

## 초임계 유체 염색용 염료에 따른 Nylon 섬유의 염색 특성 (2) : C.I. Disperse Yellow 42, C.I. Disperse Orange 155

### A Study of Dyeing Properties of Nylon Fabrics under Supercritical CO<sub>2</sub> Depending on Dyestuff (2) : by C.I. Disperse Yellow 42, C.I. Disperse Orange 155

\*Corresponding author

Hyunseuk Choi  
(span17@dyetec.or.kr)

최현석\*, 김훈민, 이정언<sup>1</sup>, 박신<sup>2</sup>, 김태영<sup>2</sup>

DYETEC 연구원 기능성소재연구단, <sup>1</sup>경북대학교 바이오섬유소재학과, <sup>2</sup>(주)대주기계

Hyunseuk Choi\*, Hunmin Kim, Jungeon Lee<sup>1</sup>, Shin Park<sup>2</sup> and Taeyoung Kim<sup>2</sup>  
Korea Dyeing and Finishing Technology Institute, Daegu, Korea

<sup>1</sup>Department of Bio-Fibers and Materials Science, Kyungpook National University, Daegu, Korea

<sup>2</sup>Daejoo Machinery, Daegu, Korea

Received\_March 02, 2021

Revised\_March 15, 2021

Accepted\_March 19, 2021

Textile Coloration and Finishing

TCF 33-1/2021-03/31-39

© 2021 The Korean Society of  
Dyers and Finishers

**Abstract** In this study, the dyeing properties of supercritical fluid dyed nylon fabrics were investigated which use two types of dyes for dyeing nylon. For other dyeing conditions were referred to related literature, and dyeing was performed with different dyeing concentrations. Dyeability was confirmed through measurement of washing fastness and color coordinate, and a calibration curve of each dye was drawn up and the absorbance of the residual dye was measured to confirm the amount of residual dye and the dye exhaustion rate at the corresponding concentration. As a result of color difference measurement, the color intensity increased as the concentration increased, but the increase was insignificant at high concentration. This tendency was more obvious in C.I. Disperse Orange 155 than in C.I. Disperse Yellow 42. The dye absorption rate also decreases as the concentration increases, but at 0.85% o.w.f concentration, C.I. Disperse Yellow 42 was 97.29% and C.I. Disperse Orange 155 was 93.77%. For both dyes, the wash fastness dropped by 0.5 to 1 class from the sample that was dyed at a concentration of 0.5% o.w.f in the wash fastness test.

**Keywords** supercritical fluid, dyeing concentration, dyeability, nylon, residual dye

## 1. 서 론

초임계유체란 임계 온도 및 압력 이상에서 존재하는 물질의 상태를 의미하며, 점성과 표면장력이 낮은 특징 때문에 확산성과 침투력이 우수하여 다양한 분야에서 효과적으로 사용되고 있다. 초임계상태의 유체는 액체와 유사한 밀도를 가지므로 액체용매와 비교할 때 용해력에 큰 차이가 없으며, 고온, 고압에서 용해력이 현저히 증가하는 특징을 가지고 있다.

현재 참기름 추출 등 식품가공분야, 초임계 염색, 목재방부제

함침, 약물 입자 제조, Dry Cleaner 등 다양한 분야에 이용되고 있으며, 이 중 이산화탄소 초임계 유체를 이용한 초임계 염색 기술이 대두되어 활발한 연구가 진행되고 있다<sup>1-10)</sup>. 초임계상태의 이산화탄소는 염료에 대한 용해도가 우수해 분산제 없이도 충분한 염색성을 나타낸다. 또한 초임계 이산화탄소 내 염료의 확산계수가 커 초임계이산화탄소에 녹아 있는 염료가 섬유의 표면까지 쉽게 전달 및 흡착되며, 적은 계면장력으로 염료가 섬유 내로 쉽고, 빠르게 확산되는 장점을 가지고 있다. 인체에 무해하고 화학적으로 안정하다는 특징 또한 이산화탄소 초임계 유체가 섬유의 염색 적용에 큰 가능성을 가지고 있음을

시사한다.

초임계 유체를 이용한 염색 기술은 기존의 염색방법과는 전혀 다른 새로운 개념의 염색기술이며, 초임계 유체가 용매역할을 하여 물을 대체하기 때문에 염색 후, 섬유의 건조 공정이 필요하지 않고, 초임계 유체의 비열이 낮아 에너지 소비량을 절감할 수 있으므로 에너지를 크게 절약할 수 있는 염색법으로 알려져 있다. 또한 염색공정 중 순수한 염료 이외의 분산제나 계면활성제와 같은 첨가제를 필요로 하지 않으며, 이산화탄소 회수를 또한 95% 이상이므로 기존 염색공정의 문제점 중 하나인 폐수를 발생시키지 않고 염색할 수 있는 친환경적인 염색법이다. 특히 무극성 분자인 이산화탄소는 분산염료를 녹이는데 용이하기 때문에 초임계 염색공정에 적용하기 적합한 유체로 알려져 있다<sup>11,12)</sup>. 초임계 염색공정은 물대신 용매로 이산화탄소 초임계 유체를 사용하지만 수계 염색과 마찬가지로 팽윤된 섬유조직 내부로 염료를 침투시켜 비결정영역과 결합하게 하고, 용매인 초임계 이산화탄소가 빠져 나온 뒤 감온시키면 팽윤현상이 소멸되어 염료가 섬유조직 내부에 갇히면서 염색이 이루어진다. 이 때 사용한 이산화탄소는 저장조로 회수시켜 재사용할 수 있다<sup>13)</sup>.

초임계 유체 염색 기술은 1993년 독일의 Schollmeyer 교수팀에 의해 제안되었으며, 이후 1996년 독일 Ude社에서 Ciba社와의 공동연구를 통해 Pilot Scale의 초임계 염색기가 개발된 것부터 시작되었다<sup>11,12)</sup>. 이후 미국, 일본 등이 높은 수준의 고압기술을 앞세워 초임계 염색에 대한 다양한 연구를 진행하였지만, 상용가능한 염색기는 구성 및 제조 과정에서 필요한 고압기기의 높은 가격으로 경제성의 한계로 인해 기술개발 속도가 늦어졌다.

그러나 고압기기 제작기술의 발전과 '필환경(Green Survival)'의 시대로 접어들면서 2012년 네덜란드 'DyeCoo社'에서 상업용 초임계 유체 염색기가 최초 개발 되었다. 그 뒤 나이키, 아디다스 등 글로벌 브랜드에서 초임계 염색 기술 적용 제품을 출시하면서 다시 주목받게 되었다<sup>13-24)</sup>.

최근 국내에서도 초임계 염색 기술을 적용하기 위한 연구가 기업, 학교 및 연구기관을 중심으로 진행되었고, 1990년 대 말에서 2000년 대 초에 들어서 실험용 Pilot Scale의 초임계 염색설비가 개발 되었지만 이후 상용화를 위한 후속 연구진행이 정체되었다<sup>18)</sup>. 특히 해당 연구는 현재까지 PET 섬유염색에 집중되어 있으며, Nylon 염색은 대학이나 연구소 등에서 일부 기

초적인 연구만 이루어지고 있다.

본 연구에서는 이러한 점을 극복하기 위하여 Nylon 초임계 염색용 염료의 염색특성을 염료 농도별 염색 및 분석을 통해 Nylon 섬유 염색에 적합한 초임계용 염료 및 염색 조건의 확립을 도모하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 설비

초임계 유체 염색 용매로는 이산화탄소(순도 99.9 %)를 사용하였으며, 염색 시료는 정련 된 Nylon Double Knit를 사용하였다. 염색 시료는 동일한 중량(7 g)을 사용하여 염색하였으며, 염색에 사용된 C.I. Disperse Yellow 42(초임계 염색용), C.I. Disperse Orange 155(초임계 염색용) 염료는 아크로마코리아(주)로부터 제공받았다. 현재 초임계 염색용 염료는 모두 PET 섬유 염색용이며, Nylon섬유 염색용 중 상용화 가능한 염료는 10종 이내로 이중 2종을 선택하여 염색실험을 진행하였다. 해당 염료의 구조식을 Figure 1에 나타내었다. 실험에 사용된 초임계 염색용 염료는 수계염색 시 사용하는 염료와 달리 계면활성제, 분산제 등이 첨가되지 않은 순수한 염료만 합성한 것인데, 초임계 유체의 높은 용해성으로 인해 분산제가 없어도 염료가 잘 용해된다. 염색설비는 Lab. Scale 초임계 염색기를 사용하였으며, Lab. Scale 염색기는 (주)대주기계에서 개발한 설비를 사용하였다. 사용된 시료 및 염료, 설비 등을 Table 1에 정리하였다.

### 2.2 초임계 염색 실험

#### 2.2.1 사용 염료의 용해도

Nylon 초임계 염색용 염료를 개발한 아크로마코리아(주)로부터 전달받은 염료의 용해도는 C.I. Disperse Yellow 42의 경우 6.7 ppm이었고, C.I. Disperse Orange 155의 경우는 31 ppm인 것을 확인하였다.

#### 2.2.2 이산화탄소 주입

초임계 염색 시 염색 온도 및 압력에 따라 이산화탄소 Gas

Table 1. Characteristics of fabrics and dyestuff and equipment

Fabric sample	Nylon 6 140 D double Knit (30", 22 G, 84 F, Wale 30/inch×Course 45/inch, B/O)
	C.I. Disperse Yellow 42 0.1 %, 0.3 %, 0.5 %, 0.85 % o.w.f (Archroma Korea)
Dyestuff	C.I. Disperse Orange 155 0.1 %, 0.3 %, 0.5 %, 0.85 % o.w.f (Archroma Korea)
	Supercritical Fluid Lab. Dyeing Machine (Pot volume 200 mL, Daejoo Machinery)
Equipment	

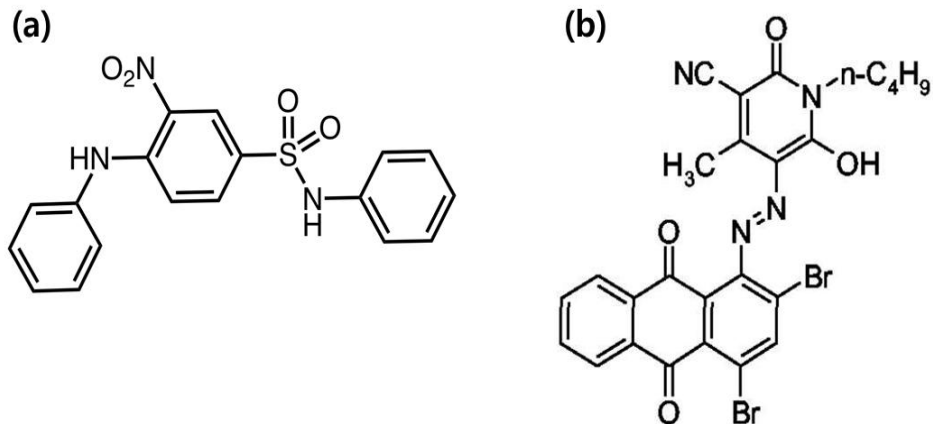


Figure 1. Chemical structure of dyestuff; (a) C.I. Disperse Yellow 42 and (b) C.I. Disperse Orange 155.

주입량이 달라지는데 본 실험에서 이산화탄소 주입량은 NTIS Isothermal Data에서 온도 110 °C, 압력 230 bar에 따른 밀도 0.5 g/ml를 확인하여 주입하였다. 포트 전체 부피에서 메스 실린더로 측정된 염색 Beam과 구슬의 부피, 투입원단 시료 무게, 얼룩 방지를 위한 면 원단 무게를 뺀 값에 온도 110 °C, 압력 230 bar에서의 이산화탄소 밀도(NTIS Isothermal Data 참조) 0.5 g/ml를 곱하여 계산하였다. 또한 염색 진행시 이산화탄소 Gas 주입 전 유체의 흐름에 따라 이산화탄소 Gas가 원활히 주입될 수 있도록 포트를 -15 °C에서 10 min간 냉각시킨 후 Gas 주입을 실시하였다.

### 2.2.3 염색 조건

Nylon시료를 초임계 유체로 염색하기 위한 최적 온도와 압력조건을 선정하기 위해 관련 문헌을 참고하였다<sup>14-16)</sup>.

문헌에 따르면 초임계 이산화탄소 내에서 염료의 용해도는 고온 고압으로 갈수록 급격히 증가하는 경향성을 나타내었다. 초임계 유체를 사용한 PET 염색 시 120 °C, 250 bar에 염색하는 것이 일반적이나, Nylon 섬유의 경우 열적 특성이 PET 대비 낮은 점을 고려하여 110 °C, 230 bar에서 60~100 min을 표준 염색조건으로 하고 있었다<sup>16)</sup>.

이런 연구결과를 참고하여 본 연구에서도 110 °C, 230 bar, 60 min을 염색 조건으로 선정하였다. 또한 염색 시료를 Beam에 감아 진행하며, 염료의 원활한 용해를 위해 쇠구슬 5개를

사용하였다. 염색 중 시료의 손상을 방지하기 위해 염색시료 곁에 면 원단을 감싸서 실험을 진행하였다. 각 염료별 최대흡착도를 분석하기 위해 염료 농도별 염색 실험은 염료 농도를 0.1, 0.3, 0.5, 0.85 % o.w.f로 각각 다르게 하여 염색을 진행하였다. 본 연구의 실험 조건을 종합하여 Table 2에 정리하였다.

### 2.2.4 색측정 및 잔류 염료 량 측정

농도 별 염색시료의 염색 특성 분석은 색차 측정을 통해 이루어졌으며, 측색기는 X-Rite Ci7600(X-Rite, USA)를 사용하였다. 색차의 경우는 염료 농도별 색차(D65광원)를 확인하고 농도 변화에 따라 색상 변화가 어떻게 나타나는지 명도지수 L\*값과 K/S값을 이용하여 분석하였으며, K/S값의 경우는  $\lambda_{max}$ (300~600 nm)에서 표면반사율을 측정하여 다음의 Kubelka Munk 식(1)에 의해 산출했다.

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R \quad (1)$$

where,

R : Reflectance

K : Absorption coefficient

S : Scattering coefficient

측색의 샘플 크기는 19 cm × 15 cm로 사용하였으며, 기준은

Table 2. Conditions of dyeing for nylon fabrics with supercritical fluid

Pot volume (mL)	Beam/Ball volume (mL)	Nylon sample weight (g)	Warp cotton weight (g)	CO <sub>2</sub> Density (g/mL)	CO <sub>2</sub> Amount of injection (g)	Temperature (°C)	Pressure (bar)
200	20	7	5.2	0.50	83.9	110	230

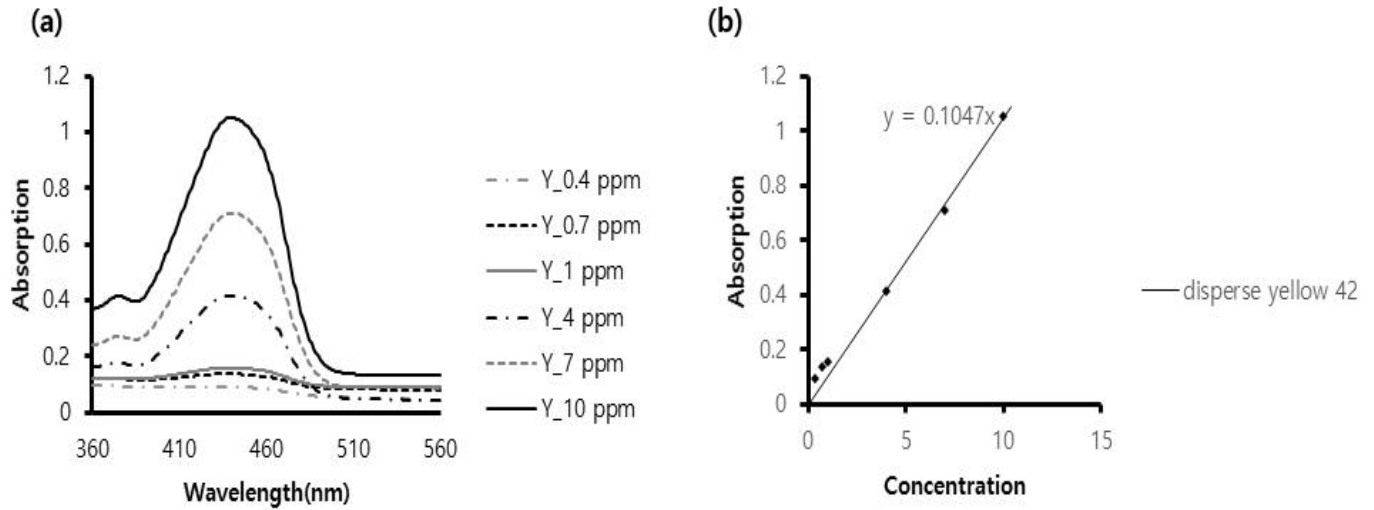


Figure 2. UV-vis absorption spectra and calibration curve at different concentrations of dyestuff(C.I. Disperse Yellow 42); (a) absorbance and (b) calibration curve.

샘플의 중앙값으로 하였고 이를 염료 농도별로 비교하였다. 샘플은 수세를 진행하지 않고 측정하였다. 또한 염료의 농도에 따른 잔류 염료 량 확인을 위해 염료별로 검량선을 작성한 후, 잔류의 흡광도를 통하여 남아있는 염료 량을 확인 하였다. 검량선은 염료별 농도를 6 point(0.4, 0.7, 1, 4, 7, 10 ppm)로 하였으며, UV-vis를 이용하여 흡광도를 측정 후, 검량선을 작성하였다.

### 2.2.5 세탁견뢰도 측정

세탁견뢰도는 Launder-O-meter(Taelim A&C, Korea)를 사용하여 KS K ISO 105-C06(40±2 °C, 30 min, 0.5 % ISO

Soap)에 의거하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 염료별 검량선 작성

본 연구에서는 Nylon 시료에 흡착하는 염료의 최대량을 분석하기 위해 농도별 염색 후 남아있는 염료 량을 확인하였다. 비교를 위해 먼저 검량선을 작성 하였으며, 작성을 위해 염료별 농도를 0.4, 0.7, 1, 4, 7, 10 ppm의 6 point로 하여 흡광도를 측정 하였으며, 흡광도는 UV-vis(Genesys 180, Thermo

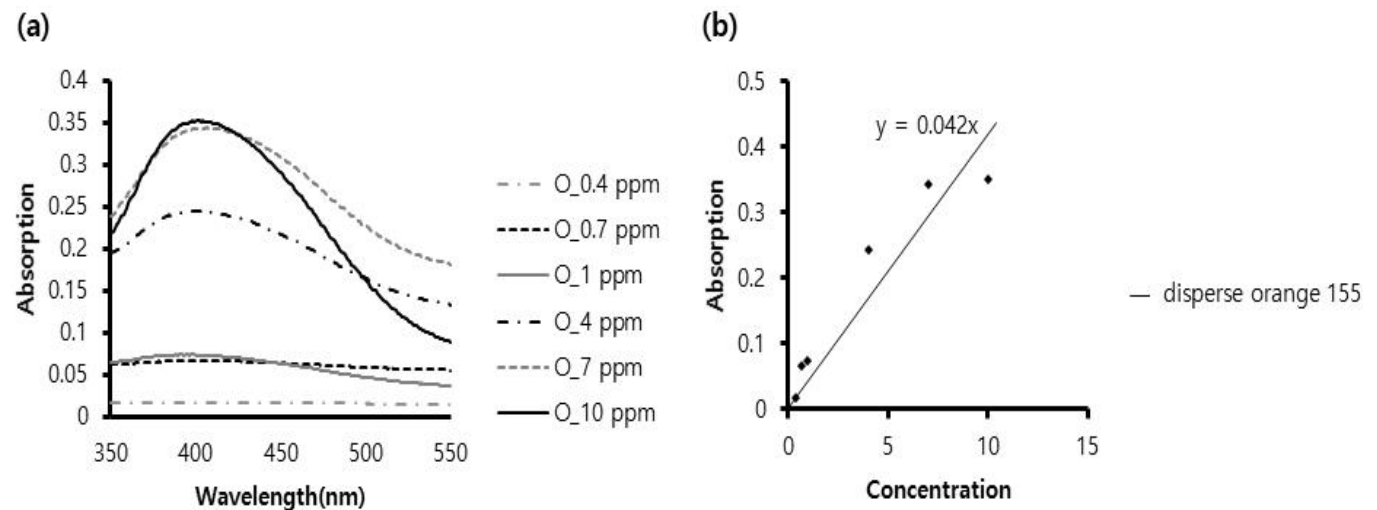










Figure 3. UV-vis absorption spectra and calibration curve at different concentrations of dyestuff(C.I. Disperse Orange 155); (a) absorbance and (b) calibration curve.

**Table 3.** Sample of nylon fabric by different concentration (a) C.I. Disperse Yellow 42, (b) C.I. Disperse Orange 155

Concentration %(o.w.f)	(a) Dyed color	(b) Dyed color
0.1		
0.3		
0.5		
0.85		

Fisher Scientific, USA)로 측정하였다. 측정된 흡광도에서 최대 흡광도를 기준으로 추세를 통하여 검량선을 작성하였다.

C.I. Disperse Yellow 42의 농도별 흡광도 및 검량선은 Figure 2에, C.I. Disperse Orange 155의 농도별 흡광도 및 검량선은 Figure 3에 나타내었다.

검량선 작성을 위한 UV-vis 결과를 보면 예측과 같게 두 염료 모두 시료의 염료 농도가 증가함에 따라 흡광도도 같이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.2 염료 농도에 따른 염색특성

농도별 염색 실험은 염료 농도를 0.1, 0.3, 0.5, 0.85 % o.w.f로 온도와 압력은 각각 110 °C, 230 bar에서 동일하게 진행하였다. 염색 시료의 염색특성은 시료의 색차와 잔류 염료량, 세탁견뢰도를 분석하여 농도에 따라 염색 특성이 어떻게 변화하는지 확인하였다.

Table 3은 실제 농도별 염색 시료를 나타내었다.

#### 3.2.1 색차 측정을 통한 색상 농도 비교(염료 농도별)

농도별 염색시료의 염색특성을 확인하기 위해 시료의 색차를 측정하고 결과 두 가지 염료 모두 0.1 % o.w.f로 염색한 시료 대비 염색 농도가 증가할수록 L\*값은 감소하고 K/S값은 증가하는 경향을 보였다. 이는 농도가 증가할수록 염색 시 투입되는 염료가 많으므로, 염착되는 염료의 양이 증가하여 더 농색으로 염색된 결과이다.

하지만 고농도로 갈수록 투입 염료 량 대비 K/S값의 증가 폭이 감소하는 것을 확인 할 수 있었으며, 이러한 경향은 C.I. Disperse Yellow 42보다 C.I. Disperse Orange 155염료에서 더욱 뚜렷하게 나타났다. C.I. Disperse Yellow 42의 경우 0.5 % o.w.f 염색시료와 0.85 % o.w.f 염색시료의 Total K/S 비교시 121.54에서 175.17로 증가된 반면, C.I. Disperse Orange 155염료는 105.94에서 110.15로 아주 미미한 증가폭을 보였다. 이는 C.I. Disperse Yellow 42는 0.5 % o.w.f 농도 이상에서도 추가로 염착이 이루어지는 것으로 보여지며, C.I. Disperse Orange 155의 경우 염색농도 0.85 % o.w.f에

**Table 4.** Color characteristics of nylon fabrics by concentration of dyestuff

Dyestuff	Dye concentration (% o.w.f)	L*	a*	b*	C*	h
C.I. Disperse Yellow 42	0.1	72.00	9.44	51.88	52.73	79.69
	0.3	67.84	12.62	58.58	59.92	77.84
	0.5	61.09	14.88	57.34	59.24	75.45
	0.85	57.21	15.82	59.40	61.47	75.08
C.I. Disperse Orange 155	0.1	70.33	20.99	21.67	30.17	45.91
	0.3	62.83	29.74	29.59	41.95	44.85
	0.5	36.93	38.40	53.28	46.11	103.68
	0.85	34.90	37.00	50.87	46.67	110.20

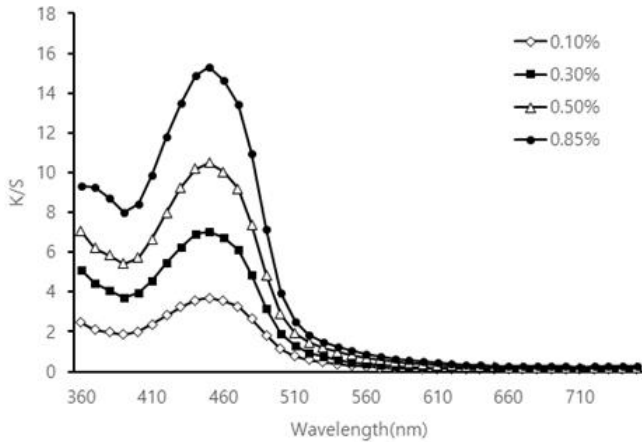


Figure 4. K/S values by concentration of dyestuff(C.I. Disperse Yellow 42).

서는 염색 후 세척을 하지 않는 초임계 염색 공법으로 볼 때, 최대 흡진율을 이미 넘어서는 것으로 예측된다.

Figure 4에 나타난 실제 염색된 시료를 육안으로 관찰해도 C.I. Disperse Yellow 42는 0.5 % o.w.f 보다 0.85 % o.w.f 의 색이 더 진하게 올라온 것을 확인할 수 있지만, C.I. Disperse Orange 155 염료는 육안으로 판별이 어려울 정도의 색차를 나타냈다. 해당 결과는 Table 4, Figure 4, Figure 5에 나타내었다.

### 3.2.2 포트 내 잔류 염료량 비교(농도별)

측색 및 염색시료 관찰을 통해 정성적으로 확인했던 최대 염료 흡진량을 정량화하여, 조금 더 정확한 염료 최대 흡착 농도를 분석하기 위해 농도별 염색 후 염색포트 내 남아있는 염료의 흡광도를 측정하였다.

염색 포트 내의 잔염을 포집하기 위해 아세톤 20 ml에 3

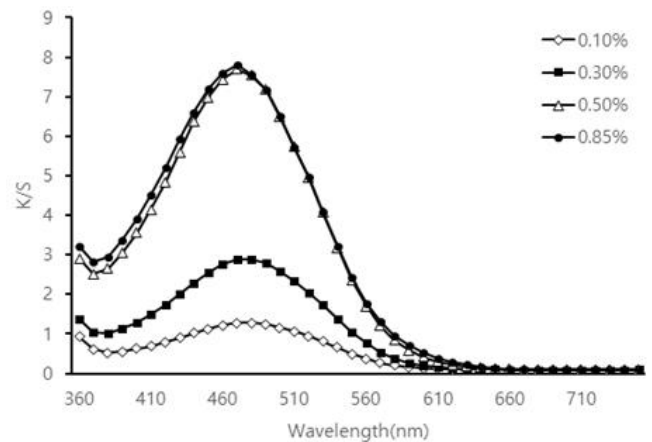


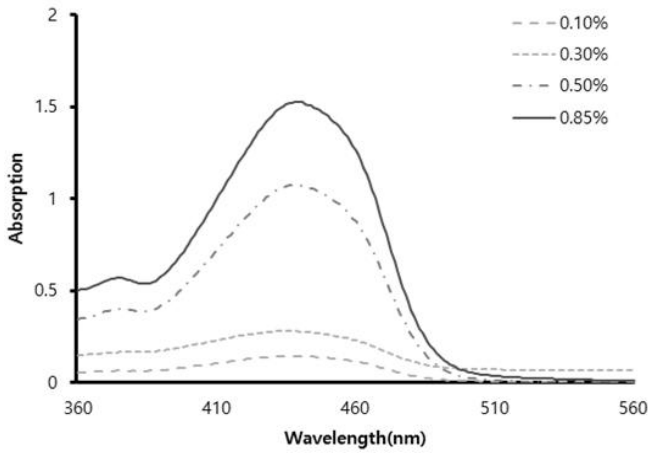
Figure 5. K/S values by concentration of dyestuff(C.I. Disperse Orange 155).

min간 세척 후 아세톤을 휘발시키고, 획득한 잔염을 흡광도 측정 가능 수준의 농도로 아세톤에 용해 시켜 잔염의 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도를 검량선에 외삽하여 확인해본 결과 염료 투입량 대비 염착된 염료 흡진량은 0.1 % o.w.f에서 C.I. Disperse Yellow 42는 99.01 %, C.I. Disperse Orange 155는 99.83 %로 투입된 대부분의 염료가 시료에 흡착되었다.

하지만 염료 투입량이 증가할수록 투입염료 대비 흡진율이 감소하는 것을 확인 할 수 있으며, 이러한 경향 역시 C.I. Disperse Yellow 42보다는 C.I. Disperse Orange 155에서 뚜렷하게 나타나, 0.85 % o.w.f에서 C.I. Disperse Yellow의 염료 흡진율은 97.29 % 인 것에 비해, C.I. Disperse Orange 155는 93.77 %로 비교적 감소폭이 컸다. 이는 상기의 시료 측색을 통한 분석 결과에도 부합하며, C.I. Disperse Orange 155염료는 0.85 % o.w.f 농도로 염색 시 흡진 가능한 양의 염료가 이미 시료에 포화상태로 존재하여, 그 외의 염료는 모두 잔염으로 남은 결과로 보여 진다.

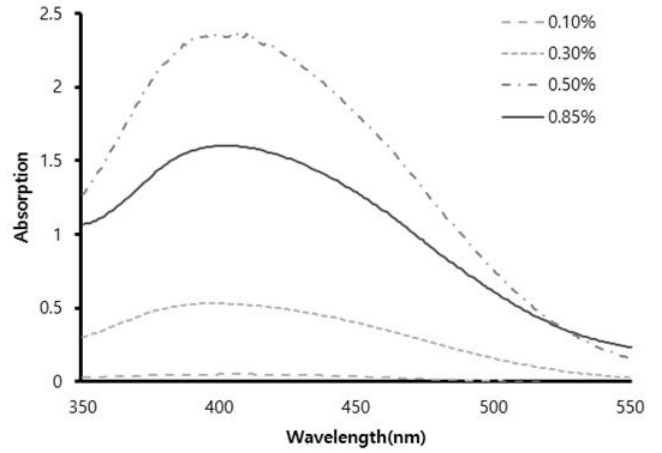
Table 5. Exhaustion by concentration of dyestuff

Dyestuff	Condition (% o.w.f)	Acetone (g)	Absorption (A)	Concentration (ppm)	Weight of the remaining dye (g)	Exhaustion (%)
C.I. Disperse Yellow 42	0.1	50	0.1444	1.38	0.00006895	99.01
	0.3	50	0.2784	2.65	0.00013295	99.37
	0.5	50	1.0739	10.24	0.00051285	98.53
	0.85	100	1.6861	16.10	0.00483123	97.29
C.I. Disperse Orange 155	0.1	10	0.0520	1.20	0.00001204	99.83
	0.3	10	0.5309	12.29	0.00012289	99.41
	0.5	20	2.3585	54.59	0.00109190	96.88
	0.85	100	1.6011	37.06	0.00370625	93.77



**Figure 6.** Absorbance of the remaining dyestuff in pot after dyeing(C.I. Disperse Yellow 42).

초임계 염색의 경우 염색 후 수세 공정이 없기 때문에 잔염을 최소화 할 수 있는 조건의 농도를 최대 흡진율로 선정해야 한다. 그러므로 염색물의 색강도와 흡진율을 고려했을 때 두 염료 모두 최적 염색농도는 0.5 % o.w.f가 적합하며, 희망하는 색강도에 따라 C.I. Disperse Yellow 42는 0.5 % o.w.f 이상의 농도에서의 염색도 유의미 하다는 결론을 내었다. 해당 결



**Figure 7.** Absorbance of the remaining dyestuff in pot after dyeing(C.I. Disperse Orange 155).

과는 Table 5, Figure 6, Figure 7에 나타내었다.

### 3.2.3 세탁견뢰도 비교(농도별)

농도별 염색시료의 세탁견뢰도를 측정하여 분석한 결과를 Table 6, Table 7에 나타내었다. 세탁견뢰도 실험에서는 두 염

**Table 6.** Washing fastness of nylon fabrics by concentration of dyestuff(C.I. Disperse Yellow 42)

Conc.	Color change	Acetate	Cotton	Nylon	Polyester	Acrylic	Wool
0.1	4-5	4	5	4	5	5	4-5
0.3	4-5	4	5	4	5	5	4-5
0.5	4-5	3	4-5	3	4-5	4-5	4-5
0.85	4-5	3	4-5	3	4-5	4-5	4-5

**Table 7.** Washing fastness of nylon fabrics by concentration of dyestuff(C.I. Disperse Orange 155)

Conc.	Color change	Acetate	Cotton	Nylon	Polyester	Acrylic	Wool
0.1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
0.3	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
0.5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
0.85	4-5	4	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5

료 모두 0.5 % o.w.f의 농도로 염색한 시료부터 세탁견뢰도가 저하되기 시작했다.

C.I. Disperse Yellow 42는 0.1, 0.3 % o.w.f 염색 시료 대비 0.5 % o.w.f 염색시료의 세탁견뢰도가 1.0 급, C.I. Disperse Orange 155는 0.5~1.0 급 하락하였다. 이는 0.5 % o.w.f 이상의 염색실험에서 염료가 Nylon 섬유의 비결정 영역에 완전히 고착하지 못하고 단순 흡착된 염료가 발생했기 때문에 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 Nylon염색용으로 개발된 초임계염료의 농도 조건을 다르게 하여 실시한 초임계 이산화탄소 염색 실험의 염색특성을 분석하였다. 축색, 잔류 염료 량 등의 결과를 미루어 볼 때 두 염료 모두 염료의 농도가 증가할수록 염색물의 색강도가 증가하였으나, 고농도로 갈수록 염료의 투입량 대비 흡진율이 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 C.I. Disperse Yellow 42는 보다 C.I. Disperse Orange 155에서 더욱 뚜렷하게 나타났다. C.I. Disperse Yellow 42는 필요에 따라 0.5 % o.w.f 이상의 농도에서도 염색이 의미미하나, 염료투입량 대비 흡진율이 낮기 때문에 상기 두 염료의 사용 권장 염료농도는 0.35~0.5 % o.w.f가 이상적인 것으로 판단되며, Nylon용 초임계 염료 2종의 염색 조건은 온도 110 °C, 압력 230 bar, Leveling 시간 60 min이 적합하다. 본 실험 결과는 Nylon 섬유 초임계염색의 상용화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 논문은 산업통상자원부 물 없는 컬러산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다(200kg급 초임계 유체 염색설비 및 염색 공정 기술 개발, 과제번호 : 10078329).

#### References

1. H. Choi, S. Park, and T. Kim, Dyeability of Nylon Fabrics with Dyestuff for Supercritical Fluid Dyeing (1) : C.I. Disperse Red 167, C.I. Disperse Violet 93, *Textile Coloration and Finishing*, **32**(4), 217(2020).
2. H. Choi, S. Park, T. Kim, and T. Song, Dyeability of Nylon Fabrics with Dyestuff for Supercritical Fluid Dyeing(1) : C.I. Disperse Red 167, C.I. Disperse Violet 93, *Textile Coloration and Finishing*, **31**(1), 14(2019).
3. S. Park, H. Choi, T. Kim, and T. Song, The Influence of the Contact Amount of Supercritical CO<sub>2</sub> on Dyeing Uniformity, *Textile Coloration and Finishing*, **31**(1), 25(2019).
4. Q. Lang and C. M. Wai, Supercritical Fluid Extraction in Herbal and Natural Product Studies- A Practical Review,

- Talanta.*, **53**(4), 771(2001).
5. M. Perut, Supercritical Fluid Applications: Industrial Developments and Economic Issues, *American Chemical Society*, **39**(12), 4531(2000).
6. H. Lochard, J. Letourneau, M. Sauceau, and E. Rodier, Particle Generation for Pharmaceutical Applications Using Supercritical Fluid Technology, *Power Technology*, **141**(3), 219(2004).
7. R. A. Quirk, R. M. France, K. M. Shakeshef, and S. M. Howdle, Supercritical Fluid Technologies and Tissue Engineering Scaffolds, *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, **8**(3), 313(2004).
8. N. R. Buley, M. Fatori, A. Meisen, and L. Moyls, Supercritical Fluid Extraction of Vegetable Oil Seds, *Journal of the American Oil Chemists of Society*, **61**(8), 1362(1984).
9. M. R. D. Giorgi, E. Cadoni, D. Marica, and A. Piras, Dyeing Polyester Fibres with Disperse Dyes in Supercritical CO<sub>2</sub>, *Dyes and Pigments*, **45**(1), 75(2000).
10. A. S. Ozcan, A. A. Clifford, K. D. Bartle, and D. M. Lewis, Dyeing of Cotton Fibres with Disperse Dyes in Supercritical Carbon Dioxide, *Dyes and Pigments*, **36**(2), 103(1998).
11. B. Gebert, W. Saus, D. Knitel, H. J. Buschman, and E. Scholmeyer, Dyeing Natural Fibers with Disperse Dyes in Supercritical Carbon Dioxide, *Textile Research Journal*, **64**(7), 371(1994).
12. S. Maeda and K. Kunitou, One-bath Dyeing of Polyester/Cotton Blends with Reactive Disperse Dyes in Supercritical Carbon Dioxide, *Textile Research Journal*, **74**(1), 989(2004).
13. H. Wen and J. J. Dai, Dyeing of Polylactide Fibers in Supercritical Carbon Dioxide, *Journal of Applied Polymer Science*, **105**(4), 1903(2007).
14. W. Saus, D. Knitel, and E. Scholmeyer, Dyeing of Textiles in Supercritical Carbon Dioxide, *Textile Research Journal*, **63**(3), 135(1993).
15. J. H. Kim, Theme : Supercritical Fluid, *Journal of Korean Society of Mechanical Engineers*, **5**(7), 30(2015).
16. E. Bach, E. Cleve, and E. Scholmeyer, Past, Present and Future of Supercritical Fluid Dyeing Technology, *Review of Progres in Coloration and Related Topics*, **32**(1), 88(2002).
17. A. Hou, B. Chen, J. Dai, and K. Zhang, Using Supercritical Carbon Dioxide as Solvent to Replace Water in Polyethylene Terephthalate(PET) Fabric Dyeing Procedures, *Journal of Cleaner Production*, **18**(10), 1009(2010).
18. M. Banchemo, S. Sicardi, A. Feri, and L. Mana, Supercritical Dyeing of Textiles -From the Laboratory Aparatus to the Pilot Plant, *Textile Research Journal*, **78**(3), 217(2008).
19. M. V. D. Kran, Process and Equipment Development for Textile Dyeing in Supercritical Carbon Dioxide, Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, 2005.



20. J. Long, Y. Ma, and J. Zhao, Investigations on the Level Dyeing of Fabrics in Supercritical Carbon Dioxide, *The Journal of Supercritical Fluids*, **57**(1), 80(2011).
21. B. Gebert, W. Saus, D. Knitel, H. J. Buschman, and E. Scholmeyer, Dyeing Natural Fibers with Disperse Dyes in Supercritical Carbon Dioxide, *Textile Research Journal*, **64**(7), 371(1994).
22. H. D. Sung and J. J. Shim, Solubility of C.I. Disperse Red 60 and C.I. Disperse Blue 60 in Supercritical Carbon Dioxide, *Journal of Chemical and Engineering Data*, **4**(5), 985(1999).
23. C. C. Tsai, H. M. Lin, and M. J. Lee, Solubility of Disperse Yellow 54 in Supercritical Carbon Dioxide with or without Cosolvent, *Fluid Phase Equilibria*, **260**(2), 287(2007).
24. Ministry of Trade, Industry and Energy, Development of Dye and Optimal Process Technology for Supercritical Fluid Dyeing, Ministry of Trade, Industry and Energy, Sejong, 2019.

## Authors

- 최현석** DYETEC연구원 선임연구원  
**김훈민** DYETEC연구원 연구원  
**이정연** 경북대학교 바이오섬유소재학과 석사과정 학생  
**박 신** (주)대주기계 대리  
**김태영** (주)대주기계 팀장