

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาผลของเซรีซินชนิดต่างๆที่มีต่อสมบัติของฟิล์มไฮโดรเจลพอลิไวนิลแอลกอฮอล์



รฟ.
ภ 432 ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 62078
วัน,เดือน,ปี..... 27 ก.ค. 2549

b. 1166102
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on the Effect of several kinds of Sericin on the Properties of Hydrogel Films made from
Poly(vinyl alcohol)



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การศึกษาผลของเซรีซินชนิดต่างๆที่มีต่อสมบัติของฟิล์มไฮโดรเจล
พอลิไวนิลแอลกอฮอล์

นักศึกษา นายภาณุพงศ์ ภูทะวัง


ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.ดร. จุฑารัตน์ ปรัชญาวารการ	
กรรมการ รศ.ดร. กัญญา ตันตวิสุทธิกุล	
กรรมการ รศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์	


(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การศึกษาผลของเซริซินชนิดต่างๆที่มีต่อสมบัติของฟิล์มไฮโดรเจลพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
นักศึกษานักศึกษา	นายภาณุพงศ์ ภูทะวัง
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาผลของเซริซินที่มีต่อสมบัติของฟิล์มไฮโดรเจลที่ได้จากการผสมระหว่างสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 3% และสารละลายเซริซินเข้มข้น 1% เซริซินที่ใช้มี 4 ชนิดคือ ขาวขอนแก่น (สีขาว) นางลาย (สีเหลืองสด) ขาวสุพรรณ (สีขาวหม่น) และดำน้าง (สีเหลือง) มีการปรับปรุงสมบัติของฟิล์มไฮโดรเจลโดยการทำการเชื่อมโยงด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ ที่เวลา 5 10 และ 20 นาที ศึกษาสมบัติทางกายภาพได้แก่ ค่าการบวม น้ำ ปริมาณน้ำที่ดูดซับที่เวลาต่างๆ และค่าสัดส่วนเจล สมบัติเชิงกล และสมบัติทางความร้อน ผลการทดลองพบว่าฟิล์มที่เตรียมจากเซริซินสีขาวจะมีการกระจายตัวที่ดีกว่าเซริซินสีเหลือง เมื่อเวลาการเชื่อมโยงเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการบวม น้ำ ปริมาณน้ำที่ดูดซับ ค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด มีค่าลดลง แต่ค่าสัดส่วนเจลและมอดูลัสมีค่าเพิ่มขึ้น ฟิล์มที่มีการผสมเซริซินทำให้ค่าการบวม น้ำ ปริมาณน้ำที่ดูดซับ ค่าความแข็งแรงดึงและมอดูลัส มีค่าต่ำกว่าฟิล์มที่ไม่ผสมเซริซิน แต่ค่าสัดส่วนเจลและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด มีค่ามากกว่า สมบัติทางความร้อนการเชื่อมโยงและการผสมเซริซิน ทำให้ค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้นจากฟิล์มที่ไม่เชื่อมโยงและฟิล์มที่ผสมเซริซิน และจากการเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ใช้จริง สูตรที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมฟิล์มคือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 3% และสารละลายเซริซินขาวสุพรรณเข้มข้น 1% โดยแช่ในสารละลายกลูตารัลดีไฮด์เป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Study on the Effect of several kinds of Sericin on the Properties of Hydrogel Films made from Poly(vinyl alcohol)

Name Mr. Panuphong Pootawang

Department Chemistry

Program Industrial Chemistry

Academic Year 2004

Special Project Advisor Assoc.Prof.Dr. Malinee Chaisupakitsin

ABSTRACT

This special project was study on effect of sericin on the properties of hydrogel films made from mixture of 3% PVA and 1% sericin. Four kinds of sericin were used in this study; White-khonkean Nangline White-suphan and Danchang. Modified properties of films by using glutaraldehyde as crosslinking agent at different times; 5 10 and 20 min. Physical properties; %swelling, %water-uptake, %gel fraction, mechanical properties and thermal property were studied. The results showed that hydrogel film prepared from white sericin showed better dispersion in PVA than yellow sericin. When crosslinking times increased, %swelling, %water uptake, tensile strength and %elongation decreased but % gel fraction and modulus increased. Hydrogel films mixed with sericin showed low %swelling, %water uptake, tensile strength and modulus when compared with film without sericin. On the other hand %gel fraction and % elongation increased. The result from TGA suggested that decomposition temperature of crosslinked films and mixed sericin trend to higher than normal film. Compared with reference film, Tegaderm, The best formular in this study was hydrogel film prepared from PVA 3% w/v and White-suphan 1% w/v and immersion in glutaraldehyde for 5 min.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการพิเศษฉบับนี้จะไม่ประสบความสำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ ความร่วมมือ คำแนะนำ คำติเตียน ตลอดจนกำลังใจที่ดีและเป็นประโยชน์แก่ผู้จัดทำ จากบุคคลหลายๆท่าน

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ในการทำโครงการพิเศษ และเรื่องอื่นๆอีกมากมาย รวมทั้งตรวจทานแก้ไข โครงการพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จเรียบร้อยอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.กันยา คັນศิริสุทธีกุล อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ในการทำโครงการพิเศษและให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือในการทำงานวิจัย รวมทั้งเสียสละเวลาในการเป็นกรรมการตรวจสอบ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวารกร อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่กรุณาเสียสละเวลาในการเป็นกรรมการตรวจสอบ และตรวจทานแก้ไขโครงการพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จเรียบร้อยอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี และภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เรื่องอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ เครื่องใช้ในการทำโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณบิดา มารดา อาจารย์ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่คอยสั่งสอนอบรม ให้คำปรึกษา แนะนำและให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด ตลอดทั้งเพื่อนๆที่รักที่ให้กำลังใจที่ดีในทุกๆเรื่อง ทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลืออีกมากซึ่งมิได้กล่าวมาในที่นี้ ทางผู้จัดทำจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นายภาณุพงศ์ ภูทะวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 คำนำ	1
1.2 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	2
1.3 วัตถุประสงค์	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.5 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	7
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 สารประกอบพอลิเมอร์	8
2.2 ไฮโดรเจล	10
2.3 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์	12
2.4 เส้นไหม	19
2.5 เซริซิน	24
2.6 फिल्मปิดแผลที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง	32
2.7 การทดสอบ	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้	35
3.2 วิธีการทดลอง	37
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของรังไหม	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงไหม (เซรีซิน)	46
4.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจล	46
4.4 การศึกษาสมบัติการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจล	48
4.5 การศึกษาปริมาณน้ำที่ฟิล์มไฮโดรเจลดูดซับ	56
4.6 การศึกษาสมบัติการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลที่เวลา 24 ชั่วโมง	62
4.7 การศึกษาปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มไฮโดรเจลที่เวลา 24 ชั่วโมง	63
4.8 การศึกษาค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) ของฟิล์มไฮโดรเจล	64
4.9 การศึกษาสมบัติเชิงกล	65
4.10 การศึกษาผลของการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) และปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ที่ 24 ชั่วโมงของฟิล์มไฮโดรเจล	68
4.11 ผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้และฟิล์มปิดแผลที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง (Tegaderm)	70
4.12 การศึกษาสมบัติทางความร้อน โดยใช้เทคนิค Thermogravimetric Analysis (TGA)	74
4.13 การศึกษาการตรวจหาหมู่ฟังก์ชันของเซรีซินและแผ่นฟิล์มด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	80
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	83
5.2 ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารอ้างอิง	86
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	88
ภาคผนวก ข.	97
ภาคผนวก ค.	104
ภาคผนวก ง.	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสมบัติโดยทั่วไปของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	14
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงเกรดและคุณสมบัติเฉพาะของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ทางการค้า	15
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่างๆเมื่อองศาการเกิด ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (มวลโมเลกุล) มีการเพิ่มขึ้น หรือลดลง	16
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่างๆเมื่อองศาการเกิด ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสมีการเพิ่มขึ้น หรือลดลง	16
ตารางที่ 2.5 แสดงองค์ประกอบที่เป็นกรดอะมิโนของโปรตีนเซรีซิน (Sericin)	22
ตารางที่ 2.6 แสดงองค์ประกอบที่เป็นกรดอะมิโนของโปรตีนไฟโบรอิน (Fibroin)	23
ตารางที่ 2.7 แสดงลักษณะโดยทั่วไปของเซรีซิน	25
ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของรังไหมแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการผสมเพื่อ เตรียมฟิล์ม	45
ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะทางกายภาพของรังไหมชนิดต่างๆที่ได้จากการสกัดจากรังไหม	46
ตารางที่ 4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่เตรียมได้จากเทคนิคการเทหล่อ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยา พอลิเมอไรเซชันแบบเติม	9
รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยา พอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น	10
รูปที่ 2.3 สมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาสพอนนิฟิเคชันของการเตรียม พอลิไวนิลแอลกอฮอล์	13
รูปที่ 2.4 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการละลาย ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เข้มข้น 4% w/w กับความ แตกต่างของอุณหภูมิ	17
รูปที่ 2.5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการละลาย ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เข้มข้น 10% w/w กับความ แตกต่างของอุณหภูมิ	17
รูปที่ 2.6 แสดงถึงรังไหมและสิ่งที่ได้จากการแยกเส้นไหมออกจากรังไหม	19
รูปที่ 2.7 เป็นภาพ SEM แสดงเส้นไหมดิบที่ไม่มีการลอกกวไหม (เซริซิน) ออก	21
รูปที่ 2.8 เป็นภาพ SEM แสดงเส้นไหมที่มีการลอกกวไหม (เซริซิน) ออก โดยสกัดเป็นเวลา 60 นาที	21
รูปที่ 2.9 โครงสร้างทางเคมีของเซริซินที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโน 38 ชนิด	26
รูปที่ 2.10 เป็นกราฟแสดงการวิเคราะห์ XRD ของเซริซินและไฟโบรอิน (รังไหม)	27
รูปที่ 2.11 เป็นกราฟแสดงการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของเซริซินพันธุ์นางลาย ที่สกัดเป็นเวลา 60 และ 150 นาที ด้วยเทคนิค FTIR	28
รูปที่ 2.12 เป็นกราฟแสดงการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของเซริซินพันธุ์ด่านช้าง ที่สกัดเป็นเวลา 60 และ 150 นาที ด้วยเทคนิค FTIR	28
รูปที่ 2.13 แสดงปฏิกิริยาระหว่างอนุโมลอิสระไฮดรอกซิลกับไขมัน	31
รูปที่ 4.1 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์ม PVA 3% ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างกัน	48
รูปที่ 4.2 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินขาวขอนแก่น ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างกัน	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.3 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินนางลาย ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างกัน	50
รูปที่ 4.4 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินขาวสุพรรณ ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างกัน	51
รูปที่ 4.5 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินดำน้าง ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างกัน	52
รูปที่ 4.6 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 1 ชั่วโมง	53
รูปที่ 4.7 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 2 ชั่วโมง	53
รูปที่ 4.8 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 3 ชั่วโมง	54
รูปที่ 4.9 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 4 ชั่วโมง	54
รูปที่ 4.10 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 5 ชั่วโมง	55
รูปที่ 4.11 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ที่มีการเชื่อมโยง ในเวลาต่างกัน	56
รูปที่ 4.12 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินขาวขอนแก่น ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างกัน	57
รูปที่ 4.13 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินนางลาย ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างกัน	57
รูปที่ 4.14 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินขาวสุพรรณ ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างกัน	58
รูปที่ 4.15 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินดำน้าง ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างกัน	58
รูปที่ 4.16 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 1 ชั่วโมง	59
รูปที่ 4.17 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 2 ชั่วโมง	60
รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 3 ชั่วโมง	60
รูปที่ 4.19 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 4 ชั่วโมง	61
รูปที่ 4.20 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 5 ชั่วโมง	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.21 แสดงค่าการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆ ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ	62
รูปที่ 4.22 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับที่เวลา 24 ชั่วโมง ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆ ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ	63
รูปที่ 4.23 แสดงค่าสัดส่วนเจล ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆที่การเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ	64
รูปที่ 4.24 แสดงค่าความแข็งแรงดึง ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆที่การเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ	65
รูปที่ 4.25 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆ ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ	66
รูปที่ 4.26 แสดงค่ามอดุลัสของยัง ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆที่การเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ	67
รูปที่ 4.27 แสดงค่าผลของการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) และปริมาณน้ำ ที่ดูดซับ (%Water uptake) ที่ 24 ชั่วโมง ของฟิล์มไฮโดรเจล PVA 3% ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ	68
รูปที่ 4.28 แสดงค่าผลของการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) และปริมาณน้ำ ที่ดูดซับ (%Water uptake) ที่ 24 ชั่วโมง ของฟิล์มผสมเซริซินขาวขอนแก่น นางลาย ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ	68
รูปที่ 4.29 แสดงค่าผลของการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) และปริมาณน้ำ ที่ดูดซับ (%Water uptake) ที่ 24 ชั่วโมง ของฟิล์มผสมเซริซินขาวสุพรรณ ค่าน้าง ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ	69
รูปที่ 4.30 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดย ไม่มีการเชื่อมโยงและฟิล์มปิดแผลที่มีไซริงที่ใช่เป็นตัวอ้างอิง	70
รูปที่ 4.31 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดยมีการ เชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาทีและฟิล์มปิดแผลที่มีไซริงที่ใช่เป็นตัวอ้างอิง	71
รูปที่ 4.32 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดยมีการ เชื่อมโยงเป็นเวลา 10 นาทีและฟิล์มปิดแผลที่มีไซริงที่ใช่เป็นตัวอ้างอิง	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.33 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดยมีการ เชื่อมโยงเป็นเวลา 20 นาทีและฟิล์มปิดแผลที่มีใช้จริงที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง	72
รูปที่ 4.34 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลของค่าสัดส่วนเจลของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้ โดยมีการเชื่อมโยงที่เวลาต่างกันและฟิล์มปิดแผลที่มีใช้จริงที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง	73
รูปที่ 4.35 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของเซรีซินชนิดต่างๆ	74
รูปที่ 4.36 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ที่ไม่มีการเชื่อมโยงและ มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที	75
รูปที่ 4.37 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินขาวขอนแก่น ที่ไม่มีการเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที	76
รูปที่ 4.38 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินนางลาย ที่ไม่มีการเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที	76
รูปที่ 4.39 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินขาวสุพรรณ ที่ไม่มีการเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที	77
รูปที่ 4.40 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซรีซินด่านช้าง ที่ไม่มีการเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที	77
รูปที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลทุกชนิด โดยที่ไม่มีการเชื่อมโยง	78
รูปที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลทุกชนิด โดยมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที	79
รูปที่ 4.43 แสดงพิกของเซรีซินที่ปรากฏ โดยใช้เทคนิค FTIR	80
รูปที่ 4.44 แสดงเส้นสเปกตรัมของแผ่นฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยง ด้วยเทคนิค FTIR	81
รูปที่ 4.45 แสดงเส้นสเปกตรัมของแผ่นฟิล์มที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที ด้วยเทคนิค FTIR	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1. คำนำ

พอลิเมอร์เป็นคำที่ใช้เรียกรวมสารต่างๆที่ประกอบไปด้วยหน่วยเล็กๆ (Monomer) มารวมกันเป็นสาร โมเลกุลใหญ่ (Macromer) หรือพอลิเมอร์ (Polymer)

ในปัจจุบันได้มีการใช้พอลิเมอร์มากขึ้นทุกวัน ซึ่งเป็นเพราะพอลิเมอร์มีมากมายหลายชนิดสามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางตามความต้องการใช้งาน ราคาถูก น้ำหนักเบา มีความแข็งแรงสูง และผ่านกระบวนการขึ้นรูปได้ง่าย โดยสมบัติดังกล่าวนี้เป็นสมบัติพื้นฐานของพอลิเมอร์โดยทั่วไปไม่เพียงเท่านั้นพอลิเมอร์ยังสามารถใช้ในงานที่ต้องการความจำเพาะเจาะจงได้ อีก การใช้งานขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และการสังเคราะห์พอลิเมอร์จำเพาะนี้ขึ้นมา ในอดีตถึงปัจจุบันและในอนาคตมีการศึกษาค้นคว้า วิจัย และพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์ต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในงานอาชีพเช่นทางด้านการค้า ทางด้านการแพทย์ ทางด้านงานวิจัย และทางด้านวัสดุวิศวกรรม เป็นต้น

ไฮโดรเจล (Hydrogel) เป็นพอลิเมอร์จำเพาะอีกชนิดหนึ่งที่มีความสนใจเป็นอย่างมาก ซึ่งไฮโดรเจลนี้เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบโครงร่างแหสามมิติ มีความสามารถในการดูดซับน้ำและสารละลายบางชนิดได้เป็นอย่างดีโดยที่โครงสร้างของไฮโดรเจลยังคงมีความแข็งแรง ไม่เกิดการละลาย ปริมาณน้ำที่ไฮโดรเจลสามารถดูดซับได้มีค่ามากกว่า 90% และยังสามารถเข้ากันได้ดีกับสารชีวภาพในร่างกายมนุษย์ เช่น เลือด น้ำเหลือง เซลล์ผิวหนัง เส้นประสาท ด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้จึงได้มีการนำไฮโดรเจลมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ แต่ต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติบางประการ โดยเฉพาะสมบัติทางกายภาพก่อน โดยการทำการเชื่อมโยงให้เกิดพันธะเชื่อมโยง ด้วยสารเชื่อมโยงต่างๆเช่นสารประกอบจำพวกแอลดีไฮด์ (Aldehyde) หรืออาจใช้การฉายรังสีที่มีพลังงานสูง (รังสีแกมมา) ซึ่งสมบัติหลังการปรับปรุงจะทำให้ไฮโดรเจลมีความแข็งแรงคงทนต่อสภาวะแวดล้อมได้มากขึ้น ในการใช้สารเคมีในการเชื่อมโยงต้องมีการควบคุมไม่ให้เกิดการปนเปื้อนและไม่มีพิษเมื่อใช้กับร่างกายของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต

โปรตีนจากไหมที่เรียกว่า เซริซิน (Sericin) ซึ่งโปรตีนชนิดนี้สามารถละลายน้ำได้ ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด เช่น ซีรีน (Serine) มาต่อกันเป็นพอลิเมอร์ทางธรรมชาติด้วยพันธะเพปไทด์ จึงมีการนำโปรตีนเซริซินมาผสมกับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มาเตรียมฟิล์มไฮโดรเจล เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์เช่นวัสดุปิดแผล (Wound dressing) เนื่องจากโปรตีนเซริซินมีความสามารถในการต่อต้านและยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมไฮโดรเจลโดยใช้กลูตารัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) เป็นสารก่อให้ เกิดพันธะเชื่อมโยง เพื่อให้ได้ไฮโดรเจลสามารถดูดซับน้ำได้มากโดยไม่เกิดการละลาย โดยพิจารณา ถึงระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อมโยง ตลอดจนศึกษาผลของเซรีซินในรังไหมจากแหล่งกำเนิดต่างๆที่ใช้ ในการนำมาผสมกับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ว่าปัจจัยต่างๆดังกล่าวนี้มีผลอย่างไรต่อการดูดซับน้ำ และความแข็งแรงของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้

1.2. ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ไฮโดรเจลมีโครงสร้างเป็นแบบโครงร่างแหสามมิติ โดยทั่วไปสามารถเตรียมด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้ [1]

1. การเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของสารละลายพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำ (Hydrophilous polymer)
2. การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบกลุ่ม (Block polymerization) ของมอนอเมอร์ที่ชอบน้ำ (Hydrophilous polymer) กับสารเชื่อมโยง (Crosslinking agent)
3. การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันไปพร้อมกับการเชื่อมโยงพันธะมอนอเมอร์กับสารเชื่อมโยง

คุณสมบัติเด่นของไฮโดรเจล คือสามารถดูดซับน้ำและสารละลายต่างๆ เช่นสารละลายนำไฟฟ้า (Electrolyte solution) และของเหลวจากร่างกายได้โดยที่ไม่เกิดการละลาย เนื่องจาก โครงสร้างเป็นแบบโครงร่างแหสามมิติที่มีความแข็งแรง ความแข็งแรงจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น เชื่อมโยง (Density of crosslinking) หรือองศาการเชื่อมโยง (Degree of crosslinking) โดยถ้ามีการ เชื่อมโยงมากจะมีความหนาแน่นเชื่อมโยงหรือองศาการเชื่อมโยงมาก มีผลทำให้ไฮโดรเจลมีความ แข็งแรงมากแต่จะมีความแข็งแบบเปราะ ไม่มีความยืดหยุ่น จึงคำนึงถึงเวลาและองศาการเชื่อมโยง ด้วย จากสมบัติของไฮโดรเจลที่สามารถดูดซับของเหลวจากร่างกายได้เช่น เลือด น้ำเหลือง จึงทำให้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์เช่น ทำเป็นวัสดุปิดแผล (Wound dressing) ใช้ในการ เคลือบอวัยวะเทียมที่ใช้ในร่างกาย ใช้เป็นเยื่อเลือกผ่าน เป็นต้น และในอดีตถึงปัจจุบันได้มีการศึกษา วิจัย พัฒนาการเตรียมไฮโดรเจล และสมบัติของไฮโดรเจล เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในทางด้านต่างๆ ดังนี้

Kazuo Yamaura (1990) [2] ได้มีการศึกษาสมบัติบางประการของแผ่นฟิล์มที่ได้จากการ ผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ที่มีหมู่แทนที่จัดตัวสายโซ่ในรูปแบบซินไดโอแทคติก (Syndiotactic-PVA ; s-PVA) และใยไหม (Silk fibroin ; SF) สมบัติที่ศึกษามีดังนี้ สมบัติทางแสง (Optical properties) สมบัติทางความร้อน (Thermal properties) การบวมตัว (Swelling) การซึมผ่าน และสมบัติทางเคมีเชิงกล (Mechanochemical) จากการศึกษาพบว่าสารละลายผสมนี้มีอัตราการเกิด เจลต่ำกว่าสารละลายของ SF หรือ s-PVA บริสุทธิ์ที่ความเข้มข้นเดียวกัน จากการทดสอบทางความ ร้อนด้วย DSC ของแผ่นฟิล์ม SF/s-PVA พบว่ามีพีคการสลายตัวที่ช่วงอุณหภูมิ 288–299°C และพีค ฌ จุดหลอมเหลวของ s-PVA อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 233-241°C เมื่อศึกษาแผ่นฟิล์มด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่า มีอนุภาคนาโนเล็กกระจายตัวอยู่ในวัฏภาคต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพบว่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของน้ำไม่มีผลต่อการบวมตัวของฟิล์ม และค่าพีเอช (pH) ในช่วง 2-12 มีผลน้อยมากต่อสมบัติทางเคมีเชิงกลของแผ่นฟิล์มที่บวมน้ำ ส่วนการที่มีไฮโอม SF จะช่วยให้การซึมผ่านของสารละลายเกลือที่เป็นกลางในฟิล์มได้ดีขึ้น

Masuhiko Tsukada, Fiuliano and John S.Crighton (1994) [3] ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและความเข้ากันได้ของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสม ระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับไฮโอม Fibroin (PVA/SF) เมื่อศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมทรี (DSC) พบว่าปรากฏฟีกการสลายตัวของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ 220°C และฟีกของไฮโอม SF ที่อุณหภูมิ 280°C ผลการทดลองจาก IR มีฟีกปรากฏที่เป็นลักษณะเฉพาะของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และไฮโอม SF ส่วนเทคนิค TMA และ TGA พบว่ามีสมบัติอยู่ระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และไฮโอม SF นอกจากนี้การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) และแบบส่องผ่าน (TEM) จะสังเกตเห็นวัฏภาคที่มีลักษณะอนุภาคทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-7 ไมโครเมตรกระจายตัวอยู่ แสดงว่าพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และไฮโอม SF ไม่สามารถเข้ากันได้ (Imcompatible)

Yoshii F (1995) [4] ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาไฮโดรเจลให้มีความสามารถในการทนต่อความร้อนหรือไอน้ำร้อน โดยทำการปรับปรุงด้วยปฏิกิริยาอะเซทิลเลชัน (Acetylation) ได้ทั้งก่อนและหลังการทำการเชื่อมโยง เมื่อทำการทดสอบสมบัติต่างๆพบว่าหลังทำการปรับปรุง ไฮโดรเจลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความแข็งแรงดึง (Tensile strength) เพิ่มขึ้น มีค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด (%Elongation) ประมาณ 270-320% และสามารถทนความร้อนได้ดีขึ้น ประโยชน์ในการใช้งานเพื่อนำไปใช้ทางการแพทย์คือ มีสมบัติการยึดติดบาดแผลได้เป็นอย่างดี และยังช่วยรักษาแผลไฟไหม้ให้หายเร็วยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ผ้ากอซ (Gauze)

Kunya, Jintana and Tamikazu (2002-2003) [5] ได้ศึกษาถึงปริมาณซิลค์โปรตีนที่น้อยสุดแล้วสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษามี 3 ชนิด ได้แก่ Escherichia, Bacillus subtilis และ Staphylococcus aureus จากการศึกษพบว่าปริมาณซิลค์โปรตีนที่น้อยที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียคือ 5% ที่ละลายในน้ำกลั่น และในทุกๆความเข้มข้นที่อยู่ในช่วงของการศึกษา (5-15%) ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ Bacillus subtilis ได้

Yu-Qing Zhang (2002) [6] ได้มีการนำเอาซิลค์โปรตีนชนิดที่ละลายน้ำได้เรียกว่า เซริซิน มาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทางชีวภาพ (Biomaterials) โดยมีสมบัติด้านการเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) ต้านทาน ยับยั้งแบคทีเรียบางชนิด (Antibacterial) ทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) และยังสามารถดึงดูดความชื้นได้ดี (Moisturizer) นอกจากนี้ เซริซินสามารถเกิดการเชื่อม เกิดพอลิเมอร์ร่วม และเกิดการผสมกับวัสดุอื่นได้

Tokutake S (1980) [7] ได้มีการศึกษาการแยกโปรตีนจากไหมทั้งสองชนิดออกจากกัน ซึ่งโปรตีนจากรังไหมสามารถละลายออกจากรังไหมได้ เมื่อมีการใช้สารละลายเอทิลีนไดอะมีนผสมคิวปริกไฮดรอกไซด์ ไฟโบรอินและเซรีซินสามารถแยกออกจากกันโดยการใช้วิธีการตกตะกอนโดยที่พีเอช (pH) 5.5 เซรีซินจะเกิดการตกตะกอนและสามารถหาค่าประกอบของโปรตีนได้โดยการนำสารละลายโปรตีนไหมผ่านกระบวนการอิเล็กโตรโฟรีซิสแบบเจล ที่ใช้เจลของพอลิอะคริลาไมด์เป็นตัวที่ใช้ในการทดลอง จากการศึกษาพบว่าเมื่อนำโปรตีนจากไหมผ่านกระบวนการอิเล็กโตรโฟรีซิสจะพบช่วงของกราฟในลักษณะจำเพาะส่วนของเซรีซินเท่านั้น และไม่พบในไฟโบรอิน การทำหาค่าประกอบที่เล็กที่สุดของเซรีซิน (กรดอะมิโน) มีความบริสุทธิ์ทำได้โดยผ่านกระบวนการโครมาโตกราฟีแบบซ้ำๆ (Rechromatography) จากองค์ประกอบที่บริสุทธิ์จะสามารถเห็นกราฟเดี่ยวๆเมื่อผ่านกระบวนการอิเล็กโตรโฟรีซิส และพบว่าน้ำหนักโมเลกุลของเซรีซินมีค่าประมาณ 24000

J.V. Cauich-Rodriguez, S. Deb and R. smith (1996) [8] มีการศึกษาการเตรียมไฮโดรเจลจากสารละลายผสมระหว่างโคพอลิเมอร์ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์-ไวนิลอะซิเตด กับพอลิไวนิลไพโรริโคนหรือพอลิอะคริลิกแอซิด โดยมีการใช้กลูตารัลดีไฮด์ในการเชื่อมโยง ในการทดลองนี้จะศึกษาถึงสมบัติเชิงกลทางพลวัต และความเสถียรของไฮโดรเจลเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ จากการศึกษาการตอบสนองของไฮโดรเจลภายใต้แรงสั่นพบว่าไฮโดรเจลจะมีค่ามอดูลัสสะสมมากขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น

P.A. Ramires and E. Milella (2002) [9] ได้มีการศึกษาถึงการใช้กลูตารัลดีไฮด์เป็นสารที่ใช้ในการเชื่อมโยงในวัสดุทางชีวภาพและในพอลิเมอร์ซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลาย การใช้สารละลายกลูตารัลดีไฮด์ในการเชื่อมโยงจะมีความเป็นพิษ และไม่สามารถล้างออกได้ด้วยน้ำได้หมด จึงได้มีการพัฒนาในการใช้ไอของกลูตารัลดีไฮด์ในการเชื่อมโยง PVA-hyaluronic acid และ PVA-gellan ในสภาวะกรด โดยจากผลการทดลองพบว่าฟิล์มที่ผ่านกระบวนการนี้สามารถกำจัดสิ่งตกค้างได้หมด ไม่มีความเป็นพิษ ไม่ทำลายไมโทคอนเดรีย ไกลโซโซมในเซลล์ และมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพคือมีความเหนียวลดลง

K. Lio, N. Miuoura และคณะ (1994) [10] ได้มีการศึกษาถึงผลของการเจริญเติบโตของเซลล์หนูทดลองที่ใช้เยื่อไฮโดรเจลที่ทำมาจากพอลิเมอร์ผสมระหว่าง Poly(vinyl alcohol) (PVA) กับ Poly(allylbiguanido-co-allylamine) hydrochloride (PAB) โดย PAB สามารถเตรียมได้จากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง Poly(allylamine) hydrochloride (PAA) กับ guanyl-O-methyl isourea ในการเปรียบเทียบในการทดสอบกับเซลล์หนูทดลองของ PAA/PVA และ PAB/PVA พบว่าไฮโดรเจลที่ทำจาก PAB/PVA มีการเกิดเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในปริมาณที่เหมาะสม และที่ 5% PAB เซลล์มีการเจริญเติบโตได้มากที่สุดและมีค่ามากกว่าการใช้ไฮโดรเจลทั่วไป และลักษณะของเซลล์ที่มาเกาะจะอยู่ในลักษณะที่เป็นกลุ่มก้อนทรงกลมไม่เป็นในลักษณะที่เป็นกลุ่มของเส้นใยไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาระ สารโรวาท และรัตนวรรณ มกรพันธุ์ (2546) [11] ได้มีการศึกษาว่าเส้นไหมดิบ ประกอบไปด้วยโปรตีน 2 ชนิดคือ เซรีซินและไฟโบรอิน โดยไฟโบรอินคือโปรตีนส่วนที่เป็น เส้นใยที่มีอยู่ 2 เส้น ติดกันด้วยเซรีซินที่เป็นกาวไหม เซรีซินได้มาจากกระบวนการล้างกาวไหม ก่อนฟอกย้อม สามารถละลายได้ดีในน้ำอุ่น จึงสามารถแยกออกได้ง่าย จากการทดสอบด้วยการ กระเจิงรังสีเอ็กซ์พบว่าโครงสร้างอสังฐานต่างจากเส้นไหมดิบ โครงสร้างทางเคมีของเซรีซิน ประกอบไปด้วยกลุ่มของไฮดรอกซิลที่ทราบจาก broad band ของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดในช่วง $3200-3600\text{ cm}^{-1}$ คุณลักษณะสำคัญของเซรีซิน คือกลุ่มของไฮดรอกซิลที่ชอบน้ำจึงทำให้เซรีซิน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่น เครื่องสำอาง อาหาร และวัสดุทางการแพทย์ เป็นต้น

Ronan, John M และคณะ (2001) [12] ได้มีการศึกษาถึงการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและ โครงสร้างของเครื่องมือจํารูปที่ใช้ในทางการแพทย์ โดยประกอบไปด้วยสารพอลิเมอร์ที่เป็น ไฮโดรเจลที่มีรูปร่างที่แน่นอน ซึ่งมีทั้งการเชื่อมโยงแบบมีไอออนและไม่มีไอออน (มีขั้วและไม่มี ขั้ว) ประโยชน์ที่นำไปใช้คือ จะนำเยื่อนี้เข้าไปปลูกถ่ายหรือฝังในร่างกาย เพราะเมื่อมีการปรับปรุง สมบัติแล้วไฮโดรเจลที่ได้มีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นมากขึ้น

Sara Sarovart, Boonya Sudatis และคณะ (2003) [13] ได้มีการศึกษาการเพิ่มสมบัติของ ตัวกลางกรองอากาศโดยมีการเพิ่มโปรตีนเซรีซินจากรังไหมลงไป ซึ่งเซรีซินเป็นของที่เหลือใช้จาก การสาวไหม เนื่องจากที่เซรีซินมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีความสามารถในการต่อต้าน ยับยั้งแบคทีเรียบางชนิดได้ จากการศึกษาความแตกต่างของเซรีซินใน แต่ละชนิดของไหมคือ ไหมพันธุ์นางน้อย พันธุ์ดอกบัว และพันธุ์จูล ที่มีความเข้มข้นของเซรีซิน ประมาณ 10-20% พบว่าจูลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากที่สุด ในขณะที่พันธุ์ดอกบัวมีค่ารองลงมา และนางน้อยมีค่าน้อยที่สุด ในการต่อต้านเชื้อรา ดอกบัวและ จูลมีความสามารถในการต่อต้านเชื้อราได้ดีกว่านางน้อย นอกจากนี้พันธุ์ดอกบัวยังสามารถยับยั้ง แบคทีเรียชนิดไมโครคอกคัสได้ดีที่สุด รองลงมาคือ นางน้อย และจูลตามลำดับ และยังสามารถนำ เซรีซินไปใช้ในการเคลือบเส้นใยไนลอนหรือเส้นใย PET ให้มีความอ่อนนุ่มได้ จากการศึกษา นี้ พิสูจน์ให้เห็นได้ว่าเซรีซินพันธุ์ดอกบัวมีประสิทธิภาพที่ดีเมื่อใช้เป็นตัวกลางกรองอากาศ

Stedronsky, Erwin R, Cappello and Joseph (2002) [14] ได้มีการศึกษาถึงการดูดหรือเติม เต็มรอยตำหนิของเนื้อเยื่อ โดยการใช้สารเชื่อมโยงที่มีหลายหมู่ฟังก์ชันและโปรตีนพอลิเมอร์ ปกติ ทั่วไปโปรตีนพอลิเมอร์มีน้ำหนักโมเลกุลไม่น้อยกว่า 30 kD และไม่มากกว่า 250 kD ส่วนประกอบ ของโปรตีนพอลิเมอร์เป็นการรวมของกรดอะมิโน 3-10 ชนิดที่เป็นหน่วยซ้ำในโปรตีน เช่น Gly-Ala-Gly-Ala-Gly-Ser และ Gly-Val-Gly-Val-Pro โดยที่กรดอะมิโนอย่างน้อย 2 ชนิดสามารถทำ ปฏิกิริยาได้กับสารเชื่อมโยงได้ ดังนั้นโปรตีนพอลิเมอร์จึงสามารถเชื่อมโยงได้ด้วยสารเชื่อมโยง ต่างๆได้แก่ กลูตาไรลดีไฮด์ ไคโอโซไซยานเนต แอซิดแอนไฮไดรด์ และ ไดเอมีน โปรตีนพอลิเมอร์ที่ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมโยงแล้วสามารถนำไปใช้ในการออกหรือเติมเต็มรอยตำหนิของเนื้อเยื่อได้ โดยสามารถเข้ากันได้กับร่างกายและยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับเทคโนโลยี DNA ได้

1.3 วัตถุประสงค์

1. ศึกษา และ ทำการทดลองการเตรียมแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลจากสารละลายผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับโปรตีนเซรีซินจากรังไหมเหลือใช้ โดยทำการเชื่อมโยงด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์
2. ศึกษาถึงผลของความหนาแน่นเชื่อมโยง (Density of crosslinked) หรือ องศาการเชื่อมโยง (Degree of crosslinked) จากความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการเชื่อมโยง ที่มีต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ และ สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์ม
3. ศึกษาถึงความแตกต่างของสายพันธุ์ไหมในแต่ละชนิดที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางความร้อน ของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้
4. ศึกษาหาค่าประกอบ และสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจล ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลจากสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol); PVA) เข้มข้น 3% ผสมกับ สารละลายเซรีซิน (Sericin) เข้มข้น 1% โดยใช้เซรีซินที่ได้จากรังไหมเหลือใช้ในแหล่งต่างๆในประเทศไทย เช่น แหล่งในจังหวัดสุพรรณบุรี และ แหล่งในจังหวัดขอนแก่น และทำการเชื่อมโยงฟิล์มไฮโดรเจลด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) ในสภาวะกรด โดยใช้เวลาในการเชื่อมโยงแตกต่างกันดังนี้ ใช้เวลาในการเชื่อมโยงที่ 0 5 10 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อได้ฟิล์มที่ผ่านการเชื่อมโยงแล้ว จะมีการทดสอบทางกายภาพเช่น การบวมน้ำ การหาปริมาณน้ำที่ดูดซับ การทดสอบสมบัติเชิงกลเช่น ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืดออก ณ จุดขาด (%Elongation at break) และค่ามอดุลัสของยัง (Young's modulus) การทดสอบสมบัติทางความร้อน เช่น TGA และการทดสอบหาชนิดของหมู่ฟังก์ชันโดยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Infrared spectroscopy) เพื่อหาค่าประกอบและสภาวะที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะในทางการแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการวิจัย และวิธีการดำเนินงาน

ในการวิจัยการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลของสารละลายผสม ระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol); PVA) เข้มข้น 3% ผสมกับสารละลายเซริซิน (Sericin) เข้มข้น 1% จากรังไหม 4 ชนิดคือ พันธุ์ขาวสุพรรณ พันธุ์ดำน้าง พันธุ์ขาวขอนแก่น และพันธุ์นางลายขอนแก่น โดยขั้นแรกต้องทำการสกัดเซริซินจากรังไหมด้วยน้ำร้อนก่อน แล้วทำให้อยู่ในรูปที่เป็นผงแห้ง โดยวิธีการทำให้แห้งขณะเย็น (Freezed dry) จากนั้นเตรียมฟิล์มผสมระหว่างสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol); PVA) เข้มข้น 3% กับสารละลายเซริซิน (Sericin) เข้มข้น 1% โดยใช้เทคนิคการเทหล่อ (Casting) และทำการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อได้ฟิล์มแล้วทำการเชื่อมโยงด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) ในสภาวะกรด โดยใช้เวลาในการเชื่อมโยงแตกต่างกันดังนี้ ใช้เวลาในการเชื่อมโยงที่ 0 5 10 และ 20 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำฟิล์มที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆดังนี้

- สมบัติทางกายภาพ เช่น การบวมน้ำ การหาปริมาณน้ำที่ดูดซับ และการหาสัดส่วนเจล
- สมบัติเชิงกล เช่น ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืดออก ณ จุดขาด (%Elongation at break) และค่ามอดูลัสของยัง (Young's modulus)
- สมบัติทางความร้อน เช่น TGA
- ทดสอบหาชนิดของหมู่ฟังก์ชันโดยการทำอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Infrared spectroscopy) จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลที่ได้ และทำการสรุปผลการวิจัย

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงวิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการสกัดผงเซริซินจากรังไหมด้วยวิธีการทำแห้งด้วยความเย็น
2. ทราบถึงวิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลจากสารละลายพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol); PVA) เข้มข้น 3% ผสมกับสารละลายเซริซิน (Sericin) เข้มข้น 1% ให้มีความสมบูรณ์
3. ทราบถึงเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มไฮโดรเจล โดยการเชื่อมโยงด้วยสารเชื่อมโยง
4. ทราบถึงเทคนิคที่ใช้ในการทดสอบสมบัติต่างๆของฟิล์มไฮโดรเจล
5. ทราบถึงองค์ประกอบและสภาวะที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะในทางการแพทย์
6. ทราบถึงการทำการทดลองในงานวิจัยให้มีความปลอดภัย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

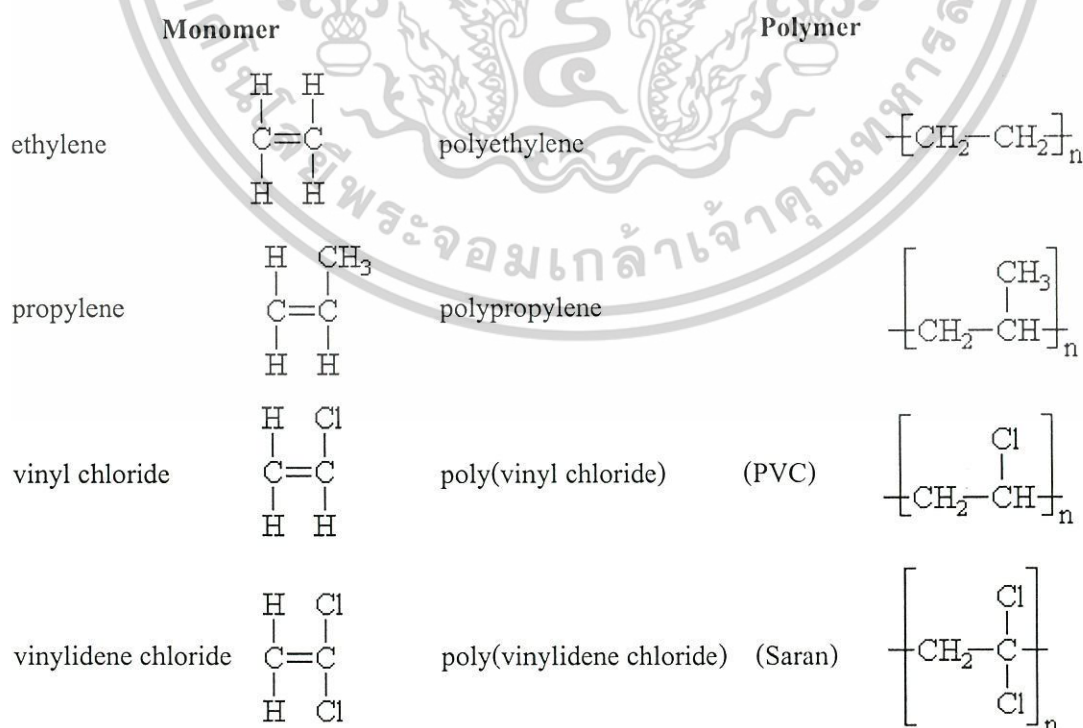
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สารประกอบพอลิเมอร์ (Polymer) [15]

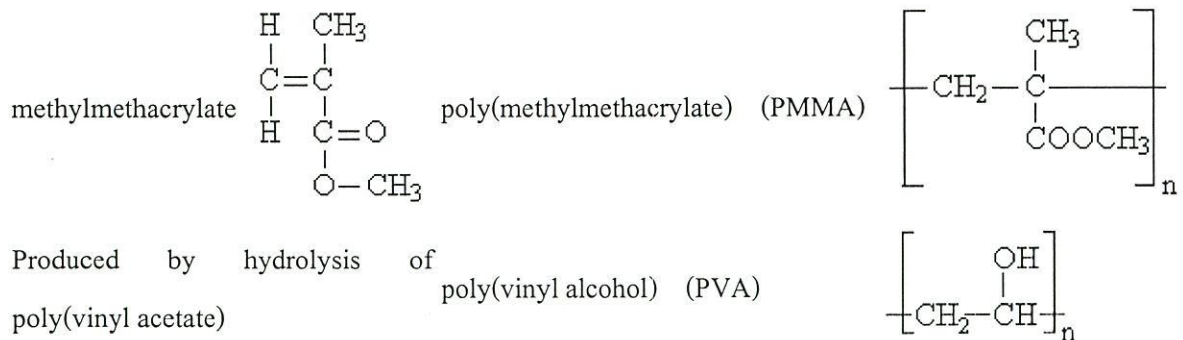
พอลิเมอร์ (Polymer) คำนี้ใช้เป็นครั้งแรกในปี 1830 โดยนักเคมีที่ชื่อ H.V. Regnault ซึ่งมีความหมายคือ สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเกิดจากการรวมตัวกันของสารโมเลกุลขนาดเล็กที่เรียกว่า Monomer มาต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์จะมีค่าตั้งแต่ 20000 ขึ้นไป และ ถ้าโมเลกุลขนาดเล็กที่มาต่อกันเป็นตัวเดียวกันมีโครงสร้างเหมือนกันจะเรียกพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นว่า โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) แต่ถ้าโมเลกุลขนาดเล็กที่มาต่อกันไม่เป็นตัวเดียวกันจะเรียกพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นว่า โคพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์ร่วม (Copolymer) ปฏิบัติของการเกิดพอลิเมอร์เรียกว่า ปฏิติยาพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

2.1.1 ปฏิติยาพอลิเมอไรเซชันแบบเติม (Addition polymerization) เกิดจากการที่มอนอเมอร์มีโครงสร้างที่ไม่อิมตัว (มีพันธะคู่หรือพันธะสามในโครงสร้าง) มาต่อกันเป็นพอลิเมอร์

ตัวอย่างของมอนอเมอร์ (Monomer) และพอลิเมอร์ (Polymer) ที่ได้จากปฏิติยาพอลิเมอไรเซชันแบบเติม



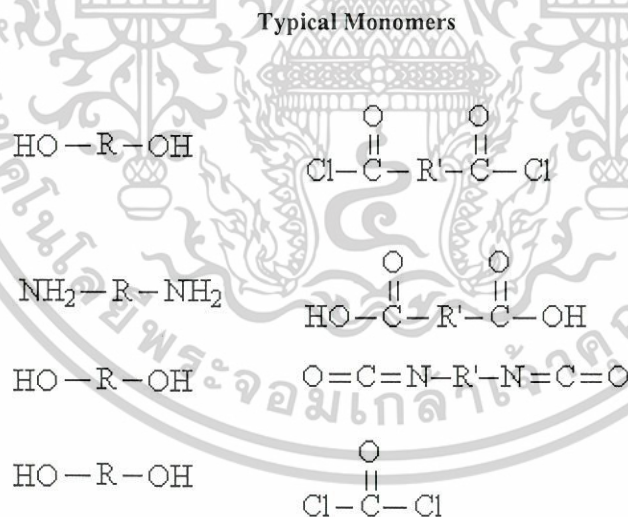
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเติม [15]

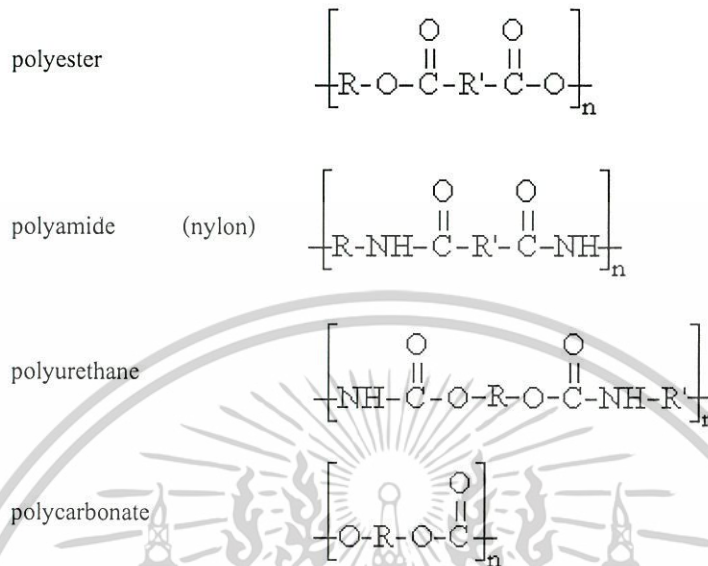
2.1.2 ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น (Condensation polymerization) ซึ่งเกิดจากมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่มาต่อกัน และจากการเกิดปฏิกิริยาจะมีการปลดปล่อยโมเลกุลขนาดเล็กออกมา

ตัวอย่างของมอนอเมอร์ (Monomer) และพอลิเมอร์ (Polymer) ที่ได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Polymer Type



รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น [15]

จำนวนของมอนอเมอร์ที่มีในโครงสร้างของสายโซ่พอลิเมอร์จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (Degree of polymerization) และขึ้นกับเวลา สภาพที่ใช้ในการเตรียม

ปัจจุบันมีการใช้งานวัสดุพอลิเมอร์มากมายหลายชนิด ตามความต้องการการใช้งาน เนื่องจากพอลิเมอร์มีสมบัติโดยทั่วไปดังนี้ พอลิเมอร์มีความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง น้ำหนักเบา ราคาถูก ขึ้นรูปได้ง่ายมีหลากหลายกระบวนการที่ใช้ในการขึ้นรูป สามารถใช้แทนวัสดุจากธรรมชาติ เช่น ไม้ เนื่องจากมีความคงทน ไม่เกิดการปนเปื้อนของเชื้อโรค สามารถนำไปผสมกับพอลิเมอร์ต่างชนิดกันหรือกับวัสดุอื่นๆ เพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการหรือเป็นพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะทาง ดังเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้มีการศึกษา ค้นคว้า วิจัย และพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น ในทางการค้า (ทางพาณิชย์) ทางการแพทย์ และวัสดุวิศวกรรม เป็นต้น

2.2 ไฮโดรเจล (Hydrogel) [16]

ไฮโดรเจลเป็นหนึ่งในหลายๆชนิดของพอลิเมอร์ ที่มีโครงสร้างเป็นโครงร่างแหสามมิติ และสามารถดูดน้ำและสารละลายบางชนิดได้มากกว่า 90% จากคุณสมบัติเด่นของไฮโดรเจลที่สามารถดูดน้ำได้มากนี้ทำให้ทราบว่าโครงสร้างหรือองค์ประกอบของไฮโดรเจลน่าจะมีส่วนที่เชื่อมเอกลำเส้นเป็นเอกลำหรือหลวมไว้สำหรับการเชื่อมเพื่อทำให้มันเหนียว เมื่อผู้เขียนได้เห็นเว็บไซต์ของศูนย์พัฒนาการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ (Hydrophilic structure) และสามารถละลายได้ในน้ำ หมู่ฟังก์ชันในไฮโดรเจลที่มีสมบัติความชอบน้ำ เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) หมู่คาร์บอกซิล (-COOH group) หมู่เอไมด์ (-CONH₂ group) และหมู่ต่างๆที่เป็นอนุพันธ์ของหมู่ดังกล่าว เป็นต้น

ไฮโดรเจลสามารถสังเคราะห์หรือเตรียมได้จากทางธรรมชาติ เช่น เจลาติน (Gelatin) ฐัน (Agar) โปรตีนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic protein) และเตรียมได้จากพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol)) พอลิอะคริลิกแอซิด (Poly(acrylic acid)) พอลิอะคริลาไมด์ (Polyacrylamide)

2.2.1 พันธะทางเคมีของไฮโดรเจล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

ก. พันธะภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์ (Intramolecular interaction) เนื่องจากการเชื่อมต่อกันของมอนอเมอร์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอน (C) จึงทำให้มีพันธะโควาเลนต์ เพื่อยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของคาร์บอน

ข. พันธะระหว่างโมเลกุล (Intermolecular interaction) สามารถแบ่งออกได้หลายแบบเช่น พันธะไฮโดรเจน ที่เกิดจากการดึงดูดอะตอมไฮโดรเจน (H) โดยอะตอมของธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (EN) สูง เช่น F, O, N, Cl เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีแรงไดโพล-ไดโพล ที่เกิดจากการมีแรงยึดเหนี่ยวหรือมีแรงผลักรวมของโมเลกุลที่มีขั้ว และแรงแวนเดอร์วาลส์หรือแรงลอนดอน ที่เกิดจากการมีแรงกระทำของโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว ซึ่งแรงนี้เป็นแรงที่อ่อนมากที่สุด

จากพันธะต่างๆข้างต้น จะเห็นได้ว่าพันธะภายในโมเลกุลมีความแข็งแรงมากกว่าพันธะระหว่างโมเลกุล ดังนั้นการที่จะทำลายโครงสร้างของโมเลกุลพอลิเมอร์ ต้องใช้พลังงานที่สูงมาก

2.2.2 พันธะเชื่อมโยงของไฮโดรเจล มี 2 ลักษณะ คือ

ก. พันธะเชื่อมโยงทางกายภาพ (Physical crosslinked) โดยจะมีการทำให้เกิดเป็นโครงร่างแหสามมิติ ด้วยพันธะไฮโดรเจน หรือแรงทางไฟฟ้าสถิตย์ โดยจะมีการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มคล้ายปมของเชือก ไฮโดรเจลชนิดนี้สามารถเตรียมได้จากเทคนิคที่เรียกว่า Freezing and thawing สมบัติของไฮโดรเจลที่เตรียมได้จะมีการหลอมเหลวที่อุณหภูมิที่ไม่สูง ประมาณ 55 องศาเซลเซียส และเรียกไฮโดรเจลที่มีพันธะเชื่อมโยงในลักษณะนี้ว่า Physical hydrogel หรือ Pseudogel

ข. พันธะเชื่อมโยงทางเคมี (Chemical crosslinked) โดยจะมีการให้เกิดพันธะเชื่อมโยงที่เป็นพันธะโควาเลนต์ หรือเป็นพันธะทางเคมีอื่นๆ โดยมีการใช้สารเชื่อมโยงเป็นสารเคมี เช่น สารประกอบพวกลอเรียน และมีการใช้แสงหรือความร้อนในการเชื่อมโยง เช่น รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา ซึ่งการเชื่อมโยงโดยวิธีนี้จะได้พันธะเชื่อมโยงเป็นพันธะโควาเลนต์ชนิดคาร์บอน-คาร์บอน (C-C bond) ที่มีความแข็งแรงสูง

2.2.3 การเตรียมไฮโดรเจล

ไฮโดรเจลสามารถเตรียมได้จากสารละลายพอลิเมอร์ที่มีสมบัติการดูดน้ำ หรือสามารถละลายในน้ำได้ เทลงในแม่พิมพ์ โดยส่วนมากจะใช้เทคนิคการเทหล่อ (Casting process) ในการ

เอกสารชนิดนี้ใช้สำหรับทำเครื่องสำอางค์ หรือใช้ทำเป็นวัสดุทางการแพทย์ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

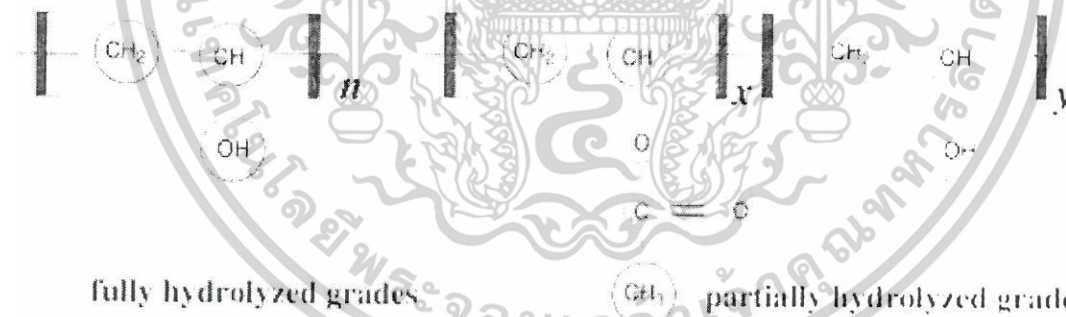
เตรียม จากนั้นทำการเชื่อมโยงไฮโดรเจล โดยถ้าใช้เทคนิคการฉายรังสี จะต้องทำการฉายรังสีเสียก่อนจึงค่อยนำไปอบให้แห้ง ส่วนถ้าใช้สารเคมีในการเชื่อมโยง จะต้องนำสารละลายในแม่พิมพ์ไปอบให้แห้งเสียก่อนจึงค่อยทำการเชื่อมโยง

2.2.4 สมบัติของไฮโดรเจลและการนำไปใช้งาน

ไฮโดรเจลมีความสามารถในการดูดซับน้ำหรือสารละลายบางชนิด เช่น สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และสารละลายทางชีวภาพ ได้มากกว่า 90% โดยเมื่อหลังจากดูดซับ จะมีสมบัติเชิงกลที่ดี ไม่เกิดการละลายและสลายตัว และไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างซึ่งสมบัตินี้ จะมีความคล้ายคลึงกัน ในอวัยวะบางอย่างของร่างกายมนุษย์ เช่น เส้นเอ็น กล้ามเนื้อ ลำไส้เล็ก เซลล์ต่อมอวัยวะภายใน เป็นต้น และจากสมบัติการเข้ากันได้ดีกับสารทางชีวภาพ เช่น เลือด น้ำเหลือง เนื้อเยื่อ เซลล์ผิวหนัง จึงสามารถนำมาใช้ทำเลนส์สัมผัส ใช้ในการเคลือบอวัยวะเทียมเมื่อนำไปใช้ในร่างกายมนุษย์ สามารถใช้เป็นวัสดุปิดแผลที่รักษาหน้าแผลให้มีความเรียบ และไม่ทำลายเซลล์ผิวใหม่เมื่อมีการลอกออก และสามารถใช้งานด้านต่างๆที่ไฮโดรเจลมีความเหมาะสมและมีสมบัติที่ครอบคลุมการใช้งาน

2.3 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly (vinyl alcohol); PVA) [17]

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เป็นพอลิเมอร์เทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง ที่ประกอบไปด้วยหน่วยเล็กซ้ำๆกันคือ ไวนิลแอลกอฮอล์ (vinyl alcohol monomer) ซึ่งมีสูตร โครงสร้างดังนี้

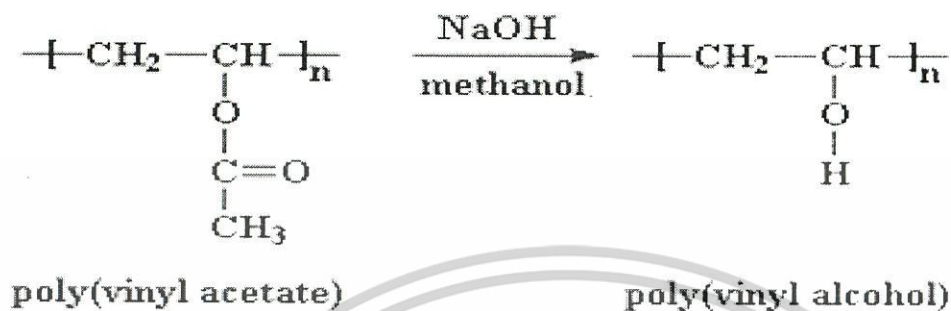


จากสูตร โครงสร้างพื้นฐานของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เห็นได้ว่ามีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เกาะอยู่ในทุกๆหน่วยซ้ำ จึงทำให้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความสามารถในการดูดซับน้ำ ละลายได้บางส่วนในน้ำเย็น และสามารถละลายได้ดีในน้ำร้อน พอลิไวนิลแอลกอฮอล์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายเช่น ใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ (Filler) หรือสารข้น (Thickener) การใช้ทำเป็นไฮโดรเจลที่สามารถดูดซับน้ำและสารละลายบางชนิดได้มากกว่า 90% และยังสามารถใช้ผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น เพื่อนำไปใช้ในทางด้านเฉพาะทางหรือต้องการสมบัติต่างๆตามต้องการ

2.3.1 การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์

ในปี 1924 Herman และ Haehnel ได้มีการอธิบายการเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นครั้งแรก โดยสามารถเตรียมได้จากการทำงานของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในสถานะกรดหรือเบสของพอลิไวนิลอะซิเตต (PVAc) ซึ่งไม่ผ่านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

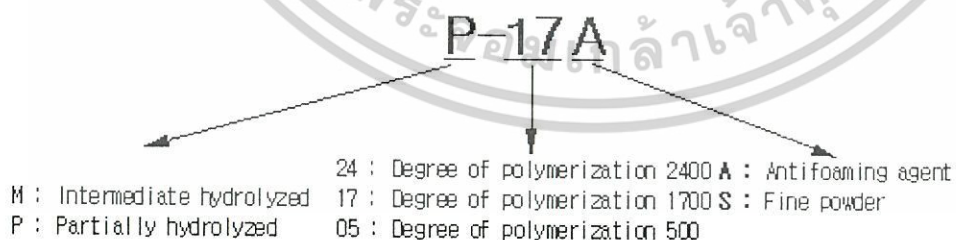
ไวนิลอะซิเตต โดยผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสที่ใช้สภาวะเบสจะมีชื่อเรียกว่าปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (Saponification) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



รูปที่ 2.3 สมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน ของการเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

การใช้เบสเป็นตัวเร่งในการทำปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะเป็นปฏิกิริยา Autocatalytic ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์จะเป็นในลักษณะนี้เสมอ และไม่สามารถเตรียมได้จากการทำพอลิเมอไรเซชันของไวนิลแอลกอฮอล์ (Vinyl alcohol monomer) เพราะไวนิลแอลกอฮอล์จะมีโครงสร้างที่อยู่ในลักษณะ Tautomeric form ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ไม่เสถียร จะมีการเปลี่ยนรูปให้อยู่ในลักษณะที่เป็น Acetaldehyde ดังนั้นจึงไม่สามารถปรากฏโครงสร้างที่เป็นไวนิลแอลกอฮอล์ในธรรมชาติได้

การเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จากการทำปฏิกิริยาของพอลิไวนิลอะซิเตตสามารถกำหนดปริมาณในการไฮโดรไลซิส กล่าวคือ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีทั้งที่เป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ (Fully hydrolysis) และเป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ยังมีพอลิไวนิลอะซิเตตผสมอยู่ (Partially hydrolysis) ดังนั้นเราสามารถบอกชนิดของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ได้ดังนี้



- ตัวอักษรตัวแรก จะบอกถึงปริมาณการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของพอลิไวนิลอะซิเตต
- ตัว M หมายความว่า เป็น Intermediate hydrolyzed ซึ่งมีค่าการไฮโดรไลซิสประมาณ 94.5-96.5%
- ตัว F หมายความว่า เป็น Fully hydrolyzed ซึ่งมีค่าการไฮโดรไลซิส 100%
- ตัว P หมายความว่า เป็น Partially hydrolyzed ซึ่งมีค่าการไฮโดรไลซิสประมาณ 85-89%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวเลขตรงกลางจะบอกถึงองศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวของพอลิอะซิเตต

- ตัวอักษรหลังสุดบอกถึงการนำเอาพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปใช้งาน

2.3.2 ลักษณะเฉพาะของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

2.3.2.1 สมบัติทั่วไปของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสมบัติโดยทั่วไปของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ [17]

ลักษณะที่เห็น	เป็นผงหรือเม็ดสีขาว
Specific gravity	1.25-1.32
ความหนาแน่น (Bulk density)	0.4-0.7
pH	5-7
อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว	58°C (P grade) 85°C (F grade)
จุดหลอมเหลว	150-190°C (P grade) 210-230°C (F grade)
Thermal stability	ที่ 100°C ไม่มีผล แต่ที่ 160°C จะเกิดการย่อยตัว
Storage stability	สามารถเก็บกักความชื้นได้
ความคงทนต่อน้ำมัน	ไม่ละลายในน้ำมัน
ความคงทนต่อตัวทำละลาย	ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์
ความคงทนต่อกรด-เบส	อ่อนตัวและละลายได้ในทั้งกรดและเบส
ขนาดของอนุภาค	14-120 mesh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกรดและคุณสมบัติเฉพาะของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ทางการค้า

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงเกรดและคุณสมบัติเฉพาะของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ทางการค้า [17]

Grade		Viscosity (cps *1)	Degree of hydrolysis (mol%)	PH(4% aqueous solution)	Volatile (max%)	ASH (max%)
Fully hydrolyzed	F-05	5.5-6.5	98.0-99.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	F-05A	5.5-6.5	98.0-99.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	F-17	27.0-30.0	98.0-99.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	F-17A	27.0-30.0	98.0-99.5	5.0-7.0	5.0	0.7
Intermediate hydrolyzed	M-17	28.0-32.0	94.5-96.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	M-17A	28.0-32.0	94.5-96.5	5.0-7.0	5.0	0.7
Partially hydrolyzed	P-24	44.0-52.0	86.0-89.0	5.0-7.0	5.0	0.7
	P-20	31.0-35.0	86.0-89.0	5.0-7.0	5.0	0.7
	P-17	21.0-24.0	85.5-88.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	P-17A	21.0-24.0	85.5-88.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	P-05	5.0-5.6	85.5-87.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	P-05A	5.0-5.6	85.5-87.5	5.0-7.0	5.0	0.7
Special Grades	CT-000*	17.5-20.5	84.5-87.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	SP-07	6.6-7.0	85.5-87.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	TK-97*	6.4-7.0	79.5-81.5	5.0-7.0	5.0	0.7
	CL-05*	5.0-5.6	76.0-80.0	5.0-7.0	5.0	0.7
	CL- O5A*	5.0-5.6	76.0-80.0	5.0-7.0	5.0	0.7

2.3.2.2 ผลขององศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (มวลโมเลกุล) และองศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

2.3.2.2.1 องศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (มวลโมเลกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่างๆเมื่อองศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (มวลโมเลกุล) มีการเพิ่มขึ้น หรือลดลง

เมื่อมีการลด	เมื่อมีการเพิ่ม
ความสามารถในการละลายสูงขึ้น	ความหนืดสูงขึ้น
มีความยืดหยุ่นมากขึ้น	ค่าความแข็งแรงดึงสูงขึ้น
ชอบน้ำมากขึ้น	ค่าความแข็งแรงการยึดเกาะดีขึ้น
มีอัตราการละลายที่สูงขึ้น	ทนทานต่อน้ำมากขึ้น
	ทนทานต่อสารละลายมากขึ้น
	ความสามารถในการกระจายตัวดีขึ้น

2.3.2.2.2 องศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่างๆเมื่อองศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสมีการเพิ่มขึ้น หรือลดลง

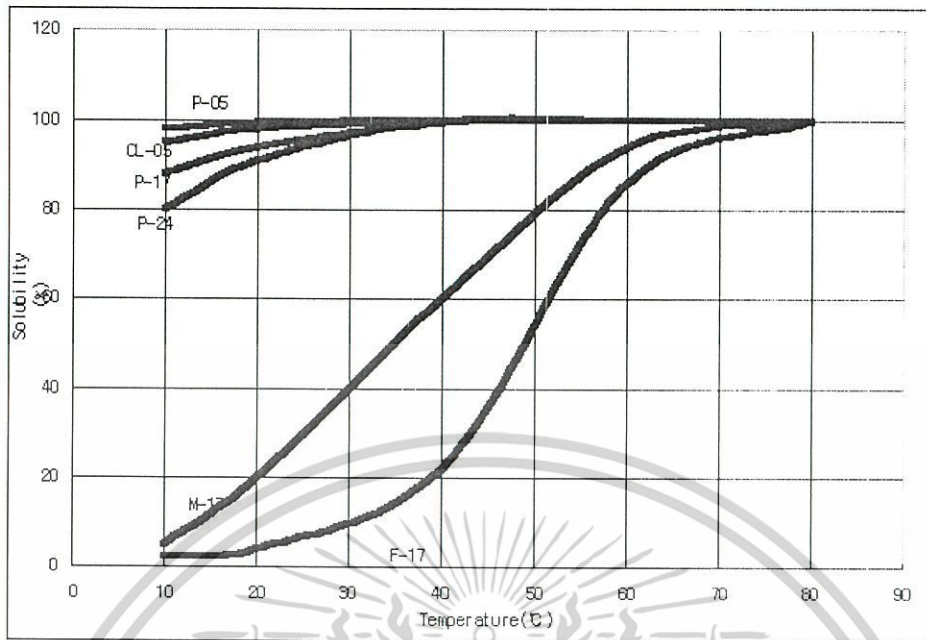
เมื่อมีการลด	เมื่อมีการเพิ่ม
ความสามารถในการละลายสูงขึ้น	ค่าความแข็งแรงดึงสูงขึ้น
มีความยืดหยุ่นมากขึ้น	ทนทานต่อน้ำมากขึ้น
ชอบน้ำมากขึ้น	ทนทานต่อสารละลายมากขึ้น
ความสามารถในการกระจายตัวดีขึ้น	การยึดติดกับผิวหนังที่ชอบน้ำสูงขึ้น
การยึดติดกับผิวหนังที่ไม่ชอบน้ำสูงขึ้น	

2.3.2.3 คุณสมบัติด้านอื่นๆ

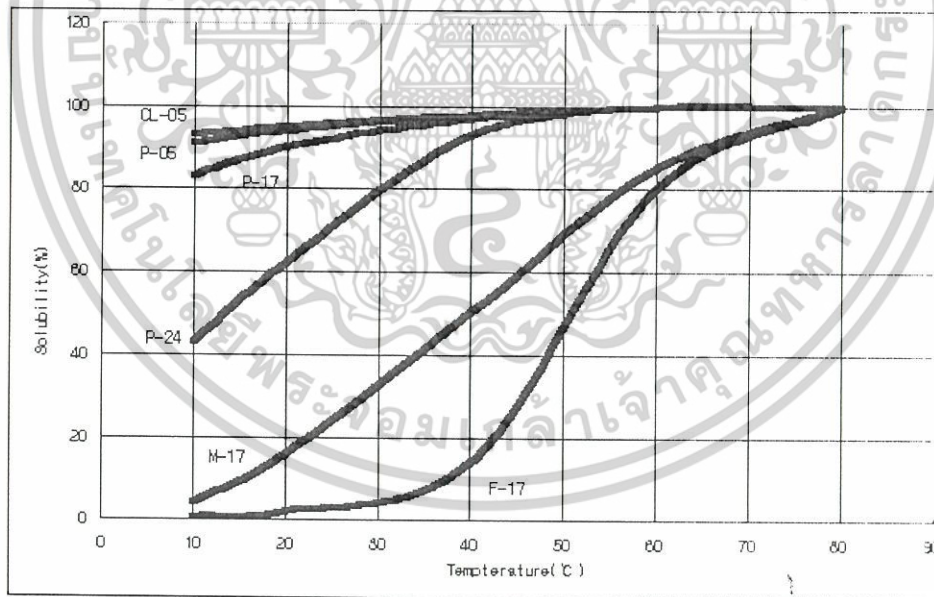
2.3.2.3.1 สมบัติการละลายน้ำ

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์สามารถละลายในน้ำได้ดี แต่ก็ต้องขึ้นอยู่กับองศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (มวลโมเลกุล) และองศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ที่องศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันน้อยๆจะสามารถละลายในน้ำได้ง่าย ใน Partially hydrolyzed จะละลายได้ดีกว่า Fully hydrolyzed และอัตราการละลายจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ โดยที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าการละลายและอัตราการละลายสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดังกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการละลายของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เข้มข้น 4% w/w กับความแตกต่างของอุณหภูมิ [17]



รูปที่ 2.5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการละลายของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เข้มข้น 10% w/w กับความแตกต่างของอุณหภูมิ [17]

2.3.2.3.2 คำนีการหักเหของแสงของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

โดยค่าการหักเหของแสงมีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้น และอุณหภูมิของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

2.3.2.3.3 ความหนืดของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

จะขึ้นอยู่กับองค์การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (มวลโมเลกุล) และองค์การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยถ้ามีค่ามากสารละลายก็จะมีค่าความหนืดมาก และผลขององค์การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (มวลโมเลกุล) จะมีผลกระทบต่อค่าความหนืดมากกว่าองค์การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

2.3.2.3.4 ค่าแรงตึงผิว

สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความสามารถในการลดแรงตึงผิวของน้ำ และยังสามารถรักษาความเสถียรของคอลลอยด์

2.3.2.3.5 ค่าการยึดติด

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความสามารถยึดติดสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ธรรมชาติอื่นๆ ความสามารถในการยึดติดจะมีค่ามากเมื่อมีองค์การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (มวลโมเลกุล) และองค์การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสสูง และใช้ตัวกลางที่มีขี้ในการยึดเกาะ

2.3.2.3.6 สมบัติทางความร้อน

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์สามารถเกิดการเปลี่ยนสีจากที่ไม่มีสี ไปเป็นสีเหลือง ด้วยความร้อน Partially hydrolyzed จะมีจุดหลอมเหลวประมาณ 150-190°C และ Fully hydrolyzed มีจุดหลอมเหลวประมาณ 210-230°C องค์การตกผลึกสูงจะต้องใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานในการทำให้เกิดการหลอมเหลว

2.3.2.3.7 สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

ฟิล์มพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีสมบัติเชิงกลที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพลาสติก สมบัติเชิงกลจะขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ และเมื่อมีการเพิ่มจำนวนของสารปรับสภาพพลาสติกหรือการดูดซึ่มความชื้น พบว่าจะมีค่าความสามารถในการยืด ความแข็งแรงฉีกขาด เพิ่มขึ้น แต่ค่าความแข็งแรงดึง มอดูลัสของยัง ลดลง

2.3.3 ประโยชน์ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

1. สามารถใช้เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้โดยความร้อน พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ไม่มีการเติมสารเติมแต่งสามารถย่อยสลายได้ที่อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส

2. สามารถใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้เป็นอย่างมาก โดยในการเตรียมไฮโดรเจลต้องมีการทำการเชื่อมโยงพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยแสงที่มีพลังงานสูงเช่นรังสีแกมมา หรือมีการใช้สารเคมีในการเชื่อมโยง ไฮโดรเจล

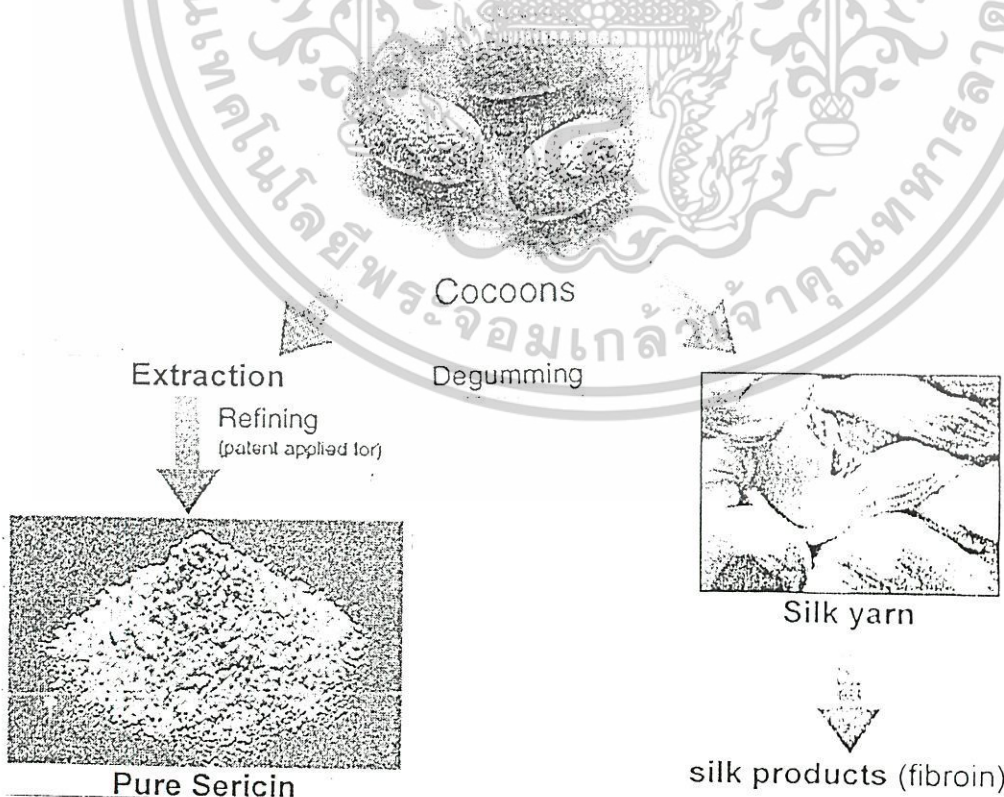
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีการเชื่อมโยงจะมีความแข็งแรง คงทน ไม่ละลายในน้ำ ในการใช้งานของไฮโดรเจลส่วนมากจะใช้ในทางการแพทย์ และในทางการเกษตร

3. สามารถใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในการเคลือบผิวเส้นใยให้มีความอ่อนนุ่มและแข็งแรง
4. สามารถใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในการทำเป็นวัสดุยึดติด (Adhesive materials) โดยในการยึดติดจะใช้หลักของความร้อนและความสามารถในการหลอมเหลวของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
5. สามารถใช้เป็นสารตัวเติม (Filler) ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ และใช้เป็นวัสดุประสาน (Binder) ในการทำเครื่องใช้จากเซรามิก
6. สามารถใช้เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่างๆ เพราะพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไม่มีความเป็นพิษ
7. สามารถใช้เป็นสารที่ทำให้อิมัลชันมีเสถียรภาพ (Emulsion stabilizer) กระจายตัวได้ดี
8. สามารถใช้ในการผลิตยาโดยใช้เป็นวัสดุประสาน (Binder) หรือตัวควบคุมการปลดปล่อยของยา (Drug releasing)
9. สามารถใช้ผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานเฉพาะทาง

2.4 เส้นไหม [18]

เส้นไหมเกิดมาจากการฟั่นเส้นใยจากตัวหนอนไหมเพื่อทำการห่อหุ้มรังไหม (Cocoon) จากเส้นไหมสามารถนำมาแยกออกได้ดังรูป



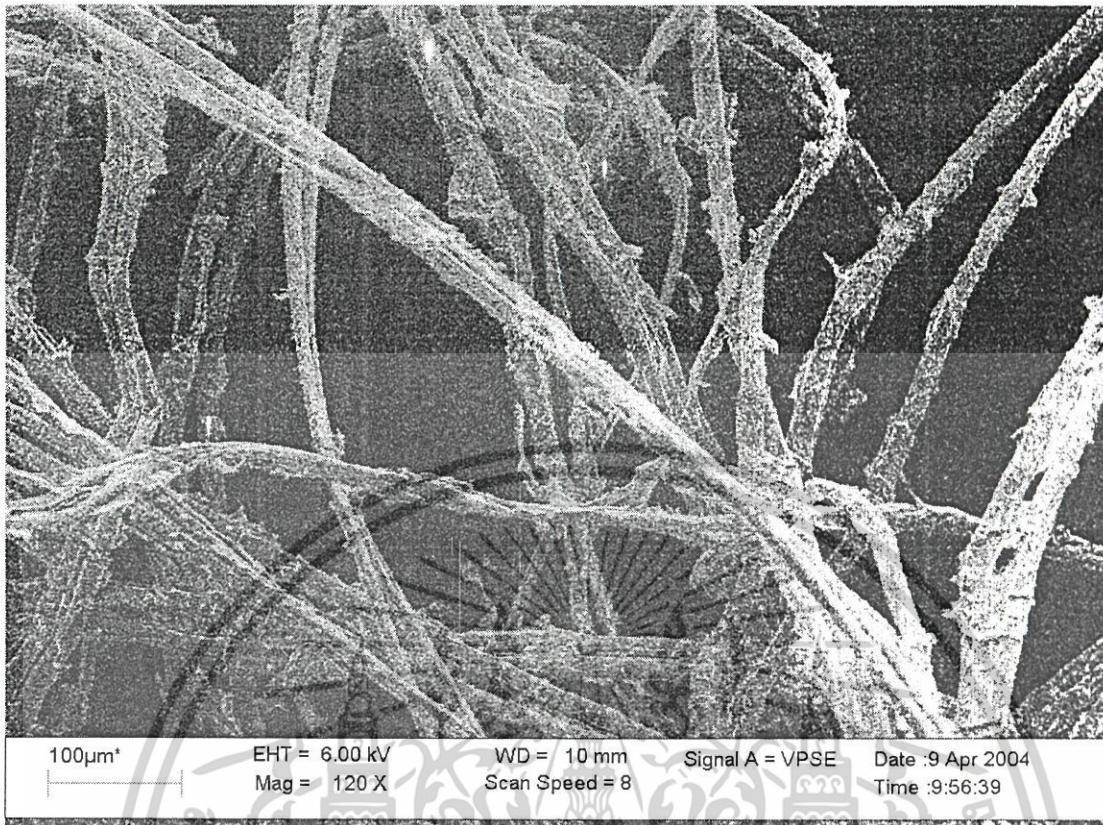
รูปที่ 2.6 แสดงถึงรังไหมและสิ่งที่ได้จากการแยกเส้นใยไหมออกจากรังไหม [19]
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นไหมเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่าโปรตีน (Protcin) เส้นไหมเป็นเส้นใยที่เป็นสารประกอบจำพวกพอลิเอไมด์ (Polyamide) เกิดจากการมีหน่วยของโมเลกุลขนาดเล็กที่เรียกว่า กรดอะมิโน (Amino acid) มาต่อกันเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ด้วยพันธะเปปไทด์ เส้นไหมเกิดจากการฟั่นออกของตัวหนอนไหม การสังเคราะห์โปรตีนในเส้นไหมทำได้ในเซลล์ของต่อมไหมที่อยู่ในตัวหนอนไหม สารไหมเหลว (Liquid silk) สามารถขับออกมาจากต่อมไหมส่วนท้าย (Posterior silk gland) หลังจากนั้นจะส่งสารไหมเหลวไปที่ต่อมไหมส่วนกลาง (Middle silk gland) ในระหว่างที่อยู่ในต่อมไหมส่วนกลาง สารไหมเหลวจะมีการเปลี่ยนรูปกลายเป็นเจลลาติน (Gelatin) ที่มีความแข็งแรงขึ้น ในต่อมไหมส่วนกลางยังมีต่อมที่สามารถสร้างโปรตีนอีกชนิดหนึ่งที่มีสมบัติเป็นกาวในการเคลือบเจลลาตินที่ได้ เรียกโปรตีนชนิดนี้ว่า เซริซิน (Sericin) หลังจากนั้นเจลลาตินจะมีความเหนียวและแข็งแรงขึ้นโดยอาศัยการสลายตัวของตัวหนอนไหม อาการเคลื่อนไหวจะเกิดขึ้นที่บริเวณต่อมไหมส่วนหน้า เรียกเจลลาตินที่มีความเหนียวขึ้นนี้ว่า ไฟโบรอิน (Fibroin) หลังจากที่มีการรวมกันของไฟโบรอิน 2 เส้นและมีการเชื่อมติดกันด้วยกาวไหมเซริซิน จะมีการผ่านรูขนาดเล็ก (Orifice of spinneret) ออกมาจากตัวของหนอนไหม และได้เป็นเส้นใยที่ใช้ในการทำเครื่องนุ่งห่มหรือสิ่งทอต่างๆ

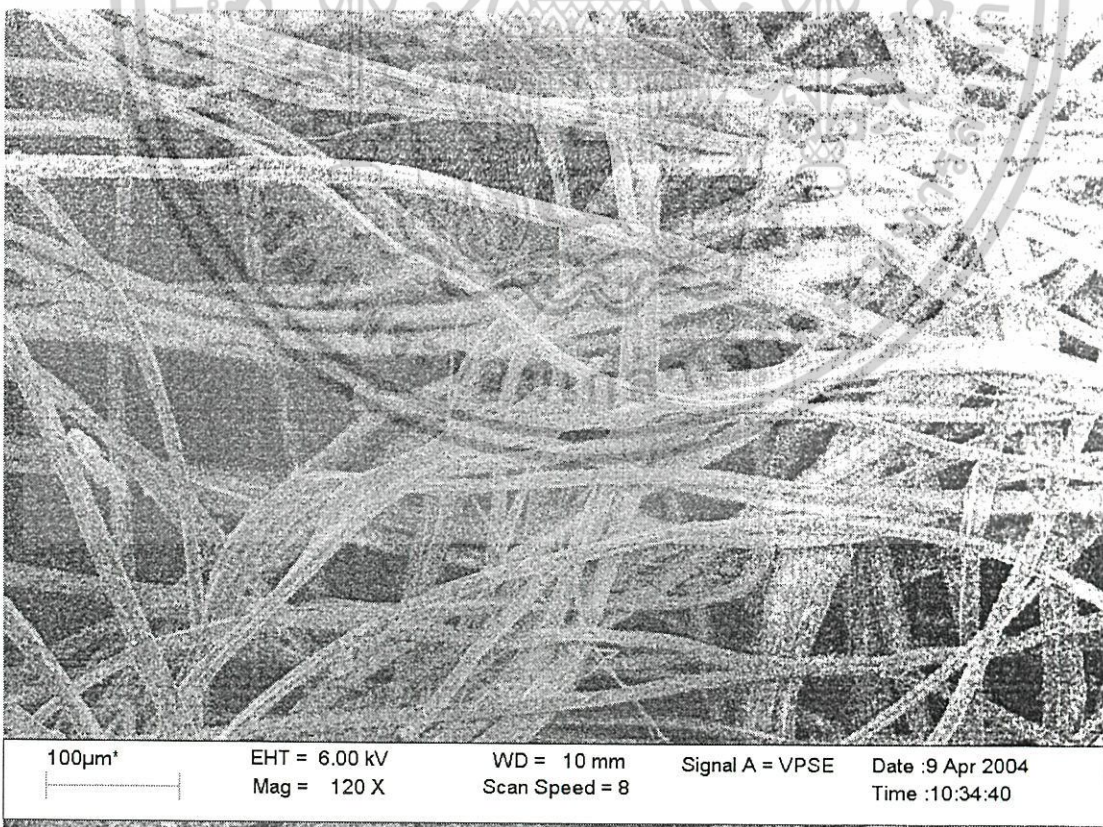
2.4.1 ลักษณะและองค์ประกอบของเส้นไหม

ในเส้นไหมจะประกอบไปด้วยโปรตีนหลักๆอยู่ 2 ชนิดคือ โปรตีนไฟโบรอินที่มีอยู่ในปริมาณ 70-75% และอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า โปรตีนเซริซินที่มีอยู่ในปริมาณ 20-25% เซริซินจะทำหน้าที่ห่อหุ้มเส้นใยไฟโบรอิน 2 เส้นที่อยู่ติดกัน ขนาดของไฟโบรอินมีค่าประมาณ 10-13.7 ไมครอน ส่วนเซริซินที่เคลือบและยึดไฟโบรอินอยู่จะหนาประมาณ 0.5-2 ไมครอน โปรตีนไหมจะประกอบไปด้วยกรดอะมิโน 18 ชนิด และกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนไหมมีความสามารถละลายน้ำได้ทั้งหมด แต่ไฟโบรอินหรือเส้นใยสิ่งทอมีความแข็งแรงไม่สามารถละลายน้ำได้นั้นเพราะ กรดอะมิโนมีการต่อและจัดเรียงตัวในลักษณะที่เป็นเส้นใย มีผลึกที่เรียกว่า Extended chain มีความแข็งแรงสูง และในเซริซินที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้นั้นเนื่องจากโครงสร้างของเซริซินจะอยู่ในลักษณะที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ไม่มีการจัดเรียงตัวของสายโซ่โปรตีนหรืออยู่ในลักษณะที่เป็นแบบสุ่ม (Random coil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เป็นภาพ SEM แสดงเส้นไหมดิบที่ไม่มีกลอกกวไหม (เซริซิน) ออก



