EFFECTS OF DIFFERENT CLEANERS ON THE SURFACE ROUGHNESS OF POLYURETHANE RETAINERS

Chanoknan SAKULJAITRONG[1] and Bancha SAMRUAJBENJAKUN[1]

1 Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Thailand; chanoknan.sakuljaitrong@gmail.com (C. S.)

ARTICLE HISTORY

Received: 6 February 2026 **Revised:** 27 February 2026 **Published:** 13 March 2026

ABSTRACT

This experimental study aimed to evaluate the effects of two cleaning agents—Sunlight dishwashing solution and Furano—compared with artificial saliva on the surface roughness of polyurethane retainer material at 0, 1, 3, and 6 months. Specimens were fabricated using thermoforming process and subsequently subjected to a 28-day coffee-staining solution, followed by repeated cleaning cycles. Surface roughness was evaluated by stylus profilometer. The effects of cleaning agent, time, and their interaction were analyzed using two-way repeated ANOVA was used to compare groups at each time point. The results demonstrated no significant differences in surface roughness among the cleaning-agent groups at any time point ($p > 0.05$). Clinically, these findings indicate that, during long-term use of polyurethane retainers, commonly used cleaning agents do not produce significant changes in surface roughness, supporting surface stability and the suitability of polyurethane as a retainer material for long-term use.

Keywords: Polyurethane; Clear Retainer; Cleaning Agent; Cleaning Cycles; Surface Roughness

CITATION INFORMATION: Sakuljaitrong, C., & Samruajbenjakun, B. (2026). Effects of Different Cleaners on the Surface Roughness of Polyurethane Retainers. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(3), 36

ผลของสารทำความสะอาดต่อความขรุขระผิวของรีเทนเนอร์โพลียูรีเทน

ชนกนันท์ สกุลใจตรง[1] และ บัญชา สำรวจเบญจกุล[1]

1 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; chanoknan.sakuljaitrong@gmail.com (ชนกนันท์)

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของสารทำความสะอาด Sunlight dishwashing solution และ Furano เปรียบเทียบกับ น้ำลายเทียมต่อความขรุขระผิวที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 เดือน ชิ้นงานถูกขึ้นรูปจากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนทำให้เกิดคราบสีด้วยกาแฟ 28 วัน และทำความสะอาดตามรอบเวลา โดยประเมินความขรุขระผิวในแต่ละช่วงเวลา วิเคราะห์ผลของชนิดสารทำความสะอาด เวลา และปฏิสัมพันธ์ด้วย two-way repeated ANOVA เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในแต่ละช่วงเวลา ผลการศึกษาพบว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความขรุขระผิวระหว่างกลุ่มสารทำความสะอาดในแต่ละช่วงเวลา ($p > 0.05$) สรุปได้ว่าในเชิงคลินิกการใช้งานรีเทนเนอร์โพลียูรีเทนในระยะยาว สารทำความสะอาดที่ใช้ทั่วไปดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความขรุขระผิวอย่างมีนัยสำคัญ สนับสนุนความคงตัวของพื้นผิวและความเหมาะสมของโพลียูรีเทนสำหรับการเป็นวัสดุรีเทนเนอร์ในการใช้งานระยะยาว

คำสำคัญ: โพลียูรีเทน; รีเทนเนอร์ใส; น้ำยาทำความสะอาด; รอบการทำความสะอาด; ความขรุขระผิว

ข้อมูลการอ้างอิง: ชนกนันท์ สกุลใจตรง และ บัญชา สำรวจเบญจกุล. (2569). ผลของสารทำความสะอาดต่อความขรุขระผิวของรีเทนเนอร์โพลียูรีเทน. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(3), 36

