

동물성과 식물성 시판 체다 치즈의 향미 특성 및 조직감 분석

권병수¹ · 이재현¹ · 이광연¹ · 김서진² · 전남배² · 유홍훈² · 이현규^{1,*}

¹한양대학교 식품영양학과, ²태경농산(주)

Sensory evaluation and texture of commercial dairy and vegan types of Cheddar cheese

Byoung Soo Kwon¹, Jay Heon Lee¹, Kwang Yeon Lee¹, Seo Jin Kim²,
Nam Bae Jeon², Hong Hoon Yoo², and Hyeon Gyu Lee^{1,*}

¹Department of Food and Nutrition, Hanyang University

²Taekyung Nongsan Co. Ltd.

Abstract This study compared the quality characteristics of commercial Cheddar cheese of dairy types (DT) and vegan types (VT) using electronic sensory evaluation (nose and tongue) and texture profile analysis (TPA). The electronic nose detected acetaldehyde, 2-methylbutanal, and n-butanol in all samples, whereas 2,3-pentanedione and pentan-2-one were detected in DT1, VT1, and VT3. The electronic tongue detected various intensities of six tastes in the two types, regardless of the raw material. Principal component analysis by electronic sensory evaluation revealed the differences between the pattern for VT. The TPA results showed that the textures of DT and VT were not classified according to the raw material. However, the protein content affecting texture was <0.6% for VT compared with that for DT. These results are expected to be useful for establishing quality indicators in developing vegan cheese products with characteristics similar to those of dairy cheese.

Keywords: Cheddar cheese, electronic nose, electronic tongue, texture profile analysis

서 론

체다 치즈는 레닛을 이용하여 우유를 겔화한 후, 산성화와 농축 과정을 거쳐 생산되는 경질 치즈의 한 종류로 숙성 과정에서 생성되는 특유의 향미로 인해 샌드위치, 버거, 피자, 샐러드 드레싱 등의 다양한 식품에 널리 이용된다(Batool 등, 2018; Murtaza 등, 2014). 또한, 치즈 시장에서 소비자에게 인기 있는 치즈 종류 중에 하나로, 미국에서는 1인당 연간 소비량이 4.7 kg으로 모차렐라 치즈에 이어 두 번째로 높다(Meals 등, 2020).

체다 치즈를 비롯한 전 세계 치즈 생산량은 매년 증가하고 있다(United States Department of Agriculture (USDA), 2020). 전 세계 인구는 매년 0.6%씩 증가하여 2050년에는 92억 명에 이르고 식품 수요 또한 50% 이상 증가할 것으로 전망된다(Food and Agriculture Organization (FAO), 2012). 이러한 요구에 부응하기 위하여 육류와 유제품 같은 동물성 제품의 생산량 증가는 현재보다 두 배 이상이어야 할 것으로 예측된다(Kim, 2012). 식량 생산에 배출되는 온실 가스는 전 세계 온실 가스 배출량의 4분의 1에 달하며 이 중에서 약 58%는 동물성 제품에서 배출된다(Poore와 Nemecek, 2018). 치즈와 같은 축산 가공 식품의 소비가

증가함에 따라 향후 예상되는 미래 인구 증가 및 그에 따른 식량부족과 환경문제에 대비한 식물성 대체 식품의 필요성이 대두되고 있다(Kumar 등, 2017).

식량부족 및 환경문제와 더불어 건강한 생활습관의 추구에 따라 식물성 대체 식품에 대한 관심이 높아지고 있다(Ju 등, 2013). 북미와 유럽의 경우 전체 인구의 3-8%가 채식주의자로 알려져 있으며(Ruby, 2012), 우리나라 채식주의자는 2017년 기준 전체 인구의 약 2%로 10년 전 추정치인 약 1%에 비교하여 2배 정도 성장해왔다(Yu와 Park, 2019). 이에 따라 식물성 대체 식품 중 유제품 대체 식품의 세계 시장 규모는 2021년까지 112억에 달할 것으로 전망되며 지속적으로 성장하고 있다(Korea Rural Economic Institute (KREI), 2017). 그러나 국내 식물성 대체 식품 시장은 한식 위주로 형성되어 있으며 유제품 대체 식품은 수입에 의존하고 있어 유제품 대체 식품의 개발이 필요한 실정이다.

동물성 치즈는 우유 내 유단백질, 탄수화물, 지방이 미생물 군집과 복잡한 생화학적 반응을 통해 치즈 특유의 조직감과 향미가 형성된다(Forde와 Fitzgerald, 2000). 반면, 식물성 치즈는 유단백질이 아닌 식물성 단백질을 이용하여 치즈를 제조하며, 식물성 단백질의 용해도, 점도, 점착성 등의 성질이 유단백질과 유사하다는 점을 이용한다(Yu 등, 1978). 이에 식물성 치즈에 동물성 치즈와 더욱 유사한 조직감을 부여하기 위해 대두와 탈지 대두박을 이용한 블록타입 치즈(Choi와 Lee, 2001), 땅콩우유를 이용한 스프레드 타입 치즈(Poorva 등, 2018), 두유를 발효하여 제조한 디핑 타입 치즈(Matias 등, 2014) 등 주로 식물성 원료의 pH를 조절하거나 효소를 이용하여 단백질을 겔화하는 방식 등 다양한 연구가 진행되었으며, 하이드로콜로이드(한천, 잔탄검 등)를 첨가

*Corresponding author: Hyeon Gyu Lee, Department of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 04763, Korea
Tel: +82-2-2220-1202
Fax: +82-2-2281-8285
E-mail: hyeonlee@hanyang.ac.kr
Received May 18, 2021; revised July 6, 2021;
accepted August 6, 2021

하여 식물성 치즈의 조직감 개선을 위한 연구(Nakamura 등, 2016)도 진행되었다. 치즈의 조직감 이외에도 치즈의 향미는 선호도 및 품질 결정에 중요한 역할을 한다(Hong 등, 2012). 동물성 치즈에서는 숙성의 결과로 생성되는 방향물질인 diacetyl, acetoin, acetaldehyde, lactone, 방향족 탄화수소류, α -keto acids, 함황 화합물(sulphides, mercaptans), alcohols 및 ester 등이 치즈의 향미에 관여하는 것으로 알려진다(Kim, 2005). 반면, 식물성 치즈는 대두의 lipoxigenase에 의한 콩 비린내 등과 같이 식물성 원료 특유의 냄새로 인한 제품의 향미 저하와 같은 단점이 존재한다(Kim 등 1997). 이에 개선된 향미를 갖는 식물성 치즈를 개발하기 위해 lactase와 효모 첨가를 이용한 대두의 향미 개선 연구(Park과 Lee, 1997), 5종의 스타터 배양물을 두유에 사용한 연구(Lorrungrua 등, 2014), 대두에 비해 콩 비린내가 적은 캐슈넛을 이용한 식물성 치즈 제조 연구(Oyeyinka 등, 2019) 등 다양한 연구가 진행되었다. 그러나 Saraco와 Blaxland(2020)에 따르면 현재 시중에 판매되는 식물성 치즈 제품 109종의 관능검사 결과는 모든 식물성 치즈 제품이 동물성 치즈 제품의 감각적 특성을 소비자가 수용할 수 있는 수준으로 정확히 모방하지 못하는 것으로 보고하였다.

전자코 분석은 화학적으로 규명하기 어려운 향기성분의 향기 패턴을 유형별로 분류하여 분석하는데 이용될 수 있으며(Hong 등, 2012), 전자혀 분석은 시료의 맛을 나타내는 성분과 센서 간의 감응도를 측정하여 객관화된 데이터를 얻을 수 있다(Kim 등, 2016). 다양한 유형의 시판 동물성 치즈 제품에 전자코를 이용하여 저장 및 가열 조리 후 향미 변화 패턴을 분석한 연구(Hong 등, 2012), 전자코와 전자혀를 이용하여 생우유와 저온 살균 우유로 만든 치즈의 품질 특성을 분석한 연구(Valente 등, 2018)도 진행되었으나, 동물성과 식물성 원료에 따른 체다 치즈의 품질 특성을 전자코와 전자혀를 적용하여 객관화하고 비교한 연구는 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 동물성과 식물성 시판 체다 치즈의 향미 특성 분석을 위한 전자코 및 전자혀 분석과 조직감 분석을 위한 texture profile analysis (TPA)를 수행하여 치즈의 원재료에 따른 품질 특성을 비교하고 분석한 결과를 추후 식물성 치즈 개발의 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 시료는 체다 치즈 제품 중에서 국내외에서 판매량과 인지도가 높은 동물성 타입 체다 치즈(DT) 3가지 제품과 식물성 타입 체다 치즈(VT) 3가지 제품을 선정하여 온라인 쇼핑몰을 통해 구매하였고, 4°C 냉장고에 보관하면서 유통기한 이내의 것을 분석에 사용하였다. 본 연구에 사용한 체다 치즈의 타입과 제품의 라벨에 표시된 제조국가, 영양성분 및 원재료명에 대한 정보는 Table 1과 같다.

전자코 분석

시판 체다 치즈의 향기 성분 분석은 Kim 등(2018)의 방법에 의하여 전자코(HERACLES-II, Alpha MOS, Toulouse, France)를 이용하였으며, MTX-5 column 및 flame ionization detector로 분석을 실시하였다. 시료를 5×5×5 mm³ 이하의 크기로 세절하고 1.0 g을 칭량하여 vial에 넣은 후 headspace extraction하여 포집하였으며, 시료를 60°C로 유지하며 500 rpm으로 교반하였다. 전자코 시스템은 주입구 온도를 200°C로 유지하며 30 mL/min의 유속으로 수소 가스를 흘려보냈으며, acquisition duration은 340초였다. Kovats index library를 기반으로 하는 AroChemBase (Alpha MOS, Toulouse, France)의 83,000여개의 화합물 정보를 통해 시료에서 검출된 각 피크가 나타내는 성분을 추정하였으며, 각 시

Table 1. Information of commercial Cheddar cheese provided by the manufacturer

Sample type	Sample code	Country of origin	Nutrition facts (per 20 g)	Ingredients
DT ¹⁾	DT1	USA	79 Kcal, Carbohydrate 0.7 g, Total fat 6 g, Saturated fat 4 g, Trans fat < 0.5 g, Protein 4 g, Cholesterol 21 mg, Sodium 129 mg, Vitamin D 0.1 mcg, Calcium 143 mg, Potassium 14 mg	Pasteurized milk, cheese culture, salt, enzymes and annatto color
	DT2	USA	82 Kcal, Carbohydrate 0.7 g, Total fat 6 g, Saturated fat 4 g, Trans fat < 0.5 g, Protein 5 g, Cholesterol 21 mg, Sodium 129 mg, Vitamin A 64 mcg, Calcium 143 mg	Cultured pasteurized milk, salt, enzymes and annatto color
	DT3	Korea	65 Kcal, Carbohydrate 0.6 g, Total fat 6 g, Saturated fat 3 g, Trans fat < 0.5 g, Protein 4 g, Cholesterol 13 mg, Sodium 195 mg, Calcium 120 mg	Raw milk, salt, lactobacillus culture dry matter, enzyme, filtered water, acidity regulator and oleoresin paprika
VT ²⁾	VT1	Canada	55 Kcal, Carbohydrate 4 g, Total fat 5 g, Saturated fat 4 g, Trans fat < 0.5 g, Protein < 0.5 g, Cholesterol < 2 mg, Sodium 164 ng, Calcium 124 mg	Filtered water, coconut oil, potato/tapioca starch, vegan natural flavors, sea salt, tricalcium phosphate, pea protein isolate, xanthan gum, lactic acid, konjac gum, fruit/vegetable color, inactive yeast, potassium chloride, yeast extract and vegan enzyme
	VT2	USA	60 Kcal, Carbohydrate 4 g, Total fat 5 g, Saturated fat 4 g, Trans fat < 0.5 g, Protein < 0.5 g, Cholesterol < 2 mg, Sodium 180 mg	Filtered Water, coconut oil, modified potato/corn starches, potato starch, sea salt, natural flavor, olive extract, paprika extract and beta carotene
	VT3	Greece	60 Kcal, Carbohydrate 4 g, Total fat 5 g, Saturated fat 4 g, Trans fat < 0.5 g, Protein < 0.5 g, Cholesterol < 2 mg, Sodium 180 mg, Vitamin B12 0.5 mcg	Filtered water, coconut oil, food modified potato/corn starches, potato starch, sea salt, Cheddar flavor, olive extract, paprika extract, beta carotene vitamin B12

¹⁾DT: Dairy types

²⁾VT: Vegan types

료는 2회 반복하여 향기성분 함량과 시료 간 향 패턴 및 강도를 측정하여 원인 성분을 분석하였고, 분석 결과를 주성분 분석에 사용하였다.

