감즙염색 날염 소재 원피스 개발과 인체착용실험에 의한 생리반응 및 착용감 평가

박순자[†] · 강인형*

중앙대학교 한국교육문제연구소, *인하대학교 스포츠레저섬유연구센터

Assessment of Wear Comfort and the Development of One-piece Dresses with Persimmon Juice Dye-printed Fabrics

Soon Ja Park[†] · Inhyeng Kang*

Institute of Korea Education, Chung-Ang University

*Sports Leisure Textile Research Center, Inha University

접수일(2013년 10월 4일), 수정일(2014년 1월 24일), 게재확정일(2014년 2월 19일)

Abstract

Persimmon juice dye-printed fabrics with printing were used for a Galot one-piece dress. The Galot dress was assessed in comparison to a white undyed one-piece dress of the same design through a wearing test conducted in a climatic chamber with an air temperature of $30\pm1^{\circ}\text{C}$, $50\pm5\%$ R.H, and 0.2m/sec air movement on 4 healthy female subjects in their 20s. The subjects went through a 30-min stable period, a 30-min exercise of walking on a 5° slope treadmill at 70m/min period, and a 20-min recovery period. In addition, a physiological reaction and subjective sensation were estimated. The results showed that significant differences were mostly observed from a sweating period that occurred during the latter half of the exercise. More specific results are as follows. First, skin temperature on the chest and mean skin temperature were significantly higher ($p<.01$) in rayon dyed sample dresses. Second, micro-humidity on the back showed a significant difference ($p<.01$). Both cotton and rayon persimmon juice dyed sample dresses produced lower micro-humidity than their counterparts and as for cotton the difference occurred over the entire experimental period; however, it occurred after the middle of the exercise period for rayon. Third, the sweating rate on the back decreased in both cotton and rayon with persimmon juice dye but no significant difference was observed. Fourth, subjective three sensations revealed significant differences between cotton and rayon ($p<.01$), indicating that the subjects felt more cool, dryer and more comfortable in a cotton Galot. As described above, the analysis of physiological responses and the subjective sensation of undyed and dyed clothing shows the effect of persimmon juice dyeing. Persimmon juice dyeing also seemingly increased air permeability, moisture regain and permeability facilitating body heat ventilation, as micro-humidity and sweat rate were lowered. However, this was not shown consistently in subjective responses on comfort especially when wearing rayon dresses.

[†]Corresponding author

E-mail: park2000sj@hanmail.net

본 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2011-327-B00604).

Key words: Persimmon juice dye-printed fabrics with printing, Galot one-piece dress, Humidity of micro-climate, Sweat rate, Wear comfort; 감즙염색 날염 직물, 갈옷 원피스, 의복내습도, 발한량, 착용쾌적성

I. 서 론

21세기 이후 문화예술 기반 콘텐츠 산업이 미래 핵심 산업으로 주목받기 시작하였다. 세계는 자국의 정체성 확립과 국가 브랜드 가치를 높이는 문화산업의 핵심으로 전통문화의 현대화·세계화·산업화를 통한 문화콘텐츠 개발에 주력하고 있다(Ban, 2010). 따라서 우리나라 의류패션계에서도 세계의 각 국가와 차별화하기 위해서는 생활 속에 내재되어 온 전통문화에서 아이디어를 얻어 지속적으로 의류개발에 반영시킬 필요가 있다. 최근 전통문화콘텐츠로 부상하고 있는 한복을 비롯한 전통의류나 소품, 건축물 등에서 찾아볼 수 있는 고유의 양식 즉 실루엣, 색채, 문양, 제작방법에서 나타나는 고유의 미적 감각은 세계적 패션 트렌드인 민족적 고유성을 주제로 하는 에스닉(ethnic) 패션에 부합되는 것으로 최근 복고풍의 앤틱(antique)이나 레트로(retro) 패션 조류와도 맥을 같이 한다. 이러한 패션 트렌드는 우리나라의 핵심적인 전통문화콘텐츠로 키워나갈 수 있다.

한편 근년 세계는 녹색 성장과 소비를 지향하고 있고 웰빙, 로하스 생활양식을 선호하는 영향으로 천연염색에 관심이 증대되어왔다. 따라서 전통적 모티프와 천연 감즙염색으로 제작되는 갈옷은 친환경 소재 의복을 선호하는 마인드와 기능성 등 현대적 의미가 부가됨과 동시에 독특한 색상이 감성과학 측면에서 새롭게 연구가 시작되면서 그 가치가 재인식되고 있다. 감즙염색에 사용되는 감물은 전통적 천연염료로 친환경적이고 또한 염색방법도 간단하다. 지금까지 감즙염색은 발색을 위한 노광(露光)시간, 매염제 처리, 가열조건 등을 조절함으로써 발색을 다양화하거나 농염으로 색상을 변화시키는 시도를 부분적으로 해왔다.

그러나 감즙염색포는 현재까지 대부분 무지(無地)로 제작되었기 때문에 다양성을 추구하는 현대적 이미지에 부합시키기 위해서는 변화가 필요함을 인식하고 있다(Hur, 2007). 따라서 감즙염색포 제작에 새로운 염색기법을 적용하여 다양성 추구하고 단조로움을 보완하기 위한 염색기술 연구가 필수적이다. 그러므로 염색직물의 장점을 과학적으로 입증하고 이를 소재로 의복을 제작하여 개성적인 면과 실용적인 면에서의 평가를 통하여 갈옷의 질을 높이는 연구가 필요하다. 이를 위한 연구

로서 감즙염색포에 문양을 넣음으로써 개성을 살리거나 감즙염색 직물에서 문제시되어온 견뢰도를 향상시키기 위하여 무늬직물을 개발하는 것은 바람직하다고 하겠다(Park, 2012). 또한 이 직물로 갈옷을 디자인, 제작하고 인체착용실험을 통하여 갈옷의 장점을 검증하여 소비자에게 바른 정보를 제공하는 것은 구매여부를 결정하는데도 도움을 줄 것이다.

더욱이 갈옷은 더운 기후에 더 적합한 옷으로 알려져 있으므로(Ko & Lee, 2003; Nam & Hong, 1986; Park, 2012; Park & Park, 1998), 인체가 더운 환경 하에서 체온조절이 원활히 이루어지기 위해서는 의복이 증발에 의한 열손실에 대한 장벽(barrier)으로 작용하지 않도록 인체의 운동이나 동작에 의해 발생하는 열이나 수분을 신속히 외기환경으로 방출하는 것이 바람직하다. 그리함으로써 습윤감, 땀에 젖어 달라붙는 접촉감, 더욱이 냉감 등을 느끼지 않아 쾌적한 착장이 되도록 연구할 필요가 있다. 의복 착용 시 느끼는 착용감들은 소재의 물리적 특성에 의해 크게 좌우되므로, 더운 기후용 의복으로 알려진 갈옷 연구에 있어서 착용 시 의복내습도와 발한을 중심으로 한 생리적 반응과 착용감을 파악하는 연구는 필수적이라 사료된다.

