ผลของอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่อความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน

นายสุชาติ วงศ์ขันตี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2761-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF ACIDIC FOOD AND DRINKS ON SURFACE HARDNESS OF ENAMEL, DENTIN AND TOOTH-COLORED FILLING MATERIALS.

Suchart Wongkhantee

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Sciences in Operative Dentistry
Department of Operative Dentistry
Faculty of Dentistry
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 794-17-2761-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่อความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน
โดย	นายสุชาติ วงศ์ขันตี
สาขาวิชา	ทันตกรรมหัตถการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วิทยา พัฒนพีระเดช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ดารณี ตัณฑ์ไพโรจน์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ชัยวัฒน์ มณีนุษย์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุชิต พูลทอง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุชาติ วงศ์ขันตี : ผลของอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่อความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน (EFFECT OF ACIDIC FOOD AND DRINKS ON SURFACE HARDNESS OF ENAMEL, DENTIN AND TOOTH-COLORED FILLING MATERIALS.) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ดารณี ตัณฑ์ไพโรจน์ ; 61 หน้า. ISBN 749-17-2761-5

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟันและวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างเคลือบฟัน เนื้อฟันจากฟันกรามน้อนมนุษย์ และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน 5 ประเภท คือ ไฮบริด เรซิน คอมโพสิต (Filtek Z250) ไมโครฟิลล์ เรซิน คอมโพสิต (Filtek A110) คอนเวนชันแนล กลาสไอโอโนเมอร์ (Fuji IX) เรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ (Fuji II LC) และโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต (Dyract AP) กลุ่มละ 50 ชิ้น วัดค่าความแข็งผิวชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาค โดยใช้หัววิกเกอร์ส กด 6 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยต่อหนึ่งชิ้นตัวอย่าง จากนั้นแบ่งชิ้นตัวอย่างแต่ละชนิดโดยการสุ่มเป็น 5 กลุ่มๆละ 10 ชิ้น เพื่อแช่ในอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด 5 ชนิด คือ น้ำอัดลมรสโคลา (โค้กกระป๋อง) นมเปรี้ยว (ดัชมิลล์รสผลไม้ผสม) น้ำส้มคั้นบรรจุกล่อง (ทิปโก) เครื่องดื่มเกลือแร่ (สปอนเซอร์) และต้มยำ (คนอร์) โดยแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่ม 5 วินาทีสลับกับแช่ในน้ำลายเทียม 5 วินาที จำนวน 10 รอบ วัดค่าความแข็งผิวชิ้นตัวอย่างอีกครั้งด้วยวิธีเดียวกัน นำค่าความแข็งผิวก่อนและหลังแช่ในอาหารและเครื่องดื่มมาทดสอบด้วยสถิติแพร์ที-เทสท์ (Paired t-test) และสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ผลการศึกษานี้แสดงว่า น้ำอัดลมรสโคลาลดค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต และเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value<0.05) น้ำส้มคั้นบรรจุกล่องและเครื่องดื่มเกลือแร่ สามารถลดค่าความแข็งผิวของเคลือบฟันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value<0.05) ส่วนนมเปรี้ยวและต้มยำก้อนไม่ทำให้ความแข็งผิวลดลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

SUCHART WONGKHANTEE : EFFECT OF ACIDIC FOOD AND DRINKS ON SURFACE HARDNESS OF ENAMEL, DENTIN AND TOOTH-COLORED FILLING MATERIALS. THESIS ADVISOR : ASSOC PROF VASANA PATANAPIRADEJ, CO-ADVISOR ASST PROF DR. DARANEE TANTBIROJN ; 61 pp. ISBN 794-17-2761-5

The purpose of this study was to determine the effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentin and tooth-colored filling materials. Fifty specimens of enamel, dentin from human premolar teeth and tooth-colored filling materials : hybrid resin composite (Filtek Z250), microfilled resin composite (Filtek A110), conventional glass ionomer cement (Fuji IX), resin modified glass ionomer cement (Fuji II LC) and polyacid modified resin composite (Dyract AP) were prepared. Each specimen was subjected to Vickers microhardness measurements to obtain a baseline value, which was averaged from 6 indentations. The specimens were allocated into 5 groups, and soaked in selected food and drinks : Coca cola, yogurt, orange juice, sport drink and Tom Yum. The artificial salivary soaking process consisted 10 cycles of 5 sec immersion in food or drinks alternated with 5 sec immersion in artificial saliva. Microhardness measurements were performed again. Microhardness values before and after soaking in each food or drink were analyzed using paired t-test and one-way ANOVA at 0.05 level of significance. The result showed that soaking in Coca cola significantly reduced surface hardness of enamel, dentin, microfilled resin composite and resin modified glass ionomer cement (p-value<0.05). Orange juice and sport drink significantly reduced surface hardness of enamel (p-value<0.05). Yogurt and Tom Yum did not reduce surface hardness.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Operative Dentistry	Student's signature……..
Field of study Operative Dentistry	Advisor's signature……...
Academic year 2002	Co-advisor's signature……

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ดารณี ตัณฑ์ไพโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม สำหรับความเมตตากรุณา มอบความรู้และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาทันตกรรมหัตถการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนอย่างตั้งใจ มอบความรู้และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ทั้งด้านการปฏิบัติงานและการดำเนินชีวิต

ขอขอบพระคุณคุณดำเนิน ศรีนวลตา นักวิชาการด้านงานวิจัยและวางแผน ฝ่ายประกันสุขภาพ บมจ.อยุธยาอลิอันซ์ ซี.พี.ประกันชีวิตจำกัดมหาชน ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำด้านสถิติงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยทางทันตวัสดุศาสตร์และศูนย์วิจัยทางชีววิทยาช่องปากทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย ให้ความสะดวกในการดำเนินการวิจัยทุกขั้นตอน

ขอขอบพระคุณบริษัท 3 เอ็ม เดนทัลโปรดักส์ประเทศไทย บริษัทแอคคอร์ดประเทศไทย และบริษัทเดนสพลายประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา พี่น้อง รวมทั้งทุกท่านที่ให้ความรัก ความห่วงใย และคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา

สุชาติ วงศ์ขันตี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญภาพ.....ฌ
บทที่
1. บทนำความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....5
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....12
4. รายงานผลการวิจัย.....22
5. การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย.....33
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....40
รายการอ้างอิง.....41
ภาคผนวก.....45
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....61

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1. กลุ่มตัวอย่างทั้ง 35 กลุ่ม ค่าเฉลี่ยความแข็งผิววิกเกอร์ส ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่ม ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งผิว และค่าของโอกาสความน่าจะเป็น (P-value)…..……23-24
2. ค่าความเป็นกรดด่างของอาหารและเครื่องดื่มทั้ง 5 ชนิด…….……24
3. โอกาสความน่าจะเป็นจากการทดสอบความแปรปรวน (Variation) ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละประเภทในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน……...25
4. โอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างระหว่างชิ้นตัวอย่างที่แช่ใน น้ำอัดลมรสโคลา (โค้กกระป๋อง)……..……..26
5. โอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างระหว่างชิ้นตัวอย่างที่แช่ใน น้ำส้มคั้น (ทิปโก)……..……..27
6. โอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างระหว่างชิ้นตัวอย่างที่แช่ใน เครื่องดื่มเกลือแร่ (สปอนเซอร์)……..……..……27
7. โอกาสความน่าจะเป็นจากการทดสอบความแปรปรวน ของอาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิดเมื่อใช้แช่ชิ้นตัวอย่างประเภทเดียวกัน……28
8. โอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างความแข็งผิวกลุ่มเคลือบฟันที่แช่ใน อาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิด……..29
9. โอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างความแข็งผิวกลุ่มเนื้อฟันที่แช่ใน อาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิด……29
10. โอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างค่าความแข็งผิวกลุ่มไมโครฟิลล์ คอมโพสิตที่แช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิด……..30
11. โอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างค่าความแข็งผิวกลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ที่แช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิด……30
12. โอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างค่าความแข็งผิวกลุ่มเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ที่แช่ในอาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิด……..31
13. การเปรียบเทียบค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่าง หลังแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน (สรุปจากตารางที่ 3 – 6)……..31

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

14. การเปรียบเทียบค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหลังแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดต่างๆ (สรุปจากตารางที่ 7 – 10)……32

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

1. ภาพกล้องขยายสเตอริโอ……..……..……13
2. บน : แผนภาพแสดงลักษณะชิ้นตัวอย่างที่เตรียมจากเคลือบฟันและเนื้อฟัน
ล่าง : ภาพถ่ายชิ้นตัวอย่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน……16
3 บน : แผนภาพแสดงแม่พิมพ์สำหรับชิ้นตัวอย่าง
ล่าง : ชิ้นตัวอย่างของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน……..……..17
4. แผนภาพแสดงตำแหน่งในการกดชิ้นตัวอย่างเคลือบฟันหรือเนื้อฟันบริเวณ 1/3
ใกล้คอฟันของด้านใกล้แก้มหรือด้านใกล้ลิ้น……20
5. แผนภาพแสดงตำแหน่งในการกดชิ้นตัวอย่างวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน……20
6. ภาพเครื่องทดสอบความแข็งผิวแบบจุลภาค……..……...21
7.ลักษณะรอยกดด้วยหัวกดวิกเกอร์สที่ปรากฏบนจอภาพ……..……21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

สภาพแวดล้อมในช่องปากอันสืบเนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพช่องปาก มาตรการทางทันตสาธารณสุขเน้นการรณรงค์ให้ประชาชนระวังการบริโภคอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของโรคฟันผุ แต่มีประชาชนเพียงส่วนน้อยที่ทราบว่าอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดสามารถทำให้เกิดรอยโรคบนตัวฟันได้เช่นกัน

ten Cate รายงานว่ารอยโรคของเนื้อเยื่อแข็งของฟันที่กำลังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และน่าจับตามองในช่วงสหัสวรรษใหม่นี้ คือ การสึกกร่อนจากการละลายของฟัน (Dental erosion) ซึ่งพบได้สูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ของประชากรมนุษย์[1] ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่า รอยโรคนี้มีการเพิ่มขึ้นมากกว่ารอยโรคของเนื้อเยื่อแข็งของฟันอื่นๆ เช่น การสึกกร่อนจากการขัดสี (Dental abrasion) และการสึกกร่อนจากการบดเคี้ยว (Dental attrition)[2]

กรดจากอาหารและเครื่องดื่มเป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญของการเกิดรอยโรคการสึกกร่อนจากการละลายของฟัน[3] มีรายงานในผู้ป่วยถึงความสัมพันธ์ระหว่างรอยโรคการสึกของฟันกับเครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลม น้ำผลไม้ และสารอาหารรสเปรี้ยว[4] การสูญเสียแร่ธาตุทำให้ผิวฟันอ่อนตัวลงและเกิดการสึกโดยง่าย ในทางคลินิกการสึกมักลุกลามผ่านชั้นของเคลือบฟัน (Enamel) เข้าสู่เนื้อฟัน (Dentin)[5] อาจทำให้ผู้ป่วยเกิดอาการเสียวฟันและมีลักษณะการบดเคี้ยวเปลี่ยนแปลง ในรายที่รุนแรงจะทำให้เกิดการสึกกร่อนจนทะลุโพรงประสาทฟันหรือทำให้ฟันหักได้[6]

อาหารไทยหลายชนิดมีรสเปรี้ยวนำ เช่น ต้มยำ จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าต้มยำทำให้ความแข็งผิวของเคลือบฟันลดลง[7] นอกจากนี้อาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดอาจมีผลต่อวัสดุบูรณะฟัน แต่ปัจจุบันยังมีรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวน้อย โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงผลของอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่อการสึกกร่อนของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน (Tooth-colored filling materials) ชนิดต่างๆ

อาหารและเครื่องดื่มที่เลือกนำมาทดสอบในการศึกษาครั้งนี้มีทั้งหมด 5 ชนิดซึ่งประชาชนทั่วไปนิยมรับประทานและถูกคัดเลือกมาศึกษาเพื่อให้เกิดความหลากหลายซึ่งได้แก่ ต้มยำน้ำอัดลมรสโคลา น้ำส้มคั้น นมเปรี้ยว เครื่องดื่มเกลือแร่ นอกจากนี้อาหารบางชนิดยังใช้เพื่อศึกษาถึงผลของส่วนประกอบในอาหารและเครื่องดื่มที่อาจมีผลต่อการละลาย ได้แก่นมเปรี้ยวซึ่งมีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ

น้ำลายเป็นตัวแปรที่ปรับเปลี่ยนการละลายของแร่ธาตุในช่องปาก[8] อาทิการไหลของน้ำลายชะล้างความเป็นกรดของอาหาร องค์ประกอบอนินทรีย์ของน้ำลายทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) และเพลลิเคิล (Pellicle) ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบอินทรีย์ในน้ำลายช่วยป้องกันพื้นผิวจากการละลายด้วยกรด ดังนั้นเพื่อให้การศึกษาใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง ส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยนี้จึงเป็นการจำลองสภาวะในช่องปากซึ่งมีน้ำลายที่มีผลต่อการสึกกร่อนจากการละลายโดยอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด[8]

การวัดผลการเกิดการสึกกร่อนจากการละลายของฟันวิธีหนึ่งซึ่งได้รับความนิยมค่อนข้างมากสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการได้แก่การวัดความแข็งผิวแบบจุลภาค (Microhardness test)[7] เนื่องจากเมื่อกรดสัมผัสกับเคลือบฟันหรือเนื้อฟัน กรดจะทำปฏิกิริยาทางเคมีเป็นผลให้มีการละลายแร่ธาตุ ส่งผลให้ผิวฟันมีลักษณะอ่อนลงหรือมีค่าความแข็งผิวต่ำ[9] นั่นคือค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ สามารถเป็นดัชนีชี้วัดการสูญเสียแร่ธาตุของชิ้นตัวอย่างนั่นเอง[10] การวัดค่าความแข็งผิวไม่ทำให้ชิ้นตัวอย่างถูกทำลายและความแข็งผิวแบบจุลภาคใช้พื้นที่เล็กทำให้สามารถวัดความแข็งผิวซ้ำในชิ้นตัวอย่างเดียวกันได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้การวัดค่าความแข็งผิวเป็นวิธีวัดผล

ผลการศึกษาจากโครงการวิจัยนี้สะท้อนถึงความเป็นไปได้ที่อาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดทำให้เกิดการสึกกร่อนจากการละลายของฟันและวัสดุบูรณะ เพื่อให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญของพฤติกรรมการบริโภคและมีความระมัดระวังต่ออาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดเพิ่มขึ้น

<u>วัตถุประสงค์การวิจัย</u>

เพื่อศึกษาถึงผลของอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่อความแข็งผิว(Surface hardness) ของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุสีเหมือนฟันชนิดต่างๆ

<u>สมมติฐานการวิจัย</u>

1. ความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันชนิดต่างๆ ก่อนและหลังแช่ในอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด มีค่าไม่แตกต่างกัน
2. ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันเมื่อนำไปแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด ค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างแต่ละประเภทเมื่อแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน

3. ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันเมื่อนำไปแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด ค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างประเภทเดียวกันเมื่อนำไปแช่ในอาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงผลของอาหารและเครื่องดื่มที่ทำการศึกษาต่อความแข็งผิวอันนำไปสู่การสึกกร่อนของฟันและความไม่คงทนต่อวัสดุบูรณะฟัน

การเผยแพร่ผลการวิจัยต่อสาธารณชนอาจช่วยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคที่นำไปสู่สุขภาพช่องปากที่ดีขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ผลที่ได้จะเป็นแนวทางบ่งบอกถึงโอกาสที่อาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดทำให้ความแข็งผิวของฟันและวัสดุบูรณะลดลง แต่การนำผลไปใช้ในทางคลินิกโดยตรงต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆที่ทำให้สภาวะในช่องปากมีความซับซ้อนและแตกต่างจากสภาวะในห้องปฏิบัติการ เช่น การไหลของน้ำลายซึ่งช่วยชะล้างความเป็นกรดของอาหาร องค์ประกอบอนินทรีย์ของน้ำลายที่ทำหน้าที่บัฟเฟอร์ และผลจากอาหารชนิดอื่นที่รับประทานร่วมกัน ถึงแม้การศึกษานี้จะพยายามเลียนแบบสภาวะในช่องปากโดยให้ฟันหรือวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันสัมผัสกับน้ำลายสลับกับการสัมผัสกับอาหารหรือเครื่องดื่มเป็นเวลาใกล้เคียงกับการบริโภคอาหารหรือเครื่องดื่มในแต่ละครั้ง แต่ก็เป็นเพียงส่วนหนึ่งของสภาพตามจริงเท่านั้น แต่ในชีวิตประจำวัน อาหารและเครื่องดื่มบางชนิดจะได้รับการบริโภคซ้ำๆกัน ขึ้นอยู่กับความชอบส่วนบุคคล ทำให้การสึกกร่อนจากการละลายเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีระดับความรุนแรงเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ

นอกจากนั้นผลการศึกษาที่ได้อาจไม่สามารถนำไปใช้กับอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดอื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาศึกษาในครั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบที่แตกต่างกันของอาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิด

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบถูกออกแบบให้มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมกับวิธีการวัดผลคือมีผิวหน้าแบนเรียบ จึงไม่ใช้ฟันทั้งซี่หรือแต่งวัสดุอุดให้มีขนาดและรูปร่างเหมือนสภาพจริงในช่องปาก

2. ชิ้นงานถูกนำมาสัมผัสกับอาหารและเครื่องดื่มโดยการแช่เป็นเวลา 5 วินาที สลับกับการแช่ในน้ำลายเทียม 5 วินาที จำนวน 10 รอบ ซึ่งคำนวณได้จากการดื่มเครื่องดื่มรสโคลาหนึ่งกระป๋อง และเพื่อเป็นการควบคุมกระบวนการทดลองให้เป็นเช่นเดียวกัน จึงใช้เวลาดังกล่าวกับอาหารและเครื่องดื่มชนิดอื่นๆ ส่วนต้มยำจะนำเฉพาะส่วนน้ำมาใช้ทดสอบเท่านั้น

3. ตัวฟันถูกตัดแบ่งครึ่งในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น (Bucco-lingual) ทำให้ได้ชิ้นตัวอย่าง 2 ชิ้นต่อฟันหนึ่งซี่ คือ ชิ้นตัวอย่างฟันด้านใกล้กลาง (Mesial) และชิ้นตัวอย่างฟันด้านไกลกลาง (Distal) โดยบริเวณที่ใช้ทดสอบคือด้านใกล้แก้มและด้านใกล้ลิ้น ใช้วิธีการสุ่มเลือกด้านหนึ่งสำหรับทดสอบส่วนเคลือบฟัน ส่วนด้านที่เหลือใช้ทดสอบส่วนเนื้อฟัน

<u>ข้อจำกัดการวิจัย</u>

การวิจัยนี้เป็นการทดลองที่ทำในห้องปฏิบัติการซึ่งไม่สามารถจำลองสภาพที่แท้จริงของช่องปากที่ซับซ้อนได้ทั้งหมด

การวัดความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะฟันชนิดต่างๆด้วยเครื่องทดสอบความแข็งผิวแบบจุลภาค (Microhardness tester) ต้องกระทำบนพื้นผิวที่เรียบแบน ไม่สามารถทดสอบบริเวณผิวนอกของเคลือบฟันซึ่งมีลักษณะโค้งนูน จึงต้องมีการขัดผิวชิ้นตัวอย่างให้เรียบก่อนการวัดความแข็งผิว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

<u>การสึกกร่อนจากการละลายของเคลือบฟันและเนื้อฟัน</u>

โครงสร้างของเคลือบฟันประกอบด้วยส่วนอนินทรียสาร 95% ถึง 98% โดยน้ำหนัก หรือ 90% ถึง 92% โดยปริมาตร ซึ่งอยู่ในรูปของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ (Hydroxyapatite crystal) เป็นส่วนใหญ่ อาจมีแร่ธาตุชนิดอื่นปนอยู่บ้างเล็กน้อย ส่วนที่เหลืออีก 6% โดยปริมาตรคืออินทรียสาร 1% ถึง 2% และน้ำ 4% โดยน้ำหนัก เนื้อฟันประกอบด้วยอนินทรียสารโดยส่วนใหญ่คือผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์เช่นกันซึ่งมีอยู่ประมาณ 75% และอินทรียสารซึ่งส่วนใหญ่เป็นเส้นใยคอลลาเจนประมาณ 20% โดยที่เหลือเป็นน้ำ[11]

ทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันสามารถละลายได้เมื่อสัมผัสกับกรด[12] กรณีที่เกิดการละลายมากจะเกิดเป็นรอยโรคที่ผิวฟัน เรียกรอยโรคนี้ว่า การสึกกร่อนจากการละลายของฟัน (Dental erosion) ซึ่งหมายถึงการสูญเสียส่วนเนื้อเยื่อแข็งของฟันอย่างผิดปกติจากขบวนการทางเคมี โดยปราศจากแบคทีเรียเข้าร่วม มักเกิดเฉพาะตำแหน่ง (Localized) และเกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป (Chronic)[3,13,14]

การสึกกร่อนจากการละลาย (Erosion) มาจากภาษาละติน คือ อีโรเดีย (erodere), อีโรไซ (erosi), อีโรซัม (erosum) แปลว่า ถูกแทะ ถูกกัด หรือสึกกร่อน ใช้อธิบายถึงขบวนการทำลายพื้นผิวของบางสิ่งบางอย่าง ซึ่งเกิดจากขบวนการทางเคมี ในทางทันตกรรม คำว่าเดนทัลอีโรชัน (Dental erosion) หรืออีโรซิโอเดนเทียม (Erosiodentium) ใช้อธิบายถึงผลทางกายภาพของการสูญเสียส่วนเนื้อเยื่อแข็งของฟันที่มีลักษณะเรื้อรัง และไม่มีอาการเจ็บปวด มักเกิดบริเวณ 1/3 ทางด้านใกล้เหงือกของผิวฟันทางด้านชิดริมฝีปาก โดยเฉพาะในฟันตัดบน แต่อาจพบความผิดปกตินี้ทางด้านประชิดของฟันได้เช่นกัน รอยโรคมีลักษณะเป็นแอ่งตื้นๆ ผิวเรียบเป็นมัน คล้ายกับการเอาช้อนตักเอาส่วนผิวฟันออกไป (Scooped out cavity) สามารถเกิดได้เท่าๆกันในขากรรไกรด้านซ้ายและด้านขวา การละลายเกิดจากขบวนการทางเคมี ในรายที่มีอาการรุนแรงจะมีการละลายของเคลือบฟันจนมองเห็นเนื้อฟัน (Exposed dentin) ทำให้ผู้ป่วยเกิดอาการเสียวฟันได้เมื่อมีสิ่งกระตุ้น[14]

การที่ทันตแพทย์นำคำศัพท์ว่าอีโรชันมาใช้โดยอธิบายว่าหมายถึงการสึกกร่อนจากการละลายของฟันโดยปฏิกิริยาเคมีซึ่งปราศจากแบคทีเรียเข้าร่วมนั้น Grippo และ Simring เสนอแนะว่าเป็นการใช้ศัพท์ที่ไม่คล้องจองกับการใช้ศัพท์ทั่วไปในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์ เนื่องจากในวงการศึกษาดังกล่าว คำว่าอีโรชันจะใช้ในกรณีที่มีการทำลายพื้นผิว

ของวัสดุโดยทางกล ในลักษณะที่มีการขัดสีจากการเคลื่อนที่ของของเหลวหรือก๊าซซึ่งอาจมีส่วนประกอบที่เป็นของแข็งรวมอยู่ด้วย ส่วนคำว่าคอร์โรชัน (Corrosion) ใช้ในกรณีที่มีการสูญเสียพื้นผิวของวัสดุจากปฏิกิริยาเคมีหรือไฟฟ้าเคมี (Electrochemical)[15] ซึ่งจากความหมายนี้ การสึกกร่อนจากการละลายของฟันควรใช้คำว่าคอร์โรชันมากกว่าเพื่อให้เป็นที่เข้าใจตรงกันกับนักวิทยาศาสตร์สาขาอื่น แต่ทันตแพทย์ส่วนใหญ่ยังคงสื่อสารรอยโรคที่เกิดจากการละลายของฟันด้วยคำว่าอีโรชัน อาจเนื่องจากความเคยชินที่ใช้กันมานาน ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงยังขอใช้คำว่าอีโรชันในความหมายถึงการสึกกร่อนจากการละลาย

ลักษณะทางพยาธิวิทยาของการสึกกร่อนจากการละลายของฟัน ไม่ว่าเกิดจากสาเหตุใดก็ตาม จะทำให้เกิดลักษณะทั่วๆไปที่คล้ายคลึงกัน คือมีการละลายของแร่ธาตุออกจากส่วนเนื้อเยื่อแข็งของฟัน โดยเริ่มจากการละลายของผลึกอะพาไทท์ ในรายที่รุนแรง จะพบการทำลายโครงสร้างทั้งหมดของฟัน ทั้งนี้ขึ้นกับความทนทานของฟันต่อสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำหรือสภาวะที่มีแร่ธาตุทั้งแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ำ รวมถึงความถี่ในการสัมผัสกับกรดด้วย[8]

รายละเอียดเกี่ยวกับการละลายที่เกิดขึ้นต่อเคลือบฟันและเนื้อฟัน รวบรวมได้ดังนี้

1. การสึกกร่อนจากการละลายของเคลือบฟัน

เมื่อกรดสัมผัสกับผิวเคลือบฟัน กรดจะแทรกซึมเข้าสู่เคลือบฟันโดยอาศัยหลุมและร่องต่างๆ (Pits and fissures) เป็นเหตุให้เกิดการทำลายส่วนปริซึมในชั้นถัดเข้าไปจากผิวเคลือบฟัน (Subsurface layer)[8] จากการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งสังเกตโครงสร้างทางจุลภาค (Ultrastructure) ของเคลือบฟันที่มีการเปลี่ยนแปลงขณะเกิดการลุกลามของการละลาย ทั้งในส่วนเคลือบฟันที่มีปริซึม (Prismatic enamel) และส่วนเคลือบฟันที่ไม่มีปริซึม (Aprismatic enamel) ของฟันมนุษย์และฟันวัว โดยแช่ไว้ในสารละลายกรดเป็นเวลาต่างๆ แล้วนำชิ้นตัวอย่างมาตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด พบว่าชิ้นตัวอย่างที่แช่เป็นเวลา 15 นาทีในกรดมาเลอิก (Maleic acid) มีการละลายน้อยกว่าชิ้นที่แช่ในกรดซิตริก (Citric acid) หรือกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) แต่หากแช่นานขึ้นเป็น 60 นาที พบว่าลักษณะของการละลายในชิ้นเคลือบฟันไม่มีความแตกต่างกัน[16,17] ซึ่งผลการศึกษาที่ได้คล้ายกับการศึกษาที่ Meurman และคณะได้ทำไว้ก่อนหน้านี้ คือกรดมาลิก ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 3.4 ทำให้เคลือบฟันละลายได้น้อยกว่ากรดซิตริก ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง 2.8[18] Rytomaa และคณะ ได้สรุปว่ายิ่งสารละลายมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำยิ่งมีประสิทธิภาพในการละลายเคลือบฟันมากขึ้นเท่านั้น ส่วนอัตราเร็วของการละลาย ส่วนใหญ่ขึ้นกับปริมาณกรด และคุณสมบัติคีเลชัน (Chelation properties)[19]

คุณสมบัติคีเลชัน คือ ความสามารถในการจับกับแคลเซียม ซึ่งเป็นผลจากส่วนประกอบทางเคมีของกรดซึ่งมีหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) มากกว่าหนึ่งหมู่ โดยกรดเหล่านี้มีอยู่ในเครื่องดื่มและผลไม้หลายๆชนิด ปฏิกิริยาคีเลชันทำให้เกิดการละลายของฟันได้จาก 2 ขบวนการ คือ ขบวนการแรก กรดจับกับอิออนของแคลเซียมในน้ำลายอย่างเหนียวแน่น ดังนั้นจึงลดระดับความอิ่มตัวของแร่ธาตุในน้ำลายลง ทำให้ฟันได้รับการคืนกลับของแร่ธาตุจากน้ำลายลดลงด้วย ขบวนการที่สอง เกิดจากปฏิกิริยาคีเลชันที่เกิดโดยตรงกับเคลือบฟัน เนื่องจากกรดมีความสามารถสูงมากในการจับกับแคลเซียม ปฏิกิริยาจะเกิดจนกระทั่งระดับสารประกอบที่ได้ระหว่างกรดอินทรีย์กับแคลเซียมอยู่ในภาวะอิ่มตัว[8]

การดำเนินของรอยโรคการสึกกร่อนจากการละลายเริ่มจากส่วนที่หุ้มอยู่รอบๆปริซึมของเคลือบฟัน (Prism sheath) ตามด้วยการละลายในส่วนแกนกลางของปริซึม (Prism cores) และหากการละลายยังคงดำเนินต่อไป ส่วนที่อยู่ระหว่างปริซึม (Interprismatic area) จะถูกละลายเป็นลำดับสุดท้าย ผลจากการละลายของเคลือบฟัน ท้ายที่สุดจะมีลักษณะที่เหมือนกัน ไม่ว่าจะมีสาเหตุจากกรดชนิดใดก็ตาม ส่วนรูปแบบของการละลายในเคลือบฟันส่วนที่ไม่มีปริซึม พบว่าไม่มีลักษณะที่แน่นอนเหมือนส่วนที่มีปริซึม [20] นอกจากนั้นยังพบว่า การละลายของเคลือบฟันบริเวณผิวชั้นนอกขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมี เช่น ปริมาณฟลูออไรด์เป็นต้น[21] ส่วนอัตราการสึกกร่อนจากการละลายของเคลือบฟัน พบว่าเคลือบฟันแท้ของมนุษย์มีอัตราการละลายช้ากว่าเคลือบฟันวัวถึง 3 เท่าเมื่อใช้สารละลายกรดที่มีความเข้มข้นเท่ากัน[22] จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดย Rytomaa และคณะพบว่าอัตราการละลายของเคลือบฟันวัวเท่ากับ 1.5-6 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง และการสูญเสียแร่ธาตุเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในเวลา 2 ชั่วโมง ในขณะที่เคลือบฟันมนุษย์ในสภาวะที่ไม่มีสิ่งป้องกันใดๆ อาจละลายในอัตรา 0.5-2 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง[19] นอกจากนั้นมีการศึกษาในทางคลินิก โดย Xhonga และคณะ สังเกตการละลายของเคลือบฟันแท้ในผู้ป่วย ในช่วงเวลา 5 เดือน พบว่าอัตราการละลายเท่ากับ 1 ไมโครเมตรต่อวัน แต่อาจแปรผันไปได้ขึ้นกับผู้ป่วยแต่ละคน[23]

ในปี ค.ศ. 1938 West และ Judy ทำการศึกษาการสึกกร่อนจากการละลายของเคลือบฟันจากลูกกวาดซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดเมื่อละลายน้ำ โดยจำลองสภาวะในช่องปากให้คล้ายกับการอมลูกกวาด ซึ่งอยู่ชิดกับเคลือบฟัน พบว่าในบริเวณดังกล่าวมีค่าความเป็นกรดด่าง 3-4 และหากทำซ้ำๆ ทุกวัน จะทำให้เกิดการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟันในปริมาณสูง[24] ซึ่งผลการศึกษาคล้ายกับที่ Bibby และ Mundorff ได้รายงานในเวลาต่อมา โดยทำการทดสอบขนมขบเคี้ยวและเครื่องดื่ม จำนวน 180 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบความรุนแรงในการเป็นสาเหตุให้เกิดการสึกกร่อนจากการละลายของเคลือบฟัน พบว่าขนมและเครื่องดื่มแต่ละชนิดทำให้เกิดการสึกกร่อน

ในระดับต่างๆ กัน ขึ้นกับปริมาณกรดที่เป็นส่วนประกอบ โดยลูกกวาดที่มีฤทธิ์เป็นกรดเป็นตัวการให้เกิดการสึกกร่อนของเคลือบฟันมากที่สุด[25]

แม้ว่าผลไม้สดชนิดต่างๆ ทำให้เกิดการละลายของเคลือบฟันที่เป็นสาเหตุของการสึกกร่อนจากการละลาย แต่ความเสี่ยงในการทำให้เกิดรอยโรคมีระดับต่ำ เนื่องจากผลไม้สดช่วยกระตุ้นการไหลของน้ำลายให้มากขึ้น จึงเป็นการล้างทำความสะอาดช่องปากได้อย่างรวดเร็ว[26] ส่วนการทดสอบที่ใช้ผลไม้สดมาคั้นเอาเฉพาะส่วนน้ำ พบว่าหลังจากนำชิ้นเคลือบฟันไปแช่เป็นเวลา 40 นาทีแล้ววัดปริมาณแคลเซียมที่ถูกปล่อยออกมา ในช่วง 10 นาทีแรกมีการละลายของเคลือบฟันในระดับสูงที่สุดเมื่อแช่ในน้ำแอปริคอตซึ่งมีปริมาณกรดสูงที่สุด ตามด้วยองุ่นและฝรั่ง ส่วนแอปเปิลและส้มทำให้เกิดการละลายของเคลือบฟันต่ำที่สุด โดยอัตราการละลายลดลงเรื่อยๆ ในผลไม้ทุกชนิดเมื่อแช่นานเกิน 10 นาที ยกเว้นองุ่น เมื่อเปรียบเทียบผลของน้ำผลไม้และเครื่องดื่มคาร์บอเนต พบว่าน้ำส้มคั้น และเครื่องดื่มโคลาเป็นสาเหตุการละลายของเคลือบฟันมากที่สุดในช่วงแรก ตามด้วยน้ำแอปเปิล[27]

นอกจากน้ำผลไม้แล้วยังมีเครื่องดื่มหลายชนิดที่มีผลต่อการสึกกร่อนจากการละลายของเคลือบฟัน เครื่องดื่มโคลา เครื่องดื่มรสส้ม และเครื่องดื่มเกลือแร่ ทำให้เกิดการละลายของผิวเคลือบฟันอย่างมาก ในขณะที่เครื่องดื่มโคลาชนิดน้ำตาลต่ำ (Diet Cola) และน้ำส้มคั้นทำให้เกิดการละลายของเคลือบฟันไม่มากนัก[19] สาเหตุประการหนึ่งอาจเนื่องจากการที่เครื่องดื่มโคลาชนิดน้ำตาลต่ำมีแคลเซียมในปริมาณสูง[28] ส่วนเบียร์ โยเกิร์ตรสสตรอเบอรี กาแฟ บัตเตอร์มิลค์ และน้ำแร่ ทำให้เกิดการละลายเพียงเล็กน้อยหรือไม่เกิดเลย การศึกษานี้พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 4 จะไม่ทำให้เกิดการละลายของเคลือบฟัน แต่ถ้าค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4 จะเป็นสาเหตุของการละลายอย่างชัดเจน[19] นอกจากนี้ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการละลายได้แก่ ปริมาณกรด ฟอสเฟตและฟลูออไรด์ที่เป็นองค์ประกอบในอาหารและเครื่องดื่มนั้นๆ[16]

อาหารบางชนิดซึ่งคาดไม่ถึงว่าจะถูกจัดเข้าในรายการอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด คือ น้ำผึ้ง ได้มีผู้นำมาทดสอบเช่นกัน เนื่องจากมีค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำ (pH 4.2) แต่ผลที่ได้คือน้ำผึ้งทำให้เกิดการละลายของเคลือบฟันเพียงเล็กน้อย[29] ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำผึ้งมีส่วนประกอบของแคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ ซึ่งช่วยยับยั้งการละลายของเคลือบฟันลงได้ ดังนั้น นอกจากค่าความเป็นกรดด่างของอาหารแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาถึงส่วนประกอบอื่นๆ ร่วมด้วย

มีการศึกษาอื่นๆ ที่ทดลองเกี่ยวกับน้ำผลไม้หลายชนิด ชาสมุนไพร เครื่องดื่มที่มีส่วนประกอบของคาร์บอเนต โดยใช้พื้นฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านเคมี เช่นค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรด ปริมาณแคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์เป็นต้น[30-32] โดย Larsen สรุปว่าการละลายของผิวฟันเป็นผลมาจากการสัมผัสกับของเหลวที่ยังไม่อิ่มตัวต่อไฮดรอกซีอะพาไทท์

ดังนั้น ความสามารถในการก่อให้เกิดการละลายของเครื่องดื่มชนิดต่างๆ รวมถึงน้ำผลไม้ อาจวัดได้จากระดับความอิ่มตัวของไฮดรอกซีอะพาไทท์ และฟลูออโรอะพาไทท์ของสารละลาย[33]

นอกจากปัจจัยทางด้านองค์ประกอบของอาหารแล้ว ความถี่ของการบริโภคและลักษณะการสัมผัสกับผิวฟันก็มีผลต่อการละลาย เคลือบฟันที่แช่ในน้ำอัดลม (โคลา) ครั้งละ 15 นาที จำนวน 10 ครั้งต่อวันมีความแข็งผิวต่ำกว่ากลุ่มที่แช่ 1 ครั้งต่อวัน และการกวนทำให้ความแข็งผิวลดลง อีกข้อมูลที่น่าสนใจจากการศึกษานี้คือการแช่เคลือบฟันในน้ำอัดลมเป็นเวลาเพียง 5 นาที ทำให้ความแข็งผิวลดลงจาก 357 VHN เหลือเพียง 286 VHN[34]

งานวิจัยที่ทำในประเทศไทยซึ่งทำการศึกษาผลของอาหาร (มาม่ารสต้มยำกุ้ง) และเครื่องดื่ม (เป๊บซี่) ต่อความแข็งผิวของเคลือบฟันและเนื้อฟัน พบว่ามาม่ารสต้มยำกุ้งลดความแข็งผิวของเคลือบฟันจาก 292 VHN เป็น 266 VHN ภายหลังการแช่ชิ้นตัวอย่างเป็นเวลา 10 นาที แต่ไม่ทำให้ความแข็งผิวของเนื้อฟันลดลง (48 VHN และ 47 VHN) ส่วนเครื่องดื่มเป๊บซี่ทำให้ความแข็งผิวของทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายหลังการแช่ 10 นาที (เคลือบฟันลดลงจาก 331VHN เป็น 283 VHN, เนื้อฟันลดลงจาก 57 VHN เป็น 54 VHN)[7]

ในสภาวะจริงของช่องปาก อาหารและเครื่องดื่มไม่สามารถสัมผัสกับผิวเคลือบฟันได้โดยตรงเนื่องจากเพลลิเคิลจากน้ำลายคลุมทับ เพลลิเคิลจากน้ำลายสามารถปกป้องพื้นผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนจากการละลายได้ เคลือบฟันที่แช่ในน้ำลายมนุษย์เป็นเวลา 7 วันเพื่อจำลองเพลลิเคิล จะเกิดการสึกกร่อนน้อยมากจากการแช่ชิ้นตัวอย่างในเครื่องดื่มโคลาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในขณะที่ผิวเคลือบฟันที่ไม่มีเพลลิเคิลปกคลุมเกิดการละลายอย่างเห็นได้ชัด[17]

2. การสึกกร่อนจากการละลายของเนื้อฟัน

เมื่อเคลือบฟันเกิดการสึกไปจนถึงชั้นเนื้อฟัน อาหารจึงสัมผัสกับเนื้อฟันได้ นอกจากการศึกษาการสึกกร่อนจากการละลายของเคลือบฟันแล้ว ยังพบการศึกษาการสึกกร่อนจากการละลายของเนื้อฟันด้วย เมื่อแช่เนื้อฟันในกรดแก่และกรดอ่อนรวมทั้งเครื่องดื่มหลายๆ ชนิด แล้วตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด พบว่าเนื้อฟันที่สัมผัสกับกรดแก่และกรดอ่อน มีการสูญเสียชั้นสเมียร์ (Smear layer) ออกไปทำให้มองเห็นท่อเนื้อฟัน (Dentinal tubules) จำนวนมาก เช่นเดียวกับเมื่อทดสอบด้วยเครื่องดื่ม เช่น ไวน์แดง หรือไวน์ขาว ปัจจัยทางด้านอาหารจึงมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดอาการเสียวฟันได้เนื่องจากการสูญเสียชั้นสเมียร์ ดังนั้นในผู้ป่วยที่มีอาการเสียวฟัน ทันตแพทย์ควรให้คำแนะนำที่เหมาะสมในการเลือกรับประทานอาหาร[35]

จากการศึกษาเกี่ยวกับขบวนการสึกกร่อนจากการละลายของเนื้อฟันซึ่งใช้วิธีการเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาเคลือบฟัน โดยเตรียมชิ้นเนื้อฟันจากส่วนตัวฟันของฟันกรามซี่ที่สามของ

มนุษย์ แล้วนำมาแช่ในสารละลายกรด เป็นเวลา 30 วินาที ถึง 60 นาที จากนั้นตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด พบว่าบริเวณแรกที่ละลายคือ ส่วนเนื้อฟันรอบๆท่อเนื้อฟัน (Peritubular dentin) ทำให้มองเห็นส่วนท่อเนื้อฟันมีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อแช่นานขึ้น รอยโรคจะขยายเข้าไปถึงส่วนเนื้อฟันที่อยู่ระหว่างท่อเนื้อฟัน (Intertubular dentin) ทำให้พื้นผิวของเนื้อฟันมีลักษณะขรุขระและเป็นรูพรุน[36] Eccles และ Jenkins พบว่าผู้ป่วยที่มีการสึกกร่อนจากการละลายของเนื้อฟัน ทุกๆหนึ่งในสองคนจะเกิดอาการเสียวฟัน[37] โดยเหตุผลของอาการนี้ Pindborg อธิบายว่าเกิดจากการสูญเสียส่วนผิวของเนื้อฟัน ทำให้ส่วนเนื้อฟันที่มีชีวิต (Vital dentin) ที่อยู่ถัดเข้ามาสัมผัสกับสิ่งกระตุ้นจากภายนอก[14]

<u>การสึกกร่อนจากการละลายของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน</u>

หลังจากมีการผลิตวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันออกมาใช้ในงานทางทันตกรรม นักวิจัยต่างให้ความสนใจศึกษาคุณสมบัติต่างๆของวัสดุเหล่านั้น โดยหัวข้อหนึ่งที่ให้ความสนใจคือการสึกกร่อนจากการละลายของวัสดุ เนื่องจากเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สามารถบอกถึงอายุการใช้งานของวัสดุภายในช่องปากผู้ป่วยได้ เมื่อวัสดุละลายตัวทำให้เกิดผลเสียตามมา เช่น สูญเสียลักษณะที่ถูกต้องทางกายวิภาค หรือหากเกิดการละลายบริเวณขอบอาจทำให้เกิดการรั่วที่ขอบและเกิดการผุซ้ำตามมาได้

จากการศึกษาเปรียบเทียบการละลายของซีเมนต์ 3 ชนิด คือ กลาสไอโอโนเมอร์ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ และซิลิเกตซีเมนต์ เมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง (แช่น้ำ) และสภาวะที่เป็นกรด (แช่ในสารละลายกรดแลคติก) ผลการศึกษาพบว่าในสภาวะที่เป็นกลาง กลาสไอโอโนเมอร์ดูดน้ำมากกว่าซีเมนต์ชนิดอื่นๆในช่วง 1 วันแรก หลังจากนั้นกลาสไอโอโนเมอร์จะดูดน้ำลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งมีอัตราต่ำกว่าซีเมนต์ชนิดอื่นๆ ส่วนในสภาวะที่เป็นกรดพบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ถูกละลายด้วยกรดแลคติกน้อยที่สุด ในขณะที่ซิลิเกตซีเมนต์ละลายมากที่สุด[38]

กลาสไอโอโนเมอร์เมื่ออยู่ในกรดเป็นเวลานานจะเกิดการสึกกร่อนจากการละลายได้[39] ขบวนการละลายของกลาสไอโอโนเมอร์ที่ถูกแช่ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ที่มีค่าความเป็นกรดด่าง 4.1 ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด และตรวจสอบการละลายด้วยการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อตรวจสอบหาอิออนของสารต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาจากชิ้นตัวอย่าง พบว่าปริมาณของฟลูออไรด์อิออน ซิลิกอนอิออน และแคลเซียมอิออนซึ่งถูกปล่อยออกมาแปรผันตามรากที่สองของเวลาในการแช่ และขึ้นกับความกว้างของพื้นผิวชิ้นตัวอย่าง แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับรูปร่างและขนาดของชิ้นตัวอย่าง ส่วนการเขย่าภาชนะบรรจุสารละลายระหว่างแช่ไม่มีผลต่อการละลาย การละลายของชิ้นตัวอย่างเกิดจากการแพร่ของสารต่างๆผ่านเมทริกของซีเมนต์ ซึ่งถูกควบคุมโดยโครงสร้างของเมท

ริกและความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน ณ ตำแหน่งพื้นผิว โดยปฏิกิริยาจะเกิดมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรด ส่วนอนุภาคของแก้วที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นผิวจะถูกละลายออกไปทำให้เหลือเป็นรูพรุน[40,41]

มีการศึกษาเกี่ยวกับการสึกกร่อนจากการละลายของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต (Polyacid modified resin composite) 4 ชนิด ได้แก่ Compoglass F, Dyract AP, Hytac, และ Ana Compomer ซึ่งถูกนำมาแช่ในสารละลายกรดแลคติก และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับคอนเวนชันแนลเรซินคอมโพสิต (Conventional resin composite) โดยการศึกษานี้จะชั่งน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างก่อนการทดลอง จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายกรดแลคติกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นจะวัดค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายและชั่งน้ำหนักชิ้นตัวอย่างอีกครั้ง ทำการเปลี่ยนสารละลายใหม่และชั่งน้ำหนักชิ้นตัวอย่างทุกๆ 1 สัปดาห์ จนครบ 6 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าค่าน้ำหนักของวัสดุแต่ละชนิดหลังทดสอบมีค่าลดลงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลการวัดค่าความเป็นกรดด่างของสารละลาย พบว่าโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิตทุกชนิดจะเพิ่มค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายตลอดช่วงเวลาการทดลอง ในขณะที่ค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายที่แช่เรซินคอมโพสิตไม่เปลี่ยนแปลง จากการสังเกตพบว่าค่าความเป็นกรดด่างที่เปลี่ยนแปลงจะเกิดควบคู่ไปกับการลดลงของน้ำหนักชิ้นตัวอย่าง ชี้ให้เห็นว่าชิ้นตัวอย่างเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเกิดการสึกกร่อนจากการละลายได้[42]

น้ำลายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งผิวของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน โดยเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ (Resin modified glass ionomer) ชนิด Fuji IX มีค่าความแข็งผิวเพิ่มขึ้นหลังจากวันแรกและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามระยะเวลาการทดลองเมื่อแช่ในน้ำลาย โดยค่าความแข็งผิวหลังแช่เป็นเวลา 40 วันของ Fuji IX เพิ่มขึ้น 39 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Dyract, Z-100, และ Estio LC เพิ่มขึ้น 22 เปอร์เซ็นต์,16 เปอร์เซ็นต์, และ 3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยเทียบกับกลุ่มที่แช่ในน้ำประปา เมื่อวิเคราะองค์ประกอบของชิ้นตัวอย่างห์ด้วยวิธีเอ็กซเรย์โฟโตอิเลคตรอน สเป็คโตรสโคปี (X-ray photoelectron spectroscopy) และอิเลคตรอนโพรบ ไมโครอะนาไลซิส (Electronprobe microanalysis) พบว่าส่วนประกอบของน้ำลาย เช่น แคลเซียมและฟอสฟอรัสอิออนแพร่ผ่านเข้าไปในไฮดรอกซีเจล เมทริก (Hydroxygel matrix) ของ Fuji IX เป็นผลให้พื้นผิวแข็งขึ้น[43]

จากการศึกษาที่ผ่านๆมา วัสดุบูรณะสีเหมือนฟันเกิดการสึกกร่อนได้เช่นเดียวกับเคลือบฟันและเนื้อฟัน ดังนั้นในงานวิจัยสำหรับวิทยานิพนธ์นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดการสึกกร่อนจากการละลายของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันเนื่องจากอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด โดยใช้ค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงเป็นเกณฑ์ตัดสิน

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

<u>แบบแผนการวิจัย</u> : การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ

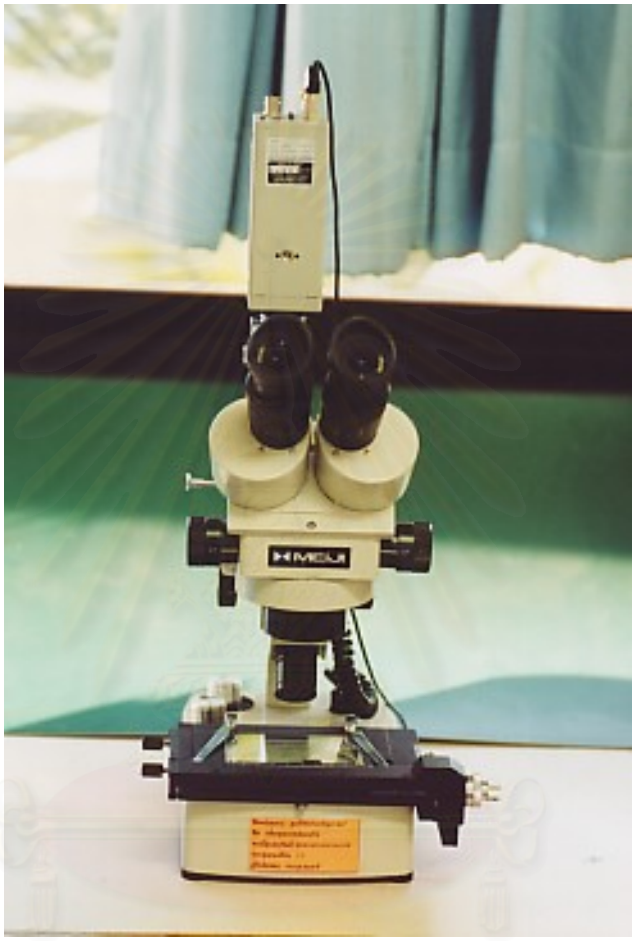
<u>วัสดุ</u> : 1. อาหารและเครื่องดื่ม

- ต้มยำ (Knorr, CPC/AJI Ltd., Chachoengsao, Thailand)
- น้ำอัดลมรสโคลา (Coke, Thainumtip, Bangkok, Thailand)
- น้ำส้มคั้นบรรจุกล่อง (Tipco, Tipco Foods CO.Ltd., Prajuabkirikhan, Thailand)
- นมเปรี้ยวรสผลไม้ผสม (Dutch mill, Dutch mill Ltd., Nakhonpathom, Thailand)
- เครื่องดื่มเกลือแร่ (Sponser, T.C.Pharmacutical Ltd., Bangkok, Thailand)

2. วัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน

- ไฮบริด เรซิน คอมโพสิต (Hybrid resin composite) ได้แก่ Filtek^{TM} Z250 สี A2 (Lot 1kw, 3M Dental Product, St. Paul,USA)
- ไมโครฟิลล์ เรซิน คอมโพสิต (Microfilled resin composite) ได้แก่ Filtek^{TM} A110 สี A2E (Lot 1BB, 3M Dental Product, St.Paul,USA)
- เรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ (Resin modified glass ionomer) ได้แก่ GC Fuji II LC สี A2 (Lot 108241, GC Corporation, Tokyo, Japan)
- คอนเวนชันแนล กลาสไอโอโนเมอร์ (Conventional glass Ionomer) ได้แก่ GC Fuji IX_{GP} สี A2 (Lot 5101, GC Corporation, Tokyo, Japan)
- โพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต (Polyacid modified resin composite) ได้แก่ Dyract AP สี A2 (Lot 0107000297, Dentsply Drtrey, UK)

3. ฟันกรามน้อยมนุษย์ที่ถูกถอนจากเหตุผลการจัดฟันและปราศจากรอยผุ รอยแตก รอยร้าว หรือความผิดปกติของการสะสมแร่ธาตุเมื่อตรวจดูด้วยกล้องขยายสเตอริโอ (Stereo microscope) (CK 3800, Meiji Techno, Japan) (รูปที่ 1) จำนวน 25 ซี่



รูปที่ 1 แสดงภาพกล้องขยายสเตอริโอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการทดลอง

1. การเตรียมชิ้นตัวอย่างจากเคลือบฟันและเนื้อฟัน (รูปที่ 2)
   1.1 นำฟันกรามน้อยมาตัดส่วนรากออก นำส่วนตัวฟันฝังลงในในอะคริลิก เรซินชนิดบ่มตัวได้เอง (Self-curing acrylic resin) (240 BS, Germany) ซึ่งอยู่ในแบบพิมพ์ขนาด 10x10x20 มิลลิเมตร โดยวางตัวฟันไว้กึ่งกลางแบบพิมพ์ ดังรูปที่ 2
   1.2 หลังจากอะคริลิก เรซิน บ่มตัวเรียบร้อยแล้ว ตัดแบ่งครึ่งให้ผ่านกึ่งกลางของส่วนตัวฟันในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น โดยใช้เครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ (ISOMET^{TM}1000, Buehler, Lake Bluff, USA) ทำให้ได้ชิ้นตัวอย่างอะคริลิก เรซินที่มีตัวฟันฝังอยู่แยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนตัวฟันด้านใกล้กลาง และส่วนตัวฟันด้านไกลกลาง
   1.3 นำชิ้นตัวอย่างมาขัดทางด้านใกล้แก้มและด้านใกล้ลิ้น โดยการสุ่มเลือกว่าจะขัดให้ด้านใดอยู่เฉพาะในเคลือบฟัน ส่วนด้านที่เหลือจะขัดจนถึงเนื้อฟัน การขัดนี้ใช้เครื่องขัด (Polishing machine DPS 3200, IMPTECH, Boksburg, South Africa) ร่วมกับแผ่นซิลิกอน คาร์ไบด์ (Silicon carbide) (MetPrep, IMPTECH, Boksburg, South Africa) เรียงจากเบอร์ 600 , 1000 และ 1200 และผงอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium oxide) ขนาด 0.2 และ 0.05 ไมครอน ตามลำดับ
   1.4 เก็บชิ้นตัวอย่างที่ยังไม่ได้ทดสอบไว้ในน้ำกลั่น ณ อุณหภูมิห้อง

2. การเตรียมชิ้นตัวอย่างจากวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน (รูปที่ 3)
   2.1 เตรียมแม่พิมพ์สำหรับชิ้นตัวอย่างด้วยอะคริลิก เรซินชนิดบ่มตัวได้เอง ขนาด 10x10x5 มิลลิเมตร จำนวน 50 ชิ้นต่อวัสดุแต่ละประเภท โดยเตรียมหลุมสำหรับใส่วัสดุตรงกลางชิ้นตัวอย่างเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และลึก 2 มิลลิเมตร
   2.2 เตรียมชิ้นตัวอย่างจากวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน ดังนี้
      2.2.1 ตักไฮบริด คอมโพสิต (Filtek^{TM} Z250 สี A2) ด้วยคอมโพสิต คาร์ฟเวอร์ (Composite carver) ลงใส่ในหลุมที่เตรียมให้เต็ม ซึ่งมีความหนา 2 มิลลิเมตร ปิดด้วยกลาสโคเวอร์สลิป (Glass coverslip) บ่มด้วยแสงด้วยเครื่องฉายแสง (Curing Light 2500, 3M Dental Products, St. Paul, USA) เป็นเวลา 40 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต แกะกลาสโคเวอร์สลิปออก กำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยใบมีดเบอร์ 12

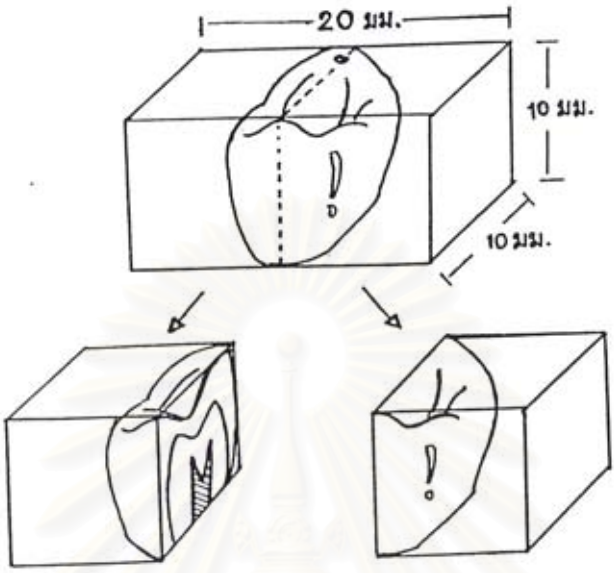
2.2.2 ชิ้นตัวอย่างโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต (Dyract AP สี A2) และชิ้นตัวอย่างไมโครฟิลล์ คอมโพสิต (Filtek™ A110 สี A2E) เตรียมด้วยวิธีเดียวกับข้อ 2.2.1 แต่ชิ้นตัวอย่างไมโครฟิลล์ คอมโพสิตฉายแสง 20 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

2.2.3 เตรียมชิ้นตัวอย่างคอนเวนชันแนล กลาสไอโอโนเมอร์ (GC Fuji IX_{GP} สี A2) ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยสัดส่วนคือส่วนผง 1 ช้อน ต่อส่วนน้ำ 1 หยด ผสมด้วยพายพลาสติกกับกระดาษผสมวัสดุ แบ่งส่วนผงเป็นสองส่วนเท่าๆกันโดยผสมเข้ากับส่วนน้ำทีละส่วน ใช้เวลาในการผสม 25-30 วินาที เนื้อวัสดุที่ได้หลังการการผสมต้องเป็นเนื้อเดียวกันและมันเงา ใส่วัสดุลงในหลุมที่เตรียมไว้ให้เต็ม กดทับให้แน่นด้วยกลาสโคเวอร์สลิป รอจนวัสดุแข็งตัวซึ่งใช้เวลาประมาณ 6 นาที แช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ

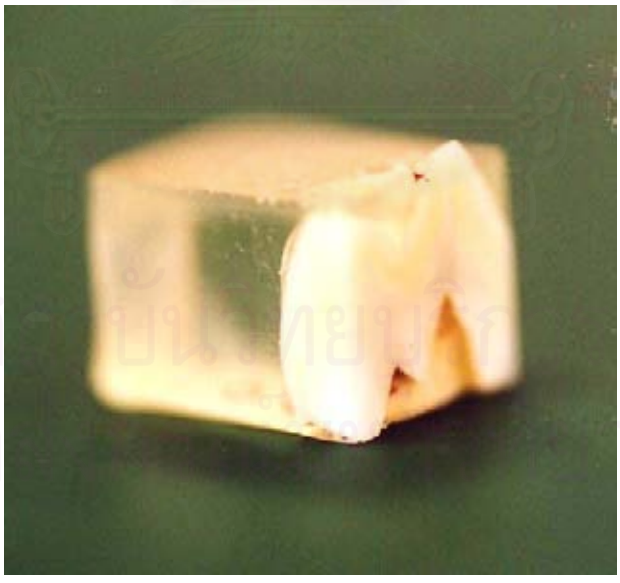
2.2.4 เตรียมชิ้นตัวอย่างเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ (GC Fuji II LC สี A2) ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยสัดส่วนคือส่วนผง 1 ช้อน ต่อส่วนน้ำ 2 หยด ผสมด้วยพายพลาสติกกับกระดาษผสมวัสดุ แบ่งส่วนผงเป็นสองส่วนเท่าๆกันโดยผสมเข้ากับส่วนน้ำทีละส่วน ใช้เวลาในการผสม 30-40 วินาที เนื้อวัสดุที่ได้หลังการการผสมต้องเป็นเนื้อเดียวกันและมันเงา ใส่วัสดุลงในหลุมที่เตรียมไว้ให้เต็ม กดทับให้แน่นด้วยกลาสโคเวอร์สลิป ฉายแสง 20 วินาที แช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ

2.3 เก็บชิ้นตัวอย่างที่เตรียมได้ไว้ในน้ำกลั่น ณ อุณหภูมิห้อง ซึ่งจะถูกนำมาทดสอบภายในวันนั้น ยกเว้นกลุ่มคอนเวนชันแนล กลาสไอโอโนเมอร์ และเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ซึ่งต้องรอ 24 ชั่วโมง

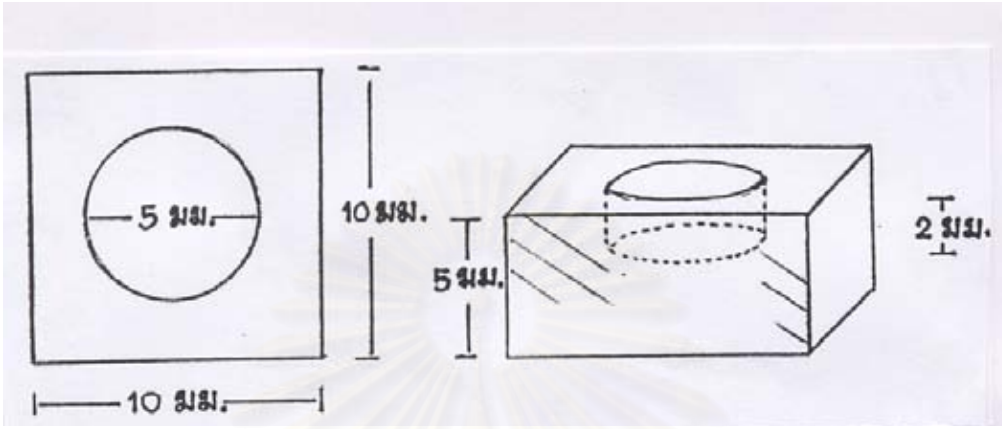
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

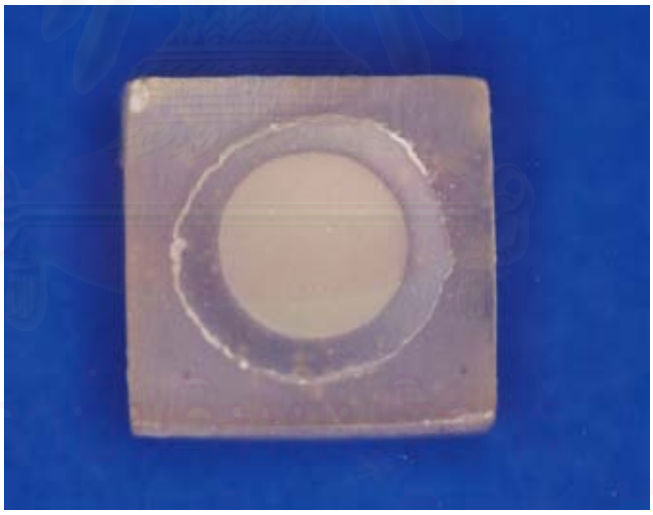


บริเวณที่ใช้ในการทดสอบของทั้งด้านใกล้แก้มและด้านลิ้น



<u>รูปที่ 2</u> บน : แผนภาพแสดงลักษณะชิ้นตัวอย่างที่ตรียมจากเคลือบฟันและเนื้อฟัน
ล่าง : ภาพถ่ายชิ้นตัวอย่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน





สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3 บน : แผนภาพแสดงแม่พิมพ์สำหรับชิ้นตัวอย่าง โดยหลุมรูปทรงกระบอกตรงกลาง มีไว้เพื่อใส่วัสดุที่ต้องการทดสอบ

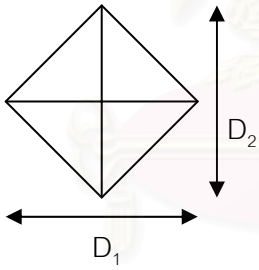
ล่าง : ภาพถ่ายชิ้นตัวอย่างของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน

3. การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน ก่อนและหลังแช่ในอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด

   3.1 นำชิ้นตัวอย่างแต่ละประเภทขึ้นจากน้ำกลั่น ซับให้แห้งด้วยกระดาษซับแห้ง แบ่งกลุ่มโดยการสุ่มเลือกชิ้นตัวอย่างแต่ละประเภทเป็น 5 กลุ่มๆละ 10 ชิ้น เพื่อใช้ทดสอบกับอาหารและเครื่องดื่มทั้ง 5 ชนิด

   3.2 กำหนดตำแหน่งที่จะวัดความแข็งผิวของเคลือบฟันและเนื้อฟัน โดยกดจุดอ้างอิง 3 จุด ด้วยหัวกดวิกเกอรส์ (Vickers) ใช้แรง 500 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที บริเวณ 1/3 ใกล้คอฟันทางด้านใกล้แก้มหรือด้านใกล้ลิ้น ตำแหน่งที่กดห่างจากขอบที่ตัดเข้ามา 200 ไมครอน และแต่ละจุดห่างกัน 300 ไมครอน (รูปที่ 4)

   3.3 วัดค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันแต่ละชนิด ด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาค (Microhardness tester FM 700e, Future Tech, Tokyo, Japan) (รูปที่ 6) โดยใช้หัวกดวิกเกอรส์ น้ำหนักในการกด 100 กรัม เวลาในการกด 15 วินาที ทำการกด 6 จุดต่อ 1 ชิ้นตัวอย่าง บันทึกค่าที่ได้ ความแข็งผิวของชิ้นตัวอย่างก่อนแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มหนึ่งชิ้น ได้จากค่าเฉลี่ยของการกดทั้ง 6 ครั้ง ตำแหน่งในการกดแสดงไว้ในรูปที่ 4, 5 และลักษณะรอยกดที่มองเห็นจากจอภาพแสดงไว้ในรูปที่ 7



ความแข็งผิว = แรงที่ใช้กด / พื้นที่ที่ถูกกด

หรือ $H = F/A$ เมื่อ H = ค่าความแข็งผิว

F = น้ำหนักที่ใช้กด

A = พื้นที่ของรอยกด

โดยที่ $A = D^2 / 1.854$

ดังนั้นค่าความแข็งวิกเกอรส์ (VHN) = $1.854F/D^2$

$D^2 = [(D_1+D_2) / 2]^2$ เมื่อ D_1และ D_2 = ความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกด

รูปปิรามิดทั้ง 2 แนว[44]

4. วัดค่าความเป็นกรดด่างของอาหารหรือเครื่องดื่มที่จะนำมาทดสอบทั้ง 5 ชนิด ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter 420A, Orion Reserch Inc., Boston, USA) บันทึกค่าที่ได้เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของอาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิด

5. ขั้นตอนการแช่ชิ้นตัวอย่างในอาหารและเครื่องดื่ม

5.1 เตรียมบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 20 บีกเกอร์ โดย 10 บีกเกอร์แรกใส่อาหารหรือเครื่องดื่มลงไปบีกเกอร์ละ 20 มิลลิลิตร อีก 10 บีกเกอร์ใส่น้ำลายเทียมบีกเกอร์ละ 20 มิลลิลิตร

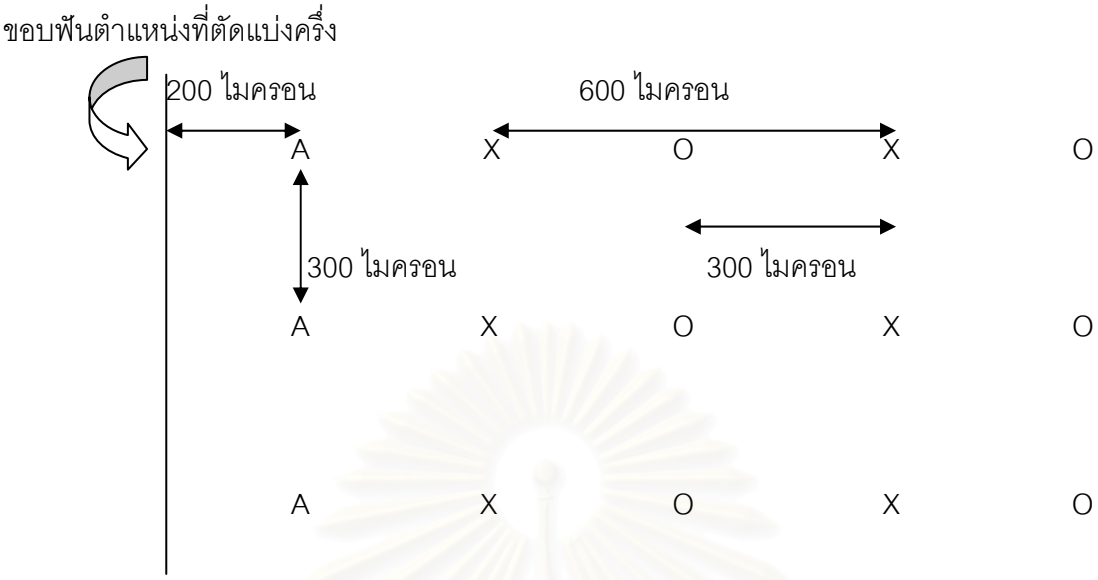
5.2 นำชิ้นตัวอย่างแต่ละชนิดลงแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มตามกลุ่มที่แบ่งไว้ โดยเริ่มแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มก่อน 5 วินาที ตามด้วยแช่ในน้ำลายเทียม 5 วินาที สลับกันไปจนครบทั้ง 20 บีกเกอร์

5.3 นำชิ้นตัวอย่างขึ้นจากอาหารหรือเครื่องดื่ม ล้างด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้งด้วยกระดาษซับแห้ง วัดค่าความแข็งผิวอีกครั้ง (ตำแหน่งของการวัดแสดงไว้ในรูปที่ 4 และ 5) ทำการกด 6 จุดต่อ 1 ชิ้นตัวอย่าง บันทึกค่าที่ได้ ความแข็งผิวของชิ้นตัวอย่างหลังแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มหนึ่งชิ้นได้จากค่าเฉลี่ยของการกดทั้ง 6 ครั้ง บันทึกค่าที่ได้

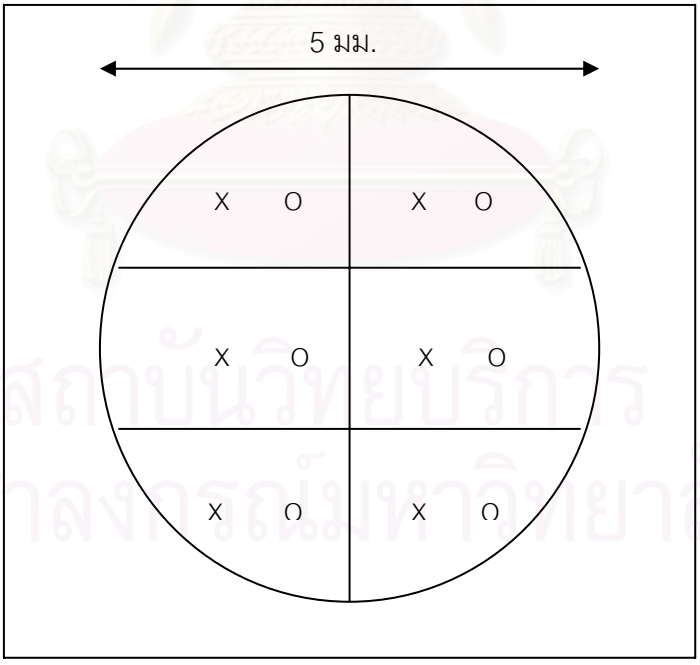
<u>การวิเคราะห์ผล</u> : 1. ใช้สถิติแพร์ทีเทส (Paired t-test) ทดสอบความแตกต่างของความแข็งผิวก่อนและหลังการแช่ชิ้นตัวอย่างในอาหารและเครื่องดื่ม

2. ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการแช่ชิ้นตัวอย่างในอาหารและเครื่องดื่ม เปรียบเทียบระหว่างชิ้นตัวอย่างแต่ละชนิด หรืออาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

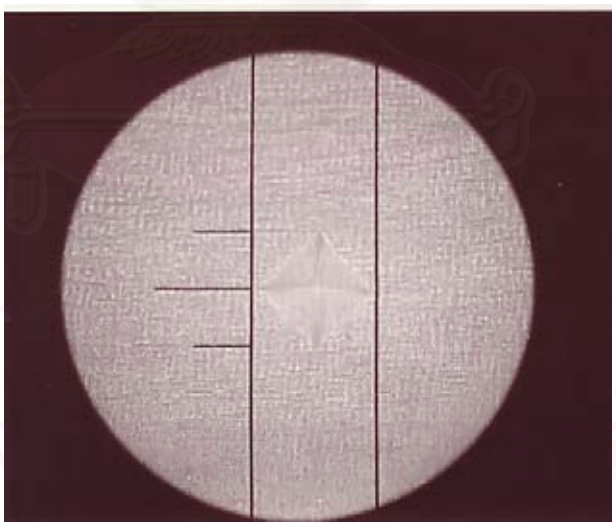


<u>รูปที่ 4</u> แผนภาพแสดงตำแหน่งในการกดชิ้นตัวอย่างเคลือบฟันหรือเนื้อฟันบริเวณ 1/3 ใกล้คอฟันของด้านใกล้แก้มหรือด้านใกล้ลิ้น (A=จุดอ้างอิง, X=ก่อนแซ่, O=หลังแซ่)



<u>รูปที่ 5</u> แผนภาพแสดงตำแหน่งในการกดชิ้นตัวอย่างวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน
(X=ก่อนแซ่, O=หลังแซ่)

รูปที่ 6 ภาพถ่ายเครื่องทดสอบความแข็งผิวแบบจุลภาค



รูปที่7 ลักษณะรอยกดด้วยหัวกดวิกเกอรส์ที่ปรากฏบนจอภาพ

บทที่ 4

รายงานผลการวิจัย

<u>ผลการศึกษาความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันชนิดต่างๆ ก่อนและหลังแช่ในอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด โดยใช้สถิติแพร์ ที-เทส</u>

ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 กลุ่มก่อนและหลังการทดสอบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งผิว และค่าของโอกาสความน่าจะเป็น (P-value) จากสถิติแพร์ ที-เทส แสดงไว้ในตารางที่ 1 จากตารางนี้พบว่าค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันชนิดต่างๆ ก่อนและหลังแช่ในอาหารและเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรด ส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกัน (29 จาก 35 กลุ่ม) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ส่วนกลุ่มที่มีค่าความแข็งผิวก่อนและหลังการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value $<$ 0.05) ได้แก่ กลุ่มที่ 1, 3, 4, 6, 16 และ 26

กลุ่มตัวอย่างเคลือบฟันมีค่าความแข็งผิวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากแช่ในน้ำอัดลมรสโคลา (โค้ก) (กลุ่มที่ 1 ; P-value=0.000) น้ำส้มคั้นบรรจุกล่อง (ทิปโก) (กลุ่มที่ 3 ; P-value=0.030) และเครื่องดื่มเกลือแร่ (สปอนเซอร์) (กลุ่มที่ 4 ; P-value=0.004) กลุ่มตัวอย่างเนื้อฟันมีค่าความแข็งผิวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากแช่ในน้ำอัดลมรสโคลา (กลุ่มที่ 6 ; P-value=0.000) กลุ่มตัวอย่างไมโครฟิลล์ คอมโพสิตมีค่าความแข็งผิวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากแช่ในน้ำอัดลมรสโคลา (กลุ่มที่ 16 ; P-value=0.001) กลุ่มตัวอย่างเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์มีค่าความแข็งผิวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากแช่ในน้ำอัดลมรสโคลา (กลุ่มที่ 26 ; P-value=0.000)

ค่าความเป็นกรดด่างของอาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 2 น้ำอัดลมรสโคลา (โค้ก) มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำที่สุด (pH=2.74) ต้มยำ (ต้มยำก้อนคนอร์) มีค่าความเป็นกรดด่างสูงที่สุด (pH=4.20) ส่วนนมเปรี้ยว (ดัชมิลล์รสผลไม้ผสม) น้ำส้มคั้นบรรจุกล่อง (ทิปโก) และเครื่องดื่มเกลือแร่ (สปอนเซอร์) มีค่าความเป็นกรดด่างใกล้เคียงกัน (pH=3.75 และ 3.78 ตามลำดับ)

ตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างทั้ง 35 กลุ่ม ค่าเฉลี่ยความแข็งผิววิกเกอรส์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่ม ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งผิว และค่าของโอกาสความน่าจะเป็น (P-value) คำนวณจากสถิติแพร์ ที-เทส

กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นตัวอย่างต่อกลุ่ม (n)	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิววิกเกอรส์ก่อนแช่ (X_1) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		ค่าเฉลี่ยความแข็งผิววิกเกอรส์หลังแช่ (X_2) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งผิววิกเกอรส์ (X_1-X_2) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		P-value
		(X_1)	SD	(X_2)	SD	(X_1-X_2)	SD	
1.เคลือบฟัน/โค้ก	10	271.90	14.44	172.13	12.34	99.77	18.69	0.000*
2.เคลือบฟัน/นมเปรี้ยว	10	265.42	18.43	262.28	16.71	3.14	21.76	0.695
3.เคลือบฟัน/น้ำส้ม	10	266.14	15.91	249.79	21.68	16.35	20.09	0.030*
4.เคลือบฟัน/สปอนเซอร์	10	265.91	25.12	238.20	19.34	27.71	22.71	0.004*
5.เคลือบฟัน/ต้มยำ	10	260.31	28.17	259.78	27.86	0.53	3.43	0.635
6.เนื้อฟัน/โค้ก	10	46.31	1.74	43.04	1.98	3.27	1.30	0.000*
7.เนื้อฟัน/นมเปรี้ยว	10	50.97	5.06	50.95	5.31	0.02	0.78	0.937
8.เนื้อฟัน/น้ำส้ม	10	50.16	2.02	49.35	2.34	0.81	2.23	0.281
9.เนื้อฟัน/สปอนเซอร์	10	52.74	4.36	52.27	5.02	0.47	1.51	0.229
10.เนื้อฟัน/ต้มยำ	10	51.31	2.72	51.07	2.69	0.24	0.34	0.053
11.Hybrid/โค้ก	10	76.08	1.17	74.71	2.73	1.37	2.46	0.112
12.Hybrid/นมเปรี้ยว	10	72.61	5.25	72.10	4.41	0.51	1.78	0.204
13.Hybrid/น้ำส้ม	10	73.94	2.67	73.10	3.65	0.84	1.68	0.149
14.Hybrid/สปอนเซอร์	10	76.22	2.45	75.54	2.25	0.68	1.66	0.227
15.Hybrid/ต้มยำ	10	75.26	2.67	74.81	2.02	0.45	0.85	0.130
16.Microfilled/โค้ก	10	35.37	2.65	33.21	2.77	2.16	1.37	0.001*
17.Microfilled/นมเปรี้ยว	10	36.13	1.67	35.91	1.71	0.22	1.08	0.536
18.Microfilled/น้ำส้ม	10	36.34	2.05	35.63	2.39	0.71	1.05	0.061
19.Microfillrd/สปอนเซอร์	10	35.95	1.42	35.77	1.28	0.18	0.27	0.068
20.Microfilled/ต้มยำ	10	33.63	1.44	33.46	1.32	0.17	0.36	0.172
21.GIC/โค้ก	10	59.13	1.60	59.20	1.30	0.11	0.80	0.673
22.GIC/นมเปรี้ยว	10	59.80	1.84	60.16	1.46	-0.36	1.27	0.393
23.GIC/น้ำส้ม	10	59.07	1.61	58.43	1.51	0.64	1.16	0.116
24.GIC/สปอนเซอร์	10	58.57	1.69	58.34	1.61	0.23	0.38	0.090
25.GIC/ต้มยำ	10	59.15	1.63	58.98	1.65	0.17	0.88	0.557

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นตัวอย่างต่อกลุ่ม (n)	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิววิกเกอรส์ก่อนแช่ (X_1) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		ค่าเฉลี่ยความแข็งผิววิกเกอรส์หลังแช่ (X_2) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งผิววิกเกอรส์ (X_1-X_2) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		P-value
		(X_1)	SD	(X_2)	SD	(X_1-X_2)	SD	
26.RMGI/โค้ก	10	39.20	2.38	37.18	2.31	2.02	0.92	0.000*
27.RMGI/นมเปรี้ยว	10	38.41	1.65	38.27	1.78	0.14	0.64	0.508
28.RMGI/น้ำส้ม	10	39.20	1.63	39.25	1.38	-0.05	0.70	0.825
29.RMGI/สปอนเซอร์	10	38.72	1.53	38.36	1.56	0.36	0.60	0.089
30.RMGI/ต้มยำ	10	38.60	1.75	38.43	1.63	0.17	0.45	0.263
31.PMRC/โค้ก	10	45.25	2.59	43.98	2.54	1.27	2.37	0.124
32.PMRC/นมเปรี้ยว	10	40.40	1.68	39.76	1.20	0.64	1.76	0.279
33.PMRC/น้ำส้ม	10	42.10	1.37	41.87	1.66	0.23	0.91	0.445
34.PMRC/สปอนเซอร์	10	42.44	1.30	42.15	1.51	0.29	0.47	0.083
35.PMRC/ต้มยำ	10	42.10	1.79	41.95	1.82	0.15	0.61	0.454

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%, Hybrid=ไฮบริด คอมโพสิต, Microfilled=ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต, GIC=กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์, RMGI=เรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์, PMRC=โพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต)

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเป็นกรดด่างของอาหารและเครื่องดื่มทั้ง 5 ชนิด

ชนิดของอาหารหรือเครื่องดื่ม	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
น้ำอัดลมรสโคลา (โค้กกระป๋อง)	2.74	0.008
นมเปรี้ยว (ดัชช์มิลล์ รสผลไม้รวม)	3.83	0.012
น้ำส้มคั้นบรรจุกล่อง (ทิปโก)	3.75	0.008
เครื่องดื่มเกลือแร่ (สปอนเซอร์)	3.78	0.008
ต้มยำก้อน (คนอร์)	4.20	0.000

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน เมื่อนำไปแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดเดียวกันโดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

เมื่อพิจารณาถึงผลของอาหารและเครื่องดื่มชนิดใดชนิดหนึ่งต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิว ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันชนิดต่างๆ เมื่อนำไปแช่ในอัดลมรสโคลา (โค้ก) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value=0.000) เช่นเดียวกับเมื่อแช่ในน้ำส้มคั้นบรรจุกล่อง (ทิปโก) หรือเครื่องดื่มเกลือแร่ (สปอนเซอร์) ซึ่งหมายถึงมีประเภทของกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 1 คู่ที่เกิดความแตกต่างของค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงไปก่อนและหลังแช่ในเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน ซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 4, 5 และ 6

ตารางที่ 3 แสดงค่าของโอกาสความน่าจะเป็น (P-value) จากการทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างแต่ละประเภทในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน

ชนิดของอาหารหรือเครื่องดื่ม	F-test	P-value
น้ำอัดลมรสโคลา	262.858	0.000*
นมเปรี้ยว	0.192	0.978
น้ำส้ม	6.047	0.000*
เครื่องดื่มเกลือแร่	14.164	0.000*
ต้มยำ	0.121	0.993

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวระหว่างก่อนและหลังแช่ในน้ำอัดลมรสโคลาของเคลือบฟันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากเนื้อฟันและวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน 5 ประเภทที่นำมาทดสอบ การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของเนื้อฟัน ไฮบริดคอมโพสิต ไมโครฟิลล์คอมโพสิต กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ และโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต เมื่อแช่ในน้ำอัดลมรสโคลาไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ค่าของโอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างระหว่างชิ้นตัวอย่างที่แช่ในน้ำอัดลมรสโคลา (โค้กกระป๋อง)

ชนิดตัวอย่าง	เคลือบฟัน	เนื้อฟัน	Hybrid	Microfilled	GIC	RMGI	PMRC
เคลือบฟัน	_	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
เนื้อฟัน	0.000*	_	0.559	0.733	0.539	0.332	0.700
Hybrid	0.000*	0.559	_	0.808	0.975	0.698	0.841
Microfilled	0.000*	0.733	0.808	_	0.784	0.528	0.966
GIC	0.000*	0.539	0.975	0.784	_	0.721	0.817
RMGI	0.000*	0.332	0.698	0.528	0.721	_	0.557
PMRC	0.000*	0.700	0.841	0.966	0.817	0.557	_

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%, Hybrid=ไฮบริด คอมโพสิต, Microfilled=ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต, GIC=กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์, RMGI=เรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์, PMRC=โพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต)

ตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวระหว่างก่อนและหลังแช่ในน้ำส้มคั้นของเคลือบฟันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากเนื้อฟันและวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน 5 ประเภทที่นำมาทดสอบ การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของเนื้อฟัน ไฮบริดคอมโพสิต ไมโครฟิลล์คอมโพสิต กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ และโพลีแอซิด มอดิฟายด์ คอมโพสิต เรซิน เมื่อแช่ในน้ำส้มคั้นไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5 ค่าของโอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างระหว่างชิ้นตัวอย่างที่แช่ในน้ำส้มคั้น (ทิปโก)

ชนิดตัวอย่าง	เคลือบฟัน	เนื้อฟัน	Hybrid	Microfilled	GIC	RMGI	PMRC
เคลือบฟัน	_	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
เนื้อฟัน	0.000*	_	0.993	0.977	0.867	0.961	0.804
Hybrid	0.000*	0.993	_	0.970	0.860	0.954	0.797
Microfilled	0.000*	0.977	0.970	_	0.890	0.906	0.935
GIC	0.000*	0.867	0.860	0.890	_	0.906	0.935
RMGI	0.000*	0.961	0.954	0.984	0.906	_	0.842
PMRC	0.000*	0.804	0.797	0.826	0.935	0.842	_

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%, Hybrid=ไฮบริด คอมโพสิต, Microfilled=ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต, GIC=กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์, RMGI=เรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์, PMRC=โพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต)

ตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวระหว่างก่อนและหลังแช่ในเครื่องดื่มเกลือแร่ของเคลือบฟันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากเนื้อฟันและวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน 5 ประเภทที่นำมาทดสอบ การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของเนื้อฟัน ไฮบริดคอมโพสิต ไมโครฟิลล์คอมโพสิต กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ และโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต เมื่อแช่ในเครื่องดื่มเกลือแร่ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ค่าของโอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างระหว่างชิ้นตัวอย่างที่แช่ในเครื่องดื่มเกลือแร่ (สปอนเซอร์)

ชนิดตัวอย่าง	เคลือบฟัน	เนื้อฟัน	Hybrid	Microfilled	GIC	RMGI	PMRC
เคลือบฟัน	_	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
เนื้อฟัน	0.000*	_	0.957	0.940	0.963	0.796	0.977
Hybrid	0.000*	0.957	_	0.897	0.920	0.838	0.934
Microfilled	0.000*	0.940	0.897	_	0.977	0.739	0.963
GIC	0.000*	0.963	0.920	0.977	_	0.761	0.774
RMGI	0.000*	0.796	0.838	0.739	0.761	_	0.774
PMRC	0.000*	0.977	0.934	0.963	0.986	0.774	_

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%, Hybrid=ไฮบริด คอมโพสิต, Microfilled=ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต, GIC=กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์, RMGI=เรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์, PMRC=โพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน หรือวัสดุบูรณะฟันชนิดใดชนิดหนึ่ง เมื่อนำไปแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดชนิดต่างๆ โดยใช้สถิติวัน-เวย์ อะโนวา

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน หรือวัสดุบูรณะฟันชนิดใดชนิดหนึ่ง เมื่อนำไปแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดต่างๆ ตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวของกลุ่มเคลือบฟันที่แช่ในอาหารและเครื่องดื่มชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value=0.000) เช่นเดียวกับกลุ่มเนื้อฟัน (P-value=0.000) กลุ่มไมโครฟิลล์ คอมโพสิต (P-value=0.000) กลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ (P-value=0.002) และกลุ่มเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ (P-value=0.000) ซึ่งหมายถึงมีอาหารหรือเครื่องดื่มอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่ทำให้เกิดความแตกต่างของค่าความแข็งผิวของชิ้นตัวอย่างดังกล่าว ซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 8, 9,10,11 และ 12

ตารางที่ 7 แสดงค่าของโอกาสความน่าจะเป็นจากการทดสอบความแปรปรวนของอาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิดเมื่อใช้แช่ชิ้นตัวอย่างประเภทเดียวกัน

ชนิดของชิ้นตัวอย่าง	F-test	P-value
เคลือบฟัน	47.382	0.000*
เนื้อฟัน	10.001	0.000*
Hybrid	0.494	0.740
Microfilled	7.403	0.000*
GIC	4.990	0.002*
RMGI	15.500	0.000*
PMRC	1.052	0.391

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%, Hybrid=ไฮบริด คอมโพสิต, Microfilled=ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต, GIC=กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์, RMGI=เรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์, PMRC=โพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต)

ตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของเคลือบฟันที่แช่ในน้ำอัดลมรสโคลามีความแตกต่างจากอาหารและเครื่องดื่มที่เหลือทั้ง 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value=0.000) นอกจากนั้นพบว่าค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของเคลือบฟันที่แช่ในนมเปรี้ยวแตกต่างกับเครื่องดื่มเกลือแร่ (P-value=0.005) และค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของเคลือบฟันที่แช่ในเครื่องดื่มเกลือแร่แตกต่างจากต้มยำ (P-value=0.002)

ตารางที่ 8 ค่าของโอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างความแข็งผิวกลุ่มเคลือบฟันที่แช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มแต่ชนิด

ชนิดของอาหารหรือเครื่องดื่ม	น้ำอัดลมรสโคลา	นมเปรี้ยว	น้ำส้ม	เครื่องดื่มเกลือแร่	ต้มยำ
น้ำอัดลมรสโคลา	_	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
นมเปรี้ยว	0.000*	_	0.122	0.005*	0.757
น้ำส้ม	0.000*	0.122	_	0.182	0.065
เครื่องดื่มเกลือแร่	0.000*	0.005*	0.182	_	0.002*
ต้มยำ	0.000*	0.757	0.065	0.002*	_

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

ตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของเนื้อฟันที่แช่ในน้ำอัดลมรสโคลามีความแตกต่างจากอาหารและเครื่องดื่มที่เหลือทั้ง 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value=0.000) ในขณะที่ค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของเนื้อฟันที่แช่ในนมเปรี้ยว น้ำส้มคั้น เครื่องดื่มเกลือแร่ และต้มยำ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 9 ค่าของโอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างความแข็งผิวกลุ่มเนื้อฟันที่แช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิด

ชนิดของอาหารหรือเครื่องดื่ม	น้ำอัดลมรสโคลา	นมเปรี้ยว	น้ำส้ม	เครื่องดื่มเกลือแร่	ต้มยำ
น้ำอัดลมรสโคลา	_	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
นมเปรี้ยว	0.000*	_	0.188	0.451	0.712
น้ำส้ม	0.000*	0.188	_	0.568	0.340
เครื่องดื่มเกลือแร่	0.000*	0.451	0.568	_	0.699
ต้มยำ	0.000*	0.712	0.340	0.699	_

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

ตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของไมโครฟิลล์ คอมโพสิตที่แช่ในน้ำอัดลมรสโคลามีความแตกต่างจากอาหารและเครื่องดื่มที่เหลือทั้ง 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value=0.000 นมเปรี้ยว สปอนเซอร์ ต้มยำ, P-value=0.001น้ำส้ม) ในขณะที่ค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของไมโครฟิลล์ คอมโพสิตที่แช่ในนมเปรี้ยว น้ำส้มคั้น เครื่องดื่มเกลือแร่ และต้มยำ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 10 ค่าของโอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างความแข็งผิวกลุ่มไมโครฟิลล์ คอมโพสิตที่แช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิด

ชนิดของอาหารหรือเครื่องดื่ม	น้ำอัดลมรสโคลา	นมเปรี้ยว	น้ำส้ม	เครื่องดื่มเกลือแร่	ต้มยำ
น้ำอัดลมรสโคลา	_	0.000*	0.001*	0.000*	0.000*
นมเปรี้ยว	0.000*	_	0.642	0.444	0.431
น้ำส้ม	0.001*	0.642	_	0.222	0.213
เครื่องดื่มเกลือแร่	0.000*	0.444	0.222	_	0.981
ต้มยำ	0.000*	0.431	0.213	0.981	_

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

ตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่แช่ในอาหารและเครื่องดื่มทั้ง 5 ชนิดไม่แตกต่างกัน ยกเว้นกลุ่มที่แช่นมเปรี้ยวแตกต่างจากกลุ่มที่แช่ในน้ำส้มคั้น (P-value=0.027) เพียงคู่เดียว

ตารางที่ 11 ค่าของโอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างความแข็งผิวกลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่แช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิด

ชนิดของอาหารหรือเครื่องดื่ม	น้ำอัดลมรสโคลา	นมเปรี้ยว	น้ำส้ม	เครื่องดื่มเกลือแร่	ต้มยำ
น้ำอัดลมรสโคลา	_	0.289	0.233	0.526	0.892
นมเปรี้ยว	0.289	_	0.027*	0.180	0.233
น้ำส้ม	0.233	0.027*	_	0.345	0.289
เครื่องดื่มเกลือแร่	0.526	0.180	0.065	_	0.892
ต้มยำ	0.892	0.233	0.289	0.892	_

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

ตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ที่แช่ในน้ำอัดลมรสโคลามีความแตกต่างจากอาหารและเครื่องดื่มที่เหลือทั้ง 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value=0.000) ในขณะที่ค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ที่แช่ในนมเปรี้ยว น้ำส้มคั้น เครื่องดื่มเกลือแร่ และต้มยำ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 12 ค่าของโอกาสความน่าจะเป็นของค่าความแตกต่างความแข็งผิวกลุ่มเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ที่แช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มแต่ละชนิด

ชนิดของอาหาร หรือเครื่องดื่ม	น้ำอัดลม รสโคลา	นมเปรี้ยว	น้ำส้ม	เครื่องดื่ม เกลือแร่	ต้มยำ
น้ำอัดลมรสโคลา	_	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
นมเปรี้ยว	0.000*	_	0.535	0.473	0.922
น้ำส้ม	0.000*	0.535	_	0.184	0.473
เครื่องดื่มเกลือแร่	0.000*	0.473	0.184	_	0.535
ต้มยำ	0.000*	0.922	0.473	0.535	_

(* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

ตารางที่ 13 สรุปผลจากตารางที่ 3-6 ถึงความแตกต่างของค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันชนิดต่างๆ ที่นำมาทดสอบ เมื่อแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดใดชนิดหนึ่ง

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างหลังแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน (สรุปจากตารางที่ 3 – 6)

	E	D	H	M	G	R	P
น้ำอัดลมรสโคลา	99.77^{a}	3.27^{b}	1.37^{b}	2.16^{b}	0.11^{b}	2.02^{b}	1.27^{b}
เครื่องดื่มเกลือแร่	27.71^{a}	0.47^{b}	0.68^{b}	0.18^{b}	0.23^{b}	0.36^{b}	0.29^{b}
น้ำส้ม	16.35^{a}	0.81^{b}	0.84^{b}	0.71^{b}	0.64^{b}	-0.05^{b}	0.23^{b}
นมเปรี้ยว	3.14^{a}	0.02^{a}	0.51^{a}	0.22^{a}	-0.36^{a}	0.14^{a}	0.64^{a}
ต้มยำ	0.53^{a}	0.24^{a}	0.45^{a}	0.17^{a}	0.17^{a}	0.17^{a}	0.15^{a}

ตัวอักษร ^{a,b} ในช่องเดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของค่าความแข็งผิว (Mean different hardness) ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (E=เคลือบฟัน, D=เนื้อฟัน, H=ไฮบริด คอมโพสิต, M=ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต, G=กลาสไอโอโนเมอร์, R=เรซิน มอร์ดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์, P=โพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต)

ตารางที่ 14 สรุปจากตารางที่ 7-12 ถึงความแตกต่างของค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มทดสอบแต่ละกลุ่ม เมื่อแช่ในอาหารและเครื่องดื่มชนิดต่างๆ

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหลังแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดต่างๆ (สรุปจากตารางที่ 7-12)

	E	D	H	M	G	R	P
น้ำอัดลมรสโคลา	99.77^{a}	3.27^{a}	1.37^{a}	2.16^{a}	0.11^{a,b}	2.02 ^{a}	1.27^{a}
เครื่องดื่มเกลือแร่	27.71^{b}	0.47^{b}	0.68^{a}	0.18^{b}	0.23^{a,b}	0.36^{b}	0.29^{a}
น้ำส้ม	16.35^{b,c}	0.81^{b}	0.84^{a}	0.71^{b}	0.64^{a}	-0.05^{b}	0.23^{a}
นมเปรี้ยว	3.14^{c}	0.02^{b}	0.51^{a}	0.22^{b}	-0.36^{b}	0.14^{b}	0.64^{a}
ต้มยำ	0.53^{c}	0.24^{b}	0.45^{a}	0.17^{b}	0.17^{a,b}	0.17^{b}	0.15^{a}

ตัวอักษร ^{a,b,c} ในช่องเดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของค่าความแข็งผิว (Mean different hardness) ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (E=เคลือบฟัน, D=เนื้อฟัน, H=ไฮบริด คอมโพสิต, M=ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต, G=กลาสไอโอโนเมอร์, R=เรซิน มอร์ดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์, P=โพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย

วิธีการทดลองครั้งนี้ถูกออกแบบให้แตกต่างจากการศึกษาอื่นที่เคยทำมา ซึ่งส่วนใหญ่ให้ชิ้นตัวอย่างสัมผัสกับอาหารหรือเครื่องดื่มติดต่อกันเป็นเวลานานและไม่มีการทดสอบร่วมกับน้ำลาย[16,17,24,25,27] แต่การศึกษานี้พยายามเลียนแบบการบริโภคจริงๆ โดยใช้การดื่มน้ำอัดลมรสโคลา 1 กระป๋องเป็นต้นแบบและใช้เวลาดังกล่าวกับอาหารและเครื่องดื่มประเภทอื่นด้วย เพื่อควบคุมขบวนการทดลองให้เหมือนกันและเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างอาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิดได้ ขั้นตอนการทดลองออกแบบให้ฟันหรือวัสดุบูรณะฟันสัมผัสกับอาหารหรือเครื่องดื่มสลับกับการสัมผัสกับน้ำลายเทียม เนื่องจากในสภาพจริงขณะรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มไม่ได้สัมผัสกับฟันหรือวัสดุบูรณะในช่องปากตลอดเวลา แต่ในทางตรงข้ามการสัมผัสนี้จะเกิดขึ้นเป็นช่วงๆสลับกันไป โดยหลังจากที่รับประทานอาหารหรือดื่มเครื่องดื่มหนึ่งคำ เมื่อกลืนน้ำลายจะชะล้างอาหารหรือเครื่องดื่มออกจากช่องปาก และฟันหรือวัสดุบูรณะจะมีโอกาสสัมผัสกับน้ำลายก่อนที่จะรับประทานอาหารคำต่อไป

ดังที่ทราบกันดีว่าน้ำลายมีบทบาทยับยั้งขบวนการละลายของผิวฟัน[4] เนื่องจากน้ำลายเจือจางชำระล้างสารที่เป็นสาเหตุของการละลายออกจากช่องปาก[45] ช่วยลดความเป็นกรดของอาหารลงโดยการปรับสภาพให้เป็นกลางและผลของการบัฟเฟอร์[46-49] คงสภาพความอิ่มตัวของแร่ธาตุรอบๆผิวฟันจากแคลเซียมและฟอสเฟต โดยองค์ประกอบเหล่านี้ร่วมกับภาวะที่เป็นกลางจะช่วยให้เกิดการสะสมแร่ธาตุกลับคืนสู่ผิวฟันได้[45,50] เพลลิเคิลซึ่งสร้างจากโปรตีนและไกลโคโปรตีนในน้ำลาย ช่วยป้องกันเคลือบฟันจากการสัมผัสกับอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดโดยตรง[17,51,52] นอกจากนั้นน้ำลายยังเพิ่มความแข็งผิวให้กับวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันได้ซึ่งเห็นได้ชัดในวัสดุกลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ (Fuji IX)[43] เนื่องจากแคลเซียมและฟอสฟอรัสในน้ำลายเช่นกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงนำเอาน้ำลายมาเป็นส่วนหนึ่งของขบวนการทดลองเพื่อเลียนแบบสภาวะในช่องปาก

ชิ้นตัวอย่างของเคลือบฟันและเนื้อฟันในการทดลองนี้ ใช้ด้านใกล้แก้มหรือใกล้ลิ้นของฟันเพื่อเลียนแบบลักษณะการสึกกร่อนที่เกิดขึ้นจริงในช่องปาก ซึ่งส่วนใหญ่การสึกกร่อนมักเกิดกับทั้งสองด้านนี้[14,53] ข้อจำกัดอย่างหนึ่งจากขบวนการทดสอบความแข็งผิวด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาคคือต้องกระทำบนพื้นผิวที่เรียบและได้ระนาบเดียวกัน แต่จากลักษณะรูปร่างของฟันที่โค้งเว้าโดยตลอด เมื่อจะนำมาทดสอบจำเป็นต้องขัดให้เรียบและได้ระนาบก่อน ดังนั้นระดับความลึกของเคลือบฟันหรือเนื้อฟันที่ขัดได้นั้นจึงแตกต่างกันไปในแต่ละจุด แม้การกดวัดชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้นจะพยายามทำหลายครั้งและกระจายตำแหน่งให้ใกล้เคียงกัน เพื่อหาค่าเฉลี่ยความแข็งผิว

ระหว่างก่อนและหลังสัมผัสกับอาหารหรือเครื่องดื่ม แต่ค่าที่ได้ทั้งสองอาจไม่ใช่ตัวแทนที่ดีที่สุดในการนำมาเปรียบเทียบกัน เนื่องจากในระดับความลึกที่แตกต่างกันของทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันจะมีค่าความแข็งผิวที่แตกต่างกันตามไปด้วย[11]

อุณหภูมิของอาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ไม่ได้ใช้อุณหภูมิช่องปาก (37°C) เนื่องจากอาหารและเครื่องดื่มที่ใช้ทดสอบบางชนิดมักถูกรับประทานขณะร้อนๆ เช่น ต้มยำ หรือบางชนิดมักถูกดื่มขณะเย็นๆ ซึ่งได้แก่เครื่องดื่มที่นำมาทดสอบทุกชนิด ซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องปรับให้เป็นอุณหภูมิช่องปาก แต่เพื่อง่ายต่อการควบคุมและเปรียบเทียบผลการศึกษาจึงใช้อุณหภูมิห้อง (25 °C)ในการทดสอบ ซึ่งจากผลการศึกษานำร่องพบว่าอุณหภูมิของอาหารหรือเครื่องดื่มที่ต่างกันไม่ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของอาหารและเครื่องดื่มเปลี่ยนแปลง

ค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอรส์เริ่มต้น (baseline VHN) ของเคลือบฟันปกติของมนุษย์ที่วัดได้จากการศึกษานี้เท่ากับ 260.3 – 279.1 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการศึกษาอื่นที่เคยทำมาก่อน โดย เจษฎา และคณะ (2000) วัดได้ 292[7] Sorvari และคณะ (1994) วัดได้ 298 [54] Gedalia และคณะวัดค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอรส์ของเคลือบฟันมนุษย์จากการศึกษา 3 ครั้ง โดยในปี ค.ศ.1991 ทำการศึกษา 2 ครั้ง วัดได้ 324.1 – 326.8 [55] และ 340.8 [56] ส่วนการศึกษาในปี ค.ศ. 1992 วัดได้ 305 –329.4 [57] Maupome และคณะ (1998) วัดได้ 340.8 [34] ส่วน Kodaka และคณะ (1992) วัดได้สูงถึง 415.8 [58] จะเห็นว่าค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอรส์ที่วัดจากการศึกษาที่ผ่านมาล้วนมีค่าแตกต่างกัน แม้กระทั่งจะวัดด้วยนักวิจัยกลุ่มเดียวกันก็ตาม ทั้งนี้อาจเนื่องจากซี่ฟันที่ใช้ศึกษามีปริมาณแร่ธาตุที่ต่างกันส่งผลให้ค่าความแข็งผิวต่างกันไปด้วย[10] นอกจากนั้นอาจเนื่องมาจากตำแหน่งของการวัดในแต่ละการศึกษาอยู่ในระดับความลึกของเคลือบฟันที่แตกต่างกัน โดยค่าความแข็งผิวของเคลือบฟันส่วนที่อยู่ใกล้ผิวนอกจะมีค่าสูงกว่าตำแหน่งที่อยู่ลึกกว่า และยิ่งใกล้รอยต่อของเคลือบฟันกับเนื้อฟันเท่าใดค่าความแข็งผิวที่วัดได้จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ[11] สาเหตุสำคัญที่ทำให้ค่าความแข็งผิวเคลือบฟันที่วัดได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องจากขบวนการเตรียมชิ้นตัวอย่างเคลือบฟัน ซึ่งต้องการพื้นที่ผิวเคลือบฟันในการวัดค่าความแข็งผิวค่อนข้างกว้าง เนื่องจากต้องทำการกดชิ้นตัวอย่างด้วยหัวกดวิกเกอรส์ถึง 12 ครั้งต่อชิ้นตัวอย่างหนึ่งชิ้น จึงจำเป็นต้องขัดชิ้นตัวอย่างลงไปค่อนข้างลึกจากผิวนอกของเคลือบฟัน แต่ทั้งนี้ค่าความแข็งผิวเริ่มต้นที่วัดได้ดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อผลการศึกษา เนื่องจากค่าที่นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติคือค่าความแตกต่างที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งผิวก่อนและหลังจากแช่ชิ้นตัวอย่างในอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบภายในชิ้นตัวอย่างอันเดียวกัน ส่วนค่าความแข็งผิวของเนื้อฟันที่วัดได้จากการศึกษานี้ (46.3-52.7) ใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมา (48)[7] และมีค่าเป็นไปตามการศึกษาของ Sturdevant (1989) โดยพบว่าค่า

ความแข็งผิวของเนื้อฟันจะมีค่าประมาณ 1 ใน 5 ของค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน แต่ทั้งนี้ยังขึ้นกับระดับความลึกของเนื้อฟันด้วย[11]

ค่าความแข็งผิวเริ่มต้นของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันที่วัดได้จากการศึกษานี้ (ไฮบริด คอมโพสิต 72.6-76.2, ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต 33.6-36.3, กลาสไอโอโนเมอร์ 58.6-59.8, เรซิน มอร์ดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ 38.4-39.2, โพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต 40.4-45.3) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแข็งผิวที่วัดได้จาการศึกษาของ Odaka และคณะ (2001) ซึ่งวัดค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอรส์เช่นกัน และใช้วัสดุยี่ห้อเดียวกัน พบว่าค่าความแข็งผิวของ กลาสไอโอโนเมอร์ เท่ากับ 64.5 ค่าความแข็งผิวของโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต เท่ากับ 39.9[43] เห็นได้ว่าค่าความแข็งผิวของกลาสไอโนโนเมอร์จากการศึกษาของ Odaka และคณะ (2001) มีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จาการศึกษาครั้งนี้ ส่วนค่าความแข็งผิวของโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิตมีค่าเท่าๆกัน แต่เนื่องจากยี่ห้อของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันและวิธีการวัดค่าความแข็งผิวที่ใช้ในการศึกษาแต่ละครั้งมีความแตกต่างกัน ทำให้ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวกับค่าความแข็งผิวของวัสดุที่จะใช้เปรียบเทียบกันโดยตรงมีอยู่น้อย ซึ่งหากมองในภาพรวมพบว่าค่าความแข็งผิวเริ่มต้นจากการศึกษาในครั้งนี้ค่อนข้างคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Peutzfeldt และคณะ (1997)[59] ซึ่งวัดค่าความแข็งผิวของวัสดุด้วยหัวกดแบบร็อคเวลล์ (Rockwell) โดยพบว่า ค่าความแข็งผิวของไฮบริด คอมโพสิต มีค่ามากที่สุด ตามมาด้วย กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต ส่วนเรซิน มอร์ดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์มีค่าความแข็งผิวต่ำที่สุด

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าความแข็งผิวของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังสัมผัสกับอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มตัวอย่างที่พบความแตกต่างนี้มากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างอื่นๆ ได้แก่กลุ่มเคลือบฟัน (เมื่อแช่ในเครื่องดื่มรสโคลา น้ำส้มคั้น และเครื่องดื่มเกลือแร่) ซึ่งคล้ายกับผลที่ได้จากการศึกษาก่อนที่เคยทำมา[16,18,19,27] ส่วนเครื่องดื่มที่ส่งผลให้ค่าความแข็งผิวของกลุ่มตัวอย่างลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับอาหารหรือเครื่องดื่มอื่นๆที่นำมาทดสอบ ได้แก่น้ำอัดลมรสโคลาซึ่งนอกจากจะทำให้เคลือบฟันและเนื้อฟันมีค่าความแข็งผิวลดลงแล้วยังทำให้วัสดุบูรณะฟัน 2 ประเภทคือ ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต และเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์มีค่าความแข็งผิวลดลงได้เช่นกัน อาจเนื่องมาจากเครื่องดื่มรสโคลามีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่าอาหารและเครื่องดื่มชนิดอื่นๆที่นำมาทดสอบ แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น ปริมาณกรด ปริมาณแคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ที่เป็นส่วนประกอบในอาหารหรือเครื่องดื่ม[30-32] รวมถึงปัจจัยด้านตัวฟันหรือวัสดุบูรณะฟันที่แตกต่างกัน ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยทางด้านอาหารและเครื่องดื่ม จากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องดื่มรสโคลาซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำที่สุด มีความสามารถในการละลายเคลือบฟันได้สูง

ที่สุด ซึ่งช่วยยืนยันผลการศึกษาของ Rytomaa และคณะ (1988)[19] และ Meurman และ Frank (1991)[20] ซึ่งอธิบายว่าประสิทธิภาพของการละลายขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่างเป็นสำคัญ แต่ยังมีการศึกษาอื่นซึ่งกล่าวแตกต่างกัน โดย Bibby และ Mundorff (1975) พบว่าความสามารถในการละลายขึ้นกับปริมาณกรดที่มีอยู่จริงในอาหารหรือเครื่องดื่ม[25] เช่นเดียวกับที่ Linnett และ Seow (2001) รายงานว่าปัจจัยทางด้านอาหารที่สำคัญที่สุด คือปริมาณกรดซึ่งดูได้จากความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+ion) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการเข้าทำปฏิกิริยากับผิวฟัน[6] นอกจากนั้น Globber และคณะ (1990) พบว่าเครื่องดื่มที่มีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบในปริมาณสูงขึ้นทำให้เคลือบฟันละลายลดลงได้[28] ข้อน่าสังเกตอีกประการหนึ่งจากการศึกษานี้พบว่านมเปรี้ยว น้ำส้มคั้นและเครื่องดื่มเกลือแร่มีค่าความเป็นกรดด่างใกล้เคียงกัน (pH 3.83, 3.85, และ 3.78 ตามลำดับ) แต่ผลการละลายของเคลือบฟันในนมเปรี้ยวต่ำกว่าผลการละลายในเครื่องดื่มเกลือแร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ความแข็งผิวของเคลือบฟันหลังแช่ในนมเปรี้ยวลดลงน้อยกว่าในน้ำส้มคั้นอย่างชัดเจน (ความแตกต่างของความแข็งผิวมีค่า 3.14 และ 16.35 ตามลำดับ) ซึ่งอาจเกิดจากผลของแคลเซียมในนมเปรี้ยวนั่นเอง Lussi และคณะ (1993) กล่าวว่านอกจากปริมาณกรด ค่าความเป็นกรดด่างแล้ว ความสามารถในการละลายของอาหารและเครื่องดื่มยังขึ้นอยู่กับปริมาณฟอสเฟตและฟลูออไรด์ในส่วนประกอบด้วย[15] ส่วนต้มยำที่ให้ผลว่าสามารถละลายเคลือบฟันได้นั้น[7] ในการศึกษาครั้งนี้กลับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองด้วย เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการสัมผัสกับอาหารและเครื่องดื่มของการทดลองครั้งนี้สั้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองอื่นๆ เพราะการศึกษานี้ออกแบบการทดลองให้มีเวลาสัมผัสเท่ากับการดื่มเครื่องดื่มซึ่งอาจสั้นไปสำหรับการรับประทานต้มยำ Larsen (1975) สรุปว่าการละลายของผิวฟันเป็นผลมาจากการสัมผัสกับของเหลวที่ยังไม่อิ่มตัวต่อไฮดรอกซีอะพาไทท์และฟลูออโรอะพาไทท์[33] การศึกษานี้ไม่มีการวิเคราะห์หาส่วนประกอบต่างๆของอาหารและเครื่องดื่ม เนื่องจากจำเป็นต้องใช้ขบวนการทดลองทางเคมีที่ซับซ้อน

เมื่อพิจารณาปัจจัยทางด้านตัวฟัน จากการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่พบว่าเคลือบฟันละลายได้ง่ายกว่าเนื้อฟันในสภาวะที่มีความเป็นกรดเท่ากัน[7,12,60] ซึ่งคล้ายกับผลการศึกษาครั้งนี้ โดยพบว่าเคลือบฟันละลายได้ในเครื่องดื่มเกลือแร่และน้ำส้มคั้น แต่เนื้อฟันกลับไม่ละลาย ทั้งนี้อาจเป็นผลจากองค์ประกอบที่แตกต่างกันระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน เป็นที่ทราบกันดีว่าโครงสร้างของเนื้อฟันมีอินทรียสารในรูปของเส้นใยคอลลาเจนในปริมาณที่มากเมื่อเทียบกับเคลือบฟันซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่ประมาณ 95% ถึง 98% โดยน้ำหนักของเคลือบฟันเป็นอนินทรียสารในรูปของผลึกอะพาไทท์[11] โดยทั่วไปแล้ว อนินทรียสารละลายในกรดได้ง่ายกว่าอินทรียสาร[61] อธิบายได้ว่าเส้นใยคอลลาเจนซึ่งเป็นโปรตีนที่มีหมู่อะมิโน (NH_2 group) ในโครงสร้าง

โมเลกุล หมู่อะมิโนนี้มีความเป็นด่างและสามารถรับไฮโดรเจนอิออน (H^+) จากกรดภายนอกได้ดีมากซึ่งช่วยลดบทบาทของไฮโดรเจนอิออนลง ประสิทธิภาพของกรดในการละลายเนื้อฟันจึงลดลง [62]

เมื่อพิจารณาถึงวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันพบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวหลังแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มลดลง แม้ว่ามีเพียง 2 กลุ่ม คือ ไมโครฟิลล์ คอมโพสิตและเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ที่ค่าความแข็งผิวก่อนและหลังแช่ในน้ำอัดลมรสโคลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังที่กล่าวไปแล้ว ซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นว่าวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันมีแนวโน้มที่จะเกิดการสึกกร่อนจากการละลายได้เช่นกัน โดยเฉพาะเมื่อสัมผัสกับอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำๆ ดังที่เกิดในน้ำอัดลมรสโคลา ผลการศึกษานี้สอดคล้องการศึกษาของ Shabanian และ Lindsay (2002)[63]

นอกจากนั้นจะพบว่ากลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ที่แช่ในนมเปรี้ยวและกลุ่มเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ที่แช่ในน้ำส้มคั้นแร่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งผิวเป็นลบ ซึ่งหมายถึงความแข็งผิวของวัสดุหลังแช่ในเครื่องดื่มเหล่านั้นมีค่าสูงกว่าก่อนแช่ ทั้งนี้อาจเกิดจากแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในน้ำลายเทียม เช่น แคลเซียมและฟอสเฟตแพร่ผ่านเข้าไปในเมทริกของวัสดุทั้งสองชนิดช่วยเพิ่มความแข็งผิวให้วัสดุ[43] และส่วนหนึ่งอาจเกิดจากแคลเซียมในส่วนประกอบของนมเปรี้ยวเช่นเดียวกับที่เกิดกับเคลือบฟันดังที่ได้กล่าวไปแล้ว หรืออีกนัยหนึ่งอาจเกิดจากตำแหน่งของการกดวัดความแข็งผิวหลังแช่ในเครื่องดื่มของทั้งสองกลุ่มไปเจอกับบริเวณที่มีความแข็งมากกว่าเช่น บริเวณที่มีกลาสพาร์ติเคิล (Glass particle) มาก หรือตำแหน่งกดวัดความแข็งผิวก่อนแช่ไปเจอบริเวณที่มีความแข็งน้อย เช่น เมทริกหรือรูพรุนเป็นต้น แต่ทั้งนี้ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นกับทั้งสองกลุ่มนี้มีเพียงเล็กน้อยและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงหลังแช่ในอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดของเรซิน คอมโพสิต 2 ชนิดที่นำมาศึกษา พบว่าไมโครฟิลล์ คอมโพสิต มีค่าความแข็งผิวหลังแช่ในน้ำอัดลมรสโคลาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่าความแข็งผิวของไฮบริด คอมโพสิตไม่เปลี่ยนแปลง สาเหตุอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบที่แตกต่างของเรซิน คอมโพสิตทั้ง 2 ชนิด โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟิลเลอร์ (Filler) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เรซิน คอมโพสิตมีความแข็งแรง พบว่าปริมาณฟิลเลอร์ของไมโครฟิลล์ คอมโพสิตและไฮบริด คอมโพสิต มีค่า 56% โดยน้ำหนัก (40% โดยปริมาตร) และ 76-78% โดยน้ำหนัก (58% โดยปริมาตร) ตามลำดับ[11] ทำให้ความทนทานต่อการละลายจากกรดของไมโครฟิลล์ คอมโพสิตต่ำกว่าไฮบริด คอมโพสิต

นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงของเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ กลาสไอโอโนเมอร์และโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต พบว่ามีเพียงเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีค่าความแข็งผิวลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อแช่ในนำอัดลมรสโคลา

ใขณะที่อีกสองกลุ่มไม่พบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ผลการศึกษาที่ได้นี้สนับสนุนการศึกษาของ Peutzfeldt และคณะ (1997) ซึ่งพบว่าความต้านทานต่อการสึกกร่อนของกลาสไอโอโนเมอร์และโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิตมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์[59] เหตุผลอาจเกิดจากโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิตสามารถเพิ่มค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายกรดแลคติกโดยขบวนการนิวทรัลไลส์ (Neutralise) ซึ่งเกิดจาก 2 ขบวนการ คือ ขบวนการแรกกรดแลคติกทำปฏิกิริยาโดยตรงกับเบสิค กลาสฟิลเลอร์ (Basic glass fiilers) ขบวนการที่สองคือกรดแลคติกทำปฏิกริยากับเกลือในแอซิด – ฟังชันแนล โมโนเมอร์ (Acid – functional monomer) ทั้งสองขบวนการจะได้สารประกอบชนิดเดียวกันคือ แคลเซียมและอะลูมิเนียม แลคเตทส์ (Calcium and Aluminium lactates)[42] ส่วนกลาสไอโอโนเมอร์มีความสามารถปล่อยแร่ธาตุ ได้แก่ ฟลูออไรด์ อะลูมิเนียม แคลเซียม และซิลิกอนออกมาในสารละลายกรดได้ดี มีผลให้เกิดขบวนการบัฟเฟอร์ ค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายจึงเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายจึงลดลง[40,41] ส่วนเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์อาจเกิดขบวนการนิวทรัลไลส์และบัฟเฟอร์ได้เช่นกัน แต่คาดว่าเกิดได้น้อยกว่าโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซินคอมโพสิตและกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

นอกจากปัจจัยทางด้านอาหารและเครื่องดื่ม รวมถึงปัจจัยทางด้านตัวฟันและวัสดุบูรณะฟันแล้ว สิ่งที่ควรคำนึงถึงอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการละลายคือพฤติกรรมการบริโภค[37] จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าพฤติกรรมการบริโภคโดยใช้หลอดดูดเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดเป็นประจำจะส่งผลให้เกิดการละลายของเคลือบฟันหน้าได้มากขึ้น[64,65] หรือเด็กที่ดื่มน้ำผลไม้ด้วยขวดนมโดยอมจุกขวดนมคาไว้ตลอดคืนเป็นประจำ มีโอกาสเกิดการละลายของฟันได้หลายซี่[66] ปฏิกริยาการละลายของผิวฟันจากกรดมีลักษณะเช่นเดียวกับปฏิกริยาเคมีอื่นๆ คือต้องอาศัยช่วงระยะเวลาหนึ่งเพื่อการทำปฏิกริยาระหว่างสาร โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น การละลายของผิวฟันก็จะมากขึ้นตามไปด้วย[67] ซึ่งหมายความว่าผู้ป่วยที่นิยมรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดเป็นประจำมีความเสี่ยงต่อการเกิดรอยโรคการสึกกร่อนจากการละลายได้มากกว่าผู้ป่วยที่ไม่นิยมรับประทาน

เคลือบฟันที่ถูกละลายใหม่ๆ จะง่ายต่อการขัดสี ดังนั้นผู้ป่วยที่มีปัญหาดังกล่าว ไม่ควรแปรงฟันทันทีหลังจากการรับประทานอาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรด แต่อาจบ้วนล้างด้วยน้ำเยอะๆ นอกจากนั้นผู้ป่วยควรแปรงฟันเบาๆ ด้วยแปรงสีฟันขนอ่อน โดยการแปรงแบบปัดขึ้นปัดลงแทนการถูไปมา ร่วมกับการเลือกยาสีฟันที่เหมาะสม[68] นอกจากนั้นยังพบว่ารอยโรคที่เกิดจากการสึกกร่อนในส่วนเนื้อเยื่อแข็งของฟันส่วนใหญ่มีลักษณะผสมผสานกันของหลายๆรอยโรค หรือถ้าแยกพิจารณาเฉพาะรอยโรคที่เกิดจากการละลายของฟัน ยังพบว่ามีหลายปัจจัยร่วมกันในการเกิดรอยโรค (Multifactorial etiology) เช่นปัจจัยเกี่ยวกับตัวฟัน ปัจจัยของภาวะร่างกาย หรือปัจจัยจาก

สภาวะภายนอกร่างกายเป็นต้น หากพิจารณาให้ดีจะพบว่าในสภาวะจริงของช่องปาก เมื่อผิวฟันเกิดการละลาย ค่าความแข็งผิวจะลดลงเนื่องจากสูญเสียแร่ธาตุ[33] จึงต้านทานต่อการสึกกร่อนจากการขัดสีลดลง[69] หรือในผู้ป่วยที่มีนิสัยชอบรับประทานพืชผักที่มีเส้นใยแข็ง จะเพิ่มการขัดสีผิวฟันได้มากขึ้น นอกจากนั้นการกระทบกันของฟันขณะเคี้ยว หรือการกระเทาะของผิวฟันจากแรงที่ผิดปกติ ต่างก็ส่งเสริมความรุนแรงของการสึกกร่อนให้มากขึ้น เมื่อเกิดการละลายของฟันจะเกิดผลเสียตามมาหลายประการ ได้แก่ การสูญเสียความสวยงาม เกิดอาการเสียวฟัน เคี้ยวอาหารลำบาก ในรายที่รุนแรงจะทำให้ส่วนเคลือบฟันแตกหัก ตัวฟันสั้นลง และสูญเสียมิติแนวดิ่ง (Vertical dimension)[6]

ผลการศึกษาในครั้งนี้อาจชี้ให้เห็นว่าอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดทำให้เกิดการละลายต่อเคลือบฟัน เนื้อฟัน และมีแนวโน้มให้วัสดุบูรณะสีเหมือนฟันละลายได้เช่นกัน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสาเหตุที่พบได้มากที่สุดในการละลายของเคลือบฟันและเนื้อฟันในช่องปากคืออาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด[4] ซึ่งผลการศึกษานี้ส่วนหนึ่งก็ช่วยยืนยันข้อมูลดังกล่าวได้ดี จากขบวนการทดลองที่ทำในห้องปฏิบัติการซึ่งพยายามเลียนแบบการรับประทานอาหารและเครื่องดื่มหนึ่งมื้อและการใช้น้ำลายเทียมเพื่อเลียนแบบสภาวะจริงของช่องปาก โดยการวัดผลที่ใช้คือการวัดค่าความแข็งผิว ซึ่งอาจยังเป็นข้อมูลเพียงด้านเดียว หากมีการศึกษาต่อเนื่องในอนาคต อาจเพิ่มการวัดผลด้วยภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน การวัดปริมาณของสารที่ถูกปล่อยออกมา หรือใช้โปรไฟล์ของพื้นผิวร่วมด้วยเป็นต้น แม้ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้อาจยังไม่สามารถนำมาใช้ในสภาพอันซับซ้อนที่เกิดขึ้นจริงกับผู้ป่วยได้ทั้งหมด แต่ก็ช่วยให้ทันตแพทย์ได้ใช้เป็นแนวทางการศึกษาในอนาคตและช่วยให้สามารถแนะนำผู้ป่วยได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากขอบเขตการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ดังนี้

- เคลือบฟันมีค่าความแข็งผิวลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อแช่ในน้ำอัดลมรสโคลา (โค้กกระป๋อง) น้ำส้มคั้นบรรจุกล่องยี่ห้อทิปโก และเครื่องดื่มเกลือแร่ยี่ห้อสปอนเซอร์
- เนื้อฟัน ไมโครฟิลล์ คอมโพสิต (Filtek™ A110) และเรซิน มอดิฟายด์ กลาส ไอโอโนเมอร์ (Fuji II LC) มีค่าความแข็งผิวลดลงอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะเมื่อแช่ในน้ำอัดลมรสโคลา (โค้กกระป๋อง)
- ค่าความแข็งผิวของไฮบริด คอมโพสิต (Filtek™ Z250) คอนเวนชันแนล กลาส ไอโอโนเมอร์ (Fuji IX) และโพลีแอซิด มอดิฟายด์ เรซิน คอมโพสิต (Dyract AP) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ไม่ว่าแช่ในอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดใด

การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดสอบที่ทำในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาที่ได้อาจไม่สามารถนำมาใช้ในทางคลินิกได้ทั้งหมด รวมถึงการศึกษาที่เกี่ยวกับการสึกกร่อนจากการละลายของวัสดุบูรณะฟันยังมีอยู่น้อยในปัจจุบัน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้น อาจทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยทดสอบการละลายของฟันและวัสดุบูรณะฟันในสภาวะจริงของช่องปาก หรือเพิ่มการขัดสีเพื่อเลียนแบบลักษณะการแปรงฟันรวมถึงดูผลของปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่นฟลูออไรด์ หรืออาหารอื่นๆที่รับประทานร่วมด้วยว่ามีผลต่อการละลายของฟันและวัสดุบูรณะฟันหรือไม่ เพื่อเป็นการหาวิธีป้องกันและแก้ไขที่เหมาะสมต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. ten Cate JM. What dental diseases are we facing in the new millinium : some aspects of the research agenda. Caries Res 2001;35(suppl):2-5.
2. Shaw L, Smith AJ. Dental erosion - the problem and some practical solutions. Br Dent J 1998;186(3):115-118.
3. ten Cate JM, Imfeld T. Dental erosion, summary. Eur J Oral Sci 1996;104:241-244.
4. Zero DT. Etiology of dental erosion - extrinsic factors. Eur J Oral Sci 1996; 104:162-177.
5. Attin T, Zirkel C, Hellwig E. Brushing erosion of eroded dentin after application of sodium fluoride solutions. Caries Res 1998; 32:344-50.
6. Linnett V, Seow WK. Dental erosion in children : a literature review. Pediatr Dent 2001;23:37-43.
7. เจษฎา ผลาสุข, นุดี เอื้ออิทธิพร, ลาวัลย์ โลหะรังสี, สุชิต พูลทอง. ผลของอาหารและเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรดต่อความแข็งผิวของเคลือบฟันและเนื้อฟัน. โครงการวิจัยทางทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2000.
8. Meurman JH, ten Cate JM. Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. Eur J Oral Sci 1996; 104:199-206.
9. Larsen MJ. Chemical events during tooth dissolution. J Dent Res 1990;69:575-580.
10. Davidson CL, Hoekstra IS, Arends J. Microhardness of sound, decalcified and etched tooth enamel related to the calcium content. Caries Res1974;8:135-144.
11. Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ. Sturdevant's The Art and Science of Operative Dentistry. 4th edition, Mosby, Missouri. 2002:16-31.
12. David WB, Winter PJ. Dietary erosion of adult dentine and enamel. Br Dent J 1977;143:116-119.
13. Zipkin I, McClure FJ. Salivary citrate and dental erosion. J Dent Res 1949;28:613-626.
14. Pinborg JJ. Pathology of the dental hard tissues. Copenhagen, Munksgaard 1970, 294-325.
15. Grippo JO, Simring M. Dental 'erosion' revisited. J Am Dent Assoc 1995;126:619-630
16. Lussi A, Jaggi T, Scharer S. The influence of different factors on in vitro enamel erosion. Caries Res 1993;27:387-393.
17. Meurman JH, Frank RM. Scanning electron microscopic study of the effect of salivary pellicle on enamel erosion. Caries Res 1991;25:1-6.
18. Meurman JH, et al. Experimental sports drinks with minimal dental erosion effect. Scand J Dent Res 1990;98:120-128.
19. Rytomaa I, Meurman JH, Koskinen J, Laakso T, Gharazi L, Turunen R. In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs. Scand J Dent Res 1988;96:324-333.

20. Meurman JH, Frank RM. Progression and surface ultrastructure of in vitro caused erosive lesions in human and bovine enamel. Caries Res 1991;25:81-87.

21. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955;46:37-45.

22. Feathestone JDB, Mellberg JR. Relative rate of progress of artificial caries lesions in bovine, ovine and human enamel. Caries Res 1981;15:109-114.

23. Xhonga FA, Wolcott RB, Sognnase RF. Dental erosion II. Clinical measurement of dental erosion progress. J Am Dent Assoc 1972;84:577-582.

24. West ES, Judy FR. Destruction of tooth enamel by acidified candies. J Dent Res 1938;17:499-504.

25. Bibby MG, Mundorff SA. Enamel demineralization by snack foods. J Dent Res 1975;54:461-470.

26. Bibby BBG. Fruit and vegetables and dental caries. Clin Prev Dent 1983;5:3-11.

27. Grobler SR, Senakal PJC,Kotze TJW. The degree of enamel erosion by five different kinds of fruit. Clin Prev Dent 1989;11:23-28.

28. Grobler SR, Senakal PJC, Laubscher JA. In vitro demineralization of enamel by orange juice, Pepsi cola and diet Pepsi cola. Clin Prev Dent 1990;12:5-9.

29. Grobler SR, duToit IJ, Basson NJ. The effect of honey on human tooth enamel in vitro observed by electron microscopy and microhardness measurements. Archs Oral Biol 1994;39:147-153.

30. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerkov O. Variation in pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. Caries Res 1975;9:373-387.

31. Duggal MA, Curzon MEJ. An evaluation of the cariogenic potential of baby and infant fruit drinks. Br Dent J 1989;166:327-330.

32. Touyz LZG, Silove M. Increased acidity in frozen fruit juices and dental complications. J Dent Child 1993; 60:223-225.

33. Larsen MJ. Degree of saturation with respect to apatites with juices and acidic drinks. Scand J Dent Res 1975;83:13-17.

34. Maupome G, Diez-de-Bonilla J, Torres-Villasenor G, Andrade-Delgado LDC, Castano VM. In vitro quantitative assessment of enamel microhardness after exposure to eroding immersion in a Cola drink. Caries Res 1998;32:148-53.

35. Addy M, Absi KG, Adams D. Dentine hypersensitivity : the effects in vitro of acid and dietary substances on root planed and burred dentine. J Clin Periodont 1987;14:274-279.

36. Meurman JH, Drysdale T, Frank RM. Experimental erosion of dentine. Scan J Dent Res 1991;99:457-462.

37. Eccles JD, Jenkins WG. Dental erosion and diet. J Dent 1974;2:153-159.

38. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements. J Dent 1980;8:68-74.

39. De Moor RJG, Verbeeck RMH. Effect of acetic acid on the fluoride release profiles of restorative glass ionomer cements. Dent Mater 1998;14:261-268.

40. Fukazawa M, Matsuya S, Yamane M. Mechanism for erosion of glass-ionomer cements in an acidic buffer solution. J Dent Res 1987;66:1770-1774.

41. Fukazawa M, Matsuya S, Yamane M. The mechanism for erosion of glass-ionomer cements in an organic-acid buffer solution. J Dent Res 1989;69:1175-1179.

42. Nicholson JW, Millar BJ, Czarnecka B, Limanowska-Shaw H. Storage of polyacid-modified resin composite ("compomer") in lactic acid solution. Dent mater 1999;15:413-416.

43. Okada K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR. Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. Dent Mater 2001;17:34-39.

44. เจน รัตนไพศาล. ทันตวัสดุศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิชย์ จำกัด, 2522.

45. Mandel ID. The functions of saliva. J Dent Res 1987;6:623-627.

46. Jarvinen VK, Rytomaa II, Heinonen OP. Risk factors in dental erosion. J Dent Res 1991;70:942-947.

47 Bevenius J, L'Estrange P. Chairside evaluation of salivary parameters in pateint with tooth surface loss : A pilot study. Aust Dent J 1990;35:219-221.

48. Woltgens JMH, Vingerling P, DeBlick-Hogervorst DJ. Enamel erosion and saliva. Clin Prev Dent 1985;7:8-10.

49. Imfeld T. Prevention of progression of dental erosion by professional and individual prophylactic measures. Eur J Oral Sci 1996;104:215-220.

50. Gron P, Hay DI. Inhibition of calcium phosphate precipitation by human salivary secretion. Arch Oral biol 1976;21:201-205.

51. Mannerberg F. Effect if lemon juice on different types of tooth surface. A replica study in vivo. Acta Odontol Scand 1962;20:153-164.

52. Millward A, Shaw L, Smith A. Dental erosion in four-year-old children from differing socio-economic backgrounds. J Dent Child 1994;61:263-266.

53. Imfeld T. Dental erosion. definition, classification and links. Eur J Oral Sci 1996;104:151-155.

54. Savari R, Meurman JH, Alakuijala P, Frank RM. Effect of fluoride vanish and solution on enamel erosion in vitro. Caries Res 1994;28:227-232.

55. Gedalia I, Ionat-bendat D, Ben-moshen S, Shapira L. Tooth enamel softening with a cola type drink and rehardening with hard cheese or stimulated saliva in situ. J Oral Rehab 1991;18:501-506.

56. Gedalia I, et al. Enamel softening with Coca-Cola and rehardening with milk or saliva. Am J Dent 1991;4:120-122.

57. Gedalia I, Davidov I, Lewinstein I, Shapira L. Effect of hard cheese exposure, with and without fluoride prerinse, on the rehardening of softened human enamel. Caries Res 1992;26:290-292.

58. Kodaka T, Debari K, Yamada M, Kuroiwa M. Correlation between microhardness and mineral content in sound human enamel. Caries Res 1992;26:139-141.

59. Peutzfeldt A, Garcia-Goddy F, Asmussen E. Surface hardness and wear of glass ionomer and compomer. Am J Dent 1997;10:15-17.

60. Miller WD. Experimental and observation on the wasting of tooth tissue erroneously designed as erosion, abrasion, denudation, etc. Dent Cosmo 1907;49:109-124.

61. Larsen MJ, Nyvad B. Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffuring effect and contents of calcium phosphate. Caries Res 1999;33:81-87

62. Wade LG Jr. Organic chemistry. 3rd edition. New Jersey : Prentice Hall, 1995.

63. Shabanian, Lindsay C, Richards. In vitro wear rate of materials under different loads and varying pH. J Prosth Dent 2002;87:650-656.

64. Mackie IC, Hobson P. Case report : dental erosion associated with unusual drinking habits in childhood. J Paediatr Dent 1986;2:89-94.

65. Grobler SR, Jenkins GN, Kotze D. The effect of the composition and method of drinking of soft drinks on plaque pH. Br Dent J 1985;158:293-296.

66. Smith AJ, Shaw L. Baby fruit juice and tooth erosion. Br Dent J 1987;162:65-67.

67. . Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM. Factors influencing the development of dental erosion in vitro : enamel type, temperature and exposure time. J Oral Rehab 1999;26:624-630.

68. Attin T, Koidl U, Buchalla W, Schaller HG, Kielbassa AM, Hellwig E. Correlation of microhardness and wear in differently eroded bovine dental enamel. Arch Oral Biol 1997;42(3):243-250.

69. Allan DN. Enamel erosion with lemon juice. Br Dent J 1967;122:300-302.

70. Benjavongkulchai E, Tamsailom S, Schemehorn BR, Stookey GK. In vitro study of fluoride bioavailability from dentifrices in Thailand. J Dent Assoc Thai 2000;50:186-192.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. ส่วนประกอบและวิธีการเตรียมอาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิด

1.น้ำอัดลมรสโคลา (โค้กกระป๋อง)

น้ำตาล 10 % แต่งรสและเจือสีธรรมชาติ

2.นมเปรี้ยวดัชมิลล์รสผลไม้ผสม

โยเกิต 53.0%

น้ำผลไม้รวม 15.79%

น้ำตาล 8%

จุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัส

3.น้ำส้มคั้นบรรจุกล่องยี่ห้อทิปโก

น้ำส้มเขียวหวาน 100%

4.เครื่องดื่มเกลือแร่ยี่ห้อสปอนเซอร์

(ไม่ปรากฏส่วนประกอบข้างขวด)

5.ต้มยำก้อนตราคนอร์

เกลือ 24.5%

ไขมันปาล์ม 19.5%

พริกป่น 14%

น้ำตาล 10%

กรดซิตริก 5%

ซีอิ๊ว 4.5%

ตะไคร้ผง 3.5%

ผักชีผง 1.5%

ใบมะกรูดผง 3.5%

น้ำมะนาว 1.5%

ใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมต (Monosodium glutamate) เป็นวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร

แต่งกลิ่นสังเคราะห์

วิธีการเตรียม ละลายต้มยำก้อนตราคนอร์ 2 ก้อน ลงในน้ำเดือด 1 ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข. ส่วนประกอบของน้ำลายเทียมและการเตรียม

1.แกสตริก มิวซิน (Gastric mucin)	2.20 กรัม/ลิตร
2.โซเดียมคลอไรด์ (Nacl)	0.381 กรัม/ลิตร
3.แคลเซียมคลอไรด์ไดไฮเดรต ($CaCl_2$-$2H_2O$)	0.231 กรัม/ลิตร
4.โปรตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.738 กรัม/ลิตร
5.โปตัสเซียมคลอไรด์ (KCl)	1.114 กรัม/ลิตร

เติมส่วนประกอบทั้งหมดลงในน้ำปราศจากอิออน 1 ลิตร เติมโซเดียมเอไซด์ (NaN_3) 0.02% ปรับค่าความเป็นกรดด่างให้เป็น 7 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) [70]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค. ค่าความแข็งผิวเฉลี่ยของแต่ละชิ้นตัวอย่าง

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 1 เคลือบฟัน / โค้ก	1	282.4	164.0
	2	281.3	172.9
	3	244.2	144.5
	4	274.0	182.1
	5	279.6	202.7
	6	272.7	167.2
	7	296.2	160.4
	8	265.1	166.9
	9	260.4	165.1
	10	263.1	167.7
กลุ่มที่ 2 เคลือบฟัน / นมเปรี้ยว	1	278.9	234.5
	2	256.3	231.5
	3	274.1	283.4
	4	275.0	248.2
	5	254.0	274.9
	6	240.5	260.0
	7	299.9	284.6
	8	275.1	260.7
	9	258.2	257.0
	10	242.2	245.7
กลุ่มที่ 3 เคลือบฟัน / น้ำส้ม	1	290.6	270.0
	2	266.0	264.9
	3	283.7	238.9
	4	270.7	246.9
	5	258.8	266.4
	6	255.9	206.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 3 เคลือบฟัน / น้ำส้ม (ต่อ)	7	277.2	268.9
	8	263.1	237.8
	9	261.7	268.7
	10	233.7	229.2
กลุ่มที่ 4 เคลือบฟัน / สปอนเซอร์	1	295.2	255.1
	2	211.9	218.8
	3	253.6	215.5
	4	286.5	259.2
	5	275.5	203.4
	6	284.6	244.6
	7	256.0	237.2
	8	249.0	251.0
	9	260.0	241.0
	10	281.5	256.2
กลุ่มที่ 5 เคลือบฟัน / ต้มยำ	1	296.6	294.3
	2	289.9	290.5
	3	253.6	248.6
	4	267.2	271.0
	5	297.2	295.1
	6	246.3	242.2
	7	245.6	241.3
	8	237.7	240.8
	9	259.4	262.5
	10	209.6	211.5
กลุ่มที่ 6 เนื้อฟัน / โค้ก	1	46.1	41.3
	2	43.9	41.4
	3	47.3	46.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 6 เนื้อฟัน / โค้ก (ต่อ)	4	46.1	42.7
	5	48.3	44.0
	6	46.8	41.8
	7	45.3	43.5
	8	45.1	41.7
	9	49.6	46.2
	10	44.6	41.5
กลุ่มที่ 7 เนื้อฟัน / นมเปรี้ยว	1	40.8	40.2
	2	53.8	54.5
	3	52.5	51.8
	4	43.6	43.1
	5	57.7	57.9
	6	50.4	52.0
	7	53.6	52.8
	8	52.2	51.5
	9	51.3	51.7
	10	53.8	54.0
กลุ่มที่ 8 เนื้อฟัน / น้ำส้ม	1	50.9	52.8
	2	47.9	48.9
	3	52.3	49.1
	4	50.8	50.7
	5	49.8	51.4
	6	52.6	50.1
	7	50.1	48.6
	8	48.1	44.0
	9	52.3	49.7
	10	46.8	48.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 9 เนื้อฟัน / สปอนเซอร์	1	58.0	56.4
	2	54.9	50.9
	3	50.2	47.1
	4	47.2	42.7
	5	44.8	41.2
	6	57.0	55.8
	7	53.9	49.9
	8	54.6	51.5
	9	50.7	46.6
	10	56.1	51.6
กลุ่มที่ 10 เนื้อฟัน / ต้มยำ	1	47.5	46.4
	2	48.8	48.0
	3	53.1	52.2
	4	47.3	47.4
	5	53.8	52.6
	6	53.2	51.8
	7	51,8	50.9
	8	53.2	52.5
	9	54.6	53.9
	10	49.8	49.8
กลุ่มที่ 11 ไฮบริด / โค้ก	1	76.2	79.3
	2	76.6	76.9
	3	75.4	73.6
	4	76.3	76.2
	5	77.9	77.6
	6	76.5	73.5
	7	73.9	72.5
	8	76.3	74.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 11 ไฮบริด / โค้ก (ต่อ)	9	74.6	71.9
	10	77.1	70.8
กลุ่มที่ 12 ไฮบริด / นมเปรี้ยว	1	60.4	61.7
	2	77.6	75.4
	3	77.4	75.9
	4	67.6	68.0
	5	71.2	71.5
	6	74.9	75.3
	7	72.6	71.0
	8	73.3	73.1
	9	76.4	74.6
	10	74.7	74.5
กลุ่มที่ 13 ไฮบริด / น้ำส้ม	1	73.5	72.0
	2	76.9	75.3
	3	68.7	65.9
	4	75.0	75.8
	5	74.0	73.1
	6	70.1	67.5
	7	76.2	74.7
	8	72.7	74.3
	9	76.9	76.0
	10	74.8	76.4
กลุ่มที่ 14 ไฮบริด / สปอนเซอร์	1	75.0	74.1
	2	77.2	75.6
	3	75.1	73.0
	4	79.9	78.2
	5	71.5	72.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 14 ไฮบริด / สปอนเซอร์ (ต่อ)	6	77.3	75.4
	7	75.6	74.7
	8	79.2	76.2
	9	77.0	75.3
	10	74.4	72.0
กลุ่มที่ 15 ไฮบริด / ต้มยำ	1	73.8	74.3
	2	82.2	79.9
	3	72.0	72.3
	4	74.9	74.0
	5	74.9	75.3
	6	74.1	73.4
	7	75.8	74.9
	8	74.8	74.0
	9	74.3	74.4
	10	75.8	75.6
กลุ่มที่ 16 ไมโครฟิลล์ / โค้ก	1	36.4	35.6
	2	38.2	36.4
	3	35.8	32.2
	4	39.6	37.9
	5	36.8	35.1
	6	33.1	31.2
	7	32.9	31.8
	8	33.3	31.0
	9	31.2	29.9
	10	36.4	31.0
กลุ่มที่ 17 ไมโครฟิลล์ / นมเปรี้ยว	1	36.6	35.9
	2	38.3	37.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 17 ไมโครฟิลล์ / นมเปรี้ยว (ต่อ)	3	33.2	33.7
	4	34.2	34.8
	5	34.8	34.5
	6	37.2	35.4
	7	35.2	34.1
	8	37.7	37.3
	9	37.1	38.9
	10	37.0	37.5
กลุ่มที่ 18 ไมโครฟิลล์ / น้ำส้ม	1	39.9	38.5
	2	33.6	32.2
	3	35.1	35.8
	4	36.0	34.7
	5	38.6	39.0
	6	36.0	34.6
	7	34.6	32.3
	8	35.6	36.4
	9	38.8	38.0
	10	35.2	34.8
กลุ่มที่ 19 ไมโครฟิลล์ / สปอนเซอร์	1	36.7	35.2
	2	34.3	34.0
	3	35.1	34.9
	4	38.3	37.4
	5	35.4	34.4
	6	35.9	34.6
	7	37.6	35.8
	8	37.1	36.0
	9	34.2	34.5
	10	34.9	35.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 20 ไมโครฟิลล์ / ต้มยำ	1	36.9	34.5
	2	32.1	31.9
	3	33.7	33.2
	4	31.9	31.9
	5	35.0	33.0
	6	33.2	32.7
	7	33.5	32.5
	8	33.1	32.9
	9	33.7	32.8
	10	33.2	32.3
กลุ่มที่ 21 GIC / โค้ก	1	59.3	58.7
	2	57.4	57.0
	3	60.9	59.8
	4	58.4	59.6
	5	59.0	59.2
	6	57.6	57.1
	7	61.7	60.9
	8	58.8	59.0
	9	61.0	60.5
	10	57.2	58.4
กลุ่มที่ 22 GIC / นมเปรี้ยว	1	57.5	58.4
	2	59.0	59.2
	3	61.0	460.7
	4	58.7	58.4
	5	60.2	59.2
	6	59.6	59.5
	7	57.2	60.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 22 GIC / นมเปรี้ยว (ต่อ)	8	62.9	61.9
	9	62.1	62.6
	10	59.8	61.3
กลุ่มที่ 23 GIC / น้ำส้ม	1	59.8	58.2
	2	61.0	60.5
	3	56.5	56.7
	4	60.6	59.9
	5	57.5	57.8
	6	59.9	61.0
	7	58.3	57.4
	8	57.0	57.3
	9	60.4	58.4
	10	59.7	57.1
กลุ่มที่ 24 GIC / สปอนเซอร์	1	56.5	56.0
	2	59.4	59.2
	3	60.2	60.4
	4	58.8	58.4
	5	59.0	58.6
	6	57.6	57.5
	7	58.4	58.7
	8	55.3	55.5
	9	60.7	60.2
	10	59.8	58.9
กลุ่มที่ 25 GIC / ต้มยำ	1	59.5	59.5
	2	59.0	58.7
	3	61.5	62.0
	4	57.4	56.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 25 GIC / ต้มยำ (ต่อ)	5	57.6	58.2
	6	59.2	58.4
	7	56.6	57.4
	8	60.7	61.5
	9	61.1	59.2
	10	58.9	58.0
กลุ่มที่ 26 RMGI / โค้ก	1	39.0	37.4
	2	39.1	38.0
	3	43.5	40.2
	4	39.7	36.4
	5	42.3	41.1
	6	38.4	37.2
	7	40.0	37.3
	8	37.5	35.0
	9	36.9	36.0
	10	35.6	33.2
กลุ่มที่ 27 RMGI / นมเปรี้ยว	1	38.5	38.3
	2	37.4	37.5
	3	38.9	39.2
	4	40.1	40.5
	5	41.5	40.7
	6	37.7	36.5
	7	36.5	35.9
	8	39.3	40.1
	9	38.2	37.6
	10	36.0	36.4
กลุ่มที่ 28 RMGI / น้ำส้ม	1	36.5	36.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 28 RMGI / น้ำส้ม (ต่อ)	2	39.4	38.7
	3	41.5	40.8
	4	38.8	39.4
	5	37.0	38.5
	6	38.3	37.9
	7	39.2	39.0
	8	39.7	40.2
	9	41.1	41.3
	10	40.5	40.0
กลุ่มที่ 29 RMGI / สปอนเซอร์	1	36.4	35.9
	2	39.7	37.5
	3	38.0	38.9
	4	38.5	37.0
	5	37.6	38.0
	6	39.9	40.4
	7	41.2	40.5
	8	38.0	37.8
	9	40.5	40.1
	10	37.4	37.5
กลุ่มที่ 30 RMGI / ต้มยำ	1	40.7	40.5
	2	41.5	40.9
	3	39.8	39.7
	4	37.4	38.1
	5	38.6	38.4
	6	37.0	37.2
	7	39.3	38.5
	8	37.2	37.4
	9	38.5	38.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 30 RMGI / ต้มยำ (ต่อ)	10	36.0	35.4
กลุ่มที่ 31 PMRC / โค้ก	1	47.5	47.9
	2	43.0	43.9
	3	47.4	48.5
	4	40.2	40.7
	5	47.4	44.6
	6	45.6	42.1
	7	48.5	42.3
	8	44.3	42.1
	9	44.0	43.1
	10	44.6	44.6
กลุ่มที่ 32 PMRC / นมเปรี้ยว	1	39.6	39.5
	2	39.5	39.3
	3	41.2	39.2
	4	41.4	40.9
	5	40.9	40.8
	6	38.3	37.2
	7	40.9	40.4
	8	39.8	41.4
	9	44.0	39.3
	10	38.4	39.6
กลุ่มที่ 33 PMRC / น้ำส้ม	1	43.3	42.4
	2	42.5	41.4
	3	44.4	45.0
	4	43.9	43.1
	5	41.4	41.0
	6	40.7	40.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชิ้นที่	ก่อนแช่	หลังแช่
กลุ่มที่ 33 PMRC / น้ำส้ม (ต่อ)	7	41.7	41.5
	8	41.0	40.6
	9	41.7	43.7
	10	40.4	39.8
กลุ่มที่ 34 PMRC / สปอนเซอร์	1	40.5	39.7
	2	41.5	41.2
	3	42.3	40.9
	4	42.3	41.4
	5	43.8	42.1
	6	42.1	41.1
	7	44.7	44.0
	8	43.4	44.1
	9	40.9	41.1
	10	42.9	41.6
กลุ่มที่ 35 PMRC / ต้มยำ	1	41.1	40.7
	2	42.7	42.5
	3	44.8	43.9
	4	44.9	43.1
	5	41.2	39.7
	6	39.6	39.3
	7	42.9	41.1
	8	41.1	40.6
	9	40.2	40.9
	10	42.5	42.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายสุชาติ วงศ์ขันตี เกิดวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2515 ณ จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับทันตแพทยศาสตร์บัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี พ.ศ. 2540 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2543 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ระดับ 5 ประจำภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย