

## Triglyceride의 洗滌性에 影響을 미치는 몇가지 要因

李 美 植·金 聲 連  
서울大學校 家政大學 衣類學科

### Some Factors Effect on the Detergency of Triglyceride

Mee Sik Lee and Sung Reon Kim

Dept. of Clothing & Textiles, College of Home Economics, Seoul National University.

#### <Abstract>

The effect of fatty acid content in oily soil and conditions of washing on the removal of triglyceride have been studied.

Cotton lawn was soiled with the four-component soil—tripalmitin, palmitic acid, dodecyl alcohol and dodecane—and washed in constant temperature waterbath shaker.

The detergency was estimated by analysis of triglyceride labelled carbon-14 on fabrics before and after washing by means of liquid scintillation counting.

It was shown that the detergency of triglyceride washed with the nonionic, nonylphenol poly (10)-ethylene oxide and soap was increased steadily with increasing temperature, whereas with the anionics Na-DBS and SLS, the detergency was rather decreased when the temperature was elevated above 40°C.

To investigate the effects of free fatty acid content in soil on the removal of triglyceride, the fabrics were soiled altering palmitic acid content, and then washed.

From the results, the detergency of triglyceride was developed with increasing free fatty acid content. With soils containing less than 30% of free fatty acid, of the three detergents tested, the nonionic was by far the most effective soil removal. Soap was intermediate and the synthetic anionic was the poorest. With soil containing 45% of free fatty acid, soap was the most effective soil removal.

When NaOH was added to detergent solution, the detergency of triglyceride was improved without regard to detergents. The optimum alkalinity was obtained according to free fatty acid content. And the alkalinity changed to low NaOH concentration with increasing free fatty acid content.

From the results mentioned above, it could be concluded that the major removal mechanisms of triglyceride containing oily soil were mesomorphic phase formation, solubilization and soap formation when alkali was added in detergent solution.

I. 緒 論

天然汚染은 크게 固型汚染(particulate soil)과 脂溶性 汚染(oily soil)으로 나누어지며<sup>1,2,3)</sup> 이 두가지 汚染의 組成은 着用者의 生活環境, 生活習慣, 衣服의 부위에 따라 차이가 있다.

脂溶性 汚染中에는 遊離脂肪酸과 triglyceride가 全體 脂溶性 汚染의 半 以上을 차지하고 있으므로 洗滌할 때 이들 成分의 舉動은 洗滌 mechanism과 洗滌 效果를 評價하는데 큰 役割을 하게 되리라 생각된다.

이중 極性인 遊離脂肪酸은 除去가 比較的 容易한데 반해 triglyceride는 除去가 힘들어 洗滌後에도 상당량이 殘存하는 것으로 알려졌다.<sup>1,4,5,6,7)</sup>

한편 脂溶性 汚染中에 遊離脂肪酸과 같은 極性 汚染의 存在는 triglyceride의 除去를 현저히 向上시킴이 알려졌다.

이와 같이 洗滌 研究에서 triglyceride의 除去는 큰 問題가 되는 것으로 이 triglyceride의 除去는 triglyceride 단독 存在 보다 極性的 脂溶性 汚染과의 混合 狀態에서 除去가 容易하다는 여러 報告가<sup>1,5,7)</sup> 있으나 그 組成에 따른 除去 樣相에 관한 報告는 적다.

金<sup>8)</sup>은 汚染中の 遊離脂肪酸의 存在가 固型汚染의 洗滌性에 미치는 影響에 관한 研究에서 palmitic acid의 含量에 따른 洗滌性을 四三酸化鐵의 除去率로 檢討하여 脂肪酸의 含量이 全 脂溶性 汚染의 25%~50% 存在할 때 洗滌性이 현저히 向上되고 이때 soap가 가장 優秀한 洗劑라고 하였다. 또 alkali 첨가時 그 洗滌性은 汚染中の 脂肪酸 含量에 따라 最適의 alkali濃도가 存在한다고 報告하였다.

本 研究에서는 脂溶性 汚染中에 遊離脂肪酸이 包含되어 있을 때 triglyceride의 除去 mechanism을 檢討하기 위해 脂肪酸의 組成에 따른 triglyceride의 洗滌性을 洗滌溫度, 界面活性劑의 種類에 따라 檢討하였다. 또 汚染除去時 最適의 alkalinity가 存在한다는 報告<sup>8,9,10)</sup>에 따라 各 洗劑에 NaOH를 添加하여 그 洗滌性을 檢討하였으며 脂肪酸의 組成에 따른 triglyceride 除去의 最適 alkalinity도 檢討하였다.

洗滌性의 評價는 triglyceride의 正確한 分析을 위하여 放射分析法를 擇하여 C-14로 label된 tripalmitin을 使用하여 洗滌前後의 試驗布의 radioactivity를 liquid scintillation counter로 測定하여 洗滌率을 計算하였다.

II. 實 驗

II-1. 試驗布 및 試藥

II-1-1. 試驗布

試驗布는 市販 綿 lawn을 使用하였으며, 이를 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10% (o.w.f.), 液比 30:1로 100°C에서 3時間 精練한 後 Soxhlet 抽出器에서 benzene: ethyl alcohol 2:1(重量比) 共沸混合物로 有機溶媒 可溶分을 8時間 抽出한 後 使用하였다.

試驗布로 使用한 綿 lawn의 特性은 Table I과 같다.

Table I. Characteristics of fabric

Material	cotton 100%
Weave construction	plain
Yarn number [warp weft]	9.8 tex 9.8 tex
Fabric count (ends & picks/5cm)	212×176
Thickness	0.182mm

試驗布는 3.5×7.5cm 크기로 잘라 가장자리를 2mm 씩 울을 풀었고 105±2°C에서 1時間 乾燥시킨 後 desiccator에 넣고 放冷시켜 使用하였다.

II-1-2. 試 藥

Radiotracer: Glycerol tri(1-C<sup>14</sup>)palmitate. specific activity: 57mci/mmol; Radioactive concentration: 50μci/ml; Radiochemical purity by T.L.C on silica gel: 99%

(The Radiochemical Center. Amersham)

Glycerol tripalmitate (tripalmitin): 試藥一級

(東京化成工業株式會社)

Palmitic acid: 試藥一級(關東化學株式會社)

Dodecyl alcohol: 試藥一級(關東化學株式會社)

n-Dodecane: 試藥特級(東京化成工業株式會社)

Toluene: 試藥特級(純正化學株式會社)

2,5-Diphenyloxazol (PPO): scintillation grade(Merck)

2,2'-p-phenylene bis(5-phenyloxazol) (POPOP):

scintillation grade (Merck)

비누: 市販 Ivory(水分 12.8%, 비누분 99.4%)

Sodium dodecylbenzene sulfonate (Na-DBS), hard

type: 試藥一級(東京化成工業株式會社)

Sodium lauryl sulfate (SLS): 試藥一級(關東化學株式會社)

會社)

Polyoxyethylene nonylphenol ether (nonylphenol-10EO) (東南化學株式會社)

其他 試藥은 試藥一級을 使用하였다.

II-2 實驗方法

II-2-1 汚染布 製作

汚染의 成分으로는 tripalmitin, palmitic acid, dodecane, dodecyl alcohol을 使用하였으며 tripalmitin은 放射分析을 위하여 C-14로 label된 것과 label되지 않은 것을 원하는 radioactivity가 되도록 適正量을 混合하여 使用하였다.

汚染 組成은 palmitic acid 含量에 따른 tripalmitin의 洗滌性을 檢討하기 위하여 dodecane, dodecyl alcohol의 含量은 一定하게 하고 tripalmitin과 palmitic acid의 組成만을 變化시켰는데 그 汚染組成은 Table II와 같다.

Table II. Composition of soil

components	composition (%)			
	I	II	III	IV
tripalmitin	60	45	30	15
palmitic acid	0	15	30	45
dodecyl alcohol	20	20	20	20
dodecane	20	20	20	20

上記 汚染을 CCl<sub>4</sub>에 溶解하여 5%(무게/부피) 汚染液을 만들었다.

이 汚染液은 20±1°C에서 micro pipet으로 100μl씩 2번 취해 乾燥시킨 試驗布에 均一하게 spot하였다. 이 때 汚染布의 汚染量은 約 5%(o.w.f.)이고 한 試料당 約 0.01μCi의 radioactive tripalmitin을 含有하여 洗滌前 汚染布의 counts per minute (c.p.m.)는 20,000~25,000 程度가 되게 하였다.

이렇게 만들어진 汚染布는 20°C, 65%(R.H.)에서 1주일 보관 安定化 시킨 後 desiccator에 넣어 냉장고에 보관하여 使用하였다.

II-2-2. 洗滌方法

洗滌은 250ml 共栓 三角 flask에 洗滌液 100ml를 넣어 指定된 溫度로 豫熱한 後 汚染布 1枚를 넣고(液比 500:1) constant temperature waterbath shaker (r.p.m. 250±10)에서 行하였다.

洗滌時間은 20분으로 하였고 3분씩 3회 行군 後 공기중에서 自然乾燥시켰다. 洗滌에 使用된 물은 이온교환 순수제조기로 얻어진 純水를 使用하였다.

II-2-3. Radioactivity測定과 洗滌評價

洗滌의 評價는 liquid scintillation counter (Packard Tri-Carb Model 3385)를 使用하여 洗滌 前後의 汚染布에 存在하는 tripalmitin의 radioactivity를 測定하여 計算하였다.

counting을 위해서는 3.5×7.5cm 汚染布를 20ml counting vial벽에 수직으로 붙여 세우고 여기에 6.0g의 PPO와 0.1g의 POPOP를 1,000ml toluene에 溶解시켜 만든 liquid scintillation solution 18ml를 넣고 5분씩 2회 counting하여 그 平均 c.p.m.으로 다음 式에 依하여 洗滌率을 計算하였다.

$$\text{洗滌率} = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \times 100(\%)$$

여기서 D<sub>1</sub>: 洗滌前 汚染布의 c.p.m.

D<sub>2</sub>: 洗滌後 汚染布의 c.p.m.

實驗値는 同一 變因을 3회 實驗하여 그 平均값을 使用하였다.

III. 結果 및 考察

III-1. 洗滌 溫度에 따른 triglyceride의 洗滌性

洗滌 溫度가 triglyceride의 洗滌性에 미치는 影響을 檢討하기 위하여 汚染組成中 遊離脂肪酸의 含量이 30%인 汚染布를 使用하여 界面活性劑 別로 實驗하였다.

界面活性劑로는 洗劑로 널리 쓰이는 非 이온계 界面活性劑 nonylphenol-10EO와 陰 이온계 界面活性劑 Na-DBS, SLS 그리고 비누를 使用하였으며 濃度는 0.25%로 하였다. 이때 溫度 變化에 따른 洗滌性은 Fig. I과 같다.

Fig. I에 依하면 nonylphenol-10EO와 비누는 溫度가 높아짐에 따라 triglyceride의 洗滌效果가 계속 向上되고 있는데 25°C에서는 비누가 가장 優秀한 洗滌性을 나타냈으나 溫度가 높아짐에 따라 非 이온계 界面活性劑의 洗滌性이 월등히 優秀하게 나타났다.

Scott<sup>1)</sup>나 Powe<sup>16)</sup>의 實驗 結果에 依하면 非極性인 脂溶性 汚染이 單獨으로 汚染되었을 때에는 融點附近에서 그 洗滌性이 不連續적으로 급격히 向上되었으나 本實驗에서는 triglyceride의 除去가 溫度 上昇에 따라 連續적으로 서서히 일어났다.

Scott는 triglyceride 單獨으로 汚染되었을 때 融點에서 그 洗滌性이 급격히 向上되는 것을 Adam의 rolling-up mechanism으로 說明하였으나 本實驗에서는 triglyceride 單獨汚染이 아닌 여러 脂溶性 成分의 混合汚染을 使用하였으므로 融點에서의 급격한 變化는 일어나지

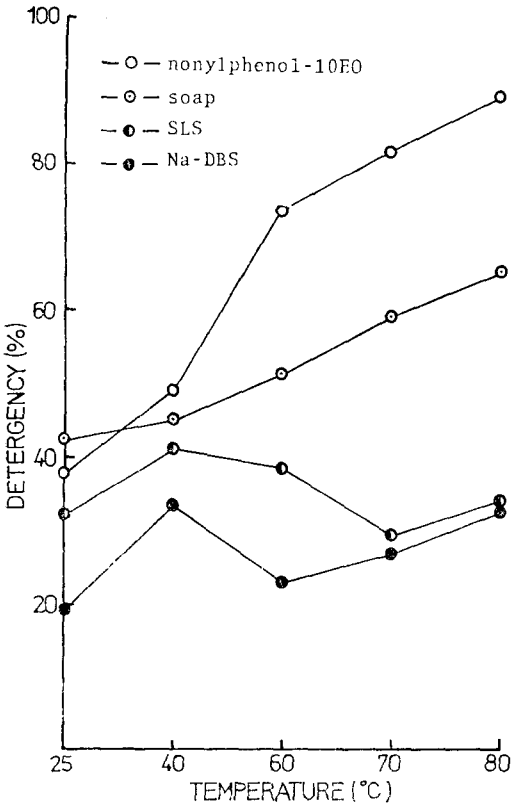


Fig. I. Effect of temperature on the removal of triglyceride

않고 온도上昇과 함께 계속 洗滌性이 向上되고있다.

이는 脂溶性 汚染이 除去되는 mechanism이 rolling-up 보다는 mesomorphic phase formation과 solubilization 등에 의해 일어나고 있음을 意味한다. 또 非 이온계 界面活性劑의 solubilization 能力이 溫度가 높아질수록 커지며, 이 solubilization 能力은 界面活性劑의 cloud point에 도달할 때까지 급격히 向上됨<sup>16)18)</sup>으로 脂溶性 汚染의 除去가 주로 solubilization에 의해 進行되고 있음을 보여주고 있다.

陰 이온계 界面活性劑인 Na-DBS나 SLS에 의한 triglyceride의 洗滌性은 nonylphenol-10EO나 비누와는 아주 다른 樣相을 보여 60°C以上에서의 洗滌性이 40°C에서 보다 低下되고 있다.

어떤 溫度 以上에서 洗滌性이 오히려 低下된다는 報告는 Fort<sup>5)</sup>와 Vandegrieff<sup>10)</sup>의 報告에서도 나타나 있는데 Vandegrieff는 이 理由에 對해 전혀 言及하지 않았다.

Fort는 polyethylene terephthalate (PET)에 汚染을 시켜 各成分의 洗滌性을 檢討했는데 이중 octadecanol

과 tristearin의 除去를 SLS를 使用하여 檢討한 結果 octadecanol의 除去는 40°C>60°C>80°C>20°C의 順으로 나타났고 tristearin의 除去는 80°C>40°C>60°C>20°C의 順으로 나타나 溫度上昇이 반드시 洗滌性의 向上을 가져오지 않음을 보여 주고 있다.

이에 對해 Fort는 PET의 glass transition temperature와 關聯시켜 그 附近의 溫度에서 汚染이 纖維內部로 浸透하는 반면 界面活性劑 溶液은 浸透되지 못함으로써 일어나는 現象으로 說明하였다.

本 實驗에서는 Na-DBS에 의해서는 洗滌性이 40°C>80°C>70°C>60°C>25°C의 順으로 나타났고 SLS로는 40°C>60°C>80°C>25°C>70°C의 順으로 나타났으나 汚染布로 綿을 使用했으며 綿은 이 溫度에서 glass transition temperature가 存在하지 않으므로 Fort의 解析으로는 說明이 안된다.

이러한 結果가 Na-DBS와 SLS에서만 나타난다는 事實로 미루어 이는 界面活性劑의 特性과 關係 있는 것으로 생각된다. 陰 이온계 界面活性劑에 導入된 sulfonate, sulfate group은 親水性을 向上시켜 界面活性劑 micelle의 aggregation number를 작게하여 結果적으로 脂溶性 汚染의 solubilization을 減少시키는데 起因하는 것<sup>17)</sup>으로 推定된다.

III-2. 汚染中の 遊離脂肪酸 含量에 따른 triglyceride의 洗滌性

遊離脂肪酸의 存在가 triglyceride 洗滌性에 미치는 影響을 檢討하기 위하여 nonylphenol-10EO와 Na-DBS, 비누를 擇해 濃度 0.25%, 溫度 40°C에서 洗滌할 때 汚染布中の 脂肪酸의 含量에 따른 triglyceride의 洗滌性을 試驗한 結果를 Fig. II에 表示하였다.

이에 依하면 脂肪酸의 含量이 많아질수록 모든 界面活性劑에서 triglyceride의 洗滌性이 向上되고 있는데 이러한 結果는 極性인 脂溶性 汚染이 存在할 때 triglyceride의 除去가 容易해 진다는 Scott<sup>1)</sup> Fort<sup>5)</sup>, Wagg<sup>7)</sup>의 報告와 一致하는데 이는 脂肪酸이 含有된 경우 mesomorphic phase formation이 일어나 triglyceride의 除去도 容易해 지기 때문이라고 생각된다.

界面活性劑 間의 洗滌性에도 차이가 있어 非 이온계 界面活性劑가 가장 効果적이고 다음이 비누, 그리고 Na-DBS가 가장 떨어진다.

非 이온계 界面活性劑에 依한 triglyceride의 洗滌性이 優秀한 것은 遊離脂肪酸과 共存하는 triglyceride除去의 主要한 mechanism이 mesomorphic phase formation과 solubilization이라고 보여지는데 이 solubilization은 界面活性劑의 micelle size와 關係가 있어 micelle 크기

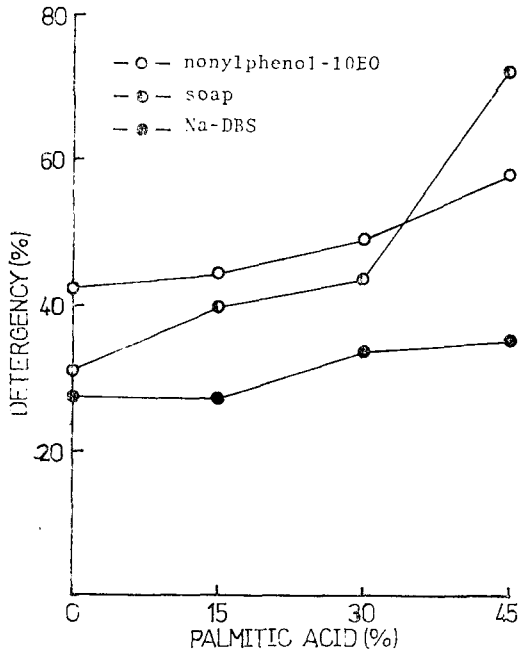


Fig. II. Effect of fatty acid content on the removal of triglyceride

가 汚染分子의 크기 보다 큰 非 이온계 界面活性劑가 micelle의 크기가 더 작은 陰 이온계 界面活性劑 보다 solubilization能力이 優秀하기<sup>16,18)</sup> 때문이라고 생각 된다.

또 脂肪酸의 含量이 45%로 많아졌을 때 비누에 의한 洗滌性이 크게 向上되었는데 이는 多量의 palmitic acid가 存在할 때 主된 洗滌 mechanism은 分散과 크게 關係가 있다고 한 鄭惠嫻<sup>9)</sup>의 報告에 依해 分散力이 다른 界面活性劑보다 월등히 優秀한 비누가 脂肪酸의 含量이 큰 汚染의 洗滌性에 크게 影響을 미친 것으로 풀이된다.

III-3. Alkali 添加에 따른 triglyceride의 洗滌性

洗滌에 있어서 alkali의 存在는 洗滌性에 크게 影響을 미치며 最適의 alkalinity가 存在한다는 여러 報告가<sup>8,9,10)</sup> 있다. 特히 汚染中에 遊離脂肪酸이 存在할 때에는 alkali의 存在가 洗滌性에 더 큰 影響을 미치리라 생각된다. 그리하여 비누, Na-DBS, nonylphenol-10EO 세가지 界面活性劑에 NaOH 添加量에 따른 triglyceride의 洗滌性을 檢討한 結果는 Fig. III과 같다.

Fig. III은 NaOH normal 濃度에 對한 triglyceride의 洗滌性을 semilog graph에 表示한 것이다.

이때의 洗滌 溫度는 40°C로 하였고 汚染布는 遊離

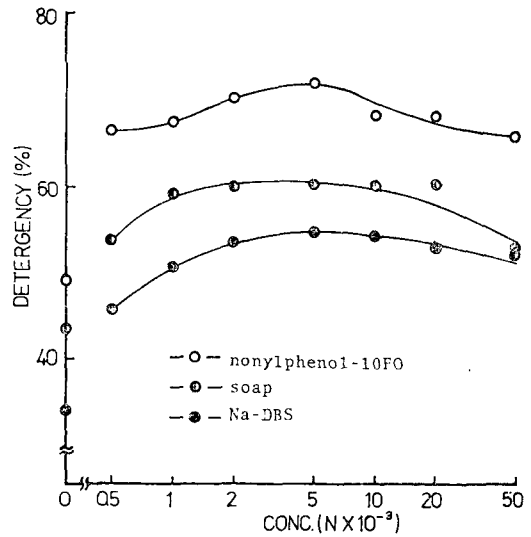


Fig. III. Effect of NaOH concentration in various detergent solution

脂肪酸의 含量이 30%인 것을 使用하였다.

實驗結果에 따르면 세가지 界面活性劑 모두 alkali를 添加했을 때의 洗滌性이 添加하지 않았을 때 보다 向上되었다.

또 세가지 界面活性劑 모두 NaOH 濃度가 5 x 10<sup>-3</sup>N에서 最高의 洗滌性을 나타냈고 NaOH가 그 이상 添加되면 洗滌性은 오히려 減少하였다.

이 結果는 Rhodes와 Bascom<sup>10)</sup>이 報告한 最適 alkalinity나 鄭惠嫻<sup>9)</sup>이 報告한 最適 NaOH濃度와는 약간의 차이가 있으나 이는 Rhodes와 Bascom은 固型 汚染의 除去를 檢討한 것이고 鄭惠嫻은 palmitic acid 單獨 汚染의 洗滌性을 檢討한 것으로 생긴 차이라고 생각 된다.

이렇게 alkali 添加로 洗滌性이 向上되는 것은 遊離脂肪酸이 alkali에 依해 비누를 形成하여 쉽게 除去되므로 이에 따라 triglyceride의 洗滌性이 向上되는 것이고 또 Richardson<sup>19)</sup>과 Millard<sup>20)</sup>의 비누 水溶液에 alkali를 添加하면 界面活性劑의 表面張力을 減少시켜 洗滌性을 向上시킨다고 한 報告와도 關係가 있는 것으로 생각된다.

Vincent<sup>21)</sup>도 비누 水溶液에 NaOH를 添加할 때 乳化力이 커져 洗滌性이 向上되나 多量의 NaOH를 添加했을 때는 오히려 減少한다고 했고 鄭惠嫻<sup>9)</sup>도 Na-DBS와 비누 水溶液에 NaOH를 添加했을 때 乳化力과 分散力이 向上되나 어느 濃度以上에서는 오히려 減少한다고

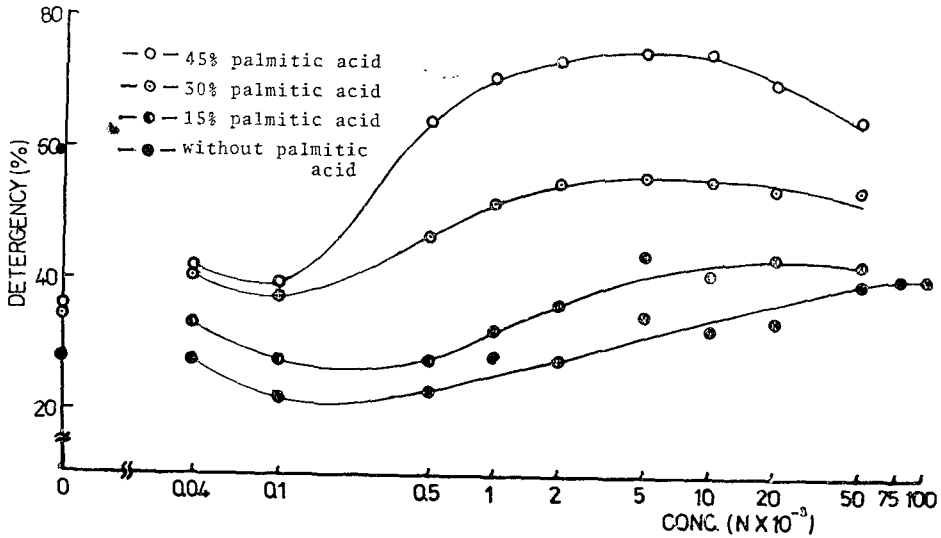


Fig. IV. Effect of NaOH concentration in Na-DBS solution according various fatty acid content

報告하였다. 이렇게 볼 때 NaOH 添加로 表面張力이 減少되어 洗劑가 汚染內로 쉽게 浸透하므로 mesomorphic phase formation, solubilization에 의한 triglyceride의 除去도 容易해 진다고 생각된다.

遊離脂肪酸의 存在가 triglyceride의 洗滌性에 미치는 影響을 좀 더 자세히 檢討하기 위하여 Na-DBS에 NaOH를 添加하여 遊離脂肪酸 含量에 따른 triglyceride의 洗滌性을 實驗한 結果는 Fig. IV와 같다. 이 結果에 依하면 NaOH를 添加했을 때도 遊離脂肪酸의 含量이 커질수록 triglyceride의 洗滌性이 向上되었다.

alkali 添加量에 따른 洗滌率의 變化를 보면 大體로 NaOH의 濃度가 0.1 x 10<sup>-3</sup>N 附近에서 一段 洗滌率이 減少되었다가 NaOH의 濃度가 增加함에 따라 다시 向上되어 어느 特定 濃度에서 最高의 洗滌率을 보이고 다시 洗滌率이 減少되고 있다.

또 遊離脂肪酸의 含量이 많을수록 最高의 洗滌性을 나타내는 alkali 濃度가 뚜렷하게 나타나며 이 最高 洗滌 alkali濃度는 遊離脂肪酸의 含量이 많을수록 낮은 쪽으로 移動하는 傾向을 나타내고 있다.

#### IV. 結 論

Triglyceride의 洗滌性을 알아보기 위하여 汚染中の 遊離脂肪酸의 含量을 變化시키며 洗滌 溫度, 界面活性劑 種類, alkali 添加時의 洗滌 效果를 檢討하였다.

Cotton lawn에 tripalmitin, palmitic acid, dodecyl alcohol, dodecane을 汚染시켜 洗滌前後의 汚染布를

liquid scintillation counting法에 依해 洗滌性을 評價한 結果는 다음과 같다.

1) 汚染組成中 遊離脂肪酸의 含量이 많을수록 triglyceride의 洗滌性이 向上되었고 界面活性劑 種類에 따른 洗滌效果는 脂肪酸의 濃度 30%까지는 nonylphenol-10EO > 비누 > Na-DBS의 順으로 나타났다.

2) 全體 汚染中 脂肪酸의 含量이 45% 일 때는 비누가 nonylphenol-10EO 보다 洗滌性이 월등히 優秀하였다.

3) 汚染中 遊離脂肪酸의 含量이 30%일 때 溫度上昇에 따른 triglyceride의 洗滌性은 nonylphenol-10EO와 비누에서는 80°C까지 계속 向上된다. 그러나 Na-DBS와 SLS에 依한 洗滌性은 洗滌溫度가 40°C를 넘으면 오히려 減少하였다.