이에 본 연구에서는 갈옷이 여름용 의복으로서 ‘시원함’ 즉 통기성이 좋고 땀뻘뻘하여 몸에 달라붙지 않아 시원하다(Han & Lee, 2010; Ko & Lee, 2003; Park, 2012; Park & Park, 1998)는 장점을 열·수분 이동상태로 파악하고자 한다. 그리하여 갈옷 소재의 다양화와 염색견뢰도를 향상시켜 실용화에 기여하려는 시도로 감즙염색 무지포에 날염으로 문양을 넣은 후 원피스를 제작하여 감즙염색 유무와 소재의 상이성이 착용자의 생리적 반응과 주관적 감각에 미치는 차이를 인체-의복-외기환경 시스템에서 열과 수분 이동으로 분석하여 날염 갈옷의 기능성과 쾌적성에 미치는 영향을 밝히고자 한다.

II. 연구방법

1. 실험복의 소재 제작

시료로서 두께는 동일하고 밀도는 본 연구목적에 부합되면서 가장 유사한 시판직물을 선택하여 면 100%

(60s)와 레이온 100%(60s)의 2종 평직물로 감즙염색 날염 직물 2종과 control용으로 백색 날염 직물 2종 모두 4종을 제작하였다. 면과 레이온 염색용 직물과 control용 백포는 동일한 조건에서 세탁기로 물세탁하는 전처리 과정을 거친 후 사용하였다. 그 이유는 전통적인 감즙염색에서 가장 일반적으로 행해지는 전처리 과정이면서 염색에는 최대한 영향을 미치지 않으며 알칼리에 팽윤되는 레이온 섬유의 특성도 고려하여 열과 세제는 가하지 않는 방법으로 하였다(Park, 1998; Park, 1995; Park & Son, 1999). 지금까지 백포와 감즙염색포의 특성을 비교한 선행연구(Han & Lee, 2010, Niibayashi & Myamoto, 2006)에서도 전처리를 증류수로 10분~1시간으로 처리하거나, 정련만을 하여 비교하였고(Ko & Lee, 2003) 전처리 과정을 밝히지 않고 미염색직물과 염색직물을 비교한 연구도 보고되어 있으므로(Han et al., 2005) 이를 참고로 하였다.

감즙염색 무지포는 풋감즙과 물의 비율을 4:1로 하여 염액을 제조한 후 그 염액에 침염하여 일광에 노출, 건조시킨 후 물에 축여 건조시키기를 7회 반복으로 발색시켜 제작하였다. 이때 피염포는 염색할 때 최초 1회만 손으로 주물럭거려 균일하게 염색이 되도록 하였고 그 이후는 염색한 직물을 잔디에 펼치고 스프레이 장치로 물을 축여 일광 하에서 건조시키는 과정을 반복함으로써 가능한 한 염색과정에서 일어나는 변화를 배제하여 무지염색포를 제작하였다. 감즙염색 무지포는 완성된 무지염색포에 날염하는 방식으로 주문 제작하고 5회의 세탁으로 염료의 고착성을 검토하여 완성한 후에 실험복의 소재로 하였다.

2. 소재의 특성 측정방법

착용쾌적감에 큰 영향을 미치는 인체로부터 방출된 수분이 의복을 통하여 환경으로 이동되는 상태를 분석하기 위하여 소재의 흡습성과 투습성을 측정하고, 착용감에 영향을 큰 통기성과, 고온환경 하에서 착용감에 민감한 요소인 발한량 및 의복내습도를 중심으로 측정항목을 설정하였다.

1) 통기성

통기성은 표준상태에서 공기투과도 시험기(FX 3300, Textest, (CH))로 ASTM D 373에 의하여 5회 이상 반복 측정하여 평균하였다.

2) 흡습성

흡습성은 오븐법(KS K 0220)을 이용하여 항온항습기(Wiess사 독일)에서, 각 시료 당 2매씩을 채취하여 시험한 평균값으로 수분률을 계산하였다.

3) 투습성

소재 자체의 투습성은 섬유시험 표준상태에서 Sweating Guarded Hot Plate로 측정하였고 Ret O(Blank)와 Ret(시료 덮은 상태)의 차로 투습성을 계산하였다.

3. 인체착용실험

1) 인체착용실험 조건

인체착용실험은 2012년 9~10월에 걸쳐 실시하였다. 실험을 위하여 환경은 $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $50\pm 5\%$, 기류 0.2m/sec 이하로 인공기후실을 설정하였다. 피험자는 예비실에서 측정장치 센서를 장착하고 30분 동안 안정을 취한 후 인공기후실에 입실하여 실험복을 착용하고 의자에 앉아 안정 30분 → 경사 5도의 트레드밀 위를 $70\text{m}/\text{분}$ 의 속도로 걷기 운동 30분 → 안정상태로 의자에 앉아 회복 20분의 실험스케줄 <Fig. 1>에 따라 동일 피험자는 동일 시간대에 실험을 실시하여 일주기 리듬(circadian rhythm)의 영향을 최소화하였고 생리기간은 피하였다. 속옷은 팬티와 짧은 양말(socks)만 착용하고 실험 시는 동일한 양말과 운동화를 착용하였다. 실험조건은 선행의 무지갈옷 착용실험과 비교하기 위하여 Park and Son (1999)의 실험조건과 가능한 일치하도록 설정하였다.

2) 피험자와 측정항목

피험자는 20대 여자 4명으로 <Table 1>에 그 특성을 나타내었다. 착용실험은 1인이 4종의 실험복을 착용하여 1회씩 총 16회를 실시하였다. 측정항목으로 직장온, 피부온은 Hardy & DuBois의 이마, 가슴, 아래팔, 손등, 허벅지, 종아리, 발등에서 7점법으로, 의복내온습도와 국소발한량은 가슴과 등에서 측정하였다.

직장온과 피부온은 thermister(LT-8A, Gram Co., 일본)로 1분 간격으로 측정하였다. 평균피부온은 각 부위면적의 안분비율을 적용하여 산출하였다. 의복내온습도는 휴대용 측정기(LT-8B, Gram Co., 일본)로 1분 간격으로 측정하였다. 국소발한량은 여과지법으로 $3\times 4\text{cm}$ 크기의 여과지 5매를 겹쳐 수분이 증발하지 못하도록 비닐에 싸서 가슴(두 젓가슴의 정중앙에서 3cm 위) 부위와 등(두

Rest	Exercise	Recovery
0	30	60
		80 (min)
rectal temp. skin temp. microclimate temp. and humidity: at intervals of 1 min.		
subjective sensations: at intervals of 5 min.		
sweat rate, clothing weight, body weight: at before and after of experiments		

Fig. 1. Experimental schedule.

Table 1. Characteristics of subjects

Subject	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	B.S.A* (m ²)	B.M.I** (kg/m ²)
AJA	20	164.9	47.8	1.51	31.8
JSY	19	160.2	47.0	1.46	32.1
LYY	21	155.5	44.5	1.40	31.8
HHY	23	158.0	47.2	1.45	32.5
Mean±S.D.	21±1.7	159.7±4.0	46.6±1.5	1.50±0.0	32.1±0.3

*Body Surface Area, B.S.A, is calculated using the Dubois equation which is $S = W^{0.425} \cdot H^{0.725} \cdot 71.84$

**Body Mass Index: weight/height²

견갑골의 중간) 부위에 가장자리를 양면테이프로 부착하여 땀을 흡수시킨 후 실험 전후의 여과지 무게차로 계산하였다. 주관적 감각은 일본공조위생공학회의 온열감 소위원회(Tamura, 1988)의 평가척도에 의해 온열감, 습윤감 및 쾌적감을 5분 간격으로 조사하였다. 주관적 감각평가 척도는 <Table 2>에 제시하였다.

3) 실험복

실험복은 <Fig. 2>와 같이 짧은 소매 뒤트기 원피스로 하고 collar에 포인트를 두어 현대 감각을 가미한 디자인의 현대 갈옷을 개발하고자 제작한 의복으로 하였다. 먼

100% 말+stripe 문양의 흰옷(미염색, C1)과 갈옷(감염염색, C2) 각 1벌씩과 레이온 100% 말+꽃 문양의 흰옷(미염색, R1)과 갈옷(감염염색, R2) 각 1벌씩 총 4벌을 제작하여 실험복으로 하였다. 사이즈는 모두 동일하게 가슴둘레 86cm, 허리둘레 68cm, 엉덩이둘레 88cm로 하고 길이는 무릎을 덮는 정도로 통일하였다.

4. 결과분석

전체 80분의 인체착용실험에서 운동기 30분 중 마지막 10분 동안을 중점적으로 분석하기로 한다. 그 이유는

Table 2. Scales of subjective sensations

Thermal sensation	Wet sensation	Comfort sensation
3. Hot	7. Very wet	4. Very uncomfortable
2. Warm	6. Wet	3. Uncomfortable
1. Slightly warm	5. Slightly wet	2. Slightly uncomfortable
0. Neutral	4. Neutral	1. Comfortable
-1. Slightly cool	3. Slightly dry	
-2. Cool	2. Dry	
-3. Cold	1. Very dry

Fig. 2. Shape of trial one-pieces: undyed and dyed cotton with stripe (C1, C2), undyed and dyed rayon with flower pattern (R1, R2).

이 구간은 발한이 일어나 다른 구간과는 인체생리반응에서 변화가 생긴 구간으로, 실험복 차이에 따라 측정치의 차이가 커 대부분의 유의차가 나타난 구간이기 때문이다. 이 구간을 중심으로 각 측정항목의 결과는 운동기 30분 중 마지막 10분 동안의 피험자 4명의 평균과 표준편차를 사용하여 분석하였다. 통계분석은 SPSS(Ver 18.0)와 Excel을 이용하여 분산분석을 실시하였으며 유의수준은 $p<.05$ 로 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 소재의 특성

<Table 3>에는 소재의 통기성과 투습성 및 흡습성을 나타내었다. 소재는 감염염색으로 인하여 두께와 중량이 증가하였음에도 불구하고 통기성, 투습성 및 흡습성은 백포에 비해 향상되어 선행연구 결과와 일치하였다(Ko & Lee, 2003; Park, 2012). 그 이유는 감염에 들어있는 타닌 성분이 섬유와 결합하여 응고되면 섬유를 뻗뻗하게 만들고 푸새효과가 있어 통기성이 좋아지며(Han & Lee, 2010; Han et al., 2005; Park, 1998; Son, 1988) 몸에 달라붙지 않으므로 대류현상에 의해 시원하기 때문이다. 이것은 소재 실험과 같은 착용실험 및 착용경험자의 인터뷰로 증명되었다(Ko & Lee, 2003; Park & Son, 1999; Son, 1988). 감염염색한 무지직물의 통기성이 향상된 결과를 보고한 Park(1995)의 연구에서는 무게와 밀도가 다른 면직물에서 뿐만 아니라 마직물에서도 통기성 향상이 두드러졌다(옥양목: 54.8%, 소창: 153.0%, 모시:

36.8%, 삼베: 69.1%). Park and Park(1998)과 Park(2012)의 연구결과에서도 표준면(54.8%)과 레이온(10.2%)에서 통기성이 향상되었고, 견직물(141.5%)에서는 현저한 통기성의 향상을 보였다. 면과 레이온의 통기성 향상률은 본 연구에서도 면이 더 커 선행연구와 일치하였다. 이 특성변화는 습윤상태에서 강도가 증가하는 면직물에서는 크게 문제되지 않으나, 수분을 흡수하면 강도가 감소하는 레이온 직물에서는 염색하는 과정 중 물과 일광에 반복 노출됨에 의해 일어나는 섬유의 손상으로 생기는 변화를 고려할 필요가 있다. 그러나 현재까지 미염포는 전처리만 동일하게 하고 동일한 염색과정 처리는 생략하여 그 결과를 비교하여 왔다(Park, 1998; Park, 1995; Park, 2012; Park & Park, 1998; Park & Son, 1999). 그러므로 이후 소재 실험에서는 미염포와 염색포에 염색과정 절차도 동일하게 부과하여 비교하는 연구를 행하여 이 부분을 명백히 밝힐 필요가 있다. 현재까지 실험결과에서 감염염색포의 통기성의 향상은 위의 선행연구 결과들로부터 염료인 감염의 타닌성분에 의해 일어나는 특성변화로 보는 것이 일반적이며, 그 이유는 타닌이 섬유의 작은 기공을 막고 섬유를 뭉치게 하여 오히려 큰 기공을 많이 형성하기 때문으로 추정하고 있다(Han et al., 2005; Park, 1995; Park, 2012). 또한 감염염색에 의해 직물표면이 coating되므로 섬유의 손상은 크지 않을 것으로 보고 있다(Ko & Lee, 2003; Niibayashi & Myamoto, 2006; Park, 1995).

흡습성은 Ko and Lee(2003)의 연구에서 Na_2CO_3 로 정련과정을 거치고 감염염색한 면, 마, 실크에서 증가하였으며 세탁 후에도 조금씩 증가하였다. Park(2012)의

Table 3. Characteristics of sample materials

Materials Measurement Items	C1	C2	Δ_{C2-C1} (%)	R1	R2	Δ_{R2-R1} (%)
Air Permeability	158.80	198.50	25	212.80	259.70	22
Moisture Permeability (%)	6.53	7.60	16	7.34	8.51	16
Moisture Regain (%)	6.23	7.91	27	12.85	13.13	22

C1: Undyed cotton with stripe, C2: Dyed cotton with stripe, R1: Undyed rayon with flower pattern, R2: Dyed rayon with flower pattern, Δ : Increased rate between two conditions.

