

〈研究論文(學術)〉

BTCA에 의한 실크/면 교직물의 DP 가공 (I) - 물리적 특성에 미치는 처리 조건의 영향 -

¹이문철 · 조석현*

한국견직연구원, *부산대학교 섬유공학과
(2001. 11. 13. 접수/2002. 1. 5. 채택)

Durable Press Finishing of Silk/Cotton Fabrics with BTCA (I) - Effect of Treating Conditions on Physical Properties -

¹Mun Cheul Lee and Seok Hyun Cho*

Department of Textile Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea
*Korea Silk Research Institute, JinJu 660-904, Korea
(Received November 13, 2001/Accepted January 5, 2002)

Abstract—Silk/cotton fabrics were treated with butanetetracarboxylic acid(BTCA) to improve crease recovery and anti-shrinking properties at various curing temperatures and pH values. We investigated the effects of finishing conditions on add-on of BTCA, bending property(*B*, *2HB*), wrinkle recovery angle, shrinkage, and dyeing properties. The Add-on of BTCA increased with increasing curing temperature and concentration. Crease recovery was improved with decreasing shrinkage. Maximum add-on of BTCA was showed at pH 2.5. In case of dyeing and mercerization, silk side treated with BTCA was more flexible than untreated, whereas cotton side was more stiff. In dyeing after mercerization, *B* and *2HB* values were higher and *K/S* values were doubled nearly. The hand of fabric improved with decreasing *B* and *2HB* by the BTCA treatment. BTCA treatment after reactive dyeing improved crease recovery, and caused no change of color difference. However, BTCA treatment after reactive dyeing didn't improve crease recovery, whereas *B* and *2HB* were decreased considerably by the treatment.

Keywords : BTCA, Silk/cotton, Crease recovery, Shrinkage, Add-on

1. 서 론

실크는 특유의 광택과 부드러운 촉감을 지니고 있어 흡습성과 보온성이 뛰어나 이상적인 고급섬유지만 방추성, 방축성 등이 나쁜 단점을 가지고 있다. 이러한 단점들은 견섬유의 물세탁을 거의 불가능하게 하고 있어 실크섬유가 보다 실

용적인 의복 소재로 활용되기 위하여서는 궁극적으로 내세탁성이 해결되어야 한다. 면은 천연 꼬임으로 뛰어난 탄력성과 부드럽고 포근한 감촉이 있고, 중공 단면구조로 보온성과 흡습성이 좋지만 구김이 가기 쉬우므로 방추성 부여를 위해 수지가공을 실시해 왔다¹⁾. 최근에는 면직물에 많이 사용되고 있는 DMDHEU가 성능이 우수하고, 경제성은 있으나 포름알데히드의 유리로 인체 발암물질로 규제된 포름알데히드를 발생시키지 않는 DP 가공²⁻⁷⁾, 특히 BTCA를 이용한 가공⁸⁻¹⁰⁾에 대한

¹Corresponding author. Tel. : +82-51-510-2408; Fax. : +82-51-512-8175; e-mail : leemc@hyowon.pusan.ac.kr

연구가 많이 진행되고 있으며, 실크섬유의 개질가공에 있어 BTCA에 의한 실크 가공에 관한 연구도 많이 진행되고 있다.

한편, 2관능형 반응성염료는 실크 섬유 내에서 가교결합을 형성할 수 있어 높은 흡착율과 고착율, 우수한 균염성과 세탁 견뢰도를 나타낸다. 1관능형보다 높은 고착율을 나타내는 것은 2개중 한 개의 반응기가 가수분해해서 반응기가 실크사와 반응하는 것이 가능하기 때문이다. 2관능형(MCT/VS형) 반응성 염료가 가교결합을 하면 실크의 염색농도 증가와 함께 용해도가 감소한다는 보고와¹¹⁾, 2개의 반응기가 실크를 가교화 하는 것을 용해도 시험으로 보인 보고도 있다¹²⁾.

