ว. ยางพารา 32 (2) : 4-11 (2554)

โอริงจัดฟันที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์

นุชนาฏ ณ ระนอง
สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
นิยม ธำรงอนันต์สกุล, สมพร สวัสดิสรรพ์, วัชระ เพชรคุปต์ และ ตุลย์ ศรีอัมพร
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานด้านทันตกรรมประดิษฐ์และงานทันตกรรมจัดฟัน ใช้ผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่องค์ประกอบหลักทำจากยางโอริงจัดฟันในงานทันตกรรมจัดฟันมีหน้าที่ยึดเส้นลวดจัดฟัน (arch wire) ให้อยู่ในร่องของแบรกเกต (bracket) เพื่อทำให้เกิดแรงในการเคลื่อนฟันไปยังตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งต้องมีสมบัติที่สามารถยึดเส้นลวดจัดฟันให้อยู่ในร่องแบรกเกต มีความเสียดทานที่เหมาะสมกับเส้นลวดจัดฟันไม่เสื่อมสลายเมื่อสัมผัสน้ำลาย กรดหรือด่างและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากอาหารที่รับประทาน ไม่เป็นที่ยึดเกาะของคราบจุลินทรีย์ ให้ความสะดวกแก่ทันตแพทย์ในการใส่และถอดโอริงจัดฟัน ไม่ส่งเสริมให้เกิดฟันผุ ทนต่อแรงขัดถูได้ดี ผลิตจากวัสดุที่เข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อในช่องปาก จากการสืบค้นข้อมูลโอริงจัดฟันที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟันเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ผลิตจากพอลิยูริเทน (Brantley and Eliades, 2001) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ทำให้มีราคาแพง และยังมีข้อด้อยโดยเฉพาะสมบัติทางกลที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาเมื่อสัมผัสกับน้ำเป็นเวลานานจะมีการบวมตัวและเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และสูญเสียสมบัติต่างๆ ไปเมื่อสัมผัสกับโอโซน โดยจะมีความเค้นแรงดึง (tensile stress) และความสามารถในการยืดหยุ่น (flexibility) ลดลง (Taloumis, 1997; Evangelista, 2007) อันเป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมทั้งเมื่ออยู่ในช่องปาก พอลียูรีเทนจะเกิดรูพรุนขนาดเล็กขึ้นในเนื้อของวัสดุ ซึ่งสามารถเป็นที่สะสมของของเหลวและเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนั้น ผลิตภัณฑ์นี้ยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐาน (specification) มีเพียงวิธีการทดสอบ (International Organization for Standardization, 2007)

เมื่อสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมพบว่า ยังไม่มีการผลิตโอริงจัดฟันในประเทศไทย และเมื่อพิจารณาลักษณะและสมบัติของโอริงจัดฟันที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะสามารถผลิตขึ้นมาใช้เองได้จากวัตถุดิบที่มีมากภายในประเทศ คือยางธรรมชาติ ที่มีจุดเด่นในด้านสมบัติทางกลที่ดีกว่าพอลิเมอร์ชนิดอื่น แต่มักเสื่อมสภาพเร็วเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงหรือสัมผัสออกซิเจนและโอโซน ไม่ทนต่อน้ำมันและตัวทำละลายที่มีขั้ว และอาจมีโปรตีนที่กระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาภูมิแพ้กับผู้ที่ใช้งาน ในปัจจุบันมีการผลิตยางธรรมชาติที่มีการดัดแปรโครงสร้างในเชิงการค้าในประเทศไทย คือ ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ (epoxidized natural rubber : ENR) โดยเติมหมู่อีพอกไซด์ (epoxide group) บนโมเลกุลของยางธรรมชาติเพื่อปรับปรุงให้ยางสามารถทนต่อน้ำมันได้มากขึ้น

แม้ว่าประเทศไทยยังคงเป็นผู้ส่งออกยางพาราในรูปยางดิบ (ได้แก่ ยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน และ น้ำยางข้น) เป็นอันดับหนึ่งของโลก แต่การผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากยางเพื่อใช้ในประเทศและส่งออกต่างประเทศยังเป็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญที่สามารถทำรายได้ให้กับประเทศได้เพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้น การศึกษายางธรรมชาติอิพอกไซด์ ส่วนมากเป็นการศึกษาวิธีการผลิต สมบัติของยางดิบในด้านการไหล สัณฐานวิทยา และการใช้ร่วมกับยางชนิดอื่น (จริญญา, 2546; นิภาพรรณ, 2547; Gelling, 1985; Gelling and Morison, 1985; Nakason *et al.*, 2005; Nakason *et al.*, 2009; Poh and Kwok, 2000; Thilithammawong *et al.*, 2007) แต่มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์น้อยมาก ดังนั้น การคิดค้นวิธีการผลิตโอริงจัดฟันที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟันโดยผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์แทนการใช้พอลียูรีเทน จึงเป็นงานวิจัยที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากในวงการทันตกรรม

ผลการทดลอง

การศึกษานำร่อง (pilot study)

เป็นการศึกษาสมบัติของโอริงจัดฟันที่มีจำหน่ายในประเทศไทย 7 ชื่อการค้า เป็นโอริงจัดฟันชนิดใส ไม่มีสี และมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.25 มิลลิเมตร เมื่อทดสอบสมบัติทางกลได้ผลการศึกษาดังนี้

การศึกษาการบวมพองเป็นเวลา 28 วัน พบว่า การบวมพองในน้ำมีค่าอยู่ที่ช่วงร้อยละ 1.12 ถึง ร้อยละ 2.15 โดยน้ำหนัก และการบวมพองในน้ำมันมีค่าอยู่ที่ช่วงร้อยละ 0.19 ถึงร้อยละ 1.08 โดยน้ำหนัก

การทดสอบสมบัติเชิงกล (mechanical properties) พบว่า ค่าเฉลี่ยการทนแรงดึงเริ่มต้นอยู่ในช่วง 2.59 ถึง 5.19 นิวตัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยการทนแรงดึงที่ระยะเวลา 1 วันหลังการแช่ในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.32 ถึง 3.10 นิวตัน ค่าเฉลี่ยการทนแรงดึงที่ระยะเวลา 7 วันหลังการแช่ในน้ำอยู่ในช่วง 1.34 ถึง 3.11 นิวตัน และค่าเฉลี่ยการทนแรงดึงที่ระยะเวลา 28 วันหลังการแช่ในน้ำอยู่ในช่วง 1.30 ถึง 3.10 นิวตัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการทนแรงดึงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยการทนแรงดึงเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) และเมื่อคำนวณค่าการทนแรงดึงของกลุ่มชิ้นทดสอบที่ผ่านการแช่ในน้ำโดยคิดเทียบเป็นร้อยละของค่าการทนแรงดึงเริ่มต้น พบว่า ค่าการทนแรงดึงหลังแช่ในน้ำที่ระยะเวลา 1 วัน ลดลงเหลือร้อยละ 46.57 ถึง 59.73 ของค่าการทนแรงดึงเริ่มต้น ในระยะเวลา 7 วัน ลดลงเหลือร้อยละ 46.29 ถึง 59.92 ของค่าการทนแรงดึงเริ่มต้น และในระยะเวลา 28 วัน ลดลงเหลือร้อยละ 46.57 ถึง 59.73 ของค่าการทนแรงดึงเริ่มต้น

ส่วนผลการทดสอบค่าความแข็งของโอริงจัดฟัน พบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งอยู่ระหว่าง 60 ถึง 66 Shore A โดยเมื่อแช่ในน้ำตามระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 28 วัน ยังพบว่า ค่าความแข็งของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานำร่องครั้งนี้ มีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยมากและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดสอบตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานำร่อง นำมาวิเคราะห์เพื่อหาพิกัดกำหนด (bench mark) ในการพัฒนาสูตรโอริงจัดฟันก่อนการนำไปผลิตเป็นชิ้นงานทดลองต่อไป โดยพิกัดกำหนดเบื้องต้น ได้แก่ ค่าความแข็งระหว่าง 60 – 65 Shore A ค่าการทนแรงดึงในรูปของค่า Tensile strength อย่างน้อย 20

MPa และค่าร้อยละการบวมพองในน้ำไม่เกิน 2.0 โดยน้ำหนัก ส่วนค่าร้อยละการบวมพองในน้ำมันพืชไม่เกิน 1.0 โดยน้ำหนัก

การพัฒนาสูตรยางดัดฟัน

เริ่มทดลองจากสูตรที่ใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ที่มีกลุ่มอิพอกไซด์ในระดับ 50 mole% ใช้สัญญลักษณ์ ENR 50 พบว่า ค่าการทนแรงดึงเป็น 17 – 19 MPa และมีการบวมพองในน้ำมันน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ยางธรรมชาติ ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ เห็นว่าสมบัติการทนแรงดึงยังน้อยกว่าพิกัดกำหนด และค่าร้อยละการบวมพองยังสูงกว่าพิกัดกำหนดอีกเล็กน้อย จึงใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ในการทดลองครั้งต่อไป พร้อมปรับปรุงสูตรส่วนผสมใหม่ โดยเพิ่มสารตัวเติมชนิดเสริมแรง และปรับระบบการคงรูป พบว่า การใช้สารเสริมความแข็งแรง สามารถเพิ่มค่าการทนต่อแรงดึงได้ดี และมีค่าความแข็งอยู่ในเกณฑ์ จากนั้น เลือกระบบการคงรูปที่เหมาะสม และทดลองเพิ่มเติมโดยแปรปริมาณสารเสริมความแข็งแรงเป็น 3 ระดับ พบว่า การใช้สารตัวเติมชนิดเสริมแรง คือซิลิกา สามารถลดค่าการบวมพองโดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบสูตรที่ไม่ได้ใช้สารดังกล่าว และเห็นว่า การเพิ่มปริมาณซิลิกาจะสามารถลดค่าการบวมพองได้เช่นเดียวกัน ส่วนค่าอื่น ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากผลการทดลองครั้งนี้ ประกอบกับได้พัฒนาเบ้าพิมพ์ชุดแรกมาแล้ว จึงได้ทดลองผลิตเป็นชิ้นงานเพื่อทดสอบผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับต้นแบบที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีผลการทดสอบเปรียบเทียบโดยใช้ชิ้นงานจริง ในการทดสอบ ซึ่งใช้ความเร็วในการดึงเป็น 100 มิลลิเมตรต่อนาที

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบพบว่าค่าความแข็งยังต่ำกว่าตัวอย่างต้นแบบ จึงทดลองเพิ่มเติม โดยใช้ High styrene resin จากการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และทดสอบสมบัติ พบว่า สมบัติต่างๆใกล้เคียงค่าพิกัดกำหนดเป็นส่วนใหญ่ และได้ผลิตเป็นโอริงจัดฟันแล้วทดสอบผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับต้นแบบที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีผลการทดสอบเปรียบเทียบโดยใช้ชิ้นงานจริงในการทดสอบซึ่งใช้ความเร็วในการดึงเป็น 100 มิลลิเมตรต่อนาที ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของโอริงที่ได้เปรียบเทียบกับตัวอย่างจากต่างประเทศ

O - ring	ยืดที่ 200% ใช้แรงดึง (N)	ยืดจนขาด ใช้แรงดึง (N)	ยืดจนขาด ระยะที่ยืดได้ (mm)
ตัวอย่างจากต่างประเทศ	4.8	17.2	16.9
R15	3.75	21.8	13.0
R18	3	10.7	8.3
R19	4.5	18.0	10.86
R20	3.3	7.97	6.47

จากการเปรียบเทียบผลทดสอบที่ได้และการวิเคราะห์ผลการปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ จึงเลือกใช้สูตรที่แปรเฉพาะปริมาณซิลิกา 4 สูตรในการทดลองครั้งหลังสุดเป็น final trial ในการศึกษาขั้นต่อไป จากนั้นใช้ยางผสมสารเคมีที่ได้ไปทดสอบหาค่าเวลาในการคงรูป แล้วทดลองผลิตโอริงจัดฟัน

เพื่อใช้ในการทดสอบสมบัติต่าง ๆ

ผลการศึกษาร้อยละการบวมพองโดยน้ำหนักที่ผ่านการแช่น้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 28 วัน ของชิ้นทดสอบที่ผลิตจากยางธรรมชาติอีพอกไซด์ทั้ง 4 สูตร แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยร้อยละของการบวมพองของโอริงจัดฟันเมื่อแช่ในน้ำกลั่น

ตัวอย่าง	ค่าร้อยละการบวมพองโดยน้ำหนัก		
	1 วัน	7 วัน	28 วัน
ENR สูตรA	1.02	2.77	7.14
ENR สูตรB	0.92	2.95	6.24
ENR สูตรC	1.24	3.10	8.18
ENR สูตรD	1.16	2.82	7.08

ผลการศึกษาร้อยละการบวมพองโดยน้ำหนักที่ผ่านการแช่น้ำมันพืชเป็นระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 28 วัน ของชิ้นทดสอบที่ผลิตจากยางธรรมชาติอีพอกไซด์ทั้ง 4 สูตร แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยร้อยละของการบวมพองของโอริงจัดฟันเมื่อแช่ในน้ำมันพืช

ตัวอย่าง	ค่าร้อยละการบวมพองโดยน้ำหนัก		
	1 วัน	7 วัน	28 วัน
ENR สูตรA	0.51	1.85	4.75
ENR สูตรB	0.51	2.19	4.21
ENR สูตรC	0.64	2.24	5.48
ENR สูตรD	0.56	2.22	5.08

ผลการทดสอบสมบัติการทนแรงดึงของโอริงจัดฟันที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์ทั้ง 4 สูตร พบว่า ค่าเฉลี่ยการทนแรงดึงเริ่มต้นอยู่ในช่วง 2.31 ถึง 3.70 นิวตัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยการทนแรงดึงหลังการแช่ในน้ำกลั่นที่ระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 28 วัน อยู่ในช่วง 1.25 ถึง 1.94 นิวตัน ซึ่งเมื่อคิดค่าการทนแรงดึงที่เหลืออยู่จะแสดงค่าในช่วงร้อยละ 50.18 ถึงร้อยละ 55.41 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยการทนแรงดึง และร้อยละของค่าการทนแรงดึงหลังการแช่ไว้ในน้ำกลั่นตามระยะเวลา

ตัวอย่าง	ค่าการทนแรงดึง (นิวตัน)			
	ค่าเริ่มต้น	หลังจากแช่ในน้ำ		
		1 วัน	7 วัน	28 วัน
ENR สูตร A	2.31	1.25 (54.11%)	1.26 (54.55%)	1.25 (54.11%)
ENR สูตร B	2.79	1.42 (50.90%)	1.40 (50.18%)	1.41 (50.54%)
ENR สูตร C	3.14	1.74 (55.41%)	1.72 (54.78%)	1.72 (54.78%)
ENR สูตร D	3.70	1.93 (52.16%)	1.94 (52.43%)	1.91 (51.62%)

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติการทนแรงดึงของโอริงจัดฟัน พบว่า ค่าการทนแรงดึงเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ทางการค้ามีช่วงค่าการทนแรงดึงสูงกว่าโอริงจัดฟันที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์ ในขณะที่ค่าการทนแรงดึงเมื่อแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 28 วัน ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด

ไม่แตกต่างกัน การที่ค่าแรงดึงเริ่มต้นของอีลาสโตเมอริกลิเกเจอร์ที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์มีค่าต่ำกว่า ย่อมหมายถึงว่าทันตแพทย์จะใช้แรงในการดึงอีลาสโตเมอริก-ลิเกเจอร์น้อยกว่า ทำให้สะดวกในการทำงานและเกิดความเมื่อยล้าในการทำงานน้อยลง สำหรับการศึกษาผลของการแช่โอริงจัดฟันในของเหลวทั้ง 2 ชนิดที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 28 วันนั้น เป็นการเลียนแบบการใช้งานจริงในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งโอริงจัดฟันจะต้องสัมผัสกับของเหลวในช่องปาก ที่อุณหภูมิของร่างกาย คือ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนยางจัดฟันใหม่ จากผลการศึกษาพบว่า ค่าการทนแรงดึง มีค่าลดลงจากค่าการทนแรงดึงเริ่มต้นประมาณร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองจากการศึกษานำร่อง แสดงให้เห็นว่าโอริงจัดฟันที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์ทั้ง 4 สูตร สามารถยึดลวดจัดฟันให้อยู่ในร่องของเบรกเกตได้โดยยังคงความยืดหยุ่นพียงพอในการรัดลวดจัดฟัน และยังสามารถนำมาเลือกใช้ประโยชน์ในผู้ป่วยจัดฟันในแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้ การใช้โอริงจัดฟันที่มีแรงดึงเริ่มต้นสูง จะช่วยในการพยุงลวดจัดฟันได้มั่นคงขึ้น ซึ่งการผลิตอีลาสโอริงจัดฟันหลายๆ สูตรตามค่าการทนแรงดึงเริ่มต้นจะช่วยให้ทันตแพทย์จัดฟันเลือกใช้ในแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกันไปได้สะดวกยิ่งขึ้น

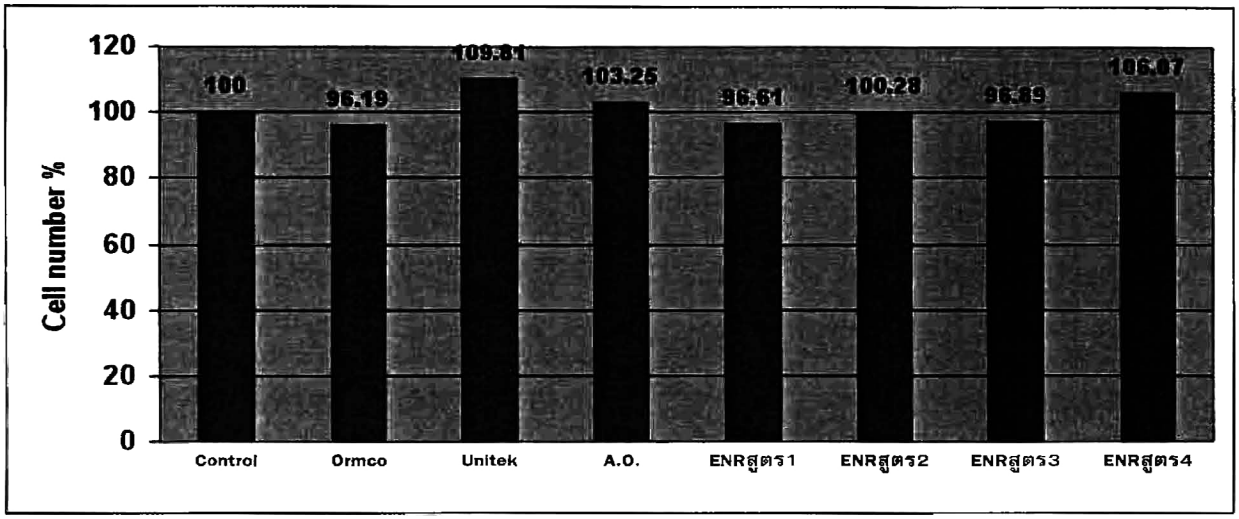
ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

การทดสอบความเข้ากันได้ทางชีวภาพ

การทดสอบความเข้ากันได้ทางชีวภาพของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่เพาะเลี้ยงจากเหงือกของคนด้วยวิธีทดสอบเอ็มทีที พบว่า มีร้อยละของจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตของชิ้นทดสอบที่ผลิตจากยางธรรมชาติอีพอกไซด์ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นชิ้นตัวอย่างผลิตภัณฑ์นำเข้า (ภาพที่ 2)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่มีต่อชิ้นทดสอบเมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์เฟสคอนทราสต์ชนิดหัวกลับ พบว่าเซลล์ไฟโบรบลาสต์เมื่อสัมผัสกับชิ้นทดสอบทุกกลุ่มลักษณะของเซลล์เป็นรูปกระสวย (spindle) มีการแผ่ตัวและยึดเกาะบนจานเพาะเลี้ยงและชิ้นทดสอบได้ นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนเซลล์บริเวณที่สัมผัสกับชิ้นทดสอบมีความหนาแน่นมาก

ผลการศึกษาปฏิกิริยาของเซลล์ไฟโบร-บลาสต์ที่มีต่อชิ้นทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยายต่ำ (200 เท่า) และกำลังขยายที่สูงขึ้น (1500 เท่า) พบว่าในทุกกลุ่มการศึกษา เซลล์ไฟโปรบลาสต์สามารถยึดเกาะได้หนาแน่น เซลล์มีการยึดเกาะดี มีการแผ่ตัวดี และมีส่วนยื่นของเซลล์ (cytoplasmic processes) ยึดเกาะบนพื้นผิวของชิ้นทดสอบ พลาสมาเมมเบรน (plasma membrane) มีลักษณะเรียบโดยทั่วไป และบางตำแหน่งพบ



***ภาพที่ 2** ร้อยละของจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตหลัง ของผู้ป่วยรายหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม*

ไมโครวิลลัย (microvilli) ได้บ้าง

จากผลการศึกษาปฏิกริยาของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่มีต่อชิ้นทดสอบของโอริงจัดฟันทั้งสองชนิดด้วยกล้องจุลทรรศน์เฟสคอนทราสต์ชนิดหัวกลับ และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่สัมผัสกับชิ้นทดสอบทุกกลุ่มมีการเจริญเติบโตและการยึดเกาะบนชิ้นตัวอย่างได้ดี แสดงให้เห็นว่า โอริงจัดฟันที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์และที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้ามีความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเซลล์ของมนุษย์

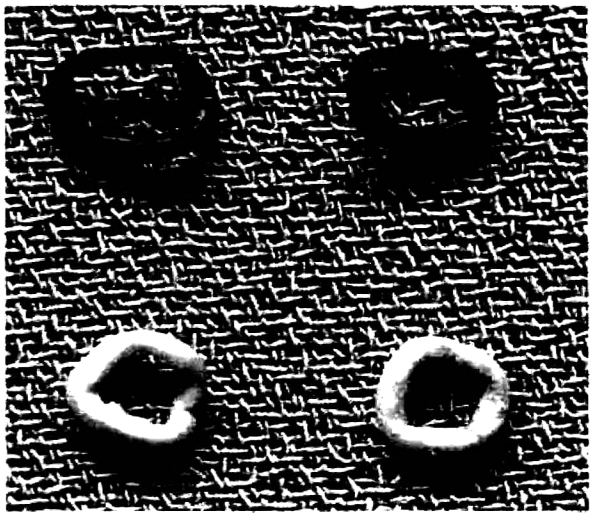
การทดสอบปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

โดยทั่วไป ยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเบื้องต้นด้วยกรรมวิธีการทำให้จับตัวด้วยกรด จะสามารถแยกเอาโปรตีนส่วนใหญ่ที่ละลายน้ำได้ออกไปอยู่ในส่วนของเซรุ่มแล้ว ทำให้ตรวจพบปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้อยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้ได้ทดสอบปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์โอริงจัดฟันที่ผลิตขึ้น โดยใช้วิธีทดสอบมาตรฐานสากล พบว่าผลิตภัณฑ์จากทั้ง 4 สูตรที่ใช้ในการทดลอง มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้น้อยกว่า 50 ไมโครกรัมต่อกรัม

การทดลองทางคลินิกครั้งแรกในผู้ป่วย

การทดสอบทางคลินิกครั้งแรกในผู้ป่วยโดยใช้โอริงจัดฟันที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์ หลังจากใช้งานไปได้ 2.5 เดือน ผู้ป่วยไม่มีอาการระคายเคือง เมื่อถอดโอริงจัดฟันพบว่า สภาพของโอริงจัดฟันที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์บวมพองเล็กน้อยแต่มีขนาดวงที่เล็กกว่าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ ซึ่งอธิบายได้ว่าโอริงจัดฟันที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์ยังมีความยืดหยุ่นเหลืออยู่มากกว่าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ

จากผลการทดลองทั้งหมด แสดงว่ายางธรรมชาติอิพอกไซด์เป็นวัตถุดิบที่ดีในการผลิต



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์นำเข้า(บน) และผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติอิพอกไซด์ (ล่าง)

โอริงจัดฟัน มีสูตรและเทคนิคที่สามารถขยายผลในเชิงอุตสาหกรรมได้ เป็นการลดการนำเข้าจากต่างประเทศ และใช้ยางธรรมชาติในประเทศได้เพิ่มขึ้น

การนำไปใช้ประโยชน์

งานทันตกรรมเป็นงานที่สำคัญงานหนึ่งของการรักษาสุขภาพฟันเพื่อให้สามารถเคี้ยวอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่คนเรามีฟันที่ไม่เป็นระเบียบจะทำให้การย่อยอาหารไม่ดี จะมีผลต่อสุขภาพโดยรวม ทันตกรรมจัดฟันจึงเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคี้ยวย่อยอาหารและเพิ่มบุคลิกภาพที่ดีได้ด้วย ทำให้การจัดฟันเป็นที่นิยมเพิ่มขึ้น แต่ยังใช้ผลิตภัณฑ์โอริงจัดฟันที่ผลิตจากต่างประเทศ ทำให้ค่ารักษาพยาบาลมีราคาสูง โอริงจัดฟันที่ผลิตจากยางธรรมชาติอิพอกไซด์ มีสมบัติทั้งทางกายภาพและเชิงกลใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า อีกทั้งแสดงสมบัติการเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเหงือกของมนุษย์ได้ดี ดังนั้น มีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตโอริงจัดฟันที่สามารถขยายผลในเชิงอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันต่อไปในอนาคต ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ดีในการประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติที่ผ่านการดัดแปรโครงสร้างในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง นอกเหนือจากที่เคยมีการศึกษาเฉพาะการนำไปใช้ผสมร่วมกับยางชนิดอื่นแทนยางธรรมชาติให้ได้สมบัติที่ต้องการ ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เป็นเทคโนโลยีต้นแบบในการผลิตโอริงจัดฟันในเชิงพาณิชย์ได้ และสามารถใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ได้อย่างน้อยปีละ 75 ตัน

เอกสารอ้างอิง

จริญญา เยาว์แสง. 2546. ความต้านทานน้ำมันและสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิภาพรรณ โสตถิยานนท์. 2547.พอลิเมอร์ผสมระหว่างอิพอกซีเรซินและยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Brantley,W.A. and T. Eliades. 2001. *Orthodontic Materials : Scientific and Clinical Aspects.* New York:Thieme.

Evangelista, M.B., D.W.Berzins and P. Monaghan. 2007. Effect of disinfecting

solutions on the mechanical properties of orthodontic elastomeric ligatures. *Angle Orthod.* 77(4):681-7.

Gelling I.R. 1985. Modification of natural rubber latex with peracetic acid. *Rubber Chemistry and Technology* 58(1):86-96.

Gelling I.R. and N.J. Morison. 1985. Sulfur vulcanization and oxidative aging of epoxidized natural rubber. *Rubber Chemistry and Technology* 58(2): 243-257.

International Organization for Standardization. 2007. Dentistry-Elastomeric auxiliaries for use in orthodontics. ISO 21606. London: British Standards Institution.

Nakason, C., A. Tobprakhon and A. Kaesarnan. 2005. Thermoplastic vulcanizates based on poly(methyl methacrylate)/epoxidized natural rubber blends: Mechanical, thermal, and morphological properties. *Journal of Applied Polymer Science* 98(3): 1251-61.

Nakason, C., M. Jarnthong, A. Kaesaman and S. Kiatkamjornwong. 2009. Influences of blend proportions and curing sytems on dynamic, mechanical, and morphological properties of dynamically cured epoxidized natural rubber/high-density polyethylene blends. *Polymer Engineering and Science*. 49(2): 281-92.

Poh, B.T. and G.K. Kwok. 2000. Tensile property of epoxidized natural rubber/ natural rubber blends. *Polymer-Plastics Technology and Engineering* 39(1):151-161.

Taloumis, L.J., T.M. Smith, S.O. Hondrum and L.Lorton. 1997. Force decay and deformation of orthodontic elastomeric ligatures. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 111(1):1-11.

Thitithammawong, A., C. Nakason, K. Sabakaro and J.W.M. Noordermeer. 2007. Thermoplastic vulcanizates based on epoxidized natural rubber/ polypropylene blends: Selection of optimal peroxide type and concentration in relation to mixing conditions. *European Polymer Journal.* 43(9):4008-18.