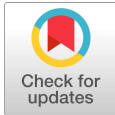


REVIEW

프로바이오틱스를 활용한 치즈 산업 활성화 방안

어주영¹ · 이제인¹ · 문다예¹ · 김영훈¹ · 오상남²¹서울대학교 농생명공학부²전주대학교 식품영양학과

Perspectives of Probiotics-based Cheese Research and Its Industrial Development

Ju Young Eor¹, Jane Lee¹, Daye Mun¹, Younghoon Kim¹,
and Sangnam Oh^{2*}¹Department of Agricultural Biotechnology and Research Institute of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Seoul, Korea²Department of Food Science and Nutrition, Jeonju University, Jeonju, Korea

Received: September 20, 2023

Revised: December 12, 2023

Accepted: December 14, 2023

*Corresponding author :

Sangnam Oh

Department of Food Science and
Nutrition, Jeonju University, Jeonju,
Korea

Tel : +82-63-220-3109

Fax : +82-63-220-2054

E-mail : osangnam@jj.ac.kr

Copyright © 2023 Korean Society of Dairy Science and Biotechnology. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Ju Young Eor

<https://orcid.org/0000-0002-3764-3339>

Jane Lee

<https://orcid.org/0000-0001-6502-1556>

Daye Mun

<https://orcid.org/0000-0002-3470-7632>

Younghoon Kim

<https://orcid.org/0000-0001-6769-0657>

Sangnam Oh

<https://orcid.org/0000-0002-2428-412X>

Abstract

The market size of functional health foods has experienced substantial growth driven by increasing consumer interest. In particular, the application of functional probiotics in various food products has resulted in consistent and progressive growth. One promising category is the application of probiotics in the manufacturing of cheese, which aligns with the rising demand for functional foods among consumers. The inherent advantages of cheese and probiotics provide consumers with a broad selection of functional foods. Therefore, it is crucial to identify functional probiotics that can withstand the cheese manufacturing process and exert significant effects on the flavor and taste of cheese. In this review, we discuss several strategies aimed at developing probiotic-supplemented cheeses for future dairy food markets.

Keywords

probiotics, cheese, dairy food, food

서론

최근 식품 산업에서 프로바이오틱스는 그 자체만으로도 매우 큰 관심을 받고 있는 것들 중 하나이다. 프로바이오틱스 자체만으로도 섭취 시 기대할 수 있는 건강 개선 가능성이 매우 다양한 것으로도 알려져 있으며, 프로바이오틱스를 활용한 식품 카테고리도 이에 맞춰 증가하고 있는 추세이다. 이러한 이유는 특히, 기존 유제품에 존재하는 고유 특성 외에 프로바이오틱스를 첨가했을 때 나올 수 있는 추가적인 기능성들 때문인 것으로 사료된다. 여러 유제품 카테고리들 중 하나인 치즈는 지금까지 알려진 바로는 세계에서 약 1,800여 종이 존재한다. 이렇게 다양한 치즈에 여러 프로바이오틱스를 첨가하거나 이용해서 새로운 맛과 기능을 선보이는 치즈가 개발되면 소비자들에게 더욱 새로운 선택지를 제공하며 다양한 건강학적 이점을 제공할 수 있고, 새로운 치즈 산업 분야의 등장과 활성화를 도모할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 '프로바이오틱스를 활용한 치즈산업 활성화와 방안'에 대한 내용을 다루고자 한다. 이 주제에 대해 말하기에 앞서 현재 프로바이오틱스가 유제품 및 여러 식품에 어떻게 적용되고 있으며, 현재 프로바이오틱스 치즈 제조 기술은 어느 수준인지를 논해볼 것이다. 이를 바탕으로 프로바이오틱스 치즈 산업발전의 필요성과 중요성에 대해 검토하고, 해당 산업의 활성화에 우리가 기인할 수 있는 것들이 무엇이 있는지도 알아볼 것이다. 마지막으로 프로바이오틱스 치

즈 산업의 현재 동향과 도전 과제를 검토하고, 성공적인 프로바이오틱스 치즈 제조를 위한 전략을 세워 미래 치즈 산업에 프로바이오틱스가 더욱 혁신적이고 경쟁력 있는 제품을 개발할 수 있는 지속 성장 가능한 원동력이 있는 소재로서 인정받을 수 있기를 기대한다.

본론

1. 프로바이오틱스의 개념과 이점

1) 프로바이오틱스의 개념

프로바이오틱스는 분유를 포함하여 살아있는 유산균이 함유된 식품 내 프로바이오틱스의 건강성과 영양성분 평가를 바탕으로 식량농업기구(FAO)와 세계보건기구(WHO) 전문가 자문을 통해 '적당량을 섭취할 경우, 숙주의 건강에 영향을 미치는 살아있는 미생물'로 정의했다[1,2]. FAO/WHO의 정의는 투여 방법을 식품 및 식품, 보조 식품 또는 보조 의약품과 같은 구강 분만으로 일반화한다. 실제로 프로바이오틱스는 유제품 등 기존 식품과 초콜릿, 시리얼/쿠키, 과자, 아이스크림 등 특화된 식품에 접목될 수 있다. *Lactobacillus rhamnosus* GG와 *Limosilactobacillus reuteri* 등은 식품 첨가물로, *Saccharomyces boulardii* 등은 약재 첨가물로 제공된다. 그러나, 현재 프로바이오틱스의 사용은 구강 섭취에만 국한되지 않는다. 화상 상처 부위의 미생물 오염을 치료하는 Kefir gel같은 연고와 피부 미생물 장애를 치료하는 프로바이오틱스 화장품도 개발되었다.

2) 프로바이오틱스의 효과

프로바이오틱스 균주는 식품을 통해 섭취하였을 때 건강에 여러 가지 이점을 제공한다. 먼저, 프로바이오틱스를 포함한 유제품 섭취는 장 및 소화기 건강 개선에 도움이 된다. 프로바이오틱스 균주는 장 내 유익한 균주로 작용하여 유해균과 경쟁하여 유해균 증식을 억제함으로써 장 내 미생물 균형을 회복시키는 데 도움을 준다. 이들은 상피세포에 부착하고 병원체의 부착능력을 물리적으로 차단함으로써 병원체의 정착을 억제한다[3]. 또한 장 내에서 여러 가지 대사산물을 생성하여 영양소를 제공하고, 장 내 면역 반응을 조절하고 면역 세포의 활동을 촉진시켜 면역 관련 질환의 예방 및 완화에 기여할 수 있다[4-6]. 프로바이오틱스는 장내에서 염증성 사이토카인의 수준을 조절하여 염증을 억제하는 효과도 있다. 이들은 염증 유발 사이토카인인 TNF- α , IL-6 등의 수준을 감소시키고, 동시에 염증 억제 사이토카인인 IL-10의 분비를 촉진하여 염증 반응을 억제하며, 장내 장벽 투과성을 감소시킴으로써 염증 유발 물질의 장벽 통과를 억제한다[7]. 여러 연구 결과에 따르면 일부 프로바이오틱스(특히 *S. boulardii*, *L. rhamnosus* GG 및 *Lactobacillus* 속 균주)는 소아의 급성 설사를 완화시키고 기간을 약 1일 정도 단축시킬 수 있다고 보고되었다[8]. 마찬가지로, 성인의 급성 설사 예방 및 치료에도 효과적으로 사용될 수 있으며 특히 *S. boulardii* 및 *L. rhamnosus*를 포함하는 경우 건강한 아동 및 성인, 입원 환자들에서의 항생제 유발 설사(antibiotic-associated diarrhea)를 개선시킬 수 있는 것으로 나타났다[9]. 한편, 프로바이오틱스는 식품에 첨가되었을 때 식품에 긍정적인 영향을 미치기도 한다. 프로바이오틱스는 장 내에서의 마찬가지로 식품 내에서 유해균과 경쟁하여 유해한 미생물의 성장을 억제한다[3,10]. 이들은 식품 내에서 공간 및 영양소를 차지하기 위해 미생물의 번식을 억제하고 식품의 유해 미생물 오염을 예방할 수 있다. 또한 프로바이오틱스는 식품의 pH 값을 조절하여 식품의 산도를 유지하거나 조절하며, 발효 과정을 통해 유익한 활성 물질을 생성하여 식품 내 유해 성분을 분해하거나 억제하고, 식품의 맛, 향, 질감을 개선하기도 한다[11-14].

3) 프로바이오틱스의 분류

프로바이오틱스는 유산균(lactic acid bacteria, LAB), 비유산균(non-lactic acid bacteria, non-LAB), next-generation probiotics(NGPs)의 세 종류로 구분할 수 있다(Fig. 1)[15]. 여기에 해당하는 모든 종류의 프로바이오틱스는 식품 등에 사용될 수 있으며 식품에서 건강 효과를 보장할 수 있는 프로바이오틱스 균주의 세포 수 기준은 없지만, 10^6 - 10^8 CFU/g는 프로바이오틱스 이점을 이용할 수 있는 충분한 수치로 인식되고 있다[16].

유산균은 주로 유제품에 사용되는 프로바이오틱스 균주로, 탄수화물 대사의 주 산물로 젖산이 형성되는 것이 특징이다. 유산균은 다양한 종류의 식품 발효 및 유제품 제조에 사용되며, 천 년 이상의 역사를 가진 안전한 세균으로 인식된다. 일부 유산균은 인간 및 동물의 장 내에 자연적으로 서식하는 반면, 다른 유산균은 발효 식품을 통해 장기로 유입된다. 이 균주들은 주로 *Lactobacillus*와 *Bifidobacterium* 속에 속하며, 소화계에서 유익한 영향을 줄 수 있다. 이들은 장 내 pH 조절, 유해균 성장 억제, 면역 강화 등 다양한 기능을 수행한다. 예를 들어, *Lactobacillus acidophilus*는 장 내 pH를 낮추어 유해균의 성장을 억제하는 데 도움을 줄 수 있다[17,18].

비유산균은 LAB 이외의 다른 균주들을 포함한다. 이 균주들은 *Bacteroides*, *Escherichia*, *Streptococcus* 등 다양한 종에 속하는 균주로 구성된다. 이들은 다양한 유전적 다양성과 생리적 특성을 가지고 있으며, 장 내 생태계에 다양성을 더하는 역할을 한다. *Bifidobacterium*은 위장 건강 개선, 알레르기 완화, 면역 조절 등의 역할을 한다[19,20]. 또한 *Bacillus*의 일부 종은 여러 온도, 습도 및 pH 범위의 환경 조건에서도 살 수 있는 강한 생존력을 가지며, 식품 보충제, 동물 사료 및 의약품에서 널리 사용된다[21].

NGPs는 기존 프로바이오틱스 제품들을 보완하고 개선하기 위해 다양한 접근 방식과 기술을 활용하여 개발된 새로운 접근 방식이다. 기존 프로바이오틱스는 일반적으로 유산균이나 비유산균과 같은 세균 균주들을 사용하여 장 내 건강을 촉진하는데 주로 중점을 둔 반면, NGPs는 다양한 형태의 생물

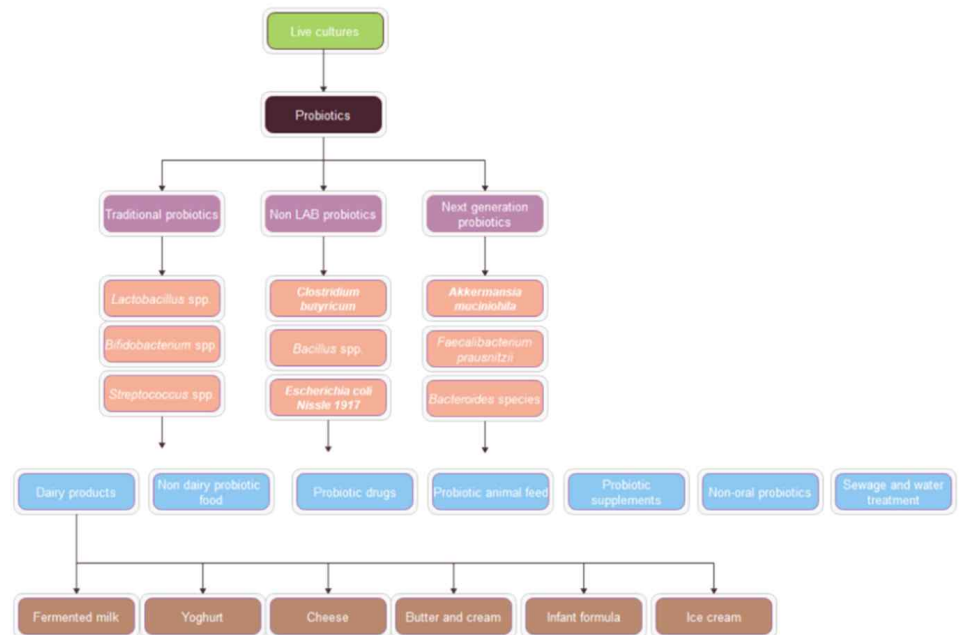


Fig. 1. Classification and commercial exploitation of probiotics in different industries including the food industry where probiotic-based fermented milk, yogurt, infant formula, cheese, butter and cream, and ice cream are popular. Unknown live cultures in ferme.

학적 요소들을 포함하여 더 효과적인 장 건강 지원을 제공하고자 하여 만들어졌다. 세균만 아니라 효모, 곰팡이, 박테리오파지 등 다양한 미생물 균주들을 포함할 수 있으며 면역 강화, 유해균 억제, 질병 예방 등 단순히 장 내 유익한 세균을 공급하는 것 이상의 다양한 기능을 수행할 수 있다. 또한 NGPs는 개인 맞춤형으로 제공될 수 있다. 유전자 분석과 같은 현대 기술을 활용하여 개인의 장 내 미생물 균형을 파악하고, 개인의 건강 상태에 따라 그에 맞는 프로바이오틱스 균주를 선택할 수 있다. 마이크로 캡슐화 등 기존 프로바이오틱스 제품들과는 다른 전달 시스템을 개발하여 미생물의 생존성과 효능을 향상시킬 수 있으며, 신체의 특정 부위로 효과적으로 전달할 수 있는 시스템을 개발할 수 있다.

2. 프로바이오틱스 치즈의 특징 및 제조 과정

1) 프로바이오틱스 치즈의 특징

치즈는 다른 유제품에 비해 프로바이오틱스의 적합한 운반체로 여겨진다. 치즈는 수분 활성도가 낮고($a_w > 0.90$), 저장 온도가 낮고($4^{\circ}\text{C} - 8^{\circ}\text{C}$), 발효유나 다른 유제품에 비해 상대적으로 pH가 높으며, 지방 함량이 높아 위장관 통과 중 프로바이오틱스를 보호할 수 있는 조직 특성 때문이다. 일반적으로 치즈에 프로바이오틱스를 첨가하는 것은 기술적 및 생리학적 특성 개선을 위한 것이 아니라 제품에 영양 가치를 부여하고 소비자의 관심을 높이기 위한 것이지만, 여러 연구를 통해 이것이 결과적으로 제품 품질을 개선시키는 데 유익한 것으로 입증되었다[22,23]. 치즈에 프로바이오틱스를 첨가할 때에는 두 가지 중요하게 고려해야 할 사항이 있다. 앞서 설명했듯이 첫째는 치즈의 제조, 숙성 및 보관 과정에서 프로바이오틱스의 생존을 보장하는 것이고, 둘째는 치즈에서 감각적으로 이상을 유발하지 않도록 하는 것이다.

프로바이오틱스 균주는 대사 활동에 따라 치즈의 맛, 향 등 관능 특성에 영향을 줄 수 있다. 여러 연구 결과 적절한 배양 조성도와 조합으로 프로바이오틱스를 첨가한 경우에는 최종 제품의 감각적 특성에 큰 영향을 미치지 않았다[24]. 그러나 이 결과는 균주의 대사 활동에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어 Cheddar 치즈에 *Bifidobacterium*을 첨가한 경우 대사 활동이 적어 저장 기간 내내 향미, 질감, 외관에 영향을 미치지 않았다[25]. 고농도의 *Lactobacillus paracasei*를 *Lactobacillus salivarius*와 함께 혼합하여 제조한 Cheddar 치즈는 향미, 질감 및 조성이 대조군 치즈와 유사하였다[26,27]. Minas fresh cheese에 *Lactobacillus*를 첨가한 경우, 감각적 특성에는 영향이 없었지만 단백질 분해 정도가 증가했다[28]. 그러나 일부 연구에서는 프로바이오틱스의 첨가가 최종 제품의 감각적 특성, 특히 맛에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 치즈의 스타터 균주와 그들의 단백질 분해 효소는 치즈 matrix 내에서 카제인을 펩타이드와 유리 아미노산으로 분해한다. 따라서, 관련된 단백질 분해 활성을 가진 프로바이오틱스 균주를 선택하는 것이 중요하다. Cheddar 치즈에 프로바이오틱스를 첨가하여 실험한 결과 프로바이오틱스 치즈는 대조군에 비해 쓴맛, 신맛, 식초 맛이 높은 점수를 받았다. 이는 lactobacilli의 복잡한 peptidase 시스템에 의한 결과로 생각되며 숙성 시기와도 관련 있는 것으로 보였다[29]. 일부 보고에서는 특히 *Bifidobacteria*가 함유된 치즈는 과도한 초산 생산에 의해 불쾌한 맛이 난다는 것을 보여주었다[30]. 이와 같이 프로바이오틱스 균주에 따라 치즈에 미치는 영향이 다양하기 때문에 균주 선택이 매우 중요하다(Table 1).

2) 프로바이오틱스 치즈 제조 과정

(1) 원료유의 전처리

치즈 제조는 우유에서 시작한다. 새로운 우유 가공법들도 최근 보고되었는데[31], 치즈 제조 시

Table 1. List of different probiotic cheese and information of the name of probiotic, method and stage of probiotic incorporation in cheese, viability, and functional characteristics

Type of cheese	Name of the probiotics	Method and stage of probiotic supplementation	Viability of probiotics (CFU/g/mL)	Functional characteristics (a comparison with control cheese)
Spanish pasteurized sheep milk cheese	<i>Bifidobacterium pseudolongum</i> INIA P2, <i>Bifidobacterium longum</i> INIA P678, and <i>Bifidobacterium breve</i> INIA P734	Added after pasteurization with cheese starter culture at 30°C	Only <i>B. pseudolongum</i> INIA P2 remained stable (2.0×10^6) over a 60-day period of storage and during <i>in vitro</i> simulated digestion	Significantly enhanced overall proteolysis and the concentration of some free amino acids.
Cream cheese	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	The probiotic strain was added after the curdling step (10^{11} CFU/g)	10^8 after 35 days of storage at 4°C	-
Squacquerone cheese	<i>Lactobacillus crispatus</i>	Added before renneting ($6.8 \log$ CFU/mL) in combination with cheese starter culture	1×10^7 after 13 days of storage	Better organoleptic characteristics of the tested cheese in terms of creaminess, flavor, and overall consumer acceptability and potential to prevent gynecological infection
Cheddar cheese	<i>Lactobacillus casei</i> and <i>Lactobacillus plantarum</i>	Added before renneting in combination with cheese starter culture	-	Increased antioxidant activity
Minas Frescal cheese	<i>L. casei</i> 01	Inoculation of probiotics in pasteurized milk in combination with starter lactococci (1% v/v, 1×10^7 to 1×10^8 CFU/g)	After the cheese preparation, the count was 1×10^8	Better fatty acid profile, higher ACE-inhibitory and antioxidant activities, lower pH, and higher proteolysis and organic acid levels
A pasta filata cheese	<i>L. rhamnosus</i> GG	The probiotic strain was added to the milk before renneting in combination with normal cheese starter (5×10^7 CFU/mL)	1×10^7 after 10 days of storage	Increased production of diacetyl, acetoin, citric, succinic, and acetic acids
Edam cheese	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Inoculation of probiotics in pasteurized milk before renneting (10^7 CFU/g) in combination with normal cheese starter culture	Survival of probiotics following 3 months of ripening	Increase in free fatty acids
Fior di Latte cheese	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> , and <i>Lactobacillus paracasei</i> BGP1	Probiotics were added in curd in the last stage of curd ripening (1×10^8 to 1×10^9 CFU/g)	High survival (1×10^8) at 4°C during 14 days of storage	Enhanced flavor and shelf-life
Cheddar cheese	<i>Lactobacillus helveticus</i> H100 and <i>Lactobacillus acidophilus</i> L10	Inoculation of probiotics in pasteurized milk in combination with starter lactococci (L10)	$>1 \times 10^6$ after 14 weeks of storage	Higher contents of lactic, propionic, and acetic acids, water-soluble nitrogen, trichloroacetic acid, and phosphotungstic acid, improved proteolysis, and higher ACE-inhibitory activity

Table 1. Continued

Type of cheese	Name of the probiotics	Method and stage of probiotic supplementation	Viability of probiotics (CFU/g/mL)	Functional characteristics (a comparison with control cheese)
Cheddar cheese	<i>L. acidophilus</i> 4962 and L10, <i>Bifidobacterium longum</i> 1941, <i>L. casei</i> 279, and <i>Bifidobacterium lactis</i> B94	Inoculation of probiotics in pasteurized milk in combination with starter lactococci (1×10^8 to 1×10^9 CFU/g)	Survival of all probiotics after 6 months of storage at 4°C (1×10^7 to 1×10^8)	More acetic acid concentration, free amino acids, and higher α_s -casein
Minas Frescal cheese	<i>L. acidophilus</i> (La5)	Added alone (T1) and in combination with cheese starter culture (T2; 1×10^6 CFU/g)	T1 (1×10^7) and T2 (1×10^6) after 14 days of storage	Better sensory attributes of both T1 and T2
Cheddar cheese	<i>B. lactis</i> Bb12	Inoculation of probiotics in pasteurized milk after renneting in combination with starter lactococci	10^8 after 12 weeks of storage	Not reported
Kefalograviera-type cheese	<i>L. casei</i> subsp. <i>rhamnosus</i> and <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	The probiotic strains were added in milk in combination with normal starter culture	Not determined	More flavor intensity
Cheddar cheese	<i>B. lactis</i> Bb-12	The probiotic strain was added in standardized milk without normal cheese starter culture (1×10^8 CFU/mL)	Survival in high number ($>10^8$) following 6 months of storage	Reduced moisture down to 40%, which is only slightly above the permitted moisture limit of Cheddar. However, flavor was improved compared to the control cheese.
Cheddar cheese	<i>B. longum</i> BB536	The probiotic strain was added in standardized milk without normal cheese starter culture (1×10^8 CFU/mL)	A reduction in number (1×10^5) following 1 month of ripening	Better flavor
Argentinian Fresco cheese	<i>B. bifidum</i> and <i>L. acidophilus</i>	Probiotics were added before renneting (1% wt/wt or 10^7 CFU/g)	$>10^6$ after 60 days of refrigerated storage	Not reported
Argentinian Fresco cheese	<i>L. casei</i>	Probiotics were added before renneting (1% wt/wt or 10^7 CFU/g)	Good viability and no decrease in count after 60 days of storage	Not reported
Cheddar -like cheese	<i>Bifidobacterium infantis</i>	Probiotics were added in cream (1×10^7 CFU/g) that was used to standardize milk	3×10^6 after 84 days of storage	High β -galactosidase activity and casein hydrolysis
Cheddar cheese	<i>L. paracasei</i>	Probiotics were added in milk before renneting (0.1% v/v: 2.7×10^7)	Reached to 1.5×10^8 after 3 months of ripening	Not reported
Cheddar cheese	<i>B. bifidum</i> (ATCC 15696)	After milling and salting (1×10^6 CFU/g)	1.7×10^7 at the 18th week	Not reported

Data from Gao et al. [56].

우유 처리 방식에는 세 가지가 있다. Large scale로 치즈를 제조할 시에는 우유를 일반적으로 열처리 한다. 보통 65°C에서 30분 동안 살균하는데, 이 과정에서 nonstarter lactic acid bacteria

(NSLAB)는 적은 수 살아남아 숙성 기간과 온도에 따라 최대 10^6 - 10^7 CFU/g까지 천천히 성장한다 [32]. NSLAB 종은 대부분 lactobacilli, pediococci, micrococci이며, NSLAB뿐만 아니라 *Lactobacillus casei*, *L. paracasei*, *Lactobacillus plantarum* 등이 프로바이오틱 균주로 포함되어 있다. 두 종류의 균주를 모두 사용하면 치즈의 풍미 강도가 향상되고 저장 기간이 길어지는 등 적절한 기술적 특성을 제공할 수 있다. 전통적인 우유의 열처리 방식 대신 고압 균질화(high-pressure homogenization, HPH)를 이용한 고압처리 방식도 있다. 이 방법은 *Streptococcus thermophilus*를 시작 균주로 사용하고, 상업적인 프로바이오틱 lactobacilli를 사용하여 Crescenza 치즈를 제조하는 데 사용되었다[33]. HPH로 우유를 처리하면 세균 생존력이 높아지며 우유 내 균주들이 미세화되어 치즈 제조 과정에서 더 잘 혼합되고 분포될 수 있다. HPH 우유는 치즈 수율을 약 1%로 증가시키고 냉장 보관 시 프로바이오틱스균 생존 가능성에 긍정적인 영향을 미치는 등 기술적 이점이 나타났으며 유리지방산 배출과 치즈단백질분해에서 긍정적 효과가 관찰됐다[34]. 세 번째로 ultrafiltered(UF) 방식이 있다. UF는 우유를 여과하여 크기가 작은 성분들만 보존하는 방법으로, 더 진한 맛과 향을 갖는 치즈를 제조할 수 있는 방법이다. Probiotic Iranian UF feta cheese는 열처리한 레텐테이트를 probiotic *L. casei*로 접종하여 생산되었다. 전통적으로 UF 치즈는 full-fat 치즈로 생산되었지만, 현재는 저지방 UF 치즈도 생산된다[35]. 저지방 UF 치즈는 우유 단백질 파우더, 저지방 우유, 크림을 부가 프로바이오틱스와 혼합하여 제조한다. 이때 2차 단백질 분해가 강화되고 숙성 기간 동안 부가물배양 개체수가 유지되고 향이 눈에 띄게 개선되며 probiotic *L. acidophilus* 수가 높은 수준으로 유지될 수 있다[36].

(2) 균주 첨가

프로바이오틱스는 1차 스타터로 첨가되거나 부가물 배양(비스타터)으로 첨가될 수 있다. 스타터 균주로 사용될 경우 프로바이오틱스의 젖산 생성 능력이 낮아 단점으로 간주될 수 있기 때문에 스타터 균주와 함께 첨가하는 것이 더 적절할 수 있다[37]. 배양 유제품을 위한 2단계 발효는 프로바이오틱스 균주만 먼저 2시간 동안 발효를 진행한 후, 스타터 균주를 추가하는 방식이다. 스타터 균주는 프로바이오틱스 균주를 억제하는 물질을 생성하고 더 빠르게 성장하여 프로바이오틱스 균주의 생존율을 감소시키는데, 2단계 발효 방법을 통해 스타터 첨가 이전에 프로바이오틱스를 우세하게 하여 프로바이오틱스균의 생존성을 높일 수 있다[38]. 이로써 프로바이오틱스 균주는 지연 성장 단계 후기나 로그 성장 단계 초기에 도달하여 미생물 군집을 지배하며 더 높은 균수를 보일 수 있다. 2단계 발효 과정으로 생산된 제품에서 프로바이오틱스 균주의 초기 균수는 4배에서 5배 증가한 것으로 나타났다[39]. 또한, 균주를 접종하는 방법도 두 가지가 있다. 하나는 프로바이오틱스 균주를 얼린 건조 형태로 직접 우유에 첨가하는 경우이고, 다른 하나는 우유와 우유 지방으로 이루어진 기질에서 사전 배양한 후 우유에 첨가하는 경우인데, 둘 중 직접 첨가하는 것이 더 쉽고 빠르게 오염에 강해 효율적인 것으로 나타났다[40]. 실험 결과, 사전배양 방식은 프로바이오틱스 개체수를 1 log cycle 가까이 증가시켰지만 균주의 생존율을 개선하지 못했다. 프로바이오틱스가 스타터보다 늦게 첨가되는 경우에는 일반적으로 대사활동을 감소시키는 냉각단계가 포함된다. 그 후에는 레몬즙이나 식물성 rennet 같은 응고제, 키모신(rennin)이나 곰팡이 유래 단백질분해효소까지 첨가된다. 응고는 이 효소들이 최적의 활성을 보일 때 조절된 온도 조건에서 발생한다. 약간의 산성 환경은 레닌의 최적 활동을 위한 조건이지만 공정이 진행됨에 따라 낮은 값을 유지하면 원하지 않는 미생물에게 적합하지 않은 환경이 형성된다[41]. 프로바이오틱스 균주의 생존을 향상 위해 다른 방식으로 치즈에 첨가되기도 하는데, 그 중 하나가 프로바이오틱스 박테리아의 미세캡슐화(microencapsulation)이다. 프로바이오틱스 균주의 운반체로 알지네이트나 기타 종류의 코팅이 사용되는데, 이는 비독성, 생체 적합성, 저렴한 비용 때문에 프로바이오틱스 및 프리바이오틱스의 유효성을 향상시킬 수 있다[41-43]. 프로바이오틱스 치즈 생산을 위한 균주를 선택할 때에는 몇 가지 요소를 고려해야 한다. 과도한 유기산

생성을 방지하기 위해 산성화 능력이 미약한 프로바이오틱스 균주를 선택해야 하며 적절하지 않은 온도로 인해 과도한 단백질 분해가 발생하지 않도록 주의해야 한다. 프로바이오틱스 균주는 생존할 수 있어야 하지만 대사 활동은 그대로 유지되지 않아야 하며 미생물이 치즈 내에서 적절하게 침투하고 확산할 수 있는지 고려해야 한다. 프로바이오틱스 균주는 각자 고유한 효과와 기능을 가지며 균주 선택은 프로바이오틱스 치즈의 목표와 제품 특성을 고려하여 신중하게 이루어져야 한다. 예를 들어 *L. acidophilus*는 소화 기능을 촉진하고 장 내 건강을 개선하는 데 도움이 되며, *S. thermophilus*는 스타터 균주로 널리 사용되며 치즈 제조 과정에서 유용한 발효 능력을 제공하고 치즈의 맛과 질감 형성에도 기여한다(Table 2).

(3) 염장 및 포장

프로바이오틱스 균주는 고염농도에 민감하며, 염농도가 4% 이상인 치즈에서 생존력이 급격히 감소한다[44]. 이에 따라 생산 조건을 최적화하여 기능적 특성을 유지해야 한다. 따라서 몰딩 후 진염 또는 소금물에 담갔다 빼는 등의 방법이 사용되며, 이는 치즈의 질감, 향 또는 소비자의 인식에 부정적인 영향 없이 수행되어야 한다. 또한 대부분의 프로바이오틱스 균주는 산소를 적게 필요로 하는 미생물학적 특징을 가지고 있기 때문에 제조 및 보관 중 산소 노출에 대한 투과성은 중요한 문제이며, 적절한 포장방법 및 진공 시스템을 선택해야 한다. 프로바이오틱스 치즈는 일반적으로 산소 투과성이 낮은 플라스틱 필름으로 포장되거나 진공 절차를 거쳐 포장된다[45].

(4) 숙성 및 저장

프로바이오틱스 치즈 제조 과정에서는 복잡한 생물막 형성이 일어나며, lactose, lactate, citrate의 대사와 지방 분해 및 단백질 분해와 관련된 미생물학적, 생화학적 변화가 발생한다. 이때 장기적인 숙성 과정에서 프로바이오틱스는 다양한 효소 활동에 의해 향과 맛 형성을 촉진하므로 프로바이오틱스 균주의 생존성은 주요한 고려사항이다. 숙성기간에는 수분활성이 감소하면서 여러 생화학적 변화가 발생해 예측이 어렵고, 이와 함께 pH도 감소해 부가물 배양에 부적합한 환경이 조성되는 경우가 많아 배양 안정성에 추가적인 문제가 된다. 또한 다른 비병원성 집단의 우연한 확산은 치즈의 지배적인 미생물이 되어 NSLAB이 영양소 경쟁을 하고 결과적으로 프로바이오틱스 생존 파약을 어렵게 한다[46]. 프로바이오틱스는 항균 물질을 생산할 수 있으므로 pediococci와 같이 유해한 미생물 발생을 억제할 수 있으며 보존제를 첨가함으로써 유통 기한을 확보할 수도 있다[47].

Table 2. Most relevant species/subspecies of probiotic bacteria successfully added to cheese

Lactobacillus	Bifidobacterium	Others
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Bifidobacterium animalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>B. animalis</i> ssp. <i>lactis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>L. casei</i> ssp. <i>pseudoplantarum</i>	<i>Bifidobacterium breve</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>L. casei</i> ssp. <i>rhamnosus</i>	<i>Bifidobacterium infantis</i>	<i>Leuconostoc paramesenteroides</i>
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>	<i>Bifidobacterium lactis</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i> ssp. <i>shermanii</i>
<i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>lactis</i>	<i>Bifidobacterium longum</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
<i>Lactobacillus gasseri</i>		
<i>Lactobacillus paracasei</i>		
<i>Lactobacillus plantarum</i>		
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>		
<i>Lactobacillus salivarius</i>		

1) Species including candidate strains or of possible potential use as probiotics.
Data from Castro et al. [22].



3. 치즈 산업의 동향 및 현황

치즈의 역사는 오래되었으며, 예로부터 유럽에서 중요한 식품으로 존재해 왔다. 치즈는 원래 신선한 우유의 보존과 활용을 위해 개발되었으며, 시간이 지남에 따라 다양한 종류와 제조 기술이 발전되었다. 예를 들어, 고온에 의한 치즈 제조와 긴 숙성 기간을 통해 다양한 맛과 향을 얻을 수 있게 되었다. 현대 치즈 산업은 기술의 발전과 과학적 연구의 결과에 함께 발전해 왔으며, 자동화된 제조 공정과 향상된 재료 관리 시스템을 통해 생산성과 품질을 향상시키는 노력이 꾸준히 이루어지고 있다. 치즈 산업은 전 세계적으로 성장하고 있으며, 수요의 증가로 인해 다양한 종류, 높은 품질의 치즈가 시장에 출시되고 있다.

세계 치즈 시장 규모는 2028년에 120.2억 달러 이상에 이를 것으로 전망된다(Fig. 2). 건강한 식단에 대한 소비자들의 관심은 제품에 영양적 가치를 더하는 기능성 치즈에 대한 수요를 증가시켰다. 치즈에는 단백질, 오메가-3 지방산, 미네랄이 풍부하다. '건강식'이 하나의 트렌드로 자리잡으면서 clean-label 우유 제품은 영양이 풍부하고 안전한 제품으로서 소비자들에게 큰 인기를 얻고 있다 [48]. 일반 우유보다는 유기농 우유 제품이 주류가 되고 있으며 이는 유기농 치즈 품종에 대한 수요도 증가하였다. 비건 식단의 인기가 높아지면서 아몬드, 캐슈넛, 두유 등으로 만든 식물성 치즈에 대한 수요가 크게 늘었다[49]. 좋은 식품 연구소의 조사에 따르면 2019년 식물성 치즈의 미국 달러 매출은 18% 증가한 반면, 유제품의 경우 1% 증가하는 데 그쳤다고 한다[50].

최근에는 새로운 맛과 요리에 대한 소비자들의 선호도가 상당히 높아졌다. 이탈리아, 멕시코 등 다양한 요리에 치즈 맛을 조합한 음식의 인기가 높아지면서 이들 요리에서 다양한 품종의 활용이 가속화되고 있다. 파우더, creamer 등 혁신적인 제품 개발을 위해서는 선도적인 제품 가공업체가 필요하다는 점에서 식품 서비스 분야는 빠르게 확대되고 있다[51]. 향료 첨가 치즈는 새로운 카테고리 중 하나로 허브, 향신료, 과일과 같이 새로운 맛에 대한 현대 소비자의 요구를 충족시킨다. 예시로 2019년 6월, 영국의 Chuckling Cheese Company는 영국에서 향료 첨가 치즈 수요의 증가에 따라 진(gin) 맛의 제품을 출시했다. 이와 같은 획기적인 제품의 개발로 치즈 산업은 세계적으로 변창하고 있다[52].

또한 신선, 유기농, 수제, 스페셜티, 장인 치즈가 새롭게 떠오르는 트렌드로서 소비자들 사이에서

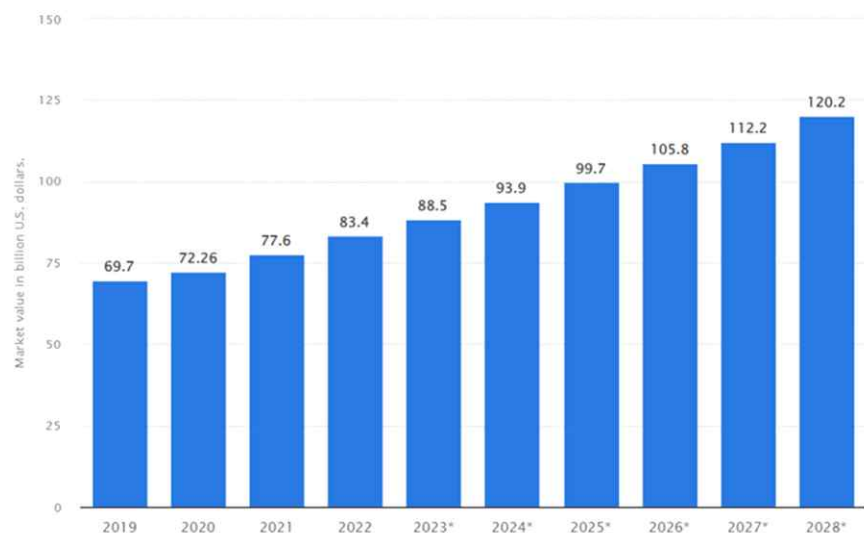


Fig. 2. The market value of cheese worldwide from 2019 to 2028. Adapted from IMARC Group [57] with permission of author

인기를 끌고 있다. 이러한 제품군은 자연적인 가공 기술 덕분에 더 안전하고 품질 높게 여겨진다. 예시로 2020년 7월에는 영국의 슈퍼마켓 체인인 Aldi는 증가하는 스페셜티 치즈 수요에 부응하기 위해 새로운 장인 치즈 브랜드를 론칭했다[53].

하지만 프로바이오틱스 시장을 위축시키는 요인들도 분명히 존재한다. 프로바이오틱스 균주는 살아 있는 생균의 형태로 존재하여 매우 민감한 소재이고, 생산, 저장, 유통 과정에 걸쳐 이러한 활력이 계속 유지되어야 하는 기술적인 어려움이 존재한다. 한편, 건강에 대한 소비자들의 관심이 증가하면서 치즈가 긍정적인 평가를 받았지만, 동시에 지방 소비와 관련하여 부정적인 인식도 증가하였다 [54]. 소비자들은 이러한 질병을 예방하고 건강을 유지하기 위해 저지방 식단을 선호한다. 이러한 경향에 따라 치즈 시장의 성장이 위축될 것도 예상할 수 있다.

위와 같이 치즈 산업은 새로운 치즈의 다양성과 맛으로 끊임없이 진화하고 있으며 이것은 소비자 들이 치즈를 매력적인 식품으로 인식하는 데에 도움이 되었다. 나아가 증가하는 세계 인구, 도시화, 그리고 변화하는 식단 패턴은 치즈에 대한 더 높은 수요에 기여하는 요인들이 되었다.

4. 프로바이오틱스 치즈 시장 확대를 위한 전략

1) 기술 개발

프로바이오틱스 제조 공정은 여전히 개선의 여지가 많다. 생존율의 변동성, 상호작용과 호환성, 제품의 품질 및 안정성, 그리고 시장 요구에 대한 대응력은 주요한 개선이 필요한 영역이다. 유제품에 프로바이오틱스를 첨가하는 것은 낮은 pH와 저장 조건으로 인해 생존과 안정성이 부정적인 영향을 받아 어려움에 직면해 있으며, 여전히 프로바이오틱스의 생존과 안정성에 영향을 미치는 요인들에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 전통적으로 사용되는 스타터 배양, 유제품의 화학성분, 숙성 시간, 가공 및 저장 상태 등은 유제품의 프로바이오틱스의 안정성에 영향을 미치기 때문에 프로바이오틱스를 치즈에 접목하고자 할 때에는 이러한 요소들이 반드시 고려되어야 한다. 따라서 프로바이오틱스 치즈를 위한 최적의 스타터 배양이 질실히 필요하다. 마이크로 캡슐화, 여러 프로바이오틱스 및 냉동 보호제의 첨가는 이러한 노력의 예시이다. 프로바이오틱스를 유제품에 활용하기 위해서는 균주 수준에서 미생물의 연구도 필수적이다. 서로 다른 균주는 서로 잠재적으로 영향을 미칠 수 있기 때문에 균주 수준에서 프로바이오틱스를 특징짓는 것이 중요하다. 많은 연구들이 유제품을 포함한 다양한 발효 제품들로부터 많은 프로바이오틱스 종들을 분리하고 보고했지만, 그럼에도 프로바이오틱스의 특성을 중 수준에서 연구하는 데 한계가 있다. 따라서 균주 선별 및 처리 및 저장 조건의 최적화, 발효 과정의 모니터링 및 제어 강화, 제조 공정의 유연성과 혁신적인 제품 개발에 대한 노력이 필요하며, 이러한 개선들은 프로바이오틱스 치즈 제조 공정의 효율성과 품질 향상에 기여하고, 이를 통해 보다 안전하고 효능적인 제품을 생산할 수 있을 것이다.

2) 소비자 인식 및 마케팅 전략

프로바이오틱스 치즈는 마케팅 및 브랜딩에 유용한 도구로 활용될 수 있다. 웰빙, 프리미엄 등이 트렌드로 자리잡은 시대 흐름에 따라 건강 기능성과 미생물의 유익성을 강조함으로써 소비자들에게 프로바이오틱스 치즈의 가치와 차별성을 전달할 수 있다. 프로바이오틱스 치즈는 건강을 증시하는 소비자들에게 매력적인 제품으로 인식될 수 있으며, 브랜드 이미지를 강화하고 시장에서의 경쟁력을 향상시킬 수 있다. 마케팅 및 브랜드 전문가는 제품의 관능적 이미지 전달과 의도한 목표 및 지식정보 광고를 통해 해당 시장에 건강 핵심 정보를 전달할 수 있어야 한다. 이 핵심 정보는 소비자 시장에서 잘 받아들여질 수 있는 관능적 특성, 소비 안전 특성 및 영양 특성을 포함한다. 변화하는 소비자 선호도에 따라 제품 개발, 신형 시장, 전자 상거래, 지속 가능성, 건강/웰빙 및 브랜드 차별화에 집중함

으로써 치즈 산업은 성장할 수 있다. 한 예로 프로바이오틱스 치즈를 LBP(live biotherapeutic product)로 개발할 수 있는 기술이 있다면 광고 소구점으로도 활용할 수 있을 것이다. 특히 최근 들어 과도한 지방 소비와 관련된 비만, 당뇨병과 같이 생활 습관과 관련된 질병의 유병률이 증가하는 것은 산업에 큰 영향을 미친다는 것이 밝혀지고 있고 실제 한 예시로 영국 세계당뇨병공동체에 따르면 2018년 전 세계적으로 4억 1,500만 명이 당뇨병을 앓고 있는 것으로 추정되고 있으며, 2040년에는 6억 4,200만 명까지 늘어날 것으로 전망된다는 보고가 있는데 이러한 부분에 LBP로서의 프로바이오틱스 치즈가 제 역할을 해낸다면 단순한 식품을 넘어서는 기능성 유제품으로 자리잡을 수 있을 것이다[55].

추가적으로 소비자들은 지속 가능한 제품을 선호하는 경향이 있으므로 치즈 제조 과정에서의 지속 가능성을 강조하는 마케팅 전략이 필요하다. 친환경적인 생산 방법, 재활용 가능한 포장 방법 등을 도입해야 하며 치즈 생산에 사용되는 자원의 효율성, 환경 보호 및 사회적 책임을 강조하여 소비자들의 신뢰를 얻어야 한다. 또한 시장 경쟁이 치열해지고 있는 상황에서는 차별화된 제품 라인업을 개발하는 것이 중요하다. 다양한 치즈 종류와 특성을 제공하여 소비자의 needs를 충족시킬 수 있어야 한다. 다양한 맛, 식감, 원료를 활용한 프리미엄 치즈, 식물성 치즈 등의 다양한 제품을 개발해야 한다. 시장이 점점 복잡해지면서 강력한 브랜딩과 마케팅을 통해 차별화할 수 있는 기업이 소비자 관심과 충성도를 더욱 이끌어낼 수 있을 것이다. 디지털 시대에는 온라인 및 소셜 미디어를 적극적으로 활용하는 마케팅 전략도 필요하다. 소비자들의 온라인 행동을 분석하고, 디지털 마케팅 채널을 효과적으로 활용하여 치즈 제품을 홍보해야 한다. 우리나라의 인심 치즈드 스마트스토어와 파워링크, 소셜 미디어를 통한 온라인 마케팅을 본격적으로 강화하여 코로나19 위기를 돌파한 사례가 있다[56].

3) 프로바이오틱스 치즈 인증제도

소비자들에게 신뢰를 주기 위해 프로바이오틱스 치즈의 인증 제도를 설립할 수 있다. 인증 제도를 설립할 때 고려해야 할 기준으로는 첫 번째로 유익한 박테리아 균주의 확인이 있다. 인증을 받기 위해 제품은 특정 유익한 박테리아 균주를 포함하고 있어야 한다. 이는 제품의 유효성과 효과를 보장하기 위한 중요한 요소가 된다. 또한 적절한 균주 수준을 확인해야 한다. 제품의 효과적인 작용을 보장하기 위해 제품은 충분한 수의 프로바이오틱스 균주를 함유해야 한다. 프로바이오틱스 섭취 시 대부분 일일 섭취량이 1억-100억 CFU로 정해져 있는데, 프로바이오틱스 치즈는 이 수치보다 일정 수준 낮은 수치를 기준으로 삼을 수 있다. 세 번째로 프로바이오틱스의 생존력과 안정성을 확인해야 한다. 이는 제품이 소비자에게 실제로 유익한 영향을 줄 수 있는지 확인하기 위함이다. 인증을 받기 위해 건강 관련 연구 결과를 기반으로 효과와 이점을 입증할 수도 있다. 이 과정에서는 의사나 영양사 등 전문가와의 협력이 동반될 수 있으며 전문가와의 협력은 프로바이오틱스 치즈에 대한 새로운 연구로 이어질 수 있으므로 해당 산업 발전에 이익을 준다. 워크숍, 세미나, 학회 등을 통해 전문가와 교류하며 지식을 교류하고, 과학적 연구 결과나 임상 시험 결과 등 신뢰할 수 있는 자료를 나누면서 제품의 학문적인 신뢰성을 강화할 수 있다. 다음으로 제조 과정과 품질 관리에 대한 확인이 필요하다. 제품의 일관된 품질과 안전성을 유지하기 위해 제품 제조 과정이 일정한 규정을 따라야 한다. 마지막으로 제품은 소비자를 보호하고 제품의 안전성을 보장하기 위해 식품 관련 법규와 안전성 기준을 준수해야 한다. 이러한 인증 기준을 설정함으로써 소비자들은 인증 받은 프로바이오틱스 치즈를 선택할 때 품질과 안전성을 확신할 수 있으며 치즈 회사에서는 표준화된 기준을 바탕으로 제품의 품질과 신뢰성을 관리할 수 있다.

결 론

본 논문에서는 프로바이오틱스의 효능을 먼저 살펴보고 프로바이오틱스를 치즈에 첨가하는 방법

과 그 이점, 그리고 치즈 시장의 동향 및 현황에 대해 다루었다. 프로바이오틱스 치즈는 건강한 대사 및 면역 기능 강화에 도움이 되는 등 많은 잠재적 이점을 제공하는 제품으로 각광받고 있다. 이러한 성장 가능성을 최대한 활용하고 확대하기 위해 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 관련 기술의 개발에 더욱 투자해야 한다. 프로바이오틱스 치즈 제조를 위한 고성능의 스타터 배양과 발효 과정 개선에 초점을 맞춰야 한다. 혁신적인 기술의 도입과 연구 개발을 통해 치즈 제조 기술의 효율성과 품질을 향상시킬 수 있다. 둘째, 강력한 마케팅 전략을 수립해야 한다. 프로바이오틱스 치즈의 가치를 효능을 소비자에게 홍보하고 인식시키는 것이 중요하다. 마케팅 캠페인을 통해 소비자에게 웰빙에 대한 가치를 강조하고 다양한 소비자 그룹에 초점을 맞춘 전략을 구현해야 하며, 디지털 마케팅과 소셜 미디어를 적극 활용하여 브랜드 인식을 높이고 소비자와의 상호작용을 강화해야 한다. 셋째로, 적절한 인증 제도를 확립해야 한다. 프로바이오틱스 치즈의 안전성과 품질을 보장하기 위해 관련 규제와 인증 제도를 수립해야 하며 이는 소비자의 신뢰를 구축하고 시장에 대한 긍정적인 시각을 형성하는 역할을 하게 될 것이다. 또한 이를 통해 프로바이오틱스 치즈의 표준화를 이끌어 낼 수 있을 것이다. 위와 같은 노력을 통해 프로바이오틱스 치즈 시장은 더욱 성장하고 발전할 수 있으며, 소비자들의 건강과 웰빙에 기여할 수 있는 혁신적인 제품을 제공할 것이다.

Conflict of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

Acknowledgements

This research was supported by a Korea University Grant and by a National Research Foundation of Korea Grant, funded by the Korean government (MEST) (NRF-2021R1A2C3011051) and by the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ0158652021)” Rural Development Administration, Korea.

References

1. Food and Agriculture Organization [FAO], World Health Organization [WHO]. FAO/WHO working group report. Rome, Italy: FAO; 2002.
2. Mun D, Kyoung H, Kong M, Ryu S, Jang KB, Baek J, et al. Effects of Bacillus-based probiotics on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal health of weaned pigs. *J Anim Sci Technol*. 2021;63:1314-1327.
3. Kailasapathy K, Chin J. Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. *Immunol Cell Biol*. 2000;78:80-88.
4. Kim JY, Kim JY, Kim H, Moon EC, Heo K, Shim JJ, et al. Immunostimulatory effects of dairy probiotic strains *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* HY8002 and *Lactobacillus plantarum* HY7717. *J Anim Sci Technol*. 2022;64:1117-1131.
5. Kang J, Lee JJ, Cho JH, Choe J, Kyoung H, Kim SH, et al. Effects of dietary inactivated probiotics on growth performance and immune responses of weaned pigs. *J Anim Sci Technol*. 2021;63:520-530.

6. Rupa P, Mine Y. Recent advances in the role of probiotics in human inflammation and gut health. *J Agric Food Chem.* 2012;60:8249-8256.
7. Zhao Q, Yang WR, Wang XH, Li GQ, Xu LQ, Cui X, et al. *Clostridium butyricum* alleviates intestinal low-grade inflammation in TNBS-induced irritable bowel syndrome in mice by regulating functional status of lamina propria dendritic cells. *World J Gastroenterol.* 2019;25:5469-5482.
8. Marzet CB, Burgos F, Del Compare M, Gerold I, Tabacco O, Vinderola G. Approach to probiotics in pediatrics: the role of *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Arch Argent Pediatr.* 2022;120:e1-e7.
9. Yang S, Deng C, Li Y, Li W, Wu Q, Sun Z, et al. Complete genome sequence of *Lactiplantibacillus plantarum* ST, a potential probiotic strain with antibacterial properties. *J Anim Sci Technol.* 2022;64:183-186.
10. Mantegazza C, Molinari P, D'Auria E, Sonnino M, Morelli L, Zuccotti GV. Probiotics and antibiotic-associated diarrhea in children: a review and new evidence on *Lactobacillus rhamnosus* GG during and after antibiotic treatment. *Pharmacol Res.* 2018;128:63-72.
11. Ryu S, Kim K, Cho DY, Kim Y, Oh S. Complete genome sequences of *Lactococcus lactis* JNU 534, a potential food and feed preservative. *J Anim Sci Technol.* 2022;64:599-602.
12. Oh JK, Vasquez R, Kim SH, Hwang IC, Song JH, Park JH, et al. Multispecies probiotics alter fecal short-chain fatty acids and lactate levels in weaned pigs by modulating gut microbiota. *J Anim Sci Technol.* 2021;63:1142-1158.
13. Jung HI, Park S, Niu KM, Lee SW, Kothari D, Yi KJ, et al. Complete genome sequence of *Paenibacillus konkukensis* sp. nov. SK3146 as a potential probiotic strain. *J Anim Sci Technol.* 2021;63:666-670.
14. Parvez S, Malik KA, Ah Kang S, Kim HY. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *J Appl Microbiol.* 2006;100:1171-1185.
15. Zommara M, El-Ghaish S, Haertle T, Chobert JM, Ghanimah M. Probiotic and technological characterization of selected *Lactobacillus* strains isolated from different Egyptian cheeses. *BMC Microbiol.* 2023;23:160.
16. Huys G, Botteldoorn N, Delvigne F, De Vuyst L, Heyndrickx M, Pot B, et al. Microbial characterization of probiotics: advisory report of the Working Group "8651 Probiotics" of the Belgian Superior Health Council (SHC). *Mol Nutr Food Res.* 2013;57:1479-1504.
17. Gao H, Li X, Chen X, Hai D, Wei C, Zhang L, et al. The functional roles of *Lactobacillus acidophilus* in different physiological and pathological processes. *J Microbiol Biotechnol.* 2022;32:1226-1233.
18. Oh YJ, Kim JY, Lee J, Lim SK, Yu D, Oh Y, et al. Complete genome sequence of *Lactobacillus amylovorus* 1394N20, a potential probiotic strain, isolated from a Hanwoo calf. *J Anim Sci Technol.* 2021;63:1207-1210.
19. Li N, Yu Y, Chen X, Gao S, Zhang Q, Xu C. *Bifidobacterium breve* M-16V alters the gut microbiota to alleviate OVA-induced food allergy through IL-33/ST2 signal pathway. *J Cell Physiol.* 2020;235:9464-9473.

20. Zhang H, Liu M, Liu X, Zhong W, Li Y, Ran Y, et al. *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* 420 mitigates autoimmune hepatitis through regulating intestinal barrier and liver immune cells. *Front Immunol.* 2020;11:569104.
21. Yao M, Xie J, Du H, McClements DJ, Xiao H, Li L. Progress in microencapsulation of probiotics: a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2020;19:857-874.
22. Castro JM, Tornadijo ME, Fresno JM, Sandoval H. Biocheese: a food probiotic carrier. *BioMed Res Int.* 2015;2015:723056.
23. Park YW. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin Res.* 2007;68:73-87.
24. Karimi R, Sohrabvandi S, Mortazavian AM. Review article: sensory characteristics of probiotic cheese. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2012;11:437-452.
25. Dinakar P, Mistry VV. Growth and viability of *Bifidobacterium bifidum* in cheddar cheese. *J Dairy Sci.* 1994;77:2854-2864.
26. Gardiner G, Ross RP, Collins JK, Fitzgerald G, Stanton C. Development of a probiotic cheddar cheese containing human-derived *Lactobacillus paracasei* strains. *Appl Environ Microbiol.* 1998;64:2192-2199.
27. Cárdenas N, Calzada J, Peirotén Á, Jiménez E, Escudero R, Rodríguez JM, et al. Development of a potential probiotic fresh cheese using two *Lactobacillus salivarius* strains isolated from human milk. *BioMed Res Int.* 2014;2014:801918.
28. Buriti FCA, da Rocha JS, Assis EG, Saad SMI. Probiotic potential of minas fresh cheese prepared with the addition of *Lactobacillus paracasei*. *LWT-Food Sci Technol.* 2005;38:173-180.
29. Ong L, Shah NP. Probiotic cheddar cheese: influence of ripening temperatures on proteolysis and sensory characteristics of cheddar cheeses. *J Food Sci.* 2009;74:S182-S191.
30. Ong L, Henriksson A, Shah NP. Chemical analysis and sensory evaluation of cheddar cheese produced with *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. paracasei* or *Bifidobacterium* sp. *Int Dairy J.* 2007;17:937-945.
31. Lim DH, Kim TI, Park SM, Ki KS, Kim Y. Effects of photoperiod and light intensity on milk production and milk composition of dairy cows in automatic milking system. *J Anim Sci Technol.* 2021;63:626-639.
32. Song B, Zhu P, Zhang Y, Ju N, Si X, Pang X, et al. Preparation and quality assessment of processed cream cheese by high hydrostatic pressure combined thermal processing and spore-induced germination. *J Food Eng.* 2023;341:111319.
33. Burns P, Patrignani F, Serrazanetti D, Vinderola GC, Reinheimer JA, Lanciotti R, et al. Probiotic crescenza cheese containing *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus* manufactured with high-pressure homogenized milk. *J Dairy Sci.* 2008;91:500-512.
34. Dhiman A, Prabhakar PK. Micronization in food processing: a comprehensive review of mechanistic approach, physicochemical, functional properties and self-stability of micronized food materials. *J Food Eng.* 2021;292:110248.
35. Penna ALB, Nero LA, Todorov SD. *Fermented foods of Latin America: from traditional knowledge to innovative applications.* Boca Raton, FL: CRC Press; 2016.

- p. 338.
36. Seydim ZB. Studies on fermentative, microbiological and biochemical properties of kefir and kefir grains [Ph.D. Dissertation]. Clemson, SC: Clemson University; 2001.
 37. Grujović MŽ, Mladenović KG, Semedo-Lemsaddek T, Laranjo M, Stefanović OD, Kocić-Tanackov SD. Advantages and disadvantages of non-starter lactic acid bacteria from traditional fermented foods: potential use as starters or probiotics. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2022;21:1537-1567.
 38. Mohammadi R, Sohrabvandi S, Mohammad Mortazavian A. The starter culture characteristics of probiotic microorganisms in fermented milks. *Eng Life Sci.* 2012; 12:399-409.
 39. Tamime AY, Saarela MAK, Søndergaard AK, Mistry VV, Shah NP. Production and maintenance of viability of probiotic micro-organisms in dairy products. *Probiotic Dairy Prod.* 2005;3:39-63.
 40. Reale A, Di Renzo T, Coppola R. Factors affecting viability of selected probiotics during cheese-making of pasta filata dairy products obtained by direct-to-vat inoculation system. *LWT-Food Sci Technol.* 2019;116:108476.
 41. Castro JM, Tornadijo ME, Fresno JM, Sandoval H. Biocheese: a food probiotic carrier. *BioMed Res Int.* 2015;2015:723056.
 42. Ha HK, Hong JY, Ayu IL, Lee MR, Lee WJ. Development and evaluation of probiotic delivery systems using the rennet-induced gelation of milk proteins. *J Anim Sci Technol.* 2021;63:1182-1193.
 43. Corona-Hernandez RI, Álvarez-Parrilla E, Lizardi-Mendoza J, Islas-Rubio AR, de la Rosa LA, Wall-Medrano A. Structural stability and viability of microencapsulated probiotic bacteria: a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2013;12:614-628.
 44. Karimi R, Mortazavian AM, Da Cruz AG. Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: a review. *Dairy Sci Technol.* 2011;91:283-308.
 45. Singh P, Wani AA, Karim AA, Langowski HC. The use of carbon dioxide in the processing and packaging of milk and dairy products: a review. *Int J Dairy Technol.* 2012;65:161-177.
 46. Zheng X, Shi X, Wang B. A review on the general cheese processing technology, flavor biochemical pathways and the influence of yeasts in cheese. *Front Microbiol.* 2021;12:703284.
 47. Ananou S, Maqueda M, Martínez-Bueno M, Valdivia E. Biopreservation, an ecological approach to improve the safety and shelf-life of foods. In: Méndez-Vilas A, editor. *Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology.* Badajoz, Spain: Formatex; 2007. p. 475-486.
 48. Fortune Business Insights. Food processing & processed food [Internet]. 2022 [cited 2023 Nov 23]. Available from: <https://www.fortunebusinessinsights.com/cheese-market-104293>
 49. Boukid F, Lamri M, Dar BN, Garron M, Castellari M. Vegan alternatives to processed cheese and yogurt launched in the European market during 2020: a nutritional challenge? *Foods.* 2021;10:2782.

50. Plant Based Food Association. Growing plant based [Internet]. 2022 [cited 2023 Nov 23]. Available from: <https://www.plantbasedfoods.org/>
51. Free Press. New gin flavoured cheese launched [Internet]. 2023 [cited 2023 Nov 23]. Available from: <https://www.doncasterfreepress.co.uk/inews-lifestyle/eating-out/new-gin-flavoured-cheese-launched-345120>
52. Soccol CR, de Souza Vandenberghe LP, Spier MR, Medeiros ABP, Yamaguishi CT, De Dea Lindner J, et al. The potential of probiotics: a review. *Food Technol Biotechnol.* 2010;48:413-434.
53. Pot B, Vandenas Y. Factors that influence clinical efficacy of live biotherapeutic products. *Eur J Med Res.* 2021;26:40.
54. Ogurtsova K, da Rocha Fernandes JD, Huang Y, Linnenkamp U, Guariguata L, Cho NH, et al. IDF diabetes atlas: global estimates for the prevalence of diabetes for 2015 and 2040. *Diabetes Res Clin Pract.* 2017;128:40-50.
55. Lee ES, Song EJ, Nam YD, Lee SY. Probiotics in human health and disease: from nutribiotics to pharmabiotics. *J Microbiol.* 2018;56:773-782.
56. Gao J, Li X, Zhang G, Sadiq FA, Simal-Gandara J, Xiao J, et al. Probiotics in the dairy industry: advances and opportunities. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2021;20:3937-3982.
57. IMARC Group. Cheese market report by source (cow milk, buffalo milk, goat milk, and others), type (natural, processed), product (mozzarella, cheddar, feta, parmesan, roquefort, and others), format (slices, diced/cubes, shredded, blocks, spreads, liquid, and others), distribution channel (supermarkets and hypermarkets, convenience stores, specialty stores, online, and others), and region 2024-2032. [Internet]. 2023 [cited 2023 Nov 11]. Available from: <https://www.imarcgroup.com/cheese-manufacturing-plant>