

## 전자혀를 이용한 수삼의 원산지 판별

동혜민<sup>†</sup> · 문지영<sup>†</sup> · 이성훈\*  
국립농산물품질관리원 시험연구소

### Discrimination of geographical origins of raw ginseng using the electronic tongue

Hyemin Dong<sup>†</sup>, Ji Young Moon<sup>†</sup>, and Seong Hun Lee\*

Experiment Research Institute of National Agricultural Products Quality Management Service

**Abstract** The geographical origins of raw ginseng (RG) were discriminated using an electronic tongue. Taste screening, DFA (discriminant function analysis), and CDA (canonical discriminant analysis) were used to statistically analyze the data. The taste profile patterns of umami, bitterness, and sweetness of the Korean RG was different from those of the Chinese RG. The Korean RG was stronger than the Chinese RG regarding the taste of umami. DFA discriminated the geographical origins of 154 samples, with a few overlapping samples, between the Korean and Chinese RG. CDA showed that the accuracy of origin discrimination for the Korean and Chinese RGs were 87.01 and 94.81%, respectively. The final accuracy of origin discrimination was 90.91%. The distance between the centroids of each group was 2.7463. Thus, the electronic tongue analysis can be used to efficiently differentiate the geographical origins of RG.

**Keywords:** raw ginseng, geographical origin, electronic tongue, taste profile pattern

## 서 론

인삼은 오가피나무과 또는 두릅나무과(Araliaceae)로 분류되는 인삼속 식물이며(1), 이 중 고려인삼인 *Panax ginseng* C. A. Meyer는 예로부터 약리 효능이 뛰어나 생약재로 사용되었다(2). 인삼은 가공형태에 따라 수삼, 백삼, 홍삼 등으로 나뉘는데, 이 중 수삼은 인삼을 밭에서 캐어 말리지 않은 것으로 인삼은 대부분 수삼으로 이용된다(3,4). 최근 국민소득의 증가와 함께 건강에 대한 관심이 고조되면서 국내외 인삼 판매생산 규모 및 소비량이 증가하고 있다(5,6). 우리나라 고려인삼은 세계적으로 그 효능을 인정받아왔으며 주요 수출품목 중 하나이다(7). 그런데 최근 중국에서 재배되고 있는 같은 품종의 중국인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)이 국내산 고려인삼에 비해 상당히 낮은 가격으로 판매되므로 부정유통 가능성이 크며, 문제 발생 시 국산 인삼 재배 농가와 가공업체 및 소비자의 피해가 우려된다(8). 값싼 중국인삼은 품질의 편차가 클 뿐만 아니라 고농도의 잔류농약 등 안전성의 문제까지 가지고 있어, 중국인삼과 국내산 고려인삼을 구별해내는 판별법의 개발이 필요하다.

외국에서는 주로 고려인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer), 미국삼(*P. quinquefolius* L.), 진칠삼(*P. notoginseng* Chen) 등의 중간구분을 위한 연구가 진행되었으며, 유전적으로 동일한 품종인 *Panax ginseng* C. A. Meyer의 국내산과 중국산 간의 판별을 위한 연구는 아직 미흡한 실정이다(8). Song 등(9)은 UPLC-QTOF/MS (ultra performance liquid chromatography quadruple time of flight mass spectrometry) 분석 및 OPLS-DA (orthogonal partial least squares discriminant analysis) 모델링을 이용하여 국내산과 중국산 백삼(*Panax ginseng* Meyer)간 차별성을 갖는 진세노사이드 마커를 찾아내어 원산지를 판별하였다. Lee 등(10)은 RRLC-QTOF/MS (rapid resolution liquid chromatography-quadruple time of flight mass spectrometry)로 사포닌과 진세노사이드를 정량 분석하여 PCA (principal component analysis) 통계 분석함으로써, 국내산 고려인삼의 재배지 및 재배 년 수를 판별한 바 있다. Song 등(9)과 Lee 등(10)의 각종 질량분석기를 이용한 질량분석법은 진세노사이드를 정량 분석 한 뒤 통계 분석 모델링을 이용하여 원산지를 판별하였기 때문에, 특정 지표 물질을 통해 판별 결과를 얻는다는 장점은 있지만 전처리 과정이 복잡하고 시간이 오래 걸린다는 한계점을 가지고 있다. Moon(8)은 FT-NIRs (fourier transform near infrared spectrometer), XRF (x-ray fluorescens spectrometer), 전자코(electronic nose) 등의 기기를 이용하여, 특정 성분보다는 전체적인 성분들을 활용한 패턴 분석에 의한 예측 모델링을 통해 국내산·중국산 수삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 판별법을 개발한 사례가 있다. 패턴분석법은 시료의 전처리가 간편하면서 신속한 원산지 판별 결과를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다.

전자혀(electronic tongue)는 시료의 맛을 나타내는 성분과 센서 간의 감응도를 측정하여 시료의 맛을 패턴화시키는 기기이다. 전

<sup>†</sup>These authors contributed equally to this work.

