

ภาคผนวก ก

ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเมทิลเอสเทอร์
ในถังปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง

ตารางที่ ก.1 ค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์และต้นทุนการผลิตเมทิลเอสเทอร์

อัตราส่วน เชิงโมล	อุณหภูมิของ ปฏิกิริยา (°C)	เวลาที่สารอยู่ใน ถังปฏิกรณ์ (นาที)	ร้อยละความ บริสุทธิ์ของ เมทิลเอสเทอร์	ต้นทุนการผลิต (บาทต่อลิตร)
6:1	50	10	89.76	27.16
		20	93.91	26.09
		30	95.44	25.72
		40	96.24	25.53
		50	96.73	25.42
	55	10	92.01	26.57
		20	95.18	25.79
		30	96.32	25.52
		40	96.91	25.38
		50	97.27	25.30
	60	10	93.68	26.15
		20	96.08	25.57
		30	96.93	25.37
		40	97.37	25.27
		50	97.63	25.21
	65	10	94.90	25.85
		20	96.72	25.42
		30	97.36	25.28
		40	97.68	25.20
		50	97.88	25.16

ตารางที่ ก.1 ค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์และต้นทุนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ (ต่อ)

อัตราส่วนเชิง โมล	อุณหภูมิของ ปฏิกิริยา (°C)	เวลาที่สารอยู่ใน ถังปฏิกรณ์ (นาที)	ร้อยละความ บริสุทธิ์ของ เมทิลเอสเทอร์	ต้นทุนการผลิต (บาทต่อลิตร)
6:1	70	10	95.80	25.64
		20	97.18	25.32
		30	97.65	25.21
		40	97.89	25.16
		50	98.04	25.12
8:1	50	10	93.40	26.54
		20	96.28	25.84
		30	97.29	25.60
		40	97.82	25.48
		50	98.13	25.41
	55	10	94.98	26.15
		20	97.12	25.65
		30	97.86	25.47
		40	98.24	25.39
		50	98.47	25.34
	60	10	96.12	25.88
		20	97.71	25.51
		30	98.26	25.39
		40	98.53	25.32
		50	98.70	25.28
	65	10	96.94	25.69
		20	98.12	25.42
		30	98.53	25.33
		40	98.73	25.28
		50	98.85	25.25

ตารางที่ ก.1 ค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์และต้นทุนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ (ต่อ)

อัตราส่วน เชิงโมล	อุณหภูมิของ ปฏิกิริยา (°C)	เวลาที่สารอยู่ใน ถังปฏิกรณ์ (นาที)	ร้อยละความ บริสุทธิ์ของ เมทิลเอสเทอร์	ต้นทุนการผลิต (บาทต่อลิตร)
8:1	70	10	97.52	25.56
		20	98.41	25.35
		30	98.71	25.29
		40	98.86	25.25
		50	98.95	25.23
10:1	50	10	95.17	26.42
		20	97.34	25.90
		30	98.09	25.73
		40	98.47	25.64
		50	98.70	25.59
	55	10	96.37	26.13
		20	97.96	25.76
		30	98.51	25.63
		40	98.78	25.57
		50	98.95	25.52
	60	10	97.22	25.93
		20	98.40	25.66
		30	98.79	25.57
		40	98.99	25.52
		50	99.12	25.50
	65	10	97.83	25.79
		20	98.70	25.59
		30	98.99	25.53
		40	99.14	25.49
		50	99.23	25.47

ตารางที่ ก.1 ค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์และต้นทุนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ (ต่อ)

อัตราส่วน เชิงโมล	อุณหภูมิของ ปฏิกิริยา (°C)	เวลาที่สารอยู่ใน ถังปฏิกรณ์ (นาที)	ร้อยละความ บริสุทธิ์ของ เมทิลเอสเทอร์	ต้นทุนการผลิต (บาทต่อลิตร)
10:1	70	10	98.26	25.69
		20	98.90	25.55
		30	99.12	25.50
		40	99.23	25.47
		50	99.30	25.46
12:1	50	10	96.21	26.48
		20	97.94	26.07
		30	98.53	25.93
		40	98.83	25.86
		50	99.01	25.82
	55	10	97.17	26.25
		20	98.43	25.95
		30	98.86	25.85
		40	99.07	25.80
		50	99.20	25.77
	60	10	97.84	26.09
		20	98.77	25.88
		30	99.08	25.80
		40	99.24	25.77
		50	99.33	25.75
	65	10	98.32	25.98
		20	99.00	25.82
		30	99.23	25.77
		40	99.35	25.74
		50	99.42	25.73

ตารางที่ ก.1 ค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์และต้นทุนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ (ต่อ)

อัตราส่วน เชิงโมล	อุณหภูมิของ ปฏิกิริยา (°C)	เวลาที่สารอยู่ใน ถังปฏิกรณ์ (นาที)	ร้อยละความ บริสุทธิ์ของ เมทิลเอสเทอร์	ต้นทุนการผลิต (บาทต่อลิตร)
12:1	70	10	98.66	25.90
		20	99.17	25.79
		30	99.34	25.75
		40	99.44	25.73
		50	99.47	25.72
15:1	50	10	97.13	26.71
		20	98.46	26.40
		30	98.91	26.29
		40	99.13	26.24
		50	99.27	26.21
	55	10	97.87	26.54
		20	98.83	26.31
		30	99.16	26.23
		40	99.32	26.20
		50	99.42	26.19
	60	10	98.39	26.42
		20	99.09	26.25
		30	99.32	26.20
		40	99.44	26.17
		50	99.51	26.15
	65	10	98.75	26.33
		20	99.27	26.21
		30	99.44	26.17
		40	99.53	26.15
		50	99.58	26.14

