

BTCA와 실리콘 처리 면직물의 역학적 성질

조성교 · 남승현

한국방송통신대학교 가정학과

Mechanical Properties of Cotton Fabric Treated with BTCA and Polyalkyleneoxide modified aminofunctional silicone

Sungkyo Cho · Sunghyun Nam

Dept. of Home Economics, Korea National Open University
(2000. 3. 10 접수)

Abstract

Cotton fabrics were finished with mixture of BTCA and silicone by pad-dry-cure process to achieve better mechanical properties than those of finished with BTCA alone. The changes of mechanical properties of finished cotton fabrics were measured with the KES-FB System and the hand values were calculated from the data of mechanical properties. With the durable press finish with BTCA, tensile, bending, shear and compression properties increased. In hand values, Stiffness Crispness and Anti-Drape Stiffness increased, and Fullness & Softness decreased. Whereas silicone treatment reduced bending and shear properties and improved tensile and compressional resilience. Thus, Stiffness Crispness and Anti-Drape Stiffness decreased, and Fullness & Softness increased.

These results indicated that BTCA treatment restricts fiber/yarn mobility in the fabric structure due to crosslinking, but silicone treatment reduces inter-fiber and inter-yarn frictional forces. Therefore, finish with mixture of BTCA and silicone provided cotton fabrics with a lower Stiffness, Crispness and Anti-Drape Stiffness and a higher Fullness & Softness than finish with BTCA alone.

Key words: cotton fabrics, mixture of BTCA and silicone, mechanical property, hand; 면직물, BTCA와 실리콘 혼합용액, 역학적 성질, 태

I. 서 론

면직물에 DP(durable press)가공을 하면 구김회복성이 향상되어 착용과 관리에 있어 직물의 외관

이 그대로 유지되는 등 성능이 향상된다. 그러나 DP가공은 가공직물의 인장, 인열 및 마모강도의 저하를 비롯한 물리적 성질을 변화시킨다^{1~3)}. 특히 강도의 손실은 산축매에 의한 면직물의 중합도 저하와 셀룰로오스 분자간의 가교에 의해 초래되는데⁴⁾, 이러한 DP가공의 문제점을 개선하기 위해 많은 연구들이 이루어졌다. 즉 후자의 경우는 회복이 가능하여 면직물에 DP 가공을 한 다음 알칼리 조건하에

* 본 논문은 1999년도 한국방송통신대학교 학술연구 조성비의 지원을 받아 작성된 것임.

서 가수분해를 하면 미처리면의 수준으로 강도가 유지됨을 보여주었다⁶⁾. 남 등⁷⁾은 BTCA(1, 2, 3, 4-butanecarboxylic acid)와 아미노 변성 실리콘을 pad-dry-cure법으로 혼합처리하여 물리적 성질을 개선하고자 하였는데 BTCA는 최근 주목받고 있는 DP가공제로 포름알데히드를 생성하지 않으며, 면 셀룰로오스와 친핵성 치환반응에 의해 에스테르 결합을 하여 가교를 형성한 것으로 보고하였다^{8, 9)}. 한편 DP가공은 직물내 구조적인 변화를 일으키며, 직물표면에 가공제가 부착하여 역학적 성질이 변화하고 태가 불량해진다. 신¹⁰⁾은 면직물에 산성 촉매에서 DMDHEU를 처리하여 역학적 성질과 태의 변화를 검토하였으며, Sabia와 Paglinghi¹¹⁾는 실리콘을 pad-dry-cure법으로 면과 폴리에스테르 혼방 직물에 처리하여 역학적 성질을 측정하고, 실리콘처리에 의한 직물의 태를 측정하였다. 그리고 주관적인 평가치와 KES 시스템에 의한 객관적인 측정치로부터 태 평가의 산출식을 유도하였는데, 실리콘의 농도가 작을 때는 5°에서의 전단 히스테리시스와 압축 선형성이 직물의 태에 영향을 주는 주요 요소였고, 농도가 높을 때는 유행성이 커져서 섬유간 마찰의 감소로 인장과 표면특성이 중요하게 작용했다¹²⁾.

