

## 흡수 속건 소재의 세탁에 따른 성능변화 분석

신지영 · 구영석<sup>†</sup>

부산대학교 의류학과

### Performance Evaluation of Absorbing and Fast-Drying Fabric according to Washing

Ji-Young Shin and Young-Seok Koo<sup>†</sup>

Department of Clothing and Textiles, Pusan National University, Busan, Korea

(Received: July 7, 2010/Revised: September 2, 2010/Accepted: September 6, 2010)

**Abstract**— The purpose of this study was to investigate performance evaluation of absorbing and fast-drying fabric after washing. In the comparison of absorption and fast-drying properties, there was slight difference among the materials depending on thickness, weight, and fabric structure. Absorption speed of the materials depended on the frequency of washing which might be caused by modification of fabric structure or composition fiber due to friction during washing. The ability of fast-drying of the materials was gradually decreased with the increase of washing frequency, which might be caused by fatigue accumulation on inner fiber and structural change or destruction with friction during washing.

**Keywords:** sportswear, absorption, fast-drying, washing, friction

### 1. 서 론

소비자들의 생활환경 변화로 인해 다양한 문화 활동에 대한 관심이 높아지고 건강에 대한 관심도 함께 높아짐에 따라 스포츠, 레저 활동을 통해 건강관리를 하는 사람들이 점차 늘어나고 있다. 스포츠, 레저 활동은 사람들에게 신체뿐만 아니라 정신적 안정을 제공함으로써 가정이나 사회 활동에 있어서 최적의 능력을 발휘할 수 있게 하는 필수적인 에너지를 제공한다. 또한 인간의 수명이 점점 연장되면서 건강한 신체와 정신을 유지하기 위한 다양한 니즈(needs)들이 증가하고 있으며 이러한 니즈를 충족시키기 위하여 스포츠와 레저 활동에 적극적으로 참여하는 인구가 점점 증가하고 있는 실정이다.

우리나라의 스포츠, 레저 산업은 선진국에 비해 짧은 역사를 가지고 있으나 급속한 경제 성장을 바탕으로 산업의 기반을 마련하게 되어 그 시장성을 인정받고 있다. 이러한 배경을 바탕으로 국내외의 많은 스포츠 브랜드들이 우리

나라의 스포츠, 레저 시장에 진출하여 치열한 경쟁을 벌이고 있는 실정이다<sup>1)</sup>.

스포츠, 레저 산업 중 스포츠 웨어 산업이 차지하는 비중은 매우 크며 스포츠웨어가 스포츠 활동을 효율적으로 할 수 있도록 도와주는 기능성과 신체를 보호하는 안전성은 물론이고, 일상생활에서도 쾌적성, 편안함을 주는 옷으로 인식되면서 스포츠웨어를 찾는 사람들이 점점 늘어나고 있다. 이러한 수요를 바탕으로 다양한 기능성 스포츠웨어 시장이 성장하고 있으며 그에 대한 잠재력도 무한하다고 간주된다. 최근에는 의복이 가진 기본적인 의복 성능 중에 쾌적성에 대한 관심이 점점 증가하고 있다.

쾌적성이란 중립적인 상태의 불편함이나 고통이 없는 정신적, 육체적 상태로 정의한다. 이러한 쾌적성은 물리적, 심리적, 감각적 관점으로 구별될 수 있으며 이러한 관점들이 상호 연관된 복잡한 현상에 의해 판단된다. 특히 의복 쾌적성은 의복평가에 있어서 매우 중요한 기준이며 일상생활 중 신체에서 발생하는 수분이나 운동 중 발한에 의한 열, 수분의 원활한 전달

<sup>†</sup>Corresponding author. Tel.: +82-51-510-2843; Fax.: +82-51-583-5975; e-mail: youngskoo@pusan.ac.kr

은 신체의 최적 환경을 유지하기 위한 매우 중요한 요소이며 스포츠웨어 소재 및 디자인을 통한 열, 수분의 전달 현상이 스포츠웨어의 성능을 결정짓는 가장 중요한 요소로 작용하고 있다<sup>2)</sup>.

사람은 활동을 하게 되면 인체 내에서 열을 발산하게 되고, 인체 내 혈관을 통하여 피부 표면으로 이동하여 발한과정을 통하여 발산된 열을 식힌다. 발한은 증기상태에서 액체 상태에 이르기까지 여러 종류가 있다. 이런 여러 가지 형태의 발한들은 의복 내에 존재함으로써 인해 불쾌감을 야기시키는 주요인으로 작용하게 되는데 의복 내 수분전달을 원활하게 하여 쾌적한 의복 기후를 만드는 것이 착용자의 신체적 건강뿐만 아니라 정신적 만족감을 극대화시킬 수 있다<sup>3)</sup>.

