

세탁조건에 따른 폴리에스터/스판덱스 편성물의 형태안정성과 역학적 특성 변화

노의경^{1)†} · 김은애²⁾

¹⁾순천대학교 패션디자인학과

²⁾연세대학교 의류환경학과

Effect of Washing Conditions on Dimensional Change and Mechanical Properties in Polyester/Spandex Knit Fabric

Eui Kyung Roh^{1)†} and Kim Eunae²⁾

¹⁾Dept. of Fashion Design, Suncheon National University; Suncheon, Korea

²⁾Dept. of Clothing & Textiles, Yonsei University; Seoul, Korea

Abstract : This study comparatively analyzed the changes in the dimensional stability and the mechanical properties of stretch knit fabrics associated with washings conditions in order to determine the most appropriate washing method. Polyester and spandex knit fabrics were washed 25 cycles with nine washing condition profiles that controlled detergent, hardness, temperature and RPM. The knit fabrics with repeated washings were evaluated by dimensional stability and measured by the KES-FB system. Polyester and spandex fibers have good chemical resistance. However, the changes in the dimensional stability and the mechanical properties were observed in washed knit fabrics. After repeated washings, the knit fabrics washed in an alkali or neutral detergent had good dimensional stability compared with the knit fabric washed in functional detergent. The washed knit fabrics were extended, stiff, rough, and had a smaller volume. The changes were the result of the rearrange of polyester fibers which twisted around spandex core and chemical interactions involving the detergent and the physical and mechanical forces of washing. Especially, using an alkali detergent resulted in increased stiffness and roughness of the knit fabric. In conclusion, the washing in water with low hardness and a neutral detergent can minimize the changes in dimensional stability and mechanical properties of polyester and spandex knit fabric.

Key words : washing condition (세탁조건), polyester/spandex knit (폴리에스터/스판덱스 편성물), dimensional stability (형태안정성), mechanical property (역학적 특성)

1. 서 론

대내외적 경기불안에도 아웃도어 시장은 급성장하였다. 이와 같은 성장은 주 5일제 정착과 웰빙 시대에 대한 수요가 늘어나면서 등산을 비롯한 오토캠핑이나 MTB, 트레킹 등의 다양한 아웃도어 인구가 증가하고, 활동성이 좋은 아웃도어 웨어를 일상복으로 착용함으로써 아웃도어 웨어는 아웃도어 스포츠에 필요한 아이템이 아닌 삶의 한 부분이자 트렌드로 자리 잡았기 때문이다. 이에 발맞추어 제조업자들은 소비자들의 니즈를 파악하고 발 빠르게 대응하기 위하여 기능성 소재의 경량화와 환경 친화적인 소재의 개발을 주력하고 있으나, 이들 제품에 대

한 관리 및 취급에 대한 관심은 부족한 상태이다.

의복은 인체 운동에 의해 탄성변형을 일으킨다. 이때 의복의 여유분과 의복재료의 신도로 이러한 부분을 충당하지 못하면, 인체를 압박하고 인체와 의복사이의 접촉압이 커져 의복압이 생긴다. 그래서 하체의 움직임이 많고 구부리는 동작이 많은 등산이나 하이킹을 위해 기존의 아웃도어용 팬츠에서는 스트레치 소재를 사용하며, 이러한 활동성을 고려하여 폴리에스터 또는 나일론에 폴리우레탄을 혼방하여 의복재료 자체에 신축성을 부여하고 있다.

의복 착용 시 쾌적감 증진과 슬림한 스타일에 대한 관심 증가로, 스트레치 소재의 대한 연구들이 진행되었다. Rhie(1992)는 스트레치 직물의 재질특성에 따른 신장율과 압력과의 관계에 대하여 연구하였으며, Lee et al.(2000)은 다양한 스트레치 직물의 역학적 특성 및 봉제성능 평가를 실시하였다.

열가소성 탄성체인 폴리우레탄은 2~3배 신장된 상태로, 다른 물성을 가진 섬유들과 혼방되며 착용 및 세탁되는 과정에서 변형이 발생한다. Park et al.(1999)는 열처리에 따른 스판덱스사

†Corresponding author; Eui Kyung Roh

E-mail: rek7656@gmail.com

© 2018 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

의 세팅거동을 통하여 면과 스판덱스 편성물의 구김방지, 황변 발생 원인을 연구하였으며, Chung and Kim(2005)은 세탁 조건이 스판덱스사의 길이와 기계적 성질에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. Yokura and Niwa(1988)는 남성 겨울 슈트용 스판덱스 혼방직물의 착용과 세탁(드라이 크리닝)에 의한 역학적 특성, 태 및 물리적 변화를 분석하였으며, Marmarali(2003)은 면과 스판덱스 혼방 편성물의 루프의 길이와 스판덱스의 양에 따른 치수안정성과 물성특성을 평가하였다. Tezel and Kavuşturan(2008)은 면과 스판덱스 혼방 편성물의 스판덱스 브랜드와 조임(tightness)이 치수안정성과 물리적 특성에 대한 연구를 진행하였다. Herath and Kang(2008)은 면과 스판덱스 혼방 편성물의 이완(relaxation) 시 치수안정성을 평가하였다.

면과 스판덱스 혼방 직물의 세탁에 의한 변형에 관한 연구로, 면과 스판덱스 직물의 텐터 가공 시 신장률에 따른 세탁 후 변형과, 역학적 특성 및 태 변화에 관한 연구가 있으며 (Chung et al., 2010; Seok et al., 2009), 면 편성물과 면/스판덱스 편성물의 반복세탁에 따른 변형과, 역학적 특성 및 태 비교에 관한 연구도 진행되었다(Chung et al., 2006; Kim & Chung, 2007).

