ธนพล เหมือนวาจา : การประดิษฐ์เส้นใยนาโนแบบสามมิติสำหรับวิศวกรรมเนื้อเยื่อและการประยุกต์ใช้ด้านพลังงาน (FABRICATION OF THREE-DIMENSIONAL NANOFIBERS FOR TISSUE ENGINEERING AND ENERGY APPLICATIONS). อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.วิวัฒน์ นวลสิงห์, 64 หน้า.

เส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ด้วยเทคนิคอิเล็กโทรสปินนิง จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ระดับนาโนเมตรถึงไมโครเมตร สามารถควบคุมลักษณะของเส้นใยได้โดยการปรับเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความเข้มข้นของสารละลาย ชนิดตัวทำละลาย ศักย์ไฟฟ้า ระยะห่างระหว่างปลายเข็มฉีดสารละลายกับวัสดุรองรับ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมให้เส้นใยนาโนเกิดเป็นแผ่นสองมิติแบบไม่ถักทอบนวัสดุรองรับได้ โดยความหนาของแผ่นเส้นใยนี้ขึ้นกับระยะเวลาการสังเคราะห์เส้นใย มีกลุ่มวิจัยหลายแห่งนำเสนอเทคนิคการควบคุมให้เส้นใยนาโนก่อตัวขึ้นในลักษณะสามมิติ เพื่อเพิ่มสมบัติให้ดีมากขึ้นและขยายขอบเขตการประยุกต์ใช้

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสังเคราะห์เส้นใยนาโนให้มีโครงสร้างแบบสามมิติ โดยใช้เทคนิคอิเล็กโทรสปินนิงร่วมกับวัสดุรองรับที่เป็นอ่างบรรจุด้วยของเหลว วัสดุที่นำมาศึกษาและสังเคราะห์ให้อยู่ในรูปเส้นใยนาโนแบบสามมิติ คือ PVDF-HFP เนื่องจากเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ ที่มีสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพ และสมบัติทางเพียโซอิเล็กทริค เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ทางการแพทย์และพลังงาน งานวิจัยนี้ได้วิจัยหาตัวทำละลายที่เหมาะสมกับพอลิเมอร์ PVDF-HFP รวมทั้งศึกษาผลจากความเข้มข้นของสารละลาย ชนิดของของเหลวที่บรรจุในอ่างรองรับเส้นใยและเงื่อนไขที่ใช้ในกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า พอลิเมอร์ PVDF-HFP ที่ละลายในตัวทำละลายอะซีโตนผสมกับไดเมทิลฟอร์มาไมด์ (อัตราส่วน 1 : 1) ด้วยความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อนำไปผ่านกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 10 กิโลโวลต์ และใช้อ่างรองรับเส้นใยที่บรรจุน้ำปราศจากไอออน จะทำให้เกิดโครงสร้างสามมิติของเส้นใยนาโนได้ โครงสร้างภายนอกมีลักษณะเป็นก้อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร เมื่อศึกษาโครงสร้างภายในด้วยการใช้ใบมีดตัดในระนาบตามแนวดิ่ง จะพบว่า โครงสร้างภายในมีลักษณะคล้ายรังปลวกสายพันธุ์อะพิโค ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นโครงสร้างเส้นใยนาโนแบบสามมิติที่ยังไม่มีในรายงานวิจัยอื่นมาก่อน จึงเรียกว่า โครงสร้างเส้นใยนาโนแบบสามมิติที่คล้ายรังปลวก (Termite nest like 3D nanofibers structure) และเมื่อวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนาโนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่า เส้นใยมีขนาดประมาณ 802 ± 23นาโนเมตร

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำโครงสร้างเส้นใยนาโนแบบสามมิติไปใช้ทางการแพทย์ จึงได้ทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยเซลล์ NIH 3T3 ทั้งนี้ก่อนทำการเลี้ยงเซลล์ ได้ศึกษาผลการปรับเปลี่ยนสมบัติการไม่ชอบน้ำของเส้นใยนาโน PVDF-HFP ด้วยวิธีต่าง ๆ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้พลาสมาสามารถทำให้เส้นใยนาโนมีสมบัติชอบน้ำได้ ซึ่งเป็นการปรับสภาพให้เหมาะกับนำไปทดลองเลี้ยงเซลล์ ส่วนผลการเลี้ยงเซลล์ NIH 3T3 บนเส้นใยนาโนแบบสามมิติ พบว่า เซลล์สามารถยึดเกาะโครงสร้างและมีการแผ่ขยายของเซลล์ ดังนั้นโครงสร้างเส้นใยสามมิติที่สังเคราะห์ได้นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านวิศวกรรมเนื้อเยื่อ

นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้ศึกษาสมบัติเพียโซอิเล็กทริคของ PVDF-HFP ที่สังเคราะห์ให้มีโครงสร้างเส้นใยนาโนแบบสามมิติ เปรียบเทียบกับแผ่นเส้นใยนาโนแบบสองมิติ พบว่า เส้นใยนาโน PVDF-HFP ทั้งสองแบบ สามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้เมื่อมีการใส่แรงกระทำลงไป และผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า โครงสร้างเส้นใยนาโนแบบสามมิติ ให้ค่ากระแสไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าสูงสุดมากกว่าแผ่นเส้นใยนาโนแบบสองมิติ ดังนั้นโครงสร้างเส้นใยนาโนแบบสามมิติที่สังเคราะห์ขึ้นนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านพลังงานได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา__________

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา__________

THANAPON MUENWACHA: FABRICATION OF THREE-DIMENSIONAL NANOFIBERS FOR TISSUE ENGINEERING AND ENERGY APPLICATIONS. THESIS ADVISOR : WIWAT NAUNSING, Ph.D. 64 PP.

3D ELECTROSPINNING/LIQUID BATH COLLECTOR/PVDF-HFP/TISSUE ENGINERRING/TERMITE NEST/PIEZOELECTRIC

A conventional electrospinning technique can fabricate nanofibers with diameters in order of nanometer and micrometer ranges. The morphology and diameter of nanofibers can be controlled by several parameters, such as solution concentration, type of solvent, applied voltage, and distance between the tip and collector. Electrospinning is a versatile technique to fabricate scaffolds for tissue engineering as they have biomimetic mechanical, chemical and biological properties. In general, conventional electrospinning fabricates two-dimensional (2D) nonwoven fibers mat structures. However, it has some limitations and difficult to fabricate nanofibers into three dimensional (3D) shapes because low controllability of porosity and internal pore shape.

This research, electrospinning has been successfully used for the fabrication of three-dimensional (3D) PVDF-HFP nanofiber structures by using liquid-bath collector electrospinning technique. The produced 3D nanostructures mimic the natural termite nest and have potential use for medical applications.

The 3D nanofibers fabricated in this work were characterized by a scanning electron microscope. The results demonstrated that PVDF-HFP nanofibers have

diameter of 802 ± 23 nm. In addition, *in vitro* culturing of NIH 3T3 was studied. Optical microscope and hemocytometer counting were used to study effect of cell proliferation by monitoring the number of cells on the 3D nanofibers scaffold. The cell culturing results showed that the 3D nanofibers scaffolds are promoting cell adhesion and migration. Therefore, it is possible to use the nanofibers 3D structure for tissue engineering applications.

Moreover, this work showed that the piezoelectric performances of the 3D nanofibers are better than their 2D counterparts. This would suggest that the PVDF-HFP 3D structure can be applied for energy applications.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics | Student's Signature ______

Academic Year 2018 | Advisor's Signature ______