

สมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต
คอมโพสิตและการศึกษาการต้านทานแรงดัดโค้ง การดูดซึ่มและ
การเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียม

FLEXURAL STRENGTH OF PMMA COMPOSITE DENTURE BASE AND
THE STUDY ON FLEXURAL STRENGTH ABSORPTION AND
COLOUR CHANGE OF DENTURE TEETH

นางสาวชมพูนุช จินะวงศ์ รหัส 54362807
นางสาวพุทธิลักษณ์ โพธิ์แก้ว รหัส 54362869
นางสาววิภาดา ทองมา รหัส 54360490

วันที่รับ	30 ต.ค. 2558
เลขที่รับ	16899195
เลขที่ออกหนังสือ	๒๕
มหาวิทยาลัยบูรพา	๕172 ๕ 2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ปีการศึกษา 2557




ใบรับรองปริญญาานิพนธ์


ชื่อหัวข้อโครงการงาน สมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต
คอมโพสิตและการศึกษาการต้านทานแรงดัดโค้ง การดูดซึมและ
การเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียม

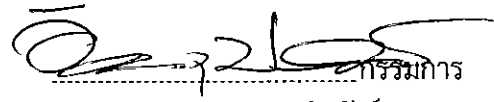
ผู้ดำเนินโครงการงาน นางสาวชมพูนุช จินะวงศ์ รหัส 54362807
นางสาวพุกทักษณ์ โพธิ์แก้ว รหัส 54362869
นางสาววิภาดา ทองมา รหัส 54360490

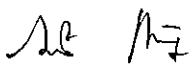
ที่ปรึกษาโครงการงาน ดร.นพวรรณ ไม้ทอง
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระนคร อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี


..... ที่ปรึกษาโครงการงาน
(ดร.นพวรรณ ไม้ทอง)


..... กรรมการ
(ดร.ภมรรัตน์ จินธรรม)


..... กรรมการ
(ดร.อิสราวุธ ประเสริฐสังข์)


..... กรรมการ
(รศ.ดร.สมร หิรัญประดิษฐกุล)

ชื่อหัวข้อโครงการงาน	สมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตคอมโพสิตและการศึกษาการต้านทานแรงดัดโค้ง การดูดซึ่มและการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียม		
ผู้ดำเนินโครงการงาน	นางสาวชมพูนุช จินะวงศ์	รหัส	54362807
	นางสาวพุทธิลักษณ์ โพธิ์แก้ว	รหัส	54362869
	นางสาววิภาดา ทองมา	รหัส	54360490
ที่ปรึกษาโครงการงาน	ดร.นพวรรณ ไม้ทอง		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2557		

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เติมยางธรรมชาติและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นในปริมาณต่างๆ รวมทั้งศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเติมวัสดุเสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ในซีฟันเทียมที่มีผลต่อการดูดซึ่มสารละลายกรดเบส การเปลี่ยนแปลงสี และความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งของซีฟันเทียม

การเติมยางธรรมชาติในฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น ในปริมาณการเติมที่ 1 และ 4 %wt/v และยางธรรมชาติในปริมาณร้อยละ 0.5 1 และ 2.5 โดยน้ำหนัก จากผลการทดสอบความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งเมื่อผ่านสภาวะการจำลองการใช้งานในน้ำร้อนน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 5 °C และ 55 °C สลับกัน 500 รอบ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าการเติมยางธรรมชาติที่ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก ปริมาณเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นที่ 4 %wt/v มีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 124.38 MPa และซีฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 1 %wt/v มีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งสูงสุดเท่ากับ 124.86 MPa ผลการทดสอบการดูดซึ่มพบว่าซีฟันเทียมที่ไม่เสริมแรงอลูมิเนียมออกไซด์ในสารละลายโซเดียมโบคาร์บอเนตมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากที่สุดคือร้อยละ 1.291 และซีฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 5 %wt/v มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยที่สุดคือร้อยละ 0.6548 เมื่อแช่ทิ้งไว้วันาน 4 สัปดาห์ ในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมจากการสังเกตด้วยตาเปล่าเมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีที่แช่ในสารละลายกาแฟ แต่ไม่

สามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงสีในน้ำอัดลม และสารละลายสีผสมอาหาร เมื่อเวลาผ่านไป 8 สัปดาห์สามารถตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ปริมาณความเข้มข้นของสีที่ติดบนผิวชิ้นงานแช่ในสารละลายกาแฟ ซึ่งพบว่าสีฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 2.5 %wt/v มีความเข้มข้นของสีที่ติดสูงสุดเท่ากับ 0.015 g /น้ำ 100 ml



Title FLEXURAL STRENGTH OF PMMA COMPOSITE DENTURE BASE AND THE STUDY ON FLEXURAL STRENGTH ABSORPTION AND COLOUR CHANGE OF DENTURE TEETH

Author Chompunutch Jinawong ID. 54362807

Putaluk Pokaew ID. 54362869

Wiphada Thongma ID. 54360490

Advisor Dr. Nopawan Mothong

Keyword Denture base, Poly-methylmethacrylate, PMMA, Natural rubber, NR

Abstract

This research studied the flexural strength of the Poly-methylmethacrylate denture base filled with natural rubber and reinforced with chopped strand glass fiber in various amounts. The absorption, colour change and the flexural strength of the denture teeth reinforced with aluminium oxide were also investigated.

For the denture base, 0.5 1 5 wt% of the natural rubber were added and reinforced with 1 4 %wt/v of chopped strand glass fiber. The flexural strengths were measured after thermal cycling test between the temperatures 5°C and 55°C for 500 cycles. The result showed that the composite denture base with 0.5 wt% of natural fiber and 4 %wt/v of chopped strand glass fiber provided the highest flexural strength.

For the denture teeth, the flexural strength increased with the increasing amount of aluminium oxide. After immerse in sodium bicarbonate solvent for 4 week, the non-reinforced denture teeth showed the highest weight changed while 5% aluminium oxide reinforced showed the lowest weight changed. The colour change was observed after immerse in coffee and red colouring for 2 weeks. The light absorption results after immerse in coffee for 8 weeks showed the highest colour change on the 2.5 %wt/v aluminium samples.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของหลายๆ ฝ่ายโดยเฉพาะ ดร.นพวรรณ ไม้ทอง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา แนะนำวิธีแก้ปัญหา รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนความดูแลเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินโครงการมาโดยตลอด และขอขอบคุณ คณะอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ได้ให้วิชาความรู้เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อาจารย์และบุคลากรทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าไปใช้สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงาน ตลอดจนความรู้ คำแนะนำต่างๆ เพื่อใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินโครงการใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การดูแล อบรม สั่งสอน และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมาตลอดการดำเนินโครงการจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม

นางสาวชมพูนุช จินะวงศ์

นางสาวพุทธิลักษณ์ โพธิ์แก้ว

นางสาววิภาดา ทองมา

พฤษภาคม 2558

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฅ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.3 การทดสอบสมมติเชิงกล.....	16
2.4 ทฤษฎีการทดสอบสมมติเชิงกายภาพและเชิงเคมี.....	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ.....	21
3.1 การเตรียมชิ้นงานฐานพื้นเทียม.....	21
3.2 การเตรียมชิ้นงานซีพื้นเทียม.....	25
3.3 การทดสอบสมบัติต่างๆ ของวัสดุพื้นเทียม.....	31
.....	37
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	
4.1 ผลการศึกษาปริมาณยางธรรมชาติที่เหมาะสมในการปรับปรุงฐานพื้นเทียม พอลิเมทิลเมทาครีเลต.....	37
4.2 ผลการศึกษาผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงค้ำค้ำ.....	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการศึกษาการดูดซึมของซีฟีนเทียมพอลิเมทาคริเลตที่เสริมแรงและไม่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์เมื่อใช้ในสารละลายต่างๆ.....	46
4.4 ผลการศึกษาผลการทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน.....	50
4.5 ผลการศึกษาผลการทดสอบการติดสีของซีฟีนเทียมพอลิเมทาคริเลต.....	54
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	64
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	64
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	65
เอกสารอ้างอิง.....	66
ภาคผนวก ก.....	70
ภาคผนวก ข.....	77
ภาคผนวก ค.....	82

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงสมบัติทางกลของพอลิเมทิลเมทาคริเลต.....	11
2.2 ตารางสมบัติของยางธรรมชาติ.....	13
4.1 ตารางแสดงผลการติดที่สังเกตได้ของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตหลังการแช่ ในสารละลายกาแฟ.....	57
4.2 ตารางแสดงผลการติดที่สังเกตได้ของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตหลังการแช่ ในน้ำอัดลม.....	58
4.3 ตารางแสดงผลการติดที่สังเกตได้ของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตหลังการแช่ ในสารละลายสีผสมอาหารสีแดง.....	59
4.4 ตารางแสดงผลการติดที่สังเกตได้ของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตหลังการแช่ ในสารละลายสีผสมอาหารสีเขียว.....	60
4.5 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสีที่ติดบนซีฟันเทียมพอลิเมทิล- เมทาคริเลตเมื่อแช่ในสารละลายต่างๆ.....	61

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยเส้นใยชนิดต่างๆ.....	5
2.2 โครงสร้างทางเคมีของ PMMA-g-NR.....	6
2.3 แสดงความแข็งของซีฟ้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอนุภาคนิยามออกไซด์....	7
2.4 โครงสร้างของพอลิเมทิลเมทาคริเลต.....	11
2.5 โครงสร้างของยางธรรมชาติ.....	12
2.6 เส้นใยแก้วแบบตัดสั้น.....	16
2.7 การทดสอบการดัดโค้งแบบ 3 จุด.....	17
2.8 เครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ.....	20
3.1 วิธีการเตรียมเข้าหล่อแบบของฐานพื้นเทียม.....	23
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมเข้าหล่อแบบ.....	23
3.3 วิธีการเตรียมชิ้นงานทดสอบ (ฐานพื้นเทียม)	24
3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงานทดสอบ.....	25
3.5 วิธีการเตรียมเข้าหล่อแบบของซีฟ้นเทียม.....	27
3.6 วิธีการเตรียมชิ้นงานทดสอบ (ซีฟ้นเทียม)	28
3.7 แผนผังการผสมยางธรรมชาติและการเติมวัสดุเสริมแรงในฐานพื้นเทียม.....	29
3.8 แผนผังการเติมวัสดุเสริมแรงในซีฟ้นเทียม.....	30
3.9 เครื่องมือทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง.....	31
3.10 ขนาดชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D790.....	32
3.11 ขนาดชิ้นงานทดสอบการดูดซึม.....	32
3.12 แสดงการทดสอบการดูดซึมของซีฟ้นเทียม.....	33
3.13 ขนาดชิ้นงานทดสอบการเปลี่ยนแปลงสี.....	34
3.14 แสดงการทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟ้นเทียม.....	35
3.15 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-vis Spectrophotometer).....	35
3.16 เครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ.....	36
4.1 แสดงฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA) ที่ผสมด้วยยางธรรมชาติ (NR) ในสัดส่วนต่างๆ.....	38
4.2 แผนภูมิแสดงปริมาณยางธรรมชาติที่เติมลงในฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้ง.....	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 แผนภูมิแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของฐานพื้นเทียม พอลิเมทิลเมทาคริเลต.....	40
4.4 แผนภูมิแสดงผลของการเติมยางธรรมชาติและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น ต่อสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง.....	42
4.5 แผนภูมิแสดงปริมาณของการเติมวัสดุเสริมแรงในของซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ต่อสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง.....	44
4.6 แสดงพื้นผิวของวัสดุพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียม ออกไซด์เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	45
4.7 แผนภูมิแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ ในน้ำกลั่น.....	47
4.8 แผนภูมิแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ ในโซดา.....	47
4.9 แผนภูมิแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ ในสารละลายกรดซิดริก.....	48
4.10 แผนภูมิแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ ในสารละลายโซเดียมโบคาร์บอเนต.....	48
4.11 ปรัชการณื Plasticizing effect.....	49
4.12 แผนภูมิแสดงผลของการทดสอบสภาวะจำลองในฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ต่อสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง.....	51
4.13 แผนภูมิแสดงผลของการทดสอบสภาวะจำลองในซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ต่อสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง.....	53
4.14 แสดงกราฟความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายที่ใช้ในการทำการทดลอง.....	55

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

ASTM	=	American Society for Testing and Materials
cm	=	Centimeter
ml	=	milliliter
MPa	=	Mega Pascal
% wt	=	Percent by weight
% wt/v	=	Percent Weight by Volume



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ โดยมีประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประชากรผู้สูงอายุไทยยังคงมีความต้องการใส่ฟันเทียมทั้งปากอยู่มากถึงประมาณร้อยละ 35 ของประชากรผู้สูงอายุทั้งหมด [1] ซึ่งหากสามารถผลิตฐานฟันเทียมและซี่ฟันเทียมได้เองจะสามารถช่วยลดการนำเข้าจากต่างประเทศได้ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนาวัสดุฐานฟันเทียมและซี่ฟันเทียมเพื่อทดแทนฟันที่สูญเสียไป โดยมีการนำเอาพอลิเมทิลเมทาคริเลต (Poly methyl methacrylate; PMMA) ซึ่งเป็นวัสดุพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติกมาประยุกต์ใช้งานทางด้านทันตกรรมตั้งแต่ปี ค.ศ.1937 [2] ซึ่งให้ผลดีทั้งในการผลิตเป็นฐานฟันเทียมและซี่ฟันเทียม เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ตีหลายประการ ได้แก่ มีความสวยงามคล้ายคลึงกับฟันจริง ดูดซึมน้ำได้น้อยจึงไม่ทำให้เสียรูปเมื่อนำไปใช้งานในช่องปาก ยึดติดกับฐานฟันเทียมได้ดีด้วยพันธะเคมี ไม่ทำให้ฟันธรรมชาติสึกกร่อน ซ่อมแซมได้ง่ายและมีราคาไม่สูงมากเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่นๆ แต่ข้อเสียของวัสดุชนิดนี้คือ มีสมบัติเชิงกลบางประการต่ำ (ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นต่ำ แข็งเปราะและมีความแข็งผิวต่ำ) [3] จึงทำให้สึกกร่อนได้ง่าย เป็นเหตุให้ซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตรับแรงดัดโค้งได้น้อย สึกเร็วและแตกหักได้ง่าย แต่ด้วยสมบัติของวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่มีรูปร่างสวยงาม มีความมันเงาและสามารถเติมสีให้คล้ายคลึงกับสีธรรมชาติของซี่ฟันและฐานฟันจริงได้ [4] จึงทำให้วัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตได้รับความนิยมในการนำมาใช้ผลิตฐานฟันเทียมและซี่ฟันเทียม

การปรับปรุงสมบัติความยืดหยุ่นและสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลต โดยยังคงสมบัติเด่นของพอลิเมทิลเมทาคริเลตด้านความมันเงานั้น สามารถทำได้โดยเติมยางธรรมชาติ (Natural rubber) ลงไป จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสามารถเพิ่มความยืดหยุ่นและสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งและแรงกระแทกได้มากถึง 5-8 เท่าของวัสดุที่ยังไม่เติมยางธรรมชาติ [5-11] เนื่องจากยางธรรมชาติมีสมบัติเด่น [12] คือ ช่วยเพิ่มความเหนียวและเสถียรภาพทางรูปร่าง ช่วยลดการหดตัว การเกิดรอยแตก เพิ่มความต้านทานแรงอัดและลดการแตกหักของวัสดุ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่มีการเสริมแรงด้วยวัสดุอัดแทรกชนิดเส้นใยและชนิดอนุภาค เพื่อเพิ่มสมบัติของวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ใช้ผลิตฐานฟันเทียมและซี่ฟันเทียมให้มีความแข็งแรงมากขึ้น [13] ซึ่งโดยส่วนใหญ่เส้นใยที่นำมาศึกษานั้น ได้แก่ เส้นใยคาร์บอน เส้นใยแก้วและเส้นใยอะรามิด [9] ส่วนการศึกษากการเสริมแรงด้วยการเติมวัสดุอัดแทรกชนิดอนุภาคจะนิยมใช้เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลให้แก่วัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นสารจำพวกซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide) อลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum oxide) และเส้นใยแก้ว (Glass fiber) เป็นต้น [11]

งานวิจัยนี้มีความพยายามที่จะพัฒนาปรับปรุงสมบัติของวัสดุฐานฟืนเทียมและวัสดุซีฟันทิเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งการปรับปรุงสมบัติของฐานฟืนเทียมนั้นทำโดยการเปรียบเทียบผลของปริมาณการเติมยางธรรมชาติลงในพอลิเมทิลเมทาคริเลตและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการปรับปรุงสมบัติของฐานฟืนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งจะศึกษาทั้งในสภาวะปกติและสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน (Thermal cycling) ในด้านการปรับปรุงสมบัติของซีฟันทิเยมนั้น ทำโดยการเปรียบเทียบปริมาณการเติมอลูมิเนียมออกไซด์ในซีฟันทิเยมต่อความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้ง ตลอดจนศึกษาการดูดซึมน้ำเมื่อแช่วัสดุซีฟันทิเยมในสารละลายกรดเบสและศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันทิเยมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ในสารละลายสีผสมอาหาร กาแฟและน้ำอัดลม ซึ่งเหตุผลที่เลือกใช้อลูมิเนียมออกไซด์เนื่องจากมีสมบัติเด่นคือ ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ต้านทานการขีดสีและศึกษาผลของการดูดซึมน้ำของซีฟันทิเยม เป็นต้น ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ยังได้เปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลดังกล่าวกับพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนที่นิยมใช้ในทางทันตกรรม ซึ่งการศึกษาเปรียบเทียบทั้งหมดนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงฐานฟืนเทียมและซีฟันทิเยมให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในทางทันตกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟืนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ผสมยางธรรมชาติและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นในปริมาณต่างๆ ทั้งในสภาวะปกติและสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณของอลูมิเนียมออกไซด์ที่ส่งผลต่อการดูดซึมน้ำ การเปลี่ยนแปลงสีและความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งของซีฟันทิเยมพอลิเมทิลเมทาคริเลตทั้งในสภาวะปกติและสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน

1.3 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ

1.3.1 ตัวแปรต้น

1.3.1.1 สัดส่วนของยางธรรมชาติต่อพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนในปริมาณร้อยละ 0.5 : 99.5 1 : 99 และ 2.5 : 97.5 โดยน้ำหนัก

1.3.1.2 ปริมาณเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นในฐานฟืนเทียมร้อยละ 1 และ 4 โดยมวลต่อปริมาตร

1.3.1.3 ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ในซีฟันทิเยมร้อยละ 1 2.5 และ 5 โดยมวลต่อปริมาตร

1.3.2 ตัวแปรตาม

1.3.2.1 ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมและซีฟ้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต

1.3.2.2 ค่าการดูดซึ่มและการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟ้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต

1.3.3 ตัวแปรควบคุม

1.3.3.1 วัสดุเนื้อหลักคือ พอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน

1.3.3.2 วัสดุปรับปรุงสมบัติของฐานพื้นเทียมคือ ยางธรรมชาติ



บทที่ 2

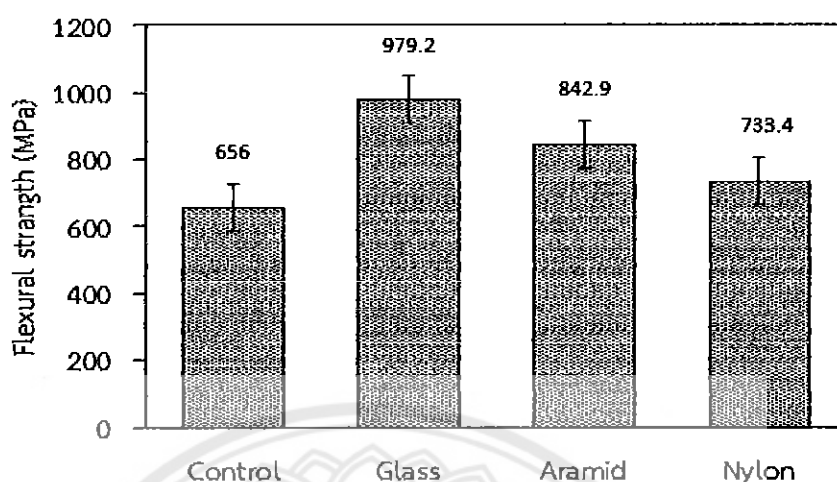
ทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัสดุฟันเทียมที่ใช้ในปัจจุบันนิยมใช้พอลิเมทิลเมทาคริเลตในการผลิต เนื่องจากพอลิเมทิลเมทาคริเลต มีข้อดีคือ ดูดซึมน้ำน้อย สีสวยงาม มีความหนาแน่นต่ำจึงทำให้น้ำหนักเบา สามารถหล่อแต่งให้บางได้โดยไม่ทำให้เกิดการแตกหัก ยึดติดกับฐานฟันเทียมได้ดีด้วยพันธะเคมี ไม่ทำให้ฟันธรรมชาติสึกกร่อน ซ่อมแซมได้ง่ายและมีราคาถูก

ฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานทันตกรรมนั้นยังมีข้อด้อยในการใช้งานคือ มีความแข็งแรงต่ำจึงทำให้เกิดการแตกหักง่ายเมื่อได้รับแรงกดเคี้ยวต่อเนื่อง อีกทั้งฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตยังทนต่อแรงกระแทกได้น้อย ทั้งนี้มีนักวิจัยพยายามปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตโดยการเสริมแรงด้วยเส้นใยชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ซึ่งพบว่าการใช้เส้นใยแต่ละชนิดล้วนส่งผลทำให้ฐานฟันเทียมมีสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน

John J. และคณะ [8] ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการเสริมแรงด้วยเส้นใย 3 ชนิด คือ เส้นใยแก้ว เส้นใยaramid และเส้นใยไนลอนต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของวัสดุฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งผลการทดลองได้ดังรูปที่ 2.1 จากรูปจะพบว่าวัสดุฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งสูงสุดเท่ากับ 979.2 MPa

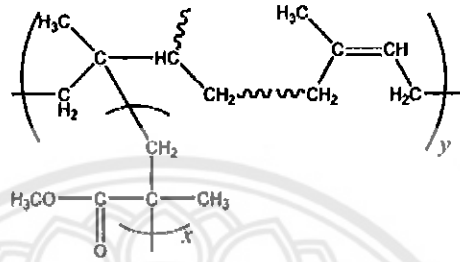


รูปที่ 2.1 แสดงค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยเส้นใยชนิดต่างๆ [8]

Aydin และคณะ [9] รายงานผลการวิจัยว่าการใช้เส้นใยแก้วในรูปแบบเส้นยาวและรูปแบบสานกันเป็นแผ่นสามารถเพิ่มค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงดัดโค้งของพอลิเมทิลเมทาคริเลต 3 ชนิด คือ ชนิดบ่มด้วยความร้อน ชนิดบ่มด้วยตัวเองและชนิดบ่มด้วยแสง ได้อย่างมีนัยสำคัญโดยรูปแบบยาวและแบบตัดสั้นสามารถเพิ่มค่าความต้านทานแรงดัดโค้งได้ร้อยละ 50 ซึ่งมากกว่ารูปแบบสานกันเป็นแผ่นที่สามารถเพิ่มค่าความต้านทานแรงดัดโค้งได้เพียงร้อยละ 21

นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยที่นำยางธรรมชาติมาปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของพอลิเมทิลเมทาคริเลต [14] เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถในการต้านทานการดัดโค้ง โดยการผสมยางธรรมชาติลงไปในพอลิเมทิลเมทาคริเลต ในส่วนของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตก็ยังคงเป็นสิ่งที่นักวิจัยพยายามปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ทั้งในเรื่องความแข็ง ความต้านทานแรงสพพื้น ความต้านทานต่อการสึกกร่อนและการเปลี่ยนแปลงสี เนื่องจากพอลิเมทิลเมทาคริเลตมีข้อด้อยคือ ซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตสามารถรับแรงที่กระทำต่อซีฟีนเทียมจนเกิดการแตกหักได้น้อย มีสีที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการใช้งานเป็นเวลานาน ความแข็งต่ำและไม่ทนต่อการกัดกร่อน ดังนั้นจึงทำให้นักวิจัยหลายคนพยายามที่จะทำการวิจัยและแก้ไขปัญหาดังกล่าว

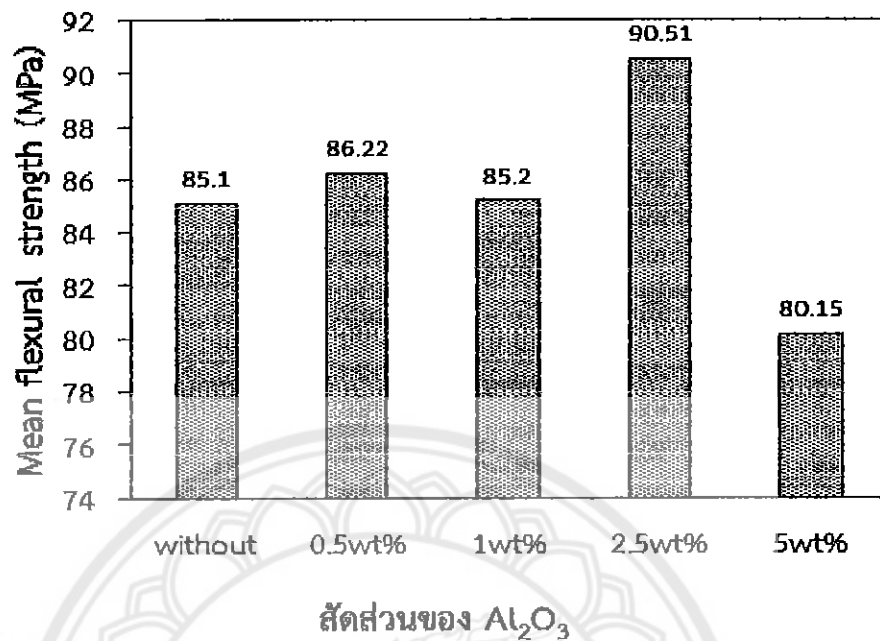
Sagama Y. และคณะ [15] ได้ศึกษาผลของการกราฟต์พอลิเมทิลเมทาคริเลตกับยางธรรมชาติ (PMMA-g-NR) ในสัดส่วนต่างๆ จากการทดลองพบว่าพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ผ่านการกราฟต์จะมีความเหนียวและความยืดหยุ่นสูงขึ้น แสดงโครงสร้างทางเคมี ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของ PMMA-g-NR [15]

Vojdani M. และคณะ [16] ได้ศึกษาผลกระทบของการใส่ลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละ 0.5 ถึง 5 โดยน้ำหนักต่อความแข็งแรง (Strength) ความแข็ง (Hardness) และความขรุขระของผิว (Roughness) ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนโดยใช้ชิ้นงานทดลองทั้งหมด 50 ชิ้น แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม (กลุ่มละ 10 ชิ้น) โดยกลุ่ม A เป็นกลุ่มควบคุม (ไม่ใส่ลูมิเนียมออกไซด์) และกลุ่ม B ถึง E ใส่ลูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 0.5 1 2.5 และ 5 โดยน้ำหนักตามลำดับ และนำไปทดสอบความแข็งแรงโดยใช้การทดสอบแรงดัดโค้ง ทดสอบความแข็งโดยใช้เครื่องทดสอบ Vickers และทดสอบความขรุขระของผิว โดยใช้ Profilometer ซึ่งผลการทดสอบพบว่าที่ร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักของลูมิเนียมออกไซด์ส่งผลให้ความแข็งแรงและความแข็งเพิ่มมากขึ้นแต่ไม่ส่งผลต่อความขรุขระของผิว

Vojdani M. และคณะ [16] ได้ศึกษาผลกระทบของการต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural Strength) และความแข็งผิว (Surface Hardness) เมื่อเติมลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 Unalan F. และคณะ [17] ก็ได้ศึกษาผลของการเติมไมก้า (Mica) และแก้ว (Glass) ต่อความแข็งผิวของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต



รูปที่ 2.3 แสดงความแข็งแรงของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ [17]

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของอลูมิเนียมออกไซด์ จะส่งผลให้ค่าความแข็งแรงและค่าความต้านทานแรงดัดโค้งเพิ่มขึ้น โดยที่อลูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักจะทำให้พอลิเมทิลเมทาคริเลตสามารถต้านทานแรงดัดโค้งและมีความแข็งแรงมากที่สุด

พิจารณาปัญหาในการนำซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตไปใช้งานต่างๆ ปัญหาที่พบส่วนมากเป็นปัญหาเรื่องสี ขนาดของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เปลี่ยนแปลงและปัญหาสมบัติเชิงกลของฐานฟันเทียมและซีฟันเทียมเมื่อดูดซึมน้ำหรือสารละลายต่างๆ เมื่อนำไปใช้งาน ทั้งนี้จึงมีผู้วิจัยหลายท่านพยายามที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว

Salman F. D. และ Al-Gaban R. M. [18] ได้ทำการศึกษาและประเมินผลกระทบของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อสัมผัสกับเครื่องดื่มต่างๆ เช่น กาแฟ ชา และน้ำอัดลม (PEPSI) ด้วยการสังเกตและหลังจากแช่วัสดุฟันเทียมในเครื่องดื่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง 1 2 และ 4 สัปดาห์ โดยทำการแช่ในสารละลายกาแฟความเข้มข้นร้อยละ 0.02 โดยมวลต่อปริมาตร ชาเข้มข้นและน้ำอัดลมเข้มข้น (PEPSI) 1000 มิลลิลิตร จากการทดลองพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่แช่ในชาและกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงสีน้อยมาก ต่างจากที่แช่ในน้ำอัดลมที่มีการเปลี่ยนแปลงสีฟัน เนื่องจากใช้น้ำอัดลมเข้มข้นจึงมีการดูดซึมน้ำได้ดีกว่าสารละลายชนิดอื่นๆ การแช่สารละลายทั้งหมด

เห็นผลที่ชัดเจนใน 2 สัปดาห์และสารละลายที่มีผลต่อสีของฟันเทียมมากที่สุดคือน้ำอัดลม (PEPSI) ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีประมาณ 0.3 และในกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุดคือ 0.02

นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาผลกระทบของการดูดซึ่มต่อสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต โดยการศึกษาสภาวะจำลองการนำไปใช้งานหรือการทดสอบโดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermal Cycling Machine)

Burger K.M. [19] ได้ศึกษาจำนวนรอบของการผ่านสภาวะจำลองการนำไปใช้งานหรือผ่าน Thermal cycling จาก 10 ตัวอย่าง โดยกำหนดจำนวนรอบในการแช่ชิ้นงานซีฟันเทียมสลับกันระหว่างอ่างที่ 1 ไปอ่างที่ 2 เท่ากับ 100 500 1000 2000 และ 4000 รอบ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส หลังจากแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าในแต่ละจำนวนรอบให้ค่าความแข็งแรงพันธะไม่แตกต่างกัน ซึ่งหมายความว่าจำนวนรอบในการการผ่านสภาวะจำลองไม่มีผลต่อความแข็งแรงพันธะในเนื้อฟัน

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฟันเทียมนั้นประกอบด้วยฐานฟันเทียม (Denture Base) และซีฟันเทียม (Denture Teeth) โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นวัสดุจำพวกพอลิเมทิลเมทาคริเลต (Polymethyl Methacrylate) และมีการปรับปรุงคุณสมบัติด้วยวัสดุเสริมแรงต่างๆ ซึ่งอลูมิเนียมออกไซด์และเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นเป็นวัสดุเสริมแรงที่มีความแข็งแรงมาก จึงเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม ทั้งนี้ยังมีการปรับปรุงคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นของพอลิเมทิลเมทาคริเลตด้วยพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ เช่น พอลิยูรีเทน ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์หลากหลายชนิด แต่ยางธรรมชาติสามารถหาได้ง่าย ราคาถูก มีคุณสมบัติที่เหมือนกับยางสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงมีการเลือกใช้ยางธรรมชาติมาปรับปรุงสมบัติด้านความยืดหยุ่นของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกันอย่างแพร่หลาย

ความต้านทานแรงดัดโค้งและแรงกระแทกเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของฐานฟันเทียม ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงการต้านทานการเปลี่ยนรูปของฐานฟันเทียมเมื่อถูกให้แรง ซึ่งเปรียบเสมือนการรับแรง บดเคี้ยวที่เกิดขึ้นภายในช่องปาก โดยส่วนใหญ่แล้วการทดสอบฐานฟันเทียมนั้นจะยึดถือตามมาตรฐาน ISO 20795 [20] ที่มีข้อกำหนดสำหรับพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์สำหรับฐานฟันเทียมและวัสดุจัดฟัน แต่ในการทดสอบพอลิเมอร์ในทางวิศวกรรมนั้นใช้มาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) ในการทดสอบและเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานของการทดสอบพอลิเมอร์ที่ผลิตเป็นวัสดุฐานฟันเทียมและซีฟันเทียม ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบความต้านทานแรงดัดโค้งและแรงกระแทกเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานดังกล่าว

การสึกกร่อน การเปลี่ยนแปลงสีและขนาดของซี่ฟันเทียมเมื่อถูกใช้งานเป็นเวลานาน เป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากในการใช้งานซี่ฟันเทียม ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงการต้านทานการสึกกร่อนเมื่อมีการบดเคี้ยวอาหาร การสึกกร่อนจากกรดในอาหารและน้ำลายภายในช่องปาก ตลอดจนแสดงให้เห็นถึงการดูดซึมสารละลายของซี่ฟันเทียม จะสังเกตได้จากสีและปริมาตรของซี่ฟันเทียมที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน การจำลองลักษณะการใช้งานของซี่ฟันเทียมและฐานฟันเทียมภายในช่องปาก มีการใช้งานที่หลากหลาย กล่าวคือการรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีอุณหภูมิที่ต่างกันทั้งร้อนและเย็นมีผลกระทบอย่างมากต่อซี่ฟันเทียมและฐานฟันเทียม ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการนำซี่ฟันเทียมไปใช้งานจึงต้องมีการวัดค่าน้ำหนัก รูปร่าง สี และปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปในการดูดซึมสารละลายต่างๆ ของซี่ฟันเทียมและการจำลองการนำไปใช้งานด้วย

2.2.1 ฐานฟันเทียม (Denture Base) [3]

ฐานฟันเทียมที่มีลักษณะที่เหมาะสมในการไปใช้งานคือ มีความเหนียวและความยืดหยุ่นค่อนข้างเหมาะสม มีสีคล้ายคลึงกับฐานฟันธรรมชาติ มีความแข็งแรง มีค่าความต้านทานแรงดัดโค้งสูง ทนต่อแรงกระแทก ไม่ทำให้เนื้อเยื่อใต้ฐานฟันเทียมอักเสบและมีพันธะเคมีที่สามารถยึดติดกับซี่ฟันเทียมได้ดี เนื่องจากฐานฟันเทียมต้องรับแรงกระแทกในขณะที่บดเคี้ยวแบบต่อเนื่องซ้ำๆ หากไม่มีความแข็งแรงมากพอจะทำให้ฐานฟันเทียมเกิดการแตกหักได้ง่าย ดังนั้นฐานฟันเทียมจึงจำเป็นที่จะต้องมีความสัมพันธ์การต้านทานแรงดัดโค้ง การต้านทานแรงกระแทกและความแข็งแรงสูง

2.2.2 ซี่ฟันเทียม (Denture Teeth) [3]

ซี่ฟันเทียมที่มีสมบัติตามอุดมคติ คือ ต้องมีรูปร่างและสีที่ไม่ต่างจากฟันธรรมชาติ เพื่อให้เกิดความสวยงาม เหมาะแก่การนำไปใช้งานและที่สำคัญคือต้องเข้ากันได้กับฐานฟันเทียม (Denture Base) ได้ดี เพื่อป้องกันการหลุดออกจากกันของซี่ฟันเทียมกับฐานฟันเทียม อีกทั้งยังต้องมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นสูง เพื่อด้านทนต่อการแตกหักและความแข็งที่เพียงพอต่อการป้องกันการสึกกร่อนที่เกิดขึ้นในช่องปากและการสึกกร่อนที่เกิดจากการบดเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งผิวมาก แต่อย่างไรก็ตาม ซี่ฟันเทียมไม่ควรที่จะมีความแข็งมากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดเสียงเมื่อมีการกระทบกันของฟันและทำให้ยากต่อการกรอแต่งซี่ฟันของช่างทันตกรรมอีกด้วย

วัสดุที่ใช้ในการทำซี่ฟันเทียมจะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ ซี่ฟันเทียมพอร์ซเลน (Porcelain) ซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตหรือซี่ฟันเทียมเรซินอะคริลิก (Acrylic Resin) และซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่มีการปรับปรุง (Improved Resin) ผลการทดสอบจากนักวิจัย พบว่าซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตมีความต้านทานต่อแรงดัดโค้งและการอัดที่สูงกว่าซี่ฟันเทียมพอร์ซเลน ทำให้ไม่เกิดการกระทบกระเทือนต่อเนื้อเยื่อใต้ฐานฟันเทียมและมีความสามารถยึด

ติดกับฐานพื้นเทียมได้ดีด้วยพันธะเคมี แต่มีข้อด้อยคือ มีความแข็งผิวต่ำกว่าซีฟีนเทียมพอร์ซเลน สามารถดูดซึ่มสารละลายได้ จึงอาจทำให้สีของพื้นเปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตาม ยังมีนักวิจัยพยายามที่จะปรับปรุงคุณสมบัติของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น

2.2.3 พอลิเมทิลเมทาคริเลต (Polymethyl Methacrylate; PMMA)

พอลิเมทิลเมทาคริเลตหรือ PMMA จัดเป็นพอลิเมอร์ในกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ $C_5H_8O_2$ พอลิเมทิลเมทาคริเลตมีสมบัติเด่นคือ มีความมันเงา ความหนาแน่นต่ำ จึงทำให้น้ำหนักเบาและสามารถขึ้นรูปได้ง่าย พลาสติกชนิดนี้จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายอย่าง เช่น กระจกใสบนเครื่องบิน ป้ายโฆษณา กระจกตู้ปลา วัสดุทางการแพทย์และวัสดุทางทันตกรรม เป็นต้น พอลิเมทิลเมทาคริเลตเป็นพลาสติกที่สามารถเตรียมได้จากการนำมอนอเมอร์ของเมทิลเมทาคริเลต (Methyl Methacrylate, MMA) มาทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดเป็นพอลิเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งพอลิเมอร์ชนิดนี้ถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1880 โดยนักเคมีชาวเยอรมัน 2 คน คือ ฟิททิจ (Fittig) และพอล (Paul) ซึ่งสามารถสังเคราะห์พอลิเมทิลเมทาคริเลตได้ แต่ยังไม่สามารถพัฒนาวิธีผลิตให้เป็นแผ่นพลาสติกได้ ต่อมาเมื่อปี ค.ศ.1901 ออทโท โรห์ม (Otto Rohm) นักเคมีชาวเยอรมัน ขอจดสิทธิบัตรวิธีผลิตแผ่นพลาสติกใสจากพอลิเมทิลเมทาคริเลตในชื่อทางการค้า Plexiglas หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1936 จึงมีการผลิตแผ่น Plexiglas ออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ เริ่มใช้ในช่วงสงครามโลกครั้งที่สองนำมาใช้กับเรือดำน้ำ กระจกตู้ปลาและกระจกเครื่องบิน

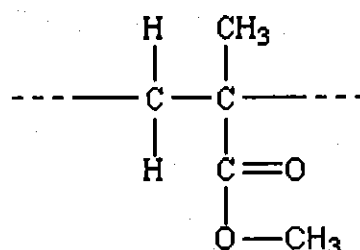
แนวโน้มการนำพอลิเมทิลเมทาคริเลตมาใช้งานในรูปของพลาสติกสูงขึ้น ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นเครื่องประดับ อุปกรณ์สำนักงาน แม้กระทั่งวัสดุทางทันตกรรม เนื่องจากคุณสมบัติของพอลิเมทิลเมทาคริเลต [21] ที่มีความหนาแน่นสูง มันเงา แต่จัดเป็นวัสดุที่แข็งแรง มีความต้านทานแรงกระแทกและแรงดัดโค้งต่ำ ซึ่งสามารถสรุปคุณสมบัติทางกลของพอลิเมทิลเมทาคริเลตได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติทางกลของพอลิเมทิลเมทาคริเลต [21]

สมบัติเชิงกล	ข้อมูล
Young's Modulus	1,800 – 3,100 MPa
Shear Modulus	1,700 MPa
แรงอัด (Compressive Strength)	83 - 124 MPa
แรงดัดโค้ง (Bending Strength)	120 - 148 MPa
แรงกระแทก (Impact Strength)	0.16 - 0.27 J/cm ²

ในทางทันตกรรม ได้มีการนำพอลิเมทิลเมทาคริเลตมาประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากพอลิเมทิลเมทาคริเลต นอกจากจะมีความแข็งและความหนาแน่นต่ำแล้ว ยังสามารถเข้ากันได้กับอวัยวะในช่องปาก โดยไม่เกิดการระคายเคือง ดูดน้ำน้อย ไม่ละลายในน้ำหรือน้ำลาย ทนต่อแรงบดเคี้ยว ไม่แตกหักหรือเปลี่ยนรูปร่างง่าย ดังนั้นจึงนิยมนำมาใช้เป็นวัสดุทันตกรรม

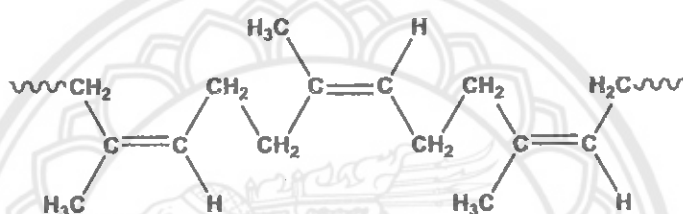
โครงสร้างทางเคมีของพอลิเมทิลเมทาคริเลตเป็นอนุพันธ์ของเอซีทีนและมีกลุ่มไวนิล (Vinly Group) อยู่ในโครงสร้างอนุกรมของพอลิเมทิลเมทาคริเลต ที่เกี่ยวข้องกับทางทันตกรรมมีอย่างน้อย 2 อนุกรม คืออนุกรมที่ได้จากกรดอะคริลิก ($\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$) กับอนุกรมจากกรดเมทาคริลิก ($\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$) สารประกอบของอนุกรมทั้งสองได้จากการพอลิเมอไรเซชันแบบรวมตัว (Addition Polymerization) เป็นปฏิกิริยาที่เติมอนุมูลอิสระ (Free radical) หรือไอออน (Ion) เข้าไปในโมเลกุล ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นและดำเนินต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ (Chain reaction) พอลิเมทิลเมทาคริเลตสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ทั้งในแบบอนุมูลอิสระและแบบไอออนลบ แต่จะไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ในแบบไอออนบวก เนื่องจากหมู่เอสเทอร์ที่เป็นหมู่แทนที่ในโมเลกุลมอนอเมอร์ จะมีลักษณะเป็นหมู่ที่ดึงอิเล็กตรอน (Electron Withdrawing Group) ซึ่งจะช่วยให้สารว่องไวปฏิกิริยาที่เป็นอนุมูลอิสระและไอออนลบ มีความเสถียร เกิดเป็นหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้ว ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างพันธะกับน้ำที่มีสภาพความมีขั้วเช่นเดียวกันได้จากมอนอเมอร์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของพอลิเมทิลเมทาคริเลต [22]

2.2.4 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR) [22]

ยางธรรมชาตินั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) โดยการกรีดลำต้นและนำเอาของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนมเรียกว่า น้ำยางสดหรือน้ำยางดิบ (Latex) ซึ่งประกอบไปด้วยพอลิเมอร์ของสารไอโซพรีนมาผ่านกระบวนการผลิตเพื่อให้เก็บไว้ได้นานและได้น้ำยางสดเข้มข้น น้ำยางสดที่ได้จะถูกนำมาแปรสภาพเป็น 2 ลักษณะ คือ ในรูปของน้ำยางข้นซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น กุญมือยาง อุปกรณ์ทางการแพทย์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และลูกโป่ง เป็นต้น และอีกลักษณะหนึ่ง คือ ในรูปของยางแห้ง ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางแท่ง และยางเครพ เป็นต้น โดยโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ ดังแสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของยางธรรมชาติ [22]

ยางธรรมชาติจะมีสมบัติที่ดีหลายประการดังแสดงในตารางที่ 2.2 ซึ่งมีความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) สูง ทนต่อการเสื่อมสภาพเมื่อได้รับความร้อน แสงและโอโซนในอากาศได้ในระดับปานกลาง มีสมบัติเชิงกลและสมบัติความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าความทนทานต่อแรงดึงในช่วง 13-20 MPa มีความทนทานต่อความร้อนใกล้เคียงกับยางสังเคราะห์ชนิดที่มีความอิมมัตสูง ไม่มีรอยแตกเกิดขึ้นบนพื้นผิวชิ้นงานหลังบ่มแรงด้วยโอโซนที่ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 168 ชั่วโมง ซึ่งมีสมบัติที่เหมาะสมกับการนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น โอริงจัดฟัน และยางนวดเหยือก เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ตารางสมบัติของยางธรรมชาติ [23]

สมบัติ	ข้อมูล	มาตรฐาน และสภาวะการทดสอบ
สมบัติเชิงกล		
ความแข็ง (Shore A)	36 - 65	ISO 48
ความทนทานต่อแรงดึง (MPa)	13.0 - 20.5	ISO 37; Die type 1
มอดูลัสที่ 100% การยืดตัว (MPa)	0.6 - 2.5	ISO 37; Die type 1
การยืดตัว ณ จุดขาด (%)	400 - 800	ISO 37; Die type 1
ความทนทานต่อการฉีกขาด (N/mm)	45 - 75	ISO 34; Method C
การเสียรูปถาวรหลังกด ณ อุณหภูมิห้อง (%)	8 - 12	ISO 815; 23±2 °C x 72 hrs.
การเสียรูปถาวรหลังกด ณ อุณหภูมิสูง (%)	30 - 50	ISO 815; 70±2 °C x 72 hrs.
ความทนทานต่อความร้อน		
การเปลี่ยนแปลงความแข็ง (Shore A)	+1 - +5	ISO 188; 70±2 °C x 72 hrs.
การเปลี่ยนแปลงความทนทานต่อแรงดึง (%)	-20 - 0	

2.2.5 วัสดุเชิงประกอบ [24]

วัสดุเชิงประกอบ (Composite) คือ วัสดุที่มีองค์ประกอบทางเคมีหรือโครงสร้างแตกต่างกันตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมกัน ซึ่งวัสดุที่ได้จะมีสมบัติของวัสดุเริ่มต้นรวมกัน โดยทั่วไปแล้ววัสดุเชิงประกอบจะประกอบด้วยวัสดุตัวหนึ่งที่ทำหน้าเป็นเนื้อหลักหรือเมทริกซ์ (Matrix) และวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นเฟสที่กระจายตัวอยู่ (Dispersed Phase) ในเมทริกซ์นั้นหรืออาจเรียกว่าเป็นเฟสเสริมแรง (Reinforced Phase) ตัวอย่างของวัสดุเชิงประกอบที่พบในธรรมชาติ เช่น ไม้ ซึ่งเป็นวัสดุเชิงประกอบระหว่างลิกนิน (Lignin) กับเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose fiber) หรือกระดูกซึ่งเป็นคอมโพสิตระหว่างแร่อะพาไทต์ (Apatite) กับโปรตีนคอลลาเจน (Collagen) เป็นต้น ในส่วนของวัสดุเชิง

ประกอบสังเคราะห์นั้น จะถูกเตรียมขึ้นมาเพื่อให้มีสมบัติที่ดี เหมาะกับการใช้งานเฉพาะทางโดยสมบัติของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุเริ่มต้น อัตราส่วนของวัสดุเริ่มต้นแต่ละชนิดและลักษณะของเฟสที่กระจายตัวอยู่ ส่งผลต่อสมบัติของวัสดุเชิงประกอบจะเห็นได้ว่าถึงแม้จะเป็นวัสดุเชิงประกอบที่เกิดจากเมทริกซ์และเฟสที่กระจายตัวอยู่ชนิดเดียวกัน แต่ถ้ามีความเข้มข้น (ปริมาณ) ขนาด รูปร่าง ลักษณะการกระจาย หรือการจัดเรียงตัวของเฟสที่กระจายตัวอยู่แตกต่างกันแล้ว วัสดุเชิงประกอบที่ได้จะมีสมบัติที่ไม่เหมือนกัน

วัสดุเชิงประกอบสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ วัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยอนุภาค (Particle-Reinforced Composite) วัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใย (Fibred-Reinforced Composite) และวัสดุเชิงประกอบโครงสร้าง (Structural Composite)

2.2.6 อลูมิเนียมออกไซด์ [25]

อลูมิเนียมออกไซด์มีสูตรทางเคมีคือ Al_2O_3 ในธรรมชาติจะพบในรูปของแร่คอร์ันดัม (Corundum) โดยปกติจะมีสีขาวหรือไม่มีสี จัดเป็นออกไซด์ที่มนุษย์ใช้ประโยชน์มาตั้งแต่ดึกดำบรรพ์ จนกระทั่งถึงปัจจุบัน อลูมิเนียมออกไซด์บริสุทธิ์มีความถ่วงจำเพาะ 3.4-4.0 จุดหลอมเหลว 2,030 องศาเซลเซียส ค่าความแข็ง (Mohs scale) เท่ากับ 9 อลูมิเนียมออกไซด์ในธรรมชาติจัดเป็นแร่ที่พบในรูปของคอร์ันดัม (Corundum: Al_2O_3) ไดออสปอร์ (Diaspore: $Al_2O_3 \cdot H_2O$) บ็อกไซต์ (Bauxite: $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) และ กิบบไซต์ (Gibbsite: $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) แต่หากมีสิ่งเจือปนในโครงสร้างของอลูมิเนียมออกไซด์เล็กน้อย จะทำให้เกิดสีต่างๆ ทำให้มีความสวยงามมากขึ้น กลายเป็นแร่ที่มีค่าเช่น สีแดงของทับทิมเกิดจากมีธาตุโครเมียมอยู่ในเนื้ออลูมิเนียมออกไซด์ เป็นต้น

โครงสร้างของอลูมิเนียมออกไซด์ประกอบด้วยพันธะระหว่างอะลูมิเนียมกับออกซิเจนที่มีความแข็งแรงมากจึงทำให้อลูมิเนียมออกไซด์มีความแข็งแรงมาก มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี สามารถทนความร้อน และการกัดกร่อนจากสารเคมีชนิดต่างๆ สูง ดังนั้นจึงมีการนำอลูมิเนียมออกไซด์ไปใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งอลูมิเนียมออกไซด์ในอุตสาหกรรมนั้นถูกผลิตขึ้นจากแร่บ็อกไซต์ โดยกระบวนการที่มีชื่อว่ากระบวนการ ของเบเยอร์เพื่อกำจัดสิ่งเจือปน และเปลี่ยนอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ให้เป็นอลูมิเนียมออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ที่ผลิตได้ส่วนนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตโลหะอลูมิเนียม ส่วนที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 10 นำไปใช้ในรูปของอลูมิเนียมออกไซด์โดยตรง

อลูมิเนียมออกไซด์เป็นที่นิยมในการนำไปใช้อุตสาหกรรมต่างๆ เนื่องจากอลูมิเนียมออกไซด์มีความแข็งสูง มีความหนาแน่นสูง มีความต้านทานต่อการขีดสีและการสึกกร่อนสูง ทนต่อสารเคมีเป็นฉนวนไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงได้ดีและไม่ละลายน้ำ ดังนั้นจึงมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เช่น เป็นวัสดุขัดถูในอุตสาหกรรมเครื่องขัดถู นำไปผลิตเป็นแผ่นรองวงจรไฟฟ้ารวม (IC) ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตหัวเทียนในอุตสาหกรรมยานยนต์ และ

นำไปเป็นวัสดุเสริมแรงในผลิตภัณฑ์เซรามิก เพื่อให้เกิดความแข็งแรง อีกทั้งยังนำมาผลิตเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์และอวัยวะเทียม เช่น ข้อต่อกระดูกเทียม อลูมิเนียมออกไซด์ในขนาดอนุภาคนาโนได้นิยมใช้งานกันมากทางการแพทย์ โดยมักใช้ในการเป็นวัสดุสำหรับกระดูกและฟัน โดยแต่เดิมมีการนำอลูมิเนียมออกไซด์ไปใช้กันในการเป็นวัสดุทดแทนกระดูกและฟันกันมาก แต่การใช้อลูมิเนียมในการเป็นวัสดุทดแทนกระดูกมักไม่ประสบความสำเร็จมากนัก ซึ่งสืบเนื่องมาจากการอักเสบและการหลวมของวัสดุที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของ วัสดุกับเนื้อเยื่อกระดูก ซึ่งเป็นปัญหาที่มาจากขนาดที่ใหญ่เกินไป ในระดับไมโครเมตรของวัสดุทดแทน กระดูกและการร้าวเชิงกลที่เกิดขึ้น โดยไม่านมานี้การลดพื้นที่ผิวของวัสดุทดแทนกระดูกจะทำให้แก้ปัญหาเหล่านี้ได้ จึงได้มีการนำอนุภาคนาโนอลูมิเนียมออกไซด์ไปใช้งานในส่วนนี้กันมากในทางการแพทย์และทางทันตกรรม

2.2.7 เส้นใยแก้ว [26]

เส้นใยแก้วเป็นวัสดุเสริมแรงที่ใช้มากที่สุดกับพลาสติกทั้งชนิดเทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติก เนื่องจากพลาสติกที่ได้จะมีความแข็งแรงสูง มีน้ำหนักเบา มีเสถียรภาพทางรูปร่างสูง มีความทนทานต่อการกัดกร่อน และสามารถขึ้นรูปได้หลากหลาย โดยการผลิตใยแก้วนั้น เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1893 โดย Edward Drummond Libbey ได้แสดงใยแก้วที่เขาคิดค้นในงานแสดง World Columbian Exposition เส้นใยแก้วที่นำมาแสดงนั้นมีลักษณะของเส้นใยคล้ายกับเส้นไหม แต่ก็ไม่ได้มีการคิดค้นต่อยอดหรือนำเส้นใยแก้วที่คิดค้นได้นั้นมาพัฒนาให้ใช้งานได้จริงจัง จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1937 มีการจัดตั้งบริษัทในประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อการผลิตเส้นใยแก้วออกสู่ตลาด

เส้นใยแก้วนั้นผลิตจากทรายซิลิกาและหินปูนผสมกับอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต และบอแรกซ์ โดยจะใช้ทรายและหินปูนเป็นหลัก โดยนำส่วนประกอบทั้งหมดไปหลอมละลายที่อุณหภูมิ 3,000 องศาฟาเรนไฮต์ จากนั้นนำไปอัดผ่าน Spinnerette แล้วปล่อยให้แข็งตัว และนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย ซึ่งจะได้เส้นใยแก้วที่มีความเหนียว และความคงรูปสูง ไม่ดูดความชื้น ย้อมสีติดยาก ไม่ยับ ไม่ไหม้ไฟ หลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,500 องศาฟาเรนไฮต์ มีการโค้งงอที่ดีแต่มีข้อเสียคือไม่ทนต่อการเสียดสี

2.2.8 เส้นใยแก้วแบบตัดสั้น (Chopped Strand) [26]

เส้นใยแก้วแบบตัดสั้น ได้มาจากการนำเส้นใยมาตัดให้เป็นเส้นสั้นๆ มีความยาวอยู่ในช่วง 3-50 มิลลิเมตร (1/8-2 นิ้ว) ดังแสดงในรูปที่ 2.6 โดยส่วนใหญ่แล้วเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นจะถูกนำมาใช้ในพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติก เช่น นำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เครื่องใช้สำนักงาน และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น



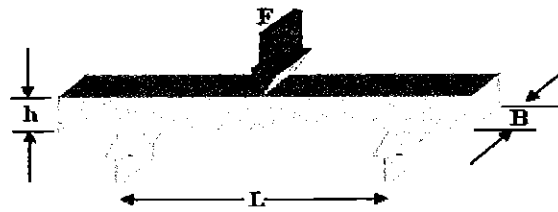
รูปที่ 2.6 เส้นใยแก้วแบบเส้นใยสั้น (Chopped Strand) [26]

2.3 การทดสอบสมบัติเชิงกล [27]

การทดสอบเชิงกลของวัสดุ เป็นสิ่งบอกรูคุณสมบัติของวัสดุเพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน โดยคุณสมบัติเชิงกลที่นิยมและถูกนำมาใช้ในการทดสอบพอลิเมอร์ ได้แก่ การทดสอบความแข็งแรง การทดสอบการต้านทานแรงดัดโค้ง การต้านทานแรงกระแทก เป็นต้น ทั้งนี้ค่าที่จะแสดงสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ ได้แก่ ความเค้น (Stress) คือ แรงต้านที่อยู่ภายในวัสดุที่มีความพยายามในการต้านทานต่อแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัสดุ โมดูลัสของความยืดหยุ่นหรือค่ามอดูลัสของยัง (Modulus of Elasticity or Young's Modulus) คือ ค่าที่บอกรูถึงความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงด้านความยาวหรือบอกรูความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์

2.3.1 การทดสอบการต้านแรงดัดโค้ง (Flexural Strength) [28]

การทดสอบแรงดัดโค้งเป็นอีกวิธีหนึ่งสำหรับการทดสอบแบบอัตราเร็วคงที่ ซึ่งนิยมใช้ในการทดสอบพลาสติก มักใช้เป็นวิธีประมาณค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุและเป็นค่าความเค้นที่ได้โดยทั่วไป การทดสอบนี้เหมาะสำหรับทดสอบพลาสติกที่มีลักษณะแข็งเปราะ การต้านทานแรงดัดโค้งทำได้โดยให้เกิดการงอตัวโดยใช้หัวกด (Indenter) ซึ่งกดลงตั้งฉากกับชิ้นงานทดสอบดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การทดสอบการดัดโค้งแบบ 3 จุด [28]

โดยทั่วไป การทดสอบการดัดโค้งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่การดัดโค้งแบบ 3 จุด (Three-Point Bending) และการทดสอบแบบ 4 จุด (Four-Pointed Bending)

การทดสอบแบบนี้เป็นการให้แรงกระทำที่จุดกึ่งกลางของชิ้นงานทดสอบและจุดรับรองรับในทิศทางตรงกันข้ามบริเวณปลายทั้งสองด้านที่มีระยะห่างจากจุดกึ่งกลางเท่ากัน เหมาะสำหรับการทดสอบพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ต่ำ หัวกดที่ใช้ให้แรงกระทำและชุดรองรับมีลักษณะเป็นใบมีดมน (Round Knife Edges) หรือเพลาลโลหะแข็ง รัศมีของหัวกดและชุดให้แรงกระทำต้องมีรัศมีอย่างต่ำ 3.2 มิลลิเมตรและมีรัศมีสูงสุดไม่เกิน 4 เท่าของความหนาชิ้นงานทดสอบสำหรับหัวกดและ 1.5 เท่าของความหนาชิ้นทดสอบสำหรับชุดรองรับ การที่ชุดกดและชุดรองรับต้องมีลักษณะเป็นผิวโค้งที่จุดสัมผัสดังกล่าวเพื่อเป็นการลดความเข้มของความเค้น (Stress Concentration) ที่อาจเกิดขึ้นบริเวณจุดสัมผัสดังกล่าว และอาจทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักบริเวณจุดสัมผัสนั้น นอกจากนี้ระยะห่างระหว่างจุดรองรับทั้งสอง สามารถกำหนดได้จากอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างจุดรองรับทั้งสองกับความหนาของชิ้นทดสอบโดยมีค่าได้ระหว่าง 16:1 ถึง 60:1

การทดสอบนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D790 (Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials) ดังนั้นการทดสอบในชิ้นทดสอบจะได้รับทั้งแรงเค้นดึง (Tensile Stress) และแรงกด (Compressive Stress) ซึ่งแรงเค้นจะเกิดขึ้นบนชิ้นส่วนทดสอบ ความเค้นที่มากที่สุดสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.1

$$\text{ค่าการต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural Strength)} = \frac{3FL}{2Bh^2} \quad (2.1)$$

และค่ามอดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ในการทำให้ชิ้นส่วนทดสอบการดัดโค้งสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.2

$$\text{ค่ามอดูลัสของแรงดัดโค้ง (Flexural Modulus)} = \frac{L^3 F}{4Wh^3 d} \quad (2.2)$$

เมื่อ

F = น้ำหนักที่ทำให้เกิดการแตกของพอลิเมอร์

L = ระยะห่างระหว่างตำแหน่งของวัสดุที่รองรับ

B = ความกว้างของชิ้นส่วนตัวอย่าง

h = ความหนาของชิ้นส่วนตัวอย่าง

d = ระยะที่ถูกดัด ณ จุดศูนย์กลางชิ้นงานทดสอบ

2.4 ทฤษฎีการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพและเชิงเคมี

2.4.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำสารละลาย

การดูดซึมน้ำสารละลาย คือการที่สารละลายถูกโมเลกุลของน้ำแทรกเข้ามาในเนื้อพินเทียม อาจเกิดจากมอนอเมอร์ที่เหลืออยู่จากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่มีสภาพเป็นขั้ว ทำให้น้ำซึมเข้ามาได้ โดยการเกิดปฏิกิริยานี้มีผลกระทบต่อสมบัติทางกลและทางเคมี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่าง และสีของวัสดุ

พินของมนุษย์ทั้งฟันแท้และฟันเทียมล้วนต้องเจอกับอาหารที่หลากหลาย ทั้งที่เป็นกรดเบส หรืออาหารที่มีส่วนผสมของสารเคมีบางอย่าง และเมื่อพินได้รับการสะสมของสารเหล่านี้มากขึ้นส่งผลให้ ซึ่ฟันเกิดการสึกกร่อน ส่วนมากเป็นการสึกกร่อนแบบกัดกร่อนด้วยสารเคมี เช่น การดื่มหรือรับประทานอาหารที่เปรี้ยวจัดหรือเป็นกรด เช่น โซดา มะนาว เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดการกัดกร่อนได้

แต่อย่างไรก็ตาม พอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ใช้ปรับปรุงซี่ฟันเทียมมีสมบัติทางกายภาพที่สามารถดูดซึมน้ำได้ ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 0.3-2 [29] ดังนั้นเมื่อนำพอลิเมทิลเมทาคริเลตมาใช้งานในซี่ฟันเทียมจึงทำให้เกิดความไม่เสถียรภาพทางรูปร่าง เมื่อเวลาผ่านไปน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปและมีสมบัติการใช้งานลดลง

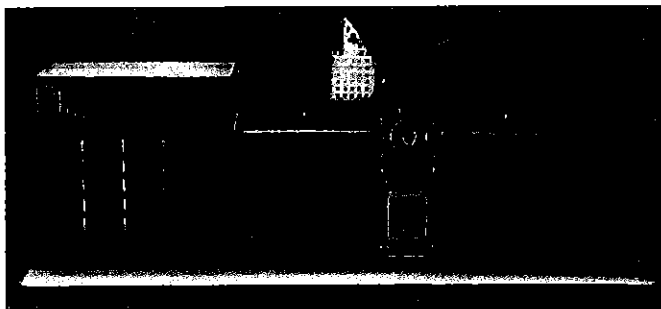
2.4.2 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงสี

เมื่อระยะเวลาของการใช้ฟันของคนเรานั้นมีระยะเวลาที่นานจึงทำให้ชั้นเคลือบผิวฟันนั้นถูกทำลายไปส่งผลให้ฟันเป็นสีเหลือง มีการสะสมของคราบหินปูนบริเวณคอฟันซึ่งนี้ส่งผลให้ฟันนั้นมีสีไม่ขาวสะอาด การแก้ปัญหาในการสะสมคราบหินปูนนั้นสามารถแก้ไขได้โดยการขัดหินปูน ซึ่งสาเหตุของการติดสีคราบฟันนั้นเกิดจากการรับประทานอาหาร สำหรับผู้ที่ชอบดื่มชา กาแฟ ไวน์ เครื่องดื่มหรืออาหารที่มีสีจัดจ้าน และสูบบุหรี่ โดยอายุที่เพิ่มมากขึ้นนั้นหมายถึงการใช้งานของฟันมันก็เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อเราใช้งานของฟันมาหลายๆ ปีก็จะส่งผลให้ฟันมีสีที่คล้ำลง

2.4.3 การทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน [30]

อ่างควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermal Cycling Machine) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของวัสดุในสภาพจำลองการใช้งานจริงในช่องปากที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นดังแสดงในรูปที่ 2.8 ก่อนนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านอื่นๆ ของวัสดุจะมีลักษณะเป็นอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเพื่อจำลองการใช้งานของวัสดุที่อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิในช่องปากที่มีช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง 100 องศาเซลเซียส ในเงื่อนไขที่อุณหภูมิห้องที่เครื่องติดตั้งอยู่มีค่าไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส ซึ่งประกอบด้วยอ่างน้ำร้อน 1 อ่าง อ่างน้ำเย็น 1 อ่าง และเครื่องสลับตำแหน่งชิ้นงานที่มีแกนตะกร้าใส่วัสดุในลักษณะตะขอแขวนที่สามารถรับน้ำหนักวัสดุในตะกร้าได้ถึง 1 กิโลกรัมสามารถเคลื่อนไปมาและขึ้นลงในอ่างน้ำ 2 อ่าง ด้วยอัตราเร็วคงที่และสามารถตั้งระยะเวลาตะกร้าลงแช่ในอ่างน้ำ (Dipping Time) และระยะเวลาที่ตะกร้าพ้นจากอ่างน้ำก่อนลงแช่ต่อไป (Standby Time) ได้ในช่วง 0 ถึง 9,999 วินาที ช่วงเวลาเร็วสุดของการเคลื่อนที่เมื่อครบรอบคือ 4 วินาที

การจำลองลักษณะการใช้งานของซีฟันเทียมและฐานฟันเทียม ในช่องปากของคนเรามีการใช้งานที่หลากหลาย กล่าวคือการรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีอุณหภูมิที่ต่างกันนั้น มีผลกระทบอย่างมากต่อซีฟันเทียมและฐานฟันเทียม ดังนั้นจึงมีทดสอบด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermal Cycling Machine) โดยมีหลักการคือ เป็นเครื่องมือที่จัดสร้างเพื่อใช้จำลองการเปลี่ยนแปลงสภาวะอุณหภูมิร้อนเย็นภายในช่องปาก เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านต่างๆ ของทันตวัสดุหรือฟัน โดยการให้วัสดุแช่ในน้ำหรือสารละลายที่มีอุณหภูมิต่ำสลับกับการแช่ในน้ำหรือสารละลายที่มีอุณหภูมิสูงตามจำนวนรอบที่กำหนด



รูปที่ 2.8 เครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermal Cycling Machine) [30]



บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติเชิงกลและเชิงเคมีของวัสดุฐานฟันเทียมและวัสดุซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต โดยศึกษาความสามารถในการต้านทานแรงตัดโค้งของวัสดุฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ปรับปรุงด้วยยางธรรมชาติและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น ในปริมาณเส้นใยร้อยละ 1 และ 4 %wt/v ในอัตราส่วนยางธรรมชาติต่อพอลิเมทิลเมทาคริเลต เท่ากับ 0.5 ต่อ 99.5 1 ต่อ 99 และ 2.5 ต่อ 97.5 ทั้งในสภาวะปกติและสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการเติมอลูมิเนียมออกไซด์ในวัสดุซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต โดยมีปริมาณของอลูมิเนียมออกไซด์ซึ่งเป็นวัสดุเสริมแรงร้อยละ 1 2.5 และ 5 %wt/v ที่ผ่านการทดสอบความต้านทานแรงตัดโค้งทั้งในสภาวะปกติและสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน รวมถึงการทดสอบความสามารถในการดูดซึมและการติดสีของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต

3.1 การเตรียมชิ้นงานฐานฟันเทียม

3.1.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1.1 ผงพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน ยี่ห้อ SR Triplex Hot ผลิตโดยบริษัท Ivoclar Vivadent Inc., 175 Pineview Drive, Amherst, NY 14228, USA

3.1.1.2 เมทิลเมทาคริเลต ยี่ห้อ SR Triplex Hot ผลิตโดยบริษัท Ivoclar Vivadent Inc., 175 Pineview Drive, Amherst, NY 14228, USA

3.1.1.3 ยางธรรมชาติแบบผง ขนาด 80 Mesh (177 ไมโครเมตร)

3.1.1.4 เส้นใยแก้วแบบตัดสั้น (ความยาวเฉลี่ย 6.28 มิลลิเมตร)

3.1.1.5 ปูนปลาสเตอร์ ยี่ห้อ ช้างคู่ ผลิตโดย บริษัท ช้างคู่ จำกัด

3.1.1.6 ซิ่ผึ้งทันตกรรม

3.1.1.7 วาสลิน

3.1.1.8 กาวแยก

3.1.1.9 ไขว้สำหรับทาเครื่องขัดเงา

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.2.1 ถุงมือ

3.1.2.2 กรรไกร

3.2.2.3 เครื่องชั่ง

3.2.2.4 กระจกตวง

3.1.2.5 มีดตัดซีฟิ่งทันตกรรม

3.1.2.6 ถ้วยผสมปูนปลาสเตอร์

3.1.2.7 เครื่องต้มไล่ซีฟิ่งทางทันตกรรม

3.2.2.8 เครื่องขัดผิววัสดุ

3.1.2.9 เครื่องเขย่าปูนปลาสเตอร์

3.1.2.10 เครื่องอัดไฮดรอลิก

3.1.2.11 เครื่องบ่มอะคริลิกด้วยความร้อน

3.1.2.12 ฟลากลโหละสำหรับทำเบ้าหล่อแบบขึ้นงาน

3.1.3 วิธีการเตรียมขึ้นงานทดสอบ

3.1.3.1 เตรียมเบ้าหล่อแบบ

ก. เตรียมขึ้นงานทดสอบ โดยใช้ซีฟิ่งทางทันตกรรมที่มีขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาตามขนาดขึ้นงานทดสอบเป็นแบบในการทำการหล่อแบบ (ขนาดเท่ากับ ASTM ของการทดสอบแต่ละประเภท) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ก.

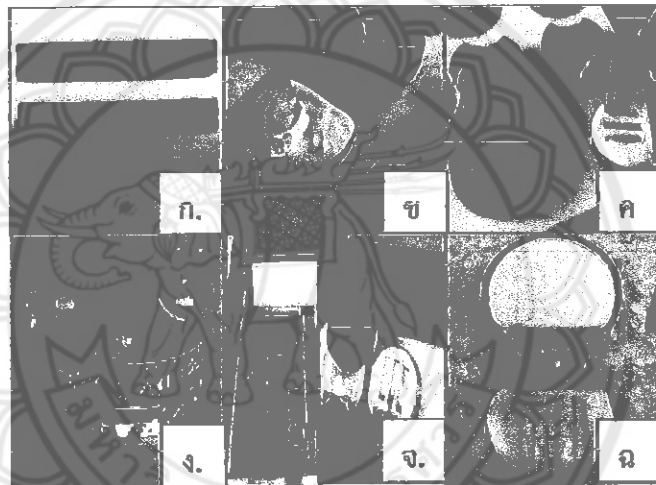
ข. ทาวาสตินบนเบ้าหล่อแบบล่างและบน

ค. ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำใส่ลงในเบ้าหล่อที่ทำด้วยวาสตินแบบล่าง จากนั้นวางซีฟิ่งทางทันตกรรมให้ฝังลงไปเสมอกับผิวปูนปลาสเตอร์และขอบเบ้าหล่อแบบล่าง รอจนปูนปลาสเตอร์แข็งตัวแล้วทาวาสตินอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ข. และ 3.1 ค.

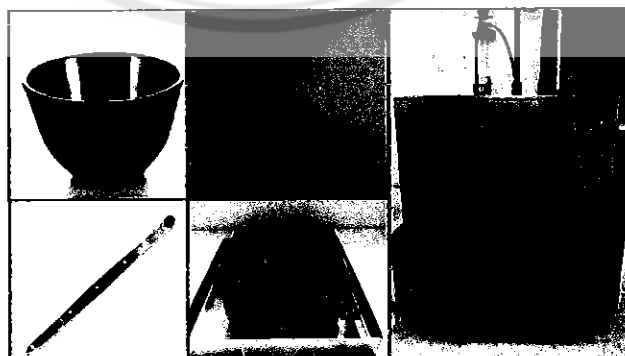
ง. วางเข้าหล่อแบบบนลงไป พร้อมกับผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำตามลงไปปิดฝา รอกวนปูนปลาสเตอร์แข็งตัวดังแสดงในรูปที่ 3.1 ง.

จ. นำเข้าหล่อแบบไปต้มในหม้อต้มเพื่อไล่ซี้ผึ้งทางทันตกรรมออก ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำเข้าหล่อแบบบนและล่างแยกออกจากกันเพื่อเอาซี้ผึ้ง ออกและล้างทำความสะอาดด้วยน้ำร้อนอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 จ.

ฉ. รอกวนเข้าหล่อแบบเย็น ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ฉ. แล้วทากาวแยกลงไปเพื่อเตรียม ขึ้นรูปชิ้นงานต่อไป



รูปที่ 3.1 วิธีการเตรียมเข้าหล่อแบบของฐานฟันเทียม



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมเข้าหล่อแบบ

3.1.3.2 วิธีการเตรียมชิ้นทดสอบ

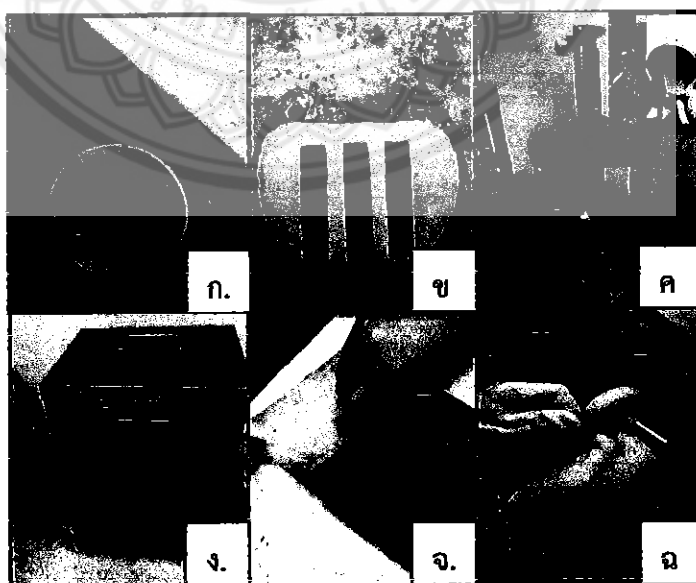
ก. ผสมพอลิเอทิลเมทาคริเลตร่วมกับผงยางธรรมชาติ (อัตราส่วนเท่ากับ 99.5 : 0.5 99 : 1 และ 97.5 : 2.5) และเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นร้อยละ 1 และ 4 โดยน้ำหนัก ที่ใช้เป็นตัวเสริมแรงต่อเมทิลเมทาคริเลตในอัตราส่วน 1:1 (17.28 กรัม ต่อ 17 มิลลิลิตร) ผสมให้เข้ากัน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ก. จากนั้นนำไปนวดในถุงพลาสติกจนนิ่ม ทิ้งไว้สักครู่

ข. นำพอลิเมทิลเมทาคริเลตวางลงในเข้าหล่อแบบที่เตรียมไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ข. เพื่อขึ้นรูปตามขนาดของชิ้นงานทดสอบ

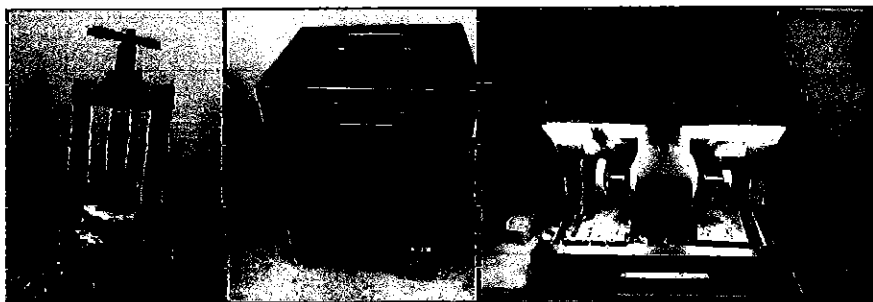
ค. นำเข้าหล่อที่วางพอลิเมทิลเมทาคริเลตแล้วไปอัดด้วยเครื่องอัดแบบไฮโดรลิกด้วยความดัน 100 บาร์ ดังรูปที่ 3.3 ค.

ง. นำไปบ่มในเครื่องบ่มความร้อน ดังรูปที่ 3.3 ง. ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

จ. นำชิ้นทดสอบที่บ่มเสร็จแล้วออกจากเข้าหล่อแบบไปขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 800 1000 ตามลำดับ เพื่อเก็บรายละเอียดตามขนาดชิ้นงานก่อนนำไปขัดด้วยเครื่องขัดละเอียดและขัดเงาจนได้ขนาดตามมาตรฐาน ASTM ของแต่ละการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.3 จ. และ ฉ.



รูปที่ 3.3 วิธีการเตรียมชิ้นงานทดสอบ (ฐานพื้นเทียม)



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงานทดสอบ

3.2 การเตรียมชิ้นงานซีฟันเทียม

3.2.1 วัสดุและสารเคมี

3.2.1.1 ผงพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อ MAJOR DENT เจดสี 4F (อิตาลี) ผลิตโดยบริษัท MAJOR C&B DENTINE

3.2.1.2 เมทิลเมทาคริเลต ยี่ห้อ MAJOR DENT ผลิตโดยบริษัท MAJOR C&B DENTINE

3.2.1.3 อลูมิเนียมไดออกไซด์ ขนาด 40 ไมโครเมตร

3.2.1.4 ปูนพลาสติก ยี่ห้อ ซ้างคู้ ผลิตโดย บริษัท ซ้างคู้ จำกัด

3.2.1.5 ซีเมนต์ทางทันตกรรม

3.2.1.6 วาสลิน

3.2.1.7 กาวแยก

3.2.1.8 ไขว้สำหรับทาเครื่องขัดเงา

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.2.1 ถุงมือ

3.2.2.2 กรรไกร

3.2.2.3 เครื่องขัด

3.2.2.4 กระจกบอทวง

3.2.2.5 มีดตัดซีเมนต์ทันตกรรม

3.2.2.6 ถ้วยผสมปูนปลาสเตอร์

3.2.2.7 เครื่องต้มไล่ซี้ผึ้งทางทันตกรรม

3.2.2.8 เครื่องขัดผิววัสดุ

3.2.2.9 เครื่องเขย่าปูนปลาสเตอร์

3.2.2.10 เครื่องอัดไฮดรอลิก

3.2.2.11 เครื่องบ่มอะคริลิกด้วยความร้อน

3.2.2.12 ฟลาสก์โลหะสำหรับทำเข้าหล่อแบบขึ้นงาน

3.2.3 วิธีการเตรียมขึ้นงานทดสอบ

3.2.3.1 เตรียมเข้าหล่อแบบ

ก. เตรียมขึ้นทดสอบ โดยใช้ซี้ผึ้งทางทันตกรรมที่มีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงตามขนาดขึ้นงานทดสอบเป็นแบบในการทำการหล่อแบบ (ขนาดเท่ากับ ASTM ของการทดสอบแต่ละประเภท) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ก.

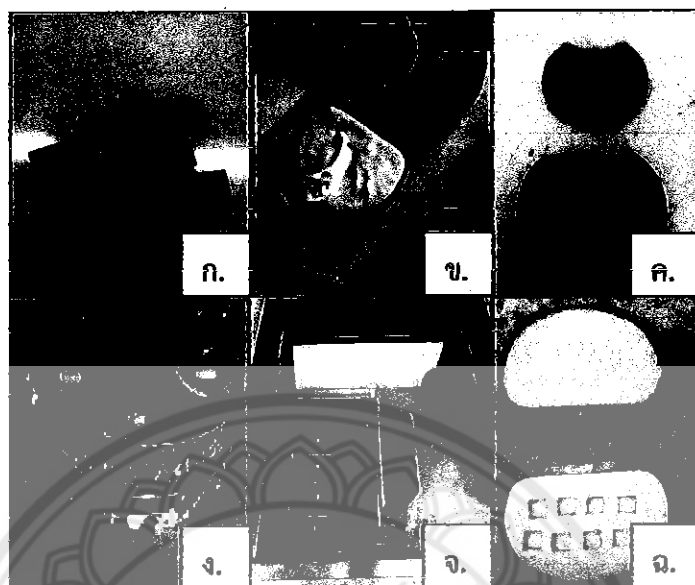
ข. ทาวาสลีนบนเข้าหล่อแบบล่างและบน

ค. ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำใส่ลงในเข้าหล่อที่ทำด้วยวาสลีนแบบล่างจากนั้นวางซี้ผึ้งทางทันตกรรมให้ฝังลงไปเสมอกับผิวปูนปลาสเตอร์และขอบเข้าหล่อแบบล่าง รोजนปูนปลาสเตอร์แข็งตัวแล้วทาวาสลีนอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ข. และ ค.

ง. วางเข้าหล่อแบบบนลงไป พร้อมกับผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำตามลงไปปิดฝา รोजนปูนปลาสเตอร์แข็งตัว ดังแสดงในรูป 3.5 ง.

