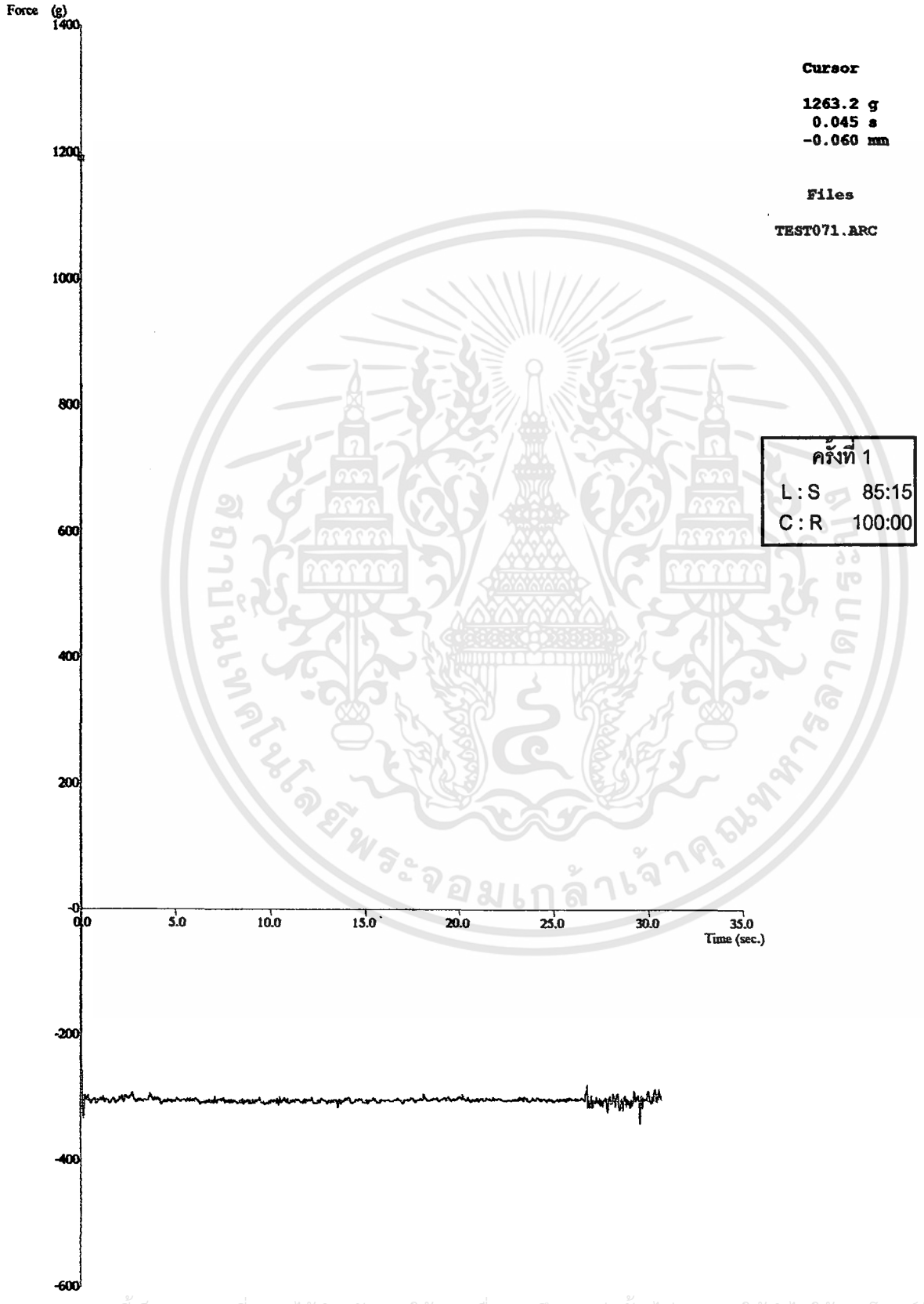


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



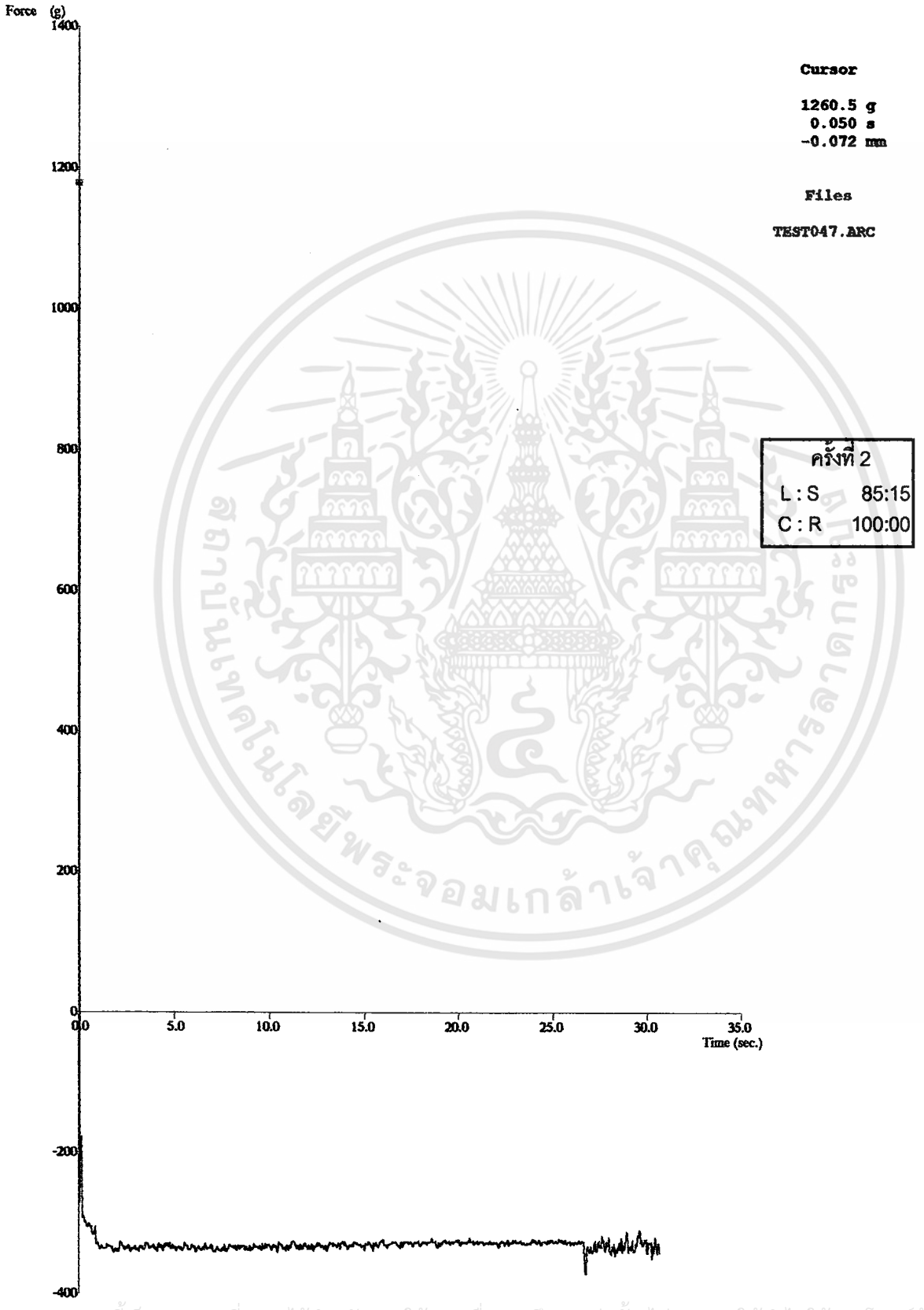
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



