

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

พอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้ และกระบวนการเตรียมพอลิเมอร์ดังกล่าว

5 สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

สาขาพอลิเมอร์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้ และกระบวนการเตรียมพอลิเมอร์ดังกล่าว

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

ไฮโดรเจล เป็นพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำที่มีโครงสร้างเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติที่สามารถดูดซึมน้ำได้มาก เนื่องจากสามารถกักเก็บโมเลกุลของน้ำไว้ภายในโครงร่างตาข่ายซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของพอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำ เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (-OH), คาร์บอกซิลิก (-COOH), -เอไมด์(CONH-), เอมีน (NH₂) และ ซัลฟีนิก (-SOH) เป็นต้น และเมื่อโมเลกุลมีการรวมตัวและขดตัวกันอยู่ จะทำให้ โครงสร้างโดยรวมเกิดเป็นรูพรุนและร่องขนาดเล็กๆ มากมาย จึงทำให้ไฮโดรเจลมีคุณสมบัติที่ดีในการดูดซึมน้ำ และของเหลวทางชีวภาพ ปัญหาหลักของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำเหล่านี้คือมีสมบัติเชิงกลที่ลดลงหลังการดูดซึมน้ำและไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ภายใต้แรงกดสูงๆ ได้ นอกจากนี้ยังเกิดการแพร่กระจายและการสะสมของพอลิเมอร์ในธรรมชาติ เนื่องจากพอลิเมอร์เหล่านี้ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ หลังจากที่ใช้แล้วจะถูกปล่อยสู่ธรรมชาติจึงเกิดการสะสมและกระจายอยู่ทั่วไปทำให้เกิดปัญหากับสภาพแวดล้อมได้

พอลิเล็กติกแอซิดเป็นพอลิเอสเทอร์ที่นำใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในปัจจุบันนี้ทั้งทางการแพทย์ การเกษตร และทางด้านสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้จะเป็นพอลิเมอร์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่สามารถหมุนเวียนทดแทนมาใช้ใหม่ได้แล้วยังสามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้พอลิเล็กติกแอซิดยังมีสมบัติเชิงกลที่ดีเทียบเท่ากับพอลิเมอร์ที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไป แต่สมบัติการดูดน้ำยังต้องปรับปรุงให้ดีขึ้น จากบทความวิจัยที่ผ่านมาสามารถนำพอลิเอทิลีนไกลคอล พอลิอะคริลาไมด์ หรือพอลิเมทาคริลิกแอซิด มาโคพอลิเมอร์ไรซ์กับพอลิเล็กติกแอซิด ทำให้พอลิเล็กติกแอซิดโคพอลิเมอร์มีสมบัติชอบน้ำมากขึ้นและสามารถนำมาใช้เป็นพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำหรือของเหลวได้ ทั้งนี้สมบัติของโคพอลิเมอร์จะเปลี่ยนไปตามชนิดและปริมาณของพอลิเมอร์ที่นำมาโคพอลิเมอร์ไรซ์

การประดิษฐ์นี้จึงมีความสนใจที่จะสังเคราะห์พอลิเล็กติกโคพอลิเมอร์ไฮโดรเจลที่มีสมบัติของดูด
ซึมน้ำได้มากและสามารถทนแรงกดได้สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบล็อกโคพอลิเมอร์ของพอลิเล็กติกแอซิดและ
พอลิเอทิลีนไกลคอลที่กราฟด้วยพอลิอะคริลาไมด์ เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำนอกจากนี้ยังสนใจ
ที่จะเพิ่มความแข็งแรงให้กับพอลิเมอร์เจลหลังการดูดซึมน้ำเพื่อให้สามารถรับแรงกดต่างๆได้ โดยการโคพอลิ
5 เมอไรซ์กับมอนอเมอร์ที่สามารถเกิดโครงสร้างเชื่อมขวางเช่นไกลซิดิลเมทาคริเลต ซึ่งจะทำได้พอลิเมอร์
ดูดซึมน้ำที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ภายใต้แรงกดต่างๆ เช่นเป็นแผ่นดูด
ซึมน้ำของเหลวในบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์

เอกสารสิทธิบัตร US 8828516 B2 เปิดเผยแพร่ฉบับแรกตีพิมพ์ ที่มีตัวดูดซับนอนวูฟเวนเป็นชั้นกลาง
มีสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอย่างน้อย 1 ชนิดคือ ซิลเวอร์ หรือ ซิลเวอร์-ไอออน และมีตัวดูดซึม
10 ยิงยาว (superabsorbent polymer) เช่นพอลิอะคริลาไมด์กระจายในแผ่นนอนวูฟเวนเป็นองค์ประกอบ โดยที่
ตัวดูดซับนอนวูฟเวนอาจทำจากพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ เช่นพอลิเล็กติกแอซิด หรือเซลลูโลสคอมโพสิต โดย
ชั้นห่อหุ้มเพื่อแยกแผ่นดูดซับจากอาหารอาจทำจากพอลิเล็กติกแอซิดทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้กาวเพื่อยึดติดไฟ
เบอร์กับฟิล์ม

สิทธิบัตร US 20050020734 A1 เปิดเผยแพร่ฉบับแรกตีพิมพ์ของไฮดรอกซีแอซิดที่มีพอลิ
15 เอทิลีนไกลคอล ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชอบน้ำเป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาขนาดใหญ่และเกิดโครงสร้างเชื่อมขวางเป็น
ไฮโดรเจล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โคพอลิเมอร์พอลิ(อัลฟา-ไฮดรอกซี แอซิด-โค-ไกลซิดิล เมทาคริเลต)-บล็อก-
พอลิ(เอทิลีนไกลคอล)-บล็อก-พอลิ(อัลฟา-ไฮดรอกซี แอซิด-โค-ไกลซิดิล เมทาคริเลต) [poly(α -hydroxy
acid-co-glycidyl methacrylate)-block-poly(ethylene glycol)-block-poly(α -hydroxyacid-co-glycidyl
methacrylate)] ซึ่งพบว่าค่าปริมาณน้ำ (water content) ของพอลิเมอร์ที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 90.5 และนำไปใช้
20 ประโยชน์ในด้านการปลดปล่อยของโปรตีนและยา

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของเล็กไทด์กับเอทิลีนไกลคอล [poly(lactide-
co- ethyleneglycol)] (Y. Wan และคณะ Biomaterials 2003, 24 , 2195 และ K.M. Huh และคณะ Polymer
1999, 40, 6147) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ เช่น ทำเป็นไหมละลาย หรืออุปกรณ์เกี่ยวกับการผ่าตัด
นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุดูดซึมหรือใช้เป็นตัวควบคุมการปลดปล่อยยา และได้มีการศึกษาการ
25 สังเคราะห์โคพอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถเกิดโครงสร้างเชื่อมโยงขวางได้คือ พอลิ(แลคติก แอซิด-โค-
ไกลซิดิล เมทาคริเลต) [poly(lactic acid-co-glycidyl methacrylate), P(LLA-co-GMA)] (A. Petchsuk และคณะ
Polymer Journal 2012) โดยทำการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์และทำการเชื่อมขวางโดยกระบวนการทางความ
ร้อนและการฉายแสง พบว่าโคพอลิเมอร์ที่ฉายแสงสามารถเกิดการเชื่อมขวางได้ภายในสองนาที่โดยศึกษาจาก
ค่าการเกิดเป็นเจล และยังพบว่าเมื่อเกิดการเชื่อมขวางแล้วสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนดีขึ้นอีกด้วย

โดยโคพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยร้อยละ 19 ของไกลซิดิล เมทาคริเลท จะมีค่า ความความแข็งแรงต่อแรงกด (compressive strength) เพิ่มขึ้นกว่าของพอลิเล็กติกแอซิด 1.3 เท่า นอกจากนี้เอกสารพอลิเมอร์ อินเตอร์เนชันแนล (Polym. Int. 2015, 64, 397-404) ได้เปิดเผยการพัฒนาไฮโดรเจลที่มีรูพรุนที่ทำจากพอลิเอทิลีนไกลคอล-พอลิยูรีเทนเพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ โดยใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลเป็นส่วนนิ่ม (soft segment) และเมธิลีนไดไอโซไซยาเนต (methylene diisocyanate, MDI) เป็นส่วนแข็ง (hard segment) และใช้เฮกเซนไตรออล (hexantriol) เป็นตัวเชื่อมขวางโดยอัตราการบวมตัวและความแข็งแรงของไฮโดรเจลนี้ขึ้นกับปริมาณของตัวเชื่อมขวาง ศึกษาสมบัติเชิงกลพบว่าค่ามอดูลัส (dynamic storage moduli, E') ของตัวอย่างที่บวมน้ำและตัวอย่างแห้ง มีค่า 0.15 และ 4.2 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการเตรียมไฮโดรเจลโดยใช้พอลิเอทิลีนไกลคอล หรือพอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างเชื่อมขวาง เพื่อให้สามารถดูดซึมน้ำได้มาก แต่ยังมีข้อบกพร่องในเรื่องของสมบัติเชิงกลของไฮโดรเจลที่ได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับพอลิเมอร์ไฮโดรเจลที่ใช้ประโยชน์ในการรับแรงกดสูงๆ เพื่อใช้ประโยชน์ด้านบรรจุกัมพหรือทางการแพทย์ ดังนั้นในการประดิษฐ์นี้มีความสนใจที่จะสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำที่สามารถรับแรงกดได้สูงๆ และสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของแลคไทด์ (lactide), พอลิ(เอทิลีนไกลคอล) [poly(ethyleneglycol)] และไกลซิดิล เมทาคริเลท (glycidyl methacrylate) ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันเป็นพันธะคู่ (double bond) ที่สามารถเกิดโครงสร้างเชื่อมขวางได้ เพื่อช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เจลให้รับแรงกดสูงๆได้ นอกจากนี้ยังกราฟโคพอลิเมอร์ที่ได้ด้วยพอลิอะคริลาไมด์ เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำให้มากขึ้น

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

ในรูปแบบหนึ่งของการประดิษฐ์ การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้ ที่ประกอบด้วย บล็อกโคพอลิเมอร์ของพอลิเล็กติกแอซิด โกลซิดิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีนไกลคอล ที่กราฟด้วยพอลิอะคริลาไมด์

ในอีกรูปแบบหนึ่งของการประดิษฐ์ การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับวิธีการเตรียมพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้ ที่ประกอบด้วยขั้นตอน

ก) ผสมพอลิเอทิลีนไกลคอล, แลคไทด์โมโนเมอร์ และ โกลซิดิลเมทาคริเลต เข้าด้วยกันในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 80-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-18 ชั่วโมง โดยที่ อัตราส่วนโดยโมลของแลคไทด์โมโนเมอร์ ต่อพอลิเอทิลีนไกลคอลอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1:1 ถึง 1:6 และปริมาณของไกลซิดิลเมทาคริเลตอยู่ในช่วงร้อยละ 10-30โดยโมลของแลคไทด์มอนอเมอร์ และ

ข) เติมน้ำมันเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide, BPO) และ อะคริลาไมด์โมโนเมอร์ ลงใน
ลงในพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากขั้นตอน ก) และให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 100-150 องศาเซลเซียส เป็น
เวลาในช่วง 10-30 นาที เพื่อให้เกิดการเชื่อมขวาง และการกราฟของพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากขั้นตอน ก) โดย
ที่ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วงร้อยละ 1-5 โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ที่ได้ในขั้นตอน ก) และ ปริมาณ
อะคริลาไมด์โมโนเมอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 10-50 โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ที่ได้ในขั้นตอน ก)

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 สเปกตรัมนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (NMR spectrum) ของ พอลิเล็กติกแอซิดโกลไกล
ซิติลเมทาคริเลต-บลิ๊อค-พอลิเอทิลีนโกลคอลที่สังเคราะห์ได้ตามการประดิษฐ์นี้

รูปที่ 2 แสดงสเปกตรัมอินฟราเรด (ATR FTIR) ของพอลิเล็กติกแอซิดโกลไกลซิติลเมทาคริเลต-
บลิ๊อค-พอลิเอทิลีนโกลคอลโคพอลิเมอร์ที่มีพอลิอะคริลาไมด์ เป็นส่วนประกอบ

รูปที่ 3 แสดงความสามารถในการดูดซึมน้ำของโคพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลของ พอลิเอทิลีนโกล
คอล ต่างๆ และมีพอลิอะคริลาไมด์เป็นส่วนประกอบ

รูปที่ 4 แสดงค่ามอดูลัสสะสม (storage modulus, E') ที่ความถี่ต่างๆกันของโคพอลิเมอร์บวมน้ำ
สัดส่วนต่างๆ

15 การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้
และวิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพดังกล่าว ซึ่งจะได้อธิบายตามลักษณะการประดิษฐ์ต่าง
ๆ ดังรายละเอียดและรูปเขียนที่ได้แสดงไว้เป็นตัวอย่างด้านล่าง

ลักษณะการประดิษฐ์ใดๆ ที่ได้แสดงไว้ในที่นี้ ให้หมายความรวมถึงการประยุกต์เข้ากับลักษณะอื่น
ของการประดิษฐ์นี้ด้วย เว้นแต่ได้มีการระบุไว้เป็นอย่างอื่น

คำจำกัดความ

ศัพท์เทคนิค หรือ ศัพท์วิทยาศาสตร์ที่ใช้ในที่นี้ ให้มีนิยามตามที่เข้าใจโดยผู้มีความชำนาญในศิลปะ
วิทยาการในแขนงนี้ ยกเว้นว่าได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น

เครื่องมือ อุปกรณ์ วิธีการ หรือสารเคมีใดๆที่ได้กล่าวถึงไว้ในที่นี้ ให้หมายถึงเครื่องมือ อุปกรณ์ วิธีการ หรือสารเคมีที่ปฏิบัติหรือใช้กันทั่วไปโดยผู้มีความชำนาญในศิลปะวิทยาการในแขนงนี้ ยกเว้นว่าได้ระบุไว้โดยชัดแจ้งว่าเป็น เครื่องมือ อุปกรณ์ วิธีการ หรือสารเคมีที่พิเศษ หรือ เฉพาะเจาะจงกับการประดิษฐ์นี้

5 การใช้คำนามเอกพจน์ หรือ คำสรรพนามเอกพจน์ เมื่อใช้กับคำว่า “ประกอบรวมด้วย” หรือ “ยังประกอบรวมด้วย” ในข้อถือสิทธิ หรือ ในรายละเอียดการประดิษฐ์ ให้หมายความถึง “หนึ่ง” และให้หมายความรวมถึง “หนึ่งหรือมากกว่า” “อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง” และ “หนึ่งหรือมากกว่าหนึ่ง” ด้วย

10 โดยตลอดของคำขอรับสิทธิบัตรฉบับนี้ คำว่า “ประมาณ” เป็นการใช้เพื่อระบุว่าค่าใดๆที่ปรากฏหรือแสดงในที่นี้ อาจเกิดการแปรผัน หรืออาจเบี่ยงเบนได้ โดยที่การแปรผันได้หรือความเบี่ยงเบนได้ดังกล่าวนั้น อาจเกิดโดยความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ วิธีการที่ใช้หาค่าใดๆ หรือ โดยบุคคลผู้ใช้อุปกรณ์หรือดำเนินการตามวิธีการนั้นๆ

15 องค์ประกอบ และ/หรือ วิธีการทั้งหมดที่เปิดเผย และข้อถือสิทธิในคำขอนี้มีเจตนาให้ครอบคลุมถึงลักษณะของการประดิษฐ์ที่ได้จากการกระทำ การปฏิบัติ การดัดแปลง หรือเปลี่ยนแปลงปัจจัยใดๆ ที่ปราศจากการทำการทดลองที่แตกต่างจากการประดิษฐ์นี้ อย่างมีนัยสำคัญ และได้มาซึ่งสิ่งที่มีคุณสมบัติ ประโยชน์ใช้สอย และทำให้เกิดผลทำนองเดียวกันกับลักษณะของการประดิษฐ์ปัจจุบัน ตามความเห็นของบุคคลที่มีความชำนาญในระดับสามัญในศิลปะหรือวิทยาการ ที่แม้จะมีได้ระบุในข้อถือสิทธิ โดยเฉพาะเจาะจงก็ตาม ดังนั้น

20 สิ่งที่แทนกันได้ หรือสิ่งที่คล้ายคลึงกันกับลักษณะของการประดิษฐ์ปัจจุบัน รวมถึงการดัดแปลง เปลี่ยนแปลงใดๆเพียงเล็กน้อย ที่ปรากฏเห็นได้อย่างชัดแจ้งต่อบุคคลที่มีความชำนาญในศิลปะวิทยาการแขนงนี้ ควรพิจารณาว่าอยู่ภายในเจตนา ขอบเขตและแนวคิดของการประดิษฐ์ ดังที่ปรากฏโดยข้อถือสิทธิที่แนบมาด้วย

20 ต่อไปนี้แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดการประดิษฐ์โดยมิได้มีจุดประสงค์ที่จะจำกัดขอบเขตของการประดิษฐ์แต่อย่างใด

ในรูปแบบหนึ่งของการประดิษฐ์ การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้ ที่ประกอบด้วย พอลิเมอร์เชื่อมขวางของบล็อกโคพอลิเมอร์ของพอลิแล็กติกแอซิด โกลชิคิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอธิลีนไกลคอล ที่กราฟด้วยพอลิอะคริลาไมด์

5 ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ โดยที่ บล็อกโคพอลิเมอร์ของพอลิแล็กติกแอซิด โกลชิคิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอธิลีนไกลคอล ของพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ประกอบด้วย

พอลิแล็กติกแอซิด ในปริมาณร้อยละ 5-45 โดยโมลองค์ประกอบ

พอลิเอธิลีนไกลคอล ในปริมาณร้อยละ 50-90 โดยโมลองค์ประกอบ และ

โกลชิคิลเมทาคริเลต ในปริมาณร้อยละ 1-10 โดยโมลองค์ประกอบ

ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ พอลิแล็กติกแอซิด มีปริมาณร้อยละ 10-30 โดยโมลองค์ประกอบ

10 ในอีกลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ พอลิเอธิลีนไกลคอล มีปริมาณร้อยละ 65-85 โดยโมลองค์ประกอบ

ในอีกลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ โกลชิคิลเมทาคริเลต มีปริมาณร้อยละ 2-5 โดยโมลองค์ประกอบ

15 ในอีกรูปแบบหนึ่งของการประดิษฐ์ การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับวิธีการเตรียมพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้ ที่ประกอบด้วยขั้นตอน

ก) ผสมพอลิเอธิลีนไกลคอล, แลคไทด์โมโนเมอร์ และ โกลชิคิลเมทาคริเลต เข้าด้วยกันในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 80-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-18 ชั่วโมง โดยที่ อัตราส่วนโดยโมลของแลคไทด์โมโนเมอร์ ต่อพอลิเอธิลีนไกลคอลอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1:1 ถึง 1:6 และปริมาณของโกลชิคิลเมทาคริเลตอยู่ในช่วงร้อยละ 10-30 โดยโมลของแลคไทด์มอนอเมอร์ และ

20 ข) เติมน้ำมันโซลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide, BPO) และ อะคริลาไมด์โมโนเมอร์ ลงในลงในพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากขั้นตอน ก) และให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 100-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลาในช่วง 10-30 นาที เพื่อให้เกิดการเชื่อมขวาง และการกราฟของพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากขั้นตอน ก) โดยที่ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วงร้อยละ 1-5 โดยน้ำหนักของ

พอลิเมอร์ที่ได้ในขั้นตอน ก) และ ปริมาณอะคริลาไมด์โมโนเมอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 10-50 โดย น้ำหนักของพอลิเมอร์ที่ได้ในขั้นตอน ก)

5 ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ ตัวทำละลายอินทรีย์เลือกได้จาก แต่ไม่จำกัดอยู่เพียง เททระไฮโดรฟูแรน (tetrahydrofuran, THF), ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane, CH_2Cl_2), คลอโรฟอร์ม (chloroform, CHCl_3), ไดเมทิลฟอร์มามายด์ (dimethylformamide, DMF) หรือของผสมของตัวทำละลายดังกล่าว

ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ โดยที่พึงประสงค์ ตัวทำละลายอินทรีย์ คือ เททระไฮโดรฟูแรน (tetrahydrofuran, THF)

10 ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ในช่วงร้อยละ 1-5 โดยน้ำหนักของ พอลิเอทิลีน ไกลคอล

10 ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ ตัวเร่งปฏิกิริยาถูกเลือกมาจาก แต่ไม่จำกัดอยู่เพียง ทินออกทาโนเอต, ทินคลอไรด์ หรือเตตราฟีนิลทิน

ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ โดยที่พึงประสงค์ ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ ทินออกทาโนเอต

15 ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ โดยที่พึงประสงค์ พอลิเอทิลีน-ไกลคอลที่ใช้ในขั้นตอน ก) มี น้ำหนักโมเลกุลในช่วง 2000 -8000 กรัมต่อ โมล

15 ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ วิธีการเตรียมพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซับน้ำและทนแรงกดได้ดังกล่าวตามการประดิษฐ์ปัจจุบัน ในขั้นตอน ก) ยังประกอบรวมด้วย ขั้นตอน

ก-1) ละลายพอลิเมอร์ที่ได้จากขั้นตอน ก) ในตัวทำละลายอินทรีย์ และ

ก-2) ตกตะกอนสารละลายพอลิเมอร์ในขั้นตอน ก-1) ก่อนดำเนินการในขั้นตอน ข)

20 ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ ตัวทำละลายอินทรีย์ คือ ไดคลอโรมีเทน, คลอโรฟอร์ม หรือของผสมของตัวทำละลายดังกล่าว

ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ การตกตะกอนสารละลายพอลิเมอร์ของขั้นตอน ก-2) ดำเนินการ โดยใช้ตัวทำละลายผสมของเอทานอล และ เฮกเซน โดยที่ อัตราส่วนโดยปริมาตรของเอทานอล ต่อ เฮกเซน อยู่ในช่วง 10:90-30:70

ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ การดำเนินการในขั้นตอน ข) ประกอบเพิ่มเติมด้วยขั้นตอนของการทำการบวมตัวของพอลิเมอร์ที่ได้ในน้ำเป็นเวลาในช่วง 20-30 ชั่วโมง

5 ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ วิธีการเตรียมองค์ประกอบพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพตามการประดิษฐ์ปัจจุบันอาจประกอบเพิ่มเติมไปด้วยขั้นตอนของการทำให้แห้งหากจำเป็น ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวอาจเลือกจาก แต่ไม่จำกัดอยู่เพียง การระเหยด้วยการกลั่น การทำให้แห้งแบบสุญญากาศ เป็นต้น

10 ในลักษณะหนึ่งของการประดิษฐ์ วิธีการเตรียมองค์ประกอบพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพตามการประดิษฐ์ปัจจุบันอาจดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์ (reactor) แต่ไม่จำกัดอยู่เพียง เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง (fixed-bed) โดยอาจดำเนินการในรูปแบบกะ (batch) หรือ แบบต่อเนื่อง (continuous) ก็ได้เพื่อให้เข้าใจการประดิษฐ์ได้ดียิ่งขึ้น จะทำการยกตัวอย่างขององค์ประกอบตามการประดิษฐ์นี้ โดยที่ตัวอย่างต่อไปนี้ 10 เป็นเพียงการแสดงลักษณะของการประดิษฐ์นี้เท่านั้น ไม่ได้เป็นการจำกัดขอบเขตของการประดิษฐ์นี้แต่อย่างใด

ตัวอย่างเปรียบเทียบ

15 สิทธิบัตร US 20050020734 A1 ศึกษาพอลิเมอร์เชื่อมขวางที่สังเคราะห์จากพอลิ ดี-แอล แล็กไทด์ (D,L-Lactide) โกลไกลซิดิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีน ไกลคอล (พอลิเอทิลีน ไกลคอลมีน้ำหนักโมเลกุล 4600 กรัมต่อ โมล) และทำการเชื่อมขวางด้วยแสงในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลิน (PBS) ที่มีค่าพีเอช 20 เท่ากับ 7.4 โดยมี 2,2-ไดเมทอกซี-2-ฟีนิล-อะซีโตฟีโนน (2,2-dimethoxy-2-phenyl-acetophenone) ในไวนิลไพโรลิโดน (N-vinyl pyrrolidone) เป็นตัวกระตุ้นที่ใช้แสงยูวี (UV initiator) และทำการฉายแสงที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ทำให้เกิดเป็นไฮโดรเจลในเวลา 10 นาที และเมื่อนำไฮโดรเจลที่เตรียมได้ไปทำการทดสอบหาความสามารถในการดูดซึมน้ำในสารละลายบัฟเฟอร์ที่พีเอช (pH) ประมาณ 7.4 เป็นเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง พบว่าโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีประมาณน้ำ (water content) ที่ร้อยละ 90.5

การเตรียมพอลิแล็กติกแอซิด โกลไกลซิดิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีน ไกลคอล และพอลิแล็กติกแอซิด โกลไกลซิดิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีน ไกลคอล ที่มีพอลิอะคริลาไมด์เป็นส่วนประกอบ

ตัวอย่างที่ 1

25 การสังเคราะห์พอลิแล็กติกแอซิด โกลไกลซิดิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีน ไกลคอล จะสังเคราะห์ผ่านการเปิดวงแหวนของ แล็กไทด์มอนอเมอร์และไกลซิดิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ และใช้พอลิเอทิลีน ไกลคอลและทินออกโทเอตเป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาขนาดใหญ่และตัวเร่งปฏิกิริยาตามลำดับ เริ่มจากเติมพอลิเอทิลีน ไกลคอลที่มีน้ำหนัก โมเลกุลประมาณ 6000 กรัมต่อ โมลในสัดส่วนที่กำหนด และทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่

