

ผลของสารปรับสภาพพื้นผิวที่มีต่อความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่าง เรซินเสริมฐานแบบแข็งชนิด
บ่มด้วยตัวเองและฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน

นาง รชนี ไอสถานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

The effect of chemical surface treatments on the shear bond strength between self
cured hard reline resins and a heat cured acrylic resin denture base

Mrs. Rachanee Osathananda

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Sciences Program in Prosthodontics

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของสารปรับสภาพพื้นผิวที่มีต่อความแข็งแรงพันธะเชื่อม
ระหว่างเรซินเสริมฐานแบบแข็งชนิดป่นด้วยตัวเองและฐาน
ฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดป่นด้วยความร้อน

โดย

นาง รัชณี ไชยสถานนท์

สาขาวิชา

ทันตกรรมประดิษฐ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....รองคณบดีฝ่ายบริหาร

รักษาการแทนคณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.พิเชียร อังจันทร์เพ็ญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.มรกต เปี่ยมใจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร.ปิยะนารถ เอกวรพจน์)

รัชณี โอสถานนท์ : ผลของสารปรับสภาพพื้นผิวที่มีต่อความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างเรซินเสริมฐานแบบแข็งชนิดบ่มด้วยตัวเองและฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน. (THE EFFECT OF CHEMICAL SURFACE TREATMENTS ON THE SHEAR BOND STRENGTH BETWEEN SELF CURED HARD RELINE RESINS AND A HEAT CURED ACRYLIC RESIN DENTURE BASE) อ. ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์, 68 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพผิวหน้าฐานฟันเทียมก่อนการเสริมฐานด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนต่างกันที่มีต่อค่าความแข็งแรงพันธะเชื่อม เตรียมชิ้นงานวัสดุฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนในท่อน้ำพิวีซี จำนวน 120 ชิ้นแบ่งเป็น 12 กลุ่ม แบ่งตามวัสดุเสริมฐานสามผลิตภัณฑ์คือยูนิฟาสเทรค® ยูเอฟไอเจลฮาร์ด® และโทคูยาม่า® รีเบสทูปาส โดยก่อนการเสริมฐานทำการทาสารปรับสภาพผิวหน้าฐานฟันเทียมด้วยสารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ สารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วน 35:65, 25:75, 15:85 เป็นเวลา 15 วินาที ตามลำดับ ทดสอบความแข็งแรงพันธะเชื่อมด้วยเครื่องทดสอบสากล นำชิ้นงานทั้งหมดที่แตกหักมาวิเคราะห์ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ พบว่ากลุ่มยูนิฟาสเทรค® ที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 25:75 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมมากกว่ากลุ่มที่ทำด้วยสารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กลุ่มยูเอฟไอเจลฮาร์ด® พบว่ากลุ่มที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตทุกอัตราส่วน มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมมากกว่ากลุ่มที่ทำด้วยสารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับกลุ่มโทคูยาม่า® รีเบสทูปาสนั้น การปรับผิวหน้าด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตต ไม่ได้ทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมที่วัดได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่า การปรับสภาพผิวของวัสดุฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 25:75 ช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงพันธะเชื่อมให้สูงขึ้นในวัสดุเสริมฐานยูนิฟาสเทรค® และการปรับสภาพผิวของวัสดุฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตทุกอัตราส่วนช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงพันธะเชื่อมให้สูงขึ้นในยูเอฟไอเจลฮาร์ด® เมื่อเทียบกับการปรับสภาพผิวด้วยสารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

ภาควิชา ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา 2554.....

5276148432 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORDS : SELF CURED HARD RELINE RESINS / SHEAR BOND STRENGTH / METHYL FORMATE/ METHYL ACETATE

RACHANEE OSATHANANDA: THE EFFECT OF CHEMICAL SURFACE TREATMENTS ON THE SHEAR BOND STRENGTH BETWEEN SELF CURED HARD RELINE RESINS AND A HEAT CURED ACRYLIC RESIN DENTURE BASE. ADVISOR: ASSOC.PROF.CHAIRAT WIWATWARRAPAN, 68 pp.

This research has the objective to study the effect of the denture base surface treatment, before relined denture, with methyl formate-methyl acetate solutions in many ratio on shear bond strength (SBS). One hundred twenty heat cured acrylic resin denture base in PVC tube were prepared and divided into twelve groups: according to three self cured hard relining resins (*Unifast trad[®]*, *Tokuyama[®] Rebasell Fast*, *Ufi gel hard[®]*), each product were divided into four subgroups according to surface treatment agents, adhesive agent according to manufacturer recommendation, methyl formate-methyl acetate solution at ratio 35:65, 25:75, 15:85 for 15 second respectively. The shear bond test was measured by the Instron Universal Testing Machine. Mode of failure was analyzed with Stereo Microscope. The mean SBS in groups of treatment surface with methyl formate-methyl acetate solutions at ratio 25:75, were relined with *Unifast trad[®]*, were significantly increased than that of adhesive agent according to manufacturer's recommendation. *Ufi gel hard[®]* that treatment surface with methyl formate-methyl acetate solutions were significantly increased. The mean SBS of all groups of *Tokuyama[®] Rebasell Fast* were not significantly different. In conclusion, surface treatment with methyl formate-methyl acetate solution at ratio 25:75 enhanced more SBS in the denture base resin and *Unifast Trad[®]*, and these at all ratio enhanced more SBS between denture base resin and *Ufi gel hard[®]* than that treated with adhesive agents according to manufacturer recommendation.

Department : Prosthodontics..... Student's Signature

Field of Study : Prosthodontics..... Advisor's Signature

Academic Year : 2011.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยทุนสนับสนุนจากฝ่ายวิจัยคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2553 (DRF 53021) และด้วยความช่วยเหลือและการเอาใจใส่ของ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้การดำเนินการมีความสะดวกราบรื่นและมีประสิทธิภาพจึงกราบ ขอบพระคุณอย่างสูง ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ไพพรรณ พิทยานนท์ สำหรับคำแนะนำ เกี่ยวกับสถิติที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านในศูนย์วิจัยทันตวัสดุ และหน่วยงาน ห้องปฏิบัติการทันตกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณบริษัทยูนิตี้ เด็นทัล จำกัด สนับสนุนวัสดุเสริมฐานโทควยาม่า® รีเบสทูฟาส จำนวน 1 ชุด ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ทุกคนในครอบครัวของผู้วิจัยและผู้มีพระคุณทั้งหมดที่มีได้กล่าวไว้ในที่นี้ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำงาน สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการทุกท่านที่ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
สมมติฐานการวิจัย.....	2
ขอบเขตการวิจัย.....	5
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	5
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	5
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
พอลิเมอร์.....	7
ฐานพินเทียมพอลิเมอร์.....	9
ฐานพินเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน.....	10
เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง.....	11
วัสดุเสริมฐานพินเทียมแบบแข็งชนิดบ่มด้วยตัวเอง.....	12
สารเคมีที่ใช้ช่วยในการเพิ่มการยึดติดในการเสริมฐานพินเทียม.....	15
วิธีการทดสอบความแข็งแรงยึดของวัสดุเสริมฐานพินเทียม.....	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	18
ประชากรเป้าหมาย.....	18
ประชากรตัวอย่าง.....	18
เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย.....	18
วิธีการวิจัย.....	21

การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล.....	30
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	41
สรุปผลการวิจัย.....	41
อภิปรายผลการวิจัย.....	42
ข้อเสนอแนะ.....	52
รายการอ้างอิง.....	53
ภาคผนวก.....	57
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	68

สารบัญญัตราจ

		หน้า
ตารางที่ 1	จำแนกประเภทฐานพื้นเทียมพอลิเมอร์ตาม ISO 20795-1 (2008).....	9
ตารางที่ 2	แสดงส่วนประกอบของวัสดุฐานพื้นเทียมอะคริลิก.....	10
ตารางที่ 3	แสดงส่วนประกอบของวัสดุเสริมฐานแบบแข็ง.....	13
ตารางที่ 4	แสดงผลตัทภณท์ ส่วนประกอบของส่วนผง ส่วนเหลว น้ำหนักโมเลกุล และ สารยัดติตของวัสดุเสริมฐานที่ใช้ในการทดสอบ.....	14
ตารางที่ 5	แสดงค่าขีดจำกัดของสารเคมีในบรรยากาศการทำงานของสารปรับสภาพผิว	16
ตารางที่ 6	แสดงค่าพารามิเตอร์การละลายของสารที่ใช้ในการศึกษา.....	17
ตารางที่ 7	แสดงผลตัทภณท์ และชื่อผู้ผลิตของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	20
ตารางที่ 8	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัสดุเสริม ฐานพื้นเทียม 3 ผลตัทภณท์ที่ใช้สารปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์ เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วนต่างๆกัน.....	33
ตารางที่ 9	ชนิดการแตกหัก (%) ระหว่างวัสดุเสริมฐานและฐานพื้นเทียม.....	34
ตารางที่ 10	แสดงค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของกลุ่มยูนิฟาสเทรต®..	44
ตารางที่ 11	แสดงค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของกลุ่มยูเอฟไอเจล ฮาร์ด®	46
ตารางที่ 12	แสดงค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของกลุ่มโทคยาม่า® รี เบสทูปาส.....	47

สารบัญญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1	แสดงภาพโครงสร้างของโมเลกุลพอลิเมอร์..... 7
ภาพที่ 2	แสดงการเกิดการเชื่อมไขว้ของ PMMA ซึ่งมีไกลคอลไดเมทาคริเลตเป็นสารเชื่อมไขว้เข้าไปยึด PMMA ในลักษณะ สะพาน (bridge) หรือ การเชื่อมต่อ (interconnect) ระหว่างสายโซ่ PMMA..... 11
ภาพที่ 3	แสดงภาพของท่อน้ำพีวีซีที่ได้รับการตัดและใส่ซีเมนต์ในรูตรงกลาง..... 21
ภาพที่ 4	ท่อน้ำพีวีซีที่มีซีเมนต์ มาลงในแบบภาชนะหล่อกองเหลือง (Hanau flask)..... 22
ภาพที่ 5	ท่อน้ำพีวีซีที่ได้รับการกำจัดซีเมนต์ที่เชื่อมพุกออกก่อนใส่รีซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน..... 22
ภาพที่ 6	ภาชนะหล่อกองเหลืองที่นำไปเข้าเครื่องอัดพลาสติกไฮโดรลิก..... 23
ภาพที่ 7	ชิ้นงานท่อน้ำพีวีซีที่มีอะคริลิกบรรจุอยู่ตรงกลาง..... 24
ภาพที่ 8	ภาพด้านบนและด้านข้างของชิ้นงานท่อน้ำพีวีซีที่มีอะคริลิกบรรจุอยู่ตรงกลาง... 24
ภาพที่ 9	แสดงการแบ่งกลุ่มของชิ้นงานในการทดสอบ..... 25
ภาพที่ 10	แสดงแม่แบบโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมที่สามารถแยกชิ้นส่วนได้..... 26
ภาพที่ 11	แม่แบบโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมที่วางเพื่อกำหนดตำแหน่งในการติดการติดมาส์ก กิ่งเทป..... 26
ภาพที่ 12	แสดงภาพด้านบนของการใส่แม่แบบหล่อโลหะวงแหวนครึ่งวงกลมสองอันประกบกัน ก่อนใส่วัสดุเสริมฐานพื้นเทียมลงไปในช่วงว่างตรงกลางของวงแหวน..... 27
ภาพที่ 13	แสดงภาพการวางแผ่นพลาสติกใส่ทับลงบนวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมและวางตุ้มน้ำหนักกดทับไว้..... 27
ภาพที่ 14	แสดงภาพด้านข้างและด้านบนของชิ้นงานที่นำไปทดสอบ..... 28
ภาพที่ 15	แสดงภาพการวางชิ้นงานในเครื่องทดสอบแรงอัดระบบไฮโดรลิก..... 29
ภาพที่ 16	แสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นทดสอบแบบต่างๆ ของยูนิฟาสไทรเอด® 34
ภาพที่ 17	แสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นทดสอบแบบต่างๆ ของยูเอฟไอเจลฮาร์ด® 35
ภาพที่ 18	แสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นทดสอบแบบต่างๆ ของโทคูยาม่า® รีเบสทูฟาส 35
ภาพที่ 19	แสดงภาพถ่ายกล้องอเล็กตรอนแบบส่องกราดของพื้นผิวฐานพื้นเทียม..... 36

ภาพที่20	แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพื้นเทียมที่ได้รับการทาด้วยส่วนผสมของยูนิฟาส ไทรเอ็ด®	37
ภาพที่21	แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพื้นเทียมที่ได้รับการทาด้วยสารยึดติดของยูเอฟไอ เจลฮาร์ด®	38
ภาพที่22	แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพื้นเทียมที่ได้รับการทาด้วย สารยึดติดของโทคูยาม่า® รีเบสทูปาส.....	38
ภาพที่23	แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพื้นเทียมที่ได้รับการทาด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 15:85.....	39
ภาพที่24	แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพื้นเทียมที่ได้รับการทาด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 25:75.....	40
ภาพที่25	แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพื้นเทียมที่ได้รับการทาด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 35:65.....	40
ภาพที่26	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนของวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมยูนิฟาสเทร็ด®	44
ภาพที่27	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนของวัสดุเสริมฐานยูเอฟไอเจลฮาร์ด®	45
ภาพที่28	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนของวัสดุเสริมฐานโทคูยาม่า® รีเบสทูปาส.....	47
ภาพที่29	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนของวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมสามผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารปรับสภาพผิวสารที่บริษัทแนะนำ.....	49
ภาพที่30	กราฟแสดงค่าพลังงานขณะเกิดขบวนการพอลิเมอไรเซชันของยูนิฟาสเทร็ด® ..	50
ภาพที่31	กราฟแสดงค่าพลังงานขณะเกิดขบวนการพอลิเมอไรเซชันของโทคูยาม่า® รีเบสทูปาส.....	51
ภาพที่32	กราฟแสดงค่าพลังงานขณะเกิดขบวนการพอลิเมอไรเซชันของ ยูเอฟไอเจลฮาร์ด®	51

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัสดุทำฐานฟันเทียมที่เป็นที่นิยมใช้จนถึงปัจจุบันคือ พอลิเมทิลเมทาคริเลต (poly (methyl methacrylate): PMMA) หรือเรซินอะคริลิก (acrylic resin) Tallgren^[1] พบว่า ในช่วงปีแรกของการใส่ฟันเทียมทั้งปากจะเกิดการละลายตัวของสันกระดูกอย่างมาก และหลังจากนั้นจะมีการละลายตัวของสันกระดูกอย่างต่อเนื่อง โดยเกิดการละลายตัวของสันกระดูกล่างและบนเป็นอัตราส่วนโดยประมาณ 4:1 ซึ่งส่งผลทำให้ฟันเทียมเดิมที่ใส่เกิดความไม่กระชับ การสบฟันสูญเสียเสถียรภาพ เกิดการกดเจ็บบริเวณสันเหงือกใต้ฐานฟันเทียม และอาจนำไปสู่การแตกหักของฟันเทียมได้ ดังนั้นการเสริมฐานฟันเทียมจึงเป็นสิ่งจำเป็น

การเสริมฐานด้วยวัสดุเสริมฐานฟันเทียมแบบแข็งชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self cured hard reline material) เป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็ว ราคาไม่แพง และสามารถลอกเลียนรายละเอียดรูปร่างของเนื้อเยื่ออ่อนในช่องปากมาสู่ฐานฟันเทียมได้โดยตรงโดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมิติทางคลินิกอย่างมีนัยสำคัญ^[2,3] ซึ่งแบ่งตามส่วนประกอบของส่วนเหลวได้เป็น 2 ชนิดได้แก่ ชนิดที่มีส่วนประกอบพื้นฐานเป็นเมทิลเมทาคริเลต (MMA based) และที่ไม่ใช่เมทิลเมทาคริเลต (Non MMA based) ในปัจจุบันทันตแพทย์นิยมใช้วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดที่ไม่เป็นเมทิลเมทาคริเลตกันมากขึ้นเนื่องจากไม่มีกลิ่นเหม็น ลดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่ออ่อนเนื่องจากมอนอเมอร์ที่ตกค้างและมีการคายความร้อนระหว่างการใช้งานน้อยกว่า^[4-6] แต่มอนอเมอร์ที่เป็นส่วนประกอบมีน้ำหนักโมเลกุลที่สูงกว่า มีผลทำให้ความสามารถในการแพร่ผ่าน (diffusion) แทรกซึม (penetration) เข้าไปในผิวของฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกน้อยกว่า จึงเกิดการยึดติดได้ไม่ดีเท่ามอนอเมอร์เมทิลเมทาคริเลต^[7,8] ความสำเร็จของการเสริมฐานฟันเทียมขึ้นอยู่กับความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานกับวัสดุฐานฟันเทียม ถ้าการยึดติดไม่แข็งแรงพอ เมื่อได้รับแรงเพียงเล็กน้อยอาจทำให้เกิดช่องว่างตรงรอยต่อระหว่างวัสดุเสริมฐานกับฐานฟันเทียม มีการแทรกซึมของน้ำลายและเชื้อแบคทีเรียเกิดการติดเชื้อ และในที่สุดเกิดการแยกชั้นของวัสดุทั้งสองอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความแนบสนิทของฟันเทียมกับเนื้อเยื่อในช่องปาก^[6,9-11] รวมทั้งทำให้ชั้นฟันเทียมมีความแข็งแรงลดลง มีโอกาสเกิดการแตกหักของฟันเทียมตามมา^[5,11] ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงผิวหน้าฐานฟันเทียมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของการยึดติดโดยการทาด้วยสารเคมีก่อนการเสริมฐานเพื่อเพิ่มการแพร่ และแทรกซึมของมอนอเมอร์เข้าไป สารเคมีที่มีการนำมาใช้

ได้แก่ คลอโรฟอร์ม^[12] เมทิลเมทาคริเลต^[13] เมทิลีนคลอไรด์^[7,14] แต่เนื่องจากได้มีการศึกษาสารเหล่านี้ พบว่าคลอโรฟอร์ม และเมทิลีนคลอไรด์เป็นสารก่อมะเร็ง^[15] รวมทั้งเมทิลเมทาคริเลตอาจทำให้เกิดการระคายเคืองของเนื้อเยื่อในช่องปาก และเกิดการแพ้ในผู้ป่วยได้ ในระยะหลังจึงได้มีการใช้อะซิโตนและเอทิลอะซิเตตที่มีความปลอดภัยกว่าทดแทน แต่ก็ยังพบว่าได้ค่าแรงยึดติดที่น้อยกว่าเมทิลีนคลอไรด์^[16,17] จากการศึกษาของ Assmussen และ Peutzfeldt พบว่า เมื่อใช้เมทิลฟอร์มเมต หรือเมทิลอะซิเตต ทาก่อนการเสริมฐาน ทำให้ความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุเสริมฐานกับ วัสดุฐานฟันเทียมได้ค่าใกล้เคียงกับการทาเมทิลีนคลอไรด์ และมากกว่าเอทิลอะซิเตต^[18] Thunyakitpisal และ Wiwatwarrapan พบว่าเมื่อใช้สารละลายเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตตทาที่ผิวของวัสดุฐานฟันเทียมก่อนการซ่อมแซมเป็นเวลา 15 วินาทีได้ค่าความแข็งแรงดัดขวาง (flexural strength) สูงกว่าการทาด้วยเมทิลเมทาคริเลตที่ทันตแพทย์ทั่วไปใช้กันในคลินิก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ^[19]

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะเชื่อมของวัสดุฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ได้รับการเสริมฐานด้วยวัสดุเสริมฐานแบบแข็งชนิดบ่มด้วยตัวเอง สามชนิด โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารละลายเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนต่างกัน เทียบกับสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

สมมติฐานการวิจัย

1. **สมมติฐานว่าง (Ho1) :** ชนิดผลิตภัณฑ์ของวัสดุเสริมฐานไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานฟันเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานที่มีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สารเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (Ha1) : ชนิดผลิตภัณฑ์ของวัสดุเสริมฐานมีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานฟันเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานที่มีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สารเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. **สมมติฐานว่าง (Ho2)** : ชนิดของสารปรับสภาพผิวก่อนการเสริมฐานไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานสามผลิตภัณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (Ho2) : ชนิดของสารปรับสภาพผิวก่อนการเสริมฐานมีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานสามผลิตภัณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. **สมมติฐานว่าง (Ha3)** : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐาน สามผลิตภัณฑ์ โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิต ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (Ha3) : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐาน สามผลิตภัณฑ์ โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิต มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. **สมมติฐานว่าง (Ho4)** : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานผลิตภัณฑ์เดียวกัน โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สารเมทิลฟอร์เมต และเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (Ha4) : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานผลิตภัณฑ์เดียวกัน โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สารเมทิลฟอร์เมตและเมทิล อะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

- 4.1 **สมมติฐานว่าง (Ho4.1)** : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานยูนีฟาสเทรค[®] โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สารเมทิลฟอร์เมต และ

เมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (Ha4.1) : ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเค็อนระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานยูนิฟาสเทรต[®] โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สารเมทิลฟอร์เมตและเมทิล อะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

4.2 สมมติฐานว่าง (Ho4.2) : ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเค็อนระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานยูเอพีไอเจลฮาร์ด[®] โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สารเมทิลฟอร์เมต และเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (Ha4.2) : ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเค็อนระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานยูเอพีไอเจลฮาร์ด[®] โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สารเมทิลฟอร์เมตและเมทิล อะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3 สมมติฐานว่าง (Ho4.3) : ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเค็อนระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานโทคุยาม่า[®] รีเบสทูปาส โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สารเมทิลฟอร์เมต และเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (Ha4.3) : ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเค็อนระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินและวัสดุเสริมฐานโทคุยาม่า[®] รีเบสทูปาส โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ และ สาร

เมทิลฟอร์มเมตและเมทิล อะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบหาค่าความแข็งแรงพันธะเคีอนของวัสดุฐานฟันเทียมเรซิน อะคริลิกที่ได้รับการเสริมฐานในห้องปฏิบัติการ มีการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบภายใต้สภาวะอุณหภูมิ และความชื้นของห้องปฏิบัติการ และทำการทดสอบโดยให้แรงต่อชิ้นงาน โดยขณะทำการทดสอบ ทำภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส

ข้อตกลงเบื้องต้น

ในการเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบ และการทำการทดสอบทุกขั้นตอนจะกระทำโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถควบคุมปัจจัยบางอย่างให้เหมือนกับสภาวะในช่องปากได้ทุกประการเช่น วัสดุฐานฟันเทียมที่ใช้ในการทดสอบเป็นวัสดุที่ได้รับการทำขึ้นใหม่แต่ในความเป็นจริงฐานฟันเทียมที่ได้รับการเสริมฐานส่วนใหญ่จะถูกใช้งานมานานแล้ว ซึ่งจะมีการปนเปื้อนน้ำลาย อาหารและเชื้อแบคทีเรีย รวมถึงแรงที่ใช้ในการทดสอบเป็นแรงเพียงทิศทางเดียวแต่แรงจากการใช้งานในช่องปากมีหลายทิศทางและเป็นแรงที่กระทำซ้ำๆ อาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลการวิจัยได้ ดังนั้นการวิจัยนี้เป็นเพียงการทำนายแนวโน้ม ควรที่การศึกษาติดตามผลระยะยาวในคลินิกร่วมด้วย

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องทดลอง โดยการจำลองสภาวะและปัจจัยต่างๆ ไม่สามารถทำให้เหมือนกับสภาวะในช่องปากได้ทุกประการ ลักษณะแรงที่ใช้ในการทดสอบแตกต่างจากแรงที่เกิดจากการกระทำซ้ำๆ ในช่องปาก และชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบมีภาพร่างแตกต่างจากชิ้นงานฟันเทียมจริงที่ใช้ในคลินิก

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

“self cured hard reline resins”	เรซินเสริมฐานแบบแข็งชนิดป่นด้วยตัวเอง
“shear bond strength”	ความแข็งแรงพันธะเคีอน
“methyl formate”	เมทิลฟอร์มเมต

“methyl acetate”

เมทิลอะซิเตต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนของวัสดุฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนที่เสริมฐานด้วยวัสดุเสริมฐานแบบแข็งชนิดบ่มด้วยตัวเอง ทั้งสามชนิด
2. ทราบค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนของวัสดุฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนที่เสริมฐานด้วยวัสดุเสริมฐานแบบแข็งชนิดบ่มด้วยตัวเอง ที่มีการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนที่แตกต่างกันก่อนการเสริมฐาน
3. สามารถใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้ และพัฒนาสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการเสริมฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน
4. สามารถใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้วัสดุเสริมฐานฟันเทียม สำหรับการเสริมฐานในฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน
5. เป็นแนวทางในการวิจัยเพื่อหาค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนของวัสดุทางทันตกรรมอื่นๆต่อไป

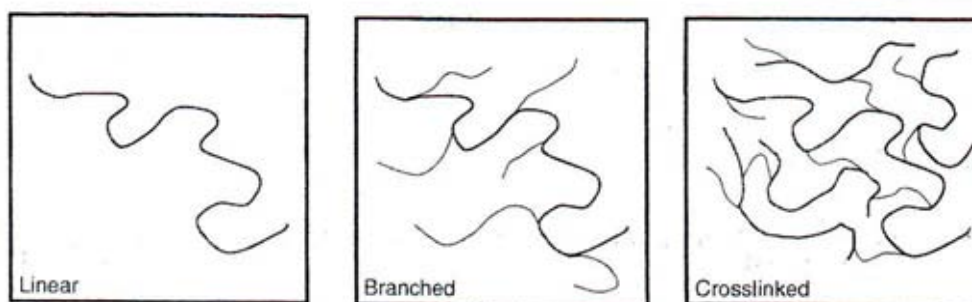
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พอลิเมอร์ (polymer) ^[20,21]

พอลิเมอร์เป็นสารที่เกิดจากการรวมตัวของหน่วยเล็กๆ ของสารประกอบจำนวนมากเข้าด้วยกันจนเป็นมหโมเลกุล (macromolecule) โดยหน่วยเคมีเล็กๆ ที่ประกอบเป็นพอลิเมอร์นั้น เรียกว่าเมอร์ (mer) โครงสร้างของโมเลกุลพอลิเมอร์มี 3 ชนิด คือ

1. พอลิเมอร์ชนิดเส้น (linear polymer) เกิดจากมอนอเมอร์ที่เชื่อมต่อเป็นเส้นยาว
2. พอลิเมอร์ชนิดกิ่ง (branched polymer) เกิดจากสายพอลิเมอร์เส้นหนึ่งต่อเป็นกิ่งกับสายพอลิเมอร์อีกเส้นหนึ่ง ซึ่งจะทำให้สายพอลิเมอร์มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีโอกาสเกิดการเชื่อมกันชั่วคราว (temporary connection) ระหว่างสายได้
3. พอลิเมอร์ชนิดเชื่อมไขว้ (crosslinked polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นสามมิติ เกิดจากพอลิเมอร์เส้นหนึ่งต่อกับพอลิเมอร์อีกเส้นหนึ่ง มีการเชื่อมต่อกันอย่างถาวร (permanent connection)



ภาพที่ 1. แสดงภาพโครงสร้างของโมเลกุลพอลิเมอร์ ^[22]

พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยเมอร์ชนิดเดียวเรียกว่า โฮโมพอลิเมอร์ (homopolymer)

พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยเมอร์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเรียกว่า โคพอลิเมอร์ (copolymer) หรือพอลิเมอร์ร่วม ซึ่งแบ่งออกเป็น

แบบสุ่ม (Random copolymer) เป็นสายพอลิเมอร์ที่มีเมอร์ต่างชนิดเรียงกันไม่เป็นระเบียบ

...AAABBABAAABBBABABABBBBAAB...

แบบกลุ่ม (Block copolymer) เป็นสายพอลิเมอร์ที่มีเมอร์ต่างชนิดกันเรียงตัวเป็นกลุ่ม

...AAAAABBBBBBAAAABBBBBBAAAAAA...

แบบสลับ (Alternating copolymer) เป็นสายพอลิเมอร์ที่มีเมอร์ต่างชนิดกันเรียงตัวสลับกัน

...ABABABABABABABABABABABABAB...

แบบกิ่ง (Graft or branched copolymer) เป็นสายพอลิเมอร์ที่มีเมอร์ต่างชนิดกันโดยมีการเรียงตัวเป็นกิ่งยื่นออกมา

...AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA...

B B
B B
B B

ลักษณะโครงสร้างและความยาวของสายพอลิเมอร์จะมีผลต่อคุณสมบัติทางกล (mechanical properties) และทางกายภาพ (physical properties) ของพอลิเมอร์ โดยความแข็งตึง (rigidity) ความแข็งแรง (strength) อุณหภูมิหลอมเหลว (melting temperature) จะสูงขึ้นเมื่อสายพอลิเมอร์มีความยาวมากขึ้น หรือพอลิเมอร์ชนิดเชื่อมไขว้ก็จะมีความแข็งแรงมากกว่า สามารถละลายในตัวทำละลายได้ยากกว่าชนิดกิ่งและชนิดเส้น ตามภาพที่.1 คุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของสายพอลิเมอร์แบบเชื่อมไขว้ ยังขึ้นกับองค์ประกอบและขนาดของสารเชื่อมไขว้ด้วย เนื่องจากพอลิเมอร์ชนิดเส้นและชนิดกิ่งมีการยึดระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะทุติยภูมิ (secondary bond) ที่อ่อนเมื่อได้รับความร้อนพันธะจะแยกออกจากกันสายโซ่มีการเคลื่อนผ่านกันและกันได้จึงทำให้วัสดุมีลักษณะอ่อนนุ่มและเมื่อเย็นตัวก็สามารถรวมพันธะกันได้อีก เรียกคุณสมบัตินี้ว่า เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) ตัวอย่างเช่น พอลิเมทิลเมทาคริลิต (poly(methyl

methacrylate)) พอลิไวนิลอะคริลิก(poly(vinyl acrylics)) ในขณะที่พอลิเมอร์ชนิดเชื่อมโซ่จะเชื่อมด้วยพันธะปฐมภูมิ (primary bond) ที่แข็งแรงกว่าจึงไม่มีการเคลื่อนออกจากกันของสายโซ่เมื่อได้รับความร้อน เรียกคุณสมบัตินี้ว่าเทอร์โมเซต (thermoset) เช่น พอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดเชื่อมโซ่ (cross-linked poly(methyl methacrylate)) ซิลิโคน(silicone)

ฐานฟันเทียมพอลิเมอร์ (denture base polymers)^[20,22]

ชนิดของฐานฟันเทียมพอลิเมอร์แบ่งตาม International Organization for Standardization (ISO) หมายเลข 20795-1 (2008) ได้ 5 ชนิด ตามตารางที่ 1. โดยชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 เป็นชนิดที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางซึ่งมีองค์ประกอบของส่วนผงและส่วนเหลวดังตาราง 2.

ตารางที่ 1. การจำแนกประเภทฐานฟันเทียมพอลิเมอร์ตาม ISO 20795-1 (2008)^[25]

Type	Class	Description
1	1	Heat-processing polymers, powder and liquid
1	2	Heat-processing (plastic cake)
2	1	Autopolymerised polymers, powder and liquid
2	2	Autopolymerised polymers (powder and liquid pour type resin)
3	-	Thermoplastic blank or powder
4	-	Light-activated material
5	-	Microwave-cured material

องค์ประกอบหลักของส่วนผงคือ เม็ดพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 100 ไมครอน มีลักษณะใสคล้ายแก้ว มีความแข็งแรงนूप (knoop hardness number) ที่ 18-20 ค่าความแข็งแรงดึง (tensile strength) ประมาณ 60 เมกะปาสคาล มีความหนาแน่น 1.19 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีมอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ประมาณ 2400 เมกะปาสคาล องค์ประกอบหลักของส่วนเหลวคือ เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน ความหนืดต่ำ มีจุดเดือดที่ 100.3 องศาเซลเซียส^[20]

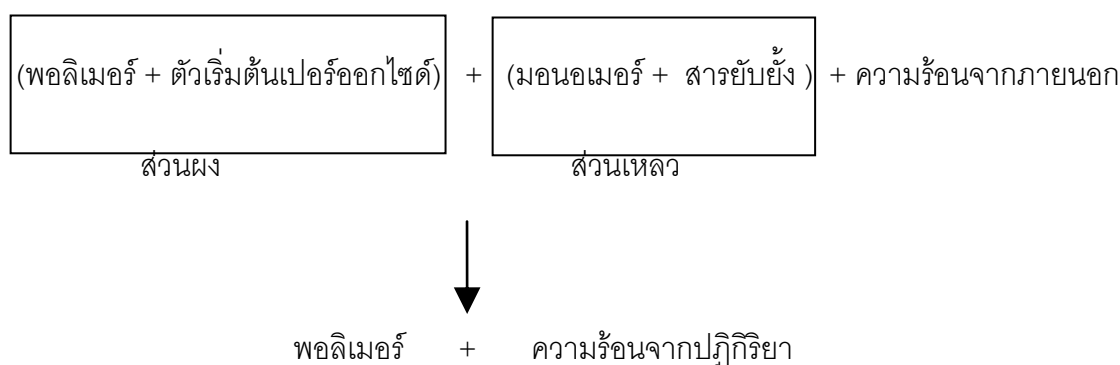
ตาราง 2. แสดงส่วนประกอบของวัสดุฐานฟันเทียมอะคริลิก^[22]

ส่วนผง	พอลิเมออร์	poly (methyl methacrylate) bead
	ตัวเริ่มต้น	peroxide เช่น benzoyl peroxide (มีประมาณ ร้อยละ0.5)
	รงควัตถุ	salts of cadmium or iron or organic dyes
ส่วนเหลว	มอนอเมออร์	methyl methacrylate
	สารเชื่อมไขว้	ethylene glycol dimethacrylate (มีประมาณ ร้อยละ0.5)
	สารหักห้าม	Hydroquinone (trace)
	ตัวกระตุ้น*	<i>N N'</i> -dimethyl- <i>p</i> -toluidine (มีประมาณ ร้อยละ1)

*มีเฉพาะในวัสดุชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self – curing material)

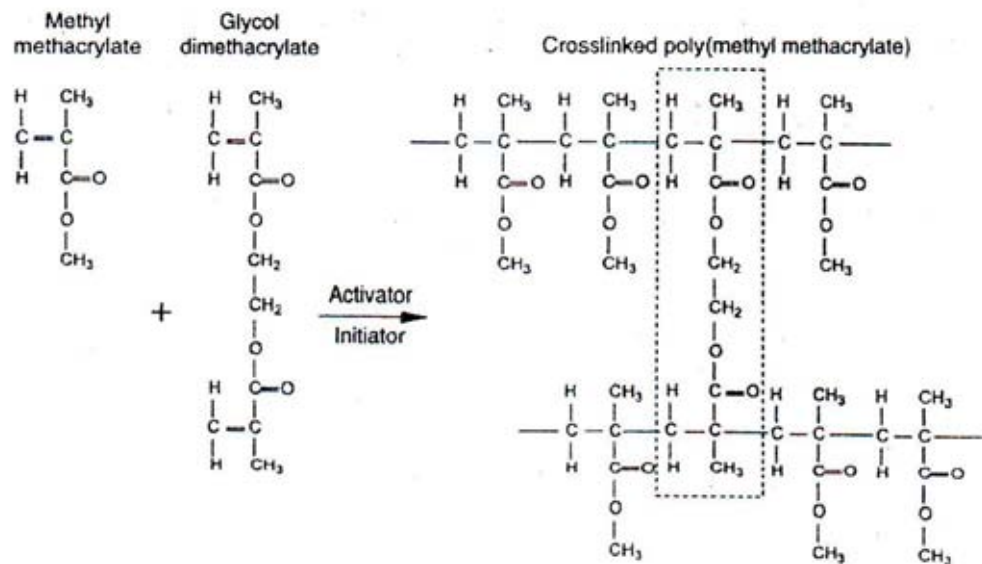
ฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน^[20,21,23,24]

มีการนำอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนมาใช้สร้างฐานฟันเทียมเป็นส่วนใหญ่ พลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการเกิดพอลิเมออร์ไรเซชันมาจาก น้ำร้อน หรือเตาไมโครเวฟ หรือแสงไวโอเลต แต่ต้องไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส (158 องศาฟาเรนไฮต์) ดังสมการ



ส่วนผงประกอบด้วยเม็ดพอลิเมทิลเมทาคริเลตและมีเบนซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) จำนวน เล็กน้อยที่ทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยา ในส่วนเหลวประกอบด้วยเมทิลเมทาคริเลตและไฮโดรควิโนน ที่เป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยาเพื่อป้องกันการเกิดกระบวนการเกิดพอลิเมออร์ (polymerization) ของส่วนเหลวในระหว่างการเก็บ นอกจากนี้ อาจมีการเติมสารเชื่อมไขว้ลงไปในส่วนเหลวซึ่งโดยทั่วไปวัสดุฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตจะใช้ไกลคอลไดเมทาคริเลต (glycol dimethacrylate) เป็นสารเชื่อมไขว้ โดยสารนี้จะมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับเมทิลเมทาคริเลต

ริเลตจึงทำให้สามารถเชื่อมสายพอลิเมอร์เข้าด้วยกันเกิดเป็นโครงสร้างสามมิติที่มีความแข็งแรงขึ้น
ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2. แสดงการเกิดการเชื่อมไขว้ของ PMMA ซึ่งมีไกลคอลไดเมทาคริเลตเป็นสารเชื่อมไขว้
เข้าไปยึด PMMA ในลักษณะ สะพาน (bridge) หรือ การเชื่อมต่อ (interconnect) ระหว่างสายโซ่
PMMA ^[22]

เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self cured acrylic resins) ^[20,21,24]

มีส่วนประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกับเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน ดังตารางที่ 2
แตกต่างกันตรงที่มีการเติมเทอร์เทียรีเอมีน (tertiary amine) เช่น ไดเมทิล-พารา-โทลูอิดีน
(dimethyl-para-toluidine) ในส่วนเหลว เมื่อทำการผสมส่วนผงและส่วนเหลว เทอร์เทียรีเอมีนจะ
ไปกระตุ้นให้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) แตกตัวเกิดอนุมูลอิสระเปอร์ออกไซด์
(peroxide free radical) ที่เป็นตัวเริ่มต้นกลไกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์

ระดับกลไกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองจะไม่สมบูรณ์
เท่ากับชนิดบ่มด้วยความร้อน ดังนั้นฐานพื้นที่ยึดที่ทำด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองจะมีมอนอ
เมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา (unreacted monomer) ปริมาณมากในฐานพื้นที่ยึด ซึ่งมีมอนอเมอร์ที่
ไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะทำให้เกิดปัญหา 2 อย่าง ข้อแรกจะเป็นสารทำให้พอลิเมอร์นุ่ม (plasticizer)
ทำให้แรงตัดขวางลดลง (transverse strength) – ข้อที่สองคือมอนอเมอร์ที่ตกค้างอยู่จะทำให้เกิด
ความระคายเคืองต่อเนื้อเยื่ออ่อนในช่องปากได้

เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองจะมีการหดตัวน้อยกว่าชนิดบ่มด้วยความร้อน ดังนั้นเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองจึงมีความเที่ยงตรงของมิติมากกว่า และเวลาที่ใช้ในบ่มที่น้อยกว่า ทำให้เกิดความรวดเร็วในการทำงาน ค่าความแข็งแรงเมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และค่าความล้าแรงดัด (flexural fatigue) ที่ใกล้เคียงกัน แต่มีค่าแรงดัดขวางเริ่มต้นที่น้อยกว่าประมาณร้อยละ 15-20 เสถียรภาพของสีเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง โดยทั่วไปจะต่ำกว่าเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน เนื่องจากสารเทอร์ทีย์เรอมีนจะเสี่ยงต่อการเกิดออกซิเดชัน (oxidation) และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสี จึงมีการเติมสารบางชนิดเช่น กรดอินทรีย์ซัลฟินิก (organic sulfonic acid) เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีลดน้อยลง

วัสดุเสริมฐานฟันเทียมแบบแข็งชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self cured hard reline resins)^[22,23]

วัสดุเสริมฐานฟันเทียมแบบแข็งที่มีอยู่ในปัจจุบัน มีทั้งชนิดบ่มด้วยความร้อน (heat cured) ชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self cured) และชนิดบ่มด้วยแสง (light cured) แต่ที่นิยมใช้คือการเสริมฐานด้วยวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตัวเอง เพราะมีความสะดวกรวดเร็ว ลดขั้นตอนการส่งห้องปฏิบัติการทันตกรรม ผู้ป่วยไม่จำเป็นต้องทิ้งฟันเทียมไว้ ราคาไม่แพงและสามารถลอก เลียนรายละเอียดภาพร่างของเนื้อเยื่ออ่อนในช่องปากมาสู่ฐานฟันเทียมได้โดยตรง^[2] โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมิติอย่างมีนัยสำคัญในทางคลินิก^[3] ส่วนประกอบของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมแบบแข็งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนผงกับส่วนเหลวผสมกัน ซึ่งที่ใช้กันทั่วไปนั้นสามารถแบ่งตามองค์ประกอบได้เป็น 2 ชนิด^[22,23] ดังตารางที่ 3.

วัสดุเสริมฐานชนิดที่มีส่วนประกอบพื้นฐานเป็นเมทิลเมทาคริเลต ที่มีส่วนประกอบของส่วนเหลวเป็นมอนอเมอร์เมทิลเมทาคริเลต ข้อเสียคือมีกลิ่นเหม็น เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่ออ่อนในช่องปากเนื่องจากมอนอเมอร์ที่ตกค้างหรือเกิดทำให้เกิดการแพ้ในผู้ป่วยได้ และการมีอุณหภูมิสูงขึ้นในขณะที่วัสดุแข็งตัว ตัวอย่างวัสดุกลุ่มนี้ เช่น Unifast trad[®]

วัสดุเสริมฐานชนิดที่มีส่วนประกอบพื้นฐานไม่เป็นเมทิลเมทาคริเลต ที่มีส่วนเหลวเป็นมอนอเมอร์เมทาคริเลตที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ดังแสดงในตารางที่ 4 มีหลายการศึกษาที่พบว่า จะช่วยทำให้ไม่มีกลิ่นเหม็น ลดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่ออ่อนเพราะไม่มีส่วนประกอบที่เป็นเมทิลเมทาคริเลต และมีการคายความร้อนระหว่างการใช้งานน้อยกว่าวัสดุที่มีเมทิลเมทาคริเลต^[4,5,6]

แต่เนื่องจากมีส่วนประกอบของมอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลที่สูงกว่าจึงมีผลทำให้ความสามารถในการแพร่ผ่าน แทรกซึม เข้าไปในผิวของฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกและเกิดการยึดติดได้ไม่ดีเท่า

มอนอเมอร์เมทิลเมทาคริเลต^[7,15] ตัวอย่างวัสดุในกลุ่มนี้ เช่น Tokuyama® Rebase II Fast และ Ufi Gel Hard®

ตารางที่ 3. แสดงส่วนประกอบของวัสดุเสริมฐานแบบแข็ง^[22] (ดัดแปลงจาก McCabe JF. 1990. Applied dental materials. 9th ed.)

ชนิดที่ 1 ส่วนประกอบ พื้นฐานเป็นเมทิลเมทาคริเลต (MMA based)	ส่วนผง	เม็ดพอลิเมอร์	poly(methylmethacrylate)
		ตัวเริ่มต้น	benzoyl peroxide
	ส่วนเหลว	มอนอเมอร์	methyl methacrylate
		พลาสติกไซเซออร์	di-n-butylphthalate
	ตัวกระตุ้นทางเคมี	tertiary amine	
ชนิดที่ 2 ส่วนประกอบ พื้นฐานไม่เป็นเมทิลเมทาคริเลต (NON- MMA based)	ส่วนผง	เม็ดพอลิเมอร์	poly(ethyl methacrylate)
		ตัวเริ่มต้น	benzoyl peroxide
	ส่วนเหลว	มอนอเมอร์	butyl methacrylate or Isobutyl methacrylate or some other higher methacrylate monomer
		สารเชื่อมไขว้	di-methacrylate
		ตัวกระตุ้นทางเคมี	tertiary amine

การปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานกับวัสดุฐานฟันเทียมสามารถทำได้โดย การปรับสภาพผิวของฐานฟันเทียมด้วยวิธีทางกล (mechanical) ได้แก่ การกรอผิวของฐานฟันเทียมด้วยหัวกรอ การเป่าทราย การลวดึง และการปรับสภาพผิวด้วยการทาด้วยสารเคมี แม้ว่าการปรับสภาพผิวของฐานฟันเทียมด้วยวิธีทางกลจะทำให้แรงยึดติดระหว่างวัสดุเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับสภาพผิวด้วยการทาด้วยสารเคมีพบว่า การทาด้วยสารเคมีได้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า ซึ่งเป็นเพราะสารเคมีที่ทาไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผิวของฐานฟันเทียม ทำให้มอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐานสามารถแพร่และแทรกซึมเข้าไปในฐานฟันเทียมได้ดีกว่า^[11,12] และเกิดการยึดติดใน

ตารางที่ 4 แสดงผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบของส่วนผง ส่วนเหลว น้ำหนักโมเลกุลและสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ชื่อผลิตภัณฑ์	ส่วนผง	ส่วนเหลว	น้ำหนักโมเลกุล	สารยึดติดของส่วนเหลว
Unifast Trad (GC Dental Products Corp, Japan)	MMA&EMA Copolymer	MMA	100.12	MMA
Tokuyama Rebase II Fast (Tokuyama Dental Corp, Japan)		AAEMA 1,9-NDMA	214.21 296.40	Ethyl acetate Acetone
Ufi Gel Hard (Voco, Germany)	PEMA	1,6-HDMA	254.32	Acetone 2-HEMA

PMMA = Poly(methyl methacrylate)

MMA&EMA = Methyl methacrylate & Ethyl methacrylate copolymer

PEMA = Poly(ethyl methacrylate)

AAEMA = 2-(Acetoacetoxy) ethyl methacrylate

1,9-NDMA = 1,9-Nonanediol dimethacrylate

1,6-HDMA = 1,6-Hexanediol dimethacrylate

2-HEMA = 2- Hydroxyethyl methacrylate

ระดับโมเลกุล Arima รายงานว่าการปรับสภาพผิวของฐานฟันเทียมด้วยสารเคมีก่อนที่จะทำการเสริมฐานมีความสำคัญและมีผลต่อการยึดติดระหว่างวัสดุทั้งสอง สารปรับสภาพพื้นผิว

ฐานฟันเทียมสามารถแบ่งตามส่วนประกอบหลักได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารทำละลาย กลุ่มที่มีองค์ประกอบหลักเป็นมอนอเมอร์เมทาคริเลต และกลุ่มที่มีองค์ประกอบเป็นมอนอเมอร์เมทาคริเลตและพอลิเมอร์^[32]

สารเคมีที่ใช้ช่วยในการเพิ่มการยึดติดในการเสริมฐานฟันเทียม

สารเคมีที่เคยมีการนำมาใช้ในสารปรับสภาพผิวฐานฟันเทียมได้แก่ คลอโรฟอร์ม^[12] เมทิลีนคลอไรด์^[7,14] เมทิลเมทาคริเลต^[13] แต่เนื่องจากได้มีการศึกษา พบว่าคลอโรฟอร์มและเมทิลีนคลอไรด์เป็นสารก่อมะเร็ง^[15] รวมทั้งเมทิลเมทาคริเลตอาจทำให้เกิดการระคายเคืองและเกิดการแพ้ได้ ในปัจจุบันจึงได้มีการใช้อะซิโตนและเอทิลอะซิเตต ที่มีความปลอดภัยกว่าทดแทน^[25] แต่ก็ยังพบว่าได้ค่าแรงยึดติดที่น้อยกว่าเมทิลีนคลอไรด์^[16,17] Assmussen และ Peutzfeldt พบว่าสารละลายเมทิลฟอร์เมต และสารละลายเมทิลอะซิเตต ให้ความแข็งแรงพันธะเนื้อระหว่าง วัสดุเสริมฐานกับวัสดุฐานฟันเทียมได้ดีใกล้เคียงกับเมทิลีนคลอไรด์ และมีค่าแรงยึดติดที่มากกว่าเอทิลอะซิเตต^[18] Thunyakitpisal และ Wiwatwarrapan พบว่าเมื่อใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมต และเมทิลอะซิเตตทาที่ผิวของวัสดุฐานฟันเทียมก่อนการซ่อมแซมเป็นเวลา 15 วินาทีจะได้ค่าความแข็งแรงดัดขวางสูงกว่าการทาด้วยเมทิลเมทาคริเลตที่ทันตแพทย์ทั่วไปใช้กันในคลินิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ^[19]

กลไกการยึดติด (bonding mechanism) ระหว่างวัสดุเสริมฐานกับวัสดุฐานฟันเทียม เกิดขึ้นโดย ตัวทำละลายไปสัมผัสที่พื้นผิวของฐานฟันเทียม ทำให้เกิดการบวมของชั้นผิวหน้าฐานฟันเทียม เมื่อตัวทำละลายระเหยทำให้เกิดรูพรุนขึ้น มอนอเมอร์ในวัสดุเสริมฐานสัมผัสกับผิวหน้าฐานฟันเทียม มีการแพร่ผ่าน แทรกซึม เข้าไปในรูพรุนที่พื้นผิวของฐานฟันเทียม เมื่อวัสดุเสริมฐานเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ของวัสดุเสริมฐานจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์กับมอนอเมอร์ที่อยู่ชั้นพื้นผิวของฐานฟันเทียม ทำให้เกิดการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานกับวัสดุฐานฟันเทียม พอลิเมอร์ที่เกิดจะมีลักษณะร่างแหพอลิเมอร์แบบสอดไขว้ (interpenetrating polymer network, IPN) โดยกลไกนี้ขึ้นกับเวลา อุณหภูมิ ชนิดของมอนอเมอร์หรือตัวทำละลาย โครงสร้างพอลิเมอร์ และอุณหภูมิผ่านสภาพแก้วของพอลิเมอร์^[8]

เมทิลเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตต เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ที่มีค่า LD₅₀ (คือปริมาณสารที่เราให้กับสัตว์ทดลอง แล้วสัตว์ทดลองตายไปครึ่งหนึ่ง หรือ 50%) เท่ากับ 1500 และ 3705 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แสดงว่าความเป็นพิษค่อนข้างต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบขีดจำกัดของสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน (workplace exposure limit) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่ามีความปลอดภัยสูงกว่าเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ ที่แสดงไว้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงค่าขีดจำกัดของสารเคมีในบรรยากาศการทำงานของสารปรับสภาพผิว^[34-36]

Material	Odor threshold	Workplace exposure limit		
		OSHA (permissible exposure limit 8 hrs)	NIOSH (airborne exposure limit 10 hrs)	ACGIH (airborne exposure limit 8 hrs/STEL)
Methyl methacrylate	0.049 ppm	100 ppm	100 ppm	50 ppm/100 ppm
Methylene chloride	-	25ppm (<125ppm15min)		50 ppm
Ethyl acetate	-	400 ppm	400 ppm	400 ppm
Acetone	62 ppm	1000 ppm	250 ppm	500 ppm/750 ppm
Methyl acetate	180 ppm	200 ppm	200ppm (<50 ppm15min)	200 ppm/250 ppm
Methyl formate	200 ppm	100 ppm	100 ppm (<50 ppm15min)	100 ppm/150 ppm

ความสามารถในการทำละลายของสารชนิดหนึ่งที่จะทำละลายสารอีกชนิดหนึ่งได้ดีเมื่อมีค่าพารามิเตอร์การทำละลาย (Solubility parameter) ไม่ต่างกันมาก^[27,28] มีความเป็นขั้ว (polarity) ใกล้เคียงกัน และมีขนาดโมเลกุลที่เล็กสามารถเข้าไปทำละลายได้ดีกว่า ดังนั้นในการเลือกใช้สารเคมีที่จะนำมาปรับสภาพผิวของวัสดุฐานพื้นเทียมก่อนการเสริมฐานสารนั้นควรจะมีค่าพารามิเตอร์การละลายที่ใกล้เคียงกับวัสดุฐานพื้นเทียม ค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของสารที่ใช้ในการทดลองนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของสารที่ใช้ในการศึกษา^[27,28]

สาร	solubility parameter (MPa ^{1/2})	น้ำหนักโมเลกุล
poly(methyl methacrylate)	18.27	-
methyl methacrylate	18	100.12
ethyl acetate *	18.6	88
acetone **	20.3	59
2-hydroxyethyl methacrylate ***	23.3	130
methyl acetate	19.6	74
methyl formate	20.9	60

* สารที่เป็นส่วนประกอบของ Rebase II adhesive Tokuyama Dental Corp.

** สารที่เป็นส่วนประกอบของ Rebase II adhesive Tokuyama Dental Corp. และเป็นสารที่เป็นส่วนประกอบของ Ufi Gel Hard adhesive

*** สารที่เป็นส่วนประกอบของ Ufi Gel Hard adhesive

ความเป็นขั้วของ พอลิเมทิลเมทาคริเลต เมทิลเมทาคริเลต เมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมต จัดอยู่ในกลุ่ม เมทิลเอสเทอร์ จึงมีความเป็นขั้วใกล้เคียงกัน ในขณะที่เอทิลอะซิเตต จัดอยู่ในกลุ่ม เอทิลเอสเทอร์ และกลุ่มของอะซิโตน มีความเป็นขั้วต่างกันลงมาตามลำดับ ส่วน 2-HEMA เป็นมอนอเมอร์

วิธีการทดสอบความแข็งแรงยึดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม

สำหรับการวิเคราะห์การยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมนั้นมีการศึกษาโดยใช้ การทดสอบแรงดัดขวาง (transverse test) , การทดสอบแรงพันธะดึง (tensile bond test) , การทดสอบแรงพันธะเฉือน (shear bond test) ซึ่งการทดสอบค่าแรงพันธะเฉือนสามารถเตรียมชิ้นตัวอย่างและทดสอบได้ง่าย โดยการให้แรงดึงหรือแรงอัดเพื่อให้วัสดุเลื่อนผ่านกัน ซึ่งพื้นที่จะขนานกับทิศทางของแรงภายนอกที่กระทำ แรงที่ใส่ลงไปจะไปกระทำที่รอยต่อระหว่างวัสดุทั้งสอง

โดยตรง^[12] และเป็นที่ยอมรับในหลายการศึกษา^[29-31] ดังนั้นการทดสอบด้วยการวัดค่าแรงพันธะ
เฉือนของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมกับวัสดุฐานฟันเทียมน่าจะมีความใกล้เคียงกับแรงที่เกิดขึ้นจริง
ในทางคลินิก^[8]

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรเป้าหมาย

ฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน

ประชากรตัวอย่าง

วัสดุฐานฟันเทียมในท่อพีวีซีจำนวน 120 ชิ้น

เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

- 1.1 เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน Meliodent[®]
- 1.2 เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง Unifast Trad[®]
- 1.3 วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตัวเองแบบแข็ง Tokuyama[®] Rebase II Fast
- 1.4 วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตัวเองแบบแข็ง Ufi Gel Hard[®]
- 1.5 สารละลายเมทิลอะซิเตต (Methyl acetate)
- 1.6 สารละลายเมทิลฟอร์มเมต (Methyl formate)
- 1.7 ขี้ผึ้งทำฐานสีชมพู (modelling wax, Dentsply, U.S.A)
- 1.8 ท่อน้ำพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก 22 มิลลิเมตร
- 1.9 plaster of paris
- 1.10 แผ่นพลาสติกใส
- 1.11 สารคั่นกลาง (separating media agent)
- 1.12 กระจกทรายน้ำ เบอร์ 600

1.13 สติ๊กเกอร์ตาไก่

1.14 แม่แบบโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมที่ออกแบบมาโดยเฉพาะที่สามารถแยกชิ้นส่วนได้

(stainless steel metal split mold)

ตารางที่ 7. แสดงผลิตภัณฑ์ และชื่อผู้ผลิตของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

Product name	Material	Manufacturer
Meliodont [®]	Heat-activated acrylic resin	Heraeus Kulzer,Armonk Hanau, Germany
Unifast Trad [®]	Self cured acrylic resin	GC Dental Products Corp., Aichi, Japan
Tokuyama [®] Rebase II Fast	Self cured hard reline resin	Tokuyama Dental Corp , Tokyo, Japan
Ufi Gel Hard [®]	Self cured hard reline resin	Voco , Cuxhaven , Germany
Methyl acetate	Methyl acetate	Acros Organics , Geel, Belgium
Methyl formate	Methyl formate	Fluka&Riedel-de Haen Buch, Switzerland

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

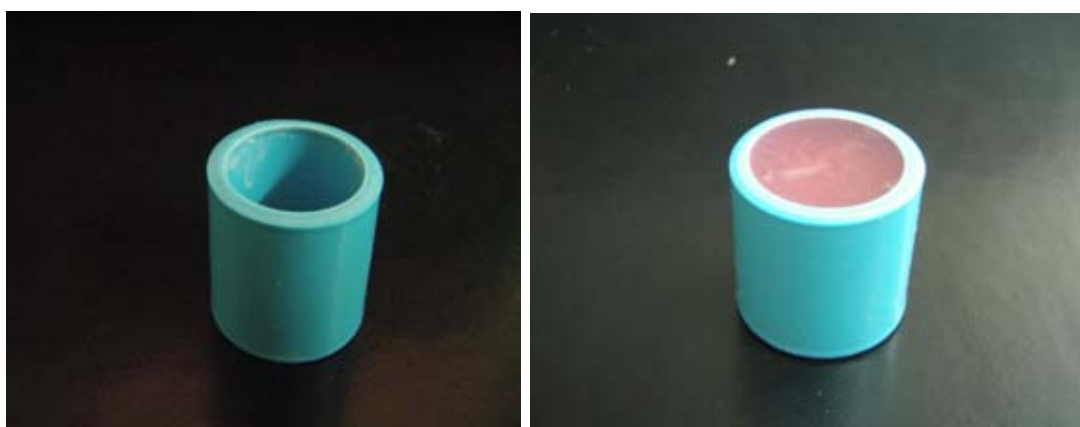
2.1 เครื่องบ่มอะคริลิกด้วยความร้อน (Curing unit) รุ่น EWL 5518 (Kavo, Biberach, Germany)

2.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิรุ่น Contherm 160M (Contherm Scientific Ltd., Lower Hutt New Zealand)

- 2.3 เครื่องอัดพลาสติกไฮดรอลิกรุ่น 5414 EWG (Kavo, Biberach, Germany)
- 2.4 เครื่องกระแทกปูน (Compressed air-riven deflasking unit, Renfert, Germany)
- 2.5 เครื่องขัดผิววัสดุ (Polishing machine, Imptech, Boksburg, South Africa)
- 2.6 เครื่องวัดมิติจิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Mitutoyo Corporation, Kawasaki, Japan)
- 2.7 เครื่องทดสอบแรงอัดระบบไฮดรอลิก (Universal Testing Machine) รุ่น 8872, (INSTRON, Buckinghamshire, UK)
- 2.8 กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereo Microscope) รุ่น ML9300 (Meiji Techno Co. Ltd., Tokyo, Japan)
- 2.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดรุ่น JSM 5410LV (JEOL, Tokyo, Japan)
- 2.10 Differential scanning calorimetry รุ่น 204 F1 Phoenix (Netzsch, Wolverhampton, United Kingdom)

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมแม่แบบเป็นท่อน้ำพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก 22 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร ใส่ขี้ผึ้งทำฐานสี่มุม ลงในช่องว่างตรงกลางท่อน้ำพีวีซีจนเต็ม ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงภาพของท่อน้ำพีวีซีที่ได้รับการตัดและใส่ขี้ผึ้งในรูตรงกลาง

2. นำแม่แบบที่เป็นท่อน้ำพีวีซีที่มีซี่ฝั้งที่แข็งแล้ว มาลงในแบบภาชนะหล่อทองเหลือง (Hanau flask) โดยผสมปูนปลาสเตอร์เหลวในภาชนะหล่อแบบ ในส่วนครึ่งล่าง จากนั้นนำแม่แบบวางลงไปโดยกดให้จมลง เมื่อปลาสเตอร์แข็งตัวเต็มที่ จึงนำไปขัดให้เรียบ จากนั้นใช้พู่กันทาสารคั้นบางๆไปในทิศทางเดียวกันบนผิวของปลาสเตอร์ ทิ้งไว้ให้แห้ง นำภาชนะหล่อแบบในส่วนครึ่งบนมาประกบให้สนิท ผสมปลาสเตอร์เหลวในภาชนะหล่อแบบจนเต็ม ปิดฝาแบบหล่อ รอคจนปลาสเตอร์แข็งตัวเต็มที่



ภาพที่ 4 ท่อน้ำพีวีซีที่มีซี่ฝั้ง มาลงในแบบภาชนะหล่อทองเหลือง (Hanau flask)



ภาพที่ 5 ท่อน้ำพีวีซีที่ได้รับการกำจัดซี่ฝั้งสีชมพูออกก่อนใส่รชินอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน

3. นำภาชนะแบบหล่อมาแยกส่วนบนและล่างออกจากกัน ทำการกำจัดซี่ฝั้งสีชมพูออกด้วยน้ำร้อน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 6 ภาพขณะหล่อทองเหลืองที่นำไปเข้าเครื่องอัดพลาสติกไฮโดรลิก

4. ผสมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนในอัตราส่วนตามคำแนะนำของบริษัท เมื่อถึงระยะอ่อนนุ่มปั้นเป็นก้อนได้ นำอะคริลิกอัดเข้าไปในท่อน้ำพีวีซีให้เต็มและมีปริมาณเกินมาเล็กน้อย ปิดด้วยแผ่นคั่นกลาง และปิดลงมาด้วยภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งบน นำไปเข้าเครื่องอัดพลาสติกไฮโดรลิกรุ่น 5414 EWG (Kavo, Biberach, Germany) ด้วยความดัน 3 บาร์ จนพบว่ามีอะคริลิกเกินออกมาทำการตัดแต่ง และอัดซ้ำจนไม่มีส่วนเกินออกมา ตรวจสอบว่ามีวัสดุอยู่เต็มแม่แบบ นำแผ่นคั่นกลางออกและนำภาชนะหล่อแบบมาอัดใหม่จนภาชนะหล่อแบบบนและล่างประกบกันสนิท รอเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนนำไปบ่ม

5. นำภาชนะหล่อแบบเข้าเครื่องบ่มอะคริลิกด้วยความร้อน รุ่น EWL 5518 (Kavo, Biberach, Germany) บ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 73.9 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ทั้งภาชนะแบบหล่อให้เย็นลงช้าๆ ที่อุณหภูมิห้อง แยกภาชนะหล่อแบบและนำชิ้นงานออกโดยใช้เครื่องแกะแท่งพลาสติกเทอร์ฮิน นำชิ้นงานที่ได้มาขัดแต่งครีบด้วยหัวกรอคาร์ไบด์โดยใช้แรงกระทำน้อยที่สุด แล้วทำการขัดพื้นผิวให้เรียบและได้ระนาบ ดังภาพที่ 7 และ 8

6. นำชิ้นงานท่อน้ำพีวีซีที่มีอะคริลิกบรรจุอยู่ตรงกลางทั้งหมด 120 ชิ้นมาเก็บไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 ± 2 ชั่วโมง^[25]

7. นำชิ้นงานด้านที่จะทำการยึดกับวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมมาขัดเรียบด้วยซิลิโคน คาร์ไบด์ เปเปอร์ ขนาด 600 กริต ด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ (Polishing machine, Imptech, Boksburg, South

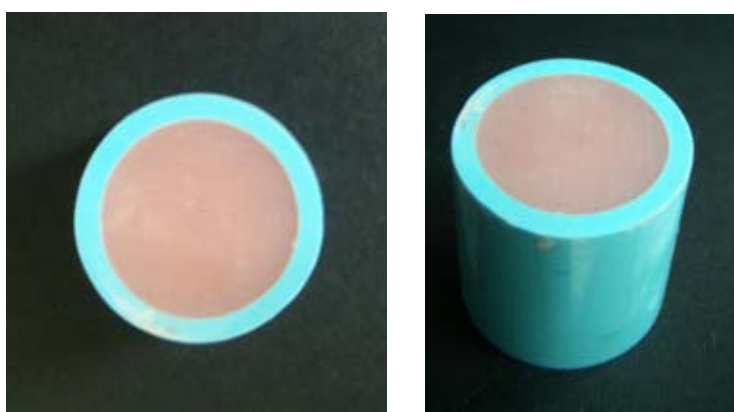
Africa) ที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 40 วินาที และล้างออกด้วยน้ำ สะอาด เป่าแห้ง

8. ชิ้นงานทั้งหมดจะถูกแบ่งเป็น 12 กลุ่มๆละ 10 ชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 9 เพื่อทำการปรับสภาพผิวหน้าผิวได้แก่

กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ใช้วัสดุเสริมฐานยูนิฟาสเทรอด[®] โดยทำการปรับสภาพผิวหน้าด้วยส่วนผสมของยูนิฟาสเทรอด[®] 15 วินาที