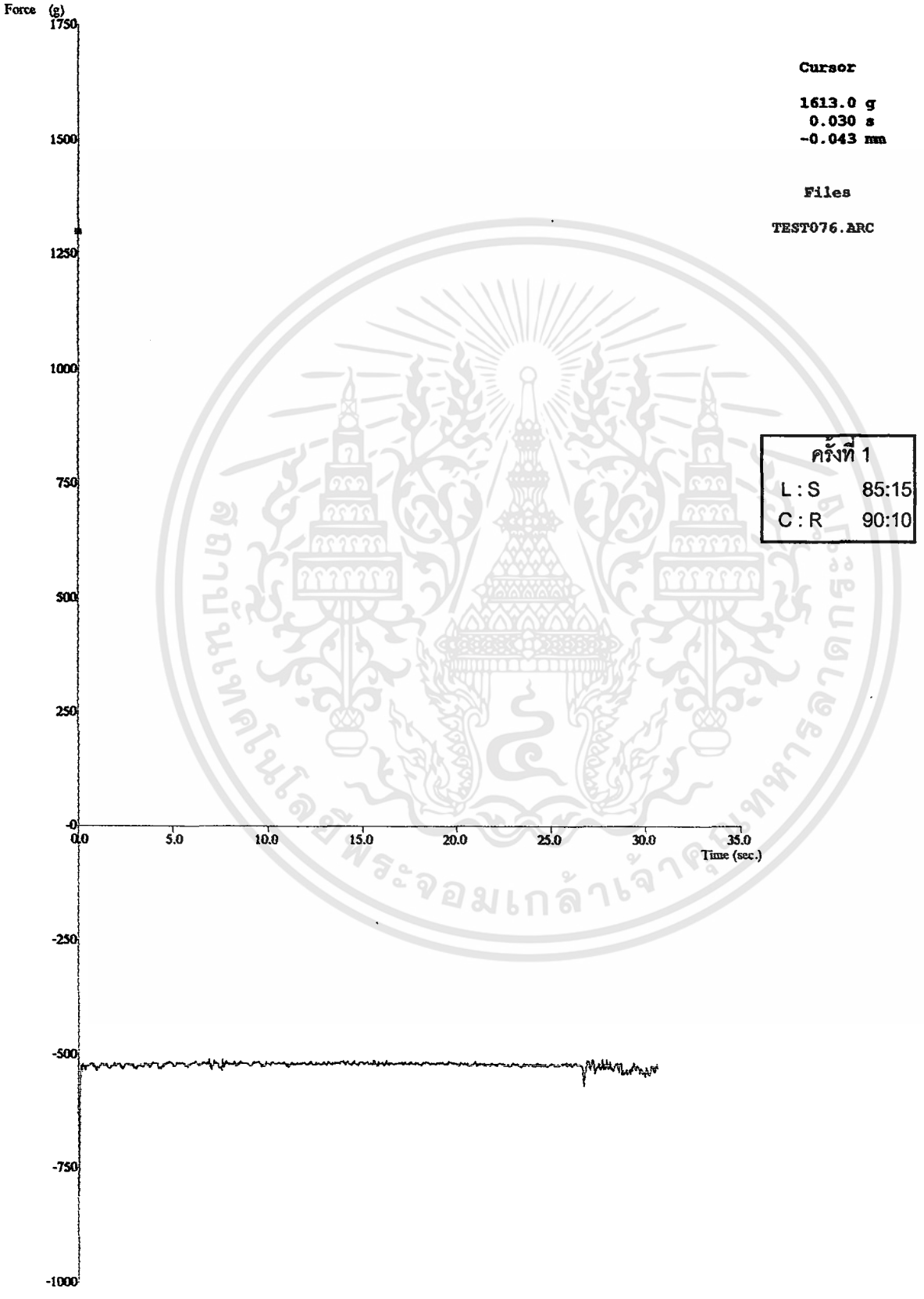
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



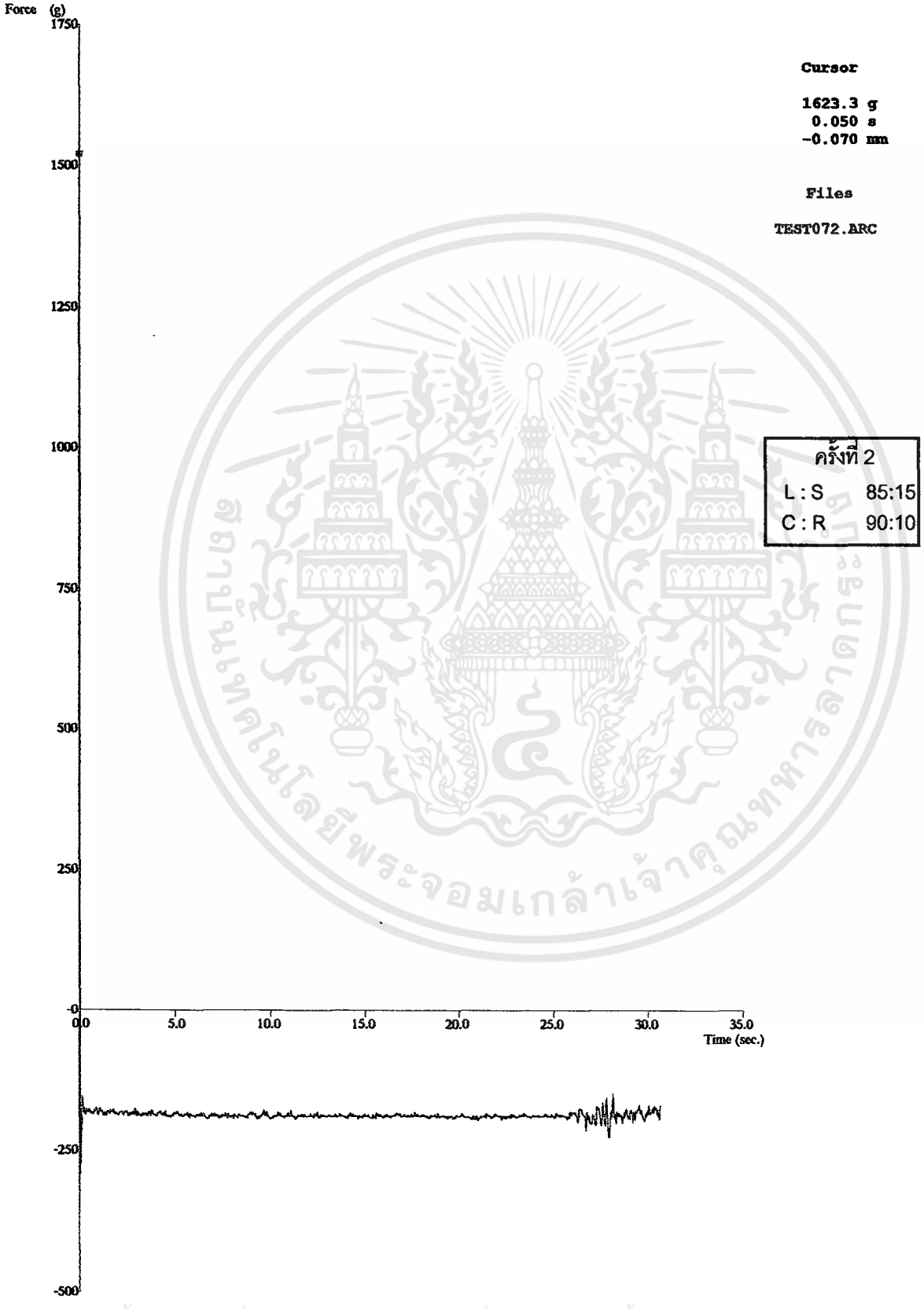
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



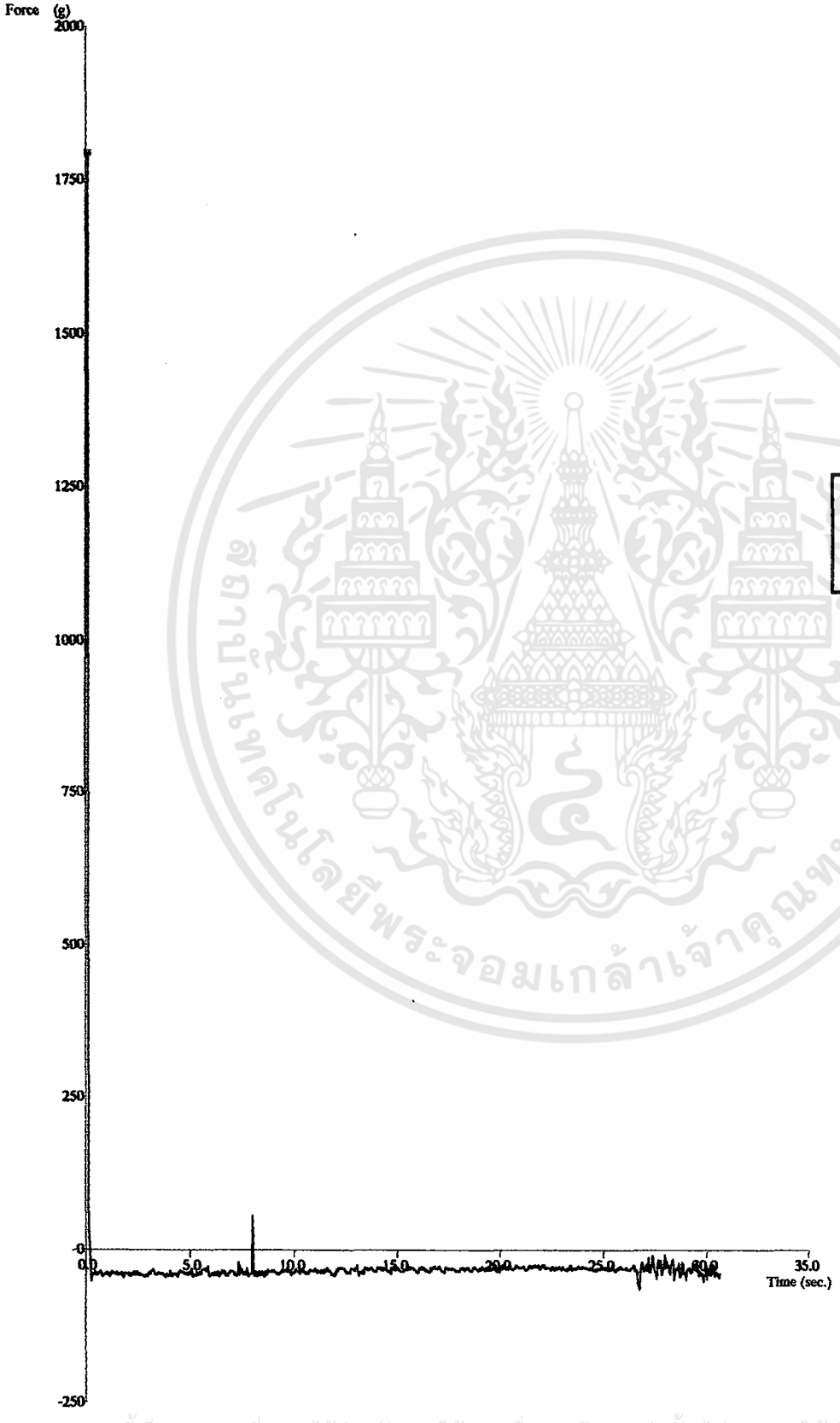
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



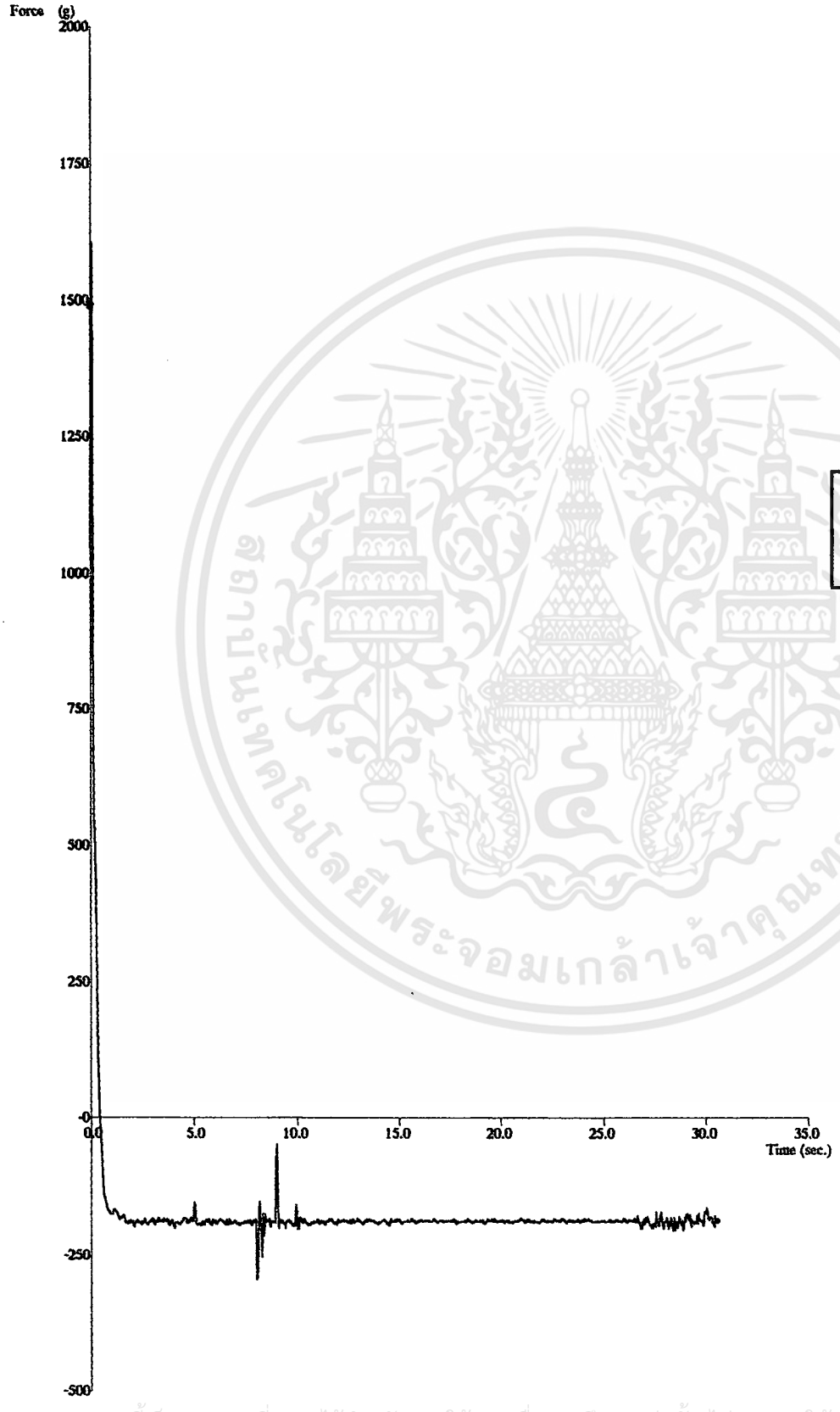
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



