

ความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราว

ชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลเฟตที่พัฒนาใหม่



นางสาว ณัฐปภัสร วัฒนาक्रमศิริ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

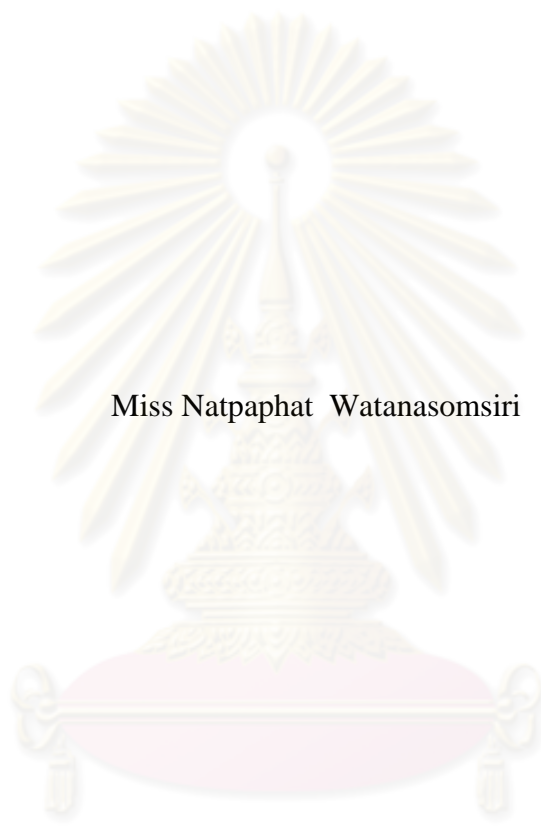
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPRESSIVE AND DIAMETRAL TENSILE STRENGTHS OF
A NEWLY DEVELOPED ZINC OXIDE-CALCIUM SULFATE
BASED TEMPORARY FILLING MATERIAL



Miss Natpaphat Watanasomsiri

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

ณัฐปภัสร์ วัฒนาศรมศิริ: ความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟตที่พัฒนาใหม่. (COMPRESSIVE AND DIAMETRAL TENSILE STRENGTHS OF A NEWLY DEVELOPED ZINC OXIDE-CALCIUM SULFATE BASED TEMPORARY FILLING MATERIAL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ทพ.ดร.นิยม อารังค์อนันต์สกุล, 78 หน้า.

วัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟตให้มีความทนแรงอัดและความทนแรงดึงมากขึ้น

วัสดุและวิธีการ สังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนด้วยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบดิฟเฟอเรนเชียลไมโครอิมัลชัน โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนในการสังเคราะห์ 4 อัตราส่วน นำมาเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟตตามสูตรที่พัฒนาขึ้นใหม่ได้เป็น 4 สูตรและใช้เควิตเป็นกลุ่มควบคุม เตรียมขึ้นตัวอย่างกลุ่มละ 30 ชิ้นไปทดสอบสมบัติความทนแรงอัด และเตรียมขึ้นตัวอย่างกลุ่มละ 10 ชิ้นเพื่อทดสอบสมบัติความทนแรงดึง หาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

ผลการศึกษา วัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้ง 4 สูตรที่เตรียมขึ้นใหม่มีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดเท่ากับ 10.693, 7.046, 5.124, 4.381 เมกะปาสคาล ขณะที่เควิตเท่ากับ 9.781 เมกะปาสคาล ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงเท่ากับ 4.038, 3.799, 3.016 และ 2.726 เมกะปาสคาลตามลำดับ ขณะที่เควิตเท่ากับ 3.614 เมกะปาสคาล วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใหม่ทุกสูตรมีความทนแรงอัดและแรงดึงต่างกัน โดยวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นจากการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 มีความทนแรงอัดและความทนแรงดึงมากที่สุด ซึ่งมากกว่าเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุป วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมส่วนประกอบในส่วนพอลิเมอไรเซชันจากการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 มีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงมากกว่าเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาควิชา ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อนิสิต..... A. Natana

สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... อ.ดร.นิยม อารังค์อนันต์สกุล

ปีการศึกษา ..2553.....

5176146032 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORDS : COMPRESSIVE STRENGTH / COPOLYMER PMMA-PS / DIAMETRAL TENSILE STRENGTH / ZINC OXIDE-CALCIUM SULFATE BASED TEMPORARY FILLING MATERIAL

NATPAPHAT WATANASOMSIRI: COMPRESSIVE AND DIAMETRAL TENSILE STRENGTHS OF A NEWLY DEVELOPED ZINC OXIDE-CALCIUM SULFATE BASED TEMPORARY FILLING MATERIAL. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. NIYOM THAMRONGANANSKUL, Ph.D., 78 pp.

Objective To develop zinc oxide-calcium sulfate based temporary filling material with more compressive and diametral tensile strengths.

Materials and methods Four formulas of temporary filling materials were prepared by altering the ratio of poly (methyl methacrylate) and polystyrene in the copolymerization process. Cavit was used as a control group. Thirty specimens from each group were tested to find the mean compressive strength and ten specimens from each group were tested to find the mean the diametral tensile strength. The data were statistically analyzed using one-way ANOVA and multiple comparison test.

Results Mean compressive strengths of the newly developed temporary filling materials were 10.693, 7.046, 5.124 and 4.381 MPa. whereas Cavit was 9.781 MPa. Mean diametral tensile strengths were 4.038, 3.799, 3.016 and 2.726 MPa, whereas Cavit was 3.614 MPa. All groups of newly developed temporary filling material were significantly different between groups and temporary filling materials prepared with copolymer PMMA-PS (1:1) provided mean compressive and diametral tensile strengths more than did Cavit significantly ($p < 0.05$).

Conclusion The newly developed temporary filling materials from copolymer PMMA-PS (1:1) were significantly more compressive and diametral tensile strengths than Cavit.

Department : Prosthodontics.....
Field of Study : Prosthodontics.....
Academic Year : 2010.....

Student's Signature A. Natana
Advisor's Signature นพ. นิยม ธรรมรงค์านกุล

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ทพ.ดร.นิยม อังรงค์อนันต์สกุล ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับการดูแลเอาใจใส่รวมถึงการให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อ งานวิจัยนี้ รวมทั้ง ผศ.ทญ.เจนจิรา ติระวัฒน์ และ รศ.ดร.เข็มชัย เหมะจันทร์ ที่กรุณาสละเวลามา ให้คำแนะนำแก้ไข รวมทั้งให้ความรู้ในการเขียนวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอบพระคุณอาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาทางด้านสถิติในการวิจัย ขอบคุณทูลอดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวทุกคนที่เป็นกำลังใจที่สำคัญ รวมถึงคณะกรรมการและอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ และลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 คำถามงานวิจัย.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
1.6 ข้อจำกัดของการวิจัย.....	3
1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.8 สมมติฐานการวิจัย.....	4
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.10 รูปแบบการวิจัย.....	5
1.11 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลงานวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	6
2.2 วัตถุประสงค์ของการอุดฟันชั่วคราว.....	7
2.3 ประเภทของวัสดุบูรณะชั่วคราว.....	7
2.4 ซิงค์ออกไซด์เคลือบเซรามิก.....	8
2.5 การศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของเควิต.....	10
2.6 พอลิเมอร์.....	19
2.7 องค์ประกอบของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใหม่.....	22

2.8 การศึกษานำร่อง	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
3.1 ประชากร.....	26
3.2 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย.....	26
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
3.4 ขั้นตอนการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน.....	28
3.5 การเตรียมชิ้นงานทดสอบตามกำหนดของมาตรฐาน ISO 3107:2004.....	31
3.6 การทดสอบความทนแรงอัด.....	32
3.7 การทดสอบความทนแรงดึงแบบไดอะเมทรอล.....	34
3.8 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล.....	35
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	37
4.1 ลักษณะโดยทั่วไปของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใหม่.....	37
4.2 ผลการทดลอง.....	37
4.3 การวิเคราะห์โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้น.....	39
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	42
5.1 อภิปรายผลการวิจัย.....	42
5.2 สรุปผลการวิจัย.....	45
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	45
รายการอ้างอิง.....	46
ภาคผนวก.....	50
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดสอบทางสถิติของความทนแรงอัด.....	51
ภาคผนวก ข ตารางผลการทดสอบทางสถิติของความทนแรงดึง.....	55
ภาคผนวก ค ข้อมูลวัสดุอุดฟันชั่วคราวเควิต.....	59
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	67

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงขั้นตอนการปฏิบัติการวิจัย.....	5
ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบของวัสดุบูรณะชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเฟต.	9
ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเควิต และซิงค์ออกไซด์ยูจินอล.....	10
ตารางที่ 4 แสดงร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดน้ำของวัสดุเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น.....	10
ตารางที่ 5 แสดงความลึกของการซึมผ่านของสีเข้าสู่เควิต ทุก 10 นาที.....	11
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของวัสดุบูรณะชั่วคราว ด้วยวิธีการซึมผ่านของสี.....	14
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุบูรณะชั่วคราวด้วยวิธีการวัด การรั่วซึมด้วยของเหลว.....	15
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุบูรณะชั่วคราวด้วยวิธีการวัด การรั่วซึมของเชื้อ.....	16
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุบูรณะชั่วคราวด้วยวิธีการวัด การรั่วซึมของสารรังสี.....	16
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุบูรณะชั่วคราวด้วยวิธีการวัด การรั่วซึมด้วยสารเคมีและไฟฟ้า.....	17
ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความทนแรงอัด และความทนแรงดึง.....	37
ตารางที่ 12 แสดงผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลค่าเฉลี่ยความทนแรงอัด ของวัสดุอุดฟันชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติทดสอบ Kolmogonov-Smirnov test.....	51
ตารางที่ 13 แสดงผลสถิติทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงอัด ของวัสดุอุดฟันชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติวิเคราะห์ ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความทนแรงอัด.....	53

ตารางที่14	แสดงผลสถิติทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟัน ชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติวิเคราะห์ชนิดโรบัส.....	53
ตารางที่15	แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟัน ชั่วคราว 4 สูตรและเควิตโดยสถิติทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมเฮน	54
ตารางที่16	แสดงผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุ อุดฟันชั่วคราว 4 สูตรและเควิตโดยสถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov test.....	55
ตารางที่17	แสดงผลสถิติทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟัน ชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	57
ตารางที่18	แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเพร์โรนิ...	58

สารบัญญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลเฟตมีชื่อทางการค้าว่า เควิต, เควิตดับบลิว และเควิตจี.....	10
รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของโคพอลิเมอร์ PMMA-PS.....	28
รูปที่ 3 แสดงเครื่องมือในการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ PMMA-PS.....	30
รูปที่ 4 แสดงโคพอลิเมอร์ PMMA-PS ที่ได้จากการสังเคราะห์.....	30
รูปที่ 5 แสดงแม่แบบชนิดแยกส่วนทำจากสแตนเลสสตีล.....	32
รูปที่ 6 แสดงการทดสอบความทนแรงอัด.....	33
รูปที่ 7 แสดงการทดสอบความทนแรงดึงแบบไดอะเมทรอล.....	35
รูปที่ 8 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวในแต่ละกลุ่มและเควิต.....	38
รูปที่ 9 แสดงลักษณะรูปร่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (1:1)	39
รูปที่ 10 แสดงลักษณะรูปร่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (1:2)	40
รูปที่ 11 แสดงลักษณะรูปร่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (1:3).....	40
รูปที่ 12 แสดงลักษณะรูปร่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (1:4).....	41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัสดุอุดฟันชั่วคราว (temporary filling material) คือ วัสดุที่ใช้บูรณะฟันชั่วคราวในช่วงระยะเวลาหนึ่งโดยมีระยะเวลาการใช้งานในช่องปากเป็นสัปดาห์หรืออาจใช้งานนานเป็นเดือน ทั้งนี้จำเป็นต้องมีความแข็งแรงในระดับหนึ่งที่สามารถต้านทานต่อการใช้งานในช่องปากได้⁽¹⁾

ในปัจจุบัน มีการใช้วัสดุอุดฟันชั่วคราวในการรักษาทางทันตกรรมหลายประเภท ทั้งการใช้เพื่อวิเคราะห์ ติดตามอาการของโรค ใช้ในงานรักษาคลองรากฟันที่ไม่สามารถทำการรักษาเสร็จได้ในครั้งเดียว (multivisit endodontic) งานที่เตรียมสำหรับวัสดุอุดฝัง (inlay) หรือแม้แต่ในงานรากเทียม (implant) โดยที่วัสดุอุดฟันชั่วคราวยังมีหน้าที่ช่วยให้ฟันซี่นั้นยังคงทำหน้าที่ได้ตามปกติ (function) รักษาตำแหน่งเดิมของฟัน (positioning) รวมทั้งช่วยในเรื่องความสวยงาม (esthetics)⁽¹⁾

ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีการใช้วัสดุหลายชนิดเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราว เช่น ซิงค์ฟอสเฟต ซีเมนต์ (zinc phosphate cement) พอลิคาร์บอกซีเลตซีเมนต์ (polycarboxylate cement) กลาส ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass ionomer cement) เรซินคอมพอสิต (resin composite) ซิงค์ออกไซด์ ยูจินอลซีเมนต์ (zinc oxide eugenol cement) และวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟต (zinc oxide-calcium sulfate based temporary filling material) ซึ่งเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวสำเร็จรูปสามารถใช้งานได้ทันที มีส่วนประกอบหลัก คือ ซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide) แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate) ซิงค์ซัลเฟต (zinc sulfate) แบเรียมซัลเฟต (barium sulfate) พอลิไวนิลแอซีเตต (polyvinyl acetate) เอทิลลินบิสไดแอซีเตต (ethylene bis diacetate) และทัลก์ (talc) โดยผลิตภัณฑ์ที่มีขาย และเป็นที่ยอมรับในท้องตลาด คือ เควิต (CavitTM; 3M Espe, Seefeld, Germany) ต่อมาได้มีการพัฒนาเควิตจี (CavitTMG) และ เควิตดับเบิลยู (CavitTMW) ซึ่งต่างจากสูตรดั้งเดิม โดยมีการผสมเรซินเพื่อลดความแข็งผิว (surface hardness) ของวัสดุหลังก่อตัว อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบในกลุ่มวัสดุประเภทเควิตพบว่า เควิตมีความแข็งผิวมากที่สุดจากนั้นเป็นเควิตดับเบิลยูและเควิตจี ตามลำดับ⁽²⁾

ข้อดีของวัสดุอุดฟันชั่วคราวซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเฟต คือ ใช้งานง่าย สะดวกหรือออกง่ายหลังก่อตัวแล้ว มีการฉีกขอบที่ดีและต้านการรั่วซึมตามขอบดี เนื่องจากวัสดุชนิดนี้มีการขยายตัวเมื่ออยู่ในความชื้น (hygroscopic expansion) และมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (coefficient of linear expansion) สูงถึงร้อยละ 18 ซึ่งมากกว่าซิงค์ออกไซด์ยูจินอลถึง 2 เท่า⁽³⁾ สำหรับข้อด้อยของวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดนี้ ได้แก่ พบการรั่วซึมผ่านเนื้อวัสดุสูงก่อนที่วัสดุจะก่อตัวเต็มที่ มีความทนแรงอัด (compressive strength) ต่ำ ก่อตัวช้า และมีการสลายในน้ำ (disintegration in water) สูง

อย่างไรก็ดีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทนี้มีน้อยมาก มีเพียง 2 การศึกษาเท่านั้นคือการศึกษาศึกษาของ Wideman และคณะ⁽³⁾ และการศึกษาของ Draheim และคณะ⁽⁴⁾ ที่ศึกษาเปรียบเทียบความทนแรงอัดของเควิตค และไออาร์เอ็ม ขณะที่ไม่พบการศึกษาศมบัติความทนแรงดึงซึ่งเป็นสมบัติเชิงกลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทนี้เลย อีกทั้งวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเฟตนี้มีการผลิตในหลายประเทศด้วยชื่อทางการค้าที่ต่างกัน แต่ยังไม่พบการผลิตในประเทศไทยทำให้ในแต่ละปีต้องใช้งบประมาณสั่งซื้อจากต่างประเทศสูง ต่อมาในปี 2008 Boonyawee และคณะ⁽⁵⁾ ได้ผลิตวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเฟตประเภทนี้ขึ้นมาใหม่ให้มีสมบัติการสลายในน้ำน้อยกว่าเควิตทางการค้า แต่สมบัติด้านความทนแรงอัดของวัสดุที่พัฒนาใหม่นี้ยังมีค่าต่ำกว่าเควิตทุกสูตร ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเฟตนี้ ให้คงสมบัติด้านการสลายในน้ำ และพัฒนาสมบัติเชิงกล (mechanical property) ด้านความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้

1.2 คำถามงานวิจัย

วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเฟตที่พัฒนาใหม่ 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและความทนแรงดึงมากกว่าเควิตหรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ทั่วไป : เพื่อศึกษาค่าเฉลี่ยของความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเฟตที่พัฒนาองค์ประกอบในส่วนพอลิเมอร์ขึ้นมาใหม่

วัตถุประสงค์เฉพาะ : เพื่อหาอัตราส่วนในการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนที่ทำให้วัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตที่พัฒนาขึ้นใหม่มีความทนแรงอัดและความทนแรงดึงมากกว่าเควิต

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory experimental research) เพื่อหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนที่ทำให้วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตที่เตรียมขึ้นใหม่มีความทนแรงอัดและค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงมากกว่าเควิต

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ใช้เควิต (Cavit; 3M ESPE, Seefeld, Germany) เป็นตัวแทนวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตในห้องทดลอง
2. ใช้เควิตที่มาจากบริษัทเดียวและการผลิตครั้งเดียวกัน
3. ส่วนผสมแต่ละชนิดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใหม่ ใช้จากบริษัทเดียวกันและการผลิตครั้งเดียวกัน
4. ขึ้นทดลองแต่ละชิ้นได้จากการเตรียมครั้งเดียวกัน
5. ตลอดงานวิจัยนี้ใช้ผู้วิจัยเพียงคนเดียวในการเตรียมวัสดุ เตรียมขึ้นทดลอง การดำเนินงาน การทดสอบค่าความทนแรงอัดและความทนแรงดึง การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลการวิจัย

1.6 ข้อจำกัดของการวิจัย

เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการทำให้ผลการทดลองที่ได้อาจไม่เหมือนสถานการณ์ใช้งานจริงในช่องปาก

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

Compressive strength หมายถึง ความทนแรงอัด

Copolymer PMMA-PS หมายถึง โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน

Diametral tensile strength หมายถึง ความทนแรงดึงชนิดไดอะเมทรอล

Zinc oxide-calcium sulfate based temporary filling material หมายถึง วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่มีซิงค์ออกไซด์และแคลเซียมซัลเฟตเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน

1.8 สมมติฐานงานวิจัย

สมมติฐานว่าง = วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟตที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 สูตรมีค่าความทนแรงอัดและความทนแรงดึงน้อยกว่าเควิต