본 연구에서는 실크 직물의 관능성이나 품질 저하를 최소화하면서 실용 가능성을 부여할 수 있는 가공기술을 검토하기 위하여 실크/면 교직물을 염색한 후 BTCA로 DP(durable press) 가공을 행하였을 때 수지 부착량, 방추도, 굵힘특성 및 수축률에 미치는 가공 조건의 영향을 검토하였다.

2. 실험

2.1 시 료

시료로써 경사(Wp)에 실크 생사(21중/3합) 125올/2.54cm, 위사(Wt)에 면사(80's/2합,삼일방적) 120올/2.54cm의 평직물(91.2g/m²)로 제작한 실크/면 교직물을 마르세이유 비누 15%, 탄산나트륨 5%, 정련제 5%, 하이드로슬파이트 1%로 정련하고 수세 후 건조하여 사용하였다.

2.2 시약 및 염료

NaOH, Na₂HPO₄, NaH₂PO₂, NaH₂PO₄ · 2H₂O, C₃H₅O₃Na, CH₃COOH는 특급시약을, butanetetra-carboxylic acid(BTCA, 다이셀化工, 日本), 유연제(Snotex SF-100, 대영화학) 및 소핑제(Snopol SR-144, 대영화학)는 시판품을 그대로 사용하였다. 염료는 2관능형(MCT/VS) 반응성 염료 Sumifix Supra Red 3BF(C.I. Reactive Red 195, Sumitomo Chem. Co., Japan)를 사용하였다.

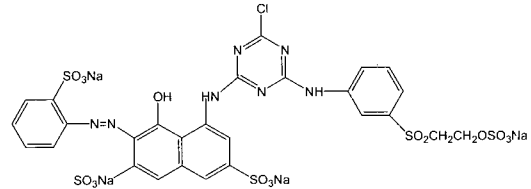
염료의 구조식은 Table 1에 나타내었다.

2.3 실크/면 교직물의 머서화

NaOH 농도 16~20 Be', 20℃에서 2dip-2nip법으로 85% wet pick-up으로 하여 원래 폭대로 인장하면서 30~120초간 처리한 후, 1% 아세트산으

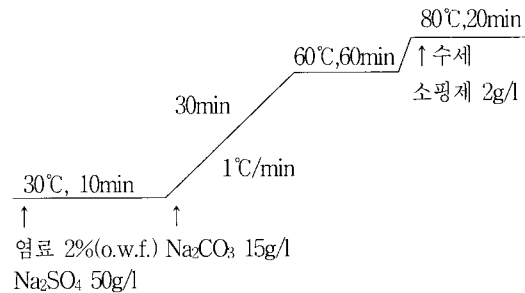
로 중화하고 충분히 수세, 건조하였다.

Table 1. Structure of Sumifix Supra Brilliant Red 3BF(C.I. Reactive Red 195)



2.4 염 색

실크/면 교직물을 Sumifix Supra Red 3BF 염료농도 2%(o.w.f.)로 아래 조건하에서 염색하였다.



2.5 겉보기 표면염착량

겉보기 색농도는 분광측색계(Macbeth, Color-Eye 7000A, USA)를 사용하여 D₆₅ 광원, 10° 시야의 조건으로 최대흡수파장의 반사율을 측정하였다. 이것으로부터 Kubelka-Munk 식 (1)을 사용하여 겉보기 표면염착농도(K/S)를 계산하였다. 또한 CIELAB 표색계의 metric lightness(L*)는 아래 식 (2)에 의해 구하였다.

$$K/S = (1 - R_{\min})^2 / 2R_{\min} \quad (1)$$

R_{min} 표면 반사율이다.

$$L^* = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 \quad (2)$$

2.6 황변지수

CCM(Macbeth, Color-Eye 7000A, USA)을 이용하여 광원 C를 사용하여 샘플에 대한 3차극치인 X, Y, Z로부터 다음 식에 의해 Yellow Index(YI)를 계산하였다.

$$YI = 100 \times [1 - 0.847Z] Y$$

2.7 실크/면 교직물의 BTCA 처리

가공제인 BTCA를 30~90g/l, 촉매 0.3~2.0mol(vs BTCA), 유연제 1%, 욕비 1:15의 처리욕에서 5~30min 침지 후, 약 100% wet pick up으로 160~190℃, 30~120초간 Tenter(Matis, Swizland)로 열처리하고, 충분히 수세한 후 건조하였다.