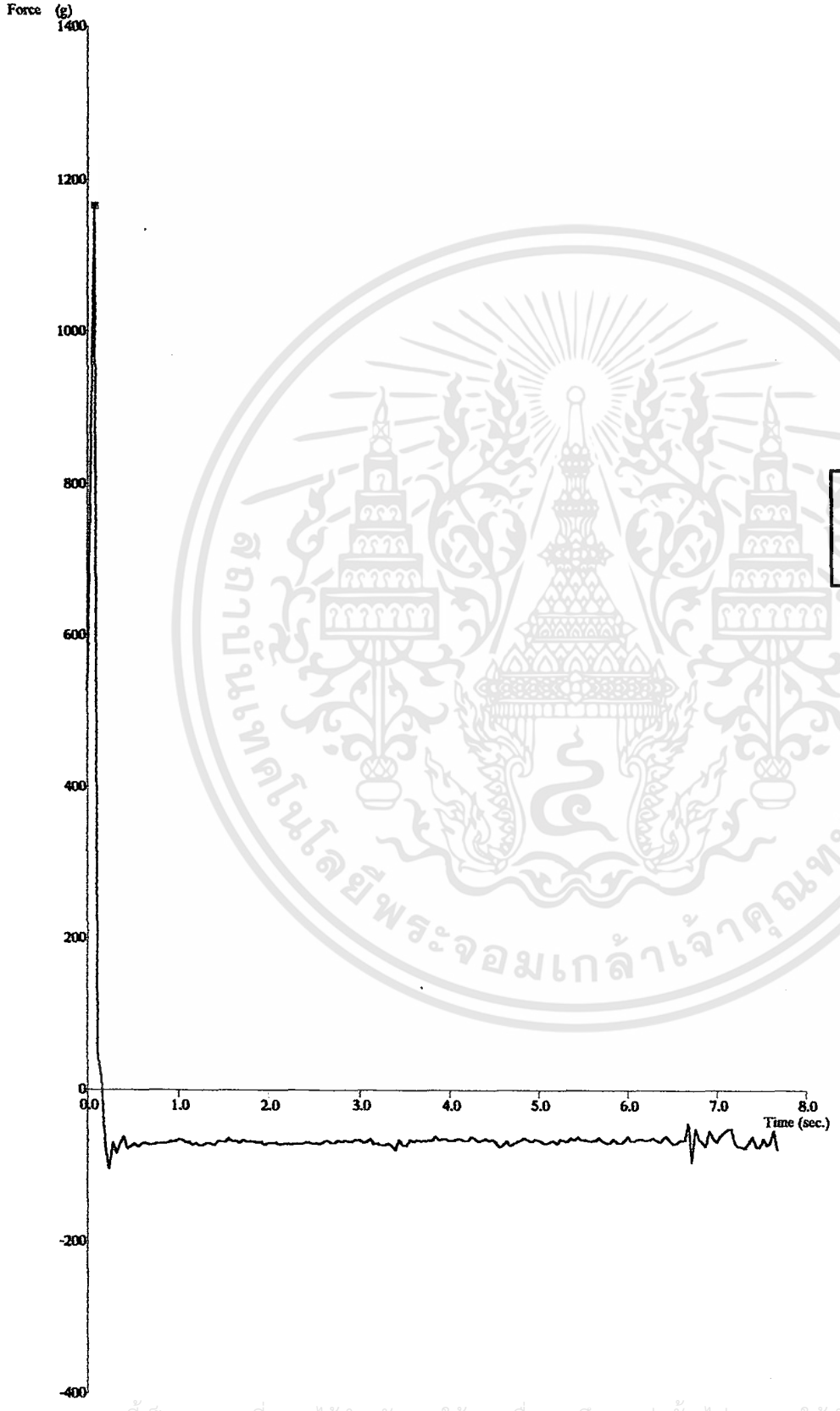
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



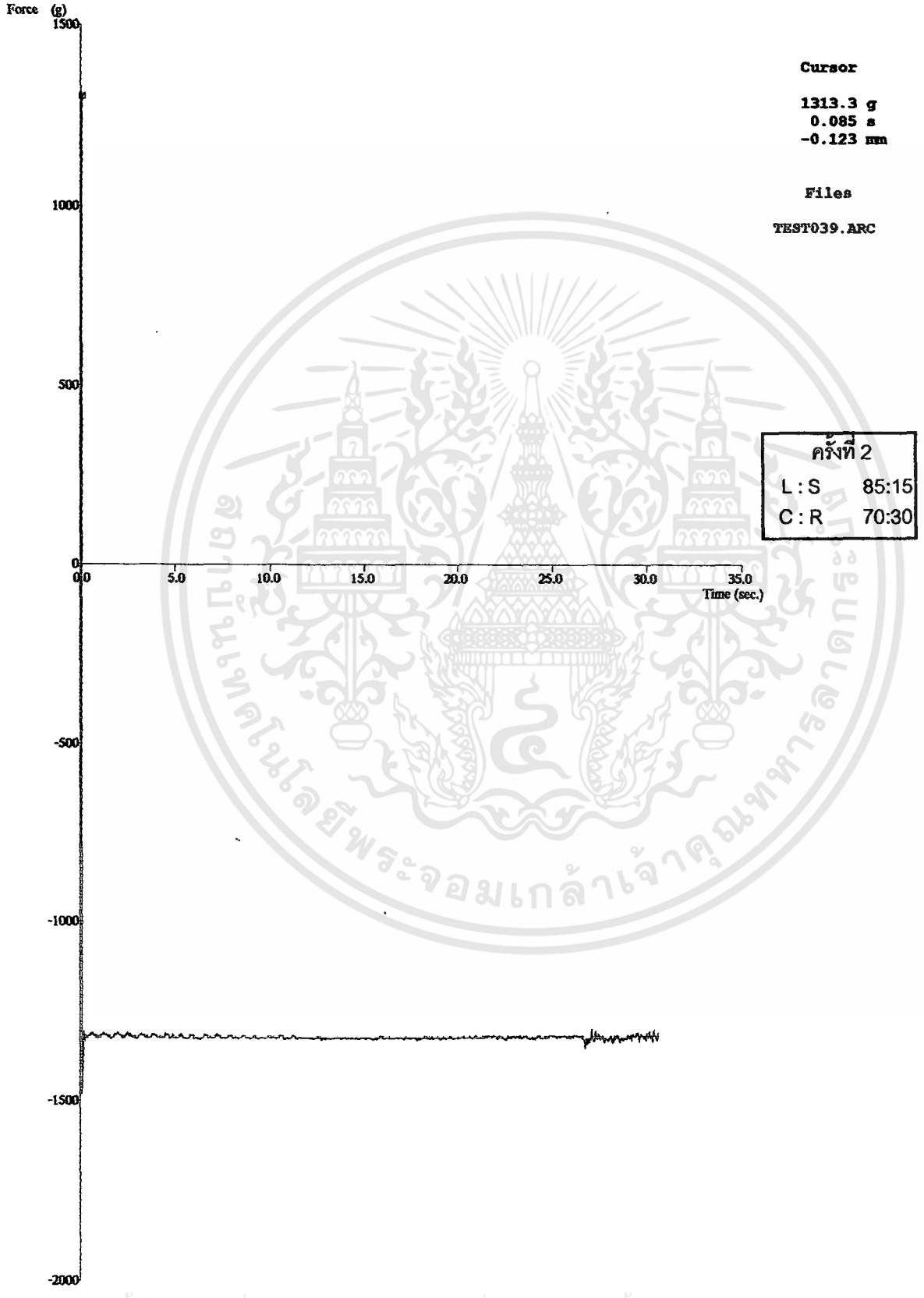
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



