

## 현미 세 면(윗면, 측면, 앞면)의 화상을 이용한 품종 판별

김상숙 · 이상효 · 류미라 · 김영진  
한국식품개발연구원 쌀연구사업단

### Identification of Rice Species by Three Side (Top, Side and Front) Images of Brown Rice

Sang Sook Kim, Sang Hyo Lee, Mee Ra Rhyu and Young Jin Kim  
Rice Research Group, Korea Food Research Institute

#### Abstract

Identification of rice species was attempted by three side (top, side and front) images of brown rice. Nine parameters of each image were area, aspect ratio, maximum diameter, minimum diameter, perimeter, roundness and red (R), green (G) and blue (B) pixel values of an image. Forty rice samples consisted of 19 species used for the study and total 27 image characteristics for a kernel were measured. For calibration and confirmation, 105 and 20 brown rice kernels per each sample were used respectively. For best identification of rice species, 24 image characteristics were selected for discriminant analysis. Average percentages for correct identification of rice species were 84.75% and 84.93% for calibration and confirmation data set, respectively. The highest and lowest percentage for correct identification were 99.05% for Nongan and 50.63% for Hwaseung respectively in calibration data. The confirmation data showed that the correct identification of Nongan or Paalgong was 100%, while that of Hwaseung was 47.62%. The result of the study showed that three side (top, side and front) image of brown rice was not suitable for identification of rice species suggesting that additional techniques are required for better discrimination of rice species.

Key words: image analysis, identification of species, brown rice, discriminant analysis

#### 서 론

UR 협상에 의한 국내 쌀시장 개방으로, 매년 현미 상태로 쌀이 수입되고 있다. 일본의 경우 쌀은 벼로서가 아니라 현미로 저장 유통되고 있다. 현미로 유통되는 경우, 저장장소를 현저히 감소시킬 수 있을 뿐 아니라, 소비자인 대도시 혹은 근교에서도 정미가 가능한 장점이 있다. 위와 같은 현미로의 저장 유통은 머지않은 장래에 국내에 상륙하게 될 전망이다. 현미로서 쌀이 저장 유통될 경우 쌀의 불법 유통을 막기 위해서는 현미의 품종 및 원산지 판별기준이 마련되어야 한다. 그러나 아직 손쉽게 품종판별할 수 있는 방법은 확립되지 않은 형편이다.

화상분석방법은 간편하고 비파괴적인 방법의 하나로 이 기술을 곡물의 특성연구에 이용한 경우는 Zayas 등<sup>(1,3)</sup>, Neuman 등<sup>(4)</sup>, Sapirstein 등<sup>(5)</sup>의 연구에서 찾아

볼 수 있다. 이들의 연구는 주로 camera 영상으로부터 얻은 흑백 톤의 2차원적인 영상을 이용하여 얻은 자료를 분석하여 곡물 종류 및 품종의 판별 및 확인을 하였다. 그러나 이들 system의 방법은 평면적인 화상만을 이용하므로 그 판별 능력에 제한이 있다. 가장 큰 제한점은 일반시각검사에서 중요한 곡물의 높이와 관련된 특성이다. 예를 들면, 밀의 종류, 품종, 그들의 연관성에 있어서 배아의 높이, 가운데 홈의 깊이 등은 밀의 특성과, 가공, 최종 이용 특성에 중요한 특성이다<sup>(6)</sup>.

1980년대의 대부분 연구에서는 평면적인 2차원적 화상을 분석하여 개체간 차이를 판별하였고, 80년대 말부터는 laser scanning device를 이용하여 밀을 3차원적 화상으로 분석하여 품종판별의 정확도를 92~94%까지 올릴 수 있었다<sup>(7,8)</sup>. 그러나 laser scanning device는 현재 값비싼 장비이고 작동하는 프로그램이 보편화되어 있지 않아 쉽게 사용하기 어려운 실정이다. 만약, 2개의 거울을 이용하여 곡물의 높이와 관련된 특성을 측정할 수 있다면, 훨씬 저렴하고, 상업적으로 개발되어 있는 프로그램을 이용하여 2차원적인 화

Corresponding author: Sang Sook Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Songnam-si, Kyonggi-do, 463-420, Korea

상에 의해 얻을 수 있는 정보보다 훨씬 더 많은 정보를 얻어낼 수 있을 것이다. 최근 Kim 등<sup>9)</sup>의 연구에서는 두 개의 거울을 이용하여 얻어진 백미의 세 면(윗면, 측면과 앞면)화상의 특성으로 한국산, 중국산, 미국산, 호주산 판별을 시도하여 평균 95%의 원산지 판별율을 얻었다. 본 연구의 목적은 위와 같이 두 개의 거울을 이용하여 얻어진 현미의 세 면(윗면, 측면과 앞면) 화상의 특성을 이용하여 우리나라에서 재배되는 19개 품종의 판별 가능성을 조사하는데 있다.

## 재료 및 방법

### 재료

1995년도에 수확된 벼 19품종(수확지역에 따라 수집된 벼시료 총 40점)을 농촌진흥청을 통하여 제공받아, 서울 농산물 검사소의 협조로 현미로 제현하여 온전미를 시료로서 사용하였다(Table 1).