สมมติฐานแย้ง = วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟตที่เตรียมขึ้นอย่างน้อย 1 สูตรมีค่าความทนแรงอัดและความทนแรงดึงมากกว่าหรือเท่ากับเควิต

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ปรับปรุงสมบัติทางกลในด้านความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟต ให้มีความเหมาะสมในการใช้งานในช่องปาก
2. ได้วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟตอย่างน้อย 1 สูตรที่มีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงมากกว่าหรือเท่ากับเควิต
3. สามารถเตรียมส่วนประกอบของพอลิเมอร์ในงานวิจัยนี้คือโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนโดยการสังเคราะห์ขึ้นได้เอง
4. สามารถพัฒนาส่วนประกอบและอัตราส่วนที่เหมาะสมจนสามารถผลิตวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟตนี้ใช้ในประเทศได้เอง ทดแทนทันตวัสดุประเภทเดียวกันที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

1.10 รูปแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory experimental research)

1.11 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงขั้นตอนการปฏิบัติการวิจัย

ขั้นตอน	ระยะเวลา (1 เมษายน 2553 – 31 มีนาคม 2554)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล												
2. ดำเนินงานวิจัย												
3. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล												
4. สรุปผลงานวิจัย												
5.เตรียมรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์												
6.เตรียมเสนอและตีพิมพ์ผลงานวิจัย												

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวสำเร็จรูปสามารถใช้งานได้ทันที ใช้งานง่าย ไม่มีปัญหาเรื่องสัดส่วนของส่วนผสมที่อาจไม่เท่ากันจากการตวง วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตนี้มีการผลิตในหลายประเทศด้วยชื่อทางการค้าที่ต่างกัน แต่ยังไม่พบการผลิตในประเทศไทยทำให้ในแต่ละปีต้องใช้งบประมาณสั่งซื้อจากต่างประเทศสูง ต่อมาในปี 2008 มีการริเริ่มผลิตวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตรุ่นใหม่ให้มีสมบัติการละลายในน้ำน้อยกว่าเควิตทางการค้า โดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของซิงค์ออกไซด์ต่อแคลเซียมซิลิเกตให้มากกว่าอัตราส่วนซิงค์ออกไซด์ต่อแคลเซียมซิลิเกตของเควิต พบว่าร้อยละการละลายในน้ำลดลง⁽⁵⁾ และมีการใช้ไดไอโซนิลฟทาเลต (diisononyl phthalate, DINP)⁽⁶⁾ เป็นพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) แทนเอทิลีนบิสไดแอซีเตต (ethylene bis diacetate) ซึ่งได้รับอนุญาตให้นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสกับอาหาร จึงสามารถยืนยันได้ถึงความปลอดภัยในการนำมาใช้กับร่างกายได้⁽⁷⁾ แต่สมบัติด้านความทนแรงอัดของวัสดุที่พัฒนาใหม่นี้ยังมีค่าต่ำกว่าเควิตทุกสูตร

คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตนี้ ให้คงสมบัติด้านการละลายในน้ำ และพัฒนาสมบัติเชิงกล (mechanical property) ด้านความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุ โดยใช้อัตราส่วนของซิงค์ออกไซด์ต่อแคลเซียมซิลิเกตในองค์ประกอบ ที่ให้ค่าการละลายในน้ำน้อยที่สุดคือร้อยละ 20 และ 40 โดยน้ำหนักตามลำดับ โดยเมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบแต่ละตัวของวัสดุอุดฟันชั่วคราวพบว่าส่วนที่เป็นพอลิเมอร์จะเป็นส่วนที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้วัสดุและเมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบของวัสดุอุดฟันชั่วคราวซิงค์ออกไซด์ยูจินอลพบว่าพอลิสไตรีน (polystyrene, PS) เป็นตัวช่วยเพิ่มความแข็งแรง ขณะที่วัสดุอุดฟันชั่วคราวไออาร์เอ็ม มีพอลิเมทิลเมทาคริเลต [poly (methyl methacrylate), PMMA] เป็นส่วนประกอบที่ช่วยในด้านความแข็งแรง⁽⁸⁾ คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาองค์ประกอบในส่วน of พอลิเมอร์ โดยเปลี่ยนจากพอลิเมทิลเมทาคริเลตเป็นโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (copolymer PMMA-PS) เพื่อมุ่งหวังที่จะปรับปรุงสมบัติด้านความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้

2.2 วัตถุประสงค์ของการอุดฟันชั่วคราว

1. ป้องกันการรั่วซึมของเชื้อแบคทีเรียและสารอินทรีย์ (organic material) จากในช่องปากเข้าสู่ระบบคลองรากฟัน

2. ป้องกันยาที่ใส่ในคลองรากฟัน (intra canal medicaments) หรือ สารฟอกสีฟัน (bleaching agent) ออกมาสู่ในช่องปาก โดยถ้าเกิดการรั่วซึมขึ้นนอกจากจะทำให้เชื้อแบคทีเรียเข้าไปในคลองรากฟันแล้ว ยังทำให้ยาที่ใส่ในคลองรากฟันสลายไปไม่สามารถออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อได้ และ ยาบางชนิดอาจมีผลต่อเนื้อเยื่อในช่องปากด้วย

จากการศึกษาของ Ray และ Trope⁽⁹⁾ ได้ศึกษาคุณภาพของวัสดุบูรณะส่วนตัวฟันเปรียบเทียบกับคุณภาพของการอุดคลองรากฟันพบว่าคุณภาพของวัสดุบูรณะส่วนตัวฟัน (coronal restoration) เป็นปัจจัยที่สำคัญกว่าคุณภาพของการอุดคลองรากฟันในการรักษาสภาพของเนื้อเยื่อรอบรากฟัน ไม่ให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อรอบรากฟัน และ Abbott⁽¹⁰⁾ พบว่าการบูรณะชั่วคราวที่ไม่ดีระหว่างรักษาคคลองรากฟันเป็นปัจจัยลำดับที่สองที่ทำให้เกิดการปวดฟันอย่างต่อเนื่องภายหลังการรักษา ดังนั้นวัสดุอุดฟันชั่วคราวจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการรักษาคคลองรากฟันเพื่อให้การรักษาคคลองรากฟันนั้นประสบความสำเร็จ และเกิดการหายของโรคเนื้อเยื่อรอบรากฟัน

Anusavice⁽¹⁾ และ Jensen⁽¹¹⁾ ได้กล่าวถึงสมบัติในอุดมคติของวัสดุอุดฟันชั่วคราวหลายข้อ เช่น สามารถใช้งาน ตกแต่งรูปร่างได้ง่าย มองเห็นขอบรอยต่อวัสดุกับฟันชัดเจน มีความสวยงามและราคาเหมาะสม เป็นต้น ทั้งนี้วัสดุอุดฟันชั่วคราวยังต้องมีสมบัติทางอุดมคติที่สำคัญอีกคือ การละลายตัวน้อย มีความแข็งแรงมาก มีฤทธิ์ฆ่าหรือยับยั้งเชื้อ มีความแนบสนิทที่ดี อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ยังไม่มีวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่มีลักษณะตามอุดมคติทั้งหมด โดยขณะนี้ยังคงมีการพัฒนาวัสดุใหม่หรือปรับปรุง สมบัติของวัสดุที่ใช้ในปัจจุบันให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น ดังนั้นการจะใช้วัสดุชนิดใดเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวควรคำนึงถึงสมบัติของวัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะของฟันและความต้องการของในแต่ละกรณี

2.3 ประเภทของวัสดุอุดฟันชั่วคราวชั่วคราว

วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่ใช้สำหรับปิดทางเข้าสู่โพรงฟันในงานรักษาคคลองรากฟันตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีการใช้วัสดุหลายประเภทแตกต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบหลักของวัสดุที่ใช้ สามารถแบ่งประเภทของวัสดุอุดฟันชั่วคราวดังนี้⁽²⁾

1. กัตตาเปอร์ชา (gutta percha)
2. ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (zinc phosphate cement)
3. พอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ (polycarboxylate cement)

4. ซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟต (zinc oxide- calcium sulfate preparations) เช่น เควิต (Cavit™), เควิตดับบลิว (Cavit™ W) และ เควิตจี (Cavit™ G) เป็นต้น
5. ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอล (zinc oxide eugenol, ZOE) เช่น คาลซินอล (kalzinol), ไออาร์เอ็ม (IRM) เป็นต้น
6. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Glass ionomer cement)
7. เรซินคอมพอสิต (Composite resin) เช่น Temporary Endodontic Restorative Material (TERM)

2.4 ซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟต

วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟต เป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวสำเร็จรูปสามารถใช้งานได้ทันทีไม่ต้องผสม ทำให้ใช้งานสะดวกและไม่มีปัญหาเรื่องสัดส่วนของส่วนผสมที่อาจไม่เท่ากันจากการตวง วัสดุอุดฟันในกลุ่มนี้มีองค์ประกอบหลักคือ ซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide) และ แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate) โดยในวัสดุแต่ละชนิดในกลุ่มนี้จะมีองค์ประกอบอื่นๆ แตกต่างกันไป วัสดุบูรณะชั่วคราวที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่

- เควิต เป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เกิดจากการรวมกันของ ซิงค์ออกไซด์ , แคลเซียมซัลเฟต , ซิงค์ซัลเฟต, ไกลคอล อะซีเตท, โพลีไวนิล อะซีเตท, โพลีไวนิล คลอไรด์อะซีเตท, ไตรเอทานอลามีน และเมดิซีนแดง
- เควิตดับบลิว เป็นวัสดุที่มีองค์ประกอบคล้ายกับเควิต แต่มีความแข็งแรงน้อยกว่าเควิต และมีการเพิ่มการยึดติด (bonding) มากกว่าเควิต
- เควิตจี เป็นวัสดุที่มีองค์ประกอบคล้ายเควิตแต่มีความแข็งแรงน้อยกว่าเควิตดับบลิว
- เควิตอน เป็นวัสดุบูรณะชั่วคราว ผลิตในประเทศญี่ปุ่น โดยมีองค์ประกอบดังนี้ ซิงค์ออกไซด์, ไวนิล อะซีเตท, ปูนปลาสเตอร์, เอทิลแอลกอฮอล์, เมนทอล และซิงค์ฟอสเฟต
- เควิตเดนทิน เป็นเควิตที่มีการใส่องค์ประกอบอย่างอื่นเพิ่มเติม คือ โฟแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลไฟด์ เพื่อเป็นสารเร่งปฏิกิริยา และไทมอลเป็นสารฆ่าเชื้อ (antiseptic)
- เทมซีล มีองค์ประกอบดังนี้ ซิงค์ออกไซด์, แคลเซียมซัลเฟต, อะลูมิเนียมซัลเฟต, ฟิวรีอีพลาสติไซเซอร์ และองค์ประกอบอื่นๆ

โดยผลิตภัณฑ์ที่มีขายและเป็นที่ยอมรับในท้องตลาด คือ เควิต (Cavit™;3M ESPE, Seefeld, Germany) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้อยู่ในรูปแบบพร้อมใช้งานได้ทันที สามารถใช้งานได้สะดวกและรื้อออกได้ง่าย ทั้งนี้ด้วยสมบัติการขยายตัวจากการดูดน้ำ (hygroscopic expansion) ทำให้เควิตมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นที่สูง มีความสามารถในการแนบสนิทของวัสดุที่ดี และสามารถด้านการรั่วซึมตามขอบได้ดี สามารถคงสมบัติเดิมอยู่ได้ที่สภาวะความชื้นในช่องปาก

เริ่มมีการนำเควิตมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1971 จากนั้นได้มีการพัฒนาสมบัติเรื่อยมา ปัจจุบันเควิตประกอบด้วย ซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 30-50 แคลเซียมซัลเฟตร้อยละ 1-30 ซิงค์ซัลเฟตร้อยละ 5-10 แบเรียมซัลเฟตร้อยละ 0-20 โพลีไวนิลอะซิเตทร้อยละ 1-5 เอทิลลินบิสไดอะซิเตท ร้อยละ 10-20 และทัลก์ (talc) ร้อยละ 0-20⁽¹²⁾

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบของวัสดุบูรณะชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซัลเฟต

วัสดุ	ส่วนประกอบ	บริษัท
กลุ่มแคลเซียมซัลเฟต เควิต	ซิงค์ออกไซด์, แคลเซียมซัลเฟต, ซิงค์ซัลเฟต, ไกลคอลอะซิเตท, โพลีไวนิลอะซิเตท, โพลีไวนิลคลอไรด์อะซิเตท, ไตรเอททาโนลามีนและเมดลีสแดง	3M ESPE
เควิตดัดบลิว	ความแข็งแรงต่ำกว่าเควิต	3M ESPE
เควิตจี	ความแข็งแรงต่ำกว่าเควิตและเควิตดัดบลิว	3M ESPE
เควิตเดนทีน	เควิต, โพลีเอทิลีนออกไซด์, อนุกรมซิลิโคนไฟต์ และไทมอล	อิสราเอล
เควิตอน	ซิงค์ออกไซด์, ไวนิล อะซิเตท, ปูนปลาสเตอร์, เอทิลแอลกอฮอล์, เมนทอล และซิงค์ฟอสเฟต	GC Corporation
เทมซีล	ซิงค์ออกไซด์, แคลเซียมซัลเฟต, อลูมิเนียมซัลเฟต, ฟิวรีอี พลาสติไซเซอร์ และองค์ประกอบอื่นๆ	Sauereisen



รูปที่ 1 วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตที่มีชื่อทางการค้าว่า เควิต, เควิตดับบลิว และเควิตจี

2.5 การศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของเควิต

มีการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและทางชีวภาพของเควิตกับซิงค์ออกไซด์ยูจินอลดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเควิต และซิงค์ออกไซด์ยูจินอล⁽³⁾

วัสดุ	เควิต	ซิงค์ออกไซด์ยูจินอล
การละลายและการสลายในน้ำในเวลา 7 วัน	9.73%± 0.04	0.34%±0.01
ค่าความทนแรงอัด	14 เมกะปาสคาล	27 เมกะปาสคาล
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	6.9	7.0
การขยายตัวเชิงเส้น	14.20%±0.09	8.40%±0.08

จากตารางแสดงว่าเควิตมีการละลายและการสลายในน้ำที่ 7 วัน สูงกว่าซิงค์ออกไซด์ยูจินอลประมาณ 30 เท่า และมีความทนแรงอัดเพียงครึ่งหนึ่งของซิงค์ออกไซด์ยูจินอลแต่มีการขยายตัวเชิงเส้นเป็น 2 เท่าของซิงค์ออกไซด์ยูจินอลโดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกัน และพบว่าเควิตมีการดูดซึมน้ำมากกว่าซิงค์ออกไซด์ยูจินอลโดยสีไม่เพียงจะซึมผ่านระหว่างผิวของวัสดุแต่ยังสามารถซึมผ่านเข้าสู่เนื้อของเควิตด้วยจากตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 แสดงร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดน้ำของวัสดุ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น⁽³⁾

วัสดุ	3 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
เควิต	9.60 ± 0.52	6.12 ± 0.49	5.73 ± 0.43
ซิงค์ออกไซด์ยูจินอล	1.46 ± 0.52	1.01 ± 0.49	1.13 ± 0.43

ตารางที่ 5 แสดงความลึกของการซึมผ่านของสีเข้าสู่เควิต ทุก 10 นาที⁽³⁾

นาที	ความลึกของสี (มม.)
10	0.47 ± 0.02
20	0.58 ± 0.02
30	0.65 ± 0.00
40	0.73 ± 0.02
50	0.78 ± 0.02
60	0.85 ± 0.00
70	0.87 ± 0.02
80	0.93 ± 0.05
90	1.00 ± 0.00

เควิตเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่มีการขยายตัวเชิงเส้นสูง ซึ่งเกิดจากผลของการดูดน้ำ จากสมบัติการขยายตัวนี้ น่าจะทำให้เควิตเป็นวัสดุที่มีการป้องกันการรั่วซึมระหว่างผิวได้ดี แต่ความทนแรงอัดของเควิตภายหลังจากการก่อตัวเต็มที่แล้ว เป็นเพียงครึ่งหนึ่งของซิงค์ออกไซด์ยูจินอล และไม่แนะนำให้ใช้เควิตเป็นวัสดุรองพื้น (base) ก่อนอุดด้วยวัสดุอุดถาวรเนื่องจากว่า ต้องการเวลานานกว่าวัสดุจะก่อตัวเต็มที่

ความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมเป็นสมบัติที่สำคัญสำหรับวัสดุอุดฟันชั่วคราว เควิตเป็นวัสดุที่สามารถป้องกันการรั่วซึมได้ดีโดยจากการศึกษาของ Webber และคณะ⁽¹³⁾ ศึกษาการรั่วซึมของสีเมทิลีนบลูในฟันที่ใส่ยาแคมโฟเลต พาราคลอโรฟีนอล (camphorated parachlorophenol) แล้วอุดปิดชั่วคราวด้วยเควิต พบว่าจะเกิดการรั่วซึมของสีลึก 2.5-3.2 มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มที่ใส่ยาหรือไม่ใส่ยา ดังนั้นเขาจึงแนะนำว่าถ้าจะใช้เควิต เป็นวัสดุบูรณะชั่วคราวควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 3.5 มิลลิเมตร เพื่อสามารถต้านการรั่วซึมและมีกลสมบัติที่ดี นอกจากนี้ยังได้ศึกษาความแนบสนิทของเควิตและผิวฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope (SEM) พบว่าส่วนใหญ่ของฟันที่มีการแนบสนิทที่ดีของวัสดุกับฟัน

มีหลายการศึกษาจากอดีตจนถึงปัจจุบันศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการแนบสนิท (sealing ability) ซึ่งแสดงถึงการป้องกันการรั่วซึมของวัสดุเควิต และวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้มีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุโดยใช้วิธีทดสอบดังต่อไปนี้

- การรั่วซึมของสี (dye penetration)^{(14),(15),(16)}
- การรั่วซึมของเชื้อ/เชื้อแบคทีเรีย (microbial/bacterial leakage)^{(17),(18),(19)}
- การวัดการรั่วซึมด้วยของเหลว (fluid filtration)^{(20),(21)}
- การรั่วซึมของสารรังสี (radioisotope)^{(22),(23)}
- การวัดการรั่วซึมด้วยสารเคมีและไฟฟ้า (electrochemical technique)⁽²⁴⁾

เควิต, เควิตดัดบลิว และเควิตจี มีความแตกต่างกันในส่วนประกอบที่มีการผสมเรซินเพื่อลดความแข็งผิว (hardness) ของวัสดุหลังการก่อตัว ทำให้ความแข็งผิวและระยะเวลาการก่อตัวของวัสดุต่างกัน โดยเควิตมีความแข็งผิวมากที่สุด รองลงเป็นเควิตดัดบลิว และเควิตจี ตามลำดับ⁽²⁾ บริษัทผู้ผลิตแนะนำว่าเควิตเหมาะเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวในด้านบดเคี้ยว (occlusal), เควิตดัดบลิว เหมาะเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวในงานรักษาคอลงรากฟัน และเควิตจีเหมาะกับการใช้งานเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวในพื้นที่รับวัสดุบูรณะฟันชนิดอุดฝัง (inlay) เพราะสามารถรีออกโดยไม่ต้องใช้หัวกรอ จากการศึกษาของ Noguera และ McDonald⁽¹⁶⁾ ซึ่งเปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุในกลุ่มเควิต คือ เควิต, เควิตดัดบลิว และ เควิตจี พบว่าวัสดุทั้ง 3 ชนิดมีความแนบสนิทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับการศึกษาของ Tamse และคณะ⁽²⁵⁾ รวมถึง Bobotis และคณะ⁽²⁰⁾ ที่พบว่าเควิตมีความแนบสนิทไม่แตกต่างจากเควิตจี

