สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาสมบัติพีวีซีคอมโพสิตโดยใช้เถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม

T040059

นางสาวดลฤทัย เอื้อมนวัธน์
นายดิฐพงศ์ ถนอมพันธุ์
นายต่อตระกูล อุบลวัตร

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 40059
วัน, เดือน, ปี 24 ก.ค. 2544
.b.....
.i.....
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมบัติพีวีซีคอมโพสิตโดยใช้เถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม

นางสาวดลฤทัย เอื้อมนวัธน์
นายดิฐพงศ์ ถนอมพันธุ์
นายต่อตระกูล อุบลวัตร

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on the properties of PVC Composites filled with Silk ash

Ms. Dolrethai Aumanawat

Mr. Dittapong Thanompan

Mr. Tortrakool Ubolwatra

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

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาสมบัติพีวีซีคอมโพสิตโดยใช้เถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม

นักศึกษา นางสาวดลฤทัย เอื้อมนวัธน์

นายดิฐพงศ์ ถนอมพันธุ์

นายต่อตระกูล อุบลวัตร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชาเคมี

(ผศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ

..... ประธานกรรมการ

(ดร.จุฑารัตน์ ศิริชัยสิทธิ์)

..... กรรมการ

(ดร.ชลลดา ฤติวรุฬห์)

..... กรรมการ

(ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาสมบัติพีวีซีคอมโพสิตโดยใช้เถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม
นักศึกษา นางสาวดลฤทัย เอื้อมนวัธน์
นายดิฐพงศ์ ถนอมพันธุ์
นายต่อตระกูล อุบลวัตร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์
ภาควิชา เคมี
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาสมบัติของพีวีซีคอมโพสิตโดยใช้เถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม เช่น สมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ รวมทั้งศึกษาผลของสารเติมแต่ง และ ปริมาณเถ้าผงไหมที่มีผลต่อพีวีซีคอมโพสิต การเตรียมพีวีซีคอมโพสิตนี้ ในแต่ละสูตรจะใช้ปริมาณพีวีซี 100 phr สารปรับสภาพพลาสติก 30 phr สารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อน 4 phr สารหล่อลื่น 2 phr สารช่วยในการขึ้นรูป 5 phr ในปริมาณที่คงที่ในทุกสูตร แต่เปลี่ยนปริมาณของเถ้าผงไหม และสารปรับปรุงการทนทานต่อแรงกระแทก(อีวีเอ) โดยผสมส่วนผสมต่างๆในเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง แล้วนำไปผสมในเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง นำแผ่นพีวีซีคอมโพสิตที่ได้ไปขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบอัดร้อน ตัดชิ้นงานเพื่อทดสอบสมบัติต่างๆ พบว่าปริมาณเถ้าผงไหมที่เหมาะสมที่ใช้เป็นสารตัวเติมคือ 20 phr โดยที่ไม่เติมสารปรับปรุงการทนทานต่อแรงกระแทก จะทำให้สมบัติโดยรวมดีที่สุด นอกจากนี้การใช้อีวีเอ เป็นสารปรับปรุงการทนทานต่อแรงกระแทกในระบบที่มีเถ้าผงไหมอยู่ พบว่าสมบัติเชิงกลของพีวีซีคอมโพสิตที่ได้ด้อยกว่าเมื่อมีแต่เถ้าผงไหมเท่านั้น จึงไม่ควรใช้อีวีเอเป็นสารปรับปรุงการทนทานต่อแรงกระแทกในระบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Study on the properties of PVC Composites filled with Silk ash
Name	Ms.Dolrethai Aumanawat Mr. Dittapong Thanompan Mr. Tortrakool Ubolwatra
Special Project Advisor	Asst.Prof. Dr.Malinee Chaisupakitsin
Department	Chemistry
Academic Year	2000

Abstract

The special project aims to study on the properties of PVC Composites filled with Silk ash. The mechanical properties , physical properties , effect of additives , and amount of silk ash were investigated. PVC Composites filled with silk ash were prepared by using high speed mixer and two-roll mill. The composites were compressed by compression molding and cut into testing form. Ingredients ; 100 phr PVC ,30 phr plasticiser, 4 phr heat stabiliser , 2 phr lubricant , and 5 phr processing aid ; were fixed in every formula but varied amount of silk ash and impact modifier(EVA). It was found that the optimum amount of 20 phr silk ash showed the best properties. Using EVA as an impact modifier in this system leads to decrease the properties of PVC Composites , so EVA should not be used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษมาโดยตลอด

ดร.จุฑารัตน์ ศิริชัยสิทธิ์ และ ดร.ชลลดา ฤติวรุฬห์ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจทาน และแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

และบิดา มารดา พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ อาจารย์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

นางสาวดลฤทัย เอื้อมนวัธน์

นายดิฐพงศ์ ถนอมพันธุ์

นายต่อตระกูล อุบลวัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	a
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	b
กิตติกรรมประกาศ	c
สารบัญ	d
สารบัญตาราง	g
สารบัญรูปภาพ	i
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 คำนำ	1
1.2 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	2
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานพิเศษ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 พอลิไวนิลคลอไรด์	4
2.1.1 กระบวนการผลิตพีวีซี	4
2.1.2 สมบัติทั่วไปของพีวีซี	7
2.1.3 พีวีซีคอมปาวน์	8
2.1.4 สารเติมแต่ง	8
2.1.4.1 สารปรับสภาพพลาสติก	9
2.1.4.2 สารเพิ่มเสถียรภาพ	11
2.1.4.3 สารหล่อลื่น	13
2.1.4.4 สารตัวเติม	13
2.1.4.5 สารช่วยในการขึ้นรูป	13
2.1.4.6 สารปรับปรุงสมบัติการทนแรงกระแทก	14
2.2 ผงไหม (ซิลค์โปรตีน)	14
2.3 เทคนิคการผสมแห้ง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทำพีวีซีคอมปาวน์ในงานวิจัย 22

2.4.1 เครื่องปั่นผสมแห้งความเร็วสูง 22

2.4.2 เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง 22

2.5 การทดสอบที่เกี่ยวข้อง 23

2.5.1 Tensile Tests 23

2.5.2 Impact Properties Tests 23

2.5.3 Abrasion Test 23

2.5.4 Hardness Test 24

2.5.5 Specific Gravity Test 24

2.5.6 Water Absorption Test 24

2.5.7 การทดสอบหาปริมาณสารที่ระเหยได้ 25

2.5.8 การทดสอบความทนทานต่อสารเคมี 25

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและเครื่องมือ 26

3.2 ขั้นตอนการวิจัย 27

3.2.1 การเตรียมเถ้าผงไหม 27

3.2.2 การเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเถ้าผงไหม 28

3.2.3 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างและการทดสอบสมบัติต่างๆ 29

3.2.3.1 การทดสอบสมบัติมอดุลัส,ร้อยละการยืด ณ จุดขาด, ความแข็งแรงดึงสูงสุด ณ จุดขาด,ความแข็ง และความถ่วงจำเพาะ 29

3.2.3.2 การทดสอบการขัดถู 30

3.2.3.3 การทดสอบความทนสารเคมี 30

3.2.3.4 การทดสอบหาปริมาณสารที่ระเหยได้ 31

3.2.3.5 การทดสอบสัณฐานวิทยาของพีวีซีคอมโพสิต 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล 32

4.1.1 ความแข็งแรงดึง 33

4.1.2 มอดุลัส 34

4.1.3 ร้อยละการยืด ณ จุดขาด 35

4.1.4 ความทนแรงกระแทก 36

4.1.5 ความแข็ง 37

4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ 38

4.2.1 ความถ่วงจำเพาะ 38

4.2.2 การทนการขัดถู 39

4.2.3 ปริมาณสารที่ระเหยได้ 40

4.2.4 การดูดซับน้ำ 41

4.2.5 การทนสารเคมี 42

4.2.6 สัณฐานวิทยาของพีวีซีคอมโพสิต 43

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 43

เอกสารอ้างอิง 45

ภาคผนวก 47

ก. การศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของพีวีซีคอมโพสิต 47

ข. การเปรียบเทียบสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต เพื่อศึกษาในกรณีต่างๆ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงสมบัติทางกายภาพต่างๆของพอลิเมอร์ เมื่อเติมสารปรับสภาพพลาสติก	10
ตารางที่ 2.2	แสดงสมบัติทั่วไปของ DOP	11
ตารางที่ 4.1	แสดงชนิดและปริมาณของสารเติมแต่งในพีวีซีคอมโพสิตสูตรต่างๆ	32
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการทดสอบการดูดซับน้ำ ณ เวลาต่างๆของพีวีซีคอมโพสิตในแต่ละสูตร	41
ตารางที่ 4.3	แสดงผลการทดสอบการทนสารเคมีของพีวีซีคอมโพสิตในแต่ละสูตร	42
ตารางที่ ก	แสดงชนิดและปริมาณของสารเติมแต่งในพีวีซีคอมโพสิตสูตรต่างๆ	50
ตารางที่ ข	แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลที่วัดได้ต่างๆของพีวีซีคอมโพสิตในแต่ละสูตร	51
ตารางที่ ค	แสดงผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพที่วัดได้ต่างๆของพีวีซีคอมโพสิตในแต่ละสูตร	52
ตารางที่ ง	แสดงการเปรียบเทียบสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต เพื่อศึกษาปริมาณเถ้าผงไหมที่สามารถเติมในพีวีซีคอมโพสิตแล้วทำให้สมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตดีกว่าพีวีซี , ศึกษาเถ้าผงไหมที่ใช้เป็นสารตัวเติม ที่มีผลต่อสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต และศึกษาปริมาณเถ้าผงไหมที่มีผลต่อสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต	54
ตารางที่ จ	แสดงการเปรียบเทียบสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต เพื่อศึกษาสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตที่มีอีวีเอเป็นสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทกในปริมาณที่คงที่และเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติมในปริมาณต่างๆ	54
ตารางที่ ฉ	แสดงการเปรียบเทียบสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของพีวีซีคอมโพสิตที่มีอีวีเอเป็นสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทกในปริมาณที่คงที่และเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติมในปริมาณต่างๆ	55
ตารางที่ ช	แสดงการเปรียบเทียบสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต เพื่อศึกษาสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตที่มีอีวีเอเป็นสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทกในปริมาณต่างๆและเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติมในปริมาณที่คงที่	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ซ แสดงการเปรียบเทียบสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต เพื่อศึกษาถึงอีวีเอที่ใช้เป็นสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก ในพีวีซีคอมโพสิตที่มีเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม ที่มีผลต่อสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต 56

ตารางที่ ฌ แสดงการเปรียบเทียบสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต เพื่อศึกษาสมบัติโดยรวมที่ดีที่สุดของพีวีซีคอมโพสิตเทียบกับพีวีซี 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างและปฏิกิริยาการเกิดพอลิไวนิลคลอไรด์ 5
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของ DOP 11
รูปที่ 2.3 โครงสร้างทุติยภูมิของโปรตีน 17
รูปที่ 2.4 โครงสร้างแอลฟา-เฮลิคส์ของพอลิเพปไทด์ 18
รูปที่ 2.5 โครงสร้างเบต้า-ชีทพอลิเพปไทด์ 19
รูปที่ 2.6 โครงสร้างแผ่นพลีบเบต้าแบบขนาน 20
รูปที่ 2.7 โครงสร้างแผ่นพลีบเบต้าแบบไม่ขนาน 20
รูปที่ 2.8 โครงสร้างสามมิติของไหม 21
รูปที่ 4.9 สัณฐานวิทยาของพีวีซีคอมโพสิต 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

ปัจจุบันได้มีการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับวัสดุต่างๆ เพื่อประโยชน์ใช้สอยอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะวัสดุพอลิเมอร์ ได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เนื่องจากสามารถใช้ทดแทนวัสดุบางชนิดได้ ประกอบกับวัสดุพอลิเมอร์ มีน้ำหนักเบา และนำมาขึ้นรูปต่างๆ ได้ตามต้องการ ในขณะที่วัสดุชนิดอื่น เช่น ไม้ โลหะ แก้ว ทำได้ยากกว่า นอกจากนี้ ความหลากหลายของพอลิเมอร์ทำให้สามารถนำมาใช้งานได้หลายลักษณะขึ้นกับคุณสมบัติที่เหมาะสมของพอลิเมอร์นั้นๆ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ในโครงงานนี้จะทำการศึกษาเกี่ยวกับ พีวีซีคอมโพสิตกับเถ้าผงไหม โดยศึกษาคุณสมบัติและคาดว่าจะนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องของการผลิตกระเบื้องยางได้

วัสดุปูพื้นพีวีซี วัสดุปูพื้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับทุกอาคารบ้านเรือน เพราะนอกจากจะให้ประโยชน์และเพิ่มคุณค่าให้แก่อาคารบ้านเรือนอีกด้วย ความต้องการวัสดุปูพื้นของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2536 มีประมาณ 39 ล้านตารางเมตร คิดเป็นมูลค่า 12,000 ล้านบาท ซึ่งวัสดุปูพื้นพีวีซีมีอัตราส่วนอยู่ที่ 24 % ของวัสดุปูพื้น

กระเบื้องยางในสมัยก่อนมีส่วนผสมของยางแอลฟัลท์จึงเรียกกันติดปากว่า “กระเบื้องยาง” แต่ภายหลังได้เปลี่ยนมาใช้พีวีซีเป็นวัตถุดิบแทน กระเบื้องยางมีลักษณะเป็นแผ่นพีวีซีหนา 1.6-3.2 มม. ความกว้างมีตั้งแต่ 9 x 9 นิ้ว ถึง 30 x 30 นิ้ว แต่เดิมผลิตเฉพาะสีพื้นไม่มีลวดลาย ใช้ในงานปูพื้น อาคาร ร้านค้า สำนักงาน โรงเรียน โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า ฯลฯ แต่ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยในปัจจุบัน เราสามารถพัฒนาการผลิตกระเบื้องยางชนิดพิมพ์ลายขึ้นได้ โดยให้ลวดลายและสีสันเหมือนวัสดุจริงจากธรรมชาติ เช่น ลายไม้ หินอ่อน หินแกรนิต ซึ่งนอกจากจะใช้ทดแทนวัสดุธรรมชาติ โดยคงคุณค่าเดิมไว้ได้เป็นอย่างดี แล้วยังติดตั้งได้สะดวก น้ำหนักเบา ลดแรงกระแทก ดูแลรักษาง่ายและไม่ติดไฟ นอกจากนี้กระเบื้องยางยังเป็นวัสดุปูพื้นพีวีซีที่มีปริมาณการใช้สูงมากถึงประมาณ 7 ล้านตารางเมตรต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

พีวีซี จัดเป็นเทอร์โมพลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย พีวีซีจึงมีบทบาทอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพีวีซี ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ประตูพีวีซี ท่อน้ำ สายไฟ กระเบื้องยางปูพื้น หนังเทียม และอื่นๆ อีกมากมาย ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลายของพีวีซี จึงมีการศึกษาเรื่องการนำสารตัวเติมมาเติมในพีวีซี เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้น

ปัจจุบันมีการตื่นตัว และพยายามที่จะพัฒนาโดยใช้เส้นใยธรรมชาติ เป็นวัสดุเสริมแรงในพอลิเมอร์คอมโพสิต เนื่องจากเป็นเส้นใยที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ หาง่าย มีมากมายไม่หมดสิ้น ราคาถูก สมบัติเชิงกลดี น้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ และง่ายต่อการกำจัดทิ้ง เนื่องจากสามารถสลายตัวได้ตามธรรมชาติ เส้นใยธรรมชาติบางชนิดเป็นวัสดุเหลือทิ้ง หรือเป็นส่วนเกินจากภาคอุตสาหกรรม

จากโครงสร้างของพีวีซี พบว่า พีวีซีจัดเป็นพอลิเมอร์ที่มีขั้ว ซึ่งน่าจะผสมเข้ากับสารตัวเติมที่มีขั้วได้ดี ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้ เถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม ซึ่งเป็นสารตัวเติมธรรมชาติที่มีขั้ว และเป็นวัสดุเหลือใช้ในทางอุตสาหกรรม มีน้ำหนักเบา สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จึงทำการศึกษาสมบัติของพีวีซีคอมโพสิตโดยใช้เถ้าผงไหมเป็นตัวเติม และนำคุณสมบัติที่ได้มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตโครงงานพิเศษ

1.3.1 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณเถ้าผงไหมที่ผลต่อสมบัติเชิงกล และสมบัติทางกายภาพ ของพีวีซีคอมโพสิต
2. ศึกษาปริมาณสารที่ช่วยปรับปรุงสมบัติการทนแรงกระแทกที่ผลต่อสมบัติเชิงกล และสมบัติทางกายภาพ ของพีวีซีคอมโพสิตที่มีเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม
3. ศึกษาผลของเถ้าผงไหมและสารเติมแต่งอื่นๆที่มีต่อพีวีซีคอมโพสิต

1.3.2 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณเถ้าผงไหมที่เติมในพีวีซี
2. ศึกษาปริมาณสารที่ช่วยปรับปรุงสมบัติการทนแรงกระแทก
3. ศึกษาการเข้ากันได้ระหว่างเถ้าผงไหมกับพีวีซี
4. ศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ และสมบัติความทนทานต่อแรงกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินงานการวิจัย

ในการวิจัยนี้ ทำการเตรียมพีวีซีคอมโพสิตโดยใช้เถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม การผสมสูตรจะมีการเติมสารเติมแต่ง เช่น สารเสริมเสถียรภาพทางความร้อน พลาสติไซเซอร์ สารหล่อลื่น ในเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง แล้วนำไปผสมสูตรโดยใช้เครื่องบดผสมแบบสองลูกลิ้ง และอัดแบบพร้อมทั้งตัดชิ้นงานตัวอย่าง เพื่อนำไปทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ สมบัติเชิงกล และสมบัติทางกายภาพ จากนั้นนำผลที่ได้แต่ละสูตรมาเปรียบเทียบ เพื่อสรุปผลการวิจัย และนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานพิเศษ

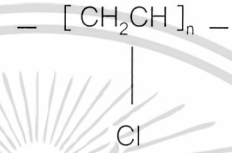
1. ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าผงไหม และสารเติมแต่งอื่นๆ ในพีวีซีคอมโพสิตที่จะทำให้สมบัติเชิงกล และสมบัติทางกายภาพ ดีที่สุด
2. ทราบถึงการผสมเข้ากันได้ ระหว่างเถ้าผงไหมกับพีวีซี
3. ทราบถึงความเป็นไปได้ที่จะนำพีวีซีคอมโพสิตที่เตรียมได้ไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

