

ผลจากการแปร่งด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์



นางสาว อรุณี อุดลยพิเชษฐ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก    ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก

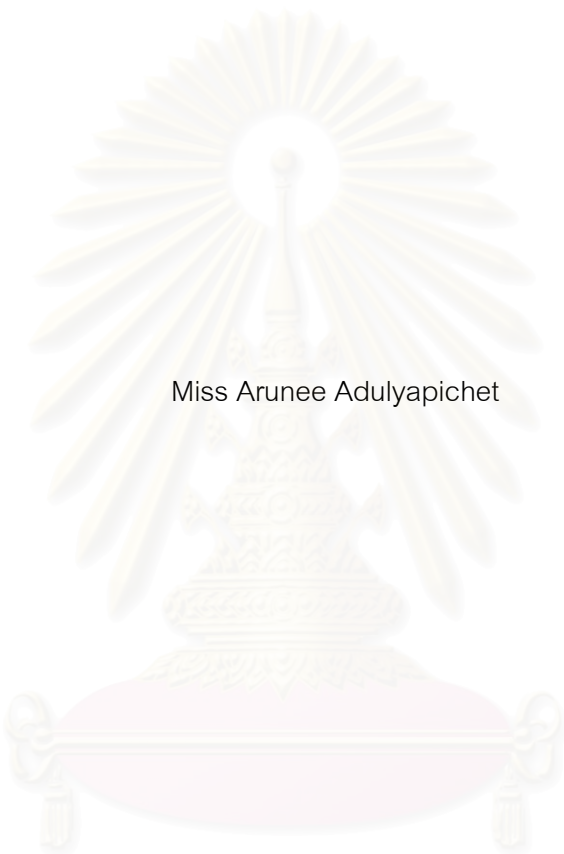
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1707-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF BRUSHING WITH FLUORIDATED DENTIFRICE ON FLUORIDE RELEASE  
OF FLUORIDE-CONTAINING RESIN MATERIALS.



Miss Arunee Adulyapichet

สถาบันวิทยบริการ

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Pediatric Dentistry

Department of Pediatric Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1707-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลจากการแปร่งด้วยยาสี่พินผสมฟลูออไรด์ต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของ  
วัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์

โดย นางสาว อรุณี อดุลยพิเชษฐ์

สาขาวิชา ทันตกรรมสำหรับเด็ก

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ทิพวรรณ ธราภิวัฒน์นนท์

---

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สมหมาย ชอบอิสระ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ทิพวรรณ ธราภิวัฒน์นนท์)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอมอร เบญจวงศ์กุลชัย)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ชัยวัฒน์ มณีชูชัย)

อรุณี อุดุลยพิเชษฐ : ผลจากการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์. (EFFECT OF BRUSHING WITH FLUORIDATED DENTIFRICE ON FLUORIDE RELEASE OF FLUORIDE-CONTAINING RESIN MATERIALS) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ทิพวรรณ ธิภาวิพัฒนานนท์ 81 หน้า. ISBN 974-17-1707-5.

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ (ยาสีฟันมีฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน) ต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ชนิดต่างๆ ได้แก่ เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์ (Helioseal F และ UltraSeal XT plus) คอมโพเมอร์ความหนืดต่ำ (Dyract flow) และคอมโพสิตความหนืดต่ำ (Tetric flow) และใช้เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันที่ไม่ผสมฟลูออไรด์ (Helioseal) เป็นวัสดุควบคุม ทดลองโดยเตรียมชิ้นตัวอย่างของวัสดุทั้ง 5 ชนิดๆ ละ 10 ชิ้น นำชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้นมาแช่ในขวดพลาสติกบรรจุสารละลายน้ำลายเทียมปริมาณ 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 23 ชั่วโมง นำชิ้นตัวอย่างออกจากขวดและนำชิ้นตัวอย่างในกลุ่มทดลอง 5 ชิ้นแปรงด้วยสารละลายยาสีฟันและในกลุ่มควบคุม 5 ชิ้นแปรงด้วยสารละลายน้ำลายเทียม แล้วนำชิ้นตัวอย่างมาแช่ในขวดพลาสติกบรรจุสารละลายน้ำลายเทียมปริมาณ 1 มิลลิลิตร ขวดใหม่ แปรงชิ้นตัวอย่างและเก็บสารละลายน้ำลายเทียมเพื่อวัดปริมาณฟลูออไรด์ซ้ำทุกวัน จนครบ 7 วัน เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test พบว่าปริมาณรวมของฟลูออไรด์จากวัสดุทุกชนิดในกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ไม่แตกต่างจากปริมาณรวมของฟลูออไรด์จากวัสดุชนิดเดียวกันในกลุ่มที่แปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ ) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุแต่ละชนิดโดยใช้สถิติ Kruskal-Wallis one-way ANOVA ร่วมกับสถิติ Mann-Whitney U test พบว่า Dyract flow ปล่อยฟลูออไรด์รวมได้มากกว่า Helioseal F ( $P<0.05$ ), UltraSeal XT plus และ Tetric flow ( $P<0.01$ ) Helioseal F ปล่อยฟลูออไรด์รวมได้มากกว่า UltraSeal XT plus และ Tetric flow ( $P<0.01$ ) ส่วน UltraSeal XT plus ปล่อยฟลูออไรด์รวมได้ไม่แตกต่างจาก Tetric flow ( $P>0.05$ ) สรุปได้ว่าการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ไม่มีผลต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์คือ Helioseal F, UltraSeal XT plus, Dyract flow และ Tetric flow

ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก

ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2545

## 437 61212 32 : MAJOR PEDIATRIC DENTISTRY

KEY WORD: BRUSHING / FLUORIDATED DENTIFRICE / FLUORIDE RELEASE / FLUORIDE-CONTAINING RESIN MATERIALS / ARTIFICIAL SALIVA

ARUNEE ADULYAPICHET : EFFECT OF BRUSHING WITH FLUORIDATED DENTIFRICE ON FLUORIDE RELEASE OF FLUORIDE-CONTAINING RESIN MATERIALS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIPAWAN THARAPIWATTANANON, Ph.D., 81 pp. ISBN 974-17-1707-5.

The purpose of this laboratory experimental research was to study about effect of brushing with fluoridated dentifrice (1,000 ppm fluoride) on fluoride release of various fluoride-containing resin materials. Ten specimens each of two fluoride-containing resin sealants (Helioseal F and UltraSeal XT plus), a flowable compomer (Dyract flow), a flowable composite (Tetric flow) and a conventional resin sealant (Helioseal, as a control) were prepared. Each specimen was kept in 1 ml. of artificial saliva at 37°C for 23 hours. The specimen was taken up. Five specimens in test group were brushed with dentifrice slurry and 5 specimens in control group with artificial saliva. Then each specimen was transferred to fresh artificial saliva. The procedure of brushing and measuring the solution was repeated everyday for 7 days. Using a Mann-Whitney U test was found that there was no significant differences between the cumulative amount of fluoride release from every materials in test group and the same material in control group ( $P>0.05$ ). The difference of cumulative amount of fluoride release among materials was analyzed by Kruskal-Wallis one-way ANOVA with Mann-Whitney U test. The results showed that the cumulative amount of fluoride release from Dyract flow was significantly more than that of Helioseal F ( $P<0.05$ ), UltraSeal XT plus and Tetric flow ( $P<0.01$ ). The cumulative amount of fluoride release from Helioseal F was significantly more than that of UltraSeal XT plus and Tetric flow ( $P<0.01$ ). No significant difference between amount of fluoride release from UltraSeal XT plus and Tetric flow ( $P>0.05$ ). In conclusion, brushing with fluoridated dentifrice do not affect fluoride release of fluoride-containing resin materials in case of Helioseal F, UltraSeal XT plus, Dyract flow and Tetric flow.

Department of Pediatric Dentistry

Student's signature.....

Field of study: Pediatric Dentistry

Advisor's signature.....

Academic year 2002

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ทิพวรรณ ธาราภิวัฒน์นานนท์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ความคิดเห็นในแง่มุมต่างๆ อันเป็นประโยชน์ยิ่งต่องานวิจัยนี้ และเป็นแบบอย่างที่ดีในการทำงานด้านวิจัย จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำด้านสถิติ

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาชีวเคมีที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย และให้ยืมฟลูออไรด์อิเล็กโตรด คุณมารศรี อูซชิน คุณสุภมาส แก้วกระแสนิษฐ์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีวเคมีทุกท่าน สำหรับคำแนะนำ กำลังใจและความเอื้อเฟื้อที่มีให้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปากทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และเครื่องมือต่างๆ รวมถึงให้คำแนะนำและการบริการที่ดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณสรินทรยา สุพรรณพงศ์ ภาควิชาเภสัชวิทยาที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับสารเคมี เจ้าหน้าที่หน่วยซ่อมบำรุงสำหรับการเตรียมแปรงสีฟัน และเจ้าหน้าที่ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็กสำหรับคำแนะนำที่ดี

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนสำหรับการวิจัย บริษัท ยูนิดี เด็นทัล จำกัด บริษัท นูเด็นท์ จำกัด บริษัท เดนต์สพลาย (ประเทศไทย) จำกัด สำหรับวัสดุที่ใช้ทดสอบในการวิจัย บริษัท คอลเกต-ปาล์มโอฟ (ประเทศไทย) จำกัด สำหรับยาสีฟันที่ใช้ในการวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดาสำหรับคำปรึกษาและกำลังใจที่มีให้ตลอดมา ขอขอบคุณภักชกร อุดลยฤทธิ์ อุดลยพิเชษฐ สำหรับความช่วยเหลืองานด้านเอกสาร และขอขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่สามารถกล่าวชื่อนามได้ทั้งหมดสำหรับคำแนะนำและกำลังใจที่มีให้แก่ผู้วิจัย จนการวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

อรุณี อุดลยพิเชษฐ

## สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมุติฐานของการวิจัย.....	4
สมมุติฐานของการวิจัยทางสถิติ.....	4
รูปแบบของการวิจัย.....	4
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	5
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	5
ปัญหาทางจริยธรรม.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
บทบาทของฟลูออไรด์อิสระกับการป้องกันฟันผุ.....	7
วัสดุประเภทเรซินชนิดต่างๆ.....	11
การปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ ในห้องปฏิบัติการ.....	17
การปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์หลังการสัมผัสกับ ฟลูออไรด์เฉพาะที่ชนิดต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ.....	19
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	23
วัสดุประเภทเรซินที่ใช้ทดสอบในการวิจัย.....	23
อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการวิจัย.....	23
สารที่ใช้ในการวิจัย.....	25
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	26

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	30
สรุปขั้นตอนการทดลอง.....	31
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	32
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	36
อภิปรายผลการวิจัย.....	36
สรุปผลการวิจัย.....	45
ข้อเสนอแนะ.....	45
รายการอ้างอิง.....	46
ภาคผนวก.....	60
ภาคผนวก ก วัสดุประเภทเรซินที่ใช้ทดสอบในการวิจัย.....	61
ภาคผนวก ข การผลิตสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐาน.....	62
ภาคผนวก ค การเตรียมเครื่องแปรงฟันอัตโนมัติ.....	63
ภาคผนวก ง การแปลงค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดค่าฟลูออไรด์อิมมูน.....	64
ภาคผนวก จ ภาพแสดงอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการวิจัย.....	65
ภาคผนวก ฉ ตารางแสดงปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุแต่ละชนิด ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	69
ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS.....	74
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	81



## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 ปริมาณเฉลี่ยของฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง.....	35
ตารางที่ 2 ข้อมูลของวัสดุประเภทเรซินที่ใช้ทดสอบในการวิจัย.....	61
ตารางที่ 3 ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุ HeliOSEAL ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	69
ตารางที่ 4 ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุ HeliOSEAL F ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	70
ตารางที่ 5 ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุ UltraSeal XT plus ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง.....	71
ตารางที่ 6 ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุ Dyract flow ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	72
ตารางที่ 7 ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุ Tetric flow ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	73

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 1 การส่งผ่านน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียและตำแหน่งของเอ็นไซม์ที่ฟลูออไรด์ยับยั้งการทำงาน.....	10
ภาพที่ 2 ขึ้นตัวอย่าง.....	26
ภาพที่ 3 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ.....	27
ภาพที่ 4 ใส่ขึ้นตัวอย่างในที่ยัดและปรับแรงกดของแปรงสีฟัน.....	28
ภาพที่ 5 ติดตั้งกระบอกพลาสติก.....	29
ภาพที่ 6 ปริมาณรวมเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	33
ภาพที่ 7 ปริมาณเฉลี่ยของฟลูออไรด์ที่ปล่อยในแต่ละวันจากวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มควบคุม.....	34
ภาพที่ 8 ปริมาณเฉลี่ยของฟลูออไรด์ที่ปล่อยในแต่ละวันจากวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มทดลอง.....	34
ภาพที่ 9 เครื่องวัดค่าฟลูออไรด์อิออน.....	65
ภาพที่ 10 เครื่องผสมสารละลาย.....	65
ภาพที่ 11 เครื่องกวนแบบแตกตัว.....	66
ภาพที่ 12 เครื่องเขย่า.....	66
ภาพที่ 13 ปีเปตอัดโนมตี.....	67
ภาพที่ 14 สารให้ความชื้น.....	67
ภาพที่ 15 วัสดุประเภทเรซินที่ใช้ทดสอบในการวิจัย.....	68

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คุณสมบัติที่ดีของวัสดุประเภทกลาสไอโอโนเมอร์คือ ความสามารถในการปล่อยฟลูออไรด์ ซึ่งทำให้วัสดุประเภทนี้สามารถป้องกันฟันผุได้ (Svanberg, 1992) แต่วัสดุประเภทนี้มีข้อด้อยคือ สีไม่สวย สึกเปราะ แตกง่าย (poor fracture resistance) (Ferracane, 1995; Momoi และคณะ, 1997) การยึดติดกับผิวเคลือบฟันของด้านบดเคี้ยวไม่ดี มีอัตราการหลุดสูง (Aranda และ Garcia-Godoy, 1995; Williams และคณะ, 1996) ทำให้วัสดุประเภทนี้ไม่ได้รับความนิยมในทางทันตกรรมบูรณะและทันตกรรมป้องกันเหมือนกับวัสดุประเภทเรซิน

วัสดุประเภทเรซินได้รับการคิดค้นและพัฒนามาเป็นลำดับ จนกระทั่งปัจจุบันเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในสาขาทันตกรรมบูรณะและทันตกรรมป้องกัน วัสดุประเภทเรซินมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีหลายประการ เช่น สีสวย แข็งแรง ไม่สึกง่ายทำให้ใช้บูรณะในบริเวณที่ต้องรับแรงบดเคี้ยวได้ดี ไม่มีปัญหาเรื่องปรอท (Phillips, 1991; Ferracane, 1995; Segura และ Riggins, 1999) มีอัตราการยึดติดกับผิวเคลือบฟันที่ดีทำให้นิยมใช้วัสดุประเภทเรซินเป็นวัสดุเคลือบหลุมและร่องฟัน (Williams และคณะ, 1996) แต่วัสดุประเภทนี้ไม่มีคุณสมบัติในการปล่อยฟลูออไรด์ได้เหมือนกับวัสดุประเภทกลาสไอโอโนเมอร์ จึงได้มีความพยายามพัฒนาปรับปรุงองค์ประกอบของวัสดุประเภทเรซิน เพื่อให้วัสดุประเภทนี้สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้เพื่อประโยชน์ในการป้องกันฟันผุอีกทางหนึ่ง ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตวัสดุทางทันตกรรมได้ผลิตวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์หลายชนิด เช่น คอมโพสิตผสมฟลูออไรด์ (fluoride-containing composites) เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์ (fluoride-containing resin sealants) โพลีเอซิด-มอดิไฟด์คอมโพสิตหรือคอมโพเมอร์ (polyacid-modified composites or compomers) เป็นต้น

วิธีการที่บริษัทผู้ผลิตวัสดุทางทันตกรรมใช้ดัดแปลงวัสดุประเภทเรซิน ให้สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 2 วิธี วิธีแรกคือ เพิ่มส่วนประกอบที่เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์คือ กลุ่มโพลีเอซิด (polyacid groups) และซิลิเกตกลาสที่ปล่อยฟลูออไรด์ (fluoride-releasing silicate glass) ได้วัสดุที่เรียกว่า โพลีเอซิด-มอดิไฟด์คอมโพสิตหรือคอมโพเมอร์ (Craig, Powers และ Wataha, 2000) อีกวิธีหนึ่งคือ เติมสารประกอบฟลูออไรด์ประเภทอนินทรีย์ (inorganic fluoride compound) เช่น โซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride)

(El-Mehdawi และคณะ, 1985) ฟลูออโรซิลิเกตกลาส (fluorosilicate glass) (Garcia-Godoy และคณะ, 1997) เป็นต้น ซึ่งวิธีนี้ใช้ในทั้งวัสดุประเภทคอมโพสิตและเรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน

วัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ได้รับการคิดค้นและทดสอบตั้งแต่นั้นปี ค.ศ.1960 (Norman, Phillips และ Swartz, 1960) จนถึงปัจจุบัน โดยผลการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์สามารถปล่อยฟลูออไรด์สู่สิ่งแวดล้อมได้ (Norman, Phillips และ Swartz, 1960; Cooley และคณะ, 1990; Shaw, Carrick และ McCabe, 1998; Preston และคณะ, 1999) และพบว่าฟลูออไรด์ที่ถูกปล่อยออกมาทำให้ชั้นผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันที่ติดกับวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์มีปริมาณฟลูออไรด์เพิ่มขึ้น (Norman, Phillips และ Swartz, 1960; Swartz และคณะ, 1976; Temin, Csuros และ Mellberg, 1989; Kawai และคณะ, 1998) ด้านทานต่อการละลายในกรดได้มากขึ้น ลดการสูญเสียแร่ธาตุออกจากชั้นเคลือบฟันและเนื้อฟันได้ (ชัยวัฒน์ มณีบุษย์, 2542ก; Swartz และคณะ, 1976; Jensen และคณะ, 1990) ชะลอการลุกลามของรอยผุจำลองบริเวณขอบวัสดุ (Arends, Ruben และ Dijkman, 1990; Donly และ Gomez, 1994; Dionysopoulos และคณะ, 1998; Hicks และ Flaitz, 1998; Hicks และคณะ, 2000)

ปัจจุบันมีการนำวัสดุประเภทเรซินที่ผสมฟลูออไรด์มาใช้ในงานทันตกรรมป้องกันและทันตกรรมบูรณะมากขึ้นเพราะหวังผลของฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ โดยรูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์แบ่งได้เป็น 2 ระยะ กล่าวคือ ในวันแรกวัสดุจะปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในปริมาณมากที่สุด จากนั้นจะลดลงค่อนข้างมากและค่อนข้างคงที่ในปริมาณน้อยๆ ในวันต่อๆ มา ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ประเภทของวัสดุ ชนิดและปริมาณของฟลูออไรด์ที่ผสมในวัสดุ เป็นต้น (Cooley และคณะ, 1990; Garcia-Godoy และคณะ, 1997; Shaw, Carrick และ McCabe, 1998; Preston และคณะ, 1999; Karantakis และคณะ, 2000) จากรูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์ดังกล่าวข้างต้น ทำให้ คุณสมบัติในการป้องกันฟันผุของวัสดุที่ปล่อยฟลูออไรด์ลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านมา ฉะนั้นถ้าวัสดุประเภทนี้สามารถดูดซับฟลูออไรด์จากสภาวะแวดล้อม และปล่อยออกมาในภายหลังได้ กล่าวคือ มีคุณสมบัติเป็นแหล่งสะสมฟลูออไรด์ (reservoir) วัสดุประเภทนี้จะมีประโยชน์ในการป้องกันฟันผุเพิ่มขึ้น ผลการวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติการเป็นแหล่งสะสมฟลูออไรด์ของวัสดุเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่าวัสดุเหล่านี้สามารถดูดซับฟลูออไรด์และปล่อยออกมาในภายหลังได้จากการสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่ เช่น 1.23% อะซิดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจล (acidulated phosphate fluoride gel) (Steinmetz และคณะ, 1997; Yip, Lam และ Smales, 1999; Yip และ Smales, 1999) สาร

ละลายโซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride solution) ที่มีความเข้มข้นต่างๆ (Suljak และ Hatibovic-Kofman, 1996; Yip, Lam และ Smales, 1999) และยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ (Rothwell, Anstice และ Pearson, 1998) โดยพบว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุหลังสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่เหล่านี้จะมากขึ้นในวันแรกหลังการสัมผัส และลดลงอย่างรวดเร็วในวันต่อมา อย่างไรก็ตาม การวิจัยส่วนใหญ่เป็นการวิจัยที่ให้วัสดุสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่แค่ 1 ครั้ง หรือเป็นระยะๆ แล้วดูผลที่เกิดขึ้นต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุในชีวิตประจำวัน วัสดุทันตกรรมในช่องปากมีโอกาสสัมผัสกับฟลูออไรด์จากภายนอกโดยการแปรงฟันด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ซึ่งเป็นวิธีการที่คนส่วนใหญ่ปฏิบัติทุกวันเพื่อให้ได้รับประโยชน์จากฟลูออไรด์เฉพาะที่ จึงเป็นที่ น่าสนใจว่าการแปรงฟันด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ทุกวันมีผลต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุเหล่านี้หรือไม่และอย่างไร



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## คำถามของการวิจัย

การแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ทุกวันมีผลต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์หรือไม่ อย่างไร

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ชนิดต่างๆ (เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์ คอมโพเมอร์ความหนืดต่ำและคอมโพสิตความหนืดต่ำ)

## สมมติฐานของการวิจัย

1. ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์หลังแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์มากกว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุชนิดเดียวกันหลังแปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟัน (สารละลายน้ำลายเทียม)
2. ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์แต่ละชนิด แตกต่างกัน

## สมมติฐานของการวิจัยทางสถิติ

1. ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์หลังแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ไม่แตกต่างกับปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุชนิดเดียวกันหลังแปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟัน (สารละลายน้ำลายเทียม)
2. ในกลุ่มที่แปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟัน ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์แต่ละชนิดไม่แตกต่างกัน
3. ในกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์แต่ละชนิดไม่แตกต่างกัน

## รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory experimental research)

### ข้อตกลงเบื้องต้น

1. วัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ที่ศึกษาในการวิจัยนี้ คือ เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์ (fluoride-containing resin sealant) คอมโพเมอร์ความหนืดต่ำ (flowable compomer) และ คอมโพสิตความหนืดต่ำ (flowable composite)
2. ยาสีฟันที่ใช้ในการทดสอบมีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm)
3. อัตราส่วนของยาสีฟัน : สารละลายน้ำลายเทียม เท่ากับ 1 กรัม : 5 มิลลิลิตร (Attin, Buchalla, Ameling และ Hellwig, 1999)
4. ขนาดของแรงที่ใช้แปรงเท่ากับ 150 กรัม กำหนดโดย Laboratory Abrasion Committee of the American Dental Association Dentifrice Program (Hefferren, 1976)
5. จำนวนครั้งของการแปรงเท่ากับ 40 ครั้ง และแช่ชิ้นตัวอย่างในสารละลายยาสีฟันหรือสารละลายน้ำลายเทียมจนครบ 6 นาที เพื่อจำลองการแปรงฟันในแต่ละวัน โดยกำหนดจากคำแนะนำของ Wei และ Hyman (1982) ซึ่งแนะนำให้แปรงตำแหน่งละ 20 ครั้ง แปรงนาน 3 นาทีต่อรอบ วันละ 2 รอบ
6. ใช้แปรงสีฟัน 1 ด้ามต่อชิ้นตัวอย่าง 1 ชิ้น
7. ใช้เครื่องฉายแสงและเครื่องวัดค่าฟลูออไรด์อิออนเครื่องเดียวตลอดการทดลอง
8. การปฏิบัติการทำโดยทันตแพทย์คนเดียวตลอดการทดลอง

### ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งไม่สามารถเลียนแบบสภาวะในช่องปากได้อย่างแท้จริง ดังนั้นผลการวิจัยที่ได้จึงไม่สามารถนำไปสรุปทางคลินิกได้โดยตรง

### ปัญหาทางจริยธรรม

ไม่มี

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาว่า วัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์สามารถเป็นแหล่งสะสมฟลูออไรด์จากการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์เข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเป็นวิธีการได้รับฟลูออไรด์เฉพาะที่ซึ่งคนส่วนใหญ่ใช้เป็นประจำทุกวันได้หรือไม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นส่วนหนึ่งเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ และเป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุในทางทันตกรรมป้องกันและทันตกรรมบูรณะให้เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุในระดับต่างๆ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### บทบาทของฟลูออไรด์อิสระกับการป้องกันฟันผุ

ฟลูออไรด์ในสภาพแวดล้อมของฟันมีบทบาทสำคัญในการป้องกันฟันผุมากกว่าฟลูออไรด์ในผิวฟัน การรักษาสภาพแวดล้อมภายในช่องปากให้มีฟลูออไรด์อยู่อย่างสม่ำเสมอเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการได้รับผลป้องกันฟันผุจากฟลูออไรด์ (Larson และคณะ, 1976) ฟลูออไรด์มีผลในการป้องกันฟันผุ ดังนี้

#### 1. ผลต่อการสูญเสียและการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน

ฟลูออไรด์สามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุ และส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน โดย Margolis, Moreno และ Murphy (1986) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำต่อการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.3 พบว่าในสถานะที่ไม่มีฟลูออไรด์มีการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันอย่างรวดเร็ว ในสถานะที่มีฟลูออไรด์เพียง 0.024 ส่วนในล้านส่วนก็สามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันได้ และเมื่ออยู่ในสถานะที่มีฟลูออไรด์ 1 ส่วนในล้านส่วน ไม่พบว่าการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันเลย ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อเคลือบฟันที่ล้อมรอบด้วยสารละลายที่ไม่อิ่มตัว (undersaturate) เมื่อเปรียบเทียบกับเคลือบฟันจะทำให้มีการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟัน เมื่อเพิ่มฟลูออไรด์ในสารละลายจะทำให้สารละลายนี้จะมีอิ่มตัวอย่างยิ่งวด (highly supersaturate) ด้วยฟลูออโรอะพาทไซต์ (fluorapatite) มากขึ้น ซึ่งจะกระตุ้นให้มีการสะสมกลับของแร่ธาตุไปยังผิวเคลือบฟันที่มีการละลายของแร่ธาตุในรูปของฟลูออโรอะพาทไซต์ซึ่งต้านทานต่อการละลายในกรดดีกว่าอะพาทไซต์ของเคลือบฟัน (Featherstone, 1999) เป็นการช่วยป้องกันไม่ให้แร่ธาตุออกจากผิวเคลือบฟันไปยังความจุลินทรีย์และน้ำลาย และการสะสมกลับของแร่ธาตุจะทำให้รูพรุนบนผิวเคลือบฟันที่เกิดจากการละลายของแร่ธาตุแคบลงซึ่งจะลดการซึมผ่านของกรดสูผิวเคลือบฟันและแร่ธาตุออกจากผิวเคลือบฟันด้วย (ten Cate และ van Loveren, 1999) การสะสมกลับของฟลูออโรอะพาทไซต์จะทำให้อัตราการสูญเสียแร่ธาตุโดยรวมลดลง ซึ่งเมื่ออัตราการสะสมกลับของแร่ธาตุมากกว่าอัตราการสูญเสียก็จะมีผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันได้ (Margolis, Moreno และ Murphy, 1986) ten Cate และ Duijsters (1983a) พบว่าสารละลายกรดที่อิ่มตัว

ด้วยแคลเซียมฟลูออไรด์ (calcium fluoride) มีประสิทธิภาพในการต้านทานการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันมากกว่าสารละลายกรดที่อิมัลชันด้วยฟลูออโรแอฟพะไทท์

ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแคลเซียมและฟอสเฟตในสารละลายมีผลต่ออัตราการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวฟัน (ten Cate และ Duijsters; 1983b) ดังในการศึกษาของ Margolis, Moreno และ Murphy (1986) ที่ได้กล่าวมาแล้ว และ ten Cate และ Duijsters (1983a) ได้ศึกษาการสูญเสียแคลเซียมและฟอสเฟตจากผิวเคลือบฟันในสารละลายที่มีฟลูออไรด์ตั้งแต่ 0-10 ส่วนในล้านส่วนและมีค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งแต่ 4-5 พบว่าในสภาวะที่มีปริมาณฟลูออไรด์เพิ่มขึ้นหรือมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น ผิวเคลือบฟันจะสูญเสียแคลเซียมและฟอสเฟตน้อยลง Featherstone และคณะ (1990) พบว่าการมีฟลูออไรด์ 2 ส่วนในล้านส่วนในสารละลายกรดที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 สามารถลดอัตราการละลายแร่ธาตุของผลึกแอฟพะไทท์ได้ประมาณร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายกรดที่มีฟลูออไรด์ 0.02 ส่วนในล้านส่วน และเมื่อมีปริมาณฟลูออไรด์ในสารละลายกรดเพิ่มขึ้น อัตราการละลายแร่ธาตุของผลึกแอฟพะไทท์ก็ยิ่งลดลง ในทำนองเดียวกันกับการศึกษาของ Gibbs และคณะ (1995) ที่พบว่าการสะสมกลับของแคลเซียมในรอยบุ๋มจำลองบนผิวเคลือบฟันจะมีมากขึ้น เมื่อมีปริมาณฟลูออไรด์ในสารละลายมากขึ้น

มีการศึกษาพบว่าผิวเนื้อฟันมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียแร่ธาตุมากกว่าผิวเคลือบฟัน และการสะสมกลับของแร่ธาตุจะเกิดขึ้นได้ยากกว่าผิวเคลือบฟัน โดย ten Cate, Buijs และ Damen (1995) ศึกษาพบว่าในสภาวะจำลองการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของช่องปาก การเติมฟลูออไรด์ 0.06 ส่วนในล้านส่วนลงในสารละลาย สามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันได้มากกว่าผิวเนื้อฟัน ten Cate, Damen และ Buijs (1998) พบว่าการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเนื้อฟันจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีความเข้มข้นของฟลูออไรด์อย่างน้อย 1 ส่วนในล้านส่วนซึ่งมากกว่าฟลูออไรด์ที่ใช้ในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟัน ส่วนการศึกษาของ Herkströter, Witjes และ Arends (1991) พบว่าในสภาวะจำลองการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของช่องปาก ฟลูออไรด์ 2 ส่วนในล้านส่วนในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 สามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันได้อย่างสมบูรณ์ แต่สำหรับผิวเนื้อฟัน ฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้นนี้แค่สามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุได้

## 2. ผลต่อแบคทีเรียในช่องปาก

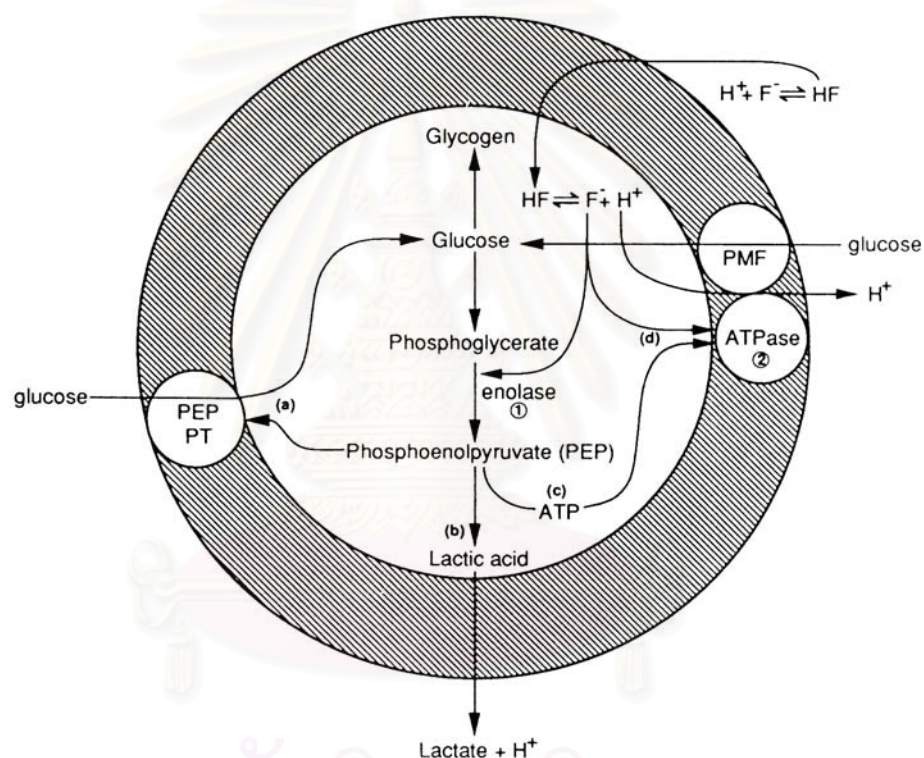
ในการป้องกันฟันผุ ฟลูออไรด์มีอิทธิพลต่อแบคทีเรียในคราบจุลินทรีย์ซึ่งทำให้เกิดภาวะความเป็นกรดในคราบจุลินทรีย์และมีผลต่อการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุจากฟัน โดย 2 วิธีการที่สำคัญ ได้แก่

2.1 ผลต่อการผ่านของสารที่เยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรีย ฟลูออไรด์สามารถเพิ่มการซึมผ่านของโปรตอนคือ ไฮโดรเจนไอออนเข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย (Marquis, 1995) ในการเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียของฟลูออไรด์ สามารถเกิดขึ้นได้โดยขบวนการไม่พึ่งพลังงาน (Kashket และ Rodriguez, 1976) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการผ่านเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียของฟลูออไรด์มีอยู่ 2 ประการคือ ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ภายนอกเซลล์ (Wahab, shellis และ Elderton; 1993) และความแตกต่างของภาวะความเป็นกรด-ต่างภายในและภายนอกเซลล์แบคทีเรีย โดยปกติในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ของเซลล์แบคทีเรียจะมีความเป็นด่างสูงกว่าภายนอกเซลล์ เมื่อคราบจุลินทรีย์มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น จะทำให้มีความแตกต่างของภาวะความเป็นกรด-ต่างภายในและภายนอกเซลล์แบคทีเรียเพิ่มขึ้น ฟลูออไรด์ในรูปของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) จะสามารถเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียได้มากขึ้น (Whitford และคณะ, 1977) เมื่อไฮโดรเจนฟลูออไรด์เข้ามาในเซลล์ซึ่งมีความเป็นด่างสูงกว่าภายนอกเซลล์ จะทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไฮโดรเจนไอออนและฟลูออไรด์ไอออน (Hamilton, 1990) การเพิ่มขึ้นของไฮโดรเจนไอออนเหล่านี้ทำให้ไซโตพลาสซึมมีความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ โดยทางอ้อม (Marquis, 1995) ลดความทนต่อกรดของแบคทีเรียในการเจริญเติบโตในสภาวะแวดล้อมที่เป็นกรด (Eisenberg, Bender และ Marquis, 1980; Marquis, 1990) และความแตกต่างของภาวะความเป็นกรด-ต่างภายในและภายนอกเซลล์จะลดลง (Kashket และ Kashket, 1985; van Loveren, Fielmich และ ten Brink, 1987) ทำให้ลดพลังงานโปรตอนโมทีฟ (proton motive force, PMF) ซึ่งใช้ในการส่งผ่านน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย (ภาพที่ 1) มีผลให้น้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียลดลง ( Keevil และคณะ, 1986) หลังจากนั้นฟลูออไรด์เกือบทั้งหมดจะถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ (Vicaretti และคณะ, 1984)

## 2.2 ผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในแบคทีเรีย ที่สำคัญ (ภาพที่ 1) ได้แก่

2.2.1 เอนไซม์ในกระบวนการไกลโคไลซิสคือ เอนไซม์อีโนเลส (enolase enzyme) ซึ่งเปลี่ยนฟอสโฟกลีเซอเรท (phosphoglycerate) ให้เป็นฟอสโฟอินอลไพรูเวท (phosphoenolpyruvate, PEP) เมื่อเอนไซม์ชนิดนี้ถูกยับยั้งการทำงาน จะทำให้แบคทีเรียผลิตฟอสโฟอินอล

ไพรูเวทและพลังงาน (ATP) ได้ลดลง (Kanapka และ Hamilton, 1971; Cimasoni, 1972; Bender, Thibodeau และ Marquis, 1985) ซึ่งผลที่ตามมาคือ แบคทีเรียจะผลิตกรดแลคติก (lactic acid) ได้ลดลง (Bradshaw และคณะ, 2002) ดังนั้นความสามารถในการก่อให้เกิดฟันผุจึงลดลงด้วย รวมทั้งลดการส่งผ่านน้ำตาลกลูโคส (glucose) เข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย เนื่องจากการส่งผ่านน้ำตาลกลูโคสต้องอาศัยฟอสโฟอินอลไพรูเวทในกระบวนการฟอสโฟอินอลไพรูเวทฟอสโฟทรานสเฟอเรส (phosphoenolpyruvate phosphotransferase, PEP PT) (Bender, Thibodeau และ Marquis, 1985)



ภาพที่ 1 การส่งผ่านน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียและตำแหน่งของเอ็นไซม์ที่ฟลูออไรด์ยับยั้งการทำงาน (Murray, Rugg-Gunn และ Jenkins, 1991)

2.2.2 เอ็นไซม์อะดีโนซีนไตรฟอสฟาเทส (adenosine triphosphatase, ATPase) ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งโปรตอน ได้แก่ ไฮโดรเจนไอออนออกนอกเซลล์ เป็นการรักษาสมาดุลย์ของภาวะกรด-ด่างภายในเซลล์ การยับยั้งเอ็นไซม์ชนิดนี้โดยฟลูออไรด์ (Marquis, 1977; Sutton, Bender และ Marquis, 1987) ทำให้ลดการส่งไฮโดรเจนไอออนออกนอกเซลล์และเพิ่มการสะสมของไฮโดรเจนไอออนในเซลล์ร่วมกับไฮโดรเจนไอออนที่เข้ามาพร้อมกับฟลูออไรด์ ทำให้ไซโตพลาสซึมมีความเป็นกรดมากขึ้น ลดความแตกต่างของภาวะความเป็นกรด-ด่างภายในและภายนอกเซลล์

ทำให้ลดพลังงานโปรตอนโมทีฟ มีผลให้น้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียลดลง ( Keevil และคณะ, 1986) การส่งผ่านน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียและการสร้างพลังงานที่ลดลง ยังเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการสังเคราะห์ไกลโคเจน (glycogen) ซึ่งแบคทีเรียจะนำมาใช้เมื่อไม่มีน้ำตาลภายนอกเซลล์อีกด้วย (Hamilton, 1990; Murray, Rugg-Gunn และ Jenkins, 1991)

ในสภาวะแวดล้อมที่มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 กระบวนการไกลโคไลซิสของแบคทีเรียชนิดสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ (*Streptococcus mutans*) จะถูกยับยั้งเมื่อมีฟลูออไรด์ 10 มิลลิโมลาร์ แต่เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเท่ากับ 4 ฟลูออไรด์เพียง 0.1 มิลลิโมลาร์ก็สามารถยับยั้งกระบวนการไกลโคไลซิสของแบคทีเรียได้ กล่าวโดยสรุปได้ว่า ฟลูออไรด์สามารถยับยั้งกระบวนการไกลโคไลซิสในสภาวะที่เสี่ยงต่อการเกิดฟันผุได้ดีกว่าในสภาวะที่ไม่เสี่ยงต่อการเกิดฟันผุ (Marquis, 1995) และฟลูออไรด์จะสามารถลดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้เมื่อแบคทีเรียอยู่ในสภาวะที่มีฟลูออไรด์เข้มข้นสูง (Bibby และ van Kesteren; 1940) การที่ฟลูออไรด์สามารถยับยั้งการสร้างกรดจากแบคทีเรีย จะทำให้ลดภาวะความไม่อิ่มตัวของไฮดรอกซีแอพะไทท์ ซึ่งมีผลลดการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวฟัน ในขณะที่ระยะเวลาที่คราบจุลินทรีย์จะอยู่ในภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าค่าวิกฤตก็จะสั้นลงด้วย (Wahab, shellis และ Elderton; 1993) การที่ฟลูออไรด์มีคุณสมบัติในการป้องกันฟันผุ โดยมีผลต่อผิวฟันและแบคทีเรียดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น จึงได้มีการพัฒนาวัสดุประเภทเรซินให้สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุของวัสดุ

## วัสดุประเภทเรซินชนิดต่างๆ

### เรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน (resin sealants)

ในปัจจุบันเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันส่วนใหญ่ประกอบด้วย บิสฟีนอลเอและไกลซิไดลเมธาคริเลท (bisphenol A and glycidyl methacrylate, BIS-GMA) วัสดุประเภทนี้เกิดขบวนการแข็งตัวจากปฏิกิริยาทางเคมีหรือจากการกระตุ้นด้วยแสงที่มองเห็นได้ มีทั้งชนิดที่มีวัสดุอัดแทรก (filled resin sealant) และชนิดไม่มีวัสดุอัดแทรก (unfilled resin sealant) (Ferracane, 1995; Craig, Powers และ Wataha, 2000) นอกจากบริษัทผู้ผลิตจะดัดแปลงเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันแบบดั้งเดิมให้สามารถปล่อยฟลูออไรด์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุแล้ว ยังได้พัฒนาโพลีเอซิด-มอดิฟายด์คอมโพสิตหรือคอมโพเมอร์สำหรับใช้เป็นวัสดุเคลือบหลุมและร่องฟันด้วย แต่ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุประเภทนี้อยู่บ่อย ได้แก่ การศึกษาของ Seherer, Hirsch และ Schaller (2000) ที่พบว่าเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันประเภทคอมโพเมอร์ (compomer based

sealant) คือ Dyract Seal มีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดต่ำกว่าเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันประเภทคอมโพสิต (composite based sealant) คือ Helioclear F เมื่อติดตามผลในระยะ 3 เดือน โดย Dyract Seal มีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดร้อยละ 20 ในขณะที่ Helioclear F มีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดร้อยละ 100

การประเมินประสิทธิภาพของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์ ในห้องปฏิบัติการ มีการศึกษาของ Park และคณะ (1993) ที่ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์กับวัสดุชนิดเดียวกันที่ไม่ผสมฟลูออไรด์ จากบริษัทผู้ผลิตเดียวกันพบว่า FluroShield (เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์) และ Prisma-Shield (เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันไม่ผสมฟลูออไรด์) มีแรงยึดเฉือน (shear bond strength) และการรั่วซึมตามขอบวัสดุไม่แตกต่างกัน และพบว่า Delton (เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันไม่ผสมฟลูออไรด์) มีการรั่วซึมตามขอบวัสดุไม่แตกต่างกับ FluroShield แต่มีแรงยึดเฉือนน้อยกว่า FluroShield เนื่องจากวัสดุทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกันในส่วนประกอบของเรซินเมตริกซ์ซึ่งมีคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่น (elasticity) และการยึดติดกับผิวเคลือบฟันที่แตกต่างกัน

การประเมินประสิทธิภาพของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์ทางคลินิก โดย การพิจารณาจากอัตราการยึดติดของวัสดุบนผิวเคลือบฟัน Boksman และ Carson (1998) พบว่า การเคลือบหลุมและร่องฟันในฟันกรามถาวร ด้วยเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์ 2 ชนิดคือ UltraSeal XT และ FluroShield วัสดุมีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดที่สูงคือ มากกว่าร้อยละ 90 เมื่อติดตามผลหลังจากระยะเวลา 2 ปี Rock และคณะ (1996) พบว่าหลังจากเคลือบหลุมและร่องฟันกรามถาวรด้วย FluroShield นาน 3 ปี วัสดุมีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 70 ส่วน Vrbic (1999) พบว่าการใช้ Helioclear F เคลือบหลุมและร่องฟันกรามน้ำนมและถาวร หลังจากระยะเวลา 3 ปี ยังพบว่าวัสดุมีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดที่สูงคือ มากกว่าร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการยึดติดของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์กับเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันไม่ผสมฟลูออไรด์พบว่า หลังจากติดตามผลในระยะเวลา 1 ปี Helioclear F มีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดร้อยละ 90.3 ไม่แตกต่างจาก Delton opaque (เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันไม่ผสมฟลูออไรด์) (Koch และคณะ, 1997) และการเคลือบหลุมและร่องฟันกรามถาวรด้วย FluroShield หลังจากระยะเวลา 4 ปี วัสดุมีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดร้อยละ 77 น้อยกว่า Delton (ร้อยละ 89) อย่างมีนัยสำคัญซึ่งผู้ทำการศึกษาให้เหตุผลว่าเป็นเพราะไซเดียมฟลูออไรด์เจลซึ่งผู้ถูกทดลองต้องได้รับจากการเคลือบฟันทุก 6 เดือน ทำให้เกิดผลเสียต่อผิวของ FluroShield และ

ทำให้มีการหลุดออกของวัสดุมากกว่า Delton ซึ่งเจลไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ ต่อผิวของ Delton (Lygidakis และ Oulis, 1999) ในการเปรียบเทียบเพื่อจะได้ทราบว่าคุณสมบัติที่วัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้จะมีผลต่ออัตราการยึดติดหรือไม่นั้น ควรเปรียบเทียบระหว่างเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์กับวัสดุชนิดเดียวกันที่ไม่ผสมฟลูออไรด์จากบริษัทผู้ผลิตเดียวกัน ดังในการศึกษาของ Jensen, Billings และ Featherstone (1990) ที่พบว่าหลังจากเคลือบหลุมและร่องฟันกรามถาวรนาน 1 ปี FluroShield มีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดร้อยละ 86.9 ไม่แตกต่างจาก Prisma-Shield ที่มีอัตราการยึดติดทั้งหมดร้อยละ 80 ส่วน Morphis และ Toumba (1998) พบว่า Delton Plus (เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์) มีอัตราการยึดติดทั้งหมดร้อยละ 67.74 และไม่แตกต่างจาก Delton (ร้อยละ 70) เมื่อติดตามผลในระยะเวลา 1 ปี แม้การประเมินผลการยึดติดของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันในระยะเวลา 1 ปี อาจจะค่อนข้างสั้นแต่ผลการศึกษาของ Dennison, Straffon และ More (1990) แสดงให้เห็นว่าความล้มเหลวของการยึดติดจะเกิดมากที่สุดในช่วง 6 เดือนแรกหลังการเคลือบหลุมและร่องฟันจากการศึกษาข้างต้นพอจะสรุปได้ว่า คุณสมบัติที่เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ไม่มีผลต่ออัตราการยึดติดของวัสดุ

### **คอมโพสิต (composites)**

คอมโพสิตประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ เรซินเมตริกซ์ (resin matrix) วัสดุอัดแทรก (filler particles) และสารเชื่อมต่อน (coupling agents) โดยเรซินเมตริกซ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ บิสฟีนอลเอและไกลซิดีลเมธาคริเลท และยูรีเทนไดเมธาคริเลท (urethane dimethacrylate, UDMA) สามารถจัดแบ่งคอมโพสิตเป็นประเภทต่างๆ ได้แก่ ออล-เพอร์โพสคอมโพสิต (all-purpose composite) คันเดนซเอเบิลคอมโพสิต (condensable composite) คอมโพสิตความหนืดต่ำ (flowable composite) คอมโพสิตที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (laboratory composite) และไมโครฟิลล์คอมโพสิต (microfilled composite) (Craig, Powers และ Wataha, 2000)

คอมโพสิตความหนืดต่ำเริ่มมีการจำหน่ายเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1991 โดยมีคุณสมบัติการไหลแผ่มากขึ้นจากคอมโพสิตแบบเดิม เนื่องจากมีขนาดของวัสดุอัดแทรกใหญ่ขึ้น หรือมีปริมาณของวัสดุอัดแทรกน้อยลง (Wakefield และ Kofford, 2001) โดยมีปริมาณวัสดุอัดแทรกตั้งแต่ร้อยละ 37 ถึง 53 โดยปริมาตร (Murchison, Charlton และ Moore, 1999) ความสามารถในการไหลแผ่ของคอมโพสิตความหนืดต่ำมีความแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ และในบางผลิตภัณฑ์มีการไหลแผ่ใกล้เคียงกับคอมโพสิตไฮบริด โดยทั่วไปคอมโพสิตความหนืดต่ำมีความแข็งแรงน้อยกว่าคอมโพสิตไฮบริด (Bayne และคณะ, 1998) มีความยืดหยุ่นและการหดตัว

หลังจากปฏิบัติการแข็งตัวมากกว่าคอมโพสิตไฮบริด (Labella และคณะ, 1999) มีการแนะนำให้ใช้คอมโพสิตความหนืดต่ำบูรณะฟันในบริเวณที่รับแรงบดเคี้ยวต่ำ บริเวณคอฟัน ใช้บูรณะฟันน้ำนม ใช้ในบริเวณที่ยากต่อการเข้าถึง เช่น ในการซ่อมแซมบริเวณขอบวัสดุบูรณะและครอบฟัน (Bayne และคณะ, 1998; Estafan, Schulman และ Calamia, 1999; Estafan และ Estafan, 2000; Craig, Powers และ Wataha, 2000; Roberts, Charlton และ Murchison, 2001) และจากคุณสมบัติการไหลแผ่ได้ดีของวัสดุ สามารถใช้เป็นวัสดุเคลือบหลุมและร่องฟันรวมทั้งใช้เป็นวัสดุในการบูรณะและป้องกันฟันผุด้วยเรซิน (preventive resin restoration) ได้ (Autio-Gold, 2002; Gillet และคณะ, 2002) ใช้เป็นซีเมนต์ยึดพอร์ซเลนวีเนียร์ (porcelain veneer) (Moon, Tabassian และ Culbreath, 2002) ใช้เป็นวัสดุรองพื้น (liner) ในการบูรณะฟันประเภทที่ 2 ด้วยคอมโพสิตโดยอาจช่วยลดการรั่วซึมบริเวณขอบวัสดุได้ (Malmström และคณะ, 2002; Peutzfeldt และ Asmussen, 2002) นอกจากนี้บริษัทผู้ผลิตแนะนำว่าสามารถใช้คอมโพสิตความหนืดต่ำลดอันเดอร์คัท (undercut) ของฟันและซ่อมฟันปลอมได้

ประสิทธิภาพทางคลินิกของการบูรณะฟันด้วยคอมโพสิตขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยซึ่งส่วนหนึ่งมาจากคุณสมบัติของวัสดุและอีกส่วนหนึ่งมาจากการใช้ของทันตแพทย์ ปัจจัยสำคัญในส่วนของวัสดุที่ควรมีคือ มีความแข็งแรงสูง มีการสึกต่า มีการหดตัวที่เกิดจากขบวนการแข็งตัวน้อย มีขอบวัสดุที่ดี มีการยึดติดที่ดีกับผิวฟัน จุดที่อ่อนแอที่สุดของวัสดุบูรณะฟันเกือบทุกชนิดรวมทั้งคอมโพสิตคือ จุดเชื่อมต่อระหว่างวัสดุกับฟัน (Arends, Dijkman และ Dijkman, 1995) การมีช่องว่างระหว่างขอบวัสดุกับผนังโพรงฟันทำให้เกิดการรั่วซึมตามขอบวัสดุบูรณะฟันซึ่งสามารถทำให้เกิดอาการเสียวฟัน การอักเสบของเนื้อเยื่อประสาทฟัน และรอยผุต่อ (Bergenholtz และคณะ, 1982; Torstenson และ Brännström, 1988; Pashley, 1990) ซึ่งพบว่าการเกิดรอยผุต่อเป็นสาเหตุของความล้มเหลวที่พบมากที่สุดในการบูรณะฟันด้วยคอมโพสิต (Burke และคณะ, 2001) โดยส่วนใหญ่จะพบรอยผุต่อที่ขอบด้านคอฟันและขอบด้านข้างของคอมโพสิต ประสิทธิภาพในการต้านทานต่อการเกิดรอยผุต่อของวัสดุขึ้นกับการกำจัดเอารอยผุเดิมออกได้หมด การมีขอบวัสดุที่แนบสนิทกับขอบโพรงฟันโดยไม่มีช่องว่างหรือมีน้อย การปล่อยสารต่างๆ จากวัสดุซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดรอยผุต่อสู่ผนังโพรงฟันและบริเวณผิวฟันใกล้เคียง เช่น ฟลูออไรด์ อิออนของโลหะ สารยับยั้งเชื้อโรค อิออนที่เป็นกรด (Hicks และคณะ, 2002)

### วิธีการดัดแปลงให้เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันและคอมโพสิตปล่อยฟลูออไรด์

มีวิธีการดัดแปลงให้เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันและคอมโพสิตสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ จากที่มีรายงานการศึกษา มีอยู่ 3 วิธี คือ



1. การเติมเกลือฟลูออไรด์ที่ละลายน้ำได้ ผสมลงในเนื้อวัสดุ เช่น สแตนเนสฟลูออไรด์ (stannous fluoride) อีเทอร์เบียมไตรฟลูออไรด์ (ytterbium trifluoride,  $\text{YbF}_3$ ) (Arends และ Ruben, 1988; Arends, Ruben และ Dijkman, 1990; Arends และ van der Zee; 1990) และ ไฮเดียมฟลูออไรด์ (El-Mehdawi และคณะ, 1985) ซึ่งการเติมเกลือไฮเดียมฟลูออไรด์ที่มากเกินไป จะมีผลลดความแข็งแรงของวัสดุ (Swartz และคณะ, 1976)

2. การจับของออร์แกนิกฟลูออไรด์ (organic fluoride) กับเมตริกซ์ โดยออร์แกนิกฟลูออไรด์ ได้แก่

2.1 เกลือที-บิวทิลอะมิโน-เอธิลเมทาคริเลท-ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (t-butylamino-ethyl-methacrylate-hydrogenfluoride salt) โดยเกลือฟลูออไรด์จะเกิดพันธะโควาเลนต์กับโพลีเมอร์ของเรซิน และฟลูออไรด์จะถูกปล่อยออกมาพร้อมกับการแลกเปลี่ยนกับอิออนลบชนิดอื่นในสารละลายและโครงสร้างของวัสดุยังคงความสมบูรณ์อยู่ (Turpin-Mair, Rawls และ Christensen, 1982; Rawls และ Zimmerman, 1983)

2.2 เมทาคริลอยล์ฟลูออไรด์-เมทิลเมทาคริเลทโคโพลีเมอร์ (methacryloyl fluoride-methyl methacrylate copolymer) โดยกรดฟลูออไรด์จะเกิดพันธะโควาเลนต์กับกลุ่มคาร์บอนิลในโพลีเมอร์ของเรซินและจะปล่อยฟลูออไรด์ได้อย่างช้าๆ เมื่อละลายในน้ำ (Tanaka และคณะ, 1987)

2.3 อะคริลิก-เอมีน-โบรอนไตรฟลูออไรด์ (acrylic-amine-boron trifluoride) โบรอนไตรฟลูออไรด์จะถูกปล่อยจากวัสดุและทำปฏิกิริยากับน้ำได้ฟลูออไรด์อิออน (O'Connell และ Kwan, 1982)

2.4 เตตระบิวทิลแอมโมเนียมเตตระฟลูออโรโบเรต (tetrabutylammonium tetrafluoroborate) การเติมออร์แกนิกฟลูออไรด์ชนิดนี้ คอมโพสิตจะสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ใกล้เคียงกับกลาส ไอโอโนเมอร์ แต่มีคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น แรงเค้นดึง (tensile strength) อยู่ในระดับปานกลาง (Glasspoole, Erickson และ Davidson, 2001)

3. การเติมวัสดุอัดแทรกประเภทแก้วที่ปล่อยฟลูออไรด์ได้ (fluoride-releasing glass fillers) เช่น แบเรียมฟลูออโรซิลิเกตกลาส (barium fluorosilicate glass) (Garcia-Godoy และคณะ, 1997)

### โพลีเอซิด-มอดิฟายด์คอมโพสิตหรือคอมโพเมอร์ (polyacid-modified composites or compomers)

คอมโพเมอร์เกิดจากการรวมคำว่าคอมโพสิตกับกลาสไอโอโนเมอร์ เนื่องจากคอมโพเมอร์เป็นวัสดุที่พัฒนาโดยรวมเอาคุณสมบัติที่ดีของคอมโพสิตกับกลาสไอโอโนเมอร์ วัสดุประเภทนี้มีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกับคอมโพสิต โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ โมโนเมอร์ที่ดัดแปลงโดยเติมกลุ่มโพลีเอซิด (polyacid groups) และซิลิเกตกลาสที่ปล่อยฟลูออไรด์ได้ (fluoride-releasing silicate glass) (Craig, Powers และ Wataha, 2000) บางผลิตภัณฑ์มีการเติมเกลือฟลูออไรด์ร่วมด้วย (Burgess, Walker และ Davidson, 2002) เมื่อคอมโพเมอร์เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวจากการกระตุ้นด้วยแสง และมีการดูดน้ำจากภายในช่องปากเข้าไปในเนื้อวัสดุจะทำให้เกิดปฏิกิริยากรด-เบส (acid-base reaction) และฟลูออไรด์จะถูกปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อม (Craig, Powers และ Wataha, 2000)

คอมโพเมอร์เริ่มมีการจำหน่ายเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1993 (Garcia-Godoy, 2000) คุณสมบัติของคอมโพเมอร์เมื่อเปรียบเทียบกับคอมโพสิต พบว่าวัสดุประเภทนี้มีการหดตัวจากปฏิกิริยาการแข็งตัวมากกว่าคอมโพสิตไฮบริด (Attin และคณะ, 1995) มีแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟันน้อยกว่าคอมโพสิต (Schneider และคณะ, 2000) มีความแข็งแรงน้อยกว่า (El-Kalla และ Garcia-Godoy, 1999; Iazzetti, Burgess และ Gardiner, 2001) และทนต่อการสึกต้ำกว่าคอมโพสิตไฮบริด และมีการติดสีบริเวณขอบวัสดุมากกว่าคอมโพสิตไฮบริด (Hse และ Wei, 1997) แต่มีการปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าคอมโพสิต (Yap, Khor และ Foo, 1999) และก่อนบูรณะไม่ต้องใช้กรดกัดผิวฟันและไม่มีขั้นตอนการล้างกรดเหมือนคอมโพสิต ทำให้ลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนน้ำลายระหว่างการเปลี่ยนสี ในการบูรณะฟัน แนะนำให้ใช้คอมโพเมอร์ในบริเวณที่รับแรงบดเคี้ยวต่ำ เช่น การอุดฟันประเภทที่ 3 และ 5 (Hse และ Wei, 1997; Prati และคณะ, 1998; Demirci และ Üçok, 2001) หรือใช้บูรณะฟันกรามน้ำนมประเภทที่ 1 และ 2 ที่มีรอยผุขนาดเล็ก (Mass, Gordon และ Fuks, 1999; Marks และคณะ, 1999; Garcia-Godoy, 2000; Duggal, Toumba และ Sharma, 2002) มีการศึกษาที่พบว่าในการบูรณะฟันกรามน้ำนมประเภทที่ 2 คอมโพเมอร์มีอัตราการยึดติดไม่แตกต่างจากอมัลกัม และขอบของคอมโพเมอร์ยังคงความสมบูรณ์มากกว่าอมัลกัม หลังจากบูรณะนาน 2 ปี (Duggal, Toumba และ Sharma, 2002) แต่ขั้นตอนการบูรณะฟันด้วยคอมโพเมอร์นั้นมีความไวกว่าในอมัลกัมโดย Andersson-Wenckert, Folkesson และ van Dijken (1997) พบว่ามีค่าความแปรปรวนของอัตราความล้มเหลวระหว่างทันตแพทย์ผู้ทำการบูรณะฟันสูง

ในปัจจุบันยังมีการพัฒนาคอมโพเมอร์เป็นชนิดคอมโพเมอร์ความหนืดต่ำ (flowable compomer) เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน โดยบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้คอมโพเมอร์ความหนืดต่ำในการบูรณะฟันด้านบดเคี้ยวที่มีรอยผุขนาดเล็ก บริเวณคอฟัน ซ่อมแซมบริเวณขอบวัสดุอุดฟัน ช่วยลดอันเดอร์คัทของฟัน ใช้เป็นวัสดุในการบูรณะและป้องกันฟันผุด้วยเรซิน เป็นวัสดุเคลือบหลุมและร่องฟัน และใช้เป็นวัสดุรองพื้นในการบูรณะฟันประเภทที่ 2 ด้วยคอมโพสิต โดยอาจช่วยลดการรั่วซึมบริเวณขอบวัสดุได้ (Neme และคณะ, 2002)

### การปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ ในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาเกี่ยวกับการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ชนิดต่างๆ นั้น แสดงให้เห็นว่าวัสดุประเภทนี้มีรูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์ที่คล้ายคลึงกันคือ วัสดุจะปล่อยฟลูออไรด์ออกมามากที่สุดในวันแรก ในวันถัดมาปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะลดลงค่อนข้างมาก การที่วัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในปริมาณเท่าได้นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของวัสดุ ชนิดของสารที่ใช้แช่วัสดุเพื่อดูการปล่อยฟลูออไรด์ ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายที่ใช้แช่วัสดุ เป็นต้น การศึกษาดังกล่าว ได้แก่

การศึกษาของ Cooley และคณะ (1990) ศึกษาการปล่อยฟลูออไรด์ของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันคือ FluroShield ในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าวัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้มากที่สุดในวันแรก ในวันที่สองปริมาณฟลูออไรด์จะลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของวันแรก ในวันที่ 6 และ 7 ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมานั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Loyola-Rodriguez และ Garcia-Godoy (1996) ศึกษาพบว่าเรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน ได้แก่ Teethmate-F และ FluroShield สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในน้ำปราศจากไอออนได้มากที่สุดในวันแรก ในวันที่ 7 ของการทดลอง ฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของวันแรก

Garcia-Godoy และคณะ (1997) ศึกษาการปล่อยฟลูออไรด์ในน้ำกลั่นของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน 5 ชนิด ได้แก่ FluroShield, Helioseal F, UltraSeal XT, Baritone L3 และ Teethmate-F พบว่าวัสดุทุกชนิดมีรูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์ที่คล้ายคลึงกันคือ ในวันแรกวัสดุจะปล่อยฟลูออไรด์ได้มากที่สุด ในวันที่สองวัสดุจะปล่อยฟลูออไรด์ได้ลดลงอย่างมาก และในวันต่อมาปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะค่อยๆ ลดลง ส่วนปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจากวัสดุแต่ละชนิดนั้นจะแตกต่างกันไป

Shaw, Carrick และ McCabe (1998) ศึกษาการปล่อยฟลูออไรด์ในน้ำปราศจากอิออนของคอมโพสิเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ Compoglass และ Dyract พบว่าในวันแรกวัสดุทั้ง 2 ชนิดปล่อยฟลูออไรด์ได้มากที่สุดและลดลงอย่างมากในวันต่อมา และค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลา 6 เดือนที่ทำการทดลอง

Yap, Khor และ Foo (1999) ศึกษาพบว่าคอมโพสิเมอร์ ได้แก่ Dyract และ Compoglass สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในน้ำปราศจากอิออนได้มากกว่าคอมโพสิทีต ได้แก่ Tetric และ Experimental X อย่างมีนัยสำคัญ และไม่สามารถตรวจพบฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากคอมโพสิทีตทั้ง 2 ชนิดได้หลังจากทดลองนาน 2 สัปดาห์ แต่คอมโพสิเมอร์ยังคงปล่อยฟลูออไรด์ได้จนถึงสิ้นสุดการทดลองคือ สัปดาห์ที่ 5

Preston และคณะ (1999) ศึกษาพบว่าคอมโพสิเมอร์คือ Dyract และคอมโพสิทีตคือ Heliomolar สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในสารละลายน้ำลายเทียมได้น้อยกว่าในน้ำปราศจากอิออนอย่างมีนัยสำคัญ วัสดุทั้ง 2 ชนิดปล่อยฟลูออไรด์ได้มากที่สุดในวันแรกและลดลงอย่างมากในวันต่อมาและวัสดุทั้ง 2 ชนิดยังคงปล่อยฟลูออไรด์ได้จนถึงสิ้นสุดการทดลองคือวันที่ 64 ซึ่งปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในสารละลายน้ำลายเทียมและในน้ำปราศจากอิออน

Karantakis และคณะ (2000) ศึกษาพบว่าคอมโพสิเมอร์คือ Dyract และคอมโพสิทีตคือ Tetric สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในกรดแลคติกได้มากกว่าในน้ำกลั่น และในสารละลายน้ำลายเทียมอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างของปริมาณฟลูออไรด์ที่วัสดุทั้ง 2 ชนิดปล่อยออกมาในน้ำกลั่นเปรียบเทียบกับในสารละลายน้ำลายเทียม และเมื่อแช่วัสดุทั้ง 2 ชนิดในกรดแลคติก Dyract สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า Tetric อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การแช่วัสดุในน้ำกลั่นหรือสารละลายน้ำลายเทียม วัสดุทั้ง 2 ชนิดสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ไม่แตกต่างกัน

Abu-Bakr และคณะ (2000) ศึกษาพบว่าคอมโพสิเมอร์ 3 ชนิดคือ Compoglass, Dyract และ Xeno สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในน้ำปราศจากอิออนได้มากขึ้นหลังจากแช่วัสดุในเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรด นาน 3 ชั่วโมง

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น การที่วัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์มีรูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์ที่มีปริมาณฟลูออไรด์ลดลงค่อนข้างมากหลังจากวันแรก และในวันต่อๆ มา ปริมาณ

ฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะค่อยๆ ลดลง ทำให้คุณสมบัติในการป้องกันฟันผุของฟลูออไรด์จากวัสดุประเภทนี้ลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านไป หากวัสดุประเภทนี้สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้มากขึ้น หลังการสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่ ก็จะมีประโยชน์ในการป้องกันฟันผุเพิ่มขึ้น

### การปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์หลังจากสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่ประเภทต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ หลังจากสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่ประเภทต่างๆ เช่น สารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ โซเดียมฟลูออไรด์เจล 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจลและยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ มีหลายการศึกษาที่พบว่าวัสดุประเภทนี้สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้เพิ่มขึ้น หลังจากสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่บางประเภท แสดงให้เห็นว่าวัสดุสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมฟลูออไรด์ในช่องปากได้ และมีอีกหลายการศึกษาที่พบว่าวัสดุประเภทนี้ไม่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้เพิ่มขึ้น หลังจากสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่บางประเภท ดังในการศึกษาต่อไปนี้

Takahashi, Emilson และ Birkhed (1993) พบว่าคอมโพสิตคือ Heliomolar Radiopaque ไม่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในน้ำปราศจากอิออนได้มากขึ้นหลังจากแช่ในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีฟลูออไรด์ 90, 900 และ 9,000 ส่วนในล้านส่วน นาน 5 นาที

Young และคณะ (1996) ศึกษาพบว่าคอมโพสิตคือ Tetric สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในน้ำปราศจากอิออนได้มากที่สุดภายใน 24 ชั่วโมงแรก เมื่อนำคอมโพสิตมาแช่ในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 10 นาทีในวันที่ 33, 40 และ 46 ของการทดลอง พบว่าในวันแรกหลังจากแช่ในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ คอมโพสิตสามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้มากกว่าก่อนการแช่ หลังจากนั้นวัสดุจะปล่อยฟลูออไรด์ได้น้อยลงอย่างมากจนมีปริมาณใกล้เคียงกับก่อนการแช่ ภายในระยะเวลา 2-3 วันในทั้ง 3 ครั้ง

Suljak และ Hatibovic-Kofman (1996) ศึกษาพบว่าเมื่อนำคอมโพเมอร์คือ Dyract มาแช่ในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน นาน 10 นาทีหลังจากแช่ในน้ำกลั่นมาแล้ว 8 วัน พบว่าในวันแรกวัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในน้ำกลั่นได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในวันต่อมาปริมาณฟลูออไรด์จะลดลงจนอยู่ในระดับใกล้เคียงกันจนถึงวันที่ 5 และเมื่อนำวัสดุมาแช่ในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์โดยวิธีเดิมอีกครั้ง พบว่าวัสดุจะปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้มากขึ้นอีกโดยมีปริมาณใกล้เคียงกับการแช่ในสารละลายครั้งแรก

Strother และคณะ (1998) พบว่าการสัมผัสกับไซเดียมฟลูออไรด์เจล ที่มีฟลูออไรด์ 5,000 ส่วนในล้านส่วนและมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.0 นาน 4 นาที ไม่สามารถทำให้ Tetric ปลดปล่อยฟลูออไรด์ในน้ำปราคาจากอิออนได้มากขึ้น

Steinmetz และคณะ (1997) ทำการศึกษาพบว่า การสัมผัสกับ 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจล เป็นเวลา 4 นาทีของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน ได้แก่ Helioseal F, UltraSeal XT และ Seal Rite และคอมโพสิต ได้แก่ Tetric และ Heliomolar Radiopaque ทำให้วัสดุทุกชนิดสามารถปล่อยฟลูออไรด์ในน้ำปราคาจากอิออนในวันแรกหลังจากสัมผัสกับเจลได้มากกว่าก่อนการสัมผัสกับเจลอย่างมีนัยสำคัญ และในระยะเวลา 7 วันหลังการสัมผัสกับ 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจล วัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าวัสดุชนิดเดียวกันที่สัมผัสกับ 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตเจลที่ไม่มีฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญ โดย Tetric สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าวัสดุชนิดอื่น

Yip, Lam และ Smales (1999) ศึกษาพบว่าคอมโพเมอร์คือ Dyract สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในสารละลายน้ำลายเทียมได้สูงสุดใน 2 วันแรก หลังจากนั้นวัสดุจะลดการปล่อยฟลูออไรด์ลงอย่างมากและหลังจาก 5 สัปดาห์ผ่านไป วัสดุจะปล่อยฟลูออไรด์ได้น้อยมาก และหลังจากวัสดุสัมผัสกับ 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจล นาน 4 นาที วัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ใน 6 ชั่วโมงแรกได้มากเป็น 16 เท่าของปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุก่อนการสัมผัสกับเจลในช่วงเวลาเดียวกัน โดยปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะสูงสุดในช่วง 2 วันแรกเช่นกัน

Peng และคณะ (2000) ศึกษาพบว่าเมื่อแช่คอมโพเมอร์คือ Dyract AP, Compoglass F, Freedom และ F 2000 ในสารละลายน้ำลายเทียมนาน 6 สัปดาห์ แล้วนำวัสดุมาทาด้วย 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจล นาน 4 นาที วัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ในสารละลายน้ำลายเทียมได้ในปริมาณมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฟลูออไรด์ที่วัสดุปล่อยออกมาก่อนทาวัดด้วยเจล หลังจากนั้น 2 วันปริมาณฟลูออไรด์จะลดลงอย่างรวดเร็วและค่อนข้างคงที่ภายใน 2-4 สัปดาห์

Gao และ Smales (2001) ทำการทดลองกับคอมโพเมอร์คือ Compoglass F พบว่าหลังจากสัมผัสกับ 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจล นาน 4 นาที วัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ในสารละลายน้ำลายเทียมได้มากกว่าก่อนการสัมผัสกับเจลอยู่ประมาณ 1 สัปดาห์

Yip และ Smales (1999) ศึกษาผลของฟลูออไรด์เฉพาะที่ชนิดต่างๆ ต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของคอมโพเมอร์คือ Dyract พบว่าวัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้มากที่สุดหลังจากแช่ใน 1.23% อะซิติกเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจล (มีฟลูออไรด์ 12,300 ส่วนในล้านส่วน) รองลงมาเป็นการแช่ใน 4% สแตนนัสฟลูออไรด์ (มีฟลูออไรด์ 10,000 ส่วนในล้านส่วน) และน้อยที่สุดในสารละลายไฮเดียมฟลูออไรด์ (มีฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน)

Rothwell, Anstice และ Pearson (1998) ทำการศึกษาการปล่อยฟลูออไรด์ของคอมโพเมอร์คือ Dyract ในน้ำปราศจากไอออน พบว่าวัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ในอัตราต่ำๆ และค่อนข้างคงที่ และเมื่อแช่วัสดุในยาสีฟันผสมไฮเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.32 (มีฟลูออไรด์ 1,500 ส่วนในล้านส่วน) นาน 1 ชั่วโมง ในวันที่ 28 และ 56 ของการทดลอง ทำให้วัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าก่อนการแช่ในยาสีฟันอยู่ประมาณ 3 วัน หลังจากนั้นจึงกลับมาปล่อยฟลูออไรด์ในอัตราใกล้เคียงกับก่อนการแช่ในยาสีฟัน และยังพบว่าการแช่วัสดุในยาสีฟันครั้งที่ 2 คือ ในวันที่ 56 ทำให้วัสดุปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าการแช่วัสดุในยาสีฟันครั้งแรกคือ วันที่ 28 และมากกว่าวัสดุอีกกลุ่มเมื่อแช่ในยาสีฟันครั้งเดียวอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาข้างต้นเป็นการศึกษาผลต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุหลังการสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่เพียงครั้งเดียวหรือเป็นระยะๆ มีเพียงการศึกษาของ Attin, Buchalla, Siewert และ Hellwig (1999) และ Donly และ Nelson (1997) ที่ศึกษาผลต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินจากการสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่คือ ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์อย่างต่อเนื่องทุกวัน โดย

Attin, Buchalla, Siewert และ Hellwig (1999) ศึกษาถึงผลการแช่คอมโพเมอร์คือ Dyract และ Compoglass ในสารละลายน้ำลายเทียมผสมยาสีฟันที่มีเอมีนฟลูออไรด์ร้อยละ 0.125 (มีฟลูออไรด์ 250 ส่วนในล้านส่วน) เปรียบเทียบกับการแช่วัสดุในสารละลายน้ำลายเทียมอย่างเดียว นาน 5 นาทีต่อวันเป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน โดยดูปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยมาในสารละลายที่เป็นกลาง (ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.8) และในสารละลายกรด (ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.0) พบว่าเมื่อแช่วัสดุทั้งในสารละลายน้ำลายเทียมผสมยาสีฟันผสมฟลูออไรด์และในสารละลายน้ำลายเทียมอย่างเดียว วัสดุทั้ง 2 ชนิดจะปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในสารละลายทั้ง 2 ชนิดมากที่สุดในวันแรกและในวันต่อๆ มาปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะลดต่ำลงจนค่อนข้างคงที่ แต่พบว่าวัสดุทั้ง 2 ชนิดในทั้ง 2 กลุ่มการทดลองสามารถปล่อยฟลูออไรด์ในสารละลายกรดได้มากกว่าในสารละลายที่เป็นกลางอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าปริมาณฟลูออไรด์

ที่ปล่อยจากวัสดุทั้ง 2 ชนิดโดยเฉลี่ยต่อวัน เมื่อแช่ในสารละลายน้ำลายเทียมผสมยาสีฟัน เปรียบเทียบกับเมื่อแช่ในสารละลายน้ำลายเทียมอย่างเดียว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในสารละลายที่เป็นกลางและในสารละลายกรด

Donly และ Nelson (1997) ศึกษาผลของการแปรงคอมโพสิตคือ Heliomolar Radiopaque ด้วยยาสีฟันโซเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.243 (มีฟลูออไรด์ประมาณ 1,100 ส่วนในล้านส่วน) นานครั้งละ 2 นาที วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 30 วันติดต่อกัน พบว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่วัสดุในกลุ่มที่ได้รับการแปรงปล่อยออกมาในน้ำปราศจากไอออนไม่แตกต่างจากปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุในกลุ่มที่ไม่ได้แปรง

ข้อมูลเกี่ยวกับผลจากการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ทุกวันต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ยังมีไม่เพียงพอ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ชนิดต่างๆ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### บทที่ 3

#### ระเบียบวิธีวิจัย

##### วัสดุประเภทเรซินที่ใช้ทดสอบในการวิจัย

1. Helioseal (Ivoclar Vivadent, Inc., USA)
2. Helioseal F (Ivoclar Vivadent, Inc., USA)
3. UltraSeal XT plus (Ultradent Products, Inc., USA)
4. Dyract flow (Dentsply, England)
5. Tetric flow (Ivoclar Vivadent, Inc., USA)

(รายละเอียดในภาคผนวก ก)

##### อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องแปรงฟันอัตโนมัติ (V-8 cross brushing machine, SABRI Dental Enterprises, Inc., USA)
2. เครื่องวัดค่าฟลูออไรด์ไอออน (pH/Ion meter, Select Systems SL 518 and Fluoride ion selective electrode, SelectION Sensors, Sentek, UK)
3. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, Orion 420 A, Orion Research Inc., USA)
4. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Universal oven, Memmert UM 300, Memmert GmbH+Co.KG, Germany)
5. เครื่องกวนแบบแตกตัว (Dispension mixer, Ultra turrax T25 basic, IKA labortechnik Janke & Kunkel GmbH & Co.KG, Germany)
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electronic balance, Jewelry balance HF-3000 GD, A&D Instruments Ltd., UK and Sartorius Basic BP110 S, Sartorius AG, Germany)
7. เครื่องเขย่า (Mixer, IKA KS 125 basic, IKA labortechnik Janke & Kunkel GmbH & Co.KG, Germany)

8. เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer, Vortex-genie 2 G-560E, Scientific Industries, Inc., USA)
9. เครื่องฉายแสงที่ให้แสงสีน้ำเงิน ซึ่งมีความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร (Curing light unit, 3M XL 3000, 3M Co., USA)
10. อุปกรณ์วัดขนาดของแรง (The richmond orthodontic stress and tension gauge, Dontrix, Unitek 3M, USA)
11. ปิเปตอัตโนมัติ (Automatic pipette) ขนาด 5,000 และ 2,000 ไมโครลิตร (Pipet.lite SL5000 and SL2000, Rainin Instrument Co., Inc., USA) ขนาด 1,000, 200 และ 20 ไมโครลิตร (Transferpette, Brand GMBH+CO., Germany)
12. ปลายพลาสติกของปิเปตแบบอัตโนมัติชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง (Disposable pipette tip) ขนาด 5,000 และ 2,000 ไมโครลิตร (Rainin, Rainin Instrument Co., Inc., USA) ขนาด 1,000 และ 200 ไมโครลิตร (Plastibrand, Brand GMBH+CO., Germany) ขนาด 20 ไมโครลิตร (Axygen, Axxygen Scientific, USA)
13. ขวดพลาสติกทรงกระบอกชนิดมีฝาปิด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 นิ้ว สูง 1.2 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 นิ้ว สูง 1.8 นิ้ว และเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 นิ้ว สูง 1.8 นิ้ว
14. แปรงสีฟันชนิดขนอ่อน (พรีเมียม เดอลุกซ์ บริษัท แปรงไทยแห่งแรก จำกัด ประเทศไทย)
15. กระบอกฉีดยาพลาสติก ขนาด 10 มิลลิลิตร (Disposable plastic syringe)
16. แบบพิมพ์ (V-8 cross brushing machine test specimen mold)
17. ภาชนะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 100%
18. นาฬิกาจับเวลา
19. แผ่นสไลด์แก้ว (Glass slide)
20. โรซคาร์ฟเวอร์ (Roach carver)
21. วัสดุพิมพ์ปากซิลิโคน (Silicone impression material, Reprosil, Dentsply International Inc., USA)
22. สารให้ความชื้น (Fingertip moistener, Gatherette, Dynatec Co.Ltd., USA)
23. เรซินหล่อใส่ (Resin no.240 BS, Germany)

## 24. แผ่นใส (Transparency film)

### สารที่ใช้ในการวิจัย

1. น้ำปราศจากอิออน (Deionized water)
2. น้ำกลั่น (Double distilled water)
3. สารละลายน้ำลายเทียม (Artificial saliva) (ดัดแปลงจาก Karantakis และคณะ, 2000) เตรียมแคลเซียมคลอไรด์ไดไฮเดรต (Calcium chloride dihydrate) 0.147 กรัมต่อลิตร โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต (Sodium dihydrogenphosphate dihydrate) 0.156 กรัมต่อลิตร โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) 2.045 กรัมต่อลิตร โซเดียมอะซิเตตไตรไฮเดรต (Sodium acetate trihydrate) 2.04 กรัมต่อลิตร และโซเดียมเอไซด์ (Sodium azide) 2 กรัมต่อลิตร ผสมในน้ำปราศจากอิออนบนเครื่องผสมสารชนิดแม่เหล็ก ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ให้เท่ากับ 6.4 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
4. สารละลายยาสีฟัน (Dentifrice slurry) อัตราส่วนของยาสีฟัน : สารละลายน้ำลายเทียม เท่ากับ 1 กรัม : 5 มิลลิลิตร (Attin, Buchalla, Ameling และ Hellwig, 1999) เตรียมโดยผสมยาสีฟันซึ่งมีโซเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.22 โดยน้ำหนักหรือมีฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน (คอลลเกต โททอล เฟรช สไตรป์ บริษัท คอลลเกต-ปาล์มโอลิฟ (ประเทศไทย) จำกัด) ปริมาณ 14 กรัมในสารละลายน้ำลายเทียมปริมาณ 70 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องกวนแบบแตกตัวจนกว่าจะละลายเข้ากันดี สารละลายยาสีฟันที่ได้มีฟลูออไรด์ 200 ส่วนในล้านส่วน
5. สารละลายทึบสเปกทู (Total Ionic Strength Adjustor Buffer II, TISAB II) เตรียมโดยละลายกรดกลีเซอริกอะซิติก (Glacial acetic acid) 28.5 มิลลิลิตร โซเดียมคลอไรด์ 29 กรัม และกรดไซโคลเฮกซีลีนไดไนโตรโลเตตราอะซิติก (1,2-cyclohexylene-dinitrilo-tetraacetic acid, CDTA) 2 กรัม ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นแล้วปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 5.0-5.5 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) 5 โมลาร์ เติมน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร
6. สารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน (Standard fluoride solution 1,000 ppm, Select Systems, Sentek, UK)
7. กรดไนตริก (Nitric acid)

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

1.1 เตรียมแบบหล่อเรซิน นำแผ่นใสวางที่ก้นของแบบพิมพ์ขนาด 9x12x5 ลูกบาศก์ มิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อให้แบบหล้อมีผิวเรียบ แล้วจึงนำชิ้นซิลิโคนขนาด 7x10x1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร มาติดกาวและวางบนแผ่นใสในตำแหน่งกลางแบบพิมพ์ ผสมเรซินหล่อใสแล้วเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อเรซินแข็ง แกะแบบหล่อเรซินออกจากแบบพิมพ์ และแกะชิ้นซิลิโคนออกจากแบบหล่อเรซิน คัดเลือกเฉพาะแบบหล่อเรซินที่ไม่มีฟองอากาศบนผิว นำมาขัดแต่งให้เรียบ

1.2 เตรียมวัสดุเพื่อทดสอบ นำแบบหล่อเรซินมาทาด้วยสว่านให้ความชื้นบางๆ บริเวณผิวด้านบนและผิวด้านข้าง เพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนเกินของวัสดุที่ใช้ทดสอบติดกับเรซิน ใส่วัสดุลงในหลุมจนเต็ม ปิดทับด้วยแผ่นใสและแผ่นสไลด์แก้ว ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง 2 ครั้งๆ ละ 40 วินาที [ก่อนเริ่มใช้งานทุกครั้ง ตรวจสอบวัดความเข้มแสงให้อยู่ในเกณฑ์ไม่ต่ำกว่า 400 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร (Rueggeberg, Caughman และ Curtis, 1994)] แกะแผ่นสไลด์แก้วและแผ่นใสออก นำชิ้นตัวอย่างมาแกะส่วนเกินของวัสดุออกด้วยโรตารีเฟอเวอร์ ได้ชิ้นตัวอย่างที่เสร็จสมบูรณ์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ชิ้นตัวอย่าง

## 2. การแช่ชิ้นตัวอย่างและเก็บสารละลายน้ำลายเทียมเพื่อวัดปริมาณฟลูออไรด์

2.1 นำชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้นซึ่งเขียนรหัสประจำชิ้นตัวอย่างไว้แล้ว ใส่ในขวดพลาสติกทรงกระบอกชนิดมีฝาปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 นิ้ว สูง 1.8 นิ้ว ที่บรรจุสารละลายน้ำลายเทียมปริมาณ 1 มิลลิลิตร นำขวดบรรจุชิ้นตัวอย่างไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3) นาน 23 ชั่วโมง



ภาพที่ 3 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

2.2 นำขวดบรรจุชิ้นตัวอย่างออกมาจากตู้ควบคุมอุณหภูมิ ใช้ปากคีบจับชิ้นตัวอย่างขึ้นมาจากสารละลายน้ำลายเทียม นำชิ้นตัวอย่างเก็บในภาชนะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 100% และเก็บสารละลายน้ำลายเทียมเพื่อวัดปริมาณฟลูออไรด์

## 3. การวัดปริมาณฟลูออไรด์

เพื่อความถูกต้อง (accuracy) ในการวัดปริมาณฟลูออไรด์ในสารละลายน้ำลายเทียม จะใช้สารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานที่ผลิตจากสารละลายน้ำลายเทียม และสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน (ภาคผนวก ข)

3.1 วัดปริมาณฟลูออไรด์ในสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานซึ่งมีความเข้มข้นของฟลูออไรด์น้อยกว่าในสารละลายน้ำลายเทียมที่ต้องการทราบปริมาณ 1 ค่าและมากกว่า 1 ค่า (ทราบค่าโดยประมาณจากการศึกษานำร่อง) นำสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานปริมาณ 150 ไมโครลิตรและสารละลายที่แสปทูปริมาณ 150 ไมโครลิตร (อัตราส่วนสารละลายน้ำลายเทียม : สารละลาย ที่แสปทูเท่ากับ 1:1) ใส่ในขวดพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 นิ้ว สูง 1.8 นิ้ว

เขย่าโดยใช้เครื่องผสมสารละลายให้เข้ากันดี นำเข้าเครื่องวัดค่าฟลูออไรด์อิออนนาน 3 นาที บันทึกค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ (millivolt) และนำมาคำนวณหาค่าความชัน (electrode slope) ได้ค่าความชันอยู่ในช่วงที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้คือ -54 ถึง -60

3.2 นำสารละลายน้ำลายเทียมที่ต้องการทราบปริมาณฟลูออไรด์ปริมาณ 130 ไมโครลิตร มาผสมสารละลายน้ำลายเทียมที่มีฟลูออไรด์เข้มข้น 7.5 ส่วนในล้านส่วนปริมาณ 20 ไมโครลิตร [เพื่อให้มีฟลูออไรด์ในสารละลายน้ำลายเทียมที่ต้องการวัดมากกว่าขีดจำกัด (detection limit) ของฟลูออไรด์อิเล็กโตรด โดยวิธีนี้ตัดแปลงมาจากวิธี standard addition] และสารละลายทีแสบทูป ปริมาณ 150 ไมโครลิตร ใส่ในขวดพลาสติก เขย่าและนำเข้าเครื่องวัดค่าฟลูออไรด์อิออนนาน 3 นาที บันทึกค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้

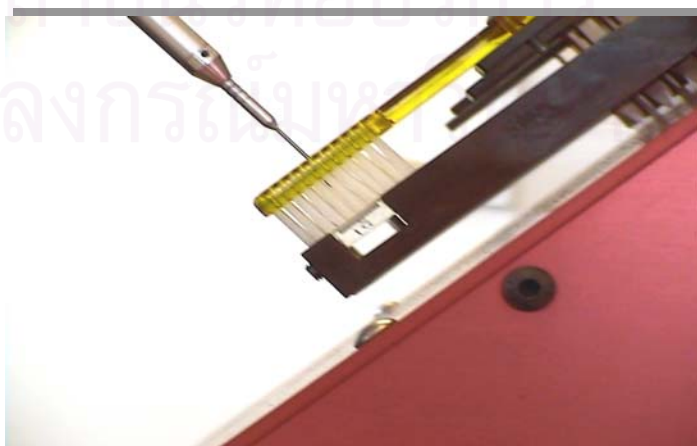
การวัดปริมาณฟลูออไรด์ในสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานและสารละลายน้ำลายเทียมทำทั้งหมด 2 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

#### 4. การเลือกชิ้นตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลอง

เมื่อทราบค่าปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุแต่ละชิ้นในวันแรกแล้ว นำค่าที่ได้มาพิจารณาเลือกชิ้นตัวอย่างเข้ากลุ่มควบคุมหรือกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 5 ชิ้น โดยให้มีค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ในแต่ละกลุ่มใกล้เคียงกันมากที่สุด

#### 5. การแปรงชิ้นตัวอย่างและเก็บสารละลายน้ำลายเทียมเพื่อวัดปริมาณฟลูออไรด์

5.1 นำชิ้นตัวอย่างในข้อ 4 มาใส่ในที่ยึดชิ้นตัวอย่าง (specimen holders) ของเครื่องแปรงฟันอัตโนมัติที่ได้เตรียมไว้แล้ว (ภาคผนวก ค) ปรับแรงกด (brushing pressure) ของแปรงสีฟันด้วยอุปกรณ์วัดขนาดของแรงให้ได้ 150 กรัม (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ใส่ชิ้นตัวอย่างในที่ยึดและปรับแรงกดของแปรงสีฟัน

5.2 นำกระบอกลวดพลาสติกบรรจุสารละลายยาสีพื้น (กลุ่มทดลอง) หรือสารละลายน้ำลายเทียม (กลุ่มควบคุม) ที่เตรียมไว้ มาติดตั้งที่เครื่องแปรงฟันอัตโนมัติ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ติดตั้งกระบอกลวดพลาสติก

5.3 เปิดเครื่อง ตั้งค่าจำนวนครั้งของการแปรง (brushing strokes) เท่ากับ 40 ครั้ง และค่าความเร็วของการแปรง (brushing strokes speed) เท่ากับ 55 รอบต่อนาที เดินเครื่อง เครื่องจะหยุดแปรงเมื่อแปรงครบตามจำนวนครั้งที่ตั้งไว้ ทิ้งให้ชิ้นตัวอย่างแช่ในสารละลายยาสีพื้นหรือสารละลายน้ำลายเทียมต่อจนครบ 6 นาที ถอดกระบอกลวดพลาสติกและนำชิ้นตัวอย่างออกจากเครื่อง ล้างชิ้นตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากอ็อกโซนปริมาณ 10 มิลลิลิตรโดยใช้กระบอกลวดพลาสติก แล้วนำชิ้นตัวอย่างไปล้างน้ำซ้ำอีกครั้ง โดยการเขย่าในขวดพลาสติกบรรจุน้ำปราศจากอ็อกโซนปริมาณ 10 มิลลิลิตรด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำชิ้นตัวอย่างออกมาซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู

5.4 นำชิ้นตัวอย่างใส่ในขวดพลาสติกบรรจุสารละลายน้ำลายเทียมปริมาณ 1 มิลลิลิตร ขวดใหม่ซึ่งเขียนรหัสประจำขวดได้แล้ว นำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 23 ชั่วโมง

5.5 ทำความสะอาดแปรงสีฟันและที่ยึดของเครื่องแปรงฟันอัตโนมัติด้วยน้ำปราศจากอ็อกโซน

5.6 เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำชิ้นตัวอย่างออกมาจากขวดพลาสติก เก็บสารละลายน้ำลายเทียม แปรงและเก็บชิ้นตัวอย่างในตู้ควบคุมอุณหภูมิ และวัดปริมาณฟลูออไรด์ใน

สารละลายน้ำลายเทียมที่เก็บไว้ (ข้อ 3) แปรงขึ้นตัวอย่างและเก็บสารละลายน้ำลายเทียมที่แช่ขึ้นตัวอย่างซ้ำทุกวันจนครบ 7 วัน

## 6. การบันทึกผลการวิจัย

นำค่าเฉลี่ยความต่างศักย์ไฟฟ้าของสารละลายน้ำลายเทียมที่บันทึกไว้มาแปลงให้เป็นหน่วยส่วนในล้านส่วนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วนำมาหาค่าปริมาณฟลูออไรด์ที่วัสดุปล่อยออกมา โดยหักค่าปริมาณฟลูออไรด์ที่เติมในสารละลายน้ำลายเทียมออก แล้วจึงแปลงเป็นหน่วยไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร (ภาคผนวก ง)

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้สถิติเชิงพรรณนาแสดงข้อมูลค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุแต่ละชนิดในแต่ละกลุ่ม
2. ใช้สถิติ Mann-Whitney U test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุแต่ละชนิดในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
3. ใช้สถิติ Kruskal-Wallis one-way Analysis of Variance ร่วมกับสถิติ Mann-Whitney U test เพื่อทดสอบ
  - 3.1 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มทดลอง
  - 3.2 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มควบคุม



## สรุปขั้นตอนการทดลอง

วันที่ 1

เตรียมชิ้นตัวอย่าง



เก็บชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้นในขวดพลาสติกบรรจุสารละลายน้ำลายเทียม 1 มิลลิลิตร  
ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 23 ชั่วโมง

วันที่ 2

นำชิ้นตัวอย่างออกจากขวดพลาสติก

ใส่ในภาชนะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 100%

และนำสารละลายน้ำลายเทียมมาวัดปริมาณฟลูออไรด์



เลือกชิ้นตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลอง



แปรงชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องแปรงฟันอัตโนมัติในสารละลายที่กำหนด

โดยใช้แรง 150 กรัม แปรง 40 ครั้ง แช่ต่อในสารละลายจนครบ 6 นาที



นำชิ้นตัวอย่างออกจากเครื่อง ล้างด้วยน้ำปราศจากคลอรีน ซับชิ้นตัวอย่างให้แห้ง



ใส่ชิ้นตัวอย่างในขวดบรรจุสารละลายน้ำลายเทียมปริมาณ 1 มิลลิลิตร ขวดใหม่



เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิอีก 23 ชั่วโมง

วันที่ 3

นำชิ้นตัวอย่างออกจากขวดพลาสติก

เก็บสารละลายน้ำลายเทียมเพื่อวัดปริมาณฟลูออไรด์



แปรง ล้างและเก็บชิ้นตัวอย่างเหมือนวันที่ 2

วันที่ 4-8

ทำซ้ำเช่นเดียวกับวันที่ 3

วันที่ 9

นำชิ้นตัวอย่างออกจากขวดพลาสติก

เก็บสารละลายน้ำลายเทียมเพื่อวัดปริมาณฟลูออไรด์

## บทที่ 4

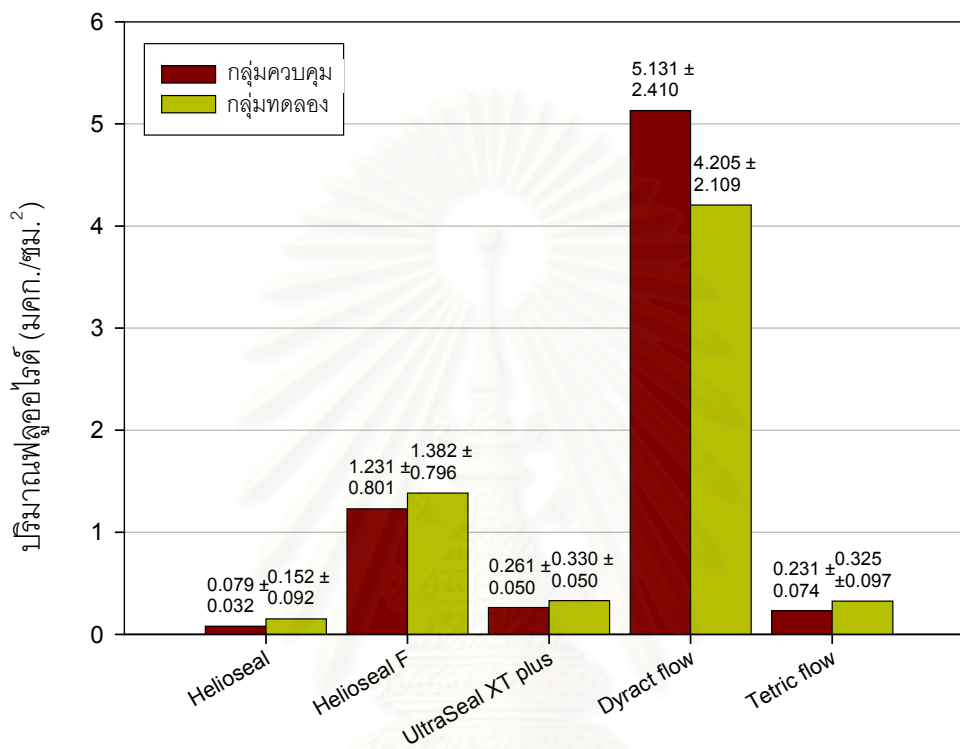
### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อวิเคราะห์ผลจากการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ทั้ง 4 ชนิด และเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันไม่ผสมฟลูออไรด์คือ Helioseal พบว่าปริมาณรวมฟลูออไรด์จากวัสดุทั้ง 5 ชนิดในกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ไม่แตกต่างจากปริมาณรวมฟลูออไรด์จากวัสดุชนิดเดียวกันในกลุ่มที่แปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ ) (ภาพที่ 6)

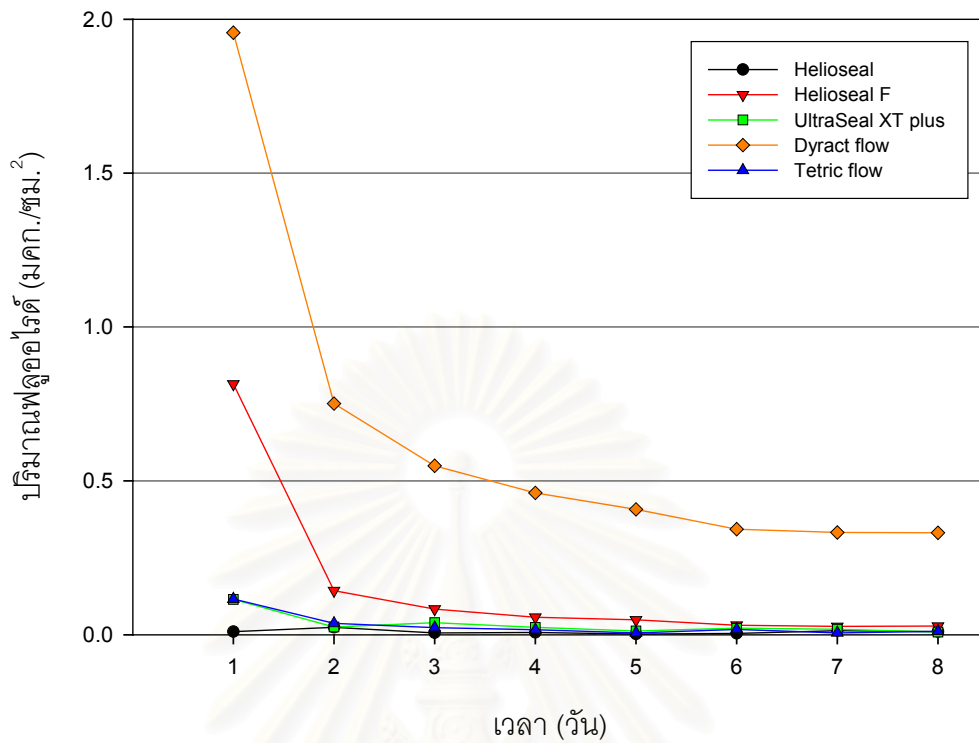
วัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ทั้ง 4 ชนิดทั้งในกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ และกลุ่มที่แปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟันมีรูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์ที่คล้ายคลึงกัน (ภาพที่ 7 และ 8) คือ ฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจากวัสดุจะมีปริมาณมากที่สุดในวันแรก ในวันที่สองวัสดุปล่อยฟลูออไรด์ได้ลดลง โดยมีปริมาณฟลูออไรด์น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณฟลูออไรด์ในวันแรกในวัสดุทั้ง 4 ชนิด ในวันต่อๆ มาฟลูออไรด์ที่ปล่อยจาก Dyract flow และ Helioseal F มีปริมาณน้อยลงอย่างช้าๆ จนเริ่มค่อนข้างคงที่ในวันที่ 6 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ส่วนฟลูออไรด์ที่ปล่อยจาก UltraSeal XT plus และ Tetric flow มีปริมาณค่อนข้างคงที่ตั้งแต่วันที่ 3 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุแต่ละชนิดในแต่ละวันและปริมาณรวมฟลูออไรด์แสดงในตารางที่ 1 ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในวันแรก Dyract flow ปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า Helioseal F ( $P<0.05$ ) ประมาณ 1.4 เท่า และมากกว่า UltraSeal XT plus รวมทั้ง Tetric flow ( $P<0.01$ ) ประมาณ 16 เท่า ส่วน Helioseal F ปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า UltraSeal XT plus และ Tetric flow ( $P<0.01$ ) ประมาณ 6 เท่า UltraSeal XT plus ปล่อยฟลูออไรด์ได้ไม่แตกต่างจาก Tetric flow ( $P>0.05$ ) และวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ทั้ง 4 ชนิดปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า Helioseal ( $P<0.01$ ) ในวันต่อๆ มาวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ทั้ง 4 ชนิดปล่อยฟลูออไรด์ได้น้อยลงเรื่อยๆ จนค่อนข้างคงที่ ในที่สุดท้ายของการทดลองคือ วันที่ 8 Dyract flow ยังคงปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าวัสดุอื่นทุกชนิด ( $P<0.01$ ) ส่วน Helioseal F, UltraSeal XT plus และ Tetric flow ปล่อยฟลูออไรด์ได้ค่อนข้างต่ำและใกล้เคียงกันมาก ปริมาณรวมฟลูออไรด์ตลอดการทดลองที่ปล่อยจาก Dyract flow มีมากกว่าวัสดุอื่นทุกชนิดในทั้ง 2 กลุ่มการทดลองที่  $P<0.01$  ยกเว้นในกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ ปริมาณรวมฟลูออไรด์ที่ปล่อยจาก Dyract flow มีมากกว่า Helioseal F ที่  $P<0.05$  Helioseal F ปล่อยฟลูออไรด์รวมได้มากกว่า UltraSeal XT

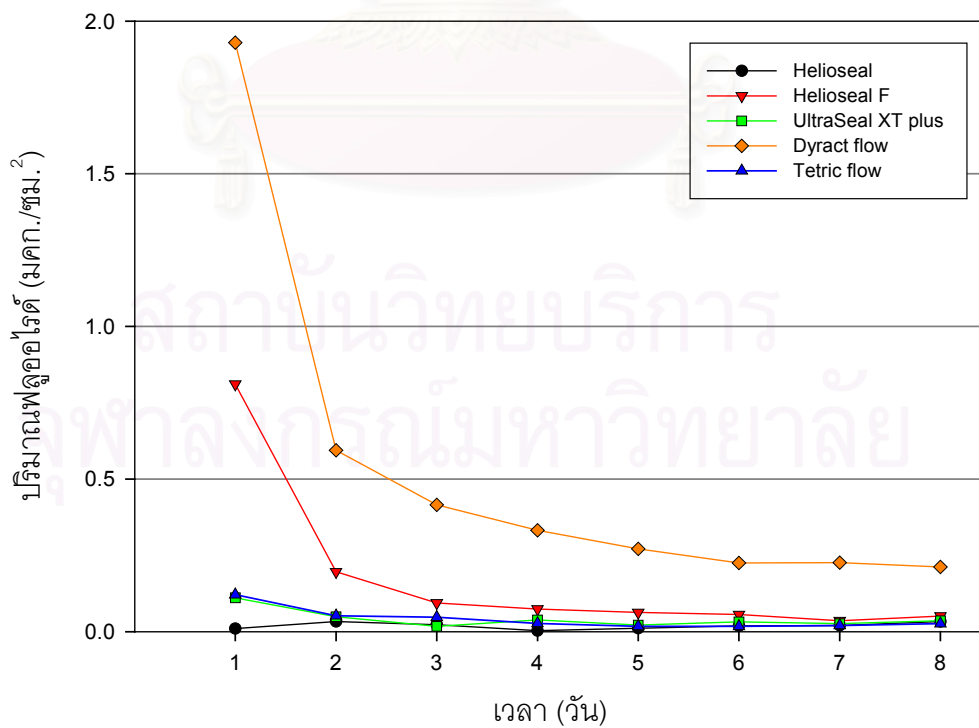
plus, Tetric flow และ Helioseal ( $P < 0.01$ ) และ UltraSeal XT plus ปลดออกฟลูออไรด์รวมได้ไม่แตกต่างจาก Tetric flow ( $P > 0.05$ ) และวัสดุทั้ง 2 ชนิดปลดออกฟลูออไรด์รวมได้มากกว่า Helioseal ( $P < 0.01$ )



ภาพที่ 6 ปริมาณรวมเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลูออไรด์ที่ปลดออกวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



ภาพที่ 7 ปริมาณเฉลี่ยของฟลูออไรด์ที่ปล่อยในแต่ละวันจากวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 8 ปริมาณเฉลี่ยของฟลูออไรด์ที่ปล่อยในแต่ละวันจากวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 1 ปริมาณเฉลี่ยของฟลูออไรด์ (มคก./ซม.<sup>2</sup>) ที่ปล่อยจากวัสดุ 5 ชนิดในกลุ่มควบคุม (C) และกลุ่มทดลอง (T) {ค่าเฉลี่ย(ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)}

วัสดุ/กลุ่ม		วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	รวม
Helioseal	C		0.010 (0.010)	0.024 (0.022)	0.006 (0.007)	0.007 (0.009)	0.002 (0.004)	0.004 (0.004)	0.013 (0.012)	0.010 (0.008)	0.079 (0.032)
	T		0.010 (0.010)	0.033 (0.020)	0.023 (0.019)	0.003 (0.006)	0.011 (0.01)	0.019 (0.018)	0.020 (0.013)	0.033 (0.020)	0.152 (0.092)
Helioseal F	C		0.815 (0.551)	0.143 (0.115)	0.083 (0.036)	0.057 (0.040)	0.048 (0.031)	0.031 (0.024)	0.027 (0.013)	0.028 (0.012)	1.231 (0.801)
	T		0.811 (0.540)	0.196 (0.129)	0.094 (0.043)	0.074 (0.041)	0.063 (0.037)	0.056 (0.017)	0.036 (0.020)	0.051 (0.020)	1.382 (0.796)
UltraSeal XT plus	C		0.115 (0.018)	0.025 (0.014)	0.039 (0.018)	0.024 (0.012)	0.012 (0.011)	0.021 (0.013)	0.018 (0.018)	0.009 (0.008)	0.261 (0.050)
	T		0.111 (0.029)	0.049 (0.012)	0.017 (0.022)	0.038 (0.013)	0.022 (0.019)	0.032 (0.019)	0.026 (0.020)	0.036 (0.013)	0.330 (0.050)
Dyract flow	C		1.956 (0.765)	0.751 (0.453)	0.549 (0.280)	0.461 (0.239)	0.407 (0.181)	0.343 (0.174)	0.332 (0.191)	0.331 (0.162)	5.131 (2.410)
	T		1.930 (1.049)	0.594 (0.345)	0.415 (0.205)	0.332 (0.162)	0.271 (0.084)	0.225 (0.088)	0.226 (0.119)	0.212 (0.102)	4.205 (2.109)
Tetric flow	C		0.116 (0.033)	0.037 (0.015)	0.023 (0.013)	0.016 (0.011)	0.006 (0.009)	0.017 (0.005)	0.006 (0.007)	0.011 (0.012)	0.231 (0.074)
	T		0.121 (0.049)	0.052 (0.018)	0.047 (0.021)	0.027 (0.011)	0.017 (0.012)	0.017 (0.010)	0.020 (0.008)	0.026 (0.011)	0.325 (0.097)

## บทที่ 5

### อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### อภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษานี้ ยาสีฟันที่ใช้เป็นชนิดผสมโซเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.22 หรือมีฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน และเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะจริงในช่องปากขณะแปรงฟันจึงนำยาสีฟันมาผสมกับสารละลายน้ำลายเทียมได้เป็นสารละลายยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ 200 ส่วนในล้านส่วน และมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7.3 โดยวัสดุจะถูกแปรงและแช่ในสารละลายยาสีฟัน นาน 6 นาทีต่อวัน และกำหนดการแปรงเป็นระยะเวลา 7 วันติดต่อกัน เพราะจากการศึกษาอื่นๆ พบว่า วัสดุประเภทเรซินจะปล่อยฟลูออไรด์ได้ลดลงเรื่อยๆ ในช่วงต้น (ชัยวัฒน์ มณีบุษย์, 2542ข; Cooley และคณะ, 1990; Loyola-Rodriguez และ Garcia-Godoy, 1996; Garcia-Godoy และคณะ, 1997; Shaw, Carrick และ McCabe, 1998; Preston และคณะ, 1999) หากการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์มีผลต่อการปล่อยฟลูออไรด์ก็น่าจะเห็นผลตั้งแต่ 2-3 วันแรกของการทดลอง และเพื่อต้องการทราบถึงความแตกต่างของปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินแต่ละชนิดในระยะที่วัสดุปล่อยฟลูออไรด์ได้ค่อนข้างคงที่ด้วย จากผลการทดลองที่พบว่าปริมาณรวมฟลูออไรด์จากเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันไม่ผสมฟลูออไรด์คือ Helioseal ในกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ไม่แตกต่างจากปริมาณรวมฟลูออไรด์ในกลุ่มที่แปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟัน แสดงว่าวิธีการล้างสารละลายยาสีฟันออกจากวัสดุมีความเหมาะสม และการที่สามารถตรวจพบฟลูออไรด์จาก Helioseal ได้นั้นอาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของค่าที่วัดได้ที่เกิดจากการทำงานของเครื่องวัดค่าฟลูออไรด์อออน เพราะวิธีที่ใช้วัดดัดแปลงมาจากวิธี standard addition ถ้าพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมกับค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์จาก Helioseal ในแต่ละวัน อาจกล่าวได้ว่าไม่มีฟลูออไรด์ที่ปล่อยจาก Helioseal

ผลจากการศึกษานี้พบว่า การแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ทุกวันไม่มีผลต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ โดยพิจารณาจากปริมาณรวมฟลูออไรด์จากวัสดุทั้ง 4 ชนิดคือ Helioseal F, UltraSeal XT plus (เรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน), Dyract flow (คอมโพสิทความหนืดต่ำ) และ Tetric flow (คอมโพสิทความหนืดต่ำ) ในกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ไม่แตกต่างจากปริมาณรวมฟลูออไรด์จากวัสดุชนิดเดียวกันในกลุ่มที่แปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับการศึกษาอื่นๆ ที่มีวิธีการทดลอง

คล้ายคลึงกัน พบว่าผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Attin, Buchalla, Ameling และ Hellwig (1999) ที่พบว่าการแปรงคอมโพเมอร์คือ Dyract และ Compoglass ด้วยสารละลาย ยา สีฟันไม่ผสมฟลูออไรด์ซึ่งมีค่าการขัดสีเนื้อฟันใกล้เคียงกับยาสีฟันที่ใช้ในการศึกษานี้ และใช้แรงใน การแปรงเท่ากับ 260 กรัม ความถี่ 250 ครั้งต่อรอบ จำนวน 4 รอบ ซึ่งแรงและจำนวนครั้งของการ แปรงมีมากกว่าในการศึกษานี้ ไม่ทำให้วัสดุปล่อยฟลูออไรด์ได้แตกต่างจากวัสดุชนิดเดียวกันที่ไม่ ได้รับการแปรง การศึกษาของ Donly และ Nelson (1997) ที่ศึกษาผลการแปรงวัสดุประเภทคอม โพลีเมอร์คือ Heliomolar Radiopaque ด้วยยาสีฟันผสมไฮเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.243 ซึ่งมี ฟลูออไรด์ประมาณ 1,100 ส่วนในล้านส่วน (ไม่ทราบค่าความเป็นกรด-ด่าง) นานครั้งละ 2 นาที วันละ 2 ครั้ง ทุกวันเป็นระยะเวลา 30 วันติดต่อกัน พบว่าการแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์มากกว่าในการศึกษานี้ประมาณ 4 เท่าและระยะเวลาที่วัสดุสัมผัสกับยาสีฟันใกล้เคียงกัน ไม่มีผลต่อการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทคอมโพลีเมอร์ และการศึกษาของ Attin, Buchalla, Siewert และ Hellwig (1999) ใช้วิธีการแช่คอมโพเมอร์คือ Dyract และ Compoglass ในสารละลายยาสีฟัน (สารละลายน้ำลายเทียมผสมยาสีฟันที่มีเอมีนฟลูออไรด์ ร้อยละ 0.125) มีฟลูออไรด์ 250 ส่วนในล้านส่วน มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.4 นาน 5 นาทีต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 วันติดต่อกัน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่พบว่าความเข้มข้นของ ฟลูออไรด์ในสารละลายยาสีฟันและระยะเวลาที่วัสดุสัมผัสกับสารละลายยาสีฟันมีความใกล้เคียงกัน แม้ว่าจะมีความเป็นกรดของสารละลายมากกว่า แต่พบว่าไม่มีผลต่อการปล่อยฟลูออไรด์จากวัสดุประเภทคอมโพเมอร์ทั้ง 2 ชนิดเหมือนกับการศึกษานี้ แต่ผลการศึกษานี้ขัดแย้งกับการศึกษาของ Rothwell, Anstice และ Pearson (1998) ที่ศึกษาการแช่คอมโพเมอร์คือ Dyract ในยาสีฟันผสมไฮเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.32 ซึ่งมีฟลูออไรด์ 1,500 ส่วนในล้านส่วน (คอลเกต โททอล ไม่ทราบค่าความเป็นกรด-ด่าง) นานถึง 1 ชั่วโมง ทำให้วัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าก่อนการแช่ในยาสีฟันอยู่ประมาณ 3 วัน วัสดุจึงกลับมาปล่อยฟลูออไรด์ในอัตราใกล้เคียงกับก่อนการแช่วัสดุในยาสีฟัน ซึ่งการศึกษาของ Rothwell และคณะ (1998) ใช้ยาสีฟันที่มีความเข้มข้น ฟลูออไรด์สูงกว่าและมีระยะเวลาที่วัสดุสัมผัสกับยาสีฟันนานกว่าการศึกษานี้รวมทั้งการศึกษาของ Donly และ Nelson (1997) และ Attin, Buchalla, Siewert และ Hellwig (1999) อาจแสดงถึงความเข้มข้นของฟลูออไรด์และระยะเวลาที่วัสดุประเภทเรซินสัมผัสกับฟลูออไรด์เฉพาะที่เป็นปัจจัยที่ทำให้วัสดุปล่อยฟลูออไรด์ได้เพิ่มขึ้น

นอกจากการศึกษาผลของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ ยังมีการศึกษาผลของฟลูออไรด์เฉพาะที่ซึ่งมีภาวะเป็นกลางที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ต่างๆ กัน โดยการสัมผัสกับวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ในระยะเวลาสั้นๆ ได้แก่ การสัมผัสกับไฮเดียมฟลูออไรด์เจลที่มีฟลูออไรด์ 5,000

ส่วนในล้านส่วน นาน 4 นาทีของคอมโพสิตคือ Tetric และการแช่ในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีฟลูออไรด์ถึง 9,000 ส่วนในล้านส่วน นาน 5 นาทีของคอมโพสิตคือ Heliomolar Radiopaque พบว่าไม่มีผลเพิ่มการปล่อยฟลูออไรด์ของคอมโพสิตทั้ง 2 ชนิด (Strother และคณะ, 1998; Takahashi, Emilson และ Birkhed, 1993) แต่มีการศึกษาที่ให้ผลเพิ่มการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุหลังจากการแช่ในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วนของคอมโพสิตคือ Tetric นาน 10 นาที (Young และคณะ, 1996) คอมโพเมอร์คือ Dyract นาน 10 นาที (Suljak และ Hatibovic-Kofman, 1996) หรือ 4 นาที (Yip และ Smales, 1999) โดยวัสดุปล่อยฟลูออไรด์ได้เพิ่มขึ้นเป็นเวลา 1-3 วัน การที่วัสดุประเภทเรซินสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้เพิ่มขึ้นในระยะเวลาดังนั้นๆ หลังจากสัมผัสฟลูออไรด์เฉพาะที่ซึ่งมีภาวะเป็นกลาง น่าจะมาจากฟลูออไรด์ที่ยังติดอยู่บนผิววัสดุ (Young และคณะ, 1996)

มีการศึกษาที่พบว่า การแช่วัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ในสารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆ สามารถเพิ่มการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุได้ ได้แก่ การแช่คอมโพเมอร์คือ Compoglass, Dyract และ Xeno ในเครื่องต้มที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 2-4 นาน 3 ชั่วโมง ทำให้วัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้เพิ่มขึ้น (Abu-Bakr และคณะ, 2000) และการสัมผัสกับ 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตเจลที่ไม่มีฟลูออไรด์ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3-4 นาน 4 นาทีของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน ได้แก่ Helioseal F และ UltraSeal XT และคอมโพสิต ได้แก่ Tetric และ Heliomolar Radiopaque ทำให้วัสดุทุกชนิดปล่อยฟลูออไรด์ได้เพิ่มขึ้น (Steinmetz และคณะ, 1997) เนื่องจากกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ในเจลทำให้ผิวของเรซินได้รับความเสียหายก่อให้เกิดการหลุดของสารประกอบฟลูออไรด์บริเวณผิวของเรซินตามมาซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Papagiannoulis, Tzoutzas และ Eliades (1997) ที่พบว่ามีการลดลงของอิเทอร์เบียมไตรฟลูออไรด์ในคอมโพสิตคือ Heliomolar Radiopaque หลังจากสัมผัสกับ 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจลซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3-4 ผลของกรดต่อผิวของเรซินอาจใช้อธิบายผลการศึกษานี้ที่สารละลายยาสีฟันซึ่งมีความเป็นด่างไม่สามารถเพิ่มการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ทั้ง 3 ประเภทได้ ระดับความเสียหายของผิวเรซินจากผลของกรดในฟลูออไรด์เฉพาะที่ขึ้นกับชนิดวัสดุอัดแทรกในวัสดุประเภทเรซิน มีการศึกษาพบว่า 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจลทำให้คอมโพสิตที่ประกอบด้วยแบเรียมกลาส (barium glass) หรือแบเรียมโบโรอะลูมิเนียมซิลิเกตกลาส (barium borosilicate glass) เกิดการสึกกร่อนมากกว่าคอมโพสิตที่ประกอบด้วยลิเทียมอะลูมิเนียมซิลิเกต (lithium aluminum silicate) สตรอนเทียมกลาส (strontium glass) และซิลิกา (silica) (Kula และคณะ, 1986; Papagiannoulis, Tzoutzas และ Eliades, 1997) และเรซินที่ประกอบ



ด้วยสตรอนเธียมกลาสเกิดการสึกกร่อนมากกว่าเรซินที่ประกอบด้วยควอทซ์ (quartz) หรือซิลิกา ซึ่งความแตกต่างที่พบอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของขนาด ชนิดและปริมาณของวัสดุอัดแทรกในเรซิน (Kula, Nelson และ Thompson, 1983)

ความเป็นกรดของฟลูออไรด์เฉพาะที่ที่ทำให้มีการหลุดของสารประกอบฟลูออไรด์บริเวณผิวของเรซินมีผลเพิ่มการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุน้อยกว่าผลของฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นสูง (12,300 ส่วนในล้านส่วน) ใน 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจล ดังในการศึกษาของ Steinmetz และคณะ (1997) ที่พบว่า การสัมผัสกับฟลูออไรด์เจลชนิดนี้ ทำให้เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันและคอมโพสิตปล่อยฟลูออไรด์เพิ่มขึ้นได้มากกว่าการสัมผัสกับเจลชนิดเดียวกันที่ไม่มีฟลูออไรด์ โดยวัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์เพิ่มขึ้นนาน 3-7 วัน ผลต่อการเพิ่มการปล่อยฟลูออไรด์หลังการสัมผัสกับ 1.23% อะซีดูเลตเตดฟอสเฟตฟลูออไรด์เจล พบในวัสดุประเภทคอมโพเมอร์เช่นกัน โดยวัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้เพิ่มขึ้นนานประมาณ 1-8 สัปดาห์ (Yip, Lam และ Smales, 1999; Peng และคณะ, 2000; Gao และ Smales, 2001) แสดงถึงความสามารถในการเป็นแหล่งสะสมฟลูออไรด์ที่ขึ้นของวัสดุ แต่อย่างไรก็ตามความเป็นกรดของเจลก็ทำให้ผิวของวัสดุเกิดการสึกกร่อนซึ่งเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมของช่องปาก ผิวของเรซินที่ขรุขระจะทำให้เพิ่มการติดสีของวัสดุจากอาหารและเครื่องดื่มได้ (Hayashi และคณะ, 1974) และมีแบคทีเรียมาอาศัยและเพิ่มจำนวนมากขึ้น (Çehreli, Yazici และ Garcia-Godoy, 2000) หากเกิดที่บริเวณขอบทางด้านเหงือก แบคทีเรียที่สะสมเพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดเหงือกอักเสบได้

รูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ในการศึกษานี้ มีลักษณะที่สอดคล้องกับการศึกษาที่ศึกษาการปล่อยฟลูออไรด์ของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน (Cooley และคณะ, 1990; Loyola-Rodriguez และ Garcia-Godoy, 1996; Garcia-Godoy และคณะ, 1997) คอมโพสิต (ชัยวัฒน์ มณีบุษย์, 2542ข; Preston และคณะ, 1999) และคอมโพเมอร์ (ชัยวัฒน์ มณีบุษย์, 2542ข; Shaw, Carrick และ McCabe, 1998; Preston และคณะ, 1999) โดยพบว่าฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุจะมีปริมาณมากที่สุดในวันแรก ในวันต่อมาฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุจะลดลงค่อนข้างมาก และจะค่อยๆ น้อยลงจนค่อนข้างคงที่ การที่เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันและคอมโพสิตมีรูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์ในลักษณะนี้คือ ในวันแรกฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะมีปริมาณมากที่สุดนั้นมาจากฟลูออไรด์ที่อยู่บริเวณผิวของวัสดุ (Verbeeck และคณะ, 1998) ในวันต่อมาวัสดุปล่อยฟลูออไรด์ได้ลดลงจากวันแรก เนื่องจากฟลูออไรด์ที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุจะถูกปล่อยออกมาได้ต้องอาศัยน้ำที่ค่อยๆ แพร่ผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุ (Steinmetz และคณะ, 1997) สำหรับการปล่อยฟลูออไรด์ของคอมโพเมอร์ เมื่อคอมโพเมอร์สัมผัสกับน้ำ บริเวณผิว

ด้านนอกของคอมโพเมอร์จะเกิดปฏิกิริยากรด-เบสอย่างรวดเร็ว ทำให้วัสดุปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้มากที่สุดในวันแรก ส่วนปฏิกิริยากรด-เบสของส่วนที่เป็นวัสดุอัดแทรกในเนื้อวัสดุจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เพราะต้องรอให้น้ำที่แพร่ผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุ (Kakaboura, Eliades และ Palaghias, 1996) และการเกิดขึ้นของซีลิกาเจลซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยากรด-เบส ปกคลุมผิววัสดุอัดแทรกทำให้คอมโพเมอร์ปล่อยฟลูออไรด์ได้ลดลงในวันต่อมา (Verbeeck และคณะ, 1998)

การเปรียบเทียบปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินชนิดต่างๆ ของการศึกษา นี้กับการศึกษาอื่นๆ ไม่สามารถทำได้ในวัสดุประเภทคอมโพสิตความหนืดต่ำและคอมโพเมอร์ความหนืดต่ำ เนื่องจากไม่พบว่ามีการศึกษาใดที่ศึกษาเกี่ยวกับการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทนี้เลย ส่วนเรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน มีผู้ศึกษาในวัสดุชนิดเดียวกับการศึกษานี้เพียงชนิดเดียวคือ Heliaseal F โดย Garcia-Godoy และคณะ (1997) ศึกษาการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุชนิดนี้ในน้ำกลั่นและ Steinmetz และคณะ (1997) ศึกษาการปล่อยฟลูออไรด์ในน้ำปราศจากไอออน ผลจากการศึกษานี้พบว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจาก Heliaseal F ในสารละลายน้ำลายเทียมมีน้อยกว่าในทั้ง 2 การศึกษาดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของ Preston และคณะ (1999) ที่พบว่าคอมโพสิตปล่อยฟลูออไรด์ในสารละลายน้ำลายเทียมได้น้อยกว่าในน้ำปราศจากไอออน สาเหตุอาจเนื่องมาจากผลของแคลเซียมไอออนในสารละลายน้ำลายเทียม (Adair, Whitford และ McKnight-Hanes, 1994) โดยฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจากวัสดุจะรวมตัวกับแคลเซียมไอออนเกิดเป็นอนุภาคคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์ (calcium fluoride-like particles) (Basdra, Huber และ Komposch, 1996) ซึ่งอาจเป็นชั้นป้องกันการปล่อยฟลูออไรด์ (Levallois และคณะ, 1998) และอาจเนื่องจากสารละลายน้ำลายเทียมมีความหนืดรวมทั้งอาจมีการสร้างแผ่นคราบบนผิว (surface pellicle) ของวัสดุทำให้ลดการซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเนื้อวัสดุ (Nikiforuk, 1985) ในการเปรียบเทียบปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจาก UltraSeal XT plus, Dyract flow และ Tetric flow จะอ้างผลของวัสดุชนิดที่มีส่วนประกอบใกล้เคียงกันและจากบริษัทผู้ผลิตเดียวกัน ซึ่งจะเปรียบเทียบด้านทิศทางของความแตกต่างระหว่างปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุแต่ละชนิด ผลจากการศึกษานี้พบว่า Dyract flow ซึ่งเป็นคอมโพเมอร์สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า Tetric flow ซึ่งเป็นคอมโพสิตสอดคล้องกับการศึกษาของ Yap, Khor และ Foo (1999) และ Vermeersch, Lebout และ Vreven (2001) ที่พบว่า Dyract ปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า Tetric (มีชนิดของสารประกอบฟลูออไรด์เหมือนกับ Tetric flow แต่มีปริมาณมากกว่าเล็กน้อยและมีอัตราการดูดน้ำต่ำกว่าเล็กน้อย) และการศึกษาของชัยวัฒน์ มณีบุษย์ (2542ข) ที่พบว่า Dyract AP ปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า Tetric แต่ Karantakis และคณะ (2000) พบว่า Dyract ปล่อยฟลูออไรด์ได้ไม่แตกต่างจาก Tetric นอกจากนั้นผลการศึกษานี้พบว่าเรซินเคลือบหลุมและ

ร่องฟันคือ Heliobond F ปล่องฟลูออไรด์ได้มากกว่าเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันอีกชนิดหนึ่งคือ UltraSeal XT plus สอดคล้องกับการศึกษาของ Garcia-Godoy และคณะ (1997) ที่พบว่า Heliobond F ปล่องฟลูออไรด์ได้มากกว่า UltraSeal XT และ Heliobond F ปล่องฟลูออไรด์ได้มากกว่า Tetric flow สอดคล้องกับการศึกษาของ Helvatjoglu-Antoniades และคณะ (2001) ที่ศึกษาพบว่า Heliobond F ปล่องฟลูออไรด์ได้มากกว่า Tetric

ในการศึกษาวัสดุประเภทเรซินที่ปล่องฟลูออไรด์ได้แตกต่างกัน ได้แก่ Dyract flow ซึ่งเป็นวัสดุประเภทคอมโพเมอร์ความหนืดต่ำปล่องฟลูออไรด์ได้มากกว่า Heliobond F และ UltraSeal XT plus ซึ่งเป็นเรซินวัสดุเคลือบหลุมและร่องฟัน และ Tetric flow ซึ่งเป็นคอมโพสิตความหนืดต่ำเนื่องจาก Dyract flow สามารถเกิดปฏิกิริยากรด-เบสระหว่างกลุ่มโพลีเอซิดกับสตรอนเทียมอะลูมิเนียมฟลูออโรซิลิเกตเกิดกลาสได้เมื่อวัสดุมีการดูดน้ำ ในขณะที่เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันและคอมโพสิตไม่สามารถเกิดปฏิกิริยานี้ได้ ทำให้ Dyract flow ปล่องฟลูออไรด์ได้มากกว่าวัสดุประเภทอื่น (Helvatjoglu-Antoniades และคณะ, 2001) ส่วน Heliobond F ปล่องฟลูออไรด์ได้มากกว่า Tetric flow อาจเนื่องจากความแตกต่างของชนิดและปริมาณของสารประกอบฟลูออไรด์ในวัสดุ โดย Heliobond F ประกอบด้วยฟลูออโรซิลิเกตกลาสร้อยละ 20 โดยน้ำหนักและ Tetric flow ประกอบด้วยแบเรียมอะลูมิเนียมฟลูออโรซิลิเกตกลาส (barium aluminofluorosilicate glass) ร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก และอีเทอร์ปีียมไตรฟลูออไรด์ในสัดส่วนที่มากกว่าแบเรียมอะลูมิเนียมฟลูออโรซิลิเกตกลาสคือ ร้อยละ 13.7 โดยน้ำหนัก แต่อีเทอร์ปีียมไตรฟลูออไรด์สามารถละลายน้ำได้น้อยกว่าฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตกลาส (fluoroaluminum silicate glass) (Dijkman และคณะ, 1993) ส่วน Heliobond F ปล่องฟลูออไรด์ได้มากกว่า UltraSeal XT plus อาจเนื่องจากความแตกต่างของปริมาณสารประกอบฟลูออไรด์ซึ่งในวัสดุทั้ง 2 ชนิดมีเฉพาะสารประกอบฟลูออไรด์ประเภทฟลูออโรซิลิเกตกลาส (ไม่มีข้อมูลด้านปริมาณของสารประกอบฟลูออไรด์ใน UltraSeal XT plus) โดย Heliobond F อาจมีปริมาณฟลูออโรซิลิเกตกลาสมากกว่า UltraSeal XT plus เพราะเรซินที่มีสารประกอบฟลูออไรด์ชนิดเดียวกันแต่มีปริมาณของสารประกอบฟลูออไรด์มากกว่า เรซินชนิดนั้นก็ปล่องฟลูออไรด์ออกมาได้มากกว่า (El-Mehdawi และคณะ, 1985; Dijkman และคณะ, 1993) นอกจากความสามารถในการเกิดปฏิกิริยากรด-เบส ปริมาณและความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบฟลูออไรด์ซึ่งทำให้วัสดุแต่ละชนิดปล่องฟลูออไรด์ได้แตกต่างกันแล้ว ความสามารถในการดูดน้ำของวัสดุก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง เพราะสารประกอบฟลูออไรด์ในวัสดุต้องอาศัยน้ำจากภายนอกจึงมีการละลายได้ ฟลูออไรด์และแพร่ผ่านออกมาจากวัสดุได้ (Dijkman และคณะ, 1993) ซึ่งความสามารถในการดูดน้ำของวัสดุประเภทเรซินขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ คุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilicity) ของ

เรซินเมตริกซ์ซึ่งเรซินเมตริกซ์ที่มีคุณสมบัติชอบน้ำมากกว่าก็จะดูน้ำได้มากกว่า (Asmussen และ Peutzfeldt, 2002) ปริมาณของเรซินเมตริกซ์ โดยเรซินเมตริกซ์ชนิดเดียวกันหากมีปริมาณในเนื้อวัสดุมากกว่า เรซินนั้นจะดูน้ำได้มากกว่า (Calais และ Söderholm, 1988) รวมทั้งคุณสมบัติชอบน้ำของสารเชื่อมต้อ (coupling agents) (Craig และ Dootz, 1996) ในการศึกษาไม่มีข้อมูลด้านอัตราการดูน้ำของวัสดุแต่ละชนิด แต่มีการศึกษาที่พบว่าคอมโพเมอร์มีอัตราการดูน้ำสูงกว่าคอมโพสิต (Meyer, Cattani-Lorente และ Dupuis, 1998) จึงอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ Dyract flow ซึ่งเป็นวัสดุประเภทคอมโพเมอร์ปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า Helioseal F, UltraSeal XT plus และ Tetric flow ตลอดการทดลอง ส่วนผลการศึกษานี้ที่พบว่าในวันแรก Helioseal F ปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า UltraSeal XT plus และ Tetric flow และต่อมา Helioseal F ปล่อยฟลูออไรด์ได้ลดลงเรื่อยๆ จนวันสุดท้ายของการทดลองคือ วันที่ 8 Helioseal F ปล่อยฟลูออไรด์ได้ใกล้เคียงกับ UltraSeal XT plus และ Tetric flow มาก อาจแสดงถึงความสามารถในการดูน้ำของวัสดุเป็นปัจจัยที่สำคัญในการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุเมื่อเวลาผ่านไปมากกว่าปัจจัยด้านปริมาณและความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบฟลูออไรด์ในวัสดุ โดย Helioseal F อาจมีอัตราการดูน้ำใกล้เคียงกับ UltraSeal XT plus และ Tetric flow ส่วน UltraSeal XT plus และ Tetric flow ปล่อยฟลูออไรด์ได้ไม่แตกต่างกัน แม้จะมีความแตกต่างของชนิดสารประกอบฟลูออไรด์ แสดงถึงสารประกอบฟลูออไรด์ในวัสดุทั้ง 2 ชนิดเมื่อละลายน้ำแล้วทำให้ได้ฟลูออไรด์ไม่แตกต่างกันและวัสดุอาจมีความสามารถในการดูน้ำใกล้เคียงกันด้วย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ผลที่ได้เป็นผลจากการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินในสภาวะที่แตกต่างจากภายในช่องปาก ซึ่งมีน้ำลายและมีการไหลเวียนอยู่เกือบตลอดเวลา มีควาบจุลินทรีย์ ครอบอาหาร สภาวะความเป็นกรดจึงอาจทำให้ปริมาณฟลูออไรด์และรูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุประเภทเรซินมีความแตกต่างออกไป รวมถึงความแตกต่างของปริมาณฟลูออไรด์ระหว่างวัสดุแต่ละชนิดอาจไม่พบเหมือนในการศึกษานี้ มีการศึกษาทางคลินิกที่พบว่า เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์สามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในน้ำลายและเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำลายได้ในบริเวณใกล้เคียงกับวัสดุเพียงภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำลายจะลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างจากก่อนการเคลือบฟัน (Jensen, Billings และ Featherstone, 1990) แต่อาจมีฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุซึ่งไม่สามารถตรวจพบในน้ำลาย เนื่องมาจากมีการสะสมฟลูออไรด์อยู่ภายในควาบจุลินทรีย์ แต่มีการศึกษาทางคลินิกที่พบว่าแม้แต่ในวัสดุประเภทคอมโพเมอร์ ปริมาณฟลูออไรด์ในควาบจุลินทรีย์บริเวณรอบวัสดุหลังจาก 4 สัปดาห์ก็ไม่แตกต่างจากปริมาณฟลูออไรด์ในควาบจุลินทรีย์บริเวณรอบวัสดุประเภทเรซินที่ไม่ผสมฟลูออไรด์ (Chung และคณะ, 1998) แต่เรซินเคลือบหลุมและ

ร่องฟันผสมฟลูออไรด์อาจเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันได้ จากการศึกษาที่พบว่าเมื่อทา เรซินผสมฟลูออไรด์บนพื้นผิวที่ผิวเคลือบฟัน หลังจาก 1 เดือน ปริมาณฟลูออไรด์ใน ชั้นเคลือบฟันที่ติดกับเรซินมีมากกว่าในชั้นเคลือบฟันของฟันที่ไม่ได้ทาเรซิน (Capilouto, Depaola และ Gron, 1990) ในการเคลือบหลุมและร่องฟัน วัสดุจะยังคงทำหน้าที่ในการป้องกันฟันผุบริเวณ หลุมและร่องฟันได้อย่างสมบูรณ์ ก็ต่อเมื่อวัสดุยังยึดติดอยู่ที่หลุมและร่องฟัน การที่มีการหลุดของ วัสดุออกจากผิวเคลือบฟันบางส่วนหรือทั้งหมด อาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดรอยผุในบริเวณนั้น ฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันที่อาจเพิ่มขึ้นจะมีประโยชน์ในการป้องกันการเกิดรอยผุบริเวณหลุมและ ร่องฟันที่มีการหลุดของวัสดุออกไปหรือไม่นั้น มีเพียงการศึกษาของ Lygidakis และ Oulis (1999) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟัน 2 ชนิดในฟันกรามถาวรของผู้ป่วยคนเดียว กันพบว่าหลังจากผู้ป่วยได้รับการเคลือบหลุมและร่องฟันนาน 4 ปี มีการเกิดรอยผุของฟันใน บริเวณที่มีการหลุดของวัสดุไปบางส่วนหรือทั้งหมด โดยในฟันที่เคลือบด้วย FluroShield (เรซิน เคลือบหลุมและร่องฟันผสมฟลูออไรด์) มีอัตราการเกิดรอยผุร้อยละ 37.8 ซึ่งน้อยกว่าในฟันที่ เคลือบด้วย Delton (เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันไม่ผสมฟลูออไรด์) ที่มีอัตราการเกิดรอยผุร้อยละ 100 แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาในประเด็นนี้ที่สามารถสืบค้นได้มีเพียงแค่การศึกษาเดียว แม้ว่า การศึกษาที่ผ่านมา จะพบว่าเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันที่ผสมฟลูออไรด์มีอัตราการยึดติดไม่ แตกต่างจากเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันที่ไม่ผสมฟลูออไรด์ (Jensen, Billings และ Featherstone, 1990; Morphis และ Toumba, 1998) แต่ก็ยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนว่าในกรณี ที่มีการหลุดของวัสดุ เรซินเคลือบหลุมและร่องฟันที่ผสมฟลูออไรด์จะมีประสิทธิภาพในการป้องกัน ฟันผุบริเวณหลุมและร่องฟันดีกว่าเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันที่ไม่ผสมฟลูออไรด์หรือไม่

ในการศึกษานี้วัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ทั้ง 3 ประเภท นอกจากเรซินเคลือบหลุม และร่องฟันแล้ว ทางบริษัทผู้ผลิตแนะนำว่าวัสดุประเภทคอมโพเมอร์ความหนืดต่ำและคอมโพสิต ความหนืดต่ำสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุเคลือบหลุมและร่องฟันได้ แม้ยังไม่พบว่ามีการศึกษาทาง คลินิกถึงประสิทธิภาพของวัสดุทั้ง 2 ประเภทเมื่อใช้เคลือบหลุมและร่องฟันโดยตรง แต่จาก การศึกษานี้พบว่าคอมโพสิตความหนืดต่ำคือ Tetric flow ไม่ได้มีคุณสมบัติในการปล่อยฟลูออไรด์ ดีกว่าเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันอีก 2 ชนิด และแม้ว่าคอมโพเมอร์ความหนืดต่ำคือ Dyract flow จะปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าวัสดุประเภทอื่นตลอดการทดลอง แต่ในทางคลินิกแล้วยังไม่มี ข้อมูลด้านอัตราการยึดติดของคอมโพเมอร์ความหนืดต่ำในการเคลือบหลุมและร่องฟัน หรือหากมี การหลุดของคอมโพเมอร์ความหนืดต่ำ วัสดุชนิดนี้จะสามารถป้องกันการผุของฟันในบริเวณที่มี การหลุดของวัสดุได้และดีกว่าวัสดุประเภทอื่นที่ปล่อยฟลูออไรด์ได้น้อยกว่าหรือไม่

ในการบูรณะฟันด้วยวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์นั้น มีการศึกษาในห้องปฏิบัติการที่พบว่าวัสดุประเภทคอมโพสิตผสมฟลูออไรด์และคอมโพเมอร์สามารถชะลอการลุกลามของรอยผุจำลองบริเวณใกล้เคียงกับวัสดุได้เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุประเภทเรซินที่ไม่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ โดยมีการศึกษาในวัสดุประเภทคอมโพสิตผสมฟลูออไรด์พบว่าปริมาณฟลูออไรด์เพิ่มในผิวฟันที่อยู่ติดหรือใกล้กับวัสดุ (Temin, Csuros และ Mellberg, 1989) และความกว้าง (Donly และ Gomez, 1994) และความลึกของรอยผุจำลองที่ผิวเคลือบฟันบริเวณใกล้เคียงกับวัสดุลดลงได้ประมาณร้อยละ 35 ที่ระยะห่างจากวัสดุประมาณ 0.5 มิลลิเมตร (Arends, Ruben และ Dijkman, 1990) ส่วนการศึกษาในคอมโพเมอร์ พบว่าวัสดุสามารถลดความลึก (Dionysopoulos และคณะ, 1998) และลดอัตราการเกิดรอยผุจำลองที่ผนังโพรงฟันในชั้นเคลือบฟันได้ และลดความลึกของรอยผุจำลองบนผิวเคลือบฟันใกล้เคียงกับวัสดุได้ (Hicks และคณะ, 2000) แต่ไม่พบที่มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวัสดุทั้ง 2 ประเภทโดยตรง มีการศึกษาทดลองในสภาวะช่องปาก (*in situ*) พบว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่เพิ่มขึ้นในชั้นเคลือบฟันมีบทบาทในการลดความลึกของรอยผุในชั้นเคลือบฟันน้อยกว่าฟลูออไรด์ในสารละลายบริเวณช่องว่างระหว่างคอมโพสิตกับเคลือบฟัน (Dijkman, 1993) อาจหมายถึงฟลูออไรด์ในสารละลายของคราบจุลินทรีย์ (*plaque fluid*) มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเกิดรอยผุต่อมากกว่าฟลูออไรด์ในเคลือบฟันที่เพิ่มขึ้น ฟลูออไรด์ที่วัสดุปล่อยออกมาในคราบจุลินทรีย์มีมากน้อยเท่าใด มีการศึกษาทางคลินิกที่พบว่าไม่สามารถตรวจพบว่ามีฟลูออไรด์เพิ่มขึ้นในคราบจุลินทรีย์แม้บนผิวคอมโพเมอร์หลังจาก 4 สัปดาห์ (Chung และคณะ, 1998) ในสภาวะที่เสี่ยงต่อการเกิดฟันผุ คราบจุลินทรีย์มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและวัสดุอาจปล่อยฟลูออไรด์ได้มากขึ้นแต่อาจจะไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของฟันบริเวณขอบวัสดุได้

มีการศึกษาที่พบว่าในการบูรณะฟันด้วยคอมโพเมอร์ การเกิดรอยผุต่อยังเป็นสาเหตุของความล้มเหลวในการบูรณะที่พบมากที่สุดเช่นเดียวกับคอมโพสิต (Burke และคณะ, 2001) วัสดุประเภทคอมโพสิตความหนืดต่ำและคอมโพเมอร์ความหนืดต่ำสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุบูรณะฟัน โดยมีข้อบ่งชี้ในการใช้งานคล้ายๆ กัน การที่คอมโพเมอร์ความหนืดต่ำสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าคอมโพสิตความหนืดต่ำตลอดการทดลองนั้น ในทางคลินิกฟลูออไรด์จากวัสดุทั้ง 2 ประเภทจะเพียงพอที่จะยับยั้งการเกิดรอยผุต่อได้และแตกต่างกันหรือไม่นั้นยังไม่อาจทราบได้

## สรุปผลการวิจัย

1. ปริมาณรวมฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ทั้ง 4 ชนิด หลังแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ ไม่แตกต่างกับปริมาณรวมฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุชนิดเดียวกันหลังแปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟัน (สารละลายน้ำลายเทียม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

2. ในกลุ่มที่แปรงโดยไม่ใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ ปริมาณรวมฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ทั้ง 4 ชนิดมีความแตกต่างกันคือ Dyract flow มีปริมาณรวมฟลูออไรด์มากกว่า Heliaseal F, UltraSeal XT plus และ Tetric flow ( $P<0.01$ ) และ Heliaseal F มีปริมาณรวมฟลูออไรด์มากกว่า UltraSeal XT plus และ Tetric flow ( $P<0.01$ )

3. ในกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ ปริมาณรวมฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ทั้ง 4 ชนิดมีความแตกต่างกันคือ Dyract flow มีปริมาณรวมฟลูออไรด์มากกว่า Heliaseal F ( $P<0.05$ ) UltraSeal XT plus และ Tetric flow ( $P<0.01$ ) และ Heliaseal F มีปริมาณรวมฟลูออไรด์มากกว่า UltraSeal XT plus และ Tetric flow ( $P<0.01$ )

## ข้อเสนอแนะ

1. ในการเคลือบหลุมและร่องฟัน วัสดุประเภทเรซินที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุดีกว่าวัสดุประเภทเรซินที่ไม่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้หรือไม่ ควรมีการศึกษาทางคลินิกเพื่อเปรียบเทียบอัตราการยึดติดและอัตราการเกิดฟันผุกรณีที่มีการหลุดของเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ในระดับต่างๆ กับเรซินเคลือบหลุมและร่องฟันที่ไม่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำมาประกอบการตัดสินใจที่จะเลือกใช้วัสดุสำหรับเคลือบหลุมและร่องฟันให้กับผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2. ในการบูรณะฟัน ควรมีการศึกษาทางคลินิกในระยะยาวเพื่อเปรียบเทียบผลการป้องกันการเกิดรอยผุต่อของวัสดุบูรณะฟันประเภทเรซินผสมฟลูออไรด์ประเภทต่างๆ กับวัสดุบูรณะฟันประเภทเรซินไม่ผสมฟลูออไรด์ เมื่อมีการใช้หรือไม่ใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ประเภทต่างๆ ร่วมด้วยซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำมาประกอบการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุบูรณะฟันประเภทเรซินให้กับผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

ชัยวัฒน์ มณีบุษย์. 2542ก. การยับยั้งการละลายแร่ธาตุจากผิวฟันโดยวัสดุบูรณะคอมโพสิต เรซิน ชนิดที่มีฟลูออไรด์เป็นองค์ประกอบและชนิดดัดแปลงด้วยแก้ว. วารสารทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 22: 131-137.

ชัยวัฒน์ มณีบุษย์. 2542ข. ปริมาณฟลูออไรด์ที่หลุดออกมาจากวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันชนิดที่มี ฟลูออไรด์เป็นองค์ประกอบ. วารสารทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 22: 123-130.

### ภาษาอังกฤษ

Abu-Bakr, N. H.; Han, L.; Okamoto, A.; and Iwaku, M. 2000. Effect of alcoholic and low-pH soft drinks on fluoride release from compomer. Journal of Esthetic Dentistry 12: 97-104.

Adair, S. M.; Whitford, G. M.; and McKnight-Hanes, C. 1994. Effect of artificial saliva and calcium on fluoride output of controlled-release devices. Caries Research 28: 28-34.

Andersson-Wenckert, I. E.; Folkesson, U. H.; and van Dijken, J. W. V. 1997. Durability of polyacid-modified composite resin (compomer) in primary molars: a multicenter study. Acta Odontologica Scandinavica 55: 255-260.

Aranda, M.; and Garcia-Godoy, F. 1995. Clinical evaluation of the retention and wear of a light-cured pit and fissure glass ionomer sealant. The Journal of Clinical Pediatric Dentistry 19, 4: 273-277.

Arends, J.; and Ruben, J. 1988. Fluoride release from a composite resin. Quintessence International 19, 7: 513-514.

Arends, J.; and van der Zee, Y. 1990. Fluoride uptake in bovine enamel and dentin from a fluoride-releasing composite resin. Quintessence International 21, 7: 541-544.

Arends, J.; Dijkman, G. E. H. M.; and Dijkman, A. G. 1995. Review of fluoride release and secondary caries reduction by fluoridating composites. Advances in Dental Research 9, 4(December): 367-376.



- Arends, J.; Ruben, J.; and Dijkman, A. G. 1990. The effect of fluoride release from a fluoride-containing composite resin on secondary caries: an in vitro study. Quintessence International 21, 8: 671-674.
- Asmussen, E.; and Peutzfeldt, A. 2002. Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer, and from experimental resin composites. Acta Odontologica Scandinavica 60: 93-97.
- Attin, T.; Buchalla, W.; Ameling, K.; and Hellwig, E. 1999. Effect of toothbrushing on fluoride release of polyacid-modified composite resins. Clinical Oral Investigations 3: 150-154.
- Attin, T.; Buchalla, W.; Siewert, C.; and Hellwig, E. 1999. Fluoride release/uptake of polyacid-modified resin composites (compomers) in neutral and acidic buffer solutions. Journal of Oral Rehabilitation 26: 388-393.
- Attin, T.; Buchalla, W.; Kielbassa, A. M.; and Hellwig, E. 1995. Curing shrinkage and volumetric changes of resin-modified glass ionomer restorative materials. Dental Materials 11, 6(November): 359-362.
- Autio-Gold, J. T. 2002. Clinical evaluation of a medium-filled flowable restorative material as a pit and fissure sealant. Operative Dentistry 27: 325-329.
- Basdra, E. K.; Huber, H.; and Komposch, G. 1996. Fluoride released from orthodontic bonding agents alters the enamel surface and inhibits enamel demineralization *in vitro*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 109, 5 (May): 466-472.
- Bayne, S. C.; Thompson, J. Y.; Swift, Jr. E. J.; Stamatiades, P.; and Wilkerson, M. 1998. A characterization of first-generation flowable composites. The Journal of the American Dental Association 129 (May): 567-577.
- Bender, G. R.; Thibodeau, E. A.; and Marquis, R. E. 1985. Reduction of aciduriance of streptococcal growth and glycolysis by fluoride and gramicidin. Journal of Dental Research 64: 90-95.
- Bergenholtz, G.; Cox, C. F.; Loesche, W. J.; and Syed, S. A. 1982. Bacterial leakage around dental restorations: its effect on the dental pulp. Journal of Oral Pathology 11: 439-450.

- Bibby, B. G.; and van Kesteren, M. 1940. The effect of fluorine on mouth bacteria. Journal of Dental Research 19: 391-402.
- Boksman, L.; and Carson, B. 1998, March-April. Two-year retention and caries rates of UltraSeal XT and FluroShield light-cured pit and fissure sealants. General Dentistry: 184-187.
- Bradshaw, D.J.; Marsh, P. D.; Hodgson, R. J.; and Visser, J. M. 2002. Effects of glucose and fluoride on competition and metabolism within *in vitro* dental bacterial communities and biofilms. Caries Research 36: 81-86.
- Burgess, J. O.; Walker, R; and Davidson, J. M. 2002. Posterior resin-based composite: review of the literature. Pediatric Dentistry 24, 5: 465-479.
- Burke, F. J. T.; Wilson, N. H. F.; Cheung, S. W.; and Mjör, I. A. 2001. Influence of patient factors on age of restorations at failure and reasons for their placement and replacement. Journal of Dentistry 29: 317-324.
- Calais, J. K.; and Söderholm, K. -J. M. 1988. Influence of filler type and water exposure on flexural strength of experimental composite resins. Journal of Dental Research 67: 836-840.
- Capilouto, M. L.; DePaola, P. F.; and Gron, P. 1990. *In vivo* study of slow-release fluoride resin and enamel uptake. Caries Research 24: 441-445.
- Çehreli, Z. C.; Yazici, R.; and Garcia-Godoy, F. 2000. Effect of 1.23 percent APF gel on fluoride-releasing restorative materials. Journal of Dentistry for Children 65, 5 (September-October): 330-337.
- Chung, C. K.; Millett, D. T.; Creanor, S. L.; Gilmour, W. H.; and Foe, R. H. 1998. Fluoride release and cariostatic ability of a compomer and a resin-modified glass ionomer cement used for orthodontic bonding. Journal of Dentistry 26: 533-538.
- Cimasoni, G. 1972. The inhibition of enolase by fluoride *in vitro*. Caries Research 6: 93-102.
- Cooley, R. L.; McCourt, J. W.; Huddleston, A. M.; and Castnedes, H. P. 1990. Evaluation of a fluoride-containing sealant by SEM, microleakage and fluoride release. Pediatric Dentistry 12, 1: 38-42.
- Craig, R. G.; and Dootz, E. R. 1996. Effect of mixed silanes on the hydrolytic stability of composites. Journal of Oral Rehabilitation 23: 751-756.

- Craig, R. G.; Powers, J. M.; and Wataha, J. C. 2000. Direct esthetic restorative materials., Dental Materials: Properties and Manipulation St. Louis: Mosby-Year Book. pp. 57-78.
- Demirci, M.; and Üçok, M. 2001. Clinical evaluation of a polyacid-modified resin composite in class III cavities: one year results. Operative Dentistry 26: 115-120.
- Dennison, J. B.; Straffon, L. H.; and More, F. G. 1990. Evaluating tooth eruption on sealant efficacy. The Journal of the American Dental Association 121 (November): 610-614.
- Dijkman, G. E. H. M. 1993. Fluoride releasing composites: the effect on secondary caries. Doctoral thesis, State University Groningen, The Netherlands. Cited in Arends, J.; Dijkman, G. E. H. M.; and Dijkman, A. G. 1995. Review of fluoride release and secondary caries reduction by fluoridating composites. Advances in Dental research 9, 4(December): 367-376.
- Dijkman, G. E. H. M.; de Vries, J.; Lodding, A.; and Arends, J. 1993. Long-term fluoride release of visible light-activated composites *in vitro*: a correlation with *in situ* demineralization data. Caries Research 27: 117-123.
- Dionysopoulos, P.; Kotsanos, N.; Papadogiannis, Y.; and Konstantinidis, A. 1998. Artificial secondary caries around two new F-containing restoratives. Operative Dentistry 23: 81-86.
- Donly, K. J.; and Gomez, C. 1994. *In vitro* demineralization-remineralization of enamel caries at restoration margins utilizing fluoride-releasing composite resin. Quintessence International 25, 5: 355-358.
- Donly, K. J.; and Nelson, J. J. 1997. Fluoride release of restorative materials exposed to a fluoridated dentifrice. Journal of Dentistry for Children 64, 4(July-August): 249-250.
- Duggal, M. S.; Toumba, K. J.; and Sharma, N. K. 2002. Clinical performance of a compomer and amalgam for the interproximal restoration of primary molars: a 24-month evaluation. British Dental Journal 193: 339-342.
- Eisenberg, A. D.; Bender, G. R.; and Marquis, R. E. 1980. Reduction in the aciduric properties of the oral bacterium *Streptococcus mutans* GS-5 by fluoride. Archives of oral Biology 25: 133-135.

- El-Kalla, I. H.; and Garcia-Godoy, F. 1999. Mechanical properties of compomer restorative materials. Operative Dentistry 24: 2-8.
- El-Mehdawi, S. M.; Rapp, R.; Draus, F. J.; Miklos, F. L.; and Zullo, T. G. 1985. Fluoride ion release from ultraviolet light-cured sealants containing sodium fluoride. Pediatric Dentistry 7, 4: 287-291.
- Estafan, A. M.; and Estafan, D. 2000. Microleakage study of flowable composite resin systems. Compendium on Continuing Education in Dentistry 21, 9(September): 705-706, 708, 710, 712.
- Estafan, D.; Schulman, A.; and Calamia, J. 1999. Clinical effectiveness of a class V flowable composite resin system. Compendium on Continuing Education in Dentistry 20, 1(January): 11-15.
- Featherstone, J. D. B. 1999. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. Community Dentistry and Oral Epidemiology 27: 31-40
- Featherstone, J. D. B.; Glena, R.; Shariati, M.; and Shields, C. P. 1990. Dependence of *in vitro* demineralization of apatite and remineralization of dental enamel on fluoride concentration. Journal of Dental Research 69 (special issue): 620-625.
- Ferracane, J. L. 1995. Direct esthetic anterior restoratives., Materials in Dentistry: Principles and Applications, pp. 85-115. Philadelphia: J. B. Lippincott company.
- Gao, W.; and Smales, R. J. 2001. Fluoride release/uptake of conventional and resin-modified glass ionomers, and compomers. Journal of Dentistry 29: 301-306.
- Garcia-Godoy, F. 2000. Resin-based composites and compomers in primary molars. The Dental Clinics of North America 44, 3(July): 541-570.
- Garcia-Godoy, F.; Abarzua, I.; de Goes, M. F.; and Chan D. C. N. 1997. Fluoride release from fissure sealants. The Journal of Clinical Pediatric Dentistry 22, 1: 45-49.
- Gibbs, C. D.; Atherton, S. E.; Huntington, E.; Lynch, R. J. M.; and Duckworth, R. M. 1995. Effect of low levels of fluoride on calcium uptake by demineralized human enamel. Archives of oral Biology 40: 879-881.
- Gillet, D.; Nancy, J.; Dupuis, V.; and Dorignac, G. 2002. Microleakage and penetration depth of three types of materials in fissure sealant: self-etching primer vs

- etching: an *in vitro* study. The Journal of Clinical Pediatric Dentistry 26, 2: 175-178.
- Glasspoole, E. A.; Erickson, R. L.; and Davidson, C. L. 2001. A fluoride-releasing composite for dental applications. Dental Materials 17, 2(March): 127-133.
- Hamilton, I. R. 1990. Biochemical effects of fluoride on oral bacteria. Journal of Dental Research 69 (special issue): 660-667.
- Hayashi, H.; Maejima, K.; Kezuka, K.; Ogushi, K.; Kono, A.; and Fusayama, T. 1974. *In vitro* study of discoloration of composite resins. Journal of Prosthetic Dentistry 32, 1(July): 66-69.
- Hefferren, J. J. 1976. A laboratory method for assessment of dentifrice abrasivity. Journal of Dental Research 55: 563-573.
- Helvatjoglu-Antoniades, M.; Karantakis, P.; Papadogiannis, Y.; and Kapetanios, H. 2001. Fluoride release from restorative materials and a luting cement. Journal of Prosthetic Dentistry 86, 2(August): 156-164.
- Herkströter, F. M.; Witjes, M.; and Arends, J. 1991. Demineralization of human dentine compared with enamel in a pH-cycling apparatus with a constant composition during de- and remineralization periods. Caries Research 25: 317-322.
- Hicks, J.; Garcia-Godoy, F.; Donly, K.; and Flaitz, C. 2002. Fluoride-releasing restorative materials and secondary caries. The Dental Clinics of North America 46: 247-276.
- Hicks, J.; Garcia-Godoy, F.; Milano, M.; and Flaitz, C. 2000. Compomer materials and secondary caries formation. American Journal of Dentistry 13, 5(October): 132-234.
- Hicks, M. J.; and Flaitz, C. M. 1998. Caries formation *in vitro* around a fluoride-releasing pit and fissure sealant in primary teeth. Journal of Dentistry for Children 65, 3 (May-June): 161-168.
- Hse, K. M. Y.; and Wei, S. H. Y. 1997. Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results. The Journal of the American Dental Association 128 (August): 1088-1096.
- Iazzetti, G.; Burgess, J. O.; and Gardiner, D. 2001. Selected mechanical properties of fluoride-releasing restorative materials. Operative Dentistry 26: 21-26.

- Jensen, M. E.; Wefel, J. S.; Triolo, P. T.; and Hammesfahr, P. D. 1990. Effects of a fluoride-releasing fissure sealant on artificial enamel caries. American Journal of Dentistry 3, 2(April): 75-78.
- Jensen, O. E.; Billings, R. J.; and Featherstone, D. B. 1990. Clinical evaluation of Fluroshield<sup>®</sup> pit and fissure sealant. Clinical Preventive Dentistry 12, 4(October-November): 24-27.
- Kakaboura, A.; Eliades, G.; and Palaghias, G. 1996. Evaluation of the extent of the acid-base reaction in Dyract<sup>™</sup> restorative material. Journal of Dental Research 75, 5: 1218. Divisional Abstracts: Continental European Division: Abstract No. 9.
- Kanapka, J. A.; and Hamilton, I. R. 1971. Fluoride inhibition of enolase activity *in vivo* and its relationship to the inhibition of glucose-6-P formation in *Streptococcus salivarius*. Archives of Biochemistry and Biophysics 146: 167-174.
- Karantakis, P.; Helvatjoglou-Antoniades, M.; Theodoridou-Pahini, S.; and Papadogiannis, Y. 2000. Fluoride release from three glass ionomers, a compomer, and a composite resin in water, artificial saliva, and lactic acid. Operative Dentistry 25: 20-25.
- Kashket, S.; and Kashket, E. R. 1985. Dissipation of the proton motive force in oral Streptococci by fluoride. Infection and Immunity 48, 1(April): 19-22.
- Kashket, S.; Rodriguez, V. M. 1976. Fluoride accumulation by a strain of human oral *Streptococcus sanguis*. Archives of oral Biology 21: 459-464.
- Kawai, K.; Tantbirojn, D. Kamalawat, A. S.; Hasegawa, T.; and Retief, D. H. 1998. *In vitro* enamel and cementum fluoride uptake from three fluoride-containing composites. Caries Research 32: 463-469.
- Keevil, C. W.; McDermid, A. S.; Marsh, P. D.; and Ellwood, D. C. 1986. Protonmotive force driven 6-deoxyglucose uptake by the oral pathogen, *Streptococcus mutans* ingbritt. Archives of Microbiology 146: 118-124. Cited in Hamilton, I. R. 1990. Biochemical effects of fluoride on oral bacteria. Journal of Dental Research 69 (special issue): 660-667.
- Koch, M. J.; Garcia-Godoy, F.; Mayer, T.; and Staehle, H. J. 1997. Clinical evaluation of Helioseal F fissure sealant. Clinical Oral Investigations 1: 199-202.

- Kula, K.; Nelson, S.; and Thompson, V. 1983. *In vitro* effect of APF gel on three composite resins. Journal of Dental Research 62: 846-849.
- Kula, K.; Nelson, S.; Kula, T.; and Thompson, V. 1986. *In vitro* effect of acidulated phosphate fluoride gel on the surface of composites with different filler particles. The Journal of Prosthetic Dentistry 56, 2(August): 161-169.
- Labella, R.; Lambrechts, P.; van Meerbeek, B.; and Vanherle, G. 1999. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. Dental Materials 15, 2(March): 128-137.
- Larson, R. H.; Mellberg, J. R.; Englander, H. R.; and Senning, R. 1976. Caries inhibition in the rat by water-borne and enamel-bound fluoride. Caries Research 10: 321-331.
- Levallois, B.; Fovet, Y.; Lapeyre, L.; Gal, J. Y. 1998. *In vitro* fluoride release from restorative materials in water versus artificial saliva medium (SAGF). Dental Materials 14, 6(November): 441-447.
- Loyola-Rodriguez, J. P.; and Garcia-Godoy, F. 1996. Antibacterial activity of fluoride release sealants on mutans streptococci. The Journal of Clinical Pediatric Dentistry 20, 2: 109-111.
- Lygidakis, N. A.; and Oulis, K. I. 1999. A comparison of Fluoroshield with Delton fissure sealant: four year results. Pediatric Dentistry 21, 7: 429-431.
- Malmström, H.; Schlueter, M.; Roach, T.; and Moss, M. E. 2002. Effect of thickness of flowable resins on marginal leakage in class II composite restorations. Operative Dentistry 27: 373-380.
- Margolis, H. C.; Moreno, E. C.; and Murphy, B. J. 1986. Effect of low levels of fluoride in solution on enamel demineralization *in vitro*. Journal of Dental Research 65: 23-29.
- Marks, L. A. M.; Weerheijm, K. L.; van Amerongen, W. E.; and Groen, H. J. 1999. Dyract versus Tytin class II restorations in primary molars: 36 months evaluation. Caries Research 33: 387-392.
- Marquis, R. E. 1977. Inhibition of streptococcal adenosine triphosphatase by fluoride. Journal of Dental Research 56: 704.

- Marquis, R. E. 1990. Diminished acid tolerance of plaque bacteria caused by fluoride. Journal of Dental Research 69 (special issue): 672-675.
- Marquis, R. E. 1995. Antimicrobial actions of fluoride for oral bacteria. Canadian Journal of Microbiology 41: 955-964.
- Mass, E.; Gordon, M.; and Fuks, A. B. 1999. Assessment of compomer proximal restorations in primary molars: a retrospective study in children. Journal of Dentistry for Children 66, 2(March-April): 93-97.
- Meyer, J. M.; Cattani-Lorente, M. A.; and Dupuis, V. 1998. Compomers: between glass-ionomer cements and composites. Biomaterials 19: 529-539.
- Momoi, Y.; Hirosaki, K.; Kohno, A.; and McCabe, J. F. 1997. *In vitro* toothbrush-dentifrice abrasion of resin-modified glass ionomers. Dental Materials 13, 2(March): 82-88.
- Moon, P. C.; Tabassian, M. S.; and Culbreath, T. E. 2002. Flow characteristics and film thickness of flowable resin composites. Operative Dentistry 27: 248-253.
- Morphis, T. L.; and Toumba, K. J. 1998. Retention of two fluoride pit-and-fissure sealants in comparison to a conventional sealant. International Journal of Paediatric Dentistry 8: 203-208.
- Murchison, D. F.; Charlton, D. G.; and Moore, W. S. 1999. Comparative radiopacity of flowable resin composites. Quintessence International 30, 3: 179-184.
- Murray, J. J.; Rugg-Gunn, A. J.; and Jenkins, G. N. 1991. Modes of action of fluoride in reducing caries., Fluorides in Caries Prevention Cambridge: The University Press. pp. 295-323.
- Neme, A. L.; Maxon, B. B.; Pink, F. E.; and Aksu, M. N. 2002. Microleakage of class II packable resin composites lined with flowables: an *in vitro* study. Operative Dentistry 27: 600-605.
- Nikiforuk, G. 1985. Saliva and dental caries., Understanding Dental Caries. 1. Etiology and Mechanisms Karger: Basel. pp. 256. Cited in Preston, A. J.; Mair, L. H.; Agalamanyi, E. A.; and Higham, S. M. 1999. Fluoride release from aesthetic dental materials. Journal of Oral Rehabilitation 26: 123-129.
- Norman, R. D.; Phillips, R. W.; and Swartz, M. L. 1960. Fluoride uptake by enamel from certain dental materials. Journal of Dental Research 39: 11-16.



- O'Connell, J. J.; and Kwan, S. C. M. 1982. Fluoride containing dental materials. International Patent Application PCT/US82/00695. Cited in Arends, J.; Dijkman, G. E. H. M.; and Dijkman, A. G. 1995. Review of fluoride release and secondary caries reduction by fluoridating composites. Advances in Dental research 9, 4 (December): 367-376.
- Papagiannoulis, L.; Tzoutzas, J.; and Eliades, G. 1997. Effect of topical fluoride agents on the morphologic characteristics and composition of resin composite restorative materials. The Journal of Prosthetic Dentistry 77, 4(April): 405-413.
- Park, K.; Georgescu, M.; Scherer, W.; and Schulman, A. 1993. Comparison of shear strength, fracture patterns, and microleakage among unfilled, filled, and fluoride-releasing sealants. Pediatric Dentistry 15, 6: 418-421.
- Pashley, D. H. 1990. Clinical considerations of microleakage. Journal of Endodontics 16, 2(February): 70-77.
- Peng, D.; Smales, R. J.; Yip, H. -K.; and Shu, M. 2000. *In vitro* fluoride release from aesthetic restorative materials following recharging with APF gel. Australian Dental Journal 45, 3: 198-203.
- Peutzfeldt, A.; and Asmussen, E. 2002. Composite restorations: influence of flowable and self-curing resin composite linings on microleakage *in vitro*. Operative Dentistry 27: 569-575.
- Phillips, R. W. 1991. Restorative resins., Science of Dental Materials Philadelphia: W. B. Saunders Company. pp. 215-248.
- Prati, C.; Chersoni, S.; Cretti, L.; and Montanari, G. 1998. Retention and marginal adaption of a compomer placed in non-stress-bearing areas used with the total-etch technique: a 3-year retrospective study. Clinical Oral Investigations 2: 168-173.
- Preston, A. J.; Mair, L. H.; Agalamanyi, E. A.; and Higham, S. M. 1999. Fluoride release from aesthetic dental materials. Journal of Oral Rehabilitation 26: 123-129.
- Rawls, H. R.; and Zimmerman, B. F. 1983. Fluoride-exchanging resins for caries protection. Caries Research 17: 32-43.
- Roberts, H. W.; Charlton, D. G.; and Murchison, D. F. 2001. Repair of non-carious amalgam margin defects. Operative Dentistry 26: 273-276.

- Rock, W. P.; Foulkes, E. E.; Perry, H; and Smith, A. J. 1996. A comparative study of fluoride-releasing composite resin and glass ionomer materials used as fissure sealants. Journal of Dentistry 24: 275-280.
- Rothwell, M.; Anstice, H. M.; and Pearson, G. J. 1998. The uptake and release of fluoride by ion-leaching cements after exposure to toothpaste. Journal of Dentistry 26: 591-597.
- Rueggeberg, F A.; Caughman, W. F.; and Curtis, Jr. J. W. 1994. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. Operative Dentistry 19: 26-32.
- Schneider, B. T.; Baumann, M. A.; Watanabe, L. G.; and Marshall, Jr. G. W. 2000. Dentin shear bond strength of compomers and composites. Dental Materials 16, 1 (January): 15-19.
- Segura, A.; and Riggins, R. 1999. Fracture resistance of four different restorations for cuspal replacement. Journal of Oral Rehabilitation 26: 928-931.
- Shaw, A. J.; Carrick, T.; and McCabe, J. F. 1998. Fluoride release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data. Journal of Dentistry 26: 355-359.
- Sehrer, G.; Hirsch, C.; and Schaller, H.-G. 2000. Clinical comparison of two different fissure sealant materials. [Online]. Accademia Italiana di Conservativa. Available from: <http://www.accademiaitalianadiconservativa.it/conseuro/abstract/p57.html> [2003, January 30]
- Steinmetz, M. J.; Pruhs, R. J.; Brooks, J. C.; Dhuru, V. B.; and Post, A. C. 1997. Recharge-ability of fluoride releasing pit and fissure sealants and restorative resin composites. American Journal of Dentistry 10, 1(February): 36-40.
- Strother, J. M.; Kohn, D. H.; Dennison, J. B.; and Clarkson, B. H. 1998. Fluoride release and re-uptake in direct tooth colored restorative materials. Dental Materials 14, 2 (March):129-136.
- Suljak, J. P.; and Hatibovic-Kofman, S. 1996. Fluoride release-adsorption-release system applied to fluoride-releasing restorative materials. Quintessence International 27, 9: 635-638.

- Sutton, S. V. W.; Bender, G. R.; and Marquis, R. E. 1987. Fluoride inhibition of proton-translocating ATPases of oral bacteria. Infection and Immunity 55, 11 (November): 2597-2603.
- Svanberg, M. 1992. Class II amalgam restorations, glass-ionomer tunnel restorations, and caries development on adjacent tooth surfaces: a 3-year clinical study. Caries Research 26: 315-318.
- Swartz, M. L.; Phillips, R. W.; Norman, R. D.; Eliason, S.; Rhodes, B. F.; and Clark, H. E. 1976. Addition of fluoride to pit and fissure sealants-a feasibility study. Journal of Dental Research 55: 757-771.
- Takahashi, K.; Emilson, C. G.; and Birkhed, D. 1993. Fluoride release *in vitro* from various glass ionomer cements and resin composites after exposure to NaF solutions. Dental Materials 9, 6(November): 350-354.
- Tanaka, M.; Ono, H.; Kadoma, Y.; and Imai, Y. 1987. Incorporation into human enamel of fluoride slowly released from a sealant *in vivo*. Journal of Dental Research 66: 1591-1593.
- Temin, S. C.; Csuros, Z.; and Mellberg, J. R. 1989. Fluoride uptake from a composite restorative by enamel. Dental Materials 5, 1(January): 64-65.
- ten Cate, J. M.; and Duijsters, P. P. E. 1983a. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization I. Chemical data Caries Research 17: 193-199.
- ten Cate, J. M.; and Duijsters, P. P. E. 1983b. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization II. Microradiographic data. Caries Research 17: 513-519.
- ten Cate, J. M.; and van Loveren, C. 1999. Fluoride mechanisms. The Dental Clinics of North America 43, 4(October): 713-742.
- ten Cate, J. M.; Buijs, M. J.; and Damen, J. J. M. 1995. pH-cycling of enamel and dentin lesions in the presence of low concentrations of fluoride. European Journal of Oral Sciences 103: 362-367.
- ten Cate, J. M.; Damen, J. J. M.; and Buijs, M. J. 1998. Inhibition of dentin demineralization by fluoride *in vitro*. Caries Research 32: 141-147.
- Torstenson, B.; Brännström, M. 1988. Contraction gap under composite resin restorations: effect of hygroscopic expansion and thermal stress. Operative Dentistry 13: 24-31.

- Turpin-Mair, J. S.; Rawls, H. R.; and Christensen, L. V. 1982. An *in vitro* study of caries prevention, cavity adaptation, homogeneity and microleakage of a new fluoride-releasing resin. Journal of Oral Rehabilitation 9: 523-530.
- van Loveren, C.; Fielmich, A. M.; and ten Brink, B. 1987. Comparison of the effects of fluoride and the ionophore nigericin on acid production by *Streptococcus mutans* and the resultant *in vitro* enamel demineralization. Journal of Dental Research 66: 1658-1662.
- Verbeeck, R. M.; De Maeyer, E. A.; Marks, L. A., De Moor, R. J.; De Witte, A. M. and Trimpeneers, L. M. 1998. Fluoride release process of (resin-modified) glass-ionomer cements versus (polyacid-modified) composite resins. Biomaterials 19: 509-519.
- Vermeersch, G.; Leloup, G.; and Vreven, J. 2001. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. Journal of Oral Rehabilitation 28: 26-32.
- Vicaretti, J.; Thibodeau, E.; Bender, G.; and Marquis, R. E. 1984. Reversible fluoride uptake and release by *Streptococcus mutans* GS-5 and FA-1. Current Microbiology 10: 317-322.
- Vrbič, V. 1999. Retention of a fluoride-containing sealant on primary and permanent teeth 3 years after placement. Quintessence International 30, 12: 825-828.
- Wahab, F. K.; Shellis, R. P.; and Elderton, R. J. 1993. Effects of low fluoride concentrations on formation of caries-like lesions in human enamel in a sequential-transfer bacterial system. Archives of oral Biology 38: 985-995.
- Wakefield, C. W.; and Kofford, K. R. 2001. Advances in restorative materials. The Dental Clinics of North America 45, 1(January): 7-27.
- Wei, S. H. Y.; and Hyman, R. M. 1982. Use of toothbrush in plaque control for children. In R. E. Stewart; T. K. Barber; K. C. Troutman; and S. H. Y. Wei (eds), Pediatric Dentistry: Scientific Foundations and Clinical Practice, pp. 640-651. St. Louis, Mosby-Year Book.
- Whitford, G. M.; Schuster, G. S.; Pashley, D. H.; and Venkateswarlu, P. 1977. Fluoride uptake by *Streptococcus mutans* 6715. Infection and Immunity 18, 3(December): 680-687.

- Williams, B.; Laxton, L.; Holt, R. D.; and Winter, G. B. 1996. Fissure sealants: a 4-year clinical trial comparing an experimental glass polyalkenoate cement with a bis glycidyl methacrylate resin used as fissure sealants. British Dental Journal 180: 104-108.
- Yap, A. U.; Khor, E.; and Foo, S. H. 1999. Fluoride release and antibacterial properties of new-generation tooth-colored restoratives. Operative Dentistry 24: 297-305.
- Yip, H. -K.; and Smales, R. J. 1999. Fluoride release and uptake by aged resin-modified glass ionomers and a polyacid-modified resin composite. International Dental Journal 49, 4(August): 217-225.
- Yip, H. -K.; Lam, W. T.; and Smales, R. J. 1999. Fluoride release, weight loss and erosive wear of modern aesthetic restoratives. British Dental Journal 187: 265-270.
- Young, A.; von der Fehr, F. R.; Sønju, I.; and Nordbø, H. 1996. Fluoride release and uptake *in vitro* from a composite resin and two orthodontic adhesives. Acta Odontologica Scandinavica 54: 223-228.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาคผนวก ก** วัสดุประเภทเรซินที่ใช้ทดสอบในการวิจัย

ตารางที่ 2 ข้อมูลของวัสดุประเภทเรซินที่ใช้ทดสอบในการวิจัย

ชื่อวัสดุ	ประเภท	บริษัท	ชุดที่ผลิต	ชนิดฟลูออไรด์
Helioseal	Resin sealant	Ivoclar Vivadent, Inc., USA	D50458	-ไม่มี
Helioseal F	Fluoride- containing resin sealant	Ivoclar Vivadent, Inc., USA	D50901	-Fluorosilicate glass 20 % by wt.
UltraSeal XT plus	Fluoride- containing resin sealant	Ultradent Products, Inc., USA	4MWP	-Barium fluorosilicate glass
Dyract flow	Flowable compomer	Dentsply, England	0011000468, 0106001016	-Strontium alumino- fluorosilicate glass
Tetric flow	Fluoride- containing flowable composite	Ivoclar Vivadent, Inc., USA	B20437, E53194	-Ytterbium trifluoride 13.7 % by wt. -Barium alumino- fluorosilicate glass 4 % by wt.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## **ภาคผนวก ข การผลิตสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐาน**

ตัวอย่างขั้นตอนการผลิตสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานเข้มข้น 1 ส่วนในล้านส่วน

1. ทำการผลิตสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานเข้มข้น 10 ส่วนในล้านส่วนก่อน โดยใช้ปิเปตอัตโนมัติดูดสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วนปริมาณ 50 ไมโครลิตร ใส่ในภาชนะบรรจุสารละลายน้ำลายเทียมปริมาณ 4,950 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันดี จะได้สารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานเข้มข้น 10 ส่วนในล้านส่วนปริมาณ 5 มิลลิลิตร

2. ใช้ปิเปตอัตโนมัติดูดสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานเข้มข้น 10 ส่วนในล้านส่วนปริมาณ 500 ไมโครลิตร ใส่ในภาชนะบรรจุสารละลายน้ำลายเทียมปริมาณ 4,500 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันดี จะได้สารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานเข้มข้น 1 ส่วนในล้านส่วนปริมาณ 5 มิลลิลิตร

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### ภาคผนวก ค การเตรียมเครื่องแปลงพันอัตโนมัติ

1. เตรียมแปรงสีฟัน นำแปรงสีฟันมาเจาะรูโดยใช้สว่านไฟฟ้าที่ด้ามแปรง 2 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ห่างจากขอบบนของหัวแปรง 50.8 และ 67 มิลลิเมตรตามลำดับ แล้วใช้เลื่อยตัดปลายด้ามแปรงออกโดยตัดห่างจากรูล่าง 15 มิลลิเมตร จากนั้นตัดคอกแปรงให้โค้งตามแนวนอนโดยใช้ไฟแช็ค
2. ติดตั้งแปรงสีฟันกับที่ยึดแปรง (brush holders) ของเครื่องแปลงพันอัตโนมัติ
3. เตรียมสารละลายยาสีฟันหรือสารละลายน้ำลายเทียม ใส่ในกระบอกพลาสติก (plastic lusteriod tube) ปริมาณ 70 มิลลิลิตร

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ภาคผนวก การแปลงค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดค่าฟลูออไรด์อิออน

1. นำค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้เป็นหน่วยมิลลิโวลต์มาแปลงเป็นค่าความเข้มข้น โดยมีหน่วยเป็นส่วนในล้านส่วน โดยการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ในโปรแกรมเอกเซล (Excel) จากสมการเส้นตรง

$$Y = mX + c$$

โดย Y หมายถึง ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า

m หมายถึง ค่าความชัน

X หมายถึง ค่า logarithm ของความเข้มข้นของฟลูออไรด์

c หมายถึง ระยะจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่เส้นตรงตัดบนแกน y

2. นำค่าความเข้มข้นฟลูออไรด์ที่คำนวณได้มาหาค่าปริมาณฟลูออไรด์ที่วัสดุปล่อยออกมาทั้งหมดโดยหักค่าปริมาณฟลูออไรด์ที่เดิมออก

3. นำค่าความเข้มข้นฟลูออไรด์ (ส่วนในล้านส่วนหรือไมโครกรัม/มิลลิลิตร) มาแปลงเป็นค่าปริมาณฟลูออไรด์ (ไมโครกรัม) ที่วัสดุปล่อยออกมาในสารละลายน้ำลายเทียม 1 มิลลิลิตรต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ตารางเซนติเมตร) โดยนำค่าปริมาณฟลูออไรด์มาหารพื้นที่ผิวของวัสดุทดสอบซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.7 ตารางเซนติเมตร ดังสมการ

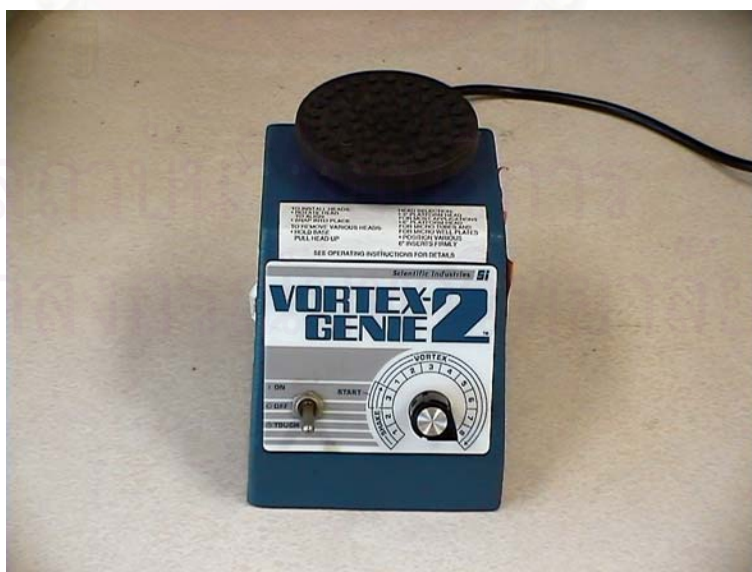
$$\text{ปริมาณฟลูออไรด์ที่วัสดุปล่อยออกมาต่อ 1 ตารางเซนติเมตร} = \text{ปริมาณฟลูออไรด์} / 0.7$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

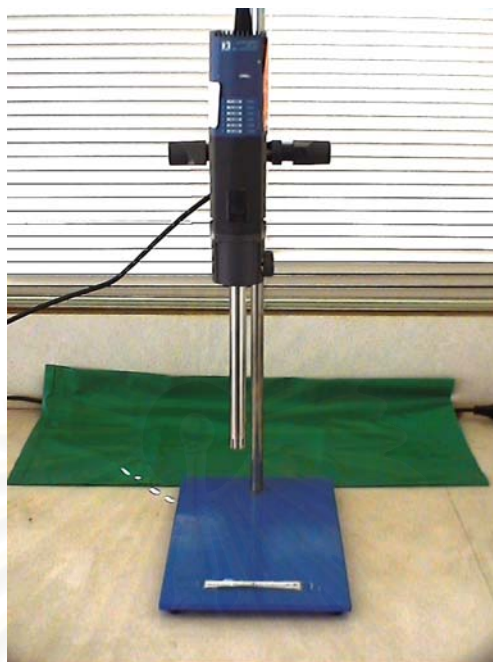
ภาคผนวก จ ภาพแสดงอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 9 เครื่องวัดค่าฟลูออไรด์อิออน



ภาพที่ 10 เครื่องผสมสารละลาย



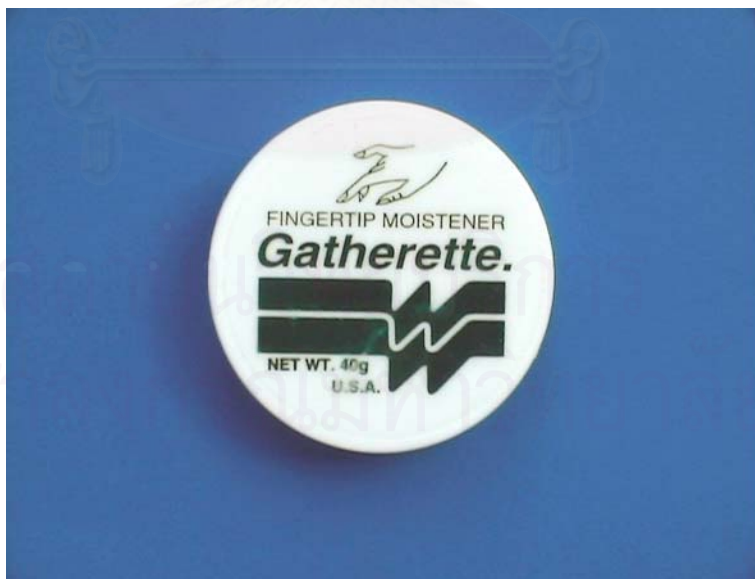
ภาพที่ 11 เครื่องกวนแบบแตกตัว



ภาพที่ 12 เครื่องเขย่า



ภาพที่ 13 ปิเปตอัตโนมัติ



ภาพที่ 14 สารให้ความชื้น



ภาพที่ 15 วัสดุประเภทเรซินที่ใช้ทดสอบในการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 4 ปริมาณฟลูออไรด์ (มคก./ซม.<sup>2</sup>) ที่ปล่อยจากวัสดุ Heliocast F ในกลุ่มควบคุม (C) และกลุ่มทดลอง (T)

วันที่	กลุ่ม/ชิ้น	1	2	3	4	5	6	7	8	รวม	
		C	1	0.529	0.129	0.059	0.049	0.030	0.014	0.029	0.021
	2	0.589	0.101	0.074	0.049	0.057	0.037	0.007	0.036	0.950	
	3	0.911	0.173	0.093	0.077	0.069	0.051	0.027	0.031	1.433	
	4	1.724	0.314	0.140	0.109	0.080	0.054	0.044	0.041	2.507	
	5	0.321	0.000	0.047	0.000	0.003	0.000	0.026	0.010	0.407	
	T	1	0.511	0.140	0.099	0.066	0.076	0.067	0.051	0.061	1.071
		2	0.666	0.140	0.084	0.099	0.076	0.059	0.011	0.071	1.206
		3	0.720	0.161	0.067	0.069	0.069	0.047	0.039	0.053	1.224
		4	1.751	0.424	0.164	0.123	0.096	0.076	0.060	0.053	2.747
		5	0.406	0.114	0.056	0.013	0.000	0.033	0.020	0.019	0.660



ตารางที่ 5 ปริมาณฟลูออไรด์ (มคก./ซม.<sup>2</sup>) ที่ปล่อยจากวัสดุ UltraSeal XT plus ในกลุ่มควบคุม (C) และกลุ่มทดลอง (T)

วันที่	กลุ่ม/ชิ้น	1	2	3	4	5	6	7	8	รวม	
		C	1	0.096	0.031	0.047	0.029	0.003	0.031	0.026	0.007
	2	0.114	0.041	0.063	0.013	0.007	0.026	0.043	0.003	0.310	
	3	0.130	0.003	0.016	0.016	0.003	0.016	0.000	0.013	0.196	
	4	0.136	0.026	0.030	0.043	0.020	0.030	0.000	0.020	0.304	
	5	0.097	0.023	0.039	0.020	0.026	0.000	0.020	0.000	0.224	
	T	1	0.067	0.041	0.010	0.036	0.016	0.047	0.040	0.044	0.301
	2	0.120	0.051	0.007	0.020	0.023	0.031	0.050	0.030	0.333	
	3	0.121	0.033	0.000	0.054	0.020	0.047	0.026	0.036	0.337	
	4	0.144	0.064	0.010	0.046	0.051	0.036	0.003	0.051	0.406	
	5	0.100	0.054	0.056	0.034	0.000	0.000	0.010	0.019	0.273	

ตารางที่ 6 ปริมาณฟลูออไรด์ (มคก./ซม.<sup>2</sup>) ที่ปล่อยจากวัสดุ Dyract flow ในกลุ่มควบคุม (C) และกลุ่มทดลอง (T)

วันที่	กลุ่ม/ชิ้น	1	2	3	4	5	6	7	8	รวม	
		C	1	1.136	0.321	0.260	0.211	0.196	0.154	0.119	0.157
	2	1.324	0.376	0.330	0.234	0.256	0.176	0.159	0.151	3.006	
	3	2.430	0.861	0.710	0.657	0.561	0.426	0.503	0.451	6.600	
	4	1.914	0.750	0.504	0.469	0.417	0.399	0.346	0.419	5.217	
	5	2.977	1.446	0.943	0.736	0.607	0.561	0.536	0.474	8.280	
	T	1	0.981	0.264	0.221	0.190	0.196	0.149	0.090	0.117	2.209
		2	1.414	0.387	0.280	0.237	0.247	0.140	0.161	0.151	3.019
		3	1.177	0.384	0.301	0.234	0.194	0.200	0.183	0.150	2.824
		4	2.711	0.947	0.656	0.570	0.360	0.314	0.381	0.351	6.291
		5	3.364	0.989	0.619	0.427	0.360	0.323	0.314	0.289	6.684

ตารางที่ 7 ปริมาณฟลูออไรด์ (มคก./ชม.<sup>2</sup>) ที่ปล่อยจากวัสดุ Tetric flow ในกลุ่มควบคุม (C) และกลุ่มทดลอง (T)

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	รวม	
กลุ่ม/ชิ้น	C	1	0.086	0.040	0.029	0.021	0.000	0.020	0.003	0.000	0.199
	2	0.100	0.019	0.021	0.009	0.000	0.020	0.014	0.000	0.183	
	3	0.111	0.029	0.029	0.029	0.013	0.013	0.011	0.024	0.259	
	4	0.171	0.059	0.034	0.020	0.019	0.020	0.000	0.024	0.347	
	5	0.110	0.040	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.007	0.167	
T	1	0.076	0.031	0.037	0.029	0.013	0.020	0.019	0.010	0.234	
	2	0.107	0.061	0.084	0.024	0.013	0.007	0.029	0.019	0.344	
	3	0.110	0.054	0.041	0.013	0.029	0.016	0.021	0.034	0.319	
	4	0.204	0.076	0.034	0.044	0.029	0.033	0.024	0.034	0.479	
	5	0.107	0.036	0.036	0.026	0.000	0.009	0.007	0.031	0.251	

### ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

1. ปริมาณรวมฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุทดสอบหลังแปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์กับ ปริมาณรวมฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุชนิดเดียวกันหลังแปรงด้วยสารละลายน้ำลายเทียม

#### Mann-Whitney U Test

Materials	Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Helioseal	5.000	-1.567	.117
Helioseal F	10.000	-.522	.602
UltraSeal XT plus	4.000	-1.776	.076
Dyract flow	10.000	-.522	.602
Tetric flow	6.000	-1.358	.175

2. ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุทดสอบแต่ละชนิดในกลุ่มที่แปรงด้วยสารละลาย น้ำลายเทียม

#### Kruskal-Wallis Test Statistics

	Fluoride		
	Day 1	Day 8	Cumulative
Chi-Square	21.600	15.888	22.073
df	4	4	4
Asymp. Sig.	.000	.003	.000

## Mann-Whitney U Test

Day 1

		Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Helioseal F	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Dyract flow	2.000	-2.193	.028
	Tetric flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009
UltraSeal XT plus	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	11.000	-.313	.754
	Helioseal	.000	-2.611	.009
Dyract flow	Helioseal F	2.000	-2.193	.028
	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009
Tetric flow	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	UltraSeal XT plus	11.000	-.313	.754
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Day 8

		Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Helioseal F	UltraSeal XT plus	2.000	-2.193	.028
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	4.000	-1.786	.074
	Helioseal	2.500	-2.102	.036
UltraSeal XT plus	Helioseal F	2.000	-2.193	.028
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	11.500	-.213	.831
	Helioseal	11.000	-.319	.750
Dyract flow	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	.000	-2.627	.009
	Helioseal	.000	-2.619	.009
Tetric flow	Helioseal F	4.000	-1.786	.074
	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Dyract flow	.000	-2.627	.009
	Helioseal	12.000	-.107	.914

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Cumulative

		Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Helioseal F	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009
UltraSeal XT plus	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	8.000	-.940	.347
	Helioseal	.000	-2.611	.009
Dyract flow	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009
Tetric flow	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	UltraSeal XT plus	8.000	-.940	.347
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากวัสดุทดสอบแต่ละชนิดในกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์

Kruskal-Wallis Test Statistics

	Fluoride		
	Day 1	Day 8	Cumulative
Chi-Square	21.446	15.647	21.260
df	4	4	4
Asymp. Sig.	.000	.004	.000

Mann-Whitney U Test

Day 1

		Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Helioseal F	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Dyract flow	3.000	-1.984	.047
	Tetric flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009
UltraSeal XT plus	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	12.000	-.105	.917
	Helioseal	.000	-2.611	.009
Dyract flow	Helioseal F	3.000	-1.984	.047
	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009
Tetric flow	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	UltraSeal XT plus	12.000	-.105	.917
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009



Day 8

		Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Helioseal F	UltraSeal XT plus	4.500	-1.681	.093
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	3.500	-1.897	.058
	Helioseal	4.000	-1.786	.074
UltraSeal XT plus	Helioseal F	4.500	-1.681	.093
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	6.500	-1.261	.207
	Helioseal	12.000	-.105	.916
Dyract flow	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	.000	-2.627	.009
	Helioseal	.000	-2.619	.009
Tetric flow	Helioseal F	3.500	-1.897	.058
	UltraSeal XT plus	6.500	-1.261	.207
	Dyract flow	.000	-2.627	.009
	Helioseal	7.000	-1.185	.236

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Cumulative

		Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Helioseal F	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Dyract flow	1.000	-2.402	.016
	Tetric flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009
UltraSeal XT plus	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	11.000	-.313	.754
	Helioseal	.000	-2.611	.009
Dyract flow	Helioseal F	1.000	-2.402	.016
	UltraSeal XT plus	.000	-2.611	.009
	Tetric flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	.000	-2.611	.009
Tetric flow	Helioseal F	.000	-2.611	.009
	UltraSeal XT plus	11.000	-.313	.754
	Dyract flow	.000	-2.611	.009
	Helioseal	2.000	-2.193	.028

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว อรุณี อุดุลยพิเชษฐ เกิดวันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2514 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2538 และได้เข้ารับราชการที่โรงพยาบาลละแม จังหวัดชุมพร เป็นเวลา 3 ปี จึงย้ายไปรับราชการที่โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร จังหวัดปราจีนบุรี เป็นเวลา 2 ปี หลังจากนั้นได้ลาศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543 ปัจจุบันยังรับราชการอยู่ที่โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย