

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาโครงสร้างพีวีซีซีท แบบเซลล์เปิดด้วยเทคโนโลยีนาโน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DEVELOPMENT OF OPEN CELL STRUCTURE OF PVC SHEET
WITH NANO-TECHNOLOGY**



**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIRMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์
นักศึกษา


การพัฒนาโครงสร้างพีวีซีซีที แบบเซลล์เปิดด้วยเทคโนโลยีนาโน
นายธนพล ศิระไตรรัตน์ รหัสนักศึกษา 47010305
นายธนวัฒน์ ไกรวัฒนวงศ์ รหัสนักศึกษา 47010307

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์
ปริญญานิพนธ์


รศ. ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์)


.....กรรมการ
(ดร. สันติ วัฒนานุกรม)


.....กรรมการ
(อ. จินตติ เบญจางคประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาโครงสร้างพีวีซีซีท แบบเซลล์เปิดด้วยเทคโนโลยีนาโน		
นักศึกษา	นายชนพล ศิระไตรรัตน์	รหัสนักศึกษา 47010305	
	นายชนวัฒน์ ไกรวัฒนวงศ์	รหัสนักศึกษา 47010307	
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขา	วิศวกรรมเคมี		
พ.ศ.	2550		
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์		

บทคัดย่อ

การสังเคราะห์วัสดุเชิงประกอบคล้ายหนัง จากพีวีซีคอมพาวนด์และผงหนัง เพื่อเพิ่มคุณภาพด้านการถ่ายเทความร้อน สำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรม การทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การลดขนาด ผงหนังให้มีขนาดใกล้เคียงกับนาโน และหาปริมาณผงหนังที่เหมาะสมที่ทำให้สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น การศึกษาการลดขนาดผงหนัง ได้ทำการทดลอง 2 วิธี คือ เครื่องปั่น (Blender) ลดขนาดของผงหนัง ได้ผงหนังที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 ไมโครเมตร และวิธีที่สองคือ การละลายผงหนังด้วยกรดไฮโดรคลอริก แล้วปรับค่า pH ด้วยสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ เพื่อให้โปรตีนตกตะกอน ช่วงค่า pH ที่เหมาะสม คือ 6-7 ผงหนังที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด ในการสังเคราะห์หนังกึ่งสังเคราะห์ ใช้ผงหนังในปริมาณ 10 20 30 40 และ 50 ส่วนผสมกับกิบพีวีซีคอมพาวนด์ แล้วใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งที่ อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นแผ่นมีความหนา 1 มิลลิเมตร นำไปทดสอบสมบัติและวิเคราะห์ลักษณะผิว ได้ผลทดสอบ ดังนี้ ความต้านแรงดึง 9.13 ถึง 4.23 MPa การยืด ณ จุดขาด 314.18 ถึง 46.42 ความแข็ง 53 ถึง 65 (Shore A) การดูดซึมน้ำร้อยละ 2.66 ถึง 15.65 และการระบายอากาศ 0.247 ถึง 2.716 ลิตรต่อนาที่ จากผลทดสอบ พบว่า ความต้านแรงดึงและการยืด ณ จุดขาด มีแนวโน้มลดลง แต่ความแข็ง การดูดซึมน้ำและการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนผลการวิเคราะห์ ลักษณะผิวของหนังกึ่งสังเคราะห์มีโครงสร้างเป็นเซลล์เปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Development of Open Cell Structure of PVC Sheet with Nano-Technology	
Student	Mr. Tanaphon Siratrirat	student ID. 47010305
	Mr. Tanawat Kraiwattanawong	student ID. 47010307
Degree	Bachelor of Engineering	
Programme	Chemical Engineering	
Year	2550	
Report Advisor	Assoc.Prof.Dr.Paisal Nakpipat	

ABSTRACT

The synthesis of leather like composite from PVC compound and leather dust for increasing the heat transfer properties in order to apply in the PVC sheet industries. The experiment is decided into 2 steps: the size reduction into nearly nano-scale of leather dust and investigated the optimum amount of used leather dust to increase the physical properties of the product. Two methods of size reduction of leather dust were studied. By using blender, The dust getting is about 2-3 μm and the second method is the dissolving in acid and precipitated out by using sodium hydroxide, the getting result is leather dust in appropriate pH between 6 and 7. The synthesis of leather-like composites were carried out by mixing and molding leather dust 10-50 phr and PVC compound using two roll mill at 180 $^{\circ}\text{C}$, resulting composite sheets of 1 mm thickness. And then take mechanical properties test and surface analysis. The result of properties test, tensile strength was 9.13 – 4.23 MPa; Elongation was 314.18 – 46.42 %; hardness was 53 – 65 Shore A; water adsorption was 2.66 – 15.65 % and air transfer was 0.247 – 2.716 L/min. Tensile strength and Elongation were decreasing but hardness, water adsorption and air transfer were increasing. The result of surface analysis, leather-like composites were open cell structure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา และความอนุเคราะห์จากบุคคลและองค์กรหลายฝ่าย

ลำดับแรกผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. ไพศาล นาคพัฒนา ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยซาบซึ้งต่อความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอแสดงความขอบคุณ บริษัท ไทยนามพลาสติก จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมี เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two rolls mixing mill) เครื่องทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile tester) และเครื่อง Durometer แบบ Shore A

ขอแสดงความขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์สารเคมี

ขอแสดงความขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่อง SEM และเครื่อง IR

ขอบพระคุณ คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ และ คุณพิมพ์ใจ ภูษนะกิจ เจ้าหน้าที่ธุรการ ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่เป็นธุระในการประสานงานต่างๆ และให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน

ธนพล ศิระไตรรัตน์
ธนวัฒน์ ไกรวัฒนวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 นาโนเทคโนโลยี.....	4
2.2 หนังสั้ว.....	4
2.3 หนังแท้หรือหนังฟอก.....	4
2.3.1 หนังผิวแท้.....	5
2.3.2 หนังผิวแท้ผ่านกรรมวิธีขัดผิวให้เรียบ.....	5
2.3.3 หนังผิว.....	5
2.3.4 หนังทอ.....	5
2.4 หนังเทียม.....	6
2.4.1 PVC leather หรือ PU leather.....	6
2.4.2 PVC Film และ Sheet.....	7
2.5 วัสดุคืบในการผลิตหนังเทียม.....	7
2.5.1 พลาสติก.....	7
2.5.2 สารเติมแต่งในพลาสติก.....	8
2.5.2.1 สารช่วยทำให้อยู่ตัว.....	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2.2 โพรเซสซิงเอด.....	8
2.5.2.3 สารหล่อลื่น.....	8
2.5.2.4 สารเสริมสภาพพลาสติก.....	9
2.5.2.5 สารตัวเติม.....	9
2.5.2.6 สี.....	10
2.5.2.7 สารทำให้เกิดฟอง.....	10
2.5.2.8 สารต้านการติดไฟ.....	10
2.6 วิธีการผลิตหนังเทียม.....	11
2.6.1 วิธี Calendering.....	11
2.6.2 วิธี Coating.....	13
2.7 การทดสอบหนังเทียม.....	14
2.7.1 การทดสอบความทนต่อแรงยืดและการยืด.....	14
2.7.2 การทดสอบค่าความแข็ง.....	15
2.7.3 การทดสอบด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน.....	15
2.8 จุดไอโซอิเล็กทริก.....	17
บทที่ 3 การทดลอง.....	20
3.1 การลดขนาดของผงหนัง.....	20
3.1.1 การลดขนาดของผงหนังด้วยเครื่องปั่น.....	20
3.1.2 การลดขนาดของผงหนังด้วยกรดไฮโดรคลอริก.....	20
3.2 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผงหนัง.....	21
3.3 การทดสอบหนังกึ่งสังเคราะห์.....	21
3.3.1 การผลิตหนังกึ่งสังเคราะห์.....	21
3.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะผิวชิ้นงาน.....	23
3.3.3 การทดสอบสมบัติเชิงกล.....	23
3.3.4 การทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำ.....	24
3.3.5 การทดสอบสมบัติการระบายอากาศ.....	24
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	26
4.1 ผลการตรวจสอบลักษณะผิวของชิ้นงาน.....	26
4.1.1 ผลการลดขนาดของผงหนังด้วยเครื่องปั่น.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2 ผลการลดขนาดของผงหนังกึ่งด้วยกรดไฮโดรคลอริก.....	26
4.2 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผงหนังกึ่ง.....	26
4.3 ผลการทดสอบหนังกึ่งสังเคราะห์.....	27
4.3.1 ผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไปของชิ้นงาน.....	27
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะผิวชิ้นงาน.....	27
4.3.3 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล.....	31
4.3.3.1 ผลการทดสอบความต้านแรงดึง.....	31
4.3.3.2 ผลการทดสอบการขีด ฉีก ขูดขาด.....	33
4.3.3.3 ผลการทดสอบความแข็ง.....	35
4.3.3.4 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำ.....	36
4.3.4 ผลการทดสอบการระบายอากาศ.....	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	38
เอกสารอ้างอิง.....	40
ภาคผนวก ก.....	41
ภาคผนวก ข.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของหนังแท้.....	6
ตารางที่ 2.2 โครงสร้างของกรดอะมิโน 20 ชนิด ที่พบในโปรตีน.....	18
ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมสำหรับการเตรียมพีวีซีคอมพาวนด์.....	22
ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมสำหรับการผลิตหนังกึ่งสังเคราะห์ของผงหนังที่ได้จาก การปั่น.....	22
ตารางที่ 3.3 ส่วนผสมสำหรับการผลิตหนังกึ่งสังเคราะห์ของผงหนังที่ได้จาก การตกตะกอน.....	22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่อง Calender.....	12
รูปที่ 2.2 เครื่องทดสอบ Tensile Strength, Elongation.....	14
รูปที่ 2.3 เครื่องวัดความแข็ง	15
รูปที่ 2.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน.....	16
รูปที่ 4.1 อินฟราเรดสเปกตรัมของผงหนังก่อนและหลังการตกตะกอน.....	26
รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังของหนังเทียม.....	27
รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสม ผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 10 ส่วน.....	28
รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสม ผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 20 ส่วน.....	28
รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสม ผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 30 ส่วน.....	29
รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสม ผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 40 ส่วน	29
รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสม ผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 50 ส่วน.....	30
รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสม ผงหนังที่ได้จากการตกตะกอน 50 ส่วน.....	31
รูปที่ 4.9 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการปั่นต่อค่าความต้านแรงดึงของหนัง กึ่งสังเคราะห์ ในด้าน MD.....	32
รูปที่ 4.10 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการปั่นต่อค่าความต้านแรงดึงของหนัง กึ่งสังเคราะห์ ในด้าน TD.....	32
รูปที่ 4.11 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการปั่นต่อค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด ของหนังกึ่งสังเคราะห์ ในด้าน MD.....	33
รูปที่ 4.12 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการปั่นต่อค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด ของหนังกึ่งสังเคราะห์ ในด้าน TD.....	34
รูปที่ 4.13 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการปั่นต่อค่าความแข็งของหนัง กึ่งสังเคราะห์.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.14 ผลของปริมาณผงหน้งที่ได้จากการปั่นต่อค่าร้อยละของการดูดซับน้ำ ของหน้งกึ่งสังเคราะห์.....	36
รูปที่ 4.15 ผลของปริมาณผงหน้งที่ได้จากการปั่นต่อค่าการระบายอากาศของหน้ง กึ่งสังเคราะห์.....	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจาก ปัจจุบันเทคโนโลยีพอลิเมอร์ก้าวหน้าไปไกลมาก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกที่ใช้กันอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแผ่นพีวีซีอ่อน หรือหนังเทียม เช่น กระเป๋าสตรี กระเป๋านักเรียน กระเป๋าเดินทาง รองเท้าสตรี รองเท้ากีฬา เข็มขัด โซฟา เก้าอี้ เบาะรถยนต์และเครื่องตกแต่งในรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตได้ก้าวหน้าไปมาก ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ดูคล้ายกับหนังแท้จนบางครั้งแยกไม่ออก อย่างไรก็ตาม สมบัติบางอย่างของหนังเทียมก็ยังดีกว่าหนังแท้ เช่น การอมความร้อน ทั้งนี้เพราะหนังเทียมที่ผลิตจากพีวีซีมีโครงสร้างเป็นเซลล์ปิด ทำให้ไม่สามารถระบายอากาศได้ การถ่ายเทความร้อนไม่ดี เมื่อนั่ง นอน หรือสัมผัสนานๆ จึงมีเหงื่อออก ความรู้สึกสัมผัสไม่เย็นสบายเหมือนการสัมผัสหนังแท้ เพื่อพัฒนาคุณภาพของหนังเทียมให้ทัดเทียมกับหนังแท้จึงได้ทำโครงการวิจัยเพื่อเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์หนังเทียมด้วยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้เป็นเซลล์เปิดด้วยเทคโนโลยีวัสดุเชิงประกอบนาโน

จากความรู้พื้นฐานของวัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์ ประกอบด้วยวัสดุสำคัญสองส่วน คือ เมทริกซ์ (Matrix) และวัสดุเสริมแรง (Reinforcement) สำหรับเมทริกซ์ มักเป็นพอลิเมอร์ที่เป็นสารหลัก ในที่นี้คือ พีวีซี ส่วนวัสดุเสริมแรงได้เลือกวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เศษหนังจากโรงงานฟอกหนัง เป็นต้น เพื่อให้วัสดุเสริมแรงนี้มีประสิทธิภาพในการเสริมแรงสูง จะต้องทำการลดขนาดให้มีขนาดเล็กเข้าใกล้ระดับนาโนด้วยเทคนิคการลดขนาดวัสดุที่เหมาะสม และใช้วิธีการปรับปรุงสภาพพื้นผิววัสดุเพื่อให้วัสดุเสริมแรงประสานกับเมทริกซ์ได้ดี

ผลที่ได้นอกจากจะเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์หนังเทียมและวัสดุเหลือทิ้ง อีกทั้งเป็นการเพิ่มระดับขีดความสามารถของอุตสาหกรรมไทยในตลาดหนังเทียม ทำให้อุตสาหกรรมขยายตัวส่งผลให้มีการว่าจ้างงานมากขึ้น เกิดการกระจายรายได้สู่ฐานรากของประเทศ และสามารถแข่งขันกับอุตสาหกรรมหนังเทียมของต่างประเทศได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหนังเทียมให้ใกล้เคียงกับหนังแท้
2. เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์หนังเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1. หนักิ่งสังเคราะห์ที่ประกอบด้วยผงหนักิ่งในปริมาณแตกต่างกันมีผลต่อสมบัติเชิงกล เช่น ความต้านแรงดึง การยืด ฅ จุดขาด ความแข็ง การดูดซึบน้ำ และการระบายอากาศ
2. หนักิ่งสังเคราะห์ที่สังเคราะห์ขึ้นนี้มีโครงสร้างเป็นเซลล์เปิด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการลดขนาดเศษหนักิ่งฟอกให้มีขนาดใกล้เคียงกับระดับนาโน
2. ศึกษาการปรับปรุงหนักิ่งเทียมให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับหนักิ่งแท้โดยใช้ผงหนักิ่งเป็นสารเติมแต่ง
3. ศึกษาผลกระทบของปริมาณผงหนักิ่งที่มีต่อคุณภาพของหนักิ่งเทียม
4. ศึกษาหาวิธีการสังเคราะห์หนักิ่งเทียมโดยใช้พอลิไวนิลคลอไรด์เป็นเมทริกซ์ และผงหนักิ่งเป็นสารเติมแต่ง

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการผลิตหนักิ่งเทียมเพื่อนำมาประยุกต์ในการสังเคราะห์หนักิ่งสังเคราะห์
2. ศึกษาข้อดีและข้อเสียของหนักิ่งเทียมและหนักิ่งฟอก
3. ศึกษาหาวิธีการย่อยเศษหนักิ่งฟอกให้เป็นผงหนักิ่งที่มีขนาดใกล้เคียงกับระดับนาโน
4. ศึกษาหาวิธีการสังเคราะห์หนักิ่งสังเคราะห์ จากพีวีซีคอมพาวนด์และผงหนักิ่ง
5. เตรียมผงหนักิ่งและพีวีซีคอมพาวนด์ ที่จะใช้ในการขึ้นรูปหนักิ่งสังเคราะห์
6. ศึกษาขั้นตอนและหลักการทํางานของเครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปหนักิ่งสังเคราะห์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมบัติต่างๆ
7. ขึ้นรูปและทดสอบสมบัติต่างๆของหนักิ่งสังเคราะห์ที่ได้
8. เปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของหนักิ่งสังเคราะห์ที่มีผงหนักิ่งในปริมาณต่างๆ กับหนักิ่งเทียมและหนักิ่งฟอก
9. สรุปและประเมินผลการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้และทักษะในด้านกระบวนการผลิตวัสดุเชิงประกอบ (Composite material)
2. ได้รับความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมือทดสอบสมบัติต่างๆ
3. นำวัสดุที่เป็นขยะในกระบวนการอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ลดปริมาณขยะอุตสาหกรรม และเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุ
4. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษามาประยุกต์ใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมบาง ประเภท ได้ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตหนังเทียม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) [1]

นาโนเทคโนโลยี คือ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการ การสร้างหรือการวิเคราะห์ วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักรหรือผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ในระดับนาโนเมตร โดยที่มีขนาดโมเลกุลประมาณ 1-100 นาโนเมตร ถ้าเป็นเส้นใย จะวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ให้มีขนาดดังกล่าว และรวมถึงการออกแบบหรือการประดิษฐ์เครื่องมือเพื่อใช้สร้างหรือวิเคราะห์วัสดุในระดับที่เล็กมากๆ เช่น การจัดอะตอมและ โมเลกุลในตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ส่งผลให้โครงสร้างของวัสดุหรืออุปกรณ์มีคุณสมบัติพิเศษขึ้น ไม่ว่าจะทางด้านฟิสิกส์ เคมี หรือชีวภาพ และสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

2.2 หนังสัตรี

หนังสัตรี เป็น โปรตีนแบบเส้นใยหรือแท่ง (Fibrous หรือ Rod protein) ซึ่งเกิดจากสายพอลิเปปไทด์ยาวหลายสายมารวมกันพันเป็นเกลียว หรือเรียงเป็นแผ่นซ้อนๆกัน โดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสาย เช่น ไดซัลไฟด์ (-S-S-) และพันธะไฮโดรเจนจำนวนมาก จะเห็นว่าโปรตีนพวกนี้ส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้ความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่น [2]

การนำหนังสัตรีมาใช้ประโยชน์อย่างหนึ่งที่สำคัญ คือการนำหนังมาฟอกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์โดยนำไปทำกระเป๋า เสื้อผ้า เครื่องเรือน การผลิตหนังฟอกแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ การเตรียมหนังก่อนฟอก การฟอก การตกแต่ง

ผงหนังที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้รับมาจากเศษหนังในขั้นตอนการตัดเจียร ซึ่งจัดเป็นกากของเสียที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศษหนังเจียรเหล่านี้ไม่ควรนำไปฝังหรือใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง เพราะหนังที่ฟอกแล้วย่อยสลายได้ยาก และมีโครเมียมอยู่สูงถึงร้อยละ 1-8 ของน้ำหนักที่แห้ง อาจแพร่กระจายลงสู่ผิวดินได้

2.3 หนังแท้หรือหนังฟอก [3]

หนังแท้มีด้วยกันหลายชนิดและหลายระดับ สามารถจำแนกลักษณะของหนังแท้ได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 หนังสืวแท้ (Full-Grain)

หนังสืวหนังสืวชนิดนี้ จะเป็นหนังสืวชั้นบนสุดของสิ่งมีชีวิตที่เรานำมาทำแผ่นหนังสืว โดยไม่มีการขัดแต่ง ปกปิดรอย และยังคงรักษาสืวแท้ ไว้อย่างครบถ้วน ซึ่งรวมถึงรอยที่เกิดขึ้จากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การโดนแมลงกัด การโดนประทัษตรา เดินเฉี่ยวลวดหนาม ฯลฯ เป็นเสมือนลายอื่นไม่ปรารธนาที่เกิดจากธรรมชาติ หลีกเลียงได้ยาก ขึ้นกับการเลียงของ ฟาร์ม นั้น ๆ โดยหนังสืวลักษณะนี้ควบคุมลายได้ ล้าปากเพราะว่าเป็นลายธรรมชาติ ในบางครั้ง การทำหนังสืวชนิดนี้ เหมาะสำรับงานที่ต้องการลายที่เกิดจากธรรมชาติเป็นพิเศษ โดยใช้เพียงการย้อมสีเท่านั้น ไม่มีการป้มลาย

2.3.2 หนังสืวแท้ ผ่านกรรมวิธีขัดสืวให้เรียบ (Plated, Embossed, Buffed or Corrected)

ในเมื่อหนังสืวแท้มีรอยที่เกิดจากธรรมชาติอยู่มาก ซึ่งล้วนเป็นรอยที่ไม่พึงประสงค์ จึงต้องทำการแก้ไขด้วยการขัดสืวหน้าออกบางส่วน โดยในส่วนนี้ จะทำให้สืวที่เป็นของธรรมชาติไปทำให้ลายที่เกิดไม่สม่วเสมอ จึงต้องมีการป้มลายเลียนแบบธรรมชาติ สืวลายจะไม่ชัดเจนมากนัก

2.3.3 หนังสืว (Top-Grain)

เป็นหนังสืวที่ผ่านการแยกชั้นสืว ระหว่าง สืวชั้นบน และสืวชั้นล่าง ด้วยการใช้อุปกรณ์ปาดหนังสืวให้บาง โดยผลที่ได้ คือ จะได้หนังสืวชั้นบน 1 ผืน และหนังสืวแบบหนังสืวกลับ อีก 1 ผืน เพื่อเป็นการกำหนดความหนาของหนังสืวชั้นบนตามที่ต้องการ โดยส่วนที่ตัดออกมาจากสืวด้านล่าง เรียกว่า หนังสืวท้อง (ท้องสืว) หรือ หนังสืว Split

2.3.4 หนังสืวท้อง (Split)

เป็นส่วนที่เหลือจากการทำหนังสืวหนังสืวชนิดนี้มีลักษณะ โครงสร้างของเนื้อเยื่อไม่เท่าหนังสืว โดยทั่วไปไม่แนะนำให้นำมาทำหนังสืวสำรับรถยนต์ หรือบริเวณที่ใช้รองนั่ง หรือได้รับการเสียดสีบ่อย ๆ เนื่องจาก โครงสร้างของเนื้อหนังสืวที่หลวม ไม่จับกันแน่นเหมือนหนังสืว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของหนังแท้ [3]

ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none"> - ดูสวยงาม เป็นธรรมชาติ - เวลาสัมผัส รู้สึกนุ่มสบายมือ ให้ความรู้สึกที่ดีกว่า - ไม่อมความร้อน ระบายความร้อนได้ดี - ดูหรูหรา ภูมิฐาน - ไม่อมฝุ่นเหมือนผ้า - สร้างความรู้สึกโปร่งมากกว่าผ้า PVC ไม่เกิดเหงื่อออกมากเท่าหนังเทียม 	<ul style="list-style-type: none"> - ราคาแพง - ไม่ทนความชื้นสูง และแสงแดด - เกิดรอยที่ผิวได้ง่าย - ทำความสะอาดยาก และละเอียดอ่อน การทำความสะอาดที่ผิดวิธี อาจทำให้เสียหายได้ - เกิดรอยข่วนของหนังอันเกิดจากการใช้งานได้ง่าย (เหมือนผิวที่โดนกดทับ แล้วเป็นเส้น)

2.4 หนังเทียม (Artificial Leather)

หนังเทียม เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกสำเร็จรูปชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นพลาสติกชนิด PVC (Polyvinyl Chloride) หรือ PU (Polyurethane) ก็ได้ นิยมใช้ทำเบาะรถยนต์ กระเป๋า เข็มขัด รองเท้า เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ใช้แทนหนังแท้ ทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบันหนังดิบนอกจากราคาแพงแล้ว ยังขาดแคลนหนังดิบที่จะนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ผู้ใช้หันมาใช้หนังเทียมแทนหนังแท้ซึ่งมีราคาถูกกว่ากันมากขึ้น ประกอบกับหนังเทียมมีสมบัติและลักษณะใกล้เคียงกับหนังแท้สามารถนำมาใช้ทดแทนกันได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นหรือนำมาดัดแปลงให้เหมาะกับการใช้ได้อีกมากกว่าหนังแท้ จึงทำให้มีผู้นิยมใช้หนังเทียมเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ หนังเทียมมีหลายชนิด โดยแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท ตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ คือ

2.4.1 PVC Leather หรือ PU Leather แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

- PVC Leather Cloth หรือ PU Leather Cloth (หนังเทียม)
- Sponge Leather Cloth (หนังเทียมฟองน้ำ)

หนังเทียมประเภท PVC Leather Cloth หรือ PU Leather Cloth มีลักษณะคล้ายหนังแท้มาก ข้อแตกต่างของหนังเทียม 2 ชนิด คือ PVC Leather Cloth หรือ PU Leather Cloth จะมี 2 ชั้น ได้แก่ ชั้นผ้า ชั้นฟองน้ำ และชั้นผิว PVC หรือ PU จึงนิยมใช้ผลิตเครื่องเฟอร์นิเจอร์ เบาะรถยนต์ และเบาะรถจักรยานยนต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 PVC Film และ Sheet แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

- PVC Film มีลักษณะใส โปร่งแสง มีขนาดความหนาตั้งแต่ 0.03-0.19 มิลลิเมตร

นิยมใช้ทำแผ่นพลาสติกหุ้มสมุด หนังสือ ฯลฯ

- PVC Sheet มีลักษณะทึบแสง มีทั้งชนิดหนาและบาง คือ มีขนาดความหนาตั้งแต่ 0.20 มิลลิเมตรขึ้นไป ชนิดบางนิยมใช้ทำรองเท้า ชนิดหนาใช้ทำเข็มขัด ผ้าใบ ผ้าเต็นท์ และผ้าปูโต๊ะ เป็นต้น

2.5 วัตถุดิบในการผลิตหนังเทียม

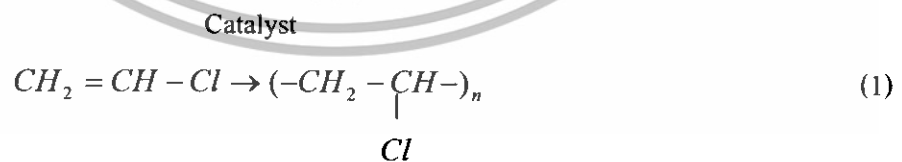
วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหนังเทียมทุกประเภทยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศร้อยละ 70 เช่น เคมีภัณฑ์ กระดาษ (Release Paper) และ PVC Resin (ชนิด Paste & Suspension Resin) ส่วนวัตถุดิบที่ซื้อภายในประเทศมีประมาณร้อยละ 30 ซึ่งได้แก่ PVC Resin เคมีภัณฑ์บางชนิดที่บริษัทผู้นำเข้าส่งมาจำหน่าย และผ้า เป็นต้น

วัตถุดิบที่สำคัญ ซึ่งใช้ในการผลิตหนังเทียม (PVC Leather Cloth หรือ PU Leather Cloth) และ PVC Film & Sheet ได้แก่

2.5.1 พลาสติก (Plastic)

พลาสติก ที่ใช้ในที่นี่เป็นประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic Polymer) ชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ หรือ พีวีซี

พอลิไวนิลคลอไรด์หรือพีวีซี เป็นพลาสติกชนิดโฮโมพอลิเมอร์ของไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์ (Vinyl Chloride Monomer) ซึ่งเกิดจากการที่ไวนิลคลอไรด์หลายๆ โมเลกุลเกิดการรวมตัวกันกลายเป็นพอลิเมอร์เมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมดังสมการ (1)



ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ที่ใช้อาจเป็นโลหะ เช่น โครเมียมหรือโมลิบดีนัม หรืออาจเป็นออกไซด์ของโลหะ เช่น นิเกิลออกไซด์ หรือโครมิกออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 สารเติมแต่งในพลาสติก (Additives in Plastic) [4]

การเติมสารต่างๆลงในพลาสติก เพื่อปรับปรุงให้พลาสติกมีสมบัติตามต้องการ สารที่เติมลงไปนี้จะกระจายเข้าไปในพอลิเมอร์ โดยไม่มีผลต่อโครงสร้างของโมเลกุลพอลิเมอร์

Additives ที่ช่วยในกระบวนการผลิต โดยทำหน้าที่ต่างๆ ดังนี้ คือ

2.5.2.1 สารช่วยทำให้อยู่ตัว (Stabilizers) เป็นตัวป้องกันไม่ให้เนื้อพลาสติกเกิด

ออกซิเดชัน (Oxidation) หรือเสื่อมสภาพในขณะที่ใช้งาน และเพิ่มเสถียรภาพของ PVC ไม่ให้สลายตัวจากความร้อน พลาสติกจำพวกไวนิล (Vinyl) จะส่วนใหญ่ใช้ซิงค์โซฟ (Zinc Soap) เป็นตัวคงสภาพ ส่วนพลาสติกจำพวกสไตรีน (Styrene) จะใช้ฟีนอล (Phenol) เป็นตัวคงสภาพ เป็นสารที่ช่วยเพิ่มความเสถียรของ PVC และช่วยป้องกันการละลายของ พลาสติกเมื่อใช้ไปเป็นเวลานาน เช่น IRGANOX 1010, Tinuvin P และ AC - 212E โดยที่แบ่งส่วนหลัก ๆ เป็น 3 ประเภท คือ

- **Heat Stabilizer** เป็น Stabilizer ที่ช่วยในการทนต่อความร้อน หรือ สภาวะที่อยู่ ในอุณหภูมิสูง ลดอัตราการละลายของ พลาสติก โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ใช้อุณหภูมิสูง

- **Light Stabilizer** เป็น Stabilizer ที่ช่วยในการทนต่อแสง UV มีอีกชื่อหนึ่งว่า UV Stabilizer สารตัวนี้จะลดการเปลี่ยนแปลงของสีของพลาสติกเมื่อโดนแสงแดดเป็นเวลานาน เนื่องจากพลาสติกทั่วไปจะเปลี่ยนสีไป เมื่อโดนแสง UV โดยที่สีจะเหลืองหรือซีดลง แต่เมื่อเติม สารตัวนี้จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

- **Anti oxidation** เป็น Stabilizer ที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน

2.5.2.2 โปรเซสซิงเอ็ด (Processing Aid) ช่วยในการขึ้นรูปและทำให้

กระบวนการผลิตดำเนินการไปด้วยดี ช่วยลดการเกิด Air Mark และ Flow Mark และช่วยลด อุณหภูมิในการขึ้นรูปให้ต่ำกว่าจุดสลายตัวของ PVC เป็นสารที่ช่วยให้กระบวนการผลิต ผลิตได้ อย่างราบรื่นไม่ติดขัด และช่วย ทำให้ PVC ไม่ติดกับ Calender และทำให้ PVC กระจายเต็มหน้า กว้างของ Calender ส่วนใหญ่จะใส่ในการผลิต Rigid PVC เพราะ Rigid PVC ไม่ได้ใส่ Platicizer จึงอาจทำให้ PVC ติดกับ Calender ได้ แต่ใน Soft PVC จะไม่นิยมใช้ สารส่วนใหญ่ที่ใช้คือ PA - 910 เป็นต้น

2.5.2.3 สารหล่อลื่น (Lubricant) เติมลงไปเพื่อทำให้เนื้อพลาสติกขึ้นเพิ่มสารที่

ใช้อาจเป็นขี้ผึ้ง (Wax) หรือ แคลเซียม สเตียเรต (Calcium Stearate) สารหล่อลื่นเป็นสารเติมแต่งที่ เติมลงไป ในพอลิเมอร์เพื่อช่วยในการขึ้นรูปโดยปรับปรุงสมบัติของการไหล และช่วยลดปัญหาการ ติดของพอลิเมอร์หลอมกับชิ้นส่วนของเครื่องจักร เป็นสารที่เพิ่มความลื่น ทำให้ PVC ไม่เกาะกับ Calender และลดแรงเสียดทานระหว่าง โมเลกุลของ PVC โคนจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **External Lubricant** เป็นสารที่ช่วยหล่อลื่นและลดแรงเสียดทาน ระหว่าง PVC กับ Calender

- **Internal Lubricant** เป็นสารที่ช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างโมเลกุล PVC Additives ที่ใช้ปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกล ซึ่งทำหน้าที่ต่างๆ คือ

2.5.2.4 สารเสริมสภาพพลาสติก (Plasticizer) เป็นของเหลว ส่วนใหญ่จะใสไม่มีสี เติมลงไปเพื่อเพิ่มความอ่อนตัว (Flexibility) และเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระแทกของเนื้อพลาสติก พลาสติกบางชนิด เช่น ไวนิล (Vinyl) เนื้อจะเปราะมาก จึงจำเป็นต้องเติมสารบางชนิดลงไปเพื่อทำให้เนื้อเหนียวขึ้น เป็นสารที่เติมเพื่อให้ PVC อ่อนตัวลง เนื่องจากคุณสมบัติ ของ PVC มีลักษณะแข็ง แต่เพราะ Plasticizer จะช่วยให้ PVC มีความยืดหยุ่นสูง โดยที่ Plasticizer จะเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างรูพรุนและรอยหยักของ PVC โดยที่ Plasticizer แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- **สารเสริมสภาพพลาสติกชนิดปฐมภูมิ (Primary Plasticizer)** จะผสมเข้ากันกับโพลิเมอร์ได้เป็นอย่างดี

- **สารเสริมสภาพพลาสติกชนิดทุติยภูมิ (Secondary Plasticizer)** หรือ Extender จะต้องมี Primary Plasticizer ผสมอยู่ด้วยในปริมาณพอสมควร จึงจะผสมกับโพลิเมอร์ได้เป็นที่น่าพอใจ

2.5.2.5 สารตัวเติม (Filler) เป็นสารเติมแต่งที่มีลักษณะเป็นของแข็ง มีองค์ประกอบและโครงสร้างที่แตกต่างจากโพลิเมอร์ เติมลงไปเพื่อเพิ่มเนื้อพลาสติก ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง นอกจากนั้นยังทำให้พลาสติกมีความแข็งแรงสูงขึ้น ช่วยให้การคงรูปดีขึ้น เพิ่มความสามารถในการพิมพ์สีได้ดีขึ้น เพิ่มการทนความร้อน และคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้า เป็นสารที่ช่วยเพิ่มเนื้อให้กับหนังเทียม และช่วยปรับปรุง คุณสมบัติของคอมพาวนด์ ให้ดีขึ้น เช่น AJ – 180, AB – 905 เป็นต้น วัสดุที่นิยมใช้เป็นตัวเติม ได้แก่ ผงไม้ คอวอร์ตซ์ หินปูน กราไฟต์ และดินเหนียว เป็นต้น อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

- **Inert Filler** หรือ Extender เป็น Filler ที่ผสมลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณและลดต้นทุนการผลิต

- **Reinforcing Filler** ช่วยให้สมบัติทางกายภาพและทางกลของพลาสติกดีขึ้น เช่น ทนต่อการ ยึดดึง หรือ ค่า Modulus ของการ โค้งงอดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.6 สี (Colourant) เป็นสารเติมแต่งที่ผสมในพลาสติกเพื่อให้สวยงาม และช่วยดึงดูดความสนใจ โดยอาจให้สี ความทึบ ความโปร่งแสง การเรืองแสง แสงวามมีสีเปลี่ยนแปลงเหมือนรุ้ง หรือคล้ายไข่มุก แก่ผลิตภัณฑ์พลาสติก การเติมน้ำอาจใช้วิธีนำผงสีมาคลุกเคล้ากับสารเชิงประกอบพลาสติก (Plastic Compounds) ก่อนนำไปทำการอัดแบบ หรืออาจจะฉีดสีที่เป็นของเหลวเข้าไปผสมกับเนื้อพลาสติกในแบบขณะทำการอัดแบบก็ได้ สารสีอาจจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

- **Pigment** เป็นสารสีที่ไม่ละลายในพอลิเมอร์ ทำให้แสงที่ผ่านเกิดการกระเจิงโดยที่แบ่งได้ดังนี้

- **Pure Pigment** เป็นผงที่มาจากสารสังเคราะห์ หรือเป็นผงที่ไม่มีตัวพา ทำให้ไม่เกิดการกระจาย
- **Master batch Pigment** เป็น Pigment ที่นำไปผสมในเนื้อพลาสติกตัวใดตัวหนึ่ง
- **Paste Pigment** เป็นการนำ Pure Pigment มาผสมกับน้ำมันเป็นสีที่ใช้ผสมกับ Compound โดยเฉพาะ โดยที่แยกประเภทของสี โดยใช้ กับ Soft PVC, Rigid PVC เช่น 3A – 606, 3A 611 เป็นต้น
- **Dye** จะให้สีที่สดใสและเข้มมาก

2.5.2.7 สารทำให้เกิดฟอง (Blowing Agents) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารอินทรีย์ เช่น Ammonium Carbonate หรือ Sodium Carbonate และสารอินทรีย์ เช่น azo-isobutyrodinitrile หรือ di-azo-aminobenzene เป็นต้น

2.5.2.8 สารต้านการติดไฟ (Flame Retardant) เติมลงไปเพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกติดไฟ หรือหน่วงการไหม้ไฟ สารที่นิยมใช้ที่สุด คือ ฟอสเฟต เอสเทอร์ (Phosphate Ester) ถึงแม้พลาสติกจะป้องกันไฟไม่ได้ 100 % ก็ตาม แต่ก็สามารถทำให้โพลิเมอร์นั้นยากต่อการติดไฟ และลดอัตราเร็วในการแพร่กระจายของเปลวไฟลงได้ เป็นสารที่เพิ่มความทนทานต่อการเผาไหม้ ทำให้ ผลิตภัณฑ์ไม่ติดไฟ เช่น Red Star

สารเติมแต่งที่ดีควรมีสมบัติอื่นๆ นอกเหนือจากที่ระบุไว้ ประกอบด้วย

- มีประสิทธิภาพที่ดี
- มีเสถียรภาพที่ดีภายใต้ภาวะของการขึ้นรูป
- มีเสถียรภาพที่ดีภายใต้สภาวะของการใช้งาน
- ไม่ควรเคลื่อนตัวหรือแพร่ออกจากชั้นพลาสติกไปเจือปนกับวัสดุข้างเคียงได้ง่าย (Bleeding) หรือแยกตัวออกมาสะสมบนผิวของพลาสติก (Blooming)
- ไม่เป็นพิษ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นและรส
- ราคาถูก
- ไม่เปลี่ยนสมบัติพลาสติกไปในทางลบ

2.6 วิธีการผลิตหนังเทียม [4]

2.6.1 วิธี Calendering

แผนการควบคุมการผลิตของเครื่อง Calender มีทั้งหมด 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนสำหรับเก็บวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิต การนำวัตถุดิบขึ้นมาเก็บ แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

- ผง PVC ใช้แรงดันลมจาก Boiler
- น้ำมัน (Plasticizer, Stabilizer) จะใช้แรงดันจาก Motor
- สารเติมแต่งต่างๆ (Additives)

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนสำหรับซึ่งนำหน้าวัตถุดิบที่จะนำไปใช้ในการผลิต โดยที่วัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีตาชั่งเฉพาะ ซึ่งตาชั่งจะทำงาน โดยการใช้แรงดันจาก Boiler จะนำเอาวัตถุดิบมาซึ่งตามค่าที่ป้อนไว้

ส่วนที่ 3 เป็นที่ตั้งของห้องควบคุม (Control Room) เนื่องจากระบบการผลิตของหน่วยงานเป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งจะทำการควบคุมการชั่ง จัดส่งวัตถุดิบ โดยอัตโนมัติตามค่าน้ำหนักที่ป้อนเข้าไป และยังมี High Speed Mixer เพื่อทำการผสมวัตถุดิบต่าง ๆ ให้เข้ากัน โดยใช้อุณหภูมิเป็นตัวควบคุม ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า phr ของพลาสติกนั้น ๆ ซึ่งเครื่อง High Speed Mixer นี้จะมีอยู่ 2 เครื่อง คือ เครื่อง A และ เครื่อง B ซึ่งจะทำงานสลับกันโดยมีลิ้นควบคุมการไหลของวัตถุดิบให้ลงถึง A หรือถึง B และจากนั้นจะจัดส่งวัตถุดิบลงไปที่ Banbury Mixer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 4 เป็นส่วนสำหรับ Banbury Mixer ซึ่งจะเป็นหม้อต้มที่ทำให้วัตถุดิบหลอมเหลว ซึ่งเวลาที่ใช้ในการต้มจะขึ้นอยู่กับความหนืดของพลาสติกที่ต้องการ จะมีแบบ Low Speed กับ High Speed แล้วแต่ค่า phr ที่ให้มาแล้วใช้ค่าตามตาราง ส่วนใหญ่จะใช้ Low Speed เนื่องจากจะทำให้เนื้อเข้ากันได้ดี ซึ่งจะเป็นสกรูอัดตัวเข้าหากันแทนที่จะเป็นลูกกลิ้ง แต่หากเป็นสินค้าเร่งด่วนจะใช้ High Speed เพราะจะทำให้ระยะเวลาในการต้มน้อยลง

ส่วนที่ 5 ซึ่งจะมีเครื่องจักรต่างๆ ดังนี้

Mixing Roll จะประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูก เพื่อช่วยบดส่วนผสมให้เข้ากันได้ดี

Strainer เป็นตัวกรองสิ่งสกปรกรวมทั้งโลหะหรือวัตถุดิบที่ไม่หลอมละลายออก โดยมีรังผึ้งเป็นตัวกรองละเอียดอีกชั้นหนึ่ง

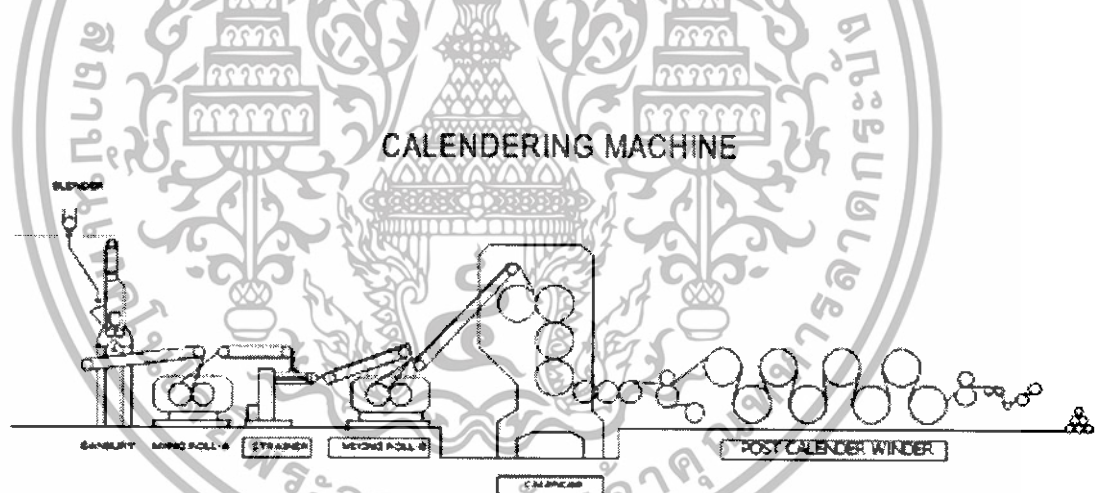
Calender จะมีลูกกลิ้ง 4 ลูก เรียงกันเป็นตัว L คว้า ดังรูปที่ 2.1

Take Off จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าตัว Calender ซึ่งจะมีจำนวน 3 ชุด ชุดละ 5 ลูก

Emboss จะเป็นตัวลูกกลิ้งที่ทำให้เกิดลวดลายแก่ชิ้นงาน มีทั้งหมด 4 ลูก

Cooling เป็นตัวลดอุณหภูมิของตัวพลาสติก มี 5 ชุด 18 ลูก โดยใช้ลูกกลิ้ง

หล่อเย็นจากเครื่อง Chiller



รูปที่ 2.1 เครื่อง Calender [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 วิธี Coating

หลักการทำงาน

- ส่วนผสมของ Pre - skin, Skin และ Foam จะถูกเตรียมขึ้นตามสัดส่วนที่แผนก Planning จัดเตรียมให้ โดยมีการเทียบสีให้เท่าเทียมกัน
- เมื่อทำการอุ่นเครื่องแล้ว จะนำกระดาษร่อนนำร่อนผ่านซุ่มสะสมและหัว Coat ต่าง ๆ ตลอดจนถึงลูก Cooling และ Winder
- เมื่อส่วนผสมพร้อมที่จะลงต่อกระดาษกับกระดาษร่อนนำ แล้วเริ่มลงชั้น Pre-skin บนกระดาษที่หัว Coat # 1 โดยอุณหภูมิ Zone 1 จะอยู่ที่ 120 องศาเซลเซียส และ 160 องศาเซลเซียส สำหรับ Zone 2 ซึ่งเป็นการค่อยๆ ให้อุณหภูมิกับตัวชั้นผิว ถือเป็นการอบไปในตัวแล้วเพิ่มอุณหภูมิให้ตัว Skin อยู่ตัวขึ้น
- หลังจากทีกระดาษที่ลงชั้น Pre - skin ออกมาจากเตาของหัว Coat # 1 แล้ว จะมีการตรวจสอบความหนาของชั้นที่เพิ่งลงไปโดยการ ใช้ Dial Gauge วัดว่าหนาตามที่กำหนดหรือไม่ หากชั้นที่ตกลงไปหนาหรือบางเกินไป ก็จะมีการปรับหัว Coat # 1 ให้เพิ่มหรือลดได้
- กระดาษที่ถูกลงชั้น Pre - skin จะถูกป้อนผ่านหัว Coat # 2 เพื่อลงชั้น Skin โดยจะมีอุณหภูมิ Zone 1 ที่ 130 องศาเซลเซียส Zone 2 ที่ 145 องศาเซลเซียส และ Zone 3 ที่ 160 องศาเซลเซียส และก็จะมีการขึ้นตอนการตรวจสอบความหนาของชั้น Pre - skin + Skin เหมือนกับหลังออกจากหัว Coat # 1 หากไม่ได้ความหนาที่ต้องการก็ทำการปรับเช่นเดียวกันกับ Coat # 1
- เมื่อกระดาษที่ลงชั้น Skin เรียบร้อยแล้วก็จะผ่านชั้น Foam ใน Coat # 3 โดยจะมีอุณหภูมิ Zone 1 ที่ 170 องศาเซลเซียส Zone 2 ที่ 175 องศาเซลเซียส zone 3 ที่ 180 องศาเซลเซียส และ Zone 4 ที่ 185 องศาเซลเซียส เมื่อผ่านเตาอบออกมาโฟมจะยังไม่ฟูตัวดี วัดความหนาแล้วส่งเข้า Coat # 4
- Coat # 4 ในส่วนนี้จะแบ่งเป็นสองกระบวนการคือต้องนำตัวชิ้นงานมาอบกาวก่อนแล้วมาลงผ้า แนบกับตัวชิ้นงานไป ต้องมีแท่งเหล็กมาวางทับบนผ้าในตอนเริ่มต้นเพื่อป้องกันการฟองตัวของ โฟมทำให้มีช่องลมเข้าไปจะทำให้ผ้าไม่ติดกับ โฟม วัดความหนาที่ได้
- เมื่อผ่านทั้ง 4 Coat แล้วในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการแยกชิ้นงานที่ได้ออกจากกระดาษแล้วนำชิ้นงานมาเก็บเข้าม้วน ตรวจสอบเช็คสภาพชิ้นงานส่งหน่วยงานตรวจสอบเพื่อทำการส่งลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

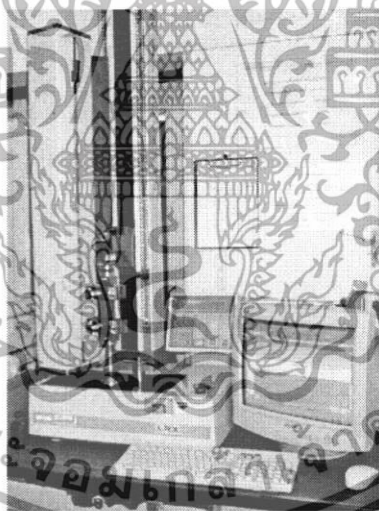
ในการทำชิ้นงานต้องทราบให้ทั่วถึงทั้งกระบวนการเพราะตัวเครื่องมีความยาวมากอาจเกิดปัญหาได้และต้องจดบันทึกความเร็วของลูกกลิ้งและอุณหภูมิที่ได้จริงไว้ด้วย เพื่อการแก้ปัญหาในอนาคต

2.7 การทดสอบหนึ่งเทียม [4]

2.7.1 การทดสอบความต้านแรงดึงและการยืด ณ จุดขาด

ความต้านแรงดึง (Tensile Strength) คือ การวัดค่าแรงที่ทำให้ตัวอย่างแยกออกจากกัน ด้วยการออกแรงไปในทิศทางตรงกันข้ามกันทำให้เกิดการแบ่งแยกออกจากกัน โดยมีรอยแยกไม่เป็นระเบียบ สิ่งที่ต้านแรงแยก คือความเหนียว (Toughness) เช่น ความเหนียวของเส้นใย หรือความเหนียวของเส้นด้าย เป็นต้น

การยืด ณ จุดขาด (Elongation) คือ ความสามารถของยางคอมพาวด์ที่จะยืดออกได้โดยไม่เกิดการแตกหักเสียหาย โดยที่มักจะวัดค่า “Ultimate Elongation – การยืดสูงสุด” หรือ “Elongation at Break – การยืด ณ จุดขาด” โดยจะแสดงค่าเป็นร้อยละของความยาวเดิม



รูปที่ 2.2 เครื่องทดสอบ Tensile Strength และ Elongation [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การทดสอบความแข็ง

ความแข็ง (Hardness) คือ คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถต้านทานหรือทนต่อการเสียรูปแบบพลาสติก โดยปกติเกิดจากการทำให้เป็นรอยจากการกด อย่างไรก็ตามความแข็งอาจรวมถึง ความต้านทานต่อการตัด การขีด การขีด และการตัด

การทดสอบความแข็งพลาสติก วัดด้วยการทดสอบ Shore Durometer เป็นวิธีวัดความต้านทานของพลาสติกต่อรอยกด ให้ค่าความแข็งตามหลักการไม่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติและคุณลักษณะพื้นฐาน ความแข็ง Shore A เป็นวิธีที่นิยมใช้ สำหรับยาง อีลาสโตเมอร์ และปกติใช้กับพลาสติกอ่อน เช่น พอลิโอฟีน ฟลูออโรพอลิเมอร์ และไนลัน Shore A ใช้สำหรับยางอ่อน ความแข็ง Shore A คือค่าความแข็งสัมพัทธ์ของวัสดุยืดหยุ่น เช่น ยาง หรือพลาสติกอ่อน สามารถที่จะหาได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Shore A Durometer



รูปที่ 2.3 เครื่องวัดความแข็ง (สเกล shore A) [4]

2.7.3 การทดสอบด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope, SEM) [6]

Electron Microscope คือ กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้อิเล็กตรอนแทนแสงในการสร้างภาพขยายของวัตถุ มีกำลังขยายมากกว่ากล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสงมาก จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการถ่ายภาพที่ต้องการรายละเอียดและกำลังขยายสูง

