

ผลของการเติมสารนาโนเงินในสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล

EFFECT OF SILVER NANOPRISMS CONTAINING ACRYLIC SOFT LINER ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

กมลวรรณ คำทรัพย์¹ ณปภา เอี่ยมจิรกูล^{2*} ปิยะนารถ เอกวรพจน์³
Kamonwan Khumsup¹, Napapa Aimjirakul², Piyanart Ekworapoj³

¹โรงพยาบาลบรบือ ตำบลหนองสิม อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม 44130

¹Borabue Hospital, Tambon Nong Sim, Borabue District, Mahasarakham 44130.

²ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

³ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³Department of General Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, E-mail: napapa@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการเติมสารนาโนเงินในสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกต่อคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ การละลายตัว ความแข็งผิวของสารฉาบ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ สารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกผสมสารนาโนเงินที่ความเข้มข้น 0 25 50 100 และ 200 ส่วนในล้านส่วน นำมาทดสอบการดูดซึมน้ำและการละลายที่ระยะเวลา 1 4 7 และ 14 วัน โดยการเตรียมชิ้นงานเป็นแผ่นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.00 มิลลิเมตรหนา 0.50 มิลลิเมตร กลุ่มละ 5 ชิ้น และทดสอบความแข็งผิวโดยการเตรียมชิ้นงานเป็นแท่งกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 28.00 มิลลิเมตรหนา 6.00 มิลลิเมตร กลุ่มละ 5 ชิ้น วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน และการทดสอบบูก็ย์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลอง สารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกที่ผสมนาโนเงิน มีผลค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำ มีค่า 1.724-2.778 มก./ตร.ซม. ผลค่าเฉลี่ยการละลายตัวของวัสดุมีค่า 0.62-1.53 มก./ตร.ซม. ในการทดสอบการดูดซึมน้ำพบว่ากลุ่มควบคุม (ความเข้มข้นของนาโนเงิน 0 ส่วนในล้านส่วน) มีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำมากที่สุด (2.993 มก./ตร.ซม.) และกลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 200 ส่วนในล้านส่วน มีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด (1.724 มก./ตร.ซม.) ในการทดสอบความแข็งผิวของวัสดุพบว่ากลุ่มควบคุม (ความเข้มข้นของนาโนเงิน 0 ส่วนในล้านส่วน) ที่เวลา 1 วัน มีค่าเฉลี่ยความแข็งของวัสดุที่น้อยที่สุด (13.80 หน่วยชอร์เอ) และกลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 200 ส่วนในล้านส่วน ที่เวลา 14 วัน มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวของวัสดุมากที่สุด (55.68 หน่วยชอร์เอ)

สรุป เมื่อเพิ่มปริมาณสารนาโนเงินในสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกทำให้มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ การละลายตัวลดลง และความแข็งผิวเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: สารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิก สารนาโนเงิน การดูดซึมน้ำ การละลายตัว ความแข็งผิว

Abstract

Objective: The purpose of this study was to evaluate the incorporation of silver nanoprisms containing acrylic soft liner on the sorption, solubility and hardness test.

Methods: Acrylic soft liner (Visco gel, Dentsply, US) mixed with silver nanoprisms were divided into 5 groups according to the concentration of silver nanoprism added into the soft liner liquid: 0, 25; 50, 100 and 200 ppm, respectively. The specimens were immersed in distilled water for 1, 4, 7 and 14 days. For water sorption and solubility test, five disc-shaped specimens (50.00x0.50 mm) of each group were fabricated from stainless steel mold. For the hardness test, five cylindrical specimens (28.00x6.00 mm) of each group were prepared. A hardness durometer (Shore A, model 471; PTC Instruments, Los Angeles CA, USA) was used for hardness tests, the test conditions being in accordance with ASTM: D2240. The results were analyzed by using ANOVA and Tukey HSD test ($p < 0.05$).

Results: Water sorption and solubility values ranged from 1.724-2.778 mg/cm² and from 0.62-1.53 mg/cm², respectively. For water sorption, control group (0 ppm of silver nanoprisms) exhibited highest mean value (2.993 mg/cm²) though 200 ppm of silver nanoprism group exhibited least mean value (1.724 mg/cm²).

For hardness test, control group (0 ppm of silver nanoprisms) at day 1 exhibited least mean value (13.80 shore A unit) though 200 ppm of silver nanoprism group at day 14 exhibited highest mean value (55.68 shore A unit).

Conclusions: An increase in silver nanoprisms concentration resulted in an increased hardness and a decrease in both water sorption and water solubility.

