



유산균의 건강기능성

강국희*

한국과학기술정보연구원, 성균관대학교 생명공학부

Health Benefits of Lactic Acid Bacteria

Kook Hee Kang*

Korea Institute of Science and Technology Information, Seoul 130-741, Korea

School of Life Science and Biotechnologies, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

Abstract: Fermented foods have been widely consumed from the earliest period of human history, prior to scientific developments. Ethnic and cultural diversity contributed to production of various types of typical lactic acid-fermented foods such as kimchi, pickled seafood, *makgeolli* (korean rice wine), fermented milk, cheese, sauerkraut, etc. In the past, lactic acid-fermented foods have been consumed due to their unique tastes and aromas. Nowadays, scientific studies have proved that consuming lactic acid-fermented foods could provide a number of health benefits such as enhancement of intestinal track health, immunomodulatory function, prevention and treatment of disease, etc. A number of studies reported that metabolites and cell wall components of lactic acid bacteria (LAB) have been associated with beneficial health effects. The effects of LAB could be mediated by death cells as well as live cells, although the individual effects have been found to be species and strain specific. Due to growing public concern for welfare, longevity and health, the utilization of LAB for edible vaccine and enhancement of natural immunity and autophagic ability has become the evolving field of LAB research. Recently, many studies have been undertaken to enhance the immunomodulatory function through the screening of LAB and optimization of culture conditions. Based on many scientific studies on LAB, it is necessary to categorize the foods produced by LAB into lactic acid-fermented food and LAB-functional food. Lactic acid-fermented food includes kimchi, yoghurt and cheese, focusing on nutritional value of a product, whereas LAB-functional food is a product formulated with live or death LAB. The beneficial health effects of lactic acid-fermented food are mediated by biologically active components of both ingredients and LAB. On the other hand, the effects of LAB-functional food depend only on the action of LAB.

Keywords: lactic acid bacteria, yoghurt, kimchi, fermented milk, functional food

유산균 발효식품의 진화 -맛으로부터 기능성으로

유산균 발효식품은 본래 몽골, 티벳, 한국 등의 아시아 국가에서부터 시작되었지만 유산균의 계통분류학이 발전하면서 새로운 분리동정 기법이 개발되어 기존의 분류 명칭이 세분화되면서 유산균의 질병관련효능 개선 연구가 균종별로 구체적으로 차별화되고 있다(Park *et al.*, 2011; 강 등, 2011). 이러한 유산균의 균종에 따른 질병관련 연구는 제조업체의 연구비투자에 의하여 좌우되고 있다. 따

라서 발효식품 제조업에 사용되고 있는 종균에 대한 연구는 많지만 그렇지 않은 균종의 연구는 미흡한 상태이며 이러한 부분의 연구가 종합적으로 진행될 때 각종 유산균의 질병관련 효능 연구는 객관적인 비교평가를 받을 수 있을 것이다.

장내세균의 분자생물학 및 면역학적 연구법을 활용하여 장내 부패방지, 변비개선, 아토피개선, 암 억제, 고혈압 개선, 콜레스테롤 감소 등의 임상연구도 이어지고 있다(Gupta *et al.*, 2011; Kamonigawa, 1991; Kim, 2011; Saito, 2010; Sur *et al.*, 2011; 백, 1997). 이러한 연구는 종합병원의 임상 전문의, 약학이나 생명공학분야의 교수들이 과학적 연구설계 및 통계학적 분석 결과에 의하여 얻어진 결과이므로 과학적 혹은 임상적 근거가 되는 것이다.

유산균 발효 식품의 품질 특징은 유산균에 의하여 생성되는 젖산과 기타 대사산물에 의한 식품의 맛, 보존성, 조직개선 등이 포함된다. 우유를 원료로 하여 제조한 치즈,

*Corresponding author: Kook Hee Kang, Korea Institute of Science and Technology Information, Seoul 130-741, Korea.
Tel: 82-10-2789-7804

E-mail: khkang@skku.edu

Received October 2, 2012; Revised October 12, 2012;

Accepted October 23, 2012

요구르트, 발효버터, 채소를 원료로 하여 만든 수 많은 김치류, 사일리지(silage), 빵에 첨가하여 조직과 보존성 및 향을 개선하는 등의 효능에서 유산균의 1차적인 품질특성과 식품공학/식품학적인 기능성은 충분히 평가받고 있다(강, 1990).

가장 대표적인 유산균 발효식품을 선택한다면 아마도 김치와 요구르트, 치즈일 것이다. 이들에 대한 역사기록을 보면 수 천년 전부터 이용된 식품들이다. 과학이 태동하기 전부터 인류의 식생활에 널리 이용된 식품들이다. 김치는 식물성 발효식품이고 요구르트와 치즈는 동물 젖의 발효식품이다. 인류의 조상들은 유산균의 존재를 전혀 모르는 상태에서 동물 젖과 채소를 경험적으로 만들어서 먹는 훌륭한 솜씨를 가지고 있었던 것이다. 치즈와 요구르트는 몽골, 티벳, 중동, 아프리카 등의 유목민 생활에서 동물의 젖을 먹기 위한 방법으로 시작된 것이며(백, 2011), 김치는 농경문화의 배경에서 밥을 먹기 위한 반찬으로 개발된 것이 다름 뿐이다. 미생물학 및 발효학이 발달되면서 요구르트와 치즈의 제조법에 순수한 유산균 종균(starter)을 배양하여 첨가하게 되었다. 이러한 요구르트와 치즈의 제조법은 오늘날의 다양한 제품으로 변화 발전되면서 대량생산이 가능한 자동화 시스템으로 발전해왔다. 유산균은 다양한 소재를 발효하여 제품화, 산업화하는데 매우 유리한 조건을 갖추고 있다. 우선 배양물의 맛과 향이 좋고, 부패를 방지하여 보존성이 향상되며 질병관련의 건강기능성이 많이 확인되고 있기 때문이다.

치즈와 요구르트의 제조법에서는 일찍이 스타터 첨가사용이 개발되었으나 김치의 경우는 아직도 스타터를 첨가하지 않고 제조하고 있다. 김치의 담그는 과정이 유산균의 생육에 적합하도록 완벽하게 구축되어 있어서 김치의 대량생산 및 품질관리에 별다른 어려움이 없다. 그러나 최근에 유산균의 분류학적 연구가 진전되면서 유산균의 다양한 종류가 규명되고 그 종류에 따라서 건강기능성이 다르다는 점에 많은 관심이 쏠리고 있다.