รูปที่ 2.8 เป็นภาพSEMแสดงเส้นไหมที่มีการลอกกวไหม (เซริซิน) ออก โดยสกัดเป็นเวลา60นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงองค์ประกอบที่เป็นกรดอะมิโนของโปรตีนเซริซิน (Sericin) [20]

กรดอะมิโน (Amino acid)	ปริมาณที่พบ (%)
Serine (Ser)	33.4
Aspartate (Asp)	16.7
Glutamate (Glu)	4.4
Glycine (Gly)	13.5
Alanine (Ala)	6
Valine (Val)	2.8
Histidine (His)	1.3
Leucine (Leu)	1.1
Isoleucine (Ile)	0.7
Threonine (Thr)	9.7
Lysine (Lys)	3.3
Tyrosine (Tyr)	2.6
Arginine (Arg)	3.1
Phenylalanine (Phe)	0.5
Tryptophan (Try)	0.2
Proline (Pro)	0.7
Cystine (Cys)	0.2
Methionine (Met)	0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงองค์ประกอบที่เป็นกรดอะมิโนของโปรตีนไฟโบรอิน (Fibroin) [1]

กรดอะมิโน (Amino acid)	ปริมาณที่พบ (%)
Serine (Ser)	13.22
Aspartate (Asp)	0.76
Glutamate (Glu)	0.69
Glycine (Gly)	41.25
Alanine (Ala)	28.87
Valine (Val)	2.63
Histidine (His)	-
Leucine (Leu)	0.32
Isoleucine (Ile)	0.44
Threonine (Thr)	0.81
Lysine (Lys)	0.17
Tyrosine (Tyr)	10.96
Arginine (Arg)	0.86
Phenylalanine (Phe)	0.58
Tryptophan (Try)	-
Proline (Pro)	-
Cystine (Cys)	-
Methionine (Met)	-

2.4.2 พันธุ์ไหมในประเทศไทย [21]

พันธุ์ไหมในประเทศไทยมีจำนวนประมาณ 28 พันธุ์ โดยมีทั้งพันธุ์แท้ของไทยและพันธุ์ผสมที่ได้จากพัฒนา ในที่นี้จะยกตัวอย่างพันธุ์ไหมที่ไ้มากและสำคัญ ดังนี้

- นางลาย เป็นพันธุ์ไหมแท้พื้นเมือง รังไหมมีสีเหลืองเข้ม ลักษณะมีหัวท้ายค่อนข้างแหลม ขนาด 1.43 x 2.90 cm จำนวนรังไหม 1300-1400 รังต่อรังไหม 1 กิโลกรัม น้ำหนักรังสด 1 รัง 0.68-1.64 กรัม น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง 0.08-0.24 กรัม ความยาวเส้นใยประมาณ 311 เมตรต่อรัง ความสามารถในการสาวออกสูง เส้นใยมีความเหนียวสูงและเป็นมันเงา
 - ไทยลูกผสมอุบลราชธานี 60-35 (ดอกบัว) เป็นไหมไทยลูกผสม รังไหมมีสีเหลือง ลักษณะมีหัวท้ายค่อนข้างกลม ขนาด 1.5 x 3.2 cm น้ำหนักรังสด 1 รัง 1.4 กรัม น้ำหนักเปลือกรัง
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 รัง 0.225 กรัม ความยาวเส้นใยประมาณ 519 เมตรต่อรัง และมีการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2535

3. จุลไทย เบอร์ 1 เป็นไหมลูกผสมคู่ รังไหมมีสีขาวขุ่นอมเทา ลักษณะมียาวรี มีรอยข่นค่อนข้างละเอียด ขนาด 2.3 x 3.6 cm น้ำหนักรังสด 1 รัง 1.75 กรัม น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง 0.393 กรัม ความยาวเส้นใยประมาณ 1056 เมตรต่อรัง และมีการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546

4. จุลไทย เบอร์ 5 เป็นไหมลูกผสมคู่ รังไหมมีสีขาว ลักษณะมียาวรี คอดเล็กน้อย มีรอยข่นค่อนข้างละเอียด ขนาด 2.1 x 3.5 cm น้ำหนักรังสด 1 รัง 1.70 กรัม น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง 0.335 กรัม ความยาวเส้นใยประมาณ 887 เมตรต่อรัง และมีการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546

2.5 เซริซิน (Sericin) [11, 20, 22]

เป็นโปรตีนไหมที่มีความสามารถในการละลายได้ในน้ำ และสามารถแยกเซริซินออกจากรังไหมได้โดยผ่านกระบวนการสาวไหมในน้ำร้อน โดยปกติเซริซินเป็นสิ่งที่เหลือจากการสาวไหมและไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งปริมาณการทิ้งของเซริซินในกระบวนการสาวไหมมีปริมาณราว 50000 ตันต่อรังไหมที่ใช้ในการสาวไหม 1000000 ตัน จะเห็นได้ว่าน้ำที่เหลือจากการสาวไหมที่มีเซริซินละลายอยู่ในปริมาณมาก ดังนั้นถ้าสามารถนำน้ำที่เหลือนี้หรือนำเซริซินที่มีในน้ำเหลือทิ้งนี้มาใช้ประโยชน์ก็น่าจะมีผลดีในทางเศรษฐกิจ ในปัจจุบันได้มีการค้นคว้าวิจัยการนำเซริซินไปใช้ประโยชน์อย่างมากมาย เพราะเซริซินเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ ไม่มีพิษ ไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงเมื่อนำมาใช้ จึงสามารถนำมาใช้ได้อย่างกว้างขวาง

2.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของเซริซิน

เซริซินเป็นกาวไหมที่เป็นสารประกอบโปรตีนที่มีขี้วมมาก หรือมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญที่สร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้สูง ได้แก่ กลุ่มของเคมีจำพวกกลุ่มไฮดรอกซิล (-OH group) กลุ่มคาร์บอนิล (-COOH group) และกลุ่มอะมิโน (-NH group) ซึ่งสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้เป็นอย่างดี น้ำหนักโมเลกุลของเซริซินมีค่าระหว่าง 10-300 kDa เซริซินประกอบไปด้วยกรดอะมิโน 18 ชนิด ที่สำคัญได้แก่ Serine (hydroxyamino acid) มีอยู่ประมาณ 31-33.4% Glycine มีอยู่ประมาณ 13.9-19.1% Aspratic acid มีอยู่ประมาณ 14.5-17.8% นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนอื่นๆที่สำคัญรองลงมาเช่น Threonine Lysine Glutamic acid Alanine และ Valine เป็นต้น

2.5.2 ลักษณะและโครงสร้างของเซริซิน

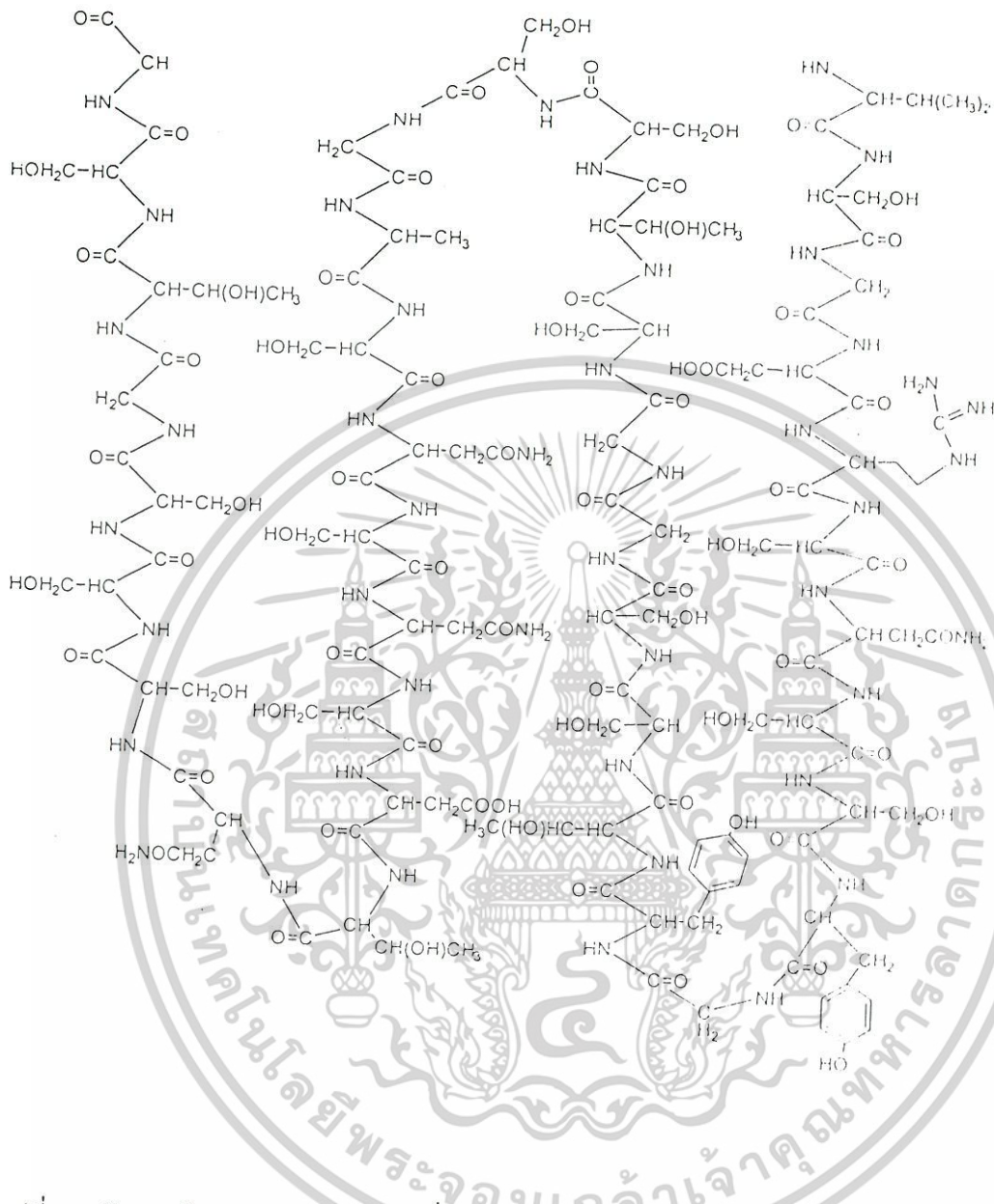
เซริซินเป็นโปรตีนที่มีความสามารถในการละลายต่างเจือจางที่ร้อนได้ดี เพราะมีกรดอะมิโนที่มีสมบัติ Hydrophilic สูง นอกจากนี้ยังสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ในการค้าเอ็กสาร์ทเป็นเอ็กสาร์ทสูงและหรือบดสูงซึ่งนั้นเพื่อใช้ทำไหมเส้นไหมที่มีขี้วมน้อยหรือไม่มีขี้วม (Hydrolysis) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัมผัสกับกรดหรือด่าง เจริชีนสามารถย่อยสลายได้โดยเอนไซม์โปรติเอส (Protease) กระบวนการการผลิตเส้นใยไหมมีผลต่อขนาดของโมเลกุลเจริญชีน เนื่องจากเจริญชีนมีความไวต่อสภาวะกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในกระบวนการสาวไหม (Processing time) ในสภาวะที่มีความร้อนสูงราว 150 องศาเซลเซียส สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนสีไปเป็นสีออกน้ำตาล (Browning) ได้และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก็จะนำไปสู่การเสื่อมสภาพเนื่องจากการเกิดการขาดของสายโซ่ทำให้โครงสร้างของเจริญชีนมีขนาดสั้นลง

ตารางที่ 2.7 แสดงลักษณะโดยทั่วไปของเจริญชีน [20]

คุณลักษณะและสมบัติ	ค่าที่ได้หรือสิ่งที่พบ
ลักษณะภายนอก	เป็นผงสีเหลือง
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.5-7.5
% ของแข็ง (Solid content)	≥ 95
% ของเถ้า (Ash)	≤ 5
ปริมาณโลหะหนัก (mg/kg)	≤ 20
ปริมาณสารหนู As (mg/kg)	≤ 2
ปริมาณแบคทีเรีย (num/g)	≤ 500

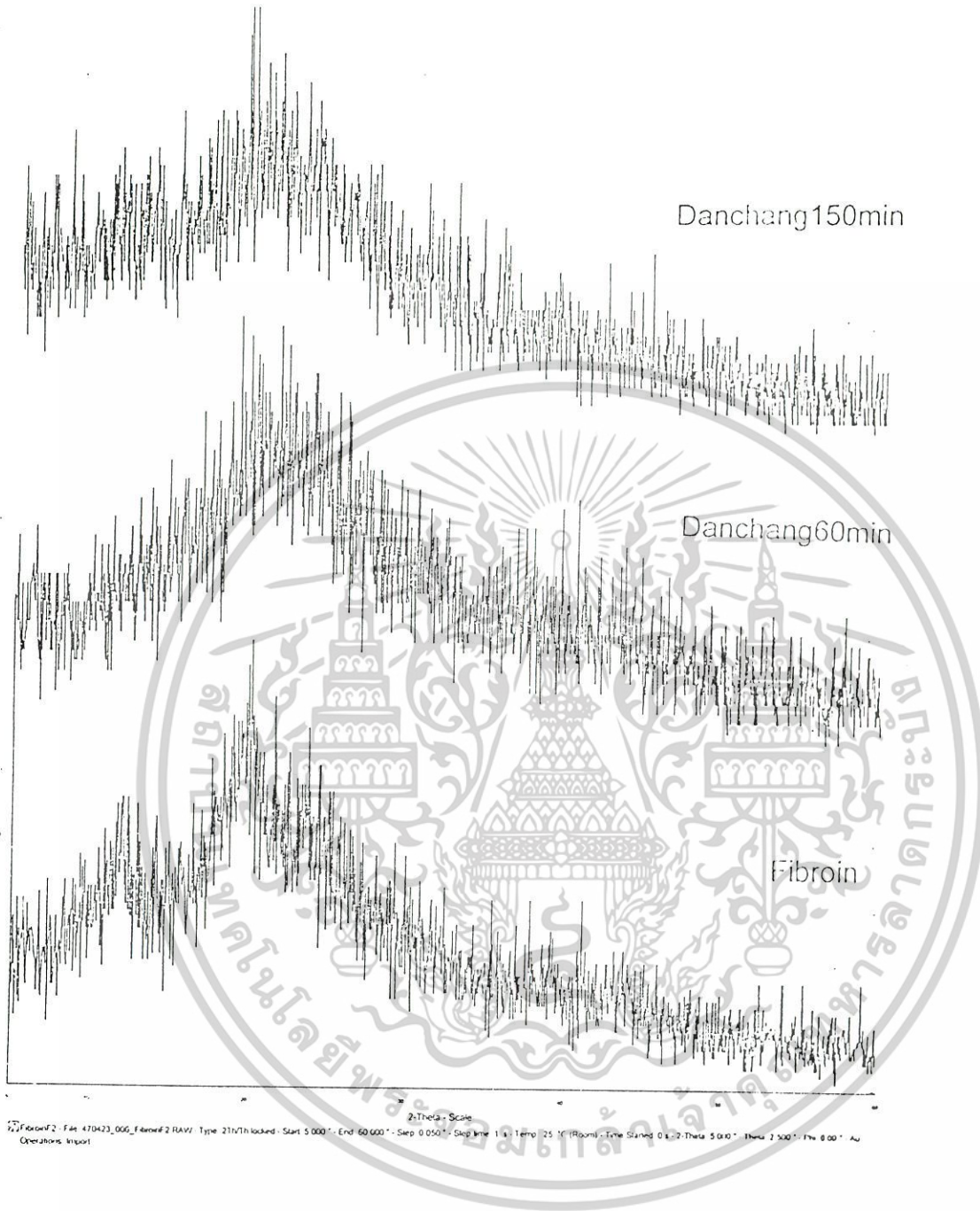
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 โครงสร้างทางเคมีของเซรีซินที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโน 38 ชนิด (38-mer sequence) [11]

เซรีซินเป็นโปรตีนที่อยู่ในแบบสุ่ม หรือคดิสระ (Random coil) ก็คือมีโครงสร้างอสังฐาน ซึ่งต่างจากไฟโบรอินที่มีการจัดโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ

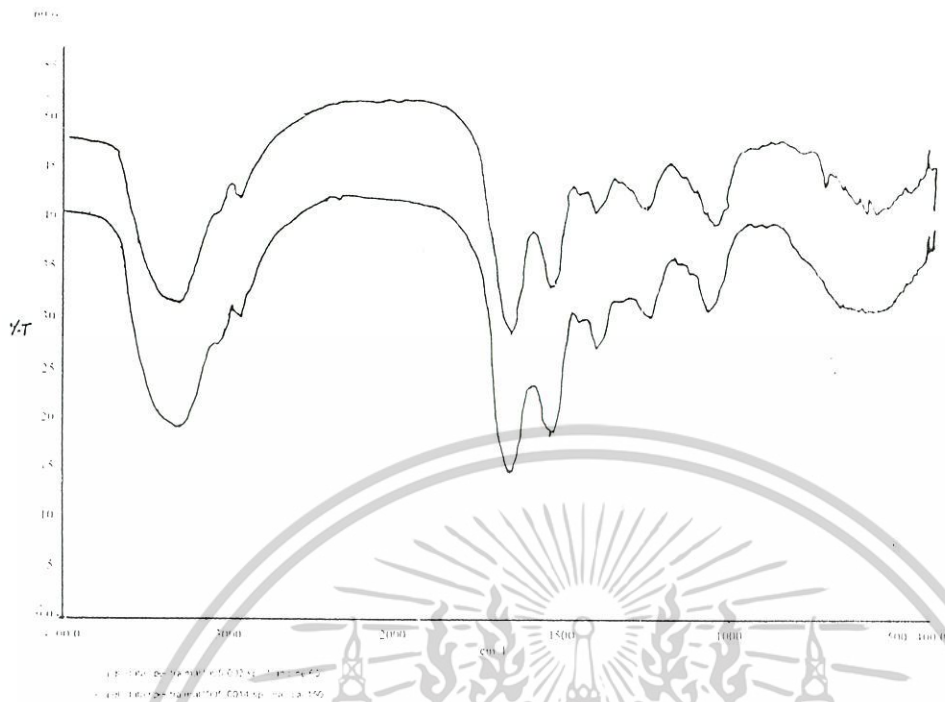
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



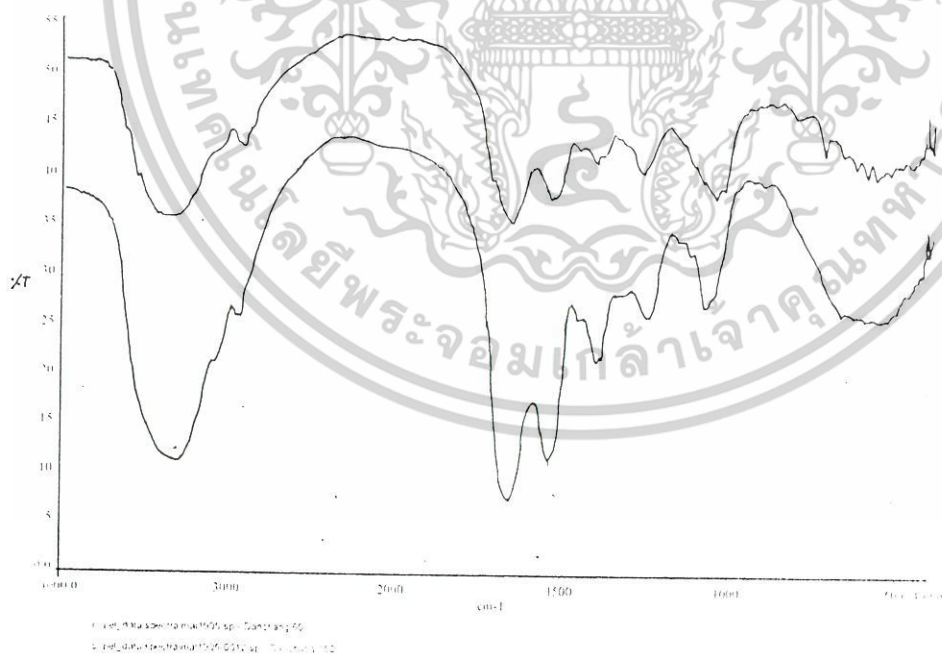
รูปที่ 2.10 เป็นกราฟแสดงการวิเคราะห์ XRD ของเชริซินและไฟโบรอิน (รังไหม)

จากรูปกราฟเป็นรูปการแสดงความแตกต่างของเชริซิน (2 เส้นบน) และไฟโบรอิน (เส้นล่าง) ด้วยเทคนิค X-Rays Diffraction (XRD) จะพบว่าโครงสร้างของไฟโบรอินมีความเป็นผลึกที่เรียกว่า รอยพับเบต้า (β -pleated structure) ส่วนโครงสร้างของเชริซินไม่มีความเป็นผลึก (Peak board) และสามารถตรวจสอบโครงสร้างทางเคมีของเชริซินได้โดยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตเมทรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 เป็นกราฟแสดงการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของเซริซินพื้นฐานางลายที่สกัดเป็นเวลา 60 นาที (เส้นบน) และ 150 นาที (เส้นล่าง) ด้วยเทคนิค FTIR



รูปที่ 2.12 เป็นกราฟแสดงการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของเซริซินพันธุ์ด้านข้างที่สกัดเป็นเวลา 60 นาที (เส้นบน) และ 150 นาที (เส้นล่าง) ด้วยเทคนิค FTIR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟเป็นรูปแสดงการหาโครงสร้างทางเคมีของเซรีซินด้วยเทคนิค FTIR พบว่าที่ wavenumber 1660 และ 1515 cm^{-1} แสดงถึงพันธะเอไมด์ในขดอิสระ (Random coil) การคูดกลืนคลื่นรังสีทั้งสองนี้จะเคลื่อนที่ไปเล็กน้อยในทางค่า wavenumber ที่ต่ำลง ในไฟโบรอินที่มีโครงสร้างเป็นผลึก นอกจากนี้จะเห็นได้ว่ามี board peak ในช่วงความถี่ 3200-3600 cm^{-1} ที่แสดงถึงหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl) และหมู่เอมีน (Amine) ในโครงสร้าง จากกราฟยังพบว่า และเวลาที่ใช้ในการสกัดผงเซรีซินจากรังไหม (60 และ 150 นาที) ไม่มีผลต่อโครงสร้างพื้นฐานของเซรีซิน

2.5.3 การนำไปใช้ประโยชน์ของเซรีซิน

2.5.3.1 การใช้งานโดยทั่วไปของเซรีซิน

เนื่องจากเซรีซินประกอบไปด้วยกรดอะมิโนชนิด Serine เป็นจำนวนมาก จึงสามารถดูดซึมความชื้นได้เป็นอย่างดี ดังนั้นได้มีการนำมาใช้เป็นครีมบำรุงผิว (Skin moisturizer) นอกจากนี้ยังสามารถต่อต้านริ้วรอยอย่างได้ผล (Antiwrinkle action) จึงได้มีการผสมเซรีซินในผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาทิเช่น เครื่องสำอาง ยาสระผม ครีมบำรุงเส้นผม โลชั่นบำรุงผิว และจากการที่เซรีซินมีองค์ประกอบเป็นกรดอะมิโนทั้งที่มีประโยชน์และไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ทำให้เซรีซินมีการใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่รับประทาน ขนาดของเซรีซินมีผลต่อการนำไปใช้งาน กล่าวคือ เซรีซินที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก (น้อยกว่า 20kDa) หรือเซรีซินที่ผ่านการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ยาสระผม ครีมบำรุงผิว และผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ส่วนเซรีซินที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 kDa มักใช้เป็นวัสดุทางการแพทย์ วัสดุย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ผสมกับพอลิเมอร์อื่นๆ (Compound polymers) เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ใช้ในการเตรียมไฮโดรเจล (Hydrogel) ใช้ในการทำเส้นใยหรือผ้าเฉพาะทาง (Functional fibers and fabrics) ใช้ทำเป็นไหมที่ใช้ในการเย็บแผลที่สามารถละลายได้ และใช้ทำเยื่อบางที่มีลักษณะหน้าที่เฉพาะ (Functional biomembranes) เช่น เยื่อบางที่มีเจลเซรีซินผสมอยู่สามารถนำไปใช้ในการแยกแอลกอฮอล์ออกจากของผสมอีเทอร์-แอลกอฮอล์ได้ดี เช่นการแยก Methyl butyl ether (MTBE) ออกจากของผสม MTBE-methanol เป็นต้น

2.5.3.2 การนำเซรีซิน ไปใช้ในการเตรียมวัสดุทางการแพทย์และวัสดุย่อยสลายทางชีวภาพ

เซรีซินเป็นโปรตีนธรรมชาติที่มีสมบัติความเข้ากันได้กับสารทางชีวภาพ หรือสิ่งมีชีวิต (Biocompatibility) สามารถดูดน้ำและความชื้นได้ดี มีค่าความสามารถในการซึมผ่านของออกซิเจนดี จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีศักยภาพที่จะนำไปใช้เป็นองค์ประกอบของคอนแทกเลนส์ ผิวหนังเทียม กุ้งเลือด และอื่นๆอีกมากมาย วัสดุปิดบาดแผลที่รักษาผิวหนัง (Wound dressing materials) ที่มีเซรีซินและไฟโบรอินเป็นองค์ประกอบอยู่นั้นสามารถช่วยให้แผลหายสนิทเร็วขึ้น โดยไม่ก่อให้เกิดการหลุดลอกของผิวหนังที่สร้างใหม่เมื่อลอกวัสดุปิดแผลออก โดยมียาบรรเทาอาการ (Healing agents) ต่างๆ เช่น acrinol hydrogen peroxide และ Tripsin Inhibitor (TI) เป็นต้น และบาง

ชนิดมีสารช่วยให้มีความยืดหยุ่นผสมอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

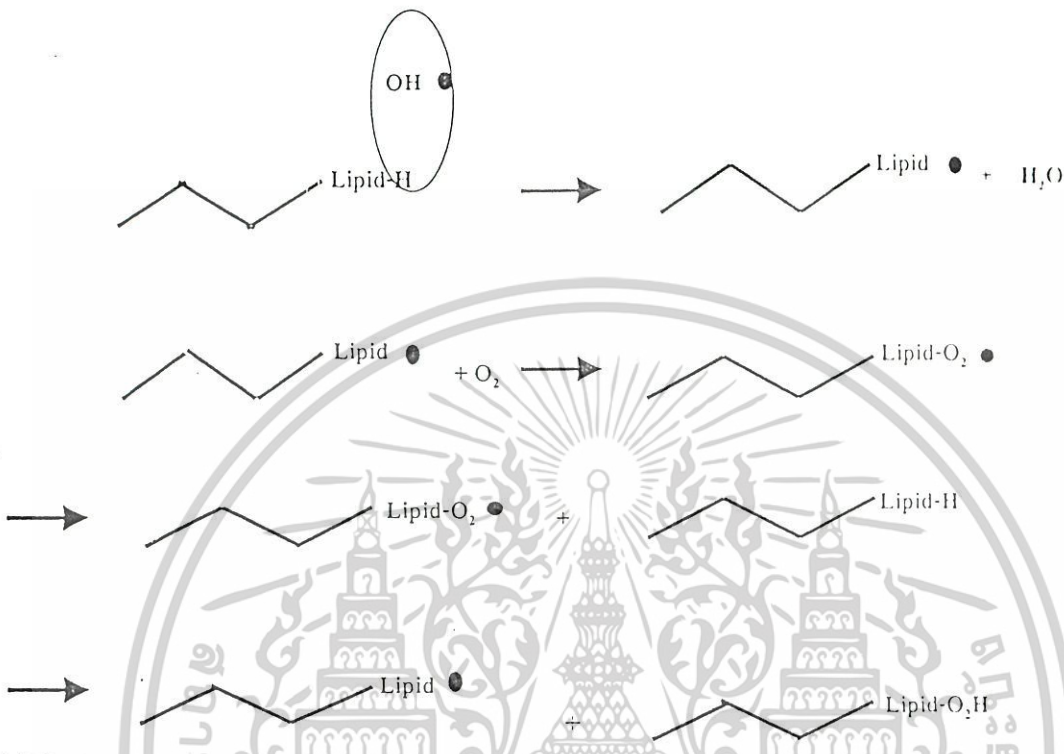
เซริซินที่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสามารถที่จะนำไปผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพโดยธรรมชาติ และเพิ่มสมบัติความสามารถดูดน้ำและความชื้น เช่น โฟมพอลิยูรีเทนที่ผสมเซริซินจะมีความสามารถในการดูดความชื้นได้เป็นอย่างมาก ดังการผสมเซริซินในพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการเตรียมไฮโดรเจล นอกจากนี้ยังสามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์ม โฟม เรซินและเส้นใยได้อีกมากมาย ปริมาณเซริซินที่ใช้ในการผสมมีค่าประมาณ 0.01-50% w/w การผสมเซริซินกับพอลิเมอร์อื่นอาจทำได้โดยการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่อาจผสมสารพอลิอัล (Polyols) เป็นคะตะลิสต์

2.5.3.3 การนำเซริซินไปใช้เป็นวัสดุที่มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

อนุมูลอิสระสามารถทำลายเซลล์ต่างๆในร่างกาย เช่น เซลล์ผิวหนังทำให้เกิดริ้วรอยที่ผิวหนัง หรือทำให้ผมแห้งหยาบกระด้าง ด้วยสาเหตุนี้วัสดุที่มีต้านอนุมูลอิสระจึงเป็นที่สนใจเป็นอย่างมาก สารประกอบต่างๆที่เป็นมลพิษทางอากาศได้แก่ สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NO) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ซึ่งได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ ที่สำคัญกว่านั้นคือสารอนุมูลอิสระของหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl radical หรือ OH) หรือออกซิเจน มีความว่องไวต่อปฏิกิริยามาก เนื่องจากโมเลกุลสูญเสียอิเล็กตรอนไปหนึ่งตัวจึงต้องการดึงอิเล็กตรอนมาจากโมเลกุลอื่นต่อเนื่องไปเรื่อยๆ เป็นลูกโซ่ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Oxidation NO_x และ SO_x สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลและน้ำได้เป็นกรดไนตริกและกรดซัลฟิวริกตามลำดับ อนุมูลอิสระที่มีความว่องไวนี้เกิดจากโอโซนในตอนกลางวันที่มีแสงอาทิตย์ หรือมาจากมลภาวะทางอากาศ ความร้อน (การเผาผลาญเชื้อเพลิง) ควันบุหรี่ ยาฆ่าแมลงและวัชพืช สารก่อมะเร็ง ไบโตนิน แอลกอฮอล์ เป็นต้น อนุมูลอิสระสามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยทางผิวหนัง ทางการหายใจ และในทางอื่นๆ ผลกระทบของอนุมูลอิสระที่มีต่อร่างกายคือ การทำลายเนื้อเยื่อ ทำลายไขมันที่ผนังเซลล์ เร่งกระบวนการชราภาพทำให้เกิดริ้วรอย และผลที่ร้ายแรงที่สุดก็นำไปสู่โรคต่างๆ เช่น มะเร็ง ระบบภูมิคุ้มกันเสื่อมประสิทธิภาพ ความดันสูง โรคหัวใจ

สารที่มีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระเรียกว่า Antioxidants ซึ่งมีหน้าที่ให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระจนทำให้เกิดความสมดุล และไม่เข้าไปทำลายในเซลล์อื่นๆ Antioxidants ที่มีในธรรมชาติได้แก่ วิตามินเอ (เบต้าแคโรทีน) วิตามินซีและอี ซีลีเนียม สังกะสี สารไบโอฟลาโวนอยด์ และอื่นๆ

เซริซินสามารถยับยั้งปฏิกิริยา Peroxidation ที่เกิดจากอนุมูลอิสระของไฮดรอกซิลทำปฏิกิริยากับไขมันเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ดังรูป



รูปที่ 2.13 แสดงปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลกับไขมัน [11]

ดังนั้นเซโรซีนสามารถป้องกันการทำลายของผนังเซลล์ และยับยั้งความว่องไวของเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase activity) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมสภาพ และการเกิดสีน้ำตาลไหม้ในผลไม้ (Browning) หรือการสร้างเมลานิน (Biosynthesis of melanin) เนื่องจากในเซโรซีนประกอบด้วย Aspartic acid ซึ่งอาจทำหน้าที่ได้เช่นเดียวกับ Ascorbic acid (วิตามินซี) ที่ทราบดีว่าสามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้กับอาหารและเครื่องสำอางได้ และกรดอะมิโนอิสระในน้ำ เช่น Serine กับ Glutamic acid สามารถเกิดปฏิกิริยากับไอโซนและอนุมูลอิสระ ได้สารประกอบกลุ่มคาร์บอนิลและกรดคาร์บอกซิลิก และหากเป็นพอลิเพปไทด์ (พอลิเอไมด์) พันธะเอไมด์จะทนต่อไอโซนและอนุมูลของไฮดรอกซิลได้ดีกว่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.4 การนำเซริซินไปใช้ในการทำวัสดุที่มีความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Antibacterial)

รังไหมที่อบแห้งอย่างดีสามารถเก็บรักษาได้นานเพื่อรอการสาวไหม แต่ถ้าไม่ได้มีการอบแห้งกาไหมหรือเซริซินจะอุ้มน้ำไว้อย่างไม่สม่ำเสมอทั้งด้านนอกและด้านใน จนเป็นสาเหตุให้เกิดเชื้อราและรังไหมนั้นจะเกิดการเน่าเสียตามมา นอกจากนี้ส่วนของเส้นใยก็จะไม่มี ความแข็งแรง ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นหากต้องการเก็บรังไหมไว้นานๆ ต้องทำการอบแห้งเพื่อให้กาไหมแห้งและเคลือบเส้นใยไว้ได้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนผลกระทบจากเชื้อแบคทีเรียต่อเส้นไหมดิบมีผลไม่ชัดเจน มีรายงานว่าเชื้อเห็ดรา (Fungi) ไม่สามารถเจริญเติบโตบนเส้นไหมได้ มีเพียงแบคทีเรียเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้นที่เป็น Gram-negatives สามารถเติบโตได้บนเส้นไหมหรือผ้าไหมที่ฝังในดิน โดยที่แบคทีเรียจะเจริญได้ดีในส่วนของเซริซินไม่ใช่ไฟโบรอิน ยกเว้นแบคทีเรีย *Pseudomonas* (Burkholderia) cepacia ที่สามารถเจริญได้ทั้งในเซริซินและไฟโบรอิน ทั้งนี้เองเนื่องจาก Alanine และ Glycine เป็น Compact amino acids ที่มีในไฟโบรอินซึ่งก่อให้เกิด β -pleated sheet structure ที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจนและแรงยึดเหนี่ยวของกรดอะมิโนที่มีความเป็นกรดและด่าง ทำให้ยากต่อการย่อยสลาย นอกจากนี้มีรายงานว่ากลุ่มไฮดรอกซีลีน Serine จะเป็นตัวรับสารต้านแบคทีเรียที่มีกลุ่มพันธะคู่ของคาร์บอนและไนโตรเจน (C=N) เช่นเพนิซิลิน (Penicilin) ได้เป็นอย่างดี และยังมีรายงานว่า E. coli strain JM109 ไม่สามารถเจริญบนเซริซิน และได้ทดลองต่อไปพบว่าเซริซินยังแสดงความสามารถยับยั้งการเสื่อมสภาพของเซลล์เนื่องจากความชื้นจัดได้ (Cytoplasmic dehydration) หรือเรียกว่า Cryoprotection เนื่องจากเซริซินมีสมบัติความชอบน้ำ (Hydrophilic) อย่างมากจึงช่วยรักษาน้ำไว้ในเซลล์ได้ดี จึงคาดว่าน่าจะนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งต่อไป จากเหตุผลดังกล่าวจึงสามารถนำเซริซินมาใช้ประโยชน์ในด้านการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยเฉพาะในทางการแพทย์

การนำเซริซินมาประยุกต์ ใช้ในงานด้านต่างๆ ยังมีให้เห็นอีกมากมาย และงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับเซริซินยังคงดำเนินต่อไป เพื่อพัฒนาศักยภาพของการนำสิ่งของเหลือใช้ที่มีปริมาณ มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ซึ่งมีผลดีต่อเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก

2.6 ฟิล์มปิดแผลที่ใช้เป็นตัว อังอิง (Tegaderm) [23]

Tegaderm ประกอบด้วยแผ่นเยื่อบางที่ทำจากพอลิยูรีเทน (Polyurethane) โดยมีการเคลือบผิวด้วยชั้นกาวอะคริลิก Tegaderm สามารถยอมให้อิออน้ำและออกซิเจนผ่านได้ แต่ไม่ยอมให้สารชีวภาพ (เลือด น้ำเหลือง) ผ่านได้ Tegaderm เป็นฟิล์มไฮโดรเจลที่ใช้ปิดแผลภายนอกโดยสามารถดูดซับความชื้นจากภายนอกได้และยังลดอิออน้ำหรือความชื้นบนผิวของบาดแผล ทำให้แผลไม่เปื่อยชื้นและแผลสามารถสร้างเนื้อเยื่อใหม่ได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การสร้างเนื้อเยื่อใหม่ใน

แผลที่ปิดด้วยผ้าพันแผลทั่วไป เพราะ Tegaderm เป็นฟิล์มไฮโดรเจลที่สามารถลอกออกได้ง่าย ไม่ทำลายเนื้อเยื่อที่สร้างใหม่

Tegaderm สามารถใช้ได้กับแผลไฟไหม้ที่ไม่มาก แผลน้ำร้อนลวก รอยถลอก แผลหลังผ่าตัด แต่ไม่ควรใช้กับแผลที่มีความลึกมาก และแผลไฟไหม้ระดับ 3 การใช้ Tegaderm สามารถทำได้อย่างง่ายดายโดยการลอกฟิล์มออกและนำไปติดบนแผล การเปลี่ยน Tegaderm ควรเปลี่ยนในทุกๆไม่เกิน 7 วัน

2.7 การทดสอบ

2.7.1 สมบัติทางกายภาพ

2.7.1.1 ปริมาณน้ำที่ฟิล์มดูดซับ (Water uptake) การบวมน้ำ (Swelling) และสัดส่วนเจล (Gel fraction)

ศึกษาถึงปริมาณน้ำที่ฟิล์มดูดซับ และความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้าง เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างที่ไม่มีน้ำอยู่ (แห้ง) ในตอนแรก

$$\% \text{Swelling} = \frac{\text{น้ำหนักแผ่นฟิล์มบวมน้ำ}}{\text{น้ำหนักแผ่นฟิล์มแห้ง}} \times 100$$

$$\% \text{Water uptake} = \frac{(\text{น้ำหนักแผ่นฟิล์มบวมน้ำ} - \text{น้ำหนักแผ่นฟิล์มแห้ง})}{\text{น้ำหนักแผ่นฟิล์มแห้ง}} \times 100$$

$$\% \text{Gel Fraction} = \frac{\text{น้ำหนักของ Gel ที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักของฟิล์มเริ่มต้น}}$$

2.7.2 สมบัติเชิงกล

2.7.2.1 การทดสอบแรงดึง (Tensile test)

ศึกษาถึงความสามารถในการทนทานต่อแรงดึงของวัสดุหนึ่ง ด้วยเครื่องทดสอบการหาค่าต่างๆจากการใช้แรงดึง (Tensile testing machine หรือ Universal testing machine) โดยค่าการทดสอบที่ได้จากการทดสอบมีดังนี้

- ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength)
- ค่าเปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการดึงยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break)
- ค่ามอดูลัสของยัง (Young's modulus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 สมบัติทางความร้อน

2.7.3.1 เทคนิคการวิเคราะห์ทางความร้อน (Thermalgravimetric Analysis; TGA)

ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสาร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เทคนิคนี้สามารถหาค่าประกอบทางเคมีอย่างคร่าวๆของสารประกอบ นอกจากนี้ยังบอกถึงค่าความเสถียรทางความร้อน (Thermal stability) และอุณหภูมิการสลายตัวของสาร (Decomposition temperature; T_d)

2.7.4 การตรวจสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสาร

โดยใช้เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตเมทรี (Infrared spectrophotometry; IR) ซึ่งอาศัยการสั่นของโครงสร้างหรือหมู่ฟังก์ชัน โดยใช้แหล่งกำเนิดในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้

สารเคมี

1. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol); PVA)
2. เศษรังไหมเหลือจากแหล่งต่างๆมี4ชนิดดังนี้
 - 2.1 รังไหมสีขาวจากจังหวัดสุพรรณบุรี (พันธุ์ขาวสุพรรณ)
 - 2.2 รังไหมสีเหลืองจากจังหวัดสุพรรณบุรี (พันธุ์ค่านช้าง)
 - 2.3 รังไหมสีขาวจากจังหวัดขอนแก่น (พันธุ์ขาวขอนแก่น)
 - 2.4 รังไหมสีเหลืองจากจังหวัดขอนแก่น (พันธุ์นางลาย)
3. น้ำกลั่น
4. สารละลายทดสอบ ไบรติน (Biuret test)
5. สารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) เข้มข้น 50%
6. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
7. ฟิล์มอ้างอิง (Tegaderm จากบริษัท 3M)

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
 - ขนาด 1000 มิลลิลิตร
 - ขนาด 500 มิลลิลิตร
 - ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง
 - ขนาด 500 มิลลิลิตร
 - ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. แท่งแก้วคน
4. ถาดเมลามีน (ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์ม)
5. ปากคืบ
6. จานเพาะเชื้อ
7. แผ่นอะลูมิเนียมฟลอยด์
8. ขวดทนความดันและทนอุณหภูมิสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. กระดาษกรองเบอร์ 1
10. ชุดกรองแบบสุญญากาศ (Suction)
11. กระจบอกรน้ำกลั่น
12. ซ้อนตักสาร
13. กรรไกร
14. นาฬิกาจับเวลา
15. ถุงพลาสติก
16. กล้องโพรบพลิสไตรีน
17. ถาดอะลูมิเนียมที่ใช้ในการแช่แข็ง

เครื่องมือที่ใช้

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก
2. เครื่องทำความเย็น (Freezer) ที่ -81 องศาเซลเซียส
3. ตู้อบ
4. เดซิเคเตอร์ (Desicator)
5. เครื่องกรองแบบลดความดัน
6. แท่นให้ความร้อน
7. ตู้เย็นธรรมดา
8. เครื่อง Auto clave (หม้อนึ่งอัตโนมัติ)
9. เครื่อง Freeze dryer
10. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal testing machine)
11. เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน (Differential Scanning Calorimeter, DSC)
12. เครื่อง Thermalgravimetric Analyzer, TGA
13. เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Infrared spectrophotometry; IR)
14. เครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมผงโปรตีนเซรีซิน (Sericin) ทั้ง 4 ชนิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมแผ่นฟิล์มพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol); PVA) 3%



- หมายเหตุ สารละลาย PVA 300 มิลลิลิตร สามารถเตรียมฟิล์ม 3% ได้ 1 แผ่น และต้องการเตรียมฟิล์ม 2 แผ่น

3.2.3 การเตรียมแผ่นฟิล์มตัวอย่างผสม (PVA3% + เซริซิน 1%)

3.2.3.1 เตรียมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol); PVA)

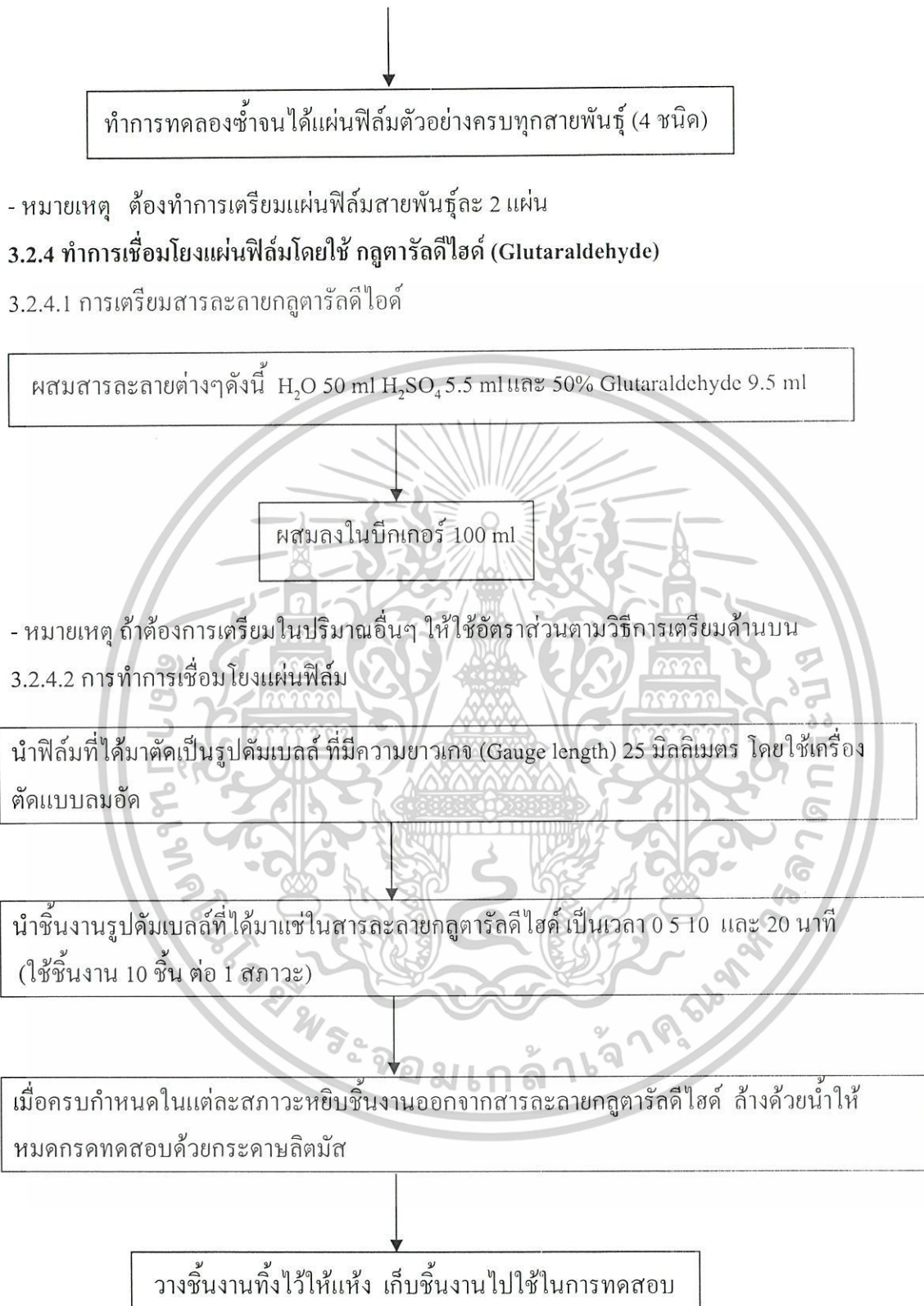
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.2.3.2 เตรียมสารละลายเซริซิน และเตรียมฟิล์มตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

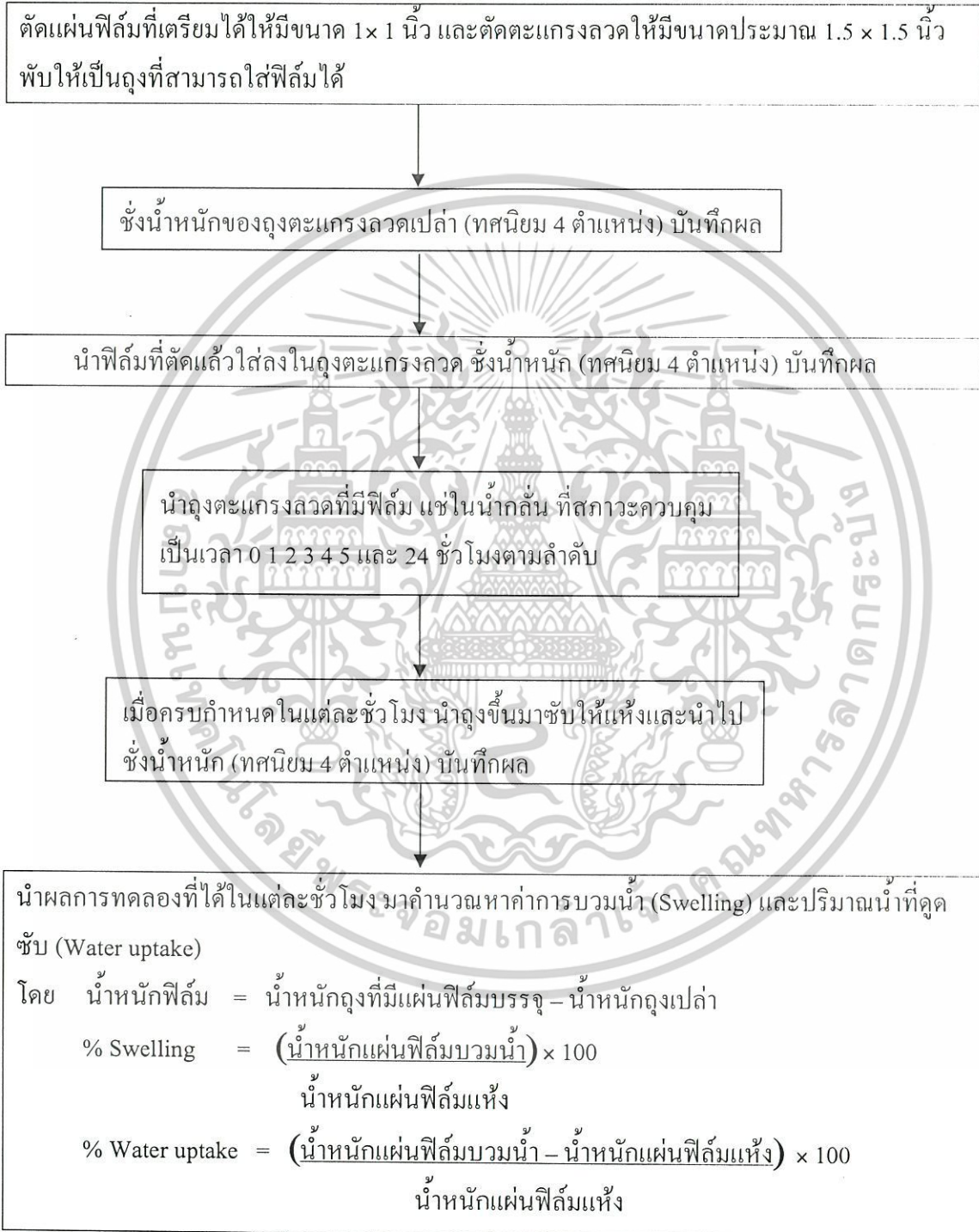


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง

3.2.5.1 สมบัติทางกายภาพ

3.2.5.1.1 ทดสอบการบวมน้ำ (Swelling) และการหาปริมาณน้ำที่ดูดซับ (Water uptake)



- หมายเหตุ ทำการทดสอบนี้กับแผ่นฟิล์มทุกสูตร ทุกสภาวะ ในการทำการเชื่อมโยง และสามารถ
ใช้ฟิล์มส่วนที่เหลือจากการทดสอบสมบัติเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.1.2 การหาค่าสัดส่วนเจล (Gel fraction)

ตัดแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้หรือจากที่เหลือจากการทดสอบสมบัติเชิงกล ขนาดประมาณ 1×1 นิ้ว และตัดตะแกรงลวดขนาดประมาณ 1.5×1.5 นิ้ว พับให้เป็นถุงที่สามารถใส่แผ่นฟิล์มได้

ชั่งน้ำหนักของถุงตะแกรงลวดเปล่า (เทคนิค 4 ตำแหน่ง) บันทึกผล และนำฟิล์มใส่ในถุง นำไปชั่งน้ำหนัก (เทคนิค 4 ตำแหน่ง) บันทึกผล

นำถุงที่บรรจุฟิล์ม ต้มในน้ำร้อนในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เมื่อครบกำหนดเวลา นำสารละลายในบีกเกอร์รวมทั้งถุงตะแกรงลวดไปกรองลดความดัน (ก่อนทำการกรอง ต้องชั่งน้ำหนักกระดาษกรองก่อน)

นำสิ่งที่เหลือบนกระดาษกรอง รวมทั้งถุงตะแกรงลวด ไปอบในตู้อบแบบสูญญากาศ จนได้น้ำหนักคงที่

ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของฟิล์มที่เหลือ (Gel)

โดย น้ำหนักของฟิล์มที่เหลือ (Gel) = น้ำหนักสิ่งที่เหลือบนกระดาษกรอง - น้ำหนักถุงเปล่า
- น้ำหนักกระดาษกรอง

$$\text{Gel Fraction} = \frac{\text{น้ำหนักของ Gel ที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักของฟิล์มเริ่มต้น}}$$

- หมายเหตุ หาค่า Gel Fraction กับแผ่นฟิล์มทุกสูตร ทุกสภาวะ และเพื่อป้องกันการผิดพลาด ควรแยกแผ่นฟิล์มต้มตัวอย่างละบีกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.2 สมบัติเชิงกล

3.2.5.2.1 ทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile strength) เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break) และมอดูลัสของยัง (Young's Modulus) ด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal testing machine)

ตัดแผ่นฟิล์มให้เป็นรูปดัมเบลล์ และมีการทำการเชื่อมโยงเรียบร้อยแล้ว มาวัดความกว้างและความหนาของชิ้นงานบริเวณช่วงความยาวเกจ 6 ชิ้นงานต่อ 1 สูตร

ตั้งค่าของเครื่องทดสอบ ใช้ Load cell 5 KN และตั้งสภาวะของเครื่อง โดยใช้อัตราเร็วในการดึง (Crosshead Speed) 50 mm/min และกำหนดช่วงในการหาค่ามอดูลัสของยัง (Young's Modulus) ที่ช่วงความเครียด (Strain) 3-4 %

ทำการทดสอบ และบันทึกผล

3.2.5.3 สมบัติทางความร้อน

3.2.5.3.1 ทดสอบอุณหภูมิการสลายตัวของผงเซรีซินในแต่ละสายพันธุ์และฟิล์มตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ทางความร้อน (Thermalgravimetric Analysis; TGA)

ชั่งตัวอย่างที่ได้จากการเตรียม ลงบน Pt Plate ประมาณ 10 mg (1 mg = 20 mV)

ตั้งสภาวะของเครื่องดังนี้
Initial temperature 35 องศาเซลเซียส
Isothermal 1 นาที
Heating rate (ramp) 10 °C /min to 900 C

ทำการทดสอบหาอุณหภูมิการสลายตัวของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.4 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของผงเซริซินและฟิล์มตัวอย่าง

3.2.5.4.1 การตรวจวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของผงเซริซินและฟิล์มตัวอย่างโดยวิธี Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

นำผงเซริซินหรือฟิล์มตัวอย่างใส่ลงใน Al Crucible ในปริมาณที่เหมาะสม ประมาณ 10-15 mg และทำให้มีการกระจายตัวที่ดี

นำ Crucible เข้าเครื่องอัดให้เป็น Pallet

นำ Pallet ที่ได้ไปใส่ในตัวยึดเซลล์ในเครื่อง และทำการ run เครื่อง

บันทึกเส้นสเปกตรัมที่ได้ และนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของรังไหม

รังไหมแต่ละชนิดที่ใช้ในการผสมในการเตรียมฟิล์มมีลักษณะดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของรังไหมแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการผสมเพื่อเตรียมฟิล์ม

ชนิดของรังไหม	น้ำหนัก g / 1 รัง	กว้าง x ยาว	ลักษณะทางกายภาพของรังไหม
ขาวขอนแก่น	0.3699	2 x 3.7 cm	มีสีขาวยาว รูปทรงของรังเป็นทรงรี มีหัวท้ายป้าน
นางลาย	0.1855	1.5 x 4 cm	มีสีเหลืองเข้ม รูปทรงรังเป็นทรงรี หัวท้ายแหลม
ขาวสุพรรณ	0.4458	1.8 x 3.1 cm	มีสีขาวยาวมน รูปทรงของรังเป็นรูปไข่ มีหัวท้ายป้าน
ดำนซ้าง	0.3335	1.5 x 3.2 cm	มีสีเหลือง รูปทรงของรังเป็นรูปไข่ หัวท้ายป้าน

จากชนิดของรังไหมที่แสดงในตารางสามารถนำมาจากแหล่งต่างๆดังนี้ รังไหมขาวขอนแก่นและนางลาย ได้มาจากจังหวัดขอนแก่น รังไหมขาวสุพรรณและดำนซ้าง ได้มาจากจังหวัดสุพรรณบุรี โดยรังไหมทุกชนิดมีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Bombyx mori* แต่จะมีการจำแนกสายพันธุ์ไว้มากมาย จากการวิเคราะห์หาชื่อของสายพันธุ์ไหมต่างๆที่แสดงในตารางได้ดังนี้ รังไหมขาวขอนแก่น ขาวสุพรรณ น่าจะเป็นไหมพันธุ์ลูกไทย รังไหมนางลาย เป็นไหมพันธุ์นางลาย และรังไหมดำนซ้าง น่าจะเป็นไหมพันธุ์ดอกบัว

4.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงไหม (เซริซิน)

เมื่อนำรังไหมมาสกัดจะได้ผงไหมที่มีลักษณะทางกายภาพดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะทางกายภาพของผงไหมชนิดต่างๆที่ได้จากการสกัดจากรังไหม

ชนิดของรังไหม	ลักษณะทางกายภาพของผงไหม (เซริซิน)
ขาวขนแก่น	ผงละเอียดสีขาว
นางลาย	ผงละเอียดสีเหลืองเข้ม
ขาวสุพรรณ	ผงละเอียดสีขาวหม่น
ด้านข้าง	ผงละเอียดสีเหลืองอ่อน

ลักษณะทางกายภาพของผงไหมขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของรังไหมคือ รังไหมที่มีสีเหลือง (นางลายและด้านข้าง) เมื่อสกัดแล้วได้ผงไหมที่มีสีเหลือง ส่วนรังไหมที่มีสีขาว (ขาวขนแก่นและขาวสุพรรณ) เมื่อสกัดแล้วได้ผงไหมที่มีสีขาว

4.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจล

ฟิล์มไฮโดรเจลชนิดต่างๆเตรียมได้จากสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 3% โดยที่มีการผสมกับสารละลายเซริซินจากรังไหมชนิดต่างๆที่มีความเข้มข้น 1% แล้วนำไปเทลงในถาดเมลามีนจึงนำไปอบ ฟิล์มที่ได้จะมีลักษณะทางกายภาพดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่เตรียมได้จากเทคนิคการเทหล่อ (Casting)

ชนิดของผงใหม่	ลักษณะทางกายภาพของฟิล์ม
ขาวขอนแก่น	ฟิล์มมีสีขาวใส มีการกระจายตัวผงใหม่ที่ดี
นางลาย	ฟิล์มมีสีเหลืองเข้ม มีการกระจายตัวผงใหม่ที่ไม่ดี
ขาวสุพรรณ	ฟิล์มมีสีขาวใส มีการกระจายตัวผงใหม่ที่ดีมาก
ด่านช้าง	ฟิล์มมีสีเหลือง มีการกระจายตัวผงใหม่ที่ไม่ดี

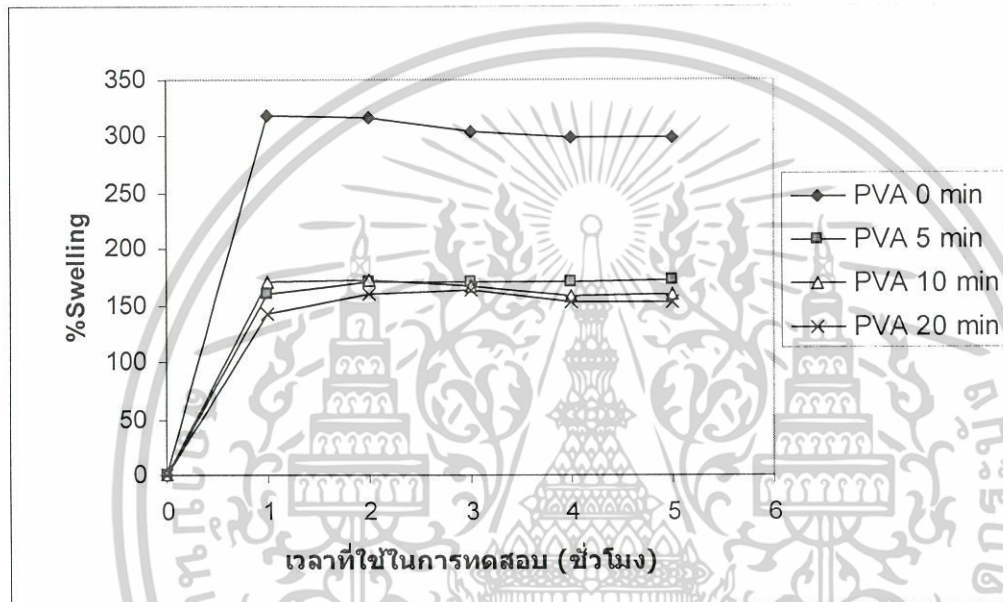
จากลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ได้มีผลมาจากชนิดและลักษณะของผงใหม่ (เซริซิน) โดยเซริซินที่มีสีขาวทำให้ฟิล์มที่เตรียมได้มีสีขาว และเซริซินที่มีสีเหลืองทำให้ฟิล์มที่เตรียมได้มีสีเหลือง สีของเซริซินยังมีผลทำให้การกระจายตัวของเซริซินในฟิล์มแตกต่างกัน โดยจากตารางเห็นได้ว่าเซริซินที่มีสีขาวทำให้มีการกระจายตัวที่ดีกว่าเซริซินที่มีสีเหลือง และเซริซินที่มีสีขาวสามารถลอกฟิล์มออกจากถาดได้ง่ายกว่าอีกด้วย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่ารางวัลตุ๊กตาสีเหลืองในเซริซินนางลายและด่านช้างมีผลต่อการกระจายตัวของเซริซินในฟิล์ม

4.4 การศึกษาสมบัติการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจล

ฟิล์มไฮโดรเจลมีความสามารถในการบวมน้ำและดูดซับน้ำได้มากกว่า 100% ค่าการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆเป็นแสดงได้ดังนี้

4.4.1 ชนิดของฟิล์มไฮโดรเจล

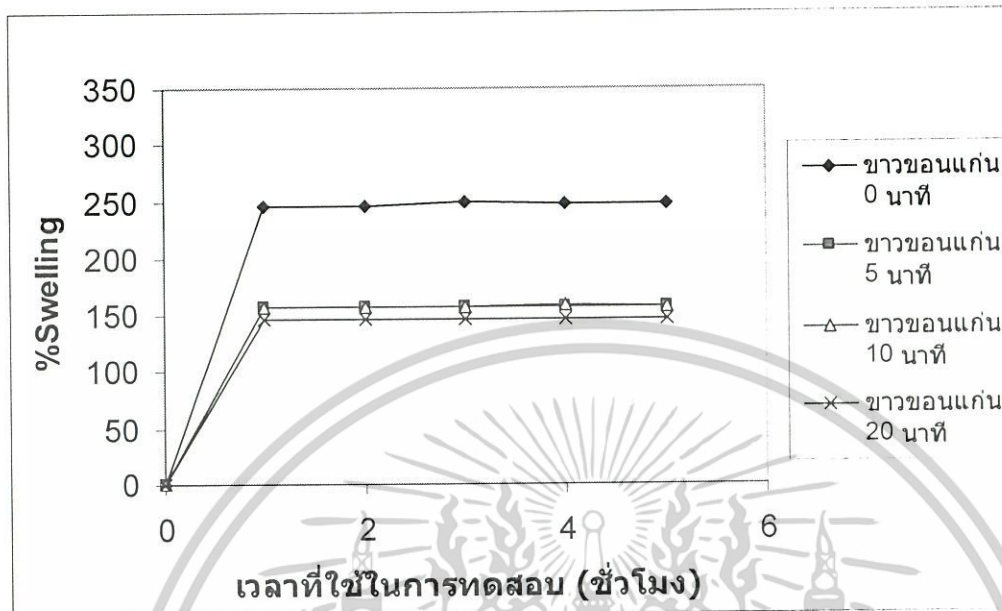
ก. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจล



รูปที่ 4.1 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์ม PVA 3% ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่แตกต่างกัน

จากรูป 4.1 พบว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ไม่มีการเชื่อมโยงด้วยกลูตารัลดีไฮด์ มีค่าการบวมน้ำสูงที่สุด และฟิล์ม PVA 3% ที่มีการเชื่อมโยงที่เวลา 5 10 และ 20 นาที มีค่าการบวมน้ำต่ำกว่าฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยง และที่ทุกเวลาการเชื่อมโยงการบวมน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่เวลาการเชื่อมโยงนานจะมีค่าการบวมน้ำต่ำกว่าเล็กน้อย

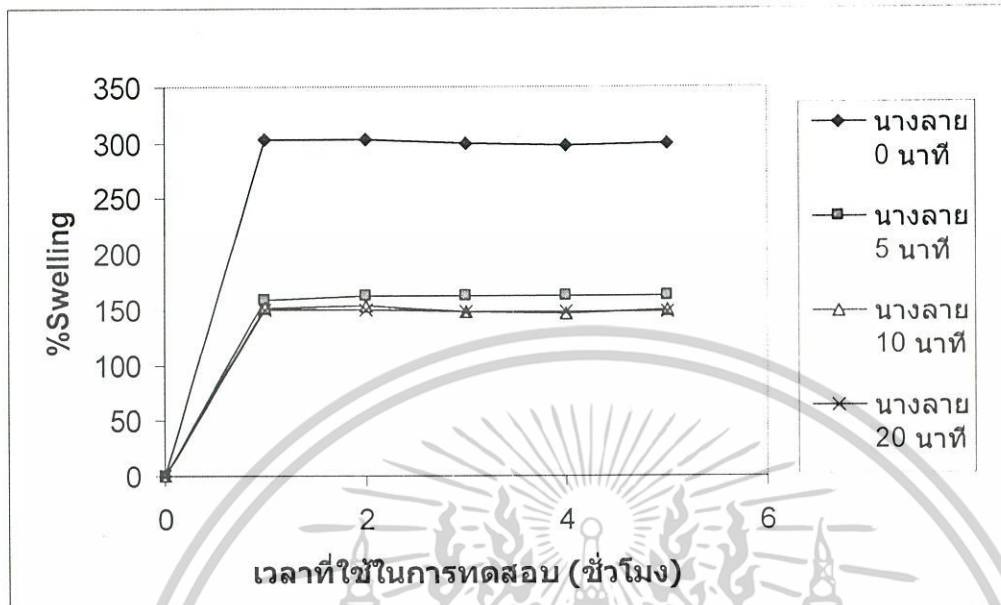
ข. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินขาวขอนแก่น



รูปที่ 4.2 แสดงค่าการบวมตัวของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินขาวขอนแก่น ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่แตกต่างกัน

จากรูป 4.2 พบว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมกับเซริซินจากรังไหมขาวขอนแก่นที่ไม่มีการเชื่อมโยงมีค่าการบวมน้ำสูงที่สุด ส่วนฟิล์มที่มีการเชื่อมโยงมีค่าบวมน้ำต่ำกว่าฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยง โดยที่เวลาการเชื่อมโยงมากมีผลทำให้มีค่าการบวมน้ำลดลง แต่ในเวลาการเชื่อมโยง 5 10 และ 20 นาที จะมีค่าการบวมน้ำใกล้เคียงกัน

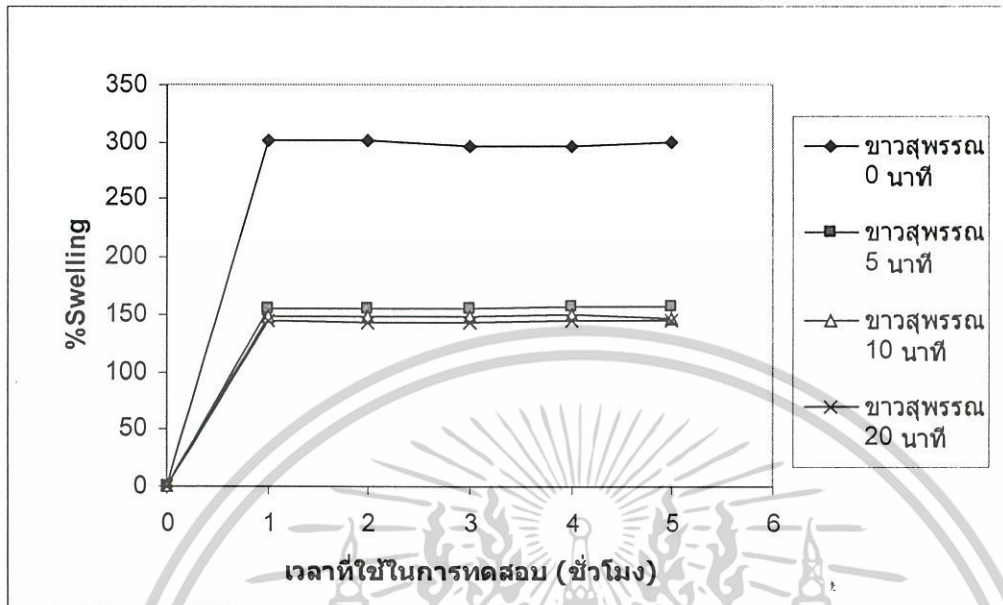
ค. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินนางลาย



รูปที่ 4.3 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินนางลาย ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่แตกต่างกัน

จากรูป 4.3 พบว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมกับเซริซินจากรังไหมนางลายโดยที่ไม่มีการเชื่อมโยงมีค่าการบวมน้ำสูงที่สุด ส่วนฟิล์มที่มีการเชื่อมโยงมีค่าการบวมน้ำต่ำกว่าฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยง และค่าการบวมน้ำจะต่ำลงเมื่อเวลาในการเชื่อมโยงมากขึ้น

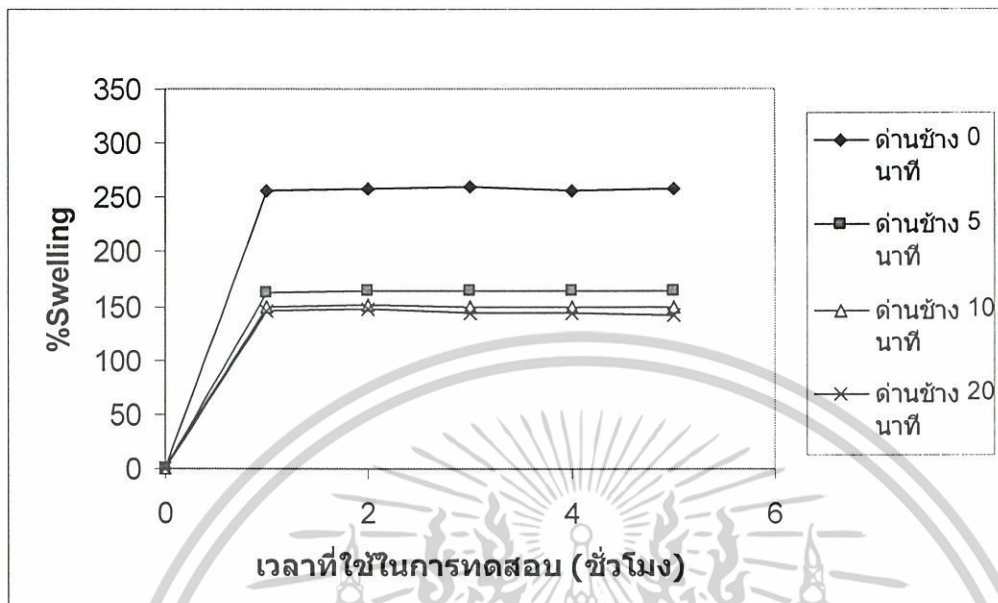
ง. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินขาวสุพรรณ



รูปที่ 4.4 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินขาวสุพรรณ ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่แตกต่างกัน

จากรูป 4.4 พบว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมกับเซริซินจากรังไหมขาวสุพรรณ โดยที่ไม่มีการเชื่อมโยงมีค่าการบวมน้ำสูงที่สุด ส่วนฟิล์มที่มีการเชื่อมโยงมีค่าการบวมน้ำต่ำกว่าฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยง และค่าการบวมน้ำจะต่ำลงเมื่อเวลาการเชื่อมโยงมากขึ้น

จ. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินด้านข้าง

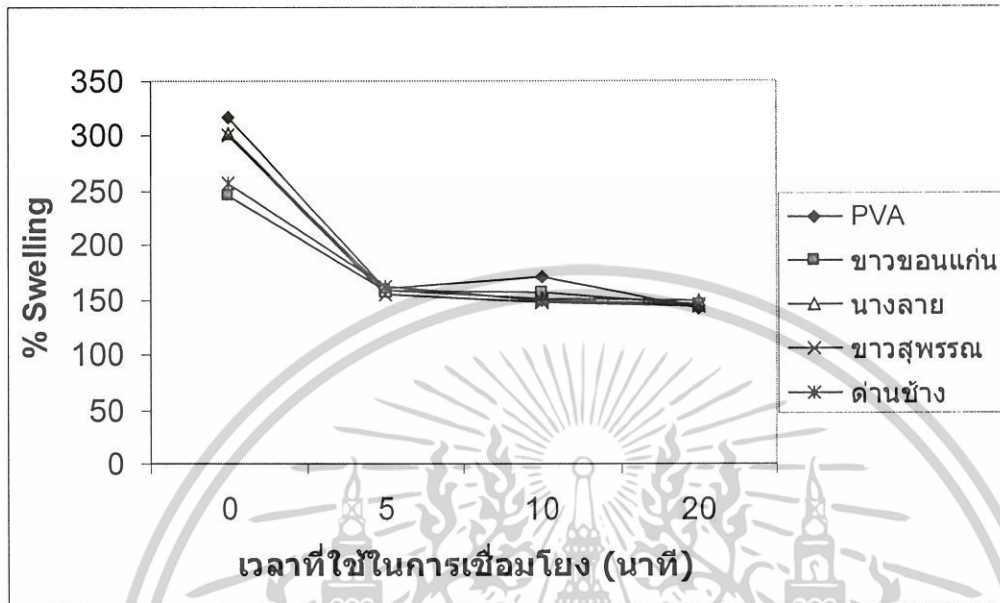


รูปที่ 4.5 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินด้านข้าง ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่แตกต่างกัน

จากรูป 4.5 พบว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมกับเซริซินจากรังไหมด้านข้างโดยที่ไม่มีการเชื่อมโยงมีค่าการบวมน้ำสูงที่สุด ส่วนฟิล์มที่มีการเชื่อมโยงมีค่าการบวมน้ำต่ำกว่าฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยง และค่าการบวมน้ำจะต่ำลงเมื่อเวลาการเชื่อมโยงมากขึ้น

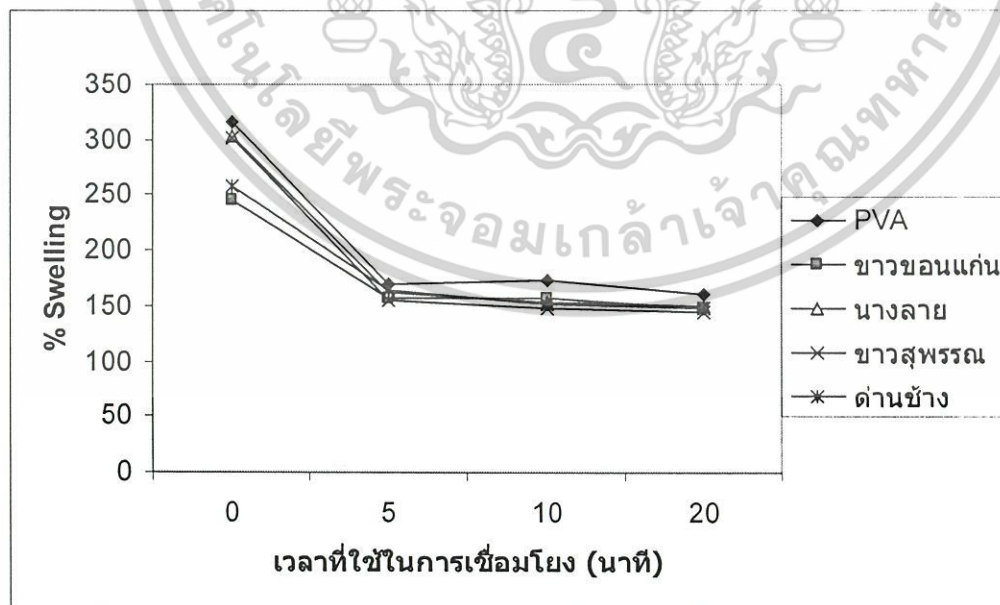
จากรูป 4.1-4.5 พบว่าอัตราการบวมน้ำของฟิล์มทุกชนิดมีค่าสูงที่สุดในชั่วโมงแรกของการทดสอบ และจะมีค่าลดลงเล็กน้อยจนคงที่ เพราะได้เข้าสู่ภาวะสมดุล จากกราฟยังสามารถบอกอัตราการบวมน้ำได้โดยชั่วโมงแรกของการทดสอบ มีอัตราการบวมน้ำมากกว่าฟิล์มบวมน้ำที่ใช้เวลาการทดสอบมาก โดยสังเกตได้จากเส้นกราฟที่ค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาการเชื่อมโยงมากขึ้น

4.4.2 เปรียบเทียบผลอัตราการบวมน้ำของฟิล์มทุกชนิดที่ชั่วโมงต่างๆของการทดสอบ
ก. ชั่วโมงแรก



รูปที่ 4.6 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 1 ชั่วโมง

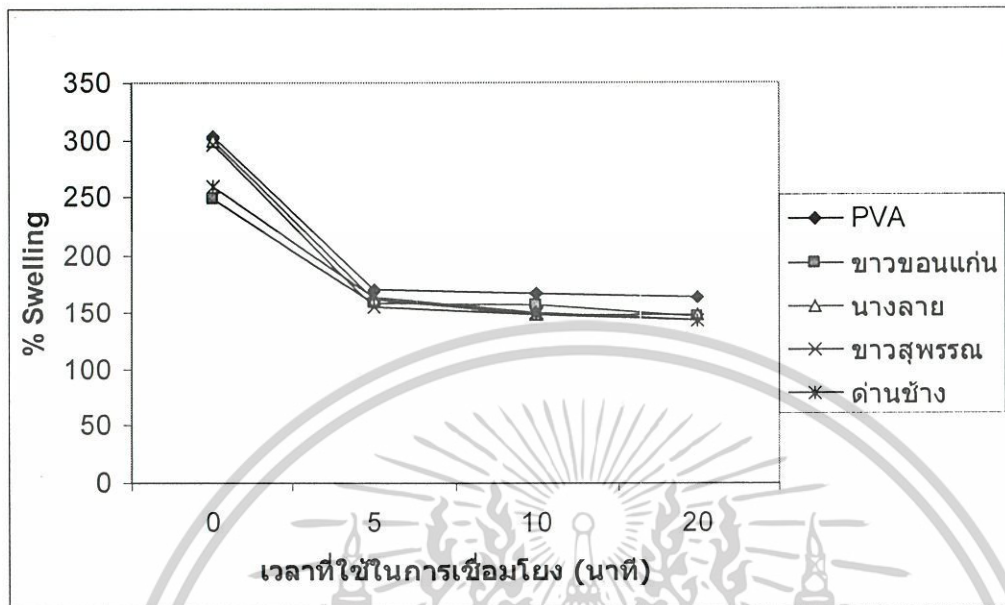
ข. ชั่วโมงที่ 2



รูปที่ 4.7 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 2 ชั่วโมง

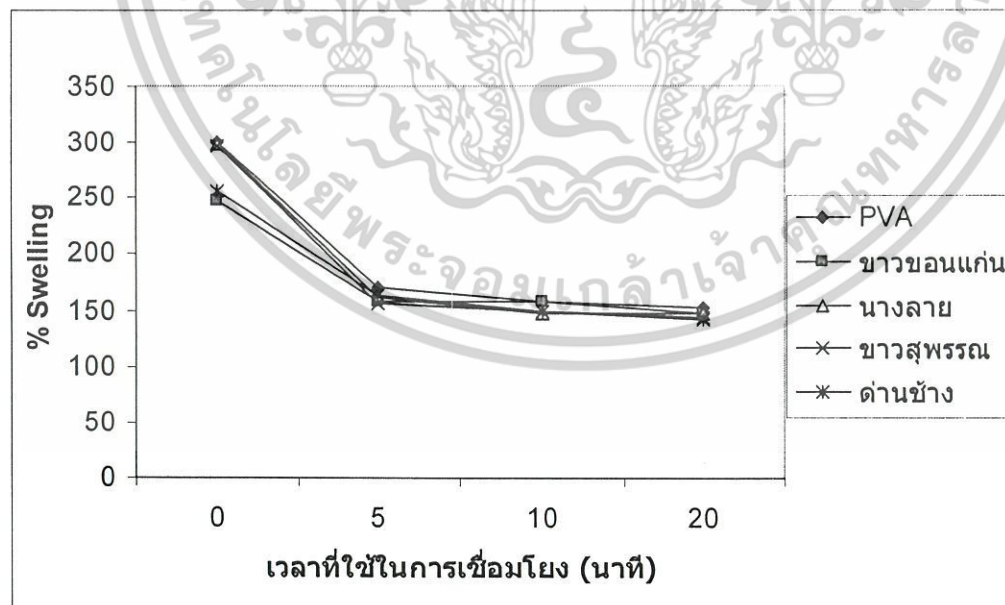
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ชั่วโมงที่ 3



