REVIEW ARTICLE
Anim Ind Technol 2021;8(1):1-14
https://doi.org/10.5187/ait.2021.8.1.1

축산기술과 산업
Animal Industry and Technology
pISSN 2383-5761 eISSN 2383-6385

특수치즈와 장인(匠人)치즈 분야 신바이오틱 치즈의 산업화

최희영[1] · 정후길[2] · 박종현[2] · 배인휴[3*]

[1]임실치즈 & 식품연구소, [2]가천대학교 식품공학과, [3]에코드림치즈연구소

Ongoing industrialization of synbiotic specialty and Artisan cheeses

Hee-Young Choi[1], Hoo-Kil Jung[2], Jong-Hyun Park[2] and Inhyu Bae[3*]

[1]*Imsil Cheese & Food Research Institute, Imsil 55918, Korea*
[2]*Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University, Seongnam 21936, Korea*
[3]*Research Centre for Eco-Dream Cheese, Suncheon 57940, Korea*

Received: May 12, 2021
Accepted: May 20, 2021

***Corresponding author**
Inhyu Bae
Research Centre for Eco-Dream Cheese, Suncheon 57940, Korea
Tel: +82-10-2254-5493
E-mail: cheskor@naver.com

Copyright © 2021 Korean Society of Animal Science and Technology. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID
Hee-Young Choi
https://orcid.org/0000-0003-3095-3446
Hoo-Kil Jung
https://orcid.org/0000-0002-1510-0368
Jong-Hyun Park
https://orcid.org/0000-0002-7536-631X
Inhyu Bae
https://orcid.org/0000-0002-4218-4827

Abstract

Synbiotics are a mixture of probiotics and prebiotics, meaning that the efficacy of each component is established for synbiotic agents. Probiotics microbial and prebiotics ingredients for the development of probiotics and prebiotics foods or neobiotic foods, including probiotics and prebiotics, can provide consumers with their own nutritional value instead of fresh cheese. The main food used as a means was cheese. Cheeses generally have a higher pH than fermented milk products, providing a more stable environment so probiotic bacteria can survive for a long time. Successful cheese development with probiotic will provide the cheese industry with a competitive advantage over existing products and contribute to the expansion of dairy products with better nutritional and physiological properties.

Keywords: Synbiotics, Probiotics, Prebiotics, Specialty and artisan cheeses

서 론

현대 치즈의 발전 경향은 치즈의 기능성 제고에 초점이 주어지고 있다. 그동안의 유성분 분석 기술은 첨예하게 발전되어 치즈가 갖는 각종 기능성분, 특히 기능성 생리 활성 펩타이드 분석과 해석에서 괄목할 만한 성과를 내고 있다. 이른바 치즈가 식품 영역에서 생리활성 소재로 영역을 넓혀가고 있다는 증거이다. 치즈 내 기능성 펩타이드들은 대부분 미생물, 특히 유산균의 분해산물이다. 일부 제약회사들이 치즈의 기능성 생리활성 peptides를 분리해 낸 뒤 이를 약제화하고 있다. 이제 치즈는 유익균 프로바이오틱스와 그들의 fertilizer인 프리바이오틱스의 활발한 상보 작용에 의해 새로운 건강 · 의약품 소재로 변신하는 새로운 영역 진입 과정에 들어선 것이다. 축산식품에서의 신바이오틱스(synbiotics) 개념은 일찍이 미생물학 분야에서 미생물 간의 상보, 상생관계를 의미하는 공생(共生)이라는 말로부터 출발한다. 이제는 식품 내에서 존재하는 각종 미생물들과

Competing interests
No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Funding sources
Not applicable.

Acknowledgements
Not applicable.

Availability of data and material
Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authors' contributions
Conceptualization: Bae I, Jung HK.
Software: Choi HY.
Validation: Jung HK, Park JH.
Investigation: Choi HY, Jung HK, Bae I.
Writing - original draft: Choi HY, Jung HK.
Writing - review & editing: Choi HY, Jung HK, Park JH, Bae I.

Ethics approval and consent to participate
This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

각종 성분 간의 교호, 상보 작용의 부수효과를 나타내는 말로 사용되고 있다. 식품 내 synbiotics 작용은 미생물 간의 개념보다 훨씬 복잡하고 활발하다. 미생물 간의 상호 작용, 그러한 미생물과 식품성분, 특히 미생물 증식과 생존에 이롭게 작용하는 인자로서의 생균제가 복잡하게 겹쳐 있기 때문이다. 치즈는 고대로부터 자연의 힘에 의해 제조되고 숙성되어 완성되는 신비한 식품이다. 애초에는 쉽게 산패되는 원유의 보존성 연장 수단으로 출발했으나, 인류는 차츰 치즈의 신비성을 풀어가면서 식품 이상의 가치를 인식하게 되었다. 여기서 우리는 최근에 밝혀진 치즈의 생리활성물질 연구와 더불어 진행되는 치즈의 synbiotics 개념을 추구하는 치즈의 산업화를 위한 작업을 살펴보고자 한다.

치즈에서의 신바이오틱스(synbiotics)

신바이오틱스(synbiotics)란 생균제(probiotics)와 그 증식 촉진 영양제(fertilizer)로 작용하는 프리바이오틱스(prebiotics)의 혼합 작용을 의미하며, 이들 각 성분 간 조화를 통해 장내 효능이 보다 효과적으로 활성화되기 위한 신바이오틱 제제의 체제 확립을 의미한다[1]. 이는 생균제와 프리바이오틱스를 동시에 함유시켜, 신선한 치즈 대신 숙성치즈가 치즈 고유의 영양 가치뿐만 아니라, 유용미생물에 의한 치유 혜택을 소비자에게 제공할 수 있다[2]. 생균제와 프리바이오틱스 식품 또는 신바이오틱 식품의 개발을 위해 생균제 미생물 및 프리바이오틱스 성분을 동시에 함유하는 식품 소재로 주목받은 것은 단연 숙성 치즈였다[3,4].

신바이오틱스 식품 매트릭스와 운반체로서의 치즈

치즈는 일반적으로 발효유 제품보다 높은 pH를 가지므로 보다 안정적인 환경을 제공하여 생균제 미생물이 장기간 생존할 수 있게 한다. 또한, 치즈의 매트릭스 및 고지방 함유는 위 장관을 통과하는 동안 생균제를 효과적으로 보호해준다. 따라서 많은 연구에서 연질 치즈와 같은 기능성 유제품을 생산하기 위해 다른 생균제 또는 프리바이오틱스를 혼합했다[5,6]. 생균제 치즈를 생산하기 위한 스타터 보조제로서 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 사용이 최근에 빈번하게 이루어졌다. 그럼에도 불구하고, 모든 균주가 유제품의 숙성 및 저장 중 동일한 안정성을 나타내는 것은 아니기 때문에, 균주를 상업적으로 사용하기 전에 개별적으로 대상 균주들의 안정성, 균일성은 반드시 평가되어야 할 것이다.

건강유익성과 기능성

생균제가 첨가된 치즈의 개발은 생체 내 투여 전, 임상설계 및 생균제 함유 시 제품 내 생존성 유지 여부를 검증하는 것을 포함한다. 복합 균주로 임상 테스트를 할 경우, 복합 균주 생성물이 효과적인지의 여부를 결정하기 위해 단일 균주의 특성 및 균주 사이의 길항 및 공생 효과에 대한 사전 시험을 철저히 이해해야 한다[7]. 생균제, 특히 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)과 락토바실리 속(*Lactobacilli* spp.)은 위장 치료에 중요한 역할을 하지만, 건강에 도움이 되는 많은 추가적인 유익성을 제공한다. 생균제의 치료적 이점은 위장 장애, 고 콜레스테롤 혈증, 발암성 효소 억제, 면역 조절 및 식품 관련 알레르기 치료, 유당불내증, 간 질환 환자의 암모니아 감소 및 유리 혈청 페놀을 포함한 증상의 치료, 장내 병원균에 대한 면역 능력 및 길항 작용 증가, 장내 마이크로바이옴(microbiome)의 균형 개선 및 병원체에 대한 점막 방어 개선 효과들이 있다. 추가적으로 건강상 유익성으로는 면역반응 강화, 비타민 합성, 항암작용, 항균작용, 충치 및 구강 칸디다(Candida)증 치료 등이 있다[8-11].

https://doi.org/10.5187/ait.2021.8.1.1

1일 권장량

생존을 달성하기 위해 음식에서 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)에 대한 최소 권장 수준에 대한 권장사항은 매우 다양하다. 일반적으로는 10^{5-7} CFU/g의 수준이 제안되어 있다. 또한 식품 산업에서 생균제(probiotics) 소비 시 권장 수준은 10^{6} CFU/g으로 적용하고 있다. 이러한 권장량 표준은 사람들에게 특효가 현저한 건강상의 영향을 제공한다는 것보다 소비자에게 발달된 과학기술의 혜택을 누리게 하고, 가성비가 높은 혜택의 인체 유익균의 섭취 권장량을 제공하기 위해 채택된 것이라고 봐야 한다[12].

생균제(probiotics)

현재 생균제 치즈에 대한 정의는 아직 법적으로 제정되어 있지 않다. 그런데 생균제는 적절한 양으로 투여될 때 숙주에 건강상 이점을 주는 살아 있는 미생물로 정의된다. 그리고 생균제의 완벽한 정의는 다음과 같다: '숙주의 구획에서 구현 또는 군집화에 의해 미생물이 유익한 건강 효과를 발휘함으로써 미생물군을 변화시키는 충분한 수의 생존 가능한 한정 미생물을 함유하는 제품'이다.

상업적 생균제 치즈의 실용성

생균제 치즈 제조의 전제 조건은 비교적 긴 치즈 숙성 기간을 거쳐도 사용된 생균제 미생물이 생존하는 것이다[13]. 따라서 치즈 내 생균제 미생물의 생존 지속성을 곤란하게 하는 복잡한 환경을 극복할 수 있어야 한다. 좋은 가능성이 있는 다른 유산균 스타터(lactic culture)와의 공생 능력 및 산소내성이 같은 생균제를 사용하면 과학, 기술적 유익점들이 많다. 서로 상이한 유형의 치즈에서 혼입된 생균제의 생존 가능성에 대해 잘 정리된 종설(review)들이 있다[13,14]. 생균제가 위장의 위해 환경에 노출된 뒤의 생존성도 중요하다. Karimi 등[15]은 시뮬레이션된 위장조건에서 약 2 > 3 Log 사이클의 생존력 손상실험 결과, 치즈 매트릭스가 생균제의 생존성에 비교적 양호한 보호효과를 나타냈다고 하였다. Sharp 등과 Vinderola 등[16,17]은 치즈 제조과정의 독특한 환경들이 치즈 중 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 생존력을 잠재적으로 향상시킬 수 있다고 보고했다. 왜냐하면 치즈 제조 중 나타나는 렌넷 활성 및 스타터 균의 카제인 분해 작용으로 생성된 파라-κ-카제인 및 기타 카제인 가수 분해물은 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 성장촉진 인자로 밝혀졌으며, 유산균의 발효를 거친 유제품에서 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.) 증식 상 유해 조건들을 완화시킬 수 있기 때문이다. 유제품에 사용되는 생균제미생물은 미 호기성 또는 혐기성 대사를 나타낸다. 따라서 생균제의 생육환경에서 산소의 존재는 생존에 위협요소가 될 뿐이다. 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.) 균주의 산소 민감도는 이들 치즈 내 렌넷이나 스타터의 가수분해 효소가 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)에 독성인 과산화수소 및 기타 활성화된 산소 화합물을 분해할 수 있다는 점에서 NADH-oxidase 및 NADH-peroxidase 활성과 반비례한다. 또한, 인체 위장의 낮은 pH 환경 및 담즙 염에 대한 높은 저항성을 갖는 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.) 균주의 선택은 이들 균주의 생존 · 증식에 불리한 인체 소화과정에서 이들 미생물의 생존력을 확보한다는 점에서 중요한 조건이기도 하다. 그러므로 치즈 매트릭스에서 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 생존성 보장을 위해 신중한 균주 선택이 필수적이다. 이들의 보고에 따르면 다양한 종류의 치즈 매트릭스에서 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 생존력을 평가할 때 *Bif. bifidum*과 *Bif. longum*은 치즈 제조와 저장의 조건에서 좋은 생존력을 나타냈다. 그러나 *Bif. infantis*와 *Bif. adolescentis*는 생존성

이 좋지 않아서 유제품에 첨가하기에는 마땅하지 않은 것으로 나타났다.

치즈 내 생균제의 정량

유산균(LAB)의 존재 하에 배양된 유제품에서 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)을 정확하게 분획(monitoring)하는 작업은 그 균의 건강의 기여가치를 평가하고, 유제품이 과연 인체 치유효과를 제공할 수 있을 것인지를 결정하는 데 중요한 핵심요소이다. 오늘날, 치즈에서 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)을 분획하기 위한 표준 방법의 미확보는 품질 관리 및 공식적인 방법에 의한 생균제 유용성 확립 및 모니터링에서 피할 수 없는 난제가 되고 있다. 결과적으로, 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)을 단독으로 분획하고, 다른 스타터 유산균(LAB)과 함께 분획해 내는 빠르고 신뢰할 수 있는 기술의 도입은 유제품 산업에 필수요소가 되면서 급선무가 되었다. 유산균(LAB) 및 생균제 연구를 위한 분자 생물학적인 방법은 치즈 종류별 및 치즈 스타터 미생물들의 유전적 다양성을 확인하고 연구하는 데 매우 효율적인 방법으로 적용되었다[18]. 형광 물질을 사용하는 PCR 기술 또한 식품으로부터 세균을 분리하지 않고 종의 식별 및 분획을 위해 사용될 수 있다. PCR 기반 분자생물학적 기술의 진보는 세균 종의 동정과 확인을 위하여 보다 신속하고, 신뢰도가 한층 높은 정확한 방법을 제공하게 됨으로써, 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.) 및 다른 생균제를 함유하는 유제품 개발에 중요하게 사용될 수 있다[19]. 이들 및 다른 분자 생물학적인 기술의 적용은 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)을 정확히 분획하는 능력을 향상시킬 뿐만 아니라, 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 생존성 및 유제품 발효 공정에 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 성공적인 사용에 대한 제반 작업 조건 및 유산균(LAB)과의 상호작용의 효과에 대한 이해도를 높일 수 있게 하였다.

프리바이오틱스(prebiotics)

프리바이오틱스는 위장과 소장에서 가수 분해되지 않거나 흡수되지 않는 섬유소 성분을 정의하는 데 사용되는 용어이며[20,21], 장내 세균 증식 또는 활동을 선택적으로 자극하여 생균제의 성장을 촉진하는 물질이다[22]. 나아가 결과적으로는 장내 유익균들의 증식 촉진을 통해 숙주에게 유익작용을 하는 물질을 포함한 용어이다[23]. 이러한 물질들의 구성은 본질적으로 이당류 및 올리고당(oligosaccharide)에서 큰 다당류에 이르는 다양한 크기의 탄수화물로 이루어져 있다. 유익균 증식 촉진효과가 두드러진 소재성분들에는 이눌린, 프룩토올리고당(Fructooligosaccharide, FOS), 갈락토올리고당(Galactooligosaccharide, GOS), 락툴로스 및 라피노스와 같은 올리고당을 포함한다. 그 동안 주요 프리바이오틱스 성분들로는 isomalto-oligosaccharide, soya-bean oligosaccharide, lactosucrose 및 xylo-oligosaccharide을 포함하여 많은 새로운 프리바이오틱스 물질들이 상업용으로 출시되어 있다[24]. Tagatose, pectin, dextrin 및 larch arabinogalactan과 같은 많은 것들이 현재 유익한 프리바이오틱스 제제로 평가되고 있다[25].

산업적인 적용

현재 연구대상이 되고 있고 상업용 제품에 주로 사용되는 프리바이오틱스는 이눌린, FOS 및 폴리덱스트로오스이다. 프리바이오틱스는 음식을 통해 섭취될 수 있다. Closa-Monasterolo 등[26]이 벨기에 식이섬유기업 Beneo-Orafti의 Inulin이 강화된 Oligofructose 제제인 Orafti®Synergy1을 첨가한 유아식 실험에서 그 안전성과 프리바이오틱스 효과가 인정됨을 보고한 이후, 유아용 조제분유 제조업체들이 유아의 장 건강을 향상시키기 위한 소재로 사용하는 것이 보급되었다. 5세

https://doi.org/10.5187/ait.2021.8.1.1

미만의 어린이는 특히 어린이집에 나가기 시작할 때부터 위장염에 가장 취약한 그룹 중 하나이다. 프리바이오틱스는 일부 형태의 섬유를 함유한 제품과 밀접한 관련이 있기 때문에 제품 사용량이 광범위하다. 그러나, 이들 제품의 효과는 생균제보다 덜 인정받고 있고, 생균제가 더 인정받는 시장의 틈새 분야에 미약하게 형성된 한정적인 시장이다. 이는 주로 프리바이오틱스가 광고 및 소비자 인식에 의해 잘 입증되지 않았기 때문인 것으로 추정된다. 생균제와 마찬가지로, 프리바이오틱스에 대한 세계 시장은 건전한 수요 성장을 보이고 있으며, 이런 주장을 뒷받침하는 과학적 증거가 있어 미래의 성장을 더욱 견인할 것이다. 또한 프리바이오틱스 가격은 보충형 캡슐로 최대 700 유로(€)/kg 정도의 가격으로 일부 프리바이오틱스와 함께 구입할 수 있다. EU, 미국 및 아시아에서 정의된 대로 기능성 식품에 프리바이오틱스 성분을 첨가한 제품 시장은 연간 총 25,000톤 규모로 매년 6.0% 이상 증가할 것으로 전망된다. 그러나 유럽 시장은 완제품 판매 가치 측면에서 8억 8천만 €로 비교적 규모가 작지만 잠재력은 높을 것으로 기대된다. 더 많은 새로운 제품을 개발하고, 성공적으로 제품을 출시한다면 우리의 예측보다 더 빠른 속도로 성장할 수 있을 것이다[22].

신바이오틱 치즈제조 공정과 신기술

생균제 스타터의 접종

치즈생산 공정에서 생균제를 접종할 수 있는 두 가지 옵션이 있는데, 이것은 생균제 미생물의 생존율에 직접 영향을 줄 수 있다. 생균제는 원유의 발효 전에 스타터 배양과 함께 또는 그 후에 첨가될 수 있다. 첫 번째 옵션을 따르는 것은 유청 배제 중에 손실되는 생균제 세포의 양을 알기 위해 예비 테스트하는 것을 의미한다. 첨가되는 이상적인 생균제 접종 속도는 공정에 따라 확인해야 한다. 두 번째 옵션을 선택하는 경우, 스타터 및 생균제의 대사 활동이 온도에서 크게 감소하기 때문에 우선적으로 8.0℃ 미만으로 즉시 냉각을 해야 한다. Bergamini 등[27]은 반 경질 치즈에서 생균제 세균의 첨가와 생존을 위한 두 가지 방법의 효과, 즉 동결 건조된 유즙분말 및 유즙, 유지방을 함유한 기질의 생존효과를 검사하였다. 두 번째 시도는 숙성하는 동안 생균제의 생존을 개선시키지는 않았지만, 초기 접종원에서 생균제 집단의 양을 1.0 Log 주기만큼 증가시킨 것으로 보고하였다.

치즈 중 생균제의 증식성과 안정성 확보

치즈 숙성에서 생균제의 안정성에 영향을 미치는 요소는 제제 요소(생균제 및 미생물 상호작용이 미치는 긴장 정도, pH 및 적정산도(titratable acidity, TA), 과산화수소, 분자산소, 성장촉진제 및 식품첨가물, 염류, 미세 캡슐화 및 숙성인자)를 포함하여 3가지 영역으로 분류될 수 있으며, 공정 요소(배양온도, 열처리, 접종 유형 및 보관 온도), 포장 재료 및 시스템 등이 있다[14]. 치즈 숙성 중 생균제의 안정성에 영향을 미치는 요소는 다양한 제반 기술이 생균제의 가혹조건에 대한 생존력을 향상시키기 위해 채용되었는데, 산소내성, 내산성균 선택을 포함하여 생균제 치즈의 생산에도 적용될 수 있으며, 담즙내성 균주와 생균제의 성장을 증진시키기 위해 아미노산, 펩타이드 및 기타 미량 영양소 첨가와 같은 것들이 제시되고 있다[28]. 치즈에서의 온도, pH 또는 담즙염과 같은 스트레스에 대한 생균제의 내성을 향상시킬 수 있는 한 가지 방법은 생균제를 주어진 스트레스에 치명적인 수준 이하에 노출시키는 것이다. 이러한 스트레스 내성 반응은 스트레스가 많은 조건에서 생균제의 생존을 향상시키고, 기술적 특성을 향상시키는 데 사용될 수 있다[29,30]. 초기의 변화 없는 생균제 세포 수를 갖도록 저온, 낮은 pH 또는 내산성을

좋게 해서 냉장 보관한 유제품을 섭취시키면 생균제의 세포 수를 증가시킬 수 있다[31]. 이런 방식은 신선치즈의 생산 및 보관에도 유용하게 적용할 수 있다. 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)을 치즈에 효과적으로 도입하기 위해서는 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)이 제품의 관능성에 악영향을 주지 않으면서 공정 전반에 걸친 한결같은 생존력을 유지해야 한다. 이 목표를 달성하기 위해 Boylston 등[28]은 다음과 같은 몇 가지 기술을 제안한 바 있다.

- 낮은 pH, 담즙염 및 산소에 대한 저항성이 높은 비피도박테리움 균주의 선택
- 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 생존력을 향상시키기 위해 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 혼합 배양액에 사용할 스타터 배양액의 선택적인 균주 선발
- 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 배양물 캡슐화
- 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 성장에 적합한 환경을 조성하기 위한 치즈 생산 공정의 수정과 개선 등이었다.

생균제 증식성에 대한 제품공정 매개변수와 그 유의점

현재 식품 생균제의 안정성을 보장하는 기술에 대한 산업적 수요는 여전히 증대하고 있다. 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 혼입을 위한 치즈 유형의 선택과 치즈 제조 조건이 생균제의 생존력에 미치는 영향 분석이 중요하다. 경질 또는 반 경질 치즈, 호기성 환경, 유산균 스타터 배양의 영향 및 숙성 및 보관 온도에 대해 심도 있게 평가해야 한다. 그동안 신바이오틱 체다 치즈를 개발하는 데 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.) 균들이 주로 사용되어 왔다. 이때 2단계 발효공정의 적용은 정규 치즈 스타터를 첨가하기 전에 생균제의 세균총이 우점하도록 함으로써 생균제의 생존력을 증가시키는 데 효과적인 것으로 나타났다. 배양 초기 2시간 동안 생균제 스스로 발효하도록 한 뒤, 정규 스타터 배양으로 단계적 발효를 하면 전자의 생존력은 개선되고, 더 많은 양의 생균제 세포 수를 얻을 수 있다는 것이다. 가공한 뒤 포장 선택에서도 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 생존에 더 큰 영향을 미칠 수 있다. PVDC 및 EVOH와 같은 우수한 산소 차단장벽을 갖는 포장재는 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 생존력을 유지하는 데 폴리에틸렌 및 폴리스티렌보다 훨씬 더 효과적인 것으로 나타났다.

기술적 장애와 새로운 진보

Cruz 등[13]은 생균제 치즈의 개발 및 안정성과 관련된 기술적 장애요소들을 제시했다. 먼저 식품 생균제 운반체로서 치즈가 갖는 잠재력에 대해 논의하면서 그 장점을 강조했다. 신선 치즈와 숙성 치즈의 장점도 각각 논의되었다. 전반적으로, 생균제 치즈의 제조는 전통적인 제품과 비교할 때 최소한의 변화만 가져와야 한다. 또한 공정 최적화를 목표로 이러한 제품의 품질에 영향을 미치는 물리 · 화학적 매개변수를 측정해야 한다. 치즈에서 생균제의 기능적 활동 유지에 직접 영향을 미치는 5가지 장애요소가 있다. 생균제 접종, 가염, 포장, 숙성 및 보관 조건의 추가이다. 식품에 생균제를 사용하는 것은 냉장 유제품에만 국한되어 있지만, 최근에는 새로운 기술이 개발되고 있으며, 현재 Arla Foods, Chr. Hansen, Valio 등에서 생균제를 첨가한 치즈들이 개발되고 있다. 생균제의 생존력을 향상시키는 다음과 같이 다양한 기술이 있다. 이를테면 미세캡슐화 방법[32,33], 스타터 용해 및 동결 건조 기술이 소개되어 있다[34].

치즈의 관능평가와 구조적 특성

생균제 치즈의 관능적 측면들

생균제가 첨가된 제품에서는 관능적 특성을 강하게 변형시키지 않아야 한다는 경향이 있다[35].

https://doi.org/10.5187/ait.2021.8.1.1

비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)이 함유된 숙성 치즈가 갖는 관능적 주요 관심사는 이 치즈에 다량의 초산(acetic acid)이 생성된다는 점이다. 그래서 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)을 과도하게 첨가하면 반드시 강한 냄새를 유발하기 때문에 바람직하지 않다고 본다[36]. 따라서 제품의 이러한 특성에 대해 정확한 결론을 얻으려면 생균제 미생물이 없는 대조군 제품과 비교하여 생균제 치즈의 관능성을 미리 확인해 두는 것이 중요하다. 아미노산의 향미 화합물로의 효소적 전환은 치즈 향미 발달에 중요한 역할을 하게 된다. 실제로, 방향족 및 BCAA 및 메티오닌으로부터의 분해 산물은 다양한 치즈에서 확인되었으며, 그들의 전형적인 치즈의 향미에 크게 기여한다. 숙성된 유제품의 관능 특성에 악영향을 미칠 수 있는 과도한 증식과 산 생성 능력이 없는 조건으로 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)의 효과적인 생존력을 증진시키려면 이 균들의 증식조건에 대한 균형을 이루어야 한다.

관능적 허용성에 대한 생균제 치즈의 효과

생균제, 프리바이오틱 및 신바이오틱 제품의 관능 분석에 대한 종설이 있다[37,38]. 체다 치즈에 첨가된 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)은 활발한 대사 활성을 나타내지 않으며, 향미, 식감 또는 외관에 영향을 미치지 않는 것으로 보고되고 있다. 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)을 가진 치즈는 대조군에 비해 초산과 유산의 농도가 높게 나타났지만[39], 어느 정도 관능성 차이는 중요하지 않았다. 이는 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.)이 치즈 내부에서 광범위한 대사 활성을 나타내지 않았다는 것을 나타낸다. El Soda 등[40]은 체다 치즈 제조에 유산간균(*Lactobacilli* spp.) 속을 첨가하면 치즈에서 쓴맛이 증가되었다고 보고한 바 있다. 이러한 쓴맛은 첨가된 유산균의 복잡한 펩타이드 시스템과 관련이 깊다. 여러 측면을 고려해서 사용 가능한 양으로 생균제 치즈를 생산하기 위해서는 치즈의 쓴맛과 신맛을 조절해야 한다. 치즈 숙성 중 스타터나 생균제의 다양한 아미노산 분해 작용에 따른 여러 가지 식감과 향미가 생성된다. 따라서 치즈에 존재하고 있는 유산균의 AT(aminotransferase) 생성은 향미 발달에 영향을 미칠 가능성이 있다. 그러나 치즈가 인체에 대한 생균제 보급을 위한 최고의 운반체 중 하나일지라도, 많은 수의 생균제 세포가 생존할 수 있고, 생균제 첨가로 인해 대사 활성도, 제품 품질, 특히 관능 특성에 좋은 영향을 미칠 수 있어야만 한다[36]. 생균제의 첨가가 기존의 비 생균제 치즈의 관능 특성(향, 식감 및 외관)에 영향을 미치지 않도록 해야 한다는 것은 매우 중요하다. 향미는 음식 선택에 있어 매우 중요한 지표기준이기 때문이다. 또한 기능성 식품의 관능 특성은 소비관점에서 본다면 소비자의 건강차원에서 고려하는 사항보다 훨씬 중요하다[41]. 소비자는 건강에 이점을 주더라도 첨가된 성분이 불쾌한 맛을 내면 일순간에 기능성 식품을 섭취하는 데 관심이 사라지게 될 것이기 때문이다.

치즈의 관능적 특성에 미치는 생균제의 단백질 분해 효과

숙성 중 치즈의 단백질 분해는 대부분의 치즈 종류에서 치즈 맛과 조직 발달 및 전형적인 관능 특성에 직접적인 역할을 하기 때문에 중요한 과정이다. 카제인 단백질 분해에 의해 제공되는 가용성 질소 화합물은 치즈의 맛과 조직에 직접 기여한다. 어떤 생균제 균주에 의해 생성된 단백질 분해효소는 또한 β-카제인의 Prolin 아미노산이 함유되어 내는 쓴맛 펩타이드를 분해하는 것으로 밝혀졌다[42]. 미생물생성 펩티다아제는 치즈에 형성된 쓴맛을 내는 펩타이드들을 가수분해함으로써 치즈에서 쓴맛을 제거할 수 있다. 또한, 이는 고함량의 소수성 아미노산을 갖는 쓴맛 펩타이드들을 소거하고, 다른 펩티다아제에 의한 추가 쓴맛 소거작용을 촉진시키는 역할을 할 수 있다. 특히 이들 미생물 생성 단백질 분해효소 중 β-카제인의 가수 분해는 쓴맛

제거 효과가 강화되는 것으로 나타났다[43]. 렌넷과 스타터 작용에 의해 분해된 카제인 산물로 나온 β-카제인에서의 쓴맛은 C-펩타이드 말단 부분에서 생성된다.

치즈의 미세구조와 식감 지수(textural parameters)

치즈의 조직 특성에 대한 생균제 첨가 영향은 또 다른 결과를 제시한다. 사용된 생균제의 종류 및 균주, 치즈생산 공정 및 숙성 방법의 차이가 주요 원인으로 보인다. 생균제 세균류가 치즈 원유의 산성화 속도에 미치는 영향은 최종 제품의 조직 특성에 크게 영향을 줄 수 있다. 치즈의 조직에서 경도는 이눌린에 의해 영향을 받는다. 치즈의 경도 감소 이유는 조직 속에 함유된 이눌린에 의한 수분 흡착 또는 결합의 결과, 치즈 수분 함량의 증가로 인해 일어난다. 수분 함량이 증가하면 카제인 입자-이눌린 조직성 결착(casein micelles–texturized inulin gel network) 결과로 조직이 연약해져서 치즈의 경도가 감소된다[44]. 고 수분 치즈의 조직은 전통적인 방법으로 얻은 것보다 매끄러워졌다[45]. Zamora-Vega 등[33]은 이눌린의 사용이 가공 치즈의 물리 화학적 특성을 변화시키지 않는다는 것을 보고했다.

가염

치즈의 소금 농도는 생균제의 원유산성화 및 단백질 분해에 미치는 영향, 치즈의 단백질 매트릭스에 대한 직접적인 영향 및 조직의 유리수 감소에 미치는 영향 등을 통해 치즈의 조직학적 및 유동학적 특성에 영향을 미친다. 이러한 결과는 염도가 높은 치즈는 석회화 및 부서지기 쉬운 외관이 되고, 저염 치즈의 부드러운 외관에 영향을 준다. 소금 농도에 대한 생균제 반응에 관한 연구는 제한되어 있으므로 소금 농도에 따른 다른 치즈에서 잠재적 이용을 예측하기 위해 생균제 세균의 성장과 생존에 대한 소금의 효과를 입증하는 것이 필요하다.

시장조사와 마케팅

치즈는 오늘날 가장 다양한 식품 중 하나이며, 많은 사람들의 입맛에 잘 맞아서 모든 연령대에 적합하다. 그 다양성은 생균제 식품 운반자로서 많은 마케팅 전략[46]에 대한 기회를 제공한다. 생균제 함유의 성공적인 치즈 개발은 치즈 산업에 기존 제품에 비해 경쟁 우위를 제공하고, 더 나은 영양 및 생리학적 특성을 갖는 유제품의 소비 확대에 기여할 것이다. 기능성 유제품 시장의 성장과 상업적 실행 가능한 생균제 치즈를 개발할 수 있는 기회를 활용하여 여러 치즈 브랜드와 유업체가 생균제 치즈로 기능성 유제품 시장에 진입하기 위한 많은 시도가 있었다. 소비자들은 건강관련 인식이 높아지고, 음식과 건강과의 관계뿐만 아니라, 먹는 식품 자체에도 관심이 높다. 이제는 소비자 대다수가 단순한 건강유지보다 질병의 위험을 감소시킬 수 있는 식품을 찾는 시대이다. 또한 전 세계적으로 인구가 노령화되고 연금과 같이 안정된 정기소득이 증가하고 있어 구입이 편한 것을 원한다. 이에 따라 각종 기능성 식품의 수요와 개발이 증가되었는데, 생균제와 프리바이오틱스는 이 중 큰 부분을 차지한다. 2018년 유럽의 경우, 생균제 산업은 소비자 가격으로 14억 € 이상을 차지하며, 프리바이오틱 부문은 9억 €로 평가된다. 프리바이오틱스 시장은 작은 기반으로 시작해 빠르게 성장되고 있다. 생균제 시장이 더 잘 확립되어 있고, 신바이오틱스(synbiotics) 또한 빠르게 성장 중인 시장이 되고 있다. 주요 유럽 생균제 브랜드는 Groupe Danone, Yakult, Nestle, Muller Dairy, Orchard Maid, Onken Dairy 및 Rowan Glen Dairy사 등의 발효 유제품 군이다. 생균제 및 프리바이오틱스 제제 모두가 건강 기능 식품 시장에서 다양하며, 잠재력이 큰 부분을 차지하고 있다. 그러나 소비자는 이러한 시장의 발전에 주목

https://doi.org/10.5187/ait.2021.8.1.1

하기 전에 이들 제품에 대한 장단점들을 어느 정도 인지하고 있어야 한다. 건강에 좋은 식품에 대한 소비자의 관심으로 기능성 식품군의 인터넷 검색이 증가하여 신제품의 혁신과 개발이 촉진되는 데 기여하고 있다. 낙농 선진국들에서는 현재 소화기 건강에 도움이 되는 생균제 제품 섭취를 선호하고 있다. 이 시장은 상대적으로 작지만 프리바이오틱 및 생균제 식품 모두 연간 10%–20% 사이의 가치 성장률을 보이고 있다. 이는 총 식품 시장의 성장률과 1.0%–2.0%만 비교할 수 있다. 전 세계 1천억 달러($) 규모 식품시장 중 중 치즈 시장은 약 1.0%를 차지하며, 생균제 시장은 아직 매우 열악한 것으로 나타나고 있다. 생균제 치즈는 생균제 요구르트의 성공과 결코 똑같은 길을 가지는 않을 것이다. 따라서 마케팅 및 브랜드 전문가는 제품의 관능적 이미지 전달과 의도한 목표 및 지식정보 광고를 통해 해당 시장에 건강 핵심 정보를 전달할 수 있어야 한다[37]. 소비자 시장에서 식품의 상업적 성공은 반드시 소비자 시장에서 잘 받아들여질 수 있는 관능적 특성, 소비 안전 특성 및 영양 특성을 가지고 있음을 내포하고 있다. 추가적으로 건강 특성을 가진 유제품에 대한 소비자의 공급확대 요구가 점차 증가하고 있다. 이러한 기술은 생균제 및 프리바이오틱의 사용으로 새로운 범위의 신바이오틱 식품으로 확장할 수 있는 것으로 기대되며, 결과적으로 소비자에게 더 나은 건강과 활력 기회를 제공하여 좋은 미래를 위한 유익을 제공할 수 있을 것이다.

연구개발(R&D) 경향과 미래전망

치즈를 생균제의 식품운반체(vehicle)로 사용하면 잠재적인 이점이 있으며, 유가공 산업을 위한 귀중한 대안으로 적용될 수 있다. 시판 치즈의 종류가 많기 때문에 전통적인 치즈를 저지방 치즈 제조로 생산하기 위한 많은 시도가 요구된다. 정확한 소비자 요구를 파악하여 충족시키는 것 외에도, 차별적인 기능성 또는 생균제 치즈의 생산은 점진적으로 증가시키는 전략이 요청된다. 비피도박테리움 속(*Bifidobacterium* spp.) 및 기타 생균제를 함유한 식품 개발에 대한 연구도 계속 증가하고 있다. 기능성 식품 분야가 성장함에 따라, 생균제 함유 유제품에 제품의 영양가치를 더욱 증진시키는 데 더 많은 관심이 집중되고 있다[15,47,48]. 이러한 유제품 개발은 생균제 치즈 등을 포함한 관능성이 높은 신규제품 적용을 보여 주고 있다[13,3,4]. 치즈는 장내로 생균제를 전달하기 위한 좋은 수단(vehicle)이며, 그 결과 최근 몇 년 동안 다양한 마케팅 및 연구의 대상이 되고 있다[13]. 그동안 다양한 종류의 치즈 생산, 숙성 및 저장기간 동안 생균제의 생존 가능성을 검토하는 연구가 진행되었다. 생균제가 함유된 치즈를 생산할 때 제품의 생산 및 소비 중 원하는 세포 생존력 및 대사 활동을 달성하기 위해 생균제의 유형과 균주 및 기본 특성을 고려해야 한다. 최근에는 프리바이오틱 물질이 다른 식품 응용 분야에서 얼마나 효과적인지 파악하기 위한 새로운 연구들이 진행되고 있다[24].

특수치즈와 장인(匠人)치즈에서의 신바이오틱 치즈

저지방 생균제 치즈 발전에 도전

저지방 치즈는 식이(diet)용 제품에 속하며, 기능성 식품으로 분류될 수 있는 제품을 만들기 위한 좋은 기반이 된다. Miočinović 등[49]은 저지방 UF(ultra filtration) 치즈에 생균제 치즈를 포함한 연구를 진행했다. 또한, 숙성 및 저장 기간 동안 생균제 이력추적뿐만 아니라, 치즈의 조성, 단백질 분해 및 관능 특성에 대한 생균제의 영향에 대해 연구하였다. 치즈에서 지방을 제거하면 고무조직과 같은 질감, 향미 부족, 쓴맛, 이취, 녹는 점, 색과 조직, 기능 및 관능적

결함이 발생된다[50]. 따라서 저지방 치즈의 향미와 식감을 향상시키기 위해 몇 가지 방법이 제안되었다. 이 전략들은 세 가지 항목으로 정리될 수 있다[51]: ① 제조공정 수정, ② 스타터 선택 및 보조 스타터 사용, ③ 지방 대체제 사용이다. 저지방 치즈 제품은 이미 북유럽에 많이 시판되고 있지만, 아직 시장에는 생균제 세균이 함유된 치즈는 거의 없다. 요즘 만성 퇴행성 질환의 위험 감소에 좋은 제품에 대한 소비자의 관심은 지방이나 나트륨 함량이 감소된 생균제 치즈의 개발에 있다. 주로 건강과 식이에 관심이 있는 소비자는 지방 함량이 감소된 치즈를 기꺼이 구매하려고 한다. 저지방 치즈의 전 세계 판매는 2002-2007년 사이에 거의 두 배로 증가하여 90억 $규모이다. 2018년에는 약 214억 $로 추정하고 있다. 저지방 치즈에서 생균제 치즈로 전환하지 않으려는 이유는 저지방 치즈에 생균제 함유 시 위에 열거한 단점에 노출된다는 데 있다. 비교적 가벼운 저지방 생균제 치즈 상품화 전략으로 벨기에에서는 Valio가 2004년에 *Lactobacillus* GG가 풍부한 저지방 Emmentaler 치즈를 출시한 적이 있다.

신바이오틱 치즈를 겨냥한 특수 치즈와 장인(匠人)치즈의 산업화

저지방 및 저칼로리 치즈, 저나트륨, 코셔 및 할랄 제품 및 유기농 치즈를 비롯하여 특별한 요구가 있거나 관심이 있는 소비자를 대상으로 하는 제품에 다양한 특수 치즈 제품을 권장할 수 있다. 요리사와 식품 가공업자는 다음과 같이 특정 소비자의 특별한 요구를 충족시킬 수 있는 식품을 만들면서 다음과 같이 치즈의 맛, 조직 및 기능을 활용할 수 있어야 한다. 특수 시장 및 소비자의 요구를 충족해야 한다. 특별 식단, 편의성과 품질을 훼손하지 않으면서 다양한 식단을 제공한다. 미국에서는 식품 공급업체를 위해 개발된 다양한 저지방 및 무지방 치즈를 쉽게 구입할 수 있다. 가장 인기 있는 치즈로는 체다, 모차렐라, 스위스 및 프로볼로네 치즈가 있다. 이러한 제품은 일반적으로 지방을 첨가한 치즈와 같은 스트레치성 및 용융성과 같은 기능이 있다. 식품업자들은 이 치즈들을 이용하여 탁월한 영양적 상태와 높은 소비자 기호로 다양한 저지방 요리를 제공할 수 있다. 특수치즈는 고품질 및 한정된 수량의 부가가치 치즈 제품으로 정의된다. 이러한 치즈 제품은 프리미엄 가격을 요구하고, 이국적이며, 가공, 디자인, 공급 제한, 특별 포장 또는 판매 채널이 있는 경우 고품질이라고 말할 수 있다. 유럽에서의 특수 치즈는 지정된 제한 공급량을 초과하여 생산할 수 없도록 제한이 걸려 있다. 수제로 생산되고 있는 장인치즈는 전통 치즈가게에서 보다 일반 농산물 시장과 식료품 소매점에서 더 많이 판매되고 있다. 일반적으로 전 세계 치즈시장은 확대일로에 있으며, 대다수 치즈 선진국의 소비자는 이미 장인치즈(Artisan cheese)를 구매하거나, 생산 제도에 많은 관심을 갖고 있다. 그 동안 장인치즈 종류를 구입했던 많은 소비자들은 치즈 가격의 프리미엄적인 특성도 잘 이해하고 있다. 하지만 가격이 아닌 맛은 치즈를 선택함에 있어 가장 중요한 지표속성 중 하나이다. 그래서 신바이오틱 치즈의 개발 초점은 전적으로 맛의 차별화에 있다고 판단된다.

결 론

전통적인 치즈의 위상은 발효 유제품이었으나, 시대의 변천과 식품과학발전은 치즈의 식품학적 진보 쪽으로 확산되어 진행하고 있다. 이를테면 치즈가 최근에는 기능성과 첨단 건강소재로서 부각되고 있는 것이다. 신바이오틱 치즈 역시 본래 식품 기능에 건강기능성과 증진효과를 담보한 새로운 식품으로의 변신을 지향하는 시도이다. 한국에서는 식품으로서의 숙성 치즈 소비 확장이 매우 제한적인데, 신바이오틱 치즈상품화는 하나의 상품화의 기회와 치즈 시장 확대 수단이 될 수 있다. 그동안 생균제 치즈 상품화 시도는 연구진행 수준에서 이루어졌으나, 프로바이

https://doi.org/10.5187/ait.2021.8.1.1

오틱스가 보완된 신기술 치즈 개발은 우리 유업계의 새로운 시도가 될 수 있다. 신바이오틱 치즈의 개발은 다양한 점들이 고려되어야 한다. 먼저는 대상 치즈의 종, 스타터 종류, 프리바이오틱스 소재 선발, 치즈제조 공정 수립, 상품화단계 진행과 시장 확보방안 등 산업적인 제반 사항이 함께 풀려야 할 복합과제이다. 현 단계에서의 신바이오틱 신규 치즈 제조 기술은 추가적인 연구와 검증을 거쳐 한국적 특수 치즈로 발전되어야 할 여지가 있다.

REFERENCES

1. Kolida S, Gibson GR. Synbiotics in health and disease. Annu Rev Food Sci Technol. 2011;2:373-93. https://doi.org/10.1146/annurev-food-022510-133739
2. Azambuja NC, Zacarchenco PB, Fleuri LF, Andrade JC, Moreno I, Van Dender AGF, et al. Characterization of fresh cheese with addition of probiotics and prebiotics. J Life Sci. 2013;7:189-95. https://doi.org/10.17265/1934-7391/2013.02.012
3. Granato D, Branco GF, Nazzaro F, Cruz AG, Faria JAF. Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts and products. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2010;9:292-302. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x
4. Granato D, Branco GF, Cruz AG, Faria JAF, Shah NP. Probiotic dairy products as functional foods. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2010;9:455-70. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00120.x
5. Effat BA. Effect of using Lactobacillus reuteri with other probiotic cultures on quality of Domiati cheese. Minufiya J Agric Res. 2000;25:445-60.
6. Mehanna N, Sharaf SH, Ibrahim M, Tawfic NF. Incorporation and viabitiy of some probiotic bacteria in functional dairy food. I. soft cheese. Egypt J Dairy Sci. 2002;30:217-29.
7. Aimutis WR. Challenges in developing effective probiotic functional foods, including scientific and regulatory considerations: dairy nutrition for a healthy future. Bull Int Dairy Fed. 2001;363:30-8.
8. Ahola AJ, Yli-Knnuttila H, Suomalainen T, Poussa T, Ahlsröm A, Meurman JH, et al. Short-term consumption of probiotic-containing cheese and its effect on dental caries risk factors. Arch Oral Biol. 2002;47:799-804. https://doi.org/10.1016/S0003-9969(02)00112-7
9. Begley M, Gahan CG, Hill C. The interaction between bacteria and bile. FEMS Microbiol Rev. 2005;29:625-51. https://doi.org/10.1016/j.femsre.2004.09.003
10. Hatakka K, Ahola AJH, Yli-Knuuttila H, Richardson M, Poussa T, Meurman JH. Probiotics reduce the prevalence of oral Candida in the elderly–A randomized controlled trial. J Dent Res. 2007;86:125-30. https://doi.org/10.1177/154405910708600204
11. Huebner J, Wehling RL, Hutkins RW. Functional activity of commercial probiotics. Int Dairy J. 2007;17:770-5. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.10.006
12. Roy D. Media for the isolation and enumeration of bifidobacteria in dairy products. Int J Food Microbiol. 2001;69:167-82. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00496-2
13. Cruz AG, Buriti FCA, de Souza CHB, Faria JAF, SMI Saad. Probiotic cheese: health benefits, technological and stability aspects. Trend Food Sci Technol. 2009;20:344-54. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.05.001
14. Karimi R, Mortazavian AM, Cruz AG. Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: a review. Dairy Sci Technol. 2011;91:283-308. https://doi.org/10.1007/s13594-011-0005-x
15. Karimi R, Mortazavian AM, Amiri-Rigi A. Selective enumeration of probiotic microorganisms

in cheese. Food Microbiol. 2012;29:1-9. https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.08.008
16. Sharp MD, McMahon DJ, Broadbent JR. Comparative evaluation of yogurt and low-fat Cheddar cheese as delivery media for probiotic Lactobacillus casei. J Food Sci. 2008;73: 375-7. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00882.x
17. Vinderola CG, Prosello W, Ghiberto D, Reinheimer JA. Viability of probiotic (Bifidobacterium, Lactobacillus acidophilus and Lactobacillus casei) and nonprobiotic microflora in Argentinian Fresco cheese. J Dairy Sci. 2000;83:1905-11. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75065-X
18. Cibik R, Lepage E, Tailliez P. Molecular diversity of Leuconostoc mesenteroides and Leuconostoc citreum isolated from traditional French cheeses as revealed by RAPD fingerprinting, 16S rDNA sequencing and 16S rDNA fragment amplification. Syst Appl Microbiol. 2000;23:267-78. https://doi.org/10.1016/S0723-2020(00)80014-4
19. Mannu L, Riu G, Comunian R, Rozzi MC, Scintu MF. A preliminary study of lactic acid bacteria in whey starter culture and industrial Pecorino Sardo ewes' milk cheese: PCR-identification and evolution during ripening. Int Dairy J. 2002;12:17-26. https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00163-7
20. Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. J Nutr. 1995;125:1401-12. https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401
21. Denipote FG, Trindade MEBS, Burini RC. Probiotics and prebiotics in primary care for colon cancer. Arq Gastroenterol. 2010;47:93-8. https://doi.org/10.1590/S0004-28032010000100016
22. Davani-Davari D, Negahdaripour M, Karimzadeh I, Seifan M, Mohkam M, Masoumi SJ, et al. Prebiotics: Definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. Foods. 2019;8;92-113. https://doi.org/10.3390/foods8030092
23. Sanders ME, Guarner F, Mills D, Pot B, Rafter J, Rastall B, et al. Selected topics in probiotics and prebiotics: meeting report for the 2004 International Scientific Association for Probiotics And Prebiotics. Curr. Issues Intest Microbiol. 2005;6:55-68.
24. Seema P, Goyal A. The current trends and future perspectives of prebiotics research: a review. Biotech. 2012;2:115-25. https://doi.org/10.1007/s13205-012-0044-x
25. Al-Sheraji SH, Ismail A, Manap MY, Mustafa S, Yusof RM, Hassan FA. Prebiotics as functional foods: a review. J Funct Foods. 2013;1542-53. https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.009
26. Closa-Monasterolo R, Gispert-Llaurado M, Luque V, Ferre N, Rubio-Torrents C, Zaragoza-Jordana M, Escribano J. Safety and efficacy of inulin and oligofructose supplementation in infant formula: results from a randomized clinical trial. Clin Nutr. 2013;32:918-27. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2013.02.009
27. Bergamini CV, Hynes ER, Quiberoni A, Suárez VB, Zalazar CA. Probiotic bacteria as adjunct starters: influence of the addition methodology on their survival in a semi-hard Argentinean cheese. Food Res Int. 2005;38:597-604. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.11.013
28. Boylston TD, Vinderola CG, Ghoddusi HB, Reinheimer JA. Incorporation of bifidobacteria into cheeses: challenges and rewards. Int Dairy J. 2004;14:375-87. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.008
29. Roy D. Technological aspects related to the use of bifidobacteria in dairy products. Lait. 2005;85:39-56. https://doi.org/10.1051/lait:2004026
30. Saarela M, Rantala M, Hallamaa K, Nohynek L, Virkajärvi I, Mättö J. Stationary-phase acid and heat treatments for improvement of the viability of probiotic lactobacilli and bifidobacteria. J Appl Microbiol. 2004;96:1205-14. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02286.x
31. Maus JE, Ingham SC. Employment of stressful conditions during culture production to

enhance subsequent cold- and acid-tolerance of bifidobacteria. J Appl Microbiol. 2003;95: 146-54. https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.01954.x
32. Özer B, Kirmaci HA, Şenel E, Atamer M, Hayaloğlu A. Improving the viability of Bifidobacterium bifidum BB-12 and Lactobacillus acidophilus LA-5 in white-brined cheese by microencapsulation. Int Dairy J. 2009;19:22-9. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.07.001
33. Zamora-Vega R, Montañez-Soto JL, Venegas-González J, Bernardino-Nicanor A, Cruz LG, Martínez-Flores HE. Development and characterization of a symbiotic cheese added with Saccharomyces boulardii and inulin. Afr J Microbiol Res. 2013;7:2828-34. https://doi.org/10.5897/AJMR2013.5566
34. Buriti FCA, Cardarelli HR, Filisetti TMCC, Saad SMI. Synbiotic potential of fresh cream cheese supplemented with inulin and Lactobacillus paracasei in co-culture with Streptococcus thermophilus. Food Chem. 2007;104:1605-10. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.001
35. Champagne CP, Gardner NJ, Roy D. Challenges in the addition of probiotic cultures to foods. Crit Rev Food Sci Nutr. 2005;45:61-84. https://doi.org/10.1080/10408690590900144
36. Grattepanche F, Miescher-Schwenninger S, Meile L, Lacroix C. Recent developments in cheese cultures with protective and probiotic functionalities. Dairy Sci Technol. 2008;88: 421-44. https://doi.org/10.1051/dst:2008013
37. Cruz AG, Cadena RS, Walter EHM, Mortazavian AM, Granato D, Faria JAF, et al. Sensory analysis: relevance for prebiotic, probiotic, and synbiotic product development. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2010;9:358-73. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00115.x
38. Mohammadi R. Mortazavian AM. Technological aspects of prebiotics in probiotic fermented milks. Food Rev Int. 2010;27:192-212. https://doi.org/10.1080/87559129.2010.535235
39. Ong L, Henriksson A, Shah NP. Proteolytic pattern and organic acid profiles of probiotic Cheddar cheese as influenced by probiotic strains of Lactobacillus acidophilus, Lb. paracasei, Lb. casei or Bifidobacterium sp. Int Dairy J. 2007;17:67-78. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.12.009
40. El Soda M. Accelerated maturation of cheese. Int Dairy J. 1993;3:531-44. https://doi.org/10.1016/0958-6946(93)90030-4
41. Urala N, Lähteenmäki L. Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. Food Qual Prefer. 2004;15:793-803. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2004.02.008
42. Koka R, Weimer BC. Investigation of the ability of a purified protease from Pseudomonas fluorescens RO98 to de-bitter cheese. Int Dairy J. 2000;10:75-9. https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00023-6
43. Martínez-Cuesta MC, Palencia PF, Requena T, Peláez C. Enzymatic ability of Lactobacillus casei subsp. casei IFPL731 for flavour development in cheese. Int Dairy J. 2001;11:577-85. https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00046-2
44. Kaya S. Effect of salt on hardness and whiteness of Gaziantep cheese during short-term brining. J Food Eng. 2002;52:155-9. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00098-X
45. Mairfreni M, Marino M, Pittia P, Rondinini G. Textural and sensorial characterization of Montasio cheese produced using proteolytic starters. Milchwissenshaft. 2002;57:23-6.
46. Wilkinson MG, Meehan H, Stanton C, Cowan C. Marketing cheese with a nutrient message: dairy nutrition for a healthy future. Bull Int Dairy Fed. 2001;363:39-45.
47. Karimi R, Sohrabvandi S, Mortazavian AM. Review article: sensory characteristics of probiotic cheese. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2012;11:437-52. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00194.x
48. Mortazavian AM, Ehsani MR, Mousavi SM, Sohrabvandi S, , Reinheimer JA. Combined

effects of temperature-related variables on the viability of probiotic micro-organisms in yogurt. Aust J Dairy Technol. 2006;61:248-52.
49. Miočinović J, Radulović Z, Paunović D, Miloradović Z, Trpković G, Radovanović M, et al. Properties of low-fat ultra-filtered cheeses produced with probiotic bacteria. Arch Biol Sci. 2014;66:65-73. https://doi.org/10.2298/ABS1401065M
50. Romeih EA, Michaelidou A, Biliaderis CG, Zerfiridis GK. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics, physical and sensory attributes. Int Dairy J. 2002;12:525-40. https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00043-2
51. Mistry VV. Low fat cheese technology. Int Dairy J. 2001;11:413-22. https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00077-2

 https://doi.org/10.5187/ait.2021.8.1.1