บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

พอลิเมทิลเมทาคริเลต (Poly(methyl methacrylate); PMMA) หรือ มีชื่อทั่วไปเรียกว่า เรซินอะคริลิก เป็นวัสดุที่นำมาใช้ทำฐานฟันปลอม ตั้งแต่ ค.ศ.1937 เนื่องจากมีความสวยงาม น้ำหนักเบา ราคาถูก ขั้นตอนการผลิตทำได้ง่าย เหมาะสมกับการใช้งานในช่องปากและซ่อมแซมได้ง่าย แต่เรซินอะคริลิกก็ยังไม่ใช่วัสดุในอุดมคติสำหรับใช้ในการทำฟันปลอม เนื่องจากมีข้อบกพร่องที่สำคัญ คือ มีความแข็งแรงต่ำ ทำให้ฟันปลอมแตกหักง่ายจากการใช้งาน หรือเมื่อถูกกระแทกจากการตกหล่น[1,2] และเกิดการเปลี่ยนแปลงมิติ (dimensional change) เนื่องจากขบวนการเกิดพอลิเมอร์และการดูดซึมน้ำ (water absorption) ระหว่างการแช่ในน้ำ[3-5]

การแตกหักของฟันปลอมที่ทำจากเรซินอะคริลิก พบว่ามีสาเหตุมาจาก ความล้า (fatigue) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อฟันปลอมได้รับแรงซ้ำๆ ต่อเนื่องจากการบดเคี้ยว ทำให้เกิดความเค้นดัด (flexural stress) ในฟันปลอม โดยแรงนี้มีปริมาณต่ำๆ จึงไม่ทำให้ฟันปลอมแตกหักในทันทีแต่จะทำให้เกิดรอยร้าวในบริเวณศูนย์รวมแรงเค้น (stress concentration) และเมื่อได้รับแรงซ้ำๆ ต่อเนื่อง รอยร้าวเหล่านี้จะกลายเป็นรอยแตกที่ขยายตัวไปเรื่อยๆ ตามรอบของแรงที่เพิ่มขึ้นจนทำให้เกิดการแตกหัก การแตกหักแบบนี้จะพบได้บ่อยที่บริเวณกึ่งกลางของฟันปลอม[6,7] อีกสาเหตุหนึ่งคือ การกระแทก (impact) ซึ่งเป็นการแตกหักที่มักเกิดขึ้นภายนอกช่องปาก และเกิดขึ้นเมื่อมีการกระแทกกันของวัตถุสองชิ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการถ่ายเทโมเมนตัมสูงในระยะเวลาสั้นๆ เช่น ฟันปลอมตกหล่นขณะทำความสะอาด[8]

จากปัญหาการแตกหักที่เกิดขึ้นทำให้เรซินอะคริลิกมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงสมบัติเพื่อให้ได้ฐานฟันปลอมที่แข็งแรง ซึ่งวิธีหนึ่งที่ใช้เพิ่มความแข็งแรงกระแทก คือการใส่เฟสยาง (rubber phase) เข้าไปในองค์ประกอบของพอลิเมอร์เพื่อทำให้สามารถรับแรงกระแทกได้ดีขึ้น แต่วิธีนี้มีค่าใช้จ่ายที่สูง อีกวิธีหนึ่งที่ใช้เพิ่มความแข็งแรงให้แก่ฐานฟันปลอม คือ การทำให้เกิดเป็นวัสดุคอมโพสิตชนิดที่เสริมแรงด้วยเส้นใย (fiber-reinforced composite) โดยการนำเส้นใยซึ่งเป็นวัสดุเสริมความแข็งแรงมาใส่ลงในเรซินอะคริลิกซึ่งเป็นส่วนของเมทริกซ์ (matrix) ทำให้เรซิน

อะคริลิกที่ได้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นและทนทานต่อการแตกหัก เนื่องจากเมทริกซ์จะส่งผ่านแรงที่ได้รับไปยังส่วนของเส้นใยที่มีความแข็งแรงมากกว่า[9,10]

จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การใช้เส้นใยคาร์บอน เส้นใยแก้ว เส้นใยพอลิเอทิลีน และเส้นใยอะรามิดสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เรซินอะคริลิกได้[11,12] อย่างไรก็ตาม ในการใช้เส้นใยแต่ละชนิดมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน เช่น การใช้เส้นใยคาร์บอนซึ่งมีสีดำ ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องความสวยงาม สำหรับเส้นใยแก้วและเส้นใยพอลิเอทิลีนมีปัญหาเรื่องการยึดติดระหว่างเส้นใยและเรซินอะคริลิกอีกทั้งเส้นใยดังกล่าวยังมีราคาแพง

เส้นใยอะรามิดหรือที่รู้จักกันในชื่อ เคฟลาร์ (Kevlar®) ผลิตโดยบริษัทดูปองท์ (Dupont) ถูกนำไปใช้เพื่อเสริมความแข็งแรงในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เสื้อเกราะกันกระสุน หมวกทหาร ยางรถยนต์ โครงสร้างของเครื่องบินและลำเรือ เนื่องจากเส้นใยอะรามิดมีค่าความแข็งแรงดึง (tensile strength) และมอดุลัสของความยืดหยุ่น (modulus of elasticity) สูง ทนทานต่อสารเคมี วิธีการใช้งานไม่ยุ่งยากและราคาไม่แพง สามารถนำไปใช้เสริมแรงเรซินอะคริลิกได้โดยไม่ต้องทำการปรับสภาพพื้นผิว โดยผู้วิจัยส่วนใหญ่ แนะนำให้แช่เส้นใยหรือทำให้เปียกด้วยมอนอเมอร์ก่อนนำไปใส่ในเรซินอะคริลิก[13] เพื่อทำให้มีการเปียกผิวที่ดีก่อนยึดกับเรซินอะคริลิกและช่วยให้เกิดการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์ของเรซินอะคริลิกดีขึ้น[14] อย่างไรก็ตาม การทำให้เส้นใยเปียกด้วยมอนอเมอร์นั้นเป็นการเพิ่มปริมาณของมอนอเมอร์ในส่วนผสมของเรซินอะคริลิกซึ่งอาจจะมีผลต่อสมบัติเชิงกลและมิติเสถียรภาพของเรซินอะคริลิกได้ ซึ่ง Vallittu[15] รายงานว่า การแช่เส้นใยแก้วในสารละลายของพอลิเมอร์-มอนอเมอร์ในอัตราส่วน 0.375 ถึง 1.25 โดยน้ำหนัก ก่อนนำไปเสริมแรงสามารถลดการหดตัวจากขบวนการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินอะคริลิก (polymerization shrinkage) เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่เส้นใยแก้วในมอนอเมอร์แต่เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิกด้วย

เนื่องจากยังไม่เคยมีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการเตรียมเส้นใยอะรามิดโดยการแช่ในสารละลายพอลิเมอร์-มอนอเมอร์ มาก่อน จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการเตรียมเส้นใยดังกล่าวจะมีผลต่อมิติเสถียรภาพตลอดจนความแข็งแรงของเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงอย่างไรบ้าง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำฟันปลอมให้แก่ผู้ป่วยต่อไป

การทบทวนวรรณกรรม

การเสริมความแข็งแรงให้กับเรซินอะคริลิกโดยการใช้เส้นใย

1. เส้นใยคาร์บอน (Carbon fiber)

เป็นเส้นใยอนินทรีย์สังเคราะห์ (synthetic inorganic fibers) การนำเส้นใยคาร์บอนมาใช้มี 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบเส้นยาววางขนาน (continuous parallel form) และแบบที่มีลักษณะของเส้นใยสานกันเป็นแผ่น (woven mat form) จากการศึกษาของ Schreiber[16] เกี่ยวกับผลของเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยการใส่เส้นใยคาร์บอน พบว่า สามารถเพิ่มความแข็งแรงดัดขวางได้มากถึงร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้ใส่เส้นใยเพื่อเสริมแรง นอกจากนี้ยังรายงานว่าการใช้เส้นใยแห้งจะมีความยุ่งยากในการใส่ลงในเรซินอะคริลิกมากกว่าการใช้เส้นใยที่ถูกทำให้เปียกด้วยการแช่ในมอนอเมอร์ เพราะเมื่อเส้นใยเปียกจะทำให้รวมตัวกับเรซินอะคริลิกง่ายกว่า ขณะที่ Bowman และ Manley[17] รายงานว่า ในผู้ป่วย 28 คน ที่มีประวัติการแตกหักของฐานฟันปลอม เมื่อใช้เส้นใยคาร์บอนเสริมแรงในฐานฟันปลอมที่ทำจากเรซินอะคริลิก พบว่า สามารถลดการแตกหักได้อย่างมีนัยสำคัญ และทำให้อายุการใช้งานเฉลี่ยของฐานฟันปลอมเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

อย่างไรก็ตาม เส้นใยคาร์บอนมีข้อเสียหลายประการ เช่น มีสีดำ ทำให้มีปัญหาเรื่องความสวยงามและผู้ป่วยไม่ยอมรับ ปัญหาเรื่องความเป็นพิษ ทำให้เกิดการแพ้หรือระคายเคืองที่ผิวหนัง[18] ปัญหาเรื่องการวางเส้นใยให้อยู่ตรงกลางเรซินทำได้ยาก[18,19] และปัญหาเรื่องการขัดแต่งฟันปลอมเนื่องจากอาจมีเส้นใยยื่นโผล่ออกมาทำให้ขัดได้ไม่เรียบส่งผลให้เกิดความรำคาญเมื่อนำไปใช้

2. เส้นใยแก้ว (Glass fiber)

เป็นเส้นใยอนินทรีย์เช่นเดียวกับเส้นใยคาร์บอน เกิดจากการนำซิลิกา ดินขาว ปูนขาว และออกไซด์ของโลหะอื่นๆ มาหลอมด้วยความร้อนจนกลายเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ 1,600 องศาเซลเซียส แล้วหยดผ่านรูเล็กๆ และดึงให้ยืดออกเป็นเส้น ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 ถึง 25 ไมโครเมตร เส้นใยแก้วมีการผลิตออกมาหลายชนิด ได้แก่ E-glass, S-glass, C-glass, A-glass และ D-glass ซึ่งในทางทันตกรรมนิยมใช้เส้นใยแก้วชนิด E-glass มากกว่าชนิดอื่นๆ เนื่องจากราคาถูกและให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางสูง[20,21]

การนำเส้นใยแก้วมาใช้มี 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบเส้นยาววางขนาน แบบที่มีลักษณะของเส้นใยสานกันเป็นแผ่น และแบบเส้นใยตัดสั้นๆ (chopped form) อย่างไรก็ตาม เพื่อช่วยให้เส้นใยแก้วกับเรซินอะคริลิกมีการยึดเกาะเพิ่มมากขึ้น Rosen[22] แนะนำให้ใช้สารไซเลน (silane) ปรับสภาพพื้นผิวของเส้นใยก่อนใช้งาน ซึ่งจากการศึกษาของ Solnit[23] พบว่า ความแข็งแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิกที่ได้รับการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วที่ไม่ได้ปรับสภาพด้วยสารไซเลน มีค่าลดลงร้อยละ 27 เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้ใส่เส้นใย ในขณะที่การใช้ไซเลนปรับสภาพพื้นผิวเส้นใยแก้วก่อนการเสริมแรงทำให้ความแข็งแรงดัดขวาง มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 11 เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้ใส่เส้นใย และมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วที่ไม่ได้ปรับสภาพผิว

จากการศึกษาในอดีต พบว่า การใช้เส้นใยแก้วสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เรซินอะคริลิกได้ [24-28] อย่างไรก็ตาม เส้นใยแก้วยังมีข้อเสีย คือ ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น

3. เส้นใยพอลิเอทิลีน (Polyethylene fiber)

เป็นเส้นใยอินทรีย์สังเคราะห์ (synthetic organic fibers) เตรียมจากก๊าซเอทิลีนที่สภาวะความดัน 10 นิวตัน ต่อ ตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณออกซิเจนร้อยละ 0.01 ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นแล้วลดอุณหภูมิลงให้ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวเพื่อให้เกิดเป็นของแข็ง ก่อนใช้ต้องนำเส้นใยมายืดในอัตราส่วน 30 ต่อ 1 (draw ratio) เพื่อให้ค่ามอดุลัสของเส้นใยเพิ่มขึ้น เส้นใย 1 เส้นมี 180 ฟิลาเมนต์ (filament) แต่ละฟิลาเมนต์มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 ไมโครเมตร