대부분의 합성섬유는 습윤강도가 크고 내알칼리성이 좋아서 세탁방법에 크게 구애를 받지 않지만, 기능성을 보유한 직물의 경우에는 세탁에 주의할 필요가 있다. Roh et al.(2010)은 폴리에스터 고밀도 직물의 반복세탁으로 두께, 무게와 밀도 변화를 관찰하였으며, 반복세탁으로 기능성이 저하한다고 하였다. Roh and Kim(2010)은 세탁에 의한 흡수속건 편성물의 두께, 무게와 밀도의 증가를 관찰하였으며, 이런 구성적 특성 변화는 흡수속건성에 변화에 영향을 미친다고 하였다.

아웃도어 웨어 시장의 확대로 인하여 폴리에스터와 스판덱스 혼방 소재의 사용이 증가하고 있다. Chung et al.(2002)은 폴리에스터/스판덱스 혼방 직물의 염색에 대한 연구를 진행하였으며, Lee(2003)는 폴리에스터/스판덱스 파워 네트 원단의 스판덱스 인장길기와 수축률에 대한 연구를 진행하였다. 그러나 폴리에스터와 스판덱스 혼방 편성물에 대한 세탁에 의한 변형 및 최적의 세탁조건에 대한 연구는 아직 보고된 것이 없다. 일반 세탁방법으로도 스판덱스 혼방 소재 관리에 큰 무리가 없지만, 고신축성과 같은 기능성 보유로 제품이 고가로 판매되기 때문에 기능을 장기간 유지할 수 있는 세탁·관리방법이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 폴리에스터/스판덱스 편성물을 다양한 세탁조건으로 반복 세탁하여 스트레칭성 편성물의 형태안정성과 역학적 특성 및 태 변화를 분석하고 비교함으로써 최적의

세탁조건을 도출하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 시료

시판하는 폴리에스터/스판덱스 위편성물을 사용하였으며, 시료 특성은 Table 1과 같다.

2.2. 세탁실험

2.2.1. 세탁

Table 2와 같이 세제, 물의 경도, 세탁온도와 세탁기의 RPM (revolutions per minute)을 세탁인자로 설정하였다(Roh et al., 2010; Roh & Kim, 2010). 세탁기의 표준 코스를 기준으로 선정하고, 각 인자의 단계를 세분화시켰다. 세제는 시판하는 세제를 사용하였으며, 세제의 성분은 Table 3과 같다. 최소 실험 횟수로 최대의 정보를 얻기 위해서 SPSS 18.0의 직교회전을 실시하였으며, Table 4의 9가지 세탁조건이 도출되었다. 9가지 세탁조건으로 가정용 드럼세탁기(SEW-HAR149AUW, 삼성전자, 한국)를 사용하여 세탁하였다. 이때 세탁은 20분, 운전률 50%, 세탁 후 탈수안함 코스로 설정하고, 25회 반복 세탁하였다. 더미를 이용하여 세탁물의 무게를 맞추었고, 세탁 후 자연 건조하였다.

2.3. 측정

2.3.1. 표면관찰

미처리 및 25회 세탁한 편성물의 변화를 관찰하기 위하여 입체현미경(Video microscope system ICS-305B, Sometech co., 한국)을 이용하여 편성물의 표면을 관찰하였다.

2.3.2. 무게

KS K 0514에 따라서 미처리, 1회, 5회, 10회, 25회 세탁한 편성물 각 3매를 칭량병에 넣어 표준상태(RH 65%, 20°C)의 항온 항습기에서 24시간 방치한 후 각 시료의 무게를 측정하였다.

2.3.3. 두께

KS K 0506에 따라서 미처리, 1회, 5회, 10회, 25회 세탁한 편성물 등 각 5매의 두께를 측정하였다.

2.3.4. 형태안정성

ISO 3759 (Textiles-Preparation, making and measuring of fabric specimens and garments in test for determination of

Table 1. Characteristics of specimen

Fiber contents (%)	Yarn type	Yarn number (Denier)	Weave type	Fabric count (wale×course/5cm)	Weight (mg/cm ²)	Thickness (mm)	Remark
PET/SP=91/9	Double covered yarn	PET75/72+SP20	Plain stitch	103×203	18.15	0.59	Hyosung

※ PET: polyester, SP: spandex

Table 2. Washing factors and levels

Factor	Level	Remarks
Detergent	Alkali	Persil, Henkel KGaA, Germany, 27g
	Neutral	Wool shampoo for drum, Aekyung, Korea, 40ml
	Functional	Outdoor wool shampoo, Aekyung, Korea, 35ml
Hardness	70ppm	IEC 60734(Household electrical appliances- Performance- Hard water for testing: Method B)
	250ppm	
Temperature	15°C	Temp & time control system, SH-R-10B40, Korea
	30°C	
	40°C	
RPM	30rpm	Drum washing machine, SEW-HAR149AUW, Samsung Electronics, Korea
	40rpm	
	50rpm	

Table 3. Ingredients of detergents

	Detergent		
	Alkali	Neutral	Functional
Surfactant	Linear alkylbenzene(anionic), Higher alcohols(non ionic), Fatty acids (non ionic)	Linear alkylbenzene, Higher alcohols (non ionic), Higher alcohols (anionic), Alpha-olefin Sulfonate, Fatty acids (anionic)	Higher alcohols (non ionic), Fatty acids (anionic)
Other	Zeolites, Oxygen-based bleach, Enzymes (protease, amylase, cellulase), Optical brighteners, Fragrances (benzyl salicylate, hexyl cinnamal, linalool)	Stabilizers, Fragrances, Antiseptic, Pigment,	pH regulator, Migration proofing agent, Stabilizers, Fragrances, Antiseptic, Water softener, Pigment, Antistatic agent, Deodorant

Table 4. Washing condition profiles

No.	Detergent	Hardness	Temp.	RPM
P 1	Alkali	70	15	30
P 2	Alkali	70	40	50
P 3	Alkali	250	30	40
P 4	Neutral	70	30	30
P 5	Neutral	70	40	40
P 6	Neutral	250	15	50
P 7	Functional	70	15	40
P 8	Functional	70	30	50
P 9	Functional	250	40	30

dimensional change)에 준하여 형태안정성을 평가했다. 50×50cm의 시험편 안에 35cm 간격으로 네 지점에 마크하고, 두 지점 사이를 이등분한 위치에 중간 지점에 또 마크하였다. 세탁 후 웨일과 코스 방향의 각 두 점 간의 거리를 각각 측정 한 후, 다음 식에 따라 변형률을 계산하였다.

$$\text{Dimensional change (\%)} = \frac{L_1 - L}{L} \times 100$$

L: the original dimension

L₁: the dimension measured after washing

2.3.5. 역학적 특성 및 태

KES-FB system(Kawabata Evaluation System, Kato Tech. Co. Ltd., Japan)을 이용하여 인장, 굽힘, 전단, 표면, 압축특성 등의 역학적 특성치 및 hand value(H.V)를 산출하였다. 이때 H.V는 Knit Underwear Winter(KN-403-KTU)를 적용하였으며, total hand value(T.H.V)는 KN-304-Winter를 적용하여 계산하였다.

2.4. 분석방법

측정된 데이터는 SPSS 18.0을 사용하여 기술통계, ANOVA, Duncan의 다중범위검증을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 논의

3.1. 표면 변화

폴리에스터/스판텍스 편성물의 반복세탁에 의한 표면상태의 변화를 관찰하기 위하여 입체현미경을 사용하였다. 그 결과, Fig. 1과 같이 반복세탁에 따른 편성물의 큰 표면 변화는 관찰되지 않았으나, 미처리 시보다 루프의 불균형 및 형클어짐이 관찰되었다. 이는 세탁 시 가해주는 기계적인 힘과, 섬유 팽윤 및 건조 과정에서 루프의 변형이 발생한 것으로 보인다. Chung et al.(2006)은 스판텍스와 면 혼방 편성물은 반복세탁으로 표면에 빠져나온 섬유로 인해 보풀이 발생한다고 했다. 본 연구에

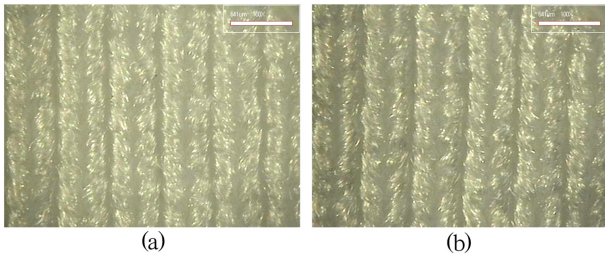


Fig. 1. Video microscopes on the surface of polyester/spandex knit fabric: (a) untreated, (b) 25cycles (P 1).

서는 매끄럽고 평활하며 길이가 긴 필라멘트사의 사용으로 보풀 발생은 없으나, 루프 변형에 의해 표면변화가 생긴 것으로 판단된다.

3.2. 형태안정성

폴리에스터/스판덱스 편성물의 반복세탁이 형태안정성에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 웨일과 코스 방향의 변형률을 측정 한 결과는 Table 5와 같다. 이때 변형률의 '-'값은 수축을, '+'값은 신장을 의미한다. 편성물의 웨일과 코스 방향에서 1회 세탁으로 미세하게 수축한 이후, 반복세탁으로 점차 신장되었

Table 5. Effect of repeated washing on dimensional change

N=48

Cycles	Dimensional change(%)			
	Wale(SD)	Duncan	Course(SD)	Duncan
1	-0.75 (0.10)	c	-0.18 (0.08)	c
5	0.00 (0.15)	b	-0.09 (0.12)	bc
10	0.27 (0.14)	b	0.36 (0.11)	b
25	1.20 (0.20)	a	0.93 (0.15)	a
F-value	13.03	***	9.65	***

a, b, c: Groups with significant differences according to Duncan's multiple range test were noted with different letters
*** p<.001

다. 또한 웨일 방향으로 수축과 신장이 더 크게 나타났다. Roh and Kim(2010)은 폴리에스터 흡탄속건 편성물의 1회 세탁으로 이완수축현상이 나타난다고 하였으며, 세탁 후 이완수축은 폴리에스터/스판덱스 편성물에도 나타나고 있음을 알 수 있다.

반복세탁에 의한 형태안정성의 차이를 검증한 결과, 웨일과 코스 방향에서 유의한 차이가 나타났으며, 25회에서 가장 크게 신장되었다. 폴리우레탄 열가소성 탄성체는 분자 간 화학결합이 아닌 물리적 결합에 의해, 열경화성 탄성체의 가교점 역할

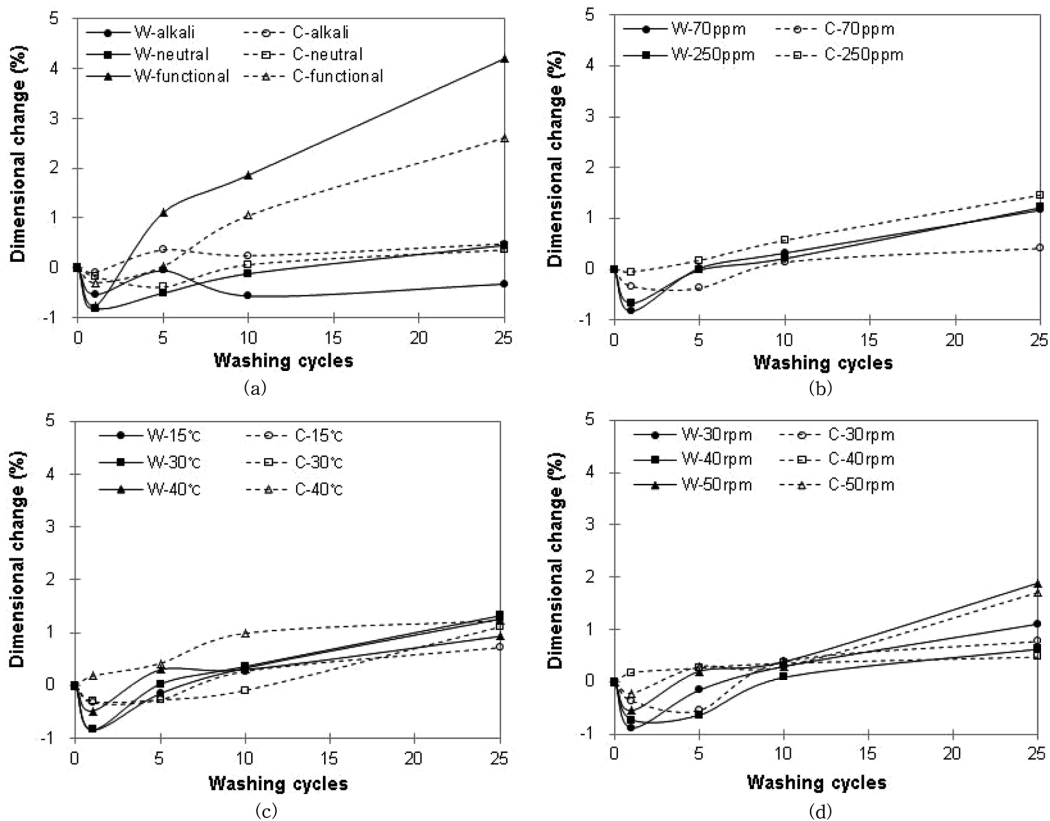


Fig. 2. The change of dimensional change in the stretch knit fabrics according to washing factors: (a) Detergent, (b) Hardness, (c) Temperature, (d) RPM, W: wale direction, C: course direction.

을 하는 domain을 형성함으로써 탄성을 발현한다. 이런 물리적 결합은 상온과 같은 일반적인 사용조건 하에서는 안정된 구조를 유지하지기 때문에, 물리적 결합의 변형에 의한 영향이 크다고 할 수는 없다(Lee et al., 1999). 이보다 세탁에 의해 피복사의 신장과 수축이 반복적으로 이루어지면서, 스판덱스 심사 주위를 감은 폴리에스터사의 재배열이 발생하면서 신장된 것이라 생각된다.

반복세탁에 의한 폴리에스터/스판덱스 편성물의 형태안정성에 영향을 미치는 세탁요인을 파악하기 위하여, 세제, 온도, RPM에 따른 웨일과 코스 방향의 변형을 변화를 살펴보았다(Fig. 2). 그 결과, 세제로 인한 편성물의 변형률에서 차이가 가장 큰 것으로 나타났다. 알칼리 세제와 중성세제에 의한 변형률보다 기능성 세제에 의한 변형률이 반복 세탁할수록 증가하였다. 온도 250ppm일 때 편성물의 웨일 방향으로 미세하게 더 신장되었으며, 세탁온도와 RPM에 의한 차이는 거의 없었다.

3.3. 역학적 특성

반복세탁과 세탁조건에 따른 폴리에스터/스판덱스 편성물의 역학적 특성은 Table 6과 같다. 미처리, 1, 5, 10, 25회 반복

세탁한 시료의 역학적 특성을 측정하였으나, 세탁횟수에 따른 역학적 성질의 변화가 적어 미처리와 25회의 측정값만 제시하였다. 신장성(Extension, EM)이 클수록 잘 늘어남을, 단위면적당 인장 에너지(Tensile energy, WT)가 클수록 변형이 잘되고 작을수록 인장이 용이하지 않으며, 인장 레질리언스(Tensile resilience, RT)가 클수록 인장에 대한 회복성이 우수함을 의미한다(Roh & Oh, 2015). 미처리 편성물의 웨일 방향 EM, WT와 RT가 코스 방향의 값들보다 더 크게 나타나서, 편성물의 신장 및 회복성은 웨일 방향으로 우수함을 보여준다. 25회 반복세탁 후 코스 방향의 EM, 웨일 및 코스 방향의 WT와 RT가 감소하여, 세탁 후 인장 변형이 잘 안되고 인장 회복도가 저하됨을 보여준다.

세탁조건에 따른 EM, WT와 RT의 차이를 살펴본 결과, 온도, 온도, RPM에 의한 큰 차이는 나타나지 않았으나, 세제에 따른 차이가 관찰되었다. 기능성 세제로 25회 세탁 시 웨일 방향의 EM과 WT가 감소하여 인장변형이 잘 안되었으나, 중성세제로 세탁 시 다른 세제로 세탁 시보다 웨일 방향으로 변형이 잘됨을 보여준다. 반면에 코스 방향으로는 기능성 세제로 세탁 시 인장변형이 용이하고, 알칼리 세제로 세탁 시 인장변형이 용

Table 6. The change in the mechanical properties of the stretch knit fabrics after repeated washings

Mechanical properties	Direction	Untreated	25 cycles												
			Total	Detergent			Hardness(ppm)		Temperature(°C)			RPM			
				Alkali	Neutral	Functional	70	250	15	30	40	30	40	50	
Tensile	EM (%)	W	88.72	88.84	87.38	91.08	86.21	89.63	88.24	88.16	90.44	88.99	88.58	88.40	90.18
		C	59.88	56.94	54.76	57.21	58.67	57.40	56.53	56.74	56.58	57.79	57.18	57.52	55.96
	WT (gf·cm/cm ²)	W	47.60	45.20	45.05	46.15	43.65	45.39	45.11	45.03	46.66	44.29	45.16	44.54	46.15
		C	40.65	37.47	36.19	37.53	38.56	37.54	37.36	37.33	37.64	37.51	37.28	38.01	37.24
	RT (%)	W	57.77	55.22	55.16	55.24	55.49	55.41	55.15	55.69	55.18	54.56	55.53	54.97	55.09
		C	48.09	46.54	45.56	46.83	47.11	46.60	46.56	46.88	46.86	45.71	46.54	46.77	46.48
Bending	B (gf·cm/cm ²)	W	0.008	0.011	0.011	0.010	0.011	0.011	0.010	0.011	0.010	0.011	0.011	0.010	0.010
		C	0.012	0.013	0.013	0.013	0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.013	0.013
	2HB (gf·cm/cm ²)	W	0.013	0.015	0.016	0.015	0.014	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.015	0.014
		C	0.014	0.017	0.017	0.018	0.016	0.017	0.017	0.018	0.016	0.017	0.017	0.017	0.016
Shear	G (gf/cm·deg)	W	0.52	0.54	0.57	0.54	0.52	0.53	0.55	0.54	0.54	0.54	0.54	0.55	0.54
		C	0.69	0.71	0.74	0.71	0.69	0.70	0.72	0.70	0.72	0.72	0.70	0.71	0.73
	2HG (gf/cm)	W	1.00	1.24	1.32	1.17	1.27	1.25	1.21	1.24	1.21	1.22	1.21	1.25	1.25
		C	1.45	1.79	1.87	1.75	1.77	1.79	1.77	1.78	1.79	1.78	1.78	1.78	1.78
Surface	MMD	W	0.009	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	0.009	0.010	0.010	0.009
		C	0.019	0.021	0.023	0.021	0.018	0.019	0.022	0.020	0.022	0.021	0.020	0.024	0.019
	SMD (µm)	W	1.60	1.69	1.82	1.72	1.48	1.60	1.77	1.61	1.65	1.87	1.70	1.72	1.63
		C	4.04	3.62	3.97	3.27	4.00	3.12	4.14	3.83	3.54	3.31	3.86	3.82	2.96
Compression	WC(gf·cm/cm ²)		0.16	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
	RC(%)		42.04	45.87	46.36	46.18	44.94	46.03	45.79	45.85	45.84	46.12	46.19	45.66	45.61
	Thickness(mm)		0.59	0.59	0.59	0.59	0.60	0.59	0.60	0.59	0.60	0.60	0.59	0.60	0.60
	Weight(mg/cm ²)		18.15	17.88	18.03	17.89	17.68	17.86	17.88	17.81	17.83	18.03	17.83	17.90	17.92

W: wale direction, C: course direction

이하지 않음을 보여준다. 웨일 방향의 RT에서 세제에 따른 큰 차이가 나타나지 않았으나, 코스 방향에서 RT감소에서 약간의 차이가 나타났다. 알칼리 세제로 세탁 시 인장 회복성 감소가 약간 적고, 기능성 세제로 세탁 시 약간 큼을 보여준다.

Chung and Kim(2005)은 반복세탁 시 스판덱스사의 강도와 신도의 감소한다고 하였으며, 폴리에스터/스판덱스 편성물의 인장특성 결과외도 동일함을 알 수 있다. 이는 앞서 형태안정성에서 설명했듯이, 반복세탁과 같은 외부의 힘이 크게 가해지면서 피복사의 재배열이 발생하면서 나타난 현상으로 판단된다.

굽힘강성(Bending rigidity, B)은 곡면형성 능력과 관련이 있으며, 수치가 클수록 뻣뻣하고, 작을수록 유연함을 의미한다. 굽힘이력(Hysteresis of bending, 2HB)은 굽힘 변화에 대한 회복되는 정도는 나타내며, 수치가 클수록 굽힘 변형 후, 회복이 어려움을 의미한다(Roh & Oh, 2015). 미처리 편성물의 웨일 방향의 B와 2HB가 더 작게 나타나서 웨일 방향으로 더 유연하고 회복력이 큼을 보여준다. 25회 반복세탁 후에는 편성물의 웨일과 코스방향으로 B와 2HB가 증가하였으나, 세탁조건에 의한 차이는 거의 나타나지 않았다. Chung et al.(2010)은 면/스판덱스 능직물은 반복세탁으로 2HB가 증가한다고 하였으며, Kim and Chung(2007)은 면 편성물과 면/스판덱스 편성물의 반복세탁으로 굽힘특성이 증가한다고 하였다. 이와 같은 결과는 섬유 종류에 상관없이 반복세탁으로 편성물의 뻣뻣함이 증가하고 굽힘에 대한 회복력도 저하됨을 보여준다.

전단강성(shear stiffness, G)은 전단력에 의하여 일어나는 변형으로, G가 클수록 뻣뻣하고, 작을수록 유연함을 의미한다. 전단이력(Hysteresis of shear force, 2HG)은 전단변형 후의 회복되는 정도를 나타내며, 2HG가 작을수록 전단변형 후 회복이 우수함을 의미한다(Roh & Oh, 2015). 미처리 시 편성물은 웨일 방향의 G와 2HG가 작게 나타나서 웨일 방향의 전단변형 및 회복성이 우수함을 알 수 있다. 반복세탁으로 G값과 2HG가 증가하여 미처리 시보다 뻣뻣해지고, 회복성이 저하됨을 보여준다(Kim & Chung, 2007). 다른 세탁 인자에 의한 차이는 크지 않았으나, 세제 종류에 따라 전단특성에 차이가 나타났다. 알칼리 및 중성세제로 세탁 시 웨일과 코스 방향으로 전단강성이 미세하게 증가하였으나, 기능성 세제로 세탁 시에는 미처리 시와 유사하였다. 또한 알칼리 세제로 세탁 시 웨일과 코스 방향의 전단 회복력이 가장 크게 저하되었다.

마찰계수의 평균편차(Mean deviation of MIU, MMD)는 작을수록 직물 표면 마찰력의 균일함을 의미한다. 표면 거칠기의 평균편차(Geometrical roughness, SMD)는 표면의 굴곡성과 관련된 것으로, SMD가 작을수록 표면이 평활함을 의미한다(Roh & Oh, 2015). 미처리 편성물의 웨일 방향의 MMD와 SMD가 작아 웨일 방향으로 평활함을 보여준다. 반복세탁으로 편성물의 MMD의 차이는 거의 없으나, SMD의 웨일과 코스 방향으로 변화가 나타났다. Kim and Chung(2007)은 면 편성물과 면/스판덱스 편성물은 반복세탁으로 표면 마찰과 거칠기가 증가한다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 웨일 방향의 SMD는 미세

하게 증가하고 코스 방향의 SMD는 감소하여, 반복세탁으로 코스 방향으로 평활함이 증가함을 보여준다. 이는 앞서 Fig. 1(b)에서 보듯이, 반복세탁으로 인한 루프의 불균형 발생으로 인해 실의 단단함이 감소하여 코스 방향으로 표면이 평활하게 평가된 것으로 보인다. 알칼리 및 중성세제로 세탁 시 웨일 방향의 SMD는 증가하나, 기능성 세제로 세탁 시에는 미처리 시보다 감소하였다. 코스 방향의 SMD는 중성세제로 세탁 시에만 감소하여 평활해짐을 보여준다. 또한 경도가 낮을 때, RPM이 높을 때 평활함이 증가함을 보여준다.

압축에너지(Compressional energy, WC)는 클수록 압축변형이 안되고, 작을수록 압축변형이 용이함을 의미하며, 압축회복도(Compressional resilience, RC)는 클수록 압축탄성이 풍부하여 압축에 유연함을 의미한다(Roh & Oh, 2015). 반복세탁으로 미처리 시보다 WC는 미세하게 감소하였으나, 세탁인자에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. RC는 세탁 후 증가하여 압축회복성이 증가하였으며, 세제에 의한 차이가 나타났다. 알칼리 및 중성세제로 세탁 시 압축회복도가 약간 증가하였고, 기능성 세제로 세탁 시 증가폭이 적었다. Kim and Chung(2007)은 면 편성물과 면/스판덱스 편성물은 반복세탁으로 압축은 용이해지나, 회복력은 감소한다고 하였다. 반면에 본 연구에서 반복세탁으로 폴리에스터/스판덱스 편성물은 세탁 후 압축은 잘 되고, 압축회복력이 약간 증가하였음을 보여주어 섬유 종류에 따른 압축특성의 차이를 알 수 있다.

반복세탁에 의한 폴리에스터/스판덱스 편성물 두께의 변화는 나타나지 않았다. 반면에 무게는 미세하게 감소하였지만, 세탁 조건에 의한 무게 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. Kim and Chung(2007)은 면 편성물과 면/스판덱스 편성물은 이완수축으로 반복세탁으로 두께가 증가하고 무게도 증가하였다고 하였다. 본 연구의 결과는 앞서 형태안정성 평가 결과에서 나타났듯이, 반복세탁으로 인한 편성물의 신장과 관련이 있고, 신장으로 인한 단위면적당 무게 감소로 인해 나타난 결과로 보인다. 반복세탁으로 두께 또한 신장으로 인하여 감소해야 하나, 두께에서 큰 변화가 없는 것은 Fig. 1(b)에 보듯이, 반복세탁으로 인한 편성물의 루프 변형과 같은 형태 및 구조 변화가 두께 감소를 상쇄시킨 것으로 보인다.

3.4. 객관적 태

반복세탁과 세탁조건에 인한 폴리에스터/스판덱스 편성물의 태 평가치를 얻기 위하여 KES-FB system에 의해 측정된 역학 특성치를 이용하여 KOSHI(stiffness, 강연도), NUMERI(smoothness, 유연도), FUKURAMI(fullness and softness, 풍유도)와 T.H.V를 산출하였다(Table 7). KOSHI는 소재를 손으로 쥐었을 때 느끼는 반발성·탄성·레질리언스를 종합해서 표현되며, 굽힘특성·전단특성·두께·무게의 영향을 받는다. FUKURAMI는 부피감·부드러운 표면과 부드러운 신장성으로, 압축특성·표면특성·인장특성의 영향을 받는다. NUMERI는 소재의 매끄러움 및 유연함·부드러움과 관련이 있으며, 표면특성·압축특성·전단특성

Table 7. The change of primary hand value in the stretch knit fabrics by repeated washing

Hand values	Untreated	25 Cycles											
		Total	Detergent			Hardness		Temperature			RPM		
			Alkali	Neutral	Fuctional	70ppm	250ppm	15°C	30°C	40°C	30rpm	40rpm	50rpm
KOSHI	4.83	5.33	5.50	5.31	5.17	5.29	5.35	5.29	5.27	5.43	5.30	5.35	5.35
FUKUFAMI	8.35	7.88	7.63	7.95	8.02	7.94	7.84	7.85	7.88	7.98	7.94	7.80	7.87
NUMERI	6.67	6.86	6.42	7.04	7.00	7.16	6.59	6.87	6.74	7.01	6.91	6.68	6.99
THV	3.50	3.55	3.52	3.57	3.56	3.59	3.53	3.55	3.54	3.58	3.56	3.54	3.57

에 영향을 받는다(Kawabata, 1980).

반복세탁으로 미처리 시보다 KOSHI가 증가하여 뻣뻣한 감각이 증가함을 보여준다. 세탁조건에 의한 KOSHI에 미세한 차이가 나타났다. 알칼리 세제로 세탁 시 뻣뻣한 감각이 증가하였으며, 기능성 세제로 세탁 시 뻣뻣한 감각이 증가가 다소 적었다. 고온 세탁 시 KOSHI가 증가하였다.

반복세탁으로 미처리 시보다 FUKURAMI가 감소하여 부피감과 부드러움이 감소하였다. 알칼리 세제로 세탁 시 FUKURAMI가 가장 많이 감소하였으나, 기능성 세제로 세탁 시 FUKURAMI 값이 감소가 적게 나타났다. 다른 세탁요인에 의한 차이는 거의 없었다. 이와 같은 반복세탁으로 인한 FUKURAMI의 감소는 KOSHI의 변화와 반대되는 현상으로, 세탁으로 뻣뻣한 감각 증가와 관련 있음을 보여준다.

반복세탁으로 NUMERI가 미세하게 증가하였으며, 세탁조건에 의한 차이가 나타났다. 알칼리 세제로 세탁 시 NUMERI는 감소하고, 중성세제나 기능성 세제로 세탁 시 NUMERI가 증가하였다. 또한 경도가 클 때 매끄러움이 감소하였다.

Yokura and Niwa(1988)은 착용실험으로 소모직물보다 양모/스판텍스 혼방 직물의 FUKURAMI와 NUMERI의 감소가 크다고 하였으며, Kim and Chung(2007)은 면 편성물과 면/스판텍스 편성물의 세탁 후 KOSHI는 증가하고 NUMERI와 FUKURAMI는 감소하여 편성물이 뻣뻣해지고 부피감과 매끄러움이 감소한다고 하였다. Ryu and Roh(2010)은 세제 성분에 따라서 지각하는 주관적 태가 다르다고 하였다. 이와 같은 결과는 반복세탁 및 착용과 같은 외부의 물리적 힘뿐만 아니라, 세제의 종류도 태 변화에 영향을 미치고 있음을 보여준다. 그러나 선행연구 결과와 다른 NUMERI의 변화가 관찰되었고, 반복세탁으로 인한 코스 방향의 평활함 및 압축회복성 증가로 인해 NUMERI가 증가함을 알 수 있었다.

4. 결 론

반복세탁과 다양한 세탁조건에 따른 폴리에스터/스판텍스 편성물의 형태안정성, 역학적 특성과 태 평가를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

반복세탁 후 편성물의 웨일과 코스 방향으로 형태안정성에서 차이가 나타났다. 1회 세탁으로 미세하게 수축한 이후, 점차적으로 웨일 방향으로 신장되었다. 또한 다른 세탁인자들보

다도 세제 종류에 따라서 형태안정성에서 차이가 나타났으며, 세탁이 반복될수록 알칼리 세제와 중성세제에 의한 변형률보다 기능성 세제에 의한 변형률이 증가되었다.

반복세탁 후 편성물의 인장 에너지 및 인장 레질리언스의 감소로 변형이 잘 안되고 회복도도 저하되었으며, 굽힘강성 및 굽힘 히스테리시스스는 증가하여 뻣뻣함이 증가되고 회복력은 저하되었다. 전단강성의 증가로 변형이 어려워지고 회복성도 감소하였으며, 특히 알칼리 세제 사용 시 유연성 저하가 두드러졌다. 반복세탁에 의해 평활해졌으며, 경도가 낮을 때, RPM이 높을 때 평활함이 증가하였다. 반복세탁 후에 압축에서 큰 변화가 없었으나, 알칼리 세제로 세탁 시 압축회복도가 약간 증가하고, 기능성 세제로 세탁 시에는 낮아졌다.

반복세탁으로 KOSHI는 증가하고 FUKUFAMI는 감소하였으며, 세제와 경도 등이 감각 평가치에 영향을 미치고 있었다. 알칼리 세제로 세탁 시 KOSHI는 증가하고 FUKURAMI와 NUMERI가 감소하며, 중성세제와 알칼리 세제는 반대 경향을 보였다. 경도도 미세하게 영향을 주고 있었으며 경도가 높을수록 NUMERI가 감소하였다.

반복세탁으로 폴리에스터/스판텍스 편성물의 형태안정성과 역학적 특성과 태 평가에서 변화가 관찰되었으며, 세제와 기계적인 힘이 가해지면서 물리적·화학적 변화가 나타났다. 세제의 영향이 다른 세탁인자들보다 형태안정성과 역학적 특성에 영향을 크게 미침을 보여주었다. 기능성 세제는 다른 세제들보다 형태안정성에 영향을 주어 웨일 방향으로 내구성 저하되어 신축성이 떨어진다. 반면에 알칼리 세제는 형태안정성에는 큰 영향을 끼치지 않았으나, 촉감에 영향을 주어 뻣뻣해진다. 따라서 중성세제로 낮은 경도로 세탁하는 것이 형태안정성을 유지하면서 감각 평가치의 변화를 최소화하는 최적의 세탁방법이다. 또한 세제의 올바른 선택이 폴리에스터/스판텍스 편성물의 형태안정성과 촉감에 중요함을 보여준다.

그러나 본 연구에서는 시판하는 세제와 폴리에스터/스판텍스 혼방 편성물을 사용하여 평가하므로, 세제 성분의 영향과 다양한 애슬레저 의류시장에 사용되는 스판텍스 혼방 소재에 대한 형태안정성과 객관적 태 변화를 파악하는데 한계가 있다. 그러므로 이에 대한 정량적 연구 및 다양한 소재에 대한 접근이 진행된다면 보다 효과적인 세탁방법을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Chung, H. W., Kwen, J., Seok, H. J., & Kim, H. J. (2010). Comparison of mechanical properties and hand values of cotton/spandex twill with different tentering-extension rates after repeated washings. *Textile Science and Engineering*, 47(4), 240-246.
- Chung, H. W., & Kim, M. K. (2005). The effect of washing conditions on the dimension and mechanical properties of spandex yarns. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 29(12), 1619-1626.
- Chung, H. W., Kim, K. J., & Kim, M. K. (2006). The deformation of knitted cotton fabrics with/without spandex during laundering. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 30(2), 296-305.
- Chung, Y. S., Lee, K. W., & Pak, P. K. (2002). Compatibility analysis of disperse dyes in dyeing of PET/Spandex blends. *Textile Coloration and Finishing*, 14(4), 208-213.
- Herath, C. N., & Kang, B. C. (2008). Dimensional stability of core spun cotton/spandex single jersey fabrics under relaxation. *Textile Research Journal*, 78(3), 209-216. doi:10.1177/0040517507082958
- Kawabata, S. (1980). *The standardization and analysis of hand evaluation* (2nd ed.). The Textile Machinery Society of Japan: Osaka.
- Kim, M. K., & Chung, H. W. (2007). Comparison of mechanical properties and hand values of spandex/cotton single jersey and cotton single jersey after repeated washings. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 31(2), 197-205. doi:10.5850/JKSC.2007.31.2.197
- Lee, C. G. (2003). Pulling-out length of spandex and shrinkage ratio of fabric in the polyester-spandex power net warp knitted fabric. *Proceeding of the Korean fiber society. Fall Conference, Korea.*, pp. 289-290.
- Lee, H. D., Sung, S. K., & Kwon, H. S. (2000). Transactions/evaluation of tailorability and mechanical properties of stretch fabrics. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 2(2), 150-158.
- Lee, T. Y., Lee, H. S., & Seo, S. W. (1999). Structure of polyurethane thermoplastic elastomer. *Polymer Science and Technology*, 10(5), 597-613.
- Marmarali, A. B. (2003). Dimensional and physical properties of cotton/spandex single jersey fabrics. *Textile Research Journal*, 73(1), 11-14. doi:10.1177/004051750307300102
- Park, H. S., Lee, M. H., & Kim, Y. H. (1999). Causes of yellowing in cotton/spandex knit fabrics. *Textile Science and Engineering*, 36(7), 565-571.
- Rhie, J. S. (1992). Fundamental relationship between extensibility of stretch fabric and its pressure. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 30(1), 35-47.
- Roh, E. K., & Kim, E. A. (2010). Changes in absorbency and drying speed of a quick-drying knit fabric by repeated laundering. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 34(12), 2062-2072. doi:10.5850/JKSC.2010.34.12.2062
- Roh, E. K., Han, J. E., & Kim, E. A. (2010). Changes in moisture permeability and waterproofness of high-density fabric by repeated laundering and condition. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 34(11), 1798-1811. doi:10.5850/JKSC.2010.34.11.1798
- Roh, E. K., & Oh, K. W. (2015). Hand and preference evaluation of laminated waterproof breathable fabric. *Fashion & Textile Research Journal*, 17(5), 854-861. doi:10.5805/SFTI.2015.17.5.854
- Ryu, H. S., & Roh, E. K. (2010). Preference and subjective evaluation of washed fabric hand using conjoint analysis. *Textile Research Journal*, 80(20), 2167-2175. doi:10.1177/0040517510376270
- Seok, H. J., Chung, H. W., Kim, H. J., & Kwen, J. (2009). Effects of tentering and washing on the shrinkage and elasticity of cotton/spandex fabric. *Textile Science and Engineering*, 46(5), 269-275.
- Tezel, S., & Kavuştur, Y. (2008). Experimental investigation of effects of spandex brand and tightness factor on dimensional and physical properties of cotton/spandex single jersey fabrics. *Textile Research Journal*, 78(11), 966-976. doi:10.1177/0040517507087685
- Yokura, H., & Niwa, M. (1988). Durability of hand in spandex blend fabrics. *Textile Research Journal*, 58(7), 398-408. doi:10.1177/004051758805800705

(Received 30 November 2017; 1st Revised 13 December 2017;
2nd Revised 21 December 2017; Accepted 25 December 2017)