

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์

1. ความหนืด

ความหนืด (Viscosity, ASTM D445 Standard Test Method for kinematics Viscosity of Transparent and Opaque liquids and the calculation of dynamic viscosity)

- 1.1 เลือกขนาดของ viscosity ให้เหมาะสมกับชนิดและความหนืดของน้ำ
- 1.2 ปรับอุณหภูมิของอ่างน้ำมันให้ได้อุณหภูมิเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส
- 1.3 นำน้ำมันตัวอย่างมากรองผ่านตะกรงและล้างสกปรกก่อนการทดลอง
- 1.4 ใส่ น้ำมันตัวอย่างลงใน viscosity ประมาณ $\frac{3}{4}$ ของกระเปาะ
- 1.5 นำ viscosity ลงไปแช่ในอ่างน้ำมันประมาณ 20 นาที เพื่อให้ น้ำมันตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส
- 1.6 ดูดน้ำมันขึ้นมาโดยใช้ลูกยางให้พ้นขีดบนของกระเปาะแรกแล้วปล่อยลงมา
- 1.7 เริ่มจับเวลาเมื่อน้ำมันผ่านขีดบนจนถึงขีดล่างของกระเปาะ นำเวลาที่ได้มาหาค่าความหนืด
- 1.8 ทำการทดลองอย่างน้อยสองครั้ง ค่าที่ได้ไม่ควรแตกต่างกันเกินร้อยละ 0.35 ของค่าเฉลี่ย

$$V = K \cdot t$$

เมื่อ V คือ Kinematic Viscosity, mm^2/s

K คือ ค่าคงที่ Viscosity, mm^2/s^2

t คือ เวลาที่ใช้, วินาที

2. ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะ (API, ASTM D1298 Standard Test Method for API Gravity of Crude Petroleum produces by Hydrometer method)

- 2.1 เตรียมน้ำมันตัวอย่างที่จะทดสอบปริมาณ 500 มิลลิลิตร

2.2 ใส่น้ำมันตัวอย่างลงในกระบอกวัดปริมาตรแล้วนำไปวางลงในอ่างน้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิให้ได้ 15.6 องศาเซลเซียส

2.3 นำไฮโดรมิเตอร์หย่อนลงไปใต้น้ำมันซ้าๆ ระวังอย่าให้ผิวด้านข้างของไฮโดรมิเตอร์สัมผัสกับผนังของกระบอกวัดปริมาตรและระวังอย่าให้ไฮโดรมิเตอร์กระทบกับก้นของกระบอกวัดปริมาตร โดยให้ไฮโดรมิเตอร์ลอยอยู่เหนือก้นของกระบอกวัดปริมาตร แล้วอ่านค่าตัวเลขที่ก้านของไฮโดรมิเตอร์ ค่ที่อ่านคือ API

2.4 ทำการทดลองอย่างน้อยสองครั้ง ค่าที่ได้ไม่ควรแตกต่างกันเกิน 0.2°API

2.5 ค่า°API ที่ได้สามารถคำนวณหาค่าของ sp.gr. (ASTM D1298) ได้โดย

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{Sp.Gr.60/60^{\circ}F} - 131.5$$

2.6 ถ้าไม่สามารถลดอุณหภูมิของน้ำมันได้ที่ 60 องศาฟาเรนไฮต์ (15.6 องศาเซลเซียส) ให้ลดอุณหภูมิให้ได้มากที่สุดโดยยังไม่เกิดไข จากนั้นนำค่า API ที่คำนวณได้มาเปลี่ยนให้เป็นที่อุณหภูมิ 60 องศาฟาเรนไฮต์

$$API(60^{\circ}F) = [0.02(60-T)+1] \times API(T)$$

API(60°F) คือ ค่า API จากการคำนวณเปลี่ยนมาเป็นที่ 60 องศาฟาเรนไฮต์

T คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถทำได้โดยไม่เกิดไข

API(T) คือ ค่า API ที่อุณหภูมิใดๆ

3. ซีเทน

ค่าซีเทน (Cetane, ASTM D976 Standard Test Method for calculated Cetane Index of Distillate Fuels)

หาโดยการคำนวณจากสมการ

$$CI = -420.34 + 0.016G^2 + 0.192G \log M + 65.01 (\log M)^2 - 0.0001809M^2$$

โดย G คือ ค่า API

M คือ อุณหภูมิการกลั่น 50 เปอร์เซนต์, เคลวิน

4. จุดวาบไฟ (Flash Point)

Penskey-Martins Open Tester (ASTM D92 Standard Test Method for Flash Point by Penskey-Martins Closed Tester)

- 4.1 ใส่ น้ำมันตัวอย่างลงในถ้วยทองเหลืองจนถึงขีดที่กำหนดและอย่าให้มีฟองอากาศ
- 4.2 นำถ้วยทองเหลืองใส่ลงในเครื่องทดสอบ
- 4.3 ประกอบเทอร์โมมิเตอร์เข้ากับเครื่องทดสอบ
- 4.4 เริ่มให้ความร้อนแก่ถ้วยทองแดงที่บรรจุน้ำมันตัวอย่าง
- 4.5 เริ่มจุดไฟทดสอบเมื่ออุณหภูมิของน้ำมันอยู่ที่ 50 องศาเซลเซียสและเริ่มทดสอบ
- 4.6 ถ้าไฟยังไม่ติดให้เริ่มทดสอบทุกๆ 2 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเปลวไฟติด
- 4.7 ทำการทดลองอย่างน้อยสองครั้ง ค่าที่ได้ไม่ควรแตกต่างกันเกิน 5 องศาเซลเซียส

5. ค่าความร้อน

ค่าความร้อน (ASTM D240 Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuel by Bomb Calorimeter)

5.1 เปิดเครื่องด้านหลังเครื่องและเลือกเมนู Calorimeter Operation จากนั้นกดปุ่มให้ Heater and Pump ทำงาน (เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกจะใช้เวลาประมาณ 20 นาที ในการ warm up) สังเกตจากปุ่ม start ว่าเมื่อเครื่องพร้อมใช้งานแล้วไฟจะสว่างที่ปุ่ม start

5.2 เปิดสวิทช์เครื่อง water handing และตั้งอุณหภูมิที่ 27 องศาเซลเซียส

5.3 เตรียมตัวอย่างโดยชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม แล้วนำไปชั่งอย่างละเอียดในถ้วยใส่ตัวอย่าง

5.4 ตัด fuse wire 10 เซนติเมตร ผูกเข้ากับขั้วไฟฟ้า

5.5 เติมน้ำลงใน Combustion bomb ประมาณ 1 มิลลิเมตร เพื่อทำหน้าที่ละลายออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของอากาศภายในแล้วจึงปิดฝา bomb ให้แน่น

5.6 เติมน้ำ O₂ ลงใน Combustion bomb โดยตั้งความดันไว้ที่ 450 psi จากนั้นเชื่อมต่อตัว oxygen connection เข้ากับหัว bomb และกดปุ่ม O₂ FILL เครื่องจะทำการเติมน้ำ O₂ เองโดยอัตโนมัติใช้เวลาประมาณ 1 นาที

5.7 เติมน้ำลงไป bucket 2000 มิลลิลิตร โดยไขออกจาก pipette ที่ติดอยู่กับ water handling

5.8 นำ bucket วางลงในเครื่องให้ถูกต้องตรงตำแหน่งที่กำหนดไว้ จากนั้นใส่ combustion bomb ลงใน bucket สังเกตว่ามีฟองอากาศรั่วออกมาหรือไม่ ถ้ามีฟองอากาศรั่วออกมา ห้ามทำการทดลองต่อเพราะแสดงว่า combustion bomb มีการรั่วเกิดขึ้น ให้สังเกตฟองอากาศว่ารั่วออกมาที่จุดใดแล้วทำการเปลี่ยนอะไหล่ตรงจุดนั้น

5.9 ทำการเชื่อมต่อสายไฟฟ้าทั้ง 2 ขั้วให้ครบวงจรแล้วปิดฝาเครื่อง calorimeter

5.10 เลือกว่าจะทำการ determination (sample) หรือ standardization (Benzoic) จากนั้นให้กดปุ่ม start เครื่องจะตาม sample ID และน้ำหนักของสารตัวอย่างให้เราทำการป้อนค่า

5.11 หลังจากป้อนค่าเสร็จเครื่องจะทำงานโดยเริ่มจากช่วง PREPERIOD เพื่อปรับปรุงอุณหภูมิให้คงที่ จากนั้นจะได้ยินเสียงสัญญาณในการ Firing และเข้าสู่ช่วง POSTPERIOD เพื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ

5.12 กดปุ่ม Report เพื่อแสดงผลการทดลอง

5.13 เปิดฝาเครื่องกรองสายไฟหน้าออกนำ combustion และ bucket ออกจากเครื่อง จากนั้นเปิดวาล์วที่หัว bomb เพื่อทำการระบายความดันออก เมื่อความดันระบายความดันออกหมดแล้ว ให้เปิดฝาดูเพื่อดูว่าสารตัวอย่างเผาไหม้หมดหรือไม่ ถ้าการเผาไหม้ไม่หมดถือว่าการทดลองล้มเหลว นำน้ำใน bucket ใส่คืนลงใน water handling

5.14 ล้าง combustion bomb ถ้าต้องการไทเทรตให้นำน้ำที่ได้จากการล้างนำไปไทเทรตต่อ

5.15 เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองแล้วให้ปิดสวิทช์ด้านหลังเครื่อง

ภาคผนวก ข

การหาชนิดและปริมาณเอทิลเอสเทอร์

ก. การคำนวณไตรกลีเซอไรด์ของกรดไขมันแต่ละชนิด

$$W_{TG(Fa)} = W_o \times \%Fatty\ acid$$

โดย

$W_{TG(Fa)}$ คือ น้ำหนักไตรกลีเซอไรด์ของกรดไขมัน

W_o คือ น้ำหนักน้ำมันเริ่มต้นที่ใช้ (กรัม) [อัตราการไหล (มิลลิกรัม/ลิตร) \times เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (นาที่) \times ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)]

$\%Fatty\ acid$ คือ ร้อยละของกรดไขมันแต่ละชนิดในน้ำมันพืช ซึ่งได้มาจากการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันอย่างสมบูรณ์ และวิเคราะห์ปริมาณเอทิลเอสเทอร์ที่ได้ทั้งหมด โดยร้อยละของเอทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันแต่ละชนิดจะเท่ากับร้อยละของกรดไขมันชนิดนั้นในน้ำมันพืชตัวอย่าง

ข. การคำนวณปริมาณเอทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์

1. เตรียมตัวอย่างในขวดเตรียมสาร (vial) ขนาด 2 มิลลิลิตร โดยการชั่งสารตัวอย่าง และสาร internal standard (Methyl heptadecanoate) พร้อมกับบันทึกน้ำหนักของสารทั้งสอง
2. ใส่ตัวทำละลาย (นอร์มอลเฮปเทน) ลงในขวดเตรียมสาร (vial) จนมีปริมาตร 2 มิลลิลิตร
3. วิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยเครื่องโครมาโทกราฟี
4. นำผลของพื้นที่ใต้กราฟของสาร internal standard และตัวอย่างเอทิลเอสเทอร์มาคำนวณหาร้อยละผลได้ของเอทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์

$$\%ethyl\ ester = \frac{\Sigma area\ sample}{\Sigma area\ standard} \times \frac{weight\ standard}{weight\ sample} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ

กำหนดให้น้ำหนักของตัวอย่างเท่ากับ 0.0244 กรัมและน้ำหนักของสาร *internal*

standard เท่ากับ 0.0238 กรัม

พื้นที่ใต้กราฟ(จากรูปที่ ข.1)

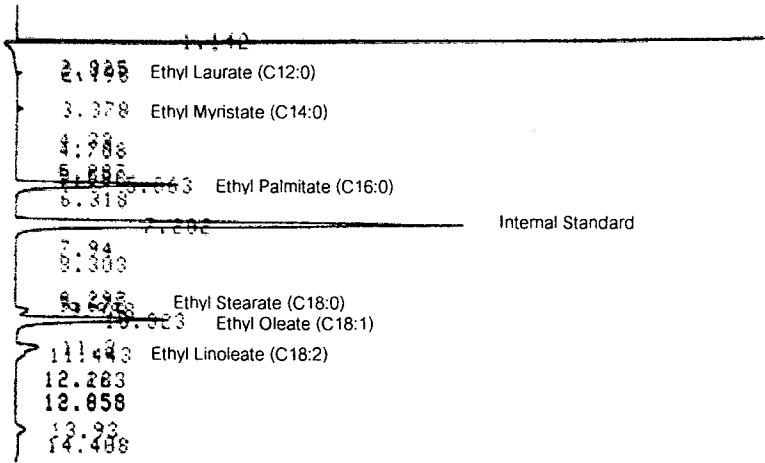
เอทิลลอเรต	=	1066
เอทิลสเตียเรต	=	1428
เอทิลปาล์มไมเตรต	=	63193
เอทิลสเตียเรต	=	6045
เอทิลโอลิเอต	=	66588
เอทิลลิโนลิเอต	=	12739
เอทิลเฮปตะเดคาโนเอต	=	196449

$$\begin{aligned}
 \text{ผลรวมพื้นที่ใต้กราฟของเอทิลเอสเทอร์ทั้งหมด} &= 1066+1428+63193+6045 \\
 &+66588+12739 \\
 &= 151059
 \end{aligned}$$

จากสมการหาร้อยละผลได้ของเอทิลเอสเทอร์จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 \% \text{ethyl ester} &= \frac{151059}{196449} \times \frac{0.0238}{0.0244} \times 100 \\
 &= 73.74
 \end{aligned}$$

ART



Internal Standard

CHROMATOPAC C-R6A FILE 0
 SAMPLE NO 0 METHOD 41
 REPORT NO 2249

PKNO	TIME	AREA	MK	IDNO	CONC	NAME
1	1.142	2190132	E		85.5291	
2	2.025	9313			0.3637	
3	2.198	1066	V		0.0416	
4	3.378	1428			0.0558	
5	5.863	63193	SV		2.4678	
6	7.202	196449			7.6717	
7	9.988	6045	V		0.2361	
8	10.323	66588	V		2.6004	
9	11.2	12739	V		0.4975	
10	11.443	4868	V		0.1586	
11	13.93	6366			0.2486	
12	14.488	3988	V		0.1292	
TOTAL					2560685	100

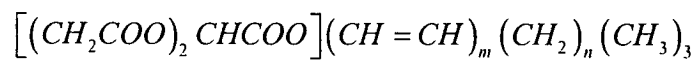
รูปที่ ข.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ปริมาณเอทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟี

ภาคผนวก ค

การคำนวณสมบัติวิกฤตของน้ำมันพืช

ก. การประมาณสูตรโมเลกุลเฉลี่ยของน้ำมันพืช [Espinosa, 2002]

โดยทั่วไปน้ำมันพืชประกอบไปด้วยโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งประกอบไปด้วย กลีเซอรอล 1 โมเลกุลและกรดไขมันอิสระ 3 โมเลกุล แต่กรดไขมันประกอบมีหลายชนิดและ น้ำมันพืชต่างชนิดกันนั้นประกอบด้วยกรดไขมันที่ต่างกัน ทำให้ต้องมีการประมาณสูตรโมเลกุล โดยใช้ปริมาณของกรดไขมันแต่ละชนิด ซึ่งเขียนสูตรใหม่ได้เป็น



โดยค่า m จะเป็นตัวบอกความไม่อิ่มตัวของน้ำมันพืชแต่ละชนิดและค่า n จะบอกแนวโน้ม น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของน้ำมันพืช ทั้งสองค่าได้มาจากสมการ

$$n = \sum_{i=1}^N n_i x_i, \quad m = \sum_{i=1}^N m_i x_i$$

โดย x_i คือสัดส่วนโมลของกรดไขมันแต่ละชนิด ตารางที่ ค.1 แสดงข้อมูลสำหรับคำนวณ สูตรโมเลกุลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันปาล์มใช้แล้ว ทำให้ได้ค่า m และ n ดังตาราง ค.2 เมื่อได้สูตรโมเลกุลเฉลี่ยแล้วจึงทำการประมาณค่าสมบัติวิกฤตตามหมู่ฟังก์ชันต่อไป

ตาราง ค.1 ข้อมูลสำหรับคำนวณสูตรโมเลกุลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันปาล์มใช้แล้ว

Fatty Acid Name	n_i	m_i	OPO	UPO
			x_i	x_i
Lauric acid(12:0)	30	0	0.02	0.01
Myristic acid(14:0)	36	0	0.05	0.01
Palmitic acid(16:0)	42	0	0.435	0.42
Stearic acid(18:0)	48	0	0.046	0.02
Oleic acid(18:1)	48	3	0.42	0.42
Linoleic acid(18:2)	48	6	0.089	0.14

ตารางที่ ค.2 ค่า m และ n สำหรับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันปาล์มใช้แล้ว

Refined Palm Oil		Used Palm Oil	
n	m	n	m
47.31	1.79	46.14	2.1
47	2	46	2

ข. การประมาณค่าสมบัติวิกฤตตามหมู่ฟังก์ชัน [Handbook of chemical engineering calculation, 1994; Perry's chemical engineers' handbook, c1997]

เมื่อหาสูตรโมเลกุลเฉลี่ยของน้ำมันพืชได้แล้วทำให้ทราบว่า มีหมู่ฟังก์ชันใดเป็นองค์ประกอบ ซึ่งหมู่ฟังก์ชันแต่ละชนิดจะมีค่าคงที่สำหรับคำนวณสมบัติวิกฤตดังแสดงในตาราง ค.3 จากนั้นจะประมาณค่าสมบัติวิกฤตจากจำนวนหมู่ฟังก์ชันดังตารางการคำนวณ ค.4

ตาราง ค.3 ค่าคงที่ของหมู่ฟังก์ชันต่างๆในน้ำมันพืช

Group Type	ΔT	ΔP	ΔV
(-CH ₃ -)	0.02	0.227	55
(-CH ₂ -)	0.02	0.227	55
(-CH-)	0.12	0.21	51
(=CH)	0.018	0.198	45
(-COO-),(ester)	0.047	0.47	80

จากสมการต่อไปนี้ด้านล่างจะได้สมบัติของน้ำมันพืชทั้งสองชนิดดังตาราง ค.5

$$T_c = T_b \left\{ 0.576 + \sum N\Delta T - [\sum N\Delta T]^2 \right\}^{-1}$$

$$P_c = MW [0.34 + N\Delta P]^{-2}$$

$$V_c = [40 + N\Delta V]$$

$$Z_c = \frac{P_c V_c}{RT_c}$$

เมื่อ T_b คือจุดเดือดของน้ำมันพืช ในหน่วยเคลวิน

MW คือ มวลโมเลกุลเฉลี่ยของน้ำมันพืช ซึ่งได้จากหัวข้อ ก

ตาราง ค.4 ผลการคำนวณสมบัติวิกฤตสำหรับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

Group Type	N	ΔT	ΔP	ΔV	$N\Delta T$	$N\Delta P$	$N\Delta V$
(CH ₃ -)	3	0.02	0.227	55	0.06	0.681	165
(-CH ₂ -)	49	0.02	0.227	55	0.98	11.123	2695
(-CH-)	1	0.12	0.21	51	0.12	0.21	51
(=CH)	2	0.018	0.198	45	0.036	0.396	90
(-COO-),(ester)	3	0.047	0.47	80	0.141	1.41	240
Total					1.337	13.82	3241

ตาราง ค.5 ผลการคำนวณสมบัติวิกฤตสำหรับน้ำมันปาล์มใช้แล้ว

Group Type	ΔN	ΔT	ΔP	ΔV	$N\Delta T$	$N\Delta P$	$N\Delta V$
(-CH ₃ -)	3	0.02	0.227	55	0.06	0.681	165
(-CH ₂ -)	48	0.02	0.227	55	0.96	10.896	2640
(-CH-)	1	0.12	0.21	51	0.12	0.21	51
(=CH)	2	0.018	0.198	45	0.036	0.396	90
(-COO-),(ester)	3	0.047	0.47	80	0.141	1.41	240
Total					1.317	13.593	3186

ตาราง ค 6 สมบัติวิกฤตของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันปาล์มใช้แล้ว

Critical Property	Vegetable Oil		Unit
	OPO	UPO	
T_c	2836	2420	K
P_c	4.898	5.064	atm
V_c	3.191	3.136	L/gmole

ค. การคำนวณปริมาตรต่อโมลของของผสมที่ภาวะเหนือวิกฤต [Espinosa, 2002; Handbook of chemical engineering calculation, 1994; Perry's chemical engineers' handbook, c1997]

การคำนวณปริมาตรต่อโมลของผสมระหว่างน้ำมันพืชและเอทานอลที่ภาวะเหนือวิกฤตจะคำนวณตามสมการของ Redlich-Kwong ซึ่งมีรูปทั่วไปดังสมการ

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{\sqrt{TV}(V+b)} ; a = \frac{0.42748R^2T^{2.5}}{P_c}, \quad b = \frac{0.08664RT}{P_c}$$

สำหรับสารบริสุทธิ์จะสามารถหาค่าคงที่ a และ b ได้โดยใช้อุณหภูมิและความดันวิกฤตโดยตรง แต่สำหรับสารผสมต้องหาค่าสมบัติวิกฤตเฉลี่ย (Cross-critical properties) ตามสมการ

$$T_{cm} V_{cm} = \sum_i \sum_j x_i x_j T_{cij} V_{cij} \quad V_{cm} = \sum_i \sum_j x_i x_j V_{cij}$$

$$z_{cm} = \sum_i \sum_j x_i x_j z_{cij} \quad P_{cm} = \frac{z_{cm} RT_{cm}}{V_{cm}}$$

โดยเลือก Lorentz-Berthelot-type combining rule ตามสมการ

$$T_{cij} = \sqrt{T_{ci} T_{cj}} \quad P_{cij} = \frac{1}{V_{cij}} \sqrt{P_{ci} P_{cj} V_{ci} V_{cj}}$$

$$z_{cij} = 0.5(z_{ci} + z_{cj}) \quad V_{cij}^{1/3} = \frac{1}{2}(V_{ci}^{1/3} + V_{cj}^{1/3})$$

หลังจากได้สมบัติวิกฤตของสารผสมแล้ว จะสามารถหาค่าคงที่ a และ b ได้ซึ่งค่าที่ได้จะถือเป็นค่าคงที่ของสารผสม สุดท้ายจะสามารถคำนวณปริมาตรของสารผสมได้ตามสมการ

$$V^3 - \frac{RT}{P}V^2 + \frac{1}{P}\left(\frac{a}{\sqrt{T}} - bRT - Pb^2\right)V - \frac{ab}{P\sqrt{T}} = 0$$

คำตอบของสมการที่ได้จะมี 3 ค่า โดยมีค่าที่เป็นจำนวนจริงเพียงค่าเดียว ซึ่งคือ ปริมาตรต่อโมลของสารผสมที่อัตราส่วนโดยโมล อุณหภูมิและอัตราการไหลที่ต้องการ

ง. การคำนวณเวลาสเปซ

จากนิยามของเวลาสเปซ ตามสมการ

$$\tau = \frac{V}{\dot{V}_{total}}$$

เมื่อ τ คือ เวลาสเปซ ในหน่วยนาที

V คือ ปริมาตรของเครื่องปฏิกรณ์ ในหน่วย มิลลิเมตร

\dot{V}_{total} คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรรวม ในหน่วย มิลลิเมตรต่อนาที

ซึ่งอัตราการไหลเชิงปริมาตรรวมสามารถคำนวณจากอัตราการไหลโดยมวลของสารทั้งสองชนิดที่ทราบจากการออกแบบการทดลองและปริมาตรต่อโมลของสารผสมโดยเขียนเป็นสมการใหม่ได้ ดังนี้

$$\tau = \frac{V}{\dot{m}_{total} \times v}$$

เมื่อ \dot{m}_{total} คือ อัตราการไหลโดยมวลรวม ในหน่วย โมลต่อนาที ซึ่งได้จาก

$$\dot{m}_{total} = \frac{\dot{w}_{oil}}{MW_{oil}} + \frac{\dot{w}_{Ethanol}}{MW_{Ethanol}}$$

เมื่อ \dot{w}_{oil} คือ อัตราการไหลเชิงมวลในหน่วย กรัมต่อนาที

MW คือ มวลโมเลกุล ในหน่วย กรัมต่อโมล