한국의류산업학회지
제18권 제6호, 2016
<연구논문>

pISSN 1229-2060
eISSN 2287-5743
Fashion & Text. Res. J.
Vol. 18, No. 6, pp.878-888(2016)
https://doi.org/10.5805/SFTI.2016.18.6.878

울/나일론 tra-biz 의류용 직물 소재의 열적 쾌적성과 착용특성

김현아†
한국패션산업연구원

Thermal Comfort and Tactile Wearing Performance of Wool/nylon Fabrics for Tra-biz Garment

Hyun Ah Kim†
Korea Research Institute For Fashion Industry; Daegu, Korea

Abstract : In this study, wool/nylon(50/50%) blend yarn and its fabrics for tra-biz(complex word of travel+business) garment were prepared, and its wear comfort characteristics were investigated through thermal manikin and human-body wearing experiment. In addition, tactile wearing performance from fabric mechanical properties and the dimensional stability and the pilling of the fabric specimen during wearing and dry-cleaning were measured and compared with those of wool 100% fabric specimen. Heat keepability of the wool/nylon(50/50%) blend fabric by thermal manikin experiment was superior than that of wool 100% fabric, this result was verified with human-body wearing experiment and its result coincided well with this experimental result. Tactile wearing performance of the wool/nylon(50/50%) fabric from fabric mechanical properties measured by FAST system was better than that of the wool 100% fabric. The dimensional stability of the wool/nylon(50/50%) fabric was more stable than that of the wool 100% fabric. Because relaxation shrinkage was lower and hygral expansion of wool 100% fabric was more high. However, the breathability and pilling property of the wool/nylon(50/50%) fabric were inferior than those of the wool 100% fabric. The possibility of application for tra-biz garment of wool/nylon(50/50%) blend fabric was observed because of good heat keepability, tactile wearing performance and washing fastness.

Key words : tra-biz garment (tra-biz 의류), wear comfort (착용쾌적성), thermal manikin (써멀마네킨), dimensional stability (형태안정성), pilling (필링), insulation (보온성), breathability (투습성)

1. 서 론

최근 크로스라이프를 즐기는 tra-biz(Travel & business의 합성어로 일과 여가시간의 경계가 허물어진 트렌드와 감성중심의 소비자 대상의 마케팅 용어)용 의류라는 용어가 등장하였다 (“Tra-biz”, 2015). 이러한 트렌드를 반영하여 경량성과 착용쾌적성이 우수한 소재가 개발되어 상용화되고 있다. 울(wool)과 나일론(nylon)은 울과 폴리에스터(PET) 복합과 비교하여 방적성이 양호하지 못하여 의류용 소재로 많이 사용하지 않았으나 울의 우수한 탄성회복성에 따른 착용쾌적성을 반영하여 최근 tra-biz용 의류로서 상용화 하고자 하는 시도가 되고 있다.

Mahbub et al.(2014)은 케블라(kevlar)와 울을 복합한 직물의 투습도, 건열저항성과 공기투과도 등을 측정 · 분석하여 케블라/울 혼방직물의 착용쾌적성을 연구하였다. 이들 연구결과에 따르면 케블라/울 혼방직물이 케블라 100% 직물보다 수분증기투과성, 열적 저항성이 더 우수하였으며 공기투과성도 더 높은 값을 보여 울 소재와의 혼방을 할 경우, 착용쾌적성이 더 우수함을 알 수 있었다. 한편, Sinnappoo et al.(2010)은 울과 케블라와 혼합한 실을 사용한 직물을 방탄 보호복에 사용하여 울/케블라 혼방사가 외부 충격에 대한 직물의 마찰력 증가를 부여하여 의류에서 직물의 적층을 줄여주는 효과를 가져 온다고 연구하였다. 의류착용 시, 의류의 수분과 열 이동에 따른 착용 쾌적성 연구도 현재까지 많이 수행되어 왔으며, 또한 최근 고흡수성 소재, 온 · 냉감소재, 발열/축열 소재 그리고 고투습성 소재 등과 관련된 스포츠용 신소재가 많이 개발되면서 써멀마네킨을 이용한 연구가 많이 진행되어 왔다. Lee et al.(2015)은 발열 기능성 보온 내의의 보온성 및 열적 착용성을 써멀마네킨을 이용하여 분석하였으며 Kim and Kim(2015)은 탄화지르코늄함유 감성 인텔리전트 의류의 발열특성을 써멀마네킨을 이용하여 연구하였다. Kang and Lee(2013)은 투습방수 의류의 발한특성을 써멀마네킨을 이용하여 분석하였다.

†Corresponding author; Hyun Ah Kim
Tel. +82-53-721-7459, Fax. +82-53-986-6341
E-mail: ktufl@krifi.re.kr
© 2016 (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.

그러나 써멀마네킨에서의 보온성은 정적인 상태에서의 열적 특성을 상대적 열적 파라메타인 Clo값으로 나타내어 운동, 휴식 및 안정 등의 신체 운동변화에 따른 인체의 각 부위에서의 열적 쾌적성을 평가하는 데에는 한계가 있다. 따라서 인체착용 실험을 통한 쾌적 의류용 직·편물소재의 착용쾌적성에 대해 최신 측정 장치와 규격화된 국제 규격을 적용한 연구(Chen et al., 2015; Fan & Tsang, 2008; Kayacan & Kurbak, 2010; Lai et al., 2015; Ueno & Sawada, 2012; Wang et al., 2016) 들이 많이 발표되었다. Kwon et al.(1992)은 면과 울 등의 섬유소재로 만들어진 내의용 소재를 대상으로 착용실험을 통해 울 소재의 피부온이 더 높은 것을 확인하였으나 주관적 착용 평가에서는 면 소재가 더 쾌적하다는 연구결과를 발표하였다. Park and Choi(2009)는 울과 면 내의를 착용하고 가벼운 운동을 했을 때 울이 의복 내 습도가 더 높은 값을 보임으로써 운동으로 발생된 체열을 바깥으로 전달하는데 비효율적이라고 설명하였다. Park and Choi(2009)는 발열 PET와 면 소재 내의를 착용 후 운동, 휴식, 안정 등의 인체 활동에 따른 직장온, 피부온 등을 측정하여 소재에 따른 이들 체열 변화를 분석·연구하였다. 현재까지의 연구내용들을 살펴보면 주로 이너웨어에 대한 연구가 대부분이며, 써멀마네킨과 인체착용실험을 통해 tra-biz용으로 사용되는 울/나일론 아웃웨어용 복합직물에 대해 인체부위별 운동과 휴식, 안정 등의 활동에 따른 열적 쾌적성 연구는 수행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 방모소재를 생산하는 국내기업 ㈜아즈텍 WB에 근무하는 소재기획 전문가와 협의를 통하여 tra-biz 의류용에 적합한 소재로서 방적성의 문제는 있으나 탄성이 우수한 나일론을 울과 혼합한 울/나일론 tra-biz용 소재를 개발하기로 하였다. 방적성은 우수하며, 의류에서의 착용성과 원가 등을 고려하여 나일론 혼합비를 50%로 결정한 후, 울과 나일론 섬유를 50:50으로 혼합하여 울 100% 소재에 비해 원가는 낮추고, 세탁수축률과 필링성은 우수하면서 경량/보온성을 유지할 수 있는 tra-biz 의류용 직물을 시제품으로 제조하였다. 이들 소재를 의류로 제작하여 열적 쾌적성을 평가하였다. 열적 쾌적성 평가는 의류 상태에서 써멀마네킨 실험을 실시하여 보온성 Clo값과 투습저항값을 측정하였으며 이들 결과를 울 100% 직물 의류와 비교하였다. 또한 인체착용 실험을 통한 인체 부위별 피부온 변화와 의복 내 온·습도 변화를 측정하여 이들 결과를 상호 비교·분석하였다. 세탁 수축 특성과 필링성을 평가하여 나일론 소재의 혼방으로 인해 실제 의류 착용 시를 고려한 의류 물성특성도 함께 조사·분석하였다.

2. 연구방법

2.1. 시료

1) 혼방적사 제조

HDB(High Density Blowing)혼타면 기계에서 방모유 4%, 대전방지제 1% 및 물 20%와 섬유원료를 샌드위치형으로 믹싱하였다. 방모 카딩기계(Kyowa社, 일본)를 사용하여 카딩(carding) 후 링방모 방적기(링직경 80mm)에서 울섬유 100%와 울/나일론 50:50 1/18Nm 방모사를 혼방사로 각각 제조하였다. 사용한 원료 특성과 제조된 사 특성을 Table 1에 나타내었다.

2) 직물제조

레피어 직기(피카놀社, 벨기에)에서 울 100%, 울 50%/나일론 50% 방적사로 68inch 평직 직물을 2종을 제조하였다. 직물설계 조건을 Table 2에 나타내었다. 직물설계 시 tra-biz 의류 마케팅 담당자와 협의를 통해 생산비용과 가격경쟁력 및 방적성 등을 고려하여 나일론의 혼합비를 50%로 설계하였다. 원단의 가공은 유연제 처리 없이, 표면발수 가공(발수제)을 하였으며, 축융 공정 없이 로프식 정련기에서 정련하였다. 건식 공정에서의 원단 요철을 최소화하고, 탄력성을 가진 원단 개발을 위해 스팀 세팅(setting) 후 세미 데카타이징(semi-decatizing)을 실시하였다. 가공처리 원단에 Gravure roller 표면온도를 95도로 세팅하여 PTFE 필름을 라미네이팅 하였다. 접착제 열처리 조건은 95도, 라미네이팅 gap은 –0.1mm, 가공속도는 7m/min 이었다.

3) 의류시료 제조

본 연구에서는 나일론을 혼합시켜 가격 경쟁력을 확보하면

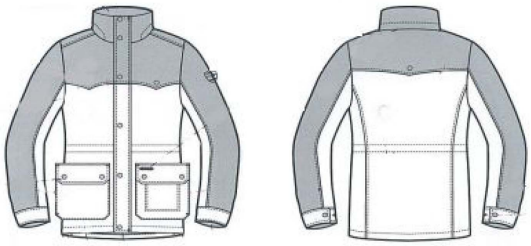
Table 1. Characteristics of fibers and yarns specimens

Specimen	Fibre length (mm)	Fineness (d, μm)	Yarn linear density (Nm)	TPM	Spinning system
Nylon staple fiber	51	2d	1/18	480	Woolen ring spinning
Wool staple fiber	46~43	19.7~20.5μm			

Table 2. Characteristics of fabrics specimens

Specimen No.	Fiber contents (%)	Fabric thickness (mm)	Weight (oz/yd)	Density (end/in × picks/in)	Weave pattern
1	W50/N50	0.54	9.45	48×38	Plain
2	W100	0.49	9.37	47×38	Plain

Note : W(wool), N(nylon)



(a) Front (b) Back

Fig. 1. Illustration design of jumper for thermal manikin measurement.

서 보온성과 투습성이 우수한 tra-biz 의류용으로 사용가능한 소재를 개발하고자 하였다. 따라서 Table 2에 나타낸 소재 2종을 사용하여 쾌적 특성을 평가할 수 있는 보온성과 투습성을 측정하기 위해 의류시료를 제조하였다. 써멀마네킨에 착용할 의류 완제품의 디자인을 Fig. 1에 나타내었다.

2.2. 물성 측정

1) 써멀마네킨 실험

인공기후실에서 온도 20°C 내외, 50%의 상대습도 실험 환경 내에서 써멀마네킨 장치를 사용하여 KSK ISO 15831:2005 방법으로 실험하였다. 20부위의 온도가 독립적으로 설정되는 써멀마네킨(Newton, Measurement Technology NORTHWEST, USA, 체표면적 1.68m^2)으로 측정하였다. 20부위의 피부온도를 34°C로 동일하게 유지하였다. 발한온열마네킨을 이용한 보온력 및 의복의 투습저항력 측정 환경온도는 20°C, 환경습도는 50%였으며, 인체 착용 실험의 환경온도 15±1°C, 환경습도 45±5%이었다.

실험의복은 기본 속옷과 셔츠 위에 실험용 재킷을 착용시켰으며, Fig. 2에 써멀마네킨 실험사진을 나타내었다. Fig. 3에 나타낸 마네킨의 20개 부위에 각각 온도제어 센서를 부착하여 신체 각 부위의 온도를 측정하고 이들 값의 평균값을 실험치(T_{skin})로 사용하였다. 의복 내 미세 온도와 포화증기압은 가슴과 허벅지에서 인체와 의복 사이의 데이터를 1분 간격으로 측정하여 T_{amb}와 P_{amb}로 사용하였다.

(a) Wool 100% specimen (b) Wool 50%/nylon 50% specimen

Fig. 2. Images of thermal manikin experiment.

(a) 보온성(Clo값)

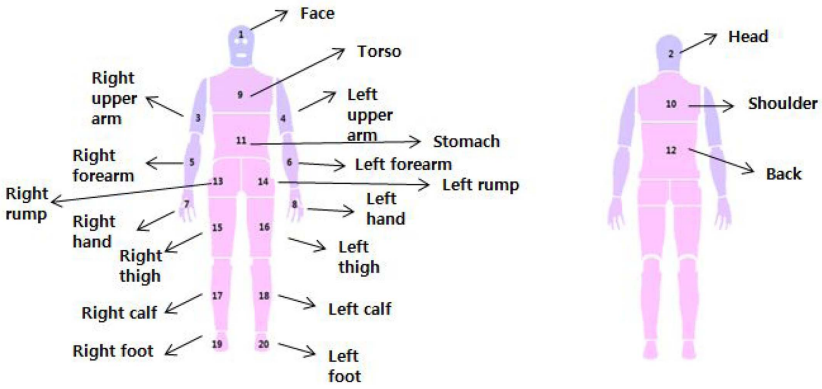
바람이 없고, 기온이 섭씨 21°C, 시간당 1평방미터의 발열량이 50kcal일 때, 마네킨에 착용시킨 의복의 보온력(I_{clo})을 측정하였으며 그 값이 높을수록 보온 효과가 높음을 의미한다.

의복의 보온력은 마네킨에 의복 착용 시 온도제어에 의한 평가를 통해 건열저항(R_{ct}) 값을 측정한 후, 상수 6.45를 곱한 값이며 아래에 열저항과 보온력 수식을 (1)과 (2)식에 나타내었다. 의복의 보온력은 전체 $I_{clo,total}$에서 마네킨에 의류를 입히지 않은 상태에서 의복 내 공기만의 순수 $I_{clo,air}$를 뺀 값을 의복의 보온력으로 산출하였다.

$$R_{ct} = \frac{T_{skin} - T_{amb}}{Q/A} \quad (1)$$

Where, R_{ct}: total thermal resistance of clothing ensemble (°C·m^2/W)

T_{skin} : average temperature on the 20 zones(manikin)(°C)



(a) Front (b) Back

Fig. 3. Body positions of temperature sensor on the thermal manikin.

T_{amb} : average ambient temperature(°C)
Q/A : heat flux(W/m^2)

$$I_{clo} = R_{ct} \times 6.45 \quad (2)$$

(b) 투습특성

마네킨의 의복 착용 시 땀과 온도제어에 의한 투습성을 평가하여 습열저항(R_{et}) 값을 (3)식에 의해 계산하여 이 값을 투습저항으로 산출하였다.

$$R_{et} = \frac{P_{sat} - P_{amb}}{Q/A - [(T_{skin} - T_{amb})/I_{clo}]} \quad (3)$$

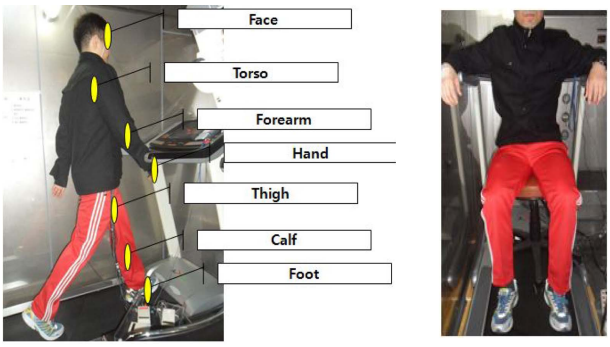
Where, R_{et} : total evaporative resistance of the clothing ensemble (Pa·m^2/W)
P_{sat} : saturated vapor pressure at the surface temperature of manekin(Pa)
P_{amb}: saturated vapor pressure at the ambient temperature (Pa)
Q/A : heat flux(W/m^2)
I_{clo} : heat keeping capacity of clothing(m^2 °C/W)

2) 인체 착용 실험

인공기후실의 실험환경을 15°C 온도에서 50%의 상대습도에서 기본 속옷과 셔츠 위에 시료로 사용한 울 100%와 울/나일론 혼방의류를 착용시켰다. 이 때 착용한 속옷과 셔츠 그리고 재킷 등의 무게를 Table 3에 나타내었다. 피험자는 성인남성 2인이며, 피부온 7부위(이마, 가슴, 아래팔, 손등, 허벅지, 종아리, 발등)와 직장온을 1분 간격으로 측정하였다. 인공기후실 입실 후 20분 안정, 40분 운동, 20분 휴식으로 등받이 없는 의자에 앉아서 실험하였으며, 운동 속도는 5.5km/h로 빠르게 걷는 속도와 유사하였다. 한편, 피부온과 직장온 외에 의복 내 미세온도는 가슴과 허벅지에서 인체와 의복사이의 온도를 1분 간격으로 측정하였다. 의복 내 미세습도는 가슴과 허벅지에서 인체와 의복사이의 습도를 1분 간격으로 측정하였다. Fig. 4에 인공기후실에서 인체착용실험 사진을 나타내었다.

3) 직물의 FAST 역학특성

직물의 역학 특성치는 FAST system을 사용하여 인장, 압축, 굽힘, 전단 특성을 측정하였다. 인장특성은 13cm×5cm 시료를 준비하여 100gf/cm의 하중(E100)에서 늘어나는 길이를 원래 시료 길이 비율(%)로서 extensibility로 측정하였다. 압축특성은 2gf/cm^{2}와 100gf/cm^2 압축력에서의 직물두께 차이를 직물의 표면두께(saturated thickness, mm)로 정의하고 이 값을 compressibility로 하였다. 굽힘특성은 Cantilever법 굽힘실험으로 13cm×5cm 시료의 bending length(c, mm)를 측정하고 직물무게(W, g/m^2)를 사용하여 $B=W\times c^3\times 9.81\times 10^6$ 식에서 굽힘강성(B, bending rigidity)을 계산하였다. 그리고 전단특성은 경사와 위사에 대해 45° 방향으로 13cm×5cm 시료를 준비한 후 20gf/cm에서의 bias방향으로의 늘어난 길이를 원 시료 길이에 대한 비(%)를 EB20으로 하여 (4)식에서 전단강성(G, shear modulus)을 계산하였다.



(a) State of exercise (b) State of rest

Fig. 4. Images of wear comfort experiment by human body.

$$G(N/m)=123/EB20 \quad (4)$$

4) 직물수축률

울 섬유는 표면 스케일 구조 때문에 응력완화수축(relaxation shrinkage)과 하이그랠익스팬션(hygral expansion)이 의류의 착용과정에서 민감한 형태안정성 평가항목이 된다. FAST-4 시험기를 이용하여 직물의 응력완화수축과 하이그랠익스팬션을 측정하였다. 10분 동안 시료를 건조기에서 건조시키고 길이 L_1을 측정하고 미온의 물속에서 30분 동안 담근 후 길이 L_2를 측정 후 다시 15분 동안 건조 후 길이 L_3를 측정한 후 (5)식과 (6)

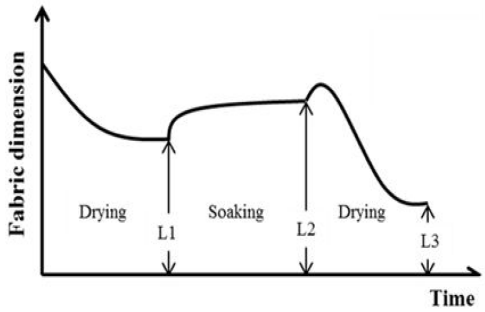


Fig. 5. Schematic diagram of the hygral expansion measuring method.

Table 3. Mass of the all the underwear and jacket specimens worn in the wearing experiment

Clothing	Pant	Shirt	Socks	Trousers	Wool/nylon jacket	Wool jacket
Mass (g)	47.8	184.2	56.8	347.5	793.8	771.2

식에서 각각 응력완화수축과 하이그랠익스팬션을 계산하였다.

$$(L_1-L_3)/L_1\times100 \quad (5)$$

$$(L_2-L_3)/L_3\times100 \quad (6)$$

5) 필링실험

직물의 필링특성은 Martindale abrasion and pilling 시험기(NU. Martindale, James H. Heal Co., UK)를 사용하여 KSK ISO 12945-2, 2014 방법에 의거하여 실시하였다.

6) SEM

직물의 단면과 표면형상을 관찰하기 위해서 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, S-4300, Hitachi Co., Japan) 분석을 가속전압 하에서 직물 단면과 표면을 측정하였다.

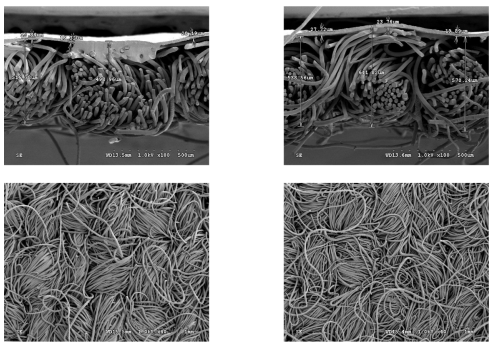
3. 결과 및 논의

3.1. 써멀마네킨 측정에 의한 열적 쾌적성

1) 의류의 보온성

울/나일론 혼방직물과 비교하기 위해 울 100% 직물의 써멀마네킨 실험을 실시하여 I_{do}값을 측정하였다.

Fig. 6에 보온력 결과를 나타내었다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이 써멀마네킨 실험에서 울/나일론 혼방직물의 Clo값은 1.43으로 울 100% 직물의 1.36보다 높은 값을 나타내어 보온력이 우수한 결과를 보였다. 이는 나일론 섬유가 울과 혼합이 되면서 혼합 방모사의 벌키성을 높임으로써 벌키한 섬유내의 공기층이 열의 이동을 막아서 울 100%보다 높은 보온성을 가지는 것으로 사료되며 이 결과에서 tra-biz용 의류로서 울/나일론 혼방직물의 보온쾌적성 소재로서의 적용가능성을 확인해 볼 수 있었다. Fig. 7은 두 가지 직물의 단면과 표면 SEM을 나타낸 것으로 울 100%보다 울/나일론 혼방직물의 벌키성이 더 높은 것을 확인할 수 있다. 벌키한 직물과 실내의 공기층이 열 이동을 막아서 높은 Clo값을 보였다고 사료된다. 이는 복합소재 사직물의 경우 복합사 섬유 표면의 공기부착량이 많아 이들 공기층이 열 이동을 방해하여 보온력이 우수하다는 연구(Lee et al., 1998)와 유사한 결과였다.



(a) Wool 100% (b) Wool 50/nylon 50

Fig. 7. Images of SEM.

2) 의류의 투습저항특성

Fig. 8에 써멀마네킨 착용 의류의 투습저항을 나타내었다. Fig. 8에서 볼 수 있듯이 투습저항은 울 100% 직물이 48.81로써 울/나일론 혼방직물의 56.36보다 낮아서 울 100% 직물의 투습성이 더 우수하였다. 이는 울/나일론 방모사의 구조가 울 100%사보다 더 벌키하여 벌키 구조사 내의 공기입자들이 땀증기 입자의 이동을 방해하기 때문에 투습저항이 더 커서 투습특성이 나쁜 결과를 보였다고 사료된다. 이는 Kim and Barker(1993)의 연구에서 흡수성이 우수한 소재의 투습도가 흡수성이 낮은 소재보다 더 우수하다는 연구결과와 같이 울 100% 소재가 울/나일론 혼방소재보다 흡수성이 우수하여 투습성이 더 우수한 결과를 보였다고 설명될 수 있다. 따라서 이들 두 연구결과를 종합해보면 울 100% 소재와 울/나일론 혼방직물의 투습도 차이는 울과 나일론 소재의 수분흡수율과 울/나일론 혼방사의 벌키성에 상관성이 있을 것으로 판단된다.

3.2. 인체 착용 실험에 의한 착용 쾌적성

1) 피부온 변화

인체착용실험을 통한 7개 부위 피부온 변화 중에서 Fig. 9는 20분 안정, 40분 운동, 그리고 20분 휴식의 사이클로 총 80분

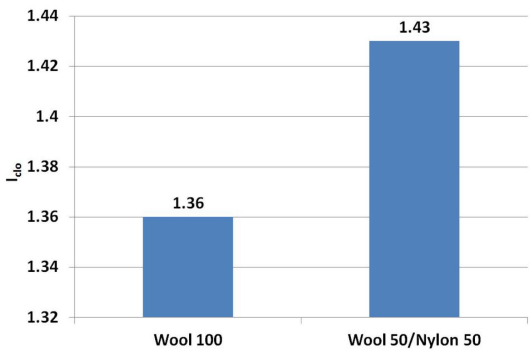


Fig. 6. Heat keeping capacity of the specimens.

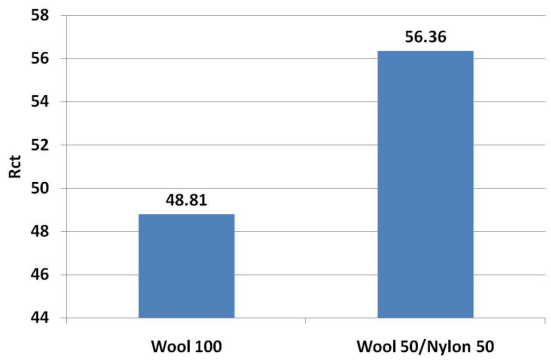


Fig. 8. Breathability of the specimens.

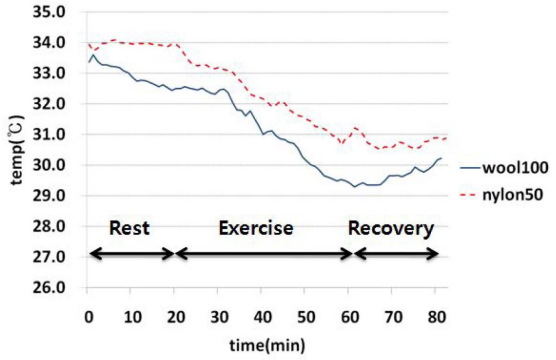


Fig. 9. Change of skin temperature of lower arm.

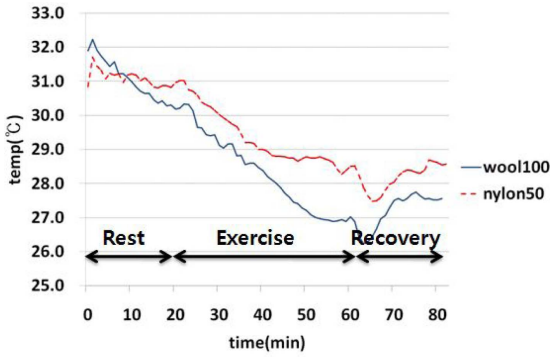


Fig. 10. Change of skin temperature of the back.

동안 측정한 아래팔 피부온도 변화 결과를 도시한 것이다. 측정시간 20분간 안정 상태에서 아래팔부위의 피부온 변화는 감소하였으며, 울 100% 직물은 33.5°C에서 32.5°C 정도로 1°C 정도 감소, 울/나일론 혼방직물은 온도의 변화 없이 34°C로 유지되었다. 이는 울/나일론 혼방직물이 피부에서 대기로 빠져나가는 열량이 울 100% 직물보다 적다는 것을 의미하며 즉, 보온성이 우수함을 의미한다. 울 100% 직물의 온도 감소는 20분 안정시간 이후 40분간 운동하는 시간동안에도 계속 발생하였으며 이는 운동 중 인체에서 발생하는 땀이 증발하면서 피부의 열을 빼앗기 때문에 피부온이 감소되는 것으로 판단된다. 그러나 운동 후 20분의 휴식시간에는 울 100% 직물의 피부온이 29.3°C에서 30.3°C로 증가하였으며 울/나일론 혼방직물은 31°C, 30.5°C, 31°C 순으로 변화되었다. 이는 Fig. 10에 보인 손등부위의 피부온 변화와 유사한 형태를 나타내었다. 한편, 시간변화에 따른 아래팔과 손등 피부온 변화와 달리 초기 20분 안정화 시간동안 온도가 감소하다가 40분 운동 시간동안 온도가 증가, 마지막 휴식 20분간 약간 감소하는 피부온 변화는 Fig. 11과 12의 발등과 직장부위였다. 초기 20분에서 울은 1.5°C, 울/나일론 혼방직물은 0.5°C 정도의 감소를 보였고, 그 다음 운동 40분간은 울 100% 직물은 3.5°C 증가한 반면 울/나일론 혼방직물은 1.7°C 정도 증가를 보였다. 이후 20분 휴식기간에는 울 100% 직물은 0.8°C, 울/나일론 혼방직물은 0.3°C 정도 감소를 보였다. 이는 시험용 의복에서 가까운 위치인 팔과 손등피부와

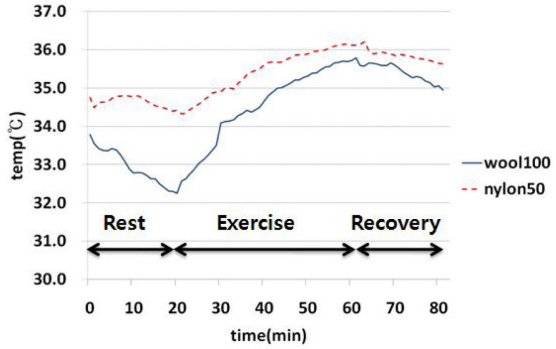


Fig. 11. Change of skin temperature of the top of the the foot.

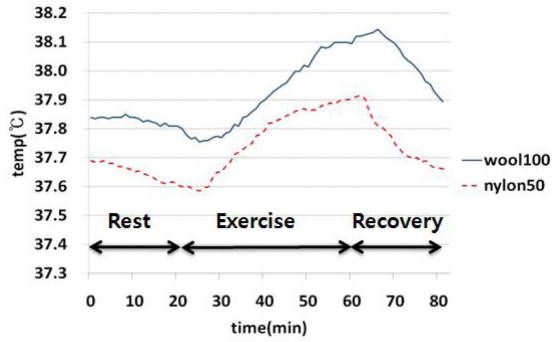


Fig. 12. Change of skin temperature of the rectum.

Fig. 13. Change of skin temperature of the breast.

의복과 거리가 먼 위치인 발등과 직장에서의 피부온 변화와는 다른 거동을 보임을 알 수 있었다. 또한 직물 종류에 따라서 피부온도 변화를 크게 보이지 않는 부위는 Fig. 13, 14 그리고 15에서 보인 가슴, 허벅지, 종아리였으며 이들 부위는 주위의 공기이동 등의 영향이 다른 부위와 비교해 볼 때 작은 영역으로 열의 이동이 상대적으로 적어서 직물소재에 따른 피부온의 변화가 적게 발생하는 것으로 사료된다. 이마 피부온은 다른 신체부위와 다소 다른 피부온도 변화를 보였는데, Fig. 16에 이마부위의 시간 변화에 따른 울/나일론 혼방직물과 control 시료인 울 100% 직물 시료의 피부온 변화그래프를 나타내었다. 초기 20분, 즉 안정화 상태에서는 보온성 결과와 유사하게 열전도성이 낮아 보온성이 더 우수한 울/나일론 혼방직물이 울

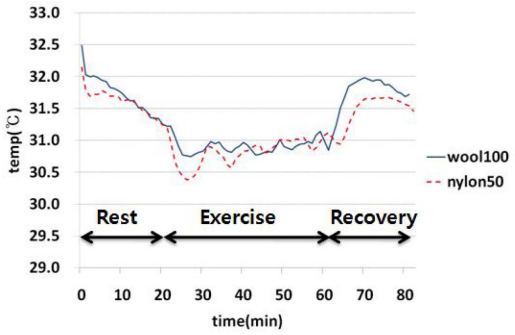


Fig. 14. Change of skin temperature of the fleshy inside of the thigh.

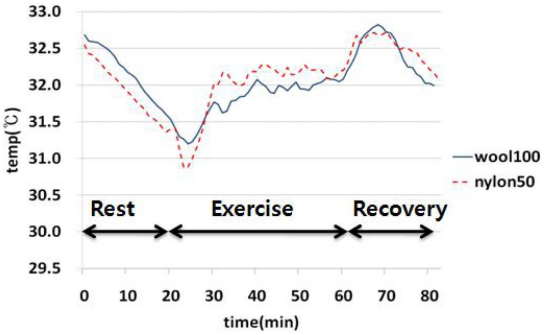


Fig. 15. Change of skin temperature of the calf of the leg.

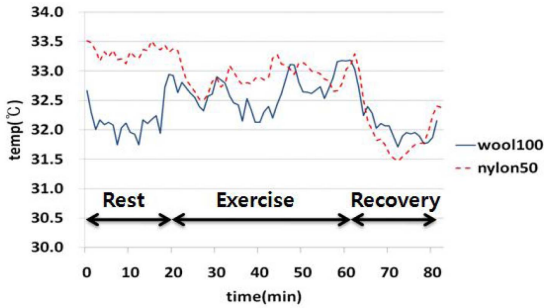


Fig. 16. Change of skin temperature of the forehead.

100% 시료보다 이마 피부온이 1°C~1.5°C 더 높은 값을 보였으며 그 이후 40분 동안 운동과 함께 피부온은 비슷한 값을 보였다가 마지막 휴식 20분 동안 이마 피부온은 1°C 정도 감소하면서 두 직물이 같은 피부온 변화를 보였다. 이마 피부온 변화는 신체 다른 부위와는 다른 결과를 보였으며 직물이 신체를 덮지 않은 부위로서 직물의 열 이동에 따른 보온성에 영향을 받는 신체 다른 부위의 피부온과는 다른 결과를 보인 것으로 해석된다. 신체부위 별 시간 변화에 따른 피부온 변화 그래프의 형태는 크게 3가지 형태로 구분되며 시간 변화에 따라 피부온이 감소하는 부위가 가슴, 아래팔, 손등이며, 시간에 따라 피부온이 안정 시 20분 동안 감소하다가 운동과 함께 증가하는 변화 형태는 허벅지, 발등, 직장, 종아리부위이며, 시작과 운동 시 피부온 변화가 크게 발생치 않다가 운동 후 휴식 20분 동안 피부온이 감소하는 형태가 이마부위의 피부온이었다.

2) 의복 내 기후 변화

의복 착용 시 가슴과 허벅지부위의 의복 내 온도와 습도를 각각 측정하였다. Fig. 17~20에 시간에 따른 의복 내 온도와 습도를 각각 나타내었다. Fig. 17에서 볼 수 있듯이 측정시간 80분 동안 가슴부위의 의복 내 온도변화는 울/나일론 혼방직물 의류가 울 100% 직물 의류보다 높은 온도를 보임으로써 보온성이 더 높은 값을 보였으며 이는 써멀마네킨 실험에 의한 보온성 결과와 일치하였다. 처음 20분 안정 기간에 울/나일론 혼방직물은 의복 내 온도가 조금씩 상승하다가 운동 40분의 중간 지점에서는 온도가 감소하기 시작하여 휴식 20분 내내 온도가 하강하였다. 이는 운중 땀이 발생하여 증발과정에 인체에서 열을 빼앗아 인체온도가 내려가면서 의복 내 온도도 감소하는 것으로 판단된다. 그러나 울 100% 소재는 안정기와 휴식시간동안 의복 내 기후가 각각 감소 및 증가를 보여 울/나일론 혼방소재와는 다른 형상의 온도변화 곡선을 보여주었다. Fig. 18에 보인 허벅지 부위의 의복 내 온도는 Fig. 14에 보인 허벅지 피부온과 비슷한 변화를 보여주었으며 두 가지 소재에 따른 차이는 보이지 않았다. 이는 착용실험에서 하의는 실험복이 아닌 같은 소재의 바지를 착용하였기 때문으로 사료된다. Fig. 19에 가슴부위의 의복 내 습도변화를 보였으며 울/나일론 혼방직물의 의복 내 습도는 측정시간 80분 동안 울 100% 직물소재

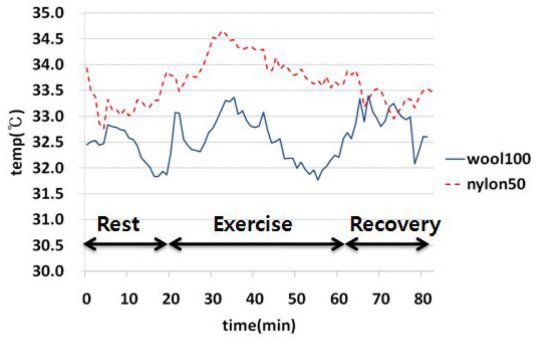


Fig. 17. Temperature change in the microclimate on the breast.

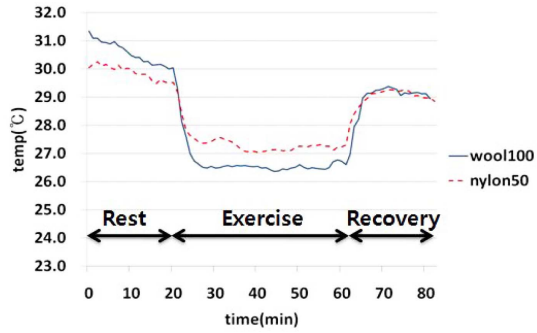


Fig. 18. Temperature change in the microclimate on the fleshy inside of the thigh.

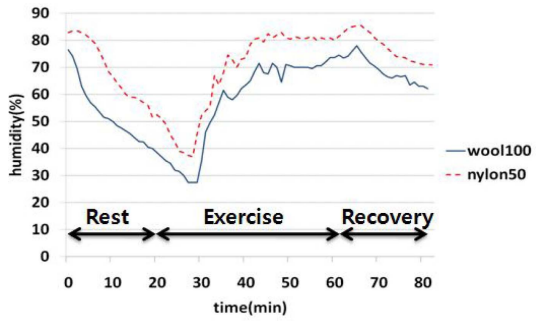


Fig. 19. Humidity change in the microclimate on the breast.

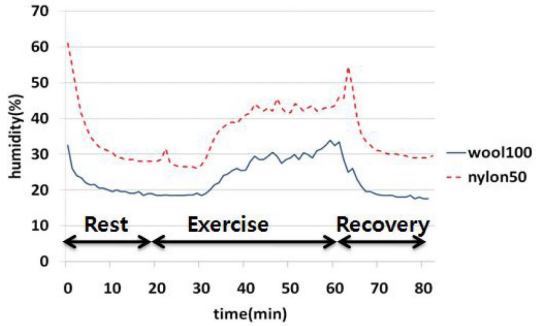


Fig. 20. Humidity change in the microclimate on the thigh.

의 습도보다 5~10% 정도 높은 값을 보였다. 이는 울/나일론 혼방소재의 보온성이 울 100% 소재보다 높은 값을 보인 결과와 투습성이 낮은 결과를 보인 이유와 같으며, 울/나일론 혼방소재의 높은 벌키성에 의한 기공특성 때문에 기공 내의 공기층이 열 입자와 땀 증기 입자들의 이동을 막아서 의복 내 공간에 잔존하는 땀 때문에 상대습도가 높은 값을 보인 것으로 사료된다.

한편, 측정시간 80분 동안 의복 내 습도 변화는 초기 20분인 안정시기에는 의복 내 수분이 바깥으로 빠져나가서 상대습도는 감소하며, 운동 40분 동안은 인체에서 발생하는 땀 증기에 의해 증가하여 60분 이후 20분 동안 휴식기 동안 땀 증기가 바깥으로 빠져나가서 상대습도가 감소하는 변화를 보였다. Fig. 20에 보인 허벅지부위의 의복 내 습도에서도 울/나일론 혼방소재가 울 100% 소재보다 높은 값을 보였으며 안정기(20분), 운동(40분), 휴식(20분)에 따른 의복 내 상대습도 변화폭이 가슴부위만큼 크지 않았다. 즉, 측정시간에 따른 가슴부위 의복 내 습도변화가 더 큰 값을 나타낸 것은 착용소재에 따른 차이로 판단된다.

3.3. FAST 역학특성에 따른 착용특성

직물의 역학특성 값으로부터 의류착용 시 감촉(tactile) 착용특성을 예측하기 위해 FAST system에 의한 역학특성을 측정하였다. Fig. 21에 역학특성 결과를 도시하였다.

Fig. 21(a)에서 볼 수 있듯이 울 100% 직물보다 울/나일론 혼방직물의 압축성이 더 높은 값을 보여, 압축탄력성이 더 우수함을 볼 수 있다. 이는 나일론의 섬도가 2d로 섬도가 19.5μm~20.5μm의 울 섬유보다 더 fine하여 실의 측면방향의 압축력에 대한 변형이 더 많이 발생하여 압축 탄력성이 울/나일론 혼방직물이 더 높은 값을 보이는 것으로 사료된다. 또한

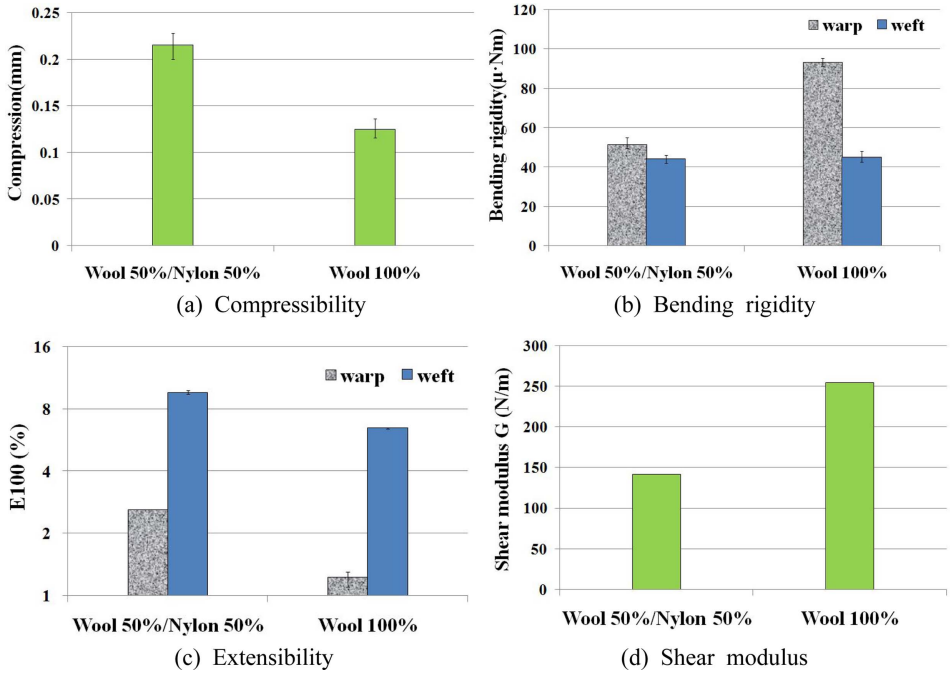
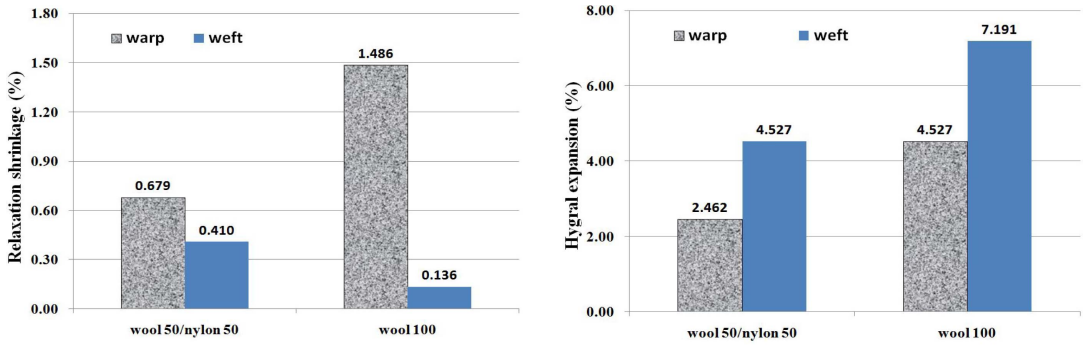


Fig. 21. Comparison diagram of the mechanical properties between wool 100% and wool/nylon fabric specimens.



(a) Relaxation shrinkage (b) Hygral expansion

Fig. 22. Dimensional stability of specimens.

Fig. 21(b)에서 울/나일론 혼방직물이 울 100% 직물 보다 굽힘강성이 낮은 값을 보여, 더 부드러운 굽힘촉감을 가짐을 알 수 있다. 이러한 결과도 압축탄성과 같은 이유로 설명될 수 있다. [굽힘강성(EI)]은 [모듈러스(E)×2차 관성 모멘트(I)]이며, I 값이 구성섬유 직경의 4 제곱(d4)에 비례하므로 세섬도의 나일론 섬유 보다 굵은 울 섬유가 그 직경값이 커서, 울 100% 직물의 경사방향의 굽힙강성이 더 큰 값을 가지는 것으로 판단된다. 위사방향으로 큰 차이를 보이 않는 것은, 일반적으로 가공공정에서 경사방향보다 위사방향으로 수축이 많이 주어져서, 탄성이 많이 부여가 되며 이러한 탄성적 특성이 구성섬유에 의한 굽힘강성을 상쇄시켜 두 직물 사이의 차이가 경사방향 만큼 나타나지 않은 것으로 사료된다. Fig. 21(c)에서 신축성도 울/나일론 혼방직물이 더 큰 값을 보여, 신축특성(extensibility)이 더 우수하며 전단강성(Fig. 21(d))도 울/나일론 혼방직물이 울 100% 직물보다 더 낮은 값을 보여 부드러운 착용성능을 보였다. 이는 울과 나일론을 50%씩 혼합한 직물이 울 100%보다 부드러우면서도 압축탄성이 있는 촉감 착용성능을 보여, 나일론 혼방원사와 직물의 설계를 통해 원가는 감소시키고, 촉감과 착용특성이 우수한 tra-biz용 의류에 사용될 수 있는 직물 생산이 가능함을 확인할 수 있었다.

3.4. 직물 형태안정성 및 착용내구성

Tra-biz 의류용 직물은 착용 후 잦은 세탁에 의한 응력완화수축과 같은 형태안정성과 특히, 모섬유의 표면스케일 구조와 수분을 흡수했을 때의 팽윤성으로 인해 하이그랠익스팬션이 발생함으로써 이에 대한 물성분석이 필요하다. 또한 tra-biz 의류의 특성상 착용과정에서 잦은 마찰 등에 따른 필링특성의 물성분석이 요구된다. Fig. 22에 응력완화수축과 하이그랠익스팬션 실험결과를 나타내었다.

Fig. 22(a)에서 볼 수 있듯이 두 직물 모두 응력완화수축이 1.5% 이하를 나타내어, 착용 시 문제가 없으며 특히 울/나일론 혼방직물의 응력완화수축이 wool 100%보다 더 낮아서 형태안정성을 보였다. Fig. 22(b)에 보인 하이그랠익스팬션은 wool 100% 직물이 울/나일론 혼방직물보다 훨씬 높은 값을 보여 치수불안정성을 보였으며 nylon이 혼합됨으로써 훨씬 안정된 하이그랠익스팬션 특성을 보였다. 이는 수분에 대한 팽윤특성이 나일론보다는 울이 더 크게 반응함으로써 높은 하이그랠익스팬션을 보인 것으로 사료된다. Fig. 23은 2,000회 마틴달 마찰실험 후 마찰포의 현미경 사진을 나타내었다. 울 100% 직물이 울/나일론 혼방직물보다 우수한 필링성을 보임을 알 수 있다. 이는 마찰에 따른 정전기 발생으로 친수성 섬유인 울이 소수성인 나일론보다 섬유들의 뭉침이 적으며 뭉친 섬유들도 계속되는 마찰에 의해 울은 직물 표면에서 떨어져 나가서 제거되지만, 나일론은 울보다 절단강도가 높기 때문에 직물 표면에 더 오래 잔존하여 필(pill)로 형성되어 그림과 같은 현상을 보이는 것으로 사료된다.

(a) Wool 100% (b) Wool 50/ nylon 50

Fig. 23. Pilling properties of specimens.

4. 결 론

가격경쟁력을 가지며, 착용물성이 우수한 tra-biz 의류용 울/나일론 혼방직물을 제조하여 써멀마네킨 착용실험을 통한 보온성과 투습특성 그리고 인체 착용실험을 통한 피부온 변화와 의복 내 온·습도 변화를 측정하였다. 또한 직물역학특성 측정결과에서 촉감착용특성, 수축특성, 세탁안정성 및 필링특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 써멀마네킨 실험을 통한 보온특성 Clo값은 울/나일론 혼방직물이 울 100% 직물보다 더 우수한 결과를 보였으나, 투습저항값은 울/나일론 혼방직물이 울 100% 직물보다 더 높은 값을 나타내어 투습성이 나빴으며 이는 울 섬유의 높은 흡수특성이 투습저항에 영향을 미침을 확인할 수 있었다.

2) 인체 7부위 착용실험을 통한 피부온 변화는 신체부위에 따라 3가지 형태의 변화군을 보였다. 측정부위가 착용의복과 가까운 위치인 팔과 손등부위의 피부온에서는 울/나일론 혼방직물 의류가 울 100% 의류보다 더 높은 보온성을 보였다. 반면, 착용의복과 먼 위치인 발등과 직장부위의 시간변화에 따른 피부온 변화는 다소 다른 경향을 보였다. 가슴, 허벅지, 종아리 부위의 피부온 변화는 이들 위치가 상대적으로 공기와 열의 이동이 적은 영역이므로 울/나일론 혼방직물과 울 100%의 두 의류 사이의 피부온 차이가 거의 나타나지 않았다.

3) 의복 내 기후변화에서는 가슴부위의 온도변화에서 울/나일론 혼방직물 의류가 울 100% 의류보다 더 높은 온도를 나타내어 보온성이 우수하였고, 습도변화도 울/나일론 혼방직물 의류가 더 높은 값을 보여, 투습성이 낮았다. 이는 써멀마네킨 착용실험에서의 보온성과 투습성 결과와 일치하였다.

4) FAST 역학특성 실험결과에서 울/나일론 혼방직물이 울 100% 직물보다 압축탄력성과 신축성이 더 높은 값을 보였으며, 굽힘강성과 전단강성은 더 낮은 값을 보여 촉감착용성이 울/나일론 혼방직물이 더 우수함을 확인하였다. 최적 소재/직물설계를 통해 나일론 소재의 혼방에 따른 촉감착용특성을 양호하게 할 수 있음을 확인하였다.

5) 세탁내구성 실험에서 울/나일론 혼방직물의 응력완화수축과 하이그랠인스팬션이 울 100% 직물보다 더 낮은 값을 보임으로써 형태안정성이 더 우수함을 확인하였다. 그러나 마찰에 따른 필링은 울/나일론 혼방직물이 울 100% 직물보다 다소 많이 발생되어, 필링발생의 문제점이 확인되었다.

본 연구를 통해 나일론 섬유의 특성 때문에 발생하는 투습성과 필링성은 소재설계를 통한 향후 개선이 필요하지만 보온성, 촉감착용성 및 세탁에 대한 형태안정성은 나일론을 혼방함으로써 더 우수한 특성을 확보할 수 있었다. 또한 울/나일론 혼방직물을 tra-biz용 소재로 사용 가능함을 확인함에 따라 보온성과 착용성능 및 세탁 안정성이 우수한 의류제품의 개발을 위한 아웃도어 산업체에서의 활용이 기대된다.

References

Chen, Q., Fan J., & Sun, C. (2015). The comfort evaluation of weft knitted plain structured fabrics and garment II. - Sweating manikin and wearer trial test on polo shirt -. *Fibers and Polymers, 15*(9), 2077-2085. doi:10.1007/s12221-015-4782-3

Fan, J., & Tsang, H. W. K. (2008). Effect of clothing thermal properties on the thermal comfort sensation during active sports. *Textile Research Journal, 78*(2), 111-118. doi:10.1177/0731684408080046

Kang, I. H., & Lee, H. S. (2013). Wear comfort evaluation on water-vapor-permeable(WVP) garments using a movable sweating thermal manikin. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 17*(8), 1095-1106. doi:10.5850/JKSCT.2013.37.8.1095

Kayacan, O., & Kurbak, A. (2010). Effect of garment design on liquid cooling garments. *Textile Research Journal, 80*(14), 1442-1455. doi:10.1177/0040517509358800

Kim, E. A., & Barker, R. L. (1993). Evaluation method of the water transport properties of sweat absorbent fabrics. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 17*(2), 329-338.

Kim, H. A., & Kim, S. J. (2015). Heat generation characteristics of emotional and intelligent ZrC imbedded garment through thermal manikin measurement. *Science of Emotion and Sensibility, 18*(3), 17-24. doi:10.14695/KJSOS.2015.18.3.17

Kwon, O. K., Sung, S. K., & Son, B. H. (1992). The effects of underwear materials on the human body physiological in a low temperature. *The Journal of the Research Institute of Industrial Technology, 2*, 171-180.

Lai, D., Wei, F., Lu, Y., & Wang, F. (2015). Evaluation of a hybrid personal cooling system using a manikin operated in constant temperature mode and thermoregulatory model control mode in warm conditions. *Textile Research Journal, 85*(1), 1-11. doi:10.1177/0040517515622152

Lee, H. H., Lee, Y. R., Kim, J. E., Kim, S., & Lee, J. Y. (2015). Evaluation of thermoregulatory properties of thermal underwear named as ‘heating underwear’ using thermal manikin and human performance test. *Fashion & Textile Research Journal, 17*(4), 657-665. doi:10.5805/SFTI.2015.17.4.657

Lee, H. J., Lee, M. S., Kim, S. J., Cho, D. H., & Kim, T. H. (1998). A study on the thermal comfort to the weight reduction rate and fabric structural parameter of PET fabrics. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 22*(7), 816-825.

Mahbub, R. F., Wang, L., Arnold, L., Sinnappoo, K., & Padhye, R. (2014). Thermal comfort properties of Kevlar and Kevlar/Wool fabrics. *Textile Research Journal, 84*(19), 2094-2102. doi:10.1177/0040517514532157

Park, J. H., & Choi, J. W. (2009). Effect of wearing thermal underwear on physiological responses during exercise and rest. *Proceedings of the Korean Society and Textiles, Fall(or Spring) Conference, Korea,* p. 168.

Sinnappoo, K., Arnold, L., & Padhye, R. (2010). Application of wool in high-velocity ballistic protective fabrics. *Textile Research Journal, 80*(11), 1083-1092. doi:10.1177/0040517509352517

‘Tra-biz’. (2015, September 15). ‘*Eider tra-biz line launch*’. Retrieved November 3, 2016, from http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no

=20150914021099768110 21
Ueno, S., & Sawada, S. (2012). Correction of the evaporative resistance of clothing by the temperature of skin fabric on a sweating and walking thermal manikin. *Textile Research Journal, 82*(11), 1143-1156. doi:10.1177/0040517511427966
Wang, F., Shi, W., Lu, Y., Song, G., Rossi, R. M., & Anaheim, S. (2016). Effects of moisture content and clothing fit on clothing apparent 'wet' thermal insulation: A thermal manikin study. *Textile Research Journal, 86*(1), 57-63. doi:10.1177/0040517515580527

(Received 1 September 2016; 1st Revised 20 September 2016; 2nd Revised 29 November 2016; 3rd Revised 6 December 2016; Accepted 10 December 2016)