

유과의 품질규격 유지를 위한 외형 정보 측정 시스템 설계 및 적용 연구

조 성 호 · 김 태 정 · 황 현[†]
성균관대학교 생명공학대학 바이오메카트로닉스학과

System Design and Application of External Feature Extraction for Quality Maintenance of Yukwa

Cho, Sung Ho · Kim, Tae Jung · Hwang, Heon[†]

Department of Bio-Mechatronic Engineering, Faculty of Life Science & Technology,
Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi, Korea

ABSTRACT

Korean oil and honey Yukwa has been paid attention as formal cake for traditional national seasons' holiday and religious service. Quality of Yukwa, however, has been maintained arbitrarily by each Yukwa manufacturer. Since even same Yukwa had severe differences in size, weight, and pattern, it has given the negative effect to the consumer. Yukwa industries need to setup the quantitative quality specifications instead of qualitative ones to maintain the uniformity of Yukwa quality. Efficient and economical inspection and process control system should be developed. In developing quality standards of Yukwa, features which can measure quality quantitatively in real time should be properly chosen. Existing quality features such as acidity, oxidization, hardness, viscosity, and texture were measured by the chemical or physical base destructive methods. Many research and developments have been performed in investigating and analyzing chemical transition states of those quality features as environment or storage condition changes. Most methods, however, require either off-line or complex treatment or time consuming process of analysis in evaluating quality features. Consumer, however, selects products mostly based on the external features such as shape, size, and color. Therefore, critical visual quality features should be chosen and the efficient real time measurement system must be developed. In this paper, computer image acquisition and processing system were developed and software modules were developed to extract the quantitative data of those features in real-time. Computer image processing system will promote in maintaining uniform quality of Yukwa and establishing quality standards of Yukwa.

Key words: yukwa, computer Image processing, quality standards, quantitative quality, real time

접수일: 2013년 2월 13일 심사일: 2013년 6월 14일 게재확정일: 2013년 6월 28일

[†]**Corresponding Author:** Hwang, Heon Tel: 82-31-290-7825

e-mail: hhwang@skku.edu

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

경제가 발전하고 생활수준이 향상되면서 음식 문화의 발달과 함께 건강을 생각하는 웰빙(Well-being) 트렌드가 확산되고 있다. 웰빙 트렌드에 가장 민감한 분야는 식품·외식 사업으로서 2000년대 들어 빈번한 식품 관련 공포의 발생과 환경 오염의 심화, 건강하게 오래 살고 싶은 소비자의 욕구로 웰빙에 대한 요구가 급격히 증가하여 유기농 야채와 곡식으로 만들어진 신선한 건강식을 선호하는 경향이 더욱 두드러졌다고 보고하였다(Seo 2004).

이에 곡류 중에서 밀과 설탕을 주재료로 하여 생산하는 양과자 보다는 곡류, 꿀, 조청, 깨, 잣, 호두와 같은 종실류를 재료로 하여 생산하는 한과류에 많은 관심을 가지게 되었다. 한과류는 쌀을 비롯한 곡류식품과 채소류의 뿌리인 구근류, 과일류, 본초학의 기본인 약초류 등으로 만들어진 다. 특히 한과류는 곡류를 주로 사용하는데, 곡류 속 탄수화물 영양소는 에너지 대사에 관여하며, 쌀은 필수아미노산인 리신이 부족하지만, 콩이나 기타 잡곡류를 섞으면, 에너지원의 식물성 식품 재료라고 보고하였다(Bok & Choi 2008).

기능성 전통 한과에 대한 연구를 살펴보면 한과 중 유과에 도라지, 솔잎을 첨가하여 유과의 고 기능성 품질과 제조방법을 개선함으로써 향, 질감, 씹은 후 느낌, 맛 등을 종합적으로 양호하게 개선되었다고 보고하였다(Jang et al. 2007).

또한, 팥잎을 첨가하여 만든 엿을 당뇨를 가진 사람들에게 섭취시킨 실험한 결과에서 팥잎을 첨가한 엿을 먹은 사람들이 31%의 혈당 강하 효과가 있었던 것으로 보고하였다(Lee et al. 2002). 따라서 민간요법에서 사용하는 많은 식용작물과 한과에 들어가는 재료의 양의 배합 비율을 조절한다면 기능성 역할을 하는 한과의 제조가 가능하리라 판단된다고 제시하였다(Lee & Kim 2001; Kim & Joung 2006).

다른 한편 웰빙 식품의 최대 소비국인 미국인을 대상으로 한과에 대한 기호도 조사를 실시한 결과 미국 동부지역에서는 젊은 층에서 외형적인 포장 디자인 및 유과의 조직감에 대한 기호도가

높게 나타났다. 미국 서남부 지역은 외관적 디자인보다는 포장상태를 선호했으며, 향미와 식감을 선호하는 것으로 나타났다. 미국 내에서 넓은 소비 연령대 및 지역에 상관없이 유과의 소비가 가능한 것으로 보고되었다(Park 2002).

그리고 한국인 대상으로 한과의 품질, 포장, 홍보, 브랜드의 대중화, 가격을 중심으로 설문조사 하였다. 이 조사에서 한과에 대한 관심으로 긍정적 43%, 보통 45%, 부정적 12%인 결과가 나왔으며 한과는 양과류나 일본과자에 비해 선호도가 높았다. 그리고 구매에 있어서 위생적인 처리 및 제조일자 등의 철저한 품질 표시가 한과 구매에 큰 영향을 미친다고 제시 하였다(Kim 2002).

이와 같이 한과에 대한 많은 선행 연구가 주로 영양학적 관점이나 이학적인 접근이 주로 이루어지고 일부 성분분석이나 식품위해요소관리(HACCP)에 대한 연구가 이루어지고 있지만(Lee 2003), 전통한과에 대한 소비자의 기능성 추구 성향 중 웰빙 추구 성향이나 선택 속성, 고객 만족, 고객 애호도의 구조관계에 대해 체계적으로 접근하는 연구가 부족한 것으로 보고되었다(Choi et al. 2006; Choi & Cho 2009).

따라서 한과의 대량생산 및 보급화, 세계화를 위해 한과의 전통적 제조방법을 과학적으로 규명하고 표준화 시키는 작업이 필요하다. 특히, 한과의 소비를 증대시키기 위해서는 소비자의 구매 판단 기준이 되는 외관 품질인자를 확립하고 이에 대한 품질규격의 제시가 시급하다. 현재 유통되고 있는 한과의 외관은 동일 회사의 동일 제품이라도 형태, 색깔, 크기, 튀밥의 분포 등의 편차가 매우 크다. 이러한 외관 품질은 소비자가 제품을 선택하는데 많은 영향을 준다. 한국의 전통과자인 한과의 가공방법과 저장성을 향상시키기 위하여 한과 품질의 정량화를 통해서 정확한 품질 기준을 제시하는 것이 필요하다.

이에 본 연구에서는 대표적 전통 가공 식품인 유과를 대상으로 컴퓨터 영상처리시스템을 이용하여 외관의 품질을 측정하여 정량화하는 연구를 수행하였다. 유과의 외형적 형상, 크기, 색깔, 무게 등 유과의 외관 품질에 대한 정량적 규격을 제시하고 이를 유지하도록 함으로써 소비자의 구

매 욕구를 충족시킬 수 있다. 특히 개발한 시스템은 유과 제조 공정의 개선에 필요한 기초 품질 데이터베이스로 활용될 수 있어 고품질의 유과 제조 판매를 촉진할 수 있을 것으로 기대한다.

II. 연구방법

1. 시스템 설계 및 순서도

본 연구를 위하여 제작한 유과의 외형 품질계측 시스템은 Fig. 1과 같다. 실험 장치는 크게 영상 획득부, 광원부, 영상 처리부로 구성 하였다. 그리고 외부 조명을 차단하기 위하여 암실로 구성하였으며 Fig. 2는 실험 과정을 나타낸다.

1) 영상 획득부

영상을 획득하기 전 우선시 되어야 할 부분은 광원의 특성과 피사체가 갖고 있는 광학적 특성을 파악해야 한다. 또한 피사체에 대한 명확한 영상 획득을 위하여 광원과 피사체의 적정한 배치가 필요하다.

