บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

1.1.1 ความต้องการ [1]Stearic acid ในประเทศ (15)

Stearic acid เป็น [2]fatty acid ที่สำคัญและใช้มากในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ปริมาณความต้องการของ Stearic acid ในประเทศทั้งหมดได้จากการสั่งซื้อจากต่างประเทศ ปริมาณและมูลค่าของ Stearic acid ที่สั่งซื้อเข้ามามีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ปี พ.ศ.	ปริมาณ (กิโลกรัม)	[3]มูลค่า (บาท)
2513	666,741	3,873,749
2514	626,234	4,082,985
2515	898,245	6,405,962
2516	1,207,192	14,426,478

ตารางที่ 1 ปริมาณและมูลค่าของ Stearic acid ที่ซื้อจากต่างประเทศ

การค้นคว้าวิจัย การผลิต Stearic acid จากไขสัตว์ที่มีอยู่ในประเทศ เป็นผลก่อให้เกิดประโยชน์แก่อุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของประเทศ

[1] ดูรายละเอียดในหัวข้อ 1.1.2

[2] ดูรายละเอียดในหัวข้อ 1.6.1

[3] มูลค่าเป็นราคา CIF (Cost, Insurance, Freight)

1.1.2 คุณสมบัติของ Stearic acid (1) (11)

Stearic acid ที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มี 2 ชนิด คือ ชนิด pure grade เป็นสารประกอบบริสุทธิ์เรียกว่า Chemist's stearic acid อีกชนิดหนึ่งเป็น Commercial grade เรียกว่า Commercial stearic acid ทั้งสองชนิดนี้มีส่วนประกอบและคุณสมบัติแตกต่างกัน

Chemist's Stearic Acid เป็นสารประกอบเรียกชื่อทางเคมีว่า n-Octadecanoic acid มีสูตร $C_{18}H_{36}O_2$ น้ำหนักโมเลกุล 284.4 เป็น [1]saturated fatty acid มีโครงสร้างเป็น $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ มีรูปผลึกเป็น leaflets มีจุดหลอมเหลว 69.6°C จุดเดือด 376°C ละลายใน ether และ alcohol ที่อุณหภูมิสูง ไม่ละลายในน้ำ มีอยู่ทั่ว ๆ ไป ในไขสัตว์และน้ำมันพืช ในรูปของ [1]Glycerides

Commercial Stearic Acid เป็นสารผสมมี Chemist's stearic acid ประมาณ 45% [1]Palmitic acid ประมาณ 55% และ unsaturated fatty acids อีกเล็กน้อย อัตราส่วนดังกล่าวนี้ตรงกับ fatty acids ที่ได้จากแยกสลายไขสัตว์ คุณสมบัติของ commercial stearic acid ขึ้นอยู่กับชนิดของไขสัตว์ที่ใช้ และกรรมวิธี [2]purification มีจุดหลอมเหลวอยู่ระหว่าง 52°C ถึง 55°C ค่าของ [1]Iodine value ระหว่าง 7 ถึง 13 ค่า [1]Saponification value ระหว่าง 206 ถึง 210 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

Purification Method	Stearic acid %	Palmitic acid %	Oleic acid %	Iodine value	Melting point °C
Single press	40	47	13	9 - 13	51.5 - 52.0
Double press	42	51	6	7 max.	54.0 - 54.5
Triple press	42	53	4	7 max.	54.5 - 55.0

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของ Commercial stearic acid แปรตาม Purification method.

[1]ดูรายละเอียดในหัวข้อ 1.6

[2]ดูรายละเอียดในหัวข้อ 1.2.5

1.1.3 ประโยชน์ของ Stearic acid (1)(7)(14)

Stearic acid ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ อุตสาหกรรมเทียนไข อุตสาหกรรมยาง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมสารเคลือบผิว อุตสาหกรรมเภสัช อุตสาหกรรมโลหะ และใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมสารอื่น ๆ ใช้ในอุตสาหกรรมทำสบู่ เครื่องสำอาง น้ำยาทำความสะอาด ใช้ในรูปของเกลือของโลหะ เกลือคลอไรด์ เกลือโบร์ไมด์ เป็นต้น ปริมาณการใช้ Stearic acid สามารถจำแนกออกโดยประมาณดังแสดงในตารางที่ 3

การใช้ Stearic acid	ร้อยละ
เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารอื่น	20
ทำสบู่ และน้ำยาทำความสะอาด	10
ในอุตสาหกรรมยาง อุตสาหกรรมหล่อลื่น	25
ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ	45

ตารางที่ 3 การจำแนกปริมาณการใช้ Stearic acid ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

1.1.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต Stearic acid (2)(13)

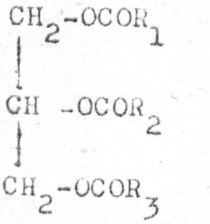
Stearic acid ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ อยู่ในรูปของ glyceride ซึ่งมีอยู่ในไขสัตว์ และน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ปริมาณของ Stearic acid มีอยู่มากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของไขสัตว์และน้ำมันพืช ในไขสัตว์พวก Tallow จะมีปริมาณ Stearic acid มากที่สุดถึง 30% เมื่อเทียบกับไขสัตว์ชนิดอื่น หรือน้ำมันพืชซึ่งมี Stearic acid ไม่ถึง 5% ฉะนั้น Tallow จึงนับเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ และใช้มากในการผลิต Stearic acid

Tallow เป็นไขสัตว์ที่ได้จากสัตว์ประเภท แพะ แกะ โค กระบือ ไขสัตว์จากแกะ และแพะ ไม่เหมาะแก่การบริโภคเพราะมีกลิ่นจัด และยากแก่การขจัดกลิ่น ทั้งยังไม่เหมาะที่จะมาทำสบู่อีกด้วย ไขสัตว์จาก โค และกระบือ มีคุณภาพเหนือกว่า คือมีกลิ่นไม่จัด และเก็บไว้ได้นานไม่เสียง่าย นอกจากใช้บริโภคได้แล้ว ยังนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำสบู่ และ fatty acids ได้อีกด้วย การแยก Tallow ออกจากมันสัตว์มีขบวนการโดยย่อดังนี้คือ แล่เอาส่วนที่เป็นมันทั้งหมดออกมา นำมาสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปใส่กระทะหรือหม้อเจียว คุณภาพของ Tallow ขึ้นอยู่กับชนิดของมันสัตว์ และเป็นมันที่มาจากส่วนไหนของสัตว์ คุณภาพของ Tallow วัดโดยการ ดูสี กลิ่น จุดหลอมตัว ความชื้น และสิ่งเจือปน

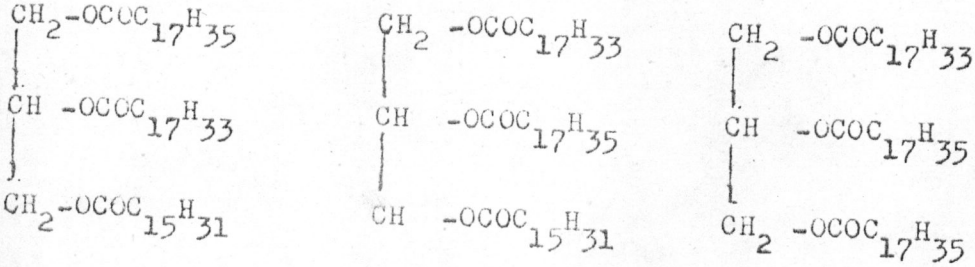
1.2 การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 ขบวนการแยกสลายไขสัตว์ (1)(3)(5)(6)

ไขสัตว์ที่มีอยู่ในธรรมชาติส่วนใหญ่เป็น Triglycerides ชนิดผสม คือมี Fatty acids ชนิดต่าง ๆ เกาะอยู่ เขียนเป็นสูตรเคมีได้ดังนี้



Triglycerides ชนิดที่มีอยู่มากในไขสัตว์ คือ



β-Oleopalmitostearin β-Stearopalmitoolein α-Oleodistearin

การแยกสลายไขสัตว์ เป็นขบวนการ Hydrolysis Reaction ที่เรียกว่า "Fat Splitting Process" เป็นการแยกสลายไขมันออกเป็น กรดไขมัน [1]fatty acids และกลีเซอรีน [1]glycerine โดยใช้น้ำเป็นตัวแยก ปฏิกิริยาเคมีเป็นแบบย้อนกลับได้เป็น Reversible reaction เขียนโดยย่อได้ดังนี้

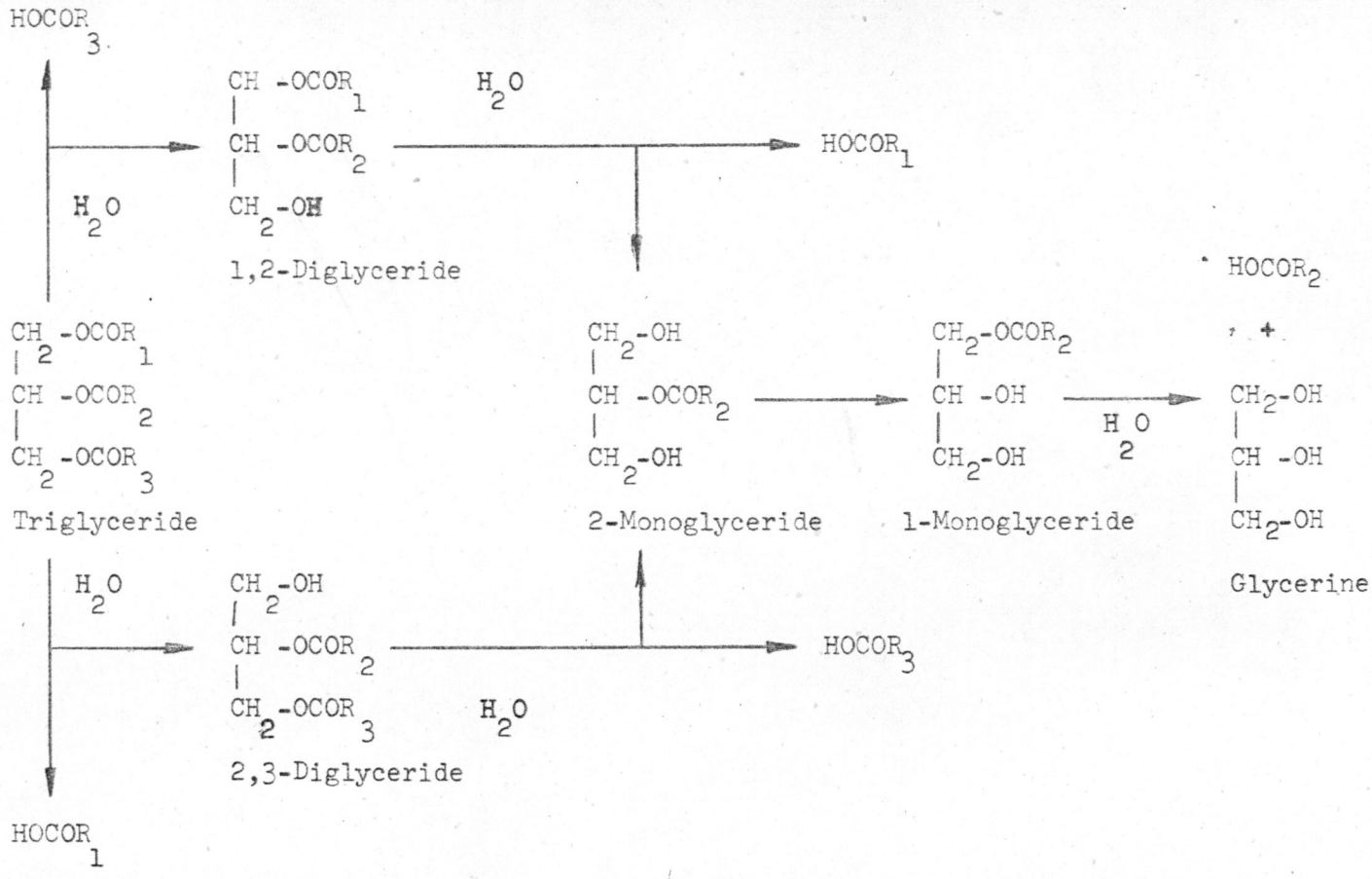
$$\begin{array}{l} CH_2\text{-}OCOR_1 \\ | \\ CH\text{-}OCOR_2 \\ | \\ CH_2\text{-}OCOR_3 \end{array} + 3H_2O \rightleftharpoons \begin{array}{l} HOCOR_1 \\ HOCOR_2 \\ HOCOR_3 \end{array} + \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

[1]Fat น้ำ [1]Fatty acids [1]Glycerine

ขั้นตอนของการแยกสลายไขมันอย่างละเอียดได้แสดงอยู่ในภาพที่ 1 Triglyceride จะแตกตัวได้ Diglyceride และ fatty acid 1 ตัว Diglyceride จะแตกตัวต่อไปได้ Monoglyceride และ fatty acid อีก 1 ตัว และเกิดการย้าย fatty acid ใน Monoglyceride จากตำแหน่งที่ 2 ตรงกลางไปอยู่ตำแหน่งที่ 1 ตรงปลาย แล้วแตกตัวต่อไปให้ glycerine และ fatty acid ตัวสุดท้าย ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นนี้ จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อน้ำกับน้ำมันมาพบกัน ที่อุณหภูมิธรรมดาน้ำกับไขมันผสมกันได้น้อยมาก น้อยกว่า 0.01 กรัมของไขมันในน้ำ 100 กรัม ฉะนั้นปฏิกิริยาเคมีจึงเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับไขมัน ปฏิกิริยาแบบ Heterogeneous reaction และเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ วิธีการที่จะให้น้ำกับไขมันละลายผสมเข้าด้วยกันมีอยู่หลายวิธี

1.2.1.1 การเติมกรด [1]Sulphonic acid ในขั้นแรก Sulphonic acid จะละลายในน้ำ ไปลดแรงตึงผิวของน้ำทำให้เกิดฟองเป็น Emulsion ทำให้ผิวสัมผัสของน้ำกับไขมันมีมากขึ้น ปฏิกิริยาเคมีการแยกสลายไขมันชวงนี้จึงเรียกว่า "Emulsive hydrolysis" เกิด fatty acids ขึ้น ทำให้

[1]ดูรายละเอียดในหัวข้อ 1.6



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนของปฏิกิริยาเคมีของการแยกสลายไขมัน

Sulphonic acid ละลายเข้าไปใน fatty acids ซึ่งอยู่ในชั้นไขมัน Sulphonic group SO_3H ที่อยู่ใน Sulphonic acid จะเป็นตัวลำเลียงน้ำเข้าไปทำปฏิกิริยาเคมีกับไขมัน และลำเลียง glycerine ที่เกิดขึ้นออกมาละลายในน้ำ ซึ่งกล่าวได้ว่าน้ำกับไขมันละลายผสมกันอย่างดี ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น เกิดขึ้นในชั้นของไขมันอย่างทั่วถึงกัน เป็นปฏิกิริยาเคมีแบบ Homogeneous reaction และเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมาก

1.2.1.2 การเติม Metal oxide บางตัว เช่น Zinc oxide และ magnesium oxide ในช่วงแรกของปฏิกิริยาเคมีจะเป็นแบบ Heterogeneous reaction เกิด fatty acids ขึ้น ซึ่งจะรวมตัวกับ metal oxide กลายเป็น metal soap ละลายในชั้นของไขมัน metal ions ใน metal soap จะเป็นตัวลำเลียงน้ำเข้าไปทำปฏิกิริยาเคมีกับไขมัน และลำเลียง glycerine ที่เกิดขึ้นออกมาละลายในน้ำ ผลก็จะเกิดขึ้นเช่นเดียวกับในตอนท้ายของข้อ 1.2.1.1

1.2.1.3 การเพิ่มอุณหภูมิก็เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้การผสมตัวของน้ำกับไขมันดีขึ้น ที่อุณหภูมิ 200°C ถึง 300°C การละลายของน้ำกับไขมันมีค่าสูงพอที่จะทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้เร็ว ถึงแม้จะไม่เติมสารเคมีเข้าช่วย

นอกจากการละลายผสมกันของน้ำกับไขมันแล้ว การก่อให้เกิด ions ในน้ำก็เป็นส่วนสำคัญในการแยกสลายไขมัน เพราะน้ำที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยาต้องอยู่ในรูปของ ions การเติม mineral acid ลงไปด้วยจะทำให้น้ำแยกออกเป็น ions ได้ง่าย ปฏิกิริยาเคมีก็จะเกิดได้เร็วขึ้น mineral acid ที่นิยมใช้คือ Sulphuric acid เพราะหาได้ง่าย ไม่ก่อให้เกิดแกสพิษเป็น strong acid ให้ ions ได้ดี สะดวกแก่การแยกออกจาก glycerine โดยตกตะกอนเป็น Calcium sulphate ด้วย slaked lime สำหรับในกรณีเติม metal oxide ตามข้อ 1.2.1.2 นั้น metal ions จะทำหน้าที่ผลิต ions จากน้ำ โดยไม่ต้องใช้ mineral acid ช่วย

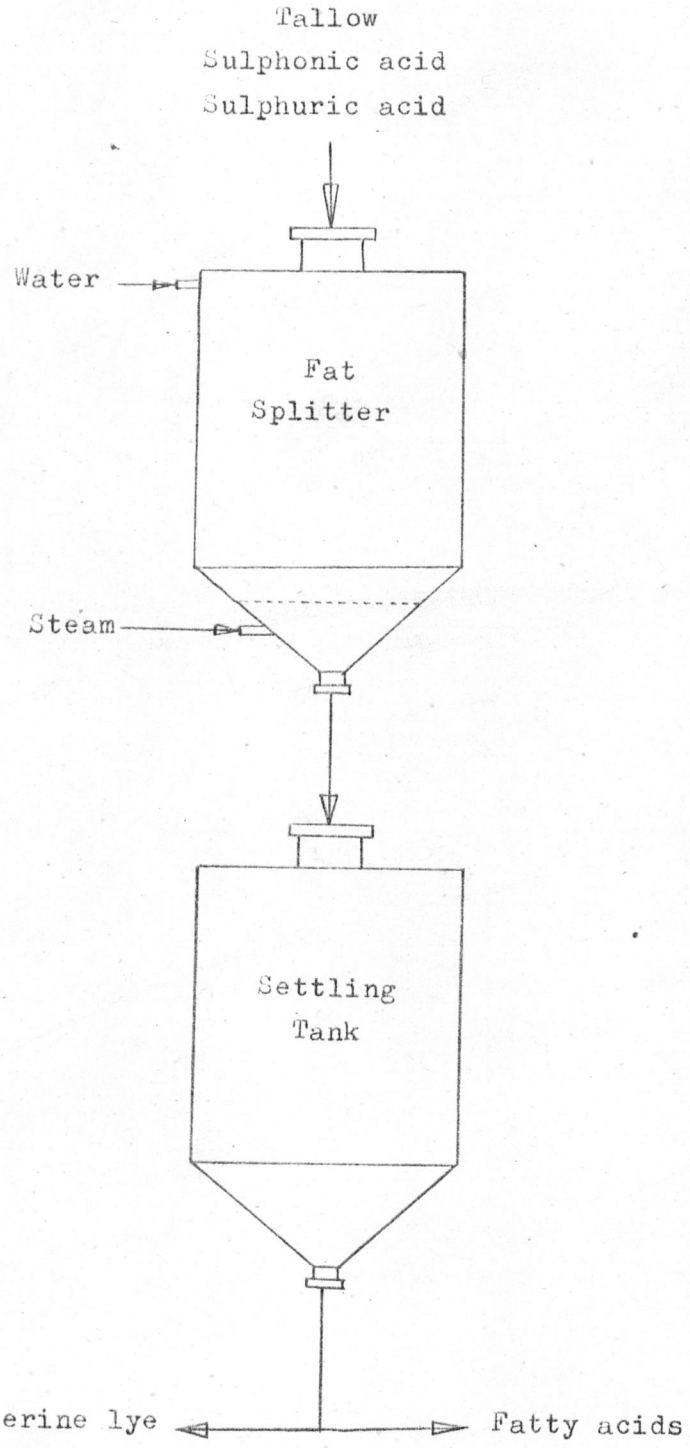
เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีของการแยกสลายไขมัน เป็นแบบ Reversible reaction โดยกฎของ [1]Law of Mass Action แล้ว ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะค่อย ๆ ช้าลง จนถึงจุด equilibrium ก็จะหยุด การที่จะให้เกิดปฏิกิริยาต่อไป หรือบังคับให้เกิดปฏิกิริยาได้มากขึ้น ต้องเพิ่มปริมาณ reactants ให้มีความเข้มข้นขึ้น หรือลดปริมาณ products ให้มีความเข้มข้นน้อยลง ในที่นี้เราสามารถทำได้ทั้งสองวิธี คือ วิธีแรกเพิ่มปริมาณน้ำเข้าไปทำปฏิกิริยาให้มากขึ้น วิธีนี้มีผลเสียอยู่บางคือ ทำให้ได้ Sweet water หรือน้ำ glycerine เจือจาง เป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการระเหยน้ำ glycerine ให้เข้มข้นแพงขึ้น วิธีที่สองซึ่งดีกว่าวิธีแรก ใช้ขบวนการ Multistage operation คือหลังจากเกิดปฏิกิริยาพอสมควรแล้ว ก็แยกน้ำ glycerine ออกเอาน้ำเปล่าใส่แทน แล้วเริ่มปฏิกิริยาเคมีต่อไป หรือใช้ขบวนการ [2]Counter-current operation โดยให้น้ำกับไขมันสวนทางกัน ทำให้ได้ผลิตผลสูง และได้น้ำ glycerine ที่เข้มข้น

ขบวนการผลิต Stearic acid ที่สำคัญและนิยมใช้กันมากมี Twitchell Process, Autoclave Process และ Counter-current Process ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อ 1.2.2 1.2.3 และ 1.2.4 ตามลำดับ ในหัวข้อ 1.2.5 จะกล่าวถึงการแยก Stearic acid ออกจาก fatty acids ที่ได้จากปฏิกิริยาแยกสลายไขมัน

1.2.2 การผลิต Stearic acid โดยวิธี Twitchell Process (1)(2)(8)(12)(13)

การผลิต Stearic acid โดยวิธีนี้ ใช้อุปกรณ์ที่ธรรมดา และวิธีการที่ง่าย ๆ คือใช้ถังแบบมีฝาปิดทำด้วยไม้ หรืออาจใช้ถังที่บุภายในด้วยตะกั่ว หรือโลหะ Monel เพื่อทนการกัดกร่อน การผลิตทำที่ความดันปรกติของบรรยากาศ และอุณหภูมิไม่สูงมาก คือประมาณ 100°C จุดสำคัญของ Twitchell Process คือการใช้สารเร่งปฏิกิริยาชนิด great emulsifying agent คือสารที่เพิ่มการละลายของไขมันกับน้ำ สารที่ใช้นี้คือ Twitchell reagent ซึ่งคิดค้นขึ้นมาโดยนาย Twitchell ปัจจุบันได้มีการค้นคว้า Sulphonic acid ตัวอื่น ๆ ซึ่งดีกว่าตัวแรกที่นาย Twitchell ค้นพบ (ภาพที่ 2)

[1] ดูหัวข้อ 1.6 [2] ดูหัวข้อ 1.2.4



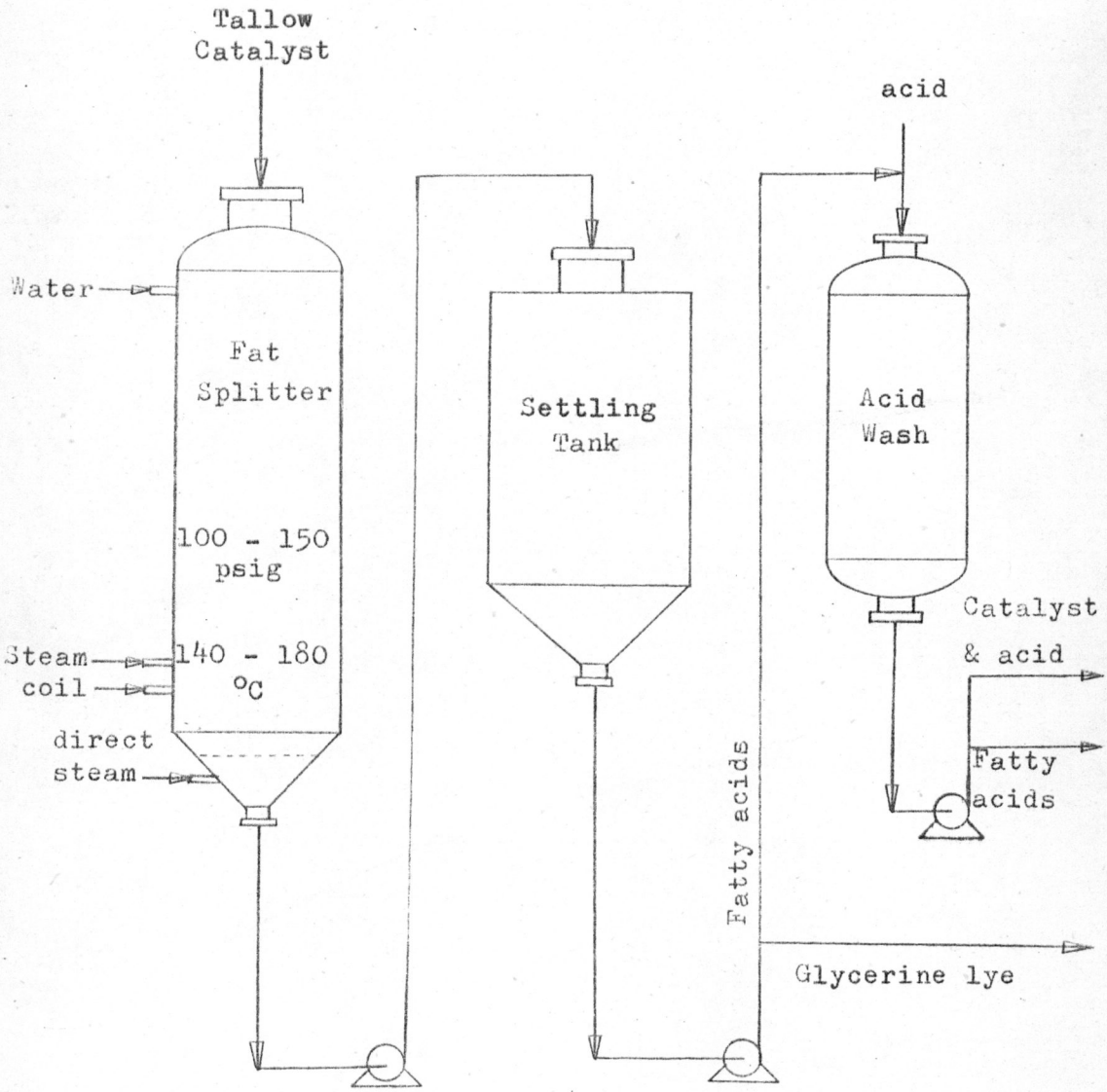
ภาพที่ 2 การผลิต Stearic acid โดยวิธี Twitchell Process

ขบวนการผลิตมีดังนี้คือ นำไขมันผสมกับน้ำประมาณ 25% ถึง 50% Sulphonic acid 0.5% ถึง 1.5% และ Sulphuric acid ประมาณ 1.0% เพื่อเร่งปฏิกิริยา Hydrolysis ให้ดีขึ้น ผสมสารทั้งหมดนี้ในถัง แล้วต้มให้เดือดโดยการฟ่นไอน้ำลงไป ปล่อยให้เดือดประมาณ 12 ถึง 48 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้แยกชั้นจากกัน เป็นชั้นไขมันซึ่งมีไขมันที่เหลืออยู่ fatty acids ที่เกิดขึ้น Sulphonic acid ที่เติมลงไป กับชั้นของน้ำที่เรียกว่า sweet water ซึ่งมีน้ำ glycerine lye และ Sulphuric ส่วนของ sweet water จะถูกแยกออกไป เอาน้ำบริสุทธิ์เติมลงไปแทนที่ พร้อมทั้ง Sulphuric acid ปริมาณเท่ากรั้งแรก แล้วต้มด้วยไอน้ำอีกเป็น stage ที่สอง fatty acids ที่เกิดขึ้นจะมากน้อยขึ้นกับจำนวน stage ที่ใช้ ถ้ามาก stage ก็จะได้ปริมาณ fatty acids สูง ปริมาณ fatty acid ที่ได้โดยวิธี Twitchell Process นี้ ประมาณ 85% ถึง 98% และ ความเข้มข้นของ glycerine lye ประมาณ 5% ถึง 15%

ข้อดีของวิธี Twitchell Process คือใช้อุปกรณ์ธรรมดา และใช้ความดันกับอุณหภูมิต่ำ ข้อเสียคือใช้เวลานาน และใช้ปริมาณไอน้ำมาก

1.2.3 การผลิต Stearic acid โดยวิธี Autoclave Process(2)(8)(12)(13)

