

사과 영상의 색상 정보에 따른 당도와의 연관 분석

김 선 종 *

Association Analysis of Sugar Contents Based on Color Information of Apple Fruit Images

Seon-Jong Kim*

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.
(No. 2018R1D1A1B07045565)

요 약

본 논문에서는 RGB, HSV 및 La^*b^* 에 따른 사과의 색상 정보와 세 그룹으로 분류된 당도와의 관계를 분석하였다. 관계 분석을 위한 파라미터는 각 색상의 확률 분포함수로부터 얻었으며, 사과 영상은 사과의 색상 특성이 잘 반영된 배 영역의 일부를 사용하였다. 분석 결과, RGB 공간에서는 RB 평면에서, HSV 공간에서는 HV와 SV 평면에서, 그리고 La^*b^* 공간에서는 La^* 와 a^*b^* 평면에서 당도와 연관이 있음을 알았다. 각 평면에서는 당도 분포에 대한 경계선을 얻을 수 있고, 이 경계선을 이용하여 각 당도 그룹에 따른 분포를 얻을 수 있었다. 당도가 높은 그룹 A의 사과는 HV 평면에서 59.5%로 분포 정보를 알 수 있으며, 당도가 낮은 그룹 C는 SV 평면을 이용하면 97.4%로 분포 정보를 알 수 있었다. 따라서 사과의 색상 정보는 당도와 관련이 있음을 분석을 통해 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we analyzed the relationship between color information according to RGB, HSV, and La^*b^* and sugar content of apples. The apples were divided into three groups according to their sugar contents. For performance evaluation, the parameter for each color space was obtained by using moment-like parameter from the probability distribution function. And we only used the calyx area of apples to analyze the inherent colors. As a results, we can obtain the association of sugar content in the RB, HV, SV, La^* and a^*b^* plane respectively. Through the analysis of each plane, a reference line for sugar distribution was obtained, then use it to find the probability of belongs to group A or group C. The group A of higher sugar content can be classified with the probability of 59.5% in the HV plane. And, the group C of lower sugar content can be obtained with the probability of 97.4% in the SV plane. Therefore, it can be seen that the color information could be related to the sugar content.

Keywords

association analysis, apple fruit image, color information, sugar content

* 부산대학교 IT응용공과 교수
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2070-290X>

• Received: Dec. 14, 2019, Revised: Feb. 11, 2020, Accepted: Feb. 14, 2020
• Corresponding Author: Seon-Jong Kim
Dept. of IT Engineering, Pusan National University, Korea,
Tel.: +82-55-350-5413, Email: ksj329@pusan.ac.kr

1. 서 론

우리나라에서 재배되고 있는 과일은 각 지역마다 환경에 따라 다양하게 재배되고 있다. 특히 사과는 전국적인 재배지를 가지고 있을 만큼 골고루 분포되어 있다. 사과는 환경과 관련되어 다양한 품종이 개발되고 있는데, 사과의 품종은 사람이 선호하는 단맛이 우선시 되어 대부분 비슷하다.

과일의 색상은 기호나 선입감에 영향을 미치는 중요한 외부 요인 중 하나이다. 이러한 색상은 소비자에게 신선함이나 맛을 판단하는데 영향을 미칠 수 있다. 적절한 크기의 과일도 색상이 좋지 않으면 등급 및 상업적 가치가 떨어질 수 있다. 따라서 색상은 외부 품질 평가의 중요한 지표가 될 수 있다 [1]. 과일의 색상은 다양한 방법으로 측정될 수 있으며, 또한 다양한 색상 공간으로 표현될 수 있다. 일반적인 과일의 색상은 카메라를 이용하여 측정되며, 색상 공간은 RGB 공간을 주로 이용하고 있다[2].

사과는 당도나 산도 등의 내부적인 특성을 측정하여 수치로 나타낼 수 있다. 당도는 시료로 추출한 용액 속에 들어 있는 당의 질량비를 나타내며, 보통 10~15 Brix를 가진다[3][4]. 인간은 눈을 이용한 시각적인 방법으로 색상을 인식한다. 그러나 이러한 인간의 색상 분석은 기존의 경험적 분류에 의존하고 있으며, 정량적인 수치로 나타내기가 힘들다. 또한 이 시각적인 평가는 일관성 없는 주관적인 결과로 나타나게 된다. 따라서 기계를 이용한 시스템의 활용은 시각적인 경험보다는 품질 평가에 보다 객관성을 부여 할 수 있으며, 최근에는 머신 비전을 이용하여 객관성을 갖는 상품의 가치를 평가하고 있다[5].

