

식품의 색채 분석을 위한 영상 처리 시스템

김경만 · 서동욱 · 전재근
서울대학교 농업생명과학대학 식품공학과

Image Processing System for Color Analysis of Food

Kyung-man Kim, Dong-wook Seo and Jae-kun Chun
Department of Food Science and Technology, Seoul National University

ABSTRACT

An image processing system was built to evaluate the color properties of apple and meat. The system consisted of video camera, video card, 32 bit microcomputer and an optical illuminator. The operating software was developed to carry out capturing, analyzing, displaying and storing of the 8 bit digitized images of food. The images of apples at various maturing stages were investigated to obtain the color histogram of R, G, B and Hunter value. RGB histogram showed a major difference in G value, 35.01, the minor change in R value, 6.16, and the negligible difference in B value. The image of beef cut was separated into two parts, fat and lean tissue, by applying threshold value method based on the digital value of color. The threshold value for fat was over 240 and for lean under 230 in R value, respectively. The resulting non fat image showed 2% decreased color difference value, ΔE , than whole meat cut.

Keywords: image processing system, food image, measurement of color, apple, beef, video image

서 론

최근 적외선, 초음파, microwave 등 광파 및 전자파를 이용한 비파괴 분석 방법들이 발달되면서 산업 분야에 널리 활용되고 있다⁽¹⁾. 이 중에서 영상 처리를 통한 화상 분석 기술은 색이나 형태가 중요시 되는 식품 공정 분야에서도 품질 관리에 많이 사용되고 있다^(6,13,18,20). 영상 처리 시스템은 video 사진 기술과 컴퓨터 기술을 결합시킨 것으로, 최근 digital IC의 발달로 video camera 및 컴퓨터용 영상 보드가 색의 분해능이나 화상의 해상도 면에서 놀라운 발전을 이룩함에 따라 인간의 눈으로 감지할 수 없는 색차를 측정할 수 있을 정도의 성능을 갖게 되었다⁽²⁾.

Video 영상 기술을 식품 가공 공정에 이용하면 식품 공정상에서 가공 중인 식품의 특정 부분을 확대하여 색과 형태 상의 변화를 면밀히 관찰할 수 있으며, 이를 바탕으로 품질을 평가하거나 공정을 제어할 수 있고, 화상 자료들을 컴퓨터 상에 저장하여 추후 분석에

도 활용할 수 있다.

영상 처리 시스템이 식품 공정에 적용된 예로는 진공 포장 기계에서 포장지의 접착 상태의 균일성, 포장지 크기 및 면적, 접착 위치 등의 검사 기술이 연구되고 있다^(3,5). 또한 농산물 선별 작업을 기계화하기 위한 표면색 또는 형상 인식에 활용되고 있으며^(6,13), 육가공품 중 이물질 검사 및 포장지 인쇄물의 위치 확인 등을 들 수 있다^(14,17). 그리고 가공 공정 중 또는 저장 중인 식품의 색변화에 따른 품질 평가 등에도 이용되고 있다^(18,20). 그러나 우리 나라에서는 영상 처리 시스템을 식품에 활용한 연구가 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 식품의 색을 video camera로 화상화할 수 있는 영상 처리 시스템을 제작하고 운영 프로그램을 개발하여, 과실과 고기의 품질 평가 기술로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

영상 처리 시스템의 피사체로는 사과와 고기를 사용하였는데, 사과는 홍옥을 사용하였으며, 고기는 한우의 안심을 사용하였다.