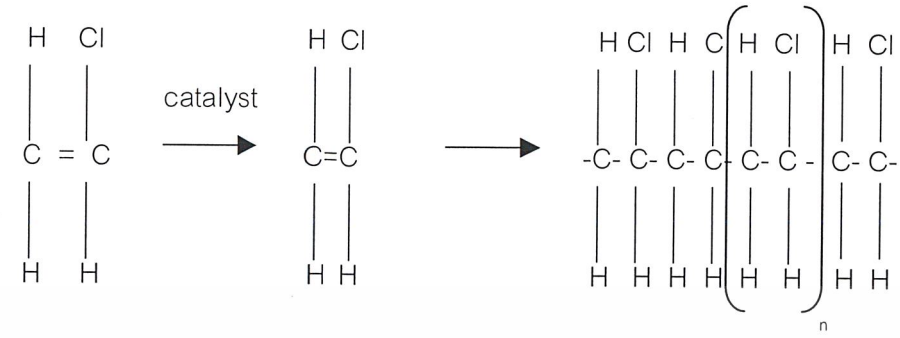
2.1 พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) [1,14]

สูตรโครงสร้างของพีวีซี คือ



พอลิไวนิลคลอไรด์จัดเป็นสารประเภทเทอร์โมพลาสติก และเป็นพอลิเมอร์อสัณฐาน (amorphous polymer) ที่มีความเป็นผลึก (crystallinity) 5-10 % ซึ่งเป็นเทอร์โมพลาสติกที่สำคัญมากตัวหนึ่งในเชิงปริมาณการผลิต เพราะเป็นพลาสติกที่ผลิตมากเป็นอันดับสองของโลกรองจากพอลิเอทิลีน และสามารถนำไปเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ให้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างมากมาย พีวีซีได้ถูกผลิตเชิงพาณิชย์ตั้งแต่ต้นปี ค.ศ.1930 ซึ่งสมัยนั้นปิโตรเคมียังไม่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย การผลิตพีวีซีขณะนั้นจึงใช้ก๊าซอะเซทิลีนกับคลอรีนเป็นวัตถุดิบ แต่เนื่องจากอะเซทิลีนมีราคาแพง และต้องนำมาจากแคลเซียมคาร์ไบด์หรือนำคาร์บอนมาแตกตัวเป็นอะเซทิลีน ดังนั้นเมื่อยุคสมัยของปิโตรเคมีจึงผลิตจากเอทิลีน ในปัจจุบันพอลิไวนิลคลอไรด์สามารถผลิตได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ในน้ำ โดยผ่านกลไกการเกิดปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระ (Free radical) ดังรูป 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างและปฏิกิริยาการเกิดพอลิไวนิลคลอไรด์[1]

2.1.1 กระบวนการในการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) [2,14]

กระบวนการผลิตพอลไวนิลคลอไรด์สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบแขวนลอย (Suspension Polymerisation , S-PVC)

เป็นกระบวนการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ตัวกลางที่เป็นของเหลวจะมีการใช้สารช่วยแขวนลอย (Suspension agent) โดยในระบบมอนอเมอร์จะแขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว เรซินพีวีซี (PVC resin)ที่ได้จะมีลักษณะใส ผิวมีรูพรุนสามารถดูดซับสารหล่อลื่น (Lubricant) และสารปรับสภาพพลาสติก (Plasticiser) ได้ง่าย พีวีซีที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีขนาดประมาณ 100 ไมครอน เหมาะสำหรับนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานทั่วไป

2. ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบบัลค์ (Bulk Polymerisation , M-PVC)

กระบวนการนี้จะไม่ใช้น้ำเป็นตัวกลาง จะใช้สารช่วยผสม (Emulsifier) หรือ สารแขวนลอย ในการเกิดปฏิกิริยา เรซินพีวีซีที่ได้มีลักษณะใส บริสุทธิ์ มีความกลมมนกว่า S-PVC มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ผิวแข็ง มีความหนาแน่นที่ดีแต่ความสามารถในการดูดซับสารเติมแต่ง (Additive) จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน (Emulsion Polymerisation , E-PVC)

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการเก่าที่มีตัวกลางเป็นของเหลว และใช้สารช่วยผสม (Emulsifier) ในการเกิดปฏิกิริยา เรซินพีวีซีที่ได้มีลักษณะขุ่น ทึบ และเป็นผงละเอียดขนาด 1 ไมครอน ทำให้สามารถกระจายตัวเข้าไปในสารเสริมสภาพพลาสติกได้ดี และกลมกลืนเป็นของเหลวเนื้อเดียวกันเรียกว่า พลาสติโซล แต่ถ้ามีตัวทำละลายปนอยู่ด้วย เรียกว่า ออการ์โนโซลตัวอย่างของ E-PVC ที่ใช้ในชีวิตประจำวันได้แก่ ถุงมือ รองเท้าบูท และของเล่น เป็นต้น

พีวีซีที่ผลิตได้มักมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงและเป็นอสัณฐาน อาจมีบางโมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขาเล็กน้อย แต่ละเกรดจะมีน้ำหนักโมเลกุล , การกระจายน้ำหนักโมเลกุล , ขนาดเม็ดรูปร่าง และการกระจายตัวของขนาดเม็ดก็จะแตกต่างกันไป ปริมาณของสารปนเปื้อนที่ตกค้างในเม็ดพลาสติกก็มีได้ต่างๆกัน ความเป็นผลึกของพีวีซีอาจมีได้สูงถึง 50% นอกจากนี้การที่โมเลกุลมีพันธะคาร์บอน-คลอไรด์ ทำให้มีค่าคงที่ไดอิเลคตริกสูงขึ้น พีวีซีเป็นพอลิเมอร์ที่แข็งเปราะที่อุณหภูมิปกติ ถ้าหากไม่ผสมกับสารเสริมสภาพพลาสติกแล้วพีวีซีจะใช้งานได้น้อยมาก พีวีซีที่ผสมสารเสริมสภาพพลาสติกแล้วจะเรียกว่า พลาสติไซด์พีวีซี ซึ่งจะมีสมบัติที่หลากหลายขึ้นกับปริมาณและชนิดของสารเสริมสภาพที่ใช้ผสม

พีวีซีในการใช้งานจริงๆย่อมมีการสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเลตในแสงแดด ซึ่งหากได้รับจำนวนมากก็จะเกิดปฏิกิริยาดีไฮโดรคลอริเนชันมากขึ้น โดยจะมีอนุมูลอิสระของคลอรีนหลุดออกมาและจะจับกับไฮโดรเจนที่ติดอยู่กับคาร์บอนตัวถัดไป ทำให้พีวีซีเปลี่ยนโครงสร้างเป็นพอลีอีน ซึ่งมีลักษณะเป็นพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว ทำให้เกิดความไม่อิ่มตัวในสายโซ่พอลิเมอร์ โดยพีวีซีจะแตกต่างจากพอลิเมอร์ตัวอื่น คือ เมื่อเกิดการสลายตัวแทนที่จะได้มอนอเมอร์ออกมากลับได้กรดไฮโดรคลอริกจากการสลายตัว แล้วได้สายโซ่พอลิเมอร์ที่มีความไม่อิ่มตัวมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีมากขึ้น โดยสีจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้มและแดง จนกระทั่งดำในที่สุด โดยสามารถแบ่งชนิดของพีวีซีตามการใช้งานได้ดังนี้

Rigid PVC

โดยปกติพีวีซีจะมีความแข็งมาก และยากแก่การขึ้นรูปและมีความทนต่อแรงกระแทกต่ำ จึงมีการปรับปรุงโดยการเติมอิลาสโตเมอร์ หรือการใช้กราฟโคพอลิเมอร์ ABS ปรับปรุงด้านสมบัติด้านการไหลขณะหลอมในการขึ้นรูป มักจะใช้พีวีซีในกลุ่มนี้ในการผลิตท่อ กรอบประตู-หน้าต่าง รางน้ำฝน ขวด แถบแม่เหล็กบันทึกเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plasticised PVC

พีวีซีกลุ่มนี้จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความนิ่ม โดยการเติมพลาสติไซเซอร์ลงไป เช่น มอนอเมอร์ของเอสเตอร์ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ความมีขั้วเหมือนกัน พันธะไฮโดรเจนและพารามิเตอร์ในการละลายเข้ากันได้ เพื่อให้รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งจะส่งผลให้คุณสมบัติของพีวีซีอ่อนนุ่มและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จะมีสมบัติเชิงกลในช่วงกว้าง , ต้านการติดไฟ , ตกแต่งสีได้ และทนต่อสารเคมี นิยมนำมาผลิตเป็นกระดาษติดผนัง , เสื้อผ้า , เสื้อกันฝน , รองเท้า , เครื่องหนังเทียม , ผ้าปูโต๊ะ , ผ้าม่านห้องน้ำ , แผ่นฟิล์มถนอมอาหาร , ลูกฟุตบอล และกระเบื้องปูพื้น

2.1.2 สมบัติทั่วไปของพีวีซี [2]

สมบัติทั่วไปของพีวีซีที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการเติมสารเติมแต่งลงไป ได้แก่

- แข็ง เปราะ แตกง่าย
- เป็นพลาสติกอสัณฐาน
- ไม่มีสี ใส
- มีความหนาแน่นประมาณ 1.4 g/cm^3
- มี $T_g = 80^0c$
- พีวีซีเมื่อติดไฟแล้วจะดับด้วยตนเอง
- สลายตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับความร้อนและแสงแดด ดังนั้นในการนำพีวีซีไปใช้ต้องผสมสารเติมแต่งลงไปช่วย

สมบัติทางเคมีทั่วๆไปของ S-PVC กับ E-PVC จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของรูปร่างและขนาดของอนุภาค

S-PVC เรซินจะมีรูปร่างเหมือนลูกบอล และเนื่องจากที่ผิวมีรูพรุนจึงสามารถดูดซับพลาสติไซเซอร์ได้ ทำให้ได้พอลิไวนิลคลอไรด์ที่มีลักษณะเหนียว มีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นเหมือนยาง ในการผสมพอลิไวนิลคลอไรด์ชนิดนี้จะต้องผสมภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง เช่น เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) หรือ เครื่องผสมแบบเกลียวหนอน (Extruder) เป็นต้น

E-PVC เรซินจะมีรูปร่างเป็นทรงกลม ใส มีขนาดประมาณ 1/200 ของขนาดอนุภาค S-PVC เมื่อนำมาผสมจะมีสัดส่วนของ Plasticiser / Stabiliser ที่พอเหมาะ อิมัลชันเรซินที่ได้จะมีลักษณะคล้ายแป้งเปียก (Paste) หรือ " Plastisol " ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้โดยการประยุกต์ใช้ความร้อน (Application of Heat)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 **พีวีซีคอมปาวน์** (PVC Compound) [11]

พีวีซีคอมปาวน์เป็นการผสมระหว่างพีวีซีผง (PVC resin) กับสารเติมแต่ง (Additive) ชนิดต่างๆ แล้วนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานด้านต่างๆ ทั้งนี้ที่ต้องผสมสารตัวเติมเข้าไปก็เพราะในกระบวนการขึ้นรูปพีวีซีเป็นผลิตภัณฑ์นั้น พีวีซีผงจะได้รับความร้อนและความดันมากจึงเปลี่ยนไปเป็นของแข็ง (Solid mass) ซึ่งมีความแข็งเปราะ ดังนั้นจึงต้องมีการผสมสารตัวเติมเข้าไปด้วย เพื่อปรับปรุงสมบัติพีวีซีคอมปาวน์ให้เป็นไปตามที่ต้องการ

ขบวนการผลิตพีวีซีคอมปาวน์ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. ระบบชั่งวัตถุดิบ
2. การผสม
3. การอัดรีด

2.1.4 **สารเติมแต่ง** (Additive) [5,13,15]

หน้าที่ของสารเติมแต่ง มีดังนี้

1. มีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ
2. มีความเสถียรต่อขบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก
3. มีความเสถียรต่อสภาพเงื่อนไขที่นำไปใช้งาน
4. ต้องไม่หลุดออก (bleed or bloom) จากพลาสติกไปสู่วัสดุอื่นๆ
5. ต้องไม่เป็นพิษ ไม่มีรสชาติ ไม่มีกลิ่น
6. ราคาถูก
7. ต้องไม่ทำให้สมบัติของพอลิเมอร์เสีย

สารเติมแต่งสามารถแบ่งได้ ดังนี้

- สารปรับสภาพพลาสติก (Plasticiser)
- สารเพิ่มเสถียรภาพ (Stabiliser)
- สารหล่อลื่น (Lubricant)
- สารช่วยในการขึ้นรูป (Processing Aid)
- สารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก (Impact Modifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.1 **สารปรับสภาพพลาสติก** (Plasticiser) [5,13]

เป็นสารเติมแต่งที่ช่วยให้การไหลของพอลิเมอร์ดีขึ้นและทำให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้มีความยืดหยุ่นและนุ่ม สารปรับสภาพพลาสติกจะแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างสายโซ่ของพอลิเมอร์และทำให้ความแข็งแรงของสายโซ่พอลิเมอร์อ่อนลง พอลิเมอร์ที่ได้จึงมีลักษณะอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นมากขึ้น สารปรับสภาพพอลิเมอร์สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ สารเสริมสภาพพลาสติกภายในและสารเสริมสภาพพลาสติกภายนอก สารเคมีที่ใช้เป็นพลาสติไซเซอร์ ต้องมีสมบัติดังนี้

1. เป็นสารประกอบอินทรีย์ ส่วนมากเป็นของเหลวที่มีจุดเดือดสูงควรมีน้ำหนักโมเลกุลอย่างต่ำประมาณ 300 ด้วยเหตุนี้ที่อุณหภูมิห้องจึงมีอัตราการละลายในเนื้อพอลิเมอร์ช้า
2. ควรมีพารามิเตอร์การละลายใกล้เคียงกับพลาสติกหรือยางที่จะผสม
3. พลาสติไซเซอร์ควรมี T_g ในช่วงอุณหภูมิขณะใช้งาน และไม่ควรตกผลึกที่อุณหภูมิขณะใช้งาน

หน้าที่สำคัญของพลาสติไซเซอร์ คือ ลดความหนืด ทำตัวคล้ายตัวทำละลายและสารหล่อลื่น และลดแรง Van der Waals ระหว่างโซ่พอลิเมอร์ แต่แตกต่างจากตัวทำละลายจริงๆ ตรงที่ว่าต้องมีน้ำหนักโมเลกุลสูงประมาณ 300 เพื่อที่จะได้ไม่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์พลาสติกและยางระหว่างใช้งาน หน้าที่อีกประการหนึ่งคือ ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น เพิ่มความอ่อนตัวทำให้สภาพดัดโค้งง่าย และลด cold flex temperature ซึ่งส่งผลต่อ T_g ของพอลิเมอร์ นอกจากนี้เมื่อปริมาณของพลาสติไซเซอร์เพิ่มขึ้น ทำให้ความต้านทานแรงดึงของพอลิเมอร์ลดลง แต่ความยาว ณ จุดขาดของพอลิเมอร์จะเพิ่มขึ้นรวมทั้งความทนแรงกระแทกดีขึ้นด้วย

โดยสมบัติทางฟิสิกส์ต่างๆของพอลิเมอร์เมื่อเติมสารปรับสภาพพลาสติกแสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติทางกายภาพต่างๆของพอลิเมอร์เมื่อเติมสารปรับสภาพพลาสติก [3]

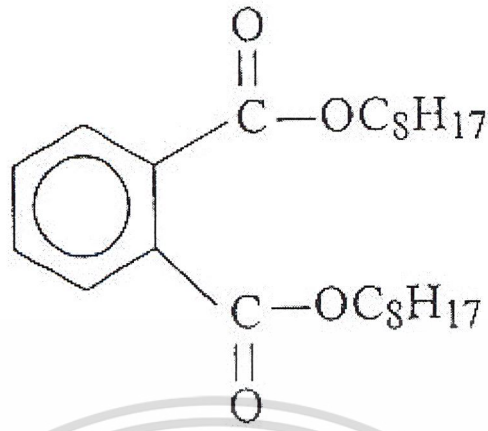
สมบัติทางกายภาพ	การเปลี่ยนแปลงที่เกิด
ความหนาแน่น	ลดลง
ความแข็ง (Hardness)	ลดลง
ความแข็งแรงดึง	ลดลง
เปอรเซ็นต์การยืดออก	เพิ่มขึ้น
100% มอดูลัส	ลดลง
อุณหภูมิการแข็งเปราะ	ลดลง
การระเหยกลายเป็นไอ	เพิ่มขึ้น
ความทนทานต่อแรงขัดถู	เพิ่มขึ้น
ความทนทานต่อแรงกระแทก	เพิ่มขึ้น
อุณหภูมิการอ่อนตัว	ต่ำ
ความทนทานต่อน้ำมัน	ลดลง
ความทนทานต่อสารเคมี	ลดลง
ความคงทนต่อการยืดหยุ่นที่อุณหภูมิต่ำ	ลดลง

นอกจากนี้สารปรับสภาพพลาสติกต้องมีจุดเดือดที่สูง เพื่อมิให้ระเหยออกไปได้ง่ายและต้องเข้ากับพอลิเมอร์ได้ดี ตัวอย่างเช่น

- Phthalate ester ที่นิยมใช้กันมากได้แก่
  - Di (2-ethylhexyl)phthalate หรือ Dioctyl phthalate (DOP)
  - Di-isononyl phthalate (DINP)
  - Butyl benzyl phthalate (BBP)
  - Dibutyl phthalate (DBP)
- Straight chained alcohol esters , adipates
- Phosphate ester เช่น tricresyl phosphate

ในงานวิจัยนี้ใช้ Dioctyl phthalate (DOP) เป็นสารปรับสภาพพลาสติก โครงสร้างของ DOP แสดงดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของ DOP [12]

สมบัติทั่วไปของสาร DOP แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงสมบัติทั่วไปของ DOP [4]

สมบัติ	DOP
ความหนืด (Pa.s)	70-80
ความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 25^0c	0.984
ดัชนีการหักเหของแสง	1.490
เปอร์เซ็นต์การระเหย	0.400
ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้า (Ω .m)	$1*10^5$
สี	ใส

2.1.4.2 สารเพิ่มเสถียรภาพ (Stabilizer) [5]

เนื่องจากพีวีซีจะเกิดการเสียสภาพเมื่อได้รับความร้อนและแสงแดด โดยผ่านกลไกของปฏิกิริยาการขจัดก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ออกจากโครงสร้างที่ไม่อิ่มตัวของพีวีซี ทำให้ผิวของพีวีซีไหม้และเปลี่ยนเป็นสีเข้มขึ้น จึงต้องลดการเกิดปฏิกิริยานี้ลงให้เกิดน้อยที่สุด โดยการเติมสารเสถียรภาพทางความร้อนซึ่งมีหน้าที่อยู่ 2 แบบ คือ

1) มีความสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาดีไฮโดรคลอริเนชัน หรืออย่างน้อยช่วยทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ช่วยทำให้ลำดับของพอลิอีน (Polyene) สั้นลงและทำลายเกลือคาร์บอเนียม

สารเสริมสภาพที่ดีควรมีปัจจัยพื้นฐานดังนี้

1. ไม่มีพิษ
2. ราคาไม่แพง
3. ควรมีเสถียรภาพต่อการเสื่อมสภาพชนิดต่างๆ เช่น ความร้อน แสงและความชื้น เป็นต้น
4. ไม่ระเหยง่าย ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่ทำให้เกิดตำหนิหรือเกิดสีเมื่อผสมเข้ากับพอลิเมอร์
5. ต้องสามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์และจะต้องไม่เกิดการเคลื่อนย้ายมาอยู่ที่ผิวของวัสดุ (Blooming)
6. เมื่อผสมเข้ากับพอลิเมอร์แล้วต้องไม่มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ และการนำไปประยุกต์ใช้
7. เมื่อผสมเข้ากับพอลิเมอร์แล้วต้องสามารถกำจัดส่วนเกินออกได้และสามารถตรวจสอบได้ง่าย

ตัวอย่างของสารเพิ่มเสถียรภาพ ได้แก่

- Pb Stabilizer เป็น basic mineral salt , organic salt ซึ่งใช้ในงาน pipe , floor tile
- Ba & Cd Stabilizer
- Sn Stabilizer
- Ca/Zn Stabilizer

จะเห็นได้ว่าสารเสถียรภาพทางความร้อนของพีวีซีมีหน้าที่ในการป้องกัน(Preventive function) และการรักษา (Curative function) และการใช้ระบบของสารเสถียรภาพแตกต่างกันจะมีผลต่อสมบัติการไหลและ/หรือลักษณะเฉพาะของกระบวนการพีวีซีคอมปาวน์ที่ต่างกันด้วย

ในงานวิจัยนี้ใช้ Ca/Zn Stabilizer เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.3 **สารหล่อลื่น** (Lubricant) [10]

ใช้เติมเพื่อปรับปรุงความสามารถในการขึ้นรูปได้ดีขึ้น และช่วยลดแรงเสียดทาน (friction) ให้พอลิเมอร์ไหลง่าย อาจอยู่ในรูปของเหลวหรือไข สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิดดังนี้

1. Internal Lubricant ช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างโมเลกุลด้วยกันเอง
2. External Lubricant ช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างโมเลกุลกับเครื่อง

ในงานวิจัยนี้ ใช้ Zn stearate เป็นสารหล่อลื่นประเภท External Lubricant และใช้ Epoxy Soybean oil เป็นสารหล่อลื่นประเภท Internal Lubricant

2.1.4.4 **สารตัวเติม** (Filler) [10,13]

สารตัวเติมเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ โดยสารตัวเติมทำหน้าที่ดังนี้

1. เพิ่มความหนืด
2. ลดต้นทุน
3. เพิ่มความเป็นฉนวน
4. ช่วยให้พอลิเมอร์คอมพอสิตมีความเสถียรทางรูปร่าง
5. ลดการหดตัวในแม่พิมพ์

สารตัวเติม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. Inert filler ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มค่ามอดุลัส ความแข็งแกร่งและทำให้พอลิเมอร์มีสีขาว , ปรับปรุงความเป็นฉนวนไฟฟ้า , ลดต้นทุน และช่วยให้กระบวนการผลิตทำได้ง่าย รวมทั้งลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่น่าใช้
2. Reinforcing filler ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความทนทานต่อแรงกระแทกและความแข็งตึง

ในงานวิจัยนี้ใช้ เถ้าผงไหม เป็นสารตัวเติมประเภท Reinforcing filler

2.1.4.5 **สารช่วยในการขึ้นรูป** (Processing Aid) [10]

สารช่วยในการขึ้นรูป มีหน้าที่ดังนี้

1. กระตุ้นการหลอมของพีวีซี
2. ปรับปรุงความหนืดของการหลอมเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อนของพีวีซีหลอมเหลวในขณะขึ้นรูป

ในงานวิจัยนี้ใช้ Epoxy Soybean oil เป็นสารช่วยในการขึ้นรูป

2.1.4.6 **สารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก** (Impact Modifier) [10]

สารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก มีหน้าที่ดังนี้

1. กระจายแรงกระแทกในส่วนของเมทริกซ์
2. รับแรงในคอมโพสิต

ในงานวิจัยนี้ใช้ เอทิลีน-ไวนิล อะวิเตต โคพอลิเมอร์ (EVA) เป็นสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก

เอทิลีน-ไวนิล อะซิเตต โคพอลิเมอร์ (EVA) [14]

เอทิลีน-ไวนิล อะซิเตต โคพอลิเมอร์ (EVA) ได้จากการพอลิเมอไรเซชันระหว่างไวนิลอะซิเตต (vinyl acetate) และมอนอเมอร์เอทิลีน (ethylene) ดังนั้นอีวีเอจึงเป็นพอลิเมอร์ร่วมระหว่างมอนอเมอร์เอทิลีนและไวนิลอะซิเตต จัดเป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทโครงสร้างเป็นอสัณฐาน มีลักษณะเป็นเม็ดใสจนขุ่น

สมบัติที่สำคัญของอีวีเอ คือ

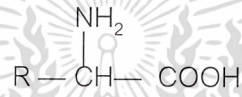
1. มีความยืดหยุ่นและโค้งงอดีที่อุณหภูมิต่ำ โดยไม่ต้องใช้พลาสติไซเซอร์
2. มีความสามารถในการสปริงตัวได้ดี โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการวัลคาไนซ์
3. ทนต่อสภาพการใช้งานได้ดี ทนต่อการซักล้าง มีอายุการใช้งานสูง
4. สามารถทำเป็นสีต่างๆได้และให้สีที่สวยงามสดใส
5. ไม่เป็นพิษ และไม่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

2.2 **ซิลค์โปรตีน** [6,8]

โปรตีนเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีมวลโมเลกุลสูง โปรตีนทุกชนิดประกอบด้วยธาตุ C , H , N , O และ S แต่โปรตีนบางชนิดมีธาตุ P , Fe , Zn และ Cu เพิ่มเข้ามา หน่วยโครงสร้างของโปรตีนคือกรดอะมิโนซึ่งสามารถถูกแยกออกจากโปรตีนได้โดยการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด กรดอะมิโนที่พบในโปรตีนมีทั้งหมด 20 ชนิด แต่ละชนิดมีโครงสร้างต่างกันที่หมู่ R กรดอะมิโนเหล่านี้ต่อกันเป็นสายยาว

เอกสารนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เรียกว่า โซ่พอลิเพปไทด์ ในลักษณะเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่มีการแตกกิ่ง พันธะโคเวเลนต์ที่เชื่อมระหว่างกรดอะมิโนมีชื่อว่าพันธะเพปไทด์ พันธะนี้เป็นพันธะเอไมด์ที่เกิดจากการสูญเสียน้ำจากหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนตัวหนึ่งกับหมู่ α อะมิโนของกรดอะมิโนตัวที่อยู่ถัดไป โมเลกุลของโปรตีนอาจจะประกอบด้วยโซ่พอลิเพปไทด์เพียงโซ่เดียวหรือมากกว่าก็ได้ โดยโซ่พอลิเพปไทด์จะมีความยาวแตกต่างกันไปซึ่งจะมีกรดอะมิโนประมาณ 40 ถึงมากกว่า 4,000 หน่วย โปรตีนแต่ละชนิดมีส่วนประกอบทางเคมี มวลโมเลกุลและการเรียงลำดับของกรดอะมิโนที่จำเพาะที่สำคัญอยู่ 20 ชนิด กรดอะมิโนมีสูตรโมเลกุลทั่วไป ดังนี้



ภายในโมเลกุลของกรดแอลฟาอะมิโนจะมีหมู่อะมิโนต่ออยู่ที่ตำแหน่งแอลฟาคาร์บอนของกรดคาร์บอกซิลิก(กรดอะมิโนทุกตัวมีแอลฟาคาร์บอน ยกเว้นไกลซีน) ด้วยเหตุที่เอมีนเป็นเบสและคาร์บอกซิลิกเป็นกรดจึงเกิดการส่งผ่านโปรตอนจากกรดให้เบส สูตรโมเลกุลของกรดอะมิโนจึงเขียนอยู่ในรูปแตกตัวเป็นไอออนหรือรูปที่มีประจุสองขั้วได้ ดังนี้

โครงสร้างที่เป็นประจุของกรดแอลฟาอะมิโน

โปรตีนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆโดยอาศัยโครงรูป (conformation) หรือรูปร่าง 3 มิติได้ดังนี้คือ

1. โปรตีนกลอบูลาร์ ประกอบด้วยโซ่พอลิเพปไทด์มาขดม้วนกันแน่นในลักษณะกลม โดยเอาหมู่ R ที่มีขั้วของกรดอะมิโนอยู่ข้างนอกโมเลกุล ซึ่งจะถูกไฮเดรตด้วยน้ำ และเอาหมู่ R ที่ไม่ชอบน้ำไว้ข้างในโมเลกุล โครงสร้างของโปรตีนพวกนี้ประกอบด้วยเกลียวอัลฟาและเบตาในปริมาณต่างๆกัน ส่วนใหญ่ละลายในน้ำได้ ตัวอย่างเช่น เอนไซม์เกือบทุกชนิด แอนติบอดี ฮอร์โมนบางชนิด และโปรตีนขนส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรตีนเส้นใย ประกอบด้วยโซ่พอลิเพปไทด์เป็นเส้นยาวขนานกับแกนในลักษณะเป็นเส้นใยหรือเป็นแผ่น มีความแข็ง เหนียวและอาจยืดหยุ่นได้ ไม่ละลายในน้ำหรือในสารละลายเกลือที่เจือจาง โปรตีนพวกนี้เป็นโปรตีนที่สำคัญในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของสัตว์ชั้นสูง เช่น คอลลาเจนของเอ็นและของเมทริกซ์กระดูก คีราทีนของเส้นผม ขนและไฟโบรอินของเส้นไหม

โครงสร้างของโปรตีนสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

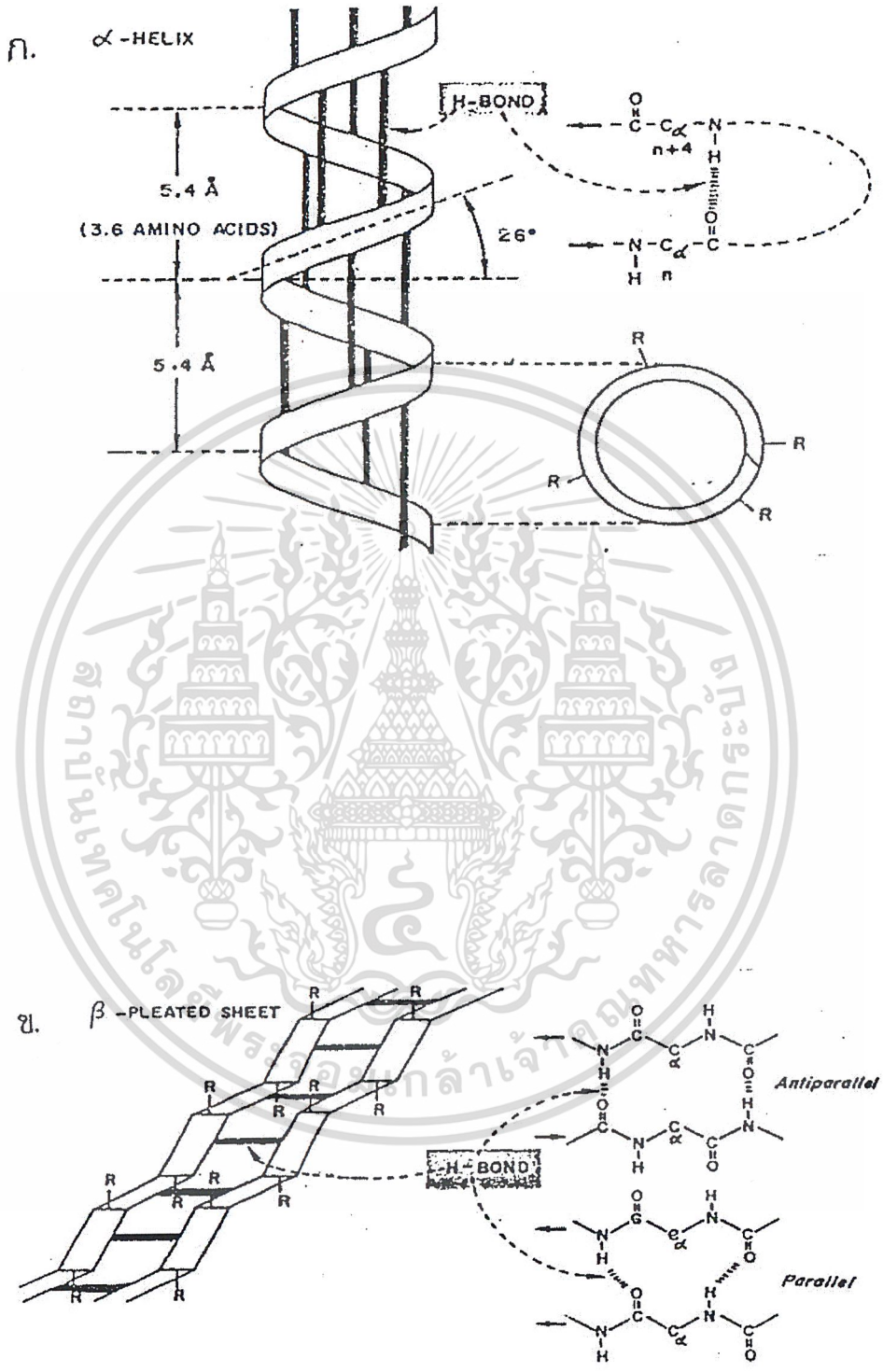
1. โครงสร้างปฐมภูมิ หมายถึง โครงสร้างของโปรตีนที่ประกอบด้วยการเรียงลำดับของกรดอะมิโนที่จำเพาะเป็นสายยาวของโซ่พอลิเพปไทด์ด้วยพันธะเพปไทด์
2. โครงสร้างทุติยภูมิ โปรตีนทั้งหลายในธรรมชาติประกอบด้วยสายพอลิเพปไทด์ที่มีโครงสร้างแบบทุติยภูมิ 3 แบบด้วยกัน[7,8] คือ α –เฮลิคส์ , β –ชีท และ β -เบนด์

2.1 α–เฮลิคส์

เป็นโครงสร้างระดับทุติยภูมิของสายพอลิเพปไทด์ที่พบมากที่สุด ซึ่งโครงสร้างของสายพอลิเพปไทด์ จะขดวนเป็นเกลียวเหมือนสปริง หมู่คาร์บอนิลมีพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ NH ของเอมีดที่ห่างออกไป 4 หน่วย การหมุนวนของขดสปริงที่พบส่วนใหญ่เป็นแบบวนขวา ความเสถียรของ α-เฮลิคส์เกิดจากการที่มีพันธะไฮโดรเจนสำหรับหมู่คาร์บอนิลของทุกหน่วยของอะมิโนแอซิดเรซิดิว และยังเป็นโครงสร้างที่ทำให้มีการจัดตัวของสายพอลิเพปไทด์ที่ประหยัดเนื้อที่ คืออัดตัวอยู่กันอย่างหนาแน่นเป็นเกลียว ในการเขียนรูปโครงสร้างของโปรตีนนิยมใช้รูปขดสปริงแทนโครงสร้างแบบ α-เฮลิคส์ ดังรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

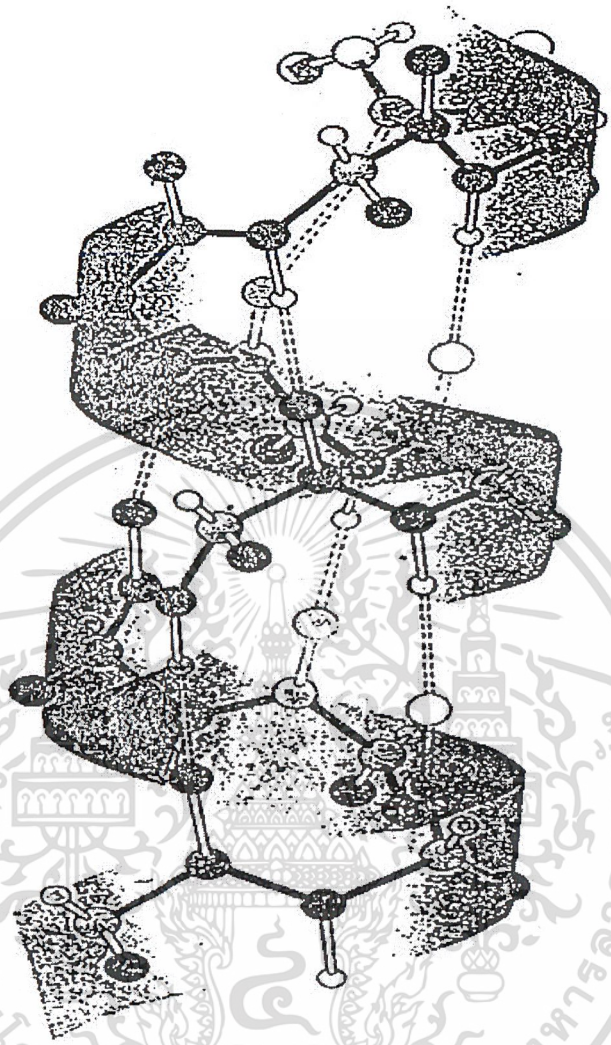
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.3 โครงสร้างทุติยภูมิของโปรตีน ก. เกลียวอัลฟา ข. แผ่นพลีทบีตา [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40059



