

유제품의 향미 특성 관련 연구 동향

Research Trends in Dairy Product's Flavors Characteristics

성지혜^{1*}, 박선현²(Jeehye Sung^{1*}, Sunhyun Park²)

¹안동대학교 식품생명공학과, ²한국식품연구원

¹Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University

²Food Standard Research Center, Korea Food Research Institute

I. 서론

우유는 단백질, 지방, 탄수화물을 비롯하여 비타민, 무기질 등 다양한 영양소를 풍부하게 포함하고 있는 완전식품으로 여겨진다. 이러한 우유 또는 동물의 젖을 활용하여 농축, 건조, 발효, 응고, 분리 등 식품 공정을 처리한 것을 유제품이라고 한다. 웰빙에 대한 소비자의 관심이 매우 높아짐에 따라 우유 및 유제품의 섭취에 대한 필요성이 더욱 중요하게 인식되고 있는 추세이다. 최근 우유 소비층의 인구감소와 유제품 소비패턴 변화로 신선 유제품(백색시유 등)의 원유 사용량은 감소하고 있으나 원유를 가공한 발효유, 치즈, 분유 등 유가공품의 소비량은 꾸준히 늘어나는 추세이다(FIS식품산업통계정보, 2018). 2015년 이후로 국내 원유 생산량이 감소하고 있음에도 불구하고 세계무역기구(WTO) 가입과 낙농 선진국과의 자유무역협정(FTA) 체결 등으로 인한 시장 개방으로 유제품 수입량은 확대될 것으로 전망하고 있다(표 1).

표 1. 최근 우리나라 유제품 생산 현황 및 소비량

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020
원유생산량(천톤)	2,168	2,070	2,058	2,041	2,049	2,088
국내가격(원/L)	1,085.88	1,082.71	1,075.10	1,075.63	1,081.37	1,082.67
수입량(톤)	235,924	260,686	285,090	298,966	325,132	336,851
1인당 소비량(kg)	75.7	76.4	79.5	80.1	81.8	83.9

출처: 농식품수출정보(2021).

*Corresponding author: Jeehye Sung
 Assistant Professor, Department of Food Science and Biotechnology Andong National University,
 Andong 36729, Korea
 Tel: +82-54-820-5752
 Fax: +82-54-820-6264
 Email: jeehye@andong.ac.kr

식품의 향미(flavor)는 미각에 후각적 요소가 더해진 향락적인 감각(hedonic sense)을 의미하며 과일, 채소, 육류, 지방 등 식품 고유의 특성을 연상시킬 뿐만 아니라 기호를 자극하는 주요 인자로 작용한다. 최근 소비자들이 식품을 구입 시 우수한 향미 특성을 지향하고 있어 식품산업에서는 제품의 고급화를 위해 사람의 후각과 미각을 보다 효율적으로 자극하는 새로운 제품을 개발하는데 다방면의 노력을 기울이고 있다. 유제품은 향미 특성이 매우 중요하게 여겨지는 식품군으로 기호도 및 품질 결정에 있어 맛과 향의 균형이 상당히 중요한 역할을 한다(Hong et al., 2012). 원유에 응고, 농축, 발효·숙성 등 다양한 공정을 처리하면 기호를 자극하는 향미 성분들이 생성되며 이는 유제품의 독특한 향미 특성을 결정짓는다(Sibeijin and Wouters, 2009). 특히, 버터와 치즈가 갖는 고유의 향미는 식품의 풍미를 보조하는 역할을 하는 원료로 식품산업에서 꾸준히 활용되고 있으며 발효유는 발효과정을 통해 생성되는 젖산의 산미 및 향미의 긍정적인 영향으로 식품산업에서 꾸준한 소비가 이루어지고 있다. 향후 유제품의 품질 향상을 위해서는 향미 특성을 개선에 대한 노력을 기울여야 한다.

II. 본론

일반적으로 향미는 식품의 전반적인 관능적 특성을 결정하며 신선도뿐만 아니라 기호도를 판단하는 중요한 지표 중 하나이다(Li et al., 2019). 유제품의 향미는 원재료부터 최종 제품에 이르기까지 매우 중요한 품질 요소로 사용하는 원료, 가공방법, 저장조건, 이용되는 미생물 등에 따라 각기 여러 가지 향을 생성하므로 이들 변화를 이해하는 것은 유제품의 제품개발에 있어서 매우 중요하다. 향미특성을 측정하는 방법으로 객관적인 방법인 기계적 측정(gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS), 전자코 등)과 주관적인 방법인 관능검사 분석법이 있다(Noh, 2005). 본 저술은 유제품을 대상으로 국·내외 향미특성을 분석한 연구 동향을 이해하고 이들의 가치와 활용방안을 살펴보고자 한다.

1. 유제품의 향미성분

기계적인 측정에 의한 향기성분은 보통 simultaneous distillation extraction(SDE)과 solid-phase microextraction(SPME)를 통해 추출이 이루어진 후 GC-MS를 이용하여 분석한다(Hong et al., 2021). 또한 GC-MS에 연결된 splitter를 통해 검출기와 냄새를 맡을 수 있는 탐지포트(sniff-port)로 구성된 GC-MS-Olfactometry(GC-MS/O)를 이용하여 각 휘발성 화합물(odor-active compound)의 향미의 특징(flavor note)을 확인할 수 있다. 이 외에도 비특정센서를 이용하여 향기성분을 검출하는 분석장치인 전자코 시스템은 식품의 향을 분석하는 비파괴적인 분석 방법의 하나이며,

그림 1. 향미성분 분석 장치



GC-MS/Olfactometry

전자코

출처: <상> Shimadzu Co., <하> Alpha MOS.

시료의 다량의 휘발성 향기 성분을 단시간 내에 분석하여 휘발성 향기성분의 함량뿐만 아니라 각각의 시료 간 향기 성분의 패턴을 감지하여 시료간의 향미 특성을 판

별하는데 널리 활용되고 있다(Lim and Noh, 2007). 유제품에서 검출된 휘발성 향미성분과 각 향미성분에 대한 향미 특징은 표 2와 같다. 원유 및 시유는 주

표 2. 유제품에서 분석된 휘발성 향미성분과 향미 특징

구분	향기성분(flavor note)	출처
우유	Alcohols 1-Octanol(fruity) Carbonyl compounds 2-Hydroxy-2-butanone(fatty), nonanal(fatty), decanal(sweet) Acids Acetic acid(acidic), butanoic acid(green), hexanoic acid(sour), octanoic acid(rancid), decaic acid(tallow), dodecanoic acid(fatty), tetradecanoic acid(fatty)	Ai et al., 2015
치즈	Alcohols Ethanol(mild, ether), octan-2-ol(green), oct-1-en-3-ol-2-heptanol(earthy, oily) 1-octen-3-ol(mushroom-like), guaiacol(bacon, smoked, spicy) Carbonyl compounds Hexan-2-one(floral, fruity), octan-2-one(mushroom-like), 2-methylpropanol(alcohol), 2-methylisoborneol(musty, soil), 3-methylbutanol(fruity, alcohol), 2-phenylethanol(rose, floral), nonan-2-one(acetone), haptan-2-one(acetone) Ester Ethyl acetate(solvent-like, pineapple), ethyl propanoate(pineapple), ethyl butanoate(pineapple), Ethyl octanonate(apricot, wine), butyl acetate(pineapple) Acids Acetic acid(pungent, vinegar), propionic acid(pungent), butyric acid(rancid, cheesy), isobutyric acid(sweet, mild), isovaleric acid(rotten fruit, sweat), hexanoic acid(pungent, blue cheese), octanoic acid(goat, musty, rancid) Sulphur containing compounds Methanethiol(cooked cabbage), dimethyl sulfide(cabbage), 2,3-dithiopentane(garlic), dimethyldisulfide(gallic, very ripen cheese)	Molimard and Spinner, 1996
버터	Carbonyl compounds 2-Methylbutanal(chocolate, fruity), nonanal(waxy, fatty), 3-methylbutanal(chocolate), hexanal(green, fatty), (E)-2,3-butanedione(buttery), 1-octen-3-one (mushroom), 1-hexen-3-one(vegetable-like, metallic) Acids Butanoic acid(buttery, sweaty, cheesy, rancid), hexanoic acid(pungent, musty, cheesy, rancid) Lactones δ -Hexalactone(creamy, chocolate, sweet aromatic), δ -octalactone(coconut-like), γ -dodecalactone(peach), δ -delcalactone(coconut-like), (Z)-6-dodeceno- γ -lactone(peach) Sulphur containing compounds Dimethyl sulfide(corn-like, fresh pumpkin), dimethyl trisulfide(garlic, sulfury) Nitrogen containing compounds 3-Methyl-1H-indole(mothball, fecal)	Mallia et al., 2008
발효유	Alcohols Ethanol(mild, ether), 1-pentanol(alcoholic), 2-heptanol(earthy, oily), 1-octen-3-ol(mushroom-like), guaiacol(bacon, smoked, spicy) Acids Acetic acid(pungent, acidic), propionic acid(sour milk), butyric acid(cheesy, sour, sweaty), isobutyric acid(sweet, mild), isovaleric acid(rancid, fecal), hexanoic acid(pungent, rancid), octanoic acid(goat, musty, rancid) Ester Ethyl acetate(solvent-like, fruity), butyl acetate(pineapple), ethyl butanoate(fruity, sweet) Carbonyl compounds Acetaldehyde(green, pungent), acetone(sweet, fruity), acetoin(buttery), diacetyl(buttery, creamy, vanilla), hexanal(green), 2-butanone(varnish-like, sweet, fruity) Sulphur containing compounds Dimethyl sulfide(intense, lactone-like), dimethyl disulfide (boild cabbage)	Cheng, 2010; Friedrich and Acree, 1998; Ott et al., 1997

로 alcohol류, aldehyde류, ketone류, acid류 등의 휘발성분으로 구성되어 있으며 원유를 주원료로 응고, 발효·숙성 등 처리에 의해 제조되는 치즈, 버터, 발효유에서는 이 외에도 lactone류, ester류, 황화합물 등이 존재하는 것으로 보고되었다. 우유에는 2-hydroxy-2-butanone, nonanal, dodecanoic acid, tetradecanoic acid 등 주로 fatty한 향미 특성을 갖는 성분이 함유되어 있다. 원유의 조성물은 개별 동물 또는 비유단계, 사양관리, 계절 등 사육환경과 관련된 많은 요인들에 의해 영향을 받아 향미 성분에 차이가 유발될 수 있다(Piccand et al., 2013).

치즈는 원유를 주 원료로 하여 유산균, 응유효소, 유기산 등을 가하여 응고, 가열, 농축 등의 공정을 거쳐 제조 되며 치즈의 향미는 숙성 초기 동안 curd를 얻는 과정 중에 지질 가수분해로 인해 지방산들이 분해되면서 다양한 기질을 형성하며 결정된다. 또한 효소 반응 및 화학반응에 의하여 단백질 가수분해로 생성되는 peptide, amino acid들도 치즈의 향미에 영향을 미친다. 치즈에는 cheesy한 향미 특성을 갖는 butyric acid와 hexanoic acid를 비롯하여 nonan-2-one, heptan-2-one과 같은 methyl ketone류의 생성도 치즈의 독특한 향미에 기여한다. 치즈의 발효과정 동안 당쇄·중쇄지방산 및 alcohol을 생성하는 lactose의 발효 또는 amino acid catabolism 과정 중 에스테르화 반응으로 인해 acetate ester류가 생성되고 이들은 치즈의 숙성에 기여하는 주요 향기성분으로 고려된다(Molimard and Spinnler, 1996).

버터는 원유, 우유류 등에서 유지방분을 분리하거나 발효시킨 것을 교반하여 연압하여 제조되며 이러한 가공과정 중 buttery한 향미 특성을 갖는 (E)-2,3-butanedione과 creamy/coconut-like한 향미특성을 갖는 δ -hexalactone, δ -octalactone, δ -delcalactone들이 버터의 향미특성에 크게 영향을 미친다. Sweet cream butter는 fruity/creamy한 향미특성을 갖는 lactone류들과 corn-like와 galic-like한 향미특성을 갖는 황화합물에 의해 향미 특성이 결정되고

sour cream butter는 발효과정 중 lactic acid bacteria가 diacetyl(buttery-like), butanoic acid(cheesy), δ -delcalactone(peach)을 생성하여 향미 특성이 결정되는 것으로 보고되었다. 버터 또는 유크림에서 수분과 무지유고형분을 제거한 버터 오일의 향미는 (E)-2-nonenal, (Z)-2-nonenal, (E,E)-2,4-decadienal과 같이 green과 oily한 향미특성을 갖는 aldehyde류가 크게 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Mallia et al., 2008).

발효유는 원유를 유산균 또는 효모로 발효시킨 것으로 액상 또는 농축액의 제형을 갖는다. 발효유에 존재하는 휘발성 화합물은 주로 유지방의 가수분해와 lactose와 citrate의 미생물학적 변이(microbiological transformation)에 의해 생성된다. Lactic acid, acetaldehyde(green, pungent), diacetyl(buttery, creamy, vanilla), acetoin(buttery), acetone(sweet, fruity), 2-butanone(varnish-like, sweet, fruity)이 전형적인 발효유의 향미 특성에 기여하는 것으로 알려져 있다. 발효유의 저장기간이 길어지면 지방산화과정으로 인해 바람직하지 않은 aldehyde류와 지방산들이 생성되며 이취를 형성하기도 한다(Cheng, 2010).

2. 유제품의 관능적 특성

유제품 개발이나 품질관리, 소비자와의 의사소통에 있어서 가장 중요한 요소 중 하나는 제품의 관능적 품질 평가 및 표준화 작업이다. 전통적으로 우유의 관능평가 기법은 관능적 품질의 결합 존재 여부로 시유의 품질 등급을 나누는 방법이 사용되어왔다. 유제품의 향미 프로파일링 분석을 위해서는 훈련된 패널이 평가 제품군에 대해 관능적 특정 용어를 도출 및 정의하고 특성 강도를 객관적으로 평가하는 정량적 묘사분석과 스펙트럼 묘사 분석 등이 적용되어진다(표 3; Drake, 2007).

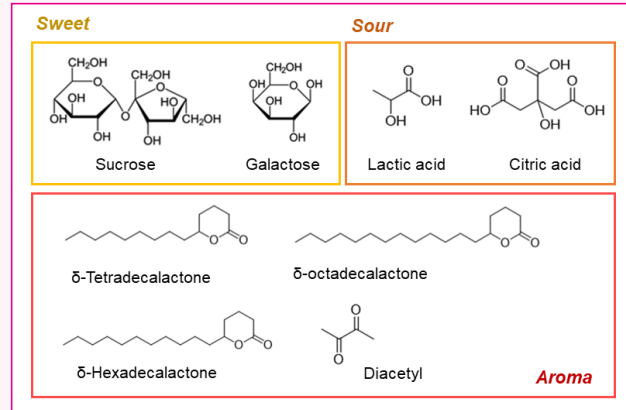
최근 소비자가 원하는 유제품의 관능적 특성을 이해하기 위해 원유를 비롯한 유제품의 관능적 특성을 총체적이고 객관적으로 평가할 수 있는 절차를 확립하는 연

표 3. 묘사분석에 사용되는 유제품의 관능적 특성

구분	관능적 특성 묘사 용어	출처
우유	Appearance attributes Whiteness, yellowness, translucentness Odor/Aroma attributes Grassy, milk, cooked milk, cultured milk, butyric Flavor/Taste attributes Sweet, sour, salty, milk, grassy, sweet cream, cooked milk, butter, artificial milk, fatty, cheese, rancid Texture/Mouth feel attributes Mouth coating, astringent, smooth, viscous	Chung et al., 2008
치즈	Flavor/Taste attributes Cooked/milky, whey, diacetyl, milkfat/lactone, fruity, sulfur, free fatty acid, brothy, nutty, catty, sweaty, cowy/phenolic, mothball/feed, dried fruit, fruity, sour, salty, sweet, bitter, umami	Drake et al., 2001; Ligget et al., 2008

구가 국·내외에서 활발히 진행되고 있다. Chung et al.(2008)은 국내에서 시판되는 전지유, 저지방 흰우유, 칼슘강화 흰우유에 대한 묘사분석 기법을 확립하고 이들 제품의 관능적 특성을 분석하여 백색시유의 종류에 따른 관능적 특성을 분석하고 고 백색시유에 대한 전자코 분석과 묘사분석 기법 간의 상관성 여부를 조사하였다. Ligget et al.(2008)은 101명의 소비자 패널과 12명의 훈련된 패널로 관능평가를 진행한 결과 diacetyl, whey, milk fat, umami 특징이 강한 치즈는 긍정적인 기호도를 갖는 것으로 분석된 반면 cabbage, cooked, vinegar 특징이 강한 치즈는 부정적인 기호도를 갖는 것으로 분석되었다. Utz et al.(2021)은 sensomics-assisted flavor decoding(validated quantitation, sensory reconstitution, omission studies) 기법을 활용하여 사람에게 인지되는 유제품의 전형적인 향미 특성을 관능평가를 통해 milk-like, vanilla-like, sour oder, fatty, creamy로 분석하였고 기기분석을 통해 향미성분을 프로파일링 한 후 유제품의 향미 특성에 영향을 미치는 주요 향미 성분(key flavor compounds)을 diacetyl, δ-tetralactone, δ-hexalactone, δ-octadecalactone, sucrose, galactose, lactic acid, citric acid로 선정하였다(그림 2). 이러한 key flavor compounds는 향후 다

그림 2. 유제품의 관능적 특성에 영향을 미치는 주요 향미 성분



출처: Utz et al., 2021.

양한 형태로 개발되는 기능성 우유, 식물성 대체우유, 저지방 우유, 유제품 디저트 등에 적용되어 우수한 유제품의 풍미를 유지하는데 활용될 수 있다고 제시하였다.

III. 결론

유제품은 생리화학적 기능을 제공할 뿐만 아니라 맛과 향을 비롯한 관능성 또한 우수한 식품으로 여겨진다. 식품산업에서는 우유, 분유, 치즈, 발효유, 아이스크림 등 다양한 유제품에 대한 개발이 꾸준히 이루어지고 있다. 우유의 소비는 다소 감소하는 추세지만 원유를 주원료로 가공한 치즈, 발효유, 아이스크림은 소비자들에게 독특한 맛과 식감을 제공함으로써 주요 기호식품으로 자리잡아가고 있다. 특히 유제품은 발효·숙성과정 중 생성되는 향미들이 유가공품의 독특한 품격을 유지하는데 중요한 역할을 한다. 기호식품에 대해 소비자들의 다양화된 소비 성향이 드러나면서 소비 형태에 따른 유제품 개발 전략은 맛과 향을 중심으로 소비패턴에 맞게 세분화되어야 할 필요가 있다. 소비자들의 기호성은 식습관, 연령 등 사회환경에 따라 좌우되므로 대단히 까다로우며 어떻게 해서 소비자들에게 어필할 수 있는 맛과 향을 개발할 것인지에 대하여 유제품의 향미특성에 관해 보다 철저하고 세심한 노력을 기울여야 할 것이다.

사사

이 논문은 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(NRF-2020R1C1C1003766).

참고문헌

1. 농식품수출정보. <https://www.kati.net/product/basisInfo.do?lcdCode=MD175>
2. FIS식품산업통계정보 2018 세분시장 보고서-버터, 치즈, 발효유 시장.
3. Sibejin JA, Wouters JA. 2009. Production of dairy aromas and flavors: New directions. In Dairy-Driven Ingredients (1st ed, 470-481) Elsevier Applied Science, London.
4. Hong EJ, Kim KH, Park IS, Park SY, Kim SG, Yang HD, Noh BS. 2012. Analysis of flavor pattern from different categories of cheese using electric nose. Korean J Food Sci An 32(5): 669-677.
5. Piccand V, Cutullic E, Meier S, Schori F, Kunz PL, Roche JR, Thomet P. 2013. Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture based, seasonal-calving dairy system. J Dairy Sci 96: 5352-5363.
6. Chung SJ, Lim CR, Noh BS. 2008. Understanding the sensory characteristics of various types of milk using descriptive analysis and electronic nose. Korean J Food Sci Technol 40(1): 47-55.
7. Li M, Yang R, Zhang H, Wang S, Chen D, Lin S. 2019. Development of a flavor fingerprint by HS-GC-IMS with PCA for volatile compounds of *Tricholoma matsutake* Singer. Food Chem 290: 32-39.
8. Noh BS. Analysis of volatile compounds using electronic nose and its application in food industry. Korean J Food Sci Technol 37(6): 1048-1064.
9. Hong SJ, Boo CG, Heo SU, Shin, EC. 2021. Comparative study between parts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) for taste and flavor properties. J Korean Soc Food Sci Nutr 50(4): 384-394.
10. Lim C-L, Noh BS. 2007. Application of electronic nose in biotechnology. Korean J Biotechnol Bioeng 22(6): 401-408.
11. Friedrich JE, Acree TE. 1998. Gas chromatography olfactometry (GC/O) of dairy products. Int Dairy J 8: 235-241.
12. Ott A, Fay LB, Chaintreau A. 1997. Determination and origin of the aroma impact compounds of yogurt flavor. J Agric Food Chem 45: 850-858.
13. Drake MA. 2007. Invited review: Sensory analysis of dairy foods. J Dairy Sci 90: 4925-4937.
14. Drake MA, McIngvale S, Gerard PD, Cadwallader KR, Civille GV. 2001. Development of a descriptive language for Cheddar cheese. J Food Sci 66: 1422-1427.
15. Liggett R, Drake MA, Delwiche JF. 2008. Impact of sensory characteristics on consumer liking of Swiss cheese. J Dairy Sci 91(2): 466-476.
16. Cheng H. 2010. Volatile flavor compounds in yogurt: A review. Crit Rev Food Sci Nutr 50(10): 938-950.

17. Molimard P, Spinnler HE. 1996. Compound involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: Origins and properties. *J Dairy Sci* 79: 169-184.
18. Ai N-S, Liu H-L, Wang J, Zhang X-M, Zhang H-J, Chen H-T, Huang M-Q, Liu Y-G, Zheng F-P, Sun G-G. 2015. Triple-channel comparative analysis of volatile flavour composition in raw whole and skim milk via electronic nose, GC-MS and GC-O. *Anal Methods* 7: 4278-4284.
19. Mallia S, Escher F, Schlichtherle-cerny. 2008. Aroma-active compounds of butter: a review. *Eur food Res Technol* 226: 315-325.
20. Utz F, Kreissl J, Stark TD, Schmid C, Tanger C, Kulozik U, Hofmann T, Dawid C. 2021. Sensomics-assisted flavor decoding of dairy model systems and flavor reconstitution experiments. *J Agric Food Chem* 69(23): 6588-6600.