Corresponding author: Jae-Kun Chun, Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Seodun-dong, Kwonsun-gu, Suwon, Kyonggi-do 441-744, Korea

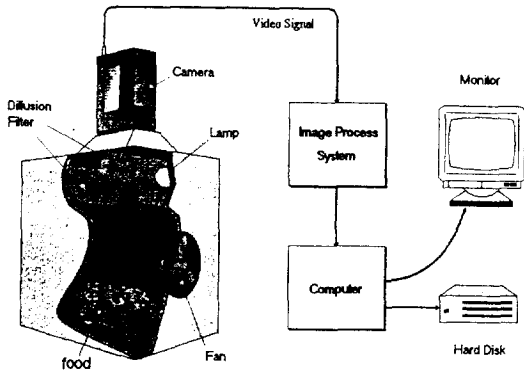


Fig. 1. Diagram of image processing system

방법

영상 처리 시스템의 구성 재료: 영상 처리 시스템은 color video camera (SV-H815, 삼성), IBM PC용 영상 카드(Video Blaster SE, Creative), 조명 장치(백열등 60 W×4개), 486DX2급 컴퓨터, 촬영 상자 등으로 구성되어 사용하였다.

식품 영상 처리 시스템의 구축: 영상 처리 시스템의 구성 요소들을 사용하여 제작한 시스템의 구조는 Fig. 1과 같다. 촬영 상자는 육면체의 종이 상자(30×30×30 cm)로 내벽에 무광택 백색 종이를 발랐으며, 바닥은 무광택 검정색 페인트를 칠하였다. 촬영 상자의 상부에는 color video camera를 설치하고, 렌즈는 촬영 거리를 고정하여 사용하였다. 촬영시에 그림자의 영향을 최소화하기 위해 조명의 설치 위치를 달리한 결과 촬영 상자 천장의 네 모서리에 각 1개씩 설치하였으며, 각 조명구마다 diffusion filter를 설치하였다. Video camera로부터 출력되는 analog 화상 신호는 영상 카드로 digital화하여 사용하였으며, PC의 모니터 화면상(640×480)의 각 pixel에 대하여 입력되는 analog 신호에 따라 적색, 녹색, 청색(Red, Green, Blue; RGB)의 색성분을 0에서 255등급의 digital 값으로 변환시켜 이를 컴퓨터에서 처리하였다.

색 측정 방법: 색 측정 방법은 색차계(CR-200, Minolta)와 본 연구를 통하여 구축한 영상처리 시스템을 이용하여 측정하였고 색은 Hunter값과 R, G, B의 8 bit digital 값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

식품 영상 처리 시스템의 운영 프로그램 개발

영상 처리 system에서 얻어진 화상을 digital 파일로 만들어 컴퓨터에 저장하고, 이 화상 정보를 컴퓨터 상

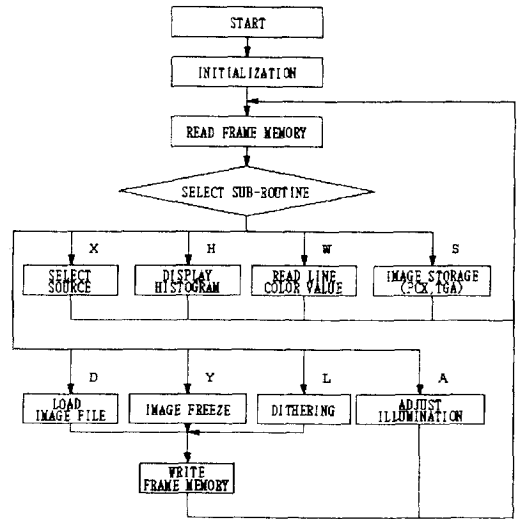


Fig. 2. Flow chart of image processing program

에서 조작하여 목적하는 형태로 화상 데이터를 변환하거나 저장과 출력 등을 할 수 있는 운영 프로그램을 C 언어로 작성하였다. Fig. 2의 구조를 갖는 화상 처리 프로그램은 초기화 과정을 거쳐 frame memory 상에 저장되어 있는 화상을 불러 들인 후에, 8개의 기능 중 원하는 기능에 해당하는 키를 눌러 화상을 처리하도록 구성되었다. 초기화 과정에서는 영상 카드를 원하는 해상도와 컬러수로 설정한 후 video camera로부터 출력되는 화상이 영상 카드의 frame memory에 저장되도록 하였다. 그리고 사용자가 원하는 기능키를 눌러 영상 선택, histogram 보기, 부분 색분석, 화상 저장, 저장된 화상 읽기, 화상 고정, dithering, 밝기 조정 등 8 가지의 기능을 선택할 수 있도록 하였다.

영상 선택(X key) 기능은 모니터에 나타나고 있는 화상 중 일부분을 마우스를 이용해 선택하여 확대된 부분 화상을 얻어내는 기능이고 histogram 보기(H key)는 모니터 상에 표시되고 있는 정지 화상의 color histogram을 얻는 기능이며, 식품의 특정 부분의 색분석(W key) 기능을 사용하여 화상 중 한 수평선 상의 pixel histogram을 표시하여 그 속의 화상 정보를 얻을 수 있도록 하였다. 화상 저장(S key)은 현재 모니터 상에 표시되고 있는 화상을 true color (1600만색)의 Targa format 파일로 저장하고, 화상 읽기(D key)는 저장된 화상 파일을 다시 불러 들이도록 하였다. 화상 고정(Y key) 기능은 video camera에서 영상 카드의 frame memory로 들어오는 화상 신호를 더 이상 들어 오지 못하게 함으로써 모니터 상에 나타나는 화상을 정지하도록 하였다. Dithering 기능(L key)은 화상의

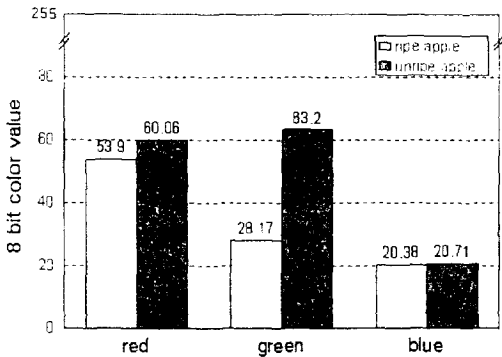


Fig. 3. The color histogram of apple at different maturity stages

색을 조정하고, 밝기 조절(A key)은 화상의 밝기를 조정하여 선명한 화상을 얻어낼 수 있도록 하였다.

영상 처리 시스템을 이용한 사과 색 측정

영상 처리 시스템의 기능을 시험하기 위하여 동일한 조명 조건에서 육안으로 색의 차이를 충분히 구별할 수 있는, 속도가 다른 두 개의 사과를 촬영하여 화상 파일을 만들어 색을 분석한 histogram은 Fig. 3과 같다. Blue 성분은 완숙과와 미숙과에서 큰 차이가 없지만 green 성분과 red 성분은 차이가 있었다. 미숙과는 완숙과보다 green 성분이 상대적으로 많았고, 반대로 red 성분은 완숙과가 많았으며, green 성분의 차이는 35.01, red 성분의 차이는 6.16이었다. 따라서 사과의 표면색에 따라 사과를 분류하려면 red 성분보다 색차가 크게 나타난 green 성분의 변화량을 측정하여 그 결과를 활용하여야 될 것이다. 이 결과를 Hunter 값으로 표시한 결과 완숙 사과는 +a 방향에, 미숙 사과는 -a 방향에 위치하였으며 두 사과의 ΔE는 40.12였다. 이와 같이 본 영상 처리 시스템은 색차계의 기능도 수행할 수 있었다.

