

# 고춧가루 불순물 함량의 정량화를 위한 영상처리기법

## Image processing algorithm to quantify the amount of foreign materials within the red pepper powder

김철수\*            엄태봉\*\*  
정회원  
C. S. Kim        T. B. Uhm

### 1. 서론

고춧가루 유통시 가장 중요한 품질인자는 신미성분(capsaicin)과 색상이지만, 신미성분은 고추의 품종에 따라 변이가 매우 큰 것으로 알려져 있다(Chun, 1979). 따라서 고춧가루의 품질평가에 색상 정보가 주로 활용되어 왔다. 색소의 함량을 정량화하는 방법으로는 ASTA-20 칼라 값 측정이 주로 사용되고 있으나, 이 방법은 과정이 복잡하고 많은 시간이 소요되기 때문에 보다 간편하게 색소를 측정할 수 있는 방법이 요구되고 있다(Chun, 1979). 최근 들어 고춧가루의 색도를 측정하는 새로운 방법으로 색도계(colorimeter)를 이용한 삼자극치의 측정과 근적외선 분광분석을 이용한 색도판정법 등이 활용되고 있다. 특히 이러한 방법들은 고춧가루의 색상에 영향을 미치는 고추씨나 수입산 고추의 혼입량을 신속하게 예측하는데 유용한 것으로 알려져 있다(Kwon, 1999).

본 연구에서는 건고추의 부위별 칼라특성을 측정하고, 정상고추, 회아리, 고추씨 등이 포함되어 있는 고춧가루의 영상으로부터 정상고추에 해당하는 영역만을 추출하여 고춧가루에 포함되어 있는 불순물의 함량을 정량화할 수 있는 영상처리기법을 개발하고자 한다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 실험 시료

본 연구에 사용된 고춧가루는 전국적으로 19곳의 농가로부터 2004년에 생산된 고추를 구입하여 정상 고추와 회아리로 분류하여 분쇄한 후 중량 비율로 10%의 회아리를 혼합하여 조제하였다. 또한 중국산 고추를 구입하여 안동산 회아리와 적정 중량비(0%, 5%, 10%, 20%)로 혼합한 시료를 영양군에서 생산하여 시중에 유통되고 있는 빛갈찬 고추와 비교 실험하였다.

색도 측정시 입자의 크기에 따른 색상 차이를 없애기 위하여 분쇄된 고춧가루를 35메쉬 체를 통과시킨 후 30°C로 조정된 항온기에서 24시간 탈습시켜 샘플 백에 넣고 밀봉하여 사용하였다.

\* 전북대학교 농업생명과학대학 생물자원시스템공학부

\*\* 전북대학교 자연과학대학 생물학부

### 나. 색도 측정 및 영상입력 장비

색을 정량적으로 표현하기 위해서 CIE 표준 C광원하에서 고춧가루의 칼라특성을 측정하기 위하여 색도색차계(Minolta CR-200)를 이용하여  $L^*$ (Lightness),  $C^*$ (Chroma),  $H^*$ (Hue angle) 등 삼자극치를 측정하였다.  $L^*C^*H^*$  좌표계는 Uniform 칼라 공간인  $L^*a^*b^*$  직교좌표계를 극좌표 형태로 표현한 것으로서 LSH 칼라모델과 동등한 정보를 제공해준다. 칼라 특성 값은 시료별로 5회씩 반복 측정하여 평균을 구하여 이용하였다.

### 다. 영상 획득

본 연구는 분체혼합물 상태인 고춧가루의 영상을 획득하여 획득된 영상을 정상부분과 희아리 부분으로 영역을 분할하는 것으로 작업이 완성되는 2단계 과정으로 이루어지는데, 고춧가루의 RGB 입력영상을 얻기 위한 장치로 칼라 필름 스캐너를 이용하였다. 일반적인 CCD 카메라를 사용할 경우 640×480 화소의 해상도를 얻을 수 있으나, 스캐너를 이용하여 높은 해상도(600 dpi)의 영상을 획득할 수 있었다. 또한 CCD 카메라를 사용하기 위해서는 별도의 조명 시설이 필요하지만 스캐너의 균일한 자동 조명을 이용함으로써 입력영상에 미치는 조명의 영향을 최소화할 수 있었다.

### 라. 영상 분할

본 연구에서는 입력영상의 중앙 부분 700×700 matrix에 대하여 분석을 수행하였다. 문턱값 설정을 위하여 정상 및 병반부위의 내외부의 영상에 대한 칼라 특성을 분석하는 예비 실험을 수행한 결과 RGB 모델에 비하여 LSH 모델을 활용하는 것이 보다 더 영상분할에 적합한 것으로 판단되어 RGB 화소 값을 LSH 값으로 변환한 후 영역분할을 수행하였다. 예비 실험에서 측정된 정상 및 병반 부위별 LSH 값의 평균과 표준 편차를 표 1에 나타내었다.

