한국염색가공학회지
pISSN 1229-0033, eISSN 2234-036X
연구논문(학술)
https://doi.org/10.5764/TCF.2019.31.4.241

인도 꼭두서니로 염색한 텐셀 부직포의 염색 견뢰도 향상에 관한 연구

Improving the Color Fastness of the Madder Extract on Tencel Non-woven

*Corresponding author
Bum Hoon Lee
(bhlee@shinhan.ac.kr)

이범훈*
신한대학교 섬유소재공학과

Bum Hoon Lee*
Department of Textile Materials Engineering, Shinhan University, Uijeongbu, Korea

Received_November 24, 2019
Revised_December 06, 2019
Accepted_December 07, 2019

Textile Coloration and Finishing
TCF 31-4/2019-12/241-248
©2019 The Korean Society of Dyers and Finishers

Abstract In this study, improving the wash and rubbing fastness of a natural coloring matter from Madder extract dyed on Tencel nonwoven. The cationic finishing agent(RBP), nonionic finishing agent(HPX) and mordant(PAW) were used to improving the color fastness. The two types(exhaustion and pad-dry-cure) finishing process were investigated with various finishing agent concentration. The color strength, wash and rubbing fastness of Tencel nonwoven dyed with Madder extract have been evaluated by various dye concentration and finishing agent. The exhaustion process treated with the cationic finishing agent(RBP) was effective to improving washing and rubbing fastness.

Keywords *washing fastness, rubbing fastness, natural dye, madder, tencel nonwoven, exhaustion process, pdc process*

1. 서 론

천연염료는 다양한 색상 스펙트럼을 가지고 은은한 느낌을 주는 특성으로 인해 식품, 가구 및 의류 등 다양한 분야에서 착색제로 활용되어 왔다. 공업화가 시작되고 대량 생산체제가 요구됨에 따라 점차 천연염료는 공예분야나 아트분야에만 국한되어 사용되었다. 그러나 합성염료의 사용에 대한 환경오염, 인체에 대한 독성 등 단점들이 나타남에 따라 천연염료에 대한 관심이 다시 증가하게 되었다. 천연염료는 합성염료를 대체할 수 있을 정도의 색상 스펙트럼을 보유하지 못하고 색상에 대한 재현성 및 견뢰도가 낮은 단점을 가지고 있어 공업적으로 적용되는데 아직 한계가 있다. 그래서 환경과 인체 친화적 제품에 대한 관심이 증가함에 따라 아시아를 중심으로 천연염료를 안정화시키고 재현성을 높이기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며 의류 패션분야에서 천연염료의 단점인 변색 문제를 천연 염료만의 특유의 성질로 적극 홍보하고 있다[1,2].

아시아의 여러 나라 중 인도는 기후 특성상 다양한 천연 염재가 자생하고 있어 천연 염료에 대한 현대화에 대한 연구가 다수 진행되고 있다. 그 중 붉은 색상으로 대표되는 인도 꼭두서니에 대한 연구는 다양한 매염제를 활용한 색상의 다변화와 색상의 표준화를 위한 연구, 천연 염료의 추출 및 표준화 방법에 대한 연구가 진행되고 있을 뿐만 아니라 폴리에스터, 나일론, 아크릴 등에도 적용하는 연구가 수행되고 있다[3-7]. 다양하게 사용되는 염재임에도 염색견뢰도에 대한 연구는 미흡하여 본 연구에서는 인도 꼭두서니 추출물(Madder extract)에 대한 견뢰도를 향상시키고자 한다. 천연염료의 견뢰도 향상은 천연염색에서 오래된 문제로 염색공정에서 매염제를 변경하거나 고온스팀처리 등 염료 침투 방법을 변화시키는 방법이 사용되고 있으며 후가공에서 고착제를 사용하여 염료의 분자량을 높여 세탁 견뢰도를 높이거나 비이온계면활성제를 주성분으로 하는