บทนำ

รีเทนเนอร์ใส (clear retainer) เป็นอุปกรณ์คงสภาพฟันที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีความสวยงาม โปร่งใส จึงเป็นทางเลือกที่ตอบโจทย์ด้านความสวยงามมากกว่ารีเทนเนอร์บางชนิดที่มักมีสีของลวดโลหะ (Lyros et al., 2023) ส่งผลให้ผู้ป่วยมีแนวโน้มพึงพอใจยอมรับ (Lyros et al., 2023; Patnaik et al., 2023) อย่างไรก็ตาม รีเทนเนอร์ใสนี้ทำจากวัสดุเทอร์โมพลาสติกซึ่งยังมีข้อจำกัดด้านอายุการใช้งาน การติดสีเมื่อเทียบกับรีเทนเนอร์แบบดั้งเดิมเนื่องจากมีคุณสมบัติเชิงกลที่แข็งแรงน้อยกว่า อีกทั้งคุณสมบัติอาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อใช้งานในช่องปากร่วมกับวิธีทำความสะอาดที่แตกต่างกัน (Azmuddin et al., 2022) การใช้งานรีเทนเนอร์ใสในช่องปากเป็นเวลานานทำให้วัสดุสัมผัสความชื้น น้ำลาย คราบอาหารและเครื่องดื่ม จุลชีพ และการทำความสะอาด ซึ่งอาจกระทบต่อคุณสมบัติด้านพื้นผิวและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ได้ หนึ่งในสมบัติที่มีความสำคัญทางคลินิกคือ ความขรุขระผิว (surface roughness) เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับการยึดเกาะของคราบจุลินทรีย์บนอุปกรณ์เทอร์โมพลาสติก และอาจส่งผลต่อความสะอาด การติดสีติดกลิ่น และอายุการใช้งานของรีเทนเนอร์ระยะยาว (Levrini et al., 2015; Shpack et al., 2014; Agarwal et al., 2018) แม้ผู้ป่วยมักเลือกใช้น้ำยาทำความสะอาดได้หลากหลาย ตั้งแต่น้ำยาสำหรับรีเทนเนอร์โดยเฉพาะไปจนถึงผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน แต่หลักฐานปัจจุบันยังมีจำกัด และยังไม่มีมาตรฐานหรือข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับ “น้ำยาที่เหมาะสมที่สุด” สำหรับรีเทนเนอร์เทอร์โมพลาสติก (Azmuddin et al., 2022; Agarwal et al., 2018; Wible et al., 2019; Šimunović et al., 2023)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของน้ำยาทำความสะอาดต่อความขรุขระผิวของรีเทนเนอร์ใสที่ทำจากวัสดุเทอร์โมพลาสติกภายใต้การจำลองการใช้งานระยะยาว

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อประเมินผลของสารทำความสะอาด 2 ชนิด ได้แก่ Sunlight® และ Furano® เมื่อเปรียบเทียบกับ น้ำลายเทียม (กลุ่มควบคุม) ต่อ ความขรุขระผิว (surface roughness) ของวัสดุรีเทนเนอร์ใสชนิดโพลียูรีเทนภายใต้การจำลองการใช้งานที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 เดือน

การทบทวนวรรณกรรม

ความสำคัญของความขรุขระผิวต่อการใช้งานรีเทนเนอร์ในช่องปาก

ความขรุขระผิวของวัสดุเทอร์โมพลาสติกมีผลต่อการยึดเกาะของคราบจุลินทรีย์และคราบสี โดยพื้นผิวที่ขรุขระขึ้นสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวและจุดยึดเกาะ ส่งผลให้การทำความสะอาดยากขึ้น และเพิ่มโอกาสเกิดคราบฝังแน่น ซึ่งอาจกระทบต่อความสวยงามและสุขอนามัยในช่องปากของผู้ป่วย รวมถึงอายุการใช้งานของรีเทนเนอร์ ที่โดยปกติจะมีอายุการใช้งานที่ประมาณ 1-2 ปี

ปัจจัยที่อาจทำให้ความขรุขระผิวเปลี่ยนแปลง

ความขรุขระผิวของรีเทนเนอร์ใสอาจได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ได้แก่ กระบวนการผลิต (thermoforming) การเสื่อมสภาพตามเวลา (aging) และสภาพแวดล้อมในช่องปาก เช่น ความชื้นและน้ำลาย คราบสีจากอาหารและเครื่องดื่ม โดยเฉพาะเครื่องดื่มสีเข้ม เช่น กาแฟ การทำความสะอาดซ้ำๆ ทั้งแบบเชิงกล (เช่น แปรง) และแบบเคมี (เช่น น้ำยาทำความสะอาด) ซึ่งอาจทำให้พื้นผิวของรีเทนเนอร์เปลี่ยนแปลงไป

น้ำยาทำความสะอาดกับการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของวัสดุเทอร์โมพลาสติก