\*Corresponding author: Seong Hun Lee, Experiment Research Institute of National Agricultural Products Quality Management Service, Gimcheon, Gyeongbuk 39660, Korea  
Tel: +82-54-429-7860  
Fax: +82-54-429-7879  
E-mail: starlee65@korea.kr  
Received February 9, 2017; revised May 29, 2017;  
accepted May 31, 2017

자혀는 센서어레이와 패턴인식시스템으로 이루어져 있으며, 센서로부터 받은 복잡한 신호를 수치로 변환하여 제품의 특징을 나타내게 된다. 센서어레이는 맛을 대표하는 5개의 센서와 2개의 보정 표준센서, 1개의 표준전극(reference electrode)로 구성되어 있다. 사람의 미각과 마찬가지로 센서 SRS는 신맛, STS는 짠맛, UMS는 감칠맛, BRS는 쓴맛, SWS는 단맛을 주로 감지하며, GPS와 SPS 센서는 맛 센서의 값을 보정하는 표준센서이다(11). 전자혀 분석법은 비파괴적인 패턴분석법으로 전처리 방법이 없거나 간단하여 신속하게 분석할 수 있다는 장점을 지닌다. Lee 등(12)은 전자혀로 백삼의 추출 단계에 따른 맛 특성 차이에 따른 패턴을 분석한 바 있다. 전자혀를 이용한 관별연구로는, 인삼을 taste-sensing system을 이용하여 맛패턴을 분석하고 PCA 및 DFA (discriminant function analysis) 통계처리하여 연구에 따라 구분된 결과를 들 수 있다(13). 또한, Xiao와 Wang(14)은 서호룽정차의 등급을 관별했으며, Alisa 등(15)은 다양한 제조원에서 제조된 오렌지주스 및 사과주스를 관별한 바 있다. 원산지에 따라서 농산물을 구성하는 유기 및 무기 성분이 다르므로 맛을 이루고 있는 성분도 달라질 수 있는데, Legin 등(16)은 같은 품종의 포도를 가지고 만든 와인이 포도의 재배지역에 따라 구분됨을 전자혀 분석적으로써 입증하였다. 또한, 시판 사과식초의 원산지 관별(17), 코코아콩(18)과 홍차(19)의 재배지를 관별한 선행 연구가 진행되었다. 하지만, 수삼에 대해서는 전자혀를 이용한 원산지 관별 연구가 진행된 바가 없는 실정으로 이에 대한 연구가 필요하다. 전자혀를 이용하여 연구, 등급, 재배지, 원산지를 관별했던 선행 연구와 수삼의 맛패턴을 분석한 선행 연구 결과를 토대로, 전자혀를 이용한 수삼의 원산지 관별 역시 가능할 것으로 예측되는 바이다. 따라서 본 연구에서는 전자혀를 이용한 맛 패턴 차이 분석과 통계 분석을 이용하여 신속하고 간편한 수삼의 원산지 관별법을 개발하고자 하였으며, 추후에 기존의 수삼 원산지 관별법과 비교 분석 함으로써 보다 높은 관별정확도를 구축할 수 있을 것이라고 사료되었다.

## 재료 및 방법

### 시료 및 전처리

사용한 수삼은 국립농산물품질관리원이 국내 및 중국 현지 재배 농가와 북방농업연구소로부터 수집한 국내산 수삼 77점, 중국산 수삼 77점이다. 수삼은  $-20^{\circ}\text{C}$  냉동고(SF-53U, Korea freezer, Cheonan, Korea)에서 12시간 냉동한 뒤, 72시간 동안 동결건조기(LP20, Ilshin, Dongducheon, Korea)를 이용하여 건조하였다. Cyclone lab sample mill (3010-019, UDY Corporation, Fort Collins, CO, USA)을 이용하여 20 메시(mesh) 이상으로 분말화시킨 뒤, 1차 증류수로 70배 희석하여 혼합액으로 만들었다. 이후 Whatman no. 4 여과지를 사용하여 여과시킨 여액을 분석용 시료로 사용하였다. 전자혀의 컨디셔닝과 보정에 필요한 보정 시

약(1 mol/L HCl) 및 다이어그노스틱에 필요한 0.1 mol/L HCl, 0.1 mol/L NaCl, 0.1 mol/L MSG (monosodium L-glutamate)는 Chem-Lab NV (Zedelgem, Belgium)에서 구입하였고, 0.01 mol/L 농도로 희석하여 사용하였다.

### 전자혀 분석

Alpha MOS사의 전자혀 시스템(Astree, Alpha MOS, Toulouse, France)을 사용하였으며, 전처리를 거친 시료 25 mL를 vial에 담아 autosampler를 이용하여 분석했다. Sensor array는 SRS (803-0135, Alpha MOS), STS (803-0145), UMS (803-0150), SWS (803-0160), BRS (803-0165)로 맛을 감지하는 5개의 센서와 GPS (803-0140), SPS (803-0155)의 2개의 보정 표준센서로 구성된 모듈 set #5 (803-0130, Alpha MOS)와 1개의 reference electrode (Ag/AgCl)를 장착하여 분석하였다(Table 1). SRS는 신맛, STS는 짠맛, UMS는 감칠맛, SWS는 단맛, BRS는 쓴맛을 주로 감지하여 분석한다. 모든 시료의 측정은 120초 동안 실시하였고, 단일 시료의 분석 후 센서 행굼 과정을 통해 시료 간 오염을 방지하였다.