전자혀 분석

시판 체다 치즈의 맛은 Kim 등(2016)의 방법에 의하여 전자혀 (Astree2, Alpha MOS, Toulouse, France)를 이용하여 분석하였다. 시료를 3×3×3 mm³ 이하의 크기로 세절하고 100배 희석배수로 60°C 온수를 가한 후, vortex mixer를 이용하여 1분간 혼합하여 slurry화하였다. 이후 희석한 시료를 85-87°C 열수 30분간 반응시키고 sonicator로 1시간 동안 진탕하여 침전물 없이 모두 용해시켰으며, 여과지(No. 2, Advantec, Tokyo, Japan)로 여과한 뒤, vial에 담고 autosampler를 이용하여 분석을 진행했다. 전자혀에는 7개의 맛 센서(SRS, STS, BRS, SWS, UMS, GPS, SPS)가 부착되었으며 SRS는 신맛, STS는 짠맛, BRS는 쓴맛, SWS는 단맛, UMS는 감칠맛을 감지하고, GPS와 SPS는 standard로서 사용되었다. 7개의 맛 센서는 화학 성분 각각을 측정하는 것이 아닌 각각의 센서 감응도에 따라 전체적인 맛을 센싱하였다. 센서마다 각각의 데이터 평균값(m)과 표준편차(σ)를 모두 산출하고 각 시료 센서값의 반복데이터의 평균값(X)를 이용하여 $X' = (X - m) / \sigma$ 을 계산하였다. 이 값으로 0-12의 범위를 갖는 맛 스코어로 변환하여 나타내었다. 각 시료는 3회 반복 측정하였고, 단일 시료 분석 후 증류수로 센서 행굼 과정을 거쳐 시료 간 오염을 방지하였다. 시료간 맛 패턴 및 강도 차이를 분석하기 위해, 분석 결과를 주성분 분석에 사용하였다.

조직감 분석

시판 체다 치즈의 조직감은 Lobato-Calleros 등(2007)의 방법을 변형하여 texture profile analysis (TPA) 방법으로 Texture Analyzer (TA-XT2i; Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK)를 사용하여 측정하였다. 시료는 cork borer를 이용하여 10 mm 지름의 cylinder 형태로 채취하였고, 위와 아래 표면 부분을 절단하여 높이를 10 mm로 하였다. 실험에 사용된 cylinder probe는 직경 35 mm를 이용하였고, 측정 조건은 25 kg load cell, pre-test speed 3 mm/s, test speed 1 mm/s, post-test speed 3 mm/s로 하여 원래 높이의 50%까지 두 번 압축되었다. TPA 분석을 통해 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness) 및 응집성(cohesiveness)의 4가지 항목을 각각 9회 반복 측정하였다.

통계분석

전자코와 전자혀의 통계 분석은 Alpha MOS에서 제공된 소프트웨어인 Alpha soft (Version 14.1, Alpha MOS, Toulouse, France)로 수행되었다. 조직감 측정 결과는 Statistical Package for Social Science (SPSS; Version 26.0, IBM Company, Chicago, IL, USA)로 수행하여 Duncan's test의 p<0.05의 수준에서 유의성을 검증하였으며, 모든 결과는 평균값±표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

전자코 분석

시판 체다 치즈 6종의 전자코 분석 결과에서 확인된 화합물 중에서 체다 치즈의 정량적 소비자 평가항목에서 사용되는 milky, dairy, buttery, creamy, nutty, fruity의 향미속성(Meals 등, 2020)을 가진 주요 향기성분 5종을 선정하였으며, 각 시료에 함유된 주요 향기 성분의 함량을 Table 2에 나타내었다. 주요 향기 성분 중에서 acetaldehyde는 DT1, VT3, DT2, DT3, VT1, VT2의 순으로 나타났으며, VT1과 VT2를 제외한 모든 시료간에 유의적인 차이가 나타났다(p<0.05). 2-methylbutanal과 n-butanol은 VT3에서 가장 높게 나타났으나, 나머지 시료간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다(p<0.05). 2,3-pentanedione과 pentan-2-one은 VT3, DT1 순으로 나타났으며, DT2, DT3, VT2에서는 확인되지 않았다. 시판 동물성 체다 치즈 제품의 묘사분석 결과는 제품의 향미간에 폭 넓은 다양성이 있다고 보고하였다(Drake 등, 2008, Drake 등, 2009). 이는 전자코 분석 결과, 주요 향기성분 5종의 함량이 DT 간에 다양하게 나타나는 것에 기인하는 것으로 판단되며, VT간에도 향기성분 함량이 상이하여 묘사분석 결과는 시판 동물성 체다 치즈 제품과 유사할 것으로 예상된다.

DT와 VT의 향기 패턴 차이를 확인하기 위하여 전체 시료의 전자코 분석 결과, 가장 높은 11개 peak값의 retention time을 측정변수라 하고 주성분 분석을 실시하였다. 분산이 높게 나타나는 PC (principal component)1을 x축으로 하고 PC2와 PC3를 y축으로 하는 2차원 그래프를 Fig. 1에 각각 도시하였다. PC1과 PC2 분산의 합은 99.98%이며, PC1과 PC3 분산의 합은 99.95%로 확인되며, PC1의 주성분 기여도가 90% 이상이므로 PC1으로 분별화에 필요한 정보가 충분하다. Hong 등(2012)에 따르면 전자코를 이용하여 다양한 유형의 치즈 제품의 향기 분석 결과로 주성분 분석에서 같은 영역에 분포할수록 치즈는 유사한 향 특성을 지

Table 2. Major aroma compounds of commercial Cheddar cheese detected by electronic nose

