ผลของซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลต่อความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันมนุษย์หลังจากสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา

นางสาวอุษณีย์ กัลยาธิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF CPP-ACP PASTE AND FLUORIDE GEL ON MICROHARDNESS OF HUMAN ENAMEL AFTER EXPOSED TO A COLA DRINK

Miss Usanee Kallayathi

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Operative Dentistry
Department of Operative Dentistry
Faculty of Dentistry
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลต่อความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันมนุษย์หลังจากสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา
โดย	นางสาวอุษณีย์ กัลยาธิ
สาขาวิชา	ทันตกรรมหัตถการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุชิต พูลทอง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ทันตแพทย์หญิง มุรธา พานิช

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วัชราภรณ์ ทัศจันทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุชิต พูลทอง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ทันตแพทย์หญิง มุรธา พานิช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. รังสิมา สกุลณะมรรคา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร. ภาวิณีย์ ปฏิพัทธ์วุฒิกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุษณีย์ กัลยาธิ : ผลของซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลต่อความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันมนุษย์หลังจากสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา. (EFFECT OF CPP-ACP PASTE AND FLUORIDE GEL ON MICROHARDNESS OF HUMAN ENAMEL AFTER EXPOSED TO A COLA DRINK) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ทพ.ดร.สุชิต พูลทอง, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : อ.ทญ.มุรธา พานิช, 64 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อเปรียบเทียบผลของซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลในการป้องกันความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลาและเพื่อเปรียบเทียบผลของน้ำลายเทียมในสภาวะที่มีซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลในการป้องกันความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างจากฟันตัดล่างของมนุษย์ที่ถูกถอนจำนวน 60 ซี่ ทำการสุ่มตัวอย่างโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มทดลองดังนี้ 1) ซีพีพี-เอซีพีเพสต์ร่วมกับน้ำปราศจากประจุ 2) ซีพีพี-เอซีพีเพสต์ร่วมกับน้ำลายเทียม 3) น้ำลายเทียม 4) ฟลูออไรด์เจลร่วมกับน้ำปราศจากประจุ 5) ฟลูออไรด์เจลร่วมกับน้ำลายเทียม และ6) น้ำปราศจากประจุ วัดค่าความแข็งของผิวเคลือบฟันด้านริมฝีปาก โดยกำหนดระยะห่างของรอยกดเท่ากับ 120 ไมโครเมตร ทำการกดด้วยหัวกดวิคเกอร์ส จำนวน 5 รอยกดต่อการทดสอบแต่ละครั้ง โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งระดับไมโคร ทำการกด 2 ช่วงเวลาต่อชิ้นตัวอย่าง คือ ก่อนการทดลองและหลังการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา นำค่าความแข็งที่ได้มาทดสอบด้วยสถิติแพร์แซมเปิล ที เทสต์ การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางและการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ผลการศึกษาพบว่า หลังการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา ค่าความแข็งของเคลือบฟันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความแข็งของเคลือบฟันของกลุ่มซีพีพี-เอซีพีเพสต์ร่วมกับน้ำลายเทียมและกลุ่มฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียมมีค่ามากกว่าความแข็งของเคลือบฟันของกลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปว่าซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลไม่สามารถป้องกันค่าความแข็งของเคลือบฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาได้ แต่ซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียมและฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียมสามารถลดความรุนแรงของการสูญเสียแร่ธาตุได้

ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ.....	ลายมือชื่อนิสิต อุษณีย์ กัลยาธิ
สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ.....	ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ปีการศึกษา 2552.....	ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

5076127032 : MAJOR OPERATIVE DENTISTRY

KEYWORDS : COLA DRINK/ CPP-ACP/ ENAMEL/ FLUORIDE/ HARDNESS

USANEE KALLAYATHI : EFFECT OF CPP-ACP PASTE AND FLUORIDE GEL ON MICROHARDNESS OF HUMAN ENAMEL AFTER EXPOSED TO A COLA DRINK. THESIS ADVISOR : SUCHIT POOLTHONG, THESIS CO-ADVISOR : MURATHA PANICH, 64 pp.

The present study aimed to compare protective effects of CPP-ACP paste and fluoride gel on microhardness of enamel surface eroded by a cola drink and to compare effect of artificial saliva with CPP-ACP paste or fluoride gel on protective effect of microhardness of enamel surface eroded by a cola drink. The specimens were prepared from 60 extracted human lower incisors, randomly divided into 6 groups; 1) CPP-ACP with deionized water 2) CPP-ACP paste with artificial saliva 3) artificial saliva 4) fluoride gel with deionized water 5) fluoride gel with artificial saliva and 6) deionized water. The microhardness of labial enamel surface of the six groups were measured by a microhardness tester. Baseline and eroded hardness were measured and analyzed by Paired-Sample T-Test , Two Way ANOVA and One Way ANOVA. After being eroded by a cola drink, the enamel hardness significantly decreased in all groups studied. The eroded hardness of CPP-ACP paste with artificial saliva group and fluoride gel with artificial saliva group are significantly higher than eroded hardness of the other groups. In conclusion, CPP-ACP paste and fluoride gel can not prevent the hardness of enamel after eroded by a cola drink, but CPP-ACP paste with artificial saliva and fluoride gel with artificial saliva can lessen the degree of demineralization

Department : operative dentistry	Student's Signature Usanee Kallayathi
Field of Study : operative dentistry	Advisor's Signature Suchit Poolthong
Academic Year : 2009	Co-Advisor's Signature Muratha Panich

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแทย์ ดร.สุชิต พูลทอง อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ทันตแพทย์หญิงมุรธา พานิช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้คำปรึกษาด้านสถิติ และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ.....

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

สมมติฐานการวิจัย..... 3

ขอบเขตของการวิจัย..... 3

ข้อตกลงเบื้องต้น..... 4

ข้อจำกัดของการวิจัย..... 4

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

วิธีดำเนินการวิจัย..... 5

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลงานการวิจัย..... 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....

ฟันสึกกร่อนและกระบวนการเกิดการสึกกร่อนในเคลือบฟัน..... 6

สาเหตุของการสึกกร่อน..... 6

การป้องกันความรุนแรงของการสึกกร่อน..... 12

เคซีน ฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต..... 15

ฟลูออไรด์..... 19

ผิวเคลือบฟันที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับฟันสึกกร่อน..... 21

เทคนิคการวัดฟันสึกกร่อนในห้องปฏิบัติการ..... 23

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....
ประชากร..... 27
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย..... 29
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 29
การคัดเลือกตัวอย่าง..... 31
การเตรียมชิ้นตัวอย่าง..... 31
การวัดความแข็งก่อนการทดลองด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวระดับไมโคร..... 31
การสุ่มแบ่งกลุ่มตัวอย่าง..... 32
การทำให้เคลือบฟันสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา..... 33
การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 34
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 34
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....
ผลการวิเคราะห์..... 35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และอภิปรายผล.....
อภิปรายผลการวิจัย..... 38
สรุปผลการวิจัย..... 43
รายการอ้างอิง..... 45
ภาคผนวก..... 54

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สรุปผลการศึกษาต่างๆเกี่ยวกับผลของซีพีพี-เอซีพีต่อการเกิดฟันกร่อน.....	17
2	สรุปผลการศึกษาต่างๆเกี่ยวกับผลของฟลูออไรด์ต่อการเกิดฟันกร่อน.....	20
3	แสดงค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดลอง	27
4	แสดงค่าจำนวนขนาดตัวอย่าง.....	28
5	รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา.....	30
6	แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการสึกกร่อนของแต่ละกลุ่ม.....	35
7	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง หลังการสึกกร่อน ค่าความแข็งที่ลดลงและร้อยละค่าความแข็งที่ลดลงของแต่ละกลุ่ม.....	36
8	แสดงค่าโอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างของค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองระหว่างแต่ละกลุ่ม เมื่อทดสอบด้วย Scheffe.....	37
9	ข้อมูลดิบการอ่านค่าความแข็งระดับไมโคร.....	54
10	ค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันแต่ละซี่.....	57

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพแสดงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดฟันสึกกร่อน……..	7
2	แผนภาพแสดงลักษณะโครงสร้างไฮราคิคัลของเคลือบฟัน……..	8
3	แผนภาพแสดงโครงสร้างระดับไมโครของเคลือบฟัน……	8
4	แผนภาพแสดงปริมาณของสารประกอบแคลเซียมและฟอสฟอรัส ค่าความแข็งระดับนาโน และค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นของเคลือบฟันแต่ละบริเวณ……..	9
5	แผนภาพแสดงการเตรียมชิ้นตัวอย่างซึ่งเตรียมจากฟันกรามน้อยมนุษย์…….	22
6	แผนภาพแสดงการเตรียมชิ้นตัวอย่างโดยตัดจากเคลือบฟันกรามน้อยมนุษย์….	22
7	แสดงภาพรอยกดในทิศทางขนานและตั้งฉากกับแนวแกนของปริซึม……..	23
8	แสดงลักษณะของหัวกดและรอยกดของการวัดความแข็งแบบวิคเกอร์ส และภาพจำลองรอยกดที่จะนำมาใช้ในการคำนวณค่าความแข็งตามสูตร…….	25
9	แสดงภาพมาตรความขนานและชิ้นตัวอย่างที่ได้จากการฝังชิ้นฟันในเรซินหล่อใส…….…….…….....	32

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มของประชาชนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ประชาชนรับประทานอาหารหรือดื่มเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดเพิ่มมากขึ้น เช่น เครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลม ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวและเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา (Sport drink) พฤติกรรมการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเหล่านี้มีผลต่อสุขภาพช่องปาก โดยอาหารและเครื่องดื่มบางประเภทนอกจากจะประกอบด้วยน้ำตาลซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดฟันผุแล้วยังมีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งกรดเหล่านี้ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุของฟัน (Demineralization) นำมาซึ่งการสึกกร่อน [1] การสูญเสียแร่ธาตุนี้เริ่มมาจากการทำให้ผิวฟันอ่อนตัวลง ทำให้ความต้านทานต่อแรงขัดสีและแรงบดเคี้ยวลดลงส่งผลให้เกิดการสึกได้ง่ายขึ้น การสึกของฟันมักลุกลามผ่านเคลือบฟัน (Enamel) เข้าสู่เนื้อฟัน (Dentin) และอาจทำให้เกิดอาการเสียวฟัน ในรายที่มีการสึกอย่างรุนแรงอาจสึกจนทะลุโพรงประสาทฟันได้[2, 3]

สาเหตุของการสึกกร่อนนั้นเกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ ตัวฟัน ปัจจัยภายนอกร่างกาย ปัจจัยภายในร่างกาย และเวลา [4] โดยที่อาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกร่างกายเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสึกกร่อน[5] หลายการศึกษาพบว่าเครื่องดื่มโคลาซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมีผลทำให้เกิดการสึกกร่อนมาก[6-9] การลดความรุนแรงของการสึกกร่อนสามารถทำได้หลายวิธี โดยการกำจัดหรือลดความรุนแรงของปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการสึกกร่อนและการสนับสนุนปัจจัยที่ต้านทานและป้องกันไม่ให้เกิดการสึกกร่อน ได้แก่ การส่งเสริมให้ฟันมีความต้านทานต่อกรดและการสะสมกลับของแร่ธาตุสู่ฟัน (Remineralization) ซึ่งแร่ธาตุที่มีความสำคัญในกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุสู่ฟันได้แก่ แคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ จึงทำให้เกิดความสนใจในการนำแร่ธาตุเหล่านี้มาใช้ในป้องกันและลดความรุนแรงของการสึกกร่อน

เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต (Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate, ซีพีพี-เอซีพี) เป็นสารประกอบของแคลเซียมและฟอสเฟตที่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้เพื่อลดการสูญเสียแร่ธาตุของฟัน ซีพีพี-เอซีพีได้ถูกนำมาใช้งานในหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบครีมทาเฉพาะที่หรือเพสต์ การเติมในเครื่องดื่มหรือผลิตภัณฑ์ในการดูแลช่องปาก เช่น ยาสีฟันหรือน้ำยาบ้วนปาก ส่วนสารประกอบของฟลูออไรด์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีหลายรูปแบบ ทั้งแบบที่ใช้ภายใต้การควบคุมของทันตแพทย์

หรือแบบที่ประชาชนสามารถใช้ได้เอง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ในการดูแลช่องปาก เช่น ยาสีฟันหรือน้ำยาบ้วนปาก เจล โดยมีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่แตกต่างกัน การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ใดขึ้นอยู่กับความเสี่ยงของบุคคลนั้นๆต่อการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุของฟัน ซึ่งซีพีพี-เอซีพีรูปแบบครีมทาเฉพาะที่และฟลูออไรด์เจลเข้มข้น 5,000 ส่วนในล้านส่วน (Parts per million, ppm) เป็นรูปแบบที่สะดวกในการใช้งาน ผู้ป่วยสามารถใช้งานได้ด้วยตนเองที่บ้าน ทุกวัน จึงน่าจะเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อลดความรุนแรงของการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันจากการดื่มเครื่องดื่มโคลา

อย่างไรก็ตามการศึกษาประสิทธิผลทางคลินิกของอนุพันธ์ของเคซีน (Casein derivatives) พบว่าไม่มีหลักฐานการศึกษาทางคลินิกเพียงพอที่จะสรุปว่าอนุพันธ์ของเคซีนโดยเฉพาะอย่างยิ่งซีพีพี-เอซีพีมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดฟันผุ การลดอาการเสียวฟัน (Dentin hypersensitivity) หรือต้องการลดอาการปากแห้ง[10] ส่วนการศึกษาในห้องปฏิบัติการนั้นพบว่าซีพีพี-เอซีพีมีผลในการสะสมกลับของแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันหลังการสัมผัสสารละลายที่มีความเป็นกรด ส่งผลให้ค่าความแข็งของผิวเคลือบฟันที่ลดลงกลับเพิ่มขึ้นมาเท่ากับความแข็งของผิวเคลือบฟันก่อนการสัมผัสกรด ส่วนผลของการใช้ฟลูออไรด์เพื่อป้องกันและลดความรุนแรงของการสึกกร่อนนั้นมีทั้งการศึกษาที่สนับสนุน[11, 12] และการศึกษาที่พบว่าฟลูออไรด์ไม่มีผลในการลดการสึกกร่อน[13, 14] แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า การศึกษาในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ศึกษาโดยใช้ผิวเคลือบฟันที่ผ่านการขัดผิวหน้าให้เรียบ[7, 15-17] โดยผิวเคลือบฟันจะถูกขัดออกไปประมาณ 50-100 ไมครอน[15] หรือตัดขวางเพื่อให้ได้พื้นที่เรียบของเคลือบฟันภายใน[9] จุดประสงค์ของการขัดผิวหน้าของเคลือบฟันหรือการตัดขวางตัวฟันและทดสอบเคลือบฟันด้านใน เพื่อให้ได้พื้นผิวทดสอบที่เรียบเพื่อใช้สำหรับประเมินผลการสึกกร่อนด้วยเครื่องมือวัดความแข็ง ด้วยสาเหตุนี้จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียผิวเคลือบฟันส่วนนอกซึ่งมีความแข็งแรงและทนทานต่อกรดมากที่สุด และอาจทำให้เกิดการสึกกร่อนได้ง่ายขึ้น ซึ่งไม่ใช่สภาวะที่แท้จริงทางคลินิก[18] ในการศึกษาครั้งนี้จึงจะได้ประเมินผลของซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลต่อความแข็งระดับไมโคร ของผิวเคลือบฟันมนุษย์ที่ไม่ผ่านการตัดและขัดจากขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่างหลังจากสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา เพื่อให้สามารถจำลองสภาพในช่องปากจริงในเรื่องของบริเวณและพื้นผิวของฟันที่สัมผัสกับเครื่องดื่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลในการป้องกันค่าความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของน้ำลายเทียมในสภาวะที่มีซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลในการป้องกันค่าความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา

สมมติฐานการวิจัย

1. ซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลให้ผลในการป้องกันค่าความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลาไม่แตกต่างกัน
2. ในสภาวะที่มีซีพีพี-เอซีพีเพสต์ การมีหรือไม่มีน้ำลายเทียมให้ ผลในการป้องกันค่าความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลาไม่แตกต่างกัน
3. ในสภาวะที่มีฟลูออไรด์เจล การมีหรือไม่มีน้ำลายเทียมให้ ผลในการป้องกันค่าความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลาไม่แตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยจำลองรูปแบบของการนำซีพีพี – เอซีพีเพสต์ และฟลูออไรด์เจล มาใช้ในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุจากการดื่มเครื่องดื่มโคลา ทำการศึกษาในฟันตัดล่างของมนุษย์ โดยใช้ผิวเคลือบฟันด้านริมฝีปากที่ไม่ได้ผ่านการตัดและขัด ผิวเคลือบฟันนี้จะถูกส่งเสริมให้มีการสะสมของแร่ธาตุด้วยซีพีพี- เอซีพีเพสต์ หรือฟลูออไรด์เจล หรือ น้ำลายเทียม หรือน้ำปราศจากประจุ หรือร่วมกัน แล้วจึงนำไปทำให้สึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา ประเมินผลจากการเปลี่ยนแปลงความแข็งของเคลือบฟันด้วย การวัดความแข็ง ระดับไมโคร อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้ไม่สามารถจำลองสภาพในช่องปากบางอย่างได้ เช่น การสร้างเพลลิเคิล อัตราการไหลของน้ำลาย เป็นต้น

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ทันตแพทย์ผู้ปฏิบัติงานในการวิจัยครั้งนี้ได้รับการฝึกหัดจนมีความรู้และความชำนาญในการเตรียมชิ้นตัวอย่าง กระบวนการทดลอง การวัด และการใช้เครื่องมือต่างๆในการวิจัยได้เป็นอย่างดีและเป็นผู้เดียวกันตลอดการวิจัย
2. ค่าความแข็งของเคลือบฟัน ได้จากการทดสอบความแข็งระดับไมโครด้วยหัวกดวิคเกอร์ส ใช้น้ำหนักการกด 100 กรัม กดนาน 15 วินาที
3. การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของเคลือบฟันแสดงถึงการสูญเสียแร่ธาตุหรือการสะสมกลับของแร่ธาตุ เนื่องจากมีการศึกษาที่พบว่าฟันสึกกร่อนจะมีค่าความแข็งของเคลือบฟันลดลง และในทางตรงกันข้ามฟันที่มีการคืนกลับของแร่ธาตุจะมีค่าความแข็งของเคลือบฟันเพิ่มขึ้น[19]

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการ จึงทำให้มีข้อจำกัดบางประการที่ทำให้มีความแตกต่างจากสภาวะที่แท้จริงทางคลินิก เช่น น้ำปราศจากประจุ และน้ำลายเทียมไม่มีคุณสมบัติในการสร้างเพลลิเคิลปกคลุมฟ น และไม่มีโปรตีนต่างๆที่ช่วยในการปรับค่าความเป็นกรดด่างของเหมือนน้ำลาย

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ผิวเคลือบฟันปกติ หมายถึง ผิวเคลือบฟันที่ปราศจากรอยผุ รอยอุด รอยแตกร้าว หรือลักษณะที่ผิดปกติต่างๆ ได้แก่ ฟันที่มีจุดขาวคล้ายชอล์ก (White lesion) ฟันเปลี่ยนสี ฟันตกกระ เคลือบฟันไฮโปเพลเซีย (Enamel hypoplasia) ซึ่งในการศึกษานี้ผิวเคลือบฟันจะไม่ผ่านการตัดหรือขัดจากขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่าง
2. ชิ้นตัวอย่าง หมายถึง ฟันที่นำมาฝังในเรซินหล่อใส
3. ความแข็งก่อนการทดลอง (Ho) : ค่าความแข็งเคลือบฟันที่วัดภายหลังการเตรียมชิ้นตัวอย่าง
4. ความแข็งหลังการสึกกร่อน (Hd) : ค่าความแข็งเคลือบฟันที่วัดภายหลังจากการแช่ชิ้นตัวอย่างในเครื่องดื่มโคลาสลับกับน้ำลายเทียม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หากผลการวิจัยพบว่าการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลมีผลในการป้องกันความแข็งของเคลือบฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาในห้องปฏิบัติการ ก็จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลไปใช้เป็นมาตรการเฉพาะที่ในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันจากการดื่มเครื่องดื่มโคลาและเครื่องดื่มอื่นๆที่มีฤทธิ์เป็นกรด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ
2. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลของซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลในการป้องกันความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันจากสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลาและเปรียบเทียบผลของน้ำลายเทียมในสภาวะที่มีซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลในการป้องกันความแข็งระดับไมโครของผิวเคลือบฟันจากสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา โดยการวัดค่าความแข็งระดับไมโครเปรียบเทียบระหว่างก่อนการทดลองและหลังการสึกกร่อน

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตียมการวิจัย
   - 1.1 ศึกษาข้อมูลและทบทวนวรรณกรรม — กุมภาพันธ์ 2552 – เมษายน 2552
   - 1.2 วางแผนออกแบบการวิจัย — เมษายน 2552 – พฤษภาคม 2552
   - 1.3 ศึกษาวิจัยนำร่อง — พฤษภาคม 2552 – มิถุนายน 2552
   - 1.4 จัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์ — เมษายน 2552 – มิถุนายน 2552
   - 1.5 เสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์ — มิถุนายน 2552
2. ขั้นดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูล — มิถุนายน 2552 – กรกฎาคม 2552
3. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและแปรผล — กรกฎาคม 2552 – สิงหาคม 2552
4. ขั้นรายงานผลจัดทำรายงาน
   - 4.1 จัดทำรายงาน — สิงหาคม 2552 – กันยายน 2552
   - 4.2 นำเสนอผลการวิจัยต่อคณะกรรมการ — กันยายน 2552

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฟันสึกกร่อนและกระบวนการเกิดการสึกกร่อนในเคลือบฟัน

ฟันสึกกร่อน (Dental erosion) เป็นการสูญเสียแร่ธาตุบริเวณผิวของเนื้อเยื่อแข็งของฟันจากกระบวนการทางเคมี (Chemical process) ของสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรด โดยไม่ได้มีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรีย[20] การเกิดฟันสึกกร่อนเริ่มต้นจากเมื่อสารที่ทำให้เกิดการสึกกร่อนสัมผัสกับผิวเคลือบฟัน จะเกิดการอ่อนตัวของเคลือบฟันและเกิดการสึกกร่อน โดยจะประกอบด้วย 2 กระบวนการ[14] ได้แก่

1. กระบวนการคีเลชั่น (Chelation) กับแคลเซียมในน้ำลาย เป็นกระบวนการจับกันของหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ของกรดอินทรีย์และแคลเซียมในน้ำลาย เป็นผลให้ระดับความอิ่มตัวของระดับแคลเซียมในน้ำลายลดลง โดยแคลเซียมในน้ำลายจะเป็นแหล่งของแ คลเซียมที่จะทำให้เกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุ
2. กระบวนการคีเลชั่นกับเคลือบฟันโดยตรง ในกรณีที่กรดมีคุณสมบัติคีเลชั่นสูงจะทำให้เกิดกระบวนการนี้ขึ้น เป็นผลให้เกิดการละลายของเคลือบฟัน โดยกรดจะแทรกซึมเข้าสู่ถึงเคลือบฟันทางหลุมและร่องต่างๆ ในเคลือบฟันที่มีการเรีย งตัวเป็นปริซึม (Prismatic enamel) กรดจะเลือกทำลายจากบริเวณออกานิกชีท (Organic sheath) ก่อน ตามด้วยบริเวณแกนกลางของปริซึม (Prism core) และบริเวณเคลือบฟันอินเตอร์ปริซมาติก (Interprismatic enamel) ส่วนในเคลือบฟันอปริซมาติก (Aprismatic enamel) จะไม่มีรูปแบบการละลายที่แน่นอน[21] ซึ่งการถูกละลายของเคลือบฟันจะขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของผิวนอกของเคลือบฟัน

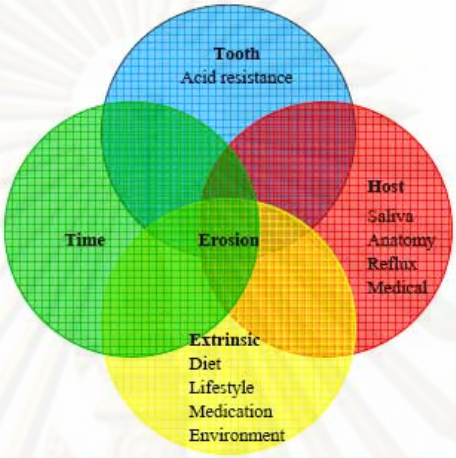
สาเหตุของการสึกกร่อน

เกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน[4, 5] ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย

1. ปัจจัยด้านฟัน ได้แก่ ความต้านทานต่อกรดของตัวฟัน ซึ่งขึ้นกับชนิดและปริมาณแร่ธาตุในตัวฟัน
2. ปัจจัยของร่างกาย ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำลายทั้งในภาวะปกติและภาวะถูกกระตุ้น (Unstimulated and stimulated saliva) ความสามารถในการปรับสภาพ

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำลาย (Buffering capacity) ปริมาณของแคลเซียม ฟอสเฟต ซิเตรท ไพโรฟอสเฟต และมิวซินในน้ำลาย และภาวะของร่างกาย

3. ปัจจัยภายนอก ได้แก่ อาหารที่รับประทาน สิ่งแวดล้อม การได้รับยาบางชนิดและรูปแบบการดำรงชีวิต
4. ระยะเวลาสัมผัสของปัจจัยภายนอกกับผิวตัวฟัน

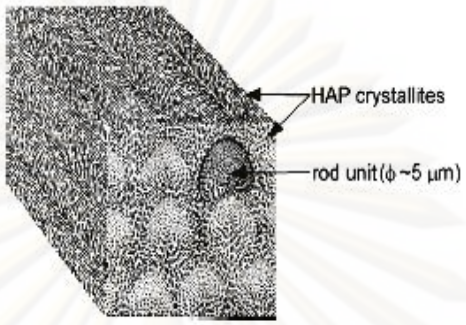


ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดฟันสึกกร่อน (ดัดแปลงจากการศึกษาของ Shaw L, 2003)[4]

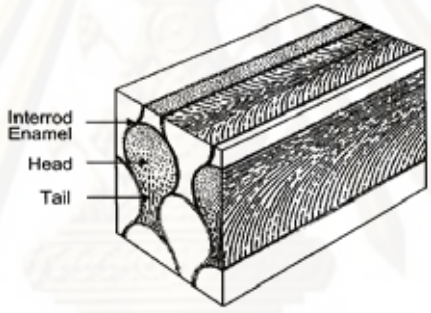
1. **ปัจจัยด้านฟันที่สัมพันธ์กับการสึกกร่อน**

เคลือบฟันเป็นโครงสร้างที่ปกคลุมชั้นนอกสุดของตัวฟัน ประกอบด้วยสารอนินทรีย์ร้อยละ 92-96 ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่เกลือแคลเซียมฟอสเฟต สารอินทรีย์ร้อยละ 1-2 และน้ำร้อยละ 3-4 โดยน้ำหนัก เคลือบฟันมีโครงสร้างไฮราคิคัล (Hierarchical structure) (ภาพที่ 2) ที่มีลักษณะเฉพาะซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติเชิงกล โครงสร้างระดับที่เล็กที่สุดคือโครงสร้างระดับผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตจะอยู่ในรูปของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ (Hydroxyapatite crystal) รูปหกเหลี่ยมขนาดเล็ก ความกว้างเฉลี่ย 68 นาโนเมตร ความหนาเฉลี่ย 26 นาโนเมตร ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์จะมีการเรียงตัวเป็นโครงสร้างลำดับถัดมา คือ โครงสร้างระดับปริซึมหรือแท่ง (Prism/rod) ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์จำนวนมากจะเรียงตัวอัดกันแน่นในรูปแบบคีโฮลด์ (Keyhold pattern) (ภาพที่ 3) รูปแบบคีโฮลด์ของปริซึมนั้นประกอบด้วยส่วนหัว (Head) และส่วนหาง (Tail) โดยส่วนหัวจะเรียงตัวในทิศทางสู่ด้านบดเคี้ยว (Occlusal or incisal direction) และส่วนหางจะเรียงตัวในทิศทางสู่ด้านคอฟัน (Cervical direction) โดยปกติส่วนหางของปริซึมจะอยู่ระหว่างส่วนหัวของปริซึมสองแท่งที่อยู่ติดกัน ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์จะมีการเรียงตัวแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณ บริเวณกลางของส่วนหัว ผลึกจะเรียงตัวเกือบขนานกับแนวแกนของปริซึม ในขณะที่บริเวณหาง

ของปริซึม ผลึกจะเรียงตัวทำมุมประมาณ 15-45 องศากับแนวแกนของปริซึม จึงทำให้ความไวต่อการเกิดการถูกละลายของแร่ธาตุ (Dissolution) ในแต่ละบริเวณของปริซึมจะมีความแตกต่างกัน[22, 23] นอกจากนี้การเรียงตัวของปริซึมในทิศทางดังกล่าวจะช่วยให้เกิดการกระจายแรงที่ลงบนด้านบนของตัวฟันได้ดี ทำให้ลดความเครียดบริเวณรับแรง ส่งผลให้ฟันแตกหักยากขึ้น[23]



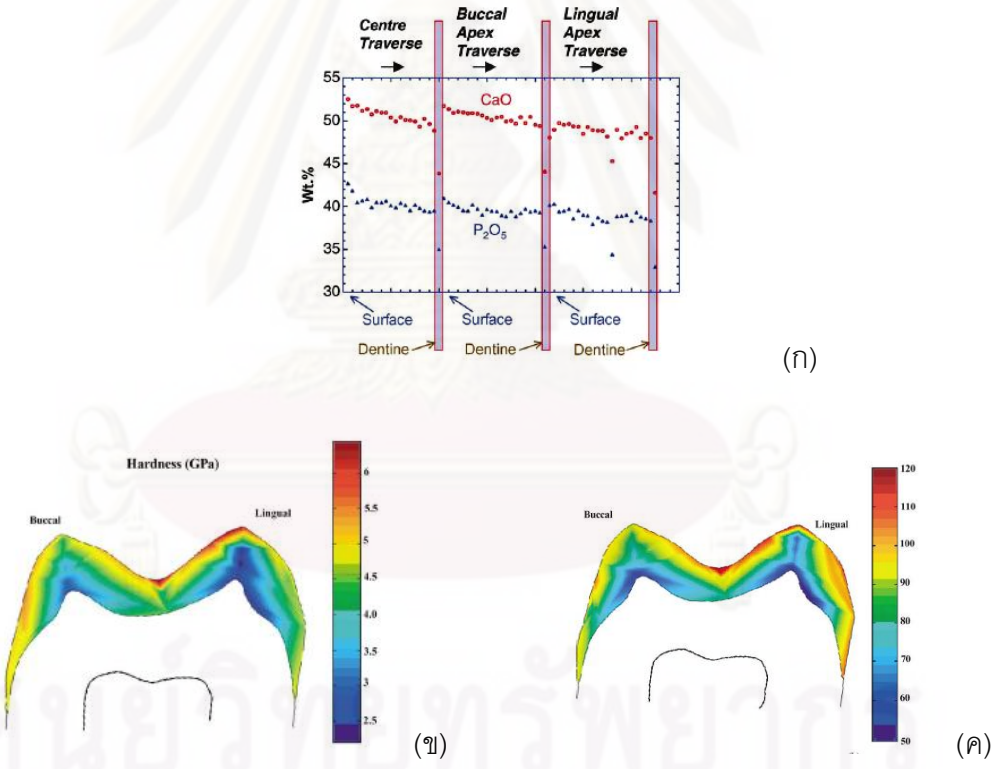
ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงลักษณะโครงสร้างไฮราคิคัลของเคลือบฟัน[24]



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงโครงสร้างระดับไมโครของเคลือบฟัน ปริซึมรูปแบบคีโฮลด์ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 5 ไมโครเมตร เรียงตัวขนานกัน ภายในประกอบด้วยผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์เรียงตัวในทิศทางต่างๆกันทั้งบริเวณหัวและหางของแท่ง[25]

ปริซึมจะมีการเรียงตัวอัดแน่นในลักษณะเป็นคลื่นโค้งจากรอยต่อเนื้อฟัน - เคลือบฟัน (Dentino-enamel junction) สู่ผิวด้านนอกของฟันสิ้นสุดก่อนถึงผิวด้านนอกของฟันเพียงไม่กี่ไมโครเมตรโดยที่บริเวณหนึ่งในสามใกล้กับรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเคลือบฟันจะเรียงตัวเป็นคลื่นโค้ง ส่วนบริเวณสองในสามถัดมาที่อยู่ติดกับผิวด้านนอกของฟันจะเรียงตัวค่อนข้างเป็นเส้นตรง ปริซึมถูกห่อหุ้มตลอดแนวแกนของด้วยแผ่นบางๆที่มีสารอินทรีย์อยู่มาก เรียก ออกานิกชีท ระหว่างปริซึมแต่ละแท่งจะถูกแยกจากกันโดยเคลือบฟันอินเตอร์ปริซมาติก ซึ่งมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก บริเวณผิวนอกสุดของเคลือบฟันคือเคลือบฟันอปริซมาติก ความหนาประมาณ 30 ไมโครเมตร ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ทั้งหมดจะเรียงตัวขนานกันและตั้งฉากกับแนวการสะสมแร่ธาตุเป็นชั้นๆของเคลือบฟัน ซึ่งเรียกว่า สไตรอ์ ออฟ เรทเซียส (Striae of Retzius)

องค์ประกอบทางเคมีของเคลือบฟันจะมีความแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฟันกรามแท้ พบว่าองค์ประกอบอนินทรีย์ได้แก่ สารประกอบแคลเซียมและฟอสฟอรัสจะพบอยู่ในปริมาณมากบริเวณผิวนอกของเคลือบฟันและจะค่อยๆลดลงเมื่อเข้าใกล้รอยต่อเนื้อฟัน-เคลือบฟัน ซึ่งสัมพันธ์กับความแข็งระดับนาโน (Nanohardness) และมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) กล่าวคือ ความแข็งและมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นบริเวณผิวเคลือบฟันด้านนอกจะมีค่ามากและจะลดลงเมื่อเข้าสู่รอยต่อเนื้อฟัน-เคลือบฟัน [26] (ภาพที่ 4) การที่ผิวฟันสัมผัสกับสารเคมีที่มีส่วนช่วยในการเสริมสร้างความแข็งแรงหรือองค์ประกอบที่ทำให้แร่ธาตุมาสะสมที่ผิวฟันมากขึ้นจะส่งผลให้ผิวฟันมีความแข็งแรงกว่าด้านในและยังมีความหนาแน่นมากกว่า ยากแก่การแทรกซึมของน้ำและอิออน [23] แต่ในทางกลับกัน หากผิวฟันสัมผัสกับสารเคมีที่มีความสามารถในการดึงแร่ธาตุหรือละลายผิวฟันได้ ผิวฟันก็อาจจะมีแร่ธาตุลดลงและมีความแข็งที่ลดลงตามด้วย [8, 16, 17, 27]



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 4 (ก) แผนภาพแสดงปริมาณของสารประกอบแคลเซียมและฟอสฟอรัสในเคลือบฟันแต่ละบริเวณ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีในฟันกรามแท้โดยใช้อิเลคตรอน -ไมโครโพรบ (Electron-microprobe) แผนภาพแสดงค่าความแข็งระดับนาโน (ข) และค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (ค) ของเคลือบฟันจากการทดสอบการกดระดับนาโนและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างภาพ [26]

จะเห็นได้ว่า ผิวเคลือบฟันด้านนอกซึ่งเป็นเคลือบฟันอปริซมาติกนี้ มีแร่ธาตุต่างๆมาสะสมอยู่ปริมาณมากจึงมีความแข็งมากกว่าด้านใน เมื่อมีการขัดหรือตัดผิวเคลือบฟันชั้นนอกสุดออกไป จะเป็นการกำจัดฟลูออโรอะพาไทท์ (Fluoroapatite) ออกไปด้วยและเปิดรอยต่อระหว่างผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ ทำให้ความสามารถในการถูกละลายของผลึกเพิ่มมากขึ้น[5, 21, 28] ดังนั้นการศึกษาการเกิดการสึกกร่อนในห้องปฏิบัติการซึ่งมีการขัดหรือตัดผิวเคลือบฟันชั้นนอกสุด จึงมักพบการสึกกร่อนมากกว่าการศึกษาในทางคลินิกเสมอ[15]

ในขณะที่องค์ประกอบอินทรีย์จะมีปริมาณมากที่รอยต่อเคลือบฟัน-เนื้อฟัน และจะลดลงเมื่อเข้าใกล้ผิวนอกของเคลือบฟัน[29] เคลือบฟันประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 3-4 โดยน้ำหนักในรูปแบบของน้ำอิสระและน้ำในรูปสารประกอบ (Free water and bound water)[30, 31] และมีรูพรุนขนาดเล็กทั้งภายในปริซึมและระหว่างปริซึม ขนาดรัศมีประมาณ 0.2-6 นาโนเมตร ซึ่งจะเป็นทางผ่านของน้ำ อิออน สารอินทรีย์ขนาดเล็กและสีย้อมและยังมีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของเคลือบฟันด้วย

2. ปัจจัยด้านร่างกายที่สัมพันธ์กับการสึกกร่อน

2.1 น้ำลาย มีบทบาทหลายอย่างในการช่วยป้องกันการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟัน[5, 14] ได้แก่

1. เจือจางและชะล้างอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด
2. การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) และความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด- ด่างของน้ำลาย (Buffering capacity) ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของกรดในอาหารและเครื่องดื่มจากผลของไบคาร์บอเนต (Bicarbonate)
3. คงสภาวะความอิ่มตัวยิ่งยวด (Supersaturated) ของแคลเซียมและฟอสเฟตบริเวณผิวฟัน
4. ช่วยในการสร้างเพลลิเคิล (Pellicle) จากโปรตีนและไกลโคโปรตีนในน้ำลาย ซึ่งเพลลิเคิลจะมีความสามารถในการป้องกันเคลือบฟันจากการสูญเสียแร่ธาตุจากกรด
5. เป็นแหล่งของแคลเซียม ฟอสเฟต และในบางครั้งอาจเป็นแหล่งของฟลูออไรด์ซึ่งมีความจำเป็นในการสะสมกลับของแร่ธาตุ

คุณสมบัติของน้ำลายในแง่ของความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำลาย และอัตราการไหลของน้ำลายที่ไม่ถูกกระตุ้นมีส่วนสำคัญต่อการเกิดการสึกกร่อน นอกจากนี้ระดับของไบคาร์บอเนตในน้ำลายยังสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำลาย เพราะฉะนั้น

น้ำลายที่ไหลช้าจึงมีความเป็นกรดมากขึ้นและมีความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำลายลดลง

2.2 ภาวะร่างกาย การสัมผัสของกรดในกระเพาะอาหารกับผิวเคลือบฟันโดยตรงทำให้เกิดการสึกกร่อนของฟัน ซึ่งพบได้ในผู้ป่ วยที่เป็นโรคทางระบบที่ส่งผลให้ผู้ป่วยมีการอาเจียนบ่อย เช่น โรคกระเพาะอาหาร ความเครียดที่ก่อให้เกิดการอาเจียน การอาเจียนจากผลข้างเคียงของยา ผู้ที่ป่วยเป็นโรคอะนอเรกเซีย เนอโวซา (Anorexia nervosa) โรคบูลลิเมีย เนอโวซา (Bullimia nervosa) ตลอดจนผู้ที่เป็นโรคแกสโทรอีโซฟาเจียล รีเกอกิเทชั่น (Gastroesophageal regurgitation) เมื่อเกิดการสัมผัสของกรดในกระเพาะอาหารกับผิวเคลือบฟันขึ้นอย่างต่อเนื่องจะเกิดการสึกกร่อนของฟันทางด้านลิ้น (Lingual) และด้านบดเคี้ยว (Occlusal) ได้

3. ปัจจัยภายนอกที่สัมพันธ์กับการเกิดฟันสึกกร่อน

กรดที่ทำให้ฟันสึกกร่อนแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ กรดภายในร่างกายและกรดภายนอกร่างกาย [5, 14] กรดภายในร่างกายได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนกรดจากภายนอกร่างกายได้แก่ การบริโภคเครื่องดื่มหรืออาหารที่มีความเป็นกรดสูง เช่น น้ำอัดลม น้ำส้มคั้น การอมหรือเคี้ยววิตามินซีปริมาณมากหรือบ่อยครั้ง การประกอบอาชีพในสภาวะแวดล้อมที่มีกรดหรือสัมผัสกรดเป็นเวลานาน เช่น ป ระกอบอาชีพในโรงงานผลิตแบตเตอรี่ นักชิมไวน์ นักกีฬาว่ายน้ำ เป็นต้น จึงนับว่าปัจจัยภายนอกที่ทำให้เกิดฟันสึกกร่อนเป็นผลมาจากพฤติกรรมการบริโภคของแต่ละบุคคลและวิถีในการดำรงชีวิตในสังคม

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อนของอาหารและเครื่องดื่ม ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง ความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด- ด่าง คุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาคีเลชั่นกับแคลเซียมและปริมาณของแคลเซียม ฟอสเฟตและฟลูออไรด์ในอาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งมีความสำคัญมากกว่าค่าความเป็นกรด- ด่างของอาหารและเครื่องดื่ม โดยพบว่าในโยเกิร์ตแ ละในนมเปรี้ยวซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำ (4.1-4.2) ไม่มีผลต่อค่าความแข็งของเคลือบฟัน เนื่องจากมีปริมาณแคลเซียมและฟอสเฟตมากกว่าอาหารและเครื่องดื่มชนิดอื่นที่มีค่าความเป็นกรดด่างใกล้เคียงกัน[1] นอกจากนี้ยังพบว่าความรุนแรงของการสึกกร่อนมีความสัมพันธ์กับความถี่ในการบริโภค[32] ระยะเวลาในการสัมผัสกับเครื่องดื่มและอุณหภูมิของเครื่องดื่ม โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิของเครื่องดื่มลดลง ความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อนจะลดลงเช่นกัน[33]

มีหลายการศึกษาที่เกี่ยวกับผลของเครื่องดื่มโคลาที่มีผลต่อค่าความแข็งของเคลือบฟัน เช่น การศึกษาของ Sukasame และคณะ[9] และการศึกษาของ Panich และ Poolthong[34] ซึ่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของเคลือบฟันจากการดื่มเครื่องดื่มโคลา โดยการวัดค่าความแข็ง ของเคลือบฟันระดับไมโครแบบวิคเกอร์ส พบว่าเครื่องดื่มโคลาทำให้เคลือบฟันมีค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก 244.81 VHN (Vickers Hardness Number) เป็น 207.40 VHN และจาก 335.66 VHN เป็น 288.72 VHN ตามลำดับ ในขณะที่ Devlin และคณะ[6] ได้ศึกษาค่าความแข็งของเคลือบฟันที่สัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาและน้ำลายเทียม โดยการวัดความแข็งระดับนาโน พบว่าเครื่องดื่มโคลาทำให้เคลือบฟันมีความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก 4.451 GPa เป็น 2.048 GPa

Wongkhantee และคณะ[8] ได้ศึกษาผลของเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดชนิดต่างๆ ต่อค่าความแข็งของเคลือบฟัน เนื้อฟันและวัสดุบูรณะต่างๆ โดยทำการศึกษาในฟันกรามน้อยมนุษย์ เครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดสำหรับการศึกษานี้ได้แก่ เครื่องดื่มโคลา น้ำส้ม เครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา นมโยเกิร์ตพร้อมดื่ม (Drinking yogurt) และน้ำซุปต้มยำ การศึกษานี้ทดสอบความแข็งโดยใช้การวัดความแข็งระดับไมโครแบบวิคเกอร์ส (Vickers hardness test) ผลการศึกษาพบว่าเครื่องดื่มโคลาเป็นเครื่องดื่มที่ทำให้ความแข็งของเคลือบฟัน เนื้อฟัน เรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลด์ (Microfilled resin composite) เรซินโมดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ (Resin modified glass ionomer) มีค่าลดลง โดยทำให้เคลือบฟันมีความแข็งลดลงจาก 271.9 VHN เป็น 172.1 VHN

4. **ปัจจัยด้านเวลา**

การสึกกร่อนของฟันจะเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยอื่นๆที่กล่าวมาข้างต้นอยู่ในกรอบของเวลาที่เหมาะสมกล่าวคือ ความถี่และระยะเวลาที่กรดสัมผัสกับฟันเพียงพอที่จะทำให้เกิดการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟัน มีการศึกษาที่พบว่าความถี่ในการบริโภคเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดสัมพันธ์กับความรุนแรงของการเกิดฟันสึกกร่อน โดยหากบริโภคบ่อยขึ้นจะทำให้ฟันกร่อนรุนแรงขึ้น[35] และหากให้ฟันสัมผัสกับเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดนานขึ้นจะทำให้เกิดการสึกกร่อนมากขึ้นด้วยเช่นกัน[36]

<u>การป้องกันความรุนแรงของการสึกกร่อน</u>

1. **การลดความถี่และและระยะเวลาในการสัมผัสระหว่างเคลือบฟันและกรด**

ในการป้องกันการสึกกร่อนจะต้องกำจัดแหล่งของกรดและป้องกันไม่ให้ฟันสัมผัส

กับกรด โดยถ้าสาเหตุมาจากอาหาร ควรลดความถี่ในการบริโภคอาหารนั้นลงและควรจำกัดการบริโภคอาหารนั้นในเฉพาะมื้อหลักเท่านั้น สำหรับการบริโภคเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด ควรดื่มเครื่องดื่มนั้นอย่างรวดเร็ว ไม่ควรจิบอย่างช้าๆและควรใช้หลอดดูดเครื่องดื่มเพื่อลดการสัมผัสของกรดกับผิวฟัน แต่ถ้าสาเหตุของการสึกกร่อนของฟันเกิดจากกรดภายในร่างกายจากภาวะหรือโรคทางระบบ เช่น การอาเจียน ความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ควรส่งผู้ป่วยไปปรึกษาแพทย์เพื่อรักษาหรือแก้ไขภาวะหรือโรคนั้นๆ[11]

2. **การกระตุ้นให้เกิดการหลั่งของน้ำลายและการสร้างเพลลิเคิล**

การป้องกันความรุนแรงของการสึกกร่อนสามารถทำได้โดยการส่งเสริมให้เกิดภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุ ได้แก่ การมีปริมาณแคลเซียมและฟอสเฟตที่เพียงพอและอยู่ในภาวะที่เป็นด่างหรือกลาง ซึ่งการ กระตุ้นการหลั่งของน้ำลายจะช่วยส่งเสริมให้เกิดภาวะดังกล่าวได้ นอกจากนี้น้ำลายยังมีคุณสมบัติในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างได้จากผลของไบคาร์บอเนต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาวะที่มีการกระตุ้นการไหลของน้ำลาย จะมีปริมาณของไบคาร์บอเนตมากกว่าภาวะปกติ จึงทำให้คุณสมบัติในก ารปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างมากกว่าในภาวะปกติ[11]

มิวซินซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการสร้างเพลลิเคิล จะพบมากในน้ำลายที่หลั่งมาจากต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกรล่าง (Submandibular gland) และต่อมน้ำลายใต้ลิ้น (Sublingual gland) เพลลิเคิลมีคุณสมบัติในการเป็นเยื่อเลือกผ่าน (Permeable membrane) จึงสามารถลดความรุนแรงของการสึกกร่อนลงได้[32, 37, 38] นอกจากนี้การกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายจะเพิ่มอัตราการสร้างเพลลิเคิลได้เช่นกัน

3. **การลดความรุนแรงโดยลดผลจากการขัดสี**

เนื่องจากเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อน จะมีความแข็งลดลง ทำให้ถูกขัดสีได้ง่าย มีการศึกษาพบว่าฟันที่ผ่านการสึกกร่อนด้วยน้ำส้มจะถูกขัดสีได้ด้วยแปรงสีฟัน ถึงแม้จะไม่ได้ใช้ยาสีฟันด้วยก็ตาม และเมื่อใช้ยาสีฟันร่วมด้วยจะทำให้สูญเสียเคลือบฟัน 2-4 ไมครอน จึงมีการแนะนำให้ผู้ป่วยที่มีฟันสึกกร่อนใช้ยาสีฟันที่ผสมผงขัดปริมาณน้อยและแนะนำไม่ให้ผู้ป่วยแปรงฟันทันทีหลังการรับประทานอาหารที่เป็นกรดอย่างน้อย 30 นาที[2, 11]

4. **การส่งเสริมให้ฟันมีความต้านทานต่อกรดและการสะสมกลับของแร่ธาตุ**

กระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุในการเกิดโรคฟันผุเป็นที่ศึกษากันมานาน

อย่างกว้างขวาง ในสารละลายที่จะทำให้เกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุจะต้องประกอบด้วย แคลเซียมและฟอสเฟตและอาจมีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบ โดยกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุของฟันเป็นการตกตะกอนของแคลเซียมและฟอสเฟตในรูปแบบต่างๆ เช่น บรูไชท์ (Brushite, $CaHPO_4$) ซึ่งเป็นวัฏภาค (Phase) ที่มีความสามารถในการละลายในกรดได้น้อย การตกตะกอนจะเกิดที่บริเวณอีนาเมลเมทริกซ์ (Enamel matrix) ในลักษณะของการซ่อมแซม ปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการซ่อมแซมเคลือบฟันที่ถูกทำให้อ่อนตัว ได้แก่น้ำลาย ดังได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ฟลูออไรด์ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการสะสมกลับของแร่ธาตุ มีการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า การเติมฟลูออไรด์ 20 พีพีเอ็มลงในน้ำดื่มจะช่วยลดการสึกกร่อนได้ ส่วนการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่ายาสีฟันผสมฟลูออไรด์ สามารถทำให้เกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุได้ในฟันวัวที่เกิดการสึกกร่อน[39] และมีการศึกษาที่พบว่าโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ร้อยละ 1.2 สามารถขัดขวางการทำให้เกิดการอ่อนตัวของเคลือบฟันจากการสึกกร่อนเมื่อแช่เคลือบฟันลงในเครื่องดื่มโคลาได้[12] นอกจากนี้เมื่อศึกษาในผู้ป่วยที่ได้รับรังสีรักษาและมีภาวะน้ำลายน้อยพบว่า การใช้น้ำยาบ้วนปากผสมฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.025 ร่วมกับการเคี้ยวเนยแข็งเป็นระยะเวลา 5 นาที สามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีความแข็งเพิ่มขึ้นได้[27] อย่างไรก็ตามในบางการศึกษาพบว่าฟลูออไรด์ไม่มีผลในการลดความรุนแรงในการสึกกร่อน โดย Larsen[13] พบว่าการเติมแคลเซียมฟลูออไรด์ลงในเครื่องดื่มชนิดต่างๆ รวมทั้งเครื่องดื่มโคลา ไม่มีผลลดความลึกของรอยโรคของการสึกกร่อน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากในภาวะที่เคลือบฟันแช่ในสารละลายกรดที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำ(pH 1-4) ทั้งไฮดรอกซีอะพาไทท์และฟลูออโรอะพาไทท์ต่างก็อยู่ในภาวะที่ต่ำกว่าจุดวิกฤต (Critical point) จึงเป็นผลให้ทั้งไฮดรอกซีอะพาไทท์และฟลูออโรอะพาไทท์ต่างก็ละลายตัวได้ในภาวะนี้เช่นกัน อย่างไรก็ตามฟลูออไรด์มีข้อจำกัดในการใช้งาน คือ การใช้ในปริมาณที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดพิษแบบเฉียบพลันได้และผลเสียในระยะยาว คือ ทำให้ฟันตกกระ จึงมีการศึกษาโดยใช้สารอื่นทดแทน ได้แก่ แคลเซียมและฟอสเฟต ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาถึงผลการเติมแคลเซียม ฟอสเฟตและฟลูออไรด์ลงในเครื่องดื่มต่างๆ พบว่าการเติมแคลเซียม ฟอสเฟตและฟลูออไรด์ลงในกรดซิตริก [40] และน้ำอัดลมชนิดต่างๆ[41] สามารถป้องกันการสึกกร่อนของเคลือบฟันได้เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เติมแคลเซียม ฟอสเฟตและฟลูออไรด์ รวมทั้งมีการศึกษาผลของการใช้ซีพีพี- เอซีพีซึ่งเป็นสารประกอบของเคซีนและแคลเซียมฟอสเฟตในการส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุด้วยเช่นกัน[7, 9, 42-44] นอกจากนี้ยังพบการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์ สามารถช่วยให้ฟันที่สึกกร่อนมีความแข็งเพิ่มขึ้นได้อีกด้วย ดังเช่น การศึกษาของ Sukasame และคณะ[9] และการศึกษาของ Panich และ Poolthong[34] พบว่าความแข็งของเคลือบฟันมนุษย์ที่ถูกทำให้สึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคล่าเพิ่มขึ้นได้เมื่อใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์ สอดคล้องกับการศึกษาโดย Tantbirojn และคณะ[7] ที่พบว่าการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์

ช่วยให้ฟันของสัตว์ทดลองมีความแข็งเพิ่มขึ้นหลังจากทำให้ฟันสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคล่า และยังมีการศึกษาพบว่าการเติมซีพีพี-เอซีพีลงในเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาช่วยลดความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อน ของเครื่องดื่มได้ [15]

<u>เคซีน ฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต</u>

เคซีนฟอสโฟเปปไทด์–อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตหรือ ซีพีพี-เอซีพี ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วน คือ (1) เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ และ (2) อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต

1. เคซีน ฟอสโฟเปบไทด์ (ซีพีพี)[45, 46] เป็นฟอสโฟเปปไทด์ที่ได้จากการใช้เอนไซม์ทริปซิน (Trypsin) ย่อยเคซีนในน้ำนมวัว และผลิตภัณฑ์จากนมและเนยแข็ง โดยในน้ำนมวัวจะประกอบไปด้วยโปรตีนหลัก 2 ชนิด คือ เคซีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำมีอยู่ประมาณ 80% ของโปรตีนทั้งหมดในน้ำนมวัว และส่วนที่เหลือเป็นเวย์โป รตีน (Whey protein) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ เคซีนมักจะอยู่ในรูปของสารประกอบที่สลับซับซ้อนกับแคลเซียมฟอสเฟต ทำหน้าที่ช่วยให้แคลเซียมและฟอสเฟตเสถียร (stabilize) เคซีนมีหลายกลุ่ม (Family) ได้แก่ แอลฟา (α) เบต้า (β) และแคปป้า (κ) ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีความสามารถในการรวมกับแคลเซียมและฟอสเฟตแตกต่างกันเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ α_{S2} casein > α_{S1} casein > β casein > κ casein

2. อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต (เอซีพี) เป็นสารประกอบของแคลเซียมและฟอสเฟตที่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายเจล มีความสามารถในการละลายสูง จึงสามารถละล ายได้อย่างรวดเร็วในของเหลวของร่างกายและสามารถเปลี่ยนเป็นอะพาไทท์ได้อย่างรวดเร็วเช่นกัน[47] เมื่อเปรียบเทียบเอซีพีกับสารประกอบของแคลเซียมและฟอสเฟตวัฏภาคอื่นๆ พบว่าในสภาวะช่องปากเชิงสรีระ (physiologic oral condition) เอซีพีมีอัตราการสร้างและอัตราการละลายมากที่สุด รวมทั้งสามารถเปลี่ยนไปเป็นผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้อย่างรวดเร็ว[48, 49]

1. ปฏิกิริยาระหว่างซีพีพีกับแคลเซียมฟอสเฟต

Reynolds และคณะ[46] ได้ทำการศึกษาโดยใช้ซีพีพีที่เตรียมได้จากเคซีน α_{S1} (59-79) ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมฟอสเฟต พบว่าเคซีน α_{S1} (59-79) 1 โมเลกุล จะสามารถรวมตัวกับแคลเซียมได้สูงสุด 24 อะตอม และรวมกับฟอสเฟตได้สูงสุด 16 อะตอม ซึ่งจะทำให้ได้แคลเซียมฟอสเฟตในหลายวัฏภาค ได้แก่ ไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxy apatite, HA) ออกตาแคลเซียมฟอสเฟต (Octacalciumphosphate, OCP) ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Tricalciumphosphate, TCP) อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต (Amorphous calciumphosphate, ACP) และไดแคลเซียมฟอสเฟตไดไฮเดรต (Dicalcium phosphate dihydrate, DCPD) การจะได้แคลเซียมฟอสเฟต

ในวัฏภาคใดนั้นขึ้นกับความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสเฟต และสภาวะความเป็นกรด- ด่าง ของสารละลาย โดยแคลเซียมฟอสเฟตที่สามารถรวมกับเคซีน α_{S1} (59-79) ได้อย่างอิสระโดยไม่ขึ้นกับสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ได้แก่ เอซีพี

ในการทำปฏิกิริยาของซีพีพีกับแคลเซียมฟอสเฟต ปฏิกิริยาจะเกิดที่บริเวณกลุ่มของฟอสโฟเซริล (-Ser(p)- Ser(p)- Ser(p)-Glu-Glu) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการทำปฏิกิริยากับเอซีพี โดยซีพีพีจะมีบทบาททำให้แคลเซียมฟอสเฟตมีเสถียรภาพในสารละลาย ช่วยป้องกันการตกผลึกของแคลเซียมฟอสเฟตตามธรรมชาติ (Spontaneous precipitation) นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวสะสมแร่ธาตุตามธรรมชาติ (Biomineralization) โดยจะทำหน้าที่เป็นนิวคลีเอเตอร์ (Nucleator) ช่วยส่งเสริมการโตของผลึก เนื่องจากซีพีพีเป็นโปรตีนที่มีความสามารถในการปรับรูปร่างให้เข้ากับพื้นผิวต่างๆได้ง่าย รวมทั้งในภาวะอสัณฐาน (Amorphous phase) ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่มีรูปร่าง จึงทำให้ซีพีพีสามารถรวมตัวกับแคลเซียมฟอสเฟตไอออนได้ง่ายและรวมตัวเป็นคลัสเตอร์ (Cluster) ขึ้นมาเพื่อป้องกันการโตจนถึงระดับวิกฤติของนิวเคลียสที่จะทำให้เกิดการตกผลึกตามธรรมชาติ

2. **คุณสมบัติของซีพีพี-เอซีพีต่อฟันสึกกร่อน**

2.1 ส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุเข้าสู่ตัวฟัน

ซีพีพี สามารถทำให้เอซีพีมีความคงทน และจำกัดเอซีพีให้อยู่ในแผ่นคราบจุลินทรีย์บริเวณผิวเคลือบฟัน ทำให้เป็นแหล่งสำรองขนาดใหญ่ของแคลเซียมและฟอสเฟต เมื่อค่าความเป็นกรดด่างลดต่ำกว่าค่าวิกฤติทำให้เอซีพีแยกออกจากกันเป็นแคลเซียมและฟอสเฟตอิออน จึงช่วยรักษาสภาพความอิ่มตัวของแคลเซียมและฟอสเฟต เพื่อให้พร้อมที่จะเข้าสู่ผิวเคลือบฟัน เป็นการส่งเสริมกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุ

2.2 ลดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟัน

ซีพีพี-เอซีพีจะช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวเคลือบฟัน เนื่องจากการจับกันของซีพีพี-เอซีพีจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน CPP$[Ca_3(PO_4)_{1.87}(HPO_4)_{0.2}..xH_2O]_8$ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นแหล่งของแคลเซียมและฟอสเฟต เมื่อมีกรดเกิดขึ้นจะทำให้แคลเซียมอิออน ฟอสเฟตอิออน แยกตัวออกมาอยู่ในแผ่นคราบจุลินทรีย์และช่วยปรับค่าความเป็นกรดด่างในแผ่นคราบจุลินทรีย์ให้เพิ่มขึ้น ช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟัน

มีการศึกษาหลายการศึกษา[7, 9, 15-17] ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของซีพีพี-เอซีพีต่อการเกิดฟันกร่อนดังแสดงในตารางที่1

ตารางที่1 สรุปผลการศึกษาต่างๆเกี่ยวกับผลของซีพีพี-เอซีพีต่อการเกิดฟันกร่อน[7, 9, 15-17]

ผู้วิจัย, ปี ค.ศ.	สารที่ทำให้เกิดฟันสึกกร่อน	ตัวอย่างที่นำมาศึกษา	การเตรียมชิ้นตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่างต่อกลุ่ม	สารที่ใช้ในการศึกษา	ผลการศึกษา	การวัดผล
Ramalingam และคณะ, 2005	เครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา	ฟันกรามแท้ซี่ที่ 3	ตัดและขัด	5	เติม ซีพีพี-เอซีพี ลงในเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา	การเติมซีพีพี-เอซีพีลงในเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา ช่วยทำให้ความสามารถในการทำให้ฟันสึกกร่อนลดลงได้โดยไม่มีผลต่อรสชาติของเครื่องดื่ม	Profilometer
Sukasame และคณะ, 2006	เครื่องดื่มโคล่า	ฟันกรามน้อย	ตัดและขัด	10	ทาซีพีพี-เอซีพีเพสต์หลังการสัมผัสเครื่องดื่มโคลา	ซีพีพี-เอซีพีเพสต์มีผลทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคล่ามีความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ	Vickers microhardness measurement
Yamaguchi และคณะ, 2006	0.1 M lactic acid	ฟันวัว	ตัดและขัด	6	ทาซีพีพี-เอซีพีเพสต์หลังการสัมผัสกรดแลคติก	ซีพีพี-เอซีพีเพสต์มีผลให้มีการคืนกลับของแร่ธาตุเข้าสู่ตัวฟันเพิ่มขึ้น	Ultrasonic pulse method
Rees และคณะ, 2007	0.2% citric acid	ฟันกรามแท้ซี่ที่ 3	ตัดและขัด	10	ทาโปรนาเมลและทูธมูส ก่อนการสัมผัสกรดซิตริก	การใช้ โปรนาเมลและทูธมูสมีผลป้องกันการสึกกร่อน	Profilometer
Tantbirojn และคณะ, 2008	เครื่องดื่มโคล่า	ฟันวัว	ตัดและขัด	16	ทาซีพีพี-เอซีพีเพสต์หลังการสัมผัสเครื่องดื่มโคลา	การใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์ช่วยให้ผิวเคลือบฟันมีความแข็งเพิ่มขึ้นภายหลังกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุด้วยน้ำลาย เป็นเวลา 48 ชั่วโมง	Knoop microhardness measurement
Panich และ Poolthong, 2009	เครื่องดื่มโคล่า	ฟันหน้าตัด	ไม่ตัดและไม่ขัด	10	ทาซีพีพี-เอซีพีเพสต์หลังการสัมผัสเครื่องดื่มโคลา	ซีพีพี-เอซีพีเพสต์มีผลทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคล่ามีความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ	Vickers microhardness measurement

3. ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆที่มีซีพีพี-เอซีพีเป็นส่วนประกอบ

เนื่องจากคุณสมบัติในการส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุเข้าสู่ตัวฟันและลดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันดังกล่าว รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากธรรมชาติ ทำให้ซีพีพี-เอซีพีมีความเหมาะสมที่จะนำมาเติมลงในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ยาสีฟัน หมากฝรั่ง น้ำยาบ้วนปาก สเปรย์ และครีมทาเฉพาะที่

การศึกษาถึงผลของซีพีพี-เอซีพี รูปแบบต่างๆในการต้านฟันผุ เช่นในเม็ดอม (Lozenge) ที่ปราศจากน้ำตาล[42]และในหมากฝรั่งที่ปราศจากน้ำตาล[43, 44, 50] พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีซีพีพี-เอซีพีเป็นส่วนประกอบจะช่วยส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุในฟัน ส่วนน้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของซีพีพี-เอซีพีจะช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุและสนับสนุนการสะสมกลับของแร่ธาตุ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำยาบ้วนปากที่มีซีพีพี-เอซีพีเป็นส่วนประกอบจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุเทียบเท่ากับโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 [51]

ซีพีพี-เอซีพี มีชื่อทางการค้าคือ Recaldent ® และ Phoscal ® โดย Recaldent ® ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา (Food and drug administration: FDA) ในปี ค .ศ.1999 ว่ามีความปลอดภัย ผลิตภัณฑ์ที่มี Recaldent ® เป็นส่วนประกอบ ได้แก่ หมากฝรั่งป ราศจากน้ำตาล “Trident” (Trident White, Trident for Kids ในประเทศสหรัฐอเมริกา Trident Advantage, Trident for Kids ในยุโรป Recaldent by Trident, Recaldent for Kids ในประเทศญี่ปุ่น และ Trident Recaldent ในประเทศไทย) ครีมทาเฉพาะที่ ได้แก่ GC Tooth Mousse (GC Asia Dental) โดยบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้เพื่อป้องกันฟันผุในผู้ป่วยจัดฟัน ป้องกันการเกิดฟันสึกกร่อน รักษาอาการเสียวฟันภายหลังการฟอกสีฟัน ขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน และใช้ร่วมกับฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ

Phoscal ® เป็นซีพีพี-เอซีพีที่ได้จากนมเช่นเดียวกับ Recaldent ® โดยผลิตภัณฑ์ที่มี Phoscal ® เป็นส่วนประกอบ ได้แก่ Dentacal Mouth Moistener ซึ่งเป็นสเปรย์ที่ให้ความชุ่มชื้นและหล่อลื่นในช่องปาก ใช้สำหรับผู้ป่วยที่ปากแห้ง (Xerostomia) และ Topacal C-5 ซึ่งเป็นครีมทาเฉพาะที่ใช้ในการป้องกันฟันผุและฟันสึกกร่อน โ ดยเฉพาะผู้ที่มีฟันผุทั้งปาก (Rampant caries)

Tooth Mousse® เป็นซีพีพี-เอซีพีในรูปแบบครีมทาเฉพาะที่ มีน้ำเป็นพื้นฐานและมีส่วนประกอบที่ปราศจากน้ำตาล โดยบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้เพื่อป้องกันฟันผุในผู้ป่วยจัดฟัน ป้องกันการเกิดฟันสึกกร่อน รักษาอาการเสียวฟันภายห ลังการฟอกสีฟัน ขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน และใช้ร่วมกับฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ ไม่แนะนำให้ใช้ในผู้ที่แพ้นมวัว เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนที่ได้จากนมวัว ชื่อทางการค้า

ฟลูออไรด์

เป็นสารประกอบของแร่ธาตุฟลูออรีน (Fluorine) ซึ่งเป็นธาตุในหมู่ฮาโลเจน (Halogen) ที่ระเหยได้ และเป็นธาตุที่มีประจุไฟฟ้าลบสูงที่สุด (Electronegative) จึงไม่สามารถอยู่ในธรรมชาติในรูปของธาตุเดี่ยวๆ โดยจะมีการจับกับธาตุอื่นๆเพื่อสร้างเป็นเคมิคัล คอมเพล็กซ์ (Chemical complexes) หรือเกลือฟลูออไรด์ ฟลูออไรด์สามารถพบได้ทั่วไปในธรรม ชาติ เช่น ในน้ำ อาหาร บรรยากาศ ดิน และหิน รวมทั้งเป็นสารประกอบส่วนสำคัญของฟัน จึงได้รับความนิยมในการทำมาใช้เพื่อป้องกันหรือยับยั้งการเกิดฟันผุ

คุณสมบัติของฟลูออไรด์ต่อฟันสึกกร่อน[52]

1. ลดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟัน

ฟลูออไรด์มีผลทำให้ฟันมีความต้านทานต่อกรดมากขึ้น เมื่อได้รับฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำ (น้อยกว่า 100 พีพีเอ็ม) ฟลูออไรด์จะกระตุ้นให้ผลึกที่มีความบกพร่อง (Defect) สมบูรณ์และมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ผลึกดังกล่าวมีความแข็งแรงมากขึ้น เมื่อได้รับฟลูออไรด์ความเข้มข้นมากขึ้น (มากกว่า 100 พีพีเอ็ม) ฟลูออไรด์จะเข้าไปแทนที่คาร์บอเนตในผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ เกิดเป็นฟลูออโรอะพาไทท์หรื อฟลูออโรไฮดรอกซีอะพาไทท์ (Fluorohydroxyapatite) ซึ่งมีความต้านทานต่อกรดมากกว่าไฮดรอกซีอะพาไทท์ และเมื่อได้รับฟลูออ ไรด์ความเข้มข้นสูง (มากกว่า 1,000 พีพีเอ็ม) จะเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทท์ เกิดเป็นแคลเซียมฟลูออไรด์ (Calcium fluoride, CaF_2) ที่ผิวฟัน[53]

2. ส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุเข้าสู่ตัวฟัน

เมื่อได้รับฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำ ฟลูออไรด์ร่วมกับแคลเซียมและฟอสเฟตจะแพร่เข้าสู่บริเวณรอยโรคฟันผุ มีการสร้างฟลูออโรอะพาไทท์หรือฟลูออโรไฮดรอกซีอะพาไทท์บริเวณรอยโรค ทำให้มีการสะสมกลับของแร่ธาตุ ยับยั้งการเกิดการลุ กลามของการเกิดฟันผุได้ และเมื่อได้รับฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูง จะเกิดการสะสมของแร่ธาตุบริเวณผิวนอกสุด เป็นการขัดขวางการผ่านเข้าไปสู่ชั้นด้านในของฟัน จึงเป็นการชะลอให้มีการสะสมแร่ธาตุภายในชั้นด้านในของฟันได้

มีการศึกษาหลายการศึกษา[13, 27, 54, 55] ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของฟลูออไรด์ต่อการเกิดฟันกร่อนดังแสดงในตารางที่2

ตารางที่ 2 สรุปผลการศึกษาต่างๆเกี่ยวกับผลของฟลูออไรด์ต่อการเกิดฟันกร่อน[13, 27, 54, 55]

ผู้วิจัย, ปี ค.ศ.	สารที่ทำให้เกิดฟันสึกกร่อน	ตัวอย่างที่นำมาศึกษา	การเตรียมชิ้นตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่างต่อกลุ่ม	สารที่ใช้ในการศึกษา	ผลการศึกษา	การวัดผล
Gedalia และคณะ, 1996	เครื่องดื่มน้ำส้ม	ฟันกราม	ตัดและขัด	10	น้ำยาบ้วนปากผสมฟลูออไรด์และซีส	ในผู้ป่วยที่ได้รับรังสีรักษาและมีภาวะน้ำลายน้อยพบว่า การใช้น้ำยาบ้วนปากผสมฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.025 ร่วมกับการเคี้ยวเนยแข็งเป็นระยะเวลา 5 นาที สามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อน มีความแข็งเพิ่มขึ้นได้	Vickers microhardness tester
Larsen, 2001	เครื่องดื่มต่างๆที่มีฤทธิ์เป็นกรด	ฟันกรามแท้ซี่ที่ 3	ไม่ตัดและไม่ขัด	1	เติมแคลเซียมฟลูออไรด์ลงในเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด	การเติมแคลเซียมฟลูออไรด์ลงในเครื่องดื่มชนิดต่างๆ รวมทั้งเครื่องดื่มโคลา ไม่มีผลลดความลึกของรอยโรคของการสึกกร่อน	microradiograph
Lagerweij และคณะ, 2006	0.052 M Citric acid	ฟันวัว	ไม่ตัด, ขัด	9	ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์และฟลูออไรด์เจล	การใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ (1,250 ppm) ร่วมกับฟลูออไรด์เจล (12,500 ppm) วันละ 2 ครั้ง หรือการใช้ฟลูออไรด์เจล (12,500 ppm) วันละ 8 ครั้ง สามารถป้องกันเคลือบฟันจากการกร่อนและการสึกจากการขัดสีได้	Profilometer
Rios และคณะ, 2008	เครื่องดื่มโคล่า	ฟันวัว	ตัดและขัด	20	ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์เข้มข้น	ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์เข้มข้นไม่มีผลในการป้องกันเคลือบฟันต่อการกร่อนและการกร่อนร่วมกับการสึกจากการขัดสีได้	Profilometer

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

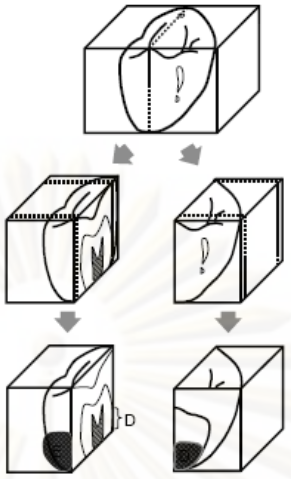
ผิวเคลือบฟันที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับฟันสึกกร่อน

เป็นที่น่าสังเกตว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ศึกษาโดยใช้ผิวเคลือบฟันที่ผ่านตัดและขัดผิวหน้าให้เรียบ[7, 9, 15-17] โดยผิวเคลือบฟันจะถูกขัดออกไปประมาณ 50-100 ไมครอน[15] จุดประสงค์ของการขัดผิวหน้าของเคลือบฟันก็เพื่อให้ได้พื้นผิวทดสอบที่เรียบเพื่อใช้สำหรับประเมินผลการสึกกร่อนด้วยเครื่องมือต่างๆเป็นผลให้ผิวเคลือบฟันที่ได้มีความแข็งน้อยลงและง่ายต่อการสึกกร่อนซึ่งอาจไม่เหมือนสภาวะที่แท้จริงทางคลินิก[18] อีกทั้งในสภาวะที่แท้จริงทางคลินิก ร่างกายมีกลไกตามธรรมชาติที่จะช่วยในการปกป้องผิวเคลือบฟันต่อการสึกกร่อน จึงเป็นไปได้ที่การสึกกร่อนที่เกิดขึ้นในห้องทดลองจึงเกิดขึ้นได้มากกว่าการสึกกร่อนในช่องปากประมาณ 10 เท่า[56]

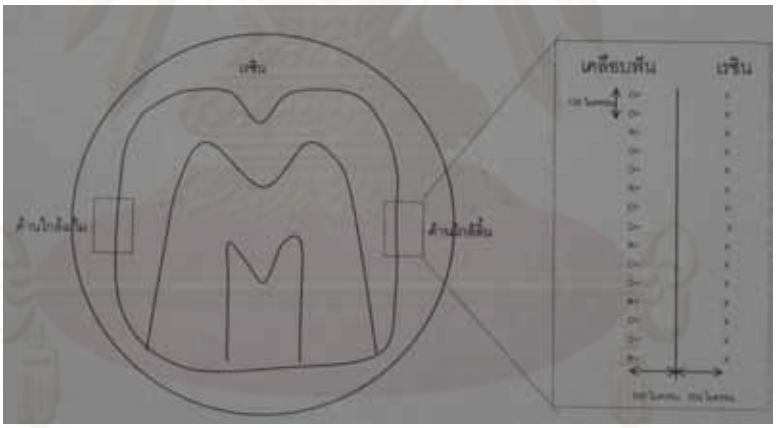
การเตรียมชิ้นตัวอย่างฟันของแต่ละการทดลองนั้นมีความแตกต่างกัน มีทั้งไม่มีการขัดพื้นผิวของเคลือบฟัน[18] การตัดและขัดฟันในหลายลักษณะ ยกตัวอย่างเช่นการศึกษาของ Wongkhantee และคณะ[8] ซึ่งเตรียมชิ้นตัวอย่างโดยแบ่งครึ่งฟันออกเป็น 2 ส่วนในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น (Bucco-lingual) สุ่มเลือกบริเวณที่จะทำการศึกษาโดยกำหนดให้ด้านใดด้านหนึ่ง (ด้านใกล้แก้มหรือใกล้ลิ้น) ของชิ้นตัวอย่างเป็นการศึกษาในเคลือบฟัน ส่วนอีกด้านเป็นการศึกษาในเนื้อฟัน ชิ้นตัวอย่างบริเวณที่จะทดสอบจะผ่านการตัดและขัดผิวด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide paper) และอะลูมินา สเลอร์รี่ (Alumina slurry) ตามลำดับจากหยาบไปละเอียดดังแสดงในภาพที่ 5

การศึกษาของ Sukasame และคณะ[9] ได้เตรียมชิ้นตัวอย่างโดยตัดจากเคลือบฟันกรามน้อยมนุษย์ แบ่งครึ่งฟันออกเป็น 2 ส่วนในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น ชิ้นตัวอย่างบริเวณที่จะทดสอบจะผ่านการขัดผิวด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์และผงขัดเพชรตามลำดับจากหยาบไปละเอียด วัดค่าความแข็งของเคลือบฟันบริเวณหน้าตัดด้านใน โดยกำหนดตำแหน่งกดที่ระยะห่างจากขอบนอกของเคลือบฟัน 200 ไมครอน ดังแสดงในภาพที่ 6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



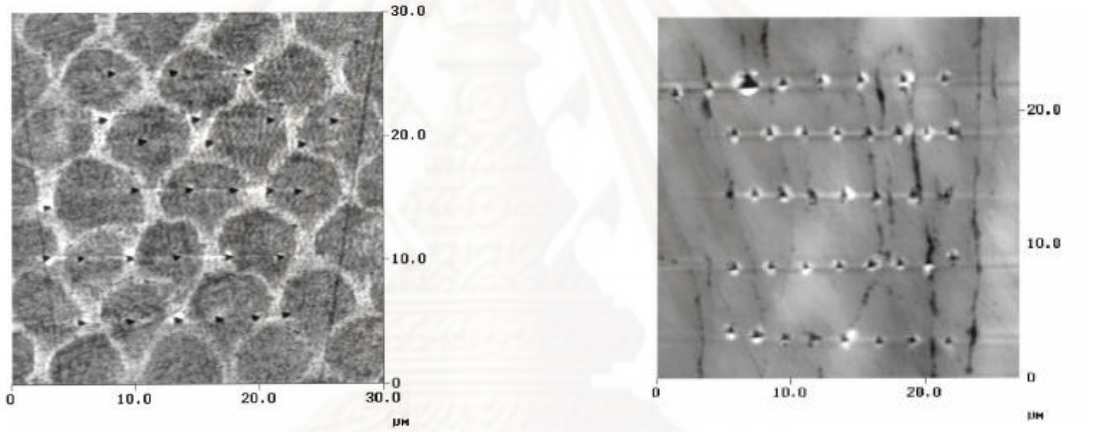
ภาพที่ 5 แผนภาพแสดงการเตรียมชิ้นตัวอย่างซึ่งเตรียมจากฟันกรามน้อยมนุษย์ E (เคลือบฟัน) D (เนื้อฟัน) เป็นพื้นที่บริเวณด้านใกล้แก้มหรือใกล้ลิ้นซึ่งถูกขัดเพื่อให้ได้พื้นผิวที่ราบ เหมาะกับการทดสอบความแข็งระดับไมโคร[8]



ภาพที่ 6 แผนภาพแสดงการเตรียมชิ้นตัวอย่างโดยตัดจากเคลือบฟันกรามน้อยมนุษย์แบ่งครึ่งฟันออกเป็น 2 ส่วนในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น ชิ้นตัวอย่างบริเวณที่จะทดสอบจะผ่านการขัดผิวด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ และผงขัดเพชร ตามลำดับจากหยาบไปละเอียด วัดค่าความแข็งของเคลือบฟันบริเวณหน้าตัดด้านใน โดยกำหนดตำแหน่งกดที่ระยะห่างจากขอบนอกของเคลือบฟัน 200 ไมครอน[9]

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นว่าการเรียงตัวของปริซึมจะแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณ ดังนั้นตำแหน่งที่ใช้ทดสอบที่แตกต่างกันจึงให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันด้วย การตัดฟ น

ในแนวขวาง (Cross sectional) จะเป็นการทดสอบการกดที่แรงกดกระทำกับด้านข้างของปริซึม ในขณะที่การตัดฟันในแนวยาว (Longitudinal) แรงกดจะกระทำกับหน้าตัดของปริซึม การศึกษาของ Habelitz และคณะ[57] ซึ่งใช้การทดสอบการกดในระดับนาโนมาศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของปริซึมที่เรียงตัวในทิศทางต่างๆกัน ชิ้นตัวอย่างในการศึกษานี้ผ่านการขัดด้วยกระดาษขัดซิลิกอนออกไซด์และผงขัดเพชรและทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิค รวมทั้งการใช้กรดซิตริกในการกัดผิวเคลือบฟันเพื่อเผยให้เห็นโครงสร้างในระดับไมโคร (Microstructure) พบว่าการกดในทิศทางที่แรงกระทำตั้งฉากกับแนวแกน (Axis) ของปริซึมจะให้ค่าความแข็ง (3.3 GPa) ที่น้อยกว่าการกดที่แรงกระทำขนานกับแนวแกนของปริซึม (3.8 GPa) อย่างมีนัยสำคัญ การกดในทิศทางต่างๆ แสดงดังภาพที่ 7



(ก) (ข)

ภาพที่ 7 (ก) แสดงภาพรอยกดในทิศทางขนานกับแนวแกนของปริซึม (ข) แสดงภาพรอยกดในทิศทางตั้งฉากกับแนวแกนของปริซึม

<u>เทคนิคการวัดฟันสึกกร่อนในห้องปฏิบัติการ</u>

ฟันสึกกร่อนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ มีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป ต้องใช้ระยะเวลานานจึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงทางคลินิกและการวัดฟันสึกกร่อนทางคลินิกอย่างแม่นยำทำได้ยาก นักวิจัยจึงมีความพยายามในการหาเครื่องมือที่ใช้ในการวัดฟันสึกกร่อนเชิงปริมาณทางห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากขึ้น และช่ วยให้ประเมินฟันสึกกร่อนได้ในระยะเริ่มแรก[56] นอกจากนี้เครื่องมือต่างๆยังคงมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถวัดการสึกกร่อนของฟันได้อย่างถูกต้องที่สุด การจะเลือกวิธีการใดวิธีการหนึ่ง ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของ

งานวิจัย ค่าใช้จ่าย และความสะดวกในการจัดหาเครื่องมือ เทคนิคการวัดการสึกกร่อนที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่

1. **การวัดความแข็ง** (Surface hardness)

เนื่องจากกระบวนการเกิดฟันสึกกร่อนทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุอย่างต่อเนื่อง เป็นผลให้ผิวฟันมีความแข็งลดลง ซึ่งค่าความแข็งที่เปลี่ยนแปลงไปนี้สามารถเป็นดัชนีชี้วัดการสูญเสียแร่ธาตุของฟันได้ การประเมินความแข็งของวัสดุทางทันตกรรม สามารถทำได้โดยวิธีการทดสอบความแข็งต่อสารขัดถู (Abrasive test) การทดสอบความแข็งต่อรอยขีดข่วน (Scratch test) หรือการทดสอบความแข็งโดยการกด (Indentation test) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีอื่นและมีข้อดีหลายประการ คือ ขั้นตอนและวิธีการทดสอบง่าย ราคาถูก และสามารถทำซ้ำได้ (Reproducible) [58] การวัดความแข็งที่นิยมใช้ในการวัดการสึกกร่อนมากที่สุด คือ การวัดด้วยเครื่องวัดความแข็งระดับไมโคร และต่อมามีการพัฒนาเป็นเครื่องวัดความแข็งในระดับนาโนที่วัดได้ค่าที่ละเอียดและแม่นยำมากขึ้นในความลึกที่น้อยกว่าการวัดระดับไมโคร [56]

การทดสอบความแข็งระดับไมโครโดยการกดมีหลักการ คือ ใช้หัวกดมากดบริเวณพื้นผิวที่จะทดสอบจนกระทั่งถึงแรงที่กำหนดไว้ จากนั้น จะคำนวณแรงกดต่อพื้นผิวสัมผัสที่เกิดขึ้นหลังจากหัวกดกดเรียบร้อยแล้ว[59] แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การทดสอบความแข็งระดับมาโคร (Macrohardness tests) จะใช้แรงกดมากกว่า 1 กิโลกรัม และการทดสอบความแข็งระดับไมโคร (Microhardness tests) จะใช้แรงกดน้อยกว่า 1 กิโลกรัม ซึ่งนิยมใช้ทางทันตกรรมมากกว่า การทดสอบความแข็งระดับไมโครมีหลายวิธีแต่วิธีที่นิยมที่สุดมีสองวิธี คือ การทดสอบความแข็งแบบนูป (Knoop hardness test) และแบบวิคเกอร์ส โดยมีหลักการคำนวณความแข็งจากค่าแรงที่ใช้ต่อหน่วยพื้นที่หลังจากหัวกดได้กดเรียบร้อยแล้ว[58] การทดสอบแบบนูป มีการใช้หัวเพชรรูปร่างปิรามิด (Diamond pyramidal indentation) ที่ทำให้รอยกดเป็นรูปขนมเปียกปูน (Rhomboid shape) และความยาวของเส้นทแยงมุม (Diagonal) ของรอยกดจะถูกนำมาคำนวณเป็นค่าความแข็งและมีหน่วยเป็น Knoop hardness number (KHN) โดยที่ชิ้นงานที่จะใช้ในการทดสอบแบบนูปจะต้องขัดและมีพื้นผิวที่เรียบ[60] ส่วนการทดสอบความแข็งแบบวิคเกอร์สนั้น มีหลักการกดเหมือนกับการทดสอบแบบนูป หัวกดจะใช้หัวกดเพชรรูปร่างปิรามิดที่มีมุม 136 องศา ทำให้ได้รอยกดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square shape) ดังแสดงในภาพที่ 9 การวัดความแข็งแบบวิคเกอร์สเหมาะสำหรับวัดความแข็งของวัสดุที่มีความเปราะ จึงมีความเหมาะสมในการนำมาวัดความแข็งของโครงสร้างฟัน[61] นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบแบบนูปที่แรงระดับเดียวกัน รอยกดของวิคเกอร์สจะลึกกว่ารอยกดของนูป นั่นคือ การทดสอบแบบวิคเกอร์สมีความไว

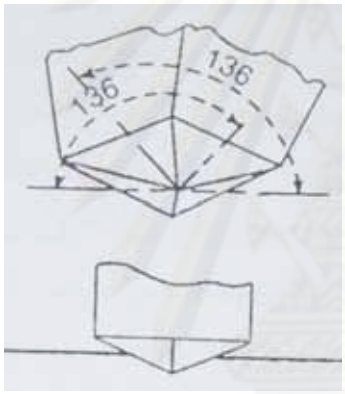
(Sensitivity) ต่อลักษณะพื้นผิวเรียบของวัสดุที่ทดสอบน้อยกว่า การทดสอบแบบวิคเกอร์ส มีหน่วยเป็นวิคเกอร์ ฮาร์ดเนส นัมเบอร์ (Vickers hardness number, VHN) โดยค่าความแข็งคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของความยาวของเส้นทแยงมุมของรอยกด ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยมีสูตรคือ[62]

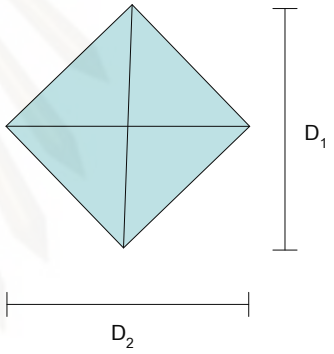
ความแข็ง (H) = น้ำหนักที่ใช้กด (F) / พื้นที่ของรอยกด (A)

โดยพื้นที่ของรอยกด (A) = $D^2 / 1.854$

และ $D^2 = [(D_1 + D_2) / 2]^2$

เมื่อ D_1 และ D_2 = ความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดรูปปิรามิดทั้ง 2 แนว





ก ข

ภาพที่ 8 (ก) แสดงลักษณะของหัวกดและรอยกดของการวัดความแข็งแบบวิคเกอร์ส[62] (ข) แสดงภาพจำลองรอยกดที่จะนำมาใช้ในการคำนวณค่าความแข็งตามสูตร (ดัดแปลงจากภาพประกอบหนังสือของเจน รัตนไพศาล)[62]

2. **เครื่องวัดความขรุขระผิว** (Profilometry)

ใช้ในการวัดความขรุขระของผิวเคลือบฟัน เป็นวิธีการที่ทำง่าย และรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณความลึก และปริมาณของเคลือบฟันที่สูญเสียไปได้ด้วย เครื่องมือนี้สามารถวัดความขรุขระได้โดยการใช้แท่งโลหะปลายแหลม (Metal stylus) เคลื่อนผ่านไปบนพื้นผิวที่ต้องการทดสอบ ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นเครื่องวัดความขรุขระผิวโดยใช้เลเซอร์ (Laser profilometry) เป็นตัวสแกนบนพื้นผิว เลเซอร์นี้จะไม่สัมผัสกับชิ้นงานจึงไม่ทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนผิวของชิ้นงาน อย่างไรก็ตาม การวัดความขรุขระของพื้นผิวนั้นเป็นการวัดปริมาณของเคลือบ

ฟันที่สูญเสียไปจึงเป็นการวัดการสึกกร่อนที่เกิดขึ้นในระดับที่รุนแรงกว่าการวัดการสึกกร่อนด้วยการวัดความแข็ง

3. **การใช้ไมโครเรดิโอกราฟ** (Microradiograph)

เป็นการวัดความหนาแน่นของแร่ธาตุ โดยบันทึกรังสีที่แพร่ผ่านผิวเคลือบฟันในรูปโฟโตกราฟฟิกเพลท (Photographic plate) หรือโฟโตเคาน์เตอร์ (Photo counter) สามารถทราบถึงปริมาณแร่ธาตุที่สูญเสียไป ส่วนใหญ่ใช้ในการศึกษาโรคฟันผุ[56]

4. **การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี** (Chemical analysis)

เป็นการคำนวณความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสเฟตอิออนที่ละลายออกมาในสารละลาย และยังสามารถคำนวณอัตราการละลายของแร่ธาตุได้อีกด้วย มีประโยชน์ในการวัดการสึกกร่อนของผิวเคลือบฟันที่แท้จริง เนื่องจากไม่จำเป็นต้องขัดผิวเคลือบฟัน[56]

5. **การบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์** (Microscopy techniques)

เพื่อบันทึกภาพผิวเคลือบฟันที่เปลี่ยนแปลงไป มักใช้เป็นเครื่องมือเสริมร่วมกับเครื่องมือหลักชนิดอื่น[56]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นฟันตัดล่างที่ถูกถอนของมนุษย์ ที่ปราศจากรอยผุ รอยอุด รอยแตกร้าว หรือลักษณะที่ผิดปกติต่างๆ ได้แก่ ฟันที่มีจุดขาวคล้ายชอล์ก ฟันเปลี่ยนสี ฟันตกกระ เคลือบฟันไฮโปเพลเซีย ซึ่งในการศึกษานี้ผิวเคลือบฟันจะไม่ผ่านการตัดหรือขัดจากขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่าง
2. การคำนวณขนาดตัวอย่าง (n) ต่อกลุ่ม

สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างต่อกลุ่ม สำหรับการการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร

$$n = \frac{2\sigma^2 (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

$$\sigma^2 = S_p^2 = (S_1^2 + S_2^2)$$

โดยที่ σ^2 = ความแปรปรวนของประชากร (variance)

S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard. Deviation)

$Z_{1-\alpha/2}$ = ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับα

$Z_{1-\beta}$ = ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับβ

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

กำหนด α = 0.05 $Z_{1-\alpha/2}$ ที่ 95% แทนค่า 1.96

กำหนด β = 0.05 $Z_{1-\beta}$ มี power ที่ 90% แทนค่า 1.648

จากการศึกษานำร่อง ได้ค่าเฉลี่ยของประชากรและส่ วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดลอง

	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6
ค่าเฉลี่ย	285.33	317.1	290.18	293.97	328.37	282.29
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	9.79	9.18	5.92	10.02	17.81	20.79

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้ นำมาแทนค่าในสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบทุกคู่จากกลุ่มการทดลอง จะได้ค่าขนาดตัวอย่าง (n) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าจำนวนขนาดตัวอย่าง (n)

เปรียบเทียบกลุ่มทดสอบ	μ_1	S_1	μ_2	S_2	σ^2	n
กลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2	285.33	9.79	317.1	9.18	90.06	2.32
กลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3	285.33	9.79	290.18	5.92	65.45	72.44
กลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 4	285.33	9.79	293.97	10.02	98.12	34.22
กลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 5	285.33	9.79	328.37	17.81	206.52	2.90
กลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 6	285.33	9.79	282.29	20.79	264.03	743.83
กลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3	317.1	9.18	290.18	5.92	59.66	2.14
กลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 4	317.1	9.18	293.97	10.02	92.34	4.49
กลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 5	317.1	9.18	328.37	17.81	200.73	41.15
กลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 6	317.1	9.18	282.29	20.79	258.25	5.55
กลุ่มที่ 3 กับกลุ่มที่ 4	290.18	5.92	293.97	10.02	67.72	122.75
กลุ่มที่ 3 กับกลุ่มที่ 5	290.18	5.92	328.37	17.81	176.12	3.14
กลุ่มที่ 3 กับกลุ่มที่ 6	290.18	5.92	282.29	20.79	233.64	97.17
กลุ่มที่ 4 กับกลุ่มที่ 5	293.97	10.02	328.37	17.81	208.80	4.59
กลุ่มที่ 4 กับกลุ่มที่ 6	293.97	10.02	282.29	20.79	266.31	50.82
กลุ่มที่ 5กับกลุ่มที่ 6	328.37	17.81	282.29	20.79	374.71	4.59

เพื่อให้สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆในการทดลองละครั้งให้มีความเหมือนกัน อันจะเป็นการลดข้อผิดพลาด (Error) ที่มีผลต่อผลการทดลองและเนื่องจากข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาในการทำวิจัย ในการศึกษานี้จึงจะใช้จำนวนตัวอย่างต่อกลุ่มเท่ากับการศึกษาของ Sukasame และคณะ [9] และ Panich และ Poolthong [34] คือจำนวนตัวอย่าง 10 ชิ้นต่อกลุ่ม

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. สารละลายฟอร์มาลินนิวทรัลบัฟเฟอร์ความเข้มข้นร้อยละ 10 (Univar, Ajax Finechem, New Zealand)
2. น้ำลายเทียม (ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย)
3. น้ำปราศจากประจุ (ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย)
4. เรซินหล่อใส (ศึกษาภัณฑ์พานิช, ประเทศไทย)
5. เครื่องดื่มโคลาชนิดกระป๋อง (โค้ก, บริษัทไทยน้ำทิพย์จำกัด, ประเทศไทย)
6. ซีพีพี-เอซีพีเพสต์ (Tooth Mousse, GC Corp., Japan)
7. ฟลูออไรด์เจล (PreviDent® GEL, Colgate Oral Pharmaceuticals Inc., USA)

รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการทำวิจัยแสดงในตารางที่ 5

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิก (Ultrasonic scaler, Thai Dental product, ประเทศไทย)
2. เครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ (ISOMET™ 1000, BUEHLER, USA)
3. เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter, ORION Model 420A, ORION Research Inc, USA)
4. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (CONTHERM 160M, CONTHERM Scientific Ltd., New Zealand)
5. ตู้เย็นเก็บสารตัวอย่าง (Sandenintercool, บริษัทซันเด้น อินเตอร์คูล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย) ควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส
6. มาตรความขนาน (Paralellometer)
7. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (รุ่น SBA 31, Scaltec, Germany)
8. เครื่องวัดความแข็งระดับไมโคร (Micro-Hardness Tester, FM-700e TYPE D, FUTURE-TECH, Japan)

ตารางที่ 5 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุ	บริษัทผู้ผลิต	ส่วนประกอบ	ค่าความเป็นกรดด่าง
เครื่องดื่มโคลา (โค้ก)	บริษัทไทยน้ำทิพย์จำกัด, ประเทศไทย	Carbonated water, 10 % Sugar, flavors	2.70
ซีพีพี-เอซีพี เพสต์ (Tooth Mousse)	GC Corp., Japan	Pure water, Glycerol, CPP-ACP, (D-sorbitol), Silicon dioxide, Xylitol, Phosphoric acid, Guar gum, Zinc oxide, Sodium saccharin, (Ethyl p-hydroxybenzoate), Magnesium oxide, Butyl p-hydroxybenzoate, Propyl p-hydroxybenzoate	6.60
ฟลูออไรด์เจล (PreviDent® GEL)	Colgate Oral Pharmaceuticals Inc., USA	Sodium fluoride 1.1% (w/v), Purified water , Sorbitol solution 70%, Hydroxyethylcellulose, Pluronic F-127, Sodium saccharin, Methyl paraben, Titanium dioxide, Propylparaben, Certified dyes (FD&C Red #40 In Bing Cherry and Very Berry flavors, FD&C Blue #1 in Fresh mint flavor	7.00
น้ำลายเทียม	ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	Potassium chloride BP 0.650 กรัม, Magnesium chloride BP 0.058 กรัม, Calcium chloride BP 0.165 กรัม, Dipotassium hydrogen phosphate USP 0.804 กรัม, Potassium hydrogen phosphate USP 0.365 กรัม , Sodium carboxymethylcellulose BP 7.8 กรัม, Sodium benzoate 2.0 กรัม และเติมน้ำปราศจากอิออนจนมีปริมาตรเท่ากับ 1 ลิตร	6.73
น้ำปราศจากประจุ	ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		6.34

การคัดเลือกตัวอย่าง

คัดเลือกฟันตัดล่างที่ถูกถอนของมนุษย์จำนวน 60 ซี่ ด้วยตาเปล่า โดยฟันจะต้องปราศจากรอยผุ อุด กร่อน สึก ร้าว หรือลักษณะที่ผิดปกติต่างๆ ได้แก่ ฟันที่มีจุดขาวคล้ายชอล์ก ฟันเปลี่ยนสี ฟันตกกระ เคลือบฟันไฮโปเพลเซีย ฟันที่นำมาทดสอบต้องได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ครั้งที่ 4/2552 จากนั้นนำฟันมาฆ่าเชื้อโดยการเก็บรักษาฟันในสารละลายฟอร์มาลินนิวทรัลบัฟเฟอร์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาไม่เกิน 3 เดือน

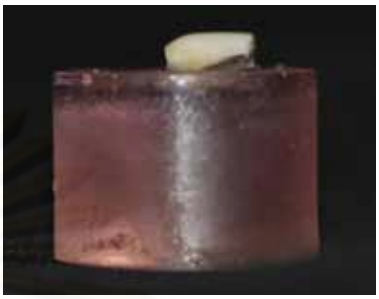
การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

ก่อนนำฟันมาใช้งาน ให้ล้างฟันที่เก็บรักษาในสารละลายฟอร์มาลินนิวทรัลบัฟเฟอร์ด้วยน้ำปราศจากประจุ กำจัดหินน้ำลายและเนื้อเยื่อส่วนที่เหลือ (Remnant tissues) ด้วยเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิก (Ultrasonic scaler) จากนั้นใช้เครื่องตัดฟันความเร็วต่ำในการตัดรากฟันออกไปให้เหลือเฉพาะส่วนตัวฟัน โดยตัดห่างจากจุดต่ำสุดของรอยต่อเคลือบรากฟัน-เคลือบฟัน (Cemento-enamel junction) 1 มิลลิเมตร ให้ใช้น้ำพ่นเพื่อระบายความร้อนตลอดระหว่างการตัด นำชิ้นฟันมาฝังในเรซินหล่อใส โดยวางฟันให้ด้านลิ้น (Lingual) ของฟันฝังอยู่ในเรซิน และครึ่งด้านริมฝีปาก (Labial) อยู่เหนือเรซินและได้ระนาบขนานกับพื้น โดยการใช้มาตรความขนาน ดังภาพที่ 9 รอจนกระทั่งเรซินหล่อใสแข็งตัวเป็นเวลาอย่างน้อย 10 ชั่วโมง เก็บรักษาชิ้นตัวอย่างในน้ำลายเทียมในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

การวัดความแข็งก่อนการทดลองด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวระดับไมโคร

ก่อนนำชิ้นตัวอย่างฟันมาวัดความแข็งผิว ให้ล้างด้วยน้ำปราศจากประจุปริมาตร 10 มิลลิลิตร และซับด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที ตรวจสอบความขนานของตำแหน่งที่จะวัดความแข็งอีกครั้งโดยมองผ่านจอมอนิเตอร์ที่ต่อกับกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 500 เท่า บริเวณที่ได้ระนาบจะมองเห็นพื้นผิวมีความคมชัดเท่าๆกัน เลือกตำแหน่งที่จะใช้ในการวัดความแข็งให้พื้นผิวมีความขรุขระหรือรอยขีดข่วนน้อยที่สุด จากนั้นวัดความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวระดับไมโครโดยใช้หัวกดวิคเกอร์ส น้ำหนักในการกด 100 กรัม และเวลาในการกด 15 วินาที ต่อ 1 รอยกด ทำการกด 5 รอยกด โดยแต่ละรอยกดมีระยะห่าง 120 ไมโครเมตรในแนวแกน Y[34] เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 5 จุด เป็นค่าความแข็งก่อนการทดลอง (Ho)

ก



ข

ภาพที่ 9 (ก) แสดงภาพมาตรความขนานใช้สำหรับการหาพื้นที่ในการกดที่มีระนาบขนานพื้น (ข) แสดงชิ้นตัวอย่างที่ได้จากการฝังชิ้นฟันในเรซินหล่อใส

การสุ่มแบ่งกลุ่มตัวอย่าง

โดยจำลองจากสภาพจริงในการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา โดยการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลเคลือบที่ฟันหลังจากแปรงฟันในตอนเช้า หลังจากนั้นจึงดื่มเครื่องดื่มโคลาจำนวน 3 กระป๋องต่อวัน แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้นตัวอย่างดังนี้

กลุ่มที่ 1 การป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุโดยการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์ร่วมกับน้ำปราศจากประจุ

1. ซับชิ้นตัวอย่างด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที ใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์น้ำหนัก 0.1 กรัม เคลือบบนเคลือบฟัน โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
2. แช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำปราศจากประจุปริมาตร 32.5 มิลลิลิตร

กลุ่มที่ 2 การป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุโดยการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์ร่วมกับน้ำลายเทียม

1. ซับชิ้นตัวอย่างด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที ใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์น้ำหนัก 0.1 กรัม เคลือบบนเคลือบฟัน
2. แช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำลายเทียมปริมาตร 32.5 มิลลิลิตรเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

กลุ่มที่ 3 การป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุโดยการใช้น้ำลายเทียม

แช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำลายเทียมปริมาตร 32.5 มิลลิลิตร

กลุ่มที่ 4 การป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุโดยการใช้ฟลูออไรด์เจลร่วมกับน้ำปราศจากประจุ

1. ซับชิ้นตัวอย่างด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที ใช้ฟลูออไรด์เจลน้ำหนัก 0.1 กรัม เคลือบบนเคลือบฟัน
2. แช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำปราศจากประจุปริมาตร 32.5 มิลลิลิตร

กลุ่มที่ 5 การป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุโดยการใช้ฟลูออไรด์เจลร่วมกับน้ำลายเทียม

1. ซับชิ้นตัวอย่างด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที ใช้ฟลูออไรด์เจลน้ำหนัก 0.1 กรัม เคลือบบนเคลือบฟัน
2. แช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำลายเทียมปริมาตร 32.5 มิลลิลิตร

กลุ่มที่ 6 กลุ่มควบคุม โดยการแช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำปราศจากประจุ

แช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำปราศจากประจุปริมาตร 32.5 มิลลิลิตร

แช่ชิ้นตัวอย่างในสารละลายของแต่ละกลุ่มเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

การทำให้เคลือบฟันสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา

วัดค่าความเป็นกรดด่างของเครื่องดื่มโคลาด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดด่าง ในการจำลองการดื่มโคลา 1 กระป๋อง ทำโดยแช่ชิ้นตัวอย่างลงในเครื่องดื่มโคลาที่เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเพิ่งเปิดฝากระป๋อง ปริมาตร 32.5 มิลลิลิตรเป็นเวลา 5 วินาทีสลับกับน้ำลายเทียมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาตร 32.5 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 วินาที จำนวน 10 รอบ ตามการจำลองการดื่มเครื่องดื่มโคลา 1 กระป๋อง[8, 9, 34] แล้วจึงแช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำลายเทียมปริมาตร 32.5 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

จำลองการดื่มโคลาอีก 2 กระป๋องดังรายละเอียดข้างต้น ในการจำลองการดื่มโคลากระป๋องสุดท้าย หลังจากแช่ชิ้นตัวอย่างในโคลาสลับกับน้ำลายเทียมแล้ว ให้ล้างชิ้นตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากประจุปริมาตร 10 มิลลิลิตร ซับด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นจึงวัด

ความแข็งของเคลือบฟันที่ผ่านการทำให้สึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา รายละเอียดการทดสอบการกดเหมือนกับการกดก่อนการทดลอง แต่ตำแหน่งที่ใช้ทดสอบอยู่ห่างจากตำแหน่งที่หนึ่งของการทดสอบก่อนการทดลองไปทางด้านล่างเป็นระยะทาง 60 ไมโครเมตร สำหรับทั้ง 5 จุดกด เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 5 จุดเป็นค่าความแข็งหลังการสึกกร่อน (Hd)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ค่าที่ได้จากการวัดความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งระดับไมโคร มีหน่วยเป็น วิคเกอร์ส ฮาร์ ดเนส นัมเบอร์ ซึ่งแบ่งเป็นค่าความแข็งก่อนการทดลองและหลังการสึกกร่อน นำมาบันทึกผลลงในตารางบันทึกผล ในภาคผนวก

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้โปรมสำเร็จรูปเอส พี เอส เอส (SPSS version 13.0) และกำหนดค่านัยสำคัญที่ $p< 0.05$ โดยประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษาดังนี้

1. ในการทดสอบความเหมือนกัน (Homogeneous) ของตัวอย่างที่เลือกมา สถิติที่ใช้ทดสอบได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ของค่าความแข็งเคลือบฟันก่อนการสึกกร่อน
2. ในการทดสอบผลของเครื่องดื่มโคลาต่อความแข็งของผิวเคลือบฟันที่มีการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุด้วยสารต่างๆ สถิติที่ใช้ทดสอบได้แก่ สถิติแพร์-แซมเปิล ที เทสท์ (Paired-sample t test) ระหว่างค่าความแข็งของผิวเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการสึกกร่อน
3. ในการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารที่ใช้ในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุและสารละลายที่ใช้แช่ฟันต่อค่าความแข็งของเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา สถิติที่ใช้ทดสอบได้แก่ สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two Way ANOVA) ของค่าความแข็งของผิวเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน
4. ในการทดสอบผลของการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุด้วยซีพีพี-เอซีพีเพสต์เทียบกับฟลูออไรด์เจลจากการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา สถิติที่ใช้ทดสอบได้แก่ สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ของค่าความแข็งของผิวเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการสึกกร่อน แสดงดังตารางที่ 6-11 และเมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการสึกกร่อนของแต่ละกลุ่มตัวอย่างไปทดสอบการกระจายของข้อมูล พบว่าการกระจายของข้อมูลเป็นการกระจายแบบปกติ (p >0.05) ในทุกกลุ่มตัวอย่าง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงใช้สถิติพารามิเตอร์

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการสึกกร่อนของแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	ค่าความแข็งก่อนการทดลอง Ho (VHN)			ค่าความแข็งหลังการสึกกร่อน Hd (VHN)		
	Mean±SD	Maximum	Minimum	Mean±SD	Maximum	Minimum
1 (ซีพีพี-เอซีพี + น้ำปราศจากประจุ)	344.20 ±12.4	359.84	323.96	303.25± 15.8	319.92	274.42
2 (ซีพีพี-เอซีพี +น้ำลายเทียม)	343.60 ± 11.7	359.84	324.62	332.18 ± 15.1	363.56	307.56
3 (น้ำลายเทียม)	343.24 ±10.6	364.22	328.84	301.30 ± 9.2	313.02	283.58
4 (ฟลูออไรด์ + น้ำปราศจากประจุ)	344.11 ± 8.1	355.16	327.38	298.44 ± 18.9	343.50	271.32
5 (ฟลูออไรด์ + น้ำลายเทียม)	343.91 ± 10.1	358.84	325.84	334.48 ± 10.9	345.20	308.78
6 (น้ำปราศจากประจุ)	342.68 ± 7.4	356.24	334.16	288.28 ± 11.4	299.86	258.92

เมื่อนำค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองมาวิเคราะห์พบว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองของแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) แสดงให้เห็นว่าเคลือบฟันที่เลือกมาในแต่ละกลุ่มมีความเหมือนกัน โดยค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองมีค่า 343.62 VHN เมื่อศึกษาถึงผลของปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างสารที่ใช้เคลือบเพื่อป้องกันค่าความแข็งเคลือบฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลากับสารละลายที่ใช้แช่ฟัน พบว่าปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความแข็งหลังการสึกกร่อน (p<0.05)

เมื่อนำสารต่างๆมาเคลือบที่เคลือบฟันเพื่อป้องกันค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังจากสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา พบว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองในทุกกลุ่มมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (p <0.05) ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยที่ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1 (ซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำปราศจากประจุ) กลุ่มที่ 3 (น้ำลายเทียม) กลุ่มที่ 4 (ฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำปราศจากประจุ) และกลุ่มที่ 6 (น้ำปราศจากประจุ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p <0.05) ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองของกลุ่มที่ 2 (ซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียม) และกลุ่มที่ 5 (ฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียม) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่ามากกว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองของกลุ่มที่1 3 4 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง หลังการสึกกร่อน ค่าความแข็งที่ลดลงและร้อยละค่าความแข็งที่ลดลงของแต่ละกลุ่ม

	Ho	Hd	ค่าความแข็งที่ลดลง	ร้อยละค่าความแข็งที่ลดลง
กลุ่มที่ 1	344.20	303.25	40.95	11.89
กลุ่มที่ 2	343.60	332.18	11.42	3.32
กลุ่มที่ 3	343.24	301.30	41.94	12.21
กลุ่มที่ 4	344.11	298.44	45.67	13.27
กลุ่มที่ 5	343.91	334.48	9.43	2.74
กลุ่มที่ 6	342.68	288.28	54.40	15.87

ตารางที่ 8 แสดงค่าโอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างของค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองระหว่างแต่ละกลุ่ม เมื่อทดสอบด้วย Scheffe

	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6
กลุ่มที่ 1	-	0.002**	1.000	0.988	0.001**	0.346
กลุ่มที่ 2	0.002**	-	0.001**	0.000**	1.000	0.000**
กลุ่มที่ 3	1.000	0.001**	-	0.999	0.000**	0.509
กลุ่มที่ 4	0.988	0.000**	0.999	-	0.000**	0.753
กลุ่มที่ 5	0.001**	1.000	0.000**	0.000**	-	0.000**
กลุ่มที่ 6	0.346	0.000**	0.509	0.753	0.000**	-

(**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

ฟันสึกกร่อนเป็นปัญหาทางสุขภาพช่องปากที่พบมากขึ้นในปัจจุบัน เป็นผลจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดเพิ่มมากขึ้น[1, 5, 35] การให้การรักษาทางทันตกรรมในผู้ป่วยที่มีฟันสึกกร่อนรุนแรงมักจะทำได้ค่อนข้างยากและมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการลดความรุนแรงของการสึกกร่อนหรือการป้องกัน น่าจะเป็นการจัดการปัญหาดังกล่าวได้ดีกว่าการรักษา การลดความรุนแรงของการสึกกร่อนสามารถทำได้โดยส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุและการส่งเสริมให้ฟันมีความต้านทานต่อกรด ซึ่งมีหลายการศึกษาที่สนับสนุนการนำฟลูออไรด์[27]และซีพีพี-เอซีพี[7, 9, 17, 34]มาใช้ช่วยในการสะสมกลับของแร่ธาตุของฟันหลังจากที่ฟันสัมผัสอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด โดยปกติฟันที่มีการสูญเสียแร่ธาตุจะมีการอ่อนตัวลงและมีความต้านทานต่อการสึกกร่อนลดลง การนำสารดังกล่าวมาใช้เพื่อช่วยการสะสมกลับของแร่ธาตุนั้น อาจเป็นการช่วย ส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุในฟันที่เกิดการสึกกร่อนไปแล้ว การป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุจากการสัมผัสอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า จึงนำมาซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ที่มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลในการป้องกันการอ่อนตัวของผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา

เพื่อให้สามารถจำลองสภาพในช่องปากจริง ในปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับบริเวณที่ฟันสัมผัสกับเครื่องดื่ม ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้เลือกใช้ฟันตัดล่างของมนุษย์ที่ถูกถอน และไม่ผ่านการตัดหรือขัดในขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากฟันตัดล่างมีผิวด้านริมฝีปากที่มีลักษณะทางกายวิภาคที่ค่อนข้างเรียบแบน จึงมีพื้นที่ที่เรียบและได้ระนาบขนาดใหญ่เพียงพอที่จะใช้สำหรับการวัดความแข็งระดับไมโคร

การศึกษานี้ได้คำนึงถึงการควบคุมการติดเชื้อของฟันที่ถูกถอนเพื่อจะนำมาใช้ในการศึกษาและสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาฟันที่ไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของฟัน จึงได้ใช้สารละลายฟอร์มาลินนิวทรัล-บัฟเฟอร์ มาใช้ฆ่าเชื้อฟันเพื่อป้องกันการปนเปื้อนต่อผู้วิจัยและกำจัดการแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการในงานวิจัย ทั้งนี้เนื่อง จากฟอร์มาลินนิวทรัล-บัฟเฟอร์มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโดยที่ไม่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆของฟัน[63, 64] และใช้น้ำปราศจากประจุเป็นสารละลายในกลุ่มควบคุมและในขั้นตอนต่างๆในการทดลอง เนื่องจากน้ำปราศจากประจุไม่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆของฟันด้วยเช่นกัน[65]

การวัดความแข็งในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการวัดบนผิวเคลือบฟันที่ไม่ผ่านการตัดหรือขัด พบว่าค่าความแข็งเคลือบฟันก่อนการทดลองซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 342.68-344.20 VHN มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Panich และคณะ[34] ที่มีการวัดความแข็งของเคลือบฟันที่ไม่ผ่านการตัดหรือขัดเช่นกัน โดยได้ค่าความแข็งเคลือบฟันก่อนการทดลองอยู่ในช่วง 330.067-345.736 VHN แต่เมื่อเทียบค่าความแข็งเคลือบฟันก่อนการทดลองครั้งนี้กับหลายการศึกษาที่ผ่านมา[7-9, 18] ที่มีการขัดผิวหน้าของเคลือบฟันหรือการตัดขวางตัวฟันและทดสอบเคลือบฟันด้านใน พบว่าความแข็งจากการทดลองในครั้งนี้มีค่าความแข็งสูงกว่าการศึกษาที่มีการตัดและขัดผิวฟันให้เรียบ เช่น การศึกษาของ Sukasame และคณะ[9] ที่มีการเตรียมชิ้นตัวอย่างโดยตัดและขัดเคลือบฟันและวัดค่าความแข็งของเคลือบฟันบริเวณหน้าตัดด้านใน มีค่าความแข็งก่อนการทดลอง 239.09-248.31 VHN หรือการศึกษาของ Seow และ Thong[18] ที่มีค่าความแข็งก่อนการทดลอง 283.3-299.8 VHN ค่าความแข็งที่วัดหลังการตัดหรือขัดมีค่าน้อยกว่าการวัดโดยไม่ผ่านการตัดหรือขัดนั้น เนื่องจาก ความแข็งและมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นบริเวณผิวเคลือบฟันด้านนอกจะมีค่ามากและจะลดลงเมื่อเข้าสู่รอยต่อเนื้อฟัน-เคลือบฟัน[26] การตัดหรือขัดเคลือบฟันนั้นส่งผลให้เกิดการสูญเสียผิวเคลือบฟันอปริซมาติกชั้นนอกสุดซึ่งมีความแข็งแรงและทนทานต่อกรดมากที่สุดออกไป และเปิดรอยต่อระหว่างผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ ส่งผลให้ความสามารถในการถูกละลายของผลึกเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการทดสอบกับผิวฟันที่ไม่ถูกตัดหรือขัดจะเป็นการจำลองการทดลองให้ใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด

ในการทดลองนี้ได้จำลองสภาพจริงในการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา โดยการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลเคลือบที่ฟันหลังจากแปรงฟันในตอนเช้า หลังจากนั้นจึงดื่มเครื่องดื่มโคลาจำนวน 3 กระป๋องต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนทางทดลองและหลังการสึกกร่อนในแต่ละกลุ่ม พ บว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า ทั้งซีพีพี- เอซีพีและฟลูออไรด์ไม่สามารถป้องกันค่าความแข็งจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาได้ และเมื่อศึกษาถึงผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารที่ใช้เคลือบเพื่อป้องกันการลดลงของค่าความแข็งเคลือบฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลากับสารละลายที่ใช้แช่ฟัน พบว่าทั้งซีพีพี- เอซีพีและฟลูออไรด์มีอิทธิพลร่วมกับน้ำลายเทียมต่อค่าความแข็งหลังการสึกกร่อน ดังจะเห็นได้จากค่าความแข็งหลังการสึกกร่อนของกลุ่มที่ 2 (ซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียม) และกลุ่มที่ 5 (ฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียม) มีค่ามากกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าความแข็งของเคลือบฟันลดลงร้อยละ 3.32 และ 2.74 ตามลำดับ

น้ำลายมีบทบาทสำคัญหลายประการในการช่วยป้องกันการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟันและซ่อมแซมโครงสร้างของฟันตามธรรมชาติ[5, 14] มีหลายการศึกษาที่พบว่าน้ำลายมีส่วนช่วยให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น[19, 66] นอกจากนี้ยังมีหลายการศึกษาที่พบว่าน้ำลายเทียมมีส่วนช่วยให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน[67-70] ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำน้ำลายเทียมซึ่งเป็นสูตรเดียวกับการศึกษาของ Sakasame และคณะ[9] และ Panich และ Poolthong[34] มาใช้เป็นสารละลายที่ใช้แช่ฟันในขั้นตอนต่างๆในการทดลอง เพื่อควบคุมให้น้ำลายที่ใช้แช่มีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่เหมือนกันในทุกกลุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้พบว่าน้ำลายเทียมเพียงอย่างเดียวไม่มีส่วนช่วยในการลดการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาได้ ซึ่งอาจมีส่วนมาจากความแตกต่างของน้ำลายเทียมกับน้ำลายมนุษย์ คือ น้ำลายเทียมไม่สามารถสร้างเพลลิเคิลซึ่งมีความสำคัญในการป้องกันฟันจากการสึกกร่อน[32, 37, 38] และมีความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด- ด่างได้ไม่เท่าเทียมกับน้ำลายธรรมชาติ[5, 14] ในการศึกษาต่อเนื่องจากการทดลองครั้งนี้ น่าจะมีการนำน้ำลายมนุษย์มาร่วมทดสอบโดยทำการควบคุมน้ำลายให้มีองค์ประกอบของแร่ธาตุเหมือนกันทุกครั้งที่ทำการเก็บ

ในการนำฟลูออไรด์มาใช้เพื่อช่วยในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุนั้น มีหลายการศึกษาที่พบว่าฟลูออไรด์มีผลในการช่วยลดการสึกกร่อนได้[12, 71-74] เช่นการศึกษาของ Sorvari และคณะได้นำฟลูออไรด์ 2 รูปแบบ ได้แก่ โซเดียมฟลูออไรด์วานิช (ฟลูออไรด์ร้อยละ 2.26) และสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ (ฟลูออไรด์ร้อยละ 1.2) มาใช้ในการป้องกันการสึกกร่อนของเคลือบฟันจากเครื่องดื่มโคลา พบว่าค่าความแข็งหลังการสึกกร่อนของเคลือบฟันของกลุ่มที่มีการใช้ฟลูออไรด์มีค่ามากกว่าค่าความแข็งหลังการสึกกร่อนของเคลือบฟันของกลุ่มที่ไม่มีการใช้ฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญ[12] เมื่อใช้ฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงมากกว่า 1,000 พีพีเอ็ม เคลือบบนฟัน จะ เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างฟลูออไรด์และแคลเซียม เกิดเป็นชั้นของแคลเซียม-ฟลูออไรด์เคลือบบนผิวฟันและแผ่นคราบจุลินทรีย์[13, 53] ชั้นของแคลเซียม-ฟลูออไรด์นี้จะคงทนอยู่บนผิวฟันนานหลายสัปดาห์ นอกจากนั้นยัง ไม่ละลายในน้ำลายและสภาวะที่เป็นกลาง เมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด ชั้นของแคลเซียมฟลูออไรด์นี้จะแตกตัวปลดปล่อยฟลูออไรด์อิออนและแคลเซียมอิออนออกมาเป็นการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุและช่วยในการสะสมกลับของแร่ธาตุได้ โดยมีกลไกดังนี้ ในสภาวะที่เป็นกรด H^+ จะทำปฏิกิริยากับ PO_4^{3-} ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทำให้เกิดการยึดติดของ Ca^{2+} ในผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ กลายเป็น HPO_4^{2-} ส่งผลให้เกิดความไม่เสถียรขึ้นภายในผลึก จึงทำให้มีการสูญเสีย Ca^{2+}ออกจากผลึก ด้วยเหตุ ที่ฟลูออไรด์เป็นอิออนที่มีสภาพไฟฟ้าลบสูงและมีความไวในการเกิดปฏิกิริยากับอะตอมไฮโดรเจน F^- จะทำปฏิกิริยากับ HPO_4^{2-} โดยดึงไฮโดรเจนออกจาก HPO_4^{2-} ในผลึกแล้วรวมตัวเป็น HF ในขณะเดียวกันก็มีผลทำให้ HPO_4^{2-} ในผลึกถูกเปลี่ยนกลับ

กลายเป็น PO_4^{3-} ซึ่งจะต้องมีการนำ Ca^{2+} กลับเข้าไปในผลึกเพื่อทำให้เกิดความเสถียร[75] นอกจากนั้นฟลูออไรด์อิออนยังจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมอิออนและฟอตเฟตอิออนที่ได้จากการละลายผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์จากกรด ทำให้มีการสะสมกลับของแร่ธาตุในรูปของผลึกฟลูออโรไฮดรอกซีอะพาไทท์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งผลึกฟลูออโรไฮดรอกซีอะพาไทท์ที่เกิดใหม่นี้จะเคลือบบนผิวของผลึกที่ถูกทำลาย และทำให้เกิดผิวใหม่ที่คงทนต่อกรดได้มากกว่าไฮดรอกซีอะพาไทท์[76] นอกจากนั้น หากชั้นของแคลเซียมและฟลูออไรด์มีความหนามาก ก็จะช่วยป้องกันการซึมผ่านของกรดไปยังผิวฟันได้[53] อย่างไรก็ตามมีหลายการศึกษาที่พบว่าฟลูออไรด์ไม่มีความสามารถป้องกันการสึกกร่อนของฟันจากเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดได้[13, 77, 78] เช่นการศึกษาของ Larsen [13] ที่มีการเติมแคลเซียมฟลูออไรด์ลงในเครื่องดื่มชนิดต่างๆรวมทั้งเครื่องดื่มโคลา พบว่าการการเติมแคลเซียมฟลูออไรด์ลงในเครื่องดื่มไม่มีผลในการลดความลึกของรอยโรคของการสึกกร่อน ส่วนการศึกษาครั้งนี้ที่ได้มีจำลองการใช้ฟลูออไรด์เจลในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา โดยการใช้ฟลูออไรด์เจลเคลือบที่ฟันหลังจากแปรงฟันในตอนเช้า หลังจากนั้นจึงดื่มเครื่องดื่มโคลาจำนวน 3 กระป๋องต่อวัน พบว่าฟลูออไรด์ไม่สามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันจากการสัมผัสเครื่องดื่มโคลาได้ ดังจะเห็นได้จาก ค่าความแข็งหลังการสึกกร่อนของกลุ่ม 4 (ฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำปราศจากประจุ) และกลุ่ม 5 (ฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียม) มีค่าลดลงแตกต่างจากค่าความแข็งก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ การที่จะเกิดแคลเซียม- ฟลูออไรด์ได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของฟลูออไรด์และการละลายของแคลเซียมจากเคลือบฟันที่จะเป็นแหล่งของแคลเซียมที่จะมาทำปฏิกิริยากับฟลูออไรด์ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อฟลูออไรด์ที่ใช้เคลือบฟันนั้นมีความเป็นกรด แต่ในการศึกษาครั้งนี้ใช้โซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็ม และค่าความเป็นกรดเท่ากับ 7.00 จึงอาจทำให้ไม่มีการละลายของแคลเซียมออกจากเคลือบฟัน แคลเซียมที่จะมาทำปฏิกิริยากับฟลูออไรด์นั้นน่าจะมาจากน้ำลายเทียมที่มีปริมาณของแคลเซียมคลอไรด์ บีพี 0.165 กรัม ดังนั้นชั้นของแคลเซียมฟลูออไรด์ที่เกิดขึ้นอาจจะมีความหนาไม่มากพอที่จะป้องกันการซึมผ่านของกรดไปสู่ผิวฟัน และปริมาณของแคลเซียมฟลูออไรด์ที่เกิดขึ้นอาจจะเป็นแหล่งสำรองของแคลเซียมและฟลูออไรด์ที่ไม่เพียงพอสำหรับการป้องกันการเกิดกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุได้ โดยเฉพาะต้องมาเจอกับความเป็นกรดที่สูงของเครื่องดื่มโคลา

ส่วนการนำซีพีพี-เอซีพีมาใช้เพื่อช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุของฟันนั้น มีการศึกษาที่พบว่าซีพีพี-เอซีพีหากทาหลังจากการแช่ในเครื่องดื่มโคลา จะส่งเสริมการคืนกลับของความแข็งและสามารถช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุได้[9, 34] เมื่อทำการทาหลังจากเกิดการสูญเสียแร่ธาตุไปแล้วจะมีการดึงแร่ธาตุจากสภาพแวดล้อมที่อิ่มไปด้วยแคลเซียมและฟอสเฟตกลับคืนสู่ผิวฟัน ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ที่ทำการทาซีพีพี-เอซีพีก่อน โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะป้องกันการ

ลดลงของความแข็งผิวฟันพบว่าค่าความแข็งหลังการสึกกร่อนของกลุ่มที่ 1 (ซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำปราศจากประจุ) และกลุ่มที่ 2 (ซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียม) มีค่าแตกต่างจากค่าความแข็งก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าซีพีพี- เอซีพีไม่สามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันได้ อย่างไรก็ตามค่าความ แข็งหลังการสึกกร่อนของกลุ่มที่ 2 ก็มีค่ามากกว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อนของกลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่กลุ่มที่ 2 มีค่าความแข็งของเคลือบฟันลดลงร้อยละ 3.32 มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 ที่มีค่าความแข็งของเคลือบฟันลดลงร้อยละ 11.89 แสดงถึงว่าซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียม ไม่สามารถป้องกันการกัดกร่อนของกรดจากเครื่องดื่มโคลา แต่สามารถลดบรรเทาความรุนแรงลงได้ กลไกในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของซีพีพี-เอซีพีเกิดจากการหลายกระบวนการได้แก่การคงสภาพความอิ่มตัวยิ่งยวดของแคลเซียมและฟอสเฟต การสะเทินความเป็น กรด นอกจากนั้นซีพีพี-เอซีพียังมีบายดิ้งไซต์ (Binding site) ในคราบจุลินทรีย์ที่ตำแหน่งเดียวกับแคลเซียม โดยซีพีพี-เอซีพีมีความดึงดูด (Affinity) กับบายดิ้งไซต์ในคราบจุลินทรีย์เป็น 2 เท่าของแคลเซียมอิสระ ทำให้เมื่อมีซีพีพี-เอซีพีอยู่ในคราบจุลินทรีย์ จะลดการแพร่ของแคลเซียมเข้าสู่คราบจุลินทรีย์ จึงเป็นการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันได้ ในสภาพความเป็นจริง เมื่อทำการเคลือบซีพีพี- เอซีพีที่ฟัน ซีพีพี-เอซีพีจะเข้าไปอยู่ในคราบจุลินทรีย์และบนผิวเคลือบฟัน แต่ใน การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการซึ่งไม่มีคราบจุลินทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นซีพีพี-เอซีพีจึงอยู่เฉพาะบนเคลือบฟัน ซึ่งอาจมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะช่วยในการสะเทินความเป็นกรดและคงสภาพความอิ่มตัวยิ่งยวดของแคลฃเซียมและฟอสเฟต จึงไม่สามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันได้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีกลุ่มที่ 1 (ซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำปราศจากประจุ) และกลุ่มที่ 4 (ฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำปราศจากประจุ) เพื่อเป็นกลุ่มเปรียบเทียบให้เห็นผลของน้ำลายเทียมที่อาจมีต่อค่าความแข็งหลังการสึกร่อนของเคลือบฟัน นอกจากนั้นยังอาจเปรียบกลุ่มการศึกษา 2 กลุ่มนี้เป็นตัวแทนของบุคคลที่ไม่มีน้ำลายหรือมีน้ำลายปริมาณน้อย ที่เกิดจากโรคทางระบบ หรือการได้รับรังสีรักษาบริเวณใบหน้าและขากรรไกร จากผลการศึกษาที่พบว่า ในกลุ่มที่ 2 (ซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียม) และกลุ่มที่ 5 (ฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียม) มีค่าความแข็งหลังการสึกกร่อนมากกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญนั้น จึงเป็นข้อพิจารณาสำหรับการนำซีพีพี-เอซีพีและฟลูออไรด์มาใช้ในบุคคลที่มีปริมาณน้ำลายน้อยว่า ควรจะมีการใช้ร่วมกับน้ำลายเทียมเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันได้ดียิ่งขึ้น

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า แร่ธาตุที่มีความสำคัญในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุและการสะสมกลับของแร่ธาตุได้แก่ แคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ มีการศึกษาที่พบว่าการเติมแคลเซียม ฟอสเฟตและฟลูออไรด์ลงในกรดซิตริก [40] และน้ำอัดลมชนิดต่างๆ[41] สามารถป้องกันการสึกกร่อนของเคลือบฟันได้เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เติมแคลเซียม ฟอสเฟตและ

ฟลูออไรด์ และจากการศึกษาของ Reynolds และคณะ[50] พบว่าเมื่อใช้ซีพีพี-เอซีพีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ร่วมกับโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม จะสามารถต้านทานการเกิดโรคฟันผุได้มากกว่าการได้รับซีพีพี-เอซีพีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 หรือได้รับโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มเพียงชนิดเดียว ทั้งนี้เนื่องจากฟลูออไรด์สามารถรวมเข้ากับเอซีพีที่ถูกทำให้เสถียรโดยซีพีพี ได้เป็นอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟลูออไรด์ฟอสเฟต (Amorphous calcium fluoride phosphate) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นอกจากซีพีพีจะเป็นตัวกลาง ที่ดีในการขนส่งแคลเซียมและฟอสเฟตไปยังคราบจุลินทรีย์และผิวฟันแล้ว ซีพีพียังเป็นตัวกลางที่ดีในการขนส่งฟลูออไรด์ด้วยเช่นกัน[46, 50] ในการศึกษาครั้งนี้ก็พบว่าถึงแม้แคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ จะไม่สามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันได้ แต่ก็สามารถลดความรุนแรงของการสูญเสียแร่ธาตุได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป น่าจะมีการศึกษาถึงผลร่วมกันของซีพีพี-เอซีพีและฟลูออไรด์ที่มีต่อการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุและการสะสมกลับของแร่ธาตุ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา โดยการใช้ซีพีพี-เอซีพีเพสต์หรือฟลูออไรด์เจลเคลือบที่ฟัน หลังจากนั้นจึงให้สัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาจำนวน 3 ครั้ง เป็นที่น่าสังเกตว่าผลของซีพีพี-เอซีพีและฟลูออไรด์ในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลานั้น อาจจะจำกัดอยู่เฉพาะที่การสัมผัสเครื่องดื่มโคลาในครั้งที่ 1 หรือครั้งที่ 2 ก็เป็นได้ ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป น่าจะมีการศึกษาผลของซีพีพี- เอซีพีและฟลูออไรด์ในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาเพียง 1 ครั้ง ซึ่งอาจจะสามารถนำมาซึ่งข้อแนะนำถึงความถี่ในการใช้สารดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุหรือการส่งเสริมกลับของแร่ธาตุได้ดียิ่งขึ้น เช่น อาจมีการได้รับซีพีพี- เอซีพีซ้ำระหว่างวันในรูปแบบอื่น เช่น หมากฝรั่ง เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของเคลือบฟันแสดงถึงการสูญเสียแร่ธาตุหรือการสะสมกลับของแร่ธาตุ เนื่องจากมีการศึกษาที่พบว่าฟันสึกกร่อนจะมีค่าความแข็งของเคลือบฟันลดลง และในทางตรงกันข้ามฟันที่มีการคืนกลับของแร่ธาตุจะมีค่าความแข็งของเคลือบฟันเพิ่มขึ้น[19] ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้การวัดความแข็งระดับไมโครของเคลือบฟันเป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง ข้อพิจารณาในการใช้แรงกดนั้น หากไม่มีข้อจำกัดใดๆ บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้แรงกดมากที่สุด เพื่อที่จะได้รอยกดที่มีขนาดใหญ่ ง่ายต่อการวัดด้วยสายตา ในการศึกษานี้ ใช้แรงในกา รกด 100 กรัมเช่นเดียวกับหลายการศึกษาที่ผ่านมา [9, 32, 34, 79] โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาของ Panich และ Poolthong[34] ที่มีการวัดความแข็งของเคลือบฟันตัดของมนุษย์ที่ไม่ผ่านการตัดหรือขัดในขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่างเหมือนกัน ขนาดเส้นทแยงมุมของรอยกดที่วัดได้จากการศึกษานี้มีค่าในช่วงประมาณ 21-28 ไมโครเมตร และความลึกที่เกิดจากการกดมีค่าประมาณ

3-4 ไมโครเมตรซึ่งมีค่าประมาณ 1/7 ของค่าความยาวเส้นทแยงมุม จากการศึกษานำร่องที่ได้ใช้แรงในการกด 50 กรัมเป็นเวลา 15 วินาที ทำให้เกิดรอยกดมีความยาวของเส้นทแยงมุมอยู่ในช่วง 12-18 ไมโครเมตร เทียบได้ว่าทำให้เกิดความลึก 1.7-2.4 ไมโครเมตร และได้รอยกดขนาดค่อนข้างเล็ก ยากแก่การวัดด้วยสายตา ถึงแม้การศึกษานี้จะพบว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อนของทุกกลุ่มมีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อนของกลุ่มที่ 2 (ซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียม) และกลุ่ม 2 (ฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียม) มีค่ามากกว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันของกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ซีพีพี- เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียมและฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียมจะไม่สามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาได้ แต่ก็สามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุได้ ข้อ สังเกตประการหนึ่งคือ ความลึกที่เกิดจากการกดโดยใช้แรง 100 กรัม อาจมีค่ามากกว่าความลึกที่มีการสูญเสียแร่ธาตุ ทำให้อาจมีความไว (Sensitivity) ไม่เพียงพอที่จะพิสูจน์ได้ว่าซีพีพี-เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียมและฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียมสามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาได้ เนื่องจากความลึกที่เกิดขึ้นอาจวัดเข้าไปในส่วนที่ไม่มีผลกระทบโดยกรดส่งผลให้ค่าที่ได้มากเกินความเป็นจริง หากใช้เครื่องวัดความแข็งระดับนาโนซึ่งสามารถกำหนดให้ความลึกของหัวกดวัดอยู่เฉพาะในความลึกที่มีผลกระทบจากกรดเท่านั้น อาจจะพบค่าความแข็งน้อยกว่าค่ารวมกับส่วนที่ไม่มีผลกระทบจากกรดและทำให้เห็นความแตกต่างมากขึ้นระหว่างกลุ่ม ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปน่าจะลองใช้เครื่องวัดความแข็งระดับนาโนซึ่งสามารถควบคุมความลึกในการวัดให้อยู่ในความลึกที่มีผลกระทบจากกรดจริงโดยไม่ต้องเป็นห่วงว่าจะไม่สามารถมองเห็นรอยกดเนื่องจากขนาดของรอยกดจะต้องเล็กมากในความลึกระดับน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร การวัดความแข็งระดับนาโนที่สามารถใช้แรงกดที่น้อยกว่านี้มาก อาจจะเหมาะสมกว่า

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำลายเทียมซึ่งไม่สามารถสร้างเพลลิเคิลได้ ในอนาคตอาจทำการศึกษาโดยการสร้างเพลลิเคิลด้วยน้ำลายก่อนที่จะทำให้เคลือบฟันสึกกร่อนเพื่อจำลองสภาวะจริงในช่องปาก หรืออาจทำการศึกษาแบบอิน ซิทู (In situ) เพื่อให้สามารถจำลองสภาวะจริงในช่องปากได้ดียิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ซีพีพี-เอซีพีเพสต์และฟลูออไรด์เจลไม่สามารถป้องกันการลดลงของค่าความแข็งของเคลือบฟันจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาได้ แต่ซีพีพี- เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียมและฟลูออไรด์ร่วมกับน้ำลายเทียมสามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุได้เมื่อเทียบกับการไม่มีซีพีพี-เอซีพีและฟลูออไรด์

รายการอ้างอิง

(1) Lussi, A.; Jaeggi, T. and Zero, D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. Caries Res 38 Suppl 1 (2004): 34-44.

(2) Attin, T.; Siegel, S.; Buchalla, W.; Lennon, A. M.; Hannig, C. and Becker, K. Brushing abrasion of softened and remineralised dentin: an in situ study. Caries Res 38 (2004): 62-66.

(3) Linnett, V. and Seow, W. K. Dental erosion in children: a literature review. Pediatr Dent 23 (2001): 37-43.

(4) Shaw, L. Tooth wear: aetiology, prevention, clinical implication. In: John, J. M., June, H. N., James, G. S. (eds.), Prevention of oral disease. pp.115-122. New York: Oxford, 2003.

(5) Zero, D. T. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. Eur J Oral Sci 104 (1996): 162-177.

(6) Devlin, H.; Bassiouny, M. A. and Boston, D. Hardness of enamel exposed to Coca-Cola and artificial saliva. J Oral Rehabil 33 (2006): 26-30.

(7) Tantbirojn, D.; Huang, A.; Ericson, M. D. and Poolthong, S. Change in surface hardness of enamel by a cola drink and a CPP-ACP paste. J Dent 36 (2008): 74-79.

(8) Wongkhantee, S.; Patanapiradej, V.; Maneenut, C. and Tantbirojn, D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. J Dent 34 (2006): 214-220.

(9) Sukasame, H.; Panich, M. and Poolthong, S. Effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on hardness of enamel eroded by a cola drink. CU Dent J 29 (2006): 183-194.

(10) Azarpazhooh, A. and Limeback, H. Clinical efficacy of casein derivatives: a systematic review of the literature. J Am Dent Assoc 139 (2008): 915-924.

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

(12) Sorvari, R.; Meurman, J. H.; Alakuijala, P. and Frank, R. M. Effect of fluoride varnish and solution on enamel erosion in vitro. Caries Res 28 (1994): 227-232.

(13) Larsen, M. J. Prevention by means of fluoride of enamel erosion as caused by soft drinks and orange juice. Caries Res 35 (2001): 229-234.

(14) Meurman, J. H. and ten Cate, J. M. Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. Eur J Oral Sci 104 (1996): 199-206.

(15) Ramalingam, L.; Messer, L. B. and Reynolds, E. C. Adding casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate to sports drinks to eliminate in vitro erosion. Pediatr Dent 27 (2005): 61-67.

(16) Rees, J.; Loyn, T. and Chadwick, B. Pronamel and tooth mousse: an initial assessment of erosion prevention in vitro. J Dent 35 (2007): 355-357.

(17) Yamaguchi, K.; Miyazaki, M.; Takamizawa, T.; Inage, H. and Moore, B. K. Effect of CPP-ACP paste on mechanical properties of bovine enamel as determined by an ultrasonic device. J Dent 34 (2006): 230-236.

(18) Seow, W. K. and Thong, K. M. Erosive effects of common beverages on extracted premolar teeth. Aust Dent J 50 (2005): 173-178.

(19) Gedalia, I.; Dakuar, A.; Shapira, L.; Lewinstein, I.; Goultschin, J. and Rahamim, E. Enamel softening with Coca-Cola and rehardening with milk or saliva. Am J Dent 4 (1991): 120-122.

(20) Imfeld, T. Dental erosion. Definition, classification and links. . Eur J Oral Sci 104 (1996): 151-155.

(21) Meurman, J. H. and Frank, R. M. Progression and surface ultrastructure of in vitro caused erosive lesions in human and bovine enamel. Caries Res 25 (1991): 81-87.

(22) Poole, D. F. and Brooks, A. W. The arrangement of crystallites in enamel prisms. Arch Oral Biol 5 (1961): 14-26.

(23) Sturdevant, J. R. Clinical Significance of Dental Anatomy, Histopathology, Physiology and Occlusion. In: Roberson, T. M., Heymann, H. O., Swift, E. J. (eds.), Sturdevant's The Art and Science of Operative Dentistry. pp.17-63. Missouri: Mosby, 2006.

(24) Simmelink, J. W. Histology of enamel. In: Avery, J. K. (ed.), Oral development and histology. pp. 140-151. Baltimore: Williams & Wilkins, 1987.

(25) Meckel, A. H.; Griebstein, W. J. and Neal, R. J. Structure of mature human dental enamel as observed by electron microscopy. Arch Oral Biol 10 (1965): 775-783.

(26) Cuy, J. L.; Mann, A. B.; Livi, K. J.; Teaford, M. F. and Weihs, T. P. Nanoindentation mapping of the mechanical properties of human molar tooth enamel. Arch Oral Biol 47 (2002): 281-291.

(27) Gedalia, I.; Braustein, E.; Lewinstein, I.; Shapira, L.; Ever-Hadani, P. and Sela, M. Fluoride and hard cheese exposure on etched enamel in neck-irradiated patients in situ. J Dent 24 (1996): 365-368.

(28) ten Cate, J. M. and Imfeld, T. Dental erosion, summary. Eur J Oral Sci 104 (1996): 241-244.

(29) Robinson, C.; Weathrell , J. A. and Hallsworth, A. S. Variation in composition of dental enamel within thin ground tooth sections. Caries Res 5 (1971): 44-57.

(30) Burnett, G. W. and Zenewitz, J. Studies of the composition of teeth. VII. The moisture content of calcified tooth tissues. J Dent Res 37 (1958): 581-589.

(31) Dibdin, G. H. The water in human dental enamel and its diffusional exchange measured by clearance of tritiated water from enamel slabs of varying thickness. Caries Res 27 (1993): 81-86.

(32) Maupome, G.; Aguilar-Avila, M.; Medrano-Ugalde, H. and Borges-Yanez, A. In vitro quantitative microhardness assessment of enamel with early salivary pellicles after exposure to an eroding cola drink. Caries Res 33 (1999): 140-147.

(33) Amaechi, B. T.; Higham, S. M. and Edgar, W. M. Factors influencing the development of dental erosion in vitro: enamel type, temperature and exposure time. J Oral Rehabil 26 (1999): 624-630.

(34) Panich, M. and Poolthong, S. The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and a cola soft drink on in vitro enamel hardness. J Am Dent Assoc 140 (2009): 455-460.

(35) Jarvinen, V. K.; Rytomaa, II and Heinonen, O. P. Risk factors in dental erosion. J Dent Res 70 (1991): 942-947.

(36) Lippert, F.; Parker, D. M. and Jandt, K. D. Susceptibility of deciduous and permanent enamel to dietary acid-induced erosion studied with atomic force microscopy nanoindentation. Eur J Oral Sci 112 (2004): 61-66.

(37) Hannig, M. and Balz, M. Influence of in vivo formed salivary pellicle on enamel erosion. Caries Res 33 (1999): 372-379.

(38) Nekrashevych, Y. and Stosser, L. Protective influence of experimentally formed salivary pellicle on enamel erosion. An in vitro study. Caries Res 37 (2003): 225-231.

(39) Maia, L. C.; de Souza, I. P. and Cury, J. A. Effect of a combination of fluoride dentifrice and varnish on enamel surface rehardening and fluoride uptake in vitro. Eur J Oral Sci 111 (2003): 68-72.

(40) Attin, T.; Meyer, K.; Hellwig, E.; Buchalla, W. and Lennon, A. M. Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. Arch Oral Biol 48 (2003): 753-759.

(41) Attin, T.; Weiss, K.; Becker, K.; Buchalla, W. and Wiegand, A. Impact of modified acidic soft drinks on enamel erosion. Oral Dis 11 (2005): 7-12.

(42) Cai, F.; Shen, P.; Morgan, M. V. and Reynolds, E. C. Remineralization of enamel subsurface lesions in situ by sugar-free lozenges containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. Aust Dent J 48 (2003): 240-243.

(43) Iijima, Y.; Cai, F.; Shen, P.; Walker, G.; Reynolds, C. and Reynolds, E. C. Acid resistance of enamel subsurface lesions remineralized by a sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. Caries Res 38 (2004): 551-556.

(44) Shen, P.; Cai, F.; Nowicki, A.; Vincent, J. and Reynolds, E. C. Remineralization of enamel subsurface lesions by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. J Dent Res 80 (2001): 2066-2070.

(45) Aimutis, W. R. Bioactive properties of milk proteins with particular focus on anticariogenesis. J Nutr 134 (2004): 989S-995S.

(46) Reynolds, E. C. Anticariogenic complexes of amorphous calcium phosphate stabilized by casein phosphopeptides: a review. Spec Care Dentist 18 (1998): 8-16.

(47) Nicholson, J. W. The Chemistry of Medical and Dental Materials. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2002.

(48) Geiger, S.; Matalon, S.; Blasbalg, J.; Tung, M. and Eichmiller, F. C. The clinical effect of amorphous calcium phosphate (ACP) on root surface hypersensitivity. Oper Dent 28 (2003): 496-500.

(49) Tung, M. S. and Eichmiller, F. C. Amorphous calcium phosphates for tooth mineralization. Compend Contin Educ Dent 25 (2004): 9-13.

(50) Reynolds, E. C.; Cain, C. J.; Webber, F. L.; Black, C. L.; Riley, P. F.; Johnson, I. H., et al. Anticariogenicity of calcium phosphate complexes of tryptic casein phosphopeptides in the rat. J Dent Res 74 (1995): 1272-1279.

(51) Hay, K. D. and Thomson, W. M. A clinical trial of the anticaries efficacy of casein derivatives complexed with calcium phosphate in patients with salivary gland dysfunction. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 93 (2002): 271-275.

(52) Fejerskov, O.; Ekstrand, J. and Burt, B. A. Fluoride in Dentistry. Copenhagen: Munksgaard, 1996.

(53) Ogaard, B. CaF(2) formation: cariostatic properties and factors of enhancing the effect. Caries Res 35 Suppl 1 (2001): 40-44.

(54) Rios, D.; Magalhaes, A. C.; Polo, R. O.; Wiegand, A.; Attin, T. and Buzalaf, M. A. The efficacy of a highly concentrated fluoride dentifrice on bovine enamel subjected to erosion and abrasion. J Am Dent Assoc 139 (2008): 1652-1656.

(55) Lagerweij, M. D.; Buchalla, W.; Kohnke, S.; Becker, K.; Lennon, A. M. and Attin, T. Prevention of erosion and abrasion by a high fluoride concentration gel applied at high frequencies. Caries Res 40 (2006): 148-153.

(56) Barbour, M. E. and Rees, J. S. The laboratory assessment of enamel erosion: a review. J Dent 32 (2004): 591-602.

(57) Habelitz, S.; Marshall, S. J.; Marshall, G. W., Jr. and Balooch, M. Mechanical properties of human dental enamel on the nanometre scale. Arch Oral Biol 46 (2001): 173-183.

(58) Ryge, G.; Foley, D. E. and Fairhurst, C. W. Micro-indentation hardness. J Dent Res 40 (1961): 1116-1125.

(59) Willems, G.; Celis, J. P.; Lambrechts, P.; Braem, M. and Vanherle, G. Hardness and Young's modulus determined by nanoindentation technique of filler particles of dental restorative materials compared with human enamel. J Biomed Mater Res 27 (1993): 747-755.

(60) Craig, R. G. and Powers, J. M. Restorative dental materials. St. Louis, Missouri: Mosby, 2002.

(61) Anusavice, K. J. Structural of Matter and Principles of Adhesion. In: Antonson, S. A., (ed.), Phillips's Science of Dental materials, pp. 21-40. Elsevier Science, 2003.

(62) เจน รัตนไพศาล. ทันตวัสดุศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพาณิชย์, 2522.

(63) Jameson, M. W.; Tidmarsh, B. G. and Hood, J. A. Effect of storage media on subsequent water loss and regain by human and bovine dentine and on mechanical properties of human dentine in vitro. Arch Oral Biol 39 (1994): 759-767.

(64) Titley, K. C.; Chernecky, R.; Rossouw, P. E. and Kulkarni, G. V. The effect of various storage methods and media on shear-bond strengths of dental composite resin to bovine dentine. Arch Oral Biol 43 (1998): 305-311.

(65) Poolthong, S.; Mori, T. and Swain, M. V. Determination of elastic modulus of dentin by small spherical diamond indenters. Dent Mater J 20 (2001): 227-236.

(66) Lewinstein, I.; Ofek, L. and Gedalia, I. Enamel rehardening by soft cheeses. Am J Dent 6 (1993): 46-48.

(67) Eisenburger, M.; Addy, M.; Hughes, J. A. and Shellis, R. P. Effect of time on the remineralisation of enamel by synthetic saliva after citric acid erosion. Caries Res 35 (2001): 211-215.

(68) Kim, J. W.; Jang, K. T.; Lee, S. H.; Kim, C. C.; Hahn, S. H. and Garcia-Godoy, F. In vivo rehardening of enamel eroded by a cola drink. ASDC J Dent Child 68 (2001): 122-124, 142.

(69) Rahiotis, C. and Vougiouklakis, G. Effect of a CPP-ACP agent on the demineralization and remineralization of dentine in vitro. J Dent 35 (2007): 695-698.

(70) Gelhard, T. B.; Fidler, V.; s-Gravenmade, E. J. and Vissink, A. Remineralization of softened human enamel in mucin- or CMC-containing artificial salivas. J Oral Pathol 12 (1983): 336-341.

(71) Schlueter, N.; Ganss, C.; Mueller, U. and Klimek, J. Effect of titanium tetrafluoride and sodium fluoride on erosion progression in enamel and dentine in vitro. Caries Res 41 (2007): 141-145.

(72) Vieira, A.; Ruben, J. L. and Huysmans, M. C. Effect of titanium tetrafluoride, amine fluoride and fluoride varnish on enamel erosion in vitro. Caries Res 39 (2005): 371-379.

(73) van Rijkom, H.; Ruben, J.; Vieira, A.; Huysmans, M. C.; Truin, G. J. and Mulder, J. Erosion-inhibiting effect of sodium fluoride and titanium tetrafluoride treatment in vitro. Eur J Oral Sci 111 (2003): 253-257.

(74) Vieira, A.; Jager, D. H.; Ruben, J. L. and Huysmans, M. C. Inhibition of erosive wear by fluoride varnish. Caries Res 41 (2007): 61-67.

(75) Zimmer, S.; Jahn, K. R. and Barthel, C. R. Recommendations for the use of fluoride in caries prevention. Oral Health Prev Dent 1 (2003): 45-51.

(76) Rolla, G.; Ogaard, B. and Cruz Rde, A. Topical application of fluorides on teeth. New concepts of mechanisms of interaction. J Clin Periodontol 20 (1993): 105-108.

(77) Larsen, M. J. and Richards, A. Fluoride is unable to reduce dental erosion from soft drinks. Caries Res 36 (2002): 75-80.

(78) Chunmuang, S.; Jitpukdeebodintra, S.; Chuenarrom, C. and Benjakul, P. Effect of xylitol and fluoride on enamel erosion in vitro. J Oral Sci 49 (2007): 293-297.

(79) Maupome, G.; Diez-de-Bonilla, J.; Torres-Villasenor, G.; Andrade-Delgado, L. C. and Castano, V. M. In vitro quantitative assessment of enamel microhardness after exposure to eroding immersion in a cola drink. Caries Res 32 (1998): 148-153.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลดิบการอ่านค่าความแข็งระดับไมโคร

ตารางที่ 9 ข้อมูลดิบการอ่านค่าความแข็งระดับไมโคร

กลุ่มที่ 1	Ho					Hd				
	รอยกดที่					รอยกดที่				
ชิ้นที่	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	342.3	356.1	365.4	364.8	370.6	289.3	301.5	286.3	296.5	296.1
2	307.9	327.2	346.5	312.6	325.6	268.8	275.3	270.2	276.9	280.9
3	335.2	334.6	336.8	341.3	343.6	315.7	301.6	289.1	261.5	273.2
4	325.9	333.4	316.5	332.8	321.9	291.7	303.7	287.2	289.6	276.5
5	348	354.2	359.1	350.7	343.3	316.4	301.4	309.9	332.5	311
6	352.8	349.9	357.4	334.9	340.1	332.5	314.8	318.1	312	322.2
7	356.9	341	355.3	354.5	348.9	316.3	307.2	311.6	316.6	319.9
8	351.3	355	354.1	346.5	353	333	326	292.9	285.2	335.6
9	366.6	369.4	350.2	352.4	341.7	323.1	321.9	312.2	331	311.3
10	322.2	336.6	339.1	359.7	324	299.3	306.4	303.3	304.9	302.6
กลุ่มที่ 2	Ho					Hd				
	รอยกดที่					รอยกดที่				
ชิ้นที่	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	365.5	344.2	360.2	352.4	376.9	290.9	339	311	333.8	314.6
2	305.8	330.6	320.9	326.7	339.1	312.9	338.2	281.6	281.9	323.2
3	309.4	331.1	346.6	340.6	358.9	331.5	331.3	325.6	307.1	333.9
4	329.9	333.4	329.6	312	333.7	339.2	292.9	352.5	331.7	312.6
5	327.5	361.1	355.6	366.6	331.3	331.1	348.4	335.2	357.7	332.8
6	342.6	364.4	359.9	343.4	350.4	337.7	337.5	351.5	432.5	358.6
7	341.9	349.6	344.1	345.3	338.2	333.1	341.1	338.5	311	327.5
8	355.6	363.5	357.2	353.6	349.6	355.2	325.3	325.5	351.8	355.6
9	370.6	336.9	364	348.4	327.1	346.2	313.5	328.9	358.9	321.1
10	338.1	359.9	318.2	320.6	347.2	355.2	325.1	339.7	316.3	331.1

กลุ่มที่ 3	Ho					Hd				
	รอยกดที่					รอยกดที่				
ซี่ที่	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	359.9	332.8	356.6	351.5	342.5	291.1	266.8	278.9	279.8	301.3
2	336.4	359.2	327.4	317.3	343.5	294.1	291.7	276.7	297.9	299.3
3	324.2	320.7	323.5	342.6	333.2	301.8	287.8	295.5	295.5	286.5
4	335.4	343.2	342.3	357	337.7	320.9	309.2	304.8	311.1	301.3
5	319.4	304.4	342.8	349.3	331.5	303.6	311.7	308.1	304.4	290.4
6	319.3	346	339.8	348.3	362.6	337.4	290.7	307.9	301.9	311.1
7	338.7	352.7	357.7	353	356.6	323	294.2	314	295.8	294
8	355.9	336.9	343.6	316.3	342.5	304.3	303.6	298	285.2	319.1
9	354.4	383	383.8	336.2	363.7	311.3	275.4	296.1	311.2	315.3
10	341.4	336.2	347.7	359.7	351.5	327.4	313.1	291.8	306.1	326.7
กลุ่มที่ 4	Ho					Hd				
	รอยกดที่					รอยกดที่				
ซี่ที่	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	353.3	370.2	343.5	345.6	347.1	266.8	292	254.9	303	296.2
2	319.7	331.1	316.4	328.9	340.8	291.3	307.7	316.1	320.7	271.5
3	332.1	323.6	349.5	340.3	357.7	292.6	301.8	305.9	302.7	286.3
4	334.1	321.9	352.4	327.8	354.9	312.2	294.3	293.2	297.4	276.3
5	349.3	321.7	310.3	432.3	323.3	289.1	274	296.3	289.9	294.6
6	333.7	341.4	351.9	333.9	349.3	293.6	309.9	306.3	293.9	274.5
7	353.6	346.9	343.3	358	357.5	313.8	307.3	300.7	297.3	296.1
8	330.3	351.8	349.8	330.8	346.9	242.7	274.8	280.9	284.7	273.5
9	347.1	343.8	384.2	353.3	347.4	328.2	329.9	367.8	349.9	341.7
10	324.6	346.6	355	336.5	359.9	326.7	289.6	318.4	305.3	287.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มที่ 5	Ho					Hd				
	รอยกดที่					รอยกดที่				
ซี่ที่	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	352.2	343.2	355.8	374.2	368.8	322.9	331.8	359.2	344.1	359.9
2	323.8	341.9	308.1	333.7	321.7	315	306.7	306.1	309.3	306.8
3	349.8	318.4	341.3	334.4	357	323.8	337.7	339.1	346.3	316.8
4	338.2	311.5	337.9	353.3	332.1	324.8	328.3	348.1	332.5	333.2
5	337.4	332.4	334.9	331.7	348.6	320.9	333.2	335.1	332.1	336.5
6	329	351.8	338.1	345.9	343.6	361.3	297.2	354.1	357.2	306.8
7	370.6	364.2	355.3	320.2	361.5	337.8	352.1	335.1	345.5	355.5
8	344.2	342.3	337.4	364.7	339.8	333.8	317.3	321	360.7	306.7
9	362.3	329.3	346.2	333.5	369.4	328.2	354.9	342.8	330	357.4
10	334.1	348.7	383.3	342.2	355.5	327.2	344.1	377	328.9	341.1
กลุ่มที่ 6	Ho					Hd				
	รอยกดที่					รอยกดที่				
ซี่ที่	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	339	358.1	340.6	348.6	347.7	285.3	309.4	293.8	301.6	303.5
2	348.9	344.2	335.9	326.7	315.1	270.9	254.1	289.6	242.3	237.7
3	335.9	326.3	341.9	358.1	346.6	291	299.7	268.8	291.1	295.6
4	324	326.1	328.2	353.3	342.5	311.1	285.5	299.9	279.7	287.9
5	329.9	318.6	351	333.5	343.3	274.6	304.3	282.2	268.2	296.8
6	340.1	352.4	338.5	334.2	361.5	291.8	286	292	279.1	280.5
7	347.7	358	340.1	368.1	367.3	312	310.1	291.4	289.5	296.3
8	354.4	340.1	352.1	349.3	341	295.8	297.9	298.4	289.4	285.1
9	357.2	336.8	352.4	348.7	348.4	301.6	283.1	290.4	286	281.7
10	322.2	336.6	339.1	359.7	324	314.3	282.4	279.2	287.1	288.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันแต่ละซี่

กลุ่มที่		ซี่ที่									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ho	359.84	323.96	338.3	326.1	351.06	347.02	351.32	351.98	356.06	336.32
	Hd	293.94	274.42	288.22	289.74	314.24	319.92	314.32	314.54	319.9	303.3
2	Ho	359.84	324.62	337.32	327.72	348.42	352.14	343.82	355.9	349.4	336.8
	Hd	317.86	307.56	325.88	325.78	341.04	363.56	330.24	342.68	333.72	333.48
3	Ho	348.66	336.76	328.84	343.12	329.48	343.2	351.74	339.04	364.22	347.3
	Hd	283.58	291.94	293.42	309.46	303.64	309.8	304.2	302.04	301.86	313.02
4	Ho	351.94	327.38	340.64	338.22	347.38	342.04	351.86	341.92	355.16	344.52
	Hd	282.58	301.46	297.86	294.68	288.78	295.64	303.04	271.32	343.5	305.56
5	Ho	358.84	325.84	340.18	334.6	337	341.68	354.36	345.68	348.14	352.76
	Hd	343.58	308.78	332.74	333.38	331.56	335.32	345.2	327.9	342.66	343.66
6	Ho	346.8	334.16	341.76	334.82	335.26	345.34	356.24	347.38	348.7	336.32
	Hd	298.72	258.92	289.24	292.82	285.22	285.88	299.86	293.32	288.56	290.3

ตารางแสดงการวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่ 1

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd
N		10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	344.19600	303.25400
	Std. Deviation	12.408222	15.819007
Most Extreme Differences	Absolute	.210	.256
	Positive	.128	.146
	Negative	-.210	-.256
Kolmogorov-Smirnov Z		.664	.811
Asymp. Sig. (2-tailed)		.770	.527

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

กลุ่มที่ 2

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd
N		10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	343.59800	332.18000
	Std. Deviation	11.751941	15.177234
Most Extreme Differences	Absolute	.159	.160
	Positive	.112	.160
	Negative	-.159	-.137
Kolmogorov-Smirnov Z		.503	.505
Asymp. Sig. (2-tailed)		.962	.961

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

กลุ่มที่ 3

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd
N		10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	343.23600	301.29600
	Std. Deviation	10.617670	9.156922
Most Extreme Differences	Absolute	.112	.225
	Positive	.112	.105
	Negative	-.096	-.225
Kolmogorov-Smirnov Z		.353	.710
Asymp. Sig. (2-tailed)		1.000	.694

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

กลุ่มที่ 4

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd
N		10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	344.10600	298.44200
	Std. Deviation	8.096924	18.897507
Most Extreme Differences	Absolute	.134	.253
	Positive	.101	.253
	Negative	-.134	-.121
Kolmogorov-Smirnov Z		.425	.801
Asymp. Sig. (2-tailed)		.994	.543

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

กลุ่มที่ 5

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd
N		10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	343.90800	334.47800
	Std. Deviation	10.062530	10.884082
Most Extreme Differences	Absolute	.110	.194
	Positive	.088	.162
	Negative	-.110	-.194
Kolmogorov-Smirnov Z		.349	.614
Asymp. Sig. (2-tailed)		1.000	.845

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

กลุ่มที่ 6

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd
N		10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	342.67800	288.28400
	Std. Deviation	7.430989	11.408168
Most Extreme Differences	Absolute	.204	.294
	Positive	.204	.155
	Negative	-.140	-.294
Kolmogorov-Smirnov Z		.645	.930
Asymp. Sig. (2-tailed)		.800	.353

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการสึกกร่อนในทุกกลุ่มมีการกระจายแบบปกติ ($p>0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าความแข็ง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Ho

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16.862[a]	5	3.372	.032	.999
Intercept	7084496.009	1	7084496.009	67811.383	.000
solutions	.094	1	.094	.001	.976
agents	13.321	2	6.661	.064	.938
solutions * agents	3.446	2	1.723	.016	.984
Error	5641.572	54	104.474		
Total	7090154.443	60			
Corrected Total	5658.434	59			

a. R Squared = .003 (Adjusted R Squared = -.089)

จากตารางแสดงให้เห็นว่าไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารที่ใช้เคลือบฟันกับสารละลายที่ใช้แช่ฟันต่อค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hd

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18168.536[a]	5	3633.707	18.632	.000
Intercept	5753197.914	1	5753197.914	29499.445	.000
solutions	10133.241	1	10133.241	51.958	.000
agents	6645.442	2	3322.721	17.037	.000
solutions * agents	1389.853	2	694.927	3.563	.035
Error	10531.476	54	195.027		
Total	5781897.926	60			
Corrected Total	28700.012	59			

a. R Squared = .633 (Adjusted R Squared = .599)

จากตารางแสดงให้เห็นว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารที่ใช้เคลือบฟันกับสารละลายที่ใช้แช่ฟันต่อค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าความแข็งหลังการสึกกร่อน

Test of Homogeneity of Variances

Hd

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.900	5	54	.488

แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวทดสอบได้เลย

ANOVA

Hd

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18168.536	5	3633.707	18.632	.000
Within Groups	10531.476	54	195.027		
Total	28700.012	59			

แสดงให้เห็นว่ามีค่าความแข็งหลังการสึกกร่อนของแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

Hd

Scheffe[a]

group	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
6	10	288.28400	
4	10	298.44200	
3	10	301.29600	
1	10	303.25400	
2	10		332.18000
5	10		334.47800
Sig.		.346	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

จากตารางแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 5 มีค่าความแข็งหลังการสึกกร่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่มีค่ามากกว่ากลุ่มที่ 1 3 4 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางแสดงผลการใช้สถิติแพร์ แซมเปิล ที เทสต์ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าความแข็งก่อนการทดลองและค่าความแข็งหลังการสึกกร่อน

Paired Samples Test

group			Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
			Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
1	Pair 1	Ho - Hd	40.942000	11.172118	3.532934	32.949948	48.934052	11.589	9	.000
2	Pair 1	Ho - Hd	11.418000	13.683909	4.327232	1.629121	21.206879	2.639	9	.027
3	Pair 1	Ho - Hd	41.940000	12.988799	4.107419	32.648373	51.231627	10.211	9	.000
4	Pair 1	Ho - Hd	45.664000	18.150655	5.739741	32.679803	58.648197	7.956	9	.000
5	Pair 1	Ho - Hd	9.430000	5.521894	1.746176	5.479875	13.380125	5.400	9	.000
6	Pair 1	Ho - Hd	54.394000	9.329542	2.950260	47.720047	61.067953	18.437	9	.000

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ค่าความแข็งก่อนการทดลองมีค่ามากกว่าค่าความแข็งหลังการสึกกร่อนอย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอุษณีย์ กัลยาธิ เกิดเมื่อวันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2521 ณ จังหวัดยะลา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาทันตแพทยศาสตร์บัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2545 ได้เข้ารับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ที่โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชบ้านดุง จ.อุดรธานี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2545-2548 และได้ย้ายมารับราชการที่โรงพยาบาลพระพุทธบาท จ.สระบุรี จนถึงปัจจุบัน

ปัจจุบันลาศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย