

ประสบการณ์การดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคมะเร็งท่อน้ำดีและครอบครัว The self-care Experience of Cholangiocarcinoma Patients and Families

สมปอง พะมูลิลา^{1*} บำเพ็ญจิต แสงชาติ² และ วรชมน ปาพรหม³
Sompong Pamulila^{1*} Bumpenchit Sangchart² and Wassamon Paprom³

¹ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

¹ Faculty of Nursing, Ubon Ratchathani University

² คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² Faculty of Nursing, Khonkean University

³ วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนม

³ Boromarajonani College of Nursing Nakhon Phanom, Nakhonphanom University

*E-mail: pamulila19@gmail.com

Received: Sep 19, 2018

Revised: Oct 10, 2018

Accepted: Nov 28, 2018

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงคุณภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสบการณ์การดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคมะเร็งท่อน้ำดีและครอบครัวในจังหวัดแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ป่วยมะเร็งท่อน้ำดีและครอบครัว 64 คน โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) การให้ความหมายต่อโรคในมุมมองของผู้ป่วย ได้แก่ “ไม่มีอาการเตือน” “รักษาไม่หาย” และ “เป็นโรคเวรกรรม” และการให้ความหมายต่อโรคในมุมมองของครอบครัว ได้แก่ “เป็นโรคที่ทุกข์ทรมาน” และ “เป็นโรคที่รอความตาย” 2) พฤติกรรมการดูแลตนเอง ได้แก่ การกินปลาดิบ การกินยาถ่ายพยาธิประจำ ซ้อมยา กินเอง และการดูแลตนเองไม่ต่อเนื่อง 3) ปัญหาและความต้องการดูแล ประกอบด้วย วัฒนธรรมการกินปลาดิบ ยังไม่ตระหนัก ไม่มีผู้ดูแล หนี้สิน และการเดินทางไปรักษาไกล และ 4) ปัจจัยเงื่อนไขในการดูแลผู้ป่วย คือ การช่วยเหลือจากชุมชน ความเชื่อต่อโรค และ วัฒนธรรมการกินปลาดิบ ผลการศึกษาให้ข้อเสนอแนะเสริมสร้างความตระหนักของผู้ป่วยและครอบครัวในการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตไม่กินปลาดิบที่เสี่ยงต่อการเกิดโรค และข้อเสนอแนะสำหรับบุคลากรสุขภาพให้มีสมรรถนะในการเฝ้าระวังคัดกรองโรค และให้การดูแลตามความต้องการดูแลที่มีความเฉพาะโรคสำหรับกลุ่มผู้ป่วย

คำสำคัญ: การดูแลตนเอง ผู้ป่วยมะเร็งท่อน้ำดี ครอบครัว การวิจัยเชิงคุณภาพ

ABSTRACT

This qualitative study aimed to explore the self-care experience of cholangiocarcinoma (CHCA) patients and families in one province in the Northeast, Thailand. The data were collected from 64 patients with CHCA and their families by in-depth interviews. The data were analyzed by content analysis. The findings revealed as follows. 1) The meanings of the disease based on the views of the patients were that “no warning signs”, “cannot be cured” and “fateful disease”. Based on the family’s views, it included “suffering disease” and “a disease causing death”. 2) The self-care behaviors included eating raw fish, taking anthelmintic drugs, buy drug themselves and discontinued care. 3) The problems and the needs of care were eating raw fish culture, not being aware of the disease, not having caregivers, debts and long distance for receiving care. 4) Patient care factors included community support, belief on disease and eating raw fish culture. The results of the study proposed for that the awareness of the patients and families to change their lifestyle of eating raw fish which was the cause of disease should be enhanced. The recommendations for health personnel were that they should have the ability to screen the disease and to provide care based on the specific care needs for the disease of the patients.

Keywords: Self-care, Cholangiocarcinoma patients, Families, Qualitative research

1. บทนำ

การผลิตเส้นใยด้วยกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง (Electrospinning) เป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนน้อย สามารถผลิตเส้นใยที่มีขนาดเล็กระดับไมโครเมตรถึงนาโนเมตร และยาวต่อเนื่อง แต่จะมีตัวแปรอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของเส้นใย คือ หนึ่งศักย์ไฟฟ้าส่งผลโดยตรงกับลักษณะและขนาดของเส้นใย โดยเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากขึ้น การยืดของเส้นใยจะเพิ่มขึ้น ทำให้เส้นใยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง [1], [2] สองความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ ส่งผลอย่างมาก ทั้งเรื่องสัญญาณวิทยาของเส้นใยและขนาดความเข้มข้นของพอลิเมอร์ในสารละลายมีผลโดยตรงต่อความหนืดของสารละลาย และความหนืดนี้จะเป็นปัจจัยส่งผลต่อลักษณะเส้นใย [3], [4] สามคืออัตราการไหลของสารละลายพอลิเมอร์ เมื่อเพิ่มขึ้นส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและขนาดของรูพรุนเพิ่มขึ้น [5] สี่คือระยะห่างระหว่างหลอดบรรจุสารละลายพอลิเมอร์กับวัสดุรองรับ การเพิ่มระยะห่างระหว่างปลายหัวฉีดกับวัสดุรองรับส่งผลให้ขนาดของเส้นใยเล็กลง และเมื่อลดระยะห่างระหว่างหลอดบรรจุกับวัสดุรองรับสั้นมากขึ้น ส่งผลให้เกิดเม็ดเล็ก ๆ บนเส้นใยมากขึ้นเนื่องจากเกิดการระเหยอย่างไม่สมบูรณ์ของตัวทำละลาย [5]

พอลิแล็กไทด์ (PLA) เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มพอลิเอสเตอร์สายโซ่ตรง (Aliphatic polyester) สังเคราะห์ได้จากกรดแล็กติก สามารถผลิตได้จากการหมักแป้งหรือน้ำตาล เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง หรืออ้อย จึงสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตได้ ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้สามารถสร้างขึ้นทดแทนได้อย่างต่อเนื่อง ภายหลังจากการใช้งาน ผลิตภัณฑ์จากพอลิแล็กไทด์ สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เมื่อนำไปฝังกลบในดินโดยใช้ระยะเวลาอันสั้น [6] จากการใช้งานพอลิแล็กไทด์ ทั้งในด้านอุตสาหกรรม สิ่งทอ เครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน ยังมีขีดจำกัดการใช้งานคือพอลิแล็กไทด์ นั้นทนความร้อนได้น้อยกว่าพลาสติกชนิดอื่น ในการนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์มักจะประสบปัญหาต่าง ๆ เพราะจากคุณสมบัติของพอลิแล็กไทด์ นั้นมีสมบัติแข็ง เปราะ ต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติของพลาสติกชีวภาพให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้งานทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์เช่น วัสดุปิดแผล [7], [8] วัสดุวิศวกรรมเนื้อเยื่อ [9] และระบบนำส่งยา [10] จึงมีการศึกษาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยวิธีเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนของพอลิแล็กไทด์ อีกวิธีคือการผสมกับพอลิบิวทิลีนอะดิเพต-โค-เทเรฟทาเลท (PBAT) ซึ่งเป็นพลาสติกที่ได้จากผลิตภัณฑ์จากแหล่งปิโตรเคมี แต่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และ พอลิบิวทิลีนอะดิเพต-โค-เทเรฟทาเลท ยังเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเอสเตอร์เป็นองค์ประกอบบนสายสายโซ่หลัก ทำให้มีความแข็งแรง เหนียว ขึ้นรูปได้ง่ายและมีความยืดหยุ่นสูง [11], [12] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีการศึกษาผลของการผสมพอลิบิวทิลีนอะดิเพต-โค-เทเรฟทาเลทต่อคุณสมบัติต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้งานแผ่นเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมวัตถุดิบและสารเคมี

วัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ เม็ดพอลิแล็กไทด์ เกรด L130 ซื้อจากบริษัท Total Corbion PLA bv (ประเทศไทย) จำกั และเม็ดพอลิบิวทิลีนอะดิเพต-โค-เทเรฟทาเลท (PBAT) ซื้อจากบริษัท BASF (ประเทศไทย) จำกั จากนั้นนำเม็ด PLA และ PBAT ในอัตราส่วน PLA/PBAT 100/0, 90/10, 70/30, 50/50, 30/70, 10/90 และ 0/100 มาละลายในคลอโรฟอร์ม ที่อัตราส่วนคลอโรฟอร์มต่อเม็ดพลาสติก 90/10 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไปเข้าเครื่องกวนสารละลายโดยใช้เครื่อง Hotplate Stirrer รุ่น MS300 magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง [13]

2.2 การผลิตเส้นใยด้วยเครื่องอิเล็กโตรสปินนิง

สารละลาย PLA/PBAT ที่ได้จะถูกนำมาผลิตเป็นเส้นใยด้วยเครื่องอิเล็กโตรสปินนิง ดัง Figure 1 ซึ่งมีกระบวนการใกล้เคียงกับการทดลองก่อนหน้านี้ [14] โดยสารละลายถูกบรรจุลงในหลอดพลาสติกหรือแก้วขนาด 10 มิลลิลิตร โดยใช้เข็มโลหะเบอร์ 21 ต่อที่ปลายหลอดใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ระยะห่างระหว่างหลอดบรรจุสารละลายพอลิเมอร์กับวัสดุรองรับ 15 เซนติเมตร โดยมีแรงดันไฟฟ้าใช้คือ 15 กิโลโวลต์ ทำการผลิตแผ่นเส้นใยเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

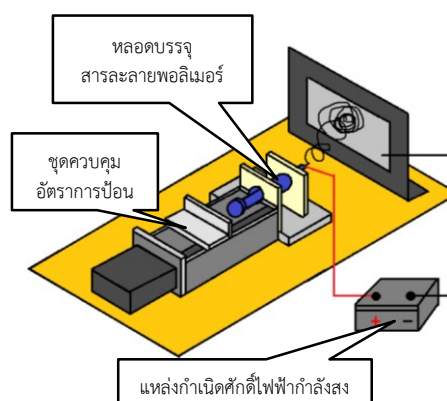


Figure 1 General equipments used in Electrospinning process

2.3 การวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุล

วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของ PLA และ PBAT ด้วยเทคนิค Gel Permeation Chromatography (GPC) โดยใช้เครื่องรุ่น 1260 Infinity II High-Temperature GPC System จากบริษัท Agilent Technologies โดยใช้ Tetrahydrofuran (THF) เป็นตัวทำละลายขึ้นงานทดสอบ โดยเส้นใยที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง จะถูกตัดให้ได้ขนาด 3-5 มิลลิกรัม แช่ในสารละลาย THF ปริมาตรประมาณ 3 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สารละลายที่ได้ถูกฉีดเข้าในเครื่อง GPC ที่อัตราการไหล 0.1 มิลลิลิตรต่อนาที

โดยพิจารณาอัตราส่วนระหว่างค่า M_w กับ M_n จะได้ค่า polydispersity index (PDI) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความกว้างของกราฟ ถ้า M_w มีค่าใกล้เคียง M_n มาก ค่า PDI จะเข้าใกล้ 1 และกราฟที่ได้จะมีลักษณะแคบ สำหรับในกรณีที่ค่า PDI เท่ากับ 1 นั้นจะหมายความว่าสารตัวอย่างพอลิเมอร์ดังกล่าวมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันทุกโมเลกุล ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อย

2.4 การทดสอบความหนืด (Viscosity)

เพื่อวัดความหนืดของสารละลาย PLA และ PBAT ที่มีผลต่อลักษณะเส้นใย การทดสอบความหนืดทำได้โดยเครื่องทดสอบ Brookfield Viscometer จาก Brookfield Engineering Labs., Inc. รุ่น DV-E ใช้หลักการวัดจากแรงต้านทานที่เกิดขึ้นจากความหนืด มีค่าความแม่นยำ $\pm 1\%$ มีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน $\pm 0.2\%$ เมื่อมีการทดสอบซ้ำ นำสารละลายที่ PLA/PBAT: 100/0 และ 0/100 ทดสอบที่ปริมาตร 600 มิลลิลิตร ค่าที่ได้คือความหนืดของสารละลาย (CP, Centipoise)

2.5 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคือกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) LEO รุ่น LEO 1450VP โดยศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง การกระจายตัวของเส้นใย และลักษณะของเส้นใย ที่ได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง ถูกตัดเป็นแผ่นขนาดเล็ก นำไปวางบน carbon tape ที่ติดตั้งกับ stub เคลือบสุญญากาศชิ้นงานด้วยทองคำ 20 นาโนเมตร

2.6 การทดสอบสมบัติทางกล

การวิเคราะห์สมบัติทางกลทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Texture analyser) รุ่น TA.XT Plus บริษัท Stable Micro System ทำการทดสอบกับเนื้อสัมผัสชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง โดยตัดชิ้นงานขนาดประมาณ 1.5×4.5 เซนติเมตร จำนวนตัวอย่างละ 3 ชิ้น ใช้ความเร็วในการดึง 2 มิลลิเมตรต่อวินาที จนกระทั่งชิ้นงานขาดออกจากกัน ผลที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาวิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียด

2.7 การทดสอบเสถียรภาพทางความร้อน

การเสถียรภาพทางความร้อนของชิ้นงานทดสอบโดยเครื่อง Thermo Gravimetric Analysis (TGA) รุ่น TGA-4000 บริษัท PerkinElmer (สหรัฐอเมริกา) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความร้อน ที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณหลักการพื้นฐานของเทคนิค TGA คือการวัดน้ำหนักที่สูญเสียไปตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนที่มีการควบคุม จากนั้นจึงทำการพล็อตกราฟระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียไปกับอุณหภูมิ โดยใช้ชิ้นงานได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง น้ำหนักประมาณ 10 มิลลิกรัม โดยการให้ความร้อนจากอุณหภูมิ 30 องศา

เซลเซียสจนถึง 600 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิคงที่ 20 องศาเซลเซียสต่อวินาที บันทึกผลในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

2.8 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

ศึกษาการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุพอลิเมอร์ โดยทดสอบหาค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว (Glass Transition Temperature: T_g) ปริมาณการเกิดผลึก ($X_c(\%)$) อุณหภูมิของการหลอมเหลวของผลึกพอลิเมอร์ (Crystalline Melting Point Temperature: T_m) อุณหภูมิการเกิดผลึก (crystallization temperature; T_c) และค่าความร้อนจำเพาะของการหลอมเหลว โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) รุ่น Pyris Diamond DSC 4000 จากบริษัท Perkin Elmer Instruments (สหรัฐอเมริกา) โดยการนำเส้นใยได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงขนาด 3 ถึง 5 มิลลิกรัม ใส่ในภาดอลูมิเนียม ทำการทดสอบด้วยการให้ความร้อนด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อวินาที โดยเริ่มจากการให้ความร้อนแรกจากอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสไปจนถึง อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เพื่อบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความร้อน ซึ่งอุณหภูมิการให้ความร้อนแรกเป็นช่วงที่ครอบคลุม T_g จากนั้นทำการรักษาอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ให้คงที่ไว้เป็นเวลา 3 นาที จึงทำการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ไปที่ -10 องศาเซลเซียส แล้วทำการให้ความร้อนรอบสองจากอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสไปจนถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน โดยค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (ΔH_m) ของผลึก PLA มีค่า 93 จูลต่อกรัม และ f เป็นสัดส่วนส่วนน้ำหนักในการผสมของ PLA [15] โดยหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$X_c(\%) = \frac{\Delta H_m}{(f \times \Delta H_m)} \times 100 \quad (1)$$

3. ผลการวิจัย

3.1 น้ำหนักโมเลกุล

พอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ เคลื่อนที่ยากกว่าโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก แต่เนื่องจากว่าภายในคอลัมน์มีเฟสอยู่นิ่ง (stationary phase) ที่มีรูพรุนขนาดเล็ก ทำให้พอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลเล็กเคลื่อนที่เข้าไปและถูกกักอยู่ในนั้น ต้องใช้เวลานานมากกว่าพอลิเมอร์โมเลกุลใหญ่ ดังนั้นพอลิเมอร์โมเลกุลใหญ่จึงถูกชะออกมาก่อน โดยจาก Figure 2 จะเห็นได้ว่า PLA ออกมาที่ประมาณเวลา 12 นาที มีน้ำหนักโมเลกุล (M_n) ที่เครื่องวัดได้ประมาณ 93000 g/mol และ PBAT ออกมาที่ประมาณเวลา 12.5 นาที น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 49000 g/mol แสดงให้เห็นว่า PLA มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า PBAT ดังแสดงค่าน้ำหนักโมเลกุลตาม Table 1

Table 1 Molecular weight of PLA and PBAT

Sample	M _n (g/mol)	M _w (g/mol)	PDI
PLA	93000	180000	1.93
PBAT	49000	102000	2.08

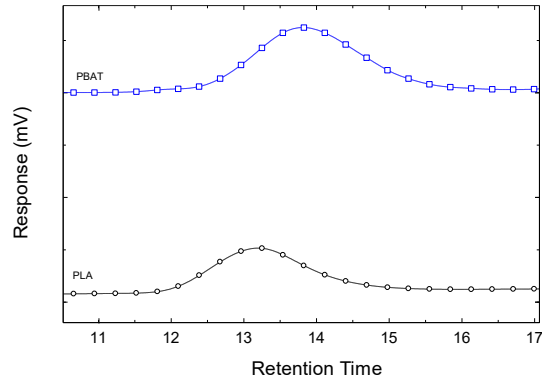


Figure 2 Retention time vs response of PLA and PBAT

3.2 ความหนืด

สารละลาย PLA และ PBAT ที่ละลายในคลอโรฟอร์มที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักคลอโรฟอร์มต่อพอลิแล็กไทด์ 90/10 จาก **Figure 3** เป็นกราฟแสดงความหนืดของสารละลายที่อัตราส่วน 100 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าในสารละลาย PLA มีความหนืดอยู่ที่ 1927 cP และสารละลาย PBAT มีความหนืดอยู่ที่ 140.8 cP แสดงให้เห็นว่าความหนืดของสารละลาย PLA มีมากกว่า PBAT อยู่หลายเท่า ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับน้ำหนักโมเลกุลของ PLA และ PBAT ดังแสดงใน **Table 1** ที่แสดงถึงน้ำหนักโมเลกุลของ PBAT มีค่าน้อยกว่า PLA

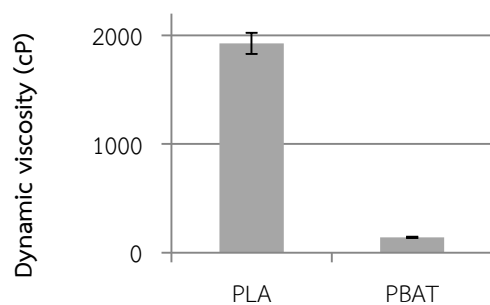


Figure 3 Viscosity of PLA and PBAT

3.3 การทดสอบแรงดึง

ผลที่ได้จากการทดสอบสมบัติทางกลของเส้นใยที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง คือ การทดสอบแรงดึงใน **Table 2** จะเห็นได้ว่า PLA 100 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้ความเค้นในการดึงมากที่สุดที่ 61 MPa เนื่องจาก PLA มีคุณสมบัติที่แข็งและใช้แรงดึงลดลงตามการผสมของ PBAT ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ดังแสดงใน **Figure 4** โดยเมื่อผสม PBAT 30% ใน PLA ทำให้ความเค้นในการดึงลดลงเหลือ 16 MPa และในการเพิ่ม PBAT 70% ทำให้ความเค้นในการดึงมีค่าน้อยที่สุดที่ 11 MPa

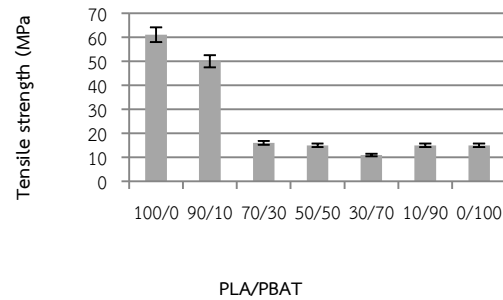


Figure 4 Maximum tensile strength of PLA/PBAT blends

Table 2 Maximum tensile stress and strain of PLA/PBAT blends

Sample PLA/PBAT	Strength (MPa)	Strain
100/0	61±2.5	13±1.1
90/10	50±2.1	19±1.2
70/30	16±1.8	25±1.4
50/50	15±1.2	9±0.9
30/70	11±1.1	35±1.8
10/90	15±0.8	87±6
0/100	15±1.3	150±7.6

และในผลของระยะยืด PLA 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเครียด (strain) ที่ 13 และเมื่อเพิ่มปริมาณ PBAT ใน PLA 30% ทำให้ค่าความเครียดเพิ่มขึ้นเป็น 25 และที่ PBAT 50% มีค่าความเครียดน้อยที่สุดคือ 9 ดังแสดงใน **Table 2** และจาก **Figure 5** จะเห็นได้ว่าการผสม PBAT ทำให้ระยะยืดของ PLA เพิ่มขึ้น เนื่องจาก PBAT ช่วยลดความเปราะของ PLA ได้

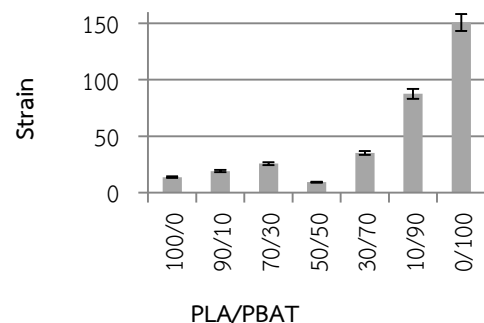


Figure 5 Maximum stroke of PLA/PBAT blends

3.4 การทดสอบเสถียรภาพทางความร้อน

จากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่ออุณหภูมิด้วยเครื่อง TGA พบว่า มีช่วงอุณหภูมิการสลายตัวที่แตกต่างกัน ดังแสดงใน Table 3 และ Figure 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการผสม PBAT ใน PLA ทำให้ความเสถียรทางความร้อนเพิ่มขึ้น โดยค่าอุณหภูมิที่วัสดุสลายตัวเหลือน้ำหนัก 90% ($T_{90\%}$) พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่ออุณหภูมิของ PLA 100% พบว่ามีความเสถียรทางความร้อนต่ำที่สุดโดยมีค่า $T_{90\%}$ ประมาณ 340°C ที่การผสม PBAT 50% ทำให้ความเสถียรทางความร้อนเพิ่มขึ้น โดยมีค่า $T_{90\%}$ ประมาณ 345°C และอุณหภูมิเสถียรภาพทางความร้อนของ PBAT 100% มีค่ามากที่สุด โดยมีค่า $T_{90\%}$ อยู่ที่ประมาณ 390°C

Table 3 Thermal stability of PLA/PBAT: 100/0, 50/50, 0/100

Sample PLA/PBAT	$T_{90\%}$
100/0	340 °C
50/50	345 °C
0/100	390 °C

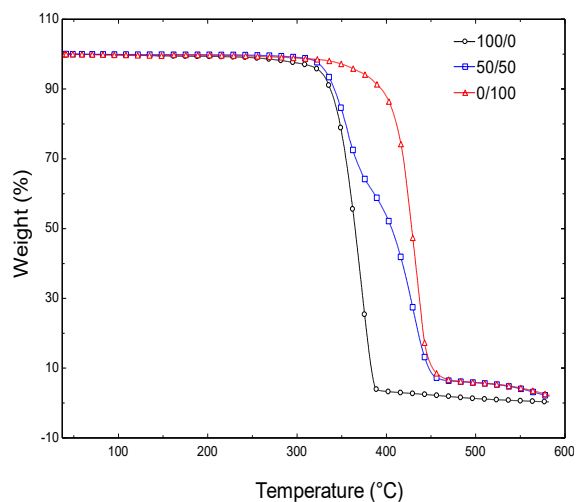
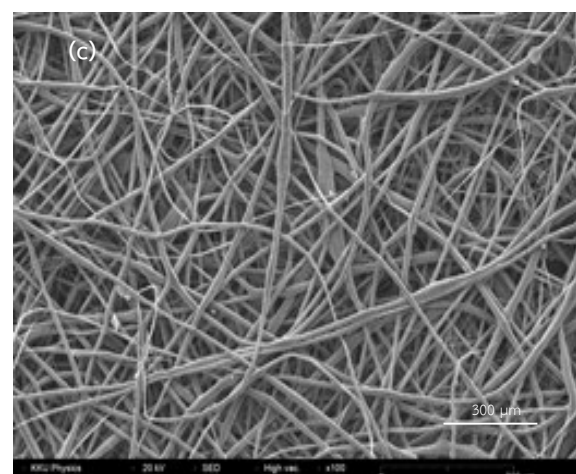
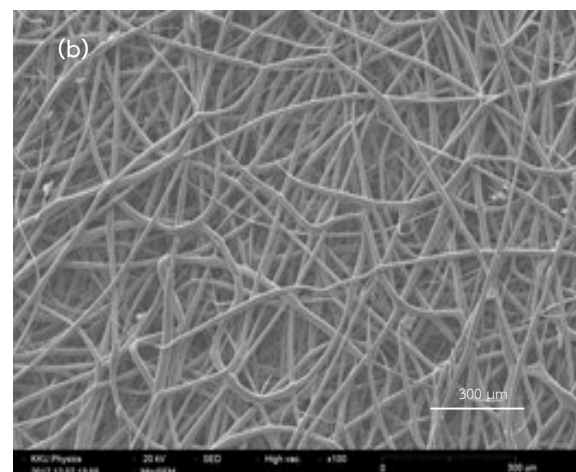
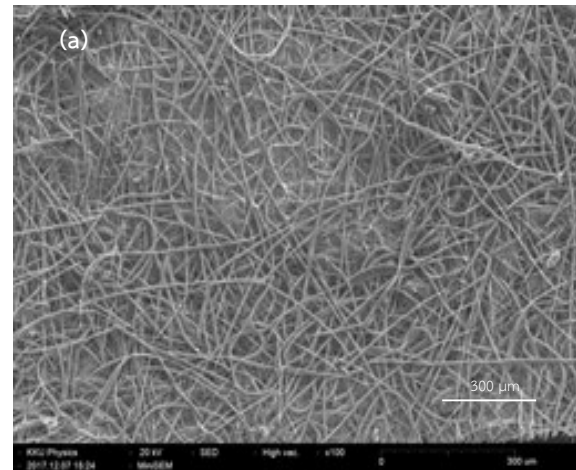


Figure 6 TGA thermograms of PLA/PBAT: 100/0, 50/50 and 0/100

3.5 สัณฐานวิทยา

การทดสอบชิ้นงานด้วยเทคนิค (Scanning Electron Microscope: SEM) ศึกษาลักษณะของเส้นใย ที่ได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงที่กำลังขยาย 100 เท่า จาก Figure 7 การวัดขนาดของเส้นใย PLA 100% พบว่ามีขนาดเส้นใยอยู่ที่ประมาณ 7 μm ลักษณะของเส้นใยเป็นเส้นเล็กและเรียวยาว ที่การผสม PBAT 10% ใน PLA มีขนาดเส้นใยที่ประมาณ 12 μm เป็นเส้นเล็กและเรียวยาวสม่ำเสมอ

ที่การผสม PBAT 30% มีขนาดเส้นใยอยู่ที่ประมาณ 13 μm เป็นเส้นเล็กและเรียวยาวไม่สม่ำเสมอ ที่การผสม PBAT 50% มีขนาดเส้นใยอยู่ที่ประมาณ 18 μm เกิดปมบนเส้นใย ที่การผสม PBAT 70% มีขนาดเส้นใยอยู่ที่ประมาณ 20 μm เส้นใยเกิดปมขนาดเล็กจำนวนมาก และในการผสม PBAT 90 และ 100% วัดขนาดของเส้นใยไม่ได้ เนื่องจากเส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกลมเกิดปมขนาดใหญ่



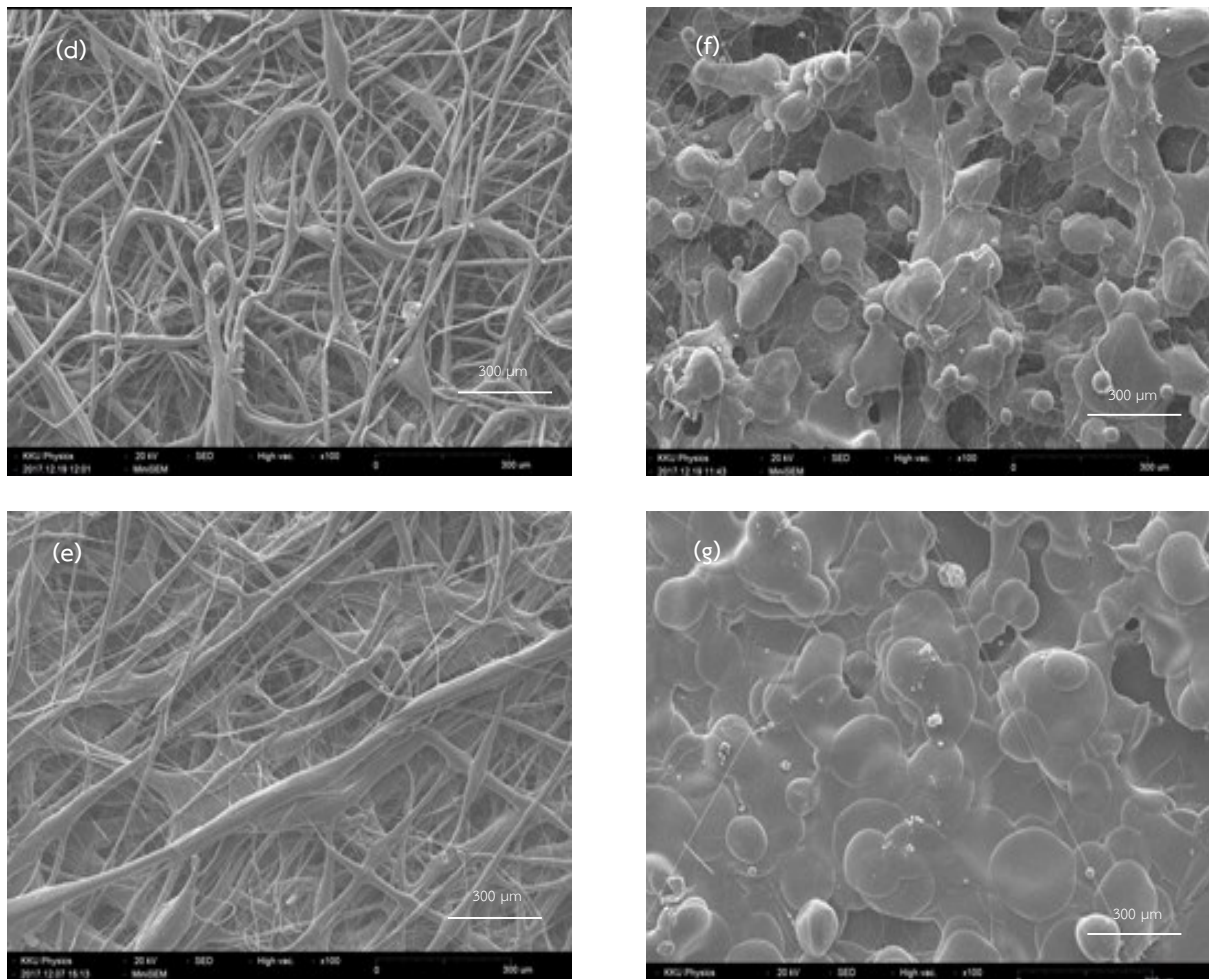


Figure 7 Fibers morphology of PLA/PBAT (a) 100/0, (b) 90/10, (c) 70/30, (d) 50/50, (e) 30/70, (f) 10/90 and (g) 0/100

3.6 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

การทดสอบด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC) ดัง Figure 8 โดยการให้ความร้อนครั้งที่ 1 (first heating) จากอุณหภูมิ -10°C จนถึง 200°C ผลที่เกิดขึ้นจากการผสม PBAT ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้วลดลง พลังงานให้เกิดผลึก cold crystallization (ΔH_{cc}) และพลังงานในการหลอมเหลว (ΔH_m) ลดลงเมื่อ PBAT เพิ่มขึ้น โดยที่ PLA 100% ค่า T_g อยู่ที่ 72.07°C มีค่าอุณหภูมิการเกิดผลึก (T_{cc}) คือ 84.86°C ค่า T_m 173.74°C ปริมาณการเกิดผลึกมีค่าสูงสุดที่ 81.43% ที่การผสม PBAT 50% มีค่า T_g 70.74°C ค่า T_{cc} คือ 88.33°C ค่า T_m 173.61°C ปริมาณการเกิดผลึกมีค่า 35.65% โดยลดลงเมื่อเทียบกับ PLA 100% และที่ PBAT 100% มีค่า T_g อยู่ที่ 53.64°C T_m 120.83°C จากผลทดสอบ ปริมาณการเกิดผลึก และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกลดลงไปตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของ PBAT ดังแสดงค่าใน Table 4

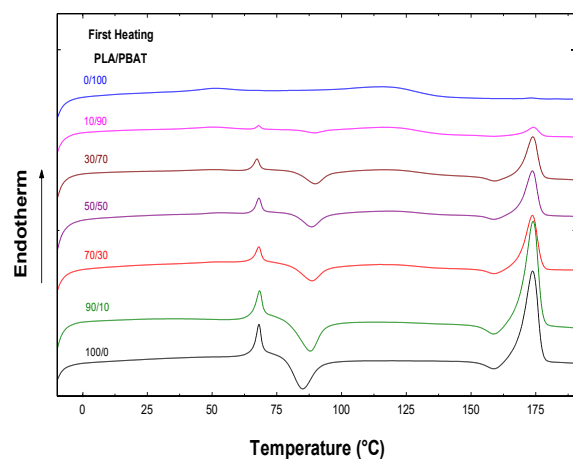


Figure 8 DSC first heating thermograms of PLA/PBAT blends

หลังจากการให้ความร้อนในครั้งแรกขึ้นงานจะถูกลดอุณหภูมิจาก 200°C ไปจนถึง -10°C ดังแสดงใน Figure 9 การลดอุณหภูมิ ส่งผลให้ปริมาณการเกิดผลึกและอุณหภูมิการเกิดผลึกลดลงไปตามการผสมของ PBAT โดยมีอุณหภูมิการเกิด

ผลึก (Crystallization temperature; T_c) ของ PLA 100% อยู่ที่ 108.22°C และมีพลังงานในการเกิดผลึกประมาณ 32.98 J/g เมื่อผสม PBAT ในอัตราส่วนต่างๆทำให้อุณหภูมิการเกิดผลึกและปริมาณผลึกลดลงไปด้วย ดังแสดงใน Table 5 โดยในการเพิ่ม PBAT 10% อุณหภูมิ T_c ลดลงเหลือ 105.89°C และพลังงานการเกิดผลึก 18.02 J/g การเพิ่ม PBAT ผสมกับ PLA 50% อุณหภูมิ T_c ลดลงอย่างต่อเนื่องเหลือ 103.37°C และมีพลังงานในการเกิดผลึกเหลือ 5.90 J/g และที่ PBAT 100% ไม่เกิดผลึกขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการผสม PBAT เข้ากับ PLA ทำให้การเกิดผลึกของ PLA ยากขึ้น

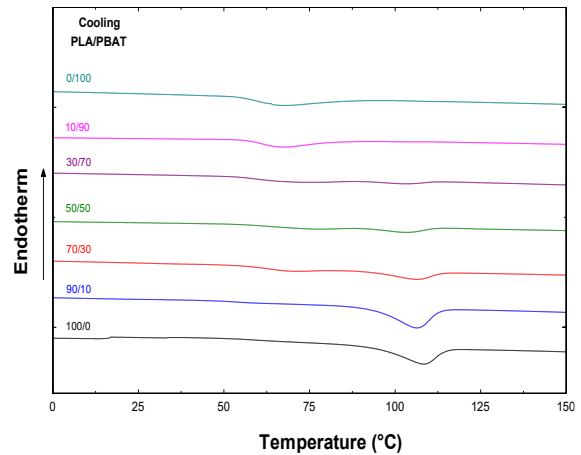


Figure 9 DSC cooling thermograms of PLA/PBAT

Table 4 DSC data of the first heating thermogram of PLA/PBAT blends

Sample PLA/PBAT	T_g ($^\circ\text{C}$)	Cold Crystallization		Melting		X_c (%)
		T_{cc} ($^\circ\text{C}$)	ΔH_{cc} (J/g)	T_m ($^\circ\text{C}$)	ΔH_m (J/g)	
100/0	72.07	84.86	-21.76	173.74	53.97	81.43
90/10	70.59	87.33	-12.66	174.05	39.85	56.46
70/30	71.64	88.68	-11.80	173.62	30.55	20.16
50/50	70.74	88.33	-9.09	173.61	24.07	35.65
30/70	69.63	89.67	-9.34	173.79	22.60	34.34
10/90	68.81	89.49	-1.23	174.16	3.79	5.59
0/100	53.64	-	-	120.83	0.12	-

Table 5 DSC data of the cooling thermogram of PLA/PBAT blends

Sample PLA/PBAT	Crystallization	
	T_c ($^\circ\text{C}$)	ΔH_c (J/g)
100/0	108.22	-32.98
90/10	105.89	-18.02
70/30	106.19	-12.34
50/50	103.37	-5.90
30/70	101.12	-3.11
10/90	-	-
0/100	-	-

การให้ความร้อนครั้งที่ 2 ของชิ้นงาน (second heating) ดัง Figure 10 ของการทดสอบด้วย DSC จะเพิ่มอุณหภูมิจาก -10°C ไปจนถึง 200°C การผสม PBAT ทำให้ปริมาณการเกิดผลึกของ PLA พลังงานในการหลอมเหลว (ΔH_m) ลดลง ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันกับการให้ความร้อนครั้งที่ 1 ดังแสดงใน Table 6 โดยที่ PLA 100% มีปริมาณผลึก

56.19% T_{cc} คือ 99.02°C ค่า T_m 175.07°C การผสม PBAT ใน PLA 50% มีปริมาณการเกิดผลึกลดลงที่ 23.52% T_{cc} มีค่า 92.83°C ค่า T_m 174.28°C โดยในการให้ความร้อนครั้งที่ 2 นี้ ส่งผลให้ชิ้นงานมีค่า T_{cc} เพิ่มขึ้นมากกว่าการให้ความร้อนครั้งแรกและ T_m ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงใน Table 5

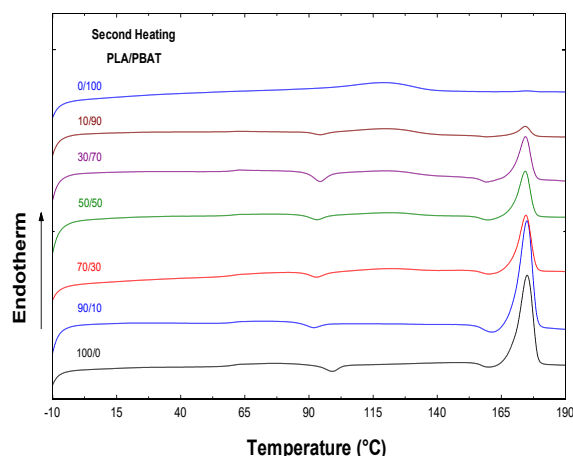


Figure 10 DSC second heating thermograms of PLA/PBAT blends

Table 6 DSC data of the second heating thermogram of PLA/PBAT blends

Sample PLA/PBAT	Cold Crystallization		Melting		X _c (%)
	T _{cc} (°C)	ΔH _{cc} (J/g)	T _m (°C)	ΔH _m (J/g)	
100/0	99.02	-3.03	175.07	49.23	56.19
90/10	92.15	-2.37	174.88	39.59	45.11
70/30	92.85	-2.39	174.46	29.80	34.61
50/50	92.83	-1.58	174.28	20.30	23.52
30/70	94.50	-4.36	174.46	22.54	28.92
10/90	94.67	-1.20	174.33	4.41	6.03
0/100	-	-	120.16	9.17	

4. ข้อสรุปและเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของพอลิไพล์ลีนอะดิเพต-โค-เทเรฟทาเลท (PBAT) ต่อคุณสมบัติเส้นใยพอลิแล็กไทด์ (PLA) ด้วยกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง โดยจากการศึกษาทดลองจะพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของพอลิไพล์ลีนอะดิเพต-โค-เทเรฟทาเลทในพอลิแล็กไทด์ทำให้ความเสถียรทางความร้อนเพิ่มขึ้น ระยะยืดเพิ่มขึ้น และความเป็นผลึกลดลง อย่างไรก็ตาม เมื่อปริมาณพอลิไพล์ลีนอะดิเพต-โค-เทเรฟทาเลทเพิ่มขึ้นทำให้ขนาดเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยจากผลการทดสอบดังกล่าวในการผสม 10% พอลิไพล์ลีนอะดิเพต-โค-เทเรฟทาเลท ในพอลิแล็กไทด์ ทำให้ความเครียดเพิ่มขึ้นจาก 13 เป็น 19 (เพิ่มขึ้น 46%) โดยมีค่าความเค้นลดลงจาก 61 MPa เหลือ 50 MPa (ลดลง 18%) ซึ่งความเค้นที่ลดลงมีค่าไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเครียดที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจมีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้งานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี รวมถึงนางสาววรรณนิษา แสงทอง

และนายสิริโรจน์ เขียวลักษณ์สกุล นิสิตสาขาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ช่วยในการทดลอง

Reference

- [1] Buchko, C.J. and et al. 1999. Processing and microstructural characterization of porous biocompatible protein polymer thin films. Polymer 40: 7397-7407.
- [2] Fridrikh, S. and et al. 2003. Controlling the fiber diameter during electrospinning. Physical Review Letter 90: 144502.
- [3] Venugopal, J. Zhang, Y.Z. and Ramakrishna, S. 2004. Electrospun nanofibres: Biomedical applications. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part N: Journal of Nanomaterials, Nanoengineering and Nanosystems. 218: 35-45.

- [4] Greiner, A. and Wendorff, J.H. 2007. **Electrospinning: A fascinating method for the preparation of ultrathin fibers.** *Angewandte Chemie International Edition*. 46: 5670-5703.
- [5] Megelski, S. and et al. 2002. **Micro and nanostructured surface morphology on electrospun polymer fibers.** *Macromolecules*. 22: 8456-8466.
- [6] Datta, R. Henry, M. 2006. **Lactic acid:recent advances in products, processes and technologies-a review.** *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 81: 1119-1129.
- [7] Rujitanaroj, P.O., Pimpha, N. and Supaphol, P. 2008. **Wound-dressing materials with antibacterial activity from electrospun gelatin fiber mats containing silver nanoparticles.** *Polymer*. 49: 4723 -4732.
- [8] Suwantong, O. and et al. 2012. **Electrospun poly(L-lactic acid) fiber mats containing a crude Garcinia cowa extract for wound dressing applications.** *Journal of Polymer Research*. 19: 9896.
- [9] Khil, M.S. and et al. 2005. **Novel fabricated matrix via electrospinning for tissue engineering. J. Biomed.** *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 72: 117-124.
- [10] Luu, Y.K. and et al. 2003. **Development of a nanostructured DNA delivery scaffold via electrospinning of PLGA and PLA-PEG block copolymers.** *Journal of Controlled Release*. 89: 341-353.
- [11] Juntuek, P. and et al. 2014. **Effect of vetiver grass fiber on soil burial degradation of natural rubber and polylactic acid composites.** *International Polymer Processing*. 29 (3): 379-388.
- [12] Ruksakulpiwat, C., Wanasut, W., Singkum, A., Ruksakulpiwat, Y. 2013. **Cogon grass fiber-epoxidized natural rubber composites.** *Advanced Materials Research*. 747: 375-378.
- [13] Chen, Y. and et al. 2012. **Preparation and characterization of electrospinning PLA/curcumin composite membranes.** *Fibers and Polymers*. 11(8): 1128-1131.
- [14] Dassakron, A., Srithep, Y. 2018. **Production of Microfibers from Polylactide Stereocomplex by Electrospinning Process.** *Maharakham University Research Conference*. 13: 179-185. (*in Thai*)
- [15] Srithep, Y., Nealey, P and Turng, L. 2013. **Effect of Annealing Time and Temperature on the Crystallinity and Heat Resistance Behavior of Injection-Molded Poly (lactic acid).** *Polymer Engineering and Science* 580-5.