อุปกรณ์ที่ใช้ใน Autoclave Process เป็นถังโลหะสูง ทำด้วยทองแดง หรือ stainless steel ที่ทนความดันสูง และมีช่องให้ไอน้ำเข้า ไอน้ำนี้เป็นตัวให้ความร้อนและกวนให้สารละลายในถังให้ผสมเข้าด้วยกัน ใส่ไขมันเข้าไปในถังพร้อมกับน้ำประมาณ 50% และตัวเร่งปฏิกิริยา 1. ถึง 5% ตัวเร่งปฏิกิริยานี้โดยมากใช้ Zinc oxide หรือ magnesium oxide หรือ calcium oxide เปิดท่อไอน้ำให้เข้าไปต้มและกวนสารละลายให้เดือด ควบคุมอุณหภูมิและความดันด้วยไอน้ำ ให้มีอุณหภูมิประมาณ 140° C ถึง 180° C และมีความดันประมาณ 100 ถึง 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดมากในช่วงแรก แล้วค่อย ๆ ตกลง ภายในเวลา 5 ถึง 10 ชั่วโมง จะเกิดปฏิกิริยา 85% ถึง 90% จากนั้นปฏิกิริยาเคมีจะช้ามาก เพราะ glycerine ใน sweet water สูง ต้องเอา sweet water ออก แล้วแทนที่



ภาพที่ 3 การผลิต Stearic acid โดยวิธี Autoclave Process

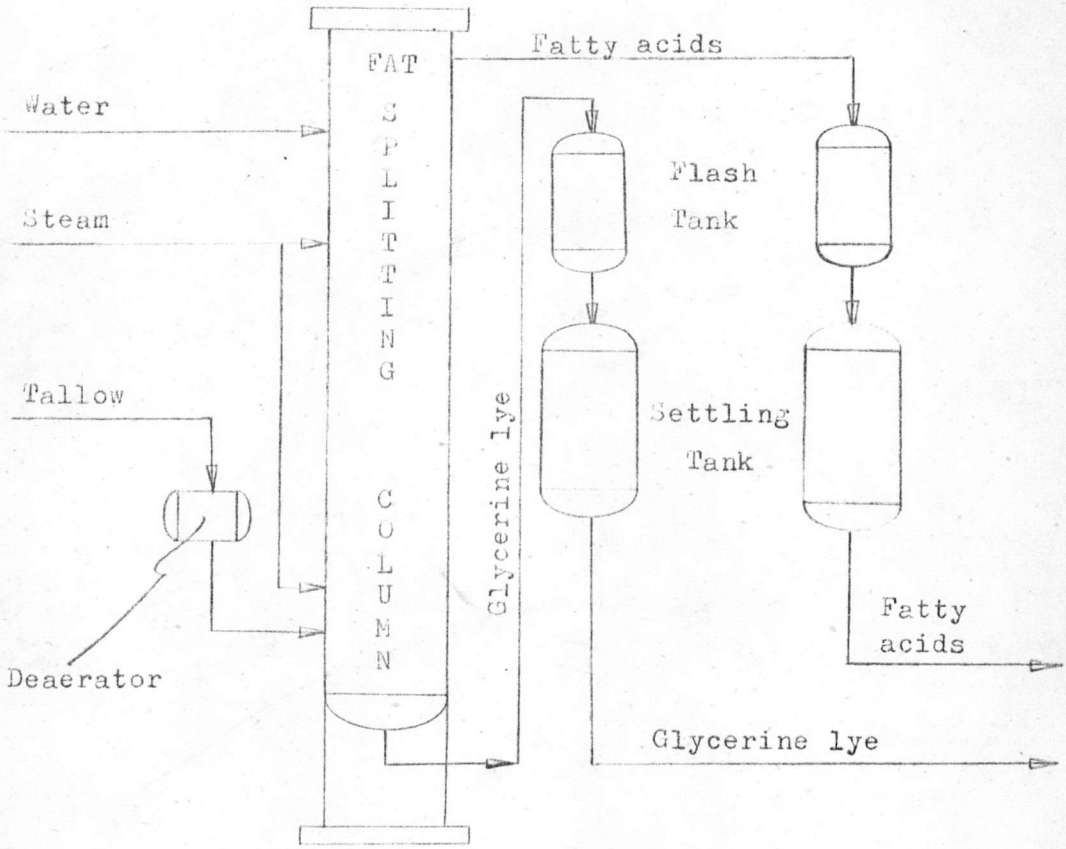
ด้วยน้ำบริสุทธิ์ การแยกสลายโดยวิธี Autoclave Process นี้ ให้ fatty acids ประมาณ 95% ถึง 98% และ glycerine lye มีความเข้มข้น 10% ถึง 15% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวน stages ที่ใช้ (ภาพที่ 3)

ข้อดีของวิธี Autoclave Process คือใช้เวลาน้อยกว่าวิธี Twitchell Process และให้ fatty acids ที่มีคุณภาพดีกว่า คือสีไม่เข้มมาก เพราะปฏิกิริยาเกิดขึ้นในถังไม่ถูกกับอากาศ วิธี Autoclave Process นี้ได้ถูกปรับปรุงให้ใช้ได้ที่อุณหภูมิสูงโดยไม่ต้องมีสารเร่งปฏิกิริยาเข้าช่วย แต่ต้องติดเครื่องกวน และใช้ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 230° C ที่ความดันสูงประมาณ 450 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วิธีนี้มีข้อดีไม่ต้องมีหน่วยแยกสารเร่งปฏิกิริยาจาก fatty acids

1.2.4 การผลิต Stearic acid โดยวิธี Counter-current Process (1)(2)(8)(12)(13)

วิธีนี้เป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง หรือ continuous process วิธีนี้วัตถุดิบคือไขสัตว์ และน้ำ จะถูกป้อนเข้าทางหนึ่งของหอ splitting column ตลอดเวลา ในขณะเดียวกันก็จะได้ products คือ fatty acids และ glycerine ออกจาก splitting column ที่เรียกวิธีนี้ว่า counter-current process ก็เพราะไขมันและน้ำจะไหลสวนทางกันใน splitting column ทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดได้ดีขึ้น sweet water ที่มี glycerine เข้มข้นไหลมาผสมกับไขสัตว์ที่มี fatty acids เจือจางลง ก็จะทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดต่อไปอีก ทำให้ได้ sweet water ที่มี glycerine เข้มข้นยิ่งขึ้น ส่วนอีกด้านหนึ่งไขสัตว์ที่มี fatty acids เข้มข้นไหลเข้าผสมกับ sweet water ที่มี glycerine เจือจางลง ก็จะทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดต่อไปอีก ทำให้ไขสัตว์มี fatty acids เข้มข้นยิ่งขึ้น (ภาพที่ 4)

อุปกรณ์สำคัญสำหรับ Counter-current process คือ splitting column ซึ่งทำด้วยโลหะทนการกัดกร่อนสูง เช่น stainless steel แบบ 316 หรือโลหะ Inconel ไขสัตว์จะต้องผ่านเครื่อง deaerator เพื่อไล่อากาศออกแล้ว pump เข้าส่วนล่างของ column ที่อุณหภูมิ 60° C ผ่านรูเล็ก ๆ ซึ่งจะตีให้ไขมันแตกออกเป็นเม็ดเล็ก ๆ เพื่อรวมตัวกับน้ำที่ไหลสวนทางลงมาได้ง่าย



ภาพที่ 4 การผลิต Stearic acid โดยวิธี Counter-current Process

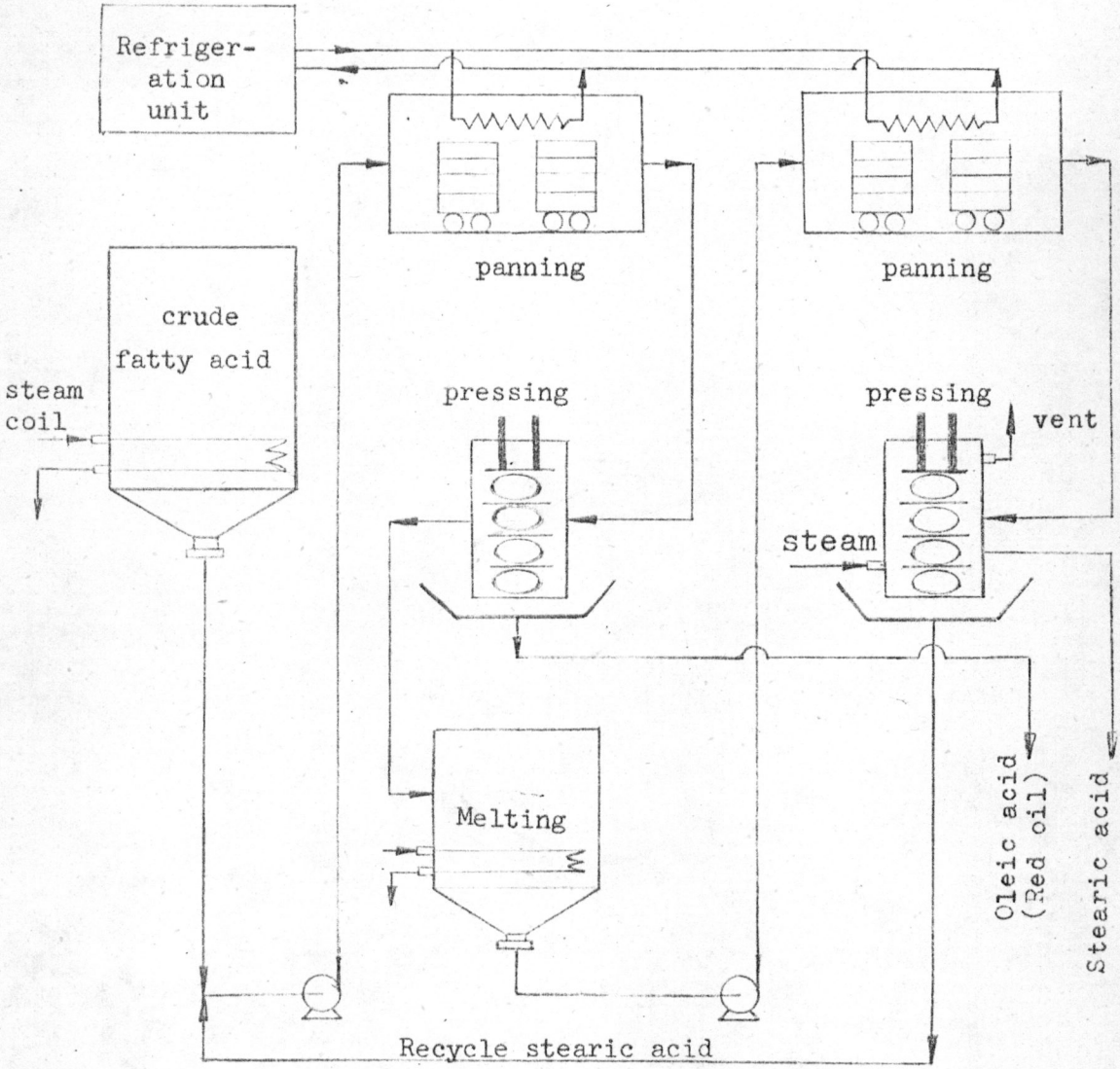
อุณหภูมิระดับกลาง column จะควบคุมไว้ที่ 230° C และมีความดัน 725 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ด้วยการฉีดไอน้ำความดัน 800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เข้าไปในระดับต่าง ๆ ของ column น้ำจะถูก pump เข้าทางส่วนยอดของ column ด้วยอัตราส่วนครึ่งหนึ่งของไขสัตว์ ช่วงเวลาที่ทำปฏิกิริยาใน column หรือ contact time กินเวลา 3 ถึง 5 ชั่วโมง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นสูงมาก ให้ fatty acids สูงประมาณ 97% ถึง 99% และให้ glycerine เข้มข้นมาก ประมาณ 10% ถึง 25%

Counter-current Process นี้ให้ผลดี คือให้ fatty acids สูง และ glycerine เข้มข้นกว่า process อื่น ๆ ประสิทธิภาพสูง กินเวลาน้อย และประหยัดสถานที่ และแรงงาน ข้อเสียคือต้องลงทุนสูง ใช้อุณหภูมิ และความดันสูง ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ และเหมาะกับโรงงานที่มีปริมาณการผลิตสูง

1.2.5 การแยก Stearic acid ออกจาก fatty acids (1)(8)(11)(13)

Fatty acids ที่ได้จากขบวนการผลิตในหัวข้อ 1.2.2 ถึง 1.2.4 นั้น ประกอบด้วย saturated fatty acids 40% ถึง 50% ส่วนใหญ่เป็น Stearic acid และ palmitic acid นอกนั้นเป็น unsaturated acids ซึ่งมี ^{1}Oleic acid ประมาณ 40% ถึง 45% มี ^{1}linoleic acid ประมาณ 5% ถึง 10% fatty acids ที่ได้นี้ อาจนำไปใช้ประโยชน์หรืออาจนำมาแยก สะกัดให้บริสุทธิ์ต่อไป ในการผลิต commercial stearic acid เรามีวิธีการแยก commercial stearic acid ออกจาก fatty acids หลายวิธี วิธีที่สำคัญมี Panning and Pressing Process กับ Solvent Extraction Process

Panning and Pressing Process วิธีนี้เป็นการแยกแบบ (ภาพที่ 5) fractional crystallization เป็นการตกผลึกแล้วแยกผลึกออกจากของเหลวที่เหลือ การแยกทำได้ดังนี้ เอา fatty acids ที่หลอมเหลวมาเทใสแบบ ทำให้เย็น fatty acids ส่วนที่มีจุดหลอมเหลวสูง คือ Stearic acid จุดหลอมตัว 69.6° C palmitic acid จุดหลอมตัว 62.9° C ก็จะตกผลึกปะปนอยู่ใน

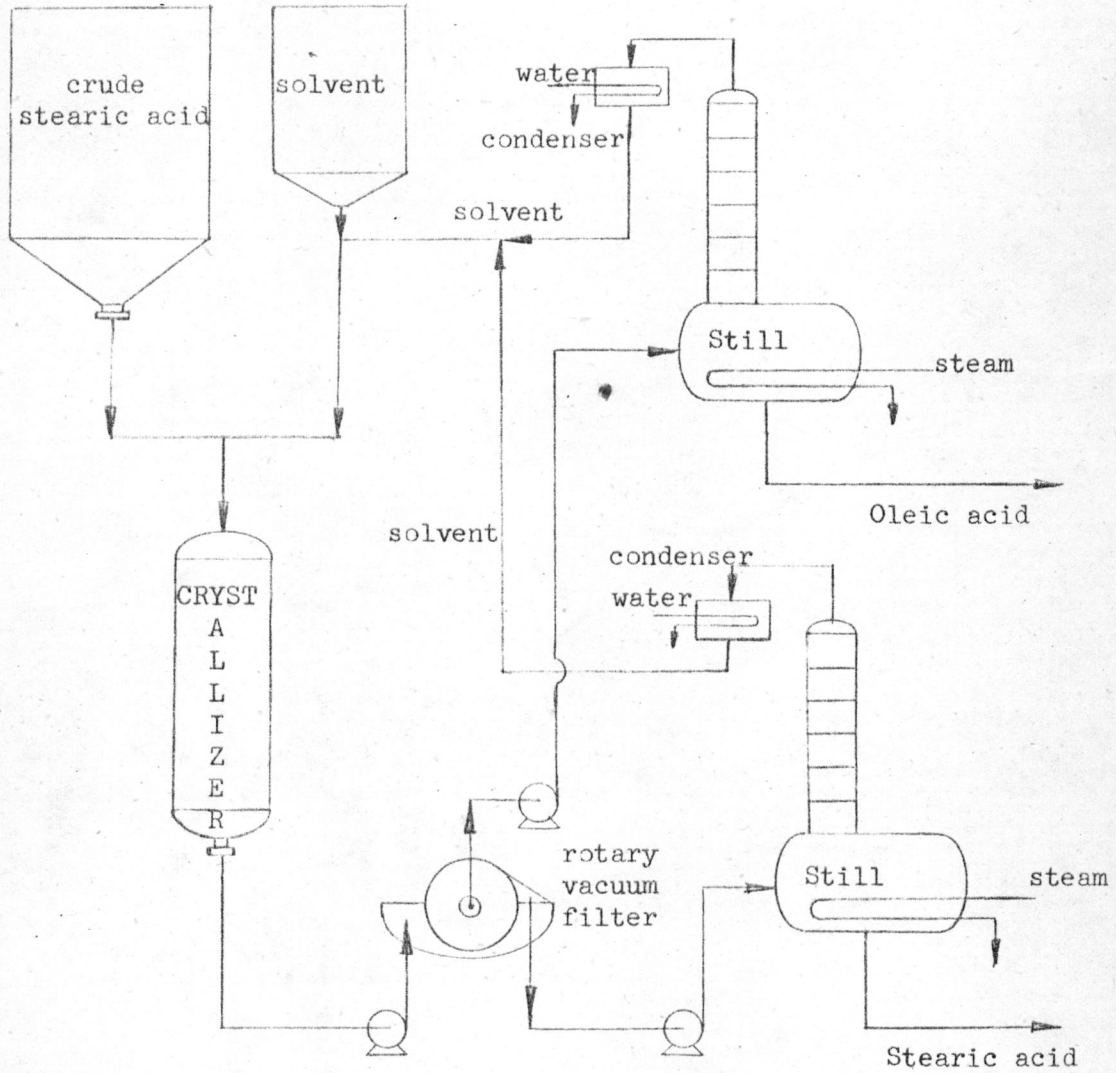


002019

ภาพที่ 5 การแยก Fatty acids โดยวิธี Panning and Pressing

fatty acids ที่มีจุดหลอมตัวต่ำ คือ Oleic acid จุดหลอมตัว 16.3° C และ linoleic acid จุดหลอมตัว -5° C นำfatty acidsที่แข็งตัวนี้มาใส่ในถุงผ้าใบหนา ปิดให้สนิท แล้วกด อัด หรือบีบ ให้ fatty acids ส่วนที่เป็นของเหลวผ่านผ้าใบออกมา ของเหลวที่ได้นี้เรียกว่า Red oil หรือ Olein ซึ่งมี Oleic acid เป็นส่วนใหญ่ ส่วน fatty acids ที่เป็นของแข็งเหลืออยู่ในถุงผ้าใบเป็น commercial stearic acid ซึ่งมี stearic acid และ palmitic acid เป็นส่วนใหญ่ มี oleic acid อยู่บาง commercial stearic acid ที่ได้นี้เรียกว่า Single pressed stearic acid ซึ่งอาจนำไปหลอมและมา press ใหม่ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องเป็น Double pressed stearic acid ถ้านำไปหลอมและมา press หนที่สามในตู้อบไอน้ำ จะได้ Triple pressed stearic acid การ press มากครั้งจะทำให้ได้ Stearic acid ที่มีคุณภาพสูงยิ่งขึ้น

Solvent Extraction Process วิธีนี้เป็นแบบ fractional crystallization เหมือนกัน แต่ตกผลึกใน solvent ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น สารละลายของ acetone กับน้ำ สารละลายของ methanol กับน้ำ วิธีการมีดังนี้คือ นำ fatty acidsที่ได้จาก Fat Splitting Process มาละลายใน Solvent แล้วใส่ glyceride ลงไปเล็กน้อยเป็น crystal promotor เพื่อเพาะให้ผลึกเกิดเร็วขึ้น แล้วผ่านเข้าไปในเครื่องตกผลึกชนิด multitubular agitated crystallizer สารละลายจะเย็นลงและตกผลึก แยกผลึก และของเหลวออกจากกันโดยเครื่องกรองแบบ rotary vacuum filter ส่วนที่เป็นผลึกจะถูกส่งไปหลอมเหลวและแยก solvent ออกโดยการกลั่น จะได้ commercial stearic acid ออกมา ส่วนที่เป็นของเหลวคือ oleic solution ก็จะนำไปแยก solventออกโดยการกลั่นเช่นเดียวกัน วิธี Solvent Extraction Process สามารถแยก Stearic acid ออกมาได้บริสุทธิ์กว่าวิธี Panning and Pressing Process แต่ค่าใช้จ่ายและการลงทุนสูงกว่ามาก (ภพที่ 6)



ภาพที่ 6 การแยก Fatty acids โดยวิธี Solvent Extraction

ขบวนการผลิต Stearic acid ที่จะนำมาใช้ในการทดลองคือ Twitchell Process เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้ คือ

Twitchell Process ใช้อุปกรณ์ราคาถูก เพราะทดลองที่อุณหภูมิต่ำ และความดันที่บรรยากาศ สามารถทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในวงเงินหนึ่งหมื่นบาท

Autoclave Process ต้องใช้อุปกรณ์ราคาแพง หลายหมื่นบาท ต้องใช้เครื่องผลิตไอน้ำความดันสูง สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

Counter-current Process ต้องใช้อุปกรณ์แพง หลายแสนบาท ต้องใช้เครื่องผลิตไอน้ำความดันสูงมาก ซึ่งเครื่องที่มีอยู่ให้ความดันไม่ถึง และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงมาก

1.3 วัตถุประสงค์ และขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษารายละเอียดกรรมวิธีการผลิต Stearic acid จากไขสัตว์โดยใช้กรรมวิธีของ Twitchell Process

1.3.2 ออกแบบ ติดตั้งเครื่องมือ ทำการทดลอง และวิจัยขบวนการผลิต Stearic acid จากไขสัตว์โดยใช้กรรมวิธีของ Twitchell Processด้วยเครื่องมือขนาดเล็กแบบ laboratory scale

1.3.3 ศึกษาการตั้งโรงงานผลิต Stearic acid ขึ้นภายในประเทศโดยใช้วัตถุดิบ คือไขสัตว์ที่มีภายในประเทศ คำนวณเงินลงทุนและต้นทุนของผลิตภัณฑ์

1.4 ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยนี้

ผลจากการวิจัยนี้มีประโยชน์คือ สามารถนำมาใช้ศึกษาตั้งโรงงานผลิต Stearic acid ขึ้นภายในประเทศ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์แก่ประเทศคือ

1.4.1 ใช้วัตถุดิบที่มีในประเทศ ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำ

1.4.2 Stearic acid ที่ใช้ภายในประเทศต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศเป็นเงินปีละหลายล้านบาท การผลิตได้เองย่อมเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศ

1.4.3 เป็นการนำเอาเทคนิคใหม่มาสู่อุตสาหกรรมในประเทศ

1.4.4 การตั้งโรงงานย่อมต้องใช้แรงงาน เป็นการช่วยให้ประชากรมีงานทำมากขึ้น เป็นผลดีแก่ประเทศ