รูปที่ 4.8 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 3 ชั่วโมง

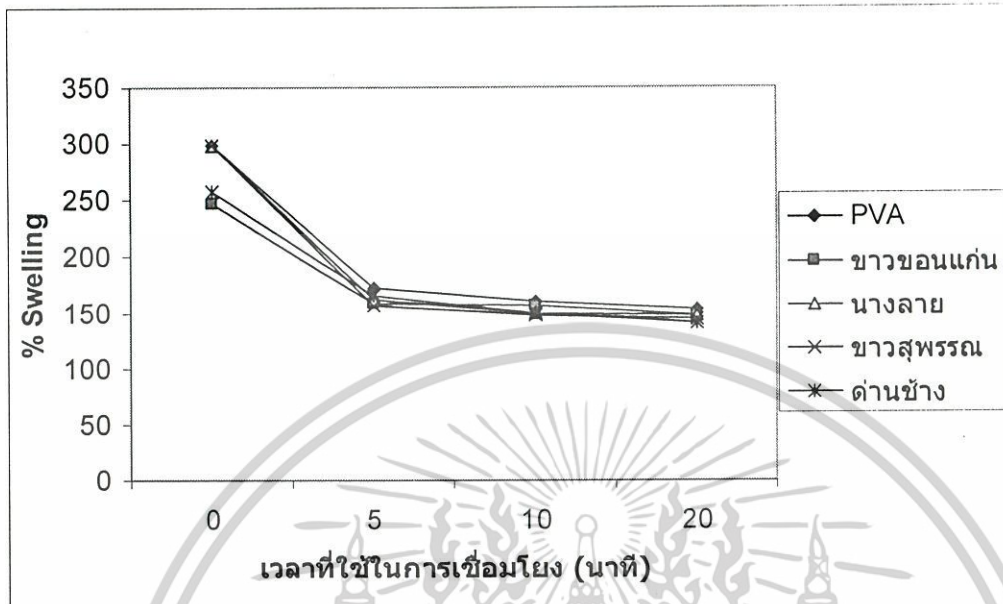
ง. ชั่วโมงที่ 4



รูปที่ 4.9 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. ชั่วโมงที่ 5



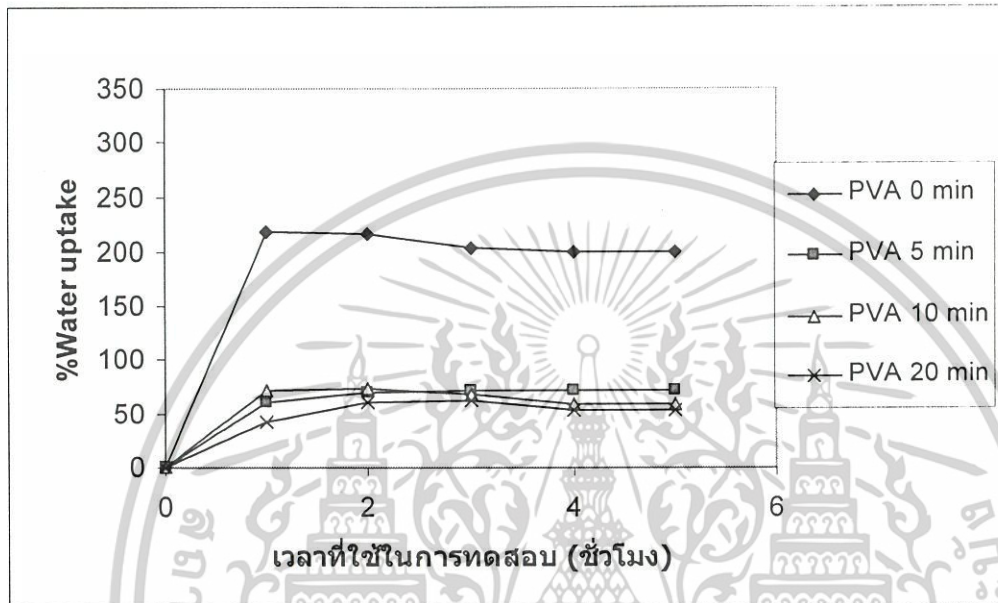
รูปที่ 4.10 แสดงค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 5 ชั่วโมง

จากรูป 4.6-4.10 พบว่า ฟิล์ม PVA 3% และฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมกับเซริซินจากรังไหมทุกชนิดคือ รังไหมขาวขอนแก่น รังไหมนางลาย รังไหมขาวสุพรรณ และรังไหมด้านข้าง มีค่าการบวมน้ำดังนี้ ฟิล์ม PVA 3% ในทุกช่วงชั่วโมงการทดสอบ (1 2 3 4 และ 5 ชั่วโมง) และในทุกช่วงเวลาการเชื่อมโยง (0 5 10 และ 20 นาที) มีค่าการบวมน้ำมากกว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมเซริซินจากรังไหมทุกชนิด เพราะว่าฟิล์ม PVA 3% ไม่มีความเกาะของโครงสร้างมากเมื่อเทียบกับฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมเซริซินจึงมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระที่สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า และฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมเซริซินจากรังไหมนางลายและขาวสุพรรณ มีค่าการบวมน้ำมากกว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมเซริซินจากรังไหมขาวขอนแก่นและด้านข้าง อาจเนื่องมาจากธรรมชาติของเซริซินชนิดต่างๆและการกระจายตัวของเซริซินในการเตรียมฟิล์ม และจากกราฟทั้งหมดยังเห็นได้ว่าค่าการบวมน้ำจะลดลงเมื่อเวลาการเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเชื่อมโยงด้วยกลูตารัลดีไฮด์ทำให้หมู่ไฮดรอกซิลอิสระลดลง ความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง

4.5 การศึกษาปริมาณน้ำที่ฟิล์มไฮโดรเจลดูดซับ

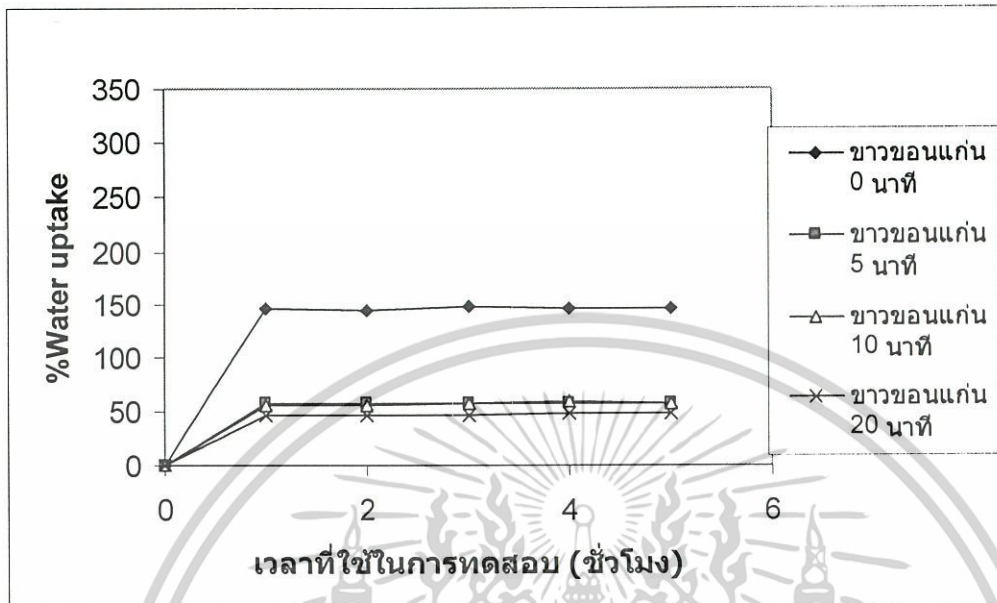
4.5.1 ชนิดของแผ่นฟิล์มไฮโดรเจล

ก. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจล



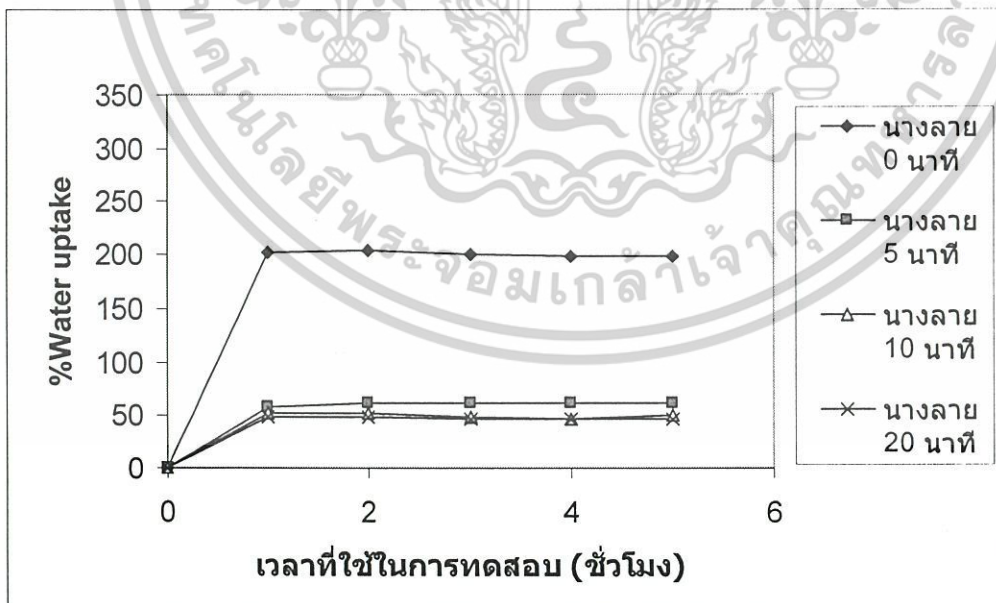
รูปที่ 4.11 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่ต่างกัน

ข. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินขาวขอนแก่น



รูปที่ 4.12 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินขาวขอนแก่น ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่แตกต่างกัน

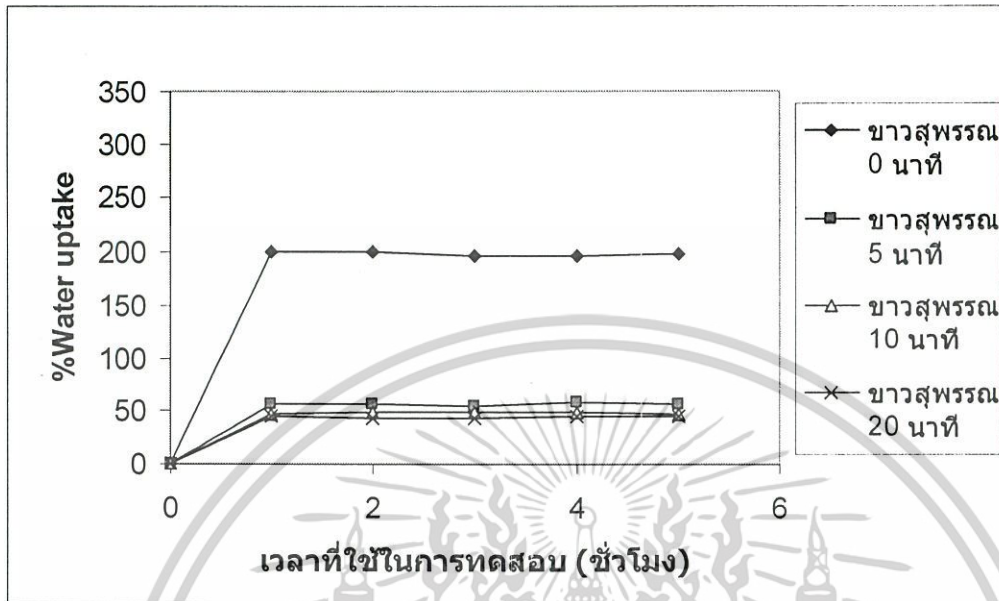
ค. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินนางลาย



รูปที่ 4.13 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินนางลาย ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่แตกต่างกัน

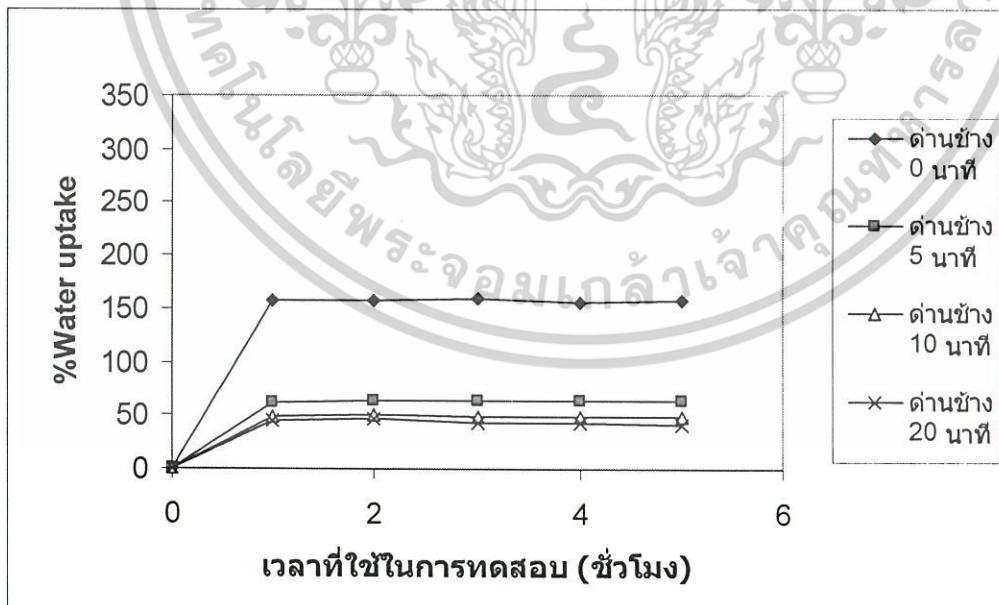
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินขาวสุพรรณ



รูปที่ 4.14 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินขาวสุพรรณ ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่แตกต่างกัน

จ. แผ่นฟิล์ม PVA ไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินด้านข้าง

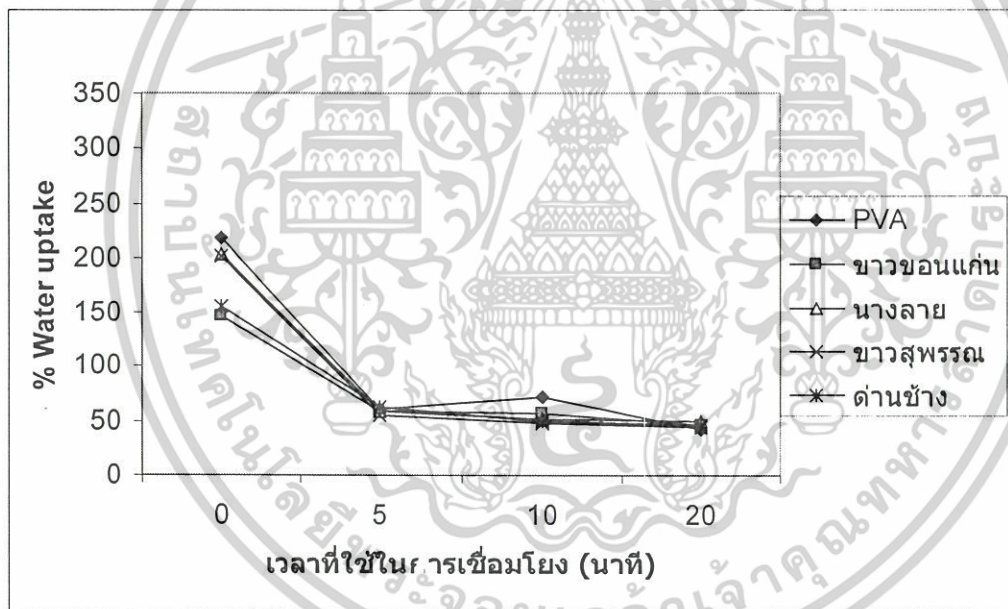


รูปที่ 4.15 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินด้านข้าง ที่มีการเชื่อมโยงในเวลาที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

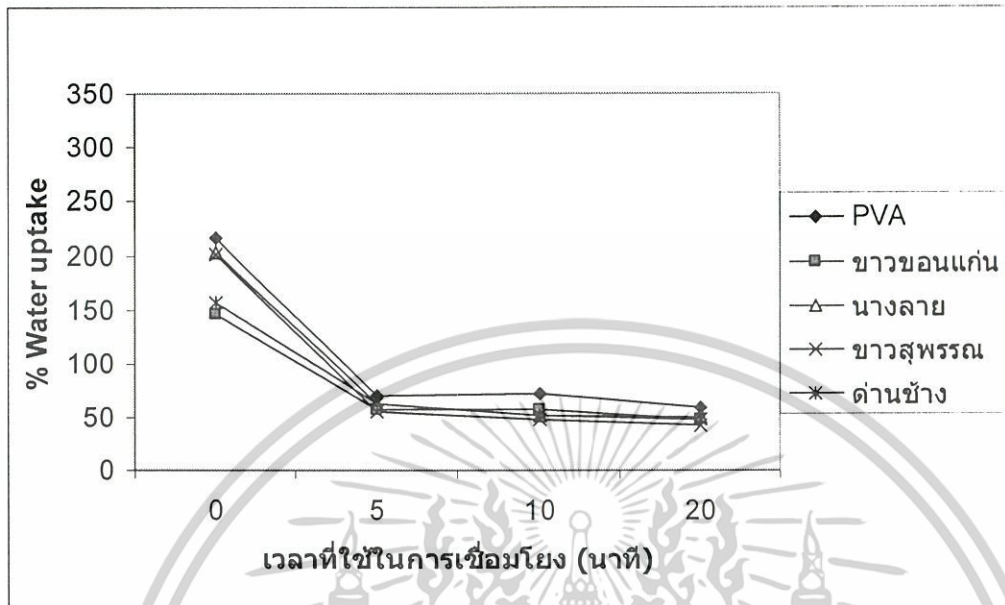
จากรูป 4.11-4.15 พบว่า ฟิล์ม PVA 3% (รูปที่ 4.11) และฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมกับเซรีซิน จากรังไหมทุกชนิดคือ รังไหมขาวขอนแก่น (รูปที่ 4.12) รังไหมนางลาย (รูปที่ 4.13) รังไหมขาวสุพรรณ (รูปที่ 4.14) และรังไหมด่านช้าง (รูปที่ 4.15) มีปริมาณน้ำที่ดูดซับลดลงเมื่อเวลาการเชื่อมโยงมากขึ้น ที่ 0 นาทีมีค่าการดูดซับน้ำมากที่สุด และลดลงเมื่อมีการเชื่อมโยงนานขึ้น ที่ 20 นาทีมีค่าการดูดซับน้ำต่ำกว่าที่ 10 นาที และที่ 10 นาทีมีค่าการดูดซับน้ำต่ำกว่าที่ 5 นาทีตามลำดับ อัตราการดูดซับน้ำของฟิล์มมีค่ามากที่สุดในชั่วโมงแรก และมีอัตราการดูดซับน้ำลดลงเมื่อเวลาการทดสอบมากขึ้น โดยสังเกตได้จากเส้นกราฟที่ค่อนข้างคงที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับในช่วงแรก

4.5.2 เปรียบเทียบผลอัตราการบวมตัวของฟิล์มทุกชนิดที่ชั่วโมงต่างๆของการทดสอบ ก. ชั่วโมงแรก



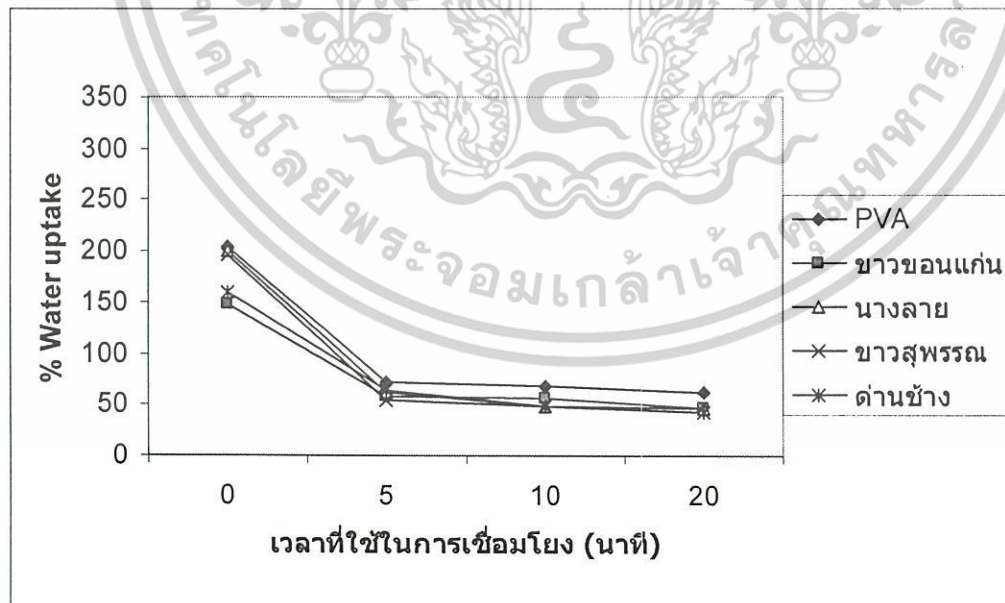
รูปที่ 4.16 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 1 ชั่วโมง

ข. ชั่วโมงที่ 2



รูปที่ 4.17 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 2 ชั่วโมง

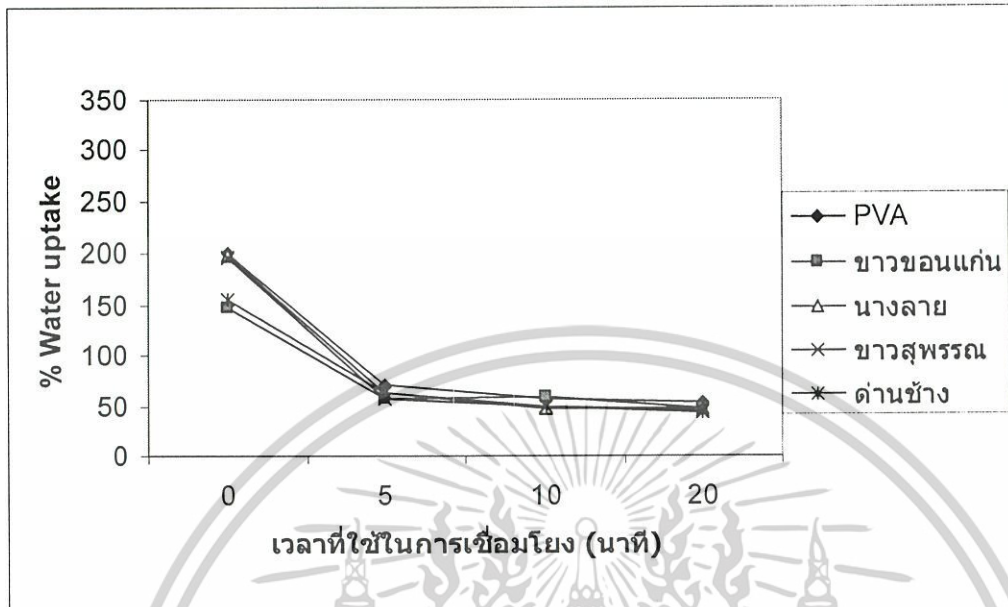
ค. ชั่วโมงที่ 3



รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 3 ชั่วโมง

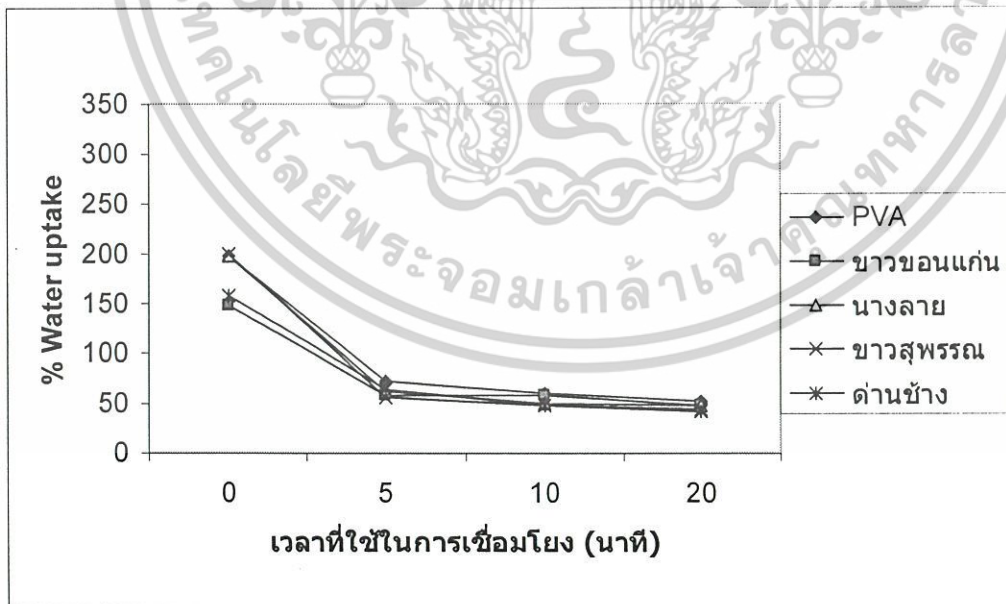
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. ชั่วโมงที่ 4



รูปที่ 4.19 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 4 ชั่วโมง

จ. ชั่วโมงที่ 5

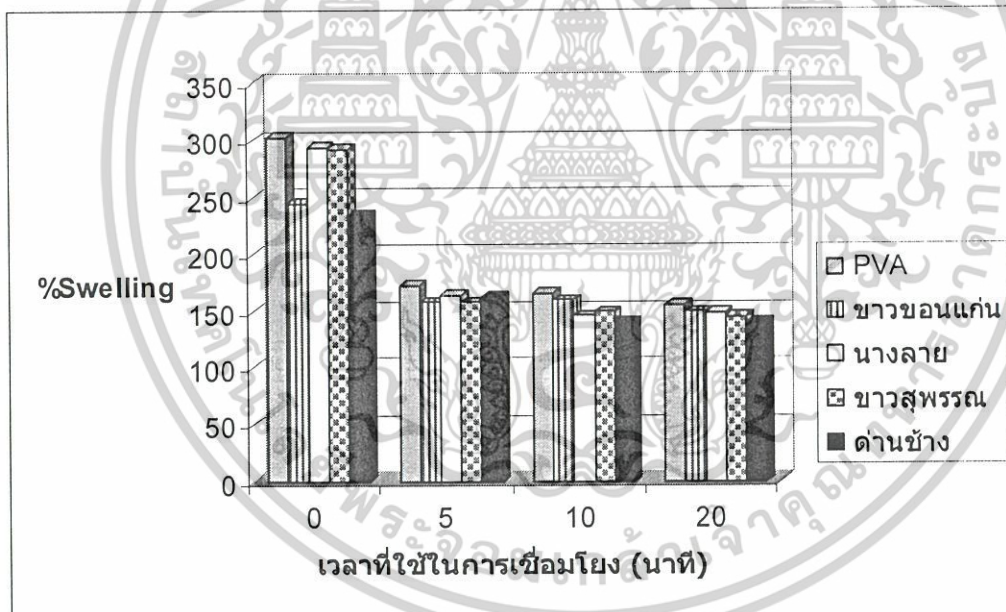


รูปที่ 4.20 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลาการทดสอบ 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.16-4.20 พบว่าฟิล์ม PVA 3% (รูปที่ 4.16) และฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมกับเซรีซินจากรังไหมทุกชนิดคือ รังไหมขาวขอนแก่น (รูปที่ 4.17) รังไหมนางลาย (รูปที่ 4.18) รังไหมขาวสุพรรณ (รูปที่ 4.19) และรังไหมด่านช้าง (รูปที่ 4.20) มีปริมาณน้ำที่ดูดซับดังนี้ ฟิล์ม PVA 3% ในทุกช่วงชั่วโมงการทดสอบ (1 2 3 4 และ 5 ชั่วโมง) และในทุกช่วงเวลาการเชื่อมโยง (0 5 10 และ 20 นาที) จะมีปริมาณน้ำที่ดูดซับมากกว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมเซรีซินจากรังไหมทุกชนิด (ในลักษณะเดียวกันกับค่าความสามารถในการบวมน้ำ รูป 4.6-4.10) และฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมเซรีซินจากรังไหมนางลายและขาวสุพรรณ จะมีปริมาณน้ำที่ดูดซับมากกว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมเซรีซินจากรังไหมขาวขอนแก่นและด่านช้าง และจากกราฟทั้งหมดยังเห็นได้ว่าปริมาณน้ำที่ดูดซับลดลงเมื่อเวลาการเชื่อมโยงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเชื่อมโยงจะมีผลทำให้หมู่ที่สามารถดูดซับน้ำได้ (หมู่ไฮดรอกซิลอิสระ) ลดลง

4.6 การศึกษาสมบัติการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลที่เวลา 24 ชั่วโมง



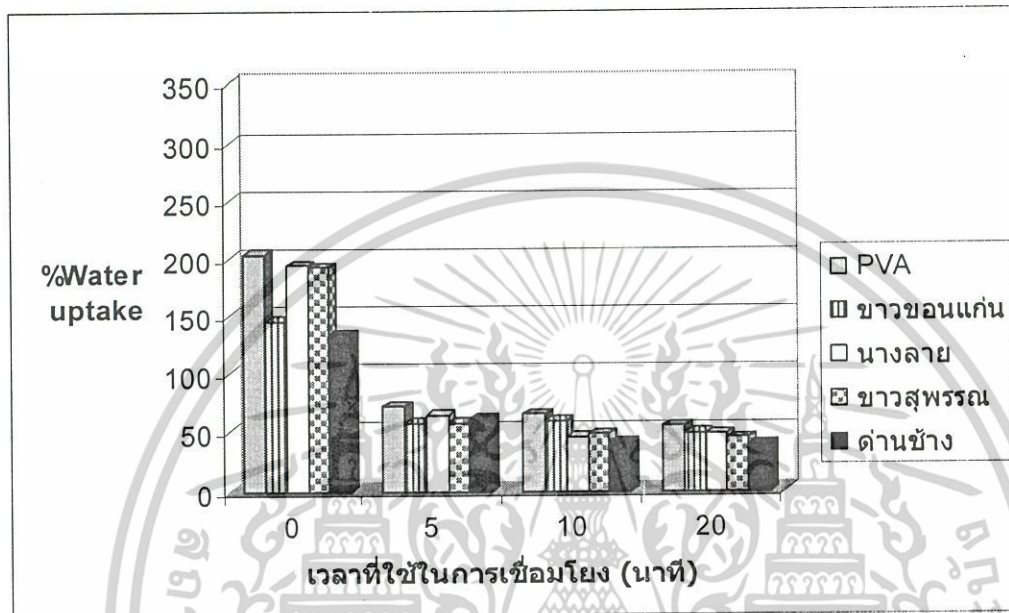
รูปที่ 4.21 แสดงค่าการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ

จากรูป 4.21 เป็นค่าการบวมน้ำของฟิล์มต่างๆที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าที่เวลา 0 นาทีหรือที่ไม่มีการเชื่อมโยง ฟิล์มทุกชนิดมีค่าการบวมน้ำมากกว่าฟิล์มที่มีการเชื่อมโยง 5 10 และ 20 นาที และฟิล์มที่ผสมเซรีซินจากรังไหมนางลายและขาวสุพรรณ มีค่าการบวมน้ำมากกว่าฟิล์มที่ผสมเซรีซินจากรังไหมขาวขอนแก่นและด่านช้าง และที่เวลาการเชื่อมโยง 5 10 และ 20 นาที ฟิล์ม PVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3% ยังคงมีค่าการบวมน้ำมากที่สุดแต่ลดลงตามเวลาการเชื่อมโยงที่เพิ่มขึ้น ส่วนฟิล์มผสมเซริซินต่างๆที่มีการเชื่อมโยง จะมีค่าการบวมน้ำลดลงเล็กน้อยในทุกเวลาการเชื่อมโยง

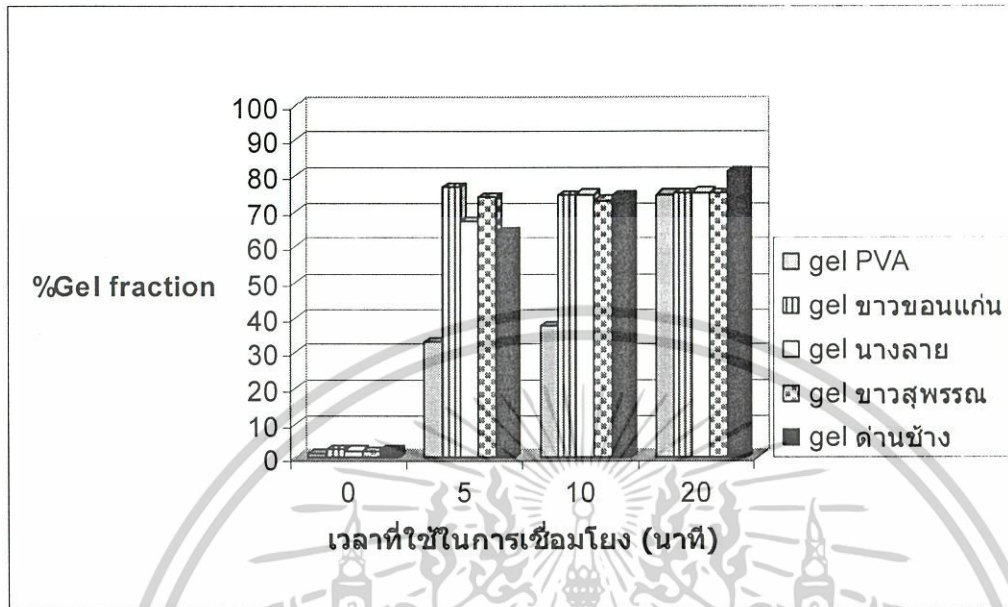
4.7 การศึกษาปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มไฮโดรเจลที่เวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.22 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับที่เวลา 24 ชั่วโมง ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆที่มีการเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ

จากรูป 4.22 เป็นปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มต่างๆที่เวลา 24 ชั่วโมง จะมีแนวโน้มเหมือนกันกับค่าการบวมน้ำคือ ที่เวลา 0 นาทีหรือที่ไม่มีการเชื่อมโยง ฟิล์มทุกชนิดปริมาณน้ำที่ดูดซับมากกว่าฟิล์มที่มีการเชื่อมโยง 5 10 และ 20 นาที และฟิล์มที่ผสมเซริซินจากรังไหมนางลายและขาวสุพรรณ มีปริมาณน้ำที่ดูดซับมากกว่าฟิล์มที่ผสมเซริซินจากรังไหมขาวขอนแก่นและดำน้าง และที่เวลาการเชื่อมโยง 5 10 และ 20 นาที ฟิล์ม PVA 3% ยังคงมีปริมาณน้ำที่ดูดซับมากที่สุดแต่ลดลงตามเวลาการเชื่อมโยงที่เพิ่มขึ้น ส่วนฟิล์มผสมเซริซินต่างๆที่มีการเชื่อมโยง จะมีปริมาณน้ำที่ดูดซับใกล้เคียงกันในทุกเวลาการเชื่อมโยง

4.8 การศึกษาค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) ของฟิล์มไฮโดรเจล



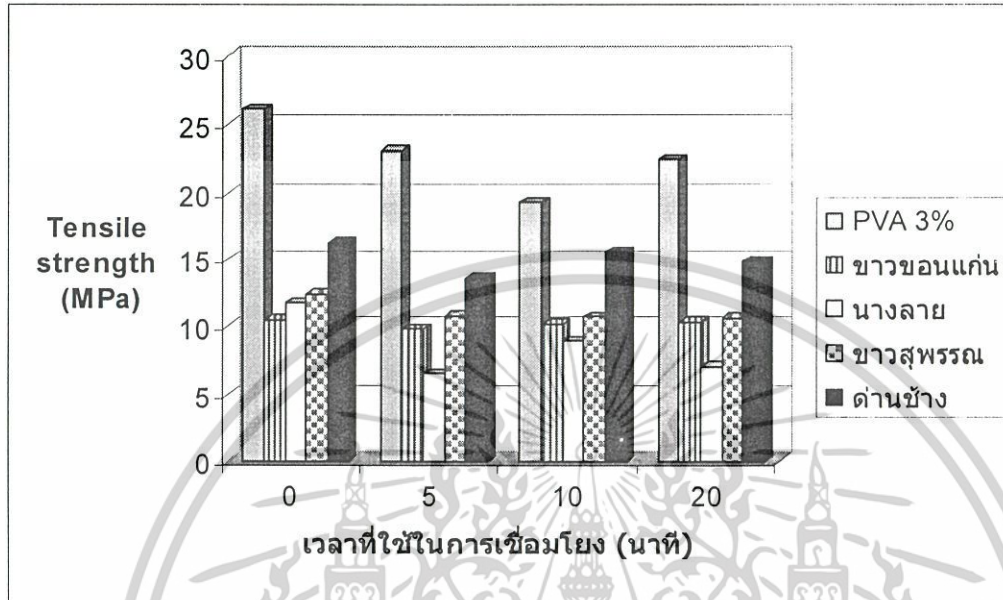
รูปที่ 4.23 แสดงค่าสัดส่วนเจล ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆที่การเชื่อม โยงในเวลาต่างๆ

จากรูป 4.23 เป็นค่าสัดส่วนเจลของฟิล์มที่เหลือจากการสกัดด้วยการต้มในน้ำร้อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าฟิล์มทุกชนิดที่ไม่มีการเชื่อมโยงมีค่าสัดส่วนของเจลด้อยกว่าหรือสามารถละลายได้ในน้ำร้อนจนเกือบหมด เพราะว่าทั้ง PVA และเซริซินต่างก็มีความสามารถในการละลายในน้ำได้ จึงเหลือในปริมาณน้อยเมื่อทำการสกัดด้วยน้ำร้อน ส่วนที่เวลาการเชื่อม โยง 5 10 และ 20 นาที จะมีค่าสัดส่วนเจลเพิ่มมากขึ้นโดยถ้ามีการเชื่อมโยงที่มาก มีผลทำให้มีค่าสัดส่วนเจลเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเชื่อมโยงจะไปลดหมู่ไฮดรอกซิลอิสระที่สามารถละลายในน้ำได้ จึงมีค่าการละลายน้ำลดลง (สัดส่วนเจลเพิ่มขึ้น) และในทุกเวลาการเชื่อม โยง ค่าสัดส่วนเจลของฟิล์ม PVA 3% มีค่าน้อยกว่าค่าสัดส่วนเจลของฟิล์มที่มีการผสมเซริซินจากรังใหม่ทุกชนิด เป็นเพราะว่าเซริซินที่อยู่ในฟิล์มเกิดการเชื่อม โยงกับกลูตาไรลดีไฮด์ด้วยและเป็นผลมาจากน้ำหนักของเซริซินที่ผสมลงไป

ฟิล์มไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินสีขาวมีค่าสัดส่วนเจลค่อนข้างคงที่ เมื่อเวลาที่ใช้ในการเชื่อม โยงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ฟิล์มไฮโดรเจลที่ผสมเซริซินสีเหลืองมีค่าสัดส่วนเจลเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการเชื่อม โยงเพิ่มขึ้น

4.9 การศึกษาสมบัติเชิงกล

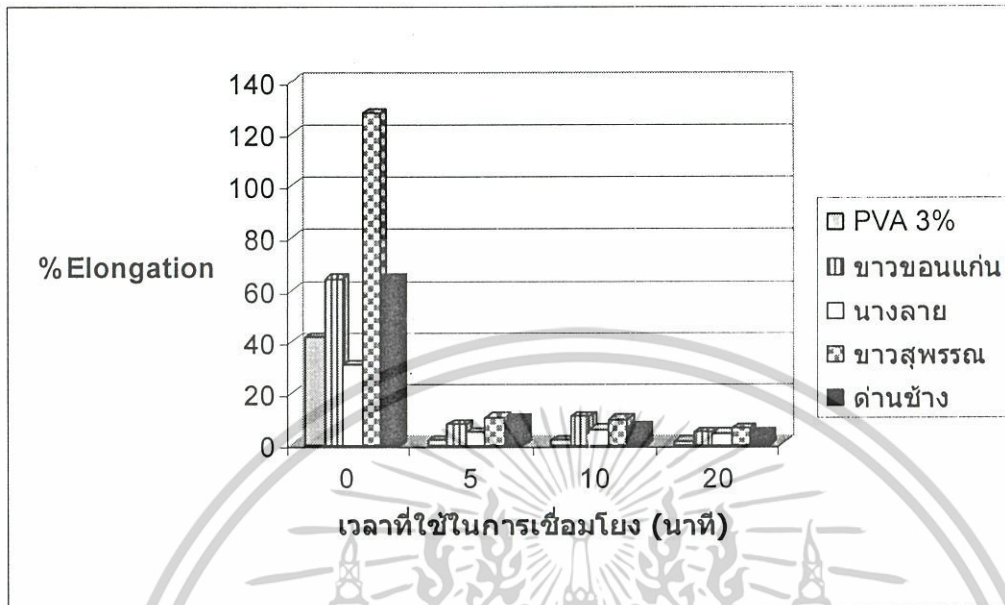
4.9.1 ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength)



รูปที่ 4.24 แสดงค่าความแข็งแรงดึง ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆ ที่การเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ

จากรูป 4.24 เป็นค่าความแข็งแรงดึงของฟิล์มต่างๆ โดยที่ ฟิล์ม PVA 3% มีแนวโน้มของค่าความแข็งแรงดึงลดลงเมื่อเวลาการเชื่อม โยงเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าพันธะเชื่อมโยงทำให้โครงสร้างแข็ง (Stiffness) มีการรับและกระจายแรงที่ไม่ดี แรงที่ใช้ในการดึงจนขาดจึงลดลง ค่าความแข็งแรงดึงของฟิล์ม PVA 3% มีค่ามากกว่าฟิล์มที่ผสมกับเซริซินจากรังไหมชนิดต่างๆ เนื่องจากโครงสร้างของสายโซ่พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในฟิล์ม PVA 3% มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลจึงมีความเป็นระเบียบมากกว่าฟิล์มที่มีการผสมเซริซิน แสดงว่าเซริซินไปรบกวนความเป็นระเบียบของสายโซ่ PVA ดังนั้นฟิล์ม PVA 3% จึงต้องใช้แรงในการดึงจนทำให้ขาดมากกว่า สำหรับฟิล์มที่ผสมกับเซริซินจากรังไหมชนิดต่างๆ พบว่าฟิล์มที่ผสมกับเซริซินจากรังไหมด่านช้างมีค่าความแข็งแรงดึงมากกว่าฟิล์มที่ผสมกับเซริซินจากรังไหมชนิดอื่นๆ

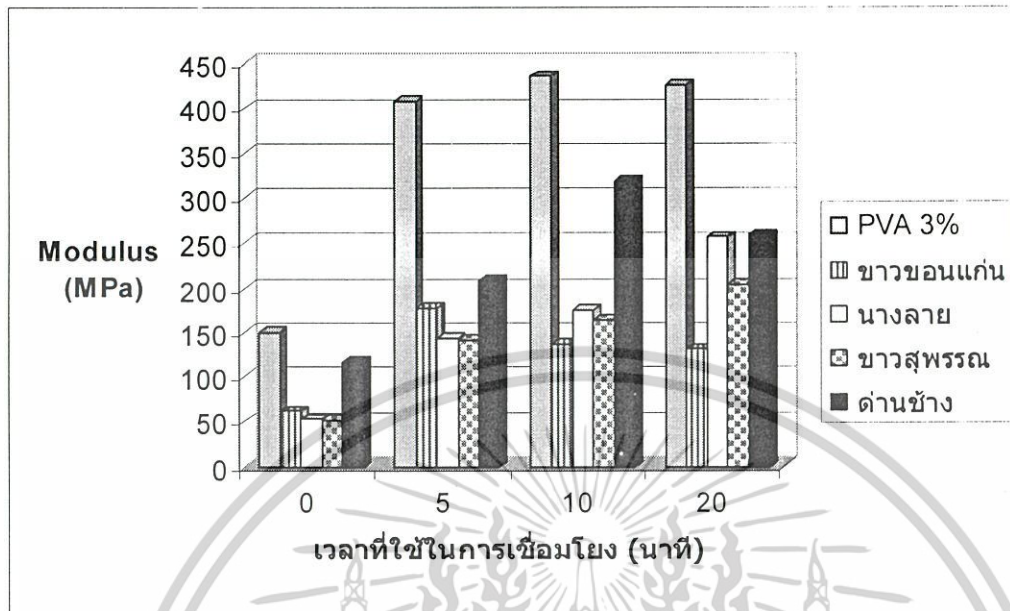
4.9.2 ค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break)