น้ำยาทำความสะอาดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน อาจก่อให้เกิดผลต่อพื้นผิวได้หลายรูปแบบ ตามกลุ่มของสาร Active agent เช่น กลุ่มสารลดแรงตึงผิว (Detergent) กลุ่มของสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์บางชนิด อาทิ กลุ่มโซเดียมเปอร์บอเรต (Sodium perborate-based), โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate-based) และสภาพความเป็นกรดหรือด่าง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับความเข้มข้น ระยะเวลาสัมผัส และความถี่ในการ

ใช้งาน อย่างไรก็ตาม ผลต่อ ความขรุขระผิว อาจไม่เด่นชัดในวัสดุบางชนิด โดยเฉพาะวัสดุที่มีความคงตัวทางเคมีดีและทนต่อการกัดกร่อน ซึ่งวัสดุโพลียูรีเทนถือว่ามีคุณสมบัติข้างต้น และเป็นที่นิยมในการใช้ผลิตรีเทนเนอร์ใส

ช่องว่างของความรู้และเหตุผลของการศึกษา (Gap of knowledge)

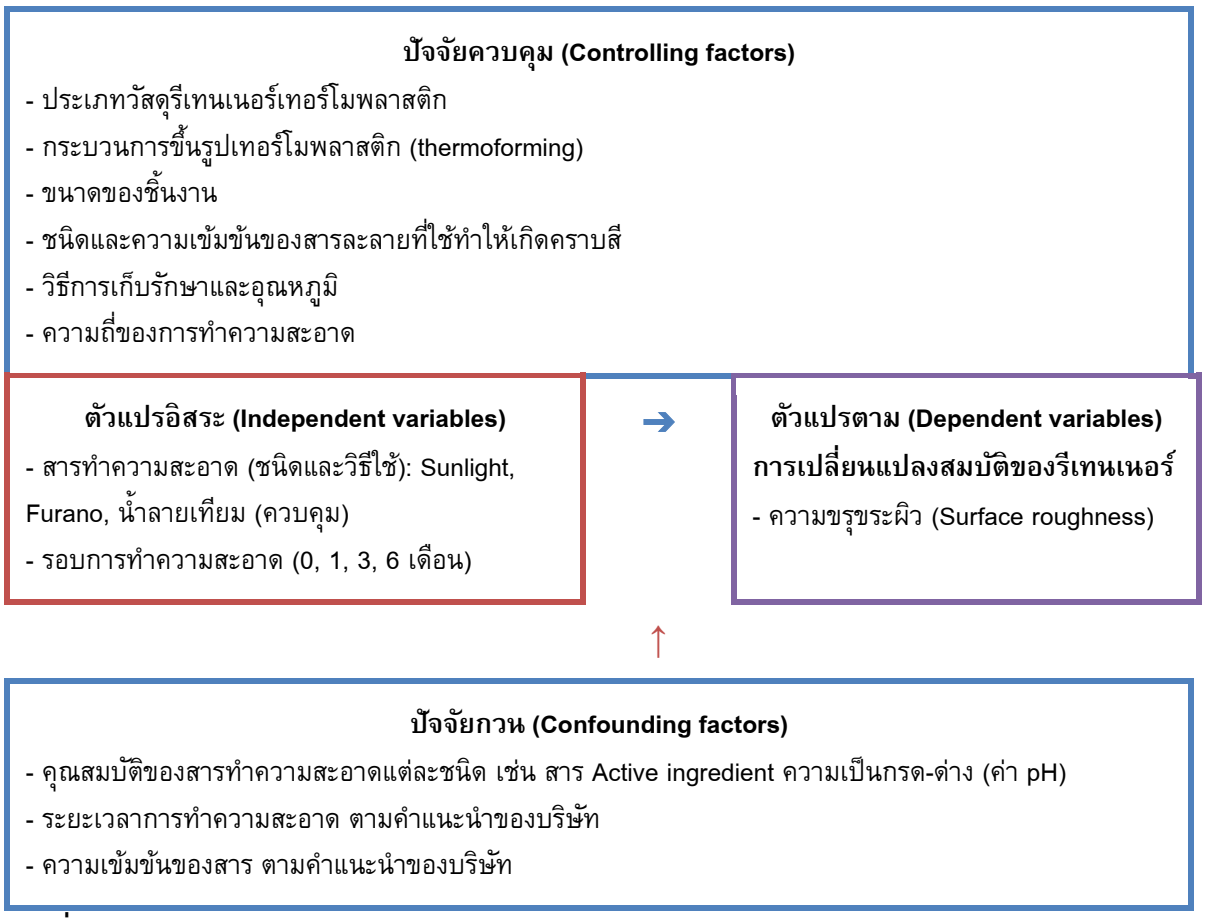
อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการศึกษาด้านผลของสารทำความสะอาดต่อคุณสมบัติของวัสดุเทอร์โมพลาสติกรีเทนเนอร์ แต่พบว่า ปัจจุบันยังมีการศึกษาจำนวนน้อย และยังไม่มีข้อสรุปถึงวิธีมาตรฐานที่เหมาะสมที่สุด (Gold standard protocol) ในการทำความสะอาดรีเทนเนอร์ใส ซึ่งในชีวิตจริง ผู้ป่วยมักเลือกใช้น้ำยาทำความสะอาดที่หาได้ง่าย เช่น น้ำยาล้างจาน หรือผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ดังนั้น การประเมินผลของ Sunlight® และ Furano® ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมในประเทศไทย โดยทดลองเทียบกับ น้ำลายเทียม ต่อ ความขรุขระผิวของรีเทนเนอร์เทอร์โมพลาสติกชนิดโพลียูรีเทน จึงเป็นประเด็นที่ตอบโจทย์ทางคลินิกโดยตรง เพื่อยืนยันว่าน้ำยาทำความสะอาดที่พบได้ทั่วไป โดยเฉพาะบริบทของประเทศไทยมีแนวโน้มทำให้พื้นผิววัสดุรีเทนเนอร์ใส เปลี่ยนแปลงหรือไม่ เมื่อใช้ในระยะยาว