카메라 영상을 분석하여 상품의 가치를 판단하는 연구는 다양한 응용 분야로 확장되고 있으며, 최신의 디지털 이미징 처리 기술을 기반으로 다양한 분야의 확장되고 있다. 토지의 색상 분석과 같은 농업 분야에서의 활용, 질소 인식 공장 평가, 해충 감염 부위 인식[6], 모양, 질감 및 색상을 이용한 식물의 질병의 자동 분류 및 탐지[7] 등 적극적으로 활용되고 있다. 이와 같이 컴퓨터 비전 시스템은 농업 및 식품 산업에서도 많이 응용되어 성과를 얻고 있으며, 특히 품질 관리나 분류 분야에서 유효한 결과

를 얻고 있다. 이는 농산물의 품질 관리로 인하여 고품질을 생산하는데 중요한 역할을 하고 있다.

최근에는 색상 센서를 이용 사과의 수확을 예측할 수 있을 뿐만 아니라 등급을 측정하는 기술이 도입되어 적용되고 있다[8-10]. 오 등[11]은 스마트 팜에서 사용될 수 있는 비과피 당도 센서, 색상 센서, 크기 센서 데이터 등 다량의 데이터들을 수집하고, 이들을 분석하여 수확과 관련된 상관 인자인 당도나 색상들을 이용하여 수확 시기를 예측하는 시스템을 제안한 바 있고, Lu 등[12]은 근적외선을 이용하여 체리의 단단함과 당도를 예측하는 연구를 진행한 바 있다. 이와 같이 사과의 색상에 따라 단맛이 달라지며, 사과의 색상이 당도와 연관이 있다는 것을 경험적으로 이해를 하고 있다. 그러나 직접적인 관련에 대한 정량적인 지수나 평가 기준에 대한 연구가 아직까지 찾기 힘든 것이 사실이다.

본 논문에서는 RGB, HSV 및 La^*b^* 색상 공간에 따른 당도와의 연관 관계를 분석한다. 이를 위해 한 지역에서 생산된 사과 120개를 이용하여 각 색상과 당도의 관계를 조사한다. 편리를 위해 당도를 크게 세 등급으로 나누어 색상에 따른 분포를 조사하고, 다양한 색상 평면에 대해 당도와의 연관성을 분석하고, 당도를 구분하는 영역의 경계선을 마련하고자 한다.

II. 정보 분석을 위한 성능평가 파라미터 추출

먼저, 사과의 색상 정보 분석을 위하여 성능평가 파라미터가 추출되어야 한다. 사과는 배 부분의 색상이 당도와 관련이 있다는 경험적 판단에 따라 배 부분의 영상을 이용하였으며, 특히 사과의 고유한 색상과 무관한 중심 부분을 제외한 영상을 사용하여 RGB, HSV 및 La^*b^* 의 각 색상 공간에 대한 분석을 진행하였다. 각 색상은 256 레벨로 동일하게 측정하였다.

2.1 색상 공간

RGB 색상 공간은 컴퓨터 비전 기반 시스템에서 기본적으로 쓰이는 색상 공간이다. RGB는 빨강, 파랑, 녹색의 삼원색으로 구성되며, 이 색상을 3차원

공간으로 도시되어 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. HSV 색상 공간은 색상, 채도, 명도의 형태로 가지게 하는 공간이다. 색상은 빨강에서 보라색까지 $0 < H(\text{hue}) < 360$ 의 범위로 구성되고 S(saturation)는 채도를, V(value)는 밝기를 각각 나타낸다. HSV 공간은 인간에게 직관적인 색상을 표현하기 쉬운 모델이라고 알려져 있다. 그리고 La^*b^* 공간은 인간의 눈으로 보는 실제 색상을 표시하기 위한 색상 공간이다. L는 명도, a^* 는 붉은 정도를, b^* 는 노랑 정도를 각각 의미한다.

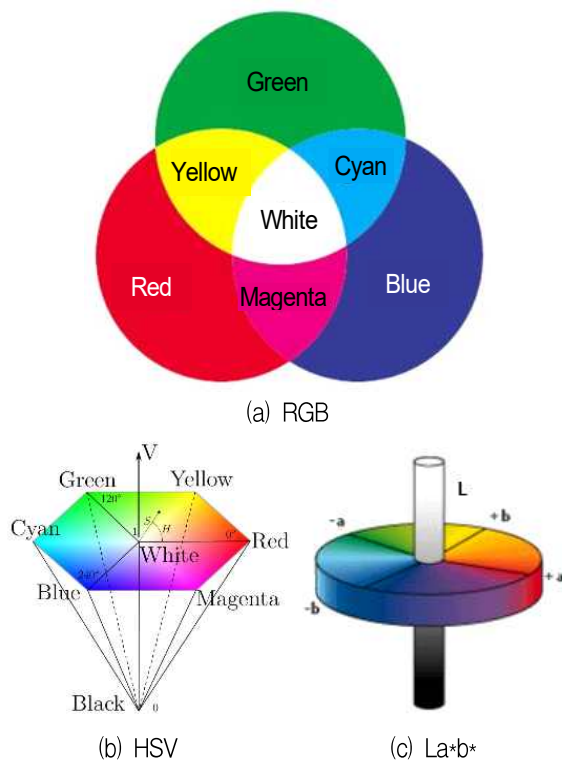


그림 1. 색상 공간

Fig. 1. Color space of (a) RGB, (b) HSV, and (c) La^*b^* respectively

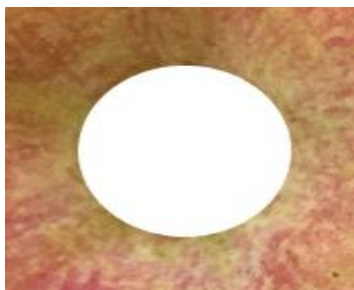
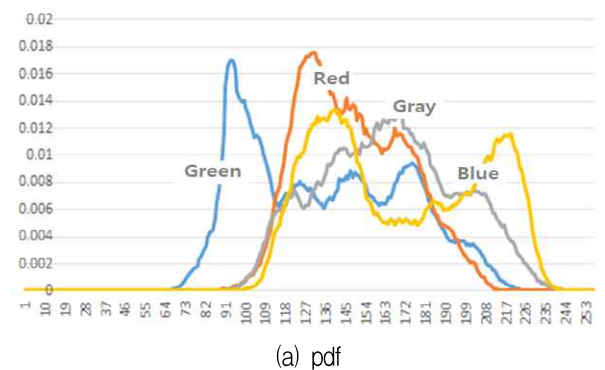


그림 2. 사과와 암수술 영역을 제거한 배 부분 영상
Fig. 2. Partial apple image without the center region of the calyx

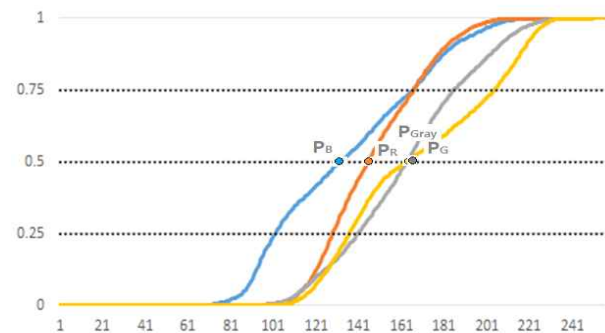
2.2 파라미터 추출

사과의 배 영역의 영상을 기반으로 색상 분석을 하며, 파라미터는 사과와 내재한 색상 정보와 무관한 꽃이 퇴화하여 생긴 중심 부분의 색상을 제외한다. 그림 2는 데이터로 사용된 대표적인 사과 영상을 나타낸 것이다.

사용된 파라미터는 각 색상 공간에 따른 확률 분포 함수(pdf: probability density function)로부터, 이들의 누적 값이 0.5가 되는 정수 값으로 설정하였다. 그림 3(a)은 그림 2의 영상에 대한 R, G, B 및 Gray 값에 대한 히스토그램인 pdf이다. 그림으로부터 R값은 120에서 210 사이에 분포가 형성되었으며, G는 50-180, 그리고 B는 40-120의 값으로 분포되는 것을 확인할 수 있다. B값보다는 G와 R이 전체적으로 높게 분포하였으며, 또한 그림 3(b)는 이들의 cdf(cumulative density function)을 보여 주고 있다. 각 색상의 cdf에서 0.5와 만나는 색상을 대표 파라미터 P_i 로 나타낸다. 이 때 i 는 각 색상 공간 중에 하나이다.



(a) pdf



(b) cdf

그림 3. (R,G,B) 색상과 Gray에 대한 pdf와 cdf의 예
Fig. 3. Example for (a) pdf and (b) cdf of the (R,G,B) colors and the Gray

따라서 그림에서 색상 R에 대한 파라미터 P_R 은 0.5와 만나는 지점의 값이 144, P_G 는 128, 그리고 P_B 와 P_{GRAY} 는 각각 161임을 알 수 있다.

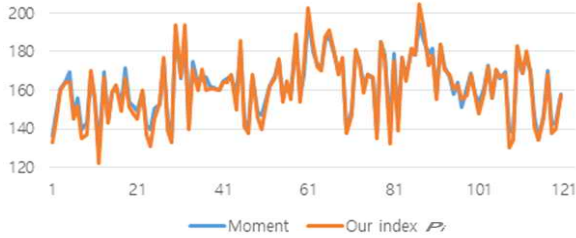


그림 4. 주어진 파라미터와 모멘트와의 차이
Fig 4. Difference between the moment and our parameter

이렇게 얻어진 각 색상 공간에서의 구한 파라미터 값은 실험에 사용된 사과 샘플을 이용해 기준에 주로 사용하는 모멘트와 비교하였다. 그림 4에서 보듯이 거의 비슷한 값을 가진다는 것을 알 수 있다.