### 통계 처리

통계 처리에는 Alpha MOS사에서 제공된 소프트웨어 Alpha soft (Alpha MOS)를 사용하였고 DFA와 taste screening을 진행하였다. Taste screening은 모든 데이터의 평균값( $m$ )과 표준편차( $\sigma$ )를 산출하고, 각 시료 별 센서 값의 평균값( $X$ )를 토대로  $X'=(X-m)/\sigma$ 를 산출함으로써(20) 0-15의 범위를 갖는 상대적인 맛 스코어( $X'$ )로 변환한 것이다. 시료 측정은 5회 반복하여 실시하였고, 단일 시료의 분석 후에는 센서 행굼 과정을 거쳤다. 또한 7종 센서와 해당 물질의 센서 감응도 값(raw data)을 UNISTAT (Ver 5.6., Unistat Ltd., London, UK)를 이용하여 CDA (canonical discriminant analysis) 통계 처리하고 관별정확도를 구하였다.

## 결과 및 고찰

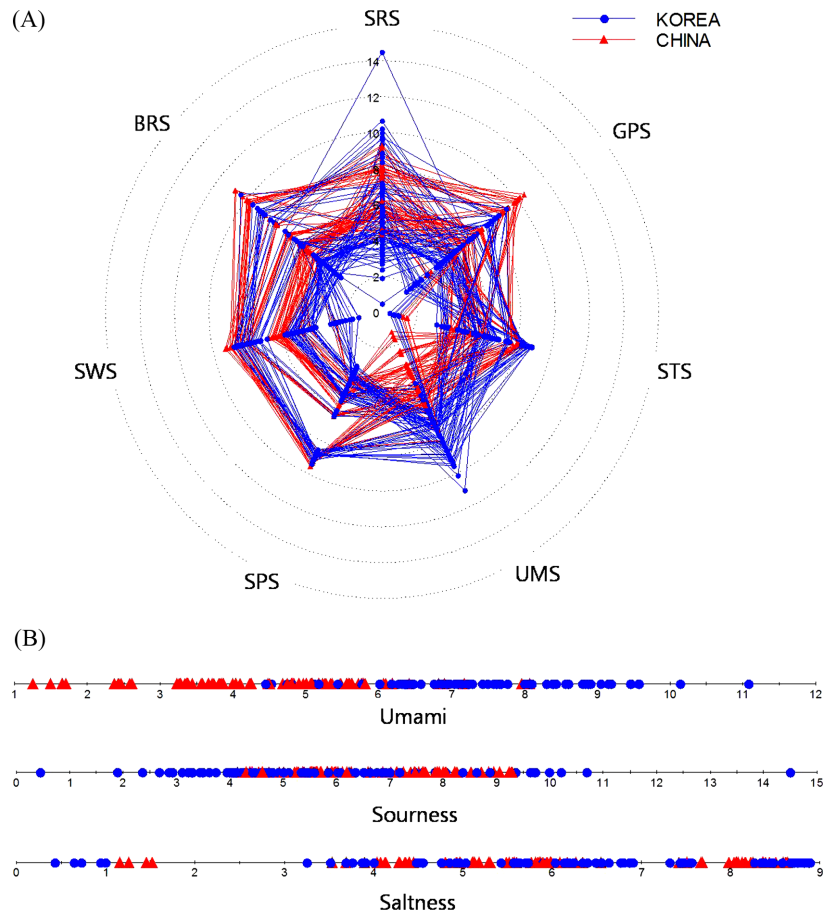
### 국내산 수삼과 중국산 수삼의 맛 패턴 차이 분석

국내산 수삼과 중국산 수삼 간 맛의 차이를 알아보기 위해, 각각의 7종 센서와 해당 물질의 센서 감응도 값(raw data)을 분석한 뒤 Alpha soft를 이용하여 taste screening하여 맛 스코어를 갖는 레이더로 나타내었다. Fig. 1A는 154점의 수삼 시료 각각의 taste screening 결과이다. UMS에 해당되는 맛은 감칠맛이며 원산지에 따라 차이가 있는 것을 볼 수 있었는데, 특히 국내산 수삼이 중국산 수삼에 비해 상대적으로 감칠맛이 강한 것으로 나타났다. 그러나 감칠맛 이외의 다른 맛들에서는 원산지에 따라 구별되는 것을 보기 어려웠다.

Fig. 1B는 154점 수삼의 감칠맛, 신맛, 짠맛의 강도를 1부터 15까지의 척도로 나타낸 결과이다. 감칠맛은 국내산 수삼이 약 4.5

Table 1. Measurement tastes of each sensor of sensor array

Sensor	Measurement taste	Representative measurement taste
SRS	Sourness, Astringency, Bitterness	Sourness
STS	Saltiness, Spiciness, Metallic	Saltiness
UMS	Umami (Deliciousness), Saltiness, Astringency	Umami (Deliciousness)
SWS	Sweetness, Sourness	Sweetness
BRS	Bitterness, Astringency	Bitterness
SPS	Sensor for standard	-
GPS	Sensor for standard	-

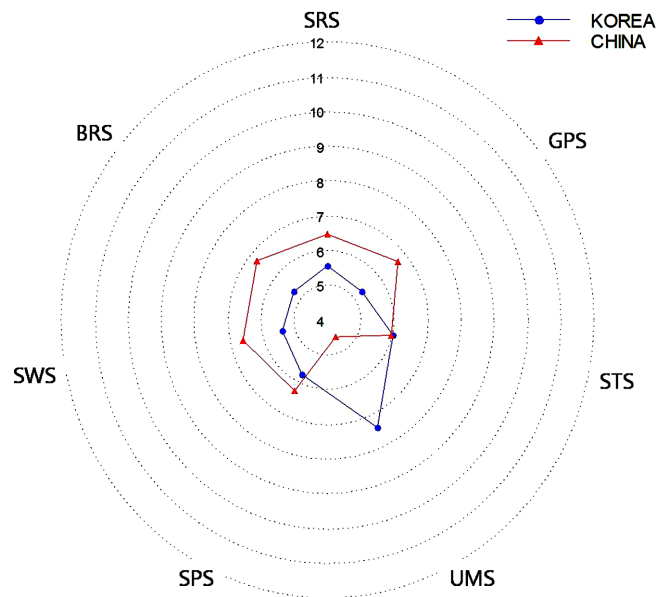


**Fig. 1. A: Taste profile patterns of Korean raw ginseng and Chinese raw ginseng, B: Intensity scale in umami, sourness, saltiness taste of Korean raw ginseng and group of Chinese raw ginseng.** SRS: Sourness, STS: Saltiness, UMS: Umami (Deliciousness), SWS: Sweetness, BRS: Bitterness, GPS, SPS: Sensor for standard.

에서 11 수준까지, 중국산 수삼이 약 1에서 8 수준까지 분포되었고, 국내산 수삼이 중국산 수삼에 비해 감칠맛 강도가 높았다. 일정부분 겹치는 구간이 발생되기는 하지만, 대체적으로 원산지에 따라 구별되는 것을 볼 수 있다. 신맛과 짠맛은 국내산 수삼과 중국산 수삼이 전반적으로 고르게 나타나며, 원산지에 따른 구별은 되지 않는 것으로 나타났다.

Fig. 2는 154점의 수삼 시료를 국내산 수삼 그룹과 중국산 수삼 그룹으로 나누어 taste screening한 결과이다. UMS에 해당되는 감칠맛에서 가장 큰 차이가 나타났으며, 국내산 수삼 그룹이 중국산 수삼 그룹에 비해 강한 감칠맛을 가지는 것으로 나타났다. 그 다음으로는 BRS와 GPS, SWS에서도 상대적으로 차이가 나타났으며, 중국산 수삼 그룹이 국내산 수삼 그룹에 비해 상대적으로 강한 쓴맛과 단맛을 가지는 것으로 나타났다.

Ko 등(21)에 의하면 국내산 홍삼과 중국산 홍삼 간 총 당 함량과 람노오스, 과당, 포도당, 설탕, 엿당 등의 유리당 함량에서 차이를 나타내었는데, 과당을 제외한 모든 성분의 함량이 중국산 홍삼에서 더 큰 수치를 나타내었다. Fig. 2에서 중국산 수삼 그룹이 국내산 수삼 그룹에 비해 상대적으로 높은 단맛 강도를 나타낸 것과 비슷한 결과이다. 전자혀 분석 시에 각각의 센서들은 특정한 맛을 결정짓는 유기물과 무기물을 측정하여 그 수치값을 통계처리를 위한 데이터로 활용하게 된다. 단맛은 당(sugar), 감칠맛은 글루탐산 나트륨(monosodium glutamate, disodium glutamate),



**Fig. 2. Taste profile patterns between group of Korean raw ginseng and group of Chinese raw ginseng.** SRS: Sourness, STS: Saltiness, UMS: Umami (Deliciousness), SWS: Sweetness, BRS: Bitterness, GPS, SPS: Sensor for standard.

짠맛은 염화나트륨(NaCl), 쓴맛은 퀴닌(quinine), 탄닌(tanin), 염화마그네슘(MgCl) 등에 의해 측정되는 전위차 값을 각각의 맛으로 인식하게 된다. 신맛은 염산(HCl), 아세트산(acetic acid), 시트르산(citric acid) 등에서 유래하는 수소이온의 전위차 값으로 측정된다. 따라서, 중국산 수삼이 국내산 수삼에 비해 상대적으로 많은 총 당 함량과 유리당 함량을 가지고 있기 때문에, taste screening 결과 단맛의 강도가 더 크게 나타나는 것으로 사료되었다. 또한, Ko 등(21)에 의하면 국내산 홍삼과 중국산 홍삼의 글루탐산 함량이 다르게 나타난 바 있다. 전자혀가 감지하는 감칠맛은 글루탐산 나트륨으로, 글루탐산은 글루탐산 나트륨에 기인한다. 본 연구에서 국내산과 중국산 수삼 간 감칠맛 강도의 차이가 크게 나타났는데, 글루탐산 함량 간 차이가 나타난 선행 연구와 연관이 있을 것이라고 생각되었다. 인삼을 taste-sensing system을 이용하여 맛패턴을 분석했던 선행 연구에 따르면, 인삼의 년수가 증가함에 따라 감칠맛( $R^2=0.943$ )과 짠맛( $R^2=0.974$ )은 감소하고 신맛( $R^2=0.941$ )은 증가한 바 있다(13). 같은 재배지에서 자란 인삼이 재배 년 수에 따라서 감칠맛의 강도가 달라졌는데, 원산지가 달라지면 재배 토양, 기후 등의 여러 가지 재배 조건이 달라지므로, 원산지에 따라서도 감칠맛 강도에 차이가 나타날 수 있을 것이라고 사료되었다.

**DFA와 CDA 통계 분석을 통한 수삼의 원산지 판별**

국내산 수삼 그룹과 중국산 수삼 그룹 간 원산지 판별 가능성을 알아보기 위해, 센서 감응도 값(raw data)을 분석한 뒤 Alpha soft를 이용하여 DFA 통계 처리하였다(Fig. 3). DFA plot상의 DF1 (discriminant function first score)이 100%로 나타났고, 이는 DF1에 의해서만 그룹 간의 차이가 나타나는 것을 의미한다. 수평 방향인 DF1에서 국내산 수삼 그룹과 중국산 수삼 그룹이 구별되는 것을 볼 수 있었다. 즉, 국내산 수삼 그룹과 중국산 수삼 그룹 간에 맛의 차이가 나타났으며, 전자혀 분석을 이용한 수삼의 원산지 판별이 가능함을 보여주었다.

DFA plot 상에서 나타난 두 그룹의 차이가, 어떤 센서 값에 가장 많은 영향을 받는지 알아보기 위해 discriminant power 값을 확인해보았다(Table 2). 그 결과, UMS 센서가 0.522으로 두 그룹 간의 가장 큰 차별성을 부여하는 것으로 나타났다. UMS 센서의

**Table 2. Discriminant power values of discrimination power of each sensor**

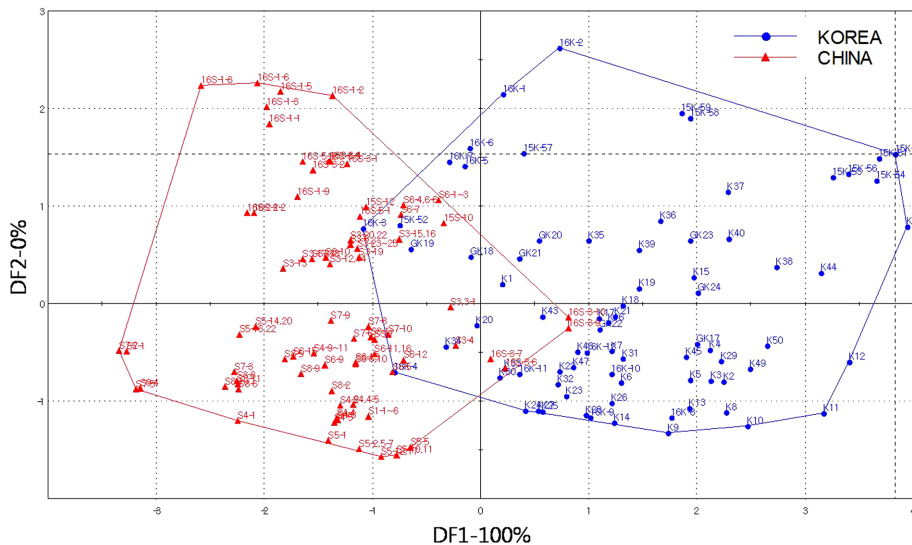
Sensor	Value
SRS	0.052
GPS	0.120
STS	0.000
UMS	0.522
SPS	0.017
SWS	0.092
BRS	0.124

대표 측정 맛은 감칠맛이므로, 국내산 수삼 그룹과 중국산 수삼 그룹은 감칠맛에서 가장 큰 차이가 난다는 것을 알 수 있다. 이는 국내산 수삼 그룹과 중국산 수삼 그룹 간에 감칠맛이 가장 큰 차이를 나타냈던 맛 스코어 레이더(Fig. 2) 결과와 일치한다.

또한, CDA를 이용하여 판별정확도를 구하고자 하였다. 센서 감응도 값(raw data)을 UNISTAT를 이용하여 CDA 통계 처리하였으며, 결과는 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

국내산 수삼과 중국산 수삼의 판별값들을 Table 3에 나타내었다. Discriminant function은 그룹이 잘 구분될 수 있는 각 그룹의 최대-최소 범위를 나타낸다. 국내산 수삼은 -3.9358에서 -0.1893의 범위를 가지며, 중국산 수삼은 0.2108에서 3.3103의 범위를 가지는 것으로 나타났다. Discriminant score는 각 그룹 discriminant function의 중심 값을 의미한다. 국내산 수삼의 score는 -1.3732이었고, 중국산 수삼의 score는 1.3732이었다. Distance between centroids 값은 두 그룹의 중심값 간 거리를 의미하는데, 보통 이 값이 2이상이면 두 그룹으로 구분이 가능하며 그 값이 클수록 판별구분이 잘 된 것으로 판단한다. 두 수삼 그룹의 distance between centroids 값은 2.7463으로 나타났으며, 비교적 판별이 잘 되는 것으로 생각되고, 결정계수(correlation)는 0.8102로 나타났다.

본 판별 기준식을 이용하여 154점 수삼의 판별 정확도를 도출하였다(Table 4). 그 결과, 국내산 수삼 77점에서 67점이 국내산으로, 나머지 10점은 중국산으로 판별되어 87.01%의 판별정확도를 보여주었다. 중국산 수삼은 77점 중 73점이 중국산으로 판별



**Fig. 3. Discriminant function analysis of the obtained data by the electronic tongue for Korean raw ginseng group and Chinese raw ginseng group.**

**Table 3. Canonical discriminant values of the obtained data by canonical discriminant analysis for Korean raw ginseng and Chinese raw ginseng**

Parameter	Value
Correlation	0.8102
Canonical discriminant functions	Korea -3.9358 ~ -0.1893
	China 0.2108 ~ 3.3103
Canonical discriminant scores	Korea -1.3732
	China 1.3732
Distance between centroids	2.7463

되었고, 나머지 4점은 국내산으로 판별되어 94.81%의 판별정확도를 보여주었다. 따라서 전자혀 분석을 이용한 수삼 154점의 최종 판별정확도는 90.91%로 나타났다.

전자혀를 이용하여 인삼류를 판별했던 연구로는, 인삼의 전자혀 분석 데이터를 PCA와 DFA 통계 분석한 결과 연구에 따라 구분이 되었던 결과를 들 수 있다(13). 또한, 전자혀 분석과 통계 기법을 사용하여 원산지나 재배지를 판별한 연구도 이전에 수행된 바 있다. 전자혀 분석 데이터를 LDA (linear discriminant analysis)와 SVM (support vector machines) 통계 분석한 결과, 멕시코 커피가 재배지에 따라 LDA에서 총 판별 정확도 87.5±7.79%로 SVM에서 총 판별 정확도 97.5±3.22%로 판별되었다(22). 중국 녹차인 통정차를 전자혀 7가지 센서를 이용하여 분석하고 PLS-DA 모델링 한 결과, 예측 민감도/특이도가 시후(xihu)산: 1.000/1.000, 첸탕강(qiantang)산: 1.000/0.967, 그리고 웨저우(yuezhou)산: 0.950/1.000로 나타났다(23). 조 등(17)에 따르면 전자혀를 이용한 천연 발효 사과식초의 패턴 비교 결과, PCA분석 상 PC1과 PC2를 기준으로 원산지에 따라 뚜렷한 맛패턴의 분리를 나타내었다. He 등(19)은 홍차와 녹차를 전자혀 분석하고 PCA 분석한 결과, PCA plot의 PC1과 PC2를 기준으로 재배지와 등급에 따라 판별되어짐을 발표했다. 스리랑카 홍차 5가지를 전자혀 맛패턴 분석하고 LDA 통계 분석한 결과 재배지에 따른 구분이 가능하였다(24). 이와 같이 전자혀와 통계 분석을 이용하여 원산지나 재배지 등을 판별한 선행연구들은, 본 수삼의 원산지 판별 연구의 정확성과 가능성을 뒷받침해 줄 수 있다. 또한, 전자혀를 이용한 패턴분석법이 원산지를 판별하는 데 적합한 분석 방법이라는 것을 증명할 수 있다.

전자혀를 제외하고, 다른 기기를 이용한 패턴분석법을 이용하여 수삼의 원산지를 판별한 연구로는 Moon(8)이 수행한 FT-NIRs, XRF, 전자코 분석을 예로 들 수 있다. FT-NIRs를 이용하여 국산 수삼 30점과 중국산 수삼 20점의 흡광 스펙트럼을 분석하고, 9,147-7994.9, 7506.1-7394.4, 5739.6-5383.4, 4985.4-4789.9 cm<sup>-1</sup> 범위의 특정 영역대의 분자결합 관능기를 독립 변수로 설정하여 작성한 PLS 모델과 판별 검량식, CDA 통계 분석을 통해 국내산 수삼 판별정확도 100%, 중국산 수삼 판별정확도 100%로 최종 판별 정확도 100%를 얻은 바 있다. 또한, XRF를 이용하여 P, S,

K, Cl 등의 무기원소 13종을 분석하고 CDA 통계 분석한 결과, 국내산 96.7%, 중국산 95%로 최종 판별 정확도 96%를 얻었다고 발표했다. 전자코를 이용한 수삼의 원산지 판별을 위해, 휘발성 화합물 패턴 및 통계 분석을 위해 질량이온 39개를 독립변수로 선택하고 DFA와 CDA 통계 분석을 한 결과 국내산 96%, 중국산 100%로 최종 98%의 판별 정확도를 얻었다.

