

정신물리학적 측정법을 이용한 흡한속건성평가

김주용¹, 구지은¹
¹숭실대학교 공과대학 섬유공학부

Assessment of Quick Sweat Absorbency and High Speed Drying Fabric Using a Psychophysical Method

Jooyong Kim(1), Ji-Eun Koo(1), and Hyun-Jin Koo(2)

(1) School of Textiles, Soongsil University, Seoul, 156-743, Korea

(2) FITI Testing & Research Institute, Seoul, 130-864, Korea

Abstract

최근 흡한속건성은 패적 사이언스 소재로 가장 보편적으로 이용되고 있는 소재 성능이다. 하지만 아직 제대로 된 측정 평가법이 존재하고 있지 않고, 몇몇 의류업체에서는 단순히 객관적 속성만을 측정하고 있다. 본 연구에서는 객관적 속성인자들의 연속적인 값들이 실제 인체에서는 얼마만큼의 변별력으로 인식되는지 정신물리학적 측정법으로 최소 자극치(PSE)를 구하여 등급을 나누어 보았다. 시료는 흡한속건성 직물로 가장 많이 이용되고있는 Coolmax®, Coolever®, 친수성 이증직물의 3개 그룹으로 나누었고, 측정 인자로 객관적 속성인자는 cling force, drying time 을, 이와 대응하는 주관적 속성인자는 clinginess, dampness를 측정하고 각각의 PSE값을 구하였다. 그룹에 따라 객관적 속성인자 값들이 건조이라고 느끼는 PSE 구간까지 도달하는 시간과 속력을 측정하여 그룹마다의 흡한속건 등급을 정하였다. 또한 설계된 소재의 성능을 간접적으로 알 수 있는 transmissibility라는 인자도 도입하여 수분 전달성도 객관적으로 살펴볼 수 있었다. Clinginess, Dampness, Transmissibility 각 인자들을 평가해본 결과 Coolmax® 가 가장 우수함을 알 수 있었다.

Key Words: 흡한속건 직물, Psychophysical Methods, Point of Subjective Equality(PSE), Clinginess, Dampness, Transmissibility

1. 서론

흡한속건 소재란 고습발한(高濕發汗), 다량발한

(多量發汗), 고온·고습체온상승(高溫高濕體溫上升) 등으로 인해 눅눅함, 끈적거림, 유한(流汗), 의복감김, 작열감 등의 불쾌감을 해소 시켜주는

기능을 가진 소재를 가리킨다. 흡한 속건 소재는 보편적이고 많이 알려진 기능성 소재로서 일반인들에게도 널리 인식된 소재이다. 하지만 이렇게 보편화된 소재를 그 성능에 맞게 제대로 평가하는 방법이 정해져 있지 않은 것이 지금의 현실이다. 또, 회사마다 흡한 속건 성능을 평가하는 방법은 있지만 그 측정 인자들이 각기 달라 통일된 측정 인자의 선정또한 필요하다고 본다.

흡한속건 기능 측정법은 회사 자체실험법에 의한 성능 평가에 의거할 뿐 공인된 시험법이나 표준화된 지수가 존재하지 않고 있다. 또한 흡한 속건의 객관적 속성만을 측정하였을 뿐 흡한속건성의 옷을 입었을 경우 사람이 느끼는 주관적 속성과의 관계는 전혀 고려되고 있지 않고 있다.

쾌적성 관련 연구들중 본 연구에 가장 많은 모티브를 주었던 Umbach[2] 연구의 주제는 직물의 객관적 속성과 주관적 속성간의 모델링을 하는 것이었다. 하지만 이 연구에는 몇가지 문제점들이 있다. 우선 독립변수간의 상관관계가 높은 것이 몇 개 포함되어 있다는 것이다. 상관관계가 높은 변수들이 모델에 많이 포함되어 있으면 그 정확도가 많이 떨어 지게된다. 둘째로 객관적 속성을 생리적 속성과 감각적 속성으로 나누었는데 각 속성을 선형회귀분석을 통해 각각을 지수화 하였다. 그런데 그 지수화 한 것을 또다시 회귀분석을 통해 최종적으로 쾌적성 지수로 만들었는데 지수는 가중치를 둘수 없기 때문에 최종 모델이 잘못되었다고 할 수 있다. 마지막으로 쾌적성을 모델링하는데 선형 회귀식을 썼다는 것이다. 객관적 속성인자와 주관적 속성인자간의 선형 회귀식은 이들 두 관계의 상관관계(correlation)만을 말해주는 Black Box Approach와 같다.

US Natick[3]에서는 태와 kawabada 인자와의 관계를 선형 회귀식으로 나타내었지만 그 전에 CALM scale이라고 하는 주관적 어휘의 등급을 정신물리학적 방법으로 나누어 평가하였으므로 1차 선형 회귀식으로 표현된 모델이긴 하지만 그 모델이 제시해주는 reality는 꽤 높다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 흡한속건 성능의 객관적 인자와 쾌적성이라는 주관적 속성을 연결해주는 필연적 요소를 '객관적 값의 변화량에 대한 주관적 속성의 최소 변화량'이라 규정짓고 정신물리학적 측정 방법중 '항상법(constant method)'을 사용하여 PSE(Point of Subjective Equality) 즉, 자극의 최소 차이를 구해서 흡한 속건성을 평가하고자 한다.

2. 연구의 목적

이 연구의 목적은 크게 세가지이다. 첫째, 정신 물리학적 측정방법을 이용하여 흡한 속건성 인자들의 최소 자극치(PSE)를 구한다. 둘째, 흡한 속건성을 최소 자극치(PSE)을 기준으로 등급을 나누어 평가한다. 마지막으로, 이와 같은 정신물리학적 측정 방법이 쾌적 관련 제품을 평가하는데 주요한 방법으로 사용되는 것이 이 연구의 궁극적인 목적이라고 할 수 있겠다.

3. 이론

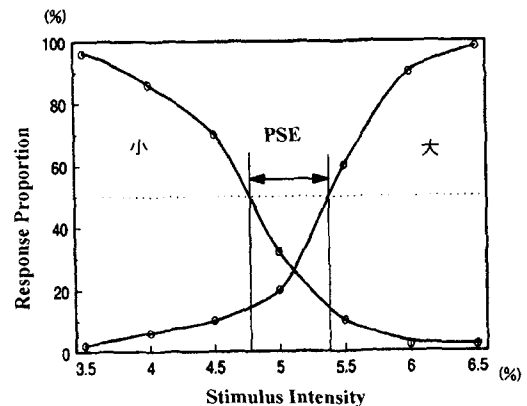


Figure 1. Example of Psychophysical Function

정신 물리학적 측정 방법(Psychophysical Method)이란 물리적 자극에 대응하여 감각이나 지각의 심리현상이 비교적 일정한 함수로 표현하기 위한 것으로 이 관계를 수량적으로 연구하는 실험법의 한 종류이다. 측정방법으로는 조정법(method of adjustment), 한계법

(method of limit), 항상법(constant method)의 세가지로 분류된다. 자극역치는 50%의 판단확률의 값, 변별역치는 두 개의 자극 중 어느 것이 『크다』 또는 『같다』 등을 75%의 확률로 적중할 수 있는 물리적 에너지를 말한다.[1]

A. 조정법 : 표준자극을 설정해 놓고 대상이 되는 비교자극의 강도를 피험자 자신이 조정함으로써 어떤 감각속성에 관하여 같다고 느끼는 점(PSE)을 구하는 방법이다. 비교자극이 표준자극보다 분명히 『작다』고 생각되는 초기수치로부터 시작하는 상승법과, 반대로 분명히 『크다』고 생각되는 초기수치로부터 강도를 낮추어 가는 하강법이 있고, 이들의 시행법간에는 다소 어긋나는 면이 있으므로 몇 번을 시행하여 평균치를 구한다.[1]