เส้นใยพอลิเอทิลีนมีข้อเสีย คือ มีพลังงานผิวต่ำ (low surface energy) ทำให้การยึดติดกับเรซินอะคริลิกไม่ดีนัก จึงต้องมีการเตรียมสภาพพื้นผิวก่อนนำไปใช้งานโดยวิธีพลาสมาทรีทเมนท์ (plasma treatment) ซึ่งเป็นการทำให้ผิวของเส้นใยมีประจุหรือมีความเป็นขั้วมากขึ้น ทำให้มีพลังงานที่ผิวสูงขึ้น ส่งผลให้มีการยึดติดกับเรซินอะคริลิกดีขึ้น Braden และคณะ[29] รายงานว่าการใส่เส้นใยพอลิเอทิลีนที่ไม่ได้ปรับสภาพผิวในเรซินอะคริลิก ทำให้ความแข็งแรงดัดขวางมีค่าลดลงร้อยละ 9 เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้ใส่เส้นใย แต่เมื่อทำพลาสมาทรีทเมนท์ก่อนนำไปเสริมแรง พบว่า ความแข็งแรงดัดขวางมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 18 เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิก

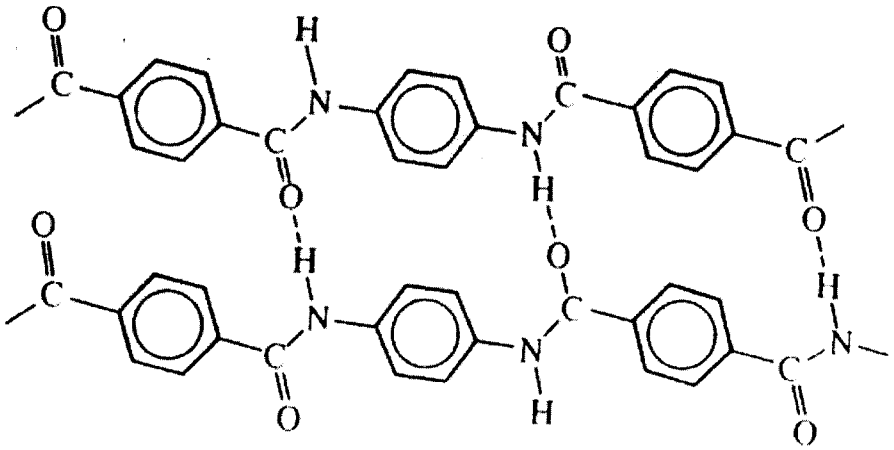
ที่ไม่ได้ใส่เส้นใย และมีค่าเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่ใส่เส้นใยพอลิเอทิลีนเพื่อเสริมแรงแต่ไม่ได้ทำพลาสมาทรีทเมนท์

การนำเส้นใยพอลิเอทิลีนมาใช้มี 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบเส้นยาววางขนาน แบบที่มีลักษณะของเส้นใยสานกันเป็นแผ่น และแบบเส้นใยตัดสั้นๆ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือแบบที่มีลักษณะของเส้นใยสานกันเป็นแผ่น เพราะเมื่อนำไปใช้เสริมแรงจะมีความแข็งแรงมากกว่าและนำไปใช้ในการผลิตง่าย[29-31] นอกจากนี้ ยังพบว่าหลังใส่เส้นใยพอลิเอทิลีนเพื่อเสริมแรงในเรซินอะคริลิกจะสามารถลดการดูดซึมน้ำและการเปลี่ยนแปลงทางมิติระหว่างการแช่น้ำได้[32-34]

อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการทำพลาสมาทรีทเมนท์ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงตำแหน่งการวางเส้นใยที่เป็นแผ่นหลายๆ ชั้น ทำได้ยากและมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

4. เส้นใยอะรามิด (Aramid fiber)