สมมติฐานการวิจัย

1) ชนิดสารทำความสะอาด ไม่มีผลต่อความขรุขระผิว ของวัสดุเทอร์โมพลาสติกรีเทนเนอร์ชนิดโพลียูรีเทน ($p > 0.05$)

2) รอบการทำความสะอาด (เวลา) ไม่มีผลต่อความขรุขระผิว วัสดุเทอร์โมพลาสติกรีเทนเนอร์ชนิดโพลียูรีเทน ($p > 0.05$)

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

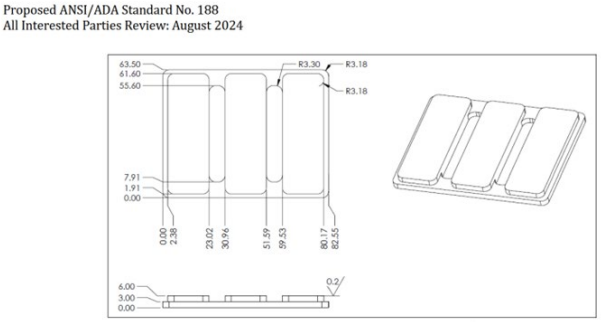


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (in vitro experimental study) เพื่อประเมินผลของน้ำยาทำความสะอาดต่อความขรุขระผิว (surface roughness) ของวัสดุรีเทนเนอร์ใสชนิดโพลียูรีเทน โดยใช้การจำลองการใช้งานจริงจากการจำลองการติดคราบจากกาแฟและการทำความสะอาดซ้ำตามรอบเวลา ชิ้นงานทดสอบผลิตจากแผ่นเทอร์โมพลาสติกโพลียูรีเทน ความหนา 1 มิลลิเมตร (Zendura®) และขึ้นรูปด้วยกระบวนการ thermoforming ตามคำแนะนำของผู้ผลิต โดยใช้แม่พิมพ์มาตรฐานสำหรับเตรียมชิ้นงานตามแนวทาง ANSI/ADA Standard No. 188 (2024) ซึ่งกำหนดให้ชิ้นงานทดสอบของวัสดุจัดฟันชนิด Type 1 มีขนาด 50.8 × 12.7 มิลลิเมตร และมีค่าความคลาดเคลื่อนของมิติไม่เกิน ±0.127 มิลลิเมตร ภายหลังการขึ้นรูป ชิ้นงานถูกติดรหัสกำกับ (labeling) และสุ่มจัดเข้ากลุ่มทดลองด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) จากนั้นเก็บรักษาในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ 37 °C ตลอดช่วงระหว่างรอบการทดลอง

ภาพที่ 2 แผ่นเทอร์โมพลาสติกโพลียูรีเทน (Zendura®)



ภาพที่ 3 แบบจำลองมาตรฐานแม่พิมพ์สำหรับผลิตชิ้นงานทดสอบเทอร์โมพลาสติก (ตามมาตรฐาน ADA No. 188)

ตารางที่ 1 มาตรฐานในการผลิตวัสดุสำหรับกระบวนการขึ้นรูป thermoforming (Tamburrino et al., 2020; ANSI/ADA, 2024)

Table 1. Heating and cooling time adopted during the thermoforming process. The cooling was carried out at room temperature and at a pressure of 4 bar.

