ผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตต่อความแข็ง
ของเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนโดยเครื่องดื่มโคลา

นางสาวหทัยชนก สุขเกษม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548
ISBN 974-53-2688-7
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF CASEIN PHOSPHOPEPTIDE - AMORPHOUS CALCIUM PHOSPHATE ON HARDNESS OF ENAMEL ERODED BY A COLA DRINK

Miss Hathaichanok Sukasame

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2005

ISBN 974-53-2688-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตต่อความแข็งของเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนโดยเครื่องดื่มโคลา
โดย	นางสาว หทัยชนก สุขเกษม
ภาควิชา	ทันตกรรมหัตถการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง มุรธา พานิช
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุชิต พูลทอง

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ฐิติมา ภู่ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ขวัญตา จารุอำพรพรรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง มุรธา พานิช)

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

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช)

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หทัยชนก สุขเกษม : ผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตต่อความแข็งของเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนโดยเครื่องดื่มโคลา. (EFFECT OF CASEIN PHOSPHOPEPTIDE - AMORPHOUS CALCIUM PHOSPHATE ON HARDNESS OF ENAMEL ERODED BY A COLA DRINK) อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง มุรธา พานิช, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุชิต พูลทอง จำนวนหน้า 61 หน้า. ISBN 974-53-2688-7.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของเคลือบฟันระหว่างเคลือบฟันปกติ เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา กับเคลือบฟันที่ถูกส่งเสริมให้มีการสะสมแร่ธาตุกลับคืนด้วยเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต (ซีพีพี - เอซีพี) และเพื่อเปรียบเทียบผลของซีพีพี - เอซีพีและน้ำลายเทียมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างจากเคลือบฟันของฟันกรามน้อยมนุษย์ที่ถูกถอนจำนวน 10 ซี่ โดยตัดแบ่งฟันตามแกนฟันในแนวด้านใกล้แก้ม - ใกล้ลิ้น และวัดค่าความแข็งของเคลือบฟันบริเวณหน้าตัดด้านในของฟันที่ระยะห่างจากขอบนอกของเคลือบฟัน 200 ไมครอน วัดค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาคที่ใช้หัวกดวิกเกอร์ส จากนั้นทำให้เคลือบฟันเกิดการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา วัดค่าความแข็งของเคลือบฟันอีกครั้งเพื่อเป็นค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน ทำการส่งเสริมให้เกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 4 กลุ่มประกอบด้วย ซีพีพี - เอซีพี น้ำลายเทียม ซีพีพี - เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียม และน้ำปราศจากไอออน วัดค่าความแข็งของเคลือบฟันเพื่อเป็นค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง นำค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง หลังการสึกกร่อน และหลังการทดลองมาทดสอบด้วยสถิติแพร์แซมเปิล ที เทสท์ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าเครื่องดื่มโคลามีผลทำให้เคลือบฟันมีค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ซีพีพี - เอซีพีน้ำลายเทียม และซีพีพี - เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียมทำให้ค่าความแข็งของเคลือบฟันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ซีพีพี - เอซีพี และซีพีพี - เอซีพีร่วมกับน้ำลายเทียมสามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นได้มากกว่าน้ำลายเทียมอย่างมีนัยสำคัญ

ภาควิชา ทันตกรรมหัตถการ ลายมือชื่อนิสิต.....หทัยชนก สุขเกษม.....

สาขาวิชา ทันตกรรมหัตถการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4776131932 : MAJOR OPERATIVE DENTISTRY

KEY WORD: CASEIN PHOSPHOPEPTIDE - AMORPHOUS CALCIUM PHOSPHATE / TOOTH MOUSSE / EROSION / HARDNESS / A COLA DRINK

HATHAICHANOK SUKASAME : EFFECT OF CASEIN PHOSPHOPEPTIDE - AMORPHOUS CALCIUM PHOSPHATE ON HARDNESS OF ENAMEL ERODED BY A COLA DRINK. THESIS ADVISOR : DOCTOR MURATHA PANICH, THESIS COADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DOCTOR SUCHIT POOLTHONG, 61 pp. ISBN 974-53-2688-7.

The aims of this study were to compare hardness of enamel, eroded enamel by a Cola drink and remineralized enamel by casein phosphopeptide - amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) and to compare remineralization effect of CPP-ACP to that of artificial saliva. The specimens were prepared from 10 extracted human premolars, sectioned longitudinally in bucco – lingual direction. The hardness was measured at cutting surface 200 microns away from outer surface. Baseline Vickers hardness was measured. The demineralization process was done by immersion of specimens in a Cola drink. The hardness measurements were repeated for demineralization hardness. For remineralization process, the demineralized specimens were randomly divided into 4 groups and 4 regimens of remineralization used CPP-ACP, artificial saliva, CPP-ACP with artificial saliva and deionized water. The hardness measurements were repeated for remineralization hardness. Baseline, demineralization and remineralization hardness were analyzed with Paired – Sample T – Test and One Way ANOVA. The results from this in vitro study showed that the Cola drink had significantly negative effect on enamel hardness, while CPP-ACP, artificial saliva and CPP-ACP with artificial saliva had significantly positive effect on enamel hardness after demineralization. The remineralization effect of CPP-ACP and CPP-ACP with artificial saliva was significantly higher than that of artificial saliva.

Department Operative Dentistry	Student's signature.....หทัยชนก สุขเกษม.....
Field of study Operative Dentistry	Advisor's signature.....
Academic year 2005	Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อ. ทพญ. มุรธา พานิช และ ผศ. ทพ. ดร. สุชิต พูลทอง สำหรับคำปรึกษาแนะนำ และความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ อ. ไพพรรณ พิทยานนท์ สำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับสถิติที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุ และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณบริษัทแอคคอร์ด คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่สนับสนุนวัสดุสำหรับงานวิจัย ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือรวมทั้งเป็นกำลังใจ และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมอีกหลายท่านซึ่งไม่ได้แสดงนามไว้ในที่นี้ที่กรุณาให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……จ

กิตติกรรมประกาศ……ฉ

สารบัญ……ช

สารบัญตาราง……ฌ

สารบัญรูปภาพ……ญ

บทนำ……1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย……2

ขอบเขตของการวิจัย……2

ข้อตกลงเบื้องต้น……3

ข้อจำกัดของการวิจัย……3

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย……3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……4

วิธีดำเนินการวิจัย ……4

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……5

วิธีดำเนินการวิจัย……22

กลุ่มตัวอย่าง……22

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย……22

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย……23

การวิเคราะห์ข้อมูล……28

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล……30

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ……35

อภิปรายผลการวิจัย……35

สรุปผลการวิจัย……42

ข้อเสนอแนะ……42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รายการอ้างอิง.....44
ภาคผนวก.....52
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....61

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 1 แสดงสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต และสูตรโครงสร้าง.....14

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความแข็ง ของเคลือบฟันก่อนการทดลอง หลังการสึกกร่อน และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 1.....30

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความแข็ง ของเคลือบฟันก่อนการทดลอง หลังการสึกกร่อน และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 2.....31

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความแข็ง ของเคลือบฟันก่อนการทดลอง หลังการสึกกร่อน และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 3.....31

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความแข็ง ของเคลือบฟันก่อนการทดลอง หลังการสึกกร่อน และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 4.....32

ตารางที่ 6 แสดงค่าโอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างของค่าความแข็งของเคลือบฟัน หลังการทดลองระหว่างแต่ละกลุ่ม เมื่อทดสอบด้วย Bonferroni.....33

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

ภาพที่ 1 แสดงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการสึกกร่อน……..……..6

ภาพที่ 2 แสดงฟอสโฟซีริลคลัสเตอร์ซีเควนซ์……..……..12

ภาพที่ 3 แสดงเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยเคซีนด้วยทริปซิน……..……12

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะหัวกดและรอยกดของการวัดความแข็งแบบวิกเกอร์ส และแบบนูป…….20

ภาพที่ 5 แสดงรูปจำลองการกำหนดจุดอ้างอิงบนตัวอย่าง……..……24

ภาพที่ 6 แสดงชิ้นตัวอย่างที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว……..……24

ภาพที่ 7 แสดงเครื่องทดสอบความแข็งผิวแบบจุลภาค……25

ภาพที่ 8 แสดงรอยกดบนเคลือบฟันด้วยหัวกดวิกเกอร์ส……..25

ภาพที่ 9 แสดงทูธมูส……..27

ภาพที่ 10 แสดงแผนภูมิค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง
หลังการสึกกร่อน และหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม……34

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประชาชนให้ความใส่ใจกับสุขภาพมากขึ้น ทำให้มีความนิยมในการบริโภคผักและผลไม้ รวมถึงผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว และการรับประทานอาหารเสริมและวิตามินต่าง ๆ รวมทั้งวิตามินซี นอกจากนี้ในกลุ่มวัยรุ่นยังมีความนิยมบริโภคเครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลม และเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา (sport drink) ซึ่งพฤติกรรมในการบริโภคอาหารเหล่านี้ส่งผลต่อสุขภาพช่องปาก โดยอาหารและเครื่องดื่มบางประเภทนอกจากจะมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบที่เป็นปัจจัยในการเกิดโรคฟันผุแล้ว อาหารและเครื่องดื่มที่มีรสเปรี้ยวจะมีฤทธิ์เป็นกรด เนื่องจากมีส่วนประกอบที่เป็นกรดเช่น กรดซิตริก (citric acid) กรดมาลิก (malic acid) กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) และกรดอื่น ๆ[1] ซึ่งกรดเหล่านี้ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุของฟัน (demineralization) และทำให้เกิดการสึกกร่อน (erosion) นอกจากนี้การสูญเสียแร่ธาตุทำให้ผิวฟันอ่อนตัวลง มีความต้านทานต่อการขัดสี และแรงบดเคี้ยวน้อยลง และเกิดการสึกได้ง่าย การสึกของฟันมักลุกลามผ่านเคลือบฟัน (enamel) เข้าสู่เนื้อฟัน (dentin) ทำให้เกิดอาการเสียวฟัน มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการบดเคี้ยว ในรายที่รุนแรงอาจสึกจนทะลุโพรงประสาทฟันได้[2, 3]

อย่างไรก็ตามการสึกกร่อน เกิดจากหลาย ๆ สาเหตุร่วมกัน ได้แก่ ตัวฟัน ปัจจัยภายในร่างกาย ปัจจัยภายนอกร่างกาย และเวลา[4] นอกจากนี้ยังมีอีกหลาย ๆ ปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงและการลุกลามของการสึกกร่อน ดังนั้นการลดความรุนแรงของการสึกกร่อนจึงทำได้หลาย ๆ วิธี โดยการกำจัดหรือลดความรุนแรงของปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการสึกกร่อน และการสนับสนุนปัจจัยที่ต้านทานและป้องกันไม่ให้เกิดการสึกกร่อน เช่นการส่งเสริมให้ฟันมีความต้านทานต่อกรด และการสะสมแร่ธาตุกลับสู่ตัวฟัน (remineralization) ซึ่งแร่ธาตุที่มีความจำเป็นในกระบวนการสะสมแร่ธาตุกลับสู่ตัวฟันได้แก่ แคลเซียม และ ฟอสเฟต[5] ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบในน้ำลาย รวมถึงฟลูออไรด์ อย่างไรก็ตามในแง่ของผลของฟลูออไรด์ต่อการลดความรุนแรงของการสึกกร่อนมีทั้งการศึกษาที่สนับสนุน[5-7] และการศึกษาที่พบว่าฟลูออไรด์ไม่มีผลต่อการลดการสึกกร่อน[8, 9] นอกจากนี้การใช้ฟลูออไรด์ยังมีข้อจำกัดคือการใช้ในปริมาณที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดฟลูออโรซิส (fluorosis) และอาจเกิดการเป็นพิษได้[10, 11] แคลเซียมและฟอสเฟตจึงเป็นแร่ธาตุที่ได้รับความสนใจที่จะนำมาใช้ในการป้องกันและลดความรุนแรงของการสึกกร่อน

เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต เป็นสารประกอบของแคลเซียมฟอสเฟตที่ได้รับความสนใจ โดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติคือน้ำนมวัว ซึ่งมีการศึกษาพบว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต เมื่อเติมลงในเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะช่วยลดความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อนของเครื่องดื่มได้[12] อย่างไรก็ตามการเติมเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตลงในเครื่องดื่มเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก ซึ่งจะต้องทำโดยบริษัทผู้ผลิตเครื่องดื่มและอาจส่งผลเปลี่ยนแปลงรสและกลิ่นของเครื่องดื่ม และในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตที่อยู่ในรูปของครีมสำหรับทาเฉพาะที่ ซึ่งมีความสะดวกในการใช้ โดยสามารถทำได้เองที่บ้านโดย การใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตในรูปแบบของครีมทาเฉพาะที่จึงน่าจะเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถลดความรุนแรงของการสึกกร่อนได้

ในการศึกษาครั้งนี้จะได้ประเมินผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต ที่อยู่ในรูปแบบของครีมทาเฉพาะที่ต่อเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนโดยเครื่องดื่มโคลาในห้องปฏิบัติการ โดยจะประเมินจากการเปลี่ยนแปลงความแข็งของเคลือบฟันด้วยวิธีการวัดความแข็งแบบจุลภาค (microhardness test) ซึ่งค่าความแข็งที่เปลี่ยนแปลงนี้สามารถเป็นดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุ[13] และการวัดความแข็งแบบจุลภาคจะใช้พื้นที่ขนาดเล็กในการวัดทำให้สามารถวัดความแข็งบนชิ้นตัวอย่างเดิมซ้ำได้หลายครั้ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งเคลือบฟันระหว่างเคลือบฟันปกติ เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา และเคลือบฟันที่ถูกส่งเสริมให้มีการสะสมแร่ธาตุกลับคืนด้วยเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต และน้ำลายเทียมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบความแข็งของเคลือบฟันในห้องปฏิบัติการ โดยมีการเตรียมชิ้นงานจากเคลือบฟันจำลองให้ใกล้เคียงกับสภาพในช่องปาก และจำลองรูปแบบของการดื่มเครื่องดื่มโคลา อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้ไม่สามารถจำลองสภาพในช่องปากบางอย่างได้ เช่น การสร้างเพลลิเคิล อัตราการไหลของน้ำลาย อุณหภูมิในช่องปาก รวมถึงตำแหน่งที่เคลือบฟันสัมผัสกับกรด

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ฟันที่ใช้ในการวิจัยเป็นฟันกรามน้อยของมนุษย์ ที่ปราศจากการผุ แตก ร้าว และไม่เคยผ่านการบูรณะ
2. เคลือบฟันที่ใช้ทดสอบจะใช้เคลือบฟันบริเวณกึ่งกลางระหว่างคอฟันและยอดปุ่มฟัน (middle third) โดยทำการทดสอบบริเวณด้านในและมีระยะห่างจากผิวนอกของฟันเท่า ๆ กัน เป็นระยะทาง 200 ไมครอน
3. ในการเตรียมชิ้นงานและทำการทดสอบจะกระทำโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว
4. ค่าความแข็งของเคลือบฟันที่วัดได้จากการทดสอบความแข็งด้วยหัวกดวิคเกอร์ส โดยใช้น้ำหนัก 100 กรัม และระยะเวลาในการกด 15 วินาที[14, 15]

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการจำลองสภาพต่าง ๆ ไม่สามารถทำให้เหมือนสภาพในช่องปากได้ทุกประการ
2. เนื่องจากในการทดสอบความแข็ง วัสดุที่ทดสอบจะต้องมีผิวที่แบนเรียบ ซึ่งทำได้โดยการขัด และความแข็งของเคลือบฟันที่ระยะห่างจากผิวนอกต่างกันจะมีค่าความแข็งที่ต่างกัน ทำให้ไม่สามารถใช้เคลือบฟันบริเวณผิวนอกได้ ต้องใช้เคลือบฟันบริเวณด้านในทำให้ตำแหน่งของเคลือบฟันที่สัมผัสกับเครื่องดื่มแตกต่างจากสภาพจริง

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ความแข็งก่อนการทดลอง (Ho) : ค่าความแข็งของเคลือบฟันที่วัดภายหลังจากการเตรียมตัวอย่างเสร็จ

ความแข็งหลังการสึกกร่อน (Hd) : ค่าความแข็งของเคลือบฟันที่วัดภายหลังจากการแช่ตัวอย่างในเครื่องดื่มโคลา สลับกับน้ำลายเทียม

ความแข็งหลังการทดลอง (Hr) : ค่าความแข็งของเคลือบฟันที่วัดภายหลังจากการทาตัวอย่างด้วย เคซีนฟอสโฟเปปไทด์-อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต และหรือแช่ในน้ำลายเทียม หรือในน้ำปราศจากไอออน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อให้ทราบถึงผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตต่อเคลือบฟันและเพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกิดการสะสมแร่ธาตุกลับคืนให้แก่เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยโดยการทดลอง

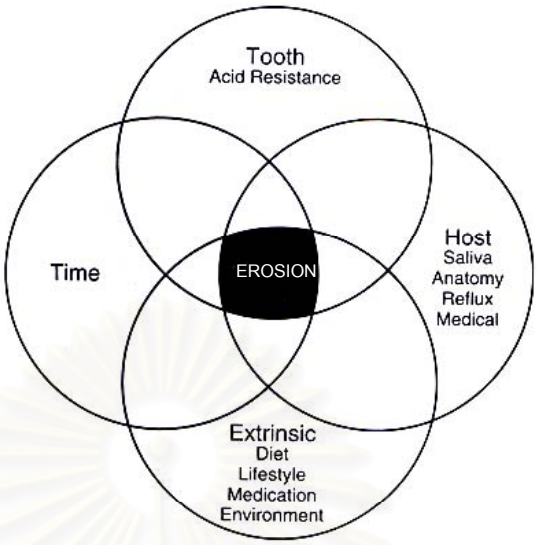
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสึกกร่อน (erosion) มาจากภาษาละติน คือ อีโรเดีย (erodere) อีโรไซ (erosi) อีโรซัม (erosum) ซึ่งแปลว่า การถูกกัด แทะ การกัดกร่อน หรือการทำให้เสื่อม โดยคำว่าการสึกกร่อนใช้อธิบาย กระบวนการทำลายพื้นผิวของบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นทีละน้อย จากกระบวนการทางไฟฟ้า (electrolytic) หรือกระบวนการทางเคมี ในทางทันตกรรม ใช้คำว่าการสึกกร่อน (dental erosion) เพื่อหมายถึงผลทางกายภาพของรอยโรคที่มีการสูญเสียเนื้อเยื่อแข็งของฟันที่เกิดอย่างเรื้อรัง และเกิดเฉพาะตำแหน่ง และอาจมีหรือไม่มีความเจ็บปวด โดยไม่มีแบคทีเรียเข้ามาเกี่ยวข้อง การสึกกร่อนเป็นกระบวนการทางเคมีที่เกิดจากปฏิกิริยาของกรด หรือจากปฏิกิริยาคีเลชัน (chelation) ซึ่งกรดที่ทำให้เกิดการสึกกร่อนเป็นกรดที่ไม่ได้เกิดจากแบคทีเรียในช่องปาก แต่เป็นกรดที่เกิดจากอาหาร เครื่องดื่ม จากการทำอาชีพที่ในช่องปากมีสิ่งแวดล้อมที่เป็นกรด หรือจากสาเหตุภายในร่างกาย (intrinsic factor)[16-18]

อย่างไรก็ตามคำว่าการสึกกร่อนในทางทันตกรรม มีความหมายที่แตกต่างจากคำว่าการสึกกร่อน (erosion) ในสาขาอื่น ๆ เช่นทางวิศวกรรม หรือทางโลหะ โดยสมาคมโลหะของสหรัฐอเมริกา (American Society for Metals) ได้ให้ความหมายของคำว่าการสึกกร่อน หมายถึงการทำลายจากการขัดสีของวัสดุที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของเหลวหรือแก๊ส ซึ่งอาจมีของแข็งร่วมด้วย นอกจากนี้สมาคมโลหะของสหรัฐอเมริกายังให้ความหมายของคำว่าการกัดกร่อน (corrosion) ว่าหมายถึงการเสื่อมทางกายภาพของวัสดุที่เกิดจากกระบวนการทางเคมี หรือไฟฟ้าเคมี[19] ซึ่งจะเห็นได้ว่า คำว่าการสึกกร่อนในทางทันตกรรมจะมีความหมายใกล้เคียงกับคำว่าการกัดกร่อนในสาขาอื่น ๆ โดย Grippo, Simring และ Schreiner[20] ได้เสนอแนะให้ใช้คำว่าการกัดกร่อนแทนคำว่าการสึกกร่อน เพื่อหมายถึงการละลายจากกระบวนการทางเคมีของฟัน เพื่อให้เป็นที่เข้าใจตรงกันกับในสาขาอื่น ๆ อย่างไรก็ตามทันตแพทย์ส่วนใหญ่ยังคงใช้คำว่าการสึกกร่อนในความหมายของรอยโรคที่เกิดจากการละลายของฟัน ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงยังคงใช้คำว่าการสึกกร่อนเช่นเดียวกับการศึกษาทางทันตกรรมส่วนใหญ่



ภาพที่ 1 แสดงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการสึกกร่อน[4]

สาเหตุของการสึกกร่อน เกิดจากหลาย ๆ ปัจจัยร่วมกันดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย

1. ตัวฟัน ได้แก่รูปร่างของฟัน ความต้านทานต่อกรดของตัวฟัน ซึ่งขึ้นกับชนิด และปริมาณแร่ธาตุในตัวฟัน[4, 21]
2. ปัจจัยของร่างกาย ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำลายทั้งในภาวะปกติและภาวะถูกกระตุ้น (unstimulated and stimulated saliva) ความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำลาย ปริมาณแคลเซียม ฟอสเฟต ซิเตรท ไพโรฟอสเฟต และมิวซินในน้ำลาย และสภาวะของร่างกาย[4, 21]
3. ปัจจัยภายนอก ได้แก่ อาหารที่รับประทาน รูปแบบการดำรงชีวิต การได้รับยาบางชนิด และสิ่งแวดล้อม[4]
4. ระยะเวลา[4]

อาหารและการสึกกร่อน

เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่าอาหารและเครื่องดื่มที่เป็นกรดสามารถทำให้เคลือบฟันมีความแข็งลดลง เนื่องจากกรดในอาหารและเครื่องดื่ม เช่นกรดซิตริก กรดมาลิก กรดฟอสฟอริก และกรดอื่น ๆ โดยอาหารและเครื่องดื่มที่มีผลทำให้ความแข็งของเคลือบฟันลดลงได้แก่ น้ำอัดลมชนิดต่าง ๆ เช่น โค้ก เป๊ปซี่ แฟนต้า และสไปรท์ น้ำผลไม้ได้แก่ น้ำส้ม น้ำแอปเปิ้ล น้ำบีทรูท และน้ำกีวี นอกจากนี้น้ำสลัด น้ำส้มสายชู และเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา ต่างก็มีผลทำให้ความแข็งผิวของเคลือบฟันลดลงเช่นกัน[1]

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อนของอาหารและเครื่องดื่ม ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง คุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาคีเลชันกับแคลเซียม และปริมาณของแคลเซียมและฟอสเฟต และฟลูออไรด์ในอาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งมีความสำคัญมากกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารและเครื่องดื่ม โดยพบว่าในโยเกิร์ตและนมเปรี้ยวซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ (4.1 – 4.2) แต่โยเกิร์ตและนมเปรี้ยวไม่มีผลต่อค่าความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื่องจากมีปริมาณของแคลเซียมและฟอสเฟตมากกว่าอาหารและเครื่องดื่มชนิดอื่นที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกัน[1] นอกจากนี้ยังพบว่าความรุนแรงของการสึกกร่อนมีความสัมพันธ์กับความถี่ในการบริโภค[14] ระยะเวลาในการสัมผัสกับเครื่องดื่ม และอุณหภูมิของเครื่องดื่มโดยพบว่าเมื่อลดอุณหภูมิของเครื่องดื่มลง ความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อนจะต่ำลงเช่นกัน[22]

กลไกการเกิดการสึกกร่อนในเคลือบฟัน

เคลือบฟันเป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยผลึกของแร่ธาตุเป็นจำนวนมาก โดยเคลือบฟันมีส่วนประกอบที่เป็นอนินทรีย์สารร้อยละ 95-98 โดยน้ำหนัก ผลึกของแร่ธาตุส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไฮดรอกซีอะปาไทต์ ร้อยละ 90 - 92 โดยปริมาตร และแร่ธาตุอื่น ๆ อีกจำนวนเล็กน้อย อินทรีย์สารร้อยละ 1-2 และน้ำร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก ซึ่งอินทรีย์สารและน้ำจะมีปริมาณประมาณร้อยละ 6 โดยปริมาตร[23]

เคลือบฟันประกอบด้วยปริซึม (prism) หรือรอด (rod) ซึ่งภายในปริซึมประกอบด้วยคริสตัลไลน์ (crystalline) จำนวนมาก และปริซึมชีท (prism sheeth) ซึ่งเป็นคริสตัลไลน์ที่เรียงตัวเกือบจะตั้งฉากกับผิวนอกที่บริเวณส่วนหัวของปริซึม[24]

เมื่อบริโภคอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีกรดอินทรีย์เป็นส่วนประกอบ จะเกิดการอ่อนตัวของเคลือบฟัน และเกิดการสึกกร่อน โดยจะประกอบด้วย 2 กระบวนการได้แก่[8]

1. กระบวนการคีเลชัน หรือกระบวนการจับกันของหมู่คาร์บอกซิลในกรดอินทรีย์ และแคลเซียมในน้ำลาย เป็นผลทำให้ระดับความอิ่มตัวของแคลเซียมในน้ำลายลดลง โดยแคลเซียมในน้ำลายจะเป็นแหล่งของแคลเซียมที่จะทำให้เกิดการสะสมแร่ธาตุกลับของฟัน
2. กระบวนการคีเลชันกับเคลือบฟันโดยตรง ในกรณีที่กรดมีคุณสมบัติคีเลชันสูงจะทำให้กระบวนการนี้เกิดขึ้น เป็นผลให้เกิดการละลายของเคลือบฟัน โดยกรดจะแทรกซึมเข้าสู่เคลือบฟันทางหลุมและร่องต่าง ๆ บนผิวเคลือบฟัน โดยในบริเวณเคลือบฟันที่มีลักษณะเป็นปริซึม (prismatic enamel) กรดจะเริ่มทำลายจากบริเวณปริซึมชีทก่อน ตามด้วยบริเวณแกนกลางของปริซึม (prism core) และบริเวณระหว่างปริซึม (interprismatic

area)[25] ในเคลือบฟันบริเวณที่ไม่มีลักษณะเป็นปริซึม (aprismatic enamel) จะไม่มีรูปแบบของการละลายที่แน่นอน[25] ซึ่งการถูกละลายของเคลือบฟันจะขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของผิวนอกของเคลือบฟัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของฟลูออไรด์[26]

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำลายและการสึกกร่อน

น้ำลายประกอบด้วยปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่ช่วยป้องกันการละลายของแร่ธาตุในเคลือบฟัน[8, 21] ได้แก่

1. เจือจางชะล้างอาหารและเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรด
2. ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของกรดในอาหารและเครื่องดื่มจากผลของไบคาร์บอเนต (bicarbonate)
3. ช่วยในการสร้างเพลลิเคิล (pellicle) จากโปรตีนและไกลโคโปรตีนในน้ำลาย ซึ่งเพลลิเคิลจะมีความสามารถในการป้องกันเคลือบฟันจากการสูญเสียแร่ธาตุจากกรดในอาหาร[15, 27, 28]
4. เป็นแหล่งของแคลเซียม ฟอสเฟต และในบางครั้งอาจเป็นแหล่งของฟลูออไรด์ซึ่งมีความจำเป็นในการสะสมแร่ธาตุกลับ และช่วยคงสภาวะความอิ่มตัวของแคลเซียมและฟอสเฟตบริเวณผิวฟัน

การป้องกันความรุนแรงของการสึกกร่อน

1. การลดความถี่และระยะเวลาในการสัมผัสระหว่างเคลือบฟันและกรด[5]

ในการป้องกันการสึกกร่อนจะต้องกำจัดแหล่งของกรด และป้องกันไม่ให้ฟันสัมผัสกับกรด โดยถ้าสาเหตุของการสึกกร่อนมาจากอาหารควรลดความถี่ของการบริโภคอาหารนั้นลง และควรจำกัดการบริโภคอาหารนั้นเฉพาะในมื้อหลักเท่านั้น สำหรับการบริโภคเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดควรดื่มเครื่องดื่มนั้นอย่างรวดเร็ว ไม่ควรจิบอย่างช้า ๆ และควรใช้หลอดดูดเครื่องดื่มเพื่อลดการสัมผัสของกรดกับผิวฟัน

ถ้าสาเหตุของการเกิดกรดเกิดจากภาวะหรือโรคทางระบบ เช่นการอาเจียน ความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ควรส่งผู้ป่วยไปปรึกษาแพทย์เพื่อรักษาหรือแก้ไขภาวะหรือโรคนั้น ๆ

2. การกระตุ้นให้เกิดการหลั่งของน้ำลายและการสร้างเพลลิเคิล[5]

การป้องกันความรุนแรงของการสึกกร่อน สามารถทำได้โดยการส่งเสริมให้เกิดภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดการสะสมแร่ธาตุกลับได้แก่การมีปริมาณแคลเซียม และฟอสเฟตที่เพียงพอ และอยู่ในภาวะที่เป็นด่างหรือเป็นกลาง ซึ่งการกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายจะช่วยส่งเสริม

ให้เกิดภาวะดังกล่าวได้ เนื่องจากในน้ำลายประกอบด้วยแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ รวมถึงแคลเซียม และฟอสเฟต นอกจากนี้ในน้ำลายยังมีโปรตีนที่จะช่วยรักษาระดับของแคลเซียมและฟอสเฟต และยับยั้งการตกตะกอนของแคลเซียมและฟอสเฟต ได้แก่ สตาเธอริน (statherin) นอกจากนี้น้ำลายยังมีคุณสมบัติในการช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างได้จากผลของไบคาร์บอเนต (bicarbonate) ซึ่งในภาวะที่มีการกระตุ้นการไหลของน้ำลาย น้ำลายจะมีปริมาณของไบคาร์บอเนตมากกว่าภาวะปกติ ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างมากกว่าในภาวะปกติ

นอกจากนี้น้ำลายที่หลั่งมาจากต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกรล่าง (submandibular gland) และต่อมน้ำลายใต้ลิ้น (sublingual gland) ยังประกอบด้วยมิวซิน (mucin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการสร้างเพลลิเคิล โดยเพลลิเคิลสามารถลดความรุนแรงของการสึกกร่อนลงได้[15, 27, 28] เนื่องจากเพลลิเคิลมีคุณสมบัติในการเป็นเยื่อเลือกผ่าน[29] ซึ่งการกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายจะเพิ่มอัตราการสร้างเพลลิเคิลได้เช่นกัน[5]

3. การส่งเสริมให้ฟันมีความต้านทานต่อกรด การสะสมแร่ธาตุกลับ[5]

กระบวนการสะสมแร่ธาตุกลับในการเกิดโรคฟันผุเป็นที่ศึกษากันมานานอย่างกว้างขวาง โดยในสารละลายที่จะทำให้เกิดการสะสมแร่ธาตุกลับจะต้องประกอบด้วย แคลเซียม และฟอสเฟต และอาจมีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบ โดยกระบวนการสะสมแร่ธาตุกลับของฟันเป็นการตกตะกอนของแคลเซียมฟอสเฟตในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรูไชท์ (brushite, $CaHPO_4$) ซึ่งเป็นรูปที่มีความสามารถในการละลายในกรดได้น้อยโดยการตกตะกอนจะเกิดที่บริเวณอีนาเมลแมทริกซ์ (enamel matrix) ซึ่งการตกตะกอนจะเป็นในลักษณะของการซ่อมแซม ปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการซ่อมแซมเคลือบฟันที่ถูกทำให้อ่อน ได้แก่น้ำลายดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ฟลูออไรด์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ถูกกล่าวถึง โดยมีการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าการเติม ฟลูออไรด์ 20 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ลงในน้ำดื่มจะช่วยลดการสึกกร่อนได้[5] ส่วนการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่ายาสีฟันผสมฟลูออไรด์ สามารถทำให้เกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุในฟันวัวที่เกิดการสึกกร่อนได้[6] และมีการศึกษาพบว่าโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ร้อยละ 1.2 สามารถขัดขวางการทำให้เกิดการอ่อนตัวของเคลือบฟันจากการสึกกร่อนเมื่อแช่เคลือบฟันลงในเครื่องดื่มโคลาได้[7] นอกจากนี้เมื่อศึกษาในผู้ป่วยที่ได้รับรังสีรักษาและมีภาวะน้ำลายน้อยพบว่าการใช้น้ำยาบ้วนปากผสมฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.025 ร่วมกับการเคี้ยวเนยแข็งเป็นระยะเวลา 5 นาที สามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีความแข็งเพิ่มขึ้นได้[30] อย่างไรก็ตามในบางการศึกษาพบว่าฟลูออไรด์ไม่มีผลลดความรุนแรงในการสึกกร่อน[8] โดย Larsen[9] พบว่าการเติมแคลเซียม-ฟลูออไรด์ลงในเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ รวมทั้งเครื่องดื่มโคลา ไม่มีผล

ลดความลึกของรอยโรคของการสึกกร่อน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากในภาวะที่เคลือบฟันแช่ในสารละลายกรด ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ (pH 1 - 4) ทั้งไฮดรอกซีอะปาไทต์ และฟลูออโรอะปาไทต์ต่างก็อยู่ในภาวะที่ต่ำกว่าจุดวิกฤต (critical point) ซึ่งเป็นผลให้ทั้งไฮดรอกซีอะปาไทต์และฟลูออโรอะปาไทต์ต่างก็ละลายได้ในภาวะนี้เช่นกัน[1, 24]

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการส่งเสริมให้เกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุ โดย Attin และคณะในปี 2003[31]พบว่าการเติมแคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ลงในกรดซิตริกสามารถลดการสูญเสียของเคลือบฟันจากการสึกกร่อนได้ นอกจากนี้ Attin และคณะในปี 2005[32] พบว่าการเติมแคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ลงในน้ำอัดลมชนิดต่าง ๆ สามารถลดการสูญเสียเคลือบฟันจากการสึกกร่อนได้เมื่อเทียบกับน้ำอัดลมที่ไม่ได้เติมแคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ รวมทั้งมีการศึกษาถึงผลของการใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์-อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต[33-36]ซึ่งเป็นสารประกอบของเคซีน และแคลเซียมฟอสเฟต ในการส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุด้วยเช่นกัน โดยจะได้กล่าวถึงต่อไป

4. การใช้การป้องกันทางเคมี[5]

หลักการสำคัญในการลดผลของกรด และยับยั้งขบวนการของการสึกกร่อน คือการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ของกรดในสารที่ทำให้เกิดการสึกกร่อน ซึ่งคุณสมบัติในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำลายเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด[5] อย่างไรก็ตามการสึกกร่อนนอกจากจะเกิดจากคุณสมบัติความเป็นกรดของสารแล้ว ยังเกิดจากคุณสมบัติคีเลชันของสารซึ่งเกี่ยวข้องกับเกลือของแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ที่อยู่ในสภาพแวดล้อม แคลเซียมฟอสเฟตจึงมีผลต่อความต้านทานต่อการสึกกร่อนด้วยเช่นกัน มีการศึกษาพบว่าการเติมโซเดียม-ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (NaH_2PO_4) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ลงในกรดมาลิกจะทำให้ความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อนของกรดมาลิกลดลง[37] นอกจากนี้พบว่าการเติมโซเดียมไดฟอสเฟตลงในอาหารและเครื่องดื่ม สามารถลดการสึกกร่อนที่เกิดจากกรดในอาหารและเครื่องดื่มได้[38] ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการที่ทำให้เกิดความเป็นกลางสามารถหยุดยั้งหรือป้องกันการสึกกร่อนได้

การทำให้เกิดภาวะเป็นกลางของกรด สามารถทำได้โดยการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหาร เช่นการแนะนำให้ผู้ป่วยอมนมไว้ในปากหลังการรับประทานผลไม้[5] และพบว่านมและเนยแข็งสามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกทำให้เกิดการสึกกร่อนจากเครื่องดื่มโคลาจนอ่อนกลับแข็งขึ้นได้[39, 40] นอกจากนี้ยังมีความพยายามที่จะปรับปรุงให้เกิดความเป็นอัลคาไลน์ (alkalinization) ของน้ำลาย โดยการเติมสารที่ทำให้เกิดภาวะเป็นกลางลงในหมากฝรั่ง เพื่อให้เกิดผลในการป้องกัน

การสึกกร่อนทั้งจากการกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายจากการเคี้ยวหมากฝรั่ง และผลจากสารที่ใส่เพื่อให้เกิดภาวะที่เป็นกลางที่เติมลงไป[5]

นอกจากนี้การทำให้เกิดภาวะเป็นกลางของกรดอาจทำได้โดยการอมลูกอมลดกรด ที่ปราศจากน้ำตาล หรือการล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งสามารถทำได้อย่างง่ายโดยการใช้ผงฟู (โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต, โซเดียมไบคาร์บอเนต) ละลายในน้ำ รวมถึงการใช้ยาสีฟันที่มีส่วนผสมของไบคาร์บอเนต[5]

5. การใช้การป้องกันทางกล[5]

เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่าการทาวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (pit and fissure sealant) ลงบนบริเวณเคลือบฟันที่สึกกร่อน จะช่วยทำให้เคลือบฟันมีความต้านทานต่อกรดมากขึ้น[5] นอกจากนี้ Azzopardi และคณะ[41] พบว่าการทาสารยึดติด (dentin bonding agent) สามารถช่วยป้องกันการสึกกร่อนได้เช่นกัน จึงมีการแนะนำให้ทำการใช้กรดกัด (etch) แล้วปิดบริเวณที่สึกกร่อนด้วยวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน หรือทาสารยึดติดจะช่วยหยุดยั้งการเกิดสึกกร่อนได้[5]

6. การลดความรุนแรงโดยการลดผลจากการขัดสี[5]

เนื่องจากเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อน จะทำให้เคลือบฟันมีความแข็งผิวลดลง ทำให้ถูกขัดสีได้ง่าย มีการศึกษาพบว่าฟันที่ผ่านการสึกกร่อนด้วยน้ำส้ม จะถูกขัดสีได้ด้วยแปรงสีฟันถึงแม้จะไม่ได้ใช้ยาสีฟันร่วมด้วยก็ตาม และเมื่อใช้ยาสีฟันร่วมด้วยจะทำให้สูญเสียเคลือบฟัน 2-4 ไมครอน ซึ่งมีคำแนะนำในผู้ป่วยที่มีการสึกกร่อนให้ใช้ยาสีฟันที่มีผงขัดเป็นจำนวนน้อย และแนะนำไม่ให้ผู้ป่วยแปรงฟันทันทีหลังการรับประทานอาหารที่เป็นกรด[5] โดย Attin และคณะ[42] แนะนำให้ผู้ป่วยแปรงฟันหลังรับประทานอาหารที่สามารถทำให้เกิดการสึกกร่อนอย่างน้อย 30 นาที

โครงสร้างของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต

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

1. เคซีนฟอสโฟเปปไทด์

เคซีนฟอสโฟเปปไทด์เป็นฟอสโฟเปปไทด์ที่ได้จากการใช้ทริปซิน (trypsin) ย่อยเคซีนในน้ำนมวัว ผลิตภัณฑ์จากนม และเนยแข็ง[43, 44] โดยในน้ำนมวัวจะประกอบด้วยโปรตีนหลัก 2 ชนิด คือเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ และเวย์โปรตีน (whey protein) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ โดยเคซีนจะมีปริมาณประมาณร้อยละ 80 ของโปรตีนทั้งหมดในน้ำนมวัว ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารประกอบที่สลับซับซ้อนกับแคลเซียมฟอสเฟต[43, 44] โดยทำหน้าที่ช่วยทำให้แคลเซียมและฟอสเฟตมีเสถียรภาพ (stabilize) เคซีนมีหลายกลุ่ม (family) ได้แก่ แอลฟา (α) เบต้า (β)

และแคปป้า (κ) ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีความสามารถในการรวมกับแคลเซียมและฟอสเฟตต่างกัน[43, 44]

โดยเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ทุกกลุ่มจะมีฟอสโฟซีริลคลัสเตอร์ซีเควนซ์ (phosphoseryl cluster sequence) ซึ่งประกอบด้วยซีรีนฟอสเฟตคลัสเตอร์ (Serine phosphate cluster) และส่วนตกค้างของกลูตามิล (Glutamyl residues) โดยซีรีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนจะเป็นตำแหน่งที่ให้แร่ธาตุเข้ามาเกาะ โดยอาศัยความเป็นประจุลบที่สายด้านข้าง (side chain) ของกรดอะมิโน[43, 44] ดังแสดงในภาพที่ 2 และภาพที่ 3

- Ser (P) – Ser (P) – Ser (P) – Glu -Glu -

ภาพที่ 2 แสดงฟอสโฟซีริลคลัสเตอร์ซีเควนซ์[43, 44]

ฟอสโฟซีริลคลัสเตอร์ซีเควนซ์ สามารถแยกตัวออกมารวมกับแคลเซียมฟอสเฟต เพื่อสร้างเป็นคอลลอยด์เชิงซ้อน (colloidal complex) อย่างไรก็ตามความสามารถในการรวมกับแคลเซียมฟอสเฟตของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์แต่ละชนิดจะขึ้นกับที่มาของเคซีน โดยเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ α_{S2}casein > α_{S1}casein > β casein > κ casein[43, 44]

Gln – Met – Glu – Ala -Glu - Ser (P) – Ile - **Ser (P) – Ser (P) – Ser (P) – Glu – Glu** – Ile -Val - Pro – Asn - Ser (P) – Val – Glu – Glu - Lys. α_{s1} (59-79)

Arg – Glu – Leu – Glu – Glu – Leu – Asn – Val – Pro – Gly – Glu – Ile –Val- Glu - Ser(P) – Glu - **Ser (P) – Ser (P) – Ser (P) – Glu – Glu** - Glu – Ser – Ile – Thr – Arg. β (1-25)

Asn – Ala – Asn – Glu – Glu – Glu – Tyr – Ser – Ile – Gly - **Ser (P) – Ser (P) – Ser (P) – Glu – Glu** – Ser (P) – Ala – Glu – Val- Ala – Thr – Glu – Glu – Val - Lye. α_{s2} (46-70)

Lys – Asn – Thr – Met – Glu – His – Val – **Ser (P) – Ser (P) – Ser (P) – Glu – Glu** – Ser – Ile – Ile – Ser (P) – Gln – Gln – Thr – Tyr – Lys. α_{s2} (1-21)

ภาพที่ 3 แสดงเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยเคซีนด้วยทริปซิน ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ทุกกลุ่มจะมีฟอสโฟซีริลคลัสเตอร์ซีเควนซ์เป็นส่วนประกอบ[43, 44]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต

อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นสารประกอบของแคลเซียมและฟอสเฟต ที่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายเจล ซึ่งมีความสามารถในการละลายสูง สามารถละลายได้อย่างรวดเร็วในของเหลวของร่างกาย[45] ถูกค้นพบครั้งแรกในปี 1964 โดย Posner และ Tannenbaum จากความบังเอิญในการเตรียมอะปาไทต์โดยการผสมแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นสูง (~30 mM) กับ โซเดียมแอซิดฟอสเฟต (~20 mM) ในสารละลายบัฟเฟอร์ แต่เมื่อนำสารที่ได้ไปทดสอบด้วยเอกซเรย์ดิฟแฟรคชัน (x-ray diffraction) พบว่าสารที่ได้ไม่ใช่อะปาไทต์ แต่เมื่อนำสารที่ได้ไปทดสอบอีกครั้งหลังเวลาผ่านไป 2-3 วัน กลับพบว่าสารที่ได้เป็นอะปาไทต์ที่มีลักษณะผลึกไม่สมบูรณ์ (poorly crystalline) จึงได้ทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งก็ได้ผลเช่นเดิม คือทันทีหลังจากผสม สารที่ได้จะเป็นสารที่ไม่มีรูปร่าง (amorphous) และหลังจากทิ้งไว้หลายชั่วโมง สารที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลึกที่มีรูปร่างไม่สมบูรณ์[46] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตสามารถเปลี่ยนไปเป็นอะปาไทต์ได้อย่างรวดเร็ว

Terminae และคณะ[47, 48] พบว่า อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต สามารถเปลี่ยนไปเป็นอะปาไทต์ในน้ำได้ และพบว่ามีโปรตีนและไอออนหลายชนิดที่สามารถทำให้อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตมีเสถียรภาพ เมื่อเปรียบเทียบอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตกับสารประกอบของแคลเซียมและฟอสเฟตตัวอื่น ๆ พบว่าในภาวะในช่องปากเชิงสรีระ (physiologic oral condition) อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตมีอัตราการสร้างและอัตราการละลายมากที่สุด รวมทั้งมีความสามารถในการเปลี่ยนไปเป็นผลึกของไฮดรอกซีอะปาไทต์ได้อย่างรวดเร็ว[49, 50]

ปฏิกิริยาของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์กับแคลเซียมฟอสเฟต[43, 44]

เคซีนฟอสโฟเปปไทด์สามารถทำให้สารละลายแคลเซียมฟอสเฟตมีเสถียรภาพ โดยพบว่าเมื่อใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ ที่เตรียมจาก α_{s1} (59-79) เคซีนทำปฏิกิริยากับแคลเซียมฟอสเฟตที่ภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ต่างกัน ความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสเฟตต่างกัน แต่มีความแข็งแรงของไอออน (ionic strengths) ที่เท่ากัน พบว่า α_{s1} (59-79) เคซีนสามารถรวมกับแคลเซียมได้มากที่สุด 24 อะตอม และรวมกับฟอสเฟตได้มากที่สุด 16 อะตอม ต่อ α_{s1} (59-79) เคซีน 1 โมเลกุล โดยจะได้แคลเซียมฟอสเฟตในหลายเฟส (phases) ได้แก่ไฮดรอกซีอะปาไทต์ (hydroxyapatite , HA), ออกตะแคลเซียมฟอสเฟต (octacalcium phosphate, OCP), ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (tricalcium phosphate, TCP), อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต (amorphous calcium phosphate, ACP) และไดแคลเซียมฟอสเฟต (dicalcium phosphate,

DCPD) ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งการที่จะได้แคลเซียมฟอสเฟตในเฟสใดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสเฟต และภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลาย โดยแคลเซียมฟอสเฟตที่สามารถรวมกับ α_{s1} (59-79) เคซีนได้อย่างอิสระโดยไม่ขึ้นกับภาวะความเป็นกรด- ด่าง (pH) ได้แก่ อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต

ตารางที่ 1 แสดงสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต และสูตรโครงสร้าง[51]

สารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต	สูตรโครงสร้าง
Hydroxy apatite (HA)	$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$
Octacalcium phosphate (OCP)	$Ca_8(PO_4)_4(HPO_4)_2.5H_2O$
Tricalcium phosphate (TCP)	$Ca_3(PO_4)_2$
Amorphous calcium phosphate (ACP)	$Ca_3(PO_4)_{1.87}(HPO_4)_{0.2}.xH_2O$
Dicalcium phosphate (DCPD)	$CaHPO_4.2H_2O$

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตถูกทำให้คงทน ในภาวะที่เป็นกลางและเป็นด่าง โดยทำให้เกิดเป็นสารคอลลอยด์ ซึ่งมีสูตรคือ $[\alpha_{s1}\ (59\text{-}79)(ACP)_8]_n$ เมื่อ n มีค่ามากกว่า 1 และ ส่วนใหญ่ n จะมีค่าเท่ากับ 6 โดย สารละลายเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ 17 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร สามารถทำให้เกิดความคงทนของแคลเซียมคลอไรด์ 60 มิลลิโมลาร์ และ โซเดียมฟอสเฟต 36 มิลลิโมลาร์ ที่ สภาวะความเป็นกรด-ด่างที่เท่ากับ 7 ได้ เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต โดยได้แคลเซียมอิสระ 4.94 ± 0.46 มิลลิโมลาร์ และ ฟอสเฟตอิสระ 4.90 ± 0.08 มิลลิโมลาร์

ในการทำปฏิกิริยาของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์กับแคลเซียมฟอสเฟต ปฏิกิริยาจะเกิดที่บริเวณฟอสโฟซีรีลที่ตกค้าง โดยเคซีนฟอสโฟเปปไทด์จะประกอบด้วยฟอสโฟซีรีลที่ตกค้างจำนวนมาก ซึ่งฟอสโฟ-ซีรีลคลัสเตอร์เป็นบริเวณที่มีประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยากับอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต และจะทำให้เกิดปฏิกิริยาสูงสุดกับอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับแคลเซียมฟอสเฟต โปรตีนจะทำหน้าที่ได้ 2 ลักษณะ คือทำให้เกิดเสถียรภาพของแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายโดยป้องกันการตกผลึกที่เกิดขึ้นเอง (spontaneous precipitation) ส่วนในอีกลักษณะคือโปรตีนจะทำหน้าที่เป็นไบโอ-มินเนอร์รัลไลเซชัน (biomineralization) โดยทำหน้าที่เป็นนิวคลีเอเตอร์ (nucleator) ช่วยสนับสนุนการโตของผลึก ทั้งนี้โปรตีนจะทำหน้าที่ในลักษณะใดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและรูปร่างของโปรตีน รวมถึง

ส่วนประกอบ และระดับความอิ่มตัวของสารละลาย เนื่องจากเคซีนฟอสโฟเปปไทด์เป็นโปรตีนที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถปรับรูปร่างให้เข้ากับพื้นผิวต่าง ๆ ได้ง่ายรวมทั้งในภาวะอสัณฐาน (amorphous phase) ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่มีรูปร่าง ดังนั้นเคซีนฟอสโฟเปปไทด์จึงสามารถรวมกับแคลเซียมฟอสเฟตไอออนได้ และสร้างเป็นคลัสเตอร์ป้องกันการโตจนถึงระดับวิกฤตของนิวเคลียสที่จะทำให้เกิดการตกผลึกที่เกิดขึ้นเอง

การเตรียมเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต ทำได้โดยการย่อยเคซีนในน้ำนมวัวด้วยทริปซิน ตามด้วยการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีอัลทราเซนตริฟิวเกชัน (ultracentrifugation) หรือโดยวิธีการอื่น ๆ เช่นอัลทราฟิลเทรชัน (ultrafiltration) ซึ่งใช้ในการผลิตในทางการค้า โดยอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตจะอยู่ในรูป $Ca_3(PO_4)_{1.87}(HPO_4)_{0.2}.xH_2O$[44]

ผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและสนับสนุนการสะสมแร่ธาตุกลับ

เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต สามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและช่วยสนับสนุนการสะสมแร่ธาตุกลับได้ เนื่องจากเคซีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนมีคุณสมบัติในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างได้[52] และในสภาวะที่เป็นกรดจะทำให้เกิดการแยกตัวของอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตออกจากเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ทำให้เพิ่มระดับของแคลเซียมฟอสเฟตในน้ำลาย นอกจากนี้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ยังช่วยทำให้อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตมีเสถียรภาพโดยช่วยป้องกันการตกตะกอนของแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งช่วยรักษาระดับของแคลเซียมฟอสเฟตในน้ำลาย[36, 44, 53]

มีการศึกษาถึงผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตหลายการศึกษาที่แสดงถึงคุณสมบัติในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและการสนับสนุนการสะสมแร่ธาตุกลับ อย่างไรก็ตามการศึกษาส่วนใหญ่จะศึกษาในแง่ของการเกิดโรคฟันผุ โดย Cai และคณะ[33] ได้ศึกษาถึงผลของลูกอม (lozenge) ที่ปราศจากน้ำตาล โดยใช้ชูการ์แอลกอฮอล์ (sugar alcohol) ทดแทน และมีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบในการสะสมแร่ธาตุกลับคืนสู่รอยโรคที่อยู่ใต้พื้นผิวของเคลือบฟัน (subsurface lesion) พบว่าลูกอมที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบ 18.8 มิลลิกรัม และ 56.4 มิลลิกรัม จะช่วยเพิ่มการสะสมกลับคืนของแร่ธาตุในรอยโรคได้ร้อยละ 78 และ 176 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตช่วยส่งเสริมให้เกิดการสะสม

แร่ธาตุกลับคืน โดยขึ้นกับปริมาณ (dose response) ของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต

ในขณะที่ Shen และคณะ[35], Reynolds และคณะ[36] และ Iijima และคณะ[34] ได้ศึกษาพบว่าหมากฝรั่งที่ปราศจากน้ำตาลและใช้ซูการ์แอลกอฮอล์ทดแทน สามารถทำให้เกิดการสะสมแร่ธาตุกลับคืนสู่ตัวฟันได้ โดยพบว่าหมากฝรั่งที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต 10.0, 18.8 และ 56.4 มิลลิกรัม สามารถช่วยเพิ่มการสะสมแร่ธาตุกลับคืนสู่ของรอยโรคได้ร้อยละ 63, 102 และ152 ตามลำดับ[35] และพบว่าหมากฝรั่งปราศจากน้ำตาลที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบสามารถส่งเสริมให้มีการสะสมแร่ธาตุกลับคืนสู่รอยโรคได้มากกว่าหมากฝรั่งที่ปราศจากน้ำตาลที่ไม่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบประมาณ 2 เท่า[34] เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสะสมแร่ธาตุกลับคืนของหมากฝรั่งที่ปราศจากน้ำตาลที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบ กับหมากฝรั่งที่ปราศจากน้ำตาลที่มีสารประกอบของแคลเซียมอื่นๆ เป็นส่วนประกอบพบว่าหมากฝรั่งที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต เป็นส่วนประกอบจะมีการสะสมแร่ธาตุกลับคืนสู่รอยโรคใต้ผิวเคลือบฟันได้สูงสุด ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในหมากฝรั่งน้อยที่สุดก็ตาม โดยระดับของการสะสมแร่ธาตุกลับคืนสู่รอยโรคจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแคลเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ (water soluble) ในหมากฝรั่ง[36]

การศึกษาในแง่ของการป้องกันและลดความรุนแรงของการสึกกร่อน พบว่าในรอยโรคที่ผ่านการสะสมแร่ธาตุกลับด้วยหมากฝรั่งที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบจะมีความต้านทานต่อกรดมากกว่ารอยโรคที่ผ่านการสะสมแร่ธาตุกลับด้วยหมากฝรั่งที่ไม่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบเมื่อนำไปแช่ในกรดที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.8[34] และมีการศึกษาพบว่าการเติมเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตลงในเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา ซึ่งสามารถทำให้เคลือบฟันเกิดการสึกกร่อนได้ พบว่าจะช่วยลดความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อนของเครื่องดื่มได้ ซึ่งจะขึ้นกับความเข้มข้นของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตที่เติมลงไป[12]

นอกจากนี้พบว่าลูกอมและหมากฝรั่งช่วยกระตุ้นการไหลของน้ำลาย โดยลูกอมจะกระตุ้นการไหลของน้ำลายได้ 3 - 4 เท่า[33] ในขณะที่หมากฝรั่งช่วยกระตุ้นการไหลของน้ำลายได้ 4 - 7 เท่า[35] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลูกอมและหมากฝรั่งมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นกระสายยา (vehicle) สำหรับเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต เพราะนอกเหนือจากผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตแล้วยังมีผลกระตุ้นการไหลของน้ำลาย

ด้วย อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำลายทั้งในภาวะที่มีการกระตุ้นการไหลของน้ำลายและภาวะปกติกับเปอร์เซ็นต์การสะสมกลับของแร่ธาตุ[33, 35]

ซึ่งจากการศึกษาต่าง ๆ ข้างต้นแสดงให้เห็นว่า เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตสามารถส่งเสริมให้เกิดการสะสมคืนกลับของแร่ธาตุ และช่วยต้านทานการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุในภาวะที่เป็นกรด ซึ่งเป็นกลไกที่ช่วยป้องกันและลดความรุนแรงของการสึกกร่อนได้

รูปแบบต่าง ๆ ของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต

จากการที่เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตมีความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ สนับสนุนการสะสมแร่ธาตุกลับคืน และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากธรรมชาติ จึงพบว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตมีความเหมาะสมที่จะใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ยาสีฟัน หมากฝรั่ง เครื่องดื่มที่มีคาร์บอเนตเป็นส่วนประกอบ (carbonated beverages) น้ำยาบ้วนปาก และครีมที่ใช้ทาเฉพาะที่บนผิวฟัน[54, 55]

มีการศึกษาถึงผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตในการต้านฟันผุในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่นในลูกอมที่ปราศจากน้ำตาล[33] และในหมากฝรั่งที่ปราศจากน้ำตาล[34-36] ซึ่งทั้งหมดพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบจะช่วยส่งเสริมการกลับคืนของแร่ธาตุในฟัน สำหรับการศึกษาในน้ำยาบ้วนปาก พบว่าน้ำยาบ้วนปากที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบจะสามารถเพิ่มระดับของแคลเซียมและฟอสเฟตในคราบจุลินทรีย์เหนือเหงือก ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุและสนับสนุนการสะสมกลับคืนของแร่ธาตุ นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำยาบ้วนปากที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบมีประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุเทียบเท่ากับโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.05[56] และพบว่าในผู้ป่วยที่มีปัญหาปากแห้งจะชื่นชอบรสและกลิ่นของน้ำยาบ้วนปากที่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบมากกว่าน้ำยาบ้วนปากที่มีโซเดียมฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบ[56] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตที่อยู่ในรูปแบบสเปรย์มีประสิทธิภาพในการใช้เป็นสารให้ความชุ่มชื้นและหล่อลื่นในช่องปากในผู้ป่วยที่มีอาการปากแห้งอย่างรุนแรงจากโรคโจเกิร์นซินโดรม (Sjögern syndrome) และการได้รับรังสีรักษา[57]

เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต มีชื่อทางการค้าคือรีแคลเดนท์ (Recaldent™) และฟอสแคล (Phoscal®) โดยรีแคลเดนท์คิดค้นและจดลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยเมลเบอร์น ซึ่งสนใจศึกษาเกี่ยวกับผลในการต้านทานฟันผุของนม และพบว่านมและเนยแข็งมีความสามารถในการต้านทานฟันผุ ผลิตภัณฑ์ที่มีรีแคลเดนท์เป็นส่วนประกอบได้แก่หมากฝรั่งและครีมทาเฉพาะที่ โดยหมากฝรั่งได้แก่หมากฝรั่งไทรเดนท์ (Trident white, Trident For Kids ในประเทศสหรัฐอเมริกา Trident Advantage, Trident For Kids ในยุโรป Recaldent by Trident, Recaldent For Kids ในประเทศญี่ปุ่น และ Trident Recaldent ในประเทศไทย) ซึ่งเป็นหมากฝรั่งที่ปราศจากน้ำตาล ส่วนผลิตภัณฑ์ของรีแคลเดนท์ที่อยู่ในรูปแบบครีมทาเฉพาะที่ได้แก่ ทูธมูส (GC Tooth Mousse, GC Corporation) ซึ่งเป็นครีมที่มีน้ำเป็นพื้นฐาน (water base) และปราศจากน้ำตาล โดยบริษัท ผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ทูธมูสในการป้องกันฟันผุ รวมถึงการใช้ในการป้องกันฟันผุในผู้ป่วยจัดฟัน ใช้ป้องกันการสึกกร่อน ใช้รักษาอาการเสียวฟัน ใช้ภายหลังการฟอกสีฟัน ภายหลังการขูดหินปูนและเกลารากฟัน และใช้ร่วมกับฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ

นอกจากนี้ในปี ค.ศ.1999 รีแคลเดนท์ ยังได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยา (FDA) ว่ามีความปลอดภัย (Generally Recognized as Safe, GRAS) และรีแคลเดนท์สามารถใช้ได้ในผู้ที่มีภาวะไม่สามารถทนต่อน้ำตาลแลคโตสได้ เนื่องจากรีแคลเดนท์ไม่มีส่วนประกอบของน้ำตาลแลคโตส อย่างไรก็ตามไม่แนะนำให้ใช้รีแคลเดนท์ในผู้ที่แพ้น้ำนมวัว

ฟอสแคล เป็นเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตที่ได้จากนมเช่นเดียวกับรีแคลเดนท์ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีฟอสแคลเป็นส่วนประกอบได้แก่เดนทาแคลเมาท์มอยส์เทนเนอร์ (Dentacal Mouth Moistener) ซึ่งเป็นสเปรย์ที่ให้ความชุ่มชื้นและหล่อลื่นในช่องปาก และโทปาแคลซี 5 (Topacal C-5) ซึ่งเป็นครีมที่ใช้เคลือบบนเคลือบฟันเพื่อส่งเสริมให้เกิดการกลับคืนของแร่ธาตุ บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้โทปาแคลซี 5 ในการป้องกันฟันผุ ใช้ในผู้ป่วยที่มีภาวะปากแห้ง (xerostomia) ใช้ในผู้ป่วยที่มีฟันผุจำนวนมาก (rampant caries) และใช้ในการป้องกันการสึกกร่อน โดยเดนทาแคลเมาท์มอยส์เทนเนอร์ และ โทปาแคลซี 5 ผลิตภัณฑ์ทั้งสองผลิตภัณฑ์นี้จำหน่ายโดยบริษัทเอนเอสไอเดนทัล (NSI Dental Pty Ltd.) ประเทศออสเตรเลีย และเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์รีแคลเดนท์ ผลิตภัณฑ์ฟอสแคลเป็นผลิตภัณฑ์จากน้ำนมวัวจึงควรหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์นี้ในผู้ที่แพ้โปรตีนในน้ำนมวัว

การประเมินการสึกกร่อนของเคลือบฟันโดยวิธีการวัดความแข็งผิว (surface hardness)

วิธีการที่ใช้ในการประเมินการสูญเสียโครงสร้างของฟันในขณะที่เกิดการสึกกร่อนมีหลายวิธี การประเมินจากความแข็งผิวเป็นวิธีที่ได้รับความนิยม[58] เนื่องจากในขณะที่เกิดการสึกกร่อนจะมีการละลายของโครงสร้างของเคลือบฟัน ซึ่งทำให้เกิดการอ่อนตัวของเคลือบฟัน ทำให้มีค่าความแข็งผิวลดลง ซึ่งค่าความแข็งผิวที่เปลี่ยนแปลงไปนี้สามารถเป็นดัชนีชี้วัดการสูญเสียแร่ธาตุของฟันได้[13] โดยการวัดความแข็งผิวเป็นวิธีที่นิยมใช้สังเกตการเปลี่ยนแปลงในระยะแรกของการเกิดการสึกกร่อน[30, 39, 40, 58, 59]

ความแข็ง (hardness) หมายถึงความสามารถในการต้านทานต่อการเกิดรอยกดหรือรอยขีดข่วนจากวัสดุที่แข็งเช่น เพชร[60, 61] โดยความแข็งของวัสดุจะมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติอื่น ๆ ของวัสดุด้วยเช่นความแข็งแรง (strength) ขีดจำกัดส่วน (proportional limit) และ สภาพดึงยืดได้ (ductility)[61] หลักการของการวัดความแข็งคือการวัดขนาดของรอยกดที่เกิดจากการใช้หัวกดเพชรที่ทราบขนาดที่แน่นอนกดลงบนพื้นผิวตามน้ำหนักและระยะเวลาที่กำหนด การทดสอบความแข็งมีหลายชนิดได้แก่ แบบบาร์คอล (Barcol) แบบบริเนลล์ (Brinell) แบบรอคเวลล์ (Rockwell) แบบวิกเกอร์ส (Vickers) และแบบนูป (Knoop) ขึ้นกับคุณสมบัติของพื้นผิวของวัสดุ โดยการวัดความแข็งแบบวิกเกอร์สและแบบนูปจัดเป็นการวัดแบบจุลภาค โดยน้ำหนักที่ใช้ในการกดจะน้อยกว่า 9.8 นิวตัน ทำให้ได้รอยกดที่มีขนาดเล็กและมีความลึกน้อยกว่า 19 ไมครอน ทำให้สามารถวัดความแข็งของวัสดุในบริเวณเล็ก ๆ หรือวัสดุที่มีความบางได้ ในขณะที่การวัดความแข็งแบบบริเนลล์ และ รอคเวลล์ จะใช้วัดความแข็งของวัสดุในบริเวณที่กว้าง และแบบบาร์คอลใช้วัดความแข็งของวัสดุที่มีลักษณะเป็นยางหรือพลาสติก[61]

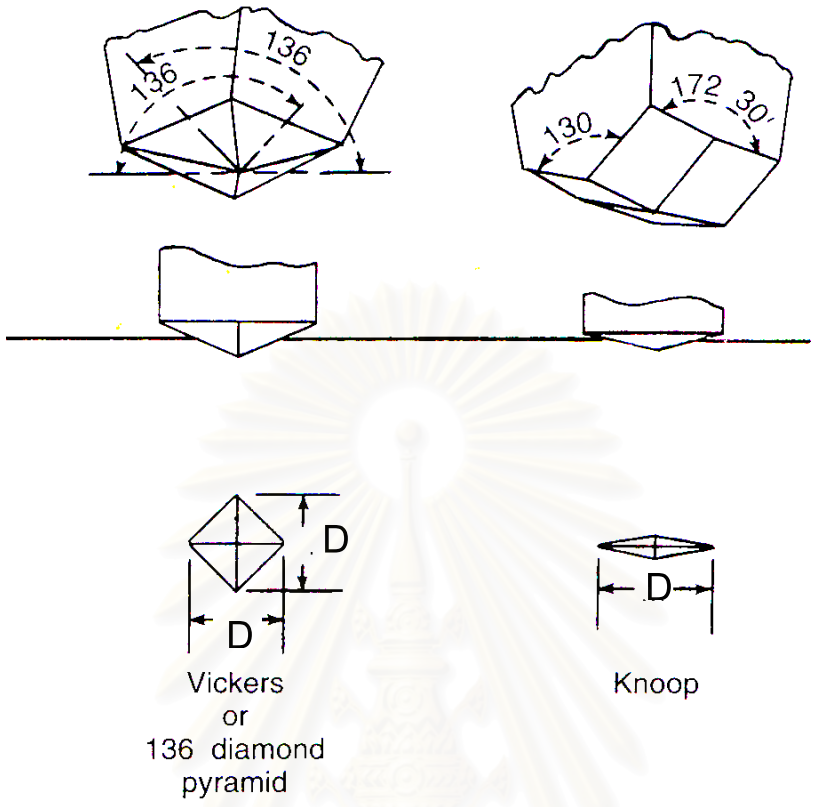
การวัดความแข็งแบบวิกเกอร์สหัวกดจะมีลักษณะเป็นรูปปิรามิดฐานสี่เหลี่ยมดังแสดงในภาพที่ 4 (ก) การวัดความแข็งแบบวิกเกอร์สเหมาะสำหรับการวัดความแข็งในวัสดุที่เปราะจึงมีความเหมาะสมในการนำมาวัดความแข็งของโครงสร้างของฟัน[61] ซึ่งค่าที่ได้จะมีหน่วยเป็นวิกเกอร์สฮาร์ดเนสนัมเบอร์ (Vickers hardness number, VHN) โดยค่าความแข็งจะคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของความยาวของเส้นทแยงมุมของรอยกด โดยมีสูตรคือ[62]

$$\text{ความแข็ง (H)} = \text{น้ำหนักที่ใช้กด (F)} / \text{พื้นที่ของรอยกด(A)}$$

$$\text{โดยพื้นที่ของรอยกด (A)} = D^2 / 1.854$$

$$\text{และ } D^2 = [(D_1+D_2) / 2]^2$$

เมื่อ D_1 และ D_2 = ความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดรูปปิรามิดทั้ง 2 แนว



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะหัวกดและรอยกดของการวัดความแข็งแบบวิกเกอร์ส(ก)และแบบนูป(ข)[62]

การวัดความแข็งแบบนูปหัวกดจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานดังแสดงในภาพที่ 4 (ข) ในการทดสอบความแข็งแบบนูปภายหลังจากนำหัวกดขึ้นจะเกิดการคืนกลับแบบอิลาสติก (elastic recovery) เฉพาะที่เส้นทแยงมุมเส้นที่สั้นของรอยกด ดังนั้นในการทดสอบความแข็งแบบนูป ค่าที่ได้จะเป็นอิสระจากสภาพดึงยืดได้ของวัสดุ ทำให้สามารถนำค่าความแข็งของวัสดุต่างชนิดกันนำมาเปรียบเทียบกันได้ ซึ่งค่าที่ได้จะมีหน่วยเป็น นูปฮาร์ดเนสนัมเบอร์ (Knoop hardness number, KHN)[61]

มีการศึกษาที่เกี่ยวกับการสึกกร่อนหลายการศึกษาที่ใช้การวัดความแข็งผิวแบบจุลภาคในการประเมินการสึกกร่อน เช่น การศึกษาของ Maupome และคณะ[14, 15] โดยใช้การวัดความแข็งแบบวิกเกอร์สด้วยน้ำหนัก 100 กรัม เป็นระยะเวลา 15 วินาที ศึกษาการสึกกร่อนจากเครื่องดื่มโคลา พบว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 352.1 ± 32.5 VHN[14] และ 350.8 ± 42.2 VHN[15] และพบว่าเครื่องดื่มโคลามีผลทำให้ค่าความแข็งของเคลือบฟันมีค่าลดลง[14, 15] ในขณะที่ Hannig และ Balz[27, 63] ใช้การวัดความแข็งแบบวิกเกอร์สด้วยน้ำหนัก 100 กรัม และ Nekrashevych และ Stosser[28] ใช้การวัดความแข็งแบบวิกเกอร์สด้วยน้ำหนัก 80 กรัม

เป็นระยะเวลา 10 วินาที ในการศึกษาผลของเพลลิเคิลต่อการสึกกร่อนของเคลือบฟัน พบว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 356.7 ± 18.19 VHN[27] 376 ± 41 VHN[63] และ 305.9 ± 14.2 VHN[28] และพบว่าเคลือบฟันที่ผ่านการป้องกันด้วยเพลลิเคิลจะมีค่าความแข็งลดลงหลังการสึกกร่อนน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการป้องกันด้วยเพลลิเคิล[27, 28, 63] นอกจากนี้ Gedalia และคณะ[59] ได้ศึกษาผลของนมและน้ำลายในการทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนกลับแข็งขึ้น ในขณะที่ Lewinstein และคณะ[39] และ Gedalia และคณะ[40] ได้ศึกษาผลของเนยแข็งและผลของเนยแข็งร่วมกับฟลูออไรด์ในการทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนกลับแข็งขึ้น โดยใช้การวัดความแข็งแบบวิกเกอร์สด้วยน้ำหนัก 300 กรัม พบว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองมีค่า 324.2 ± 22.8 – 340.8 ± 13.1 VHN[59] 323.4 ± 9 – 331.8 ± 6.6 VHN[39] และ 305.9 ± 20.4 – 329.4 ± 23.1 VHN[40] และเครื่องดื่มโคลาและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดทำให้ค่าความแข็งของเคลือบฟันลดลง ในขณะที่นม น้ำลาย เนยแข็ง และเนยแข็งร่วมกับฟลูออไรด์ทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น[39, 40, 59]

ในการประเมินการสึกกร่อนด้วยวิธีการวัดความแข็ง จะต้องมีการขัดพื้นผิวของเคลือบฟันให้มีลักษณะเรียบก่อนที่จะทำให้เกิดการสึกกร่อน[58] และมีการศึกษาพบว่าในแต่ละบริเวณของเคลือบฟันจะมีความแข็งที่ต่างกัน โดยความแข็งของเคลือบฟันจะมีค่าลดลงเมื่อระยะทางถึงรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟันลดลง[23]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

ฟันกรามน้อยของมนุษย์ จำนวน 10 ซี่ ที่ปราศจากการผุ แตก ร้าว และไม่เคยผ่านการบูรณะ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. ฟันกรามน้อยมนุษย์จำนวน 10 ซี่
2. เรซินหล่อใส (ศึกษาภัณฑ์พานิช)
3. แบบหล่อซิลิโคนสำหรับทำแบบชิ้นงาน
4. แผ่นพลาสติกใส
5. ภาชนะสำหรับผสมเรซินหล่อใส
6. แผ่นซิลิกอนคาร์ไบด์เบอร์ 400, 600 และ 1200
7. ผงขัดเพชรขนาด 9, 3 และ 1 ไมครอน (IMPTECH, South Africa)
8. เครื่องดื่มโคลาชนิดกระป๋อง ยี่ห้อโค้ก (บริษัทไทยน้ำทิพย์ประเทศไทย จำกัด)
9. น้ำลายเทียม
10. ภาชนะแก้ว
11. ตะแกรง
12. น้ำปราศจากไอออน
13. สารละลาย 0.5 % ไทมอล (thymol)
14. ทูธมูส (Tooth Mousse : GC Corporation, Japan)
15. พู่กัน
16. กระดาษซับ
17. เทอร์โมมิเตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

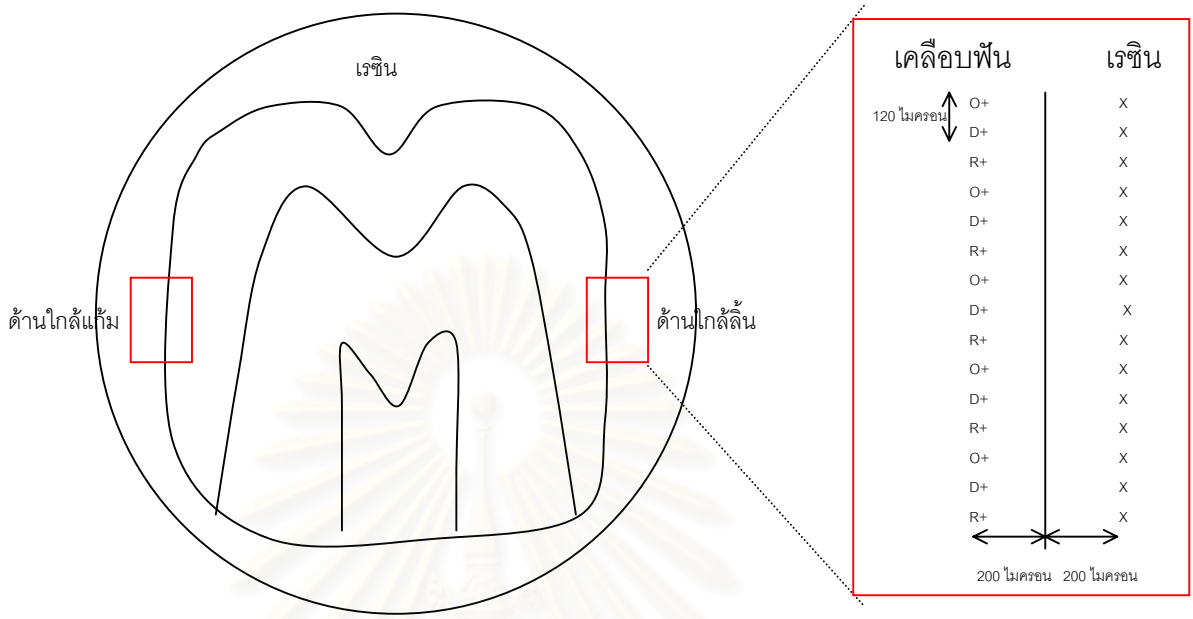
1. เครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ (ISOMET 1000, BUEHLER, USA)
2. เครื่องขัดผิววัสดุ (DPS 3200, IMPTECH, South Africa)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เครื่องทดสอบความแข็งผิวแบบจุลภาค (FM-700e TYPE D, FUTURE-TECH, Japan)
4. กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (ML9300, MEIJI, Japan)
5. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (CONTHERM 160M, CONTHERM Scientific LTD., New Zealand)
6. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (GP353, EDT, England)

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

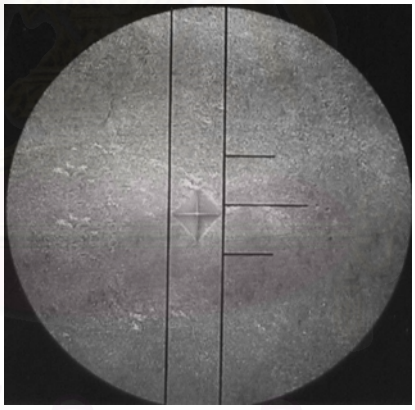
1. การเตรียมตัวอย่าง จำนวน 40 ชุดตัวอย่าง
   1.1 นำฟันกรามน้อยที่ได้รับการถอนและเก็บมานานไม่เกิน 1 เดือนในสารละลาย 0.5 % ไทมอล มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอเพื่อคัดเลือกฟันที่ปราศจากรอยผุ แตก ร้าว และไม่เคยผ่านการบูรณะ แล้วนำมาตัดส่วนของรากออก และแบ่งครึ่งฟันกรามน้อยออกเป็นสองส่วนโดยตัดตามแนวแกนฟันในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น ให้ได้ด้านไกลกลาง และด้านใกล้กลาง โดยใช้เครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ
   1.2 นำฟันกรามน้อยที่ตัดแล้วมาฝังด้วยเรซินหล่อใสในแบบหล่อทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร โดยคว่ำด้านหน้าตัดของฟันลง เทเรซินหล่อใสลงในแบบหล่อ
   1.3 นำชิ้นงานไปขัดโดยขัดด้านหน้าตัดของฟันกรามน้อยด้วยแผ่นซิลิกอน คาร์ไบด์ เรียงจากเบอร์ 400, 600 และ 1200 และผงขัดเพชรขนาด 9, 3 และ 1 ไมครอน ตามลำดับด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ
   1.4 กำหนดจุดอ้างอิงบนเรซินที่ตรงกับบริเวณกึ่งกลางฟัน ด้วยหัวกดวิกเกอร์ส ด้วยน้ำหนัก 100 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที โดยกำหนดจุดอ้างอิงจำนวน 15 จุดต่อชุดตัวอย่าง ให้จุดอ้างอิงแต่ละจุดอยู่ห่างกัน 120 ไมครอน และห่างจากขอบนอกของฟัน 200 ไมครอน โดยใน 1 ตัวอย่าง จะประกอบด้วย 2 ชุดตัวอย่าง คือชุดตัวอย่างด้านใกล้แก้ม และด้านใกล้ลิ้น ดังแสดงในภาพที่ 5
   1.5 เก็บตัวอย่างที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 6 ไว้ในน้ำปราศจากไอออน ณ อุณหภูมิห้อง
   1.6 วัดความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาคดังแสดงในภาพที่ 7 โดยใช้หัวกดวิกเกอร์ส น้ำหนักในการกด 100 กรัม และเวลาในการกด 15 วินาที ทำการกด 5 จุดต่อ 1 ชุดตัวอย่าง โดยให้รอยกดอยู่ห่างจากขอบนอกของฟัน 200 ไมครอน เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 5 จุด เป็นค่าความแข็งก่อนการทดลอง (Ho) ลักษณะของรอยกดบนเคลือบฟันแสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 5 แสดงรูปจำลองการกำหนดจุดอ้างอิงบนตัวอย่าง (X แสดง จุดอ้างอิงบนเรซิน โดยแต่ละจุดอยู่ห่างกัน 120 ไมครอน ; O+ แสดงจุดที่จะทดสอบความแข็งก่อนการทดลอง ; D+ แสดงจุดที่จะทดสอบความแข็งหลังการสึกกร่อน ; R+ แสดงจุดที่จะทดสอบความแข็งหลังการทดลอง แต่ละจุดห่างจากผิวนอกของฟัน 200 ไมครอน)

ภาพที่ 6 แสดงชิ้นตัวอย่างที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว

ภาพที่ 7 แสดงเครื่องทดสอบความแข็งผิวแบบจุลภาค



ภาพที่ 8 แสดงรอยกดบนเคลือบฟันด้วยหัวกดวิกเกอร์ส

2. การทำให้เคลือบฟันสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา
   2.1 วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของเครื่องดื่มโคลาด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง และวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์
   2.2 แช่ตัวอย่างที่ได้เตรียมจากข้อ 1 ลงในเครื่องดื่มโค้ก เป็นระยะเวลา 5 วินาที สลับกับน้ำลายเทียมเป็นระยะเวลา 5 วินาที จำนวน 10 รอบ โดยคำนวณได้จากการดื่มเครื่องดื่มโคลา 1 กระป๋อง[64]
   2.3 แช่ตัวอย่างลงในน้ำลายเทียมเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง

2.4 แช่ตัวอย่างลงในเครื่องดื่มโค้ก เป็นระยะเวลา 5 วินาที สลับกับน้ำลายเทียมเป็นระยะเวลา 5 วินาที จำนวน 10 รอบ

2.5 แช่ตัวอย่างลงในน้ำลายเทียมเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง

2.6 แช่ตัวอย่างลงในเครื่องดื่มโค้ก เป็นระยะเวลา 5 วินาที สลับกับน้ำลายเทียมเป็นระยะเวลา 5 วินาที จำนวน 10 รอบ

2.7 ล้างตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที และทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วินาที

2.8 วัดความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาคโดยใช้หัวกดวิกเกอร์ส น้ำหนักในการกด 100 กรัม และเวลาในการกด 15 วินาที ทำการกด 5 จุดต่อ 1 ชุดตัวอย่าง โดยให้รอยกดอยู่ห่างจากขอบเคลือบฟัน 200 ไมครอน เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 5 จุด เป็นค่าความแข็งหลังการกร่อน (Hd)

3. การส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุของตัวอย่าง

แบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วย 10 ชุดตัวอย่าง และมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1 ส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุด้วยทูธมูส

1. ใช้พู่กันทาทูธมูสลงบนเคลือบฟัน ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต
2. แช่ตัวอย่างในน้ำปราศจากไอออนเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
3. ล้างตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที และทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วินาที
4. วัดความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาคโดยใช้หัวกดวิกเกอร์ส น้ำหนักในการกด 100 กรัม และเวลาในการกด 15 วินาที ทำการกด 5 จุดต่อ 1 ชุดตัวอย่าง โดยให้รอยกดอยู่ห่างจากขอบเคลือบฟัน 200 ไมครอน เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 5 จุด เป็นค่าความแข็งหลังการทดลอง (Hr)

ภาพที่ 9 แสดงทูธมูส

กลุ่มที่ 2 ส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุด้วยน้ำลายเทียม

1. แช่ตัวอย่างในน้ำลายเทียมเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
2. ล้างตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที และทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วินาที
3. วัดความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาคโดยใช้หัวกดวิกเกอร์ส น้ำหนักในการกด 100 กรัม และเวลาในการกด 15 วินาที ทำการกด 5 จุดต่อ 1 ชุดตัวอย่าง โดยให้รอยกดอยู่ห่างจากขอบเคลือบฟัน 200 ไมครอน เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 5 จุด เป็นค่าความแข็งหลังการทดลอง (Hr)

กลุ่มที่ 3 ส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุด้วยน้ำลายเทียมและทูธมูส

1. ใช้พู่กันทาทูธมูสลงบนเคลือบฟัน ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที
2. แช่ตัวอย่างในน้ำลายเทียมเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
3. ล้างตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที และทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วินาที
4. วัดความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาคโดยใช้หัวกดวิกเกอร์ส น้ำหนักในการกด 100 กรัม และเวลาในการกด 15 วินาที ทำการกด 5 จุดต่อ 1 ชุดตัวอย่าง โดยให้รอยกดอยู่ห่างจากขอบเคลือบฟัน 200 ไมครอน เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 5 จุด เป็นค่าความแข็งหลังการทดลอง (Hr)

กลุ่มที่ 4 กลุ่มควบคุม

1. แช่ตัวอย่างในน้ำปราศจากไอออนเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
2. ซับด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 30 วินาที และทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วินาที
3. วัดความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาคโดยใช้หัวกดวิกเกอร์ส น้ำหนักในการกด 100 กรัม และเวลาในการกด 15 วินาที ทำการกด 5 จุดต่อ 1 ชุดตัวอย่าง โดยให้รอยกดอยู่ห่างจากขอบเคลือบฟัน 200 ไมครอน เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 5 จุด เป็นค่าความแข็งหลังการทดลอง (Hr)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอส พี เอส เอส (SPSS version 10) และกำหนดค่านัยสำคัญที่ $P < 0.05$ โดยประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษาดังนี้

1. ในการทดสอบความเหมือนกัน (Homogenous) ของตัวอย่างที่เลือกมา สถิติที่ใช้ในการทดสอบได้แก่การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง (Ho)
2. ในการทดสอบผลของเครื่องดื่มโค้ก ต่อความแข็งของเคลือบฟัน สถิติที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ แพร์ แซมเปิล ที เทสท์ (Paired – Sample T Test) ระหว่างค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง (Ho) และค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน (Hd)
3. ในการทดสอบความเหมือนกันของตัวอย่างภายหลังสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโค้ก สถิติที่ใช้ในการทดสอบได้แก่การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน (Hd)
4. ในการทดสอบผลของทูธมูส น้ำลายเทียม ทูธมูส+น้ำลายเทียม และน้ำปราศจากไอออน ต่อความแข็งของเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโค้ก สถิติที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ แพร์ แซมเปิล ที เทสท์ ระหว่างค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน (Hd) และค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง (Hr) ในแต่ละกลุ่ม
5. ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างผลของทูธมูส น้ำลายเทียม ทูธมูส+น้ำลายเทียม และน้ำปราศจากไอออน ต่อความแข็งของเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโค้ก สถิติที่ใช้ในการทดสอบได้แก่วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง (Hr)
6. ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง และความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง สถิติที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ แพร์ แซมเปิล ที เทสท์

(Paired – Sample T Test) ระหว่างค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง (Ho) และค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง (Hr) ในแต่ละกลุ่ม

*ในกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะที่ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) สถิติที่ใช้จะใช้สถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์(non parametric) ได้แก่ การวิเคราะห์ด้วย สถิติครูคัล วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) แทนการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และการวิเคราะห์ด้วยสถิติวิลคอกสัน ไซน์ แรงค์ เทสท์ (Wilcoxon Signed-Rank Test) แทนการวิเคราะห์แบบแพร์แซมเปิล ที เทสท์[65-67]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง (Ho) หลังการสึกกร่อน (Hd) และหลังการทดลอง (Hr) แสดงดังตารางที่ 2 - 5 และเมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง หลังการสึกกร่อน และหลังการทดลองของแต่ละกลุ่มตัวอย่างไปทดสอบการกระจายของข้อมูล พบว่าการกระจายของข้อมูลเป็นการกระจายแบบปกติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มตัวอย่าง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงใช้สถิติที่ใช้พารามิเตอร์

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง (Ho) หลังการสึกกร่อน (Hd) และหลังการทดลอง (Hr) ของกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 1 (CPP-ACP)	Ho (VHN)	Hd (VHN)	Hr (VHN)
ค่าเฉลี่ย	246.68	209.07	247.28
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.17	13.56	5.18
ค่าสูงสุด	251.20	224.16	253.98
ค่าต่ำสุด	240.92	174.48	239.94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง (Ho) หลังการสึกกร่อน (Hd) และหลังการทดลอง (Hr) ของกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 2 (น้ำลายเทียม)	Ho (VHN)	Hd (VHN)	Hr (VHN)
ค่าเฉลี่ย	245.16	207.85	228.06
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.41	7.80	9.16
ค่าสูงสุด	257.46	218.56	242.98
ค่าต่ำสุด	235.56	190.96	212.68

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง (Ho) หลังการสึกกร่อน (Hd) และหลังการทดลอง (Hr) ของกลุ่มที่ 3

กลุ่มที่ 3 (CPP-ACP + น้ำลายเทียม)	Ho (VHN)	Hd (VHN)	Hr (VHN)
ค่าเฉลี่ย	248.31	205.62	242.64
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.23	6.52	12.12
ค่าสูงสุด	256.68	214.32	260.58
ค่าต่ำสุด	239.38	194.34	219.02

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง (Ho) หลังการสึกกร่อน (Hd) และหลังการทดลอง (Hr) ของกลุ่มที่ 4

กลุ่มที่ 4 (น้ำปราศจากไอออน)	Ho (VHN)	Hd (VHN)	Hr (VHN)
ค่าเฉลี่ย	239.09	207.04	209.96
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	17.91	8.19	8.52
ค่าสูงสุด	255.94	221.44	217.60
ค่าต่ำสุด	208.76	191.06	192.36

เมื่อนำค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองมาวิเคราะห์พบว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แสดงให้เห็นว่าเคลือบฟันที่เลือกมาในแต่ละกลุ่มมีความเหมือนกัน โดยค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองมีค่า 244.82 VHN และพบว่าเมื่อนำเคลือบฟันแช่ในเครื่องดื่มโค้ก ค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันในทุก ๆ กลุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยลดลงเฉลี่ย 37.42 VHN และค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อนมีค่า 207.49 VHN ค่าความแข็งของเคลือบฟันที่ลดลงนี้ ในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

การส่งเสริมให้มีการสะสมของแร่ธาตุกลับคืนในกลุ่มที่ 1 CPP-ACP กลุ่มที่ 2 น้ำลายเทียม และกลุ่มที่ 3 CPP-ACP + น้ำลายเทียม ต่างทำให้เคลือบฟันที่ผ่านการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโค้กมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยในกลุ่มที่ 1 มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น 38.21 VHN ในกลุ่มที่ 2 มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น 20.21 VHN และในกลุ่มที่ 3 มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น 37.02 ในขณะที่ในกลุ่มที่ 4 น้ำปราศจากไอออนไม่มีผลเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของเคลือบฟัน ($P>0.05$) โดยค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองในแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยในกลุ่มที่ 1 ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง

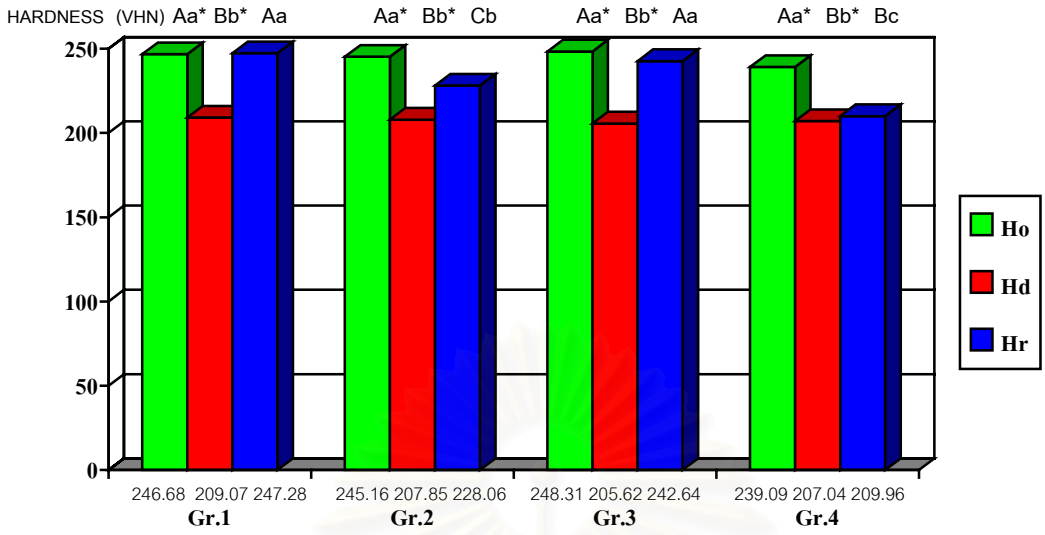
แตกต่างจากกลุ่มที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในขณะที่ในกลุ่มที่ 2 ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองแตกต่างจาก กลุ่มที่ 1 , 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในกลุ่มที่ 3 ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง แตกต่างจากกลุ่มที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และในกลุ่มที่ 4 ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองแตกต่างจาก กลุ่มที่ 1 , 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าโอกาสความน่าจะเป็นของความแตกต่างของค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองระหว่างแต่ละกลุ่ม เมื่อทดสอบด้วย Bonferroni

	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
กลุ่มที่ 1	-	.000**	1.000	.000**
กลุ่มที่ 2	.000**	-	.006**	.000**
กลุ่มที่ 3	1.000	.006**	-	.000**
กลุ่มที่ 4	.000**	.000**	.000**	-

(**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการทดลอง พบว่า ในกลุ่มที่ 1 ที่มีการส่งเสริมให้มีการสะสมของแร่ธาตุกลับคืนด้วย CPP-ACP และในกลุ่มที่ 3 ที่มีการส่งเสริมให้มีการสะสมของแร่ธาตุกลับคืนด้วย CPP-ACP + น้ำลายเทียม พบว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง (P>0.05) ในขณะที่ในกลุ่มที่ 2 ที่มีการส่งเสริมให้มีการสะสมของแร่ธาตุกลับคืนด้วยน้ำลายเทียม และในกลุ่มที่ 4 น้ำปราศจากไอออน ค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)



ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง(Ho) หลังการสึกกร่อน (Hd) และหลังการทดลอง (Hr) ของแต่ละกลุ่ม

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แต่ละตัวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มเดียวกัน

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกลุ่ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้ฟันกรามน้อยในการทดลอง เนื่องจากฟันกรามน้อยเป็นฟันที่มักจะถูกถอนในการจัดฟัน ทำให้สามารถคัดเลือกฟันที่ปราศจากรอยผุ แตก ร้าวและปราศจากวัสดุบูรณะได้ นอกจากนี้การศึกษาที่ผ่านมานิยมใช้ฟันกรามน้อยในการศึกษาเช่นกัน[39, 40, 59, 64] อย่างไรก็ตามการเตรียมฟันเพื่อทำเป็นชิ้นตัวอย่างในการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา[39, 40, 59, 64] ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาจะใช้พื้นผิวของเคลือบฟันทางด้านแก้มและลิ้นในการศึกษาเนื่องจากการสึกกร่อนส่วนใหญ่เกิดกับทั้งสองด้านนี้[16] แต่รูปร่างของพื้นผิวเคลือบฟันทางด้านแก้มและลิ้นจะมีลักษณะโค้ง ในขณะที่การทดสอบด้วยเครื่องวัดความแข็งแบบจุลภาคพื้นผิวที่ทดสอบจะต้องมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบและได้ระนาบเดียวกัน การใช้เคลือบฟันด้านแก้มและด้านลิ้นในการทดสอบจึงต้องมีการขัดผิวของฟันให้เป็นระนาบเดียวกันก่อนทดสอบ[64] ซึ่งในการขัดพื้นผิวที่โค้งให้เป็นระนาบ ทำให้แต่ละบริเวณของผิวฟันถูกขัดออกเป็นระยะทางที่ห่างจากผิวนอกไม่เท่ากัน ในขณะที่ความแข็งของเคลือบฟันจะมีค่าลดลงเมื่อระยะห่างของตำแหน่งที่ทดสอบกับผิวด้านนอกของฟันเพิ่มขึ้น[23] ในการศึกษานี้จึงออกแบบให้ใช้การตัดฟันตามแนวแกนฟัน ในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น ให้ได้เคลือบฟันด้านไกลกลาง และใกล้กลาง แล้วใช้พื้นผิวหน้าตัดด้านในของฟันในการทดลอง ทำให้ได้พื้นผิวที่มีลักษณะเป็นระนาบ และกำหนดจุดที่จะทำการทดสอบความแข็งให้ห่างจากผิวนอกของฟันเป็นระยะทางเท่า ๆ กัน ซึ่งการตัดฟันตามการศึกษานี้แม้ว่าจะไม่สามารถจำลองสภาพในช่องปากจริงในเรื่องของบริเวณที่ฟันสัมผัสกับเครื่องดื่ม แต่จะทำให้ค่าความแข็งของเคลือบฟันในแต่ละบริเวณ และแต่ละตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน

ในการศึกษานี้กำหนดให้จุดที่จะใช้ทดสอบความแข็งของเคลือบฟัน อยู่ห่างจากผิวนอกของเคลือบฟันเป็นระยะทาง 200 ไมครอน เพื่อหลีกเลี่ยงการวัดความแข็งของเคลือบฟันบริเวณที่ไม่มีลักษณะเป็นปริซึม (aprismatic enamel) ซึ่งจะไม่มีรูปแบบการละลายที่แน่นอนและแตกต่างจากเคลือบฟันที่มีลักษณะเป็นปริซึม[8, 68] โดยเคลือบฟันที่ไม่มีลักษณะเป็นปริซึมจะมีความกว้างส่วนใหญ่ 50 – 70 ไมครอน และไม่เกิน 100 ไมครอน[69] จากการที่การศึกษานี้กำหนดให้วัดความแข็งของเคลือบฟันที่ระยะ 200 ไมครอนจากผิวนอก จึงอาจเป็นสาเหตุให้ค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองในการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่าการศึกษาที่ผ่านมา[39, 40, 59, 64] นอกจากนี้อาจเป็นผลจากการที่การศึกษานี้ออกแบบให้มีการตัดฟันที่แตกต่างจากการศึกษาอื่น โดยในการศึกษานี้

การวัดค่าความแข็งของเคลือบฟันทำในแนวตั้งฉากกับอีนาเมลรอด (enamel rod) ในขณะที่การศึกษาที่ผ่านมาการวัดค่าความแข็งของเคลือบฟันทำในแนวขนานกับอีนาเมลรอด ซึ่งมีการศึกษาพบว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันที่วัดในแนวขนานกับอีนาเมลรอดจะมีค่ามากกว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันที่วัดในแนวตั้งฉากกับอีนาเมลรอด[70] โดยในการศึกษานี้ค่าเฉลี่ยความแข็งเคลือบฟันก่อนการทดลองมีค่า 244.82 VHN ในขณะที่การศึกษาของ Lewinstein และคณะ[39] และ Gedalia และคณะ[40, 59] ค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองมีค่ามากกว่า 300 VHN และการศึกษาของสุชาติ[64] มีค่า 260.3 – 279.1 VHN อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของเคลือบฟันเมื่อเกิดการสึกกร่อนโดยเครื่องดื่มโคลา และเมื่อมีการส่งเสริมให้เกิดการสะสมแร่ธาตุกลับ รวมทั้งเปรียบเทียบผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต และน้ำลายเทียมต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งของเคลือบฟัน การที่มีค่าความแข็งของเคลือบฟันที่มีค่าต่ำนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อการศึกษา สิ่งที่สำคัญคือค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองในแต่ละกลุ่มไม่ควรมีความแตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษานี้ผลการทดลองได้แสดงให้เห็นแล้วว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน

การศึกษานี้ออกแบบให้เคลือบฟันถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา โดยการเลียนแบบการบริโภคเครื่องดื่มโคลา 1 กระป๋องในแต่ละมื้ออาหาร วันละ 3 มื้อ (เช้า กลางวัน และเย็น) โดยเลียนแบบให้เคลือบฟันสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลาสลับกับน้ำลายเทียมในแต่ละมื้อ และในช่วงระหว่างมื้อเช้ากับมื้อกลางวัน และมื้อกลางวันกับมื้อเย็นให้เคลือบฟันสัมผัสกับน้ำลายเทียมเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งการออกแบบให้เคลือบฟันมีการสัมผัสกับน้ำลายเทียมจะช่วยจำลองสภาวะจริงในช่องปาก ดังที่ทราบกันดีว่าน้ำลายมีบทบาทในการช่วยป้องกันการละลายของเคลือบฟัน โดยช่วยเจือจางและชะล้างอาหารและเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรด ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของกรดในอาหารและเครื่องดื่ม และเป็นแหล่งของแคลเซียม ฟอสเฟต และช่วยคงสภาวะความอิ่มตัวของแคลเซียมและฟอสเฟตบนผิวฟัน[8, 21] นอกจากนี้เครื่องดื่มโคลาที่ใช้ในการศึกษานี้ ใช้เครื่องดื่มโคลาที่แช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส เนื่องจากเครื่องดื่มโคลามักถูกดื่มในขณะแช่เย็น ซึ่งอุณหภูมิของเครื่องดื่มเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อนของเครื่องดื่ม โดยเมื่ออุณหภูมิของเครื่องดื่มต่ำลง จะทำให้ความสามารถในการทำให้เกิดการสึกกร่อนของเครื่องดื่มลดลง[22]

ในการศึกษานี้เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง และเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน พบว่ามีค่าความแข็งลดลงเฉลี่ย 37.42 VHN ซึ่งเมื่อนำค่าความแข็งที่ลดลงนี้ไป

เปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของสุชาติ[64] พบว่าการศึกษานี้มีค่าเฉลี่ยความแข็งที่ลดลงน้อยกว่าของสุชาติ ถึงแม้ว่าในการศึกษาของสุชาติจะออกแบบให้เคลือบฟันสัมผัสกับเครื่องดื่มโคลา 1 กระป๋อง เพียง 1 รอบเท่านั้น โดยในการศึกษาของสุชาติพบว่าเคลือบฟันหลังจากสัมผัสเครื่องดื่มโคลามีค่าความแข็งลดลง 99.77 VHN ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการศึกษานี้มีการออกแบบให้เคลือบฟันสัมผัสกับน้ำลายเทียมเป็นเวลาถึง 6 ชั่วโมง ในช่วงระหว่างมื้อจำนวน 2 ครั้ง รวมถึงความแตกต่างกันขององค์ประกอบของน้ำลายเทียมที่ใช้ โดยในการศึกษานี้ใช้น้ำลายเทียมที่ดัดแปลงมาจากการศึกษาของ Amaechi[22] และเป็นน้ำลายเทียมที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาฯ ใช้จ่ายให้ผู้ป่วยที่มีอาการปากแห้ง โดยได้ตัดส่วนของฟลูออไรด์และสารที่ใช้แต่งสีออก นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากแนวการตัดฟันและตำแหน่งที่ใช้วัดค่าความแข็งในการศึกษานี้ที่วัดที่บริเวณหน้าตัดด้านใน ทำให้การสึกกร่อนเกิดบริเวณด้านข้างของอีนาเมลรอด ซึ่งเป็นส่วนที่ประกอบด้วยโปรตีนปริมาณสูงในขณะที่กรดจะทำการกัดกร่อนบริเวณที่ประกอบด้วยโปรตีนได้น้อยกว่าบริเวณที่ประกอบด้วยแร่ธาตุ[71] อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Gedalia และคณะ[59] ซึ่งทำการศึกษาโดยให้เคลือบฟันสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลาในช่องปากโดยการดื่มเครื่องดื่มโคลา 400 มิลลิลิตรเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่ามีค่าความแข็งของเคลือบฟันลดลง 50 – 60 VHN ซึ่งมากกว่าการศึกษานี้เพียงเล็กน้อย

ในการศึกษานี้กำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งเสริมการสะสมของแร่ธาตุกลับคืนใช้เวลา 6 ชั่วโมง ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เพื่อเลียนแบบระยะเวลาในการนอนหลับและอุณหภูมิในช่องปากของมนุษย์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า น้ำลายเทียมสามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลาจนมีค่าความแข็งลดลง กลับมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Eisenburgerc และคณะ[72] ที่พบว่าน้ำลายเทียมสามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นได้นอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าน้ำลายสามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน[39, 40, 59, 73] เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำลายที่มีความสามารถในการป้องกันและซ่อมแซมโครงสร้างของฟันตามธรรมชาติ[40] อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ไม่ได้ใช้น้ำลายในการศึกษา แต่ได้ใช้น้ำลายเทียมแทน เพื่อควมคุมองค์ประกอบของน้ำลายให้เหมือนกันในทุกกลุ่มการทดลอง และเพื่อลดปัญหาด้านจริยธรรมในการทดลองในมนุษย์ ซึ่งน้ำลายเทียมที่ใช้มีส่วนประกอบที่เป็นแร่ธาตุที่ใกล้เคียงกับน้ำลายทั้งแคลเซียมและฟอสเฟต นอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่านอกจากน้ำลายและน้ำลายเทียมแล้ว น้ำนมวัวและผลิตภัณฑ์จากน้ำนมวัวเช่นเนยแข็งต่างก็มีความสามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น[30, 39, 40, 59] น้ำนมวัวและเนยแข็ง ต่างประกอบไปด้วยโปรตีนเคซีนซึ่งเมื่อใช้ทริปซินย่อยเคซีนจะได้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์[44] ซึ่งในการศึกษานี้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ –

อะมอร์ฟัสแคลเซียม สามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนกลับแข็งขึ้นได้เช่นเดียวกับน้ำนมวัวและเนยแข็ง

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มความแข็งของเคลือบฟันของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับน้ำลายเทียม และน้ำลายเทียม โดยพิจารณาจากค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง พบว่าในกลุ่มที่ได้รับการส่งเสริมให้มีการสะสมแร่ธาตุกลับคืนด้วยเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต และเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับน้ำลายเทียม จะมีค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการส่งเสริมให้มีการสะสมแร่ธาตุกลับคืนด้วยน้ำลายเทียม และมากกว่ากลุ่มควบคุมตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Gedalia และคณะในปี 1991[59] ซึ่งเปรียบเทียบความสามารถของนมกับน้ำลายในการทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนกลับแข็งขึ้น และการศึกษาของ Gedalia และคณะในปี 1992[40] และ Lewinstein และคณะ[39] ซึ่งเปรียบเทียบความสามารถของเนยแข็งและน้ำลายในการทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนกลับแข็งขึ้น พบว่าการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา โดยทั้งนมและเนยแข็งซึ่งมีเคซีนเป็นส่วนประกอบต่างมีความสามารถทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีความแข็งเพิ่มขึ้นได้มากกว่าน้ำลาย

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง พบว่าในกลุ่มที่มีการส่งเสริมให้มีการสะสมของแร่ธาตุกลับคืนด้วยเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต และเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับน้ำลายเทียม จะไม่พบความแตกต่างกันระหว่างค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนและหลังการทดลอง ในขณะที่กลุ่มที่มีการส่งเสริมให้มีการสะสมแร่ธาตุกลับคืนด้วยน้ำลายเทียม ถึงแม้จะทำให้ค่าความแข็งของเคลือบฟันเพิ่มขึ้น แต่ไม่สามารถเพิ่มขึ้นจนเท่ากับค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Gedalia และคณะในปี 1991[59] ซึ่งเปรียบเทียบการใช้นมและน้ำลายในการทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลาในปาก โดยให้ผู้เข้าร่วมทดลองดื่มกลั้วปากด้วยเครื่องดื่มโคลาก่อนที่จะดื่มเครื่องดื่มโคลาจำนวน 400 มิลลิลิตรในเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงทำให้เคลือบฟันแข็งขึ้นโดยให้กลั้วปากและดื่มนม จำนวน 400 มิลลิลิตร หรือใส่ชิ้นเคลือบฟันไว้ในปากที่มีการไหลของน้ำลายเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งพบว่านมสามารถทำให้ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองกลับมาเท่ากับค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองได้ และน้ำลายทำให้ค่าความแข็งของเคลือบฟันเพิ่มขึ้นแต่ไม่สามารถทำให้ค่าความแข็งของเคลือบฟันกลับมาเท่ากับก่อนทดลองได้ ในขณะที่

การศึกษาของ Gedalia และคณะในปี 1992[40] ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของเนยแข็งและน้ำลายทั้งในภาวะถูกกระตุ้นและภาวะปกติในการทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยน้ำส้มภายนอกช่องปากเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำให้เคลือบฟันแข็งขึ้นโดยให้ผู้เข้าร่วมทดลองเคี้ยวเนยแข็งหรือพาราฟินหรือใส่ชิ้นเคลือบฟันไว้ในปากที่มีการไหลของน้ำลายเป็นเวลา 5 นาที พบว่าเนยแข็งและน้ำลายทั้งในภาวะถูกกระตุ้นและภาวะปกติ ต่างทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่ไม่สามารถกลับมามีค่าความแข็งเท่ากับค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง

จากการศึกษานี้พบว่าเมื่อส่งเสริมให้มีการสะสมของแร่ธาตุกลับคืนด้วยด้วยเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต และเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับน้ำลายเทียม เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าผลที่ได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในภาวะที่ไม่มีน้ำลาย เช่นในช่วงเวลานอนหลับ หรือในผู้ป่วยที่มีภาวะปากแห้ง เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต สามารถทำงานเพื่อให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนกลับแข็งขึ้นได้ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำลาย อย่างไรก็ตามไม่สามารถสรุปได้ว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต ไม่ได้ทำงานร่วมกับน้ำลายเทียม การใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับน้ำลายเทียม อาจทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนกลับแข็งขึ้นได้เร็วกว่าการใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว ซึ่งต้องทำการศึกษาโดยการลดระยะเวลาในการสะสมแร่ธาตุลงเนื่องจากระยะเวลาเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมแร่ธาตุกลับสู่ตัวฟัน[72]

การที่เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับน้ำลายเทียม และน้ำลายเทียม มีความสามารถทำให้ความแข็งของเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นผลจากทั้งเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต และน้ำลายเทียม ต่างมีแคลเซียม และฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบ โดยแคลเซียมและฟอสเฟตที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นกลาง หรือในสิ่งแวดล้อมที่เป็นด่างเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการเกิดการสะสมแร่ธาตุกลับ โดยการเพิ่มความแข็งของเคลือบฟันไม่ได้เป็นผลจากการเจริญเติบโตขึ้นใหม่ของอะปาไทต์คริสตัลที่ถูกละลายไป แต่เป็นผลจากการตกตะกอนของแคลเซียมฟอสเฟต เพื่อซ่อมแซมส่วนที่เป็นรูพรุน (porous) ในอีนาเมลแมทริกซ์ ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้เหมาะสมที่จะเรียกว่า “การซ่อมแซม” มากกว่า “การคืนกลับของแร่ธาตุ” [5]

เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ เคซีนฟอสโฟเปปไทด์และอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งเคซีนฟอสโฟเปปไทด์เป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยฟอสโฟซีรีลที่ตกค้างจำนวนมาก โดยจะทำหน้าที่ทำให้แคลเซียมและฟอสเฟตมีความคงทนและไม่ตกตะกอนตามธรรมชาติ[44] สำหรับน้ำลายนอกจากจะประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ แล้ว น้ำลายยังประกอบด้วยโปรตีนที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ รวมทั้งโปรตีนที่ทำหน้าที่ป้องกันการตกตะกอนของแคลเซียมและฟอสเฟตเช่นเดียวกับเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ ได้แก่โปรตีนสตาเธอริน (statherin) ฮิสทีดีน (histidine) และโปรลีนริชโปรตีน (proline rich protein) [5, 55] แต่น้ำลายเทียมที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วยแร่ธาตุและสารเพิ่มความหนืด (thickening) เท่านั้น ไม่ได้มีส่วนประกอบที่เป็นโปรตีนที่ช่วยยับยั้งการตกตะกอนของแร่ธาตุ จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความสามารถของน้ำลายเทียมในการส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุด้อยกว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต

การทำงานของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต นอกจากเคซีนฟอสโฟเปปไทด์จะช่วยป้องกันการตกตะกอนของแคลเซียมและฟอสเฟตแล้ว เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ยังช่วยทำให้อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตคงอยู่บนผิวฟัน และคงภาวะอิ่มตัวของแคลเซียมและฟอสเฟต ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุของฟัน และกระตุ้นให้เกิดการสะสมของแร่ธาตุกลับคืนสู่ฟัน[44] จากการที่เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตทำให้เกิดภาวะอิ่มตัวของแร่ธาตุบนผิวฟัน ทำให้การสะสมกลับของแร่ธาตุเกิดอย่างรวดเร็ว[74] จึงอาจเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ในการศึกษานี้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต มีความสามารถในการทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนกลับมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำลายเทียม

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตมีความสามารถในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุ และสะสมแร่ธาตุกลับคืนสู่ตัวฟันโดย Yamaguchi และคณะ[74] ได้ศึกษาโดยใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต ในรูปแบบของครีมทาเฉพาะที่พบว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตสามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันได้และการศึกษาของ Cai และคณะ[33] ที่ใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตในรูปลูกอม การศึกษาของ Shen และคณะ[35] Reynolds และคณะ[36] Iijima และคณะ[34] และ Itthagarun และคณะ[75] ที่ใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตในรูปหมากฝรั่งต่างพบว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตช่วยในการสะสมแร่ธาตุกลับคืนสู่รอยโรคใต้พื้นผิวเคลือบฟัน (enamel subsurface lesion) นอกจากนี้ Iijima และคณะ[34] ยังพบว่าเคลือบฟันที่ผ่านการสะสมแร่ธาตุ

กลับด้วยเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตในรูปแบบของหมากฝรั่ง จะมีความต้านทานต่อกรดแลคติก (lactic acid) มากกว่ารอยโรคที่ผ่านการสะสมแร่ธาตุกลับด้วยหมากฝรั่งที่ไม่มีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบ อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Cai และคณะ[33] Shen และคณะ[35] Reynolds และคณะ[36] Iijima และคณะ[34] และ Itthagarun และคณะ[75] เป็นการศึกษาที่ทำในช่องปาก ผลที่ได้จากการศึกษาจึงเป็นผลจากทั้งเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตและน้ำลายร่วมกัน นอกจากนี้แล้วยังมีการศึกษาพบว่าการเติมเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตลงในเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา พบว่ามีผลทำให้ความสามารถของเครื่องดื่มในการทำให้เกิดการสึกกร่อนของเคลือบฟันน้อยลง[12] ทั้งนี้เนื่องจากในภาวะที่เป็นกรด เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตจะแยกตัวออกจากกัน ทำให้ได้แคลเซียมไอออนและฟอสเฟตไอออน ซึ่งจะทำให้เกิดภาวะอิ่มตัวของแคลเซียมและฟอสเฟต[44] เป็นผลให้ลดการสูญเสียของแร่ธาตุในฟัน และเกิดการสะสมของแร่ธาตุกลับสู่ตัวฟัน[12]

เคลือบฟันที่ถูกทำให้สึกกร่อนจะทำให้มีค่าความแข็งลดลง[22, 30, 40, 59, 64] ซึ่งจะทำให้เคลือบฟันมีแนวโน้มที่จะสึกทั้งจากแรงบดเคี้ยว และจากการขัดสีเช่นจากการแปรงฟัน การแปรงฟันในขณะที่เคลือบฟันยังนิ่มอยู่จะเป็นผลทำให้โครงสร้างอินทรีย์ของเคลือบฟันถูกกำจัดออกและทำให้การสะสมแร่ธาตุกลับสู่เคลือบฟันไม่สามารถเกิดขึ้นได้ถึงแม้จะอยู่ในภาวะอิ่มตัวของแคลเซียมและฟอสเฟต[76] การป้องกันเหตุการณ์ดังกล่าวสามารถทำได้โดยการบ้วนปากด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ[76] การอมนมไว้ในปากเป็นระยะเวลาสั้น ๆ[5] และไม่แปรงฟันทันทีหลังรับประทานอาหารหรือดื่มเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด[76] เพื่อทำให้เคลือบฟันมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น การใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตที่อยู่ในรูปแบบครีมทาเฉพาะที่ที่ใช้ในการศึกษานี้ทาบนเคลือบฟันหรือการอมน้ำลายเทียมก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มค่าความแข็งของเคลือบฟันได้

จากการศึกษานี้พบว่าเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตมีความสามารถในส่งเสริมให้เกิดการสะสมแร่ธาตุกลับได้มากกว่าน้ำลายเทียม และเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยน้ำลายเทียม จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตในการส่งเสริมให้เกิดการสะสมของแร่ธาตุกลับเพื่อให้เคลือบฟันที่เกิดการสึกกร่อนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และสามารถใช้ในผู้ป่วยที่มีภาวะปากแห้ง ซึ่งนอกจากจะมีความสามารถในการทำให้เคลือบฟันแข็งขึ้นได้

มากกว่าน้ำลายเทียมแล้ว เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตที่ใช้ในการศึกษานี้อยู่ในรูปของครีมทาเฉพาะที่ซึ่งมีการปรุงแต่งกลิ่นและรส ทำให้มีกลิ่นและรสที่ดีกว่าน้ำลายเทียม

สรุปผลการวิจัย

1. เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต มีผลทำให้เคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลามีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น
2. เคซีนฟอสโฟเปปไทด์ - อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต มีความสามารถในการเพิ่มค่าความแข็งของเคลือบฟันที่ถูกสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลามากกว่าน้ำลายเทียม

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาที่ทำในห้องปฏิบัติการซึ่งไม่สามารถจำลองสภาพในช่องปากจริงได้ทั้งหมด เช่นการใช้น้ำลายเทียมในการศึกษานี้ไม่สามารถทำให้เกิดการสร้างเพลลิเคิลซึ่งมีความสำคัญในการป้องกันฟันจากการสึกกร่อน[15, 27, 28] นอกจากนี้ความถี่ในการบริโภคเครื่องดื่มของแต่ละคนมีความแตกต่างกัน ซึ่งความถี่ของการบริโภคเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสึกกร่อน[14] เพื่อให้การศึกษาครอบคลุมมากขึ้น อาจทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยการสร้างเพลลิเคิลด้วยน้ำลายก่อนที่จะทำให้เคลือบฟันเกิดการสึกกร่อน และออกแบบการทดลองให้ความถี่ในการบริโภคมีความหลากหลายมากขึ้น นอกจากนี้อาจเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดการสะสมของแร่ธาตุกลับให้หลากหลายมากขึ้น เช่นกำหนดให้ระยะเวลาในการสะสมแร่ธาตุน้อยลง เพื่อดูความแตกต่างของผลของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต และเคซีนฟอสโฟเปปไทด์ – อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับน้ำลายเทียม

ในการประเมินการสึกกร่อนของฟันและการสะสมกลับของแร่ธาตุ อาจใช้วิธีการอื่น ๆ ในการประเมิน เช่นประเมินด้วยวิธีนาโนอินเดนเทชัน (nanoindentation) ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดจุดที่จะทำการทดสอบแต่ละจุดให้อยู่ใกล้กันได้มากกว่าการวัดความแข็งผิวแบบจุลภาค หรือใช้วิธีการถ่ายภาพรังสีแบบจุลภาค (microradiography) ซึ่งวิธีนี้จะให้ค่าความหนาแน่นของแร่ธาตุในเคลือบฟัน นอกจากนี้อาจใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารเรืองแสงที่ถูกปลดปล่อย (quantitative light – induced fluorescence) ซึ่งวิธีนี้สามารถใช้วัดการสูญเสียแร่ธาตุได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ

และในการทดลองทางคลินิกเนื่องจากการประเมินด้วยวิธีนี้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมชิ้นงานก่อนการประเมิน[58]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Lussi A, Jaeggi T, Zero D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. Caries Res 2004;38 Suppl 1:34-44.
2. Attin T, Zirkel C, Hellwig E. Brushing abrasion of eroded dentin after application of sodium fluoride solutions. Caries Res 1998;32(5):344-50.
3. Linnett V, Seow WK. Dental erosion in children: a literature review. Pediatr Dent 2001;23(1):37-43.
4. Shaw L. Tooth wear: aetiology, prevention, clinical implication. In: John JMC, editor. Prevention of Oral Disease. UK.; 2003: 115-122.
5. Imfeld T. Prevention of progression of dental erosion by professional and individual prophylactic measures. Eur J Oral Sci 1996;104(2):215-20.
6. Maia LC, de Souza IP, Cury JA. Effect of a combination of fluoride dentifrice and varnish on enamel surface rehardening and fluoride uptake in vitro. Eur J Oral Sci 2003;111(1):68-72.
7. Sorvari R, Meurman JH, Alakuijala P, Frank RM. Effect of fluoride varnish and solution on enamel erosion in vitro. Caries Res 1994;28(4):227-32.
8. Meurman JH, ten Cate JM. Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. Eur J Oral Sci 1996;104(2):199-206.
9. Larsen MJ. Prevention by means of fluoride of enamel erosion as caused by soft drinks and orange juice. Caries Res 2001;35(3):229-34.
10. Heifetz SB, Horowitz HS. The amounts of fluoride in current fluoride therapies: safety considerations for children. ASDC J Dent Child 1984;51(4):257-69.
11. Roberson TM, Ludeen TF. The lesion, etiology, prevention, and control. In: Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ, editors. Sturdevant's Art & Science of Operative dentistry. Missouri: Mosby; 2002: 63-130.

12. Ramalingam L, Messer LB, Reynolds EC. Adding casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate to sports drinks to eliminate in vitro erosion. Pediatr Dent 2005;27(1):61-7.

13. Davidson CL, Hoekstra IS, Arends J. Microhardness of sound, decalcified and etched tooth enamel related to the calcium content. Caries Res 1974;8(2):135-44.

14. Maupome G, Diez-de-Bonilla J, Torres-Villasenor G, Andrade-Delgado LC, Castano VM. In vitro quantitative assessment of enamel microhardness after exposure to eroding immersion in a cola drink. Caries Res 1998;32(2): 148-53.

15. Maupome G, Aguilar-Avila M, Medrano-Ugalde H, Borges-Yanez A. In vitro quantitative microhardness assessment of enamel with early salivary pellicles after exposure to an eroding cola drink. Caries Res 1999;33(2): 140-7.

16. Imfeld T. Dental erosion. Definition, classification and links. Eur J Oral Sci 1996;104(2):151-5.

17. Eccles JD. Tooth surface loss from abrasion, attrition and erosion. Dent Update 1982;9(7):373-4, 376-8, 380-1.

18. Grippo JO, Simring M. Dental 'erosion' revisited. J Am Dent Assoc 1995;126(5):619-20, 623-4, 627-30.

19. Glossary of metallurgical terms and tables. ASM Handbook Committee. Ohio: American Society for Metals, 1979.

20. Grippo JO, Simring M, Schreiner S. Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisited: a new perspective on tooth surface lesions. J Am Dent Assoc 2004;135(8):1109-18.

21. Zero DT. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. Eur J Oral Sci 1996;104(2):162-77.

22. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM. Factors influencing the development of dental erosion in vitro: enamel type, temperature and exposure time. J Oral Rehabil 1999;26(8):624-30.

23. Sturdevant JR, Lundeen TF, Sluder TB. Clinical Significance of Dental Anatomy, Histilogy, Physiology and occlusion. In: Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ, editors. Sturdevant's The Art and Science of Operative Dentistry. Missouri: Mosby; 2002: 14 - 62.

24. Nicholson JW. Biologic Consideration. In: Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS, editors. Fundamentals of Operative Dentistry.: Quintessence; 2001: 1-25.

25. Meurman JH, Frank RM. Progression and surface ultrastructure of in vitro caused erosive lesions in human and bovine enamel. Caries Res 1991;25(2):81-7.

26. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. Caries Res 1975;9(5):373-87.

27. Hannig M, Balz M. Influence of in vivo formed salivary pellicle on enamel erosion. Caries Res 1999;33(5):372-9.

28. Nekrashevych Y, Stosser L. Protective influence of experimentally formed salivary pellicle on enamel erosion. An in vitro study. Caries Res 2003;37(3):225-31.

29. Zahradnik RT, Propas D, Moreno EC. Effect of salivary pellicle formation time on in vitro attachment and demineralization by Streptococcus mutans. J Dent Res 1978;57(11-12):1036-42.

30. Gedalia I, Braustein E, Lewinstein I, Shapira L, Ever-Hadani P, Sela M. Fluoride and hard cheese exposure on etched enamel in neck-irradiated patients in situ. J Dent 1996;24(5):365-8.

31. Attin T, Meyer K, Hellwig E, Buchalla W, Lennon AM. Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. Arch Oral Biol 2003;48(11):753-9.

32. Attin T, Weiss K, Becker K, Buchalla W, Wiegand A. Impact of modified acidic soft drinks on enamel erosion. Oral Dis 2005;11(1):7-12.

33. Cai F, Shen P, Morgan MV, Reynolds EC. Remineralization of enamel subsurface lesions in situ by sugar-free lozenges containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. Aust Dent J 2003;48(4):240-3.

34. Iijima Y, Cai F, Shen P, Walker G, Reynolds C, Reynolds EC. Acid resistance of enamel subsurface lesions remineralized by a sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. Caries Res 2004;38(6):551-6.

35. Shen P, Cai F, Nowicki A, Vincent J, Reynolds EC. Remineralization of enamel subsurface lesions by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. J Dent Res 2001;80(12):2066-70.

36. Reynolds EC, Cai F, Shen P, Walker GD. Retention in plaque and remineralization of enamel lesions by various forms of calcium in a mouthrinse or sugar-free chewing gum. J Dent Res 2003;82(3):206-11.

37. Hartles RL, Wagg BJ. Erosive effect of drinking fluids on the molar teeth of the rat. Arch Oral Biol 1962;7:307-15.

38. McDonald JL, Jr., Stookey GK. Laboratory studies concerning the effect of acid-containing beverages on enamel dissolution and experimental dental caries. J Dent Res 1973;52(2):211-6.

39. Lewinstein I, Ofek L, Gedalia I. Enamel rehardening by soft cheeses. Am J Dent 1993;6(1):46-8.

40. Gedalia I, Davidov I, Lewinstein I, Shapira L. Effect of hard cheese exposure, with and without fluoride prerinse, on the rehardening of softened human enamel. Caries Res 1992;26(4):290-2.

41. Azzopardi A, Bartlett DW, Watson TF, Sherriff M. The surface effects of erosion and abrasion on dentine with and without a protective layer. Br Dent J 2004;196(6):351-4; discussion 339.

42. Attin T, Siegel S, Buchalla W, Lennon AM, Hannig C, Becker K. Brushing abrasion of softened and remineralised dentin: an in situ study. Caries Res 2004;38(1):62-6.

43. Aimutis WR. Bioactive properties of milk proteins with particular focus on anticariogenesis. J Nutr 2004;134(4):989S-995S.

44. Reynolds EC. Anticariogenic complexes of amorphous calcium phosphate stabilized by casein phosphopeptides: a review. Spec Care Dentist 1998;18(1):8-16.

45. Nicholson JW. The Chemistry of Medical and Dental Material. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2002.

46. Boskey AL. Amorphous calcium phosphate: the contention of bone. J Dent Res 1997;76(8):1433-6.

47. Termine JD, Peckauskas RA, Posner AS. Calcium phosphate formation in vitro. II. Effects of environment on amorphous-crystalline transformation. Arch Biochem Biophys 1970;140(2):318-25.

48. Termine JD, Posner AS. Calcium phosphate formation in vitro. I. Factors affecting initial phase separation. Arch Biochem Biophys 1970;140(2):307-17.

49. Tung MS, Eichmiller FC. Amorphous calcium phosphates for tooth mineralization. Compend Contin Educ Dent 2004;25(9 Suppl 1):9-13.

50. Geiger S, Matalon S, Blasbalg J, Tung M, Eichmiller FC. The clinical effect of amorphous calcium phosphate (ACP) on root surface hypersensitivity. Oper Dent 2003;28(5):496-500.

51. Driessen F. Mineral Aspects of Dentistry. New York: Karger, 1982.

52. Reynolds EC. The prevention of sub-surface demineralization of bovine enamel and change in plaque composition by casein in an intra-oral model. J Dent Res 1987;66(6):1120-7.

53. Cross KJ, Huq NL, Stanton DP, Sum M, Reynolds EC. NMR studies of a novel calcium, phosphate and fluoride delivery vehicle-alpha(S1)-casein(59-79) by stabilized amorphous calcium fluoride phosphate nanocomplexes. Biomaterials 2004;25(20):5061-9.

54. ten Cate JM. Current concepts on the theories of the mechanism of action of fluoride. Acta Odontol Scand 1999;57(6):325-9.

55. Dowd FJ. Saliva and dental caries. Dent Clin North Am 1999;43(4):579-97.

56. Hay KD, Thomson WM. 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 2002;93(3):271-5.

57. Hay KD, Morton RP. The efficacy of casein phosphoprotein-calcium phosphate complex (DC-CP) [Dentacal] as a mouth moistener in patients with severe xerostomia. N Z Dent J 2003;99(2):46-8.

58. Barbour ME, Rees JS. The laboratory assessment of enamel erosion: a review. J Dent 2004;32(8):591-602.

59. Gedalia I, Dakuar A, Shapira L, Lewinstein I, Goultschin J, Rahamim E. Enamel softening with Coca-Cola and rehardening with milk or saliva. Am J Dent 1991;4(3):120-2.

60. Craig RG, Power JM, Watana JC. Dental materials properties and manipulation. USA: Mosby; 2000.

61. Anusavice KJ. Structure of Matter and Principles of Adhesion. In: Antonson SA, et a, editors. Phillips' Science of Dental Materials. USA: Elsevier Science; 2003: 21-40.

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

63. Hannig M, Balz M. Protective properties of salivary pellicles from two different intraoral sites on enamel erosion. Caries Res 2001;35(2):142-8.

64. สุชาติ วงศ์ขันตี. ผลของอาหารและเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่อความแข็งผิวของเคลือบฟัน เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

65. บุญเรียง ขจรศิลป์. การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลในการวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 10-12. กรุงเทพมหานคร: เอส พี เอน การพิมพ์, 2547.

66. กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์สถิติ : สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

67. กัลยา วานิชย์บัญชา. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

68. ten Cate JM, Imfeld T. Dental erosion, summary. Eur J Oral Sci 1996;104(2):241-4.

69. Whittaker DK. Structural variations in the surface zone of human tooth enamel observed by scanning electron microscopy. Arch Oral Biol 1982;27(5): 383-92.

70. Habelitz S, Marshall SJ, Marshall GW, Jr., Balooch M. Mechanical properties of human dental enamel on the nanometre scale. Arch Oral Biol 2001;46(2):173-83.

71. Ge J, Cui FZ, Wang XM, Feng HL. Property variations in the prism and the organic sheath within enamel by nanoindentation. Biomaterials 2005;26(16):3333-9.

72. Eisenburger M, Addy M, Hughes JA, Shellis RP. Effect of time on the remineralisation of enamel by synthetic saliva after citric acid erosion. Caries Res 2001;35(3):211-5.

73. Kim JW, Jang KT, Lee SH, Kim CC, Hahn SH, Garcia-Godoy F. In vivo rehardening of enamel eroded by a cola drink. ASDC J Dent Child 2001;68(2):122-4, 142.

74. Yamaguchi K, Miyazaki M, Takamizawa T, Inage H, Moore BK. Effect of CPP-ACP paste on mechanical properties of bovine enamel as determined by an ultrasonic device. J Dent 2006;34(3):230-6.

75. Itthagarun A, King NM, Yiu C, Dawes C. The effect of chewing gums containing calcium phosphates on the remineralization of artificial caries-like lesions in situ. Caries Res 2005;39(3):251-4.

76. Kaidonis JA, Richards LC, Townsend GC. Non-carious Changes to Tooth Crowns. In: Mount GR, Hume WR, editors. Preservation and Restoration of Tooth Srructure 2nd Edition: Knowledge Books and Software; 2005.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ส่วนประกอบเครื่องดื่มโค้ก

น้ำตาล 10 %, แต่งรสและเจือสีธรรมชาติ

ส่วนประกอบของน้ำลายเทียม

Potassium Chloride BP	0.650	gm./L
Magnesium Chloride BP	0.058	gm./L
Calcium Chloride BP	0.165	gm./L
Di-Potassium hydrogen phosphate USP	0.804	gm./L
Potassium dihydrogen phosphate USP	0.365	gm./L
Sodium benzoate	2.0	gm./L
Sodium carboxymethyl cellulose BP	7.8	gm./L

Deionize water to make 1 L

ส่วนประกอบของทูธมูส

Pure water, Glycerol, CPP-ACP, D-sorbitol, Silicon dioxide, CMC-Na, Propylene glycol, Titanium dioxide, Xylitol, Phosphoric acid, Guar gum, Zinc oxide, Sodium saccharin, Ethyl p-hydroxybenzoate, Magnesium oxide, Butyl p- hydroxybenzoate, Propyl p-hydroxybenzoate

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางแสดงค่าความแข็งของเคลือบฟัน

ค่าความแข็งของเคลือบฟัน	ก่อนการทดลอง (Ho) (VHN)	หลังการสึกกร่อน (Hd) (VHN)	หลังการทดลอง (Hr) (VHN)
กลุ่มที่ 1 ชุดตัวอย่างที่ 1	243.96	211.22	239.94
ชุดตัวอย่างที่ 2	240.92	203.84	240.94
ชุดตัวอย่างที่ 3	249.44	210.86	245.20
ชุดตัวอย่างที่ 4	246.82	208.28	245.58
ชุดตัวอย่างที่ 5	243.78	224.16	253.26
ชุดตัวอย่างที่ 6	249.80	213.92	244.60
ชุดตัวอย่างที่ 7	248.04	216.92	253.98
ชุดตัวอย่างที่ 8	251.20	219.40	253.20
ชุดตัวอย่างที่ 9	245.50	174.48	245.22
ชุดตัวอย่างที่ 10	247.32	207.62	250.84
ค่าเฉลี่ย	246.68	209.07	247.28
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.17	13.56	5.18
กลุ่มที่ 2 ชุดตัวอย่างที่ 1	242.00	190.96	224.36
ชุดตัวอย่างที่ 2	254.14	210.50	226.44
ชุดตัวอย่างที่ 3	243.16	207.14	226.62
ชุดตัวอย่างที่ 4	241.66	203.68	221.90
ชุดตัวอย่างที่ 5	235.56	201.34	223.94
ชุดตัวอย่างที่ 6	243.62	210.88	227.60
ชุดตัวอย่างที่ 7	241.52	208.12	231.54
ชุดตัวอย่างที่ 8	245.50	212.26	212.68
ชุดตัวอย่างที่ 9	257.46	218.56	242.98
ชุดตัวอย่างที่ 10	246.98	215.04	242.56
ค่าเฉลี่ย	245.16	207.85	228.06
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.41	7.80	9.16

ตารางแสดงค่าความแข็งของเคลือบฟัน (ต่อ)

ค่าความแข็งของเคลือบฟัน	ก่อนการทดลอง (Ho) (VHN)	หลังการสึกกร่อน (Hd) (VHN)	หลังการทดลอง (Hr) (VHN)
กลุ่มที่ 3 ชุดตัวอย่างที่ 1	252.34	212.06	247.74
ชุดตัวอย่างที่ 2	239.86	214.32	245.46
ชุดตัวอย่างที่ 3	248.16	205.90	231.36
ชุดตัวอย่างที่ 4	248.72	211.38	248.84
ชุดตัวอย่างที่ 5	252.26	203.10	238.76
ชุดตัวอย่างที่ 6	239.38	201.46	235.12
ชุดตัวอย่างที่ 7	256.68	211.06	255.66
ชุดตัวอย่างที่ 8	254.38	203.96	260.58
ชุดตัวอย่างที่ 9	240.92	194.34	219.02
ชุดตัวอย่างที่ 10	250.44	198.66	243.90
ค่าเฉลี่ย	248.31	205.62	242.64
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.23	6.52	12.12
กลุ่มที่ 4 ชุดตัวอย่างที่ 1	255.02	221.44	214.38
ชุดตัวอย่างที่ 2	243.20	210.68	210.92
ชุดตัวอย่างที่ 3	231.96	209.10	197.12
ชุดตัวอย่างที่ 4	208.76	205.10	192.36
ชุดตัวอย่างที่ 5	212.74	191.06	217.60
ชุดตัวอย่างที่ 6	227.00	197.22	213.38
ชุดตัวอย่างที่ 7	255.14	210.30	216.40
ชุดตัวอย่างที่ 8	255.94	208.10	208.58
ชุดตัวอย่างที่ 9	251.38	206.96	215.92
ชุดตัวอย่างที่ 10	249.76	210.44	212.98
ค่าเฉลี่ย	239.09	207.04	209.96
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	17.91	8.19	8.52

ตารางแสดงการวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่ 1

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd	Hr
N		10	10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	246.6780	209.0700	247.2760
	Std. Deviation	3.1700	13.5562	5.1756
Most Extreme Differences	Absolute	.118	.257	.228
	Positive	.104	.133	.228
	Negative	-.118	-.257	-.174
Kolmogorov-Smirnov Z		.373	.814	.722
Asymp. Sig. (2-tailed)		.999	.522	.674

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

กลุ่มที่ 2

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd	Hr
N		10	10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	245.1600	207.8480	228.0615
	Std. Deviation	6.4064	7.8008	9.1584
Most Extreme Differences	Absolute	.195	.164	.220
	Positive	.195	.086	.220
	Negative	-.185	-.164	-.151
Kolmogorov-Smirnov Z		.617	.518	.696
Asymp. Sig. (2-tailed)		.842	.951	.718

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

กลุ่มที่ 3

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd	Hr
N		10	10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	248.3140	205.6240	242.6440
	Std. Deviation	6.2292	6.5158	12.1202
Most Extreme Differences	Absolute	.190	.198	.141
	Positive	.182	.101	.105
	Negative	-.190	-.198	-.141
Kolmogorov-Smirnov Z		.601	.626	.447
Asymp. Sig. (2-tailed)		.863	.828	.988

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

กลุ่มที่ 4

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ho	Hd	Hr
N		10	10	10
Normal Parameters[a,b]	Mean	239.0900	207.0400	209.9640
	Std. Deviation	17.9143	8.1903	8.5191
Most Extreme Differences	Absolute	.224	.228	.245
	Positive	.173	.228	.185
	Negative	-.224	-.206	-.245
Kolmogorov-Smirnov Z		.709	.722	.774
Asymp. Sig. (2-tailed)		.696	.674	.587

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง หลังการสึกกร่อน และหลังการทดลองในทุกกลุ่มมีการกระจายแบบปกติ ($p > 0.05$)

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลอง

ANOVA

Ho

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	486.083	3	162.028	1.578	.212
Within Groups	3697.358	36	102.704		
Total	4183.442	39			

จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงการทดสอบแพร์ แซมเปิล ที เทสท์ ระหว่างความแข็งเคลือบฟันก่อนการทดลอง และหลังการสึกกร่อน

Paired Samples Test

GR			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	37.61	13.1187	4.149	28.22	46.99	9.065	9	.000
2	Pair 1	Ho - Hd	37.31	6.0032	1.898	33.02	41.61	19.65	9	.000
3	Pair 1	Ho - Hd	42.69	7.8842	2.493	37.05	48.33	17.12	9	.000
4	Pair 1	Ho - Hd	32.05	13.4349	4.249	22.44	41.66	7.544	9	.000

จากตารางแสดงให้เห็นว่าหลังการสึกกร่อนค่าความแข็งของเคลือบฟันในทุกกลุ่มมีค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน

ANOVA

Hd

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	62.733	3	20.911	.236	.871
Within Groups	3187.438	36	88.540		
Total	3250.171	39			

จากตารางแสดงให้เห็นว่าหลังการสึกกร่อนด้วยเครื่องดื่มโคลา ค่าความแข็งของเคลือบฟันในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงการทดสอบแพร์ แซมเปิล ที เทสท์ ระหว่างความแข็งเคลือบฟันหลังการสึกกร่อน และหลังการทดลอง

Paired Samples Test

GR			Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
			Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
1	Pair 1	Hd - Hr	-38.21	12.2514	3.874	-46.97	-29.44	-9.86	9	.000
2	Pair 1	Hd - Hr	-20.21	8.7411	2.764	-26.47	-13.96	-7.31	9	.000
3	Pair 1	Hd - Hr	-37.02	9.6885	3.064	-43.95	-30.09	-12.1	9	.000
4	Pair 1	Hd - Hr	-2.924	12.2924	3.887	-11.72	5.8694	-.752	9	.471

จากตารางแสดงให้เห็นว่าในกลุ่มที่ 1 – 3 ค่าความแข็งของเคลือบฟันมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในขณะที่ในกลุ่มที่ 4 ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกับค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการสึกกร่อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลอง

ANOVA

Hr

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8477.472	3	2825.824	34.238	.000
Within Groups	2971.236	36	82.534		
Total	11448.71	39			

จากตารางแสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันของค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองในแต่ละกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วย Bonferroni

Bonferroni

(I) GR	(J) GR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	19.2145*	4.0629	.000	7.8711	30.5579
	3	4.6320	4.0629	1.000	-6.7114	15.9754
	4	37.3120*	4.0629	.000	25.9686	48.6554
2	1	-19.2145*	4.0629	.000	-30.5579	-7.8711
	3	-14.5825*	4.0629	.006	-25.9259	-3.2391
	4	18.0975*	4.0629	.000	6.7541	29.4409
3	1	-4.6320	4.0629	1.000	-15.9754	6.7114
	2	14.5825*	4.0629	.006	3.2391	25.9259
	4	32.6800*	4.0629	.000	21.3366	44.0234
4	1	-37.3120*	4.0629	.000	-48.6554	-25.9686
	2	-18.0975*	4.0629	.000	-29.4409	-6.7541
	3	-32.6800*	4.0629	.000	-44.0234	-21.3366

*. The mean difference is significant at the .05 level.

จากตารางแสดงให้เห็นว่า

- ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1และกลุ่มที่ 3 แตกต่างจากกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

- ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองของกลุ่มที่ 2 แตกต่างจากกลุ่มที่ 1, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

- ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองของกลุ่มที่ 4 แตกต่างจากกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

- ค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงการทดสอบแพร์ แซมเปิล ที เทสท์ ระหว่างความแข็งเคลือบฟันก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง

Paired Samples Test

GR			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 - Hr	-.5980	4.7230	1.494	-3.98	2.781	-.400	9	.698
2	Pair 1	Ho - Hr	17.10	8.2776	2.618	11.18	23.02	6.53	9	.000
3	Pair 1	Ho - Hr	5.6700	9.2829	2.936	-.971	12.31	1.93	9	.085
4	Pair 1	Ho - Hr	29.13	15.8332	5.007	17.80	40.45	5.82	9	.000

จากตารางแสดงให้เห็นว่า

- ในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 ค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

- ในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 4 ค่าความแข็งของเคลือบฟันก่อนการทดลองและหลังการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวหทัยชนก สุขเกษม เกิดวันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2522 ที่กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาระดับมัธยมจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาในปี พ.ศ. 2538 และจบการศึกษาทันตแพทยศาสตรบัณฑิตจากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2544 ปัจจุบันรับราชการตำแหน่ง ทันตแพทย์ ระดับ 6 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ศูนย์อนามัยที่ 2 สระบุรี จังหวัดสระบุรี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย