Jour. Agri. Sci.
Chungnam Nat'l Univ., Korea
Vol.33(1): 1~10 (2006)

DNA 분석법에 의한 한우고기 판별

오홍록[1]*·이창수[2]·상병찬[1]·송광택[1]

Identification of Hanwoo Meat by DNA Analysis

Hong-Rock Oh[1]*·Chang-Soo Lee[2]·Byung-Chan Sang[1]·Kwang-Taek Song[1]

ABSTRACT

This study was deal with the development of breed-specific DNA marker which is able to identify Hanwoo and European cattle breeds(Non-Hanwoo) meat. Genetic differentiation between Korean cattle(Hanwoo) and European cattle breeds was examined by Random Amplified Polymorphic DNA(RAPD) analysis. The RAPD patterns were identical among Non-Hanwoo, such as Holstein, Hereford, Aberdeen Angus, Brown Swiss, Limousin or Simmental, but the above pattern was different from that of Hanwoo. All bands detected in the Hanwoo samples were observed in Non-Hanwoo cattle samples, but one of the common bands found in samples was not detected in the Hanwoo samples. The band(1.4kb) may be useful as a marker for identifying a meat of Hanwoo from imported cattle meat. Actually, the detection of the DNA marker was tested by DNA analysis with 929 samples which were prepared from bloods of 673 Hanwoo cattles and 141 Holstein cattles, from 115 imported cattle meats. The DNA marker was absent in 644 of 673 Hanwoo cattles (96%) but present in 245 of 256 Non-Hanwoo cattles (95%). These results show that the DNA marker is effective to characterize Hanwoo and Non-Hanwoo meat by

[1] 충남대학교 농업생명과학대학 동물자원과학부(Division of Animal Science and Resource, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)
[2] 건국대학교 생화학과(Dept. of Biochem., Kunkuk University, Choongju 380-701, Korea)
* 교신저자 : 오홍록(E-mail: ohhrock@cnu.ac.kr, Tel: 042-821-5774)

its detection. This DNA marker, however, was not useful in detecting unwanted crossbreeding between two cattle breeds, because the band pattern in hybrid cattle shows one of two band patterns in Hanwoo and Non-Hanwoo.

Key words : Hanwoo meat, Identification, DNA analysis

Ⅰ. 서 론

우리나라는 지금 시장 개방화로 외국산 농축산물과 가공제품들이 국내시장에 많이 유통되고 있으며, 그 차지하는 비율도 점차 늘어가고 있다. 특히 식육 중에서 쇠고기는 수입쇠고기 및 젖소와 한우고기를 식별해야 할 사회적 요구가 대단히 높으며, 이는 식육유통의 질서를 확립하고, 한우산업을 육성하기 위한 유력한 수단이 될 수 있다.

이제까지의 식육의 판별검사(Patterson, 1885, 오, 1990, 2003, 강 등, 1992, 한 등, 1993)는 외관 및 현미경 관찰에 의한 형태적 방법, 면역학적 방법, 아미노산이나 지방산의 분석 및 단백질의 전기영동법 등에 의한 이화학적 방법을 활용하여 왔다. 그러나, 이러한 재래적 방법으로는 가축의 종은 판별할 수 있으나, 동일한 종내에서의 품종간의 판별은 불가능한 것으로 알려지고 있다. 따라서 한우와 홀스타인처럼 동일 종내에서 품종간의 판별은 작금 눈부시게 발전하고 있는 DNA를 활용한 생명공학적 기법에서 찾을 수 밖에 없게 되었다(Wintero and Thomsen, 1990).

동물의 제놈 DNA는 동일 종의 개체간에도 차이가 날 정도로 DNA 변이가 다양할 뿐 아니라, 개체의 모든 부위가 동일하다는 특성이 있다. 이는 DNA 변이차이를 이용한다면 우리가 바라는 대로 동일 축종내에 있어서 품종간의 구별이 가능함을 시사하는 것이다(Georges 등, 1990, Dolf 등, 1991)

최근 저자들 중의 이 등(1994, 1995, 1995)은 DNA 분석법을 도입하여 소 품종 간에 특이적으로 검출되는 DNA 표지인자를 개발하여, 한우육을 서양소 유래의 쇠고기와 식별하는 데에 이용이 가능한지 검토한 바 있다. 보통 제놈 DNA를 제한효소로 절단하여 검출되는 밴드 양상만으로는 소 품종간에 차이를 확인하기 어려우나, 이 등은 Polymerase chain reaction(PCR)법에 기초를 둔 Random amplified polymorphic DNA(RAPD)법으로 한우와 서양소 품종간에 밴드 검출에 차이가 나는 DNA 표지유전자를 검출하였다. 그러나 이러한 판별기술은 혈통이 순수하다고 여겨지는 한우와 서양소 품종을 대상으로 실험실적 규모로 개발되어졌기 때문에, 우리나라 각 지방 사육 현장의 한우를 대상으로 조사하는 실증적 과정이 필요하게 되었다.