นอกจากนั้นยังมีการศึกษาของ Cruz และคณะ⁽¹⁵⁾ ทดสอบการรั่วซึมโดยศึกษาผลของแรงที่กระทำซ้ำ ๆ (load cycling) และวงจรการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermocycling) ของวัสดุต่อการรั่วซึมของเควิตด้วยสีเมทิลีนบลู ในพื้นที่อุดด้วยวัสดุอุดฟันชั่วคราว 4 ชนิด คือ เฟอร์มิน, แคนซีล, เควิต และ เควิตอน ที่ผ่านวงจรการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และผ่านแรงที่กระทำซ้ำ ๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง กลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ผ่านแรงที่กระทำซ้ำ ๆ และกลุ่มที่ผ่านแรงกระทำซ้ำ ๆ กับกลุ่มที่ผ่านทั้งวงจรการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และแรงกระทำซ้ำ ๆ อีกทั้งยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลต่อการรั่วซึมของวัสดุมากกว่าแรงที่มากกระทำ และ ยังพบว่าวัสดุเควิตภายหลังจากที่ได้รับแรง จะมีการเพิ่มขึ้นของช่องว่างระหว่างวัสดุกับผิวฟัน และวัสดุจะเกิดการยุบตัวเข้าไปในโพรงฟัน อย่างไรก็ตามแม้ว่าเควิตจะมีการฉีกของขอบวัสดุ (marginal quality) ลดลงเมื่อผ่านการกระทำจากแรงหรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป แต่ผลการรั่วซึมของสีทดสอบเมทิลีนบลูกลับไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นแสดงว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือแรงที่มากกระทำซ้ำ ๆ ไม่มีผลต่อการรั่วซึมของเควิต⁽¹⁴⁾ สอดคล้องกับการศึกษาของ Deveaux และคณะ⁽¹⁸⁾ ที่กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่มีผลต่อความแนบสนิทของวัสดุเควิต

ไม่แนะนำให้ใช้เควิตในโพรงฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันหลายด้าน (complex cavity) เนื่องจากจะเกิดรอยร้าวในเนื้อวัสดุ (extensive crack) เกิดการขยายตัวและลดยมา (expansion and extrusion) จากโพรงฟันที่อุด⁽²¹⁾ แต่อย่างไรก็ดีในฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันหลายด้าน เควิตยังเกิดการรั่วซึมน้อยกว่าไออาร์เอ็ม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Panichvisai และคณะ^{(26),(27)} ที่ศึกษาการรั่วซึมของวัสดุทางด้านบดเคี้ยว โดยดูจากการรั่วซึมของสีเมทิลีนบลูพบว่า วัสดุเควิตอนเพียงอย่างเดียวหรือเควิตอนร่วมกับไออาร์เอ็ม จะเกิดการรั่วซึมของสีเมทิลีนบลูน้อยกว่าไออาร์เอ็ม ส่วนทางด้านข้าง พบว่าทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในปัจจุบันได้มีการแนะนำให้ใช้วัสดุไออาร์เอ็มเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวควบคู่กับเควิต (double seal) ในฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันหลายด้านเพื่อต้องการความแนบสนิทและต้านทานแรงบดเคี้ยวในช่องปากได้

โดยสรุปในทางคลินิก วัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลเฟตมีข้อดี ดังต่อไปนี้

1. มีความแนบสนิทที่ดีและความสามารถในการต้านการรั่วซึมตามขอบที่ดี เนื่องจากวัสดุชนิดนี้มีสมบัติการขยายตัวเมื่ออยู่ในความชื้น (hygroscopic expansion) สามารถดูดน้ำแล้วเกิดการขยายตัวให้แนบสนิทกับผิวของโพรงฟัน จึงสามารถใช้เป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวระหว่างงานรักษาคคลองรากฟันได้ดี
2. มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (high coefficient of linear expansion) สูงถึงร้อยละ 18 ซึ่งมากกว่าซิงค์ออกไซด์ยูจินอลถึง 2 เท่า⁽³⁾
3. สามารถใช้งานได้ง่าย และทำการรีออกได้ง่ายด้วย
4. ผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปพร้อมใช้งานได้ทันทีโดยผสมมาจากบริษัทแล้วจึงไม่มีปัญหาที่อาจเกิดจากการสัดส่วนการผสม
5. ยาที่ใช้ในคลองรากฟันในงานรักษารากฟันไม่มีผลต่อความแนบสนิทของเควิต⁽¹³⁾

อย่างไรก็ตามวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลเฟต ยังคงมีข้อด้อยหลายประการดังต่อไปนี้

1. มีความทนแรงอัดน้อย เมื่อเทียบกับวัสดุอื่นๆ ทำให้ไม่สามารถทนแรงบดเคี้ยวในช่องปากได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา ที่ว่าเควิตจึมีความทนแรงอัดไม่เพียงพอที่จะทนแรงบดเคี้ยวที่มากได้⁽²⁸⁾

2. ใช้เวลาในการก่อตัวนานโดยวัสดุเควิตจี มีระยะเวลาการก่อตัว 73.0 ± 5.8 นาที⁽²⁸⁾ และบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้หลีกเลี่ยงการเคี้ยวอาหารประมาณ 2 ชั่วโมงภายหลังจากใส่เควิตในโพรงฟัน
3. มีค่าการสลายในน้ำมาก⁽³⁾ เมื่อเวลานานขึ้นวัสดุก็จะมีการสลายมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการรั่วซึมของวัสดุมากขึ้นได้ ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้ใช้เควิตเป็นวัสดุบูรณะชั่วคราวเป็นระยะเวลานาน
4. ไม่แนะนำให้ใช้ในโพรงฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันหลายด้าน หรือในโพรงฟันที่มีขนาดใหญ่⁽²¹⁾

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของวัสดุบูรณะชั่วคราวด้วยวิธีการซีมผ่านของสี⁽²⁾

ผู้วิจัย	ปี	ชนิดสี	ความแนบสนิทของวัสดุ
Kakar & Subramanian	1963	อนิลีนบลู	อัมัลกัม, ZOE > Gold foil, ซิงค์ฟอสเฟต, ซิลิเกต, กัดตาเปอร์ชา
Parris et al.	1964	อนิลีนบลู	เควิต > ZOE > คาลโซเจน > ซิงค์ฟอสเฟต = กัดตาเปอร์ชา
Oppenheimer & Rosenberg	1979	เมทิลีนบลู	เควิต = เควิตจี
Tamse et al.	1982	เมทิลีนบลู	เควิต > เทน > เควิต = เควิตจี > ไออาร์เอ็ม = คาลซินอล
Chohayeb & Bassiouny	1985	เมทิลีนบลู	เควิต > Adaptic = Aurafil > ZOE = ซิงค์ฟอสเฟต
Teplitsky & Meimaris	1988	เมทิลีนบลู	เควิต > TERM
Noguera & McDonald	1990	ซิลเวอร์ไนเตรท	TERM > เควิต = เควิต-จี = เควิตดับบลิว > ไออาร์เอ็ม แคป = Dentemp > Hard-TERM
Barkhordar & Stark	1990	ซิลเวอร์ไนเตรท	เควิต > Tempit > ไออาร์เอ็ม

Jones et al.	1990	เบสิคฟุตซิน	คี่แทคซิลเวอร์>ไออาร์เอ็ม>TERM>กัตตาเปอร์ชา
Lee et al.	1993	เมทิลีนบลู	เควิตอน=เควิต>ไออาร์เอ็ม (2 g/ml,6 g/ml)
Mayer & Eickholz	1997	เมทิลีนบลู	เควิต>TERM>ZOE=ไออาร์เอ็ม
Panichvisai et al.	1998	เมทิลีนบลู	ด้านบดเคี้ยว:เควิตอน = เควิตอน+ไออาร์เอ็ม > ไออาร์เอ็ม ด้านข้าง: ไม่แตกต่าง
Panichvisai et al.	1998	เมทิลีนบลู	ด้านบดเคี้ยว: ไม่แตกต่าง ด้านข้าง:เควิตจี+เควิต>เควิตจี +คี่แทคซิลเวอร์, เควิตจี+คี่แทค ซิลเวอร์= เควิตอน+ไออาร์เอ็ม
Pai et al.	1999	เบสิคฟุตซิน	เควิตอน=เควิตอน+ไออาร์เอ็ม>ไออาร์เอ็ม
Cruz et al.	2002	เมทิลีนบลู	เฟอร์มิน> เคิเดนทีน >เควิต>แคนซิล

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุบูรณะชั่วคราวด้วยวิธีการวัดการรั่วซึมด้วยของเหลว⁽²⁾

ผู้วิจัย	ปี	เวลา	ความแนบสนิทของวัสดุ
Pashley et al.	1988	7วัน	เควิตจี= Durelon 2g/ml.4 g/ml=ZOE 2 g/ml = ไออาร์เอ็ม 4 g/ml
Bobotis et al.	1989	8สัปดาห์	เควิต, เควิตจี,TERM,GI,intact crown>ซิงค์ ฟอสเฟต>ไออาร์เอ็ม,พอลิคาร์บอกรีเลตซีเมนต์
Anderson et al.	1989	7วัน	TERM>เควิต >ไออาร์เอ็ม

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุบูรณะชั่วคราวด้วยวิธีการวัดการรั่วซึมของเชื้อ⁽²⁾

ผู้วิจัย	ปี	เวลา	ชนิดแบคทีเรีย	ความแนบสนิทของวัสดุ
Parris et al.	1964		<i>Sarcina lutea</i>	เควิต=ZOE=คาลโซเจน>ซิงค์
			<i>Serratia marcescens</i>	ฟอสเฟต=กัตตาเปอร์ธา
Krakow et al.	1977	7วัน	Oral microorganism	เควิต=เควิตอน=ZOE>ซิงค์ฟอสเฟต> กัตตาเปอร์ธา
Blaney et al.	1981		<i>P. vulgaris</i>	ไออาร์เอ็ม>เควิต
Deveaux et al.	1992	12วัน	<i>S. sanguis</i>	เควิต=TERM>ไออาร์เอ็ม
Beach et al.	1996	21วัน	Oral microorganism	เควิต>TERM
Imura et al.	1997	22ชม.	Oral microorganism	ไออาร์เอ็ม= เควิต>กัตตาเปอร์ธา
Deveaux et al.	1999	21วัน	<i>S. sanguis</i>	เควิต>TERM>เฟอร์มิท>ไออาร์เอ็ม
Barthel et al.	1999	30วัน	<i>S. mutans</i>	KF, ไออาร์เอ็ม+KF>เควิต, ไออาร์เอ็ม, เควิต+KF
Balto	2002	30วัน	<i>S. faecalis</i> , <i>C. albicans</i>	เควิต=Dyract >ไออาร์เอ็ม
Seiler	2006	23วัน	<i>S. mutans</i>	Fuji II LC=Fuji IX=Fuji Triage> ไออาร์เอ็ม

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุบูรณะชั่วคราวด้วยวิธีวัดการรั่วซึมของสารรังสี⁽²⁾

ผู้วิจัย	ปี	เวลา	ตัวชี้วัด	ความแนบสนิทของวัสดุ
Marosky et al.	1977	10วัน	Ca ⁴⁵	เทมซีล>เควิต>ZOE>ซิงค์ฟอสเฟต>ไออาร์เอ็ม> พอลิคาร์บอกซีเลตซีเมนต์
Friedman et al.	1986		Na	ไออาร์เอ็ม>ZOE>เควิตจี>เควิติน
Lieberman et al.	2001	7วัน	³ H-thymidine	ไออาร์เอ็ม, อมัลกัม>เควิติน

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบความแนบสนิทของวัสดุบูรณะชั่วคราวด้วยวิธีการวัดการรั่วซึมด้วยสารเคมีและไฟฟ้า⁽²⁾

ผู้วิจัย	ปี	เวลา	ความแนบสนิทของวัสดุ
Lim	1990	30วัน	KF with Con > KF No Con = คาลซิงอล > เควิต
Jacquot et al.	1996	9วัน	ไฮอาร์เอ็ม > เควิต = เควิตดับบลิว > เควิตจี

การศึกษาเกี่ยวกับการสลายในน้ำ

แม้ว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติด้านการรั่วซึมของวัสดุอุดฟันชั่วคราวจำนวนมากแต่พบการศึกษาเกี่ยวกับการสลายในน้ำของเควิตเพียง 2 การศึกษาเท่านั้น ซึ่งให้ผลการศึกษาต่างกันมากโดยงานวิจัยแรกทำการทดสอบการสลายในน้ำของเควิต ตาม ADA No.9 section 4.3.7 ได้ร้อยละการสลายในน้ำเป็น 9.7 ± 0.04 ⁽³⁾ แต่พบข้อบกพร่องในการศึกษา คือ ไม่มีการระบุขนาดกลุ่มตัวอย่างและวิธีการทดสอบที่ชัดเจน อีกการศึกษาทำการหาร้อยละการสลายในน้ำของเควิตจี โดยใช้ปริมาณวัสดุ 0.5 มิลลิเมตร นำมากดทับด้วยแผ่นแก้ว จากนั้นนำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วแช่น้ำอุ่นต่ออีก 24 ชั่วโมง แล้วจึงเปรียบเทียบน้ำหนักที่เปลี่ยนไปภายหลังการแช่น้ำ พบร้อยละการสลายในน้ำของเควิตจี เท่ากับ 1.81 ± 0.05 ⁽²⁸⁾ แต่การศึกษานี้ใช้เควิตจีในการศึกษา และใช้ขึ้นทดสอบเพียง 3 ชิ้นเท่านั้น อีกทั้งไม่มีการกำหนดอุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ชัดเจนตลอดการแช่ขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมง และไม่มีการกำหนดขนาดขึ้นทดสอบที่ชัดเจนอีกด้วย ต่อมาจึงมีการริเริ่มที่จะผลิตวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดนี้ขึ้นเองโดยให้มีสมบัติการสลายในน้ำน้อยกว่าเควิตทางการค้า โดยใช้วิธีทดสอบที่ดัดแปลงมาจากมาตรฐาน ISO 3107:2004 และใช้ขึ้นทดสอบ 20 ชิ้นต่อกลุ่มทดลอง ได้ผลการศึกษา คือวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของร้อยละการสลายในน้ำต่างกันและน้อยกว่าเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)⁽⁵⁾

อย่างไรก็ดีการศึกษาที่เกี่ยวกับความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทนี้มีน้อยมาก มีเพียงงานวิจัยของ Wideman และคณะ⁽³⁾ ที่ศึกษาเปรียบเทียบความทนแรงอัดของเควิตกับซิงค์ออกไซด์ยูจินอลซึ่งพบว่าเควิตมีความทนแรงอัดเพียงครึ่งหนึ่งของซิงค์ออกไซด์ยูจินอล โดยในการศึกษาไม่มีการระบุขนาดตัวอย่างและวิธีทดสอบที่ชัดเจน และการศึกษาของ Draheim และคณะ⁽⁴⁾ ที่ศึกษาเปรียบเทียบความทนแรงอัดของเควิตกับไออาร์เอ็ม พบว่าเควิตมีความทนแรงอัดน้อยกว่าไออาร์เอ็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ono และ Matsumoto⁽²⁸⁾ ที่พบว่าเควิตมีความทนแรงอัดต่ำไม่เพียงพอที่จะทนแรงบดเคี้ยวในฟันหลังและไม่แนะนำให้ใช้ในโพรงฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันหลายด้าน (complex cavity)⁽²¹⁾ ขณะที่ไม่พบการศึกษาที่เกี่ยวกับสมบัติความทนแรงดึงซึ่งเป็นสมบัติเชิงกลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทนี้เลย

นอกจากเควิตที่เป็นวัสดุทางการค้าที่นิยมกันแล้ว ยังมีการผลิตวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทเดียวกันนี้ในหลายประเทศ อาทิเช่น เควิตเดนทีน (Lasio Laboratorie, Natanya, Israel) ผลิตในประเทศอิสราเอล ซึ่งมีโพแทสเซียมอลูมิเนียมซัลไฟด์ (potassium aluminium sulphide) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและมีการผสมไทมอล (thymol) เพื่อระงับเชื้อ (antiseptic) แต่วัสดุจะต้องมีความหนาถึง 5 มิลลิเมตรจึงจะสามารถต้านการรั่วซึมได้ดีเท่าเควิต, คอลโตซอล (Coltosol; Coltene Whaledent, Mahwah, NJ, USA) ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งบริษัทกล่าวว่าพื้นผิวของคอลโตซอลจะแข็งตัวเมื่อวัสดุสัมผัสกับความชื้นใน 20-30 นาที และสามารถรับแรงบดเคี้ยวได้ใน 2-3 ชั่วโมง โดยแนะนำให้ใช้ในระยะเวลาสั้นไม่เกิน 2 สัปดาห์, เควิตอน (Caviton; GC corporation, Tokyo, Japan) ผลิตในประเทศญี่ปุ่นโดยจะต้องใช้เวลา 2-3 ชั่วโมงหลังการบรูณะจึงสามารถรับแรงบดเคี้ยวได้ เช่นเดียวกับคอลโตซอล และเฟอร์มิน (Fermin; Detax Camiott & Co. Kca Weisendorf, Germany) ผลิตในประเทศเยอรมนี ซึ่งมีการศึกษาพบว่าเฟอร์มินมีความแนบสนิทมากกว่าเควิตอน และเควิต โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะนั้น มีผลต่อความแนบสนิทของวัสดุมากกว่าการได้รับแรงกระทำซ้ำ ๆ⁽¹⁵⁾

2.6 พอลิเมอร์

นิยามคำว่า พอลิเมอร์ หมายถึง สารประกอบโมเลกุลใหญ่ (macromolecule) ที่ประกอบด้วยหน่วยเล็กๆที่ซ้ำกันจำนวนมากมาย หน่วยเล็กๆที่วานี้มีชื่อเรียกว่า เมอร์ (mer) สารพอลิเมอร์เกิดจากสารประกอบโมเลกุลเล็กๆทำปฏิกิริยาเคมีกัน โดยสารประกอบโมเลกุลเล็กนี้มีชื่อเรียกว่า มอนอเมอร์ (monomer) ส่วนปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization)

2.6.1 ชนิดของพอลิเมอร์

1. แบ่งตามสภาพที่เกิด สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 พอลิเมอร์ที่เกิดตามธรรมชาติ (natural polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ มนุษย์ไม่ได้สังเคราะห์ขึ้น ตัวอย่างของพอลิเมอร์ชนิดนี้ได้แก่ ยางธรรมชาติ เซลลูโลส แป้ง โปรตีน