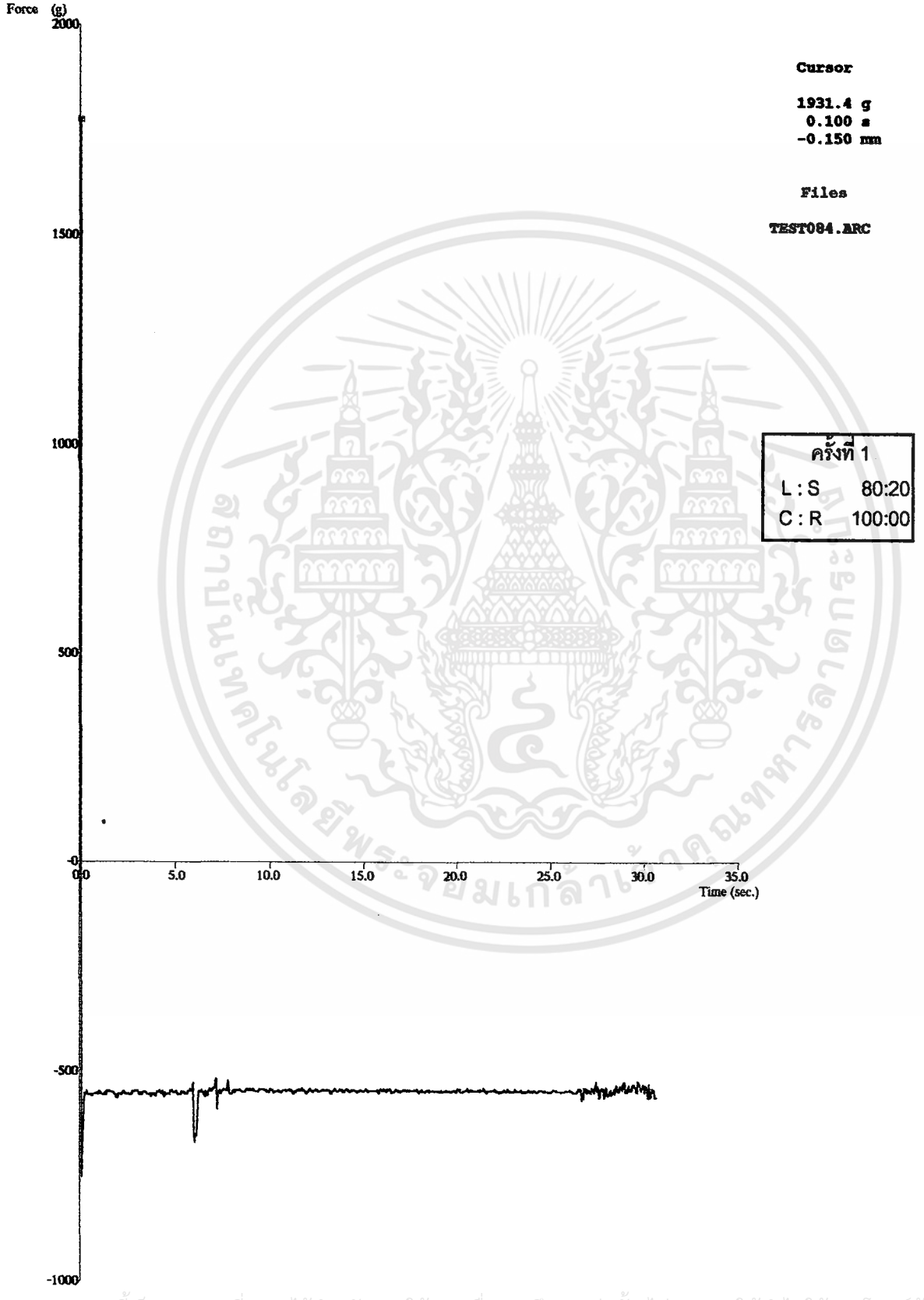
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



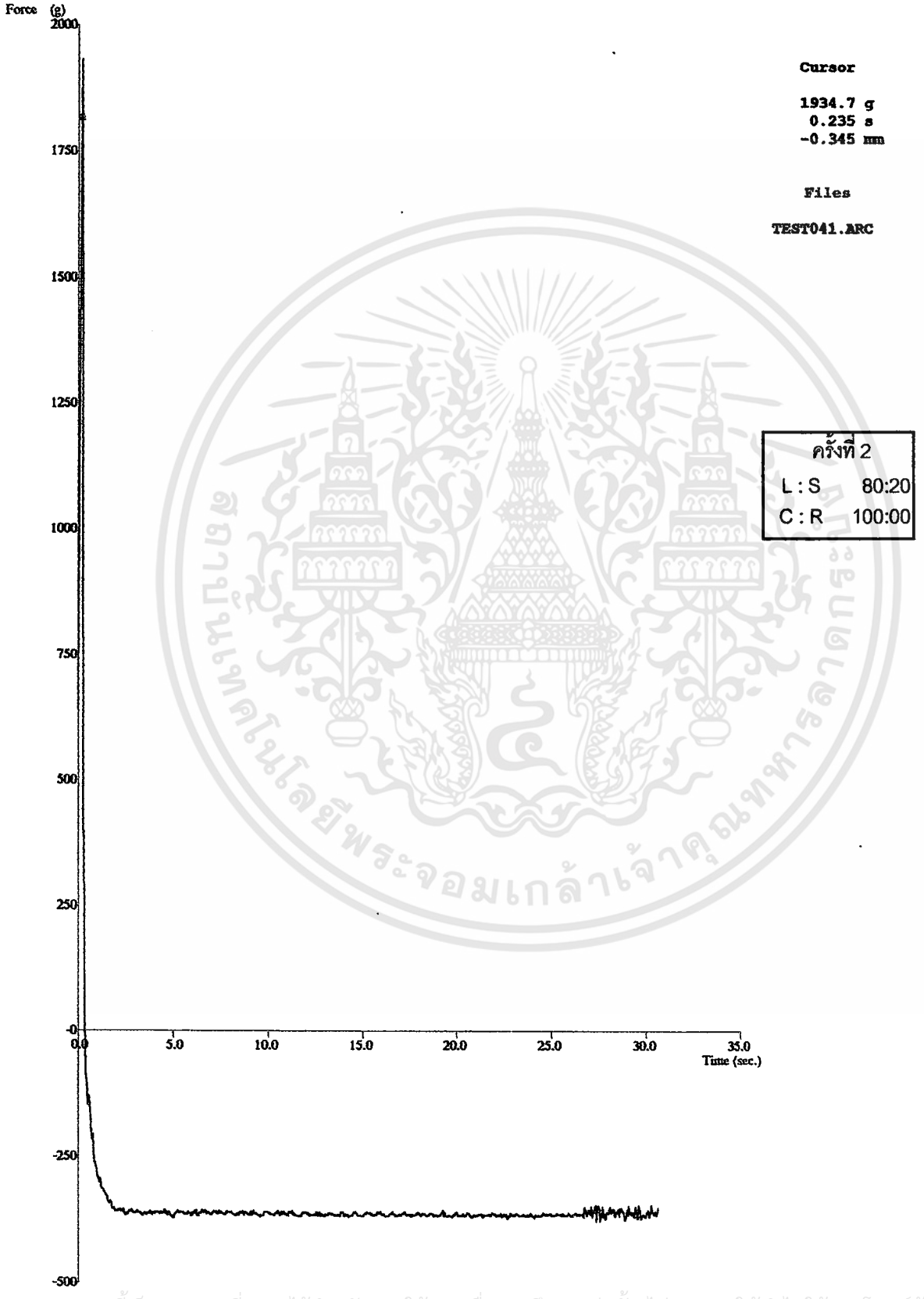
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



