

혼합오구의 성분비 변화와 프로테아제에 따른 직물의 세척성

이 정 숙 · 성 혜 영

경상대학교 의류학과

Detergency of Fabrics with Changes of Mixed Soil Composition Ratio and Protease

Jeong Sook Lee · Hye Young Seong

Dept. of Clothing and Textiles, Gyeongsang National University

(2001. 2. 19 접수)

Abstract

This study has examined effects of protease on the removal of hemoglobin and triolein mixed soil with changes of soil content and soil composition from cotton and PET filament fabrics.

The results obtained were as follows:

1) The detergency of PET fabrics was higher than that of cotton fabrics. The removal of hemoglobin was much higher than that of triolein from cotton fabrics, while the removal of hemoglobin was similar to that of triolein from PET fabrics.

2) The removal efficiency of hemoglobin and triolein was improved by protease from cotton and PET fabrics. Especially the removal efficiency of those was remarkably improved from cotton fabrics which the removal of soil was lower than PET fabrics. And the removal of hemoglobin and triolein by adding protease was increased with increase of hemoglobin content of mixed soil from cotton fabrics.

3) With the increase of hemoglobin content of mixed soil, the removal of hemoglobin was drastically increased but the removal of triolein was slightly decreased from cotton and PET fabrics. With the increase of triolein content of mixed soil, the removal of hemoglobin and triolein was decreased from cotton fabrics, but those were generally increased from PET fabrics.

Key words: mixed soil, hemoglobin, triolein, protease, detergency;

혼합오구, 헤모글로빈, 트리올레인, 프로테아제, 세척성

I. 서 론

국내에서 1985년 프로테아제를 첨가한 제품이 출시된 이후 1988년에는 효소세제의 시장 점유율이 70% 이상을 차지하였고, 1994년에는 국내에서 소비된 효소의 양이 1,200톤 정도에 이르렀으며, 현재

90% 이상의 세제 제품에 효소가 사용되고 있어서 세제용 효소의 시장이 날로 확대되고 있다¹⁾.

오늘날 효소는 유럽, 미국, 일본 등 각국에서 생산되어 세제, 피혁가공, 의약품 등으로도 널리 사용되고 있는데, 이중 세제에는 알칼리성 프로테아제가 가장 많은 비중을 차지하고 있다²⁾.

효소를 이용한 세척은 효소의 농도, 세척시간, 세

액온도, 세액의 pH 등에 영향을 받는데 프로테아제에 의한 헤모글로빈의 세척성을 살펴보면, 30분 이내의 비교적 짧은 세척시간에서도 오구의 제거가 잘 되었으며, 세액의 온도는 40~50 °C에서 가장 높게 나타났으며 그 이상의 고온에서는 세척률이 오히려 저하되었고, 세액의 pH는 9.5~11.0 부근에서 상대적으로 높게 나타났다^{4~7)}.

한편, 의복에 부착되는 오구는 단독오구가 아니라 착용자의 생활환경과 개인차에 따라서 여러 가지 복합적인 오구로 이루어지는데, 인체에서 부착되는 오구는 단백질과 지질이 주성분이다⁸⁾.

대부분의 선행연구에서 프로테아제가 단백질 오구의 세척 효과를 상당히 증진시킬 수 있지만^{4~7)}, 단백질 오구 단독에 관한 연구가 대부분이거나 또는 혼합오구를 사용한 경우에는 천연 혼합물을 그대로 사용하여 그 복합적인 성분으로 각 성분들의 제거에 대한 정량적인 검토에 한계가 있었다. 또한 1929년 Rhodes등이 인공 오염포 배합의 기초가 되는 시험방법을 제안한 이래 EMPA 계열의 오염포, ACH, WFK 계열의 오염포, 습식오염포(일본) 등은 세탁성능의 평가에 있어서 일반적으로 표면반사율로 측정하게 된다. 따라서 이들의 오염포는 오구의 제거율에 있어서 각 성분에 대한 정량적인 계산을 하는데 정밀도가 떨어진다⁹⁾.

그러므로 본 연구에서는 혼합오염포 제작시 오구 각각의 성분을 제어하기 위하여, 단백질과 지질의 오구 모델로 헤모글로빈과 트리올레인을 선정하여 정량적으로 오염시켰다. 세척률 평가 방법은 헤모글로빈은 동폴린 발색법에 의한 비색분석법을 사용하였으며¹⁰⁾, 트리올레인은 방사선 동위원소 분석법에 의하여 각각의 성분을 보다 정확하게 정량분석하였다¹¹⁾. 프로테아제가 단백질 단독 오구의 제거에는 세척력 향상에 크게 기여하였지만, 단백질과 지질의 혼합오구 상태에서는 각각의 세척성에 어떠한 영향을 미치는지 그 세척 현상을 구명해 볼 필요가 있다¹²⁾.

따라서 본 연구의 목적은 세척시 환경 친화적인 비이온 계면활성제 alcohol ethoxylate(AE)에 단백질 분해 효소인 프로테아제를 첨가했을 때, 혼합오구의 성분비와 함량 변화에 따라서 효소의 가수분해 작용과 계면활성 작용이 단백질과 지질 오구의

제거에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

이때, 면과 PET 직물을 대상으로 혼합오염포(헤모글로빈·트리올레인)를 제작할 때, 첫째, 혼합오구 중 헤모글로빈이 미치는 영향을 알아보기 위하여, 일정농도의 트리올레인에 대하여 헤모글로빈의 농도를 변화시켜 보았다. 둘째, 혼합오구 중 트리올레인이 미치는 영향을 알아보기 위하여, 일정 농도의 헤모글로빈에 대하여 트리올레인의 농도를 변화시켰다. 셋째, 혼합오구를 섬유무게에 대하여 4%로 일정하게 했을 때, 헤모글로빈과 트리올레인 성분비 변화에 따른 영향을 살펴보았다. 이상의 각각의 경우에 대하여 단백질 분해 효소인 프로테아제가 AE의 계면활성 작용과 더불어 어떻게 혼합오구의 제거에 영향을 미치는지 중점적으로 검토하고자 하였다.

II. 실 험

1. 시료 및 시약

1) 시료

시험포는 한국 의류시험 검사소에서 제작한 섬유류 제품인 염색 견뢰도 시험포 침부백포 (KS K 0905)를 사용하였으며 그 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of fabrics

Material	Cotton 100%	PET 100%
Weave	Plain	Plain
Fabric count (ends×picks/5cm)	141×140	210×191
Yarn number	36 Ne×36 Ne	75 D/36 fil 75 D/36 fil
Thickness (mm)	0.332	0.118

2) 시약

프로테아제는 bacillus licheniformis로부터 얻은 alkaline protease인 Alcalase 3.0 T(Novo 산업)을 사용하였다. 단백질 오구로는 human hemoglobin (Sigma, 생화학용), 지질오구로는 triolein(和光純藥工業株式會社)을 사용하였다. 헤모글로빈의 세척률을 평가하기 위하여, Folin - Ciocalteu's phenol reagent(Shinyo Pure Chemical Co., Ltd, 생화학용),

potassium sodium tartrate(Shinyo Pure Chemical Co., Ltd), cupric sulfate anhydrous(Shinyo Pure Chemical Co., Ltd), sodium hydroxide(Shinyo Pure Chemical Co. Ltd, 시약특급) 등을 사용하였으며, 트리올레인의 세척률을 평가하기 위하여 triolein에 glycerol tri(1-¹⁴C)oleate(specific activity 57 mCi/mmol, radioactive concentration 50 mCi/mmol, radio chemical purity 99%, TLC on silicagel, radio chemical center, Amersham) 방사선 동위원소를 표지시켰으며, toluene(Duksan Pure Chemical Co., Ltd)에 2, 5-diphenyl-oxazole(PPO, Sigma), 2, 2'-p-phenylenbis-5-phenyl-oxazole(POPOP, Riedel-de-Haen Ag Seelze-Hannover)를 녹여 scintillation 액을 만들어 사용하였다. 계면활성제는 alcohol ethoxylate(AE, RO(CH₂CH₂O)_nH, n=7, R=C₁₂, LG 산업)를, 세액의 pH를 맞추기 위하여 sodium tripolyphosphate(STPP, 藥理化學工業株式會社), sodium sulfate anhydrous(Shinyo Pure Chemical Co., Ltd)를, 모든 시약은 시약 일급 이상을, 물은 증류수를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 혼합오염포 제조

면직물과 PET 필라멘트 직물은 정련을 마친 다음, 3.5×7.5cm²로 자르고 가장자리의 올을 풀어낸 다음, benzene:ethanol(2:1)의 공비 혼합물로 8시간 동안 속슬레 추출을 한 다음, 상온에서 건조하고 테시케이터에 보관하여 사용하였다.

오염액은 단백질 오구는 0.1N 암모니아수에 헤모글로빈을 용해하여 2.0% 오염액을 만들고, 지질오구는 톨루엔에 트리올레인을 용해하여 5.0%(w/v) 용액을 만든 후 오염포상의 cpm(count per minute)이 30,000 내외가 되도록 glycerol tri(1-¹⁴C) oleate를 표지 시켰다. 오염순서는 마이크로 피펫으로 5.0% 트리올레인을 먼저 시료에 균일하게 점적한 후 자연 건조시키고, 다음에 2.0% 헤모글로빈을 같은 방법으로 오염시켜서 자연 건조하였다.

이때 오구조성을 3가지(A, B, C)로 나누어 오염포를 제조하였다. 즉, 오구구성 A는 혼합오구 중 헤

모글로빈의 농도가 헤모글로빈의 세척에 미치는 영향을 알아보기 위하여 트리올레인의 농도를 2.0%(o.w.f.)로 일정하게 하고 헤모글로빈의 농도를 0.5~6.0%(o.w.f.)로 변화시킨 것이며, 오구구성 B는 혼합오구 중 트리올레인이 헤모글로빈의 세척성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 헤모글로빈의 농도를 2.0%(o.w.f.)로 일정하게 하고 트리올레인의 농도를 0.5~6.0%(o.w.f.)로 변화시킨 것이다. 오구구성 C는 전체 오구량을 섬유 무게에 대해 4.0%로 일정하게 하고, 헤모글로빈과 트리올레인의 오구의 성분비를 25:75, 50:50, 75:25로 각각 변화시킨 것이다.

오구조성을 달리하여 제조되고, 건조된 미변성 혼합오염포를 130 °C에서 20분간 숙성시킨 다음, 세척 실험에 사용하였다.

2) 세액 및 세척

세액의 농도는 0.1%(w/v, pH: 9.5, AE 0.02%, Na₂SO₄ 0.04%, STPP 0.04%)를 사용하였으며 용수는 증류수를 사용하였다. Terg-O-Tometer(日本大榮科學精機製作所)를 사용하여 40 °C의 온도로 맞춘 500 mL 세액에 프로테아제를 50 mg/L의 농도로 첨가하고, 3.5×7.5cm² 오염포를 3매씩 넣고 40 cpm으로 15분간 세척한 후, 같은 조건으로 증류수 500 mL에서 2분간 2회 수세하였다.

3) 세척률 평가

(1) 단백질오구(헤모글로빈)의 세척률 평가

헤모글로빈 단백질 오구의 세척률은 세척 전·후의 오염포상의 단백질을 다음과 같이 銅-Folin 법에 의해 정량하였다. 즉, 250 mL 삼각플라스크 안에 0.1 N NaOH 수용액 50 mL를 넣은 다음 각각의 시험포를 1 매씩 넣고 항온진탕기를 사용하여 90±5°C, 85±1 cpm에서 120분간 열추출 하였다. 추출액은 銅-Folin 시약에 의해 발색시킨 후, UV spectrophotometer(Shimadzu, Model UV 2100)를 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하고 다음 식에 의하여 세척률을 계산하였다.

$$\text{세척률(\%)} = \frac{A_s - A_w}{A_s - A_o} \times 100$$

- A₀: 원포에서 추출한 액의 흡광도
- A_s: 세척 전 오염포에서 추출한 액의 흡광도
- A_w: 세척 후 오염포에서 추출한 액의 흡광도

(2) 지질오구(트리올레인)의 세척률 평가

톨루엔에 PPO 6 g/L, POPOP 0.1 g/L를 넣어서 scintillation 액을 만든 후, 20 mL scintillation vial에 세척 전·후의 시료포를 넣고, 각각에 scintillation solution 17 mL 씩 넣어서 scintillation counter (Beckman 6500)에서 2분간 2회 counting한 cpm을 평균하여 다음 식에 의해서 세척률을 산출하였다.

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

- D₁: 세척 전 시료의 cpm
- D₂: 세척 후 시료의 cpm

III. 결과 및 고찰

면과 PET 필라멘트 직물에 대하여 혼합오구 중 각 성분이 세척성에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 헤모글로빈과 트리올레인의 혼합오염포를 세척한 후 세척률의 평가 방법을 헤모글로빈의 세척성과 트리올레인의 세척성으로 각각 나누어서 정량·평가하였고, 이를 바탕으로 헤모글로빈과 트리올레인의 평균 세척률을 산출하여 최종적으로 혼합오구의 세척성을 살펴보았다.

1. 혼합오구 중 헤모글로빈의 세척성

1) 헤모글로빈 농도의 영향(오구조성: A)

혼합오구 중 헤모글로빈의 농도가 헤모글로빈의 세척에 미치는 영향을 알아보기 위하여 트리올레인의 농도를 일정하게 하고, 헤모글로빈의 농도를 변화시켜서 실험한 결과, 헤모글로빈의 세척성은 Fig. 1과 같다.

Fig. 1을 보면, 트리올레인의 농도는 일정하게 하고 헤모글로빈의 농도를 증가시키에 따라서 헤모글로빈 : 트리올레인의 비가 2 : 2 까지는 PET 직물에서는 세척률의 증가가 현저했지만, 면직물에서는 AE만을 사용한 경우에는 세척력에 큰 변화가 없었

고, 효소를 첨가하였을 때는 완만한 증가를 나타내었다. 그러나 그 비율 이후의 농도에서는 PET 직물의 세척률의 증가 정도가 크게 둔화되어서 면과 PET 직물의 세척률이 거의 일정한 경향을 나타내었다.

또한 세척률이 전반적으로 증가하고 있는 것은 헤모글로빈이 트리올레인에 비하여 쉽게 제거되어 헤모글로빈의 양이 증가한다 하더라도 한정된 양의 트리올레인에 부착되어 있는 헤모글로빈의 양이 한계가 있기 때문에 여겨진다. 또한 초기농도에서 면과 PET 직물간에 세척률 증가 정도에 차이를 보이지만, 헤모글로빈의 양이 증가할 수록 세척률이 약간 증가되는 경향을 나타내고 있다. 따라서 프로테아제를 첨가한 세척액에서 혼합오구 중 헤모글로빈의 세척성은 면과 PET 직물이 비슷한 경향을 나타내었다.

트리올레인의 농도는 일정하고 헤모글로빈의 농도를 변화시킨 Fig. 1을 헤모글로빈 단독의 경우⁽²⁾와 비교해보면, PET 직물에서 아주 유사한 세척경향을 나타내고 있지만, 면직물의 경우에는 트리올레인이 혼합됨에 따라 전반적으로 세척률이 현저하게 낮아졌고, 또한 세척경향이 달라졌다. 즉, 헤모글로빈 단독 오구의 경우에 비하여 혼합오구의 경우에는 세척률이 완만하게 증가하였다. 따라서 PET 직물은

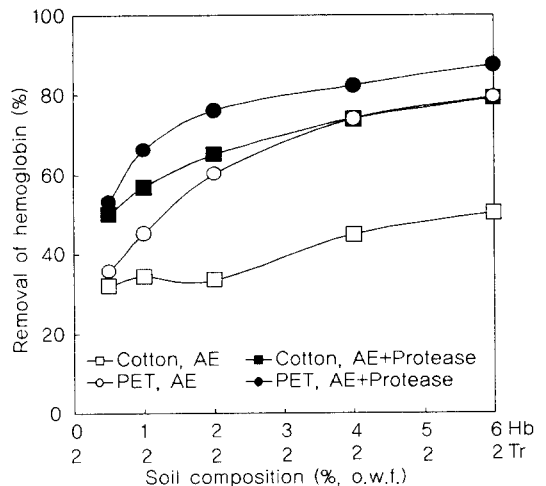


Fig. 1. Effects of soil composition(A) on the removal of hemoglobin from mixed soiled fabrics.

일정량의 트리올레인에 의하여 영향을 크게 받지 않았지만, 면직물의 경우에는 일정량의 트리올레인에 의하여 세척률이 크게 영향을 받았다고 할 수 있다.

섬유별 세척률은 면직물 보다 PET 직물에서 세척률이 높게 나타나고 있으며, 효소에 의한 세척률의 증가 정도는 PET 직물에서 보다 면직물에서 더 높게 나타났다. 즉, 효소에 의한 세척률의 향상은 면직물에서는 혼합오구의 초기농도에서는 약 20% 정도였지만, 헤모글로빈의 농도가 증가할 수록 약간 증가하여 약 30% 가량의 세척률이 향상되었다. PET 직물에서는 혼합오구의 초기농도에서는 약 20% 정도 세척률의 향상되었다. 이와 같이 섬유별로 세척률의 차가 크고 효소에 의한 세척률의 증가 정도에 차이가 나타나는 것은 섬유의 구조적인 차이로 인하여 섬유와 오구와 효소간의 작용형태가 다른 것으로 사료된다.

이정숙과 김성련⁵⁾은 헤모글로빈 단독인 경우에는 헤모글로빈과 섬유사이에 이온결합, 수소결합, 반데르발스결합 등에 의한 협동 결합이 많이 형성되어서 그만큼 제거가 어려워진다고 보고하였다. 본 실험에서 일정량의 트리올레인이 먼저 오염된 경우에는 헤모글로빈 단독의 경우보다 섬유와 트리올레인과 그리고 헤모글로빈 사이에 더 강한 협동 결합이 이루어지는 것으로 추정된다.

2) 트리올레인 농도의 영향(오구조성: B)

혼합오구 중 트리올레인이 헤모글로빈의 세척성에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 헤모글로빈의 농도는 일정하게 하고, 트리올레인의 농도를 변화시켜 세척 실험한 결과, 헤모글로빈의 세척성은 Fig. 2와 같다.

Fig. 2를 보면, 헤모글로빈의 농도를 일정하게 하고 트리올레인의 농도를 증가시키에 따라 헤모글로빈의 세척률은 점차적으로 낮아지고 있다. 세척률의 감소정도는 헤모글로빈 : 트리올레인의 비가 2 : 2까지는 면과 PET 직물이 유사하게 나타나고 있지만, 그 이후의 농도에서는 PET 직물은 세척률이 일정해지고 있으나 면직물은 계속적인 감소를 하고 있다. 이것은 트리올레인이 혼합오구 중 헤모글로빈

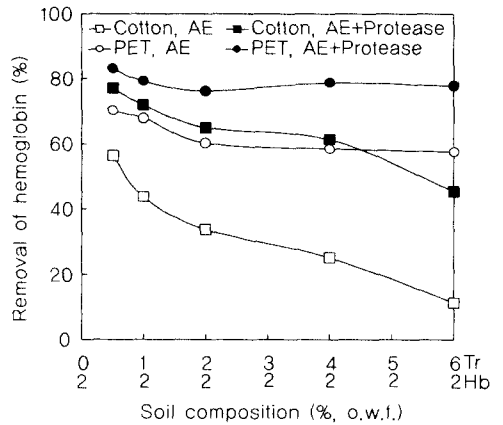


Fig. 2. Effects of soil composition(B) on the removal of hemoglobin from mixed soiled fabrics.

의 매트릭스(matrix)와 같은 역할을 하여 헤모글로빈의 제거를 방해하고 있어, 트리올레인의 양이 증가할 수록 세척 후에 트리올레인에 남아있는 헤모글로빈의 양이 상대적으로 증가하였기 때문이라고 생각된다.

그리고 세척률의 감소 정도가 섬유별로 차이를 나타내는 것은 PET 직물이 면직물 보다 트리올레인에 의한 세척률의 영향을 적게 받기 때문이다. 즉, 여기서도 섬유의 화학적인 특성보다는 구조적인 특성에 의해 영향을 더 크게 받고 있는 것으로 생각된다. 면직물의 경우에는 트리올레인이 섬유 외부 및 내부 깊숙한 곳으로 침투하여 여기에 헤모글로빈이 심하게 부착되지만, 실험에 사용한 PET 직물(필라멘트직물)은 섬유의 결정성이 발달하여 증가된 트리올레인이 섬유 내부로 침투할 수 없어서 섬유의 가장자리나 외부에 묻어 있는 상태⁶⁾이므로 상대적으로 세척률이 일정하다. 그러나 면직물에서는 세척 후에도 섬유의 내부 및 외측에 잔존 오구량이 다량 부착되어 있기 때문이다.

AE 세액에 프로테아제를 첨가함에 따라 PET 직물에서 보다 면직물에서 세척률의 향상 정도가 더 크게 나타나고 있다. 즉, 면직물에서 헤모글로빈의 세척성은 혼합오구의 초기농도에서는 20% 정도 세척률이 증가하였지만, 트리올레인의 비율이 증가함에 따라 효소에 의하여 세척률이 크게 향상되어 약

40% 정도로 세척률의 증가가 일정하게 나타났다. PET 직물에서는 헤모글로빈 세척성에서 효소에 의한 상승효과는 트리올레인의 초기농도에서는 13% 내외로 나타났지만, 트리올레인의 농도가 증가함에 따라 약 20% 가량으로 일정하게 나타났다. 따라서 세척률이 상당히 높은 PET 직물의 경우 보다 세척률이 저조한 면직물의 경우에서 효소에 의한 헤모글로빈의 가수분해가 세척률의 증가에 크게 기여하였다.

3) 헤모글로빈과 트리올레인의 혼합 성분비 영향 (오구조성: C)

전체 오구량이 섬유 무게에 대해 4.0%로 일정하고 헤모글로빈과 트리올레인의 오구의 성분비를 25:75, 50:50, 75:25로 변화시켰을 때의 헤모글로빈의 세척률은 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3을 보면, 혼합오구에서 헤모글로빈의 비율이 증가할 수록 점차 헤모글로빈의 세척률은 크게 향상되었고, 반대로 트리올레인의 비율이 증가할 수록 헤모글로빈의 세척률이 현저하게 감소되었다. 이것은 헤모글로빈이 트리올레인 보다 상대적으로 제거가 쉬워서 우선적으로 제거되었기 때문에 헤모글로빈의 비율이 높아질 수록 헤모글로빈의 세척률이 증가한 것으로 생각된다. 반대로, 트리올레인의 비율이 증가할 수록 혼합오구에서 트리올레인이 헤모글

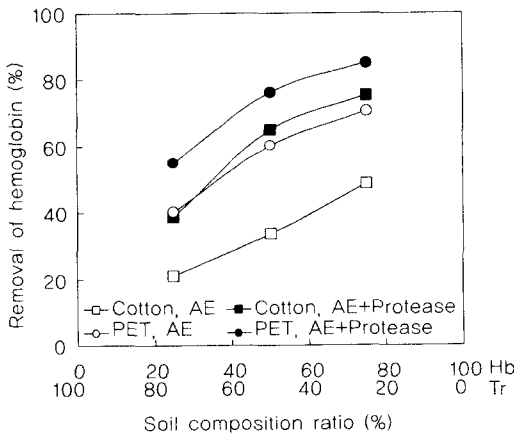


Fig. 3. Effects of soil composition ratio on the removal of hemoglobin from mixed soiled fabrics.

로빈 오구를 붙잡아두는 매트릭스 역할이 커지므로 헤모글로빈 세척이 어려워져서 세척률이 크게 낮아진 것으로 생각된다.

그리고 섬유별 세척성은 여기서도 면 보다 PET 직물에서 높은 세척률을 나타내었다. 이때 면직물 보다 PET 직물에서 세척률이 더 높게 나타난 것은 두 직물간의 화학적인 특성 보다도 구조적인 차이에 기인한 것으로 보인다. 면섬유는 불규칙적인 형태의 단면과 측면의 꼬임을 가지고 있기 때문에 섬유 내부 깊숙한 곳까지 혼합오구로 오염되지만, PET 직물(필라멘트 직물)의 섬유는 혼합오구가 섬유의 가장자리나 바깥쪽에 오염이 되어있는 상태이므로 상대적으로 세척률이 높게 나타난 것으로 생각된다.

프로테아제에 의한 세척률의 향상 정도 또한 PET 직물 보다 면직물에서 더 크게 나타나고 있는데, 이것은 앞에서와 마찬가지로 이미 세척률이 높은 PET 직물 보다는 세척률이 낮은 면직물에서 효소에 의한 가수분해작용이 계면활성작용과 함께 혼합오구 제거에 유효한 효과를 나타내었기 때문이다.

2. 혼합오구 중 트리올레인의 세척성

1) 헤모글로빈 농도의 영향(오구조성: A)

혼합오구 중 헤모글로빈이 트리올레인의 세척에 미치는 영향을 알아보기 위하여 트리올레인의 농도

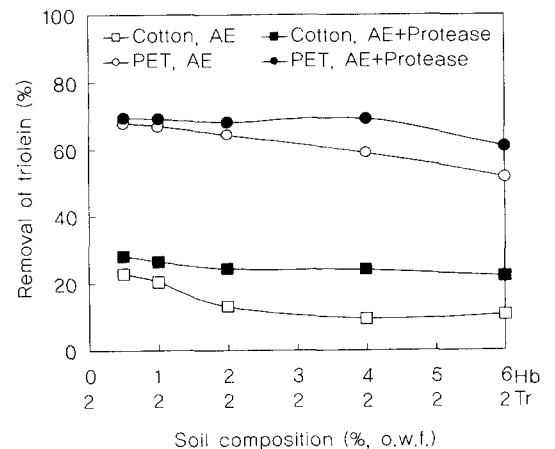


Fig. 4. Effects of soil composition(A) on the removal of triolein from mixed soiled fabrics.

를 일정하게 했을 때, 헤모글로빈의 농도를 변화시켜 세척 실험한 결과는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4를 보면, 면과 PET 두 직물 모두 일정한 량의 트리올레인에 대하여 헤모글로빈의 농도가 증가함에 따라 세척률이 약간 낮아지고 있다. Fig. 1의 헤모글로빈 세척성은 헤모글로빈의 농도가 증가할수록 세척률이 전반적으로 증가하는 것에 반하여, Fig. 4의 트리올레인의 세척성에서는 헤모글로빈이 트리올레인보다 우선적으로 제거되면서 헤모글로빈이 트리올레인의 제거를 방해하기 때문에 세척률이 점차 낮아지고 있는 것으로 생각된다.

그리고 효소에 의한 작용은 일정 농도의 트리올레인에 대하여 헤모글로빈의 농도가 증가함에 따라, AE 세액에 프로테아제 첨가에 따른 세척률의 향상 정도가 점점 커지고 있다. 즉, 헤모글로빈의 농도가 증가할수록 프로테아제에 의한 가수분해 작용이 많이 일어나므로, 헤모글로빈이 제거될 때 동시에 트리올레인도 부분적으로 함께 제거되어 프로테아제 첨가에 의한 트리올레인의 제거 효과가 점차 크게 나타났다고 생각된다. 이 경우 프로테아제는 트리올레인의 제거에 간접적으로 긍정적인 영향을 미쳤다.

2) 트리올레인 농도의 영향(오구조성: B)

혼합오구 중 트리올레인의 농도가 트리올레인의 세척성에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 헤모글로빈의 농도는 일정하게 했을 때, 트리올레인의 농도를 변화시켜 세척 실험한 결과 트리올레인의 세척성은 Fig. 5와 같다.

Fig. 5를 보면, 헤모글로빈의 농도는 일정하고 트리올레인의 농도가 증가함에 따라 면직물의 경우에는 혼합오구의 비가 2 : 2 비율까지는 세척률이 감소하다가 그 이후에는 거의 일정해졌다. 반면, PET 직물의 경우에는 면직물과 다른 경향으로 트리올레인의 세척률이 대체로 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이것은 두 직물의 구조적인 차이에 의한 것으로, 면직물에서는 일정 농도의 헤모글로빈에 대해 트리올레인의 농도가 증가할수록 트리올레인이 섬유내부에 어느 정도 침투하지만, 트리올레인의 농도가 계속적으로 증가하는 경우에는 섬유 내부로의

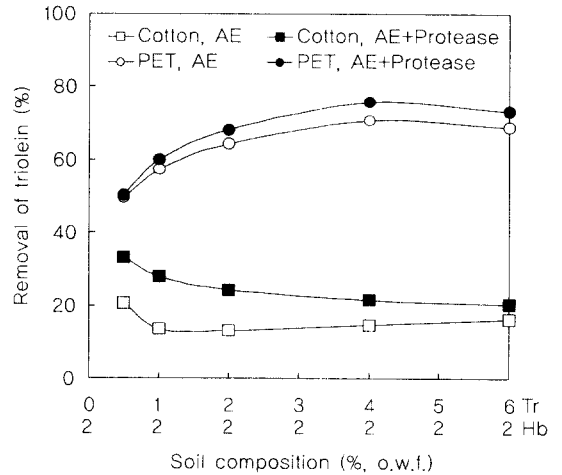


Fig. 5. Effects of soil composition(B) on the removal of triolein from mixed soiled fabrics.

침투에 한계가 있으므로 일정해지는 것으로 생각된다. 반면, 결정성이 발달한 PET 직물에서는 트리올레인의 농도가 증가함에 따라 섬유의 외부에 묻는 양이 상대적으로 증가하기 때문에 세척이 용이해져 세척률이 증가하는 것으로 생각된다. Fig. 2의 일정 농도의 헤모글로빈에 대해 증가된 트리올레인의 농도는 헤모글로빈의 세척에 크게 영향을 미쳤다. 그러나, Fig. 5의 트리올레인의 세척성은 트리올레인 단독오구의 경우와 유사한 경향을 나타냈다¹⁸⁾. 따라서, 일정 농도의 헤모글로빈은 트리올레인의 세척에는 크게 영향을 미치지 않았음을 알 수 있다.

면직물에서 프로테아제에 의한 작용은 혼합오구 중 헤모글로빈의 비율이 상대적으로 높은 경우에는 프로테아제에 의한 세척률의 향상이 약 13% 내외로 뚜렷하게 나타나고 있다. 그러나 일정농도의 헤모글로빈에 대하여 트리올레인의 농도가 증가함에 따라 다시 말해, 혼합오구 중 헤모글로빈의 비율이 상대적으로 낮아짐에 따라, 효소의 첨가 효과가 둔화되는 것을 알 수 있다. 반면, PET 직물에서는 프로테아제에 의한 세척력 향상 작용이 아주 미미하게 나타났다. 이는 트리올레인의 세척성에서 트리올레인의 양이 많아질수록 프로테아제의 가수분해 작용을 받아 제거되는 헤모글로빈과 함께 제거되는 트리올레인의 양(비율)이 상대적으로 줄어들었기 때

문이다.

3) 헤모글로빈과 트리올레인의 혼합 성분비 영향 (오구조성: C)

전체 오구량이 섬유 무게에 대해 4.0%로 일정하고 트리올레인과 헤모글로빈 오구의 성분비를 25:75, 50:50, 75:25로 변화시켰을 때의 트리올레인의 세척률은 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 6을 보면, 면과 PET 직물간에 두드러진 세척률의 차이가 나타났으며, 면직물의 경우는 전체적으로 20% 내외의 극히 낮은 세척률을 나타내고 있으며 트리올레인의 비율이 높아질 수록 세척률이 약간 증가하고 있다. 그러나 PET 직물은 40%~70% 세척범위로 트리올레인의 비율이 높아질 수록 세척률이 증가하다가 일정해졌다.

이것을 Fig. 3의 헤모글로빈의 세척성과 비교해보면, 혼합오구의 혼합비 변화에 따른 세척률의 증가폭이 PET 직물의 경우는 40% 가량이었고, 면직물의 경우는 50%가량이었다. 그러나 Fig. 6의 트리올레인의 세척성은 면의 경우는 약 15% 정도 향상되었고, PET 직물의 경우에는 약 3%정도로 상대적으로 소폭의 증가가 있었다.

프로테아제에 의한 세척률의 증가 정도는 Fig. 3에서는 면과 PET 직물 모두 뚜렷한 세척률의 증가를 보였던 것에 반해, Fig. 6에서 PET 직물에서는

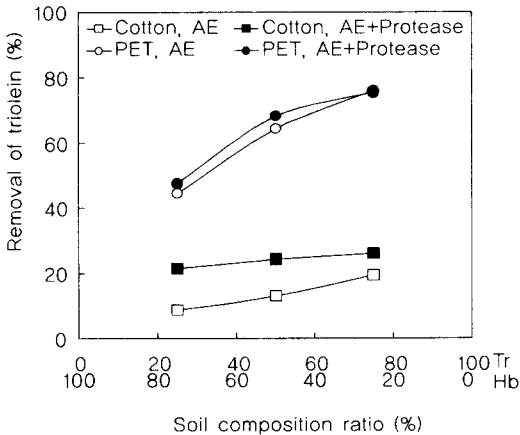


Fig. 6. Effects of soil composition ratio on the removal of triolein from mixed soiled fabrics.

프로테아제에 의한 세척률의 상승작용이 아주 미미하게 나타나고 있다. 또한 면직물에서 혼합오구 중 트리올레인 : 헤모글로빈 = 25 : 75 로 헤모글로빈의 비율이 3배 높은 경우, 단백질 분해 효소인 프로테아제에 의한 트리올레인 세척률의 향상이 상대적으로 뚜렷하게 나타났다. 그러나 혼합오구 중 트리올레인의 비율이 점차 높아지고 헤모글로빈의 비율이 낮아짐에 따라, 프로테아제에 의한 트리올레인의 세척률 증가폭이 점차 줄어들고 있다. 이는 헤모글로빈이 트리올레인과 함께 결합되어 있는 상태에서 헤모글로빈이 프로테아제에 의해 가수분해되어 제거되면서 트리올레인이 부분적으로 함께 떨어져 나갔기 때문에, 여기서도 헤모글로빈의 비율이 높아질 수록 프로테아제에 의한 트리올레인 세척률의 증가가 커지고 있다.

3. 혼합오구의 세척성

지금까지 헤모글로빈과 트리올레인의 성분을 각각 정량하여 세척성을 검토하였다. 여기서는 헤모글로빈의 세척률과 트리올레인의 세척률을 산술 평균하여 혼합오구의 전체적인 세척성을 알아보려고 하였다.

1) 헤모글로빈 농도의 영향(오구조성: A)

혼합오구 중 헤모글로빈의 농도가 헤모글로빈의 세척에 미치는 영향을 알아보기 위하여 트리올레인의 농도를 일정하게 했을 때, 헤모글로빈의 농도를 변화시켜서 실험한 결과, 혼합오구의 세척성은 Fig. 7과 같다.

Fig. 7을 보면, 섬유별 세척성은 면직물에 AE세액 < 면직물에 AE+Protease첨가 < PET 직물에 AE세액 < PET 직물에 AE+Protease 첨가한 순으로 높았다.

Fig. 1의 헤모글로빈의 세척성과 Fig. 4의 트리올레인의 세척성을 비교해보면, 면직물의 헤모글로빈 세척성은 헤모글로빈의 농도가 증가할수록 약 30~70% 범위로 증가 경향을 나타내었고, 트리올레인의 세척성은 15~30%의 범위의 세척률로 전체적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 따라서 Fig. 7의 면직물의 혼합오구 세척률은 헤모글로빈의 농도가 증가할

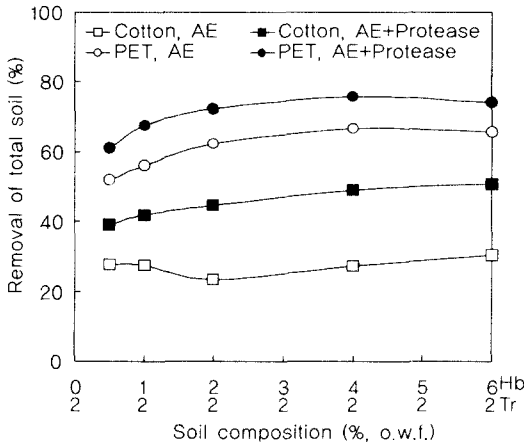


Fig. 7. Effects of soil composition(A) on the removal of total soil from mixed soiled fabrics

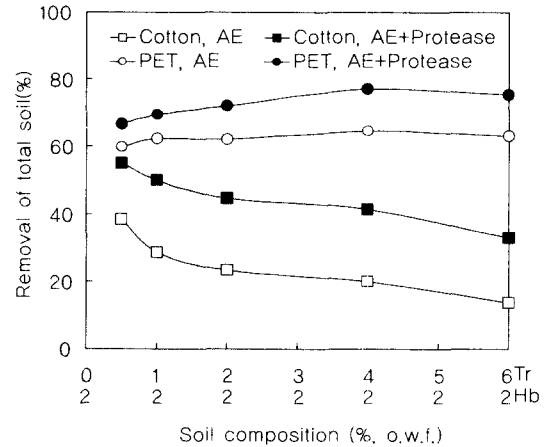


Fig. 8. Effects of soil composition(B) on the removal of total soil from mixed soiled fabrics.

수록 미소한 증가를 나타내고 있다. 또한 PET 직물은 면직물과 유사하게 혼합오구 중 헤모글로빈 세척성의 증가경향과 트리올레인 세척성의 감소경향에 의하여, 혼합오구의 세척률은 50~70%의 범위로 미소하게 증가하다가 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 전반적으로 볼 때, 트리올레인 보다 헤모글로빈의 세척성에 따라 혼합오구의 세척성이 지배되는 경향을 보였다. 이것은 헤모글로빈의 세척성이 트리올레인의 세척성보다 월등하게 높았기 때문이다.

효소에 의한 세척성 향상은 면직물에서 혼합오구의 효소에 의한 세척률의 향상은 혼합오구의 초기 농도에서는 13% 내외이지만, 헤모글로빈의 농도가 상대적으로 증가함에 따라 20% 이상 세척률이 향상되었고, PET 직물에서 효소에 의한 세척성의 향상은 전체적으로 10% 내외로 나타났다. 이것은 면직물의 효소에 의한 세척성의 향상이 헤모글로빈 세척성에서는 약 30% 정도였고, 트리올레인의 세척성에서는 혼합오구의 초기농도에서 아주 미미한 증가가 있었지만 오구농도가 증가함에 따라 점차적으로 효소에 의한 세척력의 향상이 증가하였기 때문이다. 또한, PET 직물의 경우 효소에 의한 세척성의 향상이 헤모글로빈의 세척성은 초기농도에서는 약 20% 정도였고, 혼합오구 중 헤모글로빈의 농도가 증가함에 따라 10% 내외의 세척률을 나타내었고, 반면 트리올레인의 세척성은 초기농도에서는 거의 나타나

지 않았지만, 헤모글로빈의 농도가 상대적으로 증가함에 따라 10% 정도 증가하였기 때문이다. 전체적인 혼합오구의 세척성은 세액에 첨가한 프로테아제에 의해서 상승효과가 현저하게 나타났지만, 각 성분의 오구의 세척성을 검토한 것에 비하여 혼합오구 성분에 의한 영향이 둔화되었다.

2) 트리올레인 농도의 영향(오구조성: B)

혼합오구 중 트리올레인이 헤모글로빈의 세척성에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 헤모글로빈의 농도는 일정하게 하고, 트리올레인의 농도를 변화시켜 세척 실험한 결과, 혼합오구의 세척성은 Fig. 8과 같다.

Fig. 8을 보면, 섬유별 세척성은 면 보다 PET 직물에서 세척률이 높게 나타나고 있으며, 혼합오구 중 트리올레인의 비율이 증가함에 따라 면직물에서는 오구의 제거율이 점차 감소하여 약 30% 정도 감소하였고, PET 직물에서는 AE 세액만을 사용한 경우에는 일정하였지만, AE 세액에 프로테아제를 첨가한 경우에는 5% 정도의 아주 미소한 세척성의 증가가 있었다. 이것은 혼합오구 중 트리올레인의 비율이 상대적으로 높아짐에 따라 면직물에서 헤모글로빈의 세척성은 약 40% 정도 세척률이 감소되었고, 트리올레인의 세척성은 약 10% 정도 감소하다가 일정해졌기 때문이다. 또한 PET 직물에서 혼합

오구 중 트리올레인의 비율이 상대적으로 증가함에 따라 헤모글로빈의 세척성은 10% 내외로 감소하였고, 트리올레인의 세척성은 20% 정도 증가하다가 일정한 경향을 나타내었기 때문이다.

혼합오구의 세척성에서 효소에 의한 세척력 향상은 면직물에서는 트리올레인의 함량에 관계없이 약 20% 정도로 일정하게 나타났으나, PET 직물에서는 초기의 농도에서는 10% 이내로 세척률이 향상되었지만, 트리올레인의 농도가 증가함에 따라서 약 15% 범위로까지 증가하였다. 이것은 면직물에서는 혼합오구 중 트리올레인의 비율이 상대적으로 높아짐에 따라 일정량의 헤모글로빈에 대한 헤모글로빈의 세척성의 향상이 일정하였고, 트리올레인 세척성은 혼합오구 중 트리올레인 비율이 상대적으로 높아짐에 따라 효소에 의하여 헤모글로빈이 가수분해되어 제거되면서 동시에 트리올레인이 탈락되는 량이 점차 줄어들었기 때문이다. 또한 PET 직물에서 헤모글로빈의 세척성은 효소에 의한 상승작용이 혼합오구의 농도가 증가함에 따라 증가하였지만, 트리올레인의 세척성은 아주 미미하게 나타났기 때문이다.

3) 헤모글로빈과 트리올레인의 혼합 성분비 영향 (오구조성: C)

전체 오구량이 섬유 무게에 대해 4.0%로 일정하고 헤모글로빈과 트리올레인의 오구의 성분비를 25:75, 50:50, 75:25로 변화시켰을 때의 혼합오구의 세척률은 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 9를 보면, 혼합오구의 세척성은 혼합오구 중 헤모글로빈의 성분비가 증가할수록 면직물에서 AE 세액만을 사용한 경우는 아주 미미하게 세척력이 향상되었지만, AE 세액에 프로테아제를 첨가한 경우는 약 13% 정도 세척력이 향상되었고, PET 직물에서 세척성은 5% 가량 증가하다가 약간 감소하였다. 이것은 헤모글로빈의 세척성은 면과 PET 직물 모두 혼합오구 중 헤모글로빈의 성분비가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었지만, 트리올레인의 세척성은 면직물에서는 헤모글로빈의 성분비가 증가할수록 AE 세액에서는 큰 변화가 없었으나 AE 세액에 프로테아제를 첨가한 경우에는 약 10% 정도 세척률이 감소되었고, PET 직물에서는 약 30% 정

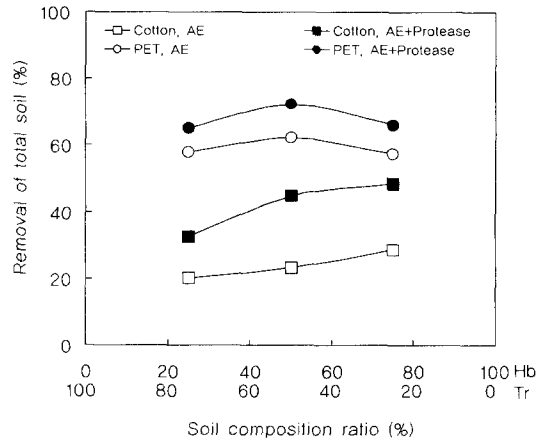


Fig. 9. Effects of soil composition ratio on the removal of total soil from mixed soiled fabrics.

도로 세척률이 감소되었기 때문이다.

혼합오구의 세척성에서 프로테아제에 의한 작용은 우선, 면직물에서는 헤모글로빈 : 트리올레인의 비가 25 : 75인 경우에는 약 15% 미만으로 세척률이 향상되었지만, 헤모글로빈의 성분비가 증가할수록 점차 증가하여 약 20% 이상으로 세척률이 향상되었다. 다음 PET 직물에서는 효소에 의한 작용으로 전체적으로 10% 정도 향상되었다. 이것은 효소에 의한 작용으로 헤모글로빈의 세척성에서 면은 약 30% 가량, PET 직물은 약 20% 미만으로 세척률이 향상되었고, 트리올레인의 세척성에서는 면은 헤모글로빈 : 트리올레인의 비가 75 : 25인 경우 효소에 의한 세척률의 향상 작용이 약 13% 가량으로 나타났지만, 헤모글로빈의 성분비가 줄어들어 따라 효소에 의한 상승작용이 점차적으로 줄어들었기 때문이다.

면과 PET 직물 모두 앞에서도 언급하였듯이 프로테아제의 첨가에 의해서 세척률의 상승효과가 뚜렷하게 나타났으나, 면직물의 경우는 헤모글로빈의 비율이 클수록 상승효과가 증가했고, PET 직물은 거의 비슷한 비율로 나타났다.

IV. 결 론

면과 PET 필라멘트 직물을 대상으로 헤모글로빈과 트리올레인의 혼합오염포를 제작하여 세척시

alcohol ethoxylate(AE) 세액에 첨가한 프로테아제 효소가 헤모글로빈과 트리올레인의 제거에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 헤모글로빈과 트리올레인의 성분비를 여러 가지 방법으로 변화시켜서 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 혼합오구의 세척성은 면 보다 PET 직물에서 더 높게 나타났으며, 면직물에서는 헤모글로빈의 세척률이 트리올레인의 세척률보다 현저하게 높았으나, PET 직물에서는 헤모글로빈과 트리올레인의 세척률이 비슷하게 나타났다.

2) 헤모글로빈과 트리올레인은 프로테아제에 의한 작용으로 면과 PET 직물에서 모두 제거율이 향상되었으며, 특히 세척률이 저조한 면직물에서 현저하게 증가되었다. 또한 면직물에서 혼합오구 중 헤모글로빈의 비가 상대적으로 증가함에 따라 프로테아제 첨가에 따른 헤모글로빈과 트리올레인의 제거율이 증가하였다.

3) 혼합오구 중 헤모글로빈의 영향을 알아보기 위하여 헤모글로빈의 농도를 증가시킴에 따라 면과 PET 직물에서 헤모글로빈 제거율은 현저하게 증가하였지만 트리올레인 제거율은 약간 감소하였다.

4) 혼합오구 중 트리올레인의 영향을 알아보기 위하여 트리올레인의 농도를 증가시킴에 따라 면직물에서는 헤모글로빈 제거율이 큰 폭으로 감소하였으나 트리올레인의 제거율은 약간 감소하였고, PET 직물에서는 헤모글로빈 제거율은 대체로 감소하였으나 트리올레인 제거율은 대체로 증가하였다.

5) 혼합오구의 전체 농도가 4%로 일정한 경우, 면과 PET 직물에서 헤모글로빈의 성분비가 높아질수록 헤모글로빈의 제거율은 증가하였으나 트리올레인의 제거율은 감소하였고, 트리올레인의 성분비가 높아질수록 헤모글로빈의 제거율은 감소하였으나, 트리올레인의 제거율은 약간 증가하였다.

참 고 문 헌

- 강운석, 국내 의류용 세제의 최근 동향, 한국의류학회지, **19**(1), 161-169, 1995.
- 오태광, 비견과 토끼(I), 산업용 효소의 산업화 전략, Biozine, **11**, 2000.
- 김찬조(충남대학교 농과대학 미생물학 실험실), 효소 세제에 사용되는 알칼리성 프로테아제에 관한 연구, KOSEF 921-1500-031-2, 1994.
- 이정숙·김성련, Protease(Subtilisin Carlsberg)가 혈액단백질 오구의 제거에 미치는 영향(1), 한국의류학회지, **20**(6), 550-559, 1996.
- 이정숙·김성련, Protease(Subtilisin Carlsberg)가 혈액단백질 오구의 제거에 미치는 영향(2), 한국의류학회지, **20**(4), 655-666, 1996.
- 이정숙·심윤정, 단백질 분해 효소가 세척성에 미치는 영향, 한국의류학회지, **17**(3), 491-505, 1993.
- 이정숙·정소화, 프로테아제와 리파제가 직물의 세척에 미치는 영향, 한국의류산업학회지, **2**(4), 339-345, 2000.
- Culter, W. G. and Davis, R. C., "Detergency", Part I. Marcel Dekker Inc., New York, 31-48, 1972.
- 矢部章康·林 雅子, 被服整理學概説, 光生館, 30-34, 1986.
- 副島正美, 蛋白質の定量法, 生物化學實驗法, A-一般分析法3, 東京大學出版會, 65-114, 1969.
- 박경원·김형균·정정란·김성련·박정희, 지용성 염료를 표지물로 사용한 인공오염포의 특성과 세척성에 관한 연구, 한국의류학회지, **21**(1), 58-66, 1997.
- 서수진·박정희, 프로테아제와 리파제 혼합에 따른 세척성의 변화, 한국의류학회지, **24**(2), 205-213, 2000.
- 성혜영·이정숙, 프로테아제를 응용한 단백질과 지질 혼합오구의 제거, 한국염색가공학회지, **13**(2), 18-27, 2001.
- 정혜원, 혼합계면활성제 용액에서 Triolein 세척성, 한국의류학회지, **20**(2), 390-397, 1996.
- S. Kay Obendorf, Nancy A. Klemash, Electron Microscopical Analysis of Oily Soil Penetration into Cotton and Polyester/Cotton Fabrics, *Text. Res. J.*, **52**, 434-442, 1982.
- 정혜원·김성련, Polyethylene terephthalate 필름의 표면에너지 변화에 따른 세척성(제2보) MMA 그래프트 PET 필름에서의 트리올레인의 세척일과 세척성, 한국의류학회지, **12**(2), 225-235(1988).