

저채도 영역에서 섬유에 적합한 색차식에 관한 연구

우화령, 김정렬*, 김삼수**

한국염색기술연구소, *오영산업(주), **영남대학교 섬유패션학부

1. 서론

우리가 원하는 색을 염색 또는 착색을 통하여 재현하고자 할 때, 색의 재현도는 목표색과 재현색 간의 색차로 평가하는 것이 보통이다. 이때 색차의 평가를 객관적으로 하기 위해 두 색을 기기로 측정 후 이들의 색좌표로부터 색차를 계산하고, 시각적으로 지각하는 색차와 기기 측정 후 색차식으로 계산한 색차 간에 되도록이면 높은 상관관계를 얻기 위해 색차식을 사용한다. 1976년 국제조명위원회(CIE)는 두 표준 색차식 CIELAB 및 CIELUV를 추천하였는데 이전까지는 40여 개의 색차식이 사용되고 있었다.¹⁾ 1976년 이후 많은 심리물리 실험(psychophysical experiments)이 행해졌는데, 이들 실험의 결과에 의하면 시관측 결과와 이 두 색차식으로 부터 계산된 색차 사이에 많은 차이가 있음이 밝혀졌다.²⁾ 그래서 이보다 성능이 향상된 색차식들이 개발이 되었고, 현재 CMC와 CIE94³⁾는 각각 섬유와 페인트 산업계에서 색차 평가의 ISO 기준으로 채택된 상태이다.³⁾ 하지만 이들 역시 시각판정과 상당한 차이를 가진다. 그래서 현재 사용되고 있는 색차식들의 성능을 평가하고, 또한 최근 섬유염색산업의 문제점으로 대두되고 있는 저채도·저명도의 어두운 샘플의 측색이 시각판정과 잘 맞지 않는 점을 본 연구에서 해결하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 시료의 염색 및 색차 측정용 샘플제작

이면이 비치지 않는 두께의 광택을 포함한 폴리에스테르 섬유를 분산염료로 130℃에서 액비 20:1로 염색한 후 80℃에서 20분 동안 환원 세정하였다. 색차 측정용 샘플은 가로, 세로 5×6.5(cm) 크기이고 뒷면이 비치지 않게 두꺼운 종이를 대어 제작하였으며, 약 $\Delta E=1\sim 4$ 인 샘플을 페어로 제작하여 사용하였다.

2.2. 색상측정

샘플의 데이터는 CCM(X-Rite 8200)기기로 측색하였고, 측색은 표준광원 D₆₅, 10°관측자의 조건에서 실행하였다. 샘플 페어의 CIELab 좌표는 기존의 색차식 (CIELAB, CMC, BFD II,

CIE94, DCI95, LCD97, LCD99, CIEDE2000)으로 계산하였다. 그리고 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 그리고 ΔE^* 의 표준편차와 편차계수는 평균값에서 계산하였다.

2.3 시각판정

시각판정은 라이트 부스(The Judge II, Macbeth U.S.) 안에서 gray-scale 방법을 응용하여 6등급의 standard-scale을 사용하였는데, 이는 gray-scale 방법이 3.5~5등급 사이의 페어에서는 시각적인 색의 차이가 눈에 띄게 나타나지 않았기 때문이다. 샘플 페어는 명도 50의 배경에서 D65의 단일 조명을 사용하였고, 색각장애가 없는 학생 40명을 대상으로 관측하였다.

2.4 적합성 측정

두 개의 data set을 비교하는데 다른 통계방법의 사용은 다른 결과를 가져온다. 따라서 Luo와 Rigg4에 의해 한 값으로부터 네 가지 통계치를 조합한 performance factor가 유도된 식을 사용하였고, 식은 아래와 같다.

$$PF (\%) = [(VAB + \dots - r) \times 100 + CV]$$

$$PF'(\%) = [(VAB + \dots - 1) \times 100 + CV]$$

3. 결과 및 고찰

3.1. 새로운 data set에 의한 기존의 색차식 평가

명도허용치(ℓ)가 1과 2일 때 각 색차식의 PF값을 통해 기존 색차식의 적합성을 테스트하였다. Table 1에서 보듯이, 기존의 색차식들 중 시각적 판별과 가장 일치하는 것은 PF/4가 14.35인 CIELAB 색차식이었으며, 현재 상용되고 있는 CIE94 색차식 또한 타 색차식에 비해 잘 맞음을 확인할 수 있었다. 하지만 섬유산업에서 가장 많이 사용되는 CMC 색차식은 PF/4가 16.03으로 색차식들 중 성능이 낮음을 알 수 있었다.

3.2. 저채도 영역에서의 수정된 색차식의 제안

저채도 영역에서 ΔE 와 ΔV 의 색허용치를 figure 1에 나타내었다. 시각적 판정값이 기기적 판정값보다 세로축(a^*)으로 허용치가 더 컸으며, 가로축(b^*)이 더 좁음을 볼 수 있었다. 본 연구에서는 저채도 영역에서의 색허용에 관한 연구이므로, 성능은 가장 낮지만 채도를 고려하여 제안된 CIEDE2000 색차식을 토대로 섬유에 적용가능한 형태로 수정했다. 우선 저채도 영역에서 허용타원을 수정하기 위해 색차식의 세로축 값을 나타내는 a^* 값을 조절하여 타원계수를 수정하였다.

Table 1. Measures of fit for all visual data

Formula	ℓ	Measures of Fit					
		PF/4	PF' /3	V _{AB}	CV		r
CMC	2	16.03	18.88	0.19	16.64	1.21	0.93
BFD II		14.80	17.64	0.18	15.18	1.20	0.94
CIE94		14.64	17.46	0.18	15.15	1.19	0.94
DCI95		14.66	17.49	0.18	15.29	1.19	0.94
LCD97		14.70	17.53	0.18	15.21	1.19	0.94
LCD99		15.21	18.08	0.18	15.75	1.20	0.93
CIEDE2000		16.74	19.59	0.20	17.71	1.21	0.92
CIELAB		14.35	17.18	0.18	14.82	1.19	0.94

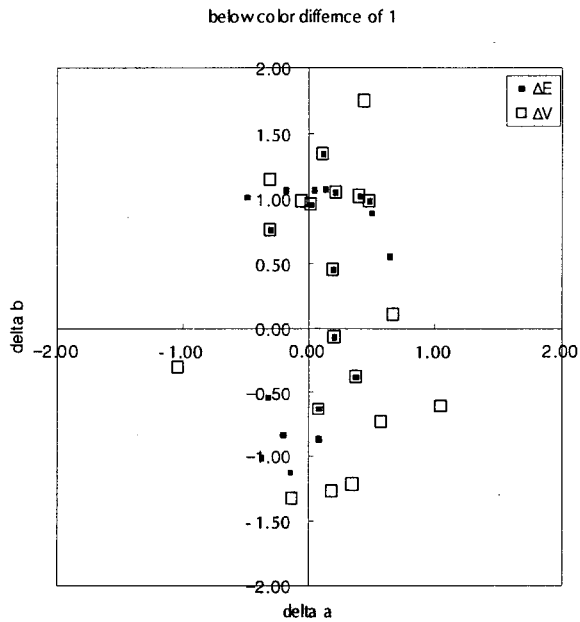


Fig. 1. Comparison with color tolerances of ΔE and ΔV below color-difference of 1.

4. 결론

저채도의 dark sample 섬유 측색시 시각평가와 좀 더 가까운 측색결과를 얻기 위해 CIEDE2000 색차식에서의 a값을 다음과 같이 수정하였다.

$$a' = \left(1 + 0.12 \left(1 - \sqrt{\frac{C_{ab}^{*7}}{C_{ab}^{*7} + 25^7}} \right) \right) a^*$$

참고문헌

1. R McDonald and KJ Smith, CIE94-a new colour-difference formula, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, pp 376-379, 1995.
2. Dong-Ho Kim, Eun Kyoung Cho and Jae Pil Kim, Evaluation of CIELAB-Based Colour-Difference Formulae Using a New Dataset, *Color Research and Application*, pp369-375, 2001.
3. D Heggie, R H Wardman and M R Luo, A comparison of the colour differences computed using the CIE94, CMC($\ell:c$) and BFD($\ell:c$) formulae, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, pp 264-269, 1996.