ภาพที่ 7 ชิ้นงานท่อน้ำพีวีซีที่มีอะคริลิกบรรจุอยู่ตรงกลาง



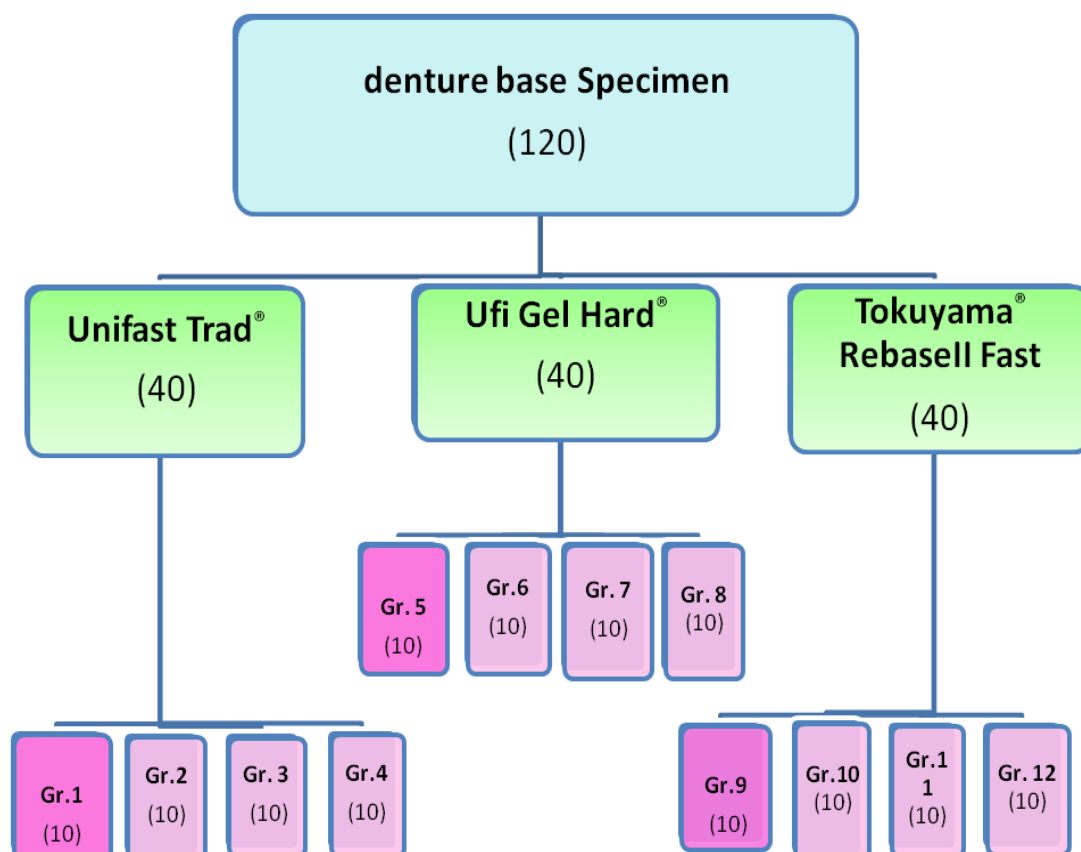
ภาพที่ 8 ภาพด้านบนและด้านข้างของชิ้นงานท่อน้ำพีวีซีที่มีอะคริลิกบรรจุอยู่ตรงกลาง

กลุ่มที่ 5 และ 9 (กลุ่มควบคุม 5 และ 9) ใช้วัสดุเสริมฐานยูเอฟไอเจลฮาร์ด® และโทคุยาม่า รีเบสทูฟาสตามลำดับ ปรับสภาพผิวหน้าก่อนด้วยสารยัดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

กลุ่มที่ 2-4, 6-8, 10-12 ปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วน 15:85, 25:75, 35:65 เป็นเวลา 15 วินาที^[21] ก่อนการเสริมฐานด้วยวัสดุเสริมฐานแต่ละผลิตภัณฑ์ตามลำดับ

10. ทำการทาพื้นผิวด้านบนด้วยสารยัดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำของวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมชนิดบ่มด้วยตัวเองของแต่ละผลิตภัณฑ์หรือสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วนต่างๆกัน ตามที่กำหนดไว้ข้างต้น

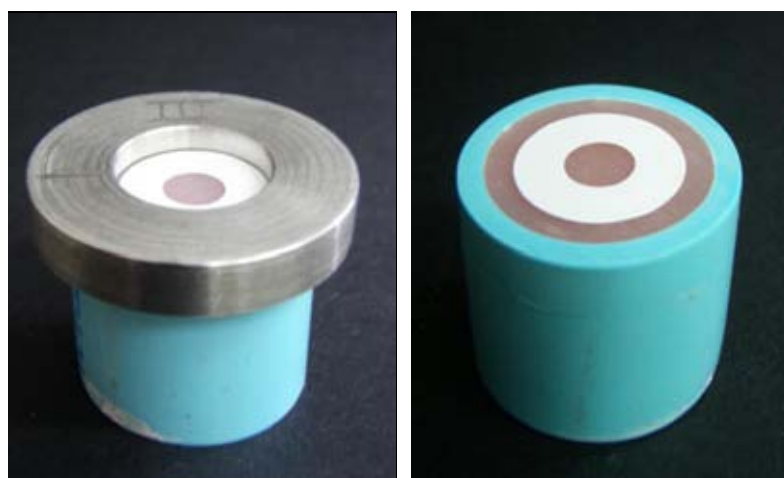
11. ทำการติดมาสก์กึ่งเทพที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมใน 5.3 มิลลิเมตร บริเวณด้านบนพื้นผิวที่จะทำการยัดติดกับวัสดุเสริมฐาน โดยใช้แม่แบบโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมที่เป็นภาพวงแหวน วางเพื่อกำหนดตำแหน่งในการติด ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 9 แสดงการแบ่งกลุ่มของชิ้นงานในการทดสอบ



ภาพที่ 10. แสดงแม่แบบโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมที่สามารถแยกชิ้นส่วนได้



ภาพที่ 11 แม่แบบโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมที่วางเพื่อกำหนดตำแหน่งในการติดการติดมาสกี้กึ่งเทพ

12. นำชิ้นงานใส่ในแม่แบบโลหะเหล็กกล้าไร้สนิม ที่สามารถแยกชิ้นส่วนได้ (stainless steel metal split mold) ดังภาพที่ 10 โดยให้พื้นผิวด้านที่จะทำการยึดอยู่ด้านบน นำชิ้นส่วนวงแหวนครึ่งวงกลมของแม่แบบหล่อโลหะสองอันประกบกันวางด้านบน ไซสกรูในแน่น ผสมส่วนผสมและส่วนเหลวของวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมตามคำแนะนำของบริษัท ใสลงไปในช่วงตรงกลางของวงแหวนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.3 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร จากนั้นวางแผ่น

พลาสติกใสทับลงไปบนวัสดุและวางตุ้มน้ำหนักขนาด 500 กรัม กดทับไว้จนกระทั่งวัสดุแข็งตัวเต็มที่ ดังภาพที่ 12 และ 13

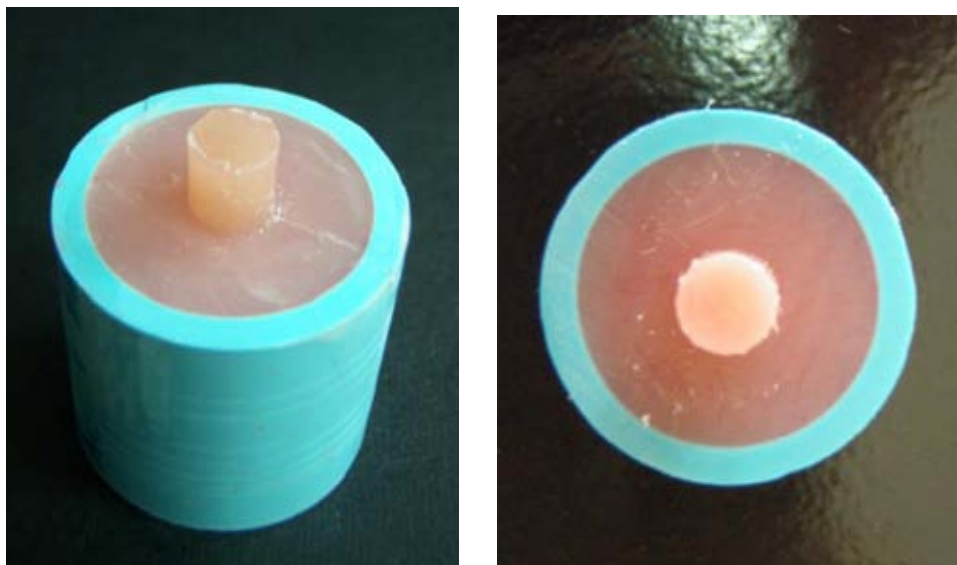


ภาพที่ 12 แสดงภาพด้านบนของการใส่วัสดุแบบหล่อโลหะวงแหวนครึ่งวงกลมสองอันประกบกัน ก่อนใส่วัสดุเสริมฐานพื้นเทียมลงไปในช่วงตรงกลางของวงแหวน



ภาพที่ 13 แสดงภาพการวางแผ่นพลาสติกใสทับลงบนวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมและวางตุ้มน้ำหนักกดทับไว้

13. คลายสกรูและนำชิ้นงานที่มีวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมติดอยู่ออกมา ลอกเอามาใส่กึ่งเทพออก ดังภาพที่ 14 จากนั้นนำไปแช่ในน้ำที่ อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 ± 2 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ^[25]



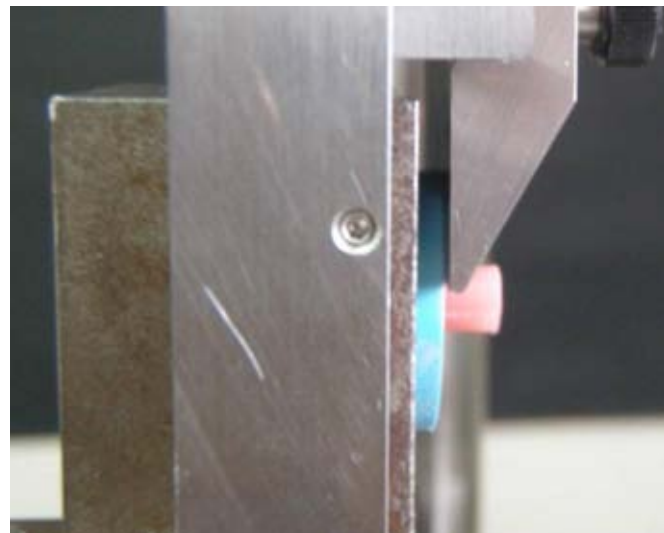
ภาพที่ 14 แสดงภาพด้านข้างและด้านบนของชิ้นงานที่นำไปทดสอบ

14. ทำการทดสอบชิ้นงานโดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัดระบบไฮดรอลิกรุ่น 8872 (INSTRON, Buckinghamshire, UK) โดยวางชิ้นงานในแม่แบบที่ใช้ทดสอบความแข็งแรงพันธะฉนวน โดยหัวทดสอบเป็นภาพร่างใบมีดวางขนานไปกับผิววัสดุ ความเร็ว (crosshead speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ดังภาพที่ 15 ทดสอบที่อุณหภูมิ ห้อง 23 ± 2 องศาเซลเซียส ทำการให้แรงจนชิ้นงานแตก

15. นำค่าแรงที่ได้มาคำนวณหาค่าความแข็งแรงพันธะฉนวนด้วยสูตร
 ค่าความแข็งแรงพันธะฉนวน (เมกกะปาสคัล) = $\frac{\text{แรงที่ใช้ในการทำให้วัสดุแตก (นิวตัน)}}{\text{พื้นที่ผิวในการยึดติด(ตารางมิลลิเมตร)}}$

พื้นที่ผิวในการยึดติด(ตารางมิลลิเมตร)

16. นำชิ้นงานทั้งหมดที่แตกหักมาวิเคราะห์ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอรุ่น ML9300 (Meiji Techno Co. Ltd., Tokyo, Japan) ที่กำลัง ขยาย 7 เท่า โดยถ้าการแตกเกิดบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุทั้งสองจัดเป็นการแตกแบบยึดติด (adhesive failure) ถ้ามีการแตกเกิดที่วัสดุเสริมฐานจัดเป็นการแตกแบบเชื่อมแน่น (cohesive failure) และถ้าการแตกเกิดทั้งบริเวณรอยต่อและที่วัสดุเสริมฐาน หรือ วัสดุฐานพื้นที่ยมจัดเป็นการแตกแบบผสม ซึ่งการแตกแบบแอดฮีซีฟ (adhesive failure) จะมีการแตกของชิ้นงานบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุทั้งสองชนิด แสดงว่าความแข็งแรงของการยึดระหว่างวัสดุทั้งสองน้อยกว่าความแข็งแรงของวัสดุฐานพื้นที่ยมและวัสดุเสริมฐาน



ภาพที่ 15 แสดงภาพการวางชิ้นงานในเครื่องทดสอบแรงอัดระบบไฮดรอลิก

17. เพื่อวิเคราะห์สภาพผิวของฐานพื้นเทียมเมื่อได้รับการทาด้วยสารปรับสภาพผิวชนิดต่างๆ โดยใช้วัสดุฐานพื้นเทียมที่ไม่ได้ทำเป็นกลุ่มควบคุม นำชิ้นงานวัสดุฐานพื้นเทียมมาทาด้วยสารปรับสภาพผิวชนิดต่างๆและนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดรุ่น JSM 5410LV (JEOL, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 2000 เท่า

การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงพันธะเดือนที่ได้มาทำการวิเคราะห์สถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวินโดวส์เอสพีเอสเอส (SPSS version 17.0) กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบสองทาง (two-way analysis of variance) post hoc Turkey HSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way analysis of variance) ในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายแบบไม่ปกติ ใช้สถิติ Kruskal Wallis ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ในการวิเคราะห์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์

นำค่าความแข็งแรงพันธะเคื่อนที่วัดได้ของชิ้นงานแต่ละกลุ่มการทดลอง (ตาราง ก. ในภาคผนวก) มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ผลดังนี้คือ สำหรับวัสดุยูนิฟาสเทอร์ด® กลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวหน้าด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสเทอร์ด® 15 วินาที (กลุ่มที่ 1) และกลุ่มที่ปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วน 15:85, 25:75, 35:65 เป็นเวลา 15 วินาที (กลุ่มที่ 2,3 และ 4) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเคื่อนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.99 ± 0.83 , 18.65 ± 0.60 , 18.88 ± 1.24 และ 18.35 ± 1.47 เมกกะปาสคาลตามลำดับ สำหรับวัสดุเอฟไอเจลฮาร์ด® กลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ (กลุ่มที่ 5) และกลุ่มที่ปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วน 15:85, 25:75, 35:65 เป็นเวลา 15 วินาที (กลุ่มที่ 6,7 และ 8) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเคื่อนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.27 ± 1.05 , 10.87 ± 1.42 , 10.67 ± 1.30 และ 11.73 ± 1.56 เมกกะปาสคาลตามลำดับ สำหรับวัสดุโทคุยาม่า® ระเบิดฟูฟาส กลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ (กลุ่มที่ 9) และกลุ่มที่ปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตในอัตราส่วน 15:85, 25:75, 35:65 เป็นเวลา 15 วินาที (กลุ่มที่ 10,11 และ 12) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเคื่อนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.08 ± 1.22 , 7.69 ± 0.78 , 6.77 ± 0.70 และ 7.33 ± 1.57 เมกกะปาสคาลตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 8)

นำข้อมูลค่าความแข็งแรงพันธะเคื่อนที่วัดได้ในการทดสอบ (แสดงในไว้ตาราง ก. ภาคผนวก) มาทำการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วยวินแซมเปิลโคโรโมโกรอฟ-สเมอนอฟ (One-sample Kolmogorov-Smirnov test) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ($p > 0.05$) ดังตาราง ข. ในภาคผนวก และทำการทดสอบความเหมือนของความแปรปรวน (Homogeneity of variances) ด้วยการทดสอบแบบเลอวีเน (Levene's test) พบว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตาราง ค. ในภาคผนวก จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทางที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าชนิดของวัสดุเสริมฐานพื้นเทียม และชนิดของสารปรับสภาพผิวมีผลต่อความแข็งแรงพันธะเคื่อนระหว่าง

วัสดุฐานพื้นเทียมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนกับวัสดุเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตัวเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตาราง ง. ในภาคผนวก

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ในระหว่างกลุ่มทดสอบ มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติอย่างน้อย 1 คู่ ($p < 0.05$) จึงนำทดสอบเพื่อหาประชากรที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน (multiple comparisons) ด้วยทศุคัยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ดังตาราง จ และ ฉ ในภาคผนวก ซึ่งสรุปผลดังนี้ (ตารางที่ 8)

กลุ่มยูนิฟาสเทรอด[®] (กลุ่ม 1-4) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมมากกว่ากลุ่มยูเอฟไอเจลฮาร์ด[®] (กลุ่ม 5-8) และกลุ่มโทคูยาม่า[®]รีเบสทูฟาส (กลุ่ม 9-12) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กลุ่มยูนิฟาสเทรอด[®] ที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตต 25:75 (กลุ่ม 3) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมมากที่สุด และมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ในกลุ่มที่ใช้อัตราส่วนที่ 15:85 (กลุ่ม 2) และ 35:65 (กลุ่ม 4) มีค่าสูงรองลงมาตามลำดับ แต่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม 1 ($p > 0.05$)

กลุ่มควบคุมของยูเอฟไอเจลฮาร์ด[®] (กลุ่ม 5) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมแตกต่างกับกลุ่มโทคูยาม่า[®]รีเบสทูฟาส (กลุ่ม 9-12) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อมีการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตก่อนการเสริมฐาน พบว่ากลุ่มที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตในทุกอัตราส่วน (กลุ่ม 6-8) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมมากกว่ากลุ่มที่ปรับสภาพผิวด้วยสารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ (กลุ่ม 5) และมากกว่ากลุ่มโทคูยาม่า[®]รีเบสทูฟาส (กลุ่ม 9-12) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างกลุ่มยูเอฟไอเจลฮาร์ด[®] ที่มีการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตต (กลุ่ม 6, 7 และ 8) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สำหรับกลุ่มโทคูยาม่า[®]รีเบสทูฟาสนั้น การปรับผิวหน้าด้วยสารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ (กลุ่ม 9) หรือปรับผิวหน้าด้วยสารละลายเมทิลฟออร์เมตและเมทิลอะซิเตตในทุกอัตราส่วน (กลุ่ม 10, 11 และ 12) ไม่ได้ทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมที่วัดได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม 3 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วนต่างๆ กัน

Group	Reline material	Surface treatment	Mean shear bond strength \pm SD (MPa)
1	Unifast Trad [®]	MMA 15 sec	16.99 \pm 0.83 ^b
2	Unifast Trad [®]	MF:MA 15:85	18.65 \pm 0.60 ^{a,b}
3	Unifast Trad [®]	MF:MA 25:75	18.88 \pm 1.24 ^a
4	Unifast Trad [®]	MF:MA 35:65	18.35 \pm 1.47 ^{a,b}
5	Ufi Gel Hard [®]	conditioner*	8.27 \pm 1.05 ^d
6	Ufi Gel Hard [®]	MF:MA 15:85	10.87 \pm 1.42 ^c
7	Ufi Gel Hard [®]	MF:MA 25:75	10.67 \pm 1.30 ^c
8	Ufi Gel Hard [®]	MF:MA 35:65	11.73 \pm 1.56 ^c
9	Tokuyama [®] Rebase II Fast	conditioner *	7.08 \pm 1.22 ^d
10	Tokuyama [®] Rebase II Fast	MF:MA 15:85	7.69 \pm 0.78 ^d
11	Tokuyama [®] Rebase II Fast	MF:MA 25:75	6.77 \pm 0.70 ^d
12	Tokuyama [®] Rebase II Fast	MF:MA 35:65	7.33 \pm 1.57 ^d

MF:MA = mixture of methylformate and methylacetate

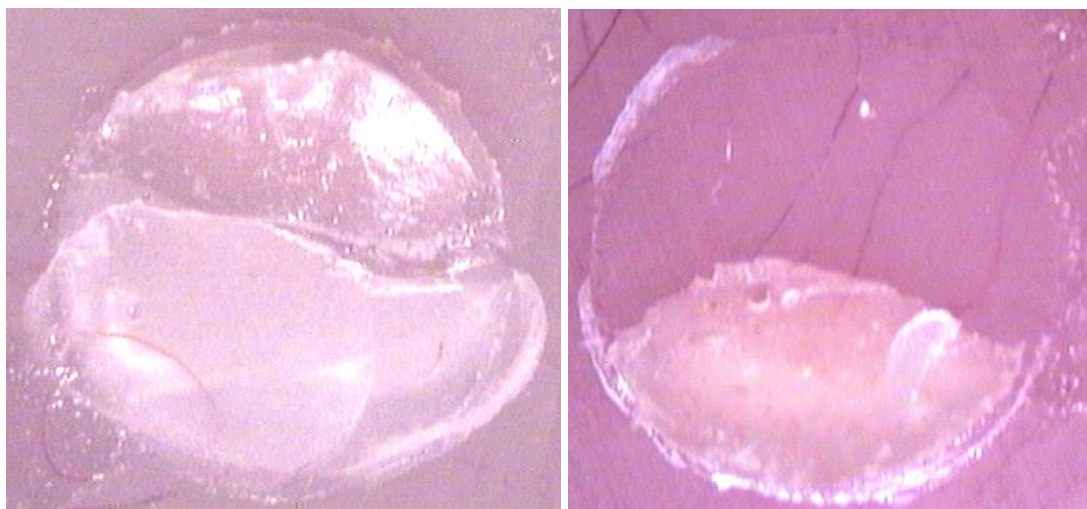
* follow to manufacturer recommendation

The same alphabet letter is not significantly different ($p > 0.005$).

