

ชื่อเรื่อง	ความสัมพันธ์ความเร็วเสียงในไบโอดีเซลกับพารามิเตอร์เทอร์โมไดนามิกส์
ชื่อผู้วิจัย	ดร.สุริยา พันธุ์โกศล ผศ. ดร.ภณวิสิฐภูมิ นาถรังสรรค์ รศ. ดร.กรณิกนก อายุสุข
สาขาวิชา	การจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ปีการศึกษา	2559

### บทคัดย่อ

ความเร็วเสียงเป็นสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของของเหลวโดยเป็นตัวกำหนดขนาดของระลอกจากหัวฉีดและการเผาไหม้ในกระบอกสูบ งานวิจัยนี้สนใจการประมาณความเร็วเสียงในกรดไขมันเอสเทอร์และไบโอดีเซลจากกฎพลังงานควมอิสระของมาร์ติน (Martin's rule of free energy additivity) สมการที่นำเสนอสามารถประมาณความเร็วเสียงในกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ กรดไขมันเอทิลเอสเทอร์ เมทิลไบโอดีเซล และเอทิลไบโอดีเซล ได้จำนวนอะตอมคาร์บอน และจำนวนพันธะคู่ ที่อุณหภูมิต่างๆ จากการประมาณค่าเทียบกับผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 0.35, 0.56, 0.36 และ 0.31 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถประมาณความเร็วเสียงของเมทิลไบโอดีเซลและเอทิลไบโอดีเซลได้จากจำนวนอะตอมคาร์บอนเฉลี่ย ( $z_{(ave)}$ ) และจำนวนพันธะคู่เฉลี่ย ( $n_{d(ave)}$ ) 2 สำหรับการทำนายความเร็วเสียงนอกช่วงอุณหภูมิ 278.15 ถึง 353.15 K ที่ศึกษาอาจมีความแม่นยำต่ำลง

คำสำคัญ: กฎควมรวมพลังงานอิสระ, การประมาณ, ความเร็วเสียง, ไบโอดีเซล

<b>Title</b>	Correlation of speed of sound in Biodiesels to its Thermodynamic Parameters
<b>Researcher</b>	Dr. Suriya Phankosol Asst. Prof. Dr. Phanawisittha Natchrungsunkh Assoc. Prof. Dr. Kornkanok Aryusuk
<b>Program</b>	Industrial and Technology Management
<b>Faculty</b>	Science and Technology
<b>University</b>	Bansomdejchaopraya Rajabhat University
<b>Academic Year</b>	2016

---

### Abstract

Speed of sound is great importance for fuel injection timing and combustion timing in the diesel engines. In this study correlation of speed of sound in fatty acid methyl ester (FAME), fatty acid ethyl esters (FAEE) methyl-biodiesels and ethyl-biodiesels are correlated to the Martin's rule of free energy additivity for predicting speed of sound from their own equations. The speed of sound in FAME, FAEE, methyl-biodiesels and ethyl-biodiesel can be easily predicted from its carbon number ( $z$ ), number of double bonds ( $n_d$ ) at different temperatures ( $T$ ). The average absolute deviation (AAD) in predicting of FAME, FAEE, methyl-biodiesels and ethyl-biodiesels are 0.35, 0.56, 0.36 and 0.31%, respectively. In addition, speed of sound in methyl-biodiesels and ethyl-biodiesels can be predicted from average carbon number of atoms ( $z_{(ave)}$ ) and number of double bonds average ( $n_{d(ave)}$ ) of fatty acids. The speed of sound outside temperature between 278.15 and 353.15 K may be possibly predicted by this model but accuracy may be lower.

**Keywords:** Law of Free Energy Additivity, Estimating, Speed of Sound, Biodiesel

### กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี เนื่องด้วยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2559 ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ คุณค่าและประโยชน์จากการค้นคว้าอันพึงมีของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบทดแทนบุญคุณต่อบุพการีและครูอาจารย์ที่ได้ประสาทวิชาความรู้ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ดร.สุริยา พันธุ์โกศล

15 สิงหาคม 2559

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับลิปิด	4
2.1.1 การจำแนกลิปิด	4
2.1.2 สารประกอบกลีเซอไรด์	6
2.1.3 การแยกและการวิเคราะห์ลิปิดด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี	7
2.1.4 หลักการทำงานของแก๊สโครมาโตกราฟี	7
2.1.5 ค่าสะaponนิฟิเคชัน (Saponification Number; SN)	8
2.1.6 ค่าไอโอดีน (Iodine Value; IV)	9
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไบโอดีเซล	9
2.2.1 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน (Transesterification Reaction)	10
2.2.2 ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน	11
2.2.3 แอลกอฮอล์ที่ใช้ในกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน	13
2.2.4 ไขมันและน้ำมัน	15

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
2.2.5	ปัจจัยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยา	17
2.3	ความเร็วเสียง	23
2.3.1	ความเร็วเสียงในของแข็ง	24
2.3.2	ความเร็วเสียงในของเหลว	25
2.4	ความเร็วเสียงในไบโอดีเซลและแบบจำลองความเร็วเสียง	26
2.4.1	ความสัมพันธ์ความเร็วเสียงและพลังงานอิสระ	27
2.4.2	ความสัมพันธ์ความเร็วเสียงในเอสเทอร์กรดไขมันกับพลังงานอิสระ	28
2.4.3	ความเร็วเสียงในของเหลวผสมหรือน้ำมันไบโอดีเซล	30
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	32
3.1	ขั้นตอนการวิจัย	32
3.2	ข้อมูลการทดลอง	33
3.3	การหาค่าเฉลี่ยจำนวนอะตอมคาร์บอน ( $z_{ave}$ ) และจำนวนพันธะคู่ ( $n_{d(ave)}$ )	33
3.4	การหาค่าคงที่ในสมการที่ (2.20)	33
3.5	การวิเคราะห์ทางสถิติ	34
3.5.1	ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (AAD (%))	34
3.5.2	ค่าเอนเอียง (Bias (%))	34
3.5.3	ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error)	35
บทที่ 4	ผลการศึกษา	36
4.1	ผลของโครงสร้างทางเคมีต่อความเร็วเสียงในกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์และเมทิลไบโอดีเซล	36
4.1.1	ความเร็วเสียงในกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์บริสุทธิ์	36
4.1.2	ความเร็วเสียงในเมทิลไบโอดีเซล	39

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.3 ผลของค่า $z_{ave}$ และ $n_{d(ave)}$ ต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วเสียงในเมทิลโบไอดีเซล	41
4.2 ผลของโครงสร้างทางเคมีต่อความเร็วเสียงในกรดไขมันเอทิลเอสเทอร์และเอทิลโบไอดีเซล	49
4.2.1 ความเร็วเสียงในกรดไขมันเอทิลเอสเทอร์	49
4.2.2 ความเร็วเสียงในเอทิลโบไอดีเซล	53
4.2.3 ผลของค่า $z_{ave}$ และ $n_{d(ave)}$ ต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วเสียงในเมทิลโบไอดีเซล	59
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	60
5.1 สรุปผลการศึกษา	60
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก	66
ภาคผนวก ก : ตัวอย่างการคำนวณจำนวนอะตอมคาร์บอนเฉลี่ย ( $z_{ave}$ ) และจำนวนพันธะคู่เฉลี่ย ( $n_{d(ave)}$ )	67
ภาคผนวก ข : ตัวอย่างการคำนวณค่าความเร็วเสียง	69
ประวัติผู้วิจัย	72

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กรดไขมันที่พบได้ทั่วไปตามแหล่งสามัญต่างๆ	5
2.2	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืช	16
2.3	แสดงค่าความเร็วเสียงในตัวกลางชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	24
2.4	ระเบียบวิธีสำหรับการทำนายความเร็วเสียงในเมทิลเอสเทอร์กรดไขมันและเมทิลไบโอดีเซล	27
4.1	ความเร็วเสียงในกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ที่ประมาณด้วยสมการที่ (4.4)	38
4.2	องค์ประกอบกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ในไบโอดีเซล	42
4.3	ความเร็วเสียงในเมทิลไบโอดีเซลที่ประมาณด้วยสมการที่ (4.5)	43
4.4	ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความเร็วเสียงในเมทิลไบโอดีเซลที่ประมาณด้วย ระเบียบวิธีต่าง ๆ	46
4.5	ผลการทำนายความเร็วเสียงของ FAEE จากสมการที่ (4.8) และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเทียบกับผลการทดลอง	50
4.6	องค์ประกอบเอทิลเอสเทอร์กรดไขมันของเอทิลไบโอดีเซล (สัดส่วนโดยมวล)	53
4.7	ผลการทำนายความเร็วเสียงในเอทิลไบโอดีเซลเทียบกับผลการทดลองของ Freitas et al.	54
4.8	ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (AAD(%)) จากการทำนายเทียบกับผลการทดลอง	56
ก	องค์ประกอบของกรดไขมัน	67
ข	การคำนวณความเร็วเสียงด้วยสมการที่ (4.8)	69

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างโมเดลของกลีเซอไรด์ (ก) โมโนกลีเซอไรด์ (ข) ไดกลีเซอไรด์ และ (ค) ไตรกลีเซอไรด์	6
2.2	แผนภาพแสดงเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี	8
2.3	โครงสร้างโมเลกุลของเมทานอล	13
2.4	โครงสร้างโมเลกุลของเอทานอล	14
2.5	ปฏิกิริยาการเกิดไตรกลีเซอไรด์	15
2.6	น้ำมันปาล์ม	17
2.7	ปฏิกิริยาการเกิดสบู่	21
2.8	โครงสร้างโมเลกุลของเอทิลเอสเทอร์กรดไขมันกับพลังงานอิสระ	29
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	32
4.1	ค่าความคลาดเคลื่อนของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ด้วยสมการที่ (4.4) เทียบกับผลการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 298.25-353.15K	38
4.2	ความเร็วเสียงในกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์จากการประมาณด้วยสมการที่ (4.4) กับผลการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 298.25-353.15K	39
4.3	ความเร็วเสียงในเมทิลไบโอดีเซลจากการประมาณด้วยสมการที่ (4.5) กับผลการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 298.25-353.15K	41
4.4	ร้อยละความคลาดเคลื่อน (D(%)) จากการทำนายความเร็วเสียงใน FAEE ด้วยสมการที่ (4.8) เทียบกับผลการทดลอง ในช่วงอุณหภูมิ 293.15-343.15 K	49
4.5	ผลการทำนายความเร็วเสียงของ FAEE จากสมการที่ (4.8) กับผลการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 293.15 - 343.15 K	49
4.6	การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (D(%)) ของเอทิลไบโอดีเซลจากสมการที่ (4.9) เทียบกับการทดลอง ในช่วงอุณหภูมิ 293.15 - 343.15 K	56
4.7	ผลการทำนายความเร็วเสียงจากสมการที่ (4.9) กับผลการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 293.15 - 343.15 K	57