

텐셀직물의 물리적 특성에 관한 연구

권오경¹⁾ · 권현선²⁾ · 나영주³⁾

- 1) 경일대학교 의상디자인학과
- 2) 대구효성가톨릭대학교 의류학과
- 3) 인하대학교 의류학과

The Study on the physical Properties of tencel fabrics

Oh Kyung Kwon¹⁾, HyunSun Kwon²⁾ and Young-Joo Na³⁾

- 1) Dept. of Clothing and Design, Kyungil University, Kyungsan, Korea
- 2) Dept. of Clothing and Textiles, Catholic University of Taegu-Hyosung, Kyungsan, Korea
- 3) Dept. of Clothing and Textiles, Inha University, Incheon, Korea

Abstract : This study was carried out to evaluate the distribution of mechanical and thermal properties of 14 sorts of tencel fabrics. Three kinds of cellulosic fabrics such as cotton 100%, cotton/tencel 50/50% and rayon 100% were used to compare with tencel fabrics. Furthermore, for the comparison of thermal properties, these fabrics were repeatedly washed 1, 3, 5, 10, 15 and 20 times respectively. The mechanical properties were measured by the KES-FB system and Thermo Labo II type was employed to measure the thermal properties of warmth retaining and contact warm/cool feeling(q_{max}). The experimental results were analysed statistically to relate the mechanical and thermal properties. Tencel showed sufficient ability to recover from bending deformation and drapability comparing with other cellulosic fabrics and had a silhouette which goes along with the body.

Key words : tencel fabrics, mechanical property, warmth retaining.

1. 서 론

1988년부터 일본에서 불기 시작한 신합섬의 열풍은 1985년 G5회의 이후 급격한 엔고와 NIES 제국의 추격을 뿌리치기 위해 폴리머 개발과 고도의 방사기술 및 복합사 가공기술로 대표되는 하이테크 기술을 구사하여 합성섬유의 한계를 극복하고 천연섬유의 장점을 극대화시킨 연구개발의 결과로, 현재 후발 경쟁국의 추격으로 창의적 신제품 개발을 통해 제품의 고부가가치화의 필요성이 더욱 커지고 있는 우리나라에서도 활발히 연구되고 있는 실정이다. 그러나, 신합섬은 지금까지 출현하지 않았던 전혀 새로운 섬유소재라기 보다는 합성섬유의 차별화 차원에서 개발된 것인데 대하여, 스판덱스가 개발된 이래 30년 만에 새롭게 탄생한 신소재인 Lyocell계 섬유가 제조상의 획기적인 공법과 천연섬유 및 인조섬유의 장점을 골고루 갖춘 특성으로 인하여 패션산업에서의 역할과 수요가 점차 증대되고 있는 추세(Watkins, 1995)이다. Lyocell은 1989년 섬유용어를 제정하는 국제적인 기구인 비스파(BISFA)로부터 새로운 속명인 Lyocell(Davies, 1989)이라는 명칭을 부여받았다. Lyocell은 특수하게 재배된 천연펄프를 주원료로 하여 만들어진 용제방사

섬유소재 섬유로, 원료 및 제조과정에서의 환경 및 인체의 유독성분 오염과 같은 문제점을 극복한 환경친화적 특성과 함께 실크와 같은 촉감 및 드레이프성을 보유하면서 동시에 기타 합성섬유에 뒤지지 않는 강한 내구성, 지닌 짐 등으로 그 중요성이 더욱 부각되고 있다. 한편, 이들 Lyocell계 섬유는 기타 셀룰로오스계 섬유와의 각종 특성에서 차별성이 보고되고 있기는 하지만, 역학적, 역적 특성에서의 구체적인 연구결과는 미흡한 실정이다.

현재까지 Lyocell계를 생산하고 있는 회사는 아코디스사의 Tencel, Newcell과 Lenzing사의 Lenzing Lyocell이 있는데 본 연구에서는 Lyocell계의 계통적 연구의 일환으로 텐셀직물의 역학적 및 열적특성의 물성을 규명하고 기본데이터를 제시할 목적으로 두께 및 중량이 일정한 Lyocell계 텐셀소재 14종을 준비하여 이들의 역학적 특성 및 열적특성의 분포를 알아보고, 더욱이 텐셀섬유 및 3종의 셀룰로오스계 섬유를 1, 3, 5, 10, 15, 20회 반복세탁하여 세탁에 따른 열적특성 변화도 비교·고찰하였다.

2. 실험

2.1. 시료

시료는 국내 D회사에서 제공된 텐셀직물 중 번수, 중량 및

Table 1. Characteristics of materials

Sample No.	Yarn count (Ne)	Fabric density (threads/in)	Areal weight (mg/cm ²)	Thickness (mm)	Bulk density (g/cm ³)
T1	20×30	104×76	19.5513	0.6616	0.296
T2	60/2×30	86×60	12.0660	0.4907	0.246
T3	40/2×40/2	110×74	25.4837	0.8569	0.297
T4	15×15	102×62	31.6560	0.8276	0.383
T5	10×10	74×52	32.5440	0.8789	0.370
T6	40×20	120×82	15.6228	0.5054	0.309
T7	20×20	96×54	18.2195	0.9351	0.306
T8	12×12	80×54	30.4252	0.4272	0.325
T9	30×30	104×76	13.0822	0.6787	0.306
T10	20×20	110×74	23.0247	0.9521	0.339
T11	12×12	92×48	29.3555	0.8057	0.308
T12	20×10	110×54	26.0520	0.8276	0.323
T13	21×22	77×59	24.9815	0.7129	0.302
T14	20×20	110×74	25.1915	0.7129	0.353
C	20×20	54×52	19.9980	1.0130	0.197
T/C	20×20	102×63	19.4800	0.6100	0.319
R	20×20	110×60	23.9220	0.8594	0.278

Note) T : Tencel, C : Cotton, T/C : Tencel/Cotton 50/50, R : Rayon

두께가 일정한 14종을 선별하여 이용하였다. 또한 이들 텐셀직물과 비교하기 위하여 셀룰로오스계 섬유인 레이온 100%, 면 100%, 텐셀/면 혼방인 시료 각 1점이 선별되었으며, 시료의 기본 특성은 Table 1과 같다.

또한, 텐셀직물과 3종의 셀룰로오스계 섬유의 반복세탁에 따른 열적특성 거동을 알아보기 위해 텐셀직물 중 Table 1에서의 T4직물과 3종의 셀룰로오스계 섬유를 1, 3, 5, 10, 15, 20회의 반복세탁을 실시하여, 접촉온냉감 (q_{max}) 및 보온율을 측정하였다. 이때의 세탁조건은 S사의 가정용 전자동세탁기와 시판세제를 사용하고 표준주기로 설정하여 세탁시간 12분, 세탁온도 $40 \pm 3^\circ\text{C}$, 행금시간 6분, 수위는 68ℓ(중수위)로 하였다.

2.2. 역학적 특성의 측정 및 태값 산출

역학적 특성은 KES-FB 시스템(Kato Tech Co., Ltd.)을 이용하여 인장, 굽힘, 전단, 표면, 압축, 두께 및 중량 16항목 특성치를 표준계측조건에서 측정하였고, 이 때 구해진 역학적 특성치는 남자 추동복용 태값 산출식 KN-301-winter식에 적용하여 HV 및 THV를 산출하였다.

2.3. 열적 특성의 측정

KES-F7시스템(Thermo Labo II Type; Kato Tech Co., LTD.)을 사용하여 시료의 표면온도보다 높은 유한열량의 열원판을 시료에 접촉시킨 후 초기에 생기는 순간적인 시료로의 열흡수량의 최대치인 q_{max} 를 측정하여 온냉감에 관계하는 척도로 하였고, 동시에 아래의 식(1)에 의해 보온율(%)을 산출하였다. 이때 연원판과 실온과의 차이는 10°C 로 설정하였고 의복내 기후

를 고려하여 풍속은 30 cm/sec로 한다.

$$\text{보온율}(\%) = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100 \tag{1}$$

단, W_0 : 시료를 덮지 않았을 때의 열손실량($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

W : 시료를 덮을 때의 열손실량($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

3. 결과 및 고찰

3.1. 텐셀직물의 역학적 특성

인장특성 : Fig. 1은 텐셀직물 14종의 인장특성 중 착용시 피로감과 형태안정성에 관련되는 인장선형성(LT)과 인장레질리언스(RT)와의 관계를 나타낸 것이다. 유사한 용도에 이용되는 국내 남성용 캐주얼 직물(권오경, 1997)과 역학적 특성을 비교하면, LT 및 RT의 평균이 텐셀직물의 경우 각각 0.587 및

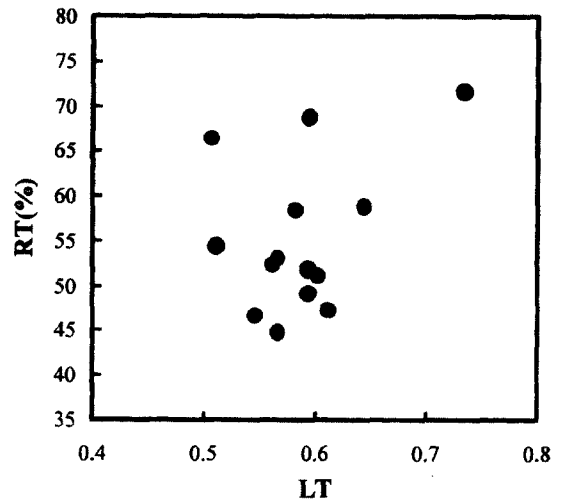


Fig. 1. The relationship between LT and RT of tencel fabrics.