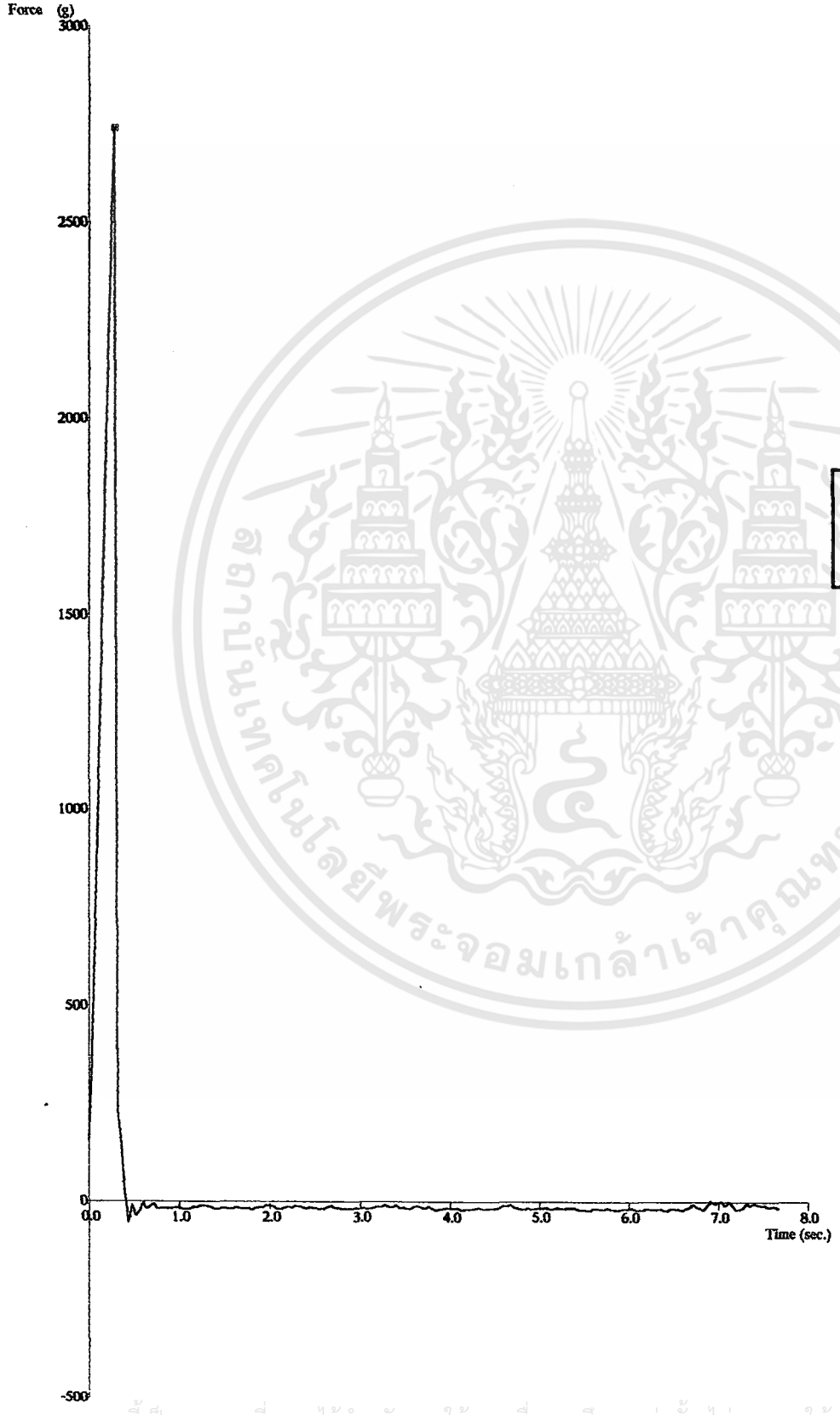
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



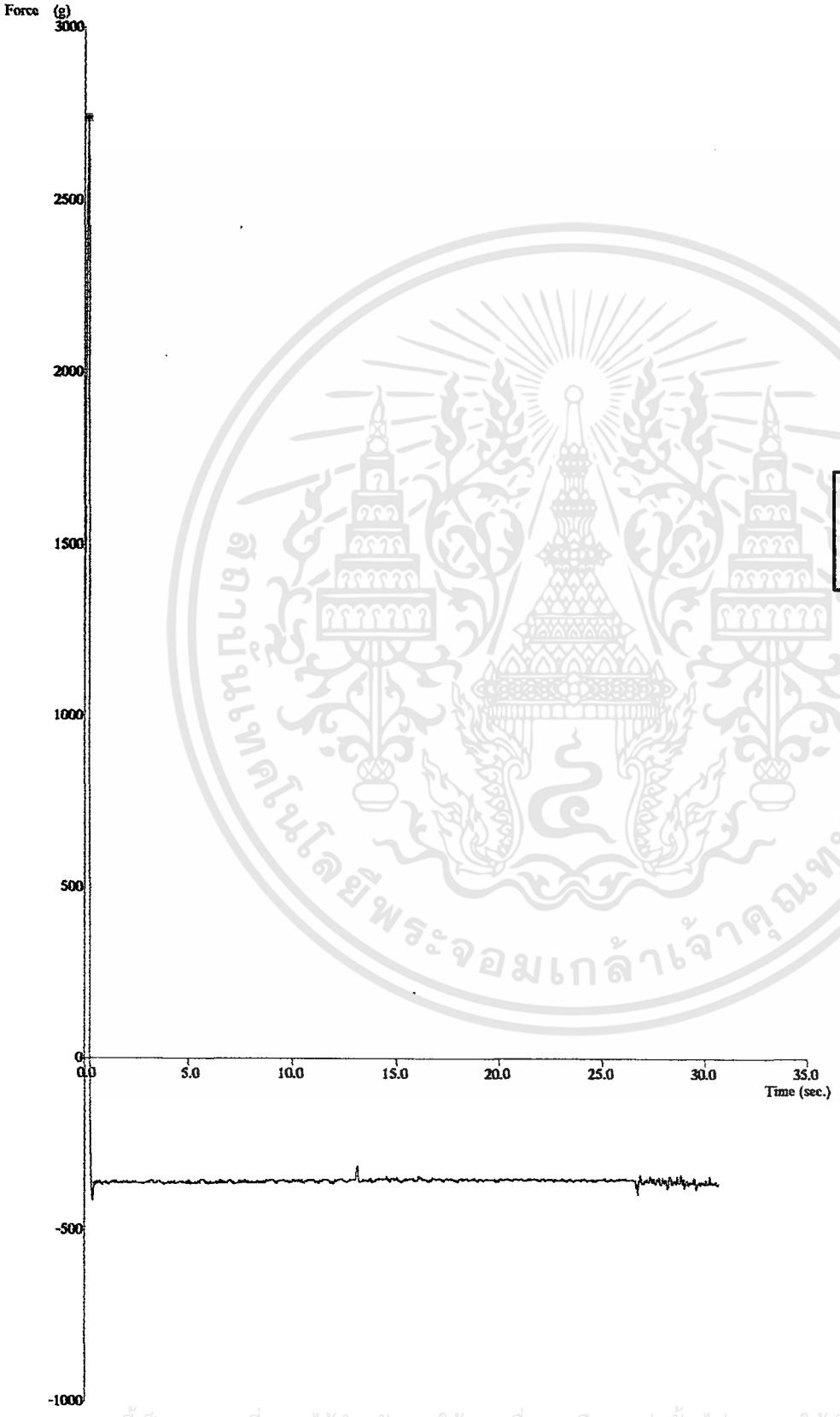
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