영상 처리 시스템을 이용한 고기색의 분석

고기의 색은 육질에 존재하는 적자색의 myoglobin (Mb), 선홍색의 oxymyoglobin (MbO₂)과 갈색의 metmyoglobin (MetMb)농도에 의하여 결정된다. 그런데 고기는 그 조직이 부위별로 달라 색의 차이가 심하므로, 여러 부분의 색값의 평균값으로 결정할 수 밖에 없다. 즉 백색인 지방 분포의 차이가 있을 경우 색의 회색 효과로 인하여 육질의 색을 정확히 판별할 수 없다. 따라서 지방과 육질의 화상을 분리하여 육질 부분의 색만을 측정하는 방법을 개발하고자 하였다. 그 방법으로 우선 지방의 흰색과 육질의 적색을 구분짓는



Fig. 4. Image of beef obtained with the image processing system Black solid line indicate the part of image scanned for the threshold value of fat

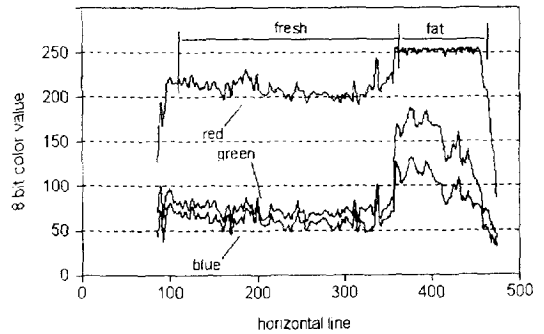


Fig. 5. The histogram of color values along the scanning line in Fig. 4

threshold 값을 찾았다. 다음 이 값을 기준으로 Fig. 4와 같이 화상의 한 pixel 두께의 선을 수평선을 따라 분석하여 각 부분의 색값을 표시한 결과는 Fig. 5의 histogram과 같다. 그 결과 육질 부분은 red값이 180~230정도인 반면에 지방은 240 이상이었다. 그리고 green과 blue값은 육질 부분에서 100 이하, 지방 부분에서 100 이상이었다. 따라서 red값으로 180~230에 속하는 부분은 육질로 판단케 하여 화상을 그대로 나타나게 하고 이 외의 pixel은 black으로 나타나게 하였다. 그 결과 Fig. 6과 같은 육질 부분만의 화상을 얻을 수 있었다. 이와 같이 육질의 조직별로 분리한 후의 Hunter 값은 전체 고기를 대상으로 할 때는 L, a, b값이 70.6, 38.4, 22.8이지만 육질 부분만으로 했을 때 L, a, b값은 65.6, 44.4, 21.3이었다. 따라서 지방을 제외한 육질의 색차 값은 분리 전에 비하여 ΔE가 2%의 색차값의 변화를 보였다.

이상과 같이 CCD Video 영상 분석 시스템을 사과와 고기를 대상으로 색 분석을 시도한 결과 일반적인

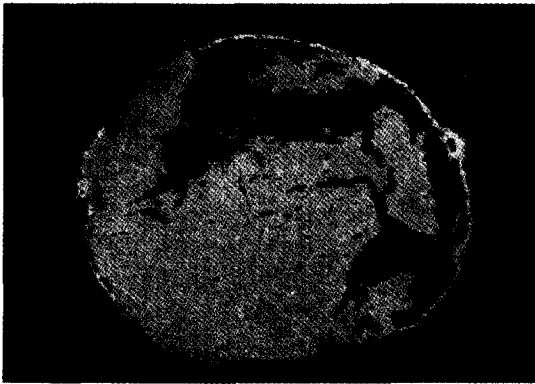


Fig. 6. The image of lean beef after extraction of fatty tissue by image processing

색차계로는 분석하기 곤란한 큰 시료 면적의 색을 분석할 수 있었다. 앞으로 이를 발전시킬 경우 식품 공정의 품질 관리 기술로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

식품 표면의 색변화를 화상화하고 3원색으로 분리하여 가공, 처리할 수 있는 영상 처리 시스템을 video camera와 영상 카드, 조명 장치, PC로 구성하였다. Video camera로부터 출력되는 analog 화상 신호를 영상 카드에서 digital신호로 변환하고 이를 PC 모니터 상에서 640×480 해상도의 자연색으로 출력할 수 있도록 하였다. C 언어로 작성한 프로그램에 의하여 일정한 시간 간격으로 출력 화면을 파일로 저장하고 여러 가지 화상 분석을 수행할 수 있도록 하였다.

이 영상 처리 시스템을 사용하여 사과와 숙의 차이를 색차이로 분석한 결과 미숙 완숙의 정도를 green과 red 성분의 색값 차이로 나타낼 수 있었으며, blue 성분의 차이는 미미하였다. green 성분의 차이는 35.01이고 red 성분의 차이는 6.16으로 나타나, 사과와 분급에는 green 색을 이용하는 것이 적합하였다. 고기의 육질과 지방의 색차를 이용한 화상 분리에서는 육질 부분에서의 red 성분이 180~230인 반면에 지방은 240 이상으로 나타나, red 성분을 기준으로 한 경계값을 사용하여 육질과 지방의 화상을 분리하여 육질의 색 성분을 정확히 측정할 수 있었다. 이와 같이 육질의 조직별로 분리한 후의 Hunter 값은 전체 고기를 대상으로 할 때는 L, a, b값이 70.6, 38.4, 22.8이지만 육질 부분만으로 했을 때 L, a, b값은 65.6, 44.4, 21.3이었고, 색차값

△E가 2% 감소하였다.

문 헌

- Dull, G.G. and Birth, G.G.: Nondestructive evaluation of internal quality. *Hort Science*, **15**, 60-63 (1980)
- Unkelsbay, K. and Beller, J.: Computerized image analysis of surface browning of pizza shells. *J. of Food Sci.* **48**, 1119-1123 (1983)
- Mackinney, G.L. and Brinner, L.: Visual appearance of foods. *Food Technol.*, **20**, 1300 (1966)
- 高野英彦: 畫象處理の技術FAへの適用と課題. *オートメ-ション*, **31**, 2 (1992)
- 尾津加河湖: リアルタイム畫象處理の技術と實際. *オートメ-ション*, **18**, 518 (1989)
- Michael, J.D. and Reginald, A.B.: Ground color measurements of peach. *J. Amer. Soc. Hort.*, **108**, 1012-1016 (1983)
- Bittner, D.R. and Norris, K.H.: Optical properties of selected fruits vs. maturity. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.*, **11**, 534-536 (1968)
- Sarkar, N. and Walfe, R.R.: Computer vision based system for quality separation of fresh market tomatoes. *Transaction of the ASAE*, **28**, 1714 (1985)
- Goddard, W.B. and O'Brien, M.: Development of criteria for mechanization of grading processing tomatoes. *Transaction of the ASAE*, **18**, 190 (1975)
- Von Beckman, J.W. and Bulley, N.R.: Electronic size and color grader for tomatoes. *Transaction of the ASAE*, **21**, 25 (1978)
- Moini, S. and O'Brien, M.: Tomato color measurement versus maturity. *Transaction of the ASAE*, **21**, 797 (1978)
- Miller, B.K. and Michal, J.D.: A color vision system for peach grading. *Transaction of the ASAE*, **32**, 1484 (1989)
- Francis, F.J.: Pigment content and color in fruits and vegetables. *Food Technol.*, **23**(1), 32-36 (1969)
- 土井勇治: 容器外觀検査センサの開発. *センサ技術*, **12**(5), 50 (1992)
- 紫田守彦: 乳製品外觀検査センサの開発. *センサ技術*, **12**(5), 45 (1992)
- 田村一人: 食肉加工製品の検査センサの開発. *センサ技術*, **12**(5), 39 (1992)
- 劍寺庸一: 食品異物センサに関する基礎的研究. *センサ技術*, **12**(5), 54 (1992)
- Hand, D.B. and Robison, W.B.: Color measurement application to food quality grades. *J. Agr. Food Chem.*, **1**, 1209 (1953)
- Paulsen, M.R. and McClure, W.F.: Illumination for computer vision system. *Transaction of the ASAE*, **29**(5), 1398 (1986)
- Francis, F.J.: Color control. *Food Technol.*, **17**(5), 546 (1963)

(1996년 7월 15일 접수)