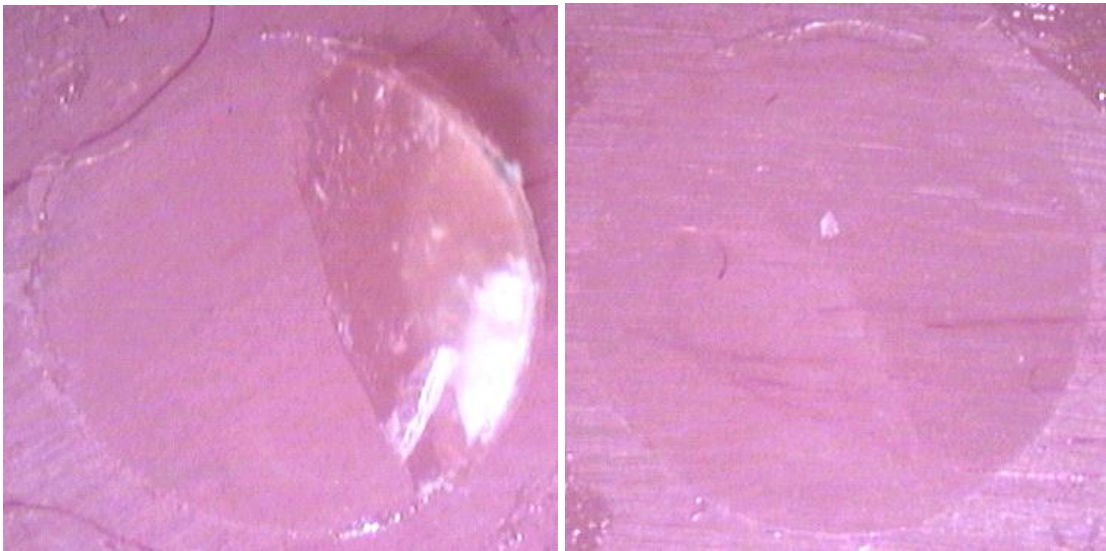
เมื่อศึกษาลักษณะการแตกหักของชิ้นงานแสดงในตารางที่ 10 พบว่า ในกลุ่มยูนิฟาสเทรอด[®] ทุกกลุ่ม (กลุ่ม 1-4) ชิ้นงานมีการแตกหักในลักษณะที่ไม่แตกต่างกัน โดยแตกหักแบบผสมเป็นส่วนมาก (8-10 ชิ้น) และแตกหักแบบเชื่อมแน่นเป็นส่วนน้อย (0-2 ชิ้นงาน) โดยไม่มีการแตกหักแบบยึดติดเลย ดังรูปภาพที่ 16 ส่วนกลุ่มยูเอฟไอเจลฮาร์ด[®] นั้น (กลุ่ม 5-8) ชิ้นงานมีการแตกหักในลักษณะที่ไม่แตกต่างกัน โดยแตกหักแบบยึดติดเป็นส่วนมาก (6-10 ชิ้น) และแตกหักแบบผสมเป็นส่วนน้อย (0-4 ชิ้นงาน) ซึ่งมีลักษณะคล้ายการแตกหักของกลุ่มโทคยูยาม่า รีเบสทูฟาส (กลุ่ม 9-12) โดยแตกหักแบบยึดติดเป็นส่วนมาก (6-9 ชิ้น) และแตกหักแบบผสมเป็นส่วนน้อย (1-4 ชิ้นงาน) ดังภาพที่ 17 และ 18

ตารางที่ 9 ชนิดการแตกหัก (%) ระหว่างวัสดุเสริมฐานและฐานพื้นเทียม

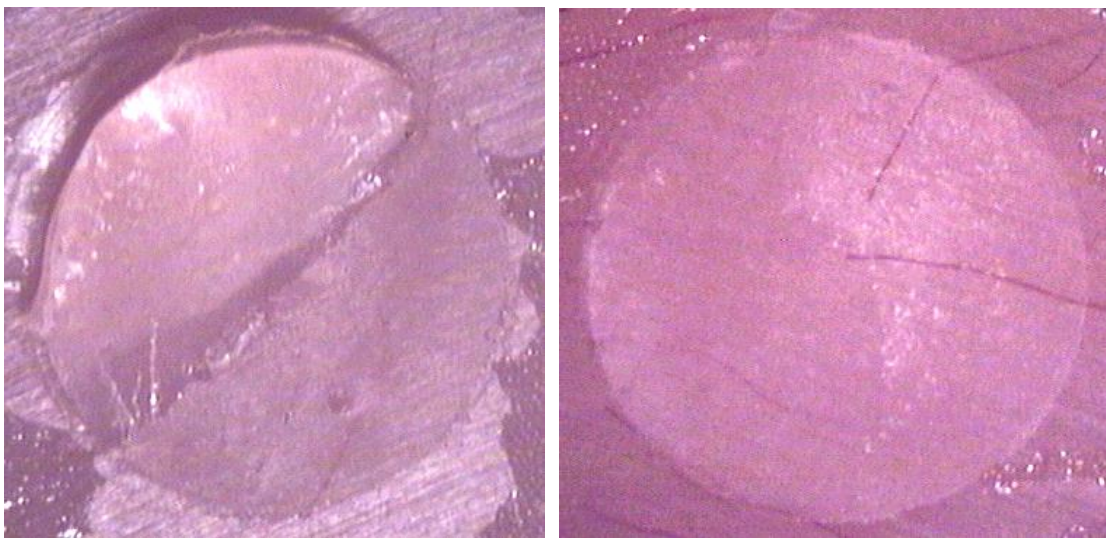
Group	Type of failure (%)		
	Cohesive	Adhesive	Mix mode
1	1 (10)	0 (0)	9 (90)
2	2 (20)	0 (0)	8 (80)
3	0 (0)	0 (0)	10 (100)
4	1 (10)	0 (0)	9 (90)
5	0 (0)	10 (10)	0 (0)
6	0 (0)	10 (10)	0 (0)
7	0 (0)	7 (70)	3 (30)
8	0 (0)	6 (60)	4 (40)
9	0 (0)	9 (90)	1 (10)
10	0 (0)	6 (60)	4 (40)
11	0 (0)	8 (80)	2 (20)
12	0 (0)	8 (80)	2 (20)



ภาพที่ 16 แสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นทดสอบแบบต่างๆ ของยูนิฟาสเทรอด[®] โดยภาพด้านซ้ายเป็นการแตกหักแบบเชื่อมแน่น ภาพด้านขวาเป็นการแตกหักแบบผสม

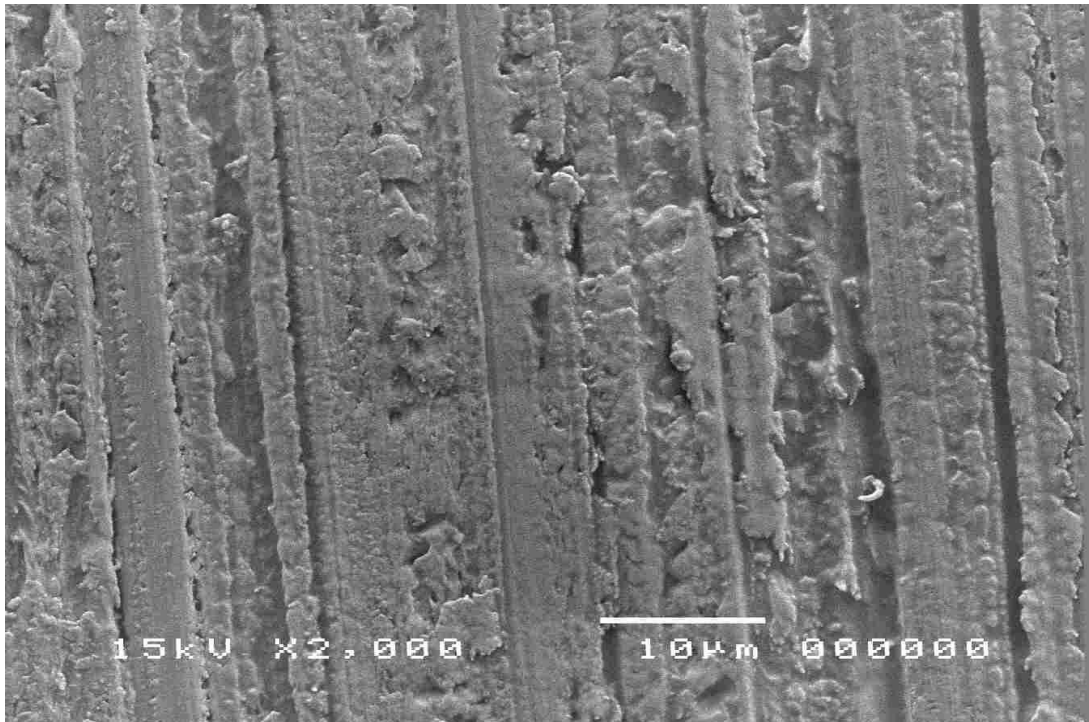


ภาพที่ 17 แสดงลักษณะการแตกหักของชั้นทดสอบแบบต่างๆ ของยูเอพีไอเจลดฮาร์ด® โดยภาพด้านซ้ายเป็นการแตกหักแบบผสม ภาพด้านขวาเป็นการแตกหักแบบยึดติด

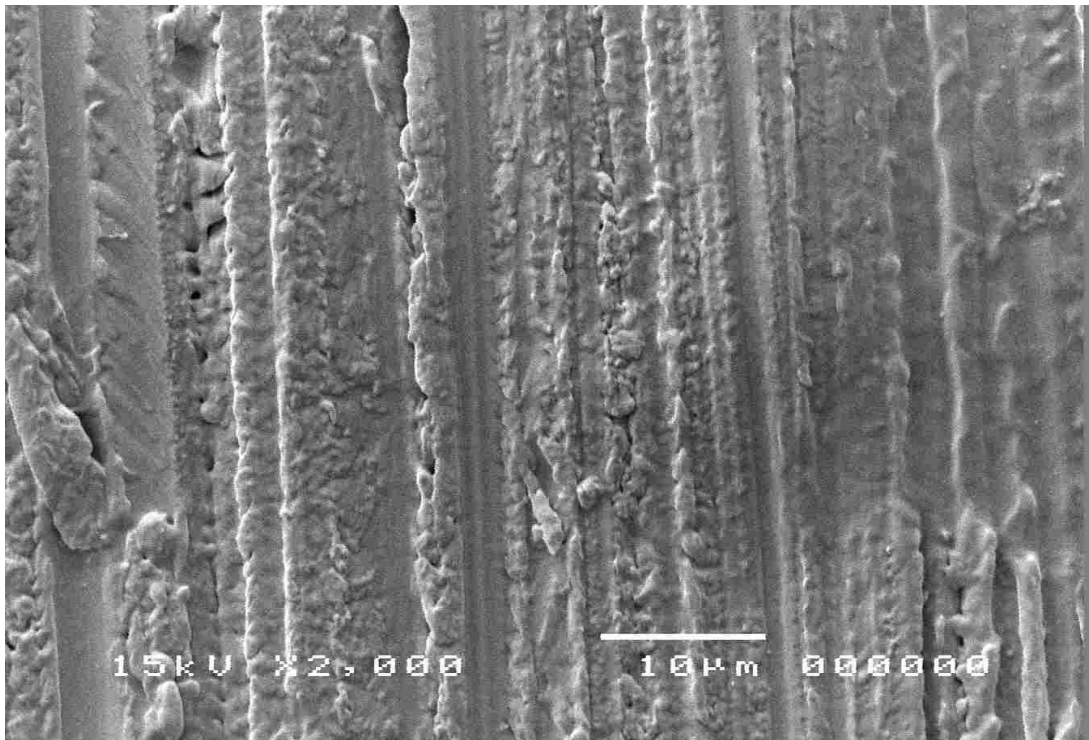


ภาพที่ 18 แสดงลักษณะการแตกหักของชั้นทดสอบแบบต่างๆ ของโทคูยาม่า® รีเบสทูปาส โดยภาพด้านซ้ายเป็นการแตกหักแบบผสม ภาพด้านขวาเป็นการแตกหักแบบยึดติด

ผลการวิเคราะห์พื้นผิวของฐานฟันเทียมที่ได้รับการทำด้วยสารปรับสภาพผิวชนิดต่างๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด แสดงในรูปภาพที่ 19-25 พบว่าเมื่อทำด้วยส่วนผสมของยูนิฟาสเทรต® เป็นเวลา 15 วินาที พื้นผิว (ภาพที่ 20) ยังคงมีความไม่เรียบ เห็นร่องรอยที่เกิดจากการขัดและลักษณะพื้นผิวไม่แตกต่างจากพื้นผิวฐานฟันเทียมที่ไม่ได้ทำสารปรับสภาพผิว (ภาพที่ 19)

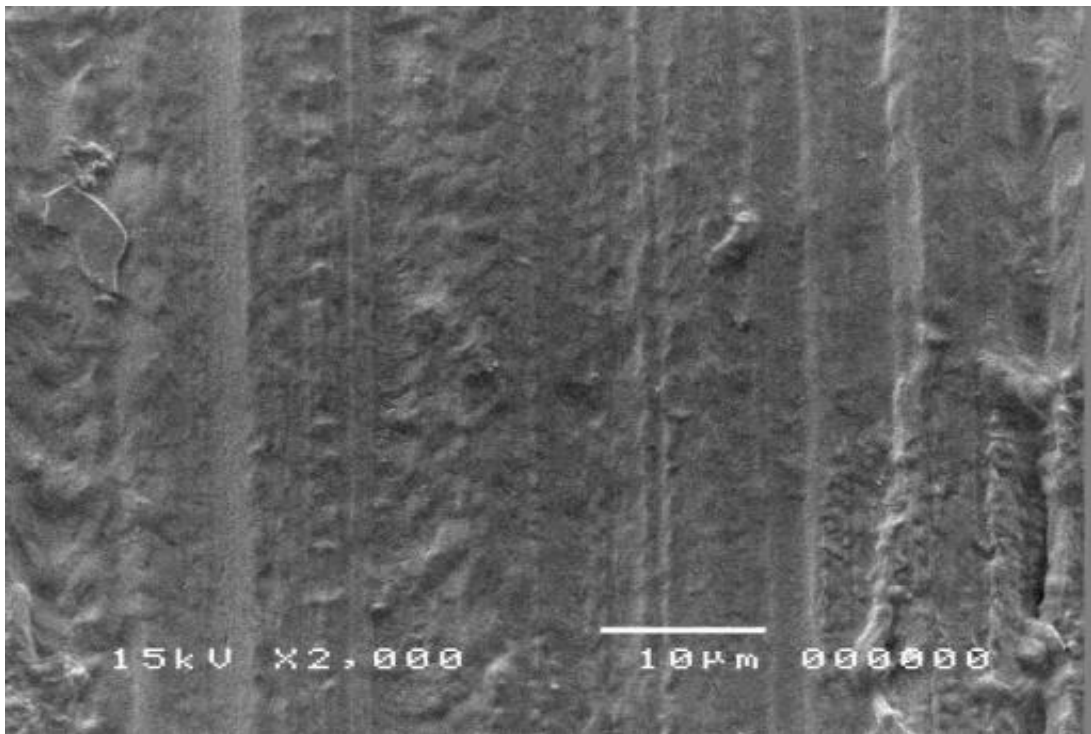


ภาพที่ 19 แสดงภาพถ่ายกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพื้นผิวฐานฟันเทียม

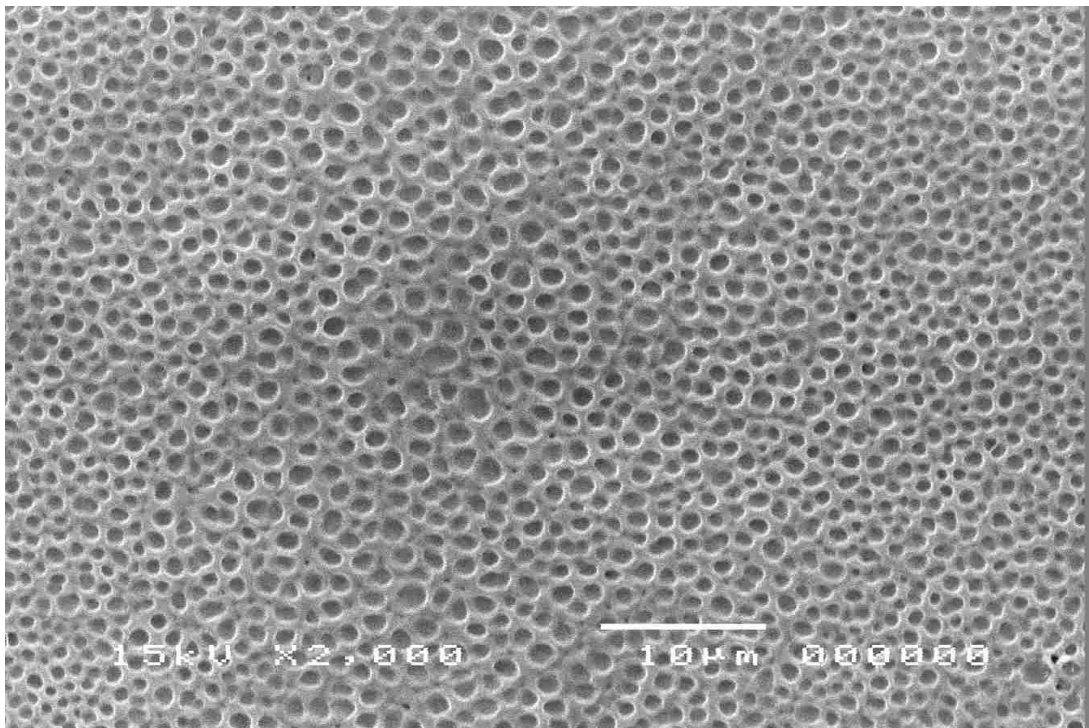


ภาพที่ 20 แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพืชมะเขือเทศที่ได้รับการทำด้วยส่วนของยูนิฟาสเทรต®

ขณะที่การทำด้วยสารยึดติดของยูเอฟไอเจลฮาร์ด® ลักษณะพื้นผิว เรียบขึ้น เหมือนมีสารบางอย่างเคลือบที่ผิว (รูปที่ 21) และเมื่อฐานพืชมะเขือเทศทำด้วยสารยึดติดของโทคูยาม่า® รีเบสทูฟาส พบพื้นผิวมีลักษณะเป็นรูพรุนเล็กๆติดกันจำนวนมาก โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ไมครอน ลักษณะคล้ายรังผึ้ง (ภาพที่ 22)

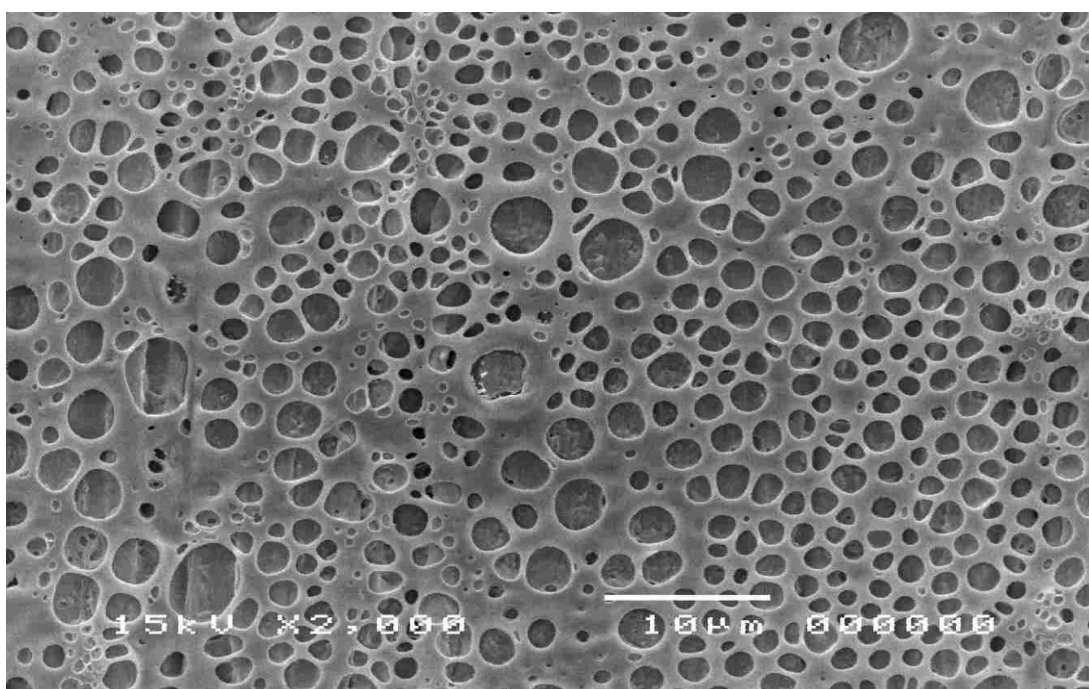


ภาพที่ 21 แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพื้นเทียมที่ได้รับการทาด้วยสารยึดติดของยูเอพีไอเจลด ฮาร์ด®

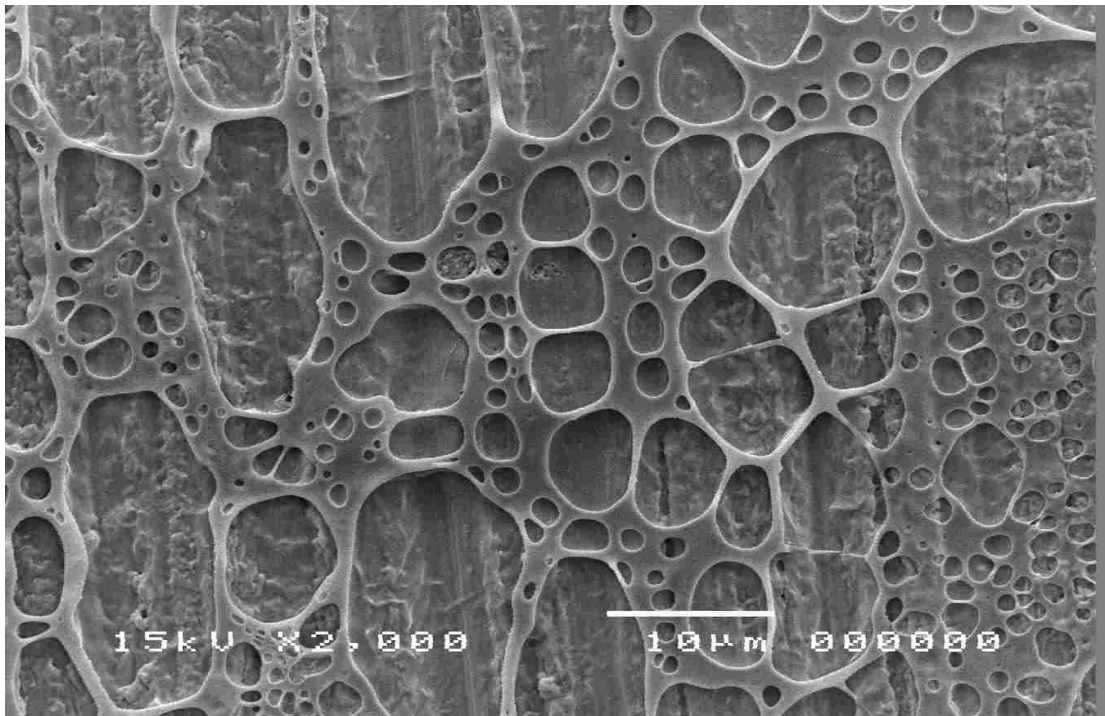


ภาพที่ 22 แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพื้นเทียมที่ได้รับการทาด้วย สารยึดติดของโทคุยาม่า® รีเบส ทูฟาส

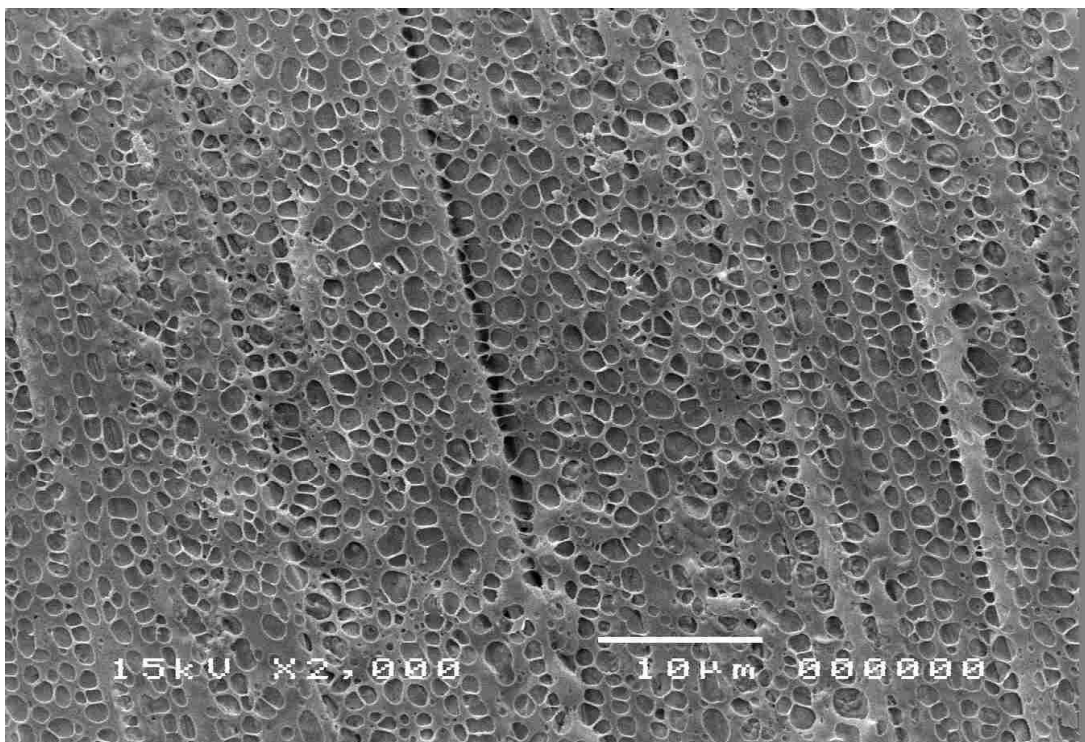
เมื่อทำด้วยด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 15:85 ทำให้พื้นผิวเกิดลักษณะรูพรุนที่มีขนาดเล็กและใหญ่ปนกันมีขนาดตั้งแต่ 3 ไมครอนถึง 5 ไมครอนกระจายอยู่ทั่วๆ (ภาพที่ 23) ในขณะที่อัตราส่วน 25:75 พบว่าพื้นผิว เป็นรูพรุนมีขนาดใหญ่ขึ้นและยังมีรูพรุนขนาดเล็กปะปนอยู่ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 5 ไมครอนถึง 10 ไมครอน(ภาพที่ 24) เมื่อใช้อัตราส่วน 35:65 พบว่าพื้นผิว เป็นรูพรุนนั้นขนาดเล็กประมาณ 2 ไมครอน มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 23 แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพื้นเทียมที่ได้รับการทำด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 15:85



ภาพที่ 24 แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพืชมที่ผ่านการบำบัดด้วยสารละลายเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 25:75



ภาพที่ 25 แสดงภาพถ่ายของพื้นผิวฐานพืชมที่ผ่านการบำบัดด้วยสารละลายเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 35:65

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษากายได้ข้อจำกัดในครั้งนี้อาจสรุปได้ว่า

1. ชนิดผลิตภัณฑ์ของวัสดุเสริมฐานแบบแข็งชนิดปมด้วยตัวเอง และชนิดของสารปรับสภาพผิวที่ใช้ก่อนการเสริมฐาน มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินอะคริลิกชนิดปมด้วยความร้อนกับวัสดุเสริมฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
2. เมื่อเปรียบเทียบชนิดของวัสดุเสริมฐานทั้งสามผลิตภัณฑ์โดยมีการปรับสภาพผิวก่อนการเสริมฐานด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิต พบว่า ยูนิฟาสเทอร์ด[®] มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมสูงที่สุด โดยมากกว่ายูเอพีไอเจลดฮาร์ด[®] และโทคุยาม่า[®] รีเบสทูลฟาสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยูเอพีไอเจลดฮาร์ด[®] มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมมากกว่าโทคุยาม่า[®] รีเบสทูลฟาส แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
3. การปรับสภาพผิวของวัสดุฐานพื้นเทียมเรซินอะคริลิกด้วยสารละลายเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตต เป็นเวลา 15 วินาทีก่อนการเสริมฐาน
 - 3.1 วัสดุเสริมฐานยูนิฟาสเทอร์ด[®] กลุ่มที่ใช้สารละลายเมทิลฟอร์มเมตและเมทิล อะซิเตตที่อัตราส่วน 25:75 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้สารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ แต่กลุ่มที่ใช้สารละลายที่อัตราส่วน 35:65 และ 15:85 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมสูงขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2 วัสดุเสริมฐานยูเอพีไอเจลฮาร์ด® กลุ่มที่ใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมต และเมทิล อะซิเตตที่ทุกอัตราส่วน มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะ เชื้อนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้สารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

3.3 วัสดุเสริมฐานโทคูยาม่า® รีเบสทูปาส กลุ่มที่ใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิล อะซิเตตที่ทุกอัตราส่วน มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะ เชื้อนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้สารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

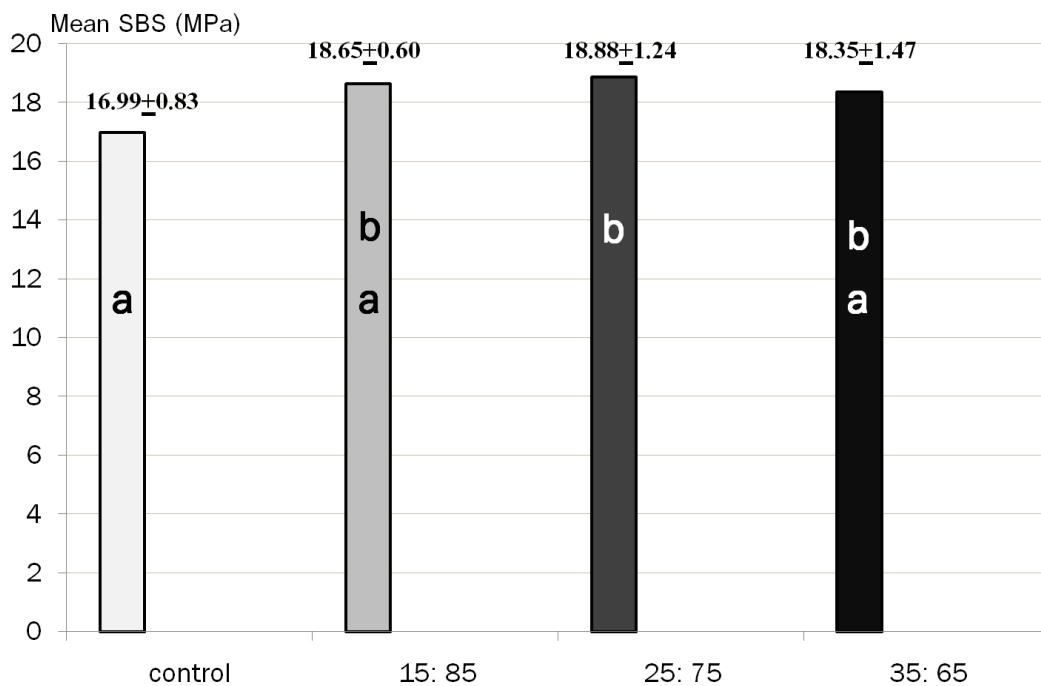
อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อหาสารชนิดใหม่ที่น่าสนใจมาใช้ทดแทนสารปรับสภาพผิวฐานพื้น เทียมก่อนการเสริมฐานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยการทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุ ฐานพื้นเทียมและวัสดุเสริมฐานด้วยการวัดความแข็งแรงพันธะเชื้อนซึ่งมีการให้แรงลงไปตรง รอยต่อระหว่างวัสดุทั้งสองโดยตรงมีลักษณะใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในทางคลินิกและเป็นที่ยอมรับในหลายการศึกษา^[29-31] การปรับสภาพผิวของฐานพื้นเทียมด้วยสารเคมีก่อนที่จะทำการ เสริมฐานมีผลต่อการเพิ่มการยึดติดระหว่างวัสดุทั้งสอง^[7,12-14,32,33] การศึกษานี้เลือกใช้สารละลาย เมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตเพื่อปรับสภาพผิวของฐานพื้นเทียมเปรียบเทียบกับสารยึดติดที่ บริษัทผู้ผลิตวัสดุเสริมฐานแต่ละผลิตภัณฑ์แนะนำ เพราะเป็นสารที่มีความปลอดภัยมีความเป็น พิษน้อย โดยมีค่าขีดจำกัดของสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน (workplace exposure limit) เป็น เวลา 8 ชั่วโมงที่ 100 และ 200 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ เมื่อเทียบกับเมทิลเมทาคริเลตที่มีค่า ต่ำกว่าคือ 50 ส่วนในล้านส่วน^[34-36] จากการศึกษาของ Asmussen ค่าความแข็งแรงพันธะเชื้อน ระหว่างวัสดุเสริมฐานกับวัสดุฐานพื้นเทียมที่ปรับสภาพผิวด้วยเมทิลฟอร์เมตหรือเมทิลอะซิเตตได้ ค่าที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงว่าสารทั้งสองนี้สามารถทำลายวัสดุฐานพื้นเทียมได้ดี^[18] ซึ่งเช่นเดียวกับการศึกษาของ Thunyakitpisal และ Wiwatwarapan ที่ได้ค่าความแข็งแรงดัด ขวางสูงขึ้นเมื่อใช้สารเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตทาที่ผิวของวัสดุฐานพื้นเทียมก่อนการ ซ่อมแซม เป็นเวลา 15 วินาที เปรียบเทียบกับการทาด้วยเมทิลเมทาคริเลตหรือสารปรับสภาพผิวที่ มีในท้องตลาด^[19] การศึกษาในครั้งนี้ได้เปรียบเทียบระหว่างการใส่สารละลายเมทิลฟอร์เมตและ เมทิลอะซิเตตที่หลายอัตราส่วน กับสารปรับสภาพผิวที่บริษัทแนะนำในวัสดุเสริมฐานพื้นเทียม 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ยูนิฟาสเทรค® ยูเอพีไอเจลฮาร์ด® และโทคูยาม่า® รีเบสทูปาส ซึ่งในวัสดุยูนิฟาส

เทรต® ได้ใช้ส่วนเหลวของยูนิฟาสเทรต® หรือ เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ ในการปรับสภาพผิวเป็นเวลา 15 วินาที ถึงแม้จะมีการศึกษาพบว่าการใช้เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ทำที่ผิวเป็นเวลา 180 วินาทีจะได้แรงยึดที่ดีที่สุด แต่เนื่องจากการใช้เวลาที่นานจึงไม่เป็นที่นิยมทั่วไปในทางคลินิก^[13,16] ส่วนอัตราส่วนของสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่ใช้คือ 15:85 25:75 และ 35:65 โดยทำเป็นเวลา 15 วินาทีตามการศึกษาของ Thunyakitpisal และ Wiwatwarapan^[19]

กลไกการยึดติด (bonding mechanism) ระหว่างวัสดุเสริมฐานกับวัสดุฐานฟันเทียมเกิดขึ้นโดย เมื่อสารปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมสัมผัสกับวัสดุฐานฟันเทียมจะไปทำละลายและทำให้เกิดการบวมของชั้นพื้นผิวหน้าฐานฟันเทียม และสารปรับสภาพพื้นผิวจะระเหยออกไป หลังจากนั้นมอนอเมอร์ในวัสดุเสริมฐานจะแพร่ผ่าน แทรกซึม เข้าไปในรูพรุนที่พื้นผิวของฐานฟันเทียม เมื่อวัสดุเสริมฐานเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ของวัสดุเสริมฐานจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์กับมอนอเมอร์ที่อยู่ชั้นพื้นผิวของฐานฟันเทียม ทำให้เกิดการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานกับวัสดุฐานฟันเทียม พอลิเมอร์ที่เกิดจะมีลักษณะร่างแหพอลิเมอร์แบบสอดไขว้ (interpenetrating polymer network, IPN) โดยกลไกนี้ขึ้นกับเวลา อุณหภูมิ ชนิดของมอนอเมอร์หรือตัวทำละลาย โครงสร้างพอลิเมอร์ และอุณหภูมิผ่านสภาพแก้วของพอลิเมอร์^[8] ดังนั้น การที่จะได้ความแข็งแรงยึดติดที่ดีขึ้นมีผลมาจากความสามารถในการทำละลายของสารปรับสภาพผิวต่อวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่าพารามิเตอร์การละลาย ความเป็นขั้วของวัสดุฐานฟันเทียมและสารปรับสภาพผิว^[28] และขนาดโมเลกุล^[26] โดยทั่วไปแล้วความสามารถในการทำละลายของสารชนิดหนึ่งที่จะทำละลายสารอีกชนิดหนึ่งได้ดีเมื่อมีค่าพารามิเตอร์การละลายไม่ต่างกันมาก และมีความเป็นขั้วใกล้เคียงกัน รวมถึงขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าจะมีความสามารถในการเข้าไปทำละลายได้ดีกว่า

กลุ่มยูนิฟาสเทรต® พบว่าเมื่อปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตต ทุกอัตราส่วนมีค่าแรงยึดติดที่สูงขึ้น โดยที่อัตราส่วน 25:75 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนมากที่สุด และมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังภาพที่ 26 เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของวัสดุฐานฟันเทียมและสารปรับสภาพผิวในกลุ่มนี้ ดังจากตารางที่ 11 พบว่าเมทิลเมทาคริเลต ถึงแม้จะมีค่าใกล้เคียงกับวัสดุฐานฟันเทียมมากที่สุด แต่เนื่องจากขนาดโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ของเมทิลเมทาคริเลต เมื่อเทียบกับเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตต จึงทำให้เมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตมีความสามารถในการทำละลายวัสดุฐานฟันเทียมได้ดีกว่า รวมทั้งส่วนผสมบางตัวที่บริษัทผู้ผลิตเติมเข้าไปในวัสดุฐานฟันเทียม



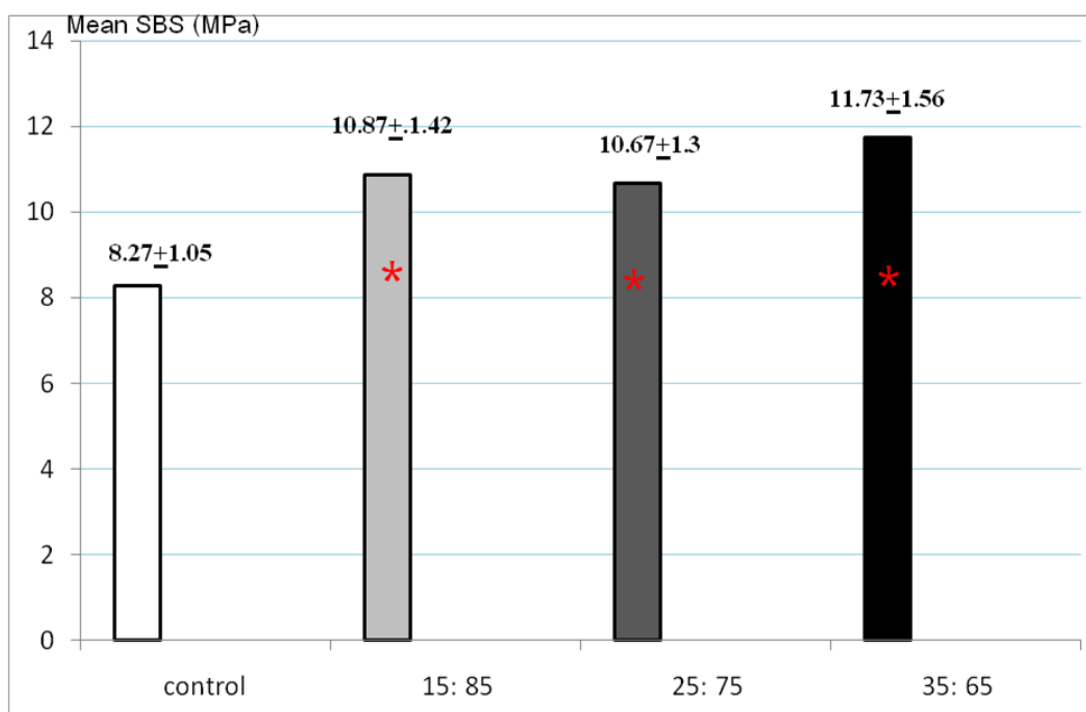
ภาพที่ 26 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมของวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมยูนิฟาสเทรต®

ตารางที่ 10 แสดงค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของกลุ่มยูนิฟาสเทรต®

สาร	ค่าพารามิเตอร์การละลาย (เมกกะปาสคาล)	น้ำหนักโมเลกุล
poly(methyl methacrylate)	18.27	-
methyl methacrylate	18	100.12
methyl acetate	19.6	74
methyl formate	20.9	60

จึงทำให้มีผลต่อค่าพารามิเตอร์การละลายของวัสดุ จึงทำให้ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนของกลุ่มที่ทำด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตมีค่าสูงกว่าเมทิลเมทาคริเลต แม้ว่าสารทั้งสองจะมีค่าพารามิเตอร์การละลายที่ใกล้เคียงน้อยกว่าเมทิลเมทาคริเลต

กลุ่มยูเอพีไอเจลดฮาร์ด® พบว่าเมื่อปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตต ทุกอัตราส่วนมีค่าแรงยึดติดที่สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับสภาพผิวด้วยสารที่บริษัทแนะนำที่ประกอบด้วย อะซิโตนและ 2-HEMA ดังภาพที่ 27



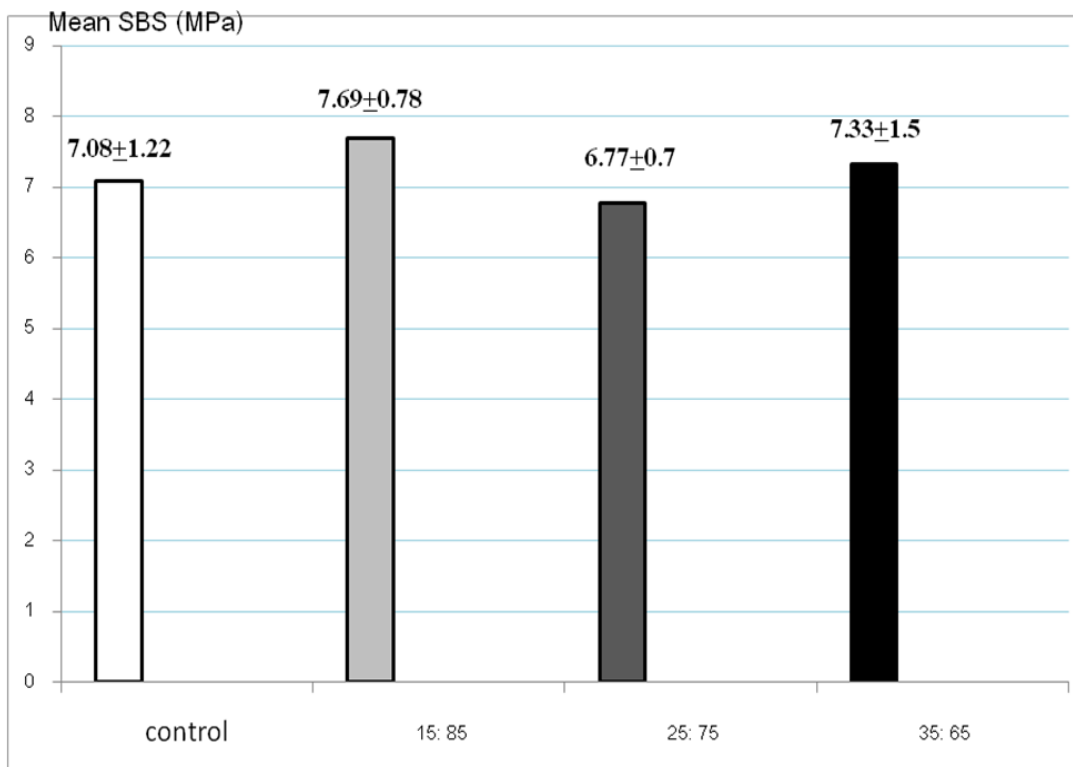
ภาพที่ 27 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนของวัสดุเสริมฐานยูเอพีไอเจลดฮาร์ด®

เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของวัสดุฐานฟันเทียมและสารปรับสภาพผิวในกลุ่มนี้ ดังตารางที่ 12 พบว่า เมทิลอะซิเตตมีค่าพารามิเตอร์การละลายใกล้เคียงกับวัสดุฐานฟันเทียมมากที่สุด รองลงมาเป็น อะซิโตน เมทิลฟอร์เมต และ 2-HEMA ตามลำดับ แต่เนื่องจากเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตจัดเป็นกลุ่มเมทิลเอสเทอร์ซึ่งเหมือนกับวัสดุฐานฟันเทียม ทำให้มีความเป็นขี้ใกล้เคียงกันมากกว่าอะซิโตนและ 2-HEMA รวมทั้งขนาดโมเลกุลของ 2-HEMA ที่มีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตต จึงทำให้เมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตมีความสามารถในการทำละลายวัสดุฐานฟันเทียมได้ดีกว่า

ตารางที่ 11 แสดงค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของกลุ่มยูเอพีไอเจสฮาร์ด®

สาร	ค่าพารามิเตอร์การละลาย (เมกกะปาสคาล)	น้ำหนักโมเลกุล
poly(methyl methacrylate)	18.27	-
2-hydroxyethyl methacrylate	23.3	130
acetone	20.3	59
methyl acetate	19.6	74
methyl formate	20.9	60

กลุ่มโทคุยาม่า® รีเบสทูปาส พบว่าเมื่อปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตต ทุกอัตราส่วนมีค่าแรงยึดติดที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับสภาพผิวด้วยสารที่บริษัทแนะนำที่ประกอบด้วยเอทิลอะซิเตตและอะซิโตนดังภาพที่ 28 เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของวัสดุฐานฟันเทียมและสารปรับสภาพผิวในกลุ่มนี้ ดังตารางที่ 13 พบว่า เอทิลอะซิเตตมีค่าพารามิเตอร์การละลายใกล้เคียงกับวัสดุฐานฟันเทียมมากที่สุด รองลงมาเป็น เมทิลอะซิเตต อะซิโตน และ เมทิลฟอร์มเมต ตามลำดับ รวมทั้งขนาดโมเลกุลของอะซิโตนและเอทิลอะซิเตตมีขนาดใกล้เคียงกับเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตต มีแค่ความเป็นขั้วที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตตจัดเป็นกลุ่ม เมทิลเอสเทอร์ซึ่งเหมือนกับวัสดุฐานฟันเทียม ทำให้มีความเป็นขั้วใกล้เคียงกันมากกว่าอะซิโตนและเอทิลอะซิเตตที่เป็นกลุ่มเอทิลเอสเทอร์ ผลที่ได้จากการศึกษานี้ใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมา โดยพบว่าค่าแรงยึดติดที่ได้ในกลุ่มที่ทำด้วยเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตตมีค่าแรงยึดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ทำด้วย สารยึดติดของโทคุยาม่า® รีเบสทูปาส^[18,19]



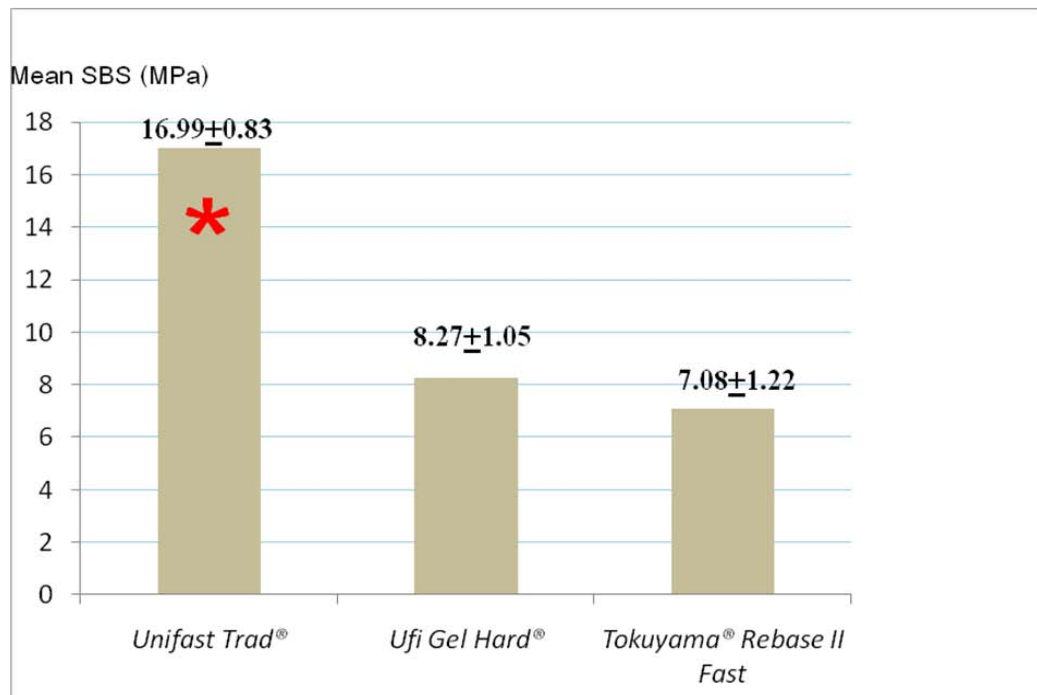
ภาพที่ 28 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมของวัสดุเสริมฐานโทคยูยาม่า® รีเบสทูปาส

ตารางที่ 12 แสดงค่าพารามิเตอร์การละลายและน้ำหนักโมเลกุลของกลุ่มโทคยูยาม่า® รีเบสทูปาส

สาร	ค่าพารามิเตอร์การละลาย (เมกกะปาสคาล)	น้ำหนักโมเลกุล
poly(methyl methacrylate)	18.27	-
ethyl acetate	18.6	88
acetone	20.3	59
methyl acetate	19.6	74
methyl formate	20.9	60

เมื่อนำวัสดุฐานฟันเทียมที่ทาสารปรับสภาพผิวที่ใช้ในการทดสอบมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังภาพที่ 19-25 จะเห็นว่า เมื่อทาด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสเทรอด[®] พื้นผิวที่ได้ไม่แตกต่างจากฐานฟันเทียมที่ไม่ได้ทาสารปรับสภาพผิวอย่างชัดเจน ขณะที่การทาด้วยสารยึดติดของยูเอฟไอเจลฮาร์ด[®] ลักษณะพื้นผิวเรียบขึ้น เหมือนมีสารบางอย่างเคลือบที่ผิว อาจเนื่องจากมี 2-HEMA ที่มีจุดเดือดค่อนข้างสูง (198 องศาเซลเซียส) เป็นส่วนประกอบ จึงไม่สามารถระเหยและทิ้งเป็นคราบบนพื้นผิวฐานฟันเทียมให้เห็น แต่จะมีผลต่อการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานกับฐานฟันเทียมหรือไม่นั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป เมื่อทาด้วยสารยึดติดของโทคูยาม่า[®] รีเบสทูฟาส และสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตจะพบลักษณะเป็นรูพรุนจำนวนมากที่พื้นผิว แสดงให้เห็นว่าสารยึดติดของโทคูยาม่า[®] รีเบสทูฟาส และสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตสามารถละลายพื้นผิวของฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตให้มีการอ่อนตัว บวมตัว และระเหยไป ทิ้งพื้นผิวที่มีรูพรุน ทำให้มอนอเมอร์ในวัสดุเสริมฐานสามารถแทรกซึมเข้าไปเกิดการยึดติดทางกล (mechanical interlocking) ได้ดีกว่าการปรับสภาพผิวด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสเทรอด[®] และสารยึดติดของยูเอฟไอเจลฮาร์ด[®] จึงทำให้กลุ่มยูนิฟาสเทรอด[®] และยูเอฟไอเจลฮาร์ด[®] ที่ได้รับการปรับสภาพด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตต ได้ค่าความแข็งแรงเฉือนที่สูงขึ้น แต่ในกลุ่มโทคูยาม่า[®] รีเบสทูฟาสกลับได้ผลไม่แตกต่างจากเดิม เมื่อวิเคราะห์พื้นผิวที่ทาด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 15:85 35:65 พบรูพรุนขนาดเล็กลง จำนวนมาก แต่ในกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 25:75 พบรูพรุนขนาดใหญ่จำนวนมากดังแสดงในภาพที่ 23-25 ซึ่งขนาดรูพรุนที่มีขนาดใหญ่กว่าจะทำให้เกิดการแพร่ผ่านและแทรกซึมของมอนอเมอร์เข้าไปได้ง่าย และได้แรงยึดที่ต่ำกว่า เมื่อดูจากผลที่ได้ในการศึกษานี้พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนในทุกผลิตภัณฑ์ที่ทาด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตที่อัตราส่วน 15:85 25:75 และ 35:65 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ หรือเกิดจากการใช้จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มน้อย จึงไม่เห็นความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนอย่างชัดเจน ดังนั้นขนาดและจำนวนของรูพรุนเหล่านี้มีผลต่อแรงยึดที่ได้หรือไม่นั้น จำเป็นต้องทำการศึกษาต่อไป

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบวัสดุเสริมฐานทั้งสามผลิตภัณฑ์ที่ปรับสภาพผิวด้วยสารที่บริษัทแนะนำ พบว่ายูนิฟาสเทรอด[®] มีค่าแรงยึดสูงที่สุด โดยมากกว่ายูเอฟไอเจลฮาร์ด[®] และโทคูยาม่า[®] รีเบสทูฟาสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในขณะที่ ยูเอฟไอเจลฮาร์ด[®] มีค่าแรงยึดที่มากกว่าโทคูยาม่า[®] รีเบสทูฟาส แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังภาพที่ 29

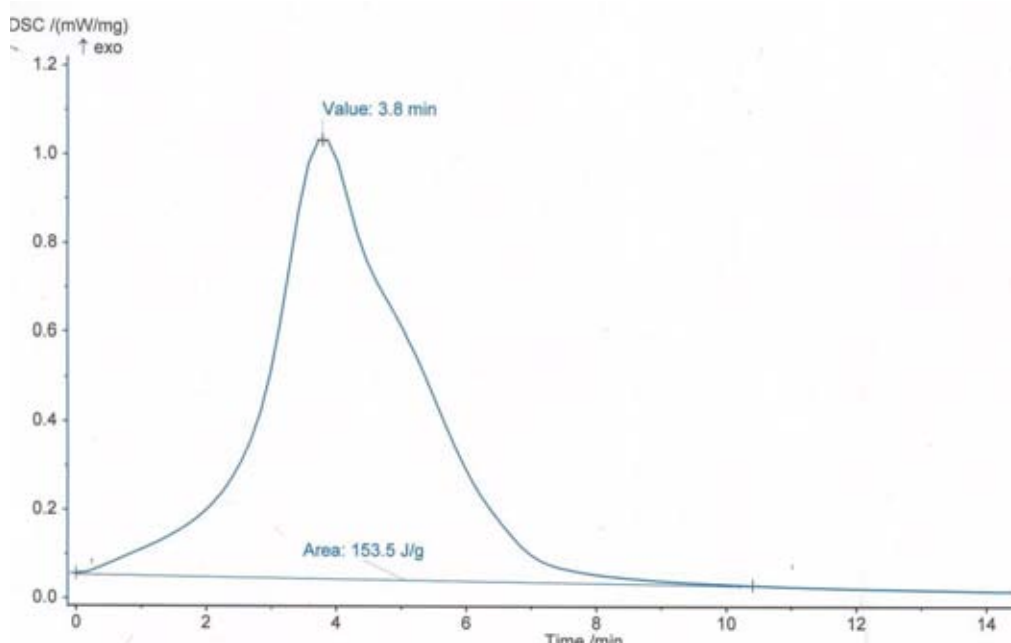


ภาพที่ 29 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมสามผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารปรับสภาพผิวสารที่บริษัทแนะนำ

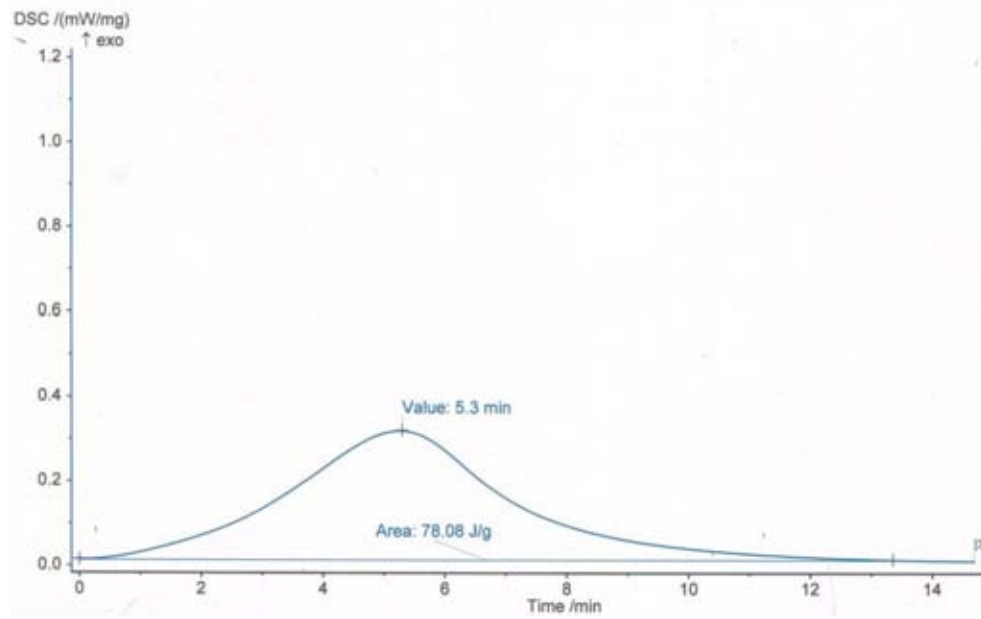
ความสามารถในการแพร่ผ่านเข้าไปของมอนอเมอร์ในวัสดุเสริมฐานมีความสำคัญต่อแรงยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานและฐานฟันเทียม การคายความร้อนขณะเกิดขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันที่เพิ่มขึ้นช่วยเพิ่มอัตราการแพร่ผ่านเข้าไปของมอนอเมอร์ได้ดียิ่งขึ้นด้วย^[37] เมื่อนำวัสดุทั้งสามผลิตภัณฑ์มาศึกษาดูพลังงานที่คายออกมาขณะเกิดขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันตามการศึกษาของ Huggett และคณะ^[39] ด้วยเครื่อง Differential scanning calorimetry รุ่น 204 F1 Phoenix (Netzsch, Wolverhampton, United Kingdom) พบว่า ยูนิฟาสเทรต® มีการคายพลังงานความร้อนออกมามากที่สุด รองลงมาคือโทคุยาม่า® รีเบสทูฟาส และยูเอฟไอเจลฮาร์ด® ตามลำดับดังภาพที่ 30-32 ดังนั้นวัสดุเสริมฐาน กลุ่มที่มีส่วนประกอบมอนอเมอร์เป็นเมทิลเมทาคริเลต ได้แก่ ยูนิฟาสเทรต® ซึ่งมีส่วนเหลวเป็นเมทิลเมทาคริเลต ที่มีขนาดขนาดโมเลกุลเล็ก (น้ำหนักโมเลกุล 100.12) รวมทั้งมีการคายความร้อนสูงขณะเกิดขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน จึงทำให้สามารถแพร่ผ่านและแทรกซึมเข้าไปในวัสดุฐานฟันเทียมได้ดีกว่า วัสดุเสริมฐานกลุ่มที่มีส่วนประกอบมอนอเมอร์ไม่ใช่เมทิลเมทาคริเลต ได้แก่ โทคุยาม่า® รีเบสทูฟาส และยูเอฟไอเจลฮาร์ด® ซึ่งส่วนเหลวมีองค์ประกอบของสารเชื่อมไขว้ปริมาณสูง คือ 1,9-NDMA (น้ำหนักโมเลกุล 296.40), AAEMA (น้ำหนักโมเลกุล 214.21) และ 1,6-HDMA (น้ำหนักโมเลกุล 254.32) ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าเมทิลเมทาคริเลต รวมทั้งมีการคายความร้อนขณะเกิดขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน

ชั้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าเมทิลเมทาคริเลตจึงสามารถแพร่ผ่าน แทรกซึม เข้าไปในพื้นผิวของฐานฟันเทียมได้ไม่ดีเท่ายูนิฟาสเทอร์ด® ทำให้ค่าความแข็งแรงยึดติดของ กลุ่มยูนิฟาสเทอร์ด® มีค่าสูงกว่ากลุ่มโทคูยาม่า® รีเบสทูฟาส และยูเอฟไอเจลฮาร์ด® เมื่อพิจารณาจากพื้นที่ใต้กราฟพบว่าโทคูยาม่า®รีเบสทูฟาส มีการคายพลังงานความร้อนที่สูงกว่ายูเอฟไอเจลฮาร์ด® เพียงเล็กน้อยจึงอาจไม่มีผลต่อความแข็งแรงยึดติดอย่างชัดเจน รวมทั้งโทคูยาม่า®รีเบสทูฟาส ซึ่งส่วนเหลว(1,9-NDMA=296.40, AAEMA=214.21) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่ายูเอฟไอเจลฮาร์ด® (1,6-HDMA=254.32) จึงทำให้ค่าความแข็งแรงพันธะเชื่อมของยูเอฟไอเจลฮาร์ด® มีแนวโน้มสูงกว่าโทคูยาม่า®รีเบสทูฟาสซึ่งได้ผลคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Azevedo^[30] และ Neppelenbroek^[38]

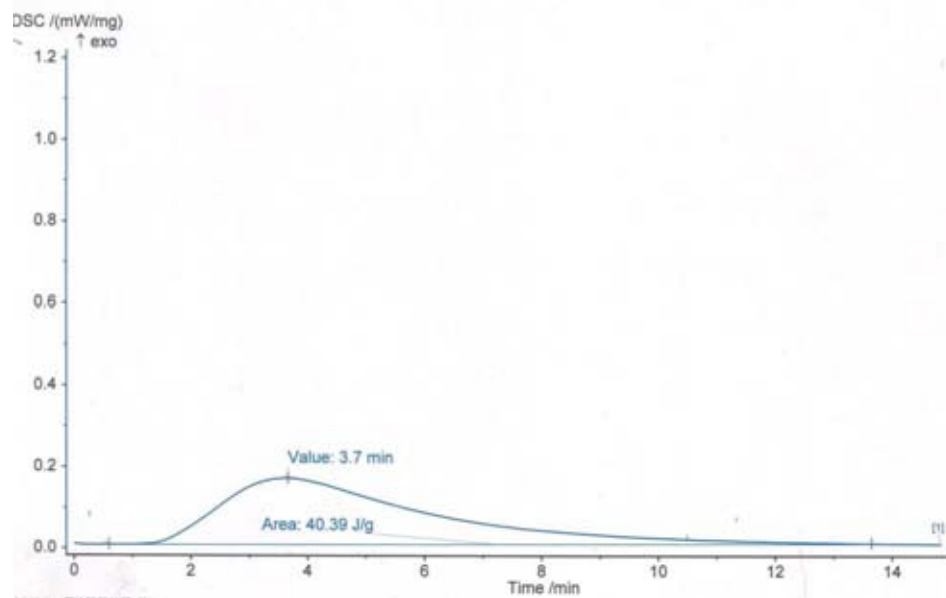
ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมก่อนการเสริมฐาน และการเลือกใช้ชนิดของวัสดุเสริมฐานมีความสำคัญต่อความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างวัสดุทั้งสอง ทันตแพทย์จึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับคนไข้ ซึ่งยูเอฟไอเจลฮาร์ด® ที่ใช้ร่วมกับการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตตเป็นเวลา 15 วินาที ให้ค่าความแข็งแรงยึดที่เพียงพอต่อการใช้งานทางคลินิก จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับคนไข้ที่แพ้มอนอเมอร์เมทิลเมทาคริเลต



ภาพที่ 30 กราฟแสดงค่าพลังงานขณะเกิดขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันของยูนิฟาสเทอร์ด®



ภาพที่ 31 กราฟแสดงค่าพลังงานขณะเกิดขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันของโทคูยาม่า[®]รีเบสทูฟาส



ภาพที่ 32 กราฟแสดงค่าพลังงานขณะเกิดขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันของ ยูเอฟไอเจลดฮาร์ด[®]

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นเพียงการวิจัยที่ศึกษาเพื่อทำนายแนวโน้ม ซึ่งผลการทดสอบที่ได้ในห้องทดลองอาจไม่ตรงในทางคลินิกเพราะปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น วัสดุฐานฟันเทียมที่ใช้ในการทดสอบเป็นวัสดุที่ได้รับการทำขึ้นใหม่ แต่ในความเป็นจริงฐานฟันเทียมที่ได้รับการเสริมฐานส่วนใหญ่จะถูกใช้งานมานานแล้ว รวมถึงแรงที่ใช้ในการทดสอบเป็นแรงเพียงทิศทางเดียว แต่แรงจากการใช้งานในช่องปากมีหลายทิศทางและเป็นแรงที่กระทำซ้ำ ๆ และความหนาของวัสดุเสริมฐานที่ใช้ทดสอบมีความหนากว่าการนำมาใช้งานจริง และจำนวนตัวอย่างที่น้อยเนื่องจากข้อจำกัดของระยะเวลา ดังนั้นจึง ควรมีศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มจำนวนขึ้นตัวอย่าง เพื่อสามารถเห็นความแตกต่างของผลในแต่ละอัตราส่วนของสารละลายเมทิลฟอร์มเมตและเมทิลอะซิเตตอย่างชัดเจน การศึกษาผลของปัจจัยที่กล่าวมาเบื้องต้นที่มีต่อแรงยึดระหว่างวัสดุเสริมฐานและฐานฟันเทียมที่ได้รับการปรับสภาพผิว รวมถึงการศึกษาติดตามผลระยะยาวในคลินิกร่วมด้วย

รายการอ้างอิง

- [1] Tallgren, A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: A mixed-longitudinal study covering 25 years. J Prosthet Dent 89,5 (May 2003): 427-35.
- [2] Haywood,J., Basker, RB., Watson, CJ., et al. A comparison of three hard chairside denture reline material.Part I.Clinical evaluation. Eur J Prosthodont Restor Dent 11,4 (2003): 157-63.
- [3] Kim,Y., Michalakis,KX., and Hirayama,H. Effect of Relining Method on Dimensional Accuracy of Posterior Palatal Seal. An In Vitro Study. Journal of Prosthodontics 17,3 (April 2008) : 211–18.
- [4] Arima,T., Murata,H., and Hamada,T. Analysis of composition and structure of hard autopolymerizing reline resins. J Oral Rehabil 23,5 (May 1996): 346-52.
- [5] Takahashi,Y., Chai,J., and Mawaguchi,M. Strength of relined denture base polymers subjected to long-term water immersion. Int J Prosthodont 13,3 (May-Jun 2000): 205-8.
- [6] Matsumura,H., Tanoue,N., Kawasaki,K., and Atsuta,M. Clinical evaluation of a chemically cured hard denture relining material. J Oral Rehabil 28,7 (Jul 2001): 640-4.
- [7] Minami,H., Suzuki,S., Minasaki,Y., et al. In vitro evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. J Prosthet Dent 91,2 (Feb 2004): 164-70.
- [8] Vallittu,PK., and Ruyter,IE. Swelling of poly(methyl methacrylate)resin at the repair joint. Int J Prosthodont 10,3 (May/June 1997): 254-8.
- [9] Takahashi,Y., and Chai,J. Shear bond strength of denture reline polymers to denture base polymers. Int J Prosthodont 14,3 (May-Jun 2001): 271-5.
- [10] Chai,J., Takahashi,Y., and Kawaguchi,M. The flexural strengths of denture base acrylic resins after relining with a visible light-activated material. Int J Prosthodont 11,2 (May-Apr 1998): 121-4.

- [11] Arena,CA., Evans, DB., and Hilton,TJ. A comparison of bond strength among chairside hard reline materials. J Prosthet Dent 70,1 (July 1993): 126-31.
- [12] Shen,C., Colaizzi,FA., and Birns,B. Strength of denture repairs as influenced by surface treatment. J Prosthet Dent 52,6 (Dec 1984): 844-8.
- [13] Vallittu,PK., Lassila,VP., and Lappalainen,R. Wetting the repair surface with methyl methacrylate effects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. J Prosthet Dent 72,6 (Dec 1994): 639-43.
- [14] Eiichi,N., Kenji,O., Yoshimori,S., and Shiro,S. Repair of denture base resin using woven metal and glass fiber: Effect of methylene chloride pretreatment. J Prosthet dent 85 (2000): 496-500.
- [15] U.S. Department Of Health And Human Services, National Institutes of Health, NTP technical report 306: the Toxicology and carcinogenesis studies of dichloromethane (methylene chloride) (CAS No. 75-09-2) in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies)[Online], 1896. Available from: [www.http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/tr306.pdf](http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/tr306.pdf) [2010,October 20]
- [16] Leles,CR., Machado,AL., Vergani,CE., et al. Bonding strength between a hard chairside reline resin and a denture base material as influenced by surface treatment. J Oral Rehabil 28,12 (Dec 2001): 1153-7.
- [17] Shimisu,H., Kakigi,M., Fujii,J., Tsue,F., and Takahashi,Y. Effect of surface preparation using ethyl acetate on shear bond strength of repair resin to denture base resin. J Prosthodontic 17,6 (Aug 2008): 451-5.
- [18] Asmussen,E., and Peutzfeldt,A. Substitutes for methylene chloride as dental softening agent. Eur J Oral Sci 108,4 (Apr 2000): 335-40.
- [19] Thunyakitpisal,N., Thunyakitpisal,P.,and Wiwatwarapan,C. The effect of chemical surface treatments on the flexural strength of repaired acrylic denture base resin. J Prosthodont 20,3 (Apr 2011): 195-199
- [20] Anusavice,KJ., and Phillips,RW. Phillip's science of dental material 11th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2003.

- [21] เจน รัตน์ไพศาล. ทันตวัสดุศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2533.
- [22] McCabe, J.F., Angus, W.G. Wall. Applied dental material 9th ed. Oxford: Black well Publishing, 1990.
- [23] O'Brien, W.J. Dental Material and Their Selection 3rd ed. Chicago: Quintessence publishing, 2002.
- [24] Power, J.M., and Sakaguchi, R.L. Craig's Restoration Dental Material 12th ed. St Louis: Mosby, 2006.
- [25] International Organization for Standardization: Dentistry-Denture Base Polymer 20795-1(ed). Geneva, International Organization for Standardization, 2008, pp, 1-31
- [26] Evchuk, I.Y., Musii, R.I., Makitra, R.G., et al. Solubility of polymethyl methacrylate in organic solvents. Russ J Appl Chem 78,10 (Jun 2005): 1576-1580
- [27] Grulke, E.A. Solubility parameter values. In Brandrup J, Immergut E.H., Grulke E.A. (eds); Polymer Handbook 4th ed. New York, Wiley, 1999.
- [28] Asmussen, E., and Uno, S. Solubility parameters, fractional polarities, and bond strengths of some intermediately resins used in dentin bonding. J Dent Res 72,3 (Mar 1993): 558-65
- [29] Ahmad, F., Dent, M., and Yunus, N. Shear bond strength of two chemically different denture base polymer to reline material. J Prosthodont 18,7 (Oct 2009): 596-602.
- [30] Azevedo, A., Machado, A.L., Giampaolo, E.T., Pavarina, A.C., and Vergani, C.E. The effect of water immersion on the shear bond strength between chairside reline and denture base acrylic resin. J Prosthodont 16,4 (Jul 2007): 255-62.
- [31] Ohkubo, T., Oizumi, M., and Kobayashi, T. Influence of methylmercaptan on the bonding strength of autopolymerizing reline resins to a heat-polymerized denture base resin. Dent Mater J 28,4 (Jan 2009): 426-32.
- [32] Arima, T., Nikawa, H., Hamada, T., and Harsini, A. Composition and effect of denture base resin surface primers for reline acrylic resins. J Prosthet Dent 75,4 (Apr 1996): 457-62.

- [33] Mutluay,MM., and Ruyter,IE. Evaluation of adhesion of chairside hard relining materials to denture base polymers. J Prosthet Dent 94,5 (Nov 2005): 445-52.
- [34] New Jersey Department of health and Services, Harsardous substance fact sheet: Methyl methacrylate[Online]. 2002. Available from:
[www.http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1277.pdf](http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1277.pdf) [2010,October 20]
- [35] New Jersey Department of health and Services, Harsardous substance fact sheet: Methyl acetate[Online]. 2003. Available from:
[www.http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1217.pdf](http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1217.pdf) [2010,October 20]
- [36] New Jersey Department of health and Services, Harsardous substance fact sheet: Methyl formate[Online], 2004. Available from:
[www.http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1262.pdf](http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1262.pdf) [2010,October 20]
- [37] Vallittu,PK., and Ruyter,IE. The swelling phenomenon of acrylic resin polymer teeth at the interface with denture base polymers. J Prosthet Dent 78,2 (Aug 1997): 194-99.
- [38] Neppelenbroek,KH., Pavarina,AC., Gomes,MN., Machado,AL., and Vergani,CE. Bond strength of hard chairside reline resins to a rapid polymerizing denture base resin before and after thermal cycling. Appl Oral Sci 14,6 (Oct 2006): 436-42.
- [39] Huggett,R., Brooks,SC., Jones,N., and Swan,GP. The measurement of the setting characteristics of rigid autopolymerizing resins for direct use in the oral cavity. J Oral Rehabil 15 (1988): 599-604.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตาราง ก. แสดงค่าความแข็งแรงพันธะเดือ่น (เมกะปาสคาล) ที่ได้จากการทดลองแต่ละกลุ่ม

Reline	conditioner*	MF:MA 15:85	MF:MA 25:75	MF:MA 35:65
Unifast Trad [®]	16.01	19.59	20.44	21.70
	18.52	19.50	20.26	19.77
	17.73	19.33	19.78	18.71
	17.50	18.72	19.77	18.44
	17.29	18.51	19.26	18.11
	17.21	18.29	17.88	17.04
	17.02	18.26	17.26	16.95
	16.21	18.18	17.25	17.64
	16.21	18.11	19.19	18.22
	16.15	18.03	17.67	16.96
Ufi Gel Hard [®]	6.80	9.51	9.91	13.85
	9.53	12.42	11.94	13.94
	9.27	12.91	12.61	13.75
	9.06	12.70	11.95	11.63
	9.00	11.64	11.93	11.51
	8.56	10.35	10.60	11.00
	8.49	10.33	9.56	10.82
	8.23	10.21	9.45	10.76
	6.94	9.54	9.44	10.46
	6.80	9.12	9.30	9.60

Tokuyama®	9.34	9.07	7.77	11.25
Rebasell Fast	8.94	8.92	7.63	7.85
	7.52	7.99	7.27	7.77
	7.17	7.63	7.25	7.50
	7.05	7.60	6.75	7.37
	6.37	7.62	6.71	6.82
	6.34	7.29	6.39	6.77
	6.31	6.98	6.32	6.52
	6.15	6.96	5.84	6.01
	5.62	6.85	5.77	5.52

MF:MA = mixture of methylformate and methylacetate

* follow to manufacturer recommendation

ตาราง ข. แสดงค่าการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วยวันแซมเปิลโครโมโทกราฟี-สเมอนอฟ

Reline		Sbs
Unifast trad	N	40
	Normal Parameters ^{a,b}	
	Mean	18.2168
	Std. Deviation	1.28634
	Most Extreme Differences	
	Absolute	.082
	Positive	.082
	Negative	-.062
	Kolmogorov-Smirnov Z	.517
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.952

Ufi gel hasd	N		40
	Normal Parameters ^{a,b}	Mean	10.3855
		Std. Deviation	1.83671
	Most Extreme Differences	Absolute	.116
		Positive	.116
		Negative	-.075
	Kolmogorov-Smirnov Z		.731
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.660
Tokuso rebast fast	N		40
	Normal Parameters ^{a,b}	Mean	7.2200
		Std. Deviation	1.13180
	Most Extreme Differences	Absolute	.139
		Positive	.139
		Negative	-.067
	Kolmogorov-Smirnov Z		.878
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.423

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

ตาราง ค. แสดงค่าการทดสอบความเหมือนของความแปรปรวนด้วยการทดสอบแบบเลอวีน์

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.687	11	108	.086

ตาราง ง. แสดงค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทางที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2656.024 ^a	11	241.457	169.630	.000
Intercept	17109.781	1	17109.781	12020.075	.000
Reline	2563.698	2	1281.849	900.533	.000
surfaceTx	56.396	3	18.799	13.207	.000
reline * surfaceTx	35.930	6	5.988	4.207	.001
Error	153.731	108	1.423		
Total	19919.536	120			
Corrected Total	2809.755	119			

a. R Squared = .945 (Adjusted R Squared = .940)

ตาราง จ. แสดงการทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทวิคูณที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Unifast*control	unifast*15:85	-1.66700	.53356	.090	-3.4496	.1156
	unifast*25:75	-1.89100*	.53356	.028	-3.6736	-.1084
	unifast*35:65	-1.36900	.53356	.312	-3.1516	.4136
	ufi*control	8.71700*	.53356	.000	6.9344	10.4996
	ufi*15:85	6.11200*	.53356	.000	4.3294	7.8946
	ufi*25:75	6.31600*	.53356	.000	4.5334	8.0986
	ufi*35:65	5.25300*	.53356	.000	3.4704	7.0356

	tok*control	9.90400 *	.53356	.000	8.1214	11.6866
	tok*15:85	9.29400 *	.53356	.000	7.5114	11.0766
	tok*25:75	10.21500 *	.53356	.000	8.4324	11.9976
	tok*35:65	9.64700 *	.53356	.000	7.8644	11.4296
Unifast*15:85	unifast*control	1.66700	.53356	.090	-.1156	3.4496
	unifast*25:75	-.22400	.53356	1.000	-2.0066	1.5586
	unifast*35:65	.29800	.53356	1.000	-1.4846	2.0806
	ufi*control	10.38400 *	.53356	.000	8.6014	12.1666
	ufi*15:85	7.77900 *	.53356	.000	5.9964	9.5616
	ufi*25:75	7.98300 *	.53356	.000	6.2004	9.7656
	ufi*35:65	6.92000 *	.53356	.000	5.1374	8.7026
	tok*control	11.57100 *	.53356	.000	9.7884	13.3536
	tok*15:85	10.96100 *	.53356	.000	9.1784	12.7436
	tok*25:75	11.88200 *	.53356	.000	10.0994	13.6646
	tok*35:65	11.31400 *	.53356	.000	9.5314	13.0966
Unifast*25:75	unifast*control	1.89100 *	.53356	.028	.1084	3.6736
	unifast*15:85	.22400	.53356	1.000	-1.5586	2.0066
	unifast*35:65	.52200	.53356	.998	-1.2606	2.3046
	ufi*control	10.60800 *	.53356	.000	8.8254	12.3906
	ufi*15:85	8.00300 *	.53356	.000	6.2204	9.7856
	ufi*25:75	8.20700 *	.53356	.000	6.4244	9.9896
	ufi*35:65	7.14400 *	.53356	.000	5.3614	8.9266
	tok*control	11.79500 *	.53356	.000	10.0124	13.5776
	tok*15:85	11.18500 *	.53356	.000	9.4024	12.9676

	tok*25:75	12.10600 *	.53356	.000	10.3234	13.8886
	tok*35:65	11.53800 *	.53356	.000	9.7554	13.3206
Unifast*35:65	unifast*control	1.36900	.53356	.312	-.4136	3.1516
	unifast*15:85	-.29800	.53356	1.000	-2.0806	1.4846
	unifast*25:75	-.52200	.53356	.998	-2.3046	1.2606
	ufi*control	10.08600 *	.53356	.000	8.3034	11.8686
	ufi*15:85	7.48100 *	.53356	.000	5.6984	9.2636
	ufi*25:75	7.68500 *	.53356	.000	5.9024	9.4676
	ufi*35:65	6.62200 *	.53356	.000	4.8394	8.4046
	tok*control	11.27300 *	.53356	.000	9.4904	13.0556
	tok*15:85	10.66300 *	.53356	.000	8.8804	12.4456
	tok*25:75	11.58400 *	.53356	.000	9.8014	13.3666
	tok*35:65	11.01600 *	.53356	.000	9.2334	12.7986
ufi*control	unifast*control	-8.71700 *	.53356	.000	-10.4996	-6.9344
	unifast*15:85	-10.38400 *	.53356	.000	-12.1666	-8.6014
	unifast*25:75	-10.60800 *	.53356	.000	-12.3906	-8.8254
	unifast*35:65	-10.08600 *	.53356	.000	-11.8686	-8.3034
	ufi*15:85	-2.60500 *	.53356	.000	-4.3876	-.8224
	ufi*25:75	-2.40100 *	.53356	.001	-4.1836	-.6184
	ufi*35:65	-3.46400 *	.53356	.000	-5.2466	-1.6814
	tok*control	1.18700	.53356	.536	-.5956	2.9696
	tok*15:85	.57700	.53356	.995	-1.2056	2.3596
	tok*25:75	1.49800	.53356	.192	-.2846	3.2806
	tok*35:65	.93000	.53356	.844	-.8526	2.7126

ufi*15:85	unifast*control	-6.11200 *	.53356	.000	-7.8946	-4.3294
	unifast*15:85	-7.77900 *	.53356	.000	-9.5616	-5.9964
	unifast*25:75	-8.00300 *	.53356	.000	-9.7856	-6.2204
	unifast*35:65	-7.48100 *	.53356	.000	-9.2636	-5.6984
	ufi*control	2.60500 *	.53356	.000	.8224	4.3876
	ufi*25:75	.20400	.53356	1.000	-1.5786	1.9866
	ufi*35:65	-.85900	.53356	.902	-2.6416	.9236
	tok*control	3.79200 *	.53356	.000	2.0094	5.5746
	tok*15:85	3.18200 *	.53356	.000	1.3994	4.9646
	tok*25:75	4.10300 *	.53356	.000	2.3204	5.8856
	tok*35:65	3.53500 *	.53356	.000	1.7524	5.3176
ufi*25:75	unifast*control	-6.31600 *	.53356	.000	-8.0986	-4.5334
	unifast*15:85	-7.98300 *	.53356	.000	-9.7656	-6.2004
	unifast*25:75	-8.20700 *	.53356	.000	-9.9896	-6.4244
	unifast*35:65	-7.68500 *	.53356	.000	-9.4676	-5.9024
	ufi*control	2.40100 *	.53356	.001	.6184	4.1836
	ufi*15:85	-.20400	.53356	1.000	-1.9866	1.5786
	ufi*35:65	-1.06300	.53356	.698	-2.8456	.7196
	tok*control	3.58800 *	.53356	.000	1.8054	5.3706
	tok*15:85	2.97800 *	.53356	.000	1.1954	4.7606
	tok*25:75	3.89900 *	.53356	.000	2.1164	5.6816
	tok*35:65	3.33100 *	.53356	.000	1.5484	5.1136
ufi*35:65	unifast*control	-5.25300 *	.53356	.000	-7.0356	-3.4704
	unifast*15:85	-6.92000 *	.53356	.000	-8.7026	-5.1374

	unifast*25:75	-7.14400 *	.53356	.000	-8.9266	-5.3614
	unifast*35:65	-6.62200 *	.53356	.000	-8.4046	-4.8394
	ufi*control	3.46400 *	.53356	.000	1.6814	5.2466
	ufi*15:85	.85900	.53356	.902	-.9236	2.6416
	ufi*25:75	1.06300	.53356	.698	-.7196	2.8456
	tok*control	4.65100 *	.53356	.000	2.8684	6.4336
	tok*15:85	4.04100 *	.53356	.000	2.2584	5.8236
	tok*25:75	4.96200 *	.53356	.000	3.1794	6.7446
	tok*35:65	4.39400 *	.53356	.000	2.6114	6.1766
tok*control	unifast*control	-9.90400 *	.53356	.000	-11.6866	-8.1214
	unifast*15:85	-11.57100 *	.53356	.000	-13.3536	-9.7884
	unifast*25:75	-11.79500 *	.53356	.000	-13.5776	-10.0124
	unifast*35:65	-11.27300 *	.53356	.000	-13.0556	-9.4904
	ufi*control	-1.18700	.53356	.536	-2.9696	.5956
	ufi*15:85	-3.79200 *	.53356	.000	-5.5746	-2.0094
	ufi*25:75	-3.58800 *	.53356	.000	-5.3706	-1.8054
	ufi*35:65	-4.65100 *	.53356	.000	-6.4336	-2.8684
	tok*15:85	-.61000	.53356	.992	-2.3926	1.1726
	tok*25:75	.31100	.53356	1.000	-1.4716	2.0936
	tok*35:65	-.25700	.53356	1.000	-2.0396	1.5256
tok*15:85	unifast*control	-9.29400 *	.53356	.000	-11.0766	-7.5114
	unifast*15:85	-10.96100 *	.53356	.000	-12.7436	-9.1784
	unifast*25:75	-11.18500 *	.53356	.000	-12.9676	-9.4024
	unifast*35:65	-10.66300 *	.53356	.000	-12.4456	-8.8804

	ufi*control	-.57700	.53356	.995	-2.3596	1.2056
	ufi*15:85	-3.18200 *	.53356	.000	-4.9646	-1.3994
	ufi*25:75	-2.97800 *	.53356	.000	-4.7606	-1.1954
	ufi*35:65	-4.04100 *	.53356	.000	-5.8236	-2.2584
	tok*control	.61000	.53356	.992	-1.1726	2.3926
	tok*25:75	.92100	.53356	.852	-.8616	2.7036
	tok*35:65	.35300	.53356	1.000	-1.4296	2.1356
tok*25:75	unifast*control	-10.21500 *	.53356	.000	-11.9976	-8.4324
	unifast*15:85	-11.88200 *	.53356	.000	-13.6646	-10.0994
	unifast*25:75	-12.10600 *	.53356	.000	-13.8886	-10.3234
	unifast*35:65	-11.58400 *	.53356	.000	-13.3666	-9.8014
	ufi*control	-1.49800	.53356	.192	-3.2806	.2846
	ufi*15:85	-4.10300 *	.53356	.000	-5.8856	-2.3204
	ufi*25:75	-3.89900 *	.53356	.000	-5.6816	-2.1164
	ufi*35:65	-4.96200 *	.53356	.000	-6.7446	-3.1794
	tok*control	-.31100	.53356	1.000	-2.0936	1.4716
	tok*15:85	-.92100	.53356	.852	-2.7036	.8616
	tok*35:65	-.56800	.53356	.996	-2.3506	1.2146
tok*35:65	unifast*control	-9.64700 *	.53356	.000	-11.4296	-7.8644
	unifast*15:85	-11.31400 *	.53356	.000	-13.0966	-9.5314
	unifast*25:75	-11.53800 *	.53356	.000	-13.3206	-9.7554
	unifast*35:65	-11.01600 *	.53356	.000	-12.7986	-9.2334
	ufi*control	-.93000	.53356	.844	-2.7126	.8526
	ufi*15:85	-3.53500 *	.53356	.000	-5.3176	-1.7524

ufi*25:75	-3.33100*	.53356	.000	-5.1136	-1.5484
ufi*35:65	-4.39400*	.53356	.000	-6.1766	-2.6114
tok*control	.25700	.53356	1.000	-1.5256	2.0396
tok*15:85	-.35300	.53356	1.000	-2.1356	1.4296
tok*25:75	.56800	.53356	.996	-1.2146	2.3506

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตาราง จ. แสดงความแปรปรวนแบบทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Tukey HSD^a

Group	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
tok*25:75	10	6.7700			
tok*control	10	7.0810			
tok*35:65	10	7.3380			
tok*15:85	10	7.6910			
ufi*control	10	8.2680			
ufi*25:75	10		10.6690		
ufi*15:85	10		10.8730		
ufi*35:65	10		11.7320		
unifast*control	10			16.9850	
unifast*35:65	10			18.3540	18.3540
unifast*15:85	10			18.6520	18.6520
unifast*25:75	10				18.8760
Sig.		.192	.698	.090	.998

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาง รัชณี โอสถานนท์ เกิดที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 17 กันยายน พ.ศ. 2518 สัญชาติไทย เชื้อชาติไทย จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต พ.ศ. 2543 จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปฏิบัติงานในตำแหน่งทันตแพทย์ประจำโรงพยาบาลปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ระหว่างปี 2543-2545 ปฏิบัติงานในตำแหน่งทันตแพทย์ประจำโรงพยาบาลพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี ระหว่างปี 2545-2546 ปฏิบัติงานในตำแหน่งทันตแพทย์ประจำคลินิกเวชกรรมเอกชน จังหวัดสมุทรปราการ ระหว่างปี 2546-2550 ศึกษาต่อในหลักสูตรประกาศนียบัตรทางด้านทันตกรรมประดิษฐ์ ในปี พ.ศ. 2551 ปฏิบัติงานในตำแหน่งทันตแพทย์ประจำคลินิกเอกชน จังหวัดกรุงเทพมหานคร ระหว่างปี 2552-ปัจจุบัน