บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารโดยไล เปสจากยางมะละกอเพื่อผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารของไลเปสจากยางมะละกอ โดยสำรวจหาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของไลเปสจากยางมะละกอ เพื่อให้ได้ปริมาณของไบโอดีเซลสูงที่สุด และเพื่อทดลองใช้ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้กับเครื่องยนต์ยันมาร์ ขนาด 7 แรงม้า น้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารที่ได้รวบรวมจากร้านค้าขายของทอดในเขตเทศบาลเมืองอุตรดิตถ์และอำเภอลับแล มีองค์ประกอบของกรดไขมันใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ไลเปสจากยางมะละกอ และทำแห้งด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อแช่ในไอโซ-โพรพานอลเพียงอย่างเดียว สามารถเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสแล้วให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์เพียง 30% การปรับปรุงแอคติวิตีของเอนไซม์ด้วยการแช่ในน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารหลังจากแช่ในไอโซ-โพรพานอล ช่วยทำให้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นได้อีก 1.6 เท่า การหาสภาวะที่เหมาะสมของการสังเคราะห์สารเชื้อเพลิงไบโอดีเซล จากเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารพบว่าไลเปสจากยางมะละกอผลิตเมทิลเอสเทอร์ได้มากที่สุดเมื่อใช้เอนไซม์ (a_w = 0.23) 2% โดยน้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ในสับสเตรทซึ่งประกอบด้วยน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร 1 ส่วน เมทานอล 4 ส่วน และเทอร์-บิวทานอล 20% โดยน้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ 80% การทดลองใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20 : 80 กับเครื่องยนต์ยันมาร์ขนาด 7 แรงม้า แทนน้ำมันดีเซลทำให้ลดการใช้น้ำมันดีเซลได้ถึง 0.12 ลิตรต่อชั่วโมง

5.1 องค์ประกอบของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร

จากการเก็บตัวอย่างน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร จากร้านขายข้าวเกรียบปลาทอด ไก่ทอด ปลาทอด และกล้วยทอด ในเขตอำเภอเมือง และจากร้านขายเกี๊ยวทอด ลูกชิ้นทอด หน่อไม้ทอด และเต้าหู้ทอด ในเขตอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ แบบสุ่ม หลังจากกรองเอาสิ่งเจือปนออกด้วยผ้าขาวบางแล้ว นำมาทำปฏิกิริยาเคมีกับด่าง จะได้เกลือของกรดไขมัน ซึ่งเปลี่ยนให้เป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันโดยใช้โบรอนไตรฟลูโอไรด์เมธานอล เมื่อนำไปวิเคราะห์หาชนิดของเมทิลเอสเทอร์โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทเมทรี พบว่าส่วนประกอบของกรด

ไขมันในน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารได้แก่ กรดลอริก กรดไมริสทิก กรดพาล์มิทิก กรดพาล์มิโทเลอิก กรดสเตียริก กรดโอเลอิค กรดไลโนเลอิค และกรดไอโคซาโนอิก ในปริมาณร้อยละ 0.60, 1.23, 47.22, 0.38, 5.84, 43.00, 1.24 และ 0.49 ตามลำดับซึ่งองค์ประกอบของตัวอย่างน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารที่เก็บรวบรวมได้นี้ มีองค์ประกอบคล้ายกับองค์ประกอบของกรดไขมันที่พบในน้ำมันปาล์มโดยไตรกลีเซอไรด์ที่พบเป็นองค์ประกอบของน้ำมันปาล์มโอเลอีนได้แก่ LOP (24%), OOP (17%), LLP (8%), OLO (5%), OOO (4%), POSt (3%), POP (26%), StLP(2%), PLP (7%), StLSt (2%) และ StOO (3%) เมื่อ L คือ กรดไลโนเลอิค, O คือ กรดโอเลอิค, P คือ กรดปาล์มมิทิก, St คือ กรดสเตียริก (Holcapek et.al. 2003 : 195-215) จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการขายของทอดนิยมใช้น้ำมันพืชนิดน้ำมันปาล์มในการปรุงอาหาร

5.2 ผลผลิตและการปรับปรุงประสิทธิภาพของไลเปสจากยางมะละกอ

ยางมะละกอที่ได้จากการกรีดผลมะละกอดิบที่มีอายุ 70-100 วัน ได้ถูกแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วยรักษาประสิทธิภาพของไลเปสในระหว่างที่พักรอการแยกไลเปสในขั้นตอนต่อมา ยางมะละกอมีส่วนประกอบที่เป็นสารที่ไม่ละลายในสารละลายส่วนใส ซึ่งสามารถแยกออกได้โดยการเซนตริฟิวจ์ด้วยแรงเหวี่ยง 8,000 รอบต่อนาที ตะกอนหรือสารส่วนที่ไม่ละลายนี้ทำให้แห้งด้วยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บไว้ใช้ได้เป็นเวลายาวนานมากขึ้น และช่วยกำจัดน้ำออกจากไลเปสให้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสควบคู่กับเมทาโนไลซีสที่ต้องการ ไลเปสที่แห้งแล้วมีน้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 0 ± 0.05 ของน้ำหนักยางมะละกอ และมีความสามารถในการย่อยสลายไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารเท่ากับ 425 ± 40 ยูนิตต่อกรัมของไลเปสแห้ง ในขณะที่ไลเปสที่เตรียมได้จากยางมะละกอแห้งในทางการค้า มีความสามารถในการย่อยสลายไตรบิวทีรินเท่ากับ 1700 ยูนิตต่อกรัมเอนไซม์ (Borgdorf & Warwel, 1999 : 480-485) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำมันของไลเปสที่ได้จากการทำให้แห้งด้วยวิธีไลโอฟิไลเซชัน ซึ่งทำได้โดยทำให้ตะกอนที่แยกได้แข็งก่อนที่อุณหภูมิ −20 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงทำให้น้ำระเหิดออกจากโมเลกุลของเอนไซม์ด้วยเครื่องไลโอฟิไลเซอร์ พบว่าไลเปสที่ทำให้แห้งด้วยวิธีไลโอฟิไลเซชันมีแอคติวิตีในการย่อยน้ำมันเท่ากับ 1200 ยูนิตต่อกรัมไลเปสแห้ง (Angkanurukpun, Sriburi & Kanasawud, 2006 : 217-222) ซึ่งมากกว่าการเตรียมไลเปสด้วยวิธีอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากกว่าการอบเอนไซม์ด้วยความร้อนอาจส่งผลให้เอนไซม์สูญเสียแอคติวิตีไปได้ ไลเปสที่ทำให้แห้งแล้วนั้นมีปริมาณแอคติวิตีน้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.395 ซึ่งแสดงว่าไลเปสดูดความชื้นได้น้อย ไลเปสแห้งที่เตรียมได้จากยางมะละกอมีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยา

ไฮโดรไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารได้ดีที่สุดเมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่ 45 องศาเซลเซียส และใช้สารละลายปฏิกิริยาที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 7

จากการใช้ไลเปสจากยางมะละกอเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นเมทิลเอสเทอร์ได้เพียง 10% ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่ออัตราการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในตัวกลางที่ไม่มีน้ำ (non-aqueous media) คือ รูปแบบของเอนไซม์ และสารละลายเมทานอลที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เชื้อเพลิงไบโอดีเซล สามารถทำลายรูปแบบของเอนไซม์ได้ง่าย ทำให้เอนไซม์มีรูปแบบผิดไปจากธรรมชาติซึ่งไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ (Nie et. al., 2006 : 132-137) การกำจัดน้ำออกจากเอนไซม์ตรึงโดย การกลั้วด้วยไอโซ-โพรพานอลจะช่วยให้น้ำที่อยู่ในเอนไซม์ถูกดึงออกไปโดยยังคงรักษาแอคติวิตี ของเอนไซม์ไว้ได้ (Partridge, Halling & Moore, 1998 : 841-842) ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทดลองแช่เอนไซม์ด้วยไอโซ-โพรพานอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนนำไปเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารซึ่งประกอบด้วยน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารที่ปราศจากน้ำ 0.851 กรัม และเมทานอลที่ปราศจากน้ำ 0.096 กรัม ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้ได้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 30 นอกจากนี้การทดลองแช่เอนไซม์ในไอโซ-โพรพานอลก่อน 3 ชั่วโมง แล้วแช่ในน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารอีก 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีส พบว่าผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่ได้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30 เป็นร้อยละ 50 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการแช่เอนไซม์ในไอโซ-โพรพานอลเพียงอย่างเดียวเป็นการดึงน้ำออกจากเอนไซม์โดยไม่ทำให้เอนไซม์เสียแอคติวิตีจึงทำให้เอนไซม์เร่งปฏิกิริยาได้ดีขึ้น เมื่อเทียบกับเอนไซม์ที่ไม่ได้แช่ในไอโซ-โพรพานอล ในขณะที่เอนไซม์แช่ทั้งในไอโซ-โพรพานอลและน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารจะเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่าเอนไซม์ที่แช่ในไอโซ-โพรพานอลเพียงอย่างเดียว อาจอธิบายได้ว่าน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารเป็นตัวช่วยปกป้อง เอนไซม์จากการสัมผัสกับเมทานอลซึ่งอยู่ในสารละลายสับสเตรทจึงทำให้เอนไซม์ไม่เสียรูปแบบจากธรรมชาติ จึงเร่งปฏิกิริยาได้ดีขึ้น

5.3 สภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร

การสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ซึ่งเป็นสารเชื้อเพลิงไบโอดีเซล จากปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารซึ่งเร่งด้วยไลเปสจากยางมะละกอที่ผ่านการแช่ในไอโซ-โพรพานอลและน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารก่อนนำไปเร่งปฏิกิริยา ปริมาณ 4 มิลลิกรัม เมื่อทดลองใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารเริ่มที่ 3 : 1, 4 : 1, 5 : 1 และ 6 : 1 พบว่าที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่เหลือจากการทอด

อาหารเท่ากับ 4 : 1 ทำให้ไลเปสเร่งปฏิกิริยาแล้วให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์สูงสุดถึง 51% ที่เวลา 24 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับการใช้ที่อัตราส่วนอื่น ๆ โดยที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารมากกว่า 4 : 1 จะทำให้ร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ลดลงประมาณ 30% ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าปริมาณเมทานอลที่มากเกินในปฏิกิริยาจะไปทำลายรูปแบบของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาลดลง(Soumanou & Bornscheuer. 2003 : 97-103) เมื่อเปรียบเทียบร้อยละผลผลิตที่ดีที่สุดของเมทิลเอสเทอร์ ที่ได้จากปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารซึ่งเร่งด้วยไลเปสจากยางมะละกอ กับร้อยละผลผลิตที่ดีที่สุดของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันดอกทานตะวัน ซึ่งเร่งด้วยไลเปสลิโปไซม์ทีแอล (Lipozyme TL) และ ไลเปสลิโปไซม์อาร์เอ็ม (Lipozyme RM) (Soumanou & Bornscheuer. 2003 : 97-103) จะใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันไม่เท่ากัน ไลเปสลิโปไซม์ทั้ง 2 ชนิด ใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 3 : 1 ในขณะที่ไลเปสจากยางมะละกอใช้อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 4 : 1

อุณหภูมิของปฏิกิริยามีอิทธิพลต่อ การเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของไลเปสจากยางมะละกอ คือ ในช่วง 5 ชั่วโมงแรกของการเกิดปฏิกิริยาเอนไซม์จะเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสได้ดีที่สุดเมื่อปฏิกิริยามีอุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ 30 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป24 ชั่วโมง เอนไซม์เร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้ดีที่สุด โดยให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์สูงที่สุด คือ 56% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เอนไซม์เร่งปฏิกิริยาได้ลดลง โดยได้ผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือประมาณ 25% จากผลการทดลองที่ปรากฏสามารถอธิบายได้ว่า เมื่ออุณหภูมิของปฏิกิริยาสูงขึ้นจะมีผลทำให้เอนไซม์มีเสถียรภาพในการเร่งปฏิกิริยาลดลง จึงทำให้ได้ผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ลดลงตามไปด้วย(Krisnangkura, Yimsuwan & Pairintra. 2006 : 107-113)

ปริมาณของไลเปสจากยางมะละกอมีผลต่อร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ ที่เกิดขึ้นด้วย โดยเมื่อปริมาณของเอนไซม์เพิ่มขึ้นจะทำให้ปกิกิริยาเมทานอไลซีสเกิดได้ดีขึ้นด้วย พบว่าปริมาณเอนไซม์ที่ 2-2.5% สามารถเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารได้ดีที่สุด ซึ่งผลิตเมทิลเอสเทอร์ได้สูงที่สุด (65-66%) ที่เวลา 18 ชั่วโมงซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ปริมาณเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สับสเตรทมีโอกาสที่จะสัมผัสกับเอนไซม์ได้มากขึ้น จึงทำให้โอกาสที่ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นมีมากขึ้นไปด้วย

แอคติวิตีน้ำของเอนไซม์เป็นปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลกระทบต่อการเร่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์ในสภาวะสารลายของปฏิกิริยาไม่มีน้ำ เพราะว่าถ้าเอนไซม์มีปริมาณแอคติวิตีน้ำมากเกินไป จะทำให้เอนไซม์เร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสมากกว่าเมทานอไลซีส ทำให้ได้ผลผลิตเมทิลเอส

เทอร์น้อยตามไปด้วย จากงานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้ไลเปสจากยางมะละกอที่ผ่านการปรับปรุงแอคติวิตีมาแล้ว และมีค่าแอคติวิตีน้ำต่าง ๆ กัน พบว่าไลเปสจากยางมะละกอที่มีแอคติวิตีน้ำเท่ากับ0.23 สามารถเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสแล้วให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์สูงที่สุด (74%) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานการวิจัยของฟอเกลียและวิลอีนิวเว (Foglia & Villeneuve. 1997 : 1447-1450) ที่กล่าวว่าปริมาณแอคติวิตีน้ำของเอนไซม์ไลเปสที่เหมาะสมที่สุดในการเร่งปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันคือ0.208

เมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร ซึ่งเร่งด้วยไลเปสจากยางมะละกอในตัวทำละลายที่มีค่าlog P แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ เทอร์-บิวทานอล เฮกเซน เฮปเทน และไดเอทิลอีเธอร์ แสดงให้เห็นว่าเมทานอไลซีสในสภาวะที่มีตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีค่า log P เท่ากับ 3.5 (เฮกเซน) และ 4 (เฮปเทน) ไลเปสจากยางมะละกอจะเร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสได้ดีกว่าปฏิกิริยาที่ไม่มีตัวทำละลายและมีไดเอทิลอีเธอร์เป็นตัวทำละลาย(log P = 0.79) โดยให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 80% ที่ 24 ชั่วโมง เช่นเดียวกับไลเปสจาก *Pseudomonas fluorescens* เร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันดอกทานตะวันได้ดีที่สุดในเฮกเซน และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นเอส เทอร์ร้อยละ 80 ในเวลา 24 ชั่วโมง(Soumanou & Bornscheuer. 2003 : 97-103) จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่าตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีค่าlog P สูง จะช่วยรักษาแอคติวิตีของเอนไซม์ได้ดีกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีค่าlog P ต่ำ เนื่องจากว่าตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีค่า log P ต่ำมักจะดึงเอาโมเลกุลของน้ำที่ผิวของเอนไซม์ออกมา ทำให้แอคติวิตีของเอนไซม์ลดลง (Vanessa Lara & Park. 2004 : 270-277)

5.4 ประสิทธิภาพการนำเอนไซม์กลับมาใช้ใหม่

ไลเปสจากยางมะละกอที่เร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารแล้ว สามารถนำกลับคืนมาใช้ได้อีก ทั้งนี้พบว่าการใช้เอนไซม์เร่งปฏิกิริยาที่ไม่มีตัวทำละลายอินทรีย์ เอนไซม์ยังคงรักษาสภาพได้ดีกว่าเอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาที่มีเทอร์-บิวทานอลเป็นตัวทำละลายร่วม จะเห็นได้จากร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ยังคงผลิตได้ที่66% ของการใช้เอนไซม์ซ้ำ 30 ครั้ง ในขณะที่ปฏิกิริยาซึ่งมีเทอร์-บิวทานอล ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์เริ่มลดลงตั้งแต่การใช้เอนไซม์ซ้ำในครั้งที่2 และเมื่อใช้เอนไซม์ซ้ำ30 ครั้ง ทำให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ลดลงเหลือเพียง 20% จากปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ว่าเทอร์-บิวทานอลสามารถทำลายเสถียรภาพของเอนไซม์ได้เนื่องจากเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีค่าlog P ต่ำ(Xu et al. 2003 : 1239-1241)

5.5 การสังเคราะห์เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารและการทดสอบประสิทธิภาพของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้

การทดสอบการใช้ไลเปสจากยางมะละกอ ซึ่งผ่านการปรับปรุงแอคติวิตีแล้วด้วยวิธีแช่ในไอโซ-โพรพานอลและน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร ก่อนนำมาเร่งปฏิกิริยา และมีค่าแอคติวิตีน้ำเท่ากับ 0.23 ปริมาณ 314 กรัม เร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารซึ่งปราศจากน้ำ 100 กรัม และเมทานอลที่ปราศจากน้ำ 113 กรัม และเฮกเซน 20 กรัม ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าได้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์สูงที่สุด 80% จากการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ขึ้น โดยการนำไปผสมกับน้ำมันดีเซลในท้องตลาดในอัตราส่วนไบโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลเท่ากับ 20 : 80 แล้วทดลองใช้กับเครื่องยนต์ยันมาร์ ขนาด 7 แรงม้า ในระยะสั้น พบว่าสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้ถึง 0.12 ลิตรต่อชั่วโมง

5.6 สรุปผล

ในการศึกษาครั้งนี้ไลเปสที่แยกได้จากยางมะละกอ สามารถใช้เร่งปฏิกิริยาเมทานอไลซีสของน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารได้ โดยต้องมีการปรับปรุงแอคติวิตีโดยการแช่ในไอโซ-โพรพานอล และน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารก่อนที่จะนำไปเร่งปฏิกิริยา และเอนไซม์ควรจะมีปริมาณแอคติวิตีน้ำเท่ากับ 0.23 ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ไลเปสจากยางมะละกอสามารถสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหารได้ 80% และสามารถนำเอนไซม์กลับมาใช้เร่งปฏิกิริยาซ้ำได้ถึง 30 ครั้ง เชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ความเร็วรอบต่ำได้โดยการผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20 : 80

5.7 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ น่าจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด และสามารถผลิตให้ได้ปริมาณมาก เพื่อเวลานำไปใช้จะได้ไม่ต้องผสมกับน้ำมันดีเซล ซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานจากปิโตรเลียม และช่วยลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมอีกทางหนึ่งด้วย