이러한 이유 때문에 저자들은 국내 각 지방의 많은 두수의 한우를 대상으로 저자들이 개발한 품종 특이적 DNA 표지인자를 이용하여 한우 판별검사를 실시함으로써, 판별기술이 현장에서도 사용 가능한지를 검토하였다. 아울러 국내 한우 사육두수의 1/3에 이르는 홀스타인 및 국내에서 시험 사육중인 대표적 외국계 육우 품종, 그리고 수입쇠고기에 대해서도 한우와 비교검토 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 제놈 DNA 분석용 시료

제놈 DNA 분석을 위한 공시재료로는 실험 성격에 따라 소의 혈액 및 쇠고기를 사용하였다. 한우 시료는 Table 1에서 보는 바와 같이 제주도를 제외한 전국 도별로 그리고 후보 및 보증종모우를 보유하고 있는 한우개량사업소, 축산기술연구소 고령지 지소 및 서울의 가락동 농협 도축장, 그리고 함평 도축장을 비롯한 지방 도축장에서 총 788두의 혈액시료가 수집되었다. 서양소 품종의 시료로는 국내 젖소인 홀스타인과 국내 실험용으로 사육되고 있는 샤로레, 헤어포드, 엥거스, 리무진, 심멘탈, 브라운스위스로부터 혈액을 채취하였으며, 품종 표시가 없는 수입 쇠고기로부터는 조직을 채취하였다. 또한 한우 변이종으로 칡소와 강화도에 격리 사육중인 한우 교잡종의 시료도 수집되었다.

2. 제놈 DNA 추출

혈액과 고기로 부터의 제놈 DNA 추출은 Blin과 Scafford(1976) 방법에 준하여 실시되었다. 채취된 혈액은 1300g에서 15분간 원심하여 분리된 백혈구(buffy coat)층을 채취하여 추출용액(10mM Tris-Cl, 0.1M EDTA, 20ug/ml pancreatic RNase, 0.5% SDS)을 첨가하여 37℃에서 1시간 배양하였다. 고기인 경우에는 그 단편들을 액체질소내에서 분말로 분쇄한 뒤에 10배의 추출용액을 첨가하여 37℃에서 1시간 배양하였다. 배양후 proteinase K(100ug/ml)를 첨가하고 50℃에서 3시간 처리하였다. 같은 양의 phenol 용액을 첨가하여 10분간 가볍게 흔들어 주면서 변성된 단백질을 제거한 뒤에 ethanol을 첨가하여 제놈 DNA를 침전시켰다. DNA 순도는 흡광도 A_{260}과 A_{280}의 비율로 측정하였으며, 그 비율은 1.7 이상이었다. 또한 추출된 제놈 DNA가 거대 분자량임을 0.8% agarose gel 전기영동에 의해 확인하였다.

Table 1. Hanwoo samples collected from various province and sources in Korea

Sample sources and provincial distribution	No. of samples (Heads)
National Institute of Animal Tech.(Soowon)	30
Koryungi experimental station(Koryungi)	156
Hanwoo improvement station(Seosan)	191
Kyungkido	94
Chungcheongbukdo	55
Chungcheongnamdo	33
Jeonlabukdo	64
Jeonlanamdo	48
Kyungsangbukdo	22
Kyungsangnamdo	92
Kangwondo	3
Total	788

3. 한우판별용 primer의 합성

Oligonucleotide는 DNA 합성기(Applied Biosystems, Inc.)로 phosphoramidate 화학법(Ausubel 등, 1987)에 의해 합성되었다. 합성된 시료는 30% ammonium hydroxide로 55℃ 에서 12 시간 처리하고나서 건조 후, 증류수에 녹여 primer로 사용되었다.

4. 제놈 DNA의 RAPD(Random Amplified Polymorphic DNA) 분석

시료로부터 추출, 정제된 제놈 DNA의 RAPD 분석(Krawets 등, 1988, John 등 1990)은 다음과

같이 시행하였다. 먼저, 증폭반응액(50㎕)에는 100mM Tris-HCl (pH 8.3), 50mM KCl, 1.5mM 0.001% gelatin, 100μM 씩의 dATP, dCTP, dGTP와 dTTP, 0.2μM primer, 여러 농도의 제놈 DNA와 1 unit의 *Taq* DNA polymerase가 포함되도록 조제되었다. DNA 반응은 특별한 언급이 없는 한 95℃, 36℃ 그리고 72℃에서 각 30초, 60초 그리고 90초씩 35사이클로 프로그램하여 실시되었다.

DNA 증폭산물을 재증폭할 경우에는 제놈 DNA를 제외한 50㎕의 반응액에 1차 증폭산물을 1㎕ 넣고 위와 동일한 반응조건하에서 증폭을 실시하였다. RAPD 밴드양상에 영향을 미치는 PCR 반응조건의 요인들을 조사할 때에는, 제놈 DNA양은 50, 100, 200 혹은 400ng을 사용하였다. 부착온도의 경우에는 35, 38, 41, 44 혹은 47℃에서, 부착시간의 경우에는 60, 90 혹은 120초에서 실시되었다. 증폭산물은 1.2% agarose gel에서 전기영동 후, ethidium bromide로 염색하여 검출하였다. DNA size marker로는 1kb ladder (Gibco BRL)를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 한우와 서양소 품종의 DNA 표지인자의 확인

우리나라의 젖소는 모두 홀스타인 단일 품종으로, 한우와 홀스타인 품종의 혈액에서 추출한 제놈 DNA의 다형성을 RAPD법에 의해 비교 분석한 결과(Fig. 1)에서 DNA 증폭산물 중 명료하게 검출되는 밴드 수는 약 10개 미만으로, 그 크기는 주로 500 bp에서 2 kb사이에 골고루 분포되어 있었다.

여기에서 한우에서 검출되는 주된 밴드들과 같은 크기의 것들이 홀스타인에서도 대부분 관찰되었다. 그러나 홀스타인에서 검출되는 주된 밴드들 중에는 한우에서 관찰되지 않는 밴드가 있는데, 그 길이는 약 1.4 kb이었다. 이처럼 그 한우에서는 검출되지 않았으나 홀스타인에서만 검출되었던 DNA 단편과 같은 이동도를 갖는 밴드는 육용종인 헤어포드와 앵거스를 비롯하여 샤로레, 리무진, 심멘탈 그리고 브라운스위스 등 국내에서 수집이 가능한 모든 서양소 품종의 시료들에서도 검출되었다(Table 3 참조). 그리고 그 RAPD 패턴은 뒤에서 기술되는 수입고기에 대한 RAPD 패턴(Fig. 2)과 유사하였으므로, 각각의 시료에 대한 RAPD 영상은 지면 관계상 생략하기로 한다.

이처럼 DNA 단편의 크기가 약 1.4 kb인 밴드는 한우를 제외한 여러 서양소 품종에서 공통적으로 검출되었기 때문에, 한우 판별을 위한 DNA 표지인자로 이용 가능하다는 것을 재확인할 수 있었다.

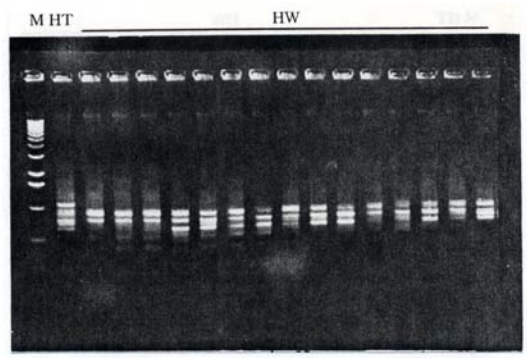

Fig. 1. Comparison of RAPD patterns between Hanwoo and Holstein cattle
M, DNA size marker; lane 1, Hanwoo samples, lane 2, Holstein samples

2. 전국 지역별 한우의 판별검사

한우 시료는 Table 1에서 보는 바와 같이 제주도를 제외한 전국 도별 및 시험소로부터 모색이 황갈색인 한우 788여두로부터 시료를 채취하여, 이들 중에서 완전한 시료라고 생각되는 700두의 시료에 대한 제놈 DNA를 분리, 정제하여 DNA 분석을 실시하였다.

그 결과, Table 2에서 보는 바와 같이 DNA 시료에 결합인자인 primer를 첨가하여 증폭반응을 실시해보면 700두 중에서 96%를 차지하는 673두에서 증폭산물인 밴드들이 관찰되었다. 나머지 4%에 해당하는 37두에서는 DNA 밴드들이 전혀 관찰되지 않았는데, 이 원인 규명을 위해서는 검출반응 조건에 대하여 좀 더 검토할 필요가 있겠다. 밴드들이 검출된 673두 중에서 판별에 이용되는 표지유전자의 검출유무를 살펴보면 약 96%에 해당되는 644두에서 표지유전자에 해당되는 밴드가 검출되지 않았으며, 약 4%의 29두에서만 표지유전자가 관찰되었다. 이는 한우판별기술의 현장 신용도는 약 96%에 달한다고 할 수 있다. 한우 판별기술의 현장 신용도가 약 96%라고 하는 것은 표지유전자 검출유무를 근거로 하였을 때 우리나라 한우 집단의 유전적 동질성이 96%라고 해석할 수도 있겠다. 이 수치는 한우개량이 10여년에 걸쳐 농가를 상대로 외래소 품종의 형질을 도입했던 사실에 비추어 볼 때 의외로 높은 수치라 생각되어 진다.

그 이유로서 다음과 같은 요인들을 생각해 볼 수 있겠다. 첫째로 도입된 외래 유전형질이 한우와의 거듭된 교배로 인해 많이 희석되었고, 둘째로 한우 판별기술이 교잡우인 경우에도 표지유전자가 한우이거나 비한우라는 두형태중 한쪽을 따르며, 중간형태가 없다는 것이 기대치보다 높은 수치를 가져다준 요인이라 하겠다.

3. 국내 젖소 및 서양소 품종의 검정

우리나라의 젖소는 모두가 홀스타인 품종이며, 사육두수도 약 50만두를 넘는 수준이기 때문에 많은 두수의 홀스타인 개체를 대상으로 판별검사를 실시할 필요가 있다. 또한 수입쇠고기의 소 품종은 쇠고기 수출국(미국, 캐나다, 호주, 뉴질랜드)에서 절대적인 비율로 사육되고 있는 헤어포드와 에버딘앵거스로 이들 품종에 대한 검사를 일부 실시하고, 아울러 국내에서 연구용으로 사육되고 있는 서양 소에 대해서도 검사를 하였다.

그 결과, Table 3에서 보는 바와 같이, 분석된 젖소시료 141두 중에서 94%에 해당되는 133두에서 DNA 밴드인 표지유전자가 검출되었고, 나머지 6%인 8두에서는 검출되지 않았다. 이 결과는 국내 젖소 집단의 경우에 있어서 표지유전자의 검출비율이 94%에 달하는 것으로서 현장에서의 판별 신뢰도가 매우 높다고 할 수 있다. 홀스타인 품종을 제외한 헤어포드, 앵거스, 리무진, 심멘탈, 브라운스위스 품종의 총 36두 중에서 32두에서는 표지유전자가 검출되었고, 4두는 한우와 마찬가지로 검출되지 않아서, 검출비율은 88%에 달하였다. 그러나 그 내용을 자세히 살펴보면 검출되지 않았던 시료는 모두 샤로레 품종이었다. 따라

Table 2. The detection of breed-specific DNA markers in Hanwoo by the RAPD method

Number of samples(Heads)	Cattle detected band	Marker band		Identification ratio(%)
		Detected	Non-detected	
700	673	29	644	95.7

Table 3. Detection of breed-specific DNA marker in European cattle breeds by the RAPD method

Breeds	Samples (Heads)	Marker band		Identification ratio (Detected %)
		Detected	Non-detected	
Holstein	141	133	8	94
Hereford	5	5	-	100
Aberdeen Angus	5	5	-	100
Charolais	20	16	4	80
Limousin	2	2	-	100
Simmental	2	2	-	100
Brown Swiss	2	2	-	100
Total	177	165	12	96

서 샤로레를 제외하면 그 밖의 5종류의 품종에서는 표지유전자가 100% 검출되었다. 샤로레 품종에 대해 정확한 판단을 내리기 위해서는 보다 많은 시료를 대상으로 검사를 할 필요가 있다. 젖소와 서양소 품종을 포함한 총 177두에서 표지유전자의 검출비율은 평균 96%이었다.

4. 수입 고기의 판별검사

한우 및 젖소의 각 부위 고기에 대한 예비실험 과정에서 DNA 밴드는 예상한 대로 부위에 상관없이 동일한 패턴을 보이고 있음을 확인하였다. 위의 결과를 바탕으로 수입쇠고기를 부위에 관계없이 시료를 채취하여 쇠고기 판별검사를 실시하였다.

그 결과(Fig. 2 및 Table 4), 총 115개 시료를 분석한 결과 97%에 해당하는 112개 시료에서는 표지유전자가 검출되었고, 나머지 3개 시료에서는 검출되지 않았으며, 나라별 특성은 인정되지 않았다. 이 결과는 수입쇠고기에 대한 표지유전자의 검출비율이 97%에 달함을 뜻한다. 한편, 시중 정육점에서 판매되고 있는 수입 쇠고기를 부위별이나 보존 상태에 관계없이 구입하여 분석해 보

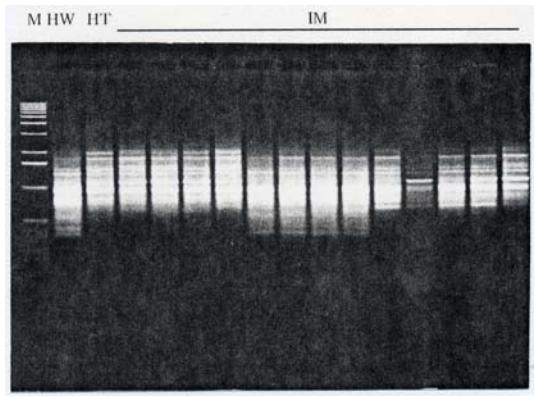

Fig. 2. Comparison of RAPD patterns among Hanwoo, Holstein cattles and imported meat
M, 1kb ladder; HW, Hanwoo; HT, Holstein; IM, Imported Meats

아도 위의 결과와 일치하였다. 그러나 시중에 유통되고 있는 쇠고기의 시료에 따라서는 밴드의 검출감도가 강한 것도 있고, 약하게 관찰되는 것도 있었다. 이와 같이 도축장에서 신선하게 채취된 시료와는 달리 유통 중인 쇠고기에서는 시료에 따라 밴드의 검출감도에 차이가 있음이 확인되었다. 밴드의 검출감도가 분석시료에 따라 차

Table 4. The detection of breed-specific DNA marker in imported at by the RAPD

Sample No. (Heads)	Marker band		Identification ratio (%)
	Detected	Non-detected	
115	112	3	97

Table 5. The detection of breed-specific DNA markers in Hanwoo variant and hybrid by the RAPD

Breeds	Sample No. (heads)	Marker band		Identification ratio (Non-detected %)
		Detected	Non-detected	
Chikso*	10	6	4	40
Kyogapwoo**	23	5	18	78
Total	33	11	22	59

* ; a kind of Hanwoo variant, ** ; a crossbreed between Hanwoo and Charolais

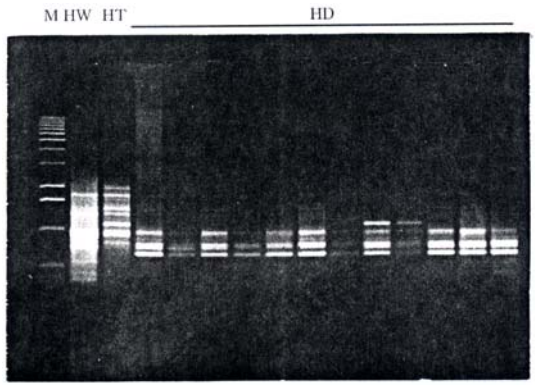

Fig. 3. RAPD patterns in hybrid cattle samples
M, 1kb ladder; HW, Hanwoo; HT, Holstein; HD, Hybrid cattle (Hanwoo x Charolais)

이가 발생하는 것은 쇠고기 부위별에 따른 차이라기보다는 시료의 보존기간이나 상태에 그 원인이 있으리라 추정된다.

5. 한우 변이종 및 교잡우의 판별 검사

우리나라에서는 한때 한우와 육우의 교잡개량 사업이 제주지구와 강화지구에서 실시되었으며, 제주지구에서는 고온 다습한 지역에 적응력이 강한 브라만종 또는 산타종과 교잡을 실시하였고, 강화지구에서는 대형 조숙종 육우인 샤로레종과의 교잡사업을 실시하였다. 특히 샤로레종은 어느 육우 품종보다도 성장이 빠르면서 산육능력이 우수하여 일반 농가에도 그 정액을 보급하였던 시기도 있었다. 따라서 한우와 샤로레의 교잡종 시료는 격리 사육되고 있는 강화지구에서 수집하여 표지유전자 분석을 실시하였다.

그 결과(Fig. 3, Table 5), 검사 개체수 23두에서 18두(78%)가 한우형태를 보이며, 5두(22%)가 서양소 형태를 띠고 있었다. 교잡우 형태의 검출비율이 서양소보다는 한우형태 쪽으로 많이 치우쳐 나오는 것은 한우와의 2대, 3대 교잡에 영향을 받았을 가능성이 있겠다.

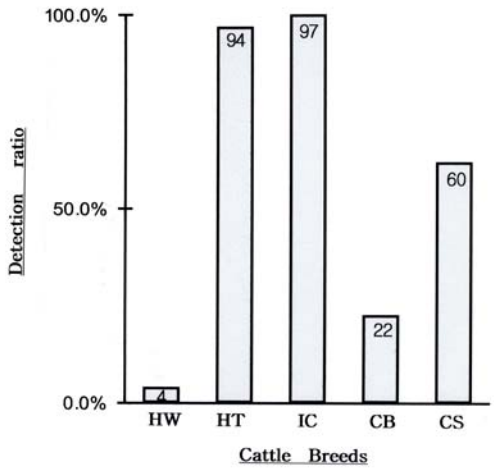

Fig. 4. The ratio on the detection of breed-specific DNA marker among various cattle breeds

HW : Hanwoo, HT : Holstein,
IC : Imported cattle
CB : Crossbreed(Hanwoo x Charolais),
CS : Chikso, a kind of Hanwoo variant

한편, 일명 호랑이털 소로 불리고 있는 칡소는 털색이 황갈색 바탕에 머리에서 꼬리 끝까지 호랑이털 무늬처럼 검정색 줄무늬가 산재되어 있다. 칡소 10두를 대상으로 밴드의 검출양상을 조사해 본 결과(Table 5), 검출양상은 한우와 서양소의 경우와 동일하였으나, 표지유전자의 검출비율은 한우와 서양소의 중간형태의 수치를 보였다. 즉 한우 형태로서 표지유전자가 검출되지 않는 두수는 4개이며 나머지 6두는 서양소 형태로서 표지유전자가 검출되었다. 이처럼 칡소는 표지유전자의 검출비율로 보았을 때, 한우와 서양소의 중간 형태를 가지고 있었다.

이상의 실험 결과를 Fig. 4에 정리하여 나타내었다. DNA 표지인자(1.4kb)는 젖소 품종인 홀스타인 및 유롭종이 대부분인 수입육류에서는 94 - 97%의 높은 검출율을 보이었으나, 한우에서는 불과 4%에 불과하였다. 따라서 표지인자의 출현은 곧 비한우일 가능성이 매우 높다는 것을 의미하게 된다. 따라서 이러한 결과와 도체검사 및 등급심사 서류 등의 다른 요소를 보완하여 종합판단한다면, DNA 분석기법에 의한 한우와 비한우의 판별은 신뢰 가능한 한우고기 판별법으로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 한우의 교잡종이나, 변이종에서는 표지인자의 검출율이 22 - 60%를 보이고 있어서, 본 실험에서 사용하고 있는 표지인자만으로는 한우육 여부를 판별할 수 없게 되지만, 현재 그 수량은 무시하여도 좋을 정도로 지극히 미미하며, 앞으로 그 수치는 더욱 작아지리라 생각된다.

IV. 적 요

본 연구는 개발된 품종 특이적인 DNA 표지인자를 이용하여 한우와 비한우의 고기를 판별하고자 하였다. 한우와 유럽종 고기소들의 유전적 차이를 Random amplified polymorphic DNA(RAPD) 분석으로 조사한 바, 홀스타인, 헤어포드, 에버딘 엥거스, 리모진 및 시멘탈과 같은 한우가 아닌 유럽 종들의 RAPD 패턴들은 동일하였으나, 한우는 이들과 다른 패턴을 보였다. 한우는 유럽종들에서 모두 검출된 특정의 밴드가 발견되지 않았다. 1.4Kbp인 밴드는 한우와 수입소 고기를 판별해 낼 수 있는 유용한 DNA 표지인자로 인정되었다.

실제로, 한우 673 마리, 홀스타인 141 마리의 혈액시료 및 수입육 115의 고기시료를 가지고 시행한 실험에서 그 DNA 표지인자는 비한우에서는 256두 중 245두에서 검출되었으나, 한우에서는

673두 중 644두의 시료에서 검출되지 않아서, 비한우의 검출율은 95%, 한우의 비검출율은 96%를 보였다.

이러한 결과는 그 DNA 표지인자를 이용하여 한우와 비한우 고기를 판별할 수 있음을 시사하였다. 그러나 두 품종 사이의 교잡종은 한우나 비한우의 RAPD 패턴 중에서 한 가지를 무원칙하게 선택하여 나타내고 있으므로, 이러한 DNA 표지인자만으로서는 판별하기가 어려웠다.

감사의 글

이 논문 작성에 필요한 귀중한 시료를 제공하여 주신 한국축산기술연구소(수원) 및 고령지축산시험장, 그리고 동물검역소 및 전국의 도축장 관계자께 심심한 사의를 표하는 바입니다.

아울러, 이 논문의 내용은 ARPC로부터 연구비를 지원받은 농림기술개발과제의 최종보고서의 일부임을 밝히는 바입니다.

인 용 문 헌

1. 강종옥, 정규성, 조규석, 류상하. 1992. 우육과 수입우육의 감별 검사에 관한 연구. 한국축산학회지 34(2) : 121.
2. 오홍록. 1990. 육종감별에 관한 소론. 육가공, 한국육가공협회, 여름호 : 42-50.
3. 오홍록. 2003. DNA 분석기법에 의한 육종감별법. 식육・육제품의 과학과 기술. 선진문화사. 512-513.
4. 이창수, 유영복, 나기준, 조병대, 최병규. 1994. 핵산 분석법에 의한 한우의 판별. 한국축산학회지 36(4) : 369-373.
5. 이창수, 오홍록. 1995. PCR법을 이용한 쇠고기의 성판별과 근육부위별 한우와 젖소의 DNA 다형성 분석. 한국축산식품학회지 15(1): 26-30.
6. 이창수, 상병찬. 1995. RAPD 분석법에 의한 소품종 판별용 표지인자의 검출 최적화 연구. 한국축산식품학회 15(1) : 35-39.
7. 한석현, 박성현, 이정렬, 김인정, 김창규, 이승배, 권명상, 김종배. 1993. DNA의 RFLP 방법을 이용한 한우육과 젖소육(수입육) 구별방법 개발에 관한 연구. 한국축산학회지 35(4) : 329.
8. Ausubel F.M., R. Brent, R.E. Kingston, D.D. Moore, J.G. Seidman, J.A. Smith and K. Struhl. 1987. Current protocols in molecular biology. Wiley-Interscience, New York.
9. Blin, N. and D.W. Stafford. 1976. A general method for isolation of high molecular weight DNA from eukaryotes. Nucleic Acids Res. 3 : 2303.
10. Dolf, G., Glowatzki, M.L. and Gaillard C. 1991. Searching for genetic markers heriditary diseases in cattle by means of DNA finger printing. Electrophoresis 12 : 109.
11. Georges, M., Lathrop, M., Hilbert, P., Marcotte, A., Schbers, A. Swillens, S., Valssart, G., and Hanset,. R. 1990. On the use of DNA for linkage studies in cattle. Genomics, 6 : 461.
12. John G.K.W., Anne R.K., Kenneth J.L., Rafalski J.A. and Scott V.T. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18(22) : 6531.
13. Krawetz, S.A., Bricker, R.A., Connor,W., Church,R.B. and Dixon G.H. 1988. Restriction fragment length polymorphism(RFLP) analysis of bovine nuclear protein genes. Theor. Appl. Genet. 75 : 402.
14. Patterson, R.L.S.(ed.) 1985. Biochemical identification of meat species. Elsevier Applied Pblishers(London and New York).
15. Wintero A.K. and Thomsen P.D. 1990. A

comparison of DNA-Hybridization, immuno-iffusion, countercurrent immunoelectrophoresis and isolectric focusing for detecting the mixture of pork to beef. Meat Sci. 27 : 75.