

## 표백제 배합세제에 의한 면직물의 손상

김현숙 · 정혜원 · 김성련\* · 신선호\*\*

인하대학교 가정대학 의류학과, \*서울대학교 가정대학 의류학과

\*\*LG화학 생활과학연구소

### The Degradation of Cotton Fabrics by Bleaching Agents in Detergents

Hyun Sook Kim · Hae Won Chung · Sung Reon Kim\* · Seon Ho Shin\*\*

Dept. of Clothing and Textiles, Inha University, \*Seoul National University

\*\*LG Chem. Ltd. Household & Personal Care Products R&D Institute

(1996. 6. 21 접수)

#### Abstract

To study the effect of the bleaching agents in detergents on the degradation of cotton fabrics, the carboxyl contents, copper numbers, degree of polymerization, the change of tensile strengths and fiber surfaces of cotton fabric before and after washing were examined.

The results obtained were as follows:

As the cycles and temperature of washing increased, the carboxyl content of washed cotton fabric changed little but the copper number of cotton fabric was increased. At 60°C, 80°C the copper number of cotton fabric washed with sodium perborate (PB) was higher than that of with sodium percarbonate (PC). The degree of polymerization and tensile strength of cotton fabric were decreased and at higher temperature those were more decreased but were less decreased when tetraacetylenediamine (TAED) was added. The degree of polymerization had negative relation with copper number but with tensile strength of cotton fabric had positive relation. Cotton fiber surface was more degraded by bleaching agents and hydrogen peroxide exhaustion was increased as the temperature of washing increased. And hydrogen peroxide exhaustion had negative relation with the degree of polymerization.

#### I. 서 론

합성세제는 계면활성제를 주성분으로 하고 여기에 경수를 연화시키고 알칼리성을 높여주는 builder, 단백질 오염 및 반복세탁시에 축적되는 지용성오염을 제거하기 위한 효소, 白度를 증진시키기 위한 증백제 외에도 계

면활성제 만으로는 제거가 어려운 색소를 화학적으로 분해하여 제거하는 표백제를 첨가하기도 한다. 주로 사용되는 표백제는 산화작용을 통해 색소나 얼룩을 분해하여 제거하거나 색을 열제하여 세탁효과를 향상한다<sup>1)</sup>.

산화작용에 의한 표백제로는 치아염소산나트륨, 과봉산나트륨, 과탄산나트륨이 있으나 분말세제에 첨가

할 수 있는 것은 과붕산나트륨과 과탄산나트륨이며 다른 세제성분과의 안정성 때문에 현재는 주로 과붕산나트륨이 사용되고 있으나<sup>2,3)</sup>, 과탄산나트륨의 첨가방법에 대한 연구도 진행중이다.

과붕산나트륨은 60°C 이상의 온도에서 작용이 활발하나<sup>3,4)</sup> 최근에는 합성섬유와 색있는 직물의 사용량이 증가하였고 목적에 맞도록 직물에 대한 여러 가지 가공이 이루어짐에 따라 세탁온도가 낮아지게 되었다. 이에 따라 과붕산나트륨의 작용온도를 낮추어 주는 표백활성제를 세제에 함께 배합하게 되었는데, 표백활성제로는 tetraacetyl ethylenediamine (TAED), tetraacetyl-glycoluril, acylimidazole, alkanoyloxy-bezenesulfonate 등이 보고되었으나<sup>5~8)</sup> 주로 TAED가 사용된다. TAED는 과붕산나트륨에서 비롯한 과산화수소와 반응하여 과산을 생성하는데, 과산은 과산화수소에 비해 산화 포텐셜이 높기 때문에 60°C 이하의 온도에서의 표백에 효과적이라는 장점을 지닌다<sup>3,5,6,9)</sup>.

이와 같이 과붕산나트륨에 의한 표백은 산화작용에 의한 것으로 섬유에 산화작용이 미치게 되면 손상을 입을 수도 있으며<sup>10,11)</sup> 반복하여 지속적인 작용을 받으면 섬유의 손상은 필연적이다. 면섬유는 알칼리나 산화 표백제에 의해 oxy-cellulose를 형성하나 뚜렷한 산화메카니즘은 아직 확실히 규명되어지지 않은 상태이지만 anhydroglucose의 3개의 수산기가 특히 산화되기 쉬운 것으로 알려져 있다<sup>12)</sup>. 표백제의 종류에 따라 산화작용이 다르나 2, 3, 6 번 탄소에 위치한 수산기에 서의 카르보닐기와 카르복실기의 형성 그리고 개환과 더불어 분자쇄의 절단 등이 일어나게 된다. 특히 과산화수소 표백시 면섬유의 산화는 섬유 표면에서 주로 일어나며 카르보닐기의 생성이 많다<sup>13,14)</sup>.

세제에 표백제를 배합하여 사용하게 되면 일반세제가 갖는 세척효과와 더불어 표백효과를 나타내, 표백제를 별도로 사용해야 하는 번거로움을 줄여주므로 효율적일 것이나 반복세탁시 면직물이 산화되어 손상을 입을 수 있다. 이것은 세제에 배합한 표백제와 표백활성제의 종류, 조성 및 세척 조건에 따라 달라지게 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 표백제가 첨가된 세제로 반복 세척시 면직물의 손상정도를 평가하고자 표백제로는 과붕산나트륨과 과탄산나트륨을 사용하고 표백활성제로는 TAED를 세제에 첨가하여 이들의 조성과 세척 온도를 달리하여 면직물을 반복세척했을 때 셀룰로오스의

카르복실 함량, 銅價 그리고 중합도와 더불어 직물의 인장강도 변화와 표면형태의 변화를 살펴보고자 하였다.

## II. 실험

### II-1. 시약 및 시험포

#### II-1-1. 시약

세제 : 음이온계면활성제, 비온계면활성제, sodium sulfate, sodium silicate, optical brightener, zeolite와 soda ash가 포함된 시판상품(LG)

표백제 및 표백활성제 : sodium perborate (PB), sodium percarbonate (PC), tetraacetyl ethylenediamine (TAED)(LG)

Methylene blue, 5, 5-diethylbarbituric acid(barbital), copper sulfate는 시약 특급을 사용하였으며 그 외의 시약은 시약 1급을 사용하였다.

#### II-1-2. 시험포

시험포로는 일본세탁과학협회의 洗淨시험용 백면포를 10% (o.w.f) 탄산나트륨 용액에서 액비를 30:1로 하여 3시간 동안 끓인 후 충분히 수세하고 건조하여 사용하였으며 그 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of fabric

material	cotton 100 %
weave	plain
fabric count (ends×pick/inch)	67×60
thickness (mm)	0.362

### II-2. 실험방법

#### II-2-1. 세척

세척은 Terg-o-Tometer (model 463, Yasuda Seiki)를 사용하여 세제, PB, PC 그리고 TAED의 조성을 변화시켜서 농도를 0.1% 가 되도록 한 세액 1l에 15×20 cm의 백면포를 6 매씩 넣고 25, 40, 60, 80°C 온도에서 교반속도 80 rpm으로 20 분간 세척하고 동일 조건에서 중류수로 2분간 2회 헹구어 공기 중에서 건조하였다. 25°C 와 40°C 에서는 50회까지, 그리고 고온

에서의 세탁빈도는 상온보다 비교적 적으므로 60°C 와 80°C 에서는 30회까지 반복세척하였다.

#### II-2-2. 카르복실 함량

셀룰로오스의 카르복실 함량은 Davidson<sup>15)</sup>의 methylene blue 흡착법에 따라 계산하였다.

Carboxyl 함량(mM/100 g cellulose)

$$= \frac{(0.4 - \text{검량선에서의 시료농도}) \text{ mM}}{10} \times \frac{100(\text{g})}{\text{시료무게}(\text{g})}$$

#### II-2-3. 銅價

셀룰로오스가 산화하여 생성된 카르보닐의 정량은 TAPPI standard에<sup>16)</sup>에 따라 100 g 의 셀룰로오스에 대한 銅價를 다음식에 따라 계산한다.

Copper number

$$= \frac{\text{KMnO}_4 \text{ 농도(N)} \times \text{적정에 사용한 } \text{KMnO}_4(\text{ml}) \times 0.0636 \times 100}{\text{시료무게}(\text{g})}$$

#### II-2-4. 중합도

셀룰로오스 산화에 따른 중합도 변화는 TAPPI standard에<sup>17)</sup> 따라 0.5 M cupriethylenediamine 용액으로 셀룰로오스를 용해하여 modified Ubbelohde viscometer를 사용하여 25°C에서 점도를 측정하였다. 다음 식에 따라 분자량을 구하고 anhydrous glucose 분자량인 162로 나누어 중합도를 구하였다.

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{sp}}{C} \quad \text{여기서 } C : \text{용액의 농도(g/ml)}$$

$$[\eta] = KM^\alpha \quad \text{여기서 } K : 13.3 \times 10^{-5}$$

$$\alpha : 0.905$$

$$M : \text{분자량}$$

#### II-2-5. 인장강도

인장강도는 KS K 0520에 의해 래블스트립법으로 마련한 경사 방향의 시험편을 만능 인장강도시험기(model 1011, Instron)로 3회 측정하여 평균값으로 계산하였다.

#### II-2-6. 주사전자현미경 관찰

백면포 표면형태를 살펴보기 위해 Au를 240초간 증착시킨 시료를 가속전압을 25 kV로 하여 주사전자현미경(X-650, HITACHI)으로 관찰하였다.

#### II-2-7. 과산화수소의 소모량<sup>18)</sup>

셀룰로오스 산화에 미치는 과산화수소의 영향을 살펴보기 위해 세척 전·후 세액 250 ml에 황산과물의 부피비가 1:4인 황산용액 30 ml를 삼각플라스크에 넣고 KMnO<sub>4</sub>로 분홍색이 될 때까지 적정하여 다음 식에 따라 과산화수소의 양을 계산하여 세척시

소모된 과산화수소의 양을 구하였다.

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> g/250 ml

$$= \frac{\text{KMnO}_4 \text{ 농도(N)}}{0.1(\text{N})} \times \text{적정에 소요된 } \text{KMnO}_4 \text{의 양(ml)} \times 0.0017$$

### III. 결과 및 고찰

#### III-1. 카르복실 함량의 변화

세제, PB, PC 와 TAED의 조성을 달리하여 백면포를 40°C 와 60°C에서 반복하여 세척하였을 때 카르복실 함량변화는 Fig. 1과 같다.

40°C에서는 PB, PC 및 TAED를 첨가했을 때의 카

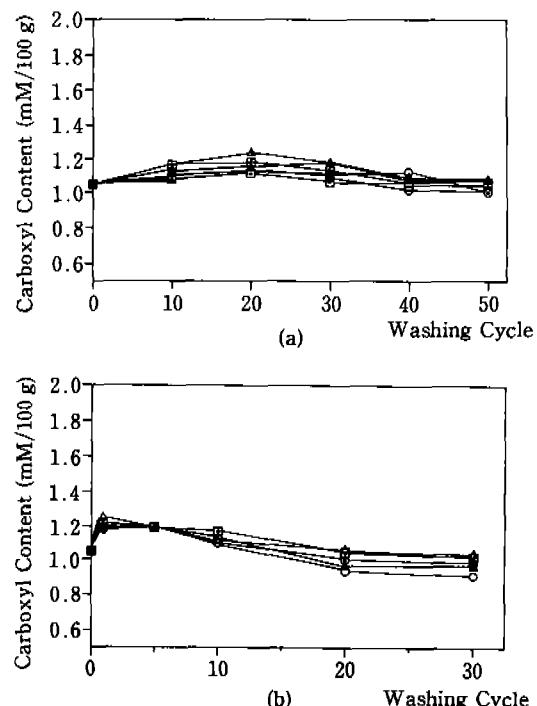


Fig. 1. Effect of washing cycles on the carboxyl content of cotton fabric.

(a) 40°C

(b) 60°C

로 복실 함량은 세제만을 사용했을 때와 비교하여 큰 차이가 없으나 60°C에서는 세제만으로 세척했을 때보다 PB, PC 및 TAED가 첨가되었을 경우 20회 이후에는 카르복실 함량의 차이가 나타나는데 이것은 60°C에서는 40°C 보다 표백제가 셀룰로오스의 산화에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보인다. 그러나 세척 후 생성된 카르복실기의 양은 세척전 면직물의 것과 큰 차이가 없어 과산화물계의 표백으로 카르복실기의 생성은 많지 않아 Trieselt 등<sup>11,14)</sup>의 보고와 일치한다. 면섬유가 산화제에 의해 산화되는 일반적인 경향을 셀룰로오스의 수산기가 케톤기를 거쳐서 카르복실기로 산화되고, 다음 단계로 pyranose環의 개방이나 주쇄의 결단이 일어난다고 보고되어 있으며<sup>15)</sup> 따라서 카르복실기는 산화초기 보다는 산화가 진행되어 생성되는 것이라 할 수 있다. 그러므로 과산화물계 표백제에 의한 셀룰로오스의 카르복실 함량은 큰 변화가 없어 면섬유의 산화가 심하지 않은 것으로 생각된다.

세척이 반복됨에 따라 카르복실 함량이 증가하다 감소하는 경향을 보이는데 이는 40°C에서 보다 60°C에서 두드러졌다. 이런 결과는 본 연구에서는 세제에 첨가한 표백제의 영향을 알아보려 하였는데, 표백제 이외에 세제의 성분 즉 계면활성제 및 첨가제 등이 methylene blue의 흡착에 영향을 준 것으로 생각된다.

### III-2. 銅價의 변화

세제 중 PB, PC 와 TAED의 조성을 달리하여 40°C 와 60°C에서 반복세척 했을 때 銅價의 변화는 Fig. 2 와 같다.

세척이 반복됨에 따라 40°C, 60°C 모두 동가가 증가하였는데 세제에 PB, PC 및 TAED를 첨가하면 세제만으로 세척한 경우보다 동가는 큰 값을 보인다. 40°C에서는 PB에 TAED를 첨가하였을 때가 PB 또는 PC만을 사용했을 때보다 동가가 크나, 60°C에서는 TAED를 첨가하면 동가의 증가가 작아 세제만으로 세척한 것과 비슷하므로 표백활성제의 작용은 60°C 미만의 온도에서 그 효과가 큰 것임을 알 수 있다.

60°C에서는 40°C 보다 세척횟수에 따른 동가 증가율이 크며, PB를 첨가하면 PC를 첨가한 경우보다 동가의 증가율이 더 크며 농도효과도 뚜렷하다. 그러므로 PB는 60°C 이상에서 셀룰로오스 산화에 영향을 미치는 것으로 보인다.

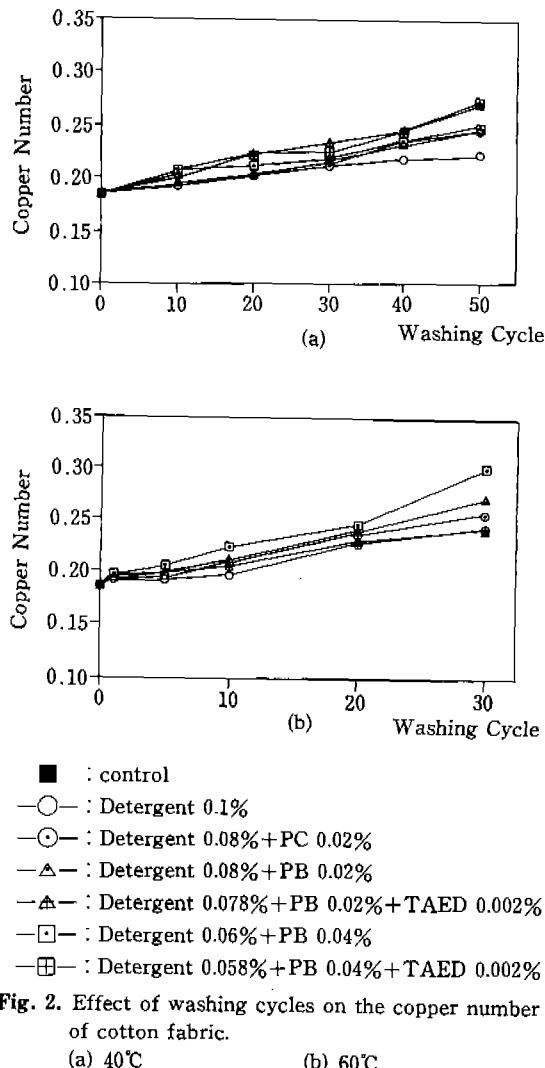


Fig. 2. Effect of washing cycles on the copper number of cotton fabric.

(a) 40°C

(b) 60°C

세척횟수가 증가하면 카르복실 함량과는 달리 銅價는 증가하여 본 세척 실험의 조건에서 과산화물계 표백의 작용으로는 주로 카르보닐기가 형성된 것을 알 수 있다.

### III-3. 중합도의 변화

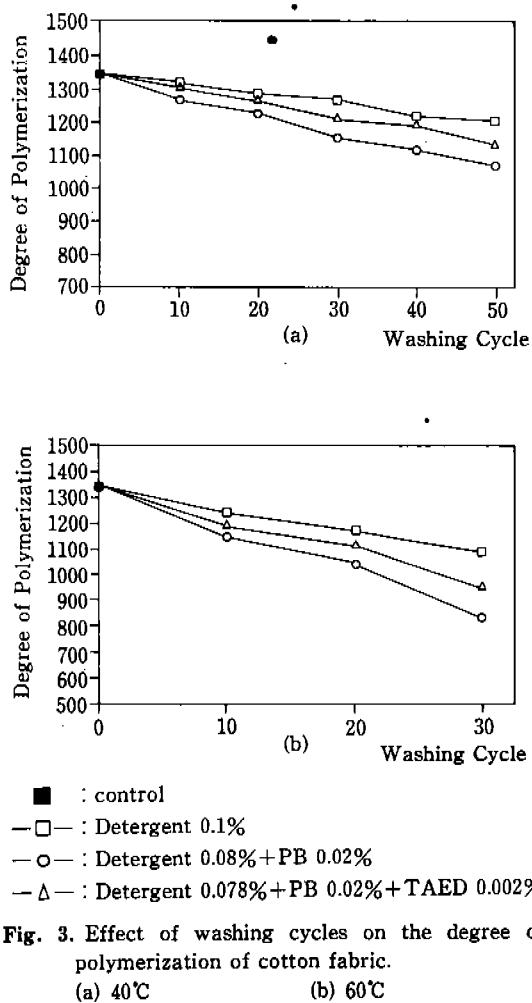
세제에 PB 및 TAED를 첨가하여 40°C 와 60°C에서 반복세척했을 때의 중합도 변화는 Fig. 3과 같다.

40°C에서는 세척이 반복되어도 중합도 저하가 크지 않고 세제만을 사용한 것과 PB와 TAED를 첨가하여

세척한 것과의 차이도 크지 않으나, 60°C 에서는 세제에 PB 단독 또는 여기에 TAED를 첨가한 경우 중합도 저하가 매우 크다

세제에 PB만을 첨가했을 때보다 TAED를 함께 첨가했을 때에 40°C 와 60°C 에서 모두 중합도 저하가 적다.

종합도에 미치는 온도의 영향을 보면  $40^{\circ}\text{C}$ 에서 50회 반복세척시, 세룰로오스의 종합도는  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 20회 세척한 것과 비슷한 수준을 보였으며 세제만으로 세척시에도  $40^{\circ}\text{C}$ 보다  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 종합도 저하가 더 큰데, 이는 세제의 pH가 10.5로 알칼리성을 나타내는 것에 기인하는 것으로 생각된다.



**Fig. 3. Effect of washing cycles on the degree of polymerization of cotton fabric.**

본 실험에서 측정한 중합도는 다른 보고에 비해 매우 낮은 값을 나타내는데 이는 셀룰로오스를 용해시 사용한 cupriethylene에 의해 섬유가 용해되어 나타난 결과로 본 실험조건내에서만 비교하는 것이 적절하다고 생각된다.

### III-4. 인장강도의 변화

셀룰로오스 섬유의 화학적 변화에 따른 섬유의 물성 변화를 알아보기 위하여 세제 중 PB, PC와 TAED의 조성을 달리하여 25°C, 40°C, 60°C 와 80°C 에서 반복 세척 후 축정한 이정간도의 변화는 Fig. 4 와 같다.

25°C에서는 세제만을 사용한 것과 PB, PC 그리고 TAED를 첨가한 경우 각각의 인장강도에 차이가 없으며 반복세척에 의해서도 강도 저하가 크지 않은데 이는 온도가 낮아 표백제의 작용이 활발하지 못해 면직물의 손상에 큰 영향을 미치지 못한 것으로 여겨진다.

25, 40, 60°C 그리고 80°C 모두 세척이 반복됨에 따라 인장강도가 저하되었으나 온도가 높을수록 강도가 더 크게 저하하는 경향이 있으며 60°C 와 80°C 에서는 초기 세척에서 강도가 크게 저하하였으나 그 이후에는 비교적 강도 저하가 적은데 이는 세제나 표백제에 의한 화학작용보다 세척에 의한 치물구조 변화 등의 물리적이 영향으로 생각된다.

반복 세척 후에는 세척전 면포 강도의 12~16% 정도만이 감소하였는데 이것은 카로복실 함량이나 銅質의 결과와 같이 반복세척시 PB나 PC에 의한 면섬유의 손상은 심하지 않아 강도저하가 크지 않은 것으로 생각된다.

한편 중합도와 인장강도의 상관관계는 Fig. 5와 같은 비례관계를 나타내었다.

### III-5. 주사전자현미경에 의한 표면형태 변화의 관찰

세제에 PB를 배합하여 25, 40, 60°C 와 80°C 에서 반복세척했을 때의 섬유표면의 형태 변화를 관찰하여 면섬유의 손상정도를 알아보고자 하였으며 관찰 결과는 Fig. 6~8 과 같다.

Kokot 등<sup>19)</sup>은 전극에서 발생한 산소에 의해 면섬유가 손상을 입게되면 면섬유의 1차벽에서 microfibril이 벗겨져 나가는 필링(peeling)이 발생하여, 1차벽이 떨어져 나가거나 섬유표면에 구멍과 갈라짐이 생기거나

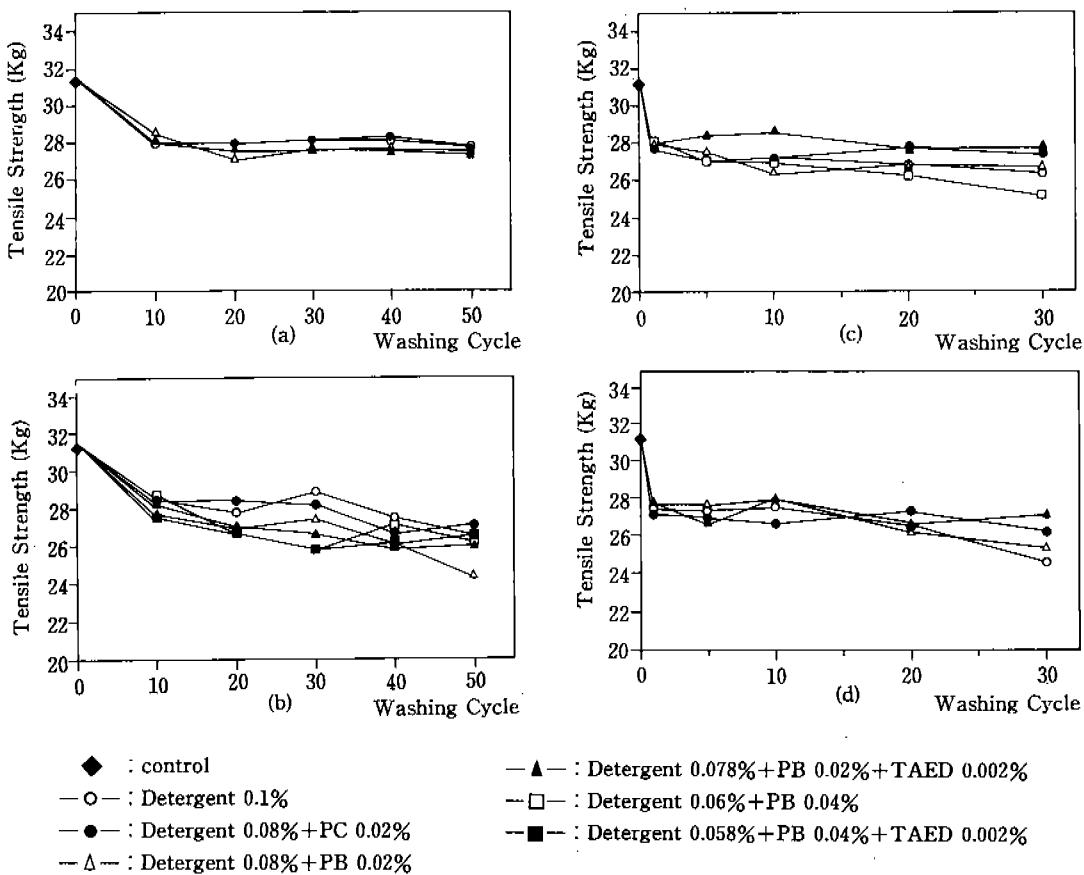


Fig. 4. Effect of washing cycles on the tensile strength of cotton fabric.

(a) 25°C (b) 40°C (c) 60°C (d) 80°C

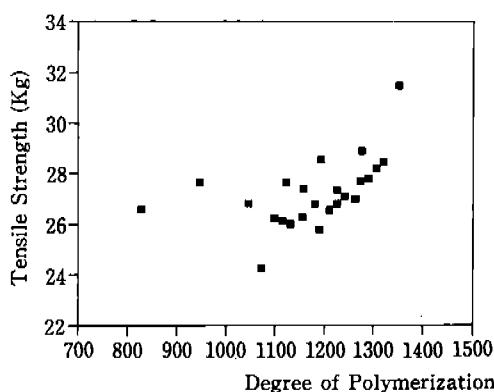


Fig. 5. Relation between tensile strength and degree of polymerization of cotton fabric.

섬유의 결단이 일어나게 된다고 하였다. 또한 Goynes 등<sup>20</sup>은 9%의 과산화수소로 면섬유를 처리했을 때 면섬유가 길라져 피브릴이 노출된 것은 나타나지 않았다고 했는데, 표백제를 첨가하여 반복세척시에는 Fig. 6의 전처리만 행한 것에 비해 온도가 높아질수록 섬유의 배열이 불규칙해지고 실 사이의 간격도 넓어지며 섬유 표면의 벗겨짐이 점차 많이 생기는 것을 볼 수 있다 (Fig. 7).

60°C에서 30회 반복세척을 세제만으로 행한 것과 PB를 첨가하여 행한 것을 비교해 보면 PB가 첨가된 경우의 섬유손상이 좀 더 심한 것을 알 수 있다. 25, 40°C에서 50회 반복세척한 것과 60, 80°C에서 30회 반복세척한 것을 비교하여 보면 25°C와 40°C에서 각각



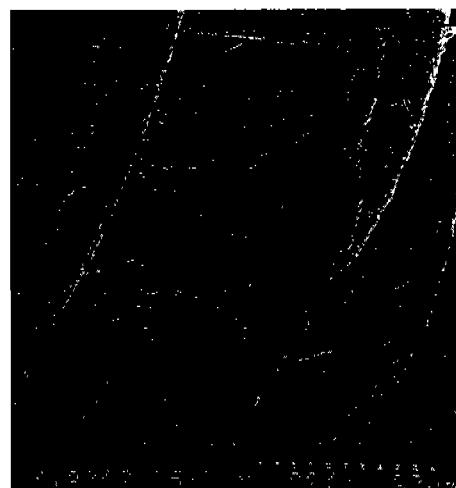
Fig. 6. Scanning electron micrograph of untreated cotton fabric.

50회 반복세척한 것은 정련면과 비교해 실간의 간격이 넓어지고 섬유배열이 불규칙해졌으나 섬유의 표면형태는 정련면의 섬유와 큰 차이를 보이지 않으나 60°C 와 80°C에서 30회 반복세척한 것은 25°C나 40°C보다 반복횟수는 적지만 손상정도는 더 심한 것을 볼 수 있다. 즉 온도가 높아질수록 섬유표면 손상은 더 많은 것을 알 수 있어 높은 온도에서는 손상이 더 빨리 진행되는 것을 보여준다.

모든 온도에서 섬유표면이 벗겨지는 것 이외에 이물질이 섬유표면에 부착된 것을 관찰할 수 있었는데, 이

것은 세척후 세제의 성분이 잔존한 것으로 예상되어 80°C에서 세제에 PB를 배합하여 30회 반복세척한 백면포를 에탄올로 8시간 동안 속스레 추출한 후의 SEM 사진(Fig. 8)에서는 섬유표면에 부착된 물질이 적어 이로부터 세척시 세제의 성분이 부착된 것임을 알 수 있다. 따라서 이런 물질들이 카르복실 함량측정에 영향을 준 것으로 생각된다.

이상과 같이 온도가 높아질수록 그리고 세척이 반복되고 PB가 첨가됨에 따라 섬유표면 손상이 일어나나 이러한 손상정도는 면직물의 인장강도 저하에는 큰 영



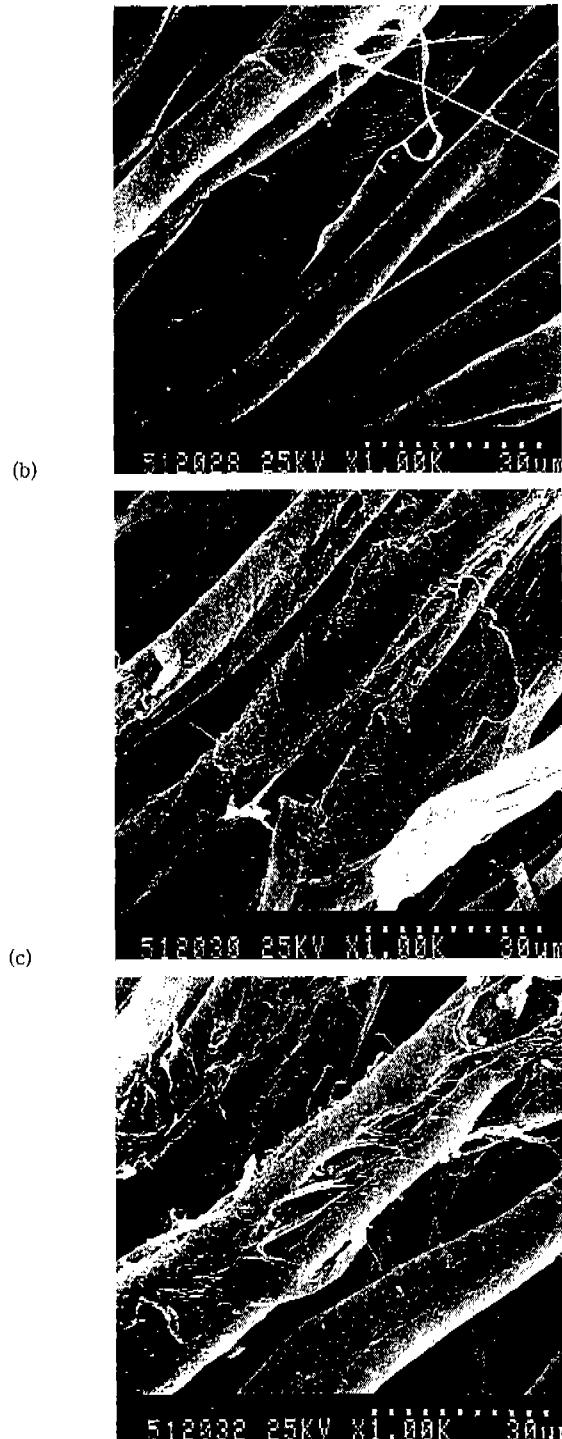


Fig. 7. SEM of washed cotton fabric.



Fig. 8. SEM of washed cotton fabric after ethanol extracted.

향을 미치지 않았다.

### III-6. 과산화수소의 소모량과 면섬유 손상도와의 관계

25, 40, 60°C 와 80°C 에서 PB, PC 및 TAED를 첨가하여 세척한 후의 과산화수소의 소모량과 셀룰로오스의 중합도와의 관계는 Fig. 9와 같다.

온도 증가에 따라 과산화수소의 소모량이 증가하였는

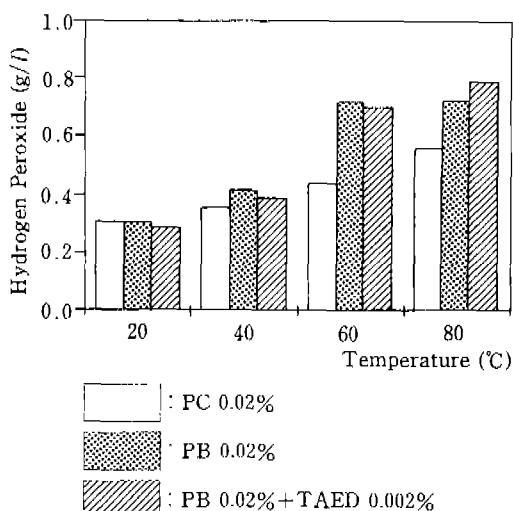


Fig. 9. Effect of temperature on hydrogen peroxide exhaustion.

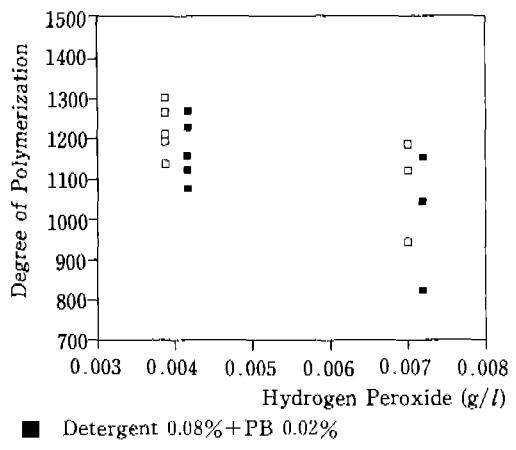


Fig. 10. Relation between the degree of polymerization of cotton fabric and hydrogen peroxide exhaustion. (40°C, 60°C)

데 PB가 첨가된 경우에는 60°C 가 되면서 PC에 비해 과산화수소의 소모량이 많아졌으나 80°C 가 되어도 그 소모량이 크게 증가하지 않아 60°C 에서 PB의 작용이 활발해진 것을 알 수 있다.

한편 40°C 와 60°C 에서의 과산화수소 소모량과 면섬유 중합도와의 관계는 Fig. 10으로 이것은 40°C 와 60°C 에서의 과산화수소 소모량과의 관계만을 나타냈기 때문에 그레프 상에서 연속된 점은 나타나지 않았으나 반비례관계를 보인다. 이는 온도가 높아져 과산화수소의 소모량이 많아지게 되면서 면섬유 손상에 미치는 영향이 커지게 됨을 보여주는 것이다.