연구에서도 감염염색한 면과 레이온에서 저습(35%), 표준(65%), 고습(90%)조건에서 모두 증가를 보여, 흡습성의 향상은 염색과정에서 발생하는 섬유손상에 의한 것보다 감염염색으로 인한 이화학적 특성변화가 더 크게 작용한 것으로 추정된다.

2. 직장온

<Fig. 3>에는 직장온의 경시적 변화를 나타내었다. 직장온은 거의 전 구간에서 면 소재의 갈옷이 흰옷보다 0.1~0.2°C 낮게 나타났고, 레이온 소재의 갈옷은 흰옷보다 약 0.2~0.3°C 높게 나타났으나 착용실험복 간에 유의차는 보이지 않았다. 시간별로는 초기 안정기 시점부터 서서히 하강하다가 운동 약 5분 후부터는 상승하였으며 회복기 약 10분 후부터 다시 서서히 하강하는 경향을 나타내었다. 이는 운동을 동반하는 인체착용실험에서 흔히 나타나는 패턴으로(Chung et al., 2006a; Park, 1992) 여기에는 운동강도가 반영되고 있다. 심부체온은 고온환경일수록, 운동강도가 높을수록 상승으로 바뀌는 시간이 짧아지며 급격하게 상승한다. 그 원인으로는 내장혈류량의 변화 때문으로 보고 있으며 고온환경 하에서 운동을 할수록 내장혈류는 감소하고 심박출량의 배분비율은 작업근으로 공출되기 때문에 심부체온은 초기에 상승하

는 것으로 추정되고 있다(Chung & Tamura, 1998; Ikai, 1986). 운동 초기 직장온이 다소 하강하는 것은 발한량의 증가로 증발 열손실이 일어나고 자세의 변화와 운동에 의한 대류의 발생 등에 기인하는 것으로 추정된다. 운동이 계속됨에 따라 직장온은 상승하는데 운동 시에는 근력의 사용으로 인해 체온이 상승하고 혈관운동과 발한 등에 의한 방열을 통하여 다시 원상태로 되돌아온다(Chung et al., 2006a; Chung & Tamura, 1998). 이는 비온열성 자극에 의한 피부혈관수축과 온열성 자극에 의한 피부혈관확장에서 산열량이 방열량보다 크기 때문에 나타나는 경향이라는 지적도 있다(Johnson et al., 1974). 그러나 본 실험은 환경과 운동강도가 모두 동일한 조건에서 실시되었으므로 의복 간의 차이는 실험복 소재의 물리적 특성에 따른 결과로 판단된다.

3. 피부온

<Fig. 4>에는 체간부와 상지, 하지에서 한 부위씩을 택하여(Kang et al., 2012) 가슴(A), 아래팔(B)과 허벅지(C) 피부온 및 평균피부온(D)의 경시적 변화를 제시하였고, <Table 4>에는 운동기 30분 중 마지막 10분 동안의 각 부위 피부온에 대한 평균치와 표준편차, 소재 간, 염색 유무 간 피부온의 변화량과 그 유의차를 나타내었다.

운동기 30분 중 마지막 10분 동안 가슴피부온에서는 소재에 따른 유의차가 나타났고($p<.01$) 각 실험의복 착용 시 피부온은 $R2>R1>C2>C1$ 의 순으로 높게 나타났다. 옷으로 덮혀지지 않은 이마와 아래팔에서도 소재에 따른 유의차가 나타났으나($p<.05$) 아래팔의 피부온은 가슴과는 다르게 $C2>R1>C1>R2$ 순으로 높게 나타났다. 손등에서는 소재 및 염색 유무에 따른 유의차가 나타났으며($p<.01$), 그 피부온은 $C2>R1>C1>R2$ 순으로 높게 나타나, 아래팔과 동일하게 레이온 소재 갈옷(R2)에서 가장 낮게 나타났고 면 갈옷에서 가장 높게 나타났다. 또한 발등에서도 소재 간 유의차를 보였으며($p<.01$), 소재 간 R-C의 변화량은 '1%'로 나타났다. 부위별 피부온

Fig. 3. Rectal temperature in wearing 4 trial clothes.

Fig. 4. Skin temperature of chest (A), forearm (B), thigh (C) and mean skin temperature (D) in wearing 4 trial clothes.

에서 발등의 피부온이 다른 부위보다 상대적으로 높게 나타난 이유는 실험 시 양말과 운동화가 겹쳐 착용된 부위로 그 상태에서 측정되었기 때문으로 판단된다.

부위별 피부온의 경시적 변화에서 아래팔과 허벅지는 유사한 패턴을, 가슴에서는 상이한 패턴을 나타낸 것은, 피부온이 운동을 동반할 때 일과성(一過性)의 저하를 나타내는 사지부와, 반응이 일정치 않은 체간부와는 그 변화 경향이 다르다는 것을 나타내며 이는 Chung and Tamura(1998)의 연구에서 고찰한 것과 일치하는 결과이다. 그러나 부위별 피부온에 있어서는 부위차와 개인차가 심하여 결과의 해석에서 일관된 결론을 이끌어내기는 어렵다(Park & Park, 1998; Park & Son, 1999).

평균피부온으로 살펴볼 때 모든 의복 착용 시 운동기에 발한으로 피부온이 하강하였다. 운동기 중에서도 발한량이 많아진 마지막 10분 동안에 유의차를 나타내었는데($p<.01$), 소재 및 감염염색 유무에 따라 평균피부온에서 유의차를 보여 소재 간, 염색 유무 간의 차이는 모두 '2%'를 나타내었다.

모든 부위에서 운동기 후반으로 갈수록 피부온이 대체로 하강하는 경향을 보이는 이유는 환경온 30°C에서 걷기 운동을 30분간 실시한 관계로 발한이 일어나 피부 표면으로부터 증발 잠열로 수분 1g당 0.58kcal/h의 열손실이 일어나기 때문으로 사료된다. 본 결과에서 운동 중에는 평균피부온이 하강하고 운동종료 후에는 상승하고 있다. 이 결과는 Nakayama et al.(1977)의 견해와도 일치한다.

4. 의복내온도

<Fig. 5>에는 가슴(A)과 등(B) 부위의 의복내온도의 경시적 변화를 나타내었고, <Table 5>에는 운동기 30분 중 마지막 10분 동안의 각 의복내온도에 대한 평균치와 표준편차 및 그 변화량과 유의차를 제시하였다. 의복내온도는 전 구간에 걸쳐 등 부위가 가슴보다 높은 경향을 나타내었다(Fig. 5). 가슴의 의복내온도는 미미하지만 $R1>C1>C2>R2$ 순으로 높게 나타났고 등 부위에서는

Table 4. Mean and S.D. of skin temperature during the last 10 min of exercise in wearing 4 trial clothes

Sample		C1	C2	R1	R2	C	R	1	2	F-value	
		Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	C-R	1-2
Skin temperature	Fore-head	35.00± 0.58	34.70± 0.55	34.45± 0.59	34.92± 0.55	34.73± 0.65	34.81± 0.56	34.85± 0.58	34.68± 0.62	3.44*	0.87
		Δ_{C2-C1} (%)	-1	Δ_{R2-R1} (%)	1	Δ_{R-C} (%)	NC	Δ_{2-1} (%)	NC		
	Chest	33.71± 1.16	33.76± 0.83	34.12± 1.42	34.32± 0.61	33.74± 1.00	34.22± 1.09	33.92± 1.31	34.04± 0.78	8.54**	0.56
		Δ_{C2-C1} (%)	NC	Δ_{R2-R1} (%)	1	Δ_{R-C} (%)	1	Δ_{2-1} (%)	NC		
	Fore-arm	32.15± 0.47	32.61± 1.01	32.33± 0.49	32.03± 0.63	32.38± 0.81	32.18± 0.58	32.24± 0.49	32.32± 0.88	3.32*	0.52
		Δ_{C2-C1} (%)	1	Δ_{R2-R1} (%)	-1	Δ_{R-C} (%)	-1	Δ_{2-1} (%)	NC		
	Hand	33.09± 0.87	34.43± 1.47	33.12± 0.83	32.95± 1.05	33.76± 1.38	33.03± 0.94	33.10± 0.85	33.69± 1.47	17.97**	11.76**
		Δ_{C2-C1} (%)	4	Δ_{R2-R1} (%)	-1	Δ_{R-C} (%)	-2	Δ_{2-1} (%)	2		
	Thigh	33.01± 0.71	32.56± 0.54	32.48± 0.57	33.19± 0.47	32.79± 0.67	32.83± 0.63	32.75± 0.70	32.87± 0.59	0.27	1.85
		Δ_{C2-C1} (%)	1	Δ_{R2-R1} (%)	2	Δ_{R-C} (%)	NC	Δ_{2-1} (%)	NC		
	Calf	33.55± 0.48	33.92± 0.26	33.96± 0.63	33.29± 1.15	33.76± 0.41	33.62± 0.98	33.78± 0.6	33.61± 0.88	0.84	1.51
		Δ_{C2-C1} (%)	1	Δ_{R2-R1} (%)	-2	Δ_{R-C} (%)	NC	Δ_{2-1} (%)	-1		
	Foot	36.08± 0.69	36.31± 0.64	36.46± 0.27	36.31± 0.49	36.20± 0.67	36.39± 0.40	36.27± 0.56	36.31± 0.57	4.79**	0.21
		Δ_{C2-C1} (%)	1	Δ_{R2-R1} (%)	NC	Δ_{R-C} (%)	1	Δ_{2-1} (%)	NC		
	Mean	32.34± 0.29	33.63± 0.40	33.68± 0.52	33.77± 0.26	33.32± 1.57	33.85± 0.33	33.22± 1.51	33.95± 0.43	10.82**	20.25**
		Δ_{C2-C1} (%)	1	Δ_{R2-R1} (%)	NC	Δ_{R-C} (%)	2	Δ_{2-1} (%)	2		

* $p<.05$, ** $p<.01$

C1: Undyed cotton with stripe, C2: Dyed cotton with stripe, R1: Undyed rayon with flower pattern, R2: Dyed rayon with flower pattern, C: Cotton, R: Rayon, 1: Undyed cotton and rayon, 2: Dyed cotton and rayon, Δ : Increased or decreased rate between two conditions, NC: Changelessness between two conditions

Fig. 5. Temperature of microclimate on the chest and back in wearing 4 trial clothes.

Table 5. Mean and S.D. of temperature and relative humidity of microclimate during the last 10 min of exercise in wearing 4 trial clothes

Parts	Sample	C1	C2	R1	R2	C	R	1	2	F-value	
		Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	C-R	1-2
Micro- climate_ tempera- ture	Chest	33.55± 0.63	33.50± 0.60	33.73± 0.77	33.29± 1.27	33.52± 0.61	33.51± 1.06	33.64± 0.70	33.39± 0.99	0.01	3.31
		Δ_{C2-C1} (%)	NC	Δ_{R2-R1} (%)	-1	Δ_{R-C} (%)	NC	Δ_{2-1} (%)	-1		
	Back	34.01± 0.75	33.96± 0.80	33.97± 0.93	33.87± 0.82	33.98± 0.77	33.92± 0.87	33.99± 0.84	33.92± 0.81	0.23	0.33
		Δ_{C2-C1} (%)	NC	Δ_{R2-R1} (%)	NC	Δ_{R-C} (%)	NC	Δ_{2-1} (%)	NC		
Micro- climate_ humidity	Chest	77.19± 13.52	75.86± 12.92	74.59± 9.98	73.47± 7.26	76.53± 13.16	74.03± 8.69	75.89± 11.88	74.67± 10.48	1.99	0.48
		Δ_{C2-C1} (%)	-2	Δ_{R2-R1} (%)	-2	Δ_{R-C} (%)	-3	Δ_{2-1} (%)	-2		
	Back	89.88± 10.99	77.11± 13.10	74.40± 9.83	67.43± 24.22	82.68± 16.75	63.39± 28.09	81.07± 15.99	64.99± 29.52	31.79**	22.09**
		Δ_{C2-C1} (%)	-14	Δ_{R2-R1} (%)	-9	Δ_{R-C} (%)	-23	Δ_{2-1} (%)	-20		

** $p<.01$

C1: Undyed cotton with stripe, C2: Dyed cotton with stripe, R1: Undyed rayon with flower pattern, R2: Dyed rayon with flower pattern, C: Cotton, R: Rayon, 1: Undyed cotton and rayon, 2: Dyed cotton and rayon, Δ : Increased or decreased rate between two conditions, NC: Changelessness between two conditions

C1>R1≒C2>R2 순으로 높게 나타났다(Table 5).

의복내온도는 운동기 30분 중 마지막 10분 동안 가슴, 등 양 부위에서 면과 레이온 갈옷이 모두 낮게 나타났으나 레이온 갈옷이 면 갈옷보다 더 낮게 나타났다. 등 부위에서도 면, 레이온 모두 갈옷이 흰옷보다 낮게 나타나는 경향을 보였으나 유의차는 보이지 않았다(Table 5). 운동기에는 발한으로 가슴피부온이 하강하였고 의복 내온도도 하강하였다. 발한량이 많은 부위는 수분의 증발로 인하여 피부로부터 열손실을 가져와 피부와 의복 사이의 의복내온도를 하강시킬 수 있다(Nagata, 1962; Nakajima & Stolwijk, 1983).

