

# 디지털인쇄에서 색재현 특성에 관한 연구

김재해<sup>†</sup>, 이성형, 조가람\*, 구첵희\*

<sup>†</sup>산업인력관리공단, 부산정보직업전문학교

\*부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2006년 1월 17일 접수, 2006년 2월 14일 최종 수정본 접수)

## A Study on the Characteristics of Color Reproduction in Digital Printing

*Jae-Hae Kim<sup>†</sup>, Sung-Hyung Lee, Ga-Ram Cho\*, Chul-Whoi Koo\**

<sup>†</sup>Human Resources Development Service of Korea, Seoul

Busan Information Technical Institute, Busan

\*Division of Image & Information Engineering, College of Engineering, Pukyong National University

(Received 17 January 2006, in final form 14 February 2006)

### Abstract

Color reproduction is one of the most important expression factors in digital printing. In this paper, an experiment was done where the characteristics of color reproduction in digital printing.

The results could be summarized as follows.

The printing used device profile showed a color difference of less than printing used default value in digital printing. As a result of weighting color difference, a difference between color gamut of digital original and color gamut of printing, when transforming the RGB color space to CMY color space, a difference in the gray revision. The solution is to optimize the color transformation by gamut mapping and gray revision.

## 1. 서론

디지털 시대에 맞추어 인쇄물도 다품종 소량생산과 함께 컬러의 고급화가 빠르게 진행되고 있으며, 또한 소비자의 컬러에 대한 이해의 수준이 높아질수록 인쇄 품질 향상 요구도 증대되고 있다.

현재 대부분의 인쇄 장비들은 디지털화로 인하여 많은 부분들이 자동으로 관리되고 있는데 인쇄에서 색을 관리한다는 의미는 고객이 요구하는 색과 실제 인쇄물이 얼마나 가깝게 재현될 수 있는지가 그 문제이다. 특히 국내 디지털인쇄에서 인쇄물의 컬러 관리는 다른 인쇄방식보다 비교적 과학적이고 객관적인 방법으로 인쇄시에 장치프로파일이 적용되어 인쇄의 표준화가 이루어지지만, 특정 컬러에서 여전히 원고와의 색차가 발생함을 알 수 있다. 그러므로 더욱 체계적이고 효율적인 컬러 관리를 위해서는 규격화된 객관적인 컬러 데이터를 확인할 필요가 있다.<sup>1~3)</sup>

따라서 본 연구에서는 먼저 디지털인쇄에서 보다 효율적인 컬러 재현을 위한 기초 실험으로서 국내에서 시판되고 있는 디지털인쇄 4기종을 선택한 후 동일한 조건의 인쇄원고를 사용하여 최적의 인쇄조건에서 인쇄한 후 인쇄물의 컬러를 각각 측정하여 컬러 재현성을 비교 검토하였다.

## 2. 실험

디지털 인쇄원고는 인쇄물의 평가를 위하여 C, M, Y, K 4색으로 1,485개의 컬러 패치가 조합되어 있는 ECI2002 target을 기반으로 EIZO FlexScan L568 LCD 모니터에서 CIE가 정한 sRGB 색공간에서 캘리브레이션한 후 제작하였다.<sup>4~5)</sup> 조건은 표준 whit point가 6,500K, gamma 값은 2.2로 설정하였고, 디지털 인쇄원고와 인쇄물과의 색차를 확인하기 위하여 GretagMacbeth의 Eye-One을 사용하여 모니터에서 직접 CIE L\*a\*b\* 값으로 측색하였다. 이때 주변 광원에 의한 플레어를 최소화하기 위하여 암실조건을 선택하여 측색하였다. 또한 제작된 디지털 인쇄원고는 국내에서 시판되는 서로 다른 4기종의 디지털인쇄기에서 각각 인쇄하였다. 인쇄조건은 인쇄기의 장치프로파일을 적용한 것과 적용하지 않은 것으로 나누어 실험하였다. 인쇄조건은 동일한 인쇄원고를 인쇄선수 175dpi, 피인쇄체가 120g/m<sup>2</sup>인 아트지로 설정하였다.

인쇄물의 평가는 CIE 1976 L\*a\*b\* 색공간을 이용하는 측색적 방법으로 인쇄원고와 기종별 인쇄물과의 색차를 구하여 비교하였고, 또한 컬러 패치 1,485개의 색재현 특성을 확인하기 위하여 CIE L\*a\*b\* 색공간에 L\*a\*, L\*b\*, a\*b\*로 나누어 각각 나타내었다. 이때 측색기는 GretagMacbeth Spectrolino를 사용하였고, 측색 조건은 표준광 D50, 2°시야

에서 정확도를 높이기 위하여 3번을 반복 측색한 후 측색된 값의 평균을 구하였다. 또한  $\Delta E^*_{ab}$ 로 표시되는 색차는 3차원 공간상의 유클리드 거리의 차이로써 다음 식과 같이 2개의 측색치  $L^*_1, a^*_1, b^*_1$ 와  $L^*_2, a^*_2, b^*_2$ 로 계산하였다.<sup>6)</sup>

$$\begin{aligned} \Delta L^* &= L^*_2 - L^*_1 \\ \Delta a^* &= a^*_2 - a^*_1 \\ \Delta b^* &= b^*_2 - b^*_1 \end{aligned}$$

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

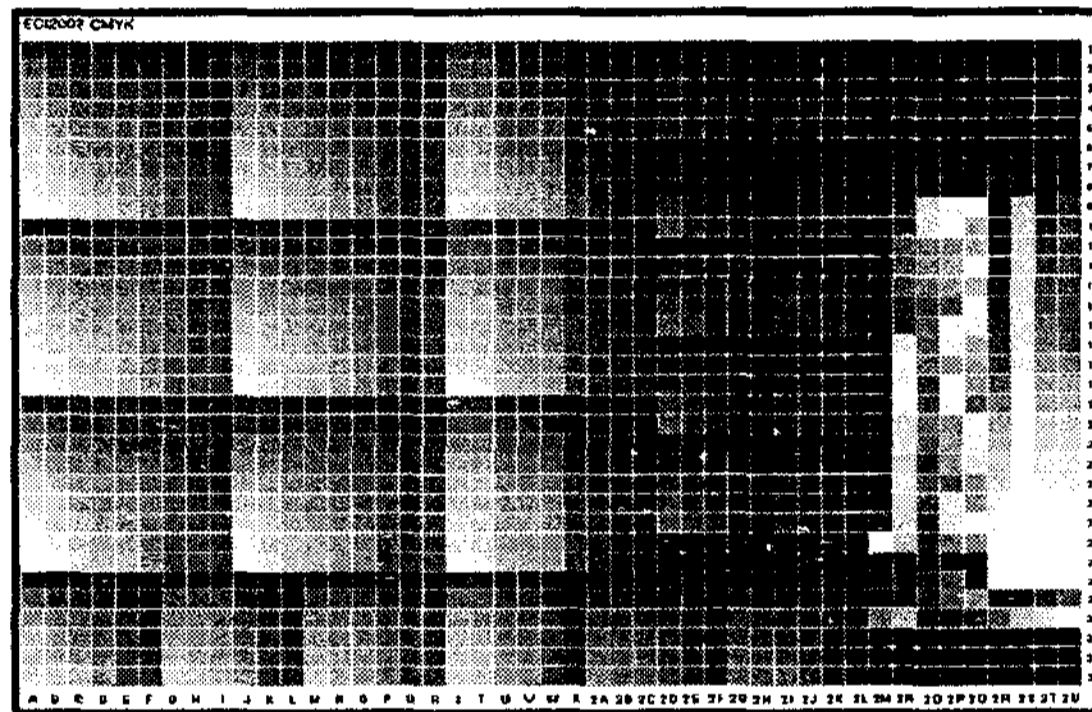


Fig. 1. Sample image ECI2002.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. 색차에 의한 평가

인쇄물의 평가는 CIE 1976  $L^*a^*b^*$  색공간을 이용한 측색적 방법으로 인쇄원고와 기종별 인쇄물과의 색차를 구한 결과 Table 1, 2와 같다. Table 1과 같이 캘리브레이션이 이루어진 장치에서 동일한 원고와 동일한 피인쇄체를 이용하여 인쇄한 인쇄물이지만 기종별 색재현 영역의 차이가 크게 나타났으며, 인쇄원고와의 색차도 11이상의 높은 결과를 나타내었다. 이것은 장치의 특성뿐만 아니라 RGB 색공간에서 인쇄원고의 컬러가 재현되지만, 인쇄물은 CMYK의 색공간에서 색이 재현됨으로 색영역의 차이에서 발생하는 결과라 사료된다.

Table 2와 같이 인쇄시 장치별 특성을 데이터화한 프로파일을 적용한 결과에서는 색차가 상당히 감소하였음을 알 수 있었다. 그러나 여전히 10이상의 색차를 나타내는 디지털 인쇄기도 있음을 확인할 수 있었다. 이것은 원고의 색재현 영역과 인쇄물의 색재현

영역의 차이뿐만 아니라, 원고의 특성화에 의한 색변환시 RGB 색공간을 CIE L\*a\*b\* 색공간으로 변환한 후 다시 CMY 색공간으로 색변환하였을 때 K를 분할하여 처리하지 않고 CMY에 포함시켜 처리함으로써 회색보정이 이루어지지 않은 결과라 사료된다. 따라서 인쇄물의 색재현에서 원고와의 색차를 줄이기 위하여 색재현 영역의 축소에 따른 보정과 K성분에 의한 회색보정이 이루어질 필요가 있다.

Table 1. Color Difference Analysis for Original and Printing

Company	$\Delta E^*_{ab}$			
A	Avg.= 11.9829	Std.= 5.1302	Max.= 33.3364	Min.= 1.6522
B	Avg.= 16.7426	Std.= 8.1653	Max.= 49.0528	Min.= 1.7042
C	Avg.= 15.1845	Std.= 6.8437	Max.= 41.7391	Min.= 1.1423
D	Avg.= 18.6453	Std.= 6.2315	Max.= 43.4369	Min.= 2.2043

Table 2. Color Difference Analysis for Original and Printing used Device Profile

Company	$\Delta E^*_{ab}$			
A	Avg.= 8.5530	Std.= 4.6303	Max.= 28.0932	Min.= 1.0277
B	Avg.= 4.9419	Std.= 2.1606	Max.= 16.0572	Min.= 0.2197
C	Avg.= 5.1948	Std.= 2.1558	Max.= 16.5366	Min.= 0.3600
D	Avg.= =10.9786	Std.= 5.7264	Max.= 39.5378	Min.= 2.0133

### 3-2. 히스토그램에 의한 평가

실험에 이용된 ECI2002 target 1,485개 color patch별로 원고와 인쇄물의 색차를 구하여 히스토그램으로 나타낸 결과 Fig. 2, 3과 같다.

Fig. 2의 결과와 같이 4기종 모두 색차가 10이상인 patch가 10이하의 patch보다 빈도수가 높게 나타났다. 이것은 장치 특성에 따라 인쇄에서 재현되는 색이 원고의 색과 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다. 특히 Fig. 2의 B, C, D회사에서 20이상의 색차를 가진 patch도 빈도수가 높음을 확인하였다.

Fig. 3과 같이 장치 특성을 기록한 프로파일을 적용한 인쇄물에서 원고와의 색차가 patch별로 상당히 감소하여 나타났다. 그러나 Fig. 3의 (a)A와 (d)D회사의 경우 여전히 10이상의 색차를 가진 patch가 더 많음을 알 수 있었다. 이것은 기종에 따른 제품의 품질도 영향을 주지만, 인쇄원고를 RGB, CIE L\*a\*b\*의 3채널을 인쇄시 CMYK의 4채널로 색변환함으로서 발생한 오차라 사료된다. 따라서 인쇄물과 원고와의 색차를 줄이기 위하여 색공간 차이에 따른 보정과 채널 증가에 따른 보정이 이루어질 필요가 있다.

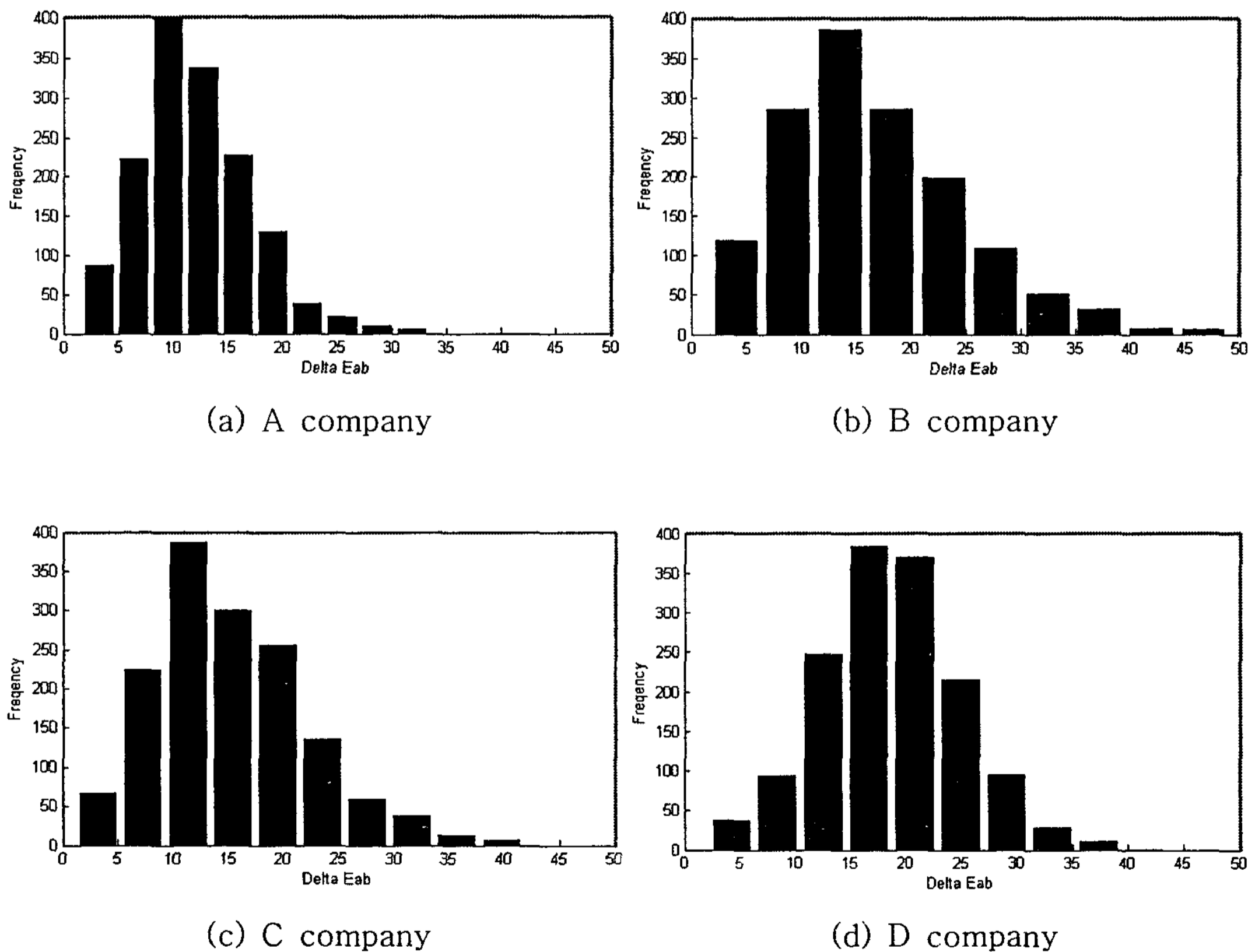
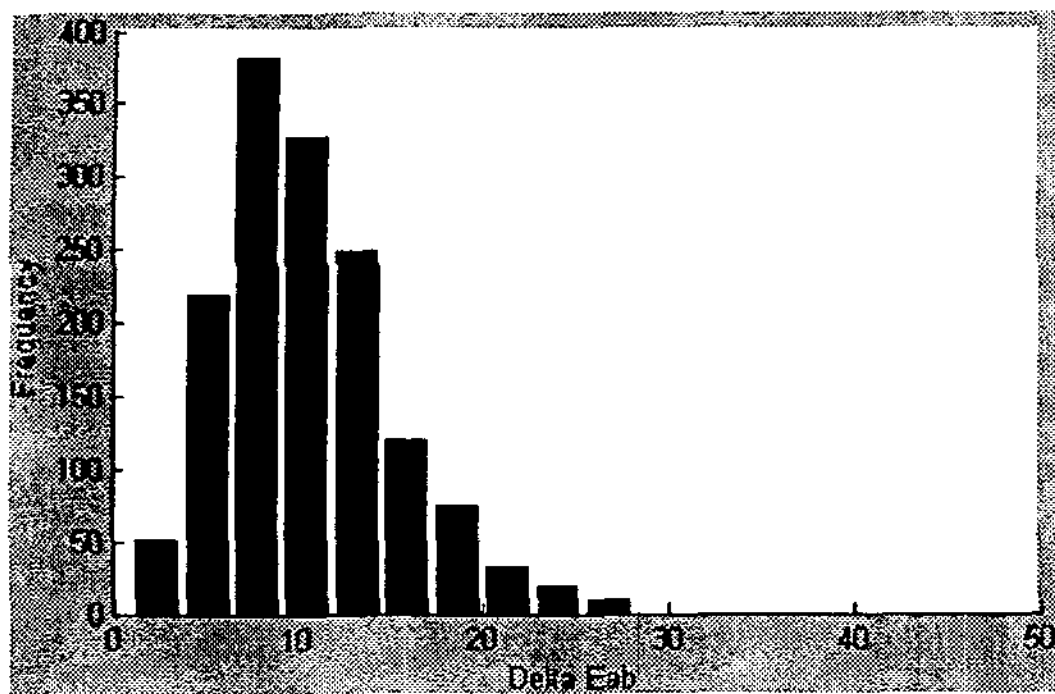
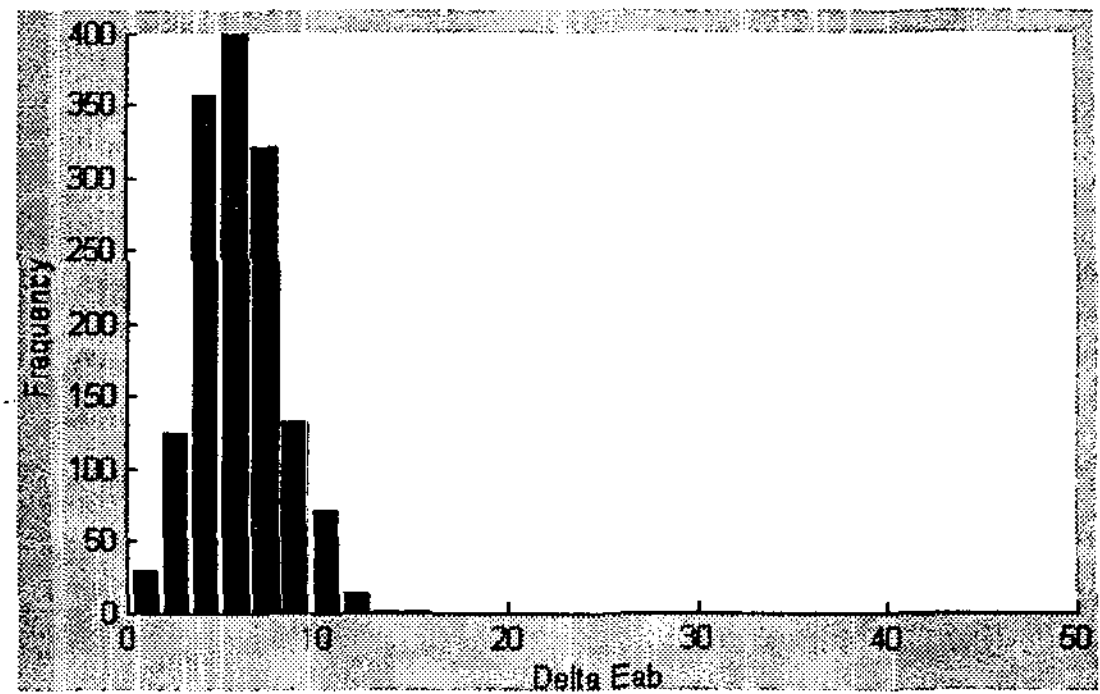


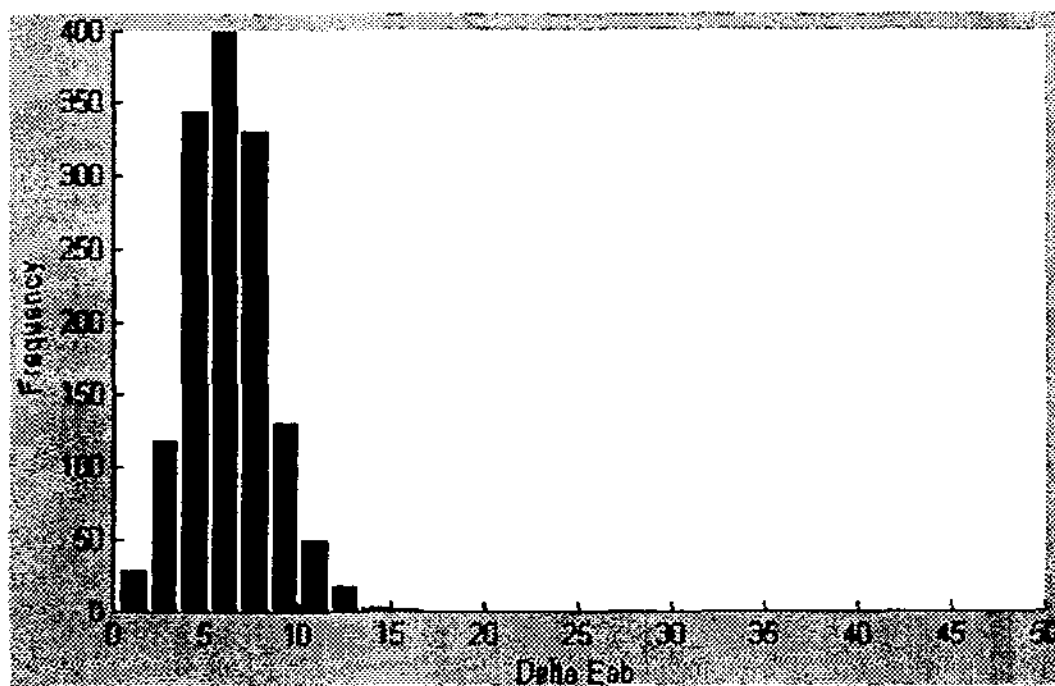
Fig. 2. Frequency of color difference for original and printing.



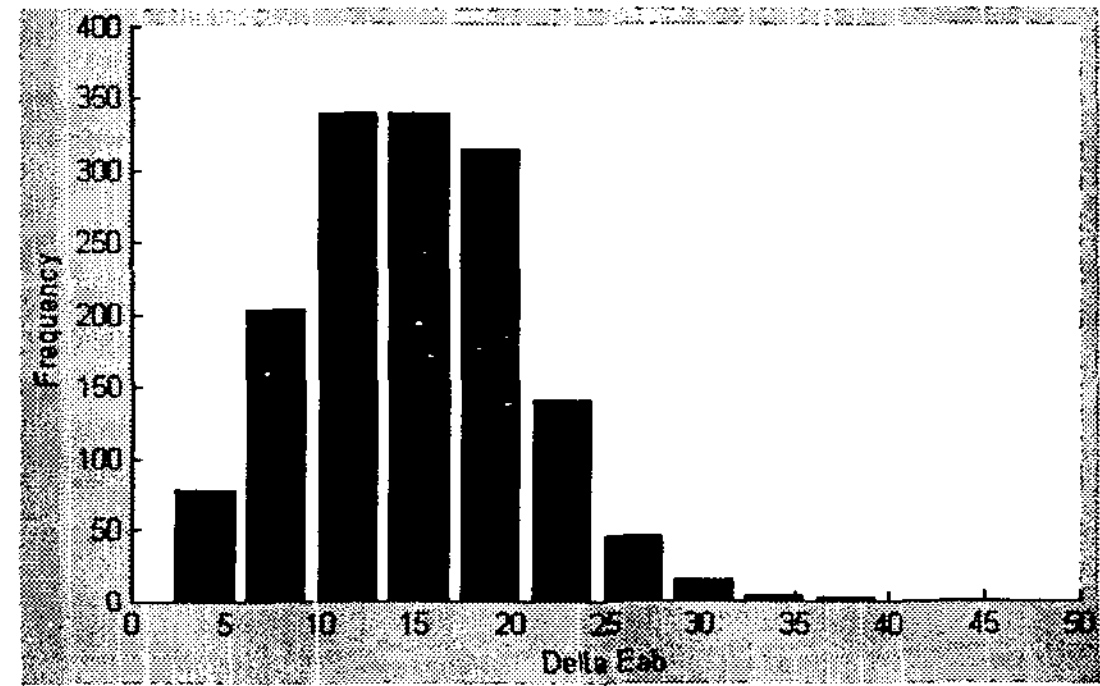
(a) A company



(b) B company



(c) C company



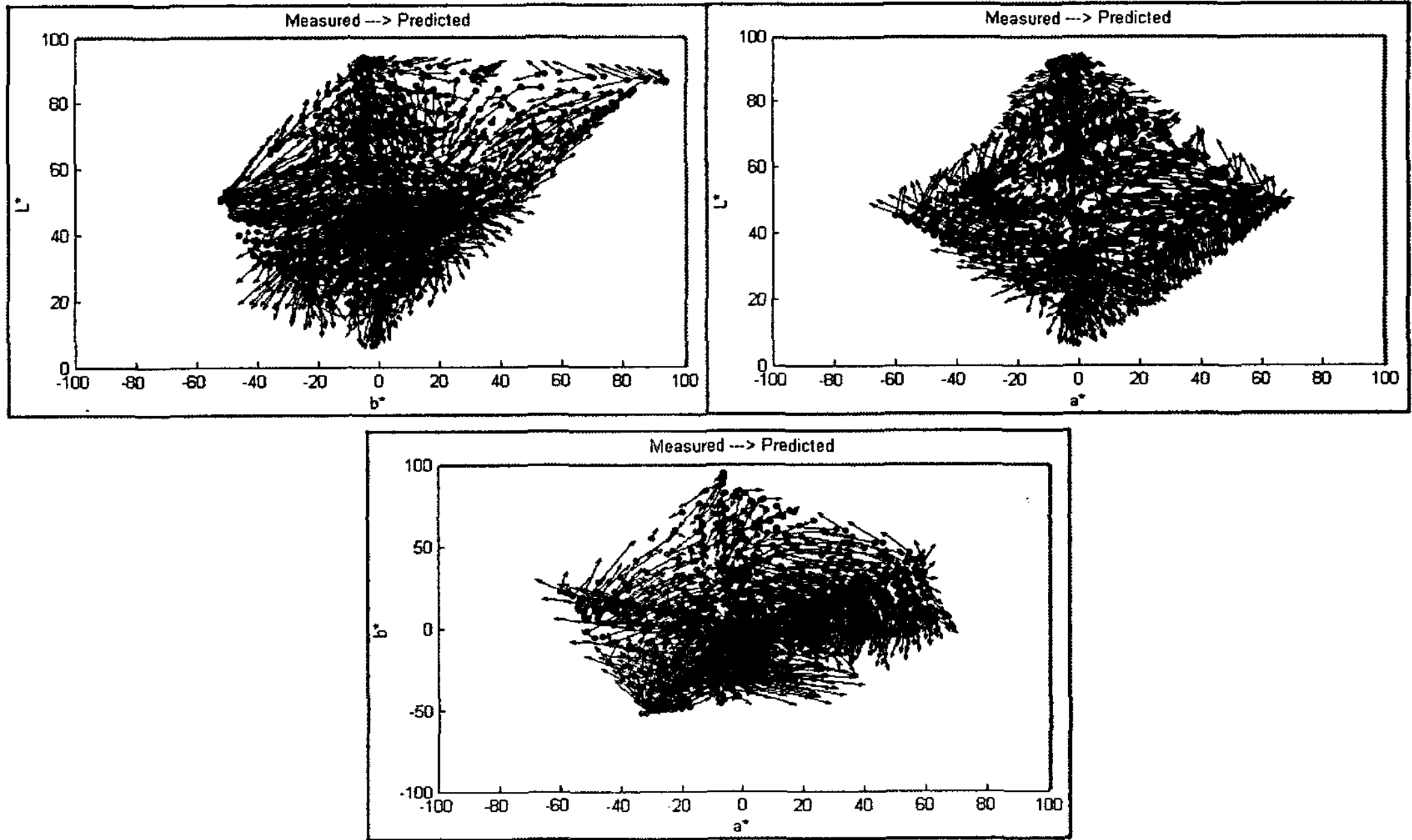
(d) D company

Fig. 3. Frequency of color difference for original and printing used device profile.

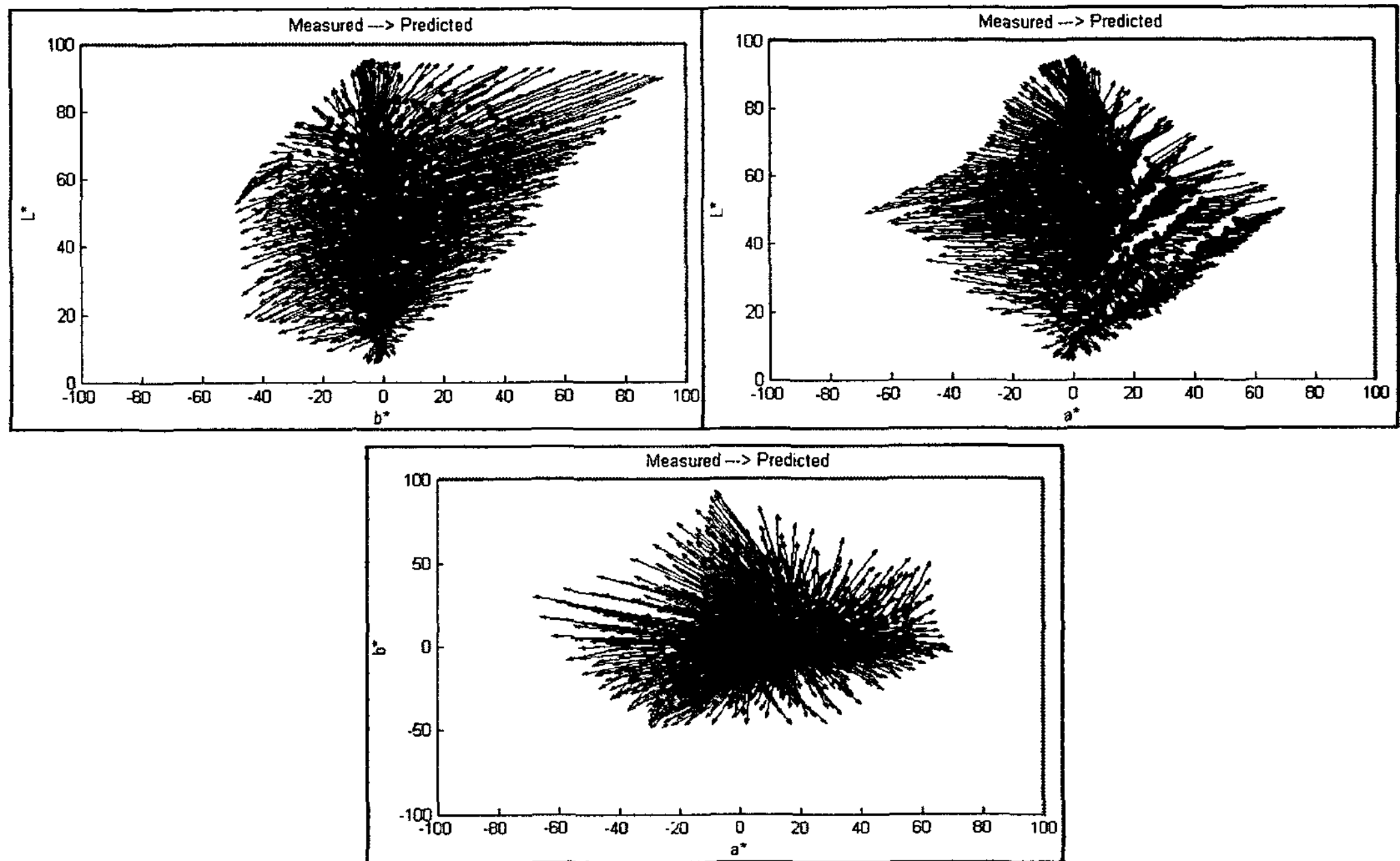
3-3. 균등 색공간 CIE L\*a\*b\*를 이용한 평가

인쇄원고와 디지털 인쇄물을 CIE L\*a\*b\* 색공간에서 비교한 결과 Fig. 4. 5와 같은 결과를 얻었다.

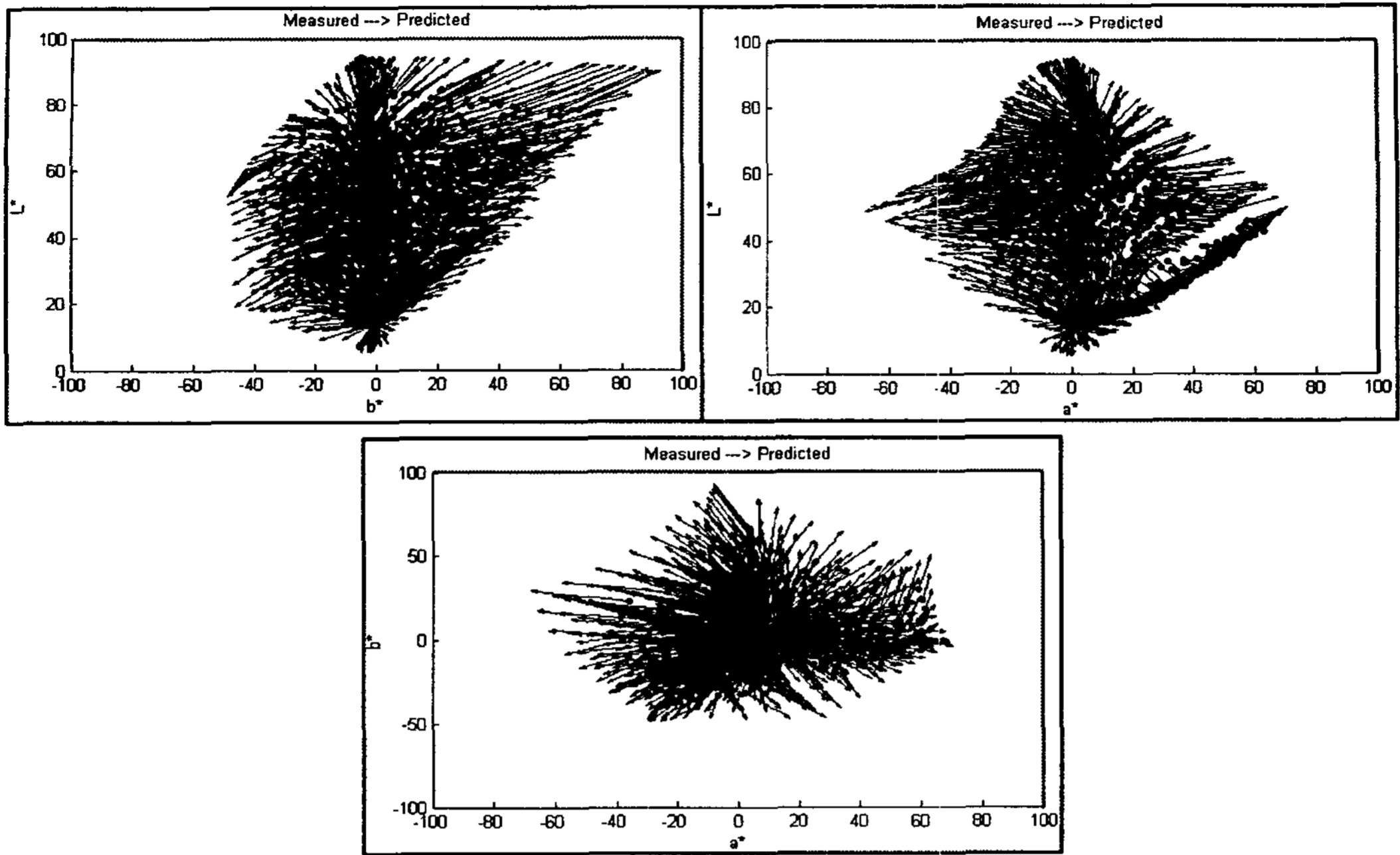
Fig. 4와 같이 default 값으로 설정한 경우 A회사에서는 L\*a\*, L\*b\*, a\*b\* 공간에서 불규칙적인 lightness와 chroma의 변화를 나타내었고, B회사의 경우 60이상의 patch에서 lightness 증가를 가져왔으며, 또한 전체적으로 patch에서 red, green, yellow, blue 요소가 증가되는 경향을 나타내었다. C회사의 경우도 B회사와 유사한 경향을 나타내었고, D회사의 경우에는 lightness가 60이상인 patch는 lightness의 증가를 가져와 더욱 밝아졌으며, 60이하의 patch에서는 lightness가 감소하여 나타났다. 또한 patch에서 red, green, yellow, blue 요소가 증가하여 chroma의 변화를 가져옴으로서 전체적으로 색차를 가중시킨 것이라 사료된다.



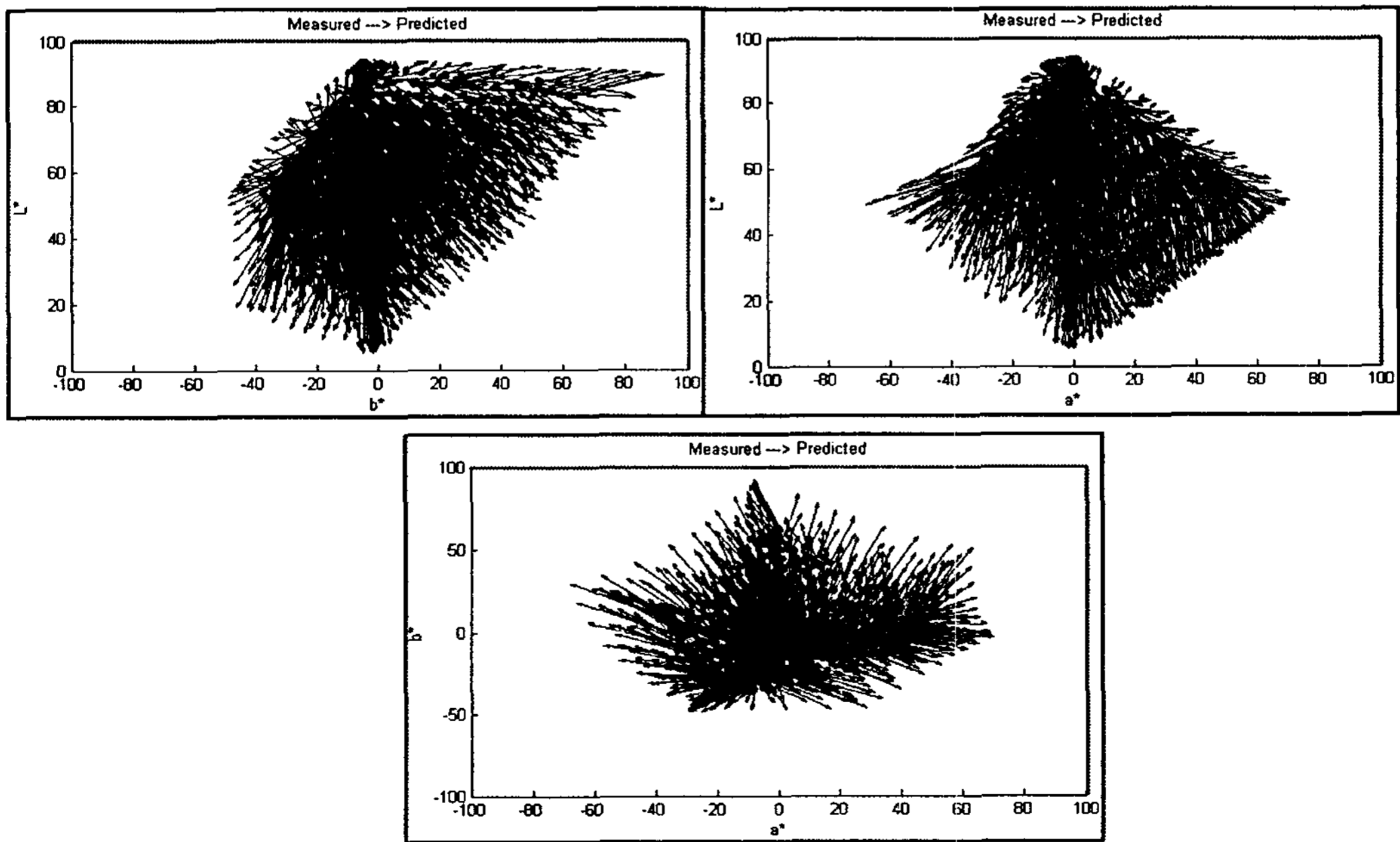
(a) A company



(b) B company



(c) C company

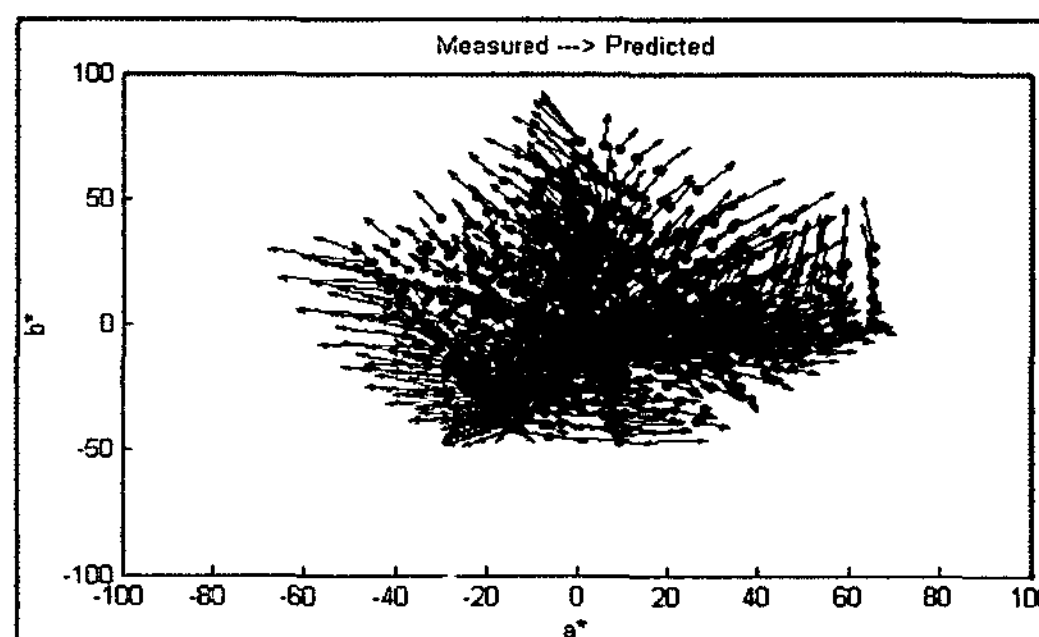
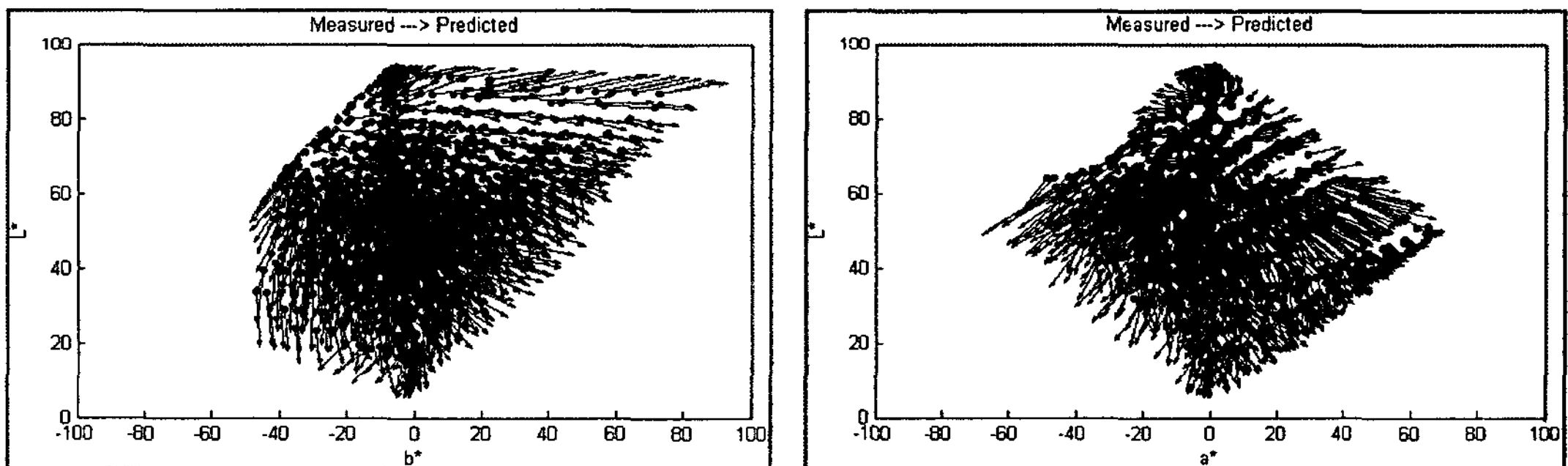


(d) D company

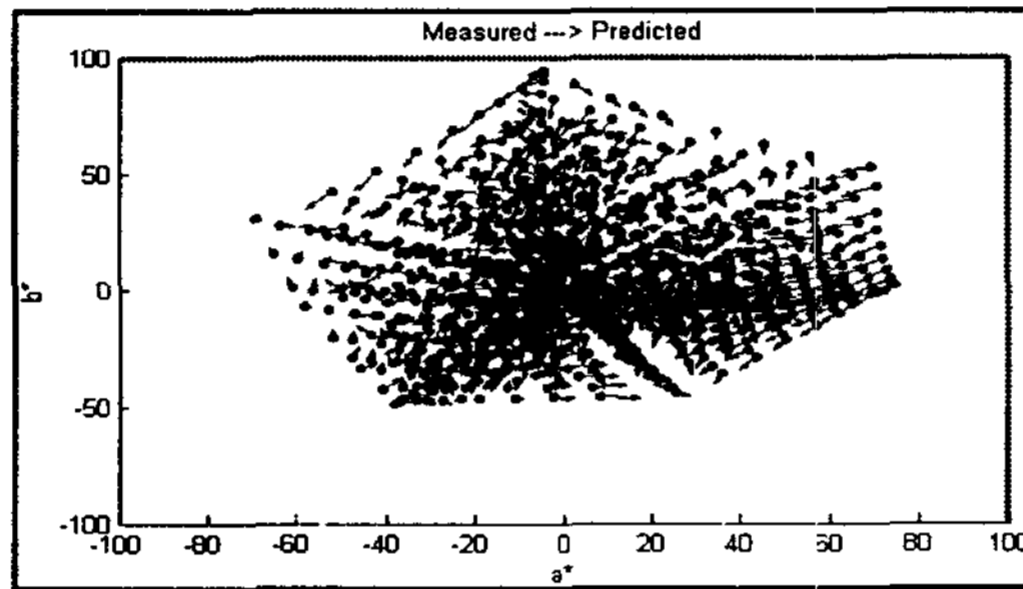
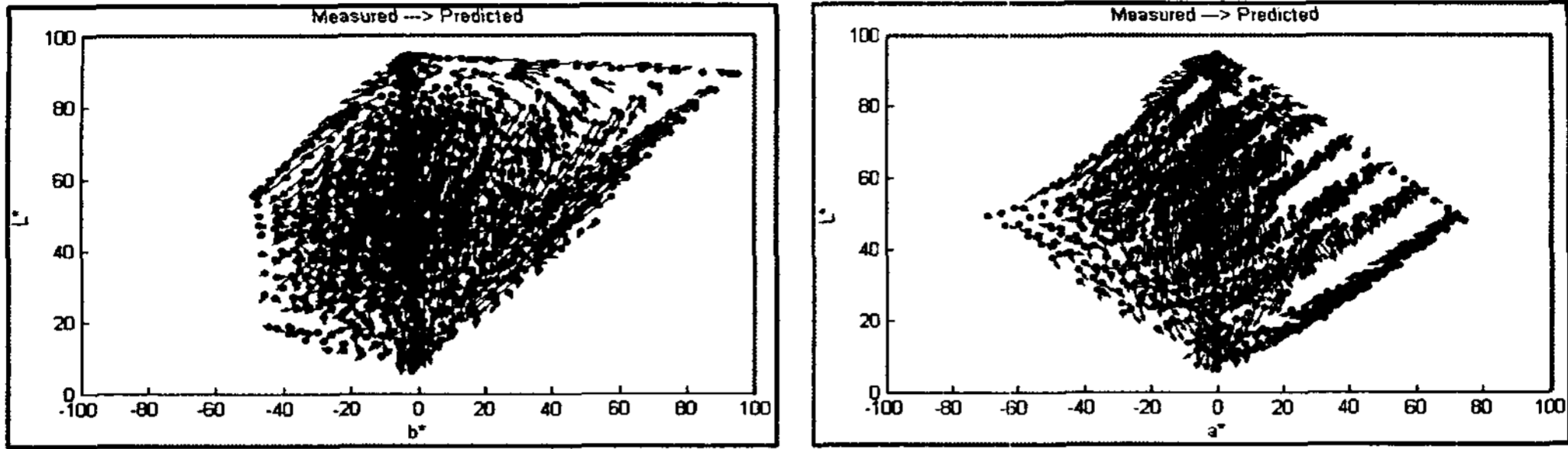
Fig. 4. Color reproduction comparison of original and printing in  $L^*a^*$ ,  $L^*b^*$ ,  $a^*b^*$  space.



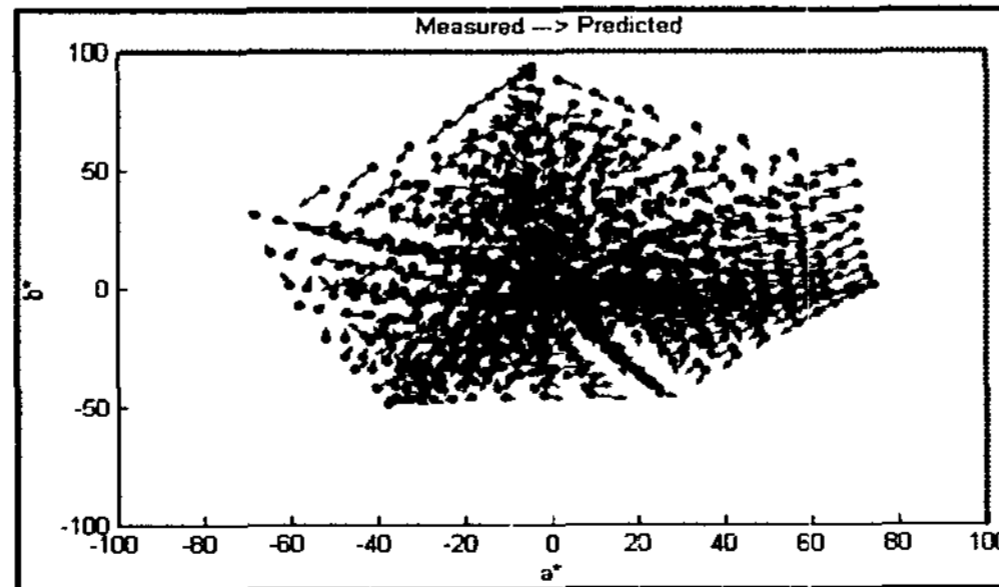
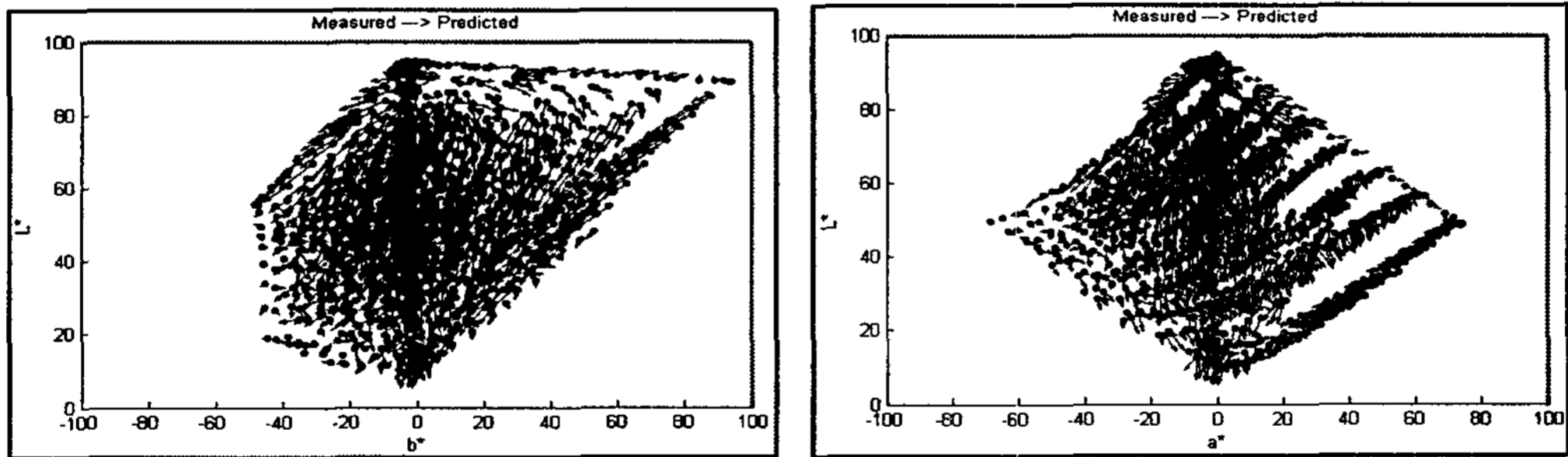
Fig. 5와 같이 장치 프로파일을 적용한 인쇄물과 원고를  $L^*a^*$ ,  $L^*b^*$ ,  $a^*b^*$  공간에서 비교한 결과 A회사는 lightness 60이하에 존재하는 patch에서 lightness 감소와 red, yellow, green 성분의 증가에 따라 색차의 증가를 가져왔지만, default 값으로 설정한 경우보다 향상된 경향을 나타내었다. B, C회사의 경우는 +a축에 존재하는 patch와 회색보정을 하지 않은 gray축에 존재하는 patch의 lightness 변화에 의하여 원고와의 색차가 가중되었음을 확인할 수 있었다. 또한 전체 patch에서 약간의 불규칙적인 chroma 변화를 나타내었다. D회사의 경우에는 lightness가 60이상인 patch는 lightness의 증가를 가져왔으며, 60이하의 patch에서는 lightness가 감소하여 나타났고, patch에서 red, green, yellow, blue 성분의 증가에 따라 chroma의 변화를 가중함으로서 원고와 인쇄물 사이의 색차를 증가시켰다. 따라서 디지털 인쇄의 색재현에서 장치 프로파일을 적용할 경우 향상된 경향을 나타내었다. 그러나 원고와 인쇄물의 색재현 공간의 차이와 회색의 보정이 되지 않을 경우 색차가 증가됨을 확인하였으므로 색차를 줄이기 위하여 색공간 차이에 따른 보정과 회색의 보정이 필요하다고 사료된다.



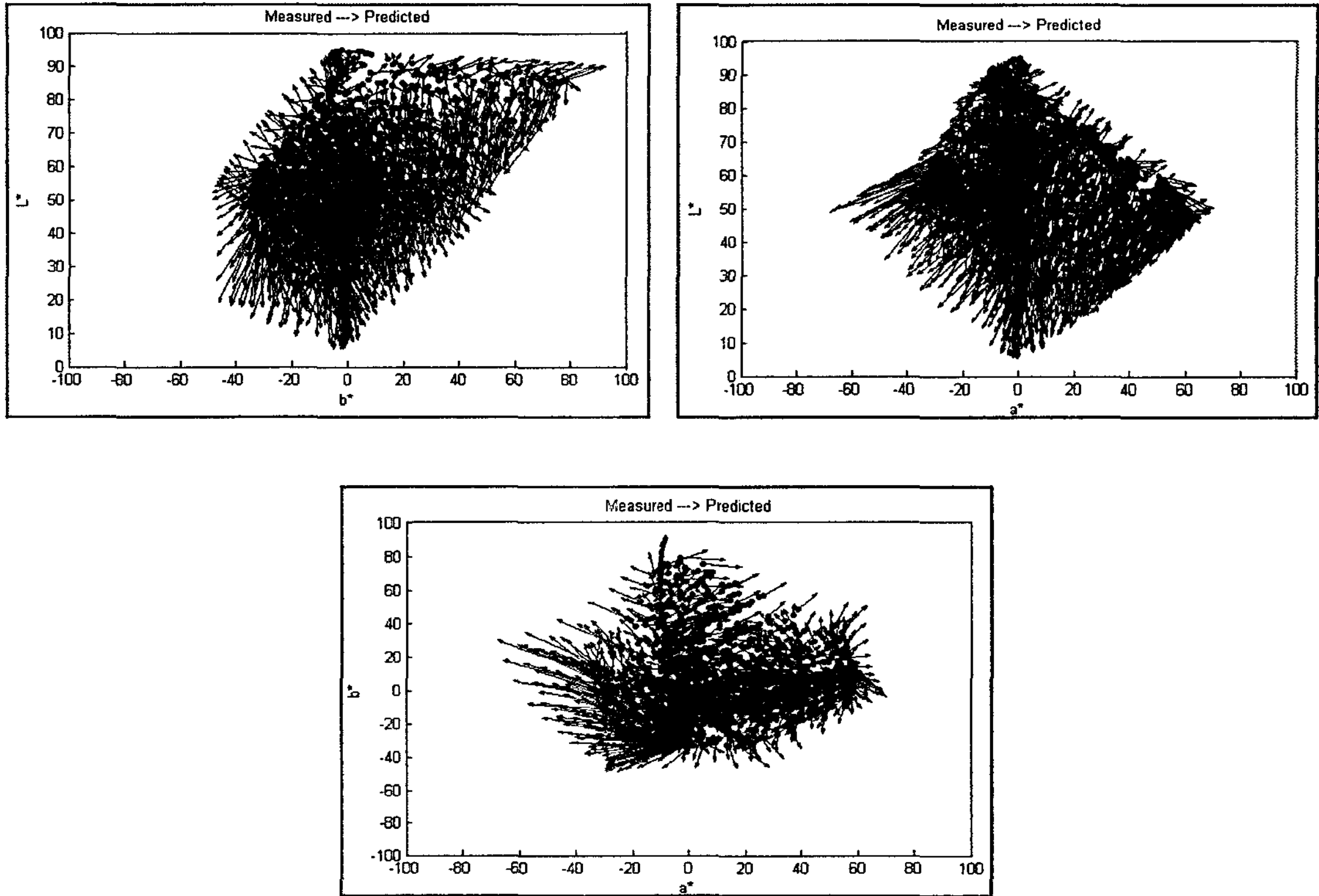
(a) A company



(b) B company



(c) C company



(d) D company

Fig. 5. Color reproduction comparison of original and printing used device profile in  $L^*a^*$ ,  $L^*b^*$ ,  $a^*b^*$  space.

#### 4. 결 론

디지털 인쇄에서 인쇄물의 색재현 특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 디지털 인쇄에서 장치별 특성을 데이터화하여 프로파일로 적용한 인쇄가 default 값으로 설정하여 인쇄한 것보다 원고와의 색차가 적게 나타났다.
2. 디지털 원고의 색재현 영역과 인쇄물의 색재현 영역의 차이와 RGB 색공간을 CMY 색공간으로 변환하였을 때 회색보정의 결려로 색차가 가중되어 나타났다.

#### 참 고 문 헌

- 1) Howard Vogl, "Measuring the Variation of a digital printer", Test Targets 4.0

(2003).

- 2) R. Y. Chung and Y. Komori, "ICC based CMS & Its color matching performance", *Proc. TAGA* (1998).
- 3) Henry R. Kang, "Color technology for electronic imaging device", chapter 12, pp. 295~327 (1997).
- 4) S. Susstrunk, "Standard RGB color space", *Color Science*, pp. 127~134 (1999).
- 5) Y. S. Kwak, L. W. MacDonald, "Accurate Prediction of Colours of Liquid Crystal Display", *Proc. IS&T/SID Ninth Color Imaging Conf.*, p. 355 ~ 359 (2001).
- 6) Roy S. Berns, "Principles of color technology", chapter 2, JOHN WILEY & SONS, INC, pp. 69 (2000).