본 시스템은 공간적인 제약을 고려하여 소형의 카메라를 사용하였으며 컬러 영상을 빠른 속

도로 전송하기 위해 Universal Serial Bus 2.0(USB 2.0) 인터페이스 제품을 사용하였다.

Fig. 3는 영상 획득용 Complementary Metal-Oxide Semiconductor(CMOS) 타입의 산업용 카메라(DFK 72BUC02, ImagingSource, Germany)로서 500만 화소의 해상도(2,592H×1,944V)를 갖는다. 피사체와 카메라의 거리가 짧아지면서 생기는 구면 왜곡 현상을 감소시키기 위해 고정 초점 방식 저 왜곡 렌즈를 사용하였다.

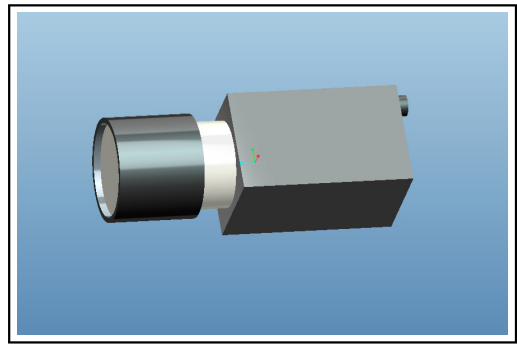


Fig. 3. USB CMOS color camera

2) 광원부

영상을 획득하기 전 고려해야 할 부분은 광원의 특성과 피사체가 갖고 있는 광학적 특성을 파악해야 한다. 일반적으로 Charge-Coupled Device (CCD) 카메라는 제조회사에 따라 다른 특성을 갖고 있으므로 동일한 물체의 색을 측정하더라도 출력값이 차이가 있다.

본 연구에서는 상업용 흰색 보정판(CS-A21, Minolta, Japan)를 사용하여 카메라의 색 균형(Color balance)을 조정하는 방법을 사용하였다. 이론적으로 저장된 영상에서 보정판의 Red, Green, Blue(RGB) 값이 모두 255, 255, 255의 값을 가지도록 해야 하지만 실제로는 차이가 있어 RGB값이 모두 240~245사이의 값을 갖는 경우를 색 보정이 이루어진 것으로 간주하였다.

외부 조명의 영향을 배제하고 피사체의 영상을 일관적으로 획득하기 위해서 품질계측 시스템을 암실형태로 구성하였다. 주사하는 빛을 균일하게 분포하게 시켜주는 Fig. 4의 간접주사 링 타

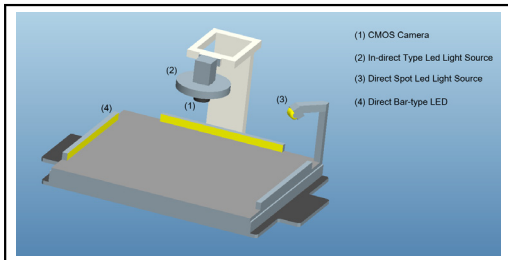


Fig. 1. External quality measurement system

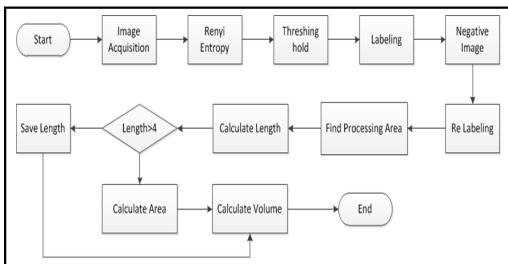


Fig. 2. External quality measurement system flowchart

입 화이트 Light-Emitting Diode(LED, LKR-125SW2, CCS-INC, Japan)를 사용하였다. 링 타입 형광 램프는 전극부 유리관의 간격을 매우 좁게 하여 원의 형태로 이루도록 제작되었다. 또한 집중광을 방지하는 확산판(diffuser)이 부착되어 원형의 비교적 균일한 밝기를 구현할 수 있다. 백색 LED 광원은 Blue LED와 이트륨석류석형광체로 구성되어 있는데 형광등의 원리와 같다. 발광 부분은 파란색 발광 다이오드 물질을 이용하고, 발광 부분을 이트륨석류석 계열의 형광체로 가리면 형광에서 얻을 수 있는 노란색과 투과된 파란색이 합쳐져서 흰색발광을 얻는다.

