

## 양면영상을 이용한 온라인 건표고 등급판정 시스템 개발<sup>†</sup>

# Development of On-line Grading System Using Two Surface Images of Dried Oak Mushrooms

황 현*	이 충 호**	김 시 찬*
정회원	정회원	정회원
H. Hwang	C. H. Lee	S. C. Kim

### ABSTRACT

As a basic research for the development of the automatic grading and sorting system for dried oak mushrooms, the device to acquire both cap and gill side images of mushroom has been developed and neural network based side recognition and quality grading has been proposed via inputting both side images. 20 quality grades have been selected considering the requirement of grade classifications imposed by the mushroom company. Developed DC motor driven 'V' type reversing device for the image acquisition of both side images of mushroom showed more than 95% success. Most error was caused by very small size mushrooms with a radius of around 1cm. However, it required a further research to reduce the reversing time. Grading and side recognition were performed via inputting normalized size factors and average gray levels of 8×8 grids converted from the raw images of both surfaces to the multi-layer back propagation(BP) network. Accuracy of the grading showed about 88.5% and the total grading time including reversing operation was around 2 seconds.

**주요용어(Key Words):** 반전장치(Reversing device), 품질판정(Quality grading), 신경회로망(Neural network), 건표고(Dried oak mushroom), 선별시스템(Sorting system)

### 1. 서 론

본 논문에서는 건표고 자동 등급판정 시스템 개발을 위하여 양면 영상 획득장치의 개발과 건표고의 양면영상을 이용한 등급판정 기술에 관한 연구를 수행하였다. 건표고의 등급은 크게 화고, 동고, 향고, 향신 및 등외품으로 나뉘지고 있다. 등급을 보다 세분화하는 경우 화고는 다시 갓 표면의 색택과 갈라

진 정도에 따라 백화고와 흑화고로 나뉘며, 꼭지 달린 면의 가장자리 부위 말린 정도에 따라 백화고와 흑화고는 다시 동고, 향고, 향신으로 각각 구분된다. 그리고 분류된 표고들은 크기에 따라 다시 대, 중, 소형으로 구분되고 형태가 원형에서 크게 벗어나 매우 기형적으로 생긴 경우는 하품으로 분류한다.

국내의 경우, 출하되는 건표고는 크기에 따른 등급을 포함하여 대개 10여 등급 정도로 분류하고 있

<sup>†</sup> 본 연구는 농림부 1996년 농림수산물기술개발사업과제의 지원으로 수행되었음.

\* 성균관대학교 생명자원과학부 생물기전공학과

\*\* 성균관대학교 과학기술연구소

고 일본의 경우는 16등급의 출하기준을 명시하고 있다. 특히 해외로 수출되는 건표고는 국내기준으로 상품에 해당하는 화고류의 버섯이 주종을 이루고 있다. 표고 수출업체에서는 크기, 형상, 무늬, 색상 그리고 갓의 퍼진 정도를 기준으로 해서 버섯을 세부적으로 분류하는데 반경의 차이가 있는 원형 구멍이 뚫려 있는 진동 이송판을 연속적으로 나열하여 크기를 기계적으로 선별한다. 이 경우 전반적으로 같은 크기의 표고라도 형상이 원형에서 조금 벗어나면 한 단계 또는 두 단계 큰 크기의 진동 이송판에서 배출되는 문제가 있다. 크기에 따라 선별된 표고들은 갓 표면의 무늬, 색상 그리고 갓의 퍼진 정도에 따라 수작업으로 다시 선별하는데 크기별로 10등급 이상 세분화 한다.

기존에 개발한 건표고 자동 등급판정 선별기(이 1995, 황 1996)는 고품질 표고인 화고의 경우 꼭지부의 갓 말린 정도에 상관없이 갓의 선택과 형상에 따라 백화고와 흑화고로 구분하여 대, 중, 소로 다시 분류하였으나 본 논문에서는 이러한 화고류를 꼭지부의 갓 말린 정도에 따라 다시 동고 향고 향신으로 구분하는 보다 세부적인 등급분류를 기준으로 하였다. 하지만, 등급별 샘플의 부족으로 20개의 등급에 대해서만 판정 연구를 수행하였다.

언급한 기 개발 등급 선별기는 전면(갓부) 또는 후면(꼭지부) 중 한쪽의 영상만을 가지고 순차적으로 등급판정을 수행한다. 전면의 영상은 고품질의 화고류 선별에 이용하고 후면 영상은 동고, 향고, 향신 등의 선별에 이용하였다. 대략적인 선별과정은 다음과 같다.