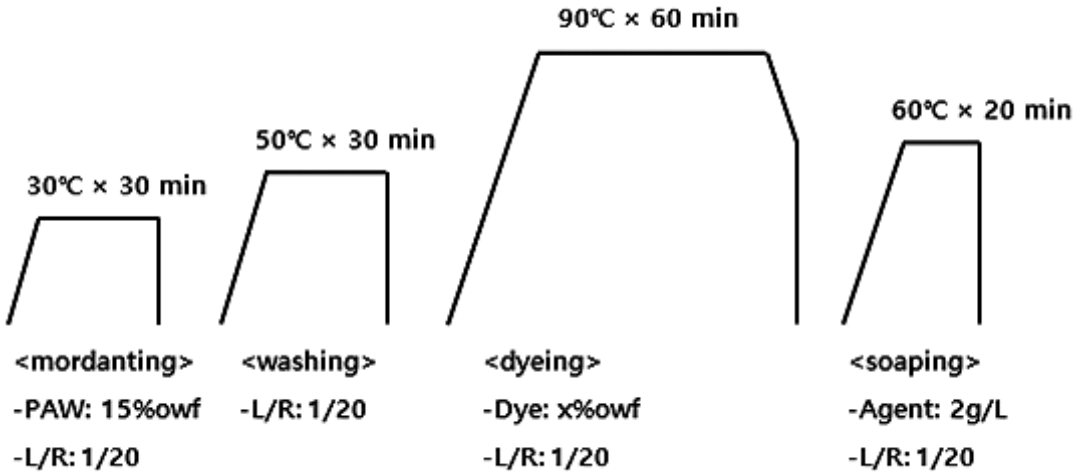

Figure 1. Dyeing process of Madder extract on Tencel nonwoven.

유연제를 사용하여 마찰견뢰도를 향상시키는 방법이 주로 사용되어 왔다[2,8-11].

그동안 천연염료의 염색은 면, 실크, 양모 등 천연 섬유 소재에 주로 적용하고 있었으며 최근에는 소재의 범위를 합성섬유로 확대하는 연구가 이루어 졌으나 대부분 직물과 편물이었고 부직포에 대한 연구는 미미한 실정이다. 최근 마스크시트용 원료로 사용되고 있는 스펀레이스 부직포의 경우 다양한 기능성을 부여하여 차별화 시키는 전략으로 가져가고 있으며 대표적으로 텐셀 부직포가 특유의 투명성과 유연성으로 소비자로부터 인기를 얻고 있다.

따라서 본 연구에서는 인체 친화성이 우수한 천연염료를 부직포 시트 원단에 적용해 보고자 한다. 또한 견뢰도 증진을 위하여 사용되는 이온성이 상이한 마찰견뢰도 증진제를 흡진법(Batch) 및 PDC(pad-dry-cure)식 가공방법에 따라 처리한 후 세탁 및 마찰견뢰도를 비교 분석하여 최적의 조건을 확보하고자 한다.

2. 실 험

2.1 시료 및 시약

인도산 꼭두서니 추출물로 색소성분 함량이 21%인 액상 염료와 Alum이 주성분인 액상 매염제(PAW)는 M사로부터 제공받았으며 견뢰도 향상을 위한 약카치온성 마찰견뢰도 증진제(RBP) 및 비이온성 마찰견뢰도 증진제(HPX)는 K사로부터 공급받아 사용하였다.

시료는 100% 텐셀로 제조된 50gps의 스펀레이스 부직포를 J사로부터 공급받아 사용하였다.

2.2 염색

매염제의 농도 및 온도에 따른 영향을 배제하기 위하여 Figure 1과 같이 시료는 매염제의 농도를 15%owf, 30℃에서 30분간 액비 1:20으로 선매염하고 50℃에서 30분간 온수세 후 90℃에서 60분간 염료의 농도를 1, 2, 4, 8%owf 로 변화시켜 액비 1:20으로 염색하였다. 염색한 피염물을 60℃에서 20분간 소핑처리하고 건조하였다. 매염 및 염색에 사용한 시험기는 실험실용 IR 염색기(DL-6000, DAELIM STARLET CO., LTD, Korea)를 사용하였다. 염색물의 표면색은 측색기(X-rite, Premier 8200, Korea)를 사용하여 D65광원, 관측시야 10°의 조건으로 Kubelka-Munk Equation을 이용하여 K/S 값을 나타내었다.

2.3 가공제 처리

흡진법(Batch) : 약카치온계 마찰견뢰도 증진제(RBP)와 비이온성 마찰견뢰도 증진제(HPX)의 농도를 1, 5, 10g/L로 변화시켜 50℃에서 30분간 액비 1:20으로 처리하여 가공제의 종류 및 농도에 따른 영향을 확인하였다.

Pad-dry-cure법(PDC) : 동일한 가공제 및 농도의 시료를 침지한 후 수평식 패더(DL-2005H, DAE-

LIM STARLET CO., LTD, Korea)로 1 bar의 패딩 압력으로 픽업률이 약 100% 되게 패딩하여 105℃에서 3분간 건조한 후 150℃에서 3분간 고착처리 하였다.

2.4 염색견뢰도

세탁견뢰도는 KS K ISO 105-C06(A1S) 방법에 따라 평가하였으며, 마찰견뢰도는 KS K ISO 105-X12 : 2016(크로크미터법)에 따라 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 가공제 미처리 원단의 염색 특성

가공제를 처리하기 전 염색물의 빌드업(build-up) 특성을 확인하기 위하여 매염제의 농도를 15%owf로 30℃에서 30분간 액비 1:20으로 선매염한 후 30분간 50℃에서 온수세 하고 염료의 농도를 1, 2, 4, 8%owf로 변화시켜 액비 1:20으로 90℃에서 60분간 염색하였다. 이후 소핑제의 농도 2g/L로 60℃에서 20분간 소핑하였다. 소핑하기 전과 후의 표면색을 측정하여 Figure 2에 나타내었다. 염료의 농도가 증가할수록 K/S값이 증가하는 경향이 있었으나 전반적으로 색도가 낮은 것을 확인할 수 있었으며 소핑 전에는 염료의 농도 증가에 따른 색도 증가가 직선적으로 증가하는 것으로 확인되어 색도는 낮으나 빌드업성이 우수한 것처럼 나타났으나 소핑 후 염료의 농도가 4%owf 이후부터 기울기가 완화되는 것으로 보아 빌드업성이 낮은 것으로 확인되었다.

따라서 많은 연구에서와 같이 색도를 향상시키기 위해서는 염료의 농도를 증가시키기 보다 염색 횟수를 늘

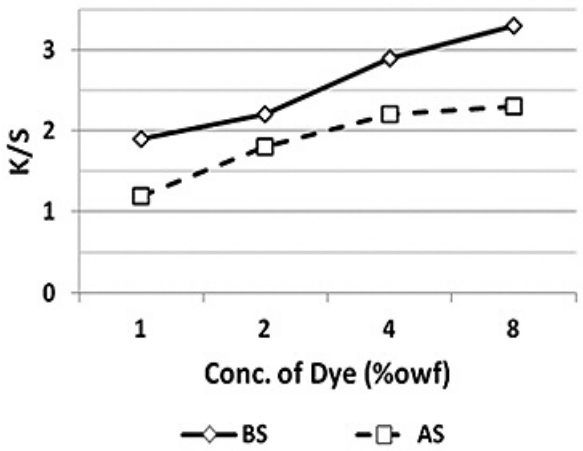

Figure 2. Build up properties of Madder extract on Tencel nonwoven.

여야 할 것으로 판단된다.

소핑 전과 후의 세탁 및 마찰견뢰도를 확인하였다. Table1에서 확인되는 바와 같이 전반적으로 세탁에 대한 견뢰도는 4등급 이상으로 비교적 우수한 것으로 나타났으나 K/S값이 3내외로 색도가 낮고 염료 자체가 이종 직물에 친화성이 없기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 습마찰 견뢰도의 경우 염료의 농도가 증가할수록 사용할 수 없을 정도의 낮은 값을 가지는 것으로 확인되었다.

3.2 가공제 처리 원단의 염색 특성

Figure 3~Figure 5는 염료의 농도에 따라 가공제의 종류와 농도 및 처리 방법이 K/S에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

PDC 방법으로 처리했을 경우 가공제의 종류와 농도

Table 1. Washing and rubbing fastness of Tencel nonwoven dyed with Madder extract

Soaping		Before				After			
Conc. of dye(%owf)		1	2	4	8	1	2	4	8
Washing	Acetate	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Cotton	4-5	4-5	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5
	Nylon	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	PET	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Acrylic	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Rubbing	Dry	4-5	4	3-4	3-4	4-5	4-5	4	4-5
	Wet	2-3	2	2-3	1-2	4	3	2-3	2

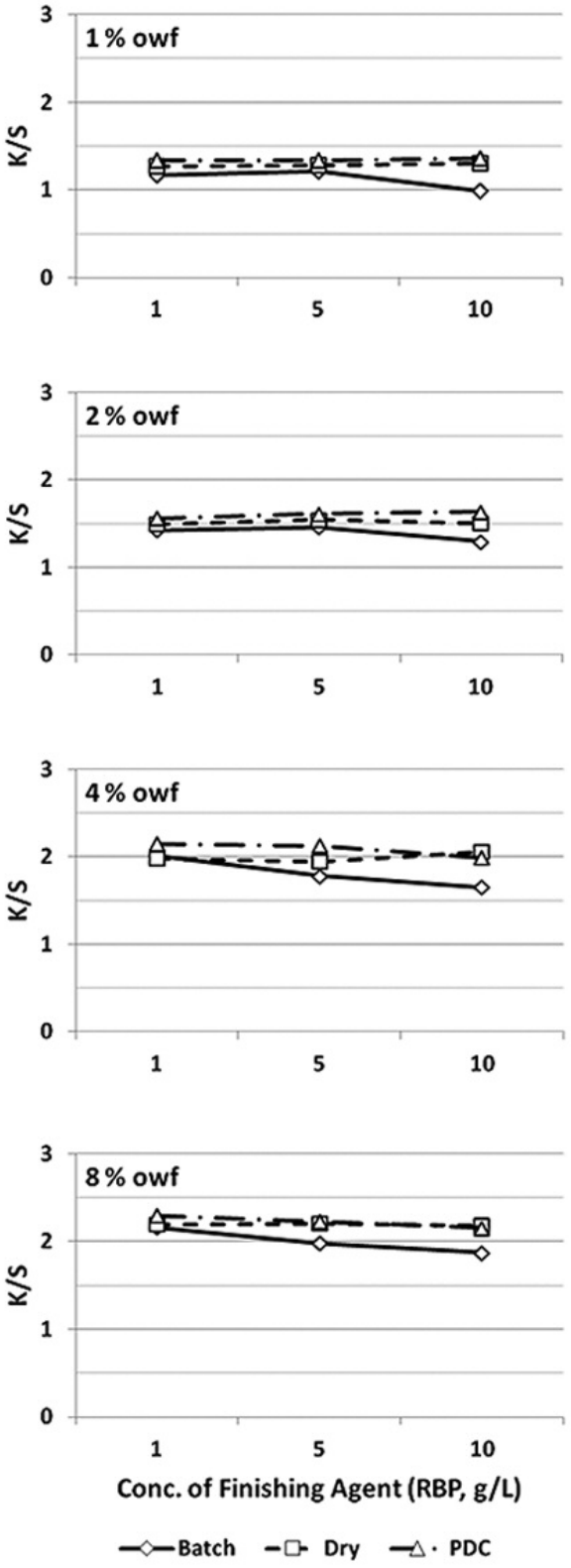

Figure 3. Effect of finishing agent(RBP) concentration and process on color strength of Tencel nonwoven dyed with Madder extract.