Material	Heating Time (s)	Cooling Time (s)
Duran	30	60
Biolon	40	50
Zendura	35	50

1.0mm (0.040") Thickness (Zendura REF 9169/9169-20, 9171/9171-20)

	Temperature	Heating Time	Pressure	Code
MiniSTAR®	220 °C	45 sec	≥4 Bar	152
MiniSTAR® S	220 °C	40 sec	≥4 Bar	142
Biostar®	220 °C	55 sec	≥5 Bar	172
Drufomat Scan		1 min 30 sec	≥4 Bar	
Erkodent® Units	205 °C-210 °C	1 min 40 sec		

แผนผังการแบ่งกลุ่มตัวอย่างและขั้นตอนการทดลอง (Methodology Flow Chart)

Research methodology (N = 24)

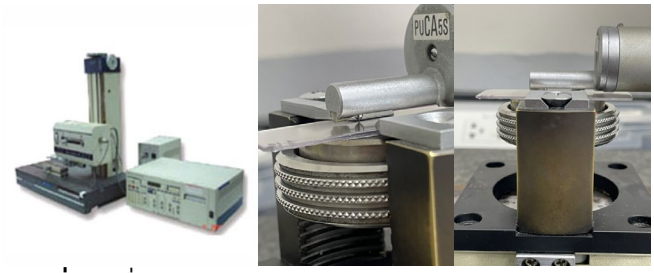
กลุ่มทดลอง (Experimental) (n = 16)	กลุ่มควบคุม (Control) (n = 8)
↓	↓
Staining กาแฟ 28 วัน	**น้ำลายเทียม 28 วัน**

T0: ก่อนเริ่มรอบการทำความสะอาด (Baseline)		
การทดสอบ - Surface roughness	**กลุ่มทดลอง**	**กลุ่มควบคุม**
	Sunlight® (12) Furano® (12)	Artificial saliva (12)
รอบที่ 4 = T1 = 1 เดือน		
การทดสอบ - Surface roughness	**กลุ่มทดลอง**	**กลุ่มควบคุม**
	Sunlight® (12) Furano® (12)	Artificial saliva (12)
รอบที่ 12 = T2 = 3 เดือน		
การทดสอบ - Surface roughness	**กลุ่มทดลอง**	**กลุ่มควบคุม**
	Sunlight® (12) Furano® (12)	Artificial saliva (12)
รอบที่ 24 = T3 = 6 เดือน		
การทดสอบ - Surface roughness	**กลุ่มทดลอง**	**กลุ่มควบคุม**
	Sunlight® (12) Furano® (12)	Artificial saliva (12)

เพื่อจำลองการติดสีจากการใช้งานจริงและเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของน้ำยาทำความสะอาด ชิ้นงานกลุ่มทดลองจะถูกแช่ในสารละลายกาแฟเป็นเวลา 28 วัน โดยเตรียมสารละลายกาแฟตามคำแนะนำผู้ผลิต และคงอุณหภูมิสารละลายในช่วงใกล้เคียงอุณหภูมิร่างกาย 37°C ในตู้ Incubator เมื่อครบกำหนดจึงล้างด้วยน้ำกลั่น (Distilled water) และเก็บในน้ำลายเทียมที่ 37°C ก่อนเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาดตามรอบเวลา น้ำยาทำความสะอาดที่ศึกษาแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ Sunlight® Furano® และ น้ำลายเทียม โดยทำความสะอาดรวม 24 รอบ เพื่อจำลองการทำความสะอาดแบบใช้สารทำความสะอาดสัปดาห์ละ 1 ครั้งในช่วงเวลา 6 เดือน ตามแนวปฏิบัติที่พบทั่วไปทางคลินิก (วิธีเตรียมและระยะเวลาการแช่ของแต่ละน้ำยาเป็นไปตามคำแนะนำผู้ผลิต) ภายหลังการทำความสะอาดแต่ละรอบ ชิ้นงานถูกล้างด้วยน้ำกลั่นและเก็บในน้ำลายเทียมที่ 37°C ระหว่างรอบการทำความสะอาด โดยมีการเตรียมสารละลายใหม่ทุกครั้งหลังจบรอบการทำความสะอาด