1.2 พอลิเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น ตัวอย่างของพอลิเมอร์ชนิดนี้ได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิเมทิลเมทาคริเลต พอลิซัลไฟด์ ซิลิโคน

2. แบ่งตามอะตอมของธาตุที่มีในสายโซ่โมเลกุล สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 พอลิเมอร์อินทรีย์ (organic polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่มีอะตอมในสายโซ่โมเลกุลหลักเป็นอะตอมของธาตุคาร์บอน เช่น พอลิเมทิลเมทาคริเลต

2.2 พอลิเมอร์อนินทรีย์ (inorganic polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่อะตอมในสายโซ่โมเลกุลหลักเป็นอะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่คาร์บอน เช่น ซิลิโคน ที่มีอะตอมในสายโซ่หลักเป็นอะตอมของธาตุซิลิคอน (silicon)

3. แบ่งตามจำนวนของมอนอเมอร์ที่มีในโมเลกุล สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

3.1 พอลิเมอร์เดี่ยว (homopolymer) เป็นพอลิเมอร์ที่มีมอนอเมอร์ชนิดเดียวอยู่ในสายโซ่โมเลกุล เช่น พอลิเมทิลเมทาคริเลต

3.2 โคพอลิเมอร์ (copolymer) เป็นพอลิเมอร์ที่ในสายโซ่โมเลกุลประกอบด้วยมอนอเมอร์ 2 ชนิด โคพอลิเมอร์นี้สามารถแบ่งออกเป็นชนิดย่อยๆ หลายชนิด ตามลักษณะการจัดเรียงตัวของมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบ ดังนี้

3.2.1 โคพอลิเมอร์แบบสลับ (alternating copolymer) เป็นโคพอลิเมอร์ที่มีมอนอเมอร์ต่างชนิดกันเรียงตัวสลับต่อกันอย่างเป็นระเบียบ

3.2.2 โคพอลิเมอร์แบบบล็อก (block copolymer) เป็นโคพอลิเมอร์ที่มีกลุ่มของมอนอเมอร์แต่ละชนิดเรียงตัวสลับกันอย่างมีระเบียบ โดยที่จำนวนโมเลกุลของมอนอเมอร์ชนิดเดียวกันในแต่ละกลุ่มต้องเท่ากันเสมอ

3.2.3 โคพอลิเมอร์แบบต่อ (graft copolymer) เป็นโคพอลิเมอร์ที่มีกิ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งมาเชื่อมต่อกับสายโซ่หลักโมเลกุลที่เป็นพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่ง

3.2.4 โคพอลิเมอร์แบบสุ่ม (random copolymer) เป็นโคพอลิเมอร์ที่มีมอนอเมอร์ต่างชนิดกันเรียงตัวสลับต่อกันอย่างไม่เป็นระเบียบ

3.3 เทอร์พอลิเมอร์ (terpolymer) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างมอนอเมอร์ 3 ชนิด ที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันทำให้ได้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติเด่นๆของมอนอเมอร์ทั้งสามชนิดนี้ เช่น เทอร์พอลิเมอร์ของอะครีโลไนไตรล-บิวทาไดอีน-สไตรีน หรือว่า เอบีเอส (ABS)

2.6.2. ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization reaction)

1. ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น (condensation polymerization)
2. ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัว (addition polymerization)

กลไกการเกิดปฏิกิริยานี้ต้องมี สารเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) เป็นตัวเริ่มต้นในการเกิดปฏิกิริยา การเกิดปฏิกิริยานี้มีลักษณะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นลูกโซ่ (chain wise) ขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiation stage) ต่อมาเป็นขั้นตอนแผ่ขยายปฏิกิริยา (propagation stage) และขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนการสิ้นสุดปฏิกิริยา (termination stage) ลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบนี้คือ เมื่อเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาจะได้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงในทันที จะไม่มีพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดกลางเกิดอยู่ในของผสมปฏิกิริยา พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงทั้งที่ยังเกิดปฏิกิริยาต่อ และที่สิ้นสุดปฏิกิริยาแล้ว เมื่อปฏิกิริยาเกิดต่อไปโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมีจำนวนมากขึ้น โดยกลไกของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบนี้ ไม่มีสารโมเลกุลเล็กเกิดขึ้นเป็นผลพลอยได้ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัวนี้สามารถแบ่งออกตามชนิดของสารเริ่มต้นในการเกิดปฏิกิริยาเป็น 3 ชนิด คือ

2.1 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัวโดยอนุมูลอิสระ

(free radical addition polymerization)

2.1.1 ขั้นตอนเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiation stage)

ขั้นตอนนี้สารเริ่มต้น (initiator) ถูกทำให้แตกตัวเป็นอนุมูลอิสระโดยตัวกระตุ้น (activator) จากนั้น อนุมูลอิสระทำให้ปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่มีพันธะไม่อิ่มตัวในโมเลกุล เกิดเป็นมอนอเมอร์ที่มีอนุมูลอิสระอยู่ในโมเลกุล

2.1.2 ขั้นตอนแผ่ขยายปฏิกิริยา (propagation stage)

ขั้นตอนนี้มอนอเมอร์ที่มีอนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่มีพันธะไม่อิ่มตัวของโมเลกุลอื่นต่อไปเรื่อยๆ

2.1.3 ขั้นตอนสิ้นสุดปฏิกิริยา (termination stage)

ปฏิกิริยาในขั้นตอนแผ่ขยายเกิดไปเรื่อยๆจนกระทั่งมอนอเมอร์ที่มีอยู่ในของผสมลดลงจนเหลือน้อยมาก ดังนั้นโอกาสที่อนุโมลอิสระที่อยู่ปลายสายโซ่โมเลกุลจะทำให้ปฏิกิริยากับมอนอเมอร์มีน้อยลง แต่โอกาสที่อนุโมลอิสระที่ปลายสายโซ่โมเลกุลของแต่ละโมเลกุลทำปฏิกิริยากันมีมากขึ้น เกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างสายโซ่โมเลกุล ทำให้สายโซ่โมเลกุลหยุดการเติบโตซึ่งเป็นการสิ้นสุดปฏิกิริยา

2.2 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัวโดยแคตไอออน (cationic addition polymerization)

2.3 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัวโดยแอนไอออน (anionic addition polymerization)

ในงานวิจัยนี้ทำการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนโดยใช้วิธีอิมัลชันทางเคมี ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัว กระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอิมัลชันประกอบด้วยหยดเล็กๆของมอนอเมอร์ซึ่งไม่ละลายน้ำกระจายตัวอยู่ในตัวกลางคือน้ำ โดยอาศัยการกวนอย่างรวดเร็ว สารเริ่มต้นปฏิกิริยาที่ใช้ในการะบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอิมัลชันจะเป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยาด้วยปฏิกิริยารีดอกซ์

จากการศึกษาของ He และคณะ⁽²⁹⁾ ที่ทำการสังเคราะห์พอลิเมทิลเมทาคริเลตขนาดอนุภาคระดับนาโนด้วยกระบวนการดิฟเฟอเรนเชียลไมโครอิมัลชันเสนอให้ใช้อัตราส่วนระหว่างสารลดแรงตึงผิวต่อมอนอเมอร์ในอัตราส่วน 1 ต่อ 18 และสารลดแรงตึงผิวต่อน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 120 และ การศึกษาของ Norakankorn และคณะ⁽³⁰⁾ สังเคราะห์พอลิเมทิลเมทาคริเลตโดยใช้ 2,2' เอโซบิสไอโซบิวทิโรไนไตรล์ (AIBN) เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียลไมโครอิมัลชันซึ่งได้อนุภาคของสารขนาด 20 นาโนเมตร และ น้ำหนักโมเลกุล 10^6 กรัมต่อโมล โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารลดแรงตึงผิวต่อมอนอเมอร์ในอัตราส่วน 1 ต่อ 130 และสารลดแรงตึงผิวต่อน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 600

ในงานวิจัยนี้จะทำการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนโดยใช้กระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอิมัลชัน โดยกระบวนการสังเคราะห์ได้อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ Sridao และคณะ⁽³¹⁾ ที่เตรียมอนุภาคพอลิเมทิลเมทาคริเลตผ่านกระบวนการการเกิดพอลิเมอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียลไมโครอิมัลชัน โดยใช้โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต (SDS) เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดแอนไอออนิก และ 2,2'เอโซบิสไอโซบิวทิโรไนไตรล์ (AIBN) เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยา

2.7 องค์ประกอบของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใหม่

2.7.1 การเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวครั้งนี้มีองค์ประกอบที่เหมือนกับควิต ได้แก่

แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต (calcium-sulfate hemihydrate) เกิดจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิระหว่าง 110-130 องศาเซลเซียส จนน้ำในผลึกระเหยออกบางส่วนคงเหลือน้ำครึ่งโมเลกุล เรียกว่าประกอบนี้ว่าปูนปลาสเตอร์ (plaster of Paris) มีสูตรเคมี คือ $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ การเผาไหม้ในอากาศอุณหภูมิระหว่าง 110-120 องศาเซลเซียส จะได้ปูนปลาสเตอร์หรือ เบตา-เฮมิไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟต (beta-hemihydrate calcium sulfate) ซึ่งอนุภาคใหญ่ ไม่แน่นอน รูปร่าง ขรุขระ (irregular shape) แต่การเผาไหม้ในเครื่องอัดความร้อนหรือใส่โซเดียมซัลไฟต์ไม่เกิน 0-5 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิระหว่าง 120-130 องศาเซลเซียสจะได้ปลาสเตอร์หิน (stone plaster) หรือ แอลฟา-เฮมิไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟต (alpha-hemihydrate calcium sulfate) ซึ่งมีอนุภาคละเอียด มีรูปเหลี่ยมที่สม่ำเสมอเมื่อผสมน้ำจะได้ปลาสเตอร์ที่มีกำลังแข็งแรงสูงกว่าปูนปลาสเตอร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ปลาสเตอร์หินในการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่มีความแข็งแรงมากกว่าการใช้ปูนปลาสเตอร์ในการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวเพื่อให้ได้วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่มีความแข็งแรงมากกว่าการใช้ปูนปลาสเตอร์ ในการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวนี้แคลเซียมซัลเฟต เฮมิไฮเดรตทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบหลักในการทำปฏิกิริยาและเป็นโครงร่างให้แก่สารเคมีตัวอื่น แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตนั้นสามารถละลายน้ำได้เล็กน้อยจากส่วนที่เป็นเฮมิไฮเดรตโดยมีความสามารถในการละลายน้ำที่ 0.24 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร⁽³²⁾

ซิงค์ออกไซด์ เป็นสารเคมีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ในรูปของซิงค์ซัลเฟต หรือสังกะสี มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดและด่าง มีค่าการละลายน้ำต่ำมากที่สุดที่ 0.1 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ซิงค์ออกไซด์มีคุณสมบัติการเปล่งแสง (luminescence) จึงใช้เป็นส่วนผสมในสารกันแดด ใช้เป็นเม็ดสีในการทำแป้ง ใช้เป็นฟลักซ์ (flux) ในการผลิตเซรามิกเพราะสามารถป้องกันรอยร้าวได้ (crazing) ในงานวิจัยนี้นำซิงค์ออกไซด์มาใช้เป็นส่วนประกอบในการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวเพราะมีคุณสมบัติการเป็นฟลักซ์ที่ดีทำให้วัสดุอุดฟันเป็นเนื้อเดียวกัน

แบเรียมซัลเฟต (barium sulfate) เป็นผงสีขาวหรือสีขาวเหลืองขาวใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เม็ดสีในการผลิตยาง การผลิตกระดาษมีค่าการละลายตัวในน้ำต่ำมากที่สุดที่ 0-2 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร แบเรียมซัลเฟตเป็นสารที่บ่งสี ช่วยในงานรังสีวิทยาทางการแพทย์

ซิงค์ซัลเฟต (zinc sulfate) เป็นผลึกของแข็งไม่มีสีถึงสีเขียวอ่อน ไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้มีความสามารถในการละลายน้ำ 166 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ใช้ประโยชน์ในการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ ผลิตภัณฑ์ควบคุมอาหาร อาหารสัตว์ สีย้อม สารถนอมอาหารและสารเคมีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ ใช้เป็นสารเร่ง (catalyst) ในกระบวนการทางเคมี เช่น การผลิตยางและในการเตรียมวัสดุอุดฟันด้วย

2.7.2 การเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวครั้งนี้มีองค์ประกอบที่ต่างจากเควิต ได้แก่

ใช้ส่วนเหลวชื่อไดไฮโซโนนิลฟทาเลต (diisononyl phthalate หรือ DINP) แทนสารเคมีชื่อเอทิลินบิสไดอะซิเตต (ethylene bis diacetate) ซึ่งมีราคาสูงมากและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ไดไฮโซโนนิลฟทาเลตเป็นของเหลวใสไม่ละลายน้ำ (ค่าการละลายน้ำสูงสุด 0.05%) มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.972 ทนต่อสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วได้ดี มีการระเหยต่ำกว่าฟทาเลตตัวอื่น DINP ใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์ (plasticizer) ในอุตสาหกรรมพลาสติกและยาง ซึ่งในการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวครั้งนี้จะใช้ DINP เป็นพลาสติกไซเซออร์แทนการใช้เอทิลินบิสไดอะซิเตต ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นและ DINP ยังเป็นส่วนประกอบของการผลิตสีและสารหล่อลื่น สารผนึก (sealant) อุตสาหกรรมของเล่นเด็ก DINP ผลิตโดยกระบวนการเอสเทอร์ริฟิเคชัน (esterification) ของฟทาเลต ด้วยไฮโซโนนิลแอลกอฮอล์ (isononyl alcohol) ในระบบปิด โดยสามารถเร่งปฏิกิริยา โดยการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 140-250 องศาเซลเซียส หลังเสร็จสิ้นปฏิกิริยาแล้วแอลกอฮอล์ส่วนเกินจะถูกกำจัดออกทำให้ได้สารที่เป็นกลาง ยังไม่พบอันตรายจาก DINP เมื่อสัมผัส สูดดมหรือกลืน DINP เข้าไป⁽³³⁾ DINP เป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม⁽⁶⁾ จากการศึกษาพิษของไดไฮโซโนนิลฟทาเลตที่มีต่อตับในลิงขนาดเล็ก (marmoset) พบว่าที่ปริมาณ 2,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ในเวลา 13 สัปดาห์ไม่มีผลทำให้น้ำหนักตับเปลี่ยนไป ไม่มีผลต่อระดับไขมันในเลือดของสัตว์ทดลอง และในเวลา 9 สัปดาห์พบว่าไดไฮโซโนนิลฟทาเลตไม่มีผลรบกวนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอในลิง⁽⁷⁾ จากการศึกษาพิษของไดไฮโซโนนิลฟทาเลต ในหนูพบว่าไดไฮโซโนนิลฟทาเลตไม่มีผลในการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดเนื้องอกในตับ (hepatic tumor) ที่ขนาด 6,000 ppm หรือที่มากกว่า 360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน⁽³⁴⁾

มีสองหลักการที่ศึกษาผลของไดไฮโซโนนิลฟทาเลตต่อร่างกายมนุษย์คือ The U.S. Consumer Product Safety Commission (CPSC) และ The European Union Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity, and the Environment (CSTEE) โดย CPSC กำหนดปริมาณการได้รับไดไฮโซโนนิลฟทาเลต ที่จะไม่แสดงอาการ (no observed effects level) เป็น 17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ระดับไดไฮโซโนนิลฟทาเลตปริมาณต่ำสุดที่จะไม่แสดงอาการ (lowest observed effects level) เป็น 140 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน และปริมาณการรับไดไฮโซนิลฟทาเลตที่ยอมรับได้ (acceptable daily intake) เป็น 0.15 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวันซึ่งเป็นระดับที่ CPSC และ CSTEE รับรองว่าสามารถใช้ไดไฮโซนิลฟทาเลตได้ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย แต่เมื่อได้รับไดไฮโซนิลฟทาเลตมากกว่า 140 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน จะเป็นอันตรายต่อระบบสืบพันธุ์ได้⁽⁷⁾ ในงานวิจัยนี้ใช้ไดไฮโซนิลฟทาเลตเป็นพลาสติกไซเซอรัน้อยมากในการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราว โดยใช้เพียงร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียม ซึ่งใช้ในการอุดฟันแต่ละครั้งใช้วัสดุอุดฟันชั่วคราวประมาณ 0.1-0.3 กรัมเท่านั้น จึงสามารถใช้ไดไฮโซนิลฟทาเลตในการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวได้

พอลิเมทิลเมทาคริเลต เป็นพอลิเมอร์ที่มีการใช้อย่างแพร่หลายเป็นเวลานานแล้วในอุตสาหกรรมพลาสติกโดยมักใช้แทนแก้ว เช่น กระจกของไฟรถยนต์ ตู้ปลา เพราะ PMMA โปร่งแสง (transparent) และเหนียวกว่ากระจก นอกจากนี้ยังใช้ในศัลยกรรมความงามโดยการฉีด PMMA เพื่อลดรอยเหี่ยวย่นเพราะสามารถเข้ากับเนื้อเยื่อได้ดี (biocompatibility) งานวิจัยนี้จะใช้ PMMA เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและเพิ่มความเหนียวให้กับวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้น

พอลิสไตรีน เป็นพอลิเมอร์เก่าแก่ที่รู้จักกันมานานแล้ว เป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นมาจากสไตรีนมอนอเมอร์ ซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากปิโตรเลียม พอลิสไตรีนเป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก คือหลอมเป็นของเหลวได้ โดยที่อุณหภูมิห้องจะอยู่ในสถานะของแข็ง แต่จะหลอมละลายเมื่อทำให้ร้อนและแข็งตัวเมื่อเย็นลง พอลิสไตรีนแข็งที่บริสุทธิ์จะไม่มีสีใส แต่สามารถทำเป็นสีต่างๆได้ และยืดหยุ่นได้จำกัด พอลิสไตรีนบริสุทธิ์มีลักษณะใสคล้ายกระจก ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพอลิสไตรีนให้มีคุณภาพดีขึ้น มีความเป็นผลึกใส แข็งและขึ้นรูปได้ง่าย โดยทั่วไปพอลิสไตรีนจะมีความแข็ง เปราะแตกรานได้ง่าย แต่สามารถทำให้เหนียวขึ้นได้ โดยการเติมยางสังเคราะห์ บิวทาไดอีนลงไปซึ่งเรียกว่า สไตรีนทนแรงอัดสูง (High impact styrene) การใช้สไตรีนเป็นโคพอลิเมอร์ เพื่อปรับปรุงคุณภาพและสมบัติของพอลิเมอร์อื่นให้ดีขึ้น เมื่อรวมตัวกับพอลิเมอร์อื่นจะทำให้มีสมบัติเปลี่ยนไป เช่น มีความเหนียวและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ทนความร้อนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจุดหลอมตัวสูงขึ้น

2.8 การศึกษานำร่อง

จากการศึกษานำร่อง (pilot study) โดยการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์ แคลเซียมซัลเฟต ที่มีส่วนประกอบในส่วนพอลิเมอร์ จากการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ เควิต โดยอุดวัสดุอุดฟันชั่วคราวในท่อพลาสติกปลายเปิดด้านเดียว เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ความสูง 6 มิลลิเมตรหลังจากวัสดุก่อตัวเต็มที่แล้ว นำมาทดสอบการรั่วซึมโดยแช่ในสีย้อมเมทิลีนบลู เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ผลการทดสอบเบื้องต้น พบว่าระดับการรั่วซึมของวัสดุอุดฟันทั้ง 4 สูตรมีค่าใกล้เคียงกับเควิต คือมีการซึมของสีย้อมระดับ 0.5-0.8 มิลลิเมตร

จากนั้นนำวัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้ง 4 สูตรรวมทั้งเควิต ไปทดสอบหาร้อยละการสลายในน้ำ ก็พบว่าวัสดุอุดฟันทั้ง 4 สูตร มีค่าการสลายในน้ำน้อยกว่าเควิตทั้งหมด จากนั้นผู้วิจัยจึงนำวัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้ง 4 สูตร ไปทดสอบหาค่าเฉลี่ยความทนแรงอัด และค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีกลุ่มทดลองที่สนใจทดสอบ 4 กลุ่ม เพื่อทดสอบสมบัติความทนแรงอัด และความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใหม่โดยมีการปรับปรุงในส่วนพอลิเมอร์โดยการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนโดยใช้อัตราส่วนในการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ที่ต่างกัน 4 อัตราส่วน และใช้เควิตเป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

ตัวแปรอิสระ (independent variable) คือ วัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตที่เตรียมขึ้น

สิ่งแทรกแซง (intervention) คือ ส่วนประกอบในส่วนพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนในอัตราส่วนที่ต่างกัน

3.1 ประชากร

วัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตที่เตรียมขึ้น

3.2 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. สารเคมีซิงค์ออกไซด์ ชนิดเกรดวิเคราะห์
2. สารเคมีซิงค์ซิลิเกต ชนิดเกรดวิเคราะห์
3. สารเคมีแบเรียมซิลิเกต ชนิดเกรดวิเคราะห์
4. แอลฟา-เฮมิไฮเดรต แคลเซียมซิลิเกต หรือพลาสติกเรซิน
5. ไดไอโซโนนิลพทาเลต
6. เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์
7. สไตรีนมอนอเมอร์
8. สารเคมีโซเดียมไฮดรอกไซด์
9. สารเคมีโซเดียมซิลิเกตที่ปราศจากน้ำ
10. สารเคมีโซเดียมโอดีซิลิเกต
11. สารเคมี 2,2' เอโซบิสไอโซบิวทิลโพรโนไทรล์
12. เมทิลแอลกอฮอล์

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. หลอดดูดขนาด 1 มิลลิลิตรความละเอียด 0.01 มิลลิลิตรยี่ห้อ นิโปร (NIPRO)
2. เครื่องชั่งน้ำหนักระบบดิจิทัล (ความละเอียด 0.001 มิลลิกรัม)
3. เครื่องให้ความร้อน (heating mantle)
4. เครื่องช่วยดูด (motor suction)
5. แบบหล่อชิ้นงาน (split mold) ทำจาก stainless steel
6. ตัวหนีบยึด (screw clamp)
7. ครกบดยา (mortar)
8. แท่งแก้วคนสาร
9. แผ่นแก้วสไลด์
10. กระดาษทรายความละเอียด 45 ไมโครเมตร
11. ปีกเกอร์ ขนาด 50, 100 มิลลิลิตร
12. ขวดรูปกรวย (dropping funnel)
13. ขวดก้นกลมแบบ 3 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
14. คอนเดนเซอร์ (condenser)
15. กรวยแยกสารที่มีรู
16. ขวดกรองสาร
17. ขาดังตัวหนีบยึด
18. แท่งแม่เหล็ก (magnetic bar)
19. ถังก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ 99.995%
20. ตู้เก็บสารเคมี
21. ตู้ดูดควัน
22. ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95
(Incubator, Contherm 160M, Contherm Scientific Ltd., New Zealand)
23. ตู้ที่มีสารดูดความชื้น (desiccators)
24. เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Lloyd universal testing machine) รุ่น LR10K
(Lloyd universal testing machine Model LR10K, England)
25. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM)

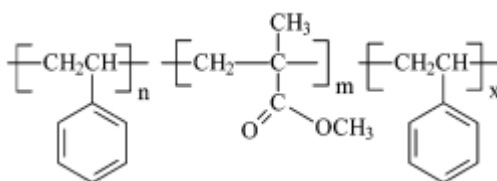
3.4 ขั้นตอนการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน

3.4.1 การทำให้เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์และสไตรีนมอนอเมอร์บริสุทธิ์

นำเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ และสไตรีนมอนอเมอร์ ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 2 ถึง 3 ครั้งโดยใช้กรวยแยก (separatory funnel) เพื่อกำจัดสารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา (inhibitor) จากนั้นล้างต่อด้วยน้ำกลั่นและทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส จนค่าพีเอช (pH) เริ่มเป็นกลาง ใส่โซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ (Na_2SO_4 anhydrous) ในอัตราส่วน 100 กรัมต่อลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที กรองโซเดียมซัลเฟต ออกจะได้เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์บริสุทธิ์และสไตรีนมอนอเมอร์บริสุทธิ์ที่ปราศจากไฮโดรควิโนน (hydroquinone) ซึ่งเป็นสารยับยั้งปฏิกิริยา โดยมอนอเมอร์บริสุทธิ์ที่ได้จะใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์

3.4.2 การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีน

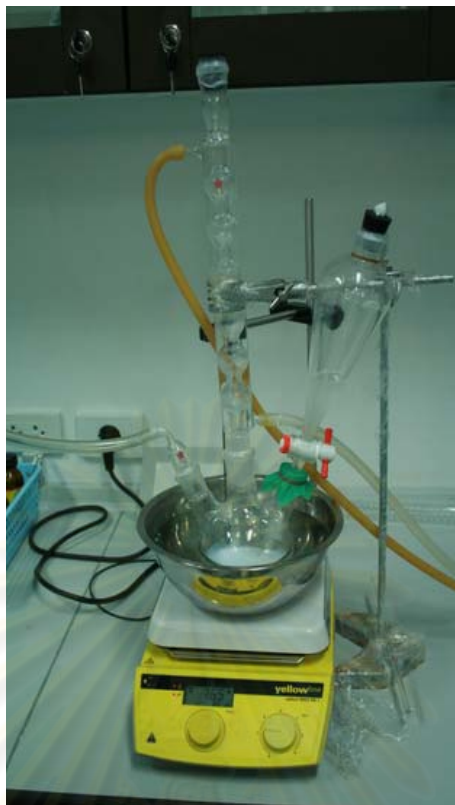
กระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน (emulsion) เป็นกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบหนึ่งที่สามารถควบคุมอุณหภูมิการเกิดพอลิเมอร์ได้ง่าย การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนในงานวิจัยนี้ใช้กระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียลไมโครอิมัลชัน (differential micro emulsion) โดยใช้กระบวนการสังเคราะห์ที่อ้างอิงจากการเตรียมอนุภาคระดับนาโนของพอลิเมทิลเมทาคริเลตผ่านกระบวนการการเกิดพอลิเมอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียลไมโครอิมัลชัน⁽³¹⁾ โดยใช้โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต (Sodium dodecyl sulphate, SDS)⁽²⁹⁾ เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดแอนไอออนิก (anionic) และ 2,2' เอโซบิสไอโซบิวทิโรไนไตรล์ (Azobisisobutyronitrile, AIBN)⁽³⁰⁾ เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) ในงานวิจัยนี้ทำการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนด้วยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัวโดยอนุมูลอิสระ (Free radical addition polymerization) โดยใช้วิธีอิมัลชันทางเคมี กระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชันประกอบด้วยหยดเล็ก ๆ ของมอนอเมอร์ซึ่งไม่ละลายน้ำกระจายตัวอยู่ในตัวกลางคือน้ำ โดยอาศัยการกวนอย่างรวดเร็ว สารเริ่มต้นปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชันจะเป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยาด้วยปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction)



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของโคพอลิเมอร์ PMMA-PS

ขั้นตอนการสังเคราะห์

1. เตรียม SDS และ AIBN ในอัตราส่วน 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ในน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1 ต่อ 2.5 โดยน้ำหนัก [(SDS+AIBN): น้ำกลั่น เท่ากับ 1: 2.5] ในขวดก้นกลมแบบ 3 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่งมีแท่งกวนสาร (magnetic bar) ส่วนควบแน่น (condenser) และช่องสำหรับก๊าซไนโตรเจน
2. ผ่านแก๊สไนโตรเจนลงในขวดก้นกลมเพื่อไล่อากาศที่อยู่ภายในขวดออกประมาณ 5 นาที
3. ให้ความร้อนกับปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยใช้เครื่องให้ความร้อน (heating mantle) พร้อมกับตั้งระดับการกวนให้ทำงานที่ความเร็วพอเหมาะประมาณ 100-200 รอบต่อนาที
4. เตรียมเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ และสไตรีนมอนอเมอร์บริสุทธิ์ในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ในขวดรูปกรวย (separation funnel) ควบคุมมอนอเมอร์ให้หยดอย่างช้า ๆ ลงในสารละลายที่มีการกวนอยู่ตลอดเวลาภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน ขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
5. หลังจากหยดมอนอเมอร์สุดท้ายหมดลงแล้วให้คงปฏิกิริยาดำเนินต่อไปอีก 1 ชั่วโมง
6. เมื่อให้ความร้อนครบ 1 ชั่วโมงแล้วหยุดให้ความร้อนโดยนำของผสมของปฏิกิริยาออกจากเครื่องให้ความร้อน
7. ค่อย ๆ ใส่ของผสมของปฏิกิริยาที่เย็นแล้วลงในปีกเกอร์ที่มีเมทิลแอลกอฮอล์อยู่ในปริมาณเท่ากับของผสมของปฏิกิริยาดังตั้งไว้ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง
8. นำของผสมของปฏิกิริยาไปกรองและล้างด้วยเมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำกลั่น 3 ครั้ง โดยใช้เครื่องช่วยดูด หลังจากนั้นนำสารที่กรองได้ไปทำให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเวลา 1-3 วัน
9. ศึกษาลักษณะรูปร่างและขนาดของอนุภาคที่ได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



รูปที่ 3 แสดงเครื่องมือในการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ PMMA-PS



รูปที่ 4 แสดงโคพอลิเมอร์ PMMA-PS ที่ได้จากการสังเคราะห์

3.4.3 การเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกต

ในงานวิจัยนี้ใช้สารเคมีที่เป็นส่วนผสมเช่น ซิงค์ออกไซด์ แบเรียมซิลิเกตและซิงค์ซิลิเกต ชนิดเกรดวิเคราะห์ เนื่องจากต้องการสารเคมี ที่สะอาดปราศจากสิ่งเจือปนเพราะสิ่งเจือปนทำให้เกิดผลเสียแก่วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้น เช่น ความแข็งแรงลดลง ทำให้สีเปลี่ยนได้ ปราศจากความชื้น ไม่มีพิษ มีขนาดและการกระจายของอนุภาคสม่ำเสมอซึ่งทำให้วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียม มีสมบัติดีกว่าการใช้สารเคมีที่มีขนาดอนุภาคไม่สม่ำเสมอ ไม่บริสุทธิ์ และเพื่อเป็นการควบคุมตัวแปรด้านการผลิตคือสารเคมีที่ใช้เพื่อให้ได้วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่มีสมบัติใกล้เคียงกันในการเตรียมใหม่แต่ละครั้ง⁽³⁵⁾

สารเคมีที่เป็นส่วนผสมหลักได้แก่ ไดไฮโดรอินนิลฟทาเลต มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่ละลายน้ำ เสถียรที่สภาวะปกติไม่ระเหยได้โดยง่าย สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำได้ดีไม่เป็นพิษต่อร่างกายทั้งระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของพลาสติกไฮเซอรที่ดี ส่วนประกอบของพอลิเมอร์ได้มีการปรับปรุง โดยกระบวนการโคพอลิเมอร์ไรเซชันของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนในการสังเคราะห์

ในงานวิจัยนี้เตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวโดยการชั่งสารเคมีที่เป็นส่วนผสมได้แก่ซิงค์ออกไซด์, แคลเซียมซิลิเกต, แบเรียมซิลิเกต, พอลิเมทิลเมทาคริเลต, ซิงค์ซิลิเกต ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ แอนด์ ความละเอียด 0.001 กรัม ตวงสารเคมีที่เป็นของเหลวได้แก่ไดไฮโดรอินนิลฟทาเลต ด้วยหลอดดูดขนาด 1 มิลลิลิตร ความละเอียด 0.01 มิลลิลิตรยี่ห้อ นิโปร เมื่อได้ปริมาณตามต้องการแล้วนำมาคำนวณหาน้ำหนักสารจากค่าความถ่วงจำเพาะของสารต่อไป ทำการร่อนส่วนผสมด้วยตะแกรงร่อน จำนวน 4 ครั้ง แล้วผสมส่วนผสมและส่วนผสมด้วยครกบดยา เป็นเวลา 5 นาทีจนได้เนื้อเดียวกัน เตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้งหมด 4 กลุ่มที่มีส่วนประกอบจากการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน 4 อัตราส่วน โดยกำหนดให้เป็นสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยในแต่ละกลุ่มจะเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวดังกล่าวนี้จำนวน 3 ชุด จากการศึกษาข้างต้นได้ทำการทดสอบความเที่ยงของการผสมวัสดุในแต่ละครั้งแล้วพบว่า วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใหม่จำนวน 3 ชุดนี้มีค่าความทนแรงอัดและความทนแรงดึงไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) จึงทำการสุ่มตัวอย่าง (simple random sampling) จากวัสดุในแต่ละชุดเพื่อนำมาทดสอบ

3.5 การเตรียมชิ้นงานทดสอบตามกำหนดของมาตรฐาน ISO 3107:2004⁽³⁶⁾

1. แม่แบบชนิดแยกส่วน ที่ใช้เตรียมชิ้นงานทำจากสแตนเลสสตีล หรือวัสดุอื่นที่แข็งแรงต่อแรงกด, แรงกระแทก ไม่ทำปฏิกิริยาหรือถูกกัดกร่อนโดยวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้น ซึ่งประกอบด้วย แม่แบบหล่อ ขนาดสูง 6 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 มิลลิเมตร ส่วนประกอบทุกชิ้นของแม่แบบต้องผิวเรียบ แนบสนิทเมื่อประกอบเข้าด้วยกัน ไม่มีช่องว่างหรือรอยร้าว

2. จัดอุปกรณ์ ประกอบทั้งสองส่วนของแม่แบบเข้าด้วยกันชั้นน็อคจนแนบสนิท วางแม่แบบบนแผ่นแก้วสไลด์รองด้านล่าง 1 แผ่น ทาผิวแม่แบบทั้งหมดเจลาทีเซอริน เพื่อให้สามารถนำชิ้นงานออกจากแม่แบบได้ง่าย

3. นำวัสดุบูรณะฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้น ใส่ลงในอุปกรณ์ที่ประกอบไว้จนเกินพอปิดทับด้านบนด้วยแผ่นแก้วสไลด์อีก 1 แผ่น บีบอัดให้แนบสนิทกันด้วยตัวหนีบยึดแม่แบบชิ้นงานไว้

4. นำแบบหล่อชิ้นงานเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5. นำชิ้นงานออกจากตู้ควบคุมอุณหภูมิ และชิ้นงานออกจากแม่แบบ เตรียมผิวชิ้นทดสอบในส่วนปลายทั้งสองด้านให้ได้ระนาบตั้งฉากกับแนวตั้งและเรียบด้วยกระดาษทรายความละเอียด 45 ไมโครเมตร โดยมีน้ำหล่อตลอดการขัดเตรียมผิวชิ้นงาน

6. นำชิ้นทดสอบเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนทำการทดสอบ



รูปที่ 5 แสดงแม่แบบชนิดแยกส่วนทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม

3.6 การทดสอบความทนแรงอัด

เตรียมชิ้นทดลองกลุ่มละ 30 ชิ้น และทำการทดสอบความทนแรงอัด ตามเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมหมายเลข 3107:2004 เตรียมชิ้นทดลองจากแม่แบบชนิดแยกส่วนทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) ที่มีช่องสำหรับเตรียมชิ้นทดลองทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร และสูง 6 มิลลิเมตร ส่วนประกอบทุกชิ้นของแม่แบบต้องผิวเรียบ แนบสนิทเมื่อประกอบเข้าด้วยกัน วางแบบหล่อลงบนแถบเซลลูลอยด์ ที่วางอยู่บนแผ่นแก้วสไลด์ (glass slide) ทาผิวแม่แบบทั้งหมดด้วยเจลาทีเซอริน นำวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใส่ในแบบหล่อที่ประกอบไว้จนเกินพอปิดทับด้านบนด้วยแถบเซลลูลอยด์ตามด้วยแผ่นแก้วสไลด์ ใช้ตัวหนีบยึดให้แนบสนิทกัน นำแผ่นแก้วและแถบเซลลูลอยด์ออก จากนั้นนำชิ้นงานและแม่แบบเข้า

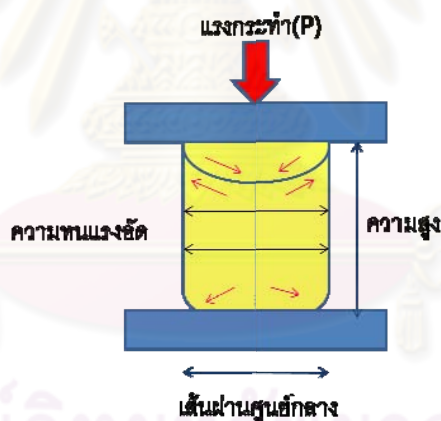
ผู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แกะชิ้นทดลองออกจากแม่แบบเตรียมผิวบนและผิวล่างของชิ้นทดลองให้ได้ระนาบตั้งฉากกับแนวตั้งและเรียบด้วยกระดาษทรายความละเอียด 45 ไมโครเมตร โดยมีน้ำหล่อตลอดการขัดเตรียมผิวชิ้นทดลอง โดยจะคัดชิ้นทดลองออกถ้าพบว่ามีฟองอากาศที่ผิวบนหรือผิวล่างของชิ้นทดลอง แล้วเก็บชิ้นทดลองในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียสในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่น ณ อุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนที่จะนำชิ้นทดลองมาทดสอบความทนแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ โดยให้แรงไปยังชิ้นทดลองในแนวตั้ง และกำหนดให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกด (cross-head speed) เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งชิ้นทดลองเกิดการแตกหัก บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดลองแตก มีหน่วยเป็นนิวตัน จากนั้นคำนวณค่าความทนแรงอัดโดยใช้สูตร

$$C = 4P / \pi D^2$$

C คือ ความทนแรงอัด มีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล (MPa)

P คือ แรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดลองแตก มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดลอง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 6 แสดงการทดสอบความทนแรงอัด

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอสสำหรับวินโดวส์ (SPSS for windows, version 17.0) เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นค่าความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 กลุ่มและเควิต คำนวณค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวทุกกลุ่มและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ถ้ามีความแตกต่างกันและมีความแปรปรวนของประชากรเท่ากันจะทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparisons) ชนิดบอนเฟร์โรน (Bonferroni) ถ้ามีความแตกต่างและมีความแปรปรวนไม่เท่ากันจะทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมเฮน (Tamhane's test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

3.7 การทดสอบความทนแรงดึงแบบไดอะเมทรอล⁽³⁷⁾

เตรียมชิ้นทดลองและทำการทดสอบความทนแรงดึงแบบไดอะเมทรอล (diametral tensile strength) โดยเตรียมชิ้นทดลองกลุ่มละ 10 ชิ้น จากแม่แบบชนิดแยกส่วนหล่อ (ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) ที่มีช่องสำหรับเตรียมชิ้นทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และสูง 3 มิลลิเมตร วางแบบหล่อลงบนแถบเซลลูลอยด์ที่อยู่บนแผ่นแก้วสไลด์ ทาผิวแม่แบบทั้งหมดด้วยเจลกลีเซอริน นำวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นไว้ในแบบหล่อที่ประกอบไว้จนเกินพอปิดทับด้านบนด้วยแถบเซลลูลอยด์ตามด้วยแผ่นแก้วสไลด์ หนีบแผ่นแก้วทั้งสองให้แน่นด้วยตัวหนีบยึด นำแผ่นแก้วและแถบเซลลูลอยด์ออก จากนั้นนำชิ้นงานและแม่แบบเข้าสู่ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แกะชิ้นทดลองออกจากแม่แบบเตรียมผิวบนและผิวล่างของชิ้นทดลองให้ได้ระนาบตั้งฉากกับแนวตั้ง และเรียบด้วยกระดาษทรายความละเอียด 45 ไมโครเมตร โดยมีน้ำหล่อตลอดการขัดเตรียมผิวชิ้นทดลอง โดยจะคัดชิ้นทดลองออกถ้าพบว่ามีฟองอากาศที่ผิวบนหรือผิวล่างของชิ้นทดลอง แล้วเก็บชิ้นทดลองในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียสในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนที่จะนำชิ้นทดลองมาทดสอบความทนแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ โดยวางชิ้นทดลองตามแนวนอนและให้แรงลงในแนวตั้งตามรูปที่ 2 โดยกำหนดให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกดเท่ากับ 0.50 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งชิ้นทดลองเกิดการแตกหัก บันทึกค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดลองแตก มีหน่วยเป็นนิวตัน จากนั้นคำนวณค่าความทนแรงดึงโดยใช้สูตร

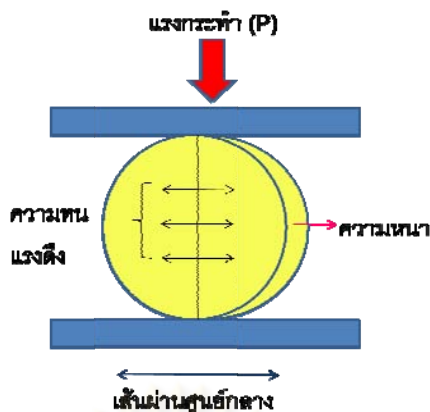
$$DTS = 2P / \pi DT$$

DTS คือ ความทนแรงดึง มีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล

P คือ แรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดลองแตก มีหน่วยเป็นนิวตัน

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดลอง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

T คือ ความหนาของชิ้นทดลอง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 7 แสดงการทดสอบความทนแรงดึงแบบไดอะเมทรอล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอสสำหรับวินโดวส์ คำนวณค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวทุกกลุ่มและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวถ้ามีความแตกต่างกันและมีความแปรปรวนของประชากรเท่ากันจะทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟร์โรนิ ถ้ามีความแตกต่างกันและมีความแปรปรวนไม่เท่ากันจะทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมเฮนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

3.8 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเป็นมาตราอัตราส่วน (ratio scale) เก็บรวบรวมข้อมูลในคอมพิวเตอร์โปรแกรม SPSS version 17 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นค่าความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 สูตรและเควิต เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราว โดยใช้สถิติวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการเปรียบเทียบค่าความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 กลุ่มทดลอง และเควิต

3.8.1 การสรุปข้อมูล (summarization of data) ข้อมูลการทดลองเป็นข้อมูลเชิงปริมาณแสดงค่าเฉลี่ยของค่าความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 กลุ่ม และเควิตที่เป็นกลุ่มควบคุม

3.8.2 ทดสอบการกระจายของข้อมูล (normal distribution test) ด้วยสถิติทดสอบชนิด Kolmogorov-Smirnov test ข้อมูลจะมีการกระจายแบบปกติเมื่อระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$)

3.8.3 สถิติการวิเคราะห์ เมื่อพบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) จึงทดสอบความต่างของค่าเฉลี่ยของค่าความทนแรงอัดและค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงในทุกกลุ่มทดลองด้วยสถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way ANOVA) จากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparison) ชนิดบอนเฟร์โรนนิ (Bonferroni multiple comparison) หรือการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมเฮน (Tamhane's test) เพื่อหากกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยต่างกันต่อไป
การแปรผล: แต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ยต่างกันเมื่อระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 ($p < 0.05$)

3.8.4 การนำเสนอข้อมูล (data presentation) นำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตารางและแผนภูมิแท่งแสดงผลการทดลองและการเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มตัวอย่าง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ลักษณะโดยทั่วไปของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใหม่

จากการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่ได้มาจากการเตรียมส่วนพอลิเมอร์โดยการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้น พบว่าวัสดุที่เตรียมขึ้นมีความเป็นเนื้อเดียวกัน มีความเหนียวใกล้เคียงกับเควิต สามารถดรีดเป็นแผ่นบางได้โดยง่าย ไม่ขาดออกจากกันทั้งในสภาวะแห้งและเมื่อสัมผัสน้ำ แสดงให้เห็นว่าวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมใหม่นั้นสามารถทนการอัดรีดจากฟันคู่สบเมื่อมีการบดเคี้ยวก่อนที่วัสดุอุดฟันชั่วคราวจะก่อตัวเต็มที่ โดยไม่มีการกร่อนหรือยุบเป็นผงออกมา และสามารถปั้นเป็นก้อนได้ง่าย

4.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความทนแรงอัดและความทนแรงดึง

วัสดุอุดฟันชั่วคราว	ความทนแรงอัด (MPa)	ความทนแรงดึง (MPa)
PMMA-PS (1:1)	10.693 ± 0.709^a	4.038 ± 0.203^a
PMMA-PS (1:2)	7.046 ± 0.350^b	3.799 ± 0.163^b
PMMA-PS (1:3)	5.124 ± 0.352^c	3.016 ± 0.124^c
PMMA-PS (1:4)	4.381 ± 0.438^d	2.726 ± 0.176^d
เควิต	9.781 ± 0.362^e	3.614 ± 0.144^b

ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในแต่ละการทดสอบ

4.2.1 ความทนแรงอัด

ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้ง 4 สูตรที่เตรียมขึ้นใหม่มีค่าเท่ากับ 10.693 ± 0.709 , 7.046 ± 0.350 , 5.124 ± 0.352 , 4.381 ± 0.438 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ขณะที่เควิตมีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดเท่ากับ 9.781 ± 0.362 เมกะปาสคาล

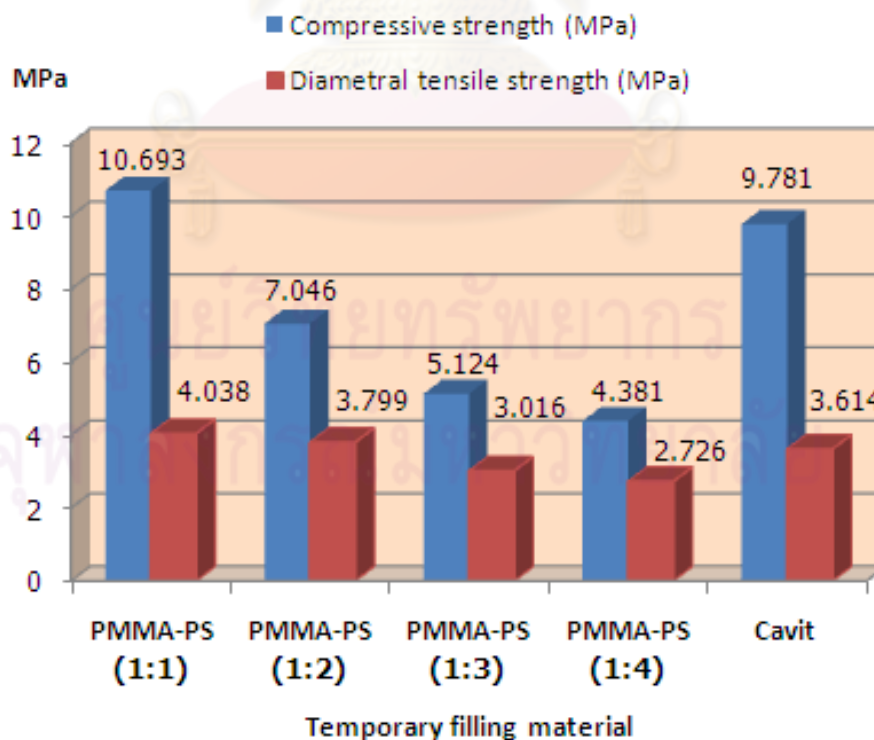
จากการใช้สถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่ามีวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นอย่างน้อย 1 สูตรมีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดมากกว่าเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของสูตรที่ 1 มากกว่าเควิต สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 1 โดยพบว่า สูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดมากที่สุด คือ 10.693 ± 0.709 เมกะปาสคาลและมากกว่าเควิตซึ่งมีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดเท่ากับ 9.781 ± 0.362 เมกะปาสคาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทแยง พบว่า ทุกสูตรมีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดต่างกัน และต่างจากเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2.2 ความทนแรงดึง

ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้ง 4 สูตรที่เตรียมขึ้นใหม่มีค่าเท่ากับ 4.038 ± 0.203 , 3.799 ± 0.163 , 3.016 ± 0.124 , 2.726 ± 0.176 เมกะปาสคาล ตามลำดับขณะที่เควิตมีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงเท่ากับ 3.614 ± 0.144 เมกะปาสคาล

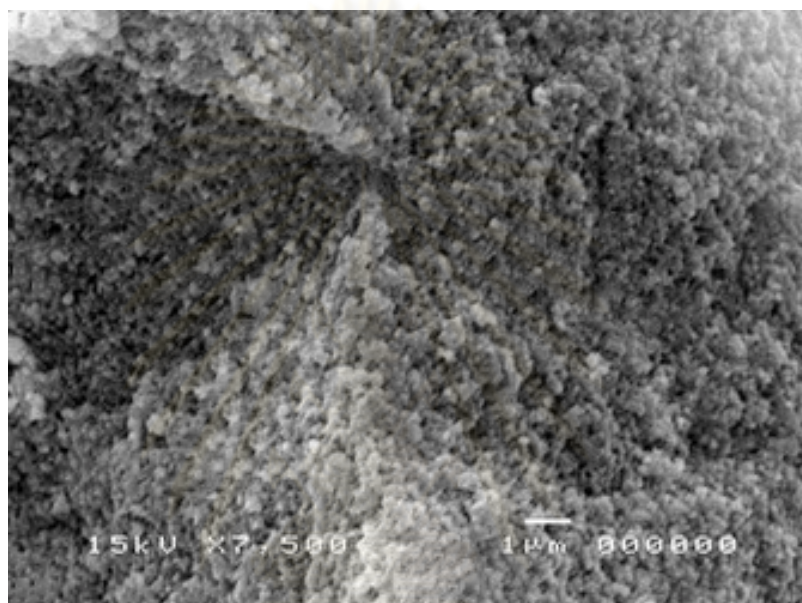
จากการใช้สถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟร์โรนิ พบว่าค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของสูตรที่ 1 มีค่ามากที่สุดโดยแตกต่างกับสูตรอื่น ๆ และเควิตซึ่งมีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงเท่ากับ 3.614 ± 0.144 เมกะปาสคาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟร์โรนิ พบว่า วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นในสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงไม่แตกต่างจากเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



รูปที่ 8 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวในแต่ละกลุ่มและเควิต

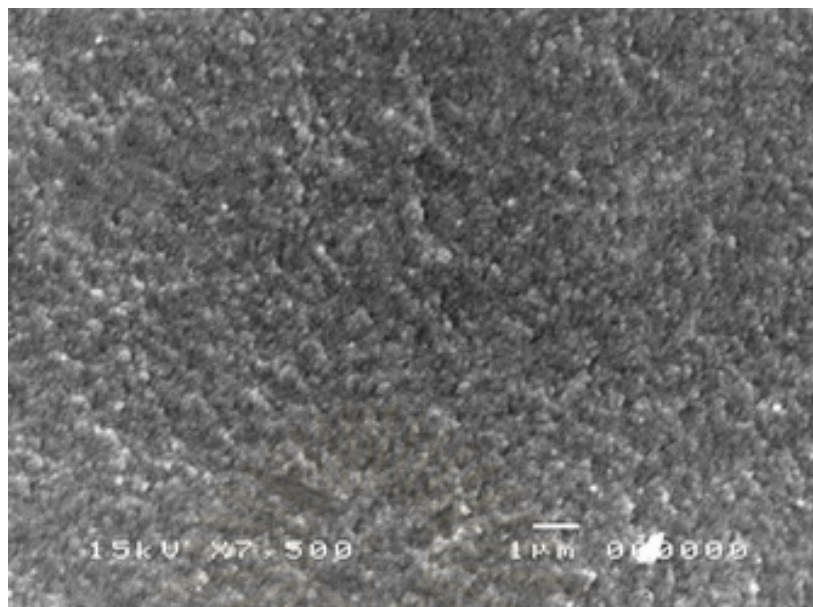
4.3 การวิเคราะห์โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้น

การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการสังเคราะห์ให้ได้อนุภาคนาโนเมตร โดยเมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าอนุภาคของโคพอลิเมอร์มีลักษณะอยู่เกาะกลุ่มกัน และมีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตร

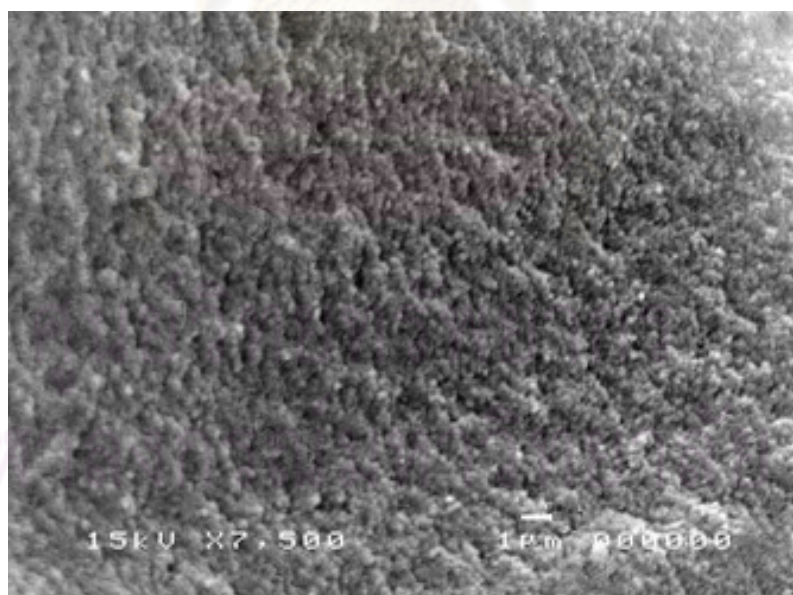


รูปที่ 9 แสดงลักษณะรูปร่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (1:1) กำลังขยาย 7500 เท่า

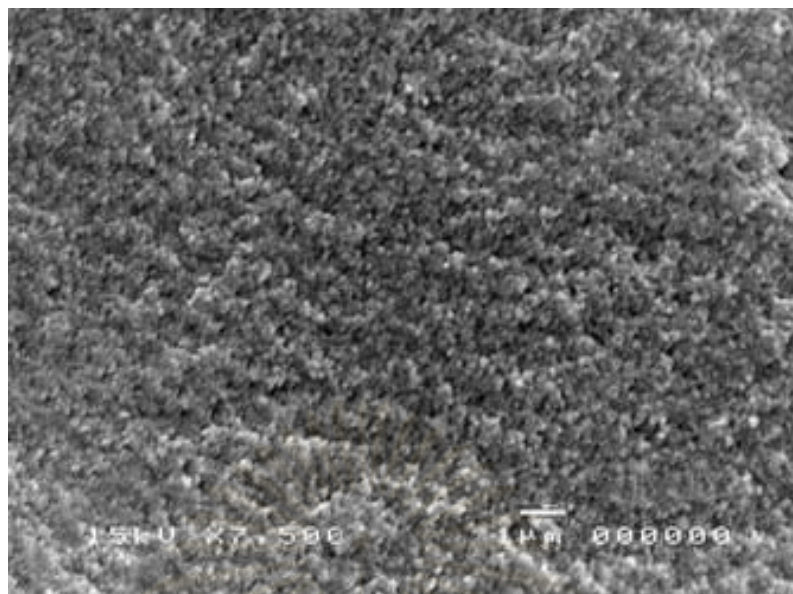
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10 แสดงลักษณะรูปร่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (1:2) กำลังขยาย 7500 เท่า



รูปที่ 11 แสดงลักษณะรูปร่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (1:3) กำลังขยาย 7500 เท่า



รูปที่ 12 แสดงลักษณะรูปร่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (1:4) กำลังขยาย 7500 เท่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

วัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเฟตเป็นวัสดุที่อยู่ในรูปพร้อมที่จะใช้งานได้ทันที ลดขั้นตอนการทำงานที่อาจมีความไม่แน่นอนทางด้านอัตราส่วนการผสม การศึกษาเกี่ยวกับสมบัติพื้นฐานทั้งทางกลและทางกายภาพจึงมีความสำคัญ การทดสอบสมบัติความทนแรงอัดเป็นการทดสอบสมบัติประการหนึ่งของวัสดุอุดฟันชั่วคราวตามเกณฑ์ของ ISO และ ADA เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของวัสดุอุดฟันชั่วคราว ในงานวิจัยนี้มีวิธีการทดลองตามมาตรฐาน ISO 3107:2004 และทดสอบสมบัติความทนแรงดึงโดยใช้การทดสอบแรงดึงแบบไดอะเมทรอลซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับวัสดุประเภทนี้ โดยเป็นการทดสอบความทนแรงดึงทางอ้อมเหมาะสมกับวัสดุที่มีลักษณะแข็งเปราะดังเช่นวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทนี้ โดยที่แรงดึงจะอยู่บริเวณส่วนกลางมากที่สุด วัสดุจะเกิดการแตกหักโดยแตกจากบริเวณส่วนกลางของชิ้นทดลองบันทึกค่าแรงสูงสุดที่ทำให้วัสดุเกิดการแตกหัก จากนั้นนำไปคำนวณตามสูตรก็จะได้ค่าความทนแรงดึงของวัสดุ

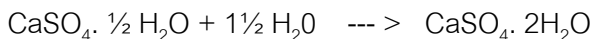
งานวิจัยนี้พัฒนาขึ้นจากการศึกษาของ Boonyawee และคณะ⁽⁵⁾ ที่พัฒนาวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเฟตให้มีสมบัติการสลายในน้ำน้อยกว่าเควิตแต่ยังมีข้อดีอยู่ในด้านความทนแรงอัดซึ่งมีค่าความทนแรงอัดน้อยกว่าเควิตมาก การศึกษานี้จึงมีการพัฒนาสมบัติทางกลด้านความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่แสดงถึงความสามารถของวัสดุอุดฟันในการต้านทานต่อกระบวนการบดเคี้ยวในช่องปาก

จากงานวิจัยนี้พบว่าเควิตมีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดเป็น 9.781 เมกะปาสคาล ซึ่งต่างจากงานวิจัยของ Wideman และคณะ⁽³⁾ ที่พบว่าเควิตมีค่าความทนแรงอัด 14 เมกะปาสคาล และผลงานวิจัยของ Draheim และคณะ⁽⁴⁾ ที่ได้ค่าความทนแรงอัดเป็น 7.89 เมกะปาสคาล โดยงานวิจัยของ Draheim ใช้เควิตในการทดสอบ ส่วนเควิตที่ใช้ในงานวิจัยของ Wideman และคณะในปี ค.ศ. 1971 นั้นมีองค์ประกอบบางชนิดที่ไม่พบในเควิตปัจจุบัน คือ ไกลคอลแอซีเทต (glycol acetate), พอลิไวนิลคลอไรน์แอซีเทต (polyvinyl chlorine acetate) และไตรเอทานอลามีน (triethanolamine) ซึ่งองค์ประกอบที่ต่างไปนี้น่าจะทำให้ผลการทดสอบหาค่าความทนแรงอัดของเควิตมีค่าที่ต่างกับงานวิจัยครั้งนี้ และยังไม่บอกขนาดกลุ่มตัวอย่างและวิธีทดสอบที่ชัดเจน แต่ในงานวิจัยนี้ดำเนินการทดสอบอิงตามมาตรฐาน ISO 3107:2004 ใช้จำนวนตัวอย่างถึง 30 ชิ้นต่อสูตรและผลการทดลองจากทุกสูตรมีการกระจายแบบปกติจึงเป็นผลการทดลองที่น่าเชื่อถือกว่า

สมบัติความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างทั้งอัตราส่วนของวัสดุต่างๆที่เป็นส่วนประกอบ ความเป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุ ขนาดและทิศทางของแรงกระทำ ระยะเวลาที่วัสดุก่อตัวเต็มที่ก่อนนำไปทดสอบรวมถึงสมบัติของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบด้วย ในการวิจัยนี้มีการปรับปรุงในส่วนของพอลิเมอร์ที่เป็นส่วนประกอบในการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราว โดยการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีน เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์การละลาย (solubility parameter)⁽³⁸⁾ ของพลาสติกไซเซอรในทีนี่คือ ไดโอโซโนนิลฟทาเลต พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีน ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่าพลาสติกไซเซอรจะผสมเข้ากับส่วนพอลิเมอร์ได้อย่างสม่ำเสมอ เกิดเป็นสารผสมที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและได้มีการศึกษานำร่องโดยทดสอบการรั่วซึมของวัสดุทั้ง 4 กลุ่มโดยแช่ในสีเมทิลีนบลูเปรียบเทียบกับเควิตพบว่าการรั่วซึมของสีไม่แตกต่างกัน อีกทั้งทดสอบสมบัติการสลายในน้ำของวัสดุก็มีค่าน้อยกว่าเควิตทุกสูตร

กระบวนการโคพอลิเมอร์ไซเซอรันหมายถึงการนำมอนอเมอร์มากกว่าหนึ่งชนิดมาพอลิเมอร์เข้าด้วยกันสามารถปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ได้ กรณีนี้พอลิสไตรีนซึ่งเป็นพลาสติกที่แข็งเปราะเมื่อมาโคพอลิเมอร์กับพอลิเมทิลเมทาคริเลตแล้วจะทำให้มีสมบัติเป็นอีลาสโตเมอร์ (elastomer) มากขึ้น มีสมบัติด้านความเหนียว ให้สมบัติเชิงกลอยู่ในเกณฑ์ ทนต่อตัวทำละลายดีขึ้น มีความต้านทานต่อแรงกระทบกระแทกสูงขึ้น⁽³⁸⁾ โดยในกรณีนี้เป็นโคพอลิเมอร์ไซเซอรแบบสลับ (alternating copolymerization) การที่วัสดุอุดฟันชั่วคราวมีความทนแรงอัดสูงขึ้นน่าจะเกิดจากการที่ส่วนประกอบโคพอลิเมอร์นี้เป็นโครงร่างที่ให้ส่วนประกอบอื่นๆของวัสดุมาเกาะตัว แทรกในโครงร่างได้อย่างหนาแน่นในเนื้อวัสดุ ซึ่งทำให้วัสดุอุดฟันชั่วคราวทนแรงอัดและแรงดึงได้สูงขึ้น จากผลการศึกษาพบว่าโคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นในอัตราส่วนที่ต่างกัน 4 สูตร เพื่อนำมาเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวและนำไปทดสอบนั้นพบว่าโคพอลิเมอร์ที่เกิดจากพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีน ในอัตราส่วน 1:1 ให้ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวมากที่สุดและมากกว่าเควิตที่เป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่นิยมใช้กัน

ในงานวิจัยนี้การที่โคพอลิเมอร์ที่เกิดจากพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนในอัตราส่วน 1:2, 1:3 และ 1:4 เมื่อนำไปเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวแล้วให้ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวน้อยกว่าอัตราส่วน 1:1 อาจเนื่องมาจากเมื่อผสมกับส่วนเหลวในที่นี้คือไดโอโซโนนิลฟทาเลตซึ่งเป็นพลาสติกไซเซอรแล้วทำให้เกิดความหนืดมากขึ้นจากสมบัติของพอลิสไตรีน ซึ่งเมื่อพิจารณาการก่อตัวของวัสดุอุดฟันประเภทนี้เกิดจาก แคลเซียมซัลเฟตไฮเดรตรวมตัวกับน้ำ ดังสมการ



วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทนี้จะเกิดการก่อตัวได้เมื่อสัมผัสกับน้ำ การที่วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่มีโคพอลิเมอร์ที่เกิดจากพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีน ในอัตราส่วน 1:2, 1:3 และ 1:4 เป็นส่วนประกอบจะมีส่วนประกอบของพอลิสไตรีนในโคพอลิเมอร์สูงกว่า เมื่อนำไปผสมกับส่วนประกอบอื่นๆของวัสดุอุดฟันชั่วคราวแล้วพบว่าวัสดุมีความเหนียวมากกว่า เมื่อทดสอบดูการก่อตัวของวัสดุพบว่าวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นนี้ก่อตัวได้ไม่เต็มที่ทั้งขึ้น โดยเฉพาะในเนื้อวัสดุที่ไม่ได้สัมผัสน้ำ เมื่อนำไปทดสอบค่าความทนแรงอัดและความทนแรงดึงจึงได้ค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้โคพอลิเมอร์ในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งเมื่อนำไปเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวแล้วให้สมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับเนื้อวัสดุเควิต ทั้งความเป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุ การบั่นเป็นก้อนหรือกริดเป็นเส้นแล้วไม่ขาดจากกัน และมีการก่อตัวที่สมบูรณ์เมื่อสัมผัสน้ำ โดยเมื่อนำวัสดุไปทดสอบให้ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและความทนแรงดึงสูงกว่าเควิต ทั้งยังคงสมบัติการละลายในน้ำน้อยกว่าเควิตด้วย

แสดงให้เห็นว่าในการพัฒนาสมบัติความทนแรงอัด และความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทนี้ มีปัจจัยที่สำคัญ คือ สมบัติของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบ ในที่นี้พัฒนาส่วนประกอบด้านพอลิเมอร์ของวัสดุ โดยการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ พอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อพอลิสไตรีน 1:1 ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวมากที่สุด นอกจากนี้ความเป็นเนื้อเดียวกันของส่วนประกอบอื่น ๆ ในวัสดุ รวมถึงการเข้าใจปฏิกิริยาการก่อตัวของวัสดุประเภทนี้ก็มีความสำคัญอีกด้วย

กระบวนการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (PMMA-PS) ผ่านกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียลไมโครอิมัลชันนี้เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องการความละเอียดรอบคอบในทุกขั้นตอนของกระบวนการ ทั้งยังเกี่ยวข้องกับสารเคมีหลายชนิดจึงต้องมีความเอาใจใส่อย่างมากในทุกขั้นตอนในการสังเคราะห์ รวมถึงต้องสังเกตและควบคุมปฏิกิริยาให้ได้ เพื่อให้กระบวนการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่สมบูรณ์

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์แคลเซียมซิลิเกตชนิดใหม่ โดยการเตรียมส่วนประกอบในส่วนของพอลิเมอร์ จากการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนในอัตราส่วนที่ต่างกัน 4 อัตราส่วนแล้วนำมาเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวได้เป็น 4 กลุ่มนำมาทดสอบค่าความทนแรงอัดและความทนแรงดึง เปรียบเทียบกับเควิตซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมในงานวิจัยนี้พบว่า

1. ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 สูตรมีค่าดังนี้ 10.693 ± 0.709 , 7.046 ± 0.350 , 5.124 ± 0.352 , 4.381 ± 0.438 เมกะปาสคาลขณะที่เควิตเท่ากับ 9.781 ± 0.362 เมกะปาสคาลซึ่งทุกสูตรมีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
2. ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 สูตรมีค่าดังนี้ 4.038 ± 0.203 , 3.799 ± 0.163 , 3.016 ± 0.124 , 2.726 ± 0.176 เมกะปาสคาล ขณะที่เควิตเท่ากับ 3.614 ± 0.144 เมกะปาสคาล โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงต่างกันและต่างกับเควิตยกเว้นวัสดุอุดฟันชั่วคราวในสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงไม่แตกต่างจากเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
3. วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นจากการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 มีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงมากที่สุดและมากกว่าเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะพัฒนาสมบัติด้านความทนแรงอัดและความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวเท่านั้น ควรมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงสมบัติอื่น ๆ และทดสอบสมบัติเพิ่มเติม เช่น ระยะเวลาก่อตัว (setting time) ความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (biocompatibility) การทดสอบที่จำลองสภาวะและการใช้งานจริงในช่องปาก เพื่อที่จะสามารถผลิตวัสดุอุดฟันชั่วคราวนี้ใช้ได้เองในประเทศและมีสมบัติทัดเทียมกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

รายการอ้างอิง

- (1) Anusavice, K.J. 1996. Phillips' Science of Dental Materials. 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- (2) Naoum, H.J., and Chandler, N.P. 2002. Temporization for endodontics. International Endodontic Journal 35:964-78.
- (3) Widerman, F.H., Eames, W.B., and Serene, T.P. 1971. The physical and biologic properties of Cavit. Journal of American Dental Association 82:378-82.
- (4) Draheim, R.N., Titus, H.W., and Murrey, A.J. 1988. A comparison of compressive strengths of six cavity base materials. The Journal of Prosthetic Dentistry 60:317-9.
- (5) Boonyawee, S., Thamrongananskul, N., and Thirawat, J. 2008. Disintegration of newly developed zinc oxide calcium sulfate base temporary filling material. Chulalongkorn University Dental Journal 31:331-8.
- (6) Jayflex DINP Plasticizer. 2005. Material safety data sheet [online]. (n.d.). Available from: <http://www.msds.com> [2010, November 10].
- (7) Hall, M., Matthews, A., Webley, L., and Harling, R. 2000. Effects of di-isononyl phthalate (DINP) on peroxisomal markers in the marmoset- DINP is not a peroxisome proliferator. J Toxicological Sciences. 56:181-188
- (8) Powers, J. M., and Sakaguchi, R. L. 2006. Craig's Restorative Dental Material. 12 th ed. Missouri: MOSBY.
- (9) Ray, H.A., and Trope, M. 1995. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. International Endodontic Journal. 28:12-8.
- (10) Abbott, P.V. 1994. Factors associated with continuing pain in endodontics. AustraliaDental Journal. 39:157-61.
- (11) Jensen, A.L., Abbott, P.V., Castro, and Salgado, J. 2007. Interim and temporary restoration of teeth during endodontic treatment. Australian Dental Journal 52:S83-99.

- (12) 3M ESPE Company. 2003. Material safety data sheet [online]. (n.d.). Available from: <http://www.msds.com> [2010, September 4].
- (13) Webber, R.T., del Rio, C.E., Brady, J.M., and Segall, R.O. 1978. Sealing quality of a temporary filling material. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology 46:123-30.
- (14) Mayer, T., and Eickholz, P. 1997. Microleakage of temporary restorations after thermocycling and mechanical loading. Journal of Endodontics 23:320-2.
- (15) Cruz, E.V., Shigetani, Y., Ishikawa, K., Kota, K., Iwaku, M., and Goodis, H.E. 2002. A laboratory study of coronal microleakage using four temporary restorative materials. International Endodontic Journal 35:315-20.
- (16) Noguera, A.P., and McDonald, N.J. 1990. Comparative in vitro coronal microleakage study of new endodontic restorative materials. Journal of Endodontics 16:523-7.
- (17) Krakow, A.A, de Stoppelaar, J.D., and Gron, P. 1977. In vivo study of temporary filling materials used in endodontics in anterior teeth. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology 43:615-20.
- (18) Deveaux, E., Hildebert, P., Neut, C., Boniface, B., and Romond, C. 1992. Bacterial microleakage of Cavit, IRM, and TERM. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology 74:634-43.
- (19) Imura, N., Otani, S.M., Campos, M.J., Jardim, Junior, E.G., and Zuolo, M.L. 1997. Bacterial penetration through temporary restorative materials in root-canal-treated teeth in vitro. International Endodontic 30:381-5.
- (20) Bobotis, H.G., Anderson, R.W., Pashley, D.H., and Pantera, E.A. 1989. A microleakage study of temporary restorative materials used in endodontics. Journal of Endodontics 15:569-72.
- (21) Anderson, R.W., Powell, B.J., and Pashley, D.H. 1989. Microleakage of temporary restorations in complex endodontic access preparations. Journal of Endodontics 15:526-9.

- (22) Marosky, J.E., Patterson, S.S., and Swartz, M. 1977. Marginal leakage of temporary sealing materials used between endodontic appointments and assessed by calcium 45-an in vitro study. Journal of Endodontics 3:110-3.
- (23) Liberman, R., Ben-Amar, A., Frayberg, E., Abramovitz, I., and Metzger, Z., 2001. Effect of repeated vertical loads on microleakage of IRM and calcium sulfate-based temporary fillings. Journal of Endodontics 27:724-9.
- (24) Jacquot, B.M., Panighi, M.M., Steinmetz, P., and G'Sell, C.1996. Microleakage of Cavit, CavitW, CavitG and IRM by impedance spectroscopy. International Endodontic Journal 29:256-61.
- (25) Tamse, A., Ben-Amar, A., and Gover, A. 1982. Sealing properties of temporary filling materials used in endodontics. Journal of Endodontics 8:322-5.
- (26) Panichvisai, P.,and Ratisoonthorn, C.1998. Comparison of microleakage of three types of temporary filling materials. Chulalongkorn University Dental Journal 21:1-7.
- (27) Panichvisai, P.,and Ratisoonthorn, C.1998. A comparison of microleakage of three types of temporary filling materials II. Chulalongkorn University Dental Journal 21:9-18.
- (28) Ono, K., and Matsumoto, K. 1992. The physical properties of a new sealing cement. International Endodontic Journal 25:130-3.
- (29) He, G.W., Pan, Q.M., and Rempel, G.L. 2003. Synthesis of poly (methyl methacrylate) nanosize particles by differential microemulsion polymerization. Macromolecular Rapid Communications 24:585-8.
- (30) Norakankorn, C., Pan, Q.M., Rempel, G.L., and Kiatkamjornwong, S. 2009. Synthesis of poly (methyl methacrylate) nanoparticles Initiated by Azobisisobutyronitrile using a differential microemulsion polymerization technique. Journal of Applied Polymer Science 113:375-82.
- (31) Sridao, S.,Saravari, O.,and Chuayjuljit, S. 2008. Preparation of silica / poly (methyl methacrylate) composite nanoparticles via differential microemulsion polymerization. Khonkaen University Restorative Journal 13:759-62.

