บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมื่อสูญเสียฟันธรรมชาติไปทั้งหมด การบูรณะเพื่อทดแทนโดยการใส่ฟันปลอมทั้งปากเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพในการบดเคี้ยว ช่วยลดการละลายของสันเหงือก และคงสภาพอวัยวะภายในช่องปากไว้ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในด้านบุคลิกภาพและความสวยงาม ความสำเร็จของการบูรณะด้วยฟันปลอมทั้งปาก ประเมินได้จากการที่ผู้ป่วยสามารถใช้งานได้และยอมรับในแง่ความสวยงาม การยึดติดเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการทำให้ฟันปลอมนั้นสามารถใช้งานได้ดี

<u>การยึดติด</u> (retention)

การยึดติด คือ ความต้านทานต่อการหลุดของฟันปลอมในทิศทางการถอดใส่ (path of insertion) ซึ่งการยึดติดของฟันปลอมทั้งปาก ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ดังนี้คือ

1. การเชื่อมติด (adhesion) และการเชื่อมแน่น (cohesion)

การเชื่อมติด คือ การดึงดูดระหว่างโมเลกุลต่างชนิดกัน เมื่อใส่ฟันปลอมเข้าที่แล้วจะมีน้ำลายมาเคลือบบริเวณด้านติดเนื้อเยื่อของฐานฟันปลอมและเนื้อเยื่อที่รองรับฟันปลอม การยึดติดระหว่างน้ำลายกับฐานฟันปลอมและเนื้อเยื่อที่รองรับจะขึ้นกับความแนบสนิทของฐานฟันปลอม ปริมาณการยึดติดที่ได้จากการเชื่อมติดนี้ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่เนื้อเยื่อที่ถูกปกคลุมโดยฟันปลอม ฟันปลอมล่างซึ่งปกคลุมเนื้อเยื่อน้อยกว่าฟันปลอมบนจึงมีแรงที่ได้จากการเชื่อมติดน้อยกว่า ในผู้ป่วยที่มีสันเหงือกแบนเตี้ย แรงที่ได้จากการเชื่อมติดน้อยกว่าในผู้ที่มีสันเหงือกใหญ่นูนเช่นเดียวกัน ดังนั้นควรมีการขยายขอบเขตของฐานฟันปลอมให้มากที่สุดโดยที่ไม่รบกวนการทำงานของเนื้อเยื่อรองรับฟันปลอม

การเชื่อมแน่น คือ การดึงดูดภายในโมเลกุลชนิดเดียวกัน ดังเช่นแรงดึงดูดภายในโมเลกุลของน้ำลาย ทำให้เกิดเป็นฟิล์มบางๆของน้ำลายได้ (Zarb, Bolender, Hickey and Carlsson, 1990)

2. การซึมตามรูเล็กๆ (capillary attraction)

เมื่อใส่ฟันปลอมจะมีช่องว่างเล็กๆอยู่ระหว่างฐานฟันปลอมกับเนื้อเยื่อที่รองรับ น้ำลายซึ่งมีแรงตึงผิวจะสามารถแผ่เป็นชั้นบางๆ ครอบคลุมทั่วผิวของฐานฟันปลอมและเนื้อเยื่อที่

รองรับ แรงดึงดูดภายในชั้นบางๆของน้ำลายจะมีความสมดุลกัน แต่ที่พื้นผิวไม่สมดุล ทำให้เกิดแรงตึงขึ้นที่พื้นผิว และความดันภายในชั้นบางๆของน้ำลายต่ำกว่าความดันภายนอก ความดันที่แตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงยึดฟันปลอมให้ติดกับเนื้อเยื่อข้างใต้ได้ (Barbenel, 1971) การยึดติดจากปัจจัยนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงตึงผิวและพื้นที่ของฐานฟันปลอม

3. **ความดันบรรยากาศ** (atmospheric pressure)

ความดันบรรยากาศไม่ใช่เป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้เกิดการยึดติดของฟันปลอม เป็นเพียงความแตกต่างของความดันภายใต้ฐานฟันปลอมซึ่งน้อยกว่าความดันภายนอกเมื่อมีแรงมากระทำซึ่งจะทำให้ฟันปลอมหลุด ความดันบรรยากาศจะช่วยต้านการหลุดให้เกิดช้าขึ้นเล็กน้อย การยึดติดจากปัจจัยเรื่องความดันบรรยากาศจะแปรผันโดยตรงกับพื้นที่ของฐานฟันปลอม โดยที่ฟันปลอมนั้นต้องมีการผนึกโดยรอบอย่างดี (Darvell and Clark, 2003; Zarb, Bolender, Hickey and Carlsson, 1990)

4. **ความหนืด** (viscosity)

เมื่อใส่ฟันปลอมเข้าที่แล้ว ช่องว่างเล็กๆระหว่างฐานฟันปลอมกับเนื้อเยื่อที่รองรับจะถูกเติมเต็มด้วยชั้นของน้ำลาย ความหนืดของน้ำลายขึ้นอยู่กับอัตราการหลั่งและช่วงเวลาในแต่ละวัน ซึ่งความหนืดนี้จะช่วยลดการเคลื่อนตัวของชั้นบางๆของน้ำลาย และกันไม่ให้อากาศเข้ามาซึ่งจะช่วยต้านการหลุดของฟันปลอมในช่วงแรกๆที่มีแรงมากระทำ (Blahova and Neuman, 1971; Darvell and Clark, 2003)

5. **ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ** (neuromuscular control)

กล้ามเนื้อช่องปากและใบหน้ามีส่วนเสริมการยึดติดของฟันปลอมทั้งปาก จากการจัดเรียงตำแหน่งซี่ฟันให้อยู่ในบริเวณ neutral zone ระหว่างแก้มและลิ้น และการทำให้ผิวด้านขัดมันมีรูปร่างที่เหมาะสม นอกจากจะทำให้ฟันปลอมไม่มีแรงต้านจากกล้ามเนื้อช่องปากและใบหน้าแล้ว กล้ามเนื้อบริเวณกระพุ้งแก้มยังช่วยกดฟันปลอมให้วางอยู่บนเนื้อเยื่อที่รองรับได้ดีขึ้นและยังช่วยเสริมการผนึกโดยรอบของฟันปลอม (Jacobson and Krol, 1983; Zarb, Bolender, Hickey and Carlsson, 1990)

นอกจากที่กล่าวมา ยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องอีก ไม่ว่าจะเป็นลักษณะการสบฟัน ส่วนคอดและลักษณะของเนื้อเยื่อที่รองรับ แรงโน้มถ่วง และปัจจัยทางด้านจิตใจของผู้ป่วยเอง

จากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในทางคลินิก ฟันปลอมทั้งปากที่มีการยึดติดที่ดี ควรมีลักษณะดังนี้ คือ มีการผนึกแนบโดยรอบ (peripheral seal) มีขอบผนึกด้านท้ายเพดาน (posterior palatal seal) การขยายขอบเขตของฐานฟันปลอมให้มากที่สุดโดยไม่รบกวน

การทำงานของเนื้อเยื่อที่รองรับฟันปลอม (maximum coverage) และฐานฟันปลอมควรมีความแนบพอดีกับเนื้อเยื่อที่รองรับ (adaptability) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องเริ่มจากการพิมพ์ปากเพื่อให้ได้รอยพิมพ์ที่ดี และทันตแพทย์ต้องมีความเข้าใจลักษณะทางกายวิภาคและสรีระวิทยาของเนื้อเยื่อที่รองรับฟันปลอม (Roydhouse, 1960; Craig, Berry and Peyton, 1960; Zarb, Bolender, Hickey and Carlsson, 1990)

อย่างไรก็ตาม มีผู้ป่วยจำนวนหนึ่งที่มีปัญหาในการใช้ฟันปลอมถึงแม้ว่าฟันปลอมนั้นจะได้รับการทำมาอย่างดีแล้ว ตัวอย่างเช่น ฟันปลอมไม่ยึดติดกับเนื้อเยื่อที่รองรับ เนื่องจากไม่มีน้ำลาย หรือผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดอวัยวะในช่องปาก ทำให้มีเนื้อเยื่อสำหรับรองรับฟันปลอมไม่เพียงพอ รวมทั้งผู้ป่วยที่ใส่ฟันปลอมเป็นครั้งแรกซึ่งยังไม่สามารถปรับตัวในการประคับประคองฟันปลอมให้วางอยู่ในปากและใช้งานได้ดี จากหลายการศึกษาพบว่าการใช้กาวยึดฟันปลอมสามารถเพิ่มการยึดติด, เสถียรภาพ ความสามารถการบดเคี้ยว ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกสบายและมีความมั่นใจในการใช้ฟันปลอมมากขึ้น (Tarbet, Boone and Schmidt, 1980; Panagiotouni et al., 1995; Kelsey, Lang and Wang, 1997; Rendell et al., 2000) แต่ยังมีทันตแพทย์บางส่วน ที่ไม่เห็นด้วยในการแนะนำผู้ป่วยให้ใช้กาวยึดฟันปลอม เนื่องจากเชื่อว่าหากกระบวนการทำฟันปลอมนั้นมีประสิทธิภาพ ย่อมได้งานฟันปลอมที่ดีให้แก่ผู้ป่วยได้ (Coates, 2000) ทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทันตแพทย์ควรเป็นผู้ให้คำแนะนำและชี้แจงต่อผู้ป่วยในการใช้กาวยึดฟันปลอม ซึ่งแต่ละคนมีความจำเป็นไม่เหมือนกัน และต้องทำความเข้าใจกับผู้ป่วยในกรณีที่ฟันปลอมนั้นหลวม อันเนื่องมาจากขั้นตอนการทำฟันปลอมที่ไม่ดีพอ หรือจากสภาพฟันปลอมที่เก่ามีการสึกหรอหรือแตกหัก ไม่ควรใช้กาวยึดฟันปลอมเพื่อเพิ่มการยึดติด แต่ควรไปพบทันตแพทย์เพื่อซ่อมแซม หรือทำฟันปลอมชิ้นใหม่

ประวัติและความเป็นมาของกาวยึดฟันปลอม

การใช้กาวยึดฟันปลอมเริ่มมีมาตั้งแต่ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 18 (Adisman, 1989; Grasso, 1996, 2004) แต่ไม่มีหลักฐานบันทึกไว้ชัดเจน ในต้นคริสต์ศตวรรษที่ 19 เภสัชกรได้ผสมยางธรรมชาติที่ได้จากพืช ทำให้เกิดวัสดุซึ่งเมื่อได้รับความชื้นจากน้ำลายจะพองตัว และมีความหนืดมากขึ้น ทำให้สามารถยึดติดกับเยื่อบุผิวช่องปากและฐานฟันปลอมได้ (Adisman, 1989) จนกระทั่งในปี 1913 ได้มีการจดสิทธิบัตรสำหรับกาวยึดฟันปลอมเป็นครั้งแรก (Tarbet และ Grossman, 1980) ในทศวรรษถัดมา มีการจดสิทธิบัตรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ต่อมาในปีค.ศ. 1935 ทันตแพทยสมาคมแห่งสหรัฐอเมริกาจึงได้จัดกาวยึดฟันปลอมให้อยู่ในวัสดุทางทันตกรรมที่ไม่ใช่ยา