III. 색상 정보와 당도와의 관계 분석

3.1 사과의 당도 분포

우리는 하나의 지역에서 산출된 사과 120개를 이용하여 색상을 분석하였다. 카메라를 이용하여 색상 정보를 얻고, 사과를 믹서에 갈아 만든 주스의 당도를 측정하였다. 이들의 당도는 12-19 Brix 사이에 분포하였으며, 그림 5에는 사용된 사과의 당도와 그 개수를 나타내었다. 본 논문에서는 당도의 개략적인 경향을 살펴보기 위해 정확한 당도와의 관계보다는 사용자가 쉽게 이해될 수 있도록 15.0 이상을 그룹 A(37개), 13.9 이하를 그룹 C(39개), 그 사이를 그룹 B(44개)로 나누어 분석하였다.

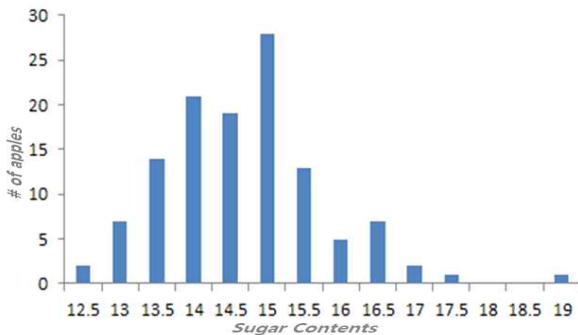


그림 5. 분석에 사용한 사과의 당도 분포
Fig. 5. Brix distribution of apples used in our analysis

3.2 사과 당도와 RGB 색상 정보에 대한 분석

먼저, 우리는 RGB, HSV 및 La*b* 공간에서의 색상 정보와 당도와의 관계를 각각 조사하였다. 그림 6은 RB 평면에서의 파라미터 그래프이다. 각 색상 평면은 x축과 y축 순서로 사용한다. 즉, RB 평면 그래프에서 x축은 P_R 를, y축은 P_B 를 의미한다. 또한 당도 값이 15이상인 그룹 A는 빨간색 Δ , 15에서 13.9 사이인 그룹 B를 검은색 \circ , 13.9 이하인 그룹 C를 파란색 \square 로 각각 도시하였다. 사과의 파라미터 분포는 그림에서 주어진 수식을 기준으로 골고루 퍼져 있음을 알 수 있다. 이 때, 주어진 두 직선의 방정식은

$$P_B = 0.8017P_R - 50 \text{ (upper line)} \quad \text{또는}$$

$$P_B = 0.8017P_R - 60 \text{ (lower line)} \quad (1)$$

으로 나타난다.

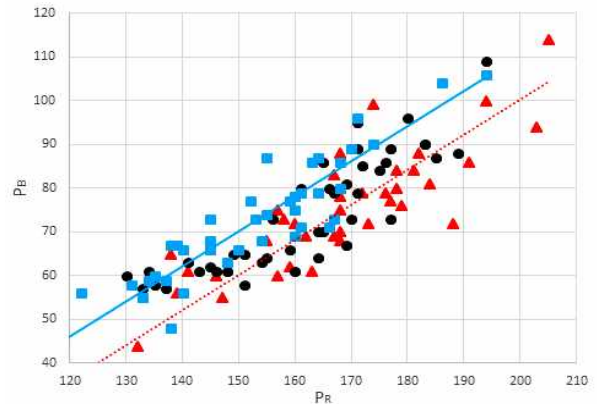


그림 6. RB 평면에서 그룹 분포
Fig. 6. Group distribution of apples in RB plane

표 1. RB 평면에서의 주어진 직선에 따른 사과 개수
Table 1. Number of apples that exists upper or lower region of the given line in RB plane

Region	Lower(-60)		Upper(-50)	
	# of apples	Ratio (%)	# of apples	Ratio (%)
Group A	19	51.4 (86.4)	3	8.1 (13.6)
Group C	3	7.7 (13.0)	20	51.3 (87.0)

표 1을 살펴보면 RB 평면에 대하여 빨간색 직선 아래에 존재하는 사과는 그룹 A에 속할 확률이 51.4%로 나타난다. 만약 당도가 중간영역인 그룹 B

가 없이 그룹 A와 C만 존재한다고 가정한다면 그룹 A가 86.4%가 이 영역에 존재한다는 것을 의미한다. 그리고 그룹 C는 회색 직선 위에 87%의 확률로 존재한다는 것이다. 따라서 식 (1)의 직선은 그룹 A와 그룹 C를 구분할 수 있는 정보를 어느 정도 내포하고 있음을 알 수 있다.

그림 7은 RG 평면에서의 사과 분포 결과이다. P_R 이 작은 사과보다는 큰 경우가 당도가 높은 사과가 더 많이 분포하고 있음을 알 수 있다. 즉, P_G 보다는 P_R 이 당도에 연관된다는 것을 알 수 있다. P_R 이 170 이상인 영역에서 붉은 색의 삼각형으로 표시된 당도가 높은 사과가 많이 분포한다는 것을 알 수 있다.

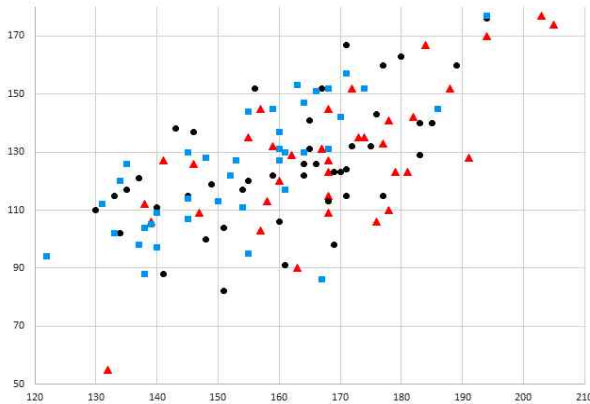


그림 7. RG 평면에서 그룹 분포
Fig. 7. Group distribution of apples in RG plane

그림 8은 GB 평면에서 사과 분포를 나타낸 그림이다. 그룹에 따른 구분이 모호하게 나타나 특별한 연관이 없음을 알 수 있다.

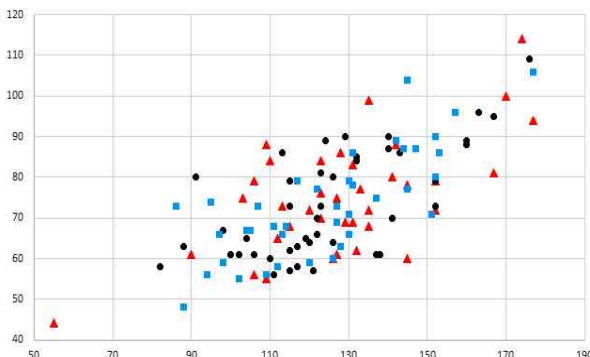


그림 8. GB 평면에서의 그룹 분포
Fig. 8. Group distribution of apples in GB plane

3.3 HSV 색상 공간에 대한 분석

다음은 HSV 공간에 대해 당도와 관계 분석을 수행하였다. 이 때, H의 값은 R을 기준으로 45도 회전시켜 0도 이하의 영역을 반영할 수 있도록 하였다. 이는 사과의 H영역이 -42에서 38 사이에 주로 분포하고 있기 때문이다. 그림에서 P_H 값이 5에서 40 사이의 값으로 나타나며, 이 값은 붉은 영역에서 노랑 영역을 지나가는 영역에 분포됨을 알 수 있다. 그림 9는 HV 평면에서 사과 분포를 나타낸 것이다.

그림에서 경험적으로 다음과 같은 하나의 직선을 얻을 수 있으며, 이 직선의 방정식은

$$P_V = 1.389P_H + 130 \quad (2)$$

로 나타난다. 낮은 H는 붉은 색상을 의미하고, 높은 P_H 는 노랑 영역을 나타낸다. 이는 사과가 모두 익은 상태여서 완전히 푸른색의 사과는 없기 때문이다. 그림에서 P_H 만 본다면 당도는 골고루 분포되어 있다. 반면 P_V 값은 당도와 비례하여 나타남을 알 수 있다.

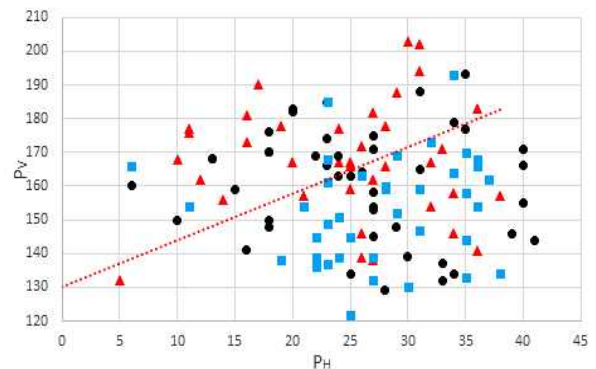


그림 9. HV 평면에서 사과의 그룹 분포
Fig. 9. Group distribution of apples in HV plane

표 2. HV 평면에서의 주어진 직선에 따른 사과 개수
Table 2. Number of apples that exists upper or lower region of the given line in HV plane

Region	Upper		Lower	
	# of apples	Ratio (%)	# of apples	Ratio (%)
Group A	22	59.5	15	36.5
Group B	16	36.4	28	63.6
Group C	5	12.8	34	87.2

표 2는 사과의 SV 평면에 대한 식 (2)를 경계로 하여 사과의 개수를 조사한 결과이다. 당도가 높은 그룹 A의 사과는 59.5%가 직선 위에 나타났으며, 특히, 그룹 C의 사과가 직선의 아래에 87.2%가 나타났다. 이로부터 이 직선은 당도가 낮은 사과를 인식하는 데 경계로 유용하게 사용될 수 있다.

다음은 S와 V의 관계를 살펴보았다. 그림 10에 SV 평면에 따른 사과 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 하나의 직선을 경계로 하여 당도의 분포를 알 수 있는데 이 직선의 방정식은

$$P_V = -1.0736P_S + 320 \quad (3)$$

로 나타나며, 이 직선을 이용하여 당도 분포를 조사한다. 분포된 결과를 표 3에 도시하였다. 표에서 보면, 식의 아래 영역에는 그룹 C의 사과가 97.2% 밀집하고 있으며, 직선의 위 영역에는 그룹 A, B의 분포가 치중되어 있는 것을 확인할 수 있다.

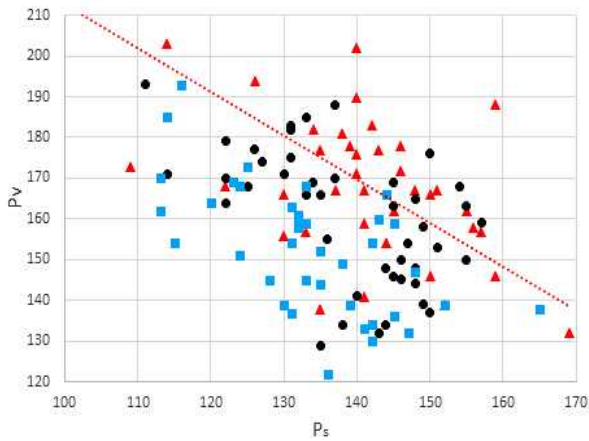


그림 10. SV 평면에 사과의 그룹 분포
Fig. 10. Group distribution of apples in SV plane

표 3. SV 평면에서의 주어진 직선에 따른 사과 개수
Table 3. Number of apples that exists upper or lower region of the given line in SV plane

Region	Upper		Lower	
	# of apples	Ratio (%)	# of apples	Ratio (%)
Group A	21	56.8	16	43.3
Group B	10	22.7	34	77.3
Group C	1	2.6	38	97.4

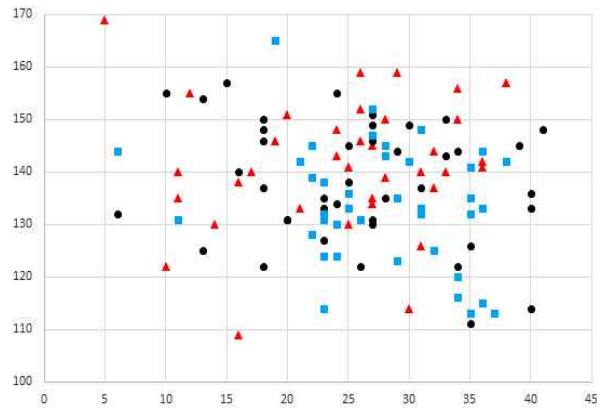


그림 11. HS 평면에서 사과의 그룹 분포
Fig. 11. Group distribution of apples in HS plane

그림 11은 HS 평면에서의 관계를 분석한 결과이다. 당도가 낮은 그룹 C가 P_H 값 20에서 40사이에 대부분 분포하는 것을 볼 수 있다.

주로 붉은 계열의 낮은 P_H 의 사과가 높은 값을 갖는 푸른 계열의 사과보다 높은 당도로 가진다는 것을 보여주고 있다. 그러나 HS 평면에서는 당도에 따른 사과가 골고루 넓게 분포되어 있음을 알 수 있다.

3.4 La*b* 공간에 대한 분석

다음은 La*b* 공간에 대하여 관계 분석을 수행하였다. 그림 12는 La*의 평면에서의 사과의 분포를 나타낸 것이다.

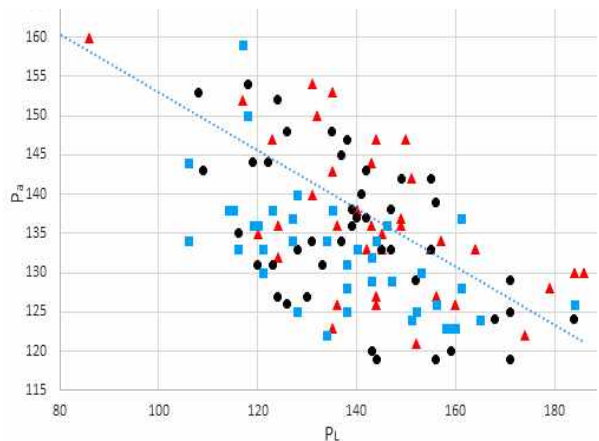


그림 12. La* 평면에서 사과의 그룹 분포
Fig. 12. Group distribution of apples in La* plane

그래프를 보면 P_L 에 대해서 당도가 골고루 분포하고 있지만 다음과 같은 직선

$$P_L = -0.3704P_{a^*} + 190 \quad (4)$$

을 경계로 사과 분포의 유용한 정보를 얻을 수 있다. 이 직선 아래 영역에는 당도가 낮은 그룹 C의 분포가 많으며, 위 영역에는 그룹 A, B의 분포가 좀 더 우세하다. 표 4는 이에 대한 분포 결과를 나타낸 것이다. 직선 아래 영역에 존재하는 사과 중 그룹 C 사과일 확률이 87.2%임을 확인할 수 있다.

표 4. La^* 평면에서의 주어진 직선에 따른 사과 개수
Table 4. Number of apples that exists upper or lower region of the given line in La^* plane

Region	Upper		Lower	
	# of apples	Ratio (%)	# of apples	Ratio (%)
Group A	18	48.7	19	51.4
Group B	14	31.8	30	68.2
Group C	5	12.8	34	87.2

그림 13은 a^* 와 b^* 평면에 대한 분포이다. 경계가 되는 직선의 방정식은

$$P_{b^*} = -0.498P_{a^*} + 230 \quad (5)$$

로 주어지며, 그래프에서 주어진 직선의 아래 영역에 그룹 C 분포가 치우쳐 있는 것을 확인할 수 있다.

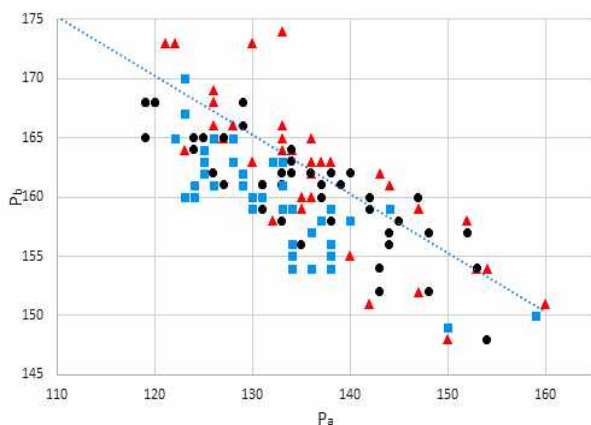


그림 13. a^*b^* 평면에서 사과의 그룹 분포
Fig. 13. Group distribution of apples in a^*b^* plane

표 5. a^*b^* 평면에서의 주어진 직선에 따른 사과 개수
Table 5. Number of apples that exists upper or lower region of the given line in a^*b^* plane

Region	Upper		Lower	
	# of apples	Ratio (%)	# of apples	Ratio (%)
Group A	21	56.8	16	43.3
Group B	11	25.0	33	75.0
Group C	2	5.1	37	94.9

표 5는 이에 대한 사과의 개수를 나타낸 것이다. 그룹 C의 94.9%가 직선 아래 영역에 존재함을 알 수 있다.

그림 14는 Lb^* 평면에 따른 분포를 도시한 것이다. 그래프를 보면 사과의 분포가 다양하게 나타나서 이 색상 평면으로는 하나의 경계선으로 구분하기가 모호함을 알 수 있다.

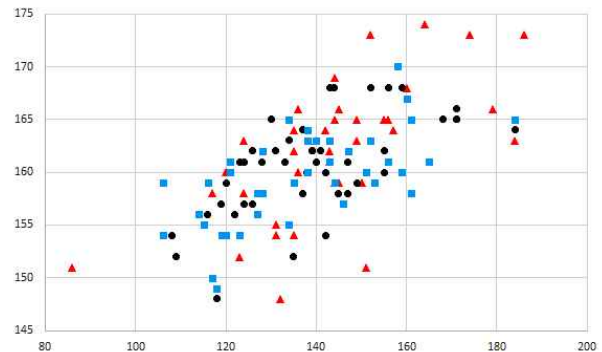


그림 14. Lb^* 평면에서 사과의 그룹 분포
Fig. 14. Group distribution of apples in Lb^* plane

지금까지 사과의 배 영상으로부터 RGB, HSV 및 La^*b^* 공간에 대한 당도와의 관련 색상을 찾기 위해 다양한 색상과의 연관 관계를 분석하였다. 분석 결과, RB, HV, SV, La^* 및 a^*b^* 평면에서 당도와의 연관 관계를 찾을 수 있었다.

표 6. 그룹 A에 대한 각 평면에 따른 구분 비율(%)
Table 6. Separation rates of group A based on the plane

Color plane	RB	HV	SV	La^*	a^*b^*
Separation rates(%)	51.4	59.5	56.8	48.7	56.8

표 7. 그룹 C에 대한 각 평면에 따른 구분 비율(%)
Table 7. Separation rates of group C based on the plane

Color plane	RB	HV	SV	La^*	a^*b^*
Separation rates(%)	51.3	87.2	97.4	87.2	94.9

표 6은 주어진 사과 영상이 당도가 높은 그룹 A에 속하는지를 찾을 수 있는 확률이다. 표에서 보면 HV 평면의 경계선을 이용하면 59.5%의 확률로 찾을 수 있음을 알 수 있다. 또한 표 7은 그룹 C에 속하는 사과를 찾을 수 있는 확률이다.

따라서 그룹 C는 SV 평면에서 경계선의 방정식을 이용하면 97.4%의 확률로 찾을 수 있다는 것을 알았다. 즉, 각 색상 정보는 당도와 연관이 있으며, 그룹 A 또는 그룹 C를 찾는 도구로써 유용하게 이용될 수 있음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 한 지역에서 수확된 사과 120개를 당도에 따라 세 그룹으로 나누고, 색상에 따라 각 그룹의 분포를 분석하였다. 색상 공간은 RGB, HSV, La^*b^* 을 사용하였으며, 색상 분포에 따른 분석 파라미터는 색상의 확률 분포함수의 중간 값으로 하였다. 당도가 비교적 높은 15.0 이상의 Brix를 갖는 사과를 그룹 A, 13.9 이하를 사과를 그룹 C, 그 사이를 그룹 B로 각각 나누어 평가하였다.

분석 결과, RGB 공간에서는 RB 평면에서, HSV 공간에서는 HV와 SV 평면에서, 그리고 La^*b^* 공간에서는 La^* 와 a^*b^* 평면에서 각각 당도와의 연관이 있음을 알았다. 또한, 각 평면에서는 추정을 통해 당도 그룹을 구분시킬 수 있는 경계선에 대한 방정식을 얻을 수 있었다.

당도가 높은 그룹 A는 HV 평면에서 주어진 경계선을 이용하여 59.5%의 확률로 분리시킬 수 있었다. 또한 그룹 C는 SV 평면을 이용하면 97.4%로 분리시킬 수 있어서, 당도와의 연관성이 가장 높은 색상으로 나타났다.

이와 같이 사과 영상의 배 영역의 색상은 당도와 연관이 있음을 알 수 있었고, 당도가 높은 그룹 A 또는 낮은 그룹 C를 구분할 수 있는 기준으로 활용될 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 사용자가 당도가 높은 사과나 당도가 낮지 않은 사과를 선택할 수 있는 확률을 가지게 되었다. 앞으로 사과의 색상과 당도에 대한 연관성을 정밀하게 추적할 수 있도록 더 많은 데이터에 적용하여 분석할 필요가 있다.

References

- [1] Anuja Bhargava and Atul Bansal, "Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A review", Journal of King Saud University –Computer and Information Sciences, Jun. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.06.002>
- [2] Xiaoyan Chen and Tao Pang, et al., "Prediction of apple internal qualities using hyperspectral imaging techniques", 2017 International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS), Xiamen, China, pp. 450-455, Dec. 2017.
- [3] Hayrettin Toylan and Hilmi Kuscu, "A real-time apple grading system using multicolor space", Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal, Vol. 2014, Article ID 292681, Jan. 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/292681>.
- [4] M. H. So, C. S. Han, and H. Y. Kim, "A study on real time fruit SSC Masurement algorithm using NIR", Journal of KIIT, Vol. 17, No. 3, pp. 95-102, Mar. 2019.
- [5] J. H. Park, J. H. Lee, and S. J. Kim, "Android App for object properties and apple's sugar contents analysis", Proceedings of KIIT Conference, pp. 203-204, Jun. 2019.
- [6] M. Krishnan and Jabert. G, "Pest control in argicultural plantations using image processing", IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering(IOSR-JECE), Vol. 6, No. 4, pp. 68-74, Jun. 2013.
- [7] Tewar, Meenu et al., "Reimaging India's Urban Future: A Framework for Securing High Growth, Low Carbon, Climate Resilient Urban Development in India", ICRIER Working Paper 306, Aug. 2015.
- [8] G. C. Bora, R. Pathak, M. Ahmadi, and P. Mistry, "Image processing analysis to track colour changes on apple and correlate to moisture content in drying stages", Food Quality and Safety, Vol. 2, No. 2, pp. 105-110, May 2018.
- [9] Z. A. Kus, B. Demir, I. Eski, F. Gurbuz, and S.

- Ercisli, "Estimation of the colour properties of apples varieties using neural network", *Erwerbs-Obstbau*, Vol. 59, No. 4, pp. 291-299, Feb. 2017.
- [10] S. N. Subhashree, S. Sunoj, J. Xue, and G. C. Bora, "Quantification of browning in apples using colour and textural features by image analysis", *Food Quality and Safety*, Vol. 1, No. 3, pp. 221-226, Sep. 2017.
- [11] J. W. Oh and Hangkon Kim, "Development of the Fruit Harvest Season Prediction System Architecture Applying Undestructive Sugar Sensor And Color Sensor", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol. 7, No. 9, pp. 279-287, Sep. 2017.
- [12] R. Lu, "Predicting firmness and sugar content of sweet cherries using near-infrared diffuse reflectance spectroscopy", *Transactions of the ASAE*, Vol. 44, No. 5, pp. 1265-1271, Jan. 2001.

저자소개

김 선 종 (Seon-Jong Kim)



1996년 8월 : 경북대학교
전자공학과(공학박사)
1995년 2월 ~ 1997년 2월 :
순천제일대학 전임강사
1997년 3월 ~ 현재 : 부산대학교
IT응용공학과 교수
관심분야 : 신호 및 영상처리,
머신/딥러닝, VR/AR, 스마트 카메라 등임