본 연구에서는 이처럼 서로 상반되는 역학적 성질과 태를 부여하는 BTCA와 변성 아미노 실리콘을 함께 면직물에 처리하여 DP가공에 의해 변화되는 역학적 성질과 태를 개선하고자 하였다. BTCA, 실리콘, 그리고 BTCA와 실리콘 혼합액을 선행연구⁷⁾에서 얻어진 최적 조건으로 면직물에 처리하여 가공면의 역학적 성질과 태를 비교하여 고찰하였다. 역학적 성질은 KES-FB System을 이용하여 측정하고, 그 결과를 HESC에서 설정한 신사용 하복지의 기본태인 Stiffness, Crispness, Fullness & Softness, Anti-Drape Stiffness의 기본 태값으로 계산하였다.

II. 실험

1. 시험포 및 시약

1) 시험포

시험포는 한국 의류시험 검사소의 염색견뢰도 시험용 첨부백포(KS K 0905)를 농도 10%(o.w.f.)

Table 1. Characteristics of fabrics

Material	cotton 100%
Yarn number(Ne)	36×36
Weave	Plain
Fabric count(ends×picks/5cm)	141×135
Thickness(mm)	0.28

sodium carbonate(Na_2CO_3) 용액으로 정련하여 사용하였다. 그 특성은 Table 1과 같다.

2) 시약

가공제로 BTCA(1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid, Aldrich Chemical co., Inc., 1급시약)와 Polyalkyleneoxide modified aminofunctional silicone(Osi Specialties, Inc.)을 사용하였고, 촉매로는 sodium hypophosphite monohydrate(Junsei Chemical Co., Ltd., 1급시약), 습윤제로 Triton X-100, 그리고 Acetic acid를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 면직물의 BTCA, 실리콘, 그리고 BTCA와 실리콘의 혼합액 처리

가공제는 BTCA, 실리콘, 그리고 BTCA와 실리콘 혼합액을 Table 2의 조성으로 액비 1:30의 패딩액에 면직물을 침지한 후 wet pick up이 90~100%가 되도록 링거로 여분의 액을 제거하였다. pin frame에 직물을 수평상태로 놓고 85°C에서 5분 동안 건조한 다음 BTCA처리면은 180°C에서 2분, 실리콘처리면은 140°C에서 1.5분, BTCA와 실리콘의 혼합액 처리면은 170°C에서 2분간 큐어하였다. 큐어

Table 2. Compositions of padding solution

	Concentration(% o.w.b.)		
	BTCA treatment (bath pH 2.5)	silicone treatment (bath pH 5)	mixture treatment (bath pH 3)
BTCA	6		4
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	6		4
Triton X-100	0.1		
silicone		1	1
Acetic acid		0.1	

링이 끝난 가공포는 종류수로 충분히 수세한 후 자연건조하였다.

2) 역학적 성질의 측정

KES-FB System을 사용하여 가공포의 인장특성, 굽힘특성, 전단특성, 압축특성, 표면특성 및 두께와 중량의 6특성의 16항목 특성치를 표준조건하에서 측정하였으며, 방향성이 있는 인장특성, 굽힘특성, 전단특성 및 표면특성은 경·위사 방향별로 측정하여 평균치를 얻었다.

3) 기본태의 계산

시료의 태는 측정한 16종의 역학적 특성치를 이용하여 Men's Summer Suit의 산출식인 KN-101-S으로부터 Stiffness, Crispness, Fullness & Softness, 그리고 Anti-Drape Stiffness를 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. BTCA와 실리콘 단독 및 혼합처리에 따른 역학적 성질의 변화

미처리면을 비롯한 가공포의 역학적 성질을 측정하기 위해 20cm×20cm 크기의 시료를 준비하고 KES-FB system을 이용하여 표준상태($20\pm2^{\circ}\text{C}$, $\text{RH } 65\pm2\%$)에서 24시간 conditioning한 후 측정하였으며, Table 3에 그 결과를 나타내었다.

RH $65\pm2\%$)에서 24시간 conditioning한 후 측정하였으며, Table 3에 그 결과를 나타내었다.

1) 인장특성

인장특성인 선형성(LT), 인장에너지(WT) 및 인장 헤질리언스(RT)를 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. BTCA 가공에 의해 선형성과 인장에너지가 증가하였고, 실리콘처리면과 BTCA와 실리콘 혼합처리면에서는 감소하는 경향을 보였다. BTCA를 면직물에 가공하면 면섬유내 분자간 가교가 이루어지는데, 주로 비결정영역에서 형성되므로 신도가 감소하게 된다. 따라서 직물의 초기 인장이 쉽게 일어나지 못해 선형성과 인장에너지가 증가하였고, 반면 실리콘은 직물 구성요소간의 움직임을 증대시켜 신도가 증가하게 되므로 초기인장이 용이하게 되었다. 인장 헤질리언스는 세 가공면 모두 미처리면보다 증가하였다. 특히 BTCA와 실리콘혼합액을 처리한 면은 LT와 WT가 작고 RT가 커 외력에 의해 신장되는 정도와 그 회복정도가 좋아졌다고 볼 수 있다.

2) 굽힘특성

Fig. 2의 굽힘특성에서 굽힘강성(B)은 BTCA 처리면이 가장 컸고, 실리콘 처리면이 가장 작았다. BTCA처리면은 셀룰로오스 분자 사이에 형성된 가

Table 3. Mechanical properties of finished cotton fabrics

Mechanical Properties		Untreated	BTCA	Silicone	Mixture
Tensile	LT	0.794	0.835	0.770	0.696
	WT	3.10	3.45	2.51	2.64
	RT	32.14	41.43	38.25	40.90
Bending	B	0.060	0.069	0.052	0.053
	2HB	0.0843	0.0778	0.0595	0.0538
Shearing	G	1.15	1.46	0.91	0.97
	2HG	4.43	4.46	2.48	2.3
	2HG5	5.90	6.18	3.44	3.36
Surface	MIU	0.168	0.183	0.157	0.171
	MMD	0.0148	0.0208	0.0155	0.0165
	SMD	4.02	3.89	4.53	3.78
Compression	LC	0.526	0.686	0.669	0.659
	WC	0.073	0.077	0.063	0.075
	RC	29.33	35.86	36.53	36.25
Thickness	T	0.664	0.615	0.537	0.608
Weight	W	11.3	11.6	11.7	11.6

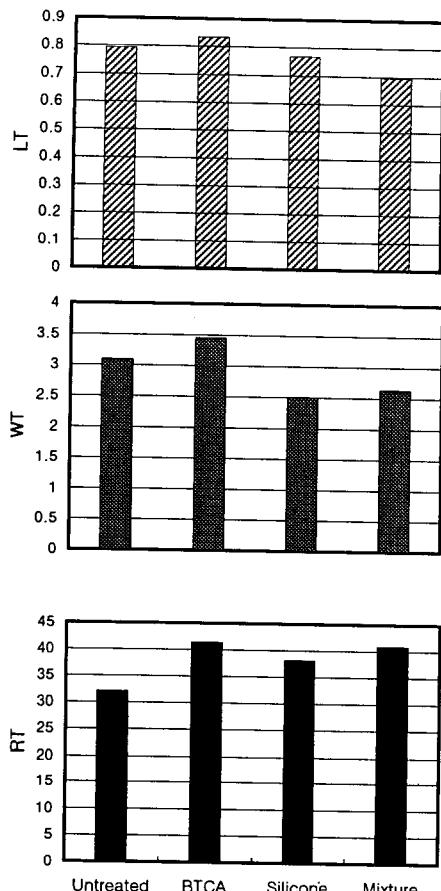


Fig. 1. Effect of finishing agents on the tensile properties.

교에 의해 피브릴-피브릴, 섬유-섬유, 그리고 실-실 사이가 구속되어 굽힘변형에 의한 마찰저항이 크기 때문으로 보인다. 실리콘은 Si-O-Si결합과 메틸그룹이 낮은 결합에너지로 자유회전을 하므로¹²⁾ 실리콘을 처리한 면직물은 윤활성이 부여되어 굽힘강성이 작아져 부드러워졌다. 굽힘히스테리시스(2HB)는 형태안정성과 구김에 관련되는 소성부분의 양으로 값이 작을수록 회복이 잘된다.¹³⁾ BTCA 처리면은 섬유내에 형성된 가교로 인해 굽힘에 의한 분자쇄의 변형을 빨리, 완전하게 회복시킨다는 점에서 굽힘이스테리시스가 크게 감소할 것으로 기대되었는데 약간의 감소만 보였다. 이것은 굽힘특성에서의 굽힘거동과 구김을 형성하는 외부의 힘이 다르

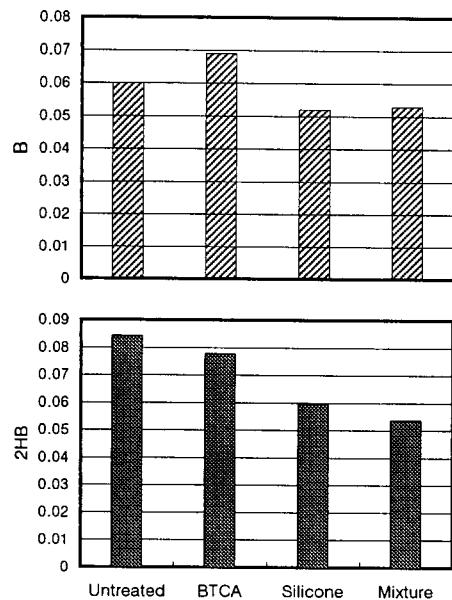


Fig. 2. Effect of finishing agents on the bending properties.

며, 또 큰 굽힘강성 때문이라 생각된다. 반면 BTCA와 실리콘 혼합처리면의 굽힘이스테리시스는 가장 작았는데, 이는 BTCA의 우수한 DP성과 실리콘의 유연성이 복합적으로 작용하여 생긴 현상으로 의복재료로서 바람직한 성능이라 생각된다. 즉, 실리콘의 유연한 특성이 굽힘특성과 표면특성에 바람직한 영향을 미친 것으로 보여지며, 전보⁷⁾에서 수분을 또한 혼합처리면이 BTCA 단독처리면보다 향상된 것으로 나타났다.

3) 전단특성

전단특성은 경사와 위사의 교차각이 변화할 때 발생하는 것으로 전단강성(G), 0.5°에서의 전단히스테리시스(2HG) 및 5°에서의 전단히스테리시스(2HG5) 측정결과를 Fig. 3에 나타내었다. 미처리면과 BTCA처리면의 전단강성과 전단히스테리시스가 커고, 실리콘처리면과 BTCA와 실리콘 혼합처리면은 작은 값을 보였는데, 특히 큰 각도의 전단히스테리시스에서 BTCA처리면과 큰 차이를 보였다. 이같이 실리콘은 경, 위사의 미끄러짐을 용이하게 하고 전단변形에 대한 회복성을 증대하여 부드럽고 탄성회복률이 큰 성질을 부여하게 되었다고 생각된다.

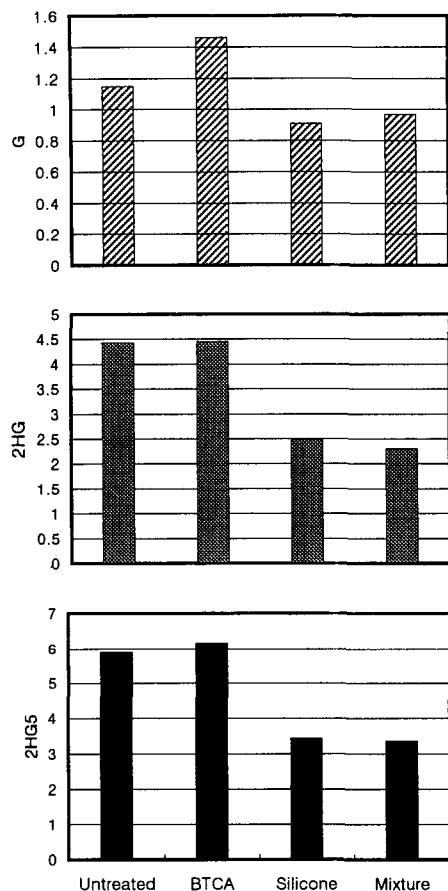


Fig. 3. Effect of finishing agents on the shear properties.

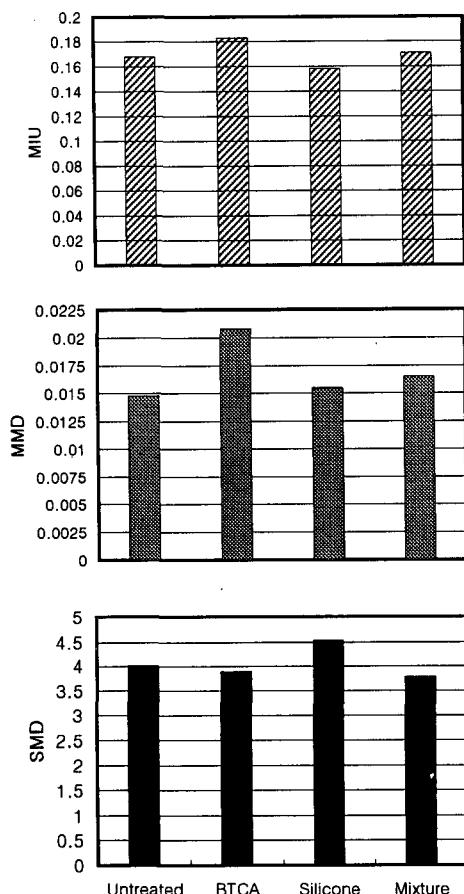


Fig. 4. Effect of finishing agents on the surface properties.

다.

4) 표면특성

표면특성에서의 마찰계수(MIU), 마찰계수의 표준 편차(MMD), 그리고 표면의 거칠기(SMD)는 각 가공직물에서 다른 결과를 보였는데 이를 Fig. 4에 나타내었다. BTCA 처리면은 마찰계수와 그 마찰계수의 표준편차가 크게 나타난 반면 표면 거칠기는 작게 나타났다. 즉 DP가공을 하면 면직물을 구성하는 섬유와 실을 경화하여 직물표면을 거칠게 하지만 섬유와 섬유, 실과 실 사이를 접합하여 표면의 도드라짐이 감소하기 때문에 생각된다. 이것은 Table 3에 나타난 바와 같이 미처리면 보다 BTCA로 가공

한 면에서 무게는 증가하였지만 두께는 감소한 결과로 보아 같은 현상으로 해석할 수 있다. 실리콘 처리면과 BTCA와 실리콘 혼합처리면에서는 매끄러운 특성을 가진 실리콘이 섬유와 실 표면을 감싸서 표면의 마찰계수가 BTCA 단독처리의 경우보다 감소한 반면, 표면의 거칠기는 실리콘 처리시 직물 표면에 코팅된 실리콘 필름이 두께를 증가시켜 SMD값이 증가하였다고 생각된다.

5) 압축특성

천의 풍만감과 관련되는 압축특성은 선형성(LC), 압축에너지(WC) 및 압축 레질리언스(RC)로 이루어지며, 가공제에 따른 결과는 Fig. 5와 같다.

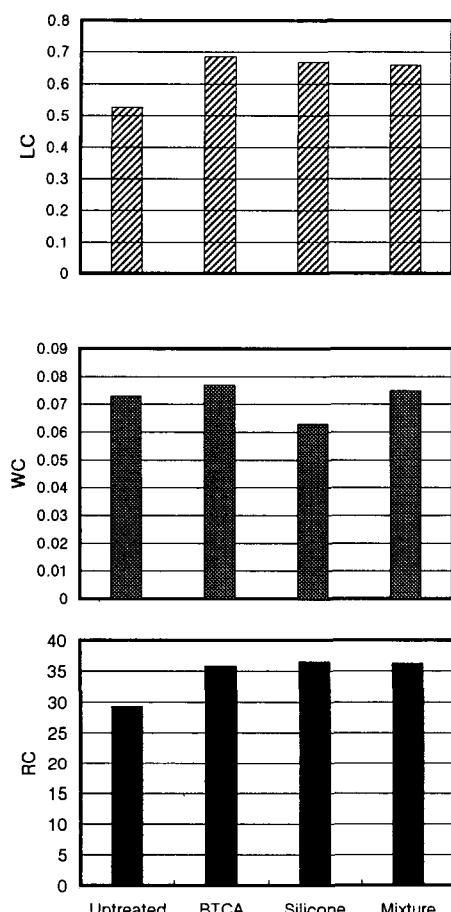


Fig. 5. Effect of finishing agents on the compression properties.

BTCA가공에 의해 선형성과 압축에너지가 증가하였다. 즉 면직물의 초기압축과 압축력에 대한 변형이 어려워져 직물에 볼륨감이 부여되었음을 의미한다. 실리콘처리면에서는 압축 선형성이 증가했으나 압축에너지는 작은 값을 보여 직물의 볼륨감이 다소 감소하였지만, 압축 레질리언스가 증가하여 압축 변형에 대한 회복성이 증가하였다. BTCA와 실리콘 혼합처리면은 LC, WC 및 RC가 모두 미처리면보다 증가하여 직물이 벌기해졌다고 볼 수 있으며, 혼합 처리시에는 RC의 경우 각 단독처리와 크게 변화하지 않았으나 WC의 경우 실리콘 처리시보다는 증가한 것으로 나타났다. 또한 LC는 혼합처리의 경우

다소 감소한 것으로 나타났다.

2. BTCA와 실리콘 단독 및 혼합처리에 따른 태의 변화

신사용 하복지의 기본태인 Stiffness, Crispness, Fullness & Softness 및 Anti-Drape Stiffness를 Fig. 6에 나타내어 가공제에 따른 태의 변화를 살펴보았다.

Stiffness는 굽힘성질에서 오는 뻣뻣함과 탄력성에서 오는 느낌으로 굽힘특성 외에 전단특성, 두께 및 무게특성과 관계된다. 굽힘강성과 전단강성이 큰 BTCA 처리면의 Stiffness가 크게 나타났고 실리콘 처리와 BTCA와 실리콘의 혼합처리에서는 굽힘과 전단특성이 작아 보다 낮은 값을 나타내었다. Crispness는 직물표면이 파삭파삭하고 거칠 때 오는 느낌으로 주로 표면특성과 굽힘특성 그리고 인장특성에 의해 결정된다. BTCA 처리면은 표면특성에서 마찰계수와 마찰계수 표준편차가 크고 굽힘강성이 커서 까슬까슬하고 딱딱한 느낌을 주어 Crispness가 크게 나타났다. 반면 실리콘 처리면과 BTCA와 실리콘의 혼합처리면은 실리콘의 부드럽고 독특한 유연효과로 Crispness가 감소하는 경향을 보였다.

Fullness & Softness는 별기성이 좋고 풍부하며 폭신한 느낌이다. 압축특성에서의 부피감과 매끄러운 표면특성이 관계되며, 부드러운 신장성과도 관계된다. BTCA로 가공한 면직물은 압축특성이 증가되었으나 가교에 의해 신도가 감소하고 강연도가 증가하여 Fullness & Softness 값이 작게 나타났고, BTCA와 실리콘의 혼합처리면은 BTCA처리에 의한 압축특성의 증가와 실리콘에 의한 탄력성의 증가로 비교적 높은 값을 보였다.

Anti-Drape Stiffness는 직물의 탄력성과 관계없이 뻣뻣하게 펴지는 것을 의미한다. 굽힘강성과 거친 표면특성, 그리고 전단특성이 영향을 미치는데, 특히 5°에서의 전단이력(2HG5)이 큰 영향을 미친다. BTCA 처리면은 굽힘강성과 굽힘이력의 증가, 그리고 표면마찰계수와 그 표준편차의 증가로 Anti-Drape Stiffness가 증가하여 뻣뻣한 촉감이 형성되었음을 알 수 있다. 반면 실리콘 처리 및 BTCA와 실리콘의 혼합처리면은 낮은 값을 나타내

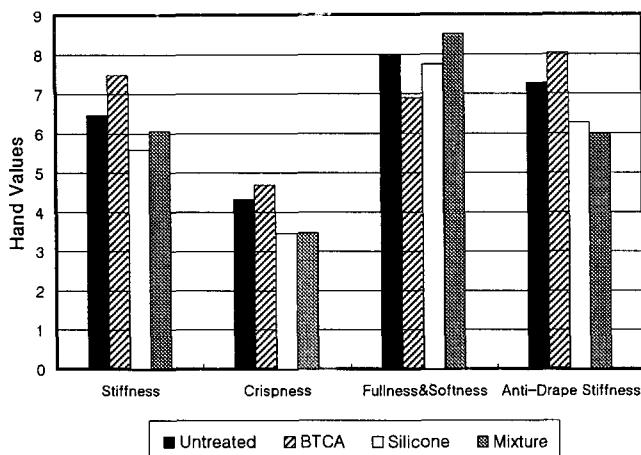


Fig. 6. Effect of finishing agents on the hand values.

어 직물이 퍼지는 성질보다 늘어 뜨려지는 성질이 큐를 알 수 있다.

IV. 결 론

면직물에 BTCA, 실리콘, 그리고 BTCA와 실리콘 혼합액을 pad-dry-cure법으로 각각 처리하여 역학적 성질을 측정하고, 남자용 하복지의 기본태인 Stiffness, Crispness, Fullness & Softness, Anti-Drape Stiffness 값을 계산하여 비교하였다. BTCA로 면직물에 DP가공을 한 결과, 미처리면 보다 인장특성인 LT와 RT가 증가하였고 WT가 감소하였다. 그리고 굽힘특성을 비롯한 전단특성과 압축특성은 증가하였다.

표면특성에서는 MIU와 MMD가 증가하였고 SMD는 감소하는 경향을 보였다. 이러한 역학적 특성은 BTCA가 면직물의 셀룰로오스 분자쇄 사이에 가교를 형성하여 피브릴-피브릴, 섬유-섬유, 실-실 사이를 구속하고, 직물표면에 가공제가 부착되어 보다 강직해지고, 외부의 힘에 대한 저항성의 증가로 히스테리시스가 커졌음을 의미한다. 따라서 태에 있어서도 미처리면 보다 Stiffness, Crispness와 Anti-Drape Stiffness가 증가하였고, Fullness & Softness가 감소하여 DP가공에 의해 태가 변화되었음을 보여준다.

실리콘처리에서는 실리콘이 면직물에 유연하고 매끄러운 특성과 더불어 형태안정성과 관계되는 탄성을 부여하므로, 신장성 및 회복성과 관계되는 역학적 특성인 LT, WT 및 WC는 감소하였고, RT와 RC는 증가하였으며, 굽힘과 전단에 대한 강성과 히스테리시스는 감소하였다. 또 MIU는 감소하여 표면 특성이 부드러워졌다.

따라서 BTCA의 DP가공에 의해 변화한 면직물의 태는 실리콘과 혼합처리함으로써 Stiffness, Crispness, Anti-Drape Stiffness가 감소되고, Fullness & Softness는 증가되어 DP가공에 의한 구김회복성을 유지하면서 실리콘에 의한 유연성 부여로 의복재료로써 보다 바람직한 태를 부여할 수 있다고 생각된다.

* 본 연구의 실험에 도움을 주신 한국생산기술 연구원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Petersen, H. A., "Handbook of Fiber Science and Technology", Vol II, Part A, Chap. 2, Marcel Dekker., Inc., New York, 1983.
- Vail, S. L., Cross-linking of cellulose in "Cellulose Chemistry and its application" edited Nevell, T.

- P., and Zeronian, S. H., John Wiley & Sons, 384-422.
- 3) Sello, S. B., Functional Finishes for Natural and Synthetic fibers: Applied Polymer Symposium, Lewin ed., 31, 229(1977).
 - 4) Tovey, H., Cotton Quality Study VI: Wrinkle Resistance and Recovery from Deformation, *Text. Res. J.*, 31, 185(1961).
 - 5) Abhyankar, P. N., Beck, K. R., and Ladisch, C. M., Effect of Different Catalysts on the DMDHEU-Cotton Cellulose Reaction, *Text. Res. J.*, 56, 551(1986).
 - 6) Kang, I. S., Yang, C. Q., and Weishu Wei, Mechanical Strength of durable Press Finished Cotton Fabrics Part I: Effects of Acid Degradation and Crosslinking of Cellulose by Polycarboxylic Acids, *Text. Res. J.*, 68, 865(1998).
 - 7) 남승현 · 유효선, BTCA와 실리콘 처리 면직물의 물리적 성질, 한국의류학회지, 22(4), 525(1998).
 - 8) Welch, C. M., Tetracarboxylic Acids Formaldehyde-Free Durable Press Finishing Agents, Part I:Catalyst, Additive, and Durability studies, *Tex. Res. J.*, 58, 480(1988).
 - 9) Brodmann, G. L., Performance of Nonformaldehyde Cellulose Reactants, *Textile Chemist and Colorists*, 22, 13(1990).
 - 10) 신윤숙 · 김승진 · 최희, 면직물의 DP가공에 따른 역학적 성질의 변화, 한국섬유공학회지, 32(10), 919 (1995).
 - 11) Sabia, A. J., and Pagliughi, A. M., The use of Kawabata Instrumentation to Evaluate Silicone Fabric Softeners, *Text. Chem. & Color.*, 19(3), 25 (1987).
 - 12) Sabia, A. J., Polyalkylene Oxide Modified Silicone: A New Breed of Nonionic Surfactant for Textiles, *Am. Dyest. Rep.*, 71(5), 45(1982).
 - 13) Kawabata, S., Standardization and Analysis of Hand Evaluation, *The Textile Machinery Society of Japan*, Osaka, Japan, 2nd ed., 7(1980).