



## การสร้างแผ่นเส้นใยโพลีโพรพิลีนแบบไม่ถักทอจากเครื่องเป่าเส้นใย สำหรับการดูดซับน้ำมัน

### Fabrication of the Nonwoven Polypropylene Fibers from the Melt-Blown Machine for Oil Absorption Application

สุธีพร คิตถาง<sup>1</sup> และ วิรัตน์ เจริญบุญ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Suteeporn Kidtang<sup>1</sup> and Wirat Jarernboon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of physics, faculty of science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002 Thailand

\*Corresponding Author, E-mail: wiratja@kku.ac.th

Received: 1 August 2021 | Revised: 16 November 2021 | Accepted: 30 November 2021

#### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างเครื่องเป่าเส้นใย (Melt Blown) เพื่อผลิตเส้นใยโพลีโพรพิลีนแบบไม่ถักทอสำหรับการดูดซับน้ำมัน ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิหัวพ่น (170°C 190°C 210°C และ 230°C) ที่มีผลต่อลักษณะของเส้นใยและค่ามุมสัมผัสของเส้นใยโพลีโพรพิลีน ทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่เตรียมได้โดยมาตรฐาน ASTM-F726-12 โดยวัดค่าของการดูดซับน้ำมันสูงสุดหลังจากดูดซับน้ำมันแล้วเป็นเวลา 3 วินาที พบว่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันสูงสุดจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิของหัวพ่นมีค่าสูงขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ  $20.78 \pm 1.46$   $19.40 \pm 1.26$   $16.34 \pm 0.48$  และ  $11.57 \pm 2.53$  (g/g) เมื่ออุณหภูมิของหัวพ่นมีค่าเป็น 170°C 190°C 210°C และ 230°C ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าถ้าอุณหภูมิของหัวพ่นสูงขึ้นเส้นใยที่ได้จะมีลักษณะเชื่อมติดกันกับเส้นใยรอบข้างทำให้เส้นใยมีขนาดใหญ่และบางส่วนจะจับรวมกันเป็นก้อนส่งผลให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยลดลง ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสของแผ่นเส้นใยมีค่าลดลง ผลการทดสอบการดูดซับน้ำมันในช่วงเวลา 10-60 นาที พบว่าทุกตัวอย่างมีอัตราการดูดซับน้ำมันลดลงตามเวลาเป็นแบบไม่เชิงเส้น อย่างไรก็ตามเส้นใยโพลีโพรพิลีนแบบไม่ถักทอเตรียมที่อุณหภูมิหัวพ่นเท่ากับ 170°C จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันได้ดีที่สุดเพราะมีลักษณะการผสมกันของเส้นใยที่สม่ำเสมอและมีสมบัติความไม่ชอบน้ำที่สูงมากกว่าตัวอย่างอื่น

#### ABSTRACT

In this research, a melt-blowing machine was built to produce nonwoven polypropylene fibers for oil absorption. The effect of nozzle temperatures (170, 190, 210, and 230 °C) on fiber characteristics and contact angles of nonwoven polypropylene fibers were studied. The oil absorption capacity of nonwoven polypropylene fibers was tested using ASTM-F726-12 standard method. The maximum oil absorbency was measured after 3 s of oil absorption. The result shows that the maximum oil absorption decreases as the nozzle temperature increases. The oil adsorption values were  $20.78 \pm 1.46$   $19.40 \pm 1.26$   $16.34 \pm 0.48$  and  $11.57 \pm 2.53$  (g/g) when the nozzle

temperatures were 170, 190, 210, and 230 °C, respectively. The melting temperature connects fibers to the surrounding fibers, making the fibers larger and some will clump together, reducing gaps between the fibers, and the contact surface area of the nonwoven fiber sheet is reduced with increasing the nozzle temperatures. The results of the oil absorption test at 10-60 min showed a non-linear decrease. The nonwoven polypropylene fibers prepared at a nozzle temperature of 170 °C have the best oil absorbency because they have uniform fiber cohesion characteristics and higher hydrophobic properties than other samples.

**คำสำคัญ:** การดูดซับน้ำมัน เส้นใยโพลีโพรพิลีนแบบไม่ถักทอ เครื่องเมลต์โบลว

**Keyword:** Oil absorption, Nonwoven polypropylene fibers, Melt-Blowing machine

## บทนำ

ความต้องการใช้น้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นในเชิงอุตสาหกรรมพลังงานทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำมันจำนวนมากในแม่น้ำ น้ำมันประมาณ 224,000 ตันถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมทางทะเลทั่วโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2554 (Senanurakwarkul et al., 2012) ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2540-2553 พบการรั่วไหลของน้ำมันปริมาณมากประมาณ 20,000 ลิตร เนื่องจากการเกิดอุบัติเหตุของเรือและการรั่วระหว่างการขนส่งน้ำมันส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลเป็นจำนวนมาก น้ำมันดิบราว ๆ 50,000 ลิตรรั่วไหลจากเรือบรรทุกที่กำลังขนถ่ายน้ำมันดิบจำนวนดังกล่าวมายังโรงกลั่นน้ำมันของบริษัท PTTGC ส่งผลให้พื้นที่ชายฝั่งเกาะเสม็ดตลอดจนพื้นที่ชายฝั่งอื่น ๆ ของจังหวัดระยอง ถูกปกคลุมไปด้วยคราบน้ำมัน

คราบน้ำมันที่ปนเปื้อนในทะเลสามารถกำจัดออกได้หลายวิธี เช่น การเผา หรือ การใช้วัสดุดูดซับน้ำมัน (Seddighi et al., 2011) ถ้าเลือกใช้วิธีการเผาอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและมีความอันตรายจากความร้อนในระหว่างการเผาไหม้ การเลือกกำจัดคราบน้ำมันด้วยวิธีการดูดซับจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีและปลอดภัยกว่า (Carmody et al., 2008) วัสดุที่ใช้ดูดซับน้ำมันมีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภท ได้แก่ วัสดุดูดซับแบบสังเคราะห์ เช่น เส้นใยที่ได้มาจาก โพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ไนลอน อะคริลิก โพลีเอสเตอร์ เป็นต้น วัสดุดูดซับแบบธรรมชาติ เช่น เส้นใยที่ได้จากฝ้าย ลินิน ป่าน ปอ เป็นต้น และวัสดุดูดซับแบบเรซินทรีย เช่น ดินเหนียว ทราย เพอร์ไลท์ เป็นต้น ซึ่งวัสดุดูดซับแบบสังเคราะห์มีความน่าสนใจเพราะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของการดูดซับและการกรองให้ดีขึ้นได้โดยปรับปรุงกระบวนการสังเคราะห์และนอกจากนั้นวัสดุดูดซับแบบสังเคราะห์มีปริมาณมากกว่า (Al-Majed et al., 2012)

ดังนั้นในยามเกิดภัยพิบัติทางนิเวศวิทยาวัสดุดูดซับแบบสังเคราะห์จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะถูกเลือกใช้งาน (Senanurakwarkul et al., 2012) เราพบว่าวัสดุที่ใช้สำหรับดูดซับน้ำมันในอุตสาหกรรมมีสมบัติที่สำคัญดังนี้ คือจะต้องเป็นวัสดุที่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ง่ายและมีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำซึ่งหมายถึงมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันได้ดี (Singh et al., 2014)

วัสดุดูดซับแบบธรรมชาติ เช่น เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุที่น่าสนใจอย่างมากในการนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับน้ำมัน (Khan et al., 2004; Lim et al., 2006; Abdullah et al., 2010; Nyankson et al., 2015) Singh และคณะวิจัย (Singh et al., 2014) ได้นำเสนอวัสดุดูดซับน้ำมันที่ทำมาจากฝ้ายซึ่งให้ค่าการดูดซับน้ำมันสูงถึง 50.27 g/g แต่ว่าเส้นใยฝ้ายสามารถดูดซับได้ทั้งน้ำและน้ำมันในเวลาเดียวกัน ทำให้การแยกน้ำและน้ำมันออกจากกันหลังจากการดูดซับทำได้ยาก Cortese และคณะวิจัย (Cortese et al., 2014) ได้เสนอวิธีเคลือบเส้นใยฝ้ายด้วยคาร์บอนคล้ายเพชร (Diamond like carbon, DLC) เพื่อใช้ในการแยกน้ำและน้ำมัน พบว่าค่าน้ำหนักของน้ำมันเบนซินที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยฝ้ายที่เคลือบด้วยฟิล์ม DLC ต่อด้วยน้ำหนักแห้งของเส้นใยฝ้ายที่เคลือบฟิล์ม DLC จะมีค่าประมาณ 300 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเส้นใยฝ้ายจากธรรมชาติที่เคลือบด้วยฟิล์ม DLC มีขั้นตอนและวิธีการทำที่ค่อนข้างยุ่งยากอีกทั้งยังมีราคาที่สูง (เนื่องจากต้องเคลือบฟิล์ม DLC ภายใต้อุณหภูมิสูง) จึงไม่เหมาะต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับน้ำมันในเชิงพาณิชย์

เส้นใยสังเคราะห์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ที่น่าสนใจในการศึกษาเพราะมีราคาต้นทุนที่ค่อนข้างต่ำและไม่ต้องคำนึงถึงผลผลิตทางเกษตรกรรมเหมือนกับเส้นใยธรรมชาติ เช่น ฝ้าย Zahid และคณะวิจัย (Zahid et al., 1972) ได้ทำการแยกน้ำมัน

กับน้ำด้วยผ้าที่ทำจาก PP พบว่าผ้าที่ทำมาจาก PP สามารถแยกน้ำกับน้ำมันได้ดี โดยสามารถดูดซับได้เฉพาะน้ำมันและไม่ดูดซับน้ำ Zhao และคณะวิจัย (Zhao et al., 2013) ได้นำเสนอแผ่นผ้าแบบไม่ถักทอจากเส้นใย PP ที่มีส่วนผสมที่ต่างกันสามแบบ อันได้แก่ PP บริสุทธิ์ PP ที่ถูกเติมไปด้วยสาร poly(butyl-methacrylate-co-hydroxyethylmethacrylate)(PBMA-co-HEMA) ปริมาณ 6% และ PP ที่เติม PBMA-co-HEMA ปริมาณ 20% โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองโดยใช้น้ำหนักของวัสดุดูดซับน้ำมันเท่ากับ 1 g กับน้ำมันดิบ 10% พบว่ามีค่าการดูดซับน้ำมันประมาณ 8.2 8.9 และ 9.1 g/g ตามลำดับ ผลการทดลองบ่งชี้ว่าการเติม PBMA-co-HEMA ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันเพราะสารดังกล่าวจะเข้าไปลดแรงยึดเหนี่ยวของเนื้อวัสดุ PP ทำให้มีช่องว่างระหว่างเนื้อวัสดุเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลโดยตรงกับการดูดซับน้ำมันให้มีความเพิ่มมากขึ้น Teas และคณะวิจัย (Teas et al., 2001) ได้เปรียบเทียบการดูดซับน้ำมันระหว่างเส้นใย PP ที่ผลิตจากวิธีเมลต์โบลวนและเส้นใยเซลลูโลสสำหรับดูดซับน้ำมัน ปริมาณ 1 g ที่กั้นในหอสัญญากาศเบาชนิด LGO (light gas oil) ซึ่งน้ำมันชนิดนี้มีค่าความหนาแน่นประมาณ 0.8411 g/ml และนอกจากนั้นยังได้ทดสอบกับน้ำมันที่ได้ในหอกลับปกติชนิด LCO (Light cycle oil) พบว่าค่าการดูดซับของเส้นใย PP มีค่ามากกว่าเส้นใยเซลลูโลสโดยมีค่าเท่ากับ 4.3 g/g และ 3.7 g/g เมื่อทดสอบกับน้ำมัน LGO และมีค่าการดูดซับน้ำมันเท่ากับ 4.4 g/g และ 2.6 g/g เมื่อทดสอบด้วยน้ำมันชนิด LCO ตามลำดับ ต่อมา Wei และคณะวิจัย (Wei et al., 2003) ได้เสนอวัสดุดูดซับน้ำมันที่ทำมาจาก PP ที่มีการจัดเรียงเส้นใยที่แตกต่างกัน 3 แบบ ซึ่งประกอบด้วยระเบียบเรียงเป็นแนวตะเข็บ การเย็บเรียงเป็นแบบเข็มปักน้ำและเส้นใยแบบไม่ถักทอที่เตรียมด้วยวิธีเมลต์โบลวน วิธีการเหล่านี้ล้วนให้คุณสมบัติที่แตกต่างกัน อาทิ ค่าความพรุน ลักษณะของการจัดเรียงตัวของเส้นใยและขนาดของเส้นใย ซึ่งจะส่งผลต่อค่าการดูดซับน้ำมัน วิธีที่ให้ค่าการดูดซับน้ำมันดีที่สุดคือเส้นใยแบบไม่ถักทอที่เตรียมด้วยวิธีเมลต์โบลวนเพราะสามารถให้ขนาดของเส้นใยที่มีขนาดเล็กและมีช่องว่างระหว่างเส้นใยที่เล็กมีความพรุนมากส่งผลให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสที่มากตามไปด้วย Bazargan และคณะวิจัย (Bazargan et al., 2015) พบว่าพฤติกรรมหรือความสามารถในการดูดซับน้ำมันจะขึ้นอยู่กับเวลา ดังนั้นการใช้ระยะเวลาในการดูดซับน้ำมันที่เหมาะสมจะช่วยให้ผลการกลับไปปนเปื้อนของน้ำมันกับแหล่งน้ำในระหว่างการ

ขนส่งได้ ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของเส้นใย PP ขึ้นอยู่กับลักษณะความพรุนของเส้นใยและพื้นที่ผิวสัมผัสของเส้นใย โดยที่เส้นใย PP ที่มีความพรุนและพื้นที่ผิวสัมผัสมากจะสามารถดูดซับน้ำมันได้มาก (Li et al., 2014)

การที่เส้นใย PP จับกับโมเลกุลของน้ำมันได้ดีเพราะทั้ง PP และน้ำมันเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วเหมือนกันลักษณะของการดูดซับน้ำมันจะเป็นแบบทางกายภาพ (physical technique) ซึ่งจะดึงดูดกันด้วยแรงอย่างอ่อนชนิดแรง แวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals forces) ที่เกิดจากแรงการกระจายตัวแบบสมำเสมอของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในโมเลกุล (London dispersion) และแรงทางไฟฟ้าสถิต (electrostatic force) แบบแรงลอนดอนเกิดจากขั้วไฟฟ้าชั่วคราวซึ่งเกิดจากการเลื่อนตำแหน่งของอิเล็กตรอนอย่างเสียสมดุลภายในโมเลกุลทำให้เกิดขั้วไฟฟ้าชั่วคราวขึ้น โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันและโครงสร้างโมเลกุลของ PP เป็นจำพวกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายยาวและไม่มีขั้วทางไฟฟ้า ตามทฤษฎี Like Dissolves Like ตัวถูกละลายที่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้วด้วยกัน และในทางตรงกันข้าม ตัวถูกละลายที่ไม่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วด้วยกันโดยอาศัยแรงลอนดอน ฉะนั้นจึงสามารถอธิบายได้ว่าน้ำมันสามารถดูดซึมเข้าไปในแผ่นเส้นใย PP ได้ด้วยแรงลอนดอนต่างจากน้ำที่มีความหนาแน่นมากกว่า PP และมีขั้วทางไฟฟ้าจึงไม่สามารถแทรกเข้าไปในเส้นใย PP ได้ ดังนั้นน้ำจึงไม่ถูกดูดซับด้วยแผ่นเส้นใย PP นั้นเอง

ในงานวิจัยนี้ผู้เขียนต้องการเน้นไปที่การสร้างเครื่องมือสำหรับสังเคราะห์เส้นใยแบบไม่ถักทอ PP เพื่อใช้ในการดูดซับน้ำมันด้วยวิธีเมลต์โบลวน ซึ่งวิธีเมลต์โบลวนเป็นวิธีที่สามารถสร้างเส้นใย PP ได้อย่างรวดเร็วจากเม็ดพลาสติก PP หลอมละลายด้วยความร้อนแล้วเป่าพ่นออกไปด้วยลมที่มีความเร็วสูงเส้นใยที่ได้จะมีลักษณะเป็นแผ่นแบบไม่ถักทอ (nonwoven) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ฟิล์มที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว วัดค่ามุมสัมผัส และทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันตามลำดับ

## วิธีการดำเนินการวิจัย

### 1. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

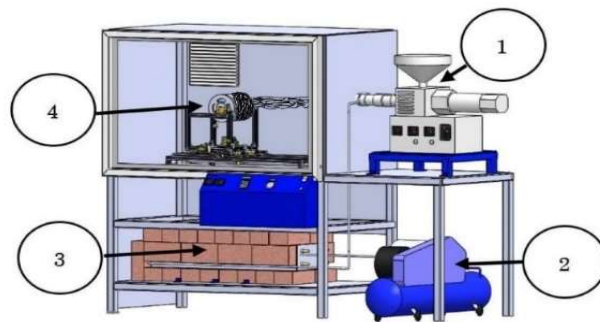
สารเคมีที่ใช้ในการสร้างเส้นใยประกอบด้วยโพลีโพรพิลีน จากบริษัท Sigma-Aldrich โดย PP ที่ใช้มีสูตรโมเลกุลเป็น

( $C_3H_6$ )<sub>n</sub> มีค่ามวลโมเลกุลประมาณ 12,000 g/mol ชนิดโครงสร้างเป็นแบบไอโซแทกติก (Isotactic type) ซึ่งเป็นพันธะโมเลกุลแบบสายยาวมีมอนอเมอร์เรียงกันแบบเป็นระเบียบ น้ำมันที่ใช้สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของการดูดซับน้ำมันเป็นชนิด Dynamic common rail 10W-30 ที่ผลิตโดยบริษัทปตท. โดยมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.866 g/cm<sup>3</sup>

## 2. การสร้างเครื่องเมลต์โบลวนสำหรับผลิตเส้นใย PP

การสร้างเครื่องเมลต์โบลวนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะประกอบด้วยระบบสำคัญ 4 ระบบ ได้แก่ระบบลำเรียงเม็ดพอลิเมอร์ ระบบฮีตเตอร์หลอมละลาย ระบบลมร้อนแรงดันสูง และระบบเก็บเกี่ยวเส้นใยพอลิเมอร์ซึ่งระบบต่าง ๆ จะถูกออกแบบมาให้ทำงานอย่างสัมพันธ์กันดังนี้ เริ่มจากระบบลำเรียง (extruder) ของบริษัท OROTRIM model SJ25 แบบสกรูเดี่ยว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรู 25 mm ความเร็วของสกรู 15 รอบต่อนาที จะลำเรียงเม็ดพอลิเมอร์เพื่อที่จะส่งเข้าไปยังเข้าหลอมซึ่งสามารถตั้งอุณหภูมิได้ 3 ช่วงเพื่อเปลี่ยนสถานะของแข็งของ PP ให้เป็นสารหลอมเหลวและจะถูกส่งต่อไปยังหัวฉีดด้วยระบบเกลียวลำเรียงเพื่อรอดึงเป็นเส้นด้วยระบบลมร้อนแรงดันสูง เส้นใย PP ที่ถูกพ่นออกมาจะถูกเก็บเกี่ยวให้เป็นแผ่นตรงบริเวณระบบเก็บเกี่ยวเส้นใย ระบบลมร้อนแรงดันสูงประกอบด้วยเครื่อง

บีบลมขนาดแรงดัน 38 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) มีหน้าที่บีบลมแรงดันสูงส่งไปยังห้องทำลมร้อนความร้อนสูง 250°C อากาศที่ร้อนจะถูกส่งต่อไปยังหัวฉีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.06 มิลลิเมตร เมื่อแรงดันของลมร้อนมีค่ามากพอที่จะเอาชนะแรงตึงผิวของสารหลอมเหลว เส้นใยของ PP จะถูกดึงออกเป็นเส้นขนาดเล็กจากนั้นเส้นใยจะเคลื่อนที่ไปตามแนวของลมร้อนจนไปถึงระบบเก็บเกี่ยวเส้นใย ซึ่งเส้นใยที่ได้จะมีลักษณะผสานกันไปตามาจนเป็นแผ่นที่มีลักษณะคล้ายผืนผ้าแบบไม่ถักทอ ระบบเก็บเกี่ยวเส้นใย PP ที่สร้างขึ้นมีความสามารถในการหมุนเก็บเกี่ยวเพื่อเลือกความหนาตามที่ต้องการและสามารถเลื่อนซ้ายขวาเพื่อจะทำให้แผ่นเส้นใยมีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น องค์ประกอบของเครื่องเมลต์โบลวนที่ได้สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 1 โดยส่วนที่ 1 คือระบบลำเรียงเม็ดพอลิเมอร์และเข้าหลอมเม็ดพอลิเมอร์ให้กลายเป็นสารหลอมเหลวและที่ส่วนปลายจะเป็นหัวพ่นเส้นใยมีลักษณะคล้ายรูเข็มขนาดเล็ก ส่วนที่ 2 คือบีบลมแรงดันสูงมีหน้าที่ในการบีบลมเพื่อใช้ในการดึงสารหลอมเหลวพอลิเมอร์ให้กลายเป็นเส้นใย ส่วนที่ 3 คือระบบฮีตเตอร์กำลังไฟฟ้าสูงมีหน้าที่เปลี่ยนในให้อากาศเย็นเป็นอากาศร้อนเพื่อส่งไปยังหัวฉีดใช้สำหรับพ่นเส้นใยและส่วนที่ 4 คือระบบเก็บเกี่ยวเส้นใยพอลิเมอร์มีหน้าที่ทำให้แผ่นเส้นใยมีความสม่ำเสมอและมีความหนาใกล้เคียงกัน



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องเมลต์โบลวนที่ใช้ในการผลิตเส้นใย PP แบบไม่ถักทอ

## 3. การผลิตเส้นใย PP จากเครื่องเมลต์โบลวน

ขั้นตอนของการสร้างเส้นใย PP แบบไม่ถักทอ มีรายละเอียดดังนี้ ขั้นตอนแรกใส่เม็ดโพลีโพรพิลีนเข้าไปในเครื่องเมลต์โบลวนเม็ดพอลิเมอร์จะถูกลำเรียงเข้าไปยังเข้าหลอมด้วยระบบลำเรียง (extruder) โดยพอลิเมอร์จะถูกหลอมละลายที่อุณหภูมิ 170°C สารหลอมเหลวจะถูกส่งต่อไปยังหัวพ่นที่มีอุณหภูมิที่ถูกต้องตามเงื่อนไขที่แตกต่างกันเป็น 170°C 190°C 210°C และ 230°C ตามลำดับและจะถูกฉีดพ่นออกด้วยระบบลม

ร้อนความเร็วสูงไปยังเข้าเก็บเกี่ยวเส้นใย (Collector) ที่มีระยะห่างจากหัวฉีด 15 เซนติเมตร โดยเข้าเก็บเกี่ยวเส้นใยมีอัตราการเลื่อนซ้าย-ขวาเท่ากับ 46 รอบต่อนาทีและหมุนเก็บเส้นใยด้วยอัตราเร็ว 10 รอบต่อนาที โดยระยะเวลาของการพ่นเส้นใยจะสัมพันธ์โดยตรงกับความหนาของแผ่นเส้นใย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวเส้นใยของทุกตัวอย่างเท่ากับ 10 นาที

#### 4. การวัดค่ามุมสัมผัสผิวน้ำ (Contact angle) ของแผ่นเส้นใยโพลีโพรพิลีน

การวัดค่ามุมสัมผัสผิวน้ำเป็นการศึกษาถึงสมบัติของการชอบน้ำหรือไม่ชอบน้ำของพื้นผิวแผ่นเส้นใย โดยสารที่มีสมบัติความชอบน้ำสูงสามารถกล่าวได้ว่าสารนั้นมีสมบัติเป็นแบบไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) ซึ่งจะมีค่ามุมสัมผัสผิวน้ำที่น้อยกว่า 90 องศา ส่วนสารหรือพื้นผิวที่มีสมบัติความไม่ชอบน้ำกล่าวได้ว่าสารนั้นมีสมบัติเป็นแบบ ไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) และมีค่ามุมสัมผัสผิวน้ำที่สูงกว่า 90 องศา (Zhao et al., 2013) โดยส่วนมากพบว่าสารที่สามารถดูดน้ำมันได้ดีจะเป็นสารที่มีสมบัติเป็นแบบไฮโดรโฟบิกมีความไม่ชอบน้ำและมีค่ามุมสัมผัสผิวน้ำที่สูง ในการวัดค่ามุมสัมผัสผิวน้ำจะตัดแผ่นเส้นใยออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 6 cm<sup>2</sup> (กว้าง 2 cm ยาว 3 cm) จากนั้นวางแผ่นเส้นใยที่ต้องการทดสอบบนแผ่นสไลด์แล้วนำไปวัดค่ามุมสัมผัสผิวน้ำโดยใช้เครื่องมือ FTA1000 Drop Shape Instrument B Frame System โดยในแต่ละตัวอย่างจะวัดค่ามุมสัมผัสผิวน้ำอย่างน้อย 3 จุดแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

#### 5. การวัดประสิทธิภาพของการดูดซับน้ำมัน

ในการวัดประสิทธิภาพของการดูดซับน้ำมันจะใช้วิธีการวัดตามมาตรฐาน ASTM-F726-12 ซึ่งเป็นการวัดประสิทธิภาพของการดูดซับน้ำมันที่ได้รับการยอมรับ โดยใช้เส้นใย PP แบบไม่ถักทอ ปริมาณ 4 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 2ก ในการทดสอบจะจุ่มเส้นใย

ลงในน้ำมันเครื่อง (Dynamic common rail 10W-30) ที่มีปริมาตร 200 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุอยู่ในบีกเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2 ข เป็นเวลา 15 นาทีแล้วนำขึ้นมาจากบีกเกอร์และปล่อยให้มันระเหย เป็นเวลาต่าง ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 2ค ค่าการดูดซับน้ำมันสูงสุด (Maximum oil absorbent) หาได้จากสมการที่ (1) โดยชั่งน้ำหนักของน้ำมันที่ถูกดูดซับ หลังจากนำขึ้นมาวางไว้บนตะแกรงเป็นเวลา 3 วินาที ส่วนค่าการดูดซับน้ำมันที่เวลาต่าง ๆ ตั้งแต่ 10 นาที ถึง 60 นาที ก็สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (1) เช่นกัน

$$Oil\ absorbent = \frac{(S_t - S_0)}{S_0} = \frac{S_t}{S_0} \quad (1)$$

เมื่อ S<sub>0</sub> คือ น้ำหนักของแผ่นเส้นใยที่ยังไม่ผ่านการดูดซับน้ำมันมีหน่วยเป็นกรัม

S<sub>t</sub> คือ น้ำหนักแผ่นเส้นใยที่ดูดซับน้ำมันหลังจากที่ปล่อยให้มันระเหยเป็นเวลาต่าง ๆ มีหน่วยเป็นกรัม  
 S<sub>t</sub> = (S<sub>t</sub> - S<sub>0</sub>) คือ น้ำหนักสุทธิของน้ำมันที่ถูกดูดซับโดยแผ่นเส้นใย

เส้นใย PP แบบไม่ถักทอเตรียมด้วยอุณหภูมิการหลอมเหลวที่หัวพ่นแตกต่างกันเป็น 170°C 190°C 210 °C และ 230°C จะถูกนำมาทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมัน โดยแต่ละเงื่อนไขของอุณหภูมิหัวพ่น จะวัดความสามารถในการดูดซับน้ำมันเงื่อนไขละ 5 ตัวอย่าง



รูปที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมการทดสอบค่าการดูดซับน้ำมัน ก) เตรียมเส้นใย PP ปริมาณ 4 กรัม ข) เส้นใย PP กำลังจุ่มอยู่ในน้ำมัน และ ค) แผ่นเส้นใย PP ที่ดูดซับน้ำมันเป็นเวลา 15 นาทีแล้วถูกนำขึ้นมาวางบนตะแกรงก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก

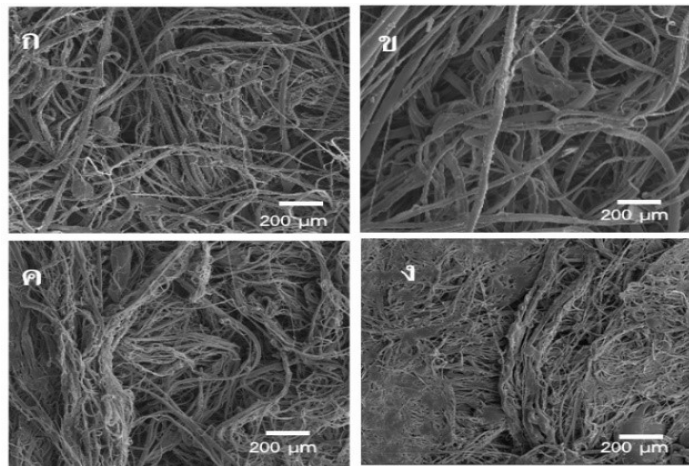
#### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการผลิตแผ่นเส้นใย PP แบบไม่ถักทอจากเครื่องเมลต์โบลวน์ แผ่นเส้นใย PP แบบไม่ถักทอด้วยเครื่องเมลต์-โบลวน์พบว่าเส้นใยมีความสม่ำเสมอเป็นแผ่นมีลักษณะคล้ายผืนผ้าและมีการประสานของเส้นใยทับกันไปมาอย่างหนาแน่น จากภาพ SEM (แสดงในรูปที่ 3) แสดงให้เห็นว่าในเงื่อนไขอุณหภูมิของหัวพ่นเท่ากับ 170°C และ 190°C (แสดงใน

รูปที่ 3ก และ 3ข) มีลักษณะเป็นเส้นใยประสานทับกันไปมาอย่างเห็นได้ชัดและมีลักษณะเชื่อมกันแบบไม่ติดแน่นทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิของหัวพ่นเป็น 210°C ดังรูปที่ 3ค เส้นใยที่ได้ส่วนหนึ่งจะเริ่มเชื่อมติดกันเป็นก้อนและที่เงื่อนไขอุณหภูมิของหัวพ่นมีค่าเป็น 230°C เส้นใยจะมีลักษณะเชื่อมติดกันและเป็นก้อนมากขึ้นและบางส่วนเส้นใยจะเชื่อมติดเป็นแผ่นเดียวกันดังรูปที่ 3ง ทำให้ปริมาณช่องว่าง

ระหว่างเส้นใยลดน้อยลง เมื่อพิจารณาขนาดของเส้นใยจากตารางที่ 1 โดยตารางแสดงค่าเส้นใยที่ถูกสุ่มนับวัด 200 เส้นจากภาพ SEM ในแต่ละเงื่อนไขโดยใช้โปรแกรม Image J พบว่าที่อุณหภูมิของหัวพ่น 170°C 190°C 210°C และ 230°C มีขนาดของเส้นใยโดยเฉลี่ย  $2.69 \pm 1.34 \mu\text{m}$   $3.06 \pm 2.7 \mu\text{m}$   $3.12 \pm 2.81 \mu\text{m}$  และ  $5.23 \pm 2.77 \mu\text{m}$  ตามลำดับ จากค่าเฉลี่ยของเส้นใยยืนยันได้ว่าเงื่อนไข อุณหภูมิของหัวพ่น 170°C แผ่นเส้นใยจะประกอบด้วยเส้นใยขนาดเฉลี่ยประมาณ  $2.69 \pm 1.34 \mu\text{m}$  ผสานทับกันไปมา

แบบสุ่มอย่างสม่ำเสมอ เส้นใยจะมีขนาดเพิ่มขึ้นและความสม่ำเสมอของเส้นใยจะมีค่าที่ลดลงไปด้วยเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นเพราะเส้นใยมีโอกาสที่จะหลอมเหลวรวมเข้าด้วยกันสูงซึ่งจะส่งผลให้ขนาดของเส้นใยมีขนาดใหญ่ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนที่สุดเมื่ออุณหภูมิของหัวพ่นมีค่าเป็น 230°C ขนาดของเส้นใยโดยเฉลี่ยจะมีค่าสูงถึง  $5.23 \pm 2.77 \mu\text{m}$  นอกจากนี้การที่เส้นใยมีขนาดใหญ่ขึ้นยังส่งผลต่อช่องว่างระหว่างเส้นใยที่กว้างขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน



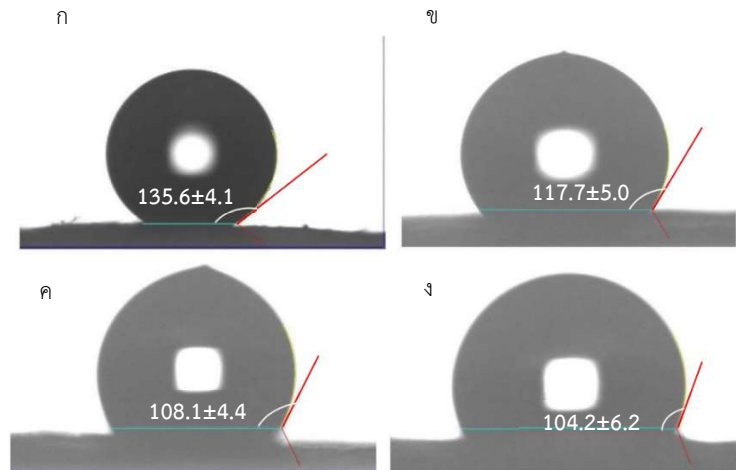
รูปที่ 3 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใย PP เตรียมที่อุณหภูมิของหัวพ่นเป็น ก) 170°C ข) 190°C ค) 210°C และ ง) 230°C ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ขนาดของเส้นใยจากการสุ่มเส้นใย 150 เส้นจากภาพ SEM ของแผ่นเส้นใย PP ที่เตรียมอุณหภูมิของหัวพ่น 170°C 190°C 210°C และ 230°C ตามลำดับ

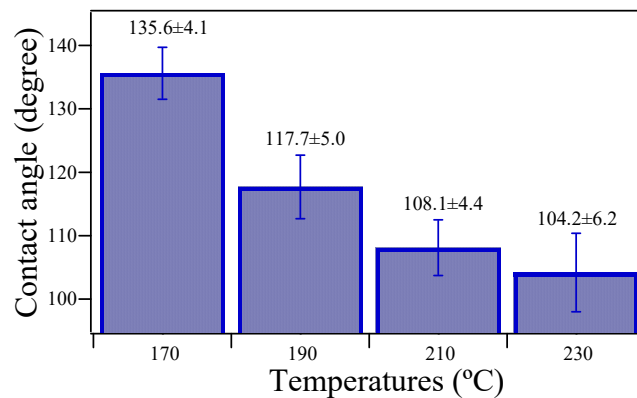
เงื่อนไขอุณหภูมิของหัวพ่น (°C)	ขนาดของเส้นใยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )
170	$2.69 \pm 1.34$
190	$3.06 \pm 2.74$
210	$3.12 \pm 2.81$
230	$5.23 \pm 2.77$

**2. ผลการวัดค่ามุมสัมผัสผิวน้ำของเส้นใย PP แบบไม่ถักทอ** จากการวัดค่ามุมสัมผัสผิวน้ำด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัสผิวน้ำรุ่น TDA1000 พบว่าทุกตัวอย่างมีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic properties) ดังที่ปรากฏในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ค่ามุมสัมผัสของผิวน้ำทุกเงื่อนไขการทดลองสูงเกิน 90 องศา หมายความว่าเส้นใย PP ที่เตรียมได้มีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ และ

ยังพบว่าค่ามุมสัมผัสผิวน้ำเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการพ่นเส้นใย PP มีค่าเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเป็น  $135.6 \pm 4.0$  องศา  $117.7 \pm 4.9$  องศา  $108.1 \pm 4.4$  องศา และ  $104.2 \pm 6.2$  องศา ตามลำดับ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าตัวอย่างที่มีอุณหภูมิของหัวพ่นเป็น 170°C จะมีค่ามุมสัมผัสผิวน้ำสูงสุด



รูปที่ 4 ภาพถ่ายและค่ามุมสัมผัสหยดน้ำของแผ่นเส้นใย PP แบบไม่ถักทอ ซึ่งเตรียมโดยมีอุณหภูมิของหัวพ่นแตกต่างกัน ก) 170°C ข) 190°C ค) 210°C และ ง) 230°C ตามลำดับ



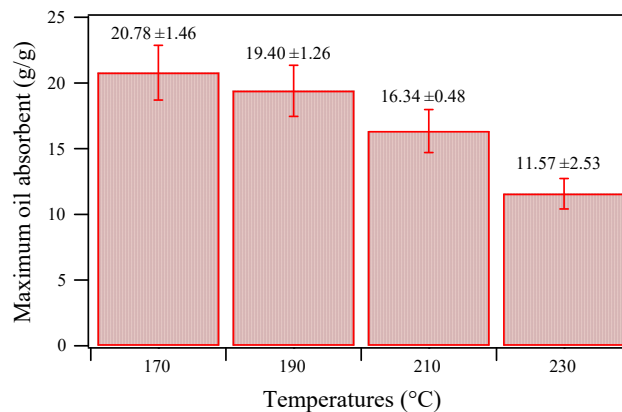
รูปที่ 5 ค่ามุมสัมผัสหยดน้ำของแผ่นเส้นใย PP แบบไม่ถักทอ ที่ได้จากการเตรียมด้วยเทคนิคเมลต์โบลวนน์โดยใช้อุณหภูมิของหัวพ่นเส้นใยที่แตกต่างกัน

**3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันของเส้นใย PP แบบไม่ถักทอ** จากการทดสอบประสิทธิภาพของการดูดซับน้ำมันได้ประยุกต์ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-F726-12 ผลการทดสอบค่าการดูดซับน้ำมันพบว่าแผ่นเส้นใย PP สามารถดูดซับน้ำมันได้ทุกเงื่อนไขการทดลองเนื่องจากเส้นใย PP เป็นสารที่ไม่มีขั้วด้วยตัวมันเองอยู่แล้ว ฉะนั้นจึงสามารถจับกันได้ดีกับโครงสร้างของน้ำมันที่ใช้ทดสอบด้วยแรงลอนดอนหรือแรงแวนเดอร์วาลส์ชนิดอ่อนค่าการดูดซับน้ำมันสูงสุด (maximum oil absorbent) แสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งเห็นว่าที่เงื่อนไขอุณหภูมิของการพ่นเป็น 170°C จะมีค่าของการดูดซับน้ำมันสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ  $20.78 \pm 1.46$  g/g และค่าการดูดซับน้ำมันสูงสุดของเส้นใย PP มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิของหัวพ่นเส้นใยมีค่าเพิ่มขึ้นโดยมีค่าการดูดซับน้ำมันสูงสุดเป็น  $19.40 \pm 1.26$

g/g  $16.34 \pm 0.48$  g/g และ  $11.57 \pm 2.53$  g/g สำหรับอุณหภูมิในการพ่นเส้นใยมีค่าเป็น 190°C 210°C และ 230°C ตามลำดับ ค่าของการดูดซับน้ำมันสูงสุดของตัวอย่าง 170°C มีค่าเท่ากับ  $20.78 \pm 1.46$  g/g ผลที่ได้จากการทดลองนี้พบว่ามีการดูดซับน้ำมันมากกว่าการเตรียมเส้นใย PP ที่ได้จากวิธีเมลต์โบลวนน์ที่เตรียมโดยกลุ่มวิจัยของ Teas ซึ่งมีค่าของการดูดซับน้ำมันสูงสุดเพียง 4.4 g/g (Teas et al., 2001) การทดลองในครั้งนี้ให้ค่าของการดูดซับน้ำมันสูงสุดที่สูงกว่าของ Teas อาจจะเป็นเพราะลักษณะของการผสมกันของเส้นใยมีความสม่ำเสมอและหนาแน่นกว่าอีกทั้งยังมีช่องระหว่างเส้นใยขนาดเล็กจำนวนมากกว่าจึงส่งผลให้มีค่าการดูดซับน้ำมันที่มากกว่านั่นเอง ส่วนค่าเฉลี่ยของการดูดซับของน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่ 10 นาที 20 นาที 30 นาที 40 นาที 50 นาที และ 60 นาที ได้

แสดงไว้ในรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าเงื่อนไขอุณหภูมิของการพ่นเส้นใยที่ 170°C สามารถดูดซับน้ำมันได้มากกว่าทุกเงื่อนไขและค่าของการดูดซับน้ำมันจะลดลงตามเวลาเป็นแบบไม่เชิงเส้น โดยที่ในช่วงเวลา 10-30 นาทีแรกค่าของการดูดซับน้ำมันจะลดลงในลักษณะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียลและค่าของการดูดซับน้ำมันจะเริ่มลดช้าลงในลักษณะที่มีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้นกับเวลา ในช่วง 30-60 นาทีหลัง และสำหรับเส้นใย PP ที่เตรียมด้วยอุณหภูมิของการพ่นเป็น 190°C 210°C และ 230°C ก็มีลักษณะกราฟของค่าการดูดซับน้ำมันที่ขึ้นกับเวลาคล้ายกับตัวอย่าง 170°C เช่นเดียวกัน แตกต่างกันที่มีค่าของการดูดซับน้ำมันที่น้อยกว่า สาเหตุที่ค่าการดูดซับลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจากน้ำมันที่ถูกบรรจุอยู่ระหว่างช่องว่างของเส้นใยที่อัดแน่นกันมากเกินไปซึ่งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของเส้นใยกับน้ำมันจะมีค่าน้อยมากดังนั้นน้ำมันจะไหลออกภายใต้แรงโน้มถ่วงไปจนกว่าปริมาณน้ำมันที่อยู่ในแผ่นเส้นใยจะมีปริมาณที่เหมาะสมกับความจุของแผ่นเส้นใยด้วยเหตุนี้เงื่อนไขของตัวอย่างที่มีช่องว่างระหว่างเส้นใยมากและขนาดเล็กจึงเก็บสะสมน้ำมันได้มากเพราะ

มีพื้นที่สัมผัสกับโมเลกุลของน้ำมันได้เยอะกว่าจึงสามารถดูดซับน้ำมันได้มากซึ่งส่งผลให้อัตราค่าการดูดซับลดลงจะน้อยลงไปด้วย เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการดูดซับน้ำมันของตัวอย่างต่าง ๆ ที่เวลาเดียวกัน พบว่า ค่าการดูดซับน้ำมันจะมีค่าน้อยลงเมื่ออุณหภูมิในการพ่นเส้นใยมีค่าสูงขึ้น เป็นเพราะว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเส้นใยจะมีช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อยลง (มีความพรุนน้อยลง) ทำให้น้ำมันไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปได้ในทุกส่วนของแผ่นเส้นใยทำให้ส่งผลต่อค่าการดูดซับน้ำมันมีค่าลดลงและยังสอดคล้องกับการมีค่าสัมประสิทธิ์ของหยดน้ำที่ลดลงด้วยดังรูปที่ 5 ค่าการดูดซับน้ำมันของแต่ละตัวอย่างได้แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งตัวแปร Y คือค่าการดูดซับน้ำมันและตัวแปร X คือเวลาและตัวแปร R<sup>2</sup> บ่งบอกถึงความแม่นยำของสมการที่ใช้ในการทำนายแนวโน้มของค่าการดูดซับน้ำมัน จากรูปที่ 7 พบว่าเส้นแนวโน้มที่ได้จากสมการมีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดลองเป็นอย่างมาก โดยยืนยันได้จากการที่มีค่า R<sup>2</sup> ที่เข้าใกล้ 1 ดังตารางที่ 2 ตามลำดับ

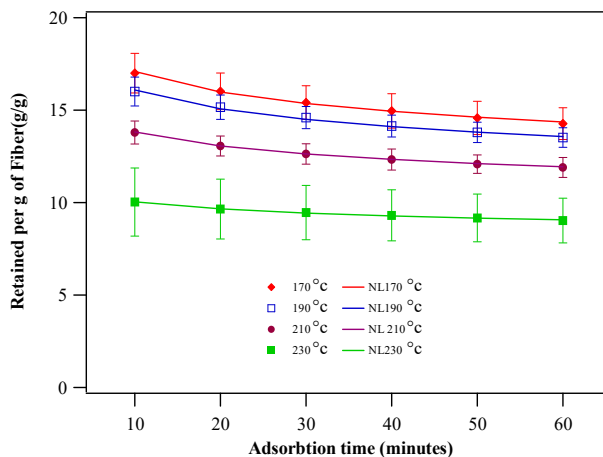


**รูปที่ 6** ค่าการดูดซับน้ำมันสูงสุดของเส้นใย PP ที่เตรียมด้วยอุณหภูมิของหัวพ่นที่แตกต่างกันเป็น 170°C 190°C 210°C และ 230°C ตามลำดับ

**4. ผลการนำแผ่นเส้นใย PP แบบไม่ถักทอไปทดสอบใช้งานในการกำจัดคราบน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำ** รูปที่ 8 แสดงการนำแผ่นเส้นใย PP ซึ่งเตรียมที่อุณหภูมิหัวพ่น 170°C มาทดสอบใช้งานในการกำจัดคราบน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำซึ่งรูปที่ 8 ก จะเห็นว่าน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำจะลอยอยู่เหนือน้ำ เมื่อเริ่มจุ่มแผ่นเส้นใย PP ปริมาณ 4g ลงบนส่วนที่เป็นน้ำมันพบว่าน้ำมันที่ลอยอยู่เหนือน้ำจะเริ่มเข้ามาเกาะที่แผ่นเส้นใย PP ดังรูปที่ 8 ข

เมื่อทำการดูดซับน้ำมันในลักษณะหมุนวนแผ่นเส้นใย PP ไปมาในบริเวณที่มีคราบน้ำมันเป็นเวลา 3 นาที พบว่าน้ำมันที่ปนเปื้อนที่ผิวของน้ำจะถูกดูดซับออกไปจนหมดดังแสดงในรูปที่ 8 ค นี่เป็นการยืนยันให้เห็นว่าเส้นใย PP แบบไม่ถักทอที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีเมลต์โบลวันจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ในการกำจัดคราบน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำได้จริง





รูปที่ 7 อัตราการลดลงของค่าการดูดซับน้ำมันที่ขึ้นกับเวลาของเส้นใย PP ที่เตรียมด้วยอุณหภูมิของหัวพันแตกต่างกันเป็น 170°C 190°C 210°C และ 230°C ตามลำดับ โดยเส้น NL คือเส้นกราฟที่ได้จากการเขียนกราฟแบบ Nonlinear ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 สำหรับทำนายผลการทดลองในแต่ละเงื่อนไข

ตารางที่ 2 แสดงสมการแสดงแนวโน้มของอัตราการลดลงของค่าการดูดซับน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงกับเวลาที่เตรียมด้วยอุณหภูมิของการพันแตกต่างกันเป็น 170°C 190°C 210°C และ 230°C ตามลำดับ

อุณหภูมิของหัวพัน (°C)	สมการอธิบายผลการทดลอง	ค่า R <sup>2</sup>
170	$Y=21.37X^{0.097}$	0.996
190	$Y=20.03X^{0.095}$	0.993
210	$Y=16.70X^{0.082}$	0.999
230	$Y=11.45X^{0.057}$	0.995



รูปที่ 8 การทดสอบกำจัดคราบน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำ ก) คราบน้ำมันลอยอยู่เหนือผิวน้ำ ข) ขณะจุ่มแผ่นเส้นใย PP ปริมาณ 4 g ลงบนคราบน้ำมัน แล้วหมุนวนไปมาเป็นเวลา 3 นาที และ ค) น้ำมันที่ปนเปื้อนที่ผิวของน้ำจะถูกดูดซับออกจนหมดด้วยแผ่นเส้นใย PP ที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีเมลต์โบลวน

**สรุปผลการวิจัย**

แผ่นดูดซับน้ำมันที่ทำจากเส้นใย PP แบบไม่ถักทอสามารถผลิตได้จากเครื่องเมลต์โบลวนที่ได้สร้างขึ้นเอง ผลการทดสอบค่าการดูดซับน้ำมันสูงสุดพบว่าที่เงื่อนไขอุณหภูมิของหัวพันเท่ากับ 170°C มีค่าการดูดซับน้ำมันสูงสุดมากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ โดยมีค่ามากถึง 20.78±1.46 g/g ค่าการดูดซับน้ำมันสูงสุดจะมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิของหัวพันมีค่าสูงขึ้น ที่เป็นเช่นนี้

เพราะว่าเมื่ออุณหภูมิของหัวพันสูงขึ้นเส้นใย PP ที่ได้จะมีลักษณะหลวมและเกาะติดกันเป็นก้อน ส่งผลให้มีช่องว่างระหว่างเส้นใยลดลงทำให้น้ำมันไม่สามารถแทรกเข้าไปในแผ่นเส้นใยได้มาก นอกจากนี้ อุณหภูมิของหัวพันมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลทำให้ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำมีค่าลดลงและด้วยเหตุนี้บ่งบอกว่าพื้นผิวของ PP มีความชอบน้ำมากขึ้น จึงส่งผลทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันได้น้อยลง นอกจากนั้นยังพบว่าค่าการดูดซับน้ำมัน

จะขึ้นกับเวลาหลังจากการจุ่มน้ำมัน ซึ่งทุกตัวอย่างจะมีลักษณะของค่าการดูดซับน้ำมันลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 10-30 นาทีแรก จากนั้นค่าการดูดซับน้ำมันจะค่อยๆ ลดน้อยลงเป็นแบบเชิงเส้นในช่วงเวลา 30-60 นาทีหลังจากพฤติกรรมของค่าการดูดซับน้ำมันที่ขึ้นกับเวลานี้ทำให้เราสามารถทำนายปริมาณของน้ำมันที่ถูกดูดซับได้ จากการทดลองนี้ตัวอย่างเส้นใย PP ที่เตรียมด้วยอุณหภูมิของหัวพ่นเท่ากับ 170°C เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมเส้นใย PP เพื่อใช้เป็นวัสดุในการดูดซับคราบน้ำมัน

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้คงสำเร็จไม่ได้เลยหากไม่ได้ความสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและนวัตกรรมวัสดุ นาโนเพื่อพลังงาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยบางส่วน

### เอกสารอ้างอิง

Abdullah, M. A., Rahmah, A. U. and Man, Z. (2010). Physicochemical and sorption characteristics of Malaysian ceiba pentandra (L.) Gaertn. As a natural oil sorbent. *Journal of Hazardous Materials* 177(1-3): 683-691.

Al-Majed, A. A., Adebayo, A. R. and Hossain, M. E. (2012). A sustainable approach to controlling oil spills. *Journal of Environmental Management* 113: 213-227.

Bazargan, A., Sadeghi, H., Garcia-Mayoral, R. and McKay, G. (2015). An unsteady state retention model for fluid desorption from sorbents. *Journal of Colloid and Interface Science* 450: 127-134.

Carmody, O., Frost, R., Xi, Y. and Kokot, S. (2008). Selected adsorbent materials for oil-spill cleanup a thermoanalytical study. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 91(3): 809-816.

Cortese, B., Caschera, D., Federici, F., Ingoc, G. M. and Gigli, G. (2014). Superhydrophobic fabrics for oil-water separation through a diamond like Carbon (DLC) coating. *Journal of Materials Chemistry A* 2(19): 6781-6789.

Khan, E., Virojnagud, W. and Ratpukdi, T. (2004). Use of biomass sorbents for oil removal from gas station run off. *Chemosphere* 57(7): 681-689.

Lim, T. T. and Huang, X. (2006). In situ oil/water separation using hydrophobic-oleophilic fibrous wall: a lab-scale feasibility study for groundwater cleanup. *Journal of Hazardous Materials* 137(2): 820-826.

Li, H., Wu, W., Bubakir, M. M., Hongbo, C., Zhong, X., Liu, Z., Ding, Y. and Yang, W. (2013). Polypropylene fibers fabricated via a needleless melt-electrospinning device for marine oil-spill cleanup. *Journal of Applied Polymer Science* 131(7): 40080.

Nyankson, E., Rodene, D. and Gupta, R. B., (2015). Advancements in crude oil spill remediation research after the deep water horizon oil spill. *Water Air and Soil Pollution* 227(1): 29.

Seddighi, M., Charkhabi, A. H. and Tajik, M. (2011). Water-oil separation performance of technical textiles used for marine pollution disasters. *Marine Pollution Bulletin* 96(1-2): 286-293.

Senanurakwarkul, C. and Chavarnakul, T. (2012). The study of factors influencing the decision to select the use of oil sorbent in Thailand. *International Journal of Research in Management and Technology* 2(6): 603-607.

Singh, V., Jinka, S., Hake, K., Parameswaran, S., Kendall, R. J. and Ramkumar, S. (2014). Novel Natural Sorbent for oil Spill Cleanup. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 53: 11954-11961.

Teas, Ch., Kalligeros, S., Zanikos, F., Stournas, S., Lois, E. and Anastopoulos, G. (2001). Investigation of the effectiveness of absorbent material in oil spills clean up. *Desalination*. 140: 259-264.

Wei, Q. F., Mather, R. R., Fotheringham, A. F. and Yang, R. D. (2003). Evolution of polypropylene nonwoven oil sorbents in marine oil spill recovery. *Marine Pollution Bulletin* 46(6):780-783.

Zahid, M. A., Halligan, J. E. and Johnson, R. F. (1972). Oil Slick Removal Using Matrices of Polypropylene Filaments. *Industrial and Engineering Chemistry, Process Design and Development* 11(4): 550-555.

Zhao, J., Xiao, C. and Xu, N. (2013). Evaluation of polypropylene and poly (butylmethacrylate-co-hydroxyethyl methacrylate) nonwoven material as oil absorbent. *Environmental Science and Pollution Research* 20(6): 4137-4145.