รูปที่ 2.4 โครงสร้าง α-เฮลิคส์ของพอลิเพปไทด์ [6]

2.2 β–ชีท

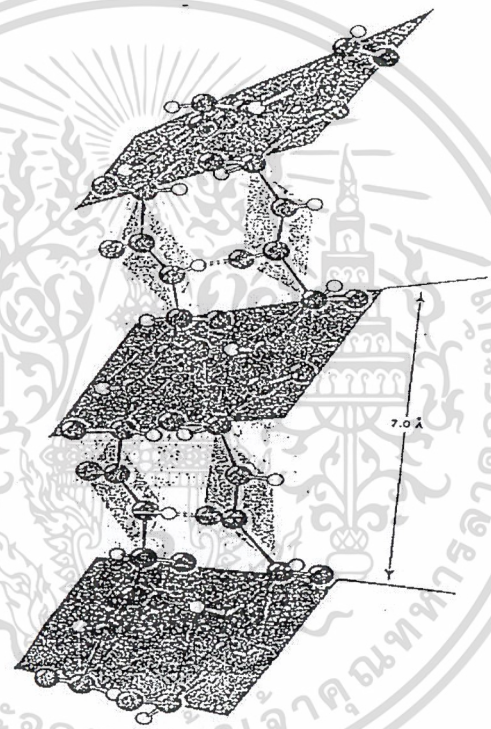
เป็นโครงสร้างระดับทุติยภูมิที่พบมากเป็นอันดับสองรองจาก α–เฮลิคส์ β–ชีท เกิดจากการที่สายพอลิเพปไทด์ 2 สายมาอยู่คู่ขนานกัน และเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่คาร์บอนิลของสายหนึ่งกับหมู่ NH ของสายเอมีดจากอีกสายหนึ่ง แผ่นหรือระนาบที่เกิดจากการวางขนานกันของสายพอลิเพปไทด์ จะมีการหักขึ้นลงเป็นพลีทเหมือนรอยหยักขึ้นลงของพับกระดาษ β–ชีทที่สายพอลิเพปไทด์ทั้งสองมีทิศทางจากปลายฝั่ง N ไป C เหมือนกัน เรียกว่า พาราเลล β – ชีท (Parallel β–sheet) ส่วน β–ชีทที่คู่สายพอลิเพปไทด์มีทิศทางจากปลายฝั่ง N ไป C ในทิศตรงกันข้ามกันเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนติพาราแลล β–ชีท (Antiparallel β–sheet) ในการเขียนโครงสร้างของโปรตีน นิยมใช้รูปเส้นลูกศรแบนบ่งโครงสร้างแบบ β–ชีท ดังรูปที่2.3ข. และรูปที่2.4

2.3 β–เบนด์

คอนฟอร์เมชันแบบ β–เบนด์จะพบบริเวณจุดหักมุมเพื่อกลับทิศทางของสาย α– เฮลิคส์ หรือ β–ชีท ลักษณะโดยทั่วไปจะเป็นลูบ (loop) ซึ่งเกิดจากการที่หมู่คาร์บอนิลเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ถัดไป3 หน่วย



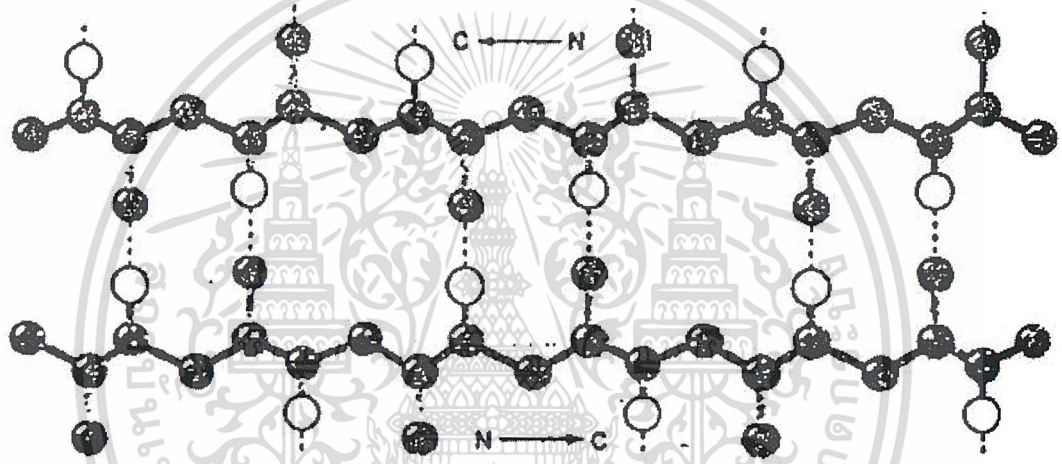
รูปที่ 2.5 โครงสร้าง β-ชีทของพอลิเพปไทด์[6]

3. โครงสร้างตติยภูมิ หมายถึง โครงสร้างที่มีสายพอลิเพปไทด์มาขดม้วนแน่นในลักษณะกลมของโปรตีนกลอบูลาร์ พันธะที่เข้ามาเกี่ยวข้องทำให้โครงสร้างนี้เสถียรอยู่ได้ คือ พันธะไดซัลไฟด์ ซึ่งเป็นพันธะโคเวเลนต์และพันธะอ่อน เช่น พันธะไฮโดรเจน พันธะไฮโดรโฟบิก หรือพันธะนอนโพลาร์และแรงแวนเดอร์วาลส์

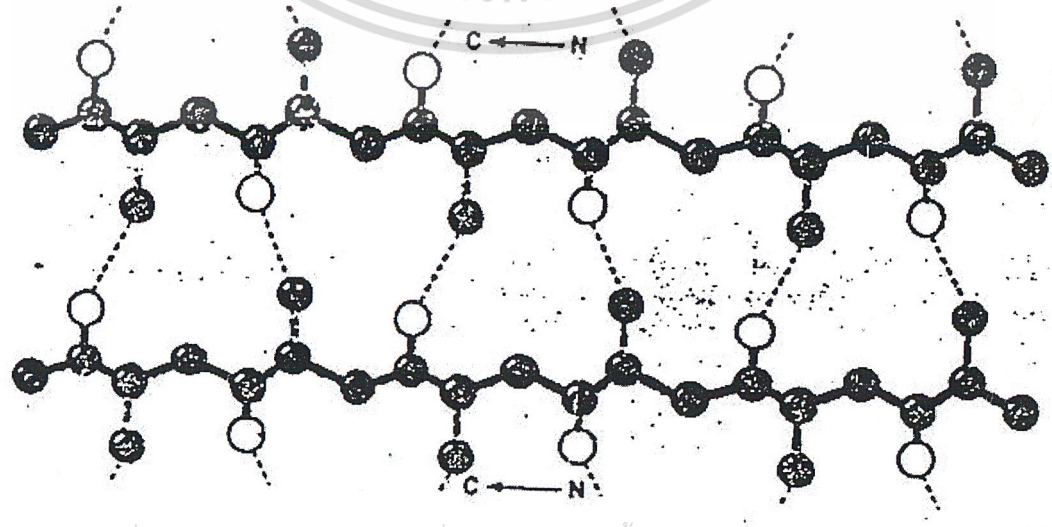
4. โครงสร้างจตุรภูมิ หมายถึงโครงสร้างที่ประกอบด้วยสายพอลิเพปไทด์มากกว่าหนึ่งสายอยู่รวมกันด้วยพันธะอ่อน แต่ละสายพอลิเพปไทด์หรือหน่วยย่อยหรือโปรโตเมอร์ (Protomer) อาจจะเหมือนกันหรือต่างกันก็ได้ โปรตีนที่มีโครงสร้างลักษณะนี้เรียกว่าโอลิโกเมอริกโปรตีน ตัวอย่าง เช่น ฮีโมโกลบิน ประกอบด้วยโซ่อัลฟา 2 โซ่และโซ่เบตา 2 โซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิลค์โปรตีน เป็นโปรตีนพวกไฟโบรอินที่พบในเส้นไหม ประกอบด้วย กรดอะมิโน ดังนี้คือ ไกลซีน 40% อะลานีน 29% และเซรีน 12% และมีโครงสร้างปฐมภูมิที่ซ้ำกัน คือ $(Gly\text{-}Ser\text{-}Gly\text{-}Ala\text{-}Gly\text{-}Ala)_n$ โครงสร้างไฟโบรอินจะเป็นแผ่นพลีทเบต้า ชนิดที่มีสายเพปไทด์วิ่งสวนทางกัน ทำให้ไฟโบรอินมีลักษณะเป็นแผ่นพลีทหลายๆแผ่นมาซ้อนทับกัน ในแผ่นพลีทเบต้าสายเพปไทด์จะวิ่งขนานกัน มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างกลุ่มและกลุ่มของพันธะเพปไทด์ของสายเพปไทด์ที่เคียงคู่กัน แขนงข้าง(หมู่ R) จะชี้ออกสู่ด้านล่างและด้านบนของสายเพปไทด์แขนงข้างที่มีขนาดเล็ก เช่น ไกลซีน เซรีนและอะลานีน จะช่วยทำให้แผ่นพลีทอยู่ตัวได้ดี ดังรูปที่ 2.6 และ 2.7 เป็นโครงสร้างของซิลค์โปรตีน

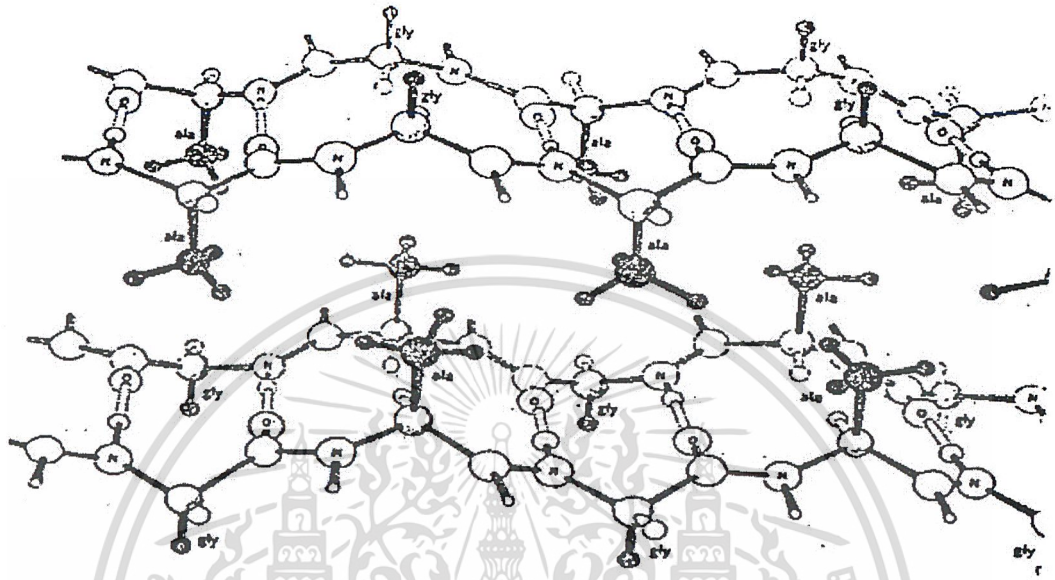


รูปที่2.6 โครงสร้างแผ่นพลีทเบต้าแบบขนาน[6]



รูปที่2.7 โครงสร้างแผ่นพลีทเบต้า (b)แบบไม่ขนาน[6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างสามมิติของไหม[6]

2.3 เทคนิคการผสมแห้ง (Dry Blending) [9,11]

การผสม คือ การนำวัสดุต่างชนิดกันมารวมกันและเฉลี่ยให้เข้ากัน โดยการให้วัสดุเคลื่อนที่คลุกเคล้ากันจนได้สภาพการผสมที่ต้องการ การผสมสูตรพอลิเมอร์จะขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปร่างของพอลิเมอร์ และสารเติมแต่งชนิดต่างๆที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผสมรวมทั้งขึ้นอยู่กับกระบวนการขึ้นรูปและเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างตามต้องการ เครื่องจักรที่ใช้ในการผสมสามารถแบ่งได้ตามกำลังหรือขนาดของแรงที่ใช้ในการเฉือน และลักษณะของกระบวนการผลิตว่าเป็นแบบครั้ง (Batch process) หรือเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous process) รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักร แบ่งได้ดังนี้

1. เครื่องผสมชนิดที่ใช้กำลังในการผสมต่ำและปานกลาง ตัวอย่างเช่น เครื่องผสมที่ใช้กำลังการผสมต่ำ ได้แก่ Tumble mixer , V-Blender Ribbon blender และ Conical screw mixer ส่วนเครื่องผสมที่ใช้กำลังการผสมปานกลาง ได้แก่ Sigma-blade mixer และ Planetary mixer เป็นต้น

2. เครื่องผสมที่ใช้กำลังในการผสมสูง ได้แก่ เครื่องผสมชนิดความเร็วสูง เครื่องบดผสมชนิดสองลูกกลิ้ง เครื่องผสมแบบปิด เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวและเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมชนิดความเร็วสูงเป็นเครื่องจักรที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในการผสมสูตรพีวีซี ซึ่งเป็นการผสมแบบแห้งระหว่างเรซินพีวีซีที่เป็นผงกับสารปรับสภาพพลาสติก และสารเติมแต่งชนิดต่างๆของพีวีซี ในการผสมพีวีซีในเครื่องผสมชนิดความเร็วสูงจะเกิดแรงเฉือนขึ้นมากในระหว่างการผสม ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นและจำเป็นจะต้องควบคุมอุณหภูมิในการหล่อเย็น ความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสม จะทำให้เกิดการดูดซับสารปรับสภาพพลาสติกและสารเติมแต่งเข้าไปในอนุภาคของพีวีซี เครื่องผสมความเร็วสูงจะประกอบด้วย ใบพัด (Impeller) ที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ โดยสามารถปรับความเร็วรอบได้สูงถึง 4,000 รอบต่อนาที อยู่ในห้องผสมด้านในที่หล่อเย็นด้วยน้ำ ในระหว่างการผสมใบพัดจะกวนอนุภาคให้กระจายเป็นวงและกระทบกับผนังด้านบน ตกลงมาด้านล่างตรงกลาง เหมือนการเคลื่อนที่ของของไหล (Fluid like movement) โดยทั่วไปแล้วเวลาที่ใช้ในการผสมไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสูตรผสม โดยของผสมที่ได้จะมีผลต่อสมบัติในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทำพีวีซีคอมปาวน์ในงานวิจัย [9,12]

2.4.1 เครื่องปั่นผสมแห้งความเร็วสูง (Intensive Dry Mixer)

Intensive Dry Mixer จะใช้กับการผสมแห้งของพีวีซีเรซินกับพลาสติไซเซอร์และสารเติมแต่งต่างๆ เครื่องผสมชนิดนี้ จะต้องมีใบพัดที่มีความเร็วสูงในการปั่น ซึ่งจะอยู่ด้านล่างของถังบรรจุ และจะต้องมีการให้ความร้อนระหว่างการผสม เพื่อคงสภาพการผสมแห้งและปรับปรุงสมบัติด้านการไหล ระบบการปั่นจะใช้ความเร็วที่ 80-160 รอบต่อนาที ความชื้นจะระเหยออกระหว่างการผสม ใบมีดตัดจะตัดด้วยความเร็ว 3600 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดี ในระบบที่มีความจุสูง จะรวมการปั่นผสมกับหน่วยหล่อเย็นเข้าด้วยกัน หน่วยหล่อเย็นจะช่วยหน่วยผสมทำงานได้ดีขึ้น รอบของการผสมจะสั้นลงประมาณ 5-10 นาที

2.4.2 เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-rolls mill)

เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง เป็นเครื่องผสมสูตรพอลิเมอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยทั่วไปตั้งแต่ในอดีตจนกระทั่งปัจจุบัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผสมสูตรยาง , เทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติก ในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการผสมสูตรพอลิเมอร์ที่ต้องการในปริมาณน้อยๆ เพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยและพัฒนาสูตรผสมพอลิเมอร์ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีพอลิเมอร์

เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง ประกอบด้วยลูกกลิ้งสองลูกหมุนสวนทางกันด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน และสามารถทำการควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของการผสมสูตรพอลิเมอร์ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆเป็นอย่างดีได้ เมื่อพอลิเมอร์นิ่มตัวจะเปิดสวิทซ์ให้ลูกกลิ้งหมุนบดพอลิเมอร์ให้พันติดกับลูกกลิ้งลูกหน้าเกิดเป็นแถบที่ต่อเนื่องรอบๆลูกกลิ้ง การปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง เพื่อทำให้เหลือพอลิเมอร์จำนวนหนึ่งกองอยู่บริเวณส่วนบนของลูกกลิ้งทั้งสอง จะทำให้การผสมพอลิเมอร์กับสารเติมแต่งชนิดต่างๆ สามารถทำการผสมเข้ากันได้อย่างทั่วถึง ในระหว่างการผสมจะทำการตัด กรีดหรือปาดเพื่อทำให้พอลิเมอร์ผสมพลิกกลับไปมา เพื่อทำการคลุกเคล้าพอลิเมอร์กับสารเติมแต่งให้เป็นเนื้อเดียวกัน การผสมสูตรพอลิเมอร์ด้วยเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง เป็นการผสมสูตรพอลิเมอร์ที่ใช้กำลังงานและแรงเฉือนสูงมาก เป็นกระบวนการผสมสูตรพอลิเมอร์ที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่ง

2.5 การทดสอบที่เกี่ยวข้อง [16]

2.5.1 Tensile Tests (ASTM D638)

ค่า Tensile elongation และค่า Tensile Modulus เป็นตัวแปรที่สำคัญที่บ่งชี้ถึงความแข็งแรงของวัสดุ และเป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุพลาสติก

Tensile Test คือการวัดความสามารถของวัสดุที่ทนต่อแรงดึง ซึ่งเป็นการพิจารณาความแข็งแรงในการยืดออกก่อนที่จะขาดออกจากกัน

Tensile Modulus จะบอกถึงความแข็งแรงของวัสดุ สามารถดูได้จากกราฟความสัมพันธ์ของความเค้นกับความเครียด ความแตกต่างของพลาสติก สามารถเปรียบเทียบได้จากค่า Tensile strength , Elongation และ Tensile Modulus

พลาสติกส่วนใหญ่จะไวต่ออัตราการดึง และ สภาวะในการทดสอบ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากวิธีนี้ไม่สามารถที่จะนำมาพิจารณาถึงการประยุกต์ใช้งาน แต่ข้อมูลดังกล่าวก็สามารถนำมาใช้ในการแยกแยะพลาสติก ออกจากกลุ่มใหญ่ได้ และข้อมูลที่ได้จะทำให้ออกแบบผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง

2.5.2 Impact Properties Tests (ASTM D256)

คุณสมบัติการทนต่อแรงกระแทกเป็นคุณสมบัติของวัสดุพอลิเมอร์ที่สัมพันธ์โดยตรงกับความเหนียวของวัสดุทั้งหมด

ความเหนียว คือ ความสามารถที่พอลิเมอร์จะรับพลังงานได้ พื้นที่ใต้กราฟความเค้น-ความเครียด จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเหนียวของวัสดุ พลังงานในการกระแทก จะใช้ในการวัดความเหนียว ถ้าสามารถรับแรงกระแทกได้สูง ก็ย่อมแสดงว่ามีความเหนียวมาก

ความต้านทานต่อแรงกระแทก คือ ความสามารถของวัสดุในการต้านทานการแตกหักจากการได้รับแรงกระแทกด้วยความเร็วสูง การปรับปรุงสมบัติทนต่อแรงกระแทก ทำได้โดยการเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเพิ่มการทนต่อแรงกระแทก เช่น ยางบิวทาไดอีน หรือ อะคริลิกพอลิเมอร์ ในอีกทางหนึ่งสามารถใช้สารตัวเติมที่เป็นจำพวกเส้นใยเพื่อใช้เป็นตัวรับแรงแทนได้

2.5.3 Abrasion Test (ASTM D1242)

ความต้านทานการขัดถูของวัสดุพอลิเมอร์เป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อน มีหลายทฤษฎีที่จะเสนอเกี่ยวกับเรื่องการขัดถูโดยอ้างอิงกับแรงเสียดทาน , น้ำหนัก และพื้นที่สัมผัส ความแข็งของวัสดุพอลิเมอร์มีผลอย่างมากต่อการขัดถู ความต้านทานในการขัดถู มีผลมาจากคุณสมบัติของพอลิเมอร์แต่ละตัว ชนิดและปริมาณของสารตัวเติมและสารเติมแต่ง ทั้งยังมีทฤษฎีที่กล่าวว่า กระบวนการขัดถูจะทำให้เกิดการออกซิเดชันที่พื้นผิว และก่อให้เกิดอุณหภูมิที่สูง จึงทำให้เกิดการสึกกร่อนได้

2.5.4 Hardness Test (ASTM D2240)

ความแข็ง คือ ความต้านทานของวัสดุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือการเกิดรอยขีดข่วน ความแข็งจะสัมพันธ์กับความต้านทานการขัดถูของพลาสติก คุณสมบัติด้านความแข็งจะทำให้แยกเกรดของพลาสติกได้ แต่อย่างไรก็ตามก็ไม่สามารถเปรียบเทียบได้ทั้งหมด เนื่องจากมีคุณสมบัติด้านอิลาสติกด้วยในบางวัสดุ ในการทดสอบจะใช้เครื่องมือในการทดสอบความแข็ง ที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ชนิดคือ Rockwell และ Durometer การทดสอบความแข็งแบบ Rockwell จะใช้ในการทดสอบกับพลาสติกแข็ง เช่น อะซิทอล , ไนลอน , อะคริลิก และพอลิสไตรีน ส่วนการทดสอบความแข็งแบบ Durometer ใช้ในการทดสอบกับพลาสติกที่อ่อน เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ชนิดยืดหยุ่น , ยางเทอร์โมพลาสติก , พอลิเอทิลีน

2.5.5 Specific Gravity Test (ASTM D792)

ค่าความถ่วงจำเพาะ เป็นอัตราส่วนโดยปริมาตรของวัสดุเทียบกับปริมาตรของน้ำ ที่อุณหภูมิหนึ่ง โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบพลาสติก คือ 23 องศาเซลเซียส

ค่าความถ่วงจำเพาะจะเป็นค่าแสดงลักษณะของวัสดุที่ต่างกันไปตามชนิดของวัสดุ โดยวิธีทดสอบจะขึ้นกับลักษณะของตัวอย่างที่ทดสอบว่าเป็น แผ่น , แท่ง , หลอด , ผง หรือเม็ด ก็จะเลือกใช้วิธีทดสอบที่เหมาะสมตามลักษณะชิ้นงานนั้น

2.5.6 Water Absorption Test (ASTM D570)

การดูดซึมน้ำ เป็นคุณสมบัติของพลาสติกที่ขึ้นกับองค์ประกอบของพลาสติกแต่ละชนิด วัสดุที่ประกอบด้วย ไฮโดรเจนและคาร์บอน เพียง 2 ชนิด เช่น พอลิเอทิลีน และ พอลิสไตรีน จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติต้านทานน้ำได้ดีมาก แต่ในพวกที่มีออกซิเจนหรือกลุ่มออกซิ-ไฮโดรเจน จะดูดซึมน้ำได้ ซึ่งคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของวัสดุต่างๆ นั้นขึ้นกับองค์ประกอบที่เติมลงไปเช่น สารตัวเติม , เส้นใยแก้ว พลาสติไซเซอร์ สารเหล่านี้สามารถดูดซึมน้ำได้ดี พบว่าที่อุณหภูมิห้องพลาสติกจะดูดซึมน้ำได้เล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถดูดซึมน้ำได้มากขึ้น

2.5.7 **การทดสอบหาปริมาณสารที่ระเหยได้ เมื่อได้รับความร้อน** (มอก.1482-2540) [17]

2.5.8 **การทดสอบความทนทานต่อสารเคมี** (มอก.1482-2540) [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้

3.1.1 สารเคมี

1. พอลิไวนิลคลอไรด์ (S-PVC) K-Value = 64
2. สารปรับสภาพพลาสติก(Plasticizer) ; Dioctyl phthalate (DOP)
3. สารเสริมเสถียรภาพทางความร้อน Ca/Zn
4. น้ำมันถั่วเหลืองแบบอิพอกซิไดซ์ (Epoxidized soybean oil)
5. สารหล่อลื่น ; ซิงค์ สเตียเรท (Zn stearate)
6. สารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก ; เอทิลีนไวนิลอะซิเตท โคพอลิเมอร์ (Ethylene vinyl acetate copolymer ; EVA)
7. เถ้าผงไหม

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องผสมแบบเปิดชนิด 2 ลูกกลิ้ง (Two- rolls mill)
2. เครื่องผสมความเร็วสูง (High speed mixer)
3. เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding machine)
4. เครื่อง Universal tensile tester
5. เครื่อง Izod impact tester
6. เครื่อง Durometer แบบ Shore D
7. เครื่อง Scanning Electron Microscope
8. เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ
9. เครื่องทดสอบการขัดถู
10. เครื่องอบธรรมดา
11. เดซิเคเตอร์
12. เครื่องทดสอบการขัดถู
13. หลอดหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

3.2.1 การเตรียมเถ้าผงไหม

นำเถ้าผงไหมมาแยกเอาสิ่งแปลกปลอมออก

นำไปอบที่อุณหภูมิ 90 ^{0}C นาน 1 วัน

ปั่นในเครื่อง High speed mixer ที่ความเร็วรอบประมาณ 4000 rpm เป็นเวลา 30 นาที

นำเถ้าผงไหมที่ได้เก็บในเดซิเคเตอร์ เพื่อป้องกันการดูดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเถ้าผงไหม

ชั่งส่วนผสมตามสูตรผสมดังตาราง โดย scale up 5 เท่า

สูตรที่	PVC resin [phr]	DOP [phr]	Ca-Zn stabilizer[phr]	Zn stearate [phr]	น้ำมันถั่วเหลืองแบบอิพอกซิไดส์ [phr]	เถ้าผงไหม [phr]	EVA [phr]
1	100	30	4.0	2.0	5.0	-	-
2	100	30	4.0	2.0	5.0	10	-
3	100	30	4.0	2.0	5.0	20	-
4	100	30	4.0	2.0	5.0	30	-
5	100	30	4.0	2.0	5.0	10	15
6	100	30	4.0	2.0	5.0	20	15
7	100	30	4.0	2.0	5.0	30	15
8	100	30	4.0	2.0	5.0	20	10
9	100	30	4.0	2.0	5.0	20	20

⇩

นำส่วนผสมมาปั่นผสมรวมกันใน เครื่อง High speed mixer
ที่ความเร็วรอบ ประมาณ 4000 rpm นาน 20 นาที

⇩

ใช้เครื่อง 2-rolls mill ผสมสูตร โดยใช้ condition Roll ลูกหน้า
อุณหภูมิ 165 ^{0}C , Roll ลูกหลังอุณหภูมิ 155 ^{0}Cใช้เวลาไม่เกิน 20 นาที

⇩

อัดแบบด้วยเครื่อง Compression moulding Machine ที่อุณหภูมิ 175 ^{0}C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับทดสอบสมบัติและการทดสอบสมบัติต่างๆ

3.2.3.1 การทดสอบสมบัติมอดุลัส , ร้อยละการยืด ณ จุดขาด และความแข็งแรงดึงสูงสุด ณ จุดขาด ,ความแข็ง และความถ่วงจำเพาะ

นำตัวอย่างที่ได้จากการอัดแบบ

⇩

ตัดเป็นรูปดัมเบล และ แบบ impact อย่างละ 5 ชิ้น

↙ นำชิ้นงานทดสอบimpactไปทดสอบ
สมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก
โดยใช้เครื่อง Izod impact tester

↘ นำชิ้นงานรูปดัมเบล ทดสอบสมบัติ
ความแข็งแรงดึง มอดุลัส และ
ร้อยละการยืด ณ จุดขาด
โดยใช้เครื่อง Universal tensile tester

⇩

ทดสอบสมบัติมอดุลัส , ร้อยละการยืด ณ จุดขาด และ
ความแข็งแรงดึงสูงสุด ณ จุดขาด โดยใช้เครื่อง Universal tensile tester

⇩

ทดสอบความแข็ง(Hardness) โดยใช้ เครื่อง Durometer แบบ Shore D

⇩

ทดสอบความถ่วงจำเพาะ โดยใช้เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 **การทดสอบการขัดถู** (Abrasion)

ตัดชิ้นงานเป็นรูปวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

ชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนทดสอบที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม

ทำการทดสอบการขัดถู ด้วยอัตราเร็ว 60 rpm จำนวน 3000 รอบ

ชั่งน้ำหนักชิ้นงานหลังทดสอบที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม

คำนวณน้ำหนักชิ้นงานที่หายไปเป็นร้อยละ ให้ละเอียดถึงร้อยละ 0.001

3.2.3.3 **การทดสอบความทนสารเคมี(มอก.1482-2540) [17]**

<u>สารเคมี</u> 1. เอทานอล ร้อยละ 95 โดยปริมาตร

2. สารละลายกรดแอซีติก ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร

4. สารละลายผงซักฟอก ร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร

<u>ชิ้นงานทดสอบ</u> ตัดชิ้นงานทดสอบให้มีขนาด 30x30 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดสอบ 1. นำชิ้นทดสอบ มาทำการทดสอบโดยแยก 1 ชิ้นไว้สำหรับเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลง

2. เช็ดผิวของชิ้นทดสอบด้วยผ้าแห้ง หยดสารเคมีข้างต้น 5 หยด แล้วปล่อยให้กระจายออกเป็นวงกลม ปิดด้วยกระจกนาฬิกา ปล่อยไว้ 24 ชม. ล้างด้วยน้ำสะอาด ล้างอีกครั้งด้วยเอทานอล เช็ดให้แห้งแล้วเช็ดให้สะอาดด้วยผ้าโปร่งดูดซึม ปล่อยไว้ 1 ชม. แล้วตรวจพินิจโดยเปรียบเทียบกับชิ้นทดสอบที่แยกไว้ 1 ชิ้น

3.2.3.4 **การทดสอบปริมาณสารที่ระเหยได้(มอก.1482-2540) [17]**

เครื่องมือ ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 100 องศาเซลเซียส

ชิ้นงานทดสอบ ตัดชิ้นงานขนาด 3x3 ซม.

วิธีทดสอบ ชั่งชิ้นทดสอบให้ได้ค่าแน่นอนถึง 0.001 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 6 ชม.ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งชิ้นทดสอบอีกครั้งหนึ่ง คำนวณน้ำหนักที่หายไปเป็นร้อยละ ให้ละเอียดถึงร้อยละ 0.05

3.2.3.5 **การทดสอบสัณฐานวิทยาของพีวีซีคอมโพสิต**

นำชิ้นงานตัวอย่างมาแช่ในไนโตรเจนเหลว

⇩

หักชิ้นงาน

⇩

ส่องดูสัณฐานวิทยา โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
ผลการทดลอง

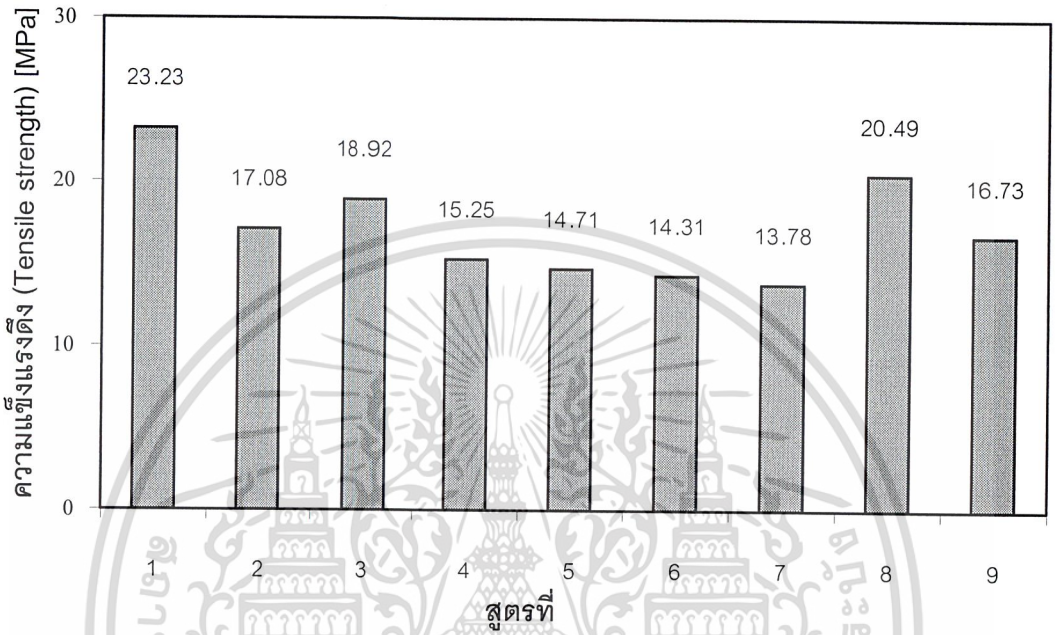
ตาราง4.1 แสดงชนิดและปริมาณของสารเติมแต่งในพีวีซีคอมโพสิตสูตรต่างๆ

สูตรที่	ปริมาณส่วนผสม (phr)						
	PVC Resin	DOP	Ca/Zn stabilizer	Epoxidized soybean oil	Zinc stearate	Silk ash	EVA
1	100	30	4	5	2	-	-
2	100	30	4	5	2	10	-
3	100	30	4	5	2	20	-
4	100	30	4	5	2	30	-
5	100	30	4	5	2	10	15
6	100	30	4	5	2	20	15
7	100	30	4	5	2	30	15
8	100	30	4	5	2	20	10
9	100	30	4	5	2	20	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดสอบสมบัติเชิงกล

4.1.1 ความแข็งแรงดึง

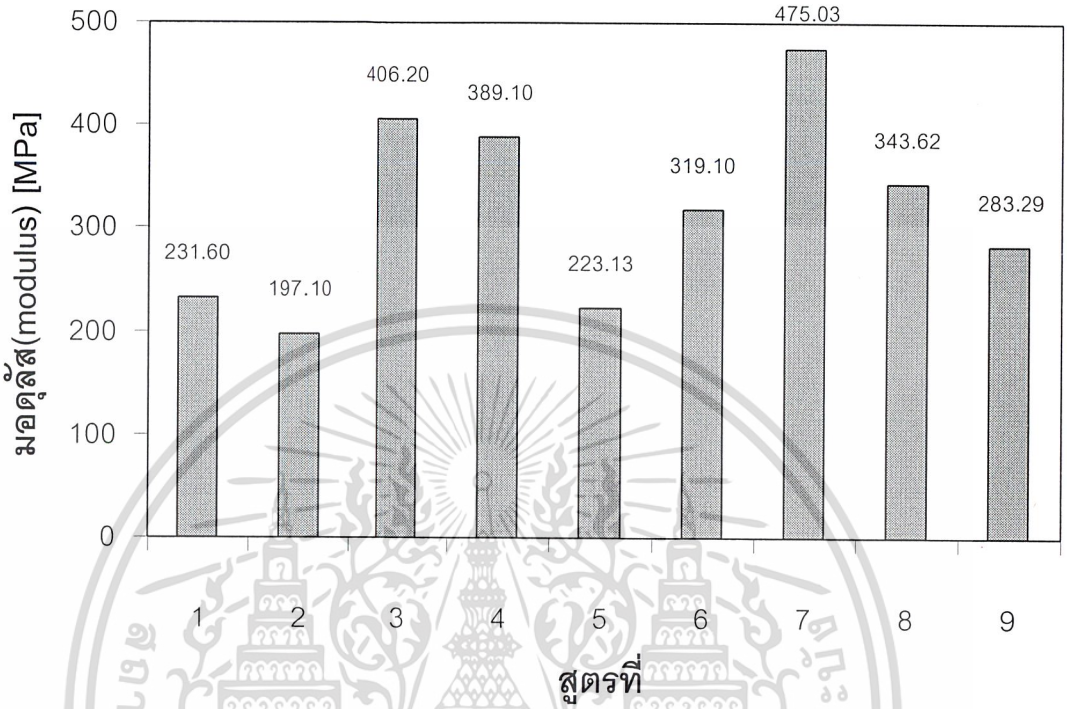


รูปที่ 4.1 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของพอลิเมอร์คอมโพสิตสูตรต่างๆ

