

# 피복류 건조속도 시험방법의 재현성 확보 방안 연구

이민희·홍성돈<sup>†</sup>

국방기술품질원

## A Study on the Reliability of the Drying Rate Test about Military Clothes

Minhee Lee·Seongdon Hong<sup>†</sup>

Defense Agency for Technology and Quality

### ABSTRACT

**Purpose:** Current testing method for drying rate used in military textiles has different results according to the public testing institute. So the purpose of this study was to suggest the alternative method which secure the reliability of the drying rate test.

**Methods:** We measured the drying rate by various test methods for military clothes 14 species including quick drying function and compared the test results. Also, the collected data through the test was analyzed using one-way ANOVA. The p-value of results was compared by various testing institutions.

**Results:** The results of this study are as follow; A deviation occurred among the testing institutions in original test method(KS K 0815). Whereas it is verified that there is no deviation among the institutions in 5% significance level by another test method(ISO 17617). Also it would increase work efficiency by reducing the testing time required to test by using ISO 17617.

**Conclusion:** Based on the results, we can suggest the reliable test method of the drying rate.

**Key Words:** Drying Rate, Military Clothes, Reliability, ANOVA

● Received 26 July 2016, 1st revised 4 September 2016, accepted 5 September 2016

† Corresponding Author(sdhong@dtq.re.kr)

© 2016, The Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and re-production in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

쾌적성은 의복의 감성적인 요인에 의해 좌우되는 품질요소이지만, 최근에는 섬유제품의 기능성이 향상되면서 의복학 개념에서 사용자의 만족도에 영향을 미치는 매우 중요한 요소로 평가되고 있다. 이 때, 쾌적성이란 ‘사람의 몸과 마음에 알맞아 기분이 좋은 상태로 유지시켜주는 기능’이라고 정의 되는데, 쾌적성에 영향을 미치는 인자는 물리적, 생리적, 심리적 및 인간공학적 측면 등으로 분류되며, 이에 대한 연구는 온열 쾌적성, 접촉 쾌적성, 동작 쾌적성, 종합적 쾌적성으로 세분화되어 진행되고 있다. 이 중 온열 쾌적성은 특히 의복, 신체, 환경의 세 가지 요소의 상호작용에 기인하는 인체 특성에 관한 것으로, 소재의 물리적 매커니즘에 의한 수분의 흡수, 이행, 증발을 연구하여 쾌적성을 증가시키기 위한 형태로 연구가 진행되고 있다.

한편, 쾌적성을 향상시키기 위해서 현재까지 개발된 방법으로는 흡한속건, 흡수냉감, 태양열(UV)차단, 높은 열전도율 및 접촉 냉감 제조 기술과 같이 5가지가 있는데, 이 중 흡한속건은 인체에서 발생한 수증기나 땀을 흡수하여 외부환경으로 방출시켜 피부에 닿는 부위의 온습도가 쾌적한 상태로 유지하도록 해주는 기능을 말한다. 군용 섬유제품에서 이러한 흡한속건 기능은 땀이 많이 발생하는 하절기에 주로 사용되는데, 이는 장병의 전투 및 훈련 시간을 지속시키기 위해서 쾌적성 확보가 필수적이기 때문이다. Table 1은 군용 피복류 가운데 흡한속건 기능이 부여된 제품을 정리한 것으로, 품목 및 각 군에 따라서 다양한 수준의 품질이 요구되는 것을 확인할 수 있다.

**Table 1.** The drying and absorption rate according to various items for military

Item	Drying rate(min, below)	Absorption rate(mm, be more)
Combat uniforms	115	-
Training clothes of army for summer	290	-
Training clothes of army for spring and fall	290	Wale : 100, Course : 100
Training clothes of navy for summer	400	-
Training clothes of navy for spring and fall	400	-
Training clothes of navy for winter	145	-
Training clothes of marin for summer	400	-
Training clothes of marin for spring and summer	Top : 400, Bottom : 130	-
Training clothes of marin for winter	145	-
Combat caps of navy and air force	160	Wale : 90, Course : 110
Inner wears for winter	365	Wale : 120, Course : 126
Clothes for mechanic	120	Wale : 100, Course : 100

\* source : Korean military specification and military purchase requirement.

이때 흡한속건 성능은 주로 건조속도(Drying rate)와 흡수속도(Absorption rate)를 측정하여 평가되는데, 군용 피복류에 있어서는 Table 1과 같이 흡수속도 보다는 건조속도를 품질기준으로 주로 제시하고 있다. 이때 건조속도 시험방법은 KS K 0815의 6.28.1 A법이 주로 적용되는데, 이 방법은 아래와 같이 시험의 진행을 위한 시작과 종료 지점의 절차가 명확히 제시되어 있지 않다. 그러므로 해석에 따라 시험자간의 결과가 다르게 나타날 수 있어 품질관리 측면에서 볼 때 상당한 문제점을 내포하고 있다.

#### 6.28.1. 건조속도(A법)

시료에서 40cm×40cm의 시험편 3매 이상을 채취하여 (27±2)℃의 증류수 중에 침지시켜 충분히 흡수되게 한 후, 수중에서 꺼내어 물방울이 더 이상 떨어지지 않을 때, 같은 건조 시간 측정 장치에 걸고 표준 상태의 시험실 내에 방치하여 자연 건조될 때까지의 시간(min)을 측정하여 그 평균값으로 표시한다(정수자리까지).

따라서 본 연구에서는 현재 적용하고 있는 기존의 건조속도 시험방법을 개선하기 위한 방향을 제시하고자 하였다. 또한 제시된 대안에 대해서는 결과의 재현성을 확인하기 위해 단순 비교에서 벗어나 일원분산분석을 검토하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 흡한속건 성능

흡한속건 기능이란 피복에 사용되는 섬유제품이 인체에서 배출되는 땀은 신속하게 흡수하면서, 흡수된 땀은 외부로 이동시켜 건조가 원활히 될 수 있도록 하는 것으로, 쾌적 성능과 직결된다. 최근에는 기술이 발달하여 단순히 수분의 흡수 능력만을 향상시키는 것에서 벗어나, 원단의 표면까지 신속히 이동시켜 증발을 촉진하는 발산기능을 포함한 형태로 진화하고 있다.

흡한속건 기능을 부여하는 방법에는 화학적으로 친수성 물질을 첨가하거나, 섬유의 단면을 물리적으로 이형화 또는 극세화시켜 모세관 현상을 유도하는 방법이 있다. 또한 최근에는 중공 및 다공 기술, 그리고 다층 구조 등의 3차원적 설계 기술을 적용하여 기능을 향상시키고 있다. 이러한 흡한속건 기능이 계속해서 개발되는 이유는 최근 레저 시간의 활용 수단으로 등산, 캠핑과 같은 아웃도어 활동의 인기가 증가되면서, 인체에서 발생하는 땀을 피부 표면으로부터 신속히 밀어내서 장시간 활동이 가능하기 때문이다.

### 2.2 흡한속건 성능 측정 방법

흡한속건 성능의 평가에는 흡수 및 건조속도를 직접 측정하는 방법과 수분의 제어특성을 이용하여 측정하는 두 가지 방법이 주로 이용된다.

### 2.2.1 흡수속도

일반적으로 섬유제품에 사용되는 흡수속도 측정방법은 KS K 0815의 6.27.1에 제시 되어 있는데, 목적에 따라서 3가지로 분류되어 있다.

#### 2.2.1.1 적하법

이 방법은 20×20cm의 시험편을 1.5cm의 링에 끼우고 (27±2)℃의 증류수를 넣은 뷰렛을 시험편의 표면으로부터 1cm정도 떨어진 높이에서 5초 마다 1mL의 물방울 15~25 방울이 떨어지게 조정하여 떨어뜨리면서 시험편의 표면에서 반사되는 물방울이 눈에 띄지 않을 때까지의 시간(sec)을 측정하여 평균값으로 표시한다. 이 시험방법은 소재에 따라서 표면과 이면의 특성이 다를 수 있어, 이를 구별하여 진행하고 있다.

#### 2.2.1.2 Wicking test

이 방법은 시료를 웨일 및 코스방향 또는 경사와 위사방향으로 채취하여 (27±2)℃의 증류수가 들어있는 용기의 수면에 한쪽 끝이 닿도록 하고 일정한 높이로 고정시켜 10분 경과 후 모세관 현상으로 물이 상승하는 높이(mm)를 측정하여 평균값으로 표시한다. 이 시험방법은 시료가 수면에 수직으로 침투하므로, 적하법과 달리 표면과 이면의 구분 없이 확산성만 평가하게 된다.

#### 2.2.1.3 침강법

이 방법은 1×1cm의 시험편을 (27±2)℃의 증류수가 들어있는 용기에 시험편이 뜨게 하고 시험편이 습윤하여 침강되기 시작할 때까지 걸리는 시간(sec)을 측정하여 평균값으로 표시한다. Wicking test 마찬가지로 별도의 표면과 이면을 구분을 하지 않는다.

### 2.2.2 건조속도

#### 2.2.2.1 KS K 0815

군용 피복에 주로 사용되는 KS K 0815 6.28.1에서는 건조속도를 측정하기 위해 물을 흡수시켜 자연건조 될 때까지의 시간을 측정하는 A법과 증류수에 침지 후 10분 경과 뒤에 잔류한 수분의 양을 측정하는 B법이 있다. 이때 A법은 40×40cm의 3매 채취하여 (27±2)℃의 증류수 중에 침지시켜 충분히 흡수되게 한 후, 수중에서 꺼내어 물방울이 더 이상 떨어지지 않을 때부터 측정 장치에 걸고 표준 상태의 시험실 내에 방치하여 자연 건조될 때까지의 시간(min)을 측정하여 그 평균값으로 표시한다. 그러나 이 방법으로 진행할 경우 물방울이 떨어지지 않는 시점과 자연 건조에 대한 정의가 명확하지 않아 시험자에 따라서 시작과 종결점의 차이가 발생 할 수 있다. 또한 소재에 따라 수분의 함유량에 차이가 있어, 건조가 완료되는 과정에서 함유율의 차이에 따른 증발속도의 변화로 결과의 영향을 미쳐 재현성이 낮아 질 수 있는 문제점이 있다.

한편, B 방법은 시험편(202.5cm<sup>2</sup>)을 채취하여 천칭으로 무게를 달고 (27±2)℃의 증류수에 시험편을 3시간 이상 침지시켜 충분히 흡수되게 한 뒤, 수중에서 꺼내어 10분 후에 시험편의 무게를 단다. 그리고 다음의 식(1)에 따라서 증발성 자유 수분량을 계산하고 그 평균값으로 표시한다.

$$\text{증발성 자유 수분량(g/202.5cm}^2\text{)} = W - W_1 \quad (1)$$

여기에서 W : 수중에서 꺼낸 10분 후의 무게(g), W<sub>1</sub> : 침수 전의 무게(g)

이 시험방법도 A법과 마찬가지로 초기에 수분 함유량이 많은 제품이 자유 수분량이 많을 수밖에 없어, 흡한속건 성능을 직접적으로 평가하기에는 무리가 있다.

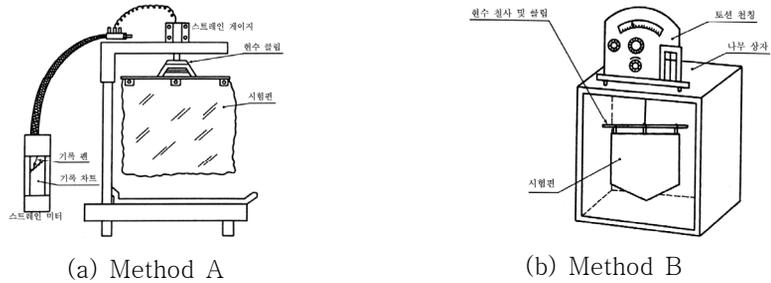


Figure 1. The testing apparatus of drying rate in KS K 0815

### 2.2.2.2 ISO 17617

ISO 17617 방법은 시간에 따른 수분 잔여량을 건조속도로 나타내는 것으로 수직법인 A법과 수평법인 B법이 있으며, A법은 시료가 장착되는 위치에 따라 A1과 A2로 나뉜다. A1의 경우 0.3mL의 물을 떨어뜨린 후 시간이 60분에 도달하거나 잔여 수분량이 초기 10% 이내로 떨어질 때까지 5분 간격으로 질량을 측정하며, 시험의 결과는 최소 자승 회귀법을 사용하여 계산되는데 x값은 시간으로, y값은 수분 손실량으로 식 (2)~(4)와 같이 계산하여 “Drying rate”와 100% 건조 될 때까지의 건조 시간인 “Drying time”으로 나타낼 수 있다.

$$y = ax + b \tag{2}$$

여기에서

- y : 수분 손실량(%)
- a : 기울기(DR, %/min)
- x : 건조까지의 시간(t)
- b : 상수

$$DR = a \tag{3}$$

$$\text{Drying time}(100\%) = (100-b)/a \tag{4}$$

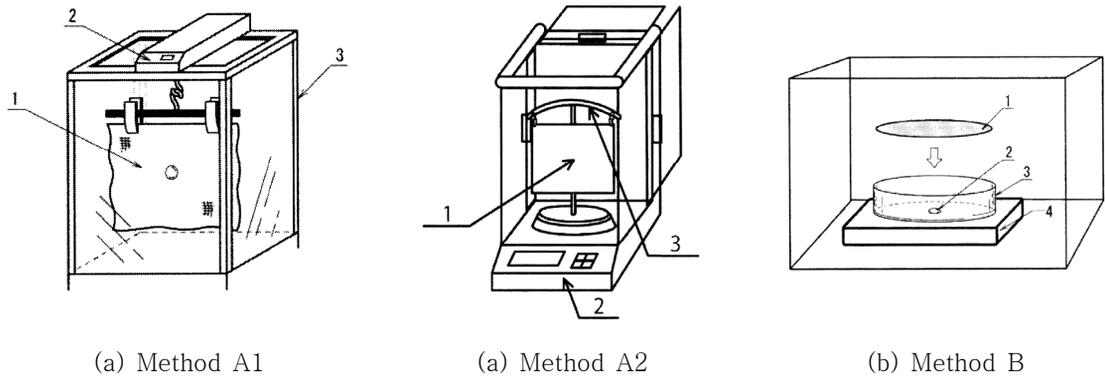


Figure 2. The testing apparatus of drying rate in ISO 17617

한편, 시험은 주로 젖음 특성이 좋은 직물을 사용하며, 예비 실험을 진행하여 원단 표면에서 수분이 60초 이내에 흡수되는 시료에만 적용한다.

