



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)

ปริญญา

เทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของเส้นใยขัดฟันจากพอลิแลคติกแอซิดเคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งต่อ
Streptococcus mutans และ *Streptococcus sanguinis*

Effects of the Guava Leaf Extract-coated Poly(Lactic Acid) Dental Floss on
Streptococcus mutans and *Streptococcus sanguinis*

นามผู้วิจัย นางสาวกมลภัทร ดิยวงค์กุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉัตรกัญภัทร จินดา, D.Sc.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิพันธ์ แก้วสมพงษ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของเส้นใยขัดฟันจากพอลิแลคติกแอซิดเคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งต่อ
Streptococcus mutans และ *Streptococcus sanguinis*

Effect of the Guava Leaf Extract-coated Poly(Lactic Acid) Dental Floss on
Streptococcus mutans and *Streptococcus sanguinis*

โดย

นางสาวกมลภัทร ดิยวนางค์กุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กมลภัทร ดิยวณางค์กุล 2556: ผลของเส้นใยขัดฟันจากพอลิแลคติกแอซิดเคลือบสารสกัดจากใบฝรั่ง
ต่อ *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus sanguinis* ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(เทคโนโลยีชีวภาพ) สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฏภัทร จินดา, D.Sc. 87 หน้า

คราบจุลินทรีย์ ที่เกาะในซอกฟันกำจัดออกได้ยากจึงเป็นสาเหตุสำคัญของโรคฟันผุและโรคปริทันต์ การ
ใช้เส้นใยขัดฟันเป็นวิธีที่กำจัดคราบจุลินทรีย์ในซอกฟันได้ดี และยังมีประสิทธิภาพขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับสารยับยั้ง
การเกิดคราบจุลินทรีย์ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้คือ โรเซอซิน แต่มีข้อเสียคือเป็นสาเหตุทำให้ฟันมีสีเหลือง ใบฝรั่งมี
สาร quercetin มีฤทธิ์ยับยั้ง *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus sanguinis* อันเป็นแบคทีเรียที่พบมากใน
คราบจุลินทรีย์ ปัจจุบันเส้นใยขัดฟันผลิตจากไนลอนซึ่งที่ย่อยสลายได้ยาก และมักทำให้ท่อน้ำทิ้งอุดตัน ดังนั้น
การผลิตเส้นใยขัดฟันจากพลาติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ งานวิจัยนี้ได้สกัดสารสกัดจากใบฝรั่ง
(*Psidium guajava* Linn.) และศึกษาการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้งสองของสารสกัดหยาบใบฝรั่งที่ได้ จาก
การสกัดใบฝรั่งได้ผลได้ของสารสกัดหยาบ $36 \pm 1.28\%$ โดยน้ำหนักแห้ง สารสกัดหยาบใบฝรั่งความเข้มข้นตั้งแต่
62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบคือ *S. mutans* และ *S. sanguinis* และให้ผลการ
ยับยั้งไม่แตกต่างกับคลอโรเซอซินอย่างมีนัยสำคัญ ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* และ
S. sanguinis คือ 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การเคลือบเส้นใยขัดฟันที่ผลิต
จากพอลิแลคติกแอซิด (poly(lactic acid); PLA) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 มิลลิเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร
โดยการแช่ในสารสกัดใบฝรั่งเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 และ 4
นาที่ พบว่าปริมาณสารสกัดที่เคลือบบนเส้นใยขัดฟัน PLA ที่แช่ในสารสกัดใบฝรั่งนาน 2 และ 4 นาที่ ไม่แตกต่าง
ทางสถิติ เส้นใยขัดฟัน PLA ที่แช่ในสารสกัดใบฝรั่งเข้มข้น 31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีสารสกัดใบฝรั่งเคลือบบน
เส้นใยขัดฟัน PLA 0.0030 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ quercetin 0.02 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขณะที่
เส้นใยขัดฟัน PLA ที่แช่ในสารสกัดใบฝรั่งเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีสารสกัดใบฝรั่งเคลือบบนเส้นใย
ขัดฟัน 0.0069 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ quercetin 0.07 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากการทดสอบการ
ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง พบว่าเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสาร
สกัดเป็นเวลา 2 และ 4 นาที่ ให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัด
0.0069 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบได้มากกว่าเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบ
สารสกัด 0.0030 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเส้นใยขัดฟัน PLA ที่ไม่เคลือบสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญ
เส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง 0.0069 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าความทนต่อแรงดึง ค่าการ
ยืดตัวขณะขาด และ ค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 50.81 ± 1.7 จิกะปาสคาล 13.22 ± 0.5 % และ 5.68 ± 0.2 จิกะปาสคาล
ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเส้นใยขัดฟัน ดังนั้นเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งมี
ศักยภาพนำไปใช้งาน และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

Kamolpat Tiyananangkul 2013: Effect of the Guava Leaf Extract-coated Poly(Lactic Acid) Dental Floss on *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis*. Master of Science (Biotechnology), Major Field: Biotechnology, Department of Biotechnology. Thesis Advisor: Assistant Professor Nakanyapatthara Jinda, D.Sc. 87 pages.

Dental plaque in the proximal concavity is obstacle to clean. It cause dental caries and periodontal diseases. A using of dental floss is a way for dental plaque reduction and more potential of reduction when is it used with microorganism inhibitor agent such as chlorohexidine. However, disadvantage of chlorohexidine is yellow stains on teeth. Guava leaf have quercetin which inhibited *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis*. These bacterias are cause of plaque accumulation. At present, dental floss products are made from nylon which are hard to degrade and clogged drain. Therefore, dental floss produced from bioplastic that is biodegradable is interesting. This study, guava leaf (*Psidium guajava* Linn.) was extracted and the antibacterial activity of the crude extract was evaluated against to both bacterial growth. The results showed that the extraction of guava leaf was crude extract as 36±1.28% by dry weight. *S. mutans* and *S. sanguinis* were inhibited with 62 milligram per milliliter of the crude extract which was no significantly different with chlorohexidine. The minimal inhibitory concentrations (MICs) against to *S. mutans* and *S. sanguinis* of extract were 2.5 and 5 milligram per milliliter, respectively. PLA dental floss dental (0.15 millimeter DI × 30 centimeter) were immersed in 20 milliliter of 2 concentrations of guava leaf extract (31 and 62 milligram per milliliter) for 2 and 4 min. The result revealed extracts content on PLA dental floss immersed for 2 and 4 min were no significantly different. The PLA dental floss immersed in 31 milligram per milliliter of guava leaf extract, the PLA dental floss was coated by 0.0030 milligram per square centimeter of the extract and 0.02 milligram per square centimeter of the quercetin on floss while. The floss immersed in 62 milligram per milliliter of guava leaf extract was coated by 0.0069 and 0.07 milligram per square centimeter of extract and quercetin, respectively. The PLA dental floss coated with 0.0069 milligram per square centimeter of extract showed more inhibited than the PLA dental floss with coated with 0.0030 milligram per square centimeter and control (PLA dental floss without extract). The tensile strength, elongation and young's modulus of the PLA dental floss with coated with 0.0069 milligram per square centimeter of guava leaf were showed 50.81±1.7 GPa, 13.22±0.5% and 5.68±0.2 GPa, respectively. These values were allowed by standard dental floss. Therefore, the PLA dental floss coated with guava leaf extract has been potential to be antibacterial agent for dental products and been developed in further.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณกัฏภัทร จินดา ประธานกรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในด้านการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์
จนกระทั่งวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอบพระคุณ ดร.สุมัตถิกา โมรากุล ประธานการสอบ
และ ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติม ตลอดจนตรวจแก้ไข
วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และครูอาจารย์ทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน
(โรงเรียนพระยาประเสริฐสุนทราศรัย (กระจ่าง สิงหเสนี) โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ที่ได้
อบรมสั่งสอน ส่งเสริมการศึกษา และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้
ประโยชน์ต่อไป ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรทุกท่านของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะ
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในด้านต่างๆ

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบให้บิดา มารดา
ครอบครัว และครูอาจารย์ทุกท่าน ที่ให้การเลี้ยงดูอบรม และให้กำลังใจด้วยความรัก ความอบอุ่น
และส่งเสริมด้านการศึกษาเป็นอย่างดีโดยตลอด ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

กมลภัทร ติวณางค์กุล
มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	31
ผลและวิจารณ์	37
สรุป	54
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	55
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก อาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ และการเก็บรักษาจุลินทรีย์ การทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 และ <i>Streptococcus sanguinis</i> ATCC 10556 ของเส้นใยขัด ฟัน PLA ที่เคลือบด้วยสารสกัดใบฝรั่ง	64
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ	68
ภาคผนวก ค ผลวิเคราะห์ทางสถิติ	74
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารประกอบต่างๆ	8
2	ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชและสารพฤกษเคมีที่ใช้เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ในช่องปาก	11
3	แบคทีเรียที่ก่อให้เกิด plaque, dental caies, gingivitis และ periodontitis ที่พบบ่อยมาก	16
4	สมบัติเชิงกลของพอลิแลกติกแอซิดน้ำหนักโมเลกุลสูง	26
5	การยับยั้งการเจริญของ <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 และ <i>Streptococcus sanguinis</i> ATCC 10556 ของสารสกัดใบฝรั่งด้วยวิธี Disc diffusion	40
6	ผลความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่ง และระยะเวลาในการแช่ต่อปริมาณการยึดติดบนเส้นใยขัดฟัน PLA	44
7	การยับยั้งการเจริญของ <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 และ <i>Streptococcus sanguinis</i> ATCC 10556 ของเส้นใยขัดฟันที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง	45
8	ปริมาณสาร quercetin บนเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง	51
9	สมบัติเชิงกลของเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง	52
ตารางผนวกที่		
ข1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของ quercetin (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	71
ค1	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการยับยั้งการเจริญของ <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 ของสารสกัดใบฝรั่งด้วยวิธี Disc diffusion	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค2	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการยับยั้งการเจริญของ <i>Streptococcus sanguinis</i> ATCC 10556 ของสารสกัดใบฝรั่งด้วยวิธี Disc diffusion	77
ค3	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่ง และระยะเวลาในการแช่ต่อปริมาณการยึดติดบนเส้นใยขัดฟัน PLA	79
ค4	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการยับยั้งการเจริญของ <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 และ <i>Streptococcus sanguinis</i> ATCC 10556 ของเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง	81
ค5	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสาร quercetin บนเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง	83
ค6	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสมบัติเชิงกลของเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง	85

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะของผลและใบของต้นฝรั่ง	4
2 วิธีใช้เส้นใยขัดฟันด้วยวิธีพ่นน้ำ	22
3 สูตรโครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิด (PLA)	24
4 วัฏจักรของพอลิแลคติกแอซิด (PLA)	25
5 โครมาโทแกรมของสารสกัดหยาบใบฝรั่งกิมจู	37
6 การยับยั้งการเจริญของ <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 (ก) และ <i>Streptococcus sanguinis</i> ATCC 10556 (ข) ของสารสกัดใบฝรั่ง	39
7 ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ของสารสกัดใบฝรั่งที่ยับยั้งการเจริญของ <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 (ก) และ <i>Streptococcus sanguinis</i> ATCC 10556 (ข)	42
8 การยับยั้งแบคทีเรีย <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 (ก) และ <i>Streptococcus sanguinis</i> ATCC 10556 (ข) ของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบด้วยสารสกัดใบฝรั่ง	47
9 ลักษณะพื้นฐานวิทยาของเส้นใยขัดฟัน PLA ไม่ผ่านการเคลือบ (ก), เส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ข) และเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ค)	49
10 สเปกตรัม FTIR ของสารมาตรฐาน quercetin	50
11 สเปกตรัม FTIR ของสารสกัดใบฝรั่ง (ก), เส้นใยขัดฟัน PLA ธรรมดา (ข), เส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ค) และ เส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ง)	50
ข1 กราฟมาตรฐานของสาร quercetin	71
ข2 สูตรโครงสร้างของสาร quercetin	72

ผลของเส้นใยขัดฟันจากพอลิแลคติกแอซิดเคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งต่อ

Streptococcus mutans และ *Streptococcus sanguinis*

Effect of the Guava Leaf Extract-coated Poly(Lactic Acid) Dental Floss on

Streptococcus mutans and *Streptococcus sanguinis*

คำนำ

ใบฝรั่ง (*Psidium guajava* Linn leaf) จัดเป็นพืชสมุนไพรที่ถูกใช้ในการรักษาอาการต่างๆ จากตำรับยาแผนโบราณระบุว่าใบของฝรั่งมีฤทธิ์ในการช่วยดับกลิ่นปาก บำรุงเหงือกให้แข็งแรง และมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคฟันผุ (Limsong *et al.*, 2004) การศึกษาทางพฤกษเคมีของใบฝรั่ง พบสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบสำคัญได้แก่ น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 20 ซึ่งประกอบด้วยยูจีนอล (eugenol) แครีโอฟิลลีน (caryophyllene) ซีนีโอล (cineol) และ สารกลุ่มเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เช่น อัลฟาอัมยรีน (α -amyrin) และเบต้าอัมยรีน (β -amyrin) (Aumphak, 2000) สารกลุ่มเซสควิเทอร์พีน (sesquiterpene) เช่น ปากีสถาน (parkistan) เนอโรลิดอล (nerolidol) เบต้า-ไบโซโบลีน คาร์โอฟิลลีน ออกไซด์ (β -bisobolene caryophyllene oxide) และ เบต้า-คาร์โอฟิลลีน (β -caryophyllene) (Begum *et al.*, 2002; 2004) สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เช่น ควีซีทิน (quercetin) และ ไอโซควีซีทิน (isoquercetin) (Kandil, 1997; Lozoya, 1994) และสารกลุ่มแทนนิน (tannin) เช่น กวาจาบิน (guajavin) กวาบิน เอ (guavin A) กวาบิน บี (guavin B) แคทีคอล (catechol) และ ลิโมนีน (limonene) (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2544; Begum *et al.*, 2004) จากการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากใบฝรั่งที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า สารสกัดจากใบฝรั่งมีความสามารถในการต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการก่อมะเร็ง เป็นสารต้านการเกิดคราบจุลินทรีย์ ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในช่องปาก และระงับกลิ่นปากได้อีกด้วย (Razak and Rahim, 2003)

จากสมบัติของใบฝรั่ง จะเห็นว่าสารสกัดใบฝรั่งมีศักยภาพที่จะเป็นสารช่วยยับยั้งและ /หรือลดปริมาณของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดคราบจุลินทรีย์ให้ลดลงได้

คราบจุลินทรีย์ (plaque) ที่ฟันเป็นสารอินทรีย์ (organic matrix) ที่ประกอบด้วยไกลโค - โปรตีน (glycoprotein) ในน้ำลาย (saliva) พอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่อยู่นอกเซลล์ และ

จุลินทรีย์ (bacteria) ในช่องปาก ซึ่งเกาะติดที่ผิวฟัน (Wiggs and Lobprise, 1997) โดยจุลินทรีย์ที่มีส่วนในการสร้างคราบจุลินทรีย์ คือ *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus sanguinis* ซึ่งการสะสมของคราบจุลินทรีย์ เป็นต้นเหตุของการเกิดโรคในช่องปาก ดังนั้นการทำให้แบคทีเรียในช่องปากถูกยับยั้งหรือลดปริมาณลง จะช่วยควบคุมกระบวนการเกิดคราบจุลินทรีย์ได้ (Fejerskov, 1997)

การดูแลสุขภาพช่องปากที่ดีจำเป็นต้องมีการกำจัดคราบจุลินทรีย์ออกเป็นประจำ การใช้เส้นใยขัดฟันเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถกำจัดเศษอาหารและคราบจุลินทรีย์ที่ติดอยู่บริเวณเหงือก เช่นเดียวกับเศษอาหารที่ติดอยู่ระหว่างร่องฟัน ซึ่งไม่สามารถกำจัดออกได้ด้วยการแปรงฟัน แต่สามารถกำจัดออกได้ด้วยเส้นใยขัดฟัน

เส้นใยขัดฟันในปัจจุบันมักผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ไนลอน (nylon) พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (polytetrafluoroethylene, PTFE) หรือพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีนชนิดยืด (expanded polytetra-fluoroethylene, ePTFE) ซึ่งเป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีความเหนียว ยืดหยุ่น ผลิตจากวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง นำมาสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ โดยทั้งหมดไม่สามารถสลายตัวได้โดยง่ายด้วยสภาวะปกติ ทำให้เกิดปัญหาด้านการกำจัดวัสดุหลังการใช้งานแล้ว (ชาญชัย, 2554; LeGrade and Evazynajad, 2009) ดังนั้นการพัฒนาเส้นใยขัดฟันโดยการผลิตจากพอลิเมอร์ชีวภาพที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจึงได้รับความสนใจ

พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid; PLA) เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชีวภาพชนิดหนึ่งที่มีสมบัติเหมาะสมในการนำมาทดแทนพลาสติกที่ผลิตมาจากปิโตรเคมี เนื่องจากย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ ผลิตได้จากวัตถุดิบที่สร้างทดแทนใหม่ได้ และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Sebastien *et al.*, 2006) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจการผลิตเส้นใยขัดฟันด้วย PLA และเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดคราบจุลินทรีย์ ด้วยการเคลือบเส้นใยขัดฟันที่ผลิตได้ด้วยสารสกัดจากใบฝรั่ง

วัตถุประสงค์

เพื่อผลิตเส้นใยขัดฟันจากพอลิแลกติกแอซิดเคลือบสารสกัดจากใบฝรั่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดคราบจุลินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกมา และเพิ่มมูลค่าเส้นใยขัดฟัน โดยมีวัตถุประสงค์การทดลองดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาการยับยั้งแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus sanguinis* ซึ่งเป็นแบคทีเรียสำคัญในคราบจุลินทรีย์ของสารสกัดจากใบฝรั่ง
2. เพื่อศึกษากระบวนการเคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งบนเส้นใยขัดฟันที่ผลิตจากพอลิแลกติกแอซิด
3. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยขัดฟันที่ผลิตจากพอลิแลกติกแอซิดเคลือบสารสกัดจากใบฝรั่ง

การตรวจเอกสาร

1. ฝรั่ง (*Psidium guajava* Linn.)

ฝรั่ง (*Psidium guajava* Linn.) เป็นพืชที่ปลูกกันทั่วไปในประเทศไทย จัดเป็นพืชในวงศ์ Myrtaceae สกุล *Psidium* มีชื่อสามัญคือ guava และ common guava (ซิดพงษ์, 2544) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Psidium guajava* Linn. (Nakasone and Paull, 1998) มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามภูมิภาค ได้แก่ มะมัน มะก้วยกา มะก้วย (ภาคเหนือ) บักสีดา (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) ย่าหมุ ยะหมุ ยามู (ภาคใต้) ฝรั่งเป็นพืชที่มีลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดกลางสูงประมาณ 3-5 เมตร แตกกิ่งก้านสาขามากมาย ใบเป็นใบเดี่ยว หนาและแข็ง จัดเรียงตัวแบบตรงข้าม ใบเป็นรูปวงรี ขอบขนาน มีความกว้างประมาณ 3-8 เซนติเมตร ยาว 6-14 เซนติเมตร เส้นใบเป็นร่างแหชัดเจน ผิวใบมีสีเขียวอมเทา ดอกเป็นดอกเดี่ยวหรือดอกช่อที่มีดอก 2-3 ดอก ออกที่ซอกใบ กลีบดอกสีขาว ร่วงง่าย เกสรตัวผู้จำนวนมาก รังไข่อยู่ต่ำกว่าส่วนอื่นของดอก (inferior ovary) ผลเป็นผลดิบสีเขียว และแข็ง รสฝาด ผลสุกมีสีเขียวอ่อนปนเหลือง นิ่ม มีกลิ่นเฉพาะ มีเมล็ดมาก เมล็ดเป็นสีน้ำตาล แข็ง ฝังอยู่ตรงกลางของเนื้อผลที่มีสีขาว ฝรั่งขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ด ฝรั่งมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันไป เป็นผลไม้ที่นิยมรับประทานกันโดยทั่วไป (ภาพที่ 1) (พร้อมจิต, 2532)



ภาพที่ 1 ลักษณะของผลและใบของต้นฝรั่ง

ที่มา: สวนลุงเสถียร วันที่ 15 สิงหาคม 2555

1.1 การปลูกและการเก็บเกี่ยว

ฝรั่งเป็นไม้พุ่มเมืองเขตร้อน สามารถเติบโตในดินได้ทุกชนิดและไม่จำกัดพื้นที่การปลูก อุณหภูมิที่เหมาะสมตั้งแต่เริ่มการปลูก คือ 15-28 องศาเซลเซียส (จารุพันธ์ และคณะ, 2543) จะเริ่มให้ผลผลิตเมื่อปลูกได้ประมาณ 1 ปี เริ่มออกดอกและเก็บเกี่ยวฝรั่งในช่วงที่ใบสมบูรณ์ ใบไม้แก่หรืออ่อนเกินไป ผลยังอ่อนและผลแก่แต่ยังไม่สุก ควรเก็บรักษาผลฝรั่งที่อุณหภูมิ 9-10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% ภายใต้สภาวะนี้เก็บผลฝรั่งได้นานถึง 3 สัปดาห์ ฝรั่งให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี แต่ฤดูกาลที่ฝรั่งออกผลให้เก็บเกี่ยวได้มากที่สุด คือ เดือนมีนาคม-เดือนพฤษภาคม มีการผสมฝรั่งพันธุ์ใหม่ตามสภาวะแวดล้อม การขยายพันธุ์นิยมใช้วิธีทาบกิ่งและตอนกิ่ง (สมพร, 2551; Chutipat, 2008)

1.2 องค์ประกอบทางเคมีในใบฝรั่ง

การศึกษาทางพฤกษเคมีของใบฝรั่ง พบสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ แอลฟา-ไพนีน (α -pinene) เบต้า-ไพนีน (β -pinene) ลิโมนีน (limonene) เมนทอล (menthol) เทอพีนิลอะซิเตต (terpenyl acetate) ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol) ลองจิสไคลน (longicyclene) คาร์โยฟิลลิน (caryophyllene) เบต้า-ไบซาโบลีน (β -bisabolene) ไคนีออล (cineol) คาร์โยฟิลลินออกไซด์ (caryophyllene oxide) เบต้า-โคพานีน (β -copanene) ฟานีซีน (farnesene) ฮูมูลิน (humulene) ซีลินีน (selinene) คาร์ดินีน (cardinene) และเคอร์คูมิน (curcumene) (Li *et al.*, 1999; Zakaria, 1994)

ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และซาโปนิน (saponins) ที่แยกได้จากใบฝรั่งประกอบด้วย กรดโอลีเอโนอิก (oleanolic acid) (Arima and Danno, 2002) จากการจำแนกชนิดพบ นิโรลิไดออล (Nerolidiol) เบต้า-ซิโตสเตอรอล (β -sitosterol) กรดเออร์โซลิก (ursolic acid) กรดคลาทีโกลิก (cratogenic acid) และกรดกัวยาโวลิก (guayavolic acid) (Iwu, 1993) นอกจากนี้ใบยังประกอบด้วย กรดไตรเตอเพนิก (triterpenic acid) ซึ่งเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยเฉพาะอะวิคูลาริน (avicularin) และ 3-1-4-ไพราโนไซด์ (3-L-4-pyranoside) ที่มีสมบัติยับยั้งแบคทีเรียได้ดี (Kamath *et al.*, 2008)

ใบฝรั่งมีน้ำมัน 6% เรซิน 3.15% แทนนิน 8.5% และสารอื่น ๆ เช่น ไขมัน เซลลูโลส คลอโรฟิลล์ และแร่ธาตุต่าง ๆ (Nadkarni, 1999)

Begum *et al.* (2002) ได้จำแนกสารจากใบฝรั่งพบ กรดกัววาโนอิก (guavanoic acid) กรดกัววาโคยูมาริก (guavacoumaric acid) 2-แอลฟา-ไฮดรอกซียูริโซลิก (2 α -hydroxyursolic acid) กรดจาคูยูมาริก (jacoumaric acid) กรดไอโซนิริโคยูมาริก (isoneriucoumaric acid) กรดอะซิเอติก (asiatic acid) กรดอิลิเลติฟอล-ดี (ilelatifol D) และเบต้า-ซีโตสเตอรอล-3-O-เบต้า-ดี กลูโคไพราโนไซด์ (β -sittosterol-3-*o*- β -D-glucopyranoside)

ใบแก่จะสะสมสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่ความเข้มข้นสูงสุด โดยจะพบในช่วงเดือนกรกฎาคม ได้แก่ ไมริซิติน (myricetin) (208.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เควอซีทิน (quercetin) (2883.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ลูทีโอลิน (luteolin) (51.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และเคมพีรอล (kaempferol) (97.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Vargas *et al.*, 2006) ไตรเทอร์พีนอยด์ (triterpenoids) ที่พบมี 2 ชนิดคือ 2 β -acetoxy-2 α ,3 β -dihydroxyurs-12-en-28-oic acid (guavanoic acid; กรดกัววาโนอิก) และ 2 α ,3 β -dihydroxy-24-*p*-z-coumaroyloxyurs-12-en-28-oic acid (กรดกัววาโคยูมาริก) อีกทั้งยังพบสารประกอบอีก 6 ชนิดคือ กรด 2-แอลฟา-ไฮดรอกซียูริโซลิก (2 α -hydroxyursolic acid) กรดจาคูยูมาริก กรดไอโซนิริโคยูมาริก (isoneriucoumaric acid) กรดอะซิเอติก (asiatic acid) กรดอิลิเลติฟอล-ดี (ilelatifol D) และเบต้า-ซีโตสเตอรอล-3-O-เบต้า-ดี กลูโคไพราโนไซด์ ซึ่งสารประกอบดังกล่าวแยกได้จากส่วนใบของฝรั่ง ในขณะที่ใบฝรั่งสดจะพบสารกัววาโวลิด (2 α ,3 β -6 β -,23-tetrahydroxyurs-12-en-28,20 β -olide) และกรดกัววาโนอิก (Gutierrez *et al.*, 2008)

1.3 สรรพคุณและการใช้ประโยชน์ของใบฝรั่ง

ใบฝรั่งมีสรรพคุณเป็นสมุนไพรรักษาโรค ใช้รักษาอาการท้องเสีย ท้องเดินชนิดไม่รุนแรง และไม่ได้เกิดจากการติดเชื้อ โดยนำใบที่ไม่อ่อนเกินไป 10-12 ใบล้างน้ำให้สะอาด ตากแห้งหรือย่างไฟพอเหลืองตัดกับน้ำ 2 แก้ว ต้มเดือด 5-10 นาที ใช้ดื่มครั้งละ ครั้งแก้วถึงหนึ่งแก้ว หรือใช้ผลอ่อน ฝนกับน้ำปูนใส รับประทานเมื่อมีอาการท้องเสีย และใช้ระงับกลิ่นปาก โดยใช้ใบสด 2-3 ใบ ล้างให้สะอาด นำมาเคี้ยวแล้วอมไว้ประมาณ 5 นาที นอกจากนี้ยังสามารถใช้ระงับกลิ่นในผู้เฒ่าผู้แก่กับข้าว โดยนำใบสด 10 ใบ ขยี้ บดให้เข้า และวางไว้ในตู้ (ชิดพงษ์, 2544; พร้อมจิต, 2532)

1.4 การสกัดสารสำคัญจากใบฝรั่ง

การสกัดสารสำคัญจากพืชทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่สกัด สมบัติของสารในการทนต่อความร้อน ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ ตัวทำละลายที่เหมาะสมควรเป็น

ตัวทำละลายที่ละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดีพอ ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด ไม่เป็นพิษ และราคาไม่แพง

ตัวทำละลายจัดเรียงตามลำดับความมีขั้วจากน้อยไปหามากได้ ดังนี้ ไซโคลเฮกเซน (cyclohexane) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (carbon tetrachloride) เบนซีน (benzene) อีเธอร์ (ether) คลอโรฟอร์ม (chloroform) อะซิโตน (acetone) เอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) เอทานอล (ethanol) เมทานอล (methanol) น้ำ กรดและด่าง ตัวทำละลายที่ใช้มากได้แก่ คลอโรฟอร์ม อีเธอร์ เฮกเซน และแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ที่ใช้มากคือ เมทานอล และเอทานอล เนื่องจากมีความสามารถในการละลายกว้างมากและยังใช้ทำละลายเอนไซม์ในพืชด้วย (วันดี, 2539) นอกจากนี้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน มีความสามารถในการสกัดสารออกมาได้เหมือนหรือแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 1

การสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรด้วยตัวทำละลาย สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1. Maceration เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมกับสารในพืชสมุนไพร แล้วนำสมุนไพรไปแช่ในภาชนะที่ปิด เขย่า และแช่ไว้อย่างน้อย 2-7 วัน จากนั้นกรองเอาสารสกัดออกจากกากสมุนไพรให้ได้มากที่สุด นำสารสกัดที่ได้มาระเหยตัวทำละลายออก แล้วจึงนำสารสกัดที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อวิธีนี้มีข้อดีคือ สารสกัดจะไม่ถูกความร้อนทำให้โอกาสในการสลายตัวของสารสกัดลดลง ข้อเสียของวิธีนี้คือจะสิ้นเปลืองตัวทำละลายมาก
2. Percolation เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร โดยการปล่อยให้ตัวทำละลายไหลผ่านผงสมุนไพรอย่างช้าๆ พร้อมกับละลายสารสำคัญออกจากสมุนไพรออกมา และเติมตัวทำละลายใหม่เข้าแทนที่ตลอดเวลา สังเกตสีของสารสำคัญที่ไหลออกมา ถ้าสารสำคัญหมดจะมีสีซีดจาง

ตารางที่ 1 ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารประกอบต่างๆ

Water	Ethanol	Methanol	Chloroform	Dichloromethanol	Ether	Acetone
Anthocyanis	Tannins	Terpenoids	Terpenoids	Terpenoids	Alkaloids	Flavonoids
Starchs	Polyphenols	Saponins	Flavonoids		Terpenoids	
Tannins	Polyacetylenes	Tannins			Coumarins	
Saponins	Flavonoids	Polyphenols			Fatty acids	
Terpenoids	Terpenoids	Xanthoxylin				
Polypeptides	Sterols	Totarol				
Lectins	Alkalioids	Quassinioids				
	Propolis	Lactones				
		Flavononoids				
		Phenones				

ที่มา: Cowan (1999)

3. Soxhlet extraction เป็นวิธีที่ใช้ความร้อนในการสกัดและต้องอาศัยการควบแน่นเข้าช่วย เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง จึงไม่เหมาะกับการสกัดสารจากพืชสมุนไพรที่มีสารที่ระเหยง่ายเป็นองค์ประกอบ วิธีการสกัดแบบต่อเนื่องนี้เหมาะสำหรับการสกัดสารองค์ประกอบที่ทนต่อความร้อน และใช้ตัวทำละลายน้อยไม่สิ้นเปลือง

Okeke *et al.* (2001) พบว่าการใช้เอทานอล น้ำเย็นและน้ำร้อน เป็นตัวทำละลายในการสกัดสารต้านจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในราก *Landolphia owerrience* พบว่าสารประกอบที่ถูกสกัดออกมาเป็นสารชนิดเดียวกัน แต่ปริมาณความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในตัวทำละลายแต่ละชนิดและแต่ละส่วนของพืช ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์แตกต่างกันเนื่องจากสารประกอบต่างๆ จากพืช เช่น อัลคาลอยด์ แทนนิน ซาโปนิน สเตียรอยด์ (steroidal) ไกลโคเจน (glycogen) คาร์ดิแอค (cardiac) และไซนาไกลิไซด์ (cynagenetic glycosides) มีความสัมพันธ์กันในการยับยั้งจุลินทรีย์

อภิราม และ มณฑล (2545) ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญและทำลาย *Candida albicans* และ *Cryptococcus neoformans* ของสารสกัดน้ำหรือเอทานอลของสมุนไพร 5 ชนิด ได้แก่ ข่าเล็ก กระชาย ใบฝรั่ง บัวบก และกล้วยน้ำว้าดิบ ด้วยวิธี Broth microdilution method พบว่าสารสกัดสมุนไพรทุกชนิดที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญและทำลายจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ได้ดีกว่าสารสกัดสมุนไพรที่สกัดด้วยน้ำ

เพชรรัตน์ และคณะ (2535) ได้ศึกษาผลของสารสกัดใบฝรั่งและโพธิ์ต่อแบคทีเรียในช่องปาก โดยใช้ *Streptococcus mutans* *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* และ *Porphyromonas gingivalis* พบว่าสารสกัดจากน้ำของใบฝรั่งไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบ ในขณะที่สารสกัดเฮกเซนของใบฝรั่งสามารถยับยั้งการเจริญ *S. mutans* และ *P. gingivalis* ที่ดีที่สุดคือสารสกัดจากเมทิลีนคลอไรด์ และเอทานอลของใบฝรั่ง ที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้งสามชนิด สรุปว่าสารสกัดจากใบฝรั่งในเมทิลีนคลอไรด์ และเอทานอลน่าจะมีศักยภาพในการป้องกันโรคในช่องปากได้

Jaiarj *et al.* (1999) พบว่าสารสกัดน้ำ สารสกัดเอทานอล และสารสกัดคลอโรฟอร์มของใบฝรั่งมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Streptococcus agalactiae*

1.4.1 สารสำคัญในพืชที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์

พืชเกือบทั้งหมดมีความสามารถจำกัดในการผลิตสารอะโรมาติก (aromatic) และสารอะโรมาติกที่พืชผลิตขึ้นทั้งหมดเป็น ฟีนอล (phenol) หรือ ออกซิเจนซับสติติฟ เดอริเวทีฟ (oxygen-substituted derivatives) ซึ่งพบสารทุติยภูมิมากถึง 12,000 ชนิด โดยพืชสร้างสารดังกล่าวเพื่อกลไกในการป้องกันตัวเองจากการทำลายของจุลินทรีย์ แมลง และพวกสัตว์กินพืช กลุ่มสารสำคัญในพืชที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ฟีนอลิก (phenolic) และพอลิฟีนอล (simple-phenolics) กรดฟีนอลิก (phenolic acid) ควิโนน (quinones) ฟลาโวน ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ฟลาโวนอล (flavonols) แทนนิน คูมาริน (coumarins) อัลคาลอยด์ เลคติน (lectins) และพอลิเปปไทด์ (polypeptides) ความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสำคัญแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน (วันดี, 2539)

Cos *et al.* (2006) ได้อธิบายเกณฑ์ที่จำกัดในการประเมินประสิทธิภาพการยับยั้งการอักเสบ ของผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ พบว่าควรมีระดับ Minimum Inhibitory Concentration (MIC) ของสารสกัดน้อยกว่า 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ ในหลาย ๆ งานวิจัยจะมีการเปรียบเทียบถึงความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดกับสารที่ใช้ในด้านทันตกรรม เช่น คลอเฮกซิดีน (chlorhexidine) และ ไตรโคลแซน (triclosan) เพื่อตรวจหาประสิทธิภาพของสารสกัด โดย MIC ของ chlorhexidine คือประมาณ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ MIC ของ triclosan มีค่า 0.1-20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากเกณฑ์ด้านล่างสารสกัดมีค่า MIC น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสารพฤษเคมีที่แยกได้มีค่า MIC น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งอาจมีประโยชน์ต่อการใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยับยั้งการติดเชื้อในช่องปาก ค่า MIC เหล่านี้แสดงในตารางที่ 2 และมีการใช้งานเฉพาะเพื่อป้องกันและรักษาอาการติดเชื้อในปาก เช่น สมบัติการยับยั้งแบคทีเรียหรือสมบัติยับยั้งการก่อคราบจุลินทรีย์ ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช และสารพฤษเคมีที่ใช้เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ในช่องปาก

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชและสารพฤกษเคมีที่ใช้เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ในช่องปาก

Extract (solvent)	MIC ^a	Phytochemical (class)	MIC ^a
Propolis (ethanol)	2.0-64.0	Macrocarpals A,B,C (terpenes)	0.5-1.0
<i>Mikania laevigata</i> (ethanol)	12.5-100.0	Bakuchiol (terpene)	1.0-4.0
<i>Mikania glomerata</i> (ethanol)	12.5-100.0	Erycristagallin (flavonoid)	1.6-6.3
<i>Drosera peltata</i> (chloroform)	15.6-31.3	Beta acid	2.0
<i>Helichrysum italicum</i> (ethanol)	31.3-62.5	Xanthorrhizol (terpenes)	2.0-4.0
<i>Coptidis rhizoma</i> (water)	31.0-250.0	Artocarpin (flavonoid)	3.1-12.5
<i>Piper cubeba</i> (aqueous ethanol)	90.0-200.0	Artocarpesin (flavonoid)	3.1-12.5
		Macelignan (flavonoid)	3.9
		Catechol (phenolic)	6.5
		Kuwanon G (flavonoid)	8.0
		Xanthohumol (flavonoid)	12.5
		Tetra iso-apha acid	12.5
		Berberine (alkaloid)	13.0-20.0
		Compound 2 ^b (terpene)	15.6
		Chlorhexidine ^c	1.0
		Triclosan ^c	0.1-20.0

หมายเหตุ ^aMinimum inhibitory concentration (MIC) (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร¹); ^b18- β -d-3',6'-diacetoxyglucopyranosyl-*ent*-kaur-16-ene; ^cค่า MIC ของ chlorhexidine และ triclosan

ที่มา: ดัดแปลงจาก Palombo (2011)

Razak *et al.* (2006) รายงานประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดคราบจุลินทรีย์ของฟลาโวนอยด์ในใบฝรั่ง โดยศึกษาการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียหลายชนิดที่พบในช่องปาก ได้แก่ *S. mutans*, *S. sanguinis* และ *Actinomyces* sp. พบว่าสารออกฤทธิ์ของสารสกัดเมทานอลจากใบฝรั่งที่ได้คือ quercetin-3-O- α -L-arabinopyranoside หรือ guajaverin ซึ่งมีค่า MIC เท่ากับ 2-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และพบว่าที่ความเข้มข้นระดับ MIC ของ guajaverin สามารถยับยั้งการผลิตกรดของแบคทีเรียได้

Prabu (2006) พบว่า guajaverin ซึ่งเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ ในใบฝรั่งมีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดคราบจุลินทรีย์ เนื่องจากสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างคราบจุลินทรีย์ได้ (plaque-forming bacterium)

Sacchetti *et al.* (2005) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบฝรั่งมีฤทธิ์ต้านยีสต์หลายชนิด เช่น *Candida albicans*, *Rhodotorula glutinis* และ *Saccharomyces cerevisiae* โดยมีค่า MIC เท่ากับ 0.14, 0.09 และ 0.09 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

Razak *et al.* (2003) ศึกษาผลของสารสกัดจากใบพลูและใบฝรั่งต่อการฟอรัมตัวของคราบจุลินทรีย์ในช่องปาก ที่ทดสอบบนผิวแก้วที่เคลือบด้วยน้ำลาย พบว่าสารสกัดจากใบฝรั่ง สามารถยับยั้งการเข้าเกาะของ *S. sanguinis* 5.5% และ *Actinomyces* sp. 10% ได้ดีกว่าสายพันธุ์อื่นเพียงเล็กน้อย โดยสมบัติความไม่ชอบน้ำของแบคทีเรียถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเข้าเกาะของแบคทีเรียในช่องปาก ดังนั้น สารสกัดจากพืชที่สามารถยับยั้งกิจกรรมการเข้าเกาะของแบคทีเรียมีผลต่อพันธะที่ไม่ชอบน้ำระหว่างแบคทีเรียกับผิวแก้วที่เคลือบด้วยน้ำลาย

Razak (2003) พบว่าสารสกัดน้ำของใบฝรั่งที่เพาะปลูกในประเทศมาเลเซียสามารถลดสมบัติไม่ชอบน้ำของแบคทีเรีย ลดการยึดเกาะของแบคทีเรีย *S. mitis*, *S. sanguinis* และ *Actinomyces* sp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียบุกเบิกในการเกิดแผ่นคราบจุลินทรีย์บนผิวแก้วเคลือบน้ำลาย แบคทีเรียทั้งสามสายพันธุ์เป็นแบคทีเรียที่ผนังเซลล์มีสมบัติไม่ชอบน้ำมาก (strong hydrophobicity) และจากสมบัติความไม่ชอบน้ำ จึงเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในกลไกการยึดเกาะ

Adblrahim (2002) พบว่าสารสกัดจากใบฝรั่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ *Neisseria* spp., *Staphylococcus* spp. และ *Streptococcus viridians* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแบคทีเรียดังกล่าวเป็นแบคทีเรียทั่วไปที่พบได้ในช่องปาก

Arima *et al.* (2002) ได้ทำการสกัด และแยกสารบริสุทธิ์ของใบฝรั่ง พบสารฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ (flavonoid glycoside) 2 ชนิดคือ morin-3-O- β -L-lyxopyranorel และ morin-3-O- β -L-arabopyranoside สารทั้งสองชนิดมีฤทธิ์เป็นสารต้านจุลินทรีย์ (antibacterial compounds) โดยสารทั้ง 2 ชนิดนี้มีค่า MIC ต่อเชื้อ *Salmonella enteritidis* เท่ากับ 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เท่ากัน และมีค่า MIC ของใบฝรั่งต่อเชื้อ *Bacillus cereus* มีค่า 250 และ 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

Dutta *et al.* (2000) พบว่าสารสกัดเอทานอลของใบฝรั่งสามารถฆ่าเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคผิวหนังได้หลายชนิด ได้แก่ *Trichophyton tonsure*, *Trichophyton rubrum*, *Trichosporon beigelii*, *Microsporium fulvum*, *M. gypseum* และมีฤทธิ์ยับยั้ง *Candida albicans*

เพชรรัตน์ และคณะ (2536) รายงานว่าสารสกัดจากใบฝรั่ง สามารถยับยั้งการเจริญ *S. mutans*, *Bacteroides gingivalis* และ *Actinobacillus actinomycetemcomitans* ได้ และจากการทดลองใช้น้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดจากใบฝรั่งในมนุษย์ พบว่า สามารถลดการอักเสบของเหงือก การเกิดคราบจุลินทรีย์ และบริเวณที่มีความรุนแรงของโรคได้

Mishra and Misra (1981) ได้รายงานว่แทนนินเป็นสารออกฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ เนื่องจากสามารถจับกับโปรตีนและยับยั้งปฏิกิริยาหลายชนิดทำให้โปรตีนตกตะกอน นอกจากนี้แทนนินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านออกซิเดชัน ลดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ช่วยลดระดับแคลเซียมระหว่างเซลล์ และทำให้กล้ามเนื้อคลายตัว (Tona *et al.*, 1999)

2. คราบจุลินทรีย์ในช่องปาก (Dental plaque)

2.1 จุลินทรีย์ในช่องปาก และคราบจุลินทรีย์

คราบจุลินทรีย์ หมายถึง แผ่นคราบที่มีจุลินทรีย์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ จุลินทรีย์รวมกันอยู่ในรูปของไบโอฟิล์ม (biofilm) มีลักษณะนุ่ม หนืด สะสมอยู่บนตัวฟันหรือพื้นผิวของวัสดุที่มีความแข็ง (hard surface) ในช่องปาก สามารถจำแนกได้กว้างๆ โดยอาศัยตำแหน่งของเหงือกเป็นตัวกำหนด ได้แก่ คราบจุลินทรีย์เหนือเหงือก (Supragingival plaque) พบได้ในตำแหน่งเหนือเหงือก และ คราบจุลินทรีย์ใต้เหงือก (Subgingival plaque) พบในตำแหน่งขอบเหงือก โดยจะอยู่ระหว่างฟัน หรือผิวรากฟันกับ gingival sulcular tissue (Carranza's, 2006; Rose *et al.*, 2004)

ส่วนประกอบของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่พบได้ตามปกติในช่องปากขึ้นกับลักษณะสภาพแวดล้อมและคุณสมบัติภายในปาก จุลินทรีย์ในคราบจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียที่สำคัญได้แก่ สเตรปโตคอคคัส (*Streptococcus*) แอคติโนมัยซิส (*Actinomyces*) ในเซอเรีย (*Neisseria*) และแบคทีเรีย (Bacteroids) แต่ละกลุ่มมีหลายสายพันธุ์ คราบจุลินทรีย์ประกอบด้วยแบคทีเรียประมาณ 70-80% (พวงเพชร, 2536)

คราบจุลินทรีย์เริ่มจากการเกิดเพลลิเคิล (*pellicle formation*) เริ่มภายหลังทำความสะอาดฟัน 2-3 นาที เมื่อผิวฟันสัมผัสน้ำลายซึ่งมีสารไกลโคโปรตีน พอลิเปปไทด์ (*polypeptides*) และไขมันจะถูกฟันดูดซับ เพลลิเคิล มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ขนาด 0.1-0.8 มิลลิเมตร ซึ่งจะพบมากที่สุดที่ขอบเหงือก ส่วนการสร้างแผ่นคราบจุลินทรีย์เริ่มแรกจะมีการเกาะติดของจุลินทรีย์แกรมบวกที่เพลลิเคิลที่อยู่บนผิวฟันก่อนพัฒนาเป็นแผ่นคราบจุลินทรีย์ เกิดปฏิกิริยาการรวมตัวทำให้เกิดคราบจุลินทรีย์ (กาญจนา, 2547) แบคทีเรียที่พบมากที่สุดในการคราบจุลินทรีย์คือ กลุ่ม *Streptococcus* ได้แก่ *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus sanguinis* สามารถผลิตกรดในคราบจุลินทรีย์ได้ และเป็นตัวที่ทำให้เกิดโรคช่องปากที่สำคัญ ซึ่งสัดส่วนของแบคทีเรียในคราบจุลินทรีย์จะแตกต่างกัน ตามความเก่าของคราบจุลินทรีย์ และตำแหน่งที่คราบจุลินทรีย์เติบโต (กรณีช และ ชัชวาล, 2549)

Streptococcus ที่พบในช่องปากเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ชนิด *Facultative anaerobe* เซลล์รูปร่างทรงกลมหรือรูปไข่ อยู่กันเป็นคู่ หรือต่อกันเป็นลูกโซ่ บางชนิดอาจอยู่กันแบบ 4 เซลล์เรียงซ้อนกันเป็นคู่ ส่วนใหญ่ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างเอนโดสปอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 ไมโครเมตร เป็น *chemoorganotroph* มีเมตาโบลิซึมเป็นแบบ *fermentation* ผลลัพธ์จากกระบวนการ *fermentation* สารพวกคาร์โบไฮเดรต จะได้กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ (Hamada, 1980)

คราบจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคฟันผุและโรคปริทันต์ เมื่อรับประทานอาหาร คราบจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลจากอาหารสร้างกรดและสารพิษ กรดที่คราบจุลินทรีย์สร้างขึ้นจะทำลายสารเคลือบฟัน ทำให้ฟันผุ และสารพิษจะทำให้เหงือกอักเสบ เป็นสาเหตุของโรคปริทันต์ ถ้าไม่กำจัดคราบจุลินทรีย์โดยการทำความสะอาดฟัน และเหงือกอย่างดีทุกวัน คราบจุลินทรีย์บนตัวฟันจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้เคลือบฟันตกตะกอน และแข็งตัว เรียกว่า หินน้ำลาย (*calculus*) (ประจันต์, 2555)

ตารางที่ 3 แบคทีเรียที่ก่อให้เกิด plaque, dental caies, gingivitis และ periodontitis ที่พบบ่อย

Bacterium	Plaque	Dental caies	Gingivitis	Periodontitis
<i>Streptococcus sanguinis</i>	++	++	++	+
<i>S. mutans</i>	++	++	0	0
<i>S. salivarius</i>	0	0	0	0
<i>Actinomyces viscosus</i>	+	+	++	+
<i>A. israelii</i>	+	+	++	++
<i>Lactobacillus sp.</i>	+	+	0	0
<i>Propionibacterium acnes</i>	0	+	+	++
<i>Bacteroides sp.</i>	0	0	+	++
<i>Selenomonas sputagena</i>	0	0	+	++
<i>Large spirochetes</i>	0	0	0	++

หมายเหตุ ++ = Frequently encountered in high proportions

+ = Frequently encountered in low to moderate proportions

0 = Sometimes encountered in low proportions or not detectable

ที่มา: Todar (2002)

2.4.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดคราบจุลินทรีย์

ปัจจัยที่ทำให้คราบจุลินทรีย์เกิดการสะสมได้มากน้อยบนตำแหน่งของซี่ฟันต่าง ๆ นั้น ประกอบด้วยลักษณะของการจัดเรียงตัวของฟันบนขากรรไกร ระยะห่างจากรูเปิดของต่อมน้ำลาย ลักษณะของผิวฟัน และลักษณะทางกายวิภาคของฟัน (คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2011) ดังนั้น การกำจัดหรือการควบคุม ไม่ให้เกิดแผ่นคราบจุลินทรีย์ จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด

2.4.3 การกำจัดคราบจุลินทรีย์

การกำจัดคราบจุลินทรีย์แบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ การกำจัดโดยทางกายภาพ การกำจัดโดยใช้สารเคมี และการกำจัดโดยใช้ยาต้านจุลินทรีย์ (พวงเพชร, 2536)

(1) การกำจัดโดยทางกายภาพ (mechanical means) เป็นวิธีที่ดีที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ การบ้วนปากด้วยน้ำ การแปรงฟัน (toothbrushing) การใช้เครื่องฉีดน้ำ (water jet device) การใช้ไหมจุ่มฟัน และ เส้นใยขัดฟัน (toothpick and dental floss) การขูดหินน้ำลาย (dental prophylaxis) การขัดฟัน (polishing)

(2) การกำจัดโดยใช้สารเคมี การเลือกสารเคมีควรเป็นสารที่ไม่ระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในปาก และไม่เป็นอันตรายต่อฟัน สารเคมีส่วนมากที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ ยาระงับเชื้อและยาต้านเชื้อ (antiseptics and disinfectants) สารเคมีที่ขอมรับและใช้กันมากคือ คลอเฮกซิดีน (chlorhexidine) ฟีนอล (phenol) สารลดความตึงผิว ประเภท quaternary ammonium compound เป็นต้น การเตรียมเคมีเพื่อใช้ในการลดคราบจุลินทรีย์ผลิตได้หลายรูปแบบ เช่น ยาบ้วนปาก (mouthwash) ยาสีฟัน (toothwash) และยาทาเฉพาะที่ (topical agents) ซึ่งอาจเป็นน้ำ เจล หรือครีม (paste)

(3) การกำจัดโดยใช้ยาต้านจุลินทรีย์ (antimicrobials) วิธีนี้มีข้อจำกัดในการใช้ โดยการใช้อย่างต้านจุลินทรีย์ช่วยยับยั้งหรือทำลายแบคทีเรีย แต่ไม่ได้เป็นการกำจัดคราบจุลินทรีย์ที่มีอยู่ให้ออกไป อย่างไรก็ตาม โรคฟันผุและโรคเหงือกเป็นโรคที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ทำให้ต้องใช้ยาติดต่อกันเป็นเวลานาน แบคทีเรียอาจคือยา และเป็นการกระตุ้นให้สร้างสารต้านภูมิคุ้มกัน (antibodies) ส่งผลให้เกิดอาการแพ้ยาได้ในเวลาต่อมา ยาต้านจุลินทรีย์เฉพาะที่ได้แก่ สไปรามัยซิน (spiramycin) คานามัยซิน (kanamycin) แวน โคมัยซิน (vancomycin) และเตตราไซคลิกลิน (tetracyclines) มักทำยาเป็นครีมป้าย หรือใส่ในออราเบส (orabase) เพื่อให้ยึดกับฟันได้นาน

chlorhexidine เป็นสารที่มีผลควบคุมการเกิดแผ่นคราบจุลินทรีย์ เหงือกอักเสบ มีประสิทธิภาพมากที่สุด มักใช้ chlorhexidine เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ (gram-positive and gram-negative organisms) ยีสต์ (yeast) รา (fungi) จุลินทรีย์ที่ชอบออกซิเจนแต่เจริญได้ในที่ที่มีออกซิเจน (facultative anaerobes) และจุลินทรีย์ที่อาศัยออกซิเจน (aerobes) (Fardal and Turnbull, 1986; Featherstone, 2000)

chlorhexidine เป็นสารที่มีโครงสร้างทางโมเลกุล ซึ่งประกอบด้วยวงแหวน โพร-คลอโรฟีนิล (4-chloropheny ring) 2 วงแหวน กลุ่มไบกวาไนด์ (biguanide group) 2 กลุ่ม โดยมีโซ่เฮกซะเมทิลีน (hexamethylene chain) เชื่อมอยู่ส่วนกลาง เป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างที่สมมาตร มี

ประจุเป็นบวก มีฤทธิ์เป็นด่าง และเสถียรในรูปของเกลือ มักเตรียมในรูปของเกลือ ไดกูโคนเนต (diguconate salt) เนื่องจากละลายน้ำได้ดี (Ellepolo *et al.*, 2001)

chlorhexidine มีกลไกการออกฤทธิ์โดยจะรวมตัวกับผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ อัตราการรวมตัวในระยะแรกจะรวดเร็วและจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เมื่อ chlorhexidine รวมตัวกับผนังเซลล์เต็มที่แล้วจะเกิดการอ้อมตัวไม่มีการรวมตัวเพิ่มขึ้นอีก พบว่าการรวมตัวของ chlorhexidine กับผนังเซลล์ของจุลินทรีย์จะรวมตัวได้ดีเมื่อมีสถานะเป็นกรด การรวมตัวของ chlorhexidine กับผนังเซลล์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผนังเซลล์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถควบคุมปริมาณสารที่จำเป็นภายในเซลล์ สารจะเข้าออกผ่านเซลล์ได้มากขึ้น สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย เช่น โปแทสเซียม ฟอสฟอรัส หรือสารอื่นจะรั่วซึมออกมามากกว่าก่อนนอกเซลล์ ทำให้ไม่มีการแบ่งตัวและเซลล์จะตายในที่สุด (Meurman, 1988)

กลไกการลดคราบจุลินทรีย์ของ chlorhexidine อาศัยการมีฤทธิ์เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในช่องปาก เริ่มจาก chlorhexidine จับกับสิ่งคัดหลั่งของเยื่อเมือก (mucous secretion) และโปรตีนในน้ำลายที่อยู่ในช่องปากซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด (acidic protein) ประกอบด้วย คาร์บอกซิล (carboxyl) และซัลเฟต (sulphate) ซึ่งเป็นโมเลกุลของประจุลบ จะเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าสถิตกับ chlorhexidine ที่มีประจุเป็นบวก ทำให้มีการดูดซึมโปรตีนบนผิวฟันเพื่อใช้ในการสร้างเพลลิเคิลลดลง (Roll and Melsen, 1975) โมเลกุลของ chlorhexidine เมื่อจับกับโปรตีนในน้ำลายจะถูกปลดปล่อยออกมาภายใน 8-12 ชั่วโมง สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำลายได้ 50-90% (Schiott, 1973) โดย chlorhexidine จะทำหน้าที่จับกับจุลินทรีย์ในน้ำลาย รวมทั้งจุลินทรีย์ที่มีสารโพลีแซคคาไรด์ปกคลุม chlorhexidine จะรบกวนกลไกการดูดซึมของจุลินทรีย์ (Rolla and Melsen, 1975) ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์ของจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงและสูญเสียความสามารถในการควบคุมสารที่จำเป็น ภายในเซลล์มีการตกตะกอนของไฮโดรฟอสเฟต การตกตะกอนนี้จะยับยั้งการซ่อมแซมของผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ (Lang and Brex, 1986) เมื่อไม่จุลินทรีย์จับกับเพลลิเคิล การสร้างแผ่นคราบจุลินทรีย์จะลดลง (Rolla and Melsen, 1975)

chlorhexidine แม้ว่าจะให้ผลที่ดีในการลดคราบจุลินทรีย์ แต่มีข้อเสียคือ การใส่ chlorhexidine ที่มีความเข้มข้นสูงอาจทำให้เกิดคราบสีน้ำตาลบนตัวฟัน และอาจทำให้เกิดการลอกหลุดของเยื่อช่องปาก (กาญจนา, 2547; Gjermo, 1989)

การป้องกันการเกิดโรคภายในช่องปากด้วยตัวเราเอง วิธีที่เหมาะสมที่สุด คือ การแปรงฟันให้ถูกวิธี หลังทานอาหารทุกมื้อ หรืออย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง ตอนเช้าและก่อนนอน ร่วมกับการใช้เส้นใยขัดฟันทำความสะอาดซอกฟันอย่างสม่ำเสมอ

3. เส้นใยขัดฟัน (Dental Floss)

เส้นใยขัดฟันเป็นส่วนสำคัญของการดูแลสุขภาพฟันในช่องปาก เพราะเส้นใยขัดฟันมีส่วนช่วยในการทำความสะอาด ช่วยกำจัดเศษอาหารระหว่างซอกฟันและร่องเหงือก และแบคทีเรียที่อาจทำให้เกิดโรคฟันผุและโรคเหงือกได้ ดังนั้นเส้นใยขัดฟันจึงจำเป็นสำหรับทุกคน โดยเฉพาะผู้ที่ใส่ฟันปลอมชนิดติดแน่น ใต้อุปกรณ์และจัดฟัน

เส้นใยขัดฟันมีลักษณะคล้ายเส้นด้าย แต่เส้นใย่อยๆ ในเส้นใยขัดฟันเรียงตัวขนานกัน ปกติเส้นใยขัดฟันจะมีความกว้างอย่างน้อย 0.075 นิ้ว และมีความหนาอย่างต่ำ 0.0018 นิ้ว มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.8 ถึง 1.0 และมีค่าแรงดึงเชือกประมาณ 1.8 ถึง 6.7 ปอนด์ต่อฟุต (Williams *et al.*, 2009) เวลาใช้งานเส้นใย่อยจะถูกแผ่ออกมาเป็นแถบทำความสะอาดฟัน ต่างจากเส้นด้ายธรรมดาที่เส้นใย่อยถูกถักเป็นเส้นกลมจึงหยابและคม และไม่สามารถใช้แทนเส้นใยขัดฟันได้ (คู่มือการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพช่องปาก, 2547)

เส้นใยขัดฟัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำความสะอาดซอกฟัน มี 2 ชนิด คือ ชนิดเคลือบขี้ผึ้ง (waxed) และชนิดไม่เคลือบขี้ผึ้ง (unwaxed) เส้นใยขัดฟันชนิดเคลือบขี้ผึ้ง ช่วยลดสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเส้นใยขัดฟันทำให้เส้นใยขัดฟันสามารถผ่านเข้าออกได้ง่าย ทำให้เคลื่อนไหวได้คล่องตัว ลดการดูดซึมความชื้น ลดการฉีกขาดของเส้นใยขัดฟัน เป็นผลให้ได้เส้นใยขัดฟันเป็นที่ยอมรับ มีลักษณะบางและใช้งานง่าย และยังช่วยโอกาสของการบาดเจ็บบริเวณเหงือก เส้นใยขัดฟันที่มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตั้งแต่ 0.08-0.25 มีสมบัติเหมาะที่จะเลือกมาใช้ในการผลิตเส้นใยขัดฟัน (Evazynajad, 2009)

เส้นใยขัดฟันมีลักษณะ และการเรียกชื่อต่างๆกันตามการใช้งาน ได้แก่ เดนทัลฟลอส (dental floss) เป็นเส้นใยขัดฟันที่ใช้กันทั่วไป ใช้สำหรับขัดซอกฟันได้ทุกวัย ซุปเปอร์ฟลอส (super floss) เป็นเส้นใยขัดฟันที่มีความกว้าง และหนากว่าเส้นใยขัดฟันปกติ ส่วนปลายจะแข็ง ทำให้สะดวกต่อการสอดเข้าซอกฟัน ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับขัดทำความสะอาดซอกฟัน ในวัยสูงอายุที่มีเหงือกกรัน หรือผู้ที่ใส่สะพานฟัน (dental bridge) เดนทัลเทป (dental tape) มีลักษณะเป็นแถบแบน

มีขอบค่อนข้างคม เหมาะสำหรับการทำความสะอาดใต้ฐานของฟันปลอมชนิดติดแน่น (คลินิกปริทันต์วิทยา, 2553)

3.1 การผลิตเส้นใยขัดฟัน

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

โดยทั่วไปวัตถุดิบหลักที่ใช้ผลิตเส้นใยขัดฟันมักเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ 1 ใน 2 ชนิดคือ ไนลอน (nylon) และเทฟลอน (teflon) ส่วนวัตถุดิบอื่นๆ ได้แก่ สารสำหรับเคลือบเส้นใยขัดฟันซึ่งอาจเป็นแว็กซ์ สารสำหรับปรุงแต่งรสชาติ หรือส่วนผสมอื่นๆ ตามแต่ผู้ผลิตจะพัฒนา คิดค้นให้ถูกอกถูกใจผู้บริโภค (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2008)

3.1.2 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตเส้นใยขัดฟัน ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ซึ่งศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2008) ได้อธิบายกระบวนการผลิตเส้นใยขัดฟันแต่ละขั้นตอนไว้ดังต่อไปนี้

(1) ขั้นตอนแรก

การผลิตด้วยไนลอน นำไนลอนมาทำให้เป็นเส้นริบบอน หลังจากนั้นให้ตัดริบบอนเป็นชิ้นเล็กๆก่อนที่จะนำมาผสม หลอมใหม่และบีบเข้าสู่หัวฉีด (spinnerets) เพื่อทำให้เป็นเส้นใย และสุดท้ายจึงนำแต่ละเส้นมารวมกันและบิดให้เป็นเกลียวเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ขั้นตอนนี้สำคัญมากเพราะส่งผลถึงความแข็งแรงของเส้นใยขัดฟัน

การผลิตด้วยเทฟลอน นำเทฟลอนซึ่งเป็นชื่อทางการค้าของพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (polytetrafluoroethylene ;PTFE) มาหลอมให้มีลักษณะเป็นเพสต์ (paste) และบีบให้เป็นเส้นบางยาว แต่เทฟลอนเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงเพียงพอ จึงไม่จำเป็นต้องนำมาบิดให้เป็นเกลียวอีกครั้ง

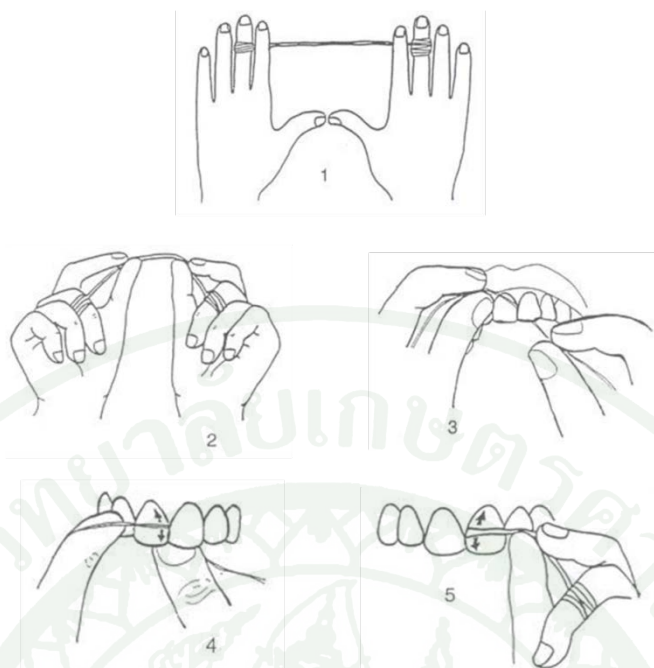
(2) ขั้นตอนที่สอง เป็นขั้นตอนการเคลือบเส้นใย โดยทำการดึงเส้นใยลงในอ่างที่มีสารเคลือบชนิดต่างๆ เช่น แวกซ์ หรือสารแต่งรสชาติตามด้วยความเร็วคงที่ เพื่อให้เส้นใยดูดซับสารเคลือบได้อย่างสม่ำเสมอ

(3) ขั้นตอนที่สาม การม้วนเก็บเส้นใยจัดฟันที่ผ่านการเคลือบและแต่งเติมรสชาติแล้วจะถูกม้วนเก็บในหลอดขนาดใหญ่ สิ่งที่ต้องทำต่อมาก็คือ การพันเข้ากับแกนขนาดเล็กก่อนที่จะบรรจุลงกล่อง หน่วยความยาวที่นิยมใช้วัดคือ หลา (1 หลาเท่ากับ 0.9144 เมตร)

(4) ขั้นตอนที่สี่การบรรจุ นำแกนขนาดเล็กที่พันเส้นใยจัดฟันตามความยาวที่กำหนด บรรจุเข้าไปในกล่องก่อนทำการป้อนรายละเอียดข้างกล่องด้วยเครื่องจักร

3.2 วิธีการใช้เส้นใยจัดฟัน

การใช้เส้นใยจัดฟันมี 2 วิธี คือ วิธีแรกให้ผูกเส้นเส้นใยเป็นวงกลม แล้วใช้นิ้วกลางหรือนิ้วนางของมือซ้ายและขวาดึงวงกลมให้ตึง อีกวิธีหนึ่ง คือ ใช้เส้นใยพันรอบนิ้วกลางของมือซ้าย และขวา วิธีนี้ต้องใช้เส้นใยจัดฟันยาวประมาณ 18 นิ้ว เหลือที่ใช้งานประมาณ 2 นิ้ว ทั้งสองวิธีนี้ให้ใช้นิ้วชี้หรือนิ้วหัวแม่มือเป็นตัวบังคับเส้นใยค่อยๆ ผ่านเข้าระหว่างด้านประชิดของฟัน เมื่อผ่านจุดที่ฟันสัมผัสกันแล้วจับเส้นใยโอบแนบด้านประชิดของตัวฟันซี่ใดซี่หนึ่ง เคลื่อนเส้นใยจัดฟันลงไปสุดที่ร่องเหงือก ในขั้นตอนนี้อย่ากดเส้นใยจัดฟันแรง เพราะอาจกระแทกเหงือกทำให้เหงือกเจ็บและมีผลให้เหงือกอักเสบได้ จากนั้นจึงขยับเส้นใยจัดฟันขึ้นลงประมาณ 2-3 ครั้ง โดยให้เส้นใยโอบแนบข้างฟันตลอดเวลา เพื่อให้เส้นใยจัดฟันเสียดสีที่บริเวณด้านข้างของฟัน เมื่อนำเส้นใยออกมาจะพบว่ามีการบจุลินทรีย์ดีออกมา จากนั้นควรขยับเส้นใยที่ยังไม่ได้ใช้เข้ามาแทนที่บริเวณที่ใช้แล้ว และจับเส้นใยให้โอบด้านประชิดของฟันอีกซี่หนึ่งด้วยวิธีเดิม แล้วจึงทำความสะอาดด้านประชิดของฟันซี่อื่นๆ ให้ครบทุกซี่ การใช้เส้นใยจัดฟันควรใช้หลังรับประทานอาหาร หรือน้อยวันละครั้งก่อนนอนแสดงภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วิธีใช้เส้นใยขัดฟันด้วยวิธีพันนิ้ว

ที่มา: อรรรรณ (2550)

3.3 การพัฒนาของผลิตภัณฑ์เส้นใยขัดฟัน

ในปัจจุบันหลายบริษัทได้พยายามพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นใยขัดฟันให้มีสมบัติในการใช้งานให้ดีขึ้นเรื่อยๆ เช่น แข็งแรงทนทาน ไม่ขาดและเปื่อยลู่่ง่าย เรียบลื่นสามารถแทรกเข้าไประหว่างซอกฟันที่เรียงชิดกันได้ดี ยึดหยุ่น สามารถขยายตัวออกเพื่อให้มีพื้นที่สัมผัสกับฟันมากขึ้น และนุ่มนวลต่อนิ้วไม่เจ็บขณะใช้งาน นอกจากนี้ อาจจะมีคุณสมบัติอื่นๆ เช่น กลิ่น รสชาติ รูปแบบของผลิตภัณฑ์ หรือแม้กระทั่งมีการวัดความยาวเป็นช่วงๆ ช่วงละ 18 นิ้ว (46 เซนติเมตร) เพื่อให้ผู้ใช้งานกะความยาวได้เหมาะสมกับการใช้งาน (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2008)

รายการตลาดค้าโลก (2009) อธิบายวิธีการผลิตเส้นใยขัดฟันเคลือบสมุนไพรไว้ว่า เม็ดพลาสติกจะถูกป้อนเข้าเตาอบขนาดใหญ่เพื่อหลอมให้ละลาย พลาสติกเหลวจะถูกบีบให้เป็นเส้นยาวๆ เส้นใยขัดฟันไม่ควรจะเปื่อยง่ายดังนั้นควรจะต้องยึดเส้นใยขัดฟัน เส้นพลาสติกจะถูกดึงให้เร็วถึง 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การยึดแบบนี้ทำให้โมเลกุลของพลาสติกยาวและแข็งแรงขึ้น จะ

ได้เส้นใยซัดฟันที่เหนียวมากเหมาะที่จะนำไปเกี่ยวเศษอาหารออกจากชอกฟัน เมื่อเส้นพลาสติกยึดพอแล้วจะถูกม้วนรอบกระสวยขนาดใหญ่ จากนั้นนำไปล้างเพื่อขจัดสิ่งสกปรก และเคลือบด้วยแว็กซ์เพื่อช่วยเส้นใยซัดฟันผ่านชอกฟันได้ดียิ่งขึ้น จากนั้นพันด้วยผงสมุนไพรมินิที่ทำหน้าที่เหมือนยาฆ่าเชื้อ และเส้นใยซัดฟันถูกม้วนเข้าสู่กระสวยขนาดใหญ่อีกครั้ง และบรรจุลงบนกล่องพลาสติก

Williams *et al.* (2009) ศึกษาการผลิตเส้นใยซัดฟันที่ผลิตจากพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroethylene, PTFE) ด้วยวิธีการอัดรีด (extrusion) ได้เส้นใยซัดฟันที่มีสมบัติความกว้าง 1397 ถึง 2540 ไมโครเมตร มีความหนา 33 ถึง 102 ไมโครเมตร ความหนาแน่น 0.70 ถึง 1.0 กรัมต่อซีซี และมีค่าความตึงเชือก 1.8 ถึง 6.7 ปอนด์ต่อฟุต

กาญจนา (2552) ศึกษาการพัฒนาเส้นใยซัดฟันโดยใช้สารพอลิแซคคาไรด์เจลที่สกัดจากเปลือกทุเรียนเป็นสารช่วยป้องกันฟันผุ พบว่าเวลาที่ใช้ในการแช่เส้นใยซัดฟันในสารละลายพอลิแซคคาไรด์เจลอยู่ที่ 2 นาที ความเข้มข้นของสารละลายพอลิแซคคาไรด์เจลยิ่งสูงปริมาณของสารพอลิแซคคาไรด์เจลที่ติดบนเส้นใยซัดฟันก็ยิ่งเพิ่มขึ้น ตัวทำละลายที่เหมาะสมระหว่างน้ำกลั่นและกลีเซอรอลมีความเหมาะสมสำหรับใช้เตรียมเส้นใยซัดฟันที่มีสารพอลิแซคคาไรด์เจลติดอยู่ โดยในตัวทำละลาย 100 ส่วน ต้องมีกลีเซอรอลอย่างน้อยที่สุด 10 ส่วน เนื่องจากสารกลีเซอรอลจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยซัดฟันที่มีสารพอลิแซคคาไรด์เจลติดอยู่มีลักษณะที่อ่อนนุ่ม และยังช่วยทำให้จำนวนสารพอลิแซคคาไรด์เจลที่ติดบนเส้นใยซัดฟันมีปริมาณมากขึ้นทำให้ความสามารถในการละลายของสารพอลิแซคคาไรด์เจลที่ติดบนเส้นใยซัดฟันในน้ำลายให้ดียิ่งขึ้น พบว่ามากกว่า 80% ของสารพอลิแซคคาไรด์เจลที่ติดบนเส้นใยซัดฟันสามารถละลายออกมาได้ภายใน 30 วินาที เนื่องจากขั้นตอนการใช้เส้นใยซัดฟันจะเสร็จสิ้นภายในระยะเวลาอันสั้น

Evazynajad *et al.* (2006) ศึกษาการผลิตเส้นใยซัดฟันที่เคลือบด้วยไขมันจากถั่วเหลือง พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเคลือบด้วยไขมันจะอยู่ระหว่าง 150-180 องศาฟาเรนไฮต์ เท่ากับ 65.6-82.2 องศาเซลเซียส

Sharma *et al.* (2004) ศึกษาการใช้ไขมันหอมระเหย ร่วมกับการแปรงฟัน และการใช้เส้นใยซัดฟัน สามารถลดคราบจุลินทรีย์บริเวณชอกฟัน และโรคเหงือกอักเสบลง อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้แปรงและเส้นใยซัดฟันเท่านั้น และพบว่าการใช้เส้นใยซัดฟันจะทำให้คราบจุลินทรีย์มีการแยกและหลุดออกจากกัน ทำให้ปริมาณและความหนาแน่นของจุลินทรีย์ลดลง จึงทำ

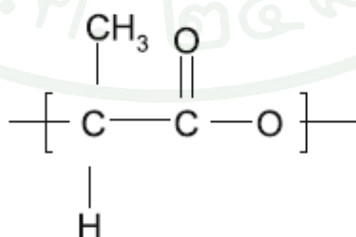
ให้น้ำมันหอมระเหยสามารถผ่านเข้าไปในคราบจุลินทรีย์ได้ โดยขบวนการนี้ต้องเกิดร่วมกันและเสริมซึ่งกันและกัน (synergistic)

Bible *et al.* (1998) ผลิตเส้นใยขัดฟันที่ประกอบด้วยด้ายที่ทำจาก PTFE เพียงอย่างเดียวจะได้เส้นใยขัดฟันที่มีความหนาประมาณ 0.001 ถึง 0.002 นิ้ว และมีความกว้างประมาณ 0.030 ถึง 0.100 นิ้ว แรงดึงเชือกของเส้นใยขัดฟันที่ทำจาก PTFE มีค่าอยู่ระหว่าง 5 ถึง 25 ปอนด์ และมีค่าความหนาแน่นประมาณ 1.7 ถึง 2.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทานของเส้นใยขัดฟันมีค่าอยู่ระหว่าง 0.08 ถึง 0.25

4. พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid; PLA)

พอลิแลคติกแอซิด (Poly(lactic acid); PLA) เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพชนิดหนึ่งจัดอยู่ในกลุ่มพอลิเอสเตอร์สายโซ่ตรง (aliphatic polyester) (ภาพที่ 3) สังเคราะห์ได้จากกรดแลคติก (lactic acid) ซึ่งผลิตได้จากการหมักแป้งหรือน้ำตาล ดังนั้นพืชที่มีแป้งหรือน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง ข้าวสาลีหรืออ้อย จึงสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตได้ ดังนั้นทรัพยากรเหล่านี้สามารถสร้างขึ้นทดแทนใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง (Dana, 2005)

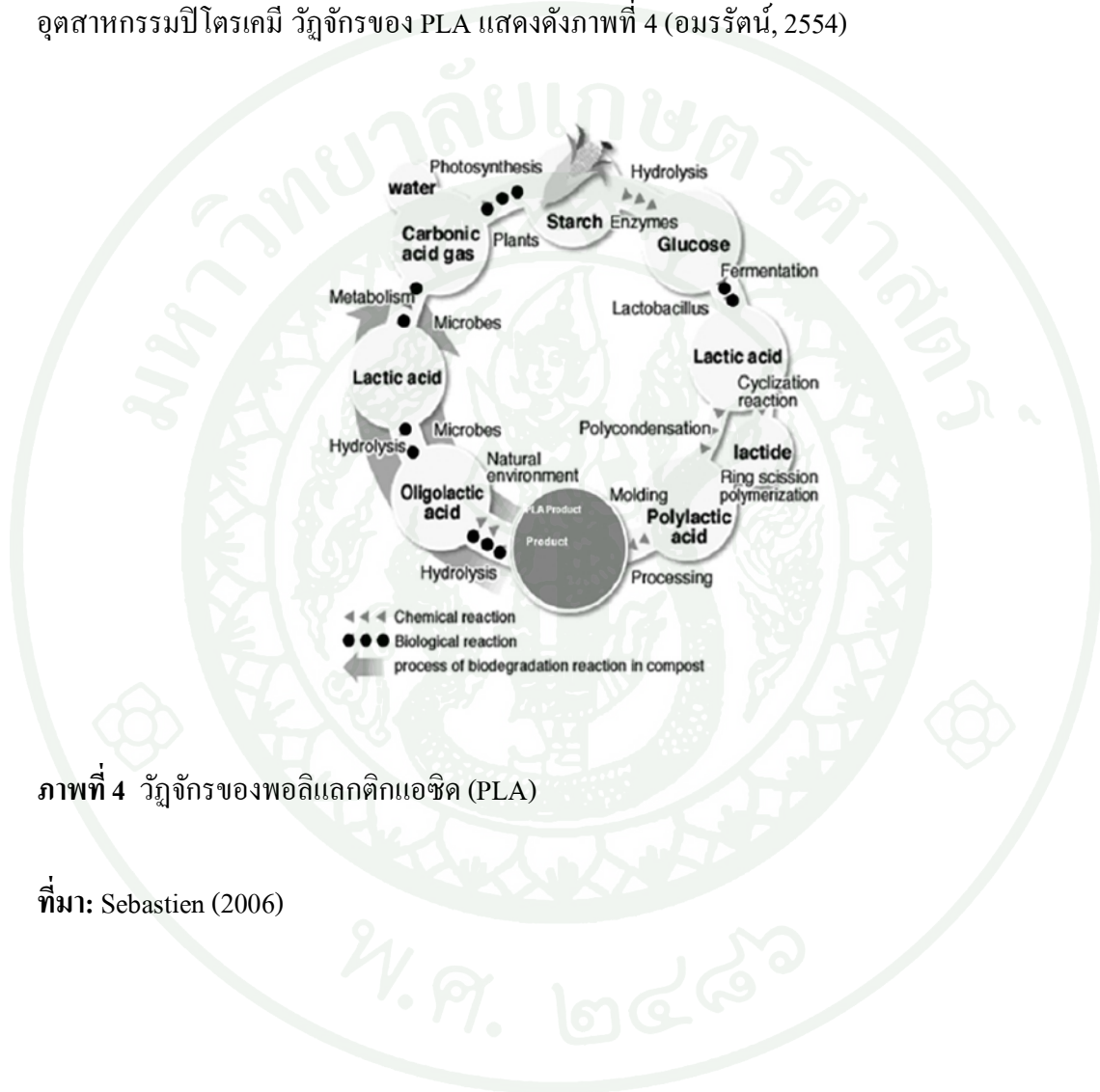
PLA เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชีวภาพมีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาทดแทนพลาสติกที่ผลิตมาจากปิโตรเคมี เนื่องจากย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ ผลิตได้จากวัตถุดิบที่สร้างทดแทนใหม่ได้ และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม วัสดุชนิดนี้จึงช่วยลดปัญหาขยะลงได้ ดังนั้นจึงมีสมบัติความไม่เป็นพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมทำให้ PLA เป็นวัสดุทางเลือกหนึ่งในการนำมาผลิตงานด้านบรรจุภัณฑ์และผลิตภัณฑ์เพื่อการอุปโภคบริโภคอื่น ๆ (Sebastien *et al.*, 2006)



ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิด (PLA)

ที่มา: Avinc and Khoddami (2009)

PLA เป็นเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) สามารถขึ้นรูปได้ด้วยกระบวนการผลิตที่ใช้กันทั่วไป เช่น การอัดรีด (extrusion) การอัดขึ้นรูป (compression molding) การฉีดขึ้นรูป (injection molding) การเป่าขึ้นรูป (blow molding) การปั่นเป็นเส้นใย (fiber-spinning) และการทำรีไซเคิลด้วย sterilization techniques เป็นต้น ภายหลังจากใช้งานผลิตภัณฑ์จาก PLA สามารถถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพเมื่อนำไปฝังกลบในดินในระยะเวลาอันสั้นเมื่อเทียบกับพลาสติกที่ผลิตจากวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี วัฏจักรของ PLA แสดงดังภาพที่ 4 (อมรรัตน์, 2554)



ภาพที่ 4 วัฏจักรของพอลิแลคติกแอซิด (PLA)

ที่มา: Sebastien (2006)

4.1 สมบัติของพอลิแลคติกแอซิด

PLA มีลักษณะใสและมีความแวววาวสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารเติมแต่งที่ใช้ สามารถรักษารสชาติ และกักเก็บกลิ่น ได้ดี (NIA, 2551) มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.25 พอลิเมอร์ที่ไม่ผ่านการดึงยืด (unoriented PLA) มีความเปราะมากแต่มีความคงรูป (stiffness) และความแข็งแรง (strength) สูง เมื่อนำไปผ่านการดึงยืด (oriented) จะมีสมบัติใกล้เคียงกับพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเรต (polyethylene terephthalate, PET) มอดูลัสแรงดึงและแรงดัด (Tensile and flexural moduli) ของ PLA มีค่าสูงกว่าพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene; HDPE) พอลิโพรพิลีน (polypropylene; PP) และพอลิสไตรีน (polystyrene; PS) แต่ความทนต่อแรงกระแทก (izod impact strength) และการยืดที่จุดแตกหัก (elongation at break) มีค่าต่ำกว่าพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆ (Dorgan *et al.*, 2000) สมบัติทางเชิงกลของ PLA ที่ผ่านการดึงยืดและไม่ผ่านการดึงยืดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติเชิงกลของพอลิแลคติกแอซิดน้ำหนักโมเลกุลสูง

สมบัติ	ไม่ผ่านการดึงยืด (Unoriented)	ผ่านการดึงยืด (Oriented)*
ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate tensile strength, psi)	6,900-7,700	6,900-24,000
ความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก (Tensile yield strength, psi)	6,600-8,900	N/A
มอดูลัสแรงดึง (Tensile modulus, psi)	500,000-580,000	564,000-600,000
ความต้านทานแรงกระแทก (Notched Izod impact, ft lb in-1)	0.3-0.4	N/A
ร้อยละการยืดตัวที่จุดแตกหัก (Elongation at break (%))	3.1-5.8	15-160
ความแข็ง (Rockwell hardness)	82-88	82-88

หมายเหตุ * ผลการทดสอบขึ้นอยู่กับระดับการจัดเรียงตัว (Degree of orientation) และสัดส่วนของไอโซเมอร์

ที่มา: Hartmann (1998)

นอกจากนี้ PLA มีปริมาณผลึก 37% อุณหภูมิกลาสส์ทรานซิชัน (glass transition temperature; Tg) ระหว่าง 55-60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิหลอมเหลว (melting temperature; Tm) ระหว่าง 160-170 องศาเซลเซียส (เพียงรวี, 2553)

4.2 การนำไปใช้ประโยชน์

PLA เป็นเทอร์โมพลาสติกที่ขึ้นรูปได้ง่ายโดยกระบวนการขึ้นรูปพลาสติก จึงสามารถผลิตเป็นสินค้าได้หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นจานใส่อาหาร แก้ว ช้อน แผ่นฟิล์มอาหาร แผ่นซีดี และมีศักยภาพในการนำมาใช้งานด้านเส้นใย สิ่งทอ และผ้าชนิดไม่ถักทอ (non-woven) มีสมบัติจับจีบและคงรูปได้ดี เชื่อมติดกันได้ด้วยความร้อน มีความทนทานต่อแสงยูวี ทำให้สีของเส้นใยซีดช้า มีสมบัติติดไฟ และการเกิดควันต่ำ เหมาะสำหรับใช้ทำเสื้อผ้าและงานตกแต่ง ผ้าคลุมพื้น ผ้าใบ นอกจากนี้ PLA ยังเป็นวัสดุที่เข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ เหมาะสำหรับงานทางการแพทย์ เช่น นำมาใช้เป็นวัสดุควบคุมการปลดปล่อยตัวยา ไหมเย็บแผล (sutures) วัสดุปิดแผล (wound dressing) (ชนาวดี, 2554; วันเพ็ญ, 2551)

พิชญ์ และคณะ (2550) ศึกษาการผลิตแผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปินจาก PLA ร่วมกับสารสกัดมังคุด พบว่า PLA และสารสกัดจากเปลือกมังคุดสามารถละลายเข้ากันได้โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) และไดเมทิลฟอร์มามายด์ (*N,N*-dimethylformamide) ในอัตราส่วน 70:30 และสามารถขึ้นรูปเป็นเส้นใยนาโนได้ โดยใช้ความต่างศักย์ 20 กิโลโวลต์

Evazynajad (2009) ทำการศึกษาการผลิตเส้นใยขัดฟันจากเส้นใยพืช พอลิเมอร์ชนิด Sorona® และเส้นใยไหม รวมถึงการผลิตโดยใช้ส่วนผสมของเส้นใย PLA

LeGrande *et al.* (2009) พบว่าเส้นใยขัดฟันสามารถผลิตจากเส้นใย PLA โดยเฉพาะจากเส้นใยชนิด Ingeo™ ซึ่งอาจเคลือบด้วยไขหรือแว็กซ์ เช่น ไขถั่วเหลือง เป็นต้น นอกจากนี้แกนด้ายและบรรจุภัณฑ์ทำได้จากการฉีดเรซินที่เป็นพอลิเมอร์ PLA เข้าในแท่นหล่อ (molded) ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นฟองอากาศของเรซินด้านใน และเปลี่ยนกลับตามรูปพิมพ์ โคนแท่นพิมพ์จะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การผลิตเส้นใยขัดฟัน และบรรจุภัณฑ์ทั้งหมดจะสามารถทำได้จากแหล่งวัตถุดิบหมุนเวียนและสามารถย่อยสลายได้เองตามสภาพแวดล้อม อีกทั้งยังตอบสนองและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือ

1.1 เครื่องมือสกัดและทดสอบสารจากใบฝรั่ง

- 1.1.1 ตู้อบลมร้อน (EN 500 (P), NUVE, Turkey)
- 1.1.2 Blender (BE-126, OTTO, Thailand)
- 1.1.3 เครื่องวัด water activity (AguaLab, LITE DECAGON, Germany)
- 1.1.4 ตะแกรงร่อน ขนาด 80 mesh
- 1.1.5 column แก้ว เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.5 เซนติเมตร
- 1.1.6 ขาดั่ง
- 1.1.7 โถดูดความชื้น (desiccator)
- 1.1.8 Forceps
- 1.1.9 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (ML204, METTLER TOLEDO, Switzerland)
- 1.1.10 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (ML3002, METTLER TOLEDO, Switzerland)
- 1.1.11 Round Bottom Flask 250 ml.
- 1.1.12 Reflux Condenser
- 1.1.13 ฟอยล์
- 1.1.14 Thermometer
- 1.1.15 Autoclave (ES-315, TOMMY, Japan)
- 1.1.16 Micropipet (AH60249, PIPETMAN Gilson, France)
- 1.1.17 Beaker
- 1.1.18 Cylinder
- 1.1.19 Stirring rod
- 1.1.21 Glass Slide
- 1.1.22 Test tube
- 1.1.23 Petri dish

- 1.1.24 Inoculating Loop
- 1.1.25 Votex (ZX3, VELP, U.S.A.)
- 1.1.26 Laminar air flow (NU-430, NUAIRE, U.S.A.)
- 1.1.27 UV Spectrometer (CE 1021, CECIL, U.S.A.)
- 1.1.28 Incubator (BE500, MEMMERT, Germany)
- 1.1.29 Anaerobic Jar 2.5 L (MGC, Japan)
- 1.1.30 AnaeroPack-Anaero (MGC, Japan)

1.2 เครื่องมือวิเคราะห์ HPLC

- 1.2.1 เครื่องควบคุมระบบ (system controller) Shimadzu LC-3A
- 1.2.2 คอลัมน์ Inertsil C-18 (Merck) 4.6 x 150 มิลลิเมตร, 5 ไมครอน
- 1.2.3 LDC4100; Spectrophotometer monitor
- 1.2.4 Shimadzu GR-1A integrator
- 1.2.5 Shimadzu Column oven CTO-2A

1.3 เครื่องมือวิเคราะห์สมบัติของเส้นใยขั้วพัน PLA เคลือบสารสกัดจากใบฝรั่ง

- 1.3.1 เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Instron 5566, UTM, England)
- 1.3.2 เครื่องทดสอบสัณฐานวิทยา Scanning Electron Microscopy (SEM) (JSM 8000, JEOL, Japan)
- 1.3.3 เครื่องทดสอบ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) (Vertex 70, Bruker Optic, U.S.A.)

2. สารเคมี

- 2.1 เอทานอล (Ethanol C_2H_5OH ; CARLO ERBA)
- 2.2 Chlorhexidine ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ($C_{22}H_{30}Cl_2N_{10}$, OIL, Thailand)
(Chlorhexidine Gluconate 0.12 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร)
- 2.3 สารเคอควิทินบริสุทธิ์ (Quercetin $C_{16}H_{10}O_7$, 90% HPLC grade, SIGMA, U.S.A.)
- 2.4 เมทานอล (Methanol CH_4O 99.9% HPLC grade, Merck, Germany)
- 2.5 กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid H_3PO_4 HPLC grade, Merck, Germany)

2. วัสดุดิบ

ไบฟร้งพันธุ้กิมจ จากสวนเสถียร น้อยพิทักษ์ ตำบลท่ากระชับ หมู่3 อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม และ PLA Fiber 100% จากบริษัท Hebei Tianlun Textile Co., Ltd. ประเทศจีน (Ingeo fiber grade PLA ของบริษัท Natureworks, LLC, USA)

3. จุลินทรีย์

- 3.1 *Streptococcus mutans* ATCC 25175 DMST 18777 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, ประเทศไทย)
- 3.2 *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 DMST 18782 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, ประเทศไทย)

4. อาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์

- 4.1 Tryptic Soy broth (Difco™, U.S.A.)
- 4.2 Mitis-salivarius agar (Difco™, U.S.A.)

วิธีการ

1. การเตรียมสารสกัดจากใบฝรั่ง

เก็บใบฝรั่งตั้งแต่คู่ที่ 3 – คู่ที่ 6 ในช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน พ.ศ. 2555 นำมาล้างน้ำให้สะอาด สะเด็ดน้ำ ออบแห้งในตู้อบลมร้อน (EN 500 (P), NUVE, Turkey) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บดใบฝรั่งแห้งที่มีค่า water activity (a_w) 0.513 ± 0.074 ด้วยเครื่องบด (Dry bleader) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh บรรจุผงใบฝรั่งในถุงทึบแสง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องก่อนทำการสกัด

1.2 การสกัดสารสกัดจากใบฝรั่ง และปริมาณ quercetin ในสารสกัดหยาบที่ได้

1.2.1 การสกัดสารสกัดหยาบใบฝรั่ง

สกัดผงใบฝรั่งที่เตรียมได้จากข้อ 1 ด้วยวิธี Percolation โดยชั่งผงใบฝรั่ง 60 กรัม บรรจุลงใน column แก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.5 เซนติเมตร จากนั้นเติมตัวทำละลายเอทานอล 95% ปริมาตร 700 มิลลิลิตร ลงใน column นำสารละลายที่ผ่านการสกัดเข้าเครื่องระเหยตัวทำละลาย (rotary vacuum evaporater) โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดที่มีลักษณะข้นเหนียวจับกันเป็นก้อน ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ และคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จากการสกัด จากสูตรคำนวณ ดังนี้

ผลได้ของสารสกัดหยาบ (%) = $\left[\frac{\text{น้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \right] \times 100$

จากนั้นละลายสารสกัดที่ได้ด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% ปริมาตร 188 มิลลิลิตร คำนวณหาความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากใบฝรั่ง เก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Arima and Danno, 2002) ทำการวัดปริมาณ quercetin ในสารสกัดหยาบจากใบฝรั่งที่ได้ และทดสอบกิจกรรมยับยั้ง *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของสารสกัดหยาบใบฝรั่งต่อไป

1.2.2 ปริมาณ quercetin ในสารสกัดหยาบไฝฝรั่ง

ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหยาบไฝฝรั่งที่ได้ ด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ด้วยคอลัมน์ชนิด reversed phase (C-18) โดยมีสารละลายผสมกรดฟอสฟอริก 0.1% ต่อเมทานอลอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร เป็นตัวทำละลายเคลื่อนที่ (mobile phase) มีอัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อนาที และตรวจวัดสาร quercetin ที่ความยาวคลื่น 255 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง diode-arrays ตามวิธีของ จินดาพร (2548) (ภาคผนวก ข1)

2. ศึกษาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของสารที่สกัดได้

2.1 เตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรีย

ใช้เข็มเขี่ยเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ATCC 25175 ที่เลี้ยงบนหลอดอาหารเอียง Dorset egg (ภาคผนวก ก3) จำนวน 1 loop ใส่ลงในหลอดอาหารเหลว Trypticase Soy broth (TSB) (ภาคผนวก ก1) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มใน anaerobic jar อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน และมีปริมาณ CO₂ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดค่าการดูดแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร เมื่อแบคทีเรียมีความขุ่น 0.1 ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียโดยเฉลี่ยประมาณ 10⁶ ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (CFU/ml) สำหรับกล้าเชื้อ *S. sanguinis* ATCC 10556 มีวิธีการเตรียมเช่นเดียวกับ *S. mutans* ATCC 25175

2.2 เตรียมแผ่นทดสอบ (paper disc)

เจือจางสารสกัดจากไฝฝรั่งที่เตรียมได้ในข้อ 1.2.1 ในตัวทำละลายเอทานอล 95% ให้ได้ความเข้มข้น 0.16, 0.18, 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายของสารสกัดจากไฝฝรั่งที่มีความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร หยดลงบนแผ่นทดสอบ (paper disc) สำหรับควบคุมเตรียมโดยปิเปตเอทานอล 95% และ distilled deionized water ที่ปลอดเชื้อ เป็นตัวควบคุมเชิงลบ (negative control) และ ยาปฏิชีวนะ chlorhexidine ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นตัวควบคุมเชิงบวก (positive control) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร หยดลงบนแผ่นทดสอบ

2.3 ศึกษาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดใบฝรั่งด้วยวิธี Disc diffusion ตามวิธีของ Razak and Rahim (2003)

ปีเปตกล้าเชื้อ *S. mutans* ATCC 25175 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารแข็ง Mitis-salivarius agar (MSA) (ภาคผนวก ก2) ใช้แท่งแก้วรูปตัวแอล (L) เกลี่ยให้กล้าเชื้อแบคทีเรียกระจายทั่วผิวหน้าอาหาร ตั้งไว้ประมาณ 3-5 นาที เพื่อให้ผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง คีบแผ่นทดสอบที่เตรียมจากข้อ 2.2 ที่มีสารสกัดจากใบฝรั่งความเข้มข้นต่างๆ และที่มีตัวควบคุมด้วยปากคีบที่ปลอดเชื้อ (steriled forcep) วางลงบนผิวหน้าอาหารเพาะเชื้อ นำไปบ่มใน anaerobic jar อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน และมีปริมาณ CO₂ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกข้อมูลวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเขตการยับยั้งที่เกิดขึ้น สำหรับการทดสอบการยับยั้ง *S. sanguinis* ATCC 10556 ทำเช่นเดียวกับ *S. mutans* ATCC 25175

ทำการทดลองซ้ำ 9 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ยของขอบเขตการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบที่ได้ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากนั้นจึงศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้ง (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ของสารสกัดหยาบใบฝรั่งต่อการเจริญของแบคทีเรียทดสอบต่อไป

2.4 ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ของสารสกัดใบฝรั่งต่อการเจริญของ *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556

ทำการศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (MIC) ของสารสกัดใบฝรั่งต่อการเจริญของ *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556 ด้วยวิธี broth dilution test ดังนี้

ปีเปตอาหารเหลว TSB (ภาคผนวก ก1) ในหลอดทดลองหลอดละ 1 มิลลิลิตร จำนวน 8 หลอด นำไปนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติมสารสกัดใบฝรั่งที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 ให้ได้ความเข้มข้น 0.62, 1.25, 2.5, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อปริมาตรสารในหลอดทดสอบทั้งหมด 2 มิลลิลิตร ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับตัวควบคุมเชิงลบ (distilled deionized water ที่ปลอดเชื้อ 1 มิลลิลิตรต่ออาหารเหลว TSB 1 มิลลิลิตร และตัวควบคุมเชิงบวก chlorhexidine ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร 1 มิลลิลิตรต่ออาหารเหลว TSB 1 มิลลิลิตร)

จากนั้นปีเปิดกล้าเชื้อแบคทีเรียทดสอบ ลงในหลอดอาหารที่มีสารสกัดไบโอฟรังก์ และที่มีตัวควบคุมหลอดละ 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มใน anaerobic jar อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน และมีปริมาณ CO₂ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

หลังการบ่มใช้เข็มเย็บเชื้อตะอาหารทดสอบในหลอดทดลองที่ผ่านการบ่ม นำไปฉีดบนอาหารแข็ง Mitis-salivarius agar (MSA) (ภาคผนวก ก2) บ่มเลี้ยงใน anaerobic jar อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน และมีปริมาณ CO₂ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญของแบคทีเรีย

ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบของสารสกัดไบโอฟรังก์ คือความเข้มข้นที่ไม่พบการเจริญของแบคทีเรียบนอาหารแข็ง ทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ เมื่อทราบค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดจากไบโอฟรังก์จึงนำสารสกัดจากไบโอฟรังก์มาศึกษาการเคลือบบนเส้นใยขัดฟัน PLA

3. ศึกษาผลของเส้นใยขัดฟันพอลิแลคติกแอซิดที่เคลือบสารสกัดไบโอฟรังก์ต่อ *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556

3.1 ศึกษาการเคลือบสารสกัดไบโอฟรังก์บนเส้นใยขัดฟัน PLA

3.1.1 การเตรียมเส้นใยขัดฟัน PLA

ชั่ง PLA Fiber 100% 0.03 กรัม นำมาพันขึ้นรูปให้เป็นเส้นใยขัดฟัน PLA ให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 0.15 มิลลิเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร ด้วยนิ้วโป้งและนิ้วชี้ ด้านขวาจับคลี่เส้นใย PLA Fiber ออกโดยใช้นิ้วโป้งและนิ้วชี้ด้านซ้ายค่อยๆดึงเส้นใย พร้อมทั้งปั่นเส้นใย PLA ขึ้นรูปให้ได้เส้นใยขัดฟัน

3.1.2 ศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่ง และระยะเวลาในการแช่เส้นใยขจัดฟัน PLA ในสารสกัด

แช่เส้นใยขจัดฟัน PLA ที่เตรียมได้จากข้อ 3.1.1 จำนวน 1 เส้น ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีสารสกัดใบฝรั่ง มีความเข้มข้น 0.62, 1.25, 2.5, 5, 10, 20, 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 และ 4 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้แห้งจนกระทั่งมีน้ำหนัก คงที่ นำไปตรวจวัดสารสกัดใบฝรั่งที่ถูกดูดซับโดยการหาค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และตรวจวัดปริมาณ quercetin ในเส้นใยขจัดฟันที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่งด้วย HPLC (ภาคผนวก ข2) คำนวณความเข้มข้น ของ quercetin ต่อพื้นที่ตารางเส้นติเมตรของเส้นใยขจัดฟัน PLA

นำเส้นใยขจัดฟันที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่งมาตรวจสอบการยับยั้งแบคทีเรีย ทดสอบ (ภาคผนวก ก4) เปรียบเทียบกับเส้นใยขจัดฟัน PLA ที่ไม่เคลือบสารสกัด และคัดเลือกเส้น ใยขจัดฟัน PLA ที่มีความเข้มข้นของ quercetin จากใบฝรั่งที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบที่ดี ที่สุด มาตรวจสอบการยึดติดของ quercetin บนเส้นใยขจัดฟัน PLA ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่อง กราด (Scanning Electron Microscopy; SEM) ตามวิธีของ จันทิมา (2554) (ภาคผนวก ข3) ตรวจสอบชนิดหมู่ฟังก์ชันของสารสกัดใบฝรั่งที่ยึดติดบนเส้นใยขจัดฟัน PLA ด้วยวิธี Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ตามวิธีของ กาญจนนา (2547) (ภาคผนวก ข4)

3.2 ศึกษาสมบัติเชิงกลของเส้นใยขจัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง

ศึกษาสมบัติเชิงกลของเส้นใยขจัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัด และที่ไม่เคลือบสารสกัด ดังนี้

3.2.1 ทดสอบความต้านทานแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D 2256

นำเส้นใยขจัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดย เฉลี่ย 0.15 มิลลิเมตร มาทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยมี ระยะทดสอบ 250 มิลลิเมตร ขนาดของ โหลดเซลล์ 1 กิโลนิวตัน และความเร็วในการดึงชิ้นงานทดสอบ 300 มิลลิเมตรต่อนาที (เรณูมาศ, 2553)

3.2.2 ทดสอบความยืดหยุ่น (Elongation at break) ตามมาตรฐาน ASTM D 2256

นำเส้นใยขัดพื้น PLA เคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 0.15 มิลลิเมตร มาทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยมี ระยะทดสอบ 250 มิลลิเมตร ขนาดของโหลดเซลล์ 1 กิโลนิวตัน และความเร็วในการดึงขึ้นงานทดสอบ 300 มิลลิเมตรต่อนาที (เรณูมาศ, 2553)

3.2.3 Young's modulus ตามมาตรฐาน ASTM D 2256

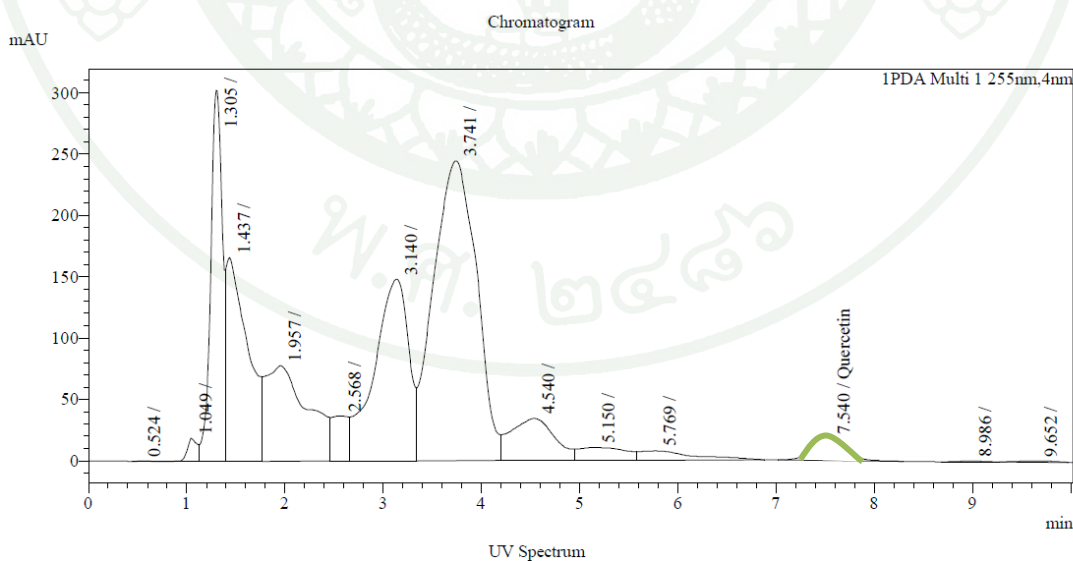
นำเส้นใยขัดพื้น PLA เคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 0.15 มิลลิเมตร มาทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยมี ระยะทดสอบ 250 มิลลิเมตร ขนาดของโหลดเซลล์ 1 กิโลนิวตัน และความเร็วในการดึงขึ้นงานทดสอบ 300 มิลลิเมตรต่อนาที (เรณูมาศ, 2553)

ผลและวิจารณ์

1. การสกัดสารสกัดจากใบฝรั่งและปริมาณ quercetin ในสารสกัดหยาบที่ได้

จากการสกัดใบฝรั่งกิมจูแห้งด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% ด้วยวิธี percolation พบว่ามีค่าผลได้ของสารสกัดหยาบเท่ากับ $36 \pm 1.28\%$ โดยน้ำหนักแห้ง จากนั้นละลายสารสกัดที่ได้ด้วยตัวทำละลายเอทานอล 188 มิลลิลิตร ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบใบฝรั่งที่เตรียมได้เท่ากับ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

จากการวิเคราะห์ปริมาณสาร quercetin ด้วย HPLC พบว่าพีคของสาร quercetin ในสารสกัดใบฝรั่งที่ retention time 7.540 นาที ดังแสดงในภาพที่ 5 มีปริมาณสาร quercetin เท่ากับ 0.08 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Furlan *et al.* (2010) ที่รายงานว่าพบสาร quercetin เป็นสารสำคัญในใบฝรั่ง เช่นเดียวกับการศึกษาของ จินดาพร และคณะ (2548) ที่รายงานว่าพบสาร quercetin ในใบฝรั่งพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์เวียดนาม โดยสารสกัดใบฝรั่งพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์เวียดนามที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีสาร quercetin 0.008 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเทียบที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันจะพบว่า สารสกัดใบฝรั่งกิมจูมีปริมาณสาร quercetin มากกว่าสารสกัดใบฝรั่งพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์เวียดนาม



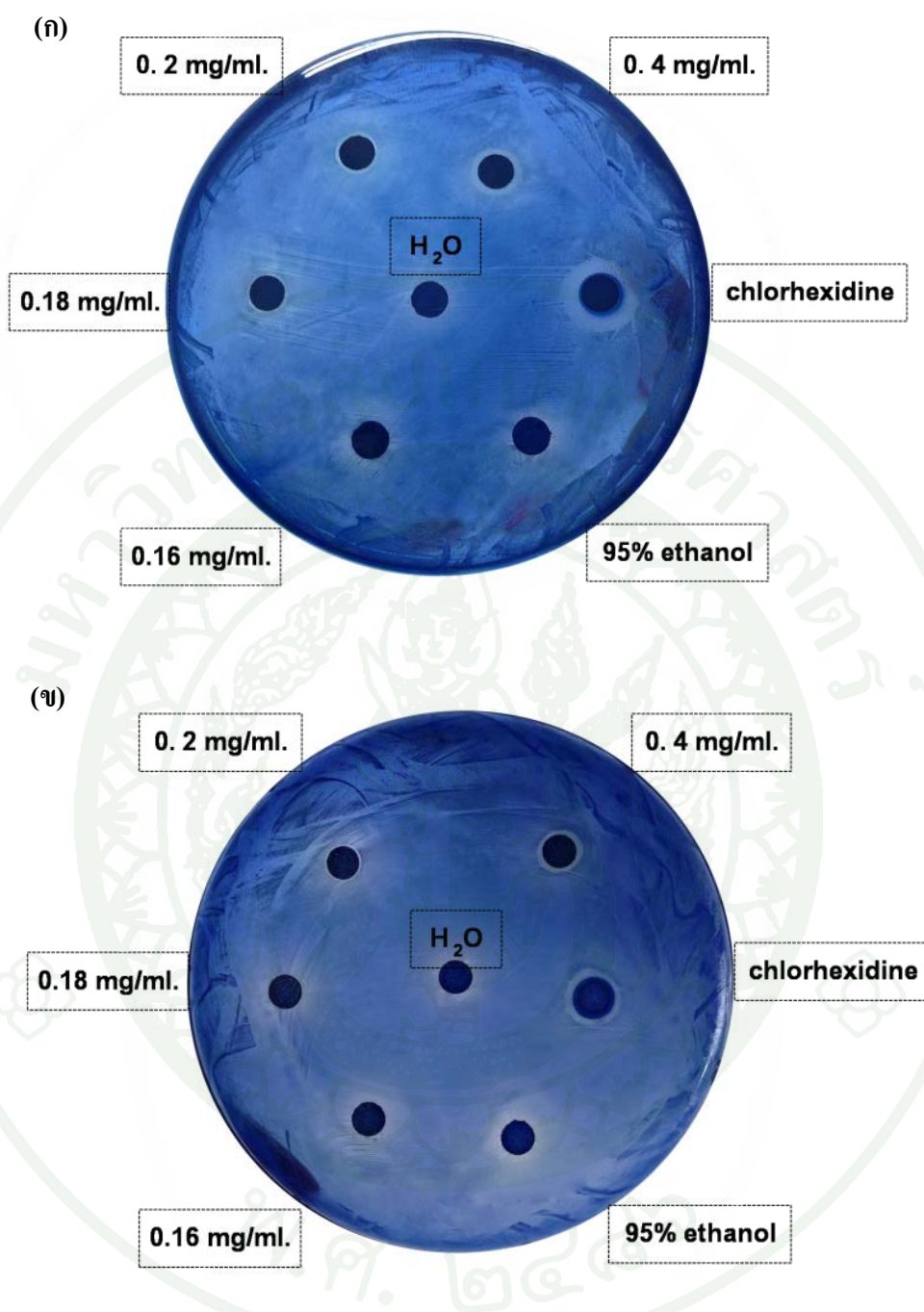
ภาพที่ 5 โครมาโทแกรมของสารสกัดหยาบใบฝรั่งกิมจู

2. ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของสารสกัดจากใบฝรั่ง

2.1 ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดใบฝรั่งด้วยวิธี Disc diffusion

ผลการยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556 ของสารสกัดใบฝรั่ง ด้วยวิธี Disc diffusion บนอาหาร Mitis-salivarius agar (MSA) แสดงดังภาพที่ 6 พบว่า สารสกัดใบฝรั่งที่ความเข้มข้น 0.18, 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงขอบเขตยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* ATCC 25175 โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้งเท่ากับ 7 ± 0.50 , 8 ± 0.50 และ 10 ± 0.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ chlorhexidine ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้งเท่ากับ 10.50 ± 0.50 มิลลิเมตร ส่วนสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้นที่ 0.16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร distilled deionized water และ เอทานอล 95% ไม่ปรากฏขอบเขตการยับยั้ง จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้นที่ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ค่าขอบเขตการยับยั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ chlorhexidine ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ภาพที่ 6x แสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบฝรั่งที่มีความเข้มข้น 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. sanguinis* ATCC 10556 ได้ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้งเท่ากับ 7 ± 0.50 และ 9.50 ± 0.50 มิลลิเมตร ในขณะที่การทดสอบด้วย chlorhexidine ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้งเท่ากับ 10 ± 0.50 มิลลิเมตร ส่วนสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้นที่ 0.16, 0.18 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร distilled deionized water และ เอทานอล 95% ไม่ปรากฏขอบเขตการยับยั้ง จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้นที่ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ค่าขอบเขตการยับยั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ chlorhexidine ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 6 การยับยั้งการเจริญของ *Streptococcus mutans* ATCC 25175 (ก) และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 (ข) ของสารสกัดไบโพลีเมอร์

ตารางที่ 5 การยับยั้งการเจริญของ *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของสารสกัดใบฝรั่งด้วยวิธี Disc diffusion

ความเข้มข้นของสาร (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้ง (มิลลิเมตร)		
		<i>S. mutans</i> ATCC 25175	<i>S. sanguinis</i> ATCC 10556
สารสกัดใบฝรั่ง	0.16	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^c
	0.18	7.00±0.50 ^c	0.00±0.00 ^c
	0.20	8.00±0.50 ^b	7.00±0.50 ^b
	0.40	10.00±0.50 ^a	9.50±0.50 ^a
chlorhexidine	0.20	10.50±0.50 ^a	10.00±0.50 ^a
distilled deionized water		0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^c
เอทานอล 95%		0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^c

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

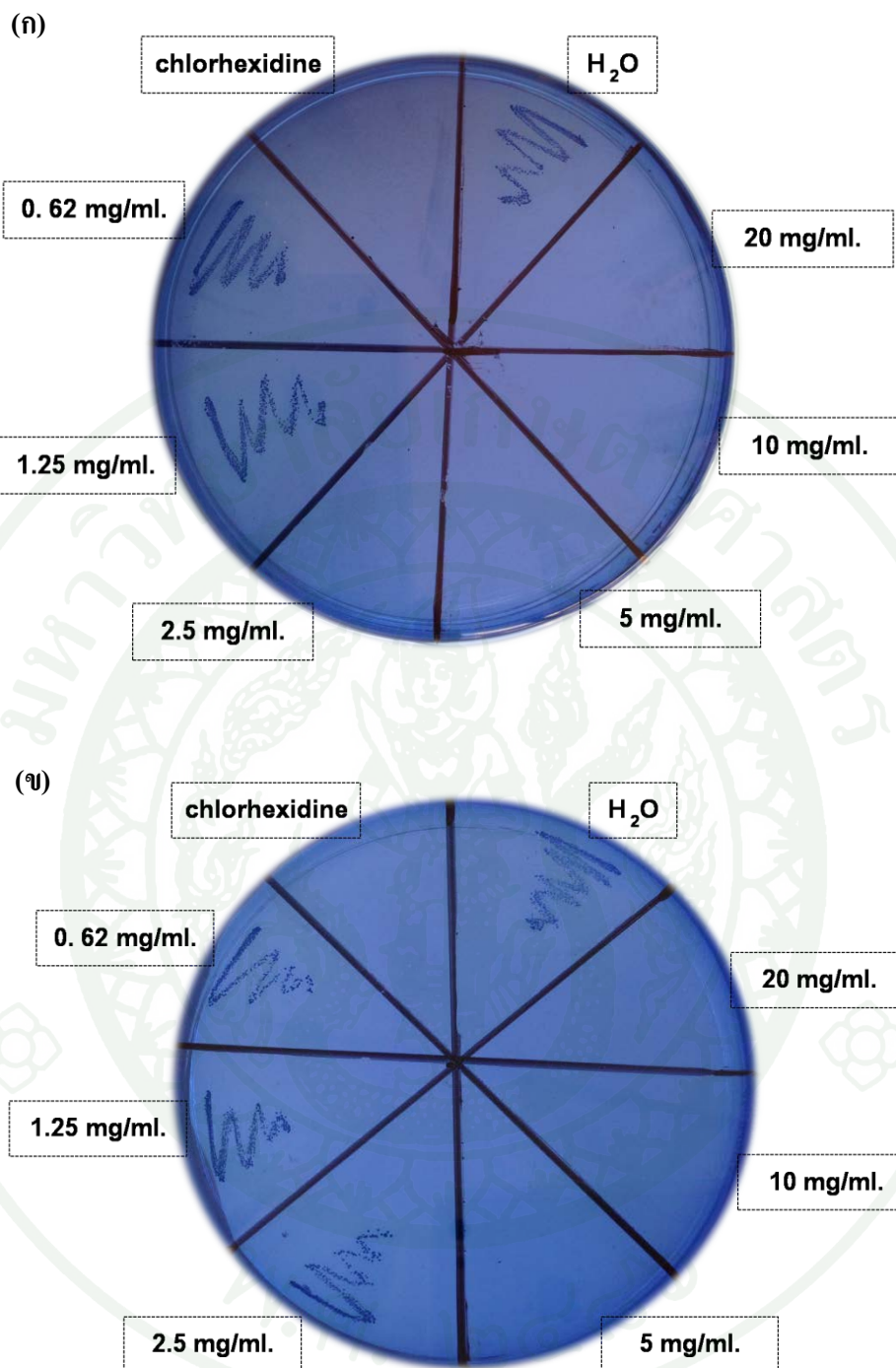
จากผลการทดลองเห็นว่าสารสกัดใบฝรั่งมีความสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556 เช่นเดียวกับ chlorhexidine ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Razak (2003) ที่พบว่าสารสกัดใบฝรั่งสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* และ *S. sanguinis* ได้ โดยสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดจากธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid), ฟีนอลิก (phenolics) และอะโรมาติก (aromatics) ซึ่งสารเหล่านี้มีสมบัติยับยั้งแบคทีเรียโดยย่อยสลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียให้เกิดการรั่วของสารภายในเซลล์ (McDonnell, 1999) ส่งผลให้ยับยั้งการเจริญ และการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์บนผิวฟัน รวมถึงสามารถยับยั้งการเกิดคราบจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Takaisi-Kikuni and Schilcher, 1994)

2.2 การทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) สารสกัดใบฝรั่งต่อการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ

จากการศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (MIC) การเจริญของแบคทีเรียทดสอบ ด้วยวิธี broth dilution พบว่าสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* ATCC 25175 (ภาพ 7ก) ส่วนสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. sanguinis* ATCC 10556 (ภาพ 7ข) การศึกษาสอดคล้องกับ Razak *et al.* (2006) ทดสอบสารออกฤทธิ์ของสารสกัดใบฝรั่งที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* และ *S. sanguinis* ได้ มีค่า MIC เท่ากับ 2-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นระดับ MIC สามารถยับยั้งการสังเคราะห์กลูแคนชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble glucan) ของแบคทีเรีย ซึ่งสาร glucan เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส ทำหน้าที่คล้ายซีเมนต์ยึดเซลล์แบคทีเรียเข้ากันและทำให้เกาะติดพื้นได้ glucan จะถูกสร้างในขณะที่มีน้ำตาลทราย (sucrose, glucose-1-fructose) โดยใช้เอนไซม์ glucosyltransferase ซึ่งอยู่ที่ผิวของแบคทีเรีย และลดการสร้างเอนไซม์ที่จำเป็นในกระบวนการเมแทบอลิซึมของ *S. mutans* และ *S. sanguinis* จึงเป็นไปได้ว่าสารออกฤทธิ์รบกวนการเมแทบอลิซึมของ *S. mutans* และ *S. sanguinis* จึงทำให้สามารถลดการเจริญและความรุนแรงของแบคทีเรียลงได้ ทั้งนี้ค่าความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่งที่ใช้ในการยับยั้งการเจริญขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย (เถลิงศักดิ์ และคณะ, 2555)

จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าสารสกัดใบฝรั่งสามารถยับยั้ง *S. mutans* ได้ดีกว่าสารสกัดน้ำใบชา ซึ่งมีค่า MIC 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภิญญา และ ภูมิ, 2554) แต่มีความสามารถในการยับยั้ง *S. mutans* และ *S. sanguinis* ได้ใกล้เคียงกับสารสกัดชาเขียวที่ศึกษาโดย กรณิศ และ ชัชวาล (2549) ที่มีค่า MIC ต่อ *S. mutans* และ *S. sanguinis* เท่ากับ 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

จากคุณสมบัติของสารสกัดใบฝรั่งสามารถยับยั้งแบคทีเรีย *S. mutans* และ *S. sanguinis* จึงนำค่าความเข้มข้นที่ได้มาศึกษาการเคลือบสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขัดฟัน PLA



ภาพที่ 7 ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ของสารสกัดไบโพลีเมอร์ที่ยับยั้งการเจริญของ *Streptococcus mutans* ATCC 25175 (ก) และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 (ข)

3. การเคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟันพอลิแลคติกแอซิด

3.1 ความเข้มข้นสารสกัดใบฝรั่ง และระยะเวลาแช่บนเส้นใยขจัดฟัน PLA

จากการแช่สารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA โดยการแช่เส้นใยขจัดฟันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 0.15 มิลลิเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร ในสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 0.62, 1.25, 2.5, 5, 10, 20, 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นาน 2 และ 4 นาที พบว่า เส้นใยขจัดฟัน PLA ที่แช่ด้วยสารสกัดใบฝรั่งที่ความเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำหนักเส้นใย PLA ก่อนการแช่ ส่วนเส้นใยขจัดฟัน PLA ที่แช่สารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 0.62, 1.25, 2.5, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าน้ำหนักของเส้นใยขจัดฟันไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังแช่สารสกัด

ตารางที่ 6 แสดงการดูดซับสารสกัดของเส้นใยขจัดฟัน PLA ที่แช่ในสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้นที่ 31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นาน 2 และ 4 นาที พบว่าปริมาณสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเส้นใยขจัดฟัน PLA ที่แช่สารสกัดนาน 2 นาที มีปริมาณสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA เท่ากับ 0.0030 ± 0.0005 กรัมต่อตารางเซนติเมตร และเส้นใยขจัดฟัน PLA ที่แช่ 4 นาที มีสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA เท่ากับ 0.0031 ± 0.0005 กรัมต่อตารางเซนติเมตร

ส่วนเส้นใยขจัดฟัน PLA ที่แช่สารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นาน 2 และ 4 นาที พบว่าปริมาณสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเส้นใยขจัดฟัน PLA ที่แช่ในสารสกัดนาน 2 นาที มีสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA 0.0069 ± 0.0005 กรัมต่อตารางเซนติเมตร และที่แช่นาน 4 นาที มีสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA เท่ากับ 0.0070 ± 0.0005 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นสารสกัดใบฝรั่งจะเคลือบติดบนเส้นใยขจัดฟัน PLA เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่งจาก 31 เป็น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปริมาณสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการเคลือบเส้นใยขจัดฟันด้วยสารสกัดเปลือกทุเรียนของ กาญจนา และคณะ (2548) ซึ่งได้อธิบายว่าเมื่อสารสกัดมีความเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงมีผลให้สารสกัดสามารถยึดติดบนเส้นใยขจัดฟัน PLA ได้มากขึ้น

ตารางที่ 6 ผลความเข้มข้นของสารสกัดไบโอฟริ่ง และระยะเวลาในการแช่ต่อปริมาณการยีสต์ติดบน
เส้นใยขัดฟัน PLA

ความเข้มข้นของสารสกัดไบโอฟริ่ง เคลือบเส้นใยขัดฟัน PLA (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ระยะเวลา (นาที)	สารสกัดไบโอฟริ่งบนเส้นใยขัดฟัน PLA (กรัมต่อตารางเซนติเมตร)
31	2	0.0030±0.0005 ^b
	4	0.0031±0.0005 ^b
62	2	0.0069±0.0005 ^a
	4	0.0070±0.0005 ^a

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556 ของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดไบโอฟริ่ง ความยาว 1 นิ้ว บนอาหาร Mitis-salivarius agar (MSA) (ภาคผนวก ก2) มีเส้นใยขัดฟัน PLA ที่ไม่ผ่านการเคลือบเป็นตัวควบคุม แสดงดังภาพที่ 8 จะเห็นว่าเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดไบโอฟริ่งที่ได้จากการแช่ในสารสกัดไบโอฟริ่งความเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เกิดบริเวณยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556 ในขณะที่เส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดไบโอฟริ่งด้วยการแช่ในสารสกัดความเข้มข้น 0.62, 1.25, 2.5, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเส้นใยขัดฟัน PLA ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ไม่ปรากฏขอบเขตการยับยั้ง (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การยับยั้งการเจริญของ *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของเส้นใยซัดฟันที่เคลือบสารสก็ดไบฟริ่ง

ความเข้มข้นของสารสก็ดไบฟริ่ง เคลือบเส้นใยซัดฟัน PLA (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ระยะเวลา (นาทีก)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้ง (มิลลิเมตร)	
		<i>S. mutans</i> ATCC	<i>S. sanguinis</i> ATCC
		25175	10556
31	2	0.25±0.03 ^b	0.21±0.02 ^b
	4	0.25±0.02 ^b	0.20±0.03 ^b
62	2	0.44±0.02 ^a	0.35±0.02 ^a
	4	0.45±0.02 ^a	0.34±0.02 ^a

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

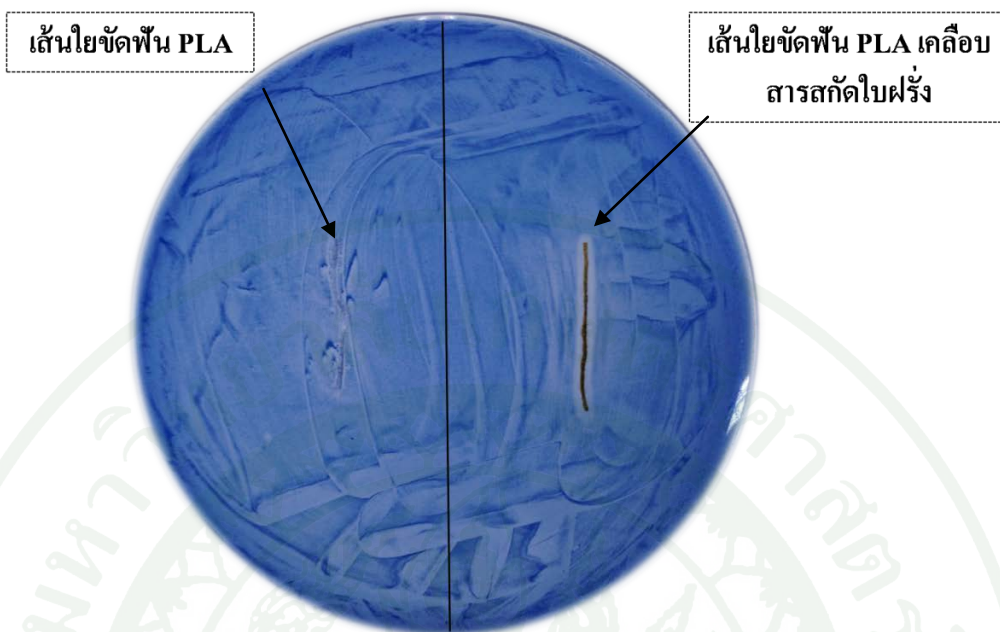
เส้นใยซัดฟัน PLA เคลือบสารสก็ดไบฟริ่งโดยการแช่ในสารสก็ดไบฟริ่งความเข้มข้น 31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นาน 2 และ 4 นาทีก ให้ค่าขอบเขตการยับยั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าเส้นใยซัดฟันที่เคลือบสารสก็ดไบฟริ่งด้วยการแช่ในสารสก็ดไบฟริ่งนาน 2 นาทีก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้ง *S. mutans* ATCC 25175 0.25±0.03 มิลลิเมตร และ *S. sanguinis* ATCC 10556 0.21±0.02 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนเส้นใยซัดฟันที่เคลือบสารสก็ดไบฟริ่งด้วยการแช่ในสารสก็ดไบฟริ่งนาน 4 นาทีก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้ง *S. mutans* ATCC 25175 0.25±0.02 มิลลิเมตร และ *S. sanguinis* ATCC 10556 0.20±0.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

เส้นใยซัดฟัน PLA เคลือบสารสก็ดไบฟริ่งโดยการแช่ในสารสก็ดความเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นาน 2 และ 4 นาทีก ให้ค่าขอบเขตการยับยั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าเส้นใยซัดฟันที่เคลือบสารสก็ดไบฟริ่งด้วยการแช่ในสารสก็ดไบฟริ่งนาน 2 นาทีก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้ง *S. mutans* ATCC 25175 0.44±0.02 มิลลิเมตร และ *S. sanguinis* ATCC 10556 0.35±0.02 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 8ก) ส่วนเส้นใยซัดฟันที่เคลือบสารสก็ดไบฟริ่งด้วยการแช่ในสารสก็ดไบฟริ่งนาน 4 นาทีก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้ง *S. mutans* ATCC 25175 0.45±0.02 มิลลิเมตร และ *S. sanguinis* ATCC 10556 0.34±0.02 มิลลิเมตร ตามลำดับ

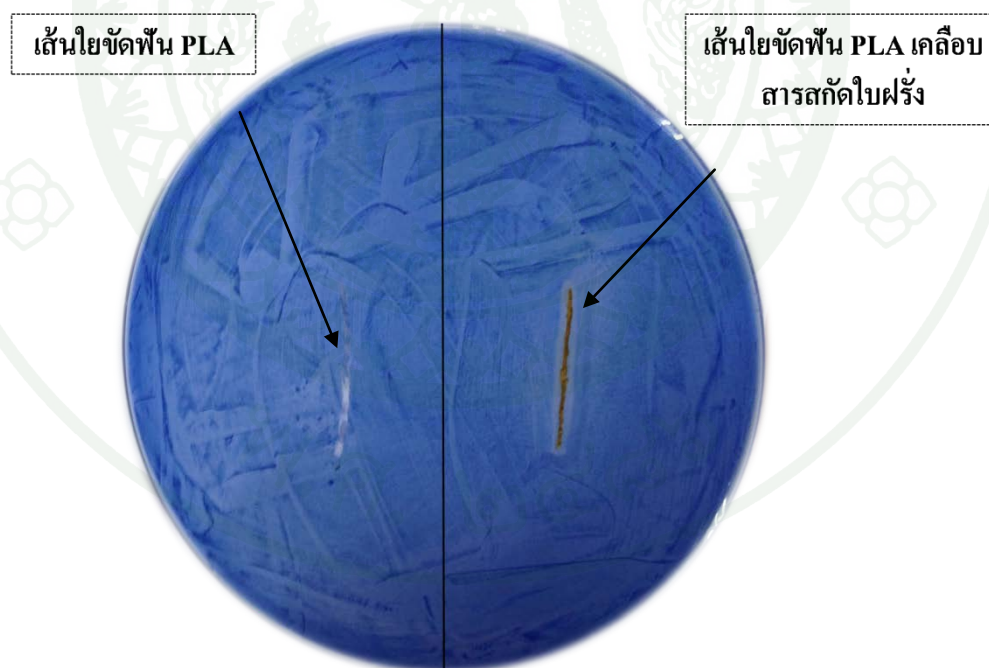
(ภาพที่ 8 และ ตารางที่ 7) จากผลการทดลองพบว่าเวลาการแช่เส้นใยขัดพื้นไม่มีผลต่อปริมาณสารสกัดที่ติดบนเส้นใยขัดพื้น เนื่องจากเส้นใยขัดพื้นมีความอึดตัวในการดูดซับสารสกัด (กาญจนา และคณะ, 2548) ดังนั้นจึงไม่ดูดซับสารสกัดเมื่อเวลาในการแช่นานกว่า 2 นาที



(ก)



(ข)



ภาพที่ 8 การยับยั้งแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ATCC 25175 (ก) และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 (ข) ของเส้นใยซัดฟัน PLA ที่เคลือบด้วยสารสกัดใบฝรั่ง

ดังนั้นเส้นใยขัดพื้น PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งที่ได้จากการแช่ในสารสกัดใบฝรั่ง ที่ความเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นาน 2 นาที สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556 มีค่าขอบเขตการยับยั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อเป็นการยืนยันผลจึงตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยวิธี SEM และ FTIR

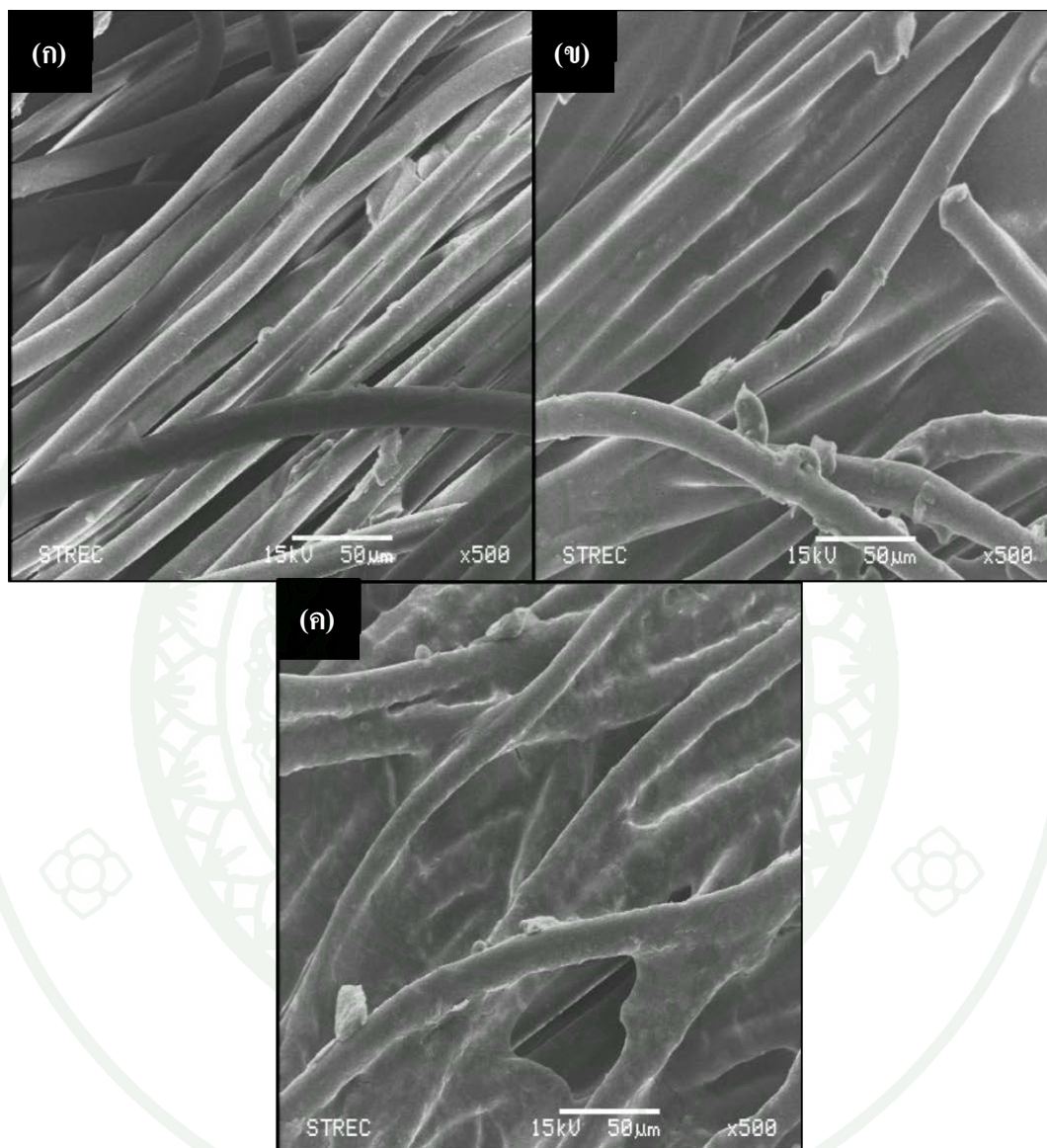
3.2 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยขัดพื้น PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง

นำเส้นใยขัดพื้น PLA ที่เคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งโดยการแช่ในสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นาน 2 นาที ทำการตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยขัดพื้น PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM) แสดงภาพที่ 9 เพื่อยืนยันว่าสารสกัดใบฝรั่งยึดเกาะบนเส้นใยขัดพื้น PLA จากผลการตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยขัดพื้น PLA (ภาพ 9ก) พบว่าเส้นใยพื้นมีขนาดขนาดเล็ก พื้นผิวค่อนข้างเรียบ ส่วนเส้นใยขัดพื้นเคลือบสารสกัดใบฝรั่งโดยการแช่ในสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพ 9ข) พบว่าความหนาของเส้นใยขัดพื้นเพิ่มขึ้นด้วยสารสกัดใบฝรั่ง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารสกัดใบฝรั่งที่ใช้แช่เป็น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพ 9ค) ความหนาเส้นใยขัดพื้นก็ยิ่งเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นสารสกัดใบฝรั่งมากขึ้น ปริมาณสารสกัดที่ยึดติดบนเส้นใยขัดพื้นก็ยิ่งเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองตารางที่ 6

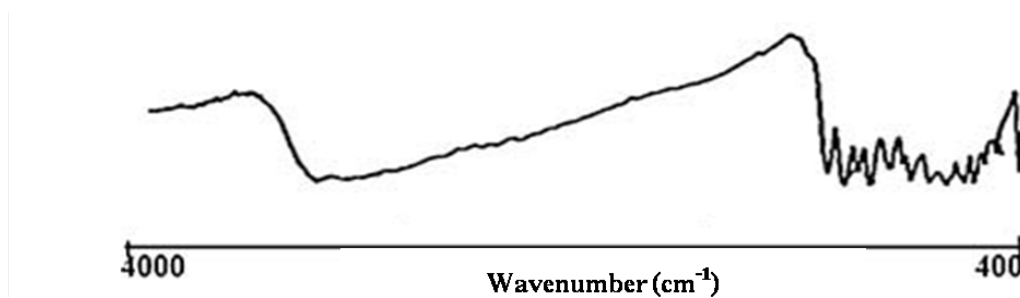
จากการตรวจสอบชนิดหมู่ฟังก์ชันของสาร quercetin บนเส้นใยขัดพื้น PLA ด้วยวิธี Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) เปรียบเทียบกับพีคของ quercetin มาตรฐาน (ภาพที่ 10) จากผลตรวจสอบ (ภาพที่ 11) จะเห็นว่าค่าพีคของสาร quercetin ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (O-H) ปรากฏที่ wavenumber 3300, 3000 -2800 ต่อเซนติเมตร และหมู่คาร์บอนิล (C=O) ปรากฏที่ wavenumber 1625 ต่อเซนติเมตร จะเห็นว่าพื้นที่ของพีคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขัดพื้น PLA ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสาร quercetin ในตารางที่ 8

การรายงานของ Venkatachalam *et al.* (2010) กล่าวว่า สาร quercetin จะปรากฏหมู่ hydroxyl (O-H) ที่ตำแหน่ง C5 และพบหมู่คาร์บอนิล (C=O) ที่คาร์บอนตัวที่ 4 (ภาพผนวกที่ ก3) นอกจากนี้ยังมีพีคที่แสดง C double bond (C=C) ที่ wavenumber 1650 ต่อเซนติเมตร ซึ่งอาจเป็น

C=C ของ aromatic compound โดยจะพบ 2-4 band ในช่วง wavenumber 1650-1100 ต่อ เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 10

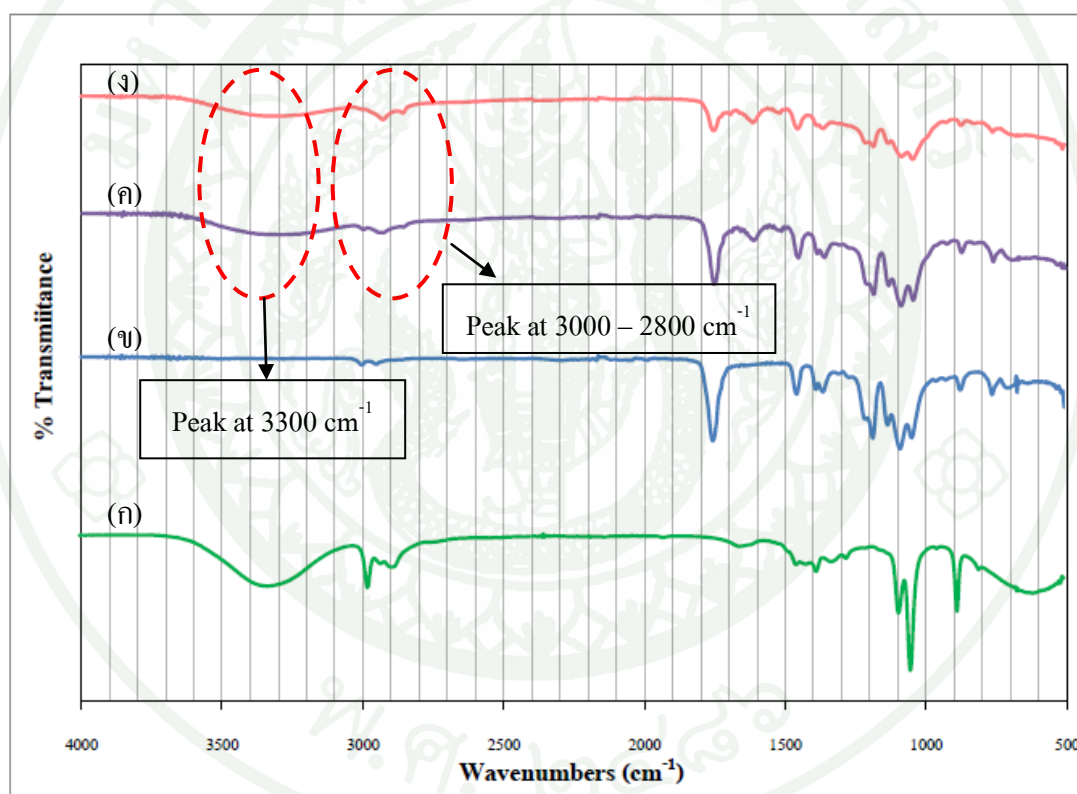


ภาพที่ 9 ลักษณะพื้นฐานวิทยาของเส้นใยขจัดพื้น PLA ไม่ผ่านการเคลือบ (ก), เส้นใยขจัดพื้น PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ข) และ เส้นใยขจัดพื้น PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ค)



ภาพที่ 10 สเปกตรัม FTIR ของสารมาตรฐาน quercetin

ที่มา: Venkatachalam *et al.* (2010)



ภาพที่ 11 สเปกตรัม FTIR ของสารสกัดใบฝรั่ง (ก), เส้นใยขจัดพื้น PLA ธรรมดา (ข), เส้นใยขจัดพื้น PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ค) และ เส้นใยขจัดพื้น PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ง)

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขัดพื้น PLA ที่เคลือบโดยการแช่สารสกัดความเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นาน 2 และ 4 นาที พบว่าปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดใบฝรั่งที่ติดอยู่บนเส้นใยขัดพื้น PLA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเส้นใยขัดพื้น PLA ที่เคลือบด้วยสารสกัดใบฝรั่งโดยการแช่ในสารสกัดความเข้มข้น 31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นาน 2 นาที และ 4 นาที มีปริมาณสาร quercetin บนเส้นใยขัดพื้น PLA ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยเส้นใยขัดพื้น PLA ที่แช่สารสกัดใบฝรั่งนาน 2 และ 4 นาที มีปริมาณสาร quercetin บนเส้นใยขัดพื้น PLA 0.02 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรเท่ากัน

ตารางที่ 8 ปริมาณสาร quercetin บนเส้นใยขัดพื้น PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง

ความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่งเคลือบเส้นใยขัดพื้น PLA (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณสาร quercetin บนเส้นใยขัดพื้น PLA (มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
31	2	0.02 ^b
	4	0.02 ^b
62	2	0.07 ^a
	4	0.07 ^a

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ขณะที่เส้นใยขัดพื้น PLA ที่เคลือบด้วยสารสกัดใบฝรั่งโดยการแช่สารสกัดความเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อแช่นาน 2 นาที และ 4 นาที มีปริมาณสาร quercetin บนเส้นใยขัดพื้น PLA ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เส้นใยขัดพื้น PLA ที่แช่ในสารสกัดใบฝรั่งนาน 2 นาที มีปริมาณสาร quercetin 0.07 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนที่แช่นาน 4 นาที มีปริมาณสาร quercetin 0.07 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นสารสกัดใบฝรั่งสามารถติดบนเส้นใยขัดพื้น PLA ได้เมื่อแช่ในสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที

3.3 สมบัติเชิงกลของเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง

สมบัติเชิงกลอันประกอบด้วย ความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ความยืดหยุ่น (elongation at break) และ young's modulus ของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบด้วย quercetin ในใบฝรั่ง 0.07 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร และของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่ไม่เคลือบสารสกัด แสดงดังตารางที่ 9 จะเห็นว่าค่า tensile strength ของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่ไม่ผ่านการเคลือบมีค่า 50.41 ± 1.4 จิกะปาสกาล ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งที่มีค่า tensile strength 50.81 ± 1.7 จิกะปาสกาล

ตารางที่ 9 สมบัติเชิงกลของเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง

ตัวอย่าง	ความแข็งแรง		
	Tensile strength	Elongation at break	Young's modulus
	(GPa)	(%)	(GPa)
เส้นใยขัดฟัน PLA ธรรมดา	50.41 ± 1.40^a	11.82 ± 0.40^b	6.72 ± 0.10^a
เส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง	50.81 ± 1.70^a	13.22 ± 0.50^a	5.68 ± 0.20^b

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่า elongation at break ของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่ไม่เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง และของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเส้นใยขัดฟัน PLA ที่ไม่เคลือบสารสกัดใบฝรั่งมีค่า elongation at break $11.82 \pm 0.4\%$ ขณะที่เส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่งมีค่า elongation at break $13.22 \pm 0.5\%$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่งมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น

ส่วนค่า young's modulus ของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่ไม่เคลือบมีค่า 6.72 ± 0.1 จิกะปาสกาล และเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งบนเส้นใยขัดฟันมีค่า 5.68 ± 0.2 จิกะปาสกาล ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลทดลองแสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบฝรั่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้เส้นใยขัดฟัน PLA มีความยืดหยุ่นมากขึ้น

จากผลการทดสอบสมบัติเชิงกลทั้งสามของเส้นใยชดพื้น PLA เคลือบสารสกัดใบ
ฝรั่ง พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเส้นใยชดพื้นที่กำหนดค่า tensile strength เท่ากับ 17-55
จิกะปาสคาล ค่า elongation at break มากกว่า 10% และค่า young's modulus เท่ากับ 0.5-10
จิกะปาสคาล (Fontana *et al.*, 2010; Zachariades *et al.*, 1996)



สรุป

จากการสกัดสารสกัดหยาบใบฝรั่งสายพันธุ์กิมจู (*Psidium guajava* Linn.) ด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% พบว่ามีผลได้ของสารสกัดหยาบใบฝรั่งเท่ากับ $36 \pm 1.28\%$ โดยน้ำหนักแห้ง สารสกัดหยาบใบฝรั่งที่มีความเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีปริมาณสาร quercetin เท่ากับ 0.08 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เมื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญของ *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของสารสกัดหยาบใบฝรั่งที่ได้ด้วยวิธี Disc diffusion พบว่าสารสกัดหยาบใบฝรั่งความเข้มข้นตั้งแต่ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถในการยับยั้งแบคทีเรียทั้งสอง และให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกับคลอเซพิดินเป็นยาที่ใช้ลดคราบจุลินทรีย์ทางด้านทันตกรรมอย่างมีนัยสำคัญ ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (MIC) การเจริญของ *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ด้วยวิธี broth dilution method คือ 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

การศึกษาการเคลือบเส้นใยขัดฟันที่ผลิตจากพอลิแลคติกแอซิด (poly(lactic acid); PLA) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 มิลลิเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร ที่แช่ในสารสกัดใบฝรั่งเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 มีสารสกัดใบฝรั่งเคลือบบนเส้นใยขัดฟัน PLA 0.0069 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีปริมาณสาร quercetin 0.07 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร และสามารถยับยั้ง *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษาคุณสมบัติทางกลของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง 0.0069 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าความทนต่อแรงดึง ค่าการยืดตัวขณะขาด และ ค่าความยืดหยุ่น เท่ากับ 50.81 ± 1.7 จิกะปาสคาล $13.22 \pm 0.5\%$ และ 5.68 ± 0.2 จิกะปาสคาล ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเส้นใยขัดฟัน ดังนั้นเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งมีศักยภาพนำไปใช้งานและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรณีศ วิรานูวัตร และ ชัชวาล ฐานม โนวงศ์. 2549. **น้ำยาบ้วนปากชนิดแกรนูลฟูของสารสกัดชาเขียวที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อในช่องปาก.** โครงการพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- กาญจนา อริยะวัชรินทร์, กนกทิพย์ บุญเกิด, อัจฉรา จันทร์ฉาย และ สุรินทร์ พงษ์สามารถ. 2548. **นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ไหมขัดฟันที่มีสารป้องกันฟันผุจากสารสกัดเปลือกทุเรียน** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กาญจนา อิศวสุภฤกษ์. 2547. **การใช้คลอเฮกซิดีนเพื่อลดแผ่นคราบจุลินทรีย์บนฟันที่เกิดจากเชื้อแอคติโนมัยเซส วิสโคซัส ในสุนัข.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิตรรา ลิ้มทรง. 2543. **ผลการยับยั้งของสารสกัดจากสมุนไพรบางชนิดต่อการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโทคอคคัส มิวแทนส์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จินดาพร ฐิพัฒน์วาทย์. 2548. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ “การเตรียมและการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์จากสารสกัดใบฝรั่งเพื่อใช้สำหรับการผลิตสัตัว”** ก.ย. 48. 63 หน้า
- จุฑาทิพย์ กันทา. 2549. **การพัฒนายาเม็ดเคี้ยวจากสารสกัดใบฝรั่งในการยับยั้งฟันผุสาเหตุจากเชื้อ *Streptococcus mutans* และแบคทีเรียในช่องปาก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ชิดพงษ์ กวีรวุฒิ. 2544. **ตำราการใช้ยาและสมุนไพร.** พิมพ์ครั้งที่ 11 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- เถลิงศักดิ์ สมัครสมาน, ปัทมา ชัยเลิศวิชกุล, มาลินี เหล่าไพบุลย์, พนิต แก่นทิพย์, ปวีณา ยี่มอาจ, ณัฐพร ชีวคำนวน. 2555. **คุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดพอลิซิสโดยวิธี Agar Well Diffusion.** *วารสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น (สาขาทันตกรรมบูรณะ)* 15(1): 21-28.

นันทวัน บุญยะประกฤษ. 2529. **สมุนไพรไม้พุ่มบ้าน**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

ประสาทพร บริสุทธิ์เพ็ชร, พิทัย กาญจนบุตร และ สาธร พรตระกูลพิพัฒน์. 2551. สัตวแพทย์ทางเลือก
วันนี้, น. 91-101. ใน รายงานการประชุมวิชาการสัตวแพทยศาสตร์ ของ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 9 (คณะสัตวแพทยศาสตร์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น,
ขอนแก่น.

ปานตา ตริสุวรรณ, อาภา จันท์เทวี, อาริยา รัตนทองคำ, จอมใจ พีรพัฒนา, นาฏศจี นวลแก้ว และ
สุภาภรณ์ ฉัตรชัยวัฒนา. 2555. ผลของสารสกัด โพลีฟีนอลจากเปลือกมังคุดต่อการยับยั้ง
เชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ในห้องปฏิบัติการ, น. 232-237. ใน รายงานการประชุม
วิชาการและนำเสนอผลงานระดับชาติ ครั้งที่ 4 (คณะเภสัชศาสตร์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น,
ขอนแก่น.

พร้อมจิต ศรีลัมพ์. 2532. **สมุนไพรและยาที่ควรรู้**. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ อาร์ ดี พี, กรุงเทพฯ.

เพชรรัตน์ ไกรวพันธุ์, ชลธิชา อมรรัตน์ และ เทอดพงษ์ ตริรัตน์. 2535. ผลของสารสกัดใบฝรั่งและ
โพธิ์ต่อเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก. วิทยาศาสตร์ทันตแพทยศาสตร์. 42: 176-182.

_____, _____ และ _____. 2536. **โครงการพัฒนาการใช้สมุนไพร และยาไทยทางคลินิก**.
คณะกรรมการโครงการพัฒนาการใช้สมุนไพรและยาไทยทางคลินิก มหาวิทยาลัยมหิดล,
กรุงเทพฯ.

ภิญญา สมบูรณ์ และ ภูมิ บุญยงสรรค์ชัย. 2554. การพัฒนาแผ่นฟิล์มสารสกัดใบชาสำหรับยับยั้ง
เชื้อ *Streptococcus mutans* ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นปาก. โครงการพิเศษปริญญาตรี,
มหาวิทยาลัยมหิดล.

ร้อยเอกหญิงณัฐฐา ไร่ทิม. 2551. ผลของการเคลือบฟันกรามแท้ที่ขึ้นเพียงบางส่วนด้วยกลาสไอโอ
โนเมอร์ต่อเชื้อมิวแทนส์ สเตรปโตคอคคัส และฟลูออไรด์ในแผ่นคราบจุลินทรีย์.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- วันดี กฤษณพันธ์. 2539. สมุนไพรน้ำรั้ว. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- วิชุดา บุรณะเลิศไพศาล. 2550. ประสิทธิภาพของน้ำยาบ้วนปากที่มีฤทธิ์ระงับเชื้อในการลดระดับของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ในน้ำลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพร โอโกโนกิ, ชฎารัตน์ ดวงรัตน์, สมบัติ เขาวนพูนผล และ ทรงยศ อนุชปริดา. 2550. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ “การวิจัยสารต้านอนุมูลอิสระจากสมุนไพรไทย” ธันวาคม 2550. 213 หน้า
- อรรวรรณ สัมฤทธิ์เดชขจร ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2550. ไขมันขัดฟัน. แหล่งที่มา: http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=481&Itemid=176 12 กันยายน 2555.
- อมรรัตน์ เลิศวารสิริกุล. 2554. พอลิแลกติกแอซิด. วิศวกรรมสาร มก. 77(24): 99-110.
- อภิรามสงศรี และ มณฑล เลิศคณาวณิชกุล. 2545. การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Candida albicans* และ *Cryptococcus neoformans* ของสารสกัดสมุนไพร. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 44(4): 250-260.
- Abdelrahim, S.I., A.Z. Almagboul, M.E.A. Omer. and A. Elegami. 2002. Antimicrobial activity of *Psidium guajava*. **Fitoterapia**. 73: 713-715.
- Anders, S. and S. Mikael. 2002. Properties of lactic acid based polymers and their correlation with composition. **Progress in Polymer Science**. 27: 1123 -1163.
- Arima, H. and G. Danno. 2002. Isolation of antimicrobial compounds from guava (*Psidium guajava* L.) and their structural elucidation. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**. 66(8): 1727-1730.

Aurus, R., B. Harte and S. Selke. 2004. An overview of polylactides as packaging materials.

Macromolecular Bioscience. 4: 835-864.

Begum, S., S.I. Hassan and B.S. Siddiqui. 2002. Two new triterpenoids from the fresh leaves of

Psidium guajava. **Planta Medicinal.** 18: 135-140.

_____, _____, _____ and S.N. Ali. 2004. Chemical constituents from leaves of *Psidium*

guajava. **Natural Product Research.** 18: 135-140.

Bible, O.K., E. Sherman and L. Etter. 1998. **Wax filled dental floss.** United States Patent No.

5,819,768.

Blass, M. J. 1991. **Dental floss and tape.** United States Patent No. 4,996,056.

Cow, M.M. 1999. Plant products as Antimicrobial agents. **Clinical microbiology** 12: 564-582.

Cos, P., A.J. Vlietinck, D.V. Berghe and L. Maes. 2006. Anti-infective potential of natural

products: how to develop a stronger in vitro 'proof-of-concept'. **Journal of**

Ethnopharmacol. 106(3): 290-302.

Datta, R. and M. Henry. 2006. Lactic acid: recent advances in products, processes and

technologies-a review. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology.** 81: 1119-

1129.

Dutta, B.K., R. Imtiaz and K.T. Das. 2000. In vitro study on antifungal property of common fruit

plants. **Biomedicine.** 20(3):187-189.

Evazynajad, A.M. 2009. **Dental floss formed from botanic and botanically derived fiber.**

United States Patent application Publication No. US 2009/0188521 A1.

- _____ and W.E. LeGrande. 2006. **Dental floss coated with soywax**. United States Patent application Publication No. US 2006/0118131 A1.
- Flotra, L., P. Gjermo, G. Rolla and J. Waerhaug. 1971. Side effects of chlorhexidine mouth washes. **European Journal of Oral Sciences**. 79(2): 119-125.
- Gillidan, G.S., T.D. Freeman, J.L. Oliphant, S.J. Meessmann, J.P. Hanley and S.G. Szczech. 1996. **Dental floss manufacturing process and product**. United States Patent No. 5,526,831.
- Gutierrez, R.M.P., S. Mitchell and R.V. Solis. 2008. *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacol**. 117: 1-27.
- Hill, D.I. and R.T. Schweigert. 1998. **Dental floss**. United States Patent No. 5,711,935.
- Jaiarj, P., P. Khoohaswan, Y. Wongkrajang, P. Peungvicha, P. Suriyawong, M.L.S. Saraya and O. Ruangsomboon. 1999. Anticough and antimicrobial activities of *Psidium guajava* leaves extract. **Journal of Ethnopharmacol**. 67: 203-212.
- Kamath, J.V., R. Nair, C.K.K. Ashok, S.L. Mohana. 2008. *Psidium guajava* Linn: a review. **International Journal of Green Pharmacy**. 2(1): 9-12.
- LeGrande, W.E. and A.M. Evazynajad. 2009. **Environmentally Responsible dental floss and packaging**. United States Patent application Publication No. US 2009/0235951 A1.
- Li, J., F. Chen and J. Luo. 1999. GC-MS analysis of essential oil from the leaves of *Psidium guajava*. **Journal of Chinese Medicinal Materials**. 22: 78-80.
- Lim, L.T., R. Aurus and M. Rubino. 2008. Processing technologies for poly(lactic acid). **Progress in Polymer Science**. 33: 820-852.

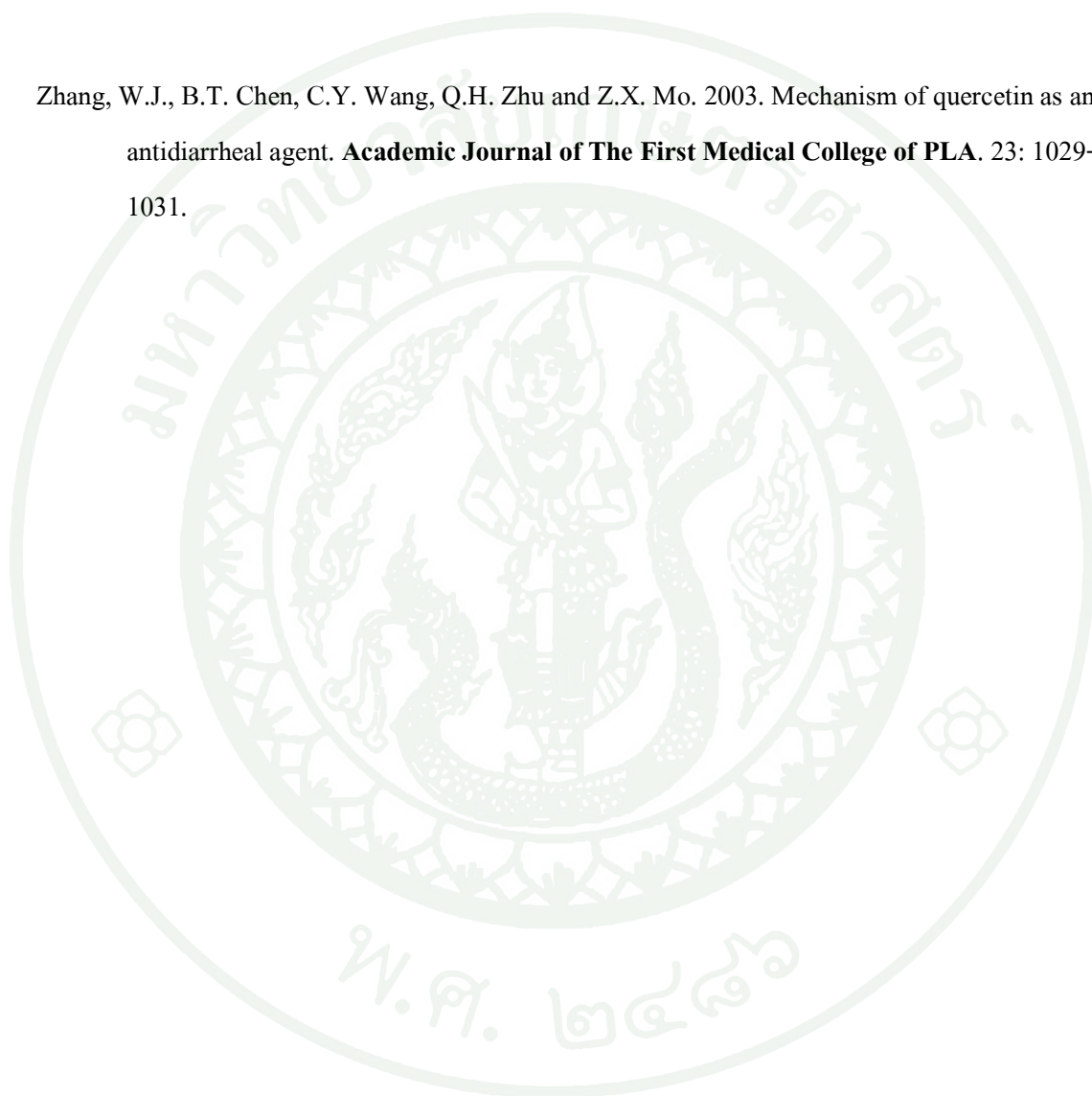
- Limsong, J., E. Benjavongkulchai and J. Kuvatanasuchati. 2004. Inhibitory effect of some herbalexttracts on adherence of *Streptococcus mutans*. **Journal of Ethnopharmacol.** 92: 281-289.
- Nakasone, H.Y. and R.E. Paull. 1998. **Tropical Fruits.** CAB International, Wallingford, UK.
- Oh, W.K., C.H. Lee, M.S. Lee, E.Y. Bae, C.B. Sohn, H. Oh, B.Y. Kim and J.S. Ahn. 2005. Antidiabetic effects of extracts from *Psidium guajava*. **Journal of Ethnopharmacology.** 96: 411-415.
- Okeke, M.I., C.U. Iroegbu, E.N. Eze, A.S. Okoli and C.O. Esimone. 2001. Evaluation of extracts of the root of *Landolphia owerrience* antibacterial activity. **Journal of Ethnopharmacol.** 78: 127-199.
- Palombo, E.A. 2011. Traditional medicinal plant extracts and natural products with activity against oral bacteria: potential application in the prevention and treatment of oral diseases. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.** 15 pages.
- Prabu, G.R., A. Gnanamani and S. Sadulla. 2006. Guajaverin-a plant flavonoid as potential antiplaque agent against *Streptococcus mutans*. **Journal of Appl Microbiol.** 487-495.
- Qadan, F., A.J. Thewaini, D.A. Ali, R. Afifi, A. Elkhawad and K.Z. Matalka. 2005. The antimicrobial activities of *Psidium guajava* and *Juglans regia* leaf extracts to acne-developing organisms. **The American Journal of Chinese Medicine.** 33 (2): 197-204.
- Razak, F.A. 2011. *Piper betle* L. and *Psidium guajava* L. in oral health maintenance. **Journal of Medicinal Plants.** 5(2): 156-163.
- _____. R.Y. Othman and Z.H.A. Rahim. 2009. Bacteriostatic effect of *Piper betle* and *Psidium guajava* extracts on dental plaque bacteria. **Pakistan Journal of Biological Sciences.** 12(6): 518-521.

- _____. and _____. 2006. The effect of *Piper betle* and *Psidium guajava* extracts on the cell-surface hydrophobicity of selected early settlers of dental plaque. **Journal of Oral Science**. 48(2): 71-75.
- _____. and Z.H.A. Rahim. 2003. The anti-adherence effect of *Piper betle* and *Psidium guajava* extracts on the adhesion of early settlers in dental plaque to saliva-coated glass surfaces. **Journal of Oral Science**. 45(4): 201-206.
- Sebastien, F., G. Stephane, A. Copinet and V. Come. 2006. Novel biodegradable films made from chitosan and poly(lactic acid) with antifungal properties against mycotoxinogen strains. **Carbohydrate Polymers**. 65: 185-193.
- Sagrero-Nieves, L., S. Maietti, M. Muzzoli, M. Scaglianti, S. Manfredini, M. Radice and R. Bruni. 2005. Evaluation of essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in food. **Food Chemistry**. 91: 621-632.
- Suhonen, C. and S.D.E. Does. 1998. **Texturized dental floss and method of making**. United States Patent No. 5,842,489.
- Venkatachalam N., N. Krithica, B. Madhan and P.K.Sehgal. 2011. Formulation and Evaluation of Quercetin Polycaprolactone Microspheres for the Treatment of Rheumatoid Arthritis. **Journal of Pharmaceutical Sciences**. 100(1): 195-205.
- Wiggs, R.B. and H.B. Lobprise. 1997. Veterinary dentistry principles and practice. **Lippincott-Raven, Philadelphia**. 559-579.
- William, H. A. 1954. **Dental Floss**. United States Patent No. 2,66,443.
- Williams, T.C. and E.K. Hill. 2009. **Abrasive dental floss and method of making same**. United States Patent application Publication No. US 2009/0241983 A1.

Zachariades, E.A. and P. Shukla. 1996. **Dental floss of ultra-high modulus line material with enhanced mechanical properties.** United States Patent No. 5,479,952.

Zakaria, M.B. and M.A. Mohd. 1994. **Traditional Malay Medicinal Plants.** Available Source: http://www.dweckdata.com/Research_files/Psidium_guajava.pdf, 15 November 2012.

Zhang, W.J., B.T. Chen, C.Y. Wang, Q.H. Zhu and Z.X. Mo. 2003. Mechanism of quercetin as an antidiarrheal agent. **Academic Journal of The First Medical College of PLA.** 23: 1029-1031.







ภาคผนวก ก

อาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ และการเก็บรักษาจุลินทรีย์

การทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ATCC 25175

และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบด้วยสารสกัดใบฝรั่ง

1. อาหาร Tryptic Soy broth (TSB)

Pancreatic digest of casein	17	กรัม
Papaic digest of soybean	3	กรัม
Dextrose	2.5	กรัม
Sodium chloride	5	กรัม
Dipotassium phosphate	2.5	กรัม

ละลาย TSB 30 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มให้ TSB ละลายหมด เทใส่ขวดนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. Mitis Salivarius agar (MSA)

Pancreatic digest of casein	6	กรัม
Proteose peptone no.3	9	กรัม
Proteose peptone	5	กรัม
Dextrose	1	กรัม
Saccharose	50	กรัม
Dipotassium phosphate	4	กรัม
Trypan blue	0.075	กรัม
Crystal violet	0.0008	กรัม
Agar	15	กรัม

ละลาย MSA 90 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มให้ MSA ละลายหมด เทใส่ขวดนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3. การเก็บรักษาแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556

3.1 การเตรียม Dorset egg

3.1.1 Sterility ไข่ไก่ โดยการนำไข่ไก่ไปล้างคราบสกปรกที่ติดมากับเปลือกด้วยน้ำ จากนั้นนำไปแช่ใน เอทานอล 95% เป็นเวลา 20 นาที นำไข่มาล้างลมให้แห้งในบริเวณปลอดเชื้อ

3.1.2 เจาะไข่ด้วยวิธี Aseptic technique ลงไปในขวดที่มีลูกแก้วอยู่ภายในที่ผ่านการ sterile เขย่าจน ไข่แดงและ ไข่ขาวผสมเป็นเนื้อเดียวกัน พยายามอย่าให้เกิดฟองอากาศมาก

3.1.3 นำไข่ปริมาตร 750 มิลลิลิตร เติมน้ำเกลือ 0.85% 250 มิลลิลิตร (ซั่ง NaCl 0.85 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) ที่ผ่านการ sterility ผสมเขย่าจนเป็นเนื้อเดียวกัน

3.1.4 นำมาบรรจุลงหลอดทดลอง 2 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยาง ที่ผ่านการ sterility นำไปเอียงเป็น slant ที่ water bath 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.2 วิธีการเก็บรักษาแบคทีเรียในอาหาร Dorset egg

ไข่เข็มเขี่ยเชื้อตะอาหารในหลอดอาหารที่มีแบคทีเรีย *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556 ที่บ่มเลี้ยงไว้ในอาหารเหลว Trypticase Soy broth (TSB) (ภาคผนวก ก 2) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใน anaerobic jar อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ที่มี CO₂ 5% นาน 18 ชั่วโมง จากนั้นนำไปฉีดบนอาหาร Dorset egg บ่มเลี้ยงใน anaerobic jar อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ที่มี CO₂ 5% นาน 18 ชั่วโมง ตรวจสอบการรอดชีวิตของแบคทีเรีย แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. การทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบด้วยสารสกัดใบฝรั่ง

นำกล้าเชื้อ *S. mutans* ATCC 25175 และ *S. sanguinis* ATCC 10556 0.1 มิลลิลิตร ใส่จานอาหารที่มีอาหารแข็ง Mitis-salivarius agar (MSA) (ภาคผนวก ก1) ใช้แท่งแก้วรูปตัวแอล (L) เคลี่ยให้กล้าเชื้อแบคทีเรียแผ่กระจายทั่วผิวน้ำอาหาร ตั้งไว้ประมาณ 3-5 นาที เพื่อให้ผิวน้ำของอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์แห้ง นำเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบด้วยสารสกัดจากใบฝรั่งความเข้มข้นต่างๆที่ได้จากข้อ 3.1 ความยาว 1 นิ้ว วางบนอาหารที่เพาะจุลินทรีย์ไว้ กคเบาๆ เพื่อให้ติดกับผิวน้ำอาหารทั้งเส้นนำไปบ่มใน anaerobic jar อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน และมีปริมาณ CO₂ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจวัดบริเวณใส (inhibition zone) และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบเขตการยับยั้งที่เกิดขึ้น



1. การวิเคราะห์ quercetin ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

1.1 การเตรียมสารมาตรฐาน quercetin

ชั่งสารมาตรฐาน quercetin 50 มิลลิกรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยเมทานอล ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร

1.2 การเตรียม Reference Standard Solution

เปิด Reference Standard Solution จากข้อ 1.1 มา 0.1, 0.5, 1, 2 และ 4 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร ทำการเติมและปรับปริมาตรด้วยเมทานอล (จะได้ความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.1, 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ)

1.3 การเตรียมตัวอย่างสารสกัดจากใบฝรั่ง

นำสารสกัดจากใบฝรั่งความเข้มข้น 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มากรองด้วยกระดาษกรอง nylon ขนาด 0.45 ไมครอน นำสารสกัดที่ผ่านการกรองใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 125 มิลลิลิตร เติมเมทานอล 20 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร นำไป sonicated เป็นเวลา 5 นาที แล้วเติม และปรับปริมาตรให้ครบ 125 มิลลิลิตร

1.4 การเตรียม Mobile phase

1.4.1 Mobile phase A : กรดฟอสฟอริก 0.1%

เปิดกรดฟอสฟอริก 0.1 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร ที่มีน้ำ DI 900 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ให้ครบ 1000 มิลลิลิตร แล้วกรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง nylon ขนาด 0.45 ไมครอน

1.4.2 Mobile phase B : เมทานอล

กรองเมทานอลด้วยกระดาษกรอง nylon ขนาด 0.45 ไมครอน

1.5 วิธีการวิเคราะห์

1.5.1 ตั้งค่าตัวแปรต่าง ของเครื่องควบคุมระบบ

HPLC Column : Inertsil C-18 4.6 x 150 มิลลิเมตร, 5 ไมครอน

Mobile Phase : กรดฟอสฟอริก 0.1% และ เมทานอล (50:50)

Flow Rate : 1.5 มิลลิเมตรต่อนาที

Detection : 255 นาโนเมตร

Injection Volume : 10 ไมโครลิตร

Temperature : 37 องศาเซลเซียส

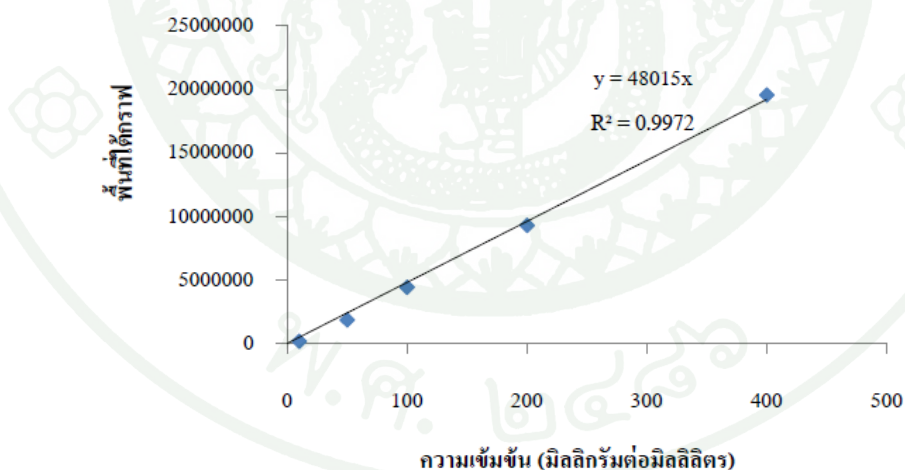
1.5.2 นิตสารละลายมาตรฐาน quercetin จากข้อ 1.2 ความเข้มข้นต่างๆ 5 ไมโครลิตร พื้นที่ใต้กราฟนำมาเขียนกราฟมาตรฐานเพื่อใช้หาปริมาณสารตัวอย่าง จากนั้นนิตสารตัวอย่างที่เตรียมจากข้อ 1.3 ทำการเจือจางให้เหมาะสม เพื่อให้พื้นที่ใต้กราฟที่ได้อยู่ในช่วงกราฟมาตรฐาน เปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ถูกหน่วง (retention time) ประมาณ 7.540 นาที

ปริมาณสาร quercetin (มิลลิกรัม) = พื้นที่ใต้กราฟ × การเจือจาง / ความชันของกราฟมาตรฐาน

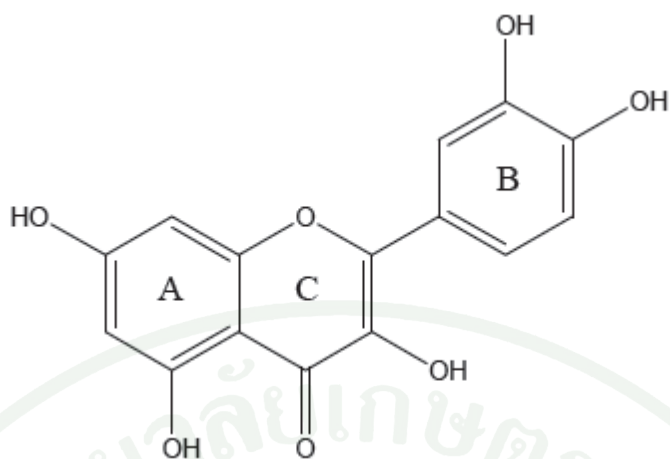
ตารางผนวกที่ ข1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ที่ได้พิกกับความเข้มข้นของสาร quercetin (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

ความเข้มข้นของสาร quercetin (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ที่ได้พิก ที่ 255 นาโนเมตร
0.01	154658
0.05	1837800
0.1	4404305
0.2	9279915
0.4	19545568

เมื่อนำข้อมูลในตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ที่ได้กราฟกับความเข้มข้นของสาร quercetin (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) มาพลอตกราฟพบว่าได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง มีสมการแสดงความสัมพันธ์ คือ $y = 48015x$ และค่า $R^2 = 0.9972$



ภาพผนวกที่ ข1 กราฟมาตรฐานของสาร quercetin



ภาพผนวกที่ ข2 สูตร โครงสร้างของสาร quercetin

2. การศึกษาปริมาณสาร quercetin บนเส้นใยขัดฟัน PLA ด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัดเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร ที่ระยะเวลาการแช่ 2 นาที ความยาว 2 นิ้ว นำมาแช่ในตัวทำละลาย เอทานอล 95% ใน หลอดทดลองขนาด 110×12 มิลลิเมตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อสกัดสารสกัด ใบฝรั่งบนเส้นใยขัดฟัน PLA จากนั้นใช้ปากคีบเส้นใยขัดฟัน PLA ออก

2.2 วิเคราะห์ปริมาณสาร quercetin ด้วยวิธี HPLC

นำสารสกัดใบฝรั่งที่เตรียมได้ในข้อ 2.1 วิเคราะห์ปริมาณสาร quercetin ด้วย HPLC ตามวิธีภาคผนวก ข1

3. การตรวจสอบการยึดติดของสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA ด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM)

นำเส้นใยขจัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งความเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ระยะเวลาการแช่ 2 นาที ตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยขจัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ไปบนผิวของวัตถุ ทำให้ได้ภาพที่มีลักษณะเป็น 3 มิติ โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ ตามวิธีของ จันทิมา (2554) โดยเตรียมตัวอย่างก่อนทำการทดสอบทำได้โดยตัดเส้นใยขจัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งให้มีขนาด 1 เซนติเมตร แล้วเคลือบผิวของเส้นใยขจัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งด้วยทอง เพื่อการกระจายตัวของสารสกัดจากใบฝรั่ง และการยึดเกาะระหว่างเส้นใยขจัดฟัน PLA และสารสกัดใบฝรั่ง

4. การวิเคราะห์ชนิดหมู่ฟังก์ชันของสารสกัดที่เคลือบเส้นใยขจัดฟัน PLA ด้วยวิธี Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

นำเส้นใยขจัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่งความเข้มข้น 31 และ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ระยะเวลาการแช่ 2 นาที วิเคราะห์ชนิดหมู่ฟังก์ชันของสารสกัดที่เคลือบเส้นใยขจัดฟัน PLA ด้วยวิธี Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ตามวิธีของ กาญจนา (2547) โดยรังสีจากแหล่งกำเนิด ผ่านตัวอย่าง และถูกกระจายออกในช่วงความถี่ต่างๆ ด้วยโมโนโครเมเตอร์ ลำรังสีจะตกลงบนเครื่องตรวจวัดทำให้เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้า แสดงผลเป็นเส้นกราฟ มีช่วงการวิเคราะห์คือ 4000-500 ต่อเซนติเมตร ความละเอียดในการเก็บข้อมูล (resolution) 4 ต่อเซนติเมตร จำนวนรอบสแกน 16 รอบ ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นของสารสกัดใบฝรั่งบนเส้นใยขจัดฟัน PLA



ตารางผนวกที่ ค1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการยับยั้งการเจริญของ *Streptococcus mutans* ATCC 25175 ของสารสกัดใบฝรั่งด้วยวิธี Disc diffusion

		Descriptives							
Concentration (mg/ml)	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum	
					for Mean				
					Lower Bound	Upper Bound			
Guava leaf extract	0.16	9	0.0000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
	0.18	9	7.0111	0.49861	0.16620	6.6278	7.3944	6.30	7.70
	0.20	9	8.0444	0.49777	0.16592	7.6618	8.4271	7.00	8.60
	0.40	9	9.9889	0.50111	0.16704	9.6037	10.3741	9.50	10.60
Chlorhexidine	0.20	9	10.5000	0.50000	0.16667	10.1157	10.8843	10.00	11.30
Distilled deionized water		9	0.0000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
Ethanol 95%		9	0.0000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
Total		63	5.0778	4.57671	0.57661	3.9251	6.2304	0.00	11.30

ANOVA

Bacteria		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
<i>S.mutans</i>	Between Groups	1290.689	6	215.115	1.510E3	0.000
	Within Groups	7.980	56	0.142		
	Total	1298.669	62			

Duncan

Concentration (mg/ml)	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Guava leaf extract 0.16	9	0.0000			
Distilled deionized water	9	0.0000			
Ethanol 95%	9	0.0000			
Guava leaf extract 0.18	9		7.0111		
0.20	9			8.0444	
0.40	9				9.9889
Chlorhexidine 0.20	9				10.5000
Sig.		0.000	1.000	1.000	0.038

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางผนวกที่ ค2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการยับยั้งการเจริญของ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของสารสกัดใบฝรั่งด้วยวิธี Disc diffusion

Descriptives									
Concentration (mg/ml)	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum	
					for Mean				
					Lower Bound	Upper Bound			
Guava leaf extract	0.16	9	0.0000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
	0.18	9	0.0000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
	0.20	9	6.9667	0.50000	0.16667	6.5823	7.3510	6.40	7.70
	0.40	9	9.5000	0.50000	0.16667	9.1157	9.8843	9.00	10.00
Chlorhexidine	0.20	9	10.0111	0.49610	0.16537	9.6298	10.3924	9.40	10.60
Distilled deionized water		9	0.0000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
Ethanol 95%		9	0.0000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
Total		63	3.7825	4.50027	0.56698	2.6492	4.9159	0.00	10.60

ANOVA

Bacteria		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
<i>S.sanguinis</i>	Between Groups	1249.682	6	208.280	1.954E3	0.000
	Within Groups	5.969	56	0.107		
	Total	1255.651	62			

Duncan

Concentration (mg/ml)	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Guava leaf extract 0.16	9	0.0000		
0.18	9	0.0000		
Distilled deionized water	9	0.0000		
Ethanol 95%	9	0.0000		
Guava leaf extract 0.20	9		6.9667	
0.40	9			9.5000
Chlorhexidine 0.20	9			10.0111
Sig.		0.000	1.000	0.045

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางผนวกที่ ค3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่ง และระยะเวลาในการแช่ต่อปริมาณการยึดติดบนเส้นใยขัดฟัน PLA

Descriptives

PLA dental floss immersed				
of guava leaf extract (mg/ml)	Time	Mean	Std. Deviation	N
31	2	0.0030	0.00050	3
	4	0.0031	0.00050	3
	Total	0.0030	0.00045	6
62	2	0.0069	0.00050	3
	4	0.0070	0.00050	3
	Total	0.0070	0.00045	6
Total	2	0.0050	0.00218	6
	4	0.0050	0.00218	6
	Total	0.0050	0.00208	12

Tests of between-subjects effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.566E-5 ^a	3	1.522E-5	60.880	0.000
Intercept	0.000	1	0.000	1.200E3	0.000
Concentration	4.563E-5	1	4.563E-5	182.520	0.000
Time	3.000E-8	1	3.000E-8	0.120	0.738
Concentration * Time	0.000	1	0.000	0.000	1.000
Error	2.000E-6	8	2.500E-7		
Total	0.000	12			
Corrected Total	4.766E-5	11			

a. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .942)

ตารางผนวกที่ ค4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการยับยั้งการเจริญของ *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556 ของเส้นใยขัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง

Descriptives

PLA dental floss immersed				
of guava leaf extract (mg/ml)	Time	Mean	Std. Deviation	N
31	2	0.2500	0.50000	3
	4	0.2500	0.50000	3
	Total	0.2500	0.50000	6
62	2	0.4533	0.50033	3
	4	0.4533	0.50033	3
	Total	0.4533	0.50033	6
Total	2	0.2500	0.50000	6
	4	0.4533	0.50033	6
	Total	0.3517	0.12007	12

Tests of between-subjects effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.62 ^a	1	0.062	24.642	0.002
Intercept	0.742	1	0.742	50.150	0.000
Concentration	0.000	1	0.410	24.124	0.000
Time	1.000	1	0.321	0.120	0.501
Concentration * Time	0.000	1	0.000	0.000	1.000
Error	0.010	4	0.03		
Total	1.814	8			
Corrected Total	1.604	7			

a. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .942)

ตารางผนวกที่ ค5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสาร quercetin บนเส้นใยขัดฟัน PLA ที่เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง

Descriptives

PLA dental floss				
immersed of guava leaf extract (mg/ml)	Time	Mean	Std. Deviation	N
31	2	0.0200	0.00000	3
	4	0.0200	0.00000	3
	Total	0.0200	0.00000	6
62	2	0.0700	0.00000	3
	4	0.0700	0.00000	3
	Total	0.0700	0.00000	6
Total	2	0.0450	0.02739	6
	4	0.0450	0.02739	6
	Total	0.0450	0.02611	12

Tests of between-subjects effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.008 ^a	3	0.003	11.923	0.000
Intercept	0.024	1	0.024	15.670	0.000
Concentration	0.008	1	0.008	9.056	0.000
Time	1.000	1	0.002	0.152	0.523
Concentration * Time	0.000	1	0.000	0.000	1.000
Error	0.000	8	0.001		
Total	1.032	12			
Corrected Total	1.008	11			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

ตารางผนวกที่ ๑๖ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสมบัติเชิงกลของเส้นใยจัดฟัน PLA เคลือบสารสกัดใบฝรั่ง

PLA dental floss		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum
						for Mean			
						Lower Bound	Upper Bound		
Tensile	s1	7	50.7986	1.58270	0.59821	49.3348	52.2623	48.41	53.30
	s2	19	50.8105	1.70559	0.39129	49.9885	51.6326	47.89	54.12
	Total	26	50.8073	1.64187	0.32200	50.1441	51.4705	47.89	54.12
Elongation	s1	7	11.6857	0.46889	0.17723	11.2521	12.1194	11.13	12.44
	s2	19	13.2200	0.50382	0.11558	12.9772	13.4628	12.01	13.87
	Total	26	12.8069	0.84688	0.16609	12.4649	13.1490	11.13	13.87
Young's Modulus	s1	7	6.6843	0.10737	0.04058	6.5850	6.7836	6.52	6.82
	s2	19	5.6847	0.19611	0.04499	5.5902	5.7793	5.26	6.01
	Total	26	5.9538	0.48465	0.09505	5.7581	6.1496	5.26	6.82

ANOVA

PLA dental floss		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tensile	Between Groups	0.001	1	0.001	0.000	0.987
	Within Groups	67.393	24	2.808		
	Total	67.393	25			
Elongation	Between Groups	12.042	1	12.042	49.082	0.000
	Within Groups	5.888	24	0.245		
	Total	17.930	25			
Young's Modulus	Between Groups	5.111	1	5.111	161.086	0.000
	Within Groups	0.761	24	0.032		
	Total	5.872	25			

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวกมลภัทร ดิยวงวงศ์กุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	23 กันยายน 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (อุตสาหกรรมเกษตร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2552)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานทางวิชาการ	กมลภัทร ดิยวงวงศ์กุล และ ผศ.ดร. ฌกัญภัทร จินดา. 2013. กิจกรรมด้านการเจริญของแบคทีเรียก่อให้เกิดคราบพลัคของสารสกัดจากใบฝรั่งกิมจู, น.33 ใน รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-