เมื่อเติมเถ้าผงไหมเข้าไปในพีวีซี(สูตรที่ 2-4) แล้ว ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงลดลงเมื่อเทียบกับสูตรที่ 1 แสดงว่าเถ้าผงไหมที่เติมลงไปไม่เกิดแรงยึดกับพีวีซี การที่เพิ่มปริมาณเถ้าผงไหมในสูตรที่ 2-4 จะพบว่า ปริมาณเถ้าผงไหมที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ค่าความแข็งแรงดึงลดลงน้อยมาก หรืออาจถือว่าไม่เปลี่ยนแปลงเลย และปริมาณเถ้าผงไหม 20 ส่วน ให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด เมื่อเติมเถ้าผงไหมและอีวีเอเข้าไปในพีวีซี(สูตรที่ 5-7) พบว่าค่าความแข็งแรงดึงลดลงจากการที่ไม่เติมเถ้าผงไหมในสูตรที่1และไม่เติมอีวีเอในสูตรที่2-4 เล็กน้อย จากสูตรที่ 6 พบว่าปริมาณเถ้าผงไหมที่ 20 ส่วน ให้ค่าความแข็งแรงดึงสูง จึงกำหนดปริมาณเถ้าผงไหมให้คงที่ที่ 20 ส่วน และเปลี่ยนแปลงปริมาณอีวีเอ เป็น 10 ,15 และ20 ส่วน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณอีวีเอ 10 ส่วน(สูตร 8) ให้ค่าความแข็งแรงดึงดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 มอดุลัส

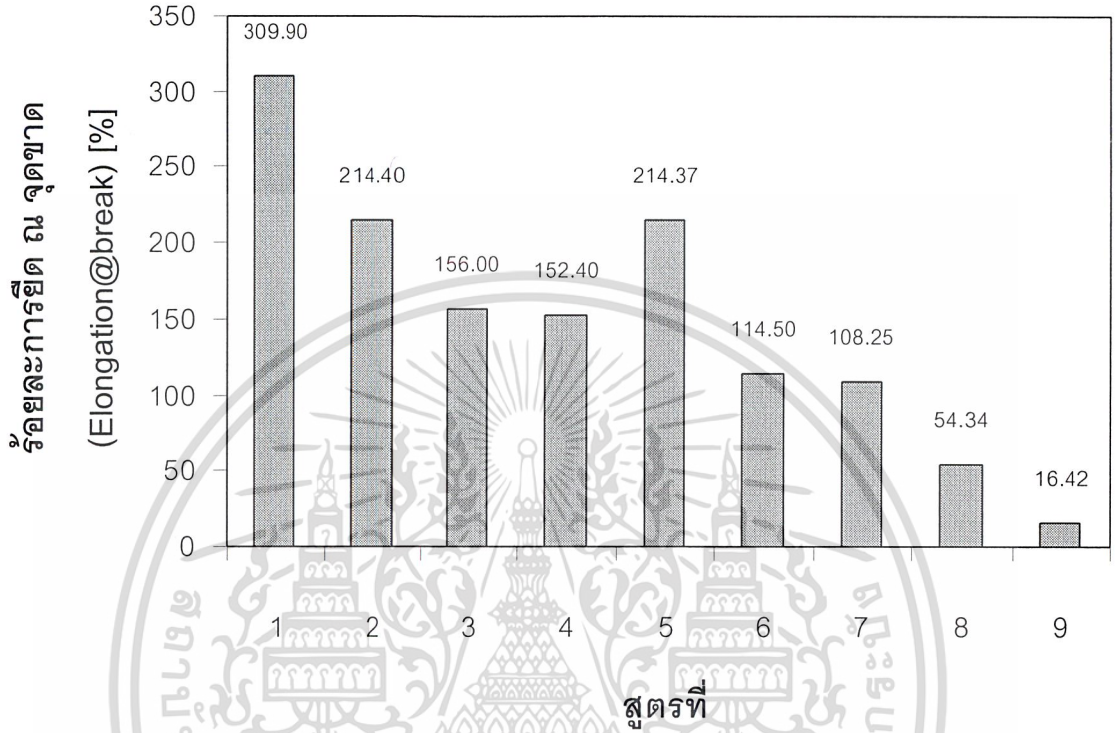


รูปที่ 2 แสดงค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์คอมโพสิตสูตรต่าง ๆ

ในสูตรที่1 มอดุลัสของพีวีซีที่ไม่มีสารตัวเติมมีค่า 231.6 MPa เมื่อเติมเถ้าผงไหม 10 , 20 และ30 ส่วน(สูตรที่ 2-4) ตามลำดับ พบว่า มอดุลัสสูงขึ้น และเมื่อเติมอีวีเอ 15 ส่วน ลงในสูตรที่ 2-4 (สูตรที่ 5-7) พบว่ามอดุลัสของพีวีซีคอมโพสิตมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณเถ้าผงไหมที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าเถ้าผงไหมมีสมบัติเป็นสารตัวเติมเสริมแรง ทำให้พีวีซีคอมโพสิตทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ดี และจากการเปรียบเทียบสูตรที่ 2-4 กับสูตรที่ 5-7 พบว่าการเติมอีวีเอในปริมาณที่เท่ากัน มอดุลัสของพีวีซีคอมโพสิตสูงขึ้นตามปริมาณเถ้าผงไหมที่เพิ่มขึ้น สำหรับสูตรที่ 6 , 8 และ9 ซึ่งกำหนดให้เถ้าผงไหมคงที่ที่ 20 ส่วน และอีวีเอ 15 ,10 และ20 ส่วน ตามลำดับ พบว่ามอดุลัสยังต่ำกว่าสูตรที่ 3 ซึ่งมีเถ้าผงไหม 20 ส่วนและไม่มีอีวีเอ แสดงว่า ถ้าปริมาณเถ้าผงไหมเท่ากัน การเพิ่มปริมาณอีวีเอ จะลดมอดุลัสลง ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นอิลาสโตเมอร์ของอีวีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ร้อยละการยืด ณ จุดขาด

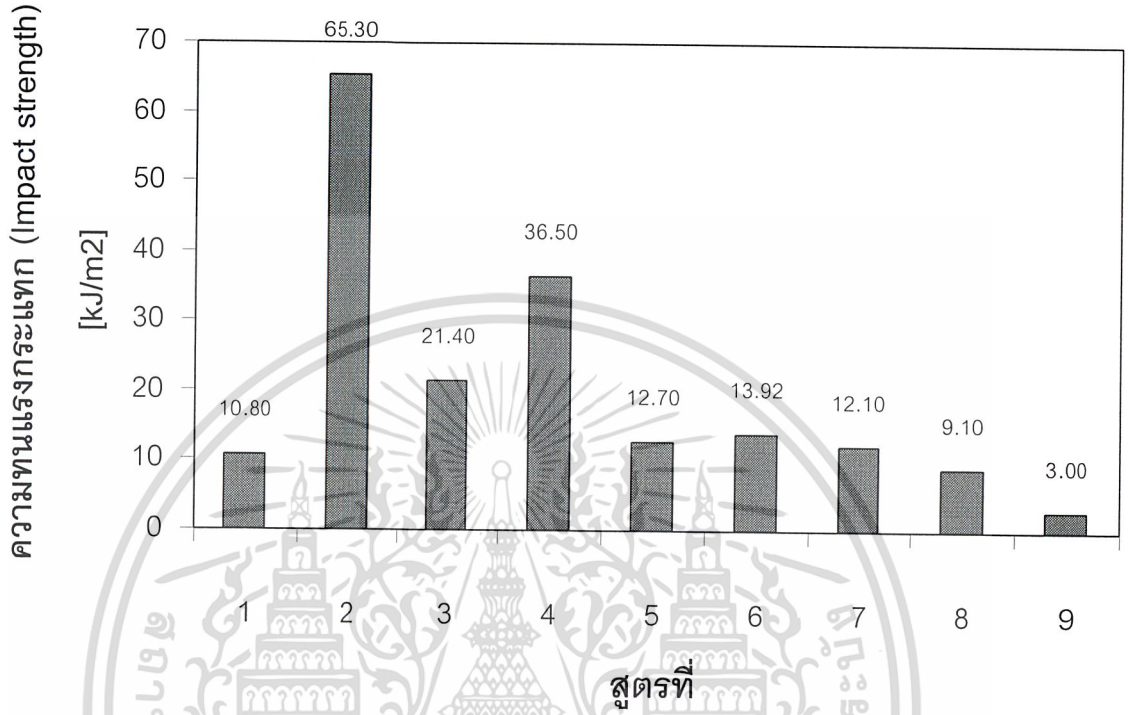


รูปที่ 4.3 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์คอมโพสิตสูตรต่างๆ

สูตรที่ 1 พีวีซีที่ไม่มีสารตัวเติม ให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดสูงที่สุด การเติมเถ้าผงไหมในสูตรที่ 2-4 หรือ เถ้าผงไหมผสมอีวีเอในสูตรที่ 5-9 ทำให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดลดลง ในสูตรที่มีเถ้าผงไหม 20-30 ส่วน ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดลดลงมากกว่าในสูตรที่มีเถ้าผงไหม 10 ส่วน แสดงว่าแรงยึดระหว่างพอลิเมอร์กับสารตัวเติมมีค่าต่ำ แล้วยังลดลงมากเมื่อมีอีวีเออยู่ในสูตรนั้นด้วย อาจเป็นไปได้ว่า อีวีเอไปทำให้เถ้าผงไหมเกิดรวมกันเป็นก้อน และมีการกระจายตัวที่ไม่ดี จึงขัดขวางการดึงยืดของพีวีซีเมตริกซ์ นอกจากนี้ในสูตรที่ 9 มีเถ้าผงไหมผสมกับอีวีเอในปริมาณเท่ากันให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ความทนแรงกระแทก

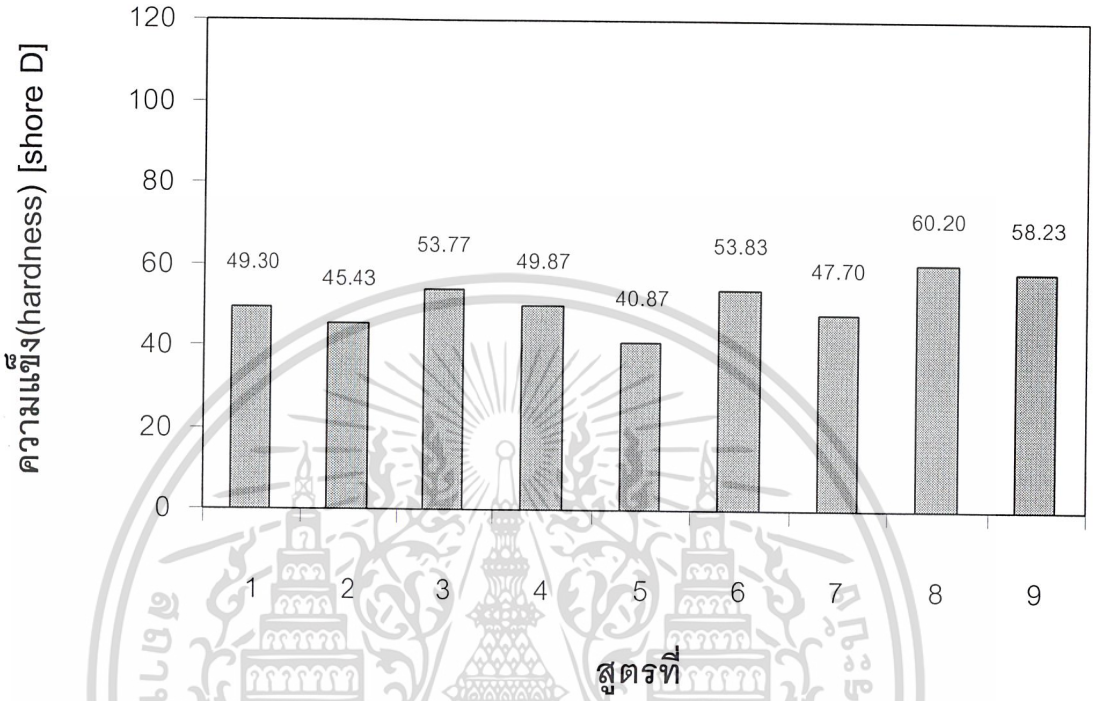


รูปที่ 4.4 แสดงค่าความทนแรงกระแทกของพอลิเมอร์คอมโพสิตสูตรต่าง ๆ

ความทนแรงกระแทก เป็นความสามารถที่วัสดุคอมโพสิตดูดซับพลังงาน ซึ่งจะลดลงอย่างมากถ้าสารตัวเติมมีขนาดใหญ่ พีวีซีในสูตรที่ 1 มีค่าความทนแรงกระแทก 10 kJ/m^2 แล้วเมื่อเติมเถ้าผงไหม 10 , 20 และ30 ส่วน ในสูตรที่ 2-4 ตามลำดับ พบว่า ค่าความทนแรงกระแทกสูงขึ้นจากสูตรที่ 1 และอยู่ในช่วง 21.4 - 65.3 kJ/m^2 แสดงว่า เถ้าผงไหมทำหน้าที่ช่วยเพิ่มสภาพคล่องให้พีวีซี รวมทั้งกระจายตัวในพีวีซีได้ดี แต่เมื่อเติมอีวีเอลงไปผสมกับเถ้าผงไหม(สูตรที่ 5-9) พบว่า ค่าความทนแรงกระแทกลดลงมีค่าใกล้เคียงกับพีวีซีที่ไม่เติมเถ้าผงไหมและอีวีเอ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลอื่นๆ กล่าวคือ อีวีเอไปลดบทบาทของเถ้าผงไหมลงด้วยการทำให้เถ้าผงไหมรวมกันเป็นกลุ่มก้อนใหญ่ขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ความทนแรงกระแทกลดลงอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ความแข็ง



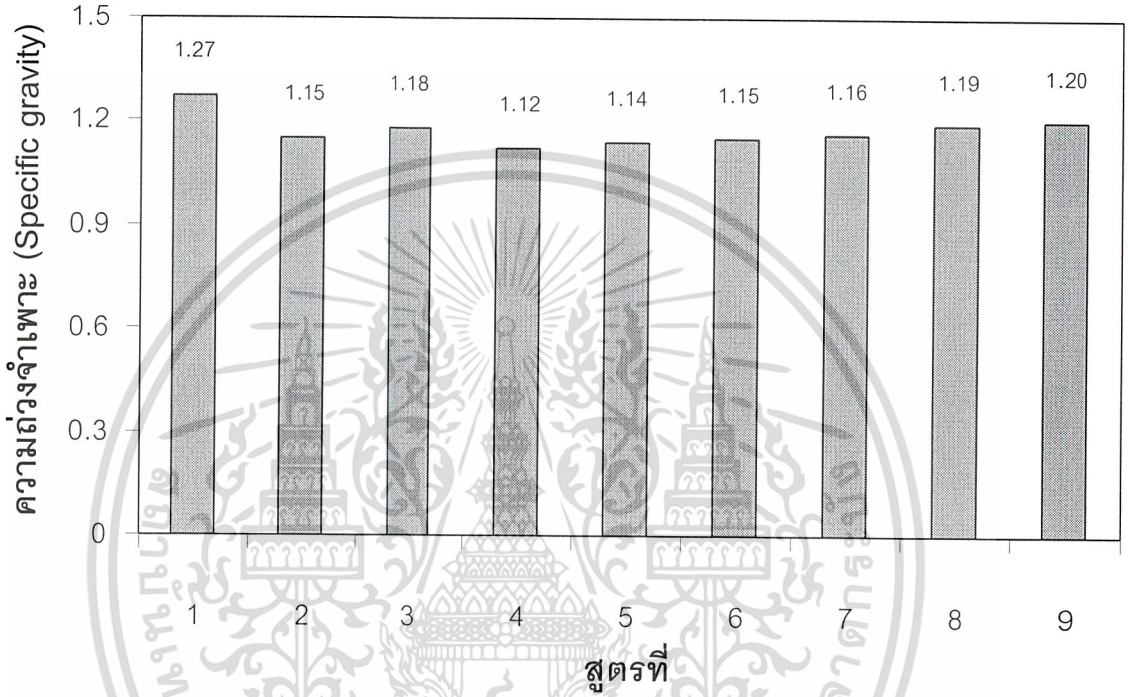
รูปที่ 4.5 **แสดงค่าความแข็งของพอลิเมอร์คอมโพสิตสูตรต่าง ๆ**

พีวีซีคอมโพสิตที่เตรียมทุกสูตร มีค่าความแข็งที่ผิวหน้าของชิ้นงาน เมื่อทดสอบความแข็งด้วย Shore D ใกล้เคียงกันทุกสูตร เนื่องจากสมบัติดังกล่าวขึ้นกับอุณหภูมิในการเตรียมและการเย็นตัวของตัวอย่าง ที่ถูกควบคุมให้เท่ากันทุกสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

4.2.1 ความถ่วงจำเพาะ

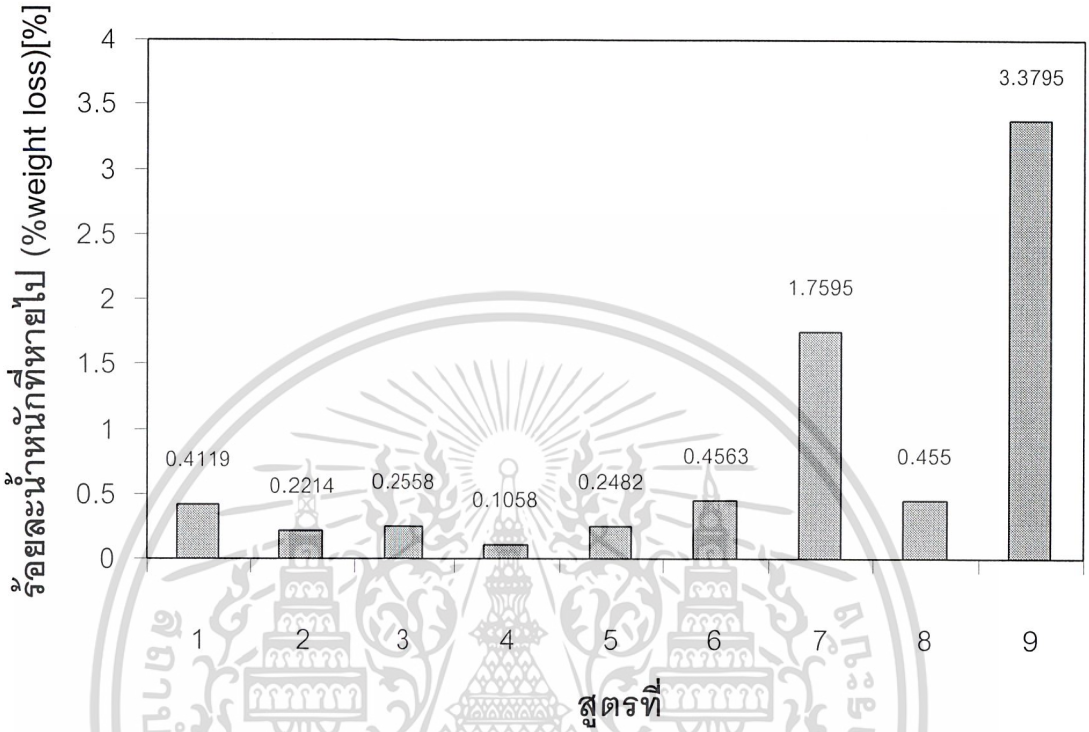


รูปที่ 5.6 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์คอมโพสิตสูตรต่างๆ

