

ผลในการยับยั้งเชื้อและคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์
ที่ผสมเจลาตอลิแซคคาไรด์จากเปลือกทุเรียน



นางสาว สุธภา ศรีอรุณทัย

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE ANTIMICROBIAL EFFECT AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF A GLASS-IONOMER
CEMENT WITH POLYSACCHARIDE GEL FROM DURIAN FRUIT-HULLS



Miss Suthapar Sri-arunotai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Orthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลในการยับยั้งเชื้อและคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของ
ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซคคาไรด์จากเปลือก
ทุเรียน

โดย

นางสาว สุธภา ศรีอรุ โฉมทัย

สาขาวิชา

ทันตกรรมจัดฟัน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ไพบุลย์ เศรษฐเลิศไพศาล

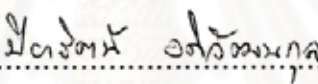
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

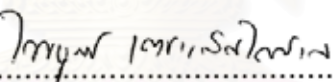
รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. พสุธา รัชัญญะกิจไพศาล

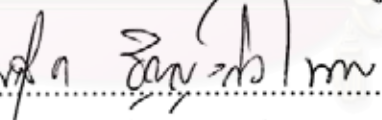
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

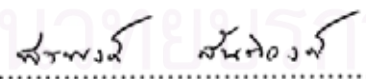

..... คณะบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง จิตtima กุศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ปิยารัตน์ อภิวัฒน์กุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ไพบุลย์ เศรษฐเลิศไพศาล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. พสุธา รัชัญญะกิจไพศาล)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร. พิชพงษ์ สันติวงศ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์)

สุทธา ศิริอุโทย : ผลในการยับยั้งเชื้อและคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของซีเมนต์กัสนิวไอโอโนเมอร์ ที่ผสมเจลพอลิแซคคาไรด์จากเปลือกทุเรียน (THE ANTIMICROBIAL EFFECT AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF A GLASS-IONOMER CEMENT WITH POLYSACCHARIDE GEL FROM DURIAN FRUIT-HULLS) อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์ : ศศ.ทพ.ดร. ไพบูลย์ เตชะเลิศไพศาล, อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ร.ศ.ทพ.ดร. พสุธา ธีญญะกิจไพศาล, 94 หน้า.

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลการยับยั้งเชื้อสเตร็ปโตคอกคัสไมวาแทนส์ คุณสมบัติความทนแรงอัด ความหนาของแผ่นฟิล์ม การปลดปล่อยฟลูออไรด์ การดูดซึมน้ำ และสภาพการละลายของซีเมนต์กัสนิวไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซคคาไรด์จากเปลือกทุเรียน (พีจี) ในห้องปฏิบัติการ

วัสดุและวิธีการ เตรียมสารกลุ่มทดลองโดยผสมพีจีกับส่วนผงของซีเมนต์กัสนิวไอโอโนเมอร์ ในอัตราส่วนร้อยละ 4.76 7.50 9.09 และ 12.50 โดยน้ำหนักตามลำดับ กลุ่มควบคุมลบ คือ กลุ่มที่ไม่ผสมพีจี และกลุ่มควบคุมบวก คือ กลุ่มที่ผสมผงแอมพิซิลลินในอัตราส่วนร้อยละ 4.76 โดยน้ำหนัก จากนั้นผสมส่วนผงที่เตรียมไว้กับส่วนเหลวตามอัตราส่วนและวิธีการที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด ใส่ในแม่แบบรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) x สูง (มิลลิเมตร) ดังนี้ 3 x 2 เพื่อศึกษาผลการยับยั้งเชื้อ 4 x 6 เพื่อศึกษาการทนแรงอัด และ 9 x 1.5 เพื่อทดสอบสภาพการละลาย การดูดซึมน้ำ และการปลดปล่อยฟลูออไรด์ จำนวน 6 ชิ้นต่อกลุ่ม ทดสอบผลการยับยั้งด้วยเทคนิคบรอกไดลูชันเป็นเวลา 4 8 และ 24 ชั่วโมง ทดสอบความทนแรงอัดและความหนาของแผ่นฟิล์มตามมาตรฐานไอโซปี 2546 ทดสอบการละลายและการดูดซึมน้ำโดยคำนวณจากน้ำหนัก ทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์ด้วยการนำชิ้นงานแช่ในน้ำปราศจากไอออน วัดค่าการปลดปล่อยฟลูออไรด์ด้วยฟลูออไรด์อิเล็กโตรดที่ระยะเวลา 1 2 4 6 8 15 และ 22 วัน

ผลการศึกษาและสรุป ที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง ซีเมนต์ที่ผสมพีจีในอัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตร็ปโตคอกคัสไมวาแทนส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติประมาณร้อยละ 15 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ ($P < 0.05$) โดยที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อประมาณร้อยละ 5 ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ ในขณะที่กลุ่มควบคุมลบและกลุ่มที่ผสมพีจีอัตราส่วนร้อยละ 4.76 ไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ กลุ่มที่ผสมพีจีอัตราส่วน 4.76 มีค่าความทนแรงอัด 60.37 เมกะปาสกาล ซึ่งมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซ ในขณะที่เมื่อผสมพีจีอัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 มีแนวโน้มค่าความทนแรงอัดน้อยลงตามลำดับ และไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซ กลุ่มที่ผสมพีจีอัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นฟิล์มเท่ากับ 15.8 ± 9 ไมโครเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซ กลุ่มที่ผสมเจลอัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าการละลายเท่ากับ 10.47×10^{-3} มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุมลบ กลุ่มที่ผสมเจลอัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.143 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม ขณะที่กลุ่มที่ผสมเจลอัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 มีสภาพการละลายสูงมากจนไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้ กลุ่มควบคุมลบ และกลุ่มที่ผสมพีจีอัตราส่วนต่าง ๆ มีแนวโน้มการปลดปล่อยฟลูออไรด์คล้ายกัน คือ ในช่วงแรกมีการปลดปล่อยอย่างรวดเร็ว และในช่วงหลังมีการปลดปล่อยช้าลง

ภาควิชา ทันตกรรมจัดฟัน ลายมือชื่อนิติ..... *นิติ นิติ*
 สาขาวิชา ทันตกรรมจัดฟัน ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... *ทพ.ดร.ไพบูลย์ เตชะเลิศไพศาล*
 ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... *ร.ศ.ทพ.ดร. พสุธา ธีญญะกิจไพศาล*

4976132732 : MAJOR ORTHODONTICS

KEY WORD: ANTIMICROBIAL ACTIVITY; DURIAN FRUIT-HULLS; COMPRESSIVE STRENGTH; FILM THICKNESS; FLUORIDE RELEASE; GLASS-IONOMER; POLYSACCHARE GEL; SOLUBILITY; *S. mutans*

SUTHAPAR SRI-ARUNOTAI : THE ANTIMICROBIAL EFFECT AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF A GLASS-IONOMER CEMENT WITH POLYSACCHARIDE GEL FROM DURIAN FRUIT-HULLS

THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASST. PROF. PAIBOON TECHALERTPAISARN,

THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. PASUTHA THUNYAKITPISAL, 94 pp.

Objective: To investigate, in vitro, the antimicrobial effect and some physical properties of a mixture of glass-ionomer cement and polysaccharide gel from durian fruit-hulls against *Streptococcus mutans*.

Materials and Methods: The experimental group were prepared as a mixture of polysaccharide gel from durian fruit-hulls for 4.76 7.50 9.09 and 12.50 percent by weight within the powder of glass-ionomer cement. Powder of glass-ionomer cement was used for negative control group, while a mixture of ampicillin for 4.76 percent by weight and glass-ionomer cement was used for positive control group. Thereafter, the substances were mixed with the liquid part followed the manufacturer's instructions in the cylindrical mold. (3 mm[D] x 2 mm[H] for antimicrobial effect, 4 mm[D] x 6 mm[H] for compressive test, 9 mm[D] x 1.5 mm[H] for sorption test, solubility test and fluoride release test, n = 6) The antimicrobial activity was determined by using broth dilution technique at 4, 8 and 24 hours incubation. Compressive strength and film thickness were measured under the recommendation of the ISO 2003 9917-1. Water sorption and solubility were calculated by means of weighting the samples before and after water immersion and desiccation. Fluoride release was assessed by a potentiometric method from cement discs at 1, 3, 7, 14, 21 and 30 days interval.

Results and conclusion: At 8 hours incubation, GI with 7.50%PG, 9.09%PG and 12.50%PG established an significant inhibitory effect (15% estimate) against *S.mutans* ($p < .05$). At 24 hours, They had 5% estimate inhibitory effect against *S.mutans*. Whereas, negative control group and GI with 4.76%PG showed no inhibitory effect against *S.mutans*. The compressive strength of GI with 4.76%PG was 60.37 MPa which was higher than the control group significantly and passed the requirement of ISO 2003. While the compressive strength of GI with 7.50%PG, 9.09%PG and 12.50%PG were lower consequently and fail the requirement of ISO 2003. Film thickness of GI with 4.76%PG was $15.8 \pm 9 \mu\text{m}$ which was lower than the control group significantly. Solubility of GI with 4.76%PG was 10.47 mg/mm^3 which was lower than the control group significantly. Water sorption of GI with 4.76%PG was 0.143 mg/mm^3 . Fluoride release in all groups showed the high rate of releasing during the 1st day though declined within time.

Department : Orthodontics

Field of study : Orthodontics

Academic year 2007

Student's signature.....

Principal Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความสนับสนุนอย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ไพบุลย์ เตชะเลิศไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. พสุธา รัชฎะกิจไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ พร้อมทั้งช่วยเหลือในด้านการเขียน การแก้ไขวิทยานิพนธ์ และได้ให้กำลังใจที่ดีเสมอมา ผู้เขียนวิทยานิพนธ์จึงขอ กราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ ที่ได้คำปรึกษา ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทดลอง หาแนวทางการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ เสมอมา ทั้งยังสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ เกศจักรหญิง ดร. สุนันท์ พงษ์สามารถ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ไพพรรณ พิทยานนท์ สำหรับคำปรึกษาและข้อเสนอแนะด้านสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ด็อกเตอร์ พีรพงศ์ สันติวงศ์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย และให้คำแนะนำในการทำวิจัย การเขียน และการแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ปิยรัตน์ อภิวัฒนกุล ที่เป็นประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำในการทำวิจัย การเขียน และการแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ และศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก สำหรับคำแนะนำที่ดี และความเอื้อเฟื้อในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน และภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยสำหรับการสนับสนุน และการช่วยเหลือทำยนี้ ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา สำหรับคำแนะนำ ข้อเสนอแนะการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะได้ให้การดูแล ความเข้าใจ รวมทั้งให้กำลังใจแก่ผู้เขียนตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	6
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
ลำดับขั้นตอนในการเสนองานวิจัย.....	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
แนวคิดและทฤษฎี.....	9
ปัญหาของโรคฟันผุ.....	9
ลักษณะและสาเหตุของโรคฟันผุ.....	10
กระบวนการเกิดโรคฟันผุ.....	13
เชื้อ <i>Streptococci</i> ในช่องปาก (oral <i>Streptococci</i>).....	15
<i>Mutans streptococcus</i>	16

	หน้า
ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม.....	19
คุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์.....	21
ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อ.....	24
สารพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน.....	25
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรในการวิจัย.....	26
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ.....	26
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	27
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	28
ประชากร.....	28
ประชากรเป้าหมาย.....	28
กลุ่มควบคุม.....	28
กลุ่มตัวอย่าง.....	28
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	29
เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปร.....	29
การแทรกแซง (intervention).....	29
การผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนในส่วนผงของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์.....	29
การสังเกตและการวัด.....	29
ตัวแปรในการวิจัย.....	29
ตัวแปรควบคุม.....	29
ตัวแปรอิสระ.....	30
ตัวแปรตาม.....	30
ระดับของการวัดผล.....	30
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	30
การศึกษานำร่อง.....	30
การบันทึกข้อมูล.....	31
วิธีดำเนินการวิจัย.....	31
การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง.....	31
การเตรียมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน.....	32

การเตรียมซีเมนต์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน.....	32
การเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบ.....	32
การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อด้วยซีเมนต์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีบรอทไดลูชัน (Broth dilution technic).....	35
แสดงขั้นตอนในการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i>	37
การทดสอบความทนแรงอัดของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จาก เปลือกทุเรียน.....	38
การทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์ จากเปลือกทุเรียน.....	38
การทดสอบสภาพการละลายของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จาก เปลือกทุเรียน.....	39
การทดสอบการดูดซึมน้ำของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือก ทุเรียน.....	39
การทดสอบความหนาของแผ่นฟิล์มของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์ จากเปลือกทุเรียน.....	40
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์.....	41
ผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์.....	41
ผลการยับยั้งเชื้อของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์และซีเมนต์กลาส ไอโอโนเมอร์ที่ผสมแอมพิซิลลิน.....	41
ผลการทดสอบความทนแรงอัด.....	42
ผลการทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์.....	44
ผลทดสอบสภาพการละลาย.....	46
ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ.....	47
ผลการทดสอบความหนาของแผ่นฟิล์ม.....	47
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	48
สรุปผลการวิจัย.....	48

อภิปรายผลการวิจัย.....	48
สรุปผลการยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อสเตร็ปโตค็อกคัสมีวแทนส์.....	48
สรุปผลการทดสอบความทนแรงอัด.....	48
สรุปผลการทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์.....	48
สรุปผลทดสอบสภาพการละลาย.....	48
สรุปผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ.....	49
สรุปผลความหนาของแผ่นฟิล์ม.....	49
อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	49
การยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อสเตร็ปโตค็อกคัสมีวแทนส์.....	49
คุณสมบัติการปลดปล่อยฟลูออไรด์.....	51
คุณสมบัติการดูดซึมน้ำและสภาพการละลาย.....	51
คุณสมบัติความทนแรงอัด.....	54
คุณสมบัติความหนาของแผ่นฟิล์ม.....	56
รายการอ้างอิง.....	58
ภาคผนวก.....	65
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	94

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1	ความแตกต่างของ <i>Mutans streptococcus</i> สายพันธุ์ต่างๆ.....18
ตารางที่ 2	คุณสมบัติที่ต้องการของวัสดุทางทันตกรรม (ISO 9917-1, 2003).....23
ตารางที่ 3	แสดงค่าเฉลี่ยลอกซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของเชื้อสเตร็ปโตค็อกคัสมีวแทนส์ของซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ (กลุ่มควบคุมลบ) เปรียบเทียบกับเชื้อในอาหารเหลวเลี้ยงเชื้อที่ 4 8 และ 24 ชั่วโมง.....39
ตารางที่ 4	แสดงค่าเฉลี่ยความทนแรงอัด (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของแรงมากที่สุดที่ชิ้นงานสามารถทนได้ก่อนแตกหัก และค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของค่าความทนแรงอัดของซีเมนต์กาส ไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนต่าง ๆ.....43
ตารางที่ 5	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฟลูออไรด์ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่ถูกปลดปล่อยจากซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนต่าง ๆ ในวันที่ 1 2 4 6 8 15 และ 22.....45

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 1 แสดงลักษณะฝ้าขาวหลังถอดแถบรัดจัดฟันที่ฟันกรามล่างด้านขวา.....	9
รูปที่ 2 แสดงรอยโรคฟันผุระยะเริ่มแรกจากกล้องจุลทรรศน์แบบแสงผ่าน.....	11
รูปที่ 3 แสดงผิวฟันของรอยโรคฟันผุระยะเริ่มแรกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ ส่องกราด.....	12
รูปที่ 4 แสดงแม่แบบทองเหลืองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร.....	32
รูปที่ 5 แสดงแม่แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร สูง 6 มิลลิเมตร และแม่แบบอัด.....	33
รูปที่ 6 แสดงเครื่องอินสตรอน 8872.....	33
รูปที่ 7 แสดงเครื่องให้แรงกดคงที่ในแนวตั้ง.....	34
รูปที่ 8 แสดงแม่แบบโพลีเอททิลีนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 1.5 มิลลิเมตร.....	35
รูปที่ 9 แสดงรูปเครื่องไป โอฮาร์ดชาร์ดรุ่นปีเอช 2000 (BH 2000 series).....	36
รูปที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยลอกซีเอฟยูต่อมิลลิเมตร (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของเชื้อสเตร็ปโตค็อกคัส มิวแทนส์ของซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน อัตราส่วนร้อยละ 4.76 7.50 9.09 และ 12.50 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ และกลุ่ม ที่ผสมแอมพิซิลลินอัตราส่วนร้อยละ 4.76 (กลุ่มควบคุมบวก) ที่เวลา 4 8 และ 24 ชั่วโมง.....	42
รูปที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์ จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนต่าง ๆ.....	44
รูปที่ 12 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์เฉลี่ยที่ถูกปลดปล่อยจากซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ผสม เจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนต่าง ๆ ในวันที่ 1 2 4 6 8 15 และ 22.....	46
รูปที่ 13 ภาพซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วน 7.50 9.09 และ 12.50 หลังจากรับงานที่ผ่านดีสเคเตอร์ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ลงในน้ำปราศจาก ไอออน.....	47
รูปที่ 14 แสดงสัดส่วนการเกิดเกลือโลหะในเวลาต่าง ๆ เมื่อเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของ ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์.....	53

- รูปที่ 15 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงความขรุขระที่พื้นผิวซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีฟิลเลอร์ขนาดใหญ่.....55
- รูปที่ 16 แสดงเมทริกซ์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีฟิลเลอร์ขนาดเล็ก หลังจากเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์อย่างสมบูรณ์.....55



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟันด้วยเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่น จำเป็นต้องใส่แถบรัดจัดฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่ง (permanent first molar band) ซึ่งได้เชื่อม (weld) เครื่องมือต่าง ๆ ไว้ เช่น ทิวบ์ (tube) แบริกเกต (bracket) หรือ คลิต (cleat) เพื่อถ่ายทอดแรงจากเครื่องมือไปยังตัวฟัน การใช้เครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นเกิดขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1723 ในสมัยนั้นเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นที่ยึดติดอยู่กับตัวฟันทำจากแผ่นทองที่ยืดหยุ่น มีการเจาะรูตลอดแผ่นแล้วนำไปผูกล้อมรอบตัวฟันด้วยลวดมัดทอง (gold wire ligatures) ต่อมาในปี ค.ศ. 1930 จึงเริ่มนำแถบรัดจัดฟันมาใช้ในการทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งในสมัยแรก ๆ ทันตแพทย์นิยมใช้แถบรัดจัดฟันชนิดแคลมป์ (clamp band) หรือ ชนิดสกรู (screw band) ซึ่งถูกขันเกลียวให้แน่นเพื่อล้อมรอบตัวฟัน หลังจากนั้นจึงมีการนำแถบรัดจัดฟันชนิดเชื่อมด้วยกระแสไฟฟ้า (pinched band) เข้ามาใช้ โดยระยะแรกวัสดุที่ใช้คือแผ่นทองบาง ๆ (thin gold band) ต่อมาจึงเปลี่ยนมาใช้เหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) และในปัจจุบันนิยมใช้แถบรัดจัดฟันชนิดขึ้นรูปสำเร็จ (preformed band) (Bishara, 2001; Proffit และคณะ, 2000) แม้ว่าได้มีการพัฒนาวิธียึดติดเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันแบบแบริกเกต (bracket) ที่ยึดติดกับผิวเคลือบฟัน โดยเทคนิคการใช้กรดกัด (acid-etch techniques) ร่วมกับการบอนด์ (bonding) แต่ทันตแพทย์จัดฟันส่วนใหญ่ก็ยังนิยมใช้แถบรัดจัดฟันกราม ด้วยเหตุผลที่ว่าแถบรัดจัดฟันกรามสามารถคงอยู่ในตำแหน่งเดิม ไม่หลุดออกมาได้ง่าย แม้ในกรณีที่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ เช่น เฮดเกียร์ (headgear) แนนซ์โฮลด์อิงอาร์ช (Nance-holding arch) และทรานส์พาลาทัลดาร์ช (transpalatal arch) เป็นต้น ทั้งยังสามารถใช้ในกรณีที่ต้องการยึดเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นกับครอบฟัน โลหะ และให้ความปลอดภัยแก่ผู้ป่วยได้มากกว่าการบอนด์เครื่องมือบนผิวเคลือบฟัน (Mitchell, Carter และ Doubleday, 2001)

จากการศึกษาของจินตนา ชูติมา และเต็มศิริ (2546) พบว่าฐานนิยมของขนาดแถบรัดจัดฟันของฟันกรามบนซี่ที่หนึ่ง และฟันกรามล่างซี่ที่หนึ่ง คือ 36.5 ในขณะที่ฐานนิยมของขนาดแถบรัดจัดฟันของฟันกรามล่างขวาซี่ที่หนึ่ง คือ 37.0 ซึ่งคำนวณหาพื้นที่ผิวสัมผัสของซีเมนต์โดยรอบแถบรัดจัดฟันได้จากการวัดเส้นรอบวงของแถบรัดจัดฟันคูณกับความหนาของแผ่นฟิล์ม (film thickness) (ISO, 2003) จะได้เท่ากับ $46 \times 0.025 = 1.15$ ตารางมิลลิเมตร ซึ่งคือพื้นที่สัมผัสของซีเมนต์โดยรอบแถบรัดจัดฟันกับตัวฟันได้ $47 \times 0.025 = 1.175$ ตารางมิลลิเมตร โดยแถบรัดจัดฟันดังกล่าวจะถูกยึดติดกับตัวฟันด้วยซีเมนต์ (cement) ชนิดต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ ซีเมนต์

ซิงค์ฟอสเฟต (zinc phosphate cement) ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer cement) และ ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน (resin-modified glass ionomer cement)

ปัญหาใหญ่ที่พบจากการใช้แถบรัดจัดฟันและแบรคเก็ตยึดบนตัวฟัน คือการที่ผู้ป่วยไม่สามารถทำความสะอาดช่องปากได้อย่างทั่วถึงและเพียงพอ โดยเฉพาะบริเวณรอบแถบรัดจัดฟัน และแบรคเก็ตที่ยึดบนตัวฟันทำให้มีโอกาสเกิดการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralization) เกิดเป็นรอยโรคฝ้าขาว (white spot lesion) และทำให้เกิดโรคฟันผุ (caries) ของฟันที่ใส่แถบรัดจัดฟัน (orthodontic band) ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (Gorelick, Geiger และ Gwinnett, 1982) โดยแบคทีเรียที่คาดว่าจะจะเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดฟันผุคือ *Streptococcus mutans* (Fukui, Fukui และ Moriyama, 1974; Loesche, 1986) ดังนั้นหากสามารถกำจัดหรือลดจำนวนเชื้อนี้ได้ น่าจะช่วยให้การเกิดโรคฟันผุลดลงได้

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการคิดค้นพัฒนาซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดติดเครื่องมือทันตกรรมจัดฟันให้มีคุณสมบัติพิเศษเพื่อป้องกันฟันผุ เช่น การใช้โซเดียมฟลูออไรด์ (NaF) การใช้สารที่มีส่วนประกอบของแคลเซียมฟอสเฟต (10% casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate; tooth mousse) (Sudjalim และคณะ, 2007) และการนำสารคลอร์เฮกซิดีน (chlorhexidine) มาเป็นส่วนผสมในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ใช้ยึดแถบรัดจัดฟัน เพื่อหวังผลยับยั้งเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคฟันผุ (jedrychowski, Caputo และ Kerper, 1983; Millett และคณะ, 2005; Ribeiro และ Ericson, 1991) อย่างไรก็ตามคลอร์เฮกซิดีน มีผลต่อสีฟัน ปวดแสบแพ้ การเกิดลิ้นฝ้าขาว (hairy tongue) และยังเป็นสารสังเคราะห์ ดังนั้นการใช้สารจากธรรมชาติที่มีผลยับยั้งการเจริญของ *Streptococcus mutans* และมีความปลอดภัยก็น่าจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจอีกทางหนึ่ง

ในปัจจุบันจึงมีผู้ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของสารที่สกัดได้จากสมุนไพรท้องถิ่นต่าง ๆ มาก เช่น Botelho และคณะ (2007) สามารถสกัดน้ำมันจากใบ *Lippia sidoides* ซึ่งเป็นพืชในท้องถิ่นของประเทศบราซิลเปรียบเทียบกับ คาร์วาคอล (carvacrol) และไทมอล (thymol) ด้วยวิธีการแพร่จากดิสก์ (disk diffusion) โดยการวัดบริเวณยับยั้งเชื้อ (inhibition zone) น้ำมันจากใบ *Lippia sidoides* ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ให้ผลทำลายจุลินทรีย์ *Streptococcus mutans* (minimum bactericidal concentration) คือ 20 ถึง 40 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เปรียบเทียบได้เท่ากับไทมอลความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ คาร์วาคอล (carvacrol) ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ Lin และคณะ (2006) นำสมุนไพรของจีนได้แก่ *Coptidis rhizome*, *Angelicae sinensis radix*, *Tehmanniae radixet rhizome*, *Moutan radices cortex* และ *Cimicifuga foetida* มาผสมเป็นตำหรับสมุนไพรเรียก “ชิงเว่ยซาน” (Ching-Wei-San) พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในช่องปาก โดยมีผลต่อเพิ่มการทำงานของ อินเตอร์ลิวคินสอง อินเตอร์ลิวคินสี่ และทูเมอร์เนกโครซิสแฟค

เตอร์แอลฟา (IL2, IL4, TNF α) ร่วมกับลดการทำงานของอินเตอร์เฟียร์รอนแกมมา (IFN γ) สำหรับในประเทศไทยจากงานวิจัยการยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* ของผกาวัลย์ พสุธา และสุนันท์ (2548) ด้วยเทคนิค บรอทไดลูชัน (broth dilution) พบว่าเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน (*Durio zibethinus L.*) ความเข้มข้น 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Streptococcus mutans* และ *Actinobacillus actinomycetemcomitans* ขณะที่ความเข้มข้น 35 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลทำลายเชื้อ *Streptococcus mutans* และ *Actinobacillus actinomycetemcomitans* ตามลำดับ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษามีแนวความคิดที่จะนำเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนมาผสมกับซีเมนต์ที่ใช้ทางทันตกรรมจัดฟัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Streptococcus mutans* ซึ่งคาดว่าจะสามารถช่วยลดอัตราการเกิดโรคฟันผุของผิวฟันในบริเวณใต้และรอบแถบรัดจัดฟัน ของผู้ป่วยทางทันตกรรมจัดฟันได้ และยังเป็น การเพิ่มมูลค่าของเปลือกทุเรียนช่วยลดภาระการกำจัดเปลือกทุเรียน และเป็นการใช้ผลิตภัณฑ์เกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำถามการวิจัย

1. ค่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Streptococcus mutans* ในซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าวว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่
2. ค่าความทนแรงอัด (compressive strength) ในซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าวว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบว่ามีค่ามาตรฐานตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี 2546 หรือไม่ (องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน)
3. ค่าความหนาของแผ่นฟิล์ม (film thickness) ในซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าวว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบว่ามีค่ามาตรฐานตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี 2546 หรือไม่
4. สภาพการละลาย (solubility) ในซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าวว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

5. การดูดซึมน้ำ (absorption) ในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าวว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่
6. การปลดปล่อยฟลูออไรด์ (fluoride release) ในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าวว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Streptococcus mutans* ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าว
2. เพื่อศึกษาความทนแรงอัดของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าว และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546
3. เพื่อศึกษาความหนาของแผ่นฟิล์มของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าว และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546
4. เพื่อศึกษาสภาพการละลายของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าว
5. เพื่อศึกษาการดูดซึมน้ำของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าว
6. เพื่อศึกษาการปล่อยฟลูออไรด์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าว

สมมติฐานการวิจัย

1. Ho : ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีส่วนผสมของเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Streptococcus mutans* ไม่แตกต่างกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมสารดังกล่าว

- ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่มีส่วนผสมของเจลาโพลีแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติความหนาของแผ่นฟิล์มผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546

ขอบเขตของการวิจัย

- เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะปราศจากเชื้อ
- ชนิดของเชื้อที่ใช้ในการศึกษาคือ *Streptococcus mutans* สายพันธุ์ ATCC#25175 เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นสาเหตุในการเกิดฟันผุ
- การทดสอบคุณสมบัติความทนแรงอัดตามมาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546 หมวด 9917-1
- การทดสอบคุณสมบัติความหนาของแผ่นฟิล์มตามมาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546 หมวด 9917-1
- การทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ
- การทดสอบคุณสมบัติสภาพการละลาย
- การทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์

ข้อตกลงเบื้องต้น

- ชนิดของซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์
 - ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ใช้ในกลุ่มควบคุม คือ ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม (conventional glass-ionomer) ยี่ห้อ โซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ (SHOFU HY-BOND GLASIONOMER CX, SHOFU INC.) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้ในประเทศไทย
 - ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ใช้ในกลุ่มทดลอง คือ ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ยี่ห้อ โซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ ที่มีส่วนผสมของพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนที่มีอัตราส่วนร้อยละ 4.76 7.50 9.09 และ 12.5 โดยน้ำหนัก
- การผสมซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ทุกครั้งในการทดลองนี้ใช้สัดส่วนและวิธีการผสมตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด โดยส่วนเหลวจะทำการวัดปริมาตรโดยใช้ไมโครปิเปต (micro pipett (P 1000)) ส่วนผงใช้วิธีชั่งโดยใช้เครื่องชั่งที่มีจุดทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้คือ ไมติสซาไลวาเรียสอะการ์ (mitis salivarius agar) ทริปติกชอยอะการ์ (tryptic soy agar) และ ทริปติกชอยบรอต (tryptic soy broth)
- เทคนิคในการบันทึกผลการทดลองที่เวลาเริ่มต้น 4 8 และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ ทำโดยนำเชื้อในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 4 กลุ่มเจือจางด้วยเทคนิคบรอตไดลูชัน (broth dilution) เพื่อให้สามารถนับจำนวนได้บนวุ้นเลี้ยงเชื้อ จากนั้นคูณสารละลายที่เจือจางแล้ว 100 ไมโครลิตร มา

เพาะเลี้ยงบนทริปติกชอยอะการ์โดยใช้สเปรดเดอร์ (spreader) ลากให้ทั่วทั้งผิวของวุ้นเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 5 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนับจำนวนโคโลนีของ *Streptococcus mutans*

5. การบันทึกผล ใช้การนับจำนวนโคโลนีของ *Streptococcus mutans* โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการวัดทั้งหมด 6 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย
6. การทดลองและการบันทึกผลทำโดยผู้ทดลองคนเดียว

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ผลการวิจัยไม่อาจอ้างอิงไปถึงการยับยั้งการเจริญของ *Mutans streptococci* สายพันธุ์อื่นที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดฟันผุได้
2. วิธีการศึกษาในที่นี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีสภาวะแวดล้อมไม่เหมือนสภาวะจริงในช่องปาก ทำให้ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้อาจต่างออกไปหากนำไปใช้จริงในช่องปาก
3. การคำนวณค่าพื้นที่ผิวสัมผัสของซีเมนต์โดยรอบแถบรัดจัดฟันโดยการวัดเส้นรอบวงของแถบรัดจัดฟันคู่กับความหนาของแผ่นฟิล์มได้ค่าน้อยมากจนไม่สามารถทำแม่แบบให้มีขนาดเล็กได้จริง จึงจัดทำแม่แบบให้มีขนาดเล็กมากที่สุดเท่าที่สามารถผลิตได้

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. เชื้อชนิดเดียว (pure culture) คือ การแยกเชื้อเพื่อให้ได้เชื้อชนิดเดียวบนอะการ์ที่จำเพาะต่อเชื้อนั้น
2. การวัดความขุ่น (optical density) คือ การวัดความขุ่นของสารจากความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารนั้น โดยเครื่องดูดกลืนแสง
3. ATCC # 25175 (American type culture collection number 25175)
4. ความทนแรงอัด คือ ความสามารถในการทนแรงอัดตามแนวแกนของวัสดุ เมื่อถึงแรงอัดสูงสุดที่วัสดุจะทนได้จะทำให้วัสดุนั้นๆแตก
5. แมคฟาร์แลนด์ (McFarland standard) คือ หน่วยวัดที่ใช้ประมาณความเข้มข้นของแบคทีเรียด้วยวิธีวัดความขุ่น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำสารที่สกัดจากสมุนไพรทางธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในทางทันตกรรม
2. สามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการผลิตวัสดุทางทันตกรรมชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ดีกว่าวัสดุที่ใช้ในปัจจุบัน
3. สามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการศึกษาวิจัยต่อเนื่องเพื่อประยุกต์ในสถานการณ์จริงทางคลินิก
4. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติของเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนต่อในอนาคต

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

กิจกรรม	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
เก็บรวบรวมข้อมูล	←————→										
วิเคราะห์						↔					
สรุปผลข้อมูล							↔				
เขียนรายงานการวิจัย									↔		
เสนอผลวิจัย											↔

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

ปัญหาของโรคฟันผุ

ฟันผุ เป็นปัญหาทางทันตสาธารณสุขที่สำคัญประการหนึ่ง จากการสำรวจสถานะทันตสุขภาพแห่งชาติของกระทรวงสาธารณสุข พบว่า ประชากรไทยมากกว่าร้อยละ 70 เป็นโรคฟันผุ (กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข, 2543-2544)

ฟันผุเป็นปัญหาสำคัญที่พบได้บ่อยในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเช่นกัน เนื่องจากการใส่เครื่องมือจัดฟัน โดยเฉพาะเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่น จะทำให้เกิดการสะสมที่เพิ่มขึ้นของคราบจุลินทรีย์บริเวณขอบเหงือกและบริเวณที่ซีเมนต์หายไปภายใต้ขอบของแถบรัดจัดฟัน และในผู้ป่วยที่ใช้แถบรัดจัดฟันหลายซี่ในปาก (Mizrahi, 1982) ทำให้ผิวเคลือบฟันบริเวณนี้มีลักษณะเป็นฝ้าขาว (white spot lesion) (รูปที่ 1) ที่สามารถสังเกตเห็นได้ภายในเวลา 4 อาทิตย์หลังติดเครื่องมือ (Melrose, Appleton และ Lovius, 1996; O'Reilly และ Featherstone, 1987) ซึ่งจะสามารถพบได้ถึงร้อยละ 50 ของผู้ป่วยที่ผ่านการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยพบมากที่สุดที่ด้านขอบเหงือกของฟันตัดซี่ข้างบน (Upper lateral incisors) ที่รักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นที่ขัดด้วยแถบรัดจัดฟัน และแปรงสีฟัน (Gorelick และคณะ, 1982)



รูปที่ 1 แสดงลักษณะฝ้าขาวหลังถอดแถบรัดจัดฟันที่ฟันกรามล่างด้านขวา (Devicenzo, 2006)

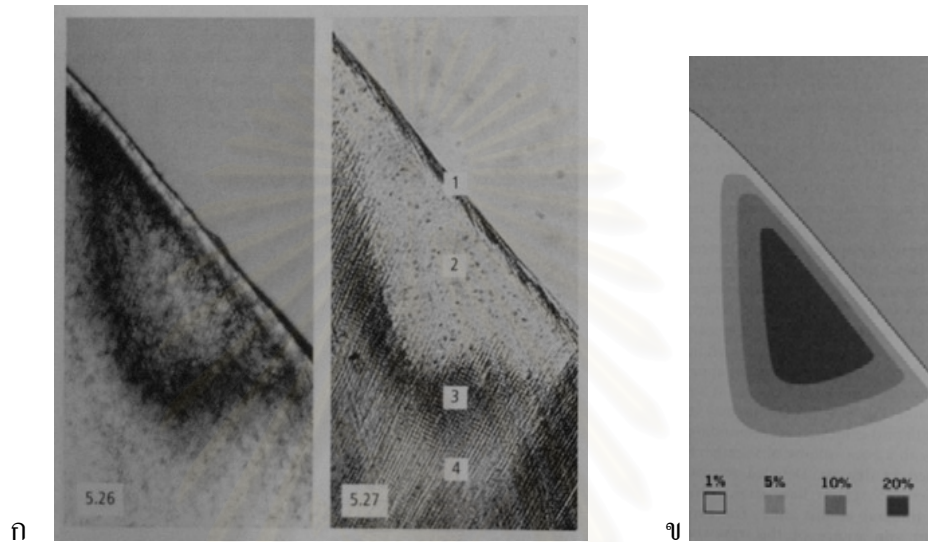
ลักษณะและสาเหตุของโรคฟันผุ

โรคฟันผุเกิดจากองค์ประกอบหลายประการ (multifactorial disease) ได้แก่ ตัวฟัน อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต และ เชื้อจุลินทรีย์ อาจนับได้ว่าเป็นการติดเชื้อจุลินทรีย์ที่พบได้บ่อยที่สุดในร่างกายมนุษย์ (Loesche, 1986) สิ่งสำคัญที่สุด คือ โรคฟันผุนั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ หรือ ไม่มีอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า โรคฟันผุเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับอาหารและเชื้อจุลินทรีย์ (Theilade และ Theilade, 1976) การเกิดโรคนั้นเกี่ยวข้องกับ การสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟัน คราบจุลินทรีย์บนผิวฟันประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์สร้างกรด ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากขบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของเชื้อ กล่าวคือ เชื้อจุลินทรีย์ในแผ่นคราบจุลินทรีย์ (dental plaque) เป็นเชื้อที่ผลิตกรดได้ โดยเชื้อจะผลิตกรดเมื่อมีการหมัก (fermentation) อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต (Loesche, 1986) กรดเหล่านี้สามารถละลายแร่ธาตุในเคลือบฟันหรือเนื้อฟัน โดยกรดสามารถซึมผ่านคราบแผ่นคราบจุลินทรีย์ และเข้าไปสู่เคลือบฟันที่มีรูพรุนได้ จากนั้นจะแตกตัวได้ไฮโดรเจนไอออน (hydrogen ions) (Featherstone และ Rodgers, 1981) เมื่อเกิดความเป็นกรดสูง กรดก็จะซึมผ่านเข้าสู่เคลือบฟันด้านในหรือเนื้อฟันได้อย่างรวดเร็ว ไฮโดรเจนไอออนนี้จะไปละลายแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสเฟต ให้อยู่ในรูปสารละลาย ซึ่งสามารถซึมผ่านตัวฟันออกมา ซึ่งกรดแลคติกสามารถแตกตัวได้ง่ายกว่ากรดชนิดอื่น ๆ ซึ่งทำให้พีเอช (pH) ในคราบจุลินทรีย์ลดลงมาก หากกระบวนการดังกล่าวไม่มีการคืนสภาพด้วยกระบวนการสร้างสารประกอบแร่ธาตุขึ้นมาใหม่ (remineralization) แล้ว ในที่สุดก็จะเกิดรูผุบนตัวฟันขึ้น

รอยโรคฟันผุในระยะเริ่มแรกของฟันสามารถแยกได้อย่างชัดเจน คือมีลักษณะเป็นจุดสีขาว (white spot lesion) ซึ่งการปรากฏเป็นรอยสีขาวซึ่งเกิดจากการสะท้อนของแสงของผิวเคลือบฟันจากการสูญเสียเนื้อเยื่ออินทรีย์ที่ฟันผุด้านใต้ ทำให้เกิดการแห้งของชั้นเนื้อฟัน อธิบายได้จากทฤษฎีอะซิโดเจนิคของการเกิดฟันผุ (acidogenic theory of caries) ซึ่งเกิด 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่หนึ่งการเอาแคลเซียม (decalcification) ออกจากฟันโดยกรดที่เกิดจากแบคทีเรีย และขั้นตอนที่สอง การเสื่อมสลายของโปรตีนที่เกิดจากเอนไซม์โปรติโอไลติก (proteolytic enzyme) ของแบคทีเรีย (Ogaard, Rolla และ Arends, 1988; Ogaard, Rolla, Arends และคณะ, 1988)

เมื่อนำฟันที่มีรอยผุระยะเริ่มแรกมาตัด แล้วนำมาข้อม (ground section) เพื่อส่องดูจากกล้องจุลทรรศน์แบบแสงผ่าน (light microscope) บริเวณของรอยโรคจะปรากฏเป็นช่องว่างและมีการเสื่อมสลายของเนื้อเยื่อเป็น 4 ชั้น (รูปที่ 2) โดยชั้นแรกของการเกิดฟันผุเรียกว่า ชั้นผิวฟัน (surface zone) ซึ่งในทางคลินิกจะเห็นเป็นผิวฟันที่ไม่สามารถขีดขีดได้ด้วยเครื่องมือ ชั้นที่สองเรียกว่า ชั้นตัวรอยโรค (body zone) ชั้นถัดไปเรียกว่า เรียกว่า ชั้นดาร์ก (dark zone) ซึ่งพบมีช่องว่างเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในกล้องจุลทรรศน์ และชั้นในสุดเรียกว่า ชั้นทรานสลูเซนต์ (translucent zone) ที่เกิดการ

หายไปของขอบเขตแท่งเคลือบฟัน (rod outline) และมีช่องว่างเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ ชั้นในสุด (Gorelick และคณะ, 1982) โดยชั้นต่าง ๆ นี้อาจมีขนาดตั้งแต่ 5 ถึง 100 ไมโครเมตร และมีรูพรุนจากการสูญเสียแร่ธาตุซึ่งเห็นได้จากการดูผิวฟันจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) (รูปที่ 3)

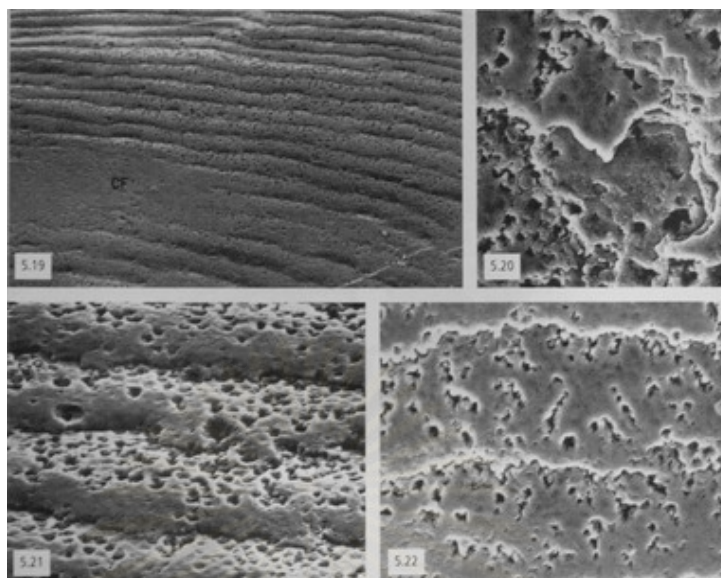


รูปที่ 2 แสดงรอยโรคฟันผุระยะเริ่มแรกจากกล้องจุลทรรศน์แบบแสงผ่าน

ก. ชั้นที่ 1 แสดงชั้นผิวฟัน (surface zone), ชั้นที่ 2 แสดงชั้นตัวรอยโรค (body of lesion), ชั้นที่ 3 แสดงชั้นดาร์ก (dark zone), ชั้นที่ 4 แสดงชั้นทรานสลูเซนต์ (translucent zone)

ข. แสดงอัตราส่วนของรูพรุนของชั้นต่างของโรคฟันผุ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 แสดงผิวฟันของรอยโรคฟันผุระยะเริ่มแรกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Kidd, Mejáre and Nyvad, 2003)

ตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 มีผู้ทำการศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดโรคฟันผุ โดย Miller (1890) ได้เสนอหลักการในการเริ่มต้นของการผุของฟัน ด้วยทฤษฎีเคมีโคพาราไซติก (chemico parasitic theory) ซึ่งกล่าวไว้ว่าแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในปากจะไปเปลี่ยนอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตให้กลายเป็นกรด ที่สามารถละลายแคลเซียมฟอสเฟตของผิวเคลือบฟันจนเกิดเป็นรูผุขึ้น จากนั้น Clarke (1924) สามารถแยกเชื้อ *Streptococcus mutans* ได้จากรูผุของฟันคน ในปี ค.ศ. 1950 ก็เริ่มมีการพิสูจน์ว่าเชื้อจุลินทรีย์มีบทบาทในการเป็นต้นเหตุทำให้เกิดโรคฟันผุ (Davies, 1950) ต่อมาในปี ค.ศ. 1954 ได้มีการทำทดลองใช้เชื้อจุลินทรีย์กับสัตว์ทดลองที่ปราศจากเชื้อเป็นครั้งแรก (germ-free animals) (Orland และคณะ, 1954)

ในปี 1960 การทดลองในสัตว์ทดลองได้ถูกทำซ้ำและยืนยันอีกครั้งโดยใช้หนูที่ปราศจากเชื้อ และหนูที่ได้รับเชื้อ *Streptococci* ที่ได้รับอาหารก่อให้เกิดโรคฟันผุ (cariogenic diet) พบว่าหนูที่ปราศจากเชื้อไม่พบโรคฟันผุ แต่หนูที่ได้รับเชื้อเกิดโรคฟันผุ ซึ่งยืนยันได้ว่าโรคฟันผุเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ (Fitzgerald, Jordan และ Stanley, 1960) หลักฐานที่แสดงให้เห็นว่า โรคฟันผุติดต่อกันได้นั้น ได้มาจากการศึกษาในสัตว์ทดลองพวกแฮมสเตอร์ (hamster) โดยพบว่าแฮมสเตอร์ที่ฟันผุยาก แม้จะให้อาหารที่มีโอกาสก่อให้เกิดฟันผุได้สูงเช่นน้ำตาลซูโครสเป็นจำนวนมากก็ปรากฏว่าฟันไม่ผุ แต่เมื่อนำแฮมสเตอร์ตัวนี้ไปขังหรือให้อาหารชนิดนี้ร่วมกับแฮมสเตอร์อีกตัวที่มีฟันผุง่าย พบว่าฟันของมันจะผุ การพิสูจน์ขั้นต่อมาได้จากการทดลองนำเชื้อ *Streptococci* ที่แยกได้จากรูผุของฟันหนูโรเดนท (rodent) ใส่เข้าไปในปากของแฮมสเตอร์ที่ฟันผุยาก พบว่าสามารถทำให้ฟัน

ของแอสเตอร์มีการผูกแบบรอบซี่ฟันทั้งซี่ขึ้น จากการทดลองทั้งสองนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของอาหารที่มีต่อการก่อให้เกิดฟันผุ โดยจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีการตั้งถิ่นฐานของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นแล้วเท่านั้น (colonization) (Fitzgerald และ Keyes, 1960)

นอกจากนั้นได้มีการพยายามศึกษาเพื่อค้นหาเชื้อแบคทีเรียที่มีสาเหตุโดยตรงที่ทำให้เกิดโรคฟันผุจากเชื้อในแผ่นคราบจุลินทรีย์ที่มีถึงสองร้อยถึงสามร้อยชนิด พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่สำคัญในการทำให้เกิดฟันผุทั้งในห้องทดลองและในสัตว์ทดลองได้แก่ *Mutans streptococci* และ *Lactobacilli* (Loesche, 1986; Svanberg และ Loesche, 1978 a, b) แต่ละชนิดยังสามารถแบ่งออกเป็นหลายสปีชีส์ ซึ่งล้วนก่อให้เกิดฟันผุทั้งสิ้น โดย *Lactobacilli* เป็นเชื้อตัวแรกที่มีการค้นพบว่าเป็นเชื้อที่ก่อโรคฟันผุ สามารถผลิตกรดแลกติก (lactic acid) ได้มาก และมักตรวจพบในคราบจุลินทรีย์ในระยะก่อนที่จะสังเกตเห็นรอยผุบนตัวฟัน (Leverett, Featherstone และคณะ, 1993; Leverett, Proskin และคณะ, 1993) ในปัจจุบันเชื่อว่าเชื้อที่มีบทบาทสำคัญมากที่สุด คือ *Mutans streptococci* (Van Houte, 1994) นอกจากนี้ Brown และคณะ (1975) ได้ทำการศึกษาปริมาณแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ในผู้ป่วยมะเร็งที่ได้รับการรักษาด้วยการฉายรังสีพบว่าก่อนการฉายรังสีมี *Mutans streptococci* และ *Lactobacilli* ในช่องปากในปริมาณน้อย หลังจากฉายรังสี 6 อาทิตย์พบปริมาณแบคทีเรียทั้งสองเพิ่มมากขึ้น และพบปริมาณ *Mutans streptococci* เพิ่มสูงสุดพร้อมกับการเกิดโรคฟันผุใหม่ที่ฟัน 5 ฟันผิวหลังฉายรังสีแล้ว 3 เดือน แสดงให้เห็นว่า *Mutans streptococci* เป็นเชื้อหลักที่ทำให้เกิดรอยผุระยะเริ่มแรก และเมื่อรอยโรคฟันผุขยายใหญ่เป็นโพรง (cavity) แบคทีเรียหลักที่พบคือ *Lactobacilli*

กระบวนการเกิดโรคฟันผุ

ผิวฟันที่สัมผัสกับน้ำลายในช่องปากนั้นจะเกิดแอคควายด์ เพลลิเคิล (acquired pellicle) ซึ่งเป็นชั้นที่มีลักษณะเป็นแผ่น และมีรูปร่างไม่แน่นอน มีความหนาระหว่าง 0.1 ถึง 3 ไมโครเมตร ประกอบด้วยสารหลายชนิด รวมทั้งสารในกลุ่มซัลเฟตและคาร์บอกซิล ซึ่งทำให้ผิวฟันมีประจุรวมเป็นลบ (Rogers, 1976) เชื้อจุลินทรีย์ก็มีประจุรวมเป็นลบเช่นกัน ดังนั้น โดยปกติแล้วจะมีแรงผลักกันระหว่างผิวฟันกับเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำลายที่เข้าไปใกล้ผิวฟัน แต่เมื่อเกิดคราบจุลินทรีย์ขึ้น และมีกระบวนการยึดเกาะหลายขั้นตอนเข้ามาเกี่ยวข้อง การป้องกันโดยการผลักกันก็จะถูกทำลายไป (Loesche, 1986)

กระบวนการในการเกิดคราบจุลินทรีย์นั้น เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันว่า ในขั้นแรกเชื้อจุลินทรีย์จะต้องไปยึดเกาะบนผิวฟันก่อน (Gibbons, 1984; Hasty และคณะ, 1992) จากนั้นเชื้อจึงจะเพิ่มจำนวนสะสมบนตัวฟัน สำหรับขั้นตอนในการยึดเกาะของเชื่อนั้นมีอยู่ 2 ขั้นตอน กล่าวคือขั้นแรกเป็นปฏิกิริยาระหว่างเชื้อกับผิวฟันซึ่งมีแอคควายด์เพลลิเคิลปกคลุมอยู่ โดยไกลโคโปรตีน

ในแอกควายด์ เฟลดิเคิลทำหน้าที่เป็นจุดเกาะของเชื้อ ปฏิกริยานี้เป็นปฏิกริยาชนิดผันกลับได้ ที่เกี่ยวข้องกับแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der waal's forces) พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ปฏิกริยาไอออนิก (ionic interaction) ปฏิกริยาไฮโดรโฟบิก (hydrophobic interaction) และปฏิกริยาอิเล็กโตรสแตติก (electrostatic interaction) ซึ่งยังมีความแข็งแรงไม่เพียงพอ ขั้นตอนนี้ควบคุมโดยโปรตีนที่ผิวเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ ชั้นที่ 2 เป็นปฏิกริยาชนิดผันกลับไม่ได้ เชื้อจะสังเคราะห์สารประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำจากน้ำตาลซูโครส โดยอาศัยเอนไซม์กลูโคซิลทรานเฟอร์ส (glucosyltransferase) ออกมานอกเซลล์ สารนี้คือ กลูแคน (glucans) ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำจึงมีบทบาทในการยึดเกาะของเชื้อกับผิวของแข็ง ซึ่งรวมถึงผิวฟันด้วย (Curtiss III, 1986; Gibbons, 1989; Hamada, Koga และ Ooshima, 1984) ทำให้เชื้อสามารถยึดเกาะได้อย่างแข็งแรง นอกจากนี้ยังมีกลูแคนไบน์ดิงโปรตีน (glucan binding protein) ซึ่งทำให้เกิดการรวมกลุ่มของเชื้อ ผลของการยึดเกาะของเชื้อในสถานะที่มีน้ำตาลซูโครส และการรวมกลุ่มของเชื้อ ก็คือ การเกิดคราบจุลินทรีย์ ซึ่งจะทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมแก่การเข้ามาของเชื้อชนิดอื่น ๆ แม้ว่าเชื้อเหล่านั้นจะไม่มีความสามารถในการยึดเกาะกับผิวฟันก็ตาม ในที่สุดเชื้อเหล่านี้ก็จะร่วมกันผลิตกรดออกมาทำลายเคลือบฟันต่อไป (Curtiss III, 1986)

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าปัจจัยสำคัญในการตั้งถิ่นฐาน (colonization) ของเชื้อแบคทีเรีย คือความสามารถในการยึดเกาะกับพื้นผิวของร่างกาย ประเด็นที่น่าสนใจในเกี่ยวกับการยึดเกาะของเชื้อแบคทีเรียในช่องปากระหว่างกระบวนการเกิดคราบจุลินทรีย์ (Scannapieco, 1994) ได้แก่