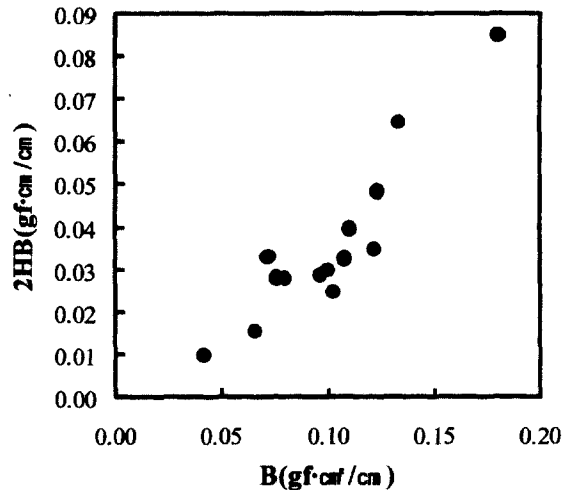


Fig. 2. The relationship between B and 2HB of tencel fabrics.

55.27%, 남성용 캐주얼직물의 경우 각각 0.622 및 44.98%로 각각 나타나 텐셀직물이 면 및 면/혼방직물을 이용한 남성용 캐주얼직물보다 인장초기의 신도저항이 적어 의복착용시 피로감이 경감되어 착용감이 좋고 형태안정성도 보다 우수한 것으로 나타났다.

굽힘특성 : Fig. 2는 의복제작시 실루엣 형성에 깊이 관여하는 특성인 텐셀직물 14종의 굽힘강성(B) 및 굽힘 히스테리시스(2HB)의 분포를 나타낸 것으로, 텐셀직물의 B와 2HB는 거의 정상관(0.88)을 보인다. 남성용 캐주얼직물과 B 및 2HB의 평균을 비교하면, 텐셀직물의 경우 각각 $0.1013 \text{ gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 및 $0.0358 \text{ gf} \cdot \text{cm}/\text{cm}$, 남성용 캐주얼직물의 경우 각각 $0.0644 \text{ gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 및 $0.0555 \text{ gf} \cdot \text{cm}/\text{cm}$ 로, 직물 또는 섬유를 단위 굴곡반경만큼 굽히는데 필요한 모멘트 즉 형태변화에 대한 저항성(지주원, 1997)인 굽힘강성은 텐셀직물이 더 높으나, 굽힘 히스테리시스에서는 더 낮은 값을 나타내 신체곡면에 잘 부합하는 부드러운 실루엣을 형성하고 있음을 알 수 있다.

특히 일본의 HESC에서 제시한 데이터(Kawabata, 1980)와 비교해 볼 때, B의 평균은 남자 겨울용 슈트지($0.1030 \text{ gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$)와 2HB는 남자 여름용 슈트지($0.0300 \text{ gf} \cdot \text{cm}/\text{cm}$)와 거의 유사한 값을 보인다.

전단특성 : Fig. 3은 텐셀직물 14종의 전단특성 중 전단강성(G)과 전단 히스테리시스(2HG5)의 분포로, 높은 정상관(0.94)을 나타내고 있으나 G의 분포가 $0.22\sim 0.65 \text{ g/cm} \cdot \text{deg}$ 의 좁은 분포대를 보이는데 비해 전단각 5° 에서의 히스테리시스폭 2HG5는 $0.52\sim 2.43 \text{ g/cm}$ 의 넓은 분포대를 나타내고 있다. 전단특성은 경위사 교차점에서의 미끄럼, 교차점에서의 탄성변형 및 실의 휨변형 등의 인자에 의해 영향을 받는 성질로(Tatyuki, 1968), 남성용 캐주얼직물과 전단강성(G) 및 전단히스테리시스(2HG5)를 비교하면 텐셀의 경우 각각 $0.45 \text{ g/cm} \cdot \text{deg}$ 및 1.47 g/cm , 남성용 캐주얼직물의 경우 각각 $0.75 \text{ g/cm} \cdot \text{deg}$, 2.17 g/cm 로, 월등히 낮은 수치를 나타냈고, 일본 HESC에서 제

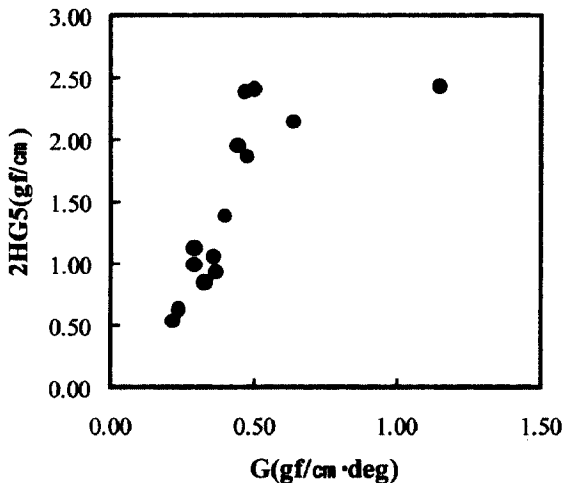


Fig. 3. The relationship between G and 2HG5 of tencel fabrics.

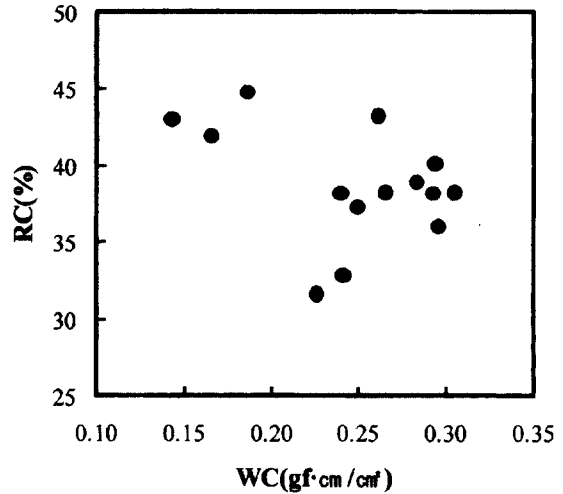


Fig. 4. The relationship between RC and LC of tencel fabrics.

시한 데이터와 비교해 볼 때, G $0.56 \text{ g/cm} \cdot \text{deg}$, 2HG5 1.76 g/cm 인 속녀용 얇은 직물의 수치와 가장 유사하였지만, 역시 텐셀직물이 더 낮은 값을 보였다.

압축특성 : Fig. 4는 직물의 벌키성 및 두께와 밀접한 관계를 갖는 특성인 텐셀직물 14종의 압축특성을 나타낸 것이다. 남성용 캐주얼직물과 비교시 압축에너지(WC) 및 압축 레질리언스(RC)의 평균은 각각 텐셀직물의 경우 $0.247 \text{ gf} \cdot \text{cm}/\text{cm}^2$ 및 38.69%, 캐주얼직물의 경우 $0.155 \text{ gf} \cdot \text{cm}/\text{cm}^2$ 및 42.18%로 나타나 텐셀직물이 볼륨감은 있으나, 압축탄성은 떨어지는 것으로 고찰된다.

표면특성 : Fig. 5는 직물의 평활감과 관련되는 전단특성의 분포를 나타낸 것이다. 남성용 캐주얼직물과 비교시 마찰계수(MIU) 및 표면거칠기(SMD)의 평균값은 각각 텐셀직물의 경우 0.196 및 4.355 micron, 캐주얼직물의 경우 0.166 및 3.851 micron으로 텐셀직물이 높게 나타났지만, SMD에 대한 MMD

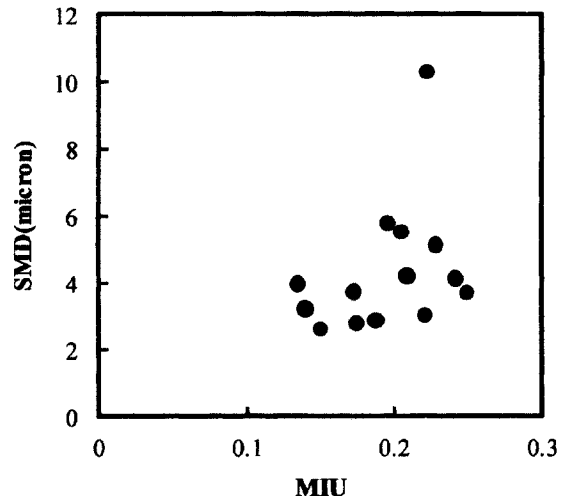


Fig. 5. The relationship between MIU and SMD of tencel fabrics.

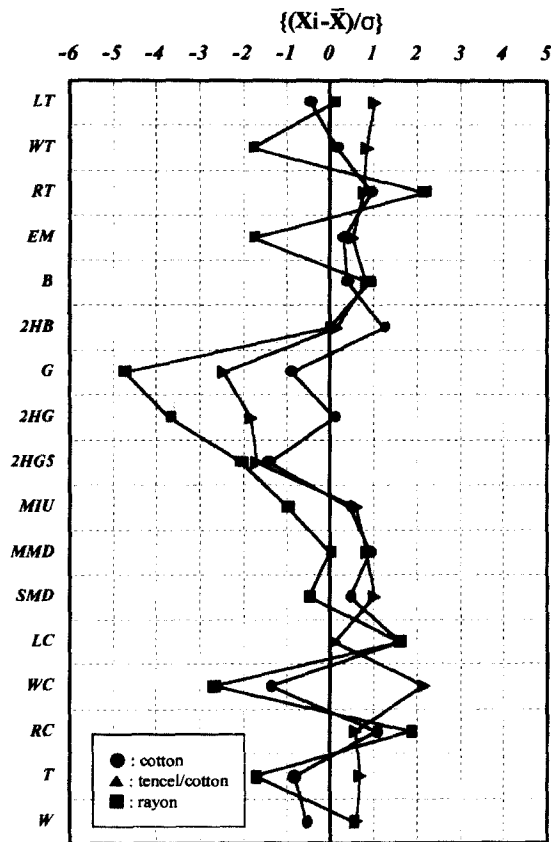


Fig. 6. A comparison on mechanical properties of fabrics for Tencel, Tencel/cotton, cotton and rayon.

의 비(丹羽, 1976)는 평균 0.0033으로 0.0052인 캐쥬얼직물보다 더 낮은 값을 나타내 표면의 터치가 매끈하고 촉감이 더 좋은 것으로 판명되었다.

일본 HESC에서 제시한 데이터와 비교해 볼 때, MMD/SMD의 평균값은 0.0030을 나타낸 남자 겨울용 슈트지와 가장 유사한 값을 보인다.

텐셀직물과 유사 셀룰로오스 직물의 역학적 특성 비교 : Fig. 6은 텐셀직물 14종의 역학적 특성치를 표준화한 차트 위에 유사 셀룰로오스 섬유인 면, 레이온, 면/텐셀 혼방직물 3종의 역학적 특성치를 대입시킨 결과로, 특성항목 중 인장특성의 WT, RT, EM, 전단특성, 압축특성의 WC에서 $\pm 2\sigma$ 의 범위를 벗어났다.

텐셀은 WT, EM에서 면보다는 낮은 값을 나타내 신장변형이 적었으나, 레이온, 면/텐셀 혼방직물보다는 높은 값을 보인다. 하지만, RT에서 다른 3종의 직물보다 높은 값을 나타내 의복제작시 늘어나기 어렵고 회복성이 커서 치수안정성이 있을 것으로 추정되었다.

모든 역학적 특성 중 가장 뚜렷한 차이를 나타낸 항목은 전단특성으로 특히 면직물은 G, 2HG에서 -4σ 의 범위까지 벗어난 값을 보였는데, 이로써 텐셀직물은 다른 3종의 셀룰로오스계 직물보다 천의 탄력성은 풍부하면서도 신체곡면과 잘 부합

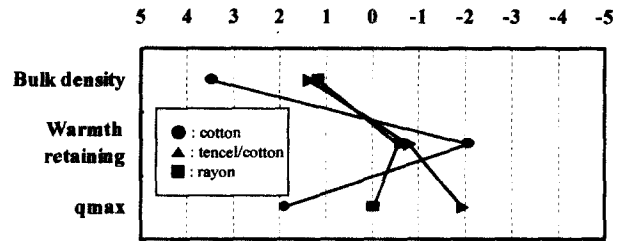


Fig. 7. A comparison on bulk density and thermal properties of fabrics for Tencel, Tencel/cotton, cotton and rayon.

되는 부드러운 실루엣 형성이 보다 용이한 것으로 판단되었다.

또한, 압축특성의 WC, RC에서 텐셀직물은 면, 레이온보다 낮은 값을, 면/텐셀 혼방직물보다는 높은 값을 각각 나타냈다.

3.2. 텐셀직물의 열적 특성

텐셀직물과 유사 셀룰로오스 직물의 열적 특성 비교 : Fig. 7은 텐셀직물 14종의 겉보기 비중, 보온성, q_{max} 값을 표준화한 차트 위에 유사 셀룰로오스계 섬유인 면, 레이온, 면/텐셀 혼방직물 3종의 겉보기 비중, 보온성 및 q_{max} 값을 대입시킨 결과로, 이 때 3종의 소재는 텐셀직물 14종의 두께 및 중량의 평균과 거의 유사한 값을 가진 것을 선별하였다.

Fig. 7에서 텐셀직물의 겉보기 비중은 다른 소재보다 높아 보온성이 가장 떨어지는 것으로 나타났으며, 3종의 소재 중 면직물이 가장 뚜렷한 차이를 보였다. 또한, 접촉온냉감의 척도로써 타당하다고 보고(今井 외, 1987)된 바 있는 q_{max} 은 값이 클수록 냉감이 강하고 그 값이 작을수록 따뜻한 느낌을 가지는 성질로, 텐셀은 레이온과 가장 유사한 값을 가지며 면보다는 냉감을, 면/텐셀 혼방직물보다는 온감을 가지는 것으로 나타났다.

妹尾(1986)의 연구결과와 비교해 볼 때, 평균 $0.179W/cm^2$ 를 나타낸 텐셀의 q_{max} 값은 여성용 얇은 직물($0.180W/cm^2$)과 가장 근접한 값을 보였다.

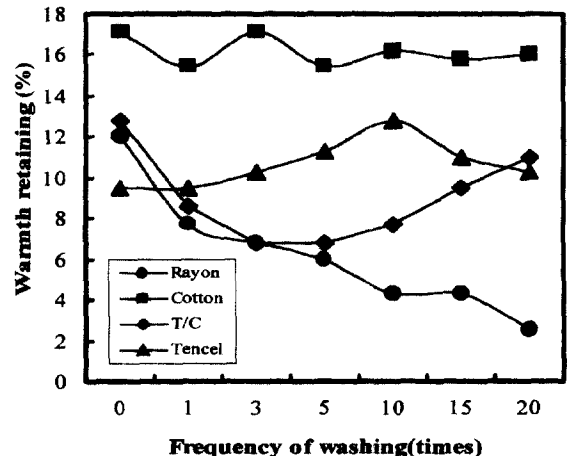


Fig. 8. The variation of warmth retaining of materials according to repeated washing.

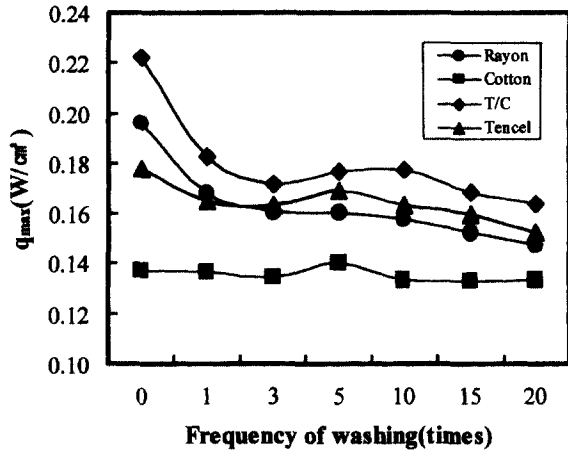


Fig. 9. The variation of q_{max} of materials according to repeated washing.

반복세탁에 의한 소재별 열적 특성의 변화 : Fig. 8은 반복세탁에 의한 소재별 보온성의 변화를 나타낸 것으로, 면, 면/텐셀 혼방은 세탁 1회부터 5회까지는 감소가 보여지나 5회 이후에는 점진적으로 증가하여 20회 종료시에는 거의 세탁 전의 수치에 근접하고 있다. 이것은 반복세탁 초기에는 기계적 외력에 의해 섬유 손실량이 많아져 직물 내부의 공기 함유량이 적어지나, 세탁이 진행되는 동안 습식세탁으로 인해 섬유가 팽윤된 상태에서 건조로 고정화되어 섬유직경의 거리가 점차 짧아지고 불림감이 증가하게 되어 두께 및 밀도가 커진 것에 기인한다고 할 수 있다.

한편, 유일한 필라멘트 직물인 레이온은 반복세탁 1회에서 20회 종료시까지 지속적인 보온율의 감소를 나타낸 반면, 텐셀은 4종의 섬유 중 보온율의 변화가 가장 안정적으로 나타났다.

Fig. 9는 반복세탁에 의한 소재별 q_{max}의 변화를 나타낸 것으로, 세탁횟수 1~3회 사이의 감소율이 가장 크고 10회 이후에는 거의 일정한 값을 나타낸다. q_{max}값이 감소해 온감이 증가한 이유는 반복세탁에서 오는 기계적 외력으로 인해 잔털이 생성되어 표면요철감이 증대되었기 때문으로 생각된다.

소재별로는 면, 텐셀은 반복세탁이 진행되는 동안 거의 일정한 값을 유지하였지만, 다른 소재에 비해 냉감이 강했던 면/텐셀 혼방직물은 지속적인 감소율을 나타내 20회 종료시에는 텐셀 및 레이온과 거의 유사한 온감을 나타낸다.

3.3. 텐셀직물의 역학적 특성과 열적 특성과의 관계

Table 2는 텐셀직물 14종의 역학적 특성과 열적특성과의 상

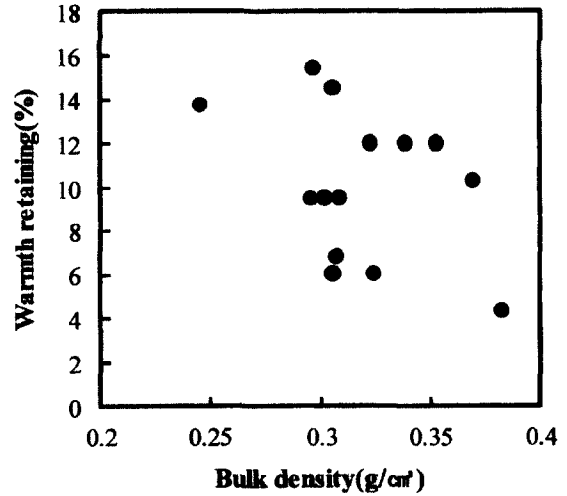


Fig. 10. The relationship between warmth retaining and bulk density of tencel fabrics.

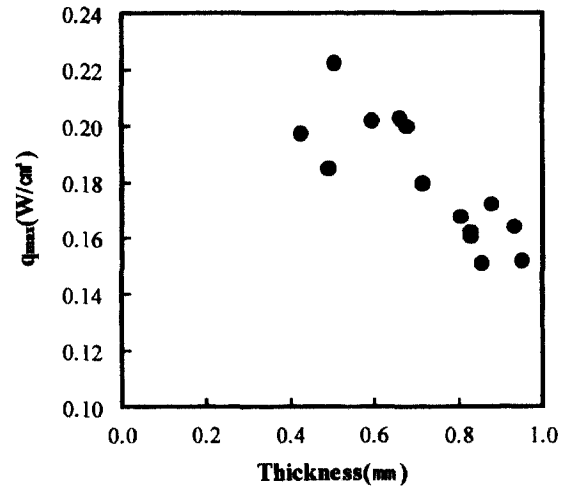


Fig. 11. The relationship between q_{max} and thickness of tencel fabrics.

관분석을 실시한 결과이다. Fig. 10에서 보온성은 겉보기 비중과 유의한 역상관(-0.68)을 나타내고 있는데 이는 단위 두께당 중량인 겉보기 비중이 높아지면 직물 내부의 공기 함유량이 적어져서 열전달이 쉽게 이루어져 상대적인 보온성은 낮아지는 것으로 고찰된다.

초기 열유속 최대치 q_{max}은 압축특성의 LC(-0.77), WC(-0.62), 표면특성의 MIU(-0.83), 두께(-0.83), 중량(-0.73)과 각각 유의한 역상관을 가진다. Fig. 11과 Fig. 12는 q_{max}와 두께 및 표면특성간의 관계를 각각보인 것이다. q_{max}은 두께, 중량,

Table 2. Correlation coefficients among characteristics of Tencel fabrics

	LT	WT	RT	B	2HB	G	2HG	2HG5	LC	WC	RC	MIU	SMD	MMD	T	W	BD	WR	q _{max}
BD	-0.14	0.10	0.34	0.44	0.23	0.06	0.11	0.22	0.27	0.34	-0.19	0.11	-0.30	-0.32	0.44	0.71	1.00		
WR	-0.10	0.17	-0.17	-0.39	-0.44	-0.35	-0.24	-0.37	0.28	0.11	-0.25	0.17	-0.33	-0.25	-0.20	-0.30	-0.68	1.00	
q _{max}	0.30	-0.33	0.44	-0.44	-0.42	0.11	-0.30	-0.31	-0.77	-0.62	0.33	-0.83	-0.48	-0.34	-0.83	-0.73	-0.20	0.15	1.00

TT : Thickness, W : Weight, BD : Bulk density, WR : Warmth retaining

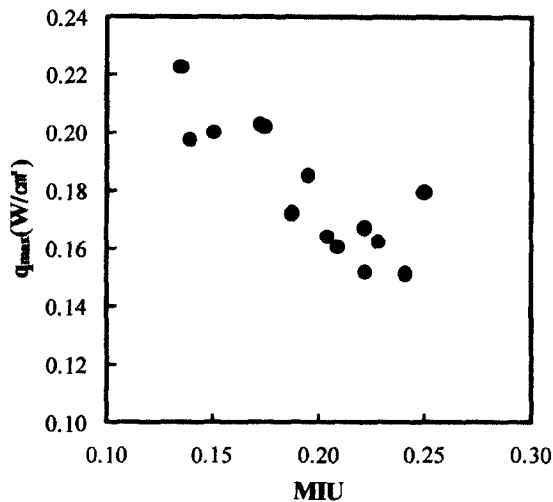


Fig. 12. The relationship between q_{max} and MIU of tencel fabrics.

합기율, 표면기공도, 압축특성, 표면특성과는 역상관을 가지고, 커버팩터, 열전도율과는 정상관을 가지는데 특히 두께에 대해서 가장 높은 상관성이 인정된다는 선행연구(최석철, 1991)의 결과와 일치하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 Lyocell계 직물의 물성규명을 위한 계통적 연구의 일환으로 두께 및 중량이 일정한 Lyocell계 텐셀소재 14종을 구입하여 이들의 역학적 특성 및 열적특성의 분포를 알아보고, 기타 셀룰로오스계 섬유 3종과 그 특성을 비교·분석하였다.

또한 텐셀섬유 및 3종의 셀룰로오스계 섬유를 1, 3, 5, 10, 15, 20회 반복세탁하여 세탁에 따른 열적특성 변화를 추정하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 텐셀직물 14종을 용도가 비슷한 국내 남성용 캐주얼직물과 비교한 결과, 의복착용시 피로감이 경감되어 착용감이 좋고, 탄성을 유지하면서 히스테리시스 및 점탄성 거동에서의 회복성능이 우수하다.
2. 텐셀직물 14종의 역학적 특성치를 표준화한 차트 위에 유사 셀룰로오스계 섬유인 면, 레이온, 면/텐셀 혼방직물 3종의 역학적 특성치의 평균을 대입시킨 결과, 특성항목 중 인장특성의 WT, RT, EM, 압축특성의 WC에서 ±2σ의 범위를, 전단특성의 G 및 2HG에서 면직물이 -4σ, 면/텐셀 혼방직물은 -2σ

이상을 벗어나 특성항목 중 전단특성에서 가장 뚜렷한 차이를 나타낸다.

3. 텐셀직물 14종을 면, 레이온, 면/텐셀 혼방직물과 열적 특성을 비교하면, 보온성은 가장 낮고 q_{max}값은 레이온과 비슷하나, 반복세탁에 따른 열적 특성 변화에서는 다른 소재에 비해 반복세탁에 따른 보온성 및 q_{max}값의 변화가 적어 세탁에 구조적으로 안정적이다.

4. 텐셀직물 14종의 역학적 특성과 열적특성과의 상관분석을 실시한 결과, 보온성은 겉보기 비중과 유의한 역상관(-0.68)을, q_{max}은 압축특성의 LC(-0.77), WC(-0.62), 표면특성의 MIU(-0.83), 두께(-0.83), 중량(-0.73)과 각각 유의한 역상관을 가진다.

감사의 글: 본 연구는 2000년 경일대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행되었음.

참고문헌

권오경 (1997) 캐주얼 직물의 태값 및 봉제의관성 평가. *경일대학교 연구보고서*, pp.1-20

지주원 (1997) 접착포의 급립특성과 TAV에 관한 연구 -모직물과 신합성직물 접착포에 관하여. 서울대학교 대학원 박사학위논문, pp.2-3.

최석철 · 정진순 · 천태일 (1991) 양복지의 초기열유속 최대치에 관한 연구(I) 열전도도, 열통과성, 표면기공도와와의 상관성을 중심으로. *한국의류학회지*, 15(4), 367-372.

今井順子 · 米田守宏 · 端羽雅子(1987) 接觸溫冷感の評價のための官能試験. *日本纖維製品消費科學會誌*, 28(10), 414-422.

丹羽雅子 (1976) 衣料材料の力學的性質データ集 その2, 日本における外衣用編布. *日本纖維機械學會誌*, 29(12), 198-203.

妹尾順子 · 米田守宏 · 丹羽雅子 (1986) 被服材料の熱傳導特性に関する基礎的研究 (第3報) 布の接觸溫冷感尺度としての初期熱流速最大値について. *日本家政學會誌*, 37(12), 1049-1061.

川端季雄 (1987) 通氣性測定裝置の開発とその應用. *日本纖維機械學會誌*, 40(6), 59-67.

Davies S. (1989) All you need to know about tencel. *Textile Horizons*, February, 62-63.

Kawabata S. (1980) "The standardization and analysis of hand evaluation". 2nd Edition, Osaka, Japan.

Tatyuk. M. (1968) The bending deformation property of fabric. *J. Text. Mach. Soc. Jpn.*, 21, 745.

Watkins P. (1995) Tencel : The mystery explained. *Apparel International*, January, 30, 21-23

(1999년 12월 30일 접수)