

## 투과스펙트럼과 인공신경망에 의한 홍삼의 내부품질예측

손재룡 · 강석원 · 이강진 · 김기영  
농업공학연구소 수확후처리공학과

### Transmittance Spectrum with Artificial Neural Network for Evaluating Internal Quality of Korean Red Ginseng

Jae-Ryong Son, Sukwon Kang, Kang-Jin Lee and Giyoung Kim

National Institute of Agricultural Engineering

#### Abstract

This study was conducted to evaluate the internal quality of Korean red ginseng using a VIS/NIR spectral data. Internal qualities of Korean red ginseng were classified into normal, half whit core and white core red ginseng according to different colors of internal tissues. The objective of this study was to evaluate the internal quality of red ginseng by analyzing the transmittance spectrum of the ginseng. To evaluate the internal quality, ANN (Artificial Neural Network) model was developed. In order to save the processing time of data and to increase the quality evaluation performance for including a lot of data point of each spectrum, conducted for the various step size and epochs. The best way to evaluate of internal quality shows the combination of 15 step and 20,000 epochs. The results of performance showed the MSE (Mean Square Error) of  $2.9 \times 10^{-3}$  value and the estimation accuracy of 92.5% for unknown samples.

**Key words:** Korean red ginseng, quality evaluation, artificial neural network, NIR

#### 서 론

고려홍삼의 품질은 세계적으로도 널리 알려진 우리나라 교유의 브랜드로서 널리 알려져 있다. 홍삼의 주요 수출국은 홍콩과 중국으로서 외환위기 이후 미국산 홍삼에 밀려 수출량이 크게 떨어졌다. 그러나 농촌경제연구원에 따르면, 최근 TV 광고나 옥외광고 등을 통해 미국산에 비해 고려홍삼의 우수성과 품질의 차별화 등과 같은 적극적인 홍보로 인해 다시 수출량이 증가추세에 있다.

홍삼의 품질은 크게 외관과 내부품질로 나뉜다. 외관은 색택, 가지 수, 주근의 굵기, 주근과 지근의 길이 비율 등이고, 내부품질은 내부조직의 색상차이에 따라 분류되고 있다.

Lee *et al.*(2001)은 내부품질에 따른 물성특성을

조사하였는데 정상삼의 내부는 홍삼의 고유한 색상인 황갈색이 분포되어 있지만, 내백삼은 흰색 성분이 강하게 띄고 있으며 조직의 밀도에 있어서도 정상삼에 비해 크게 떨어졌다. 그리고 생내백삼은 정상삼과 내백삼의 중간정도의 색상을 띄고 있다고 보고하였다.

Kim *et al.*(2001)은 홍삼의 내부품질에 따라 구성성분의 함량을 조사하기 위하여 정상, 내백 및 생내백 조직을 대상으로 총당, 환원당, 총 페놀성 화합물, 조사포닌, ginsenoside 그리고 아미노산 등과 같은 성분분석을 실시하였으며, 내부품질에 따라 성분에 차이가 나타나는 것으로 보고하였다.

홍삼의 등급은 외관과 내부품을 고려하여 천, 지, 양삼으로 구분되는데 등급에 따라 가격차이가 매우 크게 나타나고 있다. 특히 천삼과 양삼은 3배 이상의 가격 차이가 나므로 객관적이고 명확한 등급의 분류는 필수적이다.

현재 홍삼의 등급판정은 숙련된 전문가에 의해서만 이루어지고 있으며, 기계적으로 판정하는 장치

Corresponding author: Jae-Ryong Son, National Institute of Agricultural Engineering, Suwon 441-100, Republic of Korea.  
Phone: 031-290-892, Fax: 031-290-1930  
E-mail: son1892@rda.go.kr

는 아직까지 개발되지 않도 있다. 홍삼의 품질판정을 위한 기계화 관련 연구로는 외관판정을 위한 영상처리시스템(Kim *et al.* 1997, 1998; Jang *et al.*, 2000)과 MRI나 NMR 장비를 이용하여 내부품질을 비파괴적으로 판정하는 연구를 수행한 바 있다(Kim *et al.*, 2001, 2003; Lee *et al.*, 2001; Lim *et al.*, 2002). 또한, Son *et al.*(2002, 2003)은 x-선 영상에 의한 내공검출기술에 대한 연구를 수행하였다. 그러나 이들의 연구는 시스템의 사양이 너무 고가이기 때문에 이를 바탕으로 실용화하기에는 해결해야 할 부분들이 많이 존재하고 있다.

따라서 이 연구에서는 가시광선 및 근적외선을 홍삼에 투과하여 얻어진 스펙트럼을 분석하여 내부품질을 판정하고자 하였으며, 분석방법으로는 인공신경망을 이용하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

실험에 사용된 시료는 6년 근 홍삼으로서 충남 부여에 소재한 고려인삼창으로부터 구입하였다. 이 연구에서 판정하고자 하는 내부품질은 정상삼과 내백삼이며, 내백삼에는 정상삼으로 진행되는 중간 등급인 생내백삼을 포함시켰다. 사용된 시료 수는 검사 전문가에 의해 내부품질에 따라 구분된 정상삼 38편, 내백삼 112편(생내백삼 77편 포함) 이었다. 정

상삼과 내백삼의 경우는 뚜렷이 구분되기 때문에 두 등급의 중간 단계인 생내백삼의 시료 수를 많이 포함시켜 실험하였다.

Fig. 1은 내부품질에 따라 분류된 정상삼(a, b), 내공삼(c, d), 내백삼(e, f, g, h)으로서 육안으로 확인하기 위하여 절단한 후 단면영상을 나타낸 것이다. 정상삼 중에서 (b)는 갈변이 심한 홍삼으로서 홍삼 제조 후 장기간 보관하거나, 스팀으로 재가열하여 보관할 때 나타나는 현상이다. (c)의 경우는 내부조직은 정상이지만 껍질 부위가 불룩하게 튀어나와서 내부조직과 껍질 사이에 구멍이 발생한 내공삼이다. 이와 같은 내공삼은 잔뿌리와 지근의 일부를 절단하는 다듬기 작업과 외관선별작업 등과 같은 1차선별에서 검사자의 육안으로 쉽게 판별 가능하다. (d)는 내백과 내공이 동시에 존재하는 홍삼으로서 겉모양으로 볼 때는 정상삼과 똑같은 형태를 띄고 있어 외관으로는 판정이 불가능하다. (e)와 (f)는 크게 보면 내백삼이지만 정상삼에 많이 근접한 것으로서 이 연구에서는 생내백삼으로 분류하였다. (g)와 (h)는 내부에 흰색 성분이 뚜렷하게 나타나 있고, 조직의 치밀함도 정상삼에 비해 크게 떨어지는 내백삼을 나타낸 것이다.

### 실험장치

홍삼의 내부품질판정은 Fig. 2와 같이 뇌두로부터 1.5~2.0 cm 부근에 존재하는 내부조직에 따라 판정

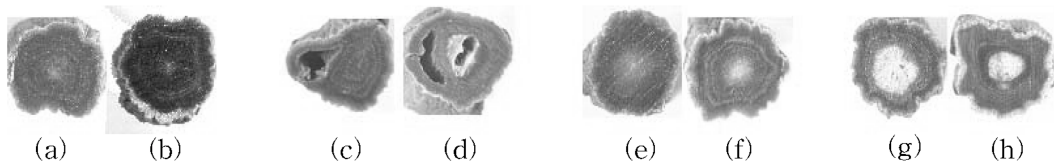


Fig. 1. Cross sections of experimental samples of red ginseng (a, b) normal ginseng (c, d) internal hollowed ginseng (e, f) internal half white core ginseng (g, h) internal white core ginseng.

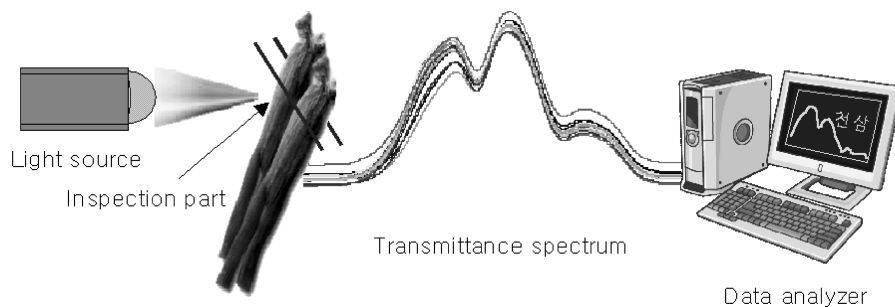


Fig. 2. Inspection area of red ginseng and measurement of transmittance spectrum.

하고 있으며, 여기서도 이 부분에 대한 홍삼의 투과스펙트럼을 획득하여 내부품질을 판정하고자 하였다. 측정 장치로서 광원은 할로겐램프(150W/21V, EKE, Osram co, Germany)를 이용하였고, 램프에서 나오는 빛을 홍삼에 투과하기 위한 다발형 광섬유 프로브와 홍삼에 투과된 빛을 분광광도계(USB2000, Ocean optics co., USA)로 전달하기 위한 광섬유 프로브(single type)로 구성하였으며, 분광광도계는 530~1,180 nm 대역의 스펙트럼을 나타낼 수 있다.

인공신경망 및 프로그램

신경회로망은 비선형적인 입력데이터를 정량적으로 분석하여 품질판정 하는데 유용하며, 특히 홍삼의 투과스펙트럼과 같이 품질에는 차이가 있지만 스펙트럼 형태는 유사할 때 이를 이용하여 등급판정을 하고자 할 때 적합하다. 내부품질을 판정하기 위한 인공신경망 모델은 Fig. 3과 같이 입력층(input layer), 은닉층(hidden layer) 그리고 출력층(output layer)의 3층으로 구성하였으며, 내부품질판정을 위한 인공신경망 프로그램으로서 상용 소프트웨어인 Matlab(The mathworks Inc., ver 6.0)을 이용하여 개발하였다.

프로그램의 구성은 Fig. 4와 같이 우선 데이터 입력부분으로서 학습용 데이터 입력부(input vector)와 학습용 데이터 총 개수만큼 각각에 대해서 품질지수를 부여해서 입력하는 부분 그리고 미지시료의 품질을 예측하고 검증하기 위하여 학습용 데이터의 파일구조와 동일하게 만들어 입력하는 부분으로 구성되어 있다. 또한 신경망 구성을 위한 신경망층 수, 각 층별 유니트 수 및 전달함수를 설정할 수 있도록 하였고, 학습 인자들로서는 학습율(learning rate) 초기값, 학습반복 수, 모멘텀 등의 설정이 가능하며, 실행 명령버튼, 학습 및 검증 결과 표시 그래픽 부분으로

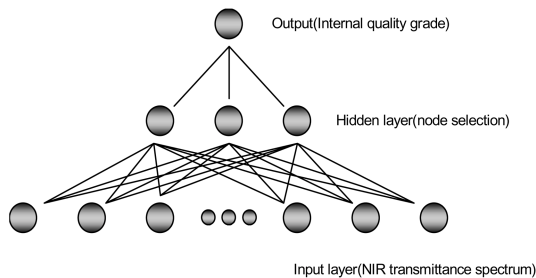


Fig. 3. An architecture of the ANN for the prediction of internal qualities of the red ginseng.

이루어져 있다. 학습을 위해서 일반화 델타규칙이라고 불리는 오류역전파 알고리즘을 채택하였다. 신경망의 학습상태 및 성능을 분석하기 위하여 식 1과 같이 학습시에 목표값과 계산된 출력값과의 차이를 보여주는 SSE(Sum of Squares due to Errors, 잔차 자승합)를 계산하였으며, 식 2에서 정의된 바와 같이 평균오차 MSE(Mean Square Error)가 수렴될 때까지 학습을 수행하였다. 학습을 위해 사용된 전달함수는 logsig인  $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$  을 이용하였다.

$$SSE = \sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^k (x_{ni} - y_{ni}) \tag{1}$$

$$MSE = \frac{1}{mk} \sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^k (x_{ni} - y_{ni}) \tag{2}$$

- 여기서, m = 패턴 수
- k = 출력 유니트 수
- x = 계산된 값
- y = 목표 값

최적 모델 개발을 위한 데이터 수집

인공신경망 모델을 개발하기 위하여 홍삼의 투과 스펙트럼은 550~1,020 nm 파장대역을 이용하였고, Table 1과 같이 신경망의 입력층의 유니트 수는 스펙트럼의 간격별 7수준, 학습의 반복수는 4수준으로 하였으며, 출력층은 1개 이었다. 또한, 은닉층의 2층으로 구성하였으며 각 층의 유니트는 10으로 하여 신경망의 구조를 택하였다. 여기서, 입력층의 유

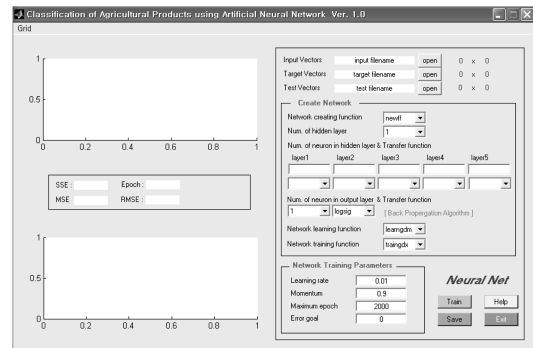


Fig. 4. The neural network program for internal quality evaluation of the red ginseng.



**Table 3. Learning effects of the ANN for the number of epoch of various internal qualities**

No. of epochs		5,000	10,000	20,000	50,000(43,307)
Accuracy	Calibration(%)	100	100	100	100
	MSE	$2.9 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-3}$	$9.1 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10^{-6}$
	Validation(%)	92.5	92.5	92.5	90

**학습 반복수 에 따른 품질판정정도**

하나의 홍삼 시료에 대한 투과스펙트럼의 데이터의 수는 Table 2에서 결정된 15 step으로 고정하고, Table 3과 같이 학습 반복수를 5,000~50,000회 까지 변화시켜 이에 따른 품질판정정도를 조사하였다. 실험결과 모든 조건에 대해서 100%의 학습정확도가 나타났다. 반복수를 50,000회 까지 설정하여 학습을

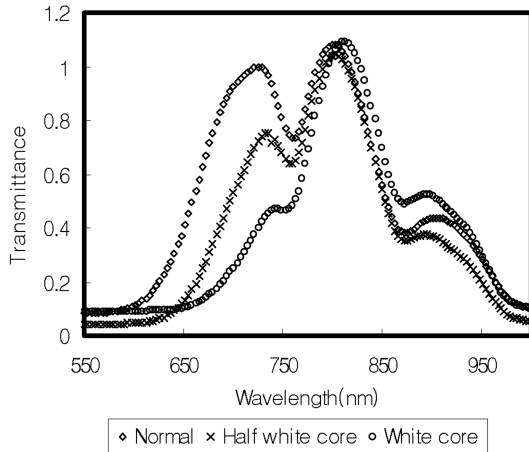
시켰지만 43,307회에서 목표로 하는 학습율과 MSE 값이 도달하여 더 이상의 학습은 이루어지지 않았다. 따라서 반복수를 20,000회로 했을 때 미지시료의 정확도와 MSE 값이 각각 92.5%와  $9.1 \times 10^{-5}$ 로 나타나 가장 적당한 것으로 판단되었다. 또한 Fig. 6은 입력데이터의 수 15 step, 학습 반복수가 20,000회인 상태에서 MSE 값의 변화를 나타낸 것이다.

**요 약**

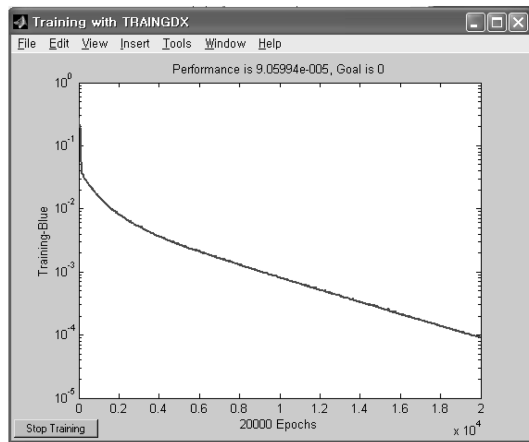
이 연구에서는 가시광선 및 근적외선을 홍삼에 투과하여 얻어진 스펙트럼을 분석하여 내부품질을 판정하고자 하였으며, 분석방법으로는 인공신경망을 이용하였다. 판정성능은 학습정확도, MSE 값 및 미지시료의 판정정확도 등에 의해 검증하였다. 얻어진 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

홍삼의 내부품질을 판정하기 위한 인공신경망 모델은 입력층, 은닉층 그리고 출력층의 3층으로 구성하였으며, 신경망 프로그램은 상용 소프트웨어인 Matlab(The mathworks Inc., ver 6.0)을 이용하여 개발하였다. 신경망 구성을 위한 신경망 층 수, 각 층별 유닛 수 및 전달함수 등은 가변 할 수 있도록 하였고, 학습 인자들로서는 학습율(learning rate) 초기값, 학습반복 수, 모멘텀 등을 임의로 설정하도록 하였다.

홍삼을 투과한 스펙트럼에 대해 최적인 입력데이터의 유닛 수를 결정하기 위하여 1~30 step 까지 5 step 간격으로 데이터를 재구성하여 시험한 결과 15 step으로 했을 때 가장 양호한 결과가 나타났으며, 이 때 학습정확도는 100%이었고, MSE 값은  $2.9 \times 10^{-3}$ , 미지시료에 대한 품질판정 정확도는 92.5%로 나타났다. 또한 입력 데이터수를 15 step로 고정하고 학습 반복수를 5,000~50,000회 까지 변화시켜 시험한 결과 20,000회로 학습했을 때 MSE 값은  $9.1 \times 10^{-5}$ , 미지시료에 대한 품질판정 정확도는 92.5 %로서 가장 양호하게 나타났다.



**Fig. 5. Traditional transmittance spectral responses to the internal qualities.**



**Fig. 6. The change of MSE in train process for internal quality(20,000 epochs, raw data).**

## 문헌

- Jang, Y.H., D.I. Jang, S.H. Bang and Y.I. Lim. 2000. Development of an Algorithm of Image Processing for the Shape Sorting System of Red-Ginseng. Proceedings of the KSAM Winter Conference. pp. 430-435
- Kim, C.S. and J.Y. Lee. 1997. Computer Vision System for Automatic Grading of Ginseng. Proceedings of the KSAM Winter Conference. pp. 401-408
- Kim, C.S., J.H. Lee, S.J. Park and M.H. Kim. 1998. Automatic Grading Algorithm for White Ginseng. Proceedings of the KSAM Winter Conference. pp. 450-457
- Kim, C.S., J.W. Lee and J.H. Do. 2001. Chemical Characteristics of Normal and Inferior Parts in Korean Red Ginseng. *J. Ginseng Res.* 25(2): 89-93
- Kim, S.M. and J.K. Lim. 2003. Analysis of Magnetic Resonance Characteristics and Images of Korean Red Ginseng. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery* 28(3): 253-260
- Kim, S.M., J.K. Lim and C.S. Kim. 2001. Feasibility of Resonance Imaging for Quality and Age Identification of Fresh Ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer). Proceedings of the KSAM Winter Conference. pp. 379-386.
- Lee, J.W., C.S. Kim, S.Y. Chae, J.W. Yang and J.H. Do. 2001. Histological Characteristics of Normal and Inferior Parts in Korean Red Ginseng. *J. Ginseng Res.* 25(2): 82-88
- Lee, S.J., J.G. Lim, S.M. Kim and C.S. Kim. 2001. Nuclear Magnetic Resonance Characteristics of Korean Red Ginsengs. Proceeding of the KSAM Summer Conference. pp. 255-260
- Lim, J.G., C.S. Kim and S.M. Kim. 2002. Magnetic Resonance Imaging of Red Ginsengs. Proceeding of the KSAM Winter Conference. pp. 450-456
- Son, J.R., K.H. Choi, K.J. Lee, D.S. Choi and G. Kim. 2002. X-ray Image Processing for the Korea Red Ginseng Inner Hole Detection(I). *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery* 27(4): 342-348
- Son, J.R., K.H. Choi, K.J. Lee, D.S. Choi and G. Kim. 2002. X-ray Image Processing for the Korea Red Ginseng Inner Hole Detection(II). *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery* 28(1): 45-52
- Son, J.R., K.J. Lee, K.H. Choi, G. Kim, S. Kang, D.S. Choi and I.K. Jang. 2004. Characteristics of Transmittance Spectrum of Korean Red Ginseng Using VIS/NIR. *Journal of Biosystems Engineering* 29(4): 329-334