ส่วนที่ 1 หน้าปก

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสกัดน้ำมันจากกากผลปาล์มของกระบวนการหีบแบบแห้งด้วยตัวทำละลาย
Oil extraction from oil palm meal of dry method by using solvent

หัวหน้าโครงการ
ผศ.ดร.กฤช สมนึก
ผู้ร่วมงานวิจัย
รศ.ดร.ปิ่น จันจุฬา
นักศึกษา
นายเจริญพร ถาวรประเสริฐ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก เงินรายได้มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2558 รหัสโครงการ NAT581217a

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อสกัดน้ำมันจากกากผลปาล์ม (oil palm meal, OPM) แบบหมุนวน ซึ่งกากผลปาล์มเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการหีบน้ำมันปาล์มดิบหีบรวม (mixed crude palm oil, MCPO) ด้วยเครื่องหีบน้ำมันแบบเกลียวอัดเดี่ยว และหาสภาวะที่เหมาะสมของกากสกัดน้ำมันจากกากผลปาล์ม ด้วยพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology, RSM) ในขั้นตอนแรกได้ศึกษาหาขนาดอนุภาคของกากผลปาล์มแห้ง (dried oil palm meal, DOPM) หลังอบที่อุณหภูมิ 104°C เป็นเวลา 24 hr ซึ่งในกากผลปาล์มแห้งมีปริมาณน้ำมันและปริมาณโปรตีน เท่ากับ 15.63 wt.% และ 8.38 wt.% ตามลำดับ ได้ศึกษาขนาดอนุภาคของกากผลปาล์มแห้งที่มีผลต่อปริมาณผลได้ของการสกัดน้ำมัน โดยการนำกากผลปาล์มแห้งที่ผ่านตะแกรงสแตนเลสขนาดความละเอียด เท่ากับ 20000 μm, 4000 μm, 2000 μm และ 595 μm มาสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเฮกเซน ที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อกากผลปาล์มแห้ง เท่ากับ 15:1 g/g เวลาในการสกัด เท่ากับ 15 min ความเร็วรอบในการสกัด เท่ากับ 300 rpm พบว่า กากผลปาล์มแห้งที่ผ่านตะแกรงสแตนเลสขนาดความละเอียด เท่ากับ 2000 μm มีปริมาณผลได้ของน้ำมันกากผลปาล์มสูงสุด เท่ากับ 13.80 wt.% ขั้นตอนต่อมานำกากผลปาล์มแห้งที่ผ่านตะแกรงสแตนเลสขนาดความละเอียด เท่ากับ 2000 μm มาศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการสกัดน้ำมันจากกากผลปาล์มด้วยตัวทำละลาย คือ เฮกเซน และเอทานอล โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ออกแบบการทดลองด้วยเทคนิค central composite design (CCD) ที่ 5 ระดับ และ 3 ตัวแปรอิสระ โดยมีตัวแปรอิสระ คือ อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อกากผลปาล์มแห้ง (ratio of solvent to DOPM) อยู่ในช่วง 4.9–30.1 g/g เวลาในการสกัด (extraction time) อยู่ในช่วง 0.2-18.8 min และความเร็วรอบในการสกัด (speed of stirrer) อยู่ในช่วง 48-552 rpm เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันกากผลปาล์ม (extracted oil of dried oil palm meal, EDOPM) สูงสุด ในการใช้ตัวทำละลายเฮกเซน พบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของตัวทำละลายเฮกเซน คือ ที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อกากผลปาล์มแห้ง เท่ากับ 25.6:1 g/g เวลาในการสกัด เท่ากับ 9 min และความเร็วรอบในการสกัด เท่ากับ 552 rpm มีปริมาณผลได้ของน้ำมันกากผลปาล์มสูงสุด เท่ากับ 12.58 wt.% และในการใช้ตัวทำละลายเอทานอล พบว่า เงื่อนไขสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของตัวทำละลายเอทานอล คือ ที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อกากผลปาล์มแห้ง เท่ากับ 23.2:1 g/g เวลาในการสกัด เท่ากับ 10.9 min และความเร็วรอบในการสกัด เท่ากับ 552 rpm มีปริมาณผลได้ของน้ำมันกากผลปาล์มสูงสุด เท่ากับ 10.81 wt.% แต่เนื่องจากในการสกัดน้ำมันกากผลปาล์มเพื่อให้ได้ปริมาณผลได้มากที่สุดจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายปริมาณมากในการสกัดน้ำมัน ซึ่งจะทำให้เหลือปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากผลปาล์มหลังสกัด หรือเรียกว่ากากผลปาล์มไขมันต่ำ (defatted oil palm meal, DFOPM) น้อยที่สุด เนื่องจากกากผลปาล์มไขมันต่ำ สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ โดยในอาหารสัตว์สามารถมีปริมาณน้ำมันตกค้างได้อยู่ในช่วง 5-7 % จึงเลือกเงื่อนไขในการสกัดน้ำมันกากผลปาล์มใหม่ โดยมีเงื่อนไขที่แนะนำของตัวทำละลายเฮกเซน คือ ที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อกากผลปาล์มแห้ง เท่ากับ 19.6:1 g/g เวลาในการสกัด เท่ากับ 10.5 min และความเร็วรอบในการสกัด เท่ากับ 300 rpm มีปริมาณผลได้ของน้ำมันกากผลปาล์ม เท่ากับ 11.80 wt.% และเงื่อนไขที่แนะนำของตัวทำละลายเอทานอล คือ ที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อกากผลปาล์มแห้ง เท่ากับ 20.1:1 g/g เวลาในการสกัด เท่ากับ 10.9 min และความเร็วรอบในการสกัด เท่ากับ 300 rpm มีปริมาณผลได้ของน้ำมันกากผลปาล์ม เท่ากับ 10.27 wt.% หลังสกัดน้ำมันออกจากกากผลปาล์มตามเงื่อนไขที่แนะนำด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และเอทานอล พบว่า กากผลปาล์มไขมันต่ำมีปริมาณโปรตีน เท่ากับ 11.69 wt.% และ 13.00 wt.% ตามลำดับ ของน้ำหนักกากผลปาล์มไขมันต่ำ และเมื่อ

พิจารณาถึงระดับสารเป็นพิษที่ปนเปื้อนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ตัวทำละลายเอทานอลจะเหนือกว่าการใช้เฮกเซนในการสกัดน้ำมันจากกากผลปาล์ม เนื่องจากตัวทำละลายเอทา-นอลที่ตกค้างในอาหารสัตว์กำจัดได้ง่ายและปลอดภัยกว่าเฮกเซน ดังนั้น ตัวทำละลายเอทานอลจึงถูกเลือกมาใช้ในกระบวนการสกัดน้ำมันจากกากผลปาล์มด้วยมิสเซลลา (miscella) วนซ้ำ โดยใช้เงื่อนไขที่แนะนำของตัวทำละลายเอทานอล พบว่า ในการสกัดน้ำมันด้วยมิสเซลลาวนซ้ำจะมีประสิทธิภาพของการสกัดลดลง เท่ากับ 94.74% 91.23% และ 68.41% ในรอบที่ 2 รอบที่ 3 และรอบที่ 4 ตามลำดับ ดังนั้น ในการใช้ตัวทำละลายเอทานอลเพื่อสกัดน้ำมันกากผลปาล์มไม่ควรใช้มิสเซลลาวนซ้ำเกิน 3 รอบ เพราะจะทำให้มีปริมาณน้ำมันตกค้างอยู่ในกากผลปาล์มสูงเกินกำหนด จากผลการทดลองในกระบวนการสกัดแบบกะจึงได้นำมาออกแบบและสร้างเป็นเครื่องแยกกะลาปาล์ม และเครื่องสกัดน้ำมันจากกากผลปาล์มแบบหมุนวน ในการทดสอบเครื่องแยกกะลาปาล์มจากกากผลปาล์ม พบว่า กำลังการผลิตกากผลปาล์มที่แยกกะลาออกแล้วสูงสุด เท่ากับ 8.03 kg/hr ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ เท่ากับ 50 rpm และมีอัตราการป้อนกากผลปาล์ม เท่ากับ 16.10 kg/hr ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ กากผลปาล์มที่แยกกะลาแล้ว และกะลาปาล์ม ซึ่งมีราคาต้นทุน เท่ากับ 8.19 Baht/kg และ 3.39 Baht/kg ตามลำดับ โดยมีค่าความร้อนของแต่ละผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 19099 kJ/kg และ 21020 kJ/kg ตามลำดับ หลังจากผ่านกระบวนการแยกกะลาปาล์ม กากผลปาล์มที่แยกกะลาออกแล้วถูกนำมาอบ และเข้าสู่กระบวนการสกัดน้ำมันด้วยระบบหมุนวน ด้วยเงื่อนไขที่แนะนำของตัวทำละลายเอทานอล พบว่า ในการสกัด 1 รอบ จะใช้ตัวทำละลายเอทานอล เท่ากับ 100500 g ต่อกากผลปาล์มแห้ง เท่ากับ 5000 g สามารถสกัดน้ำมันมีปริมาณผลได้ของน้ำมันกากผลปาล์ม เท่ากับ 17.37 wt.% ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ กากผลปาล์มไขมันต่ำ และน้ำมันกากผลปาล์ม ซึ่งมีราคาต้นทุน เท่ากับ 12.93 Baht/kg และ 174.78 Baht/kg ตามลำดับ มีค่าความร้อน เท่ากับ 19063 kJ/kg และ 35111.3 kJ/kg ตามลำดับ และในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันกากผลปาล์มสามารถผลิตไบโอดีเซลที่มีค่าเอทิลเอสเทอร์ เท่ากับ 88.11 wt.%

ABSTRACT

The objective of this study was to design and construct the prototype-scale extraction from the oil palm meal (OPM) using circulation process. The OPM is a by-product of the oil extraction process from mixed crude palm oil (MCPO) using a single screw press. The parameters of oil extraction process from OPM were optimized by response surface methodology (RSM). For preliminary study, OPM without lager palm nut shell (PNS) was then dried with oven at 104°C temperature and 24 hr drying time. The dried oil palm meal (DOPM) was detected 15.63 wt.% oil in DOPM, and 8.39 wt.% protein content in DOPM. The various DOPM particle sizes of less than 20000 μm, 4000 μm, 2000 μm, and 595 μm were extracted to study the oil yield by the solvent extraction with hexane. As a results, 13.80 wt.% oil yield from DOPM particle sizes of less than 20000 μm was achieved under the condition was 15:1 g/g ratio of hexane to DOPM, 15 min extraction time, and 300 rpm speed of stirrer. Subsequently, DOPM particle sizes of less than 2000 μm was extracted with hexane and ethanol solvents to determine the optimal condition using the RSM. The RSM, with 5-level and 3-factor central composite design (CCD), was used to optimize the oil yield assisted solvent extraction process from DOPM. Three parameters in batch process: ratio of solvent to DOPM (4.9–30.1 g/g), extraction time (0.2-18.8 min), and speed of stirrer (48-552 rpm) were optimized to obtain the maximum yield of extracted oil of dried oil palm meal (EDOPM). For hexane solvent, the maximal oil yield of 12.58 wt.% of EDOPM was achieved when the condition: 25.6:1 g/g DOPM, 9 min extraction time, and 552 rpm speed of stirrer was used. For ethanol solvent, the maximum yield of 10.81 wt.% of EDOPM was achieved when compared with weight percentage of DOPM under the condition was 23.2:1 g/g DOPM, 10.9 min extraction time, and 552 rpm speed of stirrer. However, the maximum yield of EDOPM required the high content of solvent in the oil extraction. After extraction with optimal condition, the lowest level of residual oil in the defatted oil palm meal (DFOPM) was obtained, which DFOPM can be used in the feed for the ruminant animals. The acceptable level of residual oil in DFOPM for animal feeding is the range of 5–7 %. Thus, this level of residual oil in DFOPM was considered excessive, and the actual experiment of 11.80 wt.% oil yield of EDOPM, 19.6:1 g/g DOPM, 10.5 min extraction time, and 300 rpm speed of stirrer was recommended for hexane solvent. For ethanol, the actual experiment of 10.27 wt.% oil yield of EDOPM, 20.1:1 g/g DOPM, 10.9 min extraction time, and 300 rpm speed of stirrer was recommended. After extraction by the recommended condition, the protein contents of 11.69 wt.% (for hexane) and 13.00 wt.% (for ethanol) were detected in the DFOPM from oil extraction. When consideration of limitation of toxic contaminant in the ruminant animals feeding, the ethanol solvent was superior over the hexane. Because, the residual ethanol in DFOPM is easier eliminated and safer than hexane. Thus, the ethanol solvent was used to investigate the effect of using the repeated miscella on oil yield in the

batch solvent extraction. As a results, the efficiency of oil extraction decreased to 94.74%, 91.23%, and 68.41% of second, third, fourth cycles of solvent extraction by the previous miscella of each cycle. In the extraction process by repeated miscella, the ethanol should not be used more than 3 cycles to leach the oil in DOPM. Because, the residual oil in DFOPM will exceed the acceptable level. These experimental results from batch extraction was used to design and construct the palm nut shell (PNS) separator and prototype of circulation oil extractor. Results showed that 8.03 kg/hr of OPM without lager PNS can be separated using PNS separator at 50 rpm of motor and 16.10 kg/hr of input capacity of OPM. The products after PNS separation were the OPM without lager PNS and OPM with fine PNS, which required 8.19 Baht/kg and 3.39 Baht/kg of production cost, respectively. Moreover, 19099 kJ/kg (for OPM without lager PNS), and 21020 kJ/kg (for OPM with fine PNS) of higher heating values can be analyzed. After separation process, the OPM without lager PNS was dried and followed by oil extraction process. Prototype-scale extraction was tested using a circulation process under the recommended condition of ethanol solvent. As a results, 17.37 wt.% oil yield of EDOPM was achieved when compared with weight percentage of DOPM under the condition was the mass ratio of 100500 g of ethanol consumption to 5000 g of DOPM. The products obtained from this process were DFOPM and EDOPM which cost 12.93 Baht/kg and 174.78 Baht/kg respectively, the higher heating values were 19063.3 kJ/kg and 35111.3 kJ/kg respectively. Moreover, 19063 kJ/kg (for DFOPM), and 35111.3 kJ/kg (for EDOPM) of higher heating values can be detected.