### IV. 결 론

비색포의 백도를 높이고 색소오염을 손쉽게 제거하기 위하여 세제에 표백제를 첨가할 수 있으나, 우리나라에서는 상온이나 낮은 온도에서의 세탁이 일반화되어 있으므로 표백제의 효과를 둡기 위해 표백활성제를 첨가하게 된다. 세제에 첨가한 표백제는 세척효과를 나타내나 섬유를 손상할 수도 있을 것이다. 본연구에서는 세제에 첨가하는 표백제로는 과봉산나트륨과 과탄산나트륨을 사용하고 표백활성제로는 TAED를 사용하여, 이들의 조성과 세척온도를 달리하여 반복세척 했을 때의 면직물의 손상도를 평가하기 위하여 면섬유의 카르복실기와 쿠마린, 중합도, 인장강도와 섬유표면형태의 변화를 측정

하였다. 한편 표백제로부터 발생하여 세척과정 중 소모된 과산화수소의 양을 측정하여 면섬유의 손상도와의 관계도 알아보아 다음의 결론을 얻었다.

면섬유의 카르복실함량은 과산화물계 표백제를 배합한 세제로 반복세척에 따라 큰 변화를 보이지 않았으나銅價는 세척이 반복될수록 그리고 온도가 높아질수록 증가하였고, 60°C 이상에서는 과탄산나트륨보다 과봉산나트륨만을 배합하여 세척한 면섬유의 銅價가 더 크다. 그러나 60°C에서 TAED를 첨가시 면섬유의 銅價는 세제만으로 세척한 것과 차이를 보이지 않았다.

중합도는 과봉산나트륨을 첨가한 경우 세제만으로 반복세척한 것보다 저하가 커졌으며, 온도증가시 중합도 저하가 더 크게 나타났다. 그러나 TAED를 함께 첨가하면 과봉산나트륨만을 사용했을 때보다 중합도 저하가 적었다.

인장강도는 25°C, 40°C에서는 반복세척에 따른 저하가 적었으나 60°C 이상의 온도에서는 표백제를 배합하여 세척한 경우 강도 저하가 크게 나타났다.

세제에 과봉산나트륨을 배합하여 세척한 면섬유의 표면형태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 세척전과 비교해 세척후 섬유배열이 불규칙해지고 실간의 간격이 커졌으며 온도가 높아지고 세척이 반복될수록 표면손상이 심해졌다.

세척시 소모된 과산화수소의 양은 온도가 높아질수록 증가하였으며 중합도 저하와는 비례관계를 보였다.

### 참 고 문 헌

- 1) Jacobi, G., Lühr, A. Detergents and Textile Washing, VCH, pp. 94-95 (1987)
- 2) Lange, K.R., Detergents and Cleaners, Hanser, pp. 93-94 (1994)
- 3) Karsa, D.R., The Development of Household Laundry Detergents in Western Europe, *Rev. Preg. Color.*, 20, 70 (1990)
- 4) Kuzel, P., Über die Bleichwirkung von Natriumperborat bei mittleren Waschtemperaturen, *Seifen Ole Fette Wachse*, 105, 423 (1979)
- 5) Grime, J.K., Optimization of Laundry Bleaching Efficiency, *Tenside*, 23, 23 (1992)
- 6) Mecheels, J., Untersuchung Zur Wirkung eines Waschmittels mit Niedrigtemperatur-Bleichaktivator, *Seifen Öl Fette Wachse*, 108, 31 (1982)
- 7) Fine, L.W., Grayson, V.S., Grayson, M., N-Acylimidazoles-New Class of Perborate Activators for Laundry Bleaching, *Soap. Cos. Chem. Spec.*, 50, 42 (1974)
- 8) Karunditu, A.W., Carr, C.M., Dodd, K., Activated Hydrogen Peroxide Bleaching of Wool, *Textile Res. J.*, 64, 570 (1994)
- 9) Harry, L.T., Fabric Bleaching with Sodium Perborate, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 45, 493 (1968)
- 10) Analytical Methods for a Textile Laboratory, AATCC, p. 226 (1968)
- 11) Lewin, M., Sello, S.B., Handbook of Fiber Science and Technology, Vol I, Chemical Processing of Fibers and Fabrics, Part B, Marcel Dekker Inc., pp. 176-177 (1984)
- 12) Bruce E., Hartschuch, Introduction to Textile Chemistry, Wiley, pp. 136-138 (1950)
- 13) Rath, H., Lehrbuch D., Textile chemistry, Springer, S. 23 (1963)
- 14) Trieselt, W., Über die Chemie der Katalyschäden bei der Peroxidbleiche, *Melliland Text.*, 51, 1094 (1970)
- 15) Davison, G.F., The Acidic Properties of Cotton Cellulose and Derived Oxycellulose, *J. Textile Inst.*, 39, T85 (1948)
- 16) TAPPI Standard, T215M-50,
- 17) TAPPI Standard, T230sm-50
- 18) 조환, 조용석, 섬유화학, 형설출판사, p. 61 (1990)
- 19) Kokot, S., Marahusin, L., Schweinsberg, P., A Morphological Study of Cotton Fabric Damage by Electro-Generated Oxygen, *Textile Res. J.*, 63, 313 (1993)
- 20) Goynes, W.R., Carra, J.H., Berni, R.J., Changed in Cotton Fiber Surface Due to Washing, *Textile Res. J.*, 54, 242 (1984)