ประมาณ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เดิมตัวทำละลายเตตระไฮโดรฟูเวแรน (THF) ปริมาณ
ประมาณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติมตัวเร่งปฏิกิริยาทินออกโทเอต ประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของพอลิเอ
ทิลีนไกลคอล ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติม
5 แล็กไทด์มอนอเมอร์ในสัดส่วนประมาณ 1:2 แล็กเตดต่อพอลิเอทิลีนไกลคอลและไกลซิดิลเมทาคริเลตใน
สัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ของแล็กไทด์มอนอเมอร์ และทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่อุณหภูมิประมาณ 100
องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 18 ชั่วโมง โคพอลิเมอร์ที่ได้จะนำมาทำให้บริสุทธิ์โดยการละลายพอลิเมอร์
ด้วยตัวทำละลายคลอโรฟอร์ม และตกตะกอนในตัวละลายผสมเอทานอลและเฮกเซน กรองและอบแห้ง
ภายใต้สูญญากาศที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์
โครงสร้างทางเคมีโดยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์

10 นำไปทำปฏิกิริยาการเชื่อมขวางได้โดยทำการผสมโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้กับเบนโซอิลเปอร์
ออกไซด์ (benzoyl peroxide, BPO) ประมาณร้อยละ 1 ของโคพอลิเมอร์ เข้าด้วยกันและบรรจุลงในแม่พิมพ์
และทำปฏิกิริยาเชื่อมขวางในตู้อบที่ความร้อนประมาณ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 20 นาที จากนั้น
พอลิเมอร์เชื่อมขวางที่เตรียมได้ไปทำการบวมตัวในน้ำเป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง และนำไปเตรียมตัวอย่าง
ด้วยเทคนิคทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dry)

15 ตัวอย่างที่ 2

เหมือนตัวอย่างที่ 1 แต่ใช้สัดส่วนโดยโมลของ แล็กไทด์มอนอเมอร์กับเอทิลีนไกลคอลประมาณ 1 :
1 และในส่วนของ การเชื่อมขวางนำไปทำปฏิกิริยาโดยทำการผสมโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้กับอะคริลาไมด์
30% ของโคพอลิเมอร์และเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide, BPO) ประมาณร้อยละ 1 ของโคพอลิ
เมอร์ เข้าด้วยกันและบรรจุลงในแม่พิมพ์ และทำปฏิกิริยาเชื่อมขวางในตู้อบที่ความร้อนประมาณ 120 องศา
20 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 20 นาที จากนั้นพอลิเมอร์เชื่อมขวางที่เตรียมได้ไปทำการบวมตัวในน้ำเป็นเวลา
ประมาณ 24 ชั่วโมง และนำไปเตรียมด้วยกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dry)

ตัวอย่างที่ 3

เหมือนตัวอย่างที่ 2 แต่ใช้สัดส่วนโดยโมลของ แล็กไทด์มอนอเมอร์กับเอทิลีนไกลคอลประมาณ
1 : 2

25 ตัวอย่างที่ 4

เหมือนตัวอย่างที่ 2 แต่ใช้สัดส่วนโดยโมลของ แล็กไทด์มอนอเมอร์กับเอทิลีนไกลคอลประมาณ
1 : 4

ตัวอย่างที่ 5

เหมือนตัวอย่างที่ 2 แต่ใช้สัดส่วนโดยโมลของ แล็กไทด์มอนอเมอร์กับเอทิลีนไกลคอลประมาณ 1 : 6

ตัวอย่างที่ 6

5 เหมือนตัวอย่างที่ 2 แต่ใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 2000 กรัมต่อโมลสัดส่วนโดยโมลของแล็กไทด์มอนอเมอร์กับเอทิลีนไกลคอลประมาณ 1 : 4

ตัวอย่างที่ 7

เหมือนตัวอย่างที่ 2 แต่ใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลที่มีน้ำหนักโมเลกุล 4000 กรัมต่อโมลสัดส่วนโดยโมลของแล็กไทด์มอนอเมอร์กับเอทิลีนไกลคอลประมาณ 1 : 4

10 ตัวอย่างที่ 8

เหมือนตัวอย่างที่ 2 แต่ใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลที่มีน้ำหนักโมเลกุล 8000 กรัมต่อโมลสัดส่วนโดยโมลของ ดี-แล็กไทด์มอนอเมอร์กับเอทิลีนไกลคอลประมาณ 1 : 4

การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของพอลิเล็กติกแอซิดโคไกลซิดิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีนไกลคอลที่เตรียมได้จากตัวอย่างที่ 1 ถึง 8

15 จากสเปกตรัมจากนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (NMR spectrum) ของ พอลิเล็กติกแอซิดโคไกลซิดิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีนไกลคอลที่สังเคราะห์ได้จากตัวอย่างที่ 4 แสดงในรูปที่ 1 พบว่า ปรากฏพีคเฉพาะของทั้ง พอลิเล็กติกแอซิด พอลิเอทิลีนไกลคอลและ ไกลซิดิลเมทาคริเลต โดยพีคของพอลิเล็กติกแอซิดจะปรากฏที่ 5.2 ส่วนในล้านส่วน (ppm) (โปรตอน 2) และ 1.5 ส่วนในล้านส่วน (โปรตอน 1) แสดงถึง เมธีน (methine) และเมทิลโปรตอน (methyl protons) ตามลำดับ และที่ 4.4 ส่วนในล้านส่วน (โปรตอน 3) แสดงถึงเมธีนโปรตอน (methine proton) ที่ปลายสายโซ่ของพอลิเล็กติกแอซิด สำหรับพอลิเอทิลีนไกลคอลปรากฏพีคของเมทิลีนโปรตอน (methylene protons) ที่ต่อกับออกซิเจนอะตอมในสายโซ่ที่ตำแหน่ง 3.7 ส่วนในล้านส่วน (โปรตอน 9) สำหรับไกลซิดิลเมทาคริเลตปรากฏพีคเฉพาะของไกลซิดิลเมทาคริเลตที่ตำแหน่ง 6.1 และ 5.6 ส่วนในล้านส่วน (โปรตอน 8) ซึ่งแสดงถึงเมทิลีนโปรตอน (methylene protons) ที่ติดจากพันธะคู่ของเมทาคริลิก (methacrylic double-bond) พีคที่ 3.7 ส่วนในล้านส่วน (โปรตอน 5) แสดงเมทิลีนโปรตอน (methylene protons) ที่ต่อกับออกซิเจนอะตอมของไกลซิดิลเมทาคริเลตยูนิท ขณะเดียวกันพีคที่ 25 4.1-4.3 ส่วนในล้านส่วน (โปรตอน 4, 6) แสดงมีเทน (methane) และเมทิลีนโปรตอน (methylene protons)

และพีคที่ 2.0 ส่วนในล้านส่วน (โปรตอน 7) แสดงถึงเมธิลโปรตอน (methyl protons) ที่อยู่ถัดจากพันธะคู่ของเมทาคริลิก (methacrylic double-bond) จากการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีโดยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (NMR spectroscopy) นี้สามารถยืนยันการสังเคราะห์พอลิเล็กติกแอสิดโคไกลซิลิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีนไกลคอลได้

5 จากรูปที่ 2 พบว่า ในทุกๆตัวอย่างของโคพอลิเมอร์จะมีสเปคตรัมที่คล้ายกัน กล่าวคือจะพบแถบกว้าง (broad band) ที่เลขคลื่นประมาณ 3350-3200 cm^{-1} (cm^{-1}) ซึ่งแสดงถึงการสั่นแบบยืดหดของ N-H (N-H asymmetric stretching mode) ในโครงสร้างพอลิอะคริลาไมด์ (polyacrylamide) ที่อยู่ในสายโซ่โคพอลิเมอร์ และพีคที่เลขคลื่น 1650 cm^{-1} (cm^{-1}) เป็นพีค C=O ของหมู่เอไมด์ (amide group) ของอะคริลาไมด์ (acrylamide) แสดงให้เห็นว่าสามารถสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ที่มีกิ่งเชื่อมต่อกับอะคริลาไมด์ (acrylamide) ได้

10 คุณสมบัติต่างๆของพอลิเล็กติกแอสิดโคไกลซิลิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีนไกลคอล ที่เตรียมได้จากตัวอย่างที่ 1 ถึง 8

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติต่างๆของโคพอลิเมอร์จากตัวอย่าง 1-8

15

20

25

ตัวอย่างที่	น้ำหนักโมเลกุล (GPC)	ร้อยละของพอลิเล็กติกแอสิด (NMR)	ร้อยละโดยโมลของพอลิเอทิลีนไกลคอล (NMR)	ร้อยละของไกลซิลิลเมทาคริเลต (NMR)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ, 4 ชั่วโมง	ร้อยละการดูดซึมน้ำ, 24 ชั่วโมง	มอดูลัสสะสม (E') (เมกะปาสกาล), 0.1 เฮิร์ต
เปรียบเทียบ		24.7 (feed)	66.7 (feed)	8.6 (feed)	90.5 (6 ชั่วโมง)	-	-
1 (6K12)	11,501	25.65	70.15	4.19	192.0	-	-
2 (6K11_PAM)	10,387	44.65	51.27	4.08	110.1	115.6	-
3 (6K12_PAM)	11,501	25.65	70.15	4.19	224.9	225.8	-
4 (6K14_PAM)	9,049	12.86	83.02	4.12	553.2	590.0	29.4
5 (6K16_PAM)	9,126	11.92	86.18	1.90	562.0	576.8	-
6 (2K14_PAM)	3,641	15.88	81.27	2.85	457.8	315.3	35.9
7 (4K14_PAM)	6,271	18.11	77.77	4.12	269.3	258.8	46.3
8 (8K14_PAM)	10,789	14.77	83.18	2.05	555.7	648.5	27.5

จากตารางที่ 1 พบว่าการดูดซึมน้ำของโคพอลิเมอร์เชื่อมขวางที่มีสัดส่วนของพอลิเล็กติกแอซิดต่อพอลิเอทิลีนไกลคอลเท่ากันและมีน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเอทิลีนไกลคอลเท่ากัน ตัวอย่างที่ 1 เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 3 พบว่าโคพอลิเมอร์เชื่อมขวางที่มีพอลิอะคริลาไมด์ เป็นส่วนประกอบ (ตัวอย่างที่ 3) จะสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่าโคพอลิเมอร์เชื่อมขวางที่ไม่มีพอลิอะคริลาไมด์เป็นส่วนประกอบ (225% เทียบกับ 192%) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจาก พอลิอะคริลาไมด์เป็นพอลิเมอร์ที่มีความชอบน้ำ ทำให้โคพอลิเมอร์เชื่อมขวางมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น

จากการสังเคราะห์พบว่าปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลในแต่ละสายโซ่โคพอลิเมอร์มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันเมื่อเติมพอลิเอทิลีนไกลคอลเริ่มต้นเท่ากัน อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำหนักโมเลกุลของโคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นเมื่อพอลิเอทิลีนไกลคอลเริ่มต้นมีน้ำหนักโมเลกุลที่สูงขึ้นดังตัวอย่างที่ 4 และ 6-8

ผลการศึกษาการดูดซึมน้ำของโคพอลิเมอร์เชื่อมขวางที่มีพอลิอะคริลาไมด์เป็นส่วนประกอบ และมีสัดส่วนของพอลิเล็กติกแอซิดต่อพอลิเอทิลีนไกลคอลต่างกัน (ตัวอย่างที่ 2-5) พบว่าโครงสร้างโคพอลิเมอร์ที่มีสัดส่วนของพอลิเอทิลีนไกลคอลมากกว่าพอลิเล็กติกแอซิด สามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่า และพบว่าโคพอลิเมอร์ในตัวอย่างที่ 4 และ 6-8 ที่ประกอบไปด้วยสัดส่วนของพอลิเล็กติกแอซิดต่อพอลิเอทิลีนไกลคอลเท่ากันที่ 1:4 แต่น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเอทิลีนไกลคอลต่างกัน พอลิเอทิลีนไกลคอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำมากกว่าที่น้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณหรือสัดส่วนของพอลิเอทิลีนไกลคอลในโครงสร้างโคพอลิเมอร์เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถในการดูดซึมน้ำของโคพอลิเมอร์นั้นๆ

และการศึกษาสมบัติเชิงกลของโคพอลิเมอร์ที่ดูดซึมน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเทคนิควิเคราะห์สมบัติเชิงกลแบบพลวัต (dynamic mechanical analysis, DMA) ที่ความถี่ 0.1-0.5 เฮิร์ต (Hz) ดังรูปที่ 4 พบว่าค่ามอดูลัสสะสม (storage modulus, E') ของตัวอย่างจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเทียบกับความถี่ที่เปลี่ยนไปและยังพบว่า มีค่ามากกว่ามอดูลัสการสูญเสีย (loss modulus, E'') ซึ่งเป็นการแสดงพฤติกรรมของเจล แสดงถึงว่าเราสามารถเตรียมตัวอย่างโคพอลิเมอร์เป็น ไฮโดรเจลที่สามารถคืนตัวได้เมื่อโดนแรงกดหรือแรงกระทำ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่ามอดูลัสของโคพอลิเมอร์ไม่ขึ้นกับความถี่ที่ไว้วัด โดยที่ค่ามอดูลัสของโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ที่ความถี่ 0.1 เฮิร์ต (Hz) จะมีค่าอยู่ที่ 35.9, 46.3, 29.4 และ 27.5 เมกะปาสกาล สำหรับโคพอลิเมอร์สำหรับตัวอย่างที่ 6, 7, 4 และ 8 ตามลำดับ พบว่าโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีความแข็งแรงและรับแรงกดหลังการบวมตัวได้มากกว่า crosslinked พอลิเอทิลีนไกลคอล-พอลิเล็กติกแอซิด ไฮโดรเจลทั่วไป จากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำของโคพอลิเมอร์เทียบกับค่ามอดูลัสสะสม (storage modulus, E') พบว่า พอลิเมอร์เจลที่มีค่ามอดูลัสสะสม (storage modulus, E') สูงจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้น้อย ซึ่งมีแนวโน้มเป็นไปตามการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมขวางมากจะมีความสามารถในการ

ดูดซึมน้ำได้น้อย ซึ่งค่ามอดูลัสสะสม (storage modulus, E') ของพอลิเมอร์เจลมีความสัมพันธ์กับการเชื่อมขวางของโคพอลิเมอร์ โดยที่พอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมขวางมากจะสามารถคืนตัวได้ดีเมื่อถูกแรงกระทำหรือทนต่อแรงกระทำได้มาก

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

- 5 เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถ้อยสัญญา

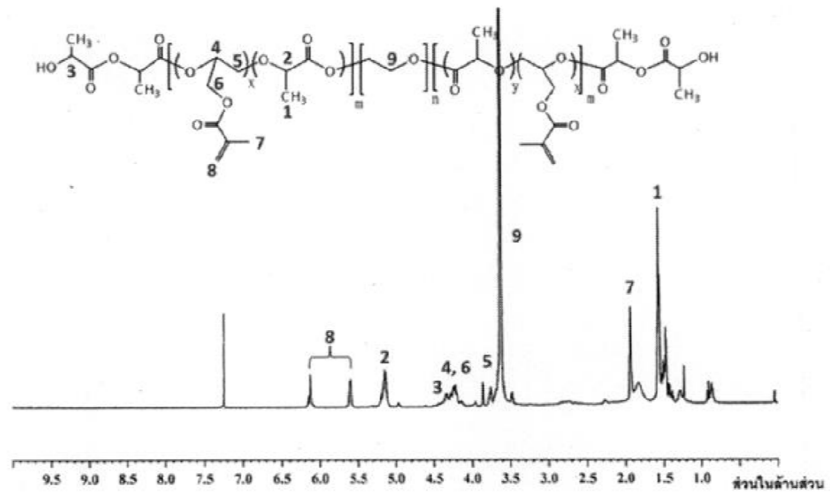
1. พอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้ ที่ประกอบด้วยบล็อกโคพอลิเมอร์ของพอลิแล็กติกแอซิด โกลซิซิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีน ไกลคอล ที่กราฟด้วยพอลิอะคริลาไมด์
- 5 2. พอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพตามข้อถ้อยสัญญาที่ 1 โดยที่ บล็อกโคพอลิเมอร์ของพอลิแล็กติกแอซิด โกลซิซิลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอทิลีน ไกลคอล ประกอบด้วย
พอลิแล็กติกแอซิด ในปริมาณร้อยละ 5-45 โดยโมลองค์ประกอบ
พอลิเอทิลีน ไกลคอล ในปริมาณร้อยละ 50-90 โดยโมลองค์ประกอบ และ
โกลซิซิลเมทาคริเลต ในปริมาณร้อยละ 1-10 โดยโมลองค์ประกอบ
- 10 3. พอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพตามข้อถ้อยสัญญาที่ 2 โดยที่ พอลิแล็กติกแอซิด มีปริมาณร้อยละ 10-30 โดยโมลองค์ประกอบ
4. พอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพตามข้อถ้อยสัญญาที่ 2 โดยที่ พอลิเอทิลีน ไกลคอล มีปริมาณร้อยละ 65-85 โดยโมลองค์ประกอบ
- 15 5. พอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพตามข้อถ้อยสัญญาที่ 2 โดยที่ โกลซิซิลเมทาคริเลต มีปริมาณร้อยละ 2-5 โดยโมลองค์ประกอบ
6. วิธีการเตรียมพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้ประกอบด้วยขั้นตอน
ก) ผสมพอลิเอทิลีน ไกลคอล, แลคไทด์โมโนเมอร์ และ โกลซิซิลเมทาคริเลต เข้าด้วยกันในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 80-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-18 ชั่วโมง โดยที่ อัตราส่วนโดยโมลของแลคไทด์โมโนเมอร์ ต่อพอลิเอทิลีน ไกลคอลอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1:1 ถึง 1:6 และปริมาณของโกลซิซิลเมทาคริเลตอยู่ในช่วงร้อยละ 10-30 โดยโมลของแลคไทด์มอนอเมอร์ และ
ข) เติมเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide, BPO) และ อะคริลาไมด์โมโนเมอร์ ลงใน พอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากขั้นตอน ก) และให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 100-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลาในช่วง 10-30 นาที เพื่อให้เกิดการเชื่อมขวาง และการกราฟของพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากขั้นตอน
- 20
25

ก) โดยที่ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วงร้อยละ 1-5 โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ที่ได้ในขั้นตอน ก) และ ปริมาณอะคริลาไมด์โมโนเมอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 10-50 โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ที่ได้ในขั้นตอน ก)

- 5 7. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 6 โดยที่ ตัวทำละลายอินทรีย์เลือกได้จาก เทตระไฮโดรฟูแรน (tetrahydrofuran, THF), ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane, CH_2Cl_2), คลอโรฟอร์ม (chloroform, CHCl_3), ไดเมทิลฟอร์มามายด์ (dimethylformamide, DMF หรือของผสมของตัวทำละลายดังกล่าว
8. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 7 โดยที่ ตัวทำละลายอินทรีย์คือ เทตระไฮโดรฟูแรน (tetrahydrofuran, THF)
- 10 9. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 6 โดยที่ ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ในช่วงร้อยละ 1-5 โดยน้ำหนักของพอลิเอทิลีนไกลคอล
- 10 10. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 6 โดยที่ ตัวเร่งปฏิกิริยาถูกเลือกมาจาก ทินออกทาโนเอต, ทินคลอไรด์ หรือเตตราฟีนิลทิน
11. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 10 โดยที่ ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ ทินออกทาโนเอต
- 15 12. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 6 โดยที่ พอลิเอทิลีน-ไกลคอลที่ใช้ในขั้นตอน ก) มีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง 2000 -8000 กรัมต่อโมล
13. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 6 โดยที่ ขั้นตอน ก) ยังประกอบรวมด้วยขั้นตอน
ก-1) ละลายพอลิเมอร์ที่ได้จากขั้นตอน ก) ในตัวทำละลายอินทรีย์ และ
ก-2) ตกตะกอนสารละลายพอลิเมอร์ในขั้นตอน ก-1) ก่อนดำเนินการในขั้นตอน ข)
- 20 14. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 13 โดยที่ ตัวทำละลายอินทรีย์คือ ไดคลอโรมีเทน, คลอโรฟอร์ม หรือของผสมของตัวทำละลายดังกล่าว
- 15 15. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 13 โดยที่ การตกตะกอนสารละลายพอลิเมอร์ของขั้นตอน ก-2) ดำเนินการโดยใช้ตัวทำละลายผสมของเอทานอล และ เฮกเซน โดยที่ อัตราส่วนโดยปริมาตรของเอทานอล ต่อ เฮกเซน อยู่ในช่วง 10:90-30:70

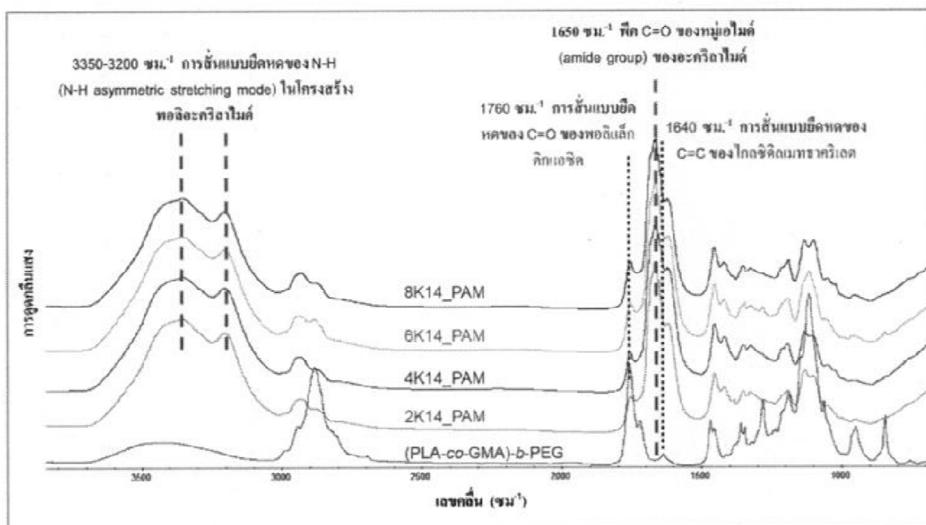
หน้า 3 ของจำนวน 3 หน้า

16. วิธีการเตรียมตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 6 โดยที่ ขั้นตอน ข) ประกอบเพิ่มเติมด้วยขั้นตอนของการทำการบวมตัวของพอลิเมอร์ที่ได้นี้เป็นเวลาในช่วง 20-30 ชั่วโมง

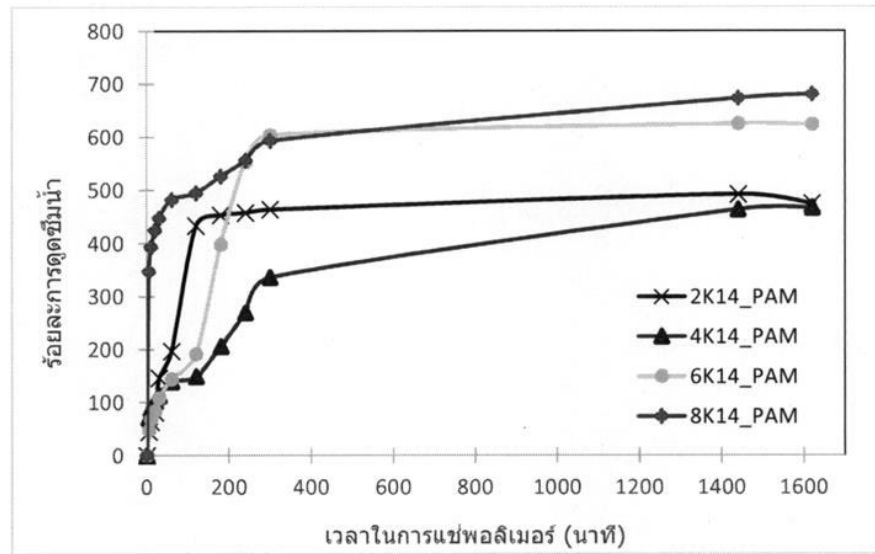


17.

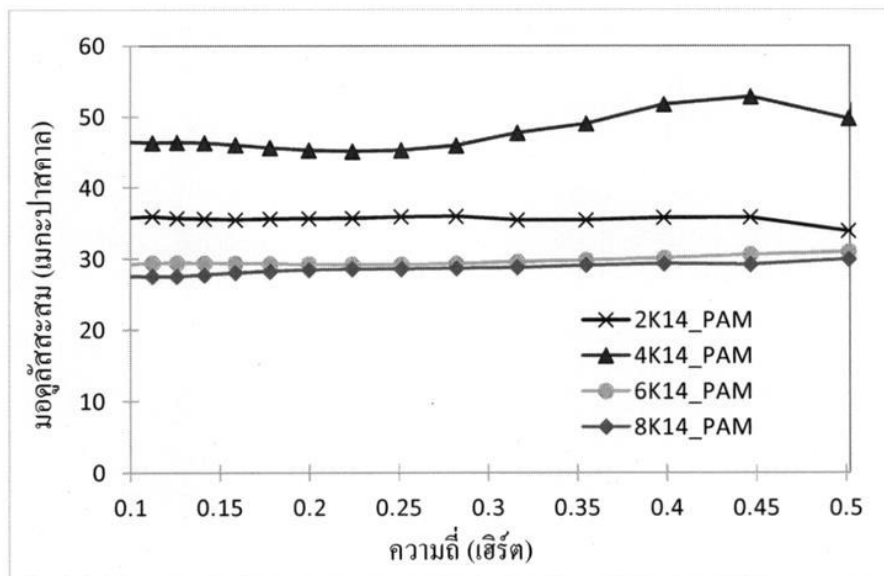
รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4

บทสรุปการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับพอลิเมอร์เชื่อมขวางย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถดูดซึมน้ำและทนแรงกดได้
ที่ประกอบด้วย บล็อกโคพอลิเมอร์ของพอลิแล็กติกแอซิดโกลชิติลเมทาคริเลต-บล็อก-พอลิเอธิลีน
ไกลคอล ที่กราฟด้วยพอลิอะคริลาไมด์