

บทที่ 2

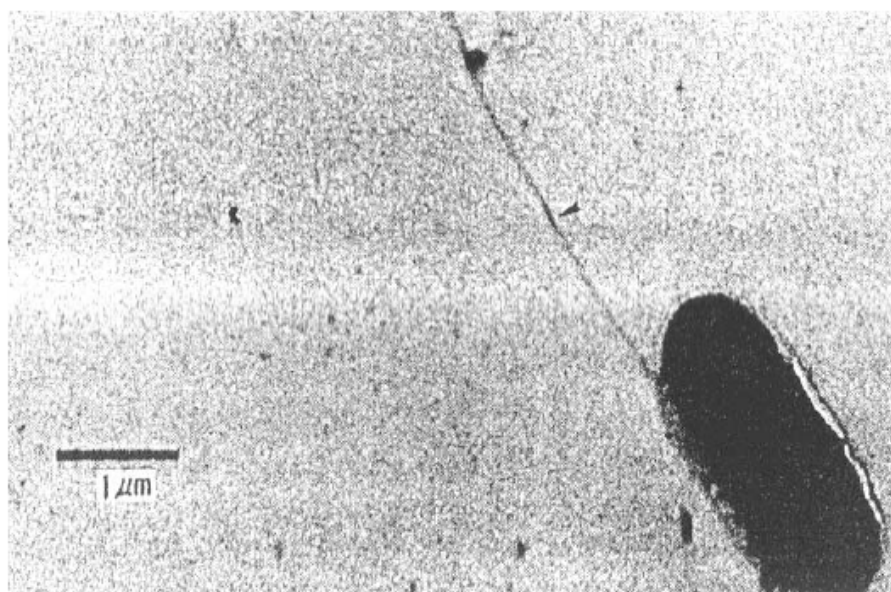
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซลลูโลสจากแบคทีเรีย

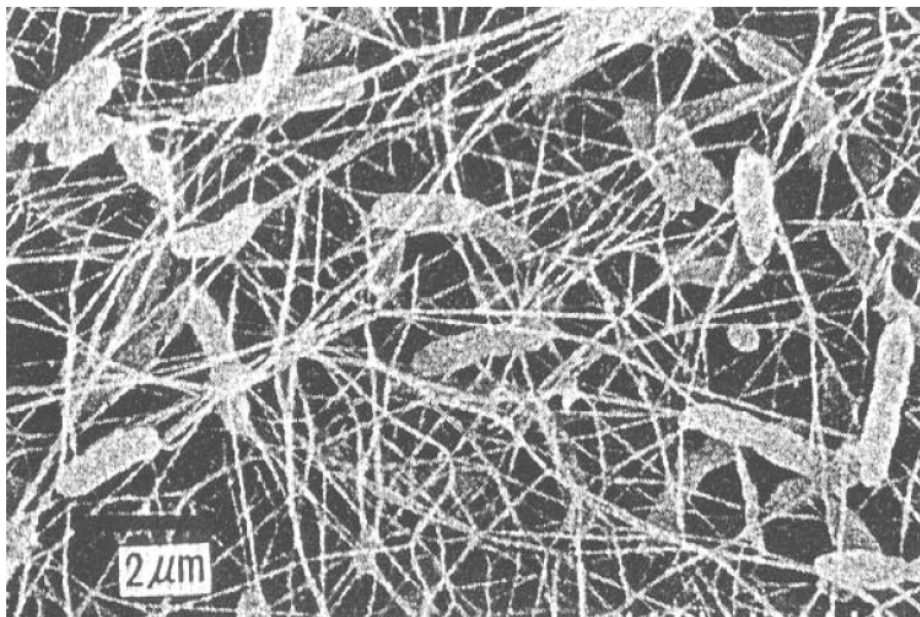
ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ จุลินทรีย์สามารถสร้างเยื่อชีวภาพ (biofilms) เช่น เซลลูโลส เพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิตของตัวเอง (Watnick และคณะ. 2000) ช่วยป้องกันตนเองจากอันตรายต่างๆภายนอกที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต (Costerton และคณะ. 1999) และจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถสังเคราะห์เซลลูโลสได้ เช่น สาหร่าย (*Vallonia* sp.) รา (*Saprolegnia* sp. *Dictyostelium* sp. *Discoideum* sp.) แบคทีเรีย (*Acetobacter* sp. *Achromobacter* sp. *Agrobacterium* sp. *Pseudomonas* sp. *Rhizobium* sp. *Sarcina* sp. *Alcaligenes* sp. *Zoogloca* sp.) แต่ไม่ใช่จุลินทรีย์ทั้งหมดที่สามารถปลดปล่อยเซลลูโลสที่สังเคราะห์ออกมาในลักษณะเส้นใยสู่ภายนอกเซลล์ได้ *Acetobacter xylinum* เป็นแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์เซลลูโลสแล้วปลดปล่อยเส้นใยเซลลูโลสออกสู่ภายนอกเซลล์ได้ เป็นสายพันธุ์ที่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการสังเคราะห์เซลลูโลสมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ เนื่องจากให้ผลผลิตเซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์สูงปราศจากลิกนิน เพคติน หรือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลสที่สังเคราะห์ได้ไม่มีความเป็นพิษ ไม่ก่อให้เกิดโรค และมีลักษณะโครงสร้างที่ดีคือ เส้นใยเซลลูโลสเป็นสายยาว ใช้เวลาในการสังเคราะห์เซลลูโลสในเวลานั้น มีคุณสมบัติเชิงกล เช่น ค่าความแข็งแรงดึง (tensile strength) และค่าสภาพการยืดหยุ่น (modulus) ที่สูง และเมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูโลสจากพืช พบว่ามีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และค่าความเป็นผลึก (crystallinity) สูงกว่าเซลลูโลสจากพืช เซลลูโลสจากแบคทีเรียจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง เช่น อาหาร อะคูสติก ไดอะแฟรมในไมโครโฟน หูฟัง ผลิตเป็นกระดาษที่มีความแข็งแรง รวมทั้งการนำมาประยุกต์ใช้ในการแพทย์ เช่น แผ่นปิดแผล ผิวหนังเทียม หลอดเลือดเทียม และเป็นโครงร่างให้แก่การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในวิศวกรรมเนื้อเยื่อ (Czaja และคณะ. 2007., Fontana และคณะ. 1997., Wan และคณะ. 2006., Wan และคณะ. 2007) แต่ทั้งนี้ลักษณะของเซลลูโลสที่ได้ขึ้นขึ้นกับชนิดสารเคมีหรือสารอาหารที่จุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโตด้วยเช่นกัน (George และคณะ. 2005)

เซลลูโลสจากแบคทีเรีย (bacterial cellulose หรือ microbial cellulose) ประเทศไทยรู้จักในชื่อวุ้นมะพร้าว (Nata de coco) เป็นสารประเภทโพลีแซคคาไรด์ ประกอบด้วยหน่วยย่อยคือ ดี-กลูโคส ต่อเป็นสายยาวด้วยพันธะเบตา 1-->4 ไกลโคซิดิก เส้นใยเซลลูโลสจะถูกปล่อยเป็นสายยาวสู่ภายนอกเซลล์ ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งแสดงการสร้างเส้นใยเซลลูโลส และปล่อยออกจากเซลล์ของแบคทีเรีย จากนั้นเส้นใยจะสานทับกัน เกิดเป็นโครงสร้างผลึก ของสายกลูแคนที่บิดเป็นริบบิ้น ส่งผลให้เกิดเป็นโครงสร้างสามมิติ ลักษณะเป็นแผ่นเจลลิตินอยู่บริเวณผิวหน้าของอาหารเหลว (Czaja และคณะ. 2007., Dubey และคณะ. 2002., Oshima และคณะ. 2008) เชื้อ *A. xylinum* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างแท่ง (rod) มักพบแบคทีเรียชนิดนี้ได้ทั่วไปในน้ำส้มสายชู เมื่อเจริญในอาหารเหลวที่มีสถานะนิ่ง อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส จะผลิตเส้นใยเซลลูโลสที่เกาะประสานตัวกันเป็นแผ่นหนาที่บริเวณผิวหน้าของอาหาร (Goelzer และคณะ. 2009., Dubey และคณะ. 2002., George และคณะ. 2005., Pandey และคณะ. 2005) ภายในแผ่นเซลลูโลสมีช่องว่างขนาดเล็ก ที่เกิดจากการสาน

ทับกันของเส้นใย และระหว่างเส้นใยเซลล์แบคทีเรียจะเจริญเติบโตอยู่ภายในแผ่น แสดงดังภาพที่ 2.2 บริเวณผิวหน้าอาหารเป็นบริเวณที่มีการสัมผัสอากาศมากที่สุด และ *A. xylinum* เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศเป็นอย่างมากในการเจริญเติบโต ดังนั้นการสังเคราะห์เซลลูโลส และอาศัยอยู่ภายในแผ่นเซลลูโลสที่สร้างขึ้น จึงช่วยให้เซลล์ของ *A. xylinum* ได้รับอากาศได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากแผ่นเซลลูโลสนั้นมีคุณสมบัติในการยอมให้อากาศ และของเหลวเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกได้ จึงช่วยรักษาความชื้น แหล่งอาหาร ให้เหมาะสมต่อการแบ่งเซลล์ ทำให้เซลล์สามารถเพิ่มจำนวนแม้อยู่บนพืชผักผลไม้ได้ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันอันตราย จากรังสีอัลตราไวโอเล็ตให้แก่เซลล์อีกด้วย (Vandamme และคณะ. 1998., Hestrins และ Schramm. 1954., Ross และคณะ. 1991)



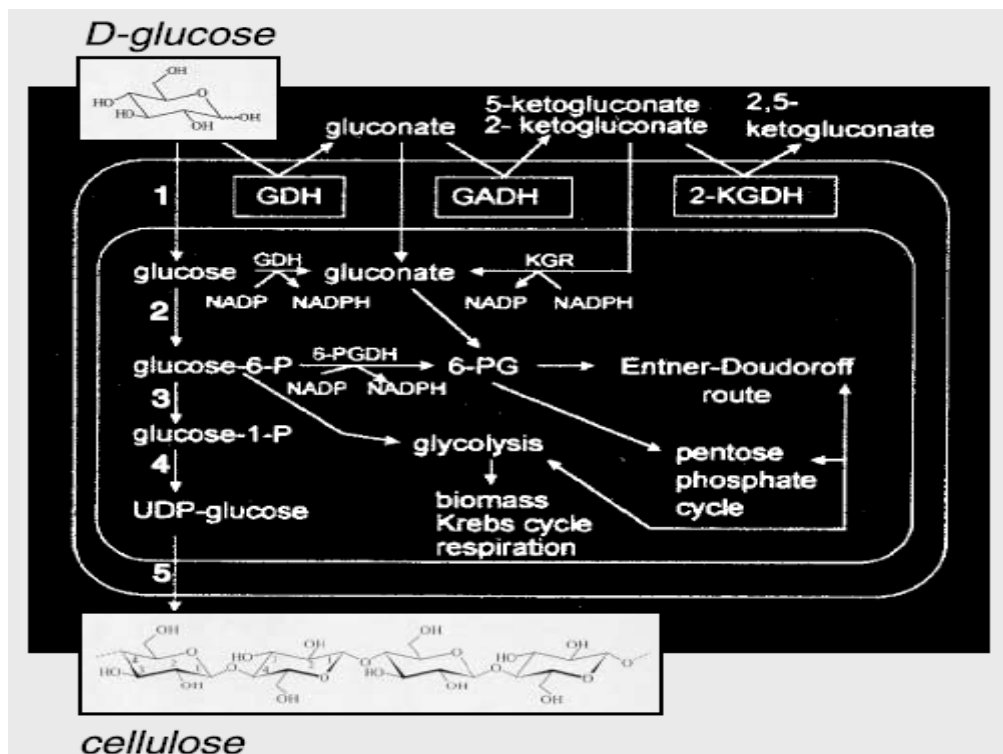
ภาพที่ 2.1 การสร้างเส้นใยเซลลูโลสจากเซลล์ของแบคทีเรียถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)
ที่มา : Klemm และคณะ (2001)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะเส้นใยเซลลูโลสที่สานทับกันเป็นโครงสร้างตาข่าย และมีเซลล์แบคทีเรียแทรกอยู่
ระหว่างเส้นใยเซลลูโลส
ที่มา : Klemm และคณะ (2001)

การสังเคราะห์เซลลูโลสเป็นการสร้างสารโมเลกุลใหญ่จากสารโมเลกุลเล็ก โดยมีวิธีการสังเคราะห์เซลลูโลสของเชื้อ *A. xylinum* แสดงดังภาพที่ 2.3 และสามารถสรุปเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. จุลินทรีย์นำ ดี-กลูโคส เข้าสู่ภายในเซลล์ โดยเอนไซม์กลูโคสเพอร์เมส (glucosepermease)
2. เปลี่ยนกลูโคสเป็นกลูโคส-6-ฟอสเฟตโดยเอนไซม์กลูโคไคเนส (glucokinase)
3. เปลี่ยนกลูโคส-6-ฟอสเฟตเป็นกลูโคส-1-ฟอสเฟตโดยเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเทส (phosphoglucomutase)
4. เปลี่ยนกลูโคส-1-ฟอสเฟตเป็น ยูดีพี-กลูโครส (UDP-glucose) โดยเอนไซม์ ยูดีพี-กลูโคสไพโรฟอสฟอเรส (UDP-glucosepyrophosphorylase)
5. เปลี่ยน UDP-glucose เป็นเซลลูโลสออกสู่นอกเซลล์โดยเอนไซม์ เซลลูโลสซินเทส (cellulosesynthase)



ภาพที่ 2.3 วิธีการสังเคราะห์เส้นใยเซลลูโลสของ *A. xylinum*
ที่มา: Klemm และคณะ (2001)

อาหารเลี้ยงเชื้อ *A. xylinum* โดยทั่วไปแล้วมักใช้สูตรอาหารของ Hestrin และ Schramm (HS medium) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาล ดี-กลูโคส ร้อยละ 5 แอมโมเนียมซัลเฟต ร้อยละ 0.1 กรดอะซิติก ร้อยละ 1 เพาะเลี้ยงในสภาวะนิ่ง เส้นใยเซลลูโลสที่ปล่อยออกมา มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-25 นาโนเมตร ซึ่งขนาดเล็กเป็น 100 เท่าของเส้นใยเซลลูโลสจากพืช มีความยาวประมาณ 1-9 ไมโครเมตร ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เนื่องจากความละเอียดของเส้นใยในระดับนาโน จึงส่งผลให้มีพื้นที่ผิวมากในการอุ้มน้ำ (มากกว่า 200 เท่าของน้ำหนักแห้ง) และด้วยเหตุเดียวกันนี้จึงส่งผลให้มีค่าความยืดหยุ่นสูง แผ่นเปียกมีค่าความแข็งแรงสูง ดูดซับของเหลวได้ในปริมาณสูงมากกว่าเซลลูโลสที่เป็นอนุพันธ์จากพืช (Klemm และคณะ. 2001., Czaja และคณะ. 2007)

2.2 วัสดุปิดแผลจากแบคทีเรียเซลลูโลส

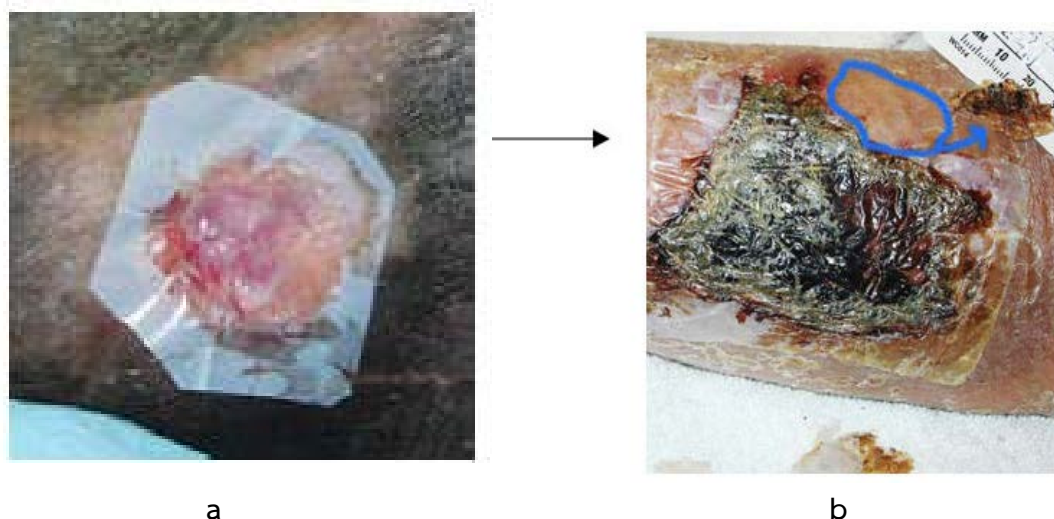
เมื่อผิวหนังถูกทำลาย เช่น จากไฟไหม้ น้ำร้อนลวกหรือบาดแผลที่มีลักษณะเรื้อรังจนผิวหนังชั้นในหรือชั้นหนังแท้ได้รับความเสียหาย ร่างกายจะไม่สามารถสร้างผิวหนังใหม่ขึ้นมาทดแทนได้ ซึ่งก่อให้เกิดความเจ็บปวดแก่ผู้ป่วย และหากร่างกายสูญเสียผิวหนังมากกว่าร้อยละ 60 ของพื้นที่ผิวหนังทั้งหมด จะเสี่ยงต่อการเสียชีวิต เนื่องจากการสูญเสียน้ำในร่างกาย และการติดเชื้อ

เชื้อที่เกิดขึ้นได้ง่าย แนวทางที่ใช้ในการรักษาหรือช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวด คือการหาวัสดุมาปิดบริเวณบาดแผล เพื่อทำหน้าที่เสมือนผิวหนังชั่วคราว หรือหาผิวหนังทดแทนชนิดถาวร โดยการขูดผิวหนังส่วนอื่นมาปลูกบริเวณแผล ซึ่งผู้ป่วยจะได้รับความเจ็บปวดเช่นกัน หากผิวหนังถูกทำลายเป็นบริเวณกว้างหรือมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ผิวร่างกายผู้ป่วยจะไม่มีผิวหนังที่ดีเหลือเพียงพอต่อการขูดมาปลูกถ่ายได้ ปัจจุบันได้มีการใช้วิธีนำเนื้อเยื่อผิวหนังของผู้ป่วยแยกเป็นเซลล์เดี่ยว นำมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ เพื่อขยายขนาด แล้วนำมาปลูกถ่ายทดแทนให้แก่ผู้ป่วย ซึ่งต้องใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการหาวัสดุปิดบาดแผล เพื่อทำหน้าที่เป็นผิวหนังชั่วคราวจึงยังคงมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยวัสดุดังกล่าวควรมีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำ ป้องกันการติดเชื้อ ร่างกายต้องไม่มีปฏิกิริยาต่อต้านต่อวัสดุนี้ และสามารถเร่งการรักษาบาดแผลโดยให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ได้เร็วขึ้น ในอดีตวัสดุที่ใช้ปิดแผลทำจากผ้า เช่น ผ้าก๊อซ หรือผ้าใยสังเคราะห์ จะก่อให้เกิดความเจ็บปวดแก่ผู้ป่วยเนื่องจากไม่สามารถรักษาความชื้น และยังทำให้บาดแผลมีการสูญเสียน้ำ ต่อมาได้มีการพัฒนาวัสดุปิดแผลที่ทำจากพอลิเมอร์หรือโฟม ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น เช่น ไฮโดรเจล ไฮโดรคอลลอยด์ จนกระทั่งในปัจจุบันได้ใช้วัสดุทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงในการใช้เป็นวัสดุปิดแผล เช่น อัลจินेट คอลลาเจน ไคโตซาน และแบคทีเรียเซลลูโลส ซึ่งวัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติด้านต่างๆที่แตกต่างกัน เช่น อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ การซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน การรักษาความชื้น การดูดซับของเหลวบริเวณบาดแผล การยึดเกาะกับบาดแผล และความยืดหยุ่นของวัสดุ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นคุณสมบัติสำคัญ ที่ใช้ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมต่อลักษณะและระดับความรุนแรงของบาดแผล

แบคทีเรียเซลลูโลสเป็นวัสดุทางชีวภาพที่มีการวิจัยในการนำมาเป็นวัสดุปิดแผลมากในระดับหนึ่ง เนื่องจากคุณสมบัติของแบคทีเรียเซลลูโลสมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุปิดแผลหลายประการ เช่น ไม่เกิดปฏิกิริยาการต่อต้านในสิ่งมีชีวิต (biocompatibility) สามารถยึดเกาะกับบาดแผลได้แนบสนิท และมีประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ไม่ให้เข้าสู่บาดแผล (Robello และคณะ. 1987., Fontana และคณะ. 1990) กำจัดของเสียของบาดแผล รักษาความชื้น ป้องกันการสูญเสียน้ำ ช่วยให้ความอบอุ่นแก่บาดแผล ซึ่งเอื้อต่อการฟื้นตัวของบาดแผล (Waring และ Parsons. 2001., Walker และคณะ. 2003) มีคุณสมบัติเป็นไฮโดรเจลธรรมชาติ ซึ่งมีคุณสมบัติดีกว่าไฮโดรเจลที่ได้จากการสังเคราะห์จากกระบวนการทางโพลิเมอร์ เช่น ประกอบด้วยน้ำสูงถึงร้อยละ 98-99 ดูดซับของเหลวได้ดี แผ่นเปียกมีค่าความแข็งแรงสูง มีความบริสุทธิ์ทางเคมีสูง ความร้อนจากการทำให้ปลอดเชื้อไม่ทำให้โครงสร้างและคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป (Klemm และคณะ. 2001) แบคทีเรียเซลลูโลสมีคุณสมบัติคล้ายผิวหนังของมนุษย์ จึงสามารถประยุกต์ใช้เป็นผิวหนังเทียม เพื่อใช้ในการรักษาบาดแผลจากการถูกไฟไหม้ได้เป็นอย่างดี (Czaja และคณะ. 2006) เส้นใยเซลลูโลสที่มีขนาดเล็กมากนี้ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระบบการสมานพันฟูปาดแผลมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Czaja และคณะ. 2006., George และคณะ. 2005., Grzegorzczyn และ Ezak. 2007) แผ่นเซลลูโลสสามารถกักเก็บน้ำได้สูง ไม่แห้ง มีความเป็นรูพรุนสูง ยอมให้สารปฏิชีวนะหรือตัวยาผ่านเข้าสู่แผลได้ และมีประสิทธิภาพในการป้องกันการติดเชื้อจากภายนอกได้ (Czaja และคณะ. 2006., Grzegorzczyn และ Ezak. 2007., Pitanguy และคณะ. 1988) ด้วยคุณสมบัติต่างๆของเซลลูโลสจากแบคทีเรียที่กล่าวมานั้น ช่วยสนับสนุนให้เซลลูโลสเป็นวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุปิดแผล (Dubey และคณะ. 2002., Ciechanska. 2004., Pitanguy และคณะ. 1988) นอกจากนี้แบคทีเรียเซลลูโลส ยังถูกนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์อื่นๆ เช่น หลอดเลือดเทียม โครงสร้างค้ำจุนในวิศวกรรม

เนื้อเยื่อกระดูกอ่อน (Ring และคณะ. 1986., Fontana. 1990., Klemm และคณะ. 2001., Alvarez และคณะ. 2004., Svensson และคณะ. 2005)

ปัจจุบันแผ่นปิดแผลที่ผลิตจากแบคทีเรียเซลลูโลสมีการผลิตและจำหน่ายสู่ตลาด และมีเครื่องหมายการค้า เช่น Biofill[®] Gengiflex[®] และ DermaFill[®] ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะการใช้งานจริงของแผ่นปิดแผลจากแบคทีเรียเซลลูโลส ยี่ห้อ DermaFill[®] ซึ่งสามารถยึดเกาะกับบาดแผลได้ และมีการหลุดลอกออกจากบาดแผลได้โดยไม่ทำลายเนื้อเยื่อใหม่ที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 2.4 การใช้แผ่นปิดแผลจากแบคทีเรียเซลลูโลสของ DermaFill[®] ซึ่งสามารถปิดที่บาดแผลได้โดยไม่ต้องปิดทับด้วยสิ่งใด (a) และการหลุดลอกออกได้เองของแผ่นปิดแผล (b)

ที่มา: <http://www.mctdermafill.com/education.html>

2.3 การทดสอบวัสดุและผลิตภัณฑ์การแพทย์ (กมลรัตน์ ธนัทประภัทร์ และคณะ. 2548)

การทดสอบผลิตภัณฑ์การแพทย์มีความจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ทดสอบในทุกขั้นตอนการผลิต นับตั้งแต่การวิเคราะห์ทดสอบวัตถุดิบ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่ปลอดภัยและปราศจากความเป็นพิษ เพื่อนำมาใช้ในการผลิต การวิเคราะห์ทดสอบในระหว่างกระบวนการผลิต ไปจนถึงการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์ก่อนนำออกจำหน่ายใช้งาน

ข้อควรพิจารณาในการเลือกวัตถุดิบชนิดหนึ่งๆ เพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ มีหลายประการ เช่น วัตถุดิบที่เลือกใช้ต้องไม่มีสารเคมีตกค้างที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ วัตถุดิบเหล่านั้นเมื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แล้วต้องไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติภายหลังผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) ดังนั้นในการวิเคราะห์ทดสอบวัตถุดิบ ควรดำเนินการตั้งแต่การวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ทางเคมี ทางกล และทางชีววิทยา รวมถึงการทดสอบความเป็นพิษเบื้องต้น (screening test) ของวัตถุดิบ เมื่อมีการปรับปรุงสูตร หรือมีการเปลี่ยนแปลงแหล่งที่จัดซื้อวัตถุดิบ นอกจากนี้ในระหว่างกระบวนการผลิต ควรมีการวิเคราะห์ทดสอบวัสดุ อุปกรณ์การแพทย์ จึงจำเป็นต้องมีการเลือกใช้

กระบวนการผลิตที่เหมาะสมในแต่ละขั้นตอนต่าง ๆ ที่จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านการเปลี่ยนแปลงสมบัติของวัสดุ โดยเฉพาะสมบัติที่พื้นผิว และด้านความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการวิเคราะห์ทดสอบ เพื่อควบคุมมาตรฐานของกระบวนการผลิตและสภาวะแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มวัสดุอุปกรณ์การแพทย์ แม้ว่าจะผลิตจากวัตถุดิบที่จัดเป็นเกรดทางการแพทย์ (medical grade) ได้ เมื่อถูกแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ก็จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ตรวจสอบสมบัติ ทางเคมี ทางกล และทางชีววิทยา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานตามวัตถุประสงค์ และมีการตรวจสอบเพื่อยืนยันความปลอดภัยก่อนออกจำหน่ายและนำไปใช้งานกับผู้ป่วย การทดสอบที่จำเป็น เช่น การทดสอบหาสารเคมีตกค้างบนผลิตภัณฑ์ การทดสอบความเป็นพิษ (cytotoxicity test) การทดสอบความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อมนุษย์ (biocompatibility) การทดสอบอายุการใช้งาน (Shelf life qualification) เป็นต้น

2.3.1 สมบัติเฉพาะของวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์

วัสดุอุปกรณ์การแพทย์ควรมีสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.3.1.1 สมบัติทางชีววิทยา (Biological Properties)

1. ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์และเนื้อเยื่อ รวมถึงระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย
2. มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเซลล์และเนื้อเยื่อ
3. มีความจำเพาะต่อเซลล์และเนื้อเยื่อในบริเวณที่เข้าไปแทนที่
4. มีความสามารถในการเหนี่ยวนำและไม่เหนี่ยวนำให้เซลล์และเนื้อเยื่อ โดยรอบตำแหน่งที่ใส่วัสดุฝังใน ให้มีการเจริญเติบโตบนพื้นผิวของวัสดุ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

2.3.1.2 สมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

1. มีความทนทานต่อการกัดกร่อนเมื่ออยู่ภายในร่างกาย
2. มีความสามารถในการย่อยสลายได้ด้วยกลไกต่าง ๆ ภายในร่างกายตามระยะเวลาที่เหมาะสมและสารที่เกิดจากการย่อยสลายจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย โดยอัตราการสลายตัวของวัสดุที่ดีจะต้องสอดคล้องกับอัตราการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อที่เข้าไปแทนที่ หรือต้องไม่ย่อยสลาย ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

2.3.1.3 สมบัติทางกล (Mechanical Properties)

1. มีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับน้ำหนักของร่างกายในบริเวณที่ใช้งาน
2. มีค่าโมดูลัสที่ใกล้เคียงกับบริเวณที่เข้าไปแทนที่
3. มีความทนทานสูงต่อการขัดสี (ไม่เกิดอนุภาคหลุดออกมาได้ง่าย)

2.3.2 ประเภทของวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์

เพื่อทราบถึงวิธีการทดสอบที่ถูกต้องและเหมาะสม จึงจำเป็นต้องมีการจัดจำแนกวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์ ออกเป็นประเภทต่าง ๆ ซึ่งปัจจุบันสามารถจำแนกประเภทโดยพิจารณาจากบริเวณที่มีการสัมผัสและระยะเวลาในการสัมผัสกับร่างกาย โดยจะพิจารณา ทั้งสองแบบควบคู่กัน ซึ่งวัสดุตกแต่งแผล (Wound dressing) จัดเป็นวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์ ประเภทที่สัมผัสกับผิว

ของร่างกาย (Surface-contacting devices) ชนิดที่สัมผัสกับส่วนที่เป็นบาดแผล ส่วนระยะเวลาที่สัมผัสแบ่งได้ดังนี้

- a. ระยะเวลาในการใช้งานไม่เกิน 24 ชั่วโมง (limited exposure)
- b. ระยะเวลาในการใช้งานตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 30 วัน (prolonged exposure)
- c. ระยะเวลาในการใช้งานเกินกว่า 30 วัน ขึ้นไป (permanent contact)

ดังนั้นวัสดุตกแต่งแผล ซึ่งจัดอยู่ในประเภทที่สัมผัสกับส่วนที่เป็นบาดแผล (Breached or compromised surface) มีการทดสอบเบื้องต้น (Initial evaluation/screening test) ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบพื้นฐานที่วัสดุอุปกรณ์การแพทย์แต่ละประเภทจำเป็นต้องดำเนินการตามที่กำหนด โดยแบ่งตามระยะเวลาที่สัมผัส คือวัสดุที่มีระยะเวลานานขึ้น จะต้องทำการทดสอบระดับที่จำเพาะเจาะจง โดยคำนึงถึงความปลอดภัยสูงขึ้น

สมบัติเบื้องต้นที่สำคัญด้านชีววิทยาที่วัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์แทบทุกชนิดจำเป็นต้องมี ได้แก่ ความไม่เป็นพิษต่อเซลล์ และเนื้อเยื่อ รวมถึงระบบต่างๆภายในร่างกาย หากเป็นวัสดุฝังในจะต้องมีสมบัติของการเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเซลล์และเนื้อเยื่อ วิธีการทาง *in vitro* ที่นิยมใช้ทดสอบ ได้แก่ การทดสอบความเป็นพิษ (*in vitro* cytotoxicity testing) และการทดสอบความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility testing)

2.3.3 การทดสอบความเป็นพิษ (*in vitro* Cytotoxicity Testing)

การทดสอบความเป็นพิษเป็นวิธีการทดสอบที่ดำเนินการภายในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) จัดเป็นวิธีการทดสอบเบื้องต้น (screening test) เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก วิธีการทดสอบ เช่น

1) วิธี Test on Extracts

เป็นการทดสอบเพื่อประเมินการตอบสนองของเซลล์เพาะเลี้ยงต่อสิ่งที่สกัดได้จากตัวอย่างที่ทดสอบ โดยการประเมินผลจากการถูกทำลายของเซลล์ วิธีนี้เหมาะสำหรับวัสดุอุปกรณ์การแพทย์ทุกประเภท

2) วิธี Agar overlay

เป็นการทดสอบความเป็นพิษของตัวอย่าง โดยการทดสอบตัวอย่างกับเซลล์ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง (Agar media) และประเมินความเป็นพิษของตัวอย่างต่อเซลล์โดยพิจารณาจากการถูกทำลายของเซลล์ในอาหารแข็ง วิธีนี้เหมาะกับวัสดุอุปกรณ์การแพทย์ที่อยู่ในรูปของเหลว

ในการเลือกวิธีการทดสอบนั้น เบื้องต้นจะพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของวัสดุอุปกรณ์การแพทย์ที่ต้องทดสอบ เช่น วัสดุอุปกรณ์การแพทย์ที่เป็นของแข็ง มีรูปร่างชัดเจน สามารถวัดหรือทำการชั่งน้ำหนักได้ วิธีทดสอบมักเลือกใช้วิธีหนึ่งได้แก่ วิธี test on extracts ซึ่งเป็นการทดสอบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบมีการปลดปล่อยสิ่งที่มีความเป็นพิษ หรือสารเคมีตกค้างที่มีผลกระทบต่อเซลล์ที่ใช้ทดสอบหรือไม่ ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบนั้นจะขึ้นอยู่กับวิธีการทดสอบที่เลือกใช้ สามารถวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบผลเชิงคุณภาพ (qualitative) และ/หรือเชิงปริมาณ (quantitative) กับผลของชุดควบคุมต่าง ๆ ได้แก่ ชุดควบคุมผลลบ (negative control) ชุดควบคุม

รีเอเจนท์ (reagent control) ซึ่งเป็นชุดควบคุมที่ไม่แสดงผลใด ๆ ของการทำลายเซลล์ และชุดควบคุมผลบวก (positive control) ซึ่งจะแสดงผลของการถูกทำลายของเซลล์อย่างชัดเจน การติดตามผลดำเนินการด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง

ในการวิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพ จะพิจารณาจากการถูกทำลายของเซลล์ เช่น ความสามารถในการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิววัสดุ (cell attachment) รูปร่างของเซลล์ (cell morphology) การเกิดช่องว่างภายในเซลล์ (vacuolization) การถูกทำลายของเซลล์ (cell lysis) ในการวิเคราะห์ผลจะมีเกณฑ์การตัดสินเพื่อใช้ในการพิจารณา ซึ่งจะมีในเอกสารมาตรฐานบางฉบับได้กำหนดไว้ เช่น ISO 10993 และ USP 28 เป็นต้น ในการวิเคราะห์ผลเชิงปริมาณ จะแสดงผลเป็นจำนวนตัวเลขโดยพิจารณาจากผลการวัดการตายของเซลล์ และการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ ได้แก่จำนวนเซลล์ ปริมาณของโปรตีน การปลดปล่อยและการลดลงของสีย้อมเซลล์ (vital dye) เป็นต้น

2.3.4 การทดสอบความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility testing)

ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ คือความสามารถเข้ากันได้ทางชีวภาพของวัสดุกับเนื้อเยื่อในร่างกายบริเวณตำแหน่งที่วัสดุเข้าไปแทนที่อยู่ โดยมีหรือไม่มีอาการเจริญของเนื้อเยื่อที่ปกติบนพื้นผิวหรือเจริญเข้าไปภายในจนเป็นเนื้อเดียวกันกับวัสดุทั้งนี้จะไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาการระคายเคือง อักเสบ การแพ้ การตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอม รวมถึงต้องไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง ในกรณีที่เป็นวัสดุที่ไม่มีสมบัติดังกล่าว เมื่อเข้าสู่ร่างกาย และร่างกายมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอม จะเกิดการสร้างเนื้อเยื่อพังผืดขึ้นล้อมรอบวัสดุที่ใส่เข้าไปทำให้ร่างกายเกิดความผิดปกติ ในการตอบสนองความเข้ากันได้ทางชีวภาพ โดยทั่วไปแล้ววิธีที่ใช้ในการทดสอบมี 2 วิธี ได้แก่

1. *In vivo* test เป็นการทดสอบภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตโดยผ่าตัดใส่วัสดุฝังในเข้าไปในร่างกายของสัตว์ทดลอง
2. *In vitro* test เป็นการทดสอบในสภาวะจำลองเสมือนในร่างกายซึ่งกระทำภายในห้องปฏิบัติการ โดยการนำเซลล์เลี้ยงหรือเซลล์ที่เติบโตจากเนื้อเยื่อมาทดสอบโดยตรงกับพื้นผิวของวัสดุ ซึ่งจำเป็นต้องเลือกใช้ชนิดของเซลล์ที่เหมาะสมกับการใช้งานของวัสดุ การทดสอบสามารถใช้ ศักยภาพการยึดเกาะของเซลล์ การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนของเซลล์บนพื้นผิววัสดุ เป็นต้น

2.4 มังคุด

มังคุดชื่อสามัญ mangosteen ชื่อทางพฤกษศาสตร์ (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นผลไม้เมืองร้อน จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae มักเจริญเติบโตในเขตร้อนชื้นของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ในเขตประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย ศรีลังกา ฟิลิปปินส์ และประเทศไทย ประชาชนในเขตดังกล่าวนำสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเปลือกผลมังคุด มาใช้ในทางการค้าด้านเภสัชกรรม โดยใช้รักษาอาการปวดท้อง ท้องร่วง โรคบิด แผลติดเชื้อ แผลเป็นหนอง และมะเร็งเรื้อรัง (Jose และคณะ. 2008)

มังคุดมีลำต้นสูงประมาณ 6-25 เมตร ใบเป็นแบบใบเดี่ยว ขนาดใหญ่ ลักษณะคล้ายรูปไข่ กว้าง 4.5 - 10 เซนติเมตร ยาว 25-35 เซนติเมตร เปลือกผลมีสีม่วงเข้มหรือแดงเข้ม เนื้อผลสีขาว

นุ่ม และชุ่มน้ำ รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย และมีกลิ่นหอม มังคุดได้รับสมญานามว่า ราชีนีแห่งผลไม้ เนื่องจากเป็นหนึ่งในด้านรสชาติของผลไม้เมืองร้อน เปลือกของผลมังคุดมีประโยชน์ทางด้านเภสัชกรรม ประเทศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นำมาใช้รักษาอาการสิว และแผลติดเชื้อ (Mahabusarakam และคณะ. 1987., Pierce. 2003) โรคมืดอะมีบา (Garnett และ Sturton. 1932., Chopra และคณะ. 1956) เปลือกมังคุดนำมาใช้ในการป้องกันแผลติดเชื้อ และแผลเป็นหนอง (Balasubramanian และ Rajagopalan. 1988) และบิด (Sen และคณะ. 1980) นอกจากนี้สารจากเปลือกมังคุดยังเป็นสารที่มีความปลอดภัยสูง (พิเชษฐ วิริยจิตรา. 2531)

มีการศึกษาวิจัยถึงสารสกัดของมังคุดพบว่า เปลือกมังคุดอุดมด้วยสารในกลุ่มของแซนโทน ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ต้านการเกิดมะเร็ง (antitumoral) ต้านอาการภูมิแพ้ (antiallergic) ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) ต้านเชื้อแบคทีเรีย (antibacterial) ต้านเชื้อไวรัส (antiviral) ต้านเชื้อรา (antifungal) นอกจากนี้สามารถพบแซนโทนในส่วนของลำต้น ผล และใบ (Jung และคณะ. 2006., Jose และคณะ. 2008)

สารสกัดจากเปลือกมังคุดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และต้านเชื้อ *S. aureus*, *Helicobacter pylori*, *Propionibacterium acnes* และ *S. epidermidis* (Mahabusarakum และคณะ. 1983., Chomnawang และคณะ. 2005., Chomnawang และคณะ. 2007., Kosem และคณะ. 2007., Hen และคณะ. 2008., Itoh และคณะ. 2008)

สารสกัดเปลือกมังคุดมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย อันเป็นสาเหตุของการเกิดหนอง คือ *Staphylococcus aureus* และ *S. aureus* ที่ดื้อยา methicillin (MRSA) (ธวัชชัย เชื้อประไพศิลป์ และคณะ. 2536., เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร และคณะ. 2537., Sutabhaha และคณะ. 1997) ส่วนสารจากการสกัดเปลือกมังคุดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ จะให้ผลยับยั้งแบคทีเรีย ด้วยความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) และฆ่าแบคทีเรียด้วยความเข้มข้นต่ำสุด (MBC) ต่อ MRSA ได้ดีกว่ายาปฏิชีวนะ methicillin ถึง 20 เท่า และ 100 เท่า ตามลำดับ แต่ให้ผลยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MIC และ MBC) ต่อ *S. aureus* เท่ากับ ยาปฏิชีวนะ methicillin (Sutabhaha และคณะ. 1997) สารสกัดจากมังคุดมีฤทธิ์ต้านการอักเสบได้เป็น 3 เท่าของแอสไพริน (ธวัชชัย เชื้อประไพศิลป์ และคณะ. 2536) สารสกัดจากเปลือกมังคุดชื่อว่า แมนโกสติน (Mangostin) เมื่อกรอกปากหรือฉีดเข้าช่องท้องหนูขาว มีผลระงับการอักเสบที่อุ้งเท้าหนู (Shankaranarayan และคณะ. 1979)

2.5 ไพล

ไพล จัดเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่ง ที่มีมากในประเทศไทยและใช้ในการบรรเทาอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เคล็ดขัดยอก และผิวหนังอักเสบ รวมทั้งช่วยในเรื่องของฝี หนอง สิว แผลงัดกัดตอย และรักษาโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ

ไพล มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Zingiber cassumunar* Roxb. จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ชื่อพ้องได้แก่ *Zingiber cassumunar* Roxb. *Zingiber purpureum* Roscoe. และชื่อท้องถิ่น เช่น ปุลอย ปุเลย มั่นสะล่าง ว่านไฟ เป็นพืชล้มลุก ตระกูลเดียวกับพริกขิงและข่า ใบเล็กยาว ปลายใบแหลม เหง้าไพล มีสีเหลืองอมเขียว กลิ่นหอม ต้นสูง 1-1.5 เมตร เป็นไม้ล้มลุกเจริญงอกงามในฤดูฝนและแห้งตายในฤดูหนาว ตามภูมิปัญญาไทย จะใช้ใบไพล แก้อาการคลื่นไส้อาเจียน

เมื่อย ดอกไพลใช้กระจายเลือดที่เป็นลิ่มเป็นก้อน รากไพล ใช้แก้เลือดกำเดาออกทางจมูก แก้อาเจียน เป็นโลหิต หัวไพล ใช้ขับระดูประจำเดือนสตรี มักใช้เหง้าไพล ฝนทาแก้อาการบวม เคล็ดขัดยอก หรือ โขลกพอกบาดแผลเพื่อสมานแผล ในยาแผนไทยใช้ไพลเข้าเป็นตัวยาลึกในตำรับยาสามัญประจำบ้าน ชื่อว่า ยาประสะไพล ซึ่งใช้แก้อาการจุกเสียด แก่ระดูไม่ปกติ ขับน้ำคาวปลา หรือเป็นยาประคบ แก้ปวดเมื่อย เป็นต้น

สารสกัดไพลจากส่วนใบ และเหง้าไพล (*Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade) จากการสกัดด้วยน้ำ เมื่อนำมาทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ โดยเทคนิค micro-dilution พบว่าสารสกัดทั้งจากส่วนใบและเหง้า สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Bacillus licheniformis*, *B. spizizenii* และ *S. aureus* และแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Escherichia coli* *Klebsiella pneumoniae* และ *Pseudomonas stutzeri* (Sivasothy และคณะ. 2010)

น้ำมันสกัดจากไพล (*Zingiber cassumunar*) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของ จุลินทรีย์ได้หลายชนิด ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ เชื้อราที่มักพบการเจริญบนผิวหนัง (dermatophytes) และยีสต์ (yeasts) โดยมีผลต่อ dermatophytes มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ยีสต์ และ แบคทีเรียตามลำดับ (Pithayanukul และคณะ. 2007)

(E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene (DMPBD) ซึ่งสกัดจากไพล (*Zingiber cassumunar* Roxb.) สามารถลดการบวม (edema) บริเวณหูของหนูได้ดีกว่ายาที่ใช้แบบมาตรฐาน และลดการอักเสบได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Jeenapongsa และคณะ. 2003)

สารสกัดไพลที่สกัดด้วยเฮกเซน มีฤทธิ์ในการลดการอักเสบได้ (Pongprayoon. 1997) สาร cassumunarins ที่พบในไพล มีฤทธิ์ด้านการอักเสบที่หูของหนูได้ดีกว่าสาร curcumin (Masuda และคณะ. 1995) จากการทดสอบสารชนิดหนึ่งที่แยกได้จากไพลที่สกัดด้วยเมทานอล พบว่ามีฤทธิ์ลดการหลั่งสารที่ทำให้เกิดการแพ้ และอักเสบของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ (fibroblast) ผิวหนังมนุษย์ (Masahiro และคณะ. 2004)

สารสกัดจากไพลที่สกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ แสดงฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค ของระบบทางเดินหายใจ แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* *S. aureus* และ *K. pneumoniae* ได้ (Habsah และคณะ. 2000) ส่วนสารสกัดจากไพลด้วย ไดเอทิลอีเทอร์ น้ำ และ ปีโตรเลียมอีเทอร์ ไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* *E. coli* *P. aeruginosa* และ *S. aureus* (อารีรัตน์ ลออปักษา และ สุรัตนา อำนวยผล. 2531)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุดมลักษณ์ สุขอิตตะ และคณะ (2549) ศึกษาการสกัดและการออกฤทธิ์ยับยั้ง เชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกมังคุด จากการนำเปลือกมังคุดสดและแห้ง มาทำการสกัดด้วยตัว ทำละลายเอทานอลและการสกัดเปลือกมังคุดสดและแห้ง แบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน อะซิโตน และ เมทานอล โดยใช้วิธีการสกัดเย็น (Maceration) และวิธีการสกัดร้อนด้วย เครื่อง Soxhlet extraction apparatus พบว่าการสกัดสารจากเปลือกมังคุดแห้งด้วยตัวทำละลายเอ ทานอลได้สารสกัดหยาบมากที่สุดคือ ร้อยละ 26.59 จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจาก

เปลือกมังคุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ 5 ชนิด คือ *S. Aureus* *S. epidermidis* *P. acnes* *Candida albicans* และ *Trichophyton mentagrophytes* ด้วยวิธี disc diffusion พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดสดโดยวิธีการสกัดเย็นด้วยเอทานอล มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* *S. epidermidis* *P. acnes*. และ *T. mentagrophytes* ได้ดีที่สุด สารสกัดจากเปลือกมังคุดไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. albicans* เมื่อนำสารสกัดจากเปลือกมังคุดสดจากการสกัดเย็นด้วยเอทานอล มาทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดโดยวิธี agar dilution พบว่า มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* *P. acnes* *S. epidermidis* *T. mentagrophytes* ได้เท่ากับ 128 256 4096 และ 8192 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ตามลำดับ

Maneerung และคณะ (2008) ศึกษาการผลิตแผ่นวัสดุปิดแผล โดยใช้เซลลูโลสจากแบคทีเรีย ซึ่งทำให้อิมมัลชันด้วยสารละลายซิลเวอร์นาโน (silver nano) โดยนำเซลลูโลสที่ผลิตจากเชื้อ *A. xylinum* TISTR 976 จุ่มลงในสารละลายซิลเวอร์นาโนในเตรท เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ให้แก่แผ่นเซลลูโลส ซึ่งเมื่อนำมาทดสอบการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* โดยวิธี disc diffusion และวิธี colony forming count พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ได้ดี โดยเมื่อใส่แผ่นเซลลูโลสที่อิมมัลชันด้วยซิลเวอร์นาโน ในอาหารเหลวที่มีเชื้อทั้งสองชนิด พบว่าจำนวนการเจริญเติบโตเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ลดลงคิดเป็นร้อยละ 99.9 และ 99.7 ตามลำดับ

จตุวัตร ผดุงการ และคณะ (2009) ศึกษาแผ่นแปะต้านเชื้อแบคทีเรียจากสารสกัดเปลือกมังคุด โดยการสกัดสารแอลฟาแมงโกสติน (α -mangostin) จากเปลือกมังคุด(*Garcinia mangostana* L.) ด้วย เอทานอล แยกให้เป็นสารบริสุทธิ์โดยใช้คอลัมน์โครมาโตกราฟี ซึ่งพบว่าสามารถสกัดสาร α -mangostin เท่ากับ ร้อยละ 77.86 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ของปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุด จากนั้นจึงนำสารสกัดจากเปลือกมังคุดไปทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. epidermidis* *S. aureus* และ *P. acnes* พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ โดยมีค่า MIC ต่อเชื้อทั้ง 3 ชนิดเท่ากับ 1.95 3.9 และ 3.9 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดจากเปลือกมังคุด มาพัฒนาเป็นสูตรตำรับแผ่นแปะเพื่อต้านเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้ เพคติน (pectin) ผงวุ้น (agar) โซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) และเอทิลเซลลูโลส (ethyl cellulose) เป็นส่วนประกอบ พบว่าแผ่นแปะที่ประกอบด้วยสารเหล่านี้ ยกเว้นเอทิลเซลลูโลสมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ *S. epidermidis* *S. aureus* และ *P. acnes*

นุศวัตี พจนานุกิจ และสมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม (2010) ทำการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิวของสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบการยับยั้งเชื้อ *P. acnes* และ *S. aureus* โดยสมุนไพรที่ศึกษาคือ เปลือกมังคุด ขมิ้นชัน และใบบัวบก นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สกัดได้ ด้วยเทคนิค HPLC พบว่าสามารถสกัดแซนโทน (xanthone) จากเปลือกมังคุดได้ 1.1929 มิลลิกรัมต่อกรัมของเปลือกมังคุด สารเคอร์คูมิน จากขมิ้นชัน 0.8753 มิลลิกรัมต่อกรัมของขมิ้นชัน และสารเอเซียติโคไซด์ กับสารกรดเอเซียติกจากใบบัวบก ได้ 0.0142 และ 0.096 มิลลิกรัมต่อกรัมของใบบัวบก ตามลำดับ จากการทดสอบการยับยั้งเชื้อของสารสกัดพบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีบริเวณยับยั้งเชื้อ (Inhibition zone) มากกว่าสารสกัดจากขมิ้นชัน

และใบบัวบก ที่ความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากัน และการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ (MIC) ของสารสกัดจาก เปลือกมังคุด ขมิ้นชัน และใบบัวบก ต่อเชื้อ *P. acnes* มีค่าเท่ากับ 12.5 25.0 และ 200.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และต่อเชื้อ *S. aureus* มีค่าเท่ากับ 6.25 12.5 และ 200.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และค่าเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อ (MBC) ของสารสกัดจาก เปลือกมังคุด ขมิ้นชัน และใบบัวบก ต่อเชื้อ *P. acnes* มีค่าเท่ากับ 25.0 50.0 และ 200.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ต่อเชื้อ *S. aureus* มีค่าเท่ากับ 12.5 50.0 และ 200.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อของสารสกัดจากพืชทั้งสามชนิด พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้สูงสุด

Saibuatong และ Phisalaphong (2010) ศึกษาการผลิตแผ่นคอมโพสิตระหว่างเซลลูโลสกับเจลวุ้นหางจระเข้ โดยการเติมเจลวุ้นหางจระเข้ ในอาหารเลี้ยงเชื้อระหว่างการผลิตเซลลูโลสของแบคทีเรีย โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำมะพร้าว เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 แอมโมเนียมซัลเฟต ร้อยละ 0.5 และกรดอะซิติก ร้อยละ 1 เติมเจลวุ้นหางจระเข้ ปริมาตรร้อยละ 0-50 โดยปริมาตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เติมหิวเชื้อ *A. xylinum* เพาะเลี้ยงในจานเพาะเชื้อ สภาะนิ่ง อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7-10 วัน หลังจากนั้นล้างตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากไอออน แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างตัวอย่างจนมีค่า pH เป็นกลาง จึงนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเจลวุ้นหางจระเข้กับเส้นใยเซลลูโลส และเมื่อนำแผ่นคอมโพสิตระหว่างเซลลูโลสกับเจลวุ้นหางจระเข้ ทดสอบค่าความแข็งแรงเชิงกล ความเป็นผลึก การดูดซับน้ำ และการซึมผ่านของน้ำเปรียบเทียบค่าการทดสอบกับเซลลูโลสปกติ พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบขนาดของรูพรุน (pore size) ของแผ่นคอมโพสิตแบบแห้ง กับแผ่นเซลลูโลสปกติ พบว่า ขนาดของรูพรุนเฉลี่ยของแผ่นคอมโพสิตมีค่าลดลงประมาณ 1/5 ของแผ่นเซลลูโลสปกติ ซึ่งส่งผลให้การซึมผ่านของน้ำลดลง