

사과 분말과 chia씨드 분말을 첨가한 발효크림 치즈의 이화학적 및
관능적 특성

Physicochemical and Sensory Properties of Fermented Cream Cheese
Containing Apple and Chia Seeds Powder

이지우¹, 인수정¹, 김리안¹, 정연수¹, 박신영^{1,2*}

¹공주대학교 동물자원학과

²공주대학교 자원과학연구소

Ji-u Lee¹, Su-Jeong In¹, Ri-An Kim¹, Yeon-Su Jeong¹, Sin-Young Park^{1,2*}

¹Department of Animal Resources Science, Kongju National University, Chungnam 32439, Korea

²Resource Science Research Institute, Kongju National University, Chungnam 32439, Korea

* Corresponding author: Sin-Young Park, Department of Animal Resources Science, Kongju National University, Chungnam 32439, Korea.

Tel: 82-41-330-1255

E-mail: parksy@kongju.ac.kr

Abstract

This study aimed to develop fermented cream cheese supplemented with chia seed powder (0.5%) and various levels of apple powder (0%, 3%, 6%, and 9%; Con, MD3, MD6, and MD9) and evaluate its physicochemical and sensory properties. The moisture content of the MD3 sample was significantly higher than the control ($p<0.05$). Fat content showed a decreasing tendency with increasing levels of apple powder, while the ash content of the MD9 sample was significantly higher than the other samples ($p<0.05$). The pH of the samples significantly increased as the level of apple powder increased ($p<0.05$). Electronic nose combined with principal component analysis clearly differentiated the samples according to the level of apple powder added; indicating distinct aroma patterns among the treatments. Electronic tongue also revealed differences in taste profiles, showing increased sweetness and sourness intensities in samples containing higher levels of apple powder. In the sensory evaluation, the MD3 sample showed the highest scores in overall traits compared with the other samples. Based on these results, the addition of 3% apple powder was considered the most appropriate level for producing fermented cream cheese in terms of quality and sensory characteristics. These findings suggest that the addition of apple powder and chia seed powder can effectively enhance the quality characteristics of fermented cream cheese.

Key Words: Fermented cream cheese, Apple powder, Chia seed powder, Physicochemical properties, Sensory evaluation

21 현재 국내 유가공 산업은 가공치즈를 중심으로 비교적 안정적인 생산 체계를 유지하고 있으나,
22 고부가가치 품목인 자연치즈 분야에서는 여전히 수입산에 크게 의존하고 있다 (Geum, 2019).
23 2018년 기준 자연치즈의 국내 생산량은 약 3.5천 톤에 불과하며, 총 공급량 116.5천 톤 중 국내
24 생산 비율은 약 3% 수준에 머물러 있는 반면, 가공치즈의 국내 생산량은 33.8천 톤으로 총
25 공급량(44.6천 톤)의 약 75.8%를 차지하여 대조적인 양상을 보이고 있다(Jeong and Park, 2025).
26 이러한 수입 의존적 구조와 편중된 생산 체계는 국내 신선 원유 소비의 다변화와 낙농 산업의
27 경쟁력 확보에 제약 요인으로 작용하고 있다. 따라서 국산 자연치즈의 자급률을 높이고 소비자의
28 다양한 기호를 충족시킬 수 있는 고부가가치 유제품 개발이 요구된다.

29 크림치즈는 부드러운 조직감과 순한 풍미를 지닌 대표적인 신선 연질 치즈로, 국내에서는 주로
30 베이커리용 및 디저트용으로 활용되어 왔다. 이 중 발효 크림치즈는 크림에 유산균을 접종하여
31 젖당을 젖산으로 발효시킨 후 응고 및 농축 과정을 통해 제조되는 산성 연질 치즈로, 건강 개선,
32 혈당 조절, 미네랄 흡수 촉진 및 항염 효과 등 다양한 기능적 특성을 지닌 유제품으로 알려져
33 있다(Jeong and Park, 2025). 또한, 발효 크림치즈는 높은 단백질 함량과 프로바이오틱스 함유로 인해
34 건강 지향적 소비자들 사이에서 관심이 증가하고 있으나(Companys et al., 2020), 다양한 치즈
35 유형에 대한 연구는 아직 제한적인 수준이다. 이에 따라 천연 원료를 활용한 기능성 치즈 제품
36 개발 연구가 필요하다.

37 사과(*Malus domestica*)는 폴리페놀, 플라보노이드 등 다양한 식물성 천연 생리활성 물질을
38 함유하고 있어 동맥경화, 당뇨 등 만성 질환 예방에 긍정적인 효과가 있는 것으로 보고되고 있다
39 (Boyer and Liu, 2004). 그러나 사과를 유제품 제조 시 생과 형태로 첨가할 경우 사과에 함유된 높은
40 수분함량으로 인하여 자유수 방출이 발생하여 유청 분리 현상이 발생할 수 있으므로, 물리적
41 안정성과 저장성을 고려하여 분말 형태로 가공된 사과를 사용하는 것이 권장되고 있다. 사과
42 분말은 일반적으로 건조 및 분쇄 과정을 거쳐 제조되며, 이러한 가공 과정은 원료의 저장성과
43 활용성을 높이는 장점이 있다 (Park et al., 2021). 또한 가공 적합성이 높고 소비자 인지도가 높은
44 천연 원료로서, 발효 유제품 첨가 소재로 활용 가치가 높다고 판단된다.

45 치아(*Salvia hispanica* L.)의 씨앗을 지칭하는 치아씨드는 30% 이상의 식이섬유와 오메가-3

지방산을 함유한 기능성 식품 소재로 알려져 있다. 특히 수분과 접촉 시 자기 무게의 약 8~12배까지 팽윤하여 겔을 형성하는 특성을 가지며, 이는 씨앗 외피의 점액질 성분인 mucilage에 기인한다 (Kim et al., 2015; Sung, 2015). 이러한 특성은 식품의 구조적 안정성 향상 및 조직감 개선에 기여할 수 있다. 또한 치아씨드 점액질은 미소화 탄수화물을 풍부하게 함유하여 장내 미생물 조성 변화와 단쇄지방산 생성을 촉진하고 유산균(LAB)의 성장을 증가시키는 것으로 보고되어 프리바이오틱스 소재로서의 잠재력이 제시되고 있다 (Singh et al., 2025). 치아씨드 분말의 경우 재수화성이 높은 특성이 있어, 첨가된 식품의 수분을 흡수하여 점성을 다소 높일 수 있는데, 이러한 특성은 일정 수준 이상의 점성이 요구되는 발효 크림 치즈에 활용하기 적합하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 사과 분말과 치아씨드 분말을 첨가한 발효 크림치즈를 제조하고, 첨가 수준에 따른 제품의 물리화학적 특성 및 관능적 특성을 분석하여 기능성 발효 유제품으로서의 활용 가능성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

천연첨가물 첨가 발효 크림치즈 제조

크림치즈 제조에 사용된 사과 분말(Apple 100%; L*: 23.78, a*: 8.78, b*: 12.28; Charm goods, Campania, Italy)과 치아씨드 분말(Chia seed 100%; L*: 13.22, a*: 3.25, b*: 9.04; Jeungwon-ri Yakcho Macul, Gyeonggi-do, Korea)은 동결건조되어 시판되고 있는 제품을 사용하였다. 발효 크림치즈 제조를 위하여 원유(Seoul, Seoul, Korea)와 크림(Macil, Seoul, Korea)의 유지방 함량을 표준화 하였고(Fat, 12.0% (w/w); protein, 5% (w/w)) 혼합물은 72~75°C수준으로 가열하여 저온살균한 후 22°C까지 냉각하였다. 이후 사과 분말(MD)을 원유 중량 대비 0% (Con), 3% (MD3), 6% (MD6), 9% (MD9) 각각 첨가하였으며, 모든 샘플에 대해 공통적으로 0.1% 스타터 배양균(SACCO LYOFAS Y 429A; *Streptococcus salivarius thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus*, SACCO S.R.L, Cadorago, Italy)과 치아씨드 분말을 원유 중량 대비 각각 0.5%씩 첨가하였다. 앞서 제조된 혼합물은 22°C 배양기(DS-45F-SI, Daesan Engineering, Daegu, Korea)를 이용하여 24시간 발효 후 교반과정을 실시하였고, 다시 24시간 발효하였다. 이후 발효가 완료된 샘플들은 70°C까지 가열한 후 렌넷 1 mL를 첨가하여 커드 응고를 유도하였다. 커드 응고가 완료된 후 75~80°C까지 가열한 후 면포를 이용하여 커드를

분리하였다. 분리된 커드는 4°C 냉장고에서 약 20°C수준까지 냉각하였고, 최종 시료는 진공 포장 후 4°C에서 저장하며 이후 실험에 사용하였다.

일반성분

수분 함량과 지방 함량 및 회분 함량은 AOAC 방법(1990)에 따라 측정하였으며, 각각 105°C 상압가열건조법, Soxhlet 추출법, 550°C 건식 회화법을 이용하였다.

pH

pH는 시료 4g을 채취하여 증류수 16 ml와 혼합하여 ultra turrax (HMZ-20DN, Pooglim Tech, Korea)를 사용하여 6rpm에서 1분간 균질한 후 유리전극 pH meter (Model S220, Metler-Toledo, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

점도

준비된 시료 10g 을 25°C로 조절된 온도 조건에서 No. 3 spindle 을 장착한 viscometer (WVS-2M, DaiHan Science, Korea)를 이용하여 12 rpm 으로 1 분간 측정하였다. 분석은 3 회 반복 측정했으며, 그 평균값을 mPa·s 단위로 나타내었다.

색도

색도 측정은 색차계 (TES-135A, TES, Taipei, Taiwan)를 이용하여 측정하였다. 색차계의 표준색은 백색 표준 평판(L^* : 93.93, a^* : 12.37, b^* : -17.92)을 이용하였다. 측정된 명도, 적색도, 황색도는 각각 Lightness (L^*), Redness (a^*), Yellowness (b^*)로 나타냈다.

전자혀

샘플의 미각 특성은 Astree electronic tongue (Alpha MOS, France)을 사용하여 측정하였다. 샘플의 신맛(sourness), 짭맛(saltiness), 감칠맛(umami)은 각각 전자혀 센서의 기준 물질인 0.1 M HCl, 0.1 M NaCl, 0.1 M MSG를 사용하여 측정하였다. 샘플 4 g을 16 mL의 증류수와 혼합한 후, Ultra-Turrax 를 이용하여 2,000rpm으로 1분간 균질화한 뒤, 그 균질물을 여과지(Quantitative Filter paper Medium-Hardened, Filtratech, France)를 사용하여 여과하였다. 여과액은 증류수로 1:100 (v/v) 비율로 희석한

후 전자혀로 분석하였다. 전자혀 센서의 측정 감도는 Alpha soft program (for an electronic tongue; Alpha MOS, France)을 통해 분석하였으며, AHS(신맛), PKS, CTS(짠맛), NMS(감칠맛), CPS, ANS, SCS로 표현하였다. 각 센서에서 측정된 샘플의 미각 감도 특성은 주성분 분석(Principal components analysis; PCA)을 하기 위하여 Alpha software program을 사용하여 PCA분석을 실시하였고, 샘플 간의 미각 특성 차이는 plot coordinates로 표시하였다. 분류된 미각 패턴은 1차 성분 값(PC1)과 2차 성분 값(PC2)으로 나타내었다.

전자코

샘플의 향미 특성은 Heracles II 전자코(Alpha MOS, France)를 사용하여 분석하였다. 전자코 분석 조건은 4 g의 샘플을 20 mL vial에 투입하여 준비하였으며, 전자코 분석조건은 다음과 같다; Flow rate of 250 mL/min, acquisition time of 110 s, Incubation temperature of 60 °C, Vial of 20 mL, Incubation time of 20 min and Injection volume of 5 mL. 전자코 센서를 사용하여 측정한 각 샘플별 휘발성 향미 성분의 측정 값과 각각 측정된 향미 강도를 나타낸 peak는 Alpha software program (for an electronic nose; Alpha MOS, France)을 사용하여 chromatogram으로 표시하였다. 또한 측정된 샘플의 휘발성 화합물의 향미 프로파일은 주성분 분석(Principal components analysis; PCA)을 하기 위하여 Alpha software program을 사용하여 PCA분석을 실시하였고, 샘플 간의 향미 프로파일 차이는 plot coordinates 로 표시하였다. 분류된 향 패턴은 1차 성분 값(PC1)과 2차 성분 값(PC2)으로 나타내었다.

관능평가

본 연구에서 제조한 사과 분말과 치아씨드를 첨가한 발효 크림치즈 샘플별 관능평가는 국립공주대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받아 진행하였다(KNU_IRB_2025_021). 관능평가를 위해서 훈련된 16명의 패널 요원을 구성하여 각 시료별로 외관(apperance), 맛(Taste), 향미(Flavor), 이미/이취(Off-flavor), 산미(Acidity), 부드러움(Creaminess), 전체적 기호도(Overall-acceptability)를 평가하였으며, 각각의 항목에 대해 10점 척도법으로 평가하였다. 이때, 0점은 가장 열악한 품질을 나타냈고, 10점은 가장 우수한 품질을 나타낸 것으로 평가하였다.

통계분석

본 연구에서는 치아씨드 및 사과 분말을 첨가한 크림치즈를 배치별로 3회 제조하여 분석을 실시하였다. 이후 통계처리 프로그램 SAS (version 9.4 for window, SAS Institute, USA)를 이용하여 결과를 평균값과 표준편차로 나타냈으며, ANOVA, Duncan's multiple range test로 각각의 특성에 대해 95% 수준으로 유의적인 차이가 있는지를 검증하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

일반성분

치아씨드 분말과 사과분말을 첨가한 발효크림치즈의 수분과 지방 및 회분함량 측정 결과는 Table 1에 나타냈다. 발효크림치즈의 수분함량 측정 결과, 치아씨드 및 사과분말을 첨가한 샘플군이 Con에 비해 높게 나타났으며 그 중에서도 MD3가 유의적으로 높은 값을 나타냈다($p < 0.05$). 본 연구와 유사하게 사과 분말이 유청 분리에 미치는 영향을 분석한 연구 결과에서, 요거트에 사과 분말을 첨가하였을 때 유청 분리의 감소로 수분 유지 능력 증가에 기여한다고 보고된 바 있다(Wang et al., 2020). 또한, MD6과 MD9가 MD3에 비해 낮은 수분함량은 나타낸 것은 사과 분말 첨가량이 일정 수준을 넘게 되면 식이섬유와 당분 함량이 높은 사과분말 특성상 분말 내 응집현상이 발생하게 되며 고형분이 증가하게 되고, 이에 따라 수분 흡수력이 오히려 저하되기 때문이다(Dimitrellou et al., 2025). 따라서 사과 분말의 첨가는 사과 분말이 지닌 식이섬유에 의해 일정 수준까지는 보수력을 높여주는 효과를 보일 수는 있으나, 수분 삼출이 일어나지 않는 적정 수준을 유지해야 한다고 판단된다.