เป็นเส้นใยอินทรีย์สังเคราะห์ มีโครงสร้างเป็นวงแหวนดังแสดงในรูปที่ 1 มีชื่อตามโครงสร้างว่า พอลิพาราฟีนิลลีนเทเรพทาลาไมด์ (Polypara-phenylene terephthalamide) และชื่อสามัญคือ อโรมาติก พอลิเอไมด์ ไฟเบอร์ (Aromatic polyamide fibers) ผลิตขึ้นครั้งแรกโดยบริษัทดูปองท์ เส้นใยอะรามิดมีชื่อทางการค้าหลายชื่อขึ้นกับบริษัทผู้ผลิต เช่น เคฟลาร์ ผลิตโดยบริษัทดูปองท์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ทวาลอน (Twarlon®) ผลิตโดยบริษัทอักโซ (Akzo) ประเทศฮอลแลนด์ และเท็กนอรา (Technora®) ผลิตโดยบริษัท เทจิน (Teijin) ประเทศญี่ปุ่น แต่ส่วนใหญ่รู้จักกันในชื่อของ เคฟลาร์ ซึ่งถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน หมวกของทหาร ยางรถยนต์ โครงสร้างของเครื่องบินและลำเรือ เนื่องจากเส้นใยอะรามิดมีค่าความแข็งแรงดึงและมอดุลัสของความยืดหยุ่นสูง[20] ทนทานต่อสารเคมีและราคาไม่แพง ทำให้มีความเหมาะสมในการเสริมความแข็งแรงในวัสดุต่างๆ นอกจากนี้เส้นใยอะรามิดยังมีสมบัติหลายประการที่เหมาะต่อการนำมาใช้เสริมความแข็งแรงให้กับฟันปลอมเรซินอะคริลิก ได้แก่ ทนความร้อนสูง อุณหภูมิหลอมเหลวแก้ว (glass transition temperature; Tg) เท่ากับ 360 องศาเซลเซียส มีมิติเสถียรภาพดี ค่าสัมประสิทธิ์การนำไฟฟ้าและความร้อนต่ำ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวด้วยความร้อนต่ำ การเปียกผิวดีกว่าเส้นใยคาร์บอนจึงทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้สารไซเลนในการปรับสภาพพื้นผิวของเส้นใยก่อนใช้งาน และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย



รูปที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของเส้นใยอะรามิด

ที่มา: สีดง[20]

สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของเส้นใยชนิดต่างๆ ที่มีผู้ใช้ในการเสริมฐานฟันปลอม แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติของเรซินอะคริลิกและเส้นใยชนิดต่างๆ

วัสดุ	ความแข็งแรงดึง (เมกกะพาสคัล)	มอดุลัสของความยืดหยุ่น (จิกะพาสคัล)	ความหนาแน่น (กรัม ต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร)
เรซินอะคริลิก	55[35]	3.8[35]	1.19[35]
เส้นใยคาร์บอน	2.4-3.3 [13]	230 – 390 [13]	1.70 – 1.90[13]
เส้นใยแก้ว E-Type	3.4 [13]	72 [13]	2.62 [13]
เส้นใยพอลิเอทิลีน	2.6[13]	117 [13]	0.97 [13]
เส้นใยเคฟลาร์ (29)	3.6 [20]	83 [20]	1.44 [20]
เส้นใยเคฟลาร์ (49)	3.6 – 4.1[20]	131[20]	1.44 [20]

ได้มีหลายการศึกษาที่นำเส้นใยอะรามิดมาเสริมความแข็งแรงในเรซินอะคริลิกแล้วรายงานว่า ทำให้เรซินอะคริลิกมีค่าความต้านทานต่อการแตกหักและความต้านทานต่อแรงกระแทกเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้

Mullarky[36] ศึกษาผลของการใส่เส้นใยอะรามิดเพื่อเสริมความแข็งแรงในเรซินอะคริลิกโดยใช้ปริมาณเส้นใยตั้งแต่ร้อยละ 3.3 ถึง 17.4 โดยน้ำหนัก พบว่า ความแข็งแรงดึงของเรซินอะคริลิกมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 2 ถึง 145 เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้เสริมแรงด้วยเส้นใย

Vallittu และคณะ[14] ศึกษาผลของการใส่เส้นใยลงในเรซินอะคริลิกในปริมาณต่างๆ ได้แก่ เส้นใยแก้ว (ตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 13.1) เส้นใยคาร์บอน (ตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 9.17) และเส้นใยอะรามิด (ตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 5.53) พบว่า ความแข็งแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิกมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยที่ใส่