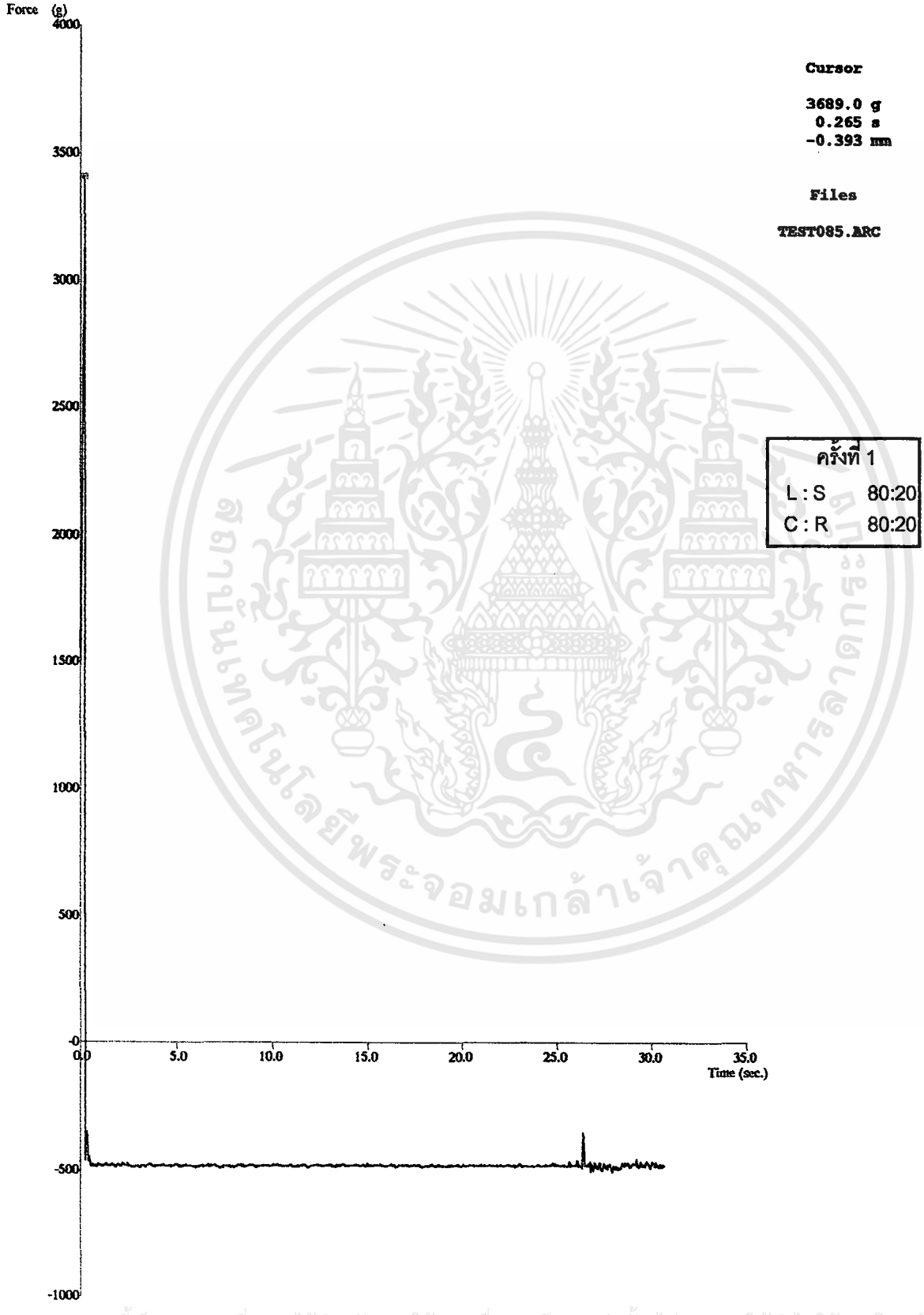
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



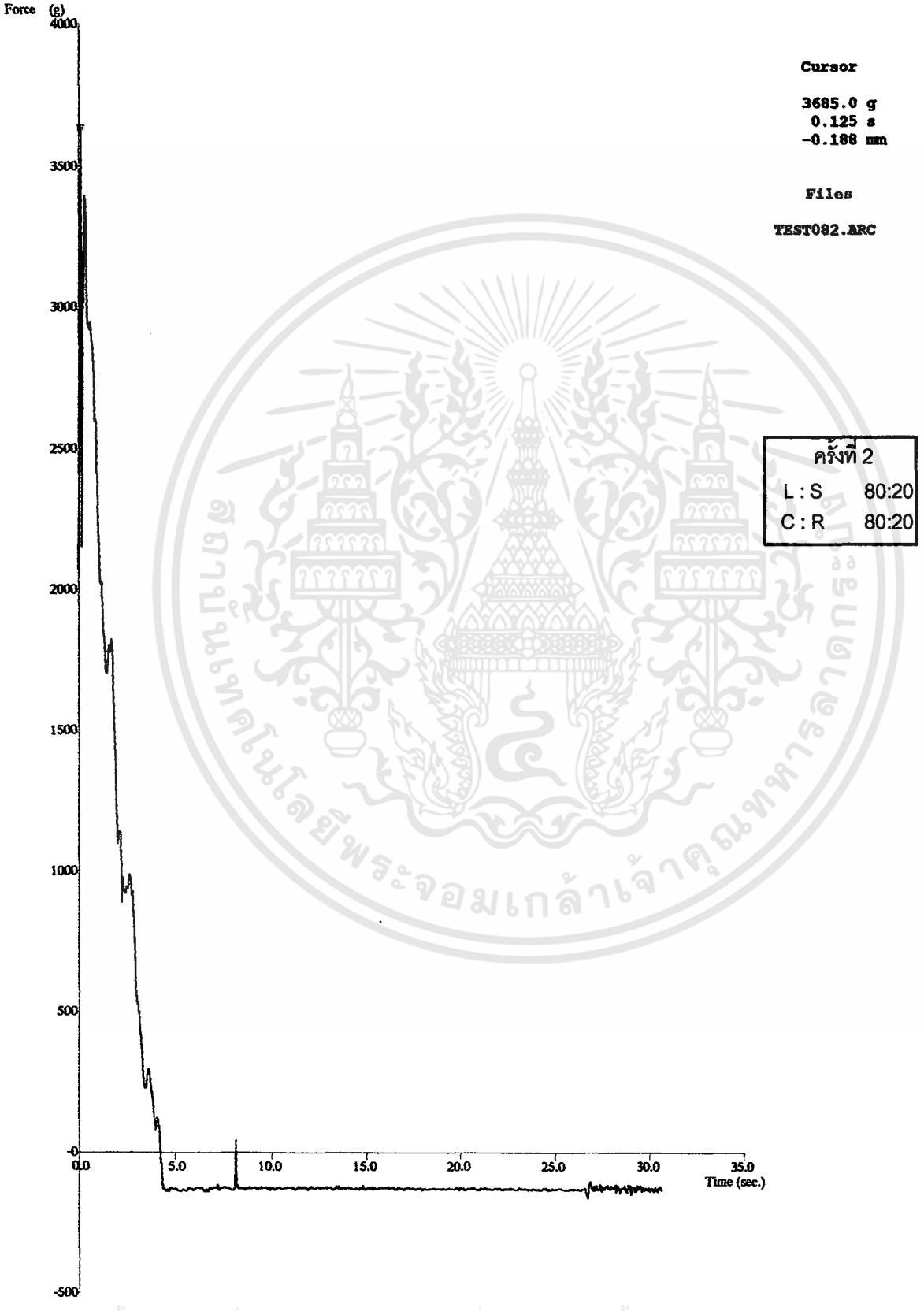
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



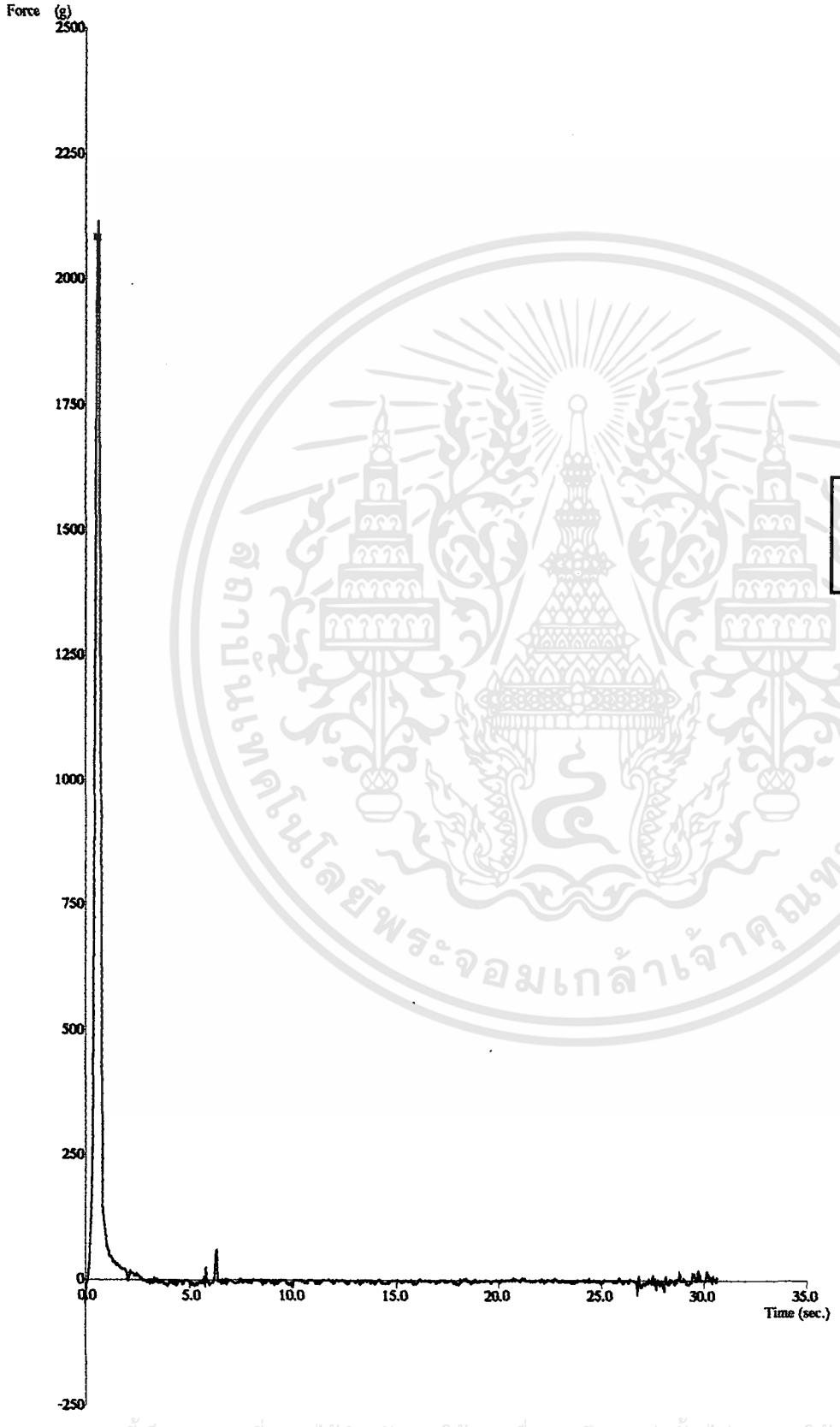
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



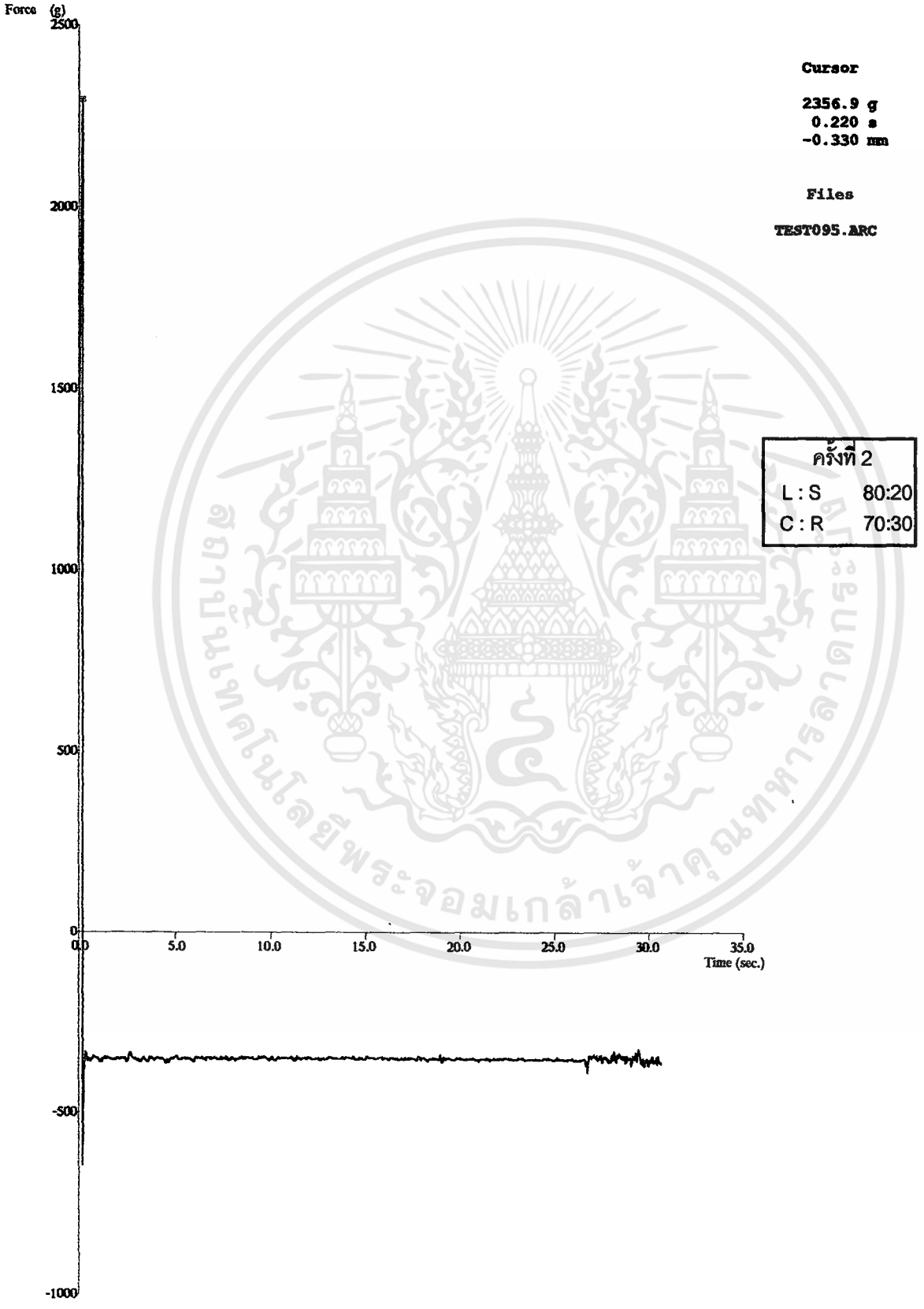
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางผนวกที่ การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของปริมาณของแข็งต่อของเหลว (L :S) และ ปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า (C:R) ต่อความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

Source of variation	d.f.	SS	MS	F
Trt	11	528.195	48.018	423.437
L:S	2	459.373	229.687	2025.454**
C:R	3	51.801	17.267	152.265**
L:S,C:R	6	17.021	2.837	25.017**
Error	12	1.360	0.113	
Total	23			

**แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของปริมาณของแข็งต่อของเหลว (L :S) และ ปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า (C:R) ต่อความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

Source of variation	d.f.	SS	MS	F
Trt	11	1.916×10^{-3}	1.742×10^{-4}	79.387
L:S	2	1.543×10^{-3}	7.717×10^{-4}	351.665**
C:R	3	2.759×10^{-4}	9.196×10^{-4}	419.070**
L:S,C:R	6	9.703×10^{-5}	1.617×10^{-5}	7.369**
Error	24	5.267×10^{-5}	2.194×10^{-6}	
Total	35			

**แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของปริมาณของแข็งต่อของเหลว (L :S) และ ปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งข้าวเจ้า (C:R) ต่อความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

Source of variation	d.f.	SS	MS	F
Trt	11	3.126	0.284	2408.320
L:S	2	2.185	1.093	9260.340**
C:R	3	0.627	0.209	1772.570**
L:S,C:R	6	0.313	0.052	442.170**
Error	12	1.416	1.180×10^{-4}	
Total	23			

**แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสาลี สุขสม เกิดเมื่อวันที่ 11 กันยายน พ. ศ. 2519 ประถมศึกษาโรงเรียนบ้านดอนตราสังข์ มัธยมศึกษาโรงเรียนสตรีพัทลุง และศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ณ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวโสภิพรรณ วารีวนิช เกิดเมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ. ศ. 2519 ประถมศึกษาโรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา (AMC) มัธยมศึกษาโรงเรียนเบญจมราชูทิศ และศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ณ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้