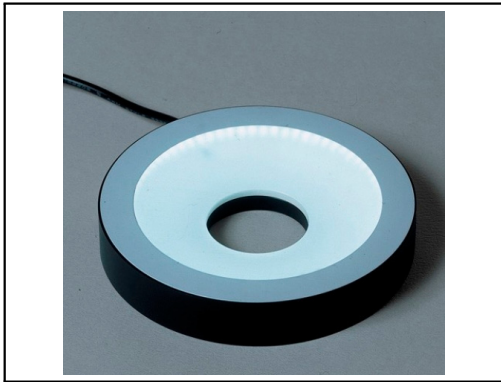


Fig. 4. Indirect injection ring-type white LED

링 타입 백색 LED 조명을 상단부 중앙에 설치하여 피사체에 광원을 비추면 피사체에 의해 가려진 그림자 부분이 존재한다. 이러한 그림자 부위를 제거하여 피사체의 경계 에지를 정밀하게 추출할 수 있도록 부가적으로 하단부에 Fig. 5와 같은 막대 타입 LED(Ledbar, LEDforyou, Korea)를 설치하였다.

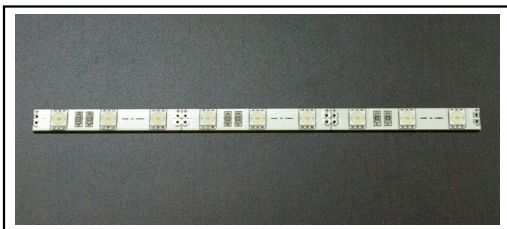


Fig. 5. Bar-type LED

유과를 절단하여 절단면의 영상을 획득하는 경우 그림자에 의해 유과의 내부 구조가 어둡게 나타나므로 영상처리에 있어 어려움이 발생한다. Fig. 6는 이러한 문제를 해결하기 위하여 단면부 조직을 직접 비추는 보조 조명으로서 집중 주사 Spot LED(SZ5-M0-W0-00, seoulsemicon, Korea)를 사용하였다.

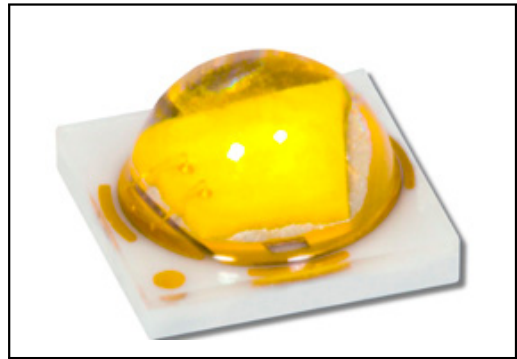


Fig. 6. Directly injectable spot LED light source

2. 실험 방법

개발한 컴퓨터 영상획득 처리 시스템을 이용하여 6개 업체의 유과를 업체별로 무작위로 40개씩 선별하여 총 240개의 샘플을 대상으로 실험을 수행하였다. 선별된 유과는 전체적인 외형 정보를 획득한 후 유과의 단면을 잘라 내부의 영상 정보를 획득하였다.

1) 실험과정

획득한 유과의 영상을 이용하여 유과의 길이, 유과의 형태, 투영 단면적의 평균값과 편차를 구하였다. 그리고 투영단면과 길이 정보를 이용하여 체적값을 계산하였다. 단면 영상으로부터 크기가 일정값 이상이 되는 내부공동의 존재여부 및 개수를 산출하였다. 상단 영상으로부터 과자의 외형에 따른 곡률을 측정하였다.

영상의 처리는 영상획득(image acquisition), 경계값(threshold value)에 의한 이치화(thresholding), 라벨링(labeling), 경계추출을 통하여 외형인자에 대한 정량적인 값을 추출하였다.

(1) 영상 획득

해상도가 수평방향으로 2,592 화소 그리고 수직방향으로 1,944 화소를 갖는 USB 인터페이스 기능의 산업용 칼라 CCD 카메라(DFK, 72BUC02)를 이용하여 유과의 외부 및 내부 형상을 획득하였다. Fig. 7은 획득한 영상으로부터 외형정보를 추출하는 프로그램의 주 화면을 보여준다.

(2) 영역 분할

밝기를 기준으로 한 임계값(threshold)에 의한 이치화를 이용하여 영상을 대상체와 배경으로 분리하였다. RGB 컬러영상을 Hue, Saturation, Intensity (HSI) 영상으로 변환한 후 밝기에 해당하는 I 영상에 대하여 임계값을 기준으로 이치화를 수행하였다. 본 연구에서는 배경을 검은색 대상체를 빨간색으로 설정하였다.

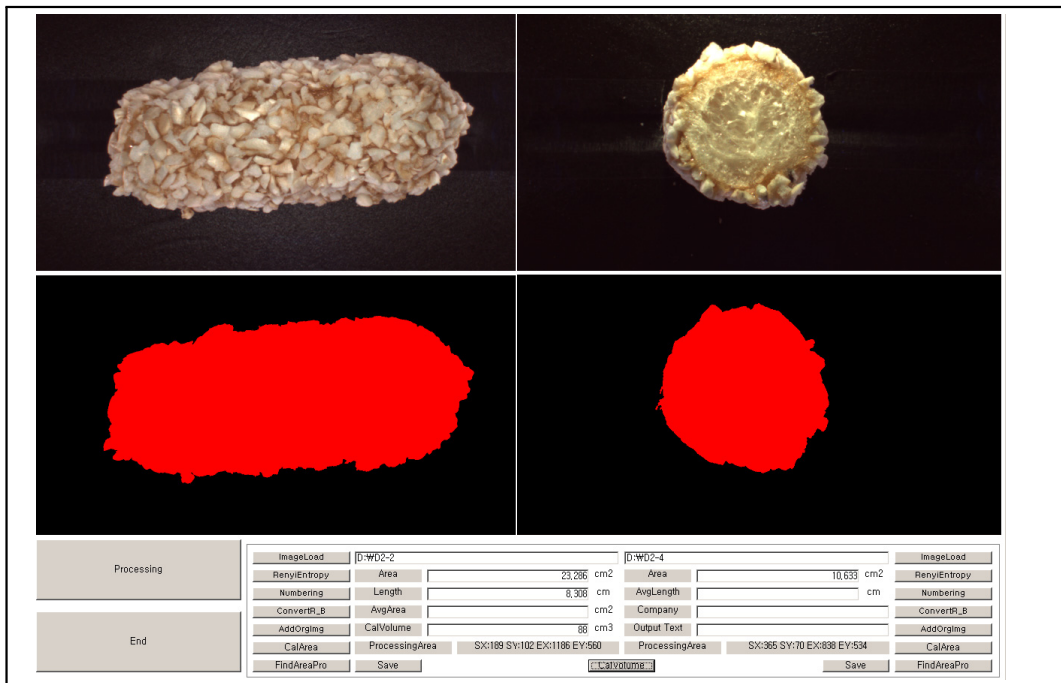


Fig. 7. Appearance information extraction program

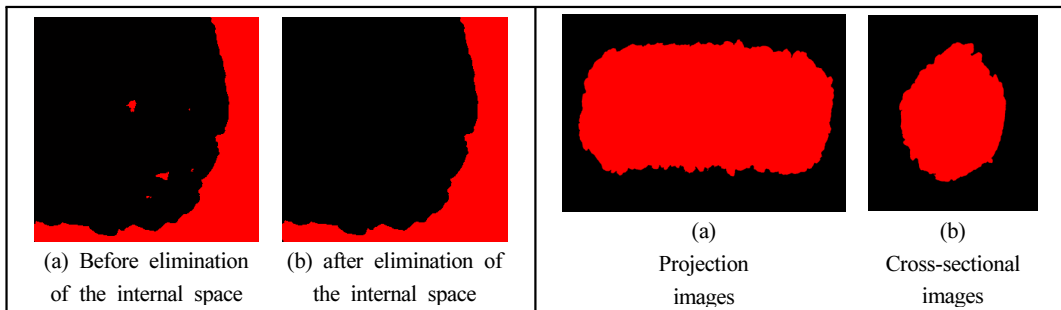


Fig. 8. Labeling remove images of background and object by converting the internal space

Fig. 9. The results images obtained by the labeling procedures

(3) 라벨링

이치화된 영상에 대하여 4-이웃화소 연결속성을 이용하여 대상체의 덩어리를 추출한 후 각 덩어리의 화소 수가 일정 크기가 되지 않을 경우, 잡음 성분으로 간주하여 제거하였다. 또한 대상체 내부에 존재하는 빈 공간의 경우에는 Fig. 8과 같이 영상의 배경과 대상체의 밝기를 바꾸고 라벨링을 수행하여 빈 공간을 잡음성분으로 인식하도록 하여 제거하였다.

대상체의 내부 공간을 제거한 후 다시 영상의 배경과 대상체의 밝기를 원래와 같이 복원한다. Fig. 9은 이와 같은 처리를 통하여 얻은 결과 영상을 보여준다.

(4) 외형 추출 및 내부 공동추출

유과의 외형은 곡선도(Curve)를 계산하여 추출한다. 곡선도(Curve)는 투영 영상의 바닥 수평 기준선(Fig. 10의 R과 S를 잇는 선)으로부터 투영영상의 아랫부분 경계까지의 화소 합에서 투영영상의 아랫부분 경계를 잇는 선까지의 화소영역을 뺀 값을 투영영상의 아랫부분 경계를 잇는 선의 길이로 나눈 값으로 하였다.

여기서

- A = T와 P 그리고 투영영상의 아래 경계선과 Q로 이루어지는 면적(cm²)
- B = 삼각형 PTQ의 면적(cm²)

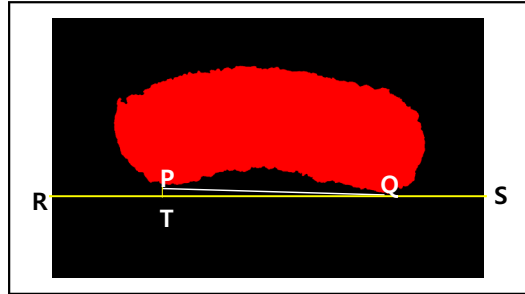


Fig. 10. Curve extraction

L = 투영영상의 아랫부분 경계점 P와 Q를 잇는 선의 길이(cm)

$$\text{Curve (cm)} = (A-B)/L$$

곡선도의 값이 클수록 유과의 외관은 굽어있는 곡선 형태를 갖는다.

유과의 단면의 크기는 화소수를 계산하여 면적으로 구하였다. 그리고 유과 단면의 형상특징은 단면영상의 크기와 관계없이 추출할 수 있는 다음의 원형도 식으로 산출하였다.

원형도(Roundness) =

$$\frac{1}{4\pi} \times \text{Circumference}^2 \div \text{Area}$$

여기서 Roundness = Non-dimension

Circumference = 이치화된 유과의 외곽선(cm)

Area = 이치화된 유과의 내부면적(cm²)

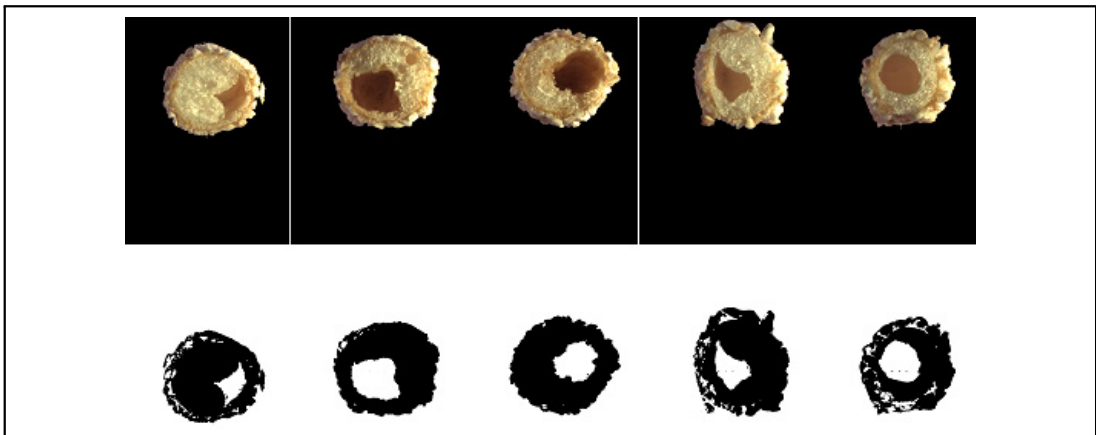


Fig. 11. Yukwa internal cross-sectional, co-extracted

유과단면이 원형에 가까울수록 1이 되며 보다 복잡한 형태가 될수록 원형도 값이 커지게 된다. 유과 단면의 내부 공동은 Fig. 11과 같이 이치화에 의해 공동의 크기와 개수를 산출하였다. 전체 단면적 대비 내부공동의 면적의 크기가 1/5 이하, 1/5~1/4, 1/4~1/3, 1/3~1/2, 1/2 이상으로 나누어 각각의 개수를 구하고 전체 내부공동의 면적을 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 실험 결과

본 연구에서 개발된 외형정보 추출 프로그램

을 이용하여 무작위로 선별된 유과를 면적, 길이, 체적 정보를 분석하고, 유과의 크기와 무게간의 상관관계를 보여준다.

Table 1은 6개 업체별로 유과의 길이, 무게 및 단면적을 측정된 평균값의 결과이고 그에 따른 표준 편차를 보여준다.

그래프를 분석한 결과 길이, 무게, 면적간의 편차가 차이가 나는 것을 확인 했으며 표준편차가 클수록 육안상 외형이 균일하지 못하였다.

Fig. 12에서와 같이 6개 업체의 유과를 무게와 부피에 따라 분석한 결과 3(A, B, C)개 업체의 경우 크기와 무게간의 그래프에서 한 곳에 집중

Table 1. Individual length, weight and cross-sectional area

Company	Weight(g)		Image processing by cross-sectional area (cm ²)		Image processing by length(cm)	
	Average	The standard deviation	Average	The standard deviation	Average	The standard deviation
A	6.85	0.80	7.69	0.96	8.21	0.37
B	6.37	0.74	6.96	0.86	7.53	0.25
C	8.15	0.99	10.05	0.71	8.32	0.25
D	9.65	1.59	10.02	1.59	8.62	0.58
E	10.71	1.50	10.86	1.26	8.86	0.44
F	11.89	4.03	11.02	2.77	8.93	0.91

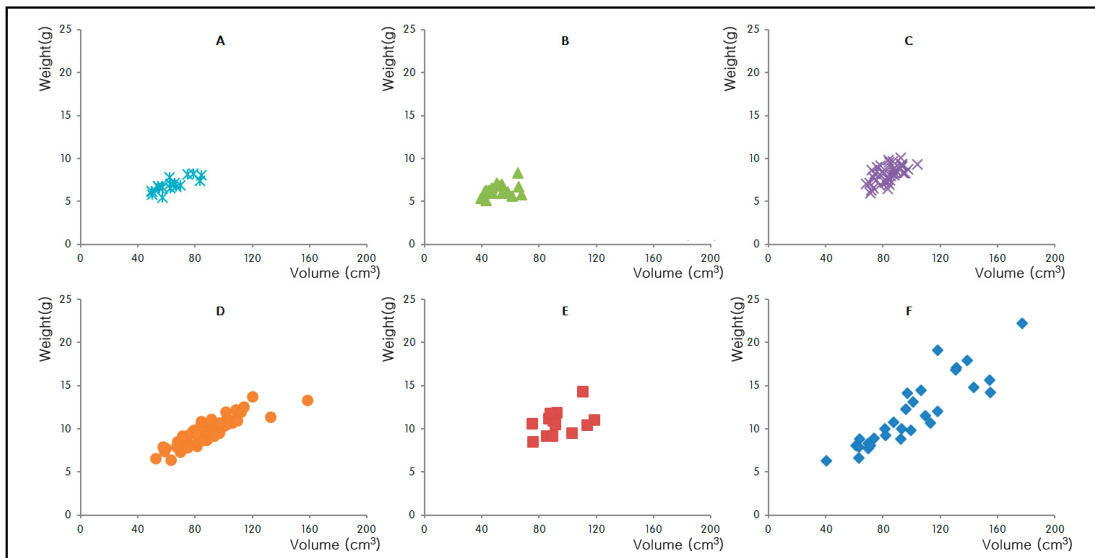


Fig. 12. Individual according to the weight and volume of distribution

되어 편차가 작음을 알 수 있다. 나머지 3(D, E, F)개 업체의 경우는 넓은 분포도를 보여 편차가 큰 것을 알 수 있다.

그래프를 분석한 결과 분포도가 조밀한 업체의 경우 기계를 이용하여 유과를 제조하여 크기와 모양이 일정하고 튀밥도 전체적으로 잘 붙어 있음을 알 수 있다. 한편 분포도가 넓은 업체의 경우 수작업으로 유과를 제조하였으며 상대적으로 유과의 크기와 외형이 일정하지 않았다. 튀밥 또한 한쪽에 편향되게 붙어 있음을 알 수 있다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서 이미지획득 장치를 이용하여 유과의 면적 정보와 길이 정보 획득을 위한 시스템을 개발하였다. 획득한 영상정보를 이용하여 외형측정 프로그램을 이용하여 부피 계산이 가능한 프로그램을 개발 하였다.

본 연구를 요약하면 다음과 같다.

가. 외부로부터 들어오는 빛을 차단하고자 4각 모양의 밀폐형 암실을 제작하였고 암실 중앙부분에 영상을 얻을 수 있는 카메라를 설치하였다. 그리고 간접 주사방식의 링 LED를 사용하여 집중광 형상을 해소하였으며 유과의 외곽 엷지를 정확히 찾아내기 위하여 하단부에 Bar 형태의 조명을 설치하였다.

나. 6개의 업체별로 유과를 무작위로 40개를 선별 총 240개를 영상획득 시스템을 이용하여 영상을 획득하였다. 획득한 영상을 외형정보 추출 프로그램을 이용하여 길이와 단면적 및 체적을 계산할 수 있다.

다. 선별된 총 240개의 데이터를 무게와 체적으로 분석해본 결과 편차가 적은 유과의 경우는 크기, 모양, 튀밥의 고르기가 일정 했다. 편차가 큰 유과는 반대의 경우를 나타냈음을 실험을 통해 알 수 있었다.

References

Bok HJ, Choi SK(2008) Investigation of requirement and demand toward for functional traditional *Hangwa*(Korean Cookies) of tradition. J East Asian Soc Diet Life 18(5), 692-701

Choi SH, Lee YJ, Choi YJ(2006) A study on effects of the well-being trend on Korean traditional confectionary selection. Korea J Culinary Res 12(3), 32-48

Choi SH, Cho YB(2009) A study on the structural relations among well-being, selection attribute, customer satisfaction, Customer Loyalty for Korean Traditional Pastry. Korea J Culinary Res 15(3), 42-53

Jang I, Cho HK, Ju IO, Choi SR, Ryu J(2007) Development of Yukwa added Korean medicinal herbs. Proc of the Kor Soc of Medicinal Crop Sci 2007 Spring conference 16, 238-242

Kim SJ(2002) Effects of the purchase decision of traditional Korean snacks or *Hangwa*.. Master's Thesis, Sookmyung women's University, pp71-73

Kim HS, Joung SW (2006) Effective components and nitrite scavenging ability of root and leaves a *Angelica gigas Nakai*. Korea J Food Cookery Sci 22, 957-965

Kwon OB(2005) A strategy to increase export of the traditional food using the Korean wave, Korea Agricultural Trade Info pp2-24

Lee JM(2003) HACCP system development and application of Korean traditional cookie production. MS thesis, Ewha women's University, pp260-261

Lee YK, Lee YS, Kim TY(2002) The effects of rice candy with mulberry leaf on lowering of blood glucose. J East Asian Soc Diet Life 12, 235-240

Lee SR, Kim GH (2001) Development of traditional Korean snack, *dasik* using *Angelica gigas Nakai*. Korea J Food Cookery Sci 17, 421-425

Park HJ(2002) The preference and export strategy of the *Hangwa*, Korea Agricultural Trade Info 165, 4-20

Seo NM(2004) A study on the effects of well-being trend to the health oriented consumer behavior. Master's Thesis, Dongguk University, pp1-4