

## Image Analyzer를 이용한 수삼등급의 자동판정 II. 수삼의 적변판정

강재용# · 이명구  
한국인삼연초연구원  
(2001년 9월 13일 접수)

### Automatic Decision-Making on the Grade of 6 Year-Old Fresh Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by an Image Analyzer II. Decision of Rusty Root of Ginseng

Je-Yong Kang<sup>#</sup> and Myong-Gu Lee  
Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea  
(Received September 13, 2001)

**Abstract :** This study was undertaken to evaluate the automatic decision-making on the rusty root of fresh ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by an image analyzer. Critical value of rusty root of ginseng by image analyzing was the percentage of grey value 0~148 area (G148) to the total area of grey value 0~255. And the discriminant formula of rusty root of ginseng as follows; rusty root of ginseng =  $6.68 \times G(148) + 3.74$ , normal ginseng =  $2.86 \times G(148) + 9.96$ , and fitness rates of this formula were 89.8%. Also, we developed the automatic rusty root of decision-making program. As the result of this study, the automatic decision-making on the rusty root of fresh ginseng by an image analyzer seems to have high possibility.

**Key words :** rusty root of ginseng, image analyzer, discriminant analysis, automatic decision of rusty root of ginseng

## 서 론

고려인삼은 세계적인 한국의 특산물이며 그 품질은 세계가 인정하고 있다. 최근 고품질의 고급 홍삼에 대한 수요는 대폭 증가하는 추세이나 고품질 원료수삼의 부족으로 이에 대한 대책 수립이 시급한 실정이다. 그러나 홍삼제조용 수삼 수납 시 수삼의 등급판정은 아직까지는 품질검사요원의 관능평가에 의해 결정되고 있는 바, 보다 객관적인 품질평가가 절대적으로 필요한 시점에 있다.

수삼 수납시 등급의 판정은 1~3등 및 등외로 4등급으로 분류되고 있으며, 각 등급은 수삼의 뇌두, 동체, 그리고 각부에 대한 체형, 중량, 표피의 색택, 균열여부 등을 감정하여 결정하고 있다.<sup>1)</sup> 그러나 훈련받은 품질검사요원이라 할지라도 관능검사로 4등급간의 구분 및 판정은 주관적인 판단에 의하

여 검사요원마다 등급판정에 차이가 있을 수 있으며, 특히 적변삼에 대한 판정은 더더욱 등급의 차이가 심할 것으로 사료된다. 한국인삼공사 수삼품질 기준<sup>1)</sup>에 의하면 1~3등 모두 엷은 적변이나 치유된 흔적이 면적의 20% 이하인 것으로 규정하고 있다. 엷은 적변이란 산지에서는 '까치황'으로 불려지는 것으로 홍삼제조 시 홍삼품질에는 영향을 미치지 않는 적변상태를 의미한다. 수삼의 체형, 중량, 색택, 균열여부 등과 함께 빠른 시간 내에 엷은 적변 더구나 전체면적의 20% 이내를 판정하기란 매우 어려운 작업으로 보다 객관적이고 단 시간 내에 등급을 판정할 수 있는 기계적인 판정방법이 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 영상분석기를 이용하여 수삼 적변등급의 판정 가능성을 검토하고자 하였다. 영상분석기는 현재 보편적인 분석장비로 농업, 생물학 분야에 많이 이용되고 있으며,<sup>2)</sup> 화상처리에 의한 청과물의 손상과 검출<sup>3)</sup>등 사과, 배, 오이, 당근 등 농산물의 품질을 자동으로 판정하는 시스템을 개발하여 실용화<sup>4,5)</sup>하고 있다. 따라서 본 연구에서는 수삼등급

#본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로  
(전화) 042-866-5464; (팩스) 042-866-5467  
(E-mail) jykang@gtr.kgtri.re.kr

별 체형과 중량분석<sup>6)</sup>에서 사용한 영상분석기를 이용하여 엷은 적변삼을 포함한 정상삼(normal ginseng)과 적변삼(rusty root of ginseng)을 구분할 수 있는 임계치(critical value)와 판별분석(discriminant analysis)에 의한 판별식을 구하여 수삼의 적변여부를 자동적으로 판정하는 방법을 구명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 영상분석기

영상분석기(Carl Zeiss, VIDAS-25)는 입력장치를 통해 얻은 아날로그 영상을 디지털 영상으로 변환하여 영상의 수치화가 가능한 기기로 주로 현미경과 연결하여 조직 및 세포분석에 이용되고 있다.

본 연구에 사용된 영상분석기(Image Analyzer)는 흑백 Charge Coupled Device(이하 B/W CCD) 카메라에서 입력된 아날로그 영상을 명암의 차이에 의하여 256 수준, 즉 0(흑색)에서 255(백색)의 grey value로 구분하는 디지털 영상으로 변환시키는 장치로 영상의 수치화를 목적으로 이용하였으며, 본 연구에서는 입력장치로 CCD B/W 카메라 (SONY XC-77CE)를 이용하여 512×512화소(pixel)의 해상도로 수삼시료의 아날로그 영상을 획득한 후, 영상분석기의 frame grabber에 의하여 디지털 영상으로 변환시켜 조사하였다.

### 2. 적변삼의 판정

본 연구의 수삼시료는 6년근 46본으로 수삼시료의 적변여부는 한국인삼공사의 전문 감정인에게 의뢰하여 판정하였으며, 특히 홍삼제조 시 홍삼품질에 영향을 미치지 않는 엷은 적변은 정상삼으로 분류하였다. 엷은 적변 판정의 신뢰도를 높이기 위하여 수삼시료를 홍삼으로 제조하여 홍삼

상태에서 다시 감정을 실시하였으며, 수삼 및 홍삼시료의 각각의 판정결과에 따라 각 시료의 적변삼 여부를 판정하였다.

### 3. 임계 적변값 산출 및 적변 자동판정 프로그램 제작

전문 감정인의 관능검사에 의한 적변여부 판정에 따라 정상삼과 적변삼으로 구분하여 영상분석기를 이용한 grey value별 면적을 조사하였으며, 정상삼과 적변삼의 grey value 차이에 대한 회귀분석으로 적변 여부를 판정할 수 있는 임계값을 구하였다. 또한, 판별분석(discriminant analysis, SPSS)에 의한 적변판정 판별식을 이용하여 수삼시료의 적변 자동판정 프로그램을 제작하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 수삼의 적변 임계값

영상분석기를 이용하여 수삼시료를 grey value별로 구분하여 조사하였는 바, 적변삼의 표피는 최소 90 grey value에서 최대 180 grey value로 인식되었으며, 정상삼과 적변삼의 전체면적에 대한 각 grey value별 면적비율은 Table 1과 같다.

Table 1에서와 같이 전문 감정인이 판정한 정상삼과 적변삼의 개체간 차이가 있음을 알 수 있으며, 이러한 차이는 공장에서 만들어진 제품이 아닌 농산물인 것에 기인하는 것으로 많은 개체수의 조사로 오차를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

엷은 적변삼의 경우는 전문 감정인에 의한 관능평가로 정상삼으로 분류되어 조사되었기 때문에 적변삼과 정상삼의 구분점, 즉 임계값을 구함으로써 엷은 적변삼의 여부를 판단할 수 있을 것으로 사료된다. 정상삼과 적변삼의 G(90)에서 G(180)의 면적 차이에 대하여 적변여부를 결정하는 임계값을 구하기 위하여 수삼의 적변여부를 종속변수로 정상수삼과 적

Table 1. Comparison of the percentage of grey value area between normal and rusty root of ginseng by image analyzer

A <sup>a)</sup>	B <sup>b)</sup>	G(90) <sup>c)</sup>	G(100)	G(110)	G(120)	G(130)	G(140)	G(150)	G(160)	G(170)	G(180)
Normal	Mean	0.00	0.01	0.12	0.80	2.36	5.40	11.06	21.10	36.06	53.69
	S.D	0.00	0.03	0.19	0.95	2.19	3.96	6.77	10.97	15.76	16.91
	Max	0.00	0.14	0.86	3.44	7.64	14.67	25.90	41.30	65.85	80.91
	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	2.30	18.65
Rusty root	Mean	0.01	0.08	0.35	2.41	7.29	13.68	22.38	33.42	47.25	62.76
	S.D	0.02	0.21	0.58	2.17	5.18	7.28	8.67	10.01	11.81	11.14
	Max	0.06	0.73	2.24	7.67	15.74	23.70	34.68	49.97	67.34	81.64
	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	1.48	5.68	13.32	24.63	42.17

<sup>a)</sup>A : Ginseng status (Normal; Normal ginseng, Rusty root; rusty root of ginseng).

<sup>b)</sup>B : Descriptive Statistics (S.D; Standard Deviation, Max; Maximum, Min; Minimum).

<sup>c)</sup>G(x) : Percentage of x area (grey value 0-x) to total area (grey value 0-255).

**Table 2.** Comparison of R-squared and F-statistics among the percentage by grey value area

Variables	G(90) <sup>a)</sup>	G(100)	G(110)	G(120)	G(130)	G(140)	G(150)	G(160)	G(170)	G(180)
R-Squared	0.07	0.07	0.06	0.19	0.29	0.35	0.36	0.26	0.15	0.11
F-statistics	3.63	3.41	3.27	10.78	18.50	23.97	24.89	16.09	8.23	5.44
Probability	0.0630	0.0712	0.0773	0.0020	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0063	0.0242

<sup>a)</sup>G(x) : Percentage of x area (grey value 0-x) to total area (grey value 0-255).

변수삼의 전체 면적에 대한 각 grey value별 면적의 비율을 독립변수로 하여 회귀분석을 실시한 결과, 각 독립변수의 결정계수(R-squared) 및 F 통계량(statistics)은 Table 2와 같다.

결정계수는 G(140), G(150)이 각각 0.35, 0.36으로 독립변수 중 높은 값을 나타냈으며, F 통계량에 의하여 5% 이하의 유의성을 나타내는 변수는 G(120), G(130), G(140), G(150), G(160), G(180) 등 6개의 변수로 조사되었다. 특히 G(130), G(140), G(150) 등 3개의 변수는 0.01% 수준의 높은 유의성을 나타내고 있었는 바, 적변여부 임계값의 산출이 가능함을 알 수 있었다.

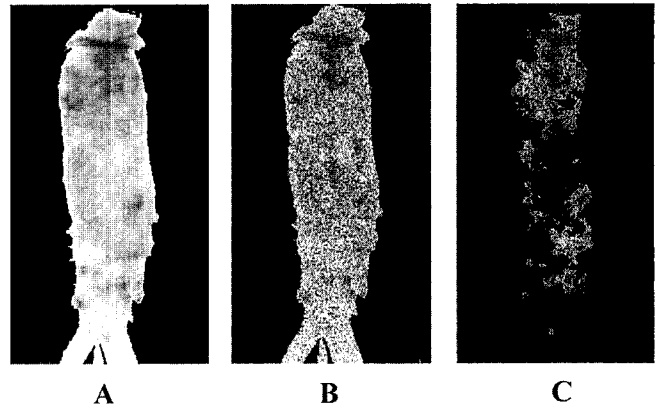
Table 2에서 분석된 독립변수 중 5% 이하의 유의성을 갖는 G(120)~G(180) 등 6개의 변수는 전체 독립변수의 60%에 해당되어 독립변수간의 상관관계가 매우 높음을 알 수 있다. 따라서 독립변수간의 다중공선성(multicollinearity)를 분석하기 위하여 회귀분석의 단계분석(stepwise selection)법을 실시한 결과, G(150)만이 적변판정에 있어 유의한 독립변수로 판정되었는 바, 정상삼과 적변삼을 구별할 수 있는 임계값은 G(150) 근처의 값을 알 수 있다. 이에 따라 보다 정확한 임계값을 구하기 위하여 10단계의 grey values별로 조사된 위의 결과를 토대로 하여 G(140)에서 G(150)사이의 값을 1단계의 grey value별로 나누어 분석한 결과, G(148)이 적변여부 임계값으로 결정되었다(Table 3 참조).

따라서 정상삼과 적변삼을 구분할 수 있는 임계값은 수삼 총면적에 대한 grey value 148까지의 면적비율(G148)로 나타낼 수 있음을 알 수 있다(Fig. 1).

## 2. 수삼의 적변 자동판정

앞에서 산출된 정상삼과 적변삼을 구분할 수 있는 임계값인 G(148)값을 이용하여 다음과 같은 판별식을 구하였다.

$$\text{적변삼의 판별식} : 6.67951 \times G(148) + 3.74122$$



**Fig. 1.** Comparison of input (analog) (A), treated (digital) (B), and area of grey value from 0 to 148 image(C) of 6-year old fresh ginseng by image analyzer.

$$\text{정상삼의 판별식} : 2.85942 \times G(148) + 9.95612$$

따라서, G(148)의 값을 위의 두 식에 각각 대입하여 산출된 값 중 큰 값을 나타내는 것을 선택하여 수삼시료가 적변삼 또는 정상삼으로 자동 판정을 하게되며, 이에 대한 본 수삼시료에 대한 적응율(fitness rate)은 89.8%인 것으로 분석되었다. 앞으로 계속적인 연구로 최소한 95%의 적변삼 적응율을 나타낼 수 있을 것으로 사료된다(Table 4).

**Table 4.** Results of discrimination analysis of normal and rusty root of ginseng

Items	Ginseng		Error rates for Ginseng		
	Rusty root	Normal	Rusty root	Normal	Total
constant	3.74122	9.95612			
G(148) <sup>a)</sup>	6.67951	2.85942	0.1176	0.0857	0.1017

<sup>a)</sup>G(148) : Percentage of area of grey value 0-148 to total area (grey value 0-255).

**Table 3.** Results of stepwise selection analysis among the percentage by grey value area

Step	Variable		Partial R-squared	F-statistics	Probability
	Entered	Removed			
1	G(148) <sup>a)</sup>	others <sup>b)</sup>	0.5278	55.8909	0.0001

<sup>a)</sup>G(148) : Percentage of area of grey value 0-148 to total area (grey value 0-255).

<sup>b)</sup>others : G(140), G(141), G(142), G(143), G(144), G(145), G(146), G(147), G(149), G(150)

```

# SETUP
  clearallo 0
  loadlut "grey"
  setframe "F512"
# LOADING GINSENG IMAGE
  getim "red-25kA",1
# OBJECT DECISION
  write " IF OBJECT DECISION IS FINISHED, HIT THE END KEY ! "
  eraseoutside 1,2,11,255
# IMAGE SEGMENTATION OF THE WHOLE PART
  dis2lev 2,3,0,254,_OFF,_OFF,1
# MEASUREMENT OF THE WHOLE AREA
  InitField TOTALAREA
  identify 3,4,_ON,_OFF
  Measf 4
  a=TOTALAREA
  write " TOTAL AREA = ",a
# IMAGE SEGMENTATION OF THE rusty root of PART
  dis2lev 2,5,0,150,_OFF,_OFF,1
# MEASUREMENT OF THE rusty root of AREA
  InitField TOTALAREA
  identify 5,6,_ON,_OFF
  Measf 6
  b=TOTALAREA
  write " rusty root of AREA = ",b
# PERCENTAGE OF rusty root of TO WHOLE AREA
  c=b/a*100
  write " PERCENTAGE OF rusty root of PARTS = ",c
# DISCRIMINATION ANALYSIS
  red=6.67951*G(148) + 3.74122
  nor=2.85942*G(148) + 9.95612
# IDENTIFICATION OF rusty root of ROOT
  if red>nor
    write " THIS IS RED SKIN GINSENG "
  else
    write " THIS IS NORMAL GINSENG "
  endif
  stop

```

Fig. 2. The automatic decision-making program of rusty root of ginseng

영상분석기를 이용한 수삼의 영상입력 및 분석, 정상삼과 적변삼을 구분하는 임계값, 그리고 판별식에 의한 적변여부의 자동판정 등의 일련의 과정을 영상분석기의 자체 프로그램을 이용하여 수삼의 적변여부를 자동 판정할 수 있는 프로그램인 REDSKIN을 제작하였다(Fig. 2).

본 연구에서 밝혀진 바와 같이 영상분석기를 이용하여 정

상삼과 적변삼을 구별할 수 있는 가능성은 매우 큰 것으로 조사되었다. 그러나 실용화를 위해서는 영상분석기에 입력되는 영상의 획득방법, 즉 입력 각도 설정 및 받침대의 고안 등을 결정해야 하고, 특히 중량, 체형 등의 자동판정 방법과 연계하여 종합적인 수매 수삼등급 판정 시스템을 개발하여야 할 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구는 현재 수삼수매 시 품질검사요원의 관능검사로 판정되고 있는 6년근수삼의 적변판정에 대하여 영상분석기를 이용한 수삼의 적변 자동판정 시스템을 개발하고자 수행하였다. 영상분석기에 의한 수삼 총면적에 대한 grey value별 면적비율을 조사하여 이에 대한 회귀 및 판별분석을 실시한 결과, 정상삼과 적변삼을 구별할 수 있는 임계값은 총 면적에 대한 grey value 148에서의 면적비율(G148)로 분석되었으며, 임계값인 G(148)을 이용하여 다음과 같은 판별식을 구하였다.

적변삼의 판별식 :  $6.67951 \times G(148) + 3.74122$

정상삼의 판별식 :  $2.85942 \times G(148) + 9.95612$

본 판별식의 적중율은 89.8%로 이는 앞으로 계속적인 연구로 적변삼의 판정 적중율을 증가시킬 수 있을 것인 바, 컴퓨터 등 기계에 의한 적변 자동판정의 가능성은 매우 클 것으로 사료된다.

## 인용문헌

1. 한국담배인삼공사 : '2000 수삼수매계획, p. 43 (2000).
2. 大政謙次, 近藤矩郎, 井上頼直 : 植物の計測と診断, 朝倉書店, p. 155 (1988).
3. 이효명 : 농업기계학회지 55, 4 (1993).
4. マキ製作所 : 主要施設納入実績(そ菜類選別施設), p. 33 (1993).
5. マキ製作所 : 主要施設納入実績(落葉果樹選別施設), p. 24 (1993).
6. 강제용, 이명구, 김요태 : 고려인삼학회지 20, 1 (1996).