발효크림치즈의 지방함량 측정 결과, Con의 지방함량이 치아씨드 및 사과분말을 첨가한 샘플들보다 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), MD9의 지방 함량이 다른 모든 샘플들보다 유의적으로 낮게 측정되었다($p < 0.05$). 이에 따라 사과 분말의 첨가 수준이 높아지게 되면 발효크림치즈의 지방함량은 상대적으로 감소되는 것으로 나타났다. 본 연구와 유사하게 요구르트에 사과 부산물 분말을 첨가하여 물리화학적 성분의 변화를 확인한 실험에서 사과 분말 첨가량이 증가할수록 수분 및 섬유 결합력 증가로 인해 희석되는 효과가 발생하여 지방 함량이 상대적으로 낮게 측정된다고 보고된 바 있다(Popescu et al., 2022).

회분 함량 측정 결과, MD9의 회분 함량은 Con, MD3, MD6 샘플과 비교하여 유의적으로 높은 수준을 나타냈으며($p < 0.05$), Con, MD3 및 MD6 샘플 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 당분과 식이섬유를 높은 수준으로 보유하고 있는 사과 분말의 첨가량이 증가함에 따라 MD9에서는 높은 회분함량을 나타낸 것으로 생각된다. 이는 회분이 식품 내 무기질 총량을 반영하는 지표라는 점에서, 무기질 함유량이 풍부한 사과분말 첨가 수준이 가장 높았던 샘플에서 높은 회분함량을 나타낸 것이다. 사과는 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 등의 무기질을 함유하고 있으며(Lee et al, 2000), 건조 후 분말화 과정에서 수분이 제거됨에 따라 고형분 및 무기질이 상대적으로 농축된다. 또한 치아씨드는 칼슘과 인, 마그네슘 등의 무기질 함량이 높은 소재로 보고되어 있으며, 분말 형태로 첨가될 경우 제품의 무기질 함량 증가에 직접적인 영향을 미칠 수 있다(Kulczyński et al., 2019). 그러나 본 연구와 상반되게 특정 연구에서는 사과분말을 첨가한 식품에서 회분 함량의 유의적인 차이가 보고되지 않았다고 하였는데(Tanjaya Julio & Jung, 2025), 이러한 차이는 사과분말을 첨가한 식품의 이화학적 형태 및 사과분말 첨가 수준, 사용된 첨가물의 물리적인 특성, 또는 수분 함량 차이에 기인한 것으로 판단된다. 특히 본 연구에서는 발효 크림치즈를 제조하였고, 상대적으로 수분 함량이 높은 유제품 특성상 건조 사과분말 첨가에 따른 고형분 농축 효과가 보다 뚜렷하게 나타난 것으로 사료된다. 또한 분말의 입자 크기 및 처리 공정의 차이 역시 회분 분석 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 따라서 본 연구 결과는 사과분말 첨가가 제품의 무기질 함량을 유의적으로 증가시킬 수 있음을 시사하며, 기존 연구와는 차별화된 결과를 제시한다.

pH

발효 크림치즈의 pH 변화는 Figure 1와 같다. Con의 평균 pH는 4.49로 나타났으며, 치아씨드 및 사과분말 첨가군 중 MD3은 4.36으로 Con에 비해 유의적으로 낮은 pH 값을 나타내었다($p < 0.05$). 발효 후 관찰된 이러한 pH 저하는 일차적으로 첨가제인 사과 분말 자체가 가진 낮은 pH와 더불어 사과분말에 함유된 유기산 성분이 pH 저하에 영향을 미친 것으로 판단된다(Yang & Pyu, 2010; Bae et al., 2004). 사과에는 사과산(malic acid)과 구연산(citric acid) 등 다양한 유기산이 포함되어 있는데, 이러한 성분들이 발효크림치즈의 산도를 높이는 데 기여한 것으로 사료된다. 이는 사과 추출물을 유제품에 첨가했을 때 사과분말이 지닌 유기산으로 인해 pH가 감소했다는 보고와

일치한다(Jang, 2020). 또한, 본 연구에서 고정 함량으로 첨가된 치아씨드 분말은 식이섬유를 풍부하게 함유한 기능성 소재로, 첨가에 따라 발효 크림치즈의 pH 감소에 일부 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 이러한 결과는 치아씨드가 풍부한 식이섬유를 함유하고 있으며, 첨가 시 제품의 품질 특성과 pH에 영향을 미칠 수 있다고 보고한 선행연구와 유사한 경향을 나타낸다. (Oh et al, 2017). 그러나 MD3에 비해 사과 분말 첨가량이 높았던 MD6과 MD9 시료에서는 오히려 pH가 다시 상승하는 경향이 관찰되었으며, 특히 MD9 시료의 경우 CON보다 유의적으로 높은 pH 값을 나타내었다($p<0.05$). 사과 분말은 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 등의 알칼리성 무기질과 단백질을 비교적 풍부하게 함유한 원료로 알려져 있는데(Kumar et al., 2018), 이러한 성분들이 유산균 발효 과정에서 생성된 유기산의 수소 이온(H^+)을 중화하는 완충 작용(buffering capacity)을 유도함으로써 pH 상승을 초래한 것으로 분석된다(Ebert et al., 2021; Mennah-Govela et al., 2019). 즉, MD3 수준에서는 유기산 및 발효균 수 증가에 의한 젖산 생성에 의한 산도 저하 효과가 지배적으로 작용한 반면, MD6 이상의 고농도 조건에서는 사과 분말 유래 성분의 pH 완충능이 유기산 생성 효과를 부분적으로 상쇄한 결과로 판단된다. 이러한 결과는 사과 및 치아씨드 분말의 첨가가 크림치즈의 산도를 조절하고 유산균의 생육에 적합한 pH 범위(4.0~5.8)를 유지하는 데 도움을 줄 수 있음을 시사한다(Mennah-Govela et al., 2019; Sung & Choi, 2014). 결과적으로 본 실험 조건에서는 3%의 사과 분말 첨가(MD3)가 젖산균의 성장을 촉진하고 제품의 적정 산도를 형성하는 데 가장 효과적인 농도임을 확인하였으며, 이는 최종 제품의 품질 및 저장성 확보에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

점도

치아씨드가 기본 첨가된 발효 크림치즈의 사과분말 첨가 수준에 따른 점도 측정 결과는 Figure. 2에 나타내었다. 사과분말 첨가량이 증가함에 따라 점도는 낮아지는 경향을 나타내었고, 특히 대조구(CON)와 고농도 처리구(MD9) 간에서 유의적인 차이가 확인되었다($p<0.05$). 이러한 결과는 사과 분말 첨가가 점도에 급격한 변화를 유도하기보다는, 첨가 농도가 증가함에 따라 점도 감소에 부분적으로 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 이는 0.5%로 고정 첨가된 치아씨드 첨가 상태에서 사과분말의 첨가 비율이 높아짐에 따라, 사과분말이 발효 크림치즈 구조 내에 분산되며 기존 단백질-지방 네트워크를 일부 해체하거나 변화시켜 점도 형성에 영향을 주었기 때문으로

209 **판단된다.** 이러한 경향은 식이섬유가 식품 매트릭스 내에서 단백질 네트워크를 변화시켜 물성에
210 영향을 줄 수 있다는 보고와 유사한 결과이다(Wang et al., 2020). 또한 과일 부산물 분말의 첨가는
211 식품의 수분 분포 및 구조적 특성에 영향을 미쳐 점도 변화를 유도할 수 있는 것으로 알려져
212 있다(Elleuch et al., 2011). 따라서 사과 분말 첨가는 발효 크림치즈의 점도에 큰 변화를 유도하지
213 않으면서도, 고농도 조건에서는 점도 감소에 일부 기여할 수 있는 것으로 나타났다. 이는 사과
214 분말이 물성 안정성을 크게 저해하지 않는 범위 내에서 활용 가능성을 시사한다.

215

216 색도

217 시료의 색도 측정 결과는 Table 2와 같다. 명도(L^*)는 Con에서 유의적으로 높은 값을
218 나타냈으며($p<0.05$), 사과 분말 첨가량이 증가함에 따라 명도 값은 감소하는 경향을 보였다. 특히,
219 MD9는 다른 모든 샘플들에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다 ($p<0.05$). 이러한 명도의
220 감소는 첨가된 원료의 고유 색 특성이 제품 외관에 반영된 결과로 판단된다. 특히 본 연구에서
221 사용한 치아씨드 분말은 명도가 13.22 수준으로 모든 처리구에 0.5% 동일하게 첨가되었으나,
222 사과분말의 첨가 비율이 점차 높아짐에 따라 건조 사과분말 유래 고형분 성분이 전체적인 명도
223 감소에 영향을 준 것으로 사료된다. 이와 유사하게 Lee 등(2020)은 명도가 낮은 식품 소재를
224 유제품에 첨가했을 때 시료의 L^* 값이 감소하였음을 확인하였으며, 이에 따라 유제품에 대한 천연
225 식품 소재의 첨가는 외관을 변화시킬 수 있었으므로, 외관 선호도 측면에서 과도하게 이질감이
226 느껴지는 색이 발현되지 않을 정도를 유지해야 한다고 사료된다. 적색도(a^*)는 샘플 간 유의적인
227 차이를 나타내지 않았다. 이는 첨가된 원료의 색소 특성이 적색 계열 색도 변화에 큰 영향을
228 미치지 않았기 때문으로 판단되며, 사과에 함유된 색소 성분이 주로 황색도 변화에 영향을 미친
229 결과로 사료된다. 황색도(b^*)는 사과 분말 첨가량이 증가함에 따라 전반적으로 증가하는 경향을
230 보였으며, 특히 MD9가 대조구 대비 유의적으로 높은 값을 나타내어 색도 변화가 명확하게
231 확인되었다($p<0.05$). 이는 사과 분말의 황색도(b^* : 12.28)가 크림치즈의 황색도에 직접적인 영향을
232 준 것으로 판단된다. 이렇듯 사과 분말의 첨가로 인하여 황색도가 증가한 것은 발효크림치즈
233 제조 시 첨가한 사과분말이 샘플 내에 물리적으로 균일하게 분산될 수 있다는 것으로도 사료된다.
234 이와 유사한 연구 결과로 치아씨드는 분말화 시 갈색 계열의 색상을 띠어 일반적인
235 발효크림치즈의 황색도를 다소 감소시킬 수 있는 기저 요소로 작용하지만, 사과분말 첨가 수준을

높임으로써 제품의 황색도를 효과적으로 보완하고 상승시켰다고 보고된 바 있다(Valdivia-Lopez & Tecante, 2015). 또한 사과분말을 가공식품에 첨가한 선행 연구에서도 사과분말 첨가량이 증가할수록 황색도가 증가한다고 보고되어 본 연구 결과와 일치하였다(Kim et al., 2023). 따라서 치아씨드가 고정 첨가된 발효크림치즈의 사과분말 첨가 수준 조절은 외관적 색상 선호도를 향상시키는 데 긍정적인 소재로 활용될 수 있음을 시사한다.

전자혀

치아씨드 및 사과 분말의 첨가량에 따른 발효크림치즈의 전자혀 분석을 실시하였으며, 전자혀 감각 센서의 분석 결과를 방사형 그래프로 Figure 3에 나타냈다. 0.5%의 치아씨드 첨가 상태에서 사과분말 농도가 증가함에 따라 발효크림치즈의 맛 특성이 뚜렷하게 변화한 것을 확인할 수 있었고, 산미(AHS_sourness)는 MD3에서 가장 높은 값을 나타낸 후 MD6과 MD9에서 감소하는 경향을 보였다. 특히 MD9는 Con보다 낮은 수준을 나타냈다. 이는 사과분말 첨가수준이 낮은 샘플에서는 사과에 함유된 유기산이 직접적으로 산미를 증가시켰으나, 고농도에서는 당류 증가에 따른 감미-산미 상호작용에 의해 산미 인지가 완화된 결과로 해석된다. 이렇듯 감미 성분은 산미 지각을 억제하는 상호작용을 나타내는 것으로 보고되어 있으며(Keast & Breslin, 2003), 본 연구 결과 또한 이러한 미각 상호작용 효과를 반영하는 것으로 판단된다. 또한 pH 분석에서 사과 분말 첨가량 증가에 따라 pH가 상승한 경향과 일치하여, 산미 감소는 산도 변화와 직접적으로 연관된 결과로 해석된다. 염미(CTS_saltness)는 Con 대비 MD군에서 전반적으로 높은 값을 나타냈으며, 사과 분말 농도 증가에 따라 점진적으로 상승하였다. 전자혀 염미 센서는 이온성 물질 농도 변화에 민감하게 반응하는 특성이 있다고 보고된 바 있으며(Watanabe et al, 2019), 모든 처리구에 고정 첨가된 치아씨드의 무기질 성분 외의 사과분말의 첨가 비율이 증가하면서 포함된 무기질 이온 성분이 다량 유입된 영향으로 판단된다. 감칠맛(NMS_umami)은 MD군에서 Con 대비 감소하는 경향을 보였으며, 사과 분말 농도가 증가할수록 점진적으로 낮아졌다. 이는 사과 분말 첨가로 인해 발효크림치즈를 제조하기 위해 이용한 원유에 포함되어 있는 아미노산 유래 감칠맛 성분이 상대적으로 희석되었기 때문으로 해석된다. 본 연구와 유사한 연구 결과로 과일 분말 첨가 시 발효 크림치즈의 미각 프로파일이 재구성된다는 선행 연구 결과와 유사한 경향을 보인다(Jeong & Park, 2025).

전자혀 주성분 분석(PCA) 결과는 Figure 4에 나타냈으며, Discrimination index는 79로 나타나 시료 간 미각 특성을 높은 수준으로 구분할 수 있음을 확인하였다. 제1주성분(PC1)의 기여율은 98.059%로 나타나 시료 간 미각 특성 차이를 대부분 설명하는 주요 축으로 확인되었다. 반면 제2주성분(PC2)의 기여율은 1.086%로 나타나 전체 변동에 대한 설명력은 매우 낮은 수준이었다. PC1 축을 기준으로 Con과 사과 분말 첨가 처리군(MD3, MD6, MD9)이 명확하게 분리되는 것으로 나타났으며, 사과 분말이 첨가된 처리군은 Con과 구분되는 위치에 분포하였다. 또한 MD3, MD6, MD9 시료는 사과 분말 농도 증가 방향을 따라 순차적으로 배열되는 경향을 보였다. 이러한 결과는 사과 분말 첨가 수준에 따라 발효 크림치즈의 미각 특성이 변화하였음을 시사한다.