이러한 추세에 따라서 유산균식품의 평가기준도 맛으로부터 기능성 쪽으로 진화되어 가고 있다. 최근의 경제발전과 복지증진, 평균수명 연장으로 노년기의 건강에 관심이 높아지면서 자연스럽게 나타나는 현상이기도 하다. 건강생활에 대한 현대인의 욕구가 유산균식품의 기능성 연구 결과에 자극 받고 있는 것이다(日野, 2011). 유산균 관련 산업은 이러한 소비자의 관심에 힘입어 매출을 올리고 그 이익금의 일부를 다시 기능성 연구에 투자하는 선순환의 발전모습을 보이고 있다. 소비자의 관심-기업체-전문연구가의 3자 협동으로 유산균 관련산업이 꾸준히 번창하고 있는 것이다.

유산균 기능성은 치즈보다는 요구르트에서 적극적이다. 왜냐하면 치즈는 고농도의 영양식품이기 때문이며 유산균의 기능성은 약간의 보조기능에 지나지 않는다. 요구르트

는 우유를 기본 원료로 하여 만들기 때문에 고형분이 치즈의 10% 이하에 지나지 않는다. 여기에 유산균의 기능성을 보장하여 제품을 특성화한 것이다. 최근에는 김치에도 스타터 첨가를 적용하려는 노력이 나타나고 있어 앞으로 기능성이 다양한 김치의 출현이 기대되고 있다. 김치의 경우도 치즈와 같이 영양성분이 매우 높은 식품이며 김치제조에 유산균이 강력하게 작용할지라도 김치의 특성으로 볼 때 유산균기능성식품으로 보기는 어려운 면이 있고 유산균 발효식품의 범주로 평가하는 것이 타당하다고 생각된다.

유산균 발효식품의 다양성

요구르트와 치즈

유산균은 다양한 소재의 원료에서 잘 생육한다. 특히 동물의 젖에서 잘 자라기 때문에 치즈, 요구르트로 발전하였으며 치즈와 요구르트의 종류는 실로 다양하다. 치즈의 종류만도 400여 가지이며, 요구르트의 종류도 그렇게 많다. 발효유의 종주국 몽골에 가면 요구르트의 형태가 액체, 죽 상태, 고체 상태(떡 모양)도 많다. 국내 우유 요구르트의 대부분은 서양에서 개발된 것들로서 액상이나 호상이다. 몽골의 고체상태인 요구르트를 국내에 도입하려고 시도했던 기업이 있었지만 아직 성공하지 못하였다. 우유를 마시고 배앓이 하거나 설사하는 사람들에게 많이 나타나는 증상의 원인은 우유의 유당 때문인데 이것을 유산균이 이용하여 발효시켜 유산으로 만들어 주기 때문에 요구르트를 먹으면 속이 편안하다. 요구르트는 대안식품이다. 우유의 영양소를 손실 없이 먹을 수 있는 방법이 유산균발효유 즉 요구르트로 만들어 먹는 것이다. 우유의 단백질, 지질, 탄수화물, 올리고당 등이 유산균 발효과정에서 생리활성 물질로 분해 전환되어 변비개선, 장운동촉진, 장면역 활성화 등의 기능성을 나타낸다(Mijan *et al.*, 2011).

쌀요구르트

쌀은 전분이 주성분으로 우리의 주식일 뿐만 아니라 전세계인의 3대 식량이기도 하다. 최근에 막걸리에도 유산균이 많이 생존해 있다는 것으로 이용하여 막걸리 붐이 일어나고 있지만 막걸리는 술이지, 요구르트라고 볼 수 없다. 막걸리 발효과정에서 유산균이 증식하고(Choi *et al.*, 2011) 1 mL에 약 10만 마리의 유산균이 살아있을 정도이다. 그러나 쌀을 유산균으로 발효시켜 만든 제품은 전통 김치에 우점균으로 존재하는 유산균 *Lactobacillus sakei*(Bae *et al.*, 2005)를 사용하여 개발된 제품이다. 이 제품의 스타터로 사용하는 *L. sakei*는 아토피 개선효과가 학술적으로 입증되었다(Woo *et al.*, 2010). 따라서 풍부한 쌀의 식량자원을 생각할 때 오랜 식습관을 지닌 우리나라 사람에게 적합하며 소비자의 기호성이 높아진다면 앞으로 국내뿐만 아니라

세계시장으로 진출할 수 있을 것이다.

콩요구르트

콩은 고단백식품소재로서 전 세계인의 다양한 식품으로 활용되고 있다. 가축의 주요한 사료원료이기도 하다. 이미 콩은 두부, 청국장, 된장, 간장 등의 식품으로 이용되고 있으며 몇몇 콩요구르트 제품이 시판되었다. 이러한 제품은 여러 종류의 유산균과 효모를 혼합 배양하여 만든 것으로 발효과정에서 생성된 고농도의 아미노산, 비타민류, folic acid, γ -amino butyric acid(GABA), 이소플라본, 식이섬유 등의 함량을 주성분으로 하여 병약한 사람의 건강회복에 홍보의 초점을 맞추어 개발된 제품이다(Kim *et al.*, 2008). 콩의 풍부한 영양성분과 유산균 발효과정에서 생성되는 다양한 생리활성물질과 미량성분의 복합적인 건강 시너지 효과를 기대할 수 있다.

김치와 채소 요구르트

채소 발효식품의 대표적인 것이 김치이다. 그 종류도 400여 가지로서 다양하고 맛과 품질도 매우 특징이 있다. 최근에 김치의 유산균에 대한 미생물학적 연구가 발표되면서 김치 특유의 유산균 기능에 대한 관심이 높아지고 있다(Chang *et al.*, 2010; Cho *et al.*, 2006). 김치는 특별히 유산균 종균을 첨가하지 않아도 전통적인 김치제조법에 따르면 실패하지 않고 누구든지 만들 수 있다. 김치숙성에 관여하는 유산균들은 대개 낮은 온도에서 잘 생육하는 것이다. 김치유산균의 기능성에 대한 연구(Lim *et al.*, 2011)가 발표되면서 김치의 건강식품에 대한 세계인들의 관심이 높아지고 있으며 김치의 세계화 사업이 농림수산식품부의 장기사업으로 추진되고 있다(전, 2012). 정부예산으로 세계 김치연구소가 만들어진 것도 이러한 시대적 배경에서 시작된 것이다. 김치에는 풍부한 섬유질, 비타민, 미네랄이 들어있고 열처리 살균하지 않고 생채소로 담그는 신선식품으로서의 높은 가치를 가지고 있다. 채소를 원료로 하여 만든 식물성 야채요구르트가 여러 종류 시판되고 있으며 이러한 발명품은 우리의 김치문화에서 유래한다고 볼 수 있다. 우유를 원료로 하는 치즈와 요구르트가 있는 것과 같이 야채를 원료로 하는 김치 외에 채소 요구르트가 개발되는 것은 자연스런 식문화의 흐름이다.

