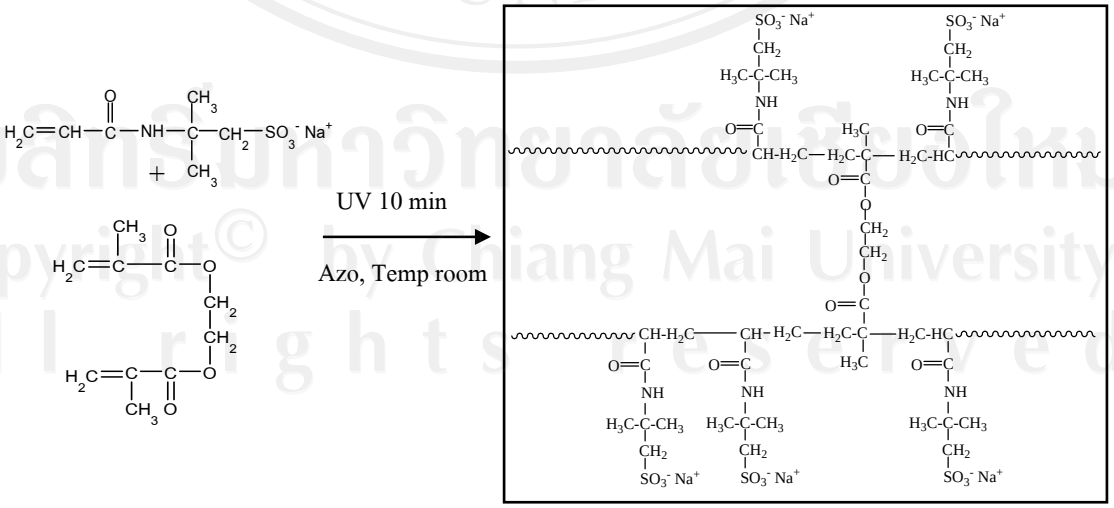
บทที่ 4
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การสังเคราะห์ไฮโดรเจล poly(AMPS-Na^+)

งานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์ไฮโดรเจล poly(AMPS-Na^+) ในระบบพอลิเมอไรเซชันที่แตกต่างกัน ได้แก่ระบบริเริ่มโดย ความร้อน รีดอกซ์ และแสงอัลตร้าไวโอเลต วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิผลของความเข้มข้นมอนอเมอร์แตกต่างกัน (30-60% w/v) ปริมาณตัวเชื่อมต่อสายโซ่แตกต่างกัน (EGDM 0.1-3.0% mole) และชนิดตัวเชื่อมต่อสายโซ่แตกต่างกัน (EGDM และ NMBA) ด้วยปฏิกิริยาฟรีแรดิคอลพอลิเมอไรเซชันในระบบที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ โดยออกแบบให้โครงสร้างพอลิเมอร์มีลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายซึ่งมีความเป็นไฮโดรฟิลิก เพื่อจะสามารถดูดซับและกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้าง มีความชุ่มชื้น รวมถึงไม่ถูกละลายในตัวทำละลายใดๆ และเพื่อความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นวัสดุปิดแผลจึงได้ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มบาง โดยแม่พิมพ์แนวตั้งซึ่งสามารถควบคุมความหนาได้โดยการใช้แผ่นกั้น (spacer) ที่มีความหนาต่างๆ กัน ตัวอย่างปฏิกิริยาการสังเคราะห์ไฮโดรเจล poly(AMPS-Na^+) ที่ใช้ตัวเชื่อมต่อสายโซ่ชนิด EGDM และใช้ระบบริเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบแสงอัลตร้าไวโอเลตแสดงดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปของแผ่นไฮโดรเจล poly(AMPS-Na^+) ที่สังเคราะห์ได้จากระบบต่างๆ ข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่าทุกตัวอย่างสามารถคงตัวเป็นแผ่นได้ โปร่งใส ยึดติดกับผิวหนังได้ดี มีความยืดหยุ่น แต่เมื่อออกแรงดึงด้วยมือค่อนข้างฉีกขาดง่าย และจะเปราะมากขึ้นเมื่อดูดซับน้ำเข้ามาไว้ภายในโครงสร้าง ซึ่งเป็นข้อด้อยของแผ่นไฮโดรเจล poly(AMPS-Na^+) ชนิดนี้

4.1.1 ผลของระบบริเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่แตกต่างกัน

จากการใช้ระบบริเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่แตกต่างกัน ได้แก่ ความร้อน รีดอกซ์ และแสงอัลตร้าไวโอเลต พบว่าจะได้แผ่นไฮโดรเจลที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน ซึ่งแผ่นไฮโดรเจลที่ได้จากความร้อนมีลักษณะไม่เรียบ อาจเนื่องจากการใช้ความร้อนที่สูงและเวลานาน กรณีแผ่นไฮโดรเจลที่ได้จากรีดอกซ์จะมีสีเหลืองอ่อนเนื่องจากการติดค้างขององค์ประกอบตัวริเริ่มปฏิกิริยาร่วมและตัวเร่ง และแผ่นไฮโดรเจลที่ได้จากแสงอัลตร้าไวโอเลตพบว่ามีความเรียบ โปร่งใส และเมื่อคำนึงถึงความสะดวกและประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์พบว่าการใช้แสงอัลตร้าไวโอเลตมีความเหมาะสมสำหรับการพัฒนาต่อในระดับอุตสาหกรรมมากที่สุด เนื่องด้วยการใช้เวลา และพลังงานที่น้อยกว่า สะดวก รวมถึงได้แผ่นไฮโดรเจลที่มีลักษณะเหมาะสมเป็นวัสดุปิดแผลมากที่สุด กรณีระบบความร้อนจะค่อนข้างใช้เวลาและพลังงานความร้อนที่สูง ส่วนรีดอกซ์จะมีความจำกัดของเวลาในการเตรียมสารละลายผสมก่อนขึ้นรูปเป็นแผ่นที่ค่อนข้างสั้นซึ่งอาจจะเกิดเป็นเจลก่อนเทลงแม่พิมพ์

4.1.2 ผลของความเข้มข้นมอนอเมอร์ และชนิดตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่แตกต่างกัน

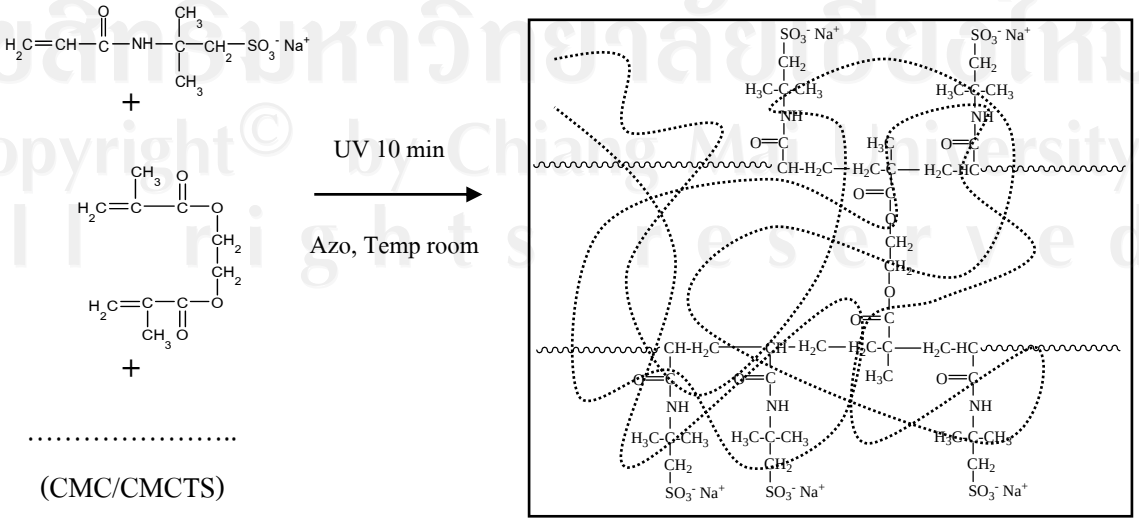
จากการใช้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์และตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่แตกต่างกัน พบว่าทำให้เกิดความแตกต่างของโครงสร้างร่างตาข่าย (crosslinked network structure) โดยเฉพาะความหนาแน่นของโครงร่างตาข่ายซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ปริมาณของทั้งความเข้มข้นมอนอเมอร์และตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่สูงขึ้น เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจุดเชื่อมต่อภายในโครงร่างตาข่ายทำให้มวลโมเลกุลระหว่างจุดเชื่อมต่อสายโซ่ของโครงร่างตาข่ายมีค่าต่ำลง ซึ่งจะส่งผลทำให้ปริมาตรที่ว่าง (free volume) และความยืดหยุ่นของไฮโดรเจลลดน้อยลง และจากการใช้ชนิดตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อความยาวในการเชื่อมต่อสายโซ่ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความยาวโมเลกุลของตัวเชื่อมต่อสายโซ่ ซึ่งนำมาสู่ความหนาแน่นของโครงร่างตาข่ายที่แตกต่างกัน การมีโครงร่างตาข่ายที่หนาแน่นแตกต่างกันจะส่งผลต่อสมบัติของไฮโดรเจลทั้งความสามารถในการดูดซับน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสามารถกักเก็บน้ำคงเหลือ และอัตราการผ่านของไอน้ำ ดังนั้นปัจจัยต่างๆ ที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้จึงมีผลต่อการออกแบบโครงสร้างให้เป็นไปตามความต้องการที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับงานในลักษณะต่างๆ จากการใช้ความเข้มข้นมอนอเมอร์ ตัวเชื่อมต่อสายโซ่ และชนิดตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่แตกต่างกัน พบว่าความเข้มข้นมอนอเมอร์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 40-50% w/v และควรใช้ตัวเชื่อมต่อสายโซ่ชนิด EGDM ในช่วง 0.5-1.0% mole ด้วยระบบริเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบแสงอัลตร้าไวโอเลต ซึ่งเป็นสภาวะของการสังเคราะห์ที่ให้แผ่นไฮโดรเจลมีสมบัติทางกายภาพที่ดีโดยประเมินจากความยืดหยุ่นและความคงรูป มีความสามารถในการดูดซับน้ำในช่วง 60-120 g H_2O/g polymer และมีค่าร้อยละองค์ประกอบของน้ำมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์

4.2 การสังเคราะห์ไฮโดรเจลชนิดเบลนด์ระหว่าง poly(AMPS-Na^+) กับ CMC หรือ CMCTS

งานวิจัยนี้ได้สังเคราะห์ไฮโดรเจลเบลนด์ 2 ชนิด คือ poly(AMPS-Na^+) กับ CMC และ poly(AMPS-Na^+) กับ CMCTS ในอัตราส่วนต่างๆ โดยออกแบบให้โครงสร้างมีลักษณะเป็นกึ่งอินเตอร์เพเนเตรตติงพอลิเมอร์เน็ตเวิร์ก (semi-IPN) ซึ่งประกอบด้วยสายโซ่ของ poly(AMPS-Na^+) ที่ถูกเชื่อมต่อด้วยตัวเชื่อมต่อสายโซ่ ซึ่งในที่นี้คือ EGDM ประกอบเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ และมีสายโซ่พอลิเมอร์เบลนด์ (CMC หรือ CMCTS) แทรกอยู่ภายในโครงร่างตาข่ายข้างต้น ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ไฮโดรเจลชนิดเบลนด์ระหว่าง AMPS-Na^+ กับ CMC หรือ CMCTS ที่ใช้ตัวเชื่อมต่อสายโซ่ชนิด EGDM ที่ใช้ระบบริเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบแสงอัลตร้าไวโอเลตแสดงดังต่อไปนี้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัตถุประสงค์ของการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเบลนด์เพื่อปรับปรุงสมบัติของไฮโดรเจล poly(AMPS-Na^+) โดยเฉพาะความสามารถดูดซับน้ำและให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น จากงานวิจัยพบว่าไฮโดรเจลเบลนด์ดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มความสามารถดูดซับน้ำและมีความยืดหยุ่นดีขึ้น และแผ่นไฮโดรเจลที่ได้ยังคงความเป็นแผ่นที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นวัสดุปิดแผล ส่วนการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเบลนด์ที่อัตราส่วนต่างๆ จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างโดยเฉพาะความสามารถในการคงตัวเป็นแผ่น ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของ AMPS-Na^+ เป็นสำคัญ สำหรับกรณีความแตกต่างของความสามารถดูดซับน้ำและทนต่อแรงดึงนั้นจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนพอลิเมอร์เบลนด์เป็นหลักซึ่งจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนหรือปริมาณของพอลิเมอร์เบลนด์ จากงานวิจัยพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง AMPS-Na^+ กับ CMC หรือ CMCTS อยู่ที่ 96.2:3.8% wt และ 90.9:9.1% wt ตามลำดับ

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำดูดซับ ปริมาณน้ำคงเหลือและอัตราการผ่านของไอน้ำ

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงการนำแผ่นไฮโดรเจลไปใช้เป็นวัสดุปิดแผลคือ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำดูดซับ (absorption) ปริมาณน้ำคงเหลือหรือการแพร่ของโมเลกุลน้ำภายในแผ่นไฮโดรเจล (diffusion) และอัตราการผ่านของไอน้ำ (evaporation) โดยค่าหรือปริมาณทั้งสามข้างต้นจะต้องสมดุลกัน ปริมาณน้ำที่แผ่นไฮโดรเจลสามารถดูดซับเข้ามาไว้ภายในโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ลักษณะโครงสร้างไฮโดรเจล และลักษณะของของเหลวที่นำไปทดสอบ เช่น pH, ionic strength และอุณหภูมิ ซึ่งจะไปมีผลต่อความดันออสโมติกของน้ำระหว่างภายในและนอกโครงสร้างไฮโดรเจล โดยทั่วไปการทดสอบความสามารถดูดซับของไฮโดรเจลในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบในน้ำกลั่นเป็นหลักหรือสารละลายเกลือ (normal saline) ซึ่งเป็นเพียงการทดสอบเบื้องต้นเพื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของโครงสร้างร่างตาข่ายของไฮโดรเจลจากการสังเคราะห์ด้วยสภาวะการทดลองต่างๆ ค่าความสามารถดูดซับน้ำที่ดีควรเป็นค่าที่สามารถดูดซับของเหลวที่ออกจากบาดแผลในส่วนที่เกินพอออกเท่านั้น ไม่ควรดูดซับของเหลวที่มากเกินกว่าที่ออกมาจากแผลไว้ในแผ่นไฮโดรเจลจนหมด ซึ่งจะทำให้แผลแห้งและเป็นการเพิ่มความสูญเสียน้ำของร่างกาย จากงานวิจัยพบว่าไฮโดรเจลสังเคราะห์ทั้งชนิด poly(AMPS-Na^+) และเบลนด์ทั้งสองชนิดมีความสามารถดูดซับในพารามิเตอร์ของ EWC ที่ค่อนข้างสูง ซึ่งอยู่ในช่วง 96.2-99.6 (%) ส่วนพารามิเตอร์ SR ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถดูดซับน้ำที่เทียบกับไฮโดรเจลแห้งทำให้สามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนในแต่ละตัวอย่าง ซึ่งไฮโดรเจลสังเคราะห์มีค่า SR ในช่วง 25.9-280.8 g H_2O/g polymer (ขึ้นกับองค์ประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการสังเคราะห์ รวมถึงอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้)

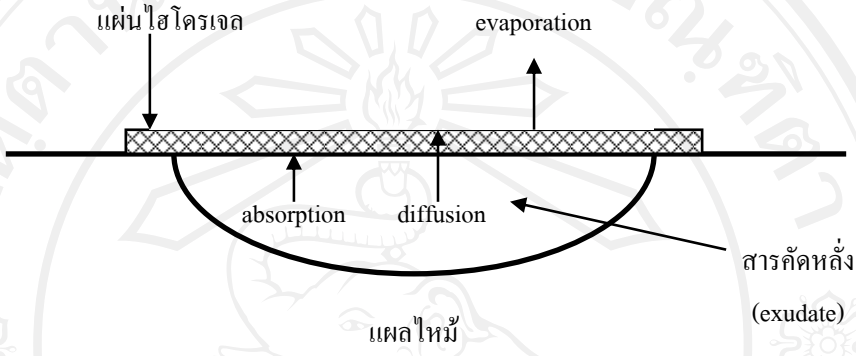
เนื่องจากการนำแผ่นไฮโดรเจลไปใช้ในการรักษาจริงด้านหนึ่งของไฮโดรเจลจะต้องสัมผัสกับอากาศทำให้มีการระเหยออกไปของโมเลกุลน้ำซึ่งจะเหลืออยู่และใช้ระยะเวลามากหรือน้อยมักจะขึ้นกับลักษณะของโครงสร้าง รวมถึงปริมาณและชนิดของน้ำ (free และ wound water) ที่อยู่ภายในโครงสร้าง รวมไปถึงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยปริมาณน้ำที่เหลืออยู่จะเป็นปริมาณน้ำที่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือที่สมดุลนั่นเอง ซึ่งจะไปทำให้แผ่นไฮโดรเจลยังคงมีความชุ่มชื้น ไม่แห้งติดแผล ทำให้แผ่นมีความอ่อนนุ่มไม่สร้างความระคายเคืองให้กับบาดแผล จากงานวิจัยพบว่าไฮโดรเจลตัวอย่างทั้งชนิด poly(AMPS-Na^+) และชนิดเบลนด์ทั้งสองตัวอย่างมีปริมาณน้ำคงเหลือที่สมดุลค่อนข้างต่ำ (ทำการทดลองที่ 35±1°C) แต่ใช้เวลาค่อนข้างมากในการระเหยโมเลกุลน้ำทั้งหมดออกจากโครงสร้าง ซึ่งบางตัวอย่างใช้เวลาถึง 120 ชั่วโมง แต่ส่วนใหญ่จะในช่วง 40-50 ชั่วโมง ส่วนไฮโดรเจลเบลนด์จะใช้มากกว่าเล็กน้อยอยู่ในช่วง 60-70 ชั่วโมง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ได้มีความสามารถรักษาความชุ่มชื้นไว้ในโครงสร้างในระดับหนึ่ง ซึ่งน่าจะสอดคล้องกับระยะเวลาในการเปลี่ยนวัสดุปิดแผลชนิดไฮโดรเจลโดยทั่วไปแล้วมักจะเปลี่ยนแผ่นปิดแผลทุกๆ 1-2 วัน และทั้งนี้ทั้งนั้นในการใช้งานจริงไม่ได้มีแต่การระเหยออกไปของน้ำในขณะเดียวกันก็จะมีการดูดซับน้ำเข้ามาในแผ่นไฮโดรเจลทำให้แผ่นไฮโดรเจลมีความชุ่มชื้นอยู่ตลอดระยะเวลาของการรักษา

การยอมให้ไอน้ำผ่านในอัตราที่เหมาะสมถือเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของแผ่นไฮโดรเจล โดยจะส่งผลต่อความชุ่มชื้นของบาดแผล กล่าวคือถ้าแผ่นไฮโดรเจลมีอัตราการผ่านของไอน้ำที่ต่ำจะทำให้บาดแผลมีสารคัดหลั่งคั่งบริเวณแผลที่มากเกินไป ซึ่งอาจนำไปสู่การติดเชื้อ เจ็บปวดเนื่องจากมีแรงดันเพิ่มขึ้น อักเสบและเน่าเปื่อยของแผลได้ และในทางกลับกันถ้ามีอัตราที่สูงจนเกินไปก็จะไม่ส่งผลดีต่อผู้ป่วยซึ่งจะทำให้มีภาวะเสี่ยงต่อการขาดน้ำอาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตมากที่สุด และจะทำให้แผลแห้งขาดความชุ่มชื้นซึ่งอาจก่อให้เกิดสะเก็ดและนำไปสู่การเกิดเป็นแผลเป็นต่อไปได้ จากงานวิจัยพบว่าแผ่นไฮโดรเจลสังเคราะห์มีค่าอัตราการผ่านของในไอน้ำอยู่ในช่วง 92-124 g/hr.m^2 และเมื่อนำค่าข้างต้นไปเปรียบเทียบกับการรายงานการศึกษาอัตราการผ่านของไอน้ำในผิวหนังปกติและแผลไหม้ระดับดีกรีต่างๆ โดยวิธีอีแวพพอลิเมตรี ในตารางที่ 3.12 ข้างต้น พบว่ามีค่าที่ต่ำกว่าแผลไหม้ดีกรีที่ 2 และ 3 ดังนั้นคาดว่าเมื่อนำแผ่นไฮโดรเจลสังเคราะห์ไปปิดแผลไหม้ดีกรีที่ 2 และ 3 จะสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำได้ในระดับหนึ่ง และยังยอมให้มีไอน้ำบางส่วนผ่านออกไปได้ซึ่งน่าจะช่วยระบายความร้อนและไม่ให้แผลแฉะจนเกินไป นอกจากนั้นการยอมให้ไอน้ำผ่านได้ของแผ่นไฮโดรเจลยัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นการยืนยันในเบื้องต้นได้ว่าก็สามารถยอมให้ O_2 และ CO_2 ผ่านได้เช่นกัน ซึ่งทั้ง O_2 และ CO_2 ในทางการแพทย์ระบุไว้ว่ามีส่วนสำคัญในกระบวนการหายหรือสมานของแผล

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำดูดซับ ปริมาณน้ำคงเหลือและอัตราการผ่านของไอน้ำแสดงดังรูป 4.1



รูป 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำดูดซับ การแพร่ของโมเลกุลน้ำอัตราการผ่านของไอน้ำของแผ่นไฮโดรเจลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุปิดแผล

4.4 การศึกษาจลนศาสตร์

การศึกษาจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อทำให้ทราบถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาและการดำเนินไปของปฏิกิริยา รวมไปถึงศึกษาลักษณะของการพอลิเมอไรเซชัน จากงานวิจัยได้ศึกษาจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันในริเริ่มที่ใช้ความร้อนที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน ได้แก่ ความเข้มข้นมอนอเมอร์และตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่แตกต่างกัน รวมถึงชนิดตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่แตกต่างกัน จากการศึกษาทำให้ทราบได้ว่าอุณหภูมิที่เกิดอัตราการปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันมากที่สุดอยู่ในช่วง 75-90°C ดังนั้นจึงทำให้ทราบว่าควรใช้อุณหภูมิช่วงดังกล่าวในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลซึ่งการสังเคราะห์ก่อนการศึกษาจลนศาสตร์ได้ใช้อุณหภูมิที่ 60°C และใช้เวลาค่อนข้างนานกว่าจะสามารถสังเคราะห์ขึ้นเป็นแผ่นได้ ดังนั้นควรนำอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันมากที่สุดจากศึกษาจลนศาสตร์ไปใช้ในการสังเคราะห์ครั้งต่อไปและมีความเป็นได้ว่าจะใช้เวลาที่น้อยลง จากการศึกษาจลนศาสตร์ของความเข้มข้นมอนอเมอร์และตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่เพิ่มมากขึ้นพบว่าแสดงลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่แตกต่างกัน กล่าวคือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นมอนอเมอร์หรือตัวเชื่อมต่อสายโซ่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(สังเกตจากอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยา) และจะทำให้เกิดพีคเล็ก (shoulder peak) ซึ่งจะเกิดหลังจากอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยามากที่สุด การเกิด shoulder peak ซึ่งเป็นการคายพลังงานของมอนอเมอร์ที่ยังไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาโดยยังคงติดค้างอยู่ในโครงร่างตาข่ายที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่เพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้มอนอเมอร์ดังกล่าวมีพลังงานเพียงพอที่จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของแรดิคอลที่มีความว่องไวจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาได้อีกครั้งจึงทำให้เกิดการคายพลังงานออกมา และจากการใช้ชนิดตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่แตกต่างกันพบว่าจะมีผลต่อความเร็วของการเกิดปฏิกิริยาได้เช่นกัน พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ NMBA มากกว่า EGDM โดยจะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการเคลื่อนที่เพื่อไปเกิดปฏิกิริยากับตำแหน่งที่มีความว่องไว (active site) ซึ่งตัวเชื่อมสายโซ่ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าจะสามารถเคลื่อนที่เข้าไปยังแรดิคอลที่มีความว่องไวได้เร็วกว่าตัวเชื่อมต่อสายโซ่ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า

4.5 สมบัติเชิงกลของแผ่นไฮโดรเจลสังเคราะห์

สมบัติเชิงกลของแผ่นไฮโดรเจลเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะต้องพิจารณาในการนำไปใช้งานจริง ซึ่งแผ่นไฮโดรเจลสำหรับใช้เป็นวัสดุปิดแผลควรมีความแข็งแรง ยืดหยุ่นและอ่อนนุ่มในระดับหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องทนแรงดึงมาก แต่ควรจะต้องมีความแข็งแรงพอสมควรในขณะที่นำไปประยุกต์ใช้งานรวมถึงเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำ ไม่เปราะแตกแยกจากกันเป็นชิ้นเล็กๆ น้อยๆ จากการทดสอบทนแรงดึงยืด (tensile tests) ของไฮโดรเจลสังเคราะห์ พบว่าแผ่นไฮโดรเจลมีความยืดหยุ่นสูง เสียรูปได้ง่ายแม้ว่าจะใช้แรงดึงในระดับที่ต่ำ นอกจากนั้นยังพบว่าไฮโดรเจลชนิดเบลนด์มีเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด ที่มากกว่าไฮโดรเจล poly(AMPS-Na^+) และไฮโดรเจลชนิดเบลนด์ (สัดส่วนที่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเป็นแผ่นได้ 98.7:1.3 และ 96.2:3.8% wt ของ AMPS-Na^+ + CMC และ 96.8:3.2 และ 90.9:9.1% wt ของ AMPS-Na^+ + CMCTS) ที่มีอัตราส่วนของ CMC หรือ CMCTS มากกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด ที่สูงกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและปรับปรุงสมบัติเชิงกลด้วยการใส่ตาข่ายพลาสติกเพื่อเป็นโครงยึดให้แก่แผ่นไฮโดรเจลและพบว่าสามารถทนต่อการดึงยืดได้ดีขึ้น ไม่ฉีกขาดออดจกกันได้ง่ายเมื่อเทียบกับแผ่นไฮโดรเจลที่ไม่มีโครงยึด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6 การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ L929 ด้วยวิธีสัมผัสโดยตรง (Ditect contact)

การทดสอบความเป็นพิษเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญมากในการที่จะนำแผ่นไฮโดรเจลไปใช้เป็นวัสดุปิดแผลที่สามารถใช้งานได้จริง เพราะว่าเป้าหมายของการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเพื่อที่จะนำไปใช้กับสิ่งมีชีวิต ดังนั้นต้องทำการตรวจสอบว่าแผ่นไฮโดรเจลสังเคราะห์ดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดการติดเชื้อและไม่ทำลายเนื้อเยื่อ รวมไปถึงมีความสามารถเข้าได้กับสิ่งมีชีวิต (biocompatibility) จากงานวิจัยของการทดสอบความเป็นพิษในไฮโดรเจลสังเคราะห์ต่อเซลล์ L929 ด้วยวิธีสัมผัสโดยตรง พบว่าไฮโดรเจลสังเคราะห์ดังกล่าวไม่มีความพิษต่อเซลล์ L929 อย่างไรก็ตามการทดสอบความเป็นพิษในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการทดสอบเบื้องต้นในการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งขั้นตอนต่อไปที่จะต้องทำการทดสอบเพื่อเป็นการยืนยันถึงความไม่เป็นพิษและสามารถเข้ากันได้ทางชีวภาพด้วย หลังจากนั้นจะได้ทำการทดสอบในสัตว์ทดลองและนำไปทดลองใช้กับผู้ป่วยตัวอย่างจริงต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อเสนอแนะนำสำหรับการปรับปรุงงานวิจัย

จากงานวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้ต่อไป ดังนี้

i. แผ่นไฮโดรเจลที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุปิดแผลจะต้องมีความสามารถยอมให้ O_2 และ CO_2 แพร่ผ่านได้ เนื่องจากกระบวนการหายของแผลจะต้องใช้ก๊าซทั้งสองข้างต้นและไม่ทำให้แผลเกิดการเน่าเปื่อย ดังนั้นจะต้องทำการศึกษารวมถึงปริมาณของการแพร่ผ่านของ O_2และ CO_2

ii. สมบัติอย่างหนึ่งที่สำคัญของแผ่นไฮโดรเจลที่ควรมีระหว่างการใช้งานโดยเฉพาะตอนนำแผ่นไฮโดรเจลออกจากแผล แผ่นไฮโดรเจลควรไม่ยึดติดกับแผลมากจนเกินไปซึ่งจะทำให้เกิดการอักเสบของแผลได้ ดังนั้นควรจะต้องทำการทดสอบสมบัติดังกล่าว ซึ่งนิยมทดสอบด้วยเทคนิค peel strength

iii. การนำแผ่นไฮโดรเจลไปใช้เป็นวัสดุปิดแผลที่สามารถใช้งานได้จริงจะต้องทำการปลอดเชื้อและทดสอบความเป็นพิษ รวมถึงความสามารถเข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิต โดยเริ่มจากการปลอดเชื้อโดยทั่วไปการปลอดเชื้อมักจะใช้รังสีแกมมา ต่อจากนั้นจะนำไปทดสอบความเป็นพิษเบื้องต้น เช่นการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ L929 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำถึงแค่ขั้นตอนนี้ แต่ความเป็นจริงแล้วจะต้องทดสอบในสัตว์ทดลองและตัวอย่างผู้ป่วยก่อนนำมาใช้งานได้จริง

iv. เปรียบเทียบความสามารถเร่งการสมานแผลของแผ่นไฮโดรเจล poly(AMPS-Na^+) กับแผ่นไฮโดรเจลเบลนด์ที่มีองค์ประกอบของ CMC หรือ CMCTS ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร เพื่อเป็นการยืนยันว่า CMC และ/หรือ CMCTS มีส่วนช่วยเร่งการสมานแผลตามที่ได้มีการรายงานทางวิชาการไว้หรือไม่อย่างไร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved