การพัฒนาแผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันเซลลูโลสอะซิเตทสำหรับใช้แยกสารพอลิแซคคาไรด์อย่างง่าย

Development of Electospun Cellulose Acetate Fibrous Membrane for Polysaccharide Separation

จิราพร ชุมพล[1*] และ สินีนาฏ ศิริ[2]

Jiraporn Chumpon and Sineenat Siri

[1]นักศึกษาบัณฑิต สาขาวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2]รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

To study biologically active polysaccharides of herbal extracts, size determination of interested polysaccharides is necessary. Thus, this research is aimed to develop electrospun cellulose acetate fibrous membranes for simple size separating of polysaccharides with the use of electrophoresis technique. Fibrous membranes with 57, 74 and 78 % porosities were produced to compare their efficacy to separate polysaccharides. Morphological study of fibrous membranes by scanning electron microscope revealed that the fibrous membranes composed of fibers with average diameters of 424.3, 389.9 and 378.3 nm. When the fibrous membrane, 6 cm width and 7 cm length, was applied to separate the standard polysaccharide mixture of 0.18, 6, 40 60 and 80 kDa with the use of electrophoresis technique, the fibrous membrane with 57% porosity showed the clearest separation of polysaccharides and better than commercial cellulose acetate membrane. The fibrous membranes showed no significant difference on degradation in 0.2 M calcium acetate pH 7.0 at 40, 60 and 80 °C for 1, 4 and 8 h as compared with the commercial cellulose acetate membrane. When the fibrous membrane was applied to separate polysaccharides of aloe vera crude extract (0.025 µg), it showed 4 separated spots of compounds with R_f of 0.18, 0.27, 0.50 and 0.57. Results of this work showed that the electrospun cellulose acetate fibrous membranes coupled with electrophoresis technique was efficient and simple for a primary size-separation of polysaccharides.

Keyword: *cellulose acetate electrophoresis, electrospun fibrous membrane, polysaccharide separation*

บทคัดย่อ

ในการศึกษาสารออกฤทธิ์ในกลุ่มพอลิแซคคาไรด์จากสารสกัดสมุนไพร จำเป็นต้องมีการตรวจสอบขนาดของสารพอลิแซคคาไรด์ที่สนใจ งานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนาแผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันเซลลูโลสอะซิเตทเพื่อใช้เป็นแผ่นแยกสารพอลิแซคคาไรด์อย่างง่ายร่วมกับการใช้เทคนิคอิเล็กโตรโฟริซิส โดยได้ผลิตแผ่นเส้นใยที่มีรูพรุน 57, 74 และ 78 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกสารพอลิแซคคาไรด์ ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า แผ่นเส้นใยประกอบด้วยเส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 424.3, 389.9 และ 378.3 นาโนเมตร ตามลำดับ เมื่อนำแผ่นเส้นใยขนาดกว้าง 6 เซนติเมตร และยาว 7 เซนติเมตร ไปทดสอบการ

แยกสารผสมพอลิแซคคาไรด์มาตรฐานที่มีขนาด 0.18, 6, 40, 60 และ 80 กิโลดาลตันร่วมกับการใช้เทคนิค อิเล็กโตรโฟริซิส พบว่าแผ่นเส้นใยที่มีรูพรุน 57 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการแยกสารที่ชัดเจนที่สุด และชัดเจนกว่าแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์ที่ใช้เปรียบเทียบ เมื่อทดสอบการสลายตัวของแผ่นเส้นใยในสารละลายแคลเซียมอะซิเตท พีเอช 7.0 ที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 4 และ 8 ชั่วโมง พบว่าแผ่นเส้นใยมีการสลายตัวต่ำและไม่แตกต่างจากแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบการแยกสารพอลิแซคคาไรด์จากสารสกัดหยาบว่านหางจระเข้ โดยใช้ปริมาณสารสกัด 0.025 ไมโครกรัมพบว่า แผ่นเส้นใยที่ผลิตได้สามารถแยกสารได้ 4 ตำแหน่ง ซึ่งมีค่า R_f เท่ากับ 0.18, 0.27, 0.50 และ 0.57 ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้แผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันเซลลูโลส อะซิเตทร่วมกับเทคนิคอิเล็กโตรโฟริซิสมีประสิทธิภาพและง่ายสำหรับใช้แยกสารพอลิแซคคาไรด์ตามขนาดเบื้องต้น

คำสำคัญ: *เซลลูโลสอะซิเตทอิเล็กโตรโฟริซิส, แผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปัน, การแยกสารพอลิแซคคาไรด์*

บทนำ

พืชสมุนไพรหลายชนิด พอลิแซคคาไรด์เป็นสารออกฤทธิ์กลุ่มสำคัญ (Talmadge et al., 2004; Xu et al., 2012) ซึ่งในการตรวจหาและศึกษาสารออกฤทธิ์หลากหลายชนิดในกลุ่มพอลิแซคคาไรด์นี้ จำเป็นต้องมีการแยกขนาดของสารพอลิแซคคาไรด์เพื่อศึกษาสมบัติของสารเหล่านั้น เทคนิคต่างๆได้ถูกนำมาใช้ในการแยกสารพอลิแซคคาไรด์ เช่น โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (high performance liquid chromatography, HPLC) (Okada et al., 2006) ก๊าซโครมาโทกราฟี (gas chromatography, GC) (Okada el al., 2010) แคปิลารีอิเล็กโตรโฟริซิส (capillary electrophoresis, CE) (Wang el al., 2012) และ ฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier transforms infrared spectroscopy, FTIR) (Artz et al., 2008) เทคนิคเหล่านี้มีข้อดีคือ สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของสารได้อย่างชัดเจน แม่นยำ แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องใช้ระยะเวลานาน เสียค่าใช้จ่ายสูง และใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่ซับซ้อน ดังนั้นเทคนิคที่สามารถแยกสารพอลิแซคคาไรด์อย่างง่ายซึ่งสามารถใช้เครื่องมือที่มีในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จึงมีประโยชน์ต่อการศึกษาสารพอลิแซคคาไรด์จากพืชสมุนไพรเบื้องต้น

แผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันซึ่งได้จากการใช้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูงในการปั่นเส้นใยขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจากสารละลายพอลิเมอร์ เป็นแผ่นเส้นใยที่ได้รับความสนใจนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น แผ่นกรอง แผ่นปิดแผล แผ่นผลิตภัณฑ์เวชสำอางค์ และแผ่นเลี้ยงเซลล์แบบ 3 มิติ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นเส้นใยมีคุณสมบัติที่เหมาะสม คือ มีรูพรุนขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร มีความเป็นรูพรุนสูง และมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายในกระบวนการผลิตแผ่นเส้นใย (Huang el al., 2003) แต่อย่างไรก็ดี ยังไม่มีการศึกษาการนำแผ่นเส้นใยดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เป็นแผ่นแยกสารชีวโมกุล ประกอบกับเหตุผลข้างต้นที่มีความต้องการแยกสารพอลิแซคคาไรด์จากสารสกัดพืชสมุนไพรตามขนาดอย่างง่าย ในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาและพัฒนาแผ่นเส้นใยอิเล็กโตร-สปันเซลลูโลสอะซิเตทเพื่อใช้เป็นแผ่นแยกสารพอลิแซคคาไรด์อย่างง่ายร่วมกับการใช้เทคนิคอิเล็กโตร-โฟริซิส ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันมีรูพรุนขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการแยกสารตามขนาด นอกจากนี้ยังใช้เทคนิคอิเล็กโตโฟริซิสซึ่งเป็นการแยกสารโดยใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการแยกสาร และดัดแปลงให้ใช้กับเครื่องอะกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟริซิสซึ่งพบในห้องปฏิบัติการทั่วไป โดยจะได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้แผ่นเส้นใยที่ผลิตได้กับแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์

วิธีการวิจัย

การผลิตแผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปัน

ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันจากเซลลูโลสอะซิเตท โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายเซลลูโลสอะซิเตท 17 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายในตัวทำละลายผสมระหว่างกรด อะซิติกเข้มข้นกับน้ำในอัตราส่วน 95 ต่อ 5 โดยปริมาตร และปรับปัจจัยต่างๆในการอิเล็กโตรสปินเพื่อให้ได้แผ่นเส้นใยที่มีความเป็นรูพรุนที่แตกต่างกัน 3 ชนิด โดยมีการปรับค่าศักย์ไฟฟ้า 15-25 กิโลโวลต์ และอัตราการไหลของสารละลาย 0.2-1.2 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ให้ระยะห่างระหว่างปลายเข็มและวัสดุรองรับเท่ากับ 15 เซนติเมตร

การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพของแผ่นเส้นใย

ลักษณะและขนาดของแผ่นเส้นใยศึกษาจากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ความเป็นรูพรุนของแผ่นเส้นใยวัดด้วยวิธี liquid displacement โดยการตัดแผ่นเส้นใยเส้นขนาด 5 × 2 ตารางเซนติเมตร นำมาแช่ในเฮกเซน 9 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงนำแผ่นเส้นใยออกจากเฮกเซน ทั้งนี้ปริมาตรของสารละลายเฮกเซนเริ่มต้น (9 มิลลิลิตร) ให้เป็น V1 ปริมาตรของสารละลายที่มีแผ่นเส้นใยให้เป็น V2 และปริมาตรเฮกเซนหลังนำแผ่นเส้นใยออก ให้เป็น V3 โดยค่ารูพรุน (porosity) คำนวณจากสมการคือ

$$\text{Porosity (\%)} = [(V1-V3) / (V2-V3)] \times 100$$

สำหรับการศึกษาอัตราการสลายตัว (degradation rate) ของแผ่นเส้นใย นำแผ่นเส้นใยขนาด 1 × 1 ตารางเซนติเมตร มาชั่งน้ำหนัก (ให้เป็น A1) จากนั้นมาแช่ในสารละลายแคลเซียมอะซิเตท 0.2 โมลาร์ พีเอช 7.0 ที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 4 และ 8 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำ ซับให้แห้ง และนำแผ่นเส้นใยไปอบที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก (ให้เป็น A2) โดยอัตราการสลายตัวคำนวณจากสมการ คือ

$$\text{Degradation rate} = [(A1-A2) / A1] \times 100$$

การแยกสารพอลิแซคคาไรด์ตามขนาด

แผ่นเส้นใยที่ผลิตได้ที่มีความกว้าง 6 เซนติเมตร และยาว 7 เซนติเมตร ถูกนำมาศึกษาประสิทธิภาพในการแยกสารพอลิแซคคาไรด์มาตรฐาน ซึ่งประกอบด้วยสารพอลิแซคคาไรด์ที่มีขนาด 0.18, 6, 40, 60 และ 80 กิโลดาลตันโดยหยดสารพอลิแซคคาไรด์มาตรฐานปริมาณ 0.5 ไมโครลิตรหยดบนแผ่นเส้นใยให้เป็นจุดขนาดเล็ก และนำไปวางบนเครื่องอิเล็กโตรโฟเรซิส (รูปที่ 1) การแยกสารบนแผ่นเส้นใยภายใต้สภาวะที่ใช้ สารละลายแคลเซียมอะซิเตท 0.2 โมลาร์ พีเอช 7.0 กระแสไฟฟ้า 7 มิลลิแอมแปร์ เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง จากนั้นนำแผ่นเส้นใยล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วนำมาย้อมสีด้วยสารละลาย toluidine blue ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลายกรดอะซิติก 3 เปอร์เซ็นต์ ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน และทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ค่า Retardation factor (R*f*) คำนวณจากสัดส่วนของระยะทางในการเคลื่อนที่ของสารและระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ ในการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบการแยกสารพอลิแซคคาไรด์มาตรฐานบนแผ่นเส้นใยที่มีความเป็นรูพรุนแตกต่างกัน 3 ชนิด และเปรียบเทียบกับการใช้แผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์

แผ่นเส้นใยที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดได้ถูกนำไปศึกษาการแยกสารพอลิแซคคาไรด์จากสารสกัดหยาบว่านหางจระเข้ที่มีอายุแตกต่างกัน คือ 1, 2, 3 และมากกว่า 12 เดือน โดยนำวุ้นว่านหางจระเข้ที่ล้างสะอาดแล้วมาปั่นให้

เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วตกตะกอนด้วยการปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ตะกอนที่ได้นำมาทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนว่านหางจระเข้ต่อกรดซัลฟูริกเท่ากับ 1 กรัมต่อ 5 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ได้พอลิแซคคาไรด์ที่อยู่ในรูปซัลเฟต (sulfated polysaccharides) จากนั้นหยุดปฏิริยาด้วยสารละลายเมทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และปรับพีเอชให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 โมลาร์ แล้ววัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในสารสกัดว่านหางจระเข้ด้วยวิธี Anthron assay โดยสารละลายที่ได้ 1 มิลลิลิตร จะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยสารละลายกรดไฮโรคลอริกเข้มข้น 2.5 นอร์มอล ซึ่งปรับพีเอชให้เป็นกลางด้วยผลึกโซเดียมคาร์บอเนต แล้วตกตะกอนด้วยการปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที สารละลายที่ได้นำมาทำปฏิริยากับ Anthrone ที่อยู่ในสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานกลูโคสที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 630 นาโนเมตร

ผลการวิจัย

ลักษณะของแผ่นเส้นใย

ในการผลิตแผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันเซลลูโลสอะซิเตทเพื่อใช้แยกสารพอลิแซคคาไรด์ ได้ทำการปรับสภาวะต่างๆในการทำอิเล็กโตรสปิน โดยสภาวะที่ทำให้ได้เส้นใยยาวต่อเนื่องคือ อัตราการไหล 0.8 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ศักย์ไฟฟ้า 25 กิโลโวลต์ ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงวัสดุรองรับ 15 เซนติเมตร นอกจากนี้ได้ปรับใช้ปริมาตรของสารละลายเซลลูโลสอะซิเตทที่ 12, 7 และ 3 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้แผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันที่มีความเป็นรูพรุนที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ 57, 74 และ 78 เปอร์เซ็นต์ และจากการวัดความหนาของแผ่นเส้นใยจากภาพถ่าย SEM พบว่ามีความหนา 0.87, 0.37 และ 0.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าแผ่นเส้นใยประกอบด้วยเส้นใยที่สานกันแบบไม่ถักทอ (รูปที่ 2) และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเท่ากับ 424.3, 389.9 และ 378.3 นาโนเมตร ตามลำดับ สำหรับแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์พบว่ามีลักษณะพื้นผิวขรุขระและประกอบด้วยรูขนาดเล็ก

ในการศึกษาการสลายตัวของแผ่นเส้นใยในสารละลายแคลเซียมอะซิเตท 0.2 โมลาร์ พีเอช 7.0 ซึ่งใช้สำหรับการทำอิเล็กโตรโฟริซิส ที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวล 1, 4 และ 8 ชั่วโมง พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเมื่อเวลาผ่านไป 1, 4 และ 8 ชั่วโมงเส้นใยมีการสลายตัวเท่ากับ 4.5, 6.8 และ 11.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เส้นใยมีการสลายตัวเพิ่มขึ้นเท่ากับ 13.8, 14.8 และ 15.6 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีการสลายตัว 18.6, 18.7 และ 20.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์ซึ่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีการสลายตัว 4.5, 7.2 และ 11.4 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการสลายตัว 9.9, 10.1 และ 10.6 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีการสลายตัว 10.6, 13.0 และ 14.5 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

การแยกสารพอลิแซคคาไรด์ตามขนาด

แผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันที่มีความเป็นรูพรุน 57, 74 และ 78 เปอร์เซ็นต์ ได้ถูกนำมาศึกษาความสามารถในการแยกสารมาตรฐานที่ประกอบด้วยพอลิแซคคาไรด์ที่มีขนาด 0.18, 6, 40, 60 และ 80 กิโลดาลตัน ปริมาณ 0.5 ไมโครลิตร โดยใช้เครื่องอิเล็กโตรโฟริซิส ภายใต้สภาวะที่ใช้สารละลายแคลเซียมอะซิเตท พีเอช 7.0 กระแสไฟฟ้า 7 มิลลิแอมแปร์ เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง จากนั้นนำแผ่นเส้นใยมาย้อมสีด้วยสารละลาย toluidine blue เพื่อย้อมสีสารพอลิแซคคาไรด์

ผลการแยกสารพอลิแซคคาไรด์มาตรฐานแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าแผ่นเส้นใยที่มีความเป็นรูพรุน 74 และ 78 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถแยกสารพอลิแซคคาไรด์มาตรฐานได้ โดยไม่พบสารมาตรฐานบนแผ่นเส้นใยที่มีความเป็นรูพรุน 78 เปอร์เซ็นต์ และสารพอลิแซคคาไรด์มาตรฐานทั้งสี่ชนิดไม่สามารถถูกแยกออกจากกันได้ทั้งหมดบนแผ่นเส้นใยที่มีความเป็นรูพรุน 74 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับแผ่นเส้นใยที่มีความเป็นรูพรุน 57 เปอร์เซ็นต์ พบว่าแยกสารพอลิแซคคาไรด์ออกจากกันได้อย่างชัดเจน และให้ผลที่ชัดเจนกว่าการใช้แผ่นเซลลูโลสะซิเตทเชิงพาณิชย์

เมื่อนำแผ่นเส้นใยที่มีความเป็นรูพรุน 57 เปอร์เซ็นต์ มาใช้แยกสารสกัดว่าหางจระเข้ โดยใช้สารสกัด 0.025 ไมโครกรัม พบว่าแผ่นเส้นใยสามารถแยกสารพอลิแซคคาไรด์ได้ 4 ตำแหน่ง ซึ่งมีค่า R*f* เท่ากับ 0.18, 0.27, 0.50 และ 0.57 (รูปที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้เมื่อใช้แผ่นเซลลูโลสะซิเตทเชิงพาณิชย์ แต่ผลการแยกสารด้วยแผ่นเส้นใยให้ผลที่คมชัดมากกว่า

การอภิปรายผล

อิเล็กโตรสปินนิง เป็นกระบวนการที่อาศัยแรงทางไฟฟ้าจากศักย์ไฟฟ้ากำลังสูง ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนคือ แหล่งกำเนิดศักย์ไฟฟ้ากำลังสูง หลอดบรรจุสารละลายที่ติดเข็มโลหะ และวัสดุรองรับที่เป็นโลหะ ในการผลิตเส้นใยที่มีลักษณะแบบไม่ถักทอ เส้นใยที่ได้มีขนาดเล็กในระดับไมโครเมตร ถึง นาโนเมตร มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง ความเป็นรูพรุนของเส้นใยจะมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของสารละลาย สภาวะต่างๆได้แก่ ศักย์ไฟฟ้า อัตราการไหลของสารละลายพอลิเมอร์ ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงวัสดุรองรับ และปริมาณของสารละลายพอลิเมอร์ที่ใช้ ซึ่งจากการทดลอง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาตรสารละลายเซลลูโลสอะซิเตท 3 ค่าที่แตกต่างกันได้แก่ ปริมาตร 3, 12 และ 25 มิลลิลิตร จะทำให้ได้แผ่นเส้นใยที่มีรูพรุนแตกต่างกัน 3 ชนิดได้แก่ 78, 74 และ 57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งการที่รูพรุนของแผ่นเส้นใยลดลงนี้เกิดจากการซ้อนทับกันของเส้นใย (Lee et al., 2011) แผ่นเส้นใยที่ผลิตได้นี้มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างจากแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์กล่าวคือ แผ่นแซล ลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์มีลักษณะโครงสร้างแบบอนุภาค (particulate structure) ซึ่งเกิดจากการนำผงเซลลูโลสอะซิเตทละลายในตัวทำลายผสมระหว่าง อะซิโตน และไดคลอโรมีเทน ในอัตราส่วย 80 ต่อ 20 แล้วเติมเกลือ เช่น แมกนีเซียมคลอไรด์หรือ แคลเซียมคลอไรด์ คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทลงบนพลาสติกแข็งทนความร้อนเพื่อให้ขึ้นรูปแล้วปล่อยให้ตัวทำละลายแห้งอย่างรวดเร็ว เมื่อนำแผ่นเซลลูโลสดังกล่าวไปแช่ในน้ำจะทำให้เกลือที่ละลายออกซึ่งจะทำให้มีลักษณะเป็นรูพรุนซึ่งเกิดจากการละลายของเกลือ โดยรูพรุนที่ได้จะมีขนาดเท่ากันกับผลึกของเกลือ ซึ่งมีขนาดรูพรุนอยู่ในระดับไมโครเมตร และรูพรุนที่เกิดขึ้นนี้อาจไม่เชื่อมกัน (Fischer et al., 2008)

การที่แผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันเซลลูโลสอะซิเตทใช้แยกสารพอลิแซคคาไรด์ได้คมชัดกว่าแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์ คาดว่าเกิดจากการที่แผ่นเส้นใยมีโครงสร้างของรูพรุนที่เชื่อมกันได้ ทำให้สารละลายมีการเคลื่อนที่ไปเป็นแบบหยดสารบนแผ่นเส้นใยที่เป็น 3 มิติ จึงติดสีได้คมชัด และมีลักษณะเป็นวงกลมที่คมชัด ในขณะที่การเคลื่อนที่ของบนแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีรูพรุนที่ไม่เชื่อมกัน จะมีการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ มากกว่า ทำให้เห็นผลที่เป็นวงกว้างตามแนบราบในลักษณะวงรีขนาดใหญ่ และมีความคมชัดน้อยกว่า

กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

Artz, R.R.E., Chapman, S.J., Robertson, A.H.J., Potts, J.M., Laggoun-Defarge, F., Gogo, S., Comont, L., Disnar, J.R., and Francez, A..J. 2008. FTIR spectroscopy can be used as a screening tool for organic matter quality in regenerating cutover peatlands. Soil Biology and Biochemistry 40(2): 515-527.

Fischer, S., Thummler, K., Volkert, B., Hettrich, K., Schmidt, I., and Fischer, K. 2008. Properties and applications of cellulose acetate. Journal of Macromolecular Symposia 262: 89–96.

Huang, Z.M., Zhang, A.Z., Kotaki, M., and Ramakrishna, S. 2003. A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. Composites Science and Technology 63(15): 2223-2253.

Lee, J.B., Jeong, S.I., Bae, M.S., Yang, D.H., Heo, D.N., Kim, C.H., Alsberg, E., and Kwon, I.K. 2011. Highly porous electrospun nanofiber enhanced by ultrasonication for improved cellular infiltration. Tissue Engineering Part A (17): 2695-2702.

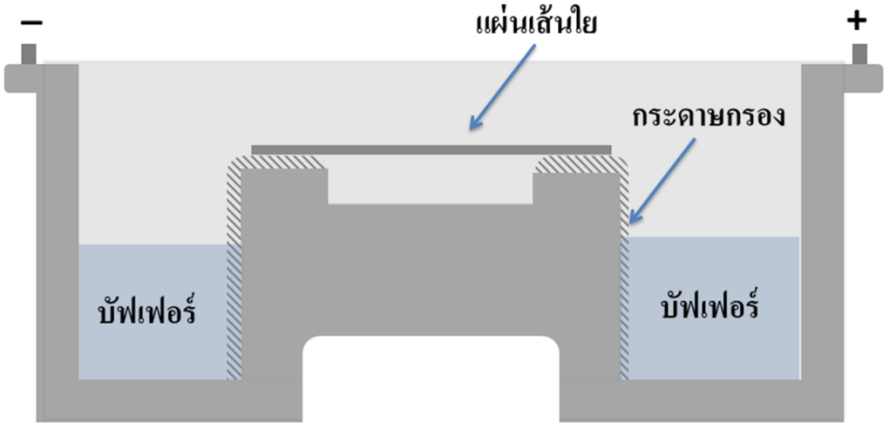
Okada, H., Fukushi, E., Yamamori, A., kawazoe, N., Onodera, S., Kawabata, J., and Shiomi, N. 2006. Structural analysis of a novel saccharide isolated from fermented beverage of plant extract. Carbohydrate Research 341(7): 925-929.

Okada, H., Fukushi, E., Yamamori, A., Kawazoe, N., Onodera, S., Kawabata, J., and Shiomi, N. 2010. Novel fructopyranose oligosaccharides isolated from fermented beverage of plant extract. Carbohydrate Research 345(3): 414-418.

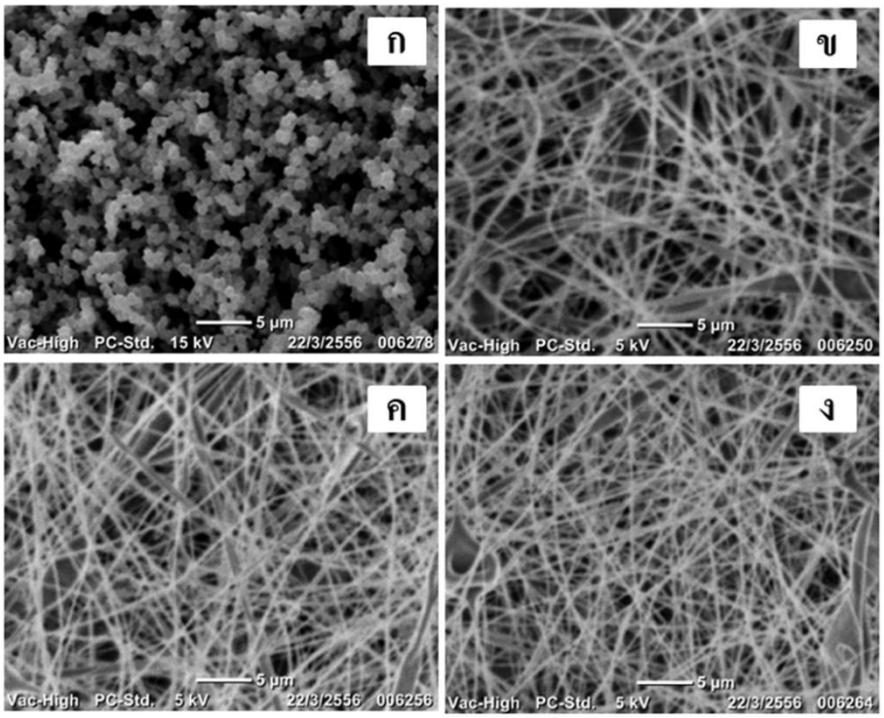
Talmadge, J., Chavez, J., Jacobs, L., Munger, C., Chinnah, T., Jimmy, T., Chow, D., Williamson, and Yates, K. 2004. Fractionation of Aloe vera L. inner gel, purification and molecular profiling of activity. International Immunopharmacology 4(14): 1757-1773.

Wang, T., Yang, X., Wang, D., Jiao, Y., Wang, Y., and Zhao, Y. 2012. Analysis of compositional carbohydrates in polysaccharides and foods by capillary zone electrophoresis. Carbohydrate Polymers 88(2): 754-762.

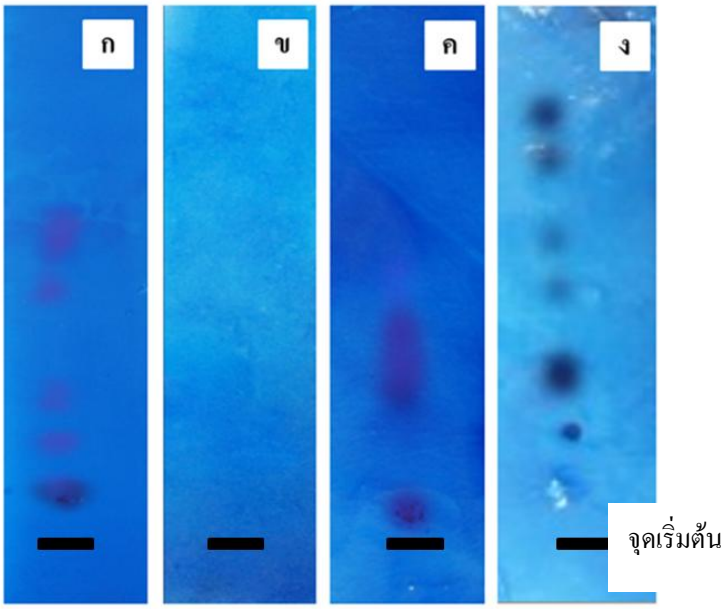
Xu, J., Li, Z., Cao, M., Zhang, H., Sun, J., Zhao, J., Zhou, Q., Wu, Z., and Yang, L. 2012. Synergetic effect of *Andrographis paniculata* polysaccharide on diabetic nephropathy with andrographolide. International Journal of Biological Macromolecules 51(5): 738-742.



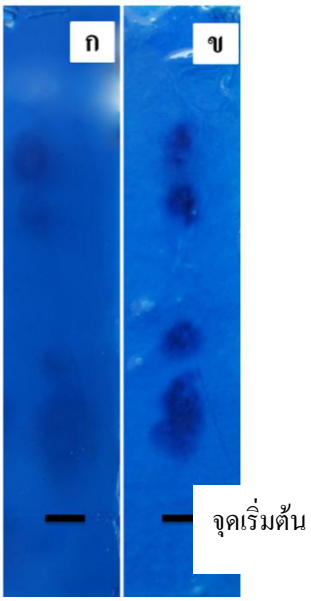
รูป 1. แบบจำลองของเครื่องอิเล็กโตรโฟเรซิสที่ดัดแปลงเพื่อใช้แยกสารพอลิแซคคาไรด์โดยเทคนิคเซลลูโลส-อะซิเตทอิเล็กโตรโฟริซิส



รูป 2. ลักษณะสัณฐานวิทยาจากภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแผ่นเซลลูโลส-อะซิเตทเชิงพาณิชย์ (ก) และแผ่นเส้นใยนาโนอิเล็กโตรสปันเซลลูโลสอะซิเตทที่ผลิตได้ด้วยเทคนิคอิเล็กโตร- สปินนิงซึ่งมีความเป็นรูพรุน 78, 74 และ 57 เปอร์เซ็นต์ (ข-ง)



รูป 3. ผลการแยกสารผสมพอลิแซคคาไรด์มาตรฐานบนแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทอิเล็กโตรสปันเชิงพาณิชย์ (ก) และ แผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันที่มีรูพรุน 78, 74 และ 57 เปอร์เซ็นต์ (ข-ง)



รูป 4. ผลการแยกพอลิแซคคาไรด์ของสารสกัดหยาบว่านหางจระเข้ บนแผ่นเซลลูโลสอะซิเตทเชิงพาณิชย์ (ก) และแผ่นเส้นใยอิเล็กโตรสปันที่มีรูพรุน 57 เปอร์เซ็นต์ (ข)