



값싸고 유용한 식품의 색 측정기법

이 부 용

특용작물이용팀

연구자들은 실험을 하면서 늘 제한된 연구 예산 범위내에서 실험의 목적을 달성 할 수 있는 가장 효율적인 연구장비나 기법을 찾아 헤매인다. 최근에 본 연구팀은 전자렌지용 피자 밀바닥의 색을 측정할 수 있는 값싸고 효율적인 기법을 개발하게 되었다.

특히 우리는 피자 밀바닥 표면의 여러지점에 대한 색 분포를 측정하고, 그 데이터들을 시료의 이미지 형태로 저장하기를 원하고 있었다. 우리는 이미 Hunterlab Colorimeter (Minolta Chroma Meter)를 갖고 있지만 이 색차계들은 시료에서 측정된 지점의 색에 대한 평균값만을 보여주기 때문에 위와 같은 수준의 색분포를 작성하기 위해서는 많은 시간을 들여서 피자의 수많은 지점의 색을 측정하여 분포도를 작성해야 한다. 따라서 기존의 이러한 색차계를 갖고는 위와 같은 요구를 충족시킬 수가 없다. 우리는 인터넷 상에서 유용한 몇가지 상업적인 색측정기기들을 찾아냈으나 값이 너무 고가였으며, 연구용이라기 보다는 품질관리용으로 더 적합한 기기이었다.

다행스럽게도 우리는 Adobe Photoshop 프로그램이 색에 대한 디지털이미지를 분석할 수 있다는 것을 알고 있으며, 우리의 요구수준에 맞는 디지털 카메라와 프로그램을 사용하는 기법을 개발할 수 있다고 생각했다. 결과적으로 우리는 새로운 기법을

개발해냈으며, 매우 만족스러운 결과를 얻었다. 다른 식품과학자나 기술자들이 우리의 기법 개발사체를 참고할 수 있기를 바라기 때문에, 기술을 공유하고 응용예를 설명하는 기고를 하게 된 것이다.

1. 색측정 기술

우리의 기술은 식품시료의 이미지를 포착하기 위하여 고해상도의 디지털카메라를 사용하는 것, 색면수들을 얻기 위하여 Photoshop 프로그램을 사용하는 것 등의 광학시스템을 세팅하는 일이었다. 프로그램을 운용하기 위해서 컴퓨터(Pentium III, 64MB RAM, 20GB harddisk)가 필요했으며, 광학시스템과 디지털카메라 및 프로그램의 연결에 소요된 비용은 1500불 이하였다.

(1) 색 모델

색을 정의하고 표현하기 위해서는 어떤 기준이 되는 색의 모델이 필요하다. Photoshop은 색을 RGB(red, green, blue), CMYK(cyan, magenat, yellow, black) 및 L*a*b*의 3가지 색모델로 표현할 수 있다.

RGB모델은 컴퓨터 모니터상에 색을 표현하는데 사용하며, CMYK는 인쇄시 잉크색을 선택하는

데 사용되며, L*a*b*모델은 주로 식품연구에서 색을 측정하는데 사용되고 있다.

L*a*b*는 1976년에 국제조명위원회(Commission Internationale d'Éclairage, CIE)에서 국제적인 표준으로 채택된 색표현 모델이다. 이 모델은 측정된 색 이미지를 표현하는데 사용되는 특별한 장치(모니터, 프린터, 스캐너)에 상관없이 색의 구성을 표현하도록 고안되었다. L*값은 명도(luminance or lightness)성분으로서 0~100범위이고, a*값(녹색부터 적색까지)과 b*값(파란색부터 노란색)은 모두 -120~+120범위이다. 물론 다른 색모델들도 식품연구에서 사용되고 있다.(역자주 : X, Y, Z 색 모델 등)

(2) 광학 시스템

적절한 광원의 선택이 매우 중요하다. 왜냐하면 식품의 색은 표면에서 반사되는 스펙트럼에 따라 달라지기 때문이다. 광원은 광원의 색온도로 정의되는데 CIE에 의해 식품연구에 사용이 승인된 광원으로는 A(2,856K(철대온도)), C(6,774K), D₆₅(6,500K), D(7,500K)가 있다. C, D₆₅, D 광원은 태양빛의 미묘한 변화를 고려하여 고안된 것이다.

카메라 렌즈축과 광원축 사이의 각도는 약 45° 정도 이어야 한다. 색 측정을 위해서 식품시료에 광원을 조사했을 때 우리가 보게되는 색은 45°로 반사되어 나오는 색이며, 그 색을 측정하게 되기 때문이다.

식품에 조사되는 광원의 강도도 일정해야 한다. 광원의 배치를 다양하게 변화시키면서(즉 광원과 시료사이의 거리를 변화시키면서 암실에서 사진을 찍음) 광도계로 측정하는 실험을 실시하여 광도를 일정하게 유지시켜야 한다.

(3) 디지털 카메라

디지털카메라는 픽셀(pixel)이라고 부르는 수백만 개의 작은점으로 구성된 전기광센서(electric light sensor)에 이미지를 기록한다. 이미지의 품질에 영

향을 미치는 2개의 주요인자는 해상도(resolution)와 파일압축도(file compression)이다. 해상도는 광센서에 부착된 픽셀의 수에 관련된 것으로서 픽셀이 많을수록 해상도가 높아져 더욱 선명한 이미지를 얻을 수 있다. 파일압축은 이미지가 차지하는 메모리의 크기를 줄여주므로 더 많은 이미지가 저장될 수 있도록 해주지만, 압축시 약간의 이미지 손실은 있다.

우리는 최소한 1,600×1,200 픽셀의 해상도를 갖으며, TIFF 파일(비압축파일) 형태로 이미지를 저장할 수 있는 디지털카메라를 추천한다. 또한 매크로(macro)와 줌(zoom)기능이 있으며, 원격조정(remote control)이 되고 적어도 32Mb의 메모리가 장착된 카메라를 추천한다. 표준색체계(Color standards, 역자주:만셀표준색체계등)를 주기적으로 촬영하여 광학시스템과 카메라가 제대로 작동하고 있는지를 점검하고 보정하여야 한다.

(4) 프로그램

Photoshop(Adobe Systems Inc., San Jose, Calif.)은 그래픽 편집이나 사진수정, 이미지 편집 등에 사용되는 유용한 프로그램이다. 우리는 이 프로그램에서 특별히 식품시료의 디지털 이미지에 필요한 색변수들을 얻는데 유용한 몇가지 기능들을 발견해 냈다.

위에서 언급한 이와같은 Photoshop 프로그램은 측정된 색을 식품연구에서 가장 널리 쓰이고 있는 색모델인 L*a*b* 모델로 표현해 낼 수가 있다. 또한 촬영한 이미지의 특정부위만을 선택해서 볼 수 있는 기능(Elliptical Marquee와 Rectangular Marquee)과 선택한 부위를 확대하거나 축소하는 기능도 갖고 있다. 선택된 부위는 막대그래프 형태로 L(lightness), a, b 값을 나타내준다. 또한 3개의 변수값 각각에 대해서 누적분포그래프, 평균, 표준편차, 중앙값(median), 선택된 부위에 포함된 픽셀수도 표시해 준다. 이 프로그램은 256단계의 수준으로 되어 있는데, 즉 0~255범위에서 L, a, b 값을 나타내 준다. 막대그래프에서 얻어진 L, a, b

값은 다음 공식에 따라 L^* , a^* , b^* 값으로 전환 될 수 있다.

$$L^* = (Lightness/250)(100) \dots\dots\dots (1)$$

$$a^* = (240a/255)-120 \dots\dots\dots (2)$$

$$b^* = (240b/255)-120 \dots\dots\dots (3)$$

이 프로그램의 또다른 유용한 기능은 Magic Wand Tool 기능이다. 측정할 이미지의 어떤 픽셀을 선택하면 그 픽셀의 L^* , a^* , b^* 값을 나타내 주는 것은 물론이고 전체이미지에서 선택한 픽셀의 색과 비슷한 픽셀도 모두 자동으로 선택하게 할 수가 있다. 또한 선택된 픽셀의 L^* , a^* , b^* 값의 범위는 Magic Wand Tool 기능의 허용치(tolerance value)에 의해서 조절될 수도 있다.

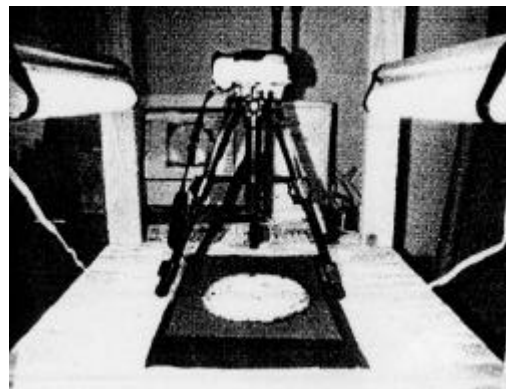
2. 전자렌지로 조리된 피자의 색분포

조리된 피자 밀바닥의 색은 시각적인 면에서 중요할 뿐만 아니라 바삭거리는 조직감과도 밀접한 관계가 있다. 전자렌지로 피자를 조리하면 바삭거리는 조직감과 특유의 갈색이 발현되지 않는 것으로 알려져 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 전자렌지용 피자 밀판은 종이판에 금속화된 PET(polyethylene terephthalate) 필름이 부착된 수용체(susceptor)를 사용한다. 이 수용체는 마이크로파 에너지를 흡수하여 신속히 고온으로 가열되어 접촉하고 있는 피자의 밀바닥을 구워주기(오븐에 굽는 것처럼) 때문에 색도 갈색으로 변하게 된다. 수용체 사용시와 보통의 종이판 사용시 전자렌지로 조리한 피자의 색 측정과 분석에 우리의 기법을 응용해 보았다

시중에 팔리고 있는 3.5인치 직경과 0.6인치 두께의 냉동피자가 시료로 사용되었다. 이피자들은 밀판으로서 일반적인 종이판과 수용체(광학밀도:0.28)를 사용하여 전자렌지로 가열시켰다. 사용한 전자렌지는 1.6ft³ 용적, 회전판이 있고, 출력1,100W(IEC-705 방법으로 측정)이었다. 피자들은 출력100%로 3~3.5분간 조리하였다. 조리후 상온으로 식혀서 밀

판을 벗겨보았다. 그림1은 광학시스템, 디지털카메라, 식품시료의 장치가 세팅된 모습을 나타내고 있다. 광학시스템은 2개의 17.7인치 길이의 CIE D₆₅ 램프(Bulb Direct, www.bulbdirect.com) 로 구성되어 있으며 45°도 각도로 피자의 12인치 높이가 되는 양쪽옆에 설치되어 있다.

<그림 1.> 광학시스템, 디지털카메라, 시료로 구성된 실험장치

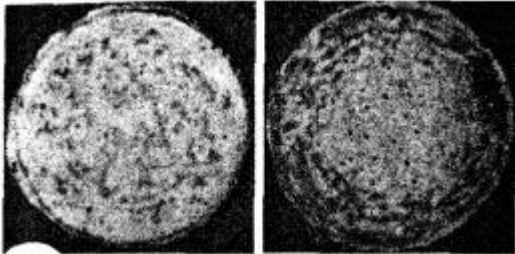


디지털카메라(Olympus, model C-2000Z)는 삼각대에 고정을 시키고 렌즈는 피자의 표면을 향하게 하였다. 카메라 렌즈로부터 피자 표면까지의 거리는 12인치이었다. 피자 밀바닥의 이미지는 다음과 같은 카메라 세팅방식으로 촬영한 것이다. 즉 f11의 렌즈구경을 갖는 aperture priority mode, no flash, daylight 조건, macro mode 켜고, remote mode 켜고, sound 켜고, 해상도 1,600×1,200 픽셀의 촬영조건이었으며, 촬영된 이미지는 TIFF파일로 메모리카드에 저장하였다.

피자 밀바닥 전체를 정확하게 볼 수 있도록 줌으로 당긴후 원격조정장치(remote control)로 촬영했다. 촬영된 사진은 카메라의 RS-232C 인터페이스를 통해서 컴퓨터로 저장되었다. 5.5Mb 크기의 TIFF 파일을 컴퓨터로 다운로드(download)시키는데 약 10분쯤 소요된다

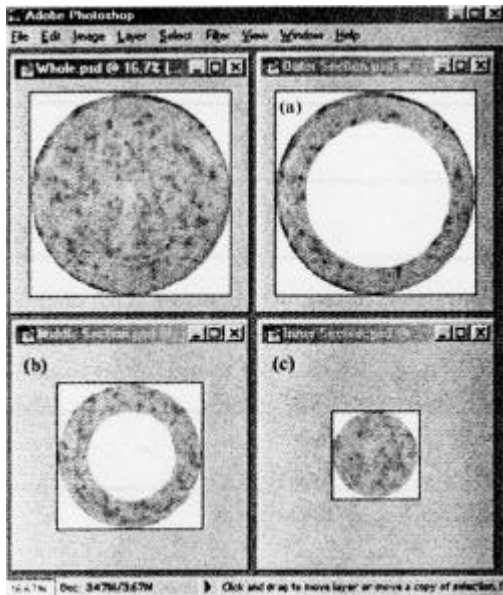
다운로드후 컴퓨터에서 Photoshop으로 열어본 피자의 사진은 그림 2와 같다.

〈그림 2.〉 피자 표면의 밀바닥 표면들. 왼쪽은 일반종이판, 오른쪽은 수동체에 물려져 전자렌지로 조리된 것임.

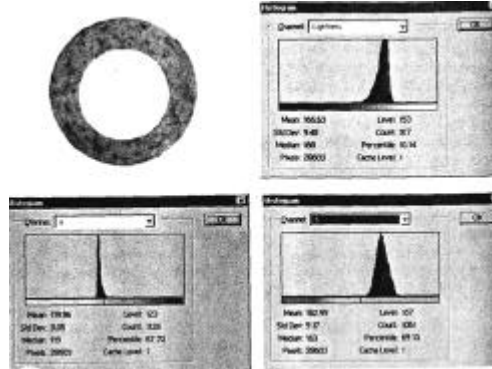


피자들레의 검은색 배경은 제외시키고 전체피자의 이미지만 선택하기 위하여 Elliptical Marquee Tool 기법을 사용하였다. 선택된 이미지는 복사하여 새로운 파일로 옮겨 놓은 다음, 전체피자를 그림 3과 같이 3부분으로 나누었다. 바깥둘레 부위는 피자 중심으로부터 2.5인치 반경 이상되는 부분이며, 중앙둘레 부위는 중심에서 1.5인치~2.5인치 사이의 부분이며, 중앙부위는 중심에서 1.5인치 반경을 갖는

〈그림 3.〉 피자 전체를 여러부분으로 나눈 모습 (a) 바깥둘레부위, (b) 중앙둘레부위, (c) 중앙부위



〈그림 4.〉 막대그래프 형태로 표시된 중간둘레 부위의 Lightness a, b 값 들



원판 부분이다. Photoshop프로그램의 Marquee Options에서 선택한 피자의 크기는 편의상 특정한 크기(역자주: 실물보다 작은크기로)로 선택한 것이다. 컴퓨터의 모니터상에서 선택된 실물보다 작은 크기를 실제의 식품시료의 크기와 상관관계를 맺기 위하여 같은 조건하에서 척도(눈금자)가 도입되었고, 상관계수(correlation factor)도 계산되었다.

피자전체와 부위별로 나누어진 3부분의 L^* , a^* , b^* 값을 얻기위해서 기본적으로 입력되어 있던 RGB mode를 Lab color mode로 전환시켰다. 각 부위들은 Magic Wand Tool 기법으로 선택되었다. 그림 4에서 보면 중간둘레 부위가 이 기법으로 선택되어 막대그래프 형태로 L(lightness), a, b 값의 평균치가 나타나 있고, 이 값들은 앞의 식(1),(2),(3)에 의해 L^* , a^* , b^* 값으로 전환된다.

우리는 선택된 부위의 어두운 표면적(% dark surface)을 다음과 같이 정의했다.

$$\% \text{ dark surface} = \frac{\text{No. of pixels with } L^* < 60}{\text{Total No. of pixels}} (100) \dots (4)$$

여기서 사용된 $L^* < 60$ 의 기준은 피자제품에 대한 우리의 실험상 경험치이며, 다른 기준이 적용될 수도 있다. 그림 4에서 어두운 표면적은 Level과 percentile값을 이용하여 평가되었다.

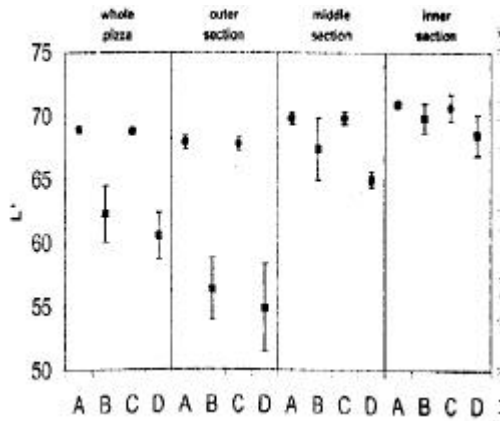
Level은 Lightness와 같은 의미이므로 식(1)을 사용하여 L^* 로 전환시키면 $L^*=60$ 값은 Level=153에 해당된다. 이 전환은 컴퓨터 모니터상에서 Level이 153값이 될 때까지 커서(cursor)를 Lightness chart를 따라서 이동시키기만 하면된다. 이때 percentile값은 8.4%로서 $L^* < 60$ 이하의 어두운 표면적(% dark surface)에 해당하였다.(역자주: $L^*=60$ 은 Level=153에 해당하는데, 이때 percentile 값은 그림 4의 오른쪽, 위의 그림을 보면 10.14%이다. 따라서 8.4% 값은 $L^* < 60$ 의 기준에 충족되는 것이다.)

또한 위와 같은 방식으로 일정범위의 L^* 값에 해당하는 percentile 값의 범위(역자주: $50 < L^* < 70 \rightarrow _ < percentile < _$)도 구할 수가 있다.

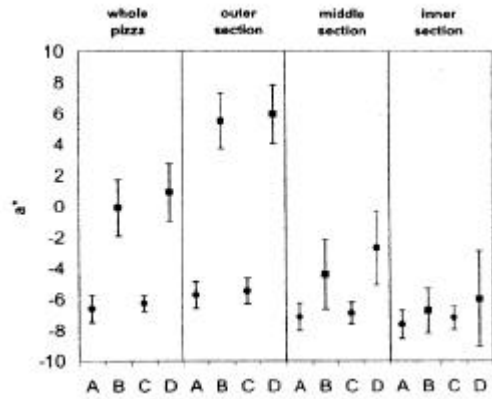
그림 5~8은 피자전체와 3가지 부위에 대한 L^* , a^* , b^* , % dark surface 값들을 나타낸 것이다.

각 수치들은 5개의 시료를 측정하여 평균한 것으로서 오차범위는 그래프에 error bar (I) 형태로 \pm 의 표준편차로 나타내었다. 수용체(susceptor)판위에 올려져 전자렌지로 조리된 피자의 L^* 값은 일반적인 종이판위에 놓고 조리한 피자보다 훨씬 높았다. L^* 값의 증가와 비례

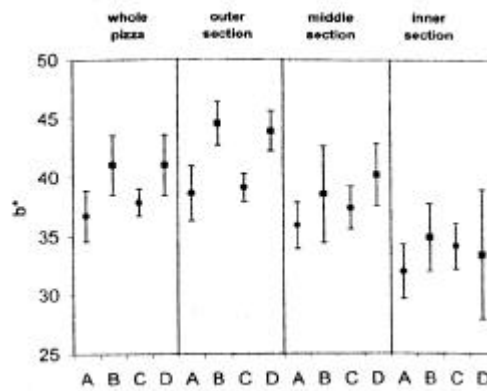
(그림 5.) 피자전체와 바깥둘레, 중간둘레, 중앙부위의 평균 L^* 값들은 ●은 보통의 종이판에 올려진 피자로서 (A)는 전자렌지에서 3분간, (B)는 3.5분간 조리, ■는 수용체판위에 올려진 피자로서 (C)는 3분간 (D)는 3.5분간 조리한것



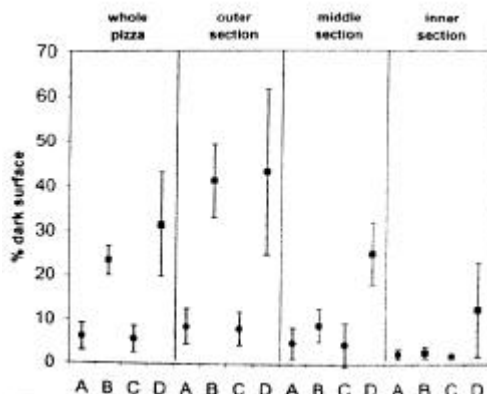
(그림 6.) 그림 5의 각각의 피자에 대한 평균 a^* 값들



(그림 7.) 그림 5의 각각의 피자에 대한 평균 b^* 값들



(그림 8.) 그림 5의 각각의 피자에 대한 % dark surface 값들



하는 어두운 갈색화 정도는 중앙부위보다 바깥
둘레 부위로 갈수록, edge effect(갈효과) 때
문에 현저하게 증가하였다. 조리시간이 3분에서
3.5분으로 증가함에 따라 수용체 위에 올려진
피자의 L* 값은 감소하였다. 수용체위에 올려진
피자의 경우에는 시료간 편차가 매우 심하였다.
따라서 그림 5~8에서 보면 이 시료들의 오차
범위(error bar)가 훨씬 크게 나타나 있는 것을
볼수있다. a*, b*, %dark surface 경우와 비
슷하였다.

3. 다재다능한 시스템

우리는 이와같이 간단한 시스템도 매우 다재다능
하고, 믿음만 하면, 사용이 간편함을 발견했다. 피
자 이외의 다른 많은 식품들의 색 분석에도 응용 될
수 있다. 예를 들어 시리얼바(cereal bar)에도 이용
될 수 있지만 다른 기법들과 마찬가지로 표면이 평
면으로 매끄러운 시료의 경우에 훨씬 더 정확하다.

참 고 문 헌

1. Anonymous, 1998, Adobe Photoshop 5.0

User Guide for Macintosh and Windows.
Adobe Systems Inc., San Jose, Calif.

2. Buffler, C.R. 1993. "Microwave Cooking
and Processing: Engineering Fundamentals
for the Food Scientist." Van Nostrand
Reinhold, New York.

3. Clydesdale, F.M. 1978. Colorimetry:
Methodology and applications, CRC Crit.
Rev. Food Sci, Nutr, 10(3):243-301.

4. Francis, F.J. and Clydesdale, F.M. 1975.
"Food Colorimetry: Theory and Applications."
Avi Publishing, Westport, Conn.

5. Hunt, R.W.G. 1991, "Measuring Colour,"
2nd ed. Ellis Horwood, New York.

6. Zuckerman, H. and Miltz, J. 1997.
Prediction of dough browning in the
microwave oven from temperatures at
susceptor/product interface. Food Sci.
Technol. 30: 519-524

<출처: Food Technology, 54(12), 48, 2000>