

## 컬러 컴퓨터시각에 의거한 건표고 등급 선별시스템 개발

김시찬 최동엽 최 선 황 헌

### Development of Grading and Sorting System of Dried Oak Mushrooms via Color Computer Vision System

S. C. Kim, D. Y. Choi, S. Choi, H. Hwang

#### Abstract

An on-line real time grading and sorting system for dried oak mushrooms was developed for on-site application. Quality grades of the mushrooms were determined according to an industrial specification. Three dimensional visual quality features were used for the grading. A progressive color computer vision system with white LED illumination was implemented to develop an algorithm to extract external quality patterns of the dried oak mushrooms. Cap (top) and gil (stem) surface images were acquired sequentially and side image was obtained using mirror. Algorithms for extracting size, roundness, pattern and color of the cap, thickness, color of the gil and amount of rolled edge of the dried mushroom were developed. Utilizing those quality factors normal and abnormal ones were classified and normal mushrooms were further classified into 30 different grades. The sorting device was developed using microprocessor controlled electro-pneumatic system with stainless buckets. Grading accuracy was around 97% and processing time was 0.4 s in average.

**Keywords :** Color computer vision, Sequential quality grading, Dried oak mushroom, Sorting system

#### 1. 서론

건표고의 등급은 크게 종류와 크기로 구분되어 진다. 먼저 갓의 윗면의 무늬에 따라 화고류와 일반표고로 나누어지고, 화고류에서는 백색의 정도에 따라 백화고와 흑화고로 구분된다. 다음으로 갓의 두께에 따라 동고, 향고 향신으로 구분되어진다. 크기 구분은 5단계로 이루어지며, 형상이 기형일 경우와 파손된 경우를 불량으로 구분한다.

현재 크기에 대한 등급판정의 방법은 원형 구멍이 뚫려있는 진동 이송판을 사용하여 구분하는 것이 일반적이다. 이러한 방식은 형상에 따라 판정오류를 범하기 쉽고 갓이 손상될 가능성이 높다. 그리고 종류의 구분은 100% 수작업을 통하여

이루어지는데 이 방식은 숙달된 인력이 필요하며, 숙달도에 따라 개인별 및 시간별로 편차가 생길 수 있다.

기존에 개발한 건표고 자동 등급판정 선별기(이, 1995)는 두 대의 흑백 카메라와 신경회로망을 이용하여 일본 표준에 의거한 종류, 크기별로 등급을 12단계로 구분하였다. 건표고의 전면 영상을 통하여 화고류 4단계와 일반표고를 구분하였으며, 후면영상을 통하여 동고, 향고, 향신을 구분하였다. 이 시스템은 화고류에 대한 동고, 향고, 향신을 구분하지 않고 일반표고에 대해서만 후면 등급판정을 수행하였다. Hwang 등 (1999)은 이러한 문제를 보완하여 등급을 20단계로 구분하였으며, 반전 장치를 통하여 갓의 상, 하의 영상을 한 번에 획득하여 등급판정을 수행하였다. 그러나 버섯의 상, 하의 구분이

The article was submitted for publication in December 2006, reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in April 2007. The authors are Si Chan Kim, Research Professor, KSAM member, Dept. of Bio-mechatronics Engineering, Sungkyunkwan University, Dong Yub Choi, Associate Professor, Dept. of Mechatronics Engineering, Daelim College, Sun Choi, Research Assistant, and Heon Hwang, Professor, KSAM member, Dept. of Bio-mechatronics Engineering, Sungkyunkwan University. Corresponding author: H. Hwang, Professor, Dept. of Bio-Mechatronics Engineering, Faculty of Life Science & Technology, Sungkyunkwan University, Kyungki-do, Suwon-si, Chanan-gu, 440-746, Korea; Fax: +82-31-290-7830; E-mail: <hhwang@skku.edu>.

매우 어렵고, 등급판정 기준이 바뀔 때마다 학습을 해야 하며, 동고, 향고, 향신과 같이 갖의 두께를 갖의 아랫면 영상만 이용하여 판별할 경우 종류 및 형상에 따라 오류를 발생시킬 수 있었다. 기존 시스템의 기능상 단점을 보완하고 단순화하기 위하여 황 등(2001)은 진동피더 및 단속형 컨베이어, 무작위로 이동되는 버섯에 대한 일괄적으로 동시에 배출할 수 있는 알고리즘(Kim and Hwang 1999)을 적용하였다.

본 논문은 건표고의 등급판정 및 선별을 위하여 건표고의 앞, 뒤 및 옆면의 영상을 이용한 외형정보를 추출하기 위한 알고리즘을 개발하고, 이 알고리즘을 통하여 획득된 정보를 이용하여 등급별로 배출할 수 있는 선별 시스템의 개발에 관한 것이다.

연구의 목적은 컬러 기계시각을 적용하여 등급판정에 색상 정보를 이용하여 기존에 개발한 시스템의 성능을 보완하고자 하며, 등급을 보다 세분화 하여 실제로 수출용 건표고에 적용할 수 있는 등급선별 시스템을 구축하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 1) 공시재료

본 연구에 사용된 공시재료는 전문가에 의해 등급 분류된 1000개의 수출용 건표고를 사용하였다. 실험에 사용된 건표고는 다음과 같다.

- 일반 동고: 대대, 대, 중, 소
- 일반 향고: 대대, 대, 중, 소
- 일반 향신: 대대, 대, 중, 소
- 일반 표고: 소소, 일반 불량
- 백화 동고: 대, 중, 소
- 백화 향고: 대, 중, 소
- 백화 향신: 대대, 대, 중, 소
- 백화고: 소소, 불량
- 흑화 동고: 대대, 대, 중, 소
- 흑화 향고: 대대, 대, 중, 소
- 흑화 향신: 대대, 대, 중, 소
- 흑화고: 소소, 불량

### 2) 영상획득 및 등급판정 시스템

영상처리를 이용한 등급판정 시스템은 영상획득 시 균일한 버섯의 영상을 획득할 수 있어야 한다. 그림자의 영향이 없어야 하며, 색상을 기반으로 하는 프로세싱을 위해 영상의 색상 특성이 변하지 않고 일정하게 나타나야 한다. 그림자를 발생

시키지 않게 하기 위해서는 다양한 각도에서 광이 조사되어야 하며 직진광 보다는 반사되는 간접광이 유리하다. 그리고 컨베이어 상에 이동되는 버섯의 영상을 정확하게 획득하기 위해서는 획득 속도가 빨라야 한다. 이렇게 하기 위해서는 충분한 조도가 필요하다. 또한 색상특성을 잘 나타내게 하기 위해서는 균일한 백색광이 유리하다. 이러한 점에서 본 시스템에서는 조도 조절이 가능한 광각 조사 LED 조명 시스템과 프로그래시브 컬러 CCD카메라를 사용하였으며, 측면 영상을 얻기 위하여 거울을 45° 기울여 그림 1과 같이 설치하였다. 그림 1의 (a)는 영상획득부의 전체 사진으로 컨베이어 벨트 상에서 이동되는 버섯을 수직으로 볼 수 있도록 카메라를 설치하였으며, (b)와 같이 LED 조명 및 반사 거울을 설치하였다.

컨베이어 상에 흘러오는 버섯은 영상획득부 입구에 설치된 투과형 광센서를 이용하여 센서 감지 후 복원 될 시점부터 일정시간 지난 후 영상획득이 이루어지게 하여 버섯의 크기에 상관없이 획득 영역에서 획득이 수행되도록 컨베이어에 이동 거리를 계측할 수 있게 엔코더를 적용하여 정확한 동작을 수

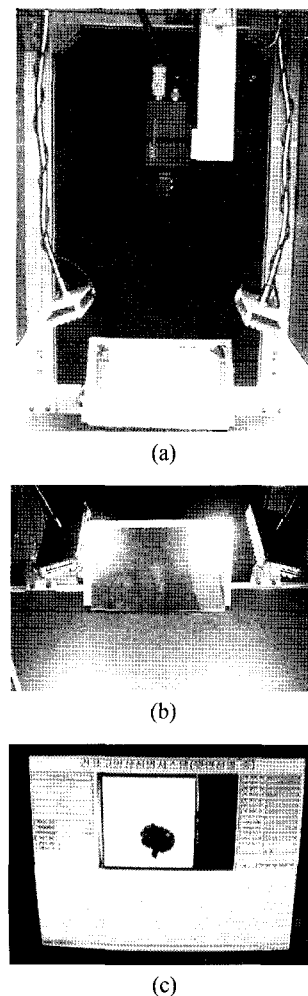


Fig. 1 Image capture and processing system.

행할 수 있게 하였다.

등급판정 시스템은 표1과 같이 구성하였다.

**Table 1** System specification

Item	Specification	
Camera	JAI CV-M70	
Frame grabber	Meteor 2 M/C	
Illumination	HBLED 100x3	
Processor	P4-3.0 GHz 500M byte	
Program	Visual basic 6.0	
Vision driver	Mill lite 7.0	
Conveyer	Controller	8051 Base ctrl.
	Belt	Green flat belt
	Actuator	40 W AC motor
	Nozzle	SMC VT-301

계절별 년도별 등급판정기준의 변경이 있을 경우나 시장 상황에 따라 등급 기준 설정의 유연성을 갖게 하기 위하여 작업 관리자가 등급 설정의 기준이 되는 버섯을 사용하여 실질적으로 단계별 영상처리를 수행하면서 세밀하게 등급 기준을 설정할 수 있게 하였다.

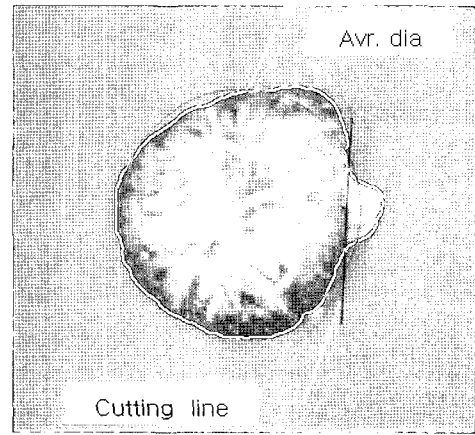
**2) 등급판정 알고리즘**

본 시스템의 선별의 과정은 1, 2차로 나누어 수행된다. 1차적으로는 갓의 상부의 형상 정보를 이용하여 크기별로 화고류(흑화고, 백화고)와 일반표고 및 기형을 선별한다. 그리고 2차 선별에는 기형을 제외하고 크기별, 종류별로 한 종류씩 갓의 하부 및 옆면의 두께 정보를 이용하여 동고, 향고, 향신으로 판별한다.

갓 상부의 영상으로부터는 일반표고와 화고류에 대하여 갈라진 무늬의 유무를 통하여 판단할 수 있다. 갈라진 무늬가 있을 경우, 무늬의 배경이 밝은 경우 백화고, 어두운 경우 흑화고로 나누어진다. 갓의 하부의 영상정보로부터는 동고, 향고, 향신을 갓의 가장자리 말림 정도에 따라 구분될 수 있다. 그러나 경우에 따라 말림 정도가 두께에 비례하지 않을 경우가 있으므로 옆면 영상에서 두께정보를 추출하여 등급판정 정확도를 높였다.

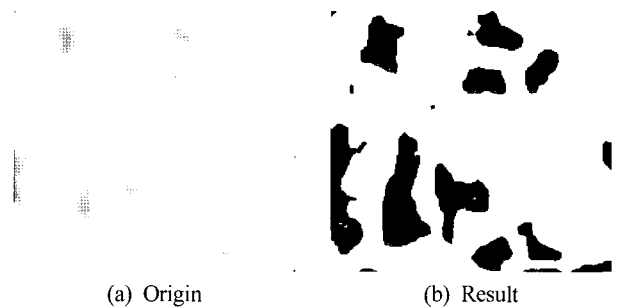
건표고의 형상정보를 추출하기 위한 방법을 세부적으로 살펴보면 다음과 같다. 먼저 버섯과 컨베이어 벨트 영상을 분리하고자 컨베이어 벨트의 색도(hue) 분포를 115~252로 녹색~청색 계열로 상호 보색관계를 갖도록 설정하였다. 버섯의 경우 적색~갈색 계열이다. 크기 및 기형 정도에 대한 정보를 얻기 위해서는 그림 2와 같이 추출된 버섯의 갓 상부 영상으

로 부터 평균 반경과 원형도 정보를 추출하였다. 꼭지의 형상에 따라 그 값이 바뀔 수 있으므로 꼭지를 제거하고 형상정보를 추출하였다. 꼭지는 보통 그림 2와 같이 산모양을 하고 있으므로 이러한 형상이 발견되면 산의 시작점과 끝점을 직선으로 절단하였다.



**Fig. 2** Average diameter and cutting line on the top image.

갓의 표면의 무늬 및 무늬의 갈라짐 정도의 정보를 얻기 위해 갓 전체의 35% 면적을 중앙지점에서 추출하여 명도에 대한 히스토그램 분석을 수행하였다. 갓의 중앙부분을 추출한 이유는 갓의 기울어짐 정도에 따라 가장자리의 명도가 균일하지 않았기 때문이다. 화고류는 일반표고와 다르게 거북등과 같은 갈라짐이 있으므로 히스토그램 분포의 1/2를 기준으로 이치화하면 그림 3과 같이 섬모양이 나타나는 특징이 있다.



**Fig. 3** Threshold image of hwago.

백화고와 흑화고는 추출된 영상에서 평균 명도값을 기준으로 나누었다.

동고, 향고, 향신을 구분하기 위하여 갓의 하부영상과 거울면에 반사된 영상에서 두께 정보를 추출하였다.

가장자리 말림 정보 추출은 다음과 같다. 먼저 그림 4(d)와 같이 색도(hue) 영상에서 마스킹 이미지를 얻어 배경과 분리하고, 말린 부분을 얻기 위하여 먼저 채도(saturation) 영상에

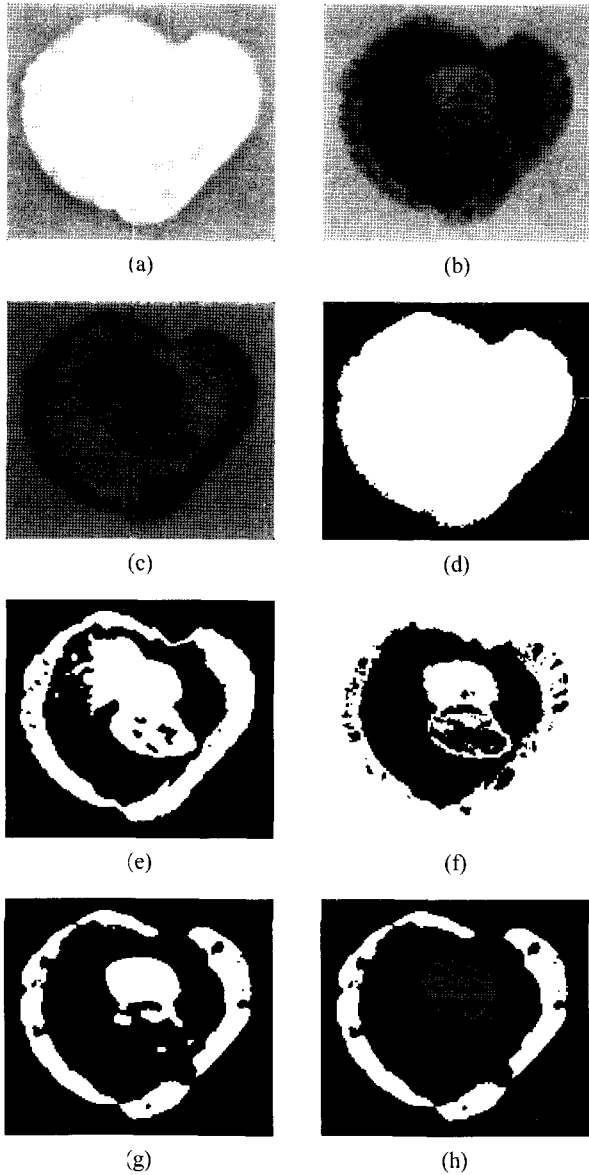


Fig. 4 Bottom images of processed.

서 그림 4(e)와 같이 상대적으로 낮은 값을 갖는 말린 부분과 꼭지 영상을 얻는다. 다음으로 색도 영상에서 그림 4(f)와 같이 적색계열과 이치화 된 영상을 구하여 이 두 영상을 논리곱하고, 영상을 단순화 하기 위하여 미디언 필터링을 수행하여 그림 4(g)를 얻는다. 마지막으로 꼭지 부분을 제거하기 위하여 라벨링을 수행 하여 그룹을 짓고, 각 그룹이 버섯의 외곽과 일정 영역에 접하였는지, 그리고 그룹의 두께가 지나치게 두꺼운지 검사하여 그림 4(h)와 같이 분리된 영상을 얻었다. 여기서 그림 4(a)는 원영상, (b)는 색도영상, (c)는 채도영상이다.

꼭지가 분리된 영상으로부터 갖의 전체 면적 대비 가장자리 면적 비율로 갖 말림율을 구하였다.

다음으로 거울에 반사된 영상은 그림 5(a)와 같이 명도 정

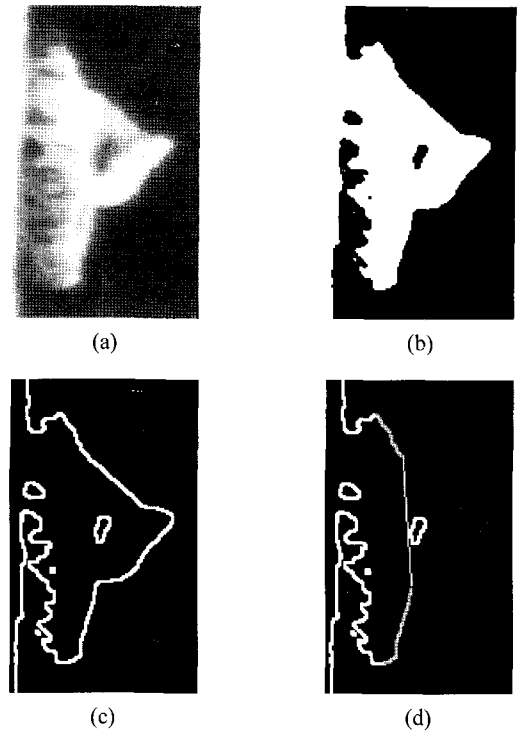


Fig. 5 Side images of processed.

보를 추출하고, 명도 분포의 1/2 값을 문턱값으로 설정하여 그림 5(b)를 얻어 소벨(sobel) 경계검출을 수행하여 그림 5(c)의 영상을 얻었다. 여기서 우측경계면을 두께정보를 얻는데 사용하였다. 우측경계면은 갖의 두께 및 꼭지를 포함할 수 있으므로 그림 4(h) 영상으로부터 꼭지의 위치를 상, 하 높이에 대비한 위치를 구하여 그림 5(d)에 비율에 대비하여 꼭지 시작을 결정하였다. 이 두 점을 잇는 직선과 나머지 녹색라인을 버섯의 두께로 결정하였다.

### 3)배출시스템

등급판정 된 컨베이어 상의 건포고를 등급별로 배출하기 위하여 그림 6(a)와 같이 컨베이어 양쪽으로 배출 호퍼와 그림 6(b)와 같이 공기압을 이용한 배출 노즐을 설치하였다. 컨베이어의 이동 거리 검출을 위해 근접 센서를 사용한 엔코더를 구성하였으며, 그림 6(c)와 같이 마이크로프로세서를 이용하여 등급판정 이후 해당 등급의 배출 호퍼에서 손상 없이 배출될 수 있도록 공기압으로 건포고를 배출할 수 있도록 하였다.

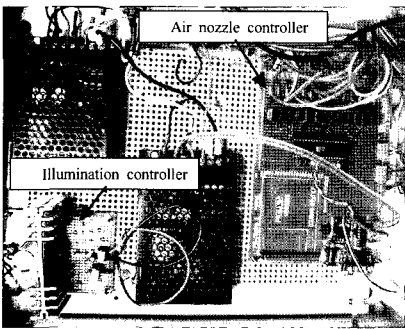
영상획득, 등급판정 및 등급별 배출과정을 기술하면 다음과 같다. 먼저 컨베이어 상에 건포고가 입력되면 영상획득을 위한 광센서에 의해 입력이 감지되고 버섯이 영상획득 위치에 도달되었을 때 영상의 획득 및 처리시스템에 전달되고, 전달 메시지에 의하여 정보추출과정이 이루어진다. 그리고 추출된



(a) Sorting system



(b) Air nozzle



(c) Controllers

Fig. 6 Sorting system and illumination controller.

정보를 통하여 등급이 판정되고, 판정된 등급이 배출 시스템에 전달되며, 이것을 통하여 컨베이어 상의 버섯이 해당 호퍼에 도달하게 되면 공기압 노즐에 의해서 배출되게 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 시스템의 실험은 총 1000개의 무작위 샘플에 대하여 표 2와 같이 실제 등급과 약 97%의 판정 정확도를 보였다. 표 2에서 판정 오류를 나타낸 경우는 다음과 같았다. 갓의 파손이 있었으나 형태상 원형을 유지하는 경우 8개 등급 간 경계 값을 갖는 경우 52개, 꼭지가 지나치게 커서 영상획득 시 갓의 기울어짐이 심하거나 구름현상이 발생했을 경우가 20개로 나타났다. 그리고 초대형의 경우 배출시 공기 배출력이 약하여 배출 되지 않은 경우도 있었다. 여기서 등급간의 경계에 대한 판정 오류의 경우 선별장에서 허용하였으므로 오류로 분류

Table 2 Result of test

Grade		Input	Output	
Gureum	Dongo	1	13	
		2	43	
		3	81	
		4	32	
	Hyanggo	1	5	
		2	52	
		3	94	
		4	25	
	Hyangsin	1	43	
		2	85	
		3	94	
		4	15	
	5		5	
	6		26	
	White whago	Dongo	1	0
			2	1
3			26	
4			12	
Hyanggo		1	0	
		2	3	
		3	29	
		4	15	
Hyangsin		1	13	
		2	12	
		3	14	
		4	5	
5		6		
6		12		
Black whago		Dongo	1	3
			2	14
	3		27	
	4		10	
	Hyanggo	1	0	
		2	27	
		3	43	
		4	23	
	Hyangsin	1	13	
		2	16	
		3	36	
		4	7	
	5		8	
	6		12	

1: Extra large, 2: Large, 3: Midium, 4: Small, 5: Very small, 6: Bad

하지 않았다. 기형 또는 파손된 경우 또는 심하게 꼭지가 큰 경우, 초대형의 경우에 대한 판정 오류는 공급시 작업자가 선(先) 선별을 행함으로 해결될 수 있을 것으로 사료된다.

갓의 크기에 따라 영상처리의 수행 속도 차이가 있었으나 영상 획득에서 처리까지 평균 0.4초의 처리시간이 소요되었으며, 획득에 평균 0.1초, 영상처리 수행에 0.3초가 소요되었다.

배출 호퍼간의 간격 및 공급 시간을 고려할 때 만족할 만한 처리시간으로 사료된다.

#### 4. 요약 및 결론

본 논문에서 제시한 건표고 선별시스템은 버섯과 보색 계열인 색상을 갖는 평 컨베이어 상에 무작위로 공급되는 건표고에 대하여 광센서, 프로그래시브 컬러 CCD 카메라, 반사 거울, 고휘도 확산형 LED 조명을 이용하여 영상을 획득하고, 컬러 정보를 이용하여 등급을 판정하며, 판정된 결과에 따라 컨베이어를 따라 마주보는 배출 호퍼에 공기압을 이용하여 자동으로 배출하는 시스템이다. 영상처리에 있어서 대상과 배경과의 분류, 영상에서의 특징 추출에 매우 중요한 요소인 조명 시스템을 조도 조절이 가능한 확산형 고휘도 LED를 사용하여 광 환경 변화가 매우 작은 환경에서 영상획득을 수행하게 하여 정밀도를 높였으며, 기존의 시스템들과는 다르게 등급판정 기준에 대하여 개별적으로 정밀 조절할 수 있게 하여 유연성 있는 등급판정을 수행할 수 있게 하였다. 그리고 컨베이어 시스템의 이송 거리 및 속도를 알 수 있도록 근접 센서를 이용한 엔코더 시스템 및 마이크로 컨트롤러를 적용하였다.

개발한 전자동 건표고 등급 선별 시스템은 무작위 대상에 대하여 약 97%의 선별 성능을 보였으며, 처리 속도는 컬러 영상정보를 이용하였음에도 불구하고 약 0.4초의 결과를 보

였다. 판별 오류는 2차원적인 영상처리 시스템으로는 불가능한 경우가 대부분이었으며, 이것은 공급 시 작업자의 간단한 선 작업을 통하여 해소 되리라 사료된다.

본 논문에서 제안한 선별 시스템은 크기와 형상이 불균일한 경량의 농산물 선별에 성공적으로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. Hwang, H., C. H. Lee and S. C. Kim. 1999. Development of on-line grading system using two surface images of dried oak mushrooms. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 24(2):153-158. (In korean)
2. Kim, S. C. and H. Hwang. 1999. Development of real-time simultaneous discharge algorithm for randomly feeding object. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 24(2): 145-152. (In korean)
3. 이충호. 1995. 컴퓨터 시각에 의한 건표고의 외관 검색 및 자동 선별시스템 개발. 성균관대학교 생물기전공학과 박사학위논문.
4. 황헌, 김시찬, 임동혁, 송기수, 최태현. 2002. 건표고 자동 등급선별 시스템 개발-시작2호기-. 한국농업기계학회지 26(2):147-154.