전자코

전자코 분석은 발효크림치즈에 대해 치아씨드가 기본 첨가된 발효크림치즈에 대해 사과 분말의 첨가가 향미에 미치는 영향을 분석하기 위하여 실시하였고, 향미 화합물의 peak를 Figure 5에 나타냈다. 모든 샘플에 대한 향미성분 분석을 통하여 도출해낸 유의미한 peak는 10개가 관찰되었다. 전반적으로 다수의 peak에서 공통적으로 creamy, fruity 향미가 검출되었다. 이는 시료들 전반에서 유제품 유래 향기 성분이 주요하게 작용하고 있으며, 사과 분말 첨가가 치아씨드 발효크림치즈에 향미 특성을 부여하는 것으로 사료된다. Peak 6에서는 특징적으로 dairy 향미가 검출되었다. 이는 발효크림치즈의 기본적인 유제품 특성에서 기인한 것으로 판단되며 유제품의 향미 특성은 제품의 품질과 기호도에 직접적인 영향을 미치는 핵심 요소로 작용한다는 점을 근거로 이러한 향미는 발효 크림치즈의 정상적인 향미 특성을 반영하는 것으로 판단된다(Sung & Park, 2022). Peak 4, 7에서는 공통적으로 caramelized 향미가 검출되었다. 이는 사과 분말에 함유된 환원당이 샘플 제조 시 가열됨에 따라 갈변화를 통한 향미라고 판단된다(Kim et al, 2006).

전자코 측정 결과를 PCA plot으로 나타낸 결과를 Figure 6에 나타내었다. 샘플 간의 향미 차이를 나타내는 discrimination index 점수는 96점으로 높게 나타났으며, 샘플들 간 향미 차이가 확연하게 구분된다는 것을 의미한다. PC1의 기여율은 79.897%, PC2의 기여율은 16.408%로 나타났다. 이를 통해 샘플들 간의 향미차이는 Con과 MD3은 확연히 구분되지만, MD6와 MD9는 각 향미의 차이가

비교적 적은 것을 알 수 있었다. 결과적으로, 치아씨드 분말과 사과 분말을 첨가한 발효 크림치즈는 사과 유래의 fruity 계열 향과 유제품 유래의 butter, creamy, caramelized 향미가 복합적으로 나타나는 특징적인 향미 패턴을 형성하는 것으로 확인되었다.

관능평가

관능평가 결과는 Table 4에 나타났다. 외관 평가(appearance)에서 MD3가 MD6와 MD9에 비해 유의적으로 높은 평가를 받았으며 ($p<0.05$), 이는 사과가 지니고 있는 특유의 적색이 분말화가 되면서 연한 갈색과 황갈색으로 변하고, 이를 첨가했을 때 외관에 부정적인 영향을 주는 것으로 사료된다. 본 연구 결과와 유사하게 사과 분말 첨가량이 증가함에 따라 색 밝기가 감소하면서 제품이 더 어둡고 강한 색감을 띠게 된다고 보고된 바 있다(Dimitrellou et al., 2025). 맛(Taste)과 향미(Flavor) 및 이미/이취(Off-flavor)에서는 MD3가 모든 샘플에 비해 유의적으로 높은 평가를 받았는데($p<0.05$), 이는 사과 분말을 소량 첨가했을 때에는 특유의 향미 성분이 풍미를 보강하지만, 많은 첨가량은 부정적인 영향을 준 것으로 판단된다. Liang 등(2025)은 과일 분말을 젤 식품에 첨가한 식품의 관능적 특성 연구에서 높은 농도의 첨가군에서는 과일 분말에 포함된 유기산이 많아지면서 감각 평가에 부정적인 영향을 미쳤다고 보고한 바 있다. 또한, 이 결과는 신미 평가(Acidity)에도 영향을 주었다. Con보다 MD3가 높은 평가를 받았지만, MD6와 MD9는 점점 더 낮은 평가를 나타냈다($p<0.05$). 부드러움(Creaminess)에서는 MD3, MD6, MD9가 Con보다 유의적으로 높은 평가를 받았는데($p<0.05$), 본 연구와 유사하게 사과 분말이 질감에 미치는 영향을 분석한 연구 결과에서 사과 분말에 풍부한 펙틴 및 식이섬유가 풍부해 구조적 안정성, 응집성, 탄성 등을 증가시켜 부드럽고 안정적인 구조 형성에 기여한다고 보고된 바 있다(Popescu et al., 2022). 전체적인 관능 특성을 종합한 기호도 평가(Overall acceptability)에서는 MD3가 다른 샘플들에 비해서 유의적으로 높은 평가를 나타냈지만($p<0.05$), MD6과 MD9는 Con과 MD3에 비해서 유의적으로 낮은 평가를 나타냈다. 따라서 MD3와 Con은 유의적인 차이가 없지만, MD3가 향미, 이미/이취, 산미, 맛, 부드러움 항목에서 Con보다 우수한 평가를 나타냈기 때문에, 관능적 측면에서의 사과 분말 첨가 적정 수준은 3%라고 판단된다.

결론

본 연구에서는 사과분말과 치아씨드를 첨가한 발효 크림치즈를 제조하고, 사과분말 첨가 수준에 따른 품질 특성을 분석하였다. 발효 크림치즈에 대한 사과분말의 첨가는 이화학적 특성, 미각 및 향미 특성, 그리고 관능적 기호도 전반에 걸쳐 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 사과분말 첨가량이 증가함에 따라 점도는 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며, pH의 경우 사과분말 첨가 수준에 따라 유의적으로 증가 및 감소하는 변화를 보였다. 또한, 사과분말과 함께 첨가된 치아씨드 분말은 수분 결합력 및 점성 형성에 기여함으로써 제품의 물리적 안정성을 보완하는 역할을 하는 것으로 분석되었다. 전자코 분석 결과 사과분말 첨가 수준에 따라 Creamy 및 Dairy 향미가 기본적으로 뚜렷하게 나타났으며, 사과 분말 첨가에 따라 Fruity 향미 성분이 높게 나타났다. 전자혀 분석 결과, 사과 분말 첨가량이 증가함에 따라 saltiness는 증가하였고, umami는 원유 성분의 희석 효과로 인해 감소하였다. sourness의 경우 MD3가 가장 높은 값을 나타냈으며, 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다. 이러한 경향은 관능평가에서도 나타났다. 관능평가 결과에서는 MD3가 전반적인 기호도에서 높은 평가를 받았으나, 고농도 첨가 조건(MD9)에서는 일부 품질 특성의 개선에도 불구하고 기호도가 감소하는 경향을 보여, 첨가 수준에 따른 균형이 중요한 것으로 나타났다. 따라서 사과분말과 치아씨드 분말은 발효 크림치즈의 이화학적 및 관능적 특성을 향상시킬 수 있는 소재로 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 특히 3%의 사과분말을 첨가하는 것이 가장 적절한 것으로 나타났다.

Conflicts of Interest

저자들은 본 연구와 관련하여 이해충돌이 없음을 선언합니다.

Acknowledgments

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2026-25473689).

Ethics Approval

본 연구에서 수행된 관능평가는 공주대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받아 수행하였음(Authority No: KNU_IRB 2025-021).

참고문헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of analysis AOAC International. 15th ed. AOAC International, Washington, DC, USA.
2. Bae HY, Baek SH, Nam MS. 2004. Fermentation characteristics of yogurt supplemented with rice according to the type of lactic acid bacteria. *J Anim Sci Technol.* 46:677-686.
3. Boyer J, Liu RH. 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nut J.* 3:5.
4. Capitani MI, Spotorno V, Nolasco SM, Tomás MC. 2012. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia seed. *LWT – Food Sci Technol.* 45:94–102.
5. Companys J, Pla-Pagà L, Calderón-Pérez L, Llauro E, Solà R, Pedret A, Valls RM. 2020. Fermented dairy products, probiotic supplementation, and cardiometabolic diseases: A systematic review and meta-analysis. *Adv Nutr.* 11:834-863.
6. Dimitrellou D, Moschakis T, Kandylis P. 2025. Impact of apple pulp on textural characteristics, microstructure, volatile profile, and sensory acceptance of yogurts. *Foods.* 14:2453.
7. Ebert S, Baune MC, Broucke K, Van Royen G, Terjung N, Gibis M, Weiss J. 2021. Buffering capacity of wet texturized plant proteins in comparison to pork meat. *Meat Sci.* 182:108623.
8. Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food chem.* 124:411-421.
9. Geum JS. 2019. History of cheese industry in Korea. *Food Sci Ind.* 9 272-286.
10. Hamouda ME, Kalita R, Ali AK, Chaudhary P, Don PU, Abdelsater OA, Elderwy Y. 2025. Chia Seed Gel Powder as a Clean-Label Enhancer of Texture, Physicochemical Quality, Antioxidant Activity, and Prebiotic Function in Probiotic Low-Fat Yogurt. *Processes.* 14:1.
11. Yang HJ, Ryu GH. 2010. Preparation and characterization of Jochung, a grain syrup, with apple. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 39:132-137.
12. Jeong YS, Park SY. 2025. Physicochemical and Sensory Properties of Short-Term Fermented Cream Cheese with Added Citrus Junos Peel Powder. *Fermentation.* 11:218.
13. Keast, RSJ, Breslin PAS. 2003. An overview of binary taste–taste interactions. *Food Qual Prefer.* 14:111–124.
14. Kim CH, Whang HJ, Ku JE, Park KW, Yoon KR. 2006. Free sugars content of selected Korean apple cultivars. *Korean J Food Sci Technol.* 38.
15. Kim RH, Kim GY, Kim MK, Kim SJ, Song JY, Choi IJ, 2015. Development of new beauty food using chia seed. *Proc Korean Soc Food Sci Nutr.* 235-235..
16. Kim SG, Kim HY, Kang SM. 2023. Effects of apple powder added to Fried Chicken Breast on quality properties and antioxidants. *Resour Sci Res.* 50:60.
17. Kulczyński B, Kobus-Cisowska J, Taczanowski M, Kmiecik D, Gramza-Michałowska A. 2019. The chemical composition and nutritional value of chia seeds—Current state of knowledge. *Nutrients.* 11:1242.
18. Kumar P, Sethi S, Sharma RR, Singh S, Saha S, Sharma VK, Verma MK, Sharma SK. 2018. Nutritional characterization of apple as a function of genotype. *J. Food Sci. Technol.* 55:2729–2738.

19. Lee HJ, Park ER, Kim KS. 2000. Volatile flavor compounds of apple varieties. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 29:597-605.
20. Lee JA, Kim HY, Park CY, Seo ID, Lee KW, Seol KH. 2020. Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt with the addition of blueberry powder. *Resour Sci Res.* 2:76-85.
21. Liang YX, Xu JB, Zhou L, Li X, Zhang L, Meng FB. 2025. Effects of different fruit freeze-dried powders on the 3D printing properties of peach gum-based gummy candy gels. *Food Chem.* 27:102464.
22. O HB, Choi BB, Kim YS. 2017. Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Sulgidduk (Rice Cake) Added with Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed Powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 46:61-67.
23. Ma B, Yuan Y, Gao M, Li C, Ogutu C, Li M, Ma F. 2018. Determination of predominant organic acid components in *Malus* species: correlation with apple domestication. *Metabolites.* 8:74.
24. Mennah-Govela Y, Singh P, Bornhorst. 2019. Buffering capacity of protein-based model food systems in the context of gastric digestion. *Food Funct.* 10:6074–6087.
25. Park WH, Park SB, Cha SH, Han IB, Park SR, Hyun TK, Jang GI. 2021. Vitamin C and quality and preference of Chilean fruits. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 50:992-1000.
26. Popescu L, Ceşco T, Gurev A, Ghendov-Mosanu A, Sturza R, Tarna R. 2022. Impact of apple pomace powder on the bioactivity, and the sensory and textural characteristics of yogurt. *Foods.* 11:3565.
27. Seong JH, Park SH. 2022. Research trends on flavor characteristics of dairy products. *J Anim Prod Food Sci.* 11:57-63.
28. Seong JM. 2015. Characteristics and research trends of functional imported grains. *Food Sci Ind.* 48:35-41.
29. Singh V, Mahra K, Klingaite J, Shin J. 2025. Seeds for gut health: Prebiotic potential of seed mucilages from Chia, Fenugreek, Basil, Mustard, and Flaxseed and their impact on adult and toddler's gut microbiome. *Future Foods.* 11:100628.
30. Tanjaya J, Jung BM. 2025. Manufacturing and quality characteristics of rice muffins mixed with apple and vegetable powder. *Korean J Community Living Sci.* 36:85-97.
31. Thakur BR, Singh RK, Handa AK. 1997. Chemistry and uses of pectin — A review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 37:47–73.
32. Valdivia Lopez MA, Tecante A. 2015. Chia *Salvia hispanica* review of Mexican native seed and its nutritional and functional properties. *Adv Food Nutr Res.* 53-75.
33. Watanabe T, Kobayashi Y, Habara M, Toko K, Ikezaki H. 2019. Development of a sensor with a lipid/polymer membrane comprising Na⁺ ionophores to evaluate the saltiness enhancement effect. *Sensors.* 19:5251.
34. Wang X, Kristo E, LaPointe G. 2019. The effect of apple pomace addition on yogurt properties. *LWT - Food Sci Technol.* 124:109231.
35. Wang X, Kristo E, LaPointe G. 2020. Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocoll.* 100:105453.
36. Zhang WY, Sun Y, Lu HB, Lu YY, Du GJ, Song CL, Wang M. 2025. Influence of Coriander Seed Powder on Texture, Rheological Properties, and Sensory Quality of Spoonable Yoghurt. *Foods.* 14:4315.

Table 1. Proximate composition of fermented cream cheese with chia seeds and apple added as natural additives.

Traits	Con	<i>Malus domestica</i>		
		MD3	MD6	MD9
Moisture (%)	62.45±1.18 ^b	67.48±2.26 ^a	65.13±2.79 ^{ab}	66.17±1.06 ^{ab}
Fat (%)	17.18±1.99 ^a	12.42±1.67 ^b	11.39±1.98 ^b	8.03±1.18 ^c
Ash (%)	0.86±0.30 ^b	0.95±0.44 ^b	0.73±.42 ^b	1.75±0.07 ^a

All values are means± SD.

^{a-c} means on the same bar with different letters are significantly different ($p<0.05$). Con: natural fermented cream cheese: MD3: fermented cream cheese with 3% *Malus domestica*: MD6: fermented cream cheese with 6% *Malus domestica*: MD9: fermented cream cheese with 9% *Malus domestica*. Chia seed was added at a constant level of 0.5% across all treatments.

Table 2. Color values of fermented cream cheese supplemented with chia seeds and apple powder as natural additives.

Traits	Con	<i>Malus domestica</i>		
		MD3	MD6	MD9
Lightness (L*)	74.32±1.17 ^a	69.21±0.87 ^b	68.49±1.11 ^b	66.91±0.06 ^c
Redness (a*)	3.34±1.61 ^{ns}	4.72±1.28 ^{ns}	3.76±0.84 ^{ns}	4.03±0.26 ^{ns}
Yellowness (b*)	7.55±0.84 ^c	8.10±0.37 ^c	9.39±0.26 ^b	11.25±0.16 ^a

All values are means± SD.

^{a-c} means in the table with different letters indicate significant differences (p<0.05). Con: natural fermented cream cheese; MD3: fermented cream cheese with 3% *Malus domestica*; MD6: fermented cream cheese with 6% *Malus domestica*; MD9: fermented cream cheese with 9% *Malus domestica*. Chia seed was added at a constant level of 0.5% across all treatments.

Accepted

Table 3. Sensory evaluation of fermented cream cheese supplemented with chia seeds and apple powder as the natural additives.

Traits	Con	<i>Malus domestica</i>		
		MD3	MD6	MD9
Appearance	9.71±0.49 ^a	9.57±0.53 ^a	9.00±0.58 ^{ab}	7.57±0.53 ^b
Granularity	9.14±0.69	9.14±0.69	8.71±0.76	8.29±0.95
Flavor	9.43±0.79 ^{ab}	8.86±0.69 ^a	8.14±0.69 ^{ab}	7.29±0.76 ^b
Off-flavor	9.43±0.98 ^{ab}	8.71±0.76 ^a	8.14±1.07 ^{ab}	7.43±0.53 ^b
Acidity	9.00±0.82 ^{ab}	7.86±1.21 ^a	8.14±0.69 ^{bc}	8.00±1.00 ^c
Taste	9.14±0.69 ^{ab}	8.43±1.13 ^a	8.14±0.69 ^{ab}	7.43±0.53 ^b
Creaminess	8.86±0.69 ^b	9.29±0.76 ^a	8.57±0.98 ^a	8.57±1.27 ^a
Overall acceptability	9.29±0.76 ^a	8.71±0.76 ^a	8.14±0.69 ^{ab}	7.29±0.49 ^b

All values are means± SD.

^{a-c} means on the same row different letters are significantly different (p<0.05). Con: natural fermented cream cheese; MD3: fermented cream cheese with 3% *Malus domestica*; MD6: fermented cream cheese with 6% *Malus domestica*; MD9: fermented cream cheese with 9% *Malus domestica*. Chia seed was added at a constant level of 0.5% across all treatments.

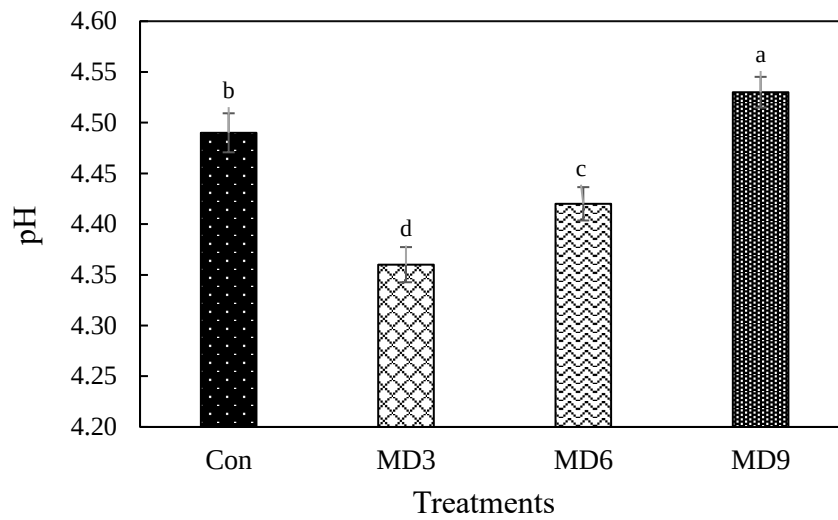


Figure 1. pH of fermented cream cheese supplemented with chia seeds and apple powder as natural additives. ^{a-d} means on the same bar with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Con: natural fermented cream cheese; MD3: fermented cream cheese with 3% *Malus domestica*; MD6: fermented cream cheese with 6% *Malus domestica*; MD9: fermented cream cheese with 9% *Malus domestica*. Chia seed was added at a constant level of 0.5% across all treatments.

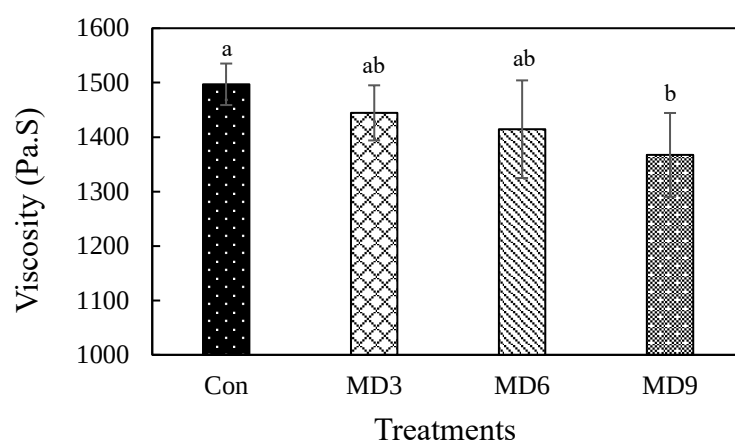


Figure 2. Viscosity of fermented cream cheese supplemented with chia seeds and apple powder as natural additives. ^{a-b} means on the same bar with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Con: natural fermented cream cheese; MD3: fermented cream cheese with 3% *Malus domestica*; MD6: fermented cream cheese with 6% *Malus domestica*; MD9: fermented cream cheese with 9% *Malus domestica*. Chia seed was added at a constant level of 0.5% across all treatments.

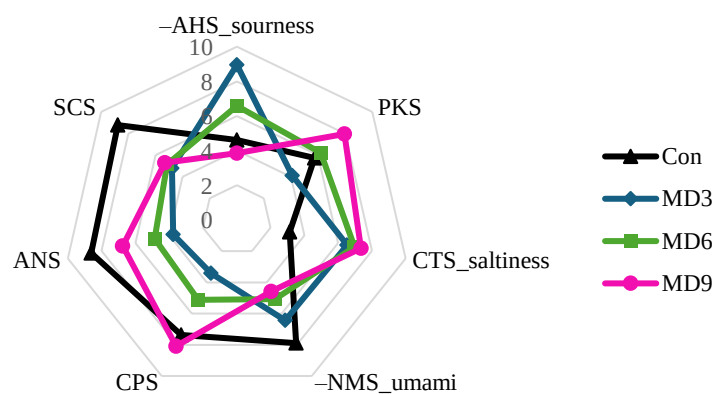


Figure 3. Radial graph for taste attributes of fermented cream cheese with varying apple powder concentrations while maintaining a constant level of chia seed powder addition. 7-sensor array (Ref 803-0175; Astree electronic tongue) was used, and the results were expressed as AHS (sourness), PKS, CTS (saltiness), NMS (umami), CPS, ANS, and SCS. Con: natural fermented cream cheese: MD3: fermented cream cheese with 3% *Malus domestica*: MD6: fermented cream cheese with 6% *Malus domestica*: MD9: fermented cream cheese with 9% *Malus domestica*. Chia seed was added at a constant level of 0.5% across all treatments.

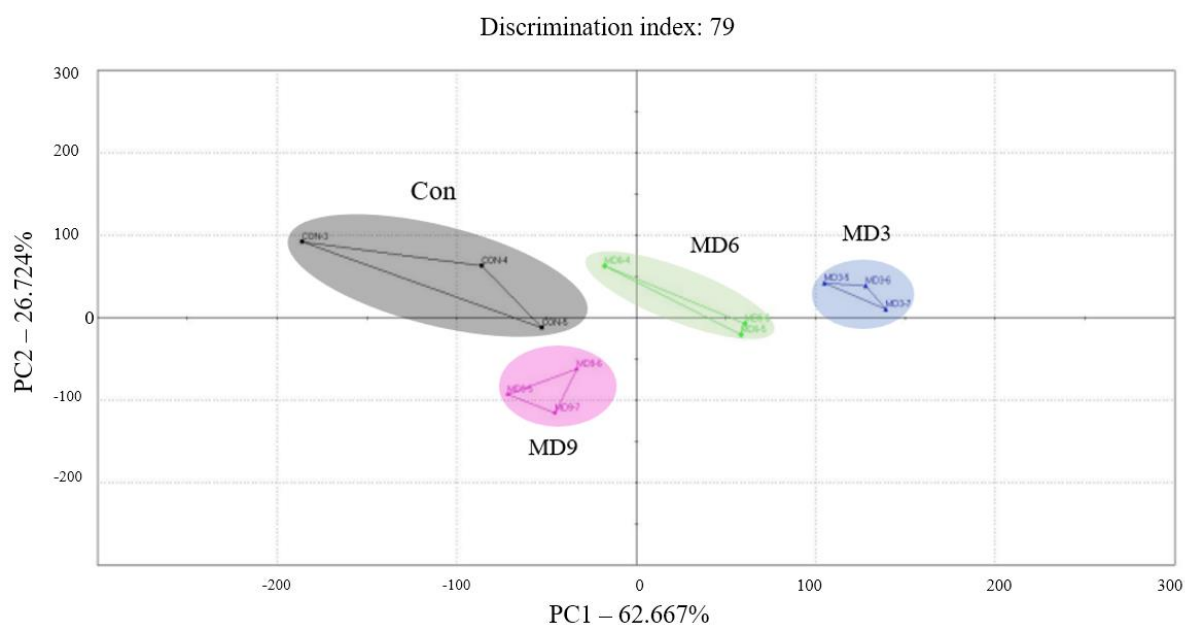


Figure 4. Principal component analysis (PCA) plot for E-tongue taste attributes of fermented cream cheese with varying apple powder concentrations while maintaining a constant level of chia seed powder addition. Con: natural fermented cream cheese: MD3: fermented cream cheese with 3% *Malus domestica*: MD6: fermented cream cheese with 6% *Malus domestica*: MD9: fermented cream cheese with 9% *Malus domestica*. Chia seed was added at a constant level of 0.5% across all treatments.

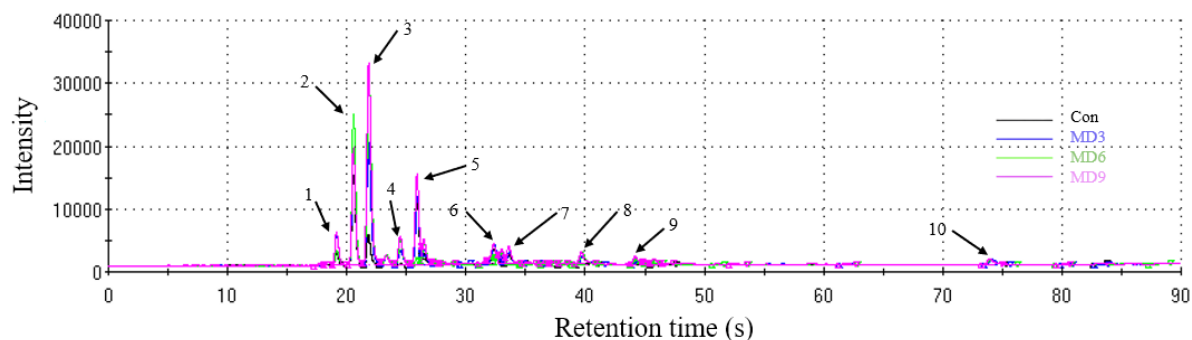


Figure 5. Aroma profile gas chromatogram of fermented cream cheese with varying concentrations of chia seed and apple powder. Peaks were identified in order of elution as follows: 1: Methanethiol; 2: propan-2-one; 3: 1-Propanol; 4: butane-2,3-dione; 5: butan-2-one; 6: 2,3-Pentanedione; 7: Propyl acetate; 8: Propyl propanoate; 9: (Z)-4-heptenal; 10: ethyl decanoate. Con: natural fermented cream cheese; MD3: fermented cream cheese with 3% *Malus domestica*; MD6: fermented cream cheese with 6% *Malus domestica*; MD9: fermented cream cheese with 9% *Malus domestica*. Chia seed was added at a constant level of 0.5% across all treatments.

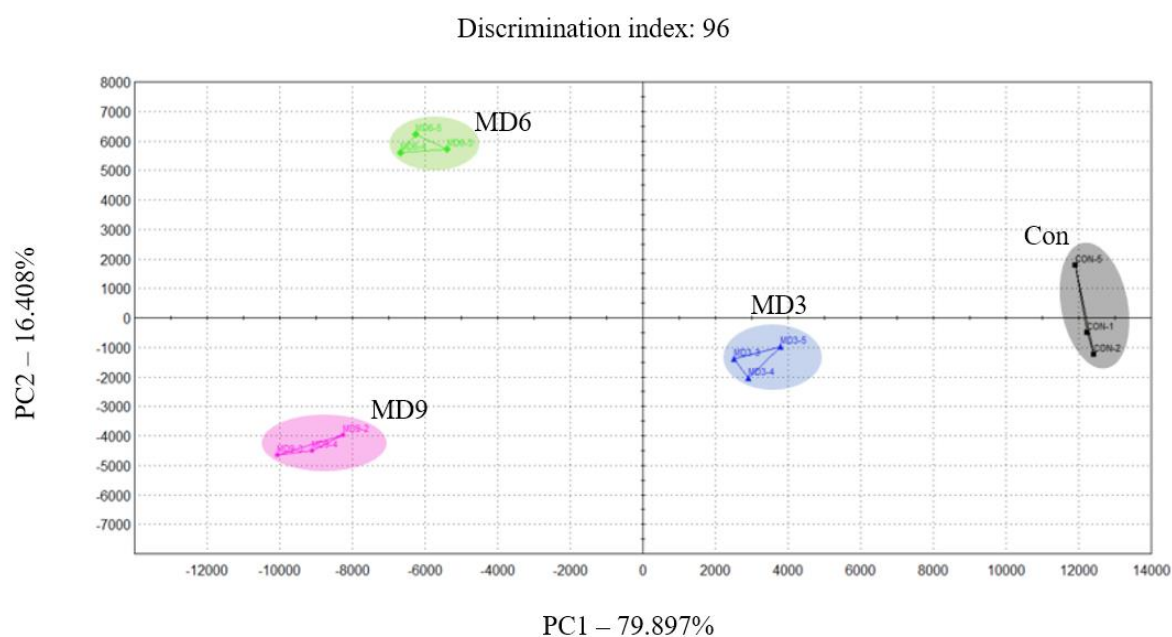


Figure 6. Principal component analysis (PCA) of the electronic nose (E-nose) aroma profile of fermented cream cheese as affected by different levels of apple powder addition. Con: natural fermented cream cheese; MD3: fermented cream cheese with 3% *Malus domestica*; MD6: fermented cream cheese with 6% *Malus domestica*; MD9: fermented cream cheese with 9% *Malus domestica*. Chia seed was added at a constant level of 0.5% across all treatments.