

# 기능성 폴리에스터 이중 편성물의 염색 특성

## Dyeing Properties of Functional PET Double Knit Fabric

### \*Corresponding author

Bum Hoon Lee  
(bhlee@shinhan.ac.kr)

### 이범훈\*

신한대학교 섬유소재공학과

### Bum Hoon Lee\*

Department of Textile Materials Engineering, Shinhan University, Dongducheon, Korea

Received\_September 06, 2022  
Revised\_September 20, 2022  
Accepted\_September 22, 2022

### Textile Coloration and Finishing

TCF 34-3/2022-09/146-156

© 2022 The Korean Society of  
Dyers and Finishers

**Abstract** In this study, the dyeing properties of double knit fabric composed of PET/PTT bi-component fiber and quick dry fiber were examined with disperse dyes. In addition, the shrinkage characteristics were investigated during the dyeing process. The K/S values and shrinkage rate of PET/PTT bi-component fiber were higher than those of PET/co-PET bi-component fiber and quick dry fiber. In the dye bath, dye migration of exhausted on PET/PTT bi-component fiber to quick dry fiber was found at high dyeing temperature. It was not found that there was a significant difference in K/S value on dyeing temperature between 115°C and 130°C. But the slight color difference of two sides of a double knit fabric was found.

**Keywords** double knit fabric, bi-component fiber, quick dry fiber, dyeing property, shrinkage property

## 1. 서 론

최근 섬유산업은 경제적, 시간적 여유가 생겨 레저시장이 성장하면서 아웃도어 활동의 증가로 인해 급속한 성장을 이루게 되었다. 이에 따라 아웃도어 시장은 등산복이라는 고정관념을 탈피해 캐주얼 의류를 대체할 평상복 영역까지 다양하게 선보이고 있으며 아웃도어 의류의 경우 활동성에 중점을 두고 신축성, 쾌적성, 흡습성 등 다양한 기능성을 중요시 여기고 하나의 기능성 발현을 넘어 다양한 복합기능성을 발현하는 이중 편성물이 많이 적용되고 있다<sup>1)</sup>.

이중 편성물은 표면과 이면이 서로 다른 조직이나 원사로 이루어진 원단을 말하며 표면과 이면을 서로 다른 원사를 사용하여 양면 환편기로 실린더 상에 편침이 원형으로 배열하여 급사 가이드 라인을 통해 원사를 편직하여 제조한다<sup>2)</sup>.

아웃도어 의류에서 레깅스, 팬츠, 맨투맨 등 이중 편성물이 적용되고 있고, 원사로 스판덱스, 나일론, 폴리프로필렌 (Polypropylene, PP), 폴리에스터(Polyester, PET) 등 기능성

원사가 많이 사용되고 있다<sup>3-9)</sup>. 그 중에서 신축성과 쾌적성을 요구하는 수요에 대응하기 위하여 표면을 흡한속건 특성을 가진 기능성 폴리에스터를 적용하고 이면으로 신축성을 구현할 수 있는 스판덱스 복합사로 이중 편성물을 구성하는 것이 일반적이나 스판덱스 복합사의 내화학성 및 견뢰도 문제를 보완하기 위하여 잠재권축사를 적용하는 사례가 증가하고 있다.

잠재권축사는 수축 성분이 다른 2종의 polymer를 side by side 형태로 복합방사 한 후 열처리를 통하여 polymer의 열수축 차이에 의해 자연스러운 권축현상을 발현시키는 원사로 일반적인 구성은 PET/PTT계와 PET/co-PET계가 시판되고 있다<sup>10-15)</sup>. 잠재권축사의 신축성에 대한 기본적인 정보들은 제조사에 의해 알려져 있으나 이중 편성물로 적용되었을 경우 신축 및 염색 특성을 수행한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 흡한속건 기능을 가진 폴리에스터를 표면으로 고정하고 이중 편성물의 이면에 구성 성분이 PET/PTT 및 PET/co-PET로 상이한 잠재권축사를 적용하였을 경우 신축성과 염색성을 흡한속건사, 잠재권축사를 단독으로 싱글 니트로 편직한 편성물의 신축 및 염색특성과 비교 고찰하

여 상관성을 확인해 보고자 한다. 또한, PTT와 co-PET의 Tg (유리전이온도)가 PET보다 낮다는 특성을 고려하여 115°C 및 130°C에서 염색하고 염색온도 차이에 의한 영향을 확인해 보고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

이중 편성물의 표면으로 적용한 폴리에스터 흡한속건사는 I社(70d/100f) 제품을 사용하였으며 잠재권축사는 섬도에 의한 차이를 배제하기 위하여 동일한 섬도의 PET/PTT(poly-ethylene terephthalate/poly-trimethylene terephthalate)로 구성된 H社(75d/36f)와 PET/co-PET로 구성된 F社(75d/36f)를 사용하였다.

3종의 원사를 단독으로 실험실용 튜브니팅기(25G)를 사용하여 싱글 편성물을 제조한 원단 3종과 표면으로 흡한속건사를 고정하고 이면으로 구성성분이 상이한 잠재권축사를 3:7의 무게비로 적용한 이중 편성물 4종을 한국섬유소재연구원에서 편직하여 사용하였으며 원단 정보는 Table 1에 나타내었다.

실험에 사용한 염료는 저온 염색성까지 확인하기 위하여 (주)오염산업의 분산염료 3원색 Suncron Red FB(C.I. Disperse Red 60), Suncron Blue FBL(C.I. Disperse Blue 56), Suncron Yellow 3GE(C.I. Disperse Yellow 54)을 제공받아 사용하였고 pH 조절을 위해 Acetic acid(98%, Daejung, Korea)를 균염성 확보를 위해 HEXA GEN RPL509B(Poonglim oil Chemical, Korea)를 제공받아 실험하였다.