Scanning Electron Microscope (SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้อิเล็กตรอนในการสร้างภาพขยาย เช่นเดียวกับ TEM แต่มีความแตกต่างในรายละเอียดของกระบวนการในการสร้างภาพอย่างมาก SEM เครื่องแรกประดิษฐ์ขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 1960 จากนั้น SEM ก็ค่อยๆ กลายเป็นเครื่องมือที่นำไปประยุกต์ใช้แพร่หลายทั่วไป ทั้งในด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี การแพทย์ อุตสาหกรรม นิติวิทยาศาสตร์ โบราณคดี และอื่น ๆ อีกหลายด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของ Scanning Electron Microscope อิเล็กตรอนจะถูกสร้างขึ้นโดยใช้ Electron Gun จากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกโฟกัสให้เข้มข้นและเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงโดย Condensing Lens แล้วโฟกัสให้ตกลงบนผิวตัวอย่าง โดย Objective Lens ซึ่ง ณ ตอนนี อิเล็กตรอนที่ตกลงบนผิวตัวอย่างจะเป็นเพียงจุดที่เล็กมาก

Scan Coil จะควบคุมการกวาดของลำอิเล็กตรอนให้กวาดจากซ้ายไปขวา เมื่อสุดก็เลื่อนลงอีกชั้นและกวาดจากซ้ายไปขวาอีกครั้ง เป็นเช่นนี้จนครบเฟรม การกวาดลำอิเล็กตรอนเช่นนี้เรียกว่า Raster Scan และเมื่อครบเฟรมแล้วก็จะไปเริ่มแสกนที่จุดแรกใหม่

ในการกวาดลำอิเล็กตรอนในแต่ละเฟรม จะถูกกำหนดจำนวนจุดและแถวไว้อย่างแน่นอน โดยในภาพตัวอย่าง 1 เฟรม ตามเส้นตามแนวนอนจะประกอบด้วยจุด 1000 จุด และมีทั้งหมด 1000 เส้น

ที่ผิวตัวอย่างที่อิเล็กตรอนตกใส่ จะเกิดสัญญาณอิเล็กตรอนขึ้นหลายรูปแบบซึ่งคล้ายกับการที่แสงตกกระทบวัตถุและสะท้อนออกจากผิววัตถุ ในที่นี้ถ้ากล่าวอย่างง่าย ๆ ว่าถ้าผิวตัวอย่างเรียบก็จะให้สัญญาณสะท้อนอิเล็กตรอนได้ดี แต่ถ้าผิวตัวอย่างเป็นหลุมลึกก็จะไม่ให้สัญญาณหรือให้ได้น้อย ซึ่งเราสามารถรับสัญญาณได้โดยใช้ Detector ที่เหมาะสมกับชนิดของสัญญาณ สัญญาณที่ได้จะนำมาขยายให้มีความแรงที่เหมาะสมแล้วนำมาสร้างเป็นภาพ



รูปที่ 2.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric Precipitation) [7]

โปรตีน (Proteins) เป็น โมเลกุลชีวภาพ (Biomolecules) ที่เกิดขึ้นในอวัยวะของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ซึ่งโปรตีนเหล่านี้มีหลายชนิดและมีหน้าที่ทางชีวภาพแตกต่างกันออกไป ซึ่งถ้าไม่คำนึงถึงลักษณะภายนอกและหน้าที่แล้ว โปรตีนทุกชนิดจะเกิดจากกรดอะมิโน (Amino Acid) จำนวนหลายๆหน่วยมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันจนเป็นโซ่ยาว

ซึ่งกรดอะมิโนนี้ จะประกอบด้วยหมู่อะมิโน (Amino ; $-NH_2$) ที่มีคุณสมบัติเป็นเบส และหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl; $-COOH$) ที่มีคุณสมบัติเป็นกรด

ประโยชน์ของกรดอะมิโนคือ เป็น Building Block สำหรับโปรตีน ซึ่งเกิดจากการที่กรดอะมิโนมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ ซึ่งก็คือ พันธะเอไมด์ (Amide) โดยทั่วไป กรดอะมิโนสามารถจำแนกได้เป็นประเภทย่อย ๆ ดังนี้คือ

- ไดเปปไทด์ (Dipeptides) เกิดจากกรดอะมิโน 2 ตัวมาเชื่อมต่อกันโดยหมู่ $-NH_2$ ของกรดอะมิโนตัวหนึ่ง ไปเกิดพันธะกับหมู่ $-COOH$ ของกรดอะมิโนอีกตัวหนึ่ง
- ไตรเปปไทด์ (Tripeptides) เกิดจากกรดอะมิโน 2 ตัวมาเชื่อมต่อกัน ด้วยพันธะเปปไทด์ 2 พันธะ
- พอลิเปปไทด์ (Polypeptides) เกิดจากกรดอะมิโนหลาย ๆ ตัวมาเชื่อมต่อเป็นโซ่ยาว แต่จำนวนหน่วยของกรดอะมิโนจะมีน้อยกว่า 50 หน่วย
- โปรตีน เป็นพอลิเปปไทด์สายยาวที่มีจำนวนของกรดอะมิโนมากกว่า 50 หน่วยขึ้นไป

โปรตีนแต่ละชนิดมีค่า pH ที่ทำให้สมดุลของประจุสุทธิบนโมเลกุลเป็นศูนย์ เรียกค่านี้ว่า จุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric Point ; pI) เป็นค่าเฉพาะตัวของโปรตีนแต่ละชนิด เมื่อใดก็ตามที่ทำการปรับค่าพีเอชของสารละลายโปรตีนผสมจนกระทั่งมีค่าเท่ากับค่า pI ของโปรตีนที่ต้องการแยกโปรตีน ชนิดนั้นจะเกิดการรวมตัวกันแล้วตกตะกอนลงมา เนื่องจากบนโมเลกุลของโปรตีนนั้นมีประจุสุทธิเป็นศูนย์ จึงไม่มีแรงผลักดันไฟฟ้าสถิตระหว่างโมเลกุลของโปรตีนเอง โปรตีนจึงเข้าใกล้กันมากพอที่จะเกิดการรวมตัวกัน (Aggregate) ตกตะกอนลงมาได้

การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการละลายน้ำของโปรตีนโดยผลของการปรับเปลี่ยนค่าพีเอช เห็นได้ว่าที่ค่าพีเอชของสารละลายโปรตีนผสมที่มีค่าพีเอชต่ำกว่าค่า pI ของโปรตีนหรือ เอนไซม์ที่ต้องการแยก ประจุสุทธิบนโมเลกุลของเอนไซม์แต่ละ โมเลกุลแสดงประจุบวก ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างประจุบวกเหมือนกัน โมเลกุลของเอนไซม์จึงสามารถละลายอยู่ในน้ำได้ เมื่อทำการปรับค่าพีเอชเพิ่มขึ้นจนเข้าใกล้ค่า pI ของโปรตีนที่สนใจ ประจุสุทธิที่แสดงมีค่าเป็นบวกน้อยลงเรื่อยๆ ทำให้แรงผลักระหว่างโมเลกุลมีค่าน้อยลง จึงเกิดการเคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากขึ้น ค่าการละลายจึงลดลงจนกระทั่งถึงจุดที่ค่าพีเอชเท่ากับ pI ประจุสุทธิรวมมีค่าเป็นศูนย์ โมเลกุลของเอนไซม์จึงเคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากพอที่จะเกิดการรวมตัวกัน (Aggregate) ตกตะกอนลงมา ณ จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็นใบเซอร์ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงข้อมูล และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นอาจกล่าวได้ว่าเป็นจุดที่มีค่าการละลายต่ำที่สุด ในกรณีที่มีการปรับค่าพีเอชมากกว่าค่า pI ประจุสุทธิบนโมเลกุลของเอนไซม์แต่ละโมเลกุลมีค่าเป็นประจุลบ เกิดแรงผลักระหว่างประจุลบทำให้แต่ละโมเลกุล อยู่ห่างกันมากขึ้น ค่าการละลายจึงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

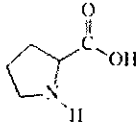
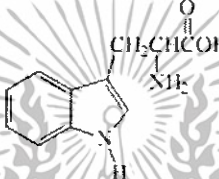

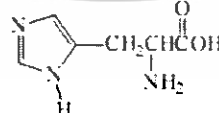
จุดไอโซอิเล็กทริกของกรดอะมิโนแต่ละตัวจะไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้าง ถ้า Side Chain ของกรดอะมิโนเป็นกลาง จะทำให้จุดไอโซอิเล็กทริกของกรดอะมิโนนั้นค่าเกือบเป็นกลาง (pH 5.0 – 6.5) ถ้าเป็นกรดอะมิโนที่เป็นกรด จะมีจุดไอโซอิเล็กทริก ที่ pH ต่ำ ๆ

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างของกรดอะมิโน 20 ชนิดที่พบในโปรตีน [7]

ชื่อ	อักษรย่อ	มวล โมเลกุล	โครงสร้าง	Isoelectric Point	pK_a $\alpha - COOH$	pK_a $\alpha - NH_3^+$
กรดอะมิโนที่เป็นกลาง						
Alanine	Ala (A)	89	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_3CHCOH \\ \\ NH_2 \end{array}$	6.00	2.34	9.69
Asparagine	Asn (N)	132	$\begin{array}{c} O \quad O \\ \quad \\ H_2NCCH_2CHCOH \\ \\ NH_2 \end{array}$	5.41	2.02	8.80
Cysteine	Cys (C)	121	$\begin{array}{c} O \\ \\ HSCH_2CHCOH \\ \\ NH_2 \end{array}$	5.07	1.96	10.28
Glutamine	Gln (Q)	146	$\begin{array}{c} O \quad O \\ \quad \\ H_2NCCH_2CH_2CHCOH \\ \\ NH_2 \end{array}$	5.65	2.17	9.13
Glycine	Gly (G)	75	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_2COH \\ \\ NH_2 \end{array}$	5.97	2.34	9.60
Isoleucine	Ile (I)	131	$\begin{array}{c} CH_3 \quad O \\ \quad \\ CH_3CH_2CHCHCOH \\ \\ NH_2 \end{array}$	6.02	2.36	9.60
Leucine	Leu (L)	131	$\begin{array}{c} CH_3 \quad O \\ \quad \\ CH_3CHCH_2CHCOH \\ \\ NH_2 \end{array}$	5.98	2.36	9.60
Methionine	Met (M)	149	$\begin{array}{c} O \\ \\ H_3CSCH_2CH_2CHCOH \\ \\ NH_2 \end{array}$	5.74	2.28	9.21
Phenylalanine	Phe (F)	165	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ CH_2CHCOH \\ \\ NH_2 \end{array}$	5.48	1.83	9.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างของกรดอะมิโน 20 ชนิดที่พบในโปรตีน (ต่อ)

ชื่อ	อักษรย่อ	มวล โมเลกุล	โครงสร้าง	Isoelectric Point	pK_a $\alpha - COOH$	pK_a $\alpha - NH_3^+$
Proline	Pro (P)	115		6.30	1.99	10.60
Serine	Ser (S)	105	$HOCH_2-CH(COOH)-NH_2$	5.68	2.21	9.15
Threonine	Thr (T)	119	$CH_3-CH(CH_3)-CH(COOH)-NH_2$	5.60	2.09	9.10
Tryptophan	Try (W)	204		5.89	2.83	9.39
Tyrosine	Tyr (Y)	181		5.66	2.20	9.11
Valine	Val (V)	117	$CH_3-CH(CH_3)-CH(COOH)-NH_2$	5.96	2.32	9.62
กรดอะมิโนที่เป็นกรด						
Aspartic acid	Asp (D)	133	$HOOC-CH_2-CH(COOH)-NH_2$	2.77	1.88	9.60
Glutamic acid	Glu (E)	147	$HOOC-CH_2-CH_2-CH(COOH)-NH_2$	3.22	2.19	9.67
กรดอะมิโนที่เป็นเบส						
Arginine	Arg (R)	174	$H_2N-C(=NH)-CH_2-CH_2-CH_2-CH(COOH)-NH_2$	10.76	2.17	9.04
Histidine	His (H)	155		7.59	1.82	9.17
Lysine	Lys (K)	146	$H_2N-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH(COOH)-NH_2$	9.74	2.18	8.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 การลดขนาดของผงแห้ง

3.1.1 การลดขนาดของผงแห้งด้วยเครื่องปั่น (Blender)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องปั่นแบบ Blender

วิธีการทดลอง

1. นำเศษแห้งสัตว์ที่ผ่านการฟอกแล้ว มาแยกสิ่งแปลกปลอมออก
2. นำเศษแห้งสัตว์มาย่อยเป็นผงด้วยเครื่องปั่น (Blender) เป็นเวลา 5 นาที
3. เก็บในภาชนะปิดเพื่อป้องกันการดูดความชื้น

3.1.2 การลดขนาดของผงแห้งด้วยกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องแยกสาร (Centrifuge)
2. ตู้อบ (Hot air oven)
3. เครื่องบดแบบบอลมิลล์ (Ball Mill)

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5 M (Hydrochloric acid 5 M)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 M (Sodium hydroxide 6 M)

วิธีการทดลอง

1. นำผงแห้งไปละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) จนอิ่มตัว
2. นำสารละลายผงแห้งไปปรับค่า pH ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) จนค่า pH มีค่าประมาณ 6-7 จะมีตะกอนผงแห้งเกิดขึ้น
3. นำสารแขวนลอยไปแยกตะกอนผงแห้งออกด้วยเครื่อง Centrifuge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำตะกอนผงแห้งไปล้าง แล้วนำไปอบในตู้อบ (Hot air oven) จนแห้ง
5. นำตะกอนผงแห้งไปบดด้วยเครื่องบดแบบ Ball mill เป็นเวลา 10 นาที
6. เก็บในภาชนะปิดเพื่อป้องกันการดูดความชื้น

3.2 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผงแห้ง

เป็นการใช้เทคนิควิเคราะห์แบบฟูเรียรทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) [8] เตรียมสารตัวอย่างด้วยเทคนิค KBr - pellet โดยนำผงแห้งประมาณ 2 มิลลิกรัม ผสมกับโพแทสเซียมโบรไมด์ 100-200 มิลลิกรัม ให้เข้ากันดี บดจนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้ส่วนผสมที่มีความเข้มข้นประมาณ 1-2 % นำส่วนผสมนี้ใส่ได (die) ประมาณ 0.1-0.3 กรัม อัดเป็นแผ่นบางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ที่ความดัน 10 ตัน จะได้สารตัวอย่างเป็นแผ่นบางใส นำไปวิเคราะห์อินฟราเรดที่คลื่นความถี่ตั้งแต่ 400-4000 cm^{-1}

3.3 การทดสอบหึ่งถึงสังเคราะห์

3.3.1 การผลิตหึ่งถึงสังเคราะห์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two rolls mixing mill)

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. พีวีซีเรซิน (PVC Resin)
2. สารเสริมสภาพพลาสติก (Plasticizer) ชนิดไดไอโซโนนิล พทาเลท

(Diisononyl phthalate : DINP)

3. สารที่ช่วยทำให้อยู่ตัว (Stabilizer)
4. สารปรับปรุงคุณภาพ (Modifier)

วิธีการทดลอง

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การเตรียมพีวีซีคอมพาวนด์ การขึ้นรูป และการตรวจลักษณะทั่วไปของชิ้นงาน โดยรายละเอียดแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเตรียมพีวีซีคอมพาวนด์

1. ชั่งส่วนผสมสำหรับเตรียมพีวีซีคอมพาวนด์แสดงไว้ดังตารางที่ 3.1
2. นำส่วนผสมที่ชั่งแล้วทั้งหมดมาผสมกันในเครื่องผสม (Mixer) ที่ความเร็วรอบประมาณ 4000 rpm เป็นเวลา 30 นาที

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมสำหรับการเตรียมพีวีซีคอมพาวนด์ [4]

สาร	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (phr)
พอลิไวนิลคลอไรด์	100
Plasticizer (DINP)	70
Stabilizer	2
Modifier	0.2

- การขึ้นรูป

1. เตรียมส่วนผสมของหนังกึ่งสังเคราะห์ตามอัตราส่วนในตารางที่ 3.2 โดยใช้ผงหนังที่ได้จากการปั่นและตามอัตราส่วนในตารางที่ 3.3 โดยใช้ผงหนังจากการละลายด้วยกรด
2. เตรียมส่วนผสมต่างๆ แต่ละส่วนตามตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 แล้วนำไปบดผสมด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two Rolls Mixing Mill) ควบคุมอุณหภูมิของทั้งลูกกลิ้งหน้า (Front Roll) และลูกกลิ้งหลัง (Back Roll) ไว้ที่ 180 องศาเซลเซียส เท่ากัน ในระหว่างผสมต้องใช้มีดกรีดและกลับส่วนผสมให้เข้ากันตลอดเวลา ใช้เวลาผสมประมาณ 5-10 นาที แล้วรีดออกมาเป็นแผ่นให้มีความหนา 1 มิลลิเมตร เท่ากันทุกส่วนผสม แล้วนำไปศึกษาสมบัติต่างๆ

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมสำหรับการผลิตหนังกึ่งสังเคราะห์ของผงหนังที่ได้จากการปั่น

สาร	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก
พีวีซีคอมพาวนด์	100
ผงหนังที่ได้จากการปั่น	10, 20, 30, 40, 50

