การศึกษาคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลของถั่วดาวอินคา
A Study of Bio-diesel Property of Inca Nuts (*Sacha Inchi*)

ประรัชต์ กสิผล[1]*, อุทัย ผ่องรัศมี[2], เสนีย์ ศิริไชย[2] และพิชิต สุดตา[3]

[1]สำนักงานเทศบาลตำบลบ้านไร่ 373 หมู่ที่ 4 ตำบลบ้านไร่ อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี 70130
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[3]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
38 หมู่ที่ 8 ถนนหาดเจ้าสำราญ ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000
*ติดต่อ: E-mail PockMe2019@outlook.co.th, เบอร์โทรศัพท์ 0922519199, เบอร์โทรสาร 0-3227-1241

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติไบโอดีเซลของถั่วดาวอินคา เพื่อศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาและเพื่อศึกษาคุณสมบัติน้ำมันตามมาตรฐานเชื้อเพลิง ซึ่งวิธีสกัดน้ำมันจะใช้วิธีบีบอัดแบบไฮโดรลิก จากนั้นนำน้ำมันผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น และนำน้ำมันมาวิเคราะห์คุณสมบัติตามมาตรฐานเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าความหนืด ค่าจุดวาบไฟ ค่าโมโนกลีเซอไรด์ ค่าไดกลีเซอไรด์ ค่าไตรกลีเซอไรด์ และค่ากลีเซอรีนอิสระ ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนน้ำหนักถั่วดาวอินคาต่อปริมาณน้ำมันถั่วดาวอินคาเท่ากับ 2.6 ต่อ 1 ได้ปริมาณน้ำมัน 1,000 มิลลิลิตร ส่วนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นใช้เมทานอลที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาส่วนผลการวิเคราะห์คุณสมบัติตามมาตรฐานเชื้อเพลิงพบว่าค่าความหนาแน่น 908 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความหนืด 4.24 เซนติสโตกส์ ค่าจุดวาบไฟ 175 องศาเซลเซียสและการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีพบว่าค่าไดกลีเซอไรด์ร้อยละ 3.257 โดยน้ำหนักส่วนค่ากลีเซอรีน ค่าโมโนกลีเซอไรด์ ค่าไตรกลีเซอไรด์ตรวจไม่พบ และค่ากลีเซอรีนทั้งหมด 3.257 โดยน้ำหนัก สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคามีตัวแปรที่ได้ผลสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิงและแตกต่างเพราะมีค่ามีปัจจัยที่เกิดขึ้น ได้แก่ ปริมาณความชื้น อุณหภูมิและเวลาที่ไม่เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น

คำหลัก: น้ำมันไบโอดีเซลจากถั่วดาวอินคา, เครื่องบีบอัดไฮโดรลิก และคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลตามมาตรฐานเชื้อเพลิง

Abstract

This research was to examine the bio-diesel property of Inca nuts (*Sacha Inchi*). The purposes of the study were to determine the method of extracting oil from Inca nuts and to determine the property of the Inca peanut oil based on the fuel standards. The Inca nuts were extracted with a hydraulic compression method that processed its liquidoil through the transesterification. Then, the processed oil was analyzed for its property based on the fuel standards for the values of density, viscosity, flash point, monoglyceride, diglyceride, triglyceride, and free-glycerin. The results research found that ratio of weight and biodiesel from Inca nuts is 2.6:1.0 of Inca nuts could make 1,000 ml of oil. The oil transesterification process used methanol that contained sodium hydroxide as a catalyst. The property analysis of the oil showed 908 kg/m^3 of density, 4.24 cSt of viscosity, and 175^0 C flash point, while its chemical property contained 3.257% w/w diglyceride,but the other monoglyceride, triglyceride, andfree-glycerinwere not found. Therefore, the total glycerin remained at 3.257% w/w. This study concluded that the Inca nuts' property were both in line with the fuel standardfactors,and some differencescould happenin accordance with the moisture content or volume, temperature and timing, whichwere not properly occurred in the transesterification process.

Keywords: bio-diesel from Inca nuts, hydraulic compression machine, bio-diesel property based on the fuel standards

1. บทนำ

วิกฤติการณ์พลังงานประเทศไทยได้ก่อตัวและทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จากการขาดแคลนแหล่งพลังงาน ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องจะต้องตระหนักถึงวิกฤตการณ์นี้ และพยายามคิดค้นหาแนวทางการแก้ไขปัญหา วิธีการหนึ่งในการแก้ไขวิกฤตการณ์ดังกล่าว คือการเลือกใช้พลังงานทดแทน หนึ่งในพลังงานทดแทน คือ ไบโอดีเซล (Biodisel) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตได้จากพืชและไขมันสัตว์ จากการศึกษางานวิจัยจำนวนไม่น้อยที่ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับพืชน้ำมัน เช่น ปาล์ม มะพร้าว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ละหุ่ง งา ทานตะวัน สบู่ดำ สาหร่าย หรือน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว ซึ่งน้ำมันเหล่านี้ได้นำไปผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่าง ๆ สามารถนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับของเครื่องยนต์ดีเซล(เกษตรกรรม) และนอกจากนี้ยังได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลตามมาตรฐานเชื้อเพลิง (ไบโอดีเซลชุมชน) ซึ่งผลการใช้น้ำมันไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์การเกษตรกรรม ยังพบว่าคุณสมบัติในการเผาไหม้ไม่แตกต่างจากน้ำมันปิโตรเลียม คือการเผาไหม้ที่สะอาดกว่า ไอเสียมีคุณภาพที่ดีกว่าเพราะออกซิเจนในไบโอดีเซลทำให้ไบโอดีเซล มีการสันดาปที่สมบูรณ์กว่า จึงมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนน้อยกว่า และไม่มีกำมะถันในน้ำมันไบโอดีเซล จึงไม่มีปัญหาสารซัลเฟสมอนอออกไซด์ นอกจากนี้ยังมีเขม่าน้อยไม่ทำให้เกิดการอุดตันของระบบไอเสีย และช่วยให้อายุการใช้งานของเครื่องยนต์ดีเซลได้เป็นอย่างดี [1-3] จากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมา จึงเป็นที่มาการศึกษาคุณสมบัติของพืชน้ำมัน คือ “ถั่วดาวอินคา” (Sacha Inchi) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ลำต้น ถั่วดาวอินคา มีลำต้นเป็นไม้เลื้อยที่มีอายุนาน 10-50 ปี ลำต้นแตกกิ่งเป็นเถาเลื้อยได้ยาวมากกว่า 2 เมตร เถาอ่อนมีสีเขียว เถาแก่หรือโคนเถามีสีน้ำตาล แก่นเถาแข็งและเหนียว ใบถั่วดาวอินคาเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ แตกใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับเยื้องกันตามความยาวของเถา ใบมีรูปหัวใจ โคนใบกว้างและเว้าตรงกลางเป็นฐานหัวใจ ส่วนปลายใบแหลม แผ่นใบมีสีเขียวสด และมีร่องตื้นๆตามเส้นแขนงใบ ส่วนขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย มีก้านใบยาวประมาณ 2-4 cm ส่วนแผ่นใบกว้างประมาณ 8-10 cm ยาวประมาณ 12-18 cm ดอก ถั่วดาวอินคาออกดอกเป็นช่อตามซอกใบบนเถา แต่ละช่อมีดอกขนาดเล็กจำนวนมาก ดอกมีลักษณะทรงกลม สีเขียวอมเหลือง เป็นดอกชนิดแยกเพศ แต่รวมอยู่ในช่อดอก และต้นเดียวกัน โดยดอกเพศเมียจะอยู่บริเวณโคนช่อดอก 2-4 ดอก ส่วนดอกเพศผู้มีจำนวนมากถัดจากดอกเพศเมียมาจนถึงปลายช่อดอก ทั้งนี้ ถั่วดาวอินคาจะติดดอกครั้งแรกเมื่ออายุประมาณ 5 เดือน หลังเมล็ดงอกและผลจะแก่ที่พร้อมเก็บได้ประมาณอีก 3-4 เดือน หลังออกดอกซึ่งเป็นพืชที่มีขนาดเล็กมีฝักเป็นสีเขียวสด ส่วนฝักแก่จะมีสีน้ำตาลเข้ม ฝักจะมีลักษณะแฉก 4 - 7 แฉก ดังรูปที่ 1

รูป (ก) รูป (ข)

รูปที่ 1 เมล็ดถั่วดาวอินคา

จากรูปที่ 1 รูปภาพแสดงเมล็ดถั่วดาวอินคา(ก) มีลักษณะเป็นแฉก 4 - 7 แฉกพูขนาดฝักกว้าง 3 - 5 cm เปลือกผลอ่อนมีสีเขียวสด เมื่อมีอายุขึ้นจะเป็นสีขาว แล้วเปลี่ยนเป็นสีดำดังรูปที่ 1 รูปภาพเมล็ดถั่วดาวอินคา(ข) และเมล็ดแห้งจะเป็นสีน้ำตาล พร้อมเปลือกปริแตกจนมองเห็นเมล็ดด้านใน เมล็ดถั่วดาวอินคาหนึ่งผลส่วนใหญ่

จะมีพูจำนวน 5 พูหรือ 5 เมล็ด(สูงสุดมี 7 เมล็ด) โดยเมล็ดจะแยกอยู่ในแต่ละพูแนวตั้งเมล็ดมีลักษณะเป็นทรงกลมและแบนมีขอบเมล็ดบางแหลมอยู่ตรงกลางส่วนตรงเมล็ดนูนมีขนาดความกว้าง 1.5 - 2.0 cm ความยาว1.8 - 2.2 cm มีน้ำหนัก 1.5 g/seed ประโยชน์ของถั่วดาวอินคาทางด้านโภชนาการยังให้ค่าพลังงาน 607 kcal โปรตีน 32.14 gไขมัน 46.43 g คาร์โบไฮเดรต17.86 gและพบว่ามีเส้นใย 17.9 g นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุเช่นแคลเซียม 143 mg เหล็ก 2.75 mg และโซเดียม 643 mg การศึกษาพบว่าถั่วดาวอินคามีคุณค่าทางโภชนาการที่ตรวจพบได้แก่ โอเมก้า 3 กรดไขมันและโอเมก้า 6 ร้อยละ 82 จากเมล็ดถั่วดาวอินคา 100 g และพบโอเมก้า 3 สูงถึง 12.8 g ถึง 16.0 g รวมทั้งยังได้พบว่ามีวิตามินอี ชนิดโทโคเฟอรอล แคโรทีน โพลีฟีนอล ไฟโตสเตอรอล และมีกรดอะมิโนอีกหลายชนิดได้แก่ ซิสเตอีน ไทโรซีน ทรีโอนีน เป็นต้น วิธีการเพาะปลูกถั่วดาวอินคา ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ ขุดหลุมพึ่งแดดไว้เป็นระยะเวลา 1-2 วัน จากนั้นใส่ปุ๋ยคอกรองก้นหลุมประมาณ 0.3 - 0.5 kg. พร้อมใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ประมาณ 0.1 kg. โดยคลุกส่วนผสมดินให้เข้ากัน จากนั้นนำต้นกล้าถั่วดาวอินคาลงปลูกในหลุม พร้อมเกลี่ยดินโคนต้นให้สูงขึ้นมาเล็กน้อย จากนั้นใช้ไม้ค้ำยันและผูกลำต้นถั่วดาวอินคากับไม้ค้ำยัน (ไม่แน่น) จากนั้นรดน้ำต้นกล้าถั่วดาวอินคา การปลูกควรปลูกช่วงเดือน พ.ค.- มิ.ย.(ในฤดูฝน) ซึ่งใช้ระยะการเจริญเติบโตและสามารถเก็บผลผลิตได้จะใช้เวลาประมาณ 8 - 9 เดือน โดยจะเก็บเฉพาะฝักสุกเต็มที่(แห้ง) จะมีลักษณะสีดำเมื่อแห้งมากจะกลายเป็นสีน้ำตาล สำหรับการจำหน่ายจะมี 2 ลักษณะ คือจำหน่ายเป็นฝักแห้งที่ยังไม่ได้กะเทาะเมล็ดราคา 35 Baht/kg ในกรณีกะเทาะฝักแห้งออกเหลือเมล็ดภายในราคา 80 Baht/kg ปัจจุบันภาครัฐได้มีการสนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกพืชถั่วดาวอินคาเป็นจำนวนเพิ่มขึ้น และแนวโน้มจะมีผลผลิตออกมาในท้องตลาดจำนวนมาก การลงทุนต้นทุนที่ไม่สูง แต่สามารถเก็บผลผลิตได้นานหลายปี จึงทำให้มีเกษตรกรสนใจที่เพาะปลูกถั่วดาวอินคา เป็นอาชีพและเพิ่มรายได้ เฉพาะในเขตอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี และในพื้นที่จังหวัดใกล้เคียงให้ผลผลิตได้เป็นอย่างดี ถั่วดาวอินคาเป็นพืชน้ำมันที่มีคุณภาพทางโภชนาการเพราะอุดมด้วยกรดไขมันโอเมก้า 3, 6 และ 9 ในปริมาณสูง ซึ่งมีปริมาณน้ำมันสูงกว่า 50%[4-5] การจะได้น้ำมันของถั่วดาวอินคาจะต้องใช้วิธีบีบอัดเมล็ดถั่วดาวอินคา จากการตรวจสอบวรรณกรรมงานวิจัยในประเทศไทยยังไม่พบว่าการนำถั่วดาวอินคาที่ผ่านการสกัดมาใช้เป็นน้ำมันไบโอดีเซล จากวิกฤตการณ์พลังงานที่เกิดขึ้นดังกล่าวเป็นที่มาของการวิจัยเรื่อง “การศึกษาคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลเมล็ดถั่วดาวอินคา” A Study of Bio-diesel property of Inca Nuts (Sacha Inchi) ในด้านคุณสมบัติทางเคมีและการทดสอบน้ำมันไบโอดีเซลตามมาตรฐานเชื้อเพลิง ASTM D 6751 และ EN 14214 ได้แก่ ค่าโมโนกลีเซอไรด์ ค่าไดกลีเซอไรด์ ค่าไตรกลีเซอไรด์ ค่ากลีเซอรีนอิสระ ค่าความหนาแน่น ค่าความหนืดและจุดวาบไฟ สำหรับประเทศไทยกรมธุรกิจพลังงานกระทรวงพลังงานได้ออกประกาศเพื่อกำหนดคุณภาพและลักษณะของไบโอดีเซลขึ้น 2 ฉบับ ได้แก่ 1) ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซล ประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2550 สำหรับไบโอดีเซลที่จะนำมาผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อจำหน่ายเชิงพาณิชย์ ซึ่งสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลทุกประเภท 2) ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549 ประกาศขึ้นเพื่อกำกับคุณภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตขึ้นในชุมชนและใช้กันเองภายในชุมชน ใช้กับเครื่องจักรกลการเกษตรประเภทรอบต่ำเท่านั้นจึงนำมาสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาเทคนิค การบีบสกัดของน้ำมันถั่วดาวอินคา ตามพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทางด้านเคมี และคุณสมบัติมาตรฐานเชื้อเพลิงซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้เพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก สำหรับวิกฤตการณ์

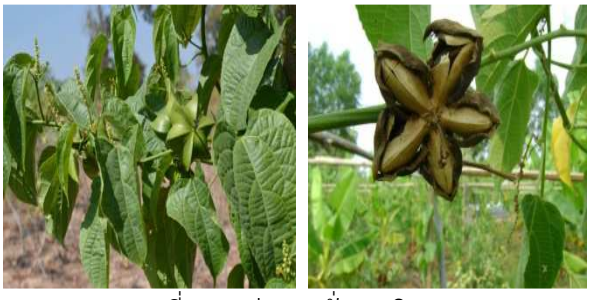
พลังงานของประเทศไทยและลดผลกระทบมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยการศึกษาคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลเมล็ดถั่วดาวอินคา ได้กำหนดเป้าหมายที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้ 1) เพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลของเมล็ดถั่วดาวอินคา 2) เพื่อศึกษาคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลเมล็ดถั่วดาวอินคา[5-11] ตามข้อกำหนดมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1 วัตถุดิบ

2.1.1 ใช้ถั่วดาวอินคาในเขต ตำบลปากช่อง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ในปริมาณ 19 kg. ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แหล่งปลูกถั่วดาวอินคา

2.2. เครื่องมืออุปกรณ์

2.2.1 เครื่องมือสกัดน้ำมันเมล็ดถั่วดาวอินคาโดยใช้วิธีแบบไฮโดรลิก

รูปที่ 3 เครื่องสกัดน้ำมันแบบไฮโดรลิก

2.2.2 เครื่องมือวัดความหนืด (Viscosity Baths) ME-18V ตามมาตรฐาน ASTM D 445

รูปที่ 4 เครื่องวัดค่าความหนืด

2.2.3 ไฮโดรมิเตอร์ มาตรฐาน g/cm³ Bez. Temp. 15 °C DIN 12791 Serie L50/SP BS 718

รูปที่ 5 ไฮโดรมิเตอร์

2.2.4 เครื่องมือทดสอบจุดวาบไฟ Koehler มาตรฐาน 9C/10, ASTMD93

รูปที่ 6 เครื่องวัดจุดวาบไฟ

2.2.5 เครื่องทดสอบคุณสมบัติน้ำมันโดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (GC)

รูปที่ 7 เครื่อง Gas Chromatography (GC)

2.3 การสกัดเมล็ดถั่วดาวอินคา

ในการศึกษาคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลเมล็ดถั่วดาวอินคาเนื่องจากเมล็ดถั่วดาวอินคามีส่วนประกอบ เช่น เปลือก(อยู่ภายนอก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา(อยู่ส่วนภายใน) ดังนั้นมีกระบวนการสกัดดังนี้

2.3.1การกะเทาะเปลือกจะใช้เครื่องกะเทาะเปลือกเพื่อเอาส่วนเปลือกออกจากเมล็ดภายใน ดังแสดงรูปที่ 8

รูป (ก) รูป (ข)

รูปที่ 8 เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วดาวอินคา (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ผ่านการกะเทาะ (ข)

2.3.2 เครื่องบีบน้ำมันถั่วดาวอินคา เลือกใช้แบบไฮโดรลิกมีส่วนประกอบหลักสำคัญ ได้แก่ แท่นการบีบอัด มีระบบควบคุมการบีบอัด และต้นกำลังที่ใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 9

รูป (ก) รูป (ข)

รูปที่ 9 เครื่องบีบเมล็ดถั่วดาวอินคา (ก) และน้ำมันเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)

2.4 คุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลตามมาตรฐานเชื้อเพลิงในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ของน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคาจะใช้ตามมาตรฐานเชื้อเพลิง ASTM D 6751 และ EN 14214 ซึ่งต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดตามมาตรฐานเชื้อเพลิงของประเทศไทยโดยกรมธุรกิจพลังงาน (ธพ.) เรื่องกำหนดคุณลักษณะทางเคมีและคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน, 2549) ซึ่งมีรายละเอียดและพารามิเตอร์ที่สำคัญมีดังนี้ ค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 ^{0}C (Density at 15 ^{0}C kg/m^{3}) ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 860 และไม่สูงเกินกว่า 900 วิธีทดสอบ ASTM D 1298 ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 ^{0}C(Viscosity at 40 ^{0}C) ไม่ต่ำกว่า 1.9 และต้องมีค่าไม่สูงกว่า 5.0 cSt วิธีทดสอบ ASTM D 445 จุดวาบไฟ (Flash Point) ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 120 ^{0}C ตามวิธีทดสอบ ASTM D 93 และในส่วนเถ้าซัลเฟต (Sulphated Ash) ร้อยละโดยน้ำหนักต้องไม่สูงเกินกว่า 0.02 (%wt.) ตามวิธีทดสอบ ASTM D 874 กลีเซอรีนอิสระ (Free Glycerin) ร้อยละโดยน้ำหนักต้องไม่สูงกว่า 0.02(%wt.) ตามวิธีทดสอบ ASTM D 6584 กลีเซอรีนทั้งหมด(Total Glycerin) ร้อยละโดยน้ำหนักต้องไม่สูงกว่า 1.5(%wt.) ตามวิธีทดสอบ ASTM D 6584

รูปที่ 10 เครื่อง Gas Chromatography (GC)

2.4.1 โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซล ประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน กรมธุรกิจพลังงานใช้วิธีทดสอบ EN 14105 โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (GC) ซึ่งผลจากการทดสอบค่าโมโนกลีเซอไรด์ต้องไม่สูงเกิน 0.80(%wt.)

2.4.2 ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซล ประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน กรมธุรกิจพลังงาน ใช้วิธีทดสอบตาม EN 14105 โดยการใช้เครื่อง Gas Chromatography ซึ่งผลการทดสอบค่าไดกลีเซอไรด์ต้องไม่สูงเกิน 0.20(%wt.)

2.4.3 ไตรกลีเซอไรด์(Triglyceride) มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ใช้วิธีทดสอบ EN 14105 โดยเครื่อง Gas Chromatography ซึ่งผลการทดสอบค่าไตรกลีเซอไรด์ต้องไม่สูงเกิน 0.20(%wt.)

2.4.4 กลีเซอรีนอิสระ(Free Glycerin) ใช้เป็นค่าระบุตัวปริมาณของกลีเซอรีนอิสระ ที่มีการแยกไม่หมดในน้ำมันไบโอดีเซลของถั่วดาวอินคา ซึ่งเมื่อมีค่าสูงเกินไปจะส่งผลให้เกิดการอุดตันในระบบหล่อลื่นของเครื่องยนต์ เช่น หม้อกรองน้ำมันเครื่อง นอกจากนี้ยังส่งผลไปยังการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ คือ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และทำให้เกิดสารปนเปื้อนออกไปสู่สิ่งแวดล้อม

สำหรับในการทดสอบตามมาตรฐานของน้ำมันไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน กรมธุรกิจพลังงานใช้วิธีทดสอบ EN 14105 ซึ่งจากผลการทดสอบดังกล่าวค่ากลีเซอรีนอิสระต้องไม่สูงเกิน 0.20(%wt.)

2.4.5 กลีเซอรีนทั้งหมด(Total Glycerin)มาตรฐานนี้ใช้ระบุถึงปริมาณกลีเซอรีนทั้งหมดที่แยกออกไม่หมดในน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งประกอบด้วย กลีเซอรีนอิสระ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งในการทดสอบมีหลายวิธีแต่ที่ระบุในข้อกำหนดมาตรฐานไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันใช้วิธีการทดสอบEN 14105โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography ผลทดสอบค่ากลีเซอรีนทั้งหมดต้องไม่สูงเกิน 0.25(%wt.)

2.4.6 ความหนาแน่น(Density) คือ ค่าที่ระบุคุณสมบัติทางกายภาพในน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคา วิธีการทดสอบASTM D 1298ค่าความหนืดตามมาตรฐานอยู่ระหว่าง 800 - 900 kg/m^3 ที่อุณหภูมิทดสอบ15 ^{0}C

2.4.7 ความหนืด(Viscosity) คือ ค่าที่มีความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคา ซึ่งถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมากในการทำงานของเครื่องยนต์ เพราะเป็นตัวบอกความสามารถในการต้านทานการไหล และยังบ่งบอกไปถึงคุณสมบัติ ในการหล่อลื่นบนพื้นผิวชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ซึ่งยังได้ใช้วิธีทดสอบ ASTM D 445 จากผลการทดสอบตามค่ามาตรฐานเชื้อเพลิงจะอยู่ระหว่าง 3.5 - 5.0 cSt ที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C ดังแสดงรูปที่ 11

รูปที่ 11 เครื่องทดสอบค่าความหนืดน้ำมันไบโอดีเซล

2.4.8 จุดวาปไฟ(Flash Point) คืออุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อเพลิงเกิดการระเหยมีจำนวนเพียงพอ ที่จะก่อตัวติดไฟได้วูบหนึ่งแล้วดับเมื่อมีเปลวไฟผ่านเข้ามาสำหรับที่ใช้ในวิธีการทดสอบ ASTM D 93 ค่ามาตรฐานต้องมีอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 120 ^{0}C จากงานวิจัยนี้การทดสอบตามวิธี Pensky Marstem Close Cup ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 เครื่องทดสอบจุดวาปไฟ

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการสกัดน้ำมันของถั่วดาวอินคา

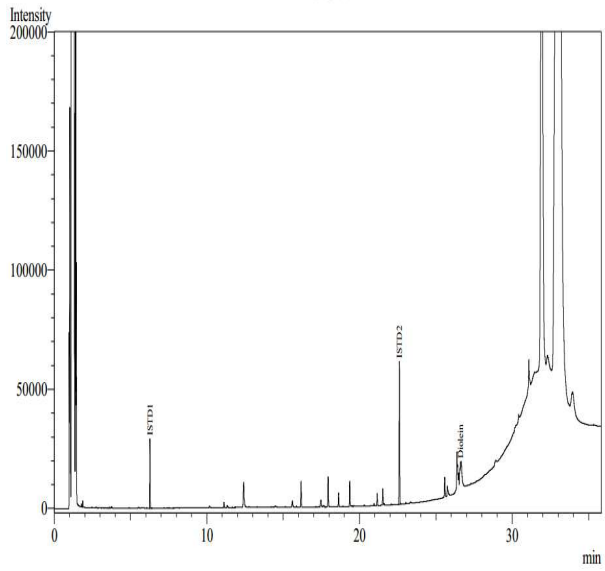
การสกัดน้ำมันของถั่วดาวอินคา ซึ่งใช้ปริมาณถั่วดาวอินคาจำนวน 13 kg. (เมล็ดผ่านการกะเทาะเปลือก) ได้ปริมาณน้ำมัน 5,000 ml คิดเป็นร้อยละ 38.46 จากนั้นได้ใช้น้ำมันจำนวน 1,050 ml(2.5 kg) มาผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้เมทานอลที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาผลปรากฏว่าน้ำมันถั่วดาวอินคาเกิดการแยกชั้นกลีเซอรีนและน้ำมันดังแสดงในรูปที่ 13 หลังจากนั้นนำน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคาไปวิเคราะห์คุณสมบัติตามมาตรฐานเชื้อเพลิง ASTM D 6751

รูป (ก) รูป (ข)

รูปที่ 13 น้ำมันถั่วดาวอินคาที่สกัด (ก) และน้ำมันถั่วดาวอินคาแยกชั้น (ข)

3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรีนอิสระ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอร์ไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้เครื่อง

Gas Chromatography ยี่ห้อ SHIMADZU แบบรุ่น GC2010/FID เป็นชนิดคอลัมน์ Capillary column ที่มีขนาดเล็ก (I.D. ประมาณ 0.1-0.6 mm.) มีความยาวประมาณ 15 - 100 m.ตัวคอลัมน์ทำด้วยแก้วหรือควอทซ์มี polymer เคลือบด้านนอกเพื่อเพิ่มความเหนียว ส่วน Stationary phase จะเคลือบอยู่ที่ผิวด้านใน โดย Capillary column จะให้ผลการแยกที่ดีกว่า Pack Column จากผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 14 และตารางที่ 1



จากรูปที่ 14 แสดงค่าปริมาณกราฟ ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรีนอิสระ และไดกลีเซอไรด์ โดยทดสอบเครื่อง Gas Chromatography (GC)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรีนอิสระและไดกลีเซอไรด์ โดยเครื่อง Gas Chromatography

Peak#	Ret.Time (min)	Area (unit)	Height (μV)	Conc. (%m/m)	Unit Mark ID#		Cmpd Name
1	6.269	46870	28562	0.000	% m/m	2	ISTD1
2	22.607	137040	59362	0.000	% m/m	4	ISTD2
3	26.607	3961	2313	3.257	% m/m	5	Diolein
Total		187871	90237				

หมายเหตุ นิยามหัวข้อ(ตารางที่ 1) การทดสอบจะอยู่ในรูปสัดส่วนทุกตัวแปร จากรูปที่ 14 แสดงปริมาณค่ากลีเซอรีนอิสระ, โมโนกลีเซอไรด์และไตรกลีเซอไรด์ได้ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับมาตรฐานเชื้อเพลิง ASTM D 6751 ทั้ง 3 ค่า ส่วนค่าไดกลีเซอไรด์ ซึ่งมีการแปลผลตามตารางที่ 1 คือ ค่าไดกลีเซอไรด์ได้พบการทดสอบค่าสูงกว่าเกณฑ์ (จากตารางที่1) ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลา 26.607 นาที มีพื้นที่ใต้พีคเท่ากับ 3961 มีความสูงของพีค 2313 เมื่อคิดเป็นความเข้มข้น 3.257 % ปัจจัยที่มีผลต่อค่าไดกลีเซอไรด์สูง เนื่องมาจากการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นไม่สามารถควบคุมปัจจัยดังกล่าวได้ ส่งผลให้น้ำมันมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น แสดงดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลของถั่วดาวอินคา โดยการนำไปใช้กับเครื่อง Gas Chromatographyเปรียบเทียบกับค่าตามมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง ASTM D 6751

ข้อกำหนด	เกณฑ์มาตรฐาน	วิธีทดสอบ	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ	สรุปผลทดสอบ
โมโนกลีเซอไรด์ (%wt.)	<0.80	EN 14105	0	ตามเกณฑ์
ไดกลีเซอไรด์ (%wt.)	<0.20	EN 14105	3.257	สูงกว่าเกณฑ์
ไตรกลีเซอไรด์ (%wt.)	<0.20	EN 14105	0	ตามเกณฑ์
กลีเซอรีนอิสระ (%wt.)	<0.02	EN 14105	0	ตามเกณฑ์
กลีเซอรีนทั้งหมด (%wt.)	<0.25	EN 14105	3.257	สูงกว่าเกณฑ์

3.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลของถั่วดาวอินคาตามมาตรฐานเชื้อเพลิง ASTM D 6751 จากผลการวิเคราะห์ ค่าความหนาแน่น ค่าความหนืด และจุดวาปไฟ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลของถั่วดาวอินคา ตามมาตรฐานน้ำมันเชื้อเชื้อเพลิง ASTM D 6751

ข้อกำหนด	เกณฑ์มาตรฐาน	วิธีทดสอบ	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ	สรุปผลทดสอบ
ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °C (kg/m^3)	ระหว่าง 860-900	ASTM D 1298	908	สูงกว่าเกณฑ์
ความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C (cSt)	ระหว่าง 3.5 – 5.0	ASTM D 445	4.24	ตามเกณฑ์
จุดวาปไฟ (°C)	ไม่น้อยกว่า 120	ASTM D 93	175	ตามเกณฑ์

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคามีค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °Cวิธีการทดสอบ ASTM D 1298(มาตรฐานเชื้อเพลิง 860-900 kg/m^3) ผลการทดสอบได้ค่าความหนาแน่น 908 kg/m^3 จะพบว่าค่าที่ทดสอบได้มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิงเพราะว่าไม่สามารถควบคุมปริมาณความชื้น และอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นให้คงที่ได้ส่วนค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C วิธีการทดสอบ ASTM D 445 (มาตรฐานเชื้อเพลิง 3.5 - 5.0 cSt) ผลการทดสอบได้ค่าความหนืด 4.24 cSt และค่าจุดวาปไฟ อุณหภูมิที่ไม่ต่ำกว่า 120 °C วิธีการทดสอบASTM D93 ผลการทดสอบได้ค่าจุดวาปไฟที่อุณหภูมิ 175°C ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง

4. สรุปผลการวิจัย

4.1 วิธีสกัดถั่วดาวอินคาด้วยวิธีทางกล โดยการใช้เครื่องกะเทาะเปลือกและการบีบอัดเมล็ดถั่วดาวอินคา

จากการทดลองใช้ถั่วดาวอินคาจำนวน 19 kg. ได้เมล็ดของถั่วดาวอินคา 13 kg. เมื่อนำถั่วดาวอินคาผ่านกระบวนการบีบอัดแบบไฮโดรลิกได้ ปริมาณน้ำมันถั่วดาวอินคา 5,000 ml คิดเป็นร้อยละ 38.46 และได้กำหนดสัดส่วนการนำน้ำมันถั่วดาวอินคาผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นในปริมาณ 200 ml เมทานอล 50 ml และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.50 ml ผลปรากฏว่าเกิดการแยกชั้นของกลีเซอรีน และน้ำมันอย่างชัดเจน

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคา ตามมาตรฐานเชื้อเพลิง ASTM D 6751

โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography เพื่อตรวจสอบค่าโมโนกลีเซอไรด์, ไดกลีเซอไรด์, ไตรกลีเซอไรด์, กลีเซอรีนอิสระและกลีเซอรีนทั้งหมดผลการตรวจสอบสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิง 3 ค่า ยกเว้นค่าไดกลีเซอไรด์(มาตรฐาน< 0.02) มีค่า 3.257 เพราะว่าในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในกระบวนการให้คงที่ได้ ซึ่งมีผลต่อค่าไดกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น

4.3 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคา ตามมาตรฐานเชื้อเพลิง ASTM D 6751

ในข้อกำหนดค่าความหนาแน่น(มาตรฐานเชื้อเพลิง 860 - 900 kg/m^3 ที่อุณหภูมิที่ 15 °C), ค่าความหนืด (มาตรฐานเชื้อเพลิง 3.5 - 5.0 cSt ที่อุณหภูมิที่ 40°C) และค่าจุดวาปไฟ(ไม่น้อยกว่า120 °C) ผลการทดสอบค่าความหนืดและค่าจุดวาปไฟสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิง ยกเว้นค่าความหนาแน่นวัดได้ 908 kg/m^3 สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิงเพราะว่ามีปัจจัยการควบคุมอุณหภูมิและปริมาณความชื้นในขณะที่ทำทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นไม่สามารถควบคุมปัจจัยดังกล่าวได้ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

ผลการวิจัยการศึกษาคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคาตามเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิง พบว่ามีตัวแปรที่ศึกษาสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิงเป็นส่วนใหญ่ และมีตัวแปรเป็นส่วนน้อยที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิงเล็กน้อย โดยเฉพาะค่าความหนาแน่น สาเหตุที่ค่าความหนาแน่นสูง เพราะว่ากระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและปริมาณความชื้นในกระบวนการได้ จากการศึกษาคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคา ถ้ามีการควบคุมกระบวนการที่เกิดอุณหภูมิและปริมาณความชื้นในปริมาณน้ำมันได้ จะทำให้ได้คุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลถั่วดาวอินคาตามเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิง ดั้งนั้นเห็นควรพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไป เพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือกสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งในเบื้องต้นนี้ผู้วิจัยได้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลในสัดส่วน 50:50, 80:20 และ 95:5 ผลจากการทดสอบพบว่าได้กำลังม้ารถยนต์สูงกว่าใช้น้ำมันดีเซลในทุกสัดส่วนตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.อุทัย ผ่องรัศมี อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชิต สุดตา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้ให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะต่าง ๆ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ได้สนับสนุนครุภัณฑ์ ช่วยเหลือที่ใช้ในการทดสอบงานวิจัยน้ำมันของถั่วดาวอินคาในครั้งนี้ รวมทั้งคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ และแก้ไขวิทยานิพนธ์จนทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กัญจนา บุญยเกียรติ.และสุกัญญา มากมี(2544). ไบโอดีเซล : พลังงานทางเลือกใหม่สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล. *วารสารวิทยาศาสตร์.* 55, 3 (พ.ค.-มิ.ย.44), หน้า 148-152. 17.

[2] กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2562). พระบิดาแห่งการพัฒนาพลังงานไทยพลังงานชีวภาพและพลังงานแห่งพระปรีชาญาณ,แหล่งที่มา http://www.eppo.go.th/royal/m1700_0020.html สืบค้นเมื่อวันที่ 01/05/2561

[3] วิชาการ.คอม.(2553 วันที่ 21 เมษายน). ไบโอดีเซล **(Biodiesel)**,แหล่งที่มา http://www.vcharkarn.com/varticle/40664 สืบค้นเมื่อวันที่ 01/05/2561

[4] www.puechkaset.com (ม.ป.ป.).ถั่วดาวอินคา สรรพคุณ และการปลูกถั่วดาวอินคา,แหล่งที่มา http://www.puechkaset.com/ถั่วดาวอินคา/ สืบค้นเมื่อวันที่ 01/05/2561

[5] อุทัย ผ่องรัศมี.(2558).การวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง.[*เอกสารประกอบการสอน*] มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

[6] The LittleOil.(บก.) (ม.ป.ป.). *เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel เครื่อง Gas Chromatographรุ่น GC-2010*.แหล่งที่มา http://www.barascientific.com/article/Biodiesel/biodiesel_6.php สืบค้นเมื่อวันที่ 01/05/2561

[7] The LittleOil.(บก.)(ม.ป.ป.).**กระบวนการผลิตไบโอดีเซล**,แหล่งที่มา http://www.barascientific.com/article/Biodiesel/biodiesel_2.php สืบค้นเมื่อวันที่ 01/05/2561

[8] The LittleOil. (บก.) (ม.ป.ป.). *กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น*,แหล่งที่มา http://www.barascientific.com/article/Biodiesel2/biodiesel_2.php สืบค้นเมื่อวันที่ 01/05/2561

[9] Ajiwe,v. I. E. Obika, A. E. (2000). **African pear seed oil**: potential alternative source to diesel oil. Energy & Fruel.

[10] Annual Book of ASTM Standards. (1998). **Standard Method for Ash from Petroleum Products D482-95**. 05.01.210-212. United States of America.

[11] Liquid Hydrocarbon Fruels by Bomb Calorimeter D240-92. 05.01. 133-140. United States of America.