1.5 วิธีจะดำเนินการค้นคว้าและวิจัย

1.5.1 ศึกษารายละเอียดกรรมวิธีการผลิต Stearic acid จากไขสัตว์

1.5.2 ออกแบบเครื่องแยกสลายไขสัตว์ Fat Splitter

1.5.3 ออกแบบเครื่องแยกกรดไขมัน Fatty Acid Separator

1.5.4 ติดตั้งเครื่องมือและเตรียมการทดลองผลิต Stearic acid

1.5.5 ทำการทดลองผลิต Stearic acid จากไขสัตว์ที่มีในประเทศ

1.5.6 ดัดแปลงและปรับปรุงขบวนการผลิตให้เหมาะแก่การตั้งโรงงานผลิต Stearic acid ในประเทศ โดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศ ประมาณเงินลงทุนและต้นทุนผลิตภัณฑ์

1.6 นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค (2) (4) (9) (11)

1.6.1 Fatty acids เป็น monobasic acids ประกอบด้วย alkyl radical (R-) เกาะกับ carboxyl group (-COOH) เขียนเป็นสูตรเคมีโดยย่อเป็น R-COOH

1.6.2 Saturated fatty acids มีสูตรทั่ว ๆ ไป คือ $C_nH_{2n}O_2$ ตัวอย่าง n = 1 HCOOH Formic acid n = 2 คือ CH_3COOH Acetic acid n = 16 คือ $C_{15}H_{31}COOH$ Palmitic acid n = 18 คือ $C_{17}H_{35}COOH$ Stearic acid

1.6.3 Unsaturated fatty acids เป็น fatty acids ที่มี double bond ใน alkyl radical แบ่งอยู่เป็น series ต่าง ๆ ตามจำนวน double bond.

Monoethenoic series หรือ Oleic acid series $C_nH_{2n-2}O_2$ มีหนึ่ง double bond ตัวอย่าง n = 18 คือ $C_{17}H_{33}COOH$ Oleic acid

Diethenoic series หรือ Linoleic acid series $C_nH_{2n-4}O_2$ มีสอง double bond ตัวอย่าง n = 18 คือ $C_{17}H_{31}COOH$ Linoleic acid

Triethenoic series หรือ Linolenic acid series $C_nH_{2n-6}O_2$ มีสาม double bond ตัวอย่าง n = 18 คือ $C_{17}H_{29}COOH$ Linolenic acid

นอกจากนี้ยังมี series ที่มี double bond 4, 5, 6 double bonds แต่มีอยู่น้อยและมีความสำคัญน้อย

1.6.4 Glycerine หรือ Glycerol เป็น alcohol ชนิด trihydric alcohol มีสูตร $C_3H_8O_3$ มีโครงสร้างเป็น $(CH_2OH) - (CHOH) - (CH_2OH)$ มีคุณสมบัติ Colorless odourless และรสหวานนิด ๆ ละลายในน้ำและ alcohol มีอยู่ในธรรมชาติโดยรวมกับ fatty acids อยู่ในน้ำมันพืช และไขมันสัตว์ เป็น by-product ที่ได้จากโรงงานทำสบู่

1.6.5 Glycerides เป็น esters ของ glycerine มีสูตรโครงสร้างเขียนได้ดังนี้ $(RCOOCH_2) - (R_1COOCH) - (R_2COOCH_2)$ จำแนกออกเป็น mono-, di-, และ tri-glycerides ตามจำนวน fatty acid radicals (R) ที่รวมอยู่กับ hydroxyl groups ทั้งสามของ glycerine Tri-glycerides มีอยู่ในธรรมชาติ ในน้ำมันพืชและไขมันสัตว์

1.6.6 Fats เป็น mixed glycerides ของ fatty acids หลาย ๆ ชนิดรวมกันส่วนใหญ่เป็น glycerides ของ oleic acid, palmitic acid และ stearic acid คำว่า fat ใช้สำหรับ glycerides ที่แข็งตัวที่ 20° C ส่วนคำว่า oil ใช้สำหรับ glycerides ที่เป็นของเหลวที่ 20° C คุณสมบัติของ fats คือไม่ละลายในน้ำ หรือ alcohol เย็น ละลายได้ดีใน ether, acetone, carbondisulphide, chloroform, carbon tetachloride, benzene และ organic solvent อื่น ๆ Fats สามารถแตกตัวให้ glycerine กับ fatty acids โดยการ hydrolysis.

1.6.7 Palmitic acid หรือ n-hexadecanoic acid $C_{16}H_{32}O_2$ หรือ $CH_3 . (CH_2)_{14} . COOH$ เป็นผลึกรูปเข็ม จุดหลอมเหลว 63.1°C จุดเดือด 351° C มี molecular weight 256.42 Specific gravity 0.849

มีคุณสมบัติของ fatty acids ทั่ว ๆ ไป มีความสำคัญและมีมากในธรรมชาติ

1.6.8 Oleic acid $C_{18}H_{34}O_2$ หรือ $CH_3.(CH_2)_7.CH:CH.(CH_2)_7.COOH$ เป็นของเหลวไม่มีสี จุดแข็งตัว 16°C จุดเดือด 286° C ที่ 100 มม. ของปรอท มี molecular weight 282.45 Specific gravity 0.854 มีคุณสมบัติของ fatty acids ทั่ว ๆ ไป มีความสำคัญ และมีมากในธรรมชาติ

1.6.9 Linoleic acid หรือ Cis, 9 - cis, 12 - octadecadienoic acid $C_{18}H_{32}O_2$ เป็นของเหลวสีเหลือง มีจุดเดือด 230° C ที่ 17 มม. ของปรอท มี molecular 280.44 Specific gravity 0.903 ใช้เป็น drying oil.

1.6.10 Sulphonic acids เป็น organic compound ที่มี $-SO_3H$ group ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา sulphonation โดยใช้ Oleum หรือแกส SO_3 รวมตัวกับสาร organic compound คุณสมบัติทั่วไปของ sulphonic acid คือเป็นกรดแก่ (strongly acidic compound) ละลายได้ดีมากในน้ำ มีประโยชน์ในการเตรียม alkyl-aryl-sulfonates และ alkyl-sulfonates ในการทำ detergents และใช้ในการเตรียม Phenol

1.6.11 Iodine value คือปริมาณ Iodine ที่ Fats หรือ Fatty acids จะ absorb ได้ ค่า Iodine value บอกเป็น weight percentage ของ Iodine ต่อสารทั้งหมด Saturated fatty acids จะไม่ absorb Iodine ดังนั้นค่า Iodine value จึงใช้วัดปริมาณหรือสัดส่วนของ Unsaturated fatty acids.

1.6.12 Saponification value คือจำนวนมิลลิกรัมของ Potassium hydroxide ที่ใช้ neutralize ไขมันหนัก 1 กรัม โดยการ Saponification ใช้วัดค่า molecular weight เฉลี่ยของ fatty acids ทั้งหมดที่มีอยู่ในไขมันอย่างประมาณดังสูตรข้างล่างนี้

$$\text{Saponification equivalent} = \frac{56,110}{\text{Saponification value}}$$

ถ้า molecular weight เฉลี่ยของ fatty acids เท่ากับค่าของ Saponification equivalent ถ้าเป็น triglyceride ต้องคูณด้วย 3

1.6.13 Law of Mass Action ค้นพบโดย Guldberg และ Waage (1864) กล่าวว่า rate of chemical reaction ขึ้นกับ concentration.

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

velocity of foreward reaction = $V_f = k_1(A)(B)$

velocity of backward reaction = $V_b = k_2(C)(D)$

k_1 และ k_2 เป็น velocity constant ( ) เป็น concentration

ที่ equilibrium $V_f = V_b$

หรือ $k_1(A)(B) = k_2(C)(D)$

ได้ $\frac{k_1}{k_2} = \frac{(C)(D)}{(A)(B)} = K$

K เป็น equilibrium constant