ตารางที่ 3.3 ส่วนผสมสำหรับการผลิตหนังกึ่งสังเคราะห์ของผงหนังที่ได้จากการตกตะกอน

สาร	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก
พีวีซีคอมพาวนด์	100
ผงหนังที่ได้จากการละลายด้วยกรด	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การตรวจสอบลักษณะทั่วไปของชิ้นงาน

เป็นการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา ซึ่งเป็นการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อหารอยตำหนิหรือความบกพร่องของงาน ที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยการวัดหรือการใช้เครื่องมือประกอบไปด้วยการตรวจสอบในส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบรอยตำหนิ ชิ้นงานจะต้องมีเนื้อวัสดุผสมเข้ากันได้ดี และสม่ำเสมอทั้งแผ่นปราศจากรอยตำหนิใด ๆ
2. การตรวจสอบความเรียบของผิววัสดุ เป็นการตรวจสอบความราบเรียบของผิวงานโดยใช้ไม้บรรทัดเหล็กทาบบนผิวของชิ้นงาน แล้วพิจารณาลักษณะของแสงที่ลอดผ่านระหว่างผิวงานกับไม้บรรทัด ชิ้นงานที่ดีจะต้องมีลักษณะการลอดของลำแสงที่สม่ำเสมอทั่วกันตลอดพื้นผิว และดูเรียบ ไม่เป็นคลื่นหรือเป็นหลุม

3.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะผิวชิ้นงาน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope, SEM)

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. ไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen)

วิธีการทดลอง

1. หักชิ้นงานหลังจากจุ่มด้วยไนโตรเจนเหลว ให้มีขนาดความกว้างและยาว 1 เซนติเมตร หน้า 1 มิลลิเมตร
2. นำไปเคลือบทองเพื่อให้มีการนำไฟฟ้า แล้วจึงส่องกราดลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

3.3.3 การทดสอบสมบัติเชิงกล

จะทดสอบเฉพาะหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผลิตจากผงหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ลดขนาดด้วยการปั่นเท่านั้น

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แม่พิมพ์รูปดัมเบล (Dumbel mold) ขนาดมาตรฐาน ASTM D-638 type IV
2. เครื่องทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile tester)
3. เครื่อง Durometer แบบ Shore A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. นำชิ้นงานที่ตัดเป็นรูปดัมเบล (Dumbbell) ตามมาตรฐาน ASTM D638
2. ทดสอบสมบัติ ความต้านแรงดึง (Tensile Strength) และการยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break) ตามมาตรฐาน ASTM D638 ด้วยเครื่อง Universal Tensile Tester
3. ทดสอบความแข็ง (Hardness) ตามมาตรฐาน ASTM D2240 ด้วยเครื่อง Durometer แบบ Shore A

3.3.4 การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ

จะทดสอบเฉพาะหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผลิตจากผงหนังที่ลดขนาดด้วยการปั่นเท่านั้น

วิธีการทดลอง

1. ใช้การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D570 [9] โดยชั่งชิ้นงาน เป็นน้ำหนัก W_1
2. เติมน้ำลงบีกเกอร์ให้มีน้ำหนักเป็น 10 เท่าของชิ้นงานทดสอบ
3. ใส่ชิ้นงานลงในน้ำและให้ชิ้นงานมีน้ำท่วมทั้งชิ้น
4. เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักแล้วชั่งน้ำหนักเป็น W_2
5. ทำการคำนวณหาการดูดซึมน้ำดังสมการ 3.1

$$\text{ร้อยละของการดูดซึมน้ำ} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.5 การทดสอบสมบัติการระบายอากาศ

จะทดสอบเฉพาะหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผลิตจากผงหนังที่ลดขนาดด้วยการปั่นเท่านั้น

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. อุปกรณ์ทดสอบการระบายอากาศ

วิธีการทดลอง

1. นำชิ้นงานมาตัดเป็นวงกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพอดีกับหน้าตัดของของอุปกรณ์ทดสอบการระบายอากาศ
2. แล้วนำชิ้นงานเข้าอุปกรณ์ทดสอบการระบายอากาศซึ่งต่อกับถังก๊าซ แล้วอัดก๊าซเข้าไปจนมีความดันภายในอุปกรณ์ทดสอบการระบายอากาศ 3 atm แล้วปิดวาล์วส่งก๊าซ
3. สังเกตและบันทึกเวลาที่ความดันลดลงสู่ความดันบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หลังจากนั้นใช้สมการก๊าซอุดมคติในการคำนวณหาอัตราการซึมผ่านของก๊าซ
ตั้งสมการที่ 3.2

$$\dot{V} = \frac{nRT}{Pt} \quad (3.2)$$

โดยที่ \dot{V} คือ อัตราการซึมผ่านของก๊าซ, $\frac{l}{\text{min}}$
 n คือ จำนวน โมล มีค่าเท่ากับ 1, mole
 R คือ ค่าคงที่ของก๊าซอุดมคติ มีค่าเท่ากับ $0.082 \frac{\text{atm} \cdot l}{\text{mole} \cdot K}$
 P คือ ค่าความดันของก๊าซที่อัดเข้าไป, atm
 t คือ เวลาทั้งหมดที่ความดันลดลงจนเป็นศูนย์, min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการลดขนาดของผงหนัง

4.1.1 ผลการลดขนาดของผงหนังด้วยเครื่องปั่น (Blender)

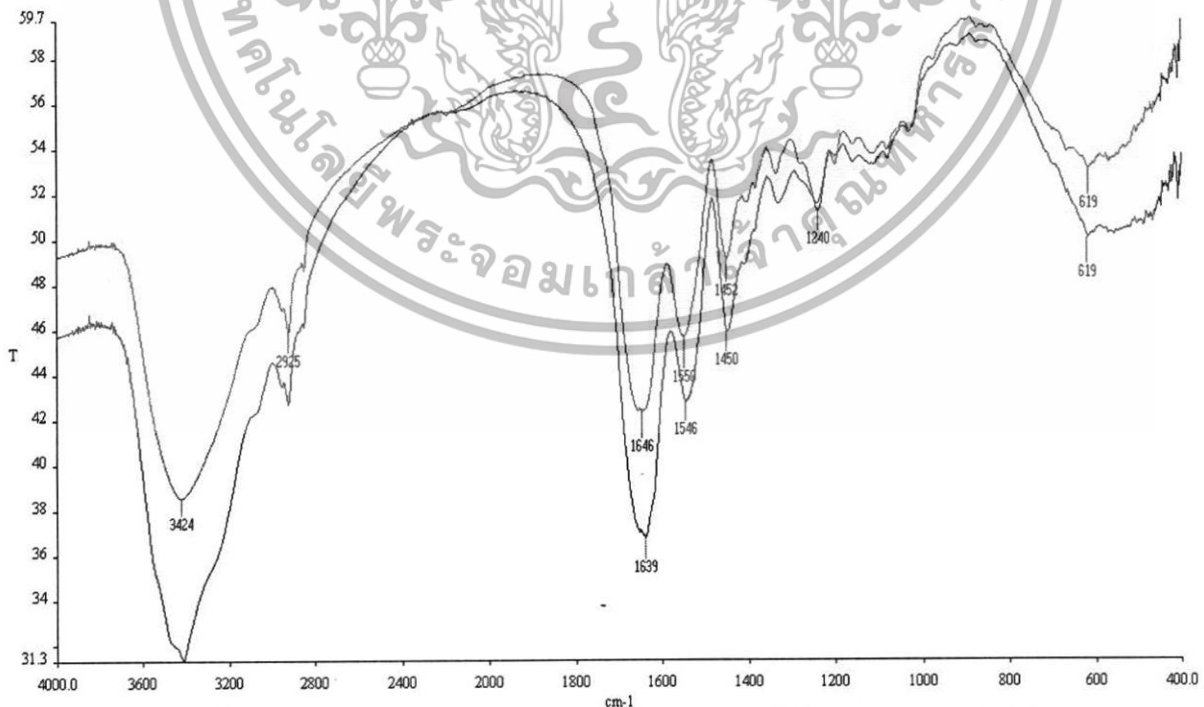
ได้ผงหนังที่มีลักษณะเป็นเส้นใย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 ไมโครเมตร

4.1.1 ผลการลดขนาดของผงหนังด้วยกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)

ได้ผงหนังที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด

4.2 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผงหนัง

ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผงหนังก่อนและหลังละลายด้วยกรด ด้วยเทคนิค FT-IR พบว่ากราฟเส้นบน(ผงหนังหลังละลายด้วยกรด) และเส้นกราฟล่าง(ผงหนังก่อนละลายด้วยกรด) มีความคล้ายคลึงกัน ดังรูปที่ 4.1 จึงสามารถบอกได้ว่าคุณสมบัติของผงหนังไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังการย่อยด้วยกรด



รูปที่ 4.1 สเปกตรัม FT-IR ของผงหนังก่อนและหลังการย่อยด้วยกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบหนังกึ่งสังเคราะห์

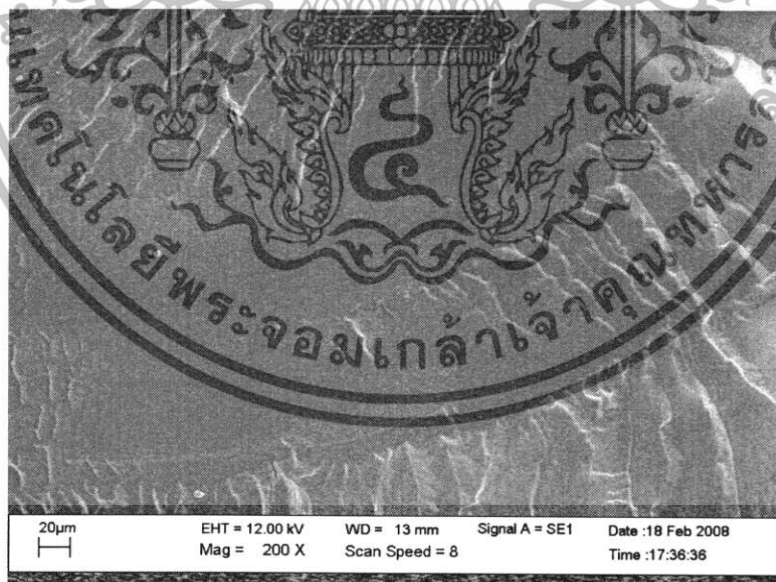
4.3.1 ผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไปของชิ้นงาน

ชิ้นงานที่มีปริมาณผงหนังที่ได้จากการปั่นอัตราส่วน 10 20 30 40 และ 50 phr มีลักษณะของผิวที่เรียบแต่จะมีการรวมของผงหนังเป็นกลุ่มก้อนบ้างในบางบริเวณ สภาพผิวของหนังเทียมมีความเรียบน้อยลง เมื่อเพิ่มปริมาณของผงหนัง เนื่องจากขึ้นรูปได้ยาก เมื่อใส่ปริมาณของผงหนังมากขึ้น

ส่วนชิ้นงานที่เติมผงหนังที่ได้จากการย่อยด้วยกรดนั้น มีลักษณะของผิวที่เรียบขึ้น เนื่องจากมีการกระจายตัวของผงหนังเป็นอย่างดี และสามารถขึ้นรูปได้ง่ายกว่าผงหนังที่ได้จากการปั่น

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะผิวชิ้นงาน

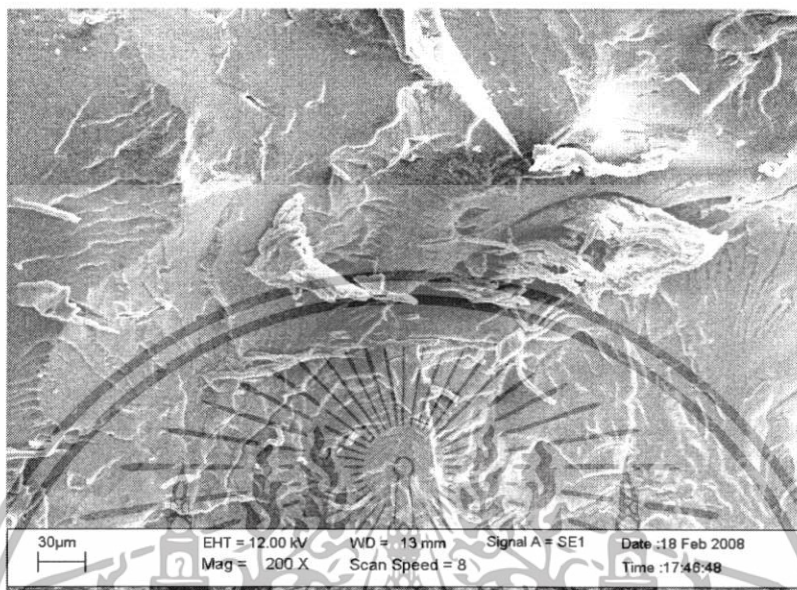
จากการวิเคราะห์ชิ้นงานที่มีผงหนังที่ได้จากการปั่นตามอัตราส่วน 0 10 20 30 40 และ 50 phr พบว่าหนังเทียมจะมีโครงสร้างเป็นเซลล์ปิด (Close cell) ดังรูปที่ 4.2 แต่เมื่อเติมผงหนังที่ได้จากการปั่นจะทำให้ได้หนังกึ่งสังเคราะห์ที่มีโครงสร้างเป็นเซลล์เปิด (Open cell) โดยที่โครงสร้างจะเป็นเซลล์เปิด (Open cell) เพิ่มขึ้นตามปริมาณผงหนังที่มากขึ้นตามลำดับ ดังรูปที่ 4.3 – 4.7



รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังเทียม

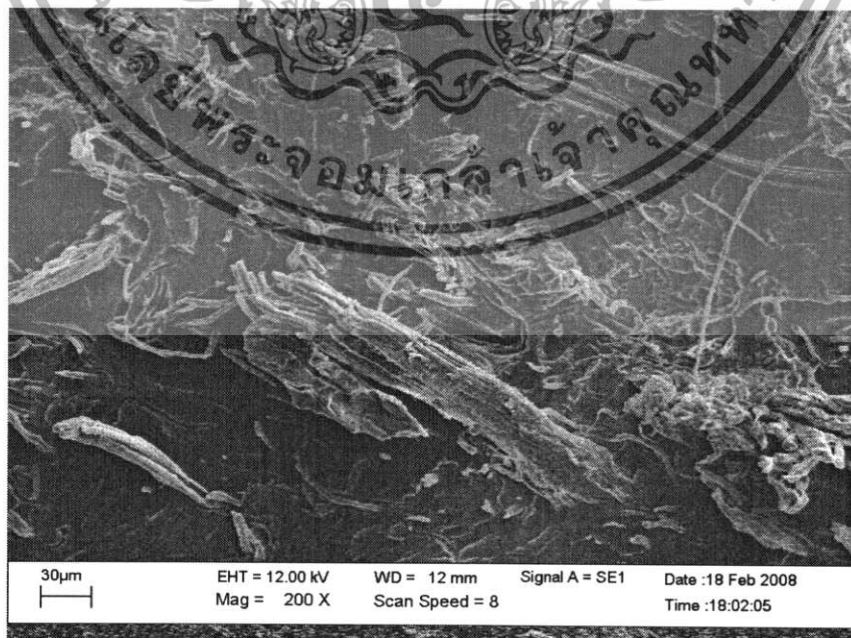
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมผงหนังในอัตราส่วน 10 ส่วน ถูกแทรกตัวด้วยอนุภาคผงหนัง แต่ยังมีปริมาณอนุภาคผงหนังน้อย จึงเกิดรอยแตกเพียงเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 10 ส่วน

หนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมผงหนังในอัตราส่วน 20 ส่วน มีปริมาณผงหนังที่มากขึ้น ทำให้โครงสร้างมีการแทรกตัวของอนุภาคผงหนังที่เด่นชัดขึ้น มีผลทำให้เริ่มเกิดความพรุนขึ้น ดังรูปที่ 4.4

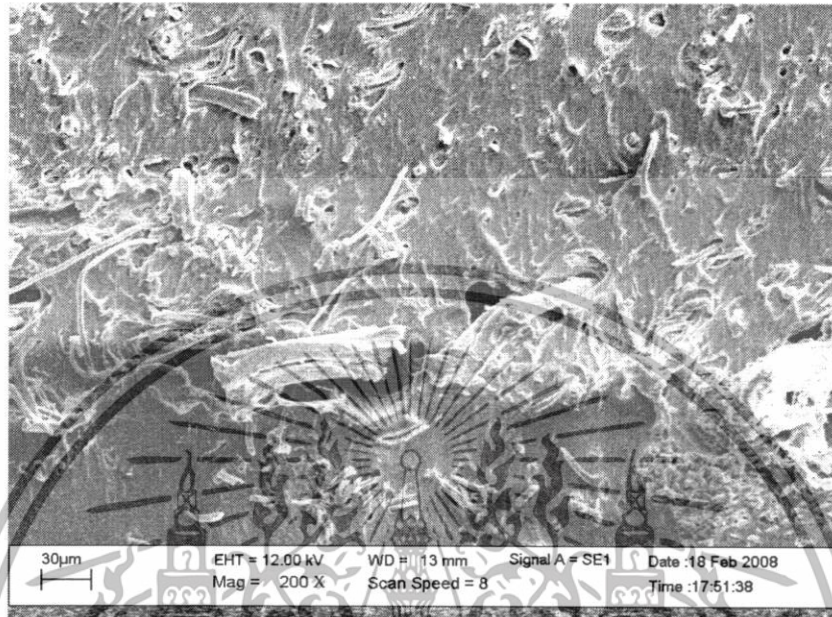


รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 20 ส่วน

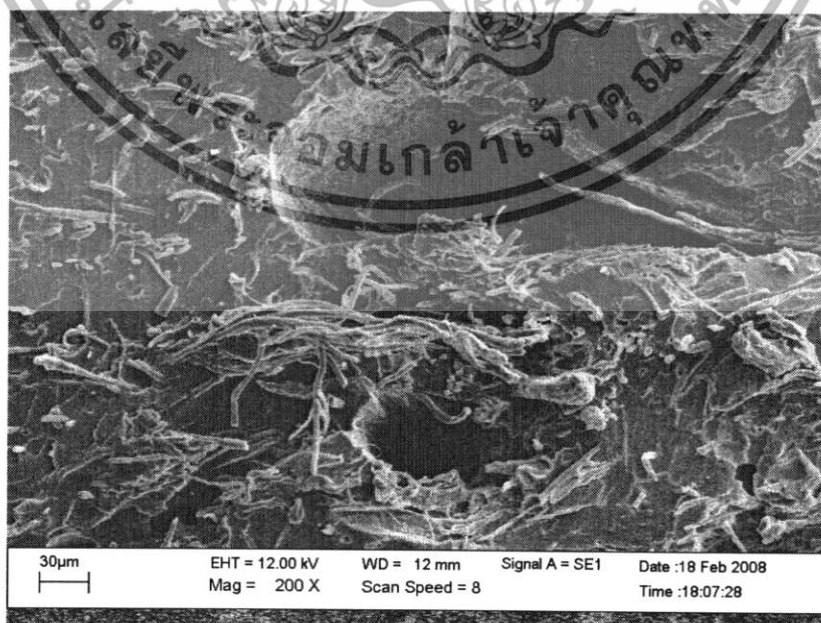
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมผงหนังในอัตราส่วน 30 ส่วน เกิดความพรุนมากขึ้น เนื่องจากมีการแทรกตัวของอนุภาคผงหนังที่กระจายอยู่ในบริเวณต่างๆ ดังรูปที่ 4.5



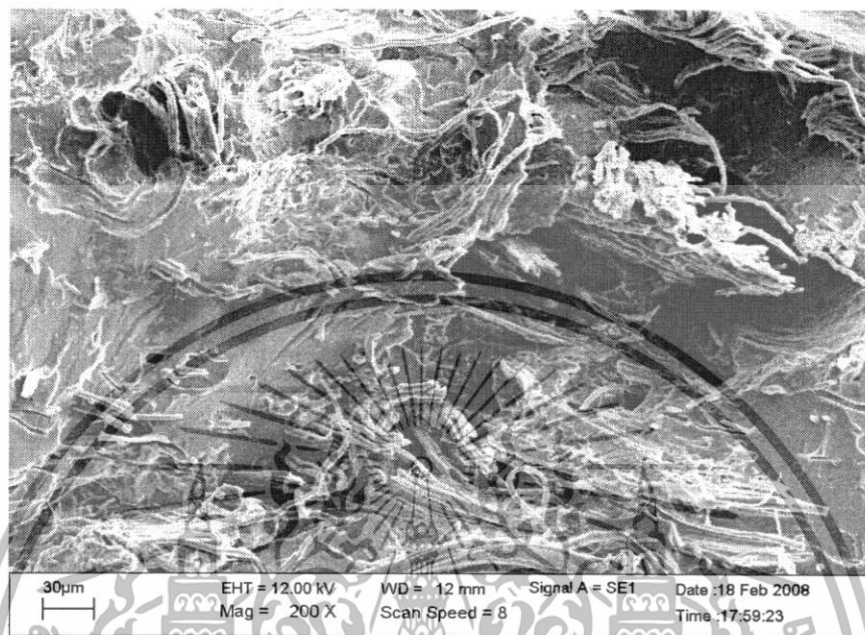
รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 30 ส่วน

โครงสร้างของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมผงหนังในอัตราส่วน 40 ส่วน เริ่มเกิดโพรงขนาดใหญ่ ซึ่งเกิดจากความพรุนมาเชื่อมต่อกันกลายเป็นโพรง ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมเอกลสารนี้เป็นเอกลสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 40 ส่วน ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

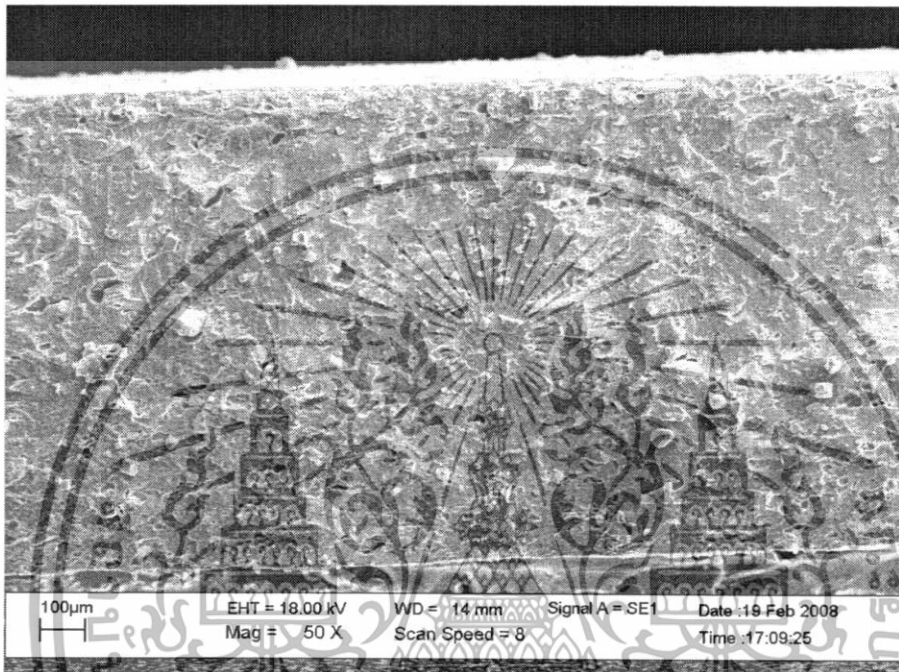
โครงสร้างของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมผงหนังในอัตราส่วน 50 ส่วน เกิดโพรงขนาดใหญ่
ในปริมาณที่มากขึ้น ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสม
ผงหนังที่ได้จากการปั่นในอัตราส่วน 50 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการวิเคราะห์หนังกึ่งสังเคราะห์ที่มีผงหนังจากการย่อยด้วยกรด ในปริมาณ 50 ส่วน ลักษณะของหนังกึ่งสังเคราะห์ ที่ได้เป็นเซลล์เปิด มีการกระจายตัวเป็นอย่างดี ดังรูป 4.8 แต่ถ้าเพิ่ม สัดส่วนของผงหนังให้มากกว่านี้ อาจจะทำให้มีเซลล์เปิดมากขึ้น แต่ความแข็งแรงจะลดลง ตามลำดับ



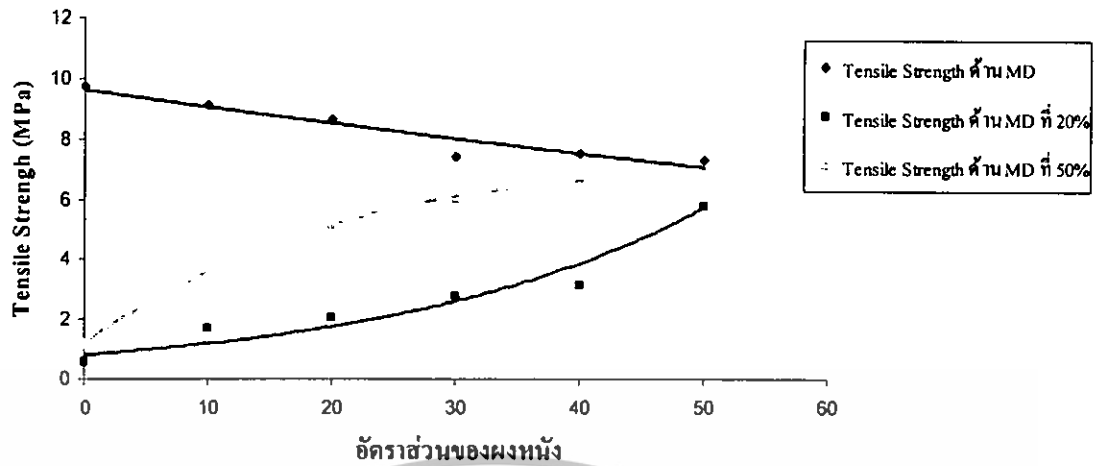
รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของหนังกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมผงหนังที่ได้จากการย่อย 50 ส่วน

4.3.3 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

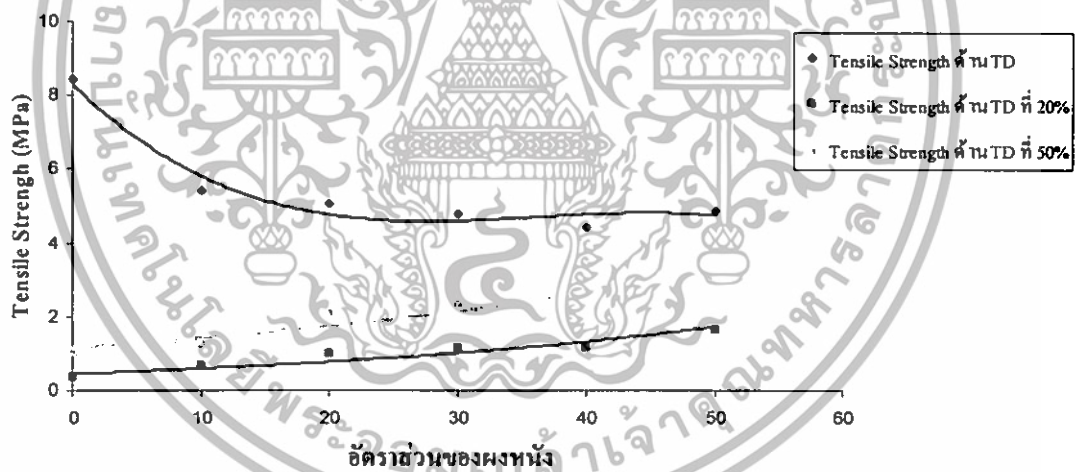
4.3.3.1 ผลการทดสอบความต้านแรงดึง (Tensile Strength)

จากการทดสอบหาความต้านแรงดึงของชิ้นงานที่มีการผสมผงหนังในอัตราส่วน 0 10 20 30 40 และ 50 ส่วน ดังในรูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของความต้านแรงดึง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของผงหนังที่ได้จากการปั่น จะทำให้ความต้านแรงดึงลดลง ทั้งนี้เพราะอนุภาคของ ผงหนังไปแทรกตัวในโครงสร้างภายในของชิ้นงาน ทำให้โครงสร้างภายในของชิ้นงานมีการเชื่อมติดกันลดลง ยิ่งเพิ่มปริมาณผงหนังก็จะเกิดการแทรกตัวมากขึ้น การเชื่อมติดกันของ โครงสร้างภายในก็จะยิ่งลดลง ส่งผลให้ค่าความต้านแรงดึงลดลงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการป็นต่อค่าความต้านแรงดึงของหนังกึ่งสังเคราะห์ ในด้าน MD (แนวขวาง)

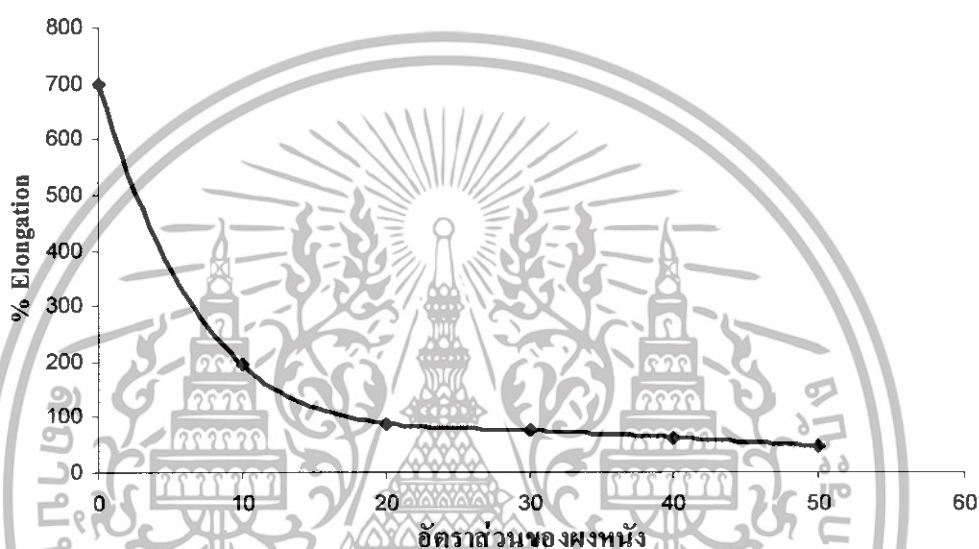


รูปที่ 4.10 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการป็นต่อค่าความต้านแรงดึงของหนังกึ่งสังเคราะห์ ในด้าน TD (แนวยาว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

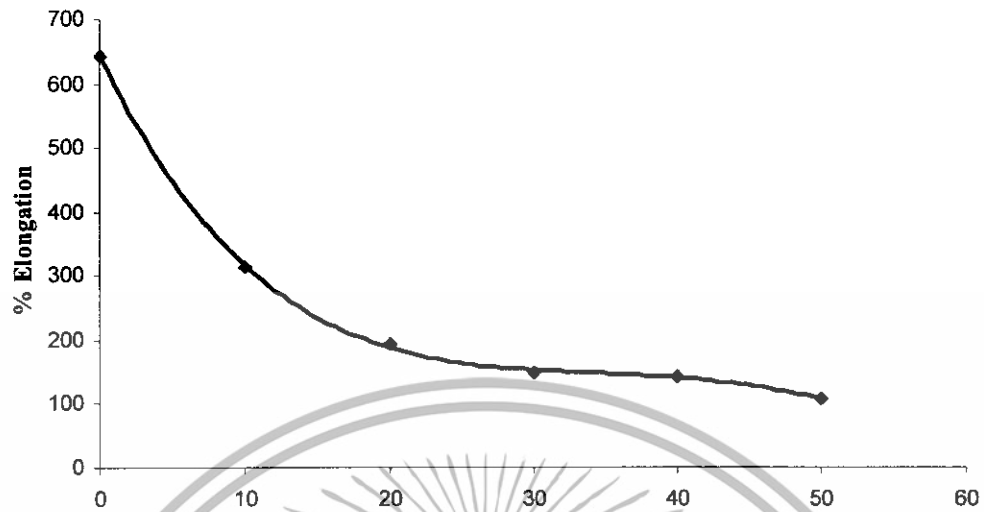
4.3.3.2 ผลการทดสอบการยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break)

จากการทดสอบหาการยืด ณ จุดขาดของชิ้นงาน ที่เตรียมขึ้นจากปริมาณของผงหนังที่ได้จากการปั่นอัตราส่วน 0 10 20 30 40 และ 50 ส่วน ดังแสดงในกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.11 และ 4.12 แสดงให้เห็นว่า ในการใส่ปริมาณของผงหนังเพิ่มขึ้นทำให้ การยืด ณ จุดขาด ลดลง เนื่องจากการกระจายตัวของผงหนังไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดการขาดตรงจุดที่มีการรวมตัวของผงหนัง



รูปที่ 4.11 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการปั่นต่อค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของหนังสังเคราะห์ ในด้าน MD (แนวขวาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

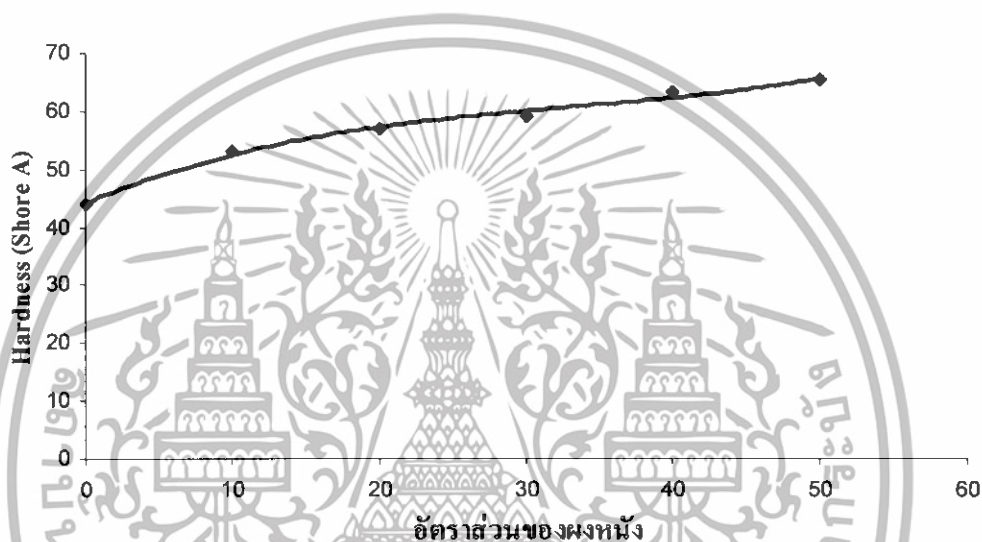


รูปที่ 4.12 ผลของปริมาณผงแห้งที่ได้จากการปั่นต่อค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของหนังสังเคราะห์ ในด้าน TD (แนวยาว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.3 ผลการทดสอบความแข็ง (Hardness)

จากการทดสอบหาค่าความแข็งของชิ้นงาน ที่เตรียมขึ้นจากปริมาณของผงหนังที่ได้ จากการปั่นอัตราส่วน 0 10 20 30 40 และ 50 ส่วน ดังแสดงในกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.13 พบว่า การใส่ปริมาณของผงหนังเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งมากขึ้น เนื่องจากอนุภาคผงหนังไปแทรกเสริมภายใน โครงสร้างของหนังกึ่งสังเคราะห์ จึงทำให้ความหนาแน่นของเนื้อวัสดุมากขึ้น

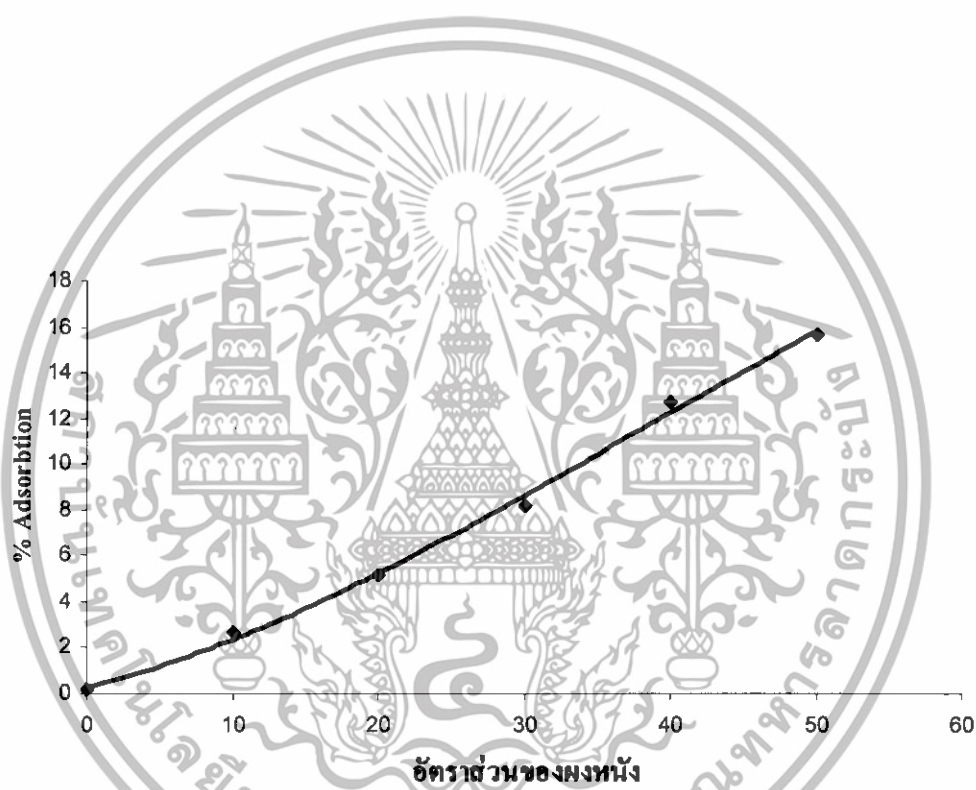


รูปที่ 4.13 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการปั่นต่อค่าความแข็งของหนังกึ่งสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.4 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำ

จากการทดสอบหาการดูดซับน้ำของชิ้นงาน ที่เตรียมขึ้นจากปริมาณของผงแห้งที่ได้จากการปั่นอัตราส่วน 0 10 20 30 40 และ 50 ส่วน ดังแสดงในกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่า การใส่ปริมาณของผงแห้งเพิ่มขึ้นทำให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากหนังกึ่งสังเคราะห์มีความเป็นรูพรุนมากขึ้น จึงทำให้น้ำถูกดูดซับเข้าไปในชิ้นงานได้ในปริมาณมากขึ้นตามอัตราส่วนของผงแห้งที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเทียบกับหนังเทียมที่ไม่มีการผสมผงแห้ง จะไม่มีการดูดซับน้ำ ทั้งนี้เพราะหนังเทียมมีโครงสร้างเป็นเซลล์ปิด (Close cell) น้ำจึงซึมเข้าไปในเนื้อวัสดุไม่ได้

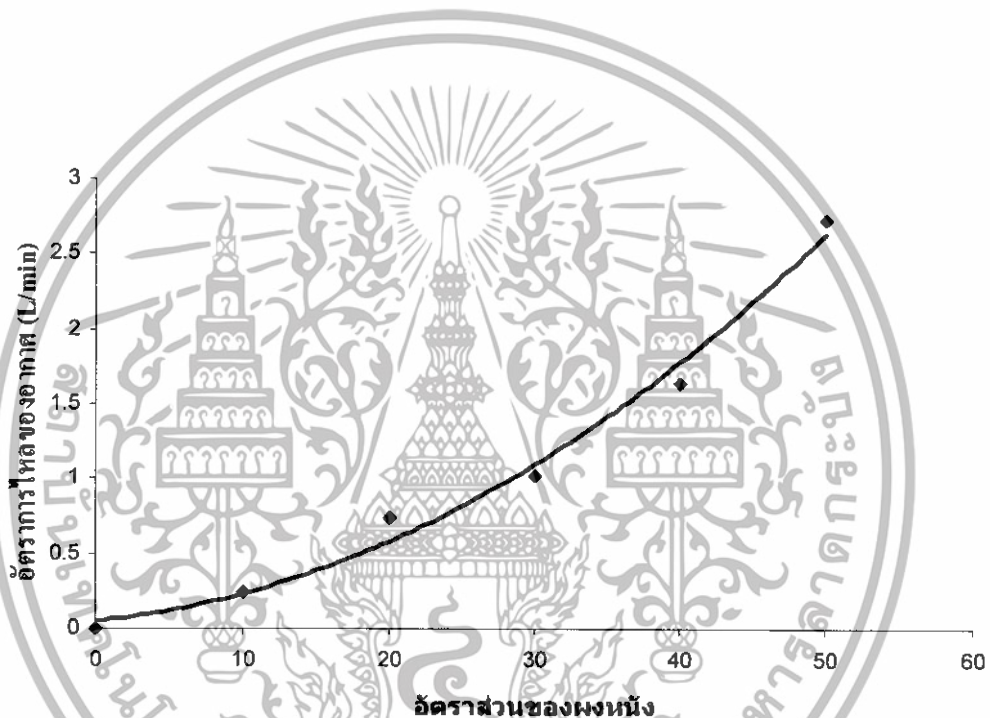


รูปที่ 4.14 ผลของปริมาณผงแห้งที่ได้จากการปั่นต่อค่าร้อยละของการดูดซับน้ำของหนังกึ่งสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการทดสอบการระบายอากาศ

จากการทดสอบหาการระบายอากาศของชิ้นงานที่เตรียมขึ้นจากปริมาณของผงหนัง ที่ได้จากการปั่นอัตราส่วน 0 10 20 30 40 และ 50 ส่วน ดังแสดงในกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่า การใส่ปริมาณของผงหนังเพิ่มขึ้น ทำให้การระบายอากาศดีขึ้น เนื่องจากหนังกึ่งสังเคราะห์ มีความเป็นรูพรุนมากขึ้น จึงทำให้ก๊าซซึมผ่านชิ้นงานได้เร็วขึ้น และเมื่อเทียบกับหนังเทียมที่ไม่มีการระบายอากาศ ทั้งนี้เพราะหนังเทียมมีโครงสร้างเป็นเซลล์ปิด (Close cell) ก๊าซจึงซึมผ่านเนื้อวัสดุไม่ได้



รูปที่ 4.15 ผลของปริมาณผงหนังที่ได้จากการปั่นต่อค่าการระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

หนังสือสังเคราะห์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากพีวีซีคอมพาวนด์ และผงหนัง โดยที่ผงหนังเตรียมจาก 2 วิธี คือ วิธีแรกใช้ผงหนังจากการปั่น โดยใช้ปริมาณของผงหนัง 10 20 30 40 และ 50 ส่วน จากนั้นนำมาศึกษาลักษณะผิว ความต้านแรงดึง การยืด ๓ จุดขาด ค่าความแข็ง การดูดซับน้ำ และการระบายอากาศ ส่วนวิธีที่ 2 ใช้ผงหนังจากการละลายด้วยกรด โดยใช้ปริมาณผงหนัง 50 ส่วน จากนั้นนำมาศึกษาลักษณะผิวเท่านั้น ได้ผลดังนี้

หนังสือสังเคราะห์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากการใช้ผงหนังที่ย่อยด้วยการปั่น

- สภาพผิวของหนังสือสังเคราะห์ มีความเรียบน้อยลง เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น
- มีโครงสร้างเป็นเซลล์เปิดมากขึ้น เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น
- ความต้านแรงดึงลดลง เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น
- การยืด ๓ จุดขาดลดลง เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น
- ความแข็งมากขึ้น เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น
- การดูดซับน้ำมากขึ้น เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น

จะเห็นได้ว่าความเรียบของผิว การมีโครงสร้างเป็นเซลล์เปิด ความต้านแรงดึง การยืด ๓ จุดขาด ความแข็ง และการดูดซับน้ำ ขึ้นกับปริมาณผงหนัง โดยที่การมีโครงสร้างเป็นเซลล์เปิด ความแข็ง การดูดซับน้ำ และการระบายอากาศ จะมากขึ้นเมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น ส่วนความเรียบ ความต้านแรงดึง และการยืด ๓ จุดขาด จะลดลงเมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น

จากผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ทำการเปรียบเทียบกับหนังเทียม ได้ผลดังนี้

- ความต้านแรงดึงของหนังสือสังเคราะห์ มีค่าน้อยกว่าหนังเทียม ซึ่งจะทำให้มีผลต่างมากขึ้น เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น
- การยืด ๓ จุดขาด ของหนังสือสังเคราะห์มีค่าน้อยกว่าหนังเทียม ซึ่งจะทำให้มีผลต่างมากขึ้น เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น
- ความแข็งของหนังสือสังเคราะห์มีค่ามากกว่าหนังเทียม ซึ่งจะทำให้มีผลต่างมากขึ้น เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น
- การดูดซับน้ำ ของหนังสือสังเคราะห์ มีค่ามากกว่าหนังเทียม ซึ่งจะทำให้มีผลต่างมากขึ้น เมื่อปริมาณผงหนังมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าการระบายอากาศ หนังสือสังเคราะห์มีการระบายอากาศ แต่หนังสือพิมพ์ไม่มี การระบายอากาศ

หนังสือสังเคราะห์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากการใช้ผงหนังสือที่ละลายด้วยกรด

- สภาพผิวของหนังสือสังเคราะห์ มีความเรียบดี
- มีโครงสร้างเป็นเซลล์เปิด และการกระจายตัวของผงหนังสือขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง พบว่าหนังสือสังเคราะห์ที่จะนำมาใช้แทนหนังสือพิมพ์ ควรผสมด้วยผงหนังสือที่มีขนาดเล็ก เพื่อการกระจายตัวของผงหนังสือที่คั่งขึ้น และควรใช้ปริมาณผงหนังสือที่มากขึ้นเพื่อให้โครงสร้างเป็นเซลล์เปิดมากขึ้น แต่ควรศึกษาหาวิธีปรับปรุงคุณสมบัติบางด้านที่ด้อยลงไป เช่น ความต้านแรงดึง และการยึด ณ จุดขาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Wikipedia, the free encyclopedia. **Nanotechnology**. [Online]. Available :
<http://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology>.
- [2] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. 2543. **วิทยาศาสตร์เส้นใย**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- [3] ไพศาล นาคพิพัฒน์, อรุษา ศิริคุตต์. 2548. **การสังเคราะห์วัสดุประกอบด้วยหนังจากพีวีซีและ
เศษหนังสัตว์**. วิศวกรรมลาดกระบัง ปีที่ 22, ฉ. 3 (กันยายน 2548), หน้า 3-8
- [4] บริษัท ไทยนามพลาสติก จำกัด (มหาชน)
- [5] Thai Nam Plastic (Public) Co., Ltd. **Calendering Machine**. [Online]. Available :
<http://www.thainam.com/production.html> .
- [6] Science-new. **Electron Microscope**. [Online]. Available :
[http://www.electron.rmutphysics.com/science-
news/index.php?Itemid=1&id=122&option=com_content&task=view](http://www.electron.rmutphysics.com/science-news/index.php?Itemid=1&id=122&option=com_content&task=view).
- [7] Isoelectric Point. **กรดอะมิโน เปปไทด์และโปรตีน (Amino acid, Peptides and Proteins)**.
[Online]. Available : www.geocities.com/chemist_40/ebook/aminoacids.pdf.
- [8] อรทัย ธิลาพจนานพร. **Fourier Transform Infrared Spectrometer**. [Online]. Available :
http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/lpd_10_2546_ft-ir.pdf.
- [9] American Society for Testing and Materials. **ASTM D570 : Standard Test Method for Water
Absorption of Plastics**, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 2001.
- [10] ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. **Material Safety Data Sheet**. [Online]. Available :
<http://www.msds.pcd.go.th>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบแรงทนต่อการยืด ของพวงหรีด ที่ได้จากการปั่น

อัตราส่วนของพวงหรีด (phr)	ทิศทาง	ครั้งที่	Tensile Strength (MPa)	20 % Tensile Strength (MPa)	50 % Tensile Strength (MPa)
0	MD	1	10.10	0.538	1.168
		2	9.48	0.639	1.210
		3	9.61	0.545	1.129
		เฉลี่ย	9.73	0.574	1.169
	TD	1	8.32	0.327	1.099
		2	7.68	0.366	1.069
		3	9.30	0.376	1.081
		เฉลี่ย	8.43	0.357	1.083
10	MD	1	9.32	1.623	3.752
		2	9.16	1.684	3.838
		3	8.91	1.723	3.841
		เฉลี่ย	9.13	1.677	3.810
	TD	1	5.47	0.705	1.372
		2	5.20	0.624	1.302
		3	5.53	0.653	1.309
		เฉลี่ย	5.40	0.661	1.328
20	MD	1	8.74	2.105	5.043
		2	8.63	2.014	4.895
		3	8.65	2.084	5.017
		เฉลี่ย	8.673	2.068	4.985
	TD	1	4.59	1.024	2.143
		2	5.05	1.047	2.180
		3	5.59	0.938	2.077
		เฉลี่ย	5.077	1.003	2.133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนของ ผงหนัง (phr)	ทิศทาง	ครั้งที่	Tensile Strength (MPa)	20 % Tensile Strength (MPa)	50 % Tensile Strength (MPa)
30	MD	1	7.40	2.929	6.359
		2	7.57	2.634	5.943
		3	7.27	2.742	5.834
		เฉลี่ย	7.41	2.768	6.045
	TD	1	4.87	1.164	2.409
		2	4.61	1.155	2.366
		3	4.85	1.125	2.391
		เฉลี่ย	4.777	1.148	2.388
40	MD	1	6.79	3.033	6.550
		2	8.19	3.221	7.051
		3	7.65	3.213	6.699
		เฉลี่ย	7.543	3.156	6.767
	TD	1	4.64	1.147	2.289
		2	4.25	1.177	2.330
		3	4.38	1.103	2.252
		เฉลี่ย	4.423	1.142	2.290
50	MD	1	7.53	5.651	6.975
		2	7.22	5.909	6.863
		3	7.21	5.774	6.580
		เฉลี่ย	7.32	5.778	6.806
	TD	1	4.76	1.785	3.262
		2	5.07	1.603	3.144
		3	4.72	1.459	2.976
		เฉลี่ย	4.85	1.616	3.127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพวงหรีดที่ได้จากการปั่น

อัตราส่วนของพวงหรีด (phr)	ทิศทาง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	MD	713.291	663.281	716.820	697.797
	TD	643.114	568.768	718.639	643.507
10	MD	160.956	200.170	219.896	193.674
	TD	387.516	275.180	279.831	314.176
20	MD	92.953	89.236	81.373	87.854
	TD	157.710	191.047	227.291	192.016
30	MD	68.890	78.045	78.102	75.012
	TD	158.063	139.987	146.455	148.168
40	MD	54.972	66.332	66.102	62.468
	TD	154.048	133.849	141.643	143.180
50	MD	53.200	38.508	47.546	46.418
	TD	101.199	115.947	107.095	108.08

ผลการทดสอบค่าความแข็งของพวงหรีดที่ได้จากการปั่น

อัตราส่วนของพวงหรีด (phr)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	44	42	46	44
10	52	51	55	53
20	55	56	59	57
30	62	59	56	59
40	63	64	62	63
50	63	67	65	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบค่าร้อยละการดูดซับน้ำ

อัตราส่วน ของผงหนัง (phr)	น้ำหนัก ก่อนการ ทดสอบ	น้ำหนัก หลังการ ทดสอบ	ร้อยละ การ ดูดซับ
0	2.9457	2.9500	0.1459
10	2.7887	2.8629	2.6607
20	2.9789	3.1310	5.1059
30	2.7937	3.0225	8.1898
40	2.8294	3.1891	12.7129
50	2.9347	3.3939	15.6473

ผลการทดสอบค่าการระบายอากาศ

อัตราส่วน ของผงหนัง (phr)	เวลา (min)	Flow Rate ของ อากาศ (L/min)
0	-	-
10	33	0.247
20	11	0.741
30	8	1.019
40	5	1.630
50	3	2.716

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Material Safety Data Sheet ของ โซเดียมไฮดรอกไซด์ [10]

1. การระบุเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC : Sodium hydroxide

ชื่อเคมีทั่วไป :-

ชื่อพ้องอื่นๆ : Caustic soda ; Lye; Sodium hydrate; Soda lye; White Caustic; Lye, caustic; Augus Hot Rod;

สูตรโมเลกุล : NaOH

รหัส IMO :

รหัส UN/ID NO. : 1823 รหัส EC NO. : 011-002-00-6

รหัส CAS NO. : 1310-73-2 รหัส RTECS : WB 4900000

รหัส EUEINECS/ELINCS : 215-185-5 ชื่อวงศ์ :-

2. ชื่อผู้ผลิต/จำหน่าย (Manufacturer and Distributor)

ชื่อผู้ผลิต/นำเข้า : JT Baker Inc.

แหล่งข้อมูลอื่นๆ :-

3. การใช้ประโยชน์ (Uses)

- เป็นสารเคมีในห้องปฏิบัติการ

4. ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD50 (มก./กก.) : 40 (หนู) LC50 (มก./ม3) :-/- ชั่วโมง (-)

IDLH (ppm) : 6.11 ADI (ppm) :- MAC (ppm) :-

PEL-TWA (ppm) :- PEL-STEL(ppm) :- PEL-C (ppm) : 1.22

TLV-TWA (ppm) :- TLV-STEL (ppm) :- TLV-C (ppm) : 1.22

พรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 (ppm) :-

พรบ. โรงงาน พ.ศ. 2535 (ppm) :-

พรบ. ควบคุมยุทธภัณฑ์ พ.ศ. 2530 : ชนิดที่ 1 ชนิดที่ 2 ชนิดที่ 3

พรบ. คุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 (ppm) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง : 1.22 ระยะสั้น - ค่าสูงสุด -

พรบ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 : ชนิดที่ 1 ชนิดที่ 2 ชนิดที่ 3 ชนิดที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : ของแข็ง สี : ขาว กลิ่น : ไม่มีกลิ่น นน. โมเลกุล : 40.00
 จุดเดือด : 1390 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง : 318 องศาเซลเซียส
 ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ = 1) : 2.13 ความหนืด (mPa . sec) : -
 ความดันไอ (มิลลิเมตรปรอท) : เล็กน้อย ที่ - องศาเซลเซียส
 ความหนาแน่นไอ (อากาศ = 1) : >1.4
 ความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.) : 111 ที่ 20 องศาเซลเซียส
 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) : 13 - 14 ที่ 20 องศาเซลเซียส

6. อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ : การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง และทำให้เกิดการทำลาย
 ต่อทางเดินหายใจส่วนบน ทำให้เกิดอาการจาม ปวดคอ หรือ
 น้ำมูกไหล ปวดอักเสบอย่างรุนแรง หายใจติดขัด หายใจถี่เร็ว
 สัมผัสทางผิวหนัง : การสัมผัสถูกผิวหนัง จะก่อให้เกิดการระคายเคืองรุนแรง เป็นแผล
 ไหม้ และเกิดเป็นแผลพุพองได้
 กินหรือกลืนเข้าไป : การกลืนหรือกินเข้าไป ทำให้แสบไหม้บริเวณปาก ลอ
 กระเพาะอาหาร ทำให้เป็นแผลเป็น เลือดออกในกระเพาะอาหาร
 อาเจียน ท้องร่วง ความดันเลือดลดต่ำลง อาจทำให้เสียชีวิต
 สัมผัสถูกตา : การสัมผัสถูกตา จะมีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้เกิดการระคายเคืองรุนแรง
 เป็นแผลแสบไหม้ อาจทำให้มองไม่เห็นถึงขั้นตาบอดได้
 การก่อกัมระเบิด : การสัมผัสสารติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ
 ความผิดปกติอื่นๆ : สารนี้มีฤทธิ์กัดกร่อนเนื้อเยื่อ

7. ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัวทางเคมี : สารนี้มีความเสถียรภายใต้สภาวะปกติของการใช้และการเก็บ
 สารที่เข้ากันไม่ได้ : น้ำ กรด ของเหลวไวไฟ สารประกอบอินทรีย์ของฮาโลเจน
 โดยเฉพาะ ไตรคลอโรเอทิลีน ซึ่งอาจก่อให้เกิดไฟหรือการระเบิด
 การสัมผัสในโตรมีเทนและสารประกอบไนโตรทำให้เกิดเกลือที่
 ไวต่อการกระแทก

สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : ความชื้น ฝุ่นและสารที่เข้ากันไม่ได้

สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว : โซเดียมออกไซด์ การทำปฏิกิริยากับ โลหะเกิดก๊าซ

ไฮโดรเจนที่ไวไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ : จะไม่เกิดขึ้น
 สารนี้ผสมความชื้นในอากาศและทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเป็นสาร
 โซเดียมคาร์บอเนตและมีฤทธิ์เป็นเบสเข้มข้น

8. การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

NFPA Code :



NFPA 704 Code

- จุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส) :- จุดลุกติดไฟได้เอง(องศาเซลเซียส) :-
 ค่า LEL % :- UEL % :- LFL % :- UFL % :-
- สารนี้ไม่ทำให้เกิดอันตรายจากเพลิงไหม้ สารที่ร้อนหรือหลอมอยู่จะทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ
 - สารนี้ทำปฏิกิริยากับโลหะ เช่น อะลูมิเนียม เกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ไวไฟ
 - สารดับเพลิงกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้เลือกใช้สารดับเพลิง/วิธีการดับเพลิงที่เหมาะสมสำหรับสภาพการเกิดเพลิง โดยรอบ ห้ามใช้น้ำในการดับเพลิง
 - กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA)

9. การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and Handling)

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด ป้องกันการเสียหายทางกายภาพ
- เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง
- เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ
- เก็บห่างจากความร้อน ความชื้น สารที่เข้ากันไม่ได้
- เก็บห่างจากอะลูมิเนียม แมกนีเซียม
- ภาชนะบรรจุของสารที่เป็นถังเปล่า แต่มีกากสารเคมีตกค้างอยู่ เช่น ฟุ่น ของแข็ง อาจเป็นอันตรายได้

- อย่าผสมสารนี้กับกรดหรือสารอินทรีย์
 เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 - ให้สังเกตค่าเตือนและข้อควรระวังทั้งหมดที่ไว้สำหรับสารนี้
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชื่อในการขนส่ง : Sodium Hydroxide
- รหัส UN : 1832
- ประเภทอันตราย : 8
- ประเภทบรรจุหีบห่อ : กลุ่ม II
- รายงานข้อมูลสำหรับผลิตภัณฑ์/ขนาด : 300 ปอนด์

10. การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

- วิธีการปฏิบัติในกรณีเกิดการหกรั่วไหล ระบายอากาศบริเวณสารหกรั่วไหล
- ป้องกันบุคคลเข้าไปในบริเวณสารรั่วไหล
- ให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสม
- ให้ดูดซับส่วนที่หกรั่วไหลด้วยทราย แร่เวอร์มิคิวไลต์ หรือวัสดุดูดซับอื่น
- เก็บส่วนที่หกรั่วไหลในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิดเพื่อนำไปกำจัด โดยวิธีไม่ทำให้เกิดฝุ่น
- ป้องกันไม่ให้สารเคมีที่หกรั่วไหล ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่น ๆ
- สารที่หลงเหลืออยู่ สามารถทำให้เจือจางด้วยน้ำหรือทำให้เป็นกลางด้วยกรด เช่น อะซีติก ไฮโดรคลอริก ซัลฟูริก
- การพิจารณาการกำจัด : ปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่ทางราชการกำหนด

11. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)

หน้ากากป้องกันการหายใจ



ถุงมือ



หน้ากากกระบังหน้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป : ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์

ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจลำบากให้ออกซิเจนช่วย
นำส่งไปพบแพทย์

กินหรือกลืนเข้าไป : ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป อย่ากระตุ้นให้เกิดการอาเจียน ให้ดื่มน้ำหรือนม
ปริมาณมากๆ ห้ามไม่ให้สิ่งใดเข้าปากผู้ป่วยที่หมดสติ นำส่งไปพบ
แพทย์

สัมผัสผิวหนัง : ถ้าสัมผัสผิวหนัง ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก
อย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อนสารเคมีออก
นำส่งไปพบแพทย์ทันที ชักทำความสะอาดเสื้อผ้าและรองเท้าก่อนนำ
กลับมาใช้ใหม่

สัมผัสดวงตา : ถ้าสัมผัสดวงตา ให้ฉีดล้างตาโดยทันทีด้วยน้ำปริมาณมากๆ อย่างน้อย 15 นาที
พร้อมกระพริบตาถี่ๆ นำส่งไปพบแพทย์ทันที

อื่น ๆ :-

13. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

- ห้ามทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ น้ำเสีย หรือดิน
- สารนี้ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
- สารนี้เป็นพิษต่อปลาก และแพลงก์ตอน ซึ่งส่งผลเป็นอันตรายเนื่องจากเปลี่ยนแปลง
พีเอช อาจทำให้ปลาตายได้

14. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO. : 7401- OSHA NO. :-

วิธีการเก็บตัวอย่าง : กระจายกรอง หลอดเก็บตัวอย่าง อิมพันเจอร์

วิธีการวิเคราะห์ : ชั่งน้ำหนัก สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แก๊สโครมาโตกราฟี
อะตอมมิกแอบซอร์ปชัน

ข้อมูลอื่น ๆ :

- วิธีวิเคราะห์ใช้ acid - base titration

- อัตราการไหลสำหรับเก็บตัวอย่าง 1 ถึง 4 ลิตรต่อนาที

- ปริมาตรเก็บตัวอย่างต่ำสุด-สูงสุด ต่ำสุด 70 ลิตร สูงสุด 1000 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Material Safety Data Sheet ของกรดไฮโดรคลอริก

1. การระบุเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC : Propanoic Acid

ชื่อเคมีทั่วไป : Propionic Acid

ชื่อพ้องอื่นๆ : Carboxyethane; Tenox P Grain Preservative; Sentry Grain Preservative; Hydroacrylic acid; Methylacetic acid; Ethylformic acid; Luprosil; Ethancarboxylic acid; Metacetonc acid; Prozoim Pseudoacetic acid; Sentry grain preserver; Bugle; Propcorn

สูตรโมเลกุล : สูตรโครงสร้าง :

รหัส IMO :

รหัส UN/ID NO. : 1848 รหัส EC NO. : 607-089-00-0

รหัส CAS NO. : 79-09-4 รหัส RTECS : UE 5950000

รหัส EUEINECS/ELINCS : 201-176-3 ชื่อวงศ์ : -

2. ชื่อผู้ผลิต/จำหน่าย (Manufacturer and Distributor)

ชื่อผู้ผลิต/นำเข้า : JT Baker Inc.

3. การใช้ประโยชน์ (Uses)

ใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร และใช้เป็นสารเคมีในห้องปฏิบัติการ

4. ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD50 (มก./กก.) : 2600 (หนู) LC50 (มก./ม3) : -/- ชั่วโมง (-)

IDLH (ppm) : - ADI (ppm) : - MAC (ppm) : -

PEL-TWA (ppm) : 10 PEL-STEL (ppm) : - PEL-C (ppm) : -

TLV-TWA (ppm) : 10 TLV-STEL (ppm) : 15 TLV-C (ppm) : -

พรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535(ppm) : -

พรบ. โรงงาน พ.ศ. 2535 (ppm) : -

พรบ. ควบคุมยุทธภัณฑ์ พ.ศ. 2530 : ชนิดที่ 1 ชนิดที่ 2 ชนิดที่ 3

พรบ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 : ชนิดที่ 1 ชนิดที่ 2 ชนิดที่ 3 ชนิดที่ 4

หน่วยงานที่รับผิดชอบ :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : ของเหลว สี : ไม่มีสี กลิ่น : ชุน นน. โมเลกุล : 74.08
 จุดเดือด : 141 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง : - 21 องศาเซลเซียส
 ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1) : 0.99 ความหนืด (mPa.sec) : -
 ความดันไอ (มม.ปรอท) : 2.4 ที่ 20 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1) : 2.56
 ความสามารถในการละลายน้ำที่(กรัม/100 มล.) : 100 ที่ - องศาเซลเซียส
 ความเป็นกรด-ด่าง(pH) : 2.5 ที่ 20 องศาเซลเซียส
 ข้อมูลทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ :

- ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์

6. อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ : การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูก และลำคอ
 ก่อให้เกิดอาการไอ และหายใจติดขัด

สัมผัสทางผิวหนัง : การสัมผัสถูกผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง
 เกิดแผลไหม้ สารนี้สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายผ่านทางผิวหนังได้

กินหรือกลืนเข้าไป : การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบ

ย่อยอาหารและทางเดินอาหาร ก่อให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน เกิด
 แผลแสบไหม้บริเวณปาก และลำคอ

สัมผัสถูกตา : การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตา และทำให้เกิดแผลไหม้ได้

ความผิดปกติ,อื่น ๆ :

- มีผลทำลายตา ผิวหนัง และเยื่อเมือก
- อวัยวะเป้าหมาย : ตา ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ

7. ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

- ความคงตัวทางเคมี : สารนี้มีความเสถียร
- สารที่เข้ากันไม่ได้ : เบสเข้มข้น เอมีน สารประกอบฮาโลเจนเข้มข้น สารออกซิไดส์
 อย่างแรง โลหะ สารรีดิวซ์อย่างแรง ฮาโลเจน
- สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : ความร้อน เปลวไฟ และแหล่งจุดติดไฟ
- สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว : คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์
- อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ : จะไม่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

จุดวาบไฟ : 52 องศาเซลเซียส จุดติดไฟได้เอง : 495 องศาเซลเซียส

ค่า LEL % : 2.9 UEL % : 12.1 LFL % : - UFL % : -

- สารนี้เป็นสารไวไฟ
- สารดับเพลิงในกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้ใช้ : คาร์บอนไดออกไซด์ ผงเคมีแห้ง แอลกอฮอล์โฟม (น้ำจะใช้ไม่ได้ผลในการดับเพลิง)
- ใช้น้ำฉีดหล่อภาชนะบรรจุที่สัมผัสถูกเพลิงไหม้
- กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA)
- ให้เคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุออกจากบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ ถ้าสามารถทำได้โดยปราศจากความเสียหาย

9. การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and Handling)

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด
- เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง
- เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ
- เก็บห่างจากความร้อน ประกายไฟ และเปลวไฟ
- เก็บในบริเวณสำหรับเก็บวัตถุไวไฟ หรือเก็บในตู้เก็บสารเคมี
- ให้ล้างทำความสะอาดร่างกาย ให้ทั่วถึงภายหลังทำการเคลื่อนย้าย
- ชื่อในการขนส่ง : Propionic acid
- รหัส UN : 1848
- ประเภทอันตราย : 8
- กลุ่มการบรรจุ : III

10. การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

- วิธีการปฏิบัติในกรณีเกิดการหกรั่วไหล
- ให้เคลื่อนย้ายออกจากบริเวณที่มีการหกรั่วไหล
- ให้หยุดการรั่วไหล ถ้าสามารถทำได้โดยปราศจากความเสียหายอันตราย
- ให้ดูดซับส่วนที่หกรั่วไหลด้วยโซดาไฟ หรือปูนขาว แล้วทำให้สารเป็นกลาง
- เก็บส่วนที่หกรั่วไหลในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิดเพื่อนำไปกำจัด
- ล้างบริเวณสารหกรั่วไหล หลังจากสารเคมีถูกเก็บกวาดเรียบร้อยแล้ว
- ให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เหมาะสม

- การพิจารณาการกำจัด : ปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่ทางราชการกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)

หน้ากากป้องกันการ หายใจ ถุงมือ ชุดป้องกันสารเคมี หน้ากากกระบังหน้า แว่นตานิรภัย
 ข้อเสนอแนะการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล(PPD/PPE) :

12. การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป : ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้า
 ผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วย แล้วนำ
 ส่งไปพบแพทย์

กินหรือกลืนเข้าไป : ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป อย่ากระตุ้นให้เกิดการอาเจียน ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำ
 นม หรือนมแมกนีเซียมซึ่งมีผลเป็นยาระบาย และนำส่ง ไปพบแพทย์

สัมผัสผิวหนัง : ถ้าสัมผัสผิวหนัง ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ
 อย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่เปื้อนสารเคมี
 ออก และให้ซักทำความสะอาดเสื้อผ้าและรองเท้าก่อนนำกลับมาใช้ใหม่

สัมผัสตา : ถ้าสัมผัสตาให้ฉีดล้างตาทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที

อื่นๆ :

13. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO. : - OSHA NO. : -

วิธีการเก็บตัวอย่าง : กระดาษกรอง หลอดเก็บตัวอย่าง อิมฟินเจอร์

วิธีการวิเคราะห์ : ชั่งน้ำหนัก สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ แก๊สโครมาโตกราฟี อะตอมมิก
 แอบซอร์ปชัน

ข้อมูลอื่น ๆ :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้