Keywords: Acrylic Soft Liner, Silver Nanoprisms, Water Sorption, Water Solubility, Hardness

บทนำ

ในผู้ป่วยที่สูญเสียฟันทั้งปากจะได้รับการทดแทนฟันธรรมชาติที่สูญเสียไปด้วยฟันเทียมทั้งปากชนิดถอดได้หรือติดแน่น วัสดุที่นิยมใช้ทำฐานฟันเทียมคือเรซินอะคริลิก (Acrylic Resin) ภายหลังจากผู้ป่วยใช้ฟันเทียมไประยะหนึ่งจะพบว่าบริเวณสันเหงือกที่รองรับฟันเทียมมีการสลายตัวอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ฟันเทียมหลวม สูญเสียเสถียรภาพที่ดี เกิดการกดเจ็บบริเวณเนื้อเยื่อใต้ฐานฟันเทียม และอาจเกิดรอยโรคต่างๆ ตามมาได้ เช่น ปากอักเสบเหตุฟันเทียม จำเป็นต้องมีการเสริมฐานฟันเทียมด้วยสารฉาบแบบนุ่มประเภทชั่วคราวเพื่อปรับสภาพเนื้อเยื่อให้เหมาะสมก่อนใส่

ฟันเทียมแบบถาวร นอกจากนี้ในผู้ป่วยบางกลุ่มที่ไม่สามารถใส่ฟันเทียมที่มีลักษณะแข็งได้ เนื่องจากเยื่อเมือกของสันเหงือกที่รองรับฟันเทียมบางและไม่ยืดหยุ่น หรือกระดูกขากรรไกรมีการสลายตัวมาก สันเหงือกมีลักษณะแหลมคม มีส่วนคอดมาก ซึ่งควรได้รับการเสริมฐานฟันเทียมด้วยวัสดุแบบนุ่มเพื่อช่วยในการดูดซับแรงและลดแรงกระแทกในขณะบดเคี้ยวอาหาร

สารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกแบ่งตามชนิดวัสดุที่ใช้ทำ เป็น 2 ชนิด คือ ทำจากเรซิน และจากซิลิโคน ถ้าแบ่งตามอายุการใช้งาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบชั่วคราวและแบบกึ่งถาวร โดยสาร

ฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกแบบชั่วคราว สามารถคงสภาพความนุ่มในระยะเวลาที่จำกัด โดยมีระยะเป็นวันหรือสัปดาห์ เพื่อปรับให้เนื้อเยื่ออ่อนในช่องปากกลับสู่สภาพเดิมก่อนที่จะใส่ฟันเทียมชิ้นใหม่หรือใช้ในการเปลี่ยนฐาน (Rebase) หรือเสริมฐาน (Reline) ฟันเทียม [1] สารฉาบแบบนุ่มเมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่งจะสูญเสียความยืดหยุ่น เริ่มมีความแข็งมากขึ้น [2, 3] มีการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติ ซึ่งเกิดได้จากการที่วัสดุมีการดูดน้ำ [3, 4] นอกจากนี้พบยีสต์ถึงร้อยละ 66 ส่วนมากเป็นสปีชีส์แคนดิดา (*Candida*) โทรูลอปซิส (*Torulopsis*) และ ไตรโคสปอรอน (*Trichosporon*) [2, 5] ในผู้ป่วยที่ใส่ฟันเทียมรวมถึงฟันเทียมเสริมฐาน

การทำความสะอาดฟันเทียมเพื่อกำจัดเชื้อโรคมัย 2 วิธี ได้แก่ วิธีทางกลและวิธีทางเคมี วิธีทางกลคือการใช้แปรงถูหรือขัดเบาๆ แต่วิธีนี้ทำให้ฐานฟันเทียมเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นควรทำความสะอาดทางเคมี [6] โดยแช่ฟันเทียมในน้ำยาทำความสะอาดชนิดต่างๆ เช่น อัลคาไลน์ เปอร์ออกไซด์ (Alkaline Peroxide) ซึ่งสามารถลดเชื้อได้มากกว่าการทำความสะอาดโดยใช้แปรงกับสบู่หรือครีมสำหรับทำความสะอาดฟันเทียม [2, 5] แต่การแช่ในน้ำยาทำความสะอาดอาจทำให้สีของสารฉาบเปลี่ยนสีเล็กน้อย [7] นอกจากนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสารฉาบแบบนุ่ม เช่น มีการผสมอนุภาคเงินเข้าไปเพื่อหวังผลในการต้านเชื้อต่างๆ พบว่า อนุภาคเงิน มีผลในการต้านเชื้อแบคทีเรียกลุ่มสเตรปโตคอคคัส ออราลิส (*Streptococcus oralis*) สเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ (*Streptococcus mutans*) และมีผลในการต้านเชื้อรา แคนดิดา อัลบิแคนส์ (*Candida albicans*) [8]

อนุภาคนาโนเงินสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย โดยเกิดการทำลายที่ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ และขัดขวางการสร้างดีเอ็นเอ โดยเกิดปฏิกิริยากับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการการมีชีวิตของเซลล์ อนุภาคนาโนเงินยับยั้งกระบวนการหายใจ

ของแบคทีเรีย เร่งปฏิกิริยาการผลิตอนุมูลอิสระออกซิเจนทำให้แบคทีเรียตาย [9, 10] ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคนาโนเงินขึ้นกับขนาดของอนุภาคของนาโนเงิน โดยอนุภาคของนาโนเงินที่มีขนาดเล็กนั้นสามารถแทรกซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่ายกว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสูงขึ้น [9] และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคนาโนเงินขึ้นกับพื้นที่ผิวของอนุภาคนาโนเงิน ซึ่งพื้นที่ผิวมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสูงขึ้น [10]

นอกจากนี้รูปร่างของอนุภาคนาโนเงินส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ โดยพบว่าอนุภาคนาโนเงินรูปร่างสามเหลี่ยมแท่งสั้นๆ นั้นจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้มากที่สุด และอนุภาคนาโนเงินรูปร่างกลมและแท่ง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้ลดลงตามลำดับ [11] Poolnaum และคณะยืนยันว่า ฐานฟันเทียมแบบอะคริลิกผสมอนุภาคนาโนเงินมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) [12] Ekgasit และคณะได้เปลี่ยนแปลงรูปร่างของอนุภาคนาโนเงิน เป็นสารนาโนเงิน ซึ่งมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมแท่งสั้นๆ โดยใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอนุภาคนาโนเงิน [13] อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคนาโนเงินยิ่งทำให้สีของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมแบบนุ่มชนิดซิลิโคนมีสีที่เข้มขึ้นจนเกือบเป็นสีดำ [14, 15] ยังส่งผลให้มีความแข็งที่ลดลง มีการดูดซึมน้ำและมีการละลายตัวที่มากขึ้น [16] งานวิจัยที่เกี่ยวกับสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกผสมสารนาโนเงินมีน้อย ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาผลของการเติมสารนาโนเงินในสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ การละลายตัว และความแข็งผิวของสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิก

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกที่มีส่วนประกอบของนาโนเงิน ด้วยสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกเครื่องหมายการค้า วิสโคเจล (Visco gel, Dentsply, USA) ซึ่งประกอบด้วยส่วนผงพอลิเมทิลเมทาคริเลต (Polyethylmethacrylate) และส่วนเหลวที่มีส่วนประกอบหลักเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) และนาโนเงินสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 1000 ส่วนในล้านส่วน (พีพีเอ็ม) ซึ่งได้มาจาก

หน่วยปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สารนาโนเงินนี้ได้จากกระบวนการใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอนุภาคนาโนเงิน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นสารนาโนเงิน (ภาพที่ 1) เตรียมตัวอย่างโดยคำนวณหาปริมาตรส่วนเหลวตัดแปลงนาโนเงินที่ความเข้มข้น 0 25 50 100 และ 200 พีพีเอ็ม จากนั้นจึงนำส่วนเหลวตัดแปลงมาผสมกับส่วนผงตามวิธีการของผู้ผลิต ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนการเตรียมวัสดุเสริมฐานฟันเทียมแบบนุ่มชนิดอะคริลิกที่มีส่วนประกอบของนาโนเงิน

กลุ่ม	ความเข้มข้นของนาโนเงิน(ppm)	ปริมาตรของส่วนเหลวตัดแปลง (2 มล)		อัตราส่วนผสม
		ปริมาตรของนาโนเงิน (มล)	ปริมาตรของส่วนเหลว (มล)	
1	0	0.00	2.00	ส่วนผง : ปริมาตรของส่วนเหลวตัดแปลง 3 กรัม : 2 มิลลิลิตร
2	25	0.05	1.95	
3	50	0.10	1.90	
4	100	0.20	1.80	
5	200	0.40	1.60	



ภาพที่ 1 (a) วัสดุเสริมฐานฟันเทียมแบบนุ่มชนิดอะคริลิก (b) นาโนเงิน

การทดสอบการดูดซึมน้ำและการละลายตัวของวัสดุ

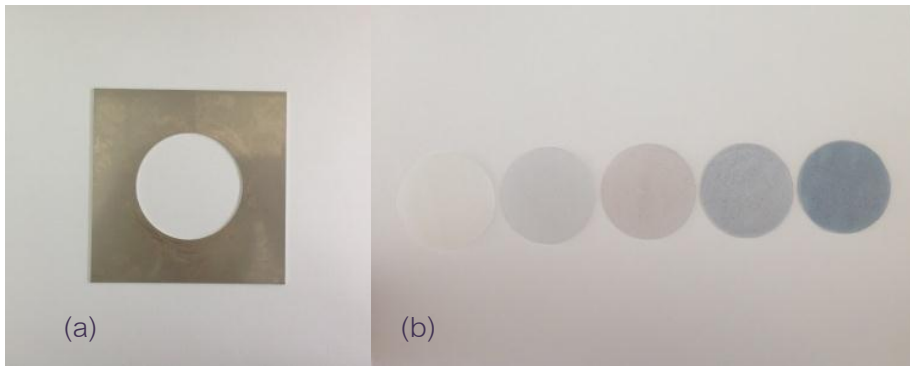
เตรียมชิ้นงานตามข้อกำหนดขององค์การมาตรฐานนานาชาติ (ISO 1567) โดยผสมสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกตามสัดส่วนที่กำหนดใส่ลงในแม่แบบเหล็กกล้าไร้สนิมกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.00 มิลลิเมตรหนา 0.50 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2) กลุ่มละ 5 ชิ้น จำนวน 5 กลุ่ม รวม 25 ชิ้น นำตัวอย่างเก็บในที่ดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเก็บในที่ดูดความชื้นครั้งที่สอง ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก โดยจะทำการเก็บในที่ดูดความชื้นเป็นรอบและนำมาชั่ง ทำเป็นรอบๆ จนกระทั่งได้น้ำหนักของตัวอย่างที่คงที่ (W1) แล้วนำตัวอย่างมาแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส

เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ใช้กระดาษซับให้แห้งและชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (W2) การดูดซึมน้ำของวัสดุคำนวณได้จากความแตกต่างของน้ำหนัก W2 และ W1 นำมาหารด้วยพื้นที่ผิวของตัวอย่าง คือค่าการดูดซึมน้ำ (มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร)

$$\text{การดูดซึมน้ำ (มก./ตร.ซม.)} = \frac{W_2 - W_1}{\text{พื้นที่ผิว}}$$

นำตัวอย่างเก็บในที่ดูดความชื้น อีกครั้งที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงแล้วเก็บในที่ดูดความชื้น ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก ค่าน้ำหนักที่ได้ในครั้งนี้เป็น W3 การละลายตัวของวัสดุคำนวณได้จาก

$$\text{การละลายตัว (มก./ตร.ซม.)} = \frac{W_1 - W_3}{\text{พื้นที่ผิว}}$$

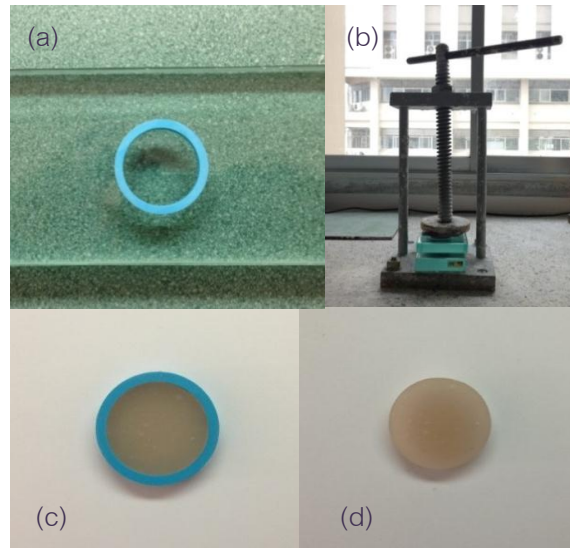


ภาพที่ 2 (a) แม่แบบสแตนเลส (b) ตัวอย่างสำหรับทดสอบการดูดซึมน้ำและการละลายตัวของวัสดุ

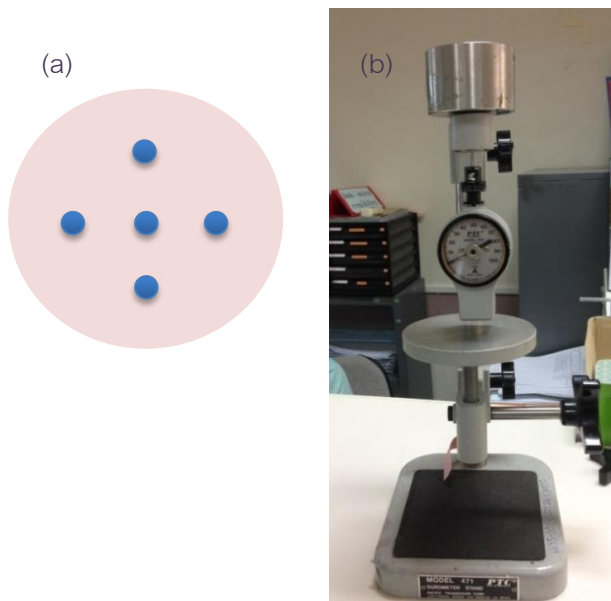
การทดสอบความแข็งผิวของวัสดุ

เตรียมตัวอย่าง ตามข้อกำหนดของสมาคมทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM: D-2240) โดยเตรียมตัวอย่างเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28.00 มิลลิเมตร หนา 6.00 มิลลิเมตร โดยใช้แม่แบบพีวีซี (ภาพที่ 3) กลุ่มละ 5 ชิ้น ทาน้ำมันที่แม่แบบ วางแม่แบบบนแผ่นกระจก ผสมสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกและนาโนเงินที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในแม่แบบ

วางแผ่นกระจกทับด้านบน นำไปเข้าเครื่องอัดแรงรอวัสดุแข็งตัว จากนั้นจึงนำวัสดุออกมาจากแม่แบบ นำชิ้นงานมาแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส แล้วทำการทดสอบที่ 1 4 7 และ 14 วัน จากนั้นนำชิ้นงานมาทดสอบความแข็งผิวโดยใช้เครื่องวัดความแข็งชอร์เอ (Shore A Durometer, model 471; PTC Instrument, Los Angeles CA, USA) โดยในหนึ่งชิ้นงานจะทำการทดสอบห้าตำแหน่ง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 (a) แม่แบบพีวีซี (b, c, d) ตัวอย่างสำหรับทดสอบการความแข็งแรงผิวของวัสดุ



ภาพที่ 4 (a) การทดสอบการความแข็งแรงบนชิ้นงาน 5 ตำแหน่ง (b) เครื่องวัดความแข็งแรงชอร์เอ

การทดสอบทางสถิติ

เปรียบเทียบการดูดซึมน้ำและการละลายตัวของสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิก โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการทดสอบทีก็ย์ (one-way ANOVA and Tukey HSD

test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เปรียบเทียบความแข็งแรงผิวของสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิก โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางและการทดสอบทีก็ย์ (two-way ANOVA and Tukey HSD test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัย

การดูดซึมน้ำและการละลายตัวของวัสดุ

ผลค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำมีค่า 1.724-2.778 มก./ตร.ซม. และค่าเฉลี่ยการละลายตัวของวัสดุมีค่า 0.617-1.527 มก./ตร.ซม. การทดสอบการดูดซึมน้ำ พบว่ากลุ่มควบคุม (ความเข้มข้นของนาโนเงิน 0 พีพีเอ็ม) มีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำมากที่สุด (2.993 มก./ตร.ซม.) และกลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 200 พีพีเอ็ม มีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด (1.724 มก./ตร.ซม.) กลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 50 100 และ 200 พีพีเอ็ม มีการลดลง

ของการดูดซึมน้ำเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2)

ส่วนการทดสอบการละลายตัวของวัสดุ พบว่ากลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 25 พีพีเอ็ม มีค่าเฉลี่ยการละลายตัวของวัสดุมากที่สุด (1.527 มก./ตร.ซม.) และกลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 200 พีพีเอ็ม มีค่าเฉลี่ยการละลายตัวของวัสดุน้อยที่สุด (0.617 มก./ตร.ซม.) พบว่ากลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 200 พีพีเอ็ม มีการลดลงของการละลายตัวของวัสดุเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการดูดซึมน้ำและการละลายตัวของวัสดุ (หน่วยมิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร)

ความเข้มข้นของนาโนเงิน (พีพีเอ็ม)	การดูดซึมน้ำ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	การละลายตัวของวัสดุ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
0 ^a	2.993(0.28) ^a	1.426 (0.17) ^{A,B}
25 ^a	2.778(0.47) ^a	1.527(0.23) ^A
50 ^b	1.787(0.23) ^b	1.231(0.21) ^{A,B}
100 ^b	1.939(0.14) ^b	1.153(0.07) ^B
200 ^b	1.724(0.37) ^b	0.617 (0.12) ^C

ตัวอักษรยกที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ

ผลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุมีค่า 13.80-55.68 หน่วยชอร์เอ การทดสอบความแข็งแรงของวัสดุพบว่ากลุ่มควบคุม (ความเข้มข้นของนาโนเงิน 0 พีพีเอ็ม) ที่เวลา 1 วัน มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุน้อยที่สุด (13.80 หน่วยชอร์เอ) และกลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 200 พีพีเอ็ม ที่เวลา 14 วัน มีค่าเฉลี่ยความ

แข็งแรงของวัสดุมากที่สุด (55.68 หน่วยชอร์เอ) จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของนาโนเงินและระยะเวลา มีผลต่อความแข็งแรงของวัสดุ โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน ทำให้ความแข็งแรงของวัสดุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเวลานานขึ้น ความแข็งแรงของวัสดุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความแข็งผิวของวัสดุ (หน่วยฮอว์เอ)

ความเข้มข้นของ นาโนเงิน (พีพีเอ็ม)	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวของวัสดุ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)			
	1 วัน	4 วัน	7 วัน	14 วัน
0	13.80(1.0) ^{A,a}	15.44(1.1) ^{A,a}	25.20(2.3) ^{B,a}	34.84(2.4) ^{C,a}
25	16.56(2.8) ^{A,a}	20.48(2.1) ^{A,b}	26.48(1.6) ^{B,a}	38.60(3.2) ^{C,a}
50	17.52(0.8) ^{A,a}	24.12(1.1) ^{B,c}	31.92(0.9) ^{C,b}	44.08(1.8) ^{D,b}
100	27.76(3.8) ^{A,b}	34.84(1.9) ^{B,d}	41.36(2.3) ^{C,c}	50.52(2.7) ^{D,c}
200	33.52(3.6) ^{A,c}	37.32(1.3) ^{AB,d}	42.16(3.0) ^{B,c}	55.68(3.5) ^{C,c}

ตัวอักษรยกพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างระยะเวลาในความเข้มข้นเดียวกัน ($p < 0.05$)

ตัวอักษรยกพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของนาโนเงินในระยะเวลาเดียวกัน ($p < 0.05$)

สรุปและอภิปรายผล

สรุป

เมื่อเพิ่มปริมาณสารนาโนเงินในสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกทำให้วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ การละลายตัวลดลง และมีความแข็งผิวเพิ่มขึ้น กลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 25 พีพีเอ็ม และกลุ่มควบคุม (ความเข้มข้นของนาโนเงิน 0 พีพีเอ็ม) มีการดูดซึมน้ำและการละลายตัวไม่แตกต่างกัน กลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 25 50 100 และ 200 พีพีเอ็ม และกลุ่มควบคุม (ความเข้มข้นของนาโนเงิน 0 พีพีเอ็ม) มีความแข็งผิวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณสารนาโนเงินในวัสดุสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกควรผสมในปริมาณน้อยเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ทดลองที่ระยะเวลา 1 4 7 และ 14 วัน เพื่อประเมินคุณสมบัติของสารฉาบแบบนุ่ม เนื่องจากสารฉาบแบบนุ่มยังคงความนุ่มได้ในระยะเวลาที่สองสัปดาห์ การใช้สารฉาบแบบนุ่มเพื่อปรับให้เนื้อเยื่ออ่อนในช่องปากกลับสู่สภาพ

