WATER UPTAKE OF POLYVINYL ALCOHOL FOAM, CLEANROOM MICROFIBER WIPER, ABSORBENT PAPER, COTTON PELLETS, AND GAUZE UNDER SIMULATED ORAL ENVIRONMENT

Patipol LURKLAPPANANON[1] and Morakot PIEMJAI[1*]

1 Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Thailand; Morakot.T@chula.ac.th (Corresponding Author)

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the water absorption in the dental cavity of various absorbent materials under a simulated oral environment as an alternative to rubber dam isolation. Five types of absorbent materials were tested: polyvinyl alcohol foam, absorbent paper, cotton pellets, gauze, and cleanroom microfiber wiper, with comparisons based on the actual weight gain from water absorption within a 10-second period. The results of the study revealed significant differences in water absorption among the material types at the.05 significance level. Polyvinyl alcohol foam, absorbent paper, and cotton pellets exhibited the highest water absorption with no statistically significant differences among them and performed significantly better than gauze and cleanroom microfiber wipers. When considering both the water absorption from this study and the lint-free property reported in the literature, absorbent paper and polyvinyl alcohol foam are the most appropriate alternative materials for water absorption and moisture isolation in the conditioned tooth cavity during the bonding procedure.

Keywords: Water Absorption, Moisture Control, Absorbent Materials, Absorbent Paper, Polyvinyl Alcohol Foam, Cleanroom Microfiber Wipers

CITATION INFORMATION: Lurklappananon, P., & Piemjai, M. (2026). Water Uptake of Polyvinyl Alcohol Foam, Cleanroom Microfiber Wiper, Absorbent Paper, Cotton Pellets, and Gauze under Simulated Oral Environment. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(10), 57

การศึกษาปริมาณการดูดซับน้ำของโฟมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม กระดาษซับ สำลีปั้น และก๊อซ ภายใต้สภาวะจำลองในช่องปาก

ปฏิพล ฤกษ์ลัภนะนนท์[1] และ มรกต เปี่ยมใจ[1*]

1 คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; Morakot.T@chula.ac.th (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน ในการดูดซับน้ำและปกป้องความชื้นในโพรงฟัน ภายใต้การจำลองสภาวะอุณหภูมิและความชื้นในช่องปาก แทนการใส่แผ่นยางกันน้ำลาย โดยทำการทดสอบวัสดุดูดซับ 5 ชนิด ได้แก่ โฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ กระดาษซับ สำลีปั้น ก๊อซ และผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม เปรียบเทียบจากน้ำหนักน้ำที่ดูดซับได้จริง ภายในเวลา 10 วินาที ผลการศึกษาพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างชนิดของวัสดุ โดยโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ กระดาษซับ และสำลีปั้น มีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำสูงที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าก๊อซและผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูมอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวโดยสรุป ชนิดของวัสดุมีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับน้ำ และเมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการดูดซับจากผลการทดลองร่วมกับข้อมูลจากวรรณกรรมที่ระบุถึงคุณสมบัติการไม่ทิ้งเส้นใยตกค้าง กระดาษซับ และโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์จึงเป็นวัสดุทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับน้ำและปกป้องความชื้นของโพรงฟันในขั้นตอนการบูรณะ

คำสำคัญ: การดูดซับน้ำ, การควบคุมความชื้น, วัสดุดูดซับ, กระดาษซับ, โฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์, ผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม

ข้อมูลการอ้างอิง: ปฏิพล ฤกษ์ลัภนะนนท์ และ มรกต เปี่ยมใจ. (2569). การศึกษาปริมาณการดูดซับน้ำของโฟมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม กระดาษซับ สำลีปั้น และก๊อซ ภายใต้สภาวะจำลองในช่องปาก. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(10), 57

บทนำ

การบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ปราศจากการมีฟันผุซ้ำ (secondary caries) การติดสีโดยรอบวัสดุ (marginal discoloration) การเสียวฟันหลังการบูรณะ (postoperative hypersensitivity) การติดเชื้อในโพรงประสาทฟัน (pulpal infection) และการหลุดของวัสดุ (restoration detachment) จำเป็นต้องใช้สารยึดติดเรซิน (resin adhesive) ที่ป้องกันการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) ได้อย่างสมบูรณ์ เพื่อป้องกันการซึมผ่านของจุลชีพ (micro-organism) และสารเคมีในช่องปาก (oral stimuli) ผ่านรอยต่อฟันและวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเข้าสู่โพรงประสาทฟัน (Piemjai, 2015)