2.8 수지부착율 측정

수지가공 전후의 중량으로부터 수지부착율(add-on)을 측정하였다.

$$\text{수지부착율(\%)} = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \times 100$$

W₀: 미처리 시료의 건조중량

W₁: 수지가공 시료의 건조중량

W₂: 수지가공 시료의 수세 후 건조중량

2.9 직물 수축률 및 방추도 측정

KS K 0603 비누액법에 의해 직물의 수축률을 측정하였다. 또한 방추도는 KS K 0550 개각도법에 의해 각각 경·위사 방향에 측정하여 구김회복각(wrinkle recovery angle, WRA)으로 나타내었다.

2.10 굽힘 특성 측정

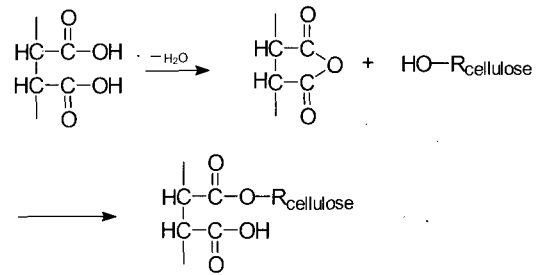
굽힘 특성은 KES-FB System(Kato Tech., Japan)을 사용하여 경·위사 방향으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 BTCA와 셀룰로오스 및 실크와의 반응기구

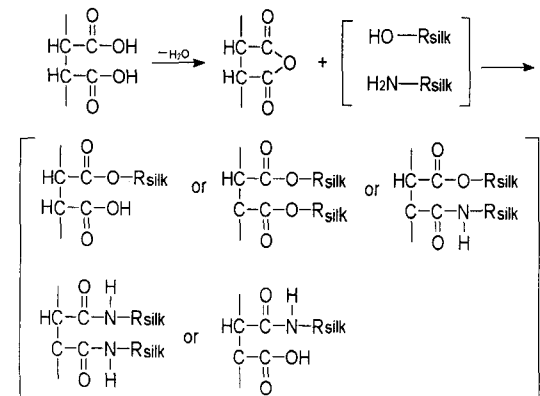
셀룰로오스 에스테르화에 대한 중간체로 산무수물의 형성이 제안되고, 한 분자 내에 3개 이상의 카르복시기를 갖는 폴리카르복시산은 높은 온도의 열처리에 의해 분자 내의 인접한 카르복시기간에 5~6각환의 무수물을 형성한다⁴⁾고 알려져 있으며 BTCA의 경우 4개의 카르복시기를 가지고 있어 2 무수물을 형성할 수 있음이 질량분석과 열분석을 통해 밝혀졌다. 이러한 환상 무수물은 셀룰로오스의 히드록시기와 반응하여 에스테르결합을 형성한다. Scheme 1과 같이 폴리카르복시산에 의한 셀룰로오스 에스테르화에 대한 가정은 두 단계로 진

행한다. 먼저 1 단계로 폴리카르복시산 분자 중 2개의 카르복실기의 탈수반응에 의해 환상의 산무수물(anhydride) 중간체의 형성, 2단계로 에스테르를 형성하기 위한 산무수물 중간체와 셀룰로오스 사이의 반응이다. 인산염이 촉매로 사용된 경우 제시된 반응기구는 3단계로, 제 1 단계는 폴리카르복시산이 열처리에 의해 산무수물을 형성하고, 2단계로 산무수물과 인산염촉매가 반응하여 알킬아인산염을 형성함으로써계에서의 에스테르화 반응을 촉진시킨다. 즉 인산염 촉매의 주된 역할은 폴리카르복시산에서 환상무수물 생성을 촉진한다¹³⁾.



Scheme 1. Mechanism of the esterification of BTCA with cellulose materials.

한편 Scheme 2와 같이 견섬유의 아실화 반응은 친핵성 치환반응으로 주 반응 위치는 견 섬유내의 티로신, 세린 잔기의 히드록시기와 리신 잔기의 아민기이며 이염기산 무수물들에 의한 견 섬유 처리에 있어서 에스테르 가교결합이나 아마이드 결합이 형성된다¹⁴⁾.



Scheme 2. Mechanism of the esterification of BTCA with silk amino acids.

3.2 수지부착율, 물성에 미치는 BTCA 처리 농도 및 큐어링의 영향

여러 가지 시약에 의한 셀룰로오스와의 가교에 의해 DP성을 부여할 수 있는데 BTCA와 면의 에스테르 반응시 촉매로 인산염이 BTCA에 에스테르화 촉매작용을 하기 위해 전자를 공급하므로 이러한 가교결합을 위해서는 인산염 촉매의 사용과 열처리가 필요하고, 폴리카르복시산과 셀룰로오스의 반응에서 가장 효과적인 촉매로 sodium hypophosphite라는 보고가 있으며¹⁵⁾, 인산2수소나트륨과 BTCA를 섞어 열분석한 결과 BTCA의 무수물 형성 시간을 단축시켜, 반응에너지도 감소시켰다는 보고도 있다¹⁶⁾.

Table 2는 BTCA 50g/l, 촉매 농도 1.0mol(vs BTCA)에서 유연제를 사용하지 않고 180°C, 3분간 처리한 경우의 촉매의 종류에 따른 실크/면 교직물의 수지부착율을 나타낸 것이다. Table에서 보는 바와 같이 수지 부착율은 촉매 종류에 따라 큰 차이는 보이지 않으나 인산2수소나트륨을 촉매로 사용하였을 때 비교적 큰 값을 보였다. Fig. 1은 BTCA 처리욕 내의 pH 값에 따른 수지부착율을 나타낸 것으로 pH 2.5에서 가장 높은 값을 보였다. 이것은 가공 욕내에 인산2수소나트륨과 같은 인산염이 공존할 때 2개의 이온화 평형상태(인산염과 BTCA)가 용액내에 존재하고 이 상태에서 활성종의 상대적 농도를 계산하여 카르복시기와 카르복시산염의 pH에 따른 상대적 농도를 알 수 있다. 즉 pH가 커질수록 카르복시기들이 카르복시산염으로 바뀌기 때문에 반응이 일어나기 어렵게 된다. 따라서, 효과적인 가교결합을 위해서는 적절한 pH의 선택이 요구된다.

Table 2. Effect of catalysts on add-on of BTCA-treated silk/cotton fabrics

Catalyst	BTCA add-on(%)
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	4.59
Na ₂ HPO ₄	4.09
C ₃ H ₅ O ₃ Na	3.91
NaH ₂ PO ₂	4.08

Treating condition: BTCA 50g/l, softener 1%, catalyst mole ratio 1.0(vs BTCA), liquor ratio 1 : 15, pH 2.5, dipping 5min, curing 180°C, 3min.

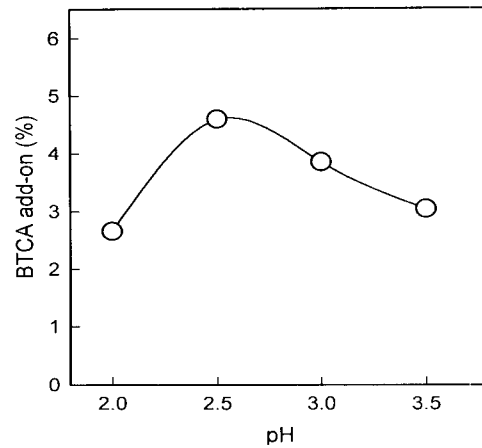


Fig. 1. Relationship between pH value and add-on(%) of silk/cotton fabric treated with BTCA.