Foo และคณะ[37] รายงานว่า ผลของการใส่เส้นใยอะรามิดลงในเรซินอะคริลิก 3 ชนิด ได้แก่ เรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยคลื่นไมโครเวฟ (ยี่ห้อ Acron MC) เรซินอะคริลิกที่มีความแข็งแรงกระแทกสูง (ยี่ห้อ Lucitone 199) และ เรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยความร้อน (ยี่ห้อ Microlon) สามารถทำให้เรซินอะคริลิกทั้ง 3 ชนิด มีค่าความแข็งแรงดัดขวางเพิ่มขึ้นร้อยละ 52 ถึง 141 เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้เสริมแรงด้วยเส้นใย

Salem[38] รายงานว่า เรซินอะคริลิกที่ได้รับเสริมแรงด้วยการใส่เส้นใยอะรามิดร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และผงแก้วร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สามารถทำให้ความแข็งแรงดัดขวางมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ขณะที่ความแข็งแรงกระแทกมีค่าเพิ่มขึ้น 8 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้เสริมแรง

Berrong และคณะ[39] ศึกษาผลการใส่เส้นใยอะรามิดในปริมาณร้อยละ 0.5 1 และ 2 โดยน้ำหนัก ลงในเรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยความร้อน พบว่า ค่าความแข็งแรงกระแทกของเรซินอะคริลิกที่มีการเสริมแรงทั้ง 3 กลุ่มมีค่าสูงกว่าเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้เสริมแรง และเมื่อศึกษาลักษณะของการแตกหัก พบว่า เรซินอะคริลิกที่ไม่ได้เสริมแรงมีการแตกหักอย่างสมบูรณ์แยกออกเป็นสองส่วน เรซินอะคริลิกที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยอะรามิดร้อยละ 0.5 และ 1 มีการแตกหักอย่างสมบูรณ์แยกออกเป็นสองส่วนเช่นกัน แต่บริเวณรอยแตกหักจะเป็นรอยหยักไม่เรียบ ส่วนเรซินอะคริลิกที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยอะรามิดร้อยละ 2 มีการแตกหักแบบไม่สมบูรณ์โดยมีเส้นใยยึดเรซินอะคริลิกไว้อยู่

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการเสริมแรงด้วยเส้นใยชนิดต่างๆ ที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าเส้นใยอะรามิดสามารถช่วยเสริมความแข็งแรงของฐานฟันปลอมเรซินอะคริลิกได้เช่นเดียวกับเส้น

ใยชนิดอื่นๆ ทั้งยังสามารถเตรียมการใช้งานได้ง่ายและไม่ยุ่งยาก เพราะไม่ต้องใช้ไซเลนหรือทำพลาสมาทรีทเมนท์เพื่อเตรียมสภาพพื้นผิวเส้นใยก่อนใช้งานเหมือนเส้นใยชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ก่อนการใส่เส้นใยเพื่อเสริมแรง ผู้ทำการวิจัยส่วนใหญ่จะแนะนำว่า ควรแช่เส้นใยหรือทำให้เส้นใยเปียกด้วยมอนอเมอร์ก่อนเพื่อช่วยให้การยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับส่วนเมทริกซ์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตดีขึ้นและทำให้เส้นใยมีการเปียกผิวดีขึ้นเพื่อให้เกิดมีการสัมผัสกันมากที่สุด และยังช่วยลดช่องว่างที่เป็นจุดเริ่มต้นของรอยร้าวในส่วนของเมทริกซ์ ทำให้ฐานฟันปลอมเรซินอะคริลิกมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น[14]

