

〈연구논문(기술)〉

## Poly Lactic Acid 섬유용 Vat 염료에 대한 염색견뢰도

정동석<sup>1</sup> · 천태일<sup>†</sup>

<sup>1</sup>동의대학교 생활과학연구소, 동의대학교 패션디자인학과

### Color Fastness of PLA Fiber Dyed with Vat Dyes

Dong-Seok Jeong<sup>1</sup> and Tae-Il Chun<sup>†</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Human Ecology, Dong-eui University, Busan, Korea  
Department of Fashion Design, Dong-eui University, Busan, Korea

(Received: February 22, 2013 / Revised: March 4, 2013 / Accepted: March 9, 2013)

**Abstract:** Colorimetric and wash fastness data after repeated wash cycles of Poly Lactic Acid(PLA) fiber were examined with C. I. Vat Blue 1, also other comparing 2 dyes (C. I. Vat Blue 35, C. I. Vat Blue 5), in this study. The fastness of three vat dyes on PLA fiber to repeated washing according to KS K 0430 A-2 regulation increased with dyeing temperatures. The L\* values of the dyed material gradually increased with increasing numbers of wash. Also the f(k) values were decreased reversely. During repeated washing, the vagrant dyes were deposited especially on nylon, polyester, cotton of the adjacent multifiber. C. I. Vat Blue 5 displayed lowest color change to repeated washing of the three dyes used.

**Keywords:** PLA fiber, wash fastness, KS K 0430 A-2, L\*, f(k), multifiber

## 1. 서 론

최근 녹색화 기술 및 청정 에너지 기술로 인하여 석유계에서 유래하지 않고 분해성이 뛰어난 친환경 재료의 연구가 진행되고 있으며, 향후 친환경 의류 소재로서 소비를 주도해 나가리라 생각된다<sup>1-3)</sup>.

Poly Lactic Acid(이하 PLA) 섬유는 천연에서 얻을 수 있으며, 기존의 합성섬유와는 달리 생분해성의 특징을 가진 친환경의 섬유소재로서 의류용 및 다양한 의료용 및 PE나 PP대체의 공업용 등으로서 적용이 가능하다<sup>4)</sup>.

의류용으로 많이 사용되는 폴리에스테르 섬유는 소수성 섬유로서 소수성 염료인 분산염료로 대부분 염색되어지고 있으며 PLA섬유 또한 PET섬유와 유사한 특징으로 인하여 분산염료로 염색되어진다. 따라서 폴리에스테르 섬유와 마찬가지로 PLA섬유의 경우에도 분산염료에 의한 연구가 진행되어지고 있다<sup>5-8)</sup>.

한편 셀룰로오스계 섬유들을 염색할 때 사용되는

배트염료를 이용하여 하이드로슬파이트와 수산화나트륨의 적당한 조건의 선택에 의해 PLA 섬유용 염색하여 염색특성 및 반복세탁에 의한 세탁성을 고찰한 연구가 진행되고 있다<sup>9,10)</sup>.

본 연구에서는 최근 환경 친화적인 천연섬유 재료로 각광 받고 있는 PLA 섬유에 대한 Vat계 염료의 염색성 및 염색견뢰도를 조사해 보기 위해 Vat Blue 1을 중심으로 Vat Blue 35, Vat Blue 5 등 3종의 염료를 염색하였다. 염색 가능한 온도를 설정하고(60°C~110°C), 염색조건을 비교하여 이들의 염색성을 조사하였다. 염색온도의 변화에 따른 염색성의 변화를 Munshell 색상환(L\*, a\*, b\*, C\* 및 h°)에서 색상변화를 조사하였으며, 한국공업규격(KSK 0430 A2법)에 의한 세탁견뢰도를 측정하고 반복세탁에 따른 색상의 변화를 고찰하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료

PLA 섬유로 제조된 편직물(중량 224.8 gm<sup>2</sup>)를 사용하였으며, 탄산나트륨(2g/l)과 비이온계면활성제

<sup>†</sup>Corresponding author: Tae-Il Chun (tichun@deu.ac.kr)  
Tel.: +82-51-890-1600 Fax.: +82-51-890-1579  
©2013 KSDF 1229-0033/2013-03/75-81

(1g/l)로서 욕비 20:1, 60°C에서 15분간 정련하였다. 염색에 사용된 3종의 인디고계 염료, Vat Blue 1, Vat Blue 35, Vat Blue 5는 Dystar에서 공급받아 사용하였으며 그 구조는 Figure 1과 같다. 그 외 시약은 1급 시약을 사용하였다.

## 2.2 염색 및 견뢰도

염색은 Figure 1의 적외선 고온 고압 염색기(국산, Dae Rim Starlet DTC-6000)를 이용하여 Vat계 3종의 염료에 대하여 5% o.w.f의 염료농도로 욕비 15:1, 0.1% 수산화나트륨(NaOH), 1.0% 하이드로 술파이트( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ )를 사용하여 40°C에서 20분간 발색시켜 시료를 침지 후 소정온도(60, 80, 98 및 110°C)에서 60분간 염색하였다.

염색된 시료는 산화발색을 위하여 공기중에서 하루간 발색시켰으며, 표면불순물을 제거하기 위하여 마르세이유 비누(1g/l)를 98°C, 10분간 욕비 100:1로서 처리한 후, 수세하여 공기 중에 건조하였다.

세탁견뢰도 시험은 KS K 0430 A-2법에 의거하여 실시하였다. 또한 세탁반복에 의한 시험법은 이들 시험을 5회까지 확장하여 세탁횟수의 증가에 따른 색상의 변화를 염색견뢰도 시험용 다섬교직포(KSK 0905)를 사용하여 측정하였다.

## 2.3 측색 및 분석

인디고 염료로 염색된 시료의 표면색을 분석하기 위하여 분광측색계(Grata Macbeth Color Eye i5, USA)를 사용하여  $D_{65}$ ,  $10^\circ$  시야의 조건에서 측색하여 분광반사율과 Munsell색상 및 380~720nm의 전파장 영역에서 10nm간격으로 측정된 K/S값의 합을  $f(k)$  수치로서 나타내었다.

## 3. 결과 및 고찰

Table 1에서는 Vat Blue 1을 염색온도 60, 80, 98 및 110°C로 염색하여 이들의 반복세탁에 의한 표면색 농도 변화의 경우 명도  $L^*$ 와  $f(k)$  및 먼셀색상인 ( $C^*h^\circ$ )색상의 변화를 나타낸 것이다. Table 1에서 알 수 있듯이 세탁횟수가 증가할수록 표면색 농도 값을 나타내는 명도 값인  $L^*$ 의 경우는 증가하는 것과  $f(k)$  값의 경우는 감소함을 알 수 있다. 또한 먼셀 색상 채도인  $C^*$ 값의 감소와 색상환에서 각을 나타내는  $h^\circ$  값의 경우는 감소함을 보여주고 있다. 또한 80°C와 98°C로 염색된 시료보다는 110°C에서 염색된 시료가 반복 세탁에서 표면색 농도의 감소가 덜 일어났다.

즉 염색온도가 증가함에 따라 섬유 비결정 영역의 증가와 염료분산의 영향에 따른 것으로 생각되어진다. 다섬교직으로 제조된 오염포를 사용하여 오염견뢰도를 측정하였는데, 6종의 오염중에서 오염의 정도가 심한 3종(Cotton, Nylon, Polyester)의 오염을 grey scale에 의한 등급 판정에서, 저온에서 염색된 시료의 경우에는 Nylon의 오염이 심하게 나타나고, 염색 온도가 높아질수록 Polyester의 오염의 정도가 높게 나타난다. 세탁 1, 2회에서 세탁오염이 높게 나타나고, 염색온도가 높을수록 색농도가 높아져 오염정도가 높게 나타난다.

본 연구에 사용된 비료 염료로서 다른 2종의 염료인 Vat Blue 35, Vat Blue 5의 경우 Table 2와 Table 3에 나타내었다. 이들도 Table 1과 동일하게 반복세탁에 의한 명도  $L^*$ 와  $f(k)$  및 먼셀색상인 ( $C^*h^\circ$ )색상의 변화를 나타내었다. 이들 2종의 염료도 동일하게 세탁의 횟수가 증가할수록 Vat Blue 1과 동일하게  $L^*$ 의 증가와  $f(k)$ 값이 감소하였지만,  $C^*$ 값과  $h^\circ$ 값의 경우에는 60°C염색을 제외하고는 같은 경향성을 보

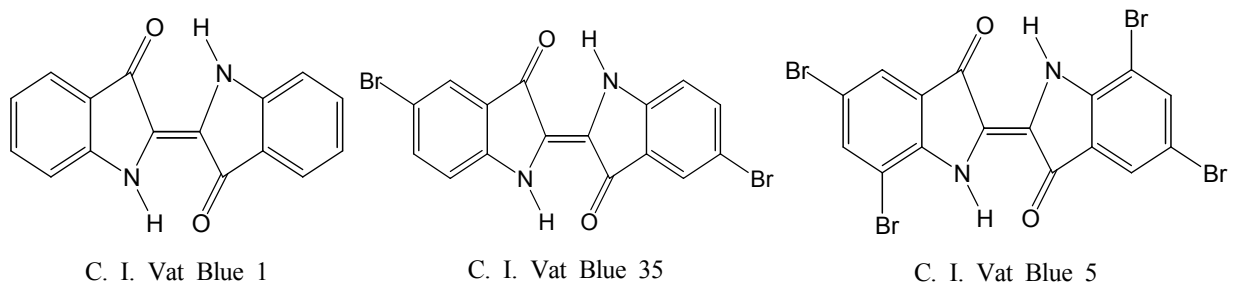


Figure 1. Dye structures used in the study.

Table 1. Wash fastness colorimetric data after repeated wash cycles for Vat Blue 1

Dyeing temp.(°C)	No. of Washes	L*	C*	h°	f(k)	Staining of adjacent		
						Cotton	PET	Nylon
60	0	49.7	16.4	256.5	63.5	-	-	-
	1	63.7	14.0	253.8	23.7	4	5	3
	2	64.0	14.1	254.4	22.9	4-5	5	3-4
	3	64.9	13.8	254.2	21.4	4-5	5	3-4
	4	67.2	13.5	253.4	17.8	5	5	4
	5	68.7	13.0	251.6	15.7	5	5	4
80	0	35.2	18.1	258.2	178.8	-	-	-
	1	37.3	17.7	255.1	157.0	4	5	3
	2	37.5	17.4	254.6	154.4	4-5	5	3
	3	37.7	17.6	254.9	153.3	4-5	5	3-4
	4	38.0	17.6	254.6	151.8	4-5	5	3-4
	5	38.2	17.4	253.9	146.7	5	5	4
100	0	33.6	17.2	260.2	196.8	-	-	-
	1	35.6	16.7	258.5	171.7	5	3	3-4
	2	36.0	16.4	258.0	166.7	5	3-4	4
	3	36.9	16.7	257.8	157.8	5	3-4	4
	4	37.3	16.9	257.7	151.2	5	4	4-5
	5	38.0	16.4	257.1	145.3	5	4	4-5
110	0	32.2	17.1	263.7	214.5	-	-	-
	1	33.4	16.4	262.3	196.8	5	2	3-4
	2	33.5	16.4	261.5	196.7	5	2-3	4
	3	33.6	15.9	260.3	196.3	5	3	4
	4	33.6	15.8	259.7	195.1	5	3-4	4-5
	5	33.8	15.9	259.6	194.1	5	3-4	4-5

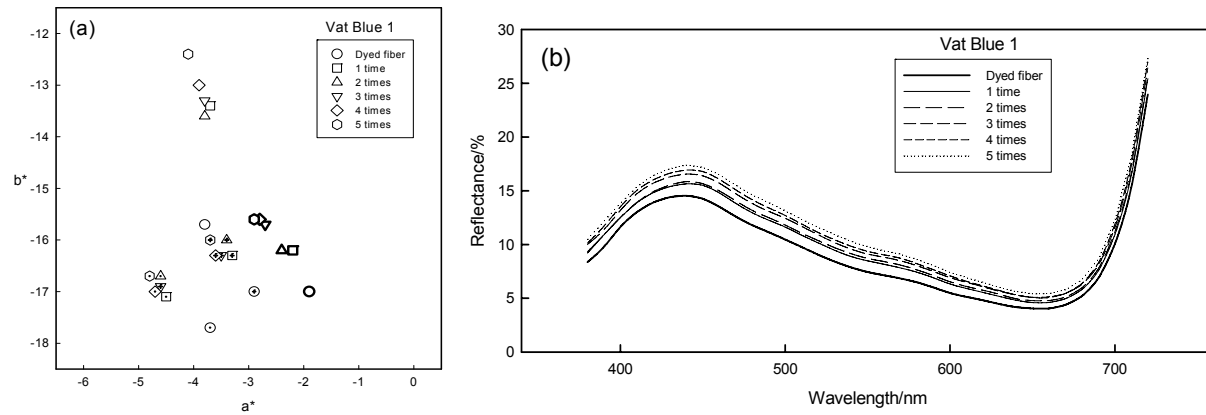
여주지 않는다. 또한 세탁오염의 경우 Vat Blue 1과 유사하게, 세탁 1, 2회에서 오염이 높고, 염색온도가 높을수록 오염이 높게 나타난다.

Figure 2에서는 Vat Blue 1의 4종의 염색온도(60, 80, 98 및 110°C)에서 염색된 시료의 반복세탁에 의한 표면 색농도 변화를 a\*b\*색도도를 나타낸 것이다.

세탁횟수가 증가함에 따라 가로축인 a\*(red-green)

축에서 음(-)의 값인 green축으로 변화를 나타내고, b\*(yellow-blue)축에서 양(+)의 값인 yellow축으로 전체적인 변화를 보여주고 있다. 특히 1회 세탁 후 그 변화의 정도는 1회에서 많은 변화 후, 완만하게 변화함을 알 수 있다.

또한 이들의 변화를 세탁횟수가 증가함에 따른 반사율(Reflectance)의 변화를 98°C에서 염색된 시료의



**Figure 2.** Colorimetric data(a) and reflectance(b) after repeated wash cycles for Vat Blue 1 (a) Blank thin 60°C, Dotted 80°C, ×-hair 98°C, Blank thick 110°C, (b) 98°C dyed fabric.

**Table 2.** Wash fastness and colorimetric data after repeated wash cycles for Vat Blue 35

Dyeing temp.(°C)	No. of Washes	L*	C*	h°	f(k)	Staining of adjacent		
						Cotton	PET	Nylon
60	0	47.9	19.2	263.4	92.8	-	-	-
	1	50.9	18.3	262.7	45.8	4	4	3
	2	51.4	18.6	262.6	43.4	4	4	3-4
	3	52.7	18.0	262.6	41.4	4-5	4-5	3-5
	4	53.2	17.7	262.2	38.3	4-5	4-5	3-4
	5	53.6	17.3	262.7	37.4	4-5	4-5	4
80	0	36.9	18.8	256.0	141.9	-	-	-
	1	40.1	19.9	261.8	112.9	4	4	3-4
	2	40.7	19.8	261.9	108.3	4	4-5	3-4
	3	41.7	19.8	261.8	100.4	4-5	4-5	3-4
	4	43.0	19.6	261.1	92.3	4-5	4-5	4
	5	43.5	19.8	260.9	89.2	4-5	4-5	4
98	0	35.1	19.8	260.9	161.9	-	-	-
	1	39.6	20.3	261.1	116.3	3	4	3-4
	2	40.4	20.1	262.2	108.8	3-4	4	4
	3	42.1	20.0	261.9	96.3	3-4	4	4
	4	42.5	20.3	261.9	93.8	4	4	4
	5	42.8	21.3	264.2	90.4	4	4-5	4-5
110	0	35.6	19.4	257.2	158.8	-	-	-
	1	40.2	20.0	260.9	116.6	3	4	3-4
	2	41.5	21.1	262.6	110.2	3-4	4	4
	3	42.0	20.7	262.9	96.4	3-4	4	4
	4	43.2	20.9	262.4	88.6	4	4-5	4
	5	44.3	20.6	262.2	82.4	4	4-5	4-5

Table 3. Wash fastness and colorimetric data after repeated wash cycles for Vat Blue 5

Dyeing temp.(°C)	No. of Washes	L*	C*	h°	f(k)	Staining of adjacent		
						Cotton	PET	Nylon
60	0	40.3	29.3	275.3	92.8	-	-	-
	1	50.4	27.6	273.0	45.8	4-5	4	3-4
	2	51.1	27.7	273.2	43.4	4-5	4-5	4
	3	51.8	27.2	273.1	41.4	4-5	4-5	4
	4	52.9	27.1	272.7	38.3	4-5	5	4
	5	53.3	26.3	272.7	37.4	4-5	5	4-5
80	0	26.5	24.7	273.0	273.0	-	-	-
	1	31.5	25.2	268.5	189.8	4	3-4	3
	2	32.2	25.1	267.8	179.1	4-5	4	3-4
	3	32.7	25.0	268.0	172.7	4-5	4-5	4
	4	32.9	24.6	266.4	172.4	4-5	4-5	4
	5	33.2	25.1	268.1	169.0	5	4-5	4-5
98	0	25.5	25.3	272.2	301.2	-	-	-
	1	25.8	25.2	271.8	293.5	4	4	3
	2	26.0	25.2	270.4	287.3	4	4	3-4
	3	26.4	25.3	270.8	282.1	4-5	4-5	3-4
	4	26.4	25.3	270.1	282.0	4-5	4-5	4
	5	26.8	24.5	268.5	275.8	4-5	4-5	4
110	0	25.3	27.6	276.2	300.0	-	-	-
	1	25.7	28.6	277.5	288.0	4	4	3
	2	26.0	28.5	276.5	281.8	4	4	3
	3	26.7	28.3	275.9	265.9	4-5	4-5	3-4
	4	26.7	28.7	277.2	264.8	4-5	4-5	3-4
	5	26.9	29.4	277.8	260.5	4-5	4-5	4

가시광선파장영역(380~720nm)에서 나타내었다. 이들 반사율곡선에서도 알 수 있듯이 세탁에 따른 반사율의 증가를 통하여 표면색의 변화를 알 수 있으며, 1회 세탁에서 탈색의 많은 변화 후, 완만한 탈색과 최대흡수파장의 변화는 없었다.

Figure 3과 Figure 4의 (a)에서는 Vat Blue 35, Vat Blue 5의 2종의 염료와 4가지의 염색온도(60, 80, 98 및 110°C)에서 염색된 시료의 반복세탁에 의한 표면 색농도 변화를 a\*b\*색도도를 나타낸 것이다. Vat Blue 35의 경우에는 일정한 경향성이 나타나지는 않지만 60°C 염색을 제외하고는 세탁시료는 b\*축

의 감소와 a\*축의 증가를 보여주고 있다.

또한 Vat Blue 5의 경우에는 110°C 염색물을 제외하고는 a\*축의 감소가 보여진다. 또한 98°C에서 염색된 시료의 가시광선파장영역에서 파장에 따른 반사율의 변화를 나타낸 (b)그림에서도 Vat Blue 1과 동일하게 세탁이 진행함에 따라 반사율의 증가를 보여주고 표면의 반사율의 변화를 확인할 수 있으며, 이들의 경향성은 Vat blue 35는 Vat blue 1과 1회 세탁에서 표면색의 탈락이후 완만히 변화하지만, Vat blue 5의 경우는 반사율의 변화가 적은 것을 알 수 있다.

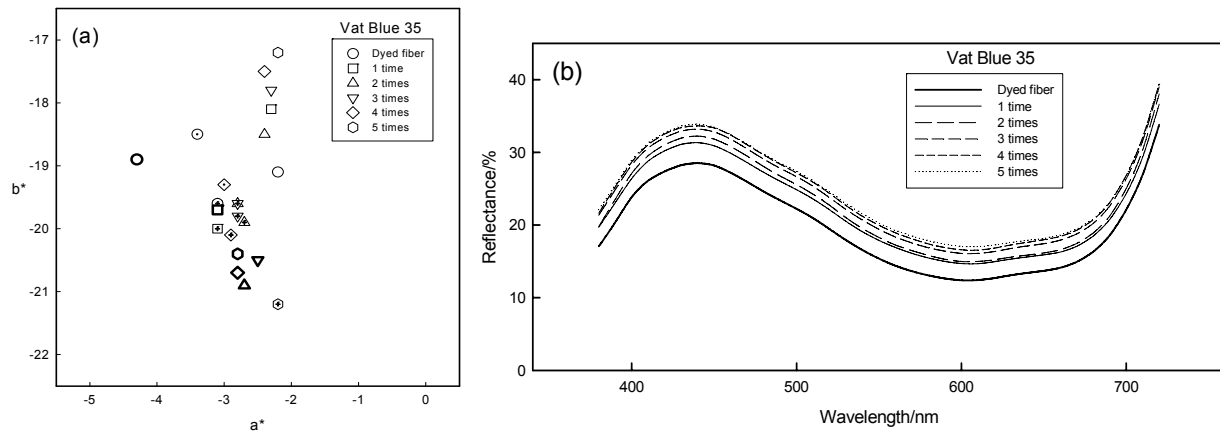


Figure 3. Colorimetric data(a) and reflectance(b) after repeated wash cycles for Vat Blue 35 (a) Blank thin 60°C, Dotted 80°C, ×-hair 98°C, Blank thick 110°C, (b) 98°C dyed fabric.

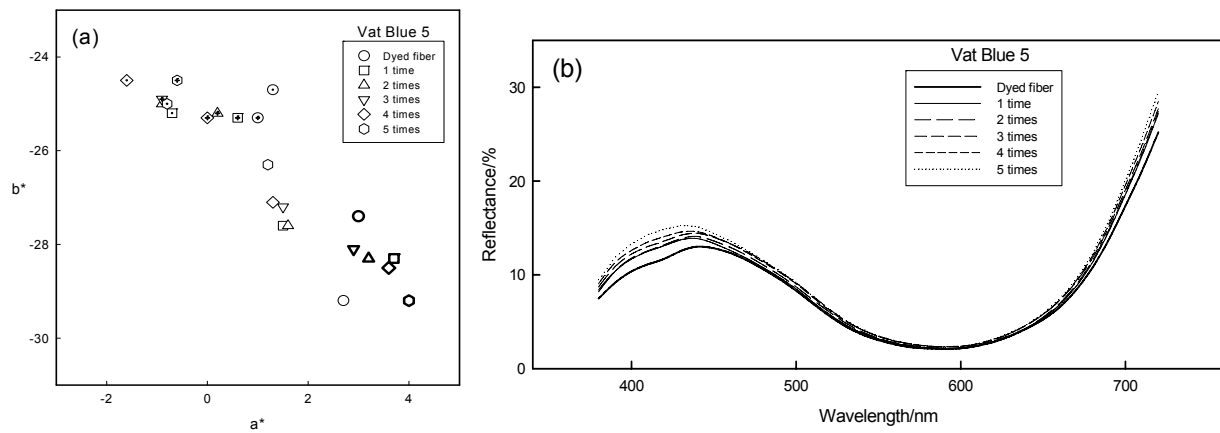


Figure 4. Colorimetric data(a) and reflectance(b) after repeated wash cycles for Vat Blue 5 (a) Blank thin 60°C, Dotted 80°C, ×-hair 98°C, Blank thick 110°C, (b) 98°C dyed fabric.

### 4. 결 론

환경 친화적인 섬유 재료로 각광 받고 있는 PLA 섬유의 Vat계 염료에 대한 염색성과 염색견뢰도를 조사해 보기 위해, 쪽의 주성분으로 알려진 인디고계 염료인 Vat Blue 1을 중심으로 Vat Blue 35, Vat Blue 5 등 3종의 염료로 염색하였다. 염색 후 시료를 KS K 0430 A2법에 의하여 세탁견뢰도를 평가하고, 또한 반복 세탁하여 이들의 색상  $L^*$ ,  $f(k)$  및  $C^*h^\circ$ 의 변화를 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Vat Blue 1으로 염색된 PLA섬유의 경우 세탁횟수가 증가할수록 명도값인  $L^*$ 는 증가하고,  $f(k)$ 값의 경우는 감소하였다. 또한  $C^*$ 값의 감소와  $h^\circ$ 값도 감소하였다. 110°C의 염색시료가 다른 온도의 염색시료보다 반복세탁에서 우수하였다. 오염포에 의한 오염견뢰도를 측정에서 저온에서 염색시

료는 Nylon의 오염이 심하였고, 염색 온도가 높아질수록 Polyester의 오염이 심하였다.

2. Vat Blue 35, Vat Blue 5는 세탁의 횟수가 증가할수록 Vat Blue 1과 동일하게  $L^*$ 의 증가와  $f(k)$  값이 감소하였지만, 채도값인  $C^*$ 값과 색도도의 각을 나타내는  $h^\circ$ 값의 경우에는 일정한 경향성을 나타내지 않았다.
3. Vat Blue 1으로 염색 시료에서는 세탁횟수가 증가에 따라  $a^*$ 축에서 green축으로 색상이 변화하고,  $b^*$ 축은 yellow축으로 색상이 변화하였다. 1회 세탁 후 색상의 탈락에 의한 변화가 많이 일어났으며, 그 후 완만하게 변화하였다. 반사율(Reflectance)의 변화를 통하여서도 이들의 변화를 확인하였으며 최대흡수 파장의 변화는 없었다. 그러나 Vat Blue 3과 Vat Blue 5의 경우에는 색상환의 변화는 일정한 경향성을 나타내진 않았으며,

특히 Vat Blue 5의 경우에는(비교시료인 98°C 염색물의 경우) 반복세탁에서도 반사율의 변화는 다른 2종의 염료보다는 우수하게 나타났다.

### 감사의 글

이 논문은 2011학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(2011AA135).

### 참고문헌

1. H. Y. Lee, Y. J. Choi, E. J. Park, and S. D. Kim, Dyeing Properties of Poly(lactic acid)/Poly(ethylene terephthalate) Union Fabric by Disperse Dyes, *Textile Science and Engineering*, **47**(1), 1 (2010).
2. G. H. Koo and J. H. Jang, The Deodorization and Antibacterial Activities of PLA Films Embedded with TiO<sub>2</sub> Nanoparticles, *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dye. and Finish.)*, **20**(6), 1(2008).
3. S. Y. Lee, J. S. Won, J. J. Yoo, W. G. Hahm, and S. G. Lee, Physical Properties of Recycled Polyester Yarns According to Recycling Methods, *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dye. and Finish.)*, **24**(1), 91(2012).
4. S. M. Burkinshaw and D. S. Jeong, The Dyeing of Poly(lactic acid) Fibres with Disperse Dyes using Ultrasound Part 2 - Fastness, *Dyes and Pigments*, **92**, 988(2012).
5. Y. A. Son and T. K. Kim, The Application of Non-ionic Vat Dye to Polyester Fiber Practical Aspects and Preliminary Studies, *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dye. and Finish.)*, **15**(1), 23(2003).
6. J. H. Choi and W. Y. Seo, Coloration of Poly(lactic acid) with Disperse Dyes 1 Comparison to Poly(ethylene terephthalate) of Dyeability, Shade and Fastness, *Fibers and Polymers*, **7**(3), 270(2006).
7. Y. K. Jeong, J. H. Lee, and I. H. Kim, Poly(lactic acid) as Eco-Friendly Energy Saving Materials, *Fiber Technology and Industry*, **12**(3), 169(2008).
8. K. Kuntou, S. Hongyo, S. Maeda, and K. Mishima, Dyeing Polyester Fabrics with Indigo, *Textile Research Journal*, **75**(2), 149(2005).
9. K. Sawada and M. Ueda, Optimization of Dyeing Poly(lactic acid) Fibers with Vat Dyes, *Dyes and Pigments*, **74**, 81(2007).
10. Y. S. Shin, D. I. Yoo, and K. W. Kim, Process Balance of Natural Indigo Production Based on Traditional Niram Method, *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dye. and Finish.)*, **24**(4), 253(2012).