이송되는 버섯의 영상을 1차 영상처리부에서 획득한 후, 전후면 인식(황 1994, 황 1995)을 수행한다. 일단 전면으로 인식된 버섯에 대해서는 등급판정을 수행하고 후면으로 판정된 경우는 재 이송한다. 전면으로 판정된 버섯 중 화고류의 경우에 대하여 등급을 결정하고 해당 배출구로 배출한다. 화고류가 아닌 경우에는 배출하지 않고 반전장치(reversing

device)에 의해 버섯의 이송면을 후면으로 반전시켜 계속 이송한다. 반전되어 이송되는 버섯에 대하여 2차 영상처리부에서 영상을 획득하고 전후면 인식을 수행한다. 후면으로 인식된 버섯에 한하여 동고, 향소, 향신 등의 나머지 등급분류를 수행하고 해당 배출구로 배출한다. 전면으로 인식된 표고는 반전이 제대로 이루어지지 않은 경우이므로 공급부로 재 이송한다.

수출용 표고의 경우에는 버섯의 등급을 보다 세분화하여 처리해야 한다. 갓의 색상과 무늬가 유사하더라도 버섯 후면의 말린 정도에 따라 화고류는 화동고, 화향고, 화향신 등으로 다시 분류해야 하기 때문에 한쪽 면의 영상만을 이용한 화고류 등급의 세분화는 불가능하다. 따라서, 버섯 전후면 영상 획득 및 획득한 전후면 영상의 동시처리를 통한 등급판정이 필수적이다. 이 경우, 영상처리속도와 반전장치의 반전효율 및 반전소요시간 등은 전체 시스템의 선별효율과 직결되는 매우 중요한 문제이다. 본 논문에서는 반전장치를 이용한 표고의 양면영상 획득과 처리 그리고 양면영상을 이용한 등급판정 기술을 개발하였고 각각의 성능을 제시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시재료

수출용 선별기 개발을 위한 등급기준은 표고 판매업체의 출하 기준표를 참고하여 20개로 나누었다. 각 등급은 흑화동고(대, 중, 소), 동고(대, 중, 소), 향고(대, 중, 소), 향신(대, 중, 소), 흑화향고(대, 중, 소), 흑화향신(대, 중, 소), 백화동고 소 및 백화향신 소를 가지고 수행하였다.

### 나. 반전장치

표고의 양면 영상 획득을 위하여 여러 형태의 반

전장치를 제작하여 실험하였다. 두 개의 판을 반원형으로 굽혀 서로 평행하게 고정시킨 슈트를 이송 높이가 다른 두 개의 컨베이어 사이에 부착한 반전 장치는 적정한 크기와 형태를 갖는 버섯의 경우는 효과적으로 반전이 이루어졌으나 버섯이 통과하는 반원 판의 간격이 일정하기 때문에 버섯의 크기가 너무 큰 경우에는 끼임이 그리고 너무 작은 경우에는 구름이 발생하였다. 그리고 연속적인 영상획득에도 적합하지 않았다.

2개의 붓을 이송 높이가 다른 두 개의 컨베이어 사이에 일렬로 부착한 반전장치는 장치가 간단한테 비하여 반전 성능이 비교적 높았고, 양면 영상의 연속 측정에도 적합하였다. 특히, 이송되는 버섯의 속도 및 간격에 크게 영향을 받지 않고 연속적으로 반전할 수 있는 장점이 있었다. 하지만, 20개의 등급에 대해 적용한 결과, 직경이 대략 2.5cm 미만인 소형 표고와 직경이 대략 7cm 이상인 대형 표고 중 두께가 비교적 얇은 것들은 제대로 반전되지 않았다. 특히 갓의 곡률이 큰 표고는 붓을 지점으로 회전하지 못하고 붓을 타고 미끄러지거나 구르는 현상을 보였다. 접지부의 마찰력을 높이기 위해 중간에 설치한 붓에 솔을 90°로 4쪽을 부착하여 붓을 컨베이어 이송방향으로 연속 회전시키는 장치를 제작하여 실험하였다. 하지만, 여전히 크기가 매우 작거나 큰 버섯에 대해서는 반전이 제대로 이루어지지 않았다.

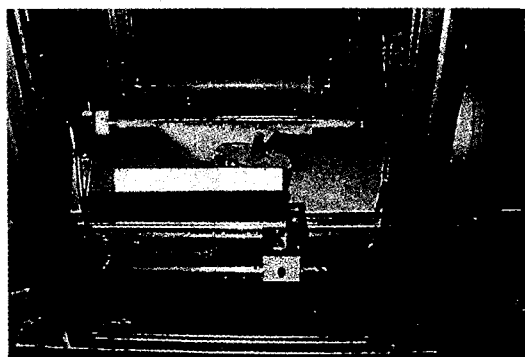


Fig. 1 Reversing device: 'V' shape bucket driven by DC motor.

본 논문에서는 100%의 반전을 목표로 표고의 크기와 형상에 의존하는 수동적 장치가 아닌 능동적 개념 하에 그림 1과 같이 DC 모터에 의해 구동되는 'V'형 버킷을 이용하여 이를 회전시켜 반전시키는 형태의 반전장치를 제작하였다. 반전장치는 이송버섯이 광센서에 의해 검출되고 검출 센서신호로부터 카메라 영상획득이 이루어지면 컴퓨터로 신호를 전달하여 작동하도록 하였으며 회전각은 모터 축에 캠을 장착하여 접촉되는 도그(dog)형 리미트(limit) 스위치의 신호를 이용해서 조절하였다. 그리고 떨어지는 버섯의 재 반전을 방지하기 위해서 낙하지점에 안내판을 설치하였다. 반전 성능은 20개 등급별 10개의 샘플 전체 200개의 대상 시료에 대하여 수행하였다.

#### 다. 컴퓨터 시각 시스템

선별기의 성능은 기구부의 개선 못지 않게 판정 소프트웨어의 정확성과 안정성이 중요하다. 본 논문에서는 영상의 획득과 처리시스템 및 과정을 단순화하기 위해서 1대의 카메라를 이용하여 반전 전후의 양면영상을 측정하기 위해서 그림 2와 같은 두 개의 탐색영역을 설정하였다. 각각의 측정영역은 170×180의 화소 범위를 갖도록 하였다.

광센서 신호로부터 카메라(TM-7CN, Pulnix Inc.)와 프레임 그래버(TC-MX, Coreco Inc.)를 통해 영상

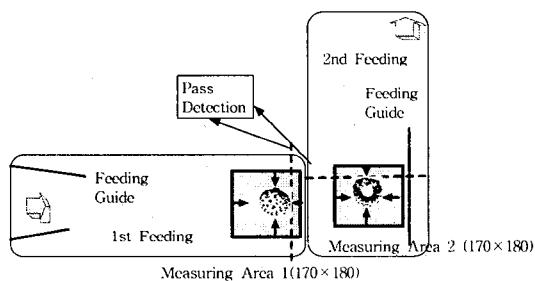


Fig. 2 Schematic diagram of the process generating network input from the mushroom fed on a conveyor.

을 획득하고 획득한 흑백 다치영상(gray image)으로부터 탐색영역을 스캔하여 배경이 되는 컨베이어 벨트로부터 버섯의 영역을 분할시켰다. 컴퓨터 시각 시스템은 초기에 화소의 밝기 보정을 수행하도록 하였고(황 1996) 조도계를 이용하여 3개의 인버터 형 광램프를 조정하여 영상획득 범위 내에서 조도가 가능한 한 균일하도록 설정하였다. 또한 반전장치로 인한 배경의 복잡성과 이송 버섯의 그림자를 제거하기 위해 반전장치 아래에 1개의 형광램프를 설치하였다. 컨베이어의 이송높이 차(8.8cm)에 의한 획득 영상크기의 차이는 정사각형 샘플도형을 이용하여 상부와 하부의 화소크기를 계산하여 보정하였다.

신경회로망에 입력되는 입력영상은 그림 2와 같이 기 설정한 측정영역의 4변으로부터 중심방향으로 탐색하여 측정대상인 표고의 외각 좌표를 구하여 설정하였다. 외각 좌표는 배경영역이 흰색 폴리우레탄 재질의 컨베이어와 버섯영상의 밝기 편차를 비교하는 방식으로 구하였다. 중심방향으로의 연결성이 기준편차에 만족하는 좌표가 5개 이상일 때의 외각 X, Y 좌표를 기준값으로 설정하였다. 구한 X, Y 방향의 최대 및 최소좌표를 기준으로 전후면 인식과 등급판정을 위해 역전달 다층신경회로망(BP)에 입력하기 위한 8×8 마스크를 산출하였다.

#### 라. 등급판정 알고리즘

본 연구에서는 일반적으로 영상처리를 이용한 등급판정시 많이 사용하는 이치화 과정 및 대상체의 크기, 형태 등의 특징점 추출 방식이 아닌 흑백 다치영상을 직접 이용하여 등급판정을 수행하였다. 표고의 경우는 특히 형상이 불규칙하므로 해당 특징점을 추출하는 데 있어 오차가 생길 수 있고 처리시간이 길어진다. 특별한 영상처리 과정 없이 다치 영상을 대상으로 신경회로망을 이용하여 직접 처리하여 전면과 후면을 인식하고 등급을 판정하는 방식은 영상

처리 속도 및 영상처리의 안정성 측면에서 장점을 가지고 있다(황 1994, 이 1995, 이 1996).

등급판정 과정은 영상획득 → 전후면 판정 → 버섯반전 → 영상획득 → 전후면 판정 → 전후면 영상 데이터 정렬 → 회로망에 의한 등급판정의 순서로 수행된다. 여기서, 버섯이 반전된 후 다시 전후면 판정을 수행한 이유는 반전의 유무 평가와 더불어 회로망에 입력되는 데이터의 순서가 전면영상 데이터, 후면영상 데이터 및 크기 인자의 순서로 입력되기 때문이다. 따라서 첫 번째 전후면 판정에서 후면으로 판정되면 이 때 산출한 64개의 마스크 데이터는 다음에 반전된 전면영상 데이터와 구분되어 회로망에 입력된다.

전후면 판정은 8×8의 마스크에 입력된 평균 화소 밝기를 0과 1사이의 값으로 정규화하여 BP 회로망에 입력하여 수행하였다. 각 등급별로 3개 버섯의 전면과 후면을 측정(등급별 6개)하여 전체 120개의 학습샘플을 가지고 수행하였다. 회로망은 입력, 미지 및 출력층의 처리요소를 64-32-1로 설정하였으며 학습율과 모멘텀은 각각 0.6, 0.3으로 설정하였다.

등급판정은 첫 번째와 두 번째의 전후면 판정에서 구한 8×8 마스크로부터 각각 64개씩 도합 128개 그리드의 평균화소 밝기와 마스크의 크기와 형상에 관련한 입력요소로서 X, Y 축 방향 변의 길이에 해당하는 화소 개수( $\angle X$ ,  $\angle Y$ ), 길이합( $\angle X + \angle Y$ ) 및 차의 절대값( $|\angle X - \angle Y|$ )에 해당하는 입력요소 각각 4개씩 도합 8개를 첨가하여 전체 136개의 데이터를 0과 1사이의 값으로 정규화하여 BP 회로망에 입력하였다.

등급판정을 위해 20등급의 표고를 각각 10개씩 학습샘플로 선정하였다. 학습을 위해 모두 200개의 데이터를 이용하였고, 입력요소는 136개, 미지층 요소는 50개, 그리고 출력층은 5개의 요소를 갖도록 설정하였다. 학습율과 모멘텀은 각각 0.3으로 설정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 반전 성능시험 결과

반전장치는 1세트의 컴퓨터시각 시스템을 이용하여 양면영상을 획득하는데 필수적으로 요구되는 장치이다. 개발한 반전장치는 반전을 위한 'V'형 버켓판의 회전 속도에 의해 생기는 원심력에 의해 버섯이 튀어나가기 때문에 회전속도의 제약을 받는 문제점이 있었으며 이송되는 버섯의 간격 및 속도를 반전작동 소요시간과 동기화 시켜 줘야 하는 문제가 있었다. 버섯의 원활한 반전을 위하여 반전 후 미끄러지는 시간을 포함하여 전체 반전 소요시간을 약 1.5초로 설정하였으며 이 경우 가장 작은 소립 계열의 버섯을 제외하고는 대략 95% 이상의 반전효율을 보여주었다. 하지만, 100% 가까운 반전 성능을 유지하고 반전 소요시간을 단축할 수 있는 반전장치의 개발과 이와 연계한 양면 영상처리 기술 연구가 여전히 필요하다.

#### 나. 등급판정 성능시험 결과

전후면 판정은 20개의 등급별로 미 학습샘플 6개씩을 이용하여 검정한 결과 11개를 오 인식하여 대략 91%의 인식율을 보였다. 오 인식된 등급은 소립 계열에서 주로 나타났다. 소립 계열에서 오차가 발생한 이유는, 실제 육안으로 볼 때 실험에 사용한 소립 계열의 크기가 너무 작아(직경 1cm 정도) 전면 및 후면의 구분이 어렵기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

하지만 소립 계열의 경우는 전체 영상의 밝기가 전면 및 후면에 걸쳐 그다지 차이가 나지 않을 뿐 아니라 등급(화고류와 동고류)에 따라서 전체 밝기에 차이가 있기 때문에 등급판정에는 문제가 없었다.

회로망의 일반화 효과에 의한 등급판정 성능을 판정하기 위해서 학습에 사용하지 않은 미학습 버섯을

20개 등급별로 20개씩 선정하여 평가한 결과 400개의 버섯 중에서 46개를 다른 등급으로 판정하여 88.5%의 판정성능을 나타냈다. 등급판정 과정에서 발생한 오차는 등급을 대표하는 시료로써의 차이가 실제 육안으로 거의 분별이 잘 되지 않는 경계등급에 위치하는 표고들이 대부분이어서 크게 문제되지 않을 것으로 판단된다.

신경회로망을 이용한 등급판정의 경우, 학습과 검정에 사용하는 샘플의 선정이 회로망의 성능에 크게 영향을 미치기 때문에 신경회로망을 이용한 적용시험 경험으로 미루어 판정시험 결과로부터 대략  $\pm 5\%$ 의 편차를 고려하는 것이 바람직하다. 그리고 기 분류된 샘플 역시 전문가의 주관적 판정기준에 따라 달라질 수 있는 여지가 있어 판정성능 결과가 대략 80% 이상이면, 특이한 경우를 제외하고 대부분 농산물의 경우, 적용시 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

전체적으로 표고의 양면영상을 이용한 등급판정에 걸리는 시간은 반전장치의 반전 소요 시간을 포함하여 대략 2초 가량 소요되었다. 전체 소요시간 중 약 1.5초 정도가 반전에 따른 소요시간으로 실질적으로 초당 2~3개 정도의 실시간 선별 처리를 위해서는 보다 효율적인 양면 영상획득 방법에 대한 연구가 필요하다.

### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 건표고 자동 등급판정 및 선별 시스템의 상용화를 위한 기초연구로서 양면 영상측정 장치의 개발과 신경회로망 기술을 이용한 전후면 인식 및 양면영상을 이용한 등급판정 연구를 수행하였다. 건표고 판매업체의 등급분류 기준을 참고로 하여 20개의 등급으로 세분화하여 개개 표고의 양면영상을 컴퓨터 시각 시스템으로 순차적으로 획득하였다.

전후면 영상의 측정을 위해 설계 제작한 DC모터

구동 'V' 형 버켓 반전장치는 솔 부착형, 봉 부착형, 고정식 반원형 슈트 반전장치보다 반전 성능 측면에서는 우수하였으나, 연속적 처리 측면에서 반전 소요시간을 단축시켜야 할 필요가 있으며 이는 원심력에 의한 구동속도 제한을 극복할 수 있는 기구장치를 구성하여야 함을 의미한다.

표고의 등급판정은 다치영상을 8×8의 그리드 형태의 마스크로 구획화 하여 각 그리드의 평균 화소 밝기와 마스크 영역으로 부터 산출한 8개의 인자를 포함한 136개의 입력 데이터를 가지고 등급판정을 수행하였고 검정실험 결과 대략 88.5%(±5%의 경험적 편차)의 성능을 나타냈다.

표고의 양면영상을 이용한 등급판정에 걸리는 시간은 반전장치의 반전 소요 시간을 포함하여 대략 2초 가량 소요되었다. 전체 소요시간 중 약 1.5초 정도가 반전에 따른 시간으로 실질적으로 초당 2~3개 정도의 실시간 선별 처리를 위해서는 보다 효율적인 양면 영상획득 방법에 대한 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구팀은 본 논문의 연구 결과에 이어 100% 반전을 목표로 한 능동적 형태의 고속 반전장치 개

발과 이에 따른 영상획득 및 처리 기술의 개발을 지속적으로 수행하고 있다.

## 참 고 문 헌

1. 이충호. 1995. 컴퓨터시각에 의한 건표고의 외관 검색 및 자동 선별시스템 개발. 성균관대학교 생물기전공학과 박사학위논문.
2. 이충호, 황 현. 1996. 건표고의 외관특징 인식 및 추출알고리즘 개발. 한국농업기계학회지 21(3): 325-335.
3. 황 현, 이충호. 1994. 버섯 전후면과 꼭지부 상태의 자동 인식. 한국농업기계학회지 19(2):124-137.
4. 황 현, 이충호, 이대원, 최창현. 1995. 킨베이어 이송버섯에 대한 실시간 판정기술 개발 및 선별 자동화 시스템 연구. 농촌진흥청 농업과학논문집 31:199-208.
5. 황 현, 이충호. 1996. 건표고 자동선별을 위한 시작시스템 개발. 한국농업기계학회지 21(4):414-421.