### 화상분석장치

본 실험에 사용된 화상분석장치는 화상입력장치, 화상처리장치, 화상출력장치, 화상분석프로그램의 4부분으로 이루어져 있다. 화상입력장치(Micro Hi-scope

system, Hirox Co., Ltd., Japan)는 main control box (model # KH-2200MD2, Hirox Co., Ltd., Japan)와 lens 로 구성되었다. Main control box는 optic fiber가 내장된 1/2 inch CCD (charge coupled camera, Hirox Co., Ltd., Japan)를 사용하였고, lens는 20배에서 100배 확대가 가능한 zoom lens (MX-2012Z, Hirox Co., Ltd., Japan)를 사용하였으며, 각 현미의 화상분석에는 20배의 배율을 사용하였다. 화상처리장치로서는 color frame grabber (Imascan Chroma/V, Japan)를, 화상출력장치로서는 32 MB RAM (random access memory)과 586-66 Hz의 CPU를 지닌 컴퓨터를 사용하였으며, 화상분석 프로그램으로는 Image-pro ver 1.3 (Media Cybernetics, USA)을 사용하여 화상특성을 분석하였다.

### 현미의 화상측정

Kim 등<sup>9)</sup>의 방법에 따라 현미의 앞면과 측면에 거울 프리즘(수평각도 55°)을 각각 놓아, 한 알의 현미로부터 세 화상을 한대의 CCD 카메라로 잡았다. 본 실험에 사용된 시료, 카메라 및 조명장치의 위치는 Fig. 1에 있다. 외부 빛이 시료 색상에 미치는 영향을 피하기 위하여 암실 안에 2대의 삼파장 등(Leeman inverter light stand, LM-27MB)을 설치하였으며, 현미의 윗면 화상과 거울에 의한 측면, 앞면 화상은 Fig. 2와 같다.

본 실험에서는 카메라에 잡혀진 쌀알의 세 면 화상이 들어있는 image 중에서 쌀알 세 면이 각각 한 면씩 겨우 들어가도록 세 개의 사각형 영역을 측정대상으로 지정한 후, 측정대상에서 밝은 면(쌀알의 각 면)의 특성들[면적, 장단축비, 장축, 단축, 둘레, 원형도, pixel의 red(R), green(G), blue(B)값]을 측정하였다. 단, 이때의 R, G, B값은 본 실험조건 하에서의 상대값을 의미한다. 쌀알을 놓는 위치에 눈금자를 놓아 일정길이

Table 1. Species and cultivated sites of rice samples

No.	Species	Cultivated sites
1	Hwajung	Kyunggido
2	Nongan	Kyunggido
3	Hwanam	Kyungsangnamdo
4	Sangsan	Kyungsangnamdo
5	Sambak	Kyungsangnamdo
6	Hwaseung	Kyunggido, Kangwondo, Chullanaldo, Kyungsangbookdo, Kyungsangnamdo
7	Bongkwang	Kyunggido, Kwangwondo
8	Illpum	Kyunggido, Chungchongbookdo, Kyungsangbookdo
9	Chuchung	Kyunggido, Chungchongbookdo, Kyungsangbookdo
10	Odae	Kangwondo, Chungchongbookdo, Kyungsangbookdo
11	Jinmi	Kangwondo
12	Dongjin	Chungchongnamdo, Chullabookdo, Chullanamdo, Kyungsangbookdo, Kyungsangnamdo
13	Anjung	Chungchongnamdo
14	Ganchuck	Chungchongnamdo
15	Gahwa	Chullabookdo, Chullanamdo
16	Youngnam	Chullabookdo, Chullanamdo, Kyungsangnamdo
17	Palkong	Chullabookdo, Chullanamdo
18	Mankum	Chullanamdo
19	Tamjin	Chullanamdo, Kyungsangnamdo, Jaejudo

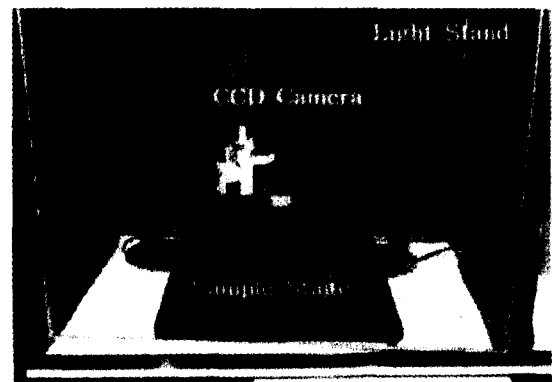


Fig. 1. Layout of the camera, lighting, and sample stage for image analysis of brown rice.

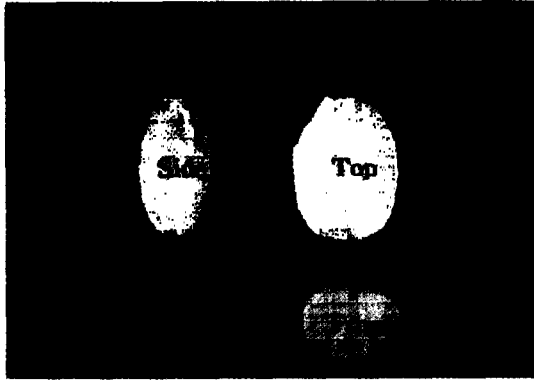


Fig. 2. Three-sided (front, side, and top) images of a brown rice kernel.

(10 mm)에 대한 정보를 인지시킴으로서 화상분석 program의 calibration을 수행하였다. 화상입력장치에 의해 받아들여진 현미의 세 면(윗면, 측면, 앞면) 화상에 대하여 면적, 장단축비, 장축, 단축, 둘레, 원형도, 화상 pixel의 red(R), green(G), blue(B)값을 측정하였다(총 27개 항목=3면 화상×9개 화상특성). 각 화상특성에 대한 정의는 Table 2에 있으며, 쌀알 화상으로 인식되기 위한 화상의 threshold 조건으로 면적은 3.0 mm<sup>2</sup>, 둘레길이는 5.48 mm로 하였다. 현미 화상특성에 의한 품종 판별식을 도출하기 위하여 각 1점당(본 실험에 사용된 시료는 총 40점) 105알씩 측정하였고, 도출된 판별식을 검증하기 위하여 시료 1점당 20알을 별도로 측정하였다.

현미의 화상자료에 의한 품종 판별

현미 19개 품종의 27개 특성 항목에 대한 분산 분석은 SAS<sup>(10)</sup>를 이용하여 실시한 후 각 품종간 차이 여부를 결정하였으며, 품종간 차이가 있는 특성은 다중 비

Table 2. Definitions of geometric characteristics used for this study

Geometric characteristics	Definition
Area	Area of the object
Aspect	Maximum diameter/minimum diameter
Maximum diameter	Longest line joining two points of the outline of an object and passing through its centroid
Minimum diameter	Shortest line joining two points of the outline of an object and passing through its centroid
Perimeter	Length of the outline of an object
Roundness	Roundness of a disk is equal to one. Other shapes have a roundness greater than one (Perimeter <sup>2</sup> /4π area)

교를 하여 그 평균값의 차이를 비교하였다.

현미의 27개 화상특성을 이용한 19개 품종에 대한 판별 분석(quadratic discriminant analysis) 역시 SAS<sup>(10)</sup>를 이용하여 5단계로 실시하였다. 판별분석은 이미 알려진 집단정보가 각 개체에 대해 일단 주어져 있을 경우 이들 집단간의 차이를 분석하고 집단정보를 가지지 않은 새로운 객체를 이미 주어진 부분집단 중 하나에 분류하는 방법이다<sup>(11)</sup>. 본 실험에 사용된 판별분석의 5단계 중 첫 번째는 통계분석을 하기 위한 형태로 자료를 만드는 과정이며, 두 번째는 이 자료를 이용하여 기본적인 판별 분석, forward stepwise 판별 분석, backward stepwise 판별 분석을 실시하여 품종 판별에 영향을 미치는 주요한 특성들의 순위를 정하였다. 세 번째는 판별에 필요한 특성 항목들을 선택하는 과정으로 두 번째 과정에서 결정된 각 화상특성들의 품종 판별에 대한 기여도 순위에 의해 판별식을 도출하였다. 화상특성 27개중 차례로 기여도가 낮은 특성항목을 제거하여 6개까지 사용하여 각각 판별식을 세워, 효율적인 판별율을 기준으로 판별에 필요한 특성 항목들을 선택하였다. 즉, 가장 적은 특성 항목 수로 가장 높은 판별율을 지닌 특성항목수를 판별에 필요한 특성 항목들로 선택하였다. 네 번째 절차는 세 번째 과정에 의해 정해진 특성항목수에 따라 판별식을 세워 최종적으로 판별 분석을 하여 그에 의한 판별율과 오류율, 그리고 어떠한 시료들이 서로 판별하기 어려운지 분석하였다. 다섯 번째 절차는 검증 절차로서 네 번째의 판별율과 오류에 대해, 임의로 시료를 추출하여 네 번째 과정의 판별식을 검증하였다.

결과 및 고찰

현미의 품종별 화상특성

국내산 19품종의 현미 화상특성별 분산 분석 결과 27개 모든 화상특성에서 품종간 차이가 있었으며(P=0.001), 분산분석 결과 각 특성별 F값은 Table 3에 있다. 윗면 화상의 장단축비, 장축길이가 측면 화상의 장축길이가 품종간 차이가 큰 특성들이었으며, 앞면 화상의 장단축비와 원형도는 다른 특성보다 품종간 차이가 적었다. 면적과 둘레를 제외하고는 대체적으로 윗면 화상과 측면 화상에 의한 특성들이 앞면화상에 비해 품종간 차이가 더 크게 나타났다.

윗면 화상에서 색도를 제외한 기하학적 특성과 측면 화상 특성중에서 품종간 외형에 의한 차이를 가장 잘 보여주는 장단축비, 장축길이의 품종간 차이는 Table 4에 있다. 현미 윗면 화상의 면적에서 오대가 다른 품

**Table 3. F-ratios of image characteristics<sup>1)</sup> of brown rice on 19 species**

	Image characteristics	F-ratios
Top image	Area	129.3
	Aspect ratio	209.4
	Maximum diameter	196.3
	Minimum diameter	120.8
	Perimeter	152.9
	Roundness	161.4
	R	64.9
	G	93.1
	B	95.3
	Side image <sup>2)</sup>	Area
Aspect ratio		179.9
Maximum diameter		204.6
Minimum diameter		101.0
Perimeter		165.2
Roundness		157.0
R		65.5
G		107.6
B		97.1
Front image <sup>2)</sup>		Area
	Aspect ratio	9.2
	Maximum diameter	69.8
	Minimum diameter	93.7
	Perimeter	124.5
	Roundness	6.9
	R	40.7
	G	55.4
	B	68.0

<sup>1)</sup>Significant difference ( $p=0.001$ ) among 19 species was found in 27 image characteristics.

<sup>2)</sup>Side and front images of a brown rice kernel were obtained using two mirrors.

중에 비해 크게 나타났으며, 그 다음으로는 계화, 탐진, 팔공의 순으로 나타났다. 면적이 제일 작은 현미는 농안이었으며, 그 다음으로는 만금으로 나타났다. 윗면 화상에서 장단축비를 살펴보면 농안과 탐진이 가장 높았고, 일품과 추청은 가장 낮았다. 즉 농안과 탐진은 모양이 길고, 일품과 추청은 동그란 모양을 하고 있었다. 윗면 화상에서 품종별 장축은 5.03 mm에서 5.62 mm 사이에 있었으며, 장축길이가 가장 큰 품종은 오대와 탐진이었으며, 만금이 가장 짧았고, 그 다음은 추청, 진미, 상산, 일품의 순이었다. 윗면 화상에서 단축길이는 19개 품종 중 일품(3.1 mm)과 오대 (3.09 mm)가 가장 크게 나타났으며, 농안(2.70 mm)과 화남(2.86 mm)이 작게 나타났다. 윗면 현미 화상의 둘레길이에서는 면적에서와 같이 오대가 가장 길었으며, 그 다음으로는 탐진, 계화, 팔공, 화중의 순이었다. 가장 짧은 둘레길이를 지닌 현미품종은 만금이었으며, 그 다음으로는 농안, 진미의 순이었다. 윗면 화상의 원형도에서는 농안이 가장 원형에 먼, 타원형 모양을 하고 있었고 그 다음은 탐진, 화남의 순이었다. 19개 품종 중에서 원형에 가장 가까운 시료는 일품과 추청이었다. 측면의 장단축비에서 농안이 가장 높았으며, 탐진, 화남, 화중의 순이었으며, 장단축비가 가장 낮은 품종군에는 동진, 추청, 영남, 일품, 상산, 화중이 있었다. 측면화상의 장축길이에서는 탐진이 가장 길었으며, 그 다음으로는 오대, 팔공, 계화, 화중의 순이었고 장축길이가 가장 짧은 품종

**Table 4. Image characteristics of 19 rice species**

Species	Top						Side	
	Area <sup>1)</sup> (mm <sup>2</sup> )	Aspect ratio <sup>1)</sup>	Maximum diameter <sup>1)</sup> (mm)	Minimum diameter <sup>1)</sup> (mm)	Perimeter <sup>1)</sup> (mm)	Roundness <sup>1,2)</sup>	Aspect ratio <sup>1)</sup> (mm)	Maximum diameter <sup>1)</sup>
Hwajung	13.62 <sup>c</sup>	1.78 <sup>cd</sup>	5.45 <sup>c</sup>	2.99 <sup>de</sup>	14.60 <sup>d</sup>	1.247 <sup>d</sup>	2.38 <sup>c</sup>	5.22 <sup>c</sup>
Nongan	11.89 <sup>f</sup>	1.89 <sup>a</sup>	5.21 <sup>gh</sup>	2.69 <sup>j</sup>	13.80 <sup>f</sup>	1.277 <sup>a</sup>	2.64 <sup>a</sup>	5.01 <sup>f</sup>
Hwanam	12.60 <sup>b</sup>	1.80 <sup>f</sup>	5.27 <sup>ef</sup>	2.85 <sup>i</sup>	14.07 <sup>e</sup>	1.251 <sup>c</sup>	2.42 <sup>b</sup>	5.09 <sup>de</sup>
Sangsan	12.67 <sup>b</sup>	1.69 <sup>g</sup>	5.15 <sup>h</sup>	2.97 <sup>ef</sup>	13.93 <sup>b</sup>	1.220 <sup>f</sup>	2.19 <sup>g</sup>	4.92 <sup>b</sup>
Samback	13.07 <sup>f</sup>	1.77 <sup>de</sup>	5.32 <sup>d</sup>	2.93 <sup>gh</sup>	14.28 <sup>f</sup>	1.244 <sup>d</sup>	2.32 <sup>d</sup>	5.11 <sup>d</sup>
Hwaseung	13.28 <sup>ef</sup>	1.72 <sup>i</sup>	5.29 <sup>de</sup>	3.01 <sup>cd</sup>	14.31 <sup>f</sup>	1.230 <sup>c</sup>	2.28 <sup>ef</sup>	5.09 <sup>de</sup>
Bongkwang	13.53 <sup>cd</sup>	1.71 <sup>i</sup>	5.33 <sup>d</sup>	3.04 <sup>b</sup>	14.44 <sup>c</sup>	1.228 <sup>c</sup>	2.29 <sup>e</sup>	5.13 <sup>d</sup>
Illpum	13.32 <sup>de</sup>	1.64 <sup>i</sup>	5.18 <sup>hi</sup>	3.10 <sup>a</sup>	14.21 <sup>f</sup>	1.209 <sup>g</sup>	2.18 <sup>g</sup>	4.96 <sup>gh</sup>
Chuchung	12.83 <sup>g</sup>	1.66 <sup>h</sup>	5.12 <sup>i</sup>	3.01 <sup>cd</sup>	13.97 <sup>f</sup>	1.212 <sup>g</sup>	2.17 <sup>g</sup>	4.92 <sup>b</sup>
Odae	14.44 <sup>a</sup>	1.78 <sup>cd</sup>	5.62 <sup>b</sup>	3.08 <sup>a</sup>	15.00 <sup>a</sup>	1.242 <sup>d</sup>	2.34 <sup>d</sup>	5.39 <sup>a</sup>
Jinmi	12.56 <sup>b</sup>	1.71 <sup>i</sup>	5.14 <sup>h</sup>	2.93 <sup>gh</sup>	13.92 <sup>b</sup>	1.229 <sup>c</sup>	2.29 <sup>ef</sup>	4.93 <sup>b</sup>
Dongjin	13.33 <sup>de</sup>	1.68 <sup>g</sup>	5.26 <sup>ef</sup>	3.05 <sup>b</sup>	14.29 <sup>f</sup>	1.221 <sup>f</sup>	2.16 <sup>g</sup>	5.04 <sup>ef</sup>
Anjin	13.43 <sup>de</sup>	1.69 <sup>g</sup>	5.27 <sup>ef</sup>	3.06 <sup>b</sup>	14.35 <sup>c</sup>	1.221 <sup>f</sup>	2.26 <sup>f</sup>	5.08 <sup>de</sup>
Ganchuck	13.10 <sup>f</sup>	1.78 <sup>cd</sup>	5.33 <sup>d</sup>	2.93 <sup>gh</sup>	14.31 <sup>f</sup>	1.246 <sup>d</sup>	2.29 <sup>ef</sup>	5.13 <sup>d</sup>
Gaehwa	14.03 <sup>b</sup>	1.76 <sup>c</sup>	5.50 <sup>b</sup>	3.04 <sup>b</sup>	14.79 <sup>c</sup>	1.242 <sup>d</sup>	2.33 <sup>d</sup>	5.29 <sup>b</sup>
Youngnam	13.24 <sup>ef</sup>	1.68 <sup>gh</sup>	5.23 <sup>fg</sup>	3.04 <sup>bc</sup>	14.22 <sup>f</sup>	1.217 <sup>f</sup>	2.18 <sup>g</sup>	5.01 <sup>fg</sup>
Paalgong	13.89 <sup>b</sup>	1.79 <sup>cd</sup>	5.51 <sup>b</sup>	3.01 <sup>cd</sup>	14.72 <sup>c</sup>	1.242 <sup>d</sup>	2.35 <sup>d</sup>	5.31 <sup>b</sup>
Mangum	12.27 <sup>i</sup>	1.69 <sup>g</sup>	5.03 <sup>k</sup>	2.92 <sup>h</sup>	13.72 <sup>d</sup>	1.222 <sup>f</sup>	2.19 <sup>g</sup>	4.82 <sup>j</sup>
Tamjin	13.97 <sup>b</sup>	1.85 <sup>j</sup>	5.61 <sup>a</sup>	2.95 <sup>fg</sup>	14.88 <sup>b</sup>	1.263 <sup>b</sup>	2.43 <sup>b</sup>	5.41 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means with same alphabet within column are not different

<sup>2)</sup>perimeter<sup>2</sup>/4 $\pi$  area

은 만금이었고, 추청, 상산, 진미, 일품, 영남, 농안의 순이었다. 측면화상의 장축길이는 윗면화상의 장축길이와 거의 일치하는 경향을 보여주었다.

**현미의 화상특성을 이용한 품종의 판별**

국내산 현미 19개 품종의 27개 화상특성을 이용한 판별 분석을 실시한 결과, 판별식에 사용된 화상 특성수에 따라 판별율에 차이가 있었다. 화상특성 27개 모두를 이용할 경우 19품종의 판별율은 평균 83.56%이었다. 화성과 동진의 경우 품종 판별율이 각각 45.08%와 58.48%로서 가장 낮았으며, 가장 높은 판별율을 지닌 시료는 농안과 팔공으로서 각각 98.10%와 96.10%의 판별율을 가지고 있었다. 27개 화상특성 중에서 가장 판별에 기여율이 높은 특성은 측면의 장축길이(화상특성 번호 12)였으며 그 다음은 윗면 화상의 청색도

(9), 앞면 면적(19), 측면 청색도(18), 측면 적색도(16), 윗면 적색도(7), 앞면 적색도(25), 앞면 청색도(27)의 순이었다. 화상특성 중에서 판별에 기여율이 낮았던 특성은 앞면 화상의 둘레길이(23)였으며, 그 다음은 측면 화상의 원형도(15), 윗면 둘레길이(5), 앞면 장축길이(21)의 순이었다. 판별식에 24개의 화상특성을 사용하였을 때 평균 판별율은 84.75%로 가장 높게 나타났으며, 본 실험에서는 품종 판별에 가장 기여율이 낮은 3개의 화상특성을 제외하고 남은 24개의 현미 화상특성을 품종 판별식에 사용하였다.

24개의 현미 화상특성을 이용하여 품종의 판별 분석을 하였을 때 판별율과 잘못 판정되어질 품종명과 그의 확률은 Table 5와 같다. 판별율이란 이미 품종을 알고 있는 현미가 정확한 품종으로 판별될 확률이다. 농안은 판별율이 98.10%로 가장 높았으며, 그 다음은

**Table 5. Identification of species using calibration data with 24 image characteristics of brown rice**

Species	Accuracy (%)	Species misidentified into and percentage(%) for misidentification
Hwajung	93.33	Hwanam(0.95), Samback(0.95), Hwaseung(0.95), Dongjin(3.81)
Nongan	99.05	Illpum(0.95)
Hwanam	93.33	Sangsan(0.95), Samback(1.90), Hwaseung(0.95), Illpum(1.90), Dongjin(0.95)
Sangsan	91.43	Hwanam(0.95), Samback(1.90), Hwaseung(0.95), Illpum(1.90), Chuchung(0.95), Dongjin(1.90)
Samback	92.38	Hwanam(0.95), Sangsan(0.95), Hwaseung(0.95), Odae(0.95), Jinmi(0.95), Dongjin(1.90), Tamjin(0.95)
Hwaseung	50.63	Hwajung(0.63), Nongan(0.48), Hwanam(0.79), Sangsan(0.95), Samback(2.22), Bongkwang(14.16), Illpum(3.97), Chuchung(2.38), Odae(4.92), Jinmi(3.81), Dongjin(3.97), Anjung(0.32), Ganchuck(2.38), Gaehwa(0.48), Youngnam(0.16), Mangum(3.81), Tamjin(3.49)
Bongkwang	80.48	Samback(1.43), Hwaseung(2.86), Illpum(1.43), Chuchung(3.81), Odae(3.81), Jinmi(2.83), Dongjin(0.48), Ganchuck(1.43), Mangum(0.95), Tamjin(0.95)
Illpum	77.14	Sangsan(0.95), Samback(0.95), Hwaseung(3.10), Bongkwang(3.10), Chuchung(3.10), Odae(0.95), Jinmi(1.90), Dongjin(3.33), Anjung(0.71), Ganchuck(1.19), Gaehwa(0.24), Paalgong(0.24), Mangum(2.62), Tamjin(0.48)
Chuchung	85.71	Samback(0.63), Hwaseung(1.59), Bongkwang(1.90), Illpum(2.86), Jinmi(1.27), Dongjin(2.54), Youngnam(2.22), Paalgong(0.32), Mangum(0.63), Tamjin(0.32)
Odae	85.40	Hwajung(0.32), Sangsan(0.32), Hwaseung(2.22), Bongkwang(3.81), Illpum(0.63), Chuchung(0.32), Jinmi(0.63), Dongjin(1.59), Ganchuck(1.27), Gaehwa(0.32), Tamjin(3.17)
Jinmi	80.95	Sangsan(0.95), Hwaseung(1.90), Bongkwang(11.43), Illpum(0.95), Chuchung(0.95), Odae(0.95), Dongjin(1.90)
Dongjin	60.57	Hwajung(0.19), Hwanam(0.38), Sangsan(0.76), Samback(0.57), Hwaseung(1.71), Bongkwang(1.14), Illpum(4.00), Chuchung(10.10), Odae(0.95), Jinmi(0.19), Anjung(1.14), Ganchuck(2.86), Gaehwa(3.05), Youngnam(10.10), Paalgong(0.19), Mangum(1.14), Tamjin(0.95)
Anjung	93.33	Illpum(1.90), Chuchung(2.86), Dongjin(0.95), Tamjin(0.95)
Ganchuck	84.76	Hwaseung(0.95), Gaehwa(0.95), Paalgong(6.67), Mangum(4.67), Tamjin(1.90)
Gaehwa	79.52	Dongjin(0.48), Anjung(0.95), Ganchuck(3.33), Youngnam(5.71), Paalgong(6.67), Mangum(1.43), Tamjin(1.90)
Youngnam	89.52	Illpum(0.48), Chuchung(2.38), Dongjin(2.86), Anjung(0.48), Ganchuck(0.48), Gaehwa(1.43), Tamjin(2.38)
Paalgong	98.10	Gaehwa(1.90)
Mangum	90.48	Hwaseung(1.90), Bongkwang(0.95), Illpum(0.95), Ganchuck(0.95), Gaehwa(1.90), Youngnam(1.90), Tamjin(0.95)
Tamjin	84.13	Hwajung(0.32), Hwanam(0.32), Samback(1.59), Hwaseung(1.27), Bongkwang(1.59), Odae(1.90), Jinmi(0.63), Dongjin(1.27), Anjung(0.32), Ganchuck(2.86), Gaehwa(0.95), Youngnam(2.22), Mangum(0.63)

**Table 6. Identification of species using test data with 24 image characteristics of brown rice**

Species	Accuracy (%)	Species misidentified into and percentage(%) for misidentification
Hwajung	95.24	Hwaseung(4.76)
Nongan	100.00	
Hwanam	95.24	Samback(4.76)
Sangsan	90.48	Chuchung(4.76), Dongjin(4.76)
Samback	95.24	Hwanam(4.76)
Hwaseung	47.62	Hwajung(0.79), Nongan(0.79), Sangsan(2.38), Samback(2.38), Bongkwang(14.29), Ilpum(3.97), Chuchung(1.59), Odae(6.35), Jinmi(3.17), Dongjin(3.17), Ganchuck(4.76), Mangum(4.76), Tamjin(3.97)
Bongkwang	76.19	Samback(2.38), Hwaseung(2.38), Chuchung(4.76), Odae(4.76), Jinmi(7.14), Tamjin(2.38)
Ilpum	76.19	Sangsan(1.19), Samback(1.19), Hwaseung(2.38), Bongkwang(4.76), Chuchung(3.57), Jinmi(1.19), Dongjin(5.95), Ganchuck(1.19), Mangum(2.38)
Chuchung	84.13	Hwaseung(1.59), Ilpum(4.76), Jinmi(3.17), Dongjin(3.17), Youngnam(1.59), Mangum(1.59)
Odae	79.37	Hwaseung(3.17), Bongkwang(4.76), Chuchung(1.59), Dongjin(1.59), Ganchuck(3.17), Tamjin(6.35)
Jinmi	90.48	Bongkwang(4.76), Dongjin(4.76)
Dongjin	58.10	Hwanam(0.95), Sangsan(1.90), Hwaseung(2.86), Bongkwang(1.90), Ilpum(3.81), Chuchung(14.29), Anjung(0.95), Ganchuck(0.95), Gaehwa(1.90), Youngnam(10.48), Mangum(0.95), Tamjin(0.95)
Anjung	95.24	Chuchung(4.76)
Ganchuck	76.19	Paalgong(9.52), Mangum(9.52), Tamjin(4.76)
Gaehwa	88.10	Dongjin(2.38), Youngnam(2.38), Paalgong(7.14)
Youngnam	88.10	Chuchung(2.38), Dongjin(4.76), Gaehwa(2.38), Tamjin(2.38)
Paalgong	100.00	
Mangum	85.71	Hwaseung(4.76), Ganchuck(4.76), Youngnam(4.76)
Tamjin	92.06	Samback(1.59), Bongkwang(1.59), Jinmi(1.59), Youngnam(3.17)

로 팔공, 화중, 화남, 안중, 삼백, 상산, 만금으로 각각 98.10%, 93.33%, 93.33%, 92.38%, 91.38%, 91.43%, 90.48%이었다. 가장 낮은 판별율을 나타낸 화성은 50.63%이었는데, 14.16%는 봉광, 4.92%는 오대로 잘못 판별되었다. 우리나라에서 재배 면적이 가장 넓은 동진의 경우 품종 판별율은 60.57%로서, 낮게 나타났으며, 일품, 추청, 간척, 계화, 영남으로 오인될 확률이 4.0%, 10.1%, 2.86%, 3.05%, 10.1%로 나타났다. 일품은 77.14%의 비교적 낮은 판별율을 보였는데, 이 품종은 화성으로 3.10%, 봉광으로 3.10%, 추청으로 3.10%, 동진으로 3.33%, 만금으로 2.62%가 잘못 판별되었다. 진미의 판별율은 80.95%이었고, 나머지중 11.43%는 봉광으로 잘못 판별되었다. 오대의 품종 판별율은 85.40%이었고, 화성과 탐진으로 잘못 판별될 확률은 각각 2.22%와 3.17%로 나타났다. 영남의 판별율은 86.52%로 나타났고, 영남 품종의 선조는 각각 동진/호꾸리꾸와 동진/사이카이 152로 계보적으로 동진과 연관되어 있으며, 동진으로 오판될 확률은 2.86%였다.

위의 판별식을 검증하기 위해, 추가적으로 시료 한 점당 20알로부터 24개 화상특성을 각각 측정하고 위의 판별식으로 품종 판별을 시도하였다. 품종별 판별율과 오판된 시료 및 그의 오류율은 Table 6에 있다. 그 결과 농안과 팔공은 100% 판별 가능하였으며, 화

중, 화남, 삼백, 안중의 품종 판별율은 95.24%로 나타났다. 반면, 화성과 동진은 각각 47.62%, 58.10%의 낮은 판별율을 나타내었다. 화성의 경우 14.29%가 봉광으로, 6.35%가 오대로 잘못 판별되었으며, 동진의 경우 14.29%가 추청으로, 10.48%가 영남으로 잘못 판별되었다. 품종 봉광, 일품, 간척의 경우 판별율은 76.19%였다. 봉광의 7.14%는 진미로 잘못 판별되었으며, 추청과 오대로 각각 오인될 %는 4.76%였다. 일품중 5.76%는 동진으로 잘못 판별되었으며, 4.76%는 봉광으로 오인되었다. 간척의 9.52%는 만금으로 잘못 판별되었으며, 4.76%는 탐진으로 판별되었다. 전체적으로 현미의 화상특성에 근거한 품종 판별함수에 의한 품종 판별율은 품종에 따라 최고 99.05%(농안) 최저 50.63%(화성)로 나타나 품종에 따라 품종판별에 커다란 차이가 있었다. 품종에 따른 판별율의 커다란 차이는, 화상분석에 의한 품종판별은 실용적이지 않음을 보여주고 있다. 좀더 신뢰성있는 품종 판별을 위해서는 화상분석 방법 이외에 품종에 따라 고유하게 지니고 있는 유전자의 분석 등 다른 종류의 판별방법도 동시에 사용되어야 할 것이다.

## 요 약

국산 19품종의 현미(40점)를 대상으로 현미 1알로

부터 3개의 화상(윗면, 측면, 앞면)의 9개 화상특성(면적, 장단축비, 장축길이, 단축길이, 둘레길이, 원형도, 적색도, 녹색도, 청색도), 도합 27개 화상특성을 측정하여 품종 판별을 시도하였다. 판별식의 도출과 검증을 위하여 현미 시료 1점당 각각 105알과 20알이 사용되었다. 현미의 화상특성중 윗면 화상, 측면 화상에서의 면적, 장단축비, 장축길이, 단축길이, 둘레, 원형도, 앞면 화상에서의 면적, 둘레는 품종간 차이가 큰 특성이었다. 27개 화상 특성중 판별에 기여율이 가장 낮은 앞면 화상의 둘레길이, 측면 화상의 원형도, 윗면의 둘레길이를 제외한 24개 화상특성을 사용하였을 때 84.75%로 가장 판별율이 높았다. 품종판별율은 품종 농안의 경우 최고 99.05%, 화성의 경우 최저 50.63%로 품종간 차이가 많았다. 품종 판별식을 검증한 결과 평균 84.93%의 품종 판별율을 보였으며, 농안과 팔공의 경우 최고 100%, 화성의 경우 최저 47.62%의 품종 판별율을 보였다. 이 결과, 단지 화상분석에 의한 품종 판별율은 품종에 따라 커다란 차이가 있어 전체 품종 판별에는 적합하지 않은 것으로 사료되었다. 좀더 신뢰성있는 품종 판별을 위해서는 화상분석 이외에 품종이 지닌 고유의 특성을 분석하는 다른 판별분석법도 병행하여 사용되어야 할 것이다.

## 문 헌

1. Zayas, I., Pomeranz, Y. and Lai, F.S.: Discrimination

- between Arthur and Arkan wheats by image analysis. *Cereal Chem.*, **62**, 478-480 (1985)
2. Zayas, I., Lai, F.S. and Pomeranz, Y.: Discrimination between wheat classes and the varieties by image analysis. *Cereal Chem.*, **63**, 52-56 (1986)
3. Zayas, I., Lai, F.S. and Pomeranz, Y.: Application of pattern recognition techniques in the analysis of cereal grains. *Cereal Chem.*, **63**, 168-172 (1986)
4. Neuman, M., Sapirstein, H., Shwedyk, E. and Bushuk, W.: Discrimination of wheat class and variety by digital image analysis of whole grain samples. *J. Cereal Sci.*, **6**, 125-132 (1987)
5. Sapirstein, H.D., Neuman, M., Wright, E.H., Shwedyk, E. and Bushuk, W.: An instrumental system for cereal grain classification using digital image analysis. *J. Cereal Sci.*, **6**, 3-14 (1987)
6. Pomeranz, Y.: Grain structure and end-use properties. *Food Microstructure*, **1**, 107-124 (1982)
7. Chen, C., Chiang, Y.P. and Pomeranz, Y.: Image analysis and characterization of cereal grains with laser range finder and camera contour extractor. *Cereal Chem.*, **66**, 466-470 (1989)
8. Thomson, W.H. and Pomeranz, Y.: Classification of wheat kernels using three-dimensional image analysis. *Cereal Chem.*, **68**, 357-361 (1991)
9. Kim, S.S., Kim, Y.J., Jo, J.S. and Sung, N.K.: Authentication of rice by three-sided image analysis of kernels using two mirrors. *Cereal Chem.*, **74**, 212-215 (1997)
10. SAS: SAS User's Guide: Statistics. Version 6.03. The SAS Institute, Cary, NC (1988)
11. 전명식: 군집분석을 이용한 표본분류. 제1회 생물통계 연구회 주최 워크숍. 수원 (1993)

(1997년 5월 3일 접수)