

〈研究論文(學術)〉

## 시판 표백제가 효소배합 세제의 세척성에 미치는 영향

배정숙

대구대학교 생활과학대학 의상디자인학과  
(1998년 11월 16일 접수)

### Effect of Added Commercial Bleaching Agent in Detergency of Enzyme Mixed Deterging Agent

Jung Sook Bae

*Dept. of Fashion Design, Taegu University, Kyungsan Kyungbuk, 713-714, Korea*  
(Received November 16, 1998)

**Abstract**—In order to investigate the detergency effects of various detergents to stained polyester & cotton fabric with solid soils such as carbon black, liquid paraffin and fat, the optimum washing conditions according to the types of washing agent, the assesment of detergency effect by the measurement of reflectance after and before washing were studied. The detergency effect of various detergents to stained polyester and cotton fabric increased by using the mixtures of bleaching and enzyme detergent. In order to obtain the excellent detergency effect, 2-step treatment, the pre-washing with bleaching agent and bleaching-enzyme mixture detergent treatment is preferred.

In comparison of the detergency to polyester and cotton fabric, it is assumed that the detergency to polyester stained fabric was superior than that to cotton stained fabric because of the difference of adhesive force between soil material and fabric in preparing solid stained fabric.

### 1. 서 론

세제에 이용될 수 있는 효소는 전분 분해 효소인 아밀라제, 유지 분해 효소인 리파제, 단백질 분해 효소인 프로테아제<sup>1)</sup> 등이 있다. 그 중 지질 분해 효소인 리파제는 제거가 어려운 지방산의 트리글리세리드를 모노글리세리드와 지방산으로 분해시켜 지질 오염 제거 효과를 크게 향상<sup>2)</sup>시킬 수 있으며 프로테아제는 세제에 첨가되어, 섬유 사이에 끼어 물, 기타 유기용매에 용해·분산되지 않고 계면활성

제에 의해 잘 제거되지 않는 단백질 오염인 피부 탈락물, 혈액, 단백질계 식품, 곰팡이 등의 오염을 효소의 작용으로 분해 제거한다.

이러한 효소의 세제 배합은 1913년 독일의 Röhm이 동물의 췌장으로부터 얻은 효소를 세제에 응용<sup>3)</sup>하여 특허를 얻었으며, 획기적 발전은 덴마크의 Novo사에서 프로테아제인 알칼라제를 개발하면서 시작하여 1963년 네덜란드에서 알칼라제가 배합된 Biotex가 시판되면서 유럽에서 효소세제가 본격적으로 출하되기 시작하였다<sup>4)</sup>.

최근 효소와 상승 효과가 있는 계면활성제 사용으로 효소세제가 많이 개발<sup>5)</sup>되었으며 바인더로 된 단백질을 수용성으로 쉽게 분산하기 위해 세제 내 저온 활성의 지질에 특이성이 넓은 프로테아제가 첨가<sup>6)</sup>되었다. 또한 사회가 산업화되고 세탁기가 보급되면서 세척을 세탁기에 의존하게 되므로 종래의 일반세제만으로 기름이나 단백질 오염, 찌든 때를 제거하기 어려워 사용이 간편한 표백제를 세제에 배합하기 시작하였다.

표백제를 세제에 배합하면 고형오염을 비롯한 다른 오염 제거에도 도움을 주고 살균, 소독, 냄새 제거의 효과도 있어서 재래식 빨래에서의 삶는 효과<sup>1)</sup>를 얻을 수 있으므로 일반 가정 세탁에서 빨래를 삶는 대신 표백제를 첨가하는 경향이 많아지고 있다.

표백제는 크게 산화표백제와 환원표백제로 나누며 산화표백제는 다시 염소계와 과산화물계로 나눈다<sup>7)</sup>.

과산화물계 표백제인 과산화수소는 산화작용이 부드러워 섬유의 손상이 적어 모든 섬유에 이용할 수 있는 잇점이 있으나 값이 비싸고 분해되기 쉽고 보존시 일광을 피해야 하는 단점이 있다. 또한 표백 시에는 암모니아나 탄산나트륨 등의 알칼리를 가하여 60°C내외에서 표백해야 한다.

세제에의 표백제 첨가는 백색세탁물에 붙어있는 색소를 표백<sup>8)</sup>하여 더욱 희게 할 뿐 아니라 고형오염을 비롯한 다른 오염의 제거에도 도움을 주고 살균 효과도 지남을 알 수 있다.

산화작용에 의한 표백제로는 염소계 표백제인 차아염소산나트륨( $\text{NaClO}$ )과 과산화물계 표백제인 과붕산나트륨( $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), 과탄산나트륨( $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ )이 있으나 분말세제에 첨가할 수 있는 것은 과붕산나트륨과 과탄산나트륨이다<sup>9,10)</sup>.

세제성분과의 안정성 때문에 현재는 주로 과붕산나트륨이 사용되고 있으나 과탄산나트륨의 첨가방법에 대한 연구도 진행중이다. 과붕산나트륨은 60°C 이상온도에서 작용이 활발<sup>11,12)</sup>하므로 과붕산나트륨의 작용온도를 낮추어주는 표백활성제를 배합하며 주로 TAED(tetraacetyl ethylene diamine)가 사용된다.

TAED는 과붕산나트륨과 반응하여 산화포텐셜이

높기 때문에 60°C이하의 온도에서 표백에 효과적이다. 표백제의 표백작용은 50°C의 높은 온도에서 나타나므로 고온세탁이 일반화되어 있는 유럽지역에서 많이 사용되며 40°C의 저온에서는 과붕산나트륨보다 과탄산나트륨의 효과가 좋다.

이와 같이 국내에서 판매되는 표백제는 SPC(sodium percarbonate :  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ )가 주원료로 사용되고 있으나 SPB(sodium perborate)나 TAED(tetraacetyl ethylene diamine)같은 표백제와 표백활성제를 첨가하여 낮은 온도에서도 표백 효과상승을 기대할 수 있다.

SPC나 SPB는 표백효과 외에도 활성 산소에 의한 살균력도 가지고 있어 의류에 부착된 bacteria 오염을 감소시켜 쾌적성을 향상시켜 준다.

표백제는 우리나라와 같이 저온세탁 습관으로 인하여 표백제가 작용할 수 없었으므로 세탁보조제(laundry aids) 개념으로 별도로 사용하는 경향이 있으며, 표백제를 함유한 세탁세제 제품은 일반화되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 일반 가정에서 많이 행하고 있는 방법으로 현재 시판되고 있는 A사 제품인 효소세제와 B사 제품인 과산화물계 표백제를 사용하여, 면포와 PET 오염포를 제작·그 세척성을 평가하였다.

시판 효소세제와 표백제의 세척성을 평가하기 위해서는 적절한 오염포의 선택과 평가 방법이 필요하다. 세탁 실험에 사용되는 천연 오염포는 채취가 어렵고 실험 결과 오차가 심할 뿐만 아니라 평가가 주관적인 단점이 있으므로 일반적인 인공오염포를 제작하여 사용하였으며, 평가 방법은 화학분석, 기계분석에 의한 정량이 가장 정확한 방법이나 많은 시간이 소요되고 고가의 기기를 사용하는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 간단하고 편리한 색차계<sup>13)</sup>를 이용하거나 전자현미경<sup>14)</sup>을 이용한 방법이 많이 행해졌으며, 또한 새로운 방법인 화상시스템<sup>15)</sup>을 응용한 방법이 있으나 본 연구에서는 잔류 오염을 추출, 정량·분석하지 않고 신속하고 간편하게 할 수 있는 CCM(Computer Color Matching)을 사용, 세탁 전후의 포의 표면 반사율을 측정하여 미표백포의

반사율에 대한 표백증가율을 측정하여 Kubelka Munk식<sup>16)</sup>에 따른 K/S값으로부터 세척율을 평가<sup>17)</sup>하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시험포 및 시약

#### 2.1.1 시험포

상법에 따라 정련, 표백, 감량 처리된 polyester 직물(경사 SD 75d/72f, 위사 SD 75d/72f, 2401T/M) 과 상법에 따라 발호, 정련, 표백한 Cotton 직물(60 번수(경·위사), 밀도 40/cm)을 정련제 2g/l, 80°C × 40min으로 다시 정련한 후 인공오염포 제작 시료로 사용하였다.

Table 1. Characteristics of fabrics

| Material                   | Polyester 100% | Cotton 100% |
|----------------------------|----------------|-------------|
| Weave                      | Plain          | Plain       |
| Fabric Count               | 210×191        | 141×135     |
| Yarn number                | 75×75          | 36 Ne×36 Ne |
| Reflectance of surface (%) | 52.4           | 60.3        |

#### 2.1.2 시 약

Carbon black(시약용 1급, 흥경카본산업), liquid paraffin(시약 1급, 德山藥品工業株式會社), carbon tetrachloride(시약 1급, 德山藥品工業株式會社), 牛脂(極度硬化油), 세제로는 시판되고 있는 효소 첨가된 의류용 합성세제(약알칼리성 제1종, 제일제당 주식회사), 산소계(과탄산나트륨) 표백제(약알칼리성, 동양화학공업(주))를 사용하였다.

### 2.2 실험 방법

#### 2.2.1 오염포 제작

1) Polyester와 Cotton 직물을 15×10cm 크기로 절단한 후 오염된 직물의 표면반사율을 측정하고 105 ± 0.5°C에서 3시간 건조 후 데시케이터 중에서 냉각한다.

2) 105°C에서 3시간 건조한 carbon black(0.5~

0.8g), 우지(1g), liquid paraffin(3g) 을 비이커에 넣고 가열 용해시켜 잘 섞은 다음 carbon tetrachloride(800g)를 가해 잘 분산시킨 후, 이 오염액을 모두 사각형의 stainless vat 에 옮긴다.

3) Stainless vat 전체를 흔들어 carbon black의 침강을 방지하면서 건조한 직물포를 한 장씩 넣고 약 15초마다 뒤집으면서 1분간 오염시킨다.

4) 제작된 오염포는 건조한 후 균일한 부분을 5×10cm로 절단하고, 20°C 65% RH의 데시케이터 속에서 1주간 숙성시킨 후 냉장고(0~5°C) 속에서 보관 후 표면 반사율을 측정하여 오염량을 측정된 다음 세척 실험에 사용한다.

#### 2.2.2 세 척

##### 2.2.2.1 세척 방법

각종 세척조건에서 세척시 steel ball 수 5개, 회전속도는 45rpm으로 하여, 세척시 속도 조절이 가능한 고온고압염색기(Mathis Labomat Beaker Dyer type BFA-8, Werner Mathis AG Co. Ltd. Switzerland)에서 20분간 세척한 후 같은 온도의 증류수로 2회 세척한다.

##### 2.2.2.2 세척을 평가

자연 건조된 시료를 CCM(Machbeth Color-Eye 3100)으로 여러 부분 표면반사율을 측정하여 그 평균값을 사용하였다.

세척율은 표면반사율 값을 이용한 다음식에 의해 계산하였다.

$$D(\%) = \frac{R_w - R_s}{R_o - R_s} \times 100$$

$$\left[ \begin{array}{l} R_o : \text{백포의 표면반사율} \\ R_s : \text{오염포의 표면반사율} \\ R_w : \text{세탁후의 표면반사율} \end{array} \right.$$

##### 2.2.2.3 인장강도

인장강도는 KSK 0520 의 테이블스트립법에 따라 마련한 면과 PET 직물의 경·위사 방향의 시험편을 만능인장강도시험기(Shimadzu Autograph AGS -100G)로 3회 측정된 평균값으로 계산하였다.

Load cell ; 100kgf

Cross head speed ; 200mm/min

Chart speed ; 50mm/in

2.2.2.4 주사전자 현미경에 의한 표면 형태의 관찰

면포와 PET의 원백포와 인공오염포, 세척후의 표면을 Au를 240초간 증착시킨 시료를 가속 전압을 25KV로 하여 주사전자현미경(X-650, Hitachi)으로 그 표면상태를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 효소세제의 세척성

3.1.1 효소세제의 온도에 따른 세척성

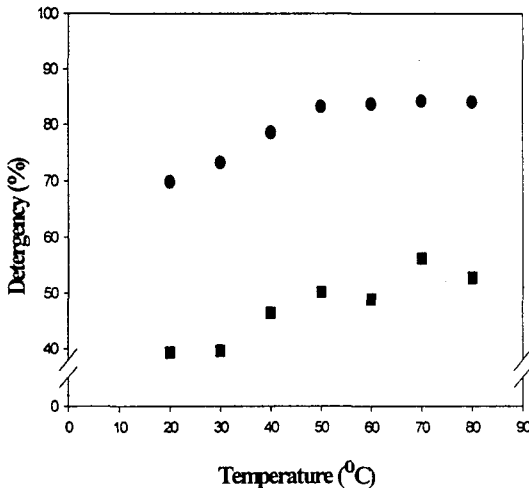


Fig. 1 The variation of detergency of enzyme washing agent to stained fabrics according to the washing temperature. ; Enzyme washing agent 3.5g/l, Washing time 20 min., ● : PET, ■ : Cotton.

Fig. 1은 세탁 온도가 일반 가정용으로 사용되고 있는 효소세제의 세척성에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여, 세척 온도를 20°C에서 80°C 범위로 변화시켜 실험한 결과를 나타낸 것이다.

면포 PET섬유 모두 세척온도가 증가하면 세척율이 증가하지만, 50°C 부근에서 세척효율이 최대치를 나타내고 있거나 그 이상의 온도에서는 크게 증가하지 않고 있다. 이와 같은 결과는 사용한 효소세제 내 함유된 프로테아제의 온도 특이성과 잘

일치하는 결과이며, 이러한 효소의 최적온도에서 세척효과가 높게 나타난 현상에 대해서는 많은 보고<sup>18,19)</sup>가 있다.

세척율에 미치는 세척온도의 영향은 효소의 온도 특이성 및 열에 대한 안정성과 오염의 분산성, 용해도 특성 등에 따라 세탁에 영향을 미치게 되므로, 일반적으로 최적 온도 이상에서는 세척효과의 증가 경향은 크지 않음을 알 수 있다.

20°C에서 면포 PET섬유의 세척율은 각각 40%와 70% 정도를 나타내고 있는데 특히 PET섬유의 경우 효소의 활성이 비교적 낮은 온도인 상온에서 효소에 의한 기질의 가수분해에 의해 세척효과가 좋아짐을 알 수 있다. 또 50°C 이상이 되면 효소의 작용이 둔화되기 때문에 세척율은 더 이상 상승하지 않으며, 80°C의 고온에서는 오히려 세척율이 떨어짐을 알 수 있다.

면포 PET섬유의 세척율을 비교해 보면 PET섬유 쪽이 전반적으로 세척율이 우수한 것은 오염포 제작시 유성의 고흡오염이 소수성이 강한 PET섬유에 결합력이 크지 않은 소수성 상호 작용과 같은 힘으로 부착되어 있다가 세척시 가해지는 기계적인 작용과 함께 효소세제의 계면활성에 의해 섬유로부터 쉽게 제거됨을 알 수 있다. 그리고 PET섬유보다 면섬유 쪽이 섬유 내부에 침투된 오염에 대해 가수분해가 둔화되는 등 섬유와 고흡 오염 계면의 전기적인 효과의 차이, 세제의 계면 흡착에서의 입체장애<sup>20)</sup> 등에 영향을 받을 것으로 여겨진다.

3.1.2 효소세제의 농도에 따른 세척성

시판중인 A사 제품인 효소세제의 세척성을 알아보기 위하여 세탁온도 50°C, 세탁시간 20분, 교반속도 40rpm 의 조건에서 세제농도를 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 및 4.5g/l로 변화시키면서 세척한 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

그리고 이때 세척시 기계적 작용에 대한 세척율의 변화를 최소화하기 위하여 교반 속도는 40rpm으로 일정하게 조절한 후 세척실험을 실시한 결과이다.

세척에서 기계적인 힘의 작용은 고흡오염입자를 직물표면으로부터 멀리 운반하고, 신선한 세액을 직물에 공급하여 세척 작용을 촉진하고 재오염을 방지하는데 도움을 준다<sup>1)</sup>. Tuzson과 Short는 Terg-

O-Meter를 이용하여 세척한 결과 교반 속도가 커짐에 따라 기계적 힘의 작용이 커져서 세척성이 향상됨을 보고하였다<sup>21)</sup>. 따라서 기계작용의 증가가 세척을 증가는 가져오나 섬유 손상을 피할 수 없으므로 기계작용은 줄여주면서 효소에 의한 세척성을 높여주는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

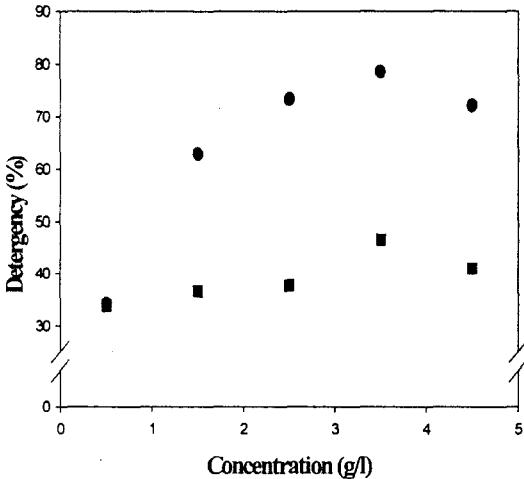


Fig. 2 The variation of detergency of enzyme washing agent to stained fabrics according to the concentration of enzyme washing agent. ; Washing temperature 40°C, Washing time 20 min., ● : PET, ■ : Cotton.

Fig. 2에서 알 수 있듯이 효소세제의 세척율은 먼 및 PET섬유 모두 세제농도 3.5g/l에서 최대 세척율을 나타내고 그 이상의 농도에서는 세척율이 오히려 감소하고 있다. 그리고 면섬유보다 PET섬유 쪽이 효소세제에 의한 세척율이 크게 증가하고 있음을 알 수 있다. 이 실험에 사용한 세제는 현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 세제이며 1985년 국내에서 단백질 분해 효소를 첨가한 제품이 출시된 이래 현재 90% 이상의 제품에 효소가 사용되고 있다. 단백질 분해 효소는 세제의 성능과 효과 향상 면에서 세탁용 세제에 가장 많이 적용되는 효소이다. 일반적으로 세탁용 세제에 사용되는 단백질 분해 효소는 세제 용액이 약알칼리성을 나타내기 때문에 충분한 효과를 나타내기 위해 내alkali성을 가져야 하는 것

으로 알려져 있다.

효소세제의 우수한 세척을 향상은 고형오염에 대한 효소의 작용뿐만 아니라 계면활성제와의 상호작용이 복합되어 상승효과가 나타날 수 있어야 한다고 여겨진다.

Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 세액에 효소첨가는 세척 효율을 증대시키며, 효소의 세척작용은 낮은 효소의 농도에서 현저하게 높아 졌으나 3.5g/l 이상이 되면 세척율의 증가는 둔화되거나 오히려 저하된다. 이와 같은 결과는 자가 가수분해(autolysis)<sup>22)</sup>로 인하여 고농도 효소 용액에서는 효소의 활성을 잃어 오히려 세척율이 저하<sup>23)</sup>되기 때문이다.

그리고 오염된 면직물포가 PET 오염포보다 세척율이 감소한 이유는 PET섬유보다 면섬유쪽이 전술한 바와 같이 내부에 침투된 오염에 대해 가수분해가 둔화되기 때문이라 생각된다.

### 3.2 표백제의 첨가효과

표백제는 계면활성제만으로 제거가 어려운 색소를 화학적으로 분해하여 제거할 목적으로 첨가하며, 산화작용을 통해 색소나 얼룩을 분해하여 제거하거나 색을 열게 하여 세탁 효과를 향상시킨다.

국내에서 판매되는 표백제는 SPC(sodium per carbonate :  $2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$ )가 주원료로 사용되고 있으며, 현재 시판되고 있는 세제에는 저온에서 산소활성이 높아 저온 세탁 습관을 갖는 국내에서 유리하나 분말세제에 함유시킬 경우 흡습량 증가로 인한 보관과 온도 상승에 의한 유효산소의 안정성에 문제가 있다.

산화작용에 의한 표백제로는 차아염소산나트륨, 과붕산나트륨, 과탄산나트륨이 있으며, 분말세제에 첨가할 수 있는 것은 과붕산나트륨과 과탄산나트륨이며, 현재 시판되고 있는 과산화물계 표백제에는 과탄산나트륨이 주로 사용되고 있다.

과탄산나트륨을 주성분으로 하는 과산화물계 표백제는 염소계 표백제와는 달리 염색물에도 사용되기 때문에 최근 가정용으로 많이 이용되고 있으나 염색된 염료의 일부가 분해하기 때문에 문제점으로 지적되고 있다.

합금속 염료로 염색한 포의 경우 금속이 과탄산

나트륨의 분해 촉매 작용을 하여 염색포의 퇴색이나 취화 원인이 되고 있다는 보고<sup>24)</sup>가 있다.

### 3.2.1 세탁용수/표백제 세척율

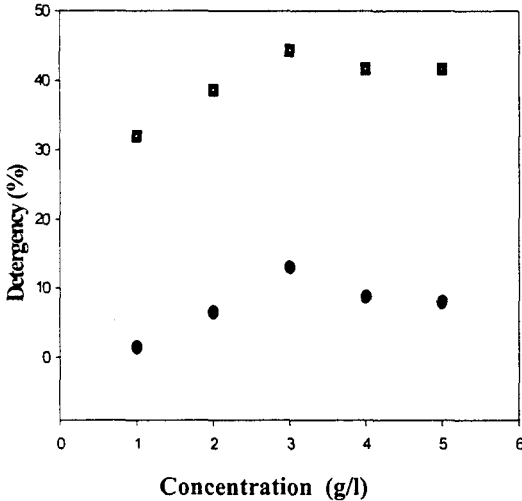


Fig. 3 The variation of detergency of peroxide type bleaching agent to stained fabrics according to the concentration of peroxide type bleaching agent. : Washing temperature 50°C, Washing time 20 min., ● : PET, ■ Cotton.

현재 시판되고 있는 B사 제품인 분말 과산화물계 표백제를 첨가했을 경우 세척율의 변화를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3은 효소세제를 사용할 때 최대 세탁효과를 나타내는 최적조건인 세탁온도 50°C, 세탁시간 20분의 세탁조건에서 세탁용수에 과산화물계 분말 표백제만을 사용하여 농도를 1, 2, 3, 4 및 5g/l로 변화시켜 세척 실험을 한 것으로 그림에서 알 수 있듯이 표백제만을 사용하여 세탁했을 경우 사용농도 3g/l에서 면 및 PET섬유 모두 현저하게 세척성이 향상되었으며, 표백제 농도 3g/l에서 PET 오염포는 10% 정도의 세척을 증가, 면 오염포의 경우는 30~40%의 세척을 증가의 유의한 차를 나타내어 PET 오염포 보다 면 오염포가 표백제에 대해 활성도가 높음을 알 수 있다.

### 3.2.2 효소세제에 표백제 첨가에 따른 세척율

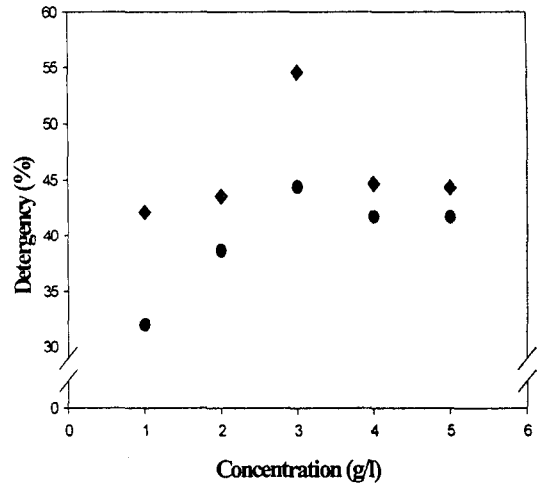


Fig. 4 The variation of detergency to stained cotton fabric according to the concentration of peroxide type bleaching agent. : Washing temperature 50°C, Washing time 20 min., Enzyme washing agent 3.5g/l, ● : Only peroxide type bleaching agent, ■ : Enzyme washing agent + peroxide type bleaching agent.

Fig. 4는 최대 세탁효과를 나타내는 조건인 세탁 온도 50°C, 세탁시간 20분, 효소세제 농도 3.5g/l에서 표백제의 첨가농도를 달리한 경우 표백제의 농도에 따른 면 오염포의 세척성을 나타낸 것이다.

면 오염포의 경우 과산화물계의 표백제 단독 첨가의 경우에 비해 효소세제를 첨가한 경우가 표백제 농도가 증가함에 따라 세척율은 최대 55% 정도로 증가하나 최대 세척효과를 나타내는 표백제농도 3g/l이상이 되면 세척성은 오히려 크게 감소하여 과산화물계 표백제 단독의 경우보다 감소한다. 따라서 효소세제와 과산화물계 표백제의 병용시에는 3g/l 이상의 표백제 농도에서는 세척효율 증가에 의미가 없음을 보여주고 있다. 그리고 과산화물계 표백제 단독과 과산화물계-효소세제 병용의 경우 각각 최적조건에서 세척효과는 45%에서 55%로 증가되어 10% 정도의 상승효과가 있음을 알 수 있다.

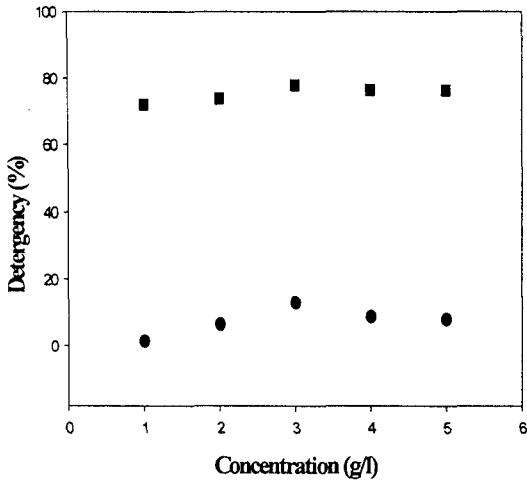


Fig. 5 The variation of detergency to stained PET fabric according to the concentration of peroxide type bleaching agent. ; Washing temperature 50°C, Washing time 20 min., Enzyme washing agent 3.5g/l, ● : only peroxide type bleaching agent, ■ : enzyme washing agent + peroxide type bleaching agent.

Fig. 5는 최대 세탁 효과를 나타내는 세탁조건인 세탁온도 50°C, 세탁시간 20분, 효소세제농도 3.5g/l에서 표백제를 첨가했을 경우 표백제의 농도별에 따른 PET 오염포의 세척성을 나타낸 것이다.

PET 오염포의 경우 효소세제에 표백제를 첨가함으로써 과산화물계 표백제 단독의 경우보다 표백제 농도에 관계없이 세탁효과가 크게 증가(70% 이상)하였으며, 표백제 농도의 영향이 먼 오염포의 경우와 같이 크지는 않지만, 최대 세척율을 나타내는 표백제 농도 3g/l에서 최대세척율(78%)을 보이며, 최적조건에서 표백제 농도가 증가함에 따라 표백제만의 세척율(15%)보다 70% 정도 세척을 증가를 보이고 있다. 그리고 PET 오염포의 경우 효소세제-과산화물계 표백제의 병용 세탁에서 최적 표백제 농도 이상에서는 세척성의 증가가 크지 않음을 알 수 있다.

### 3.2.3 표백제 첨가 방법에 따른 세척율

Fig. 6 및 Fig. 7은 과산화물계 표백제를 효소세제 세탁 전에 처리했을 경우와 표백제와 효소세제를

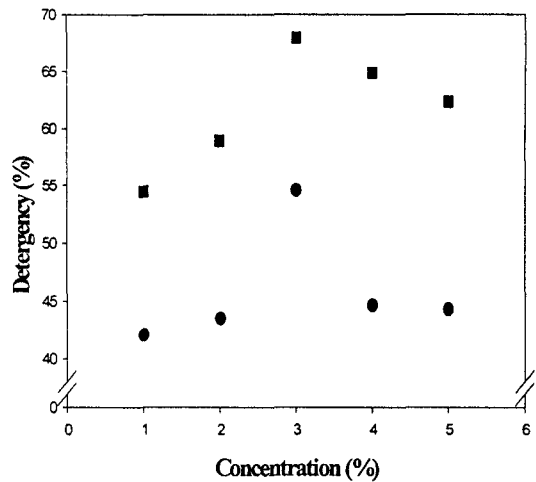


Fig. 6 The variation of detergency to stained cotton fabric according to the washing method of peroxide type bleaching agent. ; Washing temperature 50°C, Washing time 20 min., Enzyme washing agent 3.5g/l, ● : Treated with enzyme washing agent and peroxide type bleaching agent at the same time, ■ : Treated with enzyme washing agent after treat with peroxide type bleaching agent.

동시에 처리하여 세탁했을 경우의 세척율을 나타낸 것이다.

Fig. 6 과 Fig. 7에서 알 수 있는 바와 같이 면과 PET 오염포 모두 세탁 전에 표백제 처리를 한 후 효소세제로 세탁하는 것이 표백제-효소세제를 동시에 사용하여 세탁하는 것보다 훨씬 세척율이 증가하였음을 알 수 있다. 또한 면, PET 오염포 모두 세척율은 최적 농도인 3g/l에서 최대 세척성을 보이며 그 이상이 되면 오히려 감소함을 보이고 있다.

또한 면 오염포의 경우 표백제 농도가 증가함에 따라 세척율은 증가하나 최적 농도인 3g/l에서 최대세척율(68%)을 보이고 표백제 농도가 증가함에 따라 세척을 감소하므로 최적 농도 이상은 세척율에 아무런 의미가 없으며, 오히려 표백제의 낭비와 환경 오염을 초래할 것으로 여겨진다. 그리고 PET 오염포의 경우 표백제 농도가 증가함에 따라 면 오염포와 같이 세척율은 증가하여 최적 농도인 3g/l에서는

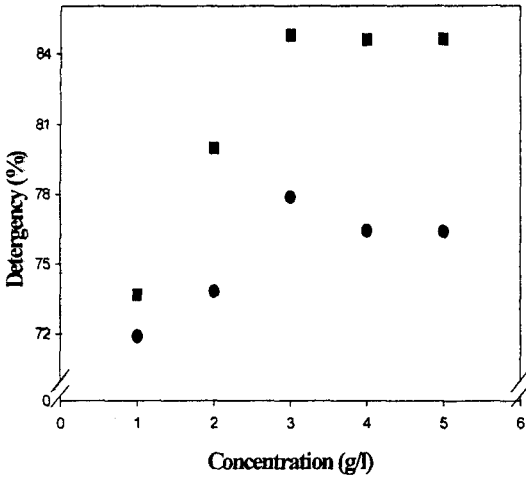


Fig. 7 The variation of detergency to stained PET fabric according to the washing method of peroxide type bleaching agent. : Washing temperature 50°C, washing time 20 min., Enzyme washing agent 3.5g/l, ● : Treated with enzyme washing agent and peroxide type bleaching agent at the same time, ■ : Treated with enzyme washing agent after treat with peroxide type bleaching agent.

85%로서 최대의 세척율을 보이며, 그 이상의 온도에서 세척율의 증가는 크지 않음을 알 수 있다. 이는 세제에 작용하는 표백제 성분 중 SPC가 면보다 PET섬유의 고행오염에 더 활성도가 높음을 시사해 주고 있다.

따라서 섬유 상에 오염된 각종 고행오염의 효과적인 제거를 위해서는 최적 세탁 조건에서 효소세제와 표백제를 동시에 사용하는 것보다 표백제만으로 먼저 세탁한 후 세제를 사용하여 세탁하는 것이 세탁효율의 측면에서는 유리함을 알 수 있다.

### 3.3 반복 세탁시 표백제의 첨가 효과

면섬유 및 PET섬유에 부착된 고행 오염의 효과적인 제거를 위해 세탁 최적 조건에서 세제 농도와 표백제 첨가에 따른 영향 등을 검토하였으나 고행 오염의 100% 제거는 한계가 있음을 알 수 있다. 따라서 섬유 상에 부착된 고행오염의 세척을 증진을

위해 반복 세탁 효과가 오염 제거에 미치는 영향에 대해 검토하고자 한다.

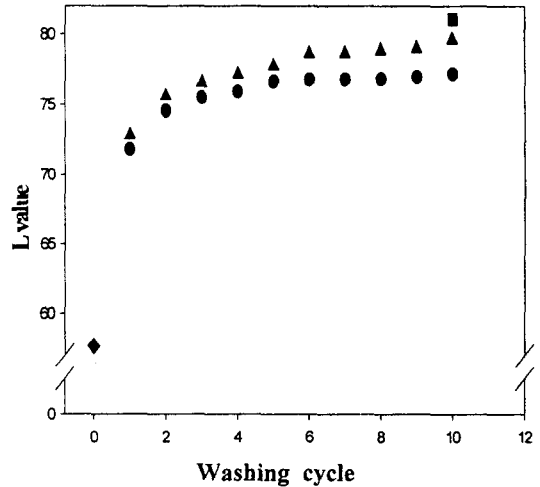


Fig. 8 The variation of detergency to stained cotton fabric according to the washing cycle effect of enzyme washing agent and peroxide type bleaching agent. : Washing temperature 50°C, Washing time 20 min., Enzyme washing agent 3.5g/l, ● : Only peroxide type bleaching agent, ▲ : Peroxide type bleaching agent + enzyme washing agent, ■ : Original sample, ◆ : Stained sample.

Fig. 8은 면 오염포의 표백제 단독 및 표백제-효소세제 병용한 세척을 준비하여 반복세탁을 10회 까지 실시하여 각각의 세척율을 세척포의 L값(Lightness value, 백분율)으로 나타낸 것이다.

표백제만 사용할 경우 세탁회수가 증가할수록 L 값은 증가하여 세척효율이 증가하지만 5회 이상의 반복세탁에서는 더 이상 증가하지 않고 일정한 값을 나타내었다. 그리고 표백제와 효소세제를 동시에 사용한 경우에 반복 세탁회수가 증가하면 세척율이 점차 증가함을 보여주고, 특히 반복세탁 10회에서는 오염되지 않은 면백포의 L값이 81%에 거의 도달하여 일반 가정 세탁시 세탁 회수가 증가할수록 면포의 세척율은 증가함을 알 수 있다. 그러나 반복 세탁은 일반적으로 세척에 의한 직물 구조 변화와



세제나 표백제에 의한 화학작용으로 인한 섬유 손상을 초래할 우려가 있으므로 충분한 고려가 있어야 하나 습윤강도가 큰 백색 면제품에 한해서 이용해 볼 만한 세탁방법이라 할 수 있다.

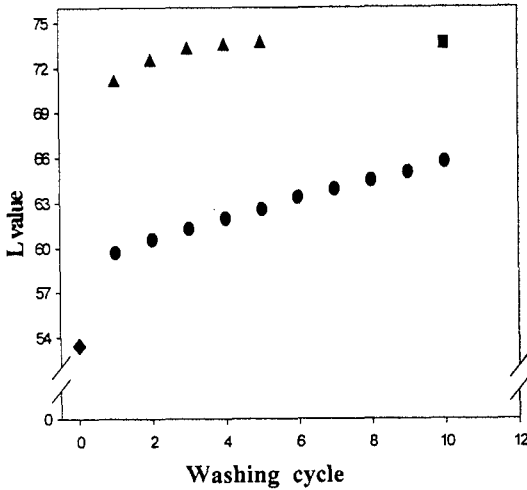


Fig. 9 The variation of detergency to stained PET fabric according to the washing cycle effect of enzyme washing agent and peroxide type bleaching agent ; Washing temperature 50°C, Washing time 20 min., Enzyme washing agent 3.5g/l, ● : Only peroxide type bleaching agent, ▲ : Peroxide type bleaching agent+enzyme washing agent, ■ : Original sample, ◆ : Stained sample.

PET 오염포에 대해 표백제 단독 및 표백제-효소세제를 첨가하여 반복세탁을 10회까지 실시한 후 세척율을 L값으로써 나타내었다.

PET 오염포의 원백포의 L값은 74정도로서 표백제만을 하여 10회 이상 반복세탁을 할 경우 세탁회수가 증가할수록 점진적으로 증가하여 10회에서 66% 정도의 L값을 나타내며 표백제와 효소세제를 동시에 사용하여 반복세탁 할 경우 세탁회수 3회에서 원백포의 L값(74%)에 도달함을 알 수 있다.

이 실험에 사용한 고형 오염의 효과적인 제거는 먼 오염포에 비해 PET 오염포가 비교적 쉽게 반복세탁에 의해서 제거됨을 알 수 있다.

### 3.4 섬유의 손상도

#### 3.4.1 섬유의 인장강도 변화

세제에 표백제를 배합하여 사용하게 되면 일반세제가 갖는 세척효과와 더불어 표백효과를 나타내므로 효율적이거나 반복세탁시 면직물이 산화되어 손상을 입을 수 있다. 이것은 세제에 배합한 표백제와 표백활성제의 종류, 조성 및 세척조건에 따라 달라질 수 있다.

따라서 가정세탁시 일반적으로 삶는 효과를 얻기 위해 표백제를 첨가하여 반복세탁을 할 경우 섬유의 손상도를 알아보기 위해 세탁최적조건(세탁온도 50°C, 세탁시간 20분, 효소세제 3.5g/l, 표백제 3g/l)에서 반복세탁회수에 따른 인장강도 변화를 측정하여 Table 2에 나타내었다.

10회 반복세탁 했을 경우 면포의 경우 경사 15.53%,

Table 2. The change of tensile strength of PET & cotton stained fabric according to the washing cycle(Washing condition ; peroxide bleaching agent(3g/l) + enzyme washing agent(3.5 g/l) at 50°C).

| Washing cycle |      | Fiber           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               |      | Controlled warp | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| Cotton        | warp | 26.91           | 25.85 | 22.88 | 20.00 | 25.73 | 23.21 | 24.53 | 18.68 | 19.93 | 21.81 | 22.73 |
|               | weft | 17.93           | 15.65 | 13.68 | 15.25 | 15.19 | 16.16 | 13.19 | 12.57 | 16.53 | 12.94 | 14.96 |
| PET           | warp | 43.59           | 43.49 | 43.54 | 43.56 | 42.49 | 42.99 | 42.70 | 41.71 | 42.17 | 41.75 | 41.87 |
|               | weft | 34.86           | 33.33 | 34.59 | 33.10 | 34.43 | 33.36 | 33.77 | 32.59 | 32.30 | 31.99 | 31.68 |

위사 17.47%의 어느 정도의 강도 저하율을 보이거나 PET의 경우 경사 3.95%, 위사 9.12%의 낮은 강도 저하율로써 표백제에 의한 섬유손상은 그다지 크지 않음을 알 수 있으며, 면과 PET 모두 경사 보다는 위사 쪽이 강도 저하율이 조금 높게 나타났다.

일반적으로 표백제는 상온에서 표백제의 작용이 활발하지 못하여 면직물 및 PET의 손상에는 큰 영향을 미치지 못하나 온도가 높아질수록 특히 60℃ 이상이 되면 강도가 더 크게 저하되는 경향이 있다는 보고도 있다. 또 온도가 80℃ 이상이 되면 초기 세탁에서 이미 강도가 저하되며, 세탁회수가 반복될수록 세척력 즉 기계적인 힘에 의한 직물구조변화 등의 물리적인 현상을 볼 수 있으며, 반복세탁에 의한 섬유손상을 방지하는 개념으로 cellulase를 세제에 적용하여 섬유를 보호하여 손상된 섬유의 표면을 개질하므로써 무기입자 오염제거, 유연효과, 색상선명도 유지 등의 이점을 얻기도 한다.

#### 3.4.2 주사전자 현미경에 의한 표면 형태 관찰

가정세탁에서 일반적으로 많이 사용하는 효소세제에 과산화물계 표백제를 첨가하여 반복세척했을 때의 섬유표면의 형태 변화를 관찰하여 오염포의 섬유 손상 정도를 알아보고자 실험포의 표면을 주사전자현미경으로 촬영하였으며, 그 결과는 Fig. 10과 같다.

이들 사진에서 보는 바와 같이 면과 PET의 원백포는 표면이 평활함에 비해 인공 오염시킨 오염포에는 많은 오염이 부착된 것을 알 수 있다. 이들 오염포를 세탁최적조건(세탁온도 50℃, 세탁시간 20분)에서 세탁최적농도인 표백제(3g/l)로 10회 반복했을 경우와 세탁최적조건에서 세탁최적농도의 효소세제-표백제를 병용해서 10회 반복 세탁했을 경우 SEM 사진이다.

이때 표백제만 처리했을 경우는 오염이 많이 부착되어 있는 것을 볼 수 있으며 효소세제-표백제를 사용했을 때, PET의 경우 원백포에 가까운 세척율을 볼 수 있으나 면포의 경우 약간의 섬유 균열과 오염이 부착되어 있는 것을 볼 수 있다.

그러나 세탁최적조건(세탁온도 50℃, 세탁시간 20분, 효소세제 3.5g/l, 표백제 3g/l)에서는 표백제가 섬유 손상에 미치는 영향은 인장강도와 SEM 측정

에서 알 수 있듯이 면직물과 PET의 섬유 표면에서 약간의 손상은 있으나 그것은 반복세탁시 주어지는 세척력 즉 기계적인 힘에 의한 손상 정도로 생각되어진다.

Kokot 등<sup>25)</sup>은 전극에서 발생한 산소에 의해 면 섬유가 손상되어 microfibril이 벗겨져 나가거나 섬유 표면에 구멍과 갈라짐, 섬유 절단이 일어난다고 하였으나 Goynes 등<sup>26)</sup>은 9%의 과산화수소로 면섬유를 처리했을 때 섬유가 갈라져 피브릴이 노출되지는 않았다고 하였으며, 김 등<sup>27)</sup>은 표백제를 첨가해서 반복세탁할 경우 온도가 높아질수록 섬유 배열이 불규칙해지고 실 사이의 간격이 넓어지며 섬유 표면의 손상이 점차 많이 생긴다고 하였다.

## 4. 결 론

이 연구에서는 가정세탁에서 일반적으로 사용하고 있는 시판 효소세제와 표백제 병용의 세척성을 평가하기 위하여 인공오염포를 제작하고, CCM(Computer Color Matching)을 사용하여 신속하고 간편하게 세탁 전·후의 포의 표면반사율을 측정, K/S값으로 세척성을 평가하였다. 또한 세탁최적 농도에서의 표백제, 효소세제-표백제를 사용하여 반복세척을 했을 때의 면포와 PET 직물의 손상도를 평가하기 위해 인장강도와 섬유의 표면형태 변화를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가정용 세제로 사용되는 효소세제의 세척성은 면과 PET 모두 세탁온도 50℃, 세제농도 3.5 g/l에서 세척효율이 최대치를 나타내고, 고농도 효소 용액에서는 오히려 효소의 활성을 잃어 세척율이 저하된다.
2. 표백제만 사용했을 경우 PET보다 면의 쪽이 세척율이 향상되었으나 효소세제-표백제를 병용할 경우 면보다 PET쪽이 훨씬 세척율이 좋게 나타났다. 표백제로 먼저 처리하고난 다음 효소세제로 세척할 경우 효소세제-표백제 병용할 경우 보다 훨씬 세척율이 증가되었다.
3. 반복세탁시 표백제로 단독 처리할 경우 면과 PET 모두 세탁회수가 증가할수록 세척율은 점진적으로 증가하고 효소세제-표백제 병용의

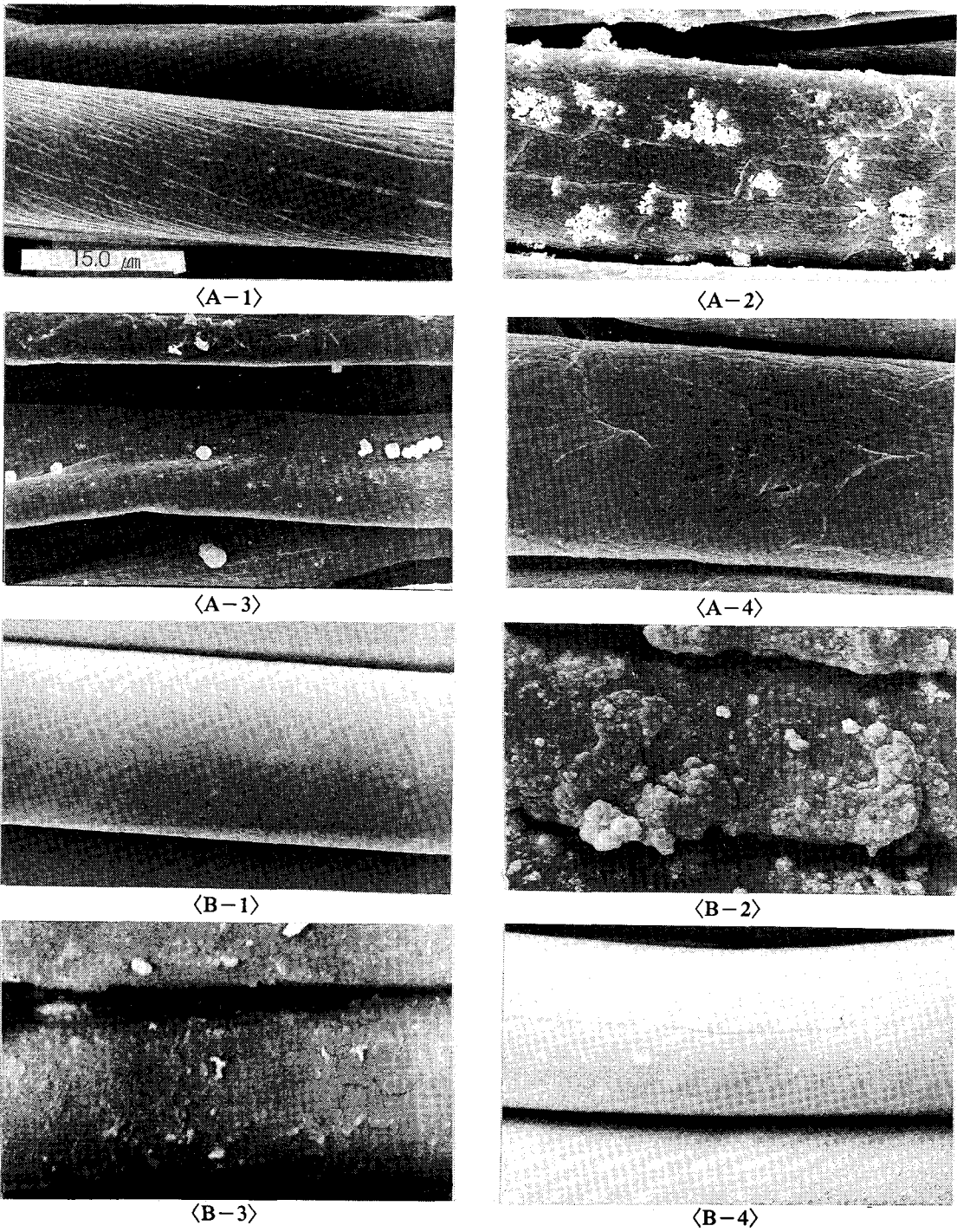


Fig. 10 SEM photographs of PET & Cotton fabrics treated with bleaching agent and washing agent. A : Cotton, B : PET, 1 : Original sample, 2 : Stained sample, 3 : Only peroxide bleaching agent, 4 : Peroxide bleaching agent + enzyme washing agent

경우 면은 세탁회수가 증가할수록 반복세탁의 세척율이 좋아지지만 PET의 경우 3회 이상의 반복세탁으로 원백포의 L값에 도달하므로 반복세탁의 의미가 없음을 알 수 있다.

4. 면과 PET 모두 효소세제-표백제를 사용하여 반복세탁시 세탁 최적 조건에서는 경·위사에 약간의 강도 저하가 보이나 이는 표백제에 의한 손상이라기보다는 반복세탁에 의한 기계적 힘에 의한 섬유 손상을 균열이라 볼 수 있다.

### 감사의 글

이 연구는 1997년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 연구임을 밝혀두며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 김성련, "洗劑와 洗濯의 과학", 교문사(1987).
2. Okumura O., Umehare K. and Nakagawa R., *J. Fragrance*, No 91, 8(1988).
3. O. R hm, *Ger. Pat.*, 283923(1913).
4. T. Godfrey and J. Reichelt, *Industrial Enzymology*, The Nature Press, 284(1983).
5. Sato M., Yoshikawa K., Kitamura N., and Minagawa M., *Jap. Res. Assn. Text., End-uses. (SEN-SHOSHI)*, 29(4), 155(1988).
6. Nielsen, M. H., Jepsen, S.J., and Outtrup, H., *JAACS*, 644(1981).
7. E.R. Textile, "Dyeing & Chemical Technology of Textile Fibres", 6th Ed., p.203(1984).
8. V. I. Minaev, *Trans. Inst. Chem. Tech. Ivanovo (U.S.S.R)*1, 174(1935).
9. Lange, K.R., "Detergents and Cleaners", Hanser, p.93(1994).
10. Karsa, D.R., *Rev. Prog. Color.*, 20, 70(1990).
11. Grime, J.K., *Tenside*, 23, 23(1992)
12. Harry, L.T., *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 45, 493 (1968).
13. Murata, M., *J. Jpn. Oil Chem., Soc.*, 41(6), 472 (1992).
14. Webb, Joan J., *Textile Res. J.*, 57(11), 640(1987).
15. Analy sis 2.0 User's Guide, Soft-Imaging Software Gmbh, 1994.
16. P. Kubelk and F. Munk, *Z. Tech. Phys.*, 12, 593(1931).
17. W.G. Culter and R. C. Daris, *Op. cit.*, P355.
18. 所, 康子, 皆川 基, 織消誌, 26(11), 479(1985).
19. 皆川 基, 重田 美智子, 奥山 春産, 織消誌, 11(5), 274(1970).
20. 이정숙, 심윤정, *한국의류학회지*, vol 17, No. 3, 491(1993).
21. J. Tuzson and Brant A. Short, *Textile Res. J.*, 32, 111(1962).
22. Boyer, P.D., "The Enzyme, vol. 3, Hydrolysis of Peptide Bonds", Academic Press, p.639 (1971).
23. Kim D.U., Yang C.H., and Choi M.U., *Korean Biochem. J.*, 23(1), 58(1990).
24. 大浦律子, 吉川青兵衛, 家政誌, 36, 497(1985).
25. Kokot, S., Marahusin, L., and Schweinsberg, P. A., *Textile Res. J.*, 63, 313(1993).
26. Goynes, W.R., Carra, J.H., and Berni, R.J., *Textile Res. J.*, 54, 242(1984).
27. 김현숙 외, *한국의류학회지*, Vol. 20, No. 5, 905 (1996).