การประเมินความขรุขระผิวดำเนินการด้วยเครื่องวัดความขรุขระผิวชนิดหัวสัมผัส (stylus profilometer; Surfcorder SE-1700, Kosaka, Japan) กำหนด cut-off length 0.25 มม. และ traverse length ≥2.5 มม. ใช้หัววัดเพชรรัศมี 2 μm ภายใต้แรงกดไม่เกิน 1 mN วัดบนพื้นผิวแห้งบริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน ชิ้นงานละ 3 ครั้งในตำแหน่งต่างกัน และนำค่าเฉลี่ยมาคำนวณเป็นค่า Ra (Arithmetic average roughness; Ra) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวัดดำเนินการใน 5 ช่วงเวลา ได้แก่ ก่อนการย้อมสี (baseline) หลังการย้อมสีด้วยกาแฟ 28 วัน(T0) และภายหลังการทำความสะอาดที่ 4(T1), 12(T2) และ 24(T3) รอบ ซึ่งสะท้อนการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวก่อนและหลังการผ่านกระบวนการย้อมสีและทำความสะอาดตามรอบที่กำหนด



ภาพที่ 4 เครื่องวัดความขรุขระผิว (stylus profilometer)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

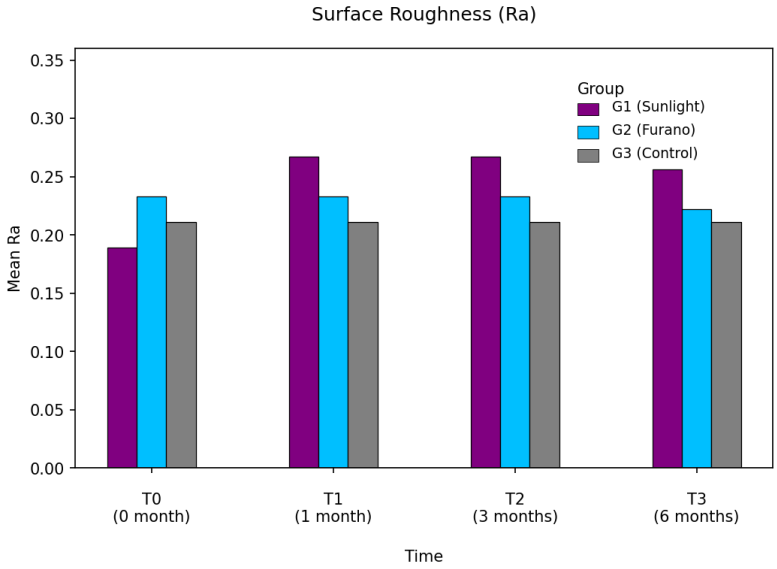
การวิเคราะห์สถิติจะใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics, Version 29 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) โดยพิจารณาการกระจายตัว (Normality test) ของข้อมูลจะวิเคราะห์ด้วย Shapiro-Wilk test และตรวจสอบความแปรปรวนระหว่างกลุ่มด้วย Levene's test การเปรียบเทียบผลของชนิดสารทำความสะอาด และเวลาต่อความขรุขระผิวของเทอร์โมพลาสติกรีเทนเนอร์จะถูกวิเคราะห์ด้วย two-way repeated ANOVA กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัย

ค่าความขรุขระผิว (Ra) ถูกวิเคราะห์ด้วย two-way repeated ANOVA ผลการวิเคราะห์ไม่พบอิทธิพลหลักของชนิดสารทำความสะอาด ($F(4,10)=1.762$, $p=0.213$, partial $\eta^2=0.413$) ไม่พบอิทธิพลหลักของเวลาอย่างมีนัยสำคัญ ($F(3,30)=1.654$, $p=0.198$, partial $\eta^2=0.142$) และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเวลาและชนิดสารทำความสะอาด ($F(12,30)=0.873$, $p=0.582$, partial $\eta^2=0.259$) จึงสรุปได้ว่า ความขรุขระผิวไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งตามเวลาและตามชนิดสารทำความสะอาด

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความขรุขระผิว (Ra) จำแนกตามกลุ่มและช่วงเวลา

สารทำความสะอาด	0 เดือน (T0)	1 เดือน (T1)	3 เดือน (T2)	6 เดือน (T3)
กลุ่มที่ 1 Sunlight®	0.189 ± 0.019	0.267 ± 0.033	0.267 ± 0.033	0.256 ± 0.038
กลุ่มที่ 2 Furano®	0.233 ± 0.033	0.233 ± 0.000	0.233 ± 0.000	0.222 ± 0.038
กลุ่มที่ 3 น้ำลายเทียม (ควบคุม)	0.211 ± 0.051	0.211 ± 0.051	0.211 ± 0.019	0.211 ± 0.019



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความขรุขระผิวตามช่วงเวลาในแต่ละกลุ่ม

โดยสรุป ผลของสารทำความสะอาด ต่อความขรุขระผิวของเทอร์โมพลาสติกรีเทนเนอร์ชนิดโพลียูรีเทนมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามช่วงเวลา แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระหว่างกลุ่มสารทำความสะอาดในทุกช่วงเวลา (ที่ระยะเวลา 0, 1, 3 และ 6 เดือน)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สารทำความสะอาดในงานวิจัยได้ถูกเลือกใช้ด้วยหลักฐานด้านความแตกต่างของสาร active ที่แตกต่างกันที่ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดถึง Standard Protocol และผลของสารทำความสะอาดต่อคุณสมบัติของวัสดุเทอร์โมพลาสติกรีเทนเนอร์ รวมถึงสารทำความสะอาดประเภท Home-based used ที่หาใช้ได้ง่าย ได้แก่ น้ำยาล้างจานยี่ห้อ Sunlight® และ Furano® ยังไม่เคยมีการทดลองในงานวิจัยชิ้นใดมาก่อน

การประเมินความขรุขระผิวในงานวิจัยนี้ดำเนินการด้วยเครื่อง stylus profilometer โดยใช้ค่า Ra (arithmetic average roughness) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์มาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาพื้นผิววัสดุทางทันตกรรม และสามารถสะท้อนการเปลี่ยนแปลงระดับผิวในเชิงปริมาณได้อย่างเหมาะสม

งานวิจัยก่อนหน้าหลายฉบับรายงานค่อนข้างสอดคล้องกันว่า “ชนิดของสารทำความสะอาด” ไม่ได้เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ความขรุขระผิวของวัสดุเทอร์โมพลาสติกเปลี่ยนไป (Wible et al., 2019; Agarwal et al., 2018; Šimunović et al., 2023; Brehove, 2021) โดย Šimunović et al. (2023) รายงานว่า แม้ค่าความขรุขระผิวจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายหลังการใช้สารทำความสะอาด (Correga tab) เป็นเวลา 30 วัน แต่การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ในมุมมองเชิงวัสดุศาสตร์ Gardner et al. (2003) ชี้ให้เห็นว่า วัสดุที่มีความแข็งผิวสูงมักสัมพันธ์กับความต้านทานการสึกกร่อน (wear resistance; Ry) ที่ดีขึ้น ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าวัสดุโพลียูรีเทนที่มีความคงตัวเชิงโครงสร้างสามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวได้แม้ผ่านกระบวนการทำความสะอาดซ้ำหลายรอบ

สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ ผลที่ได้สนับสนุนภาพรวมจากวรรณกรรม โดยพบว่า รีเทนเนอร์ชนิดโพลียูรีเทนมีความเสถียรของค่าความขรุขระผิว แม้อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมการทำความสะอาดที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามระยะเวลา แม้ในช่วง 6 เดือน (T3) ซึ่งสะท้อนการใช้งานระยะยาว จะพบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความขรุขระผิวเล็กน้อยเมื่อเทียบกับระยะเริ่มต้น แต่การวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นในเชิงคลินิก การใช้งานสารทำความสะอาดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ในระยะยาวนั้นไม่ส่งผลต่อความขรุขระพื้นผิว (surface roughness) ของวัสดุรีเทนเนอร์เทอร์โมพลาสติกชนิดโพลียูรีเทน

ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดหรือด่างสามารถมีผลต่อ surface roughness ได้ surface softening และ micro-erosion แต่การเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมักเกิดในกรณีที่เป็น กรดจัด/มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง หรือมี การสัมผัสเป็นเวลานานมาก สารทำความสะอาดที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ รวมถึง Artificial saliva มี pH ที่แตกต่างกันออกไปซึ่งก็อาจส่งผลต่อคุณสมบัติของวัสดุการศึกษานี้พบว่าสารทำความสะอาดจะอยู่ในช่วง pH ที่เป็น Neutral กับ Mild acidic และ mild alkaline โดย Sunlight® ซึ่งมีค่าใกล้เคียง Neutral มากที่สุด (pH = 6.99) สารที่เป็นกรดอ่อนรองลงมาคือ Furano® (pH = 6.29) และ Artificial saliva (pH = 4.47) ที่มีความเป็นกรดมากที่สุด ซึ่งสำหรับสารทำความสะอาดทั่วไปมี pH ใกล้เป็นกลาง และหากใช้งานตามระยะเวลาที่แนะนำ มักไม่มีผลต่อ Surface roughness จึงสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความขรุขระผิว (surface roughness) ในระดับที่ตรวจพบได้ทางสถิติหรือทางคลินิก

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งไม่ครอบคลุมปัจจัยในช่องปากทั้งหมด เช่น แรงเสียดสีจากการแปรง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เอนไซม์ และชีวฟิล์มจริง แม้การวัดด้วย stylus profilometer ให้ข้อมูลเชิงปริมาณที่เชื่อถือได้ แต่การเสริมการประเมินเชิงจุลภาค เช่น SEM หรือ AFM อาจช่วยอธิบายความเปลี่ยนแปลงระดับพื้นผิวได้ละเอียดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Agarwal, M., Wible, E., Ramir, T., Altun, S., Viana, G., Evans, C., ... & Atsawasuwan, P. (2018). Long-term effects of seven cleaning methods on light transmittance, surface roughness, and flexural modulus of polyurethane retainer material. *The Angle Orthodontist, 88*(3), 355-362.

American National Standards Institute/American Dental Association (ANSI/ADA). (2024*). Proposed ANSI/ADA Standard No. 188 (All Interested Parties Review: August 2024)*. Chicago, IL: American Dental Association.

Levrini, L., Novara, F., Margherini, S., Tenconi, C., & Raspanti, M. (2015). Scanning electron microscopy analysis of the growth of dental plaque on the surfaces of removable orthodontic aligners after the use of different cleaning methods. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry,* 125-131.

Lyros, I., Tsolakis, I. A., Maroulakos, M. P., Fora, E., Lykogeorgos, T., Dalampira, M., & Tsolakis, A. I. (2023). Orthodontic retainers—a critical review. *Children, 10*(2), 230.

Patnaik, P., Nanda, S. B., & Mishra, S. (2023). “Comparing the effectiveness, acceptability and oral hygiene status between vacuum formed retainer and Begg’s retainer”: a pilot study. *BMC Oral Health, 23*(1), 266.

Shpack, N., Greenstein, R. B. N., Gazit, D., Sarig, R., & Vardimon, A. D. (2014). Efficacy of three hygienic protocols in reducing biofilm adherence to removable thermoplastic appliance. *The Angle Orthodontist, 84*(1), 161-170.

Azmuddin, I., Mustapha, N. M., Khan, H. B., & Sinniah, S. D. (2022). Physical effects of cleaning agents on orthodontic thermoplastic retainer polymer: A narrative review. Journal of International Oral Health, 14(4), 349-356.

ŠimunoviĆ, L., Blagec, T., & MeštroviĆ, S. (2023). The influence of different cleaning protocols on the surface roughness of orthodontic retainers. *Applied Sciences, 13*(3), 1319.

Tamburrino, F., D'Antò, V., Bucci, R., Alessandri-Bonetti, G., Barone, S., & Razionale, A. V. (2020). Mechanical properties of thermoplastic polymers for aligner manufacturing: in vitro study. *Dentistry journal, 8*(2), 47.

Wible, E., Agarwal, M., Altun, S., Ramir, T., Viana, G., Evans, C., ... & Atsawasuwan, P. (2019). Long-term effects of different cleaning methods on copolyester retainer properties. *The Angle Orthodontist, 89*(2), 221-227.

Wongkhantee, S., Patanapiradej, V., Maneenut, C., & Tantbirojn, D. (2006). Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. *Journal of dentistry, 34*(3), 214-220.

Zendura CZ. (2024). *Zendura, Clear aligner and retainer material*. Retrieved from: https://www.zenduradental.com/pages/why-choose-zendura.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright: © 2026 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).