의복 쾌적성은 다양한 요소들이 복합적으로 작용하여 발생하는 현상이라고 볼 수 있는데 의복 형태, 운동 기능성 등의 물리적 특성들이 포함되고 감각적 요소로서는 보온성, 온냉감, 흡수성 등의 온열 생리학적 요소들이<sup>4)</sup> 포함되며 시각적, 심미적 쾌적성에 영향을 미치는 심리적 요소들을 들 수 있다. 특히 이러한 의복 쾌적성은 의복 소재가 가진 품질 특성과 사용자들의 활동과 패션 만족감뿐만 아니라 인체 생리학적 관점에서 열전달이나 공기 및 수분 전달의 우수성 등에 의해 결정된다고 볼 수 있다.

스포츠웨어의 경우에는 이러한 쾌적성 요소들이 스포츠 참여자의 경기 결과나 만족도에 직접적인 영향을 미치므로 스포츠웨어 디자인 및 개발에 있어서 매우 중요한 인자로 인식되고 있다. 최근 스포츠, 레저웨어를 선택하는 거의 대부분의 소비자들이 쾌적하고 편안한 기능성 의복을 원하고 있으며 의복 쾌적성이 제일 중요한 기대 요소로 조사되고 있다<sup>5)</sup>. 기능성 의복의 발전은 끊임없는 섬유 신합성 소재의 개질 연구 결과로 기존의 천연섬유가 가진 장점을 최대한 유지하면서 합성소재가 가진 단점을 보완하여 쾌적성을 극대화 시킨 결과이다. 특히 스포츠웨어의 쾌적성에 영향을 미치는 다양한 기능성 중에서 운동 시 신체에서 발생하는 수분의 흡수를 위한 수분 흡수성 및 수분의 확산을 위한 수분 통기성, 의복과 인체 간에 존재하는 공기의 흐름을 위한 공기 투과성, 의복 소재의 신속한 건조를 위한 속건성 등을 강

조한 흡수속건성 기능성 소재가 널리 활용이 되고 있다.

흡수속건성 소재는 빠른 수분 흡수력과 건조 성능을 바탕으로 각종 스포츠, 레저웨어에 사용되고 있으며 많은 소비자들이 선호하는 기능성 소재이다. 흡수 속건성 소재는 친수성 천연 섬유가 아닌 소수성 합성 섬유를 기본 소재로 섬유, 실, 직물에서 다양한 구조 변화 및 가공 기술을 통해 효과적인 수분 흡수 및 신속한 건조 성능을 부여하여 의복 내 기후를 최적화 시킬 수 있도록 하여 최근에 대부분의 스포츠 웨어 소재에 널리 사용되고 있는 기능성 소재이다<sup>6)</sup>.

이러한 기능성 소재는 섬유단면의 개질을 통한 모세관현상의 극대화뿐만 아니라 섬유전체에 분포한 미세기공을 통하여 수분을 신속하게 흡수하고 배출할 수 있는 기하학적 구조를 형성하여 신진대사를 통하여 발생하는 수분의 흡수와 배출을 극대화 시켜 쾌적한 상태를 유지할 수 있는 최적의 미세기후 환경을 제공한다.

그러나 기능성 제품을 생산하는 업체에서는 제품에 대한 초기 장점만 소개하고 있으며 사용에 따른 성능 저하나 품질 변화에 대한 정보는 미비한 실정이다. 또한 학계에서도 폴리에스테르 극세섬유의 염색성 및 세탁견뢰도에 관한 연구<sup>7,8)</sup>와 반복세탁에 따른 일반의복의 물성 변화에 대한 연구<sup>9,10)</sup>는 있으나 스포츠, 레저웨어에 사용되는 기능성 소재의 세탁에 따른 성능 평가를 통하여 소비자의 상품 선택 및 사용에 따른 성능 변화에 대한 정확한 정보를 제공한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 흡수 속건성 소재의 기본 성능 비교를 바탕으로 반복 세탁에 따른 성능 변화를 조사하여 흡수 속건성 기능성 소재의 올바른 선택과 사용성에 대한 기본적인 정보를 제공하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료

본 연구에서는 현재 기능성 스포츠웨어용으로 널리 사용되고 있는 폴리에스테르 100% 소재 중 메이커 별로 흡수 속건 소재 4종을 선정하였으며 각각의 소재들은 인체 활동 시 형성되는 의복 내 수분을 신속히 흡수 배출할 수 있는 이형복합단면 섬유 구조를 형성하고 있으

며 흡수된 수분을 식물 표면으로 신속히 이동하여 배출시킴으로서 쾌적한 의복 내 미세기후(micro climate)를 형성할 수 있는 소재로써 레저, 스포츠용 의류에 널리 사용되고 있는 소재이다. 각 시료에 대한 물리적 특성은 Table 1에 나타내었으며 식물 조직에 대한 이미지는 Fig. 1에 나타내었다.

## 2.2 흡수 속건 소재 성능 시험

본 실험에서 세탁은 KS K ISO 6330 (섬유 시험에 대한 가정 세탁과 건조 과정) 방법을 참고하여 30×30cm의 크기로 시료를 준비하여 실험하였다. 상온수를 이용한 가정용 자동세탁기(캐모아자동세탁기)를 사용하여 정상 사이클, 30±3°, 세탁하중 2.0kg, WOB(형광제 없는 무인 산업조성) 망건조를 행하였다. 세탁조건은 세탁 시간은 15분, 헹굼2분, 탈수2분, 세탁온도는 20℃로 하였다. 또한 세탁회수를 1, 4, 8, 16회로 실시하여 반복 세탁의 회수에 따른 각 시료들의 특성 변화를 조사하였다.

흡수속도의 측정은 시료에서 약 20cm×2.5cm의 시험편을 웨일방향, 코오스방향으로 각각 5매 이상 채취하여, 각 시험편을 증류수가 들어있는 용기의 수면에 한쪽 끝이 닿도록 하여 일정한 높이로 수평봉으로 정지시킨다. 이렇게 하여 10분경과 후 모세관 현상으로 물이 상승하여 높이를 측정하여, 그 평균값으로 표시한다.

건조속도의 측정은 시료에서 40cm×40cm의 시험편 3매 이상을 채취하여 증류수 중에 침지시켜 충분히 흡수되게 한 후, 수중에서 꺼내어 물방울이 더 이상 떨어지지 않을 때 건조 시간 측정 장치에 걸고 표준 상태의 시험실 내에 방치하여 건조될 때까지의 시간을 측정하여 그 평균값으로 표시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 흡수속도 변화

흡수 속건성 소재의 종류에 따라 흡수속도 값을 10분당 흡수 길이(mm)로 조사하여 값을 나타내었다.

Table 1. Specification of specimen used for experiment

	S1	S2	S3	S4
Composition	Polyester 100%	Polyester 100%	Polyester 100%	Polyester 100%
Structure	Double faced knitted structure	Double faced knitted structure	Double faced knitted structure	Double faced knitted structure
Weight(g)	224.1	147.6	138.1	155.1
Density(No./inch)	65.0	95.6	85.6	80.2
Thickness(mm)	0.85	0.58	0.52	0.66

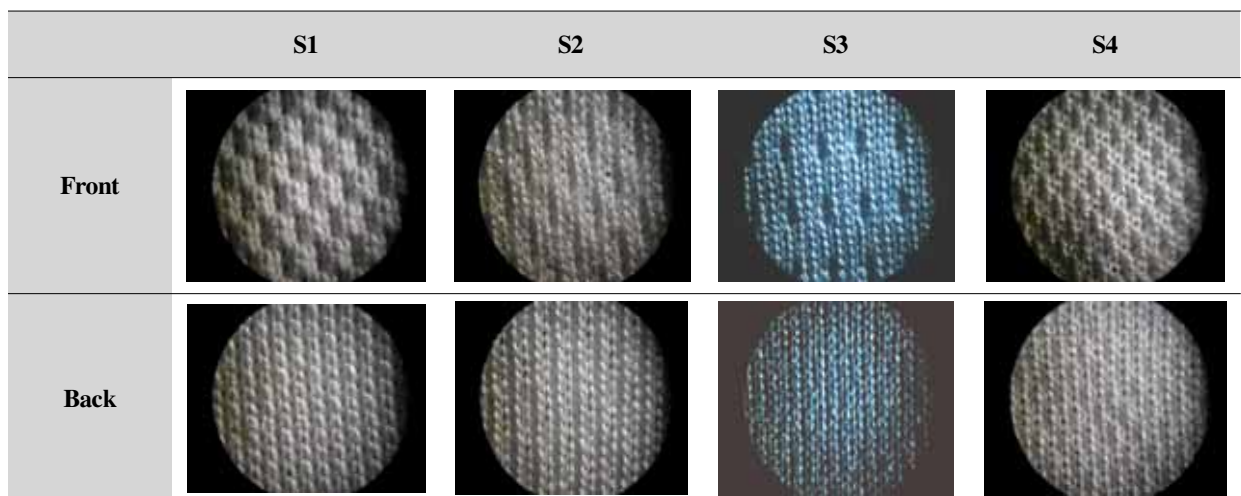


Fig. 1. Structural images of specimen.

Figs. 2, 3은 S1 소재의 세탁 횟수에 따른 흡수 속도 변화를 나타낸 그래프이다. Fig. 2는 세탁횟수별 웨일 방향 흡수 속도를 나타낸 그래프로 원 시료의 흡수 속도 140.6mm에서 1회 세탁 후 흡수 속도는 150.4mm 원 시료보다 14.8mm 증가 하였으며, 4회, 8회 세탁 후 각각 8.4mm, 0.4mm 감소하였고, 16회 세탁 후 3.2mm 증가 하였다. Fig. 3은 세탁 횟수별 코오스 방향 흡수 속도를 나타낸 그래프로 원 시료의 흡수 속도 134.6mm에서 1회 세탁 시 15.6mm 증가하였고 4회, 8회 세탁 후 각각 1.2mm, 0.8mm 감소하였다. 16회 세탁 시에는 0.6mm 증가한 것을 볼 수 있었다. S1 시료를 웨일, 코오스 방향으로 원 시료와 비교했을 때 원 시료보다 흡수 속도가 약간 증가한 것으로 보이거나 큰 차이는 없는 것으로 보인다.

Figs. 4, 5는 S2 소재의 세탁 횟수에 따른 흡수 속도를 나타낸 그래프이다. Fig. 4는 세탁 횟수별 웨일 방향 흡수 속도를 나타낸 그래프로 원 시료의 흡수 속도 높이는 140.6mm이고 1회 세탁 후 7.6mm 증가하였고 4회 세탁 후 3.6mm 감소하였다. 8회 세탁 후는 무려 40.6mm 감소하고 16회 세탁 후에도 4.2mm 감소하였다. Fig. 5는 세탁 횟수별 코오스 방향 흡수 속도를 나타낸 그래프로 원 시료의 흡수 높이는 130.2mm 이고 1회 세탁 후 흡수 속도 높이는 20.8mm 증가 하였다. 4회 세탁 후 6.4mm 감소되다가 8회 세탁 후에는 36.2mm로 많은 감소를 보였다. 16회 세탁 후에는 0.4mm 감소하였다. S2시료를 웨일과 코오스 방향으로 세탁후의 시료를 보았을 때 4회까지는 흡수 속도에 큰 변화가 없는 것으로 보이거나 8회 세탁 후 흡수속도가 많이 감소하는 것을 볼 수 있었다. S2 시료의 경우 섬유 구조가 세탁 시마다 변화가 생기는 것으로 보이고 8회 세탁 후 흡수 속도가 감소한 것으로 보아 세탁에 따른 섬유 흡수 성능이 손상된 것으로 추정된다.

Figs. 6, 7은 S3 소재의 세탁 횟수에 따른 흡수 속도를 나타낸 그래프이다. Fig. 6은 세탁 횟수별 웨일 방향 흡수 속도를 나타낸 그래프로 원 시료의 흡수 속도 높이는 107.4mm에서 1회 세탁 후 9.2mm 감소하였다. 4회 세탁 후에는 20.6mm 증가한 것을 볼 수 있으나 8회 세탁 후 부터는 18.6mm 감소하고 16회 세탁 후에도 6.6mm 감소하였다. Fig. 7은 세탁 횟수별

코오스 방향 흡수 속도를 나타낸 그래프로 원 시료의 흡수 속도 높이는 114.4mm에서 1회 세탁 후 1.8mm 감소하였다.

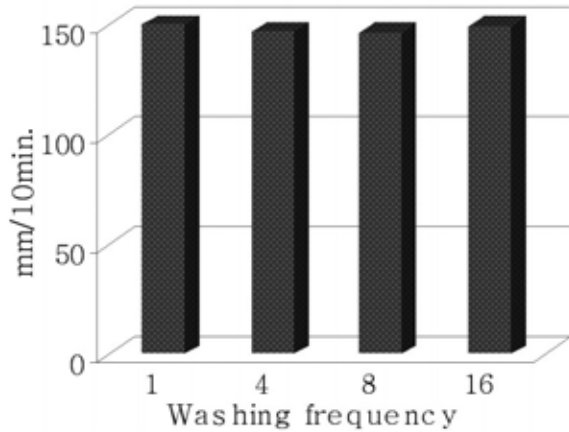


Fig. 2. The variation of absorbing speed of S1 specimen in the wale direction according to washing frequency.

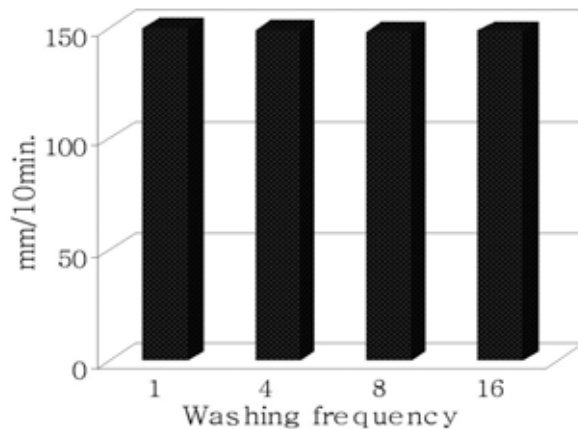


Fig. 3. The variation of absorbing speed of S1 specimen in the course direction according to washing frequency.

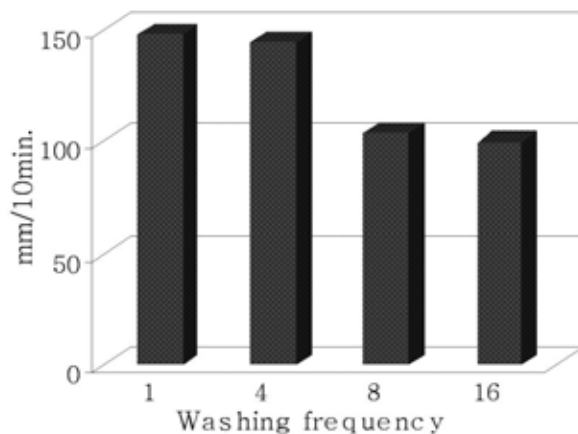


Fig. 4. The variation of absorbing speed of S2 specimen in the wale direction according to washing frequency.

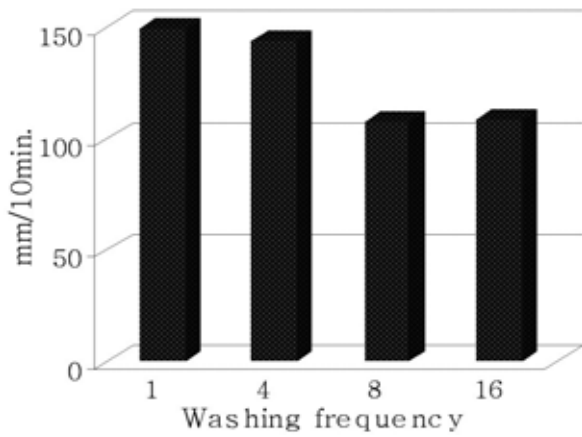


Fig. 5. The variation of absorbing speed of S2 specimen in the course direction according to washing frequency.

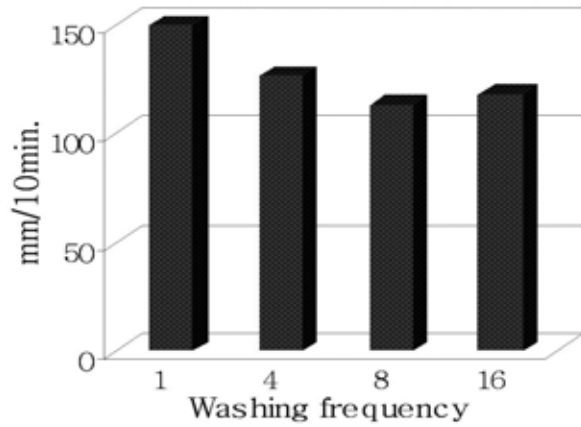


Fig. 8. The variation of absorbing speed of S4 specimen in the wale direction according to washing frequency.

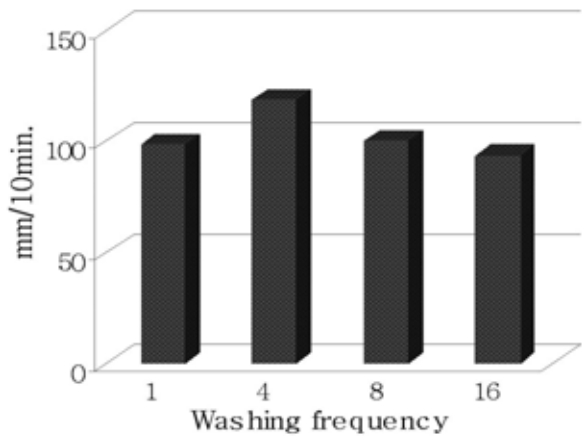


Fig. 6. The variation of absorbing speed of S3 specimen in the wale direction according to washing frequency.

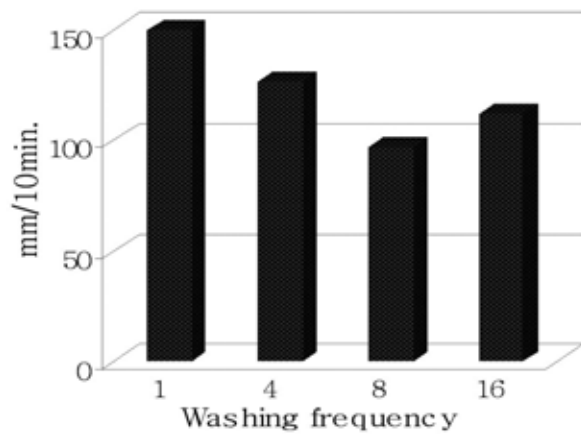


Fig. 9. The variation of absorbing speed of S4 specimen in the course direction according to washing frequency.

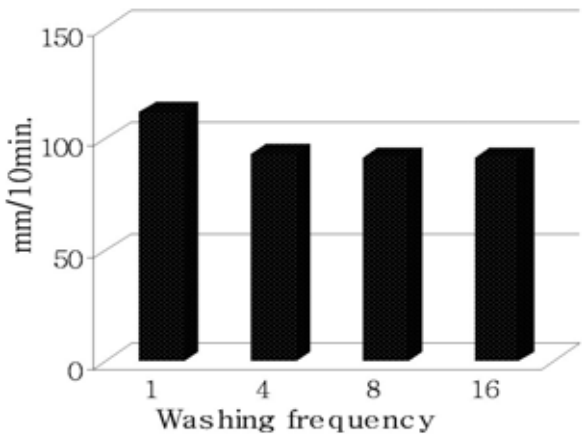


Fig. 7. The variation of absorbing speed of S3 specimen in the course direction according to washing frequency.

4회 세탁 후에는 18.8mm 감소, 16회 세탁 후에는 2.0mm 감소하였다. 그러나 16회 세탁 후에는 변화가 없는 것으로 나타났다. S3시료의

경우 웨일 방향과 코오스 방향의 흡수 속도 변화가 차이가 있는 것을 볼 수 있었다. 웨일 방향은 흡수 속도가 감소하다 증가 후 다시 감소하는 것을 볼 수 있었고 코오스 방향으로서는 세탁 횟수가 증가할 때마다 감소하는 것을 볼 수 있었다.

Figs. 8, 9는 S4 소재의 세탁 횟수에 따른 흡수 속도를 나타낸 그래프이다. Fig. 8은 세탁 횟수별 웨일 방향 흡수 속도를 나타낸 그래프로 원 시료보다 1회 세탁 후 75.2mm 증가하였다가 4회, 8회 세탁 후에는 각각 25.0mm, 13.4mm 감소하였다. 16회 세탁 후에는 5.0mm 증가하였다. Fig. 9는 세탁 횟수별 코오스 방향 흡수 속도를 나타낸 그래프로 원 시료보다 1회 세탁 후 150.2mm로 증가하였다가 4회, 8회 세탁 후에는 각각 23.8mm, 29.2mm 감소하였고 16회 세탁 후에는 15.2mm 증가하였다. S4시료

의 경우에도 웨일이나 코오스 방향 흡수 속도 변화가 세탁 횟수에 따라 많이 발생하는 것으로 나타났다.

### 3.2 건조속도 변화

다음 결과는 4가지 흡수 속건 소재의 세탁 후 건조 속도변화를 세탁회수별로 나타낸 것으로 단위시간(분)으로 보았을 때 최종 건조 될 때까지의 시간을 5분 단위로 측정하여 평균값을 낸 것으로 세탁 후 건조속도에 조금씩 변화가 있었다.

Figs. 10, 11은 S1 소재의 세탁횟수별 건조속도를 나타내 그래프이다. 원 시료를 건조하는데 5시간 13분이 소요 되었는데 1회 세탁 후에 6시간 30분으로 1시간 17분이 증가 하였다. 4회 세탁 후에는 40분이 감소하였고, 8회 세탁 후에는 20분이 증가하였다. 16회 세탁 후에는 다시 20분이 감소한 것으로 나타났으며 전체적으로 세탁횟수 증가에 따라 건조속도가 다소 증가한 것으로 나타났다.

Figs. 12, 13은 S2 소재의 세탁 횟수별 건조속도를 나타낸 그래프이다. 원 시료의 건조 속도 시간은 3시간 45분 소요되었고 1회 세탁 후 건조 시간은 1시간 증가 하였다. 4회 세탁 후 건조 속도는 1회 세탁 후보다 30분 감소하였다. 8회 세탁 후 30분 다시 증가 하였고 1회 세탁 후와 같은 건조 속도를 보여주었다. 16회 세탁 후에는 30분 증가 하여 원 시료와 비교하였을 때 1시간 30분 더 시간이 걸렸음을 알 수 있다.

Figs. 14, 15는 S3 시료의 세탁 횟수별 건조속도를 나타낸 그래프이다. 원 시료의 건조 시간은 3시간 13분으로 1회 세탁 후 건조 시간은 22분 증가 하였다. 4회 세탁 후 10분 감소하였고, 8회 세탁 후는 15분 증가하였다. 16회 세탁 후는 35분 증가하였다. 1회에서 8회까지는 건조 속도가 큰 차이는 없지만 16회 세탁 후 원 시료와 비교하였을 때 눈에 띄게 건조 시간이 많이 걸린 것을 볼 수 있었다.

Figs. 16, 17은 S4 시료의 세탁 횟수별 건조속도를 나타낸 그래프이다. 원 시료의 건조 시간은 4시간 2분으로 1회 세탁 후 1시간 3분이 증가하였다. 4회 세탁 후와 8회 세탁 후는 건조 5시간 25분으로 건조 속도가 같았으며, 16회 세탁 후 30분이 증가 하였다. S4 시료 또한 세탁 횟수가 증가함에 따라 건조 시간이 늘어나는 것을 볼 수 있었다.

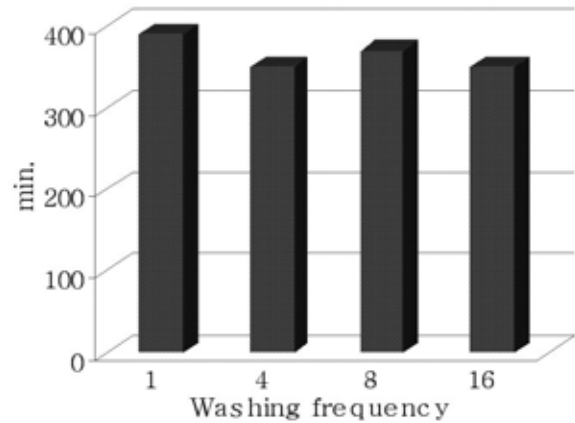


Fig. 10. The variation of drying speed of S1 specimen according to washing frequency.

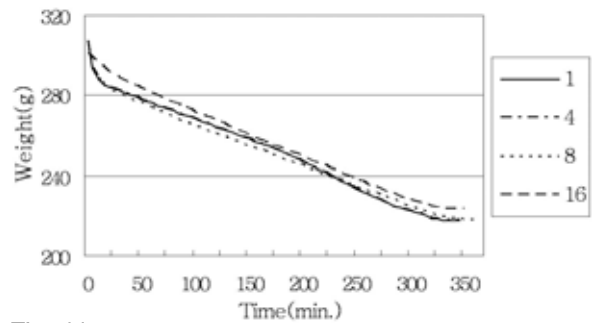


Fig. 11. The variation of drying speed of S1 specimen according to time.

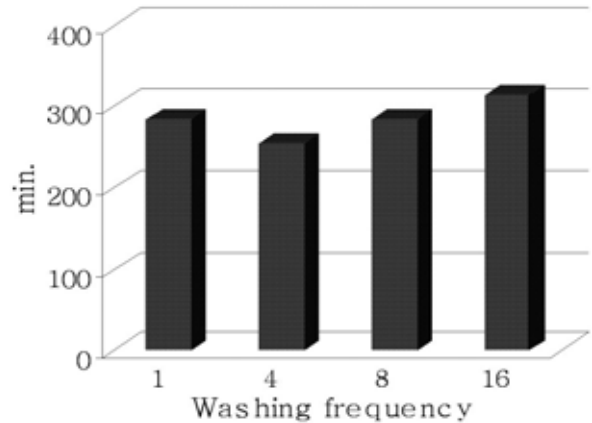


Fig. 12. The variation of drying speed of S2 specimen according to washing frequency.

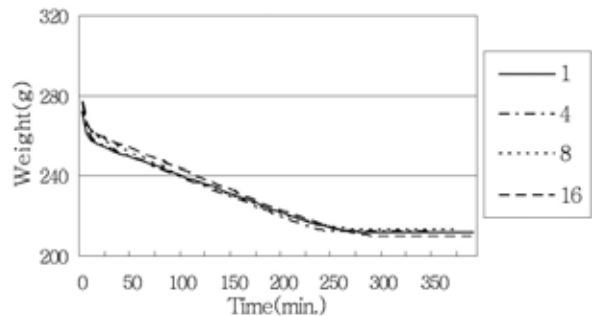


Fig. 13. The variation of drying speed of S2 specimen according to time.

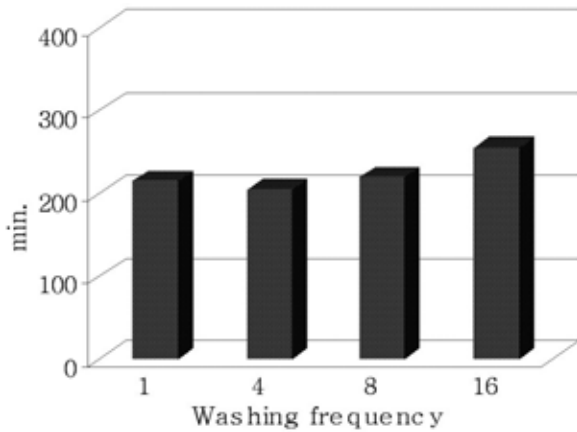


Fig. 14. The variation of drying speed of S3 specimen according to washing frequency.

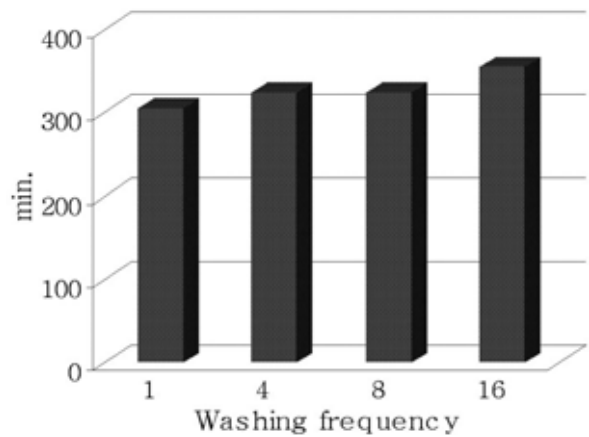


Fig. 16. The variation of drying speed of S4 specimen according to washing frequency.

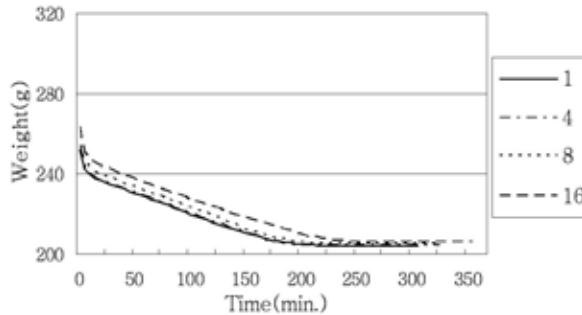


Fig. 15. The variation of drying speed of S3 specimen according to time.

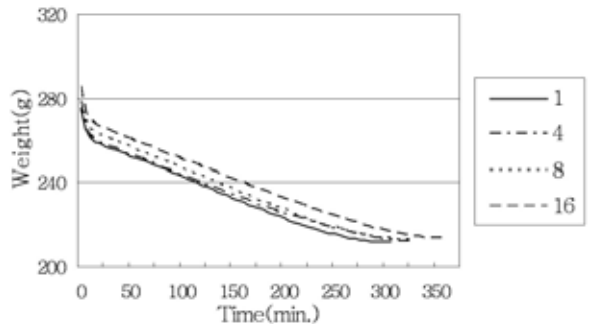


Fig. 17. The variation of drying speed of S4 specimen according to time.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 현재 국내에서 시판되고 있는 흡수 속건 소재 4종을 채택하여, 각각의 시료를 1, 4, 8, 16회 물세탁하여 원 시료에 대한 흡수 속도와 건조 속도를 비교하여 세탁에 의한 기능성 유지 정도에 대해 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

흡수 속건성 소재의 흡수 속도를 비교해본 결과 각각의 시료에서 조금씩 다른 흡수 속도를 보여주고 있으며 반복 세탁 후에도 시료별로 다소 변화가 있는 것으로 나타났다. 이러한 변화는 4가지 시료가 가진 두께, 무게, 직물구조등과 같은 기본적인 특성에서 발생한 원인이라고 할 수 있으며 세탁 회수에 따라 발생하는 각 시료들의 흡수 속도 변화는 세탁 시 마찰에 의한 직물구조의 변형이나 섬유 내부의 기하학적 형태의 변형으로 인한 원인으로 추정된다.

건조 속도에 있어서도 원 시료들의 건조 속도 차이는 시료가 가진 기본적 구조에 의한 원인이라고 볼 수 있으며 각각의 시료에서 세탁

회수에 따라 건조 속도가 조금씩 길어지는 것은 반복 세탁에 의한 마찰로 인해 시료 섬유 구조의 변형이나 파괴에 의해 섬유 구조 내 수분 배출 성능이 조금씩 감소하고 있는 것으로 추정된다.

본 연구의 한계점으로 시료가 가진 구조적 변화를 보다 다양한 시험 장비로 확인하지 못한 아쉬움이 있다. 그러나 흡수 속건성 소재가 사용 회수나 세탁 빈도에 따라 흡수성이나 속건 성능이 조금씩 저하될 수 있다는 결과를 도출하는 데는 의미가 있다 하겠다. 따라서 소비자들도 흡수 속건성 소재의 사용에 있어서 성능 저하가 발생할 수 있다는 사실을 인지하고 기능성 스포츠웨어의 활용에 있어서 주의를 기울일 필요가 있을 것으로 생각된다.

#### 감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유 과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

## 참고문헌

1. B. I. Park, Current Trends and Perspective of the Korean Sportswear Industry, *J. Sports and Leisure Studies*, **14**(0), 805-818(2000).
2. S. M. Watkins, "Clothing; The Portable Environment", Iowa State University Press, pp.3-15, 1984.
3. S. K. An, Concept of Clothing Comfort and Characteristic Evaluation on Thermal and Water Permeability of Fabric, *J. Korean Fiber Soc.*, **32**(6), 527-531(1995).
4. G. S. Cho, "Clothing and Environment", Dong Seo Culture House, Korea, pp.4-8, 2009.
5. A. Ullsperger, "Innovation Strategy of Smart Textiles Products and High-tech Fashion", Textile International Forum and Exhibition, Taipei, Taiwan, p.10, 2001.
6. H. C. Choi, T. I. Chun, and Z. H. Song, Absorption and Quick-drying Material, *J. Korean Fiber Soc.*, **24**(6), 125-130(1987).
7. Y. H. Kang, J. Y. Paik, J. W. Lee, S. S. Kim, M. W. Huh, and N. H. Lee, Effect of Denier and Dyestuff Structure in Washing Fastness of Polyester Fabric, *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dyers & Finishers)*, **13**(3), 26-33(2001).
8. S. D. Kim, K. S. Lee, B. S. Lee, C. H. Ahn, and K. S. Kim, Dyeing Properties and Improvement of Wash Fastness of Ultrafine Polyester, *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dyers & Finishers)*, **15**(1), 48-55(2003).
9. J. H. Seo, S. K. Sung, S. J. Lee, and H. S. Kwon, The Changes in Properties of Dress Shirts by Repeated Washing and Drying, *J. Korean Soc. Cloth. Ind.*, **1**(2), 181-187(1999).
10. H. W. Chung and M. K. Kim, Antimicrobial Effects of Laundering and Colloidal Silver Treatment on a Cotton Fabric, *J. Korean Soc. Cloth. Ind.*, **7**(3), 333-338(2005).