จ. นำเข้าหล่อแบบไปต้มในหม้อต้มเพื่อไล่ซี้ผึ้งทางทันตกรรมออก ดังแสดงในรูปที่ 3.5 จ. ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำเข้าหล่อแบบบนและล่างแยกออกจากกันเพื่อเอาซี้ผึ้งออกและล้างทำความสะอาดด้วยน้ำร้อนอีกครั้ง

ฉ. รोजนเข้าหล่อแบบเย็น ดังรูปที่ 3.5 ฉ. แล้วทากาวแยกลงไปเพื่อเตรียมขึ้นรูปขึ้นงานต่อไป



รูปที่ 3.5 วิธีการเตรียมเข้าหล่อแบบของซีฟันเทียม

3.2.3.2 วิธีการเตรียมขึ้นทดสอบ

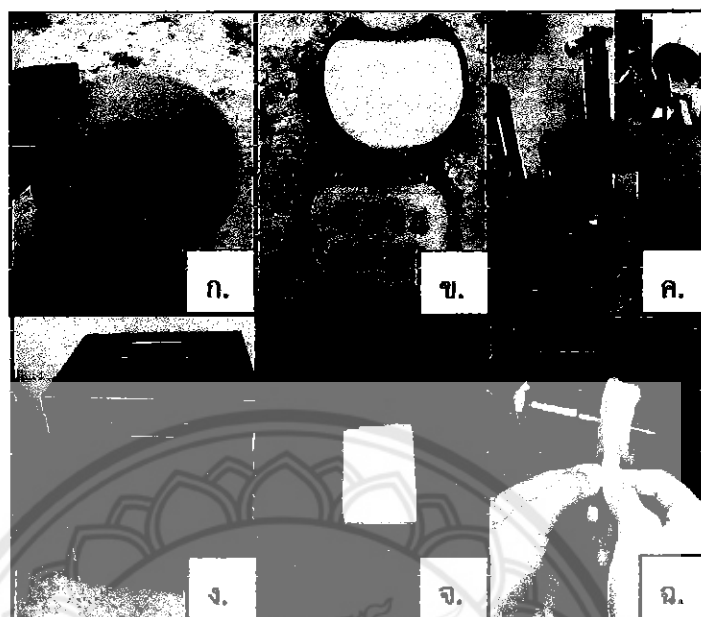
ก. ผสมพอลิเทิลเมทาคริเลตร่วมกับบอคูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 1 2.5 และ 5 โดยน้ำหนักต่อเมทิลเมทาคริเลตในอัตราส่วน 2:1 (11.52 กรัม ต่อ 5 มิลลิลิตร) ผสมให้เข้ากัน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ก. จากนั้นนำไปนวดในถุงพลาสติกจนนิ่ม ทั้งไว้สักครู่

ข. นำพอลิเมทิลเมทาคริเลตวางลงในเข้าหล่อแบบที่เตรียมไว้ ดังรูปที่ 3.6 ข. เพื่อขึ้นรูปตามขนาดของชิ้นงานทดสอบ

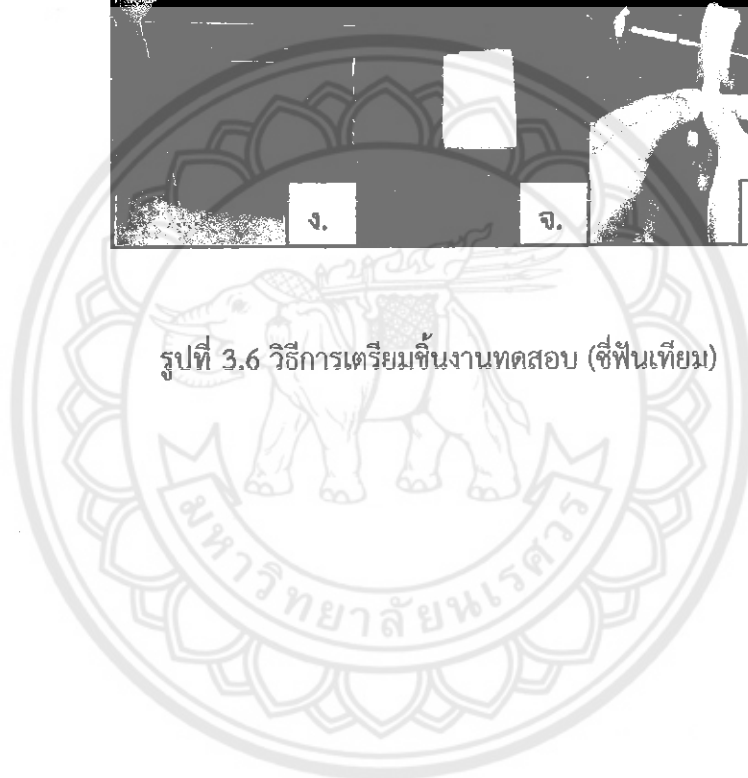
ค. นำเข้าหล่อที่วางพอลิเมทิลเมทาคริเลตแล้วไปอัดด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกด้วยความดัน 100 บาร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ค.

ง. นำไปป้อนด้วยเครื่องป้อนความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ง. ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

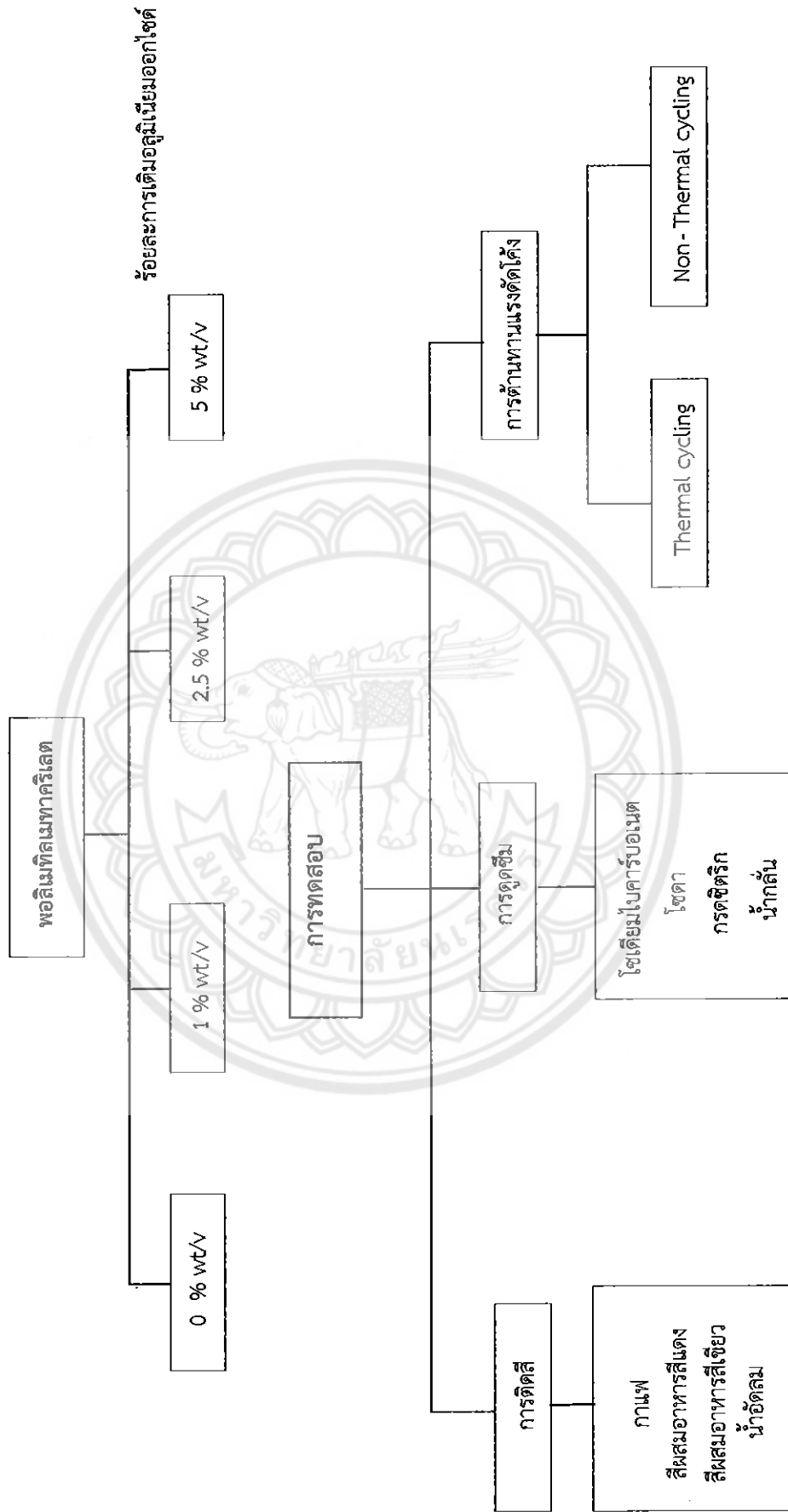
จ. นำชิ้นทดสอบที่ป้อนเสร็จแล้วออกจากเข้าหล่อแบบไปขัดด้วยกระดาษทรายเพื่อเก็บรายละเอียดของขนาดชิ้นงานก่อนนำไปขัดด้วยเครื่องขัดละเอียดและขัดเงาจนได้ขนาดตามมาตรฐาน ASTM ของแต่ละการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 จ. และ ฉ.



รูปที่ 3.6 วิธีการเตรียมชิ้นงานทดสอบ (ซีฟันเทียม)



แผนผังการเติมวัสดุเสริมแรงในซีเมนต์



รูปที่ 3.8 แผนผังการเติมวัสดุเสริมแรงในซีเมนต์

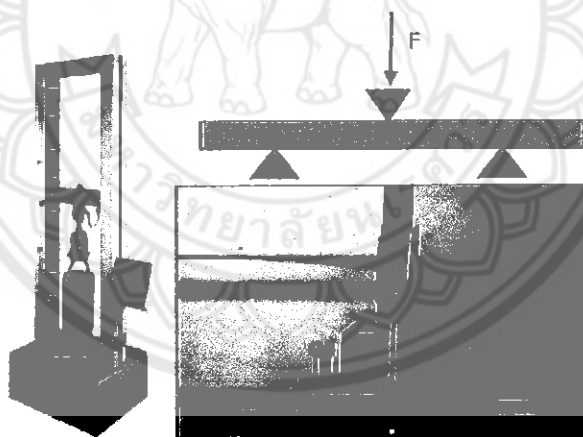
3.3 การทดสอบสมบัติต่างๆ ของฐานพื้นเทียม

3.3.1 การทดสอบสมบัติเชิงกลของฐานพื้นเทียม

3.3.1.1 การทดสอบการต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural Strength Tester)

การต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural Strength) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุเมื่อได้รับแรงกดที่กำหนด (5 kN) จนได้ผลตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ASTM D790 (Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials) ซึ่งจะทำการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine รุ่น Lloyd, LR 10K Plus) ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ซึ่งจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบจัดกลุ่มละ 3 ตัวอย่าง

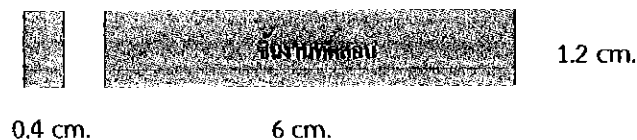
ก. เครื่องมือทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง



รูปที่ 3.9 เครื่องมือทดสอบการต้านทานแรงดัดโค้ง [26]

ข. ขนาดของชิ้นงานทดสอบ

ชิ้นส่วนทดสอบรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 1.2 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตรและหนา 0.4 เซนติเมตร ให้มีขนาดตามมาตรฐาน ASTM D790 ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขนาดชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D790

3.3.2 การทดสอบสมบัติของซีฟันเทียม

3.3.2.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

การสีกร่อนเป็นการทดสอบความเสียหายและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุซีฟันเทียม เมื่อสัมผัสกับกรดและเบสต่างๆ ในการทดสอบนี้จะทำการแช่วัสดุซีฟันเทียมในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) กรดซิตริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซดาเป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งจำนวนวัสดุซีฟันเทียมที่ใช้ในการทดสอบกลุ่มละ 3 ตัวอย่าง

ก. ขนาดของชิ้นงานทดสอบ

ชิ้นส่วนทดสอบรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 1.2 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตรหนา 0.4 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ขนาดชิ้นงานทดสอบการดูดซึมน้ำ

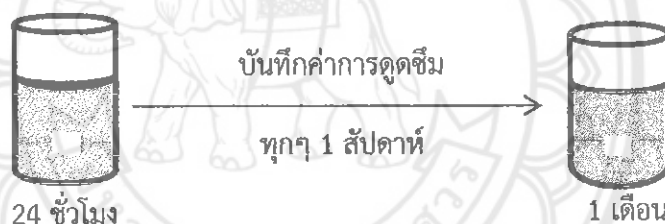
ข. วิธีการเตรียมสารละลายในการทดสอบ

1.) การเตรียมสารละลายกรดซิตริก : เตรียมกรดซิตริกปริมาณ 0.1 กรัมละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง คนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

2.) การเตรียมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต : เตรียมโซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณ 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิห้อง คนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ค. วิธีทดสอบการดูดซึมของวัสดุซีฟันทึ่ม

ทำการทดสอบโดยแช่ชิ้นงานทดสอบในกรดซิตริกเข้มข้น 0.1%wt/v โซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.5 %wt/v และโซดา ที่มีการแช่น้ำกลั่นเป็นตัวควบคุมโดยทำการชั่งน้ำหนักและสังเกตการเปลี่ยนแปลงหลังจากการแช่ 24 ชั่วโมง 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงการทดสอบการดูดซึมของซีฟันทึ่ม

3.3.2.2 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงสี

การติดสีเป็นการทดสอบการเกิดคราบสีบนเนื้อฟัน เพื่อศึกษาระยะการใช้งานของวัสดุเมื่อสัมผัสกับอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีสี โดยทำการทดสอบนี้จะทดสอบโดยแช่ในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) สีผสมอาหารสีแดง สีผสมอาหารสีเขียว น้ำอัดลม และกาแฟเป็นเวลา 2 เดือน ซึ่งจำนวนวัสดุซีฟันทึ่มที่ใช้ในการทดสอบกลุ่มละ 3 ตัวอย่าง

ก. ขนาดของชิ้นงานทดสอบ

ชิ้นส่วนทดสอบรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าหนา 0.4 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร กว้าง 1.2 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ขนาดชิ้นงานทดสอบการเปลี่ยนแปลงสี

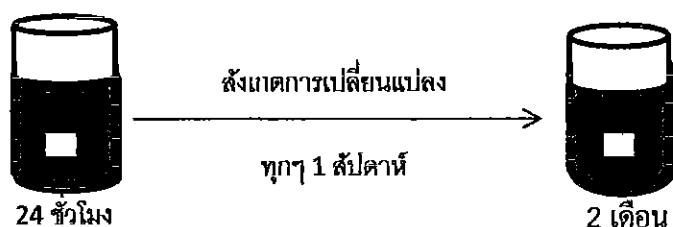
ข. วิธีการเตรียมสารละลายในการทดสอบ

1.) การเตรียมสารละลายสีผสมอาหาร: เตรียมสีผสมอาหารปริมาณ 0.39 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง คนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำชิ้นงานซีฟันทึบลงแช่ แล้วบันทึกผล

2.) การเตรียมสารละลายกาแฟ: เตรียมกาแฟปริมาณ 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง คนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำชิ้นงานซีฟันทึบลงแช่ แล้วบันทึกผล

ค. วิธีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงสี

ทำการทดสอบโดยแช่ชิ้นงานทดสอบในสารละลายที่เตรียมไว้ ดังรูปที่ 3.14 แล้วทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Uv-vis Spectrophotometer) (รูปที่ 3.15) พร้อมทั้งสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันทึบหลังแช่ ภายใน 24 ชั่วโมง และทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน



รูปที่ 3.14 แสดงการทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของฟีน



รูปที่ 3.15 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Uv-vis Spectrophotometer)

3.3.3 การทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน (Thermal cycling)

3.3.3.1 เครื่องมือทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน

ในการทดสอบชิ้นงานซีพียูเทียมและฐานฟีนเทียมแบบที่ผ่านสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน จะใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะซึ่งได้รับการอนุเคราะห์การใช้เครื่องจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดังแสดงในรูปที่ 3.16 เพื่อจำลองสภาวะการนำไปใช้งานจริงในช่องปาก จากนั้นนำชิ้นงานดังกล่าวไปทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยการทดสอบความต้านทานแรงดัดโค้ง



รูปที่ 3.16 เครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ

3.3.3.2 ขั้นตอนการจำลองสภาวะการนำไปใช้งานจริง

ก. ใส่ น้ำที่ 5 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่าแต่ต้องต่ำกว่าอุณหภูมิปกติของช่องปาก เพื่อการจำลองการใช้งานของชิ้นงานซีฟันเทียมในอ่างที่ 1 โดยปริมาตรของอ่างมีความจุ 4 ลิตร ขนาด กว้าง × ยาว × สูง ภายใน เท่ากับ $30 \times 30 \times 20$ เซนติเมตร

ข. ใส่ น้ำที่ 55 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าแต่ต้องสูงกว่าอุณหภูมิปกติของช่องปาก เพื่อการจำลองการใช้งานของชิ้นงานซีฟันเทียมปากในอ่างที่ 2 โดยปริมาตรของอ่างมีความจุ 4 ลิตร ขนาด กว้าง × ยาว × สูง ภายใน เท่ากับ $30 \times 30 \times 20$ เซนติเมตร
(เครื่องทดสอบจะปรับอุณหภูมิด้วยระบบดิจิทัล เป็นตัวเลขที่ละเอียดครั้งละ 1 องศาเซลเซียส)

ค. ตั้งค่ารอบสลับในการแช่ชิ้นงานซีฟันเทียมระหว่างอ่างที่ 1 ไปอ่างที่ 2 โดยใช้ที่ 500 รอบ พัก 10 วินาที (ระยะเวลาในการเคลื่อนที่จากอ่างที่ 1 ไปอ่างที่ 2 เป็นเวลา 4 วินาที)

ง. เมื่อเครื่องทำงานครบรอบที่กำหนดแล้วนำชิ้นงานที่ได้ไปทดสอบความต้านทานแรงดัดโค้งเพื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานซีฟันเทียมที่ไม่ได้ผ่านสภาวะจำลอง

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ประเด็นคือการศึกษาผลของการปรับปรุงฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตด้วยการเติมผงยางธรรมชาติขนาด 177 ไมโครเมตรในสัดส่วนต่างๆ และเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นขนาดความยาวเฉลี่ย 6.28 มิลลิเมตรและศึกษาผลของการปรับปรุงสมบัติของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 40 ไมโครเมตรทางผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ผลออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาปริมาณของยางธรรมชาติที่เหมาะสมในการปรับปรุงฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต

ตอนที่ 2 ศึกษาผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง





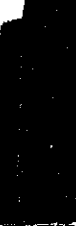
ตอนที่ 3 ศึกษาผลการทดสอบการดูดซึมของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต

ตอนที่ 4 ศึกษาผลการทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน

ตอนที่ 5 ศึกษาผลการทดสอบการติดสีของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต

4.1 ผลการศึกษาปริมาณของยางธรรมชาติที่เหมาะสมในการปรับปรุงฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต

การศึกษารายละเอียดของยางธรรมชาติที่เหมาะสมในการปรับปรุงฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในปริมาณร้อยละของพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติเท่ากับ 99.5 : 0.5 99 : 1 97.5 : 2.5 และ 95 : 5 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาปริมาณของยางธรรมชาติที่เติมในฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ดังแสดงในรูปที่ 4.1

				
PMMA	PMMA : NR (99.5 : 0.5)	PMMA : NR (99 : 1)	PMMA : NR (97.5 : 2.5)	PMMA : NR (95 : 5)

รูปที่ 4.1 แสดงฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA) ที่ผสมด้วยยางธรรมชาติ (NR) ในสัดส่วนต่างๆ

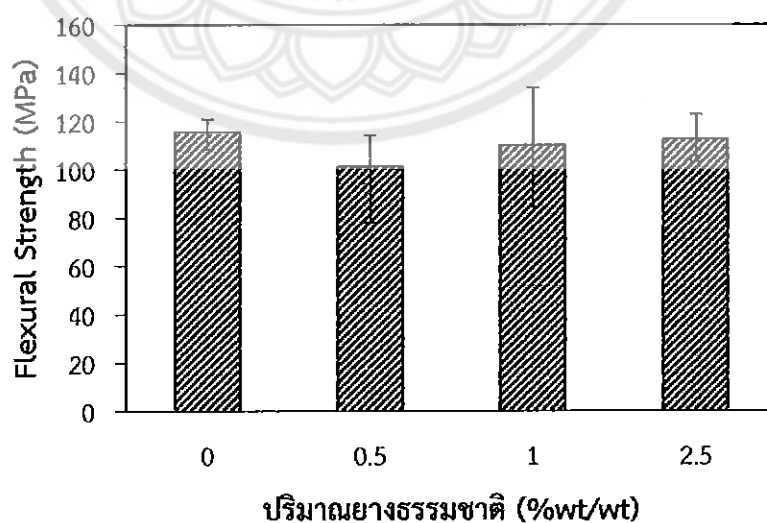
จากรูปที่ 4.1 แสดงฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA) ที่ผสมด้วยยางธรรมชาติ (NR) ในสัดส่วนต่างๆ จะพบว่าสามารถผสมยางธรรมชาติในฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตได้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก เนื่องจากหากเติมยางธรรมชาติในสัดส่วนที่มากกว่าค่าดังกล่าวนี้ จะทำให้ลักษณะทางกายภาพของฐานพื้นเทียมเปลี่ยนแปลงไป หากสังเกตจากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าฐานพื้นเทียมในสัดส่วนของพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติเท่ากับ 95 : 5 จะมีสีที่แตกต่างจากสัดส่วนอื่นๆ และมีสีที่คล้ำลงจากฐานพื้นเทียมโดยทั่วไป ทั้งนี้ยางธรรมชาติที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นยางธรรมชาติชนิดผงที่ผ่านการพอลิเมอไรเซชันก่อนนำมาใช้งาน ซึ่งอาจทำให้พอลิเมอร์ทั้งสองชนิดเข้ากันได้น้อยและเมื่อเติมลงไปปริมาณที่มากขึ้นจะสามารถสังเกตเห็นเม็ดของผงยางได้ชัดเจนเนื่องจากผงยางที่ใช้มีขนาดอนุภาคค่อนข้างใหญ่ (80 mesh) จึงทำให้ฐานพื้นเทียมที่มีปริมาณยางธรรมชาติสูง อาจมีการแบ่งเฟสกันระหว่างพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับยางธรรมชาติหรือไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous mixture) และเมื่อมีแรงกระทำจะทำให้ชิ้นงานเสียรูป ดังนั้นจึงไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้งาน แต่หากสังเกตที่ปริมาณการเติมยางธรรมชาติต่ำ จะเห็นว่าพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับยางธรรมชาติสามารถเข้ากันได้ดีและเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous substance) โดยไม่ทำให้สีของฐานพื้นเทียมเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้สัดส่วนร้อยละของพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติที่ 99.5 : 0.5 99 : 1 และ 97.5 : 2.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งสาเหตุที่นำยางธรรมชาติมาปรับปรุงสมบัติของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต คือต้องการปรับปรุงเรื่องค่าความยืดหยุ่นของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเพื่อลดความแข็งเปราะ ดังนั้นสัดส่วนของยางธรรมชาติที่ผสมลงไปต้องไม่ทำให้ลักษณะทางกายภาพและสีของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตแตกต่างจากฐานพื้นเทียมทั่วไป

4.2 ผลการศึกษาผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง

การศึกษาเรื่องสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญในการปรับปรุงสมบัติของวัสดุฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งสมบัติค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งในหัวข้อนี้ทางผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเด็น คือการศึกษาและเปรียบเทียบค่าความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เติมยางธรรมชาติในสัดส่วนต่างๆ การศึกษาและเปรียบเทียบค่าความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เติมยางธรรมชาติและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นและการศึกษาเปรียบเทียบค่าความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอนุภาคนีลอมอนอกไซด์ในปริมาณต่างๆ ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังหัวข้อ 4.2.1-4.2.3 ดังนี้

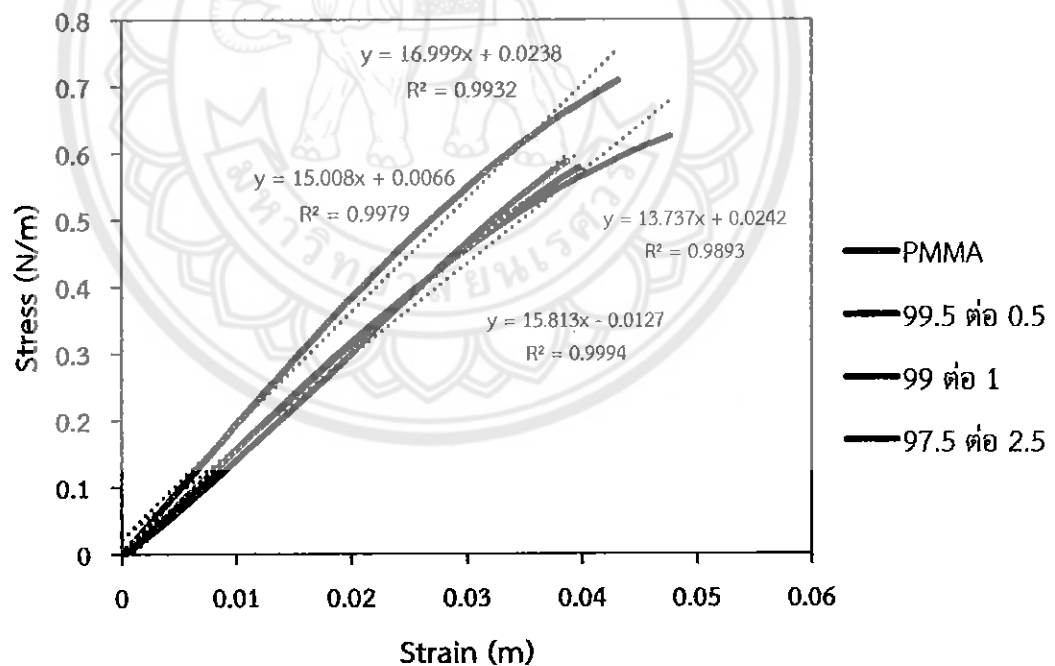
4.2.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เติมยางธรรมชาติในสัดส่วนต่างๆ

ในหัวข้อนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงดัดโค้งกับปริมาณการเติมยางธรรมชาติในฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตในสัดส่วนร้อยละของพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่ออย่างธรรมชาติเท่ากับ 99.5 : 0.5 99 : 1 และ 97.5 : 2.5 และทำการทดสอบค่าการต้านทานแรงดัดโค้งโดยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine) รุ่น Lloyd, LR 10K Plus ซึ่งจะได้ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงปริมาณยางธรรมชาติที่เติมในฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural Strength)

จากรูปที่ 4.2 แสดงปริมาณยางธรรมชาติที่ผสมในฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้ง พบว่าฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่มีการเติมยางธรรมชาติมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยลดลง โดยฐานพื้นเทียมที่ไม่เติมยางธรรมชาติมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยเท่ากับ 115.54 MPa และฐานพื้นเทียมที่เติมยางธรรมชาติในสัดส่วนร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 101.39 MPa แต่เมื่อเพิ่มปริมาณยางธรรมชาติเป็นร้อยละ 1 และ 2.5 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 110.12 และ 112.55 MPa ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับฐานพื้นเทียมที่ไม่เติมยางธรรมชาติ หากพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลค่าการต้านทานแรงดัดโค้ง จะเห็นว่าค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมที่เติมและไม่เติมยางธรรมชาติมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเติมยางธรรมชาติไม่ส่งผลต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้งแต่อาจส่งผลต่อสมบัติทางกลอื่นๆ ของฐานพื้นเทียม เช่น ความยืดหยุ่น ความเหนียวและระยะยืดก่อนการแตกหัก เป็นต้น ทั้งนี้สามารถอธิบายได้จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) ของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต

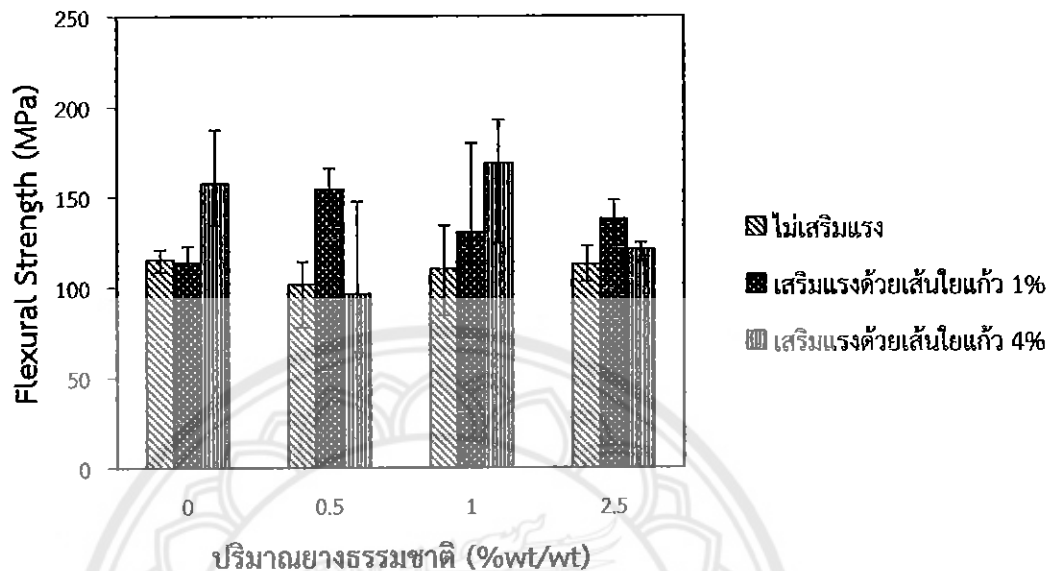
จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าฐานฟันเทียมที่ไม่เติมยางธรรมชาติจะมีค่าความชันของกราฟแสดงสัดส่วนระหว่างความเค้นและความเครียด (ค่ามอดูลัสของยัง) สูงกว่าฐานฟันเทียมที่เติมยางธรรมชาติ ทั้งนี้วัสดุที่มีค่ามอดูลัสของยังสูงคือ วัสดุที่มีความแข็งแรงสูงแต่มีความยืดหยุ่นต่ำ ซึ่งฐานฟันเทียมที่ไม่เติมยางธรรมชาติจะมีความยืดหยุ่นต่ำกว่าฐานฟันเทียมที่เติมยางธรรมชาติ เนื่องด้วยสมบัติเด่นของยางธรรมชาติที่มีความเหนียวและความยืดหยุ่นสูงกว่าพอลิเมทิลเมทาคริเลต เมื่อนำมาเติมในฐานฟันเทียมจะทำให้ฐานฟันเทียมมีความยืดหยุ่นได้มากกว่าฐานฟันเทียมที่ไม่เติมยางธรรมชาติ

หากพิจารณาฐานฟันเทียมเมื่อได้รับแรงกระทำที่เท่ากัน จะเห็นว่าฐานฟันเทียมที่ไม่เติมยางธรรมชาติมีระยะยืดก่อนการแตกหักน้อยกว่าฐานฟันเทียมที่เติมยางธรรมชาติ และเมื่อพิจารณาปริมาณยางธรรมชาติ พบว่าที่ปริมาณยางธรรมชาติสูงขึ้น วัสดุจะมีความเปราะลดลง มีระยะยืดก่อนการแตกหักและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่ายางธรรมชาติสามารถลดความแข็งแรงเปราะของฐานฟันเทียมได้ แต่ฐานฟันเทียมที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานต้องมีความยืดหยุ่นแต่ไม่เสียรูปเมื่อได้รับแรง โดยฐานฟันเทียมที่เหมาะสมคือ ฐานฟันเทียมที่เติมยางธรรมชาติในสัดส่วน ร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก

ทั้งนี้ฐานฟันเทียมที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานควรมีความยืดหยุ่นและมีความแข็งแรงสูง เนื่องจากฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ใช้โดยทั่วไปนั้นมีความเปราะสูงและแตกหักได้ง่าย ในการทดลองนี้จึงได้นำยางธรรมชาติมาเติมในฐานฟันเทียมเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น แต่ฐานฟันเทียมที่เติมด้วยยางธรรมชาติจะทำให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งลดลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงสมบัติค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมที่เติมยางธรรมชาติโดยการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น ซึ่งแสดงดังหัวข้อที่ 4.2.2

4.2.2 การศึกษาและเปรียบเทียบค่าความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เติมยางธรรมชาติและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น

ในหัวข้อนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงดัดโค้งกับปริมาณการเติมยางธรรมชาติ ในสัดส่วนร้อยละของพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติ เท่ากับ 99.5 : 0.5 99 : 1 และ 97.5 : 2.5 และการปริมาณของเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นที่เสริมแรงในฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตในปริมาณ 1 และ 4 %wt/v ซึ่งจะได้ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงผลของการเติมยางธรรมชาติและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นต่อสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural Strength)

จากรูป 4.4 แสดงผลการทดสอบค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของพอลิเมทิลเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น จะสามารถแบ่งประเด็นพิจารณาออกเป็น 2 ประเด็น คือการพิจารณาผลของการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นที่ยืมพอลิเมทิลเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติและการพิจารณาผลของการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นต่อฐานพื้นที่ยืมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ผสมยางธรรมชาติในสัดส่วนต่างๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ประเด็นแรกเป็นการพิจารณาผลของการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นที่ยืมพอลิเมทิลเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติ พบว่าฐานพื้นที่ยืมที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งที่สูงกว่าฐานพื้นที่ยืมที่ไม่ถูกเสริมแรง เมื่อพิจารณาเรื่องปริมาณของเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้ง พบว่าที่ปริมาณเส้นใยแก้วที่สูงขึ้น จะส่งผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยสูงขึ้นด้วยและค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยที่สูงที่สุดในการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ 168.82 MPa ที่พอลิเมทิลเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติในสัดส่วน 99 : 1 และเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 4 %wt/v ซึ่งสามารถเพิ่มค่าการต้านทานแรงดัดโค้งได้มากถึงร้อยละ 46 เมื่อเทียบกับฐานพื้นที่ยืมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่

ไม่ได้เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว แต่เมื่อสังเกตค่าการกระจายตัวของข้อมูล พบว่าฐานพื้นเทียมที่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเพิ่มขึ้นในทุกสัดส่วน ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aydin และคณะ [9] ที่ได้ศึกษาการเสริมแรงพอลิเมทาคริเลตโดยใช้เส้นใยแก้วแบบตัดสั้น จากผลการวิจัยพบว่าเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นสามารถเพิ่มความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งของพอลิเมทาคริเลตได้ถึงร้อยละ 50 หากเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ได้เติมยางธรรมชาติในฐานพื้นเทียมจึงทำให้ค่าความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่าในงานวิจัยของ Aydin [9] เนื่องจากยางธรรมชาติที่ใช้ในการทดลองเป็นยางธรรมชาติแบบผงที่ผ่านการพอลิเมอไรเซชันแล้ว ทำให้ความเข้ากันได้กับพอลิเมทาคริเลตน้อยลง ดังแสดงในหัวข้อ 4.1

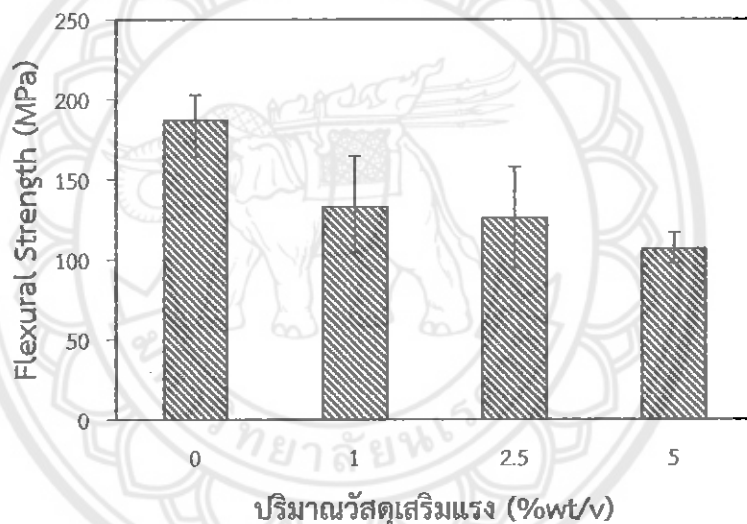
พิจารณาปริมาณเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นที่เสริมแรงในฐานพื้นเทียมพอลิเมทาคริเลตที่ผสมยางธรรมชาติ พบว่าที่ปริมาณของเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นเพิ่มขึ้น จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย แต่เมื่อพิจารณาเรื่องการกระจายตัวของข้อมูลแล้วจะเห็นว่าข้อมูลดังกล่าวไม่สามารถสรุปแนวโน้มของข้อมูลได้ เนื่องจากฐานพื้นเทียมพอลิเมทาคริเลตเติมยางธรรมชาติในสัดส่วน 99.5 : 0.5 และ 97.5 : 2.5 เมื่อเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นที่ 4 %wt/v มีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งต่ำกว่าที่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 1 %wt/v ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดสอบค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมที่ไม่เติมยางธรรมชาติและเติมยางธรรมชาติในสัดส่วน 99 : 1 ที่มีแนวโน้มของค่าการต้านทานแรงดัดโค้งที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้ว่าเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นนั้นมีผลต่อความสามารถในการรับแรงที่กระทำต่อชิ้นงานทดสอบ โดยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นทำให้เกิดการกระจายแรงที่มากกระทำต่อพื้นที่รับแรง ดังนั้นปริมาณของเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นจะส่งผลต่อการรับแรง หากเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นมีการกระจายตัวได้ดีจะส่งผลให้การกระจายแรงในชิ้นงานทดสอบเกิดขึ้นได้ดีและชิ้นงานทดสอบสามารถรับแรงได้มากกว่าชิ้นงานจะเสียหาย ซึ่งจากผลการทดสอบการต้านทานแรงดัดโค้ง ปริมาณเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 4 %wt/v มีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยมากที่สุด สามารถอธิบายได้ว่าเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 4 %wt/v เกิดการจัดเรียงตัวของเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นแบบกระจายทั่วทั้งชิ้นงานทดสอบ โดยปริมาณเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นที่สูงอาจส่งผลให้การกระจายตัวเกิดขึ้นได้ดีและทำให้รับแรงได้มากเมื่อเทียบกับปริมาณการเติมเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 1 %wt/v

ประเด็นที่สองเป็นการพิจารณาผลของการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นต่อฐานพื้นเทียมพอลิเมทาคริเลตที่เติมยางธรรมชาติในสัดส่วนต่างๆ พบว่าการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นจะทำให้ฐานพื้นเทียมพอลิเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติทุกสัดส่วนมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับฐานพื้นเทียมที่ไม่เสริมแรง จากรูปที่ 4.4 หากพิจารณาความเหมาะสมของฐานพื้นเทียมกับการนำไปใช้งาน จะเห็นว่าฐานพื้นเทียมที่ปริมาณพอลิเมทาคริเลต

ตัวอย่างธรรมชาติร้อยละ 99 : 1 มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากที่สุด เนื่องจากมีแนวโน้มค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในทุกการทดลอง

4.2.3 การศึกษาและเปรียบเทียบค่าความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ในปริมาณต่างๆ

ในหัวข้อนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงดัดโค้งของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ในปริมาณ 1 2.5 และ 5 %wt/v ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.5

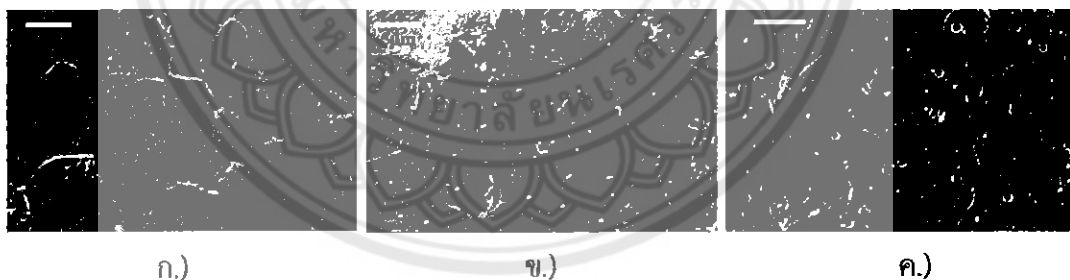


รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงปริมาณของการเติมวัสดุเสริมแรงในซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural Strength)

จากรูปที่ 4.5 แสดงผลของเติมวัสดุเสริมแรงต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้ง พบว่าปริมาณของอลูมิเนียมออกไซด์ส่งผลต่อการต้านทานแรงดัดโค้ง ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ถูกเสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งที่ลดลงในทุกๆ ปริมาณ โดยซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ไม่เติมอลูมิเนียมออกไซด์มีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเท่ากับ 186.79 MPa และเมื่อพิจารณาที่ซีฟันเทียมที่เติมอลูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 1 2.5 และ 5 โดยน้ำหนัก จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเท่ากับ 132.74 125.88 และ 106.53 ตามลำดับ สามารถอธิบายได้ว่าอลูมิเนียม

ออกไซด์ในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งลดลง เนื่องจากปริมาณของอนุภาคที่เพิ่มขึ้นนั้นจะทำให้พอลิเมทิลเมทาคริเลต (วัสดุเนื้อหลัก) กับอลูมิเนียมออกไซด์ (วัสดุเสริมแรง) เข้ากันได้น้อย และการเติมอลูมิเนียมออกไซด์ในพอลิเมทิลเมทาคริเลตนั้นจะทำให้ชิ้นงานเกิดรอยต่อระหว่างพื้นผิว แต่ในการทดลองนี้ไม่มีการปรับสภาพพื้นผิวของซีฟันเทียม ส่งผลทำให้เมื่อมีรอยต่อระหว่างพื้นผิวของวัสดุเสริมแรงและวัสดุเนื้อหลัก จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุเนื้อหลักและวัสดุเสริมแรงต่ำลง ทำให้ความสามารถในการรับแรงของซีฟันเทียมลดลง

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกนกพร ศรีวิชา และวุฒิชัย มาน้อย [31] ที่ได้ศึกษาการเสริมแรงซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งจากผลการทดลองเมื่อนำชิ้นงานทดสอบไปส่องดูลักษณะการกระจายตัวของวัสดุเสริมแรงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะได้ว่าที่ปริมาณความเข้มข้นต่ำการกระจายตัวของวัสดุเสริมแรงสามารถกระจายตัวได้ดีในวัสดุเนื้อหลัก แต่เมื่อปริมาณของวัสดุเสริมแรงเพิ่มมากขึ้นจะเห็นการเกาะรวมตัวกันเป็นก้อนของวัสดุเสริมแรง เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Vojdani M. และคณะ [16] ที่ได้ศึกษาผลกระทบของค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเมื่อเติมอลูมิเนียมออกไซด์ในปริมาณต่างๆ ซึ่งจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงพื้นผิวของวัสดุฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด [16]

- ก) วัสดุฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ไม่เสริมแรง
- ข) วัสดุฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก
- ค) วัสดุฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

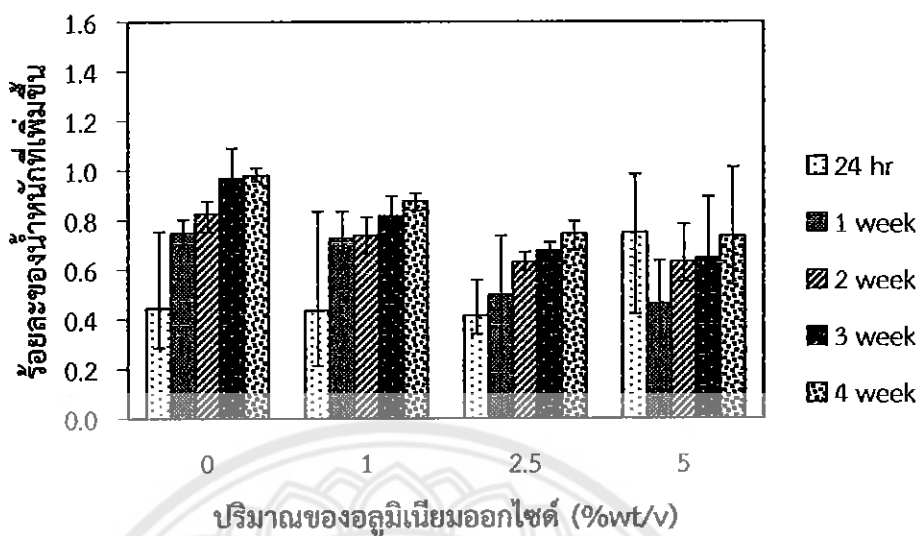
จากรูปจะเห็นว่าวัสดุฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก อลูมิเนียมออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจะเกิดการรวมตัวเป็นก้อนทำให้การเชื่อมต่อ ระหว่างวัสดุเนื้อหลักและวัสดุเสริมแรงไม่ดี เกิดช่องว่างระหว่างวัสดุเนื้อหลักและวัสดุเสริมแรงทำให้ ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางกลที่มีค่าต่ำลง

ทั้งนี้การเสริมแรงซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตด้วยอลูมิเนียมออกไซด์มีจุดประสงค์ เพื่อปรับปรุงในเรื่องของความแข็งแรงและการดูดซึมของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต แต่จากผล การทดสอบค่าการต้านแรงดัดโค้งของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียม ออกไซด์มีค่าลดลงในทุกการทดสอบ อย่างไรก็ตามการเสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ทำให้ค่าความ แข็งผิวเพิ่มขึ้นดังรายงานผลการวิจัยของ Vojdani M. และคณะ [16] ที่ได้ศึกษาค่าความแข็งแรงของ ซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อเสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ สำหรับการศึกษาดูดซึมของ ซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาดูดซึมของซี่ฟันเทียมเมื่อแช่ใน สารละลายต่างๆ ดังแสดงในหัวข้อ 4.3

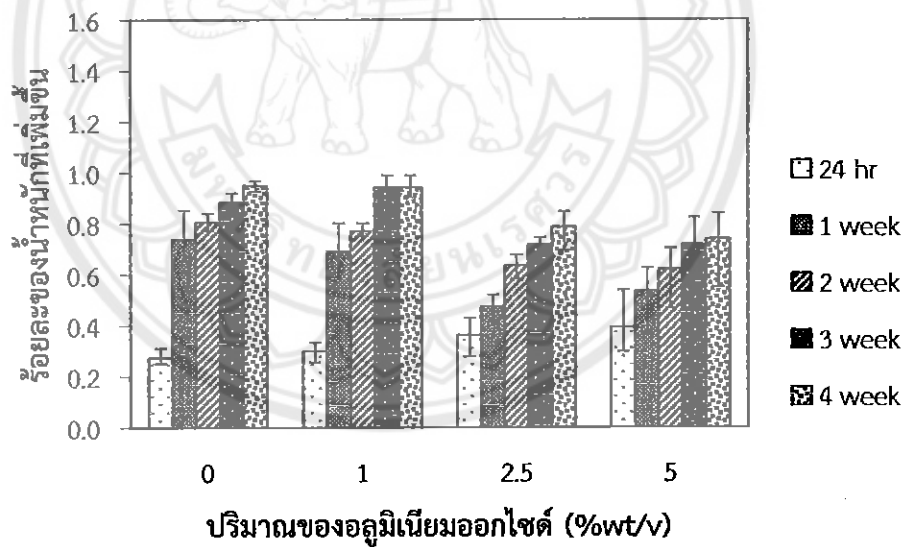
4.3 ผลการศึกษาการดูดซึมของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงและไม่เสริมแรงด้วย อลูมิเนียมออกไซด์เมื่อแช่ในสารละลายต่างๆ

ซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตมีข้อด้อยในเรื่องของการดูดซึม จากข้อมูล [29] ค่าการดูดซึม ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตเท่ากับร้อยละ 0.3-2 ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงการดูดซึมและ สารละลายของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตโดยการเสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์

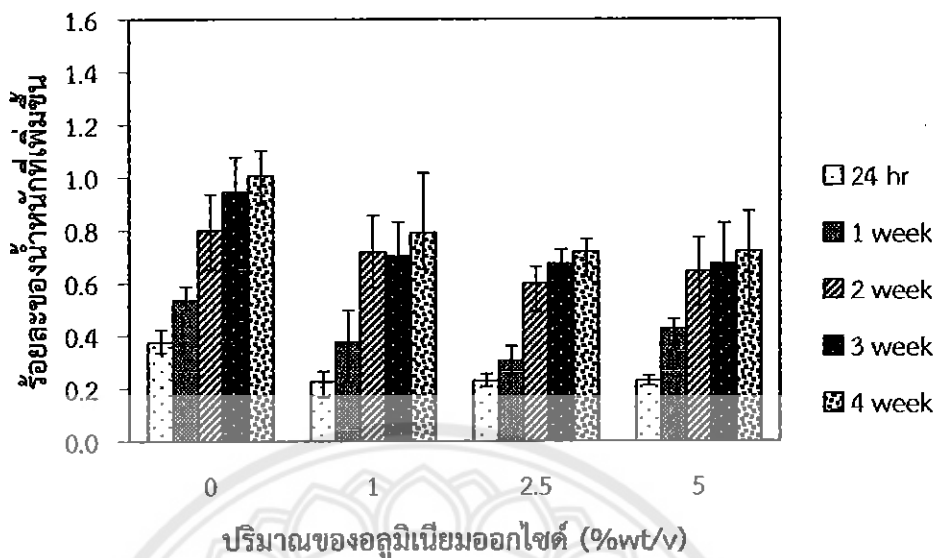
การพิจารณาผลการทดสอบการดูดซึมของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงและ ไม่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์เมื่อแช่ในน้ำกลั่น สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต โซดา และสารละลายกรดซิตริก แสดงดังรูปที่ 4.7-4.10



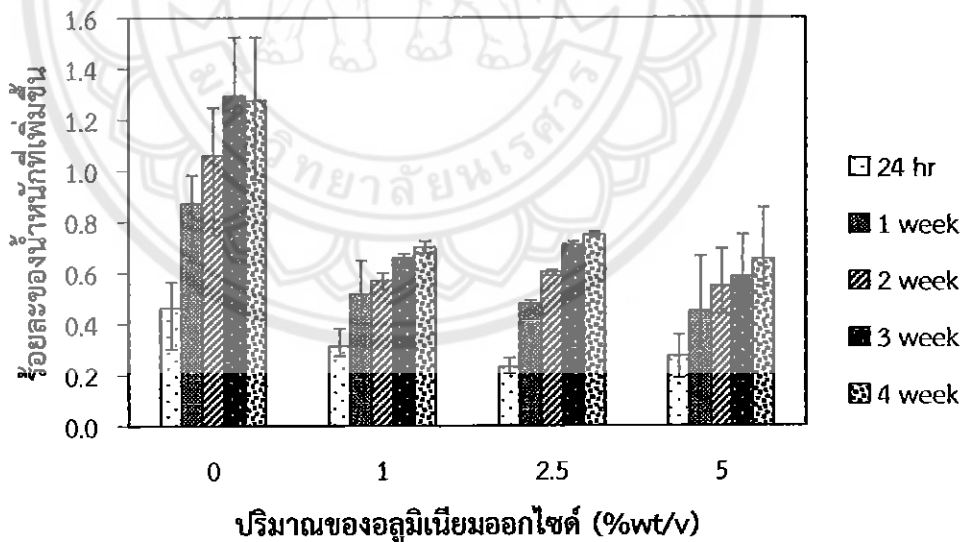
รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ในน้ำกลั่น



รูปที่ 4.8 แผนภูมิแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ในโซดา

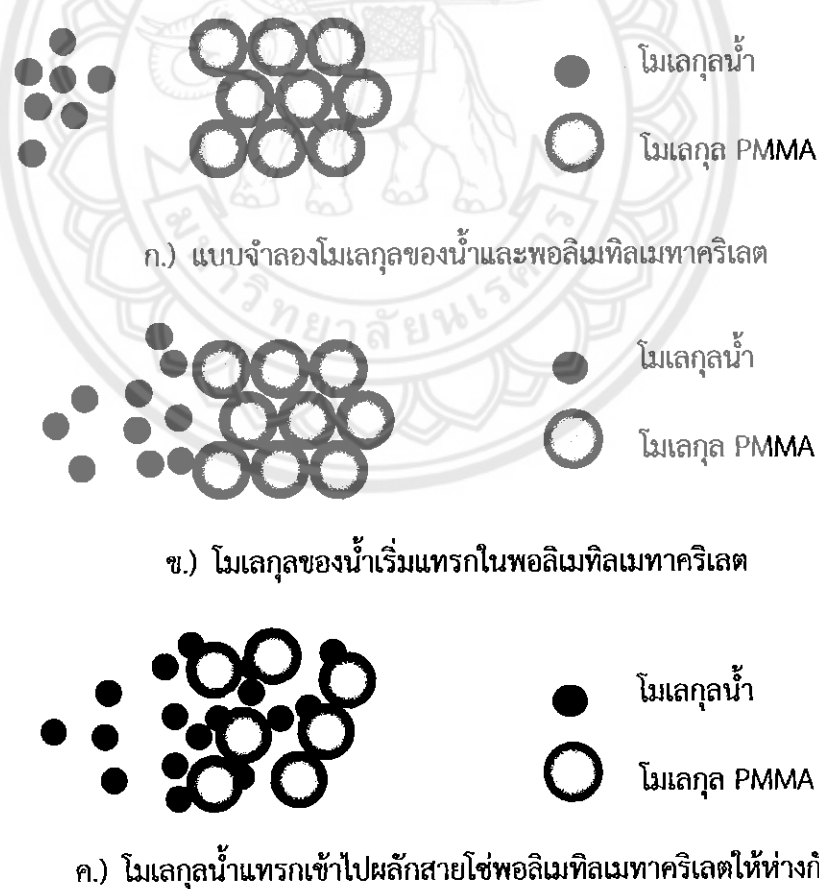


รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีฟ่อนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ในสารละลายกรดซิดริก



รูปที่ 4.10 แผนภูมิแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีฟ่อนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต

จากรูปที่ 4.7-4.10 แสดงร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต เมื่อแช่ในเมื่อแซโนโซดา น้ำกลั่น สารละลายโซเดียมโบคาร์บอเนตและสารละลายกรดซิตริก พบว่า น้ำหนักของชิ้นงานทดสอบเพิ่มขึ้น ซึ่งซีฟีนเทียมที่ไม่เสริมแรงและแช่ในสารละลายโซเดียมโบคาร์บอเนตจะมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากที่สุดคือร้อยละ 1.291 เมื่อแช่ทิ้งไว้วันาน 4 สัปดาห์ ทั้งนี้ ด้วยคุณสมบัติของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่มีข้อด้อยคือการดูดซึมน้ำ (จากข้อมูลการทดสอบ พอลิเมทิลเมทาคริเลตมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.3-2 โดยน้ำหนัก) [29] เนื่องจากซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุและสามารถดึงดูดโมเลกุลน้ำ ให้แทรกผ่านเข้าไปในซีฟีนเทียมและเกิดการแลกเปลี่ยนกับมอนอเมอร์ภายในซีฟีนเทียมที่หลงเหลืออยู่จากปฏิกิริยาการบ่มตัวซึ่งจะสามารถซึมผ่านออกมาจากซีฟีนเทียมหรือเกิดปรากฏการณ์ Plasticizing effect โดยโมเลกุลน้ำจะแทรกเข้าไปปลักแยกสายพอลิเมอร์ให้ห่างกัน ส่งผลให้วัสดุซีฟีนเทียมเกิดการบวมขึ้นและเป็นการส่งเสริมให้โมเลกุลน้ำจากภายนอกสามารถแทรกผ่านเข้าไปได้มากขึ้น [32] ดังแสดงในรูปที่ 4.11 ก.)-ค.)