5. 의복내습도

<Fig. 6>에는 가슴(A), 등(B) 부위의 의복내습도의 경시적 변화를 제시하였다. 가슴, 등 양 부위 모두 발한과 관계있는 변화를 보이며 운동 중 발한량의 증가가 의복 내습도를 상승시키는 것으로 나타났다. 양 부위에서의 의복내습도는 운동시작 10분 후부터 급격히 상승하였으며, 발한이 더 많은 등 부위에서는 전 구간에 걸쳐 면 흰옷이 가장 높았다. 전체 실험 중 운동기 30분 중 마지막 10분 동안에는 C1>C2>R1>R2 순으로 습도가 높았고 소재 및 염색 유무에 따른 유의차가 나타났다($p<.01$).

Fig. 6. Humidity of microclimate on the chest and back in wearing 4 trial clothes.

레이온 의복 착용 시 습도가 낮은 것은 레이온 섬유 자체가 먼 섬유보다 흡습성과 투습성이 높은 특성에 기인하고, 면과 레이온 갈옷이 흰옷에 비해 의복내습도가 낮게 나타난 것은 감즙염색으로 흡습성과 투습성이 향상된 특성에 기인하는 것으로 추측된다(Table 3). 또한 면 소재 흰옷인 C1이 실험시작부터 종료 시까지 전 구간에 걸쳐 가장 높게 나타난 것은, 염색으로 인하여 투습성이 16%, 흡습성이 27% 증가한 면 갈옷이 흰옷보다 현저히 낮아 면 소재에서 감즙염색의 효과가 더 뚜렷이 나타남을 보여주고 있다. 즉 등 부위에서 면은 흰옷에 비해 갈옷이 전 구간에 걸쳐, 레이온도 흰옷에 비해 갈옷이 운동 중기 이후 회복기까지 의복내습도가 낮았다. 이는 소재의 투습성 및 흡습성과도 관련성이 있는 것으로 추측되며 흰옷보다 갈옷이 유의하게 낮게 나타나, 감즙염색으로 면과 레이온 모두 투습성과 흡습성이 향상된 갈옷에서 의복내습도가 낮다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이에 대해서는 땀을 많이 흘리는 더운 환경에서 갈옷을 착용하면 갈옷이 땀을 빨리 흡수하고 의복이 흡수한 수분을 신속히 외기환경으로 투과, 증발시킴으로써 의복내습도를 낮추어 더 시원하고 쾌적하게 느끼는 착용감과 관련이 있는 것으로 추측된다(Park & Park, 1998). 이 결과로부터 감즙염색 직물은 고온다습한 기후용 의복감으로 적합하다(Ko & Lee, 2003; Park & Son, 1999)는 것이 재확인되었다.

운동 시 가슴과 등 부위의 의복내온도 차이는 <Table 5>에 제시하였듯이 의복내온도는 가슴보다 등 부위가 모든 실험복 착용 시 높은 경향이 있고, 의복내습도는 C1과 C2 즉 면 소재 착용 시 모두 등 부위가 높으나, 레이온 소재 착용 시는 R1에서 가슴과 등 부위가 거의 같고 R2에서는 등이 가슴보다 더 낮게 나타나 면 갈옷 착용 시와 다른 결과를 나타내었다. 이 결과와 관련하여 대류의 영향이 미쳤는지 검토해 보면, 실험복이 뒤트기의 지퍼로 밀착(fit)된 원피스이므로 이를 착용하여 30°C, 무풍환경에서 걷기 운동을 실시한 결과 습도는 운동 시 가슴이 약 50~80%, 등이 50~90% 범위로 높아졌다. 그러나 대류의 영향은 트레드밀 걷기 운동으로 대외에는 미쳤을 것으로 추측되지만 체간부인 가슴과 등 부위는 모두 실험복이 밀착된 부위이므로 거의 영향을 미치지 못한 것으로 보인다.

의복내기후는 주관적 감각인 온열감과 습윤감에 깊게 관여하며 착의 시의 쾌적성을 판단하는 중요한 척도의 하나로 작용한다. 의복내온도가 급격히 상승하면 온열감은 물론 습윤감을 느끼게 되고 온도가 하강하면 차

가움을 느끼며, 온도와 습도가 높아지면 온열감을 더 많이 느끼게 된다(Chung et al., 2006b). 그러므로 착용감을 좋게 하기 위해서는 쾌적한 의복 기후를 형성하는 것이 중요하므로 의복 기후는 온도 $32\pm1^{\circ}\text{C}$, 습도 $50\pm10\%$ R.H, 기류 $25\pm15\text{cm/sec}$ 에 가깝게 형성되도록 착의조절을 하는 것이 바람직하다.

6. 부위별 발한량

<Fig. 7>에는 가슴과 등 부위의 발한량을 제시하였으며, 등이 가슴보다 많은 양을 나타내었다. 인체의 발한은 부위에 따라 차이를 나타내는데(Kuno, 1963; Ogawa, 1994; Park, 1992), 등 부위는 운동을 동반하는 인체착용실험에서 체간부에서는 가장 발한량이 많은 부위로(Chung et al., 2006b; Park, 1992; Park & Son, 1999) 본 연구에서도 가슴보다 많은 양을 나타내었다. 의복별로는 의복내습도와 동일하게 등 부위에서는 면 흰옷 착용 시 가장 많았고, 가슴에서는 레이온 갈옷이 가장 많은 경향을 보였다. 등 부위에서는 발한량이 C1>R1>C2>R2 순으로 나타나 갈옷 착용 시 발한량이 감소하였으나 의복 간에 유의차는 나타나지 않았다. 이 결과는 무지의 면 소재 긴소매 블라우스+긴바지 한 벌의 갈옷 인체착용실험 연구(Park & Park, 1998; Park & Son, 1999)에서 유의차를 보인 결과와는 다소 차이를 보였다. 그 이유는 실험복이 긴소매 블라우스+긴바지 한 벌과, 짧은 소매의 무릎길이의 원피스로 실험의복의 형태차에 따른 피복면적의 차이에 기인하는 것으로 사료된다.

체표면의 발한은 국소피부온도에 의해 상당히 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 이것은 한선(sweat gland)을 지배하는 교감신경절 말단에서 방출되는 화학전달물질 즉 아세틸콜린의 양이 온도에 의해 좌우되기 때문으로

Fig. 7. Sweat rate on the chest and back in wearing 4 trial clothes.

추측된다. 운동 시도 안정 시와 마찬가지로 발한은 피부 온과 심부온에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다(Nakayama, 1981). 본 연구에서도 가슴피부온이 사지 피부 온보다 높은 것으로 나타나 가슴의 발한량이 사지부 발한량보다 많을 것으로 추정된다.

7. 주관적 감각평가

<Fig. 8>에는 주관적 감각인 온열감(A)과 습윤감(B) 및 쾌적감(C)의 경시적 변화를 제시하였고, <Table 6>에는 운동기 30분 중 마지막 10분 동안의 그 변화량과 유의차를 나타내었다.

온열감은 4종 실험복 착용 시 모두 초기 안정기에는 중립(0: neutral)에 가깝게 덥지도 춥지도 않은 상태로 유지되었으나 운동기에 급격하게 증가하여 덥게 느꼈고, 회복기에는 급격히 감소하여 C1, C2, R1은 중립에서 약간 따뜻하게 느끼는 정도(1)로, R2는 중립에 가깝게 회복되었다. 습윤감은 안정기에 중립(4)에 가깝게 일정하게 유지되다가 운동기에는 습한 느낌(wet) 쪽으로 완만하게 증가한 후 회복기에는 다시 운동 전 수준으로 감소하여 거의 안정기 수준으로 회복되었다. 쾌적감은 모든 의복 착용 시 안정기에도 약간 불편한 느낌의 '2' 수준을 호소하였고 운동기에는 서서히 불편감이 커지다가(3~4) 회

복기 20분 후에는 초기 수준으로 회복되었다.

<Table 6>에 제시한 바와 같이 운동기 마지막 10분간의 온열감, 습윤감, 쾌적감은 소재에 따라 유의차($p<.01$)를 나타내었다. 이 세 가지 주관적 감각 모두 $R2>R1>C1>C2$ 순으로 조사되어 레이온 갈옷은 가장 불쾌하게, 면 갈옷은 가장 쾌적하게 느껴 소재에 따라 감염염색에 의한 착용감이 다름을 나타내었다. 쾌적감은 의복내습도, 발한량과 관계가 있어 실험 전 구간에 걸쳐 상대적으로 의복내습도가 낮고 발한량이 흰옷보다 적은 면 소재 갈옷과 레이온 흰옷이 더 쾌적하게 느끼는 것으로 나타났다. 이 결과는 레이온 소재의 긴소매 블라우스+긴바지 갈옷 착용실험의 선행연구(Park & Park, 1998) 결과와 일치하며, 레이온 소재 갈옷은 면 소재 갈옷만큼 의복내습도와 쾌적감이 일관되게 향상된 것으로 나타나지는 않았다. 이로부터 본 연구에서도 감염염색의 장점은 면 소재 갈옷에서 더 뚜렷이 나타남을 재확인할 수 있었다.

특히, 실험의복 간의 쾌적감의 차이는 특히 평균피부 온과 의복내습도에서 염색 유무 간에 유의차를 보인 운동기 30분 중 마지막 10분 동안 쾌적, 불쾌 간에 차이를 나타내 인체 내의 열·수분 이동상태와 쾌적감 간에는 밀접한 관련성이 있음을 시사하고 있다. 의복은 인체로부터 산열과 방열의 열적 균형을 보조하는 역할을 하며

Fig. 8. Thermal sensations (A), wet sensations (B), and comfort sensations (C) in wearing 4 trial clothes.

Table 6. Mean and S.D. of subjective sensations during the last 10 min of exercise in wearing 4 trial clothes

Sample Parts		C1	C2	R1	R2	C	R	1	2	F-value	
		Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	Mean± S.D.	C-R	1-2
Subjective sensation	Thermal	2.83± 0.72	2.58± 0.51	3.17± 0.58	3.42± 0.51	2.71± 0.62	3.29± 0.55	3.00± 0.66	3.00± 0.66	11.85**	0.01
		Δ_{C2-C1} (%)	12	Δ_{R2-R1} (%)	33	Δ_{R-C} (%)	21	Δ_{2-1} (%)	NC		
	Wet	5.25± 0.45	5.00± 0.74	5.58± 0.79	5.83± 0.58	5.13± 0.61	5.71± 0.69	5.42± 0.65	5.42± 0.78	9.54**	0.01
		Δ_{C2-C1} (%)	6	Δ_{R2-R1} (%)	17	Δ_{R-C} (%)	11	Δ_{2-1} (%)	NC		
	Comfort	3.00± 0.02	2.67± 0.49	3.08± 0.51	3.33± 0.49	2.83± 0.38	3.21± 0.51	3.04± 0.36	3.00± 0.59	9.00**	0.11
		Δ_{C2-C1} (%)	3	Δ_{R2-R1} (%)	25	Δ_{R-C} (%)	13	Δ_{2-1} (%)	-1		

** $p < .01$

C1: Undyed cotton with stripe, C2: Dyed cotton with stripe, R1: Undyed rayon with flower pattern, R2: Dyed rayon with flower pattern, C: Cotton, R: Rayon, 1: Undyed cotton and rayon, 2: Dyed cotton and rayon, Δ : Increased or decreased rate between two conditions, NC: Changelessness between two conditions.

쾌적함에 크게 작용한다. 그리하여 인체와 의복 간의 열과 수분의 상태는 의복 기후를 크게 좌우하여(Jeong & Kim, 2009; Kobayashi, 1991), 의복 기후에는 의복의 소재에 따른 물리적 특성이 크게 관여하는 것으로 알려져 있고 본 연구의 착용감에서도 소재의 특성이 영향을 미치는 것으로 나타났다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 쾌적하고 기능성 있는 친환경 의복 개발을 위하여 인체의 열·수분 이동상태가 의복 착용 시 쾌적성에 미치는 영향을 파악하고자, 면과 레이온 감즙염색 무늬직물을 개발한 후 원피스를 디자인, 시착한 미염색의 흰옷과 감즙염색의 갈옷을 실험복으로 인체착용실험을 실시하여 검토하였다. 전체 실험 중 유의차가 나타난 운동기 30분 중 마지막 10분 동안의 주요한 결과를 기술하면 다음과 같다.

1. 직장은온은 갈옷 착용 시에는 면 갈옷보다 레이온 갈옷이 높게 나타났고, 흰옷 착용 시는 레이온 흰옷보다 면 흰옷이 높게 나타났으나 유의차는 보이지 않았다. 가슴피부와 팔 평균피부온은 레이온 갈옷 착용 시 유의하게 높았다($p < .01$).

2. 의복내온도는 가슴과 등 양 부위에서 갈옷 착용 시가 흰옷 착용 시보다 낮은 경향이 있었으나 실험복에 따른 유의차는 나타나지 않았다. 의복내습도는 등 부위에서 소재 간, 염색 유무 간 유의차가 나타났다($p < .01$). 등 부위에서는 면과 레이온 갈옷이 모두 낮게 나타났

데, 면 갈옷은 실험 전 구간에 걸쳐 낮았고, 레이온 갈옷은 운동기 중반 이후 흰옷보다 유의하게 낮았다. 발한량도 등 부위에서 면과 레이온 모두 갈옷 착용 시 감소하여 감즙염색으로 수분의 이동과 체열 환기가 촉진되었음이 확인되었다.

3. 주관적 감각에서는 소재에 따른 유의차를 나타내었고($p < .01$) 면 소재는 갈옷이 더 시원하고 덜 습하며 더 쾌적하게 느끼는 반면, 레이온 갈옷은 흰옷보다 온열감은 더 느끼고 쾌적감은 덜 느끼는 것으로 나타났다.