1. การยึดเกาะของเชื้อจุลินทรีย์กับพื้นผิวของร่างกายเป็นแบบ “เลือก” (selective) กล่าวคือ เชื้อแต่ละชนิดจะเลือกยึดเกาะกับพื้นผิวแต่ละประเภทแตกต่างกันไป
2. การยึดเกาะของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นทั้งโดยกลไกที่ไม่จำเพาะเจาะจง และกลไกที่จำเพาะเจาะจง การยึดเกาะอาจทำได้โดยผ่านกลไกหลายชนิด แต่กลไกเหล่านั้นมีส่วนเสริมการทำงานซึ่งกันและกัน กลไกแบบทั่วไป คือ กลไกที่เกี่ยวข้องกับแรงที่ไม่จำเพาะเจาะจงระหว่างเชื้อจุลินทรีย์กับพื้นผิวของร่างกาย จำพวกแรงแวนเดอร์วาลส์ พันธะไฮโดรเจน ปฏิกริยาไอออนิก และปฏิกริยาไฮโดรโฟบิก (Bay และ Rolla, 1981) อย่างไรก็ตาม แรงทั้งหมดดังกล่าวยังไม่เพียงพอที่จะใช้อธิบายการตั้งถิ่นฐานของเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวต่าง ๆ ได้ ดังนั้นจึงมีกลไกอีกอันหนึ่งที่เข้ามาเกี่ยวข้อง คือ กลไกแบบจำเพาะเจาะจง หรือ ปฏิกริยาสเตอริโอเคมีคัล (stereochemical interaction) ระหว่างแอดฮีซิน (adhesin) ที่ผิวเซลล์ จุลินทรีย์กับองค์ประกอบที่พื้นผิวร่างกาย กลไกนี้ช่วยอธิบายถึงรูปแบบการตั้งถิ่นฐานของเชื้อได้ชัดเจนขึ้น โปรตีนชนิดพิเศษ หรือแอดฮีซิน บนผิวเซลล์เชื้อจุลินทรีย์จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการจับอย่างจำเพาะเจาะจงกับไลแกนด์ (ligand) หรือรีเซพเตอร์ (receptor) บนพื้นผิวร่างกาย (Beachey, 1981) อาจ

กล่าวได้ว่า กลไกทั้งแบบไม่จำเพาะเจาะจงและปฏิกิริยาสเทอริโอเคมีคัล มีการทำงานร่วมกันในการส่งเสริมการยึดเกาะของเชื้อกับพื้นผิวร่างกาย

- องค์ประกอบในน้ำลายมีบทบาทสำคัญในกระบวนการยึดเกาะของเชื้อจุลินทรีย์ โดยการสร้างไบโอฟิล์ม (biofilm) หรือเพลลิเคิลบนพื้นผิวในช่องปาก (Bradway และคณะ, 1989) เพลลิเคิลบนผิวฟันนี้ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในปฏิกิริยาหลายประเภทที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวในช่องปาก โดยผ่านองค์ประกอบทางเคมีบางอย่างที่ทำหน้าที่เป็นรีเซพเตอร์สำหรับการยึดเกาะของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ โปรตีนชนิดต่าง ๆ ในน้ำลาย
- หลังจากที่เชื้อจุลินทรีย์เข้าไปยึดเกาะกับผิวฟันในขั้นแรกแล้ว กระบวนการเกิดคราบจุลินทรีย์ก็จะดำเนินต่อไป โดยมีการเจริญเติบโต การเพิ่มจำนวน และเชื้อชนิดอื่นเข้ามายึดเกาะเพิ่มเติม แหล่งอาหารของเชื้อเหล่านี้ คือ น้ำลาย โดยโปรตีนในน้ำลายจะถูกย่อยสลายโดยเชื้อชนิดต่าง ๆ ตามแต่ความต้องการสารอาหารในการเจริญเติบโตของเชื่อนั้น นอกจากนี้ การเกิดปฏิกิริยาต่อกันระหว่างเชื้อจุลินทรีย์ต่างชนิดในลักษณะที่มีการรวมกลุ่มกัน ทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถยึดเกาะเพิ่มจำนวนมากขึ้นและเกิดเป็นคราบจุลินทรีย์นั่นเอง (Kolenbrander, 1988; Kolenbrander และ London, 1993) เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เข้าสู่ช่องปาก มิได้สามารถยึดเกาะและตั้งถิ่นฐานได้ทุกชนิด เชื้อส่วนใหญ่จะถูกกำจัดออกไปมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถเกาะติด และคงอยู่ในช่องปากได้ การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นโดยกระบวนการชะล้างทางกล (mechanical flushing) ซึ่งเป็นผลมาจากการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยา (physiological movement) เช่น การเคี้ยว การกลืน การพูด นอกจากนี้ องค์ประกอบในน้ำลายก็สามารถจับกับแอสซิซันของจุลินทรีย์ได้ด้วย ปฏิกิริยาเหล่านี้เป็นผลให้เชื้อรวมกันเป็นกลุ่มก้อน (clumping) และถูกกำจัดออกไปจากพื้นผิวในช่องปาก (Kashket และ Donaldson, 1972) แสดงว่า การยึดเกาะและตั้งถิ่นฐานของเชื้อจุลินทรีย์บนเพลลิเคิลที่ผิวฟันแบบ “เลือก” ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างที่ร่างกายมีการกำจัดเชื้อออกจากช่องปากอยู่ด้วยนั้น จะต้องมีการตั้งถิ่นฐานที่มีความพิเศษ จึงสามารถต่อต้านแรงที่จะมากำจัดเชื่อนั้นได้

เชื้อ *Streptococci* ในช่องปาก (oral *Streptococci*)

เชื้อ *Streptococci* ในช่องปากมักพบอาศัยอยู่ในช่องปากและทางเดินหายใจส่วนบนของมนุษย์และสัตว์ โดยเป็นเชื้อที่ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่อาจเกิดการติดเชื้อฉวยโอกาส (opportunistic infections) ได้ เมื่อร่างกายมีภูมิคุ้มกันลดลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม (Whiley และ Beighton, 1998) ปัจจุบันมีการจำแนกชนิดของเชื้อ *Streptococci* ในช่องปากออกเป็น 4 กลุ่ม โดยอาศัยการเปรียบเทียบลำดับของยีนที่อาร์-อาร์เอ็นเอชนิด 16s (16s rRNA gene sequence comparison) (Kawamura และคณะ, 1995; Perch, Kjemis และ Ravn, 1974) ได้แก่

1. กลุ่มแองจิโนซัส (anginosus group) ประกอบด้วย *Streptococcus anginosus*, *Streptococcus constellatus* และ *Streptococcus intermedius*
2. กลุ่มไมติส (mitis group) ประกอบด้วย *Streptococcus mitis*, *Streptococcus oralis*, *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus gordonii*, *Streptococcus parasanguis*, *Streptococcus crista* และ *Streptococcus pneumoniae*
3. กลุ่มมิวแทนส์ (mutans group) ประกอบด้วย *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sorbrinus*, *Streptococcus cricetus*, *Streptococcus rattus*, *Streptococcus downei*, *Streptococcus macacae*, และ *Streptococcus ferus*
4. กลุ่มซัลไลวาริอุส (salivarius group) ประกอบด้วย *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus vestibularis*, และ *Streptococcus thermophilus*

เชื้อกลุ่มมิวแทนส์ หรือที่เรียกว่า “*Mutans streptococci*” ที่พบในคราบจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นเชื้อ *Streptococcus mutans* ซีโรไทป์ (serotype) ที่พบมากที่สุด คือ ซีโรไทป์ซี (serotype C) (Hamada และ Slade, 1980; Loesche, 1986)

Mutans streptococcus

Mutans streptococcus คือ กลุ่มหนึ่งในสี่กลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ในช่องปากที่มีรูปร่างกลม (streptococci) ที่พบได้ในแผ่นคราบจุลินทรีย์ สามารถย่อยสลายน้ำตาลแมนนิทอล (mannitol) และน้ำตาลซอบิทอล (sorbital) และผลิตกลูแคนนอกเซลล์ (extracellular glucans) จากน้ำตาลซูโครส (sucrose) ซึ่งทำให้เกิดโรคฟันผุในสัตว์ทดลองยกเว้นกลุ่ม *Streptococcus ferus*

Clarke (1924) ได้ทำการศึกษาแยกกลุ่มของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคฟันผุในมนุษย์และตั้งชื่อว่า “*Streptococcus mutans*” เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้มีลักษณะรูปร่างมากกว่ารูปร่างกลมคล้ายกลายพันธ์จากแบคทีเรียรูปร่างกลม ซึ่งในปัจจุบันหมายถึง *Mutans streptococci* เนื่องจากในสมัยนั้นยังไม่มี การจัดแบ่งกลุ่มย่อยของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว ภายหลังมีการศึกษา *Mutans streptococci* จากหลายแหล่งพบว่าแบคทีเรียชนิดนี้สามารถแบ่งโดยวิธีทางเซรุ่ม (serological techniques) ได้เป็น 8 ซีโรไทป์ จากสารก่อภูมิคุ้มกันต้านคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate antigens) (Coykendall, 1974) คือ ซีโรไทป์เอ (A) ซีโรไทป์บี (B) ซีโรไทป์ซี (C) ซีโรไทป์ดี (D) ซีโรไทป์อี (E) ซีโรไทป์เอฟ (F) ซีโรไทป์จี (G) และ ซีโรไทป์เอช (H) โดยถ้ากล่าวถึง *Streptococcus mutans* จะหมายถึงเฉพาะเชื้อที่อยู่ใน ซีโรไทป์ซี ซีโรไทป์อี และซีโรไทป์เอฟ เท่านั้น ดังตารางที่ 1 ซึ่งสายพันธุ์มาตรฐานของ *Streptococcus mutans* ถูกเก็บโดยองค์กรเนชันนอลคอลเลกชันออฟไทป์คัลเจอร์เลขที่ 10449 (National Collection of Type Cultures under the number 10499 (NTCC 10499)) หรือองค์กรอเมริกันไทป์คัลเจอร์คอล

เลขชั้นเลขที่ 25175 (The American Type Culture Collection number 25175 (ATCC 25175)) โดยซีโรไทป์ซึ่งพบในมนุษย์มากที่สุดคิดเป็น 70 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของ *Mutans streptococcus* ที่พบทั้งหมด และเป็นสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคฟันผุนรุนแรงที่สุด เนื่องจากไม่เพียงแต่สามารถผลิตกรดจากน้ำตาลซูโครสได้เท่านั้น มันยังสามารถผลิตพอลิแซ็กคาไรด์นอกเซลล์ได้ (extracellular polysaccharides) เช่น กลูแคน ซึ่งพอลิแซ็กคาไรด์นี้มีความสำคัญต่อการตั้งถิ่นฐานของเชื้อในปาก โดยช่วยในการยึดเกาะระหว่างเชื้อกับผิวฟันแบบไม่เฉพาะเจาะจงที่ขึ้นกับปริมาณซูโครสและเอนไซม์กลูโคซิลทรานสเฟอเรส และยังสามารถยึดเกาะกับผิวฟันแบบเฉพาะเจาะจงด้วยสารแอดฮีซิน (adhesins) ที่เป็นส่วนประกอบในน้ำลายด้วย ซึ่งเป็นการยึดเกาะเริ่มแรก (early colonization) จากนั้นยังช่วยยึดเกาะระหว่างเชื้ออื่นกับ *Mutans streptococci* ทำให้มีเชื้อยึดเกาะที่ผิวฟันเพิ่มมากขึ้น (Fukui และคณะ, 1974; Schachtele, Harlander และ Germaine, 1976) สามารถผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ในเซลล์ (intracellular polysaccharides) ที่เป็นแหล่งสะสมอาหารของแบคทีเรียจากน้ำตาลซูโครส (sucrose) สามารถผลิตกรดแลคติกได้จากน้ำตาล และสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะแวดล้อมที่เป็นกรด (Dennis และ Kaplan, 1960) จากคุณสมบัติทั้งหมดที่กล่าวมาจึงทำให้เชื้อมีความสามารถสำคัญในการทำให้เกิดโรคฟันผุ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ความแตกต่างของ *Mutans streptococcus* สายพันธุ์ต่างๆ

ลักษณะเฉพาะ											
MS	การเกิดโรคฟันผุ		G+C สัดส่วนในดีเอ็นเอ (เปอร์เซ็นต์ mol)	ซีโรไทป์	คาร์โบไฮเดรต ของผนังเซลล์	กรดที่ผลิต			ความต้านทานต่อ เบซิทราซิน (bacitracin)	การแยกสลายอาร์จินิน (arginine hydrolysis)	กลูแคนหลัก
	ในมนุษย์	ใน สัตว์ทดลอง				แรมฟิโนส	สตาร์ซ	อินนูลิน			
<i>S. mutans</i>	+	+	36-38	<i>c,e,f</i>	กลูโคส, แรมโนส	+	-	+	+	-	D > M
<i>S. sobrinus</i>	+	?	44-46	<i>d,g,h</i>	กลูโคส, กาแลคโตส, แรมโนส	-	-	-	+	-	M > D
<i>S. cricetus</i>	+	-	42-44	<i>A</i>	กลูโคส, กาแลคโตส, แรมโนส	+	-	+	-	-	M > D
<i>S. rattus</i>	+	-	41-43	<i>B</i>	กาแลคโตส, แรมโนส	+	-	+	+	+	D > M
<i>S. ferus</i>	-	-	43-45	<i>C</i>	?	-	+	+	-	-	
<i>S. macacae</i>	?	?	35-36	<i>C</i>	กาแลคโตส, แรมโนส	+	-	-	-	-	

ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม

ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์เป็นวัสดุทางทันตกรรมที่เริ่มใช้มาตั้งแต่ต้นทศวรรษ 1970 (Wilson และ Mclean, 1988) ได้มีการพัฒนาและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในทางทันตกรรมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทั้งในรูปของวัสดุบูรณะ (restorative materials) สารรองพื้น (liner) และสารยึดติด (bonding agent) ในทางทันตกรรมจัดฟัน ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer cement) เป็นสารยึดติดตัวหนึ่งที่ได้รับคามนิยมเป็นอย่างมากตั้งแต่ปี ค.ศ 1980 เนื่องจากสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์จากเนื้อวัสดุ ทำให้มีการส่งเสริมการคืนแร่ธาตุ (remineralization) ของผิวฟัน อีกทั้งยังมีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้เป็นตัวยึดทางทันตกรรมจัดฟัน นอกจากนี้ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ยังสามารถคงสภาพอยู่ในช่องปากได้นานกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ และสามารถผลิตได้ทั้งในรูปแบบชนิดดั้งเดิม และชนิดบ่มด้วยแสง (light activation) จึงสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น ทำให้ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น (Mount, 2002; Wilson และ Mclean, 1988)

ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ได้ถูกนำมาใช้ในทางทันตกรรมมานานกว่า 30 ปี เริ่มคิดค้นขึ้นในค.ศ. 1969 และรายงานครั้งแรกโดย Wilson and Kent (1971) (Kent, Lewis และ Wilson, 1971 a, b) โดยเป็นวัสดุผสมระหว่างซีเมนต์ซิลิเกต (silicate cement) และซีเมนต์ซิงค์พอลิคาร์บอกซิเลต (zinc polycarboxylate cement) อยู่ในกลุ่มวัสดุที่อาศัยน้ำในปฏิกิริยาการแข็งตัว (water-based materials) ส่วนเหลว ได้แก่ กรดพอลิคาร์บอกซิลิก หรือกรดพอลิอะคริลิก ตัวเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) สารเชื่อมขวาง (cross-linking agent) ส่วนผง คือ ผงแก้วฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกต (fluoroaluminosilicate glass) ผงแก้วนี้มีโครงสร้างหลักเป็น อะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) และซิลิคอนไดออกไซด์ (silicon dioxide) นอกจากนั้น ยังมีไอออนอื่นๆที่แทรกอยู่ระหว่างโครงสร้างหลักนี้ด้วย ได้แก่ ไอออนของโซเดียม โพตัสเซียม แคลเซียม สตรอนเตียมฟลูออไรด์ และฟอสเฟต ในยุคแรกมีปัญหาความเคื่อยในการแข็งตัวของซีเมนต์ ต่อมาได้มีการค้นพบกรดทาร์ทริก (tartaric acid) ซึ่งช่วยแก้ปัญหาระยะเวลาแข็งตัวให้เร็วขึ้นได้ ส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในวัสดุที่เป็นผลิตภัณฑ์อยู่ในท้องตลาด มีความแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิต ซึ่งไม่ถูกเปิดเผย (Mount, 2002; Wilson และ Mclean, 1988)

ปฏิกิริยาการแข็งตัวชนิดดั้งเดิมเกิดจากกรดพอลิอะคริลิกเข้าทำปฏิกิริยากับกาสไอในส่วนผงที่บริเวณผิวด้านนอกทำให้มีการปล่อยไอออนของโลหะ และฟลูออไรด์ไอออนเกิดเป็นซิลิกาเจลรอบนอก (acid-base reaction) เมื่อค่าพีเอช (pH) สูงขึ้นกรดจะแตกตัวได้ประจุบวก และผงแก้วมีหน้าที่เป็นตัวรับโปรตอน (proton acceptor) เกิดการรวมกลุ่มเป็นสายพอลิแอซิด (polyacid chain) ด้วยการอาศัยน้ำที่อยู่ในส่วนประกอบเป็นตัวกลาง จึงจัดอยู่ในกลุ่มวัสดุที่อาศัยน้ำในการทำปฏิกิริยา

แข็งตัว (water based materials) เรียกปฏิกิริยานี้ว่า “ปฏิกิริยากรด-ด่าง” (acid-base reaction) ซึ่งปฏิกิริยาการแข็งตัวในระยะเริ่มแรกเกิดขึ้นภายใน 4 นาที อย่างไรก็ตามการแข็งตัวสมบูรณ์และความมีเสถียรภาพของวัสดุจะเกิดเมื่อเวลาผ่านไปแล้วยังน้อย 2 อาทิตย์ถึง 6 เดือน (Mount, 2002; Wilson และ Mclean, 1988)

วิลสันและแมคคลินจัดจำแนกประเภทของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ 3 ประเภทดังนี้

ชนิดที่ 1 สารเชื่อมยึด (luting materials)

- ใช้เชื่อมยึดครอบฟัน สะพานฟัน อินเลย์ และเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟัน
- สัดส่วนระหว่างส่วนผงกับส่วนน้ำเท่ากับ 1.5 ต่อ 1 ถึง 3.8 ต่อ 1
- เวลาแข็งตัวเร็วเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากน้ำ
- ความหนาของแผ่นฟิล์มน้อยกว่า 20 ไมครอน
- ทึบรังสี

ชนิดที่ 2 วัสดุบูรณะ

ชนิดที่ 2.1 วัสดุบูรณะเพื่อความสวยงาม

- สำหรับบูรณะในตำแหน่งที่ต้องการความสวยงาม ไม่ต้องรับแรงมาก
- สัดส่วนระหว่างส่วนผงและส่วนน้ำเท่ากับ 3 ต่อ 1 ถึง 6.8 ต่อ 1
- มีสีให้เลือก และโปร่งแสง
- ชนิดดั้งเดิมแข็งตัวช้า ivaต่อการอุดน้ำใน 24 ชั่วโมงซึ่งต้องการซีลเลอร์ (sealer) ปกป้องจากสิ่งแวดล้อมในช่องปาก
- ชนิดบ่มด้วยแสงชนิดดัดแปรด้วยเรซิน (resin-modified materials) แข็งตัวได้ทันทีไม่ต้องการซีลเลอร์
- วัสดุส่วนใหญ่ทึบรังสี

ชนิดที่ 2.2 วัสดุบูรณะที่ผสมบิสจีเอ็มเอ (bis-GMA reinforced filling material)

- สำหรับบูรณะในตำแหน่งที่ไม่ต้องการความสวยงามแต่ต้องการการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว และทนต่อการขัดสี (abrasion)
- สัดส่วนของผงกับน้ำเท่ากับ 3 ต่อ 1 ถึง 4 ต่อ 1

- เวลาแข็งตัวเร็วทำให้ทนต่อการดูดซึมน้ำ สามารถขัดตกแต่งได้ทันทีหลังการแข็งตัวเริ่มแรก (initial set) แต่ไวต่อการสูญเสียน้ำในเวลา 2 อาทิตย์หลังบ่ม
- ทึบรังสี

ชนิดที่ 3 สารรองพื้นหรือวัสดุฐาน (lining หรือ base materials)

- มีทั้งชนิดดั้งเดิม และบ่มด้วยแสง
- สามารถใช้เป็นวัสดุรองพื้น หรือวัสดุฐานขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของผงกับน้ำที่ใช้
- ผงต่อน้ำเท่ากับ 1.5 ต่อ 1 สำหรับสารรองพื้น
- ผงต่อน้ำเท่ากับ 3 ต่อ 1 ถึง 6.8 ต่อ 1 สำหรับวัสดุฐานหรือในการทดแทนเนื้อฟันก่อนบ่มด้วยวัสดุบ่มอื่น
- คุณสมบัติทางกายภาพเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของผง
- ทึบรังสี

อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีการพัฒนาวัสดุเฉพาะเพื่อให้เหมาะกับงานนั้นๆ เพิ่มขึ้น เช่น ในด้านทันตกรรมจัดฟันได้เพื่อใช้ในการยึดแถบรัดจัดฟันซีเมนต์ที่ใช้จะมีเวลาแข็งตัวนานขึ้นให้มีเวลาการทำงานที่เหมาะสม (Mount, 2002) และจากคุณสมบัติที่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ไอออนออกมาจากเนื้อซีเมนต์ ซึ่งฟลูออไรด์ไอออนนี้จะส่งเสริมให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุเข้าสู่ผิวเคลือบฟันและลดอัตราการละลายของแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน (Forsten, 1990) จึงทำให้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์มีคุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดฟันผุ (Svanberg, Mjor และ Orstavik, 1990) นอกจากนี้มีคุณสมบัติเด่นมากมายที่เหนือกว่าซีเมนต์ตัวอื่นๆ เช่น มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในช่องปาก จึงทำให้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์เป็นที่นิยมจนถึงปัจจุบัน

คุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์

จากเกณฑ์มาตรฐานตามไอโซปี 2546 หมวด 9917-1 กลุ่มวัสดุที่อาศัยน้ำในการทำปฏิกิริยาแข็งตัว ส่วนที่ 1 ผงต่อน้ำซีเมนต์ที่ทำปฏิกิริยากรด-ด่าง (ISO 9917-1-Dentistry-Water-based cements-Part 1: Powder/liquid acid-base cements) ฉบับแก้ไขวันที่ 1 พฤศจิกายน 2546 (ตารางที่ 2)

Tanner, Rushe และ Towler (2006) และคณะได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการตามเกณฑ์ไอโซด้วยเครื่องทดสอบอินสตรอน (An Instron Tensometer; Instron Ltd., High Wycombe, UK) ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดสารเชื่อมยึดที่ใช้ทางทันตกรรมจัดฟัน 2 ยี่ห้อ ได้แก่ คีแทค-เคม (Ketac Cem) และฟูจิวัน (Fuji I) ทั้งชนิดดั้งเดิม และบ่มด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasonically set glass polyalkenoate cements) พบว่ามีความทนแรงอัดในวันแรกชนิดดั้งเดิม

127 และ 129 เมกะปาสกาล (MPa) ตามลำดับ และชนิดบ่มตัวด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง 130 และ 128 เมกะปาสกาลตามลำดับ มีเวลาแข็งตัวสุทธิ (net setting time) ชนิดดั้งเดิม 210 และ 200 วินาที ตามลำดับ และชนิดบ่มตัวด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงเท่ากันทั้งสองยี่ห้อคือ 5 วินาที



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 คุณสมบัติที่ต้องการของวัสดุทางทันตกรรม (ISO 9917-1, 2003)

Chemical Type	Application	Film thickness μm max.	Net setting time minutes		Compressive strength MPa Min.	Acid erosion mm max.	Opacity $C_{0,70}$		Acid-soluble as content mg/kg max.	Acid soluble Pb content mg/kg max.
			min.	max.			min.	max.		
Zinc phosphate	Luting	25	2,5	8	50	0,30			2	100
Zinc polycarboxylate	Luting	25	2,5	8	50	0,40			2	100
Glass polyalkenoate	Luting	25	1,5	8	50	0,17				100
Zinc phosphate	Base/liner		2	6	50	0,30			2	100
Zinc polycarboxylate	Base/liner		2	6	50	0,40			2	100
Glass polyalkenoate	Base/liner		1,5	6	50	0,17				100
Glas polyalkenoate	Restorative		1,5	6	100	0,17	0,35	0,90		100

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อ

จากอดีตจนถึงปัจจุบัน ได้มีความพยายามในการพัฒนาคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ เช่น Ribeiro และ Ericson (1991) ได้ทดลองผสมคลอโรเฮกซี-ดีนอะซิเตต (chlorhexidine acetate) และคลอโรเฮกซีดีนไดกลูโคเนต (chlorhexidine digluconate) ความเข้มข้นต่าง ๆ ในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ 2 ชนิด คือ ชนิดสารเชื่อมยึด (Aqua Cem (AC)) และ ชนิดวัสดุบูรณะ (Chem Fil II (CF)) เพื่อทดสอบคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ *Streptococcus mutans* KPSK2 และ 10449 , *Streptococcus sobrinus* B13 และ *Lactobacillus casei* 151 ด้วยวิธีเพาะเชื้อในบรอก (broth culture method) และวัดบริเวณยับยั้งเชื้อบนวุ้นเลี้ยงเชื้อ (agar plate diffusion method) พบว่าเมื่อทดสอบด้วยวิธีเพาะเชื้อในบรอกนั้นซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ทั้ง 2 ชนิดที่ไม่ได้ผสมคลอโรเฮกซีดีนไดกลูโคเนตไม่มีผลยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* แต่เมื่อผสมคลอโรเฮกซีดีนที่ความเข้มข้น 1.3 2.6 3.4 7.7 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่ามีผลยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* โดยที่ความเข้มข้นสูงจะสามารถยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* ได้นานกว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมคลอโรเฮกซีดีนที่ความเข้มข้นต่ำกว่า และพบว่าเมื่อผสมคลอโรเฮกซีดีนที่ความเข้มข้นต่ำที่สุด คือ 1.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักซีเมนต์ชนิดวัสดุบูรณะเมื่อผสมคลอโรเฮกซีดีนสามารถยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* ได้นานถึง 11 วัน ในขณะที่ซีเมนต์ชนิดสารเชื่อมยึดสามารถยับยั้งเชื้อได้เพียง 6 วัน และเมื่อทดสอบด้วยวิธีวัดบริเวณยับยั้งเชื้อบนวุ้นเลี้ยงเชื้อพบว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ได้ผสมคลอโรเฮกซีดีนมีผลยับยั้งเชื้อ และคลอโรเฮกซีดีนที่ผสมคลอโรเฮกซีดีนอะซิเตตและคลอโรเฮกซีดีนกลูโคเนตในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ทั้ง 2 ชนิดให้ผลคล้ายกัน คือ มีผลยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus sobrinus* ลดลงแปรผันตามเวลา กล่าวคือ เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจะลดลง อย่างไรก็ตามพบว่าที่เวลา 48 ชั่วโมงยังพบมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้ออยู่ ซึ่งผู้ศึกษาวิจารณ์ว่า ในการทดสอบด้วยวิธีวัดบริเวณยับยั้งเชื้อบนวุ้นเลี้ยงเชื้อนั้น ได้นำซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ยังไม่บ่มตัวใส่ในหลุมวุ้นเลี้ยงเชื้อซึ่งในซีเมนต์นี้อาจมีส่วนประกอบบางประการที่มีผลยับยั้งเชื้อจึงทำให้ได้ผลยับยั้งเชื้อในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ได้ผสมคลอโรเฮกซีดีน ในขณะที่การทดสอบด้วยวิธีเพาะเชื้อในบรอกนั้นได้รอให้ซีเมนต์บ่มตัวสมบูรณ์ก่อนนำไปใส่ในบรอก ดังนั้นด้วยวิธีนี้จึงไม่มีผลการยับยั้งเชื้อในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ได้ผสมคลอโรเฮกซีดีน นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยคลอโรเฮกซีดีนอะซิเตต และคลอโรเฮกซีดีนไดกลูโคเนตจากซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ทั้ง 2 ชนิดในน้ำกลั่น พบว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดสารเชื่อมยึดมีการปลดปล่อยคลอโรเฮกซีดีนอย่างรวดเร็วในช่วง 5 วันแรกหลังจากนั้นไม่พบมีการปลดปล่อยเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดวัสดุบูรณะจะค่อย ๆ ปลดปล่อยคลอโรเฮกซีดีนออกมากและไม่พบเพิ่มมากขึ้นเมื่อผ่าน

ไป 20 วัน ซึ่งพบว่าปริมาณคลอโรเฮกซีดินที่ปลดปล่อยออกมาในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีปริมาณเพียง 0.3 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมดของคลอโรเฮกซีดินที่ผสมในซีเมนต์

Yli-Urpo, Narhi และ Soderling (2003 a, b) ได้ทดลองผสมผงแก้วไบโอแอคทีฟ (bioactive glass((S53P4)) ที่อัตราส่วน 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักลงไปใน ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ 2 ยี่ห้อ คือ จีซีฟูจิ (GC Fuji II) และ ฟูจิแอลซี (Fuji II LC) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans*, และ *Candida albicans* ด้วยวิธีการวัดบริเวณยับยั้งเชื้อบนวุ้นเลี้ยงเชื้อ และวิธีเพาะเชื้อในบรอก พบว่าเมื่อทดสอบด้วยวิธีการวัดบริเวณยับยั้งเชื้อบนวุ้นเลี้ยงเชื้อ ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ทั้ง 2 ยี่ห้อที่ผสมผงแก้วไบโอแอคทีฟ 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Streptococcus mutans* และยังพบความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Candida albicans* ด้วยวิธีนี้ ในขณะที่เมื่อทดสอบด้วยวิธีเพาะเชื้อในบรอกไม่พบผลการยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* ทั้งในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมผงแก้วไบโอแอคทีฟและในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมผงแก้วไบโอแอคทีฟ แต่พบความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Candida albicans* ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ไม่ผสมผงแก้วไบโอแอคทีฟในกลุ่มที่ไม่ได้แช่ขึ้นทดลองในน้ำกลั่นก่อนทดสอบ 3 วัน

จากการศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า มีความพยายามลดจำนวนหรือการกำจัดเชื้อดังกล่าวโดยใช้สารสารเคมีจำพวกคลอโรเฮกซีดิน หรือสารละลายแอลกอฮอล์ แต่สารเหล่านี้อาจทำให้เกิดอาการแพ้หรือผลข้างเคียงเมื่อใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน (Beaudouin และคณะ, 2004; Koshy, Corbet และ Ishikawa, 2004) ดังนั้นสารจากธรรมชาติที่มีผลออกฤทธิ์ดังกล่าว จึงอาจนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารต่อต้านจุลชีพที่ผสมอยู่ในวัสดุทางทันตกรรมได้ ซึ่งการนำสมุนไพรและสารสกัดจากธรรมชาติมาใช้ในการดูแลสุขภาพในช่องปากเพื่อป้องกันโรคฟันผุนั้นกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในปัจจุบัน

สารพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน

เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการค้นพบการสกัดเจลาตินพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดจากเปลือกทุเรียน โดยการแยกสารจากการตกตะกอนด้วย 60 เปอร์เซ็นต์เอทานอลจากน้ำสกัดของเปลือกผลได้ส่วนสกัดหยาบ จากนั้นทำการตกตะกอนซ้ำด้วยเอทานอลจากสารละลายน้ำของสารสกัดหยาบจะได้สารสกัดที่บริสุทธิ์มากขึ้น มีสีขาวนวล พองตัวได้ และเป็นของเหลวข้นหนืดในน้ำ ไม่พบมีกากใย ที่มีส่วนประกอบของน้ำตาลกลูโคส แรมโนส และอราบิโนส ในสัดส่วน 3 : 1 : 1 ตามลำดับ และกรดกาแลกโทรุติก (Hokputsa และคณะ, 2004; ธิริรัตน์ และ สุนันท์, 2541; วรุธ และคณะ, 2005) ซึ่งสารนี้ได้มีรายงานไว้แล้วว่ามิใช่ช่วยเตรียมผลิตภัณฑ์อาหารและยาหลายชนิด

ในปีค.ศ. 2002 ศึกษาผลการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในหลอดทดลองของสารพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีการแพร่สารในวุ้นเลี้ยงเชื้อ (simple agar diffusion method) และบรอกไดคลูซัน พบว่าสามารถยับยั้งและทำลายได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวก *Staphylococcus aureus* โดยพบบริเวณยับยั้งเชื้อที่ 0.32 เปอร์เซ็นต์ และมีความเข้มข้นของเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนต่ำสุดที่ยับยั้งเชื้อ คือ 0.64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบ *Escherichia coli* บนวุ้นเลี้ยงเชื้อเอ็มเอ็นจี (Merek Co. MNG agar) โดยพบบริเวณยับยั้งเชื้อที่ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ (สุนันท์, นันทวัน และ วิมลมาศ, 2545)

นอกจากนั้นจากการทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลันและความเป็นพิษแบบต่อเนื่องในหนูขาว และหนูถีบจักร โดยการตรวจวิเคราะห์ทางคลินิกจากเลือด ซีรัม และผลการตรวจทางคลินิกของน้ำตาลกลูโคส เลสเทอรอล ครีโอดีนิน และบิยูเอิน พบว่าหนูทดลองสามารถกินเจลพอลิแซ็กคาไรด์ในครั้งเดียวในขนาดสูงถึง 2 กรัม ต่อกิโลกรัม และหนูสามารถกินสารชนิดนี้ได้ในขนาด 0.5 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ติดต่อกันถึง 100 วัน โดยไม่เป็นพิษต่อร่างกาย (อัจฉรา, สุชาดา และ สุนันท์, 2544)

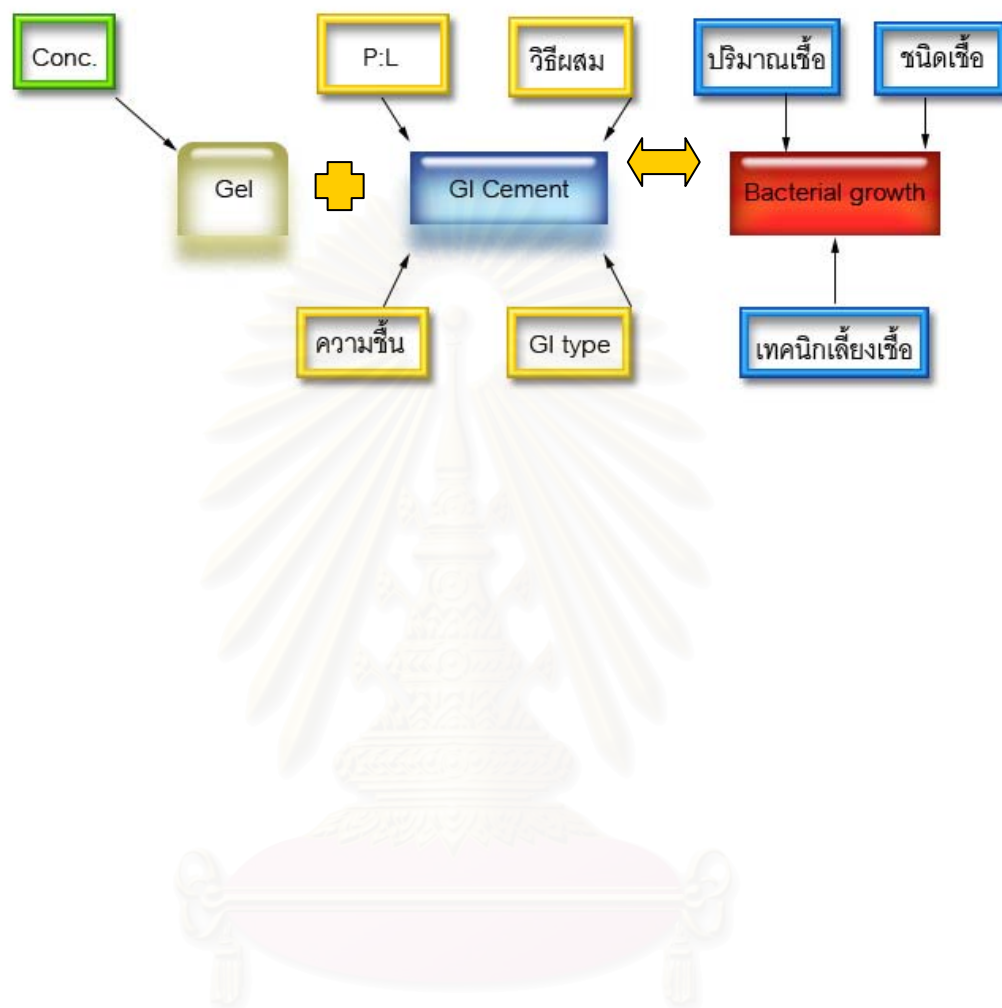
ดังนั้นสารพอลิแซ็กคาไรด์ของเปลือกทุเรียนจึงเป็นสารที่น่าสนใจในการนำมาเป็นสารต่อต้านจุลชีพ และการศึกษาซีเมนต์กลาสไอโอไอโนเมอร์ที่มีสารเจลพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดจากเปลือกทุเรียนเป็นส่วนผสมว่ามีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ สเตรีปโตคอคคัสมีวแทนส์ หรือไม่ จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพื่อให้สามารถนำมาพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุซีเมนต์ทางทันตกรรม และนำไปใช้งานได้จริงในผู้ป่วยต่อไป

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรในการวิจัย

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ

พื้นที่ผิวสัมผัสของซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลองใช้แม่แบบรูปทรงกระบอกซึ่งคำนวณพื้นที่ผิวสัมผัสได้ 32.99 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งสารเจลพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดจากเปลือกทุเรียนอาจสามารถแพร่ได้ที่เฉพาะส่วนผิวสัมผัสด้านนอก แต่ที่อยู่ภายในอาจไม่สามารถแพร่ออกมาทำให้เกิดประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรเป้าหมาย

ซีเมนต์กلاسไอโอโนเมอร์ซีห้อโซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ที่ไม่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน และซีเมนต์กلاسไอโอโนเมอร์ซีห้อโซฟูไฮบอนด์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนร้อยละ 4.76 7.50 9.09 และ 12.5 โดยน้ำหนัก

กลุ่มควบคุม

1. กลุ่มควบคุมลบ คือ ซีเมนต์กلاسไอโอโนเมอร์ซีห้อโซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ที่ไม่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์โดยน้ำหนัก จำนวน 6 ตัวอย่าง
2. กลุ่มควบคุมบวก คือ ซีเมนต์กلاسไอโอโนเมอร์ซีห้อโซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ที่ผสมผงแอมพิซิลลินในอัตราส่วนร้อยละ 4.76 จำนวน 6 ตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยคือ ซีเมนต์กلاسไอโอโนเมอร์ซีห้อโซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ที่มีเจลาพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนต่าง ๆ กัน ที่ผสมแล้วรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. ซีเมนต์กلاسไอโอโนเมอร์ซีห้อโซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ที่มีเจลาพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 โดยน้ำหนัก จำนวน 6 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการยับยั้งเชื้อ การดูดซึม การละลายน้ำ และการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และจำนวน 5 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบความทนแรงอัด และความหนาของแผ่นฟิล์ม
2. ซีเมนต์กلاسไอโอโนเมอร์ซีห้อโซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ที่มีเจลาพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 โดยน้ำหนัก จำนวน 6 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการยับยั้งเชื้อ การดูดซึม การละลายน้ำ และการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และจำนวน 5 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบความทนแรงอัด
3. ซีเมนต์กلاسไอโอโนเมอร์ซีห้อโซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ที่มีเจลาพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 9.09 โดยน้ำหนัก จำนวน 6 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการยับยั้งเชื้อ การดูดซึม การละลายน้ำ และการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และจำนวน 5 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบความทนแรงอัด

4. ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ยี่ห้อ โซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ที่มีเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 12.50 โดยน้ำหนัก จำนวน 6 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการยับยั้งเชื้อ การดูดซึ่ม การละลายน้ำ และการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และจำนวน 5 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบความทนแรงอัด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปร

1. วัดจำนวนโคโลนีโดยใช้ผู้นับจำนวนเชื้อเป็นคนเดียวกัน
2. วัดความสามารถในการทนแรงอัดโดยใช้เครื่องอินสตรอนรุ่น 8872 (Instron 8872)
3. วัดความหนาของแผ่นฟิล์มโดยใช้ไมโครมิเตอร์ที่มีจุดทศนิยม 3 ตำแหน่ง (มิลลิเมตร)
4. ชั่งน้ำหนักชิ้นงานเพื่อหาค่าการดูดซึ่ม และการละลายน้ำ ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลที่มีจุดทศนิยม 5 ตำแหน่ง (กรัม)

การแทรกแซง (intervention)

การผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนในส่วนผงของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์

- ทำการบดเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนให้มีความละเอียด 180 ไมครอน ก่อนนำไปผสมกับส่วนผงของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์
- ชั่งน้ำหนักที่เครื่องชั่งที่มีจุดทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- ใช้อัตราส่วนผงต่อส่วนเหลวตามที่บริษัทกำหนดโดยวัดปริมาตรของส่วนเหลวด้วยไมโครปิเปต
- ทำการผสมโดยใช้ผู้ทดลองคนเดียวกัน

การสังเกตและการวัด

ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรควบคุม

1. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ไม่ผสมสารพอลิแซ็กคาไรด์ (กลุ่มควบคุมลบ)
2. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ผสมผงแอมพิซิลลินอัตราส่วนร้อยละ 4.76 โดยน้ำหนัก (กลุ่มควบคุมบวก)

ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระของการวิจัยครั้งนี้คือ อัตราส่วนของเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนที่ผสมอยู่ในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ ได้แก่

1. อัตราส่วนร้อยละ 4.76 โดยน้ำหนัก
2. อัตราส่วนร้อยละ 7.50 โดยน้ำหนัก
3. อัตราส่วนร้อยละ 9.09 โดยน้ำหนัก
4. อัตราส่วนร้อยละ 12.50 โดยน้ำหนัก

ตัวแปรตาม

1. ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ภายหลังจากการบ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนในอาหารเลี้ยงเชื้อทริปติกชอยบรอตที่เวลา 4 8 และ 24 ชั่วโมง
2. ความสามารถในการทนแรงอัดของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี 2546 หมวด 9917-1
3. ความหนาของแผ่นฟิล์มของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี 2546 หมวด 9917-1
4. สภาพการละลายของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน
5. การดูดซึมน้ำของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน
6. การปลดปล่อยฟลูออไรด์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน

ระดับของการวัดผล

ตัวแปรของการวิจัยจะวัดผลเป็นระดับอัตราส่วน (ratio scale)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานำร่อง

การวิจัยนี้ได้ใช้กลุ่มตัวอย่างนำร่องที่มีอัตราส่วนต่างกันชนิดละ 3 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Streptococcus mutans* ว่ามีความ

แตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งจะเป็นข้อมูลในการคัดเลือกและเตรียมกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

การบันทึกข้อมูล

1. นับจำนวนโคโลนีของ *Streptococcus mutans* โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการวัดทั้งหมด 6 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยลอกซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ในการวัดจะเก็บข้อมูลที่เวลา 4 8 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ
2. วัดแรงมากที่สุดที่ชิ้นงานสามารถทนแรงอัดได้หากชิ้นงานมีความทนแรงอัดได้มากกว่า 50 เมกะปาสกาล 4 ชิ้นใน 5 ชิ้นตัวอย่าง ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานตาม ไอโซปี 2546 หมวด 9917-1 หากผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียง 3 ชิ้น ให้ทดสอบชิ้นงานเพิ่มอีก 5 ชิ้น หากสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ทั้งหมด 8 ชิ้นใน 10 ชิ้นตัวอย่าง ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานตาม ไอโซปี 2546 หมวด 9917-1
3. วัดความหนาของแผ่นฟิล์ม หากผลทดสอบความหนาน้อยกว่า 25 ไมโครเมตร 4 ชิ้นใน 5 ชิ้นตัวอย่าง ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานตาม ไอโซปี 2546 หมวด 9917-1 หากผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียง 3 ชิ้น ให้ทดสอบชิ้นงานเพิ่มอีก 5 ชิ้น หากสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ทั้งหมด 8 ชิ้นใน 10 ชิ้นตัวอย่าง ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานตาม ไอโซปี 2546 หมวด 9917-1
4. คำนวณค่าสภาพการละลาย แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย
5. คำนวณค่าการดูดซึมน้ำ แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย
6. วัดปริมาณฟลูออไรด์ไอออนในน้ำ ในวันที่ 1 2 4 6 8 15 และ 21 แล้วหาค่าเฉลี่ยในแต่ละวัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ใช้ *Streptococcus mutans* ATCC #25175 จากศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มาเพาะเลี้ยงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อไมติสซาไลวาเรียส (Mitis salivarius agar) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อให้ได้เชื้อชนิดเดียว จากนั้นถ่ายโคโลนีเดี่ยว (single colony) ลงในหลอดอาหารเหลวเลี้ยงเชื้อชนิดทริปติกซอยบรอต (Tryptic soy broth) นำไปบ่มที่ตู้เพาะเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อนำมาใช้เป็นต้นเชื้อ โดยนำไปวัดความขุ่นด้วยเครื่องดูดกลืนแสง

(Spectrophotometer) ให้มีความขุ่นประมาณ 0.4-0.5 แมกฟาร์แลนด์ หลังจากนั้นนำมาเจือจางด้วยเทคนิคบรอทไดลูชัน (broth dilution) จนได้เชื้อ 10^5 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (colony forming unit per millilitre)

การเตรียมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน

สารเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน (*Durio zibethinus L.*) ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ภญ.ดร.สุนันท์ พงษ์สามารถ คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในการเตรียมสารเพื่อมาใช้ในการศึกษา เจลพอลิแซ็กคาไรด์จะนำมาบดและกรองจนได้ความละเอียด 180 ไมโครเมตร และเก็บรักษาในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาผสมกับซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้

การเตรียมซีเมนต์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน

เมื่อได้สารเจลพอลิแซ็กคาไรด์ตามที่ต้องการแล้วนำมาผสมกับส่วนผงของซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ยี่ห้อโซฟูโซบอนด์ซีเอ็กซ์ อัตราส่วนร้อยละ 4.76 7.50 9.09 และ 12.50 โดยน้ำหนัก

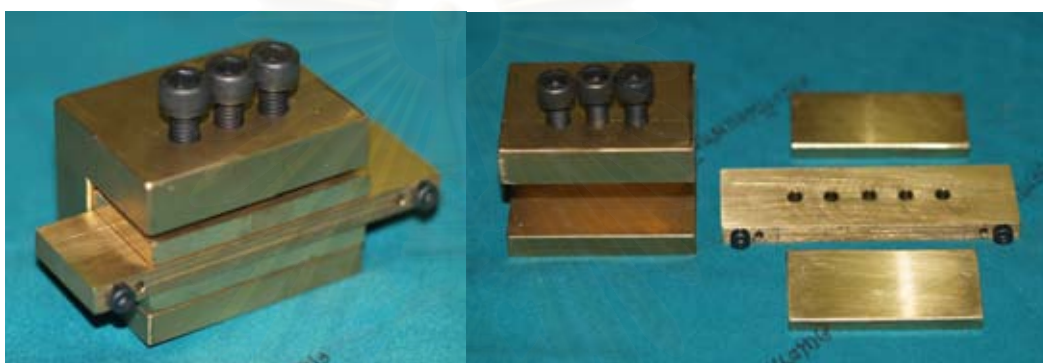
การเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบ

1. การเตรียมเพื่อวัดผลประสิทธิภาพการยับยั้ง *Streptococcus mutans* ผสมซีเมนต์โดยใช้สัดส่วนและวิธีการผสมตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดสำหรับกลุ่มควบคุมลบ ซีเมนต์ที่ผสมแอมพิซิลลิน อัตราส่วนร้อยละ 4.76 โดยน้ำหนักสำหรับกลุ่มควบคุมบวก และซีเมนต์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนตามอัตราส่วนที่กำหนดสำหรับกลุ่มทดลอง แล้วนำไปเทลงในแม่แบบที่ทำจากทองเหลืองที่ทาสารตัวกลางคั้น (separating medium) ที่จี่ไว้จนแห้งแล้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร (รูปที่ 4) ซึ่งได้พื้นที่ผิวสัมผัสของชิ้นงาน คือ $[2\pi(1.5^2) + (2\pi 1.5)2] = 32.99$ ตารางมิลลิเมตร แล้วปิดทับด้านบนและล่างด้วยสไลด์แก้ว (glass slide) ให้เวลาแข็งตัวของซีเมนต์ 1 ชั่วโมงก่อนแกะจากแม่แบบ



รูปที่ 4 แสดงแม่แบบทองเหลืองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร

2. การเตรียมเพื่อทดสอบความทนแรงอัด ผสมซีเมนต์โดยใช้สัดส่วนและวิธีการผสมตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดสำหรับกลุ่มควบคุม และซีเมนต์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนตามอัตราส่วนต่างๆสำหรับกลุ่มทดลอง แล้วนำไปเทลงในแม่แบบทองเหลืองที่ทาสารตัวกลางคั้น ที่งไว้นแห้งแล้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร สูง 6 มิลลิเมตร (รูปที่ 5) อัดให้แน่นด้วยแม่แบบอัด (screw clamp) ที่ทำด้วยทองเหลืองให้เวลาแข็งตัวของซีเมนต์ 1 ชั่วโมงก่อนแกะจากแม่แบบ เมื่อแกะจากแม่แบบนำชิ้นงานไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 23 ชั่วโมง แล้วจึงนำชิ้นงานไปทำการทดสอบกับเครื่องทดสอบแรงอัดอินสตรอนรุ่น 8872 (Instron 8872) (รูปที่ 6) ที่มีความเร่งของหัวกด 0.75 ± 0.3 มิลลิเมตรต่อนาที



รูปที่ 5 แสดงแม่แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร สูง 6 มิลลิเมตร และแม่แบบอัด



รูปที่ 6 แสดงเครื่องอินสตรอน 8872 (Instron 8872)

3. การเตรียมเพื่อทดสอบความหนาของแผ่นฟิล์ม ผสมซีเมนต์โดยใช้สัดส่วนและวิธีการผสมตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดสำหรับกลุ่มควบคุม และซีเมนต์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือก

ทุเรียนตามอัตราส่วนต่างๆสำหรับกลุ่มทดลอง แล้วนำไปบีบให้ได้ 0.10 ± 0.05 มิลลิลิตร เติงกลางแผ่นแก้วแบนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือรูปกลม ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัส 200 ± 25 ตารางมิลลิเมตร ก่อนสิ้นสุดเวลาทำงาน (working time) 10 วินาที ทดสอบด้วยเครื่องให้แรงกดคงที่ในแนวตั้ง (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 แสดงเครื่องให้แรงกดคงที่ในแนวตั้ง

4. การเตรียมเพื่อทดสอบสภาพการละลายและการดูดซึมน้ำ ผสมซีเมนต์โดยใช้สัดส่วนและวิธีการผสมตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดสำหรับกลุ่มควบคุม และซีเมนต์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนตามอัตราส่วนต่างๆสำหรับกลุ่มทดลอง ลงในแม่แบบโพลีเอทิลีนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 1.5 มิลลิเมตร (รูปที่ 8) รอให้แข็งตัว 1 ชั่วโมง จากนั้นแกะชิ้นงานออกจากแม่แบบบรรจุในภาชนะแก้ว และนำไปใส่ในดีสิเคเตอร์ (desiccator) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักชิ้นงานทุกวันด้วยเครื่องชั่งมาตรฐานที่ความแม่นยำ 0.01 มิลลิกรัม จนได้น้ำหนักของชิ้นงานที่ไม่เปลี่ยนแปลง หรือ มีน้ำหนักของชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่า 0.1 มิลลิกรัมใน 24 ชั่วโมง



รูปที่ 8 แสดงแม่แบบ โพลีเอททิลีนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 1.5 มิลลิเมตร

5. การเตรียมเพื่อทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์ ผสมซีเมนต์โดยใช้สัดส่วนและวิธีการผสมตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดสำหรับกลุ่มควบคุม และซีเมนต์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนตามอัตราส่วนต่างๆสำหรับกลุ่มทดลอง ลงในแม่แบบ โพลีเอททิลีนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 1.5 มิลลิเมตร (รูปที่ 8) รอให้แข็งตัว 1 ชั่วโมง จากนั้นแกะชิ้นงานออกจากแม่แบบแช่ในน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในขวดพลาสติกพอลิสไตรีนปิดฝา แล้วนำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส

การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อด้วยซีเมนต์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนด้วยวิธีบรอทไดลูชัน (Broth dilution technic)

การทดสอบทำภายใต้สภาวะปราศจากเชื้อปนเปื้อนภายในเครื่องไบโอฮาร์ดซาร์ดบีเอช 2000 (รูปที่ 9)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 9 แสดงรูปเครื่องไบโอสาร์ตชาร์ดรุ่นบีเอส 2000 (BH 2000 series)

โดยผสมซีเมนต์ในอัตราส่วนตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด โดยกลุ่มควบคุมลบใช้ซีเมนต์กลาสไอโอ โนเมอร์ที่ไม่ผสมสาร กลุ่มควบคุมบวกใช้ซีเมนต์กลาสไอโอ โนเมอร์ที่ผสมแอมพิซิลลินอัตราส่วน 4.76 โดยน้ำหนัก และกลุ่มทดลองใช้ซีเมนต์กลาสไอโอ โนเมอร์ที่มีอัตราส่วนของเจลพอลิแซ็กคาไรด์ผสมอยู่ 4 กลุ่มคือร้อยละ 4.76 7.50 9.09 และ 12.50 โดยน้ำหนัก และกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่ซีเมนต์ 1 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ตัวอย่าง แล้วนำไปใส่ในแม่แบบรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัส 25.9 ตารางมิลลิเมตร รอยนซีเมนต์แข็งตัว 1 ชั่วโมง จากนั้นแกะออกจากแม่แบบนำไปใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อทริปติกชอยบรอตที่มีเชื้อสเตรปโตคอกคัส มิวแทนส์ โดยแต่ละหลอดมีจำนวนเซลล์แบคทีเรียเริ่มต้นเท่ากันคือ 10^5 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร นำไปบ่มในตู้เพาะเลี้ยงเชื้อที่มีอัตราส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส บนเครื่องสั่น (vibrator) จากนั้นนำเชื้อที่เวลา 4 8 และ 24 ชั่วโมงไปเพาะเลี้ยงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดทริปติกชอยอะการ์ โดยขั้นตอนโดยสังเขปดังแผนภูมิที่ 1 จากนั้นบันทึกผลโดยการนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อในเวลาต่างๆ หาค่าเฉลี่ยการยับยั้งเชื้อสเตรปโตคอกคัส มิวแทนส์ในแต่ละอัตราส่วนแยกตามชนิดซีเมนต์นำมาเปรียบเทียบความแตกต่างกันโดยใช้วิธีแปลทางจุลชีววิทยา โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) และทดสอบต่อด้วยการวิเคราะห์เชิงซ้อนบนเฟอร์โรนี (Bonferroni)

แสดงขั้นตอนในการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Streptococcus mutans*

วันที่ 1 เตรียมการทดลอง

1. นำ *Streptococcus mutans* จำนวน 1 โคโลนี จากไมดิสชาโลวาเรียสอะการ์ถ่ายลงในทริปติกชอยบรอตที่ผสมเบซีทราซินความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร
2. นำเครื่องมือเข้าเครื่องออโตเคลฟ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที



รอเชื้อโต 12 ชั่วโมง

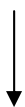
วันที่ 2 และ 3 ทำการทดลอง

1. ผสมชิ้นงานใส่แบบความเข้มข้นละ 3 ชิ้นงาน ทิ้งให้แข็งตัว 1 ชั่วโมง (มีแม่แบบ 2 ชิ้น ชิ้นละ 3 ชิ้นงาน)
2. วัดความขุ่นของ *Streptococcus mutans* จากทริปติกชอยบรอตที่เตรียมไว้ในวันที่ 1 จากคำนวณหาจำนวนเชื้อจากสูตร จากนั้นจึงอาจให้ได้ความเข้มข้นประมาณ 1×10^5 ซีเอฟยู
 - a. แบ่งเชื้อที่เจือจางใส่ 1 มิลลิลิตรในหลอดไมโครทิวป์ 1 หลอด เป็นจำนวน 6 หลอด ไมโครทิวป์ (ทดลองครั้งละ 6 ชิ้นงาน)
 - b. เพาะเชื้อเริ่มต้นเพื่อทราบเชื้อเริ่มต้นที่แท้จริงในทริปติกชอยอะการ์ โดยเจือจางที่ 10^{-2} 10^{-3} และ 10^{-4} (d1, d2, d3) จาก 1×10^5 ซีเอฟยู ดังนั้นควรจะได้เชื้อในทริปติกชอยอะการ์ที่สามารถนับได้ ได้แก่ 1000 100 และ 10 โคโลนี ตามลำดับ
3. นำชิ้นงานออกจากแบบ ใส่หลอดไมโครทิวป์ที่เตรียมไว้หลอดละ 1 ชิ้นงาน
4. นำหลอดไมโครทิวป์ที่มีเชื้อและชิ้นงานทั้งหมดไปบ่มในตู้เพาะเลี้ยงเชื้อที่มีอัตราส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส บนเครื่องสั่น



4 ชั่วโมง

5. เพาะเชื้อที่ 4 ชั่วโมงบนทริปติกชอยอะการ์เพื่อนับจำนวนโคโลนี โดยเจือจางที่ 10^{-3} 10^{-4} และ 10^{-5} (d2, d3, d4)



8 ชั่วโมง

6. เพาะเชื้อที่ 8 ชั่วโมงบนทริปติกชอยอะการ์เพื่อนับจำนวนโคโลนีที่ความเข้มข้น 10^{-3} 10^{-5} และ 10^{-6} (d2, d5, d6)

↓ 24 ชั่วโมง

7. เพาะเชื้อที่ 24 ชั่วโมงบนทริปติกชอยอะการ์เพื่อนับจำนวนโคโลนีที่ความเข้มข้น 10^{-3} 10^{-5} และ 10^{-6} , 10^{-7} (d2, d4, d5, d6)

↓ รอเชื้อโต 48 ชั่วโมง

วันที่ 4 นับจำนวนโคโลนี และบันทึกผล

การทดสอบความทนแรงอัดของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน

ทดสอบคุณสมบัติของความทนแรงอัดตามไอโซปี 2546 หมวด 9917-1 (International Standard) โดยใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีอัตราส่วนของเจลาพอลิแซ็กคาไรด์ผสมอยู่ 5 กลุ่มคือ ร้อยละ 0 4.76 7.50 9.09 และ 12.50 โดยน้ำหนัก กลุ่มละ 5 ตัวอย่าง ผสมซีเมนต์ตามคู่มือการใช้งานของบริษัทผู้ผลิตใส่ในแบบหล่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร สูง 6 มิลลิเมตร รอจนแข็งตัว หลังจากผสม 1 ชั่วโมงนำไปขัดด้านท้ายให้เรียบและเป็นมุมฉากด้วยกระดาษคาร์ไบด์เกรด 400 (400 grade silicon carbide paper) นำชิ้นงานเก็บในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเวลา 23 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องวัดแรงอัดอินสตรอนรุ่น 8872 ที่มีความเร่งของหัวกด 0.75 ± 0.3 มิลลิเมตรต่อนาที เพื่อวัดความทนแรงอัด นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามไอโซปี 2546 หมวด 9917-1

การทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน

ทดสอบคุณสมบัติการปลดปล่อยฟลูออไรด์ โดยใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีอัตราส่วนของเจลาพอลิแซ็กคาไรด์ผสมอยู่ 5 กลุ่มคือ ร้อยละ 0 4.76 7.50 9.09 และ 12.50 โดยน้ำหนัก กลุ่มละ 6 ตัวอย่าง ผสมซีเมนต์ตามคู่มือการใช้งานของบริษัทผู้ผลิตใส่ในแม่แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 1.5 มิลลิเมตร รอจนแข็งตัวหลังจากผสม 1 ชั่วโมง จากนั้นแกะชิ้นงานออกจากแม่แบบแช่ในน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในขวดพลาสติกพอลิสไตรีนปิดฝา แล้วนำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส วัดปริมาณฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมา หลังจากแช่ชิ้นงานเป็นเวลา 1 2 4 6 8 15 และ 21 ด้วยฟลูออไรด์อิเล็กโตรด โดยดูดน้ำที่ผ่านการแช่ชิ้นงานจากในขวดพลาสติกปริมาณ 1 มิลลิลิตร และใส่น้ำปราศจากไอออนกลับในขวดพลาสติกปริมาณ 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำที่ดูดออกมาผสมกับบัฟเฟอร์ที่ไอเอสบี III ในปริมาณ 0.1

มิลลิลิตร วัดค่าไอออนซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ หลังจากนั้นแปลงหน่วยเป็นความเข้มข้นของฟลูออไรด์ซึ่งมีหน่วยเป็นส่วนในหนึ่งล้านส่วน หรือพีพีเอ็ม (ppm) โดยอาศัยกราฟมาตรฐานของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์จากสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์มาตรฐานและไอออนซึ่งทำไว้ก่อนล่วงหน้า

การทดสอบสภาพการละลายของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน

ทดสอบคุณสมบัติการละลาย โดยใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีอัตราส่วนของเจลพอลิแซ็กคาไรด์ผสมอยู่ 5 กลุ่มคือร้อยละ 0 4.76 7.50 9.09 และ 12.50 โดยน้ำหนัก กลุ่มละ 6 ตัวอย่างผสมซีเมนต์ตามคู่มือการใช้งานของบริษัทผู้ผลิตใส่ในแม่แบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 1.5 มิลลิเมตร รอจนแข็งตัวหลังจากผสม 1 ชั่วโมง จากนั้นแกะชิ้นงานออกจากแม่แบบบรรจุในภาชนะแก้ว และนำไปใส่ในคิลิเคเตอร์ (desiccator) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักชิ้นงานทุกวันด้วยเครื่องชั่งมาตรฐานที่ความแม่นยำ 0.01 มิลลิกรัม จนได้น้ำหนักของชิ้นงานที่ไม่เปลี่ยนแปลง หรือ มีน้ำหนักของชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่า 0.1 มิลลิกรัมใน 24 ชั่วโมง (m1) จากนั้นนำชิ้นงานแช่ในน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานทุกวัน โดยการซับด้วยกระดาษซับน้ำ จนน้ำหนักของชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลงจดบันทึกเป็นน้ำหนักครั้งที่สอง (m2) จากนั้นนำชิ้นงานใส่ในคิลิเคเตอร์อีกครั้งและชั่งน้ำหนักทุกวันจนได้น้ำหนักครั้งที่สาม (m3) ที่ไม่เปลี่ยนแปลง นำค่าที่ได้ไปคำนวณการดูดซึมและการละลายน้ำตามสูตรดังนี้ การละลายน้ำ = $(m1 - m3) / V$

การทดสอบการดูดซึมน้ำของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน

ทดสอบคุณสมบัติการละลาย โดยใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีอัตราส่วนของเจลพอลิแซ็กคาไรด์ผสมอยู่ 5 กลุ่มคือร้อยละ 0 4.76 7.50 9.09 และ 12.50 โดยน้ำหนัก กลุ่มละ 6 ตัวอย่างผสมซีเมนต์ตามคู่มือการใช้งานของบริษัทผู้ผลิตใส่ในแม่แบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 1.5 มิลลิเมตร รอจนแข็งตัวหลังจากผสม 1 ชั่วโมง จากนั้นแกะชิ้นงานออกจากแม่แบบบรรจุในภาชนะแก้ว และนำไปใส่ในคิลิเคเตอร์ (desiccator) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักชิ้นงานทุกวันด้วยเครื่องชั่งมาตรฐานที่ความแม่นยำ 0.01 มิลลิกรัม จนได้น้ำหนักของชิ้นงานที่ไม่เปลี่ยนแปลง หรือ มีน้ำหนักของชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่า 0.1 มิลลิกรัมใน 24 ชั่วโมง (m1) แช่ในน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานทุกวัน โดยการซับด้วยกระดาษซับน้ำ จนน้ำหนักของชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลงจดบันทึกเป็นน้ำหนักครั้งที่สอง (m2) จากนั้นนำชิ้นงานใส่ในคิลิเคเตอร์อีกครั้งและชั่งน้ำหนักทุกวันจนได้

น้ำหนักครั้งที่สาม (m_3) ที่ไม่เปลี่ยนแปลง นำค่าที่ได้ไปคำนวณการดูดซึ่มและการละลายน้ำตามสูตรดังนี้ การดูดซึ่มน้ำ = $(m_2 - m_3) / V$

การทดสอบความหนาของแผ่นฟิล์มของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน

ทดสอบคุณสมบัติของความหนาของแผ่นฟิล์มตามไอโซปี 2546 หมวด 9917-1 (International Standard) โดยใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีอัตราส่วนของเจลพอลิแซ็กคาไรด์ผสมอยู่ 2 กลุ่ม คือ ร้อยละ 0-4.76 กลุ่มละ 5 ตัวอย่าง ผสมซีเมนต์ตามคู่มือการใช้งานของบริษัทผู้ผลิตการเตรียมเพื่อทดสอบความหนาของแผ่นฟิล์ม แล้วนำไปเปิดให้ได้ 0.10 ± 0.05 มิลลิเมตร เทลงกลางแผ่นแก้วแบนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีความหนาน้อย 5 มิลลิเมตร ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัส 200 ± 25 ตารางมิลลิเมตร ก่อนสิ้นสุดเวลาทำงาน (working time) 10 วินาที แล้ววางบนเครื่องให้แรงกดคงที่ในแนวตั้งประกบด้วยแผ่นแก้วขนาดเท่ากัน ให้แรงในแนวตั้งขนาด 150 ± 2 นิวตัน เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที จากนั้นวัดความหนาของแผ่นฟิล์ม นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามไอโซปี 2546 หมวด 9917-1

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าเฉลี่ยลอจซีเอฟยูต่อมิลลิเมตร [$\log(\text{CFU/ml})$] ในเวลา 4 8 และ 24 ชั่วโมง ค่าความทนแรงอัดมากที่สุด การปลดปล่อยฟลูออไรด์ในแต่ละวัน ค่าการดูดซึ่มน้ำ และค่าการละลายน้ำ เปรียบเทียบระหว่าง 5 กลุ่ม (4 กลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่มควบคุม) โดยใช้วิธีแปลทางจุลชีววิทยา โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) และทำการทดสอบต่อด้วยสถิติการเปรียบเทียบเชิงซ้อนบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni) ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มใช้สถิติการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มประชากร (t-test)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์

ผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์

จากผลการทดลอง ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ใส่ซีเมนต์ (ตารางที่ 3) เมื่อบ่มที่ 4 ชั่วโมงพบว่าเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์ในกลุ่มควบคุมและในอาหารเลี้ยงเชื้อมีจำนวนเท่ากับ 1.9×10^5 ซีเอฟยู และ 1.6×10^5 ซีเอฟยู ตามลำดับ ที่ 8 ชั่วโมงพบจำนวนเชื้อเท่ากับ 2×10^6 ซีเอฟยู และ 3.4×10^6 ซีเอฟยู ตามลำดับ และที่ 24 ชั่วโมงพบจำนวนเชื้อเท่ากับ 2.1×10^7 ซีเอฟยู และ 5.0×10^7 ซีเอฟยู ตามลำดับ ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างจำนวนเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์ในทั้ง 3 ช่วงเวลา

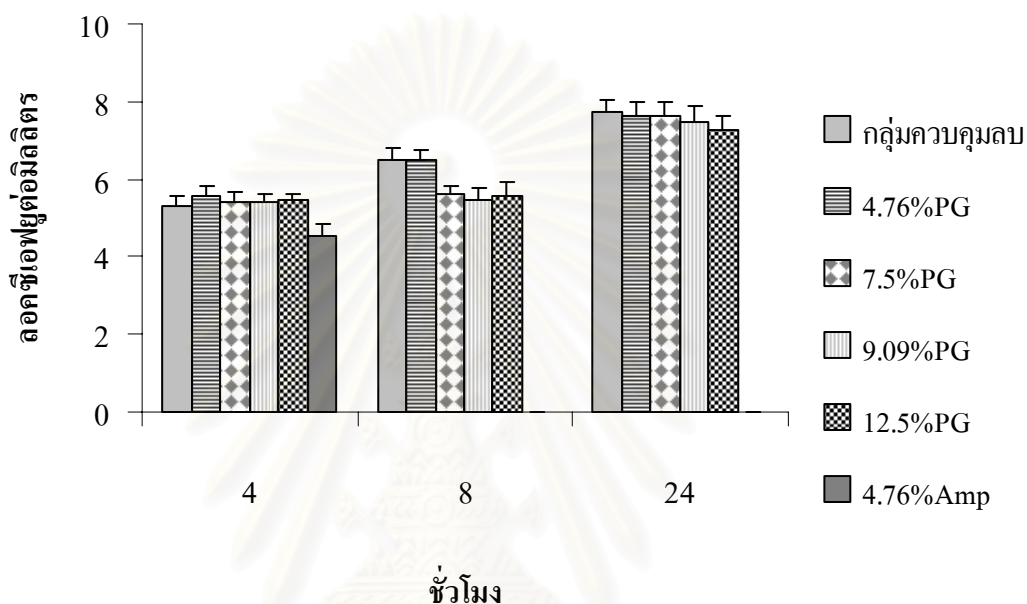
ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยลอกซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ (กลุ่มควบคุมลบ) เปรียบเทียบเชื้อในอาหารเหลวเลี้ยงเชื้อที่ 4 8 และ 24 ชั่วโมง

เวลาในการบ่มเชื้อ (ชั่วโมง)	จำนวนเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์ (ลอกซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร)	
	<i>S.mutan</i> + ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์	<i>S.mutan</i> + อาหารเลี้ยงเชื้อ
4	5.28	5.21
	(0.21)	(0.18)
8	6.53	6.31
	(0.24)	(0.30)
24	7.69	7.33
	(0.39)	(0.42)

ผลการยับยั้งเชื้อของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์และซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมแอมพิซิลลิน

เมื่อบ่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 โดยน้ำหนัก มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์อย่างมีนัยสำคัญได้ประมาณร้อยละ 13.86 16.17 และ 14.63 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ

กลุ่มควบคุมลบ ในขณะที่กลุ่มควบคุมบวกที่ผสมแอมพิซิลลินอัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้ร้อยละ 14.20 เมื่อบ่มเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทำลายเชื้อได้ร้อยละ 100 เมื่อบ่มเป็นเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยของเชื้อตายต่อมิลลิลิตร (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนร้อยละ 4.76 7.50 9.09 และ 12.50 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ และกลุ่มที่ผสมแอมพิซิลลินอัตราส่วนร้อยละ 4.76 (กลุ่มควบคุมบวก) ที่เวลา 4 8 และ 24 ชั่วโมง

ผลการทดสอบความทนแรงอัด

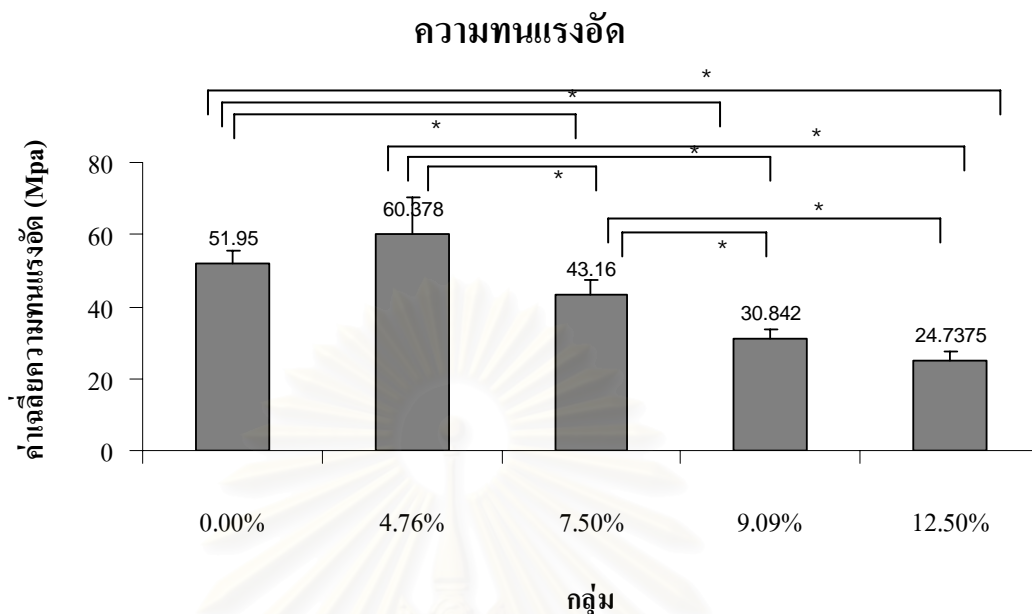
จากการทดสอบความทนแรงอัดของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์โซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์เปรียบเทียบกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์โซฟูไฮบอนด์ซีเอ็กซ์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน พบว่า ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าความทนแรงอัดมากกว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ในกลุ่มควบคุม ส่วนซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 มีค่าความทนแรงอัดน้อยลงตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 ($p < 0.05$) กับ

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ในกลุ่มควบคุม และซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพลีแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 (ตารางที่ 4) (รูปที่ 11)

เมื่อเปรียบเทียบตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี 2546 พบว่า มีเพียงซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ในกลุ่มควบคุม และซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพลีแซ็กคาไรด์อัตราส่วน 4.76 ที่มีค่าความทนแรงอัดมากกว่า 50 เมกกะปาสคาล ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ไอโซปี พ.ศ. 2546

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยความทนแรงอัด (ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของแรงมากที่สุดที่ชิ้นงานสามารถทนได้ก่อนแตกหัก และค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของค่าความทนแรงอัดของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพลีแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนต่าง ๆ

กลุ่ม (n=6)	ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัด (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	
	แรงมากที่สุดก่อนแตกหัก (นิวตัน)	ความทนแรงอัด (เมกกะปาสคาล)
ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์	652.84 (47.60)	51.95 (3.78)
ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ + ฟิเจอร์ร้อยละ 4.76	758.77 (122.46)	60.37 (9.74)
ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ + ฟิเจอร์ร้อยละ 7.50	542.36 (51.55)	43.16 (4.10)
ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ + ฟิเจอร์ร้อยละ 9.09	387.58 (34.46)	30.84 (2.74)
ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ + ฟิเจอร์ร้อยละ 12.50	298.09 (33.69)	24.73 (2.68)



รูปที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนต่าง ๆ

* ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ผลการทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์

จากการทดลองการปลดปล่อยฟลูออไรด์จากวัสดุกลุ่มต่าง ๆ มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์เป็นไปในลักษณะคล้ายกัน คือ ในช่วงแรกมีการปลดปล่อยฟลูออไรด์อย่างรวดเร็ว แต่ในช่วงหลังมีการปลดปล่อยช้าลง (รูปที่ 12) และมีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มดังตารางที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฟลูออไรด์ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่ถูกปลดปล่อยจากซีเมนต์
 กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนต่าง ๆ ในวันที่ 1 2 4 6 8
 15 และ 22

ตัวหนังสือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$

กลุ่ม	ความเข้มข้นฟลูออไรด์เฉลี่ย (พีพีเอ็ม)						
	1 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	15 วัน	22 วัน
ซีเมนต์กลาสไอโอโน เมอร์	37.08 ^a (2.33)	7.44 ^a (1.29)	5.80 ^a (0.73)	2.15 ^a (0.76)	2.14 ^a (0.74)	0.96 ^a (0.48)	0.61 ^a (0.09)
ซีเมนต์กลาสไอโอโน เมอร์ + ฟิจีร้อยละ 4.76	39.55 ^a (2.82)	7.44 ^a (1.29)	3.70 ^b (0.72)	3.38 ^{a,b} (0.27)	2.22 ^a (0.82)	1.3 ^{a,b} (0.42)	0.63 ^a (0.87)
ซีเมนต์กลาสไอโอโน เมอร์ + ฟิจีร้อยละ 7.50	44.28 ^b (3.14)	6.12 ^{a,b} (1.05)	5.02 ^a (0.47)	3.70 ^b (0.45)	1.89 ^a (0.56)	1.77 ^b (0.49)	0.74 ^{a,b,c} (0.84)
ซีเมนต์กลาสไอโอโน เมอร์ + ฟิจีร้อยละ 9.09	36.11 ^a (2.84)	4.90 ^b (1.25)	5.27 ^a (0.50)	4.58 ^c (0.20)	2.31 ^a (0.55)	1.83 ^b (0.30)	0.51 ^b (0.20)
ซีเมนต์กลาสไอโอโน เมอร์ + ฟิจีร้อยละ 12.50	51.63 ^c (0.95)	5.45 ^{a,b} (1.09)	6.49 ^b (1.43)	2.52 ^{a,b} (1.04)	1.76 ^a (0.82)	1.10 ^{a,b} (0.48)	0.91 ^c (0.19)

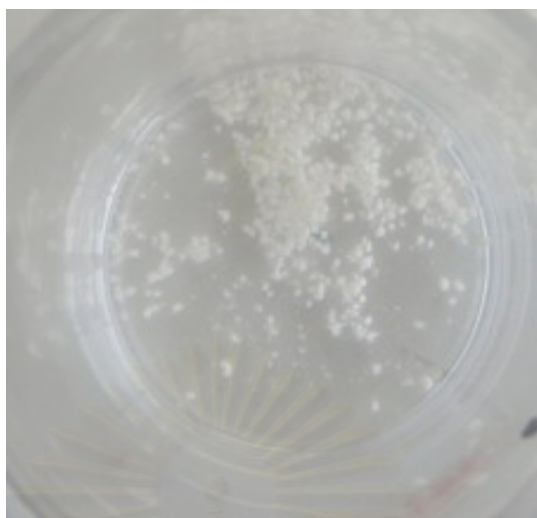
การปลดปล่อยฟลูออไรด์



รูปที่ 12 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์เฉลี่ยที่ถูกปลดปล่อยจากซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนต่าง ๆ ในวันที่ 1 2 4 6 8 15 และ 22

ผลทดสอบสภาพการละลาย

จากผลการทดลองพบว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ในกลุ่มควบคุม และซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าการละลายเท่ากับ 1.44×10^{-3} และ 10.47×10^{-3} มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่น้อยกว่า 0.05 ในขณะที่ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 ไม่สามารถหาค่าหนักครั้งที่ 2 ได้ (m²) เนื่องจากซีเมนต์ในกลุ่มดังกล่าวไม่สามารถคงตัวอยู่ได้เมื่อแช่ชิ้นงานในน้ำปราศจากไอออน (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 ภาพซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วน 7.50 9.09 และ 12.50 หลังจากนำชิ้นงานที่ผ่านดีสิเคเตอร์ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ลงในน้ำปราศจากอ็อกซิเจน

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

จากผลการทดลองพบว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ในกลุ่มควบคุม และซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.151 และ 0.143 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 ไม่สามารถหาน้ำหนักครั้งที่ 2 ได้ (m3) เนื่องจากซีเมนต์ในกลุ่มดังกล่าวไม่สามารถคงตัวอยู่ได้เมื่อแช่ชิ้นงานในน้ำปราศจากอ็อกซิเจน (รูปที่ 13)

ผลการทดสอบความหนาของแผ่นฟิล์ม

ค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นฟิล์มของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ในกลุ่มควบคุม และซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาโพลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าเท่ากับ 11.2 ± 4 และ 15.8 ± 9 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546 ที่กำหนดให้ความหนาของแผ่นฟิล์มไม่เกิน 25 ไมโครเมตร

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์ได้ ร้อยละ 13.86 16.17 และ 14.63 ตามลำดับ เมื่อบ่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมง

สรุปผลการทดสอบความทนแรงอัด

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วน 4.76 ที่มีค่าความทนแรงอัด 60.37 เมกะปาสกาล ซึ่งมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ค่าพินน้อยกว่า 0.05 และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปีพ.ศ. 2546

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 มีแนวโน้มค่าความทนแรงอัดน้อยลงตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ค่าพินน้อยกว่า 0.05 และไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546

สรุปผลการทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ในกลุ่มควบคุม และในกลุ่มที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์ในอัตราส่วนต่าง ๆ มีแนวโน้มการปลดปล่อยฟลูออไรด์คล้ายกัน คือ ในช่วงแรกมีการปลดปล่อยอย่างรวดเร็ว และในช่วงหลังมีการปลดปล่อยช้าลง

สรุปผลทดสอบสภาพการละลาย

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าการละลายเท่ากับ 10.47×10^{-3} มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญพินน้อยกว่า 0.05 กับกลุ่มควบคุม

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 มีสภาพการละลายสูงมากจนไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้

สรุปผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาตูลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.143 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาตูลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 ไม่สามารถวัดการดูดซึมน้ำได้

สรุปผลความหนาของแผ่นฟิล์ม

ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาตูลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นฟิล์มเท่ากับ 15.8 ± 9 ไมโครเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546 ที่กำหนดให้ความหนาของแผ่นฟิล์มไม่เกิน 25 ไมโครเมตร

อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์

จากการศึกษาที่ผ่านมา การเติมสารที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อแบคทีเรีย เช่น ไบโอบีโอดีเพกตาส (Yli-Urpo, Narhi และ Soderling, 2003 a, b) หรือคลอร์เฮกซิดีน (Turkun และคณะ, 2008) ลงในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ ทำให้ซีเมนต์ผสมดังกล่าวสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อแบคทีเรียได้ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในนำเอาเจลาตูลิแซ็กคาไรด์ที่เป็นสารสกัดจากเปลือกทุเรียนธรรมชาติ และมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อแบคทีเรียมาทดลองผสมลงในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ใช้ยึดแถบรัดจัดฟัน โดยคาดหวังผลการยับยั้งเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์ของซีเมนต์ผสมดังกล่าวเพื่อการลดอัตราการเกิดโรคฟันผุ

จากการศึกษา พบว่า ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ใช้ยึดแถบรัดจัดฟันเป็นซีเมนต์ที่ไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vokus, Cisneros และ Levi (1998) ที่ศึกษาด้วยวิธีวัดบริเวณยับยั้งเชื้อ (inhibition zone) ของซีเมนต์ที่ใช้ยึดติดแถบรัดจัดฟันชนิดต่างๆ ต่อเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์ พบว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์สำหรับยึดติดแถบรัดจัดฟันไม่มีผลยับยั้งเชื้อในช่วงเวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง

สำหรับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาตูลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์ประมาณร้อยละ 15 เมื่อบ่ม

เป็นเวลา 8 ชั่วโมง อาจเป็นผลที่เกิดจากเจลพอลิแซ็กคาไรด์บริเวณผิวของซีเมนต์ที่ละลายออกมาจนถึงระดับความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อในช่วงดังกล่าว ส่วนในระยะเวลา 4 ชั่วโมงนั้นเจลพอลิแซ็กคาไรด์บริเวณผิวของซีเมนต์อาจจะละลายออกมาได้ไม่เพียงพอที่จะยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้ และเมื่อบ่มต่อไปจนถึงเวลา 24 ชั่วโมง เจลพอลิแซ็กคาไรด์จากซีเมนต์ไม่สามารถละลายออกมาเพิ่มได้อีก ส่งผลทำให้ความเข้มข้นของเจลพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายจากพื้นผิวไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเชื้อตามระยะเวลา ส่วนซีเมนต์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์ทุกช่วงเวลา ก็เป็นไปได้ว่าปริมาณเจลพอลิแซ็กคาไรด์บริเวณผิวของซีเมนต์ที่สามารถละลายออกมาน้อยเกินกว่าที่จะให้ผลยับยั้งเชื้อดังกล่าว

ในการศึกษาครั้งนี้ การผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์กับส่วนผงของซีเมนต์ใช้อัตราส่วนสูงสุดไม่เกินร้อยละ 12.5 เนื่องจากซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์จะสูญเสียความสามารถในการแข็งตัวเนื่องจากซีเมนต์ทดลองมีน้ำหนักรวมประมาณ 40 มิลลิกรัม ดังนั้นเจลพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผสมในแต่ละซีเมนต์จึงมีค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัม เมื่อคำนึงถึงความสามารถในการละลายของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีค่าร้อยละ 0.17-0.29 (Toledano และคณะ, 2003) ทำให้เจลพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายออกมาจากซีเมนต์มีปริมาณน้อย และส่งผลทำให้ความเข้มข้นไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาก่อนหน้านี้ (ผกาวัลย์, พุชรา และ สุนันท์, 2548)

จากการศึกษาของ Don, Chuang และ Chiu (2002) พบ กรดพอลิอะคริลิก (polyacrylic acid) ที่อยู่ในส่วนเหลวของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์สามารถย่อยสลายสารพอลิแซ็กคาไรด์กลุ่มไคโตซาน เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างของเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนพบมีองค์ประกอบและ การเรียงตัวของกลุ่มน้ำตาลที่ใกล้เคียงกับไคโตซาน (ชิตริรัตน์ และสุนันท์, 2541) จึงมีความเป็นไปได้ที่ส่วนเหลวของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์นั้น คือ กรดพอลิอะคริลิก สามารถย่อยสลายเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนทำให้เกิดการสูญเสียคุณสมบัติในการยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรียได้

สำหรับกลุ่มควบคุมบวกคือซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมแอมพิซิลลินอัตราส่วนร้อยละ 4.76 พบว่ามีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อที่ 4 ชั่วโมง และทำลายเชื้อที่ 8 และ 24 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sandoe และคณะ (2006) ที่พบว่าแอมพิซิลลินที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอกคัสมีวแทนส์ได้ จากการทดลองพบว่าความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อของเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนน้อยกว่าแอมพิซิลลินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณสมบัติการปลดปล่อยฟลูออไรด์

จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ (กลุ่มควบคุม) และซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนมีลักษณะเดียวกัน คือ มีการปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และมีการปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ ในช่วงหลังนั้น (รูปที่ 12) มีสาเหตุจากกลไกตามปกติของการปลดปล่อยฟลูออไรด์ กล่าวคือ ในช่วงแรกเกิดการแยกตัว (dissolution) ของฟลูออไรด์ออกจากวัสดุเมื่อสัมผัสกับน้ำ โดยน้ำจะชะที่ผิวหน้าของวัสดุ (surface-wash out) ทำให้มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่เกาะอยู่กับเนื้อวัสดุอย่างหลวม ๆ ออกมาสู่สภาพแวดล้อม สอดคล้องกับรายงานของ Verbeek และคณะ (1998) ที่พบว่า ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ถึงร้อยละ 90 ของฟลูออไรด์ทั้งหมด และเริ่มปลดปล่อยน้อยลงในช่วง 24-48 ชั่วโมง (Hatibovic-Kofman และ Koch, 1991) สำหรับในช่วงหลังเกิดกลไกที่เกี่ยวกับการควบคุมการแพร่ (diffusion-controlled) โดยอาศัยความแตกต่างของความเข้มข้น (concentration gradient) ในการแพร่ของฟลูออไรด์ (Verbeek และคณะ, 1998) ซึ่งจะมีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาสู่สภาพแวดล้อมในปริมาณต่ำอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานหลายปี (Tay และ Braden, 1988; Verbeek และคณะ, 1998) การติดตามผลการปลดปล่อยฟลูออไรด์ในระยะเวลาที่นาน ย่อมทำให้ผู้วิจัยทราบพฤติกรรมการปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่มีความใกล้เคียงกับการใช้งานทางคลินิก ดังนั้นการศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยในระยะยาวจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องศึกษาต่อไป

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยฟลูออไรด์จากซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนกับกลุ่มควบคุม (รูปที่ 12) พบว่า ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วนร้อยละ 4.76 7.50 และ 12.50 มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ในวันแรกมากขึ้นตามลำดับ น่าจะมีผลมาจากการผสมสารบางอย่างเข้าไปในโครงสร้างของซีเมนต์ หรืออาจเกิดจากเจลพอลิแซ็กคาไรด์ที่พื้นผิวละลายไปกับน้ำทำให้เกิดรูพรุนของซีเมนต์เพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่ามีผลต่อปริมาณ และระยะเวลาการปลดปล่อยฟลูออไรด์จากซีเมนต์ (Hatibovic-Kofman, Koch และ Ekstrand, 1997)

คุณสมบัติการดูดซึมน้ำ และสภาพการละลาย

การจะเข้าใจถึงคุณสมบัติทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ควรมีองค์ความรู้เรื่องปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ (Wilson และ Mclean, 1988) ดังขั้นตอนดังนี้

1. ดิคอมโพสิชัน (decomposition stage) ส่วนผงซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่เป็นเบสปลดปล่อยประจุออลูมิเนียม (Al^{3+} และ Ca^{2+}) ในส่วนเหลวที่เป็นกรด เกิดเป็นเกลือโลหะชนิดต่าง ๆ (รูปที่ 14)

2. ไมเกรชัน (migration stage) ประจุไอออนโลหะถูกปล่อยออกมาขึ้นในส่วนเหลวซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปเกลือโลหะที่สามารถละลายน้ำได้ ทำให้กรดไปจับกับผงแก้ว เกิดเป็นเจลซิลิกา (silica gel)

3. เจลเลชัน (gelation) ประจุไอออนโลหะอยู่ในส่วนเหลวมากเพียงพอที่จะเริ่มการเกิดเจล

4. โปสเซทฮาร์ดเนนนิ่ง (post-set hardening stage) ไอออนโลหะจับกับโซ่พอลิแอซิด (polyacid chain) มากขึ้น ซึ่งภายใต้สภาวะที่มีน้ำปนเปื้อนจะทำให้ซีเมนต์ขยายตัว ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องมีการควบคุมความชื้นให้ดี โดยขั้นตอนนี้จะดำเนินต่อไปประมาณ 24 ชั่วโมง

5. เมทิวเรชัน (slow maturation stage) หลังจาก 24 ชั่วโมงแรก ซีเมนต์จะเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันต่อไปอีก จะพบว่าวัสดุใสขึ้นใน 2-3 วันแรก สามารถทนกรด และมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น

นอกจากนั้นจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าความสามารถในการดูดซึมน้ำและสภาพการละลายขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ดังนี้

1. ขนาดของซึ้นงาน ซึ่งขนาดของซึ้นงานที่แตกต่างกันทำให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำต่างกัน ซึ่ง (Burrow, Inokoshi และ Tagami, 1999) พบว่า ซึ้นงานที่มีขนาดเล็กจะดูดซึมน้ำจนได้น้ำหนักคงที่ ในระยะเวลาที่สั้นกว่าซึ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่า

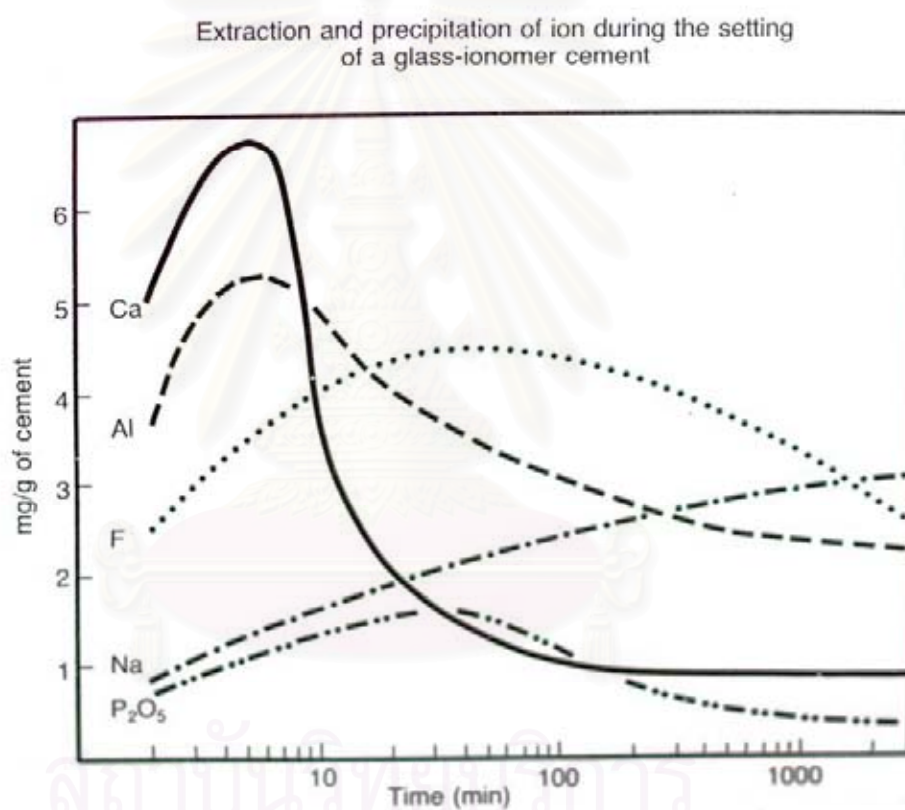
จากปัจจัยข้อนี้ทำให้ พบว่า แม้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการดูดซึม และสภาพการละลายมากมาย แต่หากซึ้นงานที่ใช้มีขนาดไม่เท่ากัน ก็ไม่สามารถนำผลต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกันได้

2. องค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเล็ก ซึ่งหากสารอินทรีย์นี้สามารถละลายจากพื้นผิวของซึ้นงานได้มากเท่าไร การดูดซึมน้ำที่แท้จริงจะมีปริมาณมากกว่าที่ได้จากการคำนวณมากขึ้นตามลำดับ (Mohsen และ Craig, 1995) เนื่องจากซึ้นงานมีการสูญเสียน้ำหนักของสารอินทรีย์ที่ละลายไปและมีการดูดซึมน้ำเข้าแทนที่ แต่จากสูตรคำนวณหาการดูดซึมน้ำนั้นคิดเทียบกับซีเมนต์ทั้งซึ้นไม่ได้คำนึงถึงน้ำหนักของสารอินทรีย์ที่สูญเสียไปในน้ำ และจะมีค่าการละลายมากขึ้น

3. องค์ประกอบของสารที่ชอบน้ำ (hydrophilic constituents) หากซึ้นงานนั้นมีสารในกลุ่มนี้มากจะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น เช่น ไฮดรอกซีอีทิลเมทาคริเลท (hydroxyethylmethacrylate, HEMA) ที่เป็นส่วนประกอบของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซินจึงพบว่าซีเมนต์ชนิดนี้มีค่าการดูดซึมน้ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับสารที่มีส่วนประกอบของบิสฟีนอลเอ (Bisphenol A-glycidyl methacrylate, Bis-GMA) (Toledano และคณะ, 2003)

4. ช่องว่างอากาศในซึ้นงาน (air void) (Pearson, 1979) ซึ่งอาจเกิดได้จากการผสมซีเมนต์ หากมีช่องว่างอากาศเกิดขึ้นมากจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของซีเมนต์ต่อสิ่งแวดล้อมภายนอก (น้ำ) ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำและการละลายมากขึ้น

5. สารที่เกิดในปฏิกิริยาการแข็งตัว เช่น ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ปฏิกิริยาการแข็งตัวในช่วงแรกทำให้เกิดเป็นไฮโดรเจล (hydrogel) ซึ่งเป็นสารชอบน้ำ และพบเกลือแคลเซียมมากในช่วงนี้ (calcium salt) (Wilson และ Mclean, 1988) ซึ่งเป็นเกลือโลหะที่สามารถละลายน้ำได้ จึงพบการดูดซึมน้ำ และการละลายของซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์มากในช่วง 24 ชั่วโมงแรก (Nicholson, Anstice และ McLean, 1992) และปฏิกิริยาการแข็งตัวหลังจากนั้นจะพบเกลืออลูมิเนียมเป็นหลัก (aluminium salt) (Barry, Clinton และ Wilson, 1979; Crisp และคณะ, 1974; Crisp และ Wilson, 1974b, a) ซึ่งเกลืออลูมิเนียมที่มีค่าการละลายน้ำน้อยกว่าเกลือแคลเซียม (รูปที่ 14) ดังนั้นในช่วงจาก 24 ชั่วโมงจึงพบค่าการละลายและการดูดซึมน้ำลดลง



รูปที่ 14 แสดงสัดส่วนการเกิดเกลือโลหะในเวลาต่าง ๆ เมื่อเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า ซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าการละลายมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และซีเมนต์กาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 นั้นมีค่าการละลายมากจนไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้ เมื่อพิจารณาจากการวิจัยที่ผ่านมาข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า เจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนที่สามารถละลายน้ำได้อาจไปแย่งจับกับน้ำในส่วนเหลวของซีเมนต์

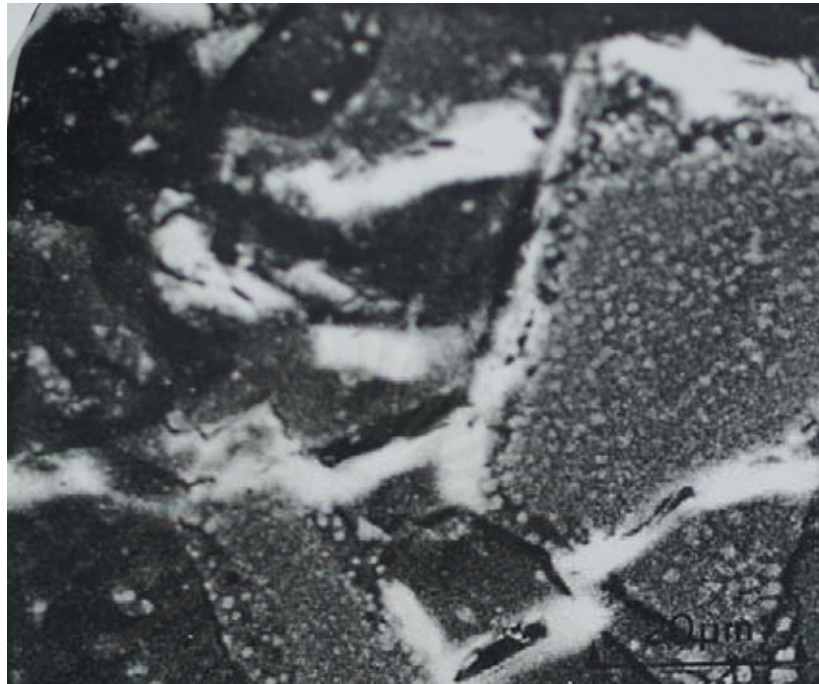
กลาสไอโอโนเมอร์ทำให้ปฏิกิริยาการแข็งตัวที่เกิดระหว่างส่วนผงและส่วนเหลวของซีเมนต์ไม่สมบูรณ์ หรือไปขัดขวางการเกิดเกลืออลูมิเนียมซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าความเป็นกรด่าง (pH) ของน้ำปราศจากไอออนที่มีซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลาพอลิแซ็กคาไรด์พบว่ามีความเป็นกรดมากกว่าน้ำปราศจากไอออนที่มีซีเมนต์กลุ่มควบคุม ซึ่งคาดการณ์ได้ว่ามีไอออนของเกลือแคลเซียมละลายออกมาในน้ำแล้วมีคุณสมบัติเป็นกรดละลายออกมาได้มากกว่ากลุ่มควบคุม หรือเจลาพอลิแซ็กคาไรด์นี้เป็นสารที่มีความเป็นกรดอยู่แล้ว และสามารถละลายน้ำได้ละลายออกมาอยู่ในน้ำ อีกแง่หนึ่งคือ การผสมสารนี้ในซีเมนต์อาจทำให้เกิดช่องว่างอากาศมากขึ้นซึ่งเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสทำให้ค่าการละลายและการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น

สำหรับค่าการดูดซึมน้ำที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุมนั้นเป็นไปได้ว่า เนื่องจากมีค่าการละลายมากการดูดซึมน้ำที่แท้จริงจะมีปริมาณมากกว่าที่ได้จากการคำนวณ กล่าวได้ว่าแม้ว่าการดูดซึมน้ำไม่ต่างกันแต่สภาพการละลายที่ต่างกันมากปริมาณน้ำที่แท้จริงจึงมากกว่าตามสัดส่วนของสารที่ละลายออกไป

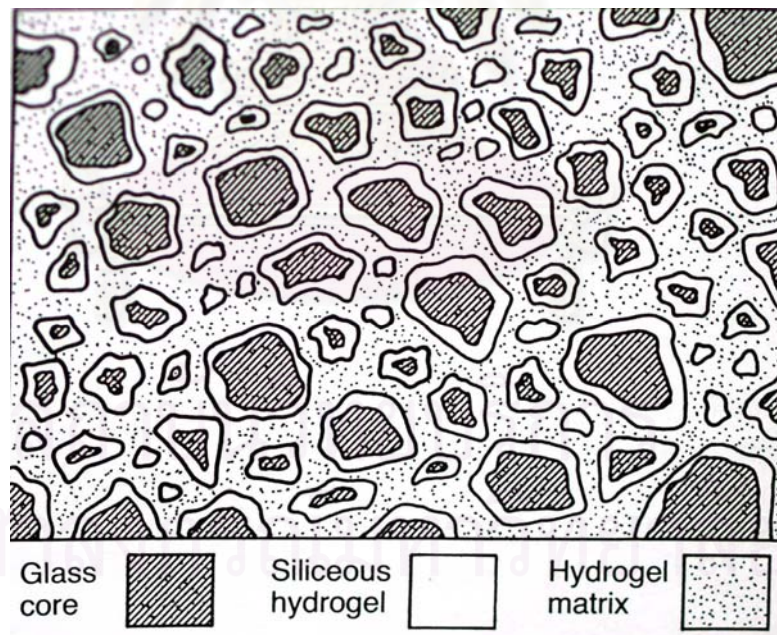
คุณสมบัติความทนแรงอัด

Wilson และ Mclean (1988) กล่าวว่า การใส่ฟิลเลอร์ (filler) ลงในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของซีเมนต์ โดยฟิลเลอร์จะทำหน้าที่เป็นแกนกลางของไฮโดรเจลซิลิกา (siliceous hyfrogel) เกิดเป็นเมทริกซ์ในกระบวนการแข็งตัว อย่างไรก็ตามขนาดของฟิลเลอร์ก็มีส่วนสำคัญต่อความแข็งแรง โดยฟิลเลอร์ที่มีขนาดเล็กจะทำให้เกิดการรวมตัวอย่างสมบูรณ์กับซิลิกาไฮโดรเจลได้ (รูปที่ 15) ในขณะที่ฟิลเลอร์ที่มีขนาดใหญ่อาจทำให้เกิดความขรุขระที่ผิวซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ได้ (รูปที่ 16)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 15 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงความขรุขระที่พื้นผิวซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีฟิลเลอร์ขนาดใหญ่



รูปที่ 16 แสดงเมทริกซ์ของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีฟิลเลอร์ขนาดเล็ก หลังจากเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์อย่างสมบูรณ์

จากผลการศึกษาพบว่า ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าความทนแรงอัดมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากการผสมสารเพิ่มในอัตราส่วนอาจคล้ายการเพิ่มอัตราส่วนของส่วนผง

ส่วนกลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 7.50 9.09 และ 12.50 พบว่ามีค่าความทนแรงอัดน้อยลงตามลำดับ และไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546 อาจเพราะเจลพอลิแซ็กคาไรด์ไม่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับซีเมนต์ทำให้เกิดจุดอ่อนเป็นช่องว่างอากาศในโครงสร้าง เมื่อนำชิ้นงานไปทดสอบด้วยแรงกดจึงทำให้เกิดการแตกหักบริเวณที่เป็นช่องว่างอากาศนั้น

อีกประการหนึ่ง คือ เจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอาจไปยับยั้ง หรือชะลอกระบวนการแข็งตัว โดยเฉพาะขั้นตอนการแข็งตัว (post-set hardening) หลังจากเกิดเจล (gelation) ซึ่งในขั้นตอนนี้เองที่ต้องการควบคุมความชื้นให้ดีจนวัสดุมีความแข็ง (hardness) เพียงพอ จึงจะสามารถสัมผัสน้ำได้ โดยปกติแล้วใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงหลังผสม (Wilson และ Mclean, 1988) ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการทดสอบความทนแรงอัดตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546 ที่ให้รอซีเมนต์แข็งตัว 1 ชั่วโมงก่อนนำไปใส่ในน้ำ แต่หากเจลพอลิแซ็กคาไรด์ยับยั้งหรือชะลอขั้นตอนนี้ การนำซีเมนต์อยู่ในขั้นตอนการเกิดเจลใส่ในน้ำ จะทำให้ซีเมนต์ขยายตัว และมีความแข็งแรงลดลง (Wilson และ Mclean, 1988)

คุณสมบัติความหนาของแผ่นฟิล์ม

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์ม (Wilson และ Mclean, 1988) คือ

1. อัตราส่วนระหว่างส่วนผงและส่วนเหลว โดยหากใช้ส่วนผงมากจะทำให้ความหนาของแผ่นฟิล์มมากขึ้น
2. ระยะเวลาในการผสม เนื่องจากหากผสมเกินเวลาทำงาน (working time) จะทำให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวเป็นเจล ทำให้มีความหนืดมากจึงมีความหนาของแผ่นฟิล์มมากขึ้น

จากการวิจัยครั้งนี้ ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์อัตราส่วนร้อยละ 4.76 มีค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นฟิล์มไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซปี พ.ศ. 2546 อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นฟิล์มในกลุ่มที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งอาจเทียบได้ว่าการผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์เป็นส่วนผงที่เพิ่มขึ้นทำให้มีความหนาของแผ่นฟิล์มเพิ่มมากขึ้น

การศึกษานี้ไม่ได้ทดลองกลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนอัตราส่วน 7.50 9.09 และ 12.50 เนื่องจากในกลุ่มดังกล่าวมีคุณสมบัติความทนแรงอัด การดูดซึมน้ำ และการละลายน้ำ ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซ

จากผลการทดลองนำร่องครั้งนี้ คณะผู้วิจัยพบว่า การนำเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนผสมลงในซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์โดยตรงอาจมีความไม่เหมาะสม เนื่องจากเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียนเป็นสารกึ่งบริสุทธ์ทำให้ต้องใช้ปริมาณมาก ทำให้เสียคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานไอโซ ดังนั้นการสกัดเฉพาะสารออกฤทธิ์หลักในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอคคัสมีวแทนส์ของเจลพอลิแซ็กคาไรด์จึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาต่อไป หรือการค้นหารายอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเชื้อแบคทีเรียในปริมาณน้อยต่อไป และต้องเข้ากันได้กับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์โดยเมื่อผสมแล้วไม่ขัดขวางปฏิกิริยาการแข็งตัว หรือการพยายามผสมสารเข้าไปหลังจากซีเมนต์เริ่มแข็งตัวในระดับหนึ่งแล้วอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

กองทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2543-2544. ผลการสำรวจสภาวะทันตสุขภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 5 [Online]. <http://dental.anamai.moph.go.th/fluoride/survey/frame.html>.

ชิตีรัตน์ ปานม่วง และ สุนันท์ พงษ์สามารถ. 2541. การแยกสารโพลีแซคคาไรด์จากเปลือกผลทุเรียน (*Durio zibethinus* L.). ว.สงขลานครินทร์ 21(3): 323-332.

ผกาวัลย์ มุกสิกพงศ์, พสุธา รัชญะกิจไพศาล และสุนันท์ พงษ์สามารถ. 2548. ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสเตรปโตคอคคัสมีวแทนส์ และเชื้อแอคติโนแบซิลลัส แอคติโนมัยซีเทมโคมิแทนส์ของเจลโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดจากเปลือกทุเรียน. ว.ทันต.จุฬาฯ 28:137-144.

ยุทธนา วรวิธ, ฉัญฉวีชา พรประสิทธิ์, อรอนงค์ หนูชูเชื้อ, ปาริชาติ ภูสว่าง และสุนันท์ พงษ์สามารถ. 2548. คุณลักษณะของเจลโพลีแซคคาไรด์จากเปลือกทุเรียนต่างสายพันธุ์. 31st Congress on Science and Technology of Thailand Suranaree University of Technology.

สุนันท์ พงษ์สามารถ, นันทวัน นันทวนิช, และวิมลมาศ ลิปิพันธ์. 2545. การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในหลอดทดลองของสารโพลีแซคคาไรด์เจลจากเปลือกของผลทุเรียน. ว.สงขลานครินทร์ 24(1): 31-38.

อัจฉรา รัชสิน, สุชาดา สุขหรั่ง และสุนันท์ พงษ์สามารถ. 2544. การตรวจผลความเป็นพิษของสารสกัดโพลีแซคคาไรด์เจลจากเปลือกทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) ที่ให้กินในขนาดสูงในหนูถีบจักรและหนูขาว. ว.สงขลานครินทร์ 23(1): 55-62.

Barry, T. I., Clinton, D. J. and Wilson, A. D. 1979. The structure of a glass-ionomer cement and its relationship to the setting process. J Dent Res 58(3): 1072-1079.

Beachey, E. 1981. Bacterial adherence : Adhesin-receptor interactions mediating the attachment of bacteria to mucosal surfaces. J Infect Dis 143: 325-345.

Beaudouin, E., et al. 2004. Immediate hypersensitivity to chlorhexidine: literature review. Allerg Immunol (Paris) 36(4): 123-126.

Sinha PK, Nanda RS. 2001. Fixed edgewise orthodontic appliances and bonding techniques. In: Bishara SE, editor. Textbook of Orthodontics, pp. 191-194. Philadelphia: W.B. Saunders Company.

Botelho, M. A., et al. 2007. Antimicrobial activity of the essential oil from *Lippia sidoides*, carvacrol and thymol against oral pathogens. Braz J Med Biol Res 40(3): 349-56.

Theilade, E. and Theilade, J. 1976. Role of plaque in the etiology of periodontal disease and caries. In Melcner, A. H. and Zarb, G. A. (ed), Oral Sciences Reviews 9: 23-63.

Bradway, S. D., Bergery, E. J., Jones, P. C. and Levine, M. J. 1989. Oral mucosal pellicle: Adsorption and transpeptidation of salivary components to buccal epithelial cells. Biochem J 261(3): 887-896.

Brown, L. R., Dreizen, S., Handler, S. and Johnston, D. A. 1975. Effect of radiation-induced xerostomia on human oral microflora. J Dent Res 54(4): 740-50.

Burrow, M. F., Inokoshi, S. and Tagami, J. 1999. Water sorption of several bonding resins. Am J Dent 12(6): 295-298.

Clarke, J. K. 1924. On the bacterial factor in the aetiology of dental caries. Br J Exp Pathol 5: 141-146.

Coykendall, A. L. 1974. Four types of *Streptococcus mutans* based on their genetic, antigenic and biochemical characteristics. J Gen Microbiol 83(2): 327-338.

Crisp, S., Pringuer, M. A., Wardleworth, D. and Wilson, A. D. 1974. Reactions in glass ionomer cements: II. An infrared spectroscopic study. J Dent Res 53(6): 1414-1419.

Crisp, S. and Wilson, A. D. 1974 a. Reactions in glass ionomer cements: I. Decomposition of the powder. J Dent Res 53(6): 1408-1413.

Crisp, S. and Wilson, A. D. 1974 b. Reactions in glass ionomer cements: III. The precipitation reaction. J Dent Res 53(6): 1420-1424.

Curtiss III, R. 1986. Genetic Analysis of *Streptococcus mutans* Virulence and Prospects for an Anticaries Vaccine. J Dent Res 65(8): 1034-1045.

Davies, E. E. 1950. Evanston dental caries study; preliminary report of lactobacillus counts in Evanston and Oak Park children. J Am Dent Assoc 40(1): 37-45.

Dennis, D. and Kaplan, N. O. 1960. D- and L-lactic acid dehydrogenases in *Lactobacillus plantarum*. J Biol Chem 235: 810-818.

Devicenzo, J. P. 2006. A new non-surgical approach for treatment of extreme dolichocephalic malocclusions: Part 2 case selection & management. J Clin Orthod 40(4): 257.

Don, T. M., Chuang, C. Y. and Chiu, W. Y. 2002. Studies on the Degradation Behavior of Chitosan-g-Poly(acrylic acid) Copolymers. Tamkang Journal of Science and Engineering 5(4): 235-240.

Featherstone, J. and Rodgers, B. 1981. Effect of Acetic, Lactic and other Organic Acids on the Formation of Artificial Carious Lesions. Caries Res 15: 377-385.

Kidd, E. A. M., Mejáre, I. and Nyvad, B. 2003. Clinical and radiographic diagnosis In Fejerskov, O. and Kidd, E. A. M. (ed), Dental caries: The disease and its clinical management, pp. 111-127. United Kingdom: Blackwell Munksgaard.

Fitzgerald, R. J., Jordan, H. V. and Stanley, H. R. 1960. Experimental caries and gingival pathologic changes in the gnotobiotic rat. J Dent Res 39: 923-935.

Fitzgerald, R. J. and Keyes, P. H. 1960. Demonstration of the etiologic role of streptococci in experimental caries in the hamster. J Am Dent Assoc 61: 9-19.

Forsten, L. 1990. Short- and long-term fluoride release from glass ionomers and other fluoride-containing filling materials in vitro. Scand J Dent Res 98(2): 179-185.

Fukui, K., Fukui, Y. and Moriyama, T. 1974. Purification and properties of dextransucrase and invertase from *Streptococcus mutans*. J Bacteriol 118(3): 796-804.

Gibbons, R. 1984. Adherent Interactions Which May Affect Microbial Ecology in the Mouth. J Dent Res 63(3): 378-385.

Gibbons, R. 1989. Bacterial Adhesion to Oral Tissues: A Model for Infectious Diseases. J Dent Res 68(5): 750-760.

Gorelick, L., Geiger, A. M. and Gwinnett, A. J. 1982. Incidence of white spot formation after bonding and banding. Am J Orthod Dentofac Orthop 81(2): 93-98.

Hamada, S. and Slade, H. 1980. Biology, Immunology, and Cariogenicity of *Streptococcus mutans*. Microbiol. Rev. 44: 331-384.

Hamada, S., Koga, T. and Ooshima, T. 1984. Virulence Factors of *Streptococcus mutans* and Dental Caries Prevention. J Dent Res 63(3): 407-411.

Hasty, D., Ofek, I., Courtney, H. and Doyle, R. 1992. Multiple Adhesins of *Streptococci*. Infect. Immun. 60(6): 2147-2152.

Hatibovic-Kofman, S. and Koch, G. 1991. Fluoride release from glass ionomer cement in vivo and in vitro. Swed Dent J 15(6): 253-258.

Hatibovic-Kofman, S., Koch, G. and Ekstrand, J. 1997. Glass ionomer materials as a rechargeable fluoride-release system. Int J Paediatr Dent 7(2): 65-73.

Hokputsa, S., et al. 2004. Water-soluble polysaccharides with pharmaceutical importance from Durian rinds (*Durio zibethinus Murr.*): isolation, fractionaton, characterisation and bioactivity. Carbohydrate Polymers 56: 471-481.

ISO 9917-1. 2003. Part 1: Powder/liquid acid-base cements. In: Dentistry Water-based cements.

Jedrychowski, J. R., Caputo, A. A. and Kerper, S. 1983. Antibacterial and mechanical properties of restorative materials combined with chlorhexidines. J Oral Rehabil 10: 373-381.

Kashket, S. and Donaldson, C. G. 1972. Saliva-induced aggregation of oral *Streptococci*. J Bacteriol 112: 1127-1133.

Kawamura, Y., Hou, X., Sultana, F., Miura, H. and Ezaki, T. 1995. Determination of 16S rRNA sequences of *Streptococcus mitis* and *Streptococcus gordonii* and phylogenetic relationships among members of the genus *Streptococcus*. Int J Syst Bacteriol 45: 406-408.

Kent, B. E., Lewis, B. G. and Wilson, A. D. 1971 a. Dental silicate cements. 13. Craze and dulling of the surface. J Dent Res 50(2): 393-399.

Kent, B. E., Lewis, B. G. and Wilson, A. D. 1971 b. Dental silicate cements. XIV. Craze, cement properties, and liquid composition. J Dent Res 50(2): 400-404.

Kent, B. E. and Wilson, A. D. 1971. Dental silicate cements. XV. Effect of particle size of the powder. J Dent Res 50(6): 1616-1620.

Kolenbrander, P. 1988. Intergeneric coaggregation among human oral bacteria and ecology of dental plaque. Ann Rev Microbiol 42: 627-656.

Kolenbrander, P. and London, J. 1993. Adhere today, here tomorrow : Oral bacterial adherence. J Bacteriol 175: 3247-3252.

Koshy, G., Corbet, E. F. and Ishikawa, I. 2004. A full-mouth disinfection approach to nonsurgical periodontal therapy prevention of reinfection from bacterial reservoirs. Periodontol 2000 36: 166-78.

Leverett, D., et al. 1993. Caries Risk Assessment by a Cross-sectional Discrimination Model. J Dent Res 72(2): 529-537.

Leverett, D., et al. 1993. Caries Risk Assessment in a Longitudinal Discrimination Study. J Dent Res 72(2): 538-543.

Lin, S. J., et al. 2006. In vitro anti-microbial and in vivo cytokine modulating effects of different prepared Chinese herbal medicines. Food Chem Toxicol 44(12): 2078-85.

Loesche, W. J. 1986. Role of *Streptococcus mutans* in human dental decay. Microbiol Rev 50(4): 353-380.

Melrose, C. A., Appleton, J. and Lovius, B. B. 1996. A scanning electron microscopic study of early enamel caries formed in vivo beneath orthodontic bands. Br J Orthod 23(1): 43-47.

Miller, W. D. 1890. Etiology of dental decay. In: The microorganisms of the human mouth, pp. 205-218. Philadelphia: S.S.White Dental Mfg.Co.

Millett, D. T., et al. 2005. Chlorhexidine-modified glass ionomer for band cementation? An in vitro study. J Orthod 32(1): 36-42.

Mitchell, L., Carter, N. E. and Doubleday, B. 2001. Fixed appliances In: An introduction to orthodontics. pp. 176-187. New York: Oxford University Press.

Mizrahi, E. 1982. Enamel demineralization following orthodontic treatment. Am J Orthod 82(1): 62-67.

Mohsen, N. M. and Craig, R. G. 1995. Hydrolytic stability of silanated zirconia-silica-urethane dimethacrylate composites. J Oral Rehabil 22(3): 213-220.

Mount, G. J. 2002. Description of glass-ionomers In: An atlas of glass-ionomer cements: A clinician's guide, pp. 1-43. Singapore: Kyodo Printing Co. (S'pore) Pte Ltd.

Mount, G. J. 2002. Type I: Luting and bonding In: An atlas of glass-ionomer cements: A clinician's guide, pp. 57-74. Singapore: Kyodo Printing Co. (S'pore) Pte Ltd.

Nicholson, J. W., Anstice, H. M. and McLean, J. W. 1992. A preliminary report on the effect of storage in water on the properties of commercial light-cured glass-ionomer cements. Br Dent J 173(3): 98-101.

O'Reilly, M. M. and Featherstone, J. D. B. 1987. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: An in vivo study. Am J Orthod Dentofac Orthop 92: 33-40.

Ogaard, B., Rolla, G. and Arends, J. 1988. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. Am J Orthod Dentofacial Orthop 94(1): 68-73.

Ogaard, B., Rolla, G., Arends, J. and ten Cate, J. M. 1988. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 2. Prevention and treatment of lesions. Am J Orthod Dentofacial Orthop 94(2): 123-128.

Orland, F. J., et al. 1954. Use of the germfree animal technic in the study of experimental dental caries. I. Basic observations on rats reared free of all microorganisms. J Dent Res 33(2): 147-174.

Pearson, G. J. 1979. Long term water sorption and solubility of composite filling materials. J Dent 7(1): 64-68.

Perch, B., Kjems, E. and Ravn, T. 1974. Biochemical and serological properties of *Streptococcus mutans* from various human and animal sources. Acta Pathol Microbiol Scand [B] Microbiol Immunol 82(3): 357-370.

Proffit, W. R., Fields, W. J., Ackerman, J. L., Bailey, L. J. and Tulloch, J. C. 2000. Contemporary fixed appliances. pp. 391-397 In: Proffit WR, editor. Contemporary Orthodontics. St. Louis Missouri: Mosby,

Ribeiro, J. and Ericson, D. 1991. In vitro antibacterial microbial effect of chlorhexidine added to glass-ionomer cements. . Scand J Dent Res 99: 533-540.

Rogers, A. 1976. Bacteriocinogeny and the properties of some bacteriocins of *streptococcus mutans*. Archs oral Biol 21: 99-104.

Bay, I. and Rolla, G. 1981. Morphological studies of plaque formation and growth after NaF and SnF₂ Rinse. In Rolla, G., Sonju, T. and Emberry, G. (ed), Tooth surface interactions and preventive dentistry. London and Washington DC: IRL Press Ltd.

Sandoe, J. A., Wysome, J., West, A. P., Heritage, J. and Wilcox, M. H. 2006. Measurement of ampicillin, vancomycin, linezolid and gentamicin activity against enterococcal biofilms. J Antimicrob Chemother 57(4): 767-770.

Scannapieco, F. A. 1994. Saliva-bacterium interactions in oral microbial ecology. Crit Rev Oral Biol Med 5(3-4): 203-248.

Schachtele, C. F., Harlander, S. K. and Germaine, G. R. 1976. *Streptococcus mutans* dextransucrase: availability of disaggregated enzyme after growth in a chemically defined medium. Infect Immun 13(5): 1522-1524.

Sudjalim, T. R., Woods, M. G., Manton, D. J. and Teynolds, E. C. 2007. Prevention of demineralization around orthodontic brackets in vitro. Am J Orthod Dentofac Orthop 131(6): 705-713.

Svanberg, M., Mjor, I. A. and Orstavik, D. 1990. Mutans streptococci in plaque from margins of amalgam, composite, and glass-ionomer restorations. J Dent Res 69(3): 861-864.

Svanberg, M. L. and Loesche, W. J. 1978a. Intraoral spread of *Streptococcus mutans* in man. Arch Oral Biol 23(7): 557-561.

Svanberg, M. L. and Loesche, W. J. 1978b. Implantation of *Streptococcus mutans* on tooth surfaces in man. Arch Oral Biol 23(7): 551-556.

Tanner, D. A., Rushe, N. and Towler, M. R. 2006. Ultrasonically set glass polyalkenoate cements for orthodontic applications. J Mater Sci Mater Med 17(4): 313-318.

Tay, W. M. and Braden, M. 1988. Fluoride ion diffusion from polyalkenoate (glass-ionomer) cements. Biomaterials 9(5): 454-456.

Toledano, M., et al. 2003. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. J Dent 31(1): 43-50.

Turkun, L. S., Turkun, M., Ertugrul, F., Ates, M. and Brugger, S. 2008. Long-Term Antibacterial Effects and Physical Properties of a Chlorhexidine-Containing Glass Ionomer Cement. J Esthet Restor Dent 20(1): 29-44.

Van Houte, J. 1994. Role of Micro-organisms in Caries Etiology. J Dent Res 73(3): 672-681.

Verbeeck, R. M., De Maeyer, E. A., Marks, L. A., De Moor, R. J., De Witte, A. M. and Trimpeneers, L. M. 1998. Fluoride release process of (resin-modified) glass-ionomer cements versus (polyacid-modified) composite resins. Biomaterials 19(6): 509-519.

Vokus, R. P., Cisneros, G. J. and Levi, M. 1998. Antibacterial properties of current orthodontic band cements. Pediatr Dent 20(1): 43-48.

Whiley, R. A. and Beighton, D. 1998. Current classification of the oral streptococci. Oral Microbiol Immunol 13(4): 195-216.

Wilson, A. D. and Mclean, J. W. 1988. Glass-ionomer cement, pp. 13-69. Chicago, Illinois: Quintessence Publishing Co., Inc.

Yli-Urpo, H., Narhi, T. and Soderling, E. 2003 a, b. Antimicrobial effects of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4) on oral micro-organisms in vitro. Acta Odontol Scand 61(4): 241-246.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมเอสพีเอสเอส บนเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (SPSS 13.0 for Window)

1. การวิเคราะห์สถิติผลการขยับยั้งเชื้อสเตรปโตคอกคัสมิวแทนส์

(1 = 0%PG, 2 = 4.76%PG, 3 = 7.50%PG, 4 = 9.09%PG, 5 = 12.50%PG, 6 = 4.76Amp, 7 = TSB)

1.1. การทดสอบการกระจายของข้อมูล

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

Group		Four Hours	
1	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.3820
		Std. Deviation	.33097
	Most Extreme Differences	Absolute	.247
		Positive	.182
		Negative	-.247
	Kolmogorov-Smirnov Z	.605	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.858	
2	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.3937
		Std. Deviation	.22696
	Most Extreme Differences	Absolute	.179
		Positive	.179
		Negative	-.175
	Kolmogorov-Smirnov Z	.439	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.990	
3	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.3937
		Std. Deviation	.22696
	Most Extreme Differences	Absolute	.179
		Positive	.179
		Negative	-.175
	Kolmogorov-Smirnov Z	.439	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.990	
4	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.3708
		Std. Deviation	.20592
	Most Extreme Differences	Absolute	.351
		Positive	.351
		Negative	-.209
	Kolmogorov-Smirnov Z	.860	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.451	

5	N		6
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.4000
		Std. Deviation	.20447
	Most Extreme Differences	Absolute	.186
		Positive	.186
		Negative	-.172
	Kolmogorov-Smirnov Z		.455
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.986
6	N		6
	Normal Parameters(a,b)	Mean	4.4610
		Std. Deviation	.28622
	Most Extreme Differences	Absolute	.311
		Positive	.311
		Negative	-.292
	Kolmogorov-Smirnov Z		.761
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.608
7	N		6
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.1837
		Std. Deviation	.17709
	Most Extreme Differences	Absolute	.153
		Positive	.153
		Negative	-.112
	Kolmogorov-Smirnov Z		.375
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.999

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

Group		Eight hours	
1	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	6.4579
		Std. Deviation	.24930
	Most Extreme Differences	Absolute	.258
		Positive	.258
		Negative	-.154
	Kolmogorov-Smirnov Z		.632
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.819
2	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	6.3967
		Std. Deviation	.34726
	Most Extreme Differences	Absolute	.223
		Positive	.207
		Negative	-.223
	Kolmogorov-Smirnov Z		.546
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.927

3	N		6
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.5409
		Std. Deviation	.24361
	Most Extreme Differences	Absolute	.242
		Positive	.171
		Negative	-.242
	Kolmogorov-Smirnov Z		.592
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.874
4	N		6
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.3347
		Std. Deviation	.33836
	Most Extreme Differences	Absolute	.211
		Positive	.211
		Negative	-.161
	Kolmogorov-Smirnov Z		.518
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.951
5	N		6
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.4218
		Std. Deviation	.37828
	Most Extreme Differences	Absolute	.201
		Positive	.201
		Negative	-.179
	Kolmogorov-Smirnov Z		.492
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.969
6	N		6
	Normal Parameters(a,b)	Mean	.0000
		Std. Deviation	.00000(c)
7	N		6
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.8944
		Std. Deviation	.70685
	Most Extreme Differences	Absolute	.223
		Positive	.223
		Negative	-.169
	Kolmogorov-Smirnov Z		.545
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.928

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

c The distribution has no variance for this variable. One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test cannot be performed.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

Group		Twentyfour hours	
1	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	7.4665
		Std. Deviation	.44218
	Most Extreme Differences	Absolute	.244
		Positive	.244
		Negative	-.220
	Kolmogorov-Smirnov Z		.599
Asymp. Sig. (2-tailed)		.866	
2	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	7.5537
		Std. Deviation	.22833
	Most Extreme Differences	Absolute	.238
		Positive	.199
		Negative	-.238
	Kolmogorov-Smirnov Z		.582
Asymp. Sig. (2-tailed)		.887	
3	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	6.9203
		Std. Deviation	1.25663
	Most Extreme Differences	Absolute	.372
		Positive	.217
		Negative	-.372
	Kolmogorov-Smirnov Z		.910
Asymp. Sig. (2-tailed)		.378	
4	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	7.3578
		Std. Deviation	.38202
	Most Extreme Differences	Absolute	.308
		Positive	.267
		Negative	-.308
	Kolmogorov-Smirnov Z		.754
Asymp. Sig. (2-tailed)		.620	
5	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	7.1424
		Std. Deviation	.37711
	Most Extreme Differences	Absolute	.182
		Positive	.151
		Negative	-.182
	Kolmogorov-Smirnov Z		.446
Asymp. Sig. (2-tailed)		.989	
6	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	.0000
Std. Deviation		.00000(c)	

7	N		6
	Normal Parameters(a,b)	Mean	7.1883
		Std. Deviation	.42219
	Most Extreme Differences	Absolute	.175
		Positive	.110
		Negative	-.175
	Kolmogorov-Smirnov Z		.429
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.993

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

c The distribution has no variance for this variable. One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test cannot be performed.

1.2. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และการทดสอบเชิงซิกนอนอนเฟอร์โรนินเมื่อบ่มเชื้อ 4 ชั่วโมง

Test of Homogeneity of Variances

FourHours

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.905	6	35	.502

ANOVA

FourHours

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.313	6	.719	12.272	.000
Within Groups	2.050	35	.059		
Total	6.364	41			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multiple Comparisons

Dependent Variable: FourHours

Bonferroni

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.01180	.13974	1.000	-.4695	.4459
	3	-.01180	.13974	1.000	-.4695	.4459
	4	.01115	.13974	1.000	-.4466	.4689
	5	-.01809	.13974	1.000	-.4758	.4397
	6	.92098*	.13974	.000	.4632	1.3787
	7	.19821	.13974	1.000	-.2595	.6560
2	1	.01180	.13974	1.000	-.4459	.4695
	3	.00000	.13974	1.000	-.4577	.4577
	4	.02294	.13974	1.000	-.4348	.4807
	5	-.00629	.13974	1.000	-.4640	.4515
	6	.93278*	.13974	.000	.4750	1.3905
	7	.21000	.13974	1.000	-.2477	.6677
3	1	.01180	.13974	1.000	-.4459	.4695
	2	.00000	.13974	1.000	-.4577	.4577
	4	.02294	.13974	1.000	-.4348	.4807
	5	-.00629	.13974	1.000	-.4640	.4515
	6	.93278*	.13974	.000	.4750	1.3905
	7	.21000	.13974	1.000	-.2477	.6677
4	1	-.01115	.13974	1.000	-.4689	.4466
	2	-.02294	.13974	1.000	-.4807	.4348
	3	-.02294	.13974	1.000	-.4807	.4348
	5	-.02924	.13974	1.000	-.4870	.4285
	6	.90983*	.13974	.000	.4521	1.3676
	7	.18706	.13974	1.000	-.2707	.6448
5	1	.01809	.13974	1.000	-.4397	.4758
	2	.00629	.13974	1.000	-.4515	.4640
	3	.00629	.13974	1.000	-.4515	.4640
	4	.02924	.13974	1.000	-.4285	.4870
	6	.93907*	.13974	.000	.4813	1.3968
	7	.21630	.13974	1.000	-.2414	.6740
6	1	-.92098*	.13974	.000	-1.3787	-.4632
	2	-.93278*	.13974	.000	-1.3905	-.4750
	3	-.93278*	.13974	.000	-1.3905	-.4750
	4	-.90983*	.13974	.000	-1.3676	-.4521
	5	-.93907*	.13974	.000	-1.3968	-.4813
	7	-.72277*	.13974	.000	-1.1805	-.2650
7	1	-.19821	.13974	1.000	-.6560	.2595
	2	-.21000	.13974	1.000	-.6677	.2477
	3	-.21000	.13974	1.000	-.6677	.2477
	4	-.18706	.13974	1.000	-.6448	.2707
	5	-.21630	.13974	1.000	-.6740	.2414
	6	.72277*	.13974	.000	.2650	1.1805

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

1.3. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และ การทดสอบเชิงซ้อนบนเฟอร์โรนินเมื่อบ่มเชื้อ 8 ชั่วโมง

Test of Homogeneity of Variances

Eight

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.159	6	35	.000

ANOVA

Eight

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	182.751	6	30.458	213.357	.000
Within Groups	4.997	35	.143		
Total	187.747	41			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Eight

Bonferroni

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.06122	.21814	1.000	-.6534	.7758
	3	.91703*	.21814	.004	.2024	1.6316
	4	1.12322*	.21814	.000	.4086	1.8378
	5	1.03613*	.21814	.001	.3215	1.7507
	6	6.45793*	.21814	.000	5.7433	7.1725
	7	.56352	.21814	.297	-.1511	1.2781
2	1	-.06122	.21814	1.000	-.7758	.6534
	3	.85580*	.21814	.008	.1412	1.5704
	4	1.06199*	.21814	.001	.3474	1.7766
	5	.97490*	.21814	.002	.2603	1.6895
	6	6.39670*	.21814	.000	5.6821	7.1113
	7	.50230	.21814	.575	-.2123	1.2169
3	1	-.91703*	.21814	.004	-1.6316	-.2024
	2	-.85580*	.21814	.008	-1.5704	-.1412
	4	.20619	.21814	1.000	-.5084	.9208
	5	.11910	.21814	1.000	-.5955	.8337
	6	5.54090*	.21814	.000	4.8263	6.2555
	7	-.35351	.21814	1.000	-1.0681	.3611
4	1	-1.12322*	.21814	.000	-1.8378	-.4086
	2	-1.06199*	.21814	.001	-1.7766	-.3474
	3	-.20619	.21814	1.000	-.9208	.5084
	5	-.08709	.21814	1.000	-.8017	.6275
	6	5.33471*	.21814	.000	4.6201	6.0493
	7	-.55969	.21814	.309	-1.2743	.1549
5	1	-1.03613*	.21814	.001	-1.7507	-.3215
	2	-.97490*	.21814	.002	-1.6895	-.2603
	3	-.11910	.21814	1.000	-.8337	.5955
	4	.08709	.21814	1.000	-.6275	.8017
	6	5.42180*	.21814	.000	4.7072	6.1364
	7	-.47261	.21814	.780	-1.1872	.2420
6	1	-6.45793*	.21814	.000	-7.1725	-5.7433
	2	-6.39670*	.21814	.000	-7.1113	-5.6821
	3	-5.54090*	.21814	.000	-6.2555	-4.8263
	4	-5.33471*	.21814	.000	-6.0493	-4.6201
	5	-5.42180*	.21814	.000	-6.1364	-4.7072
	7	-5.89440*	.21814	.000	-6.6090	-5.1798
7	1	-.56352	.21814	.297	-1.2781	.1511
	2	-.50230	.21814	.575	-1.2169	.2123
	3	.35351	.21814	1.000	-.3611	1.0681
	4	.55969	.21814	.309	-.1549	1.2743
	5	.47261	.21814	.780	-.2420	1.1872
	6	5.89440*	.21814	.000	5.1798	6.6090

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

1.4. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และ การทดสอบเชิงซ้อนบอนเฟอร์โรนินเมื่อบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง

Test of Homogeneity of Variances

Twentyfour

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.881	6	35	.022

ANOVA

Twentyfour

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	273.561	6	45.593	139.176	.000
Within Groups	11.466	35	.328		
Total	285.027	41			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Twentyfour

Bonferroni

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.08719	.33045	1.000	-1.1697	.9953
	3	.54619	.33045	1.000	-.5363	1.6287
	4	.10870	.33045	1.000	-.9738	1.1912
	5	.32410	.33045	1.000	-.7584	1.4066
	6	7.46652*	.33045	.000	6.3840	8.5490
	7	.27817	.33045	1.000	-.8043	1.3607
2	1	.08719	.33045	1.000	-.9953	1.1697
	3	.63337	.33045	1.000	-.4491	1.7159
	4	.19589	.33045	1.000	-.8866	1.2784
	5	.41129	.33045	1.000	-.6712	1.4938
	6	7.55370*	.33045	.000	6.4712	8.6362
	7	.36536	.33045	1.000	-.7171	1.4478
3	1	-.54619	.33045	1.000	-1.6287	.5363
	2	-.63337	.33045	1.000	-1.7159	.4491
	4	-.43748	.33045	1.000	-1.5200	.6450
	5	-.22209	.33045	1.000	-1.3046	.8604
	6	6.92033*	.33045	.000	5.8378	8.0028
	7	-.26802	.33045	1.000	-1.3505	.8145
4	1	-.10870	.33045	1.000	-1.1912	.9738
	2	-.19589	.33045	1.000	-1.2784	.8866
	3	.43748	.33045	1.000	-.6450	1.5200
	5	.21539	.33045	1.000	-.8671	1.2979
	6	7.35781*	.33045	.000	6.2753	8.4403
	7	.16947	.33045	1.000	-.9130	1.2519
5	1	-.32410	.33045	1.000	-1.4066	.7584
	2	-.41129	.33045	1.000	-1.4938	.6712
	3	.22209	.33045	1.000	-.8604	1.3046
	4	-.21539	.33045	1.000	-1.2979	.8671
	6	7.14242*	.33045	.000	6.0599	8.2249
	7	-.04593	.33045	1.000	-1.1284	1.0366
6	1	-7.46652*	.33045	.000	-8.5490	-6.3840
	2	-7.55370*	.33045	.000	-8.6362	-6.4712
	3	-6.92033*	.33045	.000	-8.0028	-5.8378
	4	-7.35781*	.33045	.000	-8.4403	-6.2753
	5	-7.14242*	.33045	.000	-8.2249	-6.0599
	7	-7.18835*	.33045	.000	-8.2708	-6.1059
7	1	-.27817	.33045	1.000	-1.3607	.8043
	2	-.36536	.33045	1.000	-1.4478	.7171
	3	.26802	.33045	1.000	-.8145	1.3505
	4	-.16947	.33045	1.000	-1.2519	.9130
	5	.04593	.33045	1.000	-1.0366	1.1284
	6	7.18835*	.33045	.000	6.1059	8.2708

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

2. การวิเคราะห์สถิติผลความหนาของแผ่นฟิล์ม

(1 = 0%PG, 2 = 4.76%PG)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

group		thickness	
1	N		5
	Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.011200
		Std. Deviation	.0044944
	Most Extreme Differences	Absolute	.288
		Positive	.288
		Negative	-.201
	Kolmogorov-Smirnov Z		.643
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.802
2	N		5
	Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.014000
		Std. Deviation	.0095917
	Most Extreme Differences	Absolute	.226
		Positive	.223
		Negative	-.226
	Kolmogorov-Smirnov Z		.505
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.960

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Group Statistics

	group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
thickness	1	5	.011200	.0044944	.0020100
	2	5	.014000	.0095917	.0042895

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
thickness	Equal variances assumed	3.277	.108	-.591	8	.571	-.0028000	.0047371	-.0137237	.0081237
	Equal variances not assumed			-.591	5.676	.577	-.0028000	.0047371	-.0145537	.0089537

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การวิเคราะห์สถิติผลความทนแรงอัด

(1 = 0%PG, 2 = 4.76%PG, 3 = 7.50%PG, 4 = 9.09%PG, 5 = 12.50%PG)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

group	load
1	5
N	
Normal Parameters ^{a,b}	
Mean	54.7100
Std. Deviation	3.78040
Most Extreme Differences	
Absolute	.387
Positive	.189
Negative	-.387
Kolmogorov-Smirnov Z	.865
Asymp. Sig. (2-tailed)	.443
2	5
N	
Normal Parameters ^{a,b}	
Mean	60.3780
Std. Deviation	9.74618
Most Extreme Differences	
Absolute	.352
Positive	.188
Negative	-.352
Kolmogorov-Smirnov Z	.787
Asymp. Sig. (2-tailed)	.566
3	5
N	
Normal Parameters ^{a,b}	
Mean	43.1600
Std. Deviation	4.10210
Most Extreme Differences	
Absolute	.262
Positive	.195
Negative	-.262
Kolmogorov-Smirnov Z	.586
Asymp. Sig. (2-tailed)	.882
4	5
N	
Normal Parameters ^{a,b}	
Mean	30.8420
Std. Deviation	2.74169
Most Extreme Differences	
Absolute	.178
Positive	.178
Negative	-.149
Kolmogorov-Smirnov Z	.399
Asymp. Sig. (2-tailed)	.997
5	5
N	
Normal Parameters ^{a,b}	
Mean	25.0980
Std. Deviation	2.45895
Most Extreme Differences	
Absolute	.321
Positive	.240
Negative	-.321
Kolmogorov-Smirnov Z	.718
Asymp. Sig. (2-tailed)	.681

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Test of Homogeneity of Variances

load

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.751	4	20	.179

ANOVA

load

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4536.556	4	1134.139	40.601	.000
Within Groups	558.680	20	27.934		
Total	5095.237	24			

4. การวิเคราะห์สถิติผลการปลดปล่อยฟลูออไรด์

(1 = 0%PG, 2 = 4.76%PG, 3 = 7.50%PG, 4 = 9.09%PG, 5 = 12.50%PG)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1. การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลในแต่ละวัน

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

group		day1	
1.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	37.1443
		Std. Deviation	2.33177
	Most Extreme Differences	Absolute	.156
		Positive	.156
		Negative	-.114
	Kolmogorov-Smirnov Z	.381	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.999		
2.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	39.5588
		Std. Deviation	2.82744
	Most Extreme Differences	Absolute	.230
		Positive	.163
		Negative	-.230
	Kolmogorov-Smirnov Z	.564	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.908		
3.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	44.2809
		Std. Deviation	3.13830
	Most Extreme Differences	Absolute	.375
		Positive	.205
		Negative	-.375
	Kolmogorov-Smirnov Z	.919	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.367		
4.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	36.1139
		Std. Deviation	2.84843
	Most Extreme Differences	Absolute	.268
		Positive	.268
		Negative	-.169
	Kolmogorov-Smirnov Z	.657	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.781		
5.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	51.6404
		Std. Deviation	.95446
	Most Extreme Differences	Absolute	.261
		Positive	.240
		Negative	-.261
	Kolmogorov-Smirnov Z	.640	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.807		

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

group		day2	
1.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	7.4490
		Std. Deviation	1.29581
	Most Extreme Differences	Absolute	.225
		Positive	.178
		Negative	-.225
	Kolmogorov-Smirnov Z	.551	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.921		
2.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	7.4490
		Std. Deviation	1.29581
	Most Extreme Differences	Absolute	.225
		Positive	.178
		Negative	-.225
	Kolmogorov-Smirnov Z	.551	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.921		
3.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	6.1270
		Std. Deviation	1.05042
	Most Extreme Differences	Absolute	.180
		Positive	.152
		Negative	-.180
	Kolmogorov-Smirnov Z	.440	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.990		
4.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	4.9022
		Std. Deviation	1.25525
	Most Extreme Differences	Absolute	.183
		Positive	.124
		Negative	-.183
	Kolmogorov-Smirnov Z	.447	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.988		
5.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.4498
		Std. Deviation	1.09004
	Most Extreme Differences	Absolute	.218
		Positive	.218
		Negative	-.178
	Kolmogorov-Smirnov Z	.534	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.938		

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

group		day4	
1.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.8058
		Std. Deviation	.73777
	Most Extreme Differences	Absolute	.265
		Positive	.265
		Negative	-.195
	Kolmogorov-Smirnov Z	.650	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.792	
2.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	3.4246
		Std. Deviation	.64514
	Most Extreme Differences	Absolute	.323
		Positive	.323
		Negative	-.197
	Kolmogorov-Smirnov Z	.791	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.558	
3.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.0207
		Std. Deviation	.47462
	Most Extreme Differences	Absolute	.280
		Positive	.280
		Negative	-.142
	Kolmogorov-Smirnov Z	.686	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.734	
4.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	5.2748
		Std. Deviation	.51317
	Most Extreme Differences	Absolute	.172
		Positive	.172
		Negative	-.157
	Kolmogorov-Smirnov Z	.422	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.994	
5.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	6.4916
		Std. Deviation	1.43463
	Most Extreme Differences	Absolute	.190
		Positive	.152
		Negative	-.190
	Kolmogorov-Smirnov Z	.464	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.982	

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

group		day6	
1.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	1.8033
		Std. Deviation	.92943
	Most Extreme Differences	Absolute	.163
		Positive	.127
		Negative	-.163
	Kolmogorov-Smirnov Z	.400	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.997		
2.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	3.3815
		Std. Deviation	.27794
	Most Extreme Differences	Absolute	.185
		Positive	.153
		Negative	-.185
	Kolmogorov-Smirnov Z	.452	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.987		
3.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	3.7089
		Std. Deviation	.45023
	Most Extreme Differences	Absolute	.244
		Positive	.190
		Negative	-.244
	Kolmogorov-Smirnov Z	.597	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.868		
4.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	4.5810
		Std. Deviation	.20708
	Most Extreme Differences	Absolute	.229
		Positive	.229
		Negative	-.197
	Kolmogorov-Smirnov Z	.562	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.910		
5.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	2.5238
		Std. Deviation	1.04628
	Most Extreme Differences	Absolute	.244
		Positive	.243
		Negative	-.244
	Kolmogorov-Smirnov Z	.597	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.869		

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

group		day8	
1.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	2.1467
		Std. Deviation	.74798
	Most Extreme Differences	Absolute	.225
		Positive	.206
		Negative	-.225
	Kolmogorov-Smirnov Z	.550	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.923		
2.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	2.2181
		Std. Deviation	.82599
	Most Extreme Differences	Absolute	.176
		Positive	.176
		Negative	-.171
	Kolmogorov-Smirnov Z	.431	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.992		
3.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	1.8914
		Std. Deviation	.56349
	Most Extreme Differences	Absolute	.360
		Positive	.254
		Negative	-.360
	Kolmogorov-Smirnov Z	.882	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.419		
4.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	2.3104
		Std. Deviation	.55640
	Most Extreme Differences	Absolute	.153
		Positive	.153
		Negative	-.141
	Kolmogorov-Smirnov Z	.374	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.999		
5.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	1.7657
		Std. Deviation	.82988
	Most Extreme Differences	Absolute	.300
		Positive	.300
		Negative	-.251
	Kolmogorov-Smirnov Z	.736	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.651		

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

group		day15	
1.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	.9569
		Std. Deviation	.48657
	Most Extreme Differences	Absolute	.245
		Positive	.245
		Negative	-.188
	Kolmogorov-Smirnov Z	.600	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.864	
2.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	1.2999
		Std. Deviation	.42066
	Most Extreme Differences	Absolute	.220
		Positive	.220
		Negative	-.124
	Kolmogorov-Smirnov Z	.538	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.934	
3.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	1.7691
		Std. Deviation	.49422
	Most Extreme Differences	Absolute	.184
		Positive	.184
		Negative	-.148
	Kolmogorov-Smirnov Z	.452	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.987	
4.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	1.8353
		Std. Deviation	.30166
	Most Extreme Differences	Absolute	.227
		Positive	.129
		Negative	-.227
	Kolmogorov-Smirnov Z	.557	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.916	
5.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	1.1048
		Std. Deviation	.48275
	Most Extreme Differences	Absolute	.381
		Positive	.214
		Negative	-.381
	Kolmogorov-Smirnov Z	.934	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.348	

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

group		day22	
1.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	.6111
		Std. Deviation	.09681
	Most Extreme Differences	Absolute	.215
		Positive	.215
		Negative	-.161
	Kolmogorov-Smirnov Z	.526	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.945	
2.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	.6347
		Std. Deviation	.08768
	Most Extreme Differences	Absolute	.223
		Positive	.223
		Negative	-.199
	Kolmogorov-Smirnov Z	.545	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.927	
3.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	.7424
		Std. Deviation	.08590
	Most Extreme Differences	Absolute	.235
		Positive	.235
		Negative	-.208
	Kolmogorov-Smirnov Z	.577	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.893	
4.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	.5192
		Std. Deviation	.20308
	Most Extreme Differences	Absolute	.295
		Positive	.223
		Negative	-.295
	Kolmogorov-Smirnov Z	.723	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.673	
5.00	N	6	
	Normal Parameters(a,b)	Mean	.9071
		Std. Deviation	.18588
	Most Extreme Differences	Absolute	.356
		Positive	.356
		Negative	-.222
	Kolmogorov-Smirnov Z	.872	
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.433	

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

4.2. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และ การทดสอบเชิงซ้อนบนเฟอร์โรไนวันที่ 1

Test of Homogeneity of Variances

day1

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.468	4	25	.242

ANOVA

day1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	972.025	4	243.006	37.611	.000
Within Groups	161.525	25	6.461		
Total	1133.550	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: day1

Bonferroni

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-2.41451	1.46754	1.000	-6.9319	2.1029
	3.00	-7.13665*	1.46754	.001	-11.6540	-2.6193
	4.00	1.03035	1.46754	1.000	-3.4870	5.5477
	5.00	-14.49608*	1.46754	.000	-19.0135	-9.9787
2.00	1.00	2.41451	1.46754	1.000	-2.1029	6.9319
	3.00	-4.72214*	1.46754	.036	-9.2395	-.2048
	4.00	3.44486	1.46754	.271	-1.0725	7.9622
	5.00	-12.08157*	1.46754	.000	-16.5989	-7.5642
3.00	1.00	7.13665*	1.46754	.001	2.6193	11.6540
	2.00	4.72214*	1.46754	.036	.2048	9.2395
	4.00	8.16700*	1.46754	.000	3.6496	12.6844
	5.00	-7.35943*	1.46754	.000	-11.8768	-2.8421
4.00	1.00	-1.03035	1.46754	1.000	-5.5477	3.4870
	2.00	-3.44486	1.46754	.271	-7.9622	1.0725
	3.00	-8.16700*	1.46754	.000	-12.6844	-3.6496
	5.00	-15.52643*	1.46754	.000	-20.0438	-11.0091
5.00	1.00	14.49608*	1.46754	.000	9.9787	19.0135
	2.00	12.08157*	1.46754	.000	7.5642	16.5989
	3.00	7.35943*	1.46754	.000	2.8421	11.8768
	4.00	15.52643*	1.46754	.000	11.0091	20.0438

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

4.2. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และ การทดสอบเชิงซ้อนบอนเฟอร์โรนินวันที่ 2

Test of Homogeneity of Variances

day2			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.025	4	25	.999

ANOVA

day2					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32.065	4	8.016	5.547	.002
Within Groups	36.127	25	1.445		
Total	68.192	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: day2

Bonferroni

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	.00000	.69405	1.000	-2.1364	2.1364
	3.00	1.32203	.69405	.684	-.8144	3.4584
	4.00	2.54684*	.69405	.012	.4104	4.6832
	5.00	1.99921	.69405	.080	-.1372	4.1356
2.00	1.00	.00000	.69405	1.000	-2.1364	2.1364
	3.00	1.32203	.69405	.684	-.8144	3.4584
	4.00	2.54684*	.69405	.012	.4104	4.6832
	5.00	1.99921	.69405	.080	-.1372	4.1356
3.00	1.00	-1.32203	.69405	.684	-3.4584	.8144
	2.00	-1.32203	.69405	.684	-3.4584	.8144
	4.00	1.22481	.69405	.898	-.9116	3.3612
	5.00	.67718	.69405	1.000	-1.4592	2.8136
4.00	1.00	-2.54684*	.69405	.012	-4.6832	-.4104
	2.00	-2.54684*	.69405	.012	-4.6832	-.4104
	3.00	-1.22481	.69405	.898	-3.3612	.9116
	5.00	-.54763	.69405	1.000	-2.6840	1.5888
5.00	1.00	-1.99921	.69405	.080	-4.1356	.1372
	2.00	-1.99921	.69405	.080	-4.1356	.1372
	3.00	-.67718	.69405	1.000	-2.8136	1.4592
	4.00	.54763	.69405	1.000	-1.5888	2.6840

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

4.2. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และ การทดสอบเชิงซ้อนบนเฟอร์โรไนวันที่ 4

Test of Homogeneity of Variances

day4

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.882	4	25	.145

ANOVA

day4

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25.663	4	6.416	8.867	.000
Within Groups	18.089	25	.724		
Total	43.752	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: day4

Bonferroni

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	2.09656*	.49111	.002	.5848	3.6083
	3.00	.78508	.49111	1.000	-.7266	2.2968
	4.00	.53102	.49111	1.000	-.9807	2.0427
	5.00	-.68583	.49111	1.000	-2.1976	.8259
2.00	1.00	-2.09656*	.49111	.002	-3.6083	-.5848
	3.00	-1.31148	.49111	.131	-2.8232	.2002
	4.00	-1.56554*	.49111	.038	-3.0773	-.0538
3.00	1.00	-.78508	.49111	1.000	-2.2968	.7266
	2.00	1.31148	.49111	.131	-.2002	2.8232
	4.00	-.25406	.49111	1.000	-1.7658	1.2577
	5.00	-1.47091	.49111	.061	-2.9826	.0408
4.00	1.00	-.53102	.49111	1.000	-2.0427	.9807
	2.00	1.56554*	.49111	.038	.0538	3.0773
	3.00	.25406	.49111	1.000	-1.2577	1.7658
	5.00	-1.21685	.49111	.203	-2.7286	.2949
5.00	1.00	.68583	.49111	1.000	-.8259	2.1976
	2.00	2.78239*	.49111	.000	1.2707	4.2941
	3.00	1.47091	.49111	.061	-.0408	2.9826
	4.00	1.21685	.49111	.203	-.2949	2.7286

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

4.2. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และการทดสอบเชิงซ้อนบอเนอร์โรนินวันที่ 6

Test of Homogeneity of Variances

day6

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
13.043	4	25	.000

ANOVA

day6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22.401	4	5.600	13.946	.000
Within Groups	10.039	25	.402		
Total	32.440	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: day6

Tamhane

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-1.23083	.33354	.090	-2.6323	.1706
	3.00	-1.55824*	.36353	.026	-2.9414	-.1751
	4.00	-2.43033*	.32484	.004	-3.8594	-1.0013
	5.00	-.37315	.52993	.999	-2.3094	1.5631
2.00	1.00	1.23083	.33354	.090	-.1706	2.6323
	3.00	-.32741	.21601	.838	-1.1407	.4859
	4.00	-1.19950*	.14150	.000	-1.7154	-.6836
	5.00	.85769	.44196	.662	-1.0902	2.8056
3.00	1.00	1.55824*	.36353	.026	.1751	2.9414
	2.00	.32741	.21601	.838	-.4859	1.1407
	4.00	-.87209*	.20232	.034	-1.6825	-.0617
	5.00	1.18509	.46501	.329	-.7037	3.0739
4.00	1.00	2.43033*	.32484	.004	1.0013	3.8594
	2.00	1.19950*	.14150	.000	.6836	1.7154
	3.00	.87209*	.20232	.034	.0617	1.6825
	5.00	2.05718*	.43543	.042	.0792	4.0352
5.00	1.00	.37315	.52993	.999	-1.5631	2.3094
	2.00	-.85769	.44196	.662	-2.8056	1.0902
	3.00	-1.18509	.46501	.329	-3.0739	.7037
	4.00	-2.05718*	.43543	.042	-4.0352	-.0792

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

4.2. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และการทดสอบเชิงซ้อนบนเฟอร์โรนินวันที่ 8

Test of Homogeneity of Variances

day8

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.833	4	25	.517

ANOVA

day8

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.260	4	.315	.616	.655
Within Groups	12.788	25	.512		
Total	14.048	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: day8

Bonferroni

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-.07139	.41292	1.000	-1.3424	1.1997
	3.00	.25532	.41292	1.000	-1.0157	1.5264
	4.00	-.16371	.41292	1.000	-1.4348	1.1073
	5.00	.38096	.41292	1.000	-.8901	1.6520
2.00	1.00	.07139	.41292	1.000	-1.1997	1.3424
	3.00	.32671	.41292	1.000	-.9443	1.5978
	4.00	-.09231	.41292	1.000	-1.3634	1.1787
	5.00	.45235	.41292	1.000	-.8187	1.7234
3.00	1.00	-.25532	.41292	1.000	-1.5264	1.0157
	2.00	-.32671	.41292	1.000	-1.5978	.9443
	4.00	-.41903	.41292	1.000	-1.6901	.8520
	5.00	.12564	.41292	1.000	-1.1454	1.3967
4.00	1.00	.16371	.41292	1.000	-1.1073	1.4348
	2.00	.09231	.41292	1.000	-1.1787	1.3634
	3.00	.41903	.41292	1.000	-.8520	1.6901
	5.00	.54466	.41292	1.000	-.7264	1.8157
5.00	1.00	-.38096	.41292	1.000	-1.6520	.8901
	2.00	-.45235	.41292	1.000	-1.7234	.8187
	3.00	-.12564	.41292	1.000	-1.3967	1.1454
	4.00	-.54466	.41292	1.000	-1.8157	.7264

4.2. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และ การทดสอบเชิงซ้อนบนเฟอร์โรไนวันที่ 15

Test of Homogeneity of Variances

day15

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.409	4	25	.800

ANOVA

day15

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.714	4	.929	4.728	.006
Within Groups	4.910	25	.196		
Total	8.624	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: day15

Bonferroni

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-.34308	.25586	1.000	-1.1307	.4445
	3.00	-.81225*	.25586	.040	-1.5998	-.0246
	4.00	-.87846*	.25586	.021	-1.6661	-.0909
	5.00	-.14797	.25586	1.000	-.9356	.6396
2.00	1.00	.34308	.25586	1.000	-.4445	1.1307
	3.00	-.46917	.25586	.786	-1.2568	.3184
	4.00	-.53538	.25586	.467	-1.3230	.2522
	5.00	.19510	.25586	1.000	-.5925	.9827
3.00	1.00	.81225*	.25586	.040	.0246	1.5998
	2.00	.46917	.25586	.786	-.3184	1.2568
	4.00	-.06621	.25586	1.000	-.8538	.7214
	5.00	.66427	.25586	.156	-.1233	1.4519
4.00	1.00	.87846*	.25586	.021	.0909	1.6661
	2.00	.53538	.25586	.467	-.2522	1.3230
	3.00	.06621	.25586	1.000	-.7214	.8538
	5.00	.73049	.25586	.085	-.0571	1.5181
5.00	1.00	.14797	.25586	1.000	-.6396	.9356
	2.00	-.19510	.25586	1.000	-.9827	.5925
	3.00	-.66427	.25586	.156	-1.4519	.1233
	4.00	-.73049	.25586	.085	-1.5181	.0571

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

4.2. การทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และ การทดสอบเชิงซ้อนบอนเฟอร์โรนินวันที่ 22

Test of Homogeneity of Variances

day22

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.729	4	25	.580

ANOVA

day22

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.529	4	.132	6.593	.001
Within Groups	.501	25	.020		
Total	1.030	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: day22

Bonferroni

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-.02365	.08174	1.000	-.2753	.2280
	3.00	-.13132	.08174	1.000	-.3829	.1203
	4.00	.09190	.08174	1.000	-.1597	.3435
	5.00	-.29607*	.08174	.013	-.5477	-.0444
2.00	1.00	.02365	.08174	1.000	-.2280	.2753
	3.00	-.10767	.08174	1.000	-.3593	.1439
	4.00	.11555	.08174	1.000	-.1361	.3672
3.00	1.00	.13132	.08174	1.000	-.1203	.3829
	2.00	.10767	.08174	1.000	-.1439	.3593
	4.00	.22322	.08174	.114	-.0284	.4748
	5.00	-.16474	.08174	.547	-.4164	.0869
4.00	1.00	-.09190	.08174	1.000	-.3435	.1597
	2.00	-.11555	.08174	1.000	-.3672	.1361
	3.00	-.22322	.08174	.114	-.4748	.0284
	5.00	-.38796*	.08174	.001	-.6396	-.1363
5.00	1.00	.29607*	.08174	.013	.0444	.5477
	2.00	.27242*	.08174	.027	.0208	.5240
	3.00	.16474	.08174	.547	-.0869	.4164
	4.00	.38796*	.08174	.001	.1363	.6396

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

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว สุธาดา ศรีอรุโณทัย เกิดวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2545 จากนั้นเข้าทำงานเป็นทันตแพทย์ประจำโรงพยาบาลบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี เป็นเวลา 1 ปี และได้โอนย้ายมาทำงานเป็นพนักงานมหาวิทยาลัย สังกัดโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2547 เป็นเวลา 1 ปี 6 เดือน จากนั้นได้ลาออกจากราชการเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 และทำงานเป็นทันตแพทย์เอกชนเป็นเวลา 6 เดือน และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย