บทที่ 5

สรุปการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการวิจัย

ปฏิกิริยาการแยกสลายไขมันโดยวิธี Twitchell Process สามารถควบคุมให้ดี หรือเลวได้โดย

5.1.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เร็ว โดยใช้กรด Sulphonic acid เป็นตัวทำให้เกิด emulsion เร่งปฏิกิริยาในชวงแรก เกิด Heterogeneous reaction ที่ผิวสัมผัส และเกิด Homogeneous reaction หลังจากละลายเข้าไปในไขมันแล้ว Sulphuric acid เป็นตัวทำให้เกิด ions ขึ้นในน้ำ เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเร็วขึ้น ปริมาณ Sulphonic acid ที่ใช้ควรอยู่ในชวง 1% ถึง 1.5% ของไขสัตว์ การใช้น้อยไปทำให้เกิดผลดีไม่เต็มที่ การใช้มากไปทำให้การแยกชั้นของกรดไขมัน กับกลีเซอรีน แยกได้ยาก ทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตตกลงไป ปริมาณ Sulphuric acid ที่ใช้ ควรอยู่ในชวง 1.5% ถึง 2.0% การใช้น้อยไปทำให้เกิดผลดีไม่เต็มที่ การใช้มากไปทำให้ค่าใช้จ่ายในการขจัด Sulphuric acid ออกจากกลีเซอรีนเพิ่มขึ้น ไม่คุ้มกับผลที่ได้จากการเพิ่มปฏิกิริยาเคมีให้เร็วขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย

5.1.2 เวลาที่ใช้ในปฏิกิริยาเคมี และปริมาณน้ำกับไอน้ำเดือดที่ใช้

มีผลโดยตรงกับปริมาณการเกิดของปฏิกิริยาเคมี การใช้เวลามากมีผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้มาก แต่มีขอบเขตจำกัดที่ปริมาณน้ำกับไอน้ำเดือดที่ใช้ ซึ่งเป็นตัวควบคุมเข้มข้นของกลีเซอรีน การใช้ปริมาณน้ำกับไอน้ำเดือดมาก ทำให้อัตราเกิดของกลีเซอรีนมีได้มากขึ้น ทำให้แยกสลายไขมันได้มากขึ้น ปริมาณไอน้ำเดือดที่ใช้ประมาณ 100% ของไขสัตว์ การใช้น้อยกว่านี้ มีผลทำให้ปริมาณการแยกสลายตกลง ถ้าใช้มากไปกว่านี้ทำให้ค่าใช้จ่ายในการระเหยน้ำออกจากกลีเซอรีนสูงขึ้น เวลาที่ใช้ในปฏิกิริยาเคมี ประมาณ

9 ชั่วโมง การใช้เวลาน้อยกว่านี้ ทำให้ปริมาณการแยกสลายตกลงไป การใช้เวลามากไปกว่านี้ ไม่ช่วยให้เกิดผลดี เพราะขอบเขตการแยกสลายถึงจุดจำกัดโดยความเข้มข้นของกลีเซอรีนแล้ว

5.2 ประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลวิจัย (10)

การนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ศึกษาการตั้งโรงงานผลิตกรด Stearic acid ซึ่งจะนำผลที่ได้จากการทดลองที่ให้ผลดีที่สุดมาใช้ คือผลการทดลองเลขที่ 6

5.2.1 หลักการ และค่าที่ใช้ในการคำนวณ

กำลังการผลิต 1200 ตัน กรด Stearic acid ต่อปี
ทำการผลิตปีละ 300 วัน วันละ 24 ชั่วโมง
วิธีที่ใช้ในการผลิต ใช้ Twitchell Process 2 stages
ใช้เวลา stage ละ 9 ชั่วโมง
แยก fatty acids โดยวิธี Panning and Pressing
ใช้ไขสัตว์ชนิด grade A
วัตถุดิบที่ใช้ คิดเป็นร้อยละของไขสัตว์โดยน้ำหนัก

น้ำบริสุทธิ์ที่ใช้ผสมไขสัตว์	50
ไอน้ำที่ใช้แยกสลายไขสัตว์	100
กรด Sulphonic acid	1.3
กรด Sulphuric acid	1.8
ปูนสุก Slaked lime	1.8

ได้ผลผลิต คิดเป็นร้อยละของไขสัตว์โดยน้ำหนัก

กรด Stearic acid	46.0
Red oil	52.5
น้ำ Glycerine lye	150

การสูญหายของผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการผลิต 2%

คุณภาพของผลผลิต

กรด Stearic acid ความบริสุทธิ์ 98.6%

Red oil ความบริสุทธิ์ 99.0%

น้ำ Glycerine lye ความเข้มข้น 3 ถึง 4%

น้ำ Glycerine ที่ระเหยน้ำออกแล้ว เข้มข้น 80%

5.2.2 การคำนวณปริมาณวัตถุดิบและผลผลิต

ผลิตกรด Stearic acid = $\frac{1200}{300}$ = 4 ตันต่อวัน

วัตถุดิบที่ใช้	ต่อ stage	ต่อวัน
ไขสัตว์ = $\frac{4}{0.46 \times 0.98}$	= 8.9 ตัน	8.9 ตัน
น้ำบริสุทธิ์ที่ใช้ผสมไขสัตว์	4.45 ตัน	8.9 ตัน
ไอน้ำเดือดที่ใช้แยกสลาย	8.9 ตัน	17.8 ตัน
กรด Sulphonic acid	116 กก.	116 กก.
กรด Sulphuric acid	165 กก.	330 กก.
ปูนสุก Slaked lime	165 กก.	330 กก.

ผลผลิตที่ได้	ต่อวัน
กรด Stearic acid	4.0 ตัน
Red oil	4.6 ตัน
น้ำ Glycerine lye 3-4%	26.7 ตัน

5.2.3 การคำนวณขนาดของอุปกรณ์

เวลาที่ใช้ในการผลิต ต่อ 1 stage	
เวลาที่ใช้ในการแยกสลายไขมัน	9 ชั่วโมง
เวลาที่ใช้ในการลำเลียงสารเข้าออก	2 ชั่วโมง
เวลาที่ใช้ในการแยกชั้นของของเหลว	5 ชั่วโมง
รวมเวลาที่ใช้ในการผลิต ต่อ 1 stage	16 ชั่วโมง

ผลิต batch ละ 2 stages

รวมเวลาที่ใช้ในการผลิตต่อ 1 batch 32 ชั่วโมง

ฉะนั้นกำลังผลิตต่อ batch = $(\frac{32}{24})$ (4) = 5.3 ตัน Stearic acid

ปริมาณของสารทั้งหมดที่บรรจุใน Fat Splitter เท่ากับ

$(\frac{32}{24})$ (8.9 + 4.45 + 8.9 + 0.116 + 0.165) = 30 ตัน

คิดเป็นปริมาตรโดยประมาณ 33 ลูกบาศก์เมตร

ให้ปริมาตรของสารจุเท่ากับร้อยละ 75 ของปริมาตร Fat Splitter

เพราะฉะนั้นปริมาตรของ Fat Splitter เป็น $\frac{33}{0.75}$ = 44 ลูกบาศก์เมตร

ใช้ Fat Splitter 3 ตัว ขนาดตัวละ 15 ลูกบาศก์เมตร

การลำเลียงสารเข้า Fat Splitter ใช้ Pump ขนาดต่าง ๆ โดยประมาณ ดังนี้

สำหรับไขสัตว์ใช้ขนาด 100 gpm. (24 ม.^{3}/ชม.) 1 ตัว

สำหรับน้ำใช้ขนาด 50 gpm. (12 ม.^{3}/ชม.) 1 ตัว

สำหรับสารเคมีใช้ขนาด 10 gpm. (2 ม.^{3}/ชม.) 2 ตัว

การลำเลียงสารออกให้ไหลออกเองจากก้นถังลงสู่ถังพักข้างล่าง

ถังพัก น้ำ glycerine 1 ใบ ขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร

ถังพัก fatty acids 1 ใบ ขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร

ถังพัก น้ำ glycerine ใช้เป็นถังแยกกรด Sulphuric acid ออกจาก น้ำ glycerine ด้วย ถังนี้มีท่อต่อเข้า Pump ไปยังเครื่อง Evaporator ซึ่งจะระเหยน้ำออกจาก น้ำ glycerine ชนิด 3-4% 26.7 ตันต่อวัน ไปเป็น glycerine ชนิด 80% 1.2 ตัน ปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออก เท่ากับ 25.5 ตันต่อวัน ให้ไอน้ำเดือดที่ใช้เท่ากับ 1 ตันต่อ การระเหย น้ำออก 1 ตัน ฉะนั้นไอน้ำที่ใช้ใน Evaporator เท่ากับ 25.5 ตันต่อวัน

ปริมาณไอน้ำเดือดที่ใช้ต่อวัน

ในการแยกสลายไขมัน	17.8	ตัน
ในการระเหยน้ำ glycerine	25.5	ตัน
ใน ขดไอน้ำเดือดประมาณ	5.0	ตัน
ปริมาณไอน้ำเดือดที่ใช้ทั้งหมดประมาณ	48	ตันต่อวัน
ใช้เครื่องทำไอน้ำเดือด Boiler ขนาด	3	ตันต่อชั่วโมง

ให้ความดันไอน้ำประมาณ 50 ถึง 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากถังพัก fatty acids มีท่อต่อเข้า pump ไปยังเครื่อง Panning ซึ่งใช้ลมเป่าให้ fatty acids แข็งตัว แล้วบรรจุถุงผ้าเข้าเครื่องอัด Hydraulic press ขนาดของเครื่องอัดมีผิวหน้าตัดประมาณ 1 ตารางเมตร แรงอัดประมาณ 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว รวมแรงอัดประมาณ 20 ตัน อัดได้เป็นชั้น ๆ รวมหนาประมาณ 1.5 เมตร คิดเป็น Fatty acid ประมาณ 1 ตัน ใช้เวลาอัดประมาณ 1 ชั่วโมง คิดเป็นกำลังผลิต แบบอัดครั้งเดียว วันละ 24 ตัน ของ fatty acids ถ้าอัดสองครั้งจะได้วันละ 12 ตัน ของ fatty acids

5.2.4 ขนาดอุปกรณ์ที่ใช้ และราคาโดยประมาณ

Fat Splitter 3 ตัว ขนาดจุ 15 ลูกบาศก์เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เมตร สูงประมาณ 4 เมตร ก้นกรวยมีฝาปิด มีท่อเข้าออก มีขดไอน้ำเดือดภายใน ราคารวมประมาณ 200,000 บาท

Pump 4 ตัว ความดันประมาณ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ขนาด 100, 50, 10 และ 10 แกลลอนต่อนาที ราคาประมาณ 100,000 บาท

Boiler ขนาด 3 ตันต่อชั่วโมง ความดัน 50 ถึง 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ราคาประมาณ 500,000 บาท

Evaporator ขนาด 1.5 ตันต่อชั่วโมง ชนิด 2 stages ราคาประมาณ 200,000 บาท

ถัง 6 ใบ สำหรับบรรจุไขมัน, น้ำ glycerine, fatty acids, Red oil และน้ำ มีขนาด 15 ถึง 30 ลูกบาศก์เมตร ราคารวมประมาณ 250,000 บาท

หน่วย Panning and Pressing เครื่อง Hydraulic ขนาด 20 ตัน ราคาประมาณ 150,000 บาท

เครื่องกำจัดของเสีย ราคาประมาณ 100,000 บาท

รวมค่าอุปกรณ์ทั้งหมดประมาณ 1,500,000 บาท

5.2.5 เงินลงทุน

ค่าอุปกรณ์การผลิต	1,500,000 บาท
ค่าที่ดิน อาคาร และสำนักงาน	1,000,000 บาท
ค่าสำรองวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์	1,000,000 บาท
รวมเงินลงทุนทั้งสิ้น	3,500,000 บาท

5.2.6 การคำนวณต้นทุนและกำไร

ค่าใช้จ่ายส่วนที่ขึ้นกับปริมาณการผลิต (Variable cost)	บาทต่อวัน
ค่าวัตถุดิบ ไขสัตว์ 8900 กก. ๆ ละ 12 บาท	106,800
กรด Sulphonic acid 116 กก.	2,500
กรด Sulphuric acid 330 กก.	1,000
ไอน้ำเดือด 50 ตัน ๆ ละ 300 บาท	15,000
ปูนสุก 330 กก.	300
ค่าไฟฟ้า และน้ำจืด	400
ค่าบรรจุหีบห่อ และค่าขนส่ง	3,000
รวมค่าใช้จ่ายส่วนที่ขึ้นกับปริมาณการผลิต	129,000
ค่าใช้จ่ายส่วนที่คงที่ (Fixed cost)	บาทต่อวัน
ค่าแรงงาน	750
ค่าซ่อมแซมบำรุง	600
ค่าใช้จ่ายสำนักงาน ค่าโสหุ้ยต่าง ๆ	900

ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ 3,500,000 บาท	1,750
รวมค่าใช้จ่ายส่วนที่คงที่	4,000
รายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์	บาทต่อวัน
กรด Stearic acid 4000 กก. ๆ ละ 18 บาท	72,000
Red oil 4500 กก. ๆ ละ 12 บาท	54,000
Glycerine ชนิด 80% 1200 กก. ๆ ละ 15 บาท	18,000
รวมรายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์	144,000

ให้ X เป็นปริมาณการผลิตของ Stearic acid คิดเป็นตันต่อวัน

รวมรายได้จากการจำหน่าย = $\frac{144,000}{4}X = 36,000X$ บาทต่อวัน

ค่าใช้จ่าย = $\frac{129,000}{4}X + 4,000 = 32,250X + 4,000$ บาทต่อวัน

ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร์ (ปีละ 20%) = 1,000 บาทต่อวัน

ผลกำไรที่ต้องเสียภาษี = (36,000X - 32,250X -4,000 - 1,000)บาทต่อวัน

ค่าภาษี 25% = 0.25 (2,750X - 5,000) บาทต่อวัน

= 686.5X - 1,250 บาทต่อวัน

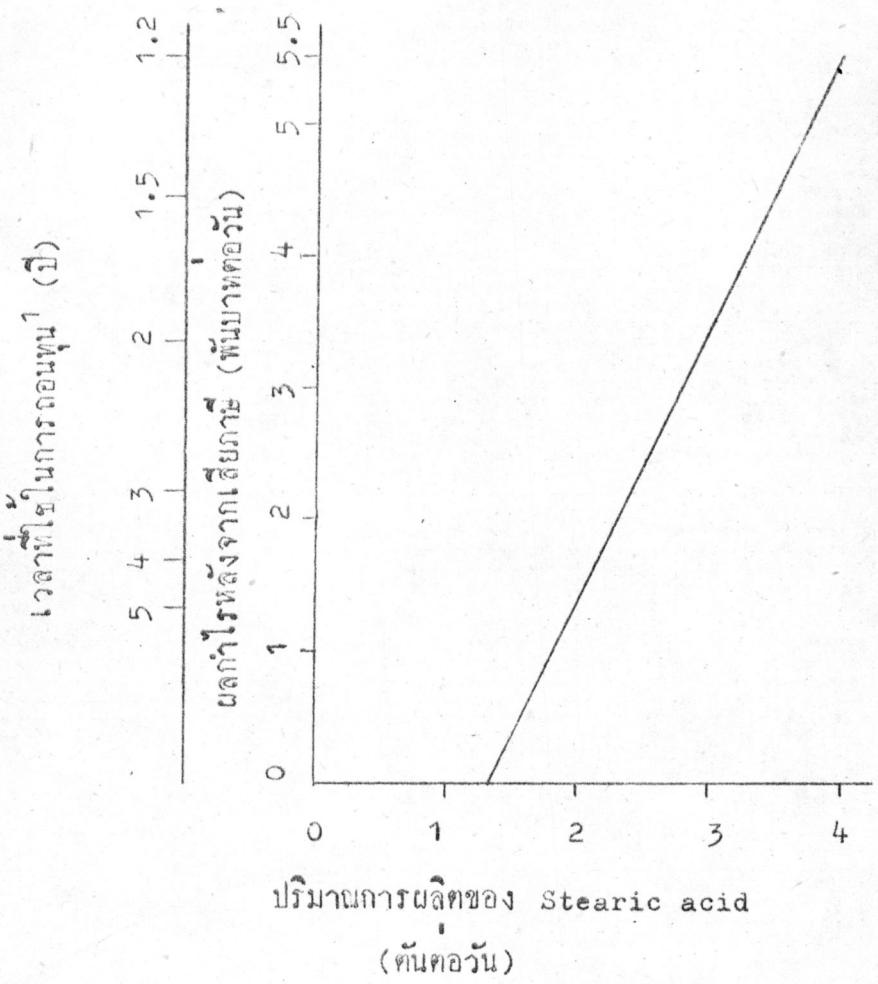
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 32,250 X + 4,000 + 687.5X- 1,250 บาทต่อวัน

= 33,937.5X + 2,750 บาทต่อวัน

ผลกำไรหลังจากเสียภาษี= (36,000 - 33,937.5) X - 2,750 บาทต่อวัน

= 2,062.5X - 2,750 บาทต่อวัน

ความสัมพันธ์ระหว่างผลกำไรหลังจากเสียภาษีแล้ว กับปริมาณการผลิตของ Stearic acid ได้แสดงไว้แล้วในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของผลกำไรหลังจากเสียภาษี กับปริมาณการผลิตของ Stearic acid

[1] 2,000,000 บาท (อุปกรณ์การผลิต 1,500,000 บาท กับตัวอาคาร 500,000 บาท)

5.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

ข้อเสนอแนะต่อไปนี้ เป็นการค้นคว้าทดลองซึ่งผู้เขียนเห็นว่า มีประโยชน์ต่อการวิจัยในขั้นต่อไป

5.3.1 การวิเคราะห์หาคุณภาพของ Fatty acids โดยใช้เครื่องมือ Gas Chromatograph (16) ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาชนิด และปริมาณ Fatty acid ที่มีในสารตัวอย่างได้ ช่วยให้ทราบผลการทดลองแยกสารไขมันได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ผู้เขียนมีความตั้งใจจะใช้วิธีการนี้ แต่ติดขัดด้วยอุปสรรคหลายประการ คือต้องซื้อน้ำยาเคมีจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพง และเสียเวลามาก ที่สำคัญคือ เครื่องมือ Gas Chromatograph ที่ขอยืมแผนกวิชาเคมีจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย เกิดชำรุดขณะทำการทดลองกับสารละลายมาตรฐาน จึงต้องระงับการวิเคราะห์อันนี้

5.3.2 การปรับปรุงคุณภาพของ Stearic acid ที่ได้ โดยการทำให้เหลวในถังอัดความดัน ที่อุณหภูมิ ประมาณ 60° Cแล้วฉีดออกมาโดยผานรูขนาดเล็ก ๆ เข้าไปในห้องที่มีความดันต่ำ และอุณหภูมิต่ำพอสมควร จะมีผลทำให้ Stearic acid แข็งตัวเป็นเกล็ดขาว มีลักษณะดีขึ้น และขณะที่ฉีดออกมา สิ่งเจือปนที่ระเหยง่ายก็จะถูกดูดแยกตัวออกไปด้วย ทำให้คุณภาพดียิ่งขึ้น วิธีการนี้เรียกว่า "Spray Cool Drying"

5.3.3 การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำกลีเซอรีน ซึ่งทำได้โดยการนำน้ำกลีเซอรีนที่ได้จาก stage ที่สอง ของการแยกสลายไขมันในถังแยกถังหนึ่ง มาใช้ผสมกับไขสัตว์ที่จะทำการแยกสลายไขมันใน stage แรกในอีกถังหนึ่ง เป็นการใช้น้ำอย่างชนิด Counter flow วิธีนี้สามารถเพิ่มความเข้มข้นของกลีเซอรีนได้สูง ตั้งแต่ 10% ถึง 15% ซึ่งมีผลในการลดค่าใช้จ่ายในการระเหยน้ำจากกลีเซอรีน