Table 3은 BTCA의 물농도에 대한 촉매의 물농도비에 따른 수지부착율을 나타낸 것으로 물농도비

Table 3. Physical properties for silk/cotton fabrics treated with BTCA at different mole ratio of disodium hydrogenphosphate

Treatment	BTCA add-on (%)	WRA (degree)		Shrinkage (%)		<i>B</i> (gf cm ² /cm×10)		<i>2HB</i> (gf cm/cm×10)	
		Wp	Wt	Wp	Wt	Wp	Wt	Wp	Wt
Untreated		139.0	92.0	3.5	0.8	0.101	0.053	0.044	0.036
Catalyst									
0.3	4.00	147.3	140.0	0.3	0.3	0.045	0.057	0.017	0.028
0.5	4.12	146.7	136.0	0.3	0.3	0.070	0.058	0.023	0.028
1.0	4.59	150.0	139.3	0.3	0.3	0.056	0.061	0.022	0.030
2.0	4.59	148.7	142.7	0.3	0.3	0.051	0.056	0.017	0.032

가 클수록 수지 부착량은 증가하다가 1.0몰 이상에서는 변화가 없는 것을 알 수 있다. 수축률과 방추도 및 굽힘특성에서는 큰 변화없이 촉매 농도비가 0.3몰의 적은 경우가 가장 적절한 것으로 생각된다.

Table 4는 BTCA 농도를 달리한 경우의 add-on, 방추도(구김회복각), 수축률 및 굽힘특성(B , $2HB$)의 변화를 나타낸 것이다. 표에서는 알 수 있듯이 BTCA 농도 증가에 따라 수지부착율의

Table 4. Effect of concentration of BTCA on physical properties for silk/cotton fabrics

Treatment	BTCA add-on(%)	WRA (degree)		Shrinkage (%)		B (gf cm ² /cm×10)		$2HB$ (gf cm/cm×10)	
		Wp	Wt	Wp	Wt	Wp	Wt	Wp	Wt
Untreated		139.0	92.0	3.5	0.8	0.101	0.053	0.044	0.036
BTCA									
30g/l	3.24	148.5	125.3	1.0	0.5	0.043	0.051	0.016	0.024
50g/l	4.59	150.0	139.3	0.3	0.3	0.056	0.061	0.022	0.030
70g/l	6.10	150.5	141.3	0.0	0.0	0.054	0.057	0.019	0.030
90g/l	7.52	151.0	150.0	0.0	0.0	0.048	0.064	0.017	0.031

Catalyst : NaH₂PO₄ · H₂O mole ratio 1.0(vs BTCA), softener 1%, liquor ratio 1 : 15, pH 2.5, dipping 5min, curing 180°C, 3min.

Table 5. Effect of curing temperature and time on physical properties for BTCA treated silk/cotton fabrics

Treatment	Time (min)	ΔYI	WRA (degree)		Shrinkage (%)		B (gf cm ² /cm×10)		$2HB$ (gf cm/cm×10)	
			Wp	Wt	Wp	Wt	Wp	Wt	Wp	Wt
Untreated		-	139.0	92.0	3.5	0.8	0.101	0.053	0.044	0.036
160°C	1	9.7	146.7	125.3	0.5	0.5	0.040	0.055	0.020	0.031
	3	11.8	143.0	133.5	0.5	0.5	0.050	0.061	0.017	0.033
	5	12.6	143.3	135.3	0.3	0.3	0.054	0.057	0.020	0.030
	7	13.0	150.0	128.0	0.0	0.0	0.053	0.059	0.019	0.030
170°C	1	10.1	144.0	135.3	0.5	0.5	0.046	0.056	0.018	0.037
	3	11.3	146.0	144.7	0.3	0.3	0.046	0.062	0.016	0.033
	5	13.0	148.6	140.0	0.0	0.0	0.048	0.058	0.015	0.029
	7	13.7	149.3	142.7	0.0	0.0	0.055	0.060	0.020	0.035
180°C	1	9.7	149.3	124.7	0.3	0.3	0.046	0.058	0.017	0.036
	3	11.8	150.0	139.3	0.3	0.3	0.056	0.061	0.022	0.030
	5	15.1	152.7	143.3	0.0	0.0	0.050	0.059	0.018	0.036
	7	15.7	155.3	143.3	0.0	0.0	0.066	0.061	0.024	0.036
190°C	1	11.3	150.7	143.3	0.0	0.0	0.050	0.060	0.016	0.035
	3	16.9	152.0	142.7	0.0	0.0	0.048	0.063	0.016	0.034
	5	17.1	150.7	142.0	0.0	0.0	0.050	0.063	0.019	0.034
	7	19.7	150.7	142.0	0.0	0.0	0.044	0.064	0.017	0.034

증대와 더불어 방추도는 향상되었으며 수축률은 감소하였다. 그러나 B, 2HB는 BTCA 농도 증가에 따라서는 큰 변화가 없었다. Fig. 2는 BTCA 50g/l, 3분간 열처리한 경우의 큐어링 온도에 따른 수지부착율을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 180℃ 이하의 온도에서는 처리시간에 따라 증가하다가 3분 이상에서는 큰 증가를 보이지 않았고, 190℃에서는 1분의 짧은 처리시간에서도 큰 수지부착율을 나타내었다.

Table 5는 열처리 온도 및 처리 시간을 달리한 경우의 실크/면 교직물의 방추도, 수축률 및 굽힘 특성(B, 2HB)의 변화를 나타낸 것이다. 처리온도 160℃와 190℃에서는 처리시간에 따른 방추도의 변화는 없었고, 수축율은 감소하였다. 굽힘강성(B) 및 굽힘히스테리시스 폭(2HB)은 BTCA 처리한 시료 모두 미처리보다 작아 태가 우수하였다. 그러나, 열처리 시간 3분에서의 황변지수를 살펴보면, 190℃에서는 황변 현상이 심하게 일어나 1분 이내의 짧은 시간 처리가 필요하며, 180℃ 이하에서는 황변이 적었고, 수지부착율 및 제반 물성을 감안하여 처리조건을 선택하는 것이 바람직하다고 생각된다.

3.3 BTCA 처리에 의한 염색물의 색농도 변화

Table 6은 미처리 및 머서화 처리한 실크/면 교직물을 반응성염료로 염색한 후 BTCA 처리한 경우의 겉보기 색농도(K/S)를 나타낸 것이다. BTCA 처리 전후의 K/S값 및 색차를 비교하여 보면 염색 후 BTCA 처리에 의해 색상의 차이는

Table 6. Effects of mercerization and BTCA on change of color depth of reactive dyed-silk/cotton fabrics

Treatment	L*		K/S		ΔE* _{ab}
	Before ¹⁾	After ¹⁾	Before	After	
Untreated	46.4	47.6	8.1	7.3	1.3
NaOH					
16 Be' 30sec	41.2	42.4	15.1	13.8	1.5
18 Be' 30sec	42.2	43.9	12.4	10.4	2.0
20 Be' 30sec	39.9	42.9	15.1	11.2	3.6

Dyeing was carried out with Sumifix Supra Red 3BF(2% o.w.f.) at 60℃, liquor ratio 1:30 for 60min. ¹⁾Before : dyed ; after : dyed/BTC

그다지 나타나지 않았다. 또한 머서화 후 염색한 경우의 표면염착농도는 머서화하지 않은 것에 비해 K/S값이 약 2배 증가하였으나, BTCA 처리 전후의 색차는 NaOH 농도가 증가함에 따라 색차는 커졌다.

3.4 BTCA 처리에 의한 물성 변화

Table 7은 실크/면 교직물을 머서화, 염색 및 BTCA 처리한 경우의 방추도(구김회복각)를, 그리고 Table 8은 굽힘특성(B, 2HB)을 각각 나타낸 것이다. 반응성 염료에 의한 염색만으로도 방추도 향상을 나타내고 있으나, 염색 후 BTCA 처리에 의해서는 방추도는 그다지 증가하지는 않았다. 이것은 이중2관능형 반응성염료가 실크와 가교반응을 하여 BTCA가 반응할 반응기가 이미 염료에 의해 반응했음을 나타낸다. 염료와 반응한 실크의 아미노산 중 리신과 히스티딘이 50% 이상을 차지하는 것으로 알려져 있다. 머서화에 의해서는 방추도는 증가하지 않았으며, 머서화/염색후 BTCA 처리한 경우는 BTCA 단독처리와는 거의 차이를 보이지 않았다. 한편 Table 8에서의 굽힘 특성 B,

Table 7. Wrinkle recovery angle for silk/cotton fabrics treated with BTCA, NaOH and dyed with Sumifix Supra Red 3BF

Treatment	WRA(degree)	
	Wp	Wt
Untreated	139.0	92.0
Dyed	144.7	112.0
BTCA	150.0	139.3
Dyed/BTCA	148.0	134.7
NaOH		
16Be'	134.0	81.0
18Be'	132.0	95.3
20Be'	131.0	123.0
NaOH/BTCA		
16Be'	145.3	120.7
18Be'	150.7	127.3
20Be'	149.3	133.3
NaOH/dyed/BTCA		
16Be'	146.0	125.3
18Be'	150.7	131.3
20Be'	150.0	133.3

2HB의 변화를 살펴보면 염색에 의해서 다소 유연해졌으며, BTCA 처리에 의해 특히 2HB값이 감소하여 더욱 유연해짐을 알 수 있다. 염색 후 BTCA 처리에서는 염색의 효과와 BTCA의 효과가 복합적으로 나타났다.

Table 8. Bending characteristics of silk/cotton fabric treated with BTCA, NaOH and dyed with Sumifix Supra Red 3BF

Treatment	B (gf cm ² /cm×10)		2HB (gf cm/cm×10)	
	Wp	Wt	Wp	Wt
Untreated	0.101	0.053	0.044	0.036
Dyed	0.063	0.064	0.041	0.052
BTCA	0.056	0.061	0.022	0.030
Dyed/BTCA	0.032	0.057	0.013	0.030
NaOH				
16Be' 30sec	0.096	0.067	0.053	0.056
18Be' 30sec	0.063	0.085	0.040	0.061
20Be' 30sec	0.053	0.086	0.036	0.059
NaOH/BTCA				
16Be' 30sec	0.053	0.069	0.024	0.034
18Be' 30sec	0.041	0.081	0.020	0.035
20Be' 30sec	0.031	0.091	0.011	0.034
NaOH/dyed/BTCA				
16Be' 30sec	0.047	0.073	0.018	0.039
18Be' 30sec	0.039	0.078	0.015	0.028
20Be' 30sec	0.035	0.093	0.013	0.030

4. 결 론

실크/면 교직물의 방추성과 방축성을 부여하기 위하여 BTCA로 수지 가공하여 수지 부착량, 겉보기 염착량, 방추도, 굽힘특성 및 수축률에 미치는 가공 처리조건의 영향을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. BTCA는 처리 온도가 높을 수록, 농도가 증가할수록 수지 부착량이 증가하였고, 수축률이 감소와 함께 방추도가 개선되었으며, pH 2.5에서 가장 높은 수지 부착량을 나타내었다.
2. BTCA처리, 염색처리, 머서화 처리 모두 경사방향은 미처리보다 유연성을 나타냈으나,

면의 위사는 다소 강직해졌다.

3. 머서화 후 염색하였을 때 굽힘 히스테리시스 값이 다소 높았으나, 머서화하지 않은 시료보다. K/S값이 약 2배 정도 증가하였으며, BTCA 처리 후 B, 2HB가 작아져 형태안정성이 좋아졌다.
4. 이중2관능형 반응성염료로 염색한 후의 BTCA 처리에 의해 색차의 큰 변화 없이 방추도가 향상되어 가공 효과가 보여졌다. 그러나, 반응성 염료로 염색한 후 BTCA를 처리한 복합가공에서는 방추도의 개선 효과는 나타나지 않았으나, 굽힘특성은 복합처리에 의한 유연화 효과가 두드러지게 나타났다.

참고문헌

1. C. Q. Yang, Effect of pH on Non-formaldehyde Durable Press Finishing of Cotton Fabric; FT-IR Spectroscopy Study, Part I: Ester Crosslinking, *Textile Res. J.*, **63**, 420-430(1993).
2. C. M. Welch, Tetracarboxylic Acids as Formaldehyde-Free Durable Press Finishing Agents, Part I: Catalyst, Additive, and Durability Studies, *Textile Res. J.*, **58**, 480-486(1988).
3. B. A. K. Andrew, C. M. Welch, and B. J. Trask-Morrell, Efficient Ester Crosslink Finishing for Formaldehyde-free Durable Press Cotton Fabrics, *Am. Dyest. Rep.*, **78**, 15-18, 23(1989).
4. C. Q. Yang, Effect of pH on Nonformaldehyde Durable Press Finishing of Cotton Fabric; FT-IR Spectroscopy Study, Part II: Formation of the Anhydride Intermediate, *Textile Res. J.*, **63**, 706-711(1993).
5. B. A. K. Andrews, R. M. Reinhardt, and B. J. Trask-Morrell, Influence of Prolonged Storage on Formaldehyde Liberation from Durable Press Textiles, *Textile Res. J.*, **58**, 255-263(1988).
6. N. R. Bertoniere and W. D. King, Pore Structure of Cotton fabrics Crosslinked with Formaldehyde-Free Reagents, *Textile Res. J.*, **62**, 349-356(1992).
7. B. J. Trask-Morrell and B. A. K. Andrews,

- Thermoanalytical Study on Durable Press Reactant Levels on Cotton Fabrics, Part I: Nonformaldehyde Polycarboxylic acids, *Textile Res. J.*, **64**, 729-736(1994).
8. H. M. Choi, C. M. Welch, and N. M. Moris, Nonphosphorus Catalysts for Formaldehyde-Free DP Finishing of Cotton with 1,2,3,4-Butanetetracarboxylic Acid, Part II: Sodium Salts of Fumaric, Maleic, and Itaconic Acids, *Textile Res. J.*, **64**, 501-507(1994).
 9. N. R. Bertoniere, W. D. King, and C. M. Welch, Effect of Catalyst on the Pore Structure and Performance of Cotton Cellulose Crosslinked with Butanetetracarboxylic Acid, *Textile Res. J.*, **64**, 247-255(1994).
 10. Y. Yang and S. Li, Effect of Non-Formaldehyde Crease-Resistant Finishing by Polycarboxylic Acid on Dyeing Properties of Silk Fabric, *Am. Dyest. Rep.*, **83**, 26-33(1994).
 11. D. Agarwal, K. Sen, and M. L. Gulajani, Formation of Crosslinks in Silk by Bifunctional Reactive Dyes: Effect on Solubility and Mechanical Properties, *J. Soc. Dyers Colour.*, **112**, 321-325(1996).
 12. P. Ball, U. Meyer, and H. Zollinger, Cross-linking Effect in Reactive Dyeing of Protein Fibers, *Textile Res. J.*, **56**, 447-456(1986).
 13. C. Q. Yang, FT-IR Spectroscopy Study of the Ester Crosslinking Mechanism of Cotton Cellulose, *Textile Res. J.*, **61**, 433-440(1991).
 14. M. Tsukata and H. Shiozaki, Chemical and Property Modification of Silk with Dibasic Acid Anhydrides, *J. Appl. Polym. Sci.*, **37**, 2637-2644(1989).
 15. C. M. Welch, Durable Press Finishing without Formaldehyde, *Textile Chem. Color.*, **22**, 13-16(1990).
 16. B. J. Trask-Morrell, B. A. K. Andrew, and E. E. Graves, Catalyst Effect Found in Thermal and Mass spectrometric Analyses of Polycarboxylic Acids Used as Durable Press Reactants for Cotton, *J. Appl. Polym. Sci.*, **42**, 1717-1726(1991).