

컴퓨터 영상처리에 의한 쌀의 외관품위 판별 알고리즘 개발

Development of Discrimination Algorithms for Appearance Properties of White Rice Using Computer Vision

윤홍선* 손재룡* 이원옥* 정 훈* 이현동* 문제형**
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 비희원
H.S.Yun J.Y.Son W.O.Lee H.Chung H.D.Lee J.H.Mun

1. 서론

최근들어 국산 쌀 소비를 촉진하기 위하여 소비자의 기호성에 맞는 밥맛 좋은 쌀의 생산이나 고품질 브랜드 쌀 유통 등과 같은 쌀의 품질이나 소비자 만족도 향상을 위한 각종 대책이 수립되고 있다. 이와 발맞추어 농산물의 품질향상과 개선을 촉진하고 공정원활한 거래와 소비의 합리화를 기하기 위해서는 우선적으로 농산물의 품질을 정확하고 객관적으로 판단할 수 있는 품질인자 및 이의 측정방법에 대한 기준이 정립되어야 한다.

쌀의 품질을 평가하는 요인으로는 도정도·깨진쌀·금간쌀·복백립·분상질립·착색립·피해립 등과 같은 외관적 요인, 단백질·아밀로즈·지방산 등과 같은 성분요인, 밥의 점탄성이나 아밀로그램 특성 등과 같은 물리적요인 등이 있다.

본 연구는 주로 사람의 육안에 의존하고 있는 쌀의 외관판별을 컴퓨터 영상처리를 이용하여 수행할 수 있는 장치의 개발을 최종목표로 하며, 우선적으로 컴퓨터 영상처리에 의한 쌀의 외관판별 알고리즘을 개발하기 위하여 수행하였다. 특히 본 연구에서는 쌀을 한 알씩 공급하면서 판별하는 것이 아니라 한꺼번에 수백 개의 쌀을 공급하여 낱알의 외관품위를 한번에 판별토록 하는 알고리즘을 개발코자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료 및 시료준비

공시재료는 2001년에 농업기계화연구소에서 수확한 일품 벼를 사용하였다. 벼는 실험용 현미기(쌍용기계, SY88-TH)를 사용하여 제현한 후 실험용 정미기(YAMAMOTO, RICE PAL31)를 사용하여 도정하였다.

도정을 판별시험을 위하여 현미를 도정율 100~92% 까지 0.8% 간격으로 도정하였으며, 도정율은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{도정율} = \text{도정 후 백미의 무게} / \text{현미의 무게} \times 100(\%)$$

* 농업기계화연구소

** 아주대학교 전자공학과

기타 외관품질 판별을 위한 시료는 도정율이 92%가 되도록 도정한 백미 중에서 깨진쌀, 금간쌀, 복백립, 착색립 등을 육안으로 선별하여 사용하였다.

나. 영상처리장치 구성

쌀의 외관을 측정하기 위하여 영상처리장치와 조명장치를 구성하였다. 영상처리장치는 칼라 CCD카메라(LG Honewell GC-450NA-G), 프레임그래버(Matrox Graphics Inc), 그리고 PC(PentiumIV, 1.7G)로 구성하였다. CCD카메라는 상하방향으로 이동할 수 있도록 하여 가능한 한 많은 양의 쌀을 촬영할 수 있는 높이로 조절하도록 하였으며, 예비실험 결과 최대량의 쌀을 촬영하고 영상처리로 분석도 가능하도록 하기 위해서는 촬영면적을 가로 7cm×세로 5cm로 하는 것이 적절하였다. 조명장치는 그림에서 보는 바와 같이 시료의 아래쪽에 9W 형광등 2개를 설치하여 구성하였고, 직사광이 CCD카메라에 유입되는 것을 방지하기 위하여 형광등과 쌀 사이에 흰색의 반투명 아크릴판을 설치하였다.

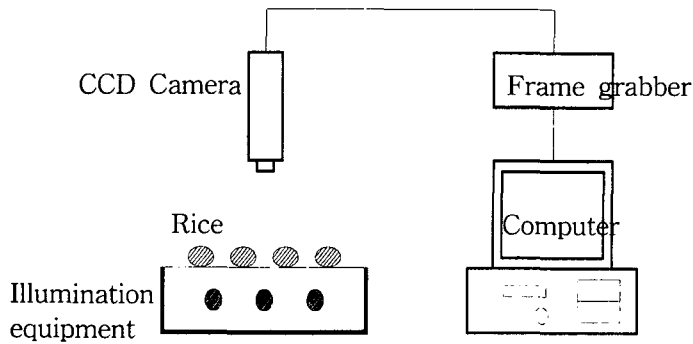


Fig.1. Experimental computer vision system.

다. 영상처리 알고리즘 작성

(1) 배경과 쌀의 분리

CCD카메라로 찍은 쌀의 영상을 경계값에 의해 2치화하면 조명의 미세한 불균일이나 작은 이물질 등에 의해 불필요한 배경이 영상으로 표시되는 경우가 있는데, 이러한 경우에도 배경과 쌀이 완전히 분리되도록 하기 위하여 다음과 같은 알고리즘을 사용하였다. 우선 원 영상으로부터 에지검출(edge detection)영상과 2치화영상을 만들고, 2치화영상의 라벨링(labelling)을 수행한다. 그다음 에지검출영상으로부터 에지성분(edge element)의 강도(최소 0~최대255)를 구하여 그 값이 기준값 보다 큰 부분을 쌀의 에지성분으로 판단하도록 하고, 라벨링된 영역에 대응하는 쌀의 에지성분의 픽셀(pixel)수를 헤아려 기준값 보다 적거나 크면 쌀이 아닌 것으로 판단하도록 하였다.

(2) 붙어있는 쌀의 분리

옆의 쌀과 서로 붙어있는 쌀은 여러개가 1개의 쌀로 인식되어 정확한 판별이 불가능하므로 이들을 분리하여 별개의 쌀로 인식하도록 하기 위하여 이치화된 영상에 대해 distance transform과 watershed transform을 연속으로 수행하여 서로 붙어있는 쌀의 경계면을 찾아서 각각 분리된 쌀로 인식하도록 하였다.

(3) 깨진쌀의 판별

깨진쌀은 쌀알의 크기를 계산하여 가로×세로가 1.68mm×1.68mm인 정사각형과 비교하여 그보다 작고, 1.41mm×1.41mm의 정사각형과 비교하여 그보다는 큰 쌀을 깨진쌀로 판별하도록 하였다.

(4) 도정도, 복백립 및 착색립의 판별

CCD 카메라로 촬영된 영상은 RGB 컬러 모델을 사용하고 있는데, 도정도와 복백립 및 착색립을 구분하기 위하여 CMYK 컬러 모델로 변환하였다. CMYK 컬러 요소중 도정도 판별을 위해서는 도정도별로 쌀알의 Y(노란색)성분을 추출하여 그 강도의 차이로 판별하도록 하였다.

복백립의 구분에는 K(검은색) 성분을 추출하여 그 강도의 차이로 판별하도록 하였고, 쌀알의 투영면적 중에서 복백의 투영면적의 비율을 계산할 수 있도록 하였다.

착색립 판별에 있어서 녹색립은 RGB 컬러모델에서 G(녹색)성분값에서 B(청색)성분의 값을 뺀 값과 G성분값에서 R(적색) 성분의 값을 뺀 값을 기준으로 하여 판별하고, 적색립은 K성분값을 기준으로 판별하였다.

(5) 금간쌀의 판별

금간쌀의 판별에는 에지검출을 이용하였다. 즉, 금이 있는 부분에서 명암에 차이가 생기는 것을 이용하여 판별하도록 하였다. 이를 위하여 우선적으로 카메라에 찍힌 쌀알의 장축이 수평방향에 대해 기울어진 정도(orientation angle)를 계산하여 쌀알을 모두 수평방향으로 배열한 다음 수평에지 검출 연산자와 수직에지 검출 연산자를 이용하여 금의 갯수를 헤아리도록 하였다.

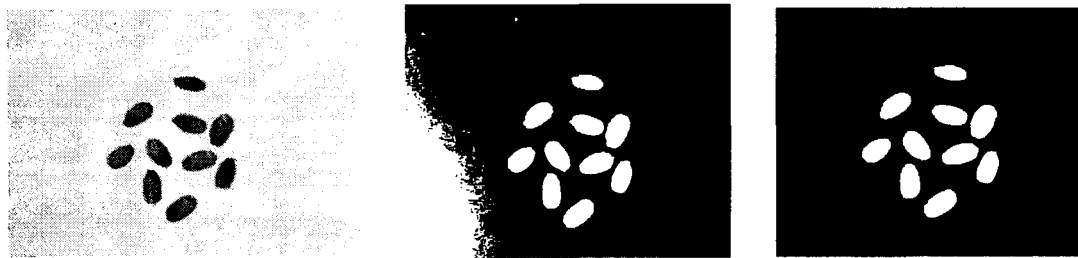
라. 성능시험

쌀 외관품질 판별 알고리즘의 정확도를 평가하기 위하여 임의의 쌀을 육안으로 식별했을 때와 비교하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

(1) 배경과 쌀의 분리

육안으로는 구분되지 않으나 조명의 미세한 불균일이나 작은 이물질 등에 의해 그림2의 b)와 같이 2치화 영상이 완전하지 않을 경우에 개발된 알고리즘을 이용하여 그림2의 c)와 같이 완전한 쌀의 2치화 영상을 획득할 수 있었다.

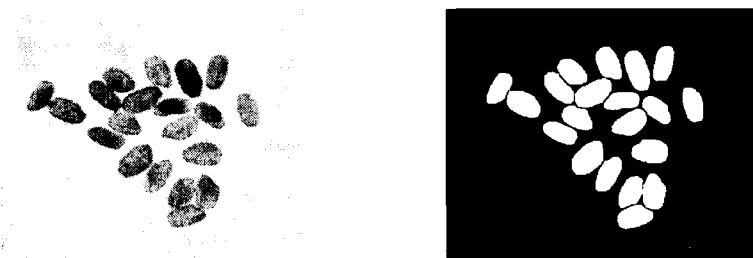


a) Original image b) Threshold image c) Processed image

Fig.2. Elimination of irregular images created by non-uniform lighting.

(2) 붙어있는 쌀의 분리

그림2의 a)와 같이 쌀이 서로 붙어있는 경우에 개발된 알고리즘을 이용하여 그림3의 b)와 같이 정확히 분리하여 각각의 낱알에 대한 정보를 얻을 수 있었다.



a) Connected objects b) Separated objects

Fig. 3. Separation of connected objects.

(3) 도정율의 판별

쌀의 도정율에 따른 노란색(Y)의 강도분포를 나타내면 그림4와 같이 도정율에 따라 다른 분포를 나타내었다. 또 같은 도정율에서 노란색의 강도가 넓게 분포되는 것은 도정시에 각 낱알이 모두 균일하게 도정되는 것이 아니기 때문으로 판단되었다. 도정율에 따른 노란색 강도의 평균값의 상관관계를 회귀식으로 나타내면 식(1)과 같이 나타낼 수 있었으며, 노란색의 강도로서 쌀의 도정율을 예측하는 것이 가능하였다.

$$Y=0.4388X^2 -77.236X + 3496.1 \quad (R^2= 0.9808) \quad \text{-----} \quad (1)$$

여기서 , X : 도정율(%), Y : 노란색 강도

(4) 복백립의 판별

복백이 있는 쌀의 검은색(K)의 강도 분포를 그림5에 나타내었으며, 검은색의 강도로서 복백의 유무를 판별할 수 있었다. 또 쌀알의 픽셀수에 대한 복백의 픽셀수의 비를 계산하여 복백의 면적비를 계산할 수 있었다.

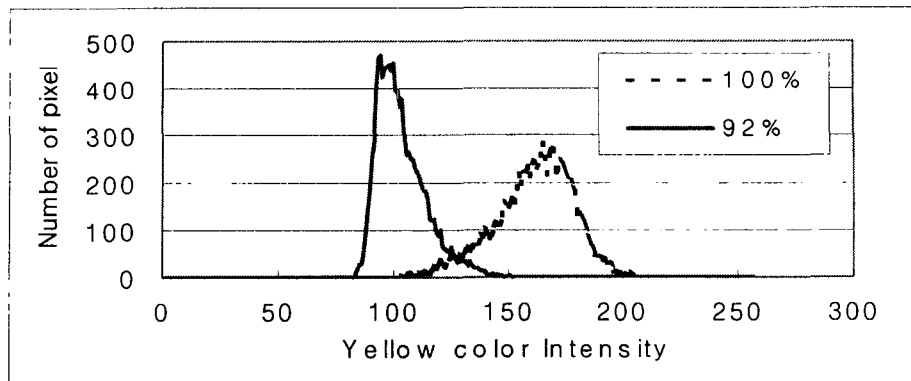


Fig.4. Distribution of yellow color intensity of rice.

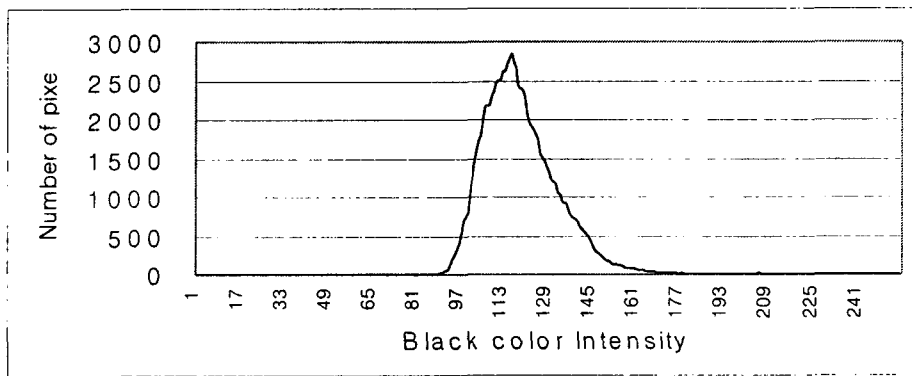


Fig.5. Distribution of black color intensity of chalky rice.

(5) 임의시료에 대한 판별시험

개발된 알고리즘을 사용하여 임의로 조제된 쌀의 외관품위를 판별하여 육안으로 판별했을 때와 비교한 결과를 표1에 나타내었으며, 육안과 동일한 정도로 판별이 가능하였다. 또한 한번에 최대 400개의 쌀알을 판별하는데 1초 정도의 시간이 소요되는 것으로 나타났다. 표1에 표시된 복백립은 복백의 면적비가 50%이상인 것을 판별한 결과이다.

Table 1. Comparison of discrimination results by computer vision and naked eye

	Broken rice	Cracked rice	Chalky rice	Colored rice	Perfect rice	Total
Computer vision	17	42	8	2	142	211
Naked eye	17	41	7	2	144	211

4. 요약 및 결론

본 연구는 주로 사람의 육안에 의존하고 있는 쌀의 외관판별을 컴퓨터 영상처리를 이용하여 수행할 수 있는 장치의 개발을 최종목표로 하여, 우선적으로 컴퓨터 영상처리에 의한 쌀의 외관판별 알고리즘을 개발하기 위하여 수행하였다. 특히 본 연구에서는 쌀을 한 알씩 공급하면서 판별하는 것이 아니라 한꺼번에 수백 개의 쌀을 공급하여 낱알의 외관품위를 한번에 판별토록 하는 알고리즘을 개발코자 하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 육안으로는 구분되지 않으나 조명의 미세한 불균일이나 작은 이물질 등에 영향을 받지 않고 완전한 2차화영상을 획득할 수 있는 영상처리 알고리즘을 개발하였다.

나. 서로 붙어있는 쌀의 경계를 정확히 분리하여 각각 낱알로 인식할 수 있는 영상처리 알고리즘을 개발하였다.

다. 쌀알의 노란색의 강도로서 쌀의 도정율을 예측하는 것이 가능하였으며, 이를 이용하여 쌀의 도정율을 판별할 수 있는 영상처리 알고리즘을 개발하였다.

라. 쌀알의 검은색의 강도로서 복백의 유무를 판별하고, 또 쌀알의 픽셀수에 대한 복백의 픽셀수의 비를 계산하여 복백의 면적비를 계산할 수 있는 영상처리 알고리즘을 개발하였다.

마. 개발된 알고리즘을 사용하여 임의로 조제된 쌀의 외관품위를 판별하였을 때 육안판별과 동일 정도로 판별이 가능하였으며, 한번에 최대 400개의 쌀알을 판별하는데 1초 정도의 시간이 소요되었다.

5. 참고문헌

1. S.Majumdar, D.S.Jayas. 2000. Classification of cereal grains using machine vision : Morphology models. TASAE 43(6):1669-1675.
2. S.Majumdar, D.S.Jayas. 2000. Classification of cereal grains using machine vision : Color models. TASAE 43(6):1677-1680.
3. S.Majumdar, D.S.Jayas. 2000. Classification of cereal grains using machine vision : Texture models. TASAE 43(6):1681-1687.
4. S.Majumdar, D.S.Jayas. 2000. Classification of cereal grains using machine vision : Combined morphology, color, and texture models. TASAE 43(6):1689-1694.
5. 손재룡 외 4인. 2001. 칼라 영상처리에 의한 결주 및 불량모 인식. 한국농업기계학회지 26(3): 253-262.
6. 이용국, 이재현. 1999. 가시광선 및 근적외선 스펙트럼을 이용한 도정비율 측정. 한국농업기계학회지 24(3): 259-266.