รูปที่ 4.11 ปรากฏการณ์ Plasticizing effect

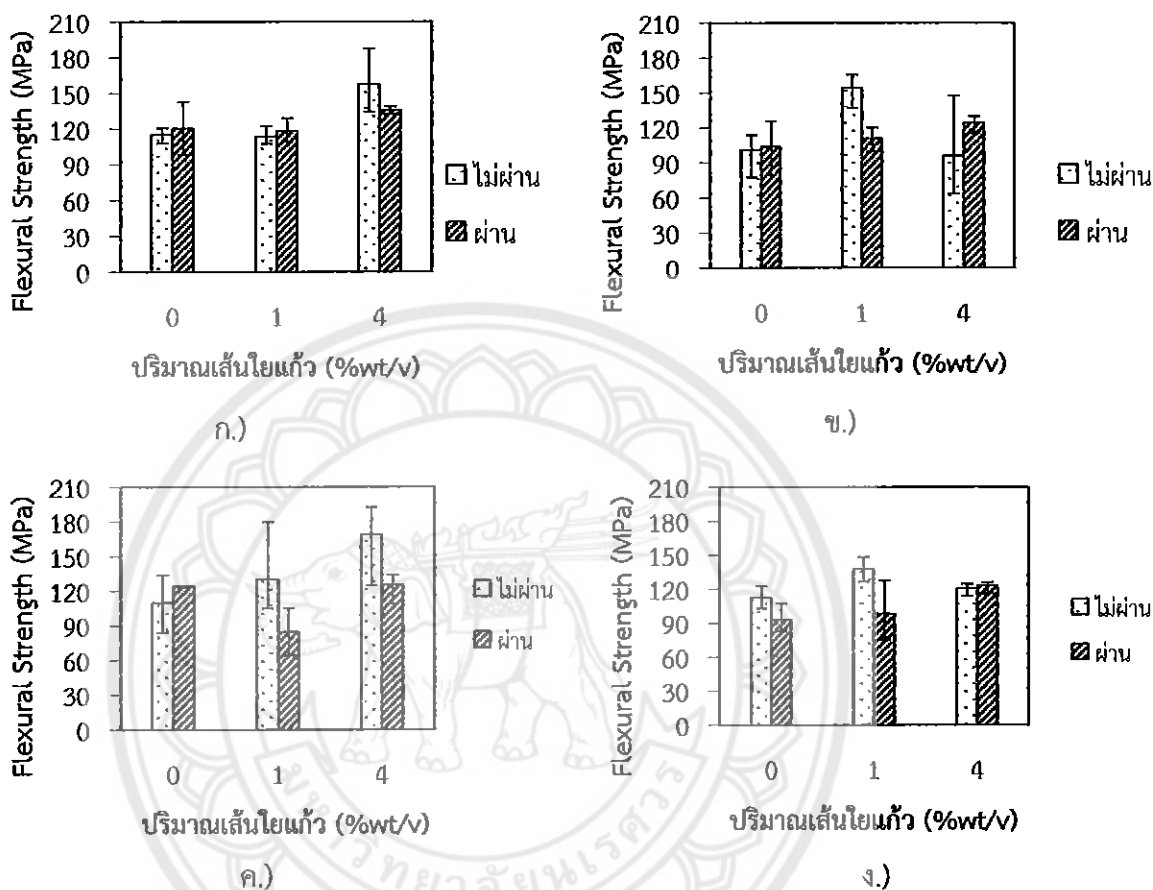
หากเปรียบเทียบระหว่างชิ้นงานทดสอบที่ไม่ถูกเสริมแรงและชิ้นงานทดสอบที่เสริมแรงด้วย อลูมิเนียมออกไซด์ จะได้ว่าชิ้นงานที่ถูกเสริมแรงมีค่าการดูดซึมน้ำที่ลดน้อยลง ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่า วัสดุเสริมแรงหรืออลูมิเนียมออกไซด์นั้น [33] มีคุณสมบัติคือไม่มีการดูดซึมน้ำแต่จะจับน้ำไว้ที่พื้นผิว ของอนุภาค ดังนั้นเมื่อนำอลูมิเนียมออกไซด์มาเสริมแรงในซีพียูพอลิเมทิลเมทาคริเลตจะทำให้ พื้นที่ในการแพร่ผ่านของน้ำลดลง ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของชิ้นงานทดสอบที่เสริมแรง ด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ลดลงด้วย ดังนั้นวัสดุเสริมแรงสามารถช่วยลดค่าการดูดซึมน้ำของซีพียูพอลิเมทิลเมทาคริเลตได้

เมื่อพิจารณาปริมาณของอลูมิเนียมออกไซด์ที่ใช้ในการเสริมแรงซีพียูพอลิเมทิลเมทาคริเลต พบว่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซีพียูพอลิเมทิลเมทาคริเลตจะลดลง เมื่อเพิ่ม ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ในซีพียูพอลิเมทิลเมทาคริเลต เมื่อพิจารณาเรื่องการกระจายตัวของ ข้อมูล จะเห็นว่าเมื่อปริมาณของอลูมิเนียมออกไซด์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นด้วย แต่ที่ ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ 2.5 %wt/v จะมีค่าการกระจายตัวของข้อมูลต่ำกว่าที่ปริมาณอลูมิเนียม ออกไซด์ 0.5 และ 5 %wt/v จากทฤษฎี [33] สามารถอธิบายได้ว่าซีพียูพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วย อลูมิเนียมออกไซด์ 2.5 %wt/v มีการกระจายตัวที่ดีและทั่วทั้งชิ้นงานทดสอบจึงทำให้พื้นที่การแพร่ ผ่านของสารละลายลดลง ส่งผลให้การดูดซึมน้ำสารละลายลดลง เมื่อเปรียบเทียบที่การเสริมแรงด้วย อลูมิเนียมออกไซด์ 5 %wt/v ที่อาจมีการเกาะรวมตัวกันของอลูมิเนียมออกไซด์ [16] ทำให้พื้นที่การ แพร่ผ่านของสารละลายลดลง ค่าการดูดซึมน้ำสารละลายจึงเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองสรุปได้ว่าซีพียู พอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 2.5 %wt/v มีค่าการดูดซึมน้ำที่น้อยที่สุดคือร้อยละ 0.6548

4.4 ผลการศึกษาผลการทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน

การทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งานทำโดยการนำวัสดุพียูพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 2.5 %wt/v มาแช่ในน้ำร้อนและน้ำเย็น สลับกัน เพื่อเป็นการจำลองสภาวะในช่องปาก โดยในการทดลองนี้ใช้อุณหภูมิน้ำร้อนเท่ากับ 55 °C และน้ำเย็น 5 °C จำนวนรอบ 500 รอบ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ผลการทดสอบวัสดุพียูพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ผ่านสภาวะ จำลอง แสดงผลดังนี้

4.4.1 ผลการทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งานของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต



รูปที่ 4.12 แผนภูมิแสดงผลของการทดสอบสภาวะจำลองในฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural Strength)

ก.) แผนภูมิแสดงผลของการทดสอบสภาวะจำลองในฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ไม่ผสมยางธรรมชาติ

ข.) แผนภูมิแสดงผลของการทดสอบสภาวะจำลองในฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ผสมยางธรรมชาติในสัดส่วนพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติ 99.5 : 0.5 โดยน้ำหนัก

ค.) แผนภูมิแสดงผลของการทดสอบสภาวะจำลองในฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ผสมยางธรรมชาติในสัดส่วนพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติ 99 : 1 โดยน้ำหนัก

ง.) แผนภูมิแสดงผลของการทดสอบสภาวะจำลองในฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ผสมยางธรรมชาติในสัดส่วนพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติ 97.5 : 2.5 โดยน้ำหนัก

จากรูป 4.12 ก.) –ง.) แสดงผลการทดสอบค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 1 และ 4 %wt/v พบว่าหลังจากการผ่านสภาวะจำลองการนำไปใช้งานจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฐานพื้นเทียมที่ไม่ผ่านสภาวะการจำลองการใช้งานในปริมาณเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นว่าฐานพื้นเทียมที่ผสมด้วยยางธรรมชาติในสัดส่วนของพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติ 99.5 : 0.5 โดยน้ำหนัก จะมีแนวโน้มของค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งจากผลการทดลองมีค่าเท่ากับ 124.38 MPa ที่ปริมาณเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 4 %wt/v และต่ำสุดที่เส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 1%wt/v ในสัดส่วนพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติร้อยละ 99 : 1 โดยน้ำหนักที่มีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยเท่ากับ 84.62 MPa

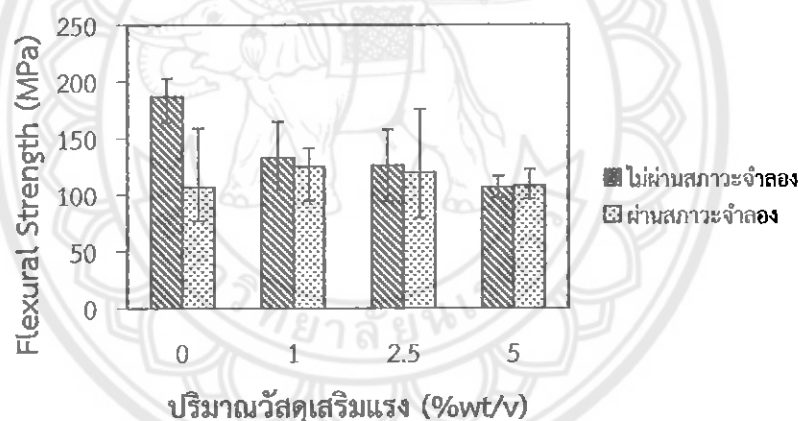
พิจารณาสภาวะจำลองต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ไม่เติมยางธรรมชาติและเติมยางธรรมชาติในปริมาณต่างๆ จากรูป 4.12 ก.) –ง.) พบว่าฐานพื้นเทียมที่ไม่เติมยางธรรมชาติและเติมยางธรรมชาติในปริมาณต่ำ เมื่อผ่านสภาวะจำลองจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งสูงกว่าที่ไม่ผ่านสภาวะจำลอง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตซึ่งเป็นพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมเซตซึ่งมีปฏิกิริยาการบ่มตัว (Polymerization) อย่างต่อเนื่องและใช้ระยะเวลาในการบ่มตัวให้สมบูรณ์ ดังนั้นจึงมีโอกาที่สายโซ่พอลิเมอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีสิ่งกระตุ้น เช่นเดียวกันกับฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ผ่านน้ำร้อนจากสภาวะจำลอง ความร้อนหรืออุณหภูมิจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ฐานพื้นเทียมมีการทำปฏิกิริยาการบ่มตัวต่อ ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เกิดการเชื่อมต่อกันมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของฐานพื้นเทียม ทำให้ฐานพื้นเทียมสามารถรับแรงได้มากขึ้น ดังนั้นค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตหลังผ่านสภาวะการจำลองจึงมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามหากเพิ่มปริมาณยางธรรมชาติในฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตและผ่านสภาวะจำลอง ทำให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยลดลงสามารถอธิบายได้ว่าที่ปริมาณของยางเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดพันธะระหว่างพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับยางธรรมชาติเพิ่มขึ้น

การเพิ่มขึ้นของพันธะระหว่างพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับยางธรรมชาติส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งลดลงเนื่องจากยางธรรมชาติทำให้ฐานพื้นเทียมมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและลดค่าการต้านทานแรงดัดโค้งดังแสดงในหัวข้อ 4.2.1 ดังนั้นจึงทำให้เมื่อเพิ่มยางธรรมชาติฐานพื้นเทียมจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งที่ลดลง

พิจารณาสภาวะจำลองต่อค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นในปริมาณต่างๆ จากรูป 4.12 ก.) –ง.) พบว่าค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยเมื่อผ่านสภาวะจำลองของฐานพื้นเทียมที่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นมีแนวโน้ม

ลดลงแต่ที่ปริมาณเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 4 %wt/v ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งหลังผ่านสภาวะจำลองสูงกว่าที่ 1 %wt/v ซึ่งอธิบายได้ว่าเส้นใยแก้วแบบมีความแข็งแรงสูงกว่าพอลิเมทิลเมทาคริเลต ดังนั้นเมื่อมีการนำเส้นใยแก้วมาเสริมแรงในฐานฟันเทียมจะทำให้ฐานฟันเทียมมีความแข็งแรงสูงขึ้น ซึ่งที่ปริมาณเส้นใยแก้วที่สูงขึ้นทำให้มีการรับแรงได้สูงขึ้นและส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งสูงขึ้นด้วย ดังแสดงในหัวข้อ 4.2.2 แต่อย่างไรก็ตามสาเหตุที่ทำให้ค่าการต้านทานแรงดัดโค้งหลังผ่านสภาวะจำลองลดลง อาจเกิดจากการแทรกของเส้นใยแก้วในฐานฟันเทียม จะทำให้เกิดรอยต่อระหว่างพื้นผิวและทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างพื้นผิวลดลง ส่งผลทำให้เมื่อผ่านสภาวะจำลอง โมเลกุลของน้ำแทรกตัวในโมเลกุลของพอลิเมทิลเมทาคริเลตทำให้เกิดการบวมน้ำและทำให้ความแข็งแรงของพันธะพอลิเมทิลเมทาคริเลตลดลงส่งผลให้ค่าความสามารถในการต้านทานแรงดัดโค้งลดลงด้วย

4.4.2 ผลการทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งานของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต



รูปที่ 4.13 แผนภูมิแสดงผลของการทดสอบสภาวะจำลองในซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural Strength)

จากรูป 4.13 แสดงผลการทดสอบการต้านทานแรงดัดโค้งของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อผ่านสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน พบว่าค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเมื่อผ่านสภาวะจำลองมีค่าลดลง เนื่องจากสภาวะการจำลองการนำไปใช้งานคือการนำชิ้นงานทดสอบผ่านการแช่น้ำร้อนและน้ำเย็นสลับกัน เป็นการจำลองสภาวะในช่องปากเมื่อรับประทานอาหารที่ร้อนและเย็นซึ่งอาจทำให้พันธะเคมีต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปและทำให้ชิ้นงานทดสอบมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งต่ำกว่าที่ยังไม่ผ่านสภาวะจำลอง ซึ่งจากผลการทดลองพบที่พอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ถูกเสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 1 %wt/v มีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งสูงสุดเมื่อผ่านสภาวะจำลอง คือ 124.86 MPa

พิจารณาสภาวะจำลองกับค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต พบว่าซี่ฟันเทียมที่ผ่านสภาวะจำลองจะค่าการต้านทานแรงดัดโค้งลดลง ทั้งนี้อธิบายได้ว่าความร้อนของสภาวะจำลองทำให้ซี่ฟันเทียมเกิดปฏิกิริยาการบ่มตัวต่อ ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เกิดการเชื่อมต่อกันมากขึ้น ซี่ฟันเทียมจึงมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าต้านทานแรงดัดโค้งลดลง

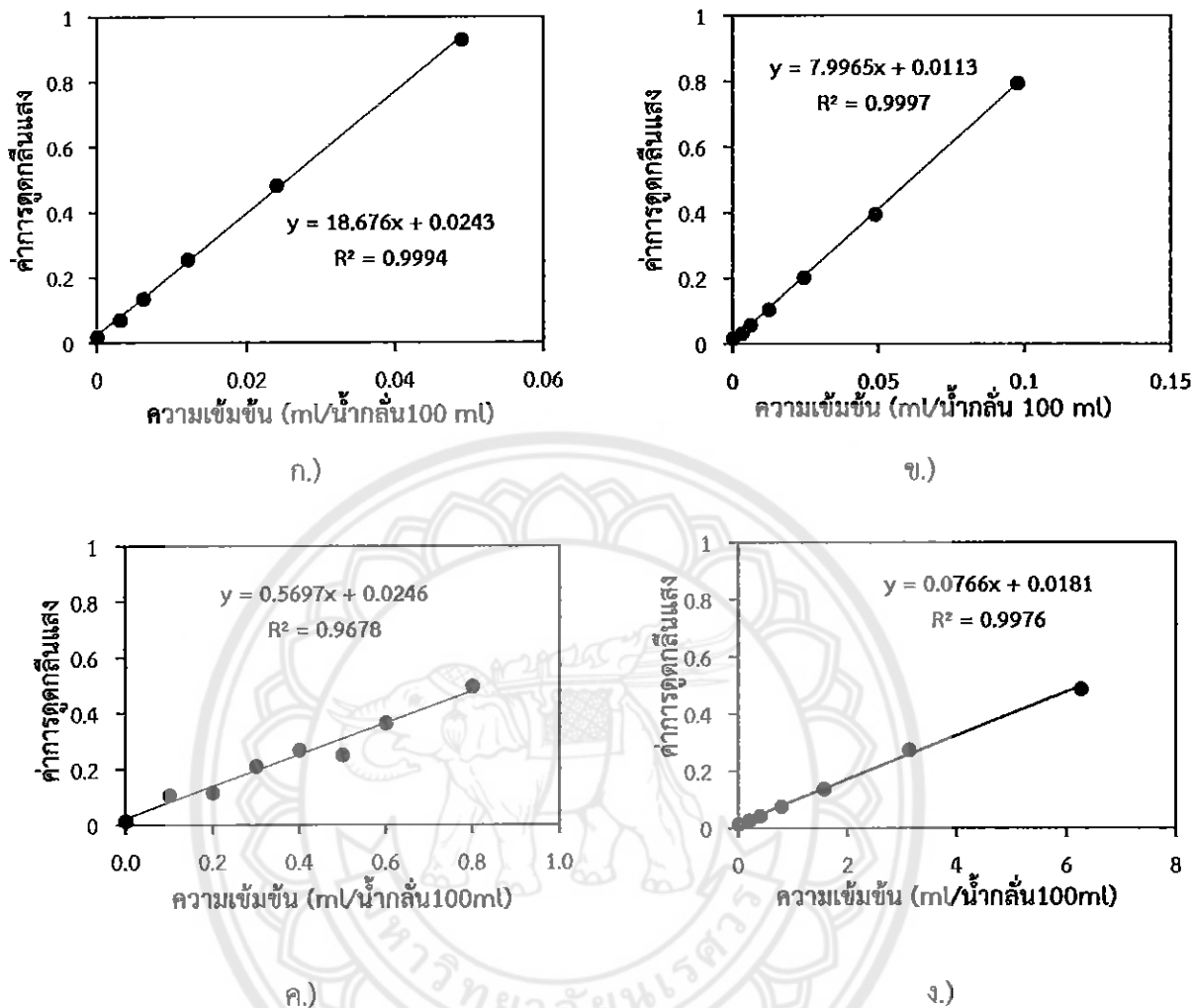
พิจารณาสภาวะจำลองกับค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ในปริมาณต่างๆ พบว่าซี่ฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ในปริมาณต่ำจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งหลังผ่านสภาวะจำลองที่สูงสุด อธิบายได้ว่าอลูมิเนียมออกไซด์ที่เสริมแรงในซี่ฟันเทียมจะทำให้เกิดรอยต่อระหว่างผิวของซี่ฟันเทียม เมื่อปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณของอนุภาคและเกิดรอยต่อระหว่างพื้นผิวมากขึ้น แต่รอยต่อดังกล่าวนี้มีค่าความแข็งแรงต่ำ เนื่องจากไม่มีการปรับสภาพก่อนการเสริมแรง ส่งผลให้ซี่ฟันเทียมสามารถรับแรงได้น้อยลงหรือเปรียบเสมือนเป็นการเพิ่มความแข็งแรงแก่ซี่ฟันเทียม ทำให้ซี่ฟันเทียมมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งลดลง

4.5 ผลการศึกษาผลการทดสอบการสีของเปลี่ยนแปลงสีซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต

ซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อมีการใช้ในเวลานานจะเกิดเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้น เนื่องจากการรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มต่างๆ เช่น ชา กาแฟ ไวน์ น้ำอัดลมหรืออาหารที่ผสมด้วยสีผสมอาหาร ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงสีของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตดังนี้

4.5.1 กราฟความเข้มข้นมาตรฐาน

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสีที่เปลี่ยนแปลงโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Uv-vis Spectrophotometer) เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ใช้แช่ซี่ฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตและสร้างกราฟมาตรฐานขึ้น เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสีที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อแช่ทิ้งไว้นาน 8 สัปดาห์ ซึ่งจะได้กราฟมาตรฐานดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 รูปแสดงกราฟความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายที่ใช้ในการทำการทดลอง

ก.) กราฟความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายสีผสมอาหารสีแดง

ข.) กราฟความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายสีผสมอาหารสีเขียว

ค.) กราฟความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายกาแฟ

ง.) กราฟความเข้มข้นมาตรฐานของน้ำอัดลม

จากรูปที่ 4.14 รูปแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟีนเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ประกอบด้วยสีผสมอาหารสีแดง สีผสมอาหารสีเขียว สารละลายกาแฟและน้ำอัดลม ซึ่งเป็นกราฟมาตรฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟีนเทียมในสารละลายต่างๆ

นาน 8 สัปดาห์ จากกราฟมาตรฐานของสีผสมอาหารสีแดง สีเขียว สารละลายกาแฟและน้ำอัดลม พบว่าค่าการดูดสีใจเท่ากับ 0.9998 0.9997 0.9678 และ 0.9976 ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้งหมดนี้เข้าใกล้เคียง 1 ซึ่งถือได้ว่าเป็นค่าที่มีความแม่นยำสูงและสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสง เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายที่ติดบนซีฟันทึ่มหลังแช่นาน 8 สัปดาห์

การเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันทึ่มนอกจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงแล้วยังสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ทั้งนี้ภาพการเปลี่ยนแปลงสีอาจมีค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ และปริมาณแสงภายในห้องทดลองที่อาจทำให้การภาพเปลี่ยนแปลงสีเปลี่ยนแปลงไป

4.5.2 ผลการทดสอบเปรียบเทียบสีของซีฟันทึ่มพอลิเมทิลเมทาคริเลตในสารละลาย

การพิจารณาสีที่เปลี่ยนแปลงของซีฟันทึ่มพอลิเมทิลเมทาคริเลต สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าได้ ซึ่งในหัวข้อนี้จะแสดงซีฟันทึ่มพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมและไม่เสริมด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ เมื่อแช่ในสารละลายกาแฟ น้ำอัดลมเข้มข้น สารละลายสีผสมอาหารสีแดงและสารละลายสีผสมอาหารสีเขียว แสดงดังตารางที่ 4.1-4.4

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการเปลี่ยนแปลงสีที่สังเกตได้ของซีพีที่เตรียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตหลังการแช่ในสารละลายสีผสมอาหารสีแดง

เวลา สารละลาย และชนิดของซีพีที่เตรียม	ก่อนแช่	1 วัน	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์	6 สัปดาห์	7 สัปดาห์	8 สัปดาห์
สีผสมอาหารสีแดง	Pure									
	Al ₂ O ₃ 1%									
	Al ₂ O ₃ 2.5%									
	Al ₂ O ₃ 5%									

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการเปลี่ยนแปลงสีที่สังเกตได้ของซีพีนเทียมพอลิเมเทิลเมทาคริเลตหลังการแช่ในสารละลายสีผสมอาหารสีเขียว

เวลา สารละลาย	ก่อนแช่	1 วัน	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์	6 สัปดาห์	7 สัปดาห์	8 สัปดาห์
สีผสมอาหารสีเขียว	Pure									
	Al ₂ O ₃ 1%									
	Al ₂ O ₃ 2.5%									
	Al ₂ O ₃ 5%									

จากตารางที่ 4.1-4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ในสารละลายกาแฟ น้ำอัดลม สีผสมอาหารสีแดงและสีเขียว จากผลทดสอบพบว่าซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ ซึ่งซีฟันเทียมที่เปลี่ยนแปลงสีนั้น พบในสารละลายกาแฟและสีผสมอาหารสีแดง ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมเมื่อแช่นาน 2 สัปดาห์ จะสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าแต่ยังไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ เนื่องจากเป็นเพียงสภาวะเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมเท่านั้น แต่เมื่อแช่นาน 8 สัปดาห์จะสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ ดังแสดงผลในหัวข้อ 4.5.3

4.5.3 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตในสารละลายต่างๆ

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ทำได้โดยการแช่ซีฟันเทียมในสารละลายต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จากนั้นนำซีฟันเทียมที่ติดสีไปแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปทดสอบค่าการดูดกลืนแสงโดยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Uv-vis Spectrophotometer) ผลการทดสอบดังแสดงในตาราง 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสีที่ติดบนซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ในสารละลายต่างๆ

สารละลาย	ปริมาณอนุภาคนีเยมออกไซด์(%wt/v)	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้นของสีที่ติดบนซีฟันเทียม (g, ml/100ml)
กาแฟ	0	0.0067	0.012
	1	N/A	N/A
	2.5	0.0085	0.015
	5	N/A	N/A
สีผสมอาหารสีแดง	0	0.0057	0.0003
	1	N/A	N/A
	2.5	N/A	N/A
	5	N/A	N/A

หมายเหตุ : N/A หมายถึง ทำการทดลองแต่ไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

การเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเมื่อแช่ในสารละลายกาแฟ สีส้มอาหารสีแดง สีส้มอาหารสีเขียว น้ำอัดลม จากตารางที่ 4.5 จะได้ว่าซีฟันเทียมจะมีการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อแช่ในสารละลายกาแฟและสารละลายสีผสมอาหารสีแดง ซึ่งซีฟันเทียมที่แช่ในสารละลายกาแฟพบการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุดและความเข้มข้นของสีที่ติดบนซีฟันเทียมสูงสุดเท่ากับ 0.015 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

พิจารณาปริมาณของอนุมูลอนุมูลออกไซด์ที่เสริมแรงในซีฟันเทียมต่อค่าการเปลี่ยนแปลงสีพบว่าซีฟันเทียมที่ถูกเสริมแรงด้วยอนุมูลอนุมูลออกไซด์จะแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมเพิ่มขึ้นเมื่อแช่ในสารละลายกาแฟ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อแช่ในสารละลายสีผสมอาหารสีแดง จากตารางที่ 4.5 พบว่าซีฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอนุมูลอนุมูลออกไซด์ 2.5 %wt/v เมื่อแช่ในสารละลายกาแฟ จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีสูงกว่าที่ซีฟันเทียมที่ไม่เสริมแรง เนื่องจากซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุและสามารถดึงดูดโมเลกุลน้ำให้แทรกผ่านเข้าไปในซีฟันเทียมและเกิดการแลกเปลี่ยนกับมอนอเมอร์ภายในซีฟันเทียมที่หลงเหลืออยู่จากปฏิกิริยาการบ่มตัวซึ่งจะสามารถซึมผ่านออกมาจากซีฟันเทียม โดยโมเลกุลน้ำที่แทรกเข้าไปจะผลักแยกสายพอลิเมอร์ให้ห่างออกจากกัน ส่งผลให้โมเลกุลของสารละลายมีสีแทรกผ่านเข้าไปในซีฟันเทียมจึงมีสีที่การเปลี่ยนแปลงไป

พิจารณาสาเหตุการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่แช่ในสารละลายกาแฟมีความเข้มข้นของสารละลายสีที่ติดบนผิวของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตมากกว่าสารละลายสีผสมอาหารสีแดง สีเขียว และน้ำอัดลม เนื่องจากในสารละลายกาแฟมีสารแทนนิน (Tannin) ที่เป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenol) ซึ่งมีสมบัติในการละลายน้ำได้ดี จนเกิดเป็นคราบสีเหลืองหรือคราบสีน้ำตาลติดบนพื้นผิวของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตและเมื่อสารแทนนินทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะเปลี่ยนสารละลายให้มีสีคล้ำ อีกทั้งสารจำพวกกรดคาเฟอิก (Caffeic acid) และคาเฟอีนที่เป็นองค์ประกอบของกาแฟ อาจทำลายพันธะของพอลิเมอร์ทำให้มีการดูดซึมมากกว่าสารละลายชนิดอื่น แต่อย่างไรก็ตามการทดสอบนี้เป็นเพียงการจำลองระยะเวลาของการดื่มกาแฟเท่านั้น หากเปรียบเทียบระยะเวลาที่แช่ทิ้งไว้นาน 8 สัปดาห์กับระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมถ้าคนเราดื่มกาแฟหนึ่งแก้วต่อวัน (ปริมาณกาแฟ 2 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร) [18] ถ้ากำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในการดื่มต่อแก้วเท่ากับ 30 นาที ซึ่งระยะเวลาการแช่ 8 สัปดาห์เทียบได้กับ 2,688 วัน (2,688 แก้ว) พบว่าซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตจะสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงสีได้นานถึง 7.36 ปี

ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมอาจต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษานานกว่า 8 สัปดาห์ เนื่องจากการใช้งานในสภาวะจริง อายุการใช้งานของซีฟันเทียมโดยประมาณอยู่ที่ 2-5 ปี [29] อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมหลังแช่ในสารละลายทั้ง 4 ชนิดเพิ่มขึ้น เพราะในการทดลองนี้มีการแช่ชิ้นงานเพียง 8 สัปดาห์ จึงอาจทำให้แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสีที่ยังเห็นความแตกต่างได้ไม่ชัดเจน

จากการศึกษาทั้ง 5 ตอน จะได้ว่าฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตจะสามารถผสมยางธรรมชาติได้ในปริมาณที่มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักและสมบัติค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมจะมีค่าลดลงเมื่อเติมยางธรรมชาติแต่จะมีความยืดหยุ่นและระยะยืดก่อนจุดแตกหักเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ไม่ผสมยางธรรมชาติ แต่เมื่อมีการเสริมแรงด้วยของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นที่ 4 %wt/v จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 46 เมื่อเทียบกับฐานฟันเทียมที่ไม่เสริมแรงและไม่เติมยางธรรมชาติ ผลการศึกษาสภาวะจำลองการนำไปใช้งานของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต จะได้ว่าฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตและเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 4 %wt/v ที่ปริมาณการเติมยางธรรมชาติร้อยละ 0.5 จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยหลังผ่านสภาวะจำลองเท่ากับ 124.38 MPa

ซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งที่ลดลง แต่เมื่อศึกษาสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน พบว่าฐานฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งก่อนและหลังผ่านสภาวะจำลองที่ใกล้เคียงกันหรือมีการลดลงเพียงเล็กน้อยและซีฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 1 %wt/v จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งหลังผ่านสภาวะสูงที่สุดคือ 124.86 MPa

การศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต จะได้ว่าซีฟันเทียมที่เสริมด้วยอลูมิเนียมออกไซด์จะมีค่าการดูดซึมน้ำที่ลดลงเมื่อเทียบกับซีฟันเทียมที่ไม่เสริมแรงและซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 5 %wt/v เมื่อแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตจะมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 0.6548

การศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต จะได้ว่าจากการสังเกตด้วยตาเปล่าเมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีที่แช่ในสารละลายกาแฟ แต่ไม่สามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงสีในน้ำอัดลม และสารละลายสีผสมอาหาร เมื่อเวลาผ่านไป 8 สัปดาห์สามารถตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ปริมาณความเข้มข้นของสีที่ติดบนผิวชิ้นงานแช่ในสารละลายกาแฟ ซึ่งพบว่าซีฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 2.5 %wt/v มีความเข้มข้นของสีที่ติดสูงสุดเท่ากับ 0.015 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาสัดส่วนของยางธรรมชาติที่เหมาะสมในการปรับปรุงฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต สามารถผสมยางธรรมชาติได้มากที่สุดคือร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก โดยสภาวะที่ใช้ในการทดลองจะใช้ สัดส่วนพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อยางธรรมชาติเท่ากับ 99.5 : 0.5 99 : 1 และ 97.5 : 2.5 โดยน้ำหนัก

การศึกษาผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้ง แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ประเด็น คือ การทดสอบแรงดัดโค้งในฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติ พบว่าฐานพื้นเทียมที่ผสมยางธรรมชาติจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยที่ลดลงแต่มีการลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งฐานพื้นเทียมที่ผสมยางธรรมชาติร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งที่ใกล้เคียงกับฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตทั่วไป แต่ฐานพื้นเทียมที่ผสมยางธรรมชาติเมื่อเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นแล้วจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเสริมแรงฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติร้อยละ 1 ด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้นที่ 4 %wt/v จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับสภาวะอื่นและประเด็นที่สองคือ การทดสอบแรงดัดโค้งในซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ พบว่าค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยลดลงในทุกปริมาณ โดยซีพื้นเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 2.5 %wt/v จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 106.53 MPa

การศึกษาผลการทดสอบสภาวะจำลองการนำไปใช้งานแบ่งเป็น การทดสอบแรงดัดโค้งในฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตผสมยางธรรมชาติเมื่อผ่านสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน พบว่าฐานพื้นเทียมที่ผ่านสภาวะจำลองการนำไปใช้งานจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งที่เพิ่มขึ้นและฐานพื้นเทียมที่ผสมยางธรรมชาติร้อยละ 1 และเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วแบบตัดสั้น 4 %wt/v จะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยหลังผ่านสภาวะจำลองสูงที่สุดเท่ากับ 124.38 MPa และการทดสอบแรงดัดโค้งในซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์เมื่อผ่านสภาวะจำลองการนำไปใช้งาน พบว่าซีพื้นเทียมที่ผ่านสภาวะจำลองจะมีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยลดลงและซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 1 %wt/v มีค่าการต้านทานแรงดัดโค้งเฉลี่ยสูงสุดเมื่อผ่านสภาวะจำลอง 124.86 MPa

การศึกษาผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต พบว่าซีพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่แช่ในสารละลายยาแก๊ฟและสารละลายสีผสมอาหารสีแดง เริ่มมีการ

เปลี่ยนแปลงสีเมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์จากการสังเกตด้วยตาเปล่า แต่จะสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้เมื่อแช่นาน 8 สัปดาห์ และซีฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 2.5 %wt/v เมื่อแช่ในสารละลายกาแฟจะมีค่าความเข้มข้นของสีที่ติดสูงสุดเท่ากับ 0.015 กรัมต่อน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

การศึกษาการทดสอบการดูดซึมของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต พบว่าน้ำหนักของชิ้นงานทดสอบเพิ่มขึ้น และพบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่เด่นชัดที่สุดเมื่อแช่ซีฟันเทียมในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งซีฟันเทียมที่ไม่เสริมแรงและแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตจะมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากที่สุดเมื่อแช่ทิ้งไว้วันาน 4 สัปดาห์ แต่ซีฟันเทียมที่เสริมแรงด้วยอลูมิเนียมออกไซด์ 5 %wt/v ที่แช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตมีค่าการดูดซึมน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.6548

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโครงการนี้มีความพยายามที่จะพัฒนาและปรับปรุงสมบัติของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตโดยการเปรียบเทียบผลของการเติมยางธรรมชาติเพื่อปรับปรุงสมบัติค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานฟันเทียมให้มีความยืดหยุ่นและมีระยะยืดก่อนการแตกหักมากขึ้น โดยศึกษาสัดส่วนการใช้งานที่เหมาะสมของยางธรรมชาติและวัสดุเสริมแรงและยังมีการศึกษาการดูดซึมและการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อนำไปศึกษาเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงเคมีเพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและสมบัติการใช้งานด้านอื่นๆ ต่อไป อาทิเช่น

5.2.1 พยายามหาชนิดของยางธรรมชาติที่ใช้ในการเติม หากมีชนิดที่เข้ากันได้หรือคล้ายคลึงกับฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตก็จะทำให้ไม่เกิดปัญหาเรื่องลักษณะทางกายภาพที่ผิดแปลกไป

5.2.2 ควรพัฒนาปรับปรุงสมบัติของฐานฟันเทียมและซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตด้วยการทดสอบความสามารถในการใช้งานจริง เช่น ความเป็นพิษ ความเข้ากันได้ของเนื้อเยื่อ เพื่อความปลอดภัยต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

5.2.3 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมควรใช้ระยะเวลาในการศึกษานานกว่า 8 สัปดาห์ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.2.4 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของซีฟันเทียมนั้นอาจไม่สามารถระบุระยะเวลาที่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงสีได้ จากผลการทดลองเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีนั้นขึ้นอยู่กับพฤติกรรมมารับประทานอาหารและเครื่องดื่มของแต่ละบุคคล

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chunharas, D. S. (2009). **Situation of The Thai Elderly 2007**. Bangkok: Foundation of Thai Gerontology Research and Development institute (TGR).
- [2] Peyton, F. A. (1975). History of Resins in Dentistry, *Dent Clin North Am* (Vol.19, pp. 211-22).
- [3] McCabe, J. F. and Walls, A. (2008). **Applied dental materials**, (9th ed) Oxford, UK; Ames, Iowa: Blackwell Pub.
- [4] Sweeney, W.T., Yost E.L and Fee J.G. (1958). Physical properties of plastic teeth. *Journal of Am Dent Assoc* (Vol.56, No.6, pp. 833-41).
- [5] Stafford, G.D., et al. (1980). A review of the properties of some denture base Polymers. *Journal of Dent* (Vol.8, No.4, pp. 292-306).
- [6] Callister, W.D. (2005). **Fundamentals of materials science and engineering; An Integrated approach. Fiber reinforced composites**, (2th ed). (pp. 625-665). Newjersey: John Wiley & Sons.
- [7] Brown, D. (2000). Fibre-reinforced materials. *Dent Update*, (Vol.27, pp. 442-448).
- [8] John, J., Gangadhar S.A., and Shah, I. (2001). Flexural strength of heat-polymethyl methacrylene denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibres. *Journal Prosthet Dent* (Vol.86, pp. 424-427).
- [9] Aydin, C., Yilmez, H., and Caglar, A. (2002). Effect of glass fibre reinforcement on The flexural strength of different denture base resin. *QuintessenceInt* (Vol. 33, pp. 457-463).
- [10] Abdul, S., et al. (2008). Comparision of the visco-elastic behavior of a perimpr-egnated reinforced glass fiber composite with resin-based compesite. *Dental Materials* (Vol.24, pp. 1534-1538).
- [11] Meric, G. and Eystein, R. I. (2002). Effect of thermal cycling on composites Reinforced with two differently sized silica-glass fiber. *Dental Materials* (Vol. 23, pp. 1157-1163).
- [12] อรุษา สรวารี. (2546). **สารเติมแต่งพอลิเมอร์**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [13] Miao, X., et al. (2012). Synthesis of Dental Resins Using Diatomite and Nano-Sized SiO₂ and TiO₂, **Materials International** (Vol. 22, No. 2, pp. 94-99).
- [14] สุวดี ก้องพารากุล. (2556). เทคโนโลยีการตัดแปรรยางธรรมชาติและการประยุกต์ใช้. ปทุมธานี: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [15] Sucama, Y. S. Correlation Between The Storage Time of The NRL and The Efficiency of PMMA Grafting to NR. **Key elements in Polymers for Engineers and Chemists** (Vol. 28, pp. 372-382).
- [16] Vojdani, M., et al. (2012). Effect of Aluminium Oxide Addition on The Flexural Strength, Surface Hardness, and Roughness of Heat-polymerized Acrylic Resin, **Journal of Dental Sciences** (Vol. 2, pp. 238-244).
- [17] Unalan, F. Dikbas, and I. (2007). Effect of Mica and Glass on Surface Hardness of Acrylic Resin Teeth Material, **Dental Material Journal** (Vol. 26, No. 4, pp. 545-548).
- [18] Salman, F.D. and Al-Gaban, R.M. (2011). The effect of various staining agents on color stability of acrylic denture teeth materials (In vitro study), **Journal of Kerbala University** (Vol. 9, No.1, Scientific).
- [19] Burger K.M. et., al. (1992). Effect of Thermo cycling Times on Dentin Bond Strent, **Journal of Esthet Dent.** (Vol. 4, No.6, 197-8).
- [20] ณัฏฐร ชูมา และภัทรพร ชุตินेत्र. (2555). ศึกษาสมบัติเชิงกลของฐานฟันเทียมจากพอลิเมทิลเมทาคริลเลตเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [21] Brydson, J. A. (1999). **Plastics Materials**, Butterworth Heinemann.
- [22] เจน รัตนไพศาล. (2533). **ทันตวัสดุศาสตร์**. (พิมพ์ครั้งที่ 2; หน้า 385-387). กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.
- [23] สุวดี ก้องพารากุล. (2556). เทคโนโลยีการตัดแปรรยางธรรมชาติและการประยุกต์ใช้. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.
- [24] ดร.พงษ์ธร แซ่ฮุย. (2554). **ยางธรรมชาติทนความร้อนและโอโซน**. (หน้า 1-2). ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- [25] วันทกัศ กิรติเสวี และคณะ. ภาพรวมของวัสดุเชิงประกอบ, **วิศวกรรมสาร (มก)**. (หน้า 21-24). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [26] อนุรัตน์ ภูวานคำ. (2005). การพัฒนาวัสดุเชิงประกอบ อลูมินา-มูลไลท์-เซอร์โคเนีย สำหรับงานทางวิศวกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- [27] รศ.ดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. (2011). วิทยาศาสตร์เส้นใยและไฟเบอร์กลาส. หนังสือและวารสาร Hobby Electronics (ปีที่ 2. ฉบับที่ 102., หน้า 65-86).
- [28] Ming-Gane, T., Wen-Miin, L., Tai-Chin, W., San-Yu, C. (2009). Improving the mechanical properties of fiber-reinforced acrylic denture-base resin, *Materials and Design*, (Vol. 30, pp. 2468-2472).
- [29] จินตมัย สุวรรณประทีป. (2547). การทดสอบสมบัติทางกลของพลาสติก. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [30] Technical University of Gabrovo-Milena Koleva. Poly(methyl methacrylate) (PMMA), CAE DS-Injection Moulding Materials (Vol. 1, pp. 1-5).
- [31] ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องมือทางทันตกรรม. คู่มือการใช้งานเครื่องมือทดสอบสมบัติวัสดุทันตกรรม Thermal Cycling. คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [32] กนกพร ศรีวิชา และ วุฒิชัย มาน้อย. (2556). ผลของการเติมวัสดุเสริมแรงต่อการทานแรงดัดโค้ง ความแข็งผิว และแรงยึดเหนี่ยวของซีฟันทีียมอะคริลิก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [33] กิตติยา กังคะพิลาศ. (2557). ผลของการปรับสภาพพื้นผิวต่อความแข็งแรงการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [34] Juliana, S., et al. (2004). Influence of Chemical and Mechanical Polishing on Water Sorption and Solubility of Denture Base Acrylic Resins. *Journal of Braz Dent*, (Vol. 13, pp.225-230).



ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบสมบัติค่าการต้านทานแรงดัดโค้งของวัสดุฟันเทียม

มหาวิทยาลัยพระศวร

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียม

ปริมาณ ย าง ร ร ร ม ช า ติ	ปริมาณวัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	Flexural Strength (MPa)					
		ชั้นทดสอบ	L(mm)	h(mm)	B(mm)	Fmax(N)	$F=3FL/2Bh^2$
0	0	1	50	5	11.6	420	108.62
		2	50	5	11.3	440	116.81
		3	50	5.25	11.9	530	121.19
		Average					
	1	1	50	5.55	11.35	503	107.91
		2	50	5.23	11.66	469	110.29
		3	50	5.37	11.73	554	122.84
		Average					
	4	1	50	5	11.1	556	150.27
		2	50	5	11	494	134.73
		3	50	4	11	440	187.50
		Average					
0.5	0	1	50	5	11.6	442	114.31
		2	50	6	11.5	431	78.08
		3	50	5	11.7	436	111.79
		Average					
	1	1	50	4	11.4	388	159.54
		2	50	4	11.1	325	137.25
		3	50	4	11.8	418	166.05
		Average					
	4	1	50	5	11.1	547	147.84
		2	50	5	11	281	76.64
		3	50	5	10.9	233	64.13
		Average					

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียม (ต่อ)

ปริมาณ ยาง ธรรมชาติ	ปริมาณวัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	Flexural Strength (MPa)						
		ชั้นทดสอบ	L(mm)	h(mm)	B(mm)	Fmax(N)	$F=3FL/2Bh^2$	
1	0	1	50	5	11.4	424	111.58	
		2	50	5	11.4	510	134.21	
		3	50	5	11.6	327	84.57	
		Average						110.12
	1	1	1	50	4	11.8	453	179.95
			2	50	5	11	386	105.27
			3	50	4	11.2	253	105.89
			Average					
	4	4	1	50	4	10.6	436	192.81
			2	50	4	11.4	459	188.73
			3	50	5	11	458	124.91
			Average					
2.5	0	1	50	5	11	451	123.00	
		2	50	5	11.7	434	111.28	
		3	50	4	11.7	258	103.37	
		Average						112.55
	1	1	1	50	4	11.9	377	148.50
			2	50	4	11.4	334	137.34
			3	50	4	11.6	314	126.89
			Average					
	4	4	1	50	5	11.9	454	114.45
			2	50	5	11.2	462	123.75
			3	50	5	11.6	482	124.66
			Average					

ตารางที่ ก.2 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมเมื่อผ่านสภาวะจำลอง

ปริมาณ ยาง ธรรมชาติ	ปริมาณวัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	Flexural Strength (MPa)					
		ชั้นทดสอบ	L(mm)	h(mm)	B(mm)	Fmax(N)	$F=3FL/28h^2$
0	0	1	50	6	12.5	593	98.83
		2	50	5	11.3	539	143.10
		3	50	5	11.8	472	120.00
		Average					
	1	1	50	5	11.3	413	109.65
		2	50	5	12.1	522	129.42
		3	50	5	11.2	435	116.52
		Average					
	4	1	50	5	11.7	518	132.82
		2	50	5	12.3	557	135.85
		3	50	5	11.7	543	139.23
		Average					
0.5	0	1	50	5	11.2	394	105.54
		2	50	5	11.6	488	126.21
		3	50	5	11.5	308	80.35
		Average					
	1	1	50	5	10.9	406	111.74
		2	50	5	12.3	495	120.73
		3	50	5	11.3	377	100.09
		Average					
	4	1	50	4	11.5	283	115.35
		2	50	5	11.3	481	127.70
		3	50	5	11	477	130.09
		Average					

ตารางที่ ก.2 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของฐานพื้นเทียมเมื่อผ่านสภาวะจำลอง

(ต่อ)

ปริมาณ ยาง ธรรมชาติ	ปริมาณวัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	Flexural Strength (MPa)						
		ชั้นทดสอบ	L(mm)	h(mm)	B(mm)	Fmax(N)	$F=3FL/2Bh^2$	
1	0	1	50	4	11.4	304	125.00	
		2	50	4	11.1	292	123.31	
		3	50	4	11.1	292	123.31	
		Average						124.16
	1	1	1	50	5	11.7	252	64.62
			2	50	5	12.3	433	105.61
			3	50	5	11.3	315	83.63
			Average					
	4	4	1	50	5	11.5	417	108.78
			2	50	4	11.1	318	134.29
			3	50	5	11.4	506	133.16
			Average					
2.5	0	1	50	5	11.4	409	107.63	
		2	50	5	12	334	83.50	
		3	50	5	12	350	87.50	
		Average						92.88
	1	1	1	50	5	11.6	357	92.33
			2	50	5	11.4	485	127.63
			3	50	5	11.1	277	74.86
			Average					
	4	4	1	50	5	11.8	494	125.59
			2	50	4	11.6	312	126.08
			3	50	5	11.6	450	116.38
			Average					

ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของซีฟีนเทียม

ปริมาณวัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	Flexural Strength (MPa)					
	ชั้นทดสอบ	L(mm)	h(mm)	B(mm)	Fmax(N)	$F=3FL/2Bh^2$
0	1	50	4	11.1	481	203.13
	2	50	4	11.1	389	164.27
	3	50	4	12	494	192.97
	Average					186.79
1	1	50	5	10.6	455	128.77
	2	50	4	12	422	164.84
	3	50	5	11.3	394	104.60
	Average					132.74
2.5	1	50	5	11.2	589	157.77
	2	50	5	11.5	480	125.22
	3	50	6	11.4	518	94.66
	Average					125.88
5	1	50	5	11.6	452	116.90
	2	50	5	11.9	388	97.82
	3	50	5	12.1	423	104.88
	Average					106.53

ตารางที่ ก.4 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งของซีพินเทียมเมื่อผ่านสภาวะจำลอง

ปริมาณ วัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	Flexural Strength (MPa)					
	ชิ้นทดสอบ	L(mm)	h(mm)	B(mm)	Fmax(N)	$F=3FL/2Bh^2$
0	1	50	5	11.2	311	83.30
	2	50	4	11.3	384	159.29
	3	50	5	11.6	298	77.07
	Average					106.55
1	1	50	6	11.8	539	95.16
	2	50	5	11.2	529	141.70
	3	50	5	11	505	137.73
	Average					124.86
2.5	1	50	5	10.7	284	79.63
	2	50	6	11.2	556	103.42
	3	50	4	11.1	417	176.10
	Average					119.72
5	1	50	5	11.7	377	96.67
	2	50	5	11.1	454	122.70
	3	50	6	12.4	622	104.50
	Average					107.96



ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบค่าการดูดซึมของซีพีเอ็นเทียม

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบการดูดซึมของซีฟีนเทียมเมื่อแช่ในน้ำกลั่น

ปริมาณ วัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	ระยะเวลา การแช่	ชั้นที่ 1	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ชั้นที่ 2	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ชั้นที่ 3	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ค่าเฉลี่ย
0	0 hr	0.8151	0	0.7638	0	0.8807	0	0
	24 hr	0.8175	0.0024	0.766	0.0022	0.8874	0.0067	0.445266
	1 week	0.8217	0.0066	0.7691	0.0053	0.8874	0.0067	0.749115
	2 week	0.8213	0.0062	0.7703	0.0065	0.8885	0.0078	0.825537
	3 week	0.8241	0.009	0.771	0.0072	0.8885	0.0078	0.967946
	4 week	0.823	0.0079	0.7713	0.0075	0.8897	0.009	0.981288
0.01	0 hr	1.0734	0	1.0124	0	0.926	0	0
	24 hr	1.0757	0.0023	1.015	0.0026	0.9338	0.0078	0.43509
	1 week	1.0807	0.0073	1.0192	0.0068	0.9338	0.0078	0.725992
	2 week	1.0806	0.0072	1.0199	0.0075	0.9336	0.0076	0.738572
	3 week	1.0816	0.0082	1.0205	0.0081	0.9344	0.0084	0.816946
	4 week	1.0825	0.0091	1.0214	0.009	0.9345	0.0085	0.877122
0.025	0 hr	1.0213	0	1.0472	0	1.0328	0	0
	24 hr	1.0248	0.0035	1.0531	0.0059	1.0364	0.0036	0.416379
	1 week	1.0289	0.0076	1.0502	0.003	1.0377	0.0049	0.498837
	2 week	1.0277	0.0064	1.0535	0.0063	1.0398	0.007	0.631321
	3 week	1.0277	0.0064	1.0545	0.0073	1.0402	0.0074	0.675474
	4 week	1.0283	0.007	1.0552	0.008	1.0411	0.0083	0.745373
0.05	0 hr	0.9177	0	0.9402	0	1.074	0	0
	24 hr	0.9255	0.0078	0.9442	0.004	1.0847	0.0107	0.750958
	1 week	0.9217	0.004	0.9432	0.003	1.0809	0.0069	0.463468
	2 week	0.9228	0.0051	0.9455	0.0053	1.0825	0.0085	0.632812
	3 week	0.9229	0.0052	0.9448	0.0046	1.0837	0.0097	0.648466
	4 week	0.9237	0.006	0.9453	0.0051	1.085	0.011	0.734299

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบการดูดซึมของซีฟันทึยมเมื่อแช่ในสารละลายกรดซิตริก

ปริมาณ วัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	ระยะเวลา การแช่	ชั้นที่ 1	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ชั้นที่ 2	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ชั้นที่ 3	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ค่าเฉลี่ย
0	0 hr	0.9138	0	0.762	0	0.9467	0	0
	24 hr	0.9177	0.0039	0.7648	0.0028	0.9499	0.0032	0.336878
	1 week	0.9184	0.0046	0.7665	0.0045	0.9516	0.0049	0.514922
	2 week	0.9198	0.006	0.7692	0.0072	0.9544	0.0077	0.80679
	3 week	0.9214	0.0076	0.7703	0.0083	0.9556	0.0089	0.931352
	4 week	0.9221	0.0083	0.7705	0.0085	0.9564	0.0097	1.01422
0.01	0 hr	1.0041	0	1.0376	0	0.787	0	0
	24 hr	1.0058	0.0017	1.0401	0.0025	0.7891	0.0021	0.266126
	1 week	1.0064	0.0023	1.0428	0.0052	0.7902	0.0032	0.404961
	2 week	1.01	0.0059	1.045	0.0074	0.7938	0.0068	0.856639
	3 week	1.0102	0.0061	1.0446	0.007	0.7936	0.0066	0.831653
	4 week	1.0107	0.0066	1.0449	0.0073	0.7951	0.0081	1.01874
0.025	0 hr	1.0507	0	1.0083	0	0.9898	0	0
	24 hr	1.0529	0.0022	1.0109	0.0026	0.992	0.0022	0.221774
	1 week	1.0534	0.0027	1.0113	0.003	0.9934	0.0036	0.362392
	2 week	1.0559	0.0052	1.0148	0.0065	0.9964	0.0066	0.662385
	3 week	1.0567	0.006	1.0157	0.0074	0.997	0.0072	0.722166
	4 week	1.0573	0.0066	1.0161	0.0078	0.9974	0.0076	0.761981
0.05	0 hr	1.0785	0	1.1215	0	0.989	0	0
	24 hr	1.0809	0.0024	1.1243	0.0028	0.9911	0.0021	0.211886
	1 week	1.0834	0.0049	1.1256	0.0041	0.9936	0.0046	0.462963
	2 week	1.0869	0.0084	1.1288	0.0073	0.9941	0.0051	0.513027
	3 week	1.0875	0.009	1.13	0.0085	0.9933	0.0043	0.4329
	4 week	1.088	0.0095	1.1306	0.0091	0.9938	0.0048	0.482995

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบการดูดซึมของซีฟีนเทียมเมื่อแช่ในโซดา

ปริมาณ วัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	ระยะเวลา การแช่	ชั้นที่ 1	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ชั้นที่ 2	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ชั้นที่ 3	น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้น	ค่าเฉลี่ย
0	0 hr	0.7308	0	0.8273	0	1.0129	0	0
	24 hr	0.7331	0.0023	0.8294	0.0021	1.0155	0.0026	0.274321
	1 week	0.7371	0.0063	0.8332	0.0059	1.0196	0.0067	0.739978
	2 week	0.737	0.0062	0.834	0.0067	1.0208	0.0079	0.806169
	3 week	0.7376	0.0068	0.8348	0.0075	1.0215	0.0086	0.887409
	4 week	0.7378	0.007	0.8354	0.0081	1.0224	0.0095	0.949183
0.01	0 hr	1.0428	0	0.9384	0	1.0063	0	0
	24 hr	1.0463	0.0035	0.9413	0.0029	1.0089	0.0026	0.300101
	1 week	1.0497	0.0069	0.946	0.0076	1.0125	0.0062	0.69102
	2 week	1.0507	0.0079	0.946	0.0076	1.014	0.0077	0.771544
	3 week	1.0526	0.0098	0.9478	0.0094	1.0155	0.0092	0.942919
	4 week	1.0526	0.0098	0.9478	0.0094	1.0155	0.0092	0.942919
0.025	0 hr	1.0089	0	0.9921	0	0.9994	0	0
	24 hr	1.0127	0.0038	0.9964	0.0043	1.0022	0.0028	0.362058
	1 week	1.0142	0.0053	0.9969	0.0048	1.0036	0.0042	0.474188
	2 week	1.0158	0.0069	0.9985	0.0064	1.0053	0.0059	0.635706
	3 week	1.0165	0.0076	0.9993	0.0072	1.0063	0.0069	0.717949
	4 week	1.0172	0.0083	1.0006	0.0085	1.0064	0.007	0.787001
0.05	0 hr	0.9364	0	1.0362	0	0.902	0	0
	24 hr	0.9396	0.0032	1.0393	0.0031	0.9069	0.0049	0.39305
	1 week	0.9399	0.0035	1.0425	0.0063	0.9077	0.0057	0.534886
	2 week	0.9408	0.0044	1.0434	0.0072	0.9084	0.0064	0.620758
	3 week	0.9414	0.005	1.0445	0.0083	0.9095	0.0075	0.716797
	4 week	0.9416	0.0052	1.045	0.0088	0.9095	0.0075	0.739662

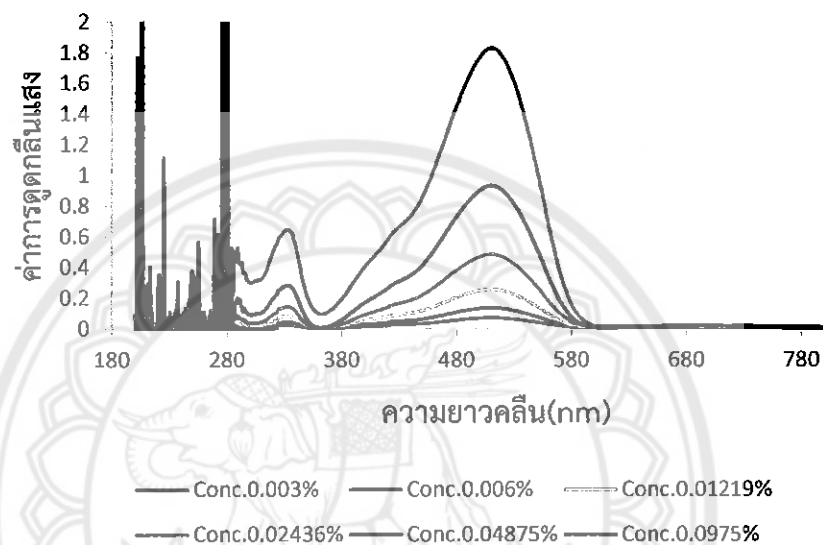
ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบการดูดซึมของซีฟันเทียมเมื่อแช่ในสารละลายโซเดียมโบคาร์บอเนต

ปริมาณ วัสดุ เสริมแรง (%wt/v)	ระยะเวลา การแช่	ชั้นที่ 1	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ชั้นที่ 2	น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	ชั้นที่ 3	น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้น	ค่าเฉลี่ย
0	0 hr	0.7037	0	0.7471	0	0.8186	0	0
	24 hr	0.7077	0.004	0.751	0.0039	0.8211	0.0025	0.30447
	1 week	0.7107	0.007	0.7544	0.0073	0.8241	0.0055	0.667395
	2 week	0.7126	0.0089	0.756	0.0089	0.8248	0.0062	0.751697
	3 week	0.7146	0.0109	0.7581	0.011	0.8261	0.0075	0.90788
	4 week	0.7146	0.0109	0.7572	0.0101	0.8266	0.008	0.96782
0.01	0 hr	0.9649	0	1.0128	0	1.0419	0	0
	24 hr	0.9686	0.0037	1.0156	0.0028	1.0448	0.0029	0.277565
	1 week	0.9712	0.0063	1.0176	0.0048	1.0464	0.0045	0.430046
	2 week	0.9701	0.0052	1.0186	0.0058	1.0482	0.0063	0.60103
	3 week	0.971	0.0061	1.0197	0.0069	1.0489	0.007	0.667366
	4 week	0.9717	0.0068	1.0202	0.0074	1.049	0.0071	0.676835
0.025	0 hr	0.9606	0	1.0439	0	1.1132	0	0
	24 hr	0.9627	0.0021	1.0467	0.0028	1.1155	0.0023	0.206186
	1 week	0.965	0.0044	1.049	0.0051	1.1187	0.0055	0.491642
	2 week	0.9665	0.0059	1.0503	0.0064	1.1198	0.0066	0.589391
	3 week	0.9675	0.0069	1.0515	0.0076	1.121	0.0078	0.695807
	4 week	0.9678	0.0072	1.0519	0.008	1.1215	0.0083	0.74008
0.05	0 hr	1.0314	0	1.0869	0	0.9512	0	0
	24 hr	1.0342	0.0028	1.0908	0.0039	0.953	0.0018	0.188877
	1 week	1.0383	0.0069	1.0905	0.0036	0.9546	0.0034	0.35617
	2 week	1.0386	0.0072	1.0917	0.0048	0.956	0.0048	0.502092
	3 week	1.0392	0.0078	1.0922	0.0053	0.9561	0.0049	0.512499
	4 week	1.0403	0.0089	1.093	0.0061	0.9564	0.0052	0.543706

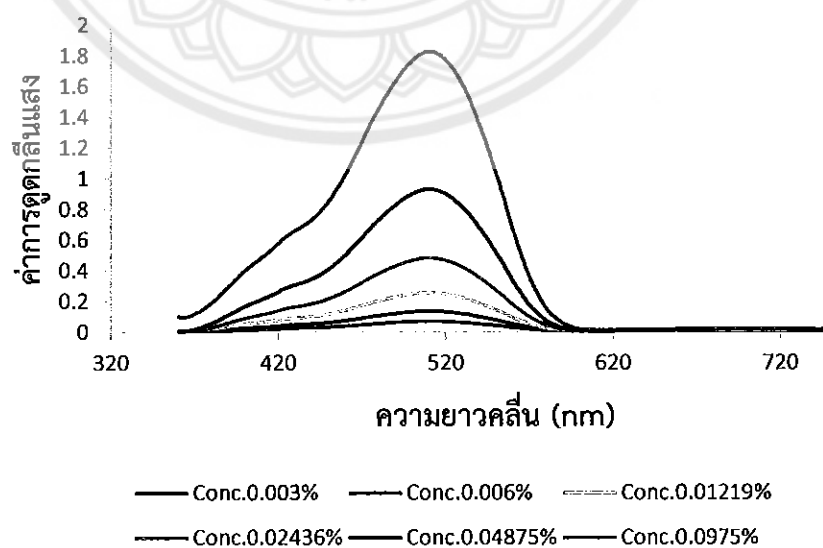


ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่อง Uv -vis Spectrophotometer รุ่น Helios omega จากบริษัท BEC.THAI

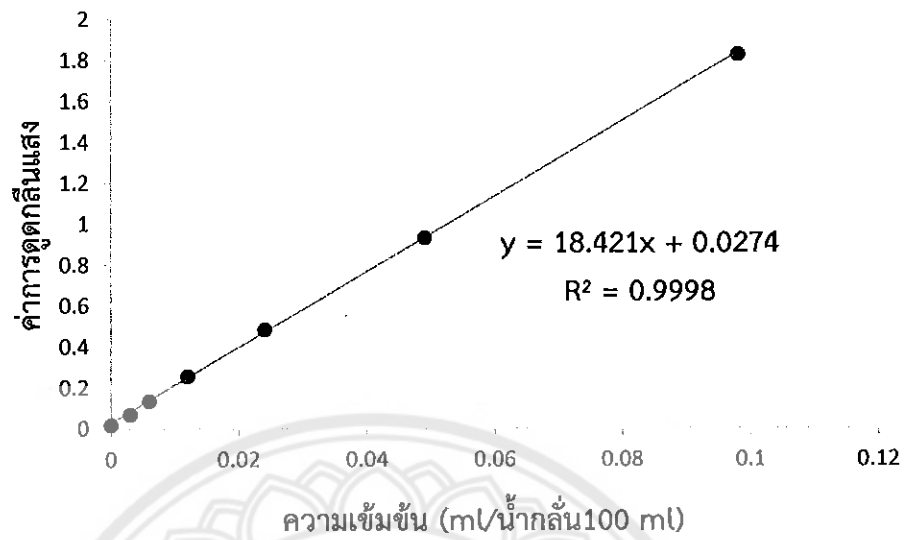
1. การทดสอบค่าการดูดกลืนแสงของสีผสมอาหารสีแดง



กราฟที่ 1.1 กราฟผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200-800 nm ของสีผสมอาหารสีแดง

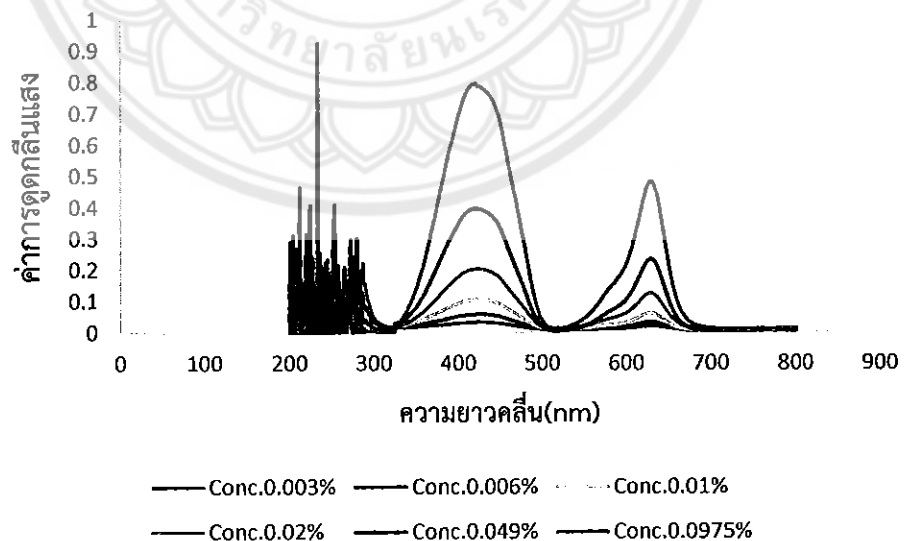


กราฟที่ 1.2 กราฟผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีผสมอาหารสีแดง

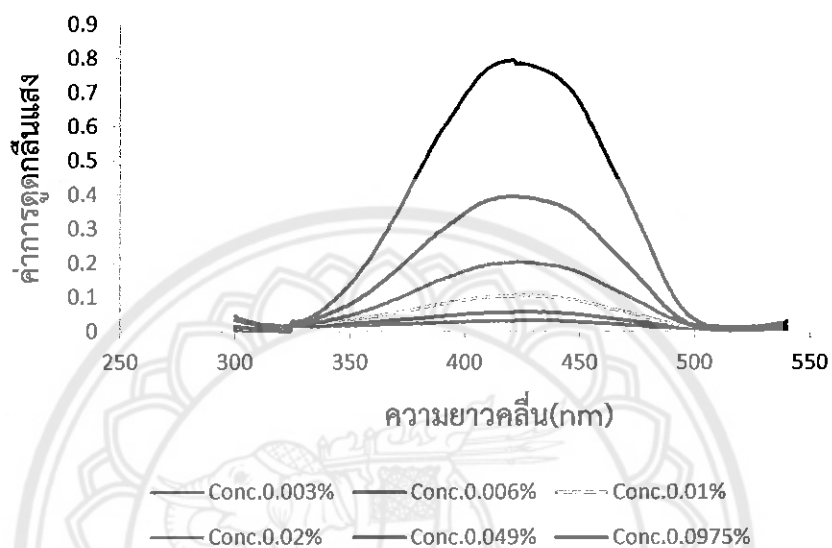


กราฟที่ 1.3 กราฟมาตรฐานของสีผสมอาหารสีแดง

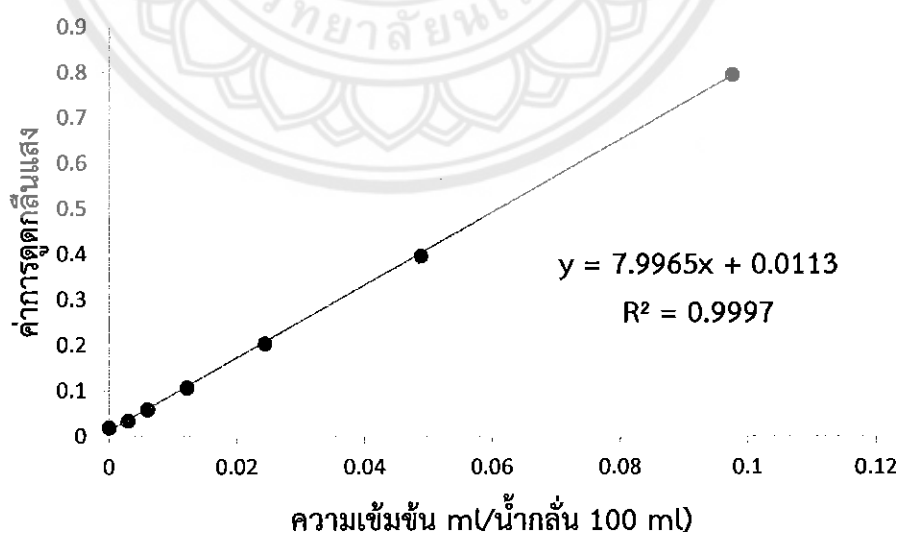
2. การทดสอบค่าการดูดกลืนแสงของสีผสมอาหารสีเขียว



กราฟที่ 2.1 กราฟผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200-800 nm ของสีผสมอาหารสีเขียว

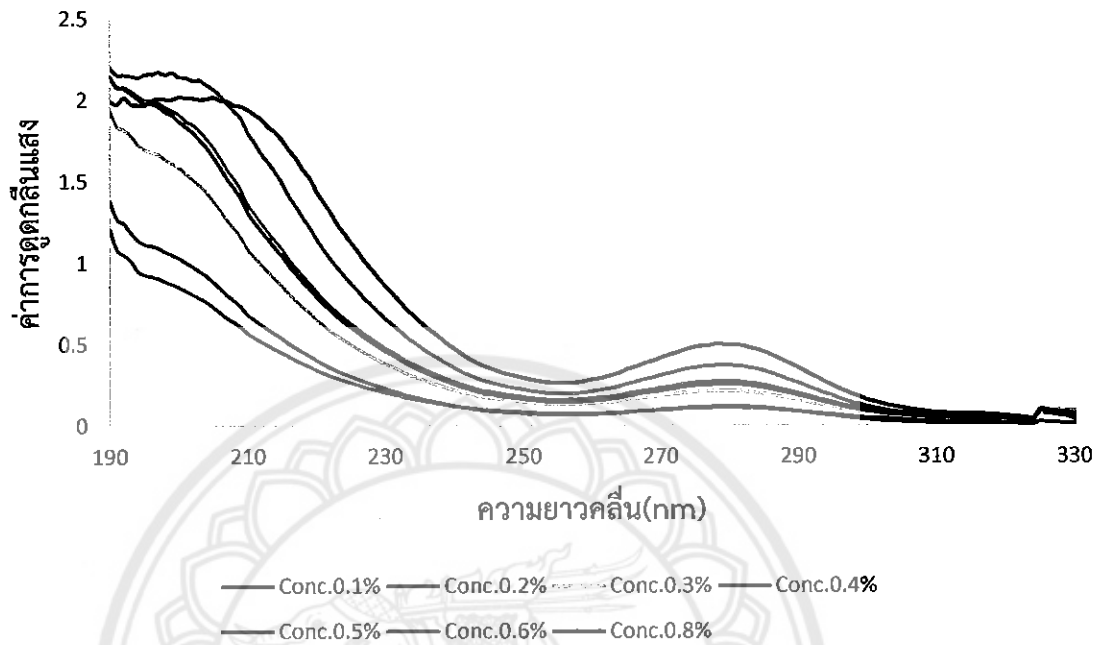


กราฟที่ 2.2 กราฟผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีผสมอาหารสีเขียว

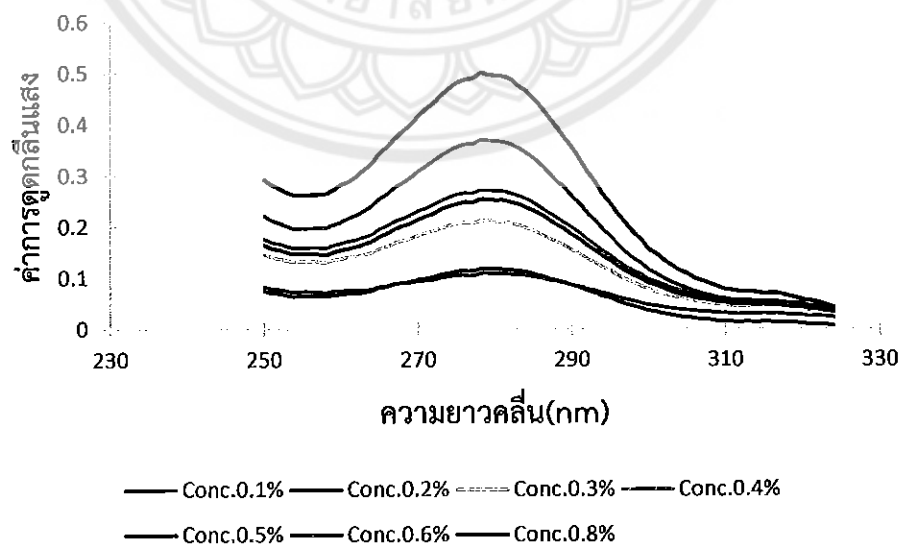


กราฟที่ 2.3 กราฟมาตรฐานของสีผสมอาหารสีเขียว

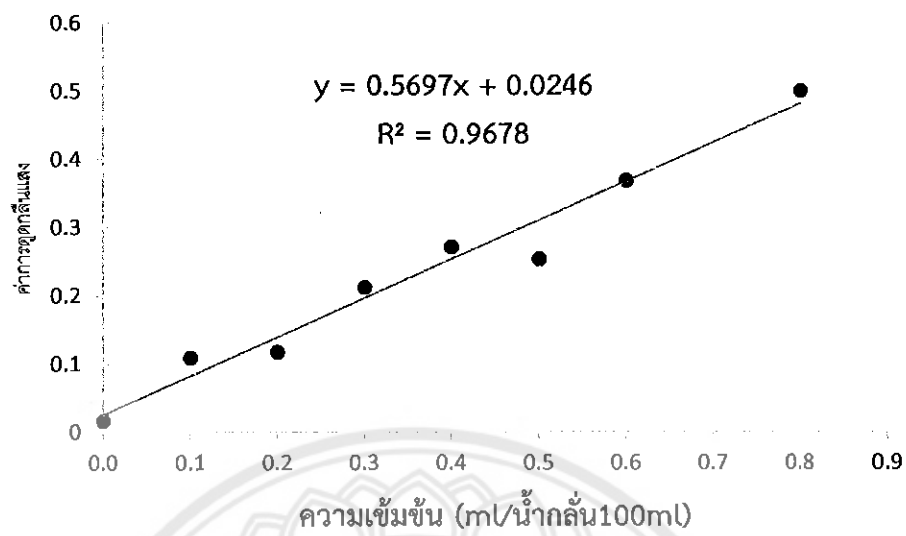
3. การทดสอบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกาแฟ



กราฟที่ 3.1 กราฟผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 190-800 nm ของสารละลายกาแฟ

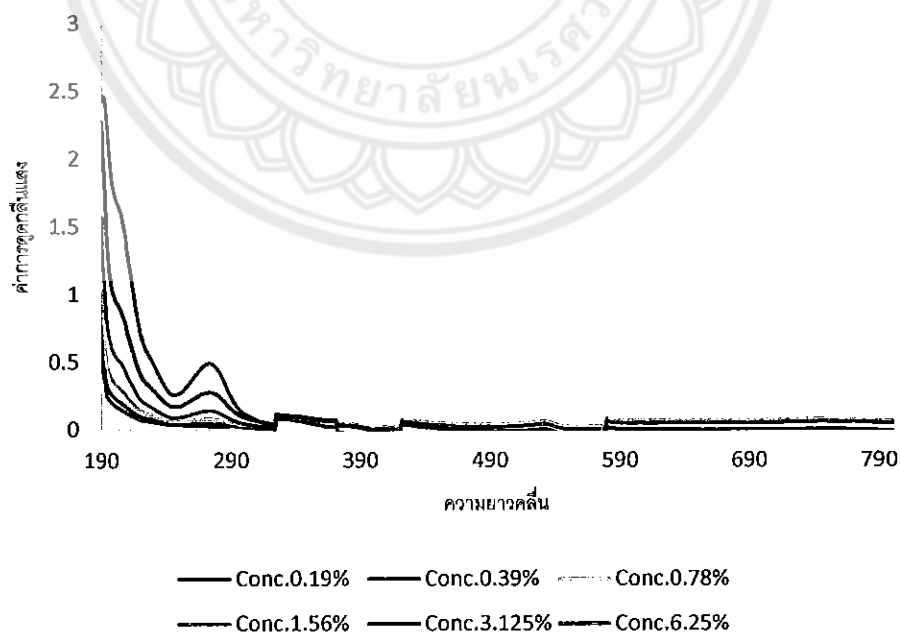


กราฟที่ 3.2 กราฟผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารละลายกาแฟ

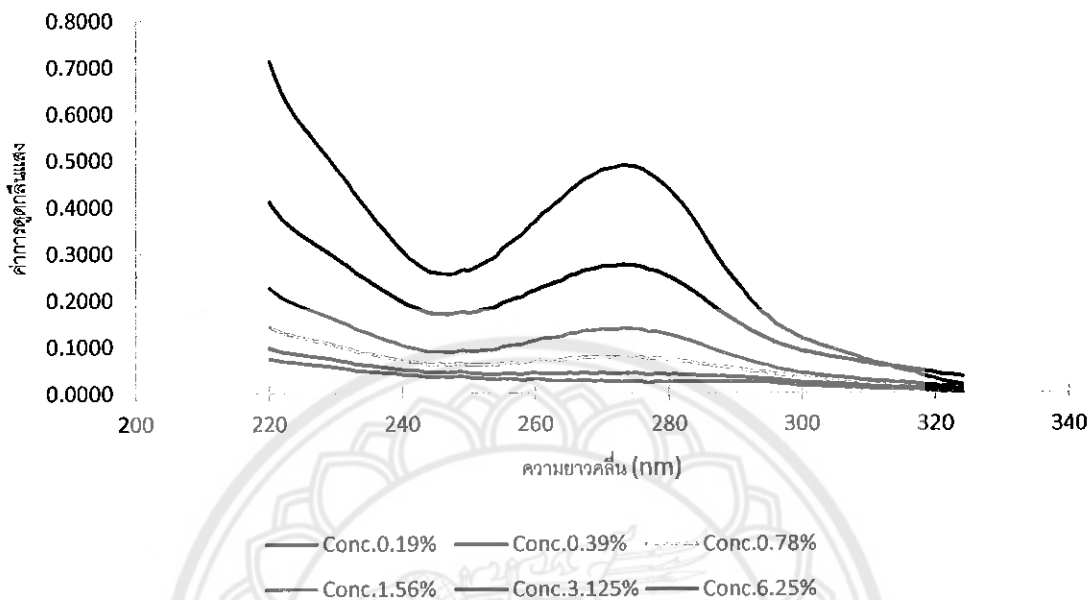


กราฟที่ 3.3 กราฟมาตรฐานของสารละลายกาแฟ

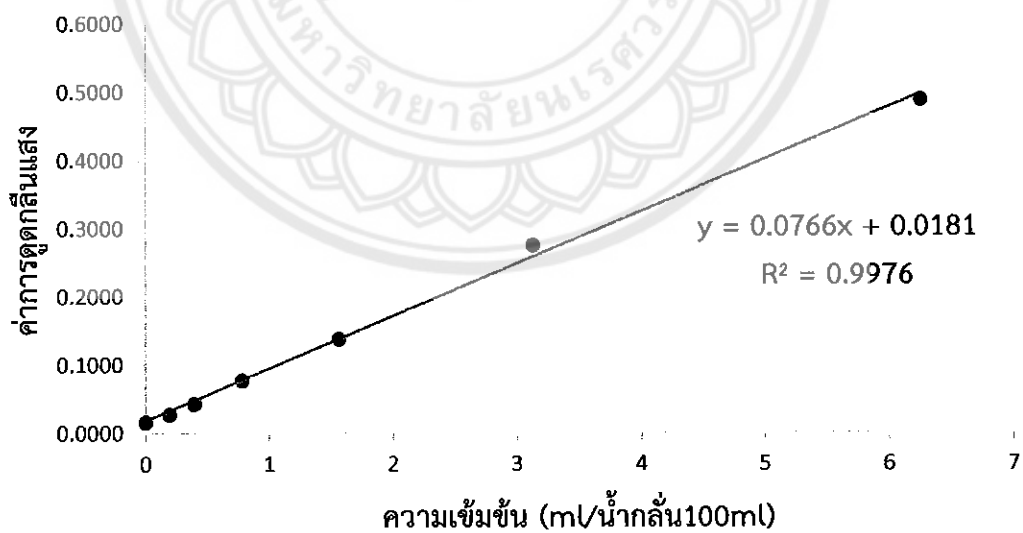
4. การทดสอบค่าการดูดกลืนแสงของน้ำอัดลม



กราฟที่ 4.1 กราฟผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 190-800 nm ของน้ำอัดลม



กราฟที่ 4.2 กราฟผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของน้ำอัดลม



กราฟที่ 4.3 กราฟมาตรฐานของน้ำอัดลม

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นางสาวชมพูนุช จินะวงศ์
ภูมิลำเนา 40 หมู่ 3 ต.จุน อ.จุน จ.พะเยา 56150

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน
สามัคคีวิทยาคม จ.เชียงราย
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี
ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นเรศวร จ.พิษณุโลก
- E-mail maycj.engi@gmail.com



ชื่อ นางสาวพุดลักขณ์ โพธิ์แก้ว
ภูมิลำเนา 77 หมู่ 3 ต.บ้านแหง อ.จาง จ.ลำปาง
52110

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน
ประชารัฐธรรมคุณ จ.ลำปาง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี
ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นเรศวร จ.พิษณุโลก

E-mail ammery21@hotmail.com

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ(ต่อ)



ชื่อ นางสาววิภาดา ทองมา
ภูมิลำเนา 53/1 หมู่ 4 ต.ชาติตระการ
อ.ชาติตระการ จ.พิษณุโลก 65170

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนชาติตระการวิทยา จ.พิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

E-mail wiph_dano@hotmail.Co.th