Compounds	RT ¹⁾ (min)	Sensory description	Sample code					
			DT1 ²⁾	DT2	DT3	VT1 ³⁾	VT2	VT3
Acetaldehyde	15.78	Fruity, Pungent	774.70±4.10 ⁴⁾⁵⁾	138.91±40.86 ^c	50.37±1.82 ^d	37.93±0.21 ^{de}	0.31±0.03 ^c	232.53±5.19 ^b
2-methylbutanal	30.35	Almond, Malty	2.52±0.00 ^b	0.52±0.05 ^b	0.74±0.16 ^b	1.82±0.06 ^b	0.49±0.04 ^b	15.27±3.24 ^a
n-butanol	30.35	Cheese, Fermented	2.52±0.00 ^b	0.52±0.05 ^b	0.74±0.16 ^b	1.82±0.6 ^b	0.49±0.04 ^b	15.27±3.24 ^a
2,3-pentanedione	35.81	Butter, Creamy	0.17±0.05 ^c	ND ⁶⁾	ND	5.96±0.19 ^a	ND	1.46±1.05 ^b
Pentan-2-one	35.81	Fruity	0.17±0.05 ^c	ND	ND	5.96±0.19 ^a	ND	1.46±1.05 ^b

Each data indicates a mean with standard deviation obtained from 2 repeated test of products.

¹⁾RT: Retention time

²⁾DT: Dairy types

³⁾VT: Vegan types

⁴⁾Mean±standard deviation

⁵⁾Means with different letters in a column represent a significant difference at p<0.05

⁶⁾ND: Not detected

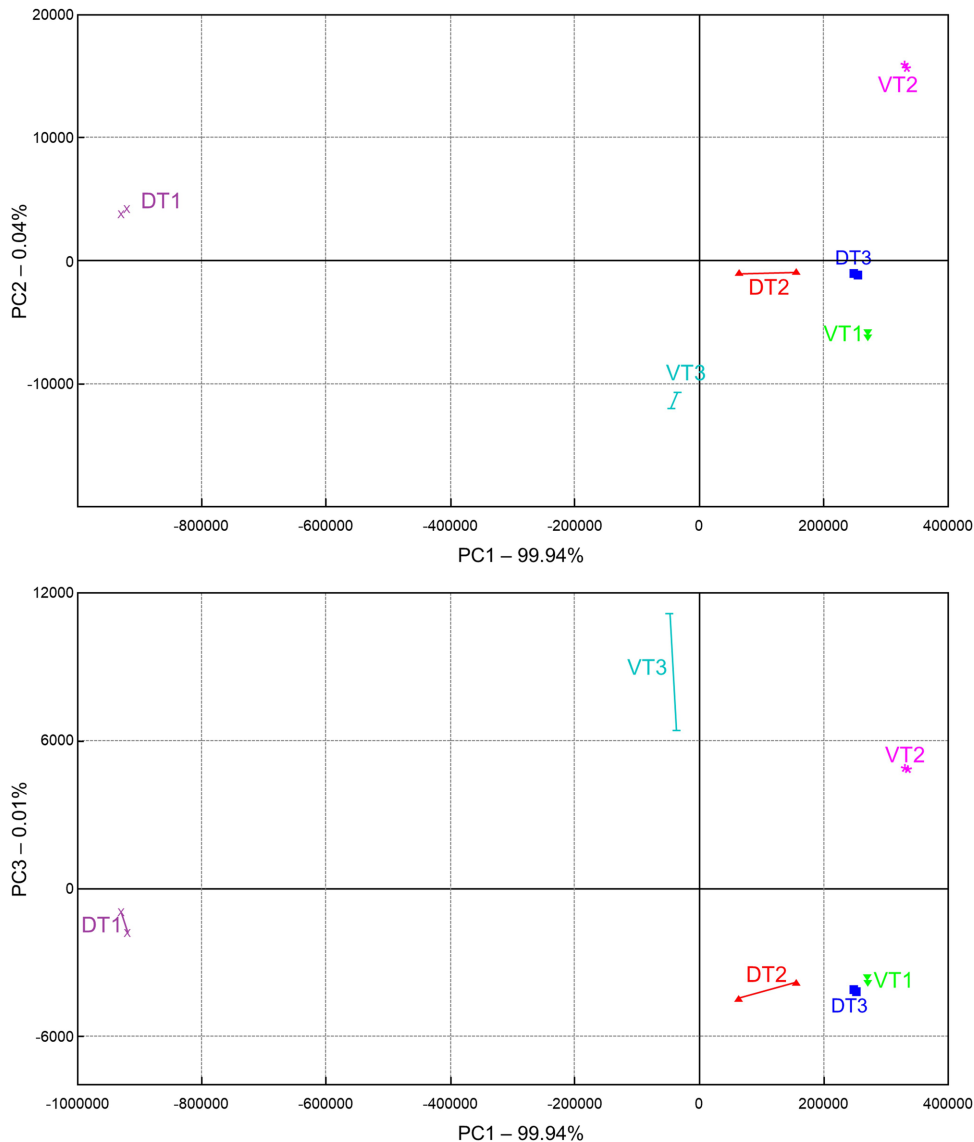


Fig. 1. Principal components plots for flavor profile pattern of commercial dairy and vegan type Cheddar cheese products detected by electronic nose. DT, dairy types; VT, vegan types.

는 것으로 알려진다. DT간에 DT2와 DT3이 군집을 이루나 DT1과는 군집을 이루지 않으며, VT간에는 모든 시료가 분산되어 있어 동일한 타입 내 시료 간 향기의 유사도가 떨어지는 것으로 판단된다. 이러한 전자코 분석 결과는 향후 식물성 치즈 제품 개발에 첨가되는 합성 향 선정에 유용하게 이용될 것으로 사료되나, DT간에도 향기 성분 및 향기 패턴에 차이가 있어 전자코 분석과 관능검사와 같은 기존의 방법을 병행하여 소비자 선호도가 높은 향기 성분을 확인하여야 신뢰도가 높은 데이터를 확보할 수 있을 것으로 보인다.

전자혀 분석

전자혀의 7개 센서에 의해 측정된 시판 체다 치즈의 센서값과 센서값을 기반으로 계산된 맛스코어는 Table 3과 같으며, 센서값을 맛스코어로 갖는 레이더로 Fig. 3에 나타내었다. 전자혀의 7종 센서에 대한 시료의 맛스코어는 원료에 따라 구분되지 않고 각 시료가 다양하게 분포되는 것으로 확인된다. 시료간에 차이를 많이 보인 신맛의 강도를 살펴본 결과, VT3, VT1, DT1, DT2,

VT2, DT3의 순으로 나타났으며 DT3와 VT2간을 제외한 모든 시료간에 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.05$). 쓴맛은 DT3, VT2, DT2, DT1, VT3, VT1의 순으로 나타났으며 Fig. 2의 PC1으로 분석된 맛 패턴과 유사함을 확인하였다. 단맛의 경우 DT3, 감칠맛의 경우 DT2, 짠맛의 경우 DT2가 가장 강도가 높았다($p < 0.05$).

DT와 VT의 맛 패턴 차이를 확인하기 위하여 전체 시료의 전자혀 분석 결과, 7개 센서의 센서값을 측정변수로 하여 주성분 분석을 실시하였다. 분산이 60.74%인 PC1을 x축으로 하고 분산이 각각 18.83%, 10.83%인 PC2와 PC3를 y축으로 하는 2차원 그래프를 Fig. 2에 각각 도시하였으며, x축의 방향으로 시료간 맛의 구분을 확인하였다. DT1과 DT2는 PC1의 원점을 기준으로 인접하여 위치하였으나, DT3는 PC1의 음의 방향에 위치하였다. VT1과 VT3는 PC1의 양의 방향에 위치하였으나, VT2는 음의 방향에 위치하였다.

Bergsma (2020)에 따르면 식물성 치즈는 일반적으로 매력적이지 않은 맛을 가져, 이를 마스킹 하고 치즈 맛을 내기 위해 NaCl 또는 KCl과 같은 다양한 염뿐만 아니라 citric acid과 다양한 esters

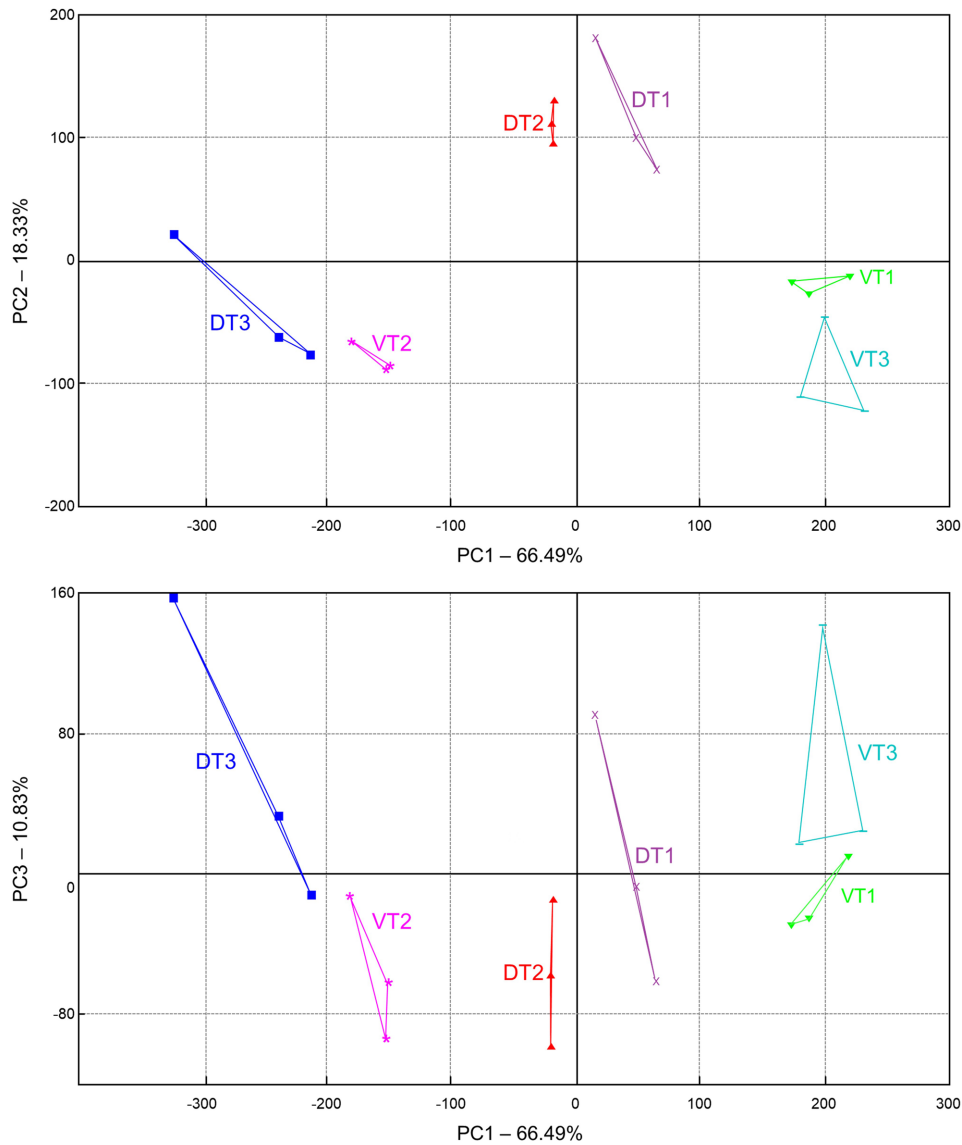


Fig. 2. Principal components plots for flavor profile pattern of commercial dairy and vegan type Cheddar cheese products detected by electronic tongue. DT, dairy types; VT, vegan types.

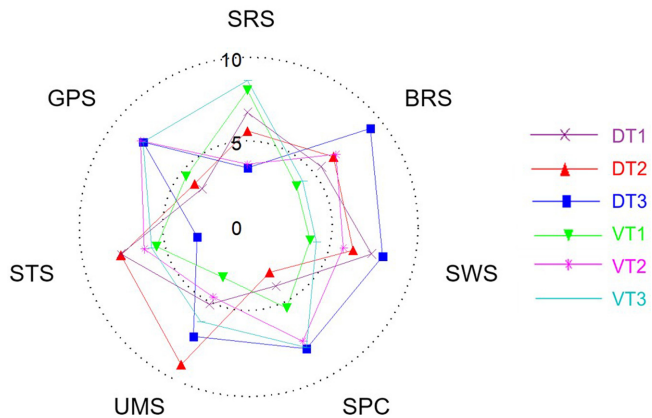


Fig. 3. Taste profile patterns of commercial dairy and vegan type Cheddar cheese products by electronic tongue. SRS: Sourness, STS: Saltiness, BRS: Bitterness, SWS: Sweetness, UMS: Umami, GPS, SPS: Sensor for standard.

및 aldehydes가 함유된 첨가물을 사용하는 것으로 보고된다. Table 1에서 보는 바와 같이 우유를 원재료 사용하는 DT는 치즈의 맛과 관련된 첨가물이 함유되지 않으나, 우유가 아닌 식물성 원료를 원재료로 사용하는 VT는 vegan natural flavors, natural flavor, Cheddar flavor와 같은 첨가물을 원료로 사용하여 동물성 치즈와 유사한 맛을 모방하고자 하는 것으로 판단된다. 그러나 Saraco와 Blaxland(2020)에 따르면 109종의 식물성 치즈의 관능검사를 실시한 결과, 109종의 식물성 치즈 모두 동물성 치즈의 맛을 정확히 모방하지 못하는 것으로 보고하였다. 이는 VT의 맛 패턴이 DT와 유사한 경향으로 나타나지 않는 본 연구결과와 일치하는 결과이다. 동물성 치즈와 유사한 맛을 갖는 식물성 치즈 개발을 위해서는 DT간에도 맛 패턴과 맛 스코어가 상이하므로 소비자 선호도가 높은 동물성 체다 치즈 단일 제품을 선정하여 해당 제품의 맛을 분석한 결과에 따라 이를 모방하는 방향성을 가진 제품 개발 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Table 3. Sensor values of commercial Cheddar cheese by seven sensors on the electronic tongue and taste scores calculated based on sensor values

Sensors ¹⁾	Sample code						
	DT1 ¹⁾	DT2	DT3	VT1 ²⁾	VT2	VT3	
Sensor values	SRS	2679.96±11.18 ^{4)c5)}	2759.10±17.60 ^b	2925.80±5.63 ^a	2583.00±23.10 ^d	2905.68±10.34 ^a	2537.68±33.74 ^e
	GPS	1643.32±7.99 ^d	1654.33±0.51 ^c	1730.39±0.40 ^e	1667.50±6.88 ^b	1734.22±2.93 ^a	1730.08±3.74 ^a
	STS	797.39±32.75 ^a	798.62±32.03 ^a	690.22±34.64 ^b	748.45±33.82 ^{ab}	764.55±37.24 ^a	754.60±39.30 ^{ab}
	UMS	1797.54±13.26 ^b	1744.95±9.62 ^d	1769.47±7.40 ^c	1821.66±14.97 ^a	1803.84±8.66 ^{ab}	1782.68±15.55 ^{bc}
	SPS	1899.52±4.98 ^d	1867.41±4.26 ^c	2050.63±3.67 ^a	1952.49±4.89 ^c	2034.13±2.68 ^b	2047.70±8.25 ^a
	SWS	1214.54±100.71 ^a	1166.28±31.42 ^{ab}	1242.72±92.17 ^a	1051.72±9.09 ^b	1140.19±21.66 ^{ab}	1066.84±68.73 ^b
	BRS	2030.81±9.50 ^{bc}	2062.56±2.86 ^b	2161.63±74.02 ^a	1966.16±20.98 ^c	2071.49±34.07 ^b	1981.99±21.06 ^c
Taste scores	SRS	6.68±0.15 ^c	5.64±0.23 ^d	3.46±0.07 ^e	7.95±0.30 ^b	3.73±0.14 ^e	8.54±0.44 ^a
	GPS	3.51±0.40 ^d	4.06±0.03 ^c	7.84±0.02 ^a	4.72±0.34 ^b	8.03±0.15 ^a	7.83±0.19 ^a
	STS	7.61±1.38 ^a	7.67±1.35 ^a	3.11±1.45 ^b	5.56±1.42 ^{ab}	6.23±1.56 ^a	5.82±1.65 ^{ab}
	UMS	5.21±0.97 ^e	9.04±0.70 ^a	7.26±0.54 ^b	3.45±1.09 ^d	4.75±0.63 ^{cd}	6.29±1.13 ^{bc}
	SPS	4.00±0.13 ^d	3.15±0.11 ^e	7.99±0.10 ^a	5.40±0.13 ^c	7.56±0.07 ^b	7.92±0.22 ^a
	SWS	7.49±2.23 ^a	6.43±0.70 ^{ab}	8.12±2.04 ^a	3.89±0.20 ^b	5.85±0.48 ^{ab}	4.22±1.52 ^b
	BRS	5.59±0.26 ^{bc}	6.46±0.08 ^b	9.18±2.03 ^a	3.81±0.58 ^c	6.71±0.94 ^b	4.25±0.58 ^c

Each data indicates a mean with standard deviation obtained from 3 repeated test of products.

¹⁾SRS: Sourness, STS: Saltiness, BRS: Bitterness, SWS: Sweetness, UMS: Umami, GPS, SPS: Sensor for standard.

²⁾DT: Dairy types

³⁾VT: Vegan types

⁴⁾Mean±standard deviation

⁵⁾Means with different letters in a row represent a significant difference at $p<0.05$

Table 4. Texture properties of commercial dairy and vegan type Cheddar cheese products

Sample type	Sample code	Texture profile analysis			
		Hardness (N)	Adhesiveness (N·s)	Springiness	Cohesiveness
DT ¹⁾	DT1	8.92±0.67 ^{3)c4)}	-39.39±5.79 ^b	0.75±0.03 ^d	0.49±0.03 ^c
	DT2	13.34±1.60 ^a	-54.68±6.93 ^c	0.66±0.05 ^f	0.41±0.03 ^e
	DT3	6.68±0.35 ^d	-13.38±0.90 ^a	0.80±0.02 ^e	0.54±0.01 ^a
VT ²⁾	VT1	8.80±0.47 ^c	-12.11±4.19 ^a	0.70±0.06 ^e	0.22±0.01 ^f
	VT2	11.45±0.56 ^b	-13.82±5.63 ^a	0.92±0.03 ^b	0.45±0.01 ^d
	VT3	12.71±0.30 ^a	-9.55±2.06 ^a	0.96±0.01 ^a	0.51±0.01 ^b

Each data indicates a mean with standard deviation obtained from 9 repeated test of products.

¹⁾DT: Dairy types

²⁾VT: Vegan types

³⁾Mean±standard deviation

⁴⁾Means with different letters in a column represent a significant difference at $p<0.05$

조직감 분석

시판 체다 치즈 6종의 조직감을 경도, 부착성, 탄력성 및 응집성의 항목으로 측정된 결과는 Table 4와 같다. 경도는 DT가 6.68-13.34 N, VT가 8.80-12.71 N의 범위로 나타났으며, DT와 VT간 경도의 차이는 확인되지 않았다. 부착성에서 DT간에는 서로 유의적인 차이가 나타났으나($p<0.05$), VT간에는 서로 유의적인 차이가 나타나지 않고 DT3와 유사한 수준을 나타내었다($p<0.05$). 탄력성에서 모든 시료간 유의적인 차이가 나타났으나($p<0.05$), DT와 VT간 탄력성의 차이는 확인되지 않았다. 응집성은 DT3가 가장 높으며 VT1이 가장 낮은 것으로 확인되었으나($p<0.05$), DT와 VT간 응집성의 차이는 확인되지 않았다. 일반적으로 동물성 치즈는 우유나 양젖 등을 원료로 하여 유산균 및 단백질 응유효소

를 첨가하여 카제인을 응고시키고, 유청을 제거한 후 가열·가압·숙성 등의 공정을 거쳐 만들어진다(Hwang 등, 2018). 반면, 식물성 치즈는 유단백질을 원료로 이용하지 않으나 유단백질과 유사한 특성을 갖는 전분 및 대두 등의 다양한 식물성 원료를 이용하며 pH를 조절과 효소를 이용하여 겔화하거나, 하이드로콜로이드를 첨가하는 등 다양한 공정을 적용하여 동물성 치즈와 유사한 조직감을 가지도록 제조된다(Nakamura 등, 2016; Matias 등, 2014; Lee와 Son, 1985). 이와 같은 원료와 공정이 VT에 적용되어 DT와 VT간 조직감 측정 결과가 구분되지 않는 것으로 판단된다.

Lim 등(2011)에 따르면 식물성 치즈는 분리 대두 단백질과 같은 단백질 원료 함량이 증가할수록 단백질 분자의 중합을 초래

하여 경도가 증가하는 것으로 보고하였다. Table 1에서 보는 바와 같이 VT의 단백질 함량은 DT 대비 0.6% 미만의 수준으로 함유되어 있어, 식물성 치즈 제조 시 단백질 함량 증대는 경도를 높여 동물성 치즈와 조직감 차이를 발생시킬 것으로 예상된다. 따라서 식물성 치즈의 조직감을 현재 수준으로 유지하면서 부가 원료 및 추가 공정의 연구를 통해 단백질 함량을 증가시키는 것이 향후 식물성 타입 제품 개발의 방향이라 생각된다.

요 약

본 연구는 동물성과 식물성 시판 체다 치즈의 향미 특성과 조직감을 분석하기 위해 전자코와 전자혀 및 TPA 분석을 이용하였다. Milky, dairy, buttery, creamy, nutty, fruity의 향미속성을 바탕으로 전자코 분석 결과 확인된 화합물 5종을 주요 향기성분으로 선정하였으며, 모든 시료에서 acetaldehyde, 2-methylbutanal 및 n-butanol이 검출되었으나, 2,3-pentanedione과 pentan-2-one은 DT1, VT1 및 VT3에서만 검출되었다. 주성분 분석 결과 VT간에 군집을 이루지 않고 분산되어 있어 동일한 타입 내 시료 간 향기의 유사도가 떨어지는 것으로 나타내었다. VT의 맛 패턴은 DT와 유사한 경향으로 나타나지 않았으며, DT와 VT 내 시료 간에도 맛 패턴이 원재료에 의해 구분되지 않았다. 시판 체다 치즈의 조직감 측정 결과는 경도, 부착성, 탄력성 및 응집성 항목에서 생산 원료의 타입에 따라 구분되지 않는 것으로 나타내었으나, 조직감에 영향을 미치는 DT와 VT의 단백질 함량은 각각 18.0-20.0%와 1.0% 미만이었다. 본 연구결과는 동물성 치즈와 유사한 향미 특성과 조직감을 갖는 식물성 치즈 제품 개발의 기초자료로서 품질 지표 설정에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 미래형혁신식품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (119016-3).

References

- Batool M, Nadeem M, Imran M, Gulzar N, Shahid MQ, Shahbaz M, Ajmal M, Khan IT. Impact of vitamin E and selenium on antioxidant capacity and lipid oxidation of Cheddar cheese in accelerated ripening. *Lipids Health Dis.* 17: 79-93 (2018)
- Bergsma J. Vegan cheese analogue. AU Patent 2017228204 (2020)
- Choi AJ, Lee SY. Quality characteristics of soybean cheese prepared with low lipoxidase soybean variety and defatted soybean meal by fermenting after proteolytic enzyme hydrolysis. *Korean J. Food Cook. Sci.* 17: 65-79 (2001)
- Dacremont, C, Vickers Z. Concept matching technique for assessing importance of volatile compounds for Cheddar cheese aroma. *J. Food Sci.* 59: 981-985 (1994)
- Day EA, Libbey LM. Cheddar cheese flavor: gas chromatographic and mass spectral analyses of the neutral components of the aroma fraction. *J. Food Sci.* 29: 583-589 (1964)
- Drake SL, Gerard PD, Drake MA. Consumer preferences for mild Cheddar cheese flavors. *J. Food Sci.* 73: S449-455 (2008)
- Drake SL, Lopetcharat K, Clark S, Kwak HS, Lee SY, Drake MA. Mapping differences in consumer perception of cheddar cheese in the United States. *J. Food Sci.* 74: S265-285 (2009)
- Food and Agriculture Organization. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Available from: <http://www.fao.org>. Accessed Feb. 28, 2021.
- Forde A, Fitzgerald GF. Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavour. *Curr. Opin. Biotechnol.* 11: 484-489 (2000)
- Giri SK, Tripathi MK, Kotwaliwale N. Effect of composition and storage time on some physico-chemical and rheological properties of probiotic soy-cheese spread. *J. Food Sci. Technol.* 55: 1667-1674 (2018)
- Haddad MA, Omar SS, Parisi, S. Vegan cheeses vs processed cheeses—traceability issues and monitoring countermeasures. *Brit. Food J.* 123: 2003-2015 (2021)
- Hong EJ, Kim KH, Park IS, Park SY, Kim SG, Yang HD, Noh BS. Analysis of flavor pattern from different categories of cheeses using electronic nose. *Food Sci. Anim. Resour.* 32: 669-677 (2012)
- Hwang HJ, Kang CY, Choi KJ, Lee YL, Shin KO. Studies on the development of soybean cheeses. *Korean J. Food Nutr.* 31: 811-820 (2018)
- Ju YJ, Kang JY, Chung JY. Characteristics of vegetarianism and its association with eating behavior in women living in Seoul. *J. Korean Soc. Food Cult.* 28: 576-584. (2013)
- Kim PJ. Development of Korean dairy industry-market milk. *J. Korean Dairy Technol. Sci.* 23: 143-148 (2005)
- Kim EJ. Reducing greenhouse gas emissions in ruminants: minireview. *Korean J. Organic Agri.* 20: 185-200 (2012)
- Kim JS, Jung HY, Park EY, Noh BS. Flavor analysis of commercial Korean distilled spirits using an electronic nose and electronic tongue. *Korean J. Food Sci. Technol.* 48: 117-121 (2016)
- Kim YH, Kim SD, Hong EH, Kim SH. Processing characteristics of soybean genotypes lacking lipoxygenase. *Korean J. Corp Sci.* 39: 171-174 (1994)
- Kim DS, Kim HS, Seo WT, Shin EC. Flavor and taste properties of fermented soybeans with mycelia of *Tricholoma matsutake* and *Bacillus sp.*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 107-115 (2018)
- Korea Rural Economic Institute. World agriculture. Available from: <http://repository.krei.re.kr>. Accessed Apr. 15, 2021.
- Kumar P, Chatli MK, Mehta N, Singh P, Malav OP, Verma AK. Meat analogues: health promising sustainable meat substitutes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57: 923-932 (2017)
- Kwak HS, Jeon IJ, Park JN. Effects of food grade porcine pancreatic lipase on the production of short-chain fatty acids and its contribution. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 248-254 (1990)
- Lee CH, Son HS. The textural properties of imitation cheese by response surface analysis. *Korean J. Food Sci. Technol.* 17: 361-370 (1985)
- Lim TJ, Easa AM, Karim AA, Bhat R, Liong MT. Development of soy-based cream cheese via the addition of microbial transglutaminase, soy protein isolate and maltodextrin. *Brit. Food J.* 113: 1147-1172 (2011)
- Lobato-Calleros C, Reyes-Hernández J, Beristain CI, Homelas-Uribe Y, Sánchez-García JE, Vernon-Carter EJ. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Res. Int.* 40: 529-537 (2007)
- Lorrungrua C, Sinma K, Pantagrud P, Wannasiris S, Mahabandha K, Khucharoen K. Red cheese production from soymilk by *Monascus purpureus* and *Lactobacillus casei*. *J. Appl. Sci.* 14: 2819-2824 (2014)
- Matias NS, Bedani R, Castro MA, Saad SMI. A probiotic soy-based innovative product as an alternative to petit-suisse cheese. *LWT-Food Sci. Technol.* 59: 411-417 (2014)
- Meals SE, Schiano AN, Drake MA. Drivers of liking for Cheddar cheese shreds. *J. Dairy Sci.* 103: 2167-2185 (2020)
- Murtaza MA, Ur-Rehman S, Anjum FM, Huma N, Hafiz I. Cheddar cheese ripening and flavor characterization: a review. *Crit. Rev. Food Sci.* 54: 1309-1321 (2014)
- Nakamura M, Kitamura Y, Kokawa M. Development of a cheese-type food using rice milk. *Food Sci. Technol. Res.* 22: 605-609 (2016)
- Oyeyinka, AT, Odukoya JO, Adebayo YS. (2019). Nutritional composition and consumer acceptability of cheese analog from soy and cashew nut milk. *J. Food Process. Pres.* 43: 1-6 (2019)
- Park MJ, Lee SY. Effects of lactose and yeast on the growth of lactic acid bacteria and sensory characteristics during the fermentation of soy yogurts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 533-538

- (1997)
- Poore J, Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360: 987-992 (2018)
- Poorva S, Deepansh S, Awzia A. Development of a functional fermented peanut-based cheese analog using probiotic bacteria. *Biotechnology* 99: 435-441 (2018)
- Ruby MB. Vegetarianism. A blossoming field of study. *Appetite*, 58: 141-150 (2012)
- Saraco MN, Blaxland J. Dairy-free imitation cheese: is further development required? *Brit. Food J.* 122: 3727-3740 (2020)
- United States Department of Agriculture. Dairy world markets and trade. Available from: <http://www.fas.usda.gov>. Accessed Feb. 28, 2021.
- Valente NI, Rudnitskaya A, Oliveira JA, Gaspar EM, Gomes MTSR. Cheeses made from raw and pasteurized cow's milk analysed by an electronic nose and an electronic tongue. *Sensors* 18: 2415-2429 (2018)
- Yoon HN, Um KW, Bailey ME. Effects of processing conditions on the sensory properties of Cheddar cheese. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 750-754 (1991)
- Yu HG, Park ON. The study on design an ontology for Korean food information. *Jour. of KoCon.* a. 19: 147-158 (2019)
- Yu JH, Shin WC, Pyun YR, Yang R. Preparation of cheese-like product using soybean milk. *Korean J. Food Sci. Technol.* 10: 231-236 (1978)