### 2.2 염색

#### 2.2.1 기능성 PET 원사의 단독염색

흡한속건사(PET DTY 70d/100f) 및 구성성분이 서로 상이한 PET계 잠재권축사(PET/PTT Bi-component(75d/36f), PET/co-PET Bi-component(75d/36f))로 구성된 이중 편성물의 염색 거동을 고찰하기 위하여 각 원사 단독으로 구성된 싱글 니트 원단을 사용하여 염료의 농도를 1% o.w.f. 액비 1:10으로 분산제 2g/L, acetic acid 0.3g/L을 첨가하여 step dyeing으로 진행하였으며, IR염색기(DL-6000, DAELIM STARLET CO. LTD, Korea)를 사용하였다.

온도별 염색성을 비교 분석하기 위해 각각 115°C와 130°C로 온도를 설정하여 40°C부터 1.5°C/min의 속도로 90°C까지 승온시킨 후, 1°C/min의 속도로 각각 115°C 및 130°C까지 승온시키고 40분간 유지하고 이후 냉각하였다. 염색 온도에 따른 염착 특성을 확인하기 위해 70°C부터 115°C 및 130°C까지 10°C 간격으로 시료를 꺼내어 수세하여 자연 건조시켜 흡한속건사(PET DTY 70d/100f; SF) 및 PTT계 잠재권축사(PET/PTT 75d/36f; SBt), co-PET계 잠재권축사(PET/co-PET 75d/36f; SBe) 3종 시료의 K/S값을 측정하여 염색 거동을 분석하였다. 또한 염료의 농도에 따른 원단의 K/S 값의 상관관계를 알아보기 위해 Build up 특성을 step dyeing과 같은 염색 온도 조건으로 염료의 농도를 달리하여 0.5%, 1%, 2%, 4%, 8% o.w.f.로 증가시켜 염색한 후 K/S값을 비교하여 확인하였다.

#### 2.2.2 이중 편성물의 염색

잠재권축사와 흡한속건사의 중량비가 7:3으로 구성된 이중 편성물을 분산염료 삼원색으로 1% o.w.f.의 농도로 115°C 및

Table 1. Characteristics of knit fabrics

Sample	Compound yarn		Remark
	Face	Back	
SBt	PET/PTT Bi-component (75d/36f)		
SBe	PET/co-PET Bi-component (75d/36f)		Single knit
SF	PET DTY 70d/100f		
DBt		PET/PTT Bi-component (75d/36f)	Double knit back side
Dft			Double knit face side
DBe	PET DTY 70d/100f	PET/co-PET Bi-component (75d/36f)	Double knit back side
Dfe			Double knit face side

130°C에서 염색하였고 단독 염색 공정과 동일한 조건으로 step dyeing을 실시하여 각 표면과 이면의 K/S값을 각각 측정하여 표면 염착량을 비교 분석하였다. 흡한속건사를 표면으로 고정하고 이면으로 PET/PTT계 잠재권축사를 적용한 이중 편성물의 K/S값을 이면(DBt)과 표면(DFt)으로 구분하여 측정하였다. 또한 이면으로 PET/co-PET계 잠재권축사를 적용한 이중 편성물의 K/S값도 이면(DBe)과 표면(DFe)으로 구분하여 측정하여 염색시간별 구성 성분별 표면 염착량을 비교 분석하였다.

### 2.3 염색물의 견뢰도

이중 편성물의 양면에 대한 마찰견뢰도는 KS K ISO 105-X12에 의거하여 시험을 하였으며, 세탁견뢰도는 KS K ISO 105-C06에 의거하여 진행하였다.

### 2.4 수축률

수축성을 확인하기 위해 염색 후 자연 건조된 시료를 실온에서 장력 없이 자연스러운 상태에서 코오스방향과 웨일방향의 길이를 측정하였다. 수축률은 KS K 0642의 치수변화율을 준용하여 적용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 염색 조건별 염색성

최대 흡수파장에서 K/S값 그래프를 통해 염색 조건별 염색성을 비교 분석하였다.

Figure 1과 Figure 2는 온도별 흡한속건사(PET DTY 70d/100f; SF) 및 PTT계 잠재권축사(PET/PTT 75d/36f; SBt), co-PET계 잠재권축사(PET/co-PET 75d/36f; SBe) 3종을 단독으로 염색한 결과와 흡한속건사를 표면으로 고정하고 이면으로 PET/PTT계 잠재권축사를 적용한 이중 편성물의 이면(DBt)과 표면(DFt) 및 이면으로 PET/co-PET계 잠재권축사를 적용한 이중 편성물의 이면(DBe)과 표면(DFe)의 K/S값을 비교하여 나타내었다.

### 3.2 기능성 PET 원사의 단독염색

염료의 종류 및 원단의 종류와 무관하게 115°C 및 130°C로 설정하여 염색한 경우 폴리에스터의 Tg이상인 90°C 이후부터 상승을 나타내고 있었으며 고온에서의 K/S의 차이는 크게 나지 않았다.

원단의 종류별로 살펴보면 PET/PTT계 잠재권축사(SBt)의 염착량 및 염착속도가 가장 높았으며 흡한속건사(SF)의 염착량이 가장 낮게 나타났다. 또한 PET/co-PET계 잠재권축사(SBe)는 PET/PTT계 잠재권축사와 흡한속건사의 중간 정도의 염착량을 나타내었으나 전반적으로 PET/PTT계 잠재권축사에 좀 더 가까운 것으로 확인되었다. 이는 PET 섬유의 단독 방사와 복합 성분 방사시 잠재권축사의 연신 및 배향이 단독 방사 대

비 한계가 있어 나타나는 결과로 추정된다.

115°C와 130°C의 K/S값을 비교해 보면, 큰 차이는 없지만 대부분 115°C보다 130°C에서의 K/S값이 다소 높은 것으로 나타났다. 그 차이가 미미하여 상대적으로 저온인 115°C에서 염색을 진행하여도 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

Figure 3과 Figure 4는 염료의 농도를 0.5%, 1%, 2%, 4%, 8% o.w.f.로 증가시켜 염색한 후 K/S값을 비교하여 염료에 따른 Build up 특성을 나타내었다. 염료별로 비교하였을 때 염료의 농도가 증가할수록 염착량이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. Red, Blue의 경우 농도가 증가할수록 그래프가 증가하는 경향을 보이지만 Yellow 경우 농도가 증가할수록 그래프의 증가 변화가 크지 않고 비슷한 경향을 보였다.

특이한 것은 염료의 종류가 같은 경우 흡한속건사 및 잠재권축사의 구성성분의 차이에 의한 곡선의 형태가 유사한 것으로 확인되었다. 이러한 현상이 115°C와 130°C에서 큰 차이 없이 나타나는 것으로 보아 동일 구조를 가진 염료의 경우 동일한 계열의 원사의 염색에 있어서 염착량의 차이는 있으나 유사한 형태의 Build up 거동을 보이는 것으로 사료된다.

### 3.3 이중 편성물의 염색

잠재권축사와 흡한속건사의 중량비가 7:3으로 구성된 이중 편성물을 분산염료 삼원색으로 1% o.w.f.의 농도로 115°C 및 130°C에서 염색한 결과는 Figure 1과 Figure 2의 막대그래프에 나타내었다.

흡한속건사가 동일하게 적용되더라도 함께 사용한 잠재권축사의 염착 특성에 따라 상대적인 염착량 차이가 있을 것으로 예상되어 이면으로 PET/PTT계 잠재권축사를 적용한 이중 편성물의 이면(DBt)과 흡한속건사 표면(DFt)의 K/S값을 비교하였고, 이면으로 PET/co-PET계 잠재권축사를 적용한 이중 편성물의 이면(DBe)과 흡한속건사 표면(DFe)의 K/S값을 각각 비교하여 분석하였다. 단독으로 염색성이 가장 높게 나타난 PET/PTT계 잠재권축사를 이면으로 적용한 경우 흡한속건사의 염착성 차이가 상대적으로 염착성이 낮게 나타난 PET/co-PET계 잠재권축사를 적용한 경우에 비하여 크게 나타나는 것으로 확인되었다.

이는 동일한 염욕에서 PET/PTT계 잠재권축사의 염착 속도가 빨라 동욕에서 흡한속건사의 염료의 양이 상대적으로 낮기 때문인 것으로 사료된다. 이러한 차이는 115°C로 염색한 것에 비하여 130°C로 염색한 경우 더 큰 것으로 확인되었다. 잠재권축사의 구성성분에 무관하게 110~120°C부근에서 가장 높은 염착량을 나타내었으나 온도가 올라갈수록 고온에서 시간이 유지될수록 염착량이 떨어지는 것을 확인할 수 있었고 이중 편성물의 한 면을 차지하고 있는 흡한속건사의 염착량은 계속 증가하는 것으로 나타났다. 또한 염착속도가 빠른 잠재권축사가 분산염료를 많이 흡착한 후 추가되는 열에너지에 의하여 탈착하게 되고 이렇게 탈착된 분산염료가 상대적으로 염착속도가 느린 흡한속건사로 이행하는 것으로 보인다. 이러한 현상은 115°C 및 130°C에서 모두 관찰되었는데 130°C로 염색한 경우 더 크게 나타나는 것으로 확인되었다.

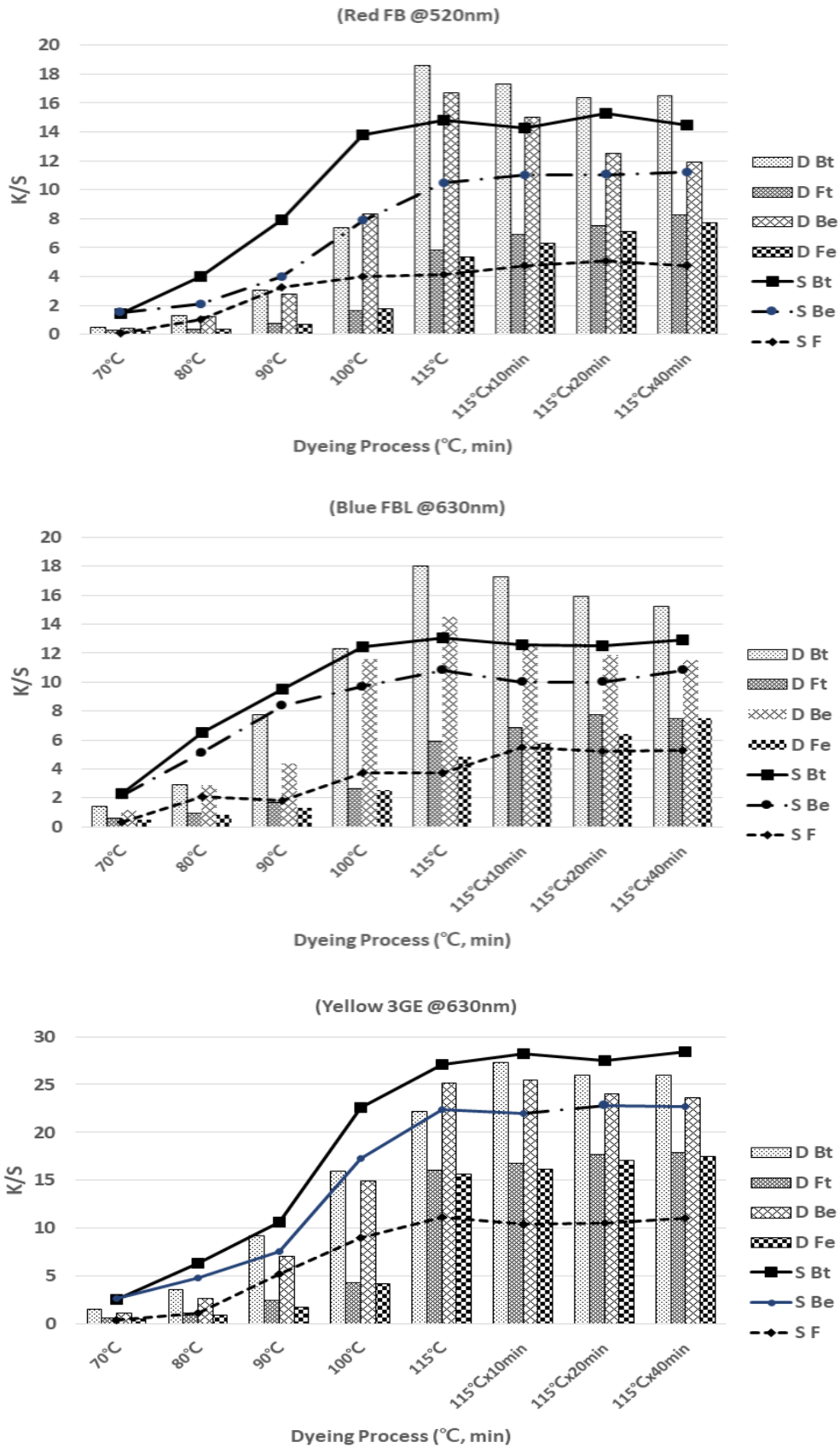


Figure 1. K/S values of double knit fabrics and single knit fabrics composed of bi-component fibers dyed at 115°C with dyeing time.

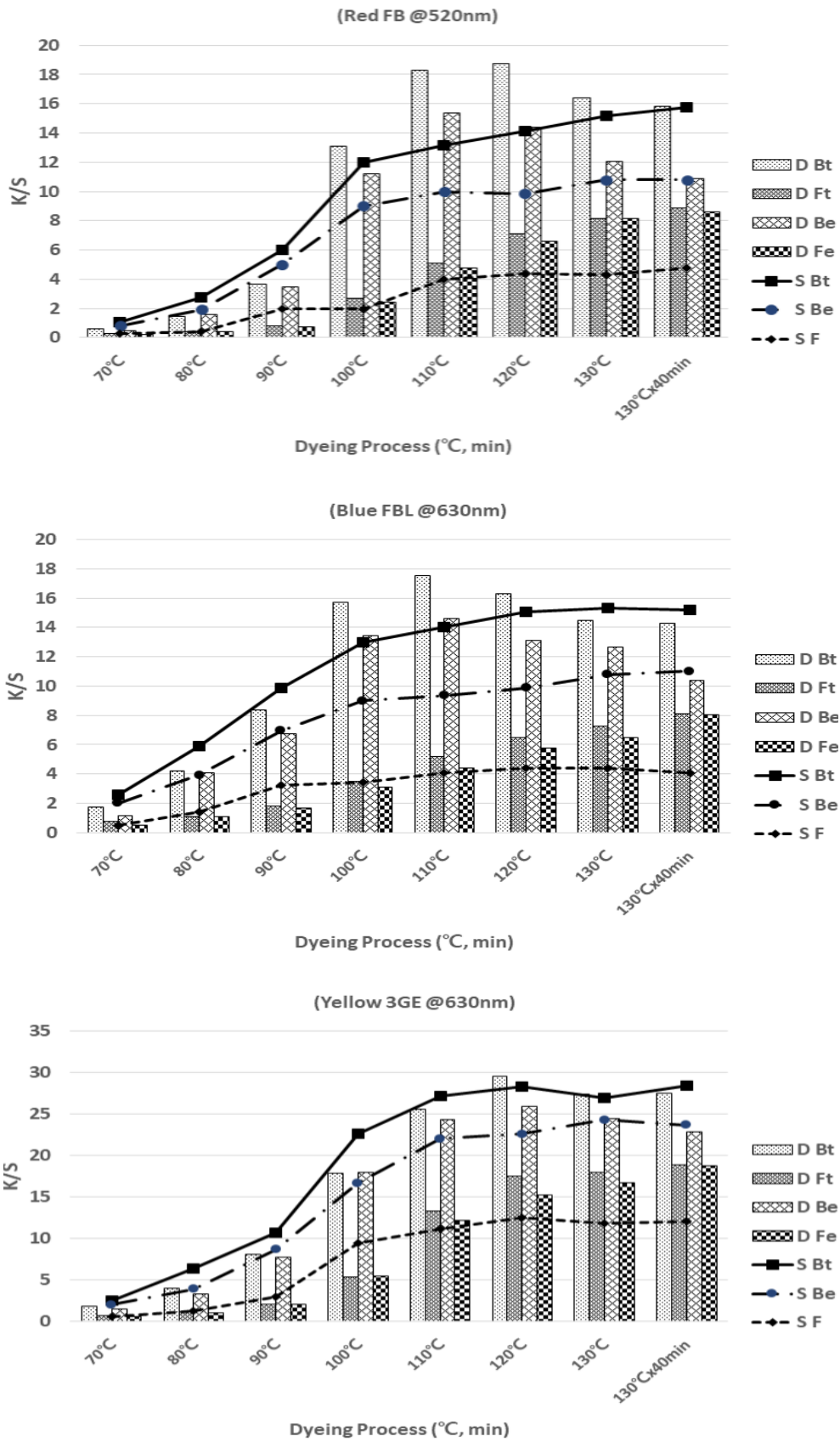


Figure 2. K/S values of double knit fabrics and single knit fabrics composed of bi-component fibers dyed at 130°C with dyeing time.

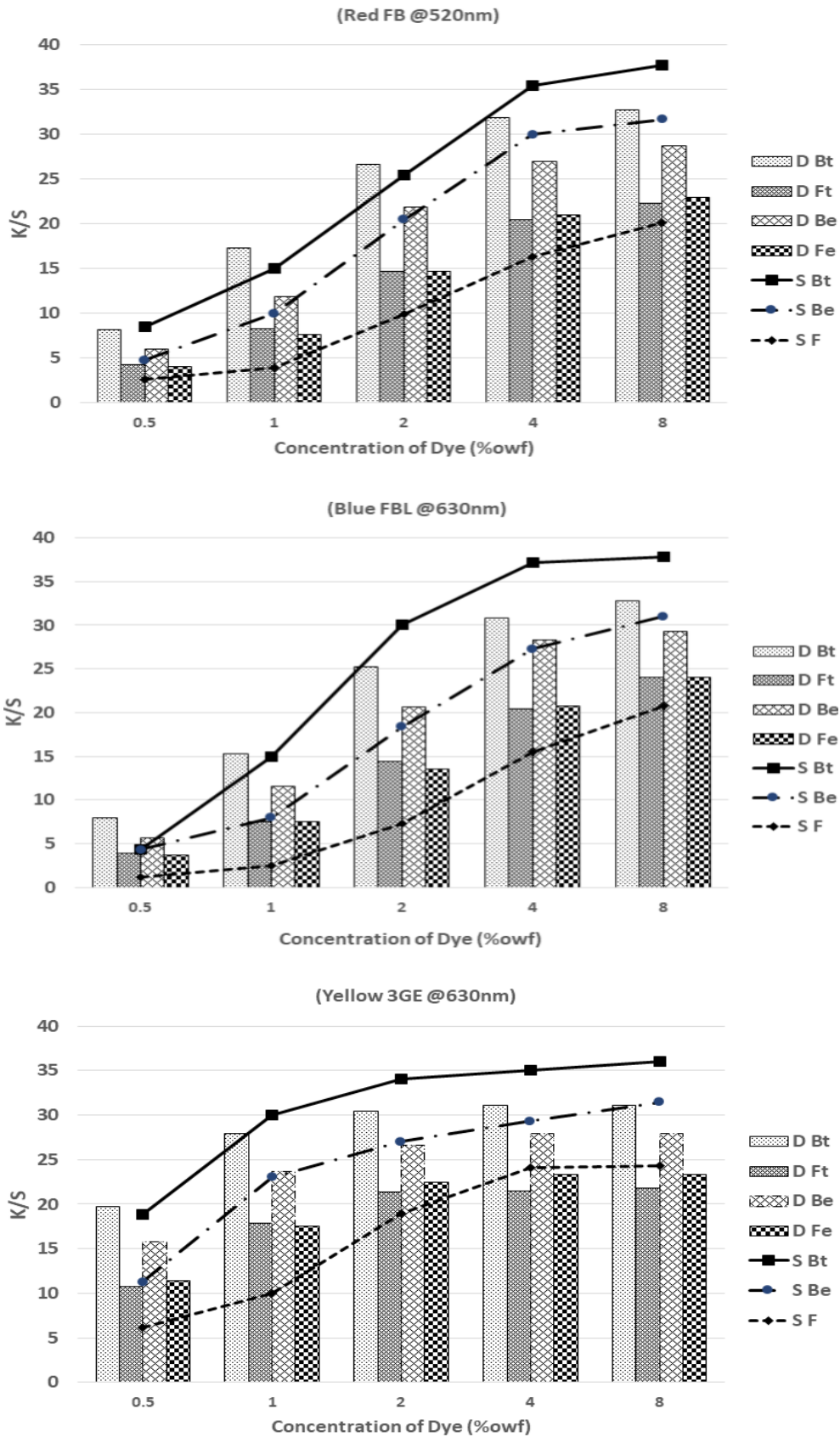


Figure 3. Build-up properties of double knit fabrics and single knit fabrics composed of bi-component fibers dyed at 115°C.

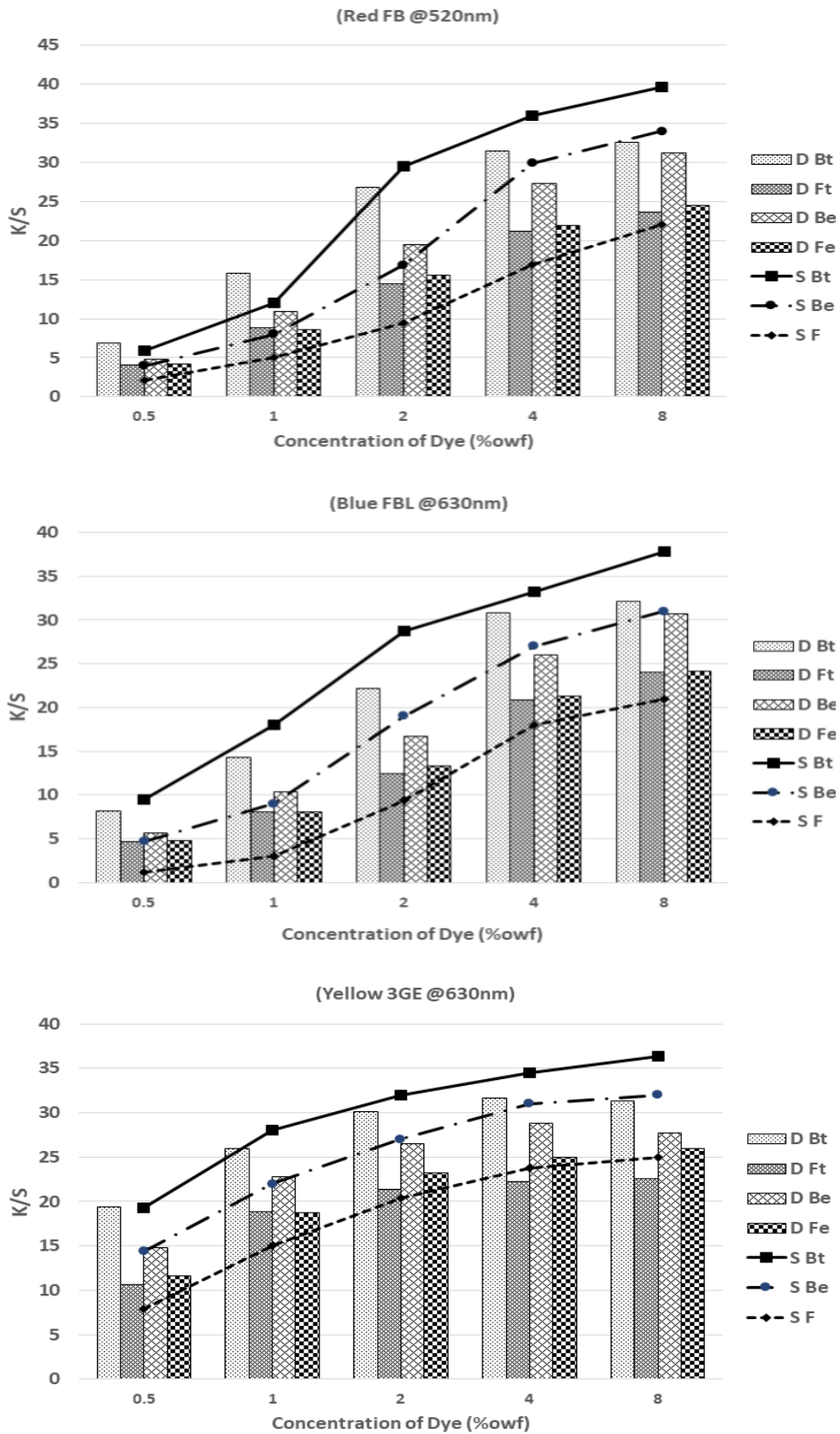


Figure 4. Build-up properties of double knit fabrics and single knit fabrics composed of bi-component fibers dyed at 130°C.

Figure 3과 Figure 4는 염료의 농도를 0.5%, 1%, 2%, 4%, 8% o.w.f.로 증가시켜 염색한 후 K/S값을 비교하여 염료에 따른 Build up 특성을 나타내었다.

이중 편성물의 구성성분에 따른 차이를 확인하기 위하여 표면과 이면을 각각 측정하여 단독의 Build up 특성과 비교하여 분석하였다. 염료의 농도가 낮은 0.5% o.w.f. 경우와 높은 8%

o.w.f. 경우 흡한속건사와 잠재권축사의 염착량 차이는 1%, 2%, 4% o.w.f.에서 보이는 염착량 차이에 비하여 상대적으로 적게 나타났다.

이러한 현상은 Build up 특성이 상대적으로 완만한 Yellow 염료의 경우 다른 색상에 비하여 잠재권축사와 흡한속건사의 염착량 차이가 적은 것으로 나타났다. 또한 PET/PTT계 잠재

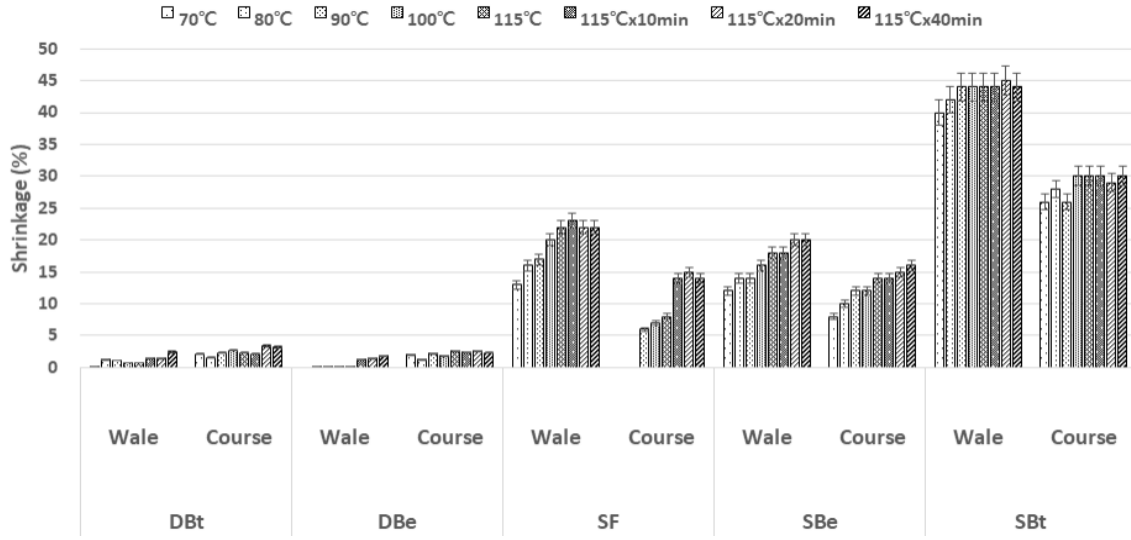


Figure 5. Shrinkage properties of double knit fabrics and single knit fabrics composed of bi-component fibers dyed at 115°C with dyeing time.

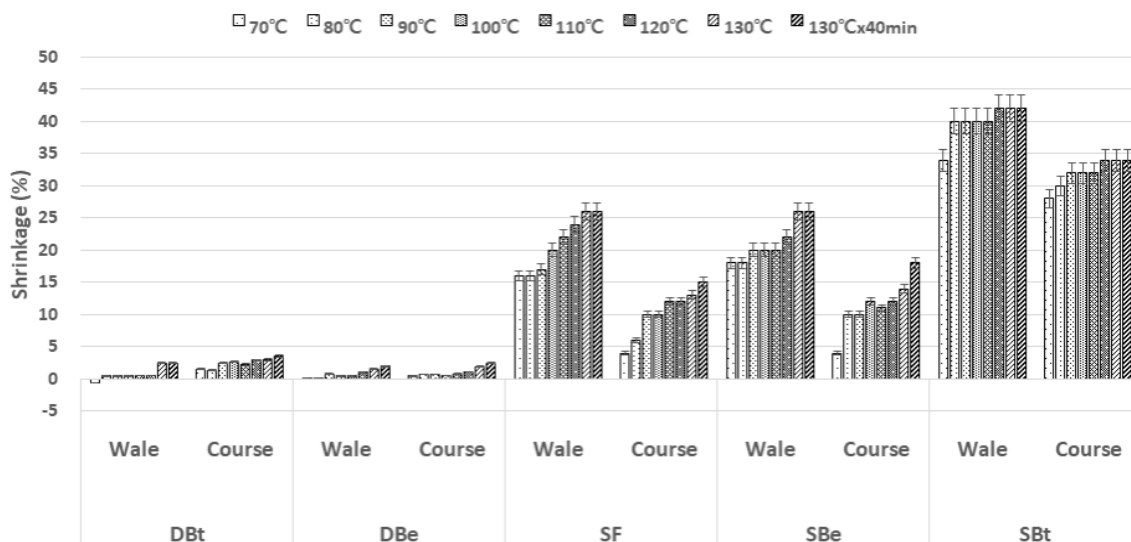


Figure 6. Shrinkage properties of double knit fabrics and single knit fabrics composed of bi-component fibers dyed at 130°C with dyeing time.



권축사가 적용된 경우 PET/co-PET계 잠재권축사가 적용된 경우에 비하여 상대적으로 염착량 차이가 크게 나타났으며 130°C에서 염색한 경우가 115°C에서 염색한 경우에 비하여 염착량 차이가 크게 나타나는 것으로 확인되었다.

염료의 농도가 2% o.w.f. 이상에서 표면과 이면의 K/S값 차이는 잠재권축사에서 이탈한 염료가 흡한속건사에 흡착되는 것으로 추정되는 1% o.w.f.로 염색한 경우와 다른 경향을 보이는데 이는 욱중 염료의 양이 충분하기 때문에 잠재권축사 및 흡한속건사에 지속적으로 염착하기 때문으로 사료된다.

**3.4 수축특성**

Figure 5와 Figure 6은 염색 과정 중 온도의 상승에 따른 코오스방향과 웨일방향의 수축률 변화를 나타낸 것이다. 잠재권축사 및 흡한속건사 단독으로 편직한 싱글 조직의 경우 온도가 증가함에 따라 수축률이 높았으며 100°C 이상에서는 수축률의 증가가 거의 나타나지 않았다.

그러나 잠재권축사와 흡한속건사를 결합한 이중 편성물의 경우에 절대적인 수축률이 5%이하로 낮게 나타났으며 온도의 상승에 따른 변화도 미미하게 나타났다. 싱글 조직에서는 PET/co-PET계 잠재권축사의 경우 흡한속건사와 유사한 수축률을

보였고 구성하는 원사의 수축률 차이가 큰 PET/PTT계 잠재권축사는 현저히 높은 수축률을 보였으나 이중 편성물의 경우에는 원사의 구성성분에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다.

이러한 현상은 루프의 자유도가 높은 싱글 조직에 비하여 이중 편성물의 경우 표면과 이면의 루프의 결합으로 인하여 구성하는 루프의 자유도가 낮아 수축률이 낮고 형태안정성이 비교적 높은 것으로 사료된다. 115°C와 130°C에서 염색한 경우 100°C 부근에서 이미 많은 수축이 발생하여 온도의 상승에 따른 더 이상의 수축이 나타나지 않는 것으로 사료된다.

**3.5 염색 견뢰도**

Table 2는 분산염료로 염색한 후 온도별 조건에 따른 마찰견뢰도를 나타낸 것이다. 폴리에스터 이중 편성물은 서로 다른 원사로 구성되어 있어 흡한속건사로 구성된 표면과 잠재권축사로 구성된 이면에 대하여 측정하였다. 염료별로 비교하였을 때 표면과 이면 모두 건, 습 마찰조건에서 4-5 등급의 마찰견뢰도를 보였다. 이러한 현상은 온도의 변화에 따라 동일하게 나타났다.

Table 3은 분산염료로 염색한 후 온도별 조건에 따른 세탁견뢰도를 나타낸 것이다. 염료별로 비교하였을 때 대부분 4-5

**Table 2.** Rubbing fastness of double knit fabrics

Sample	Condition	D		D	
		Bt	Ft	Be	Fe
Red FB	115°C	4-5	4-5	4-5	4-5
Blue FBL		4-5	4-5	4-5	4-5
Yellow 3GE		4-5	4-5	4-5	4-5
Red FB		4-5	4-5	4-5	4-5
Blue FBL		4-5	4-5	4-5	4-5
Yellow 3GE		4-5	4-5	4-5	4-5
Red FB	130°C	4-5	4-5	4-5	4-5
Blue FBL		4-5	4-5	4-5	4-5
Yellow 3GE		4-5	4-5	4-5	4-5
Red FB		4-5	4-5	4-5	4-5
Blue FBL		4-5	4-5	4-5	2-3
Yellow 3GE		4-5	4	4-5	2-3

**Table 3.** Washing fastness of double knit fabrics

Sample	Washing staining						
	Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acrylic	Wool	
Red FB	4	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
Blue FBL	DBt	4-5	4-5	4	4-5	4-5	
Yellow 3GE		4	4-5	4	4-5	4-5	
Red FB		4-5	4	4-5	4-5	4-5	
Blue FBL	DFt	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
Yellow 3GE		3-4	4-5	4-5	4-5	4-5	
Red FB		4-5	4	4-5	4-5	4-5	
Blue FBL	DBe	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
Yellow 3GE		4	4	4-5	4-5	4-5	
Red FB		4	4-5	4-5	4-5	4-5	
Blue FBL	DFe	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
Yellow 3GE		4	4-5	4-5	4-5	4-5	
Red FB		4-5	4	4	4-5	4-5	
Blue FBL	DBt	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
Yellow 3GE		4	4	4	4-5	4-5	
Red FB		4	4-5	4-5	4-5	4-5	
Blue FBL	DFt	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
Yellow 3GE		4	4-5	3-4	4-5	4-5	
Red FB		4	4-5	4-5	4-5	4-5	
Blue FBL	DBe	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
Yellow 3GE		4	4-5	4	4-5	4-5	
Red FB		4	4-5	4	4-5	4-5	
Blue FBL	DFe	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
Yellow 3GE		4	4-5	4	4-5	4-5	

등급의 세탁견뢰도를 나타내었다. 염색 온도에 따라서도 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

염착량이 높은 잠재권축사가 있는 이면의 견뢰도가 상대적으로 염착량이 낮은 흡한속건사로 구성된 이중 편성물의 경우 염착량의 차이가 염색물의 마찰 및 세탁견뢰도에는 크게 영향이 없는 것으로 확인되었다.

#### 4. 결 론

잠재권축사와 흡한속건사로 구성된 이중 편성물의 염색 및 수축 특성을 확인한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 잠재권축사와 흡한속건사의 염착량 차이로 인하여 표면과

이면의 색차가 확인되었으며 115°C에서 염색한 것보다 130°C에서 염색한 것의 색차가 높게 나타났으며 염색성 차이로 인하여 동색으로 염색이 어려운 것으로 확인되었다.

2. 잠재권축사의 구성성분이 PET/PTT계가 PET/co-PET계에 비하여 염착량이 높게 나타났으며 마찰 및 세탁견뢰도는 차이를 보이지 않았다.
3. 싱글 조직에서는 PET/PTT계 잠재권축사는 높은 수축률을 보였으며 PET/co-PET계는 흡한속건사와 유사한 수축률을 나타내었다. 이중 편성물의 경우 5% 이하의 낮은 수축률을 보이며 구성 원사에 따라 수축률에 큰 차이를 보이지 않았다.

## References

1. <https://m.fashionbiz.co.kr:6001/index.asp?idx=180716>, 2022.8.25.
2. <https://patents.google.com/patent/KR102003247B1/ko>, 2022.8.25.
3. <https://patents.google.com/patent/KR101626578B1/ko>, 2022.8.25.
4. Y. Chagn, J. A. Lee, J. H. Park, J. S. Koh, Y. J. Jung, and S. D. Kim, Dyeing Properties of PET/Dyeable PP Double Knit Fabric, *J. of the Korean Soc. of Dyers and Finishers*, **20**(2), 53(2008).
5. H. A. Kim, J. Y. Woo, and S. J. Kim, The Physical Property of PET Coolness Knitted Fabric for High Emotional Garment, *J. of the Korean Soc. of Dyers and Finishers*, **26**(2), 114(2014).
6. D. Mikucioniene and A. Bivainyte, Investigation on Dynamic of Heat Transfer Through Doublelayered Weft Knits, Proceedings of 13th Autex World Textile Conference, Germany, Vol.13, p.14, 2013.
7. M. Pirae and S. Saharkhiz, The Influence of Structural Variations of Weft Knitted Fabrics on Capacity of Heat Transfer of Fabrics, Proceedings of 13th Autex World Textile Conference, Germany, Vol.13, p.85, 2013.
8. A. Psikuta, J. F. Kaczmarek, I. Frydrych, and R. Rossi, Quantitative Evaluation of Air Gap Thickness and Contact Area Between Body and Garment, *Textile Research J.*, **82**(14), 1405(2012).
9. M. Yanilmaz and F. Kalaoglu, Investigation of Wicking, Wetting and Drying Properties of Acrylic Knitted Fabrics, *Textile Research J.*, **82**(8), 820(2012).
10. T. H. Oh, Melt Spinning and Drawing Process of PET Side-by-Side Bicomponent Fibers, *J. App. Polym. Sci.*, **101**(3), 1362(2005).
11. M. S. Park, The Mechanical Properties of New Worsted Wool-like Fabrics Using Latent Yarns, *Textile Coloration and Finishing*, **23**(4), 233(2011).
12. S. J. Kim, Dyeing Characteristics and Mechanical Properties of Composite Yarns Prepared by Different Yarn Twisting Processes, Ph.D. Thesis, Ehwa Women's University, 2006.
13. B. H. Kang, M. H. Kim, and W. H. Park, Preparation and Characterization of New Hand Value Wool-like PET Yarn with Excellent Volume and Stretchability by Differently Shrinkable Mixed Process, *Textile Science and Engineering*, **53**(1), 1(2016).
14. B. H. Lee, The Dyeing Behavior of PET Bulky Yarn with Disperse Dyes, *Textile Coloration and Finishing*, **30**(2), 70(2018).
15. H. Xiao, M. Shi, L. Liu, and G. Dai, The Crystallinity and Orientation Structure and Crimp Properties of PET/PTT Bicomponent Filament, *Adv. Mat. Res.*, **627**, 110(2012).

## Authors

이범훈 신한대학교 섬유소재공학과 교수