2.2.2.3 ISO 13029

ISO 13029 방법은 기존의 ISO 11092의 Sweating Guarded Hotplate 장비를 사용하여 규정된 온도의 열과 습도가 지속적으로 적용되는 동적상태에서 증류수 5mL에 흠뻑 젖은 시험편이 수분이 증발하는 과정에서의 필요한 에너지를 측정하고, 수분의 증발과 흡수가 균형을 이루어 에너지가 평형에 도달하는 시간을 측정하는 것이다.

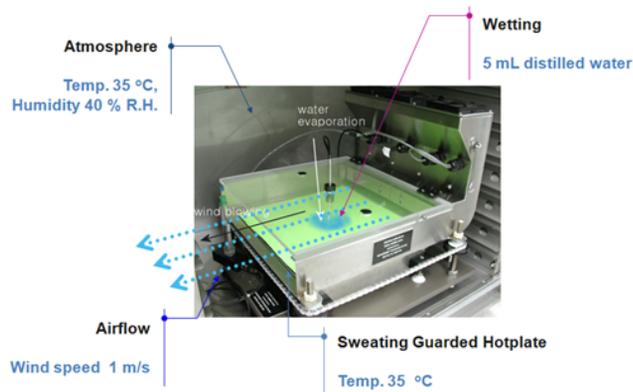


Figure 3. The sweating-guarded hotplate apparatus in ISO 13029

이 방법은 앞선 방법들이 단순히 물리적으로 수분이 증발될 때까지의 시간을 측정하는 것과 달리 인체가 느끼는 평형상태 즉, 쾌적한 상태를 측정하는 것으로 상당히 진보된 형태라 할 수 있다. 이를 이용하여 건조속도는 식(5)와 같이  $t_1$ 과  $t_2$ 값을 이용하여 계산한다.

$$t = t_2 - t_1 \quad (5)$$

여기에서

- t : 시험편의 건조시간(s)
- t<sub>1</sub> : 수분을 공급한 직후에 건조가 시작되는 시점(s)
- t<sub>2</sub> : 물의 건조가 끝난 시점(s)

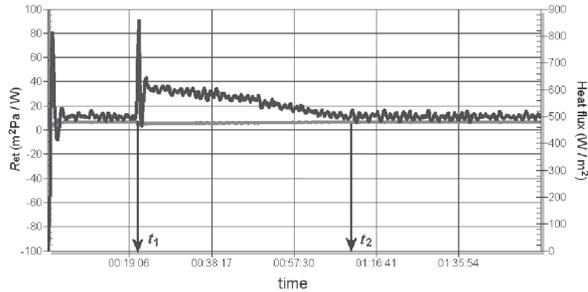


Figure 4. Determination of drying time by measuring t<sub>1</sub> and t<sub>2</sub> in ISO 13029

### 2.2.3 AATCC TM 195

AATCC TM 195는 수분제어 특성을 분석하는 방법인데, 이때 수분제어 기능이란 피부로부터 흡수한 땀을 의복의 표면으로 전이시켜 주는 능력으로 착용자가 느끼는 쾌적성에 매우 중요한 요인이다. 이러한 특성을 측정하기 위하여 MMT(Moisture Management Properties)라는 장비를 이용하는데, 이것에 대해서는 AATCC TM 195에 제시되어 있다. 이 시험은 원단에 수분이 통과할 때, 전기적 저항 값의 변화를 측정하는 것으로, 원단에 포함된 물의 함량에 따라 전기적 저항이 변화되는 것을 이용하는 원리이다. 이때 전기적 저항의 측정은 Figure 5와 같이 원단의 양쪽 면에서 측정하게 된다.

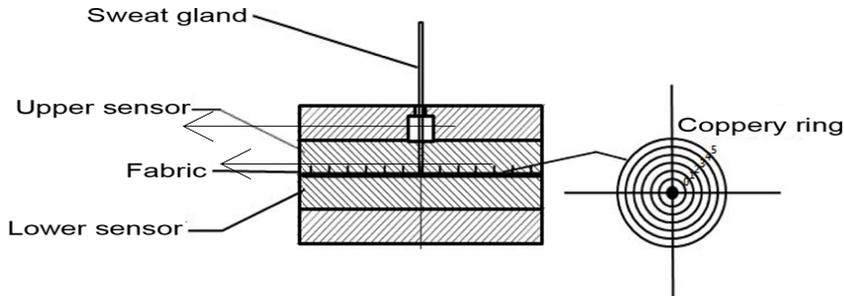


Figure 5. Scheme of MMT testing apparatus

시험의 결과는 수분제어 특성으로 나타내는데, 이는 원단의 표면과 이면에서의 수분 확산에 따른 이동성능(흡수시간, 흡수율, 최대흡수반지름, 확산속도, 한 방향 이동성능)을 측정하고, 생체 매커니즘을 고려하여 식 (6)과 같이 계산되며, 최종 결과는 등급(전체수분제어성능 : OMMC)으로 표시되어진다.

$$OMMC = C_1 * AR_{B\_ndv} + C_2 * R_{ndv} + C_3 * SS_{B\_ndv} \quad (6)$$

여기에서

$C_1, C_2, C_3$  :  $AR_{B\_ndv}, R_{ndv}, SS_{B\_ndv}$ 을 위한 무게

$AR_B$  : 흡수속도

$R$  : 한방향 이동성능

$SS_B$  : 확산속도

Table 2. Grading of all Indices in AATCC 195

Index		Grade				
		1	2	3	4	5
Wetting time(sec)	Top	≥120	20-119	5-19	3-5	<3
	Bottom	≥120	20-119	5-19	3-5	<3
Absorption rate(%/sec)	Top	0-9	10-29	30-49	50-100	>100
	Bottom	0-9	10-29	30-49	50-100	>100
Max wetted radius(mm)	Top	0-7	8-12	13-17	18-22	>22
	Bottom	0-7	8-12	13-17	18-22	>22
Spreading speed(mm/sec)	Top	0.0-0.9	1.0-1.9	2.0-2.9	3.0-4.0	>4.0
	Bottom	0.0-0.9	1.0-1.9	2.0-2.9	3.0-4.0	>4.0
One-way transport capability(R)		<-50	-50-99	100-199	200-400	>400
Overall Moisture Management Capability(OMMC)		0.00-0.19	0.20-0.39	0.40-0.59	0.60-0.80	>0.80

\* source : AATCC TM 195. 2012. "Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics"

### 3. 연구 설계

#### 3.1 시료

시험방법에 따른 결과의 편차를 확인하기 위해 육군 춘추운동복 및 이와 유사한 품질의 원단 2종을 추가하여 시험

하였다. 이후 KS K 0815와 ISO 17617의 결과 편차 및 재현성 등을 확인하고자 군수품 피복류 중 흡한속건 기능이 부여된 품목 중 Table 3과 같이 건조속도를 품질기준으로 적용하고 있는 14품목을 선정하였다. 시료는 시험과정에서 수분평형에 따른 오차를 최소화하기 위해 KS K ISO 139의 조건에서 적어도 4시간 이상 유지한 뒤 사용하였다.

**Table 3.** Material composition and weight according to the items

No.	Item	Material composition (%)	Weight(g/m <sup>2</sup> )
1	Inner wear	PET : 55±5, R <sup>1</sup> : 45±5	155 ↑
2	Training wear of marine for winter	PET 100	120 ↑
3	Training wear of marine for rain	PE T 100	120 ↑
4	Clothes for mechanic	PET : 75±3, R : 25±3	150 ↑
5	Training wear(top) of navy for spring and fall	PET 100	150 ↑
6	Training wear of navy for summer(top)	PET 100	145 ↑
7	Training wear(bottom) of marine for spring and fall	PET 100	110 ↑
8	Training wear(top) of marine for spring and fall	PET 100	150 ↑
9	Training wear of marine for summer(bottom)	Nylon 100	120 ↑
10	Training clothes of army for summer	PET 100	157 ↑
11	Training clothes(top) of army for spring and fall	PET 100	152 ↑
12	Training clothes(bottom) of army for spring and fall	PET 100	215 ↑
13	Inner wear for winter	PET : 94±4, PU <sup>2</sup> : 6±3	210 ↑
14	Combat uniform(IR)	PET : 68±5, C <sup>3</sup> : 32±5	215~236

\* source : Korean military specification and military purchase requirement.

<sup>1</sup>R : Rayon

<sup>3</sup>C : Cotton

<sup>2</sup>PU : Polyurethane

### 3.2 시험방법

3.1에서 선정한 시료에 대해서 건조속도를 측정하였다. 이때 KS K 0815 및 ISO 17617은 KAKEN(일본)사의 장비를 사용하였고, ISO 13029와 AATCC TM 195는 Altas(미국)사의 장비를 사용하였다. 건조 속도를 측정하기 전 모든 시료는 KS K ISO 139의 표준 환경에서 4시간 이상 안정화 후 진행하였다. 한편, 시험의 반복은 표준에 제시된 횟수와 관계없이 통계적 검증을 위하여 9회씩 측정하였다.

### 3.3 통계적 검증

실험으로부터 얻은 결과간의 차이를 검증하기 위해 일원배치법을 적용하였다[13]. 이때, 일원배치법(one-way factorial design)은 어떤 관심 있는 특성치에 대하여 하나의 인자(factor)가 미치는 영향이 같은지를 조사하기 위해 사용되는 실험계획법이다. 이 방법으로 표본간의 평균치에 대한 차이를 검증하였다. 본 연구에서는 동일시험 방법에 대해 운영환경에 따른 영향을 알기 위해 인자를 공인시험기관으로 하여 값에 대한 차이를 검정함으로써 시험방법의 유효성을 검토하고자 하였다. 이때 검정의 신뢰구간은 95%로 하였다.

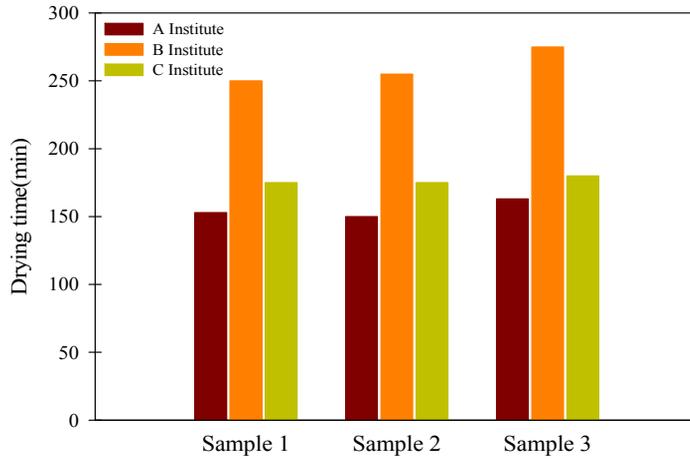
## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 건조속도 시험방법에 따른 결과 분석

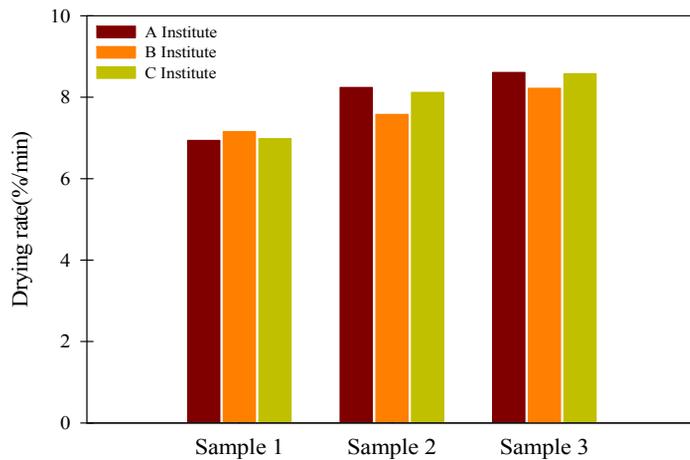
건조속도 시험방법에 따른 결과의 편차를 확인하기 위해 공인시험기관별로 KS K 0815를 비롯하여 다양한 측정 방법에 따라 시험을 진행하였다.

#### 4.1.1 KS K 0815

균용 섬유제품에 주로 적용되고 있는 KS K 0815에 제시된 시험방법을 이용하여 육군 춘추운동복 등 3종에 대한 건조속도를 측정하였다. Figure 6의 (a)는 KS K 0815에 제시된 두 가지 건조속도 측정 방법 중 A법을 이용하여 측정한 결과인데, 그림에서 보는 바와 같이 기관에 따라 결과의 편차가 매우 크게 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 기존의 방법이 건조 환경(온, 습도의 공기압, 공기순환 등) 제어에 있어 한계가 있고, 물에 침지시킨 양과 건조 완료 시점에 대한 정의가 모호하여 시험자에 따라 차이가 발생하는 것으로 볼 수 있다. 실제 공인시험기관의 시험 환경을 조사한 결과 초기 수분 흡수량 제어가 어렵고, 시험 종결지점의 구분이 모호하였다. 또한 시험실의 온도, 습도, 풍속 등의 환경 조건을 동일하게 통제하는 것이 불가능함을 확인하였다. 따라서 이를 개선하기 위해서는 외부 환경을 최대한 통제하는 것과 동시에 시험초기 수분의 양, 그리고 종료 시점에 대한 명확한 제시가 필요한 것으로 알 수 있었다.



(a) Method A



(b) Method B

Figure 6. Drying time according to institutes in KS K 0185

한편, Figure 6의 (b)는 KS K 0815의 B법으로 시험편을 3시간 이상 침지시켜 충분히 흡수되게 한 다음, 수중에서 꺼내어 10분 후에 시험편의 질량을 측정하는 방법인데, 그림에서 보면 A법에 비해 공인시험기관별 편차가 크지 않은 것을 알 수 있었다. 그러나 이 시험방법은 앞서 설명한 바와 같이 초기 수분 함량이 높을수록 유리한 결과가 얻어져, 이를 해소하기 위해 대안으로 침지 시 포함되는 수분의 양을 제어해야 한다. 그러나 현실적으로 이를 제어할 수가 없어, 개선방법의 도출에는 한계가 있을 것으로 판단되었다.

4.1.2 ISO 17617

Figure 7은 ISO 17617을 이용하여 건조속도를 측정한 결과이다. 이 시험방법의 기본적인 원리는 KS K 0815의 A법과 유사하지만, 초기 수분의 양을 0.3mL로 명확히 규정하고, 측정시간도 60분으로 제한한다. 이때 60분 이전에 건조되는 수분의 양이 90% 이상이면, 그 때까지의 값이 유효한 것으로 제시되어 있어 재현성 확보에 유리할 것으로 기대되었다. 즉, 기존의 KS K 0815 A법에서 문제가 되었던 시작과 종결점에 대해 명확히 제시한 것이다.

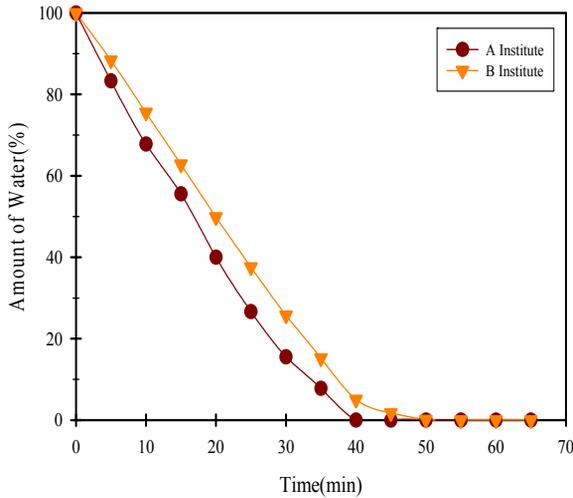


Figure 7. The results of remaining water drying by ISO 17617

Table 4는 위의 결과를 정리한 것인데, 여기서 보면 기관간의 차이가 5~10분 정도 수준으로 KS K 0815에서 100여분 가까이 차이가 발생했던 것에 비해 큰 폭으로 감소한다는 것을 확인 할 수 있었다. 추가적으로 시험에 소요 되는 시간도 KS K 0815 A법이 150분 이상 진행되었던 것이 큰 폭으로 감소되어 시험자의 피로도 개선에도 큰 효과가 있을 것으로 생각되었다.

Table 4. The results of drying rate by ISO 17617

Classification / Index	Sample 1		Sample 2		Sample 3	
	A institute	B institute	A institute	B institute	A institute	B institute
Drying time(min)	40.7	35	43.8	35	36.5	35
Drying rate(%/min)	2.48	1.67	2.3	1.67	2.74	1.67

#### 4.1.3 ISO 13029

Figure 8은 동적상태에서 수분의 증발에 의한 에너지 변화시간을 측정하여 건조속도를 표현하는 ISO 13029를 이용한 실험 결과이다. 그림에서 보면 시료에 따라 다소 차이는 있으나 결과의 편차가 전체적으로 5~10분 정도로 크지 않아, KS K 0185의 A법에 비해 편차가 매우 작은 것을 알 수 있었다.

그러나 이 시험 방법의 경우 결과가 분(min)으로 표시되지만, 실험의 원리가 앞선 두 방법과 차이가 있어 결과의 경향성이 다소 차이가 있게 나타났다. 즉, 앞선 실험에서는 시료 1에서 3번까지가 거의 유사한 결과를 보이거나, 3번의 건조속도가 다소 느린 것으로 확인되었는데, 반대로 1번 시료의 건조속도가 상대적으로 느리게 나타난 것이다. 이러한 결과는 앞선 실험들이 수분의 증발 속도를 측정하는 것과 달리, 증발에 따른 에너지 변화를 측정함으로써 인체가 느끼는 쾌적성의 관점을 접근하였기 때문에 결과의 차이가 발생하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 인체공학적 측면을 고려하여 앞으로 활용 가능할 것으로 기대 되지만, 본 연구에서는 기존의 시험방법인 KS K 0815의 신뢰성 확보를 위한 대체 방법으로는 부적절할 것으로 판단되었다.

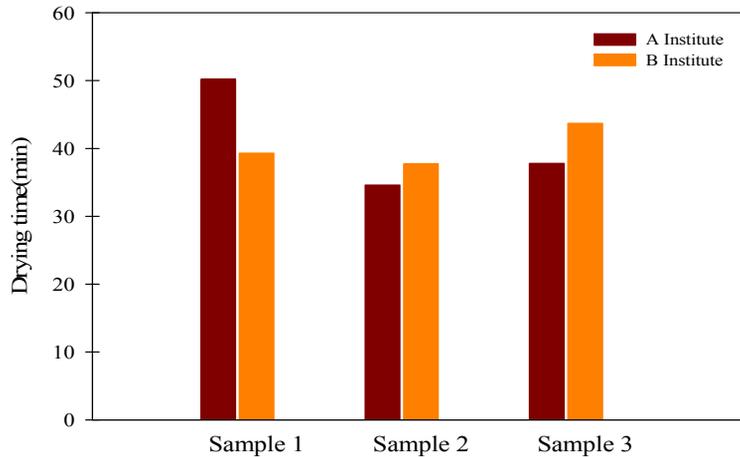


Figure 8. The results of drying time by ISO 13029

#### 4.1.4 AATCC 195

이 방법은 수분이 이면에서 표면으로 이행하는 정도를 측정하는 방법으로 단순히 건조성보다는 착용자의 쾌적성을 고려한 시험방법이라 할 수 있는데, 이 방법을 이용하여 측정한 결과를 Table 5에 정리하였다. Table에서 보면 최종결과는 단순히 OMMC만을 제시하는 것이 아니라, 수분의 흡수 속도 및 면적, 이행 능력을 도출하고 이를 기초로 식 (6)에 의해 종합적인 수분제어 성능을 제시하고 있다. 따라서 피복의 쾌적과 관련한 다양한 능력을 평가하는데 적합한 방법이라 할 수 있다. 한편, Table 5에서 보면 최종 결과 값인 OMMC가 반 등급 이내로 나타나 기관간의 차이는 거의 없어 KS K 0815에 비해 신뢰도가 높은 것을 알 수 있었다. 그러나 ISO 13029와 같이 수분의 증발속도 보다는 인체의 쾌적성과 관계되어 있어, 연구 목적상 기존 시험의 대체를 위한 방법으로는 고려 대상에서 제외하였다.

**Table 5.** The test results by AATCC 195 according to the different institutes

Index \ Classification	Sample1						Sample 2						Sample 3					
	A institute		B institute		C institute		A institute		B institute		C institute		A institute		B institute		C institute	
	T*	B**	T	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T	B
Wetting time	3.2	3.5	3.1	3.4	2.8	3.1	2.5	2.9	2.7	3.1	1.7	1.9	2.9	3.4	3.1	3.5	2.9	3.1
Absorption rate	48.3	44.0	52.4	44.6	46.3	49.7	54.4	41.5	55.5	44.5	50.4	49.8	45.6	37.5	52.8	44.8	45.0	50.1
Max wetted radius	24	21	25	23	25	22	27	25	26	25	25	25	22	20	22	20	23	21
Spreading speed	4.1	3.7	4.4	3.9	4.4	4.0	5.4	4.6	5.0	4.4	8.7	8.0	4.3	3.7	4.1	3.6	4.3	3.8
One-way transport capability	-101.2		-112.4		3.1		-214.1		-177.8		-62.6		-181.9		-160.9		-33.9	
Overall Moisture Management Capability(OMMC)	2		2.5		2		2		2.5		2		2		2		2	

\*T : Top side

\*\*B : Bottom side

이상의 결과로부터 KS K 0815의 A법을 제외하고 대부분의 시험이 공인시험기관별로 결과의 편차가 크지 않은 것을 알 수 있었다. 따라서 이 시험가운데 기존의 방법과 원리 및 절차가 가장 유사하면서도, 앞서 제기되었던 신뢰도 저하의 문제점을 상당부분 보완한 것으로 판단되는 ISO 17617 방법에 대해 추가적인 실험과 통계적인 검증을 진행하여 대체 가능성을 검토해 보고자 하였다. 한편, 다른 시험방법들도 공인시험기관별로 편차가 크지 않아 활용 측면에서는 충분이 검토가 가능할 것으로 판단되므로, 이는 추후 피복류의 쾌적성 측면에서 검토하는 것으로 하였다.

#### 4.2 균용 피복류에 적용중인 건조속도 시험방법

4.1의 결과를 기초로 하여 기존의 시험방법인 KS K 0815 A법에 의한 건조속도 시험결과의 재현성을 검토하기 위해 시료를 균용 피복제품 14종으로 확대하고, 시험횟수도 시험방법에 관계없이 통계적인 검정이 가능하도록 9개로 증가시켜 공인시험기관별 편차의 발생을 확인하였다. 그 결과에 대한 평균값을 Table 6에 정리하였는데, 결과에서 보면 동일 시료에서도 시험기관에 따라서 최대와 최소값의 차이가 129분(시료 13) 까지 발생하였다. 또한 실험의 결과에서 특정기관에 따른 경향성을 보이는 것이 아니라 시료에 관계없이 다양한 결과를 나타내는 것을 볼 수 있었는데, 이는 각 기관별로 결과에 영향을 미치는 인자가 공통된 것이 아니라고 볼 수 있다. 즉 단순한 외적요인(온도, 습도, 바람 등)에 의한 것이라면 특정 기관은 일반적으로 건조에 소요되는 시간이 더 필요하고, 다른 기관은 타 기관들에 비해 대체적으로 빠른 건조가 이루어져야 한다는 것이다. 그러나 Table 8에서 보면 이러한 경향성을 찾을 수가 없기 때문에, 외부 환경뿐만 아니라 시험자의 절차상 차이, 시작과 종결점의 판별 기준 등이 복합적으로 영향을 미친 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 특정 제품에 대한 품질보증 업무에서 있어서 경우에 따라서는 시험기관에 따라 특정제품의 규격 일치, 또는 불일치를 가르는 기준이 될 수 있어 품질보증 업무에 있어서 영향을 미칠 수 있는 수준

으로 볼 수 있다.

**Table 6.** The drying time(min) by KS K 0815 according to the different institutes

Sample	A institute	B institute	C institute	Max-Min
1	205	230	248	43
2	50	70	54	20
3	54	55	48	7
4	83	100	123	40
5	78	80	71	9
6	131	175	114	61
7	95	95	88	7
8	142	170	131	39
9	134	148	102	46
10	254	350	291	96
11	202	255	218	53
12	251	315	253	64
13	358	395	266	129
14	94	120	121	27

이에 대해 기관별로 시험결과에 따른 상관관계를 검토하기 위하여 일원배치법을 이용하여 유의성을 분석해 보았다. Table 7은 각 공인시험기관별로 14개의 시료에 대한 9개의 데이터를 이용하여 신뢰 수준 95% 에서 분산분석을 진행한 것이다.

**Table 7.** Variance analysis results of KS K 0815 according to the different institutes

Sample	Var	SS	DF	MS	F	p-value
1	Test	8312.963	2	4156.481	60.25503	4.4E-10
	Error	1655.556	24	68.98148		
	Total	9968.519	26			
2	Test	1985.185	2	992.5926	27.3121	6.54E-07
	Error	872.2222	24	36.34259		
	Total	2857.407	26			

Sample	Var	SS	DF	MS	F	p-value
3	Test	290.7407	2	145.3704	4.214765	0.026993
	Error	827.7778	24	34.49074		
	Total	1118.519	26			
4	Test	7266.667	2	3633.333	83.04762	1.64E-11
	Error	1050	24	43.75		
	Total	8316.667	26			
5	Test	385.1852	2	192.5926	6.656	0.005016
	Error	694.4444	24	28.93519		
	Total	1079.63	26			
6	Test	17612.96	2	8806.481	95.58794	3.71E-12
	Error	2211.111	24	92.12963		
	Total	19824.07	26			
7	Test	266.6667	2	133.3333	3.555556	0.044417
	Error	900	24	37.5		
	Total	1166.667	26			
8	Test	7222.222	2	3611.111	91.76471	5.72E-12
	Error	944.4444	24	39.35185		
	Total	8166.667	26			
9	Test	10335.19	2	5167.593	5.913642	0.008165
	Error	20972.22	24	873.8426		
	Total	31307.41	26			
10	Test	42346.3	2	21173.15	224.7371	2.88E-16
	Error	2261.111	24	94.21296		
	Total	44607.41	26			
11	Test	13468.52	2	6734.259	71.65517	7.59E-11
	Error	2255.556	24	93.98148		
	Total	15724.07	26			

Sample	Var	SS	DF	MS	F	p-value
12	Test	23668.52	2	11834.26	190.7612	1.85E-15
	Error	1488.889	24	62.03704		
	Total	25157.41	26			
13	Test	79201.85	2	39600.93	97.53478	2.99E-12
	Error	9744.444	24	406.0185		
	Total	88946.3	26			
14	Test	4096.296	2	2048.148	29.59197	3.33E-07
	Error	1661.111	24	69.21296		
	Total	5757.407	26			

Table 7에서 보면 시료에 관계없이 14종 모두 유의수준 5%에서 p-값이 0.05 이하로 결과의 차이가 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 각 시험기관의 결과가 서로 다르다는 것을 의미하는 것으로, 동일한 시료에 대해서 시험기관에 따라 다른 결과가 도출된다는 것으로 볼 수 있다. 이 경우 앞서 언급한 바와 같이 제시된 값이 군수품의 품질요구 수준의 임계치에 있을 경우에는 언제든지 규격의 일치와 불일치가 변경될 수 있다는 것을 의미하므로, 품질보증 측면에서 볼 때 상당한 문제점으로 볼 수 있다.

이러한 결과가 도출된 이유를 보면, 기존의 방법에서 초기에 흡수되는 물의 양이 명확히 정의되지 않아, 동일 시료에서 침지되는 수분의 양에서 차이가 발생 할 수 있으며, 건조 후 물방울이 떨어지기 시작하는 시점이 매 시험에 따라서 지속적으로 차이가 발생할 수 있는 것이다. 또한 자연건조 이후 무게가 변하지 않는 시점을 종결짓는 것에 대해서도, 현재 측정 장비들이 질량을 0.01g까지 5분 단위로 측정하는 과정에서 잔류하는 수분률을 이용한 종결 시점이 99.0~99.99% 다양하게 결정 될 수 있어, 시험자의 선택에 따라 다른 결과를 나타낼 수 있기 때문이다. 물론 건조속도가 온도나 상대습도, 바람 등에 영향을 받아 가속화 될 수 있기 때문에 결과에 영향을 미치는 것도 무시할 수는 없다. 그러나 이 경우 앞선 Table 6에서 설명한 바와 같이 기관별로 일괄적인 경향성이 나와야 함에도 불구하고, 이를 찾을 수가 없어 외적인 환경요인보다는 시험자의 요인이 더 큰 것으로 가정하였다. 따라서 상기 2가지 요인 즉, 시료에 투입되는 수분의 양과 종결점에 대해 재 정의한 뒤 결과를 분석하고자 하였다.

### 4.3 개선 절차를 적용한 시험결과

건조속도 측정방법의 개선을 위해 시료에 투입되는 수분의 양과 종결점을 통일하여 실험을 진행하고자 하였다. 이때 시험방법은 ISO 17617을 준용하여, 수분의 양은 0.3ml, 그리고 측정시간은 60분으로 제한하되, 60분 이전에 건조되는 수분의 양이 90% 이상이면 그 때까지의 값을 유효한 것으로 판단하여, 시간이 아닌 단위 분당 건조량으로 표시하도록 하였다. 이는 수분의 건조 경향이 90% 이상 증발되고 나면, Table 8과 같이 섬유 자체의 수분률에 의해

건조속도가 급격히 감소하게 되기 때문이다[16]. 즉, 수분과 섬유간의 응집력으로 인해 열풍건조나 증발온도 이상의 외력이 없으면 건조가 제한되어 결과의 왜곡이 발생되기 때문이다. 이러한 시험절차는 ISO 17617에 잘 정리가 되어 있으며, 본 연구에서는 앞선 KS K 0815 A의 문제를 해결하고자 이를 적용한 것이다. 다만, ISO 17617은 적은 양의 수분을 이용하므로 60초 이내에 흡수하지 않을 경우 이 시험을 적용하지 않도록 되어 있어, 본 실험에서도 2, 3번 시료에 대해서는 대상에서 제외하여 총 12종에 대해서 실험을 진행하였다.

**Table 8.** The Official moisture regains of various textile fibers

Fiber	Official moisture regain(%)
Jute	13.75
Cotton	8.5
Wool	15.0
Rayon	13.0
Acetate	6.5
Acryl	2.0
Polyester	0.4
Polyurethane	1.0
Aramid	7.0

source : KS K 0301. 2011. "Official moisture regains for textile fibers"

Table 9에서 보면, 시료에 따른 기관별 편차가 전반적으로 10분 내외이며, 평균값에 대한 편차로 볼 경우 5분 내외로 나타났다. 이는 기존의 시험에서 평균 편차가 약 45분(평균 24분) 정도 이었던 것에 비해 대폭 개선된 결과로 볼 수 있다. 또한 Table에서 각 시료의 평균 편차를 보면 총 건조시간에 관계없이 편차의 수준이 발생하는 것을 볼 있는데, 이는 이 시험에서 최초 수분 침적 후 시료의 거치에 다소 차이가 발생 할 수 있고, 데이터 측정 간격이 5분 단위인 것을 고려할 때 발생 가능한 수준이기 때문이다. 즉, 현재 장비의 측정한계를 고려한 편차로 볼 수 있다.

한편, 60분 이내에 90% 이상 건조될 경우에는 시험을 종결하고 단위 시간당 증발량(g/min)으로 건조속도를 계산하도록 되어 있는데, Table 10은 14종에 대해 건조시간에 관계없이 단위 시간당 증발량으로 정리한 것이다. Table 10에서 보면 일부 시료는 1%/min 내외의 차이를 보였으나 대부분 0.5%/min 내외로 결과가 나왔으며, 각 시료의 평균 속도 대비 편차는 0.3%/min 매우 작은 것을 확인 할 수 있었다.

**Table 9.** The mean drying time(min, when 100%) by ISO 17617 according to the different institutes

Sample	A institute	B institute	C institute	<i>Max-Min</i>
1	63.46	60.74	46.02	17.44
4	32.76	38.06	27.46	10.60
5	22.59	30.64	21.79	8.85
6	36.64	51.68	31.60	20.08
7	18.01	22.35	21.29	4.34
8	44.41	50.69	39.19	11.50
9	43.85	42.92	34.18	9.67
10	61.77	62.83	53.12	9.71
11	65.54	53.63	58.37	11.91
12	53.17	55.66	57.25	4.08
13	82.55	77.24	68.62	13.93
14	38.85	40.85	35.89	4.96

**Table 10.** The mean drying rate(%/min) by ISO 17617 according to the different institutes

Sample	A institute	B institute	C institute	<i>Max-Min</i>
1	1.65	1.66	2.11	0.46
4	3.10	2.61	3.66	1.05
5	4.62	3.29	4.66	1.37
6	2.85	1.97	3.23	1.26
7	5.71	4.49	4.76	1.22
8	2.23	1.98	2.64	0.66
9	2.36	2.36	2.97	0.61
10	1.60	1.62	1.91	0.31
11	1.58	1.88	1.68	0.30
12	1.91	1.81	1.73	0.18
13	1.26	1.33	1.46	0.20
14	2.59	2.45	2.73	0.28

앞선 결과로부터, ISO 17617에 시험방법이 표면적으로는 편차가 상당히 해소된 것으로 보이나, 실제 통계적으로 유의한지를 검토해 보기 위해 앞서와 마찬가지로 기관별로 시험결과에 따른 편차를 검토하였다. Table 11은 각 공인시험기관별로 12개의 시료에 대한 9개의 데이터를 이용하여 신뢰 수준 95%에서 일원분산분석을 진행한 것이다. Table 11에서 보면 12종 모두 유의수준 5%에서 p-값이 0.05 이상으로 나타나, 기관에 관계없이 통계적으로 차이가 없는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 KS K 0815에서 발생된 문제를 충분히 보완 한 것으로 볼 수 있다. 또한 총 시험에 소요되는 시간에 있어서도 상당부분 절약이 되어 업무 효율성도 증가될 수 있으므로 추후 연구개발 및 품질 보증업무에 활용 가능할 것으로 판단되었다.

**Table 11.** Variance analysis results of ISO 17617 according to the different institutes

Sample	Var	SS	DF	MS	F	p-value
1	Test	145.9886	2	72.99432	0.080316	0.92301
	Error	29082.89	32	908.8402		
	Total	29228.87	34			
4	Test	127.0136	2	63.50681	0.057648	0.944146
	Error	20930.91	19	1101.627		
	Total	21057.92	21			
5	Test	75.70253	2	37.85127	0.033199	0.967428
	Error	14821.66	13	1140.128		
	Total	14897.37	15			
6	Test	317.9132	2	158.9566	0.16802	0.846462
	Error	19867.18	21	946.0562		
	Total	20185.09	23			
7	Test	85.42914	2	42.71457	0.033667	0.966993
	Error	13956.14	11	1268.74		
	Total	14041.56	13			
8	Test	449.8165	2	224.9083	0.247762	0.782518
	Error	21786.24	24	907.76		
	Total	22236.06	26			
9	Test	422.0114	2	211.0057	0.21644	0.807076
	Error	21447.68	22	974.8944		
	Total	21869.69	24			

Sample	Var	SS	DF	MS	F	p-value
10	Test	109.8061	2	54.90307	0.063767	0.938342
	Error	27551.66	32	860.9892		
	Total	27661.46	34			
11	Test	94.08848	2	47.04424	0.058879	0.94293
	Error	23969.99	30	798.9998		
	Total	24064.08	32			
12	Test	59.77271	2	29.88635	0.034958	0.965687
	Error	24792.91	29	854.9279		
	Total	24852.68	31			
13	Test	51.4923	2	25.74615	0.028949	0.971486
	Error	37353.42	42	889.3672		
	Total	37404.91	44			
14	Test	294.5212	2	147.2606	0.145551	0.865371
	Error	22258.33	22	1011.742		
	Total	22552.85	24			

## 5. 결 론

본 연구는 군에서 사용하는 흡한속건 제품에 있어서의 성능 평가에 대하여 기존 시험 방법의 재현성 확보에 대한 문제점을 분석하고 적용 가능한 방법을 제시하고자 하였으며, 이에 대한 결론은 다음과 같다.

첫째, 흡한속건 소재의 평가는 일반적으로 건조와 흡수속도를 이용하나, 최근에는 쾌적성을 고려하여 다양한 시험 방법이 개발되고 있다. 이때 군용 피복류 가운데 하계에 주로 사용되는 제품들은 흡한속건 성능을 요구하고 있는데, 이에 대한 평가는 KS K 0815 A법이 주로 적용되고 있다. 그러나 이 시험방법은 절차가 모호하여 결과의 재현성에 애로사항이 있었으며, 분산분석을 통한 검토 결과 시료에 관계없이 p-Value가 0.05 이하로 분석되어 공인시험기관 별로 차이가 있어 이에 대한 개선 필요성을 확인하였다.

둘째, 건조속도를 측정하는 다양한 방법 중 KS K 0815와 가장 유사한 시험방법인 ISO 17617을 이용하여 시험을 진행한 경과 결과의 편차가 상당부분 감소된 것을 확인 하였으며, 분산분석을 통한 검토 결과 시료에 관계없이 p-value가 0.05 이상으로 공인시험기관별로 결과의 차이가 없는 것을 확인하였다.

셋째, ISO 17617로 진행할 경우 시험에 소요되는 시간도 상당부분 감소하여, 품질보증 등의 업무 진행시 효율성 측면에서도 개선 효과가 있을 것으로 예측되었다.

이상의 결과로부터 기존 건조시험방법에 대한 문제점을 확인하였으며, 대체 가능한 시험방법의 제시와 통계적인 검증까지 완료하여 추후 품질보증 업무 등에 활용 가능할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- AATCC TM 195. 2012. Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics. American Association of Textile Chemists and Colotists.
- Chun, Sang Hee et al. 2016. "A study of improved test method for military textiles with moisture management function." Defense Agency for Technology and Quality : DTaQ-16-4680-R.
- Hong, Kyung Hwa. 2014. "Preparation of rayon filament based woven fabric and PCM treatment for developing cool touch summer clothing material." Fashion & Text. Res. J. 16(2):326-332.
- ISO 13029. 2012. Textile-Determination of drying rate in dynamic state by the modified sweating- guarded hot plate. International Organization for Standardization.
- ISO 17617. 2014. Textiles -Determination of moisture drying rate. International Organization for Standardization.
- Jeon, Eunkyung et al. 2010. "Evaluation of Moisture Management Properties and Moisture Perception of High-performance Shirts Fabrics." J. Korean Soc. Living Environ. Sys. 17(3):302-307.
- Kim, Hyun-Ah. 2014. "Effect on Hollow Composite Yarn Characteristics to the Comfort Property of Fabrics for high Emotional Garment." Korean Society for Emotion and Sensibility 17(4):71-78.
- Kim, Tae-Gyou. 2002. "A Development on Quickly Wick Perspiration/Drying High-tech Fabrics for Comfortable Sportswear." J. Kor. Soc. Cloth. Ind, 4(5):487-498.
- KS K 0301. 2011. Official moisture regains for textile fibers. Korean Agency for Technology and Standards.
- KS K 0815. 2008. Test methods for knitted fabrics. Korean Agency for Technology and Standards.
- KS K ISO 139. 2012. Textiles-Standard atmospheres for conditioning and testing. Korean Agency for Technology and Standards.
- Noh, Dong Hyun. 2013. "The tendency of wicking fibers." Korea Textile Development Institute. [www.textopia.or.kr](http://www.textopia.or.kr).
- Park, Jong-tae et al. 2003. The statistical method using Excel. Gyousa, 15-50.
- Park, Myung Soo. 2011. "The Physical Properties of Non-Circular Shaper(+ Type) DTY Yarn." J. Kor. Soc. Cloth. Ind. 13(1):130-134.
- Ree, Sangbok. 2013. "Study on the Result Changes with the size of the Variance in Taguchi Method and Factor Experimental." J Korean Soc Qual Manaf. 41(1):119-134.
- Yoon, Jung-bum. 1988. "ANOVA for Water Repellent Finish data." Journal of the KSQC. 16(1):43-48.