

폐MDF를 이용한 염색재생섬유 제조¹

주선경² · 노정관^{2,†}

Manufacture of Dyed Recycling Wood Fiber Using Waste MDF¹

Seong-Gyeong Ju² · JeongKwan Roh^{2,†}

요 약

폐MDF 재생섬유를 인테리어 소품 제조용 원료로 이용하기 위해 MDF 제조용 리기다소나무 버진섬유와 MDF를 제조한 후 재해석한 재생섬유에 대해 빨강, 노랑 및 파랑색 계열의 Bis-monochlorotriazine (MCT)계와 Vinyl sulfone (VS)계의 반응성염료, Anthraquinone계의 배트염료, Diazo계열의 직접염료 및 치자와 소목의 천연염료에 의한 염색 특성 및 일광견뢰도를 검토하였다.

염색 전의 버진섬유와 재생섬유의 색상은 각각 4.2YR과 4.4YR로 약간의 적색기가 있는 황색을 나타내고 있었으며, 재생섬유가 버진섬유에 비해 L*의 값이 작아 약간 더 어두웠다. 적, 청, 황색계의 MCT계와 VS계의 반응성염료, 배트염료, 직접염료 모두 버진섬유와 재생섬유에 관계없이 염색은 매우 양호하게 잘 이루어졌다. 재생섬유가 버진섬유보다 염착량은 약간 높았고, L*와 V의 값은 약간 감소하였으나, 큰 차이는 없었다. 일광견뢰도는 염료에 따라 약간의 차이는 있으나 버진염색섬유가 재생염색섬유보다 더 큰 색차를 보이고 있어 불량하였다.

소목으로 염색한 재생섬유와 버진섬유의 색상은 각각 4.4YR과 4.0YR로 염색 전의 미염색 섬유와 거의 차이가 없었으나, 치자로 염색한 섬유의 색상은 각각 7.4YR과 6.9YR로 황색계의 반응성염료, 배트염료 및 직접염료보다 큰 색차를 보여 염색성은 우수하였으나 일광견뢰도는 불량하였다.

ABSTRACT

This research was performed to use recycling wood fiber from waste MDF as raw materials for manufacturing of interior decorative accessories. Virgin fiber of *Pinus rigida* for manufacturing MDF and recycling fiber from manufactured MDF with virgin fiber were dyed by using reactive dyes (Bis-monochlorotriazine and Vinyl sulfone type), vat dyes (Anthraquinone type), direct dyes (Diazo type) such as red, yellow and blue, and natural dyes using gardenia or sappan wood, and they were examined to evaluate their dyeing properties and sunlight fastness.

The hue of virgin fiber and recycling fiber were 4.2YR, and 4.4YR, respectively, which showed red-yellowish color. The recycling fiber looked a little darker than the virgin fiber, where L* values of the recycling fiber showed a little lower. Reactive, vat and direct dyes dyed well both the virgin and recycling fibers. The recycling fiber showed a little higher values of colour yield and a little lower in L*, but it seemed that there was no significant difference. The Hue

¹ Date Received March 10, 2017, Date Accepted April 18, 2017

² 경남과학기술대학교 인테리어재료공학과. Department of Interior Materials Engineering, Gyeongnam National University of Science Technology, Jinju 52725, Republic of Korea.

[†] 교신저자(Corresponding author): 노정관(e-mail: arohjk@gntech.ac.kr)

values of the recycling fiber and the virgin fiber dyed with sappan wood were 4.4YR and 4.0YR, showing no difference between/after dyeing. However the Hue values of the recycling fiber and the virgin fiber dyed with gardenia were 7.4YR and 6.9YR, respectively. Those values were much higher than the values of the fibers dyed with other chemical dyes. But the fibers dyed with gardenia showed poor sunlight fastness.

Keywords : waste MDF, recycled wood fiber, reactive dyes, natural dyes, colour yield, sunlight fastness

1. 서 론

인간은 본능적으로 아름다움을 추구하고 그 아름다움에 관한 정보의 대부분은 시각적인 수단에 의해 입수한다. 그리고 시각에 가장 크게 영향을 주는 요인 중의 하나가 색이다. 색을 통해 아름다움의 추구뿐만 아니라 정서적, 심리적 안정감과 안락함을 누리기도 한다. 인간은 물체에 조사된 가시광선의 흡수와 반사 정도에 의해 서로 다른 색으로 감지하게 되며, 그 색감은 인테리어 요소로서도 매우 중요하다. 인테리어 재료들에 대한 색은 일반적으로 염료와 안료에 의해 부여되고 있으며, 또한 실내에 사용되는 중요한 재료 중의 하나가 중밀도 섬유판(MDF: Medium Density Fiberboard)이다.

국내 MDF산업은 2000년대에 들어서면서 크게 성장하여 연간 160만~200만 m³이 생산되며 최근에는 국내에서 가장 많이 사용되는 목질 패널재료이다. 2014년도에 208만 m³의 MDF가 생산되었으며, 그중 46.5%가 가구용, 42.2%가 건축내장재, 7.5%가 포장재 그리고 3.8%가 마루재로 사용되고 있다. 90%의 가구와 건축내장재로 사용된 MDF 제품의 평균 수명을 10년 정도로 가정한다면 연간 약 200만 m³ 정도의 폐기 MDF가 발생하는 것으로 추정된다. 그러나, 최근 폐기물의 재활용에 대한 관심과 투자는 증대되고 있으나, 국내에서 목질패널 중 가장 수요량이 많은 MDF는 열적 재활용이 아닌 물질로서의 재활용은 아직 거의 이루어지지 않고 있다. 폐MDF를 물질로서 재활용하기 위해 폐MDF를 폭쇄하거나(Lee 등, 2005), 해리와 고해하여 얻은 섬유로 다시 섬유판의 원료로 이용하려는 연구(Lee 등, 2006), 폐기되는 MDF분말을 탄화시켜 오염물질을 흡수하는 흡수재로서 이용하는 방법(Gomes 등, 2016, Gan 등,

2004), 퇴비로 이용하기 위한 생분해성에 관한 연구(Choi 등, 2016) 등이 수행되었으나 아직 활용은 잘 되고 있지 않아 MDF의 물질 재활용을 위한 다양한 새로운 재활용 기술 개발과 용도 창출이 요구되고 있다.

본 연구에서는 우리의 일상생활 환경 주변에서 쉽게 구할 수 있는 폐MDF를 인테리어 소품 제조용 기능성 원료로 재활용하기 위하여 먼저 섬유에 색을 부여하기 위한 염색특성을 조사하였다. 셀룰로오스 섬유나 직물의 염색에는 주로 직접염료, 반응성염료 및 배트염료가 적합한 것으로 알려져 있다. 셀룰로오스 섬유나 직물에 대한 직접염료에 의한 염색성에 관해서는 캐티온화제 처리한 면섬유의 직접염료에 의한 염색성(Jung 등, 1995), 재생 셀룰로오스 섬유 직물(enVix)의 직접염료에 의한 염색성 및 견뢰도(Koh 등, 2004), 셀룰로오스 직물의 염색성에 미치는 UV 조사에 관한 연구가 수행되었다(Bhatti 등, 2012). 반응성 염료에 의한 염색으로는 재생 셀룰로오스 섬유에 대한 염색성(Koh 등, 2004, 2005), 망초의 종류와 투입량에 따른 셀룰로오스 편성물의 반응성염료에 대한 염색성과 견뢰도(Kim 등, 2010), ultrasonic energy를 이용한 셀룰로오스 나노파이버의 반응성염료에 의한 염색성(Khatri 등, 2016), 대나무 섬유 직물의 ultrasonic energy를 이용한 염색성에 관해 검토하였다(Larik 등, 2015). 배트염료와 관련된 연구로는 재생 셀룰로오스 섬유인 enVix의 배트염료에 의한 염색성을 기존의 비스코스 레이온과 비교한 연구에서 enVix 섬유에의 염착성이 레이온 보다 우수하였으며, 빌트 업성 및 견뢰도도 우수하다고 하였고(Lee 등, 2005), 또한 셀룰로오스 섬유에의 흡진율과 염착량은 온도에 크게 영향 받으며 최적의 온도는 70℃라고 하였다(Shim 등, 2004). 배트염료를 사용하여 면, 나일론 6

및 폴리에스테르와 같이 섬유기질의 차이에 따른 염색성과 일광견뢰도를 검토한 결과, 염료에 따라 발색의 정도가 다르게 나타나며, 면이 나일론이나 폴리에스테르보다 높은 일광견뢰도를 나타낸다고 하였다 (Jeong 등, 2005). 천연물을 이용한 염색은 주로 한지에 대해 많이 수행되었으며, 천연염색에 사용된 염재로는 양파껍질(Jeon, 2003), 쑥(Jeon 등, 2006), 참식나무 추출물(Jo 등, 2007), 소목, 치자, 오배자(Park 등, 2009) 괴화(Yoo 등, 2009), 오배자, 신나무 잎, 감즙, 밤껍질, 목즙(Lee 등, 2009), 오리나무 열매 추출물(Choi 등, 2009) 등과 같은 다양한 재료들이 사용되었다. 그러나 목질 섬유의 염색 특성에 대해서는 보고가 없으며, 특히 접착제가 첨가되고, 고온에서 제조된 MDF로부터 얻은 재생섬유의 염색성은 전혀 검토되지 않았다.

본 연구에서는 셀룰로오스계 재료의 염색에 사용되는 직접염료, 반응성염료, 배트염료 및 천연염료(치자, 소목)를 사용하여 MDF 제조 전(버진섬유)과 제조 후(재생섬유) 목질섬유의 염색성과 일광견뢰도를 비교 검토하여, 폐MDF 재생섬유를 이용한 인테리어 소품 제조용 원료로서의 이용 가능성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시 재료

2.1.1. 목질 섬유

MDF 제조 전후의 섬유를 이용하여, 반응성염료, 직접염료, 배트염료 및 2종의 천연염료에 의한 염색 특성을 비교 조사하였다. 업계로부터 국내산 리기다 소나무로 MDF를 제조하기 위해 해설팜 접착제 미첨가 섬유(버진섬유)와 동일 섬유에 요소수지를 사용하여 제조한 두께 12 mm, 비중 0.62의 MDF를 분양받아 물에 침지한 후 가정용 믹서로 해설팜 섬유(재생섬유)를 사용하였다.

2.1.2. 염료 및 시약

셀룰로오스계 섬유의 염색에 주로 이용되고 있는 반응성염료(클로로트리아진계와 비닐 술포계), 직접염료(디아조계) 및 배트염료(퀴논계)에 대해 각각 황, 적, 청색의 3종의 염료와 천연염료 중, 치자와 소목을 사용하여 버진섬유와 재생섬유의 염색특성을 검토하였다. 사용한 염료의 종류 및 주요 특성은 Table 1과 같다. 염색 때 사용한 황산나트륨, 탄산나트륨, 수산화나트륨, 하이드로설파이트, 과산화수소는 1급

Table 1. Kinds and molecular weight of used dyes

Dye type	Commercial name	C.I. Generic name	Molecular formula	Molecular weight
Reactive Dye (MCT: Bis-Monochlorotriazine)	Yellow H-E4G	Reactive Yellow 105	C ₅₀ H ₃₂ Cl ₂ N ₁₈ Na ₆ O ₂₀ S ₆	1606.14
	Red H-E3B	Reactive Red 120	C ₄₄ H ₂₄ Cl ₂ N ₁₄ Na ₆ O ₂₀ S ₆	1469.98
	Blue H-ERD 125%	Reactive Blue 160	C ₃₈ H ₂₃ Cl ₂ N ₁₄ O ₁₈ S ₅ Na	1309.84
Reactive Dye (VS : Vinyl sulfone)	Yellow GL	Reactive Yellow 37	C ₂₂ H ₁₆ N ₄ Na ₂ O ₉ S ₃	622.56
	Red RB 133%	Reactive Red 198	C ₂₇ H ₁₈ ClN ₇ Na ₄ O ₁₆ S ₅	984.21
	Blue RS	Reactive Blue 19	C ₂₂ H ₁₆ N ₂ Na ₂ O ₁₁ S ₃	626.55
Direct dye (Diazo)	Yellow CT	Direct Yellow 24	C ₂₅ H ₁₇ N ₅ Na ₂ O ₆ S	561.48
	Red Benzo 4B	Direct Red 2	C ₃₄ H ₂₆ N ₆ Na ₂ O ₆ S ₂	724.72
	Blue 4GL	Direct Blue 78	C ₄₂ H ₂₅ N ₇ Na ₄ O ₁₃ S ₄	1055.91
Vat Dye (Anthraquinone)	Yellow GCN	Vat Yellow 2	C ₂₈ H ₁₄ N ₂ O ₂ S ₂	474.56
	Red FBB	Vat Red 10	C ₂₉ H ₁₄ N ₂ O ₅	470.43
	Blue RSN	Vat Blue 4	C ₂₈ H ₁₄ N ₂ O ₄	442.42

시약을 그대로 사용하였다. 천연염색을 위한 염재로는 소목과 치자를 시중에서 구입하여 사용하였으며, 함수율은 각각 7.2%와 9.8%였다. 소목과 치자의 염액 추출은 증류수를 사용하여 액비 25 : 1, 상온에서 2시간 침지 후, 80℃에서 90분간 행하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 재생섬유의 해리

MDF로부터의 재생섬유는 예비실험 결과를 바탕으로 50 × 50 × 12 mm로 절단한 MDF에 250 ml의 증류수를 첨가한 후 25℃에서 48시간 침지처리한 후 가정용 믹서기에 의해 5분간 해리한 다음 300 μm의 스크린으로 여과하여 제조하였다. 48시간 침지 처리한 MDF는 가로, 세로방향으로는 0.8%, 두께 20.7% 팽윤하였으며, 중량은 68% 증가하였다. 재생섬유의 수율은 92.2%였다.

2.2.2. 섬유의 원소분석

재생섬유와 버진섬유의 원소조성은 Elementar의 Vario MACRO Cube (Germany)에 의해 C, N, H, S의 함량을 분석하였다.

2.2.3. 염색

버진섬유와 재생섬유에 대해 반응성염료에 의한 염색은 유리제 실린더에 섬유를 넣고, OWF (On the Weight of Fiber) 5%, 액비 50 : 1, Na₂SO₄ 50 g/l, Na₂CO₃ 20 g/l, 80℃에서 70분(MCT계), 60℃에서 70분(VS계) 수행하였다. 배트염료에 의한 염색은 반응성염료와 동일한 OWF와 액비로 NaOH 18 g/l, Na₂S₂O₄ 12 g/l로 실시한 후, 산화는 H₂O₂ 30 g/l, 60℃에서 20분간 행하였다. 직접염료에 의한 염색은 반응성염료와 동일한 OWF와 액비로 Na₂SO₄ 8 g/l, Na₂CO₃ 0.4 g/l, 80℃에서 30분간 실시하였다. 소목과 치자의 천연염색은 염재의 OWF 5%, 액비 50 : 1, 80℃에서 60분간 실시하였다.

2.2.4. 염색섬유에 의한 시트제조

버진섬유와 재생섬유에 대한 각종 염료의 염색 특

성(측색)을 분석하기 위해 섬유의 시트화가 필요하였다. 시트는 각각의 섬유를 조건별로 염색한 후 전체 염액의 1.5배에 해당하는 증류수를 첨가하여 가정용 소형 믹서기로 2분간 해리하였다. 해리한 섬유는 watmann 여과지를 사용하여 여과한 후 50℃에서 5분간 압제하여 시트상으로 제조한 시료를 사용하여 염착성, 색상 및 일광견뢰도를 측정하였다.

2.2.5. K/S 값 및 색차 측정

버진염색섬유와 재생염색섬유의 표면색상 측정은 Gretag Macbeth Color-Eye 7000A (USA)을 사용하여 측정하였으며, K/S 값은 각각 염색 시료의 표면 반사율을 측정 후 다음과 같은 Kubelka-Munk식에 의해 산출하였다.

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

K : Absorption coefficient

S : Scattering coefficient

R : Reflectance coefficient

2.2.6. 일광견뢰도 측정

각각의 염료에 의해 염색된 섬유로 제조한 시트의 일광견뢰도는 UVB-313 램프, 조도 0.67 W/m², 온도 50℃에서 일정시간 축진내후성 시험기(QUV/SP, USA)를 이용하여 처리 전후의 색상을 측정하고 CIE Lab 색공간에서의 색차를 계산하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 재생섬유와 버진섬유의 원소조성

가구나 건축자재로 사용 후 폐기되는 MDF를 인테리어 소품의 원료로 재활용하기 위해 재생섬유의 염색특성을 검토하였다. 목재 칩으로부터 MDF를 제조하기 위한 섬유(버진섬유)와 MDF를 제조한 후 재생섬유화한 재생섬유간에는 보드를 제조하기 위해 사용한 접착제 성분의 잔존 여부가 섬유의 염색 특성에 영향을 미칠 수 있다. 이것은 사용한 수지에 의해서도 차이가 있을 수 있으나 본 연구에서는 현재까

지 대부분의 MDF 제조에 사용된 요소수지를 사용하여 제조한 MDF 재생섬유에 대해 검토하였다. Table 2에 국내산 리기다소나무로부터 해섬한 버진섬유와 동일한 섬유로 요소수지를 사용하여 제조한 MDF를 다시 해섬한 재생섬유의 원소조성을 나타내었다. 버진 섬유에서는 질소의 함량이 0.55%였으나 재생섬유에는 2.68%로 약 5배 정도 높아 버진섬유에 비해 재생 섬유에는 많은 접착제가 남아 있는 것으로 판단되며, 이것이 염색특성에 미치는 영향을 비교 검토하였다.

3.2. 반응성염료에 의한 재생섬유와 버진 섬유의 염색특성 및 일광견뢰도

MDF 제조용 리기다소나무 버진섬유와 MDF를 제조한 후 재해섬한 재생섬유에 대해 빨강, 노랑 및 파랑색계의 MCT계와 VS계의 반응성염료로 염색한

섬유의 염색 특성은 Table 3과 같다. 먼저 염색 전의 버진섬유와 재생섬유의 색상은 각각 4.2YR과 4.4YR로 약간의 적색기가 있는 황색을 나타내고 있다. 염색 전의 버진섬유에 대한 재생섬유의 색차의 값이 2.4로 육안으로 감지될 정도의 차이를 나타내고 있으며, a*와 b*가 증가하는 것으로부터 보다 적색과 황색쪽으로 변색되었으며, 재생섬유 L*의 값이 버진 섬유의 그것보다 작아지는 것으로부터 재생섬유가 약간 더 어두워졌으며 이는 MDF 제조시의 가열 등에 의해 농색화되었기 때문이라고 생각된다. 적, 청, 황색계의 MCT계와 VS계의 반응성염료에 의해 셀룰로오스계 목질 섬유의 염색은 버진섬유와 재생 섬유에 관계없이 색차가 26.5에서 59.3까지 나타날 정도로 매우 양호하게 잘 이루어졌다. 버진섬유와 재생 섬유간의 반응성염료에 의한 표면색계의 차이는 크게 나타나지 않았으며, 염색전의 섬유와 마찬가지로

Table 2. Element compositions of virgin wood fiber and recycled wood fiber

Type of fiber	Element compositions (%)			
	C	H	N	S
Recycled	47.53	6.42	2.68	0.85
Virgin	48.53	6.49	0.55	0.40

Table 3. Color changes of the dyed virgin and recycled fiber with reactive dye

Types of dye and fiber	Colour value	Hunter's Value			ΔE^*	Munsell's Value		
		L*	a*	b*		H	V/C	
MCT	Yellow H-E4G	Recycled	65.90	5.17	43.50	26.51	10.0YR	6.4/6.3
		Virgin	68.62	5.80	47.74	29.38	10.0YR	6.7/7.0
	Red H-E3B	Recycled	39.96	46.46	11.76	57.05	0.7R	3.9/10.7
		Virgin	40.89	46.47	11.72	56.47	0.6R	4.0/10.8
Blue H-ERD 125%	Recycled	36.01	-6.04	-12.23	53.94	1.5PB	3.5/3.6	
	Virgin	38.36	-6.22	-12.68	52.45	1.6PB	3.7/3.8	
VS	Yellow GL	Recycled	65.23	5.11	48.28	31.20	0.5Y	6.4/7.0
		Virgin	67.05	5.55	49.12	31.10	0.3Y	6.5/7.2
	Red RB 133%	Recycled	39.78	43.66	6.36	56.22	8.8RP	3.9/10.1
		Virgin	41.02	45.33	6.48	56.55	8.7RP	4.0/10.6
	Blue RS	Recycled	34.77	-5.04	-19.44	59.25	2.6PB	3.4/5.3
		Virgin	35.98	-4.41	-20.78	59.18	3.0PB	3.5/5.7
Control	Recycled	75.65	5.07	20.37	2.40	4.4YR	7.4/3.3	
	Virgin	77.97	4.70	19.91		4.2YR	7.7/3.2	

로 재생염색섬유의 L*와 V의 값이 버진염색섬유의 보다 감소하여 약간 어두운 색상을 나타내었다.

버진섬유와 재생섬유에 대한 반응성염료의 염착량을 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. 섬유에 관계없이 적색계의 염착량이 가장 높았으며, 대부분의 염료에서 재생섬유가 버진섬유보다 염착량이 약간 높게 나타나 재생섬유의 반응성염료에 의한 염색에는 문제가 없다는 것을 확인하였다. 각종 반응성염료로 염색한 버진염색섬유와 재생염색섬유의 일광견뢰도를 자외선 램프에 의해 5시간 조사한 후의 색차로 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 염료에 따라 약간의 차이는 있으나 Yellow GL과 Red H-E3B를 제외하고는 버진염색섬유가 재생염색섬유보다 더 큰 색차를 보이고 있어 퇴색이 심하였다. 한편 염색을 하지 않은 버진섬유와 재생섬유 자체도 가속열화처리에 의해 큰 색차를 보였으며 재생섬유보다는 버진섬유에서 약간 더 높았다. 이는 목재의 주요 성분이 섬유판의 고온에서의 열압 과정에서 수소화되었거나 섬유에 남아있는 접착제의 작용에 의한 것으로 생각되며, 이는 적색계 반응성염료 염색섬유보다는 작지만 다른 색의 염색 섬유보다는 매우 큰 값으로 반응성염료에 의한 염색에 의해 섬유의 변퇴색을 다소는 완화시켜 줄 수 있을 것으로 판단된다.

3.3. 직접염료에 의한 재생섬유와 버진섬유의 염색특성 및 일광견뢰도

버진섬유와 재생섬유에 대해 Diazo계열의 분자량

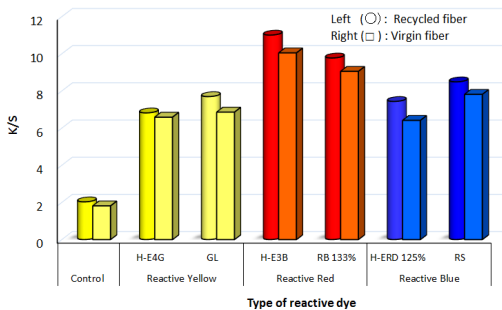


Fig. 1. Comparison of colour yield between dyed virgin and recycled fiber with various reactive dyes.

561.9인 Direct Yellow CT (C.I. Direct Yellow 24), 분자량 724.7인 Direct Benzo 4B (C.I. Direct Red 2) 및 Triazo계열의 분자량 1055.9인 Direct Blue 4GL (C.I. Direct blue 78)인 직접염료에 의한 염색이 용이하게 이루어졌으며, 3종의 직접염료 모두 L* 값 및 V 값이 버진섬유보다 재생섬유가 감소하는 것으로부터 버진섬유에 비해서 다소 어두워졌다. 버진섬유와 재생섬유에 대한 직접염료의 염색에 의한 염착량을 비교한 결과는 Fig. 3과 같다. 3종의 직접염료 모두에서 버진섬유 보다는 재생섬유에서의 염착량이 3~4 정도 큰 값을 나타내 재생섬유의 직접염료에 의한 염색은 매우 잘 이루어지는 것으로 확인하였다.

직접염료로 염색한 버진염색섬유와 재생염색섬유의 일광견뢰도를 자외선 램프에 의해 5시간 조사한 후의 색차로 비교한 결과는 Fig. 4와 같다. 5시간 가속 열화처리후의 색차는 반응성염료와는 달리 비염색 섬유 보다 큰 값을 보였으며 특히 황색계열의 직접염료에서 크게 나타났다. 직접염료의 염색은 염료와 섬유간에 수소결합이나 반데르발스 힘에 의해 발현되기 때문에 반응성염료에 비해 일반적으로 일광견뢰도가 우수하지 못하였다.

3.4. 배트염료에 의한 재생섬유와 버진섬유의 염색특성 및 일광견뢰도

Anthraquinone계의 분자량 474.6인 Vat Yellow GCN (C.I. Vat Yellow 2), 분자량 470.4인 Vat Red

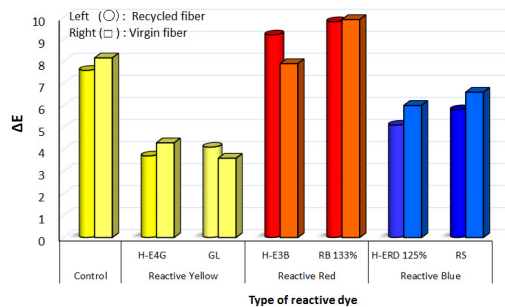


Fig. 2. Comparison of sunlight fastness (5 hour radiation) between dyed virgin and recycled fiber with various reactive dyes.

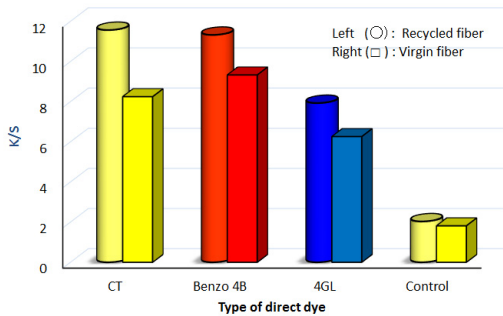


Fig. 3. Comparison of colour yield between dyed virgin and recycled fiber with various direct dyes.

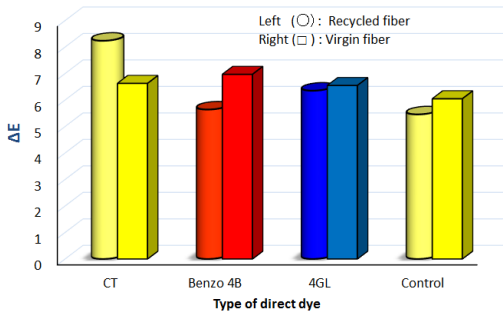


Fig. 4. Comparison of sunlight fastness (5 hour radiation) between dyed virgin and recycled fiber with various direct dyes.

FBB (C.I. Vat Red 10) 및 분자량 442.4인 Vat Blue RSN (C.I. Vat blue 78)인 배트염료에 의한 버진섬유와 재생섬유에 대한 염색 특성은 모두 버진섬유에 비해 34~60의 큰 색차를 나타낸 것으로부터 염색이 용이하게 이루어졌으며, 3종의 배트염료로 염색한 후의 L* 값 및 V 값은 염색전의 버진섬유와 재생섬유의 차이보다 작아 양 섬유간의 차이는 거의 없었다. 버진섬유와 재생섬유에 대한 배트염료의 염색에 의한 염착량을 비교한 결과는 Fig. 5와 같다. 3종의 배트염료 모두에서 버진섬유 보다는 재생섬유에서의 염착량이 다소 높았으나 거의 차이가 없었다.

배트염료로 염색한 버진염색섬유와 재생염색섬유의 일광견뢰도를 자외선 램프에 의해 5시간 조사한 후의 색차로 비교한 결과는 Fig. 6과 같다. 5

시간 가속 열화처리후의 색차는 C.I. Vat Yellow 2와 C.I. Vat Red 10 염료의 경우에는 재생과 버진 섬유간에 거의 차이가 없으나, C.I. Vat blue 78의 청색 배트염료에서는 버진섬유에서의 색차가 크게 나타났다.

3.5. 황색계 천연염료에 의한 재생섬유와 버진섬유의 염색특성 및 일광견뢰도

MDF 제조용 리기다소나무 버진섬유와 MDF를 제조한 후 재해석한 재생섬유에 대해 친핵 치환반응에 의해 발색하는 MCT계인 분자량 1606.1인 Yellow H-E4G (Reactive Yellow 105)와 친핵 부가반응에 의해 발색하는 VS계인 분자량 622.6의 Yellow GL (Reactive Yellow 37)의 반응성염료, Diazo계열의 분

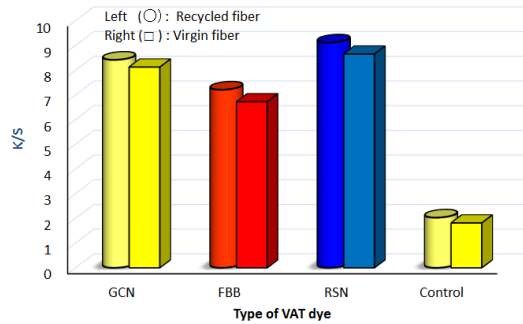


Fig. 5. Comparison of colour yield between dyed virgin and recycled fiber with various vat dyes.

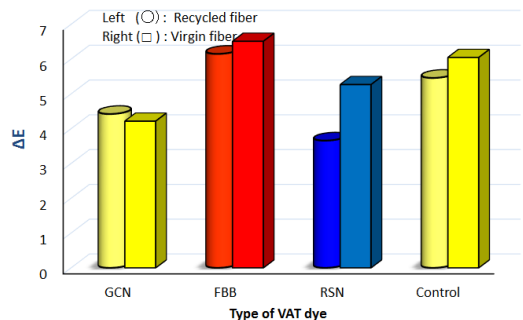


Fig. 6. Comparison of sunlight fastness (5 hour radiation) between dyed virgin and recycled fiber with various vat dyes.

자량 561.9인 Direct Yellow CT (C.I. Direct Yellow 24), Anthraquinone계의 분자량 474.6인 Vat Yellow GCN (C.I. Vat Yellow 2) 및 천연 황색계 염료인 소목과 치자로 염색한 섬유의 염색 특성은 Table 4와 같다. 천연염료인 소목으로 염색한 재생섬유와 버진 섬유의 색상은 각각 4.4YR과 4.0YR로 염색 전의 미염색 섬유와 거의 차이가 없는 약간의 적색기가 있는 황색을 나타내고 있다. 또한, 소목의 경우에는 미염색 버진 섬유에 비해 11~12 정도의 색차는 나타나, 다른 염료와 비교할 때 가장 작은 색차를 나타내었다. 그러나 치자로 염색한 재생섬유와 버진섬유의 색상은 각각 7.4YR과 6.9YR를 나타내며, 공시한 다른 반응성염료, 배트염료 및 직접염료보다 큰 색차를 보여 염색성이 매우 우수하였다.

버진섬유와 재생섬유에 대한 치자와 소목의 염착량을 황색계 반응성, 직접 및 배트염료와 비교한 결과는 Fig. 7과 같다. 공시한 황색계 염료 중에서는 직접염료인 Direct Yellow CT의 재생섬유만이 버진 섬유에 비해 큰 차이가 있었으며, 다른 염료에서는 재생섬유가 약간 높긴 하나 버진섬유와 거의 차이가 없었다. 천연염료의 염착량은 공시한 다른 황색계

염료에 비해 낮았으며, 특히 소목의 염착량은 대조구 보다 약간 높았으나 치자는 3배 정도 높았다. 자외선 램프에 의해 5시간 조사한 후의 색차로 비교한 일광견뢰도의 결과는 Fig. 8에 나타난 바와 같이, MCT계인 Yellow H-E4G와 VS계인 Yellow GL의 반응성염료, Anthraquinone계인 Vat Yellow GCN 간에는 큰 차이가 없으며, 4 전후의 색차값으로부터 변색이 나타남을 확인하였으나, 대조구 보다는 적었다. 반면, 직접염료의 일광견뢰도는 대조구와 거의 유사하였으며, 착색이 많이 된 치자의 색차는 대조구의 2배 이상 크게 나타나 일광견뢰도가 불량하였다. 이와 같이 일광견뢰도가 양호하지 못한 것은 고착처리와 천연염료의 경우에는 매염제를 사용하지 않았기 때문이라고 생각되며, 추후 최적의 염색조건과 일광견뢰도 향상 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

4. 결 론

MDF 제조용 리기다소나무 버진섬유와 MDF를 제조한 후 재해석한 재생섬유에 대해 빨강, 노랑 및 파

Table 4. Color changes of the dyed virgin and recycled fiber with yellow type dyes and natural dyes

Types of dye and fiber			Color value	λ max (nm)	K/S	Hunter's Value			ΔE^*	Munsell's Value	
						L*	a*	b*		H	V/C
Reactive	MCT	Yellow H-E4G	Recycled	400	6.82	65.90	5.17	43.50	26.51	10.0YR	6.4/6.3
			Virgin	400	6.59	68.62	5.80	47.74	29.38	10.0YR	6.7/7.0
	VS	Yellow GL	Recycled	400	7.70	65.23	5.11	48.28	31.20	0.5Y	6.4/7.0
			Virgin	400	6.86	67.05	5.55	49.12	31.10	0.3Y	6.5/7.2
Vat	Yellow GCN	Recycled	400	8.42	64.62	6.99	51.49	34.41	0.1Y	6.3/7.7	
		Virgin	400	8.13	66.70	7.08	53.93	35.93	0.1Y	6.5/8.0	
Direct	Yellow CT	Recycled	400	11.56	65.63	9.98	56.50	38.97	9.4YR	6.4/8.7	
		Virgin	400	8.25	68.48	11.97	56.30	38.30	8.5YR	6.7/8.9	
Natural	Sappan wood	Recycled	400	2.53	70.69	10.18	28.05	12.23	4.4YR	6.9/4.9	
		Virgin	400	2.24	71.92	10.01	26.74	10.59	4.0YR	7.0/4.8	
	Gardenia	Recycled	450	5.95	67.60	15.80	57.53	40.57	7.4YR	6.6/9.9	
		Virgin	450	5.82	67.55	17.23	57.06	40.59	6.9YR	6.6/9.6	
Control		Recycled	400	2.03	75.65	5.07	20.37	2.40	4.4YR	7.4/3.3	
		Virgin	400	1.82	77.97	4.70	19.91		4.2YR	7.7/3.2	

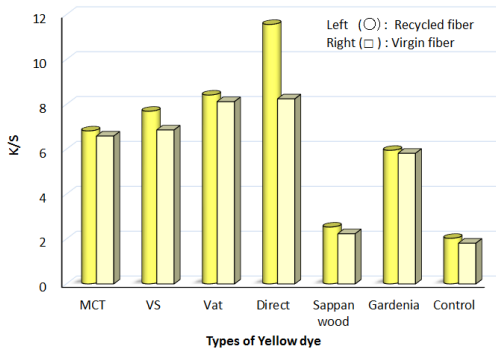


Fig. 7. Comparison of colour yield between dyed virgin and recycled fiber with yellow type dyes and natural dyes.

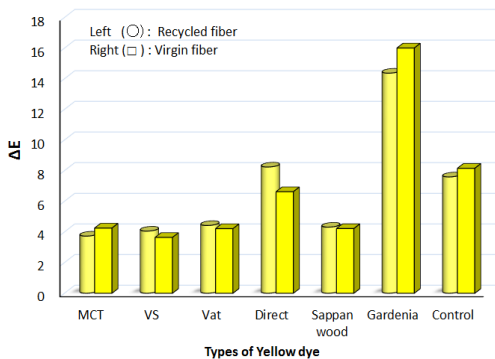


Fig. 8. Comparison of colour yield and sunlight fastness (5 hour radiation) between dyed virgin and recycled fiber with yellow type dyes and natural dyes.

랑색 계열의 Bis-monochlorotriazine계와 Vinyl sulfone계의 반응성염료 6종, Anthraquinone계인 배트염료 3종, Diazo계열의 직접염료 3종 및 치자와 소목의 천연염료에 의한 염색 특성 및 일광견뢰도를 비교 검토한 결과는 다음과 같다.

국내산 리기다소나무로부터 해섬한 버진섬유와 동일한 섬유로 요소수지를 사용하여 제조한 MDF를 다시 해섬한 재생섬유의 원소조성 분석 결과, 탄소와 수소의 함량은 거의 같으나 질소의 함량은 재생섬유에서 약 5배 높아 접착제로 사용한 요소수지가 재생섬유에는 상당량 남아 있는 것으로 확인하였다.

염색 전의 버진섬유와 재생섬유의 색상은 각각

4.2YR과 4.4YR로 약간의 적색기가 있는 황색을 나타내고 있었다. 또한 버진섬유에 비해 재생섬유의 색차는 2.4로 육안으로 감지될 정도의 차이를 나타내고 있으며, 재생섬유의 L*의 값이 버진섬유 보다 작아져 재생섬유가 약간 더 어두웠다.

적, 청, 황색계의 MCT계와 VS계의 반응성염료에 의한 염색은 버진섬유와 재생섬유에 관계없이 매우 양호하게 잘 이루어졌다. 재생섬유가 버진섬유 보다 염착량은 약간 높았고, L*와 V의 값은 약간 감소하였으나, 표면색계에는 큰 차이가 나타나지 않았다. 자외선 램프로 5시간 조사한 후의 색차로 비교한 반응성염료로 염색한 버진염색섬유와 재생염색섬유의 일광견뢰도는 염료에 따라 약간의 차이는 있으나 버진염색섬유가 재생염색섬유보다 더 큰 색차를 보여 변색이 심하였다.

직접염료와 배트염료에 의한 염색 모두 미염색 버진섬유에 비해 34~60의 큰 색차를 나타낸 것으로부터 염색이 용이하게 이루어졌으며, 버진섬유 보다 재생섬유에서의 염착량이 다소 높았거나 거의 차이가 없었다.

천연염료인 소목으로 염색한 재생섬유와 버진섬유의 색상은 각각 4.4YR과 4.0YR로 염색 전의 미염색 섬유와 거의 차이가 없었으나 치자로 염색한 섬유의 색상은 각각 7.4YR과 6.9YR이며, 염색성이 매우 우수하였다. 그러나 일광견뢰도는 불량하여 추후 최적의 염색조건 구명과 견뢰도 향상 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

Bhatti, I.A., Zia, K.M. Ali, Z., Zuber, M., Rehman, F. 2012. Modification of cellulosic fibers to enhance their dyeability using UV-irradiation. Carbohydrate Polymers 89: 783-787.

- Choi, C., Yoo, J.C., Yang, S.M., Lee, C.G., Lee, S.E., Kang, S.G. 2016. Characteristics of bio-degradation under composting and vermiculite condition. *Journal of Korea TAPPI* 48(1): 127-133.
- Gomes, J.A.F.L., Azaruja, B.A., Mourão, P.A.M. 2016. From MDF and PB wastes to adsorbents for the removal of pollutants. *Applied Surface Science* 380: 119-126.
- Gan, Q., Allen, S.J., Matthews. R. 2004. Activation of waste MDF sawdust charcoal and its reactive dye adsorption characteristics. *Waste Management* 24: 841-848.
- Jeon, C. 2003. Studies on the dyeing of Hanji by natural dye-stuffs (Ⅱ) -With a focus on the onion-peelings-, *Journal of Korea TAPPI* 35(1): 48-53.
- Jeon, C., Ahn, Y.H. Jeon, H.J., 2006. Studies on the dyeing of Hanji by natural dye-stuffs (Ⅳ), -With a focus on the clove tree-, *Journal of Korea TAPPI* 38(3): 66-71.
- Jeong, D.S., Choi, M.N. Jung, D.H. Gwon, O.C. Lee, M.C. 2005. Dyeing Properties and color fastness of cotton, nylon and polyester dyed with vat dyes. *Textile Coloration and Finishing* 17(6): 11-19.
- Jo, H.J., Lee, S.K. Lee, H.J. Kang, H.Y. Choi, D.H. Choi. I.G. 2007. The dyeing properties of Hanji by *Neolitsea sericea* Koidz extracts. *Journal of Korea TAPPI* 39(2): 60-67.
- Jung, Y.J., Lee, Y.H., Lee, M.H. Lee, E.P., 1995. A Study on Dyeing Properties of cationic agent treated cotton fibre with direct dye. *Textile Coloration and Finishing* 7(2): 1-8.
- Khatri, M., Ahmed, F., Jatoi, A.W., Kim, I.S., Mahar, R.B., Khatri, Z. 2016. Ultrasonic dyeing of cellulose nanofibers. *Ultrasonics Sonochemistry* 31: 350-354.
- Kim, M.R. Lee, H.J. Lee, J.J., 2010. The Effect of Sodium Sulfate in Liquid or Solid Form on Reactive Dyeing and Fastness Properties of Cellulose Knitted Fabric. *Textile Coloration and Finishing* 22(4): 341-348.
- Koh, J.S., Kim, I.S., Kim, S.S. Shim, W.S., Kim, J.P. Kwak, S.Y. Chun, S.W., Kwon, Y.K. 2004. Dyeing Properties of Novel Regenerated Cellulosic Fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 91: 3481-3488.
- Koh, J.S., Kim, I.S., Kim, S.S. Shim, W.S., Kim, J.P., 2004. Dyeing properties of bi-functional reactive dyes on a novel regenerated cellulosic fiber. *Fibers and Polymers*. 5(1): 44-51.
- Koh, J.S., Kim, I.S., Kim, S.S. Shim, W.S., Kim, J.P. 2005. Reactive dyeing properties of novel regenerated cellulosic fibres. *Dyes and Pigments* 64: 9-16.
- Larik, S.A., Khatr, A. Ali, S. Kim. S.H. 2015. Batchwise dyeing of bamboo cellulose fabric with reactive dye using ultrasonic energy. *Ultrasonics Sonochemistry* 24: 178-183.
- Lee, H.H., Seo, S.S., Cho, Y.M., Park, H.S. 2005. Manufacture of medium density fiberboard from exploded MDF waste. *Journal of the Korea Furniture Society* 16(1): 10-16.
- Lee, H.H., Seo, S.S., Cho, Y.M., Park, H.S. 2006. Manufacture of high density fiberboard from disintergrated and beaten MDF waste. *Journal of the Korea Furniture Society* 17(1): 64-71.
- Lee, J.J., Shim, W.S. Kim, I.S. Kim, J.P. 2005. Dyeing and fastness properties of Vat dyes of a novel regenerated cellulosic fiber. *Fibers and Polymers*. 6(3): 244-249.
- Lee, S.H., Yoo, S.I., Choi, T.H. 2009. Natural dyeing characteristics of Korean traditional paper with Smoke Tree (*Cotinus coggygria Scop*). *Journal of Korea TAPPI* 41(2): 40-46.
- Park, M.O., Yoon, S.L. 2009. Properties of natural

- dyeing of bast fiber (Part 1) Properties of dye and extraction condition of sappan wood, gardenia and gallnut. Journal of Korea TAPPI 41(3): 49-56.
- Shim, W.S. Lee, J.J., Kim, J.P., Chun, S.W., Kwak, S.Y., Kim, I.S. Ahn, J.S., Koh, J.S Kwon, Y.K. 2004. Vat dyeing properties of a novel regenerated cellulosic fiber. Textile Research Journal 74(9): 787-791.
- Yoo, S.I., Oh, S.K., Lee, S.H., Choi, T.H. 2009. Dyeing of Hanji with flowers of Pagoda Tree (*Sophora japonica*). Journal of Korea TAPPI 41(2): 34-39.
2004. Vat dyeing properties of a novel regen-