รายงานการวิจัยเรื่อง

การสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารโดยไลเปสจากยางมะละกอ เพื่อผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

โดย

พรทิพพา พิญญาพงษ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

รายงานการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

กันยายน 2552

หัวข้อเรื่อง : การสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารโดยไลเปสจากยางมะละกอเพื่อผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

ผู้วิจัย: อ. ดร. พรทิพพา พิญญาพงษ์

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารโดยไลเปสจากยางมะละกอ (2) ศึกษาการสังเคราะห์เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารโดยไลเปสจากยางมะละกอ และ (3) ทดลองใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วรอบต่ำ น้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารมาแล้วอย่างน้อย 2 ครั้ง ถูกเก็บรวบรวมจากร้านขายของทอด ในเขตอำเภอเมือง และอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันที่เหลือจากการทอดพบว่าประกอบด้วยกรดไขมันชนิดต่าง ๆ คือ กรดลอริก 0.60% กรดไมริสทิก 1.23% กรดปาล์มมิทิก 47.22% กรดปาล์มมิโทเลอิก 0.38% กรดสเตียริก 5.84% กรดโอเลอิค 43.00% กรดไลโนเลอิค 1.24% และกรดไอโคซาโนอิก 0.49% ยางมะละกอหลังจากแยกตะกอนออกจากสารละลายโดยวิธีเซนตริฟิวจ์แล้ว ส่วนที่เป็นตะกอนของยางมะละกอเมื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการย่อยสลายน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร 425 $\pm$ 40 ยูนิต/กรัมของตะกอนไลเปสแห้ง มีอุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส และพีเอช 7 ตามลำดับไลเปสแห้งจากยางมะละกอถูกใช้เร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร ให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์เพียง 10% หลังจากปรับปรุงความสามารถของเอนไซม์โดยการแช่ไลเปสแห้งในไอโซ-โพรพานอล 3 ชั่วโมง แล้วตามด้วยน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารอีก 1 ชั่วโมง เอนไซม์มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสเพิ่มขึ้น โดยให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ 50% สภาวะที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาเมทาไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร โดยไลเปสจากยางมะละกอ คือ ไลเปสที่ใช้มีแอคติวิตีน้ำและปริมาณเท่ากับ 0.23 และ 2% ของน้ำมันที่ใช้ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารต่อเมทานอลเท่ากับ 1 : 4 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยมีเฮกเซนร้อยละ 20 ของน้ำมันที่ใช้ เป็นตัวทำละลายร่วม เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง ทำให้ได้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 80 เมื่อทดลองใช้ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้กับเครื่องยนต์ความเร็วรอบต่ำโดยผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน ไบโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลเท่ากับ 20 : 80 พบว่าลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ได้ 0.12 ลิตรต่อชั่วโมง

Title : Synthesis of methyl ester from frying oil by lipase from papaya latex for biodiesel fuel production

Researcher : Lect. Dr. Porntippa Pinyaphong

Abstract

The objective of this research was to (1) study the optimum condition of papaya lipase-catalyzed methanolysis of frying oil (2) investigate the synthesis of biodiesel from frying oil which catalyzed by papaya lipase and (3) test the efficiency of biodiesel with diesel engine. Frying oils (second used oil) were collected from the fried shop in Amphur Maung and Amphur Laplae, Uttaradit province. Frying oil composed of 0.60% lauric acid, 1.23% myristic acid, 47.22% palmitic acid, 0.38% palmitoleic acid, 5.84% stearic acid, 43.00% oleic acid, 1.24% linoleic acid and 0.49% eicosanoic acid. The precipitate of papaya latex that separate from fresh papaya latex by centrifugation and baked at 50^{O}C showed hydrolysis activity of frying oil at 425 $\pm$ 40 unit/gram of dried lipase. Papaya lipase showed the optimum temperature at 45^{O}C and the optimum pH 7. Dried papaya lipase was used as catalyst in methanolysis of frying oil which produced only 10% methyl ester. The activity of this lipase was improved through immersing enzyme with iso-propanol for 3 hours and then immersed in frying oil for 1 hour before used. Lipases that improved their activity could catalyze methanolysis of frying oil better than original lipase. The yield of methyl ester was 50%. The optimum conditions of methanolysis of frying oil were: the water activity and quantity of papaya lipase were 0.23 and 2% of original oil, the mole ratio of frying oil: methanol was 1: 4 at 40^{O}C with hexane (20% of original oil) as co-solvent. The yield of methyl ester was 80%. Biodiesel was mixed with diesel oil in ratio of 20: 80 and was added in low speed diesel engine. It could reduce the rate of fuel using at 0.12 liter per hour.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้มองเห็นความสำคัญของการศึกษาการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร โดยการเร่งปฏิกิริยาของไลเปสจากยางมะละกอเพื่อสังเคราะห์เชื้อเพลิงไบโอดีเซลและได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรที่ให้ความอนุเคราะห์ในการกรีดยางมะละกอ และผู้ประกอบการร้านขายของทอดในตลาดอำเภอเมืองและร้านขายของทอดในอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และรองศาสตราจารย์ภาวิณี คณาสวัสดิ์ ที่เป็นผู้จุดประกายให้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ และขอขอบคุณกำลังใจจากครอบครัวของผู้วิจัย

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานการวิจัยเล่มนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่มีความสนใจศึกษาการสังเคราะห์ไบโอดีเซล และหากมีข้อผิดพลาดประการใดที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรับข้อผิดพลาดและพร้อมนำไปปรับปรุงงานวิจัยต่อไป

พรทิพพา พิญญาพงษ์

กันยายน 2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 สมมุติฐานการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เชื้อเพลิงไบโอดีเซล	5
2.2 ปฏิกิริยาเมทานอไลซีส	7
2.3 เอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ	9
2.4 การปรับปรุงความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของเอนไซม์ไลเปส	12
2.4.1 การทำปฏิกิริยาในสภาวะที่มีตัวทำละลายอินทรีย์	12
2.4.2 การเติมเมทานอลแบบไม่ต่อเนื่อง	12
2.4.3 การล้างเอนไซม์ด้วยอัลกอฮอล์ที่มีจำนวนคาร์บอน 3 อะตอม หรือ 4 อะตอม	12
2.5 น้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร	13
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
2.6.1 การเร่งปฏิกิริยาอัลกอออไลซีสโดยไลเปส	15
2.6.2 การเพิ่มประสิทธิภาพปฏิกิริยาเมธานอไลซีสที่เร่งด้วยไลเปส	16

หน้า

2.6.3 การล้างเอนไซม์ด้วยอัลกอฮอล์ที่มีจำนวนคาร์บอน 3 อะตอม หรือ 4 อะตอม 17
2.6.4 การเตรียมเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ 17
2.6.5 ความจำเพาะของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ 18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 19
3.1 สารเคมีที่ใช้ 19
3.2 เครื่องมือที่ใช้ 20
3.3 วิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหา 20
3.4 การเก็บยางมะละกอ 20
3.5 การเตรียมเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ 21
3.6 ตรวจสอบความสามารถในการย่อยสลายของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ 21
3.6.1 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ไลเปส 21
3.6.2 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการทำงานของอนไซม์ไลเปส 22
3.7 ศึกษาการปรับปรุงแอคติวิตีของเอนไซม์ 22
3.8 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์โดยไลเปสจากยางมะละกอ 23
3.8.1 ศึกษาการเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของไลเปสจากยางมะละกอ 23
3.8.2 ศึกษาผลของอัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำมันที่เหลือจากการทอดต่อเมทานอล 23
3.8.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิ 23
3.8.4 ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ 24
3.8.5 ศึกษาผลของแอคติวิตีน้ำของเอนไซม 24
3.8.6 ศึกษาผลของตัวทำละลายอินทรีย์ 25
3.9 วิธีตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่ใช้แล้ว 25
3.10 การสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหา 26

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	27
4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหา	27
4.2 ผลผลิตไลเปสจากยางมะละกอ	31
4.3 คุณสมบัติของไลเปส	32
4.3.1 แอคติวิตีน้ำของไลเปส	32
4.3.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของไลเปสจากยางมะละกอ	33
4.3.3 พีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของไลเปสจากยางมะละกอ	34
4.4 ผลการปรับปรุงความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของไลเปสจากยางมะละกอ	35
4.5 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์โดยไลเปสจากยางมะละกอ	36
4.5.1 อัตราส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมของสับสเตรท	36
4.5.2 อุณหภูมิที่เหมาะสม	37
4.5.3 ปริมาณไลเปสจากยางมะละกอที่เหมาะสม	38
4.5.4 อิทธิพลของแอคติวิตีน้ำของเอนไซม	39
4.5.5 อิทธิพลของตัวทำละลายอินทรีย์	41
4.6 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่ใช้แล้ว	41
4.7 ผลของการทดลองใช้ไบโอดีเซล	43
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	44
5.1 องค์ประกอบของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหา	44
5.2 ผลผลิตและการปรับปรุงประสิทธิภาพของไลเปสจากยางมะละกอ	45
5.3 สภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร	46
5.4 ประสิทธิภาพการนำเอนไซม์กลับมาใช้ใหม่	48

หน้า

5.5 การสังเคราะห์เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ ามันที่เหลือจากการทอดอาหารและการทดสอบประสิทธิภาพของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้ 49

5.6 สรุปผล 49

5.7 ข้อเสนอแนะ 49

บรรณานุกรม 50

ภาคผนวก 54

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ความสามารถของเอนไซม์ไลเปสจากมะละกอต่างสายพันุ์	10
2.2	ความสามารถของเอนไซม์ไลเปสในยางมะละกอและปาเปนบริสุทธิ์	10
4.1	Retention time, Molecular ion และ m/e ที่สำคัญของเมธิลเอสเทอร์ซึ่งได้จากการทำปฏิกิริยาเคมีของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหา	31
4.2	กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร	31
4.3	น้ำหนักและแอคติวิตีของไลเปสที่เตรียมไ	32
4.4	แอคติวิตีน้ำของไลเปสที่แยกได้จากยางมะละก	33
4.5	ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากเมทานอไลซีสไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารซึ่งเร่งด้วยไลเปสจากยางมะละกอที่ปรับปรุงแอคติวิตีด้วยวิธีต่าง ๆ	36
4.6	ร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร ในระบบที่มีตัวทำละลายอินทรีย์แตกต่างกัน	41

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.1	สมการทั่วไปของปฏิกิริยาเมทานอไลซีล	7
2.2	การเปรียบเทียบขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงไบดอดีเซล โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (ก) และใช้เอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่งปกิกิริยา (ข)	9
2.3	แผนภาพการเตรียมเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ	11
2.4	แผนภูมิการเกิดสารประกอบชนิดใหม่ระหว่างการใช้ไขมันและน้ำมันทอดอาหาร	15
4.1	GC โครมาโตแกรมของเมธิลเอสเทอร์จากการทำปฏิกิริยาเคมีของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร	27
4.2	ก-ซ MS สเปคตรัมของพีคที่ RT 11.864-19.414 นาที	28
4.3	แอคติวิตีของไลเปสที่อุณหภูมิต่าง ๆ	34
4.4	แอคติวิตีของไลเปสจากยางมะละกอที่ค่าพีเอชต่าง ๆ	35
4.5	ร้อยละผลผลิตของเมธิลเอสเทอร์จากเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร ซึ่งใช้ปริมาณโดยโมลของเมทานอลเป็น 3 เท่า (◇), 4 เท่า (□), 5 เท่า (△) และ 6 เท่า (×) ของน้ำมันที่เหลือจากการทออาหาร	37
4.6	ร้อยละผลผลิตของเมธิลเอสเทอร์จากเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร ที่อุณหภูมิต่าง ๆ คือ 30 (◇), 40 (□), 50 (△) และ 60 (×) องศาเซลเซียส	38
4.7	ร้อยละผลผลิตของเมธิลเอสเทอร์จากเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร เมื่อใช้ไลเปสจากยางมะละกอเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 0.5% (◇), 1.0% (□), 1.5% (△), 2.0% (×) และ 2.5% (●) โดยน้ำหนักของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร	39
4.8	ร้อยละผลผลิตของเมธิลเอสเทอร์จากเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารซึ่งเร่งด้วยไลเปสจากยางมะละกอที่มีปริมาณแอคติวิตีน้ำต่าง ๆ กั	40
4.9	ร้อยละผลผลิตของเมธิลเอสเทอร์ที่ได้จากการใช้เอนไซม์ซ้ำ 10 ครั้ง ในการเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารในระบบที่มีเทอร์-บิวทานอล เป็นตัวทำละลายร่วม (●) และไม่มีตัวทำละลายร่วม (◇)	42