การใช้สารยึดติดเรซินในระบบไพรเมอร์เลสส์ เว็ต (primerless-wet system) โดยการปรับสภาพผิวโพรงฟันด้วยสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ร้อยละ 1 ในกรดซิตริก ร้อยละ 1 (1% citric acid with 1% ferric chloride: 1-1) ในช่วงเวลา 10 วินาที หรือ 30 วินาที จากนั้นซับพื้นผิวโพรงฟันให้แห้ง (blot-dry) ด้วยกระดาษซับ (absorbent paper) แล้วเชื่อมด้วยสารยึดติดเรซินชนิดโฟร์เมต้าเอมเอมเอทีบีบี (4-META/MMA-TBB) หรือชนิดเอมเอมเอทีบีบี (MMA-TBB) ร่วมกับผงโพลีเมทิลเมทาคริเลต (PMMA powder) สามารถป้องกันการรั่วซึมระดับจุลภาคได้อย่างสมบูรณ์ในช่องปากภายใต้การใส่แผ่นยางกันน้ำลาย และในห้องปฏิบัติการ (Piemjai et al., 2025; Piemjai et al., 2023) อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีการควบคุมความชื้นโดยใส่แผ่นยางกันน้ำลาย อาจมีข้อจำกัดทางคลินิก เช่น รอยโรคอยู่ใต้เหงือกลึก ผู้ป่วยปฏิเสธการใส่แผ่นยางกั้นน้ำลาย ฟันขึ้นผิดตำแหน่งหรือขึ้นเพียงบางส่วน ผู้ป่วยมีภาวะอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนจมูก หรือผู้ป่วยมีการแพ้ยางพารา เป็นต้น (Boushell et al., 2019)

การใช้สารยึดติดในระบบ ไพรเมอร์เลสส์ เว็ต จำเป็นต้องซับแห้งให้ไม่มีความชื้นบนพื้นผิวฟันภายหลังการปรับสภาพผิวฟัน ก่อนการเชื่อมด้วยสารยึดติด แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่สนับสนุนถึงการใช้ระบบไพรเมอร์เลสส์ เว็ต โดยป้องกันการปนเปื้อนและความชื้นของโพรงฟันที่เตรียมผิวฟันแล้วโดยไม่ใช้แผ่นยางกันน้ำลาย

การซับผิวฟันให้แห้ง สามารถใช้วัสดุได้หลายรูปแบบ แต่ยังมีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป เช่น การซับด้วยสำลีและผ้าก๊อซอาจมีชิ้นส่วนหรือเส้นใย (lint) ขัดขวางการยึดติด ผ่านการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Buonavoglia et al., 2023; Çakir, 2023) หรือการซับด้วยกระดาษซับ (absorbent paper) แม้จะไม่ทิ้งเส้นใยแต่จำเป็นต้องเตรียมรูปร่างและความหนาเพื่อให้เข้ากันกับโพรงฟันก่อนใช้ อย่างไรก็ตาม ยังมีวัสดุทางเลือกบางชนิดในทางการแพทย์ที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดีแต่ยังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในทางทันตกรรม เช่น โฟมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA: polyvinyl alcohol) ซึ่งใช้ในการดูดซับน้ำได้ดี สามารถขยายตัวเพื่อกักเก็บน้ำในปริมาณมาก โดยไม่เกิดการยุบตัวหรือสูญเสียรูปทรงภายใต้แรงดันภายในของตัววัสดุเอง และไม่มีส่วนปนเปื้อนหลังใช้งาน (Vu et al., 2026) อาทิ PVA spears/points ในงานผ่าตัดของจักษุแพทย์ หรือ วัสดุ PVA ห้ามเลือดในโพรงจมูก เป็นต้น รวมไปถึงผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม (cleanroom microfiber wiper) ซึ่งใช้ในห้องคลีนรูม มีคุณสมบัติดูดซับน้ำและฝุ่นผงและไม่ทิ้งเส้นใยหลังการใช้งาน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำและความชื้นของวัสดุดูดซับที่แตกต่างกันภายในโพรงฟัน ภายใต้การจำลองสภาวะอุณหภูมิและความชื้นในช่องปาก แทนการใส่แผ่นยางกันน้ำลาย ผลการศึกษาที่ได้คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาและเลือกใช้วัสดุเพื่อการดูดซับโพรงฟันที่มีขนาดที่เหมาะสม โดยสามารถดูดซับน้ำ และไม่ทิ้งเส้นใยไว้ในโพรงฟัน อีกทั้งยังสามารถป้องกันความชื้นในโพรงฟันขณะทำขั้นตอนการเชื่อมและบูรณะฟัน ในระบบไพรเมอร์เลสส์ เว็ต

การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาในห้องปฏิบัติการชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity: RH) ที่สูงขึ้นสามารถลดประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างเรซินและเนื้อฟัน โดยความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงจะส่งผลให้ค่าการยึดติด (bond strength) ลดลง และการเกิดรั่วซึมระดับจุลภาคที่เพิ่มขึ้นทั้งบริเวณรอยต่อของชั้นเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน/เนื้อฟัน ความชื้นสัมพัทธ์ที่มากจะขัดขวางความสามารถในการเปียกพื้นผิว (wettability) ของเนื้อฟัน และลดการระเหยของตัวทำละลาย

ในสารยึดติด ดังนั้น การใช้แผ่นยางกันน้ำลายจึงเป็นวิธีที่ได้รับการแนะนำเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการยึดติดสูงสุด (Jacquot et al., 2012) อย่างไรก็ตาม การใช้แผ่นยางกันน้ำลายอาจพบข้อจำกัดทางคลินิกได้ (Boushell et al., 2019) โดยในกรณีที่ไม่มีการใส่แผ่นยางกันน้ำลาย ความชื้นสัมพัทธ์ในโพรงฟันมีโอกาสสูงขึ้นได้ถึง ร้อยละ 95 (Besnault & Attal, 2002; Plasmans et al., 1994) ซึ่งการศึกษาในระบบไพรเมอร์เลสส์ เว็ต ที่ผ่านมายังไม่ได้สะท้อนถึงข้อจำกัดนี้ (Piemjai et al., 2025)

ในทางตรงกันข้าม ข้อมูลทางคลินิก กลับแสดงผลลัพธ์ที่แตกต่างออกไป จากการศึกษาวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) พิสูจน์ได้ว่า การควบคุมความชื้นด้วยวิธีการใช้สำลีม้วน (cotton rolls) และ/หรือ ด้ายแยกเหงือก (gingival retraction cord) โดยไม่ใส่แผ่นยางกันน้ำลายให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการใส่แผ่นยางกันน้ำลายในทางคลินิก (Heintze et al., 2010) และในงานวิจัยทางคลินิกแบบสุ่ม (randomized clinical trial) พบว่า การไม่ใส่แผ่นยางกันน้ำลายแต่มีการควบคุมความชื้นด้วยสำลีม้วนในการบูรณะฟันสามารถให้ค่าการยึดติด (retention) ที่ดี โดยมีค่าเกินร้อยละ 90 ในระยะเวลาการติดตามผล 18 เดือน ทั้งในระบบการใช้สารยึดติดระบบเอทช์แอนด์รินส์ ชนิด 3 ขั้นตอน และชนิด 2 ขั้นตอน รวมถึงระบบเซลฟ์เอทช์ชนิด 2 ขั้นตอน และชนิด 1 ขั้นตอน ซึ่งถือว่าผ่านข้อกำหนดของสมาคมทันตแพทย์อเมริกันในระดับที่ได้รับการยอมรับอย่างสมบูรณ์ (ADA full acceptance) (Perdigão et al., 2012)