เมื่อเติมเถ้าผงไหมและอีวีเอในพีวีซีพบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงต่ำกว่าสูตรที่เป็นพีวีซีที่ไม่เติมตัวสารเติม เป็นผลให้พีวีซีคอมโพสิตที่ได้มีน้ำหนักเบาลง นอกจากนี้พีวีซีคอมโพสิตที่ได้ทุกสูตร จะมีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทนการขัดถู

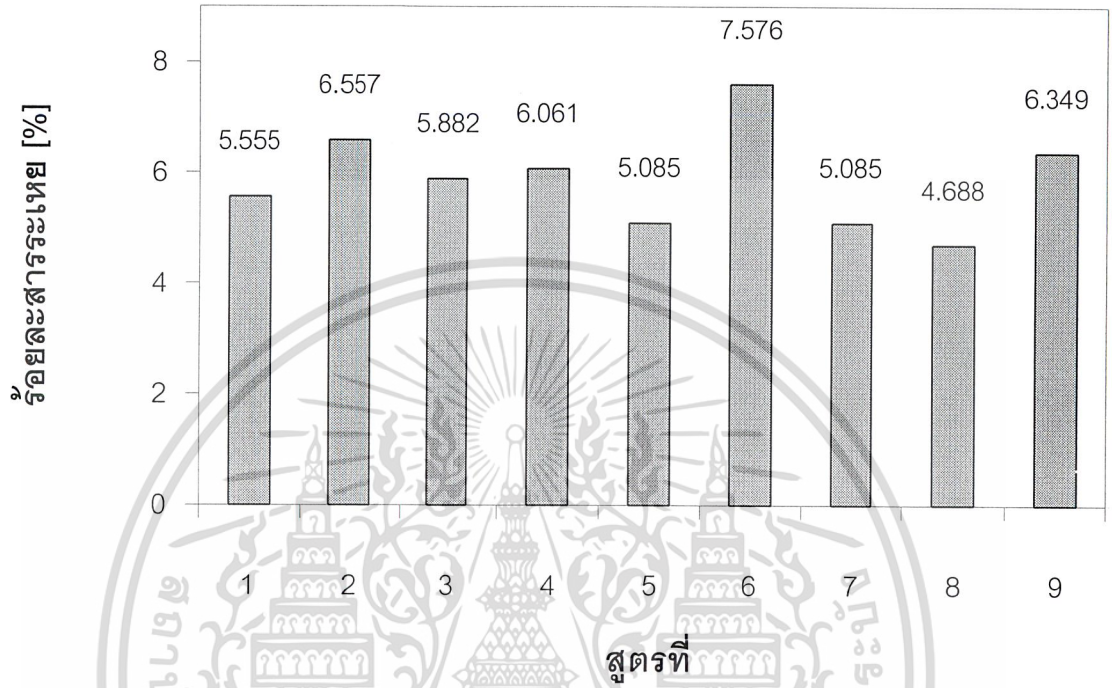


รูปที่ 4.7 แสดงร้อยละน้ำหนักที่หายไปภายหลังการขัดถูของพอลิเมอร์คอมโพสิตสูตรต่างๆ

สมบัติความทนทานต่อการขัดถู พิจารณาจากน้ำหนักที่หายไปของตัวอย่าง หลังจากผ่านการขัดถู ด้วยอัตราเร็ว 60 rpm จำนวน 3000 รอบ โดยพบว่าพีวีซีที่ผสมเถ้าผงไหมในสูตรที่ 2-4 มีความสามารถทนทานต่อการขัดถูดีกว่าพีวีซีที่ไม่มีสารตัวเติมในสูตรที่ 1 สูตรที่ 4 ซึ่งมีเถ้าผงไหม 30 ส่วน มีน้ำหนักที่หายไปน้อยที่สุด แต่เมื่อเติมอีวีเอผสมกับเถ้าผงไหม(สูตรที่ 5-7) พบว่า สูตรที่ 7 ซึ่งมีเถ้าผงไหม 30 ส่วน มีน้ำหนักหายไปสูงกว่าในสูตรที่ 4 ที่มีปริมาณเถ้าผงไหมเท่ากัน นอกจากนี้ในสูตรที่ 9 ซึ่งมีปริมาณเถ้าผงไหมเท่ากัน แต่ปริมาณอีวีเอต่างกัน น้ำหนักที่หายไปหลังการขัดถู จะมากกว่าสูตรที่ 1 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไม่ควรใช้เถ้าผงไหมผสมกับอีวีเอ เป็นสารตัวเติมในพีวีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ปริมาณสารที่ระเหยได้



รูปที่ 4.8 แสดงร้อยละสารที่ระเหยของพอลิเมอร์คอมโพสิตสูตรต่างๆ

ปริมาณสารระเหยที่ระเหยออกมาเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ $100^{0}C$ ในทุกสูตร พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 5-7%โดยน้ำหนักของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การดูดซับน้ำ

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของการดูดซับน้ำ ณ เวลาต่างๆของพีวีซีคอมโพสิตในแต่ละสูตร

สูตร	น้ำหนักชิ้นงาน ณ เวลาที่แช่น้ำ (ร้อยละการดูดซับน้ำ)					
	0 ชม.	2 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	24 ชม.
1	4.7 mg	4.7 mg	4.7 mg	4.7 mg	4.7 mg	4.6 mg
	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(-2.128%)
2	6.0 mg	6.1 mg	6.1 mg	6.1 mg	6.1 mg	5.9 mg
	(0%)	(1.667%)	(1.667%)	(1.667%)	(1.667%)	(-1.667%)
3	6.7 mg	6.8 mg	6.8 mg	6.7 mg	6.7 mg	6.5 mg
	(0%)	(1.492%)	(1.492%)	(0%)	(0%)	(-2.985%)
4	6.2 mg	6.3 mg	6.3 mg	6.2 mg	6.2 mg	6.0 mg
	(0%)	(1.613%)	(1.613%)	(0%)	(0%)	(-3.226%)
5	5.8 mg	5.9 mg	5.8 mg	5.8 mg	5.8 mg	5.7mg
	(0%)	(1.724%)	(0%)	(0%)	(0%)	(-1.724%)
6	6.2 mg	6.2 mg	6.2 mg	6.2 mg	6.2 mg	5.9 mg
	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(-4.839%)
7	6.4 mg	6.6 mg	6.5 mg	6.5 mg	6.5 mg	6.2 mg
	(0%)	(3.125%)	(1.562%)	(1.562%)	(1.562%)	(-3.125%)
8	5.7 mg	5.7 mg	5.7 mg	5.7 mg	5.7 mg	5.6 mg
	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(-1.754%)
9	6.9 mg	7.0 mg	7.0 mg	7.0 mg	7.0 mg	6.8 mg
	(0%)	(1.449%)	(1.449%)	(1.449%)	(1.449%)	(-2.857%)

เมื่อพิจารณาการดูดซับน้ำในระยะเวลาสั้น(1-8 ชั่วโมง) จะพบว่าพีวีซีคอมโพสิตที่ได้มีแนวโน้มที่จะดูดซับน้ำน้อยมาก บางสูตรไม่ดูดน้ำเลย แต่เมื่อแช่น้ำเป็นระยะเวลานาน(24 ชั่วโมง) น้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างจะลดลง โดยน้ำที่แช่นั้นมีสีน้ำตาลคล้ายสีของเถ้าผงไหม เป็นไปได้ว่า เมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนานขึ้น โมเลกุลของน้ำซึมเข้าไปในพอลิเมอร์ได้มากขึ้น เถ้าผงไหมซึ่งมีขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะแพร่ออกมา ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า พีวีซี , เถ้าผงไหม และอีวีเอ ผสมเข้ากันไม่ดี มีแรงยึดระหว่างวัฏภาคต่ำ และอาจมีช่องว่างหรือช่องอากาศระหว่างวัฏภาคด้วย จึงทำให้น้ำซึมเข้าในพีวีซีและเถ้าผงไหมแพร่ออกมา

2.5 การทนทานต่อสารเคมี

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของสมบัติการทนทานต่อสารเคมี

สูตร	การเปลี่ยนแปลงเมื่อหยดสารเคมี			
	5%CH_3COOH	5%NaOH	95%C_2H_5OH	สลล. ผงซักฟอก 5%w/v
1	0	0	0	0
2	0	0	0	1
3	0	0	1	1
4	0	0	1	0
5	0	0	1	1
6	0	0	2	1
7	1	1	2	1
8	0	0	2	0
9	0	2	1	1

หมายเหตุ การเปลี่ยนแปลงเมื่อหยดสารเคมี

0 แทน ไม่เปลี่ยนแปลง

1 แทน เปลี่ยนแปลงน้อย

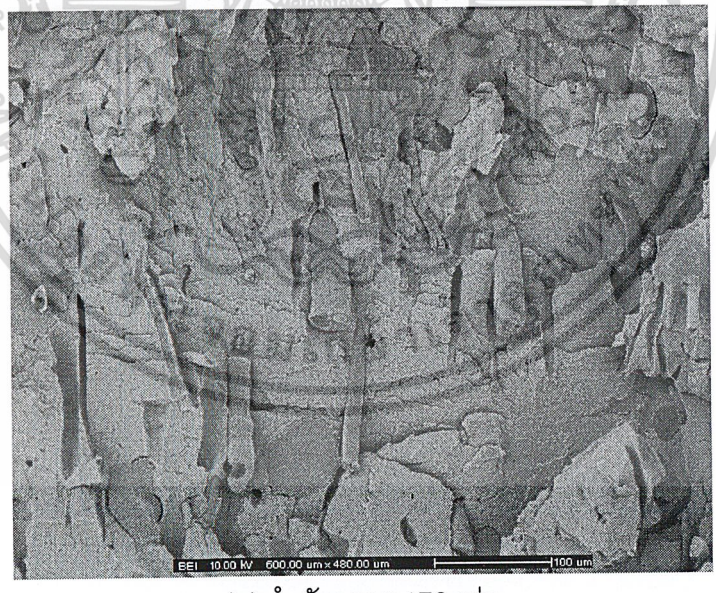
2 แทน เปลี่ยนแปลงชัดเจน

ในแง่การทนสารเคมี พบว่า สูตรที่มีเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม จะมีสมบัติการทนสารเคมีแย่ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

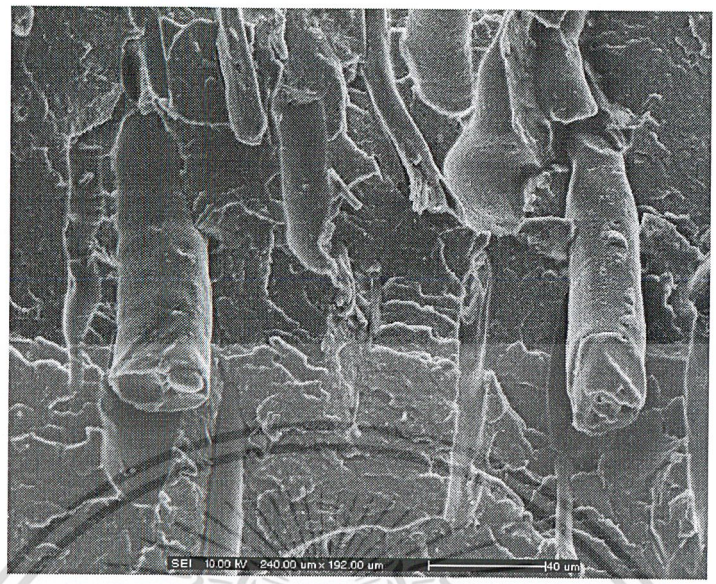
4.2.6 สัณฐานวิทยาของพีวีซีคอมโพสิต

(a) กำลังขยาย 170 เท่า

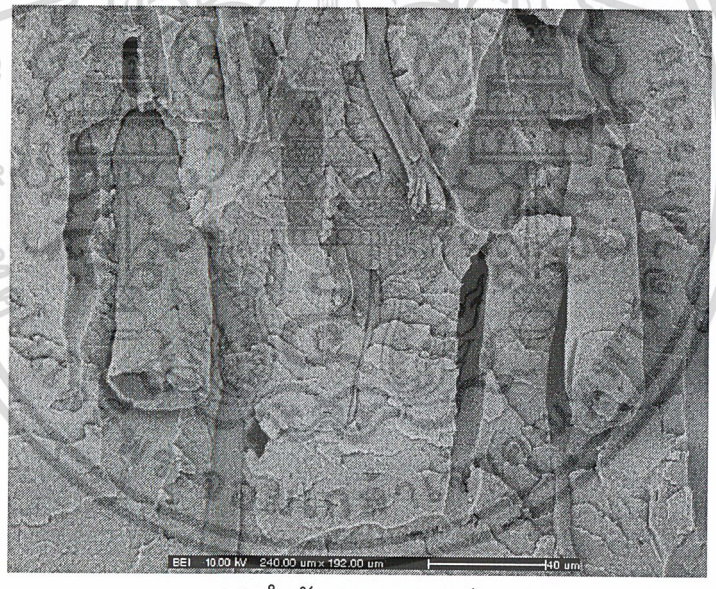


(b) กำลังขยาย 170 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

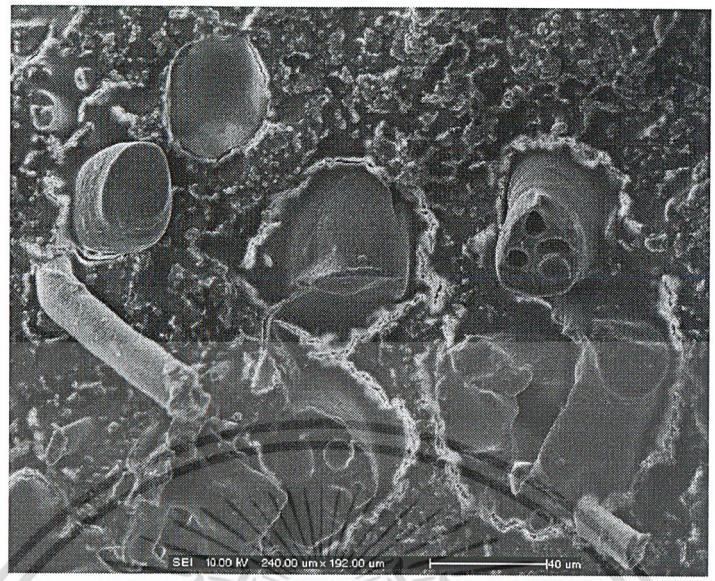


(c) กำลังขยาย 420 เท่า

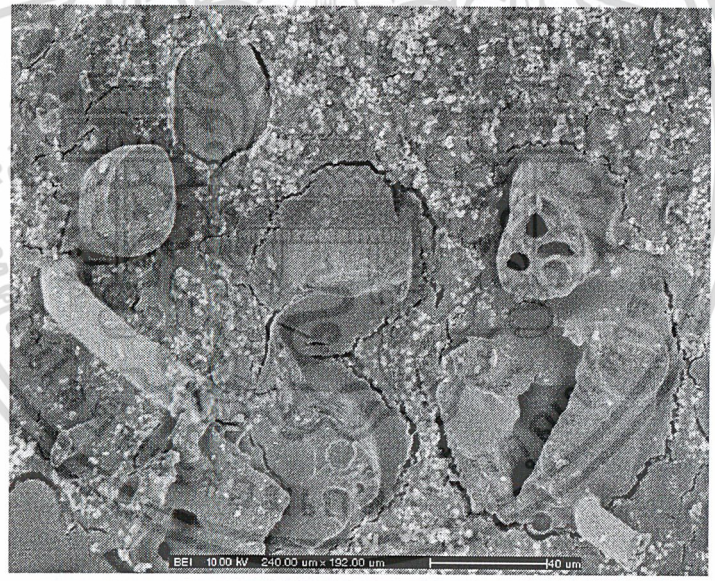


(d) กำลังขยาย 420 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(e) กำลังขยาย 420 เท่า



(f) กำลังขยาย 420 เท่า

รูปที่ 4.9 แสดงสัณฐานวิทยาของพีวีซีคอมโพสิตสูตรต่างๆ

(a)-(d) พีวีซีคอมโพสิตสูตรที่ 3 (e)-(f) พีวีซีคอมโพสิตสูตรที่ 9

จากรูปจะเห็นว่าระหว่างผิวของเส้นใยกับเมตริกซ์มีช่องว่างอยู่ แสดงว่าเถ้าผงไหมมีแรงยึดกับเมตริกซ์ไม่ค่อยดี แต่เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ 3 กับสูตรที่ 9 พบว่าสูตรที่ 3 มีความผสมเข้ากันได้ดีกว่าสูตรที่ 9 เมื่อพิจารณาคู่กับผลการทดสอบเชิงกล ดังนั้นสัณฐานวิทยาของพีวีซีคอมโพสิตของสูตรที่ 3 จะให้ชิ้นงานที่มีความแข็งแรงและเหนียวกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อเติมเถ้าผงไหม 10 phr ลงในพีวีซี(สูตร2) แล้ว ทำให้ได้สมบัติที่ด้อยลงคือ ความแข็งแรงดึงลดลง , มอดุลัสลดลง , ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดลดลง , ความแข็งลดลง , ร้อยละสารระเหยที่ระเหยออกมา เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 100^0C เพิ่มขึ้น , การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น และไม่ทนต่อสารละลายผงซักฟอกเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ได้สมบัติที่ดีขึ้นคือ การทนการขัดถูเพิ่มขึ้น , การทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น , ความถ่วงจำเพาะลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตร1(พีวีซีบริสุทธิ์) แต่เมื่อเติมเถ้าผงไหมมากขึ้นจาก 10 phr สมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตจะดีขึ้น(ดีกว่าสูตร 1) ปริมาณเถ้าผงไหมที่สามารถเติมในพีวีซีคอมโพสิตในการใช้เป็นสารตัวเติมได้ และทำให้สมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตดีกว่าพีวีซีบริสุทธิ์ คือ 20 phrและ 30 phr โดยที่ปริมาณเถ้าผงไหมที่ใช้เป็นสารตัวเติม(สูตร2-4) ที่เหมาะสมสำหรับการเติมลงในพีวีซี คือ 20 phr เนื่องจากจะได้สมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตดีที่สุด เช่น มีค่าความแข็งแรงดึง , มอดุลัส , ร้อยละสารระเหยที่ระเหยออกมา และ ความแข็ง ที่ดีที่สุด แต่ก็พบว่าที่เถ้าผงไหม 20 phr นี้ จะได้สมบัติการทนการขัดถู , การทนทานต่อแรงกระแทก , ความถ่วงจำเพาะที่ต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบพีวีซีคอมโพสิตที่มีเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติมและไม่มีอีวีเอ
2. เมื่อเติมสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก (อีวีเอ)ในปริมาณที่คงที่ แล้วศึกษาปริมาณเถ้าผงไหมที่เหมาะสม พบว่า สมบัติโดยรวมของสูตร 5 (เถ้าผงไหม 10 phr)ดีกว่า สูตร 6 (เถ้าผงไหม 20 phr)และสูตร 7 (เถ้าผงไหม 30 phr) ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงกลทุกอย่างรวมกัน (ความแข็งแรงดึง , มอดุลัส , ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด , การทนทานต่อแรงกระแทก , ความแข็ง และการทนการขัดถู) พบว่า สูตร 6 มีสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด รองมาคือ สูตร 5 และสูตร 7 ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำเถ้าผงไหม 20 phr มาศึกษาต่อ โดยให้ปริมาณเถ้าผงไหมคงที่ที่ 20 phr แล้วเปลี่ยนปริมาณสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก เป็น 10 , 15 และ 20 phr
3. เมื่อปริมาณเถ้าผงไหมคงที่ที่ 20 phr แล้วเปลี่ยนปริมาณสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทกไป พบว่า ปริมาณสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก 10 phr(สูตร8) จะได้สมบัติโดยรวมที่ดีที่สุด
4. เมื่อเติมเถ้าผงไหมที่ใช้เป็นสารตัวเติมมากขึ้น จะทำให้ยืดได้น้อยลง
5. พีวีซีคอมโพสิตนี้เหมาะในการนำไปใช้งานที่มีการสัมผัสกับน้ำในช่วงเวลา 0-8 ชม.(ระยะเวลาสั้นๆ)มากที่สุด เนื่องจากมีการดูดน้ำน้อยมาก บางสูตรไม่ดูดน้ำเลย โดยสูตร 1 (พีวีซี), สูตร 6 (เถ้าผงไหม 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

phr)และสูตร 8 (เถ้าผงไหม 20 phr + สารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก 10 phr) จะไม่ดูดน้ำเลยในช่วงเวลา 0-8 ชม.

6. ในแง่การทนสารเคมี พบว่า พีวีซีคอมโพสิตที่มีเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม มีสมบัติการทนต่อสารเคมีด้อยกว่าไม่มีเถ้าผงไหม
7. การมีเถ้าผงไหม(สูตร2-4) ทำให้ผิวหน้าชิ้นงานแข็ง จึงทนการขัดถูได้ดีกว่าไม่มีเถ้าผงไหม (สูตร1) แต่เมื่อมีอีวีเอเพิ่มขึ้นมา(สูตร5-7) จะทำให้ผิวหน้าชิ้นงานนิ่ม ไม่ทนการขัดถูและเนื้อชิ้นงานหลุดออกได้มาก เนื่องจากเกิดแรงยึดระหว่าง อีวีเอ , พีวีซี และเถ้าผงไหม ไม่ดี
8. พีวีซีคอมโพสิตที่มีเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม(สูตร2-9) จะมีน้ำหนักเบากว่าพีวีซีบริสุทธิ์(สูตร1) ซึ่งจะเห็นได้จากค่าความถ่วงจำเพาะที่ลดลง
9. พีวีซีคอมโพสิตที่ได้จากสูตร3 (เถ้าผงไหม 20 phr)ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 4 สูตรนี้ (สูตร1 , สูตร3 , สูตร6 และสูตร8) ซึ่งทั้ง 4 สูตรนี้เป็นสูตรที่มีสมบัติโดยรวมที่ดีที่สุดในแต่ละกรณี (กรณี1 Blank (สูตร1) ; กรณี2 พีวีซี+เถ้าผงไหม 10,20 และ30 phr (สูตร2-4) ; กรณี3 พีวีซี+เถ้าผงไหม10,20 และ30 phr +อีวีเอ15 phr (สูตร5-7) ; กรณี4 พีวีซี+เถ้าผงไหม 20 phr +อีวีเอ10,20 และ30 phr (สูตร6,8และ9) โดยสมบัติโดยรวมที่ดีรองมา คือสูตร 1 (พีวีซี),สูตร 8 (เถ้าผงไหม 20 phr+สารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก 10 phr) และสูตร 6 (เถ้าผงไหม 20 phr+สารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก 15 phr) ตามลำดับ
10. ผลการทดลองจากการเตรียมพีวีซีสูตรต่างๆทั้งที่มีและไม่มีสารตัวเติม พบว่า เถ้าผงไหมใช้เป็นสารตัวเติมเสริมแรงในพีวีซีได้ โดยจะช่วยเพิ่มสมบัติด้านความคงรูปร่าง ความแข็ง และความทนแรงกระแทก แต่ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณที่ใช้ ซึ่งพบว่าที่ 20 ส่วน ดีที่สุด นอกจากนี้การใช้อีวีเอเป็นสารปรับปรุงการทนแรงกระแทกในระบบที่มีเถ้าผงไหมอยู่ พบว่า สมบัติเชิงกลของพีวีซีคอมโพสิตที่ได้ด้อยกว่าเมื่อมีแต่เถ้าผงไหมเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อีวีเอ เป็นสารช่วยปรับปรุงการทนแรงกระแทกในระบบนี้
11. สัณฐานวิทยาของพีวีซีคอมโพสิตที่มีเถ้าผงไหม 20 phr และไม่มีอีวีเอ จะให้ชิ้นงานที่มีความแข็งและเหนียวกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Leonard ,I.N. Encyclopedia of PVC . 2nd ed. ,New York :Marcel Dekker , 1992.
2. Titow ,W.V. PVC plastics properties,processing and application . London : Elsevier,1990.
3. กาญจนา ดอกบุก และ อนวัช ดุรงค์ภินันท์ " การจำแนกลักษณะผลของสารเติมแต่งที่มีต่อพอลิโอลิฟินส์และโฟมพอลิสไตรีนที่ใช้แล้ว " โครงงานพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2541.
4. กมล รัตนะนาม " การใช้ประโยชน์จากแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมในพลาสติไซค์พอลิไวนิลคลอไรด์ " โครงงานพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2533.
5. Gachter ,R.; Muller ,H. Plastics Additive Handbook.New York : Hanser Publisher ,1993.
6. สุมิตรา เกษมชัยนันท์ และ สุรเกียรติ คำตา " การสังเคราะห์ไฮโดรเจลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และ พอลิอะคริลิคแอซิดด้วยวิธีการฉายรังสี และทำการปรับปรุงคุณสมบัติโดยการเติมผงไหม" โครงงานพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2542.
7. โสภณ เริงสำราญ " อินทรีย์เคมี 2 " สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,พิมพ์ครั้งที่ 1 ,2539, 274-278.
8. Graham ,T.W.Solomons. Organic Chemistry. 6th ed. , New York : John Wiley & Sons ,1996.
9. Michael ,L.B. Plastics Engineering Handbook of the society of the Plastics Indusrtry. 5th ed. , New York : VNR ,1991.
10. Charless ,A.H. Handbook of plastics elastomers, and composite . 3rd ed. , NewYork : McGraw-Hill , 1996.
11. Athalye , A.S. PVC Technology cpd.,process, App. Bombay : Multi-Tech Publishing,1994.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

12. คมฤทธิ์ ร่วมฤกษ์ และนันทพล จรรโลงศิริชัย "ผลของสารปรับสภาพพลาสติกชนิดทุติยภูมิที่มีผลต่อสารประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์" โครงงานพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา2542.
13. มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ "เคมีพอลิเมอร์" ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,พิมพ์ครั้งที่2 ,2541.
14. นิกร โปณะทอง และพรพงษ์ โสววัฒนกุล "การศึกษา Impact Modifier ที่มีผลต่อ Amorphous polymer และ Semi-crystalline polymer" โครงงานพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา2540.
15. Rudolph ,D.D. Polymer structure properties and applications . Pennsylvania : Cahners Publishing Company ,1972.
16. Shah ,V. Handbook of plastic testing technology . 2nd ed. , New York : John Willy & Sons ,1998.
17. "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1482-2540 กระเบื้องพีวีซีปูพื้น" สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ,2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก. การศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของพีวีซีคอมโพสิต

ตารางที่ ก แสดงชนิดและปริมาณของสารเติมแต่งในพีวีซีคอมโพสิตสูตรต่างๆ

สูตรที่	ปริมาณส่วนผสม (phr)						
	PVC Resin	DOP	Ca/Zn stabilizer	Epoxidized soybean oil	Zinc stearate	Silk ash	EVA
1	100	30	4	5	2	-	-
2	100	30	4	5	2	10	-
3	100	30	4	5	2	20	-
4	100	30	4	5	2	30	-
5	100	30	4	5	2	10	15
6	100	30	4	5	2	20	15
7	100	30	4	5	2	30	15
8	100	30	4	5	2	20	10
9	100	30	4	5	2	20	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข แสดงผลของสมบัติเชิงกลที่วัดได้ของพีวีซีคอมโพสิตในแต่ละสูตร

สูตร	Tensile Strength [MPa]	Modulus [MPa]	%Elongation @break [%]	Hardness Shore D	Impact Strength [kJ/m^2]
1	23.23	231.6	309.9	49.30	10.80
2	17.08	197.1	214.4	45.43	65.30
3	18.92	406.2	156.0	53.77	21.40
4	15.25	389.1	152.4	49.87	36.50
5	14.71	223.1	214.4	40.87	12.70
6	14.31	319.1	114.5	53.83	13.92
7	13.78	475.0	108.2	47.70	12.10
8	20.49	343.6	54.34	60.20	9.10
9	16.73	283.3	16.42	58.23	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค แสดงผลของสมบัติกายภาพที่วัดได้ของพีวีซีคอมโพสิตในแต่ละสูตร

สูตร	% สารระเหย ที่ระเหยออก มาเมื่อได้รับความร้อน	Abrasion (%Δm)	Specific Gravity
1	5.555	0.4119	1.27
2	6.557	0.2214	1.15
3	5.882	0.2558	1.18
4	6.061	0.1058	1.12
5	5.085	0.2482	1.14
6	7.576	0.4563	1.15
7	5.085	1.7595	1.16
8	4.688	0.4550	1.19
9	6.349	3.3795	1.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การเปรียบเทียบสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต เพื่อศึกษาในกรณีต่างๆ

เนื่องจากในการทดลองมีสูตรผสมต่างๆมาก เพื่อให้สามารถสรุปได้ว่าสูตรใดมีสมบัติโดยรวมที่ดีที่สุด จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

หลักเกณฑ์การให้คะแนน :::::: สมบัติที่ดีที่สุด จะได้คะแนนสูงสุด และ
สมบัติที่ดีรองมา จะได้คะแนนรองลงมา

สัญลักษณ์ ::

TS = ความแข็งแรงดึง (Tensile strength)

Mod. = มอดุลัส (Modulus)

Elong = ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด (%Elongation @ Break)

SG = ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

Hard = ความแข็ง (Hardness)

Im. = ความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact strength)

Vola. = ร้อยละสารระเหยที่ระเหยออกมา เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 100^0C(%Volatile @ 100^0C)

Ab. = การทนการขัดถู (Abrasion)

H_2O = ร้อยละการดูดซับน้ำ ณ 2 ชม. (%Water absorption @ 2 hr)

EtOH = การทนต่อสารละลายเอทานอลเข้มข้น 95% โดยปริมาตร

Acid = การทนต่อสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 5% โดยมวลต่อปริมาตร

NaOH = การทนต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยมวลต่อปริมาตร

Fab = การทนต่อสารละลายผงซักฟอกเข้มข้น 5% โดยมวลต่อปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง เปรียบเทียบสมบัติต่างๆระหว่างสูตร 1(พีวีซี) , สูตร2(พีวีซี+เถ้าผงไหม10phr) ,สูตร 3(พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr) และสูตร4 (พีวีซี+เถ้าผงไหม30phr)
เพื่อศึกษาปริมาณเถ้าผงไหมที่สามารถเติมในพีวีซีคอมโพสิตแล้วทำให้สมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตดีกว่าพีวีซี , ศึกษาเถ้าผงไหมที่ใช้เป็นสารตัวเติม ที่มีผลต่อสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต และศึกษาปริมาณเถ้าผงไหมที่มีผลต่อสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต

สูตร	TS	Mod.	Elong	SG	Hard	Im.	Vola.	Ab	H_2O	EtOH	Acid	NaOH	Fab	รวม
1	4	2	4	1	2	1	4	1	4	4	4	4	4	39
2	2	1	3	3	1	4	1	3	2	4	4	4	3	35
3	3	4	2	2	4	2	4	2	4	4	4	3	3	41
4	1	3	1	4	3	3	3	4	3	4	4	3	4	40

สูตร 3 มีสมบัติโดยรวมดีกว่าสูตร 4 , สูตร 1 และสูตร 2 ตามลำดับ

∴ ปริมาณเถ้าผงไหมที่เติมในพีวีซีคอมโพสิตแล้วทำให้สมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตดีกว่า พีวีซี คือ 20 phr และ 30 phr

ตารางที่ จ เปรียบเทียบสมบัติต่างๆระหว่างสูตร 5(พีวีซี+เถ้าผงไหม10phr+อีวีเอ15phr) , สูตร 6 (พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr+อีวีเอ15phr) และสูตร7(พีวีซี+เถ้าผงไหม30phr+อีวีเอ 15phr)
เพื่อศึกษาสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตที่มีอีวีเอเป็นสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทกในปริมาณที่คงที่และเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติมในปริมาณต่างๆ

สูตร	TS	Mod.	Elong	SG	Hard	Im.	Vola.	Ab	H_2O	EtOH	Acid	NaOH	Fab	รวม
5	3	1	3	3	1	2	3	3	2	3	3	2	2	31
6	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	1	2	29
7	1	3	1	1	2	1	3	1	1	2	2	1	2	21

สูตร 5 มีสมบัติโดยรวมดีกว่าสูตร6 และสูตร7 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ เปรียบเทียบเฉพาะสมบัติเชิงกลระหว่างสูตร5 (พีวีซี+เถ้าผงไหม10phr+อีวีเอ15phr) , สูตร6 (พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr+อีวีเอ15phr) และสูตร7 (พีวีซี+เถ้าผงไหม30phr+อีวีเอ15phr) เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของพีวีซีคอมโพสิตที่มีอีวีเอเป็นสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทกในปริมาณที่คงที่และเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติมในปริมาณต่างๆ

สูตร	TS	Mod.	Elong	Hard	Im.	Ab	รวม
5	3	1	3	1	2	3	13
6	2	2	2	3	3	2	14
7	1	3	1	2	1	1	9

สูตร6 มีสมบัติเชิงกลดีกว่าสูตร5 และสูตร7 ตามลำดับ

ตารางที่ ช เปรียบเทียบสมบัติต่างๆระหว่างสูตร 6(พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr+อีวีเอ15phr) , สูตร8 (พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr+อีวีเอ10phr) และสูตร9 (พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr+อีวีเอ 20phr)
เพื่อศึกษาสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิตที่มีอีวีเอเป็นสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทกในปริมาณต่างๆและเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติมในปริมาณที่คงที่

สูตร	TS	Mod.	Elong	SG	Hard	Im.	Vola.	Ab	H_2O	EtOH	Acid	NaOH	Fab	รวม
6	1	2	3	3	3	3	1	2	2	3	3	1	2	29
8	3	3	2	2	1	2	3	3	3	3	2	1	3	31
9	2	1	1	1	2	1	2	1	1	3	1	2	2	20

สูตร 8 มีสมบัติโดยรวมดีกว่าสูตร 6 และสูตร 9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ เปรียบเทียบสมบัติต่างๆระหว่างสูตร 3(พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr และสูตร8 (พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr+อีวีเอ15phr)
เพื่อศึกษาถึงอีวีเอที่ใช้เป็นสารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก ในพีวีซีคอมโพสิตที่มีเถ้าผงไหมเป็นสารตัวเติม ที่มีผลต่อสมบัติโดยรวมของพีวีซีคอมโพสิต

สูตร	TS	Mod.	Elong	SG	Hard	Im.	Vola.	Ab	H_2O	EtOH	Acid	NaOH	Fab	รวม
3	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	23
6	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	19

สูตร 3 มีสมบัติโดยรวมดีกว่าสูตร 6

∴ สารปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อแรงกระแทก ไม่ช่วยทำให้สมบัติของพีวีซีคอมโพสิตนี้ดีขึ้น และมีสมบัติที่ด้อยลง เช่น มอดุลัส↓ และการทนการขัดถู↓ เนื่องจากเถ้าผงไหมจะไปขัดขวางการทำงานของอีวีเอ กับพีวีซี

ตารางที่ ฌ เปรียบเทียบสมบัติต่างๆระหว่างสูตร 1(พีวีซี) , สูตร3(พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr) ,สูตร 6(พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr+อีวีเอ15phr) และสูตร8(พีวีซี+เถ้าผงไหม20phr+อีวีเอ10phr)
เพื่อศึกษาสมบัติโดยรวมที่ดีที่สุดของพีวีซีคอมโพสิตเทียบกับพีวีซี

สูตร	TS	Mod.	Elong	SG	Hard	Im.	Vola.	Ab	H_2O	EtOH	Acid	NaOH	Fab	รวม
1	4	1	4	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	39
3	2	4	3	3	2	4	2	4	3	4	4	3	3	41
6	1	2	2	4	3	3	1	1	4	4	4	2	3	34
8	3	3	1	2	4	1	4	2	4	4	4	2	4	38

สูตร 3 มีสมบัติโดยรวมดีกว่าสูตร 1 , สูตร 8 และสูตร 6 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้