เดิมก่อนที่จะใส่ฟันเทียมชิ้นใหม่ หรือใช้ในการเปลี่ยนฐาน (Rebase) หรือเสริมฐาน (Reline) ฟันเทียม พลาสติกไซเซอร์ (Plasticizers) เป็นสารที่ใส่ในสารฉาบแบบนุ่มเพื่อลดอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะ (Glass Transition, Tg) ที่ทำให้เกิดการไหลของพอลิเมอร์ทำให้วัสดุมีความยืดหยุ่นมากขึ้น อย่างไรก็ตาม พลาสติกไซเซอร์มีการละลายและการระเหยทำให้วัสดุมีความแข็งมากขึ้นและมีการดูดซึมน้ำเข้าไปในวัสดุ ซึ่งทำให้วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติและเชิงกล วัสดุนี้จึงไม่ควรเป็นสารฉาบแบบถาวร [17-19]

กลไกในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคนาโนเงินนั้นจะคล้ายกับกลไกของไอออนเงินฆ่าเชื้อแบคทีเรียโดยเกิดการทำลายที่ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ อนุภาคนาโนเงินจะไปขัดขวางการสร้างดีเอ็นเอ โดยจะไปเกิดปฏิกิริยากับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการมีชีวิตของเซลล์ [9] อนุภาคนาโนเงินยับยั้งกระบวนการหายใจของแบคทีเรียเร่งปฏิกิริยาการผลิตอนุมูลอิสระออกซิเจนทำให้เซลล์ของแบคทีเรียตาย [11] ประสิทธิภาพในการ

ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคนาโนเงินขึ้นกับขนาดของอนุภาคของนาโนเงิน โดยอนุภาคของนาโนเงินที่มีขนาดเล็กสามารถแทรกซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่ายขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสูงขึ้น และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคนาโนเงิน ขึ้นกับพื้นที่ผิวของอนุภาคนาโนเงิน ซึ่งอนุภาคนาโนเงินที่มีขนาดเล็กก็คือพื้นที่ผิวมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสูงขึ้น [10]

รูปร่างของอนุภาคนาโนเงินนั้นมีลักษณะเป็นแผ่นกลม สามเหลี่ยมแท่งสั้นๆ และหกเหลี่ยม หลังจากกระบวนการใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอนุภาคนาโนเงิน รูปร่างของอนุภาคนี้ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ โดยพบว่าอนุภาคนาโนเงินรูปร่างสามเหลี่ยมแท่งสั้นๆ นั้น จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้มากที่สุด และอนุภาครูปรางกลมและแท่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้ลดลงตามลำดับ [11]

จากการทดลองนี้พบว่า กลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน (50 100 และ 200 พีพีเอ็ม) มีการดูดซึมน้ำลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มความเข้มข้นของนาโนเงิน 200 พีพีเอ็ม มีการลดลงของการละลายตัวของวัสดุเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดลองนี้ขัดแย้งกับการทดลองของ Chladek และคณะ [16] ซึ่งได้ประเมินผลการดูดซึมน้ำและการละลายตัวของวัสดุของสารฉาบแบบนุ่มผสมกับอนุภาคนาโนเงิน ความแตกต่างนี้เนื่องมาจากการทดลองใช้ชนิดของสารฉาบแบบนุ่มที่แตกต่างกัน โดยในการทดลองใช้สารฉาบแบบนุ่มชนิดซิลิโคน

ผลการดูดซึมน้ำและการละลายตัวของสารฉาบแบบนุ่มชนิดซิลิโคนนั้นมีการดูดซึมน้ำและการละลายตัวที่น้อยกว่าสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกเนื่องจากสารฉาบแบบนุ่มชนิดซิลิโคนไม่มีพลาสติกไซเซอร์ซึ่งจะเกิดการละลายและระเหยออกไปและเกิดการดูดซึมน้ำเข้าไปในวัสดุ

ผลการดูดซึมน้ำและการละลายตัวของสารฉาบแบบนุ่มในการทดลองนี้ขัดแย้งกับการทดลองของ Lima และคณะ [20] ซึ่งประเมินผลการยับยั้งเชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์ การดูดซึมน้ำ และการละลายตัวของสารฉาบแบบนุ่มผสมกับอนุภาคนาโนเงิน ความแตกต่างนี้เนื่องมาจากการทดลองใช้วัสดุของสารฉาบแบบนุ่มที่แตกต่างกัน และสารที่ใส่ผสมในสารฉาบแบบนุ่มที่แตกต่างกัน โดยมีการใส่ไนสแตติน (Nystatin) คีโตโคนาโซล (Ketoconazole) และคลอเฮกซิดีน ไดอะเซเตต (Chlorhexidine Diacetate) ในสารฉาบแบบนุ่ม ทำให้วัสดุมีความนุ่มเพิ่มขึ้นและมีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

การดูดซึมน้ำของวัสดุจะขึ้นกับระดับการไม่ชอบน้ำและรูพรุนของวัสดุ ในวัสดุที่มีพอลิเมอร์แบบร่างแหจะทำให้การดูดซึมน้ำและการละลายตัวของวัสดุลดลง [21] ในวัสดุที่มีพอลิเมอร์แบบร่างแหมากจะทำให้ลดการดูดซึมน้ำของวัสดุเมื่อเทียบกับสารฉาบแบบนุ่มที่ไม่มีพอลิเมอร์แบบร่างแห [22] นอกจากนี้พลาสติกไซเซอร์ในสารฉาบแบบนุ่มและการระเหยของเอทานอลทำให้เกิดการดูดซึมน้ำและการละลายตัวของวัสดุ ซึ่งมีการทดลองพบว่า การระเหยของเอทานอลนั้นไวกว่าการดูดซึมน้ำเข้าไปในวัสดุ [22] นาโนเงินที่ผสมในสารฉาบแบบนุ่มนั้น มีระดับการไม่ชอบน้ำ ซึ่งจะลดการดูดซึมของน้ำเข้าไปในวัสดุ สารฉาบแบบนุ่มที่ผสมนาโนเงินนั้นมีรูพรุนน้อยทำให้ลดการดูดซึมน้ำลง

ในการทดลองนี้ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นทำให้วัสดุมีการแข็งผิวที่มากขึ้น สอดคล้องกับ Mese และ Guzel [23] ซึ่งได้ประเมินผลของระยะเวลากับการแข็งผิวของสารฉาบแบบนุ่ม และผลจากการทดลองนี้ยังได้สอดคล้องกับการทดลองก่อนหน้า ซึ่งได้รายงานว่สารฉาบแบบนุ่มจะมีความแข็งผิวมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น [24-27]

เมื่อแช่สารฉาบแบบนุ่มในน้ำ พบว่า จะเกิดการการละลายและระเหยของพลาสติกไซเซอร์ และเกิดการดูดซึมของน้ำเข้าวัสดุ ในระยะแรก

วัสดุที่มีลักษณะนุ่มเนื่องมาจากคุณสมบัติพลาสติกไซเบอร์ที่ใส่ในวัสดุทำให้วัสดุยังคงสภาพนุ่มได้ แต่ต่อมาเกิดการละลายและระเหยของพลาสติกไซเบอร์จึงทำให้วัสดุมีความแข็งผิวที่เพิ่มขึ้นปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการแข็งตัวของวัสดุ เช่น วิธีการบ่มตัว ชนิดของวัสดุ ชนิดของเหลวที่ใช้ทดสอบ Mese และ Guzel [23] ได้ทดสอบสารฉาบชนิดซิลิโคน พบว่าสารฉาบชนิดซิลิโคนแบบบ่มด้วยตัวเองมีความแข็งมากกว่าสารฉาบชนิดซิลิโคนแบบบ่มด้วยความร้อน ในสารฉาบชนิดอะคริลิกมีความแข็งมากกว่าสารฉาบชนิดซิลิโคน การทดลองของ Safari และคณะ [28] พบว่า การแช่

สารฉาบในของเหลวที่แตกต่างกันส่งผลต่อความแข็งของวัสดุ โดยพบว่าเมื่อแช่ในโคคาโคล่า 8% เอทานอล และ 50% เอทานอล ทำให้วัสดุมีความแข็งน้อยลงเมื่อเทียบกับวัสดุที่แช่ในน้ำเปล่า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาขั้นต้นในการเติมสารต่อต้านเชื้อในการใช้อุปกรณ์นาโนเงินเป็นส่วนประกอบสำหรับสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิกต่อคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ การละลายตัว ความแข็งผิวของสารฉาบ ในอนาคตจะทำการการศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ของสารฉาบแบบนุ่มชนิดอะคริลิก และคุณสมบัติทางกลด้านอื่นๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Harrison, A. (1981). Temporary soft lining materials. A review of their uses. *British Dental Journal*. 151(12): 419-422.
- [2] Wright, P.S. (1984). The success and failure of denture soft-lining materials in clinical use. *Journal of Dentistry*. 12(4): 319-327.
- [3] Mack, P.J. (1989). Denture soft lining materials: clinical indications. *Australian Dental Journal*. 34(5): 454-458.
- [4] Waters, M.G., Jagger, R.G.; and Winter, R.W. (1996). Water absorption of (RTV) silicone denture soft lining material. *Journal of Dentistry*. 24(1-2): 105-108.
- [5] Wright, P.S., Clark, P.; and Hardie, J.M. (1985). The prevalence and significance of Yeast in persons wearing complete dentures with soft-lining materials. *Journal of Dental Research*. 64(2): 122-125.
- [6] Harrison, A., Basker, R.M.; and Smith, I.S. (1989). The compatibility of temporary soft materials with immersion denture cleansers. *International Journal of Prosthodontics*. 2(3): 254-258.
- [7] Jin, C., Nikawa, H., Makihira, S., Hamada, T., Furukawa, M.; and Murata, H. (2003). Changes in surface roughness and colour stability of soft denture lining materials caused by denture cleansers. *Journal of Oral Rehabilitation*. 30(2): 125-130.
- [8] Nam, K.Y. (2011). In vitro antimicrobial effect of the tissue conditioner containing silver nanoparticles. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 3(1): 20-24.
- [9] Melo, M.A., Guedes, S.F., Xu, H.H.; and Rodrigues, L.K. (2013). Nanotechnology-based restorative materials for dental caries management. *Trends in Biotechnology*. 31(8): 459-467.
- [10] Singh, M., Singh, S., Prasad, S.; and Gambhir, I.S. (2008). Nanotechnology in medicine and antibacterial effect of silver nanoparticles. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 3(3): 115-122.

- [11] Pal, S., Tak, Y.K.; and Song, J.M. (2007). Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the Gram-negative bacterium *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*. 73(6): 1712-1720.
- [12] Poolnuam, T., Aimjirakul, N.; and Ekworapoj, P. (2014). Effect of silver nanoparticles on antimicrobial property of acrylic denture base. *Srinakharinwirot University Dental Journal*. 7(Suppl): 18-25.
- [13] Ekgasit, S., Parnklang, T., Lertvachirapaiboon, C., Pienpinijtham, P., Wongravee, K.; and Thammacharoen, C. (2013). H₂O₂-triggered shape transformation of silver nanospheres to nanoprisms with controllable longitudinal LSPR wavelengths. *The Royal Society of Chemistry*. 3: 12886-12894.
- [14] Chladek, G., Mertas, A., Barszczewska-Rybarek, I., Nalewajek, T., Zmudzki, J.; and Król, W. (2011). Antifungal activity of denture soft lining material modified by silver nanoparticles-a pilot study. *International Journal of Molecular Sciences*. 12(7): 4735-4744.
- [15] Chladek, G., Barszczewska-Rybarek, I.; and Lukaszczyk, J. (2012). Developing the procedure of modifying the denture soft liner by silver nanoparticles. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 14(1): 23-29.
- [16] Chladek, G., Kasperski, J., Barszczewska-Rybarek, I.; and Zmudzki, J. (2013). Sorption, solubility, bond strength and hardness of denture soft lining incorporated with silver nanoparticles. *International Journal of Molecular Sciences*. 14(1): 563-574.
- [17] Parker, S.; and Braden, M. (1982). New soft lining materials. *Journal of Dentistry*. 10(2): 149-153.
- [18] Qudah, S., Harrison, A.; and Huggett, R. (1990). Soft lining materials in prosthetic dentistry: a review. *International Journal of Prosthodontics*. 3(5): 477-483.
- [19] Wright, P.S. (1981). Composition and properties of soft lining materials for acrylic dentures. *Journal of Dentistry*. 9(3): 210-223.
- [20] Lima, J.F., Maciel, J.G., Arrais, C.A., Porto, V.C., Urban, V.M.; and Neppelenbroek, K.H. (2016). Effect of incorporating antifungals on the water sorption and solubility of interim resilient liners for denture base relining. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 115(5): 611-616
- [21] Arima, T., Murata, H.; and Hamada, T. (1996). The effects of cross-linking agents on the water sorption and solubility characteristics of denture base resin. *Journal of Oral Rehabilitation*. 23: 476-480.
- [22] Arima, T., Murata, H.; and Hamada, T. (1995). Properties of highly cross-linked autopolymerizing reline acrylic resins. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 73: 55-59.
- [23] Mese, A.; and Guzel, K.G. (2008). Effect of storage duration on the hardness and tensile bond strength of silicone- and acrylic resin-based resilient denture liners to a processed denture base acrylic resin. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 99: 153-159.
- [24] Elsemann, R.B., Cosme, D.C., Souto, A.A., da Silva, D.F., de Mello, J.S.; and Shinkai, R.S. (2008). Degradation of tissue conditioners in complete dentures: an in situ study. *International Journal of Prosthodontics*. 21(6): 486-488.

- [25] Pahuja, R.K., Garg, S., Bansal, S.; and Dang, R.H. (2013). Effect of denture cleansers on surface hardness of resilient denture liners at various time intervals- an in vitro study. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 5: 270-277.
- [26] Bertolini, M.M., Portela, M.B., Curvelo, J.A., Soares, R.M., Lourenço, E.J.; and Telles, D.M. (2014). Resins-based denture soft lining materials modified by chlorhexidine salt incorporation: an in vitro analysis of antifungal activity, drug release and hardness. *Dental Materials*. 30: 793-798.
- [27] Qudah, S., Huggett, R.; and Harrison, A. (1991). The effect of thermocycling on hardness of soft lining materials. *Quintessence International*. 22(6): 575-580.
- [28] Safari, A., Vojdani, M., Mogharrabi, S., Iraj, Nasrabadi, N.; and Derafshi, R. (2013). Effect of beverages on the hardness and tensile bond strength of temporary acrylic soft liners to acrylic resin denture base. *Journal of Dentistry, Shiraz University of Medical Sciences*. 14(4): 178-183.