

차세대 유산균 포스트바이오틱스

Postbiotics: Next-Generation of Lactic Acid Bacteria



홍성욱 (Sung Wook Hong)

세계김치연구소 미생물기능성연구단

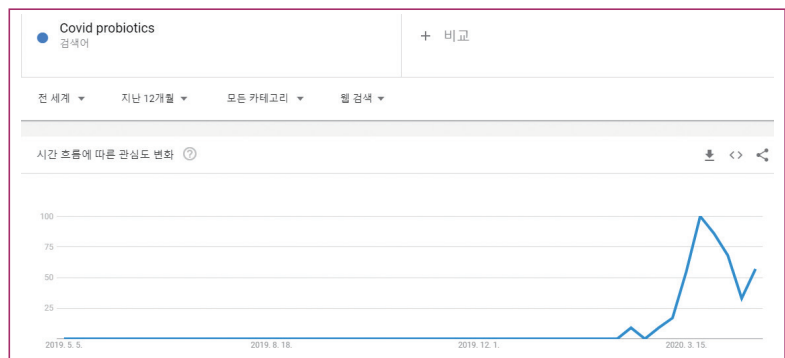
Senior Researcher, World Institute of Kimchi

I. 서론

전세계 신종코로나19 감염자가 4백만명(2020년 5월 기준)을 넘어선 가운데 면역력 증진에 도움이 되는 건강기능성 식품에 대한 관심이 매우 높아졌다. 이는 아직까지 치료제나 백신이 없어 건강에 도움을 줄 수 있는 건강기능성 식품을 섭취함으로써 신종코로나 감염에 대한 개인 스스로 예방적 차원에서의 노력이라 볼 수 있다. 이와 같은 추세는 국내에 모든 국민을 불안과 공포에 떨게 만든 2003년 사스(SARS·중증급성호흡기중후군)와 2015년 메르스(MERS·중동호흡기중후군) 감염병과 유사한 경향을 나타내며, 전세계적으로 신종 감염질환 예방조치 차원에서 면역증강제 및 비타민과 같은 건강기능식품에 대한 관심이 점점 증가하면서 관련 건강기능성 식품분야 시장도 크게 성장하고 있다. 2019년 중국 우한에서 코로나19가 처음 보고된 이후, 구글 트렌드에 의하면 “코로나 프로바이오틱스” 검색량이 올해 2~3월부터 전세계적으로 급격히 증가하였고, 국내에서는 코로나 감염병 확진자가 증가함에 따라 면역력에 좋다고 알려진 프로바이오틱스, 홍삼, 비타민과 같은 건강기능성식품 판매량도 동시에 급증하였다(그림 1).

유산균을 포함하는 프로바이오틱스(probiotics)는 식품산업뿐만 아니라, 다양한 산업분야에서 변화와 성장을 거듭하며 혁신을 가져오고 있다. 현재 프로바이오틱스를 이용하는 시장은 축산유가공과 발효식품을 포함하는 식품산업을 넘어서 화장품 및 제약산업 분야에 이르기까지 매우 폭넓고 다양해지고 있다. 본 기고문에서는 1세대 유산균부터 최근 새

그림 1. 구글 트렌드를 이용한 코로나 프로바이오틱스 검색량



*Corresponding author: Sung Wook Hong
 Senior Researcher, World Institute of Kimchi, Gwangju 61755, Korea
 Tel: +82-62-610-1760
 Fax: +82-62-610-1850
 Email: swhong@wikim.re.kr

롭게 등장하는 차세대 포스트바이오틱스까지 국내외 연구와 동향에 대해 고찰함으로써 최신 지견을 소개하고자 한다.

II. 본론

1. 유산균

사람의 건강기능 증진효과에 대한 연구가 가장 많으며, 상용화된 미생물은 유산균이라 할 수 있다. 유산균 또는 젖산균(lactic acid bacteria)은 탄수화물을 유산(또는 젖산, lactic acid)으로 분해하는 세균의 총칭이다. 즉, 탄수화물(당류)을 발효시켜 에너지를 얻고 다양한 유기산을 생성하며, 우리가 섭취하는 식품과 장내에서 유해한 물질(indole, phenol, ammonia, amine 등)의 생성 억제, 부패 방지와 병원성 미생물로부터 건강을 지키고 항상성 유지를 돕는 것으로 알려져 있다. 흔히 김치, 치즈, 요구르트, 유산균 발효음료 등의 식품을 발효하며, 일부는 신체 소화기관 또는 질 안에도 존재한다. 광고를 통해 많은 사람들이 잘 알고 있는 러시아의 메치니코프(Elie Metchnikoff)는 유럽의 장수국가 중에 하나인 불가리아에서 그 원인을 조사한 결과, 발효식품인 요구르트를 많이 섭취하는 것을 알게 되었고, 불가리아 사람들의 장수 비결이 요구르트에 들어있는 유산균이라고 주장하였다. 그 이후로 요구르트는 전세계적인 건강식품으로서 큰 인기를 얻게 되었으나, 다른 미생물학자들이 메치니코프가 주장한 유산균은 인체 소화기관 내에서 오랫동안 생존하지 못한다는 사실이 증명되었다(Anukam과 Reid, 2007).

2. 프로바이오틱스

이후에 장까지 생존하여 장 건강에 도움을 주는 유산균이 등장하게 되었다. 유산균 중에서 섭취시 체내 건강증진 효과를 가져올 수 있는 '살아있는' 세균들을 프로바이오틱스라 한다. 그러나 유산균과 프로바이오틱스

는 다양한 제품에 자주 사용되는 용어라 똑같다고 생각하는 사람들이 많지만, 사실은 그렇지 않다.

국제식량농업기구(FAO)와 세계보건기구(WHO) 전문가 위원회는 프로바이오틱스(Probiotics)를 '살아있는 형태로 적당한 양을 섭취하였을 때 건강에 도움이 되는 유익한 작용을 하는 미생물'이라고 정의하였다(FAO/WHO, 2002). 국내 식품의약품안전처에서도 프로바이오틱스는 '건강에 좋은 효과를 주는 살아있는 균'이라 정의하면서 내산성과 담즙산 내성을 보유하고 소장까지 이동, 증식 및 부착할 수 있어야 한다. 그리고 장에서 유효한 효능을 나타내며, 비병원성 및 독성이 없어야 한다고 제한하였다. 국내 식약처의 건강기능식품 공전(2019년)에 따른 기준 및 규격으로 허가된 프로바이오틱스로 사용가능한 균주는 19종이다(표 1). 상세하게는 락토바실러스 속 11종, 락토코커스 속 1종, 엔테로코커스 속 2종, 스테렙토코커스 속 1종, 비피도박테리움 속 4종이 있다. 또한, 프로바이오틱스 제품의 일일 섭취량은 $10^8 \sim 10^{10}$ CFU(colony forming unit)이며, 장내미생물 군총의 균형 및 개선을 통해 장내유익균 증식과 유해균 억제에 도움을 주며, 배변활동을 원활하게 유지할 수 있도록 도움을 줄 수 있어야 한다.

3. 프로바이오틱스의 연구동향

다양한 생체내(in vivo) 및 생체외(in vitro)에서 수행

표 1. 식약처가 인정한 프로바이오틱스 균주

구분	종류
<i>Lactobacillus</i>	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. gasseri</i> , <i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> , <i>L. helveticus</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. paracasei</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. reuteri</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>L. salivarius</i>
<i>Lactococcus</i>	<i>Lc. lactis</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>E. faecium</i> , <i>E. faecalis</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>S. thermophilus</i>
<i>Bifidobacterium</i>	<i>B. bifidum</i> , <i>B. breve</i> , <i>B. longum</i> , <i>B. animalis</i> ssp. <i>lactis</i>

(출처: 식품의약품안전처 건강기능식품공전)

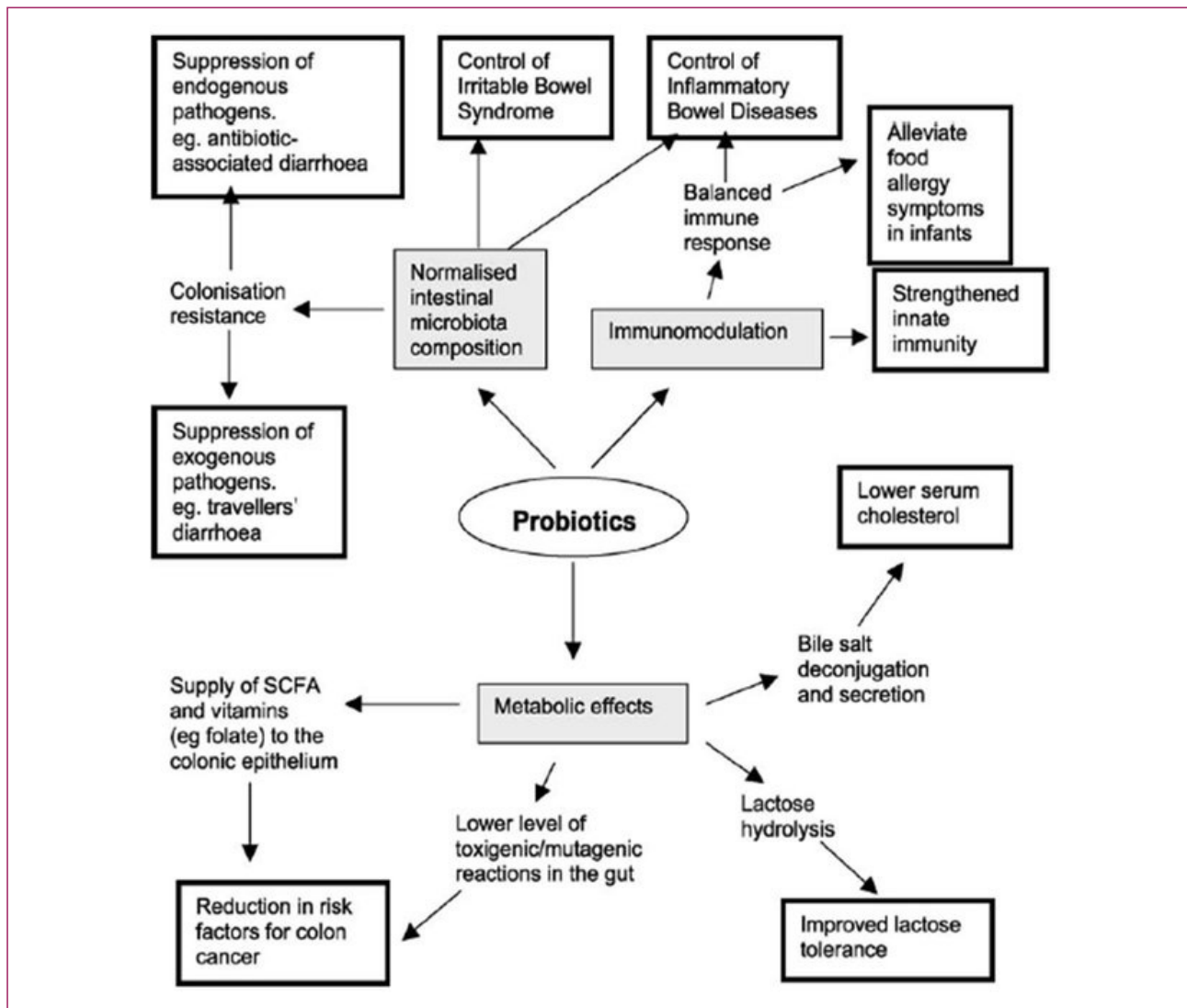
한 연구 결과에 따라 프로바이오틱스는 면역계를 자극하여 장질환을 억제하며(Cunningham-Rundles 등, 2000), 장내 병원성 미생물과 영양소에 대한 경쟁적 이용을 통해 우위를 선점한다고 보고되어 있다. 프로바이오틱스는 장 점막 결합부위를 미리 선점하여 병원성 미생물의 장점막 부착을 억제하거나 장 상피세포로의 침투도 억제하는 것으로 알려져 있다. 그리고 항균펩타이드인 박테리오파지, 유기산, 단쇄지방산, 과산화수소 등을 생성하여 병원성 미생물을 생육을 저해하거나 독소 생산 억제를 통해 장 건강을 증진한다고 보고되어 있다

(Saarela 등, 2002; Parvez 등, 2006)(그림 2).

4. 프로바이오틱스 미생물의 조건

- ① 효능성: 프로바이오틱스가 요구하는 항균활성, 혈중 콜레스테롤 감소, 유해균 장정착 억제능, 면역활성 효과, 항암효과 등과 같은 기능성을 갖추어야 한다.
- ② 안전성: 사람이나 동물에게 직접 섭취하는 용도이므로, 균주 개발시 동물실험을 통해 안전성을 검토

그림 2. 프로바이오틱스 섭취로 인한 건강상 이점(Saarela 등, 2002)



해야 하며, 부작용이 없어야 한다.

- ③ 안정성: 제품화 가공 과정에서 외부충격 또는 동결 건조시 사멸하지 않고 생존하여 생균수를 일정하게 유지해야 한다.
- ④ 생존성: 위에서 분비되는 위산과 담낭에서 분비되는 담즙에서 생존하여 대장과 직장으로 이동할 수 있는 능력이 있어야 한다.
- ⑤ 정착성: 장 정착성이 높아 장내 환경에 잘 적응하여 장내에서 유용한 효능을 발휘해야 한다.

5. 프리바이오틱스와 신바이오틱스

장 건강 개선뿐만 아니라, 면역과민 반응이나 피부상태 개선에 도움을 주는 프로바이오틱스(probiotics)와 함께 프리바이오틱스(prebiotics)에 대한 관심과 제품 소비가 증가하고 있다. 프리바이오틱스(prebiotics)는 장내 유익균 증식에 도움이 되는 프로바이오틱스의 먹이원으로 장내 환경을 개선하여 장 건강에 도움을 주는 물질을 말하며, Gibson과 Roberfroid(1995)가 프리바이오틱스라 명명하였다. 프리바이오틱스는 올리고당과 같은 난소화성 탄수화물로 이루어져 있거나, 식이섬유 형태로 존재한다. 이후로 다양한 프리바이오틱스의 기능성 연구를 통해 프리바이오틱스가 “숙주 건강에 유익한 방향으로 작용하는 장내 미생물의 성장과 활성을 선택적으로 자극하는 소재”로 다시 정의되었다(Roberfroid, 2007). 식품공전에 등재된 프리바이오틱스로 활용되고 있는 올리고당으로는 fructooligosaccharide(-FOS), isomaltooligosaccharide(IMS), galactooligosaccharide(GOS), maltooligosaccharide(MOS), xylooligosaccharide(XOS), gentiooligosaccharide(GTO) 등 6 종이 있으며, 그 외에 lactulose(식품첨가물), inulin(과당중합체), lactosucrose(유과 올리고당)는 기타 가공식품으로 분류되어 있다(표 2). 그리고 프로바이오틱스와 프로바이오틱스 균주의 먹이원인 프리바이오틱스를 혼합한 형태를 신바이오틱스(synbiotics)라고 한다(홍, 2019).

표 2. 프리바이오틱스 올리고당의 구성당과 결합형태

Oligosaccharide	Unit sugar	Linkage
Fructooligosaccharide	Glucose Fructose	β -2,1 α -1,4
Isomaltooligosaccharide	Glucose	α -1,6
Galactooligosaccharide	Glucose Galactose	α -1,3 / 1,4 / 1,6 β -1,3 / 1,4 / 1,6
Maltooligosaccharide	Glucose	α -1,4
Xylooligosaccharide	Xylose	β -1,4
Gentiooligosaccharide	Glucose	β -1,6

(출처: 한국미생물생명공학회 e-생물산업웹진(홍, 2019))

6. 프로바이오틱스의 부작용

현재 프로바이오틱스는 전세계적으로 널리 소비되고 있으나, 과다 복용하면 복부팽만감, 소화불량, 설사, 변비, 복통 등이 발생하며, 피부 홍반 및 가려움증 등과 같은 피부 부작용도 보고되어 있다. 그리고 중증 부작용 사례로는 면역억제 환자로부터 패혈증, 진균혈증 및 균혈증 등이 보고되었으며, 구조적 심장질환자에게 심장내막염 등이 보고된 바 있다. 또한 프로바이오틱스는 기저 질환이 있는 영아, 어린이 및 성인에게 허혈성 장 질환을 야기하여 소장에서 염증반응 및 관련 합병증을 유도한 사례들이 있다(표 3).

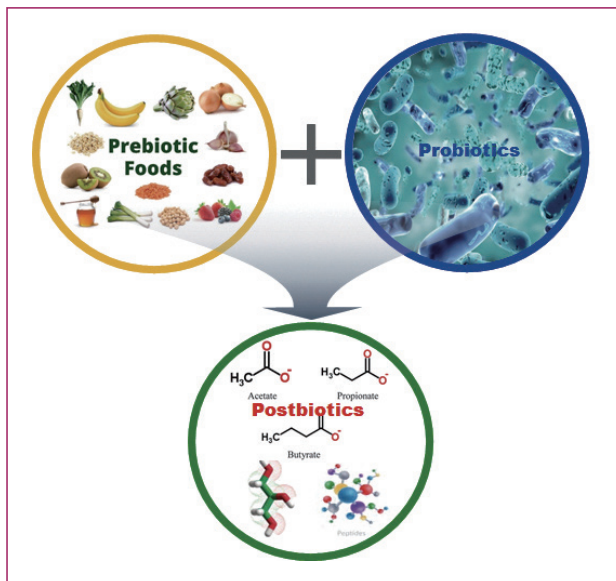
7. 포스트바이오틱스

최근에는 프로바이오틱스 생균제 사용이 어려운 고위험군 환자 또는 기저질환 환자를 대상으로 프로바이오틱스 대체제로 사용하기 위한 포스트바이오틱스(post-biotics)가 등장하게 되었다(그림 3). 포스트바이오틱스란 건강에 유익한 미생물인 프로바이오틱스(probiotics)가 식이섬유 또는 올리고당류인 프리바이오틱스(prebiotics)를 영양원으로 이용하여 생성한 대사산물로서 프로바이오틱스와 유사한 유익한 특성을 갖는 위장 건강에 중요한 조절물질이며, 각각의 프로바이오틱스 미생물이 다양한 포스트바이오틱스 대사물질을 생성

표 3. 프로바이오틱스 유해사례 균주

부작용	관련 균주	문헌
패혈증	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Bifidobacterium</i> sp., <i>Saccharomyces boulardii</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Zein 등, 2008 Ohishi 등, 2010
진균혈증	<i>Saccharomyces boulardii</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Cherifi 등, 2004
균혈증	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i>	Groote 등, 2005 Ledoux 등, 2006
심장내막염	<i>Lactobacillus</i> sp., <i>Streptococcus</i> sp.	Mackay 등, 1999

그림 3. 프로바이오틱스 유산균 생산물질인 포스트바이오틱스



하며, 이를 섭취시 장 항상성 회복과 건강을 유지할 수 있다(Carrie 등, 2019).

살아있는 프로바이오틱스 유산균들의 단점은 열과 산성에 취약하다는 것인데, 이 때문에 장에 도달하기 전에 대부분 사멸되며, 일부 장으로 이동한 프로바이오틱스도 오랫동안 정착하지 못하고 배출되는 경우도 빈번하다. 그러므로 프로바이오틱스가 장내에 생존하면서 대사산물을 생산할 시간도 부족할 뿐만 아니라, 일시적인 프로바이오틱스 섭취를 통해 장내 유익한 효과를 기대하기가 어려울 수 있다. 따라서 장내 효능을 오랫동안 유지할 수 있는 항상성이 중요한데, 포스트바이오틱스 대사산물은 위산과 담즙산에 영향을 받지 않고 장까지 이동하여 장내 유해균을 억제시키며, 장을 보호하

는 역할을 통해 질병예방 차원이나 치료개념에 더 가깝게 다가설 수 있다. 특히 포스트바이오틱스는 소아 및 중증의 병에 걸리거나 면역력이 약화된 환자들에게 사용이 가능하며, 다양하게 적용할 수 있는 응용분야가 많다는 장점이 있다. 또한 기능성을 나타내는 물질구조의 명확성과 안전한 복용량 확인이 가능함으로 앞으로는 포스트바이오틱스가 발전할 가능성이 매우 높을 것으로 예상된다.

이로써 차세대 프로바이오틱스인 포스트바이오틱스가 건강기능적인 측면에서 더욱 효과적이며, 프로바이오틱스 대사산물을 직접 먹는 시대로 바뀌어 가는 상황이 다가오고 있다. 우리나라도 앞으로는 프로바이오틱스 시장이 포스트바이오틱스 시장으로 바뀌게 될 것이며, 이와 같은 포스트바이오틱스는 장내 마이크로바이옴 균형을 빠르게 회복하고, 장 건강뿐만 아니라, 건강한 100세를 맞이하는 고령화 시대의 난제를 해결하고, 경제성장을 이끌 수 있는 혁신적인 차세대 바이오기술로 주목받고 있다.

포스트바이오틱스는 건강에 도움을 주는 프로바이오틱스와 먹이원인 프리바이오틱스를 통해 미생물의 대사과정 또는 식품의 발효과정 중에 생성되는 새로운 기능성 식품소재라 할 수 있으며, 표 4와 같이 프로바이오틱스 대사산물인 단쇄지방산(short-chain fatty acids), 항균 펩타이드(antimicrobial peptide), 비타민 B, 비타민 K, 복합아미노산, 펩타이드, 신경전달물질, 효소, 미네랄, 테이코익산, 다당류, 세포표면 단백질, 세포파쇄물 등이 포함될 수 있다(Aguilar-Toala 등, 2018).

표 4. 포스트바이오틱스의 종류와 유용효과

종류	유용효과
단쇄지방산	식이섬유 섭취시 장내 유익균들이 분해하여 생성한 비교적 짧은 지방산(6개 미만의 탄소원자)이며, 장 상피세포의 주요 에너지원으로 사용되고, 장내 환경을 산성으로 만들어 유익균들이 잘 증식하도록 도와준다. 젖산(lactic acid), 초산(acetic acid), 인산(phosphoric acid), 푸마르산(fumaric acid), 구연산(citric acid), 사과산(malic acid), 부티르산(butyric acid), 개미산(formic acid), 프로피온산(propionic acid), 카프릴산(caprylic acid) 등이 있다.
항균펩타이드	유산균이 생성하는 항균펩타이드인 박테리오신은 내성이 적고, 장내미생물 중에서 유해균의 성장을 억제하는 천연 항생제이다.
천연비타민	미량으로 물질대사와 생리작용 조절에 중요하게 관여하는 유기화합물로, 체내에서 직접 만들지 못하는 비타민 B군, 비타민 K와 같은 필수 영양소는 프로바이오틱스 또는 장내미생물에 의해 합성할 수 있으며, 몸속에 잘 흡수가 되도록 도와주기도 한다.
복합아미노산, 펩타이드	류신, 라이신, 메티오닌, 발린, 아이소류신, 트레오닌, 트립토판, 페닐알라닌, 시스테인, 티로신, 아르지닌, 히스티딘, 글루탐산, 글리신, 프롤린, 세린, 아스파르트산, 가바(GABA) 등과 같은 아미노산을 생성하며, 미생물이 생산한 단백질 분해효소에 의해 폴리펩타이드 및 올리고펩타이드를 생성한다.
신경전달물질	세로토닌, 가바(GABA)와 같은 신경전달물질도 생성하여 걱정, 우울, 스트레스 등을 조절하는 생리기능에 관여한다. 또한 기억력과 학습에도 영향을 주기도 한다.
효소	체내에서 소화할 수 없는 식물유래 탄수화물을 분해함으로써 칼로리 섭취를 도와주고, 다양한 생리활성 물질인 비배당체 화합물로 변환시킬 수 있다. 배당체 가수분해효소(glycoside hydrolases), 다당체 분해효소(polysaccharide lyases) 등이 있다.
미네랄	셀레늄은 신체의 각종 대사작용에 관여하는 미네랄이자 항산화제로 체내 필수적인 영양소이다. 체내 활성산소를 제거하고 DNA의 산화적 손상을 완화하여 노화를 억제한다. 미생물이 생성한 셀레늄은 일반 합성 셀레늄에 비해 흡수율과 생체이용률이 높은 것으로 알려져 있으며, 비타민 E와 함께 체내에서 지질산화 방지 및 세포막 보호를 통해 피부 노화를 예방하는 역할을 한다.
세포파쇄물	유산균 세포벽 성분인 펩티도글라이칸(peptidoglycan), 캡슐다당체(capsular polysaccharide), 지질 단백질, 테이코산(teichoic acid) 등이 있으며, 유산균 세포 파쇄물인 cytosine phosphodiester guanine oligo-deoxynucleotides (CpG-ODN)는 수지상세포의 결합부위인 toll-like receptor-9 (TLR-9)과 결합하여 선천면역 시스템을 자극시키고, IgA와 같은 면역물질 분비를 유도한다.

8. 포스트바이오틱스의 효능

아직은 포스트바이오틱스란 용어가 생소하지만 최근 연구들을 종합해 볼 때 가장 진보된 프로바이오틱스 유산균 제품은 프로바이오틱스 균주가 발효하여 생성한 대사산물인 포스트바이오틱스의 형태로 섭취하는 것이다. 특히 과민성 대장증후군, 만성 장염, 크론병 등의 장질환과 아토피, 비염, 천식 등의 알러지 질환, 우울증, 불안장애, 조현병 등의 정신 질환을 유발하는 중요한 원인인 장누수증을 예방하는데 도움을 줄 수 있다 (Carrie 등, 2019).

장내 유해균은 장점막을 녹이고 상피세포를 통과하여 혈관으로 유입되면서 질병과 전신 염증을 일으킨다. 전신 염증상태는 심혈관계, 면역계, 신경계 질환의 주된 원인이다. 또한, 장질환 및 알러지 질환과 같은 증상은 장점막 손상이 주된 원인으로 알려져 있으며, 손상된 점막을 회복시켜주는 것이 중요하다. 장누수증 환자는

섭취한 프로바이오틱스 생균이 혈관으로 유입될 경우 패혈증 위험이 있지만, 포스트바이오틱스로 섭취할 경우 부작용이 거의 없는 것으로 알려져 있으며, 포스트바이오틱스에 포함된 아미노산, 항균 펩타이드, 단쇄 지방산은 장내 유익균의 증식 및 유해균을 억제하는 효능을 나타내며, 특히 장점막 재생에 효과적이다. 또한 장내 이상 발효에 의한 독소 또는 가스를 제거하여 장 건강뿐만 아니라, 간을 보호하고, 피로회복에도 도움을 주는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 포스트바이오틱스로서 다양한 생리활성 물질들은 면역 및 소화와 같은 대사활동에 도움을 주며, 세포, 혈액, 호르몬 등 생산을 위한 원료로 보충될 수 있다(Sanchez 등, 2017).

9. 장내미생물과 포스트바이오틱스

사람을 포함한 모든 포유류는 미생물과의 지속적인 접촉을 통해 살아가고 있는데, 수많은 미생물은 인체

에 상재하면서 신체 건강에 유익한 효과를 가져다 주거나 대사성 질환의 원인이 되기도 한다. 이와 같은 인체 상재균의 대부분은 위장관(gastrointestinal tract, GI) 내에 존재하는데, 약 500종의 장내미생물이 정착하고 있으며, 균수로는 $10^{10} \sim 10^{11}$ CFU/g의 매우 높은 미생물수로 하나의 생태계를 형성하고 있다(Noverr and Huffnagle, 2004). 사람의 장내세균총은 *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Escherichia*, *Eubacterium*, *Faecalibacterium*, *Fusobacterium*, *Klebsiella*, *Lactobacillus*, *Peptococcus*, *Peptostreptococcus*, *Proteus*, *Ruminococcus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Veillonella* 속 미생물로 구성되어 있는데, 주로 절대혐기성 세균(obligate anaerobic bacteria)이 우점종을 차지하고 있으며, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus* 등과 같은 유산균도 중요한 장내 세균총을 유지하고 있다.

이전에는 장내미생물의 역할이 섭취한 음식물의 소화와 흡수, 유해균이 증식하는 것을 막아 장건강을 유지한다고만 생각했다. 하지만 최근 많은 연구를 통해 장내미생물의 역할로 체내 대사, 영양, 에너지 이용, 선천면역과 후천 면역의 조절, 병원성 미생물 억제, 신경세포 활성화 등과 연관되어 있으며, 장내 미생물의 불균형을 통해 자가면역질환, 알러지, 비만, 당뇨, 과민성 대장 증후군 등과 같은 만성질환과 관련이 있다고 보고되어 있다(Heselmans 등, 2005). 또한 장내미생물은 건강에 좋은 영향을 주는 유익균과 질병을 야기하는 유해균, 때때로 유익균이 되기도 하고, 유해균이 되기도 하는 대부분의 미생물(중간균)으로 구분할 수 있으며, 프로바이오틱스와 같은 유익균과 중간균이 유해균의 증식과 기능을 억제하면서 건강한 상태를 유지하는 것이다(Frick과 Autenrieth, 2013). 이와 같이 프로바이오틱스가 장내에 정착하여 유익한 작용을 하는 포스트바이오틱스 대사산물을 생산함으로써 장내 미생물의 밸런스를 유지하고, 장 건강 및 만성질환 예방에 도움을 주는 것이다.

III. 결론

김치나 요구르트와 같은 유산균이 풍부한 발효식품으로부터 시작한 프로바이오틱스는 기존의 단점과 한계를 뛰어 넘는 포스트바이오틱스로 진화하면서 건강기능성 식품산업에 있어 차세대 고효율 신성장 동력이 될 수 있다. 과거 단편적인 정장작용 기능에서 벗어나, 각종 만성 대사질환, 면역성 질환, 알러지 질환 및 정신성 질환 등 다양한 질병을 예방하고 증상을 완화시키며, 나아가 치료효과를 기대할 수 있는 잠재력을 보유하고 있다. 현재 포스트바이오틱스 시장은 마이크로바이옴을 기반으로 개발되고 있으며, 장내미생물과의 상호작용과 기작 규명에 대한 연구가 구체화되어 있고, 미생물 군집 및 개별 균주에 대한 분자생물학적 수준의 분석이 이루어지면서 대사산물을 기반으로 한 치료제 범위까지 지속 성장할 전망이다. 사스·신종플루·메르스에서 신종코로나19에 이르기까지 감염병의 발생 주기는 점점 짧아지고, 감염력은 더욱 강해지고 있다. 앞으로 '면역력 강화에 효과가 있는 건강기능성 식품'에 대한 소비자들의 기대와 관심은 더욱 커질 것으로 보인다.

포스트바이오틱스라는 글로벌 시장 형성은 아직 초기 단계에 있지만, 한국은 다양한 전통발효식품 유래 유용 미생물 자원을 다량 보유하고 있는 전세계에서 유리한 강점이 있는 나라이다. 앞으로는 이를 기반으로 한 지속적인 연구개발을 통해 건강에 유익한 포스트바이오틱스를 발굴하고, 마이크로바이옴 장내미생물들 간의 상호작용에서 비롯되는 유익성과 유해성뿐만 아니라, 이전에는 없었던 혁신적인 차세대 바이오 기술개발로 인해 헬스케어 분야에서 글로벌 경쟁력을 갖추고자 노력을 기울여야 할 것이다.

사사

본 결과물은 세계김치연구소 기관고유사업(KE2001-2)의 연구비 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Aguilar-Toala JE, Garcia-Varela R, Garcia HS, Mata-Haro V, Gonzalez-Cordova AF, Vallejo-Cordoba B, Hernandez-Mendoza A. 2018. Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends Food Sci Technol* 75:105-114.
2. Anukam KC, Reid G. 2007. Probiotics: 100 years (1907–2007) after Elie Metchnikoff's observation. In Mendez-Vilas A (ed). *Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology*. Formatex, Spain. pp 466-474.
3. Carrie AMW, Sharon YG, Jan K, Guus R, Clara B. 2019. Postbiotics and their potential applications in early life nutrition and beyond. *Int J Mol Sci* 20:4673-4696.
4. Cherifi S, Robberecht J, Miendje Y. 2004. *Saccharomyces cerevisiae* fungemia in an elderly patient with *Clostridium difficile* colitis. *Acta Clin Belg* 59:223-224.
5. Cunningham-Rundles S, Ahrne S, Bengmark S, Johann-Liang R, Marshall F, Metakis L, Califano C, Dunn AM, Grasse C, Hinds G, Cervia J. 2000. Probiotics and immune response. *Am J Gastroenterol* 95:S22-25.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization [FAO/WHO]. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/probiotics
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization [FAO/WHO]. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. In joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food; WHO: London, Ontario, Canada, 2002.
8. Frick JS, Autenrieth IB. 2013. The gut microflora and its variety of roles in health and disease. *Curr Top Microbiol Immunol* 358:273-289.
9. Gibson GR, Roberfroid MB. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 125:1401-1412.
10. De Groote MA, Frank DN, Dowell E, Glode MP, Pace NR. 2005. *Lactobacillus rhamnosus* GG bacteremia associated with probiotic use in a child with short gut syndrome. *Pediatr Infect Dis* 24:278-280.
11. Heselmans M, Reid G, Akkermans LM, Savelkoul H, Timmerman H, Rombouts FM. 2005. Gut flora in health and disease: Potential role of probiotics. *Curr Issues Intest Microbiol* 6:1-7.
12. Ledoux D, Labombardi VJ, Karter D. 2006. *Lactobacillus acidophilus* bacteraemia after use of a probiotic in a patient with AIDS and Hodgkin's disease. *Int J Std AIDS* 17:280-282.
13. Mackay AD, Taylor MB, Kibbler CC, Hamilton-Miller JM. 1999. *Lactobacillus endocarditis* caused by a probiotic organism. *Clin Microbiol Infect* 5:290-292.
14. Noverr MC, Huffnagle GB. 2004. Does the microbiota regulate immune responses outside the gut. *Trends Microbiol* 12:562-568.
15. Ohishi A, Takahashi S, Ito Y, Ohishi Y, Tsukamoto K, Nanba Y, Ito N, Kakiuchi S, Saitoh A, Morotomi M, Nakamura T.

2010. *Bifidobacterium septicemia* associated with postoperative probiotic therapy in a neonate with omphalocele. J Pediatr 156:679-681.
16. Roberfroid M. 2007. Prebiotics: The concept revisited. J Nutr 137:830-837.
17. Parvez S, Malik KA, Ah KS, Kim HY. 2006. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. J Appl Microbiol 100:1171-1185.
18. Saarela M, Lahteenmaki L, Crittenden R, Salminen S, Mattila-Sandholm T. 2002. Gut bacteria and health foods-the European perspective. Int J Food Microbiol 78:99-117.
19. Sanchez B, Delgado S, Blanco-Miguez A, Lourenco A, Gueimonde M, Margolles A. 2017. Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. Mol Nutr Food Res 61:1600240.
20. Zein EF, Karaa S, Chemaly A, Saidi I, Daou-Chahine W, Rohban R. 2008. *Lactobacillus rhamnosus* septicemia in a diabetic patient associated with probiotic use: A case report. Ann Biol Clin 66:195-198.
21. 홍성욱. 2019. 장내 유익균 프로바이오틱스 살리는 식단 프리바이오틱스. 한국미생물생명공학회 e-생물산업 웹진. 32.