- (32) เจน รัตน์ไพศาล. 2533. ทันตวัสดุศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- (33) Exxon Mobil Chemical Company. 2001. Material safety data sheet [online].(n.d.). Available from: <http://www.msds.com> [2010, December 8]
- (34) Butala, J.H., Kaufmann, W., Deckardt, K., McKee, R.H., and Bahnemann, R. 2002. Tumor induction in mouse liver: di-isononyl phthalate acts via peroxisome proliferation. Regulatory Toxicology and Pharmacology 36:175-83.
- (35) อรุณา สรวารี. 2546. สารเติมแต่งพอลิเมอร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (36) International Organization for Standardization. Dentistry-Zinc oxide/eugenol and zinc oxide/non-eugenol cements ISO 3107:2004 [online]. (n.d.). Available from: <http://www.iso.org/iso/prods-services/ISOstore/store.html> [2010, April 8].
- (37) Darvell, B.W., 2009. Materials Science for Dentistry. 9th ed. Hong Kong : University of Hong Kong.
- (38) Eds, Brandrup, J., Immergut, E.H., and Grulke, E.A.1999. Polymer Handbook. 4th ed., New York: John Wiley.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดสอบทางสถิติของความทนแรงอัด

ตารางที่ 12 แสดงผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟัน
ชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov test

CAVIT		COM	
Cavit 3M	N	30	
	Normal	Mean	9.7810
	Parameters(a,b)	Std. Deviation	.36190
	Most Extreme Differences	Absolute	.075
		Positive	.075
		Negative	-.066
	Kolmogorov-Smirnov Z		.409
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.996*
PMMA:PS (1:1)	N	30	
	Normal	Mean	10.6927
	Parameters(a,b)	Std. Deviation	.70876
	Most Extreme Differences	Absolute	.140
		Positive	.140
		Negative	-.077
	Kolmogorov-Smirnov Z		.769
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.595*
PMMA:PS(1:2)	N	30	
	Normal	Mean	7.0463
	Parameters(a,b)	Std. Deviation	.35040
	Most Extreme Differences	Absolute	.083
		Positive	.081
		Negative	-.083
	Kolmogorov-Smirnov Z		.452
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.987*

ตารางที่ 12 แสดงผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟัน
ชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov test (ต่อ)

CAVIT		COM	
PMMA:PS(1:3)	N	30	
	Normal	Mean	5.1240
	Parameters(a,b)	Std. Deviation	.35198
	Most Extreme Differences	Absolute	.125
		Positive	.125
		Negative	-.067
	Kolmogorov-Smirnov Z		.687
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.733*
	PMMA:PS(1:4)	N	30
Normal		Mean	4.3807
Parameters(a,b)		Std. Deviation	.43778
Most Extreme Differences		Absolute	.083
		Positive	.083
		Negative	-.081
Kolmogorov-Smirnov Z			.454
Asymp. Sig. (2-tailed)			.986*

* คือ ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้ง 4 สูตร และเควิต มีการกระจายแบบปกติ
ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

ตารางที่ 13 แสดงผลสถิติทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความทนแรงอัด

COMPRESSIVE

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.717	4	145	.001*

* คือ ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวอย่างน้อย 1 กลุ่มมีความแปรปรวนไม่เท่ากับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ตารางที่ 14 แสดงผลสถิติทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติวิเคราะห์ชนิดโรบัสต์ (Robust Tests)

Robust Tests of Equality of Means

COMPRESSIVE

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	1097.581	4	71.848	.000*
Brown-Forsythe	1082.421	4	98.925	.000*

* คือ วัสดุอุดฟันชั่วคราวอย่างน้อย 1 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ศูนย์ทันตกรรม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราว

4 สูตรและเควิต โดยสถิติทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมเฮน

Tamhane

(I) CAVIT	(J) CAVIT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Cavit 3M	PMMA:PS (1:1)	-.9117(*)	.14530	.000*	-1.3403	-.4830
	PMMA:PS(1:2)	2.7347(*)	.09197	.000*	2.4670	3.0023
	PMMA:PS(1:3)	4.6570(*)	.09217	.000*	4.3888	4.9252
	PMMA:PS(1:4)	5.4003(*)	.10370	.000*	5.0981	5.7025
PMMA:PS(1:1)	Cavit 3M	.9117(*)	.14530	.000*	.4830	1.3403
	PMMA:PS(1:2)	3.6463(*)	.14435	.000*	3.2201	4.0726
	PMMA:PS(1:3)	5.5687(*)	.14448	.000*	5.1421	5.9952
	PMMA:PS(1:4)	6.3120(*)	.15210	.000*	5.8659	6.7581
PMMA:PS(1:2)	Cavit 3M	-2.7347(*)	.09197	.000*	-3.0023	-2.4670
	PMMA:PS (1:1)	-3.6463(*)	.14435	.000*	-4.0726	-3.2201
	PMMA:PS(1:3)	1.9223(*)	.09068	.000*	1.6584	2.1862
	PMMA:PS(1:4)	2.6657(*)	.10238	.000*	2.3672	2.9642
PMMA:PS(1:3)	Cavit 3M	-4.6570(*)	.09217	.000*	-4.9252	-4.3888
	PMMA:PS (1:1)	-5.5687(*)	.14448	.000*	-5.9952	-5.1421
	PMMA:PS(1:2)	-1.9223(*)	.09068	.000*	-2.1862	-1.6584
	PMMA:PS(1:4)	.7433(*)	.10256	.000*	.4443	1.0423
PMMA:PS(1:4)	Cavit 3M	-5.4003(*)	.10370	.000*	-5.7025	-5.0981
	PMMA:PS (1:1)	-6.3120(*)	.15210	.000*	-6.7581	-5.8659
	PMMA:PS(1:2)	-2.6657(*)	.10238	.000*	-2.9642	-2.3672
	PMMA:PS(1:3)	-.7433(*)	.10256	.000*	-1.0423	-.4443

* คือ กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดสอบทางสถิติของความทนแรงดึง

ตารางที่ 16 แสดงผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟัน
ชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov test

TEST			TENSILE
CAVIT	N		10
	Normal Parameters(a,b)	Mean	3.6140
		Std. Deviation	.14370
	Most Extreme Differences	Absolute	.166
		Positive	.166
		Negative	-.128
	Kolmogorov-Smirnov Z		.526
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.945*
PMMA:PS(1:1)	N		10
	Normal Parameters(a,b)	Mean	4.0380
		Std. Deviation	.20330
	Most Extreme Differences	Absolute	.112
		Positive	.112
		Negative	-.102
	Kolmogorov-Smirnov Z		.355
	Asymp. Sig. (2-tailed)		1.000*

* คือ ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้ง 4 สูตรและเควิต มีการกระจายแบบปกติ
ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

ตารางที่ 16 แสดงผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟัน
ชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov test (ต่อ)

TEST			TENSILE
PMMA:PS(1:2)	N		10
	Normal Parameters(a,b)	Mean	3.7990
		Std. Deviation	.16251
	Most Extreme Differences	Absolute	.139
		Positive	.120
		Negative	-.139
	Kolmogorov-Smirnov Z		.440
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.990*
PMMA:PS(1:3)	N		10
	Normal Parameters(a,b)	Mean	3.0160
		Std. Deviation	.12385
	Most Extreme Differences	Absolute	.156
		Positive	.156
		Negative	-.119
	Kolmogorov-Smirnov Z		.494
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.968*
PMMA:PS(1:4)	N		10
	Normal Parameters(a,b)	Mean	2.7260
		Std. Deviation	.17633
	Most Extreme Differences	Absolute	.127
		Positive	.127
		Negative	-.124
	Kolmogorov-Smirnov Z		.401
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.997*

* คือ ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้ง 4 สูตรและเควิต มีการกระจายแบบปกติ

ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

ตารางที่ 17 แสดงผลสถิติทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราว 4 สูตรและเควิต โดยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.063	4	3.016	111.847	.000*
Within Groups	1.213	45	.027		
Total	13.277	49			

* คือ วัสดุอุดฟันชั่วคราวอย่างน้อย 1 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราว
4 สูตรและเควิต โดยสถิติทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟร์โรน

Bonferroni	(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	VAR00 002	VAR00 002					
TENSILE	cavit	Gr1	-.42400*	.07344	.000*	-.6408	-.2072
		Gr2	-.18500	.07344	.154	-.4018	.0318
		Gr3	.59800*	.07344	.000*	.3812	.8148
		Gr4	.88800*	.07344	.000*	.6712	1.1048
	Gr1	cavit	.42400*	.07344	.000*	.2072	.6408
		Gr2	.23900*	.07344	.022*	.0222	.4558
		Gr3	1.02200*	.07344	.000*	.8052	1.2388
		Gr4	1.31200*	.07344	.000*	1.0952	1.5288
	Gr2	cavit	.18500	.07344	.154	-.0318	.4018
		Gr1	-.23900*	.07344	.022*	-.4558	-.0222
		Gr3	.78300*	.07344	.000*	.5662	.9998
		Gr4	1.07300*	.07344	.000*	.8562	1.2898
	Gr3	cavit	-.59800*	.07344	.000*	-.8148	-.3812
		Gr1	-1.02200*	.07344	.000*	-1.2388	-.8052
		Gr2	-.78300*	.07344	.000*	-.9998	-.5662
		Gr4	.29000	.07344	.003*	.0732	.5068
Gr4	cavit	-.88800*	.07344	.000*	-1.1048	-.6712	
	Gr1	-1.31200*	.07344	.000*	-1.5288	-1.0952	
	Gr2	-1.07300*	.07344	.000*	-1.2898	-.8562	
	Gr3	-.29000*	.07344	.003*	-.5068	-.0732	

* คือ กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ภาคผนวก ค
ข้อมูลวัสดุอุดฟันชั่วคราวเควิต

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

SECTION 1 : PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME : 3M(TM) ESPE(TM) CAVIT/ CAVIT-W/ CAVIT-G

MANUFACTURER : 3M

DIVISION : 3M ESPE Dental Products

Product Use : Limitations on Use: For use only by dental professionals

Specific Use : Temporary dental restorative

SECTION 2 : INGREDIENTS

Ingredient	C.A.S. No.	% by Wt
ZINC OXIDE	1314-13-2	30 - 50
CALCIUM SULFATE	7778-18-9	1 - 30
BARIUM SULFATE	7727-43-7	0 - 20
TALC	14807-96-6	0 - 20
ETHYLENE BIS(OXYETHYLENE)		
DIACETATE	111-21-7	10 - 20
ZINC SULFATE	7733-02-0	5 - 10
POLY(VINYL ACETATE)	9003-20-7	1 - 5

SECTION 3 : HAZARDS IDENTIFICATION

3.1 EMERGENCY OVERVIEW

Specific Physical Form : Paste

Odor, Color, Grade : Slight characteristic odor, pink, grey, or white in color

General Physical Form : Solid

Immediate health, physical, and environmental hazards : No

3.2 POTENTIAL HEALTH EFFECTS

Eye Contact : Moderate Eye Irritation : Signs/symptoms may include redness, swelling, pain, tearing, and blurred or hazy vision.

Skin Contact : Mild Skin Irritation: Signs/symptoms may include localized redness, swelling, and itching.

Inhalation : Prolonged or repeated exposure, above recommended guidelines, may cause:

Upper Respiratory Tract Irritation: Signs/symptoms may include cough, sneezing, nasal discharge, headache, hoarseness, and nose and throat pain.

Ingestion:

Gastrointestinal Irritation: Signs/symptoms may include abdominal pain, nausea, diarrhea and vomiting.

SECTION 4 : FIRST AID MEASURES

4.1 FIRST AID PROCEDURES

The following first aid recommendations are based on an assumption that appropriate personal and industrial hygiene practices are followed.

Eye Contact : Flush eyes with large amounts of water. If signs/symptoms persist, get medical attention.

Skin Contact : Wash affected area with soap and water. If signs/symptoms develop, get medical attention.

Inhalation : Remove person to fresh air. If signs/symptoms develop, get medical attention.

If Swallowed : Do not induce vomiting. Give victim two glasses of water. Never give anything by mouth to an unconscious person. Get immediate medical attention.

SECTION 5 : FIRE FIGHTING MEASURES

5.1 FLAMMABLE PROPERTIES

Autoignition temperature : No Data Available

Flash Point : Not Applicable

Flammable Limits - LEL : Not Applicable

Flammable Limits - UEL : Not Applicable

5.2 EXTINGUISHING MEDIA

Use fire extinguishers with class B extinguishing agents (e.g., dry chemical, carbon dioxide).

5.3 PROTECTION OF FIRE FIGHTERS

Special Fire Fighting Procedures : Wear full protective equipment (Bunker Gear) and a self-contained breathing apparatus (SCBA).

Unusual Fire and Explosion Hazards : Not applicable.

Note: See STABILITY AND REACTIVITY (SECTION 10) for hazardous combustion and thermal decomposition information.

SECTION 6 : ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Accidental Release Measures: Observe precautions from other sections. Call 3M-HELPS line (1-800-364-3577) for more information on handling and managing the spill. Collect as much of the spilled material as possible. Clean up residue. Collect the resulting residue containing solution. Place in a closed container approved for transportation by appropriate authorities. Dispose of collected material as soon as possible.

In the event of a release of this material, the user should determine if the release qualifies as reportable according to local, state, and federal regulations.

SECTION 7 : HANDLING AND STORAGE

7.1 HANDLING : Avoid eye contact. Avoid prolonged or repeated skin contact.

7.2 STORAGE : Not applicable.

SECTION 8 : EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

8.1 ENGINEERING CONTROLS : Not applicable.

8.2 PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT (PPE)

8.2.1 Eye/Face Protection : Avoid eye contact.

The following eye protection(s) are recommended: Safety Glasses with side shields.

8.2.2 Skin Protection

Avoid prolonged or repeated skin contact. Gloves not normally required.

8.2.3 Respiratory Protection

Under normal use conditions, airborne exposures are not expected to be significant enough to require respiratory protection.

8.2.4 Prevention of Swallowing : Do not ingest.

8.3 EXPOSURE GUIDELINES

Ingredient	Authority	Type	Limit	Additional Information
BARIUM SULFATE	ACGIH	TWA	10 mg/m ³	
BARIUM SULFATE	OSHA	TWA, respirable	5 mg/m ³	
Table Z-1				
BARIUM SULFATE	OSHA	TWA, Vacated, as dust	10 mg/m ³	
BARIUM SULFATE	OSHA	TWA, as total dust	15 mg/m ³	Table Z-1
CALCIUM SULFATE	ACGIH	TWA, inhalable fraction	10 mg/m ³	
CALCIUM SULFATE	OSHA	TWA, respirable	5 mg/m ³	Table Z-1
CALCIUM SULFATE	OSHA	TWA, as total dust	15 mg/m ³	Table Z-1
TALC	ACGIH	TWA, respirable	2 mg/m ³	Table A4
TALC	CMRG	TWA, as respirable dust	0.5 mg/m ³	
TALC	OSHA	TWA, respirable	2 mg/m ³	Table Z-1A
ZINC OXIDE	ACGIH	TWA, respirable	2 mg/m ³	
ZINC OXIDE	ACGIH	STEL	10 mg/m ³	
ZINC OXIDE	OSHA	TWA, as fume	5 mg/m ³	Table Z-1
ZINC OXIDE	OSHA	TWA, respirable	5 mg/m ³	Table Z-1
ZINC OXIDE	OSHA	STEL, Vacated, as fume	10 mg/m ³	
ZINC OXIDE	OSHA	TWA, Vacated, as dust	10 mg/m ³	
ZINC OXIDE	OSHA	TWA, as total dust	15 mg/m ³	Table Z-1

VAC Vacated PEL : Vacated Permissible Exposure Limits [PEL] are enforced as the OSHA PEL in some states. Check with your local regulatory agency.

SOURCE OF EXPOSURE LIMIT DATA:

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists

CMRG : Chemical Manufacturer Recommended Guideline

OSHA : Occupational Safety and Health Administration

AIHA : American Industrial Hygiene Association Workplace Environmental Exposure Level (WEEL)

SECTION 9 : PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Specific Physical Form : Paste

Odor, Color, Grade : Slight characteristic odor, pink, grey, or white in color

General Physical Form : Solid

Autoignition temperature : No Data Available

Flash Point : Not Applicable

Flammable Limits - LEL : Not Applicable

Flammable Limits - UEL : Not Applicable

Boiling point : Not Applicable

Density : No Data Available

Vapor Density : Not Applicable

Vapor Pressure : Not Applicable

Specific Gravity : 2.6 - 3.0 [Ref Std: WATER=1]

pH Not : Applicable

Melting point : No Data Available

Solubility in Water : Nil

Evaporation rate : Not Applicable

Volatile Organic Compounds : Not Applicable

Percent volatile : Not Applicable

VOC Less H₂O & Exempt Solvents : Not Applicable

Viscosity : Not Applicable

SECTION 10 : STABILITY AND REACTIVITY

Stability : Stable.

Materials and Conditions to Avoid : None known

Hazardous Polymerization : Hazardous polymerization will not occur.

Hazardous Decomposition or By-Products

Substance

Condition

Carbon monoxide

During Combustion

Carbon dioxide

During Combustion

Irritant Vapors or Gases

During Combustion

SECTION 11 : TOXICOLOGICAL INFORMATION

Please contact the address listed on the first page of the MSDS for Toxicological Information on this material and/or its components.

SECTION 12 : ECOLOGICAL INFORMATION

ECOTOXICOLOGICAL INFORMATION : Not determined.

CHEMICAL FATE INFORMATION : Not determined.

SECTION 13 : DISPOSAL CONSIDERATIONS

Waste Disposal Method : Incinerate in an industrial or commercial facility in the presence of a combustible material. As a disposal alternative, dispose of waste product in a facility permitted to accept chemical waste.

EPA Hazardous Waste Number (RCRA) : Not regulated

Since regulations vary, consult applicable regulations or authorities before disposal.

SECTION 14 : TRANSPORT INFORMATION

ID Number(s):

70-2011-0154-3, 70-2011-0155-0, 70-2011-0156-8, 70-2011-0157-6, 70-2011-0158-4, 70-2011-0159-2, 70-2011-0160-0, 70-2011-0460-4, 70-2011-0461-2, 70-2011-0462-0, 70-2011-0463-8, 70-2011-0464-6, 70-2011-0465-3, 70-2011-0466-1, 70-2011-2096-4, 70-2011-2097-2, 70-2011-2098-0

Please contact the emergency numbers listed on the first page of the MSDS for Transportation Information for this material.

SECTION 15 : REGULATORY INFORMATION

US FEDERAL REGULATIONS : Contact 3M for more information.

311/312 Hazard Categories :

Fire Hazard - No Pressure Hazard - No Reactivity Hazard - No Immediate Hazard - No Delayed Hazard - No

Section 313 Toxic Chemicals subject to the reporting requirements of that section and 40 CFR part 372 (EPCRA):

Ingredient	C.A.S. No	% by Wt
ZINC OXIDE (ZINC COMPOUNDS)	1314-13-2	30 - 50
ZINC SULFATE (ZINC COMPOUNDS)	7733-02-0	5 - 10

STATE REGULATIONS : Contact 3M for more information.

CHEMICAL INVENTORIES

This material contains one or more substances not listed on the TSCA Inventory.

Commercial use of this material is regulated by the FDA.

Contact 3M for more information.

INTERNATIONAL REGULATIONS : Contact 3M for more information.

This MSDS has been prepared to meet the U.S. OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200.

SECTION 16 : OTHER INFORMATION

NFPA Hazard Classification

Health: 1 Flammability: 1 Reactivity: 0 Special Hazards: None

National Fire Protection Association (NFPA) hazard ratings are designed for use by emergency response personnel to address the hazards that are presented by short-term, acute exposure to a material under conditions of fire, spill, or similar emergencies.

Hazard ratings are primarily based on the inherent physical and toxic properties of the material but also include the toxic properties of combustion or decomposition products that are known to be generated in significant quantities.

Revision Changes: Copyright was modified.

Section 8 : Exposure guidelines ingredient information was modified.

DISCLAIMER : The information in this Material Safety Data Sheet (MSDS) is believed to be correct as of the date issued. 3M MAKES NO WARRANTIES, EXPRESSED OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY

IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR COURSE OF PERFORMANCE OR USAGE OF TRADE. User is responsible for determining whether the 3M product is fit for a particular purpose and suitable for user's method of use or application. Given the variety of factors that can affect the use and application of a 3M product, some of which are uniquely within the user's knowledge and control, it is essential that the user evaluate the 3M product to determine whether it is fit for a particular purpose and suitable for user's method of use or application.

3M provides information in electronic form as a service to its customers. Due to the remote possibility that electronic transfer may have resulted in errors, omissions or alterations in this information, 3M makes no representations as to its completeness or accuracy. In addition, information obtained from a database may not be as current as the information in the MSDS available directly from 3M.

3M MSDSs are available at www.3M.com



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ณัฐปภัทร์ วัฒนาศรมศิริ เกิดที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2523 สัญชาติไทย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทันตแพทยศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) ในปี พ.ศ. 2546 จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นรับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ประจำสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ที่สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาญจนบุรี ก่อนที่จะลาออกมาทำงานเอกชน และศึกษาต่อระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย