



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0024192
(43) 공개일자 2017년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/62 (2006.01) G01N 1/40 (2006.01)
G01N 33/12 (2006.01) H01J 49/26 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/62 (2013.01)
G01N 1/40 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0118727
(22) 출원일자 2015년08월24일
심사청구일자 2015년08월24일

(71) 출원인
주식회사 정피엔씨연구소
경기도 용인시 기흥구 흥덕중앙로 120 1504, 1505
호 (영덕동, UTOWER)
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
정영철
강원도 철원군 김화읍 청하골길 227
김경수
광주광역시 남구 서문대로654번길 24, 201동 150
5호 (진월동, 삼익세라믹2차아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김지형

전체 청구항 수 : 총 5 항

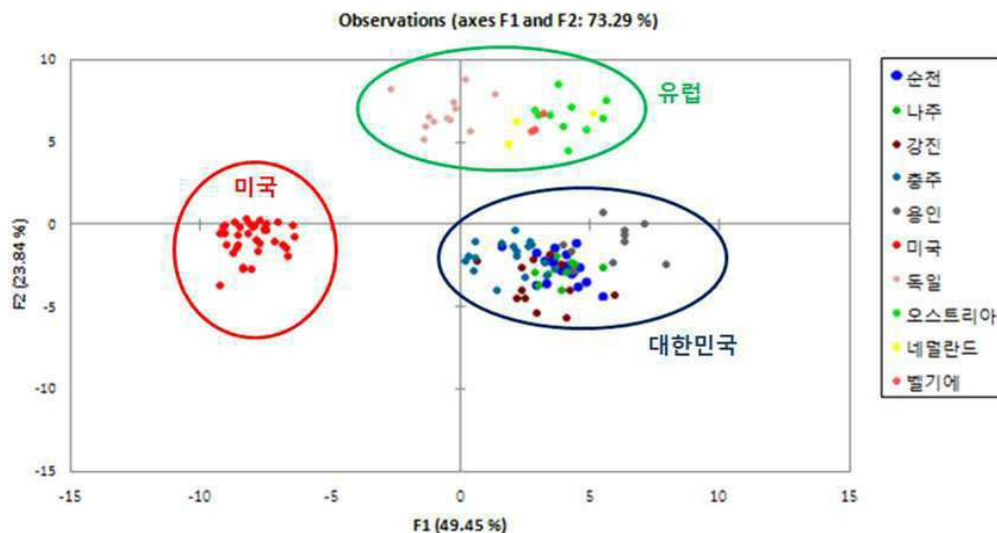
(54) 발명의 명칭 동위원소 비율 분석 및 미량 무기원소 함량 비율 분석에 의한 돈육의 원산지 판별방법

(57) 요약

본 발명은 동위원소 비율 분석 및 무기원소 함량 비율 분석에 의한 돈육의 원산지 판별방법에 관한 것으로 더욱 상세하게는 돈육 시료의 탄소($\delta^{13}\text{C}$) 및 질소($\delta^{15}\text{N}$) 동위원소비율 및 미량 무기원소 함량 비율을 분석하여 돈육의 원산지를 판별하는 것을 특징으로 하는 돈육의 원산지 판별방법에 관한 것이다.

또한 본 발명은 돈육에 함유되어 있는 미량 무기원소의 함량 비율을 국내산 및 수입산의 미량 무기원소의 함량 비율을 비교 분석한 후, 이를 동위원소 비율 분석 결과를 혼합하여 돈육 원산지를 판별하는 방법을 제공하여 정확도가 높은 원산지 판별을 할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G01N 1/4022 (2013.01)

G01N 33/12 (2013.01)

H01J 49/26 (2013.01)

(72) 발명자

최지연

전라북도 부안군 변산면 지서로 86

김재성

광주광역시 남구 회서로55번길 12(주월동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1545008701

부처명 농림축산식품부

연구관리전문기관 농림수산식품기술기획평가원

연구사업명 농생명산업기술개발사업

연구과제명 국내·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 조선대학교 산학협력단

연구기간 2014.09.25 ~ 2015.09.24

명세서

청구범위

청구항 1

돈육의 원산지 판별방법에 있어서,

상기 원산지 판별 방법은 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 탄소($\delta^{13}\text{C}$) 동위원소비율을 분석하며, 상기 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 탄소 동위원소비율은 국내산 돈육 $\delta^{13}\text{C}$ -19.59 ± 0.80 , 미국산 돈육 $\delta^{13}\text{C}$ -15.76 ± 0.98 유럽산 돈육 $\delta^{13}\text{C}$ -24.15 ± 1.09 의 동위원소비율을 갖는 것을 특징으로 하는 돈육의 원산지 판별방법.

청구항 2

돈육의 원산지 판별방법에 있어서,

상기 원산지 판별 방법은 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 질소($\delta^{15}\text{N}$) 동위원소비율을 분석하며, 상기 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 질소($\delta^{15}\text{N}$) 동위원소비율은 국내산 돈육 $\delta^{15}\text{N}$ 3.72 ± 0.31 , 미국산 돈육 $\delta^{15}\text{N}$ 4.42 ± 0.56 , 유럽산 돈육 $\delta^{15}\text{N}$ 4.63 ± 0.70 의 동위원소비율을 갖는 것을 특징으로 하는 돈육의 원산지 판별방법.

청구항 3

돈육의 원산지 판별 방법에 있어서,

상기 원산지 판별 방법은 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 방출분광기를 사용하여 리튬, 베릴륨, 바나듐, 크롬, 망간, 코발트, 니켈, 구리, 칼륨, 비소, 셀레늄, 루비듐, 스트론튬, 카드뮴, 세슘, 바륨, 납, 비스무트, 우라늄의 미량 무기원소 함량비율을 분석하며, 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 질량분석기를 사용하여 알루미늄, 붕소, 칼슘, 철, 칼륨, 마그네슘, 나트륨, 인, 황 및 아연의 미량 무기원소 함량비율을 분석하는 것을 특징으로 하는 국내산 돈육의 원산지 판별방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 방출 분광기로 함량비율을 측정한 리튬의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $7.05\pm 3.94(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $1.05\pm 2.18(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $1.63\pm 2.00(\mu\text{g/kg})$, 베릴륨의 미량 무기원소 함량비율은 $0.45\pm 0.31(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $0.15\pm 0.25(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $0.02\pm 0.07(\mu\text{g/kg})$, 바나듐의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $15.40\pm 8.38(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $11.83\pm 13.68(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $3.99\pm 4.27(\mu\text{g/kg})$, 크롬의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $2.55\pm 0.77(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $0.91\pm 0.46(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $0.37\pm 0.27(\text{mg/kg})$, 망간의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $142.84\pm 163.83(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $346.04\pm 218.45(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $91.31\pm 86.80(\mu\text{g/kg})$, 코발트의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $7.13\pm 12.27(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $11.22\pm 16.32(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $1.28\pm 2.52(\mu\text{g/kg})$, 니켈의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $383.63\pm 643.94(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $229.72\pm 427.71(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $369.59\pm 532.45(\mu\text{g/kg})$, 구리의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $0.64\pm 0.40(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $0.76\pm 0.60(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $1.78\pm 2.00(\text{mg/kg})$, 갈륨의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $9.47\pm 7.92(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $19.99\pm$

27.06($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 11.54 $\pm$ 9.65($\mu\text{g/kg}$), 비소의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 13.26 $\pm$ 21.19($\mu\text{g/kg}$), 미국산 돈육 214.55 $\pm$ 100.16($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 64.04 $\pm$ 68.71($\mu\text{g/kg}$), 셀레늄의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 125.67 $\pm$ 53.33($\mu\text{g/kg}$), 미국산 돈육 375.52 $\pm$ 244.00($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 238.46 $\pm$ 80.37($\mu\text{g/kg}$), 루비듐의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 1.38 $\pm$ 0.85(mg/kg), 미국산 돈육 1.85 $\pm$ 1.27(mg/kg), 유럽산 돈육 2.43 $\pm$ 1.27(mg/kg), 스트론튬의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 326.73 $\pm$ 158.17($\mu\text{g/kg}$), 미국산 돈육 3868.21 $\pm$ 9708.36($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 673.53 $\pm$ 2546.65($\mu\text{g/kg}$), 카드뮴의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 0.66 $\pm$ 0.46($\mu\text{g/kg}$), 미국산 돈육 2.23 $\pm$ 4.57($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 2.47 $\pm$ 1.83($\mu\text{g/kg}$), 세슘의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 10.52 $\pm$ 7.60($\mu\text{g/kg}$), 미국산 돈육 10.29 $\pm$ 8.43($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 13.54 $\pm$ 12.21($\mu\text{g/kg}$), 바륨의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 69.47 $\pm$ 69.66($\mu\text{g/kg}$), 미국산 돈육 197.46 $\pm$ 263.37($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 122.86 $\pm$ 96.33($\mu\text{g/kg}$), 납의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 49.26 $\pm$ 34.30($\mu\text{g/kg}$), 미국산 돈육 28.94 $\pm$ 27.27($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 96.30 $\pm$ 102.63($\mu\text{g/kg}$), 비스무트의 미량 무기원소 비율은 국내산 돈육 0.10 $\pm$ 0.17($\mu\text{g/kg}$), 미국산 돈육 28.94 $\pm$ 27.27($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 96.30 $\pm$ 102.63($\mu\text{g/kg}$), 우라늄의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 0.76 $\pm$ 1.04($\mu\text{g/kg}$), 미국산 돈육 0.05 $\pm$ 0.17($\mu\text{g/kg}$), 유럽산 돈육 0.00 $\pm$ 0.00($\mu\text{g/kg}$)의 미량 무기원소 함량비율로 갖는 것을 특징으로 하는 국내산 돈육의 원산지 판별 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 국내산, 미국산, 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 질량분석기로 함량비율을 측정한 알루미늄의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 5.96 $\pm$ 2.86(mg/kg), 미국산 돈육 4.27 $\pm$ 9.03(mg/kg), 유럽산 돈육 5.07 $\pm$ 7.81(mg/kg), 붕소의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 7.78 $\pm$ 0.64(mg/kg), 미국산 돈육 5.67 $\pm$ 0.61(mg/kg), 유럽산 돈육 5.85 $\pm$ 0.46(mg/kg), 칼슘의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 53.86 $\pm$ 41.56(mg/kg), 미국산 돈육 65.21 $\pm$ 70.53(mg/kg), 유럽산 돈육 145.62 $\pm$ 404.85(mg/kg), 철의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 13.52 $\pm$ 27.54(mg/kg), 미국산 돈육 8.05 $\pm$ 5.69(mg/kg), 유럽산 돈육 5.84 $\pm$ 2.60(mg/kg), 칼륨의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 525.10 $\pm$ 412.32(mg/kg), 미국산 돈육 1167.64 $\pm$ 634.74(mg/kg), 유럽산 돈육 1000.20 $\pm$ 559.93(mg/kg), 마그네슘의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 30.57 $\pm$ 22.37(mg/kg), 미국산 돈육 78.56 $\pm$ 51.64(mg/kg), 유럽산 돈육 66.38 $\pm$ 42.97(mg/kg), 나트륨의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 362.25 $\pm$ 212.78(mg/kg), 미국산 돈육 344.66 $\pm$ 187.51(mg/kg), 유럽산 돈육 420.53 $\pm$ 282.33(mg/kg), 인의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 335.06 $\pm$ 224.76(mg/kg), 미국산 돈육 755.66 $\pm$ 370.35(mg/kg), 유럽산 돈육 672.99 $\pm$ 435.83(mg/kg), 황의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 70.12 $\pm$ 38.06(mg/kg), 미국산 돈육 131.38 $\pm$ 88.26(mg/kg), 유럽산 돈육 117.44 $\pm$ 70.78(mg/kg) 및 아연의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 3.75 $\pm$ 2.79(mg/kg), 미국산 돈육 8.25 $\pm$ 5.75(mg/kg), 유럽산 돈육 6.75 $\pm$ 4.63(mg/kg)의 미량 무기원소 함량비율을 갖는 것을 특징으로 하는 국내산 돈육의 원산지 판별방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 동위원소 비율 분석 및 무기원소 함량 비율 분석에 의한 돈육의 원산지 판별방법에 관한 것으로 더욱 상세하게는 돈육 시료의 탄소($\delta^{13}\text{C}$) 및 질소($\delta^{15}\text{N}$) 동위원소비율 및 미량 무기원소 함량 비율을 분석하여 돈육의 원산지를 판별하는 것을 특징으로 하는 돈육의 원산지 판별방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

세계시장에서의 자유무역협정(FTA)이 확대됨에 따라 식품의 원산지에 대한 소비자들의 관심이 증가하고 있다. 다양한 나라에서 생산된 식품의 원산지를 구분하는 자료를 얻기 위해 최근 많은 연구에서 여러 가지 분석방법이 이용되고 있다. 식품의 원산지 표기는 제조, 생산, 판매한 제품의 품질을 알려주어 본 제품이 안전하다는 것을 소비자에게 믿게 하기 위한 것이며, 이를 마케팅의 목적으로 활용하는 경우가 증가하고 있다. 한 지역의 특산물에는 그 지역의 기후나 토양 조건으로 인한 특성과 같은 특이적인 성질을 갖고 있다.

- [0003] 원산지 표기가 특정 제품을 선택하거나 거부할 수 있는 방법으로 활용되기 시작하였으며, 그에 따라 원산지 표기를 정확하게 하는 것이 매우 중요한 일이 되었고, 식품에 따라서 여러 국가의 원료가 혼합되어 있는 경우 수입산이라고 표시하고 있으나 보다 구체적으로 해당 국가나 지역을 표시하여 소비자의 알 권리를 보호해 줄 수 있는 정확한 원산지 표시제를 실시하기에 이르렀다. 명확한 원산지 표시를 한 좋은 품질의 식품들에 대한 소비자들의 관심이 급격하게 증가하고 있다.
- [0004] 유럽연합에서는 PDO(Protected Designation of Origin, 원산지 표시 보호제), PGI(Protected Geographical Indication, 지리적 표시 보호제), TSG(Traditional Speciality Guaranteed, 전통 특산물 인증제)와 같은 식품 표시 보호제에 대한 참여를 장려하고 있다. 이는 식품의 원산지를 판별하는 적절한 기술이 매우 많이 필요하다는 것을 의미한다.
- [0005] 원산지 판별에 많이 활용되는 분석기기로는 mass spectrometry를 원리로 한 isotope ratio mass spectrometry(IRMS), inductively coupled plasma mass spectrometry(ICP-MS), gas chromatography mass spectrometry(GC-MS)등이 있으며, spectriscopy 원리를 토대로 한 nuclear magnetic resonance(NMR), infrared spectroscopy(IR), 형광물질을 분석하는 fluorescence spectroscopy등이 있으며, 무기염류 및 중금속을 측정 분석하는 atomic absorption spectroscopy(ASS) 등이 있다. 한편 특정 성분을 분리하여 분리된 성분을 토대로 원산지를 판별하는 방법으로 high performance liquid chromatography(HPLC), 미량의 대사산물이나 휘발성분을 분석하여 측정할 수 있는 gas chromatography(GC), 전기영동 방법을 이용하여 분리하는 capillary electrophoresis(CE) 등이 분리기술을 바탕으로 사용되고 있다.
- [0006] 이에 따라 국내공개특허공보 제10-2013-0073145호(탄소와 질소 동위원소 비율 분석에 의한 돈육의 원산지 판별 방법)가 공개되었으며, 상기 종래의 발명은 각 국가별 돼지고기 단백질의 안전동위원소 비율차이를 이용하여 돼지고기 원산지판별을 확인하는 것에 관한 것이나, 그 판별의 정확도가 떨어져 아쉬움이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) KR 10-2013-0073145 A (2013.07.03)

비특허문헌

- [0008] (비특허문헌 0001) Econ. Environ. Geol., 42(6), 645-654, 2009
(비특허문헌 0002) Korean Journal of Food Science and technology, Vol. 44, No. 5, 503-525, 2012

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 상기 문제점을 해결하기 위해 본 발명은 돈육에 함유되어 있는 미량 무기원소의 함량 비율을 국내산 및 수입산의 미량 무기원소의 함량 비율을 비교 분석한 후, 이를 동위원소 비율 분석 결과를 혼합하여 돈육 원산지를 판별하는 방법을 제공하는 것에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 돈육의 원산지 판별방법은 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 탄소($\delta^{13}\text{C}$) 동위원소비율을 분석하며, 상기 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 탄소 동위원소비율은 국내산 돈육 $\delta^{13}\text{C}$ -19.59 ± 0.80 , 미국산 돈육 $\delta^{13}\text{C}$ -15.76 ± 0.98 유럽산 돈육 $\delta^{13}\text{C}$ -24.15 ± 1.09 의 동위원소비율을 갖는 것을 특징으로 한다.

- [0011] 또한 본 발명에 따른 돈육의 원산지 판별방법은 원산지 판별 방법은 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 질소($\delta^{15}\text{N}$)동위원소비율을 분석하며, 상기 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 질소($\delta^{15}\text{N}$) 동위원소비율은 국내산 돈육 $\delta^{15}\text{N}$ 3.72 ± 0.31 , 미국산 돈육 $\delta^{15}\text{N}$ 4.42 ± 0.56 , 유럽산 돈육 $\delta^{15}\text{N}$ 4.63 ± 0.70 의 동위원소비율을 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한 본 발명에 따른 돈육의 원산지 판별 방법은 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 방출분광기를 사용하여 리튬, 베릴륨, 바나듐, 크롬, 망간, 코발트, 니켈, 구리, 칼륨, 비소, 셀레늄, 루비듐, 스트론튬, 카드뮴, 세슘, 바륨, 납, 비스무트, 우라늄의 미량 무기원소 함량비율을 분석하며, 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 질량분석기를 사용하여 알루미늄, 붕소, 칼슘, 철, 칼륨, 마그네슘, 나트륨, 인, 황 및 아연의 미량 무기원소 함량비율을 분석하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한 상기 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 방출 분광기로 함량비율을 측정한 리튬의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $7.05\pm3.94(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $1.05\pm2.18(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $1.63\pm2.00(\mu\text{g/kg})$, 베릴륨의 미량 무기원소 함량비율은 $0.45\pm0.31(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $0.15\pm0.25(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $0.02\pm0.07(\mu\text{g/kg})$, 바나듐의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $15.40\pm8.38(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $11.83\pm13.68(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $3.99\pm4.27(\mu\text{g/kg})$, 크롬의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $2.55\pm0.77(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $0.91\pm0.46(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $0.37\pm0.27(\text{mg/kg})$, 망간의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $142.84\pm163.83(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $346.04\pm218.45(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $91.31\pm86.80(\mu\text{g/kg})$, 코발트의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $7.13\pm12.27(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $11.22\pm16.32(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $1.28\pm2.52(\mu\text{g/kg})$, 니켈의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $383.63\pm643.94(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $229.72\pm427.71(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $369.59\pm532.45(\mu\text{g/kg})$, 구리의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $0.64\pm0.40(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $0.76\pm0.60(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $1.78\pm2.00(\text{mg/kg})$, 칼륨의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $9.47\pm7.92(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $19.99\pm27.06(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $11.54\pm9.65(\mu\text{g/kg})$, 비소의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $13.26\pm21.19(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $214.55\pm100.16(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $64.04\pm68.71(\mu\text{g/kg})$, 셀레늄의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $125.67\pm53.33(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $375.52\pm244.00(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $238.46\pm80.37(\mu\text{g/kg})$, 루비듐의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $1.38\pm0.85(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $1.85\pm1.27(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $2.43\pm1.27(\text{mg/kg})$, 스트론튬의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $326.73\pm158.17(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $3868.21\pm9708.36(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $673.53\pm2546.65(\mu\text{g/kg})$, 카드뮴의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $0.66\pm0.46(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $2.23\pm4.57(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $2.47\pm1.83(\mu\text{g/kg})$, 세슘의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $10.52\pm7.60(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $10.29\pm8.43(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $13.54\pm12.21(\mu\text{g/kg})$, 바륨의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $69.47\pm69.66(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $197.46\pm263.37(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $122.86\pm96.33(\mu\text{g/kg})$, 납의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $49.26\pm34.30(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $28.94\pm27.27(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $96.30\pm102.63(\mu\text{g/kg})$, 비스무트의 미량 무기원소 비율은 국내산 돈육 $0.10\pm0.17(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $28.94\pm27.27(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $96.30\pm102.63(\mu\text{g/kg})$, 우라늄의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $0.76\pm1.04(\mu\text{g/kg})$, 미국산 돈육 $0.05\pm0.17(\mu\text{g/kg})$, 유럽산 돈육 $0.00\pm0.00(\mu\text{g/kg})$ 의 미량 무기원소 함량비율로 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한 상기 국내산, 미국산, 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 질량분석기로 함량비율을 측정한 알루미늄의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $5.96\pm2.86(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $4.27\pm9.03(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $5.07\pm7.81(\text{mg/kg})$, 붕소의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $7.78\pm0.64(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $5.67\pm0.61(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $5.85\pm0.46(\text{mg/kg})$, 칼슘의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $53.86\pm41.56(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $65.21\pm70.53(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $145.62\pm404.85(\text{mg/kg})$, 철의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $13.52\pm27.54(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $8.05\pm5.69(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $5.84\pm2.60(\text{mg/kg})$, 칼륨의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $525.10\pm412.32(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $1167.64\pm634.74(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $1000.20\pm559.93(\text{mg/kg})$, 마그네슘의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $30.57\pm22.37(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $78.56\pm51.64(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $66.38\pm42.97(\text{mg/kg})$, 나트륨의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $362.25\pm212.78(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $344.66\pm187.51(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $420.53\pm282.33(\text{mg/kg})$, 인의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $335.06\pm224.76(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $755.66\pm370.35(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $672.99\pm435.83(\text{mg/kg})$, 황의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $70.12\pm38.06(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $131.38\pm88.26(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $117.44\pm70.78(\text{mg/kg})$ 및 아연의 미량 무기원소 함량비율은 국내산 돈육 $3.75\pm2.79(\text{mg/kg})$, 미국산 돈육 $8.25\pm5.75(\text{mg/kg})$, 유럽산 돈육 $6.75\pm4.63(\text{mg/kg})$ 의 미량 무기원소 함량비율

을 갖는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명은 돈육에 함유되어 있는 미량 무기원소의 함량 비율을 국내산 및 수입산의 미량 무기원소의 함량 비율을 비교 분석한 후, 이를 동위원소 비율 분석 결과를 혼합하여 돈육 원산지를 판별하는 방법을 제공하여 정확도가 높은 원산지 판별을 할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 국내산 및 수입산 돈육의 탄소 및 질소 동위원소 비율 분석을 나타낸 그래프이다.

도 2는 국내산 및 수입산 돈육의 주성분 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

도 3은 국내산 및 수입산 돈육의 선형판별 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명은 동위원소 비율 분석 및 무기원소 함량 비율 분석에 의한 돈육의 원산지 판별방법에 관한 것이다.

[0018] 본 발명에 따른 돈육의 원산지 판별방법은 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 탄소($\delta^{13}\text{C}$) 동위원소비율을 분석하며, 상기 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 탄소 동위원소비율은 국내산 돈육 $\delta^{13}\text{C}$ -19.59 ± 0.80 , 미국산 돈육 $\delta^{13}\text{C}$ -15.76 ± 0.98 유럽산 돈육 $\delta^{13}\text{C}$ -24.15 ± 1.09 의 동위원소비율을 갖는 것이 바람직하다.

[0019] 또한 본 발명에 따른 돈육의 원산지 판별방법은 원산지 판별 방법은 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 질소($\delta^{15}\text{N}$)동위원소비율을 분석하며, 상기 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료의 질소($\delta^{15}\text{N}$) 동위원소비율은 국내산 돈육 $\delta^{15}\text{N}$ 3.72 ± 0.31 , 미국산 돈육 $\delta^{15}\text{N}$ 4.42 ± 0.56 , 유럽산 돈육 $\delta^{15}\text{N}$ 4.63 ± 0.70 의 동위원소비율을 갖는 것이 바람직하다.

[0020] 또한 본 발명에 따른 돈육의 원산지 판별 방법은 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 방출분광기를 사용하여 리튬, 베릴륨, 바나듐, 크롬, 망간, 코발트, 니켈, 구리, 칼륨, 비소, 셀레늄, 루비듐, 스트론튬, 카드뮴, 세슘, 마름, 납, 비스무트, 우라늄의 미량 무기원소 함량비율을 분석하며, 국내산, 미국산 및 유럽산 돈육 시료를 유도결합 플라즈마 질량분석기를 사용하여 알루미늄, 붕소, 칼슘, 철, 칼륨, 마그네슘, 나트륨, 인, 황 및 아연의 미량 무기원소 함량비율을 분석하는 것이 바람직하다.

[0021] 또한 도 1은 국내산 및 수입산 돈육의 탄소 및 질소 동위원소 비율 분석을 나타낸 그래프이며, 도 2는 국내산 및 수입산 돈육의 주성분 분석 결과를 나타낸 그래프이며, 도 3은 국내산 및 수입산 돈육의 선형판별 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

[0022] 1. 탄소 및 질소 동위원소 비율 분석

[0023] 유기물을 구성하는 중요 구성요소인 탄소, 질소의 동위원소는 일반적으로 와인, 정유, 우유와 유제품 및 꿀 등 식품의 진위판별에 이용되고 있다. 대부분의 원소는 하나 이상의 안정동위원소로 구성되어 있으며, 탄소의 경우 두 개의 안정동위원소 ^{13}C 와 ^{12}C , 질소의 경우 두 개의 안정동위원소 ^{15}N 와 ^{14}N 로 구성되어 있다. 원소를 이루는 두 개의 안정동위원소는 각각 무거운 원소와 가벼운 원소로 볼 수 있으며, 이의 비율 차이를 이용해 식품의 진위판별이 가능하다. 동위원소의 비율은 δ 값으로 표시되며, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 비율은 식이에 대한 정보를 알 수 있다. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 비율은 식물의 광합성 과정에서 CO_2 고정에 의해 차이가 난다. Hatch&Slack cycle은 C_4 식물로 $-12/-14\%$ 값을 갖고, Calvin cycle은 C_3 식물의 ^{13}C 값은 $-26 \sim -28$ 값을 갖는다. 그 결과, 동물이 C_4 식물을 섭취하게 되

면 ^{13}C 와 ^{12}C 의 비율이 영향을 받게 된다. $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 의 비율은 지리에 대한 정보를 알 수 있다. 풍토와 토양의 상태는 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 에 영향을 줄 수 있으며 그 결과 자라는 식물에게도 영향을 준다. 토양이 비옥한 곳에서 자란 식물을 먹게 되면 ^{15}N 값이 증가하게 되며, 질소 고정 식물은 비질소 고정 식물보다 낮은 $\delta^{15}\text{N}$ value를 갖게 된다. 결과적으로 동위원소 비율 $\delta^{13}\text{C}$ values와 $\delta^{15}\text{N}$ values를 이용하여 식이의 차이와 지리적 차이를 확인하여 돈육의 지역적 차이를 판별할 수 있다.

[0024] 1) 시료 수집 및 전처리 단계

[0025] 본 발명에 사용할 국내산 돈육 70점 및 수입산 돈육 64점의 시료를 수집한다. 수집한 시료의 지방부위를 분리한 후, 공비증류법(azeotropic distillation)을 이용하여 수분을 제거한 살코기를 -72°C 냉동고에 24시간 동안 냉동하여 냉동된 시료를 동결건조기(Labconco 7754500, Labconco, Kansas, USA)의 shell에 넣고 실온($20 \sim 25^{\circ}\text{C}$)에서 응축기 온도 -50°C , 압력 10mTor의 조건으로 24시간 동안 동결 건조한다.

표 1

구분	지역	시료 수	나라	시료 수
지역 및 나라별 시료	순천	20	미국	36
	나주	10	독일	12
	충주	18	오스트리아	10
	강진	12	네덜란드	3
	용인	10	벨기에	3
합계		70		64

[0027] 공비증류법을 이용한 증류공정을 실시하기 위해 공비증류에 시료 중의 수분을 분리 추출하기 위하여 리비히 냉각기, 정량장치 및 증류플라스크로 구성된 장치를 사용하는 것이 바람직하다. 수분의 분리는 지방을 제거한 단백질 부분의 시료 10g을 100ml 톨루엔(Toluene)을 가하여 상압에서 2시간 공비증류하는 것이 바람직하다. 상기 방법에 의하여 탈수된 단백질 부위는 EA-IRMS 분석기기를 이용한 동위원소 $\delta^{13}\text{C}$ 및 $\delta^{15}\text{N}$ 분석에 사용하며, 증류액은 EA-IRMS로 동위원소 $\delta^{2}\text{H}$ 및 $\delta^{18}\text{O}$ 의 δ -values %를 측정하기 위하여 -18°C 에 보관하는 것이 바람직하다.

표 2

톨루엔과 물의 화학적 조성 비교

	MF ¹⁾	BP ²⁾	SG ³⁾	SP ⁴⁾	SB ⁵⁾
Toluene	C ₇ H ₈	110.6	0.87	2.4	0.051
Water	H ₂ O	100	1	9	100

[0029] 1) Molecular formula, 2) Boling point, 3) Specific gravity

[0030] 4) Solvent polarity, 5) Solubility

[0031] 2) 동위원소 질량 분석기에 의한 탄소($\delta^{13}\text{C}$), 질소($\delta^{15}\text{N}$) 동위원소 비율 분석

[0032] 상기 준비된 시료의 안전 동위원소 비율을 분석하기 위해 시료에 잔류한 유기용매를 완전히 제거하기 위해 감압 농축방법을 사용하는 것이 바람직하다. 감압농축은 감압농축기(RE121, Buchi, Switzerland)를 사용하여 76 mbar 압력 하에서 약 44°C 로 가열하면서 잔류한 유기용매가 완전히 제거되어 시료가 화석화될 때까지 농축한다. 120 rpm의 속도로 회전시켰으며, 농축 후 시료에 묻은 지방을 세척하기 위해 일정량의 toluene에 행군 후

centrifugal evaporation system을 이용하여 용매를 제거한 후 80℃ dry oven에서 5시간 건조시킨 후 균질화하여 분석시료로 사용하는 것이 바람직하다.

[0033] 상기 탄소 및 질소의 분석을 위한 기기 조건은 하기 표 3과 같다.

표 3

Parameters	Operationg conditions
Combustion furnace	1,050 ℃
Redection furnace	650 ℃
GC Packed column oven	115 ℃
Reference capillary column	L=1.5m, I.D.(f)=100mm
Sample capillary column	L=2.5m, I.D.(f)=75mm
Run time	385 sec
He carier flow	11 5ml/min

[0035] 탄소 및 질소의 동위원소 비율 분석을 위해 자동원소분석기(Automated elemental analyzer, Eurovector 3000 series)를 continious flow-through inlet system-isotope ratio mass spectrometer(CF-IrMS, Isoprime)에 부착시켜 사용한다. 돈육의 탄소동위원소 비율 분석은 EA/IRMS 분석기기를 사용하여 분석하는 것이 바람직하다.

[0036] 균질화된 돈육의 탄소분석에는 약 0.1mg을 질소 분석에는 약 1mg tin capsule에 넣고 압착 및 밀봉하여 자동원소분석기에 넣고 산화로 및 환원로의 온도를 각각 1,050℃ 및 650℃로 하여 유기물을 완전 연소시킨 후 발생하는 CO₂와 N₂의 가스를 헬륨(He)을 유도기체로 사용하여 EA/IRMS에 주입하여 탄소와 질소 안정동위원소 비율 분석한다. 분석에 사용된 가스는 모두 순도 99.999% 이상의 초고순도 가스를 사용하는 것이 바람직하다.

[0037] 또한 돈육의 안정동위원소인 탄소의 비율 값은 국제 표준물질(International standard matercial)에 대한 시료의 비율 값 변위를 천분율(‰)로 환산하여 δ 기호로 표기하였다.

수학식 1

$$\text{Delta } \text{‰} \left(\left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{std}}} \right) - 1 \right) \times 1000$$

$$R = (^{13}\text{C}/^{12}\text{C}), (^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$$

[0038]

[0039] 이때, 사용한 표준물질은 국제표준 기준물질로 PDB(PeeDee Belmnite)를 사용하였으며, 실제 분석에는 IAEA 인증 표준물질로 IAEA CH-6(sucose, δ¹³C=-10.4±0.2‰)을 표준물질로 하여 동위원소의 비율을 구한다. 질소의 표준물질은 국제표준 기준물질로 대기 질소 air N₂를 사용하며, 실제 분석에서는 IAEA 인증 표준물질로 IAEA-N1(ammonium sulfate, δ¹⁵N=0.4±0.2‰)을 표준물질로 하여 동위원소의 비율을 구한다. 분석의 정확성을 위해 reference 물질로 urea와 glutamate를 사용하고, δ¹³C 분석에는 urea 약 0.2mg, glutamate 약 0.1mg을 사용한다. 또한 δ¹⁵N 분석에는 urea 약 0.2mg, glutamate 약 0.5mg을 사용한다.

표 4

[0040] 주요 안정동위원소와 표준물질

Isotope Ratio	International reference	Delta value
2D/1H	standard Mean Ocean Water(SMOW)	R=0.0001558

13C/12C	Pee Dee Belemnite(PDB)	R=0.0112372
15N/14N	Atmospheric air(AIR)	R=0.0036765
180/160	Standard Mean Ocean Water(SMOW)	R=0.0020052
34S/32S	Canyon Diablo Triolite(CDT)	R=0.00450045

표 5

[0041]

국내산 돈육의 탄소 및 질소 동위원소($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ value ‰) 비율

Origin	No.	$\delta^{13}\text{C}$ value(‰)	$\delta^{15}\text{N}$ value(‰)	Origin	No.	$\delta^{13}\text{C}$ value(‰)	$\delta^{15}\text{N}$ value(‰)
순천	1	-19.70	3.69	순천	11	-19.94	4.22
	2	-20.03	4.16		12	-19.66	3.74
	3	-19.78	4.13		13	-19.94	4.07
	4	-20.08	3.80		14	-19.92	3.60
	5	-18.64	4.47		15	-19.87	3.04
	6	-19.56	3.71		16	-19.92	3.61
	7	-20.06	3.59		17	-19.84	3.24
	8	-19.68	4.25		18	-19.89	3.66
	9	-19.90	3.59		19	-19.71	3.55
	10	-20.17	4.21		20	-20.37	4.28
강진	1	-19.23	4.22	강진	7	-20.10	3.47
	2	-20.61	4.16		8	-17.73	3.99
	3	-20.54	3.52		9	-17.93	3.96
	4	-20.49	3.93		10	-18.51	3.52
	5	-17.92	3.33		11	-19.70	3.53
	6	-20.05	3.81		12	-17.96	4.20
나주	1	-21.01	3.76	용인	1	-18.76	3.23
	2	-19.93	3.60		2	-19.14	3.76
	3	-20.02	3.56		3	-20.69	4.02
	4	-19.38	3.57		4	-17.47	3.35
	5	-19.50	4.22		5	-19.75	3.41
	6	-20.41	3.71		6	-20.37	3.44
	7	-20.08	3.54		7	-19.19	3.33
	8	-18.77	4.22		8	-17.77	3.78
	9	-20.28	3.31		9	-20.06	3.69
	10	-18.82	3.97		10	-19.80	3.64
충주	1	-19.67	3.66	충주	10	-18.82	3.99
	2	-20.05	3.71		11	-19.74	3.53
	3	-19.80	3.37		12	-18.23	3.48
	4	-20.05	3.26		13	-19.80	3.77
	5	-19.70	3.42		14	-20.08	3.43
	6	-19.74	3.76		15	-20.38	3.95
	7	-20.26	3.49		16	-17.85	3.49
	8	-19.01	4.21		17	-20.06	3.51
	9	-20.08	3.39		18	-19.21	3.46

표 6

[0042]

수입산 돈육의 탄소 및 질소 동위원소($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ value ‰) 비율

Origin	No.	$\delta^{13}\text{C}$ value(‰)	$\delta^{15}\text{N}$ value(‰)	Origin	No.	$\delta^{13}\text{C}$ value(‰)	$\delta^{15}\text{N}$ value(‰)
--------	-----	-----------------------------------	-----------------------------------	--------	-----	-----------------------------------	-----------------------------------

미국	1	-17.09	4.64	미국	19	-16.34	5.05
	2	-16.16	3.59		20	-16.08	5.88
	3	-13.19	5.36		21	-13.61	2.97
	4	-14.30	3.78		22	-15.22	4.61
	5	-16.71	4.48		23	-17.00	4.90
	6	-15.89	5.38		24	-14.95	4.35
	7	-16.23	5.37		25	-16.13	3.73
	8	-16.09	4.54		26	-16.51	4.78
	9	-16.47	5.13		27	-16.33	4.87
	10	-15.59	6.17		28	-15.60	4.15
	11	-16.83	4.81		29	-15.75	4.86
	12	-15.36	4.55		30	-15.59	4.65
	13	-13.12	3.93		31	-16.78	5.33
	14	-16.06	4.36		32	-15.42	4.54
	15	-16.14	5.96		33	-15.00	3.92
	16	-16.85	5.02		34	-15.48	3.82
	17	-15.24	4.18		35	-15.77	4.88
	18	-16.23	4.43		36	-16.23	3.85
독일	1	-23.90	4.35	독일	7	-25.33	4.41
	2	-23.64	4.50		8	-23.19	2.94
	3	-23.86	5.37		9	-23.99	4.91
	4	-25.16	4.77		10	-24.71	4.67
	5	-25.43	4.21		11	-22.42	4.63
	6	-25.33	3.36		12	-23.32	4.66
오스트리아	1	-22.40	4.64	오스트리아	6	-24.61	3.98
	2	-24.29	4.54		7	-22.14	4.76
	3	-23.82	4.52		8	-23.17	2.95
	4	-23.15	4.17		9	-23.97	4.92
	5	-25.26	5.19		10	-24.69	4.68
네덜란드	1	-25.75	4.45	벨기에	1	-23.81	4.43
	2	-22.91	4.77		2	-24.17	4.30
	3	-26.35	4.08		3	-25.36	4.51

[0043] 상기 돈육의 수분과 지방을 제거하여 시료로 사용한 국내산 및 수입산의 동위원소비율은 표4 내지 표5와 같이 나타났으며, 국내산 순천, 나주, 강진, 충주, 용인 5개 지역과 수입산 미국, 독일 오스트리아, 네덜란드, 벨기에 5개 국가의 탄소 및 질소 동위원소비율을 분석한 결과 $\delta^{13}\text{C values } \%$ 는 순천 -19.83 ± 0.34 , 나주 19.82 ± 0.71 , 강진 19.23 ± 1.15 , 충주 -19.59 ± 0.70 , 용인 -19.30 ± 1.06 , 미국 15.76 ± 0.98 , 독일 -24.19 ± 0.99 , 오스트리아 -23.75 ± 1.02 , 네덜란드 -25.00 ± 1.84 , 벨기에 -24.45 ± 0.81 로 국내 지역에 따른 차이는 확인할 수 없었으나 국내산의 경우 -19.59 ± 0.80 으로 독일, 오스트리아, 네덜란드, 벨기에 등 유럽지역의 -24.15 ± 1.09 보다 약 4% 높고, 미국의 -15.76 ± 0.98 보다는 약 4% 낮은 값을 나타내는 것으로 보아 국가별 지역에 따른 차이를 확인할 수 있다.

[0044] 상기 $\delta^{13}\text{C values}$ 는 섭취 환경과 밀접한 관계가 있으며, 주 섭취물인 C_3 식물과 C_4 식물의 탄소동위원소 비율 차이로 볼 때 지역별 돼지고기 탄소동위원소 비율은 유럽지역의 양돈 농가에서는 주로 C_3 식물인 콩 또는 채소를 주로 사료로 사용하며, 아메리카의 경우는 옥수수 또는 수수를 사료로 사용하고 국내 양돈의 경우 C_3 식물과 C_4 식물이 혼합된 사료를 사용하고 있어 $\delta^{13}\text{C values}$ 는 중간 값을 나타내는 것을 보인다.

[0045] $\delta^{15}\text{N values}$ 의 경우는 토양 비옥도에 따른 차이가 확인되므로, 각 지역에 따른 유의적 차이를 확인하였다. 돈육의 $\delta^{15}\text{N value}$ 는 국내산 3.72 ± 0.31 로 유럽지역의 4.42 ± 0.56 과 미국의 4.63 ± 0.70 보다 약 1% 낮은 값을 나타난 것을 확인할 수 있다.

[0046] 상기 $\delta^{13}\text{C values}$ 및 $\delta^{15}\text{N values}$ 를 이용하여 하기 도 1과 같은 2차원 그래프가 나타났으며, 유럽, 미국, 대한민국 간의 대륙간 지역별 차이를 확인할 수 있다.

[0047] 2. 미량 무기원소 분석

[0048] 돈육의 미량 무기원소 분석은 ICP라는 장비를 사용하는 것으로 ICP는 inductively coupled plasma(고주파 유도 결합 플라스마)의 약자이다. 고주파 코일의 축을 따라 아르곤 등의 불활성 기체와 문무 시료의 혼합물을 흘림으로써 전자적으로 플라스마 상태를 생성시켜, 이에 의한 발광을 광원으로 사용하는 것으로 지칭하나 이것을 사용하는 발광분광분석법을 지칭하는 경우가 많다.

[0049] 돈육의 국내의 지역 판별을 위해 분석된 미량 무기원소의 차이를 확인함에 있어 데이터의 변수와 다변량 데이터 분석관령 정보를 추출하기 위하여 ANOVA, PCA, LDA 등의 통계방법을 사용한다.

[0050] 상기 ANOVA(Ananalysis of Variance)는 통계 모델들의 집합이며, 특정 변수의 유의적 차이를 비교대상의 시료와 비교, 분석하는 방법이다. ANOVA는 집단 간의 평균차가 통계적으로 유의한가를 검증하는 방법으로 각 집단의 분산을 기반으로 유의성을 검증하는 방법으로 그 중 Ducan test는 사후 분석의 한 방법이며, 집단별 평균 비교에서 세 집단 이상이 종속 변수에 대한 평균의 차이를 설정된 유의 확률을 기준으로 분석하는 방법이다. 분산분석은 두 개 이상 집단들의 평균을 비교하는 통계분석 기법이다. 다시 말해 분산분석은 두 개 이상 집단들의 평균 간 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하는 방법으로 기본적으로 분산분석은 회귀분석의 특별한 형태이다. 가장 간단한 형태에서 ANOVA는 여러 그룹 수단은 모두 동일한 지 아닌지의 통계 시험을 제공하고, 두 개 이상의 그룹으로 t테스트를 일반화한다.

[0051] 상기 PCA(Principal Component Analysis)는 데이터 하나하나에 대한 성분을 분석하는 것이 아니라, 주요성분 데이터들을 모여 하나의 분포를 이룰 때 이 분포의 주성분을 분석하는 방법이다. 상기 주성분은 그 방향으로 데이터들의 분산이 가장 큰 방향 벡터를 의미한다. 또한 PCA는 2차원의 데이터 집합에 대하여 PCA를 수행하면 2개의 서로 수직인 주성분 벡터를 설정하고 이때 나오는 고유벡터가 주성분 벡터로서 데이터 분포에서 분산이 큰 방향을 나타내며, 대응되는 고유값으로 그룹간 차이를 분석하는 것이다.

[0052] 상기 LDA(Linear Discriminant Analysis)는 클래스간 분산(between-class scatter) 및 클래스내 분산(within-class scatter)의 비율을 최대화 하는 방식으로 특정 벡터의 차원을 축소시켜 시료 대상간의 차이를 확인하는 통계적 기법이다. 한 클래스 내에 분산을 줄게 그리고 여러 클래스간 분산을 크게 적용하여 그 비율을 크게 만들어 패턴을 축소하여 그래프로 도식화한 후, 이를 각각의 클래스로 구분하는 것이다. 즉, 시료 각각의 분석 항목과 분석 결과를 패턴화하여 군집별 도식이 가능한 방법이다.

[0053] 1) 시료 준비

[0054] 상기 동위원소 비율 분석 시에 분리된 국내산 및 수입산의 지방 0.5g을 마이크로웨이브용 vessel에 취하고 질산 7ml(70%), 과산화수소 1ml(30%)을 넣은 후 분해하고, 최고 20g으로 제조하여 시험용액으로 사용한다. 미량 무기원소 분석을 위한 조건은 하기 표 6 내지 표 7과 같다.

표 7

ICP-MS 분석 조건

[0055]

Descriptions	Conditions
RF generator	Free-running type, 40MHz
RF Power	1400 (W)
Coolant gas flow rate	17.0L · min ⁻¹
Auxiliary gas flow rate	2.00L · min ⁻¹
Nebulizer gas flow rate	1.05ml · min ⁻¹
Sample uptake flow	1.00ml · min ⁻¹
Nebulizer	concentric type
spray chamber	cychronic type
Torch	Demountable
Interface cone	Platinum
Quadrupole chamber	1×10 ⁻⁶ torr
Dwell time	600ms

Analyte mass(m/z)	Li(7), Be(9), V(51), Cr(52), Mn(55), Co(59), Ni(60), Cu(63), Ga(69), As(75), Se(82), Rb(85), Sr(87), Cd(111), Cs(133), Ba(138), Pr(208), Bi(209), U(238)
-------------------	--

표 8

ICP-OES 분석 조건

Descriptions	Conditions
RF generator	27.12 MHz
RF power	1.3 kW
Nebulizer	SeaSpray
Spray chamber	Cyclonic
Argon gas glow	
Plasma	16 L/min
Auxiliary	1.5 L/min
Nebulizer	0.94 L/min
Read delay	30 sec
Rinse	30 sec
Replicates	3
Analyte wavelengths(nm)	Al(396.153), B(249.677), Ca(317.933), Fe(238.204), K(766.490), Mg(285.213), Na(589.582), P(213.617), S(181.975), Zn(206.200)

2) ICP-MS 및 ICP-OES를 이용한 돈육의 미량 무기원소 분석

(1) ICP-MS를 이용한 돈육의 미량 무기원소 분석

미량 무기원소 분석을 위해 국내산 순천, 나주, 강진, 충주, 용인 등 5개 지역의 돈육 70점과 수입산 미국, 독일, 오스트리아, 네덜란드, 벨기에 5개국의 돈육 63점의 지방만을 분리하여 분석한다.

상기 미량 무기원소 분석은 IPC-MS를 이용하여 리튬(Li), 베릴륨(Be), 바나듐(V), 크롬(Cr), 망간(Mn), 코발트(Co), 니켈(Ni), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 비소(As), 셀레늄(Se), 루비듐(Rb), 스트론튬(Sr), 카드뮴(Cd), 세슘(Cs), 바륨(Ba), 납(Pb), 비스무트(Bi) 및 우라늄(U)의 19개의 미량 무기원소를 분석하였으며, 결과는 하기 표8 내지 표 11에 나타내었다.

[표 8] ICP-MS를 이용한 순천지역 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li	⁹ Be	¹¹ B	¹² Cr	²⁵ Mn	⁵⁵ Co	⁶⁰ Ni	⁶³ Cu	⁶⁹ Ga	⁷⁵ As	⁸² Se	⁸⁵ Rb	⁸⁷ Sr	¹¹¹ Cd	¹³³ Cs	¹³⁸ Ba	²⁰⁸ Pb	²⁰⁹ Bi	²³⁸ U
		(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(mg/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(mg/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(mg/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)
순천	1	6.42	0.50	12.17	2.70	56.75	4.41	97.03	0.45	12.91	7.00	118.03	0.57	356.33	0.49	2.82	105.71	47.90	0.00	0.27
순천	2	8.84	0.73	15.04	3.44	72.15	4.53	114.56	0.49	14.17	8.86	124.52	0.97	432.99	0.45	5.17	96.43	41.85	0.04	0.30
순천	3	4.23	0.35	12.07	2.23	42.94	2.82	84.63	0.30	4.94	7.10	69.47	0.35	242.03	0.27	2.15	33.00	40.15	0.00	0.15
순천	4	7.13	0.42	14.13	2.62	166.12	3.85	332.37	0.46	10.55	8.04	120.43	0.88	461.00	0.52	5.54	72.93	96.81	0.27	0.33
순천	5	5.41	0.47	13.80	2.83	78.72	3.51	88.19	0.36	7.07	8.36	87.36	0.60	355.30	0.46	2.91	39.71	26.64	0.00	0.20
순천	6	7.97	0.45	13.23	3.01	78.41	3.77	90.89	0.35	10.99	7.03	93.98	0.46	394.11	0.50	2.54	72.85	34.17	0.00	0.25
순천	7	6.83	0.50	14.03	2.86	48.53	3.28	81.01	0.39	8.50	10.30	104.19	0.66	352.19	0.35	3.50	51.99	25.99	0.00	0.21
순천	8	6.94	0.59	18.50	2.38	68.99	3.46	104.85	0.52	12.15	13.87	231.86	2.78	379.08	0.48	17.36	93.18	35.09	0.00	0.25
순천	9	3.91	0.39	13.25	1.92	44.08	3.09	83.63	0.33	13.59	11.21	81.02	0.55	233.80	0.29	3.20	136.03	20.72	0.00	0.16
순천	10	4.75	0.23	12.92	2.05	50.26	2.95	115.13	0.41	5.56	7.45	97.14	0.87	304.67	0.40	4.61	40.92	30.62	0.00	0.20
순천	11	4.60	0.30	12.18	2.14	82.73	7.50	900.74	1.61	10.78	6.01	93.91	0.63	304.60	0.33	4.33	108.61	38.58	0.00	0.18
순천	12	8.86	0.33	14.12	3.16	202.35	5.22	85.41	0.77	19.62	11.63	163.44	1.15	438.58	0.47	6.80	150.38	35.35	0.00	0.27
순천	13	7.83	0.43	13.16	2.87	81.44	3.88	89.84	0.57	9.27	22.69	103.92	1.18	433.24	0.57	8.10	65.38	55.24	0.02	0.20
순천	14	11.19	0.71	16.04	4.06	264.62	4.58	107.42	0.57	13.15	8.59	178.82	1.27	633.59	0.64	7.05	76.55	35.04	0.00	0.31
순천	15	0.00	0.00	10.95	2.31	191.80	5.70	359.43	1.41	3.10	98.89	60.58	0.37	0.00	1.39	1.70	22.36	95.65	0.25	0.00
순천	16	6.40	0.32	13.55	2.74	107.86	4.27	70.15	0.37	8.97	8.60	84.05	0.52	391.29	0.35	2.47	58.12	30.99	0.00	0.21
순천	17	7.24	0.37	14.29	2.97	859.50	12.79	115.00	0.53	62.82	16.06	98.25	0.65	612.35	0.72	3.02	584.25	61.51	0.17	0.26
순천	18	11.22	0.83	16.62	4.11	204.33	5.37	122.15	0.63	14.12	17.90	169.69	1.08	431.02	0.53	8.77	81.52	57.40	0.00	0.32
순천	19	12.20	1.02	18.10	4.58	89.99	5.30	135.95	0.53	15.85	12.65	163.75	0.89	531.83	0.50	5.65	90.37	34.18	0.00	0.35
순천	20	3.73	0.09	18.07	1.84	95.74	3.72	49.24	0.64	3.89	20.63	167.62	1.15	202.91	0.52	5.11	97.08	18.47	0.00	0.17
AVG		6.79	0.45	14.31	2.84	144.37	4.70	161.38	0.58	13.10	15.84	120.60	0.88	374.55	0.51	5.14	100.87	43.12	0.04	0.23
SD		2.91	0.24	2.14	0.75	180.00	2.21	191.19	0.34	12.44	20.16	44.34	0.53	143.05	0.23	3.52	118.72	21.42	0.08	0.08
RSD		42.90	53.27	14.93	26.25	124.68	47.08	118.47	58.13	94.95	128.88	36.76	60.29	38.19	45.80	68.41	117.70	49.67	225.84	34.89
Min		0.00	0.00	10.95	1.84	42.94	2.82	49.24	0.30	3.10	6.01	60.58	0.35	0.00	0.27	1.70	22.36	18.47	0.00	0.00
Median		6.89	0.42	13.92	2.79	82.08	4.08	100.94	0.51	10.89	9.58	104.06	0.76	385.19	0.49	4.47	74.74	35.22	0.00	0.23
Max		12.20	1.02	18.50	4.58	859.50	12.79	900.74	1.61	62.82	98.89	231.86	2.78	633.59	1.39	17.36	584.25	96.81	0.27	0.35

[0062]

[표 9] ICP-MS를 이용한 나주지역 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li	⁹ Be	¹¹ B	¹² Cr	²⁵ Mn	⁵⁵ Co	⁶⁰ Ni	⁶³ Cu	⁶⁹ Ga	⁷⁵ As	⁸² Se	⁸⁵ Rb	⁸⁷ Sr	¹¹¹ Cd	¹³³ Cs	¹³⁸ Ba	²⁰⁸ Pb	²⁰⁹ Bi	²³⁸ U
		(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(mg/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(mg/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(mg/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)	(ug/L)
나주	1	8.73	0.25	14.55	3.29	211.44	5.18	87.01	0.51	10.71	10.85	135.78	0.94	546.94	0.48	7.13	70.60	31.03	0.00	0.28
나주	2	13.60	0.41	22.51	2.02	112.87	3.47	99.50	0.88	10.42	20.16	187.05	1.77	462.63	0.45	9.47	72.59	41.95	0.03	0.42
나주	3	7.25	0.66	12.80	3.05	51.20	3.94	91.17	0.39	10.12	6.39	122.63	0.66	324.47	0.24	3.12	64.56	28.29	0.00	0.24
나주	4	9.69	0.76	15.25	3.21	150.18	4.68	147.36	0.64	12.65	6.82	169.06	1.00	474.18	0.76	5.79	81.74	54.37	0.51	0.29
나주	5	15.02	0.92	26.37	2.05	182.36	5.22	161.88	0.95	15.85	21.83	293.60	1.63	731.66	0.76	7.98	110.65	42.51	0.24	0.65
나주	6	7.97	0.88	15.06	2.68	69.11	3.78	140.78	0.45	6.78	7.31	119.66	0.77	336.97	0.37	4.18	42.51	34.41	0.07	0.28
나주	7	8.02	0.76	14.03	3.42	57.35	3.39	142.81	0.34	9.77	15.75	94.76	0.54	446.75	0.42	3.69	58.63	27.32	0.04	0.25
나주	8	8.49	0.73	15.97	3.11	82.38	3.78	163.14	0.55	9.23	13.32	152.54	0.87	462.30	0.41	4.45	56.44	36.91	0.03	0.23
나주	9	7.71	0.83	14.36	2.84	350.39	5.55	187.60	0.53	9.03	8.05	217.41	1.26	453.61	0.60	6.46	58.92	52.55	0.02	0.38
나주	10	7.56	0.90	43.66	1.45	989.66	21.22	629.29	2.78	9.43	58.18	251.71	1.72	356.74	0.73	7.80	43.82	30.80	0.27	0.37
AVG		9.41	0.71	19.46	2.71	225.69	6.02	185.05	0.80	10.40	16.87	174.42	1.11	459.63	0.52	6.01	66.05	38.01	0.12	0.34
SD		2.70	0.22	9.52	0.66	283.54	5.40	159.61	0.72	2.42	15.53	63.43	0.45	118.30	0.18	2.11	19.86	9.65	0.17	0.13
RSD		28.66	30.77	48.93	24.20	125.63	89.62	86.25	89.94	23.26	92.11	36.37	40.71	25.74	34.82	35.15	30.06	25.39	139.60	37.07
Min		7.25	0.25	12.80	1.45	51.20	3.39	87.01	0.34	6.78	6.39	94.76	0.54	324.47	0.24	3.12	42.51	27.32	0.00	0.23
Median		8.26	0.76	15.16	2.94	131.52	4.31	145.09	0.54	9.94	12.09	160.80	0.97	457.96	0.46	6.13	61.74	35.66	0.03	0.29
Max		15.02	0.92	43.66	3.42	989.66	21.22	629.29	2.78	15.85	58.18	293.60	1.77	731.66	0.76	9.47	110.65	54.37	0.51	0.65

[0064]

[0065] [표 10] ICP-MS를 이용한 강진지역 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li (ug/L)	⁹ Be (ug/L)	⁵¹ V (ug/L)	⁵² Cr (mg/L)	⁵⁵ Mn (ug/L)	⁵⁸ Co (ug/L)	⁶⁰ Ni (ug/L)	⁶³ Cu (mg/L)	⁶⁹ Ga (ug/L)	⁷⁵ As (ug/L)	⁸² Se (ug/L)	⁸⁵ Rb (mg/L)	⁸⁷ Sr (ug/L)	¹¹¹ Cd (ug/L)	¹³³ Cs (ug/L)	¹³⁸ Ba (ug/L)	²⁰⁸ Pb (ug/L)	²⁰⁹ Bi (ug/L)	²³⁸ U (ug/L)
강진	1	1.65	0.00	7.40	1.89	29.41	2.60	72.71	0.33	2.28	3.56	43.11	0.38	183.09	0.83	3.14	22.52	38.48	0.12	0.10
강진	2	2.49	0.00	9.00	1.75	62.49	3.57	72.62	0.49	2.18	7.40	73.82	0.45	177.21	1.03	4.27	21.28	70.76	0.14	0.12
강진	3	3.97	0.01	9.03	2.09	39.75	3.41	77.26	0.41	3.98	6.29	56.88	0.36	153.67	1.25	2.75	31.67	49.00	0.17	0.12
강진	4	4.50	0.04	10.64	2.62	69.16	4.22	106.20	0.55	6.32	7.21	100.73	0.74	316.97	1.26	7.04	47.25	74.16	0.20	0.16
강진	5	4.14	0.03	10.83	2.53	53.72	3.69	98.32	0.49	6.78	8.15	76.08	0.75	251.96	1.38	7.30	58.44	58.30	0.20	0.16
강진	6	8.95	0.38	16.42	3.19	93.77	4.81	102.26	0.69	9.81	13.03	225.44	2.40	218.90	1.36	24.18	68.90	73.44	0.48	0.30
강진	7	0.00	0.00	6.73	2.96	172.60	1.73	57.50	1.87	10.95	143.16	70.02	0.51	0.00	0.41	4.86	115.60	91.26	0.21	0.00
강진	8	7.66	0.18	14.21	2.87	65.15	5.08	122.98	0.42	10.40	8.26	60.14	0.50	345.29	0.95	4.96	76.07	69.45	0.27	0.23
강진	9	14.47	0.45	19.87	3.48	126.32	7.19	205.88	0.82	15.63	13.81	129.13	1.20	572.18	1.35	11.89	94.34	244.20	0.36	0.37
강진	10	13.23	0.62	19.42	4.13	115.12	9.03	136.45	0.55	21.87	19.97	117.22	1.42	529.72	1.22	15.93	147.18	138.64	0.73	0.59
강진	11	15.03	0.72	30.67	3.37	148.94	6.71	190.37	0.84	21.19	28.63	206.81	1.58	627.95	1.72	11.61	140.77	99.62	0.18	0.45
강진	12	11.28	0.91	18.79	3.79	88.86	5.78	166.55	0.38	14.10	12.75	81.59	0.68	448.57	0.98	6.18	88.90	111.40	0.17	0.40
AVG		7.28	0.28	14.42	2.89	88.77	4.82	117.42	0.65	10.46	22.69	103.41	0.92	318.79	1.15	8.68	76.08	93.22	0.27	0.25
SD		5.24	0.33	6.98	0.75	44.28	2.08	48.51	0.42	6.70	38.56	58.25	0.62	191.55	0.33	6.30	43.00	54.96	0.18	0.18
RSD		72.00	117.69	48.41	25.93	49.88	43.17	41.31	64.14	64.09	169.97	56.33	67.90	60.09	28.96	72.59	56.52	58.96	65.35	70.34
Min		0.00	0.00	6.73	1.75	29.41	1.73	57.50	0.33	2.18	3.56	43.11	0.36	0.00	0.41	2.75	21.28	38.48	0.12	0.00
Median		6.08	0.11	12.52	2.91	79.01	4.52	104.23	0.52	10.10	10.50	78.84	0.71	284.47	1.24	6.61	72.49	73.80	0.20	0.19
Max		15.03	0.91	30.67	4.13	172.60	9.03	205.88	1.87	21.87	143.16	225.44	2.40	627.95	1.72	24.18	147.18	244.20	0.73	0.59

[0066] [표 11] ICP-MS를 이용한 충주지역 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li (ug/L)	⁹ Be (ug/L)	⁵¹ V (ug/L)	⁵² Cr (mg/L)	⁵⁵ Mn (ug/L)	⁵⁸ Co (ug/L)	⁶⁰ Ni (ug/L)	⁶³ Cu (mg/L)	⁶⁹ Ga (ug/L)	⁷⁵ As (ug/L)	⁸² Se (ug/L)	⁸⁵ Rb (mg/L)	⁸⁷ Sr (ug/L)	¹¹¹ Cd (ug/L)	¹³³ Cs (ug/L)	¹³⁸ Ba (ug/L)	²⁰⁸ Pb (ug/L)	²⁰⁹ Bi (ug/L)	²³⁸ U (ug/L)
충주	1	8.30	0.22	9.63	3.06	218.58	13.20	76.55	0.61	8.90	3.81	162.74	2.30	526.88	0.97	20.99	51.50	32.14	0.00	1.75
충주	2	8.84	0.35	9.74	2.98	84.01	6.52	76.93	0.64	8.29	3.16	137.30	2.16	530.36	1.03	19.81	47.32	32.86	0.00	2.31
충주	3	9.65	0.65	10.97	3.60	132.27	6.30	121.65	0.52	9.98	5.44	138.76	1.89	482.54	0.67	15.46	59.20	107.31	0.00	2.78
충주	4	7.31	0.51	9.79	2.38	87.60	3.52	93.42	0.60	6.86	3.27	137.82	2.57	248.22	0.57	19.05	39.10	22.38	0.00	2.42
충주	5	8.97	0.43	14.16	1.63	159.29	6.03	124.75	0.78	7.33	8.32	200.87	3.63	518.61	1.13	31.09	46.33	63.23	0.15	6.45
충주	6	20.58	1.01	16.27	2.55	197.86	6.20	184.50	1.01	14.63	7.06	236.55	3.68	702.88	1.28	32.07	86.06	62.39	0.76	2.09
충주	7	9.74	0.55	9.65	2.49	90.28	4.99	99.10	0.48	6.52	4.49	129.14	1.90	350.31	0.58	14.73	46.27	67.71	0.22	3.52
충주	8	8.95	0.20	9.06	2.16	95.76	4.97	76.36	0.54	5.89	16.68	135.54	2.17	435.79	0.69	19.65	38.07	31.46	0.00	0.81
충주	9	10.15	0.33	65.52	0.00	706.59	102.77	3888.24	0.89	9.80	48.20	148.74	2.26	426.38	1.54	21.44	58.83	54.86	0.40	1.86
충주	10	8.90	0.20	11.36	2.78	121.04	6.29	156.16	0.60	6.49	5.71	111.64	1.77	177.81	0.97	14.97	46.41	36.64	0.08	1.10
충주	11	6.20	0.01	9.43	2.01	56.87	3.35	76.79	0.30	5.00	5.13	89.40	1.41	129.66	0.50	10.07	21.76	25.66	0.01	0.51
충주	12	5.15	0.00	8.16	1.82	70.66	3.94	86.61	0.45	3.62	3.63	79.79	1.43	149.59	0.44	11.60	27.43	28.08	0.00	1.05
충주	13	10.33	0.21	10.26	2.96	95.10	11.13	92.36	0.64	6.33	5.04	169.13	2.43	241.34	0.73	19.73	39.82	28.30	0.04	0.75
충주	14	6.40	0.07	9.97	1.74	120.25	4.66	71.83	1.43	6.98	5.43	181.33	3.87	637.20	2.32	28.76	56.05	58.96	0.25	2.62
충주	15	7.19	0.17	9.07	3.03	84.97	4.11	79.09	0.39	6.17	4.52	101.20	1.58	321.00	0.56	11.24	37.35	40.65	0.06	0.34
충주	16	5.42	0.06	8.73	2.01	69.65	4.15	75.80	0.45	3.99	3.59	98.98	1.91	144.61	0.56	15.26	26.21	26.89	0.02	1.35
충주	17	3.75	0.00	10.50	1.74	122.85	7.98	265.09	0.80	3.76	3.86	117.47	2.35	265.17	0.91	19.97	31.73	43.45	0.08	0.97
충주	18	2.53	0.00	8.51	1.50	58.06	2.68	56.85	0.81	4.19	2.77	90.59	1.89	252.80	0.61	13.18	27.90	28.24	0.08	0.32
AVG		8.21	0.276	13.38	2.22	142.871	11.27	316.782	0.66	6.93	7.783	137.05	2.287	363.40	0.89	18.837	43.74	43.956	0.12	1.83
SD		3.80	0.272	13.17	0.82	147.650	22.99	892.768	0.26	2.72	10.566	41.51	0.739	176.07	0.46	6.479	15.46	21.629	0.19	1.47
RSD		46.31	98.600	98.43	36.49	103.345	204.10	281.824	39.88	39.29	135.752	30.29	32.300	48.45	52.01	34.394	35.35	49.207	162.81	80.86
Min		2.53	0.000	8.16	0.00	56.870	2.68	56.845	0.30	3.62	2.772	79.79	1.409	129.66	0.44	10.067	21.76	22.381	0.00	0.32
Median		8.30	0.205	9.76	2.27	95.431	5.51	89.484	0.61	6.51	4.779	136.42	2.162	335.65	0.71	19.353	43.05	34.750	0.05	1.55
Max		20.58	1.010	65.52	3.60	706.590	102.77	3888.23	1.43	14.63	48.202	236.55	3.872	702.88	2.32	32.066	86.06	107.31	0.76	6.45

[0069] [표 12] ICP-MS를 이용한 용인지역 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li (ug/L)	⁹ Be (ug/L)	⁵¹ V (ug/L)	⁵² Cr (mg/L)	⁵⁵ Mn (ug/L)	⁵⁸ Co (ug/L)	⁶⁰ Ni (ug/L)	⁶³ Cu (mg/L)	⁶⁹ Ga (ug/L)	⁷⁵ As (ug/L)	⁸² Se (ug/L)	⁸⁵ Rb (mg/L)	⁸⁷ Sr (ug/L)	¹¹¹ Cd (ug/L)	¹³³ Cs (ug/L)	¹³⁸ Ba (ug/L)	²⁰⁸ Pb (ug/L)	²⁰⁹ Bi (ug/L)	²³⁸ U (ug/L)
용인	1	6.67	0.72	12.28	1.71	133.93	7.86	1448.03	0.55	11.19	6.24	120.17	2.25	537.74	0.00	18.77	80.16	47.86	0.00	1.38
용인	2	3.51	0.55	18.67	1.87	117.96	22.18	1390.61	1.13	5.11	4.63	81.81	1.52	287.63	0.00	9.52	46.27	22.41	0.00	1.02
용인	3	2.66	0.74	17.90	2.01	102.32	7.54	1466.70	0.42	3.87	3.90	72.57	1.27	276.90	0.00	12.31	40.76	30.17	0.00	0.00
용인	4	2.81	0.65	14.68	2.12	122.52	7.94	1509.61	0.53	4.51	4.29	91.28	1.68	291.50	0.00	13.12	51.64	32.68	0.00	2.61
용인	5	0.78	0.51	17.52	2.35	117.71	5.20	1648.68	0.48	3.43	2.32	82.40	1.72	381.51	0.00	14.07	43.13	17.80	0.00	1.54
용인	6	1.18	1.08	19.95	2.06	106.22	7.06	1466.77	0.35	1.61	2.65	63.36	0.93	260.91	0.00	6.74	30.84	24.92	0.00	0.00
용인	7	0.00	0.52	16.70	2.20	139.47	9.41	1573.33	0.35	0.96	1.39	69.50	0.83	106.62	0.00	8.02	29.82	17.79	0.00	0.77
용인	8	4.92	0.85	20.48	1.68	151.90	5.76	1372.82	0.47	7.25	2.52	105.48	1.41	317.36	0.83	13.58	68.02	41.13	0.00	0.44
용인	9	5.79	0.64	22.36	1.82	115.01	5.93	1427.74	0.60	6.12	4.20	187.35	3.47	277.77	0.00	29.08	58.87	32.96	0.00	0.50
용인	10	1.23	0.76	23.21	1.86	110.75	5.07	1360.42	0.32	2.55	1.97	59.08	0.58	199.42	0.00	5.11	35.23	28.31	0.00	0.67
AVG		2.95	0.70	18.38	1.97	121.78	8.39	1466.47	0.52	4.66	3.41	93.30	1.57	293.74	0.08	13.03	48.47	29.60	0.00	0.89
SD		2.25	0.17	3.35	0.22	15.59	5.04	90.73	0.23	3.01	1.48	38.06	0.83	112.23	0.26	6.93	16.44	9.67	0.00	0.79
RSD		76.27	24.60	18.22	11.15	12.80	60.00	6.19	44.99	64.50	43.52	40.79	52.87	38.21	316.23	53.18	33.91	32.66	0.00	88.64
Min		0.00	0.51	12.28	1.68	102.32	5.07	1360.42	0.32	0.96	1.39	59.08	0.58	106.62	0.00	5.11	29.82	17.79	0.00	0.00
Median		2.74	0.69	18.29	1.94	117.83	7.30	1457.36	0.47	4.19	3.28	82.11	1.46	282.70	0.00	12.71	44.70	29.24	0.00	0.72
Max		6.67	1.08	23.21	2.35	151.90	22.18	1648.68	1.13	11.19	6.24	187.35	3.47	537.74	0.83	29.08	80.16	47.86	0.00	2.61

[0071] [표 13-1] ICP-MS를 이용한 미국 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li (ug/L)	⁹ Be (ug/L)	³¹ P (ug/L)	⁵² Cr (mg/L)	⁵⁵ Mn (ug/L)	⁵⁹ Co (ug/L)	⁶³ Ni (ug/L)	⁶⁵ Cu (mg/L)	⁶⁹ Ga (ug/L)	⁷⁵ As (ug/L)	⁸² Se (ug/L)	⁸⁵ Rb (mg/L)	⁸⁷ Sr (ug/L)	¹¹¹ Cd (ug/L)	¹³³ Cs (ug/L)	¹³⁸ Ba (ug/L)	²⁰⁸ Pb (ug/L)	²⁰⁹ Bi (ug/L)	²³⁸ U (ug/L)
미국	1	1.93	0.24	2.86	1.46	264.83	2.83	35.39	1.25	12.07	254.99	286.38	1.23	177.75	2.38	6.31	129.83	46.57	0.12	0.00
미국	2	6.93	0.01	11.84	0.61	283.99	5.28	46.95	3.62	15.12	174.36	261.76	3.03	1487.80	8.52	13.20	151.72	142.21	0.34	0.97
미국	3	0.04	0.03	3.48	0.85	162.97	1.68	39.96	1.21	6.04	162.50	80.94	0.62	67.17	1.87	2.77	72.92	52.37	0.00	0.00
미국	4	0.37	0.17	7.79	1.10	348.92	15.25	92.49	0.02	28.57	229.02	311.88	1.97	86.94	2.98	6.76	279.53	62.44	0.11	0.00
미국	5	2.97	0.25	9.73	1.07	378.82	5.50	90.48	0.52	9.08	254.52	177.38	1.02	0.00	0.47	3.97	87.46	26.60	0.00	0.00
미국	6	0.33	0.00	5.27	0.96	243.95	4.08	55.07	0.40	7.75	238.92	291.43	1.33	304.72	0.84	7.12	81.08	9.78	0.00	0.00
미국	7	0.00	0.01	5.81	1.10	229.73	4.17	30.62	0.48	64.16	227.12	297.79	2.43	137.93	1.11	5.55	629.71	20.14	1.14	0.00
미국	8	0.00	0.00	3.87	0.65	200.07	1.31	14.72	0.34	5.89	196.66	204.86	1.60	0.00	0.48	6.03	65.05	11.00	0.00	0.00
미국	9	0.00	0.00	4.39	0.77	199.37	2.11	22.86	0.41	5.20	205.23	259.62	1.35	0.00	0.34	4.43	57.54	6.44	0.00	0.00
미국	10	0.00	0.00	4.53	0.77	180.85	1.83	25.28	0.41	3.59	178.32	158.50	0.74	46.31	0.21	3.31	43.49	3.52	0.00	0.00
미국	11	0.00	0.00	4.16	0.58	157.16	5.37	16.81	0.34	3.38	160.63	132.36	0.77	0.00	0.34	2.33	49.45	8.16	0.00	0.00
미국	12	0.00	0.00	6.46	0.94	219.81	7.14	159.93	0.33	6.11	185.50	161.21	0.89	19.90	2.15	2.78	61.22	7.00	0.00	0.00
미국	13	0.64	0.04	10.67	1.79	386.47	10.34	220.69	0.49	11.78	334.40	382.71	2.16	284.60	0.73	7.31	110.85	13.06	0.00	0.05
미국	14	1.06	0.00	4.14	1.03	286.51	2.70	31.05	0.53	9.69	279.56	297.06	2.18	167.75	0.53	9.24	89.43	7.58	0.00	0.00
미국	15	0.12	0.00	5.27	1.33	321.29	2.76	36.98	0.36	10.48	342.07	208.29	1.03	0.48	0.92	2.50	103.06	9.66	0.00	0.00
미국	16	0.00	0.00	5.30	1.01	254.35	4.70	91.32	0.47	7.05	243.35	226.45	1.56	0.00	0.33	5.82	72.12	7.73	0.00	0.00
미국	17	0.48	0.00	8.02	0.95	261.30	4.86	71.98	0.96	18.66	258.58	438.98	2.79	46.36	1.02	9.18	165.41	41.77	0.00	0.00
미국	18	2.15	0.00	13.59	0.24	317.40	2.18	42.04	0.94	8.96	160.99	484.13	0.01	26402.9	1.51	23.67	86.94	20.66	0.00	0.00
미국	19	4.91	0.38	13.55	2.04	530.21	10.40	169.71	1.14	18.32	440.58	604.46	3.92	426.25	1.29	17.27	150.86	29.09	0.00	0.00
미국	20	5.56	0.17	17.36	0.40	432.82	5.22	207.68	1.21	15.88	201.66	768.44	0.02	34818.3	3.25	35.22	125.78	27.70	0.00	0.00

[0072]

[0073] [표 13-2] ICP-MS를 이용한 미국 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li (ug/L)	⁹ Be (ug/L)	³¹ P (ug/L)	⁵² Cr (mg/L)	⁵⁵ Mn (ug/L)	⁵⁹ Co (ug/L)	⁶³ Ni (ug/L)	⁶⁵ Cu (mg/L)	⁶⁹ Ga (ug/L)	⁷⁵ As (ug/L)	⁸² Se (ug/L)	⁸⁵ Rb (mg/L)	⁸⁷ Sr (ug/L)	¹¹¹ Cd (ug/L)	¹³³ Cs (ug/L)	¹³⁸ Ba (ug/L)	²⁰⁸ Pb (ug/L)	²⁰⁹ Bi (ug/L)	²³⁸ U (ug/L)
미국	21	9.00	0.44	22.37	1.22	614.08	21.01	519.98	1.04	20.60	371.02	790.54	5.01	525.84	2.12	14.86	166.14	30.21	0.26	0.18
미국	22	2.21	0.32	13.64	0.47	472.79	4.91	114.34	1.07	12.03	245.89	890.73	0.02	32874.8	1.75	31.22	121.69	41.93	0.00	0.03
미국	23	0.98	0.16	7.86	1.25	315.53	5.28	176.08	0.74	12.57	290.77	278.18	1.92	181.83	26.91	7.09	104.49	63.00	0.20	0.00
미국	24	1.69	0.00	4.20	0.29	283.90	3.95	102.27	0.35	6.22	149.26	203.00	3.43	33.89	0.31	11.30	78.43	5.49	0.00	0.00
미국	25	2.55	0.22	7.95	1.84	483.93	23.07	114.72	0.80	19.58	427.31	375.41	1.86	15889.9	1.65	23.42	172.56	29.45	0.00	0.00
미국	26	0.04	0.10	6.42	1.13	327.66	6.34	134.22	0.58	8.79	268.96	541.44	3.03	171.70	0.70	10.55	85.45	11.19	0.00	0.00
미국	27	1.14	0.37	10.41	1.31	475.21	9.15	207.33	1.16	12.98	317.85	1151.08	0.02	24322.4	1.47	25.32	120.91	27.81	0.00	0.00
미국	28	3.40	1.12	65.20	0.61	1173.66	77.09	2032.52	1.23	19.10	283.50	424.67	2.97	0.00	6.76	11.98	115.36	62.99	1.04	0.28
미국	29	3.82	0.87	59.14	0.00	963.88	65.37	1657.61	0.91	155.29	109.08	629.18	2.91	100.93	2.83	10.62	1491.22	75.22	0.86	0.23
미국	30	1.20	0.31	24.83	0.47	487.79	26.92	675.89	1.23	54.44	78.33	709.80	3.78	299.02	1.50	15.95	576.34	34.49	0.08	0.04
미국	31	0.24	0.10	19.74	0.82	380.82	22.27	555.75	0.68	28.11	84.24	386.46	4.41	380.01	1.27	14.66	307.90	26.80	0.00	0.00
미국	32	0.41	0.06	17.74	0.00	318.82	11.88	224.04	0.56	50.70	81.63	315.88	1.96	0.00	0.66	6.43	528.90	20.87	0.00	0.00
미국	33	0.00	0.00	5.95	0.89	153.39	18.67	82.30	0.48	13.07	78.60	247.63	1.78	0.00	0.54	5.80	157.95	25.39	0.00	0.00
미국	34	0.00	0.00	5.73	1.12	139.58	4.06	85.36	0.40	22.52	72.26	161.88	1.14	0.00	0.18	3.19	265.66	17.69	0.00	0.00
미국	35	0.00	0.00	3.41	0.80	115.36	2.14	47.12	0.41	6.59	79.11	304.05	1.35	0.00	0.34	2.05	75.84	9.40	0.00	0.00
미국	36	0.00	0.00	3.04	0.84	90.23	1.99	39.07	0.30	9.32	57.04	74.24	0.50	0.00	0.10	1.32	126.20	6.56	0.00	0.00
AVG		1.50	0.15	11.83	0.91	346.04	11.22	229.74	0.76	19.99	214.55	375.52	1.85	3868.21	2.23	10.29	197.46	28.94	0.11	0.05
SD		2.18	0.25	13.64	0.46	218.45	16.32	427.71	0.60	27.06	100.16	244.00	1.27	9708.36	4.57	8.43	263.37	27.27	0.29	0.17
RSD		144.80	166.54	115.37	51.16	63.13	145.48	186.17	79.04	135.38	46.68	64.98	68.76	250.98	204.80	81.85	133.38	94.23	249.76	344.99
Min		0.00	0.00	2.86	0.00	90.23	1.31	14.72	0.02	3.38	57.04	74.24	0.01	0.00	0.10	1.32	43.49	3.52	0.00	0.00
Median		0.44	0.02	7.12	0.92	301.02	5.25	90.90	0.54	12.05	216.18	297.42	1.69	93.94	1.07	7.11	118.14	23.13	0.00	0.00
Max		9.00	1.12	65.20	2.04	1173.66	77.09	2032.52	3.62	155.29	440.58	1151.08	5.01	34818.4	26.91	35.22	1491.22	142.21	1.14	0.97

[0074]

[0075] [표 14] ICP-MS를 이용한 독일 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li (ug/L)	⁹ Be (ug/L)	³¹ V (ug/L)	⁵² Cr (mg/L)	⁵⁵ Mn (ug/L)	⁵⁹ Co (ug/L)	⁶⁰ Ni (ug/L)	⁶³ Cu (mg/L)	⁶⁹ Ga (ug/L)	⁷⁵ As (ug/L)	⁸² Se (ug/L)	⁸⁵ Rb (mg/L)	⁸⁷ Sr (ug/L)	¹¹¹ Cd (ug/L)	¹³³ Cs (ug/L)	¹³⁸ Ba (ug/L)	²⁰⁸ Pb (ug/L)	²⁰⁹ Bi (ug/L)	²³⁸ U (ug/L)
독일	1	1.74	0.00	8.10	0.95	201.78	6.36	78.25	0.61	25.23	141.11	255.00	2.65	0.00	2.35	15.98	246.45	32.88	0.00	0.00
독일	2	2.44	0.00	2.80	0.75	142.10	0.93	0.00	0.74	21.83	146.81	217.15	1.32	252.66	1.23	5.98	248.55	32.07	0.00	0.00
독일	3	2.73	0.00	2.58	0.58	169.76	2.79	0.00	1.75	17.72	140.90	218.87	4.10	192.41	2.26	20.18	201.29	69.88	0.00	0.00
독일	4	2.24	0.00	0.00	0.34	163.80	0.00	0.00	8.27	10.66	133.60	477.91	5.20	13620.9	3.12	53.09	122.09	417.30	0.30	0.00
독일	5	1.14	0.00	0.06	0.31	104.29	0.00	0.00	4.09	8.15	116.07	272.79	2.97	87.72	7.34	9.77	81.62	266.81	0.51	0.00
독일	6	1.51	0.00	1.11	0.48	118.21	0.00	0.00	1.50	10.70	126.85	190.63	1.10	160.30	1.86	4.15	113.57	106.36	0.00	0.00
독일	7	0.00	0.00	0.18	0.51	111.22	0.00	0.00	2.36	7.42	136.13	204.67	1.80	113.51	1.37	7.37	79.64	198.67	1.22	0.00
독일	8	0.00	0.00	2.10	0.48	106.65	0.00	0.00	0.61	50.26	155.81	170.69	2.43	0.00	2.16	4.28	512.53	52.50	0.00	0.00
독일	9	0.18	0.00	0.00	0.44	110.14	0.00	0.00	0.76	11.20	138.25	155.26	0.95	273.28	1.57	4.68	116.56	70.78	0.27	0.00
독일	10	8.60	0.00	0.86	0.52	151.10	0.37	29.60	1.71	8.75	130.61	294.74	2.43	20.64	1.97	6.34	83.59	125.11	0.00	0.00
독일	11	5.80	0.00	6.46	0.86	196.36	5.61	83.44	2.81	19.24	173.53	197.08	1.00	95.08	6.19	4.82	150.40	143.67	0.00	0.00
독일	12	3.46	0.00	5.59	0.65	212.49	5.61	326.10	0.88	13.46	153.66	205.83	2.71	111.93	2.94	18.16	139.93	89.91	0.21	0.00
AVG		2.49	0.00	2.49	0.57	148.99	1.81	43.12	2.17	17.05	141.11	238.38	2.39	1244.03	2.86	12.90	174.68	133.83	0.21	0.00
SD		2.53	0.00	2.79	0.20	39.82	2.58	94.38	2.19	11.94	15.04	85.55	1.30	3898.72	1.92	13.89	121.78	112.95	0.36	0.00
RSD		101.70	0.00	112.02	34.23	26.73	142.65	218.91	100.83	69.99	10.66	35.89	54.36	313.39	67.12	107.63	69.71	84.40	172.43	0.00
Min		0.00	0.00	0.00	0.31	104.29	0.00	0.00	0.61	7.42	116.07	155.26	0.95	0.00	1.23	4.15	79.64	32.07	0.00	0.00
Median		1.99	0.00	1.60	0.51	146.60	0.19	0.00	1.60	12.33	139.58	211.49	2.43	112.72	2.21	6.86	131.01	98.13	0.00	0.00
Max		8.60	0.00	8.10	0.95	212.49	6.36	326.10	8.27	50.26	173.53	477.91	5.20	13620.9	7.34	53.09	512.53	417.30	1.22	0.00

[0076]

[0077] [표 15] ICP-MS를 이용한 오스트리아 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li (ug/L)	⁹ Be (ug/L)	³¹ V (ug/L)	⁵² Cr (mg/L)	⁵⁵ Mn (ug/L)	⁵⁹ Co (ug/L)	⁶⁰ Ni (ug/L)	⁶³ Cu (mg/L)	⁶⁹ Ga (ug/L)	⁷⁵ As (ug/L)	⁸² Se (ug/L)	⁸⁵ Rb (mg/L)	⁸⁷ Sr (ug/L)	¹¹¹ Cd (ug/L)	¹³³ Cs (ug/L)	¹³⁸ Ba (ug/L)	²⁰⁸ Pb (ug/L)	²⁰⁹ Bi (ug/L)	²³⁸ U (ug/L)
오스트리아	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1048.03	0.52	5.05	1.15	218.89	2.34	248.29	0.32	8.43	68.08	20.82	0.00	0.00
오스트리아	2	0.87	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	1597.66	0.59	2.75	3.54	209.31	2.26	264.46	0.18	13.96	46.11	24.07	0.00	0.00
오스트리아	3	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	1463.26	2.02	1.90	2.60	174.71	1.52	39.55	0.67	7.69	41.55	76.74	0.00	0.00
오스트리아	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1155.34	0.82	3.33	4.85	308.17	3.48	216.14	2.49	14.19	50.04	27.92	0.00	0.00
오스트리아	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	711.26	0.76	2.76	2.82	237.33	3.66	297.42	0.83	27.73	34.65	19.54	0.00	0.00
오스트리아	6	2.71	0.35	15.12	0.14	354.98	4.49	0.00	1.80	5.94	9.51	325.37	4.83	348.88	2.12	19.79	49.63	69.49	0.21	0.00
오스트리아	7	0.00	0.00	11.85	0.00	28.89	0.00	880.21	0.55	3.63	4.11	86.98	1.12	88.97	0.25	5.92	36.27	24.84	0.00	0.00
오스트리아	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	964.54	0.73	2.55	3.38	113.46	0.52	46.44	0.25	3.60	31.18	24.90	0.00	0.00
오스트리아	9	0.16	0.00	3.54	0.01	0.00	0.00	987.87	3.68	10.87	8.79	239.12	2.15	461.94	2.97	7.58	125.46	108.81	0.00	0.00
오스트리아	10	0.97	0.00	8.96	0.29	0.00	9.22	1022.01	7.67	9.94	16.87	282.69	2.67	1128.41	1.32	10.50	124.78	381.32	0.12	0.00
AVG		0.47	0.03	3.95	0.07	38.39	1.37	983.02	1.91	4.87	5.76	219.60	2.46	314.05	1.14	11.94	60.78	77.84	0.03	0.00
SD		0.87	0.11	5.83	0.10	111.61	3.10	433.97	2.26	3.16	4.72	77.95	1.28	316.32	1.03	7.28	35.46	110.94	0.07	0.00
RSD		185.24	316.23	147.73	144.74	290.75	225.96	44.15	117.89	64.87	81.94	35.50	52.07	100.72	90.79	61.00	58.34	142.52	219.89	0.00
Min		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	1.90	1.15	86.98	0.52	39.55	0.18	3.60	31.18	19.54	0.00	0.00
Median		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1004.94	0.79	3.48	3.82	228.11	2.30	256.37	0.75	9.47	47.87	26.41	0.00	0.00
Max		2.71	0.35	15.12	0.29	354.98	9.22	1597.66	7.67	10.87	16.87	325.37	4.83	1128.41	2.97	27.73	125.46	381.32	0.21	0.00

[0078]

[0079] [표 16] ICP-MS를 이용한 네덜란드 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li (ug/L)	⁹ Be (ug/L)	³¹ V (ug/L)	⁵² Cr (mg/L)	⁵⁵ Mn (ug/L)	⁵⁹ Co (ug/L)	⁶⁰ Ni (ug/L)	⁶³ Cu (mg/L)	⁶⁹ Ga (ug/L)	⁷⁵ As (ug/L)	⁸² Se (ug/L)	⁸⁵ Rb (mg/L)	⁸⁷ Sr (ug/L)	¹¹¹ Cd (ug/L)	¹³³ Cs (ug/L)	¹³⁸ Ba (ug/L)	²⁰⁸ Pb (ug/L)	²⁰⁹ Bi (ug/L)	²³⁸ U (ug/L)
네덜란드	1	3.21	0.13	5.19	0.31	80.24	0.00	0.00	0.68	8.00	11.29	260.17	1.54	64.36	4.42	5.82	90.39	42.71	0.18	0.00
네덜란드	2	3.61	0.00	8.56	0.57	74.76	0.39	0.00	0.75	13.13	6.89	322.32	2.74	20.56	2.99	13.56	136.02	45.47	0.00	0.00
네덜란드	3	0.86	0.00	9.35	0.54	66.94	0.00	0.00	0.70	13.55	7.19	344.77	2.03	283.92	5.46	9.91	147.70	53.06	0.12	0.00
AVG		2.56	0.04	7.70	0.47	73.98	0.13	0.00	0.71	11.56	8.45	309.08	2.10	122.95	4.29	9.76	124.70	47.08	0.10	0.00
SD		1.49	0.07	2.21	0.14	6.69	0.23	0.00	0.04	3.09	2.46	43.82	0.60	141.12	1.24	3.87	30.28	5.36	0.09	0.00
RSD		58.11	173.21	28.69	30.06	9.04	173.21	0.00	5.17	26.73	29.10	14.18	28.67	114.78	28.98	39.68	24.28	11.38	90.99	0.00
Min		0.86	0.00	5.19	0.31	66.94	0.00	0.00	0.68	8.00	6.89	260.17	1.54	20.56	2.99	5.82	90.39	42.71	0.00	0.00
Median		3.21	0.00	8.56	0.54	74.76	0.00	0.00	0.70	13.13	7.19	322.32	2.03	64.36	4.42	9.91	136.02	45.47	0.12	0.00
Max		3.61	0.13	9.35	0.57	80.24	0.39	0.00	0.75	13.55	11.29	344.77	2.74	283.92	5.46	13.56	147.70	53.06	0.18	0.00

[0080]

[0081] [표 17] ICP-MS를 이용한 벨기에 돈육의 미량 무기원소 분석

Origin	No	⁷ Li (ug/L)	⁹ Be (ug/L)	²¹ V (ug/L)	⁵² Cr (mg/L)	⁵⁵ Mn (ug/L)	⁵⁹ Co (ug/L)	⁶⁰ Ni (ug/L)	⁶³ Cu (mg/L)	⁶⁹ Ga (ug/L)	⁷⁵ As (ug/L)	⁸² Se (ug/L)	⁸⁵ Rb (mg/L)	⁸⁷ Sr (ug/L)	¹¹¹ Cd (ug/L)	¹³³ Cs (ug/L)	¹³⁸ Ba (ug/L)	²⁰⁶ Pb (ug/L)	²⁰⁹ Bi (ug/L)	²³⁸ U (ug/L)
벨기에	1	0.29	0.00	5.70	0.40	64.44	0.00	0.00	1.47	10.73	5.09	325.66	5.09	196.00	4.41	47.28	110.86	80.04	0.09	0.00
벨기에	2	1.87	0.00	8.23	0.56	58.00	0.00	0.00	0.55	15.94	7.40	223.78	2.57	133.87	4.31	23.73	166.40	55.72	0.00	0.00
벨기에	3	1.35	0.00	5.26	0.45	35.36	0.00	0.00	0.41	8.46	4.42	143.42	0.99	91.34	1.90	4.50	84.86	35.16	0.33	0.00
AVG		1.17	0.00	6.40	0.47	52.60	0.00	0.00	0.81	11.71	5.64	230.95	2.88	140.40	3.54	25.17	120.71	56.97	0.14	0.00
SD		0.81	0.00	1.60	0.08	15.28	0.00	0.00	0.58	3.84	1.56	91.33	2.07	52.64	1.42	21.42	41.65	22.46	0.17	0.00
RSD		68.98	0.00	25.04	16.80	29.04	0.00	0.00	71.33	32.75	27.70	39.55	71.85	37.49	40.10	85.12	34.51	39.43	122.11	0.00
Min		0.29	0.00	5.26	0.40	35.36	0.00	0.00	0.41	8.46	4.42	143.42	0.99	91.34	1.90	4.50	84.86	35.16	0.00	0.00
Median		1.35	0.00	5.70	0.45	58.00	0.00	0.00	0.55	10.73	5.09	223.78	2.57	133.87	4.31	23.73	110.86	55.72	0.09	0.00
Max		1.87	0.00	8.23	0.56	64.44	0.00	0.00	1.47	15.94	7.40	325.66	5.09	196.00	4.41	47.28	166.40	80.04	0.33	0.00

[0082]

[0083] 상기 ICP-MS를 이용하여 리튬(Li), 베릴륨(Be), 바나듐(V), 크롬(Cr), 망간(Mn), 코발트(Co), 니켈(Ni), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 비소(As), 셀레늄(Se), 루비듐(Rb), 스트론튬(Sr), 카드뮴(Cd), 세슘(Cs), 바륨(Ba), 납(Pb), 비스무트(Bi) 및 우라늄(U)으로 분석한 결과 표 8 내지 표 17에 나타난 바와 같이 나타났다.

[0084] 상기 각 미량 무기원소별 특성을 확인한 결과 리튬(Li($\mu\text{g/kg}$))은 대한민국 7.06 ± 3.94 , 미국 1.05 ± 2.18 , 유럽 1.63 ± 2.00 으로 국내산과 수입산의 경우 약 3mg/kg의 함량 차이를 나타내었으나 그 편차가 커 지역적 특성이 뚜렷하지 않았다. 그 외의 미량 무기원소 분석 결과 각 무기원소별 평균에 대한 지역별 특성은 보이나 표준편차가 크고 분산에 대한 지역별 특성이 뚜렷하지 않으나 베릴륨(Be), 바나듐(V), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 셀레늄(Se), 루비듐(Rb) 및 납(Pb)의 무기원소는 다른 원소에 비해 돈육 원산지의 지역별 특성을 확인할 수 있었으며, PCA, LDA와 같은 다원소 동시분석시 지역별 특성을 확인할 수 있는 가능성을 도출할 수 있는 것으로 나타났다.

[0085] (2) ICP-OES를 이용한 돈육의 미량 무기원소 분석

[0086] 탄소와 질소에 따른 동위원소 비율 분석 및 다중 무기원소 분석을 위해 국내산 순천, 나주, 강진, 충주, 용인으로 이루어진 5개 지역의 돼지고기 70점 및 수입산 미국, 독일, 오스트리아, 네덜란드, 벨기에 5개국의 돼지고기 64점의 지방만을 분리하여 주요 무기원소를 분석하였다. 알카리 토금속류인 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg)을 포함한 알루미늄(Al), 붕소(B), 철(Fe), 칼륨(K), 나트륨(Na), 인(P), 황(S) 및 아연(Zn)으로 이루어지는 무기원소를 분석하였다.

[0087] 분석 결과는 하기 표 18 내지 표 27에 나타내었다.

[0088] [표 18] ICP-OES를 이용한 순천지역 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg

Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
산천	1	4.66	8.15	42.96	3.51	174.13	12.81	272.93	143.83	38.96	1.51
산천	2	4.72	7.91	49.12	4.14	262.47	15.52	338.69	191.75	44.20	1.62
산천	3	4.36	8.49	27.18	4.20	129.87	9.68	257.48	114.37	34.32	1.30
산천	4	4.88	8.18	73.84	5.84	261.06	16.93	324.85	210.71	46.41	2.29
산천	5	4.77	8.13	26.99	10.39	198.04	12.70	248.37	162.11	35.79	1.48
산천	6	4.87	8.04	28.32	4.07	112.77	9.12	217.84	106.18	30.95	1.76
산천	7	4.68	8.23	26.50	1.49	175.72	11.14	267.58	133.46	35.98	1.31
산천	8	4.97	7.85	48.80	4.69	875.63	57.08	668.36	548.33	115.44	6.60
산천	9	4.79	8.02	30.38	4.51	205.35	16.06	306.39	152.08	39.82	1.98
산천	10	5.46	8.17	33.55	4.62	325.05	16.77	243.76	210.73	43.95	2.20
산천	11	4.16	7.84	67.89	8.74	209.83	12.95	227.51	169.68	40.30	1.94
산천	12	4.75	7.77	35.39	30.03	178.49	15.22	379.71	180.30	49.63	1.88
산천	13	5.05	7.86	31.28	3.81	273.74	15.81	279.53	195.80	49.84	2.35
산천	14	4.73	8.11	34.65	4.27	272.47	17.56	364.73	258.87	47.06	2.89
산천	15	12.51	5.93	5.92	5.83	139.30	12.10	246.20	152.40	37.77	2.96
산천	16	5.71	7.74	31.56	15.09	143.89	9.64	256.14	112.94	33.50	1.63
산천	17	5.10	7.65	227.25	205.47	175.76	16.00	249.62	159.45	34.19	2.46
산천	18	5.10	7.69	38.66	27.98	256.01	16.10	270.74	186.68	42.79	1.88
산천	19	4.50	7.75	37.85	5.65	177.34	11.87	340.27	136.51	42.37	2.02
산천	20	3.03	7.22	48.69	30.40	367.22	22.56	1057.51	258.04	123.51	2.65
AVG		5.14	7.84	47.34	19.24	250.71	16.38	340.91	189.21	48.34	2.24
SD		1.82	0.53	44.90	44.78	161.92	10.12	194.72	94.76	24.95	1.14
RSD		35.32	6.71	94.85	232.79	64.58	61.79	57.12	50.08	51.62	50.78
Min		3.03	5.93	5.92	1.49	112.77	9.12	217.84	106.18	30.95	1.30
Median		4.78	7.88	35.02	5.17	207.59	15.37	271.83	165.89	41.33	1.96
Max		12.51	8.49	227.25	205.47	875.63	57.08	1057.51	548.33	123.51	6.60

[0089]

[표 19] ICP-OES를 이용한 나주시역 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg

Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
나주	1	5.23	8.07	207.11	24.14	211.56	16.60	337.48	254.74	44.39	2.01
나주	2	4.73	8.33	54.25	7.25	411.08	21.90	1169.91	224.26	96.86	2.18
나주	3	4.75	7.85	26.52	6.62	177.21	10.99	282.25	124.70	35.89	1.36
나주	4	5.21	8.27	45.24	23.55	258.80	21.21	431.14	232.55	56.35	4.19
나주	5	5.35	8.13	61.74	14.30	426.97	27.04	1207.71	251.57	116.46	2.44
나주	6	7.42	8.89	36.67	5.64	246.68	16.06	398.24	189.21	63.56	2.07
나주	7	4.99	7.70	26.52	3.06	154.46	11.22	233.78	132.89	33.82	1.43
나주	8	5.73	8.01	42.07	2.90	240.99	14.53	444.51	176.89	51.54	1.61
나주	9	5.51	7.94	64.36	42.05	374.33	24.04	416.10	310.66	63.76	3.00
나주	10	5.51	7.49	72.14	105.49	601.59	33.67	470.68	309.25	136.41	2.80
AVG		5.44	8.07	63.66	23.50	310.37	19.73	539.18	220.67	68.90	2.31
SD		0.77	0.38	52.74	31.38	139.83	7.24	350.41	65.01	35.35	0.86
RSD		14.10	4.75	82.85	133.52	45.05	36.73	64.99	29.46	51.30	37.04
Min		4.73	7.49	26.52	2.90	154.46	10.99	233.78	124.70	33.82	1.36
Median		5.29	8.04	49.74	10.77	252.74	18.91	423.62	228.41	54.95	2.13
Max		7.42	8.89	207.11	105.49	601.59	33.67	1207.71	310.66	136.41	4.19

[0091]

[0092] [표 20] ICP-OES를 이용한 강진지역 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg											
Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
강진	1	3.45	8.14	26.10	4.26	166.59	14.49	235.80	125.61	34.26	1.67
강진	2	4.12	8.06	41.97	3.99	211.55	15.44	584.65	196.17	66.79	2.64
강진	3	3.56	7.81	28.23	3.00	125.18	10.01	272.74	123.49	37.01	1.93
강진	4	3.37	7.90	28.15	2.30	227.67	13.29	255.51	169.51	43.52	1.97
강진	5	3.62	7.87	28.93	3.85	251.78	13.36	257.40	170.79	42.53	1.89
강진	6	4.86	7.84	57.71	2.99	621.36	42.15	578.38	439.68	100.66	6.03
강진	7	2.41	6.14	3.67	2.40	152.42	14.11	191.95	144.15	36.44	2.43
강진	8	6.55	9.12	28.72	4.13	142.99	9.16	194.95	106.22	31.04	1.83
강진	9	5.52	8.22	50.70	5.30	255.03	14.55	342.20	169.68	47.37	2.47
강진	10	6.08	8.45	31.72	8.08	289.13	15.72	239.30	169.20	43.86	2.40
강진	11	5.61	8.31	47.07	9.69	342.56	19.07	818.99	204.36	78.77	2.47
강진	12	8.57	8.01	26.82	3.32	132.42	9.69	201.73	108.18	31.40	1.77
AVG		4.81	7.99	33.32	4.44	242.39	15.92	347.80	177.25	49.47	2.46
SD		1.73	0.69	14.24	2.27	137.65	8.73	201.57	88.76	21.58	1.17
RSD		36.06	8.58	42.73	50.99	56.79	54.83	57.96	50.07	43.61	47.76
Min		2.41	6.14	3.67	2.30	125.18	9.16	191.95	106.22	31.04	1.67
Median		4.49	8.03	28.83	3.92	219.61	14.30	256.45	169.35	43.03	2.19
Max		8.57	9.12	57.71	9.69	621.36	42.15	818.99	439.68	100.66	6.03

[0093]

[0094] [표 21] ICP-OES를 이용한 충주지역 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg											
Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
충주	1	5.56	7.69	84.76	23.80	832.48	44.20	310.44	525.96	91.79	4.83
충주	2	5.93	8.18	95.83	3.91	760.91	40.32	322.81	466.17	75.84	3.34
충주	3	4.22	8.06	29.66	8.09	600.84	30.21	237.32	364.46	69.02	2.82
충주	4	3.87	7.18	33.33	3.58	921.76	49.18	327.06	536.05	89.16	4.00
충주	5	11.33	8.32	130.39	9.50	1732.84	95.80	592.99	997.52	183.63	12.27
충주	6	9.64	8.41	66.53	8.00	1346.82	79.16	713.12	677.14	154.07	12.68
충주	7	5.91	6.66	46.13	5.56	796.45	41.49	274.30	527.44	90.76	5.22
충주	8	7.57	7.38	47.02	5.48	1141.89	61.07	356.88	685.09	122.55	7.38
충주	9	7.74	6.22	56.92	49.36	967.08	54.58	359.15	614.88	100.07	6.36
충주	10	6.21	6.40	45.48	10.94	900.55	48.64	324.12	538.77	89.34	5.79
충주	11	16.60	6.26	47.51	5.64	630.96	35.02	239.55	411.24	73.60	5.90
충주	12	6.46	6.97	126.42	5.95	795.02	44.68	251.25	555.09	73.36	4.78
충주	13	5.75	6.26	44.52	4.97	1000.44	55.83	309.59	607.88	102.51	5.84
충주	14	5.34	7.06	50.40	6.69	1709.00	99.03	569.07	984.78	178.10	12.71
충주	15	5.33	7.77	41.63	5.70	571.82	28.26	154.50	409.36	55.17	3.42
충주	16	6.90	8.50	50.05	6.30	1003.68	60.92	351.26	636.70	108.61	7.69
충주	17	9.84	7.20	44.38	12.49	1478.20	82.25	498.88	850.03	157.80	11.75
충주	18	17.69	7.41	35.91	3.68	1109.38	65.46	362.48	657.01	118.89	9.22
AVG		7.882	7.33	59.826	9.98	1016.67	56.450	364.15	613.643	107.46	7.00
SD		3.887	0.77	29.966	10.89	349.83	21.002	141.73	179.751	38.08	3.35
RSD		49.318	10.55	50.089	109.15	34.41	37.205	38.92	29.292	35.43	47.85
Min		3.870	6.22	29.665	3.58	571.82	28.266	154.50	364.463	55.17	2.82
Median		6.333	7.29	47.266	6.13	944.42	51.884	325.59	581.486	95.93	5.87
Max		17.688	8.50	130.388	49.36	1732.84	99.028	713.12	997.516	183.63	12.71

[0095]

[0096] [표 22] ICP-OES를 이용한 용인지역 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg											
Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
용인	1	13.43	8.09	168.12	17.37	874.74	51.41	223.02	532.09	75.09	5.78
용인	2	5.05	7.86	57.71	17.17	631.94	36.51	172.47	361.26	48.57	3.38
용인	3	4.83	8.06	28.05	6.29	598.26	27.42	235.91	295.79	55.46	2.70
용인	4	5.88	8.23	175.41	10.92	1011.20	50.75	260.12	585.12	76.98	4.92
용인	5	11.50	8.73	74.54	4.85	1107.04	59.26	293.61	590.76	92.17	4.70
용인	6	3.57	7.64	32.19	14.58	497.14	27.77	250.20	302.00	59.78	2.52
용인	7	3.49	7.67	68.72	4.51	513.06	25.64	231.27	317.52	67.16	3.63
용인	8	4.27	7.74	43.97	5.88	553.63	29.02	217.50	350.09	61.79	3.29
용인	9	4.08	7.65	36.66	8.77	1369.66	76.76	390.41	776.03	143.04	6.67
용인	10	4.26	7.64	25.11	3.29	273.86	23.57	144.40	180.09	44.56	1.49
AVG		6.04	7.93	71.05	9.36	743.05	40.81	241.88	429.07	72.46	3.91
SD		3.49	0.35	55.67	5.35	336.17	17.88	67.13	182.78	28.56	1.59
RSD		57.82	4.45	78.36	57.12	45.24	43.82	27.75	42.60	39.41	40.69
Min		3.49	7.64	25.11	3.29	273.86	23.57	144.40	180.09	44.56	1.49
Median		4.55	7.80	50.84	7.53	615.10	32.76	233.54	355.67	64.48	3.50
Max		13.43	8.73	175.41	17.37	1369.66	76.76	390.41	776.03	143.04	6.67

[0097]

[0098] [표 23-1] ICP-OES를 이용한 미국 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg											
Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
미국	1	0.00	5.95	58.35	4.26	661.35	47.60	201.91	485.50	71.51	5.12
미국	2	4.97	6.11	250.90	5.59	1129.22	76.65	839.99	803.50	189.24	9.82
미국	3	0.00	6.07	7.00	2.05	331.59	25.92	177.01	238.72	50.31	6.56
미국	4	10.19	5.88	87.12	22.75	910.66	42.29	333.63	616.00	95.32	12.07
미국	5	2.28	5.86	35.57	5.84	517.62	29.26	202.12	382.04	64.63	2.51
미국	6	0.00	5.27	294.58	6.89	1009.26	61.99	248.93	818.43	86.36	5.02
미국	7	0.00	5.49	12.28	5.58	940.31	56.97	279.17	597.32	95.72	7.64
미국	8	0.09	5.70	21.25	4.89	767.23	53.00	161.85	584.86	87.46	5.40
미국	9	0.00	5.08	186.64	4.32	828.65	48.32	302.31	623.66	98.69	5.02
미국	10	0.00	5.72	127.68	3.77	543.61	31.85	252.18	434.56	68.58	4.18
미국	11	0.00	6.30	24.33	5.55	808.80	47.22	242.95	551.64	82.86	3.55
미국	12	4.58	5.08	20.63	2.39	589.37	29.43	182.85	364.92	63.38	2.40
미국	13	3.36	5.92	61.74	7.07	844.94	51.93	190.50	601.77	82.44	7.58
미국	14	5.29	5.62	52.81	3.75	1013.08	51.38	282.68	632.22	83.37	4.04
미국	15	0.00	6.41	4.34	12.72	542.18	34.65	152.62	365.92	54.39	3.36
미국	16	0.00	5.62	120.43	3.51	903.49	41.65	314.65	565.64	73.34	3.96
미국	17	4.18	5.23	166.50	4.33	1426.98	78.32	411.55	906.98	99.50	5.57
미국	18	1.79	4.81	31.96	7.62	1628.09	185.31	685.18	1439.02	308.93	17.17
미국	19	7.34	5.98	23.99	11.84	1178.26	83.93	406.33	668.23	118.81	6.32
미국	20	39.72	5.64	112.06	10.11	1822.45	206.06	680.37	1587.30	346.54	23.51

[0099]

[0100] [표 23-2] ICP-OES를 이용한 미국 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg											
Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
미국	21	0.09	6.48	74.03	7.61	1953.79	129.37	615.43	1087.14	197.12	17.13
미국	22	0.00	7.73	40.92	11.72	3464.10	230.46	790.50	1830.02	405.50	24.60
미국	23	16.49	5.80	11.39	5.65	750.04	63.16	153.72	504.49	71.00	5.40
미국	24	0.00	6.43	7.28	3.86	1302.68	71.70	257.87	656.16	120.87	7.21
미국	25	0.00	5.94	54.34	8.08	1077.12	63.11	280.31	639.64	88.06	7.69
미국	26	0.00	5.93	13.15	3.27	1301.78	88.76	316.74	817.63	136.32	6.12
미국	27	0.00	6.04	43.04	9.35	2496.45	169.41	522.64	1430.19	274.81	11.35
미국	28	34.78	5.53	18.11	7.02	1449.05	96.25	274.58	833.23	122.32	9.35
미국	29	0.00	5.21	70.72	18.31	1560.21	107.55	342.38	1007.00	164.29	7.74
미국	30	0.00	4.93	159.13	14.17	2307.22	152.19	647.12	1370.04	287.90	21.60
미국	31	1.39	5.18	33.03	8.87	1584.98	101.37	431.62	916.44	176.21	10.97
미국	32	12.96	4.42	63.85	29.22	1055.22	72.51	281.19	694.58	110.69	6.11
미국	33	0.75	5.63	17.61	7.72	1079.29	66.24	321.77	645.74	124.38	7.64
미국	34	3.54	5.04	7.04	9.58	664.47	36.51	249.50	402.26	66.54	3.50
미국	35	0.00	5.61	4.38	4.00	898.91	54.54	196.86	590.46	88.25	5.80
미국	36	0.00	4.69	29.34	6.62	692.37	41.15	176.85	510.66	74.17	4.04
AVG		4.27	5.67	65.21	8.05	1167.64	78.56	344.66	755.66	131.38	8.25
SD		9.03	0.61	70.53	5.69	634.74	51.64	187.51	370.35	88.26	5.75
RSD		211.35	10.80	108.15	70.71	54.36	65.74	54.40	49.01	67.18	69.68
Min		0.00	4.42	4.34	2.05	331.59	25.92	152.62	238.72	50.31	2.40
Median		0.05	5.67	38.25	6.75	1011.17	62.55	280.75	635.93	95.52	6.22
Max		39.72	7.73	294.58	29.22	3464.10	230.46	839.99	1830.02	405.50	24.60

[0101]

[0102] [표 24] ICP-OES를 이용한 독일 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg											
Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
독일	1	7.91	5.59	18.38	4.88	736.09	43.21	232.45	524.83	71.59	4.39
독일	2	0.00	5.91	17.68	4.05	502.22	29.28	295.10	333.13	66.18	2.46
독일	3	0.06	5.83	220.04	5.16	1083.90	57.87	664.47	723.74	99.88	5.69
독일	4	0.00	6.30	32.67	3.24	2351.41	171.22	846.42	1490.97	292.37	14.00
독일	5	11.15	5.16	71.97	3.66	1122.16	85.49	479.59	734.19	127.90	12.91
독일	6	7.24	5.39	107.17	4.02	388.49	30.91	221.24	347.65	53.47	4.06
독일	7	4.94	5.46	19.43	3.46	694.49	37.58	202.42	441.69	65.40	5.81
독일	8	27.27	6.35	3.78	3.77	949.41	55.59	163.45	580.82	70.51	5.02
독일	9	11.30	6.14	67.88	4.01	430.11	31.32	113.29	327.00	49.64	3.35
독일	10	5.12	5.01	18.71	4.80	1045.46	66.73	271.91	705.48	133.42	5.43
독일	11	27.98	5.33	88.18	4.66	290.45	26.39	165.76	265.14	47.17	4.10
독일	12	17.67	5.69	10.43	4.86	859.27	55.55	163.41	587.44	94.15	5.56
AVG		10.05	5.68	56.36	4.21	871.04	57.60	318.29	588.51	97.64	6.07
SD		9.74	0.44	61.73	0.64	546.59	39.96	227.82	328.84	67.67	3.60
RSD		96.88	7.71	109.53	15.10	62.75	69.38	71.58	55.88	69.31	59.42
Min		0.00	5.01	3.78	3.24	290.45	26.39	113.29	265.14	47.17	2.46
Median		7.57	5.64	26.05	4.03	797.18	49.38	226.84	552.82	71.05	5.23
Max		27.98	6.35	220.04	5.16	2351.41	171.22	846.42	1490.97	292.37	14.00

[0103]

[0104] [표 25] ICP-OES를 이용한 오스트리아 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg											
Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
오스트리아	1	0.00	5.74	11.10	4.42	909.03	51.70	253.00	537.09	83.76	7.06
오스트리아	2	0.00	6.37	21.29	5.14	1257.39	72.80	308.86	751.50	120.66	8.04
오스트리아	3	0.00	6.65	74.39	4.55	832.52	53.05	399.24	552.37	98.69	5.68
오스트리아	4	0.00	6.04	270.28	4.94	1567.98	90.11	492.64	1075.29	163.85	6.82
오스트리아	5	0.00	5.39	69.16	6.55	1552.89	90.65	324.88	905.07	150.18	7.03
오스트리아	6	2.43	6.51	56.74	9.72	1885.93	150.49	557.76	1147.88	244.07	22.79
오스트리아	7	1.90	6.20	34.65	13.89	657.93	49.71	272.15	398.29	60.72	2.62
오스트리아	8	2.05	6.58	21.64	2.66	452.79	28.64	174.68	329.42	56.64	2.14
오스트리아	9	2.21	6.28	370.57	7.44	1248.70	71.54	721.96	865.93	209.86	5.93
오스트리아	10	4.06	6.36	2164.90	6.74	2359.48	194.89	1317.65	2287.99	304.07	16.91
AVG		1.27	6.21	309.47	6.61	1272.46	85.36	482.28	885.08	149.25	8.50
SD		1.46	0.39	662.92	3.21	586.88	50.89	335.69	564.66	82.28	6.43
RSD		115.12	6.31	214.21	48.63	46.12	59.61	69.60	63.80	55.13	75.60
Min		0.00	5.39	11.10	2.66	452.79	28.64	174.68	329.42	56.64	2.14
Median		0.95	6.32	62.95	5.85	1253.05	72.17	362.06	808.71	135.42	6.92
Max		4.06	6.65	2164.90	13.89	2359.48	194.89	1317.65	2287.99	304.07	22.79

[0105]

[0106] [표 26] ICP-OES를 이용한 네덜란드 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg											
Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
네덜란드	1	0.00	5.35	89.18	9.27	660.68	48.91	858.13	450.82	138.08	6.33
네덜란드	2	0.00	5.61	74.13	6.88	792.12	51.49	744.48	426.57	102.20	5.13
네덜란드	3	0.00	5.68	111.25	7.59	550.01	44.06	649.71	345.28	103.91	5.01
AVG		0.00	5.55	91.52	7.91	667.60	48.15	750.77	407.56	114.73	5.49
SD		0.00	0.18	18.67	1.23	121.21	3.77	104.35	55.28	20.24	0.73
RSD		0.00	3.16	20.40	15.52	18.16	7.83	13.90	13.56	17.64	13.29
Min		0.00	5.35	74.13	6.88	550.01	44.06	649.71	345.28	102.20	5.01
Median		0.00	5.61	89.18	7.59	660.68	48.91	744.48	426.57	103.91	5.13
Max		0.00	5.68	111.25	9.27	792.12	51.49	858.13	450.82	138.08	6.33

[0107]

[0108] [표 27] ICP-OES를 이용한 벨기에 돈육의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg											
Origin	No	Al 396.153	B 249.677	Ca 317.933	Fe 238.204	K 766.490	Mg 285.213	Na 589.582	P 213.617	S 181.975	Zn 206.200
벨기에	1	0.00	5.81	14.63	6.29	1605.42	98.24	333.57	981.12	158.30	7.67
벨기에	2	0.00	5.56	8.52	11.48	839.97	51.50	316.33	486.47	71.01	3.69
벨기에	3	8.59	5.36	8.60	5.51	380.35	19.64	230.30	240.61	50.66	3.39
AVG		2.86	5.58	10.58	7.76	941.91	56.46	293.40	569.40	93.32	4.91
SD		4.96	0.23	3.50	3.24	618.87	39.54	55.32	377.15	57.18	2.39
RSD		173.21	4.10	33.11	41.81	65.70	70.03	18.86	66.24	61.27	48.62
Min		0.00	5.36	8.52	5.51	380.35	19.64	230.30	240.61	50.66	3.39
Median		0.00	5.56	8.60	6.29	839.97	51.50	316.33	486.47	71.01	3.69
Max		8.59	5.81	14.63	11.48	1605.42	98.24	333.57	981.12	158.30	7.67

[0109]

[0110] 상기 표 12 내지 표 16에 나타난 바와 같이 ICP-OES를 이용하여 분석한 결과, 각 무기원소별 평균에 대한 지역별 특성은 나타난 표준편차가 크고 분산에 대한 지역별 특성이 뚜렷하지 않으나, 각 원소의 상대비율을 이용하여 PCA 및 LDA 통계분석을 이용함에 있어 돈육의 원산지 지표의 요인으로 작용할 수 있는 것으로 보인다.

[0111] 3) 다중원소 및 동위원소 비율 분석을 통한 돈육 원산지 판별

[0112] (1) 주성분 분석(PCA 분석)

[0113] 미국, 유럽, 대한민국에서 각각 수집된 총 134건의 돈육 시료를 주요 무기영양성분, 미량영양성분, 위해중금속 및 탄소($\delta^{13}\text{C}$ values), 질소($\delta^{15}\text{N}$ values) 동위원소 비율을 분석한 수치를 활용한 PCA 분석 결과는 하기 도 2와 같이 나타났다. F1을 기준으로 보면, 미국과 유럽은 음수값을 갖으며 대한민국은 양수값을 갖는 것으로 나타

났으며, F2 값은 대한민국을 기준으로 미국과 유럽이 서로 구분됨을 확인할 수 있다.

[0114] (2) 선형판별 분석(LDA 분석)

[0115] 상기 방법에 의해 분석된 시료를 LDA 통계 분석 결과 미국, 유럽, 대한민국의 산지에 따라 지역적 차이가 명확하게 분리가 되는 것을 확인할 수 있다. 주성분 분석법은 데이터를 최적으로 표현하는 입장에서 데이터를 축소하는 방법인 반면, 선형 판별 분석법은 데이터의 최적 분류에서 데이터를 축소하는 것으로 분석 방법간의 약간의 차이가 발생한다. 즉, LDA 분석 방법은 특정 공간상에서 그룹 분리를 최대화하는 주축으로 설정하고 선형 부공간으로 차원을 축소시켜 그룹간의 분리도를 높이는 방법이라 할 수 있다.

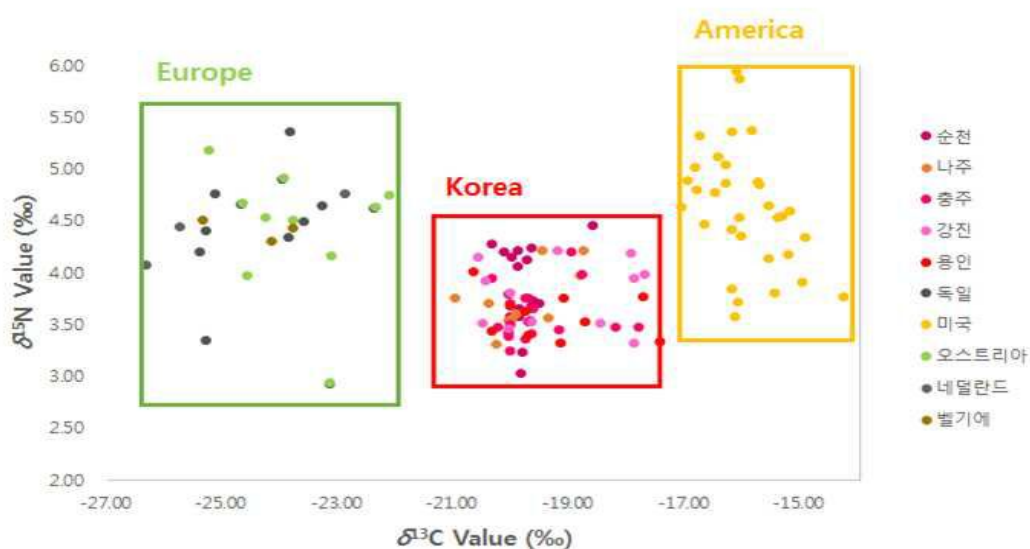
[0116] 도 3에 나타난 바와 같이 F1축을 기준으로 미국은 음수값을 띄면서 왼쪽에 위치하는 것을 확인할 수 있으며, 대한민국은 양수값으로 오른쪽에 위치하는 것을 확인할 수 있고 마지막으로 유럽의 경우 독일은 음수값을 갖지만 네덜란드, 오스트리아는 양수값으로 중간에 위치하고 있는 것을 확인할 수 있다.

[0117] 또한 F2 축을 기준으로 보면 유럽의 경우 양수값으로 그래프상에서 위쪽에 위치하고 있으며, 미국과 대한민국은 음수값으로 그래프상 아래쪽에 위치하고 있는 것을 확인할 수 있다.

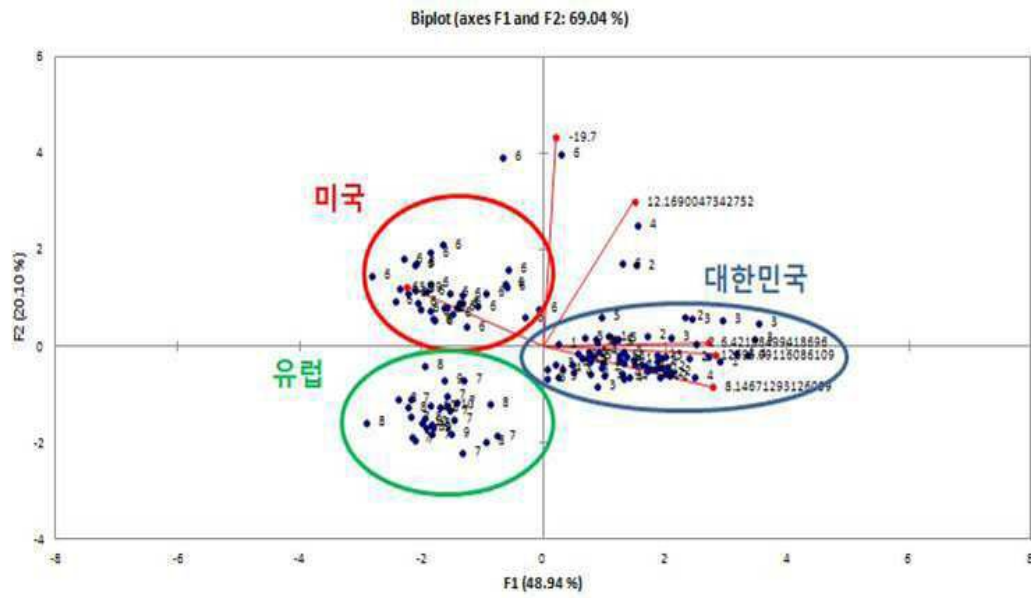
[0118] 상기 LDA 분석 방법을 통해 미국, 유럽, 대한민국으로 대표되는 그룹이 명확하게 구분되는 것으로 확인할 수 있으며, 시료의 산지를 명확히 구분지을 수 있는 통계 처리 분석 방법인 것을 확인할 수 있다.

도면

도면1



도면2



도면3