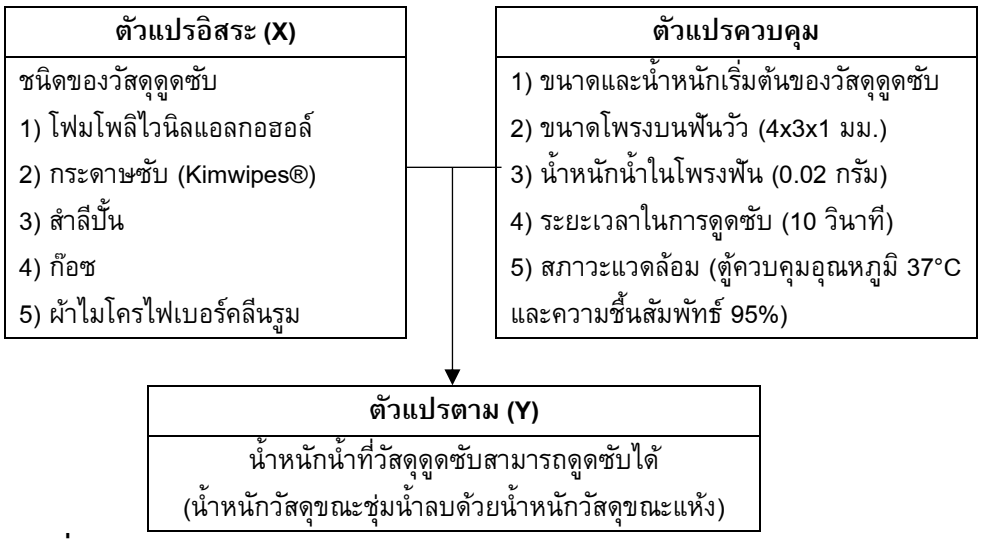
ในการซับน้ำในโพรงฟันให้แห้งร่วมไปกับการดูดซับความชื้นในช่องปากนั้น วัสดุดูดซับต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่ 1) มีโครงสร้างรูพรุนสูงเพื่อให้น้ำถูกดูดซับผ่านแรงดึงดูดแบบแคปิลลารี (capillary action) ได้ง่าย 2) สามารถกักเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้จะถูกแรงกดทับ 3) มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) เพื่อให้เกิดการดูดซับความชื้นอย่างรวดเร็ว และ 4) ต้องคงความสมบูรณ์ของโครงสร้างเมื่อเปียกชื้น โดยต้องเป็นวัสดุที่ไม่ทิ้งเส้นใยตกค้าง (lint-free) ไว้ในบริเวณที่ทำงาน (Hsieh, 1995) เมื่อพิจารณาถึงวัสดุแต่ละประเภทที่นิยมใช้ในกระบวนการยึดติด จะพบว่าก๊อซและสำลีปั้น เป็นวัสดุที่ผลิตจากเส้นใยฝ้ายบริสุทธิ์ที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก โดยความแตกต่างระหว่างวัสดุสองชนิดนี้คือโครงสร้างทางกายภาพ ซึ่งก๊อซเป็นการถักทอจนเกิดโครงสร้างตาข่ายที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (macroporous network) ในขณะที่สำลีปั้นประกอบด้วยเส้นใยที่เรียงตัวแบบไร้ทิศทาง (unoriented fiber) ซึ่งในเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) จำนวนมากทำให้วัสดุมีความไวในการดูดโมเลกุลของน้ำผ่านพันธะไฮโดรเจน โดยการดูดซับน้ำจะเกิดขึ้นผ่านแรงแคปิลลารีในสองบริเวณ คือ ช่องว่างระหว่างเส้นใย และรูพรุนภายในเส้นใย เมื่อช่องว่างเหล่านี้อิ่มตัว แรงตึงผิวของน้ำจะดึงเส้นใยเข้าหากัน ทำให้เกิดการเสียรูป และหดตัวได้ โดยความจุในการดูดซับ (absorption capacity) ของสำลีปั้นจะสูงกว่าก๊อซเล็กน้อย (Hsieh, 1995; Thavarajah et al., 2014) ในส่วนของกระดาษซับ Kimwipes® เป็นกระดาษเช็ดทำความสะอาดประสิทธิภาพสูง ผลิตจากเยื่อไม้ และมีโครงสร้างหลักเป็นเซลลูโลสเช่นเดียวกัน แต่ผ่านกระบวนการในการผลิตที่แตกต่างจากสำลีหรือก๊อซ โดยการทำให้เซลลูโลสเป็นเส้นใยที่ละเอียดขึ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส ทำให้สามารถอุ้มน้ำได้ดี และทิ้งเส้นใยตกค้างน้อยมาก (Kimberly-Clark Professional, 2026) กระดาษซับ Kimwipes® จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับใช้ซับแห้งในเทคนิค ระบบไพรเมอร์เลสส์ เว็ต (Piemjai et al., 2025; Piemjai et al., 2011) ในส่วนของโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ นิยมใช้ในกระบวนการทางการแพทย์เนื่องจากมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและเลือด วัสดุนี้สังเคราะห์จากโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยผ่านกระบวนการเชื่อมขวางทางเคมี (chemical cross-linking) ด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) โดยมีน้ำทำหน้าที่เป็นสารก่อรูพรุน (pore-forming agent) ปฏิกิริยานี้จะเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลอิสระให้กลายเป็นวงแหวนอะซีตัล (acetal rings) ที่มีความเสถียร เกิดเป็นโครงสร้างโฟมที่มีรูพรุนขนาดใหญ่แบบเปิดที่เชื่อมต่อถึงกัน (interconnected open-cell structure) โครงสร้างนี้สร้างแรงดึงดูดแบบแคปิลลารีที่ทำให้มีคุณสมบัติชอบน้ำสูงมาก (highly hydrophilic) และสามารถดูดซับน้ำได้ในทันทีที่สัมผัส นอกจากนี้ ตัวโฟมยังสามารถขยายตัวเพื่อกักเก็บน้ำปริมาณมากโดยไม่ยุบตัวหรือเสียรูปทรง (Vu et al., 2026) สำหรับผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม (cleanroom microfiber wiper) เป็นสิ่งทอสังเคราะห์ที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ประกอบด้วยโพลิเอสเตอร์ที่ให้ความแข็งแรงเชิงกลเป็นหลัก และโพลิเอไมด์ที่ให้

ความยืดหยุ่นและมีคุณสมบัติชอบน้ำ โดยในกระบวนการผลิต เส้นใยสังเคราะห์จะถูกแยกออกเป็นเส้นใยขนาดเล็กที่มีลักษณะคล้ายลิ่ม (wedge shape) และนำมาถักทอแบบต่อเนื่องไม่ให้เกิดการหลุดร่วงของเส้นใย (lint-free) ซึ่งเส้นใยขนาดเล็กจำนวนมากจะช่วยดักจับน้ำ ฝุ่น และสิ่งสกปรกต่างๆ (Nilsen et al., 2002; Zhao et al., 2023) กลไกการดูดซับจะต่างจากเซลลูโลส ซึ่งอาศัยแรงตึงผิวและแรงแคปิลลารีจากโครงสร้างรูปลิ่ม น้ำจะถูกดูดซับเข้าไปในช่องว่างขนาดเล็กจึงเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในห้องปลอดเชื้อหรือห้องคลีนรูม

สมมติฐานการวิจัย

วัสดุดูดซับน้ำที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณการดูดซับน้ำในโพรงฟันและดูดซับความชื้นที่แตกต่างกันภายใต้การจำลองสภาวะอุณหภูมิและความชื้นในช่องปาก

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อดูความสามารถในการดูดซับน้ำและความชื้นในโพรงฟันของวัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน

การเตรียมวัสดุดูดซับและการเตรียมโพรงฟัน

เตรียมวัสดุดูดซับ 5 ชนิด ชนิดละ 10 ชิ้น คือ 1) วัสดุโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA medical sponge, Yingjia Co., Beijing, China) ดังแสดงในภาพที่ 2 ตัดให้ได้ความกว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร 2) กระดาษซับ (Kimwipes®, Kimtech Science™, New South Wales, Australia) ตัดและพับให้ได้ความกว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร 3) สำลีปั้นจัดให้ได้ความกว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร 4) ก๊อซ พับและตัดให้ได้ความกว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร และ 5) วัสดุผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม (Cleanroom wiper microfiber, W-Tech (Thailand) Co., Ltd, Bangkok, Thailand) ดังแสดงในภาพที่ 3 ตัดและพับให้ได้ขนาดกว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร แล้วปรับความหนาของวัสดุจนสามารถชั่งน้ำหนักวัสดุแต่ละชนิดในขณะแห้งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลไฟฟ้า (Radwag AS220/C/2, Radom, Poland) ให้น้ำหนักอยู่ในช่วง 0.0090-0.0095 กรัม และเตรียมโพรงฟันบนชั้นเคลือบฟันของฟันวัว 1 ซี่ ขนาดกว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4a

การทดสอบการดูดซับน้ำและความชื้น

ใส่น้ำปริมาณ 0.02 กรัมในโพรงฟัน จากนั้นสุ่มเลือกวัสดุดูดซับแต่ละชนิด ดูดซับน้ำในโพรงฟันเป็นเวลา 10 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 4b-4f ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 (Charoen TUT Co., Ltd., Thailand) (ภาพที่ 5) นำวัสดุที่ชุ่มน้ำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลไฟฟ้าทันที บันทึกน้ำหนักที่ได้ ทำจน

ครบ 10 ชิ้นต่อวัสดุ โดยมีขั้นตอนในการทำเหมือนเดิมทุกประการ โดยใช้โพรงฟันจากฟันซี่เดิมและให้น้ำหนักของน้ำในโพรงฟันเท่าเดิมทุกครั้ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

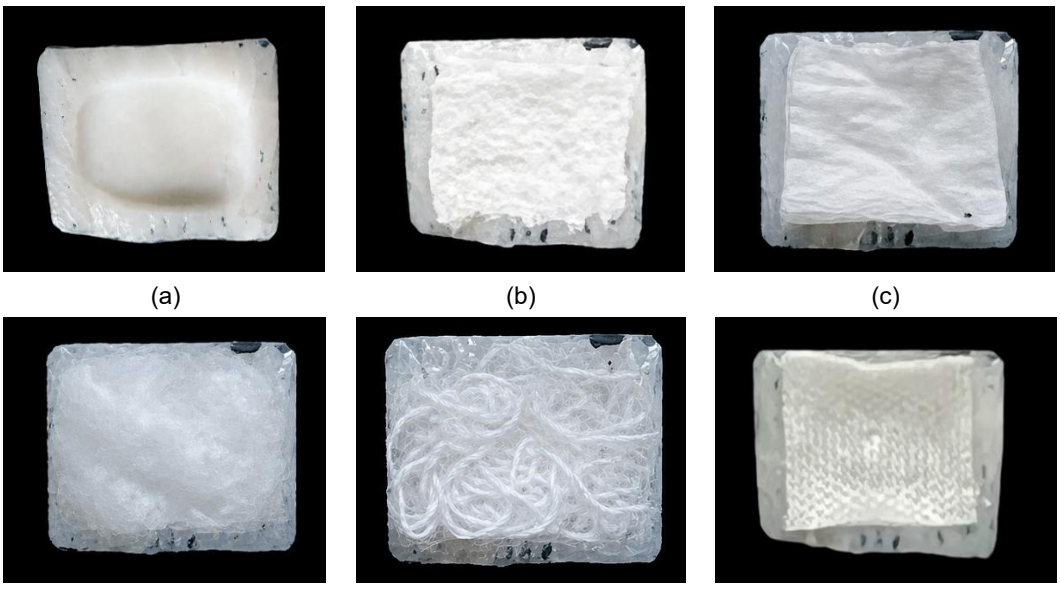
นำค่าน้ำหนักของการดูดซับน้ำและความชื้นของวัสดุ (water uptake) โดยคำนวณจากผลต่างของน้ำหนักของวัสดุขณะชุ่มน้ำลบด้วยวัสดุขณะแห้ง มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive Statistics) ใช้ ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่ออธิบายข้อมูล ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) ทำโดยตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-Wilk และตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนด้วยการทดสอบ Levene's test จากนั้นใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณชนิดทูคีย์ (Tukey's Honestly Significant Difference: Tukey HSD) โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูปเอสพีเอสเอสเวอร์ชัน 29.0 (SPSS 29.0 Inc, Chicago, Illinois, USA)



ภาพที่ 2 แสดงวัสดุโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์



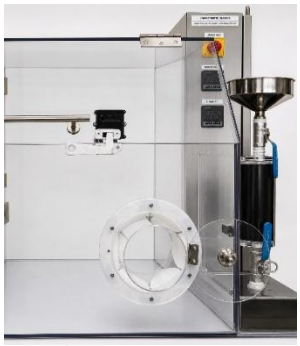
ภาพที่ 3 แสดงวัสดุผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

ภาพที่ 4 (a) แสดงโพรงฟันบนชั้นเคลือบฟันของฟันวัว (b) แสดงโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์บนโพรงฟัน (c) แสดงกระดาษซับบนโพรงฟัน (d) แสดงสำลีปั้นบนโพรงฟัน (e) แสดงก๊อซบนโพรงฟัน (f) แสดงผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูมบนโพรงฟัน



ภาพที่ 5 แสดงตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาน้ำหนักของน้ำที่ดูดซับได้ (water uptake) ของวัสดุดูดซับชนิดต่างๆ ทั้ง 5 ชนิด ภายในเวลา 10 วินาที พบว่า โฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ กระดาษซับ (Kimwipes®) และสำลีปั้น มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของน้ำที่ดูดซับได้สูงสุดใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่า 0.01960 ± 0.0002667 กรัม, 0.01939 ± 0.0002998 กรัม และ 0.01929 ± 0.0002601 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือก๊อซ มีค่า 0.01879 ± 0.0004067 กรัม ในขณะที่ผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูมมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 0.01276 ± 0.0002716 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ พบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติและมีความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มเท่ากัน และเมื่อวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) เพื่อทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มวัสดุ พบว่า ชนิดของวัสดุดูดซับที่แตกต่างกันมีผลต่อน้ำหนักน้ำที่ดูดซับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 914.537$, $p < 0.001$) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างแบบจับคู่พหุคูณชนิดทูคีย์ (Tukey HSD) พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มประสิทธิภาพของการดูดซับออกได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ กลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ประกอบด้วย โฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ กระดาษซับ (Kimwipes®) และสำลีปั้น ซึ่งวัสดุทั้งสามชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการดูดซับที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยวัสดุทั้งสามชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงกว่าก๊อซและผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ก๊อซจัดอยู่ในกลุ่มที่มีประสิทธิภาพระดับกลาง มีปริมาณการดูดซับสูงกว่าผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักของการดูดซับน้ำและความชื้นของวัสดุ (water uptake) ของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด

ชนิดของวัสดุดูดซับ	**น้ำหนักที่ดูดซับ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, กรัม)**	**F**	**Sig.**
โฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์	0.01960 ± 0.0002667 ^{A}		
กระดาษซับ (Kimwipes®)	0.01939 ± 0.0002998 ^{A}		
สำลีปั้น	0.01929 ± 0.0002601 ^{A}	914.537	<0.001*
ก๊อซ	0.01879 ± 0.0004067 ^{B}		
ผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูม	0.01276 ± 0.0002716 ^{C}		

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ (A, B, C) ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณชนิดทูคีย์ (Tukey HSD)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำของวัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ ภายใต้สภาวะจำลองในช่องปากที่มีการควบคุมตัวแปรที่สำคัญให้คงที่ ทั้งขนาดของโพรงฟัน น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำและวัสดุดูดซับ สภาวะแวดล้อม และระยะเวลาในการดูดซับ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุสำหรับการดูดซับน้ำและปกป้องความชื้นในโพรงฟันในขั้นตอนการใช้สารยึดติดขณะบูรณะโพรงฟัน

ผลการศึกษาพบว่า ชนิดของวัสดุดูดซับมีผลต่อปริมาณการดูดซับอย่างชัดเจน กล่าวคือ กลุ่มโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ กระดาษซับ (Kimwipes®) และสำลีปั้น ให้ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำสูงที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีประสิทธิภาพสูงกว่ากลุ่มก๊อซและผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ว่าวัสดุดูดซับชนิดต่างๆ มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำและความชื้นในโพรงฟันที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษานี้สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกทางวัสดุศาสตร์ ตามการศึกษาของ Vu et al. (2026) นั้นอธิบายถึงความสามารถในการดูดซับอย่างรวดเร็วของโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ว่าเป็นผลจากโครงสร้างที่มีรูพรุนขนาดใหญ่แบบเปิดที่เชื่อมต่อถึงกัน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการสร้างวงแหวนอะซีตัล ทำให้ตัววัสดุมีคุณสมบัติชอบน้ำสูงมาก และสามารถสร้างแรงดึงดูดแบบแคปิลลารีเพื่อกักเก็บน้ำปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว สามารถขยายตัวเพิ่มเมื่อได้รับน้ำ ดังนั้นด้วยประสิทธิภาพและคุณสมบัติดังกล่าว จึงทำให้เป็นวัสดุที่เหมาะสมในการใช้ดูดซับและป้องกันความชื้นในขั้นตอนการยึดติด โดยเฉพาะในกรณีที่โพรงฟันมีขนาดใหญ่ และมีผนังโพรงฟันหลายด้าน เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีการขยายตัวเมื่อมีการดูดซึมน้ำ ทำให้สามารถดูดซับได้อย่างทั่วถึง ในขณะที่ กระดาษซับ (Kimwipes®) และสำลีปั้น เป็นวัสดุกลุ่มเซลลูโลสที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก สามารถดึงดูดความชื้นได้อย่างรวดเร็วผ่านแรงแคปิลลารีและพันธะไฮโดรเจนระหว่างช่องว่างของเส้นใย ส่งผลให้มีประสิทธิภาพการดูดซับที่เทียบเท่ากับโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ ซึ่งมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการใช้ในขั้นตอนการซับแห้ง จึงมีการนำกระดาษซับไปใช้ในเทคนิคไพรเมอร์เลสส์ เว็ต ที่พบในการศึกษาของ Piemjai et al. (2025) และ Piemjai et al. (2011) ในขณะที่ก๊อซมีประสิทธิภาพการดูดซับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอธิบายได้จากลักษณะโครงสร้างตาข่ายที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ ทำให้ความจุและการกักเก็บน้ำทำได้น้อยกว่าโครงสร้างเส้นใยแบบไร้ทิศทางของสำลีปั้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Thavarajah et al. (2014) สำหรับผ้าไมโครไฟเบอร์คลีนรูมที่ให้ผลต่ำที่สุด เป็นผลมาจากกลไกการดูดซับที่อาศัยเพียงแรงตึงผิวและแรงแคปิลลารีจากโครงสร้างเส้นใยรูปลิ่ม ประกอบกับการที่โพลีเอสเตอร์ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักไม่ได้มีคุณสมบัติที่ชอบน้ำ (Nilsen et al., 2002) จึงไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้ดูดซับน้ำปริมาณมากในโพรงฟัน

ในด้านวิธีวิจัย การทดสอบในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ น้ำหนักของน้ำในโพรงฟันและขนาดของโพรงฟัน ช่วยลดอิทธิพลของปัจจัยภายนอก ทำให้สามารถตีความได้ว่าความแตกต่างที่พบสัมพันธ์กับชนิดของวัสดุดูดซับ นอกจากนี้ การศึกษายังได้เลือกใช้วิธีควบคุมน้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุดูดซับให้คงที่ (0.0090-0.0095 กรัม) และกดให้สัมผัสกับพื้นผิวของโพรงฟันทั้งหมด โดยมีส่วนเกินออกนอกโพรงฟันเพื่อปกป้องความชื้นจากภายนอก อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ จึงยังไม่ครอบคลุมสภาพจริงในช่องปากได้สมบูรณ์ ดังนั้น การนำผลไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกควรพิจารณาร่วมกับบริบทของผู้ป่วยจริง

โดยสรุป เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำและความชื้น ร่วมกับคุณสมบัติการเป็นวัสดุที่ไม่ทิ้งเส้นใยตกค้าง ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลจากวรรณกรรม กระดาษซับ (Kimwipes®) และโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ จึงเป็นวัสดุทางเลือกทดแทนสำลีปั้นที่เหมาะสมและให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการดูดซับน้ำและปกป้องความชื้นของโพรงฟันในขั้นตอนการยึดติด

ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

จากผลการศึกษานี้พบว่าในกระบวนการยึดติดที่ต้องการการดูดซับน้ำและปกป้องความชื้นเข้าสู่โพรงฟันที่ดี ทันตแพทย์ควรพิจารณาเลือกใช้กระดาษซับ (Kimwipes®) หรือโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ เป็นตัวเลือกในการทำงานให้ได้ความสมบูรณ์ในการสร้างชั้นเชื่อมต่อระหว่างผิวฟันกับวัสดุ เพื่อให้เกิดความสำเร็จทางคลินิกของการบูรณะฟันในระยะยาว

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาต่อยอดในการนำไปใช้ในการบูรณะฟันในสภาวะจำลองช่องปาก และสภาวะคลินิกจริง เพื่อประเมินว่าประสิทธิภาพการดูดซับของวัสดุทางเลือกที่พบจากการศึกษานี้จะสอดคล้องกับสถานการณ์ทางคลินิกที่มีความซับซ้อนมากกว่าหรือไม่ นอกจากนี้ ควรขยายการศึกษาเพื่อประเมินผลจากการใช้วัสดุดูดซับทั้งสองชนิดต่อคุณภาพของชิ้นงานบูรณะในระบบไพรเมอร์เลสส์ เว็ต เช่น การประเมินรอยรั่วซึมระดับจุลภาค ทั้งนี้ หากการศึกษาดังกล่าวพบว่ามีความเหมาะสม จะเป็นการสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาการผลิตกระดาษซับและโฟมโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ ให้มีขนาดและรูปแบบที่เหมาะสมในการดูดซับและป้องกันโพรงฟันจากความชื้นในกระบวนการยึดติดในช่องปากในระบบไพรเมอร์เลสส์ เว็ต ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Besnault, C., & Attal, J.-P. (2002). Influence of a simulated oral environment on microleakage of two adhesive systems in Class II composite restorations. *Journal of Dentistry, 30*(1), 1-6.

Boushell, L. W., Walter, R., & Wilder, A. D., Jr. (2019). Preliminary Considerations for Operative Dentistry. In H. O. Heymann, E. J. Swift, & A. V. Ritter (Eds.), Sturdevant's *Art and Science of Operative Dentistry* (7th ed., pp. e23-e51). Elsevier.

Buonavoglia, A., Trotta, A., Pellegrini, F., Iandolo, A., & Cordisco, M. (2023). Prevention of Bacterial Infiltration in Class 1 Temporary Restorations Using Zinc Oxide/Calcium Sulphate Filling Materials: An In Vitro Study. *Applied Sciences, 13*(3), 1748.

Çakir, A. (2023). Effect of cleaning materials on microtensile bond strength of resin composite to primary dentin contaminated with root canal sealers. *BMC Oral Health, 23*(1), 396.

Heintze, S. D., Ruffieux, C., & Rousson, V. (2010). Clinical performance of cervical restorations—A meta-analysis. *Dental Materials, 26*(10), 993-1000.

Hsieh, Y.-L. (1995). Liquid Transport in Fabric Structures. *Textile Research Journal, 65*, 299-307.

Jacquot, B., Durand, J. C., Farge, P., Valcarcel, J., Deville de Périère, D., & Cuisinier, F. (2012). Influence of temperature and relative humidity on dentin and enamel bonding: a critical review of the literature. Part 1. Laboratory studies. *The Journal of Adhesive Dentistry, 14*(5), 433-446.

Kimberly-Clark Professional. (2026). *Kimberly-Clark product specification sheet: KIMTECH SCIENCE KIMWIPES wipers*.

Nilsen, S. K., Dahl, I., Jørgensen, O., & Schneider, T. (2002). Micro-fibre and ultra-micro-fibre cloths, their physical characteristics, cleaning effect, abrasion on surfaces, friction, and wear resistance. *Building and Environment, 37*(12), 1373-1378.

Perdigão, J., Dutra-Corrêa, M., Saraceni, C. H., Ciaramicoli, M. T., Kiyan, V. H., & Queiroz, C. S. (2012). Randomized clinical trial of four adhesion strategies: 18-month results. *Operative Dentistry, 37*(1), 3-11.

Piemjai, M. (2015). *Advanced fixed prosthodontics: Dentin protection for life-long function*. Samcharoen Panich.

Piemjai, M., Lerttriphob, T., Jariyapayuklert, C., & Garcia-Godoy, F. (2025). A Method to Bond Vital Dentin with a Microleakage-Free Hybrid Layer. *The Journal of Adhesive Dentistry, 27*, 43-51.

Piemjai, M., Waleepitackdej, O., & Garcia-Godoy, F. (2023). Marginal Micro-Seal and Tensile Bond Strength of a Biopolymer Hybrid Layer Coupled with Dental Prosthesis Using a Primerless-Wet System. *Polymers (Basel), 15*(2), 283.

Piemjai, M., Waleepitackdej, O., & Nakabayashi, N. (2011). Influence of dentin substrates to simplify wet-bonding: a leakage-free and reliable tensile strength interface for long-lasting restorations. *Journal of Biomedical Materials Research: Part B, Applied Biomaterials, 99*(2), 321-327.

Plasmans, P. J. M. M., Creugers, N. H. J., Hermsen, R. J., & Vrijhoef, M. M. A. (1994). Intraoral humidity during operative procedures. *Journal of Dentistry, 22*(2), 89-91.

Thavarajah, R., Joshua, E., Rao, U. K., & Ranganathan, K. (2014). On factors influencing the absorption capacity of surgical sponges. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery, 13*(3), 238-243.

Vu, N. Q., Le, T. M., Ngo, A. N. B., Nguyen, M. H. T., Liao, Y. C., & Tran, T. T. (2026). Engineering Functional PVA: A Comprehensive Review of Chemical Modifications and Prospective Developments. *ACS Polymers Au, 6*(1), 33-60.

Zhao, B., Han, X., Hu, C., Qian, X., Duo, Y., Wang, Z., Feng, Q., Yang, Q., & Han, D. (2023). Hydrophilic Modification of Polyester/Polyamide 6 Hollow Segmented Pie Microfiber Nonwovens by UV/TiO(2)/H(2)O(2). *Molecules, 28*(9).

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).