

묘사분석 및 전자코 분석을 이용한 다양한 시유의 관능적 품질 특성 이해

정서진 · 임채란¹ · 노봉수^{1,*}

서울여자대학교 식품영양학과, ¹식품공학과

Understanding the Sensory Characteristics of Various Types of Milk Using Descriptive Analysis and Electronic Nose

Seo-Jin Chung, Chae-Ran Lim¹, and Bong Soo Noh^{1,*}

Department of Food and Nutrition, ¹Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University

Abstract The objectives of this study were: 1) to develop the sensory lexicons of milk marketed in Korea, 2) to investigate the effects of pasteurization and milk composition on the sensory qualities of milk, and 3) to evaluate the correlation between descriptive analysis and the electronic nose method. Electronic nose and descriptive analyses were conducted to analyze the sensory characteristics of 14 milk samples. The 14 samples were provided from 4 manufacturers with different pasteurization methods, and varied in fat, calcium, and lactose content. Twenty-six sensory lexicons were developed to describe the sensory characteristics of the samples. The low temperature, long-time processed milk had a distinctive 'bi-rim' flavor regardless of the milk composition. The lactose-free milks were sweet, and the low-fat milks had relatively low intensities for most flavor attributes. The electronic nose method successfully grouped the milk samples primarily based on their composition, but grouped them weakly by pasteurization method.

Key words: milk, descriptive analysis, electronic nose, flavor, sensory characteristics

서 론

우유는 필수 아미노산과 비타민, 무기질 등의 필수 영양소가 매우 풍부한 완벽한 식품 중 하나라 할 수 있다(1). 가공유 등의 성공적인 음료 시장 진입으로 인해 유제품 시장이 확대되고 있으며 웰빙에 대한 소비자의 관심이 매우 높아짐에 따라 우유 및 유제품의 섭취에 대한 필요성이 더욱 중요하게 인식되고 있는 추세이다. 이러한 소비자의 욕구에 맞추어 국내 유가공 업체는 기존의 일반 백색시유나 칼슘 강화 백색시유 등의 국한된 제품의 형태에서 점차 저지방, 무지방, 무유당, 기능성 물질 강화 흰 우유 등으로 다양하고 세분화된 형태의 백색시유 제품을 출시하고 있다.

이에 반해 국내에서는 유제품 개발이나 품질 관리, 소비자와의 의사소통에 있어서 가장 중요한 요소 중 하나인 우유의 관능적 품질 평가 기법에 대한 연구나 표준화 작업은 상대적으로 미비한 실정이다. 전통적인 우유의 관능평가 기법은 관능적 품질의 결합 존재 여부로 시유의 품질 등급을 나누는 방식이 사용되었으나(2) 이러한 접근법은 다양한 유형의 흰우유에 대한 관능적 특성을 이해함에 있어 매우 제한적인 방법이라 하겠다. 소비자가 원하는 백색시유의 관능적 특성을 이해하기 위해서는 백색시유

의 관능적 특성을 총체적이고 객관적으로 평가할 수 있는 절차를 확립하는 연구가 선행되어야 한다. 정량적 묘사분석이나 스펙트럼 묘사분석 등을 포함한 일반적인 묘사분석 기법은 훈련된 패널이 평가 제품 군에 대해 관능적 특성 용어를 도출, 정의하고 특성강도를 객관적으로 평가하는 방법으로 식품의 관능적 특성을 객관적으로 이해하고자 할 때 가장 효과적으로 사용하는 기법이다.

국내에서는 Chae와 Yu(3,4), Lee와 Lee(5) 등이 우유 연구 시 소비자 조사나 평점법 등의 관능평가를 실시하였으나 백색시유의 관능적 특성을 총체적으로 분석한 연구는 부재하다. 그러나 이미 유제품 섭취의 비중이 매우 높은 미국이나 유럽의 경우 우유의 지방 함량(6)이나 UHT 우유의 저장 시 관능적 특성을 분석(7)하고자 할 때 묘사분석이 성공적으로 사용되었으며 이외의 탈지분유(8), 치즈(9), 발효유(10) 등의 유제품의 관능적 특성 분석에도 이용하고 있다.

20여년 전 인간의 후각 기능의 기본 체계를 모방하여 처음 개발된 전자코 분석 기법은 그 이후로 매우 빠른 속도로 발전되고 있으며 활용영역이 점차 넓어지고 있다(11). 전자코의 기본적인 원리는 복합적인 향 성분의 전기화학적 특성을 다중 센서 배열(multi sensory array)이 선택적으로 감지하여 측정된 데이터를 다양한 통계적 기법을 사용하여 총체적인 패턴을 분석하는 것이다(12). 센서의 반응 기전에 따라 금속산화물 센서(metal oxide semiconductor; MOS), 전도성 고분자(conducting polymer; CP), 표면탄성파소자(surface acoustic wave; SAW) 등 다양한 종류의 센서가 존재하며 이들은 향 성분 분석 시 선택성과 감도에서 차이를 보인다(13). 보편적으로 휘발성 향성분 분석에 사용되는 gas chromatography에 비해 단시간에 시료의 전반적인 성향을 분석할

*Corresponding author: Bong Soo Noh, Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University, 126 Kongleung 2-dong, Nowon-gu, Seoul 139-774, Korea
Tel: 82-2-970-5636, 82-11-417-9765
Fax: 82-2-970-5977
E-mail: bsnoh@swu.ac.kr
Received December 16, 2007; accepted January 31, 2008

수 있는 장점이 있으나 개별 향성분의 정량적 분석은 불가능하다는 단점이 있다. 그러므로 전자코 시스템은 제품의 품질관리, 저장성 예측, 원산지 판별, 발효제품의 숙성 정도 등에 성공적으로 활용되고 있다(14). 우유 및 유제품에 있어서도 우유의 신선도 예측(15) 저장성 분석(16), 산패취 분석(17), 미생물 오염 관련 품질 분석(18-20), 치즈의 숙성 과정 관찰(21) 등에 전자코 분석을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 우리나라에서 시판되는 시장 점유율이 큰 일반 전지유, 저지방 흰우유, 칼슘강화 흰우유에 대한 묘사분석 기법을 확립하고 이들 제품의 관능적 특성을 분석하여 백색시유의 종류에 따른 관능적 특성을 이해하고자 하였다. 더불어 품질 관리 등에 적용되고 있는 전자 코에 의한 백색시유의 품질 특성 차이를 분석하고 백색시유에 대한 전자코 분석과 묘사분석 기법 간의 상관성 여부를 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

현재 국내에서 시장 점유율이 가장 높은 3개의 백색시유 제조업체와 low temperature long time(LTLT) 살균 기법을 사용하고 있는 백색시유 제조업체의 일반 흰우유, 칼슘강화 흰우유, 저지방 흰우유, 유당 분해 흰우유 등 총 14개의 백색시유 제품을 서울 시내 대형마트에서 구입하여 4°C에서 냉장보관하였으며 본 논문에서 사용된 제품 코드는 Table 1과 같다. 모든 시료의 유통기한은 동일하게 맞추려고 하였으며 시료간 유통기한의 편차는 약 0.8일이었다.

묘사분석

-시료제시방법

모든 시료는 각각 50 mL씩 100 mL 비이커에 담아 4±2°C의 온도로 제시하였다. 모든 우유는 구입 후 24시간 내에 사용하였으며 매 실험마다 우유를 새롭게 개봉하였다.

-패널

평소 관능평가에 관심이 많은 식품영양학과 학생 11명(서울여자대학교, 나이 20-23세)이 기본맛 예민도 검사를 거쳐 선발되었다.

-훈련 및 본실험

시료의 관능적 특성 용어 도출, 정의 및 특성 강도 평가로 구

성된 일반적 묘사분석(generic descriptive analysis method)을 진행하였다. 묘사분석 실험은 우유의 관능적 특성 용어 도출 및 정의, 재현성 있는 평가를 위한 훈련 세션과 훈련기간 동안 도출한 관능적 특성을 이용하여 14종의 우유 시료를 평가하는 본 실험 세션으로 구성되었다. 훈련 세션은 회당 1시간씩 총 10회에 걸쳐 실시되었으며 훈련 초기에는 패널이 전지유, 유기농우유, 저지방우유, 강화유 등 다양한 종류의 우유를 맛 봄으로써 우유에서 나타날 수 있는 다양한 관능적 특성을 감지, 이해 그리고 표현하도록 훈련하였다. 훈련 중반에는 본 실험에서 평가하게 될 14종의 우유에 대해 관능적 특성 용어를 토론과 합의에 의해 도출하고 정의를 내렸으며 평가의 이해를 도울 수 있도록 표준시료를 선정하였다(Table 2). 훈련 후반부에는 우유 평가에 사용되는 특성 용어를 각 패널이 올바르게 이해하고 모든 시료를 재현성 있게 평가하는 것에 중점을 두어 훈련하였다. 만약 특정 용어에 대해 개별 패널이 평가에 어려움을 느낄 경우 개별적인 훈련을 추가하였다.

훈련 세션을 마친 후 본 실험이 진행되었다. 각 패널은 독립적인 공간에서 시료의 묘사분석을 수행하였다. 14개의 시료는 임의적으로 두 군으로 나누어 한 세션 당 7개의 시료를 평가하였으며 각 세션에서는 3개의 시료를 평가하고 20분간 휴식한 후 나머지 4개의 시료를 평가하도록 하였으며 세션당 소요 시간은 약 1시간이었다. 각 세션 내에서의 시료 제시 순서는 임의배열법으로 정하였으며 한 개의 시료에 대한 평가가 끝난 후 다음 시료를 제시하였다(monadic serving method). 본 실험은 총 6 세션에 걸쳐 3 반복으로 실험이 진행되었다. 특성 강도 평가는 15점 강도 척도를 사용하였으며 “매우 강하다”는 15점, “보통이다”는 8점, “매우 약하다”는 1점으로 표시하였다. 시료와 시료 사이에는 물과 당근으로 입가심을 하도록 하였으며 물과 당근의 양은 각 패널의 입안에 잔여 향미와 맛이 남지 않을 수 있을 만큼 충분히 제공하였다.

전자코 분석

우유의 dynamic headspace를 분석하기 위해 본 실험에서 사용된 전자코 시스템은 Hong 등(12)과 Youn과 Noh(13)의 연구에서 제시된 방법을 사용하였다. 전자코 시스템은 6개의 metal oxide sensor(Figaro, Tokyo, Japan)로 구성되었다(Table 3). 전자코 시스템 구동 시 휘발성 향 성분의 포집 및 주입, 6개의 센서에 의한 시료 향의 분석 등 전 분석 과정은 컴퓨터에 의해 조절되었다.

데이터 수집 시간은 0.5초, 가열에 의해 이루어지는 센서에 흡

Table 1. The information of 14 milk products used in this study

Brand	Type	Pasteurization method	Sample code
A	Full fat	Ultrahigh temperature method (UHT)	Ag
	Calcium fortified		Aca
	Low fat		Alow
	Lactose free		Alac
B	Full fat	Ultrahigh temperature method (UHT)	Bg
	Calcium fortified		Bca
	Low fat		Blow
C	Full fat	Low temperature long time (LTLT)	Cg
	Calcium fortified		Cca
	Low fat		Clow
D	Full fat	Ultrahigh temperature method (UHT)	Dg
	Calcium fortified		Dca
	Low fat		Dlow
	Lactose free		Dlac

Table 2. Definitions and reference standards of appearance, odor/aroma, flavor/taste, and, texture/mouth feel attributes used in the descriptive analysis

Categories	Descriptors	Abbreviation	Definitions	Reference [intensity of the reference]
Appearance attributes	whiteness	whit	Degree of whiteness	-
	yellowness	yel	Degree of yellowness	-
	translucentness	trans	Degree of translucentness	-
Odor/Aroma attributes	grassy/ <i>birim</i> milk	grassO mlkO	Complex aromatic associated with raw milk, cut grass and fishy Aromatic associated with typical milk	DHA fortified milk [10] (Namyang Dairy Prod. Co., Ltd., Seoul, Korea) -
	cooked milk	ckmlkO	Aromatic associated with boiled milk	Nonfat dried milk [8] (Seoul Milk, Seoul, Korea)
	cultured milk	cltmlkO	Aromatics associated with cultured milk	Plain yogurt [14] (Yoplait, Binggrae, Co., Ltd., Seoul, Korea)
	butyric	butrO	Aromatics associated with typical cheese	Emmental Cheese [15] (Lactalis USA, Inc., New York, NY USA)
Flavor/Taste attributes	sweet	swt	Typical taste of sucrose	-
	sour	sour	Typical taste sensation stimulated by acid	-
	salty	salt	Typical taste of sodium chloride	-
	milk	mlkF	Flavor associated with typical milk	-
	goso	gosoF	Complex flavor associated with mixture of dairy, fatty, and roasted carbohydrate flavor	Heavy cream [12] (Seoul Milk, Korea)
	grassy/ <i>birim</i>	grssF	Complex flavor associated with raw milk, cut grass and fishy	DHA fortified milk [10] (Namyang Dairy Prod. Co. Ltd., Seoul, Korea)
	sweet cream	swtcrmF	Flavor associated with fresh whipped cream	Heavy cream whipped with 10% sucrose [13]
	cooked milk	ckmlkF	Flavor associated with boiled milk	Nonfat dried milk [8] (Seoul Milk, Seoul, Korea)
	butter	btrF	Flavor associated with butter or diacetyl	Butter [15] (Seoul Milk, Seoul, Korea)
	artificial milk	artmlkF	Flavor associated with milk flavor candy	Milk candy [10] (Haitai Confectionary & Food Co., Ltd., Seoul, Korea)
	fatty	fattyF	Flavor associated with fat flavor in milk	Heavy cream [15] (Seoul Milk, Seoul, Korea)
	cultured milk	cltmlkF	Flavor associated with cultured milk	Plain yogurt [14] (Yoplait, Binggrae, Co. Ltd., Seoul, Korea)
	cheese	chsF	Flavor associated with typical cheese, butyric acid flavor	Emmental Cheese [15] (Lactalis USA, Inc., New York, NY USA)
	rancid	rncdF	Flavor associated with oxidized fat flavor	Coffee creamer [10]
	Texture/ Mouth feel attributes	mouth coating	mcoatT	Mouth feel when thin oil layer covers the tongue
astringent/ <i>tuptup</i>		astrT	Complex mouthfeel associated with dry, roughness, and lingering residual	Green tea [12] (Lotte Chilsung Beverage Co. Ltd. Seoul, Korea)
smooth		mthT	after swallow in mouth.	-
viscous		viscT	Smooth texture sensation Degree of thickness of the fluid	- Chocolate milk [10] (Seoul Milk, Seoul, Korea)

Table 3. Major detecting components of metal oxide sensor for electronic nose analysis

Sensor type	Major detecting components
Sensor 1 : TGS825	hydrogen sulfide
Sensor 2 : TGS826	ammonia
Sensor 3 : TGS880	hydrocarbon volatile vapors
Sensor 4 : TGS822	alcohol & organic solvent vapors
Sensor 5 : TGS800	air contamination
Sensor 6 : TGS813	combustible gas

착한 이물질제거 시간은 10초, 신선한 공기에 의한 충전 시간은 10초, 센서의 안정화를 위한 시간은 100초, 신선한 공기에 센서를 노출시켰을 때의 분석 시간은 10초, 센서가 시료향과 반응 시의 분석시간은 50초로 하였다. 시료 향을 채취하기 위해 우선 5 mL의 우유 시료를 30 mL의 유리병에 넣어 4분간 평형을 이루게 하였으며 모든 측정은 30°C에서 이루어졌다. 각 시료의 향 패턴은 전자코의 metal oxide sensor에서 나타나는 저항값에 의해 측정되었고 감도(22)는 R_{gas}/R_{air} 으로 정의하였다. R_{air} 와 R_{gas} 는 각각 공기와 시료 가스 노출시의 센서의 저항값을 의미하며 모든 시료는 3반복 실험하였다.

통계분석

-묘사분석: 우유 시료의 종류가 관능적 특성 강도에 끼치는 영향의 유의성을 알아보기 위해 이원분산분석을 실시하였고 관능적 특성간의 상관성 및 시료와 관능적 특성간의 상관성을 요약 분석하기 위해 각 시료의 특성강도 평균값에 대해 주성분 분석(principal component analysis)을 실시하였다. 주성분 분석 시 공분산 행렬(covariance matrix)을 사용하였고 회전은 하지 않았다.

-전자코 분석: 각 시료의 여섯 개의 센서에서 감지된 R_{gas}/R_{air} 값의 평균값을 구하고 이에 대해 주성분 분석을 실시하였으며 상관 행렬(correlation matrix)을 사용하였고 varimax 회전을 실시하였다.

-묘사분석-전자코 분석의 상관성 분석: 우유에 대한 전자코 분석과 묘사분석 데이터의 상관성을 분석하기 위해 각 데이터의 평균값에 대해 Pearson's 상관분석과 부분평방회귀분석(partial least square regression analysis)를 실시하였다. 우유 14개 시료의 전자코 분석 평균값을 X로 묘사분석 특성 평균값을 Y로 하여 분석을 실시하였으며 각각의 데이터에 대해 Ward 군집분석을 실시하여 두 개의 분석 방법간의 우유 시료에 대한 분류 패턴을 비교하였다.

분산분석은 SPSS를 이용하였고 그 외의 다변량 분석은 XLSTAT을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

묘사분석

백색시유 14종에 대한 묘사분석을 실시한 결과 하얀(whiteness) 정도, 노란(yellowness) 정도, 투명한(translucentness) 정도 등 외관 특성 3개, 비린(grassy)향, 우유(milk)향, 익은우유(cooked milk)향, 시큼한(cultured milk)향, 구린 냄새(butyric) 등 향/냄새 특성 5개, 단맛(sweet), 신맛(sour), 짠맛(salty), 우유(milk) 향미, 고소한 향미(goso), 비린향미(grassy), 생크림 향미(sweet), 익은(cooked) 우유향미(cooked milk), 버터(butter) 향미, 인공우유 향미(artificial milk), 지방 느끼한(fatty) 향미, 요구르트(cultured milk) 향미, 치즈(cheese) 향미, 기름 산패 향미(rancid) 등 맛/향미 특성 14개, 입안 감촉 및 조직감 특성 4개 등 총 26개의 관능적 특성 용어가 개발되었으며 각 특성에 대한 정의는 Table 2와 같다. 본 실험에서 도출된 백색시유의 묘사 용어는 4개사의 전지유, 저지방 우유, 칼슘 강화유, 유당 분해유 등 다양한 종류의 백색시유를 분석하여 국내에서 선행된 우유의 관능적 품질에 대한 연구(5,23)에 비해 많은 수의 묘사 용어가 도출되었다.

앞에서도 언급하였듯이 과거 우유에 대한 관능적 품질 연구는 전체적인 관능적 특성을 분석하기 보다는 우유에 대한 전반적인 품질 점수를 주거나(24,25) 우유 품질의 주요 열화인자인 산패취(빛에 의한 산화, 금속성 산화, 일반 산패 등)를 중심으로 평가하였다(2). 그러나 우유의 관능적 품질을 정확히 이해하기 위해서는 품질 열화 인자의 부재뿐만 아니라 소비자의 기호도에 긍정적인 영향을 주는 관능적 특성 인자 또한 우유의 품질을 좌우하는 매우 중요한 요인이기 때문에 이러한 관능적 특성을 총괄적으로 이해할 수 있는 묘사분석 방법이 적합하다고 판단된다. 본 연구에서 도출된 묘사 용어와 미국이나 유럽에서 우유 관련 관능적 품질 특성을 분석한 연구들의 묘사 용어를 Table 4에 비교, 정리하였다(2,6,26-34). Table 2와 4를 비교하면 본 연구와 서로 중복되는 묘사 용어가 대부분이지만 미국이나 유럽의 경우 우유 품질 저하 시 발생하는 우유의 산패취나 기타 품질 열화 요인과 관련된 묘사용어가 더 다양하게 개발되었으며 열화 특성에 대한 묘사 용어는 지역에 따라 다르게 개발된 것을 알 수 있다. 본 연구에서 도출된 우유 비린 향/향미, 고소한 향미, 텁텁한 입안 감촉은 각각 풋내+우유 향+생선 비린 향, 우유 향미+볶은 탄수화물 향미+지방 향미, 짧은 감촉+꺼끌거림+삼킨 후 입안잔여물 등 두 개 이상의 관능적 특성이 섞인 복합적인 묘사 용어로 정의되었으며 영어로 직역되기 어려운 국내에서만 사용되는 독특한 묘사 용어이다.

Table 4. Sensory descriptors for milk used in US, Europe, and New Zealand

Country	Descriptors
US	sweet, sour, bitter, umami, cooked, cream, nutty, fruity, barny/hay, caramel, butter, plastic, cardboard, metallic, old oil, old butter, rancid, cheese cream, cheese, light oxidized, metallic oxidized, mouth coating, mouth drying, irritation, chalky, fat feel, viscous, flat, astringent, urgency to clear throat (2,6,26,27)
Europe	white, yellow, blue, transparent, glass coat, thick, sweet, vanilla, boiled milk, milk, cream, total fattiness, sweet corn, butter milk, bread, salty, sour, green, fishy, rancid, metallic, cardboard, plastic, residual mouth fill (28-31) white, fat, heavy, sweet, watery, cooked, light, yellow, butter, translucent, artificial, real taste of milk (32) light oxidized, plastic-acetaldehyde, lack of freshness (33)
New Zealand	creamy, diacetyl, grassy, oxidized, sweet, cardboard, cowy, band-aid, canned corn, mothballs, malty, baby-burp, dishcloth, tallow (34)

백색시유 14종 제품에 대해 관능적 특성간의 상관성 및 시료와 관능적 특성간의 상관성을 요약 분석하기 위해 각 시료의 특성강도 평균값에 대해 주성분 분석을 실시한 결과 제 1 주성분과 제 2 주성분이 총 설명력의 약 84%를 설명하였다(Fig. 1). 제 1 주성분은 C사 제품군과 저지방 제품군이 대칭을 이루며 C사 제품이 위치한 양의 방향은 비린 향미, 산패 향미, 버터 향미, 지방 느끼한 향미 등이 강하게 부하되었다. 제 1 주성분의 음의 방향으로는 노란색, 투명 정도 등이 저지방 우유와 상관성이 높게 부하되었다. 제 2 주성분은 A, B, C, D사의 저지방 우유와 A, B, D 사의 전지우유로 나뉘었으며 저지방 우유는 양의 방향으로 나머지 전지 우유는 음의 방향으로 부하되었다. 양의 방향으로 부하된 저지방우유 시료는 노란색과 투명도 특성과, 음의 방향으로 부하된 시료는 단맛, 부드러운 촉감, 익은 우유 향미, 점도, 우유 고소한 향미 등과 강한 양의 상관관계를 나타내었다. A, B, D 3사의 전지우유와 칼슘 강화유는 저지방 제품이나 C사 제품에 비해 상대적으로 관능적 특성의 차이가 적은 것으로 나타났다.

위에서 살펴본 백색시유 14종의 관능적 특성 경향에 대해 통계적 유의성을 이원분산분석으로 분석한 결과 시큼한 향미, 신맛, 익은 우유향미, 요구르트 향미를 제외한 나머지 22개 특성에 대해 제품간 강도의 유의적 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 5). 우유의 외관특성은 지방함량에 따라 시료간의 차이를 보였는데 지방함량이 낮을수록 노란색 강도 및 투명 정도가 강하게 평가되었으며 LTLT 방식으로 살균하는 C사의 우유가 다른 제조사의 우유에 비해 흰색 강도가 더 강한 것으로 평가되었다. 향냄새 특성은 C사 제품이 전반적으로 비린 향이 타사의 시료에 비해 상대적으로 강하게 평가되었고 우유 향이나 익은 우유 향은 더 약하게 평가되었다. 구린내는 A사 시료가 타사 시료보다 강하게 평가되었다. 단맛 강도 및 생크림 향미 강도는 A사와 D사의 유당 분해유가 다른 시료에 비해 유의적으로 더 강하게 평가되었는데 이는 유당의 분해로 인해 상대적으로 단맛 강도가 강한 포도당 함량의 증가에 기인한 것으로 판단된다. 이와는 반대로 짠맛 강도는 유당 분해유가 가장 약하게 평가되었다. 고소한 향미와 익은 우유향미, 지방 느끼함, 등은 전지유, 칼슘 강화유, 유당 분해유가 저지방 우유에 비해 강하게 평가되었다. 그러나 주성분 분석에서 관찰된 바와 같이 전지우유와 칼슘 강화유 간에는 관능적인 특성의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. C사 시료의 경우 다른 시료에 비해 비린 향미, 인공우유 향미 및 산패향미가 강하

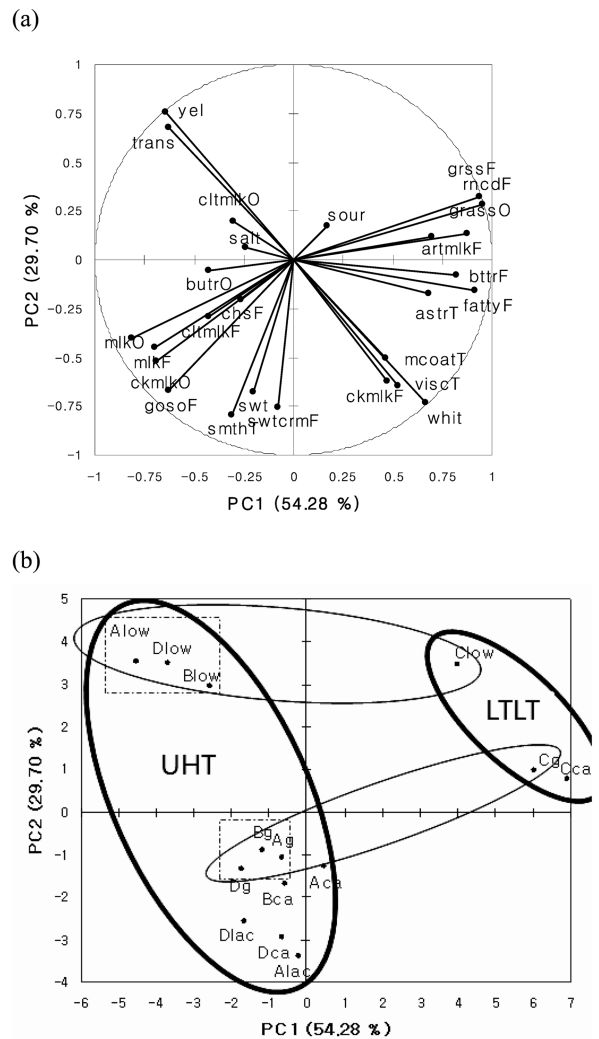


Fig. 1. PC loadings and scores of the sensory attributes (a) and the milk samples (b) by descriptive analysis in a PCA plot.

게 평가되었는데 이는 전자의 경우 LTLT 살균 방식을, 다른 3사는 ultra high temperature(UHT) 살균 방식을 사용하기 때문인 것

Table 5. *F*-ratio and *p*-value of product effect on the 26 sensory attributes evaluated by the descriptive panel

Attribute	F (13, 462)	<i>p</i> -value	Attribute	F (13, 462)	<i>p</i> -value
Appearance			Flavor/Taste		
whit	62.7	<i>p</i> <0.0001	mlkF	13.8	<i>p</i> <0.0001
yel	60.7	<i>p</i> <0.0001	gosoF	15.4	<i>p</i> <0.0001
trans	5.1	<i>p</i> <0.0001	grssF	44.1	<i>p</i> <0.0001
Odor/Aroma			swtcrnF	8.8	<i>p</i> <0.0001
grassO	5.7	<i>p</i> <0.0001	ckmlkF	1.6	0.09
mlkO	19.1	<i>p</i> <0.0001	btrrF	2.6	0.0017
ckmlkO	2.9	0.0005	artmlkF	6.9	<i>p</i> <0.0001
cltmlkO	1.1	0.35	fattyF	7.4	<i>p</i> <0.0001
butrO	2.9	0.0004	cltmlkF	0.9	0.55
Flavor/Taste			chsF	5.5	<i>p</i> <0.0001
swt	17.7	<i>p</i> <0.0001	rncdF	45.1	<i>p</i> <0.0001
sour	0.6	0.87	Texture/Mouthfeel		
salt	1.9	0.03	mcoatT	8.1	<i>p</i> <0.0001
			astrT	2.4	0.0045
			smthT	4.0	<i>p</i> <0.0001
			viscT	6.8	<i>p</i> <0.0001

Table 6. The mean intensities of 26 sensory attributes of the 14 milk samples

Type	Code	whit	yel	trans	grassO	mlkO	ckmlkO	cltmlkO	butrO	
Regular	Ag	8.0 ^{bcl}	4.3 ^{def}	5.9 ^{abc}	5.8 ^{bcd}	7.8 ^b	6.0 ^{cde}	3.0 ^a	3.6 ^{cde}	
	Bg	8.1 ^c	4.2 ^{def}	5.8 ^{abc}	5.5 ^{abcd}	8.0 ^{cd}	5.8 ^{abcde}	3.0 ^a	3.1 ^{abcd}	
	Cg	9.4 ^{ef}	3.2 ^{ab}	5.6 ^{ab}	6.9 ^{ef}	6.1 ^a	5.1 ^{abc}	3.0 ^a	2.8 ^{ab}	
	Dg	8.0 ^{bc}	4.5 ^{ef}	5.9 ^{abc}	5.2 ^{ab}	8.6 ^d	6.2 ^{de}	2.9 ^a	3.1 ^{abcd}	
Calcium fortified	Aca	8.6 ^{cd}	3.8 ^{bcd}	6.1 ^{abc}	5.8 ^{bcd}	8.6 ^d	6.6 ^c	3.1 ^a	3.7 ^{de}	
	Bca	8.4 ^c	3.9 ^{cde}	6.0 ^{abc}	5.6 ^{abcd}	8.0 ^{cd}	5.9 ^{bcd}	3.0 ^a	3.4 ^{abcde}	
	Cca	9.8 ^f	3.2 ^{ab}	5.1 ^a	7.4 ^f	5.8 ^a	4.9 ^a	2.9 ^a	3.1 ^{abcd}	
	Dca	9.1 ^{de}	3.4 ^{abc}	5.6 ^{ab}	6.3 ^{cde}	8.3 ^{cd}	6.4 ^{de}	3.3 ^a	3.8 ^e	
Low fat	Alow	5.1 ^a	8.0 ^h	7.4 ^d	5.3 ^{abc}	7.9 ^{cd}	5.6 ^{abcd}	3.2 ^a	3.7 ^{de}	
	Blow	5.5 ^a	7.2 ^g	6.6 ^{cd}	5.1 ^{ab}	8.0 ^{cd}	5.8 ^{abcde}	2.9 ^a	3.1 ^{abcd}	
	Clow	7.4 ^b	4.8 ^f	6.4 ^{bc}	6.4 ^{de}	5.6 ^a	5.0 ^{ab}	2.7 ^a	2.8 ^{ab}	
	Dlow	5.1 ^a	8.0 ^h	7.4 ^d	5.4 ^{abc}	7.8 ^b	6.2 ^{de}	3.2 ^a	3.4 ^{bcd}	
Lactose free	Alac	9.9 ^f	2.8 ^a	6.0 ^{abc}	5.4 ^{abc}	7.6 ^a	6.0 ^{cde}	2.5 ^a	3.0 ^{abc}	
	Dlac	8.1 ^c	4.3 ^{def}	5.5 ^{ab}	4.7 ^a	7.7 ^b	6.2 ^{de}	2.8 ^a	2.7 ^a	
		swt	sour	salt	mlkF	gosoF	grssF	swtcrmf	ckmlkF	bttrF
Regular	Ag	6.0 ^{bcd}	2.4 ^a	4.5 ^{abcd}	8.5 ^{ef}	8.1 ^{ef}	5.4 ^{bc}	4.8 ^{abc}	6.0 ^a	3.7 ^{ab}
	Bg	5.7 ^{abc}	2.4 ^a	4.6 ^{cd}	7.7 ^{cd}	7.8 ^{ef}	4.8 ^{abc}	4.4 ^{ab}	6.3 ^a	3.7 ^{ab}
	Cg	5.6 ^{abc}	2.4 ^a	4.4 ^{abcd}	6.5 ^a	5.4 ^a	9.0 ^{de}	4.8 ^{abc}	6.2 ^a	4.5 ^c
	Dg	6.4 ^{cd}	2.4 ^a	4.9 ^d	8.6 ^{ef}	7.9 ^{ef}	4.8 ^{ab}	5.1 ^{bc}	5.4 ^a	3.8 ^{abc}
Calcium fortified	Aca	6.1 ^{bcd}	2.8 ^a	4.6 ^{bcd}	7.9 ^{de}	6.9 ^{bcd}	5.7 ^c	4.9 ^{abc}	5.8 ^a	4.3 ^{bc}
	Bca	6.4 ^{cd}	2.3 ^a	4.3 ^{abcd}	8.2 ^{de}	7.9 ^{ef}	5.0 ^{bc}	5.0 ^{abc}	6.1 ^a	3.7 ^{ab}
	Cca	5.9 ^{abcd}	2.5 ^a	4.1 ^{abcd}	6.2 ^a	5.4 ^a	9.6 ^{de}	4.6 ^{abc}	6.4 ^a	4.3 ^{bc}
	Dca	6.6 ^d	2.4 ^a	4.3 ^{abcd}	9.0 ^f	8.7 ^f	5.0 ^{bc}	5.3 ^c	6.4 ^a	3.8 ^{ab}
Low fat	Alow	5.4 ^{ab}	2.4 ^a	4.6 ^{bcd}	8.1 ^{de}	7.2 ^{cde}	4.5 ^{ab}	4.2 ^a	5.3 ^a	3.3 ^a
	Blow	5.6 ^{abc}	2.3 ^a	4.0 ^{abc}	7.5 ^{cd}	6.3 ^b	5.0 ^{bc}	4.5 ^{ab}	5.7 ^a	3.9 ^{abc}
	Clow	5.0 ^a	2.5 ^a	3.9 ^{abc}	6.7 ^{ab}	5.1 ^a	8.8 ^d	4.3 ^a	5.7 ^a	3.9 ^{abc}
	Dlow	6.0 ^{bcd}	2.6 ^a	4.4 ^{abcd}	7.7 ^{cd}	6.5 ^{bc}	4.7 ^{ab}	4.4 ^{ab}	5.6 ^a	3.3 ^a
Lactose free	Alac	8.1 ^c	2.4 ^a	3.7 ^a	8.1 ^{de}	7.6 ^{de}	5.0 ^{bc}	6.3 ^d	6.3 ^a	3.6 ^{ab}
	Dlac	9.6 ^f	2.3 ^a	3.8 ^{ab}	7.2 ^{bc}	7.2 ^{cde}	4.0 ^a	6.8 ^d	6.3 ^a	3.6 ^{ab}
		artmlkF	fattyF	cltmlkF	chsF	rnccF	mcoatT	astrT	smthT	viscT
Regular	Ag	3.1 ^a	6.5 ^{cdef}	3.1 ^a	4.0 ^c	3.9 ^b	7.0 ^{cde}	5.6 ^{abcd}	8.2 ^c	7.5 ^f
	Bg	3.3 ^a	5.5 ^{ab}	3.2 ^a	3.9 ^{bc}	3.3 ^{ab}	6.9 ^{bcd}	6.2 ^{cd}	7.7 ^{abc}	7.0 ^{cdef}
	Cg	4.7 ^{de}	7.4 ^{fg}	2.8 ^a	3.4 ^{abc}	7.6 ^d	7.2 ^{cde}	6.0 ^{bcd}	7.3 ^{ab}	7.3 ^{def}
	Dg	3.4 ^a	5.9 ^{bcd}	2.8 ^a	3.7 ^{abc}	3.3 ^{ab}	7.0 ^{cde}	5.4 ^{abc}	8.0 ^e	7.3 ^{def}
Calcium fortified	Aca	5.0 ^c	7.1 ^{efg}	3.2 ^a	5.4 ^d	4.0 ^b	7.6 ^{de}	6.4 ^d	7.4 ^{ab}	7.3 ^{def}
	Bca	3.3 ^a	6.2 ^{bcd}	3.1 ^a	3.9 ^{bc}	3.8 ^b	7.8 ^e	5.8 ^{bcd}	7.9 ^{bc}	7.4 ^f
	Cca	4.6 ^{de}	7.7 ^{fg}	2.8 ^a	3.6 ^{abc}	7.7 ^d	7.5 ^{cde}	6.2 ^{cd}	7.4 ^{ab}	7.5 ^f
	Dca	3.3 ^a	6.2 ^{bcd}	3.2 ^a	4.1 ^c	3.6 ^b	6.8 ^{bcd}	5.7 ^{abcd}	8.2 ^c	7.6 ^f
Low fat	Alow	3.2 ^a	4.7 ^a	2.9 ^a	4.0 ^c	2.8 ^a	5.6 ^a	4.8 ^a	7.4 ^{ab}	5.6 ^a
	Blow	3.8 ^{abc}	5.6 ^{abc}	2.9 ^a	3.8 ^{bc}	3.7 ^b	6.3 ^b	5.5 ^{abcd}	7.4 ^{ab}	6.3 ^{abc}
	Clow	4.4 ^{cde}	6.7 ^{def}	2.9 ^a	3.0 ^a	6.8 ^c	6.2 ^b	5.9 ^{bcd}	7.2 ^a	6.6 ^{bcd}
	Dlow	3.4 ^a	5.2 ^{ab}	3.2 ^a	3.8 ^{bc}	3.4 ^{ab}	6.3 ^{bc}	5.2 ^{abc}	7.3 ^{ab}	5.9 ^{ab}
Lactose free	Alac	3.5 ^{ab}	5.9 ^{bcd}	2.8 ^a	3.6 ^{abc}	3.3 ^{ab}	6.3 ^{bc}	5.5 ^{abcd}	7.8 ^{abc}	6.5 ^{bcd}
	Dlac	4.2 ^{bcd}	5.6 ^{abc}	3.3 ^a	3.2 ^{ab}	3.5 ^{ab}	6.8 ^{bcd}	5.0 ^{ab}	8.2 ^c	6.9 ^{cdef}

¹⁾Mean values within the same column with the same alphabet superscripts do not differ significantly ($p > 0.05$) by Duncan's multiple range test.

으로 사료된다. 외국의 경우 UHT살균 전지유가 high temperature short time(HTST)나 LTLT 살균 전지유에 비해 신선한 향미가 낮고 익은 우유 향미가 더 강하다고 알려져 있으나(35) UHT 살균 방식이 지배적인 국내의 경우 UHT 우유 향미에 익숙한 묘사분석 패널이 LTLT 살균 방식의 우유를 더 비리하게 인식한 것으로 보인다. 지방 함량은 식감 특성에도 영향을 주어 저지방 시료의 경우 입안 코팅감이나 점도가 전지유에 비해 유의적으로 약하게 평가된 것으로 나타났다. 텁텁한 감촉이나 부드러운 감촉의 경우 시료간 차이는 있었으나 제조사나 우유 성분에 따른 일관성은 보이지 않았다.

전사코 분석

14개의 시료에 대한 MOS 센서 분석결과로부터 얻어진 데이터에 대하여 PC coefficients를 분석한 결과 sensor 2가 전체적으로 가장 높은 값들을 보여 주었으며 이어서 sensor 3과 sensor 6 등이 다른 센서들에 비하여 높은 값을 보여 주었으며 대략 0.59-0.75값들을 나타냈다(Table 7). 이것은 Fig. 2에서도 보는 바와 같이 크게 PC1에 의해 두 개의 그룹으로 나뉘어지며 특히 sensor 2가 sensor 3,6 그룹과 차별되어지는 관계로 미루어 이들 센서에 의해 향기 패턴의 차이를 구별한 것으로 여겨진다.

맛과 향의 차이를 선별하는 관능검사결과, Fig. 1에서 보는 바와 같이 LTLT 처리한 Cg, Cca, Clow가 다른 우유 제품들과 뚜

Table 7. The mean PC coefficients of 6 electronic nose sensors of the 14 milk samples

	Sample code	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6
Regular	Ag	0.4852	0.6587	0.6081	0.5302	0.5007	0.5972
	Bg	0.4933	0.6881	0.6045	0.5375	0.5137	0.5938
	Cg	0.5072	0.7208	0.6057	0.5502	0.5235	0.5967
	Dg	0.4949	0.7166	0.6033	0.5348	0.5091	0.5898
Calcium fortified	Aca	0.4746	0.5821	0.6467	0.5232	0.4815	0.6340
	Bca	0.5250	0.6834	0.6510	0.5831	0.5404	0.6439
	Cca	0.5066	0.6773	0.6412	0.5592	0.5168	0.6347
	Dca	0.4939	0.6270	0.6336	0.5429	0.4992	0.6238
Low fat	Alow	0.4981	0.6149	0.6282	0.5454	0.5149	0.6144
	Blow	0.5069	0.6744	0.6237	0.5580	0.5199	0.6142
	Clow	0.4980	0.6700	0.6209	0.5487	0.5126	0.6095
	Dlow	0.4916	0.6694	0.6160	0.5373	0.5116	0.6065
Lactose free	Alac	0.5152	0.7568	0.6025	0.5545	0.5314	0.5925
	Dlac	0.5158	0.7343	0.6077	0.5539	0.5361	0.5979

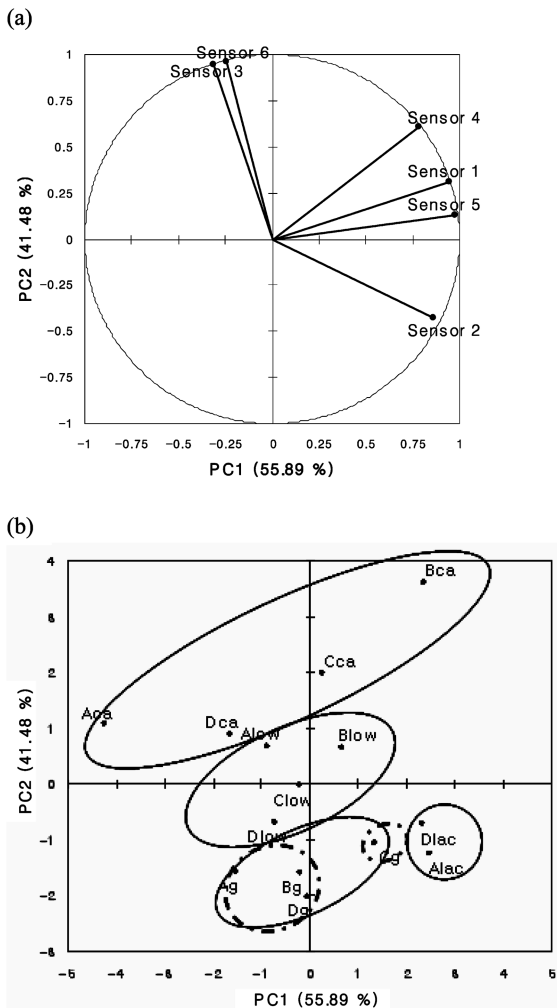


Fig. 2. PC loadings and scores of the sensitivity values (a) and the milk samples (b) by electric nose analysis in a PCA plot.

렷하게 구분되어진 것과는 달리 전자코는 향만을 토대로 구분하게 되는데 Fig. 2에서 보면 LTLT와 UHT 제품간에 차이가 뚜렷하지 않은 것으로 나타났다. 다만 전지 우유의 경우에서만 음

의 부호값을 갖는 UHT 처리 우유와 양의 부호 갖는 LTLT 처리 우유로 구분되었다(Fig. 2b). 그리고 제2주성분 값에 의해 Ca강화 우유, 저지방우유, 전지우유로 그리고 제1, 2주성분 값에 의해 유당분해 우유 등으로 구분되어짐을 알 수 있다. 특히 유당분해유인 Alac와 Dlac은 sensor 2와 Bca는 sensor 4와 강한 양의 상관관계를 보였다.

전자코-묘사분석 상관성 연구

전자코와 묘사분석간 상관성을 Pearson의 상관분석으로 분석한 결과 sensor 1과 5는 발효취, 구린, 신맛, 짠맛, 치즈향미와 유의적인 음의 상관성(상관계수: -0.72~0.51)을 보였다. Sensor 2는 이들 특성 음의 상관관계를 뿐만 아니라 단맛, 생크림 향미와 양의 상관관계(상관계수: 0.51-0.54)를 나타냈으며 그 외에 sensor 4는 신맛과 음의 상관관계(상관계수: -0.63)가 있는 것으로 분석되었으나 sensor 3과 6은 $p > 0.05$ 기준으로 유의적인 상관관계를 보이는 특성이 없었으나 약하게 치즈향미와 양의 상관성(상관계수: 0.51, 0.45)을 보였다.

전자코 분석결과와 함께 묘사분석결과에 PLSR을 적용한 결과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 전자코에 의한 분석결과 PLSR2는 Fig. 2의 PC2와 거의 유사한 값을 갖고 있으나 PLSR1은 PC1과 좌우 대칭으로 양의 값이 거의 비슷한 음의 값을 갖는 것으로 나타나 유사한 경향을 보여주었다. 유당 분해유에 특징적인 향미였던 단맛과 생크림 향미는 sensor 2와 강한 양의 상관관계를 보였고 익은 우유 향미의 원인 물질인 휘발성 황화합물을 감지할 수 있는 sensor 1은 익은 우유 향미와 양의 상관관계를 나타냈으며 Bca 시료가 강하게 부화되었다. 그러나 Aca 시료에서 강하게 나타난 치즈 향미, 신맛, 그리고 시큼한 향 등은 sensor 1, 2, 5와 음의 상관관계를 보였으며 sensor 3과 6은 지방의 느끼한 향미, 비린향 등과 양의 상관관계를 보였으며 전반적으로 칼슘강화유가 이들 특성이 다른 시료에 비해 강하게 부화되었다.

일반적으로 기존의 우유 관련 전자코 분석과 관능검사를 병행한 연구에서는 두 기법의 상관성을 연구하기 보다는 두 기법의 효율성 및 정확성을 비교하였다(18,36). UHT우유의 익은 우유 향미에 의한 분류 실험(35)에서는 전자코 분석이 더 재현성 있게 제품을 분류하였으나 우유의 저장성 실험에서는 관능검사 및 전자코 분석이 유사한 경향을 나타냈다(18). 본 연구에서는 백색 시유 14종의 전자코 분석과 묘사분석 결과를 각각 군집 분석한 결

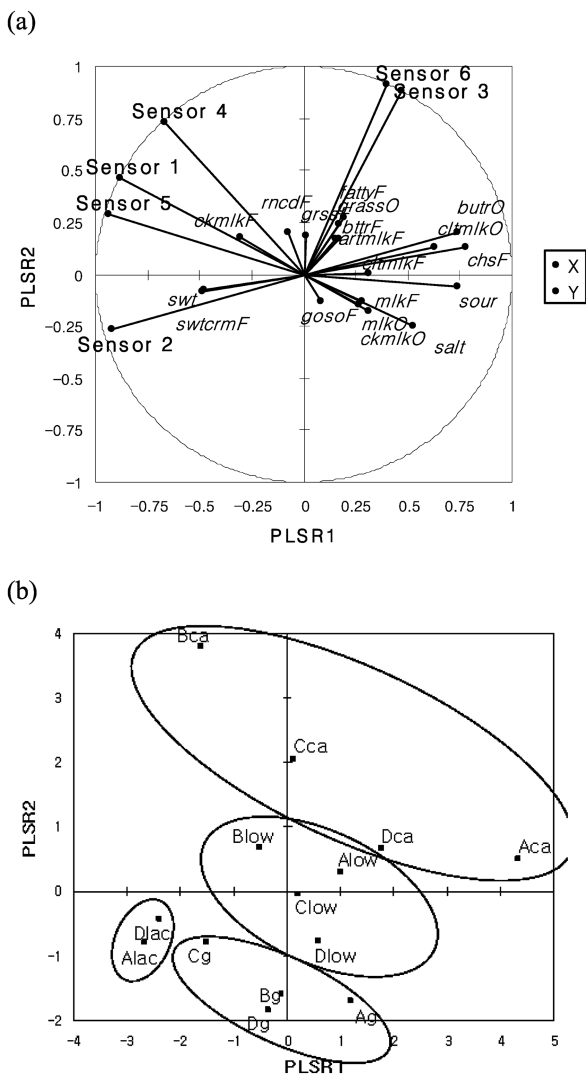
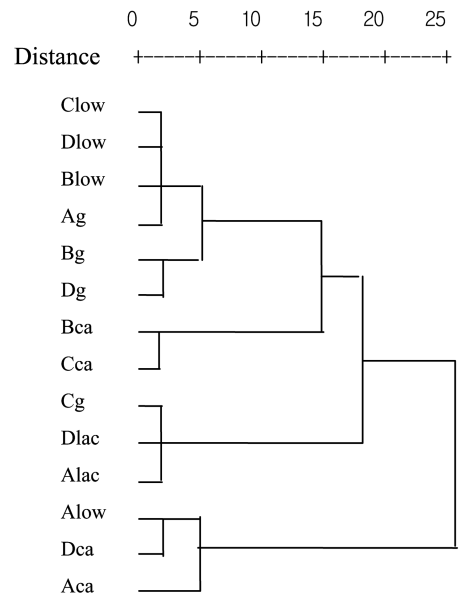


Fig. 3. PLSR loadings showing the relationship between the sensitivity values of electronic nose (X) and the sensory attributes intensity values (Y) of the 14 milk samples (a) and the scores of product loadings (b). ¹X and Y variables are shown in bold and italic characters, respectively.

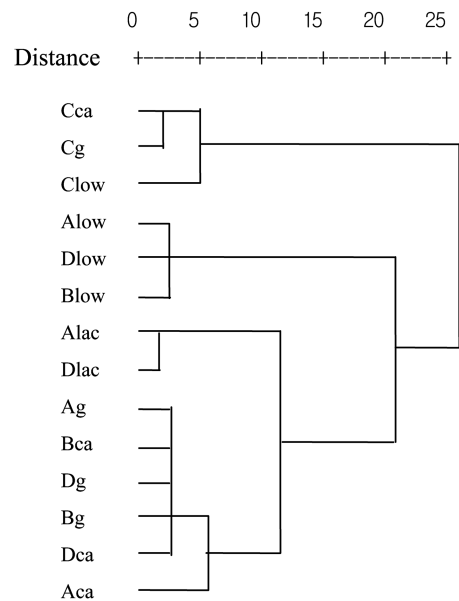
과(Fig. 4) 전자코 분석에 의한 백색시유의 분류는 제조사에 의한 분류보다는 우유의 조성(지방함량, 칼슘 강화 여부 및 유당 분해 여부 등)에 따라 분류하는 경향을 보여 살균 공정에 따른 분류는 반영이 되지 않았으나 묘사분석에 대한 군집 분석에서는 A, B, D사의 전지유와 칼슘 강화유를 동일 군집으로 분류하고 C사 제품 한 군집, A, B, D사의 저지방 제품을 또 다른 군집으로 분류하여 칼슘 강화 여부 보다는 우유의 살균 공정이 제품의 관능적 특성에 더 큰 차이를 주는 것으로 분석되었다.

요 약

본 실험에서 도출된 백색시유의 묘사 용어는 4개사의 전지유, 저지방 우유, 칼슘 강화유, 유당 분해유 등 다양한 종류의 백색시유를 분석하여 국내에서 선행된 우유의 관능적 품질에 대한 연



(a) Electronic nose analysis



(b) Descriptive analysis

Fig. 4. Hierarchical cluster analysis dendrogram of 14 milk samples evaluated by electric nose analysis (a) and descriptive analysis (b).

구에 비해 백색시유에서 감지 될 수 있는 다양한 묘사 용어가 도출되어 향후 국내 우유의 관능적 품질 특성 연구 시 유용한 참고자료가 될 것이라고 판단된다. 백색시유의 휘발성 향성분에 대한 전자코 분석 결과 우유의 지방 조성, 칼슘 강화 여부 및 유당 분해 여부에 따라 우유 군이 분리되었으나 살균 공정에 따른 차이는 미미하게 나타났다. 반면 묘사분석에서는 칼슘 강화유와 일반 전지유의 관능적 특성 차이는 작았으나 지방 조성이나 유당 분해 여부, 살균 공정 방법에 따른 관능적 특성이 차이가 유의적인 것으로 분석되었다. 전자코 분석과 묘사분석의 상관성 연구에서는 유당 분해유에 특징적인 향미였던 단맛과 생크림 향미

는 sensor 2와 강한 양의 상관관계를 보였고 휘발성 황화합물을 감지할 수 있는 sensor 1은 익은 우유 향미와 양의 상관관계를 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 서울여대 특별연구비에 의해 수행되었음을 감사드립니다

문헌

- Kim HW. Nutritive value of milk and milk products, considering some controversial views. *J. Korean Dairy Technol. Sci.* 20: 136-144 (2002)
- Lawless HT, Claassen MR. Validity of descriptive and defect-oriented terminology systems for sensory analysis of fluid milk. *J. Food Sci.* 58: 108-112 (1993)
- Chae SK, Yu TJ. Studies on the evaluation for the quality of food by sensory testing. II. Evaluation for the sensory quality of milk and dried milk. *Korean J. Food Sci. Technol.* 12: 158-164 (1980)
- Chae SK, Yu TJ. Studies on the evaluation for the quality of food by sensory testing. III. The survey of consumer acceptance and preference for commercial milk. *Korean J. Food Sci. Technol.* 12: 165-169 (1980)
- Lee JW, Lee YC. The physico-chemical and sensory properties of milk with water soluble Chitosan. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 806-813 (2000)
- Francis LL, Chambers DH, Kong SH, Milliken GA, Jeon JJ, Schmidt KA. Serving temperature effects on milk flavor, milk aftertaste, and volatile compound quantification in nonfat and whole milk. *J. Food Sci.* 70: S413-S418 (2005)
- Clare DA, Bang WS, Cartwright G, Drake MA, Coronel P, Simunovic J. Comparison of sensory, microbiological, and biochemical parameters of microwave versus indirect UHT fluid skim milk during storage. *J. Dairy Sci.* 88: 4172-4182 (2005)
- Caudle AD, Yoon Y, Drake M. Influence of flavor variability in skim milk powder on consumer acceptability of ingredient applications. *J. Food Sci.* 70: S427-S431 (2005)
- Drake MA, Yates MD, Gerard PD, Delahunty CM, Sheehan EM, Turnbull RP, Dodds TM. Comparison of differences between lexicons for descriptive analysis of Cheddar cheese flavour in Ireland, New Zealand, and the United States of America. *Int. Dairy J.* 15: 473-483 (2005)
- Saint-Eve A, Kora EP, Martin N. Impact of the olfactory quality and chemical complexity of the flavouring agent on the texture of low fat stirred yogurts assessed by three different sensory methodologies. *Food Qual. Prefer.* 15: 655-668 (2004)
- Ampuero S, Bosset JO. The electronic nose applied to dairy products: A review. *Sensor Actuat. B-Chem.* 94: 1-12 (2003)
- Hong HK, Park HS, Yun DH, Shin HW, Kwon CH, Lee KC. Technical trend of electronic nose system. *J. Korean. Inst. Electric. Electronic Material Eng.* 8: 509-516 (1995)
- Youn AR, Noh BS. Prediction of the freshness for soybean curd by the electronic nose in the fluctuating temperature condition. *Food Sci. Biotechnol.* 14: 437-439 (2005)
- Noh BS. Analysis of volatile compounds using electronic nose and its application in food industry. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 1048-1064 (2005)
- Yang YM, Noh BS, Hong HK. Prediction of freshness for milk by the portable electronic nose. *Food Eng. Prog.* 3: 45-50 (1999)
- Labreche S, Bazzo S, Cade S, Chanie E. Shelf life determination by electronic nose: Application to milk. *Sensor Actuat. B-Chem.* 106 (Special Issue): 199-206 (2005)
- Capone S, Epifani M, Quaranta F, Siciliano P, Taurino A, Vasanelli L. Monitoring of rancidity of milk by means of an electronic nose and a dynamic PCA analysis. *Sensor Actuat. B-Chem.* 78: 174-179 (2001)
- Magan N, Pavlou A, Chrysanthakis I. Milk-sense: A volatile sensing system recognizes spoilage bacteria and yeasts in milk. *Sensor Actuat. B-Chem.* 72: 28-34. (2001)
- Korel F, Balaban MO. Microbial and sensory assessment of milk with an electronic nose. *J. Food Sci.* 67: 758-764 (2002)
- Eriksson A, Waller KP, Svennersten-Sjaunja K, Haugen JE, Lundby F, Lind O. Detection of mastitic milk using a gas-sensor array system (electronic nose). *Int. Dairy J.* 15: 1193-1201 (2005)
- Trihaas J, Nielsen PV. Electronic nose technology in quality assessment: Monitoring the ripening process of Danish blue cheese. *J. Food Sci.* 70: E44-E49 (2005)
- Yang YM, Han KY, Noh BS. Analysis of lipid oxidation of soybean oil using the portable electronic nose. *Food Sci. Biotechnol.* 9: 146-150 (2000)
- Lee GH, Lee JS, Shin MG. Sensory attribute comparison of consumer milk using descriptive analysis. *Food Sci. Biotechnol.* 12: 480-484 (2003)
- Bodyfelt BW. Dairy product score cards: Are they consistent with the principles of sensory evaluation? *J. Dairy Sci.* 64: 2303-2308 (1981)
- Valero E, Villamiel M, Miralles B, Sanz J, Martínez-Castro I. Changes in flavour and volatile components during storage of whole and skimmed UHT milk. *Food Chem.* 72: 51-58 (2001)
- Claassen M, Lawless HT. Comparison of descriptive terminology systems for sensory evaluation of fluid milk. *J. Food Sci.* 57: 596-600 (1992)
- Porubcan AR, Vickers ZM. Characterizing milk aftertaste: The effects of salivation rate, PROP taster status, or small changes in acidity, fat, or sucrose on acceptability of milk to milk dislikers. *Food Qual. Prefer.* 16: 608-620 (2005)
- Frøst MB, Dijksterhuis G, Martens M. Sensory perception of fat in milk. *Food Qual. Prefer.* 12: 327-336 (2001)
- Frandsen LW, Dijksterhuis G, Brockhoff PB, Nielsen JH, Martens M. Subtle differences in milk: Comparison of an analytical and an affective test. *Food Qual. Prefer.* 14: 515-526 (2003)
- Let MB, Jacobsen C, Meyer AS. Sensory stability and oxidation of fish oil enriched milk is affected by milk storage temperature and oil quality. *Int. Dairy J.* 15: 173-182 (2005)
- Frandsen LW, Dijksterhuis GB, Brockhoff PB, Nielsen JH, Martens M. Feelings as a basis for discrimination: Comparison of a modified authenticity test with the same-different test for slightly different types of milk. *Food Qual. Prefer.* 18: 97-105 (2007)
- Saba A, Moneta E, Nardo N, Sinesio F. Attitudes, habit, sensory and liking expectation as determinants of the consumption of milk. *Food Qual. Prefer.* 9: 31-41 (1998)
- Karatapanis AE, Badeka AV, Riganakos KA, Savvaidis IN, Kontominas MG. Changes in flavour volatiles of whole pasteurized milk as affected by packaging material and storage time. *Int. Dairy J.* 16: 750-761 (2006)
- Bendall JG, Olney SD. Hept-*cis*-4-enal: Analysis and flavour contribution to fresh milk. *Int. Dairy J.* 11: 855-864 (2001)
- Mehta RS. Milk processed at ultra-high temperatures. A review. *J. Food Protect.* 43: 212-225 (1980)
- Di Natale C, Macagnano A, Paolesse R, Mantini A, Tarizzo E, D'Amico A, Sinesio F, Bucarelli FM, Quaglia GB. Electronic nose and sensorial analysis: Comparison of performances in selected cases. *Sensor Actuat. B-Chem.* 50: 246-252 (1998)