프로바이오틱 개발과 시장 동향

김 용 규

EMBL

E-mail: yongkyu.kim@embl.de

요약문

프로바이오틱스는 일정 농도 이상 섭취 시 대장 내에서 해로운 균의 성장과 병원성 균의 감염을 억제하고, 신체 면역계를 활성화시켜 건강에 이로운 영향을 미치는 박테리아를 일컫는다. 우리는 다양한 프로바이오틱 박테리아를 김치와 요거트를 통해 섭취해오고 있는데, 이들의 생리학적 효과가 과학적으로 증명되기 시작하면서 다양한 기능성 제품들이 쏟아져 나오고 있다. 하지만, 정확한 프로바이오틱스 작용 기작과 효과는 장 내 마이크로바이오타의 복잡성과 다양성 때문에 많은 부분 베일에 가려져 있고, 프로바이오틱스는 활성을 가지고 있는 생균인 만큼 오용과 남용 시 그에 따른 부작용의 가능성도 크다. 그렇기 때문에 이러한 문제를 미연에 방지하기 위한 다양한 분야에서의 노력과 앞으로의 프로바이오틱스 개발 방향에 대해서 알아보고자 한다.

Key Words: 프로바이오틱스, 마이크로바이오타, 기능성 식품, 발효, 건강

목 차

1. 서론
2. 프로바이오틱스 역사
3. 프로바이오틱스 시장 규모
4. 프로바이오틱 미생물
   4.1 젖산균 (Lactic Acid Bacteria: LAB)
   4.2. 비피더스균(Bifidobacteria)
   4.3. 이스트(Yeasts)
   4.4. Akkermansia muciniphila
   4.5. Faecalibacterium prausnitzii
5. 프로바이오틱스와 기능성 식음료

6.프로바이오틱스 가공과 제품
7. 결론
8. 참고문헌

1. 서론

2001에 Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO)와 World Health Organization (WHO)는 의료 및 식품 산업 분야에서 성장 잠재력인 큰 프로바이오틱스(probiotics)에 대한 논의를 거쳐 학술분야 뿐만 아니라 상업적 상품 개발에 있어 표준이 될 수 있는 프로바이오틱스에 대한 정의를 다음과 내렸다 - "Live microorganisms which when administered in adequate amounts confer a health benefit on the host" [1]. 이후 프로바이오틱스라는 용어를 사용한 논문의 수는 급격하게 증가하였고, 프로바이오틱스의 실제 효능을 뒷받침하는 다양한 임상 결과들이 꾸준히 발표되고 있다. 건강에 이롭다는 일반적인 인식과 더불어 웰빙, 다이어트 열풍을 타고 프로바이오틱스를 이용한 다양한 제품들이 시중에 출시되고 있지만, FAO/WHO의 기준을 충족하며, 우리가 기대하는 효능을 실제 가지고 있는지에 대한 검증이 이루어진 경우는 매우 드물다. 프로바이오틱스는 자체가 살아있는 미생물 균이기 때문에 이를 섭취하는 것은 건강에 직접적으로 영향을 미칠 수 있음에도, 프로바이오틱스에 사용에 대한 정확한 가이드라인 부재로 인해 오용과 남용 사례가 증가하고 있다. 그러므로, 프로바이오틱스를 포함한 제품의 인허가를 비롯해 보다 엄격한 관련법 제정이 이루어 질 것으로 예측되며, 본 보고서에서는 프로바이오틱스의 대한 올바른 이해와 시장 동향, 그리고 개발 방향에 대해서 소개하고자 한다 (그림 1).

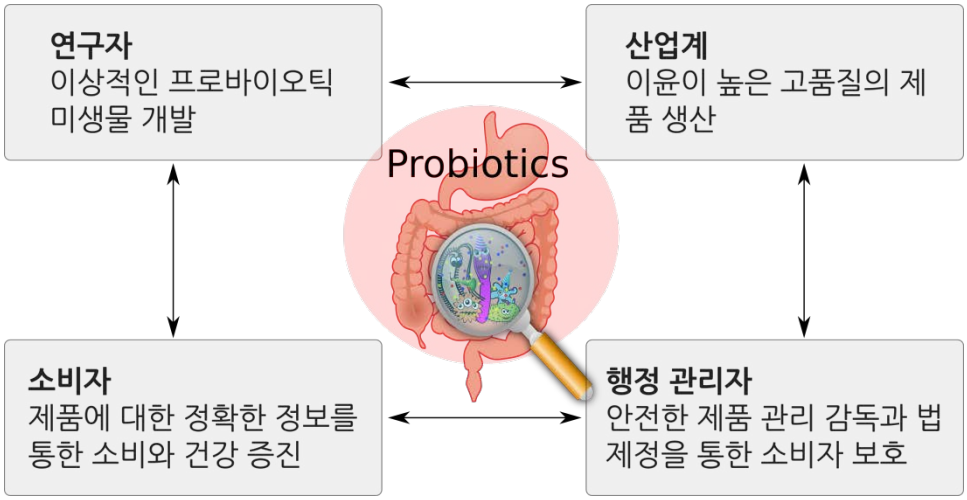

그림 1. 프로바이오틱스 분야에서 개별 주체의 목적과 역할

2. 프로바이오틱스 역사

프로바이오틱스의 역사는 인간이 발효 음식을 섭취하기 시작한 시기로 거슬러 올라간다. 우리나라는 김치와 된장, 고추장, 막걸리 등 매우 다양한 발효 식품을 아주 오래 전부터 섭취해 왔고, 그리스와 루마니아에서도 치즈와 다양한 형태의 발효 우유를 아이들과 환자들에게 영양식 형태로 권장해 왔다. 심지어 고대 이집트 피라미드에서 '발효 우유'로 추정되는 'beer milk'라는 구문이 발견되어 인간의 프로바이오틱스 섭취는 그 실체를 알지 못하던 시대부터 시작되어 왔고, 건강 혜택을 경험을 통해 깨달아 지속적으로 전파되어 온 것으로 받아들여지고 있다. 프로바이오틱스의 효능이 과학적으로 증명된 것은 파스퇴르 연구소에서 근무하던 Ilya Ilyich Metchnikoff가 1908년 노벨 의학상을 수상함으로써 밝혀졌다. 그는 요거트에 있는 *Lactobacillus bulgaricus*와 *Streptoccus thermophilus*가 장내 미생물의 부패(putrefraction) 발효를 억제하고 요거트 섭취가 실제로 인간의 건강과 수명 유지에 중요한 역할을 한다는 것을 제안했는데, 이는 불가리아 사람들의 긴 평균 수명의 원인이라고 주장하였다[2]. 이는 한때 국내 요거트 제품 광고에 소개되어 프로바이오틱스를 소개하고 유산균 제품 열풍을 불러일으키기도 했지만, 본 리포트에서는 프로바이오틱스 응용제품 보다는 주재료가 되는 프로바이오틱스 개발에 중점을 두고자 한다.

3. 프로바이오틱스 시장 규모

우리가 대형마트나 약국 등에서 구매할 수 있는 프로바이오틱스를 포함하고 있는 제품들의 시장 규모는 상품군이 워낙 다양하고 이차 가공 제품이기 때문에 정확한 시장 규모를 파악하기가 쉽지 않다. 하지만, B2B 거래에 해당하는 프로바이오틱스 재료 시장의 규모는 2015년 기준 약 미화 330억불 (한화 약 36조원)에 달하며, 2020년까지 매년 7%씩 증가하여 470억불 (한화 53조원)에 이를 것으로 예측된다. 2010년까지만 해도 유럽 시장이 가장 큰 규모를 차지했지만, 이후 아시아태평양 시장이 추월하여 가장 큰 규모를 유지하고 있으며, 중국과 인도를 포함한 개발도상국에서의 식음료 산업 팽창과 더불어 이와 같은 현상은 고착될 것으로 보여진다. 현재 프로바이오틱스를 직접 생산 및 일차 가공하여, 다양한 식품 및 의료 제품 회사에 납품 가능한 업체는 CHR. Hansen Holdings A/S (덴마크), Danone (프랑스), Nestlé S.A. (스위스)등의 유럽 회사와 일본의 Yakult Honsha Co. Ltd., 미국의 E. I. DuPont de Nemours가 있다. 이들이 전체 시장의 대부분을 차지하고 있는 상황에서, BioGaia AB (스웨덴), Lifeway Foods, Inc. (미국), Probi AB (스웨덴), Nebraska Cultures Inc. (미국) Probiotics International Ltd (영국)과 같은 중소 업체들이 독자적인 엔지니어링을 통해 건강에 유익한 미생물 균주 특허를 확보하고 프로바이오틱스 시장에 진출을 시도하고 있다. 프로바이오틱스를 첨가하고 있는 제품군은 (1)기능성 식음료, (2) 식품 보조제, (3) 가축 사료로 크게 이루어져 있는데, 소비자들의 프로바이오틱스 효능에 대한 기대와 긍정적 인식으로 인해 상품의 부가가치를 높일 수 있는 재료원으로 크게 각광 받고 있다. 프로바이오틱스는 상품 출시하는데 있어서 천문학적 비용이 소모되는 임상과정이 필요한 의약품이 아니기 때문에 매우 다양한 상품군에 첨가가 가능하고 이는 마케팅에서도 활발하게 이용되고 있다. 그러므로, 위의 수치에서 보여지듯이 성장 잠재력이 매우 큰 산업 시장이며, 바이오 산업 분야 (BT)가 앞으로

주목해야 할 가치가 매우 크다.

4. 프로바이오틱 미생물

프로바이오틱스 개발의 첫 관문은 우리 몸에 유익한 미생물을 찾아내는 것이라 할 수 있다. 하지만, 이를 프로바이오틱스로서 상품화하기 위해서는 실질적으로 넘어야 할 문제들이 있고, FAO/WHO가 내린 정의에 근거하여 특정 미생물이 프로바이오틱스 개발 목표로 선정되기 위해서는 다음과 같은 사항을 만족하여야 한다[3]. 우선적으로 (i) 섭취함에 있어서 안전성이 확보되어야 한다. 일정 수준 이상의 생균을 섭취한다는 것은 아무리 우리 몸에 유익하다지만 경우에 따라 예상치 못한 부작용을 야기 할 수 있다. 그렇기 때문에, 프로바이오틱스는 숙주에 대한 해로운 영향은 반드시 최소화 되어야 하며, 우리가 오랫동안 섭취해오던 발효 식품들이 프로바이오틱스 후보 미생물의 적합한 공급원으로 사용될 수 있다. (ii) 위산과 췌장분비물에 대해 저항성을 가져야 한다. 위의 낮은 산도와 췌장에서 분비되는 다양한 항균제 및 소화 효소는 외부 미생물로부터 우리 몸을 보호하는 방어 기작이다. 프로바이오틱스는 위와 췌장을 거쳐 살아있는 형태로 장에 도달하여야 하기 때문에 이들에 대해 저항성이 필요하다. (iii) 상피 세포 정착과 항균 활성. 대장에는 우리의 신체 부위 중 가장 많은 미생들이 이미 밀집되어 있기 때문에, 프로바이오틱스는 항균 활성을 갖고 기존의 장내 미생물군과 함께 장내 상피 세포에 정착 할 수 있어야 한다. (iv) 병원성균에 대한 경쟁력. 프로바이오틱스와 병원성균 모두 외부에서 주입된 미생물로서 우리 몸 속 마이크로바이오타에 정착하기 위해서는 서로 경쟁을 해야 한다. 프로바이오틱스가 병원성균보다 장내 정착에 있어 경쟁력이 크다면 우리 몸에 병원성 균에 대한 저항성을 부여하는 효과가 있을 것이다. (v) 음식물 첨가제에 대한 내성과 음식물 내에서의 안정성. 우리 주변 거의 모든 곳에 미생물이 존재하지만, 실험실에서 배양하고 안정적인 형태로 보관 할 수 있는 미생물은 전체 미생물의 1%가 채 되지 않는다. 그만큼 미생물은 배양 조건이 까다롭고 주변환경에 민감한 생물이다. 하지만, 프로바이오틱스는 음식물의 첨가제 형태로 주로 섭취하게 되고 상품으로 개발된 음식물은 맛과 향을 위해 다양한 형태의 첨가제를 포함하고 있기 때문에, 프로바이오틱스는 활성 유지를 위해 음식물 첨가제에 대한 내성과 음식물 매트릭스 내에서 안정성이 확보되어야 한다. 위의 5가지는 프로바이오틱스 개발에 있어서 고려되어야 할 중요한 사항이지만 현재 가장 흔하게 사용되고 있는 프로바이오틱스 균주들 조차도 이 조건들을 모두 만족시키는 경우는 매우 드물다. 아래에서는 현재 가장 광범위하게 사용되고 있는 프로바이오틱스 균주들을 소개하고자 한다.

4.1. 젖산균 (Lactic Acid Bacteria: LAB)

가장 광범위하게 프로바이오틱스로 사용되고 있는 젖산균은 발효대사를 하는 미생물종으로 구강, 소장 등에서 우리 몸에 유익한 활동을 한다 [4]. 이들은 숙주의 소화와 흡수에 관여하며 타닌(tannin)과 피티산(phytate) 같은 미네랄을 포함하고 있는 복잡한 화합물 분해에도 기여를 하고, B-그룹 비타민을 생산함으로써 숙주의 미네랄 흡수를 도와 전반적인 영향 상태를 향상시키는 것으로 알려져 있다 [5]. 특히 *Lactobacilli*는 비만 환자의 에너지 항상성 수준과도 연관이 되어 있는

것이 최근에 알려져 식품 및 의약계에서 큰 관심을 받고 있다. 더불어 소화성 위궤양과 위암의 주요 원인으로 알려진 *Helicobacter pylori*의 성장을 억제하거나 죽이는 능력이 있으며, *H. pylori* 박멸 치료의 부작용을 완화하는 효과도 기대할 수 있다고 한다 [6, 7]. *Pediococci* 종은 항리스테리아 박테오이신(anti-Listerial bacteroicin)을 생산하고 살모넬라와 장독성 대장균과 자가 응집(autoaggregation)을 통해 장내 병원성 균을 무력화하는 하는데, *P. parvulus*는 임상 실험에서 콜레스테롤 레벨을 낮추는 것이 밝혀졌다[8].

4.2. 비피더스균(Bifidobacteria)

비피더스균은 위장 내 마이크로바이오타의 주요 구성원으로 숙주와 공생관계인 혐기성 당분해 미생물(anaerobic sccharolytic bacteria)이다. 이들은 위와 장에서 소화되지 않는 식물성 복합 탄수화물을 분해하여 주요 탄소원과 에너지원을 숙주에게 공급하는 역할을 한다. 프로바이오틱스로 사용되고 있는 주요 균주에는 *B. lactis, B. bifidum, B. animalis, B. thermophilum, B. breve, B. longum, B. infantis* and *B. adolescentis*가 있으며, 장독성 대장균과 장 병리성 대장균, *Clostridia difficile*의 소장 상피 세포 내 정착을 방해하는 것으로 알려져 있다. 또한, 감염성 설사와 염증성 장질환(IBD)를 예방 및 완화 시키는 역할을 한다 [9,10].

4.3. 이스트(Yeasts)

*Saccharomyces boulardii*는 가장 연구가 많이 된 프로바이오틱스 균주로 다양한 위장 질병에 성공적으로 사용되어 왔다. 동결 건조된 형태로 섭취했을 때, 원인에 상관 없이 짧은 시간 내에 설사를 진정시켜주는 효과가 있으며, 염증성 장질환과 궤양성 대장염 치료와 예방에도 효능을 보여주었다[11]. *S. cerevisiae* EC-1118은 산성 환경에서 다른 프로바이오틱스 박테리아 (*L. Rhamnosus* HN001)의 성장을 촉진하는 반면, *Torulaspora delbrueckii, Debaromyces hansenii, Yarrowia lipolytica, Kluyveromyces lactis, Kluyveromyces marxianus, Kluyveromyces lodderae*는 병원성 박테리아의 성장을 강력하게 저해하는 것이 발견되었다[12]. 그러나, 오랫동안 증명된 안정성에도 불구하고 이스트는 면역저하 환자들(immunocompromised patient)에게서 국소적 염증 반응을 일으키는 경우가 있기 때문에 섭취에 있어 주의가 필요한 상황이다[13].

4.4. *Akkermansia muciniphila*

*Akkermansia muciniphila*는 장 내 점액층에 거주하는 점액 분해 박테리아인데, 최근 다양한 연구에서 프로바이오틱스로의 잠재력이 속속 밝혀지고 있다. 예를 들어, 이들의 위장 내 수가 비만 환자에서 눈에 띄게 감소되는 것이 발견되었고, 지놈 분석 결과는 이들이 다양한 아미노산과 비타민, 보조 인자(cofactors) 합성뿐만 아니라 여러 가지 복합 탄수화물을 분해 하는 능력이 있어서 제2형 당뇨 치료에도 적용 가능성이 크다는 것을 보여주었다[14, 15].

4.5. *Faecalibacterium prausnitzii*

*Faecalibacterium prausnitzii*는 전체 분뇨 마이크로바이오타의 5-15%를 차지하며 위장 내에서 가장 많이 분포하는 낙산염(butyrate) 생산 박테리아이다. 낙산염은 장 표피세포의 주요 에너지 원으로서 숙주가 표피 세포를 유지하는데 필수적이다. 낙산염 생산이 풍부하여 표피 세포가 건강하게 유지되면 암 발병과 진행을 막고, 병원성 균의 감염으로부터 숙주를 보호하며, 면역계를 자극하는 등의 긍정적이 효과가 있기 때문에 장내 *F. prausnitzii*의 수를 일정 수준 이상으로 유지하는 것은 매우 중요하다. 실제로 크론병과 궤양성 대장염 환자에서 *F. prausnitzii*의 수가 급격히 감소되는 것이 관찰되었으며, 이를 통해 *F. prausnitzii*가 점액층 내 O-glycan 형성에도 관여하여 장의 생리 기능에 중요한 영향을 끼치는 것이 보고 되었다 [16,17].

5. 프로바이오틱스와 기능성 식음료

기능성 식음료는 기존의 영양소 외에 건강 증진에 효과가 있는 성분을 포함하고 있는 음식을 의미하며, 최근에는 designer foods, medifoods, nutraceuticals 등 다양한 언어로 표현되면서 관심이 증가되고 그 응용 범위와 시장이 점차 확대되고 있다. 프로바이오틱스는 기능성 식품에 첨가 가능한 후보 물질 중 하나로 이미 이를 포함하고 있는 다양한 제품이 시장에 출시 되어 있다. 예를 들어, 요거트, 치즈, 분유, 버터, 아이스크림 등의 유제품뿐만 아니라 마요네즈, 분말 또는 캡슐 형태의 식재료, 야채 발효 식품들이 구매 가능하다. 그러나, 이러한 기능성 제품은 단순히 프로바이오틱스 첨가로 인해 만들어 지는 것은 아니다. 프로바이오틱스 기능성 식음료의 핵심은 활성을 갖고 있는 충분한 양의 살아있는 생균을 장까지 안전하게 전달하는 것이기 때문에, 프로바이오틱스의 성장에 영향을 미치는 영양 성분과 프로바이오틱스가 정착할 수 있는 매트릭스를 포함하고 있어야 한다. 더불어, 프로바이오틱스가 생장 중에 만들어내는 대사체(metabolites)는 식품의 맛에 영향을 미칠 수도 있기 때문에, 제품화 과정이 그리 단순치만은 않다. 그래서 아직까지는 프로바이오틱스 박테리아를 이미 포함하고 있는 발효 제품들이 가장 손쉽게 구할 수 있다. 그러나 요거트나 아이스크림, 프로즌 디저트 등의 유제품은 냉장 또는 냉동 보관이 필요하기 때문에 충분한 양의 생균을 유통기한 내에 유지하기 위해서 엔지니어링이 필요하다. 치즈나 고추장, 된장의 경우 상온 보관이 가능 하지만 낮은 수분 함량과 높은 소금 함유량 때문에 프로바이오틱스가 생존하기 적합한 환경이 아니며, 제조 과정 중에 발효 미생물들이 제품 상태에서도 살아 있을 수 있도록 프로바이오틱스의 안정성을 높이는 작업이 요구된다. 이러한 장애들을 극복하기 위해 기능성 식품에는 이눌린(Inulin)이나 프락토올리고당 (Oligofructose) 같이 프로바이오틱스의 성장을 촉진하는 프리바이오틱스(prebiotics)를 함께 첨가하기도 하고 유전자 조작을 통해 프로바이오틱스의 안정성과 저항성을 향상시키기도 한다. 그 결과, 최근 들어 프로바이오틱스를 포함하고 있는 과일 주스, 야채 식품, 곡물 시리얼, 맥아/밀/보리 추출물, 콩류 제품들이 선보여 지고 있는데, 이들 제품은 프로바이오틱스 성장에 필요한 영양소와 매트릭스를 자체적으로 보유하고 있어서 추가첨가물을 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

6. 프로바이오틱스 가공과 제품

프로바이오틱스는 일반적으로 (i) 배양을 위한 발효, (ii) 정제 공정, (iii) 보관, (iv) 위장기관을 거친 섭취, 이렇게 4단계를 거쳐 우리 몸에 들어오게 되는데, 산도, 산소, 열등 주변 환경에 매우 민감하기 때문에, 섭취 후 장내 생존율이 프로바이오틱스 제품 개발에 있어 매우 중요한 요소이다. 복잡한 과정과 보관 기간 동안 일정 수준의 프로바이오틱스가 죽는 것은 피할 수 없기 때문에, 일차적으로 프로바이오틱스를 제조 과정 중 대용량 고효율로 생산해야 하고, 적절할 가공 과정을 통해 보관과 위장기관 내에서 생존율을 높이는 것이 가능하다. 그래서 지속적인 발효, 마이크로필터를 이용한 지속적인 신선한 배양액 주입, 산소 차단 컨테이너, 이단계 발효, 스트레스 적응, 펩타이드 및 아미노산과 같은 미량 영양소 주입, 세포 고정화 방법 [18] 등이 대용량 배양을 위해 시도되고 있다. 더불어, 마이크로캡슐화 기술도 매우 활발히 개발되고 있는데, 이는 프로바이오틱스 포장 기술로서 특정한 환경 조건에서 내부 내용물의 분비를 조절할 수 있다. 캡슐 속에 프로바이오틱스를 담아 장까지 운반하게 되면 보관과 위장 통과 중에 외부 스트레스를 최소화하고 프리바이오틱스 첨가와 더불어 내부 환경을 균일하게 유지하여 프로바이오틱스의 활성과 생존율을 증가 시킬 수 있다는 것이 최대 장점이다. 마이크로캡슐의 재료로는 aliginate, chitosan, carboxylmethyl cellulose(CMC), carrrageenan, gelatin, pectin 등 식용제품이 사용되고 있으며, 시중에 사용되고 있는 프로바이오틱스와 그에 적용된 마이크로캡슐 기술 등이 표 1에 요약되어 있다.

표 1. 프로바이오틱 박테리아와 마이크로 캡슐 기술 [19]

박테리아	폴리머	마이크로캡슐 기술	기능
Bifidobacterium	alginate/glycerol	구슬형 겔	바이오 매스 생산
	carrageenan/locust bean gum	구슬형 겔	
	alginate/chitosan	구슬형 겔	산성/보관 안정성
	alginate/pectin/whey protein	구슬형 겔	산성/보관 안정성
	resistant starch	구슬형 겔	산성/보관 안정성
	waxy maize starch	구슬형 겔/에멀전	산성/보관 안정성
	alignate/starch	구슬형 겔	산성/보관 안정성
	modified waxy maize starch	분무 건조 파우더	
B. bifidum	alginate	구슬형 겔	산성/열/보관 안정성
	k-carrageenan	동결 건조 파우더	
B. breve	alignate microspheres	에멀전	산성 안정성
	powder of freeze-dried culture	미분화	열/보관 안정성
B. infantis	gellan gum/xanthan gum	구슬형 겔	산성/보관 안정성

B. lactis	alginate	구슬형 겔/분출	산성/담즙산염 안정성
	cellulose acetate phthalate	구슬형 겔	
B. longum	whey protein	미분화	산성 안정성
	k-carrageenan	구슬형 겔/에멀전	
	k-carrageenan/locust bean gum	구슬형 겔/에멀전	
	alginate	구슬형 겔/분출	
B. pseudolongum	cellulose aceate phthalate	구슬형 겔	산성/담즙산염 안정성
Lactobacillus	carrageenan	구슬형 겔	바이오 매스 생산
	alginate	구슬형 겔	산성 안정성
	alginate/starch	구슬형 겔	산성/보관 안정성
	carrageenan/locust bean gum	구슬형 겔	
L. acidophilus	alginate	직접 압축	산성 안정성
	alginate/xanthan gum	구슬형 겔	산성/보관 안정성
	cellulose acetate phthalate	구슬형 겔	산성/담즙산염 안정성
	alginate	구슬형 겔	산성/열/보관 안정성
	powder of freeze-dried culture	미분화	열/보관 안정성
L. bulgaricus	k-carrageenan/locust bean gum	구슬형 겔	바이오 매스 생산
L. casei	k-carrageenan/locust bean gum	에멀전	산성 안정성
	alginate	구슬형 겔	산성 안정성
L. delbrueckii	alginate/sodium lauryl sulphate	구슬형 겔	바이오 매스 생산
L. lactis	gelatin/toluene-2,4-diisocyanate	구슬형 겔	바이오 매스 생산
L. reuteri	Ca-alginate/k-carrageenan	구슬형 겔	보관 안정성
Pediococcus acidilactici	corn/olive oil microcapsules emulsified by peptides	에멀전	산성 / 보관 안정성

7. 결론

*Lactobacillus*와 *Bifidobacteria*로 대표되는 프로바이오틱스는 실체를 알지 못하던 아주 예전부터 오랫동안 사용되어 왔고, 그 효과는 이미 역사와 경험을 통해 입증되어 왔다. 그리고 최근 들어 다양한 *in vitro* 실험을 통해 프로바이오틱 박테리아의 성장, 대사체, 바이오필름(biofilm) 형성, 항균제 생산 등이 연구되었고, 프로바이오틱스의 효과들이 과학적으로도 입증되고 있다. 더불어 건강에 대한 관심 증대와 친자연적인 식습관이 점차 퍼지면서 천연 프로바이오틱스를 포함하고

있는 발효 식품과 기능성 식품의 시장도 규모가 5년내 2배 가까이 커질 것으로 예측된다. 하지만, 장내 마이크로바이오타를 관찰한 연구에 따르면 프로바이오틱스의 섭취가 대장 내 미생물 구성을 궁극적으로 변형시키지는 못하며, 지속적으로 섭취를 했을 시에만 그 효과를 볼 수 있다고 한다. 이는 시중에 있는 프로바이오틱스 제품들이 FAO/WHO가 정하는 기준을 충족 시키는지에 대해 다시 묻게 되고, 프로바이오틱스를 사칭한 제품들이 난무하여, 국민 건강을 되려 해질 수도 있음을 시사한다 (그림 1). 그러므로, 프로바이오틱스 제품 관련법 제정이 반드시 이루어 질 것으로 예측되며, 프로바이오틱스의 개발과 효능 검증에 표준으로 이용될 수 있는 *in vitro, in vivo* 스크리닝 시스템 및 임상 시험도 용도에 따라 개발될 것이다. 더불어, 프로바이오틱스 개발은 기존의 배양 공정, 엔지니어링, 마이크로캡슐 부분에 추가적으로 프로바이오틱스와 장 내 마이크로바이오타 사이의 상호작용, 커뮤니티 수준에서의 안정적 정착 등이 추가될 것이다. 이러한 과정이 순차적으로 모두 이루어진다면, 프로바이오틱스의 응용 분야는 기능성 식품을 넘어 제약 사업 분야까지 확장이 가능할 것이다.

8. 참고문헌

[1] Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization. (2001) Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. World Health Organization [online].

[2] I.I. Metchnikoff (2004) The Prolongation of Life: Optimistic Studies, Springer Publishing Company, New York, NY, USA.

[3] R. Havenaar, B. Ten Brink, J.H.J. Huis in't Veld (1992) Selection of Strains for Probiotic Use. In: Probiotics: The Scientific Basis, R. Fuller (Ed.) Chapman & Hall, London, UK, pp. 151–170.

[4] A. M. P. Gomes and F. X. Malcata (1999) Bifidobacterium spp. and Lactobacillusacidophilus: biological, biochemical, technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. Trends Food Sci. Tech. 10, 139–157.

[5] T. C. Wallace, F. Guarner, K. Madsen, M. D. Cabana, G. Gibson, E. Hentges, et al. (2011). Human gut microbiota and its relationship to health and disease. Nutr. Rev. 69, 392–403.

[6] J. M. T. Hamilton-Miller (2003) The role of probiotics in the treatment and prevention of Helicobacter pylori infection. Int. J. Antimicrob. Agents 22, 360–366.

[7] F. Canducci, F. Cremonini, A. Armuzzi, S. Di Caro, M. Gabrielli, L. Santarelli, et al. (2002) Probiotics and Helicobacter pylori eradication. Digest Liver Dis. 34, S81–S83.

[8] O. Mårtensson, M. Biörklund, A. M. Lambo, M. Dueñas-Chasco, A. Irastorza, O. Holst, et al. (2005). Fermented, ropy, oat-based products reduce cholesterol levels and stimulate the bifidobacteria flora in humans. Nutr. Res. 25, 429–442.

[9] C. C. Tsai, C. H. Lai, B. Yu, and H. Y. Tsen (2008) Use of specific primers based on the 16S-23S internal transcribed spacer (ITS) region for the screening Bifidobacterium adolescentis in yogurt products and human stool samples. Anaerobe 14, 219–223.

[10] Y. Sanz (2007) Ecological and functional implications of the acid-adaptation ability of Bifidobacterium: a way of selecting improved probiotic strains. Int. Dairy J. 17, 1284–1289.

[11] C. H. Choi, S. Y. Jo, H. J. Park, S. K. Chang, J. S. Byeon, S. J. Myung (2011) A randomized, double-blind, placebo-controlled multicenter trial of Saccharomyces boulardii in irritable bowel syndrome: effect on quality of life. J. Clin. Gastroenterol. 45, 679–683.
[12] H. Kumura, Y. Tanoue, M. Tsukahara, T. Tanaka, and K. Shimazaki (2004) Screening of dairy yeast strains for probiotic applications. J. Dairy Sci. 87, 4050–4056.
[13] J. B. Thygesen, H. Glerup, B. and Tarp (2012) Saccharomyces boulardii fungemia caused by treatment with a probioticum. BMJ Case Rep. 2012.
[14] C. L. Karlsson, C. J. Onnerfält, J. Xu, G. Molin, S. Ahrné, and K. Thorngren-Jerneck (2012) The microbiota of the gut in preschool children with normal and excessive body weight. Obesity 20, 2257–2261.
[15] M. W. van Passel, R. Kant, E. G. Zoetendal, C. M. Plugge, M. Derrien, S. A. Malfatti, et al. (2011) The genome of Akkermansia muciniphila, a dedicated intestinal mucin degrader, and its use in exploring intestinal metagenomes. PLoS ONE 6:e16876.
[16] A. Andoh, H. Kuzuoka, T. Tsujikawa, S. Nakamura, F. Hirai, Y. Suzuki, et al. (2012) Multicenter analysis of fecal microbiota profiles in Japanese patients with Crohn's disease. J. Gastroenterol. 47, 1298–1307.
[17] L. M. S. Wrzosek, M. L. Noordine, S. Bouet, M. Joncquel Chevalier-Curt, V. Robert, C. Philippe, et al. (2013) Bacteroides thetaiotaomicron and Faecalibacterium prausnitzii influence the production of mucus glycans and the development of goblet cells in the colonic epithelium of a gnotobiotic model rodent. BMC Biol. 2013:11.
[18] C. Lacroix, S. Yildirim (2007) Fermentation technologies for the production of probiotics with high viability and functionality, Curr. Opin. Biotechnol. 18:176–183.
[19] C. R. Soccol, L. P. S. Vandenberghe, M. R. Spier, et. al. (2010) The potential of probiotics: A review. Food Technol. Biotechnol. 48:413-434.

The views and opinions expressed by its writers do not necessarily reflect those of the Biological Research Information Center.

김용규(2016). 프로바이오틱 개발과 시장 동향. BRIC View 2016-T13
Available from http://www.ibric.org/myboard/read.php?Board=report&id=2533 (Jul 05, 2016)

Email: member@ibric.org

※ 본 콘텐츠는 invitrogen applied biosystems 의 후원으로 작성되었습니다.