

2욕2단 염색공정에서 메타아라미드 편성물의 염색 및 이염 특성

The Dyeability and Migration Properties of *m*-aramid Fabric Using Two Bath Two Step Dyeing Process

*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 09, 2021

Revised_September 16, 2021

Accepted_September 18, 2021

Textile Coloration and Finishing

TCF 33-3/2021-09/97-104

© 2021 The Korean Society of
Dyers and Finishers

Abstract In this study, the dyeability of *m*-aramid fabric with various cationic dyes using two bath two step dyeing method were investigated. The exhaustion properties of Doracryl series recommend for aramid(Doracryl[®] Red GL 100%(DR), Doracryl[®] Blue GL 300%(DB), Doracryl[®] Yellow XGRL 200%(DY)) and commercial cationic Synocryl series(Synocryl[®] Red GRL ED(SR), Synocryl[®] Blue GSL ED(SB), Synocryl[®] Yellow 3RL ED(SY)) for acrylic were measured by using Dye-O-meter. In the presence of carrier, the exhaustions of Doracryl series were higher to those of Synocryl series and the opposite phenomenon was observed in the absence of carrier. And the severe migrations of cationic dyes to acetate, nylon and wool fabrics were observed without carrier.

Keywords *m*-aramid, carrier, migration, cationic dyes, fastness

1. 서 론

외부환경으로부터 인체를 보호하고자 하는 보호복에 대한 요구가 증가하고 있으며 애슬레저(athleisure) 인구의 증가로 외부 활동에 편안하고 패션성을 가진 제품이 출시되고 있다. 따라서 보호복 제조를 위해서는 섬유의 염색은 필수적이라고 할 수 있다. 보호복 소재로 사용되고 있는 다양한 섬유들 중 메타아라미드 섬유는 절연성, 내화학성 및 내열성을 갖고 있기 때문에 보호복뿐만 아니라 작업복의 소재로도 많이 사용되고 있다. 그러나 고분자 사슬의 높은 결정화도와 고분자 구조의 높은 배향도, 높은 유리전이 온도 때문에 염색이 매우 어려운 것으로 알려져 있다.^{1,2)}

최근에는 DMSO(Dimethylsulfoxide) 또는 NMP(N-Methyl-2-Pyrrolidone) 등과 같은 극성용매를 사용하여 프린팅 방식을 적용하기도 하지만 대부분은 원사 생산업체에서 원액염색을 통해 제조한 원착사를 사용하거나 후염 방법으로 분산염료나

염기성 염료를 이용한 고온염색법을 통하여 다양한 색상의 원단을 생산하고 있다³⁻¹¹⁾.

그러나 메타아라미드는 염색성이 떨어지고 가격이 높기 때문에 가격이 저렴한 천연섬유나 합성섬유를 혼방하여 사용하는 경향이 있다. 특히 면이나 레이온의 경우 난연 특성이 메타아라미드에 비하여 떨어지거나 혼방하여 적용할 경우 착용감과 동시에 편의성이 증가함에 따라 소방대원의 작업복 소재로 많이 적용되고 있다.

한편, 이종 소재가 혼방된 복합 소재를 염색하는 경우 통상 1욕2단 혹은 2욕2단법을 사용하여 염색하고 있으며 염료의 종류 및 방법에 따라 이종 섬유의 이염에 따른 견뢰도 및 색상 발현에 대한 어려움이 있다.

본 연구에서는 일반적으로 아크릴이나 CDP(Cation Dyeable Polyester)에 적용되고 있는 염기성염료와 아라미드 전용으로 출시되고 있는 염기성염료의 흡진 특성을 확인하고 2욕2단 조건에서 염색할 경우 2욕의 조성 및 2단 공정 수행에 따른 이염성과 염색성 변화를 고찰하였다.

2. 실 험

2.1 시료

기존 메타 아라미드보다 염색성을 개선한 100% *m*-Aramid (Meta-one 1.50denier 51mm, Huvis Co., Korea)로 구성된 20수 방적사를 사용하여 22G/G 환편기를 사용하여 135g 중량의 싱글 조직으로 편직한 편직물(AMD)을 정련하여 사용하였다.

2.2 염료 및 시약

아라미드 염료로 사용되고 있는 Achroma사의 3원색 염료 Doracryl® Red GL 100%(DR), Doracryl® Blue GL 300%(D B), Doracryl® Yellow XGRL 200%(DY) 및 일반적으로 아크릴 섬유의 염색 및 CDP(cationic dyeable polyester) 원단에 적용되고 있는 양이온성을 갖는 경인양행의 염기성염료 Synocryl® Red GRL ED(SR), Synocryl® Blue GSL ED(SB), Synocryl® Yellow 3RL ED(SY)를 사용하였다. 캐리어 (Doracel NMX II) 및 분산안정제(Doragal PKA)는 서우캠텍(쑤)에서 공급받아 사용하였으며 중성염인 Na₂NO₃(Sodium nitrate, 99%, Duksan, Korea)은 시약급을 구매하여 사용하였다.

2.3 염색

메타아라미드/FR-레이온 혼방물의 염색조건인 2욕2단으로 IR염색기(DL-6000, DAELIM STARLIT, Korea)에서 액비 1:10으로 진행하였다. 1단에서는 아라미드 염색조건으로 40°C에서 90°C까지 1.5°C/min의 속도로 130°C까지는 1°C/min의 속도로 승온한 후 130°C에서 60분간 유지한 후 80°C로 냉각한 후 잔액을 비우고 2단에서는 염료를 사용하지 않고 10g/L의 황산나트륨과 5g/L의 탄산나트륨만 투입하여 40°C에서 80°C까지 1.0°C/min의 속도로 승온한 후 80°C에서 40분간 유지한 후 60°C까지 냉각하여 염색을 실시하였다. 또한 염색성은 메타아라미드(AMD) 편직물을 단독으로 투입하여 2욕2단 공정을 수행하여 캐리어의 농도, 중성염의 농도 및 pH 변화에 따른 특성을 고찰하였으며 최적 조건에서 빌드업성을 평가하여 판단하였다. 또한 2단의 염색조건이 메타아라미드 염색성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 2욕에 탄산나트륨과 황산나트륨을 투입한 알칼리 조건과 증류수만으로 진행한 것을 1단 염색 후 측색한 겉보기 염착량과 비교하여 분석하였다.

다양한 소재에 대한 이염성을 간접적으로 평가하기 위하여 다섬교직포(AATCC, MFF10)를 염료를 사용하지 않고 10g/L의 황산나트륨과 5g/L의 탄산나트륨만 투입한 2욕 조건에서 2단 공정을 수행하여 염기성염료의 이염 정도를 육안으로 확인하였다.

2.3.1 흡진성

염료의 종류 및 캐리어의 투입 여부에 따른 흡진 거동은 염

료의 농도를 2%owf로 하고 액비 1:20의 조건에서 1단의 조건에서 Dye-O-meter(ATI Unicam UV/Vis spectrometer, UK)를 사용하여 확인하였다.

2.3.2 캐리어의 농도에 따른 염색

염료농도 1%owf, 캐리어 20g/L, 안정제 1g/L, pH 4, 액비 10:1의 조건에서 캐리어의 농도를 0, 10, 20, 40, 60g/L로 변화시켜가며 2욕2단 조건에서 캐리어의 농도에 영향을 받는 정도를 확인하였다. 이 때 2욕은 염료를 사용하지 않고 10g/L의 황산나트륨과 5g/L의 탄산나트륨만 첨가하였다.

2.3.3 중성염(sodium nitrate)의 농도에 따른 영향

염료농도 1%owf, 중성염 10g/L, 안정제 1g/L, pH 4, 액비 10:1의 조건에서 중성염의 농도를 0, 5, 10, 20g/L로 변화시켜가며 2욕2단 조건에서 중성염의 농도에 영향을 받는 정도를 확인하였다. 이 때 2욕은 염료를 사용하지 않고 10g/L의 황산나트륨과 5g/L의 탄산나트륨만 첨가하였다.

2.3.4 pH의 영향

염료농도 1%owf, 캐리어 20g/L, 중성염 10g/L, 안정제 1g/L 액비 10:1의 조건에서 염료의 pH를 4, 6, 8 및 증류수로 변화시켜 2욕2단 조건에서 pH에 영향을 확인하였다. 이 때 2욕은 염료를 사용하지 않고 10g/L의 황산나트륨과 5g/L의 탄산나트륨만 첨가하였다.

2.3.5 빌드업성

캐리어 20g/L, 중성염 10g/L, 안정제 1g/L, pH 4에서 액비 10:1의 조건에서 염료 농도를 0.25, 0.5, 1, 2, 4%owf로 증가시키며 2욕2단 조건에서 빌드업성을 평가하였다. 이 때 2욕은 염료를 사용하지 않고 10g/L의 황산나트륨과 5g/L의 탄산나트륨만 첨가하였다.

2.4 측색

2욕2단 염색과정에서 표면염착량 변화를 확인하기 위하여 1단의 염색이 끝난 메타아라미드 편직물(AMD)을 흐르는 물에 씻은 후 자연 건조한 샘플(BS)과 2욕에서 염료와 조제를 넣지 않고 2단 공정을 실시한 샘플(HW), 2욕에서 염료를 넣지 않고 조제만 투입한 조건으로 2단 염색공정을 실시한 샘플(AK)의 K/S값을 D65광원, 관측시야 10°의 조건으로 측색기(X-rite 8200, USA)를 사용하여 확인하였다.

2.5 견뢰도

마찰견뢰도는 KS K ISO 105-X12 : 2016(크로코미터법)에 따라, 세탁견뢰도는 KS K ISO 105-C06(A1S) 방법에 따라 실시하였다.

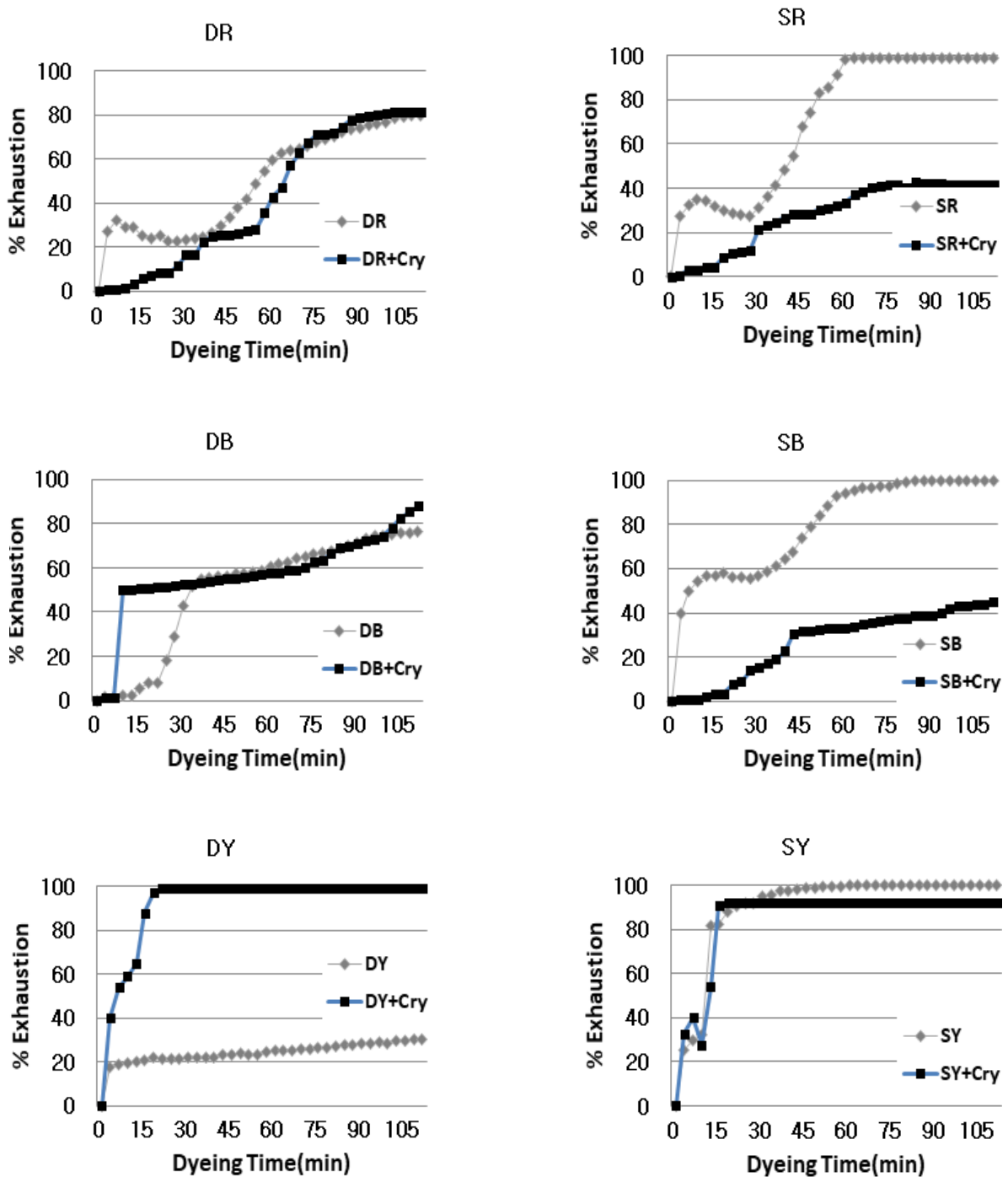


Figure 1. Effect of dyeing time on %exhaustion of basic dyes.

3. 결과 및 고찰

3.1 흡진거동

염료의 종류 및 캐리어의 투입 여부에 따른 흡진 거동은 염료의 농도를 2%owf로 하고 액비 1:20의 조건에서 40°C에서

90°C까지 1.5°C/min의 속도로 130°C까지는 1°C/min의 속도로 승온한 후 130°C에서 60분간 유지하며 Dye-O-meter(ATI Unicam UV/Vis spectrometer, UK)를 사용하여 실시간으로 확인한 결과를 Figure 1에 나타내었다.

염료의 색상 및 종류와 무관하게 100°C 정도 승온하는 과정 중에서는 흡진곡선의 불규칙성이 심하게 관찰되었다. 이는 염기성염료의 용해도가 일반적으로 떨어지기 때문에 염색 초기

염액의 균일성이 상대적으로 낮아 흡광도에 영향을 미치는 것으로 판단된다¹²⁾. 이후 130°C 온도 영역에서는 흡진율이 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

캐리어의 첨가 유무에 따라서는 염료의 종류(Doracryl series, Synocryl series)에 따라 확연한 차이가 관찰되었다. 일반적으로 아크릴 섬유의 염색 및 CDP(cationic dyeable polyester) 원단에 적용되고 있는 양이온성을 갖는 경인양행의 염기성염료 3원색의 경우 색상에 무관하게 SR, SB, SY 모두 캐리어의 첨가를 하지 않았을 경우 흡진율이 98% 이상 나타났으며 캐리어를 첨가했을 경우 SY의 경우에서만 90% 수준의 흡진율을 보였으며 SR, SB의 경우 흡진율이 50%에 도달하지 못하는 것을 확인할 수 있었다.

그러나 Doracryl series의 경우 캐리어를 투입하지 않았을 때보다 캐리어를 투입했을 때 흡진율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 염기성염료의 경우 일반적으로 유기용매에 대한 용해성이 높고, 물에 대한 용해도가 떨어지며 산성 영역에서는 염료의 양이온과 H⁺ 이온의 경쟁반응으로 섬유로의 흡진에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 업체별 염료의 분자구조를 확인할 수 없으나 흡진 특성을 고찰해 보면 Doracryl series의 경우 캐리어를 첨가했을 때 흡진이 유사하거나 큰 것은 염료의 크기 및 메타 아라미드에 대한 친화력이 산성영역 및 캐리어 첨가 유무에 상관없이 안정적인 것으로 판단된다.

한편 일반적인 아크릴이나 CDP에 사용되는 Synocryl series의 경우 캐리어를 첨가하지 않아도 섬유에 대한 직접성이 커서 섬유 표면에 흡착되는 경향이 클 것으로 판단되며 캐리어 첨가시 흡진율이 떨어지는 것은 물과 캐리어 혼합액이 염료의 용해도를 증가시키거나 메타 아라미드 섬유의 친화력보다 큰 것에 기인하기 보다는 캐리어가 염료의 표면 흡착을 방해한다는 선행 연구¹³⁾ 결론과 일치하는 현상이 나타난 것으로 보아 메타 아라미드용 염료를 선정할 때 유의해야 할 것으로 판단된다. 따라서 염료 구조에 따른 연구가 추가로 필요할 것으로 판단되어 후속 연구를 수행할 계획이며 본 연구에서는 Doracryl series를 사용하여 염색성과 이염성을 평가하였다.

3.2 캐리어의 농도에 따른 염색

염료농도 1%owf, 캐리어 20g/L, 안정제 1g/L, pH 4, 액비 10:1의 조건에서 캐리어의 농도를 0, 10, 20, 40, 60g/L로 변화시켜가며 2욕2단 조건에서 캐리어의 농도에 영향을 받는 정도를 확인한 결과를 Figure 2에 나타내었다.

색상에 무관하게 캐리어의 농도가 증가할수록 K/S값이 증가하였고, 80°C에서 40분간 수행된 2단 공정이 끝난 후 1단 공정이 끝난 샘플(BS)에 비하여 캐리어의 농도 및 알칼리의 유무에 무관하게 다소 떨어지는 경향을 보이는데 이는 2단 공정이 침투하지 못한 표면의 염료를 제거한 현상인 것으로 판단된다. 이러한 현상은 캐리어의 농도가 높은 경우 격차가 더 확인되었는데 1욕을 배수할 때 제거되지 못한 캐리어가 섬유 내부에 존재하다가 2단 공정에서 염료와 함께 빠져나오기 때문인 것으로 추정된다. 특히 이러한 현상은 2욕이 알칼리인 조건에서 더 관찰되었으며 약알칼리 조건이 중화효과와 함께 미고착된 염료를 제거하는 역할을 수행하는 것으로 2욕 조건이 이염 및 견뢰도

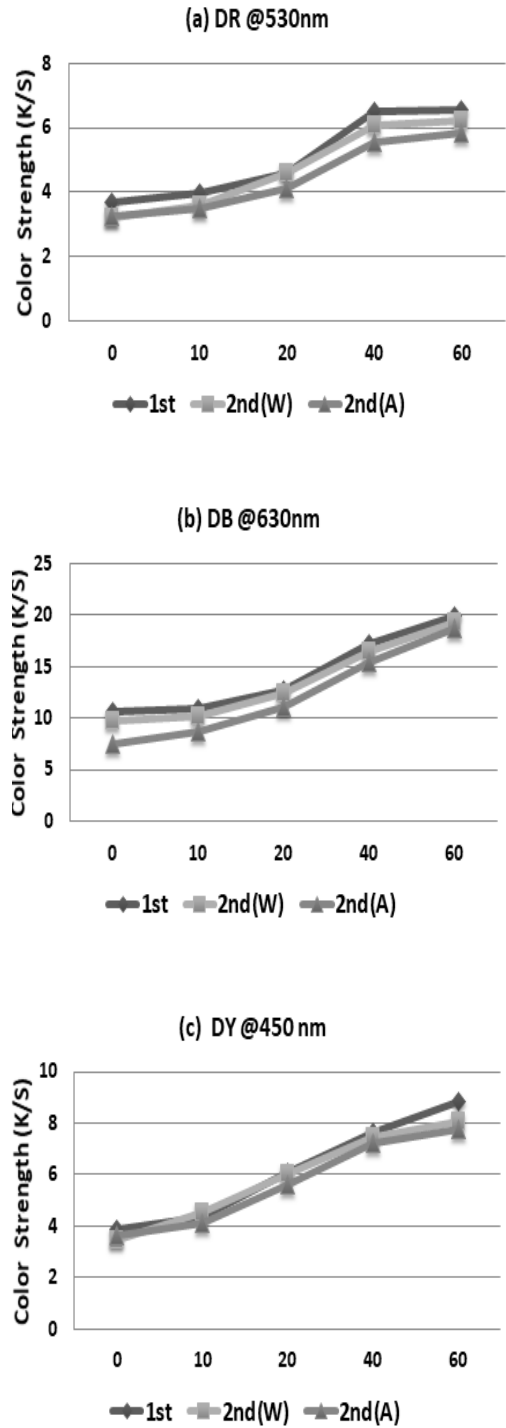


Figure 2. Effect of carrier concentration on K/S values of 2nd bath condition.

를 증진시키는 데 유리할 것으로 기대된다.

3.3 중성염(sodium nitrate)의 농도에 따른 염색

염료농도 1%owf, 캐리어 20g/L, 안정제 1g/L, pH 4, 액비

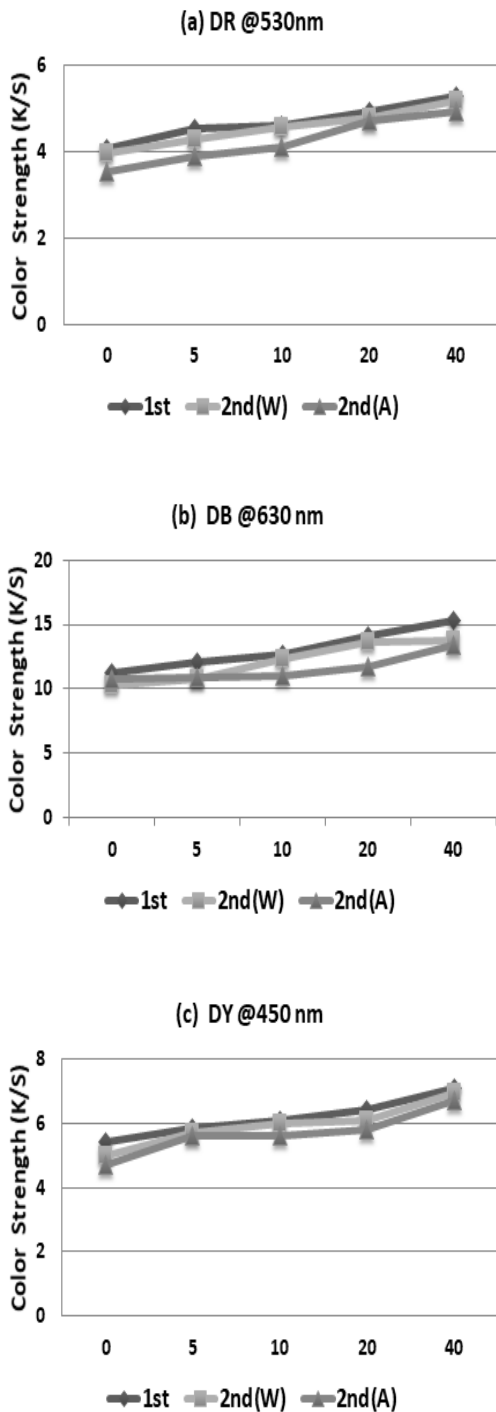


Figure 3. Effect of sodium nitrate concentration on K/S values of 2nd bath condition.

10:1의 조건에서 중성염의 농도를 0, 5, 10, 20g/L로 변화시켜 가며 2욕2단 조건에서 중성염의 농도에 영향을 받는 정도를 확인한 결과를 Figure 3에 나타내었다.

중성염의 농도가 증가할수록 표면염착량이 다소 증가하는 것으로 확인되었다. 2단 공정에서 표면염착량이 다소 떨어지게 되고 2욕의 조건에 따른 영향은 크게 없는 것으로 나타났다.

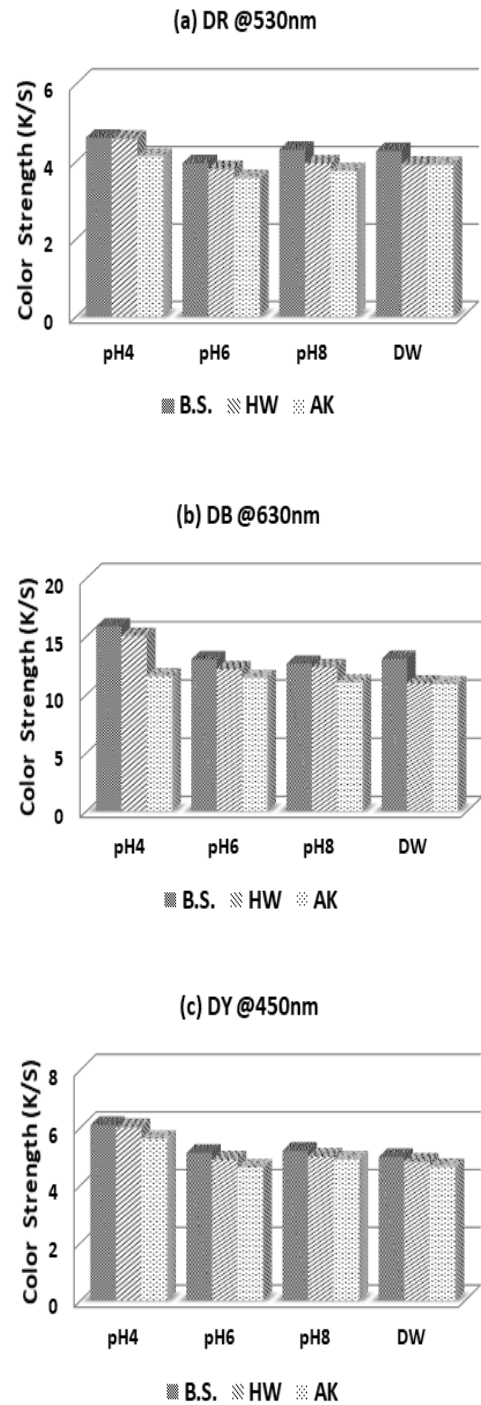


Figure 4. Effect of dye bath pH on K/S values of 2nd bath condition.

3.4 pH에 따른 염색

염료농도 1%owf, 캐리어 20g/L, 중성염 10g/L, 안정제 1g/L, 액비 10:1의 조건에서 염욕의 pH를 4, 6, 8 및 증류수로 변화시켜 2욕2단 조건에서 pH에 영향을 확인한 결과를 Figure 4에 나타내었다.

일반적으로 염기성염료는 약산성인 pH 5.5 부근에서 아세트

산과 아세트산염의 완충용액으로 pH를 조절하여 염색하는 것으로 알려져 있으며 pH가 낮아질 경우 염색중의 H⁺ 이온 농도가 증가하게 되어 염료의 양이온과 경쟁반응을 통해 균염성이 증가하는 것으로 알려져 있다. pH가 4에서 K/S값이 가장 높게 나왔으며 약산성, 중성 및 약알칼리 조건에서는 미비하지만 다소 떨어지는 경향으로 확인되었다. 특히 알칼리 조건에서는 염료의 양이온과 수산화 음이온이 결합하여 염료의 용해도를 떨어뜨리거나 침전 및 염료의 구조 변화에 기인한 친화력이나 색상 변화를 초래할 수 있으므로 2욕의 알칼리 조건에서의 영향이 크게 받을 것으로 예상되었으나 pH 8의 약 알칼리 조건에서 증류수를 사용한 경우와 유사한 결과가 확인되었다.

3.5 빌드업성

캐리어 20g/L, 중성염 10g/L, 안정제 1g/L, pH 4, 액비 10:1의 조건에서 염료 농도를 0.25, 0.5, 1, 2, 4%로 증가시키며 2욕2단 조건에서 빌드업성을 평가한 결과를 Figure 5에 나타내었다.

염료의 농도가 증가함에 따라 표면염착량이 증가하는 것을 확인할 수 있었으며 염착량이 증가해도 2욕 조건에 무관하게 크게 떨어지지 않는 것을 확인할 수 있었으며 캐리어 함량을 증가시킬 경우 4% 이상의 중농색을 염색하는 것에도 크게 문제가 없을 것으로 기대된다.

3.6 견뢰도 및 이염특성

2욕2단 염색과정에서 표면염착량 변화를 확인하기 위하여 1단의 염색이 끝난 메타아라미드 편성물(AMD)을 흐르는 물에 씻은 후 자연 건조한 샘플(BS)과 2욕에서 염료와 조제를 넣지 않고 2단 공정을 실시한 샘플(HW), 2욕에서 염료를 넣지 않고 조제만 투입한 조건으로 2단 염색공정을 실시한 샘플(AK)의 K/S값을 비교하여 이염특성을 확인하였다. 특히 염료의 흡진곡선에서 캐리어의 유무에 무관하게 흡진곡선이 유사하게 나타났으나 캐리어의 농도가 증가할수록 K/S값이 증가하는 현상이 나타났기 때문에 표면에 흡진되어 있는 염료의 양과 섬유 내부로 침투된 염료의 양이 캐리어의 함량에 따라 차이가 있을 것으로 판단되므로 1단 및 2단 공정중에 확보한 샘플의 세탁견뢰도를 캐리어 유무에 따라 이염특성을 확인하였다.

캐리어의 존재하에서 1단 염색이 끝난 샘플의 세탁견뢰도를 확인한 결과 DB의 경우 나일론에서 4등급이 나온 것 이외 모두 4-5등급으로 우수한 세탁견뢰도를 가지는 것을 확인할 수 있었으며 세탁 후 변색 및 건/습 마찰견뢰도 역시 4-5등급으로 우수하게 나타났다. 그러나 캐리어를 첨가하지 않았을 경우 세탁견뢰도의 사용할 수 없는 수준으로 낮게 나왔으며 특히 나일론과 양모의 경우 1-2등급으로 현격히 낮은 것으로 Table 1에 확인되었다.

한편 2단 공정을 거친 후 세탁견뢰도를 평가해 보면 캐리어가 있을 경우 모두 4-5등급으로 우수하게 나타났으며 캐리어를 사용하지 않았을 경우 1단 공정만 거친 결과 대비 1등급 정도 높게 Table 2에 확인되었다. 또한 다양한 소재에 대한 이염성을 간접적으로 평가하기 위하여 2단에서 다섬교직포(AATCC,

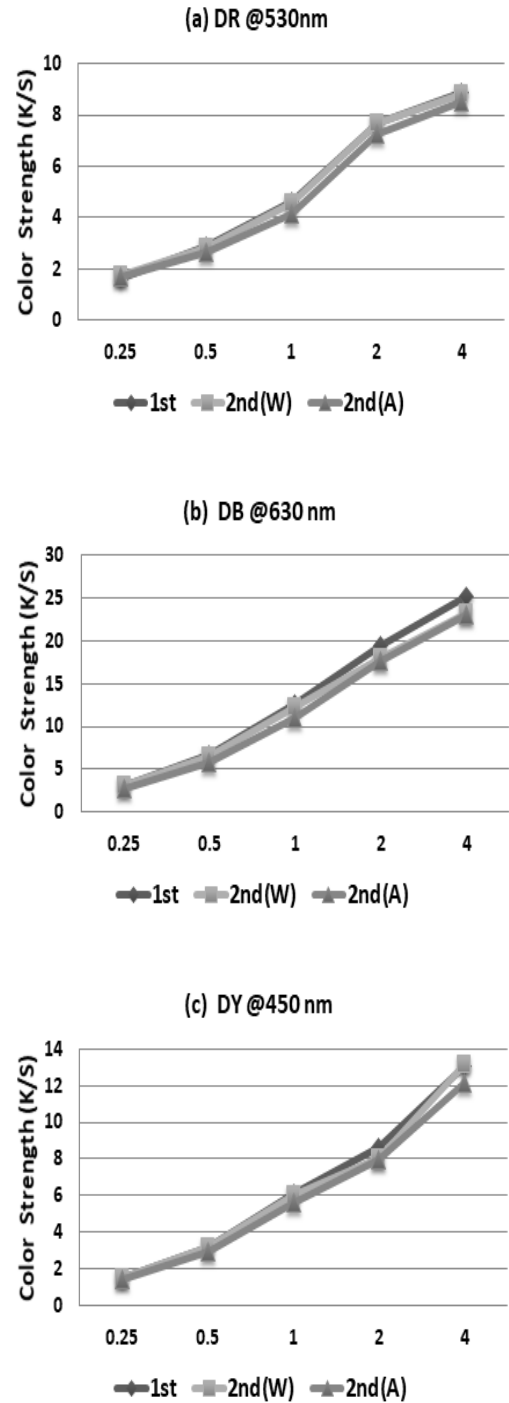


Figure 5. Effect of dye concentration on K/S values of 2nd bath condition.

MFF10)를 염료를 사용하지 않고 10g/L의 황산나트륨과 5g/L의 탄산나트륨만 투입한 2욕에서 이염의 정도를 육안으로 확인한 결과 캐리어를 사용하지 않은 경우 염료의 흡진도가 떨어지지만 2단 공정 중 타 소재로의 이염이 현격하게 많이 일어나는 것을 확인할 수 있었으며 아세테이트, 나일론 및 양모의 경우 그 정도가 심한 것으로 Table 3에 확인되었다.

Table 1. Colorfastness of AMD dyed with cationic dyes after 1st step

1 st Step	Dye	Shade	Washing						Rubbing	
			Stain						Dry	Wet
			Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acrylic	Wool		
With carrier	DR	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	DB	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	DY	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Without carrier	DR	4	3-4	3-4	2	4-5	4	2	4	3-4
	DB	3	2-3	2-3	1-2	4-5	4	2	3-4	3
	DY	4-5	4-5	4	4	4-5	4-5	4	4-5	4

Table 2. Colorfastness of AMD dyed with cationic dyes after 2nd step

2 nd Step	Dye	Shade	Washing						Rubbing	
			Stain						Dry	Wet
			Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acrylic	Wool		
With carrier	DR	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	DB	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	DY	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Without carrier	DR	4	4-5	4	2-3	4-5	4	3-4	4	4
	DB	4	3-4	3-4	2-3	4-5	4	2-3	4	3-4
	DY	4-5	4-5	4	4	4-5	4-5	4	4-5	4

Table 3. Staining grades of AMD dyed with cationic dyes after 2nd step

2 nd Step	Dye	Shade	Stain					
			Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acrylic	Wool
With carrier	DR	4-5	4	4	3	4	4	3
	DB	4-5	3	3	2	3	4-5	3
	DY	4-5	3	4	2-3	4	3-4	3
Without carrier	DR	3	1-2	4	1	4	2	1
	DB	2	1	1-2	1	1-2	4	2
	DY	3-4	1-2	2-3	1	2-3	2	1

이는 캐리어가 없는 경우 섬유 표면에 흡착은 하지만 내부로는 침투하지 못한다는 것을 확인할 수 있었으며 염기성염료와 친화성이 있는 소재인 나일론과 양모의 경우 오염 정도가 더 높기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결 론

이종 섬유와 혼방된 양이온성 염료를 사용한 메타 아라미드

섬유의 2욕2단 공정에서 염색성과 이염성을 확인하였다. 일반적으로 아크릴이나 CDP에 적용되는 염료와 아라미드 전용 염료로 출시된 상업용 염료의 경우 캐리어의 유무에 따른 흡진특성이 상이한 것을 확인하였다. SR, SB, SY 모두 캐리어의 첨가를 하지 않았을 경우 흡진율이 98% 이상 나타났으며 캐리어를 첨가했을 경우 SY의 경우에서만 90% 수준의 흡진율을 보였으며 SR, SB의 경우 흡진율이 50%로 떨어졌고 DR, DB의 경우 캐리어 투입유무에 무관하게 80% 이상의 흡진율을 나타냈으며 DY의 경우 캐리어를 투입하지 않았을 때 30% 수준의 흡진율이 캐리어를 투입하였을 때 95% 이상의 높은 흡진율을 보였다.

캐리어 투입 유무에 따른 소재별 이염특성을 확인한 결과 캐리어를 투입하지 않았을 때 2단 염색 공정 중 아세테이트, 나일론 및 양모 섬유로의 이염이 특히 높아지는 것을 확인하였다. 캐리어의 농도, 중성염의 농도, 염욕의 pH 및 염료의 농도에 변화가 있을 경우 정도의 차이는 있었으나 전반적으로 80°C 40분간 2단 공정을 수행한 경우 수세 효과에 의한 표면염착량이 10% 내외로 감소되는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 2021년도 신한대학교 학술연구비 지원으로 연구되었음.

References

1. E. A. Manyukov, S. F. Sadova, N. N. Baeva, and V. A. Platonov, Study of Dyeing of Themostable *para/meta*-Aramid Fiber, *Fibre Chemistry*, **37**(1), 54(2005).
2. R. A. F. Moore and H. D. Weighmann, Dyeability of Nomex Aramid Yarn, *Textile Res. J.*, **56**, 254(1986).
3. S. Hussamy, US Patent Number 4705527(1987).
4. A. Nechwatal and V. Rossbach, The Carrier Effect in the *m*-Aramid Fiber/Cationic Dye/Benzyl Alcohol System, *Text. Res. J.*, **69**(9), 635(1999).
5. D. Sheng, Y. Wang, X. Wang, X. Lu, S. Jiang, H. Pan, G. Cao, and W. Xu, Low-temperature Dyeing of meta-Aramid Fabrics Pretreated with 2-phenoxyethanol, *Color. Technol.*, **133**(4), 320(2017).
6. E. Kim and J. H. Choi, Dyeing Properties and Color Fastness of 100% meta-Aramid Fiber, *Fiber. Polym.*, **12**(4), 484(2011).
7. M. R. Kim, H. D. Kim, and J. J. Lee, Dyeing and Fastness Properties of Vat Dyes on meta-Aramid Woven Fabric, *Fiber. Polym.*, **14**(12), 2038(2013).
8. N. Vu and S. Michielsen, Near Room Temperature Dyeing of *m*-Aramid Fabrics, *J. Appl. Polym. Sci.*, **136**(45), 48190(2019).
9. K. Opwis, B. Celik, and R. Benken, Dyeing of *m*-Aramid Fibers in Ionic Liquids, *Polymers*, **12**(8), 1824(2020).
10. H. Zheng and L. Zheng, Dyeing of meta-Aramid Fibers with Disperse Dyes in Supercritical Carbon Dioxide, *Fiber. Polym.*, **15**(8), 1627(2014).
11. H. D. Zheng, J. Zhang, J. Yan, and L. J. Zheng, Investigation on the Effect of Carriers on meta-Aramid Fabric Dyeing Properties in Supercritical Carbon Dioxide, *RSC Adv.*, **7**, 3470(2017).
12. N. S. Kim, "Dyeing Chemistry", Kyomoonso, Seoul, pp.125-129, 1996.
13. J. P. Kim and S. M. Burkinshaw, Consideration on the Action of Carriers in the Cationic Dye bath, *J. Korean Fiber Society*, **28**(8), 19(1991).

Authors

이범훈 신한대학교 섬유소재공학과 교수