(American Dental Association [ADA], 1935:71) จากนั้นพบว่ามีจำนวนการใช้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในปี 1939 ในประเทศสหรัฐอเมริกามียอดจำหน่ายกาวยึดฟันปลอม 2.5 ล้านเหรียญ (Mckevitt 1951) แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 148 ล้านเหรียญในปี 1989 (Retailer's share of denture adhesive totaling $148 million, 1951 cited in Shay, 1991) ซึ่งพบว่าขายได้มากกว่าไหมขัดฟันถึง 2 เท่า (Oral care product : most categories register healthy results, 1989 cited in Shay, 1991) กระทั่งในปี 1994 พบว่าขายได้เพิ่มขึ้นเป็น 200 ล้านเหรียญ (Grasso, 2004)

ในช่วงต้นทศวรรษ 1960 กาวยึดฟันปลอมมักผลิตจากกัมซึ่งได้จากธรรมชาติ เช่น กัมคารายา (Karaya), กัมทรากาแคนท์ (Tragacanth), กัมอะเคเซีย (Acacia) และ กัมแซนแทน (Xanthan) ซึ่งเป็นพวกพอลิแซคคาไรด์ เมื่อผสมเข้ากับน้ำแล้วจะพองตัวได้ปริมาตรมากกว่าเดิม และยังได้มาซึ่งความหนืดและคุณสมบัติในการยึดติด (Reither, 1957) กาวยึดฟันปลอมจะแผ่เป็นชั้นบางๆ อยู่ระหว่างฐานฟันปลอมกับเนื้อเยื่อข้างใต้ทำให้เกิดแรงยึดติดส่งผ่านแผ่นฟิล์มของน้ำลาย (Adisman, 1989) แต่แรงยึดติดที่ได้ค่อนข้างน้อย อีกทั้งแรงยึดระหว่างโมเลกุลน้อย วัสดุเหล่านี้ละลายน้ำได้ดีโดยเฉพาะในของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ชา, กาแฟ และซุป ดังนั้นจึงถูกชะล้างออกจากฐานฟันปลอมได้ง่าย

ระยะต่อมา เริ่มมีการใช้สารสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ที่มีกลไกการทำงานสั้น (short-acting polymer) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) เป็นสารที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เมื่อสัมผัสกับน้ำจะสามารถดูดน้ำและพองตัวได้อย่างรวดเร็ว จึงให้แรงยึดติดกับฐานฟันปลอมและเนื้อเยื่อที่รองรับฟันปลอมได้ในทันที เมื่อ CMC ผสมกับน้ำทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น มีการพองตัวทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น จึงสามารถกำจัดช่องว่างระหว่างฟันปลอมและเนื้อเยื่อรองรับได้ ส่งผลให้ฟันปลอมมีการยึดติดดีขึ้น จากนั้นเริ่มหันมาใช้พอลิเมอร์ที่มีกลไกการทำงานยาวขึ้น (long-acting polymer) คือ พอลิไวนิลเมทิลอีเทอร์มาเลอิกแอนไฮดราย (PVM-MA) หรือ แกนเทรซ (Gantrez) ซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ ที่เชื่อมกันด้วยแคลเซียมและโซเดียมไอออน (calcium-sodium gantrez) ทำให้ได้ผลดี 2 ประการคือ ลดอัตราการละลาย ทำให้ยึดติดกับเนื้อเยื่อได้นานขึ้น และ มีพันธะเชื่อมขวาง (cross-link) ที่แข็งแรงขึ้นทำให้มีพันธะยึดระหว่างโมเลกุลด้วยกันเอง (cohesive) ของสารเพิ่มมากขึ้น

ต่อมาบริษัทผู้ผลิตนำ CMC และ PVM-MA มาผสมกันเพื่อคุณสมบัติที่ดีขึ้น โดยช่วงแรกของการใช้งานจะอาศัยคุณสมบัติของ CMC ที่สามารถละลายน้ำได้เร็ว และให้แรงยึดที่ดีตั้งแต่เริ่มแรก ส่วนการยึดติดในระยะถัดมาจะอาศัยคุณสมบัติของ PVM-MA ที่ละลายได้ช้ากว่า หลังจากนั้น ในปลายทศวรรษ 1980 บริษัทผู้ผลิตได้มีการใช้ซิงค์ไอออน (Zn^{2+}) แทนที่โซเดียมไอออน (Na^{+}) กลายเป็นแคลเซียม-ซิงค์แกนเทรซ (calcium-zinc gantrez) มาผสมกับ CMC ซึ่งพันธะนี้แข็งแรงกว่า ทำให้แรงยึดติดระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ 2 สายยึดกันได้แน่นขึ้น

นอกจากนี้ แคลเซียม-ซิงค์แกนเทรซ มีคุณสมบัติการละลายน้อยลงในช่วงเวลาการใช้งาน 1 วัน ทำให้กาวยึดฟันปลอมคงอยู่ได้เป็นเวลานาน (Grasso, 1996)

จากที่กล่าวมา กาวยึดฟันปลอมสามารถเพิ่มการยึดติดของฟันปลอมได้ ซึ่งคุณสมบัติการยึดติดนั้นเป็นผลจากปัจจัยหลายอย่าง เริ่มจากเมื่อผสมน้ำ กาวยึดฟันปลอมสามารถเกิดการพองตัวได้ถึงร้อยละ 50-150 โดยปริมาตร ทำให้ไปเติมเต็มช่องว่างระหว่างฐานฟันปลอมกับเนื้อเยื่อที่รองรับ (Ellis และ Al-Nakash,1980; Polyzois, 1983) เมื่อกาวไหลแผ่ไปด้านข้าง จะกำจัดอากาศและออกจากฐานฟันปลอม และกาวยึดฟันปลอมทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงตึงผิวของน้ำลายที่อยู่ระหว่างฐานฟันปลอมและเนื้อเยื่อที่รองรับมากขึ้น อีกทั้งความหนืดของกาวยึดฟันปลอมที่มากกว่าน้ำลายเป็นปัจจัยที่ทำให้เพิ่มการยึดติด (Stafford, 1970; Neill and Robert, 1972)

ในปัจจุบัน กาวยึดฟันปลอมมีให้เลือกใช้หลากหลาย ทางผู้ผลิตกาวยึดฟันปลอมมีการปรับปรุงสูตรอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนากาวยึดฟันปลอมให้มีคุณภาพและปลอดภัย รูปแบบที่ผลิตออกมาส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบเพสท์ (มีลักษณะกึ่งแข็ง มีสารประกอบที่เป็นผงมากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก สารพื้นคือ ointment base เช่น petrolatum jelly หรือ paraffin oil [พิมลพรรณ, 2533]) รูปแบบผง (ลักษณะเป็นผงแห้งบดละเอียด มีสารที่ทำหน้าที่ต่างๆ หลายๆ ชนิดผสมกัน) และมีผลิตออกมาในรูปแบบครีมและแผ่นกาวบ้าง กาวยึดฟันปลอมแต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันไป แต่องค์ประกอบหลักของกาวยึดฟันปลอม แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (American Dental Association, 1984; Polyzois, 1983) ดังนี้ คือ

1. <u>สารซึ่งมีคุณสมบัติในการยึดติด</u> ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.1 วัสดุจากธรรมชาติ เช่น กัมคารายา (Gum Karaya), กัมอะเคเซีย (Gum Acacia) กัมทรากาแคนท์ (Gum Tragacanth) และ กัมแซนแทน (Gum Xanthan)

1.2 วัสดุสังเคราะห์ เช่น Polymethylvinyl-maleic anhydride (PVM-MA), Acrylamide, Acetic polyvinyl, carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxyethyl cellulose (HEC), Carbopol

2. <u>สารต้านจุลินทรีย์</u> (Antimicrobial Agent)

ได้แก่ สารประเภท Hexachlorophene, Sodium tetraborate, Sodium borate, Ethanol, Propylhydroxybenzoate

3. <u>สารอื่นๆ</u>

3.1 สารกันบูด (preservative) เช่น Methyl/Propyl paraben

3.2 สารแต่งกลิ่น (odoring) ได้แก่ oil of winter green, oil of peppermint

3.3 สารแต่งสี (coloring) เช่น สีชมพู

3.4 สารยึดเกาะ (Thining and binding agent) เช่น petrolatum, mineral oil และ polyethylene oxide ใช้ในกาวยึดฟันปลอมชนิดเพสท์

3.5 สารช่วยลดการเกาะเป็นกลุ่ม (anticaking agent) เช่น Magnesium dioxide, Calcium silicate, Sodium phosphate, Silicon dioxide และ Calcium stearate ใช้ในกาวยึดฟันปลอมชนิดผงเพื่อลดการเกาะเป็นกลุ่มของสาร

3.6 สารลดแรงตึงผิวเพื่อเพิ่มการดูดซับน้ำ

กาวยึดฟันปลอมในอุดมคติ (Ideal Properties)

ควรมีลักษณะดังนี้ (Adisman, 1989) เป็นสารที่ไม่เป็นพิษและไม่ทำความระคายเคืองแก่ร่างกาย สามารถเข้าได้กับเยื่อบุช่องปาก ไม่ส่งเสริมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส วิธีการใช้งานไม่ยุ่งยาก ง่ายต่อการทำความสะอาดออกจากพื้นผิวด้านสัมผัสเนื้อเยื่อของฟันปลอม ทำให้เกิดการยึดติดและเสถียรภาพที่ดีของฟันปลอม โดยคงประสิทธิภาพการยึดติดได้นานประมาณ 12 – 16 ชั่วโมง มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงใกล้กลาง และนำมาซึ่งความสบายและความมั่นใจกับผู้ป่วยระหว่างการใช้งาน ทั้งนี้ลักษณะทางกายภาพของกาวยึดฟันปลอมควรอยู่ในรูปแบบเพสท์หรือเจล เพราะถูกชะล้างออกได้ยากกว่าและให้การยึดติดที่ดีกว่าและนานกว่ากาวยึดฟันปลอมรูปแบบผง ซึ่งจากหลายการศึกษาสนับสนุนว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่ชอบกาวยึดฟันปลอมชนิดเพสท์มากกว่าชนิดผง (Ellis and Al-Nakash, 1980 and Berg, 1991) ในขณะที่บางการศึกษา พบว่าผู้ป่วยชอบกาวชนิดผงมากกว่า (Herlands, et al. 1960, Ghani, Picton and Likeman, 1991)

ประสิทธิภาพของกาวยึดฟันปลอม

กาวยึดฟันปลอมมีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศทางตะวันตกมาเป็นเวลานาน และมีปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ (Grasso, 2004) จุดประสงค์ที่ผู้ป่วยใช้กาวยึดฟันปลอม เนื่องจากเชื่อว่าจะทำให้ฟันปลอมมีการยึดติดดีขึ้น สามารถเคี้ยวอาหารได้ดีขึ้น และเสริมสร้างความมั่นใจให้ผู้ป่วย ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ ส่วนใหญ่เน้นที่ประสิทธิภาพการบดเคี้ยว และแรงยึดติดของกาวยึดฟันปลอมเป็นหลัก

Swartz, Norman และ Phillips (1967) ศึกษาถึงการคงอยู่ภายใต้ฐานฟันปลอมของกาวยึดฟันปลอม 3 ชนิด คือ ชนิดผงซึ่งมีคารายากัม (ยางแห้งได้จากต้น Sterculia ureus) เป็นส่วนประกอบหลัก ชนิดเพสท์ที่มีคารายากัมเป็นส่วนประกอบหลักและชนิดเพสท์ที่ทำมาจาก PVM/MA copolymer ซึ่งเป็นไฮโดรฟิลิกคอลลอยด์ โดยการวัดปริมาณไอโซโทปของสารกัมมันตภาพรังสีซึ่งผสมลงไปในกาวยึดฟันปลอมด้วย Geiger-Mueller tube (Lionel Model 224) เพื่อดูปริมาณกาวที่ยังคงอยู่ใต้ฐานฟันปลอมในขณะใช้งาน ผลการศึกษาพบว่าการคงอยู่ของกาวแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกันโดยชนิดเพสท์ที่มี PVM/MAเป็นองค์ประกอบ นั้นสามารถคงอยู่ใต้ฐานฟันปลอมได้มากที่สุด ส่วนชนิดผงมีการละลายไปมากที่สุด

Stafford และ Russel (1971) ศึกษาแรงบดเคี้ยว (chewing force) เปรียบเทียบระหว่างฟันปลอมชิ้นเก่าของผู้ป่วยซึ่งหลวม กับชิ้นที่ทำให้ใหม่ซึ่งมีการยึดติดดี พบว่ากาวยึดฟันปลอมสามารถเพิ่มแรงบดเคี้ยว ได้ทั้งในฟันปลอมชิ้นเก่าและชิ้นใหม่ โดยฟันปลอมชิ้นเก่าเห็นผลได้ชัดเจนมากกว่าชิ้นใหม่ แต่ไม่มีผลต่อจำนวนครั้งที่เคี้ยว นอกจากนี้ในกรณีที่ไม่ใช้กาวยึดฟันปลอมฟันปลอมซึ่งมีการยึดติดที่ดี ก็ให้แรงบดเคี้ยวที่มากกว่าฟันปลอมที่หลวมเช่นกัน

ในปีถัดมา Neil และ Roberts (1972) ศึกษาพบว่า กาวยึดฟันปลอมสามารถเพิ่มความสามารถในการบดเคี้ยว (masticatory performance) ให้กับฟันปลอมที่หลวมได้ ในทางตรงข้าม ฟันปลอมที่มีการยึดติดที่ดี กาวยึดฟันปลอมกลับทำให้ความสามารถในการบดเคี้ยวลดลง

Tarbet, Boone และ Schmidt (1980) เสนอวิธีการนับจำนวนครั้งของการหลุดของฟันปลอมขณะบดเคี้ยวเมื่อใช้และไม่ใช้กาวยึดฟันปลอม เพื่อประเมินการยึดติดและเสถียรภาพของฟันปลอม และให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกาวยึดฟันปลอมในด้านต่างๆ พบว่ากาวยึดฟันปลอมช่วยลดจำนวนครั้งของการหลุดระหว่างเคี้ยวอาหารของทั้งฟันปลอมบนและล่าง แต่ประสิทธิภาพการยึดติดของฟันปลอมล่างจะน้อยกว่าฟันปลอมบน และผลจากการประเมินโดยกลุ่มตัวอย่าง กล่าวว่ากาวยึดฟันปลอมช่วยเพิ่มความสามารถในการบดเคี้ยว มีความมั่นใจมากขึ้น สบายขึ้น และลดการปริมาณอาหารที่เข้าไปสะสมใต้ฟันปลอม ต่อมาในปี 1981 Tarbet, Silverman และ Schmidt ศึกษาอิทธิพลของของเนื้อเยื่อที่รองรับฟันปลอมและกาวยึดฟันปลอมที่มีต่อแรงกัดสูงสุด โดยใช้เครื่อง Gnathodynamometer ที่ออกแบบขึ้นมาโดยเฉพาะ พบว่าเนื้อเยื่อที่รองรับฟันปลอมที่มีสภาพดี เหมาะสมสำหรับการยึดติดของฟันปลอม จะมีแรงกัดสูงสุดมากกว่ากลุ่มที่มีเนื้อเยื่อไม่เหมาะสมกับการยึดติดของฟันปลอม และพบว่าการใช้กาวยึดฟันปลอมสามารถเพิ่มแรงกัดให้กับทั้งกลุ่มที่มีเนื้อเยื่อรองรับที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม

Chew และคณะ (1985) ใช้ Kinesiograph เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการยึดติดและเสถียรภาพของฟันปลอมทั้งปากบน เมื่อใช้กาวยึดฟันปลอม พบว่ากาวสามารถเพิ่มการยึดติดและเสถียรภาพของฟันปลอมในระหว่างการเคี้ยว การกลืน การพูด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Grasso, Rendell และ Gay (1994) ที่ศึกษาโดยวิธีเดียวกันพบว่ากาวยึดฟันปลอมสามารถเพิ่มการยึดติดและเสถียรภาพของฟันปลอม โดยจะเห็นผลได้ชัดเจนในฟันปลอมที่หลวมมากกว่าในฟันปลอมที่มีการยึดติดที่ดี นอกจากนี้ Grasso และคณะ (1994) ยังกล่าวอีกว่ากาวยึดฟันปลอมยังสามารถเพิ่มแรงกัดฟันหน้า และความสามารถการบดเคี้ยวได้อีกด้วย

ในขณะที่งานวิจัยของ Kapur (1967) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของกาวยึดฟันปลอมโดยทดสอบความสามารถของการบดเคี้ยว ความสามารถของการรับรส โดยให้กลุ่มตัวอย่างใช้กาวชนิดผง ชนิดเพสท์ และกาวชนิดเพสท์ที่ Kapur พัฒนาขึ้นใหม่ ผลปรากฏว่า กาวยึดฟันปลอมทั้ง 3 กลุ่ม ช่วยเพิ่มการยึดติดของทั้งฟันปลอมบนและล่าง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกาวยึดฟันปลอมแต่ละกลุ่ม และประสิทธิภาพการยึดติดของฟันปลอมล่าง จะสูญเสียไปอย่างรวดเร็วกว่าฟันปลอมบน และพบว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถของการบดเคี้ยวและไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการรับรสอย่างมีนัยสำคัญ

Ow และ Beam (1983) เสนอวิธีศึกษาแรงยึดติดของกาวยึดฟันปลอมชนิดผง การศึกษาทำในผู้ที่ยังมีฟันอยู่ครบ โดยการทำแผ่นคลุมเพดานสำหรับทดสอบให้ขอบสิ้นสุดห่างจากคอฟัน 3 มิลลิเมตรและขอบด้านท้ายสิ้นสุดก่อน vibrating line เปรียบเทียบแรงที่ทำให้แผ่นคลุมเพดานหลุดโดยใช้ไฮดรอลิก เซนเซอร์ พบว่ากาวยึดฟันปลอมสามารถเพิ่มแรงยึดติดได้เมื่อเทียบกับน้ำลาย โดยวัดค่าแรงยึดติดของน้ำลายได้ 134 กรัม ในขณะที่เมื่อใช้ผงยี่ห้อ orahesive และผงทราแคนท์ วัดค่าแรงยึดติดได้ 306 และ 210 กรัมตามลำดับ แต่กลุ่มตัวอย่างไม่ชอบกาวยึดฟันปลอมชนิดผงที่ทำการทดสอบ อาจเป็นเพราะไม่มีรส หรือไม่ชอบลักษณะสัมผัส

Floystrand และคณะ (1991) ศึกษาถึงแรงยึดติดของกาวยึดฟันปลอมในห้องปฏิบัติการโดยพยายามที่จะจำลองสภาวะให้เหมือนในช่องปาก โดยใส่กาวไว้ระหว่างแป้นเรซินอะคริลิก 2 ชิ้น และให้สัมผัสกับน้ำเกลือตลอดเวลาแล้ววัดด้วยเครื่องมือพิเศษที่ Floystrand คิดค้นขึ้น พบว่าในช่วง 2 นาทีแรก กาวยึดฟันปลอมมีค่าแรงยึดติดสูงที่สุด หลังจากนั้นแรงยึดติดจะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ช่วงแรกกาวยึดฟันปลอมเริ่มดูดน้ำขึ้นช้าๆ และบวมน้ำขึ้น ทำให้มีความหนืดสูงขึ้น จนกระทั่งอนุภาคของพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำบวมจนมาชนกัน เกิดเป็น continuous polymer matrix จากนั้นการลดลงของค่าความหนืดอธิบายได้จากมีการทำลาย gel matrix ร่วมกับการละลายของกาวยึดฟันปลอมในน้ำเกลือ

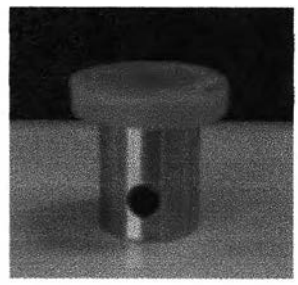
Ghani, Picton และ Likeman (1991) ทดสอบอิทธิพลที่มีต่อแรงยึดติดของกาวยึดฟันปลอมในมนุษย์ ด้วยเครื่อง retentionometer โดยการทำแผ่นคลุมเพดานสำหรับทดสอบที่มีความแนบพอดี เปรียบเทียบกับแผ่นคลุมเพดานที่หลวม ขนาดของฐานให้ขอบสิ้นสุดห่างจากคอฟัน 3 มิลลิเมตรและขอบด้านท้ายสิ้นสุดก่อน vibrating line พบว่ากาวยึดฟันปลอมชนิดเพสท์ (paste) ชนิดของเหลวหนืด (semi-viscous liquid) สามารถเพิ่มแรงยึดติดของแผ่นคลุมเพดานที่หลวมให้เท่ากับแผ่นที่แนบได้ ซึ่งชนิดเพสท์ และชนิดของเหลวจะเริ่มให้การยึดติดช้ากว่า (delayed action) แต่ให้ระยะเวลาการยึดติดที่นานกว่าชนิดผง โดยค่าแรงยึดติดที่วัดได้จากกาวชนิดเพสท์และชนิดของเหลวเมื่อทดลองกับแผ่นคลุมเพดานที่แนบสนิท มีค่า 2.8 และ 2.7 นิวตันตามลำดับ ในขณะที่แรงยึดติดที่ได้จากน้ำลายมีค่า 0.54 นิวตัน

DeVengencie, Nig และ Iacopino (1997) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำ acemannan ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ตัวหนึ่งในกลุ่มพอลิแซคคาไรด์ เมื่อดูดน้ำจะพองตัวได้ลักษณะเป็นเจลมีความหนืด จึงสนใจนำมาพัฒนาเป็นกาวยึดฟันปลอม โดยนำมาทดสอบแรงยึดติดโดยใช้แป้นเรซินอะคริลิก 2 ชิ้นยึดกับเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Instron universal testing machine) เปรียบเทียบกับกาวยึดฟันปลอมชนิดเพสท์ (Super poli grip, Fixodent fresh) และชนิดผง (Super wernet's) พบว่า 5% acemannan gel ให้แรงยึดติดสูงกว่ากาวยึดฟันปลอมชนิดอื่นๆทั้งการทดสอบในภาวะแห้งและภาวะที่มีน้ำ (ค่าแรงยึดติดของ acemannan, Fixodent fresh, Super poli grip และ Super wernet's เท่ากับ 2, 1.29., 1.63 และ 1.37 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ)

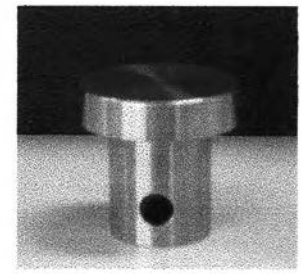
ประภาพร และ ภัคนันท์ (2546) ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำสารในกลุ่มพอลิแซคคาไรด์มาพัฒนาเป็นกาวยึดฟันปลอม โดยนำทรากาแคนท์ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส คาร์บอพอล และ อะเคเซีย มาศึกษาคุณสมบัติการยึดติดโดยวิธีที่คิดขึ้นใหม่ ชื่อวิธีปิยวัฒน์ II ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. ทำแป้นอะคริลิกเรซินเพื่อเป็นตัวแทนของฐานฟันปลอมด้านที่สัมผัสกับเนื้อเยื่อ ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 40 มม. และหนาประมาณ 8 มม. ทำจุดสัมผัสหยุด (stopper) สูง 1 มิลลิเมตร ที่ผิวหน้าของแป้น ดังรูปที่ 2.1

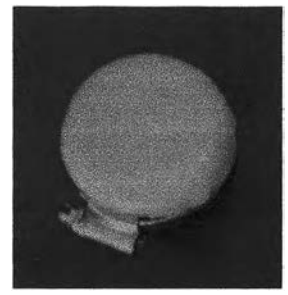
2. ทำแป้นโลหะสำหรับยึดหนังสุกรสดเพื่อให้หนังสุกรสดเป็นตัวแทนเหงือก ให้แป้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 40 มม. และหนาประมาณ 10 มม. ดังรูปที่ 2.2 แล้วนำหนังสุกรสดมาหุ้มกับแป้นโลหะรัดด้วยเข็มขัด ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 แสดงแป้นเรซินอะคริลิก



รูปที่ 2.2 แสดงแป้นยึดหนังสุกรสด



รูปที่ 2.3 แสดงแป้นเมื่อยึดด้วยหนังสุกรสด

3. นำสารที่ต้องการทดสอบใส่ลงบนแป้นอะคริลิก ปริมาณ 3.49 $\pm$ 0.01 กรัม โดยการชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล และป้ายให้สารอยู่ทั่วพื้นผิวของแป้น

4. นำแป้นอะคริลิกและแป้นยึดหนังสุกรสดไปติดตั้งบนเครื่องลอยด์โดยยึดแป้นอะคริลิกไว้ด้านล่าง และแป้นยึดหนังสุกรสดไว้ด้านบน ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 การติดตั้งแป้นทดสอบบนเครื่องลอยด์

5. ทำการวัดแรงยึดติดโดยเคลื่อนแป้นยึดหนังสุกรสดลงมาจนชนกับจุดสัมผัสหยุด ซึ่งสารที่อยู่ระหว่างแป้นทั้งสองจะมีความหนาประมาณ 1 มม. แล้วทำการดึงให้แยกออกจากกันด้วยความเร็ว 10 มม.ต่อนาที บันทึกค่าแรงยึดเฉลี่ยจากการดึงตัวอย่างละ 3 ครั้ง และในแต่ละอัตราส่วนให้ทำทั้งหมด 15 ตัวอย่าง

ผลที่ได้พบว่าที่ความเข้มข้น 5% เท่ากัน ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสมีค่าความหนืดสูงที่สุด จึงได้นำสารชนิดนี้มาทดสอบแรงยึดติด พบว่าแรงยึดติดเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นมากขึ้น ที่ระดับความเข้มข้น 5% ค่าแรงยึดติดวัดได้ 2.168 นิวตัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษาส่วนใหญ่ได้ผลไปในทางเดียวกัน คือ กาวยึดฟันปลอมสามารถเพิ่มการยึดติดและเพิ่มเสถียรภาพของฟันปลอม อีกทั้งยังช่วยลดการเคลื่อนที่และการหลุดของฟันปลอม นอกจากนี้ยังเพิ่มแรงบดเคี้ยว แรงกัดสูงสุด และเมื่อผู้ป่วยมีความมั่นใจว่าฟันปลอมจะไม่หลุดลงมา ส่งผลให้ผู้ป่วยพูดได้ชัดเจนขึ้น ส่งเสริมสุขภาพจิต ลดความวิตกกังวล และยังช่วยลดการสะสมเศษอาหารที่ใต้ฐานฟันปลอม ซึ่งหากมีการสะสมของเศษอาหารย่อมก่อให้เกิดการอักเสบและเป็นแหล่งเพาะเชื้อได้

จากหลายการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการใช้กาวยึดฟันปลอมไม่ทำให้เนื้อเยื่อในช่องปากเกิดการอักเสบ (Shay, 1991) ยกเว้นแต่ว่าผู้ป่วยทำความสะอาดได้ไม่ดีพอ Tarbet และ Grossman (1980) ประเมินสภาพของเนื้อเยื่อที่รองรับฟันปลอมภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่าง 111 คน ใช้กาวยึดฟันปลอมเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าไม่มีผู้ที่เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อขึ้นหลังการใช้กาวยึดฟันปลอม อีกทั้งยังมีผลทำให้การอักเสบของเนื้อเยื่อลดน้อยลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ฟันปลอมแน่นขึ้น การขยับหลุดจากที่น้อยลงทำให้ลดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อข้างใต้ (Manly and Vinton, 1951; Tarbet and Grossman, 1980: Yankell, 1984 cited in Adisman, 1989)

การศึกษาของ Stafford และ Russel (1971) ทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของกาวยึดฟันปลอมชนิดผง 4 ยี่ห้อ (Kolynos, Stera-fix, Dr. Wernet's และ Co-re-ga) และชนิดเพสท์ 2 ยี่ห้อ (Denti-grip และ Polygrip) พบว่า *Streptococcus mitis* และ *Candida albicans* สามารถเจริญเติบโตได้ และไม่มีกาวยึดฟันปลอมยี่ห้อใดในการศึกษาครั้งนี้ที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิด ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Bartel (1945) ที่พบว่ากาวยึดฟันปลอมชนิดผง 4 ยี่ห้อ (Wernet's powder, Co-re-ga, Holdent และ Fasteeth) ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *E. coli.*

การศึกษาของ Ekstrand และคณะในปี 1993 พบว่ากาวยึดฟันปลอม 12 ยี่ห้อจากที่ศึกษาทั้งหมด 19 ยี่ห้อ มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้ผู้วิจัยกล่าวว่าอาจเกิดจากผู้ผลิตไม่ได้ใส่สารกันบูด หรือจากตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีการผลิตไว้นานแล้วก็เป็นได้ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ของทุกยี่ห้อไม่ได้ระบุวันที่หมดอายุให้ทราบ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอื่นๆที่กล่าวถึงการปนเปื้อน

ของเชื้อจุลินทรีย์ในกาวยึดฟันปลอมเช่นกัน (Gate, Goldschmidt and Kramer, 1994; Kim, 2003)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า กาวยึดฟันปลอมไม่สามารถยังยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นควรให้คำแนะนำที่เหมาะสมในการดูแลรักษาความสะอาดช่องปากและฟันปลอมแก่ผู้ที่ใช้กาวยึดฟันปลอม

<u>ข้อดีและประโยชน์ของกาวยึดฟันปลอม</u> (Adisman, 1989; Grasso, 1996; Polyzois, 1983; Shay 1991; Stafford, 1970)

ในระหว่างขั้นตอนการทำงานในคลินิก การใช้กาวยึดฟันปลอมสามารถช่วยให้การทำงานมีความสะดวกและเกิดความถูกต้องมากขึ้น ดังเช่น ในกรณีการลองแท่งขี้ผึ้งสำหรับกัด (occlusion rim) การบันทึกความสัมพันธ์ในศูนย์ การลองฟัน เนื่องจากฐานฟันปลอมที่ทำขึ้นเพื่อใช้ในการลอง มักทำโดยใช้เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง ซึ่งอาจมีการหดตัว ทำให้ได้เสถียรภาพที่ไม่ดีพอ ซึ่งการทำงานในขั้นตอนดังกล่าว ถ้าฐานฟันปลอมไม่มีการยึดติดที่พอเพียง นอกจากจะทำให้งานที่ได้ไม่ถูกต้องแล้วยังอาจทำให้ผู้ป่วยไม่มั่นใจกับฟันปลอมที่กำลังทำอยู่

ฟันปลอมทั้งปากที่ทำมาอย่างถูกต้องเหมาะสมดีแล้ว ไม่จำเป็นต้องใช้กาวยึดฟันปลอมแต่ทันตแพทย์บางท่านแนะนำให้ผู้ป่วยบางคนใช้ในช่วงสองสามสัปดาห์แรกของการใส่ฟันปลอมชิ้นใหม่ เพื่อเพิ่มการยึดติดและเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้ป่วย สำหรับผู้ป่วยที่มีหน้าที่การงาน ซึ่งต้องพบปะผู้คนและพูดในที่สาธารณะอยู่เสมอ เช่น นักการเมือง, ทนายความ, ผู้พิพากษา, นักธุรกิจ, นักแสดง, นักพูด, อาจารย์ อาจต้องการความมั่นใจ ความรู้สึกปลอดภัย เพื่อความสบายใจในระหว่างการใช้ฟันปลอมในชีวิตประจำวัน ทันตแพทย์สามารถแนะนำให้ผู้ป่วยเหล่านี้ใช้กาวยึดฟันปลอมเป็นการเฉพาะกิจได้เช่นกัน

ผู้ป่วยอีกกลุ่มซึ่งจะได้รับประโยชน์จากการใช้กาวยึดฟันปลอมคือ กลุ่มที่มีปัญหาสุขภาพ ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีอาการปากแห้ง (Xerostomia) อาจจะเนื่องมาจากทำงานของต่อมน้ำลายผิดปกติ (salivary gland dysfunction) ผลข้างเคียงจากการใช้ยา มีประวัติการฉายรังสีบริเวณศีรษะและลำคอ อีกทั้งผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับฮอร์โมน หรือมีการเปลี่ยนแปลงของตัวนำกระแสประสาทซึ่งทำให้มีผลต่อการควบคุมกล้ามเนื้อ เช่น โรคพาร์คินสัน (Parkinson's) และอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) จะมีปัญหาอย่างมากในการใช้ฟันปลอม และยังเพิ่มโอกาสในการเกิดแผลตรงเนื้อเยื่อที่รองรับฟันปลอมอีกด้วย การใช้กาวยึดฟันปลอมจะสามารถทดแทนการยึดติดที่ไม่พอเพียงเนื่องจากไม่มีน้ำลายเพียงพอ และยังช่วยบรรเทาการเกิดแผลที่เกิดจากการเคลื่อนที่

บ่อยๆของฟันปลอมอีกด้วย ซึ่งผู้ป่วยเหล่านี้ควรมีความรู้เกี่ยวกับการใช้กาวยึดฟันปลอมที่ถูกต้อง เช่น ส่วนของฐานฟันปลอมที่จะใส่กาวติดฟันปลอมลงไปนั้น ควรจะเปียกหมาดๆ มิเช่นนั้นจะทำให้ปากยิ่งแห้งเพราะกาวต้องดูดซับน้ำ

โรคทางระบบประสาทหลายชนิดจะทำให้การใช้ฟันปลอมยุ่งยากขึ้นแต่ กาวยึดฟันปลอมสามารถช่วยบรรเทาปัญหาเหล่านั้นได้ การเกิดภาวะอาการปัจจุบัน (Stroke) อาจทำให้สูญเสียการรับความรู้สึกสัมผัสของเนื้อเยื่อในช่องปากไป หรือ กล้ามเนื้อบดเคี้ยวเป็นอัมพาต กาวยึดฟันปลอมสามารถช่วยผู้ป่วยให้มีความคุ้นเคยกับฟันปลอมได้ง่ายขึ้น การเคลื่อนไหวผิดปกติบริเวณใบหน้าและช่องปาก (Orofacial dyskinesia) เป็นผลข้างเคียงหลักๆ ของการใช้ยาระงับประสาทประเภทฟีโนไทอาซีน (Phenothiaize) เช่น ฟลูเฟนนาซีน (fluphenazine), ไทรฟลูโอพราซีน (trifluoprazine) แม้กระทั่งยาของระบบทางเดินอาหาร เช่น โพรคลอเพอราซีน (prochlorperazine), เมโทรคลอพามายด์ (metroclopamide) ความผิดปกติของการเคลื่อนไหวนี้บางครั้งถูกเรียกว่า "tardive dyskinesia" เพราะมักเป็นผลข้างเคียงจากยาที่ยับยั้งโดพามีน (dopamine) ทำให้เกิดอาการดังนี้ ไม่สามารถควบคุมการทำงานของลิ้น แก้ม ริมฝีปากและขากรรไกรล่าง ในสถานการณ์เหล่านี้ การยึดติดของฟันปลอม, เสถียรภาพ, การใช้งานของฟันปลอมแทบเป็นไปไม่ได้เลยถ้าปราศจากการยึดติดที่ได้จากกาวยึดฟันปลอม

ผู้ป่วยที่มีการศัลยกรรมผ่าตัดอวัยวะในช่องปากบางส่วนจากการเป็นมะเร็ง หรือผู้ป่วยที่สูญเสียอวัยวะในช่องปากจากอุบัติเหตุ อาจมีความลำบากในการใช้งานกับอวัยวะเทียมที่รองรับด้วยเนื้อเยื่อ แม้ว่าจะมีการทำศัลยกรรมให้มีส่วนคอดเพื่อต้านต่อการเคลื่อนที่ของอวัยวะเทียมแล้วก็ตาม ซึ่งการใช้กาวยึดฟันปลอมช่วยบรรเทาปัญหานี้ได้ (Amato และ Asher, 2002)

ในบางกรณีใช้กาวยึดฟันปลอมเป็นตัวพาสำหรับการรักษาด้วยยาต่อเยื่อบุช่องปาก (drug vehicle) แต่จากการศึกษาของ Scher (1978) พบว่าการผสมยา amphotericin ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราลงไปในกาวยึดฟันปลอมชนิดผง ไม่มีผลในการรักษาอาการ denture stomatitis

ข้อเสียของการใช้กาวยึดฟันปลอม

ในอดีตมีรายงานเกี่ยวกับผลข้างเคียงจากคารายากัม ที่พบในมนุษย์ว่าทำให้เกิดเยื่อบุจมูกอักเสบ ผิวหนังอักเสบ และ ภาวะผิดปกติของระบบกระเพาะอาหารและลำไส้ขึ้นได้ (Hogan,1954 cited in Adisman, 1989; Figley, 1940 cited in Shay, 1991) นอกจากนี้ Lamb (1980, 1981, 1982) ได้นำเสนอผลของคารายากัม ที่มีผลต่อชั้นเคลือบฟันว่าทำให้สภาพความ

เป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำลายของผู้ป่วยลดต่ำลง เนื่องจากคารายากัมที่อยู่ในรูปสารละลายจะมีสภาพความเป็นกรดด่างประมาณ 4.7 และมีคุณสมบัติคล้ายบัฟเฟอร์ (buffer) ซึ่งสามารถต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพความเป็นกรดด่างได้ จากผลการศึกษาของ Jenkins (1978) พบว่าถ้าสภาพความเป็นกรดด่างของน้ำลายลดต่ำกว่า 5.5 ซึ่งเป็นสภาพความเป็นกรดด่างวิกฤต (critical pH) จะทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุของชั้นเคลือบฟันซึ่งทำให้ฟันมีโอกาสผุได้มากขึ้น ดังนั้นทันตแพทย์จึงไม่ควรแนะนำกาวยึดฟันปลอมที่มีส่วนผสมของคารายากัม ให้ผู้ป่วยที่มีฟันคู่สบเป็นฟันธรรมชาติใช้

ข้อห้ามใช้

การใช้กาวยึดฟันปลอมนั้นไม่เหมาะสมกับผู้ป่วยที่มีอาการแพ้ต่อส่วนประกอบของกาวยึดฟันปลอมชนิดนั้นๆ (Hogan, 1954) อีกทั้งผู้ที่มีฟันปลอมหลวมอันเนื่องจากการใช้งานมานาน หรือทำมาไม่ดี หรือฟันปลอมมีการสึกจนระยะในแนวดิ่งลดลงอย่างมาก ไม่ควรใช้กาวยึดฟันปลอมอย่างยิ่ง ผู้ป่วยที่ใส่ฟันปลอมชนิดใส่ทันทีหลังถอนฟัน อาจใช้กาวยึดฟันปลอมชั่วคราวในระยะแรก (Adisman, 1989; Shay, 1991; Stafford, 1970) เพื่อลดการระคายเคืองและเพิ่มการยึดติด แต่ไม่ควรใช้ในระยะยาวเพราะผู้ป่วยเหล่านั้นมักมีสันกระดูกที่ละลายไปมาก และมีการหดตัวของเนื้อเยื่ออ่อนที่รองรับฟันปลอม (Atwood และ Coy, 1971; Tallgren, 1972) ซึ่งจะทำให้ฟันปลอมหลวมมากขึ้นเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไป ในกรณีของฟันปลอมชนิดใส่ทันที ควรใช้วัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อ (tissue conditioner) ในระหว่างที่รอแผลหายและเมื่อแผลหายดีแล้วควรทำการเสริมฐานหรือทำฟันปลอมชิ้นใหม่จะดีกว่า (Adisman, 1989; Shay, 1991) ผู้ป่วยที่ฟันปลอมแตกหรือมีขอบบิ่นไปบางส่วนก็ไม่ควรใช้กาวยึดฟันปลอมเช่นกัน ควรทำการซ่อมฟันปลอมนั้นหรือทำชิ้นใหม่

สำหรับผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกัน เช่น เอดส์, โรคต่อมน้ำเหลืองอักเสบเรื้อรัง (Hodgkin's disease), มะเร็งเม็ดเลือดขาว, มะเร็งต่อมน้ำเหลือง, ผู้ใช้ยาสเตียรอยด์, ผู้มีสุขภาพช่องปากไม่ดี หรือไม่สามารถดูแลรักษาความสะอาดฟันปลอมได้ดีนัก ก็ไม่ควรแนะนำให้ใช้กาวยึดฟันปลอม เพราะกาวยึดฟันปลอมที่กำจัดไม่หมดอาจกลายเป็นแหล่งสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ได้ซึ่งจะทำให้เกิดโรคต่างๆตามมามากมาย เช่น การติดเชื้อราจากเชื้อ *Candida albicans* (Gates, Goldschmidt และ Kramer,1994)

<u>วิธีใช้กาวยึดฟันปลอม</u> (Adisman, 1989)

1. ทำความสะอาดฟันปลอมโดยกำจัดกาวยึดฟันปลอมที่หลงเหลืออยู่ด้วยผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดหรือน้ำสบู่ หลีกเลี่ยงการทำให้เกิดรอยขีดข่วนบริเวณพื้นผิวนั้น

2. ทำความสะอาดเนื้อเยื่อที่รองรับฟันปลอมไม่ให้มีเมือก น้ำลาย เศษอาหารหรือ กาวยึดฟันปลอมตกค้างอยู่

3. การใส่กาวยึดฟันปลอม

3.1 ถ้าใช้กาวชนิดผง จะต้องทำให้ฐานฟันปลอมเปียกหมาดๆ ก่อนที่จะใส่ผงลงไป ปริมาณของผงที่ใช้ที่น้อยที่สุด และได้ประสิทธิภาพคือประมาณ 0.5-1.5 กรัม ต่อฟันปลอม 1 ชิ้น (ใช้เพิ่มขึ้นหากสันกระดูกใหญ่, ใช้น้อยลงหากสันกระดูกเล็ก) ผงส่วนเกินให้เขย่าออก

3.2 ถ้าใช้กาวชนิดเพสท์ ผู้ผลิตส่วนใหญ่แนะนำให้แต้มกาวเป็นจุดเล็กๆบนส่วนฟันปลอมที่แห้งในตำแหน่งต่อไปนี้

3.2.1 ในฟันปลอมบน แต้มบนสันกระดูกส่วนหน้า (Anterior Alveolar ridge), จุดศูนย์กลางเพดาน

3.2.2 ในฟันปลอมล่าง ใส่กาวยึดฟันปลอมในร่องที่ลึกที่สุดจากส่วนหน้าไปจนสุดส่วนท้ายอย่างไรก็ตามการกระจายตัวของกาวยึดฟันปลอมจะดีถ้าระยะห่างแต่ละจุดระหว่างตำแหน่งของเพสท์ ห่างกัน 5 มม.

4. นำฟันปลอมใส่เข้าไปในปากแล้วประคองไว้นิ่งๆ เป็นเวลา 5-10 วินาที

5. สำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคปากแห้ง การใช้กาวทั้งสองชนิดจะต้องทำให้ฟันปลอมเปียกเสียก่อนที่จะใส่กาวเพื่อให้กาวสามารถดูดซับน้ำได้พอเพียง มิเช่นนั้นผู้ป่วยจะได้รับความทรมานจากการขาดหรือมีน้ำลายไม่เพียงพอ

6. ถ้ามีกาวส่วนเกินให้ใช้ผ้ากอซหรือกระดาษชำระเช็ดออก แล้วใช้ปริมาณน้อยลงในครั้งถัดไป

7. ทันตแพทย์ควรฝึกให้ผู้ป่วยกัดฟันในตำแหน่งสบในศูนย์ (Centric Occlusion) หลายๆครั้งเพื่อกระจายกาวให้ทั่วถึงและแผ่เป็นชั้นบางๆ

8. ทุกวันหลังจากการใช้งานแล้ว ให้นำฟันปลอมไปแช่น้ำทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อให้กาวพองตัวอย่างเต็มที่และสามารถล้างออกได้ง่ายและสะอาด หรือแช่ในน้ำผสมเม็ดทำความสะอาดฟันปลอม หรือนำไปผ่านน้ำอุ่นและขัดด้วยแปรงสีฟันที่ไม่แข็งเกินไป

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในปัจจุบันกาวยึดฟันปลอมยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งในท้องตลาดมีให้เลือกใช้ได้หลายชนิด ทั้งชนิดผง (powder) ชนิดเพสท์ (paste) และชนิดแผ่นกาว (adhesive cushion, adhesive pad) ซึ่งจากหลายการศึกษาได้กล่าวถึงกาวชนิดผงว่า ให้แรงยึดติดที่ต่ำและมีการละลายตัวของกาวอย่างรวดเร็ว อีกทั้งการกระจายของผงกาวไม่สม่ำเสมอ (Ellis and Al-Nakash, 1980 and Berg, 1991) ในขณะที่ชนิดเพสท์ให้แรงยึดติดดี แต่ผู้ป่วยไม่ชอบลักษณะสัมผัสที่มีความหนืดสูงมาก ไม่แผ่เป็นเนื้อเดียวภายใต้ฐานฟันปลอม และยังล้างทำความสะอาดยาก (Herland et al.,1960, Kaper, 1967 and Ghani, Picton and Likeman, 1991) จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นที่มาของการพัฒนากาวยึดฟันปลอมในรูปแบบเจล ซึ่งคุณสมบัติของกาวยึดฟันปลอมที่ต้องการในการศึกษาครั้งนี้ คือ มีความหนืดที่เหมาะสม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย ให้แรงยึดติดที่เพียงพอ การไหลแผ่สูงในช่วงแรกของการใส่ฟันปลอม เมื่อใส่ฟันปลอมเข้าที่ไประยะหนึ่งแล้ว กาวยึดฟันปลอมควรค่อยๆหยุดไหลแผ่ เพื่อที่จะไม่ไหลเยิ้มออกนอกฐานฟันปลอม

คุณสมบัติการไหลแผ่ของทันตวัสดุมีความสำคัญทั้งต่อบริษัทผู้ผลิตในการที่จะผลิตวัสดุออกมาให้เหมาะสมกับการใช้งาน และกับทันตแพทย์หรือผู้ป่วยซึ่งเป็นผู้ใช้วัสดุโดยตรง ทันตวัสดุส่วนใหญ่เป็นพอลิเมอร์ ซึ่งมีสมบัติการไหลแผ่แบบไม่ใช่นิวโตเนียน คือ การไหลแผ่ที่ไม่เป็นไปตามกฎของนิวตัน นั่นคือ อัตราส่วนของแรงที่ใช้ต่ออัตราความเร็วในการไหลไม่คงที่ ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่ไม่ขึ้นกับเวลา และกลุ่มที่ขึ้นกับเวลา (Craig, 2002; อรวรรณ, 2525)

กลุ่มที่ไม่ขึ้นกับเวลา แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ การไหลแผ่แบบพลาสติก (Plastic flow) ซึ่งวัสดุในกลุ่มนี้จะไหลได้ ต่อเมื่อมีแรงมากระทำมากกว่าจุดคลาก (Yield point) อัตราเร็วในการไหลแผ่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่ใช้ วัสดุที่แสดงการไหลแผ่แบบพลาสติกมีชื่อเรียกว่า บิงแฮมบอดี้ ส่วนการไหลแผ่แบบซูโดพลาสติก เป็นรูปแบบของการไหลแผ่ที่อัตราเร็วของการไหลแผ่ไม่เป็นสัดส่วนกับแรงที่ใช้ โดยวัสดุจะเริ่มไหลตั้งแต่แรกที่เริ่มให้แรงไปกระทำ โดยแบบซูโดพลาสติกจะยิ่งไหลเร็วขึ้นถ้ามีการเพิ่มแรงที่ทำให้ไหลมากขึ้น ในขณะเดียวกันความหนืดของของเหลวจะยิ่งลดลง ลักษณะเช่นนี้มีชื่อเรียกว่าเป็นลักษณะยิ่งคนยิ่งเหลว (shear thining) การไหลแผ่แบบไดลาเทนท์จะมีลักษณะตรงข้ามกับการไหลแผ่แบบซูโดพลาสติก เมื่อเพิ่มแรงที่ทำให้ไหล ความหนืดของวัสดุจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ไหลช้าลง เรียกว่าเป็นลักษณะยิ่งคนยิ่งหนืด (shear thickening)

การไหลของวัสดุที่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ให้แรง แบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ การไหลแผ่แบบทิโซทรอปี เมื่อได้รับแรงคงที่ วัสดุจะมีความหนืดลดลงเมื่อเวลาที่ได้รับแรงเพิ่มขึ้น และโครงสร้างของวัสดุนั้นสามารถคืนกลับได้ (recover) เมื่อหยุดให้แรง การไหลแผ่ที่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาอีกกลุ่มหนึ่ง คือ การไหลแผ่แบบรีโอเพคซี ซึ่งวัสดุจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ได้รับแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีโครงสร้างใหม่เกิดขึ้น

พอลิเมอร์หลายชนิดในกลุ่มพอลิแซคคาไรด์ทั้งที่ได้จากธรรมชาติและที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ทรากาแคนท์ เป็นต้น เมื่อละลายหรือกระจายตัวอยู่ในน้ำจะทำให้สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ส่วนใหญ่มีรูปแบบการไหลแผ่แบบซูโดพลาสติก (พิมลพรรณ, 2533) จัดเป็นสารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ (นิธิยา, 2545) พอลิเมอร์ในกลุ่มนี้จึงมีความน่าสนใจ ในการที่จะนำมาพัฒนาเป็นกาวยึดฟันปลอมในรูปแบบเจล

ระบบคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยของแข็งและของเหลว อาจเป็นได้ทั้งเจล (gel) และ ซอล (sol) ถ้าสารละลายมีสภาพเป็นของเหลว คือ ตัวกลางอยู่ในสถานะของเหลวและไหลได้จัดเป็นซอล ถ้าสารละลายอยู่ในสภาพของแข็งหรือกึ่งของแข็ง (semi-solid) ตัวกลางอยู่ในสถานะของแข็งและไหลไม่ได้จัดเป็นเจล (นิธิยา, 2545)

ซอลเป็นของเหลวที่มีความหนืด ซึ่งจะมีความหนืดมากหรือน้อยขึ้นกับรูปร่าง หรือโครงสร้างของอนุภาคคอลลอยด์ ถ้าอนุภาคเป็นโมเลกุลที่มีลักษณะยาว จะทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคคอลลอยด์กับตัวกลางสูง ทำให้ซอลมีความหนืดเพิ่มขึ้น สารละลายที่อยู่ในสถานะเป็นซอลจะมีปริมาตรมากกว่าขณะที่เป็นเจล เพราะระหว่างการเกิดเจลจะมีการหดตัวเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลเนื่องจากโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์เข้ามาอยู่ใกล้กันและจับกันแน่น ทำให้ซอลเสียสถานะการเป็นของเหลว แต่ซอลและเจลสามารถเปลี่ยนไปมาหากันได้

เจลเป็นคอลลอยด์ชนิดไฮโดรฟิลิก (hydrophilic colloid) ที่มีความหนืดสูง ลักษณะเป็นกึ่งของแข็ง และเมื่อแข็งตัวจะมีรูปทรงคล้ายของแข็งได้ (rigidity) โดยทั่วๆ ไป เจลเป็นสารละลายของพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลเป็นสาย (thread-like molecule) และจะเกิดพันธะเชื่อมขวาง (cross-link) ขึ้น โครงสร้างของเจลเกิดจากโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์มาเกาะกันเป็นคู่ แต่ละคู่จะจับรวมกันเป็น crystallite เพิ่มขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ โดย crystallite หนึ่งจะไปจับกับอีก crystallite หนึ่งกลายเป็นเจล โครงสร้างของเจลจึงมีลักษณะเป็นโมเลกุลเป็นจำนวนมากจับตัวกันแน่นเป็นตาข่ายและมีโมเลกุลของตัวกลาง ซึ่งเคลื่อนที่ไม่ได้ แทรกตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์ภายในตาข่าย ทำให้เจลแข็งตัวมีรูปร่างแน่นอน ภายในโครงสร้างของเจลยังมีจุดเชื่อม (loci หรือ point of attraction) เกิดขึ้นบนโมเลกุล เพื่อให้โมเลกุลเกาะตัวยึดจับกันเป็นเจล จำนวนจุดเชื่อมจะมากหรือน้อยจะแตกต่างกันตามชนิดของเจล และการเกาะตัวยึดจับกันระหว่างโมเลกุลจะไม่มีรูปแบบที่แน่นอนมากกว่าที่จะมีรูปแบบที่แน่นอน

ขณะที่เจลเริ่มแข็งตัวครั้งแรกจะมีลักษณะเนื้อนิ่ม และจะค่อยๆ แข็งตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีรูปร่าง เนื่องจากโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์ภายในเจลเกาะตัวกันแน่นเป็นตาข่ายเพิ่มมากขึ้นและปล่อยน้ำออกมาจากโมเลกุลด้วย ดังนั้นเจลจะมีระดับการแข็งตัว (degree of rigidity) เพิ่มขึ้น

สารก่อโครงสร้างเจล

พอลิเมอร์หลายชนิดโดยเฉพาะ พอลิแซคคาไรด์กัม (polysaccharide gum) จัดอยู่ในกลุ่มไฮโดรฟิลิก คอลลอยด์ เมื่อละลายหรือกระจายตัวอยู่ในน้ำจะทำให้สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง สามารถใช้เป็นสารก่อให้เกิดโครงสร้างเจล ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมยา จึงได้นำเอาพอลิเซคคาไรด์กัมไปใช้ประโยชน์ เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด gelling agent, suspending agent, film-forming agent เป็นต้น ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของไฮโดรฟิลิกคอลลอยด์ตามแหล่งที่มา ได้เป็น 3 กลุ่มคือ (Glicksman M 1991; Meer G., Meer WA. and Tinker J.1975 cited in นิธิยา 2545)

1. กลุ่มที่ได้จากธรรมชาติ ส่วนใหญ่ได้มาจากส่วนต่างๆของพืช เช่น ทรากาแคนท์ ได้จากยางพืช กลูโคมาแนน ได้จากหัวบุก คาร์ราจีแนนได้จากสาหร่ายทะเล เป็นต้น

2. กลุ่มที่เป็นอนุพันธ์ของสารที่ได้จากธรรมชาติ หรือดัดแปรจากธรรมชาติ (modified natural) เช่น อนุพันธ์ของเซลลูโลส และอนุพันธ์ของสตาร์ช

3. กลุ่มที่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น พอลิไวนิลไพโรลิดีน (polyvinylpyrrolidene) คาร์บอกซีไวนิลพอลิเมอร์ (carboxyvinyl polymers: carbopol)

พอลิแซคคาไรด์กัมที่เลือกมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มี 9 ชนิด คือ

1. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose)
2. ไอดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (Hydroxyethylcellulose)
3. คาร์บอพอล (Carbopol)
4. กลูโคมาแนน (Glucomannan)
5. ทรากาแคนท์ (Tragacanth)
6. แป้งพรีเจลาทิไนซ์ (Pregelatinized α starch)
7. ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropylmethylcellulose)
8. แซนแทนกัม (Xanthan gum)
9. กัวกัม (Guar gum)

ซึ่งจะกล่าวถึงคุณสมบัติของพอลิเมอร์แต่ละตัว ดังนี้

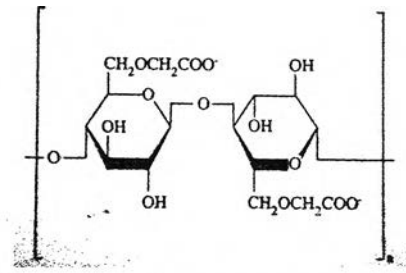
1. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose, CMC) (นิธิยา, 2545: 222-224; Rowe, Sheskey and Weller, 2003: 87-90)

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี เป็นปฏิกิริยาการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมที่หมู่ไฮดรอกซิลด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิล อาจเรียกว่า เซลลูโลส

กัม เป็นพอลิเมอร์ชนิดประจุลบที่ละลายได้ง่ายในน้ำทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น ทำให้ได้คอลลอยด์ใสที่มีความหนืดสูง ความสามารถในการละลายขึ้นกับระดับการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล (degree of substitution)

สารละลาย CMC ที่มีความเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น โดยทั่วๆ ไป CMC จะมีความคงตัวต่อสภาพความเป็นกรดด่างช่วงกว้าง 4-10 แต่จะให้ค่าความหนืดสูงสุด และมีความคงตัวดีที่สุดที่สภาพความเป็นกรดด่าง 7-9 ความหนืดของ CMC จะลดลงเมื่อสภาพความเป็นกรดด่างลดลงและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น CMC สามารถใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ เป็นสารยึดเกาะในเครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์อาหาร ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 3-6 จะนำมาใช้เป็นสารก่อเจล ในผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ในช่องปากหรือผิวหนัง

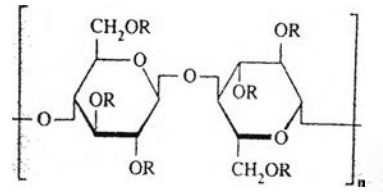
สารละลาย CMC สามารถทำให้ปราศจากเชื้อได้โดยใช้ความร้อน 160 องศาเซลเซียส หรือ โดยใช้เครื่องนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) ซึ่งจะทำให้ความหนืดลดลง ปริมาณความหนืดที่ลดลงขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุล ถ้าน้ำหนักโมเลกุลสูง ความหนืดจะลดลงมากกว่า นอกจากนี้การทำให้ปราศจากเชื้อโดยใช้รังสีแกมมา มีผลทำให้ความหนืดลดลงเช่นกัน



รูปที่ 2.5 แสดงสูตรโครงสร้างโมเลกุลของ CMC

2. ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (Hydroxyethylcellulose, HEC) (นิธิยา 2545; Rowe, Sheskey and Weller, 2003: 240-243)

ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส มีชื่อทางเคมี คือ 2-ไฮดรอกซีเอทิลอีเทอร์ เซลลูโลส สูตรโครงสร้างโมเลกุลแสดงในรูปที่ 2.6 HEC เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่มีขั้วสามารถละลายน้ำได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น การละลายจะเกิดสมบูรณ์เมื่อผ่านไปประมาณ 1 ชั่วโมง จะได้สารละลายใส เข้ากันเป็นเนื้อเดียว จะมีความคงตัวต่อสภาพความเป็นกรดด่างช่วงกว้าง 2-12 ความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่เมื่อนำมาให้เย็น ความหนืดจะกลับคงเดิม สามารถทำให้ปราศจากเชื้อได้ด้วยเครื่อง autoclave นิยมใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดในผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับผิวหนัง ใช้เป็นสารยึดเกาะ นอกจากนี้ยังใช้แพร่หลายในผลิตภัณฑ์เสริมความงาม

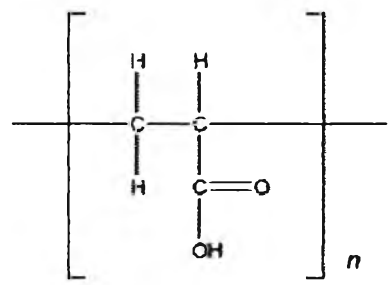


เมื่อ R คือH หรือ $[-CH_2CH_2O-]_mH$

รูปที่ 2.6 แสดงสูตรโครงสร้างโมเลกุลของไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส

3. **คาร์บอพอล (Carbopol)** (Rowe, Sheskey and Weller, 2003: 240-243)

คาร์บอพอล หรือเรียกในชื่ออื่นคือ คาร์บอเมอร์ (carbomer), คาร์บอกซีไวนิลพอลิเมอร์ (carboxyvinyl polymer), คาร์บอกซีพอลิเมทิลลีน (carboxy polymethylene) เป็นต้น คาร์บอพอล เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ของกรดอะคริลิก ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยมีพันธะเชื่อมขวางกับอัลลิลซูโคลส (allylsucrose) หรือ อัลลิลอีเทอร์ของเพนทาอีริทรายออล (allyl ethers of pentaerythritol) ในโมเลกุลจะมีหมู่คาร์บอกซิลอยู่ประมาณ 56-68% โดยมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.7



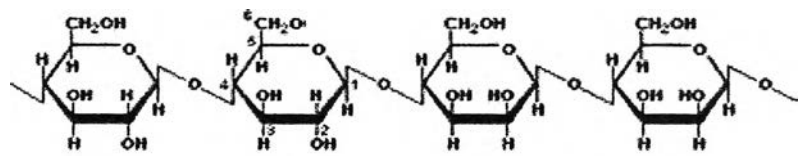
รูปที่ 2.7 แสดงอะคริลิกเอซิดที่มีอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลของคาร์บอพอล

เมื่อคาร์บอพอลกระจายตัวในน้ำจะเกิดเป็นคอลลอยด์ที่เป็นกรด ซึ่งมีความหนืดต่ำ เมื่อทำให้เป็นกลางจะได้เจลที่มีความหนืดสูงขึ้น โดยสารที่สามารถทำให้คาร์บอพอลเป็นกลางได้ คือ กรดอะมิโน บอแรกซ์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ ในระหว่างการเตรียมเจล ควรคนสารละลายช้าๆ ด้วยไม้พายกว้างๆ เพื่อลดการเกิดฟองอากาศ เมื่ออยู่ในรูปเจลแล้วหากโดนรังสีอุลตร้าไวโอเลต จะทำให้สูญเสียความหนืดลงได้อย่างรวดเร็ว แต่สามารถลดปัญหานี้ได้ด้วยการเติมแอนตี้ออกซิแดนท์ที่เหมาะสมลงไป สามารถทำให้ปราศจากเชื้อได้โดยเครื่อง autoclave นิยมนำคาร์บอพอลมาใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ สารแขวนตะกอน และสารก่อเจล

4. กลูโคมาแนน (Glucomannan) (Cybercolloids Ltd., สื่ออิเล็กทรอนิกส์; Sahelian, สื่ออิเล็กทรอนิกส์; Acroyali Holdings, สื่ออิเล็กทรอนิกส์)

กลูโคมาแนนสามารถสกัดได้จากหัวบุก ซึ่งเป็นพืชที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Amorphophalius konjac C. Koch บุกมีถิ่นกำเนิดตั้งแต่ทางตะวันออกของเทือกเขาหิมาลัยไปจนถึงประเทศจีน ญี่ปุ่น และทางใต้ไปถึงประเทศไทย อินโดจีน และฟิลิปปินส์ ชาวญี่ปุ่นนิยมใช้แป้งจากบุกมาทำอาหาร โดยเชื่อว่าแป้งจากบุกช่วยรักษาสุขภาพ ช่วยลดน้ำตาลและโคเลสเตอรอลในเลือด ช่วยทำความสะอาดลำไส้ กลูโคมาแนนเป็นสารสำคัญทางการค้า นำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารควบคุมน้ำหนัก

กลูโคมาแนนเป็นสารพวกพอลิแซคคาไรด์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยกลูโคส และแมนโนส ในอัตราส่วน 1:1.6 ซึ่งต่อกันด้วยพันธะ ß-1,4 (ดังรูปที่ 2.8) สามารถละลายน้ำได้และดูดน้ำได้ถึง 100 เท่าเมื่อเทียบกับปริมาตรของตัวมันเอง สารละลายที่ได้ไม่มีขั้ว มีสมบัติเป็นซูโดพลาสติก จะเกิดเจลได้ดีเมื่อละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่เป็นด่างเล็กน้อย แล้วตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ในขณะที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส การละลายเกิดได้ไม่สมบูรณ์ แต่สามารถพองตัวได้ภายในเวลา 4 ชั่วโมง เจลที่ได้มีความคงตัวต่อความร้อนสูง แม้จะให้ความร้อนซ้ำหรือให้ความร้อนถึง 200 องศาเซลเซียส สามารถ autoclave ได้ และทนต่อความเป็นกรดได้ แม้สภาพความเป็นกรดด่างจะลดลงต่ำกว่า 3 จึงมีประโยชน์มากในการนำมาใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวและเพิ่มความหนืด



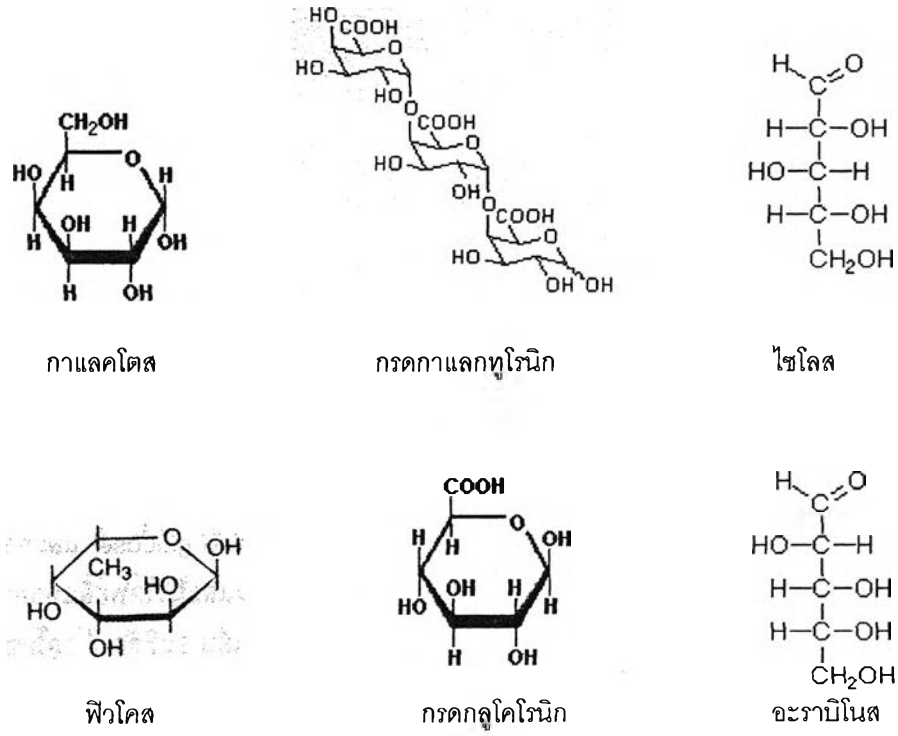
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของกลูโคมาแนน

5. ทรากาแคนท์ (Tragacanth) (นิธิยา, 2545: 215; Rowe, Sheskey and Weller, 2003: 568-569)

ทรากาแคนท์เป็นยางไม้ที่ได้จากต้น Astragalus gummifer ซึ่งเป็นไม้พุ่มยืนต้นของพืชตระกูลถั่ว พบมากแถบตะวันออกกลาง ทรากาแคนท์เป็นสารเชิงซ้อนประกอบด้วยพอลิแซคคาไรด์หลายชนิดผสมกัน ในโมเลกุลประกอบด้วยกรดกาแลกทูโรนิก น้ำตาลกาแลคโทส ไซโลส ฟิวโคส และ อะราบิโนส เกาะอยู่กับโลหะไอออน คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และโปแตสเซียม ในโมเลกุลของทรากาแคนท์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเรียก Basorin มีอยู่ประมาณร้อยละ 60-70

เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายตัวในน้ำ แต่ดูดน้ำและพองตัวได้ดีกลายเป็นเจล อีกส่วนหนึ่งมีปริมาณน้อย เรียกว่า Tragacanthin เป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์เชิงซ้อนที่ในโมเลกุลประกอบด้วยกรดกลูคูโรนิก 3 โมเลกุล และน้ำตาลอะราบิโนส 1 โมเลกุล เป็นพอลิเมอร์วงแหวน เป็นส่วนที่ละลายได้ในน้ำให้สารละลายคอลลอยด์ จึงทำให้กัมทรากาแคนท์กระจายตัวได้ในน้ำ สามารถดูดน้ำและพองตัวได้ถึง 10 เท่าของน้ำหนัก กลายเป็นเจลที่มีประมาณน้ำสูง การดูดน้ำใช้เวลาพอสมควร กว่าจะได้ความหนืดเต็มที่จะต้องใช้เวลาหลายชั่วโมง ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะทำให้สารละลายที่ได้มีความหนืดมากขึ้น

ทรากราแคนท์เมื่อผสมกับน้ำมักจับตัวเป็นก้อน เวลาผสมต้องใช้เครื่องกวนสารกวนที่ความเร็วสูง แต่ส่วนที่จับตัวเป็นก้อนจะสามารถละลายต่อได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ เจลทรากาแคนท์มักจะถูกปนเปื้อนจากเชื้อเอนเทอร์โรแบคที่เรีย ดังนั้นการเก็บเจลจึงต้องมีการใส่สารกันบูดที่เหมาะสมลงไปด้วย เจลที่ได้มีความคงตัวต่อความร้อนและทนกรดได้เป็นอย่างดีจนถึงสภาพความเป็นกรดด่างเท่ากับ 2 สามารถทำให้ปราศจากเชื้อได้ด้วยเครื่อง autoclave นิยมใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ สารแขวนตะกอน สารเพิ่มความคงตัว และสารเพิ่มความหนืด



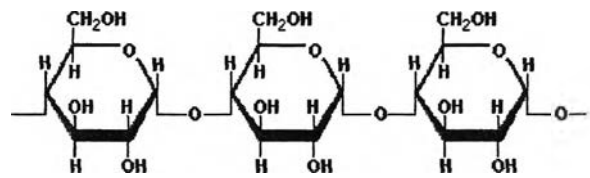
รูปที่ 2.9 แสดงองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของทรากาแคนท์

6. แป้งพรีเจลาทิไนซ์ (Pregelatinized alpha starch) (นิธิยา 2545; Rowe, Sheskey and Weller, 2003: 528-530)

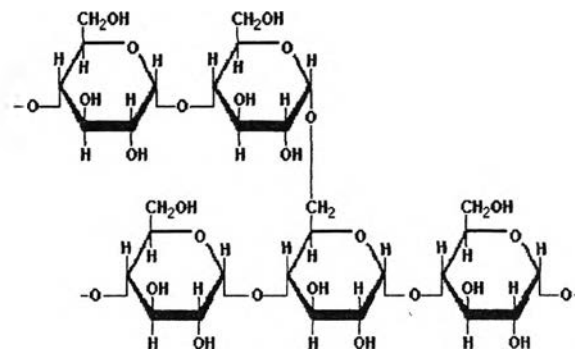
แป้งประกอบด้วยอะไมโลส (amylose) ซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์สายตรงยาว กับอะไมโลเพคติน (amylopectin) ซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์สายแขนงที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และน้ำหนักโมเลกุลสูง ในแป้งที่ได้จากธรรมชาติจะมีอะไมโลสซึ่งสามารถละลายน้ำได้เป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 20-30 และมีอะไมโลเพคตินซึ่งละลายน้ำไม่ได้อยู่ประมาณร้อยละ 70-80

ปกติแป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็นและสามารถดูดน้ำเย็นได้เพียงเล็กน้อย ความสามารถในการดูดน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการละลายแป้ง ทำให้เม็ดแป้งพองตัวมากขึ้นจนมีขนาดใหญ่และแตกออก ได้เป็นสารละลายข้นหนืด เรียกกระบวนการนี้ว่า เจลลาทิไนเซชั่น เมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเจล

แป้งพรีเจลลาทิไนซ์ คือ แป้งที่ผ่านกระบวนการดัดแปรทางกลหรือทางกายภาพ ไปดัดแปรโครงสร้างธรรมชาติของแป้ง โดยการนำแป้งไปต้มกับน้ำให้สุก (heat-moisture treatment) หลังจากนั้นนำไปทำให้แห้งใหม่ ทำให้ได้แป้งที่ได้สามารถละลายได้ในน้ำเย็น สามารถไหลแผ่ได้ สามารถบดละเอียดได้



อะไมโลส

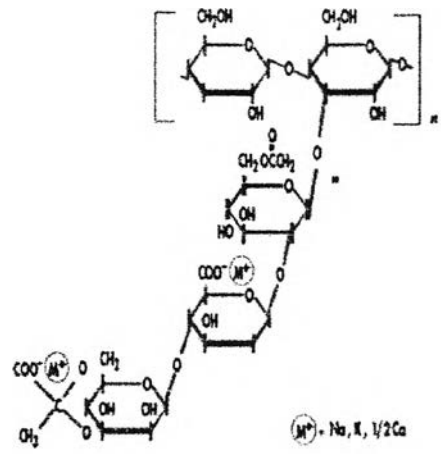


อะไมโลเพคติน

รูปที่ 2.10 แสดงองค์ประกอบหลักของแป้ง

7. **แซนแทนกัม (Xanthan gum)** (นิธิยา 2545; Rowe, Sheskey and Weller, 2003: 599-600)

แซนแทนกัม ได้จากกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตด้วยแบคทีเรีย (*Xanthomonas campestris*) หลังจากเกิดกระบวนการหมักแล้ว จะนำสารละลายที่ได้มาตกตะกอน แยกเอาแซนแทนกัมออกด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ ทำให้แห้งแล้วบดให้เป็นผงละเอียด มีสีขาว ไม่มีกลิ่น



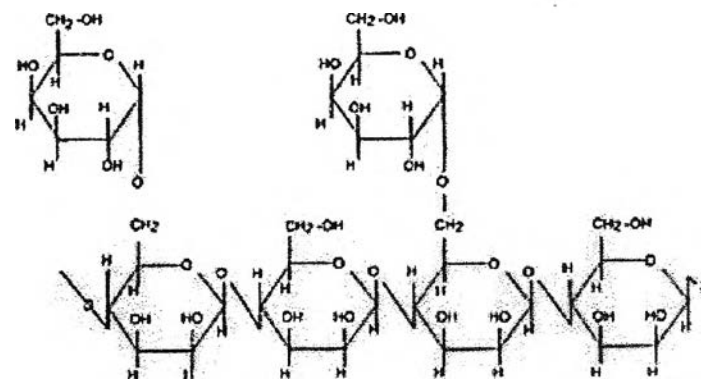
รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของแซนแทน

แซนแทนมีชื่อเรียกทางการค้าว่า Ketrol เป็นเฮเทอโรพอลิแซคคาไรด์ที่มีน้ำตาลกลูโคส แมนโนสและกรดกลูคูโรนิก ในอัตราส่วน 2.8:3:2 มีหมู่อะซิติลประมาณร้อยละ 4.7 และกรดไพรูวิกประมาณร้อยละ 3 แซนแทนมีสมบัติพิเศษที่สำคัญ คือ กระจายตัวและละลายได้ดีทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง มีความคงตัวต่ออุณหภูมิและความเป็นกรดด่าง ความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมจะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 10-100 องศาเซลเซียส หรือค่าความเป็นกรดด่างจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 3-12 ก็ตาม สามารถทำให้ปราศจากเชื้อด้วยเครื่อง autoclave สารละลายแซนแทนกัมไม่มีพิษ มีสมบัติเป็นซูโดพลาสติก นำมาใช้อย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อาหารและยา โดยทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว และทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี

8. **กัวกัม (Guar gum)** (Rowe, Sheskey and Weller, 2003: 232-233)

มีการนำกัวกัมมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและยา ได้มาจากเอนโดสเปิร์มของต้นกัว (Cyamopsis tetragonolobus) เป็นพอลิแซคคาไรด์น้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหน่วยย่อยของกาแลคแทน และ แมนแนน เมื่อสกัดได้เป็นผงสีขาวถึงสีขาวอมเหลือง ไม่มีกลิ่น ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถกระจายตัวในน้ำร้อนและน้ำเย็น และพองตัวให้

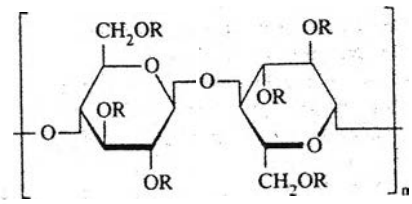
สารละลายที่มีความหนืดสูงได้ในทันที การดูดซึมน้ำเกิดได้ดีที่สุดในสภาวะความเป็นกรดด่าง 7-9 และความหนืดสูงสุดเมื่อปล่อยให้ดูดซึมน้ำไปประมาณ 2-4 ชั่วโมง มีความคงตัวในสภาวะความเป็นกรดด่างช่วง 4-10.5 แต่เมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานจะทำให้ความหนืดลดลง



รูปที่ 2.12 แสดงสูตรโครงสร้างของก้วกัม

9.ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropylmethylcellulose) (Rowe, Sheskey and Weller, 2003: 252-255)

ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส มีลักษณะเป็นผงหยาบ สีขาว ไม่มีรส ไม่มีกลิ่น ละลายได้ในน้ำเย็น ทำให้เกิดสารละลายความหนืดสูง ไม่ละลายในคลอโรฟอร์ม เอทานอล (95%) และอีเทอร์ การเตรียมสารละลายไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสควรผสมในน้ำร้อนแล้วกวนแรงๆ สารละลายที่ได้มีความคงตัวในสภาวะความเป็นกรดด่างช่วงกว้าง 3-11 ความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นิยมนำมาใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารยึดเกาะ สารเพิ่มความคงตัว และทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี



Where R is H, CH_3, or $[CH_3CH(OH)CH_2]$.

รูปที่ 2.13 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส