

중금속 최소화를 위한 메탈 함유 염료 개발에 관한 연구⁺

김소진·박영환*·이혜정**·임재호***·류태수****

동아방송예술대학 패션스타일리스트과 전임강사
한국생산기술연구원 섬유융합연구부 수석연구원*
한국생산기술연구원 섬유융합연구부 선임연구원**
한양대학교 전략경영학과 박사과정***
한양대학교 경영학부 교수****

A study of minimizing heavy metal content in metal complex dye development

Kim, So-Jin · Park, Young-Hwan* · Lee, Hea-Jung** · Lim, Jae-Ho*** · Ryu, Tae-Soo****

Prof. Dept. of Fashion Stylist, Dong Ah Institute of Media and Art
Head Researcher, Korea Institute of Industrial Technology Textile Fusion Technology R&D Department*
Senior Researcher, Korea Institute of Industrial Technology Textile Fusion Technology R&D Department**
Dr. course, Dept. of Strategic Management, Hanyang University***
Prof. Division of Business Administration, Hanyang University****

Abstract

Metal complex dyes are usually used to dye amide fiber such as wool, silk and nylon to achieve high concentrated color and excellent color fastness. However, metal complex dyes that contain various heavy metal components cause not only serious environmental problem but also human health. In this study the ordinary 1:2 metal acid dyes and the modified 1:2 metal dyes, which are environmental friendly, are compared and analyzed in existing dyes investigated the trends in the evaluation system of their harmfulness, containing heavy metals and examined exhaustion rates and dyeing characteristics.

Key Words : sea dumping(해양투기), metal complex dyes(메탈함유염료), heavy metal (중금속), chrome(크롬), clean technology(청정기술)

⁺이 논문은 지식경제부에서 청정기술개발사업의 일환으로 추진되었으며, 사업비 지원에 깊은 감사를 드립니다.

1. 서론

섬유의 염색가공 공정은 전처리 공정, 염색공정, 가공공정으로 대별될 수 있으며 각 공정에서 여러 가지 염료 및 조제를 사용하게 된다. 과거에는 사용 약품의 성능에만 주요 관심을 가졌으나, 최근 각종 환경규제의 강화로 인해 각 공정에서 사용하는 약품이 인체 및 환경에 미치는 영향, 최종제품이 인체에 미치는 영향 등을 심각하게 고려하고 있는 실정이다¹⁻⁵⁾. 염색 산업은 타 산업에 비해 폐수, 폐자원이 많이 발생하는 업종으로서 폐수처리로 인해 수십만 톤의 염색 슬러지(sludge)가 발생하고 있다. 우리나라의 연간 폐수 및 슬러지의 발생량은 매년 증가하고 있으며 2005년을 기준으로 폐수발생량은 20,996,127톤, 슬러지 발생량은 52,521톤 이상 발생하고 있다⁶⁾. 대부분의 슬러지는 해양투기방법에 의해 처리되고 있다. 해양투기(sea dumping)란 육상에서 처분이 곤란한 일반 고체폐기물, 특정 산업 폐기물, 그리고 방사성 폐기물 등을 선박 또는 항공기에 적재하여 해양에 인위적으로 투기하는 행위를 말한다. 지구상에서 발생하는 폐기물을 최종 처분하는 방법으로는 육상에 처분하는 매립법, 대기 중으로 처분하는 소각법 및 해양에 처분하는 해양투기법이 있다. 육상에 처분하는 매립법은 침출수로 인한 지하수와 지표수의 오염, 악취 등 대기오염의 증가로 관리가 쉽지 않으며 육상 매립부지는 점차 고갈되고 있는 실정이다. 대기에 처분하는 폐기물 소각법은 이산화탄소의 배출로 인해 지구 온난화를 가속시키고, 입자, 중금속, 독성유기화합물, 탄화수소 등이 대기를 오염시키게 되므로 주변의 반대가 크게 증가하고 있는데 비하여 해양에 처분하는 해양투기법은 매립법이나 소각법에 비해 비용 면에서 5배에서 10배정도 저렴하므로 경제적인 면에서 효과적이고, 폐기물을 먼 바다에 투기함으로써 육상 처분의 부담을 경감시켜 주고 해안으로 배출되는 오염물의 양을 줄여주어 연안 해양오염을 감소시키는 등 산업적 환경적인 측면에서 긍정적인 효과가 큰 방법이라 할 수 있다⁷⁻⁸⁾. 이러한 이유로 염색 산업에서 발생하는 슬러지 처리는 해양투기에 의해 처리되었으나, 최근 전 세계적으로 지구 환경 오염에 대한 경각심

이 현실화 되면서 해양투기에 대한 규제가 강화되고 있다. 이와 관련하여 해양 오염 예방을 목적으로 특정물질의 해양투기를 금지하기 위한 '72 런던협약이 체결되었으며, 전 세계적으로 81개국에 체결에 동의하였고, 우리나라도 1993년 위의 협약에 따르기로 동의하였다. 그러나 '72년 협약의 실효성이 문제시되며 배출조건을 더욱 강화한 런던협약'96의정서가 1996년 11월에 채택되었고, 2006년 3월 협약서의 효력이 발효되었다.

1996년 11월에 채택된 런던협약 96의정서의 정식 명칭은 '폐기물 및 기타 물질의 투기에 의한 해양오염 방지협약(Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter)'으로 '런던 투기협약' 또는 '런던 협약'으로 통칭되고 있는데, 이 협약은 원칙적으로 해양투기를 금지하고, 일부 8개 품목만 심의 후 투기를 허가하고 있다. 이 규제는 전 세계 바다에 적용되며 해양배출처리기준을 제1기준과 그 보다 약 5배 정도 엄격한 제2기준으로 구분하여 각각 2007년과 2011년에 시행하기로 하였으며, 제 2기준의 경우 생물독성시험을 적용하여 투기 금지 항목을 결정하기로 하였다. 이는 법적으로 슬러지의 해양투기가 일정 기준 이하로 금지되는 것을 의미하므로 이에 대한 대비가 절실히 필요한 실정이며, 법적 투기가 금지되는 항목의 물질이 염료에 사용되어서는 안 된다는 것을 의미한다⁹⁻¹¹⁾.

염색 산업에서 사용되는 염료 중 단백질 섬유인 양모와 견 그리고 합성섬유인 나일론에 사용되는 산성염료 중 함금속염료(metal complex dyestuff)는 크롬을 중심으로 하여 중금속 함량이 높으며, 그 중 크롬(Cr)의 경우 유독성 중금속으로서 크롬에 오염된 해양 및 해산물은 인간에게 피부접촉, 흡입을 통하여 전신증상을 일으키며 간 장애, 위 장애, 중증의 경우는 죽음에 이르게 된다. 현재 미국의 보건복지부는 크롬(VI)과 크롬 화합물이 발암성 물질이라고 규정하고 있다.

따라서 본 논문에서는 현재 국내와 국외에서 개발되어 시판되고 있는 함금속 산성염료 및 국내 기업에서 중금속 함유량을 개선하기 위해 중금속 제어공정을 통해 제조한 개질 함금속 염료를 선정하여

유해아민 및 중금속 함유량을 측정하고 염료의 흡진율을 측정하여, 기존의 함금속 염료 및 개질 함금속 염료의 유해성 및 염색성을 비교 평가하고 앞으로의 개선방안에 대해 논의해 보고자 한다.

업체와 국내 업체를 선정하여 각각 yellow, red, blue, black으로 8종을 사용하였고, 개질 함금속 염료는 국내 동일 업체에서 개발된 것으로 yellow, red, grey, black을 사용하였다. 개질 함금속 염료는 기존의 크롬염료 제조와 차별화하여 염료제조 공정 시 과량 투입되는 크롬의 함량제어를 통해 최적의 크로밍을 하고, 공정개선 즉 불용화 된 크롬을 제거하기 위한 온도, pH조절을 통해 염료 자체의 크롬 함량을 줄여 제조한 친환경 염료이다. 사용된 염료의 목록을 Table 2에 나타내었다. 산성균염제는 1:2 metal 염료 전용 균염제인 Albegal SET (CIBA-GEIGY AG, Germany)을 사용하였으며, 초산(CH₃COOH, 대정화금) 1급 시약을 사용하여 pH를 조절하였다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

1) 직물시료

본 실험에 사용된 시료는 시험용 양모 백포(wool : 60's, 100g/yds, 솜베)로 Table 1에 직물의 특성을 나타내었다.

2) 염료 및 조제

함금속 염료는 산성 1:2 metal 염료로서 외국계

<Table 1> Fabric specification

Material	Worsted wool 100%
Weave Structure	Plain
Density	74×71/inch ²
Weight	97±5 g/m ²
Thickness	0.28±0.02mm

<Table 2> List of 1:2 metal dyes and modified 1:2 metal dyes

No.	Name	Dyes	Color
1	F1	1:2 metal (foreign brand)	yellow
2	F2		red
3	F3		blue
4	F4		black
5	D1	1:2 metal (domestic brand)	yellow
6	D2		red
7	D3		navy blue
8	D4		black
9	M1	Modified 1:2 metal (domestic brand)	yellow
10	M2		red
11	M3		grey
12	M4		black

2. 실험방법

1) 유해아민 분석

유해 아민은 분석장비 GC/MS(Agilent 5973N, U.S.A.)를 사용하여, 35 LMBG 82. 02-1, 2, 3, 4 법으로 측정하고 분석하였다. 섬유산업에서 사용되는 모든 염료의 20%는 아조 염료이며, Aryl Amine 으로부터 합성되는 아조염료는 대략 140 개 정도로 Color Index에 의하면 산성염료 24종, 직접염료 76 종, 분산염료 4종, 염기성 염료 2종 등이 상품화되어 있다. 사용이 금지된 특정 아조 염료의 경우 발암성, 알레르기성, 독성이 있는 방향족 아민에서 합

성된 경우로 환원분해에 의해서 아래의 Table 3과 같이 24개의 방향족 아민으로 분류될 수 있다.

2) 중금속 분석

염료 자체의 중금속 함유량을 ICP(ULTIMA II, Jovin Evon Ultima2/France)를 이용하여 분석하였으며, ETAD 규제에 준하여 질산을 사용하여 산 분해한 후 측정하였다.

3) 흡진을 측정

각 염료의 온도와 시간에 따른 염착거동을 파악하

<Table 3> List of 24 Aryl Amine

Aryl Amine Name	CAS No.
1. 4-aminodiphenyl	92-67-1
2. Benzidine(4,4-diaminobiphenyl)	92-87-5
3. 4-Chloro-o-toluidine	95-69-2
4. 2-Naphtylamine	91-59-8
5. O-Aminoazotoluene	97-56-3
6. 2-Amino-4-nitrotoluene	99-55-8
7. p-Chloroaniline	106-47-8
8. 2,4-Diaminoanisole(2,4-diaminomethoxybenzene)	615-05-4
9. 4,4'-Diaminodiphenylmethane	101-77-9
10. 3,3'-Dichlorobenzidine	91-94-1
11. 3,3'-Dimethoxybenzidine	119-90-4
12. 3,3'-Dimethylbenzidine	119-93-7
13. 3,3'-Dimethy-4,4-diaminodiphenylmethane	838-88-0
14. p-Cresidine(2-methoxy-5-methylaniline)	120-71-8
15. 4,4'-Methylene-bis-(2-chloroaniline)	101-14-4
16. 4,4'-Oxydianiline	101-80-4
17. 4,4'-Thiodianiline	139-65-1
18. o-Toluidine(2-methylaniline)	95-53-4
19. 2,4-Diaminotoluene	95-80-7
20. 2,4,5-Trimethylaniline	137-17-7
21. o-Anisidine(2-methoxyaniline)	90-04-0
22. 2,4-Xylidine(2,4-dimethylaniline)	95-68-1
23. 2,6-Xylidine(2,6-dimethylaniline)	87-62-7
24. p-Aminoazobenzene(p-aminoazobenzene)	60-09-3

기 위해 실시간 염색 거동 측정 장치인 Dye-o-meter(Dye Max-L, Korea)를 이용하여 흡진율을 측정하였다. 염착곡선 측정시스템은 그림과 같이 염액 순환형 염색기와 자외선-가시광선분광기로 이루어져 있으며, 염색이 진행되는 동안 단계별로 염료의 최대 흡수파장에서 흡광도의 변화를 측정한다. 본 실험에서는 Dye-O-meter를 이용하여 40°C에서 염액과 시료를 넣고 1°C/min으로 승온시켜 100°C에서 60분 유지하면서, 5분 간격으로 120분 동안 측정하였으며 염색공정을 Fig.1. 에 나타냈다. 염료의 농도는 2% o.w.f.로 하고, 산성균염제는 0.5g/l를 사용하였으며, acetic acid 0.5g/l를 사용하여 pH를 조정하고, 액비는 1:20으로 하였다.

4) 견뢰도 평가

(1) 일광 견뢰도

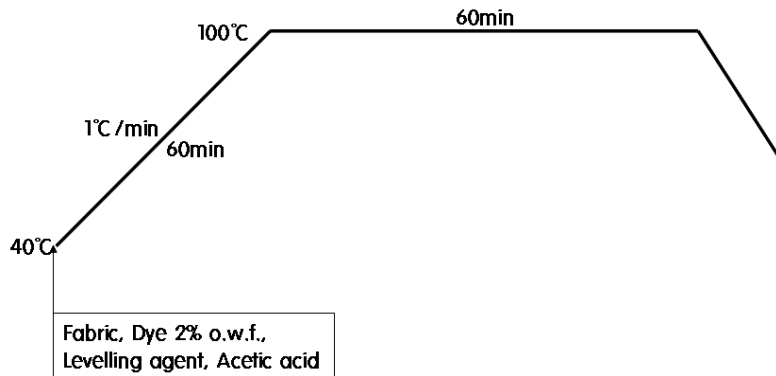
일광견뢰도 시험은 KS K ISO 105-B-02 섬유-염색견뢰도 시험방법-B02부에 의거하였다. 인공 광원에 대한 염색견뢰도 측정법이 적용되었으며 Xenon arc법에 따라 인공광원기(Xenon weather-O-meter, Ci4000, Atlas, USA)하에서 표준 청색 염포와 함께 온도 63°C, 습도 30%의 인공 광원기에 20시간 동안 노출시킨 다음 시험편의 변퇴 정도를 등급판정용 그레이스케일(Grayscale)과 비교하여 견뢰도 등급(1-8등급)을 판정하였다.

(2) 세탁 견뢰도

세탁견뢰도는 KS K ISO 105-C01 세탁에 대한 염색견뢰도 시험방법에 의거하였다. 6가지 섬유로 된 100×40mm 크기의 멀티포(KS K 0905)를 무게를 재고 동일한 무게의 세탁견뢰도 테스트할 시료의 한 쪽 변을 멀티포와 함께 봉제실로 시침질하여 고정시켰다. 액비 50:1의 5g/l의 비누용액에 시료를 넣은 후, 40°C에서 30분간 세탁 견뢰도 시험기(Laundrer-O-meter, LP2, Atlas, USA)를 사용하여 실험하였다. 세탁 후 시료는 40°C의 오븐에서 24시간 건조시킨 후, 멀티포에 오염된 정도를 그레이스케일(Grayscale)과 비교하여 등급(1-5등급)을 판정하였다.

(3) 마찰 견뢰도

마찰견뢰도는 KS K 0650 염색물의 마찰견뢰도 시험방법인 크로크미터법에 의거하였다. Standard 백면포를 사용하였으며, 염색포의 시험편은 가로 5×10 cm이상으로 하였다. 건 마찰 견뢰도는 시험편을 시험대에 놓고 백면포를 마찰되는 봉에 끼워서 Crock-O-meter(EHS119, GTM, Korea)에서 10회 왕복시켰으며, 습 마찰 견뢰도는 증류수에 백면포를 적시고 짜낸 후 건 마찰 견뢰도 시험법과 같은 방법으로 평가하였다. 등급책정은 백면포에 오염된 정도를 그레이스케일(Grayscale)과 비교하여 등급(1-5등급)을 판정하였다.



<Fig.1> Dyeing process

III. 결과 및 고찰

1. 유해아민 분석 결과

유해아민 분석결과 외산 4종, 국산 4종의 1:2 metal 염료 및 개질 1:2 metal 염료 4종 모두 유해 아민이 검출되지 않았으며, Table 4에 유해아민 분석결과를 나타내었다.

2. 중금속 분석 결과

1:2 metal 염료의 경우 외산과 국산 모두 고농도의 중금속이 다량 검출되었고, 크롬(Cr)의 함량은 Yellow와 Red 염료의 경우 외산 염료가 더 높게 측정되었다. 개질 1:2 metal 염료의 경우 크롬 함량은 yellow 와 red의 경우 1:2 metal 염료 보다 적게 측정되었으나 역시 다양한 중금속들이 검출되었다. Table 5에 중금속 분석결과를 나타내었다.

<Table 4> Result of analysis harmful amine from 1:2 metal dyes and modified 1:2 metal dyes

No	Azo 24 amines	Concentration(mg/kg)											
		F1	F2	F3	F4	D1	D2	D3	D4	M1	M2	M3	M4
1	4-Aminodiphenyl	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	Benzidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	4-Chloro-o-toluidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	2-Naphthylamine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	O-Aminoazotoluene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6	2-Amino-4-nitrotoluene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	p-Chloroamiline	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
8	2,4-Diaminoanisole	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9	4,4'-Diaminodiphenylmethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	3,3'-Dichlorobenzidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	3,3'-Dimethoxybenzidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12	3,3'-Dimethylbenzidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13	3,3'-Dimethyl-4,4'-diaminodiphenylmethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14	p-Cresidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15	4,4'-Methylene-bis-(2-chloroniline)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16	4,4'-Oxidianiline	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17	4,4'-Thiodianiline	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
18	o-Toluidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19	2,4-Toluylenediamine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	2,4,5-Trimethylaniline	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21	p-Aminoazobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22	o-Anisidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23	2,4-Xylidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24	2,6-Xylidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

<Table 5> Result of analysis of heavy metals from 1:2 metal dyes and modified 1:2 metal dyes

No	Heavy metals	Concentration(mg/kg)											
		F1	F2	F3	F4	D1	D2	D3	D4	M1	M2	M3	M4
1	As	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	Hg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	Se	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	Sb	ND	ND	352.8	26.0	ND	ND	118.6	38.0	ND	ND	19.0	29.0
5	Zn	ND	ND	ND	10.0	ND	ND	ND	66.0	ND	ND	ND	24.0
6	Pb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	Ni	46.7	ND	19.7	ND	414.0	36.4	35.9	ND	46.4	ND	ND	ND
8	Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10.1	ND	ND	ND
9	Co	81.8	177	222.1	ND	507.9	471.8	439.1	ND	140.4	ND	156.9	56.0
10	Sn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	41.9	ND	57.3	ND
11	Mn	85.7	24.6	13.5	ND	531.0	42.1	37.8	ND	566.7	ND	10.2	ND
12	Fe	64.4	160.6	217.5	597.0	371.3	426.2	400.3	156.0	121.5	257.0	153.6	184.0
13	Cr	12161.3	21704.5	14538.2	63546	ND	20938.3	21089.2	90763	9311.1	17236.1	22496.0	80415.0
14	Cu	ND	ND	35	10.0	37.2	ND	ND	72.0	37.2	31.9	15.2	ND
15	Ag	ND	25.1	ND	ND	87.7	ND	ND	ND	ND	27.3	ND	ND
16	Ba	ND	51.8	70.2	32.0	36.0	43.0	30.0	86.0	39.3	45.1	33.9	24.0

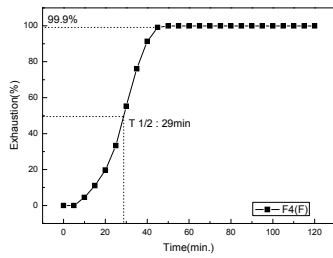
<Table 6> T_{1/2} and Exhaustion rate of 1:2 metal dyes and modified 1:2 metal dyes

No.	Dyes	T _{1/2} (min)	Exhaustion(%)
1	F1	29	99.9
2	F2	48	97.3
3	F3	34	99.2
4	F4	44	99
5	D1	41	99.9
6	D2	39	99.8
7	D3	47	97.9
8	D4	54	94.1
9	M1	37	95.5
10	M2	33	99
11	M3	41	98.6
12	M4	57	94.9

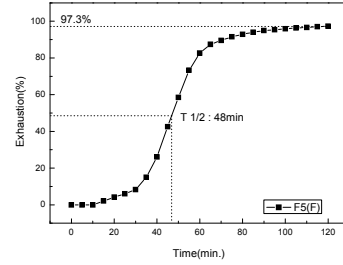
3. 흡진율 측정 결과

반염 시간과 흡진율을 측정하여 염색성을 분석한 결과 1:2 metal 염료의 경우 Yellow와 Red 염료는 국산이 외산 보다 동등하거나 높은 흡진율을 보였으나 Blue와 Black의 경우는 낮게 나타났다. 반염 시

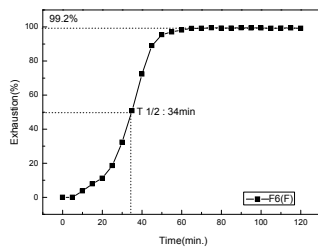
간의 경우 외산 염료가 모든 색상에서 빠른 것으로 나타났다. 개질 1:2 metal 염료는 기존의 1:2 metal 염료에 비해 낮은 흡진율을 보였고, 반염 시간도 외산 1:2 metal 염료에 비해 느리게 나타났다. 염료의 반염 시간과 흡진율을 Table 6에 나타내었고, 각 염료의 흡진율 그래프를 Fig. 2~4에 나타내었다.



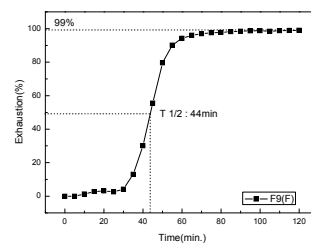
F1



F2

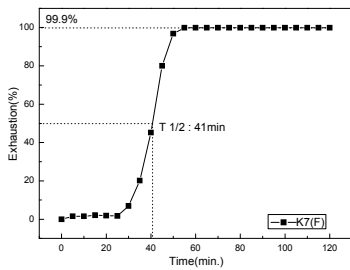


F3

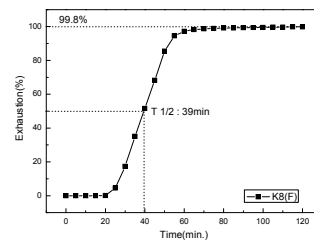


F4

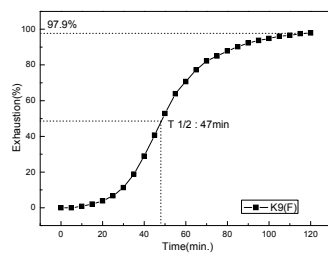
<Fig 2> Exhaustion rate curves of foreign(F) 1:2 metal complex dyes



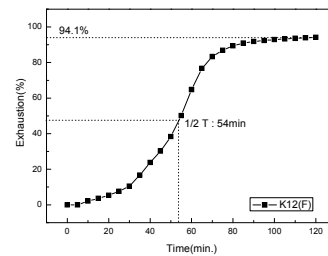
D1



D2

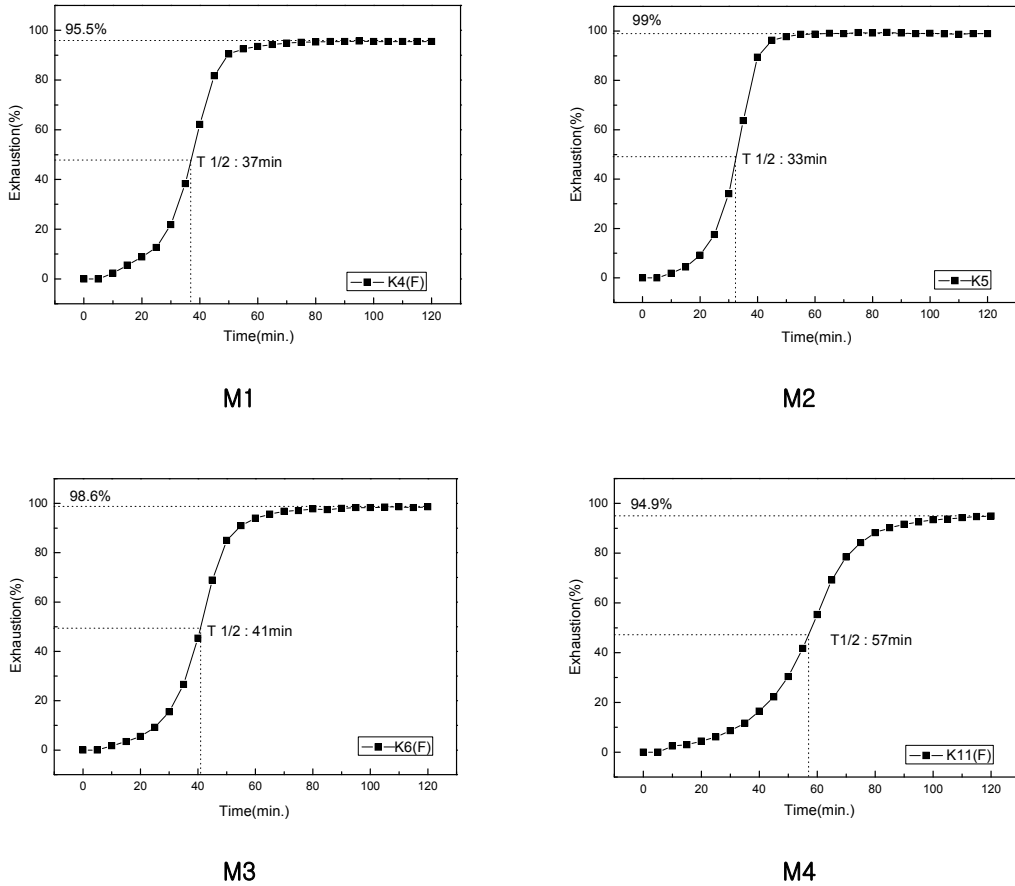


D3



D4

<Fig 3> Exhaustion rate curves of domestic(D) 1:2 metal complex dyes



<Fig 4> Exhaustion rate curves of modified(M) 1:2 metal complex dyes

4. 염색견뢰도 측정 결과

1) 일광견뢰도 결과

각 염료로 염색한 천의 일광견뢰도를 측정한 결과를 Table 7에 나타내었다. 일광견뢰도는 블랙염료를 제외하고 외산염료보다 국산 1:2 metal 염료가 비교적 높은 등급을 가졌고, 개질 1:2 metal 염료는 외산 염료와 거의 비슷한 수준으로 나타났다. 모든 염료의 일광견뢰도는 5에서 6등급 사이를 나타내었다.

2) 세탁견뢰도 결과

각 염료로 염색한 천의 세탁견뢰도를 측정한 결과를 Table 7에 나타내었다. 세탁견뢰도는 거의 모든 염료에서 4~5 또는 5등급으로 평가되어 우수한 편이다. 산성염료로 염색되며 섬유구조상 이염율이 높은 나일론에 세탁시 염색포에서 탈락된 염료가 부착되어 6가지 섬유로 구성된 멀티포 중 나일론의 오염정도가 다른 섬유에 비해 높아 가장 낮은 세탁 견뢰도 등급을 갖는 것으로 나타났다. 염료별로 비교했을 때 개질 1:2 metal 염료가 외산 및 국산 1:2 metal 염료에 비해 세탁견뢰도에 있어서 문제가 없

<Table 7> Color fastness to light, washing, and rubbing

No.	Dyes	Colorfastness to Light	Colorfastness to Washing						Colorfastness to Rubbing	
			Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acryl	Wool	Dry	Wet
1	F1	5	4-5	4-5	5	5	4-5	4-5	5	4-5
2	F2	5	5	5	4-5	5	5	5	5	4
3	F3	5	4-5	4	3	5	5	4-5	5	4-5
4	F4	5-6	4-5	4-5	4	5	4-5	4-5	5	4-5
5	D1	6	5	5	5	5	5	4-5	5	4-5
6	D2	6	4-5	5	3	5	5	4-5	4-5	4
7	D3	5-6	5	5	4-5	5	5	4-5	5	4-5
8	D4	5	5	4-5	2-3	4-5	5	4-5	5	3
9	M1	5	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5	5	4-5
10	M2	6	4-5	5	4-5	5	5	4-5	5	4
11	M3	5-6	5	5	4	5	4-5	4-5	5	3
12	M4	5	5	5	3	5	5	4-5	5	4

음을 확인할 수 있었다.

3) 마찰견뢰도 결과

각 염료로 염색한 천의 마찰견뢰도를 측정한 결과를 Table 7에 나타내었다. 마찰견뢰도는 건마찰견뢰도와 습마찰견뢰도로 측정하며 습마찰견뢰도가 건마찰견뢰도에 비해 낮게 평가되었다. 특히 국산 Black 염료와 개질 Gray 염료의 습마찰견뢰도는 3등급으로 가장 낮게 평가되었으나 나머지 염료의 경우 건·습 모두 4등급 이상으로 높게 평가되었다.

IV. 결론

현재 시판되고 있는 합금속염료인 1:2 metal 산성 염료를 외산과 국산 2종 및 폐수 및 슬러지에서 발생하는 환경오염 물질을 최소화하기 위해 제조된 국산 1:2 metal 염료를 선택하여 양모섬유에 염색한 후 유해성, 중금속함량 및 염색성을 평가한 결과 다음과 같이 나타났다.

1. 외산과 국산의 1:2 metal 염료 및 환경오염을

줄이기 위한 국산개질 1:2 metal 염료자체의 유해성 평가에서 24종의 유해아민이 모두 검출되지 않았으나, 앞으로 염색폐수 내의 유해성 평가 시험을 추가하여야 할 필요성을 알 수 있었다.

2. 중금속 분석결과 외산과 국산 모두 고농도의 중금속이 다량 검출되었고, 크롬(Cr)의 함량은 yellow와 red 염료의 경우 외산 염료가 더 높게 측정되었다. 모든 색상의 염료에서 Cr의 함량이 높았으며, black에서는 외산이 국산에 비해 상대적으로 낮은 수치로 검출되었다. 개질 black 염료의 경우 국산에 비해 다소 줄어들긴 하였으나 여전히 높은 수치를 나타내었다.

3. 외산염료의 경우가 흡진율이 가장 높았으며, 세탁, 마찰 견뢰도가 다른 염료에 비해 상대적으로 우수한 것을 알 수 있었다. 외산 1:2 metal, 국산 1:2 metal 염료 및 국산 개질 1:2 metal 염료 모두 94% 이상의 높은 흡진율을 나타내어 실제 이용에 있어 흡진율 면에서 큰 문제가 되지 않음을 알 수 있었다. 또한 각 업체 삼원색 염료의 T_{1/2}값과 흡진율의 경향성이 비슷하여, 상용성도 우수할 것으로 평가되었다.

참고문헌

- 1) Christianah Olakitan Ijagbemi · Baek Mi-Hwa · Kim Dong-Su, (2009), "Montmorillonite surface properties and sorption characteristics for heavy metal removal from aqueous solutions", *Journal of Hazardous Materials*, 166(1), pp.538-546.
 - 2) Hong Jin-Pyo, (2007), "Application of heterobifunctional reactive dyes on Nylon fibers", Master Dissertation, Chungnam National University.
 - 3) K. Hunger, (2002), *Industrial Dyes*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., pp.310-330.
 - 4) K. Venkataraman, (1952), *The chemistry of synthetic dyes vol. I*, New York: Academic Press, pp.35-80.
 - 5) Suresh Gupta · B.V. Babu, (2009), "Removal of toxic metal Cr(VI) from aqueous solutions using sawdust as adsorbent: Equilibrium, kinetics and regeneration studies", *Chemical Engineering Journal*, 150(2-3) pp.352- 365.
 - 6) "환경소식" 자료검색일 2009, 2, 12, 자료출처 <http://env.dyetec.or.kr>
 - 7) Yeo Sook-Kyung, (2007), "A Study on the Control of Marine Pollution caused by Dumping of Wastes at sea", Master Dissertation, Korea Maritime University
 - 8) "Marine Environment" 자료검색일 2009, 2, 12, 자료출처 <http://www.imo.org>
 - 9) London Dumping Convention (1996 protocol), (2003), International Maritime Organization
 - 10) London Convention and Protocol, Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter 1972 and 1996 Protocol Thereto (2009, February 12), from <http://www.londonconvention.org>
 - 11) "해양배출현황" 자료검색일 2009, 2, 12, 자료출처 <http://www.oceandumping.re.kr>
-
- 접수일(2009년 4 월 28일)
수정일(1차 : 2009년 5월 20일, 2차 : 6월 16일)
게재확정일(2009년 6월 22일)