본 연구에서는 전자혀 맛패턴 분석과 DFA, CDA 통계 분석을 이용하여 최종 90.91%의 판별 정확도를 얻을 수 있었지만, 이는 100%의 FT-NIRs, 96%의 XRF, 그리고 98%의 전자코 보다는 낮은 판별 정확도이다. 이 이유는 변수의 개수에서 기인한다고 사료된다. FT-NIRs는 넓은 영역대에 해당되는 스펙트럼, XRF는 13종의 무기원소, 전자코는 39종의 질량이온을 변수로 이용하는데 비해, 전자혀 통계 분석에서 이용된 변수는 센서 7개로 적은 변수를 사용한다는 한계점을 가지고 있기 때문이다. 하지만 7개의 적은 변수를 가짐에도 불구하고 90%가 넘는 판별 정확도를 가지는 것은 큰 의의가 있는 연구라고 생각된다. Haddi 등(25)은 전자혀 맛패턴 분석과 PCA 통계 분석을 이용하여 모로코 내에서 생산된 5종의 버진올리브유(VOOs)의 재배지를 판별한 바 있는데, 전자혀 단일 분석 시에는 PCA plot 상에서 재배지 간 약간 겹침이 발생했던 전자혀 분석의 한계점을, 전자혀와 전자코 교차 분석으로써 극복하고 재배지를 확실하게 구분한 바 있다. 이처럼, 본 연구 결과를 타 기기 분석 결과와 함께 비교 통계 분석함으로써 더 높은 판별 정확도를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구 결과, 원산지 판별이 어려운 시판 수삼을 간단한 전자처리 과정을 통해 전자혀를 사용하여 맛성분의 상대적인 차이를 확인한 후 이를 기반으로 taste screening, DFA와 CDA 통계 분석을 실시하여 신속하고 정확하게 수삼의 원산지를 1차 스크리닝 할 수 있었다. 본 연구 결과를 통해 전자혀를 이용한 맛패턴 분석 기술이 수삼의 원산지 판별에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 타 장비와 비교 통계 분석함으로써 전자혀를 이용한 원산지 판별의 정확도를 보다 높일 수 있을 것이라고 판단된다.

## 요 약

전자혀 분석을 통해 국내산과 중국산 수삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 신속하고 정확한 판별법을 개발하고자 하였다. 전자혀를 이용하여 센서 감응도 값(raw data)을 분석한 뒤 taste screening하여 맛 스코어로 나타낸 결과, 국내산 수삼과 중국산 수삼은 감칠맛(UMS)에서 가장 큰 차이를 나타냈고 쓴맛(BRS)과 단맛(SWS)도 상대적으로 차이를 나타냈다. 국내산 수삼이 중국산 수삼에 비해 상대적으로 강한 감칠맛을 나타냈고, 쓴맛과 단맛은 그 반대로 나타났다. 판별함수분석 결과, DF1 (discriminant function first score) 상으로 국내산 수삼 그룹과 중국산 수삼 그룹이 구별되는 것을 볼 수 있었다. Discriminant power 값은 UMS 센서가 0.522으로 두 그룹에 가장 큰 차별성을 부여했다. CDA (canonical discriminant analysis) 분석 결과 두 수삼 그룹의 distance between centroids값은 2.7463으로 판별이 잘 된 것을 볼 수

**Table 4. Classification of the obtained data by canonical discriminant analysis for Korean raw ginseng and Chinese raw ginseng**

Classification	No. of samples			Correctly classified (%)
	Total	Korean	Chinese	
Total	154	77	77	90.91
Discriminant result	Korean	71	10	87.01
	Chinese	83	73	94.81

있었다. 또한, 국내산 수삼 77점에서 67점이 국내산으로, 중국산 수삼은 77점 중 73점이 중국산으로 판별되어, 최종 판별정확도는 90.91%로 나타났다. 간단한 전처리 및 여러 가지 통계 처리를 통해 전자혀를 이용한 수삼의 원산지 판별이 가능하다고 판단되었으며, 신속하고 정확하게 판별을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청에서 주관하는 첨단분석기기를 활용한 국내산과 중국산 인삼의 성분 특성 비교(과제번호: PJ01047303)의 연구비 지원으로 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

## References

1. Korea food and drug administration. The Korean herbal pharmacopoeia. Dongwon Culture Co., Seoul, Korea. p. 151 (2002)
2. Ryu BH, Choi MJ, Chung KC, Lee SK. Effect of extrusion process on the change of components in ginseng. Korean J. Food Sci. Technol. 44: 411-416 (2012)
3. Ha DC, Ryu GH. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 247-254 (2005)
4. Kim MR, Kim IH, Shim JH. The analysis of volatile components of fresh ginseng, red ginseng and white ginseng by solvent free solid injector (SFSI) techniques. Korean J. Environ. Agric. 24: 164-168
5. Moon JS, Lee JK, Kim WS, Woo HD. Report of strategies of functional health food industry. Korea Health Industry Development Institute. Cheongwon, Korea. pp. 5-7 (2011)
6. Baeg IH, So SH. The world ginseng market and the ginseng (Korea). J. Ginseng Res. 37: 1-7 (2013)
7. Cho SD, Chang MS, Kim DM, Kim GH. Analysis of consumer attitudes to washed fresh ginseng. Korean J. Food Preserv. 16: 579-589 (2009)
8. Moon JY. Development of discrimination for geographical origins of the domestic and Chinese ginseng and its products. Ph.D. thesis, Seoul Women's University, Seoul, Korea (2015)
9. Song HH, Moon JY, Ryu HW, Noh BS, Kim JH, Lee HK, Oh SR. Discrimination of white ginseng origins using multivariate statistical analysis of data sets. J. Ginseng Res. 38: 187-193 (2014)
10. Lee DY, Cho JG, Bang MH, Han MW, Lee MH, Yang DC, Baek NI. Discrimination of Korean ginseng (*Panax ginseng*) roots using rapid resolution LC-QTOF/MS combined by multivariate statistical analysis. Food Sci. Biotechnol. 20: 1119-1124 (2011)
11. Kim KH, Park SJ, Kim JE, Dong H, Park IS, Lee JH, Hyun SY, Noh BS. Assessment of physicochemical characteristics among different types of pale ale beer. Korean. J. Food Sci. Technol. 45: 142-147 (2013)
12. Lee DG, Kim KT, Lee S. Taste profile characterization of white ginseng by electronic tongue analysis. Afr. J. Biotechnol. 11: 9280-9287 (2012)
13. Cui S, Wang J, Gen L, Wei Z, Tian X. Determination of ginseng with different ages using a taste-sensing system. Sensor. Mater. 25: 241-255 (2013)
14. Xiao H, Wang J. Discrimination of xihulongjing tea grade using and electronic tongue. Afr. J. Biotechnol. 8: 6985-6992 (2009)
15. Alisa R, Andrey L, Sergei M, Olga G, Yuri V. Quality monitoring of fruit juices using an electronic tongue. Anal. Sci. 17: i309-i312 (2001)
16. Legin A, Rudnitskaya A, Lvova L, Vlasov Y, Natale CD, D'amico A. Evaluation of Italian wine by the electronic tongue: Recognition, quantitative analysis and correlation with human sensory perception. Anal. Chim. Acta 484: 33-44 (2003)
17. Jo Y, Gu SY, Chung N, Gao Y, Kim HJ, Jeong MH, Jeong YJ, Kwon JH. Comparative analysis of sensory profiles of commercial cider vinegars from Korea, China, Japan, and US by SPME/GC-MS, E-nose, and E-tongue. Korean. J. Food Sci. Technol. 48: 430-436 (2016)
18. Teye E, Huang X, Han F, Botchway F. Discrimination of cocoa beans according to geographical origin by electronic tongue and multivariate algorithms. Food Anal. Methods 7: 360-365 (2014)
19. He H, Zhao L, Liaoa X, Zhang Y, Zhang M, Wu J. Evaluation of Chinese tea by the electronic tongue: Correlation with sensory properties and classification according to geographical origin and grade level. Food Res. Int. 42: 1462-1467 (2009)
20. Kim JS, Jung HY, Park EY, Noh BS. Flavor analysis of commercial Korean distilled spirits using an electronic nose and electronic tongue. Korean. J. Food Sci. Technol. 48: 117-121 (2016)
21. Ko SR, Choi KJ, Han KW. Comparison of proximate composition, mineral nutrient, amino acid and free sugar contents of several *panax* species. Korean J. Ginseng Sci. 20: 36-41 (1996)
22. Rocio BD, Laura MB, Roberto M, Juan MG. Voltammetric electronic tongue and support vector machines for identification of selected features in mexican coffee. Sensors 14: 17770-17785 (2014)
23. Xu L, Yan SM, Ye ZH, Fu XS, Yu XP. Combining electronic tongue array and chemometrics for discriminating the specific geographical origins of green tea. J. Anal. Methods Chem. 2013: 350801 (2013)
24. Kovács Z, Dalmadi I, Lukács L, Sipos L, Szántai-köhegyi K, Kókai Z, Fekete A. Geographical origin identification of pure Sri Lanka tea infusions with electronic nose, electronic tongue and sensory profile analysis. J. Chemometr. 24: 121-130 (2010)
25. Haddia Z, Alamia H, Baric NE, Tounsid M, Barhoumid H, Maarefd A, Renaultb N, Bouchikhia B. Electronic nose and tongue combination for improved classification of Moroccan virgin olive oil profiles. Food Res. Int. 54: 1488-1498 (2013)