

관능특성 및 판별함수를 이용한 한우고기 맛 등급 분석

조수현¹ · 서그러운달님² · 김동훈¹ · 김재희^{2*}

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²덕성여자대학교 정보통계학과

Palatability Grading Analysis of Hanwoo Beef using Sensory Properties and Discriminant Analysis

Soo-Hyun Cho¹, Gureoundalnim Seo², Dong-Hun Kim¹, and Jae-Hee Kim^{2*}

¹National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea

²Department of Statistics, Duksung Women's University, Seoul 140-778, Korea

Abstract

The objective of this study was to investigate the most effective analysis methods for palatability grading of Hanwoo beef by comparing the results of discriminant analysis with sensory data. The sensory data were obtained from sensory testing by 1,300 consumers evaluated tenderness, juiciness, flavor-likeness and overall acceptability of Hanwoo beef samples prepared by boiling, roasting and grilling cooking methods. For the discriminant analysis with one factor, overall acceptability, the linear discriminant functions and the non-parametric discriminant function with the Gaussian kernel were estimated. The linear discriminant functions were simple and easy to understand while the non-parametric discriminant functions were not explicit and had the problem of selection of kernel function and bandwidth. With the three palatability factors such as tenderness, juiciness and flavor-likeness, the canonical discriminant analysis was used and the ability of classification was calculated with the accurate classification rate and the error rate. The canonical discriminant analysis did not need the specific distributional assumptions and only used the principal component and canonical correlation. Also, it contained the function of 3 factors (tenderness, juiciness and flavor-likeness) and accurate classification rate was similar with the other discriminant methods. Therefore, the canonical discriminant analysis was the most proper method to analyze the palatability grading of Hanwoo beef.

Key words : palatability grade, linear discriminant function, canonical discriminant function, consumer testing, sensory evaluation

서 론

한국의 총 고기 소비량은 2006년에 1인당 33.6 kg/year으로 증가하였으나 1인당 쇠고기 소비량은 2006년도에 6.84 kg 수준으로 전년도보다 감소한 반면에 돼지고기 및 닭고기 소비는 오히려 증가함으로써 결과적으로 타 육류에 비하여 쇠고기 소비가 상대적으로 감소하는 추세이다(MAF, 2008). 고기의 관능특성은 품종, 체중, 성별, 사양 및 추가가공 중에 일어나는 생화학적인 변화, 도축, 성숙도, 열처리 및 조리 등 많은 요인들에 의해 영향을 받는다(Risvik, 1994). 현재까지 쇠고기 맛에 관한 연구결과에

의하면 쇠고기 맛을 결정하는 가장 중요한 요인으로 연도, 향미, 다즙성이 전반적인 기호도와 높은 상관관계가 있다고 증명되었다(Jeremiah, 1996; Monson *et al.*, 2005; Robins *et al.*, 2003). Cho 등(2008)의 연구에 의하면 한국 소비자들이 한우고기를 평가할 때 연도, 다즙성 및 향미가 최종 맛 만족도에 미치는 가중치는 각각 0.51, 0.19 및 0.30라고 보고한 바 있었다. 한편, 조리방법이 소비자들의 선호도에 미치는 영향에 대한 일련의 연구들이 발표된 바 있는데 소비자들의 만족도가 고기의 조성 및 요리방법에 의하여 상당부분 좌우되는 것으로 나타났다(Neely *et al.*, 1998; Lorenzen *et al.*, 1999; Savell *et al.*, 1999). 조리방법에서도 부위 및 가열방법에 따라 맛이 달라지는데 이것은 결체조직과 근섬유조직의 변성정도와 보수력, 지방산의 해리 등에 영향을 받기 때문이다.

국내소비자들의 육류소비경향이 양보다는 질적인 개념

*Corresponding author : J. H. Kim, Department of Statistics, Duksung Women's University, Seoul 132-030, Korea. Tel: 82-2-901-8334, Fax: 82-2-901-8331, E-mail: jaehee@duksung.ac.kr

으로 전환되고 있으므로 앞으로 국내 유입되는 육류도 소비자 중심의 육질관리체제에 의해 유입될 것으로 판단된다. 또한 수입자유화와 유통시장의 개방에 따라 외국의 질 좋은 쇠고기가 들어옴으로서 점차 소비자들의 선택의 폭은 확대되고 있으며 국제 및 국내시장에서 고품질 한우고기의 경쟁력을 향상시키기 위해서는 소비자들에게 한우고기 맛을 차별화 해줄 수 있는 시스템 확립이 필요하다고 생각된다. 이미 호주의 경우 1996년부터 12개의 근육을 대상으로 요리방법별 관능특성 database를 구축하여 맛에 영향을 주는 요인들을 종합적으로 분석하여 현장에 적용하고 있으며(Polkinghorne *et al.*, 2006), 국내에서도 축산과학원에서 실제 소비자를 대상으로 한우고기에 대한 근내지방등급, 품종, 숙성, 부위 및 요리방법 등 맛에 영향을 주는 요인들을 중심으로 관능평가 결과자료를 확보하여 맛보증시스템(Palatability Assurance at Critical Control Points, PACCP)을 개발하여 현행 등급시스템을 보완하려는 연구가 진행 중이다(Cho *et al.*, 2008).

한편, 현재까지 통계분석방법을 적용하여 선형모델을 일반화시키기 위하여 새롭고 파워있는 다양한 통계분석방법이 개발되어 왔으며(Hastie *et al.*, 2001), 특히 식품의 품질관리와 제품의 분류를 물리화학적 제품특성 또는 관능특성 평가에 근거하여 판별분석(discriminant methods)을 이용하여 종종 수행되었다(Aloma *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2008; Reida *et al.*, 2006; Santé *et al.*, 1996; Serra *et al.*, 2008). 식품에서 관능특성은 중요한 역할을 하게 되는데 이는 식품의 품질관리 뿐 아니라 기본적인 특성을 평가하는데 있어서도 관능특성 프로파일 데이터에 근거하여 식품의 특성을 파악하게 되는 경우가 많기 때문이다(Granitto *et al.*, 2008). 신제품의 인증이 요구될 때 이미 알려진 기준과 비교하여 관능특성을 제시해야 하며 여기서 제품의 단일특성의 강도가 긍정적이든 그렇지 않든 간에 기호도나 품질특성 등이 검토되는데 이 때 전체 프로파일에 기초한 분류모델로서 multivariate method를 사용하게 된다(Cocchi *et al.*, 2006). 한편, 평가방법을 선택할 때 식품의 향미나 조직특성 프로파일을 조사하는 경우에 반드시 고도로 훈련되고 경험이 있는 평가패널에 의하여 관능평가를 수행한다고 하더라도(Granitto *et al.*, 2008) 식품의 기호도나 선호도를 조사하는 경우에는 패널들의 개인적인 취향에 의하여 영향을 받을 수 있으므로 훈련된 평가패널보다는 소비자들이 직접 평가하는 소비자 관능평가방법을 이용하는 것이 일반적이다(김과 구, 2001). 또한, 제품의 품질을 분류하는데 좀 더 객관적인 접근방법으로서 소비자 맛 평가를 통해 얻어진 관능특성 평가 결과를 분석하여 판별분석 모델에 근거한 맛 등급을 도출해 냄으로써 쇠고기 맛에 대한 평가의 효율성을 최대화할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구의 목적은 한우고기에 대한 한국소비자

를 대상으로 관능평가를 실시하여 얻어진 데이터를 이용하여 맛 판별함수를 구하고 쇠고기 맛을 등급화하는데 가장 적합한 통계분석방법을 탐색하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시료준비 및 소비자 관능평가

본 연구에 사용된 데이터는 2006년도에서 2007년도에 국립축산과학원에서 시행한 관능평가 결과자료를 이용하였다. 한우시료는 축산과학원 한우시험장에서 24-26개월령 3등급 수소 10두와 가락동 공판장에서 구입한 28-30개월령의 1⁺⁺등급 거세한우 10두를 도축하여 각 두수에서 10개 부위(엷진, 보섭, 채끝, 등심, 어깨삼각근, 흥두께, 목심, 설도, 우둔, 양지)를 발골하여 소비자 관능평가 시료로 사용하였다. 각 부위별 시료들은 관능평가 수행기별로 구이, 그릴, 탕의 3가지 방법으로 조리하여 소비자들에게 제공되었으며 각 소비자들은 동일한 조건으로 준비된 쇠고기 시료에 대하여 소비자가 직접 먹어보고 고기의 연도, 다즙성, 향미, 전반적인 기호도를 평가하였다. 관능평가는 1점의 쇠고기 시료에 대하여 연도, 다즙성, 향미 및 전반적인 기호도를 평가한 후 최종적으로 1-4등급으로 구분된 최종 만족도를 선택하도록 하였다. 소비자 맛등급(palatability grade)은 소비자들이 실제 쇠고기 시료를 먹은 후 육질을 평가하여 등급을 매긴 4개의 최종 만족도등급(1=만족하지 못한다, 2=만족한다, 3=매우 만족한다, 4=대단히 만족한다)으로 구분하였으며 등급값은 높을수록 만족도가 높음을 의미하였다.

소비자 관능평가는 쇠고기 시료에 관련된 요인 이외에는 다른 요인에 의해서 영향을 받지 않도록 준비된 관능평가 방법(Gee *et al.*, 1998)에 의하여 시료준비, 제시순서 및 평가 방법 등 관련된 모든 공정을 세부화 하여 가능한 동일한 조건으로 진행할 수 있도록 하였다. 관능평가는 탕, 구이 및 그릴형태로 수행되었고 쇠고기 시료들은 각각의 조리방법에 따라 수행기별로 총 1,300명의 소비자를 대상으로 수행되었으며 1명의 소비자가 총 7개의 시료를 평가하였다. 평가하는 모든 소비자들에게 동일한 평가기준을 주기 위하여 7개의 시료 중에서 첫 번째 시료를 표준시료로 제시하였고, 'Latin Square' 배열 방법에 의하여 나머지 6개의 시료들을 순서대로 제공하였다. 관능평가를 수행한 소비자는 층화추출방법을 사용하여 서울, 경기, 호남, 영남의 4개 지역에서 인구밀도와 비슷한 비율로 추출하였으며, 각 지역별 성비도 비슷하게 추출되도록 디자인 되었다.

관능평가에 사용된 데이터 변수는 연도, 다즙성, 향미, 전반적인 기호도에 대하여 각각 100 mm로 준비된 선척도법을 이용하여 수집하였으며, 연도, 다즙성, 향미, 전반적인 기호도에 대한 항목척도는 다음과 같았다: 연도 = 매

우 절기다(0)에서 매우 연하다 (100), 다즙성 = 매우 건조하다 (0)에서 매우 다즙하다(100), 향미 = 대단히 싫어한다(0)에서 대단히 좋아한다(100), 전반적인 기호도 = 대단히 싫어한다(0)에서 대단히 좋아한다(100).

통계분석

본 연구는 소비자가 직접 먹어보고 평가한 한우의 연도, 다즙성, 향미, 전반적인 기호도 데이터를 기반으로 쇠고기 맛 등급을 판별하기 위해 정준판별함수를 구하였다. 또한 전반적인 기호도 변수만을 이용한 판별방법으로 선형판별함수와 이차판별함수를 구한 다음 재대입 방법에 의한 오 분류율을 측정하여 두가지 판별분석방법들의 분류능력을 비교하였다. 판별분석은 Kim and Kim(2005)의 방법을 이용하였으며 판별함수 형태로는 선형, 정준, 비모수적 판별함수를 사용하였다. 판별분석방법 비교를 위하여 관능평가에 사용된 소의 품종과 요리방법별로 사용된 시료의 수는 Table 1과 같았다.

Table 1 Numbers of beef samples cooked by roasting, grilling and boiling and evaluated sensory properties for the experiment (n=8,730)

	Cooking methods			Total
	Roast	Grill	Boil	
Bull	1,681	672	1,952	4,305
Steer	1,703	665	2,057	4,425
Total	3,384	1,337	4,009	8,730

결과 및 고찰

Table 2는 1,300명의 소비자가 평가한 총 8,730개의 시료에 대한 관능평가 결과 맛변수들의 기초통계량을 보여주는 것이다. Table 2에 나타난 바와 같이 ‘만족하지 못한

다’ 그룹은 전체의 28.35%로서 관능평가 평균점수는 연도, 다즙성, 향미 및 전반적인 기호도가 각각 33.98, 43.34, 44.64, 36.64이었고, ‘만족한다’ 그룹은 38.75%로 관능평가 평균점수가 각각 59.68, 62.83, 62.78, 62.69이었다. 한편 ‘극도로 만족한다’ 그룹은 전체의 8.86%로서 연도, 다즙성, 향미 및 전반적인 기호도 평균점수가 각각 89.89, 90.15, 87.59, 92.45인 것으로 분석되었다.

연도, 다즙성 및 향미에 의한 다변량 정준 판별분석 다변량 분산분석과 그룹간 거리

한우 맛등급 판별을 위해 사용된 연도, 다즙성, 향미 3가지 변수들의 일변량 분산 분석결과 모든 변수가 매우 유의했으며($p < 0.0001$), 또한 이 3가지 맛 변수의 3차원 벡터에 대해 다변량 분산분석을 시행한 결과 Wilks Lambda 통계량값이 0.372, 유의확률값이 < 0.0001 인 것으로 나타났는데 이것은 맛등급(grade)간에 연도, 다즙성 및 향미인 3가지 요인에 대한 평균벡터의 차이를 1차원으로 분석했을 경우 뿐 아니라 3차원으로 분석했을 경우에 있어서도 모두 유의함을 말해주는 것이다. 그룹간의 거리를 구하기 위해 합동공분산을 이용하여 계산된 마할라노비스 거리는 Table 3과 같았다. 마할라노비스 거리는 분류된 집단 상호 중심까지의 거리로서 멀수록 그룹간에 관련성이 적어 확실히 분류되는 특성을 의미하는 것이다(Rencher, 1995). Table 3에 나타난 바와 같이 4가지 맛 등급 그룹 중에서 ‘만족하지 못한다’ 그룹과 ‘만족한다’ 그룹은 3.00, ‘매우 만족한다’ 그룹은 9.17, ‘극도로 만족한다’ 그룹은 15.34로 거리가 멀어 두 등급간에 확실히 분류되는 경향을 보였다. 한편, Table 3에서 분석된 마할라노비스 거리는 ‘만족한다’ 그룹과 ‘매우 만족한다’ 그룹은 1.68로 나타난 반면에 ‘매우 만족한다’ 그룹과 ‘극도로 만족한다’ 그룹간의 거리가 0.83으로 매우 가깝게 나타나 두 등급간의 차이가 크지 않음을 알 수 있었다. 즉, 본 연구를 통한 관

Table 2. General statistics of grouping category for palatability grading level evaluated by Korean consumers(n=1,300)

Palatability grade	Beef sample numbers (%)	Tenderness ¹⁾	Juiciness	Flavor	Overall acceptability
		Mean (S.D.) ²⁾	Mean (S.D.)	Mean (S.D.)	Mean (S.D.)
Unsatisfactory	2474 (28.35)	33.98 (18.25)	43.34 (19.81)	44.64 (19.35)	36.64 (15.10)
Satisfactory	3381 (38.75)	59.68 (17.91)	62.83 (16.59)	62.78 (15.79)	62.69 (12.98)
Very satisfactory	2098 (24.04)	78.64 (13.74)	77.95 (13.74)	76.45 (13.82)	80.77 (9.88)
Extremely satisfactory	773 (8.86)	89.89 (11.99)	90.15 (11.19)	87.59 (12.60)	92.45 (9.29)

¹⁾Palatability evaluation based on tenderness, very tough (0), very tender (100); juiciness, very dry (0), very juicy (100); flavor, very dislike (0), very like (100); overall acceptability, very dislike (0), very like (100).

²⁾Standard deviation.

Table 3. Mahalanobis distance to center point of each grouping category

Palatability grade	Mahalanobis distance ¹⁾			
	Unsatisfactory	Satisfactory	Very satisfactory	Extremely satisfactory
Unsatisfactory	0	3.00	9.17	15.34
Satisfactory	3.00	0	1.68	4.81
Very satisfactory	9.17	1.68	0	0.83
Extremely satisfactory	15.34	4.81	0.83	0

¹⁾distance between two separated group centers : distance measure based on correlations between variables by which different patterns can be identified and analyzed

능평가에서 다른 그룹들과 비교했을 때 한국소비자들은 ‘만족하지 못한다’ 그룹과 ‘만족한다’ 또는 ‘매우 만족한다’ 그룹간의 차이는 구분해내는 반면에 만족스러운 쇠고기 시료에 대하여 ‘매우 만족한다’ 그룹과 ‘극도로 만족한다’ 그룹간에 차이를 구분해내는 정도는 낮은 것을 알 수 있었다.

정준판별분석

정준판별분석(canonical discriminant analysis)은 그룹 간에 가능한 가장 큰 다중 상관계수를 갖게 되도록 주성분을 구하게 되며, 이와 같이 얻어진 선형조합을 첫 번째 정준변수(the first canonical variable)라 하고 여기서 가장 큰 다중 상관계수를 첫 번째 정준상관계수(the first canonical correlation)라 한다. 두 번째 정준변수는 첫 번째 정준변수와는 서로 독립이며 그 다음으로 큰 다중 상관계수를 갖게 되도록 변수들의 선형조합을 구한다. 첫 번째 정준변수는 그룹간의 차이를 최대한 반영하는 변수가 되며 이러한 이유로 정준변수는 판별함수(discriminant function)라고 부르기도 한다. 정준판별 분석이 갖는 장점으로는 선형판별이나 이차판별과 같이 정규성 가정이 필요하지 않으므로 정규성을 만족하지 못하는 경우에 발생한 손실을 줄일 수 있는 방법이다. Rencher(1995)의 방법을 참조하여 정준판별분석법에 따라 다음과 같이 적용하여 보았다.

$p \times 1$ 관측벡터 \mathbf{X} 가 각각의 그룹 G_1, G_2, \dots, G_g 으로부터 발생한다. 각 그룹으로부터의 확률표본의 개수는 n_1, n_2, \dots, n_g 이며 전체 표본의 크기는 $N = \sum_{i=1}^g n_i$ 이다. 정준판별함수(canonical discriminant function) $Y = \mathbf{a}'\mathbf{X}$ 는 그룹내 제곱합행렬(within-group sum of squares matrix) \mathbf{W} 와 그룹간 제곱합행렬(between-group sum of squares matrix) \mathbf{B} 에 대해

$$\frac{\sum (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2} = \frac{\mathbf{a}'\mathbf{B}\mathbf{a}}{\mathbf{a}'\mathbf{W}\mathbf{a}}$$

를 최대화하도록 \mathbf{a} 를 구하게 되며 $\mathbf{W}^{-1}\mathbf{B}$ 고유벡터로 얻게 된다. $r = \min(g-1, p)$ 개의 정준판별함수를 얻을 수 있으며 계수 벡터 \mathbf{a} 는

$$\mathbf{a}_s = \mathbf{D}_W^{-1}\mathbf{a}$$

로 표준화하며 여기서 $\mathbf{D}_W = \text{diag}(\mathbf{W})$ 이다.

r 개의 정준계수벡터 $\mathbf{a}_i, i=1, \dots, r$ 에 대응되는 정준판별함수는 \mathbf{a}_i 와 \mathbf{X} 의 선형결합으로

$$Y_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p, i = 1, \dots, r \quad (1)$$

를 얻는다.

맛 변수들에 대한 정준판별함수인 식(2)를 살펴보면 소비자 맛등급을 구분하는데 있어 연도(Tndr)가 0.994로 가장 큰 영향을 주며, 그 다음으로 향미(Flvr)가 0.493, 다즙성(Jcy)이 0.340 순으로 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있었다.

$$Y = 0.994 \times ZTndr + 0.340 \times ZJcy + 0.493 \times ZFlvr \quad (2)$$

여기서 변수 앞에 “Z”는 해당 변수의 표준화를 의미한다. 각 변수를 평균 0 분산 1을 갖도록 표준화하여 값 범위를 동일화하였다.

정준판별함수에 의한 분류결과는 Table 4에 있으며, 정준판별함수를 이용한 판별함수의 정확한 분류율은 $(1942 + 1730 + 1031 + 611)/8726 = 60.9\%$ 이었다. Fig. 1은 연도, 다즙성, 향미를 이용한 정준판별함수의 분류결과에 대한 확률밀도함수그림(density plot)과 사후확률그림(posterior probability plot)을 나타낸 것이다. 확률밀도함수그림을 보면 등급간의 확률 분포를 알 수 있으며 1, 2 등급보다 3, 4 등급의 분포가 약간 더 가까운 것을 볼 수 있었다. 여기서 등급간의 분포곡선이 겹치는 부분이 적고 거리가 떨어져 있을수록 그 2개 등급이 뚜렷히 구분될 수 있음을 의미한다. 사후확률그림에서는 각 맛 점수범위에서 어느 등급에 해당가능성이 높은지를 볼 수 있었으며 등급의 구간을 적절히 나누어주고 있음을 알 수 있었다.

전반적인 기호도에 의한 일변량 판별분석

본 분석방법에서는 연도, 다즙성, 향미 등의 의미를 종합적으로 포함하여 평가한 맛점수인 전반적인 기호도만을 사용한 일변량 판별분석을 수행하였다. 전반적인 기호도 변수에 대해 일변량 분산분석을 시행한 결과 $F=6302.36$ ($p<0.0001$)으로 소비자등급별 평균의 차이가 매우 유의하였다.

Table 4. Classification of palatability grading analyzed by canonical discriminant function using tenderness, juiciness and flavor data with row percent

Palatability grade	Grouping category				Sum of row
	Unsatisfactory	Satisfactory	Very satisfactory	Extremely satisfactory	
Unsatisfactory	1942 (78.5%)	478 (19.3%)	45 (1.8%)	9 (0.4%)	2474
Satisfactory	704 (20.8%)	1730 (51.2%)	814 (24.1%)	133 (3.9%)	3381
Very satisfactory	37 (1.8%)	375 (17.9%)	1031 (49.1%)	655 (31.2%)	2098
Extremely satisfactory	7 (0.9%)	18 (2.3%)	137 (17.7%)	611 (79.0%)	773
Sum of column	2690	2601	2027	1408	8726

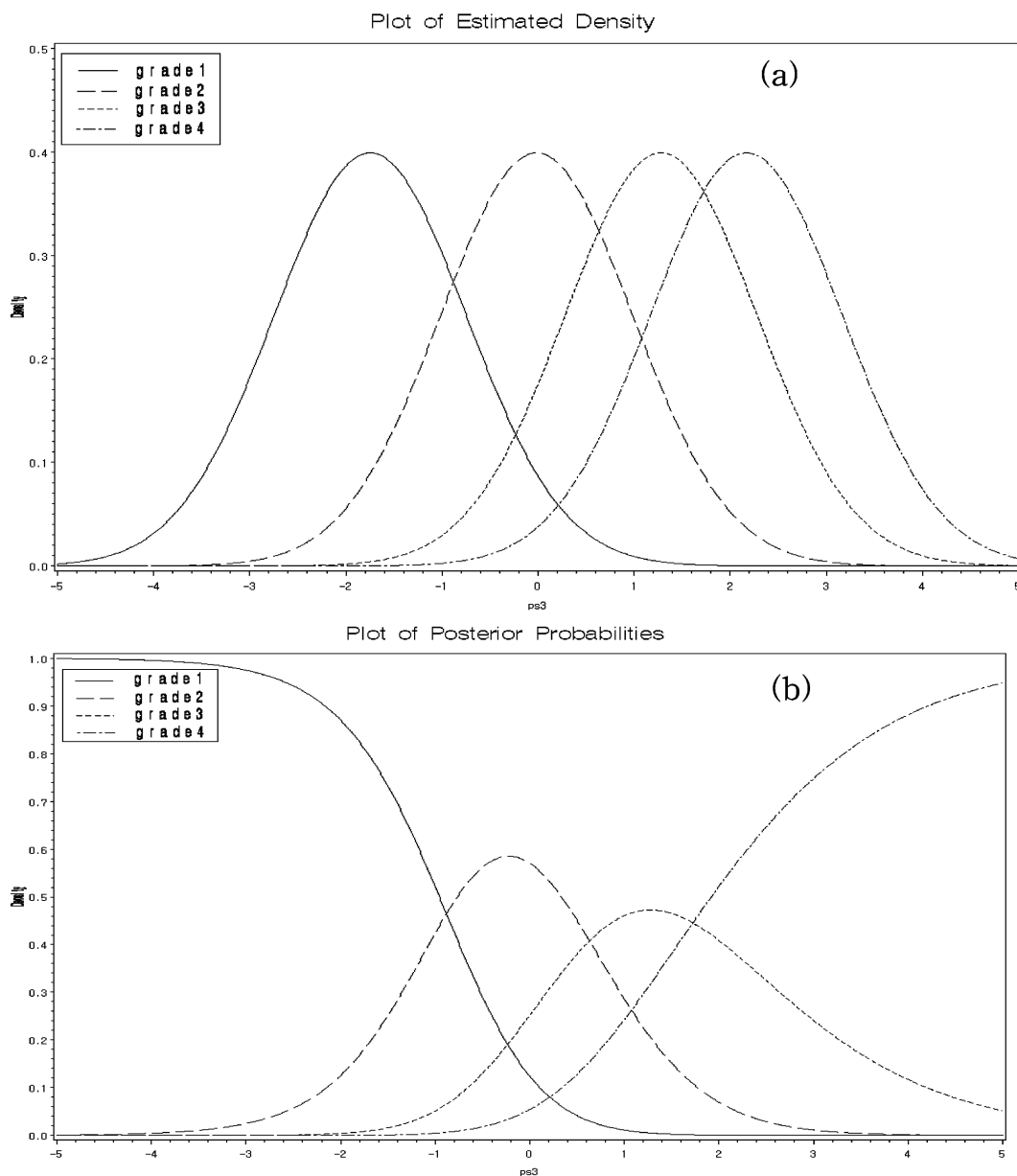


Fig. 1. (a) Density plot and (b) posterior probability plot of palatability grading by discriminant analysis using tenderness, juiciness and flavor evaluated by Korean consumers (n=1,300).

Table 5. Classification of palatability grading analyzed by linear discriminant function using overall acceptability data with row percent

Palatability grade	Unsatisfactory	Satisfactory	Very satisfactory	Extremely satisfactory	Sum of row
Unsatisfactory	1985 (80.4%)	452 (18.3%)	24 (1.0%)	7 (0.3%)	2468
Satisfactory	503 (14.9%)	2044 (60.7%)	748 (22.2%)	75 (2.2%)	3370
Very satisfactory	10 (0.5%)	374 (17.9%)	1112 (53.1%)	598 (28.6%)	2094
Extremely satisfactory	6 (0.8%)	7 (0.9%)	124 (16.0%)	636 (82.3%)	773
Sum of column	2504	2877	2008	1316	8705

선형 판별함수

전반적인 기호도를 사용한 일변량 선형 판별함수 $G_n(X)$ 를 구한 결과는 다음과 같았다.

우선 첫 번째 선형판별함수는

$$\begin{aligned} G_1(OAll) &= -4.170 + 0.228 OAll \\ G_2(OAll) &= -12.210 + 0.390 OAll \\ G_3(OAll) &= -20.267 + 0.502 OAll \\ G_4(OAll) &= -26.554 + 0.574 OAll \end{aligned} \quad (3)$$

으로 구해진다. 선형 판별함수를 사용한 분류결과 Table 5에서 보면 정확한 분류율은 $(1985+2044+1112+636)/8705$ 로 계산하면 66.36% 이었다. 이와 같이 한 개의 변수만을 사용할 경우 간단한 선형식으로 판별함수를 얻을 수 있지만 판별시 한 개의 대표 변수만 이용하므로 판별에 영향을 미치는 다른 변수들에 대한 정보를 간과할 수 있다.

비모수적 판별분석

맛 등급 카테고리 그룹별 확률밀도함수에 대한 비모수적 추정에 근거하여 비모수적 판별분석을 수행하였다. Silverman(1986)은 확률밀도함수 추정에 대해 다양한 관점과 방법을 자세히 다루고 있는데 본 연구에서 맛점수 계산에 사용될 비모수적 판별분석을 위한 커널함수는 Gaussian 커널을 사용하였으며, Silverman(1986)의 엄지 법칙(rule of thumb)으로 띠폭(bandwidth)을 계산하였다. 소비자 맛등급별로 띠폭을 구하는 식

$$\hat{h} = 1.06\sigma n^{-1/5} \quad (4)$$

을 이용하여 구하였다. 여기서 σ 는 표준편차, n 은 데이터 수를 의미하는 것이다. Table 6은 소비자 맛등급별 띠폭(bandwidth)과 그룹 중심점을 나타낸 것이다.

Table 6에서 그룹별 띠폭을 h 라 하고, x 는 구하고자 하는 위치의 데이터라고 할 때, 커널함수 K 는 다음과 같이 구하였으며

$$K_h(x) = \frac{1}{h} K\left(\frac{x}{h}\right)$$

Table 6. Bandwidth and center point of palatability grading category evaluated by consumers (n=1,300)

Grouping category	Bandwidth	Center point of each grade
Unsatisfactory	0.06606197	24.0
Satisfactory	0.07140569	61.5
Very satisfactory	0.06264937	80.5
Extremely satisfactory	0.04164038	93.5

커널함수 K_h 를 이용한 확률밀도함수는

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - X_i) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (5)$$

으로 구하게 된다. 여기서 사용된 Gaussian 커널함수는 식 (6)과 같다.

$$K_h(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}u^2\right) I(|u| \leq 1) \quad (6)$$

소비자가 만족하는 맛 등급별로 Gaussian 커널함수를 이용한 확률밀도함수를 그려본 결과 Fig. 2의 분포를 보여 주었다. Fig. 2에서 보면 가장 왼쪽이 1등급에 대한 분포이고, 그 다음이 2등급과 3등급이며 가장 오른쪽이 4등급에 대한 분포로 등급이 높아질수록 전반적인 기호도의 값도 증가되는 경향을 보였으며, 1, 2 등급의 분포와 3, 4 등급의 분포가 비슷한 형태를 가지는 것을 알 수 있었다. 또한 Fig. 1의 확률밀도함수와는 다른 형태를 보여주었다.

Table 6의 그룹 중심점에 가까운 등급으로 전반적인 기호도를 판별한 결과가 Table 7에 나타나 있다. Gaussian 커널함수를 이용한 비모수 판별함수의 정확한 분류율은 $(1931+2301+977+652)/8705=67.33\%$ 으로 다른 방법에 비해 약간 높으나 커널함수 및 띠폭 등에 대한 결정 문제가 복잡하고 명확한 형태의 판별함수 식을 보여줄 수 없다는 단점이 있었다.

결론적으로 본 연구에서는 1,300명의 소비자들이 직접 먹어보고 평가한 한우고기 데이터를 이용하여 쇠고기 맛 등급을 구분해 내기 위한 판별분석 방법들을 비교한 결과

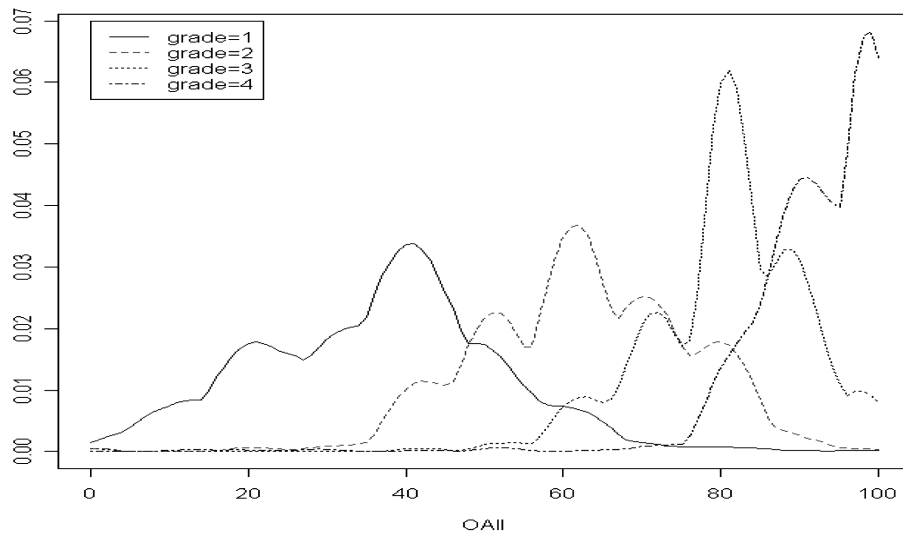


Fig. 2. Density plot of palatability grading by Gaussian kernel function in discriminant analysis using overall acceptability (OAll) evaluated by Korean consumers (n=1,300).

Table 7. Classification of palatability grading analyzed by nonparametric discriminant function using overall acceptability with row percent

Palatability grade	Unsatisfactory	Satisfactory	Very satisfactory	Extremely satisfactory	Sum of row
Unsatisfactory	1931 (78.2%)	510 (20.7%)	19 (0.8%)	8 (0.3%)	2468
Satisfactory	410 (12.7%)	2301 (67.8%)	579 (17.1%)	80 (2.4%)	3370
Very satisfactory	9 (0.7%)	477 (22.7%)	977 (46.5%)	631 (30.0%)	2094
Extremely satisfactory	6 (0.8%)	9 (1.2%)	106 (13.7%)	652 (84.3%)	773
Sum of column	2384	3297	1681	1371	8705

전반적인 기호도만을 이용하여 선형판별분석과 비모수 판별분석을 한 것 보다 연도, 다즙성, 향미의 세 가지 변수 정보를 모두 포함한 다변량 정준판별분석법을 이용하는 것이 맛 등급을 구분하는데 가장 적절한 것으로 나타났다. 현재 우리나라에서 생산되는 한우고기는 도축 후 육량등급과 육질등급으로 판정되어 유통되는데 본 연구에서 도출된 방법으로 판별분석을 적용한 맛 점수를 기반으로 하여 한우고기 판매시 요리방법 및 부위별로 맛 등급을 표시하여 소비자들에게 제공할 수 있게 된다면 수입산 쇠고기와 차별화된 전략으로 활용할 수 있을 것이다. 또한 현재 FTA 협정으로 위축된 국내 한우고기 유통시장에 보다 객관적이면서 선진화된 맛등급 유통시스템을 도입하게 됨으로서 쇠고기 가격경쟁력 면에서 불리한 한우고기의 소비시장을 확대할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 1,300명의 소비자들이 직접 먹어보고 평

가한 한우고기 데이터를 이용하여 쇠고기 맛 등급을 구분해 내기 위한 판별분석 방법들을 비교하였다. 한우 관능평가의 주요 세 변수인 연도, 다즙성, 향미를 포함한 정준판별분석과 대표적인 맛 변수로 여겨지는 전반적인 기호도만을 이용하여 선형판별분석과 비모수 판별분석을 하였다. 전반적인 기호도와 같은 한 개의 변수만을 사용할 경우 두 가지 모두 비슷한 분류율을 나타내지만 선형판별함수는 이해와 사용 측면에서 장점이 있었던 반면에 비모수적 방법은 커널함수와 띠폭에 대한 선택이 불편하지만 잘 선택하면 정확한 분류율을 높일 수 있는 장점이 있었다. 그러나 다른 정보를 가진 변수들이 있음에도 불구하고 한 개의 변수만을 이용한 판별 분석은 판별에 영향을 미치는 다른 중요한 변수들의 정보를 활용하지 못한다는 문제점이 있다. 한편, 정준판별분석의 경우 정준판별함수의 오분류율이 일변량 선형 판별함수와 비모수 판별함수의 오분류율에 비해 크게 떨어지지 않으면서 분포에 대한 특별한 가정이 필요하지 않아 통계적 가정이 까다롭지 않고 또한 맛에 중요한 요인인 연도, 다즙성, 향미의 세 개

변수를 모두 사용하므로 맛 정보를 최대한으로 활용한다는 장점이 있었다. 따라서 본 연구결과 연도, 다즙성, 향미의 세 가지 변수 정보를 모두 포함한 다변량 정준판별분석법을 이용하는 것이 맛 등급을 구분하는데 가장 적절할 것으로 판단되었다.

참고문헌

- Alomar, D., Gallo, C., Castañeda, M., and Fuchslocher, R. (2003) Chemical and discriminant analysis of bovine meat by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Meat Sci.* **63**, 441-450.
- Cho, S. H., Kim, J. H., Kim, J. H., Seong, P. N., Park, B. Y., Kim, K. E., Seo, G. Lee, J. M., and Kim, D. H. (2008) Prediction of palatability grading model with tenderness, juiciness, flavor-likeness and overall acceptability of Korean Hanwoo steer beef. *Proc. Korean J. Anim. Sci.*, pp.136
- Cocchi, M., Rasmus, B., Durante, C., Mancini, D., Marchetti, A., Saccani, F., Sighinolfi, S., and Ulrici, A. (2006) Analysis of sensory data for Aceto Balsamico Tradizionale di Modena (ABTM) of different ageing by application of PARAFAC models. *Food Qual. Pref.* **17**, 419-428.
- Dias, L. G., Correia, D. M., Sá-Morais, J., Sousa, F., Pires, J. M., and Peres, A. M. (2008) Raw bovine meat fatty acids profile as an origin discriminator. *Food Chem.* **109**, 840-847.
- Gee A., Porter M., Coffey D. and Polkinghorne R. (1998) Design and protocol for steak grilling trials. MSA, Sydney. pp. 29-43.
- Granitto, P. M., Biasioli, F., Endrizzi, I., and Gasperi, F. (2008) Discriminant models based on sensory evaluation: Single assessors versus panel average. *Food Qual. Pref.* **19**, 589-595.
- Hand D. J. (1981) *Discrimination and classification*, Wiley, New York
- Jack, E. R. and Steele, G. M. (2002) Modeling the sensory characteristics of Scotch whisky using neural networks: a novel food for generic protection. *Food Qual. Pref.* **13**, 163-172.
- Jeremiah, I. E. (1996) The influence of subcutaneous fat thickness and marbling on beef. *Food Res. Int.* **29(5/6)**, 513-520.
- Kim, J. H. and Kim, J. A. (2005) Statistical discriminant analysis on the driving ability of the brain-injured, *J. Korean Data Info. Sci. Soc.* **16**, 19-31.
- Lorenzen C. L. Neely, T. R., Miller, R. K., Tatum, J. D., Wise, J. W., Taylor, J. F., Buyck, M. J., Reagan, J. O. and Savell, J. W. (1999) Beef customer satisfaction: Cooking method and degree of doneness effects on the top loin steak. *J. Anim. Sci.* **77**, 637-644
- Ministry of Agriculture and forest (MAF). (2008) Information and data of agricultural statistics of Korea. <http://www.english.maf.go.kr/index.jsp> (assessed May 30, 2008)
- Monson, F. Sanudo, C., and Sierra, I. (2005) Influence of breed and ageing time on sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Sci.* **71**, 471-479.
- Neely, T. R. Lorenzen, C. L., Miller, R. K., Tatum, J. D., Wise, J. W., Taylor, J. F., Buyck, M. J., Reagan, J. O., and Savell, J. W. (1998) Beef Customer Satisfaction: Role of cut, USDA quality grade and city on in-home consumer ratings. *J. Anim. Sci.* **76**, 1027-1032.
- Polkinghorne, R. J. (2006) Implementing a palatability assured critical control point (PACCP) approach to satisfy consumer demands. *Meat Sci.* **74**, 180-187.
- Reida, L. M., O'Donnell, C. P., and Downey, G. (2006) Recent technological advances for the determination of food authenticity. *Trends in Food Sci. Technol.* **17**, 344-353.
- Rencher, A. C. (1995) *Methods of Multivariate Analysis*, Wiley, New York, pp. 76-77, 376-378.
- Robins, K., Jense, J., Ryan, K. J. Homco-Ryan, C., McKeith, F. K., and Brewer, M. S. (2003) Consumer attitude towards beef and acceptability of enhanced beef. *Meat Sci.* **65**, 721-729.
- Rivik, E. (1994) Sensory properties and preferences, *Meat Sci.* **36**, 67-77.
- SAS. (2005) *SAS STAT User's Guide*, Statistics, Cary NC.
- Savell, J. W. Lorenzen, C. L., Neely, T. R., Miller, R. K., Tatum, J. D., Wise, J. W., Taylor, J. F., Buyck, M. J., and Reagan, J. O. (1999) Beef customer satisfaction: Cooking method and degree of doneness effects on the top sirloin steak. *J. Anim. Sci.* **77**, 645-652.
- Santé, V. S., Lebert, A., Le Pottier, G., and Ouali, A. (1996) Comparison between two statistical models for prediction of turkey breast meat colour. *Meat Sci.* **43**, 283-290.
- Serra, X., Guerrero, L., Guàrdia, M. D., Gil, M., Sañudo, C., Panea, B., Campo, M. M., Olleta, J. L., García-Cachán, M. D., Piedrafita, J., and Oliver, M. A. (2008) Eating quality of young bulls from three spanish beef breed-production system and its relationships with chemical and instrumental meat quality. *Meat Sci.* **79**, 98-104.
- Silverman, B. W. (1986) *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*, Chapman and Hall, London, pp. 7-32, 44-48.
- Sheather, S. J. and Jones M. C. (1991) A reliable data-based bandwidth selection method for kernel density estimation. *J. Roy. Statist. Soc. B.* **683**
- Thompson. J. (2002) Managing meat tenderness. *Meat Sci.* **62**, 295- 308
- 김우정, 구경현 (2001) 식품의 관능검사법, 효일출판사, pp. 109-120.

(Received 2008.10.23/Revised 2009.2.9/Accepted 2009.2.19)