ตารางที่ ก.1 ค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์และต้นทุนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ (ต่อ)

อัตราส่วน เชิงโมล	อุณหภูมิของ ปฏิกิริยา (°C)	เวลาที่สารอยู่ใน ถังปฏิกรณ์ (นาที)	ร้อยละความ บริสุทธิ์ของ เมทิลเอสเทอร์	ต้นทุนการผลิต (บาทต่อลิตร)
15:1	70	10	99.01	26.27
		20	99.39	26.18
		30	99.52	26.16
		40	99.58	26.14
		50	99.62	26.13

ภาคผนวก ข

ผลจากการศึกษาการแยกชั้นของกลีเซอรอลและเมทิลเอสเทอร์

ตาราง ข.1 อัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มที่ 6:1 และปริมาตรของสารผสม 250 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกตวงปริมาตร 250 500 และ 1000 มิลลิลิตร ค่าความสูงของกลีเซอรอลที่เวลาต่าง ๆ

เวลา (นาที)	ความสูงของกลีเซอรอล (ซม.)			เวลา (นาที)	ความสูงของกลีเซอรอล (ซม.)		
	250 มล.	500 มล.	1000 มล.		250 มล.	500 มล.	1000 มล.
0	0	0	0	10.5	2.2	1.1	0.7
0.5	0	0	0	11.0	2.25	1.15	0.7
1.0	0	0	0	11.5	2.3	1.15	0.7
1.5	0.05	0	0	12.0	2.3	1.2	0.7
2.0	0.1	0	0	12.5	2.4	1.2	0.7
2.5	0.1	0.1	0	13.0	2.4	1.2	0.7
3.0	0.15	0.1	0	13.5	2.45	1.2	0.7
3.5	0.2	0.2	0.1	14.0	2.5	1.2	0.7
4.0	0.3	0.3	0.1	14.5	2.5	1.2	0.7
4.5	0.4	0.4	0.2	15.0	2.5	1.2	0.7
5.0	0.5	0.5	0.2	15.5	2.5	1.2	0.7
5.5	0.7	0.6	0.3	16.0	2.5	1.2	0.7
6.0	0.9	0.7	0.3	16.5	2.5	1.2	0.7
6.5	1	0.8	0.3	17.0	2.5	1.2	0.7
7.0	1.2	0.9	0.4	17.5	2.5	1.2	0.7
7.5	1.35	1	0.4	18.0	2.5	1.2	0.7
8.0	1.5	1	0.5	18.5	2.5	1.2	0.7
8.5	1.65	1	0.6	19.0	2.5	1.2	0.7
9.0	1.8	1.1	0.6	19.5	2.5	1.2	0.7
9.5	1.9	1.1	0.6	20.0	2.5	1.2	0.7
10	2.1	1.1	0.6				

ตาราง ข.2 อัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มที่ 6:1 10:1 และ 15:1 ปริมาตรของสารผสม 250 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกลอยปริมาตร 500 มิลลิลิตร ค่าความสูงของกลีเซอรอลที่เวลาต่าง ๆ

เวลา (นาที)	ความสูงของกลีเซอรอล (ซม.)			เวลา (นาที)	ความสูงของกลีเซอรอล (ซม.)		
	6:1	10:1	15:1		6:1	10:1	15:1
0	0	0	0	10.5	1.1	1.8	2.5
0.5	0	0	1.4	11.0	1.15	1.8	2.5
1.0	0	0.05	2.45	11.5	1.15	1.8	2.5
1.5	0	0.15	2.45	12.0	1.2	1.8	2.5
2.0	0	0.5	2.5	12.5	1.2	1.8	2.5
2.5	0.1	1.05	2.5	13.0	1.2	1.8	2.5
3.0	0.1	1.45	2.5	13.5	1.2	1.8	2.5
3.5	0.2	1.55	2.5	14.0	1.2	1.8	2.5
4.0	0.3	1.6	2.5	14.5	1.2	1.8	2.5
4.5	0.4	1.65	2.5	15.0	1.2	1.8	2.5
5.0	0.5	1.65	2.5	15.5	1.2	1.8	2.5
5.5	0.6	1.7	2.5	16.0	1.2	1.8	2.5
6.0	0.7	1.7	2.5	16.5	1.2	1.8	2.5
6.5	0.8	1.75	2.5	17.0	1.2	1.8	2.5
7.0	0.9	1.75	2.5	17.5	1.2	1.8	2.5
7.5	1	1.75	2.5	18.0	1.2	1.8	2.5
8.0	1	1.75	2.5	18.5	1.2	1.8	2.5
8.5	1	1.75	2.5	19.0	1.2	1.8	2.5
9.0	1.1	1.75	2.5	19.5	1.2	1.8	2.5
9.5	1.1	1.75	2.5	20.0	1.2	1.8	2.5
10	1.1	1.8	2.5				

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์และการคำนวณ

1. โครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) (ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

เทคนิคที่ใช้แยกสารออกจากกันโดยอาศัยความแตกต่างในด้านสมบัติที่ต่างกันของสารที่ต้องการแยก เช่น สมบัติในการละลาย ขนาดโมเลกุล ประจุบนโมเลกุล หมู่สำคัญทางเคมี หรือความจำเพาะตัวทางชีวภาพของสาร

ส่วนประกอบสำคัญในระบบการแยก

ส่วนที่อยู่กับที่หรือไม่เคลื่อนที่ (Stationary phase)

- อาจเป็นของแข็งหรือของเหลวที่ยึดแน่นบน Supporting media (ตัวค้ำจุน)

ส่วนที่เคลื่อนที่ (Mobile phase)

- เป็นของเหลวผสม ซึ่งจะทำหน้าที่ชะแยกสารออกจากส่วนไม่เคลื่อนที่ หรือจากจุดเริ่มต้นไปตามทิศทางเคลื่อนที่ของ Mobile phase นั้น

โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY) หรือที่นิยมเรียกว่า HPLC เป็นเทคนิคการวิเคราะห์สารเชิงคุณภาพวิเคราะห์ (Qualitative analysis) และปริมาณวิเคราะห์ (Quantitative analysis) ที่นิยมใช้มากวิธีหนึ่ง โดยสามารถใช้กับงานด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่นในการวิเคราะห์ทางอาหาร ยา ยาฆ่าแมลง ตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ฯลฯ สามารถตรวจวิเคราะห์ปริมาณในระดับไมโครกรัม ในกรณีทั่วไป หรือละเอียดถึงพิโคกรัม เมื่อเลือกหน่วยตรวจวัดที่เหมาะสม

HPLC เป็นเทคนิคแยกสารผสมโดยใช้เครื่องสูบล้างแรงดันสูง (High pressure pump) สูบล้างของเหลวหรือตัวทำละลายซึ่งทำหน้าที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile phase) พาสารตัวอย่างที่ถูกฉีดเข้าทางช่องฉีดสาร (Injector) เคลื่อนที่ผ่านอนุภาคที่เป็นวัฏภาคคงที่ (Stationary phase) ซึ่งบรรจุอยู่ในคอลัมน์ (Column) สารผสมเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์แล้วจะถูกแยกออกมาในเวลาที่แตกต่างกัน ผ่านเข้าสู่เครื่องตรวจวัด (Detector) สัญญาณที่ตรวจวัดได้ซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าตามเวลาและปริมาณของสารแต่ละตัวที่ตรวจวัดได้ โดยสัญญาณจะถูกส่งไปยังเครื่องบันทึกสัญญาณแสดงผลออกมาเป็นโครมาโทแกรม (Chromatogram) ประกอบด้วยพีก (Peaks) ของสารที่เป็นองค์ประกอบของสารผสม

ส่วนประกอบที่สำคัญของ HPLC

Mobile phase reservoir

- ใช้บรรจุเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase)
- แก้ว / Stainless steel
- มีเครื่องกรองฝุ่น/สิ่งสกปรก

Degasser

- ขจัดฟองอากาศในสารละลาย

Pump

การแยกสารใน HPLC อาศัยการไหลของเฟสเคลื่อนที่ผ่านเฟสอยู่กับที่ ที่มีขนาดอนุภาคเล็กมาก ทำให้เกิดความต้านทานการไหล ระบบปั๊มจึงมีความสำคัญมากในการที่จะทำให้ความดันสูงเพื่อที่จะเอาชนะแรงต้านทาน ปั๊มที่ใช้ควรทำให้เกิดความดันได้สูงประมาณ 6000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีอัตราการไหล (Flow rate) อยู่ในระหว่าง 0.1-10 มิลลิลิตรต่อนาที

Sample injection system

- Manual (ใช้ Microsyring)
- Automatic sampler injector

Column

1. Analytical column: ความยาว 10-30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4-10 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ เช่น stainless steel polyethylene แก้ว และ PEEK เป็นต้น Packing material ที่อยู่ภายใน ได้แก่ silica based, resins, gels และ bonded phases

2. Guard column

นิยมใช้ต่อก่อนเข้า Analytical column เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของ Analytical column จะทำหน้าที่กรองอนุภาคหรือสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมากับตัวทำละลาย ส่วนประกอบของวัสดุบรรจุจะคล้ายคลึงกับ Analytical column แต่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าและราคาไม่แพงมากนัก

Detector

เครื่องตรวจวัดสำหรับ HPLC ที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่

1. Ultraviolet-Visible detector: อาศัยการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง เช่น Diode array detector
2. Fluorescence detector: ใช้กับสารที่สามารถ fluorescence ได้
3. Refractive index detectors (RI detector): ใช้วัดปริมาณสารใดก็ได้ที่มีค่าดัชนีหักเห ต่างจากเฟสเคลื่อนที่

4. Electrochemical detectors: ใช้วัดการสูญเสียหรือได้รับอิเล็กตรอนของสารที่ถูกชะออกมาจากคอลัมน์

5. Conductivity detectors: ใช้วัดความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้า

2. การวัดปริมาณเมทิลเอสเทอร์โดยใช้เทคนิค Thin Layer Chromatography – Flame Ionization Detection (TLC/FID) (ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

Thin Layer Chromatography – Flame Ionization Detection (TLC/FID) เป็นการแยกของผสมในสารละลาย เช่น แยกไขมัน วิธีนี้ประกอบด้วยแท่งแก้วที่เคลือบบางๆด้วยตัวดูดซึม (Absorbent) เช่น ซิลิกาเจล หรืออะลูมินา แท่งแก้วที่เคลือบแล้วจะปล่อยให้แห้งแล้วอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงภายในระยะเวลาที่กำหนด เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการกระตุ้น (Activation) เป็นการกำจัดน้ำออกจากตัวดูดซับ การแยกด้วยวิธีนี้ใช้หลักที่ว่าสารแต่ละชนิดมีอัตราการเคลื่อนที่บนตัวดูดซับไม่เท่ากัน บางชนิดถูกดูดซับไว้ด้วยตัวดูดซับซึ่งเป็นส่วนคงที่ แต่บางชนิดอาจถูกพาเคลื่อนที่ การแยกทำเหมือนกันกับโครมาโทกราฟีแบบกระดาษโดยให้ตัวทำละลายชะล้างขึ้นไปข้างบน การแยกเกี่ยวข้องกับการดูดซับ พันธะไฮโดรเจน และการแลกเปลี่ยนประจุ การตรวจหาตำแหน่งของไขมันที่แยกออกจากกันใช้ Flame Ionization Detection

3. การวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. เอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์) เข้มข้น 0.1 นอร์มอล สำหรับความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร เก็บสารละลายต่างในขวดแก้ว
3. ฟีนอล์ฟทาลีนเข้มข้นร้อยละ 1

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-10 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกลาง โดยเติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด และปรับให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล หยดต่างที่หยดพร้อมทั้งเขย่าหรือคนจนได้สีชมพูถาวร
3. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ที่เป็นกลาง 50 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง เขย่าอย่างแรงให้ตัวอย่างละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ ถ้าละลายได้ไม่ดีให้อุ่นที่อุณหภูมิ 60-65 °C

4. ไตรเตทสารละลายตัวอย่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล ขณะไตรเตทต้องเขย่าอย่างแรง จนกระทั่งได้สีชมพูคงที่อยู่ที่ประมาณ 1 นาที
5. คำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระจากสูตร

ร้อยละกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิก

$$= \frac{\text{ปริมาตรค่าที่ใช้ (มิลลิลิตร)} \times \text{ความเข้มข้นค่า (นอร์มอล)} \times 28.2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

4. วิธีการหาปริมาณกลีเซอรอล

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 0.1000 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ถ่ายตัวอย่างลงบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร หยดโบรโมไทมอลบลูอินดิเคเตอร์ 5-7 หยด แล้วทำให้เป็นกรดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 0.1 โมลต่อลิตร โดยสีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง บันทึกปริมาณสารละลายกรดที่ใช้
3. ทำสารละลายให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 โมลต่อลิตรอย่างระมัดระวัง จนได้สารละลายสีฟ้าซึ่งไม่มีสีเขียวอยู่เลย บันทึกปริมาณสารละลายค่าที่ใช้
4. ทำแบลลงก์โดยใช้น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างแล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 2. และข้อ 3. โดยใช้อินดิเคเตอร์ปรับความเป็นกรด-ด่าง ก่อนที่จะเติมสารละลายโซเดียมเปอร์ไอโอดेट
5. ใช้ปิเปตดูดสารละลายโซเดียมเปอร์ไอโอดेटมาครั้งละ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายตัวอย่างและแบลลงก์แก้วบีกเกอร์เบาๆ แล้วปิดด้วยกระดาษฟิคาหรือใช้แผ่นอลูมิเนียมปิดให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง (ไม่เกิน 35 °C) เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นเติมสารอีเทนไดคอล 10 มิลลิลิตร แก้วบีกเกอร์เบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที
6. เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวม 300 มิลลิลิตร (น้ำกลั่นที่เติม เท่ากับ 300- (ปริมาณน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร + ปริมาณ โซเดียมเปอร์ไอโอดेट + สารละลายกรดซัลฟูริก 0.1 โมลต่อลิตร + สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 โมลต่อลิตร)) นำไปไตรเตทกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.125 โมลต่อลิตร) หยดโบรโมไทมอลบลูอินดิเคเตอร์ 5-7 หยดสีสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า เมื่อถึงจุดยุติแล้วบันทึกปริมาตรสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้จากบิวเรต ให้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิลิตร

หมายเหตุ : หากตัวอย่างเป็นของแข็งจำเป็นต้องใช้ความร้อนเล็กน้อยในขั้นตอนที่ 2. เพื่อให้เกิดการละลายดีขึ้น

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณกลีเซอรอล ร้อยละ โดยน้ำหนัก} = \frac{9.209 \cdot N(T_1 - T_2)}{W}$$

W

โดยที่ N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเท่ากับ 0.125 โมลต่อลิตร

T_1 คือ ปริมาณของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรตกับ ตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

T_2 คือ ปริมาณของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรตกับ ตัวเบลงก์ (มิลลิลิตร)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (กรัม)

5. การหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่มีในเอกสารอ้างอิง

ค่าความจุความร้อน (C_p) และค่าความร้อนของการก่อเกิด (ΔH_f) ของสารต่างๆ ที่ไม่มีในเอกสารอ้างอิง เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ และเมทิลเอสเทอร์

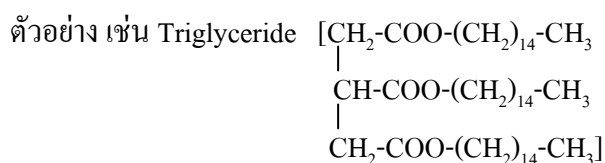
ตารางที่ ค.1 ค่าความจุความร้อนและค่าความร้อนการก่อเกิดของสารที่มีโครงสร้างต่างๆ

โครงสร้าง	ความร้อนการก่อเกิด (cal/mol) $\times 10^{-3}$	ความจุความร้อน (cal/mol.K)
-CH ₃	10.25	8.80
-CH ₂ -	-4.94	7.26
$\begin{array}{c} \\ -\text{CH} \\ \end{array}$	-1.29	5.00
-COO-	-79.8	14.5
-OH	-41.2	10.7
-CH=CH- (cis)	17.96	-
$\begin{array}{c} \\ =\text{CH} \\ \end{array}$	-	5.10

ที่มา Perry and Green (1984)

5.1 การคำนวณค่าความร้อนของการก่อเกิด (ΔH_f) ของสาร

การคำนวณค่าความร้อนของการก่อเกิดของสารที่ไม่มีในเอกสารอ้างอิง โดยนำค่าความร้อนของการก่อเกิดของสูตรโครงสร้างมาบวกกัน

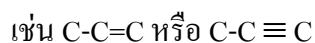


$$\begin{aligned} \Delta H_f (25^\circ\text{C}) &= 54(-4.94) + (-1.29) + 3(10.25) + 3(-79.8) \\ &= -476.7 \times 10^3 \text{ cal/mol} \end{aligned}$$

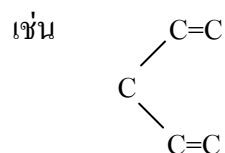
5.2 การคำนวณค่าความจุความร้อน (C_p) ของสาร

การคำนวณค่าความจุความร้อนของสารที่ไม่มีในเอกสารอ้างอิง โดยนำค่าความจุความร้อนของสูตรโครงสร้างมาบวกกัน ดังเงื่อนไขดังนี้

5.2.1 บวก 4.5 เพิ่ม ในกรณีที่มีคาร์บอนต่อกับคาร์บอนที่มีพันธะคู่หรือพันธะสาม



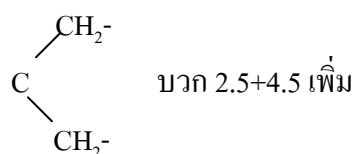
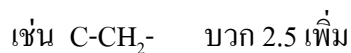
5.2.2 ถ้ามีหลายพันธะ บวกเพิ่มพันธะละ 4.5



5.2.3 นอกจากนั้นไม่บวก 4.5 เพิ่ม

- ถ้าต่อกับ -CH₃ ไม่ต้องบวก 4.5

- ถ้าต่อกับ -CH₂ ให้บวก 2.5 แทนในหมู่แรกและ 4.5 ในหมู่ต่อไป



- ถ้าต่อกับวงแหวนไม่ต้องบวกเพิ่ม

ตัวอย่าง เช่น 1, 4-pentadiene ($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$)

$$\begin{aligned} C_{\text{PL}}(20^\circ\text{C}) &= 2(\text{CH}=\text{)} + 2(-\text{CH}=\text{)} + (-\text{CH}_2-) + \text{corrections noted} \\ &= 2(5.20) + 2(5.10) + 7.26 + 2.5 + 4.5 \\ &= 3.49 \text{ cal/g.mol.K} \end{aligned}$$

หรือ palmitic acid ($\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$)

$$\begin{aligned} C_{\text{PL}}(20^\circ\text{C}) &= (\text{CH}_3) + 14(-\text{CH}_2-) + (-\text{COOH}) + \text{corrections noted} \\ &= (8.80) + 14(7.26) + 19.1 + 2.5 + 13(2.5) \\ &= 164.54 \text{ cal/g.mol.K} \end{aligned}$$

ที่มา Perry and Green (1984)

ภาคผนวก ง

โปรแกรม Solver

หลักการใช้งานโปรแกรม Solver

1. ในกล่องกำหนดเซลล์เป้าหมาย ให้ใส่การอ้างอิงเซลล์ (การอ้างอิงเซลล์: ชุดของกลุ่มลำดับของเซลล์บนแผ่นงาน ตัวอย่างเช่น การอ้างอิงของเซลล์ที่ปรากฏที่จุดตัดของคอลัมน์ B และแถว 3 คือ B3) หรือชื่อ (ชื่อ: คำหรือสายอักขระที่ใช้แสดงแทนเซลล์ ช่วงของเซลล์ สูตร หรือค่าคงที่ ให้ใช้ชื่อที่ง่ายต่อการเข้าใจ เช่น Products เพื่ออ้างถึงช่วงซึ่งยากที่จะเข้าใจ)ให้กับเซลล์เป้าหมาย โดยเซลล์เป้าหมายต้องมีสูตร (สูตร: ลำดับของค่า การอ้างอิงเซลล์ ชื่อ ฟังก์ชัน หรือตัวดำเนินการในเซลล์ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วจะให้ค่าใหม่ โดยที่สูตรจะต้องเริ่มด้วยเครื่องหมายเท่ากับ (= เสมอ)เก็บอยู่ เช่น เซลล์เป้าหมาย (Target cell) คือ แถวที่ 1 คอลัมน์ที่ A

2. ปฏิบัติตามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งต่อไปนี้

- เมื่อต้องการให้ค่าของเซลล์เป้าหมายมีขนาดใหญ่ที่สุด ให้คลิก ค่ามากที่สุด
- เมื่อต้องการให้ค่าของเซลล์เป้าหมายมีขนาดเล็กที่สุด ให้คลิก ค่าน้อยที่สุด
- เมื่อต้องการให้ค่าของเซลล์เป้าหมายเป็นค่าใดค่าหนึ่งตามต้องการ ให้คลิก ค่าของ แล้วพิมพ์ค่าลงในกล่อง

เช่น ต้องการให้ค่าของเซลล์เป้าหมายมีขนาดใหญ่ที่สุด

3. ในกล่องโดยเปลี่ยนแปลงเซลล์ ให้ใส่ชื่อหรือการอ้างอิงให้กับเซลล์แต่ละเซลล์ที่ปรับได้ ด้วยการใส่เครื่องหมายจุลภาคคั่นระหว่างการอ้างอิงที่ไม่ติดกัน และเซลล์ที่ปรับได้ต้องมีความสัมพันธ์โดยตรงหรือโดยอ้อมกับเซลล์เป้าหมาย โดยสามารถระบุเซลล์ที่ปรับได้ไม่เกิน 200 เซลล์ เช่น เซลล์เปลี่ยนแปลง (Changing cells) คือ แถวที่ 3, 4, 5, 6 และ 7 คอลัมน์ที่ B

4. ถ้าคุณต้องการให้ Solver เสนอเซลล์ที่ปรับได้โดยอัตโนมัติตามแบบเซลล์เป้าหมาย ให้คลิกเดา (Guess)

5. ในกล่อง ถ้อยเป็นค่าจำกัด ให้ใส่ค่าจำกัด (ข้อจำกัด: ข้อจำกัดต่างๆ ที่กำหนดให้กับปัญหา Solver คุณสามารถนำข้อจำกัดไปใช้กับเซลล์ที่สามารถปรับได้ เซลล์เป้าหมาย หรือเซลล์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

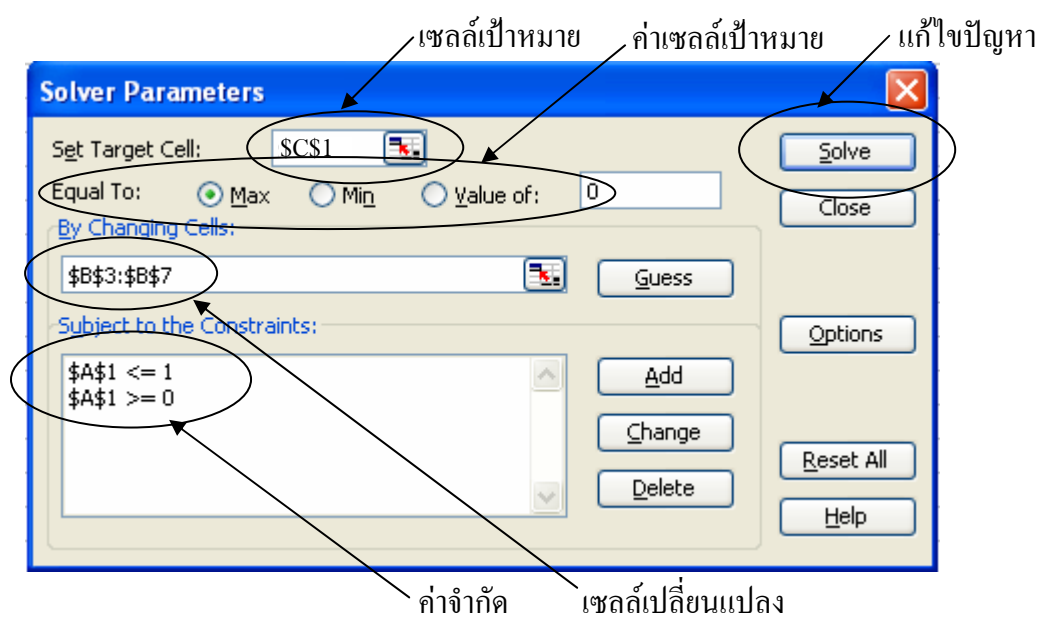
โดยตรงหรือโดยอ้อมกับเซลล์เป้าหมายนั้น)ที่คุณต้องการใช้ เช่น ต้องการให้เซลล์เป้าหมายเป็นค่าจำกัด ให้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

6. คลิก แก้ไขปัญหา แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งต่อไปนี้

- เมื่อต้องการเก็บค่าของคำตอบไว้บนแผ่นงาน ให้คลิก เก็บคำตอบ Solver ในกล่องโต้ตอบ ผลลัพธ์ Solver

Solver

- เมื่อต้องการนำข้อมูลแรกเริ่มกลับคืนที่เดิม ให้คลิก นำค่าแรกเริ่มกลับคืนที่เดิม



ภาพประกอบที่ ง.1 แสดงตำแหน่งเซลล์ต่างๆ ของโปรแกรม Solver
(ที่มา คู่มือการใช้ Microsoft office)

ภาคผนวก จ

คุณสมบัติทางกายภาพ

น้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อปาล์มมีองค์ประกอบความเข้มข้นของกรดไขมัน (FAs) ดังนี้
ที่มา <http://en.wikipedia.org/wiki/>

Saturated (total: ร้อยละ 49.9)

Palmitic C16:0 ร้อยละ 44.3

Stearic C18:0 ร้อยละ 4.6

Myristic C14:0 ร้อยละ 1.0

Monounsaturated

Oleic C18:1 ร้อยละ 38.7

Polyunsaturated

Linoleic C18:2 ร้อยละ 10.5

สำหรับน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดในปาล์มมีองค์ประกอบความเข้มข้นของกรดไขมัน (FAs) ดังนี้

Saturated (total: ร้อยละ 82)

Lauric C12:0 ร้อยละ 48.2

Myristic C14:0 ร้อยละ 16.2

Palmitic C16:0 ร้อยละ 8.4

Capric C10:0 ร้อยละ 3.4

Caprylic C8:0 ร้อยละ 3.3

Stearic C18:0 ร้อยละ 2.5

Monounsaturated

Oleic C18:1 ร้อยละ 15.3

Polyunsaturated

Linoleic C18:2 ร้อยละ 2.3

คุณสมบัติทางกายภาพของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันปาล์ม

1. กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid)

Chemical name	Palmitic acid
IUPAC name	Hexadecanoic acid
Chemical formula	$C_{16}H_{32}O_2$
Molecular mass	256.42 g/mol
Density	0.853 g/cm ³ at 62 °C
Melting point	63-64 °C
Boiling point	215 °C at 15 mmHg
SMILES	<chem>CH3(CH2)14COOH</chem>

2. กรดโอเลอิก (Oleic acid)

Chemical name	Oleic acid
IUPAC name	cis-9-octadecenoic acid
Chemical formula	$C_{18}H_{34}O_2$
Molecular mass	282.47 g/mol
Density	0.895-.947 g/cm ³
Melting point	13-14 °C
Boiling point	194-195 °C
SMILES	<chem>CH3(CH2)7CH=CH(CH2)7COOH</chem>

3. กรดสเตียริก (Stearic acid)

Chemical name	Stearic acid
IUPAC name	n-Octadecanoic acid
Chemical formula	$C_{18}H_{36}O_2$
Molecular mass	284.47 g/mol
Density	0.847 g/cm ³ at 70 °C
Melting point	69-70 °C
Boiling point	383 °C
SMILES	<chem>CH3(CH2)16COOH</chem>

4. กรดไมริสติก (Myristic acid)

Chemical name	Myristic acid
IUPAC name	Tetradecanoic acid
Chemical formula	$C_{14}H_{28}O_2$
Molecular mass	228.36 g/mol
Density	0.8622 g/cm ³
Melting point	58.8 °C
Boiling point	250.5 °C at 100 mmHg
SMILES	<chem>CH3(CH2)12COOH</chem>

5. กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid)

Chemical name	Linoleic acid
IUPAC name	cis, cis-9,12-octadecadienoic acid
Chemical formula	$C_{18}H_{32}O_2$
Molecular mass	280.44548 g/mol
Density	0.9 g/cm ³
Melting point	-5 °C
Boiling point	-
SMILES	<chem>CH3-(CH2)4-(CH=CH-CH2)2-(CH2)6-COOH</chem>

6. เมทานอล (Methanol)

Chemical name	Methanol
IUPAC name	methyl alcohol
Chemical formula	CH_4O
Molecular mass	32.04 g/mol
Density	0.7918 g/cm ³ , liquid
Melting point	-97 °C
Boiling point	64.7 °C
SMILES	CO
Latent heat of vaporization	240 cal/g or 1,008 J/g

6.1 สถานะของเหลว (Liquid properties)

Std enthalpy change of formation, ΔH_f°	-238.4 kJ/mol
Standard molar entropy, S°	127.2 J/(mol K)
Heat capacity, C_p	79.5 J/(mol K)
Latent heat, L_v	1102.4 KJ/Kg

6.2 สถานะแก๊ส (Gas properties)

Std enthalpy change of formation, ΔH_f°	-201 kJ/mol
Standard molar entropy, S°	239.9 J/(mol K)
Heat capacity, C_p	44.06 J/(mol K)

7. น้ำหนักโมเลกุลของสาร (Molecular mass)

Triglyceride	849.5 g/mol
Diglyceride	597.0 g/mol
Monoglyceride	344.5 g/mol

ที่มา Leevijit (2004)

8. ความหนาแน่นของสาร (Density)

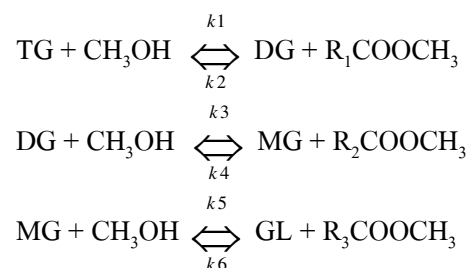
Palm oil	0.910 g/cm ³
Methyl ester	0.8767 g/cm ³
Methanol	0.7918 g/cm ³
Glycerol	1.2613 g/cm ³

ที่มา Leevijit (2004)

ภาคผนวก จ

ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาของสารและค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของสาร

กลไกของปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้



ตารางที่ จ.1 งานวิจัยของ Nouredini และ Zhu (1997) ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k) ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยา 50 °C

ปฏิกิริยา	ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k), (L/mol.s)	ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E _a), (cal/mol)
TG->DG	k ₁ = 0.050	11,707
DG->TG	k ₂ = 0.110	8,482
DG->MG	k ₃ = 0.215	18,439
MG->DG	k ₄ = 1.228	13,433
MG->GL	k ₅ = 0.242	7,937
GL->MG	k ₆ = 0.007	10,992

ตารางที่ ๓.2 งานวิจัยของ D.Darnoko et al. (2000) ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k) ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยา 60 °C

ปฏิกิริยา	ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k), (wt%min) ⁻¹	ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E _a), (cal/mol)
TG->DG	k ₁ = 0.018	14,700
DG->TG	-	-
DG->MG	k ₃ = 0.036	14,200
MG->DG	-	-
MG->GL	k ₅ = 0.112	6,400
GL->MG	-	-

ตารางที่ ๓.3 งานวิจัยของ Leevijit (2004) ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k) ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยา 60 °C

ปฏิกิริยา	ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k), (L/mol.s)	ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E _a), (cal/mol)
TG->DG	k ₁ = 1.057x10 ⁻²	-
DG->TG	k ₂ = 0.000	-
DG->MG	k ₃ = 1.184 x10 ⁻¹	-
MG->DG	k ₄ = 8.187x10 ⁻²	-
MG->GL	k ₅ = 1.310 x10 ⁻¹	-
GL->MG	k ₆ = 2.011 x10 ⁻³	-

ภาคผนวก ข

ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

พ.ศ. 2548

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดลักษณะและคุณภาพของของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ มีการใช้ ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภค อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 25 วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการค้าน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2548 อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548”

ข้อ 2 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นสามสิบวันนับตั้งแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ 3 ประกาศฉบับนี้มีให้ใช้บังคับกับของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่จำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไปนอกอาณาจักร โดยการขนส่งทางทะเล

ข้อ 4 ภายใต้งบบังคับข้อ 5 ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันให้เป็นไปตามละเอียดแนบท้ายประกาศนี้

การเดิมสารเดิมแต่งในไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ให้ผู้ค้าน้ำมันแจ้งขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมพลังงานก่อน จึงจะดำเนินการได้

ข้อ 5 ลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายดังต่อไปนี้ จะไม่เป็นตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้ก็ได้ แต่ผู้ค้าน้ำมันต้องแจ้งลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดังกล่าวเฉพาะส่วนที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้าย เพื่อขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน

- (1) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการส่งออกป็นอกราชอาณาจักรนอกจากการขนส่งทางทะเล
 - (2) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการนำไปใช้กับยานพาหนะที่ส่งออกป็นอกราชอาณาจักร
 - (3) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการนำไปใช้ตามโครงการหรือนโยบายของรัฐบาล หรืองานวิจัย
 - (4) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล
 - (5) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันซึ่งเป็นผู้ผลิตไบโอดีเซล เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล
 - (6) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันเพื่อวัตถุประสงค์ตาม (1)
 - (7) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ผลิตไบโอดีเซลหรือผู้ค้าน้ำมันตามมาตรา 7 เพื่อวัตถุประสงค์ตาม (2) และ (3)
- ข้อ 6 การขอและการให้ความเห็นชอบตามข้อ 4 วรรคสอง และข้อ 5 ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานกำหนด

ประกาศ ณ วันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2548

วิโรจน์ คลังบุญครอง

อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน

ตาราง ข.1 รายละเอียดแบบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน
เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน
พ.ศ. 2548

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ ^{1/}
1.	เมทิลเอสเตอร์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methyl Ester, % wt.)	ไม่ต่ำกว่า	96.5	EN 14103
2.	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °C, กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Density at 15 °C , kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860 900	ASTM D 1298
3.	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C, เซนติสโตกส์ (Viscosity at 40 °C , cSt)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	3.5 5.0	ASTM D 445
4.	จุดวาบไฟ (Flash Point , °C)	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
5.	กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 2622
6.	กากถ่าน, ร้อยละโดยน้ำหนัก (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) (Carbon Residue , on 10 % distillation residue , %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.30	ASTM D 4530
7.	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า	51	ASTM D 613

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด		วิธีทดสอบ ^{1/}
8.	เถ้าซัลเฟต, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulfated Ash, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
9.	น้ำ, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Water, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.050	ASTM D 2709
10.	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total Contaminate, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0024	ASTM D 5452
11.	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	ASTM D 130
12.	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 °C, ชั่วโมง (Oxidation Stability at 110 °C , hours)	ไม่ต่ำกว่า	6	EN 14112
13.	ค่าความเป็นกรด, มิลลิกรัมโปแตสเซียม- ไฮดรอกไซด์ต่อกรัม (Acid Value , mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.50	ASTM D 664
14.	ค่าไอโอดีน, กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัม (Iodine Value , g Iodine/100 g)	ไม่สูงกว่า	120	EN 14111
15.	กรดลินolenic เมทิลเอสเทอร์, ร้อยละโดย น้ำหนัก (Linolenic Acid Methyl Ester, %wt.)	ไม่สูงกว่า	12.0	EN 14103
16.	เมทานอล, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methanol, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14110

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด		วิธีทดสอบ ^{1/}
17.	โมนอกลิเซอไรด์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Monoglyceride, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.80	EN 14105
18.	ไดกลิเซอไรด์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Diglyceride, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
19.	ไตรกลิเซอไรด์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Triglyceride, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
20.	กลีเซอรินอิสระ, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Free glycerin, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.02	EN 14105
21.	กลีเซอรินทั้งหมด, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total glycerin, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.25	EN 14105
22.	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโปแตสเซียม), มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Group I metals (Na+K) mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0	EN 14108 และ EN 14109
	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม), มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Group II metals (Ca+Mg) mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0	prEN 14538
23.	ฟอสฟอรัส, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Phosphorus, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 4951
24.	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)			