

界面活性劑를 利用한 牛脂脂肪酸중 飽和脂肪酸과 不飽和脂肪酸의 分離

李 玉 嬾 · 金 點 植

(太平洋化學技術研究所 · 漢陽大學校)

1. 緒 論

脂肪酸은 界面活性劑, 醫藥品, 化粧品, 塗料, 고무 및 플라스틱 工業 등 여러 工業分野에 널리 使用되는 原料로서 一部는 合成으로 生産되나 大部分 天然油脂를 加水分解하여 얻는다.

天然 脂肪酸은 炭素數가 다른 飽和脂肪酸과 不飽和脂肪酸의 混合物로 이루어져 있으므로 이들의 分離는 工業적으로 많은 附加價値가 있고, 특히 飽和脂肪酸과 不飽和脂肪酸은 그 物性 및 工業的 用途가 다르므로 이들의 分離는 重要하다.

이러한 脂肪酸 混合物의 工業的 分離 方法으로는 끓는점 差를 利用하는 分別蒸溜 方法과 녹는점 差등 끓는점 差 以外的 物理的 性質을 利用하는 方法으로 나눌 수 있다. 例를 들면 亞자유脂肪酸인 경우 그 主成分이 라우르산, 미리스트산, 팔미트산의 飽和脂肪酸으로 비교적 끓는점이 낮고, 蒸氣壓 差가 크므로 大部分 分別蒸溜로 分離하고 있다. 그러나 牛脂脂肪酸인 경우 그 主成分이 팔미트산과 스테아르산의 飽和脂肪酸과 올레산의 不飽和脂肪酸의 混合物로 비교적 끓는점이 높고, 또 스테아르산과 올레산의 蒸氣壓 差가 극히 적으며, 高溫에서 不飽和脂肪酸은 쉽게 變質되는 등의 理由로 分別蒸溜 方法으로는 分離가 곤란하다. 그러므로 牛脂脂肪酸의 飽和脂肪酸과 不飽和脂肪酸의 分離는 蒸氣壓 以外的 物性 差를 利用하여 分離하여야만 한다.

現在 使用되는 牛脂脂肪酸의 工業的인 分離 方法은 壓搾法, 有機溶劑를 利用하는 方法, 界面活性劑를 利用하는 方法으로 大別된다.²⁻⁵

壓搾法은 飽和脂肪酸과 不飽和脂肪酸의 녹는점 差를 利用하여 分離하는 方法으로 脂肪酸 混合物를 冷却한 後 濾過布에서 壓搾하여 分離하는 方法이다. 이 方法은 다른 方法에 비하여 設備費가 적다는 利點이 있는 반면 分離効率이 나쁘고, 勞務費가 많이 들며, 連續工程이 곤란해 大量 生産을 할 수 없으므로 現在는 小量 生産外에는 거의 使用되지 않고 있다.

有機溶劑를 利用하는 方法은 有機溶劑에 대한 飽和脂肪酸과 不飽和脂肪酸의 溶解度 差를 利用하여 分離하는 方法으로 프로판을 使用하는 Solexol 法, 90% 메탄올을 使用하는 Emersol 法, 無水아세톤을 使用하는 Armour-Texaco 法 등이 있다. 이 方法들은 다른 方法에 비해 分離効率が 優秀하고, 連續工程이 可能하다는 利點이 있는 반면, 有機溶劑를 使用하고, 또 溶劑回收設備 等の 막대한 設備費가 든다는 短點이 있다.

界面活性劑를 利用하는 方法은 보통 Henkel 法으로 불리어지고 있으나, 이 외에도 Alfa-Laval Lipofrac 工程, Lanza 法, Hydrophilization 法의 여러 명칭으로도 불리어지고 있다.⁶

界面活性劑를 利用하여 分離하는 方法은 壓搾法과 마찬가지로 飽和脂肪酸과 不飽和脂肪酸

의 녹는점 차를 利用하여 分離하는 것으로, Fig. 1에서와 같이 部分 結晶化된 脂肪酸 混合物을 界面活性劑와 電解質 水溶液에 分散시킨 후 遠心分離하여 分離하는 方法이다. 즉 脂肪酸 混合物을 界面活性劑 水溶液으로 처리하면 固體 脂肪酸에 붙어있는 液體脂肪酸은 界面活性劑의 濕潤作用에 依해 固體脂肪酸으로부터 떨어져 水中油形의 乳化를 形成하고, 固體脂肪酸은 물 中에 分散되게 된다. 그리고 이를 遠心分離하면 上層은 液體脂肪酸, 中間層은 分散된 固體脂肪酸, 下層은 과잉의 물로 分離되며, 中間層을 固體脂肪酸의 녹는점 以上으로 加熱하여 물과 分離시켜 固體脂肪酸을 回收할 수 있다. 이와같이 界面活性劑를 利用한 分離方法은 비교적 設備費가 적게 들고 分離効률도 良好하며, 또 連續工程이 可能하다는 等の 利點이 있다. 그리고 이 方法은 牛脂脂肪酸 뿐만 아니라 靑油 等の 油脂類의 固體脂와 液體脂의 分離에도 應用할 수 있어 工業적으로 주목되는 比較的 最近의 分離方法으로 이에 대해서는, 西獨의 Henkel 社 등에서 特許를 취득하고 있다.⁷⁻¹¹

界面活性劑를 利用한 分離에 있어 分離効률에 影響을 주는 因子로는 界面活性劑 및 電解質의 種類와 濃度, 牛脂脂肪酸과 界面活性劑 水溶液과의 比率, 結晶化 條件 및 分離溫度 등을 들 수 있다.¹² 그러나 이러한 Hydrophilization 方法에 關하여는 概略的인 原理¹³⁻¹⁵ 와 工程^{16,17}에 대하여 一部 알려져 있을 뿐 상세한 內容은 大部分 Know-how로 되어있어 거의 알려져 있지 않다.

지금까지 發表된 界面活性劑를 利用한 油脂 또는 脂肪酸의 分離에 關한 文獻을 살펴보면 牛脂의 分離時 結晶化 條件 變化에 따른 分離된 牛脂의 脂肪酸 組成 變化¹⁸, Rape Seed 油와 界面活性劑 水溶液과의 接觸角 測定에 依한 界面活性劑의 濕潤效果 測定¹⁹ 및 올레산과 에루크산의 分離에 있어 界面活性劑 種類 變化에

依한 影響²⁰, 그리고 顯微鏡 觀察에 依한 分散 狀態 및 乳化粒子 크기가 分離效果에 미치는 影響²¹ 等 몇 편의 報告가 있을 뿐이다. 그러나 界面活性劑를 利用한 牛脂脂肪酸의 分離에 있어 界面活性劑와 電解質의 種類 및 濃度 變化 等の 分離効률에 影響을 미치는 因子들에 關한 具體的인 報告는 없었다.

本 研究에서는 界面活性劑를 利用하여 牛脂 脂肪酸과 不飽和脂肪酸의 分離에 있어 界面活性劑와 電解質의 種類 및 濃度 變化가 分離効률에 미치는 影響을 檢討하였으며, 또 各 條件에서 分離된 脂肪酸의 組成도 求하였다. 아울러 牛脂脂肪酸과 界面活性劑 水溶液의 比率 變化와 에탄올 첨가가 分離効률에 미치는 影響도 檢討하였다. 그리고 電解質의 濃度 變化에 따른 界面活性劑 水溶液의 表面張力 變化 및 올레산과 界面活性劑 水溶液과의 界面張力 變化, 올레산의 乳化安定度 變化, 脂肪酸에 溶解 또는 吸着되는 界面活性劑量의 變化를 測定하여 이들과 分離効률과의 相關關係를 比較 檢討하였다.

2. 實 驗

2.1 試料 및 試藥

本 實驗에 使用된 脂肪酸은 牛脂脂肪으로 Emery Co.의 Emersol 531과 Shinyo Pure Co.의 試藥一級 올레산을, 界面活性劑로 泰同化學의 Sodium lauryl sulfate (SLS, 99% 以上)와 Sodium lauryl ether sulfate (SLES, E.O. 3 mol)은 Henkel Co의 Texapon N 70 (70%)과 Kokusan Chem의 試藥一級 Sodium lauryl benzene sulfonate (SLBS)를 정제하지 않고 使用하였다. 이 外 NaCl (Ishizu Pharm.), MgSO₄ · 7H₂O (Shinyo Pure Chem.), Na₂SO₄ (Shinyo Pure Chem.), 벤젠 (Ishizu Pharm.), 클로로포름

(Shinyo Pure Chem.), 에탄올 (Merck), 메탄올 (Ishizu Pharm.), 황산 (Junsei Chem. 95%), Cetyl pyridinium chloride (Merck), Methylene Blue (Hayashi Pure chem.) 는 모두 試藥一級을 使用하였다.

2.2 機器

實驗機器로는 Hand Homogenizer (Courtesy), Lab. Mixer Emulsifier (Silverson), impeller blade 直徑 4 cm 인攪拌機(第一理化學)와 遠心分離機로 Heraeus Christ GMBH centrifuge, 光學顯微鏡으로 Nikon Biophoto-V microscope, 界面張力計로 Fisher Autotensiomat, 가스-크로마토그래피로 Varian model 3700 을 使用하였다.

2.3 牛脂脂肪酸 試料의 製造

200 l 들이 牛脂脂肪酸 드럼통에서 임의로 대략 30 kg 을 取하여 70°C 로 加熱溶解한 後 均一하게 攪拌하여 500 ml 바이커에 나누고 이를 25°C 에서 放置 冷却시켜 部分 結晶化시켰다. 이를 Hand Homogenizer 로 均一하게 粉碎하여 試料로 使用하였다.

2.4 液狀層의 分離收率 測定

牛脂脂肪酸 試料를 界面活性劑 水溶液에 넣고 攪拌機로 1,000 rpm 에서 10 分間 攪拌한 後 이를 遠心分離機로 4,000 rpm 에서 15 分間 遠心分離하였다. 上層의 液狀層(液體脂肪酸)을 따라내고 벤젠 10 ml 를 서서히 加하여 表面에 附着된 液體脂肪酸를 2 回 洗滌한 後 實溫에서 1 時間 방치한 後 무게 감소로부터 分離된 液狀層 量을 測定하였다. 이 때 實驗溫度는 溫度變化에 대한 實驗 外에는 모두 25°C 로 하였다. 또 牛脂脂肪酸과 界面活性劑 水溶液의 比率는 比率變化에 대한 實驗 外에는 모두 1:1 로 하였다.

2.5 脂肪酸 組成 分析

各 條件에서 分離한 脂肪酸에서 液狀層은 分液깔대기에서 10 倍 가량의 물로 2 回 洗滌하여 使用하였으며, 分散된 固狀層(固體脂肪酸)은 바이커에서 10 倍가량의 물을 加하여 70°C 로 加熱한 後 冷却하는 方法으로 3 回 洗滌하여 使用하였다.

脂肪酸 組成 分析은 脂肪酸 2 g 을 取하고 여기에 6% 황산-메탄올용액 25 ml 를 加하여 4 時間 진탕하여 메틸 에스테르화 시킨 後 클로로포름으로 抽出하여 가스-크로마토그래피로 分析하였다.

※ 가스-크로마토그래피 條件

Detector	: F.I.D.
Column	: 3% SE30 on gas chrom Q, 100-200 mesh 2 meters, glass
Column Temp.	: 170°C
Detector Temp.	: 260°C
Inlet Temp.	: 240°C
Flow rate	: He 15 ml/min Air 300 ml/min H ₂ 50 ml/min

2.6 分散狀態 觀察

界面活性劑 水溶液에 牛脂脂肪酸를 넣어 攪拌機로 1,000 rpm 에서 10 分間 攪拌한 後 光學顯微鏡으로 600 倍로 觀察하였다.

2.7 乳化安定度 測定

界面活性劑 水溶液과 올레산을 混合하여 (올레산: 水溶液 = 1:2) Lab. Mixer Emulsifier 로 4,000 rpm 에서 3 分間 乳化시킨 後 試驗管에 담아 25°C 에서 1 日 放置한 後 上層의 올레산이 分離되는 程度로 測定하였다.

2.8 脂肪酸층의 SLS 량의 測定

脂肪酸과 界面活性劑 水溶液을 混合하여 攪拌機로 1,000 rpm에서 10分間 攪拌한 後 4,000 rpm에서 15分間 遠心分離하여 下層의 물에 存在하는 SLS 量을 定量하여 逆算하였다.

SLS의 定量은 酸性 Methylene Blue를 指示藥으로 使用하여 Cetyl pyridinium chloride 溶液으로 適定하였다.

2.9 表面張力 및 界面張力 測定

表面張力은 界面活性劑 水溶液을 만들어 25°C에서 1일 放置한 後 測定하였으며 界面活性劑 水溶液과 올레산과의 界面張力은 水溶液에 올레산을 (水溶液 : 올레산 = 2 : 1) 서서히 첨가하여 25°C에서 3일 放置한 後 測定하였다.

表面張力 및 界面張力 測定은 Fisher Autotensiomat 를 使用하여 25°C에서 고리法으로 測定하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 遠心分離時間의 影響

界面活性劑를 利用한 牛脂脂肪酸의 分離는 牛脂脂肪酸을 界面活性劑와 電解質의 水溶液에 分散시켜 固-液 分離를 液-液 分離로 바꾸어 分離를 容易하게 하는 데 있다. 이 때 分離는 遠心分離機를 使用하며 그 使用目的에 따라 여러 形態의 遠心分離機가 使用되고 있다.²²⁻²³

牛脂脂肪酸의 工業的 分離는 주로 Solid-bowl 형의 遠心分離機를 使用하여 連續工程으로 分離하고 있으나 本 實驗에서는 Bottle형 遠心分離機를 使用하였고, 實驗條件을 定하기 위하여 速度를 4,000 rpm으로 固定시키고 遠心分離 時間에 따른 分離된 液狀層 量을 測定하였다.

Fig.2는 SLS 濃度 變化와 遠心分離時間에 따른 液狀層의 分離收率을 나타낸 것으로 界面活性劑를 使用하지 않을 경우는 아주 적은 分離收率을 보여주며 遠心分離時間이 增加할수록 分離收率도 조금씩 增加되는 傾向을 보여주고 있다. 그러나 界面活性劑를 使用한 경우는 分離收率이 遠心分離時間에 거의 無關함을 알 수 있다. 이것은 界面活性劑를 使用하지 않을 때는 아주 큰 遠心力이 요구되나 界面活性劑를 使用하면 遠心力보다는 界面活性劑가 分離收率에 더 많은 影響을 준다는 것을 알 수 있으며 以後의 實驗은 모두 4,000 rpm에서 15分間 遠心分離하였다.

3.2 界面活性劑量의 變化에 따른 液狀層의 脂肪酸 組成 變化

일정한 遠心分離條件에서 界面活性劑 水溶液에 의한 分離收率은 分離 後 固狀層에 含有된 不飽和脂肪酸의 量으로 判定할 수 있다. 즉 固狀層에 不飽和脂肪酸의 量이 적으면 적을수록 分離收率은 좋다고 할 수 있다. 不飽和脂肪酸이 含有된 정도는 요오드價로 測定할 수 있으나, 分離된 液狀層의 量이 많으면 많을수록 固狀層의 요오드價는 감소하였으므로 本 實驗에서는 分離된 液狀層의 量으로 分離收率을 測定하기로 하였다. 이를 確認하기 위하여 液狀層의 脂肪酸 組成을 分析하여 分離되는 量에 따른 脂肪酸 組成 變化를 살펴보았다.

一般的으로 脂肪酸의 組成 分析은 가스-크로마토그래피와 액체-크로마토그래피가 널리 利用되며²⁴, 本 實驗에서는 脂肪酸을 메틸 에스테르화 시킨 후 가스-크로마토그래피로 脂肪酸 組成을 分析하였다.

Fig.3은 牛脂脂肪酸의 가스-크로마토그래피로 팔미트산, 스테아르산, 올레산 등 10개의 脂肪酸메틸에스테르의 Peak 를 보여주고 있다.

Table 1은 界面活性劑量을 變化시켰을 때 分離된 液狀層의 脂肪酸 組成이다. 이를 살펴

보면 界面活性劑量이 變함에 따라 分離되는 液狀層의 量은 差異가 있으나 脂肪酸 組成은 거의 같음을 알 수 있다. 즉 一定溫度에서는 牛脂脂肪酸 結晶의 組成은 거의 같으며, 따라서 液狀層의 分離量이 많을수록 分離效果가 좋다고 할 수 있다. 그리고 미리스트산은 飽和脂肪酸으로 녹는 점이 實驗溫度보다 높아 固狀層

에 더 많이 存在할 것으로 豫想되나, 實驗結果로는 液狀層에 더 많이 存在하였다. 이것은 미리스트산이 올레산에 더 많이 溶解되어 주로 팔미트산과 스테아르산이 이루는 結晶속에 적게 含有되었거나 또는 比重이 낮아 미리스트산이 많이 含有된 結晶의 상당량이 遠心分離 중에 液狀層으로 移轉된데 기인되는 것 같다.

Table 1. The Fatty Acid Composition of Liquid Fatty Acid Fractions at Various SLS and NaCl Concentrations.

SLS/ NaCl	O.T.	—	0.1	0.2	0.4	1.0
Comp		—	—	—	2.0	2.0
C ₁₂	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
C ₁₄	2.9	3.6	3.7	3.7	3.6	3.9
C ₁₅	1.5	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0
C ₁₆	26.7	11.2	10.8	11.3	11.0	10.8
C _{16:1}	4.8	8.0	7.5	7.4	7.7	7.4
C ₁₇	1.1	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4
C ₁₈	17.0	6.4	6.2	5.9	6.0	6.1
C _{18:1}	42.3	64.2	65.4	65.2	65.6	65.7
C _{18:2}	2.8	3.8	3.8	3.8	3.6	3.4
C _{18:3}	0.7	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0
Yield (%)	—	21.9	37.2	44.5	55.2	55.1

* O.T.: Original Tallow Fatty Acid

3.3 界面活性劑와 電解質의 種類 및 濃度 變化에 따른 液狀層의 收率變化

界面活性劑 利用한 牛脂脂肪酸의 分離에 있어 적절한 界面活性劑와 電解質을 選擇하여 적당한 濃度로 使用함은 分離收率을 높이는 데 있어 무엇보다 重要하다.

本 實驗에서는 界面活性劑로는 脂肪酸 分離에 있어 비교적 分離收率이 좋으며²⁰ 價格이 싸고 쉽게 얻을 수 있는 界面活性劑로 SLS, SLES, SLBS를 택하였으며, 電解質로는 NaCl,

Na₂SO₄, MgSO₄를 使用하여 種類 및 濃度 變化에 따른 分離收率을 測定하였다.

Fig.4는 SLS와 NaCl의 濃度變化에 따른 液狀層의 分離收率을 나타낸 것으로 SLS의 濃度가 0.2Wt.% 以下에서는 牛脂脂肪酸을 충분히 濕潤시키지 못하여 分離收率에 나쁘며, 0.4Wt.% 以上에서는 거의 비슷한 分離收率을 나타내고 있다. 그러나 實際 工業적으로는 界面活性劑를 적게 使用할수록 有利하므로 SLS를 0.4~0.6Wt.% 정도 使用하는 것

이 바람직하다. 그리고 NaCl은 2.0Wt.% 부근이 가장 分離收率が 좋으며, 이것은 좋은 分離效果를 얻기 위하여는 적당량의 電解質을 사용하여야만 된다는 것을 뜻한다.

Fig.5와 6은 SLS와 Na₂SO₄ 및 MgSO₄의 濃度變化에 따른 液狀層의 分離收률을 나타낸 것으로 여기서도 SLS는 0.4~0.6Wt.% 사용할 때 分離收률이 좋았으며, 이 때 Na₂SO₄ 3.0~4.0Wt.%, MgSO₄ 0.5~1.0Wt.% 사용하는 것이 적당하다. 그리고 界面活性劑量이 增加될수록 적정 電解質의 濃度以上에서 電解質이 分離收률에 미치는 影響이 적었다.

Fig.7과 Fig.8은 界面活性劑로 SLES와 SLBS를 使用하였을 경우 分離收률變化를 나타낸 것이다.

SLES인 경우 0.2~0.4Wt.% 사용하는 것이 적당하며 이 때 NaCl은 1.0~2.0Wt.% 정도 사용하는 것이 적당하다. 그리고 SLES는 SLS보다 電解質의 濃度變化에 따른 影響이 적었으며, 이것은 SLES에 Ethylene oxide가 3mol 附加되어 있어 약간의 非이온성 界面活性劑의 性質이 있는데 기인되는 것으로 생각된다. 또 SLES가 SLS보다 대체적으로 약간 적은 分離收률을 나타내고 있는데 이것은 SLES가 SLS보다 分子량이 크고 물에 대한 溶解性이 좋다는 등의 SLES自體의 物性에 의한 것으로 생각된다.

SLBS인 경우 1.0Wt.% 이하의 濃度에서는 거의 牛脂脂肪酸을 濕潤시키지 못하여 分離收률이 나쁘고 2.0Wt.% 이상을 使用하여야만 어느 정도 分散이 可能하였다. 그러나 SLES는 SLS에 비하여 分離收률이 나쁘고 또 너무 使用量이 많아야 하므로 牛脂脂肪酸 分離에 있어 적당하지 못하였다.

이 외에도 Sodium lauryl sarcosinate, Polyoxyethylene (4,12,25) nonyl phenyl ether, Polyoxyethylene (20) sorbitan mo-

nostearate, Polyoxyethylene (23) lauryl ether, Capryloamphocarboxyl propionate, Ethyl trimethyl ammonium chloride 등의 界面活性劑를 使用하여 보았으나 모두 2.0Wt.% 이하의 濃度에서는 牛脂脂肪酸을 충분히 濕潤시키지 못하였고 分離收률도 나빴다.

3.4 에탄올 첨가에 의한 影響

一般的으로 메탄올, 에탄올과 같은 溶劑를 첨가하면 물의 表面張力은 감소한다. 또 올레산은 이러한 溶劑들에 대해 溶解性도 좋으므로 이런 溶劑들의 첨가가 分離收률을 높일 것으로 기대되어 에탄올을 소량 使用하였을 때의 分離收률變化를 살펴보았다.

Fig.9는 SLS量을 0.6Wt.%로 固定하고 에탄올 및 NaCl의 濃度變化에 따른 液狀層의 分離收률을 나타낸 것으로 NaCl이 2.0Wt.% 이하에서는 에탄올을 첨가함에 따라 分離收률이 增加되었으나 NaCl이 2.0Wt.% 이상에서는 에탄올의 첨가가 오히려 分離收률을 약간 감소시키는 것을 알 수 있다. 즉 에탄올 濃度を 增加시키면 최적 NaCl의 濃度は 감소되는 것을 알 수 있다. 이것은 에탄올이 SLS의 미셀을 파괴하여 더 낮은 NaCl 濃度에서도 SLS가 脂肪酸으로 移動하게 하여 分散效果를 增加시키는 데 있는 것으로 생각된다.

3.5 牛脂脂肪酸과 界面活性劑 水溶液의 比率變化에 의한 影響

牛脂脂肪酸과 界面活性劑 水溶液의 比率를 變化시키면 牛脂脂肪酸에 대한 界面活性劑의 絕對量이 달라지게 되며, 또 乳化에서 內相과 外相의 比率도 달라지게 되어 分散狀態 및 乳化安定度 등의 여러 物理的 性質이 달라지게 된다.

Fig.10은 牛脂脂肪酸과 界面活性劑 水溶液의 比率를 1:2에서 2:1로 變化시켰을 때 界面活性劑의 濃度變化에 따른 液狀層의 分散收

률을 나타낸 것으로 界面活性劑量이 적을 경우에는 牛脂脂肪酸量이 增加하게 되면 分散收率は 감소됨을 알 수 있다. 이것은 界面活性劑의 絕對量이 不足하여 牛脂脂肪酸를 충분히 濕潤시킬 수 없기 때문이다. 그러나 이와는 반대로 界面活性劑의 量이 增加하게 되면 오히려 牛脂脂肪酸가 적을 때 分離收率が 나쁨을 알 수 있다. 이것은 牛脂脂肪酸에 비해 界面活性劑 水溶液의 量이 많아짐에 따라 물층에 存在하는 界面活性劑의 미셀 속에 液體脂肪酸의 一部가 可溶化되어 溶狀層의 分離收率が 나쁜데 기인되는 것으로 생각된다.

3.6 分離條件 變化에 따른 脂肪酸 組成 變化

이상의 實驗에서 界面活性劑와 電解質의 種類 및 濃度を 變化시키면 液狀層의 分離收率が 달라짐을 알 수 있었으며, 分離된 液狀層의 脂肪酸 組成은 거의 비슷하므로 당연히 分散된 固狀層의 脂肪酸 組成이 달라지게 될 것이다. 즉 液狀層의 分離收率が 增加할 수록 固狀層에는 不飽和脂肪酸가 적게 含有될 것이다. 이를 確認하기 爲하여 界面活性劑의 濃度變化 및 電解質의 種類를 變化시켰을 때 分離된 固狀層의 脂肪酸 組成을 分析한 것이 Table 2와 3이다. 여기서도 液狀層의 分離가 가장 많았던 SLS의 濃도가 0.4~0.6Wt.%일 때 固狀層에 不飽和脂肪酸가 가장 적게 含有되어 있는 것을 알 수 있으며, 또 電解質의 種類變化가 큰 影響을 주지는 않지만 NaCl인 경우가 Na₂SO₄나 MgSO₄보다 약간 分離收률이 좋을 수 있다.

또 分離溫度가 變하게 되면 脂肪酸結晶의 量과 組成이 달라지게 된다. 이 관계는 Fig.11의 分離溫度에 따른 요오드價 變化¹²로 부터 어느정도 추정할 수 있다.

Table 4-1과 Table 4-2는 SLS를 0.6 Wt.%, NaCl을 2.0Wt.%로 固定하고 分離

溫度를 變化시켰을 때 液狀層과 固狀層의 分離量 및 脂肪酸 組成을 求한 것으로, 分離溫度가 낮을수록 飽和脂肪酸를 적게 含有한 液體脂肪酸를 또 分離溫度가 높을수록 不飽和脂肪酸를 적게 含有한 固體脂肪酸를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이것은 일정 溫度에서 1회 分離만으로써 同時に 순수한 飽和脂肪酸과 不飽和脂肪酸를 얻을 수 없음을 뜻한다.

Table 5는 25°C에서 1次 分離한 後 液狀層은 10°C로 冷却하여 再分離하였고 固狀層은 40°C로 加熱 再分離하였을 때 脂肪酸 組成을 求한 것으로, 液體脂肪酸의 脂肪酸 組成은 再分離와 1회 分離가 큰 差異가 없으나 固體脂肪酸는 再分離함으로써 보다 不飽和脂肪酸가 적게 含有된 것을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

3.7 分離 및 分散狀態 觀察

Fig.12는 SLS와 NaCl의 濃度變化에 의한 分離收率 變化를 사진으로 나타낸 것으로 界面活性劑를 使用하지 않을 경우 液狀層의 量은 극히 적으며 상당량이 分離되지 않고 固狀層에 남아 있는 것을 알 수 있으며, 또 界面活性劑의 濃도가 增加되고 NaCl量이 적으면 液狀層은 分離되지 않고 乳化된 狀態로 存在함을 알 수 있다. 그리고 分離量이 가장 많은 NaCl 濃도는 下層의 물이 거의 투명하게 되는 濃도임을 알 수 있다. 이것은 물속에 存在하는 界面活性劑에 의해 液體脂肪酸의 一部가 乳化 또는 可溶化되는 量이 가장 적은 것을 뜻한다.

Fig.13은 SLS量의 變化에 따른 分散狀態를 光學顯微鏡으로 觀察한 것으로 SLS의 量이 적으면 分散이 불충분하며, 또 SLS의 量이 많으면 너무 微細한(≈1μ) 乳化粒子가 형성되어 分離効率が 나빠짐을 알 수 있다.

3.8 乳化安定度 變化

이상에서와 같이 液體脂肪酸의 乳化安定도가 分離効률에 影響을 주고 있음을 알 수 있었으

Table 2. The Fatty Acid Composition of Solid Fatty Acid Fractions at Various SLS and NaCl Concentrations.

SLS/ NaCl Comp.	O.T.	0.2	0.4	0.6	1.0	2.0
		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
C ₁₂	0.2	0.1	—	—	—	—
C ₁₄	2.9	2.0	1.8	1.8	1.8	2.0
C ₁₅	1.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4
C ₁₆	26.7	40.9	42.9	43.4	42.0	43.1
C _{16:1}	4.8	0.5	0.6	0.4	0.3	0.3
C ₁₇	1.1	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6
C ₁₈	17.0	33.2	35.7	35.6	34.5	34.1
C _{18:1}	42.3	19.5	15.1	15.0	17.3	16.7
C _{18:2}	2.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7
C _{18:3}	0.7	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Yield(%)	—	47.2	44.8	44.5	44.9	46.1

* O.T.: Original Tallow Fatty Acid

Table 3. The Fatty Acid Composition of Solid Fatty Acid Fractions at Various Electrolytes (SLS 0.4%)

Electro. Comp.	O.T.	NaCl	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄
		2.0%	3.0%	1.0%
C ₁₂	0.2	—	—	—
C ₁₄	2.9	1.8	1.9	1.8
C ₁₅	1.5	1.2	1.1	1.2
C ₁₆	26.7	42.9	42.0	41.1
C _{16:1}	4.8	0.6	0.6	0.6
C ₁₇	1.1	1.7	1.6	1.6
C ₁₈	17.0	35.7	33.6	33.0
C _{18:1}	42.3	15.1	18.4	19.6
C _{18:2}	2.8	0.8	0.6	0.9
C _{18:3}	0.7	0.2	0.2	0.2
Yield(%)	—	44.8	48.5	45.4

* O.T.: Original Tallow Fatty Acid.

Table 4-1. The Fatty Acid Composition of Solid Fatty Acid and Liquid Fatty Acid Fractions at Various Temperatures.

Temp. Comp.	O.T.	5°C		10°C		15°C		20°C	
		S	L	S	L	S	L	S	L
C ₁₂	0.2	0.1	0.2	—	0.3	—	0.3	—	0.3
C ₁₄	2.9	2.0	3.4	1.9	3.7	1.9	3.7	1.8	3.6
C ₁₅	1.5	1.3	0.3	1.3	0.7	1.3	0.8	1.2	0.9
C ₁₆	26.7	40.9	4.0	41.0	5.3	41.2	9.0	42.9	11.0
C _{16:1}	4.8	1.2	9.4	1.2	8.6	1.2	7.8	0.6	7.7
C ₁₇	1.1	1.8	0.1	1.6	0.1	1.9	0.2	1.7	0.3
C ₁₈	17.0	33.4	1.0	34.9	1.4	35.2	4.5	35.7	6.0
C _{18:1}	42.3	18.4	77.8	16.7	75.1	16.2	69.1	15.1	65.6
C _{18:2}	2.8	0.7	3.8	1.1	3.7	0.8	3.6	0.8	3.6
C _{18:3}	0.7	0.2	1.2	0.3	1.1	0.2	1.0	0.2	1.0
Yield(%)	—	55.6	44.4	51.0	49.0	48.0	52.0	46.0	54.0

* O.T. : Original Tallow Fatty Acid
 S : Solid Fatty Acid L: Liquid Fatty Acid

Table 4-2. The Fatty Acid Composition of Solid Fatty Acid and Liquid Fatty Acid Fractions at Various Temperatures.

Temp. Comp.	O.T.	25°C		30°C		35°C		40°C	
		S	L	S	L	S	L	S	L
C ₁₂	0.2	—	0.3	—	0.3	—	0.3	—	0.3
C ₁₄	2.9	1.8	3.6	1.9	3.6	1.8	3.6	1.3	3.0
C ₁₅	1.5	1.2	0.9	1.3	0.9	1.3	0.9	1.2	1.1
C ₁₆	26.7	42.9	11.0	42.0	13.1	43.3	16.7	42.8	22.6
C _{16:1}	4.8	0.6	7.7	0.6	7.0	0.5	6.7	0.4	6.4
C ₁₇	1.1	1.7	0.3	1.7	0.4	1.6	0.6	1.8	0.7
C ₁₈	17.0	35.7	6.0	37.3	7.0	38.5	8.7	40.6	12.1
C _{18:1}	42.3	15.1	65.6	14.4	63.6	12.3	58.4	11.3	50.2
C _{18:2}	2.8	0.8	3.6	0.6	3.1	0.6	3.1	0.6	3.1
C _{18:3}	0.7	0.2	1.0	—	1.0	—	1.0	—	1.0
Yield(%)	—	44.8	55.2	43.2	56.8	41.6	58.4	32.8	67.2

* O.T. : Original Tallow Fatty Acid
 S : Solid Fatty Acid L : Liquid Fatty Acid

Table 5. The Fatty Acid Composition of Reseparated Solid Fatty Acid and Liquid Fatty Acid Fractions at Various Temperatures.

Temp. Comp. (%)	O.T.	10°C		40°C	
		S	L	S	L
C ₁₂	0.2	—	0.2	—	0.1
C ₁₄	2.9	1.5	3.6	1.0	2.6
C ₁₅	1.5	2.1	0.7	1.3	1.6
C ₁₆	26.7	39.7	5.2	46.1	29.8
C _{16:1}	4.8	1.2	9.1	—	5.2
C ₁₇	1.1	1.5	0.1	2.0	1.0
C ₁₈	17.0	22.0	1.3	42.9	14.8
C _{18:1}	42.3	29.7	74.9	6.3	40.9
C _{18:2}	2.8	1.6	3.7	0.4	3.3
C _{18:3}	0.7	0.4	1.2	—	0.7

* O.T. : Original Tallow Fatty Acid

S : Solid Fatty Acid L : Liquid Fatty Acid

며, 이를 確認하기 위하여 界面活性劑와 電解質의 濃度を 變化시켰을 때 올레산의 乳化安定度を 測定하였다.

Fig.14는 SLS와 NaCl의 濃度を 變化시켰을 때 올레산의 乳化가 分離되는 정도를 나타낸 것으로 NaCl의 濃도가 2.0Wt.% 이상에서는 SLS의 濃도에 關係없이 乳化가 分離되었으며 또 물層은 거의 투명해졌다. 이것은 Fig.12의 牛脂脂肪酸의 分離時와 거의 일치되는 結果로서 分離效率이 가장 높은 電解質의 濃도는 液體脂肪酸의 乳化 安定도가 나빠지기 시작하는 濃도임을 알 수 있었다.

3.9 表面張力 및 界面張力 變化

界面活性劑의 濕潤作用은 界面活性劑에 의한 表面張力 감소와 직결된다.

Fig.15는 SLS와 NaCl의 濃도를 變化시켰을 때 表面張力 變化를 나타낸 것으로 NaCl

을 使用하지 않았을 경우 SLS의 임계미셀농도는 대략 0.25Wt.% 정도이나, NaCl을 0.5 Wt.% 使用할 경우 SLS의 임계미셀농도는 대략 0.04Wt.%로 감소함을 알 수 있고, 또 NaCl의 濃도가 2.5Wt.%에서는 SLS의 濃도에 無關하게 表面張力은 31.5 dyne/cm로 一定한 값을 나타내었다.

Fig.16은 SLS와 NaCl의 濃도變化에 따른 올레산과의 界面張力 變化를 測定한 것으로 SLS의 濃도에 關係없이 대략 NaCl의 濃도가 2.0~3.0Wt.%에서 최소치를 나타내며 그 값은 1 dyne/cm以下였다. 이것은 적당량의 電解質을 使用하면 界面張力を 감소시켜 濕潤效果를 增加시킬 수 있음을 뜻하며, 牛脂脂肪酸의 分離에 있어 적당량의 電解質을 使用하여 分離效果를 增加시키는 要因의 하나이다.

3.10 脂肪酸에 溶解 또는 吸着되는 SLS量

의 變化

電解質의 濃度가 增加하게 되면 界面活性劑는 물에서 界面 및 脂肪酸으로 移動하게 된다.

Fig.17은 NaCl의 濃度變化에 따라 牛脂脂肪酸에 溶解 또는 吸着되는 SLS의 量을 나타낸 것으로 NaCl의 濃度가 2.0Wt.% 부근에서 吸着 및 溶解되는 SLS量이 급격히 增加하고 있다. 그러나 올레산에 溶解되는 SLS의 量은 Fig.18에서 보는 바와 같이 NaCl의 濃度가 2.5 Wt.% 부근에서 급격히 增加되고 있다. 이것으로부터 NaCl의 濃度가 2.0 Wt.% 부근에서 SLS는 牛脂脂肪酸중의 固體脂肪酸의 結晶表面에 많은 吸着이 일어난다는 것을 알 수 있다. 즉 이것은 NaCl의 濃度가 2.0 Wt.%일때 固體脂肪酸이 가장 잘 分散되며, 또 界面活性劑가 固體脂肪酸에 吸着됨으로써 液體脂肪酸의 比重差가 크게 되어 分離가 잘 일어날 수 있고, 이것은 NaCl의 濃度가 2.0 Wt.%에서 가장 높은 分離效率을 나타내는 것과 일치하고 있다.

3.11 NaCl의 濃度變化에 따른 界面活性劑 分子의 舉動

以上과 같은 界面張力 및 SLS의 올레산과 물과의 分配로부터 Fig.19와 같이 NaCl의 濃度變化에 따른 界面活性劑 分子의 舉動을 假定할 수 있다. 즉 임계미셀농도 以下에서 界面活性劑는 거의 물속에 monomer 狀態로 存在하나 NaCl의 濃度가 增加되면 임계미셀 농도도 낮아져 界面活性劑의 一部는 미셀 狀態로 存在한다. 여기서 NaCl의 濃度を 더욱 增加시켜 界面活性劑가 물과 올레산에 同量 存在하게 될때 界面에 存在하는 界面活性劑의 量이 가장 많게되고 이 때 界面張力은 最小가 된다.²⁵ 여기서 NaCl의 濃度を 더욱 增加시키면 界面活性劑는 大部分 올레산으로 移動하게 되며 界面에 存在하는 界面活性劑의 量도 감소하게 되어 界面張力은 增加하게 된다.

以上과 같이 牛脂脂肪酸의 分離에 있어 우선 界面活性劑에 依해 牛脂脂肪酸이 충분히 濕潤되어 液體脂肪酸이 固體脂肪酸의 表面으로부터 떨어져 乳화를 形成하여야 하는 것이 무엇보다 重要하다. 이 때 界面活性劑의 量이 적으면 충분한 濕潤作用을 할 수 없으며, 또 界面活性劑의 量이 많으면 安定한 乳화를 형성하거나, 또는 물층에 存在하는 界面活性劑에 液體脂肪酸의 一部가 乳화 또는 可溶化됨으로써 分離效果를 감소시키므로 適當량의 界面活性劑를 使用하여야 한다. 그리고 界面活性劑로는 SLS나 SLES를 使用하는 것이 牛脂脂肪酸의 分離에 있어 가장 좋은 分離效果를 얻을 수 있었다. 그리고 適當량의 電解質을 使用하여야만 分離效率을 높일 수 있는 것은 電解質에 依한 乳화安定度의 變化, 界面活性劑의 界面으로 移動에 依한 界面張力 감소 및 固體脂肪酸의 結晶에 界面活性劑의 吸着量의 增加 等の 要因에 依한 것이다.

4. 結 論

1. 界面活性劑를 利用한 牛脂脂肪酸중 飽和脂肪酸과 不飽和脂肪酸의 分離에 있어 一定溫度에서 分離된 液狀層의 脂肪酸 組成은 分離量에 關係없이 거의 비슷하다. 이것은 一定溫度에서 牛脂脂肪酸중 結晶化된 固體脂肪酸의 組成은 거의 一定하며, 또 分離되는 液狀層의 量이 많을수록 分離效率이 좋음을 뜻한다.

2. 牛脂脂肪酸 分離에 있어 界面活性劑로는 SLS와 SLES가 分離效率이 優秀하며 最適濃도는 SLS 0.4~0.6Wt.%, SLES 0.2~0.4Wt.%이며, 이 때 電解質으로는 NaCl 2.0~2.5Wt.%, Na₂SO₄ 3.0~4.0 Wt.%, MgSO₄ 0.5~1.0Wt.% 使用하여야만 分離效率이 좋다.

3. 分離效率이 높은 電解質의 濃度は 界面活性劑가 固體脂肪酸의 結晶에 가장 많은 吸着이 일어나게 하는 濃度이며, 또 이 濃度は 液

體脂肪酸의 乳化가 不安해지는 濃度이기도 하다.

4. 分離効率が 最大로 되는 電解質의 濃度는 電解質에 依해 界面張力이 最小가 되는 濃

度이다. 그리고 界面張力이 最小가 되기 爲하여는 界面活性劑가 界面에 가장 많이 存在하여야 하며, 이 때는 界面活性劑가 물과 脂肪酸에 同量 存在할 때이다.

REFERENCES

1. K. Markly, Fatty acid, part 1, Interscience publishers, N.Y., 1-22 (1960).
2. Ibid, part 3, 1983-2358 (1960).
3. 山手重好, 色部般, 脂肪酸化字, 辛書房, 東京, 17-35 (1967)
4. K. T. Zilch, J.A.O.C.S., 56, 739A-742A (1967).
5. H. P. Kreulen, J.A.O.C.S., 53, 393-396 (1979).
6. 松井宣也, "界面活性劑による油脂の分析", 新界面活性劑, 界面活性劑 研究会編, 大阪, 744-749 (1981)
7. W. Stein, H. Hartmann, U.S. Patent 2.800.493 (1957), 2.972.636 (1961), 3.052.700 (1962), 3.733.343 (1973), 3.737.444 (1973), 3.953.485 (1976), 4.009.213 (1977).
8. W. Stein, H. Hartmann, 日.特公 31-9986, 72-639, 39-7911, 45-35272, 51-2087, 51-15048, 56-13755.
9. S. Kairy, E. M. Meade, W. O. Munns, D. A. Walder, U.S. Patent 2.895.976 (1959).
10. G. R. Payne, W. B. Cambell, N.Y. Yanick, U.S. Patent 3.541.122 (1970).
11. Ong Soon Hock, Chuah Chong Cheng, Brit. Patent 1.499.333 (1978).
12. W. Stein, J.A.O.C.S., 45, 471-474 (1968).
13. Yukiya Iwanaga, Yukagaku, 26(10), 683-690 (1977).
14. Toshiyuki Abeshima, Yukagaku, 28(10), 700-708 (1979).
15. Matsui Nobuya, Kagaku to Kogyo, 31(7), 537-539 (1978).
16. J.P. Seuge, H.F. Vinconneau, Oleaginexu, 30, 25-30 (1975).
17. B. Braae, Filter. Raflin. Fractinnment Corps Gras, Texte. Commun. Symp. Int. 189-210 (1976).
18. D.M. Bussey, T.C. Kyan, J.I. Gray, M.E. Zabik, J. Food Sci., 46, 526-530 (1981).
19. Zwierzykowski, Wlodzierz, Ledochowska, Eleonora, Chem., Stowsow, 19(2), 231-240 (1975).
20. Ibid., 19(2), 242-251 (1975).
21. C. Poot, W. Dijkshoorm, A. J. Haighton, C.C. Verburg, J.A.O.C.S., 52, 69-72 (1975).
22. C.M. Ambler, "Centrifugation" in Hand-Book of separation techniques for chemical engineers, Editor, P.A. Schweitzer, McGraw-Hill, N.Y., 4-56 4-84, (1979).
23. C.M. Ambler, "Centrifuges and Centrifugation" in Encyclopedia of chemical processing and design, 7, Editor, J. J. Mcketta, Marcel Dekker, Inc., N.Y., 96-153 (1978).
24. L.D. Metcalfe, J.A.O.C.S., 56, 819A-822A (1979).
25. K.S. Chan. D.O. Shar, J. Disp. Sci. Tec., 1(1), 55-95 (1980).

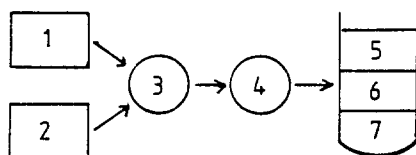
ABSTRACT

Tallow fatty acid consists of mixtures of fatty acids differing in chain length and saturation. In separation of tallow fatty acid, the effects of the type and concentration of detergents and electrolytes were studied. And the changes of acid composition of particular fractions were determined by gas-chromatography. Sodium lauryl sulfate (SLS), sodium lauryl ether sulfate (SLES) and sodium lauryl benzene sulfonate (SLBS) were used as detergents and NaCl, Na₂SO₄ and MgSO₄ were used as electrolytes.

At low concentration of detergent, the tallow fatty acid was not fully wetted, and at high concentration, the emulsion was so stable that the tallow fatty acid was not well separated.

The addition of proper amount of electrolyte increased the separation efficiency by the decrease of interfacial tension and by the increase of the amount of adsorbed detergent on the surface of solid fatty acid crystals.

The optimum range of detergent was 0.4-0.6% (wt.) in SLS, 0.2-0.4% in SLES and 2.0-3.0% in SLBS. And the optimum range of electrolyte was 2.0-2.5% in NaCl, 3.0-4.0% in Na₂SO₄ and 0.5-1.0% in MgSO₄ respectively.



1. Partly crystallized tallow fatty acid
2. Surfactant and Electrolyte solution
3. Mixing
4. Centrifugation
5. Liquid fatty acid
6. Suspension of solid fatty acid crystals in aqueous phase
7. Excess aqueous solution

Fig.1 Principle of detergent fractionation.

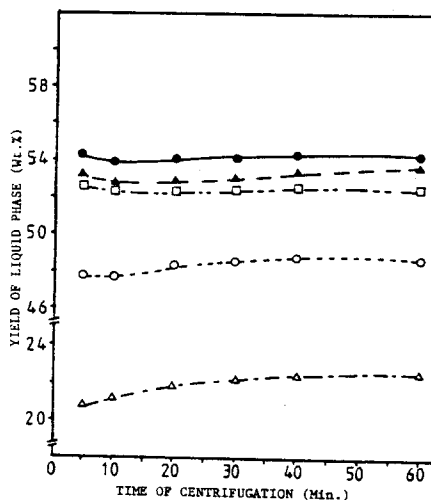
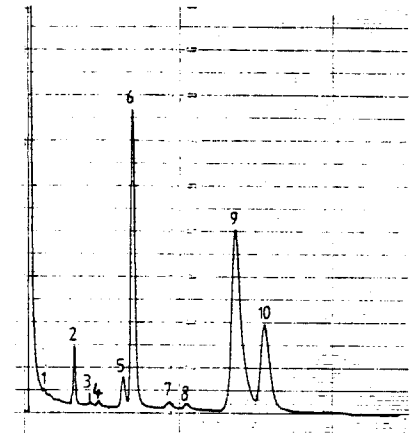


Fig.2 The effect of centrifugation time on yield of liquid phase at various concentrations of SLS and NaCl.

- △— no added
- SLS 0.2%, NaCl 3.0%
- SLS 0.4%, NaCl 3.0%
- SLS 1.0%, NaCl 3.0%
- ▲— SLS 2.0%, NaCl 3.0%



- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Lauric acid | 2. Myristic acid |
| 3. Linolenic acid | 4. Pentadecanoic acid |
| 5. Palmitoleic acid | 6. Palmitic acid |
| 7. Linolenic acid | 8. Magaric acid |
| 9. Oleic acid | 10. Stearic acid |

Fig.3 The gas-chromatogram of tallow fatty acid methyl esters.

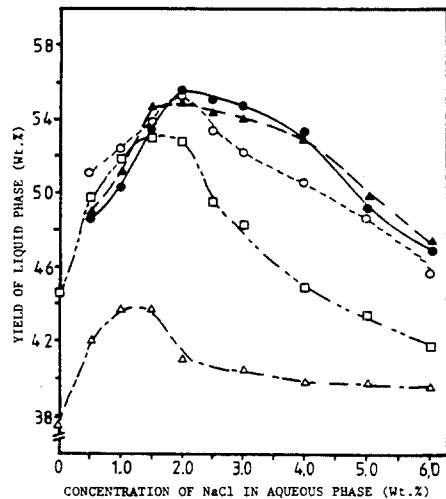


Fig.4 The effect of NaCl concentration on yield of liquid phase at various concentrations of SLS.
 ---△--- 0.1% ---□--- 0.2% ---○--- 0.4%
 ● 0.6% ---▲--- 1.0%

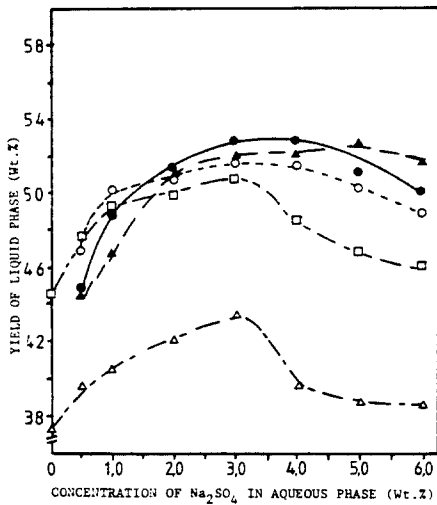


Fig.5 The effect of Na₂SO₄ concentration on yield of liquid phase at various concentrations of SLS.
 ---△--- 0.1% ---□--- 0.2% ---○--- 0.4%
 ● 0.6% ---▲--- 1.0%

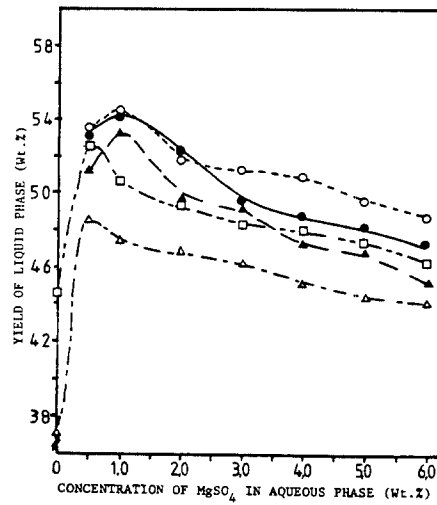


Fig.6 The effect of MgSO₄ concentration on yield of liquid phase at various concentrations of SLS.
 ---△--- 0.1% ---□--- 0.2% ---○--- 0.4%
 ● 0.6% ---▲--- 1.0%

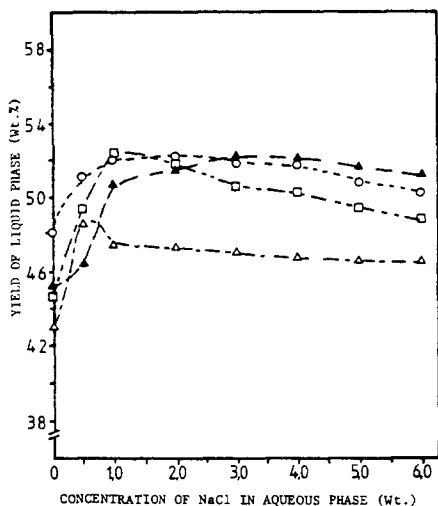


Fig. 7 The effect of NaCl concentration on yield of liquid phase at various concentrations of SLES.

---△--- 0.1% ---□--- 0.2%
 ---○--- 0.4% ---▲--- 1.0%

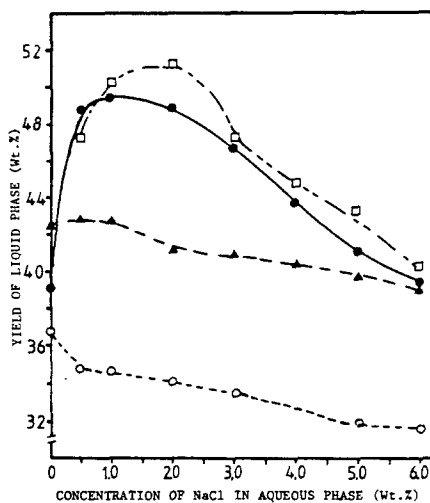


Fig. 8 The effect of NaCl concentration on yield of liquid phase at various concentrations of SLBS.

---○--- 0.4% ---▲--- 1.0%
 ---●--- 2.0% ---□--- 3.0%

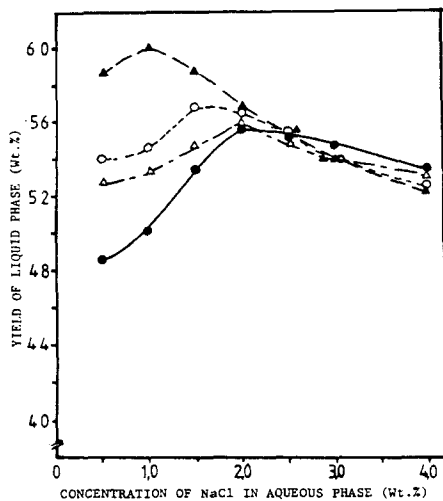


Fig. 9 The effect of NaCl concentration on yield of liquid phase at various concentrations of ethanol (SLS 0.6%)

---●--- no added ---△--- 2.0%
 ---○--- 4.0% ---▲--- 8.0%

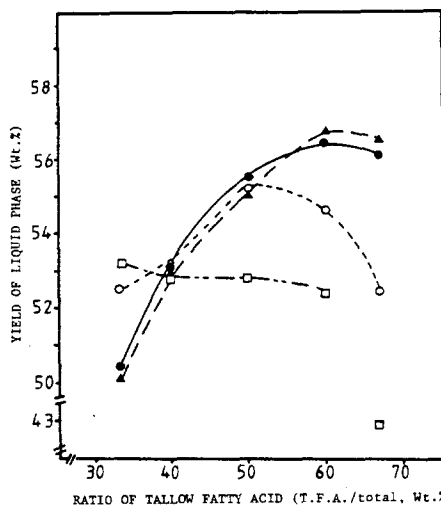


Fig. 10 The effect of tallow fatty acid ratio on yield of liquid phase at various concentrations of SLS and NaCl

---□--- SLS 0.2%, NaCl 1.5%
 ---○--- SLS 0.4%, NaCl 2.0%
 ---●--- SLS 0.6%, NaCl 2.0%
 ---▲--- SLS 1.0%, NaCl 2.0%

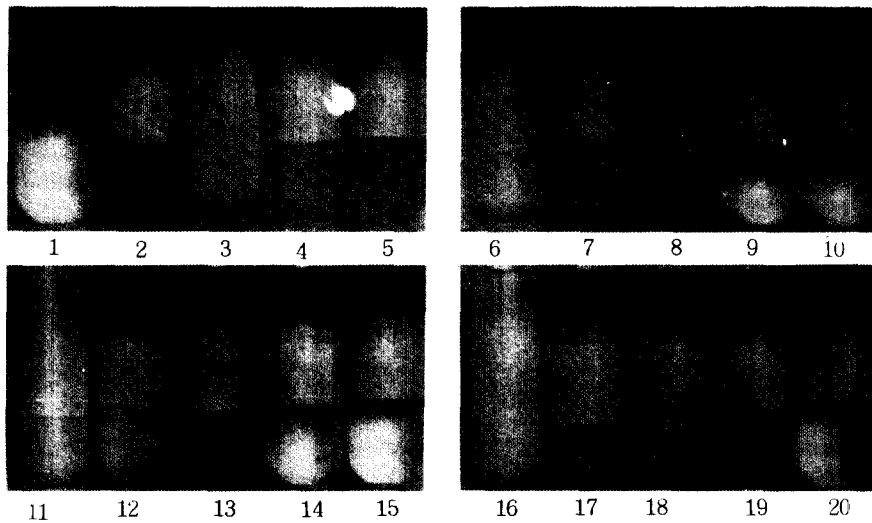


Fig.12 Photographs of separated tallow fatty acid at various concentrations of SLS and NaCl

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SLS	-	0.2	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
NaCl	-	1.0	-	1.0	2.0	-	1.0	2.0	3.0	4.0
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SLS	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
NaCl	-	1.0	2.0	3.0	4.0	-	1.0	2.0	3.0	4.0

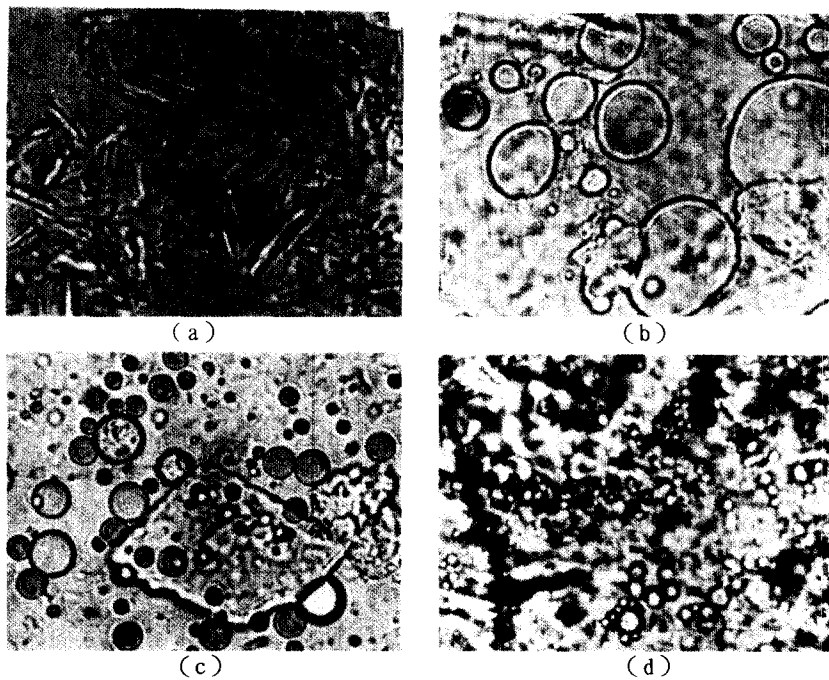


Fig.13 Optical micrographs of dispersion state at various concentrations of SLS.

(a). Tallow fatty acid crystal (b). 0.1%
 (c). 0.4% (d). 2.0%

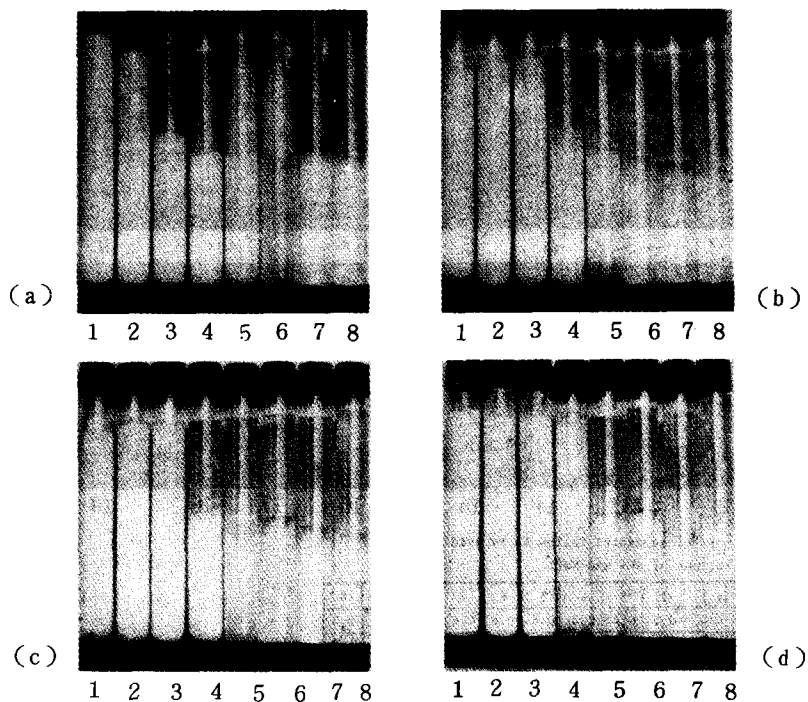


Fig.14 Photographs of oleic acid emulsion at various concentrations of SLS and NaCl.

(a). SLS 0.2% (b). SLS 0.4%
 (c). SLS 1.0% (d). SLS 2.0%

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
NaCl	-	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0

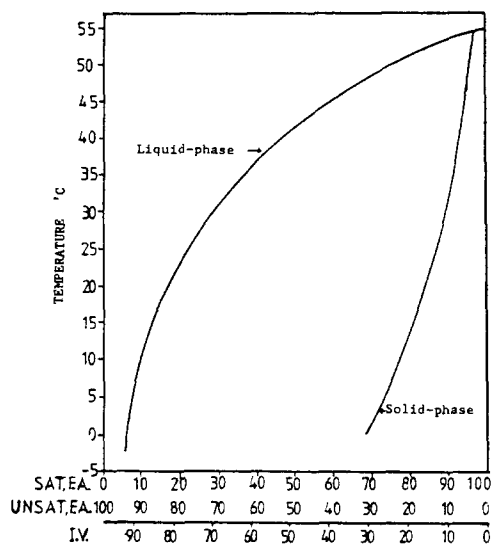


Fig.11 Phase diagram of tallow fatty acid from W. Stein J.A.O.C.S. 45, 472 (1968)

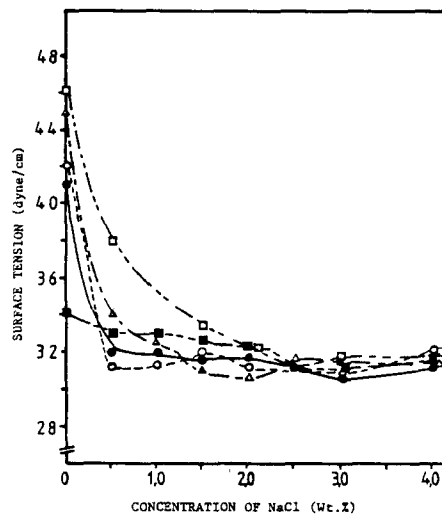


Fig.15 The effect of NaCl concentration on surface tension at various concentrations of SLS.

—□— 0.01% —△— 0.02% ---○--- 0.04%
 —●— 0.06% —■— 0.1%

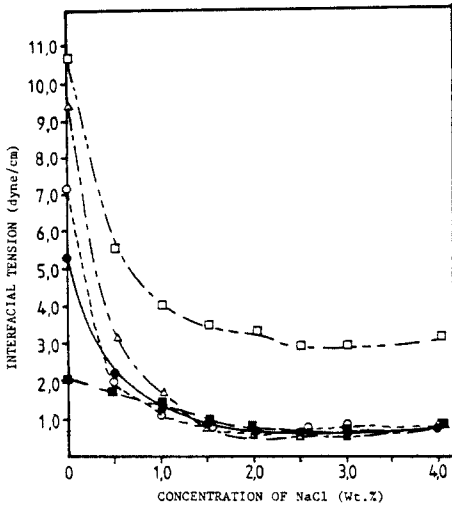


Fig. 16 The effect of NaCl concentration on interfacial tension at various concentrations of SLS.
 ---□--- 0.01% ---△--- 0.02% ---○--- 0.04%
 ●--- 0.05% ---■--- 0.1%

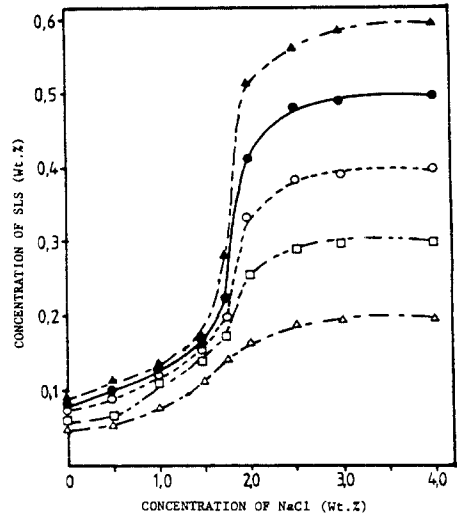


Fig. 17 The effect of NaCl concentration on distribution content of SLS between callow fatty acid and water at various concentrations of SLS.
 ---△--- 0.2% ---□--- 0.3% ---○--- 0.4%
 ●--- 0.5% ---■--- 0.6%

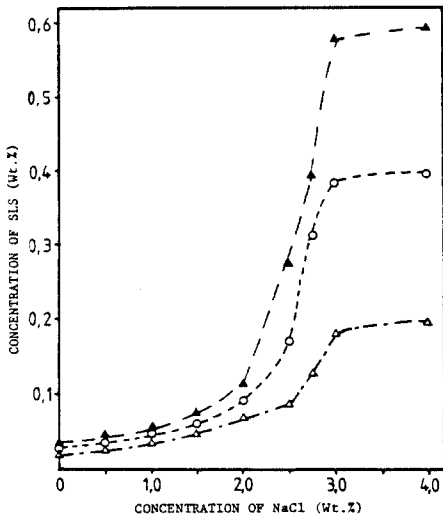


Fig. 18 The effect of NaCl concentration on distribution content of SLS between oleic acid and water at various concentrations of SLS.
 ---△--- 0.2% ---○--- 0.4% ---■--- 0.6%

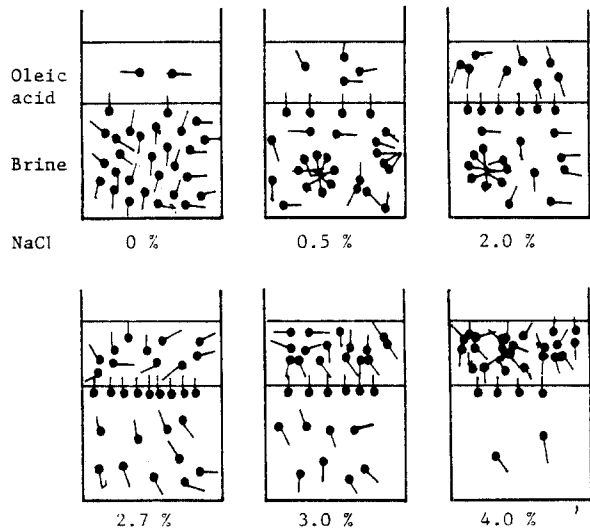


Fig. 19 The molecular mechanism for the effect of NaCl concentration.