미강-맥강 발효식품 (미강-맥강 분말 요구르트)

벼, 보리의 도정과정에서 약 10%의 부산물로 나오는 미강, 맥강은 주로 가축의 사료와 퇴비로 활용하였던 것인데 이것을 유산균으로 발효시킨 과립형태의 건강식품이 판매되고 있다. 미강-맥강에 들어있는 각종 단백질과 아미노산, 다당류, 비타민, 미네랄, 항산화물질로서 감마 올리자놀, 토코페롤, 피토스테롤, 베타글루칸, 폴리페놀, 카로티노이드, 효소 등 다양한 생리활성물질이 함유되어 있고 이들이 발

효제품의 품질에 중요한 영향을 미치는 성분들을 포함한다(Fincher *et al.*, 1983; Mod *et al.*, 1979; Shibuya and Iwasaki, 1985). 특히 유산균의 발효과정에서 생성되는 GABA, arabinosylan 복합물 등은 면역활성에 직접 간접으로 관여하는 것들이다. 일본에서도 미강의 발효액에 무, 가지, 오이, 마늘을 담그었다가 먹는 식습관이 있고 최근에는 미강-대두 추출물에 *Bacillus natto*를 배양하여 간기능성개선 음료와 분말제품을 개발한 바 있다(編輯部, 2011). 앞으로 좀 더 과학적인 임상연구가 뒷받침된다면 기능성 식품으로서 매우 중요한 진가를 발휘할 것으로 본다.

유산균 기능성식품

유산균의 건강에 대한 기능성 연구가 진전되면서 단순히 식품의 영양차원을 증가하는 건강효능이 인정을 받으면서 새로운 식품군으로 분류하게 되었다. 식품성분 중에서 건강기능성이 과학적으로 임상적으로 연구되어 기능성 식품으로 인정을 받고 있는 품목들이 여러 개 있으며 유산균도 그러한 범주에 속하게 된 것이다. 유산균 기능성 식품이 관심을 끄는 이유는 약품이 아니면서 질병을 예방하고 치유하는 건강기능성을 가지고 있기 때문이다. 기능성 식품으로서 이용되고 있는 것은 식이성 섬유, 올리고당, 당알코올류, peptides, 단백질, 배당체류, 알코올류, isoprenoids, 비타민류, 콜린류, 무기질, 베타카로틴, 불포화지방산류 등이 있지만 살아있는 미생물로서는 유산균, 비피도박테리아, 효모 등을 들 수 있다.

유산균이 건강기능성식품이라는 이미지를 가지고 소비자들의 관심과 전문가들의 인정을 받게 된 것은 장내세균의 연구가 바탕이 되었다(光岡, 1980; Ley *et al.*, 2011). 유산균은 가장 중요한 특징으로서 산을 많이 생성하여 부패방지의 기본조건을 갖추고 있다. 뿐만 아니라 유산균식품에는 건강에 유익한 대사생성물이 함유되어 있어서 건강증진 및 질병개선에 유익한 작용을 한다는 것이 과학적으로 밝혀지고 있다. 유산균의 종류가 분류학적으로 다양해지면서 그 개별 균종의 기능성도 매우 독특하다는 것이 알려지고 있다. 이러한 유산균의 과학적 연구결과는 학술논문뿐만 아니라 주기적인 학술심포지엄의 형식으로 발표되고(Kaminogawa, 1991; Korpela, 2011; Mitsuoka, 1979; Mitsuoka, 1980), 이러한 연구결과들이 언론매체를 통하여 국민들에게 보도됨으로써 관련산업체에 새로운 제품의 개발촉진 및 소비촉진을 위한 중요한 홍보의 근거가 되고 있다.

유산균 기능성식품의 포장용기에 질병예방 및 치유개선 효능을 표기하는데 많은 제한이 있지만 학술심포지엄 및 세미나의 형식을 통하여 전문가들이 연구결과를 발표하고 토론하는 것에는 아무런 제한이 없다. 이러한 학술행사에서 유산균의 포괄적인 기능성이 소개되고 그것이 언론을 통하여 국민들에게 전달되는 간접효과는 유산균의 건강효

능에 대한 이미지를 높이는데 크게 영향을 미친다.

유산균 기능성 연구의 방향

지금까지 밝혀진 유산균의 건강 증진연구는 장내 미생물의 생태학적 조절, 식품부패억제, 각종 기능성물질의 생성으로 질병예방 및 개선 효과를 나타내는 것으로 잘 알려져 있다(강, 1990). 이러한 유산균 연구의 결과에 힘입어 유산균 관련산업이 크게 발전한 것은 연구와 산업체의 긴밀한 협조에 의한 시너지효과라고 본다. 국내 유산균 관련산업은 우유발효식품에 멈추지 않고 쌀을 발효시킨 식품, 그리고 콩과 채소를 발효시킨 식품 등으로 확대되고 있어서 새로운 기능성식품으로서 주목 받고 있다. 우유, 쌀, 콩은 세계인의 3대 중요한 식량자원이며 이것을 유산균으로 발효하여 품질개선 및 기능성 식품화한다는 것은 매우 유익한 기술개발이다. 뿐만 아니라 쌀 혹은 보리, 밀의 도정과정에서 나오는 부산물 미강, 맥강을 유산균으로 발효시켜 기능성 식품화한다는 것도 이미 한국에서 1990년대에 제품이 개발되어 있으며 농산물의 고부가가치 식량적 이용 측면에서 주목해야 할 선진기술의 연구분야이다.

유산균의 기능성에 관심이 높아지면서 관련 산업은 식품뿐만 아니라 가축의 사료, 화장품, 그리고 의약품에 이르기까지 그 활용의 범위가 확대되어 가고 있다. 유산균은 배양과정에서 젖산을 비롯한 유기산을 많이 생성하고 잡균의 성장을 억제하고 부패를 방지하며 그 외에도 저급지방산, 항균물질, 항산화물질, 효소, 면역활성물질, 비타민 등을 생성하여 세포의 다양한 생리활성 및 건강기능 조절에 관여한다(Mitsuoka 1979; Mitsuoka 1980). 이러한 유산균의 유익한 기능성은 관련산업-김치, 치즈, 요구르트(우유, 콩, 쌀, 미강, 채소 등), 젓갈, 막걸리, 빵 등의 맛과 기능성 증진, 그리고 화장품, 의약품, 사료(가축, 어류, 벌), 환경정화 등의 발전에 크게 기여하고 있다.

지금까지 유산균 연구의 결과를 보면 장 면역을 조절하여 변비를 개선하고 암 관련효소를 억제하며 세로토닌(serotonin)과 도파민(dopamine) 생성증진, 그리고 thyroid releasing hormone(TRH) 갑상선자극 호르몬 방출호르몬을 자극하여 우울증 개선, 부교감신경을 자극하는 corticotropin-releasing hormone(CRH) 호르몬의 생성을 억제하여 장-뇌 상관조절기능의 증진으로 초기면역물질 tumor necrosis factor(TNF)- α , IgA 등의 조절, 세포의 apoptosis(세포자살) 및 autophagy(자식작용)의 활성증진에도 관여, 유산균의 세포막 다당류가 autophagy 생성조절에 중요한 기능을 하는 단백질 Beclin-1과 GRP78의 생성을 촉진함으로써 대장암 세포의 사멸을 촉진하고(Kim *et al.*, 2010), 뿐만 아니라 Th1 autophagy 사이토카인(IFN- γ)과 NO(nitric oxide)의 생성촉진 및 Th2 autophagy 억제 사이토카인(IL-4, IL-13)의 생성억제에 의한 단핵구의 autophagy 생성촉진 등 다양한 기능

이 보고되어 있다(Darab *et al.*, 2010).

유산균의 이러한 건강기능 및 질병개선효과에 대한 많은 연구결과는 유산균 관련산업의 발전을 촉진시킬뿐만 아니라 소비자들에게는 건강기능식품이라는 기대감을 높이고 있다. 하지만 현행 식품위생법 및 식품행정당국의 규제는 이러한 질병개선효과를 인정하지 않고 있으며 특히 유산균 관련제품에 표기 및 선전하는 것을 엄격하게 제한하고 있다. 현행 위생법규에서는 유산균의 기능을 유익균 증식, 유해균 억제, 배변활동 개선으로 한정하고 있다. 하지만 유산균 기능성의 학문적 근거는 장내세균 균형유지 및 장 면역조절, 신경-면역-내분비계 호르몬의 생성조절 등 대사기능을 개선하여 그 결과로 변비, 암, 아토피, 혈압, 우울증 등의 질병개선효과를 초래하는 것이므로 *in vitro* 실험, 동물실험, 임상시험의 결과에서 얻어진 긍정적인 결과를 유산균식품의 홍보에 활용할 수 있도록 제도개선이 이루어져야 할 것이다(강 등, 2011).

특히, 최근 국민 건강문제는 급성 전염병이 아니고 만성 질병 즉, 대사성 난치병이 많아지고 있어서 장기간의 화학약품 섭취로 인한 폐해가 심각해지고 있는 상황이다. 여기에 Bio-medicine(생물의약품)으로서 유산균의 활용은 적극 권장되어야 함에도 불구하고 연구결과를 체계적으로 EBM(검증약물, evidence based medicine), CAM(대체약물, complementary & alternative medicine), 혹은 IM(통합약물, integrative medicine) 등의 관점에서 연구결과를 정리해 놓은 보고서가 부족하여 의료 행정기관, 입법기관에 반영하지 못하고 있는 실정이다. 이러한 의약행정의 문제점을 개선하여 환자중심의 의료시스템으로 변화해야 할 것이다.

Bio-medicine으로서 유산균의 기능성

유산균의 어떤 물질과 작용으로 질병개선에 효과를 나타내는지에 대한 연구는 *in vitro* 실험, 동물시험, 임상시험의 과정을 거치면서 많은 논문이 발표되었다(Ji, 1998). 그 주요 메커니즘을 보면 장내 유익세균의 안정화를 통한 장 면역의 조절, 장내 발암성 효소 생성억제, 유해세균을 억제하는 박테리오파지 항균물질의 생성, autophagy 활성화를 통한 면역조절, 염증성 사이토카인의 생성억제 등 여러 가지 요인이 작용하는 것으로 알려져 있다(Dodd and Gasson, 1994; Kang *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2010; 임성미, 2010; 장우현, 1979; 김, 2011).

비타민, 항산화물질의 건강효능이 인정받지 못하게 되자 항산화제의 기능에 대한 찬반 논쟁도 분명해졌다. 비타민 C 등의 항산화제의 과잉섭취는 오히려 산화촉진(prooxidant)이라는 부작용을 불러온다는 것이다. 이것은 마치 면역계에서 밸런스가 중요하며 면역력의 부족 뿐만 아니라 과잉시에도 병이 생기는 것과 같은 이치이다.

미국에서는 최근 약물의 폐해가 심각하여 약으로 인한 사

망자가 교통사고 사망자수를 초과하였다고 발표되었다. 한국도 평균수명이 80세로 길어지면서 만성질환자수가 급증하고 있으며 이러한 국민건강상태를 고려할 때 약물에만 의존하는 기존의 치료법보다는 통합의학의 차원에서 독성이 없거나 적은 생물약(bio-medicine)의 혼합사용에 대한 관심이 환자들뿐만 아니라 의료진에 있어서도 높아지고 있다. 유산균은 독성이 없으면서도 생체에 미치는 여러 가지 면역부활작용 및 약리작용의 효과가 매우 긍정적이며 이러한 것을 적극 활용하여 환자중심의 통합의료정책으로 나아가는 것은 현대의학의 정당한 흐름이다. 유산균의 질병개선효능에 대한 동물실험 및 환자를 대상으로 한 전문가들에 의한 임상연구는 매우 적극적으로 진행되고 있지만 보건행정 당국의 규제는 이러한 연구결과를 수용하지 못하고 있다. 이 문제는 국민건강을 위하여 학계와 관련업계, 그리고 보건행정당국이 함께 풀어가야 할 중요한 과제로 남아 있다(Korpela, 2011; 맹진아, 2010; 백병학, 2004; 임신혁, 2010).

유산균 작용 중에서 변비개선의 문제는 가장 일찍부터 연구된 분야이다(Mitsuoka 1979, 1980; 삼육대학교, 2008). 최근에 비만이 국민건강에 있어서 심각한 문제로 부각되면서 여기에 대한 장내세균의 연구도 많은 관심을 모으고 있다(삼육대학교, 2011). 설사증에 대한 89명의 임상시험 연구 사례(Beausleil *et al.*, 2007)에서도 유산균 섭취군 44명 중에서는 7명이 설사, 위약군 45명 중에서는 16명이 설사하여 $p=0.05$ 에서 유의성 있는 결과를 얻었다. 여드름 환자 70명을 대상으로 한 임상시험의 결과에서 염증성 농포가 유산균 처리군에서 유의성 있게 감소하였다(Lee *et al.*, 2008; Kang *et al.*, 2009). 식중독세균의 일종인 *Listeria monocytogenes*는 장상피세포에 부착하여 면역반응을 저해시키는데 여기에 프로바이오틱 유산균은 식중독균의 장 부착을 억제시키고 항염증 사이토카인 IL-10을 증가시켰으며 염증유발요인의 IL-8 생성을 저하시켰다(Sinead *et al.*, 2007). 과민성대장증후군 환자에게도 유산균의 투여로 장 내가스 감소, 개선효과를 보았다(Brenner *et al.*, 2009; Moayyedi *et al.*, 2010; O'Mahony *et al.*, 2005). 아토피 피부염의 동물시험과 아토피 임신여성 159명의 임상시험에서 유산균의 섭취로 아토피 예방에 효과적임이 입증되었다(Caramia *et al.*, 2008; Kalliomaki *et al.*, 2001; Segawa *et al.*, 2008).

유산균 *L. sakei* Probio65를 알레르기성 피부염 실험쥐 3군으로 구분하여 투여한 결과, 아토피 개선효과를 인정할 수 있었다(Park *et al.*, 2008), 이 균을 아토피성 피부염 아이들에게 투여한 결과, 대조군보다 유의성 있게 개선되었다(Woo *et al.*, 2010).

대장염의 임상시험에 사용한 장 질환 모델쥐의 경우, 프로바이오틱의 투여로 장점막의 보호, 숙주의 방어인자 발현자극 등의 효과를 인정하였다(Venturi *et al.*, 1999; Kuhbacher *et al.*, 2006; Geier *et al.*, 2006). 심혈관계질환(Car-

diovascular disease)는 혈중 콜레스테롤의 증가로 비만의 원인이 되는데 쥐 40마리를 가지고 동물실험한 결과에서 유산균의 투여로 콜레스테롤의 저하효과를 나타내었다(Lee *et al.*, 2010).

위의 임상연구, 동물실험에서 얻어진 결과에 의하면 유산균의 프로바이오틱스 기능으로서 장내의 pH 저하, 유기산에 의한 항산화작용, 산화환원전위저하, 항균물질, 항암물질, 염증과 관련된 여러 가지 질환(아토피, 알레르기, 암, 설사, 대장염 등)의 면역사이토카인 생성조절에 관여하는 것을 알 수 있다. 이러한 연구결과는 유산균제조업체의 연구비에 의하여 이루어진 것이 대부분이며 따라서 연구결과를 제품홍보에 활용하고자 하는 것은 당연한 요구사항이다. 그러나 정부의 감독기관에서는 이러한 연구결과를 제품홍보에 활용하지 못하게 규제하고 있다. 이런 문제를 어떻게 조절해나갈 것인지 국민건강의 측면, 기업체와 학계의 입장을 고려하여 관계자 모두가 협력하여 풀어야 할 과제이다.

프로바이오틱스 유산균

유산균의 기능성에 대한 연구와 관련산업의 성장은 매우 밀접한 연관성을 가지고 있다. 유산균의 기능성에 대한 연구가 질병예방 및 치료의 효과로 진화되면서 유산균 산업은 제약산업의 일부 영역을 대신하게 되었다. 화학약물의 과잉투여에 대한 거부감이 환자들 사이에서 널리 인식되면서 의료전문가들조차 이러한 분위기에 동조하는 입장이 점차 확산되고 있다. 현대의료에서 나타나는 이러한 약의 부작용을 해결하는 하나의 방법으로 등장한 것이 생균제 즉 프로바이오틱스이다. 이것은 장내 미생물의 건강 조절 작용에 대한 연구결과와 산물이다. 장내에 생존하는 미생물 군총의 밸런스가 건강에 중요한 영향을 미친다는 것이 光岡(1979)의 연구에서 밝혀졌다. 프로바이오틱스의 연구내용에 대한 2006년까지의 총설은 김과 민(2007)에 의하여 보고되어 있다.

유산균 기능의 향후 연구 쟁점

생균이나 사균이나

지금까지는 유산균의 기능성을 평가할 때 생균 중심이었다. 왜냐하면 유산균발효유의 품질평가에서 생균수를 기준으로 했기 때문이다. 그러나 면역학이 발전하면서 생균 중심의 연구에서 사균체의 기능으로 관심이 바뀌고 있다. Cystic fibrosis cell Meth A를 접종한 쥐에 *Enterococcus faecalis* EC-12의 사균체를 경구투여한 결과, 생존율이 증가하고 그 효과는 투여용량 의존적인 관계를 보였다. 뿐만 아니라 프로바이오틱스가 반드시 생균이어야 한다는 것을 비판하는 보고도 있다.

우리 몸의 면역세포와 항체의 60%가 장에 집중되어 있

기 때문에 장관면역계가 활성화되려면 분비형 항체 sIgA 분비량이 증가하면 되고 그 결과, 침입해 들어오는 바이러스, 세균, 세균독소, 알레르겐 등이 sIgA에 결합되어 퇴치되므로 감염방어나 알레르기의 예방에 도움이 된다. 또 장관면역계가 활성화되면 장관뿐만 아니라 폐, 타액, 콧물, 눈물, 모유 등에도 sIgA 분비량이 증가하여 건강증진에 유익하게 작용하며 활성산소의 감소도 매우 현저하다. 과잉활성산소를 제거하고 혈액의 과산화지질을 45% 감소시킨다. 유산균의 발효성분 중에는 유산, 아세트산, 프로피온산, 부틸산(butyric acid) 등이 있는데 이들은 pH를 낮추어 항균성을 강화시키고 낙산은 종양세포의 자살촉진에도 작용하는 것으로 알려져 있다. 유산균의 균체 성분으로서 무라밀디펩티드(muramyl dipeptide, MDP), 펩티도글리칸(peptidoglycan, PG) 등은 면역활성을 높이거나 뇌신경에 작용하여 수면을 도와주고 특히 MDP는 뇌신경세포 microglia(소교세포) 대식세포에 작용하여 사이토카인의 방출을 촉진시키고 또한 분비된 사이토카인이 직접 간접으로 신경 내분비계를 자극하거나 시상하부, 대뇌 상피, 대뇌 변연계 등의 신경계에 작용하여 다온증후군, 파킨슨병, 치매 등에 긍정적으로 작용할 수 있을 것으로 추정하며 그러한 체험사례가 많이 보고되어 있다. 이러한 작용을 보면 유산균의 대사산물은 인체의 항상성(homeostasis)을 유지하는데 중요한 신경계, 내분비계, 면역계의 정보전달물질로서 작용하여 자기치유력을 높이는 것으로 짐작된다. 이와 같이 유산균의 기능이 생균으로서의 기능도 있지만 그 대사산물의 미량성분과 균체성분, 그리고 그러한 복합적인 성분들의 상호작용에 의하여 면역반응과 건강효능이 나타나는 것이므로 반드시 생균이어야 할 필요는 없다는 것을 암시한다. 유산균의 면역력은 균종에 따라서 다르기도 하지만 배양온도에 따라서 변한다는 보고(김, 2011)가 있다. 면역조절작용이 우수한 유산균을 선발하는 것이 매우 중요하지만 배양조건을 달리하면 면역활성에 중요한 역할을 하는 사이토카인 IL-12의 생성에 차이가 있다는 것이다. 좀 더 효과적인 면역조절활성의 향상을 위하여 유산균 배양조건을 검토할 필요가 있다.

유산균백신

전 세계적으로 유행하고 있는 바이러스 질병 특히 계절성 인플루엔자 및 신종인플루엔자의 위협을 효율적인 차단할 수 있는 수단은 백신이다. 그러나 백신접종의 효과분석 결과를 보면 아직 불안요인이 많다. 특히, split vaccine(분할백신)으로서는 항원변이에 대응할 수 없다는 점, 그리고 백신의 여러가지 부작용(발열 등) 등을 고려할 때 계절성 인플루엔자의 예방 백신접종의 효과분석결과(정, 2010)는 신뢰할 수 없다는 것이다. 인플루엔자의 유행 시에 예방약이 없고 항인플루엔자약은 치료약이며 내성의 가능성 때문에 예방약으로서는 사용하지 않고 있으므로 예방을 위해서

는 오로지 백신뿐이다. 따라서 좀더 안전하고 효과적인 백신의 개발은 전 세계적으로 제약회사, 대학, 정부기관의 연구소에서 경쟁이 치열한 연구중점분야이다. 새로운 백신개발의 기술로써 전통적인 근육주사에서 문제가 되는 주사기 사용, 그 외 여러 가지 문제점을 개선할 수 있는 식용백신(edible vaccine)이 관심을 끌고 있다. 점막표면에 항원을 전달하거나 자극할 수 있는 수단으로 무엇을 사용하느냐에 따라서 달라지며 유산균(Poo *et al.*, 2006; 성 등, 2004) 혹은 바나나(민, 2011)를 식용백신으로 이용하는 연구가 진행되고 있다.

결론

한국에 유산균발효유가 처음으로 도입된 것은 1970년이다. 그 당시는 국내 우유의 생산량이 적었고 국민소득이 높지 않아서 우유 고형분이 3% 미만의 액상음료타입의 요구르트였다. 그러나 경제발전과 더불어 우유생산량이 증가되고 유산균발효유의 건강효능이 학술적 연구를 통하여 알려지면서 소비가 급격하게 증가되고 품질이 다양화되었다. 식품관련학회뿐만 아니라 보건의학분야에서도 유산균의 건강세미나가 자주 개최되고 그 내용이 언론을 타고 홍보되면서 유산균발효식품은 국민 애호식품, 기호식품으로 등장하였다. 우유발효식품은 이제 다양화되었고 요구르트의 제품도 다양성 및 품질면에서 세계적인 수준이며 치즈의 소비량도 비약적으로 증가하고 있다.

액상요구르트가 처음으로 도입된 지 40년만에 이제는 요구르트의 전성시대를 이루고 있다. 우유를 발효시킨 우유 요구르트, 쌀을 발효시킨 쌀요구르트, 콩을 발효시킨 콩요구르트, 미강-맥강을 발효시킨 맥강발효식품 등 다른 나라에서는 찾아볼 수 없는 소재로 만든 유산균발효식품이 널리 보급되고 있다. 이러한 새로운 유산균발효식품의 개발 기술은 새로운 장치산업에 유도하고 세계시장으로 진출할 수 있는 새로운 요구르트 한류를 이루어 낼 수 있을 것으로 기대된다. 특히 쌀, 콩, 미강-맥강의 중요한 식량소재를 건강식품화할 수 있다는 것은 세계의 자랑거리이다. 최근에 한국의 국력신장으로 IT, 자동차, 선박, 스포츠, 영화, 그리고 한류의 문화수출에 힘 입어 한국 요구르트의 한류를 촉발시킬 수 있는 좋은 기회가 되기를 기대해 본다.

요약

과학이 생겨나기 전부터 자연발효식품은 인류의 애용식품이었다. 그 중에서도 유산균발효식품은 김치, 젓갈, 막걸리, 발효유, 치즈, 사우어크라우트 등 민족문화와 전통에 따라서 다양한 형태로 이용되어왔다. 옛날에는 유산균 식품의 맛이 좋아서 먹었던 생활습관식품이었지만 현대과학이 발전하면서 연구결과에 의하여 밝혀진 것을 보면 장의 부

패방지, 장운동 촉진, 면역기능 조절, 항산화작용, 질병개선 및 치유효과 등 건강효능에 관한 것이 많다. 이러한 건강 효능작용은 유산균의 대사산물 및 균체의 세포벽 성분이 작용하는 것으로 밝혀지고 있다. 유산균의 건강효능 작용은 살아있는 유산균을 먹거나 사멸한 유산균을 먹거나 차이가 별로 없으며 오히려 유산균의 종류에 따라서는 건강 효능에 다양한 차별화가 인정되고 있다. 생활경제력이 향상될수록 국민들의 복지, 장수, 건강에 대한 관심이 매우 높아지면서 이러한 사회적 수요에 맞추어 유산균의 새로운 연구는 식용백신, 자연면역, autophagy의 활성화 쪽으로 진화해 나아가고 있다. 최근에는 유산균의 면역조절작용을 향상시키기 위하여 균주별 검색, 배양조건의 조절(온도) 등에 대한 연구가 진행되고 있다. 유산균에 대한 많은 연구가 진전되면서 유산균식품의 특성을 유산균 발효식품과 유산균 기능성식품으로 구분할 필요가 생겼다. 유산균 발효식품은 김치, 요구르트, 치즈 등의 영양성분 중심의 식품이고 유산균기능성 식품은 유산균의 균체를 모아서 생균이나 사균의 형태로 제형화한 식품을 말한다. 두 종류의 제품에 있어서 유산균발효식품은 제품 원료특성의 기능성과 유산균의 기능성이 혼합된 형태의 효능이 나타나는 것이고 유산균 기능성식품은 오로지 유산균체의 기여도에 따라서 결정되는 것이다.

참고문헌

- Bae JW, Rhee SK, Park JR, Chung WH, Nam YD, Lee I, Kim H, and Park YH (2005) Development and evaluation of genome-probing microarrays for monitoring lactic acid bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* **71**, 8825-8835.
- Beausoleil M, Fortier N, and Guenette S (2007) Effect of a fermented milk combining *Lactobacillus acidophilus* CL 1285 and *Lactobacillus casei* in the prevention of antibiotic associated diarrhea: A randomized, double-blind, placebo controlled trial. *Can. J. Gastroenterol.* **32**, 732-736.
- Brenner DM, Moeller MJ, Chey WD, and Schoenfeld PS (2009) The utility of probiotics in the treatment of irritable bowel syndrome: A systematic review. *Am. J. Gastroenterol.* **104**, 1033-1049.
- Chang JH, Shim YY, Cha SK, and Chee KM (2010) Probiotic characteristics of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *J. Appl. Microbiol.* **109**, 220-230.
- Cho JH, Lee DY, Yang CN, Jeon JI, Kim JH, and Han HU (2006) Microbial population dynamics of kimchi, a fermented cabbage product. *FEMS Microbiol. Lett.* **257**, 262-267.
- Choi J, Kim KH, Song TS, Lee KS, Gang SB, and Yoon SS (2011) Lactic acid bacteria and its significance in the fermentation of Korean traditional rice wine. P-AM15-41, The abstract book of 6th ACLAB, Sapporo, Japan. pp. 257.
- Darab G, de Vrese M, Heller KJ, and Schrezenmeir J (2010) Lactic acid bacteria enhance autophagic ability of mononuclear phagocyte by increasing Th1 autophagy-promoting cytokine (IFN- γ) and nitric oxide (NO) levels and reducing Th2 auto-phagy-restraining cytokines (IL-4 and IL-13) in response to *Mycobacterium tuberculosis* antigen. *Int. Immunopharmacol.* **10**, 694-706.
- Dodd HM and Gasson MJ (1994) Bacteriocins of lactic acid bacteria. In: Genetics and Biotechnology of Lactic Acid Bacteria. Gasson MJ and de Vos WM (eds), Blackie Academic & Professional, London, pp. 211-251.
- Fincher GB, Stone BA, and Clarke AE (1983) Arabinogalactan proteins: Structure, biosynthesis and function. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **34**, 47-70.
- Geier MS, Butler RN, Giffard PM, and Howarth GS (2007) *Lactobacillus fermentum* BR11, a potential new probiotic, alleviates symptoms of colitis induced by dextran sulfate sodium (DSS) in rats. *Int. J. Food Microbiol.* **114**, 267-274.
- Gupta SS, Mohammed MH, Ghosh TS, Kanungo S, Nair GB, and Mande SS (2011) Metagenome of the gut of a malnourished child. *Gut Pathogens* **3**, 7-9.
- Kalliomäki M, Salminen S, Arvilommi H, Kero P, Koskinen P, and Isolauri E (2001) Probiotics in primary prevention of atopic disease: a randomised placebo-controlled trial. *Lancet* **357**, 1076-1079.
- Kaminogawa S (1991) 유산균 장내세균의 면역부활작용. 유산균과 건강. 제7회 국제학술심포지엄 논문집. Hotel Lotte, Seoul, Korea, pp. 301-309.
- Kang BS, Seo JG, Lee GS, Kim JH, Kim SY, Han YW, Kang H, Kim HO, Rhee JH, Chung MJ, and Park YM (2009) Antimicrobial activity of enterocins from *Enterococcus faecalis* SL-5 against *Propionibacterium acnes*, the causative agent in acne vulgaris, and its therapeutic effect. *J. Microbiol.* **47**, 101-109.
- Kang MK, Na HC, Park JH, and Kang JS (2009) Soybeans fermented with *Bacillus polyfermenticus* KJS-2 protects *Oplegnathus fasciatus* from irido virus and pathogenic bacterial infection. *J. Life Sci.* **19**, 720-727.
- Kim NH, Moon PD, Kim SJ, Choi IY, Na HJ, An HJ, Myung NY, Jeong HJ, Um JY, Hong SH, and Kim HM (2008) Lipid profile lowering effect of SoyproTM fermented with lactic acid bacteria isolated from kimchi in high-fat diet-induced obese rats. *Biofactors* **33**, 49-60.
- Kim Y, Oh S, Yun HS, Oh S, and Kim SH (2010) Cell-bound exopolysaccharide from probiotic bacteria induces autophagic cell death of tumour cells. *Lett. Appl. Microbiol.* **51**, 123-130.
- Korpela R (2011) LGG와 장건강-LGG의 섭취가 호흡기감염과 장질환에 미치는 효과. LGG 유산균의 건강증진효과. 한국식품과학회 국제학술심포지엄 강연자료집. pp. 9-22.
- Kuhbacher T, Ott SJ, Helwig U, Mimura T, Rizzello F, Kleessen B, Gionchetti P, Blaut M, Campieri M, Folsch UR, Kamm MA, and Schreiber S (2006) Bacterial and fungal microbiota in relation to probiotic therapy (VSL#3) in pouchitis. *Gut* **55**, 833-841.
- Lee J, Kim Y, Yun HS, Kim JG, Oh S, and Kim SH (2010) Genetic and proteomic analysis of factors affecting serum cholesterol reduction by *Lactobacillus acidophilus* A4. *Appl. Environ. Microbiol.* **76**, 4829-4835.
- Lee YJ, Choi HJ, Kang TW, Kim HO, Chung MJ, and Park YM (2008) CBT-SL5, a Bacteriocin from *Enterococcus faecalis*, suppresses the expression of interleukin-8 induced by *Propi-*

- onibacterium acnes* in cultured human keratinocytes. *J. Microbiol. Biotechnol.* **18**, 1308-1316.
- Ley RE, Turnbaugh PJ, Klein S, Gordon JI (2006) Human gut microbes associated with obesity. *Nature* **444**, 1022-1023.
- Lim JH, Seo BJ, Kim JE, Chae CS, Im SH, Hahn YS, and Park YH (2011) Characteristics of immunomodulation by a *Lactobacillus sakei* proBio65 isolated from kimchi. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* **39**, 313-316.
- Mijan MA, Lee YK, and Kwak HS (2011) Classification, structure, and bioactive functions of oligosaccharides in milk. *Korean J. Food Sc. Ani. Resour.* **31**, 631-640.
- Mitsuoka T (1979) 건강에 있어서 장내세균과 유산균의 역할. 유산균과 건강. 제1회 국제학술심포지엄 논문집. Hotel Lotte, Seoul, Korea, pp. 24-33.
- Mitsuoka T (1980) 腸内細菌の世界. 叢文社, Tokyo, pp. 13-41.
- Moayyedi P, Ford AC, Talley NJ, Cremonini F, Foxx-Orenstein AE, Brandt LJ, and Quigley EM (2010) The efficacy of probiotics in the treatment of irritable bowel syndrome: A systematic review. *Gut* **59**, 325-332.
- Mod RR, Conkerto EJ, Ory RL, and Normand FL (1979) Composition of water-soluble hemiselluloses in rice bran from four growing areas. *Cereal Chem.* **56**, 356-358.
- O'Mahony L, McCarthy J, Kelly P, Hurley G, Luo F, Chen K, O'Sullivan GC, Kiely B, Collins JK, Shanahan F, and Quigley EM (2005) *Lactobacillus* and bifidobacterium in irritable bowel syndrome: Symptom responses and relationship to cytokine profiles. *Gastroenterol.* **128**, 541-551.
- Park CW, Youn MS, Jung YM, Kim HI, Jeong YH, Lee HK, Kim HO, Lee IS, Lee SW, Kang KH, and Park YH (2008) New functional probiotic *Lactobacillus sakei* Probio 65 alleviates atopic symptoms in the mouse. *J. Med. Food* **11**, 405-412.
- Poo HY, Pyo HM, Lee TY, Yoon SW, Lee JS, Kim CJ, Sung MH, and Lee SH (2006) Oral administration of human papillomavirus type 16 E7 displayed on *Lactobacillus casei* induces E7-specific antitumor effects in C57/BL6 mice. *Int. J. Cancer* **119**, 1702-1709.
- Saito T (2010) New Japanese yogurts using functional probiotic lactic acid bacteria and future strategy to protect out gut. Proceed. Int. Symp. Korean Soc. Lactic Acid Bacteria, Korea University, Seoul, Korea, pp. 1-22.
- Segawa S, Hayashi A, Nakakita Y, Kaneda H, Watari J, and Yasui H (2008) Oral administration of heat-Killed *Lactobacillus brevis* SBC8803 ameliorates the development of dermatitis and inhibits immunoglobulin E production in atopic dermatitis model NC/Nga mice. *Biol. Pharm. Bull.* **31**, 884-889.
- Shibuya N and Iwasaki T (1985) Structural features of rice bran hemicellulose. *Phytochemistry* **24**, 285-289.
- Sinead CC, Gahan CGM, and Hill C (2007) Impact of selected *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* species on *Listeria monocytogenes* infection and the mucosal immune response. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* **50**, 380-388.
- Sur D, Manna B, Niyogi SK, Ramamurthy T, Palit A, Nomoto K, Takahashi T, Shima T, Tsuji H, Kurakawa T, Takeda Y, Nair GB, and Bhattacharya SK (2011) Role of probiotic in preventing acute diarrhea in children: A community based, randomized, double-blind placebo-controlled field trial in an urban slum. *Epidemiol. Infect.* **139**, 919-926.
- Venturi A, Gionchetti P, Rizzello F, Johansson R, Zucconi E, Brigidi P, Matteuzzi D, and Campieri M (1999) Impact of fecal flora by a new probiotic preparation: Preliminary data on maintenance treatment of patients with ulcerative colitis. *Aliment. Pharmacol. Ther.* **13**, 1103-1108.
- Woo SI, Kim JY, Lee YJ, Kim NS, and Hahn YS (2010) Effect of *Lactobacillus sakei* supplementation in children with atopic eczema-dermatitis syndrome. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* **104**, 343-348.
- 강국희 (1990) 유산균식품학. 성균관대 출판부, Suwon.
- 강국희, 강빈구, 김성기, 백병학, 차옥진 (2011) 유산균 기능성의 건강증진효과와 임상효과연구의 타당성 검토, 한국과학기술정보연구원 포럼보고서, Seoul.
- 강대경 (2010) Probiotic bile salt hydrolase. Proceed. Int. Symp. Korean Soc. Lactic Acid Bacteria, Korea University, Seoul, Korea, pp. 237-247.
- 김영희 (2011) 유산균의 면역부활능력은 배양온도에 따라 변화한다. 한국과학기술정보연구원 하이라이트 보고서, Seoul.
- 김태한, 민태익 (2006) Probiotics의 연구개발동향. 한국과학기술정보연구원 기술동향분석보고서, Seoul.
- 맹진아 (2010) The current trend of probiotic research and its applications. Proceed. Int. Symp. Korean Soc. Lactic Acid Bacteria, Korea University, Seoul, Korea, pp. 147-170.
- 민태익 (2011) 바나나를 먹느냐 주사를 맞느냐: 식용백신으로의 여행. 한국과학기술정보연구원 모니터링분석, Seoul.
- 백병학 (2004) 건강표시와 보건기능식품. In: 食品工業, Yamata K (ed), Tokyo, pp. 42-49.
- 백영진 (1997) 한국형 Bifidobacteria의 분리와 산업화. 유산균과 건강. 제10회 국제학술심포지엄 논문집. 한국야쿠르트 대강당, Seoul, pp. 484-497.
- 삼육대학교 (2008) 변비예방 및 치료효과가 있는 신규 혼합유산균 조제. 대한민국특허 10-2008-0073186.
- 삼육대학교 (2011) 혼합유산균을 포함하는 비만 또는 비만관련질환치료 또는 예방용 약제학적 조성물 또는 식품 조성물. 대한민국특허 10-10-2011-0046092.
- 성문희, 홍승표, 이종수, 이일환, 부하령, 김철중 (2004) 유산균 디스플레이 플랫폼기술의 산업적 활용, 화학세계 0411, 34-46.
- 임성미 (2010) 갯김치에서 분리된 유산균의 활성산소종에 대한 저항성과 항산화 활성. *Korean J. Microbiol.* **46**, 375-382.
- 임신혁 (2010) Probiotics as an immune modulator: Mechanism of action and therapeutic applications. Proceed. Int. Symp. Korean Soc. Lactic Acid Bacteria, Korea University, Seoul, Korea, pp. 119-146.
- 장우현 (1979) 정상장내 균총의 역할. 유산균과 건강. 제1회 국제학술심포지엄 논문집. Hotel Lotte, Seoul, Korea, pp. 14-23.
- 전한영 (2012) 우리 김치가 세계화 중심 역량 발휘해 주길. 식품외식경제, Seoul.
- 정희진 (2010) 국내 계절인플루엔자 질병부담 및 계절인플루엔자 백신의 효과 평가. 한국보건 의료연구원보고서. ncca 2009-020.
- 光岡 (1980) 腸内菌の世界. 叢文社, Tokyo.
- 吉森 保 (2011) 포유류의 Autophagy. 生化学 **83**, 81-92.
- 日野 明寛 (2011) これからの機能性食品の課題. 食品と開発, Tokyo, **46**, 4-7.
- 編輯部 (2011) 肝機能改善素材の最新動向. 食品と開発, Tokyo, **46**, 62-64.