4) 界面活性劑에 NaOH를 添加했을 때는 界面活性劑의 種類에 상관 없이 triglyceride의 洗滌性이 向上되며 汚染中の 遊離脂肪酸의 含量에 따라 最適의 alkalinity가 存在하며 이 最適의 alkalinity는 遊離脂肪酸의 含量이 많아질 수록 낮은 濃度로 移動하는 傾向을 나타낸다.

5) 以上の 結果에 依해 汚染中에 遊離脂肪酸이 存在할 때의 洗滌 mechanism은 rolling-up 보다는 주로 mesomorphic phase formation과 solubilization이며 多量의 脂肪酸이 存在할 때에는 界面活性劑의 分散力도 影響이 있음을 보여 주고 있다.

#### 參 考 文 獻

1) Scott, B.A.: Mechanism of Fatty Soil Removal,

- J. Appl. Chem.*, 13, 133 (1963)
- 2) Powe, W.C. and Marple, W.L.: The Fatty Acid Composition of Clothes Soil, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 37, 136 (1960)
  - 3) Brown, C.B.: Studies in Detergency I—The Oily Constituent in Naturally Occuring Domestic Dirt, *Research*, 1, 46 (1947)
  - 4) Gordon, B.E., Roddewig J. and Shebs, W.T.: A Double Label Radiotracer Approach to Detergency Studies, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 44, 289 (1967)
  - 5) Fort, T., Billica, H.R. and Grindstaff, T.H.: Studies of Soiling and Detergency, Part II—Detergency Experiments with Model Fatty Soil, *Textile Res. J.*, 36, 99 (1966)
  - 6) Huisman, M.A. and Morris, M.A.: A Study of the Removal of Synthetic Sebum from Durable Press Fabrics Using a Liquid Scintillation Technique, *Textile Res. J.*, 41, 657 (1971)
  - 7) Wagg, R.E. and Britt, C.J.: Detergency Studies Using a Radioactive Tracer, *J. Text. Inst.*, 53, T 205 (1962)
  - 8) 金股玉, 金聲連: 汚染中の遊離脂肪酸의 洗滌에 미치는 影響 第2報, 韓國衣類學會誌, 4, 43(1980)
  - 9) 鄭惠嫻, 金聲連: 汚染中の遊離脂肪酸의 洗滌성에 미치는 影響 第1報, 韓國衣類學會誌, 1, 31(1977)
  - 10) Rhodes, F.H. and Bascom, C.H.: Effect of PH upon the Detergent of Soap, *Ind. Chem.*, 23, 778 (1931)
  - 11) Gordon, B.E., Shebs, W.T. and Bonnar, R.U.: The Determination of Doubly Labeled Artificial Soil in Detergency Studies, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 44, 711 (1967)
  - 12) Gordon, B.E.: Radiotracers in Fabric-Washing Studies, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 45, 367 (1968)
  - 13) Shebs, W.T. and Gordon, B.E.: Improvements in Detergency Precision with Radioactive Soil, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 45, 377 (1968)
  - 14) Gordon, B.E. and Bastin, E.L.: The Development of a Particulate Radioactive Soil for Detergency Studies, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 45, 754(1968)
  - 15) Powe, W.C.: Removal of Fatty Soils from Cotton in Aqueous Detergent Systems, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 40, 290 (1963)
  - 16) Ginn, M.E., Brown, E.L. and Harris, J.C.: Solubilization of Fatty Soils by a Rediotracer Technique, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 38, 361 (1961)
  - 17) Milton, J. Rosen: Surfactants and Interfacial Phenomena, pp.123-148, A Wiley Interscience Publication (1978)
  - 18) Vandegrieff, A.E. and Rutkowski, B.J. : The Correlation of Washability with the Rate of Surfactant Absorption, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 44, 107 (1967)
  - 19) Richardson, A.S.: The Action of Sodium Silicate When Used in Soaps. I. The Detergent Value of Sodium Silicate, *Ind. Eng. Chem.*, 15, 241 (1923)
  - 20) Millard, E.B: Surface Tension of Alkaline Soap Solution, *Ind. Eng. Chem.*, 15, 810 (1923)
  - 21) Vincent, G.P.: Detergent Action of Soaps II, *J. Phys. Chem.*, 31, 1281 (1927)