มิติเสถียรภาพของเรซินอะคริลิกที่ได้รับการเสริมแรง

เนื่องจากเรซินอะคริลิกมีการเปลี่ยนแปลงมิติเกิดขึ้นจากขบวนการเกิดพอลิเมอร์ในขั้นตอนการผลิต การดูดซึมน้ำขณะใช้งานและจากการแช่น้ำ ทำให้ฟันปลอมที่ทำจากเรซินอะคริลิกมีมิติเสถียรภาพที่ไม่ดี[40] โดยจากการศึกษาเรซินอะคริลิกทั่วไปทั้งชนิดที่บ่มด้วยความร้อนและชนิดที่บ่มด้วยตัวเองที่ไม่ได้เสริมแรงที่ผ่านมา พบว่า การหดตัวในแนวเส้น (linear processing shrinkage) หลังขั้นตอนการผลิต มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.26 ถึง 0.53[41] โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.43[41] ส่วนการขยายตัวหลังจากการดูดซึมน้ำของเรซินอะคริลิกจากการแช่น้ำ พบว่า มีการขยายตัวร้อยละ 0.1 ถึง 0.23 และมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.5 ถึง 1 ของน้ำหนัก ชิ้นทดสอบ โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 30 ถึง 35 วันในการดูดซึมน้ำจนถึงจุดอิ่มตัว[41,42]

ขณะที่การศึกษาเกี่ยวกับการนำเส้นใยมาใช้เสริมแรงในเรซินอะคริลิก พบว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมิติอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้

Chow และคณะ[34] ศึกษาผลของการใส่เส้นใยพอลิเอทิลีน 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบเส้นยาววางขนาน แบบที่มีลักษณะของเส้นใยสานกันเป็นแผ่น และแบบเส้นใยตัดสั้นๆ ลงในเรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยความร้อน โดยมีเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้เสริมแรงเป็นกลุ่มควบคุม พบว่า หลังจากแช่น้ำ 30 วัน เรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยพอลิเอทิลีนทั้ง 3 รูปแบบ มีการเปลี่ยนแปลงมิติในแนวเส้นเกิดขึ้นร้อยละ 0.02 ถึง 0.40 ขณะที่เรซินอะคริลิกที่ไม่ได้เสริมแรงด้วยเส้นใยมีการเปลี่ยนแปลงมิติในแนวเส้นเกิดขึ้นร้อยละ 0.45

Vallittu[43] ศึกษาเรื่องความเที่ยงตรงและมิติเสถียรภาพของเรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยความร้อนและบ่มด้วยตัวเองที่เสริมแรงด้วยเส้นลวดโลหะและเส้นใยแก้ว พบว่า หลังจากแช่น้ำ

เป็นเวลา 7 วัน และ 14 วัน เรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยตัวเองที่ไม่ได้เสริมแรงและเรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยความร้อนที่เสริมแรงด้วยเส้นลวดโลหะจะมีความเที่ยงตรงทางมิติสูงที่สุด แต่เรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยความร้อนที่ไม่ได้เสริมแรงและชนิดที่บ่มด้วยความร้อนที่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วจะมีความเที่ยงตรงทางมิติต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังรายงานว่า สาเหตุที่ทำให้ความเที่ยงตรงทางมิติของชิ้นทดสอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วมีค่าต่ำลง เป็นผลจากการหดตัวจากขบวนการเกิดพอลิเมอร์ แต่ผลการศึกษานี้ขัดแย้งกับการศึกษาของ Cal และคณะ[44] ที่พบว่า การหดตัวจากขบวนการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินอะคริลิกและการดูดซึมน้ำของเรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยความร้อนจะมีค่าลดลง เมื่อเรซินอะคริลิกถูกเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว

สำหรับเส้นใยอะรามิด แม้ว่าผู้วิจัยหลายท่าน[13,14] แนะนำว่าควรแช่เส้นใยในมอนอเมอร์ก่อนนำไปเสริมแรง แต่ยังไม่เคยมีการศึกษาถึงผลต่อความแข็งแรงและมิติเสถียรภาพของเรซินอะคริลิก จากการปรับสภาพพื้นผิวของเส้นใยโดยวิธีดังกล่าว ดังนั้นในการศึกษานี้จึงทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงมิติของเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยอะรามิดที่ผ่านการแช่เส้นใยในมอนอเมอร์และในสารละลายพอลิเมอร์-มอนอเมอร์ ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาค่าความแข็งแรงกระแทกของเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยอะรามิดที่ผ่านการแช่ในสารละลายพอลิเมอร์-มอนอเมอร์ ที่อัตราส่วนต่างๆ

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงมิติของเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยอะรามิดที่ผ่านการแช่ในสารละลายพอลิเมอร์-มอนอเมอร์ ที่อัตราส่วนต่างๆ