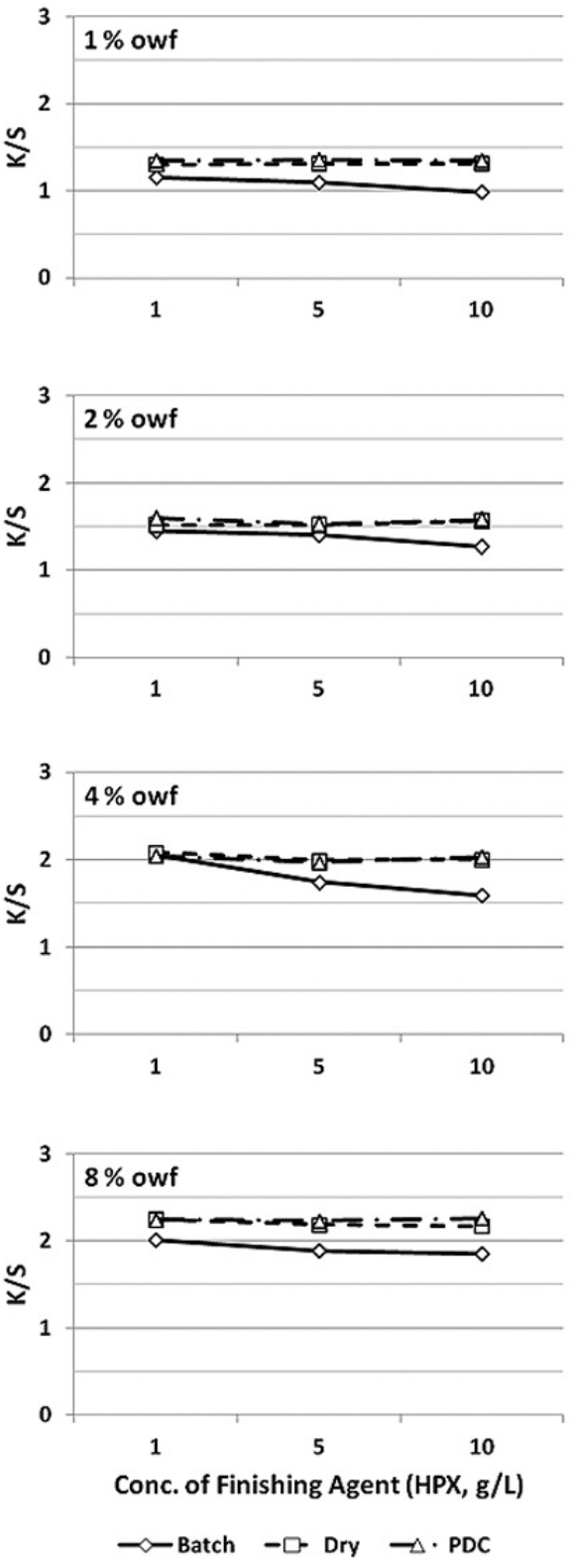

Figure 4. Effect of finishing agent(HPX) concentration and process on color strength of Tencel nonwoven dyed with Madder extract.

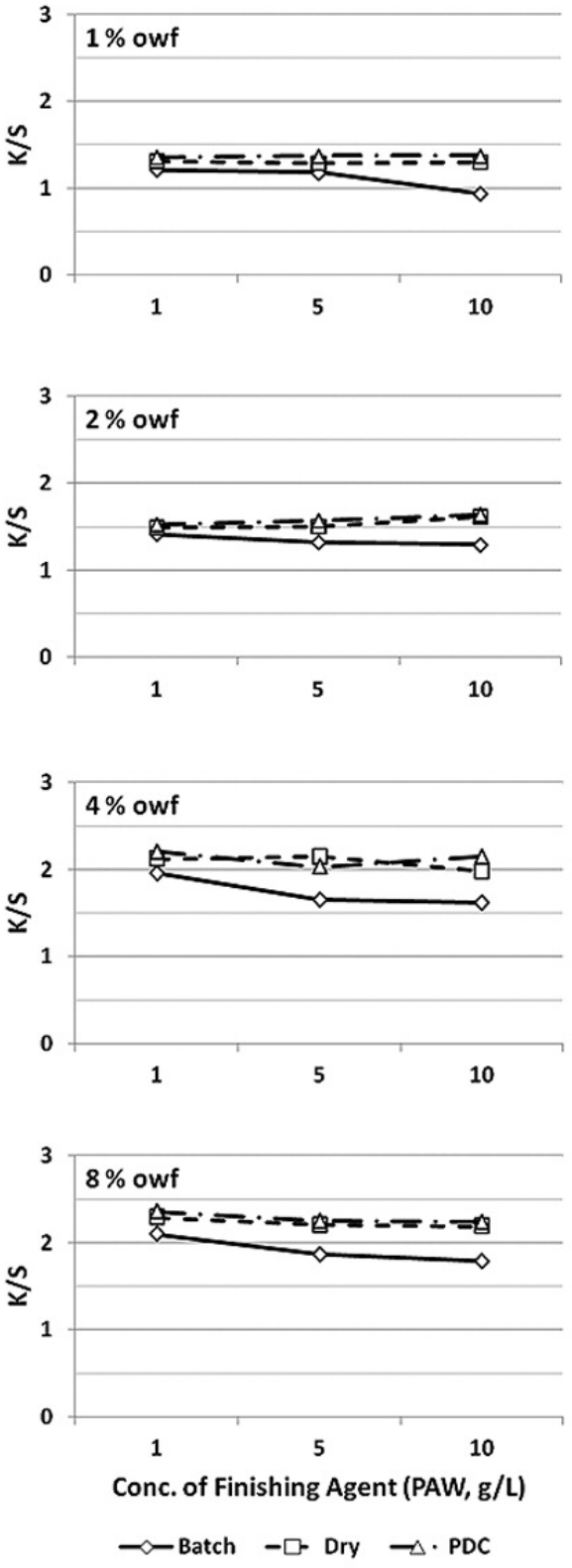

Figure 5. Effect of finishing agent(PAW) concentration and process on color strength of Tencel nonwoven dyed with Madder extract.

에 관계없이 K/S값에는 유의할 만큼 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 카치온을 갖는 가공제인 RBP 및 매염제 PAW의 경우 염료와 결합하여 염료 분자의 크기를 증가시켜 발색성이 변화될 것으로 기대하였으나 분자의 크기가 변하지 않을 것으로 생각되는 비이온성 가공제인 HPX를 처리한 경우와 유사한 K/S 값을 나타내는 것으로 나타났다. 또한 고착(curing) 하기 전 후 가공제에 의한 발색 영향을 확인한 결과 건조(dry) 상태에서의 K/S값과 고착 후 K/S값에는 큰 영향이 없는 것으로 확인되었다.

따라서 카치온계 가공제를 PDC 방법으로 처리할 경우 분자의 크기가 증가하더라도 염료 분자의 공명구조에는 영향을 미치지 않아 색상의 변화는 없을 것으로 판단된다. 그러나 흡진법에서는 가공제의 농도가 증가함에 따라 가공제의 종류별로 미미한 차이가 있었으나 전반적으로 K/S값이 감소되는 경향을 보였다. 가공제의 농도가 1g/L의 경우 PDC의 방법으로 처리한 원단의 K/S값과 큰 차이를 보이지 않았으나 이온성에 무관하게 가공제의 농도가 5g/L에서는 K/S값이 감소하는 경향을 보였으며 10g/L에서는 급격한 K/S값의 감소를 나타내었다. 카치온계인 RBP와 PAW의 경우에는 가공제의 농도가 낮을 경우 섬유에 흡진된 염료에 가공제가 결합되는 것으로 추정되나 농도가 높아질 경우 욕중 카치온계 가공제의 농도가 높아 섬유에 흡진된 염료가 섬유와의 결합보다 욕중 가공제와의 결합력이 증가하여 상대적으로 섬유에서 이탈되고 가공제와 결합된 염료는 크기가 증가됨에 따라 섬유에 재부착이 되지 않아 K/S 값이 감소된다고 판단된다.

한편 비이온성인 가공제인 HPX의 경우에도 카치온계 가공제를 처리한 것과 같이 가공제의 농도가 1g/L로 낮을 경우 PDC에서와 유사한 K/S값을 나타났으나 가공제의 농도가 증가할수록 K/S값이 감소되는 것으로 나타났다. 이는 비이온성 가공제의 농도가 증가함에 따라 섬유내부로의 침투력이 높아 미고착 염료를 욕중으로 이탈시키는 작용을 하는 것으로 판단된다.

3.3 가공제 처리 원단의 염색 견뢰도 특성

기능성 가공제를 처리할 경우 PCD방식을 적용하는 것이 일반적이나 섬유내부에 침투되는 성질에 따라 일부 가공제의 경우 소요량이 많이 들더라도 흡진법을 적용하기도 한다[12].

Table 2. Effect of finishing agent(RBP, HPX, PAW) concentration and PDC process on washing and rubbing fastness of Tencel nonwoven 2% owf dyed with Madder extract

Finishing agent(F.A.)		HPX			PAW			RBP		
Conc. of F.A.(g/L)		1	5	10	1	5	10	1	5	10
Washing	Acetate	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Cotton	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Nylon	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	PET	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Acrylic	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Rubbing	Dry	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wet	3	3	3-4	3-4	3	3	4	4	4

따라서 본 논문에서도 견뢰도 향상을 위한 가공제를 흡진법 및 PDC방법을 사용하여 그 결과를 분석하였다. 사용한 가공제로는 염료의 분자량을 증가시켜 견뢰도를 향상시키는 약카치온계 마찰견뢰도 증진제(RBP)와 섬유간 마찰력을 감소시켜 견뢰도를 향상 시키는 비이온성 마찰견뢰도 증진제(HPX)를 사용하였고, 잔류염료에 대한 동시 매염 및 후매염의 효과가 나타나는지 확인하기 위하여 매염제로 사용한 PAW도 동일한 방법으로 적용하였다.

흡진법으로는 가공제의 농도를 1, 5, 10g/L로 변화시켜 50℃에서 30분간 액비 1:20으로 처리하였다. 또한 동일한 가공제 농도에 시료를 침지한 후 픽업률이 약 100% 되게 패딩하여 105℃에서 3분간 건조한 후 150℃에서 3분간 고착처리하여 흡진법과 PDC 방법이 염색물의 세탁 및 마찰견뢰도에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

Table 2는 가공제의 종류와 농도에 따른 세탁 및 마찰견뢰도의 영향을 확인하기 위하여 염료의 농도를 2% owf로 고정하고 카치온계 마찰견뢰도 증진제(RBP), 비이온성 마찰견뢰도 증진제(HPX) 및 매염제(PAW)의 농도에 따라 PDC 방법으로 처리한 후 세탁 및 마찰견뢰도 분석을 진행한 결과이다.

Table 1에서 소핑 후 원단에서 나타난 것과 유사하게 세탁견뢰도는 모두 4-5 등급으로 우수하게 나타났다. 이는 세탁에 대한 견뢰도가 우수하다고 판단하기보다는 K/S 값이 1.5 내외로 비교적 낮은 색도를 나타내며 염료 자체가 이종 섬유에 대한 친화력이 낮은데 기인한 것으로 보인다. 한편 습마찰견뢰도의 경우 가공제

Table 3. Effect of finishing agent(RBP, HPX, PAW) concentration and BATCH process on washing and rubbing fastness of Tencel nonwoven 2% owf dyed with Madder extract

Finishing agent(F.A.)		HPX			PAW			RBP		
Conc. of F.A.(g/L)		1	5	10	1	5	10	1	5	10
Washing	Acetate	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Cotton	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Nylon	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	PET	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Acrylic	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Rubbing	Dry	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wet	3	3-4	3-4	3-4	3	3	4	4-5	4-5

Table 4. Effect of finishing agent(RBP) concentration on washing and rubbing fastness of Tencel nonwoven dyed with Madder extract by using BATCH process

Conc. of dye(%owf)		1			2			4			8		
Conc. of F.A.(g/L)		1	5	10	1	5	10	1	5	10	1	5	10
Washing	Acetate	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Cotton	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Nylon	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	PET	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Acrylic	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Rubbing	Dry	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wet	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5

를 처리하지 않은 경우 3등급 수준이였으나 카치온계인 RBP를 처리한 경우 1등급 이상 증가한 4등급으로 나타났다. 그러나 RBP와 동일한 이온성을 갖는 PAW의 경우 미처리와 동등 수준으로 확인되었다. 이는 아크릴계인 RBP가 Alum인 PAW에 비하여 고분자량을 가지기 때문에 염료와 섬유 및 마찰견뢰도 증진제의 결합력이 우수한 것으로 판단된다.

Table 3은 흡진법으로 가공제를 처리하는 방법으로 나타난 결과이다. 흡진법으로 가공제를 처리했을 경우 세탁견뢰도는 모두 4-5등급으로 우수하게 나타났다. 또한 습마찰견뢰도는 PDC식으로 처리한 것에 비하여 약 0.5-1등급정도 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 가공제의 농도가 증가하여 나타나는 현상으로 해석할 수 있으나 흡진법으로 처리할 경우 Figure 3~Figure 5에서 나타난 바와 같이 미고착 염료가 제거되어 섬유내 잔존하는 염료의 양이 낮아 상대적으로 습마찰견뢰도가 상승하는 것으로 해석될 수도 있다.

Table 4에서는 염료의 농도를 1, 2, 4, 8%owf로 염색한 원단에 습마찰견뢰도의 향상을 보인 RBP를 흡진법으로 처리하여 염색 견뢰도를 분석한 결과를 나타낸 것이다. 염료의 농도에 무관하게 모두 4-5등급의 세탁견뢰도를 나타났으며 습마찰견뢰도의 경우 가공제의 농도가 5g/L이상에서 염료의 농도가 증가해도 4등급 이상으로 우수한 결과를 나타내는 것으로 확인되었다.

따라서 약카치온성 마찰견뢰도 증진제 RBP를 흡진법으로 처리할 경우 미고착 염료의 제거와 함께 흡진된 염료를 고착시키는 역할을 동시에 하게 됨에 따라 세탁 및 마찰견뢰도 모두 증가되는 것으로 판단된다.

4. 결 론

붉은색 천연 염재로 광범위하게 사용되고 있는 인도 꼭두서니 추출물(Madder extract)의 Tencel 부직포에 대한 염색 견뢰도 향상을 위하여 이온성이 상이한 마찰견뢰도 증진제 2종을 사용하여 흡진법과 PDC식 방법으로 처리한 후 가공제의 종류와 농도 및 처리방법에 대하여 염료의 농도별로 실험하여 세탁 및 마찰 견뢰도를 비교하였다. 가공제의 처리 전에 비하여 가공제를 처리했을 경우 가공제의 이온성에 따라 차이를 나타내었으며 카치온계 마찰견뢰도 증진제인 RBP의 경우 비이온성 HPX에 비하여 습마찰 견뢰도가 0.5-1등급 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 흡진법과 PDC식으로 가공제를 처리했을 경우에는 흡진법으로 처리하는 것이 PDC로 처리하는 것에 비하여 낮은 K/S값을 나타내었으나 4등급 이상의 습마찰견뢰도를 확보할 수 있었다. 염료의 농도별로 RBP의 농도별로 batch식으로 처리했을 경우 염료의 농도와 무관하게 RBP의 농도가 증가할수록 습마찰견뢰도가 4-5등급으로 증가하는 것으로 나타났다.

따라서 염료의 농도에 무관하게 카치온계 견뢰도 증진제를 5g/L로 흡진법으로 처리하는 것이 최적으로 확인되었다.

감사의 글

본 논문은 2019년도 신한대학교 학술연구비 지원으로 연구되었음.

References

1. S. H. Youn and Y. J. Lim, Dyeing Reproducibility and Stability of Natural Dyes, *Fiber Technology and Industry*, **9**(2), 162(2005).
2. E. A. Kumbasar, "Natural Dyes", INTECH, Rijeka, pp.30-53, 2011.
3. M. Feiz and H. Norouzi, Dyeing Studies of Wool Fibers with Madder and Effect of Different Mordants and Mordanting Procedures on Color Characteristics of Dyed Samples, *Fiber and Polymers*, **15**(12), 2504(2014).
4. M. Yusuf, M. Shahid, M. I. Khan, S. A. Khan, M. A. Khan, and F. Mohammad, Dyeing Studies with Henna and Madder, *Journal of Saudi Chemical Society*, **19**(1), 64(2015).
5. D. Gupta, S. Kumari, and M. Gulrajani, Dyeing Studies with Hydroxyanthraquinones Extracted from Indian Madder, *Color Technol*, **117**, 333(2001).
6. N. Jahan and E. Datta, A Comparative Study on Dyeing of Cotton and Silk Fabric using Madder as a Natural Dye, *Journal of Polymer and Textile Engineering*, **2**(2), 5(2015).
7. R. M. El-Shishtawy, G. M. Shokry, N. S. E. Ahmed, and M. Kamel, Dyeing of Modified Acrylic Fibers with Curcumin and Madder Natural Dyes, *Fiber and Polymers*, **10**(5), 617(2009).
8. S. Rafique, S. P. Khattak, T. Hussain, B. Ahmad, and I. Seemi, Colour Fastness Properties of Polyester/cotton Fabrics Treated with Pigment Orange and Various Functional Finishes, *Asian Journal of Chemistry*, **27**(12), 4568(2015).
9. R. Prabhavathi, A. S. Devi, and D. Anitha, Improving the Color Fastness of the Selected Natural Dyes on Cotton(Improving the Sunlight Fastness and Washfastness of the Eucaluptus Bark Dye on Cotton), *Journal of Polymer and Textile Engineering*, **1**(24), 5(2014).
10. S. P. Khattak, S. Rafique, B. Ahmad, T. Hussain, and Z. E. H. Mujeeb, Evaluation of Fastness and Tensile Properties of Cotton Fabric Dyed with Root Extracts of Acacia Catechu by Pad-steam Procedure, *J. Sc. and Tech. Univ. Peshawar*, **37**(2), 59(2013).
11. T. Rossi, M. C. Arujo, J. O. Brito, and H. S. Freeman, Wash Fastness of Textile Fibers Dyed with Natural Dye from Eucluptus Wood Steaing Waste, *International Scholarty and Scientific Research and Innovation*, **9**(7), 11(2015).
12. K. Kang, S. D. Kim, Y. H. Kim, D. I. Ryu, B. G. Kim, W. H. Park, Y. S. Shin, K. H. Oh, M. S. Lee, and J. H. Jang, "Functional Textile Finish", Gyomoonsa, Seoul, pp.10-14, 2012.

Authors

이범훈 신한대학교 섬유소재공학과 교수