이상과 같이 인체착용평가 결과, 염색 유무에 따라서는 감즙염색으로 통기성과 흡습성 및 투습성이 향상되어 갈옷 착용 시 의복내습도와 발한량을 낮춘 것으로 추정된다. 반면, 소재에 따라서는 면 소재 갈옷은 더 시원하게 느끼고 습윤감도 더 낮아 종합적으로 쾌적하게 느끼는 것으로 나타났다. 그러나 레이온 갈옷은 쾌적감을 뚜렷하게 더 느끼는 것으로 조사되지는 않았다. 현재까지 레이온 갈옷을 실험복으로 인체착용실험을 행한 연구가 거의 없어 현재로서는 레이온 직물의 감즙염색 효과에 대하여 일관성 있는 결과 제시와 결론을 내리기가 어려우므로 이는 이후의 연구과제로 남겨졌다.

친환경 의류의 수요가 증가하고 있고 지구의 온난화 현상으로 한반도뿐만 아니라 세계가 고온화되는 변화가 일어나고 있다. 이에 대응하기 위하여 감즙염색을 비롯한 기능성 있는 천연 염색가공으로 청량감과 흡습·투습성을 부여하여 피부와 환경에 친화적인 소재와 의복을 개발하고 쾌적성을 증명하는 일관된 연구결과를 구축하는 것은 우리의 전통적인 의복의 장점을 뒷받침

하는 자료가 된다. 그러한 성과는 갈옷의 장점은 물론 우리 고유의 전통 옷의 장점을 확고히 하여, 자국의 문화콘텐츠 개발을 증시하는 시대에 국내외에 그 장점을 알릴 수 있는 근거가 될 것이다.

References

- Ban, Y. J. (2010). *Development and application of home economics teaching-learning lesson plan to raise awareness for traditional clothing life culture among teenagers*. Unpublished master's thesis, Korea National University of Education, Cheongwon.
- Chung, M. H., Park, S. J., Shin, J. S., Koshiba, T., & Tamura, T. (2006a). Evaluation of physiological responses and comfort of protective clothing using charcoal printing. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 30(6), 981–991.
- Chung, M. H., Park, S. J., Shin, J. S., Koshiba, T., & Tamura, T. (2006b). A study on wearing test of protective clothing against a toxic substances. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 30(11), 1626–1635.
- Chung, M. H., & Tamura, T. (1998). The influence of arm and leg exercises in different postures on thermal physiological responses (Part I): Responses in heart rate, rectal temperature and mean skin temperature. *Japan Journal of Human and Living Environment*, 6(1), 25–32.
- Han, M. R., & Lee, J. S. (2010). Natural dyeing and dyed fabrics properties with persimmon juice. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 12(2), 224–232.
- Han, Y. S., Lee, H. J., & Kim, J. H. (2005). The effect of chitosan pretreatment on the dyeabilities and antibacterial activities of persimmon juice dyed-cotton fabrics. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 43(2), 115–126.
- Hur, B. K. (2007). *신비한 발효감물 색깔있는 감물염색 쉽게 배우기* [Colorful natural dyeing with mysterious fermented persimmon extract]. Seoul: Joongang Life Publishing Co.
- Ikai, M. O. (1986). *身體運動の生理學* [Physiology of physical exercise]. Tokyo: Kyorinshoin.
- Jeong, J. R., & Kim, H. E. (2009). Evaluation of the wear comfort of outdoorwear by skin wettedness analyses. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 11(6), 947–952.
- Johnson, J. M., Rowell, L. B., & Brengelmann, G. L. (1974). Modification of the skin blood flow body temperature relationship by upright exercise. *Journal of Applied Physiology*, 37(6), 880–886.
- Kang, I. H., Park, H. S., & Lee, H. S. (2012). Assessment of wear comfort of water-vapor-permeable (WVP) garments. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 36(9), 928–939. doi:10.5850/JKSCT.2012.36.9.928
- Ko, E. S., & Lee, H. S. (2003). Effect of dyeing by immature persimmon juice on the hand of fabrics. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 27(8), 883–891.
- Kobayashi, S. (1991). Comfortable clothing materials and organic functions. *Japan Ergonomics Society*, 27(5), 229–234.
- Kuno, Y. (1963). *汗の話* [The story of sweating of human body]. Tokyo: Koseikan.
- Nagata, H. (1962). Evaporation of sweat on clothed subject. *Japanese Journal of Hygiene*, 17(3), 155–163.
- Nakajima, T., & Stolwijk, B. (1983). Subjective studies of fiber difference in clothing fabrics. *Proceeding of the Seventh Human Heat Symposium, Japan*, 37–40.
- Nakayama, A. (1981). *溫熱生理學* [Thermal Physiology]. Tokyo: Rikougakusya.
- Nakayama, T., Ohnuki, Y., & Niwa, K. (1977). Fall in skin temperature during exercise. *Japan Journal of Physiology*, 27(4), 423–437.
- Nam, Y. J., & Hong, M. H. (1986). A study on the characters of Cheju-Do Gal-ott. *Theses Collection, Kyung Hee University*, 15, 43–49.
- Niibayashi, N. K., & Myamoto, S. (2006). Coloration tensile strength, bending resistance and waterproof of fabrics dyed with persimmon tannin juice. *Japan Journal of Clothing Research*, 49(2), 115–125.
- Ogawa, T. O. (1994). *新 汗の話* [The new story of sweating of human body]. Tokyo: Adoa publishing Co.
- Park, D. J. (1998). *Dyeing of fabrics with immature persimmon juice added dyeing assistants and ultraviolet rays treatment*. Unpublished master's thesis, Jeju National University, Jeju.
- Park, S. J. (1992). *Study on distribution of evaporation rate over human body surface for designing a functional clothing*. Unpublished doctoral dissertation, Bunka Women's University, Tokyo.
- Park, S. J. (1995). An experimental study on physical and chemical properties of the fabrics dyed with persimmon juice. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 19(6), 955–967.
- Park, S. J. (2012). A study on the development of persimmon juice dyed print-fabrics following the printing method and a comparative study of the products' properties. *The Korean Journal of Community Living Science*, 23(3), 317–328.
- Park, S. J., & Park, D. J. (1998). *The development of clothing using traditional immature persimmon juice in Jeju*. Jeju: Jeju Special Self Governing Province Agricultural

- Research & Extension Service.
- Park, S. J., & Son, W. K. (1999). The effect of differences between Gal-Ot and undyed clothing, and clothing types on wear sensation. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 23(1), 30-41.
- Son, K. J. (1988). A study of properties of the Korean traditional "Galot". *Proceeding of the 7th Asian Costume Conference, Korea*, 12, 108-111.
- Tamura, T. (1988). 基礎被服衛生學 [Basic clothing hygiene]. Tokyo: Bunka Women's University publishing Co.