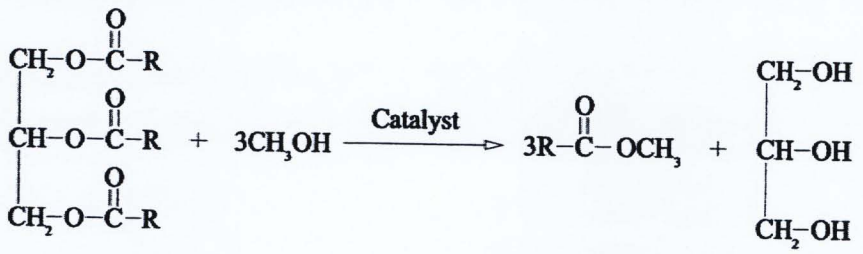
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากการที่ทางรัฐบาลดำเนินการให้นโยบายด้านพลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติ โดยสนับสนุนการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนโดยเฉพาะการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพและชีวมวล ได้แก่ แก๊สโซฮอล์ (E10 E20 และ E85) ไบโอดีเซล พลังงานจากขยะ และมูลสัตว์ เป็นต้น เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน การลดภาวะที่มีต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อประโยชน์ของเกษตรกร โดยสนับสนุนให้มีการผลิตและใช้พลังงานหมุนเวียนในระดับชุมชนหมู่บ้าน

น้ำมันไบโอดีเซล เป็นพลังงานทดแทนในอีกรูปแบบหนึ่งที่มีการวิจัยและผลิตกันอย่างแพร่หลาย ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3566 (พ.ศ. 2549) ได้ให้ความหมายของน้ำมันไบโอดีเซลไว้ว่า "เชื้อเพลิงที่มีส่วนประกอบเป็น โมโน-แอลคิลเอสเตอร์ของกรดไขมันที่เป็นโมเลกุลแบบโซ่ยาวได้จากน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล เอทานอล โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา" ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า "ปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชัน" แสดงดังรูปที่ 1.1



ไตรกลีเซอไรด์ เมทานอล เมทิลเอสเตอร์ กลีเซอรอล

รูปที่ 1.1 ปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชัน (Fukuda et al., 2001)

จากรูปที่ 1.1 แอลกอฮอล์ที่ใช้คือ เมทานอล ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการทำปฏิกิริยาเพราะมีข้อดี คือ ราคาถูก เป็นแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลเล็ก สามารถทำปฏิกิริยากับไขมันหรือน้ำมันได้ง่าย สำหรับ

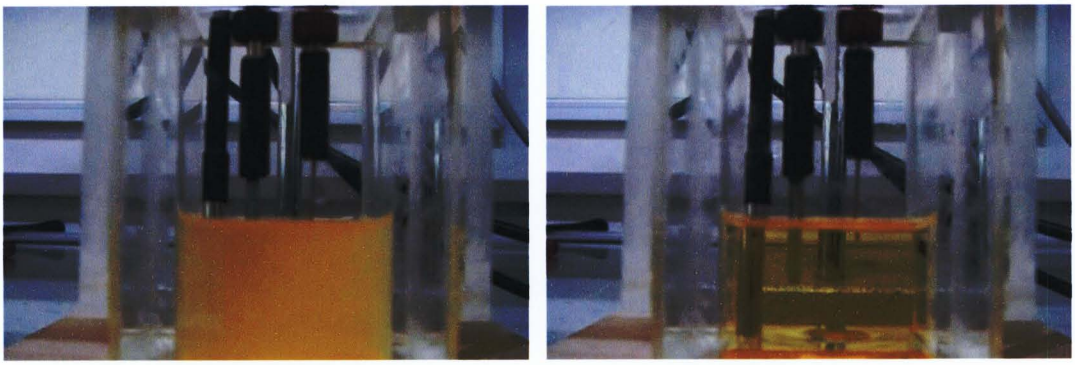
ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ จะสามารถละลายได้ดีในเมทานอล (อัญชณา, 2545)

สำหรับน้ำมันที่จะเข้าไปสู่ปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชันนั้นจะต้องมีการตรวจสอบปริมาณกรดไขมันอิสระที่อาจเกิดจากการผ่านอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน เช่นการทอด เพราะกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นสาเหตุของการเกิดสบู่ ในกรณีที่ใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะทำให้การแยกชั้นของไบโอดีเซลและกลีเซอรีนเป็นไปได้ยาก และจะทำให้ผลผลิต (Yield) ต่ำลง ซึ่งในการทำปฏิกิริยาเพื่อลดปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันต้องใช้เวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง และเข้าสู่ปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชันอีก 2 ชั่วโมง (อนุชา และ ประเสริฐ, 2549)

การให้ความร้อนแก่ปฏิกิริยาลดกรดไขมันอิสระ และปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชัน ในแบบทั่วไปจะเป็นการให้ความร้อนโดยการนำความร้อนเข้าไปสู่การทำปฏิกิริยาโดยตรงจากการอุ่นหรือต้ม แต่ได้พบว่ามีผู้ที่นำเอาคลื่นไมโครเวฟมาช่วยในการให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาที่มีน้ำมันปาล์มรีไฟน์เป็นสารตั้งต้น (ทรงพล และ พิภพ, 2550)โดยประยุกต์ใช้เตาไมโครเวฟขนาด 800 Watt มาใช้ในการทดลอง สภาวะที่ให้ผลผลิตดีที่สุดในการผลิตแบบกะซึ่งใช้ Screw-Cap Bottle 250 ml. มีการใช้กำลังไฟฟ้า 240 Watt NaOH 8.1 g. และเมทานอล 500 ml. และเมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย Thin Layer Chromatography (TLC) จะได้ความบริสุทธิ์ไบโอดีเซล 99.1% และในการผลิตแบบต่อเนื่อง จะใช้กำลังไฟฟ้า 560 Watt โดยมี NaOH 10.1 g และเมทานอล 500 ml. ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย TLC จะได้ความบริสุทธิ์ไบโอดีเซล 95.7% ในการผลิตทั้งสอบแบบใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 2 นาที

นอกจากนี้ยังมีผลการทดลองเบื้องต้นจากหน่วยวิจัยทางระบบอุณหภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งยังไม่ได้มีการตีพิมพ์เผยแพร่ข้อมูล ได้มีการนำสนามไฟฟ้ามาช่วยในการทำปฏิกิริยา ทรานซ์เอสเทอริฟิเคชัน โดยมีสภาวะการทดลอง คือ น้ำมันพืชใช้แล้ว 100 ml. เมทานอล 25 ml. และ NaOH 0.9 g. เป็นสารทำงาน มีสนามไฟฟ้าขนาด จ่ายผ่านขั้วอิเล็กโทรด ดังรูปที่ 1.2

เมื่อเทสารทำงานที่ผสมเข้ากันแล้วลงในหลอดทดลองแล้วจ่ายไฟฟ้าเข้าไปที่ขั้วอิเล็กโทรด พบว่าจากน้ำมันที่มีลักษณะขุ่นเริ่มมีการแยกชั้นของน้ำมันเกิดขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป 90 วินาที อุณหภูมิของน้ำมันเพิ่มขึ้นเป็น 60 °C จากอุณหภูมิเริ่มต้น 25 °C ในส่วนของน้ำมันที่แยกชั้นกันเมื่อสังเกตุด้วยตาเปล่า น้ำมันชั้นบนมีลักษณะใสไม่มีตะกอนแขวนลอย ส่วนน้ำมันชั้นล่างมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม



(ก) (ข)

รูปที่ 1.2 ลักษณะก่อนและหลังการแยกชั้นของน้ำมัน
(ก.ก่อนการแยกชั้น และ ข.หลังการแยกชั้น)

จากการศึกษาเบื้องต้น ดังที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า การใช้สนามไฟฟ้า มาผลิตไบโอดีเซล เป็นที่น่าสนใจ เนื่องจากกระบวนการไม่ซับซ้อน และปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้รวดเร็ว ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการนำเอาสนามไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดความร้อนได้อีกแบบหนึ่ง มาช่วยในการเกิดปฏิกิริยา โดยจะศึกษาถึงลักษณะ ขนาด ระยะห่างของอิเล็กโทรด ปริมาณแรงดันที่ป้อนเข้าสู่ขั้วอิเล็กโทรด ระยะเวลาที่เหมาะสม พร้อมทั้งหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ต้นทุนในการผลิต และตรวจสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงลักษณะ ขนาด และระยะห่างของอิเล็กโทรด ปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ขั้วอิเล็กโทรดและระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ที่มีผลต่อการเกิดไบโอดีเซลจากกระบวนการ ทรานซ์เอสเทอริฟิเคชัน

1.2.2 เพื่อตรวจหาสมบัติเบื้องต้นของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ คือ จุดวาบไฟ ค่าความหนาแน่น ค่าความหนืด ค่าความร้อน

1.2.3 เพื่อหาอัตราการเกิดไบโอดีเซลต่อเวลาที่เปลี่ยนไป พร้อมทั้งต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลด้วยสนามไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานซ์เอสเตอริฟิเคชันโดยอาศัยสนามไฟฟ้าเป็นตัวช่วยในการเกิดปฏิกิริยา มีขอบเขตดังต่อไปนี้

1.3.1 แหล่งจ่ายสนามไฟฟ้าและอิเล็กโทรดเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับขนาดแรงดันไฟฟ้า 1, 5, และ 10 กิโลโวลท์

1.3.2 ลักษณะอิเล็กโทรดแบบที่ 1 เป็นอิเล็กโทรดแบบแท่งคู่ แต่ละแท่งมีรัศมี 0.50 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 2.00, 2.50, และ3.00 เซนติเมตร

1.3.3 ลักษณะอิเล็กโทรดแบบที่ 2 เป็นอิเล็กโทรดแบบแท่งกับวงแหวน อิเล็กโทรดวงแหวนมีรัศมี 4.00 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 2.00, 2.50, และ3.00 เซนติเมตร

1.3.4 เป็นการทดลองปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชันแบบกะ "Batch" ในภาชนะหลอดแก้ว

1.3.5 น้ำมันพืชใช้แล้วที่นำมาทดสอบต้องผ่านขั้นตอนการลดปริมาณกรดไขมันอิสระให้เหลือน้อยกว่า 1% ทำปฏิกิริยากับเมทานอล และมีโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

1.3.6 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ทดสอบครั้งละ 100, 200, และ300 มิลลิลิตร

1.3.7 สัดส่วนของสารตั้งต้นที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล เป็นสัดส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันกับเมทานอล ในส่วนของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมัน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ได้ทราบถึงตัวแปรต่างๆที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชัน

1.4.2 ได้ทราบถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชัน

1.4.3 ได้ทราบถึงร้อยละของไบโอดีเซลที่ได้ และสมบัติของไบโอดีเซล

1.4.4 สามารถลดระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชันได้

1.4.5 เพื่อให้ทราบถึงต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลด้วยสนามไฟฟ้า

1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

อนุชา พรมวังขวา. (2549) ทำการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์ หาเงื่อนไขของปฏิกิริยาที่เหมาะสมใช้วิธี Factorial design พบว่าจุดที่เหมาะสมสำหรับปฏิกริยาคือที่สัดส่วนโมลของเมทานอล12:1 และปริมาณ KOH 18 กรัมต่อลิตรของน้ำมันพืช กล่าวคือ ที่สัดส่วนโมลของเมทานอล 12:1 เทียบได้เป็นปริมาณเมทานอล 0.4 ลิตร

ต่อลิตรน้ำมันพืช เทียบเป็นประมาณ 320% ของความต้องการทางทฤษฎี หรือมีส่วนเกิน 0.275 ลิตรต่อลิตรน้ำมันพืช

สมสง่า สิงห์ครุธ และ อัจฉรา ภูงามนิล. (2550) ทำการการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทางเคมีแบบ 2 ขั้นตอน คือ ปฏิกิริยาเอสเทอริฟีเคชันต่อด้วยปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟีเคชัน โดยสภาวะที่ให้ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์มากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60°C อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 3:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1%wt และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที ซึ่งได้ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 93.12 เมื่อนำเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟีเคชันที่สภาวะต่าง ๆ ไปหาจุดวาบไฟ ค่าความหนาแน่น ค่าความหนืด และค่าความร้อน พบว่า สมบัติต่าง ๆ ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน

ทรงพล พร้อมมูล และ นายพิภพ พิทักษ์ศักดิ์เสรี.(2550) ทำการการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานซ์เอสเทอริฟีเคชันโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ โดยการให้ความร้อนกับไมโครเวฟ ทั้งแบบกะและแบบต่อเนื่อง โดยประยุกต์ใช้เตาไมโครเวฟ 800 วัตต์ที่ใช้กันทั่วไป ใช้น้ำมันปาล์มรีไฟน์กับเมทานอลเป็นสารตั้งต้นโดยมีโซเดียมไฮ-ดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในการผลิตแบบกะสภาวะเหมาะสมที่สุดที่กำลังไฟฟ้า Medium-Low 0.4%NaOH และสัดส่วนเมทานอลเกินพอ 200% ไบโอดีเซลซึ่งวิเคราะห์ด้วย Thin layer chromatograph (TLC) ได้ความบริสุทธิ์ไบโอดีเซล 99.1% ในการผลิตแบบต่อเนื่อง สภาวะที่ดีที่สุดคือการใช้กำลังไฟฟ้า Medium-High ที่ 0.5%NaOH และสัดส่วนเมทานอล 200% โดยน้ำหนักของน้ำมันได้ความบริสุทธิ์เอสเตอร์ 95.7% ผลได้ของไบโอดีเซลขึ้นอยู่กับการเกิดปฏิกิริยา Saponification ข้างเคียง ที่ส่งผลต่อเนื่องในขั้นตอนกระบวนการล้างด้วยน้ำ

May C.Y. (2004) ทำการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟีเคชันระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอลโดยทดสอบกับตัวเร่งปฏิกิริยาหลายชนิดด้วยกันพบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบด่างได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ให้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลสูงที่สุดและใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบกรด หากน้ำมันมันปาล์มที่ใช้มีปริมาณของกรดไขมันอิสระมาก (3.9 - 76%) จะทำให้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลลดลง

Freedman et al. (1984) ได้ทดสอบการทำปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟีเคชันด้วยน้ำมันพืชหลายชนิดได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน น้ำมันถั่วลิสง และน้ำมันเมล็ดฝ้าย ทดสอบที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันต่อเอลกอฮอล์ตั้งแต่ 1:1 ถึง 1:6 ใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% ของน้ำหนักน้ำมัน พบว่าแนวโนมการเพิ่มขึ้นของผลผลิตที่ได้มีเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มของแอลกอฮอล์ และที่อุณหภูมิการทำปฏิกิริยาต่างกันจะให้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลต่างกัน หากอุหภูมิ

เพิ่มขึ้นก็จะให้ผลผลิตของไบโอดีเซลสูงขึ้นตามไปด้วย แต่การทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิเกิน 60°C จะให้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลลดลง เนื่องจากแอลกอฮอล์เกิดการเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 60°C

Saka S. และKusdiana D. (2001) ได้ทำปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมัน Rapeseed กับเมทานอล โดยไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันกับเมทานอล 1:42 จะให้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลสูงสุดคือ 95%

Ma F. และHanna M.A. (1999) ได้ทำการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันกับแอลกอฮอล์ พบว่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันกลับแอลกอฮอล์ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 1:6 และตัวเร่งปฏิกิริยาแบบด่างให้ผลที่ดีกว่าแบบกรด

Krisnangkura K. และSimamahamnop R. (1992) ได้ทำปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชันแบบต่อเนื่องในเครื่องปฏิกรณ์แบบขอท่อระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล มีโซเดียมเมทอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยมีโทลูอีนเป็นตัวทำละลาย พบว่าอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอล 1:17 ที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา 15 วินาที ได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซล 99%

Wang Y. et al. (2006) ทำการเปรียบเทียบการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วด้วยกระบวนการทางเคมีแบบขั้นตอนเดียว และ สองขั้นตอน โดยกระบวนการทางเคมีแบบสองขั้นตอนให้ผลที่ดีกว่าทั้งในด้าน ประสิทธิภาพที่สูงกว่า น้ำเสียน้อยกว่า ต้นทุนอุปกรณ์น้อยกว่า และง่ายต่อการนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ใหม่

Darnoko D. และCheryan M. (2000) ได้ทำการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานซ์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล ที่อัตราส่วน 1:6 โดยโมลของน้ำมันกับเมทานอล และมีโพแทสเซียมโฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 60°C ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาคือ 40 และ60 นาที พบว่าได้น้ำมันไบโอดีเซล 58.8% และ85.6% ตามลำดับ และที่อุณหภูมิสูงกว่า 60°C พบว่าไม่มีผลต่ออัตราเร็วต่อปฏิกิริยา

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานซ์เอสเทอริฟิเคชัน ที่มีน้ำมันทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์โดยมีกรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าเป็นที่นิยม เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ง่าย อุณหภูมิที่ใช้ในปฏิกิริยาไม่สูงมาก (60°C) น้ำมันที่นำมาทำปฏิกิริยาหากทำการตรวจพบว่ามีปริมาณไขมันอิสระเกินกว่า 1% จะต้องทำการลดปริมาณไขมันอิสระด้วยกระบวนการเอสเทอริฟิเคชัน โดยส่วนใหญ่จะมีการให้ความร้อนกับปฏิกิริยาด้วยขดลวดความร้อนไฟฟ้า หรือคลื่นไมโครเวฟ แต่ในสองวิธีการดังกล่าวจะใช้เวลาและกำลังไฟฟ้าในการทำปฏิกิริยาสูง และจากการทดลองเบื้องต้นของหน่วยวิจัยทางระบบอุณหภาพได้มีการนำเทคนิคสนามไฟฟ้าเข้ามาช่วยในกระบวนการทำปฏิกิริยาพบว่า สามารถลดระยะเวลาและ

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาลงได้ ด้วยเหตุนี้จึงจะได้มีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของสนามไฟฟ้า รูปร่างของอิเล็กโทรด ที่มีผลต่อการทำปฏิกิริยา พร้อมด้วยกันนี้ยังศึกษาถึงสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ และต้นทุนในการผลิต