표 1. 건고추의 부위별 칼라 특성

	Hue		Saturation		Lightness	
	Mean	Std	Mean	Std	Mean	Std
Normal Out	-2.17	3.34	194.71	31.92	62.19	9.09
Normal In	-2.03	5.04	137.45	32.72	75.97	12.28
Tanjeo-Out	23.62	3.35	112.23	17.99	165.24	8.43
Tanjeo-In	22.23	3.58	102.24	18.26	170.76	9.01
Bad-Out	22.14	3.47	194.24	30.20	122.23	7.44
Bad-In	19.84	5.03	90.10	23.31	150.85	13.01

표 1에서 알 수 있는 바와 같이 정상 부위와 병반부위의 H 값의 분산 값이 모두 작을 뿐만 아니라 평균 값에도 충분한 차이가 있어 H 값이 영역 분할에 중요한 역할을 할 것으로 판단되었다.

영상 입력 시에 조명의 변화가 심한 경우에는 자동으로 조정되는 가변 문턱 값을 사용해야

되지만, 본 연구에서는 스캐너를 이용하여 입력영상을 획득하였기 때문에 조명의 변화가 크지 않을 것으로 판단하여, 측정된 칼라 특성값을 분석한 후 고정된 문턱값을 설정하여 사용하였다. 본 연구에서의 문턱 값은 H 값은 -25~15, S 값은 71~255, L값은 31~120 범위를 정상 고추의 영역에 해당하는 것으로 설정하였다.

한편 문턱값 처리에 의한 영역 분할 후에는 대상체 내부에 작은 구멍, 배경에 작은 고립점 등이 생기거나 경계선에 작은 오목부분이 생기는 경우가 많다. 본 연구에서는 경계선의 이동을 최소화하면서 이 문제를 해결하기 위하여 3×3 메디안 필터(median filter)를 이용하였다. 즉 각 화소를 중심으로 한 3×3영역의 화소 값들을 크기 순으로 정렬한 후 중앙값을 출력 값으로 택함으로써 위에 열거한 결함들을 동시에 제거할 수 있다.

영역 분할이 완료된 후 고춧가루에 포함된 불순물의 함량은 분할된 영역의 면적 비율에 따라 정량화된다. 준비된 실험시료를 대상으로 색도계를 이용한 품질평가와 개발된 알고리즘을 이용한 영상처리 시스템의 품질평가 결과를 비교분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 색도 측정 결과

중국산 고춧가루와 국내 안동산 회아리를 구입하여 적정중량비율(0, 5, 10, 20%)로 혼합한 시료와 영양군에서 생산한 빛깔찬 고춧가루의 칼라 특성을 색도색차계를 이용하여 측정하고 분산분석을 실시한 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2. 고춧가루 종류별 칼라 특성

Type of Pepper	Y	x	y	L*	a*	b*	C*	H*
빛깔찬 K(0)	15.06f*	0.4012ab	0.3278d	45.17f	20.39a	11.95d	23.64b	30.36f
중국산 C(0)	22.28e	0.4039a	0.3455c	54.30e	18.27b	18.22b	25.80a	44.89e
회아리 5% C(5)	24.17d	0.3993bc	0.3529b	56.25d	15.21c	19.86a	25.02a	52.55d
회아리 10% C(10)	26.04c	0.3961c	0.3556a	58.06c	13.85d	20.55a	24.78a	56.02c
회아리 20% C(20)	28.07a	0.3865d	0.3558a	59.95a	11.34e	19.74a	22.77b	60.10b
회아리 100% K(100)	27.12b	0.3673e	0.3547ab	59.08b	5.93f	16.56c	17.59c	70.31a
LSD .05	0.8138	0.0046	0.0020	0.8188	0.7745	0.9181	1.0831	1.2460

(\* Means with the same letter are not significantly different.)

표 2에 나타난 바와 같이 L\*, a\*, H\* 값 등은 5% 수준에서 각 처리간에 유의차가 인정되었으며, x, y 값은 유의차가 인정되지 않았다. 특히 H\*와 a\*의 값은 회아리의 혼합도와 상관관계가 높은 것으로 판단되어, 전(1979) 등의 결과와 일치하였다.

색도색차계를 이용하여 측정한 칼라특성 중 각 지역별 고춧가루의 CIE H\* 값을 비교하여

그림 1에 나타내었다. CIE H\* 값은 작을수록 붉은 색 계열을 나타내며 클수록 노란색 계열을 나타내기 때문에 대부분 지역에서 정상 고춧가루가 회아리가 혼합된 고춧가루에 비하여 붉은색 계열이 강한 것을 알 수 있다. 그러나 정상 고춧가루와 회아리 혼합 고춧가루의 차이에 비하여 지역간의 차이가 더 큰 것으로 나타났으며, 특히 거창, 영월, 영양, 안동, 합천 등의 회아리가 혼합된 고춧가루는 타 지역의 정상 고춧가루에 비해서도 붉은색 계열이 더 강한 것으로 나타났다.

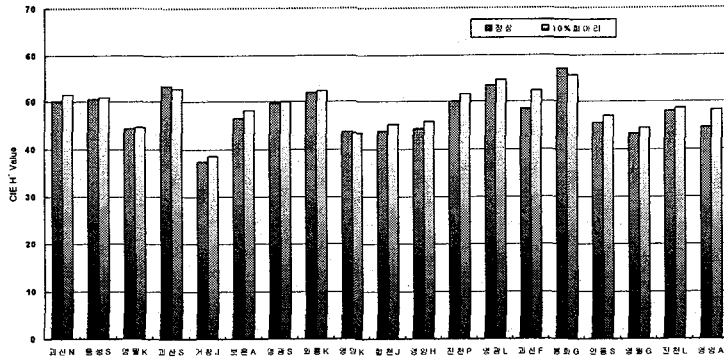


그림 1. 색도색차계를 이용하여 측정된 지역별 고춧가루의 H\* 값

CIE L\* 값의 지역간 편차는 CIE H\* 값에 비하여 작았지만, 정상고춧가루와 회아리 혼합 고춧가루 사이의 일관된 상하관계는 나타나지 않아서 CIE L\* 값을 이용한 고춧가루의 품질 평가는 어려울 것으로 판단되었다. CIE C\* 값도 CIE L\* 값과 비슷한 경향을 보였으며 고춧가루의 품질평가에 이용 가능성은 낮은 것으로 판단되었다.

#### 나. 영상처리에 의한 품질 평가 결과

스캐너를 이용하여 획득한 국내산 빛깔찬 고춧가루, 중국산 고춧가루(회아리 0% 및 회아리 10%) 및 100% 회아리의 영상을 그림 2에 나타내었다. 그림 3은 개발된 영상처리기법에 의하여 문턱 값 처리된 영상을 보여 주고 있는데 회아리의 비율이 높을수록 분할된 정상고추의 영역 줄어들어 가는 것을 알 수 있으며, 각 영상에서의 정상고추 영역의 비율은 각각 95.97%, 47.07%, 24.05%, 2.9%인 것으로 나타났다. 이 결과는 색도색차계로 측정된 CIE H\*, a\* 값과 마찬가지로 영상처리 기법을 이용하여도 회아리의 혼합 정도를 정량적으로 추정할 수 있음을 나타낸다.

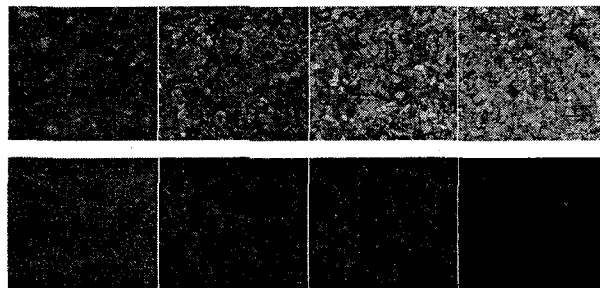


그림 2. 스캐너를 이용하여 획득한 고춧가루의 입력영상 및 문턱값 처리에 의하여 분할한 정상고추 영역 (좌로부터 빛깔찬, 중국산, 중국산+10%회아리, 100% 회아리).

각 지역의 고춧가루 영상을 획득하여 문턱 값 처리를 수행하고, 남아 있는 정상 고춧가루의 비율을 정량화한 값을 그림 3의 그래프에 나타내었다. 문턱 값 처리 후 남은 영역의 비율이 높을수록 정상 고춧가루가 많이 포함되어 있고, 상대적으로 회아리의 혼합률이 낮은 것으로 볼 수 있다. 대부분 지역의 고춧가루는 정상고춧가루가 10% 회아리가 포함된 고춧가루에 비하여 남은 비율이 높은 것으로 나타났으며, 이는 영상처리를 이용할 경우 정상 고춧가루와 불량 고춧가루의 구분이 가능함을 보여주는 고무적인 결과이다. 특히, 거창, 영월, 영양, 안동, 합천 등에서 구입한 고춧가루의 남은 영역 비율이 높게 나타났으며, 이 결과는 색도색차계로 측정된 CIE  $H^*$  값이 낮은 고춧가루, 즉, 붉은 색 계열이 강한 고춧가루일수록 문턱 값 처리 후 남은 영역의 비율이 높다는 것을 의미한다. 특히 그림 1에 나타난 정상 고추와 회아리 혼합고추의 CIE  $H^*$  값 편차에 비하여 영상처리를 이용할 경우 더욱 뚜렷한 차이를 얻을 수 있어서 두 가지 고춧가루를 구별하는데 보다 나은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 다만 영상처리를 이용할 경우 색도색차계에 비하여 지역간 편차가 더욱 크게 나타났는데, 지역별 시료의 품질의 실제적인 편차로 인한 것인지 영상처리 알고리즘의 한계 때문인지에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다. 또한 영상처리에 의한 품질 평가는 색상 및 모양 등 주로 외관 품질에 의존하기 때문에 생물·화학적 품질평가 결과와의 상관관계에 관한 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

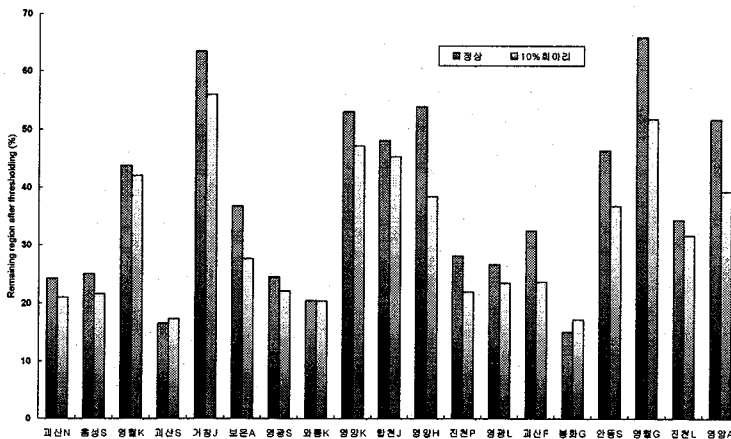


그림 3. 지역별 고춧가루의 입력영상으로부터 문턱 값 처리를 이용하여 추출한 정상 고춧가루 영역의 비율

#### 4. 요약 및 결론

고춧가루의 칼라 특성을 조사하기 위하여 색도색차계를 이용하여, 건고추 과피의 내외부에서 정상부위, 병반부위, 탄저병부위로 구분하여 CIE  $Y_{xy}$ ,  $L^*a^*b^*$ ,  $L^*C^*H^*$  등을 측정·분석하였으며, 고춧가루에 포함된 불순물 함량을 정량화하기 위하여, 스캐너를 이용한 영상획득과 문턱 값 처리에 의한 영역분할 및 메디안 필터링에 의한 잡음 제거로 이루어지는 영상처리 알고리즘을 개발하였다.

중국산 고추를 구입하여 국내산 희아리와 적정한 혼합비율(0%, 5%, 10%, 20%, 100%) 혼합하여 고춧가루를 조제하여 칼라특성 분석과 영상처리에 의한 품질평가를 수행하였다.

국내 19개 농가로부터 2004년산 고추를 구입하여, 35 메쉬 이상으로 분쇄하여, 정상고춧가루 100% 시료와 10% 희아리가 혼합된 시료를 조제하여 칼라특성 분석과 영상처리에 의한 품질평가를 수행하였다.

고추의 칼라 특성 중에서 CIE  $a^*$  값과  $H^*$  값이 정상부위, 탄저병 부위, 기타 병반 부위를 구별하는데 적합한 것으로 판단되었다. 지역별 고춧가루를 대상으로한 색도분석에서도 희아리가 포함된 고춧가루의 CIE  $H^*$  값은 정상 고춧가루에 비하여 높게 나타나기 때문에 불량 고추의 포함 여부를 간단히 판별하는 지표로 활용될 수 있을 것으로 판단되었다.

영상처리에 의한 품질 평가도 CIE  $H^*$  값과 마찬가지로 불량 고추의 포함여부를 판단할 수 있을 뿐만아니라, 정상고춧가루의 비율을 정량화할 수 있는 가능성이 있었으나, 지역간 고춧가루의 색상 편차가 예상 보다 매우 크게 나타나 품종, 재배작형, 건조 및 가공 방법 등을 고려한 엄격한 시료 선정을 통한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

## 5. 참고문헌

Chun, J. K. and S. K. Park. 1979. Color measurement of red pepper powder and its relationship with the quality. J. Korean Agri. Chemical Soc., 22(1):18-23.

Kwon, H. S., N. Y. Lee, S. J. Kim, S. S. Chung, and J. H. Kim. 1999. Discrimination of geographical origin and seed content in red pepper powder by near infrared reflectance spectroscopic analysis. J. of Korean Oil Chemists' Soc., 16(2):155-161.