Journal of Energy and Environment Technology
http://jeet.siamtechu.net Research Article

การประมาณค่าแรงตึงผิวของน้ำมันพืชจากค่าสะปอนนิฟิเคชันและค่าไอโอดีนจากการแก้สมการถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปรของพลังงานอิสระปฏิสัมพันธ์ระหว่างผิว

Estimation Surface Tension of Vegetable Oils from Saponification Number and Iodine Value by Multiple Liner Regression

สุริยา พันธ์โกศล[1] และติณณภพ จุ่มอิ่น[2]

[1]*สาขาการจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร 10600
[2]*สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม*
เลขที่ 46 *ถนนจรัญสนิทวงศ์* 10 *แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ* 10600

*** ผู้ติอต่อ:** s.phankosol@gmail.com

บทคัดย่อ

แรงตึงผิวเป็นสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของเหลว ในการศึกษานี้ประยุกต์ใช้สมการทั่วไปของพันธ์โกศลในการประมาณแรงตึงผิวของน้ำมันพืชที่อุณหภูมิใดๆ จากค่าสะปอนนิฟิเคชันและค่าไอโอดีน ในการศึกษาใช้ข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงมาใช้ในการศึกษาและสนับสนุนเพื่อยืนยันความถูกต้องแม่นยำของสมการที่จะนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่าสมการที่นำเสนอง่ายต่อการใช้งานและมีความถูกต้องแม่นยำในการใช้งานโดยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ช่วงอุณหภูมิ 10-40 ^{o}C เท่ากับ 0.00014% การใช้สมการทำนายแรงตึงผิวนอกช่วงอุณหภูมิที่นำเสนออาจทำให้ความแม่นยำต่ำลง

คำหลัก: การประมาณค่า/ ค่าสะปอนนิฟิเคชัน/ ค่าไอโอดีน/ แรงตึงผิว

Abstract

Surface Tension (γ) are important physical properties of a liquid. In this work, proposed a developed general surface tension model of Phankosal for estimating surface tension of vegetable oils at variable temperature as a function of saponification number and iodine value. Data available in literatures are used to validate, and support the speculations derived from the proposed equation.

The proposed equation is easy to use and the estimated surface tension values of vegetable oil at different temperatures agree well with the literature values, within a narrow range of 10-140°C. The average absolute deviation (AAD) is 0.00014%.

The surface tension outside this temperature range may be possibly predicted by this model but accuracy may be lower.

***Keywords**:* Estimation/ Saponification number/ Surface tension/ Iodine value

1. บทนำ

แรงตึงผิวเป็นหนึ่งในสมบัติทางกายภาพที่สำคัญในของของเหลวที่ใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการพ่นฝอยละอองน้ำมันพืชในห้องปฏิกรณ์ ในขั้นตอนนี้พบว่าถ้าแรงตึงผิวของน้ำมันพืชมีค่าสูงละอองน้ำมันที่พ่นจะมีขนาดใหญ่และมีแนวโน้มสูงมากที่จะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ซึ่งส่งผลต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพและการปลดปล่อยมลพิษ [1, 2] แรงตึงผิวและสมบัติทางกายภาพต่างๆ น้ำมันพืชอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของกรดไขมันที่มีอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาใช้ สมการสำหรับทำนายแรงตึงผิวของของเหลวมีการนำเสนอมากพอสมควรแต่สมการสำหรับทำนายแรงตึงผิวของน้ำมันพืชยังมีอยู่ในปริมาณน้อย

Phankosol et al.[1] ได้เสนอสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวกับพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างผิวตามกฎควบรวมพลังงานของมาร์ติน [2] ในการประมาณค่าแรงตึงผิวของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์และไบโอดีเซลที่อุณภูมิต่างๆ สมการดังกล่าว (สมการที่ (1), (2)) มีเงื่อนไขสำคัญของสมการที่ดีครบตามองค์ประกอบของ Halvoson et al. [3]

$$\gamma = a_1 + b_1 z + c_1 T + d_1 zT + e_1 n_d + f_1 n_d T \qquad (1)$$

เมื่อ $a_1 \ldots f_1$ คือค่าคงที่

z คือจำนวนอะตอมคาร์บอน

n_d คือจำนวนพันธะคู่

T คืออุณหภูมิสัมบูรณ์

ในงานวิจัยนี้สนใจประยุกต์ใช้สมการความสัมพันธ์ของ Phankosol et al.[1] ในประมาณแรงตึงผิวของน้ำมันพืชที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วนค่าสะปอนนิฟิเคชันและค่าไอโอดีน เนื่องจากค่าทั้งคู่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ง่ายกว่าการหาจำนวนอะตอมคาร์บอนและจำนวนพันธะคู่ ทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน

2. ทฤษฎี

Phankosol et al.[5] ได้เสนอการประมาณค่าสมบัติทางกายภาพที่อุณหภูมิต่างๆ จากค่าซาปอนนิฟิเคชัน (Saponification Number; *SN*) และค่าไอโอดีน (Iodine Value; *IV*) ซึ่งค่าทั้งสองได้

แสดงความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับขนาดโมเลกุลและความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันลักษณะปรากฏของน้ำมันเช่น ค่าซีเทน [6] และค่าความร้อนการเผาไหม้ [7] เป็นต้น โดยทำการแทนสมการที่ (2)-(4) ในสมการที่ (1) เมื่อจัดรูปใหม่ได้ดังสมการที่ (5)

$$M = 14z - 2n_d + 46 \tag{2}$$

$$SN = \frac{56000}{M} \tag{3}$$

$$IV = \frac{25400(n_d)}{M} \tag{4}$$

$$\gamma = a_2 + b_2\frac{1}{SN} + c_2T + d_2\frac{T}{SN} + e_2\frac{IV}{SN} + f_2\frac{IV(T)}{SN} \tag{5}$$

เมื่อ $a_2 \ldots f_2$ คือค่าคงที่

3. ระเบียบวิธี

3.1 ข้อมูลการทดลอง

ในการศึกษานี้ใช้ผลการทดลองของ Esteban et al.[8] ซึ่งได้ทำการทดลองหาแรงตึงผิวของน้ำมันพืช 6 ชนิด ด้วยวิธีการ Drop weight method ที่ช่วงอุณหภูมิ 10-140°C

3.2 การหาค่าคงที่ในสมการที่ (5)

ค่าคงที่ในสมการที่ (5) ใช้วิธีการหาด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปร (Multiple liner regression)

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (AAD (%))

$$\mathrm{AAD}(\%) = \frac{100}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{\gamma_{\exp} - \gamma_{cal}}{\gamma_{\exp}}\right| \tag{6}$$

โดยที่ $\gamma_{\exp}$ คือค่าจากผลการทดลองที่มีนำเสนอ γ_{cal} คือค่าที่ได้จากการคำนวณ และ N คือค่าจำนวนของจุดข้อมูล

ค่าเอนเอียง (Bias (%))

$$\mathrm{Bias}(\%) = \frac{100}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[\frac{\gamma_{\exp} - \gamma_{cal}}{\gamma_{\exp}}\right] \tag{7}$$

ค่าคลาดเคลื่อนมาตราฐาน (Standard Error:σx)

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{N} \tag{8}$$

เมื่อ σ และ N คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และจำนวนข้อมูลตามลำดับ

4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

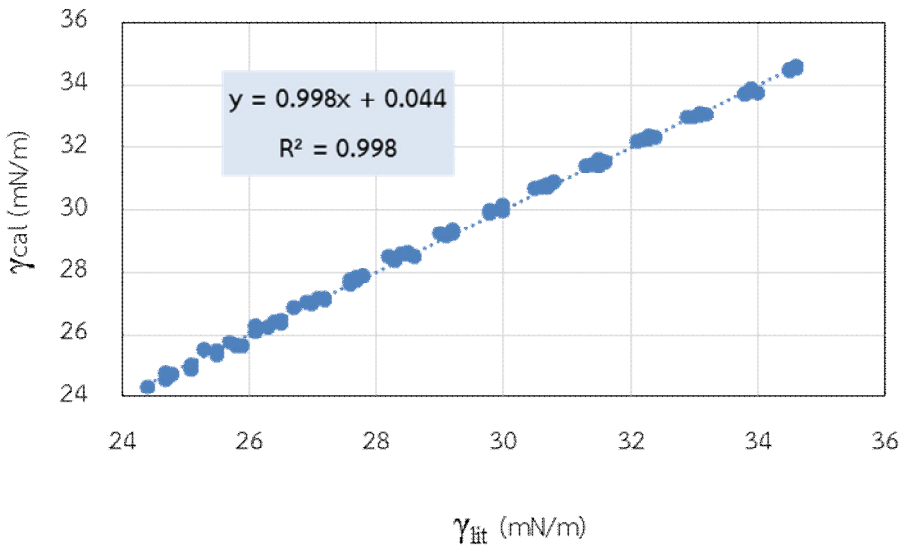
องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันพืช 6 ชนิดแสดงในตารางที่ 1 พบว่าค่า SN และ IV อยู่ในช่วง 190.45-197.60 และ 0.60-1.57 ตามลำดับ จากการค่าคงที่ในสมการที่ (5) ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปรเมื่อแทนค่าคงที่ทั้ง 6 ลงในสมการได้สมการใหม่ดังสมการที่ (9)

$$\gamma = -10.841 + 12724.3\frac{1}{SN} + 0.113856T - 36.7572\frac{T}{SN} + 0.1432\frac{IV}{SN} + 0.00493\frac{IV(T)}{SN} \qquad (9)$$

ตารางที่ 1 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันพืช 6 ชนิด[8]

Oils	Fatty acid (%)							SN	IV
	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Other		
Rapeseed	4.7	0.3	1.3	65.3	19.2	8.3	1.1	190.45	1.30
Sunflower	6.7	0.3	2.9	38.7	51.3	0.1	0.2	191.19	1.42
Soybean	11.2	0.2	2.9	25.2	55.4	5.0	0.2	191.98	1.51
Palm	45.6	0.4	3.8	38.5	10.5	0.1	1.0	197.60	0.60
Corn	11.4	0.3	1.7	32.8	53.3	0.5	0.2	192.09	1.41
Grapeseed	7.2	0.1	3.9	20.2	68.4	0.2	0.2	191.45	1.57

การประมาณแรงตึงผิวด้วยสมการที่ (9) เทียบกับผลการทดลองน้ำมันพืช 6 ชนิด ของ Esteban et al. [8] ที่ช่วงอุณหภูมิ 10-140°C แสดงในตารางที่ 2 พบว่าสมการที่นำเสนอมีความแม่นยำสูงค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน (D (%)) ที่อุณหภูมิต่างๆแสดงในรูปที่ 2 จากการเปรียบเทียบกับน้ำมันพืช 6 ชนิดพบว่าน้ำมันปาล์มมีค่า AAD (%) ต่ำสุดเท่ากับ 0.23% และค่าสูงสุดคือน้ำมันจากเมล็ดข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 0.44% เมื่อพิจารณาโดยรวมของน้ำมันพืชทั้ง 6 ชนิด พบว่าค่า Bias (%), ช่วงค่า AD (%) และ AAD (%) เท่ากับ 0.00, 0.00-1.02% และ 0.00014% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสมการที่นำเสนอมีความถูกต้องแม่นยำสูง จากการวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวจากการประมาณด้วยสมการที่ (9) กับการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่าค่าจุดตัดแกน ความชัน ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.044, 0.998, 0.998 และ 0.121 ตามลำดับ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวจากการประมาณด้วยสมการที่ (5) กับผลการทดลองของ Flingoh and Chong[9]ที่ช่วงอุณหภูมิ 10-140°C

5. สรุป

ในการศึกษานี้ได้พัฒนาสมการที่เสนอในการประมาณแรงตึงผิวของน้ำมันพืชจากค่า *SN* และ *IV* จากการศึกษาเทียบกับน้ำมันพืช 6 ชนิด ที่ช่วงอุณหภูมิ 10-140°C พบว่าการประมาณค่าแรงตึงผิวมีความแม่นยำ การประมาณค่านอกช่วงอุณหภูมิความคลาดเคลื่อนอาจเพิ่มขึ้น สมการความสัมพันธ์ที่นำเสนอสามารถแสดงผลขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืชต่อแรงตึงผิวได้อย่างชัดแจ้ง ซึ่งอาจประยุกต์ใช้ออกแบบแรงตึงผิวที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์การใช้งานได้

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่สนับสนุนงบประมาณวิจัยในโครงการนักวิจัยรุ่นใหม่ ปีงบประมาณ 2558

ตารางที่ 2 ผลการประมาณค่าแรงตึงผิวของน้ำมันพืชเทียบกับผลการทดลองที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Temp. (K)	Rapeseed		Sunflower		Soybean		Palm		Corn		Grapeseed	
	γ_{Cal} (mN/m)	%D	γ_{Cal} (mN/m)	%D	γ_{Cal} (mN/m)	%D	γ_{Cal} (mN/m)	%D	γ_{Cal} (mN/m)	%D	γ_{Cal} (mN/m)	%D
283.15	34.46	0.10	34.50	0.29	34.51	0.26	33.52	-	34.43	0.19	34.59	0.02
293.15	33.70	0.29	33.75	0.74	33.77	0.39	32.82	-	33.69	0.33	33.85	0.16
303.15	32.94	0.18	32.99	0.32	33.03	0.52	32.11	-	32.95	-0.14	33.10	0.00
313.15	32.18	-0.24	32.24	0.18	32.28	0.36	31.40	0.32	32.20	-0.01	32.35	-0.17
323.15	31.42	-0.37	31.49	0.03	31.54	0.19	30.69	0.03	31.46	-0.19	31.61	-0.34
333.15	30.65	-0.50	30.74	-0.12	30.80	-0.32	29.98	0.06	30.72	-0.38	30.86	-0.20
343.15	29.89	-0.30	29.99	0.05	30.06	-0.19	29.27	-0.25	29.97	-0.58	30.11	-0.38
353.15	29.13	-0.10	29.23	-0.11	29.31	-0.39	28.56	-0.22	29.23	-0.79	29.37	-0.58
363.15	28.37	-0.23	28.48	0.42	28.57	-0.60	27.85	-0.20	28.48	-1.01	28.62	-0.43
373.15	27.60	-0.01	27.73	-0.10	27.83	-0.46	27.15	-0.17	27.74	-0.51	27.88	-0.27
383.15	26.84	-0.53	26.98	0.09	27.09	0.42	26.44	0.24	27.00	-0.36	27.13	0.26
393.15	26.08	0.08	26.22	0.29	26.34	0.59	25.73	-0.11	26.25	-0.59	26.38	0.06
403.15	25.32	0.72	25.47	0.12	25.60	0.77	25.02	0.32	25.51	-0.83	25.64	1.02
413.15	24.55	0.60	24.72	0.33	24.86	0.96	24.31	0.36	24.77	-0.27	24.89	0.84
AD(%)		0.30		0.23		0.46		0.21		0.44		0.34

7. อ้างอิง

[1]. Phankosol, S., et al., *Estimation of surface tension of fatty acid methyl ester and biodiesel at different temperatures.* Fuel, 2014. 126(0): p. 162-168.

[2]. Martin, A.J.P., *Partition Chromatography.* Annual Review of Biochemistry, 1950. 19(1): p. 517-542.

[3]. Halvorsen, J.D., W.C. Mammel, Jr., and L.D. Clements, *Density estimation for fatty acids and vegetable oils based on their fatty acid composition.* J. Am. Oil Chem. Soc. , 1993. 70(9): p. 875-880.

[4]. Chanida Sansa-ard, K.A., Supathra Lilitchan, and Kanit Krisnangkura, *Free Energy Contribution to Gas Chromatographic Separation of Petroselinate and Oleate Esters.* Chromatography Research International, 2011. 2011: p. 9 pages.

[5]. Phankosol, S., et al., *Estimation of Density of Biodiesel.* Energy & Fuels, 2014. 28(7): p. 4633-4641.

[6]. Krisnangkura, K., *A simple method for estimation of cetane index of vegetable oil methyl esters.* Journal of the American Oil Chemists Society, 1986. 63(4): p. 552-553.

[7]. Krisnangkura, K., *Estimation of heat of combustion of triglycerides and fatty acid methyl esters.* Journal of the American Oil Chemists Society, 1991. 68(1): p. 56-58.

[8]. Esteban, B., et al., *Characterization of the surface tension of vegetable oils to be used as fuel in diesel engines.* Fuel, 2012. 102(0): p. 231-238.

[9]. Flingoh, C.H.O.H., Chong, C.L., *Surface tensions of palm oil, palm olein and palm stearin.* ELAEIS, 1992. 4(1): p. 27-31.