B. 한계법 : 이 방법은 최소의 자극차이(jnd: just noticeable difference)를 구하기 위하여 고안된 방법이다. 최소 자극차이란 아주 미묘하게 자극의 강도나 자극의 특질이 다른 두 자극을 동시 또는 연속적으로 가했을 때 이것을 감각적으로 구별할 수 있는 변별역을 말한다. 조정법이 비교자극을 피험자 자신이 연속적으로 변화시키는데 비해 한계법에서는 실험자가 자극강도를 어느 단계마다 변화시킨다. 여기에도 상승법과 하강법이 있고 일반적으로 하강법에 의한 결과가 상승법에 의한 결과보다 작은 경우가 많다. [1]

C. 항상법 : 미리 정해진 몇 단계의 자극치를 무작위로 제시하여 2진법 또는 3진법으로 반응을 측정한다. 앞서 설명한 조정법과 한계법에는 자극이 순서대로 제시되기 때문에 『예측』이 가능하였으나 항상법에서는 자극이 무작위하게 제시되기 때문에 정확한 측정이 가능하며 가장 적용범위가 넓은 방법으로 생각되고 있다. 예컨대 Figure 1.에서 처럼 표준자극(C_0)으로 5.0%의 감미료 용액을 만들고, 6.5, 6.0, 5.5, 5.0, 4.5, 4.0, 3.5%의 각 용액을 비교자극(C_i)으로 하여 C_0 와 C_i 를 무작위로 대비 제시하여 그 감도가

‘ C_0 보다 달다’, ‘모르겠다’, ‘ C_0 보다 달지 않다’ 중의 어느 것인가로 답하게 한다. 그 결과 얻어진 함수가 바로 Fig. 1이다. 일반적으로 이 곡선에는 누적정규분포 함수가 적용되어 정규확률분포상에서 직선이 된다. 이 그래프를 사용하여 자극의 변별역을 추정할 수 있으며 이에 대해서는 상변별력 5.4%, 하변별력 4.8%가 되고 그 차이인 0.6%가 최소 자극치(PSE)라고 한다.[1]

4. 실험

4.1 시료

본 연구에 사용된 시료는 흡한속건 소재의 대표적인 브랜드인 Dupont의 Coolmax®(100% polyester)와 휴비스의 Coolever®, 日本FILA의 친수성 이중직물등 3개 그룹의 대표적인 편성물을 사용하였다. 각 시료는 10cm × 10cm의 크기로 실험하였으며 각 시료의 조건은 아래 Table 1.과 같다.

Sample ID	Density (g/cm ³)	Thickness (mm)	Weight (g)	Group
A	0.2	0.758	1.516	Huvis
B	0.201	0.625	1.585	Coolever®
C	0.29	0.67	1.943	Dupont
L	0.244	0.642	1.573	Coolmax®
M	0.272	0.874	2.376	Hydrophilic
Q	0.242	0.797	1.876	double layer

Table 1 . Sample Used

4.2 측정인자

흡한속건성을 평가하기 위해 아래 Table. 2와 같은 개념으로 객관적 측정인자와 주관적 측정인자를 선택하였다.

	Physical System		Transport System
	Quick Absorbency	High Speed Drying	Water Transport
Performance	Fast Absorbency	Short Time Drying	Fast Transmission
Sensorial Test	Clinginess	Dampness	Transmissibility
Measurement	Cling force	Drying Time	Δ cling force/ Δ Drying Time

Table 2. The scheme of the study

4.3 측정방법

4.3.1 Cling force

Clingy는 쾌적성 평가 인자중의 하나로 알려져 있으나 아직 표준화된 측정 방법이 없다. 따라서 본 연구에서도 자체 제작한 기구를 이용하여 cling force를 측정하였는데 모식도는 Figure 2.과 같다.

각 시료마다 직물 무게대비 200%의 물을 적시고 탄성없는 실로 연결하여 마찰없는 도르레를 지나 Instron과 연결하였다. Instron은 75mm/min의 속도로 움직이고 시료대 표면은 셀로판지를 사용하였다. 적셔진 직물의 cling force를 측정한 후 5분, 10분, 15분, 25분, 30분이 될 때 마다 cling force를 측정하여 건조되어 가는 동안의 cling force 변화를 살펴본다.

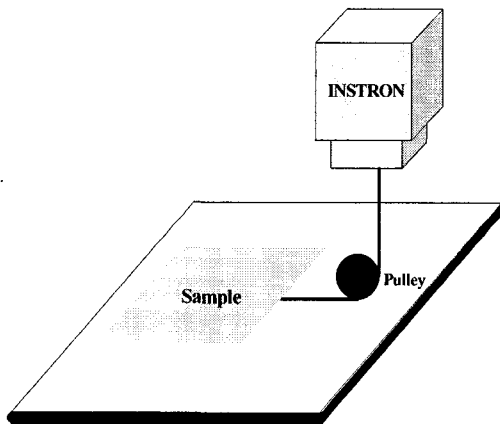


Figure 2. Cling force apparatus

4.3.2 Drying Time

각 시료에 4g의 물을 적신후 통풍 잘되는 곳에서 표준 조건(22±2℃, R.H65%)으로 유지시킨 후 걸어말리는데 걸리는 시간을 측정한다. 2분마다 줄어드는 시료 무게를 반복 측정하면서 건조상태의 시료무게와 같아지는 시간까지 측정하였다.

4.3.3 Clinginess

Clinginess를 측정하기 위해 30명의 건강한 남,

여를 선택했다(평균나이 남: 24.6세, 여: 23.9세). clinginess는 물의 양에 따라 영향을 받기 때문에 시료 고유의 밀도나 접촉면적에 의한 clingy 정도를 실험하기 위해서는 물의 양을 고정시켜야 했다. 물의 양은 4g으로 고정하고 6개 시료의 cling force를 구하고 이때의 차이를 구한다. 차이값은 6의 조합수 만큼 나올수 있으므로 총 15종류의 cling force 차이값이었다. 15개 조합의 값은 0.1kgf/m²에서 5.4kgf/m² 사이의 다양한 범위의 자극치를 구할 수 있었고, 각각에 해당되는 자극범위를 가지고 있는 시료 2개를 피험자에게 Instron의 속도와 비슷하게 끌어당겼을때 두 시료의 끈적임에 대한 차이를 판단하게 하고 '차이가 있다'와 '차이가 없다(모르겠다)'로 답하게 하여 반응 비율 함수를 만든다.

4.3.4 Dampness

Dampness에 관한 실험은 3개 그룹마다 축축함에 대한 변별력(최소자극치: PSE)을 구한다. 시료는 동일 소재군에서 2개를 자르고 하나는 표준자극(C₀) 또다른 하나는 비교자극(C₁)으로 정하여 비교자극은 wet pick-up 100%에서 220%까지 10%씩 물을 증가시키고 표준자극은 wet pick-up 160%로 고정시키면서 축축함에 대해 『표준자극치보다 더 축축하다.』 『표준자극치보다 덜 축축하다.』 『모르겠다』 중에 한가지로 답하도록 하였다.

실험은 피험자의 양팔 안쪽부위에 물의 양에 차이가 있는 10cm × 10cm의 시료를 올려놓은(실험시료와 표준시료는 팔의 오른쪽, 왼쪽 구분없이 랜덤하게 올려놓았다.) 상태에서는 '축축함'의 판단을 하도록 하였다.

4.4 평가 기준

1. clinginess와 dampness의 PSE에 도달하는 시간 : 단시간내에 건조상태의 최소자극 영역으로 들어오는 직물이 가장 우수하다.

2. clinginess와 dampness의 PSE에 도달하는 속도 : 가장 빠른 속도로 건조상태의 최소자극 영역내로 들어오는 직물이 가장 우수하다.

5. 결과

5.1 Point of Subjective Equality(PSE)

5.1.1 PSE of Dampness

정신물리학적 측정법을 이용하여 dampness의 최소 자극치를 구해보았다. Figure 3. 은 Coolmax®의 dampness에 대한 최소 자극치를 구한 측정 함수 이다. 그런데 본 연구에서 dampness의 PSE 구간을 구하기 위해 그려본 그래프는 Figure 3.에서 보는것과 같이 반응 비율 50%에 선을 긋고 두 그래프가 만나는 점의 구간을 계산했을때 상당히 작은 값이 도출되었는데 Coolmax®의 경우에 변별력을 계산해본 결과 0.0879g이 나왔다. 0.1g도 채 되지 않는 변별력은 사후 검정을 해본 결과 실제 변별력이 아니었다. 따라서 (1)식을 사용하여 표본비율로 모비율을 검정해 보았더니 신뢰구간이 상한 68%, 하한 32%로 변동이 큰 변별력을 알 수 있었다.

$$\hat{P} - Z_{\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n}} < P < \hat{P} + Z_{\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n}} \dots\dots\dots (1)$$

즉, 본 실험에서 나온 값들이 대부분의 사람들에게 보편적으로 적용될 수 있는 값으로 사용되기 위해서는 모비율 변동이 작을수록 좋는데 나온 결과는 36%의 큰 변동폭이 생긴다는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 피험자수가 작아서 생긴 오차이거나, 실험 오차로 보여 지는데 위의 문제를 해결하기 위해 변동 내부의 몇 개의 값으로 여러번 주관적 실험을 해 본 결과 신뢰구간의 상한 구간을 변별력이 실험시료의 PSE임을 알 수 있었다. 따라서 Coolmax®의 PSE는 0.56g, Coolever®와 친수성 이중직 직물의 PSE는 각각 0.875g, 0.621g이었고 전체 자극치는 3개 그룹의 평균값인 0.685g을 사용하였다. 또한 0.685g의 변별력은 사후 확인 실험 결과 90%신뢰구간 안의 범위인 0.685±0.0685g의 범위 안에서 사람들은 '촉촉함'의 변화를 인지하고 있음을 알 수 있었고 따라서 최소 변별력으로 사용

가능하다고 여겨진다.

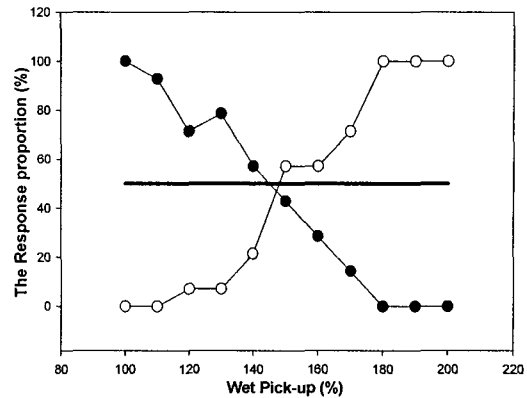


Figure 3. Function of Psychophysical Methods

5.1.2 PSE of Clinginess

6개의 시료에 4g의 동일한 물을 넣고 cling force를 측정하여 이때의 차이를 구한다. 서로 다른 두 직물의 Δcling force는 6의 조합수 만큼 나올 수 있으므로 총 15종류의 Δcling force 값을 구할 수 있었다. 15개의 Δcling force값은 0.1kgf/m²에서 5.4kgf/m² 사이의 다양한 범위의 값이었다. 반응비율 50% 절대역으로 clinginess의 PSE를 구하였다. 이때 50%의 변별력인 1.75kgf/m²은 사후확인 실험 결과 (1.75kgf/m²정도로 cling force가 차이 나려면 시료에 따라 다소 차이는 있으나 0.8g~1g의 차이 정도가 변별력의 힘을 내는 것으로 알 수 있었다.) 신뢰구간 90%내의 오차 범위 안에서 사람들은 '끈끈함'의 변화를 인지하고 있음을 알 수 있었고 따라서 최소 변별력으로 사용가능하다고 여겨진다.

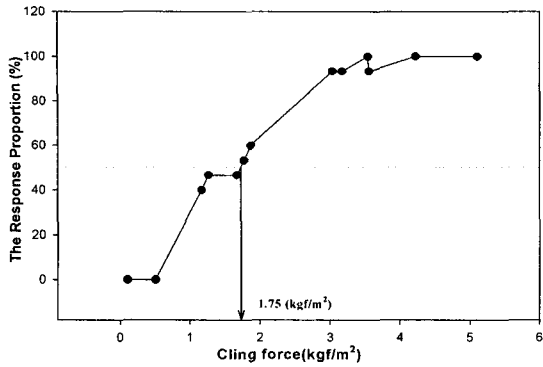


Figure 4. PSE of Clinginess

5.1.3 Transmissibility

Transmissibility는 일정시간 동안 건조된 물의 양과 동일 시간동안 감소된 cling force의 비로 구하였다. cling force와 drying time은 선형적으로 감소하지 않았기 때문에 각각 log를 취해서 그래프를 그려보았다. 전체적으로 하나의 직선으로 나올 것이라는 예상과는 달리 일정 구간 사이를 기준으로 기울기가 확연히 차이는 것을 알 수 있었다. 특히 직선의 기울기가 바뀌는 구간이 3개 그룹의 직선이 공통적으로 같은 시간에서 기울기가 변함을 알 수 있었다. 구간은 초기에서 5분사이, 5분에서 15분 사이, 그리고 완전건조 시간까지였고 그 구간을 기준으로 물의 전달 속도가 달라짐을 알 수 있었다. Figure 5.에서의 시간에 따라 변하는 기울기의 값은 Table 3.에 명시하였다.

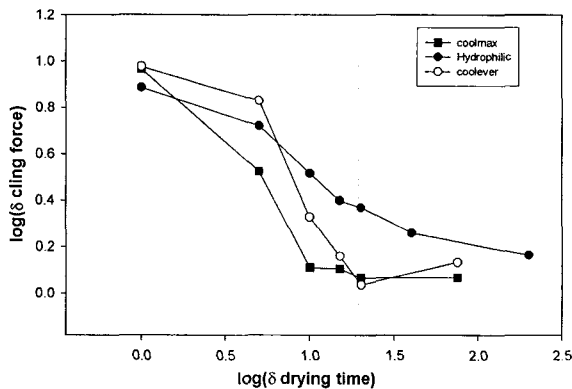


Figure 5. Transmissibility

	1 Step (초기~5분)	2 Step (5분~15분)	3 Step (15분~완전건조)
Coolever®	0.201	2.78	0.01
Coolmax®	0.326	2.354	0.0629
Hydrophilic	0.237	0.607	0.137

Table 3. 시간에 따른 Transmissibility의 변화

5.2 Grading

5.2.1 Grading of Clinginess

Clinginess의 최소변별력은 1.75 kgf/m^2 이고 cling force에 대한 감각의 변화는 선형이라고 했을 때 Figure 6.와 같이 1등급에서 5등급으로 나눌 수 있었다. 5등급은 cling force가 가장 작은 영역으로 사람이 느낄 때에는 완전 건조상태라고 느끼게 되는 영역이다. 등급 level 작아질수록 clinginess가 큰 영역이고 피부와 접촉하는 부분에 많은 물의 양이 존재한다고 할 수 있다.

더 이상 끈적임을 못느끼는 최소 변별력까지 도달하는 시간을 살펴보면 Coolmax®, Coolever®, 친수성 이중직 순임을 알 수 있다.

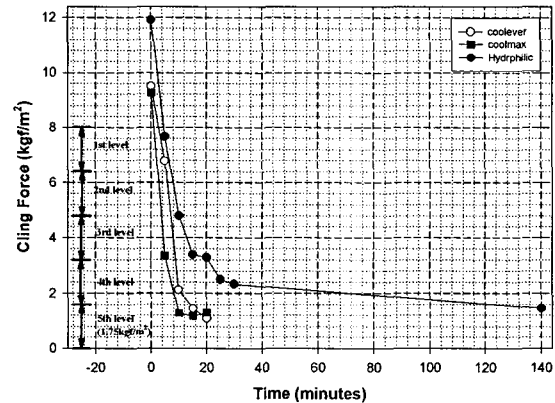


Figure 6. The Grade of Cling Force

5.2.2 Grading of Dampness

Dampness의 최소변별력은 0.685g이고 dampness의 감각 또한 선형임을 가정했을 때 아래의 Figure 7.과 같이 1등급에서 5등급으로 나눌 수 있다. 이때도 마찬가지로 5등급은 '촉촉함'이 가장 작은 영역으로 사람이 느낄 때에는

완전 건조상태라고 느끼게 되는 영역이다. 등급 level 작아질 수록 clinginess가 큰 영역이고 피부와 접촉하는 부분에 많은 물의 양이 존재한다고 할 수 있다. 역시 Coolmax®, Coolever®, 친수성 이중직 직물순으로 빠르게 도착함을 알 수 있다. 즉, 친수성 이중직 직물이 가장 오랫동안 축축함을 느끼게 된다는 것으로 해석할 수 있다.

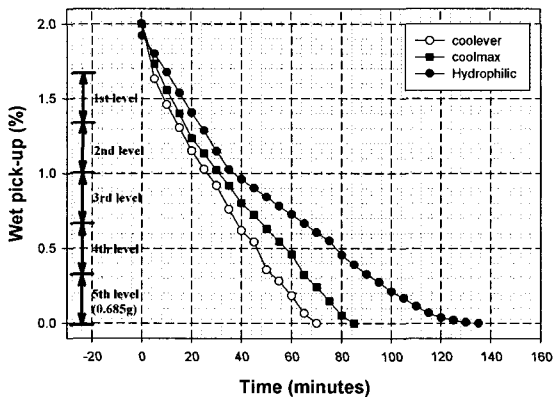


Figure 7. The Grade of Drying Time

5.3 흡한속건성 단계적 평가

5.3.1 Coolmax®

clinginess 뿐만 아니라 dampness는 1단계에서 5단계까지 도달하는 속도가 아주 빠름을 알 수 있다. 흡한에 관련된 인자인 clinginess가 빠른 속도로 감소된다는 것은 흡한성이 아주 좋다고 할 수 있고, 속건과 관련된 인자인 dampness 역시 빠른 속도로 감소된다는 것은 속건성이 아주 좋다고 할 수 있다. 다른 어떤 직물군과 비교해봐도 단연 우수함을 알 수 있다

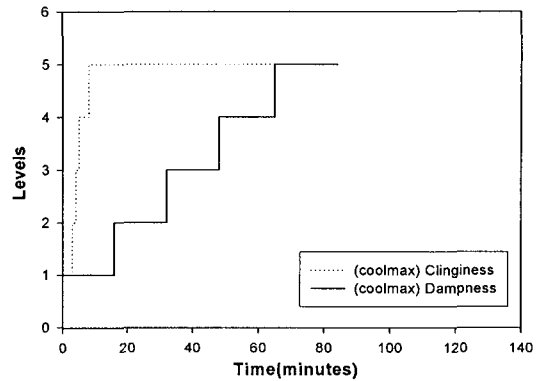


Figure 8. Coolmax®의 시간에 따른 clinginess와 dampness의 단계별 변화

5.3.2 Coolever®

Coolever®는 Coolmax®와 마찬가지로 clinginess와 dampness 모두 1단계에서 5단계까지 도달하는 속도가 아주 빠름을 알 수 있다. 하지만 Coolmax® 보다는 건조상태의 clinginess와 dampness 값까지 도달하는 속도가 각각 4분과 15분으로 조금씩 느림을 알 수 있다.

5.3.3 Hydrophilic Double Layered Fabric

친수성 이중직물이 4단계까지 변하는 clinginess 속도는 Coolmax®, Coolever®와 비슷한 속도이지만 4단계에서 5단계로 넘어가는 시간이 길다. 그러나 4단계도 clinginess에 대해 우수한 성질을 가지고 있는 것이므로 흡한성은 좋다고 평가할 수 있다.

하지만 친수성기에 의해 넓게 퍼진 물은 공기와 접촉하는 표면적은 넓어 지지만 물과 친한 친수성기가 강한 힘으로 수분을 잡고 있어서 건조가 늦어지므로 dampness의 지속 시간은 상당히 길다. 즉, 초기의 끈적임은 많이 감소되지만 축축함에 대한 느낌은 상당히 오래 지속된다는 것을 알 수 있다.

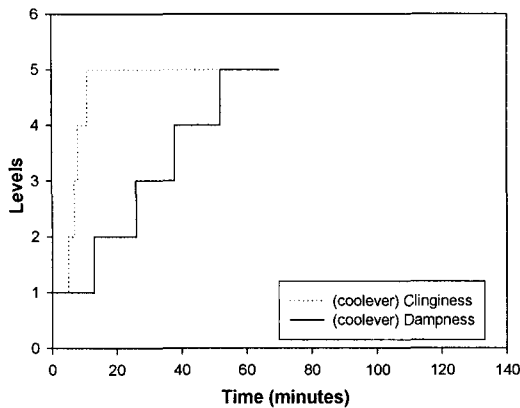


Figure 9. Coolever®의 시간에 따른 clinginess와 dampness의 단계별 변화

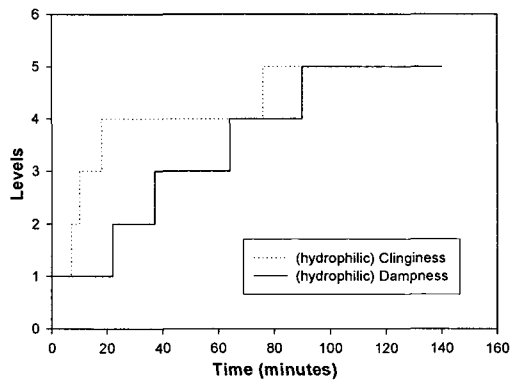


Figure 10. 친수성 이중직물의 시간에 따른 clinginess와 dampness의 단계별 변화

6. 결론

	Coolever®	Coolmax®	Hydrophilic
평가기준1	2	1	3
평가기준2	2	1	3

Table 4. Ranking of Clinginess

	Coolever®	Coolmax®	Hydrophilic
평가기준1	1	2	3
평가기준2	2	1	3

Table 5. Ranking of Dampness

Table 4와 5는 앞에서 말한 평가기준(①PSE 도달시간, ②PSE 도달속도)으로 순위를 매긴 것

이다. 친수성 이중직과의 순위 차이는 매우 크지만 Coolmax®와 Coolever®의 순위는 매우 작은 차이로 결정난 것이지만 비슷한 특성을 가지는 제품이라고 결정을 내리는 것은 아직 이르다. 왜냐하면 아주 작은 차이일지라도 두 직물간의 확실한 차이를 말해주는 것이라면 순위의 의미는 충분히 있는 것이기 때문이다. 따라서 두 집단간의 T-test를 해 보았다.

Table 6.에서와 같이 clinginess에 대한 Coolmax®와 Coolever®간의 유의성이 기각되었으므로 제품간의 차이는 의미가 없는 것이고 dampness에 대해서는 유의하다는 결론이 나왔다. 즉, 끈적임에 대한 두 직물의 차이는 없지만 축축함에 대한 두 직물의 차이는 있다는 것이다.

Clinginess				Dampness			
기준①		기준②		기준①		기준②	
T.v	P.v	T.v	P.v	T.v	P.v	T.v	P.v
0.652	0.142	0.502	0.213	0.724	0.0384	0.681	0.0215

Table 6. T-test between Coolmax® and Coolever® (T.v: T-value P.v: P-value)

7.References

1. 민병찬. 쾌적 공학. p33~p52, 2001 시그마프레스
2. K.H. Umbach. Hohenstein Institutes(2002)
3. Armand V. Cardell & Carole Winterhalter(2003), U.S. Army Natick Soldier Center, Natick
4. 박경주. 감성공학 및 감각생리. 영지 문화사