

## บทนำ

พื้นที่รักษาประสาทคลองรากฟันและมีโครงสร้างเนื้อฟันของส่วนตัวฟันไม่มาก มักจำเป็นต้องบูรณะด้วยเดือยและแกนฟัน (post and core) ซึ่งเดือยทำหน้าที่ให้การยึดติดแก่แกนฟัน และครอบฟันแต่ไม่ได้เสริมความแข็งแรงแก่รากฟัน (Sorensen and Martinoff, 1984) ในอดีตเดือยฟันมักทำจากโลหะซึ่งมีข้อเสียหลายประการได้แก่ มีโอกาสทำให้รากแตกเนื่องจากมีความแตกต่างของโมดูลัสยืดหยุ่นระหว่างเดือยและเนื้อฟันมาก ส่วนที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นมากจะถ่ายทอดแรงไปสู่บริเวณที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นน้อยกว่า (Rengo, 1999) กรณีที่เนื้อฟันที่เหลืออยู่ค่อนข้างบางก็เพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการแตกของรากฟันเมื่อมีการถ่ายทอดแรงบดเคี้ยวสู่บริเวณนั้น (Duret *et al.*, 1996) ข้อเสียประการต่อมาคือการเกิดสีคล้ำของรากฟันเนื่องจากสารตกค้างจากการกัดกร่อนของเดือยฟันแทรกซึมสู่เนื้อฟันเกิดการเปลี่ยนสีของรากฟัน (Angmar-Mansson *et al.*, 1969) และสะท้อนออกมาสู่บริเวณครอบฟัน (Pitel and Hicks, 2003) ทำให้สูญเสียความสวยงาม ในช่วงที่ผ่านมาเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยเริ่มได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ส่วนใหญ่ของเดือยชนิดนี้มักเสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วหรือเส้นใยคาร์บอน (Grandini *et al.*, 2005) ข้อดีของเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยคือ ความเข้ากันได้ดีกับสิ่งมีชีวิต (biocompatibility) ทนทานต่อการกัดกร่อน คุณสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับเนื้อฟัน (Sorensen and Engelman, 1990; King and Setchell, 1990) และสามารถให้แสงผ่านได้ดีกว่าจึงไม่ทำให้เห็นสีดำบริเวณเหงือครอบฟัน ความสวยงามจากการบูรณะด้วยเดือยชนิดนี้จึงมากกว่าการใช้เดือยโลหะ (Purton *et al.*, 2003) และที่สำคัญการที่เดือยฟันมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันและคอมโพสิตที่ทำแกนฟันจึงลดการแตกของรากฟัน (Duret, 1990) ได้

อย่างไรก็ตาม สิ่งที่พบได้เสมอคือ การหลุดของเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยจากคลองรากฟัน (Baldissara *et al.*, 2006; Perdigo *et al.*, 2006) หรือครอบฟันร่วมกับคอมโพสิตแกนฟันหลุดจากเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใย เนื่องจากขาดการยึดติดทางเคมีระหว่างเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยกับคอมโพสิตแกนฟัน (Aksornmuang *et al.*, 2004) เนื่องจากส่วนพอลิเมอร์ที่อยู่บริเวณผิวของเดือยเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ที่สมบูรณ์ไม่มีกลุ่มฟังก์ชันนอล (functional group) หรือเรดิคอลลิสระ (free radical) ที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับกลุ่มเมทาคริเลตในคอมโพสิตแกนฟัน (Purton and Payne, 1996) แม้ว่าได้มีผู้คิดค้นวิธีการปรับสภาพผิวเดือยด้วยวิธีทางเคมี (Goracci *et al.*, 2005; Aksornmuang *et al.*, 2004; Monticelli *et al.*, 2006; Vano *et al.*, 2006) และวิธีเชิงกล (Sahafi *et al.*, 2004; Balbosh and Kern, 2006) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว แต่พบว่าวิธีเหล่านั้นอาจลดความแข็งแรงต่อเดือยฟัน (Sahafi *et al.*, 2004) มีการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ เช่น กรดไฮโดร

ฟลูออลิก (Vano *et al.*, 2006) ) ผลที่ได้อาจไม่คงที่ และเกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม (Yang and Gupta, 2004) ซึ่งส่งเสริมภาวะโลกร้อนให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในกรณีที่ทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

ปัจจุบันในวงการอุตสาหกรรมได้มีการใช้พลาสมาเพื่อปรับสภาพผิวของพอลิเมอร์ (Cvelbar *et al.*, 2003) เพื่อให้สามารถยึดติดกับสารอื่นๆ ได้ดีขึ้น พลาสมาคือ สภาวะที่แก๊สแตกตัวไปเป็นแก๊สที่มีประจุ โดยทั่วไปแล้วพลาสมาประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบที่มีความหนาแน่นเท่ากัน หรือกล่าวได้ว่าเป็นกลุ่มของอิเล็กตรอน ไอออน โมเลกุล อนุภาคมูลอิสระ และอะตอมในสถานะกระตุ้น (ธีรวรรณ, 2546) ซึ่งเรียกว่า “energetic species” การทำให้แก๊สเกิดการไอออนไนซ์ (ionize) เป็นพลาสมามักทำภายใต้สุญญากาศด้วยการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าความถี่สูง (Derand *et al.*, 2005) เมื่อแก๊สถูกกระตุ้นด้วยอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างเพียงพอ อะตอมและโมเลกุลของแก๊สเกิดการไอออนไนซ์และอิเล็กตรอนมีการหลุดออกมาเนื่องจากการชนกันอย่างรุนแรงของอะตอมและโมเลกุลที่ถูกกระตุ้นเหล่านั้น เมื่อ energetic species เหล่านี้กระทบผิวของพอลิเมอร์จะมีการถ่ายทอดพลังงานจากพลาสมาไปสู่ผิวพอลิเมอร์ พลังงานเหล่านี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและเชิงกลแก่ผิวพอลิเมอร์ดังนี้ 1) กำจัดสารปนเปื้อนที่ตกค้างบนผิวพอลิเมอร์ 2) เหนียวนาให้เกิดกลุ่มฟังก์ชันนอลที่ผิวพอลิเมอร์ซึ่งพร้อมทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ (Liston *et al.*, 1993) ตัวอย่างเช่น เหนียวนาให้เกิด oxygen-containing group (-OH, -OOH) ที่ผิวของพอลิเมอร์ ทำให้ผิวของพอลิเมอร์มีความชอบน้ำ (hydrophilicity) มากขึ้น (Lai *et al.*, 2006) และ 3) สามารถเปลี่ยนโครงสร้างพื้นผิว (surface topography) โดยการกัดกร่อน (etching) หรือการเปลี่ยนองค์ประกอบพื้นผิว (decomposition) ด้วยการเคลือบผิว (Grace and Gerenser, 2003) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ทำให้คุณสมบัติเกี่ยวกับการยึดติดของพอลิเมอร์ดีขึ้น และที่สำคัญคือการปรับสภาพด้วยพลาสมาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฉพาะพื้นผิวบนสุดเท่านั้น ไม่มีผลต่อคุณสมบัติด้านในตัววัสดุนั้นๆ (Inagaki, 2007) พลาสมาสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆคือ พลาสมาความร้อนสูง (hot plasma) เช่น เจ็ทพลาสมาจากเครื่องยนต์ไอพ่น พลาสมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ อีกกลุ่มหนึ่งคือ พลาสมาเย็น (cold plasma) ซึ่งอุณหภูมิของการเกิดการไอออนไนซ์ให้ผลลัพท์พลังงานรวมของทุกอนุภาคใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง จึงเหมาะกับการปรับสภาพผิววัสดุที่มีความไวต่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่น สารกึ่งตัวนำ (semiconductor) สิ่งทอ และพอลิเมอร์ (Liston *et al.*, 1993) โดยพื้นฐานแล้วพลาสมาชนิดนี้มักผลิตภายใต้ระบบปิดและอยู่ในภาวะสุญญากาศ จึงทำให้ใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายสูง จึงมีแนวคิดในการใช้พลาสมาที่ความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure plasma) ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่าย ทำได้รวดเร็ว และสามารถปรับสภาพพอลิเมอร์ที่มีขนาดใหญ่ได้ (Kanasawa *et al.*, 1998 ; Noeske *et al.*, 2004) พลาสมาความดันบรรยากาศ

ชนิดพิเศษที่ลำของพลาสมาออกมาจากกระบอกเครื่องมือเรียกว่า เจ็ทพลาสมา (plasma jet) (Noeske *et al.*, 2004) ทำให้สามารถปรับสภาพผิวพอลิเมอร์ในบริเวณที่เฉพาะเจาะจงได้ เหมาะกับการนำมาปรับสภาพผิวพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางทันตกรรม จากการศึกษาของ Noeske และคณะ (2004) ด้วยการใช้เครื่อง x-ray photoelectron spectroscopy (XPS) ตรวจสอบสภาพผิวของพอลิเมอร์ที่ผ่านปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมา พบว่าการใช้เจ็ทพลาสมาช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการยึดติดของ polyethyleneterephthalate, polyamide 6, polyvinylidene fluoride และ high density-polyethylene โดยมีการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของออกซิเจน 22 เปอร์เซ็นต์ และ ไนโตรเจน 0.3-3 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาของ Nishigawa และคณะ (2003) พบว่าพลาสมาที่ความดันบรรยากาศสามารถเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินอะคริลิกที่บ่มตัวด้วยความร้อนชนิด เมทิลเมทาคริเลต (heat cured polymethylmethacrylate acrylic resin) กับ เรซิน อะคริลิกที่บ่มด้วยตัวเอง (self-curing acrylic resin) ซึ่งพลาสมาเข้าไปทำความสะอาดผิวของเรซินอะคริลิกและเพิ่มคุณสมบัติการเปียกน้ำบนพื้นผิว (wettability) ซึ่งคาดว่าเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) บริเวณพื้นผิวที่เหนี่ยวนำโดยพลาสมา เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ozden และคณะ (1999) ที่พบว่าพลาสมาความดันต่ำของแก๊สอาร์กอนและอากาศ ช่วยเพิ่มคุณสมบัติการเปียกน้ำบนพื้นผิวของเรซินอะคริลิกซึ่งอาจเกิดจากการสร้างกลุ่มไฮดรอกซิลที่ไปยึดกับอะตอมของคาร์บอน (-COH) ด้วยเหตุผลดังกล่าวกลุ่มผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการใช้เจ็ทพลาสมาของแก๊สอาร์กอนและอากาศเพื่อปรับสภาพผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใย เพื่อเพิ่มการยึดติดระหว่างเดือยนี้กับคอมโพสิตแกนพื้น เนื่องจากวิธีนี้ยังไม่มีผู้ใดเคยทำมาก่อน และยังเป็นวิธีการที่ไม่ใช้สารเคมีที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเป็นวิธีการที่รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย และไม่ต้องนำเข้าสู่สารเคมีจากต่างประเทศ โดยมีสมมุติฐานว่าง (null hypothesis) ของงานวิจัยคือการปรับสภาพเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยด้วยเจ็ทพลาสมาอาร์กอนและอากาศไม่เพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดของเดือยกับคอมโพสิตแกนพื้น

## วัตถุประสงค์

- 1 ประเมินประสิทธิภาพการยึดติดของเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาของแก๊สอาร์กอนและอากาศกับคอมโพสิตแกนพื้นด้วยการทดสอบแรงดึงเฉือน (tensile-shear force)
- 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวทั้งทางเคมีและทางฟิสิกส์ของเดือยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารเคมีและด้วยเจ็ทพลาสมา