รูปที่ 4.25 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆ ที่การเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ

จากรูป 4.25 เป็นค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของฟิล์มต่างๆ ฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยงจะมีค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดมากที่สุด เพราะฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยงโครงสร้างของสายโซ่เกิดการเกี่ยวพันกัน และการเชื่อมโยงทำให้สายโซ่มีการเกี่ยวพันกันลดลง ความยืดหยุ่นลดลงหรือทำให้สายโซ่แข็งขึ้น ส่วนฟิล์มที่มีการเชื่อมโยงมีค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดลดลงมาก โดยถ้ามีการเชื่อมโยงมากทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดต่ำ และจากกราฟยังเห็นอีกว่าฟิล์มที่มีการผสมเซริซินทุกชนิดมีค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดสูงกว่าฟิล์ม PVA 3% เนื่องจากเซริซินที่ผสมลงในฟิล์มทำให้สายโซ่พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยการปลดความหนาแน่นของพันธะไฮโดรเจน โดยที่ฟิล์มที่ผสมเซริซินจากรังไหมขาวสุพรรณมีค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดสูงที่สุด

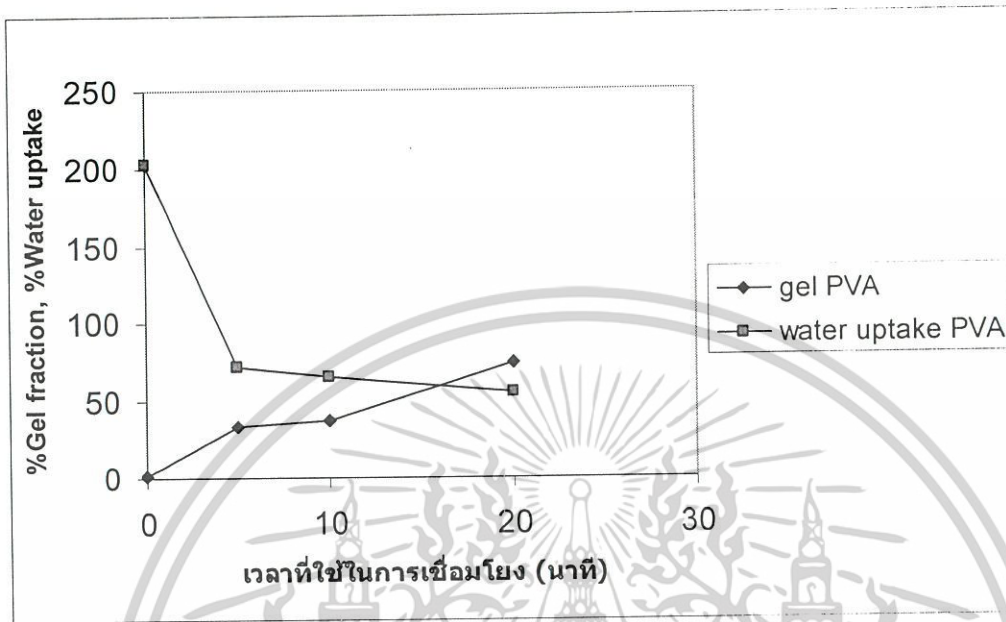
4.9.3 ค่ามอดูลัสของยัง (Young's modulus)



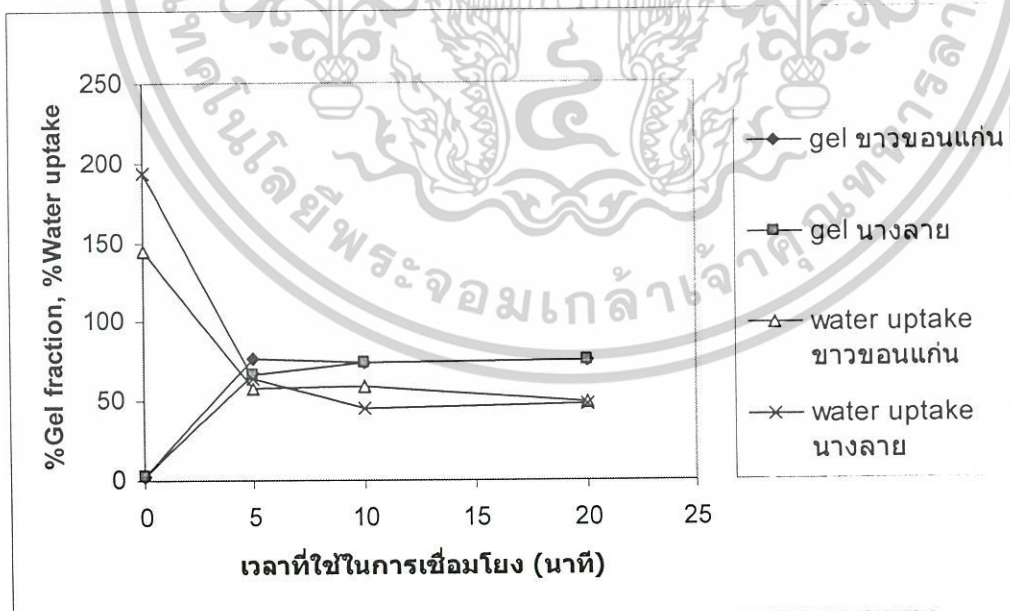
รูปที่ 4.26 แสดงค่ามอดูลัสของยัง ของฟิล์มไฮโดรเจลต่างๆ ที่การเชื่อม โยงในเวลาต่างๆ

จากรูป 4.26 เป็นค่าความแข็ง (Modulus) ของฟิล์มต่างๆ ฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อม โยงมีค่าความแข็งต่ำสุดเมื่อเทียบกับฟิล์มที่มีการเชื่อม โยง เวลาในการเชื่อม โยงมีผลต่อค่าความแข็งคือ ถ้าเวลา การเชื่อม โยงมากขึ้นทำให้มีค่าความแข็งมากขึ้น เนื่องจากการเชื่อม โยงด้วยกลูตาไรลดีไฮด์ทำให้ พันธะภายในโมเลกุลแข็งแรงขึ้นเพราะเป็นพันธะทางเคมี ซึ่งแตกต่างจากพันธะของฟิล์มที่ไม่มีการ เชื่อม โยง ซึ่งเป็นพันธะไฮโดรเจน จากกราฟพบว่าฟิล์ม PVA 3% มีค่าความแข็งมากกว่าฟิล์มที่มี การผสมเซริซินชนิดต่างๆ เพราะโครงสร้างการจัดเรียงของสายโซ่ฟิล์ม PVA 3% มีความเป็น ระเบียบมากกว่าฟิล์มที่มีการผสมเซริซิน เพราะว่าเซริซินที่ผสมไปลดความเป็นระเบียบของสายโซ่ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ฟิล์มที่มีการผสมเซริซินจากรังไหมดำน้างมีค่าความแข็งสูงกว่าฟิล์มที่มี การผสมเซริซินจากรังไหมชนิดอื่นๆ

4.10 การศึกษาผลของการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) และปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ที่ 24 ชั่วโมงของฟิล์มไฮโดรเจล



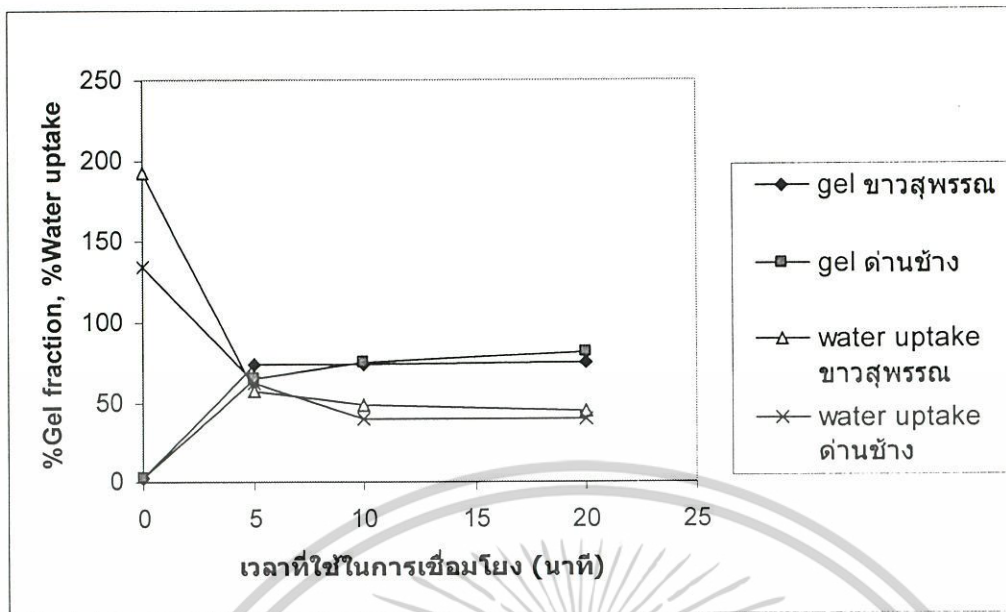
รูปที่ 4.27 แสดงค่าผลของการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) และปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ที่ 24 ชั่วโมง ของฟิล์มไฮโดรเจล PVA 3% ที่การเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ



รูปที่ 4.28 แสดงค่าผลของการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) และปริมาณน้ำที่ดูดซับ

(%Water uptake) ที่ 24 ชั่วโมง ของฟิล์มผสมเซริซินขาวขอนแก่น นางลาย ที่มีการเชื่อมโยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



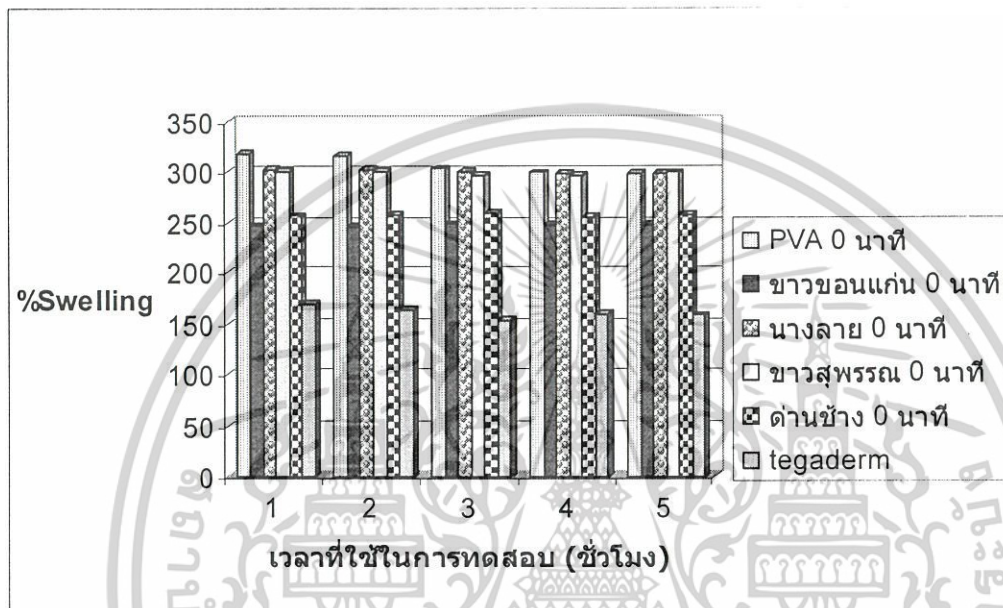
รูปที่ 4.29 แสดงค่าผลของการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) และปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ที่ 24 ชั่วโมง ของฟิล์มผสมเซริซินขาวสุพรรณและด่านช้าง ที่การเชื่อมโยงในเวลาต่างๆ

จากรูป 4.27-4.29 เป็นการเปรียบเทียบผลของค่าสัดส่วนเจลที่เหลือและปริมาณน้ำที่ดูดซับที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อฟิล์มมีค่าสัดส่วนเจลด้อยจะมีปริมาณน้ำที่ดูดซับมาก และเมื่อก่าสัดส่วนเจลเพิ่มขึ้นจะทำให้มีปริมาณน้ำที่ดูดซับลดลง โดยทั้ง 2 ปัจจัยมีผลมาจากค่าความหนาแน่นการเชื่อมโยง

4.11 ผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้และฟิล์มปิดแผลที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง (Tegaderm)

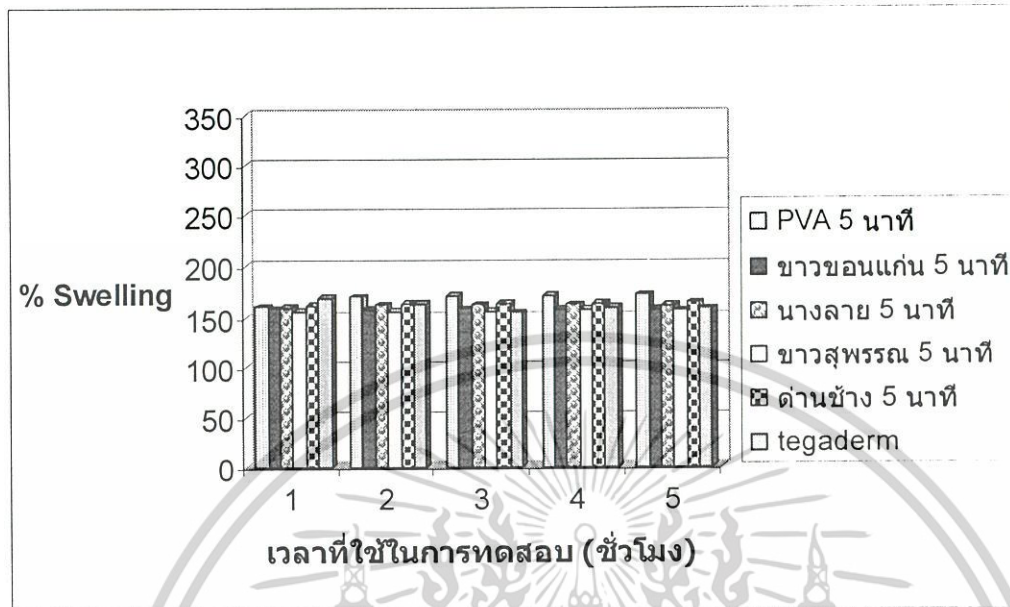
4.11.1 ค่าการบวมน้ำ (%Swelling)

ก. เมื่อไม่มีการเชื่อมโยงด้วยกลูตารัลดีไฮด์



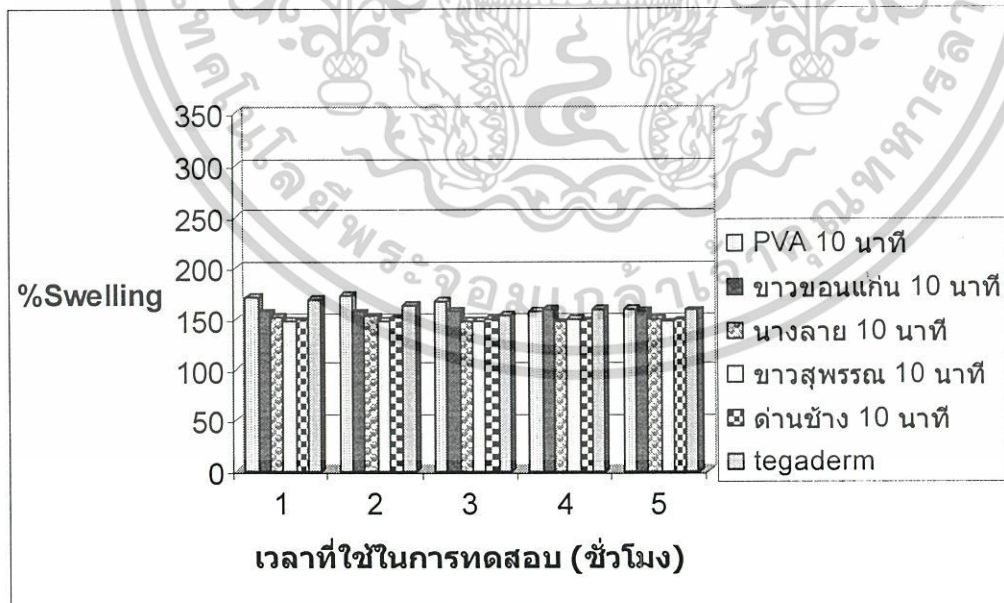
รูปที่ 4.30 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดยไม่มีการเชื่อมโยงและฟิล์มปิดแผลที่มีใช้จริงที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง (Tegaderm)

ข. เมื่อมีการเชื่อมโยงด้วยกลูตารัลดีไฮด์ 5 นาที



รูปที่ 4.31 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดยมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาทีและฟิล์มปิดแผลที่มีใช้จริงที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง (Tegaderm)

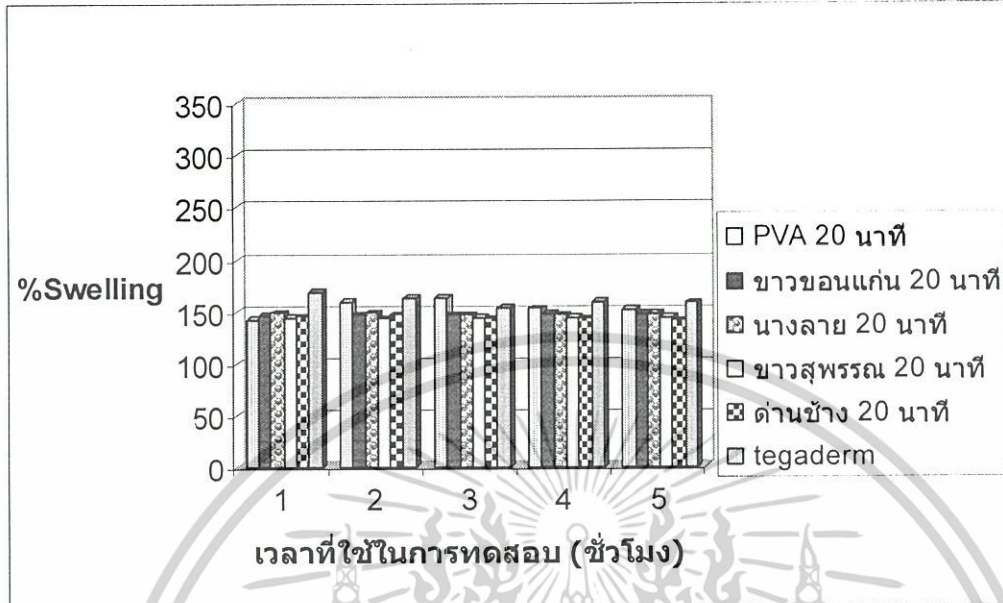
ค. เมื่อมีการเชื่อมโยงด้วยกลูตารัลดีไฮด์ 10 นาที



รูปที่ 4.32 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดยมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 10 นาทีและฟิล์มปิดแผลที่มีใช้จริงที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง (Tegaderm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. เมื่อมีการเชื่อมโยงด้วยกลูตารัลดีไฮด์ 20 นาที

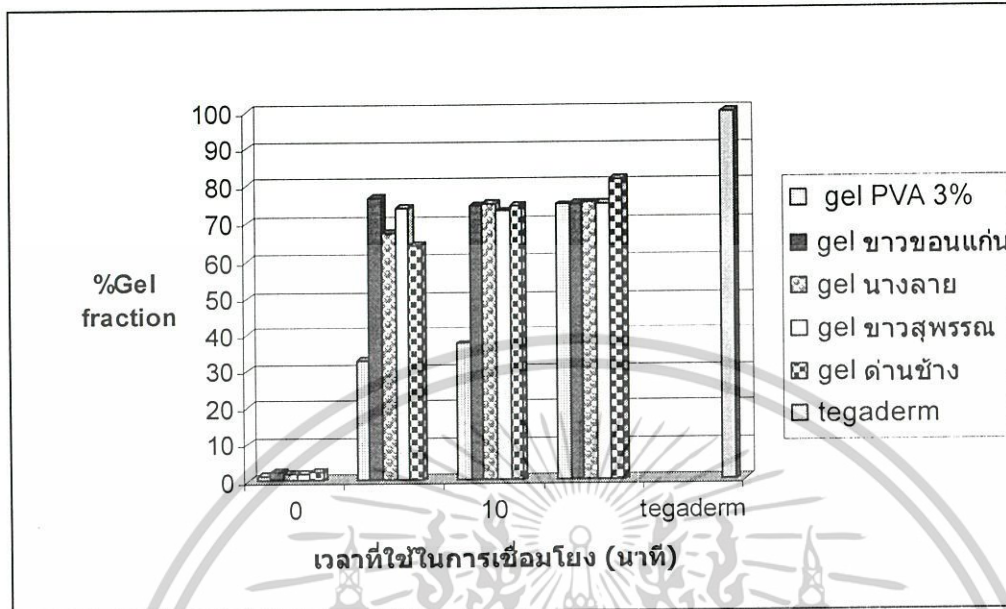


รูปที่ 4.33 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการบวมตัวของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดยมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 20 นาทีและฟิล์มปิดแผลที่มีใช้จริงที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง (Tegaderm)

จากรูป 4.30-4.33 เป็นการเปรียบเทียบค่าการบวมน้ำที่เวลาต่างๆของฟิล์ม PVA 3% ฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมเซรีซินจากรังไหมชนิดต่างๆ และฟิล์มปิดแผลที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง (Tegaderm) จากรูปที่ 4.30 เปรียบเทียบฟิล์มต่างๆที่ไม่มีการเชื่อมโยงและฟิล์มที่ใช้อ้างอิง รูปที่ 4.31 เปรียบเทียบฟิล์มต่างๆที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาทีและฟิล์มใช้อ้างอิง รูปที่ 4.32 เปรียบเทียบที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 10 นาทีและฟิล์มใช้อ้างอิง รูปที่ 4.33 เปรียบเทียบที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 20 นาทีและฟิล์มใช้อ้างอิง จากทั้งหมดจะเห็นได้ว่าค่าการบวมของฟิล์มปิดแผลที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง (Tegaderm) มีค่าใกล้เคียงกับค่าการบวมของฟิล์มต่างๆที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11.2 ค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction)



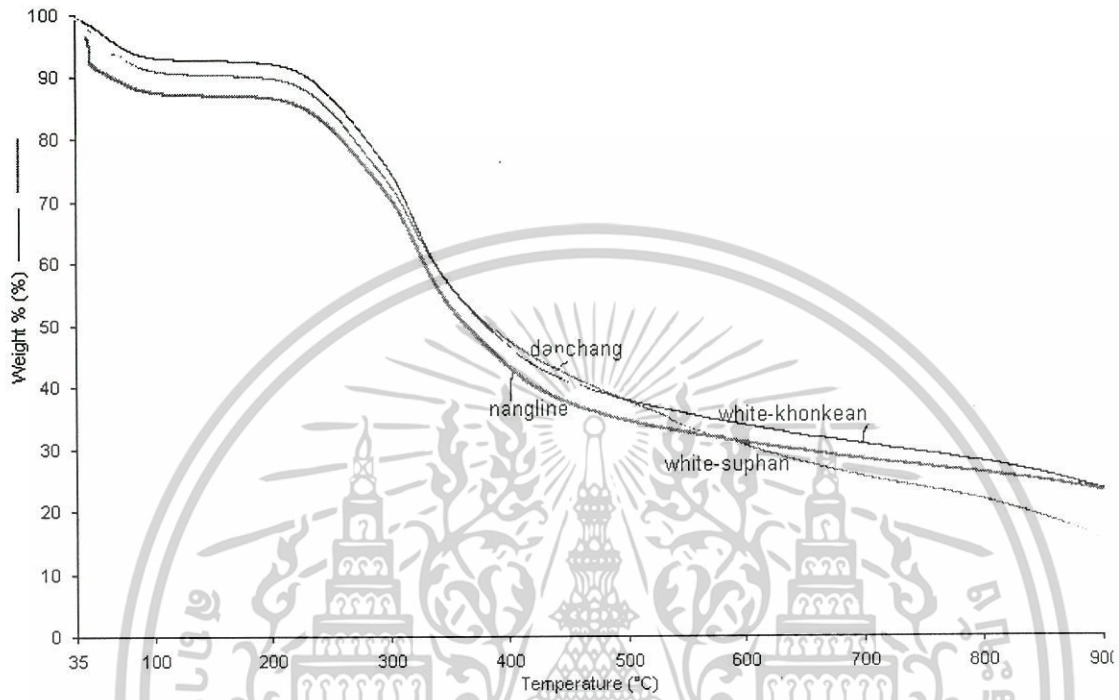
รูปที่ 4.34 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลของค่าสัดส่วนเจลของฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดยมีการเชื่อมโยงที่เวลาต่างกันและฟิล์มปิดแผลที่ใช้จริงที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง (Tegaderm)

จากรูป 4.34 เป็นการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเจลของฟิล์ม PVA 3% ฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมเซริซินจากรังไหมชนิดต่างๆ และฟิล์มปิดแผลที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง พบว่าค่าสัดส่วนเจลที่ได้เรียงลำดับดังนี้ ฟิล์มปิดแผลที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง มีค่าสัดส่วนเจล > ฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมเซริซินจากรังไหมชนิดต่างๆ > ฟิล์ม PVA 3% เนื่องจากฟิล์มที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง เป็นฟิล์มพอลิเมอร์สังเคราะห์ จาก Polyurethane และมีการเคลือบผิวด้วย Acrylic adhesive จึงไม่สามารถละลายน้ำได้

จากรูป 4.30-4.33 พบว่าฟิล์มที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง มีค่าสมบัติใกล้เคียงกับสมบัติของฟิล์มต่างๆที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที ดังนั้นจึงนำฟิล์มต่างๆที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที มาวิเคราะห์ต่อด้วยการหาค่าสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Thermogravimetric Analysis (TGA) และตรวจหาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

4.12 การศึกษาสมบัติทางความร้อนโดยใช้เทคนิค Thermogravimetric Analysis (TGA)

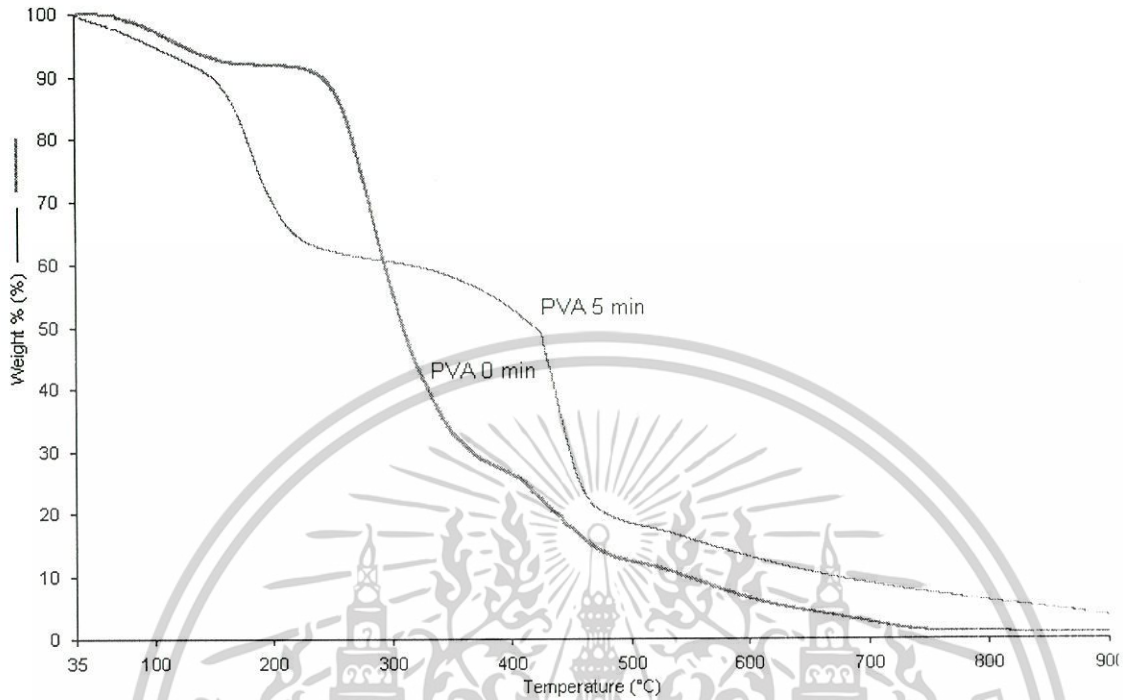
ก. เซริซีน



รูปที่ 4.35 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของเซริซีนชนิดต่างๆ

จากรูป 4.35 เป็นการวิเคราะห์ด้วย TGA ของผงเซริซีนทุกชนิดที่มีการผสมลงในฟิล์ม PVA พบว่ามีอุณหภูมิการสลายตัว 2 ช่วงคือที่อุณหภูมิประมาณ 270 และ 320 องศาเซลเซียส อธิบายได้ว่า ในองค์ประกอบของเซริซีนทุกชนิดมีโครงสร้างที่คล้ายๆกัน 2 ช่วง ช่วงแรกที่อุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส เป็นเซริซีนที่มีสายโซ่สั้นๆ และที่อุณหภูมิประมาณ 320 องศาเซลเซียส เป็นเซริซีนที่มีสายโซ่ยาวกว่า

ข. फिल्मไฮโดรเจล

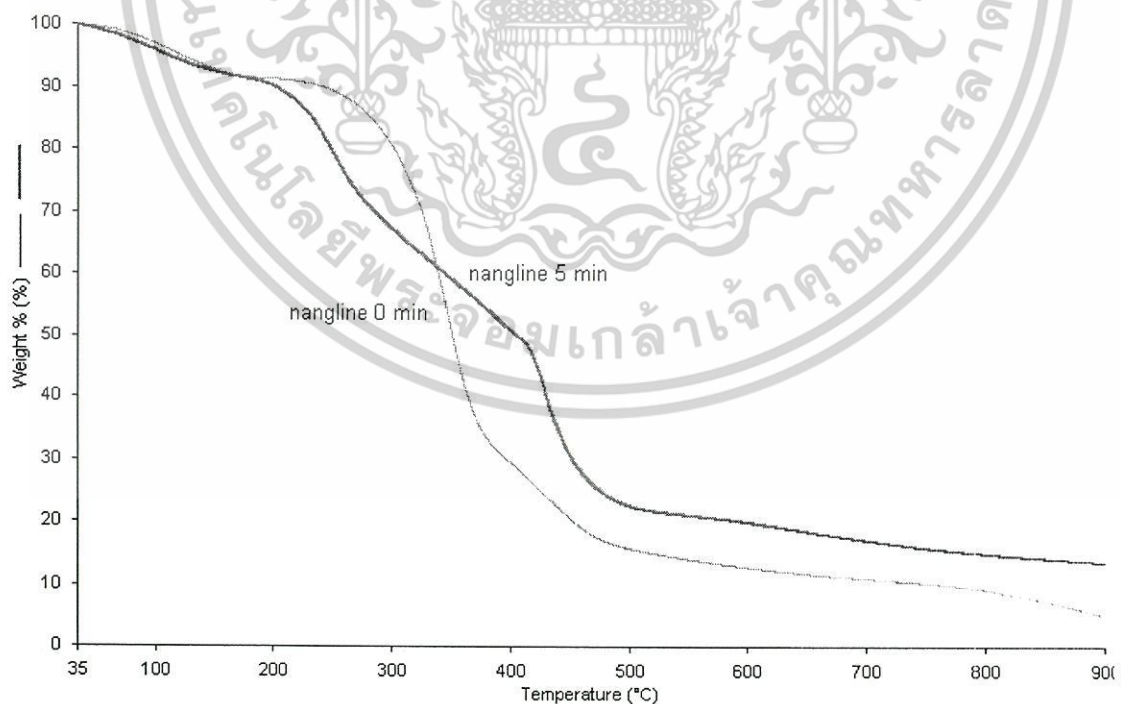


รูปที่ 4.36 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ที่ไม่มีการเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

จากรูป 4.36 เป็นการวิเคราะห์ห้ด้วย TGA ของ ฟิล์ม PVA 3% ที่ไม่มีการเชื่อมโยงเปรียบเทียบกับฟิล์ม PVA 3% ที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที จากรูปพบว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ไม่มีการเชื่อมโยงมีอุณหภูมิการสลายตัวที่ประมาณ 280 องศาเซลเซียสและมีปริมาณมาก บริเวณนี้น่าจะเป็นผลมาจากส่วนที่ไม่เป็นระเบียบของสายโซ่พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ส่วนบริเวณสลายตัวที่อุณหภูมิสูงคือประมาณ 440 และ 560 องศาเซลเซียสมีปริมาณน้อย บริเวณนี้เป็นผลจากส่วนที่เป็นระเบียบของสายโซ่พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เมื่อพิจารณาฟิล์ม PVA 3% ที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที มีอุณหภูมิการสลายตัว 2 ช่วงคือที่อุณหภูมิประมาณ 180 และ 435 องศาเซลเซียส อธิบายได้ว่า ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิการสลายตัวของสายโซ่ PVA สายสั้นๆที่ไม่สามารถเกิดพันธะเชื่อมโยง และที่อุณหภูมิการสลายตัว 435 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิการสลายตัวของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่เกิดพันธะเชื่อมโยง [24]

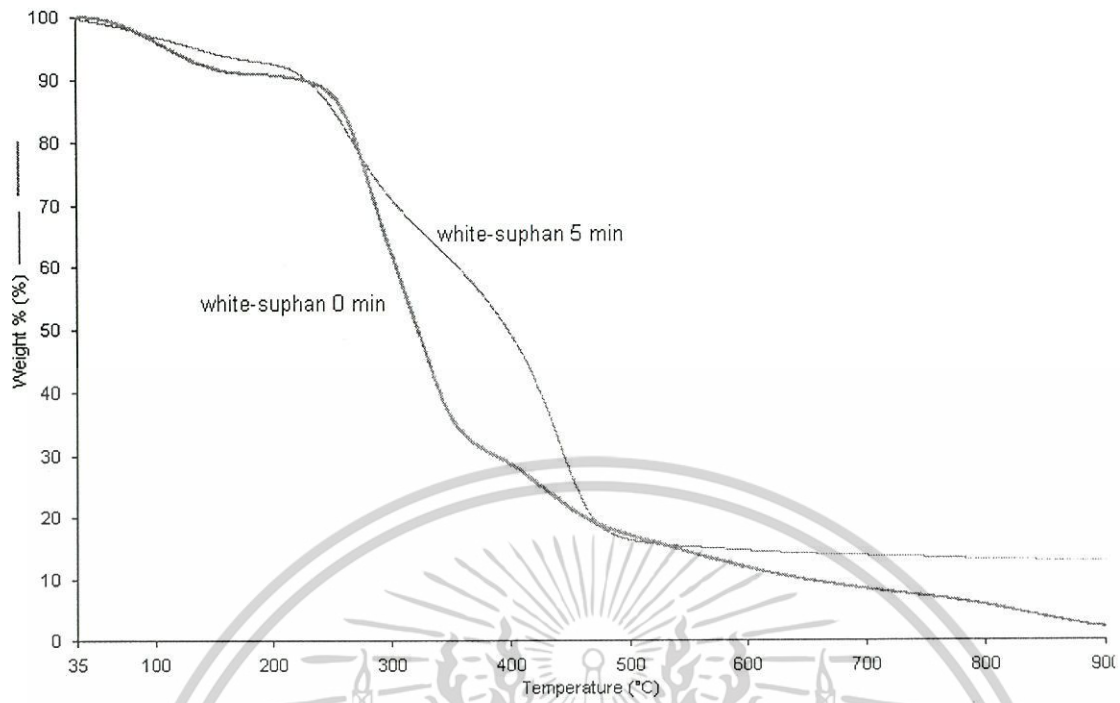


รูปที่ 4.37 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ผสมเชริชินขาวอนแก่นที่ไม่มีการเชื่อม โยงและมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

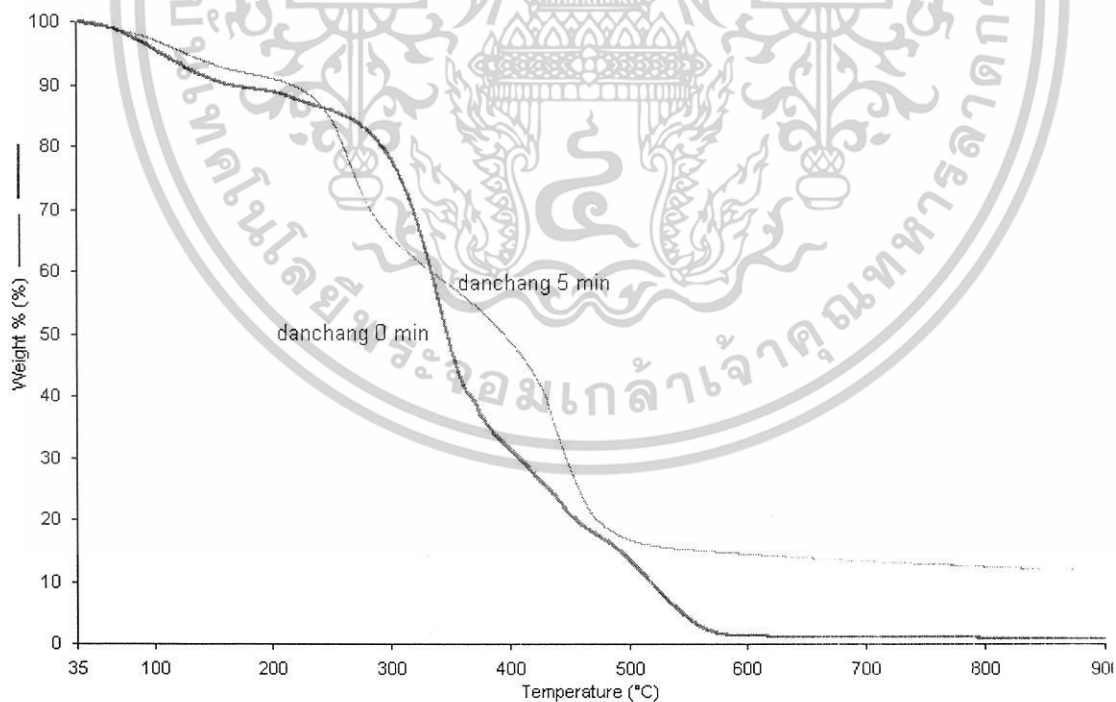


รูปที่ 4.38 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ผสมเชริชินนางลายที่ไม่มีการเชื่อม โยงและมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริชินขาวสุพรรณที่ไม่มีการเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

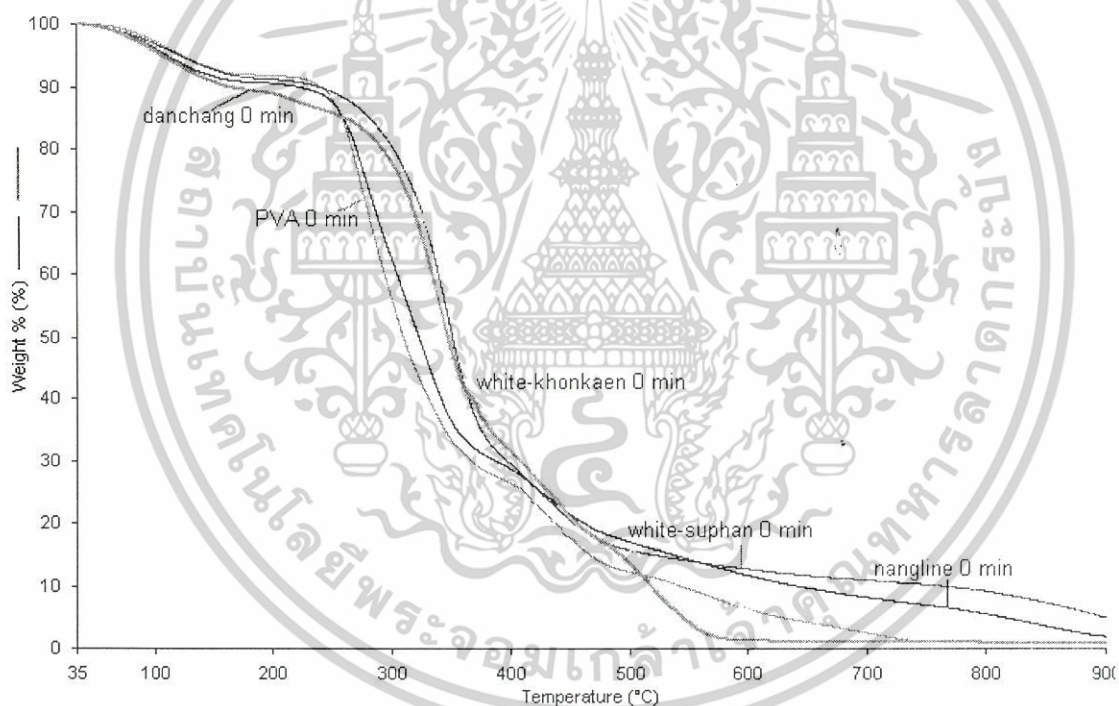


รูปที่ 4.40 แสดงค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริชินด้านข้างที่ไม่มีการเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.37-4.40 เป็นผลการวิเคราะห์ด้วย TGA ของฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมเซริซินจากรังไหมทุกชนิดคือขาวขอนแก่น นางลาย ขาวสุพรรณ และดำน้าง ทั้งที่ไม่มีการเชื่อมโยงและที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที พบว่าฟิล์มผสมเซริซินทุกชนิดที่ไม่มีการเชื่อมโยงมีอุณหภูมิการสลายตัวที่ใกล้เคียงกันคือที่ประมาณ 340 องศาเซลเซียส และยังมีบางส่วนที่สลายตัวที่อุณหภูมิสูงโดยที่เป็นผลเช่นเดียวกับฟิล์ม PVA 3% ที่ไม่มีการเชื่อมโยง ในส่วนของฟิล์มผสมที่มีการเชื่อมโยงมีอุณหภูมิการสลายตัว 2 ช่วงคือ ที่อุณหภูมิ 260 และ 430 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิการสลายตัวของสายโซ่ PVA และเซริซินสายสั้นๆที่ไม่สามารถเกิดพันธะเชื่อมโยง และที่อุณหภูมิการสลายตัว 430 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิการสลายตัวของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และเซริซินที่สามารถเกิดพันธะเชื่อมโยงได้

ค. เปรียบเทียบฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยง



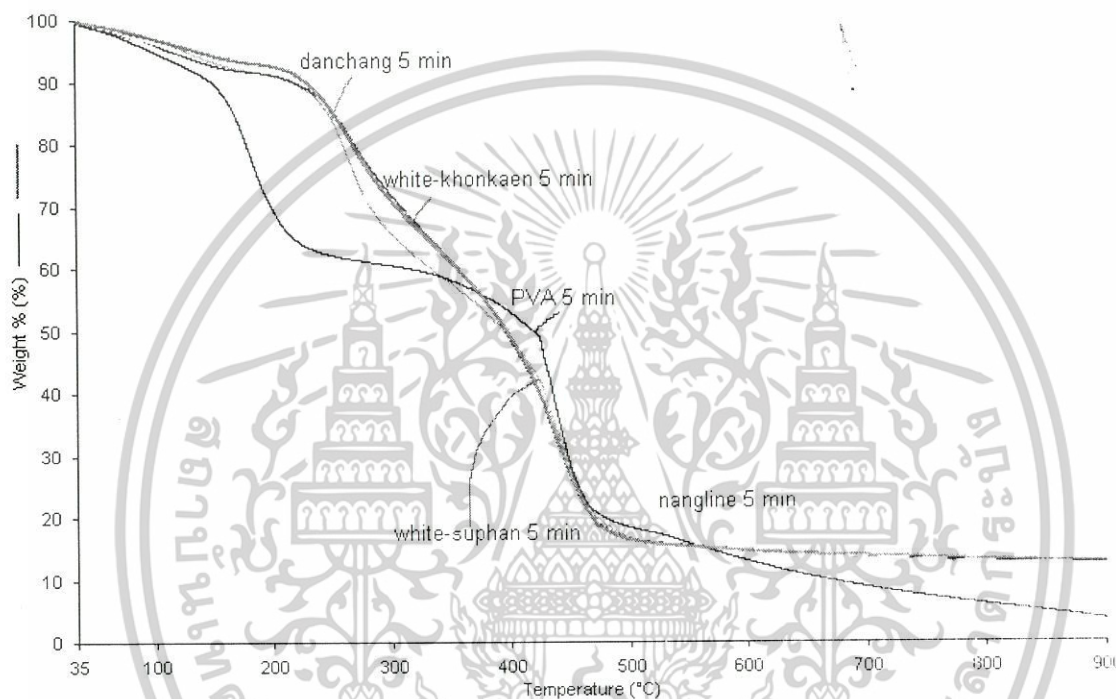
รูปที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลทุกชนิด โดยที่ไม่มีการเชื่อมโยง

จากรูป 4.41 เป็นผลการวิเคราะห์ด้วย TGA ที่เปรียบเทียบกันของฟิล์ม PVA 3% และฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมเซริซินจากรังไหมชนิดต่างๆที่ไม่มีการเชื่อมโยง ฟิล์ม PVA 3% มีการสลายตัวช่วงแรกที่ดีกว่าฟิล์ม PVA 3% ที่ผสมเซริซินจากรังไหมทุกชนิด แสดงว่าเซริซินที่ผสมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปใน PVA 3% ทำให้มีค่าอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มสูงขึ้น เป็นเพราะว่ามีการเกี่ยวพันของสายโซ่ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับสายโซ่เซรีซิน ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อทำให้เกิดการสลายตัว และในช่วงการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงมีแนวโน้มของอุณหภูมิการสลายตัวใกล้เคียงกันทั้งหมดแสดงว่าเซรีซินไม่สามารถแทรกตัวในโครงสร้างที่เป็นระเบียบของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ได้

ง. เปรียบเทียบฟิล์มที่มีการเชื่อมโยง 5 นาที



รูปที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลทุกชนิดโดยมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

จากรูป 4.42 เป็นผลการวิเคราะห์ด้วย TGA เมื่อเปรียบเทียบฟิล์ม PVA 3% และฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมเซรีซินจากรังไหมชนิดต่างๆ แต่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที พบว่าฟิล์ม PVA 3% ที่มีการเชื่อมโยงมีอุณหภูมิการสลายตัวในช่วงแรกต่ำกว่าฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมเซรีซินจากรังไหมทุกชนิด แสดงว่าเซรีซินที่ผสมอยู่ในฟิล์มมีผลต่ออุณหภูมิการสลายตัวคือทำให้มีอุณหภูมิการสลายตัวที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับฟิล์ม PVA 3% เป็นเพราะว่ามีการเกี่ยวพันของสายโซ่ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับสายโซ่เซรีซิน ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อทำให้เกิดการสลายตัว ส่วนการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงเป็นการสลายตัวของ PVA และเซรีซินที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับกลูตาไรลดีไฮด์

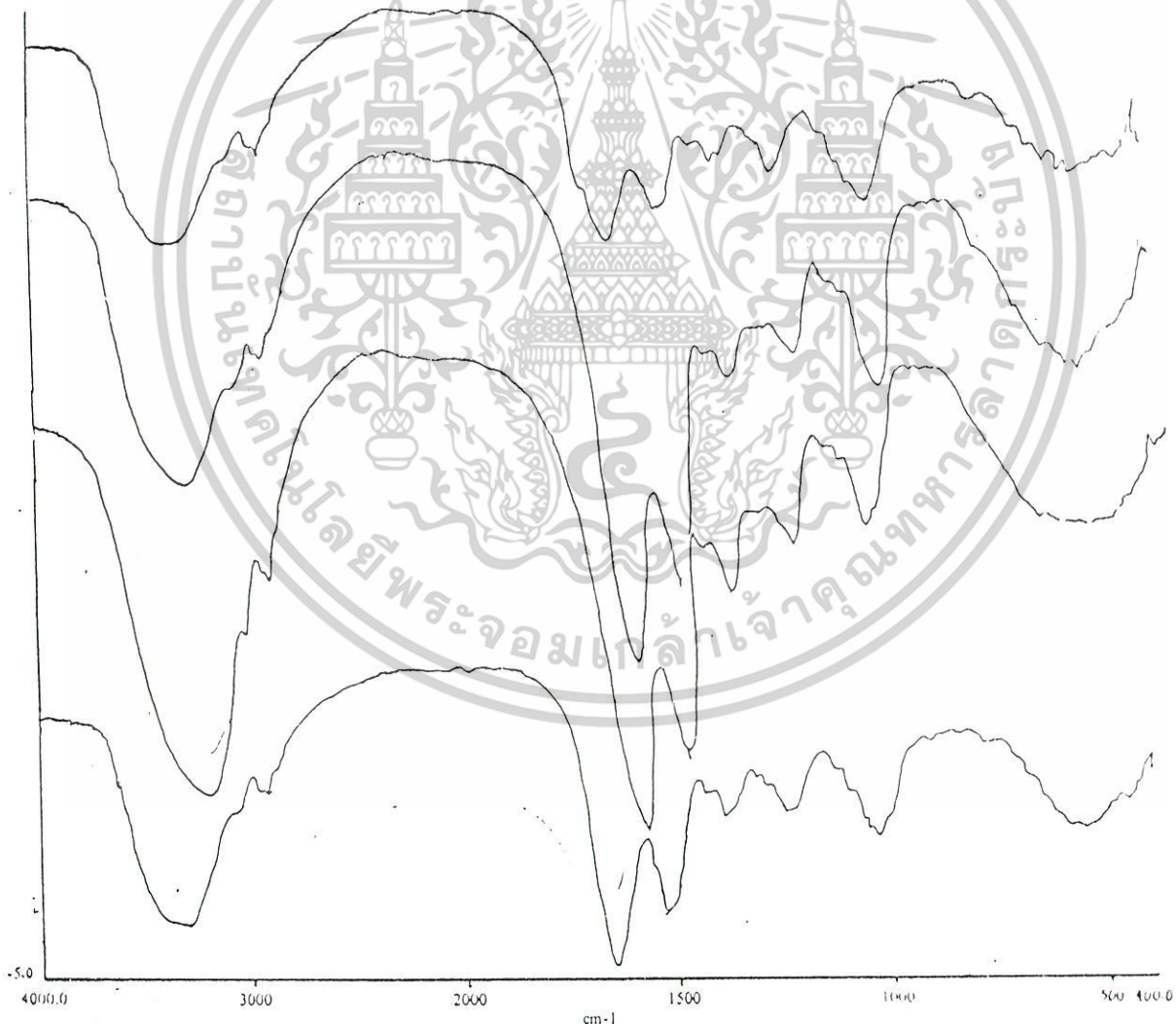
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.41 และ 4.42 พบว่าส่วนของโซ่พอลิเมอร์ที่เกิดพันธะเชื่อมโยง น่าจะมาจากบริเวณที่ไม่เป็นระเบียบ เนื่องจากปริมาณส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (จากรูป 4.41) ลดลงเมื่อเกิดพันธะเชื่อมโยง (จากรูป 4.42) สำหรับส่วนที่เป็นระเบียบคาดว่าไม่เกิดพันธะเชื่อมโยง แต่ไม่สามารถมองเห็นปริมาณที่เปลี่ยนแปลงได้จากกราฟ เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงเดียวกับอุณหภูมิการสลายตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ที่เกิดพันธะเชื่อมโยง

ในกรณีฟิล์มทุกชนิดที่เกิดพันธะเชื่อมโยงจะมีส่วนที่เหลือ (Residues) และพบว่าฟิล์มที่มีการผสมเซริซินทุกชนิดมีส่วนที่เหลือมากกว่าฟิล์ม PVA แสดงว่าเซริซินบางส่วนเกิดพันธะเชื่อมโยงกับกลูตาไรลดีไฮด์

4.13 การศึกษาการตรวจหาหมู่ฟังก์ชันของเซริซินและแผ่นฟิล์มด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

4.13.1 เซริซิน

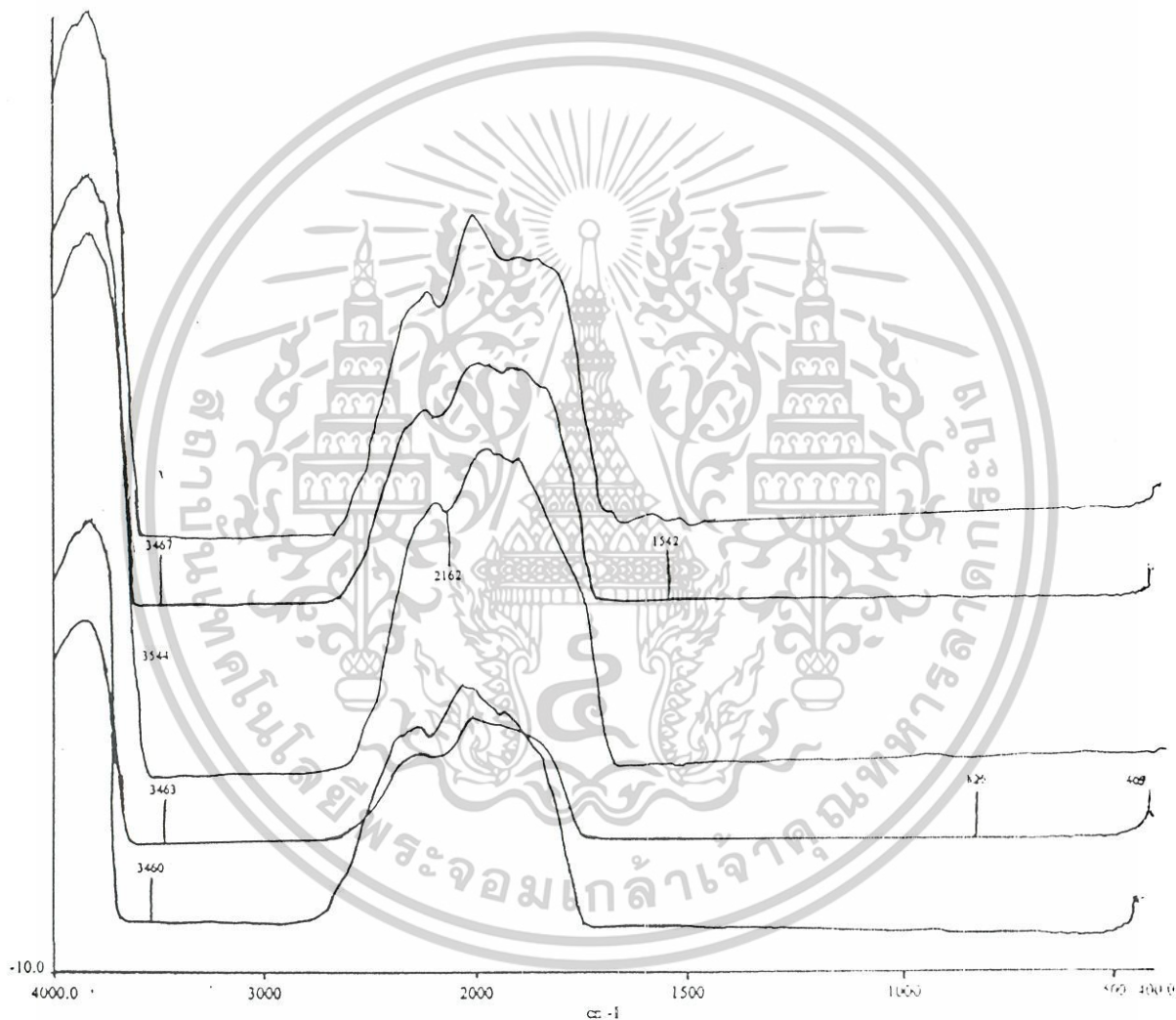


รูปที่ 4.43 แสดงฟีกของเซริซินที่ปรากฏโดยใช้เทคนิค FTIR เส้นบนสุดคือด้านข้าง รองลงมาคือ ขาวสุพรรณ ขาวขอนแก่น และนางลาย ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.43 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเซริซินที่ได้จากรังไหมทั้ง 4 ชนิดคือ ขาว ขอนแก่น นางลาย ขาวสุพรรณ และดำน้าง พบว่ามีพีคปรากฏดังนี้ O-H Stretching ปรากฏที่ wavenumber 3200-3600 cm^{-1} N-H Stretching ปรากฏที่ wavenumber 3300-3400 cm^{-1} แต่ในกราฟไม่สามารถมองเห็นได้เพราะมีพีค O-H Stretching ที่มีช่วงกว้างบดบัง N-H Stretching ไว้ C-H Aliphatic Stretching ปรากฏที่ wavenumber 2800-3000 cm^{-1} C=O Stretching ปรากฏที่ wavenumber 1600-1700 cm^{-1} C-N Stretching ปรากฏที่ wavenumber 1020-1250 cm^{-1}

4.13.1 ฟิล์มไฮโดรเจล



รูปที่ 4.44 แสดงเส้นสเปกตรัมของแผ่นฟิล์มที่ไม่มีสารเชื่อมโยง ด้วยเทคนิค FTIR เส้นบนสุดคือ PVA 3% รองลงมาคือดำน้าง ขาวสุพรรณ ขาวขอนแก่น และนางลาย ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 แสดงเส้นสเปกตรัมของแผ่นฟิล์มที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที ด้วยเทคนิค FTIR เส้นบนสุดคือ PVA 3% รองลงมาคือด้านข้าง ขาวสุพรรณ ขาวขอนแก่น และนางลาย ตามลำดับ

จากรูป 4.44 และ 4.45 แสดงสเปกตรัมของแผ่นฟิล์ม PVA 3% ฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมเซริซินจากรังไหมชนิดต่างๆทุกชนิดทั้งที่ไม่มี การเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงในเวลา 5 นาที พบว่าไม่สามารถบอกความแตกต่างของตำแหน่งสเปกตรัมได้ โดยเฉพาะฟิล์มต่างๆที่มีการเชื่อมโยง เนื่องจากฟิล์มที่เตรียมได้มีความหนามากเกินไป และยังไม่สามารถเตรียมฟิล์มที่มีความหนาน้อยกว่านี้ได้เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องสมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงดึง ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด โดยเฉพาะมีผลกระทบมากเมื่อฟิล์มมีการเชื่อมโยง เพราะฟิล์มที่บางเมื่อทำการเชื่อมโยงจะทำให้แข็งเปราะ ไม่มีความยืดหยุ่น และการเตรียมฟิล์มที่มีความบางจะมีปัญหาในขณะทำการลอกฟิล์มออกจากถาดที่ใช้ในการเทฟิล์ม เพราะทำให้ฟิล์มขาดง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

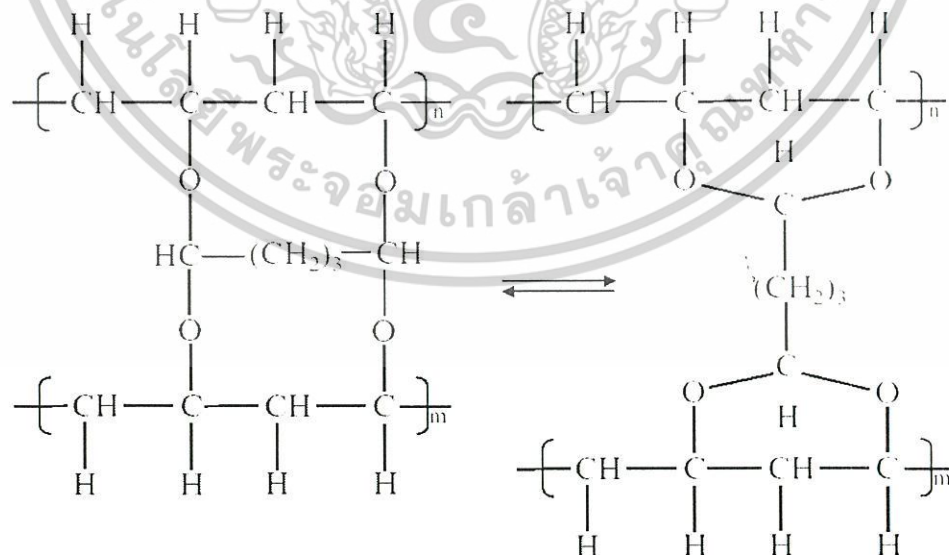
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. ผลจากลักษณะทางกายภาพของผงเซริซินชนิดต่างๆและผลจากลักษณะทางกายภาพของฟิล์ม PVA 3% ที่มีการผสมผงเซริซินชนิดต่างๆ พบว่าฟิล์มที่เตรียมจากการผสมผงเซริซินที่มีสีขาวคือ เซริซินขาวขอนแก่นและเซริซินขาวสุพรรณ จะมีการกระจายตัวที่ดีกว่าและสามารถลอกฟิล์มออกจากถาดเมลามีนได้ง่ายกว่าฟิล์มที่เตรียมจากการผสมผงเซริซินที่มีสีเหลืองคือ เซริซินนางลายและเซริซินด่านช้าง ดังนั้นสีในเซริซินมีผลต่อการกระจายตัวของแผ่นฟิล์ม

2. ผลจากค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) พบว่าฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยงมีความสามารถในการบวมน้ำสูงกว่าฟิล์มที่มีการเชื่อมโยง โดยเวลาในการเชื่อมโยงมีผลต่อความหนาแน่นเชื่อมโยงและมีผลต่อการบวมน้ำคือ ถ้าใช้เวลาในการเชื่อมโยงมาก ความหนาแน่นเชื่อมโยงมาก ค่าการบวมน้ำจะน้อย และถ้าใช้เวลาในการเชื่อมโยงน้อย ความหนาแน่นเชื่อมโยงน้อย และค่าการบวมน้ำจะมาก และฟิล์มที่ไม่มีการผสมเซริซินมีค่าความสามารถในการบวมน้ำสูงกว่าฟิล์มที่มีการผสมเซริซินทุกชนิด โดยเซริซินนางลายและขาวสุพรรณมีค่าความสามารถในการบวมน้ำสูงกว่าเซริซินขาวขอนแก่นและด่านช้าง ส่วนอัตราการบวมน้ำมีค่าสูงที่สุดในช่วงชั่วโมงแรก ในชั่วโมงถัดไปจะมีค่าลดลง และมีแนวโน้มคงที่เมื่อเวลานาน

FIGURE 1. STRUCTURES FOR CROSSLINKS BETWEEN PVA AND GLUCARALDEHYDE



Phillip et al. NASA Technical Paper 1407, 1979, 18 pp; Yeom et al. *Journal of Membrane Science*, 109, (1996), 257-268

รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างของ PVA ที่มีการเชื่อมโยงด้วยกลูตารัลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลจากปริมาณน้ำที่ดูดซับของฟิล์มไฮโดรเจล (%Water uptake) พบว่าฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยงมีปริมาณน้ำที่ดูดซับสูงกว่าฟิล์มที่มีการเชื่อมโยง และผลอื่นๆ (ชนิดของเซริซิน และอัตราในการบวมน้ำ) เป็นไปในทางเดียวกันกับค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling)

4. ผลจากสัดส่วนเจลของฟิล์ม (%Gel fraction) พบว่าฟิล์มที่มีการเชื่อมโยงจะมีค่าสัดส่วนเจลของฟิล์มสูงกว่าฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยง เพราะการเชื่อมโยงทำให้ลดความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์ม

5. ผลจากสมบัติเชิงกล

- ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) พบว่าฟิล์มที่ไม่มีการผสมเซริซิน (ฟิล์ม PVA 3%) มีค่าความแข็งแรงดึงสูงกว่าฟิล์มที่มีการผสมเซริซิน โดยเมื่อเปรียบเทียบชนิดของเซริซินเป็นดังนี้ เซริซินด้านข้างให้ผลค่าความแข็งแรงดึงในฟิล์มผสมสูงที่สุด ส่วนดังนี้ เซริซินนางลายให้ผลค่าความแข็งแรงดึงในฟิล์มผสมต่ำที่สุด

- ค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break) พบว่าฟิล์มที่มีการผสมเซริซินมีค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดสูงกว่าฟิล์มที่ไม่มีการผสมเซริซิน (ฟิล์ม PVA 3%) โดยเมื่อเปรียบเทียบชนิดของเซริซินเป็นดังนี้ เซริซินขาวสุพรรณให้ผลค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดในฟิล์มผสมสูงที่สุด ส่วนดังนี้ เซริซินนางลายให้ผลค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดในฟิล์มผสมต่ำที่สุด

- ค่ามอดูลัสของยัง (Young's modulus) พบว่าฟิล์มที่ไม่มีการผสมเซริซิน (ฟิล์ม PVA 3%) มีค่ามอดูลัสของยัง สูงกว่าฟิล์มที่มีการผสมเซริซิน โดยเมื่อเปรียบเทียบชนิดของเซริซินเป็นดังนี้ เซริซินด้านข้างให้ผลค่ามอดูลัสของยัง ในฟิล์มผสมสูงที่สุด ส่วนดังนี้ เซริซินขาวขอนแก่นให้ผลค่ามอดูลัสของยัง ในฟิล์มผสมต่ำที่สุด

6. ผลจากการเปรียบเทียบสมบัติของฟิล์มที่เตรียมได้กับฟิล์มปิดแผลที่มีใช้จริงที่ใช้เป็นตัวอย่าง พบว่าฟิล์มที่เตรียมได้โดยมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาทีมีสมบัติทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับฟิล์มที่ใช้อ้างอิง

7. ผลจากการทดสอบด้วยเทคนิค Thermalgravimetric Analysis (TGA)

- ผลจากการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาทีของฟิล์มต่างๆ พบว่าฟิล์มที่มีการเชื่อมโยงมีอุณหภูมิการสลายตัว 2 ช่วงคือ ที่อุณหภูมิ 260 และ 430 องศาเซลเซียส ซึ่งต่างจากฟิล์มที่ไม่มีการเชื่อมโยงคือมีการสลายตัวส่วนมากที่อุณหภูมิประมาณ 340 องศาเซลเซียส

- ผลของเซริซินที่ผสมในฟิล์มทั้งที่มีการเชื่อมโยงและไม่มีการเชื่อมโยง พบว่าเซริซินมีผลทำให้อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ไม่มีการผสมเซริซิน (ฟิล์ม PVA 3%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ผลจากการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชัน (FTIR) พบว่าสามารถหาหมู่ฟังก์ชันได้เฉพาะหมู่ เซรีซินเท่านั้น ส่วนฟิล์มไม่สามารถหาหมู่ฟังก์ชันได้ เพราะฟิล์มที่ใช้ทดสอบมีความหนาเกินไป จึง ปรากฏพีกไม่ชัดเจน

9. การประยุกต์นำไปใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของฟิล์มที่เตรียมได้กับฟิล์มปิดแผลที่มี ใช้จริงที่ใช้เป็นตัวอ้างอิง พบว่าฟิล์มที่เตรียมได้โดยมีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาทีไม่ว่าจะเป็นการ ผสมกับเซรีซินชนิดใดก็ตามมีผลการทดสอบการดูดซับน้ำที่ใกล้เคียงกับฟิล์มที่ใช้อ้างอิง

10. เซรีซินที่เหมาะสมมากที่สุดในการนำมาใช้คือ เซรีซินขาวสุพรรณ โดยพิจารณาจาก ความสามารถในการกระจายตัวได้ดีเยี่ยมในฟิล์ม PVA และยังมีค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด สูงที่สุด เพราะในการใช้งานที่เป็นวัสดุปิดแผลไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก (ไม่จำเป็นต้องรับ แรงมาก) แต่จะต้องการความยืดหยุ่นเพื่อที่จะทำให้ติดแน่นสนิทกับผิวหนัง

11. สูตรของฟิล์มที่เหมาะสมที่สุดคือ PVA 3% ผสมกับเซรีซินขาวสุพรรณ 1% และทำการ เชื่อมโยงด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์เป็นเวลา 5 นาที

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการเตรียมแผ่นฟิล์มที่ผสมเซรีซินควรมีการควบคุมการกระจายตัวของเซรีซินในฟิล์ม และต้องมีการควบคุมความหนาของแผ่นฟิล์มให้มีค่าเท่ากันในทุกตำแหน่ง เพราะความหนาและ การกระจายตัวของเซรีซินที่ผลต่อสมบัติของฟิล์ม
2. ในการทำการเชื่อมโยงต้องระมัดระวังในการหีบจับแผ่นฟิล์มที่ผ่านการเชื่อมโยงเพราะ จะทำให้เกิดการขยับหรือร่อนบนแผ่นฟิล์มได้ ซึ่งจะมีผลอย่างยิ่งในการทดสอบสมบัติเชิงกล
3. ในการทดสอบค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) และปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่และเท่ากันตลอดการทดสอบ เพราะอุณหภูมิมี ผลต่อการทดสอบนี้ และในการทดสอบนี้การวัดค่าต้องคำนึงถึงการเขี่ยน้ำออกจากถุงใส่ตัวอย่าง เพราะปริมาณน้ำที่ผิดพลาดเล็กน้อย จะทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้มาก
4. ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์ถึงผลของสีที่อยู่ในองค์ประกอบของเซรีซิน ว่ามีผลอย่างไร ต่อการเตรียมฟิล์ม และมีผลอย่างไรต่อสมบัติต่างๆของฟิล์ม
5. ควรมีการหาค่าน้ำหนักโมเลกุลที่แน่นอนของเซรีซินแต่ละชนิด เพราะสามารถนำมาใช้ ในการร่วมพิจารณาถึงผลของการทดสอบได้
6. ควรมีการทดสอบนำไปใช้งานจริงทางการแพทย์ เช่นการหาค่าความสามารถในการ ดูดซับเลือดและน้ำเหลือง หรือการหาอัตราเร็วในการสมานแผลเมื่อมีการใช้ฟิล์มที่เตรียมได้โดย การนำไปทดลองกับสัตว์ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. นวลจันทร์ โชคทวีทรัพย์, นิภาพรรณ โสทธิยานนท์ และศิริเนตร ประดับวงศ์. 2545. การเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลจาก PVA/Sericin โดยวิธีการฉายรังสี และการปรับสภาพทางความร้อน. โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
2. Kazuo Yamaura. 1990. **Journal of Applied Polymer Science**. 41: 2409-2425.
3. Masuhiro Tsukada, Fiuliano and John S. Crighton. 1994. **Journal of Polymer Science: part B**, 32: 243-248.
4. Yoshii F. 1995. Heat resistance poly(vinyl alcohol) hydrogel. **Radiation Physics and Chemistry**. 46(2): 169.
5. Kunya TUNTIVISOOTTIKUL, Jintana BUNNAK and Tamikazu KUME. 2002-2003. Minimum Inhibitory Concentration of Irradiated Silk Protein Power for Bacterial Activity. **Proceedings of the TAKASAKI SYMPOSIUM ON RADIATION APPLICATION OF NATURAL POLYMERS IN ASIA OCTOBER 1 AND 2, 2001, JAERI, TAKASAKI, JAPAN**: 105-109
6. Yu-Qing Zhang. 2002. Application of natural silk protein sericin in biomaterials. **Biotechnology Advance**. 20: 91-100.
7. Tokutake S. 1980. Isolation of the smallest component of silk protein. **Biochem. J**. 187: 413-417.
8. J. V. Cauich-Rodriguez, S. Deb and R. Smith. 1996. Dynamic mechanical characterisation of hydrogel blends of poly(vinyl alcohol-vinyl acetate) with poly(acrylic acid) or poly(vinyl pyrrolidone). **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**. 7: 349-353.
9. P. A. Ramires and E. Milella. 2002. Biocompatibility of poly(vinyl alcohol)-hyaluronic acid and poly(vinyl alcohol)-gellan membranes crosslinked by glutaraldehyde vapors. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**. 13(1): 119-123.
10. K. Iio, N. Minoura, S. Aiba, M. Nagura and M. Kodama. 1994. Cell Growth on Poly(vinyl alcohol) Hydrogel Membranes Containing Biguanido Groups. **J. of Biomedical Materials Research**. 28: 459-462.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

11. สารระ สารโรวาท และรัตนวรรณ มกรพันธุ์. 2546. เซริซิน โปรีตีนกาวไหม: พอลิเมอร์ชีวภาพที่ไม่ควรมองข้าม. วารสารวิทยาศาสตร์. 40-48.
12. Ronan, John M, Thompson and Samuel A. 2001. Medical devices comprising ionically and non-ionically crosslinking polymer hydrogels having improved mechanical properties. **United States Patent:** 6,387,978.
13. Sara Sarovart, Boonya Sudatis, Prateep Meesilpa, Brian P. Grady and Rathanawan Magaraphan. 2003. THE USE OF SERICIN AS AN ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL FOR POLLUTED AIR TREATMENT. **J. of Materials Sci.** 5:193-198.
14. Stedronsky, Erwin R., Cappello and Joseph. 2002. Sealing or filling tissue defects using polyfunctional crosslinking agents and protein polymers. **United States Patent:** 6,423,333.
15. รศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์. เอกสารประกอบการสอน วิชาเคมีพอลิเมอร์, หน้า 1-46. กรุงเทพฯ: โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
16. รศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์ และดร. ภัทรารุช มนต์วิเศษ. ปฏิบัติการเคมีพอลิเมอร์. กรุงเทพฯ: โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
17. [http:// www.dcechem.co.kr/PVA](http://www.dcechem.co.kr/PVA)
18. มินะกาวะ โมโตอิ. 2530. หนังสือวิทยาการไหม เล่ม 1. คณะกรรมการส่งเสริมสินค้าไหมไทย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.
19. [http:// www.nias.affrc.go.jp](http://www.nias.affrc.go.jp)
20. [http:// www.smissilk.com/sericin.html](http://www.smissilk.com/sericin.html)
21. จรรยา ปั่นเหน่งเพชร, วิทย์วัฒน์ กุญชร ณ อยุรยา, ประเวศ แสงเพชร, สมชาย กันหลง, วิโรจน์ แก้วเรือง, โกวิทช์ พงษ์แสวง และ ทิพรณี เสนะวงศ์. 2546. การคุ้มครองไหมไทย, หน้า 21-36. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
22. [http:// www.biosilk.ebigchina.com](http://www.biosilk.ebigchina.com)
23. [http:// www.dressings.org/Dressings/tegaderm.html](http://www.dressings.org/Dressings/tegaderm.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24. K. E. Strawhecker and E. Manias. 2000. Structure and Properties of Poly(vinyl alcohol)/Na⁺ Montmorillonite Nanocomposites. **Chem. Mater.** 12: 2943-2949.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 1 แสดงค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์ม PVA 3%

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
1	318.08	159.96	171.14	141.76
2	316.38	170.32	173.01	159.74
3	303.50	171.04	167.36	162.82
4	299.85	170.60	158.00	152.74
5	299.00	171.93	159.18	152.40

ตารางที่ 2 แสดงค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมกับเซริซินขาวขอนแก่น

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
1	246.50	157.87	156.50	146.56
2	246.06	157.34	156.70	147.37
3	248.63	158.09	157.32	147.13
4	247.02	157.53	158.98	147.48
5	247.75	157.74	157.07	147.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมกับเซรีซิน นางลาย

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาทีก)			
	0	5	10	20
1	302.97	158.94	152.09	148.90
2	303.10	162.19	152.74	149.15
3	300.21	162.43	148.20	147.15
4	298.36	162.04	146.99	147.27
5	298.66	161.61	149.88	147.66

ตารางที่ 4 แสดงค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมกับเซรีซิน ขาวสุพรรณ

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาทีก)			
	0	5	10	20
1	300.94	155.41	147.27	144.19
2	300.97	155.41	148.31	143.49
3	296.48	155.12	148.33	143.54
4	296.82	157.21	149.34	144.32
5	299.29	155.85	147.11	144.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมกับเซรีซิน
ด้านข้าง

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
1	256.31	161.70	149.04	145.42
2	257.41	163.37	150.95	147.25
3	259.61	163.56	149.13	143.20
4	255.24	163.36	148.39	143.01
5	257.98	164.40	148.43	141.19

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์ม PVA 3%

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
1	218.08	59.96	71.14	41.76
2	216.38	70.32	73.01	59.74
3	203.50	71.04	67.36	62.82
4	199.85	70.60	58.00	52.74
5	199.00	71.93	59.18	52.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมกับเซริซินขาว ขอนแก่น

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
1	146.50	57.87	56.50	46.56
2	146.06	57.34	56.70	47.37
3	148.63	58.09	57.32	47.13
4	147.02	57.53	58.98	47.48
5	147.75	57.74	57.07	47.52

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมกับเซริซินนางลาย

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
1	202.97	58.94	52.09	48.90
2	203.10	62.19	52.74	49.15
3	200.21	62.43	48.20	47.15
4	198.36	62.04	46.99	47.27
5	198.66	61.61	49.88	47.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมกับเซริซินขาว
สุพรรณ

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
1	200.94	55.41	47.27	44.19
2	200.97	55.41	48.31	43.49
3	196.48	55.12	48.33	43.54
4	196.82	57.21	49.34	44.32
5	199.29	55.85	47.11	44.58

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมกับเซริซินดำนึ่ง

เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
1	156.31	61.70	49.04	45.42
2	157.41	63.37	50.95	47.25
3	159.61	63.56	49.13	43.20
4	155.24	63.36	48.39	43.01
5	157.98	64.40	48.43	41.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ที่ 24 ชั่วโมงของฟิล์มไฮโดรเจล

ชนิดของฟิล์มที่ทดสอบ	ค่าความสามารถในการบวมน้ำ (%Swelling) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำ ที่ 24 ชั่วโมง			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาท)			
	0	5	10	20
PVA 3%	302.69	172.05	165.32	155.22
PVA 3% + เซริซินขาว ขอนแก่น	244.94	157.47	159.10	148.51
PVA 3% + เซริซินนางลาย	293.94	163.98	145.25	148.11
PVA 3% + เซริซินขาว สุพรรณ	292.29	157.42	148.36	144.65
PVA 3% + เซริซินด่านช้าง	233.89	161.67	140.41	139.27

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ที่ 24 ชั่วโมงของฟิล์มไฮโดรเจล

ชนิดของฟิล์มที่ทดสอบ	ปริมาณน้ำที่ดูดซับ (%Water uptake) ของฟิล์มที่แช่ในน้ำที่ 24 ชั่วโมง			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาท)			
	0	5	10	20
PVA 3%	202.69	72.05	65.32	55.22
PVA 3% + เซริซินขาว ขอนแก่น	144.94	57.47	59.10	48.51
PVA 3% + เซริซินนางลาย	193.94	63.98	45.25	48.11
PVA 3% + เซริซินขาว สุพรรณ	192.29	57.42	48.36	44.65
PVA 3% + เซริซินด่านช้าง	133.89	61.67	40.41	39.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) ของฟิล์มไฮโดรเจล

ชนิดของฟิล์มที่ทดสอบ	ค่าสัดส่วนเจล (%Gel fraction) ของฟิล์มต่างๆ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
PVA 3%	1.44	32.88	37.35	74.61
PVA 3% + เซริซินขาว ขอนแก่น	2.54	76.53	74.34	75.02
PVA 3% + เซริซินนางลาย	2.1	67.18	74.66	75.18
PVA 3% + เซริซินขาว สุพรรณ	1.92	73.95	72.9	74.87
PVA 3% + เซริซินด่านช้าง	2.31	64.16	74.37	81.13

ตารางที่ 14 แสดงค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ของฟิล์มไฮโดรเจล

ชนิดของฟิล์มที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ของฟิล์มต่างๆ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
PVA 3%	26.08	23.04	19.274	22.38
PVA 3% + เซริซินขาว ขอนแก่น	10.543	9.818	10.226	10.296
PVA 3% + เซริซินนางลาย	11.76	6.56	8.93	7.13
PVA 3% + เซริซินขาว สุพรรณ	12.362	10.757	10.706	10.642
PVA 3% + เซริซินด่านช้าง	16.28	13.6	15.59	14.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break) ของฟิล์มไฮโดรเจล

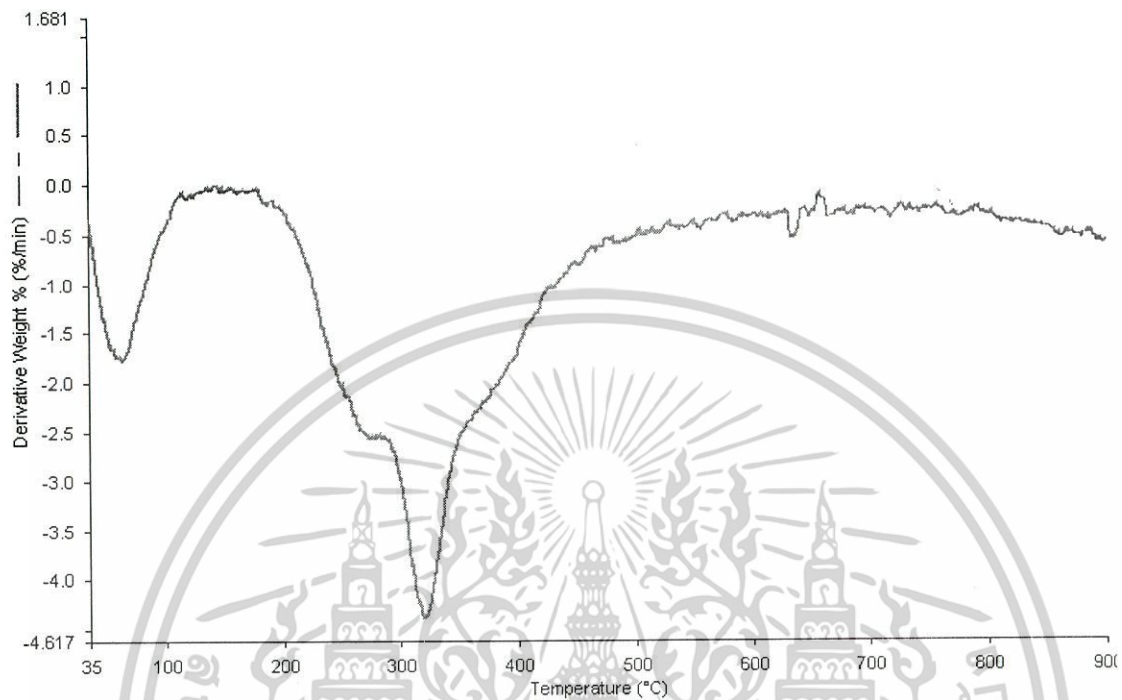
ชนิดของฟิล์มที่ทดสอบ	ค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break) ของฟิล์มต่างๆ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
PVA 3%	41.722	1.8815	1.642	1.537
PVA 3% + เซริซินขาว ขอนแก่น	64.09	7.924	11.061	4.696
PVA 3% + เซริซินนางลาย	31.03	4.96	6.033	4.49
PVA 3% + เซริซินขาว สุพรรณ	127.4	10.565	9.9	6.353
PVA 3% + เซริซินด่านช้าง	64.43	9.78	6.798	4.832

ตารางที่ 16 แสดงค่ามอดูลัสของยัง (Young's modulus) ของฟิล์มไฮโดรเจล

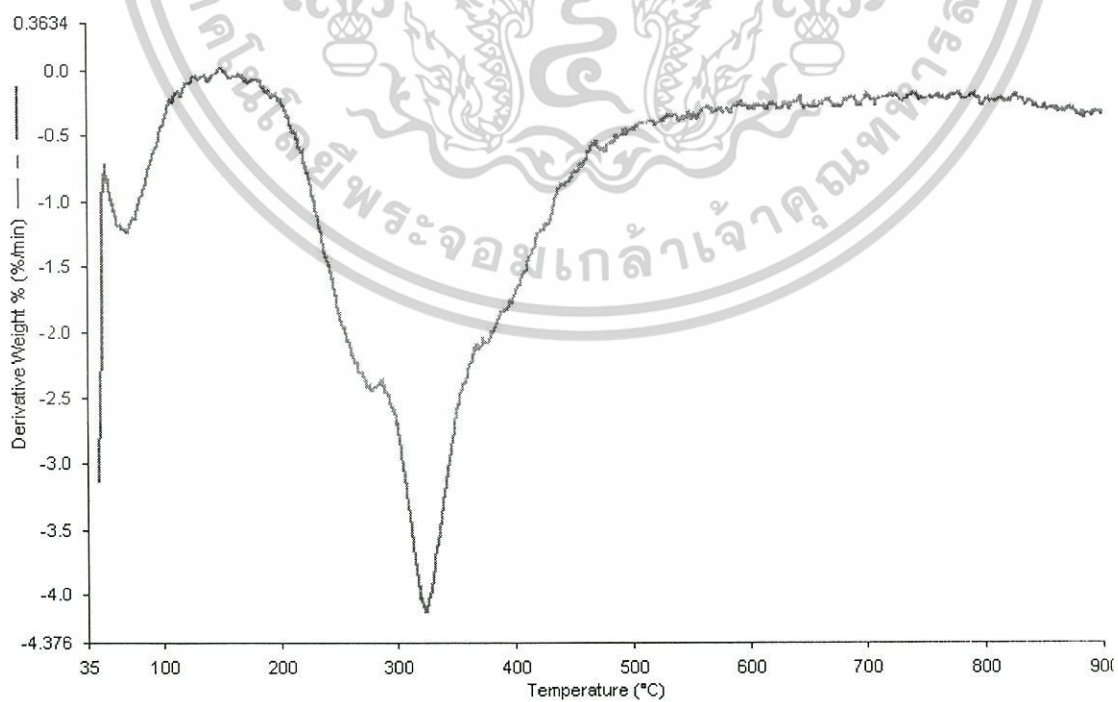
ชนิดของฟิล์มที่ทดสอบ	ค่า Young's modulus (Young's modulus) ของฟิล์มต่างๆ			
	เวลาในการเชื่อมโยงฟิล์มด้วยสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (นาที)			
	0	5	10	20
PVA 3%	149.74	407.525	435.6	425.1
PVA 3% + เซริซินขาว ขอนแก่น	61.1	177.3	137.06	130.6
PVA 3% + เซริซินนางลาย	52.32	142.9	174.58	256.37
PVA 3% + เซริซินขาว สุพรรณ	50.96	140.9	163.68	204.44
PVA 3% + เซริซินด่านช้าง	116.73	208.42	318.2	258.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

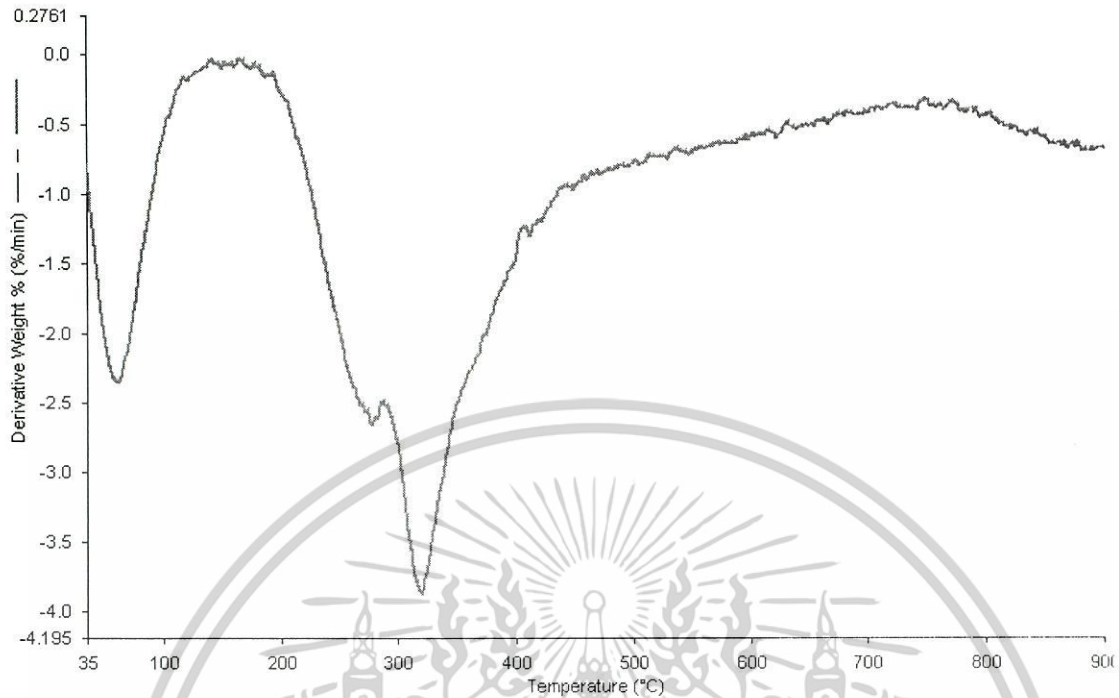


รูปที่ 1 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของเซริชินขาวขอนแก่น

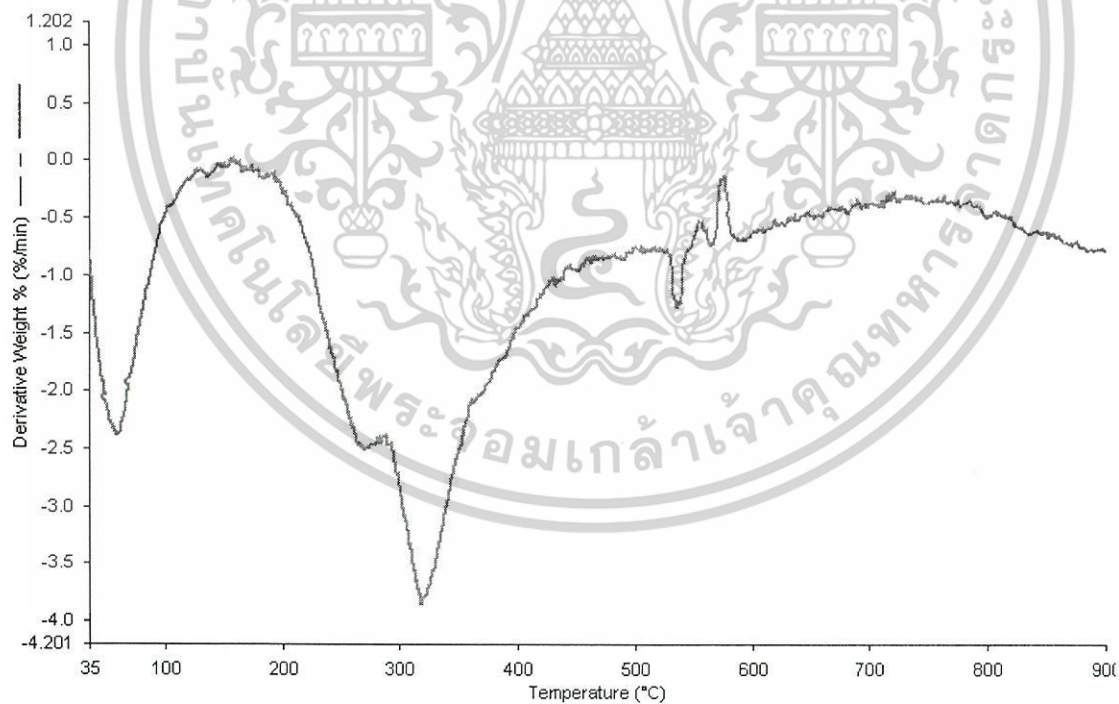


รูปที่ 2 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของเซริชินนางลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

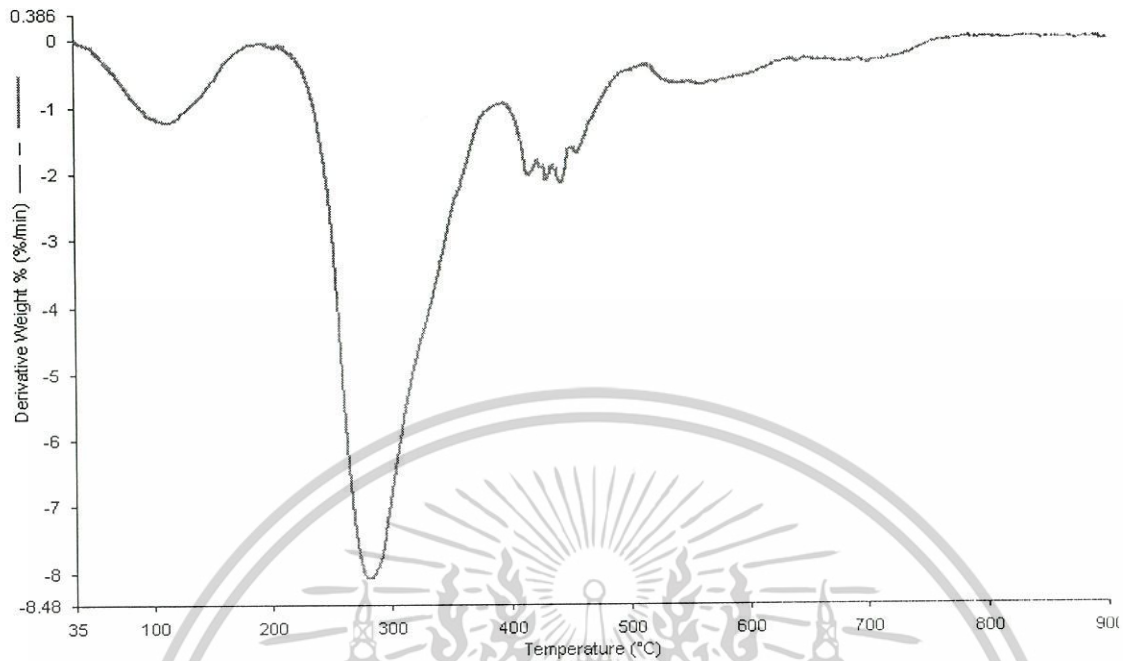


รูปที่ 3 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของเซริชินขาวสุพรรณ

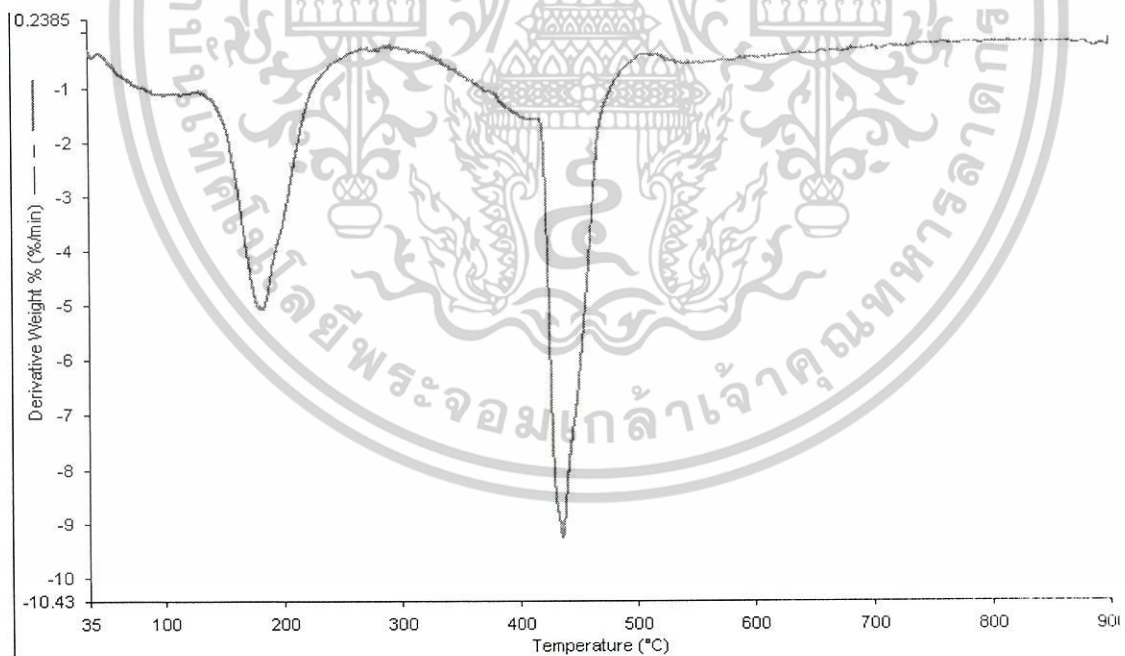


รูปที่ 4 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของเซริชินด่านช้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

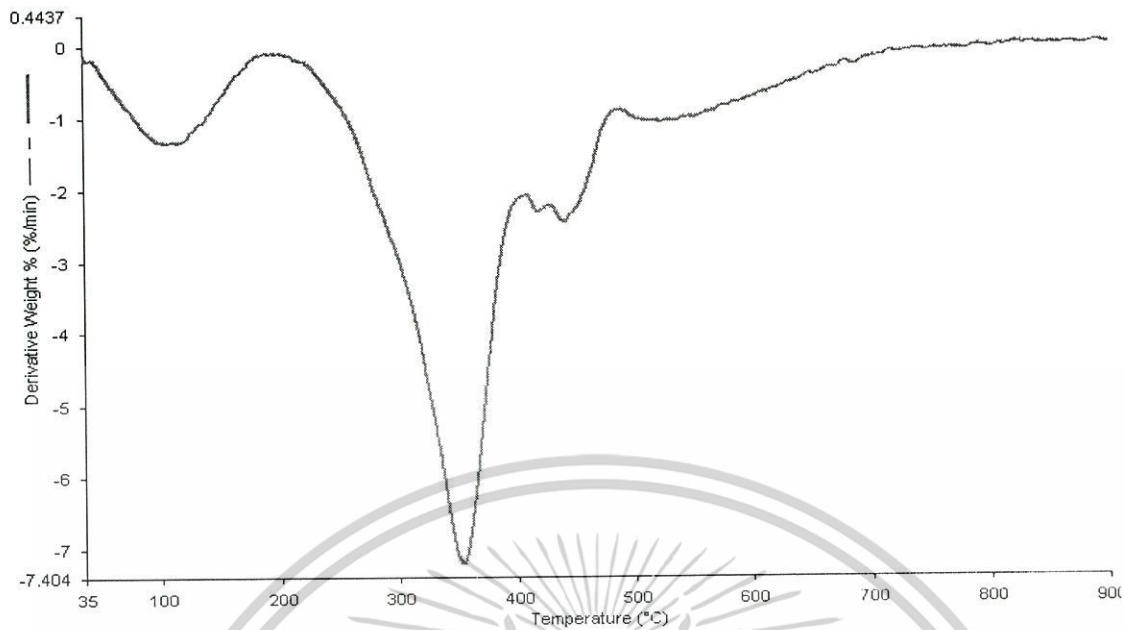


รูปที่ 5 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% โดยที่ไม่มีการเชื่อมโยง

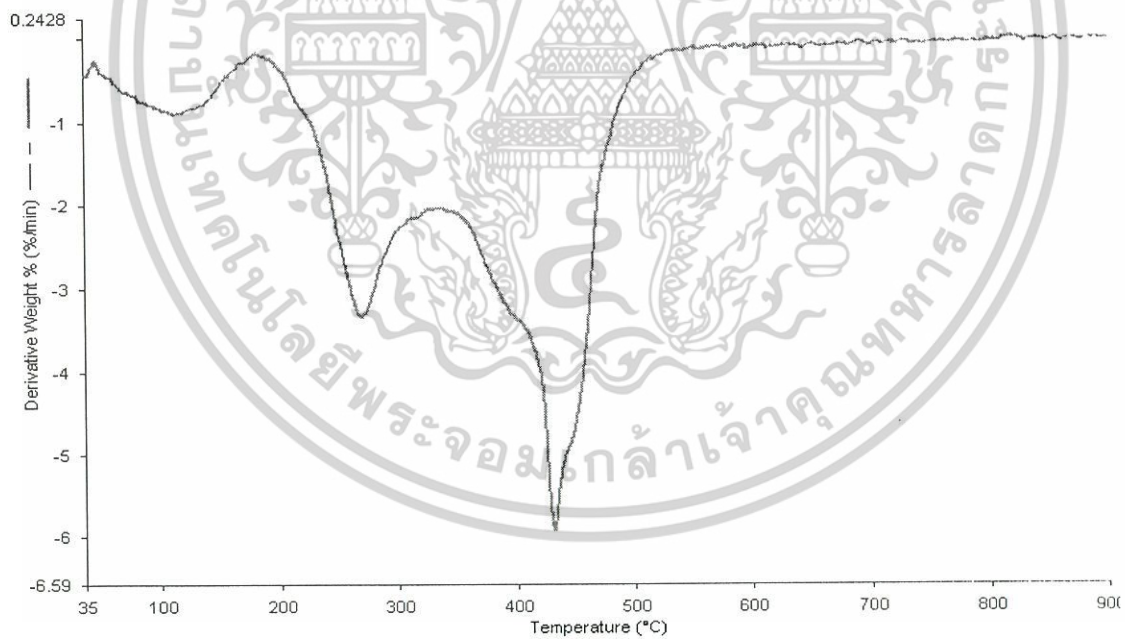


รูปที่ 6 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% โดยที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

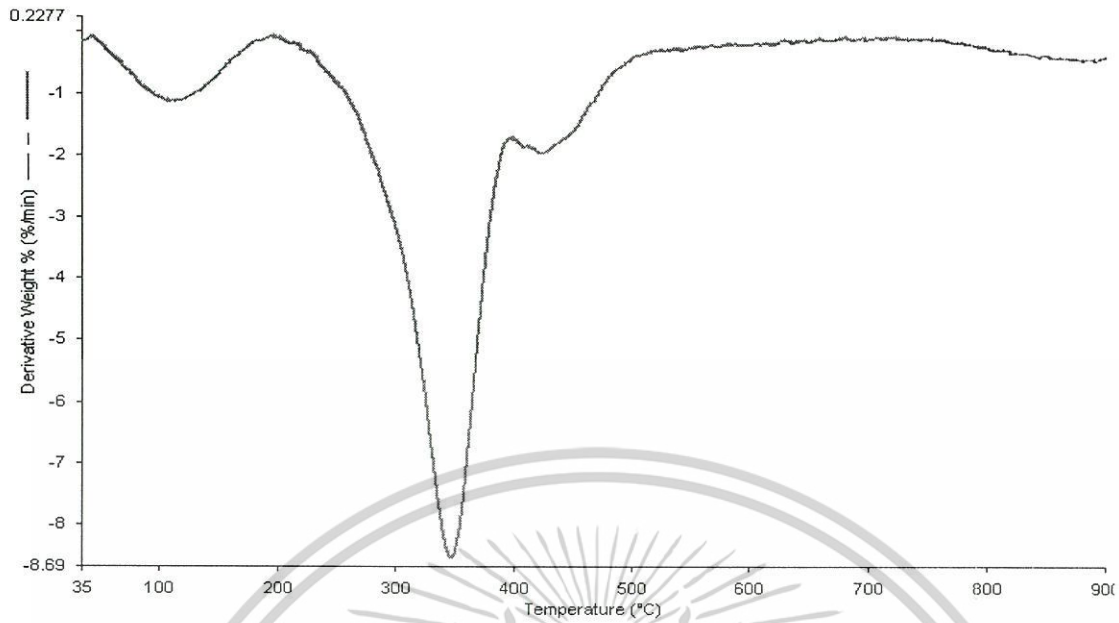


รูปที่ 7 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินขาว ขอนแก่น โดยที่ไม่มีการเชื่อมโยง

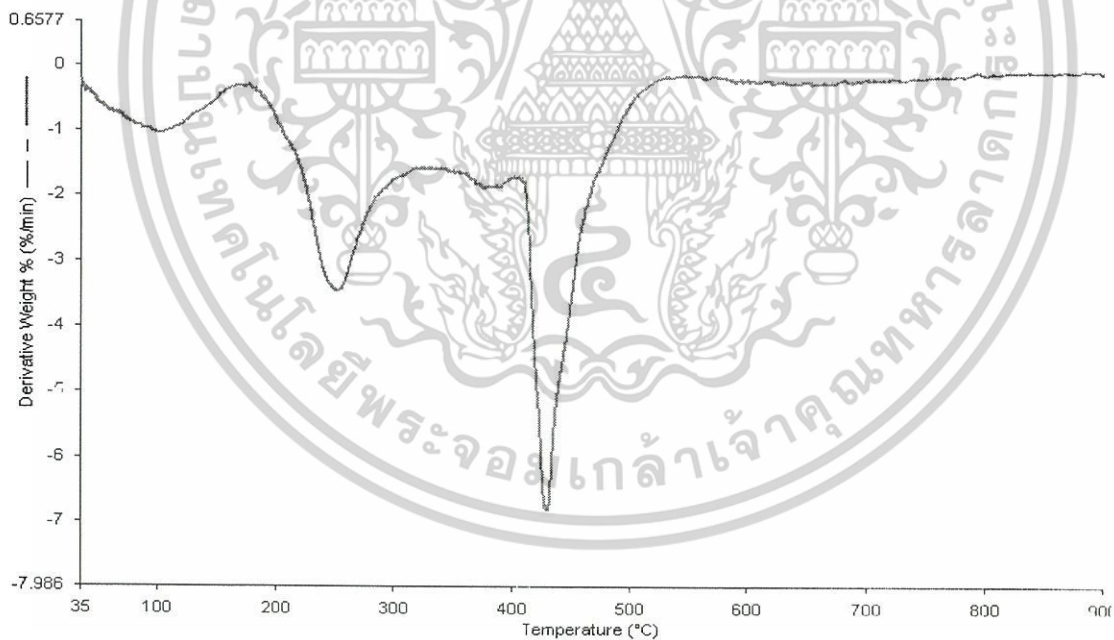


รูปที่ 8 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินขาว ขอนแก่น โดยที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

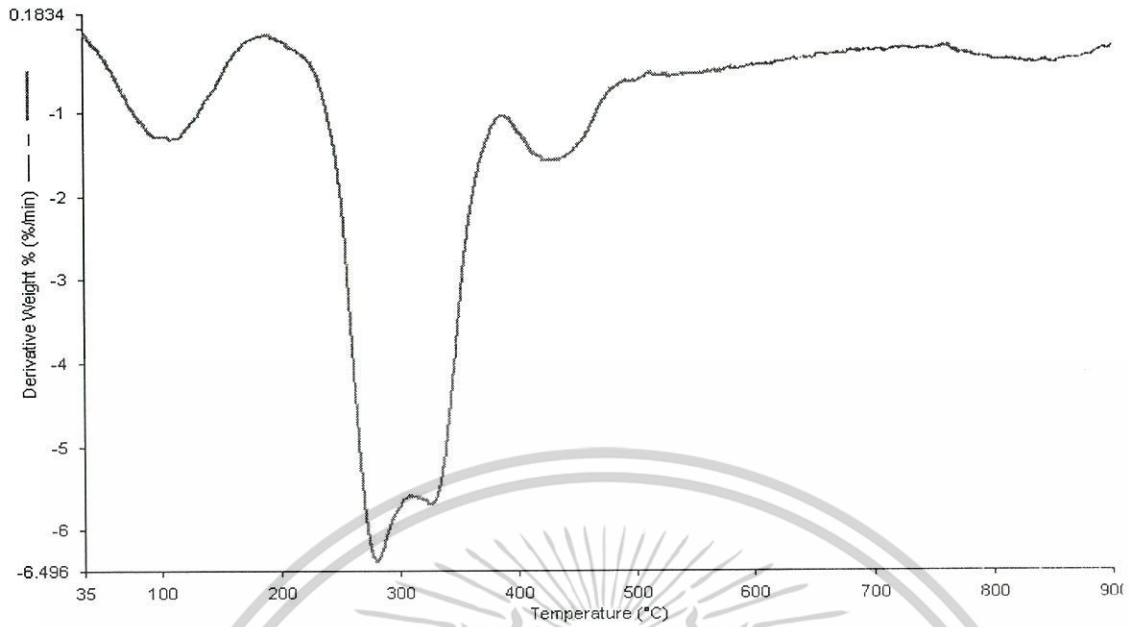


รูปที่ 9 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินนางลาย โดยที่ไม่มีการเชื่อมโยง

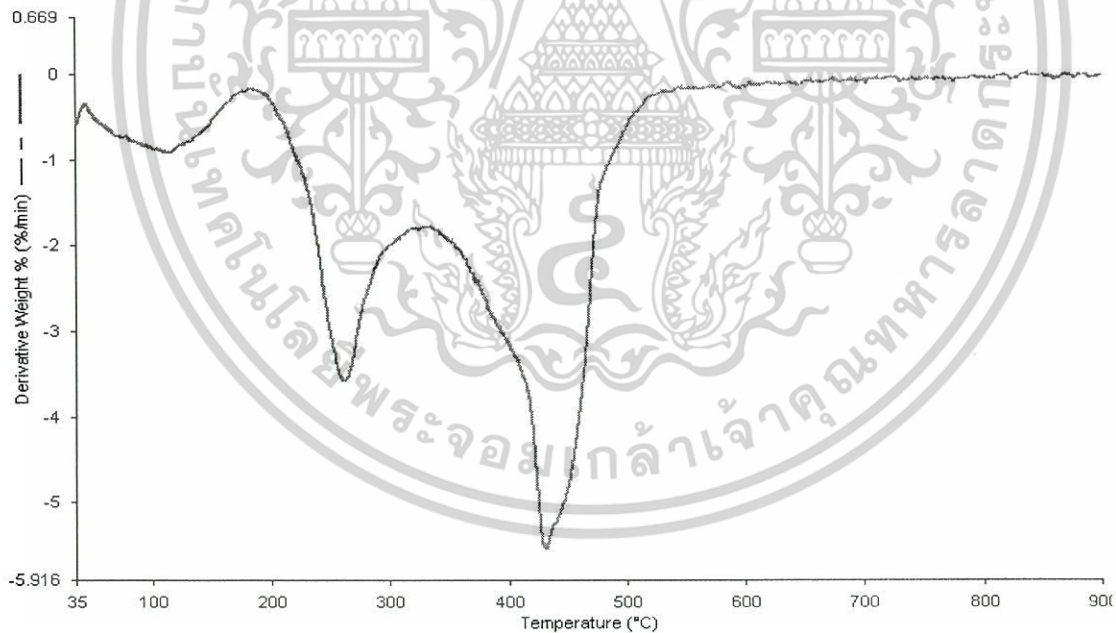


รูปที่ 10 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินนางลาย โดยที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

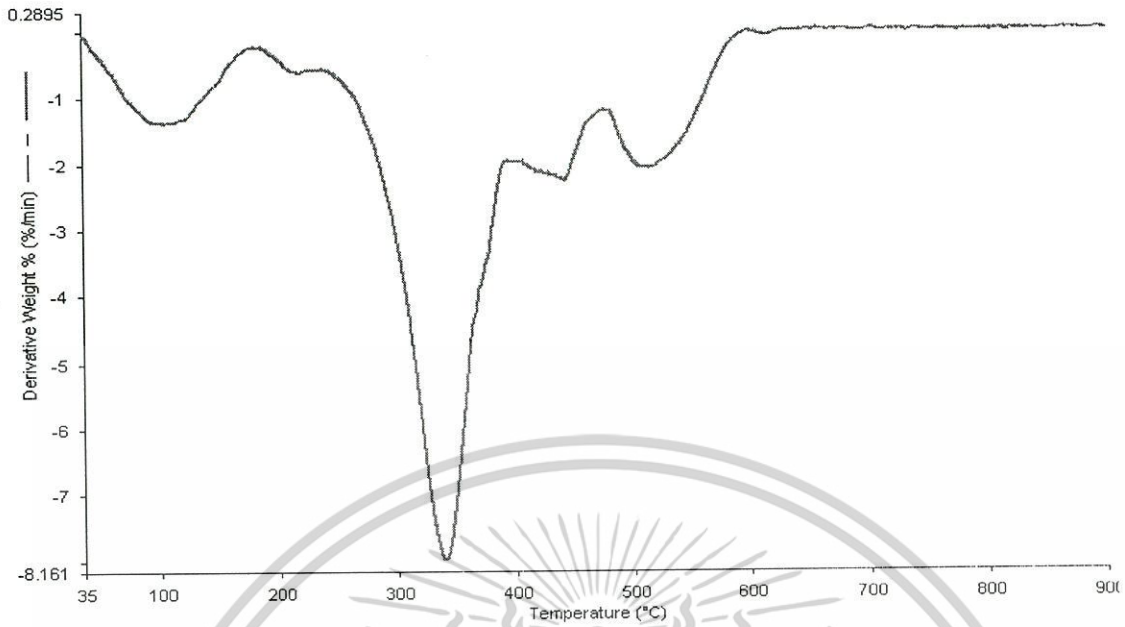


รูปที่ 11 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินขาวสุพรรณ โดยที่ไม่มีการเชื่อมโยง

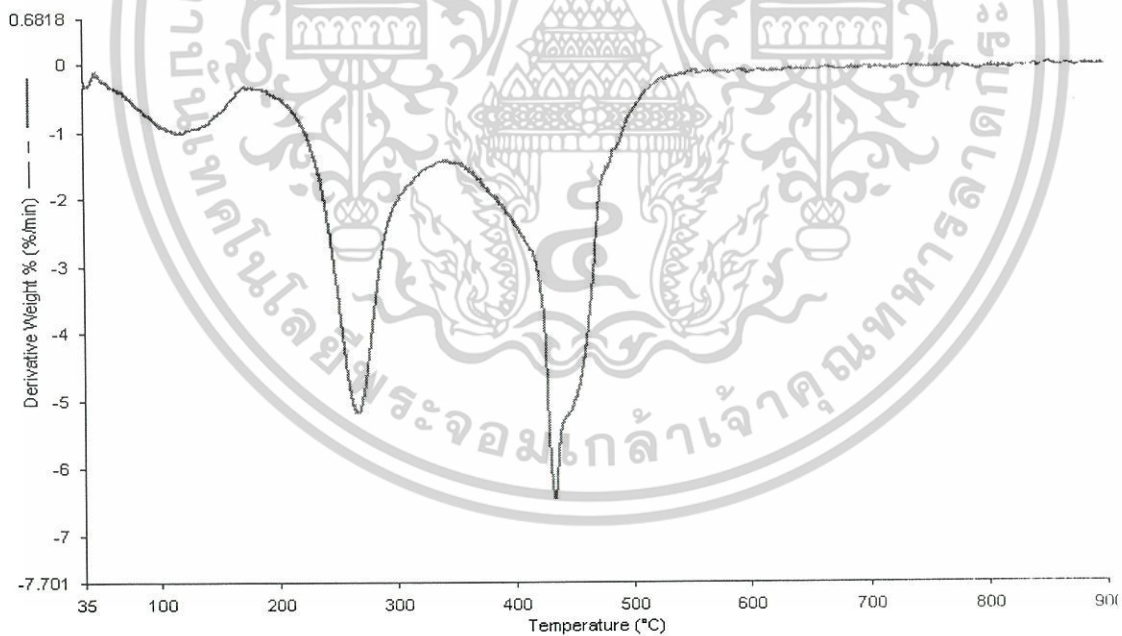


รูปที่ 12 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซินขาวสุพรรณ โดยที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



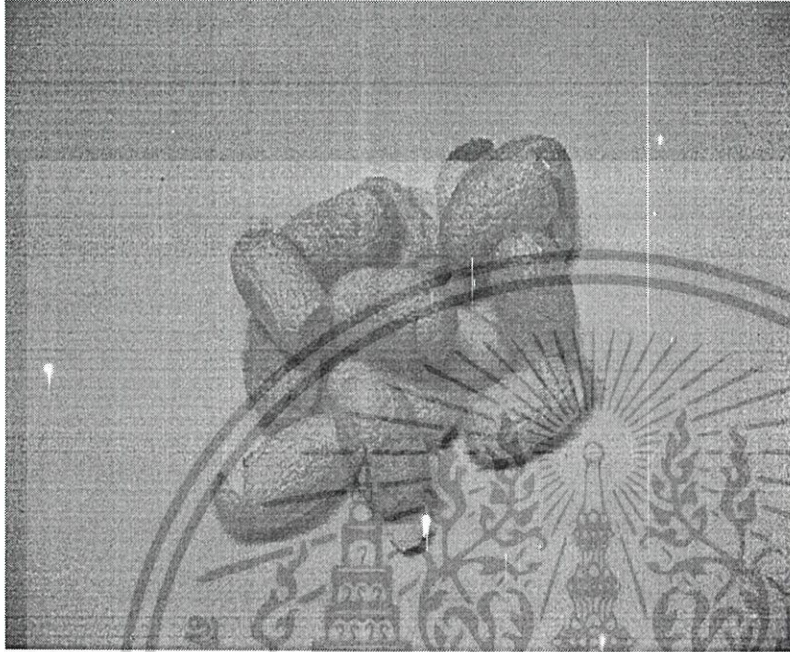
รูปที่ 13 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซิน ค่านซ้าง โดยที่ไม่มีการเชื่อมโยง



รูปที่ 14 แสดงกราฟอนุพันธ์ของค่าอุณหภูมิการสลายตัว (DTG) ของฟิล์ม PVA 3% ผสมเซริซิน ค่านซ้าง โดยที่มีการเชื่อมโยงเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

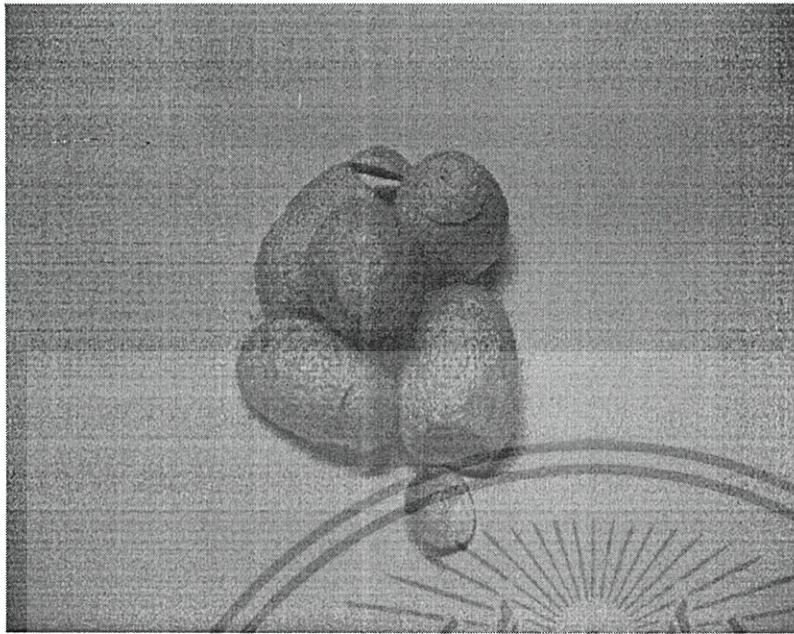


รูปที่ 1 แสดงรูปรงใหม่พันธู์ชาวขอนแก่น

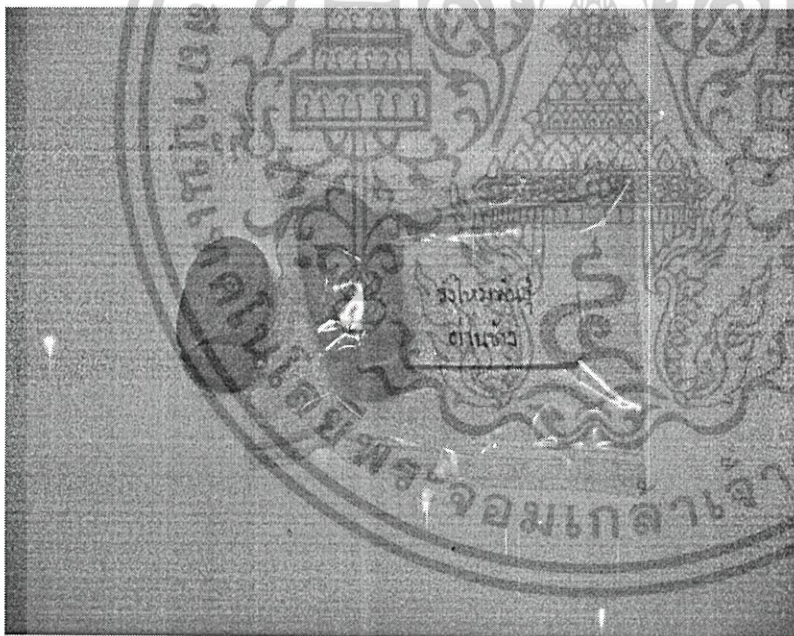


รูปที่ 2 แสดงรูปรงใหม่พันธู์นางลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงรูปปั้นใหม่พันธุ์ชาวสุพรรณ



รูปที่ 4 แสดงรูปปั้นใหม่พันธุ์ด่านช้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การหาน้ำหนักโมเลกุลของเซริซินทุกชนิดด้วยเทคนิคการลดลงของจุดเยือกแข็ง

$$\text{สูตร } M_2 = \frac{K_f \cdot 1000 g_2}{\Delta T_f g_1}$$

M_2 = มวลโมเลกุลของเซริซิน

K_f = 11.84 °C (menthol)

g_1 = น้ำหนักของ menthol ที่ใช้ (g)

g_2 = น้ำหนักของเซริซินที่ชั่ง (g)

ΔT_f = ผลต่างของจุดเยือกแข็งของ menthol บริสุทธิ์ กับ menthol ผสมกับเซริซิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เซริซินขาวขอนแก่น

เวลาในการวัดผล (วินาที)	อุณหภูมิที่วัดได้ (°C)			
	menthol บริสุทธิ์		menthol ผสมเซริซิน	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0	75	65	79	65
10	73	61.5	76.5	62
20	71	61	76	60
30	67	60	75	57
40	63	58.5	72	54
50	60	57	68	53
60	57.5	55	65	52
70	55	53.5	61	50
80	52	52	58	49
90	49.5	51.5	56	48.5
100	47	49	53	48
110	44	47.5	52	47
120	42.5	46	50	46
130	41	45	48	46
140	40	44	47	46
150	39.5	43	45	45.5
160	38	42	44	45
170	37	41	43	45
180	37	40.5	42	44.5
190	36.5	40	41	43
200	36.5	39	40.5	42
210	-	-	40	41
220	-	-	39.5	40
230	-	-	39	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการวัดผล (วินาที)	อุณหภูมิที่วัดได้ (°C)			
	menthol บริสุทธิ์		menthol ผสมเซริซิน	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
240	-	-	38	39
250	-	-	37.5	38.5
260	-	-	37	38

จากตาราง

M_2 = มวลโมเลกุลของเซริซินขาวขอนแก่น

$K_f = 11.84 \text{ } ^\circ\text{C}$ (menthol)

$g_1 = 10.0397 \text{ g}$

$g_2 = 0.1073 \text{ g}$

$\Delta T_f = 40 - 38 = 2$

จากการคำนวณตามสูตร $M_2 = K_f \frac{1000 g_2}{\Delta T_f g_1}$

น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 63.27 mol^{-1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เซริซินนางลาย

เวลาในการวัดผล (วินาที)	อุณหภูมิที่วัดได้ (°C)			
	menthol บริสุทธิ์		menthol ผสมเซริซิน	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0	76.5	62.5	77	66
10	76	62	72	62
20	74	61	68	58
30	71	60	63	56
40	68	57.5	60	53
50	63	55	57	49.5
60	60	53	53	47
70	57	51.5	51.5	46
80	55	49.5	48.5	44
90	53	47	46.5	42.5
100	50	46	45	41.5
110	48	45	43	40.5
120	46	44	41.5	39.5
130	45	43	40.5	38.5
140	43.5	42	39.5	38
150	43	41	38.5	37.5
160	42	40	37.5	36.5
170	-	39	37	36.5
180	-	40.5	37	36
190	-	40	41	36
200	-	39	40.5	35.5
210	-	-	40	35.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง

$M_2 =$ มวลโมเลกุลของเซริซินนางสาย

$K_f = 11.84 \text{ }^\circ\text{C (menthol)}$

$g_1 = 10.0471 \text{ g}$

$g_2 = 0.1041 \text{ g}$

$\Delta T_f = 44.25 - 36.25 = 8$

จากการคำนวณตามสูตร $M_2 = \frac{K_f \cdot 1000 g_2}{\Delta T_f g_1}$

น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 15.33 mol^{-1}



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เซริซินขาวสุพรรณ

เวลาในการวัดผล (วินาที)	อุณหภูมิที่วัดได้ (°C)			
	menthol บริสุทธิ์		menthol ผสมเซริซิน	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0	69	66	79	70
10	66.5	65.5	78	65
20	62	63.5	75	60
30	60	61	73	56
40	55	56	70	52
50	53	52	67	49
60	50	49	63	47
70	47.5	46.5	61	45
80	46	45	58	43
90	44.5	43	55	42
100	43	42	53	41
110	42	41	51	40
120	41.5	40	50	39
130	40.5	39	48	38.5
140	40	38	45	38
150	39	37	44	37.5
160	38.5	36.5	43	37
170	38	36.5	42	36.5
180	37.5	36	41	36.5
190	37.5	36	39	36
200	37	-	38.5	36
210	37	-	38	36
220	-	-	38	35.5
230	-	-	38	35.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการวัดผล (วินาที)	อุณหภูมิที่วัดได้ (°C)			
	menthol บริสุทธิ์		menthol ผสมเซริซีน	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
240	-	-	37	35.5
250	-	-	37	35
260	-	-	36.5	35
270	-	-	36.5	-
280	-	-	36	-
290	-	-	36	-
300	-	-	35.5	-
310	-	-	35.5	-
320	-	-	35.5	-
330	-	-	35	-

จากตาราง

M_2 = มวลโมเลกุลของเซริซีนขาวสุพรรณ

$K_f = 11.84 \text{ } ^\circ\text{C (menthol)}$

$g_1 = 10.0825 \text{ g}$

$g_2 = 0.1015 \text{ g}$

$\Delta T_f = 37 - 35 = 2$

จากการคำนวณตามสูตร $M_2 = \frac{K_f \cdot 1000 \cdot g_2}{\Delta T_f \cdot g_1}$

$\Delta T_f \cdot g_1$

น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 59.60 mol^{-1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เซริซินด้านข้าง

เวลาในการวัดผล (วินาที)	อุณหภูมิที่วัดได้ (๐C)			
	menthol บริสุทธิ์		menthol ผสมเซริซิน	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0	65	61	66	65
10	62	60	62	61
20	58	57.5	56	58.5
30	54	55	52	56
40	52	53	49	54
50	49	51	46.5	52
60	48	49	45	49.5
70	46.5	47	43	46.5
80	45.5	43	42	44
90	44.5	41	41.5	42
100	43	39.5	41	40
110	42	38	40	39
120	41.5	37	38.5	38
130	41	36.5	37.5	37
140	40.5	36	37	36
150	40	35.5	36	35.5
160	40	35.5	35	35
170	39.5	-	35	35
180	39	-	-	34.5
190	39	-	-	-
200	38.5	-	-	-
210	38	-	-	-
220	37.5	-	-	-
230	37	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการวัดผล (วินาที)	อุณหภูมิที่วัดได้ (°C)			
	menthol บริสุทธิ์		menthol ผสมเซริซิน	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
240	37	-	-	-
250	37	-	-	-
260	36.5	-	-	-
270	36.5	-	-	-
280	36.5	-	-	-
290	36	-	-	-
300	36	-	-	-
310	36	-	-	-

จากตาราง

M_2 = มวลโมเลกุลของเซริซินด้านข้าง

$K_f = 11.84 \text{ } ^\circ\text{C (menthol)}$

$g_1 = 10.0152 \text{ g}$

$g_2 = 0.1040 \text{ g}$

$\Delta T_f = 35.75 - 34.75 = 1$

จากการคำนวณตามสูตร $M_2 = K_f \frac{1000g_2}{\Delta T_f g_1}$

น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 122.95 mol^{-1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้