บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาในงานวิจัยนี้ พบว่าขยะพลาสติกประเภทพอลิโพพีลีน (Polypropylene: PP) เช่น ถุงในอาหาร และพลาสติกประเภทโฟม (Polystyrene : PS) มีความเหมาะสมสำหรับการนำมาผลิตน้ำมันดิบด้วยวิธีการไพโรไลซิส ซึ่งมีในเหลือทิ้งในเขตพื้นที่จังหวัดน่าน ซึ่งประกอบด้วย กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ และกล่องนม มีปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 24, จังหวัดเชียงรายมีขยะพลาสติกเฉลี่ยในปริมาณร้อยละ 16.78 และเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณเฉลี่ยของพลาสติกร้อยละ 7.5

การทดลองในงานวิจับนี้ได้ออกแบบและสร้างระบบของเตาไพโรไลซีสอย่างง่ายเพื่อการสกัดน้ำมัน โดยมีการทดสอบระบบของเตาไพโรไลซิสด้วยการใช้พลาสติกชนิด PP ขนาด 0.5 kg ซึ่งมีการทดสอบซ้ำจำนวน 4 ครั้ง และแต่ละครั้งของการทดลองจะใช้เวลาในการทำงานของระบบ 90 นาที และผลของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในเตาปฏิกรณ์จะมีค่าที่เพิ่มขึ้นจากที่ 31.5 $^{\circ}$C ถึง 421.5 $^{\circ}$C ระหว่างช่วงเวลา 0-50 นาที และอุณหภูมิจะอยู่ในสภาวะคงตัวที่ประมาณ 420 $^{\circ}$C ที่ระหว่างเวลา 60-90 นาที ซึ่งจากการทดลองจะได้ผลการกสัดน้ำมันเฉลี่ยที่ 0.125 kg คิดเป็นร้อยละโดยมวล 25% น้ำหนักเถ้าและส่วนที่เผาไม่หมด 0.132 kg คิดเป็นร้อยละโดยมวล 26% และมีค่าของส่วนที่เป็นก๊าซที่สามารถควบแน่นได้และระเหยออกไปที่ 0.244 kg และคิดเป็นร้อยละโดยมวล 49% และหลังจากนั้นได้ทดลองสกัดน้ำมันดิบจากเตาไพโรไลซิส ด้วยวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือพลาสติก ชนิด PP ที่ปริมาณ 6 kg พบว่าสามารถผลิตน้ำมันดิบจากเตาไพโรไลซิสได้ 820 cc และโฟม ชนิด PS ในปริมาณ 7 kg สามารถผลิตน้ำมันดิบด้วยเตาไพโรไลซิสได้ 550 cc ซึ่งในส่วนของน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP จะมีสีเหลืองอำพัน มีค่าความหนาแน่นที่ 0.74 g/cm^3 มีค่า pH ที่ประมาณ 5.5 มีจุดวาบไฟที่ 14 $^{\circ}$C และมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่ 46.134 MJ/kg ในส่วนของน้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS จะมีสีน้ำตาลเข้ม มีค่าความหนาแน่นที่ 0.93 g/cm^3 มีค่า pH ที่ประมาณ 5.7 มีจุดวาบไฟที่ 35 $^{\circ}$C และมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่ 41.436 MJ/kg

5.2 อภิปรายผล

เมื่อนำคุณสมบัติของน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP และ น้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS ที่ได้จะการทดลองไปเปรียบเทียบกับคุณสมบัติกับน้ำมันก๊าดซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป พบว่า สีของน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP จะมีสีเหลืองอำพัน มีค่าความหนาแน่นที่ 0.74 g/cm^3 สามารถใช้เวลาในการจุดติดไฟประมาณ 2 วินาที และจะให้ลักษณะของเปลวไฟที่สะอาดมีเขม่าน้อย และน้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS จะมีสีน้ำตาลเข้ม มีค่าความหนาแน่นที่ 0.93 g/cm^3 สามารถใช้เวลาในการจุดติดไฟประมาณ 3 วินาที และจะให้ลักษณะของเปลวไฟที่ไม่สะอาดมีเขม่ามาก และเปรียบเทียบกับสีของน้ำมันก๊าดที่มีลักษณะสีเหลืองอ่อนที่มีค่าความหนาแน่นที่ 0.80 g/cm^3 ซึ่งจะใช้เวลาในการจุดติดไปประมาณ 6 วินาที และจะได้เปลวไฟที่มีเขม่าน้อยกว่าเปลวไฟจากน้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS แต่จะมีเขม่ามากกว่าน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP ซึ่งลักษณะของการจุดติดไฟของเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิดนี้ จะมีความสอดคล้องกับค่าจุบวาบไฟคือ น้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากพลาสติกชนิด PP จะมีจุดวาบไฟที่ 14 $^{\circ}C$ และน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากโฟม ชนิด PS มีจุดวาบไฟที่ 35 $^{\circ}C$ และเปรียบเทียบกับค่าจุดวาบไฟของน้ำมันก๊าดอยู่ระหว่าง 35 $^{\circ}C$ ถึง 65 $^{\circ}C$

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองการสกัดน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP และโฟม ชนิด PS ด้วยวิธีการใช้เตาปฏิกรณ์ที่ดัดแปรงมาจากวัสดุเครื่องครัว เป็นแนวทางในการสร้างเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ซึ่งมีการใช้ร่วมกับระบบเตาแก็ส LPG ขนาด 4 kg เป็นส่วนระบบให้ความร้อนที่เหมาะสมกับระบบไพโรไลซิสขนาดเล็ก ซึ่งอุปกรณ์ทุกอย่างสามารถที่มีขายในท้องตลาดทำให้ราคาต้นทุนในการสร้างระบบที่ค่อนข้างต่ำ

ในการสร้างระบบการทดลองการสกัดน้ำมันไพโรไลซิสต้นทุนต่ำขนาดเล็กนี้สามารถสรุปข้อเสนอแนะต่างๆ ควรนำมาปรับปรุงแก้ไขได้ดังนี้

1. ส่วนของระบบปฏิกรณ์ในการสร้างปฏิกิริยาไพโรไลซิสซึ่งเป็นระบบที่ให้ความร้อนด้วยระบบเตาไฟจากแก๊ส LPG และใช้ส่วนของเตาปฏิกรณ์ที่ดัดแปรงมาจากหม้อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 นิ้ว สูง 15 cm ซึ่งเป็นขนาดของเตาปฏิกรณ์ที่มีขนาดเล็กซึ่งจะทดแรงดันที่เกิดขึ้นได้ไม่มาก ดังนั้นจึงความเพิ่มขนาดของเตาปฏิกรณ์ที่มีขนาดที่ใหญ่มากขึ้นและต้องมีการสร้างฝาของเตาปฏิกรณ์ที่ทำจากแผ่นเหล็กยึดเป็นหน้าแปลนเข้ากับตัวเตาด้วยน๊อต ก็จะสามารถทำให้เตาปฏิกรณ์สามารถทนแรงดันได้มากขึ้นและสามารถใส่วัตถุดิบในการผลิตได้มากขึ้นไปด้วย แต่ในทางกลับกันอาจจะต้องสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น เนื่องจากระบบของการให้ความร้อนนี้จะต้องมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นตามไปด้วย

2. ส่วนของระบบควบแน่นไอระเหย ในการทดลองนี้ใช้ระบบของการควบแน่นแบบระบบสัมผัส ซึ่งไอระเหยที่ได้จากเตาปฏิกรณ์นั้นจะมีการสัมผัสกับน้ำหล่อเย็นโดยตรง ซึ่งไอระเหยจะถ่ายเทความร้อนไปสู่น้ำหล่อเย็นและกลั่นตัวแยกชั้นกันกับน้ำ ซึ่งระบบการควบแน่นแบบสัมผัส (contact condenser) นี้ เป็นระบบที่มีการสร้างที่ราคาถูกกว่าระบบของการควบแน่นแบบพื้นผิว (Surface condenser) แต่จะให้ประสิทธิภาพของการควบแน่นไอระเหยที่มากกว่าแบบระบบการควบแน่นแบบสัมผัส

3. ในการทดลองสกัดน้ำมันด้วยระบบไพโรไลซิสอย่างง่ายนี้ ในการทดลองระบบเบื้องต้น มีการผลิตน้ำมัน 0.5 ลิตร จะต้องใช้ปริมาณก๊าซหุงต้ม (LPG) เฉลี่ย 0.85 กิโลกรัม ซึ่งสามารถคิดเป็นเงินเท่ากับ 17.98 บาท โดยไม่รวมค่าเครื่องมือ ซึ่งอ้างอิงราคาก๊าซหุงต้ม กิโลกรัมละ 21.15 บาท (อ้างอิงจากเวปไทยรัฐออนไลน์ ราคาเมื่อวันที่ 6 ก.ย. 2560 https://www.thairath.co.th/content/1061297) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ราคาต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตต่อหน่วยได้ว่า ต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วยยังค่อนข้างสูงอยู่เมื่อเทียบกับราคาเชื้อเพลิงในการผลิต (LPG) คือน้ำมันไพโรไลซิส 1 ลิตร จะใช้ราคาเชื้อเพลิงในการผลิต 35.96 บาท และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 คือ 28.03 บาทต่อลิตร (อ้างอิงจากเวปเชลล์ประเทศไทยราคาเมื่อวันที่ 11 พ.ย. 2560 http://www.shell.co.th/th_th/motorists/shell-fuels/fuel-price/app-fuel-prices.html) ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าการผลิตน้ำมันดิบจากพลาสติกเหลือทิ้งด้วยวิธีการไพโรไลซิส ณ เวลาในปัจจุบันอาจจะยังไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนเพื่อเป็นพลังงานทดแทนในชุมชนเชิงพาณิชย์ แต่การนำขยะพลาสติกไปแปรรูปด้วยกระบวนการรีไซเคิลจะมีมูลค่าและความคุ้มทุนที่ดีกว่า

บรรณานุกรม

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2560). ค่าความร้อน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://maemohmine.egat.co.th/mining_technology/coal_analysis3.html

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. (2560). **เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.dpim.go.th/service/download?articleid=3499.

คณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการจังหวัดเชียงราย. (2557). **แผนพัฒนาจังหวัดเชียงราย พ.ศ. 2557 – 2560 (ฉบับทบทวน)**. สานักงานจังหวัดเชียงราย ศาลากลางจังหวัดเชียงราย. หน้า 86-89.

เดช เหมือนขาว, ยงยุทธ ดุลยกุล และชัยยุทธ มีงาม. (2556). **การศึกษาและออกแบบการผลิตน้ำมันดิบจากขยะพลาสติก.** การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน 2556 ครั้งที่ 3 “ชุมชนท้องถิ่น ฐานรากการพัฒนาประชาคมอาเซียน” 9-10 พฤษภาคม 2556 (502-508).

ผู้จัดการออนไลน์. (2560). **จุดวาบไฟ**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.manager.co.th/science/ScienceShowWord.aspx?wordday_id=233&Alphabet=f.

รินลดา สิริแสงสว่าง, จรรยา โพธิ์บาย, ชนิกาญจน์ เพชรเลิศ, และธัญชนก เพ็ชรย้อย. (2558). การศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสเมล็ดมะขามแบบช้า. **วารสารวิศวกรรม ราชมงคลธัญบุรี, 13**(2), 35-42.

วิสาข์ มานะสมบูรณ์พันธ์ และ สุวรรณี จรรยาพูน. (2556). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วเพื่อผลิตเชื้อเพลิงเหลว. **วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 22**(1), เดือนมกราคม ถึง มิถุนายน, 100-106.

สภาบันพลาสติก. (2560). **การไพโรไลซิสยางล้อเก่า.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://readgur.com/doc/2388168/การไพโรไลซิสยางล้อเก่า.

สำนักงานส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นจังหวัดน่าน และ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมน่าน. (2559). **แผนปฏิบัติการขยะมูลฝอยจังหวัดน่าน พ.ศ. 2560**. หน้า 7-12.

สุวิเชียร ผ่องนัยเลิศ. (2555). **การควบคุมเตาไพโรไลซิสเพื่อกำจัดยางรถยนต์เก่าของสหกรณ์การเกษตรวานรนิวาส จำกัด จังหวัดสกลนคร**. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

โครงการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการนำวัสดุเหลือใช้และกากของเสียมาใช้ประโยชน์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการเหมืองแร่. (2560). **เทคโนโลยีการผลิตพลังงาน/เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.dpim.go.th/service/download?articleid=3499

ศูนย์วิจัยและจัดการคุณภาพอากาศ. (2554). **รายงานการทบทวนวรรณกรรม การเผาขยะชุมชนในที่โล่งแจ้งและการจัดการ**. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 10-13.

A. Lopez-Urionabarrenechea, I. de Marco, B.M. Caballero, M.F. Laresgoiti and A. Adrados. (2015). Upgrading of chlorinated oils coming from pyrolysis of plastic waste. **Fuel Processing Technology, 137**, 229–239.

Achyut K. Panda, R.K. Singh and D.K. Mishra. (2010). Thermolysis of waste plastics to liquid fuel A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products—A world prospective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14**, 233–248

Alberto Pavlick Caetani, Luciano Ferreira and Denis Borenstein. (2016). Development of an integrated decision-making method for an oil refinery restructuring in Brazil**. Energy, 111**, 197-210.

BidhyaKunwar, H.N.Cheng, SriramRChandrashekaran and BrajendraKSharma. (2016). Plastics to fuel : a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54**, 421–428.

foodnetworksolution. (2560). **Hdpe**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.foodnetwork solution.com/wiki/word/1909/hdpe-high-density-polyethylene.

_______. (2560). **polystyrene**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.foodnetwork solution.com/wiki/word/1452/polystyrene-ps-%E0%B8%9E%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%AA%E0%B9%84%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%99.

_______. (2560). **polypropylene**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.foodnetwork solution.com/wiki/word/1611/polypropylene-pp-%E0%B8%9E%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B9%82%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%84%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B5%E0%B8%99.

Munier Elsherif, Zainuddin Abdul Manan and Mohd Zaki Kamsah. (2015). State-of-the-art of hydrogen management in refinery and industrial process plants. **Journal of Natural Gas Science and Engineering, 24**, 346-356.

Phunphen Waicharern. (2560). **นักวิทยาศาสตร์พบขยะพลาสติกใกล้ล้นโลก.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.masciinnoversity.com/?p=22721.

Viswanath K. Kaimal and P. Vijayabalan. (2016). A study on synthesis of energy fuel from waste plastic and assessment of its potential as an alternative fuel for diesel engines. **Waste Management, 51**, 91–96.

R. Miandad, M.A. Barakat, Asad S. Aburiazaiza, M. Rehan and A.S. Nizami. (2016). Catalytic pyrolysis of plastic waste : A review. **Process Safety and Environmental Protection, 102**, 822–838.

R. Miandad, M.A. Barakat, Asad S. Aburiazaiza, M. Rehan, I.M.I. Ismail and A.S. Nizami. (2016). Effect of plastic waste types on pyrolysis liquid oil. International **Biodeterioration & Biodegradation**, 1-14.

Rohit Kumar Singh and Biswajit Ruj. (2016). Time and temperature depended fuel gas generation from pyrolysis of real world municipal plastic waste. **Fuel, 174**, 164–171.

Shafferina Dayana Anuar Sharuddin, Faisal Abnisa, Wan Mohd Ashri Wan Daud and Mohamed Kheireddine Aroua. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. **Energy Conversion and Management, 115**, 308–326**.**

S.L. Wong, N.Ngadi, T.A.T.Abdullah and I.M.Inuwa. (2015). Current state and future prospects of plastic waste as source of fuel: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 50**, 1167–1180.

Wikipedia. (2017). **Kerosene**. [Online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Kerosene. Accessed December 8, 2017.