

특집: 산업적 유용미생물(V)

유산균의 산업적 응용

정 명 준
(주) 셀바이오텍

유산균의 특성

유산균은 1858년 포도주 산패의 원인을 연구하는 과정에서 Pasteur에 의해 처음으로 밝혀졌다. 러시아 생물학자 Metchnikoff(1845~1916)는 불가리아 지방에 장수자가 많고, 더욱이 그곳에서는 요그트를 다량 섭취한다는 사실을 발견하고 발효유에 의한 불로장수설을 발표하였다. 일본의 야쿠르트 회사가 1960년경 유산균발효유 Yakult라는 상품으로 발매를 시작했으며, 한국은 한국야쿠르트가 최초로 같은 제조공법으로 1971년부터 생산하기 시작했다.

유산균의 종류로는 현재까지 300~400여 종류가 알려져 있으며, 그 중 20여 종류가 주로 발효유 제조 및 유산균 산업에 응용되고 있다. 유산균은 *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Bifidobacterium*의 5개 group으로 분류된다. 이들 중 *Bifidobacterium*에 대한 연구가 가장 활발한 곳은 일본이다. *Lactobacillus*는 미국 및 유럽에서 발효유, 치즈의 생산균주로 사용되고 있다. *Leuconostoc*은 한국의 김치 및 젓갈의 젖산발효에 사용되는 대표적인 균주이다. 또한 *Pediococcus*는 양조간장의 발효에 주로 사용하는 생산균주이다.

장내유해균 억제작용 및 정장작용

유산균에 의해 생성된 다양한 유기산(젖산, 초산, 안식향산)은 장내 pH를 산성화하여 병원성 세균을 무력화시키며, 장내 균총 균형을 정상으로 회복되어 물, 전해질 흡수로 균형을 회복시켜 설사와 장염을 예방하며, 하리에 의한 장관 상피세포 손상을 회복시킨다. 유산균에 의해 생성된 과산화수소는 세포에 강한 산화 작용 및 단백질 구조를 파괴하여 병원균을 사멸시킨다. 유산균에 의해 생성된 항생물질인 Bacteriocin은 노화 촉진, 변비, 설사, 암, 고혈압의 원인인 부패산물 생산균의 생육을 억제하며, 위염 유발 균인 헬리코박터 파이로리균의 생육을 억제하여 위염을 예방할 수 있다는 논문도 발표되었다.

혈중 콜레스테롤 감소기능

혈액 순환기 계통의 질환의 발병률과 혈중 콜레스테롤 함량이 밀접한 연관성이 있다고 알려져 있다. 혈중 콜레스테롤 함량이 낮아지는 효과는 유산균의 발효에 의해 생성되는 콜레스테롤

감압인자(Hydroxy methyl glutaric(HMG), orotic acid 그리고 uric acid)의 작용에 의해 콜레스테롤 생성이 억제되어 콜레스테롤 수준의 감소가 일어난다는 주장이 있고, 유산균이 직접 콜레스테롤 분해 효소를 생성하여 분해하여 혈중 콜레스테롤 농도를 저하하면 심장병 및 뇌졸중을 예방할 수 있다는 주장도 있다. 아프리카 마사이족에게 대량의 유산균을 섭취하게 하였을 때 혈중 콜레스테롤 함량감소가 있었다는 보고가 있다.

항암작용

장내에 서식하는 유산균에 의한 항암효과에 대한 설명은 크게 3가지가 있다. 첫째, 음식물의 대사과정에서 발암물질을 생성하는 효소(Nitroreductase, Azoreductase, β -glucuronidase, β -glucosidase, 7- α -dehydrogenase)의 생성억제, 둘째, 암세포의 증식 억제, 셋째, 발암물질의 해독이다. Golden과 Gorbach는 대장에서 발암물질생성에 관여하는 Nitroreductase, Azoreductase, β -glucuronidase와 같은 효소의 활성이 현저하게 감소된 것은 장내에 유산균이 서식하기 때문이라 주장하였다. Terada와 Hara 등도 lactulose를 섭취(3 g/d 2주동안)하여 대장내에 bifidobacteria의 수가 현저하게 증가되었을 때 Nitroreductase, Azoreductase, β -glucuronidase와 같은 효소의 활성이 현저하게 감소한 외에 indol, skatol과 phenol의 함량이 현저하게 감소된 결과를 얻었다.

Kado 등(1991)은 항암작용을 하는 polysaccharide SPR-901을 발견하였는데, 이 물질은 쌀겨에서 분리한 유산균(*Leuconostoc mesenteroides*)을 발효하였을 때 생성하는 고분자의 α -glucan이다. SPR-901의 항암기작은 숙주중계에 의하는 것으로 생각된다고 발표하였다.

발암물질의 해독에 관련된 연구에는 *L. acidophilus*와 *B. longum* 등과 같은 유산균 세포벽의 peptidoglycan이나 polysaccharide와 같은 물질들이 발암물질들을 흡착하여 장외로 배설하기 때문에 유해물질의 작용을 억제한다(지근억 1996)는 주장과 발암물질을 분해하여 발암물질의 작용기작을 제거한다는 두 가지 주장이 있다. 지근억은 *Bifidobacterium* 균주가 돌연변이 유발물질인 Trp-p-1, benzopyrene, IQ, NQO에 대하여 *Salmonella thyphimurium* TA98 균주의 돌연변이 억제능을 조사한 결과 Trp-p-1과 benzopyrene이 특히 현저한 항돌연

변이 능이 있는 것을 보고하였다. 발암물질의 분해에 관한 연구에는 azo 염색물질의 분해(Chung 1992) N-nitrosamines의 분해(Renner 1991) 등이 있다.

면역증강 작용

유산균이 생성하는 물질 또는 유산균의 세포벽등의 개체성분이 체내에 흡수되어 macrophage와 lymphocyte를 활성화시킴으로서 면역체계에 자극을 주어 면역증진 효과가 얻어지는 것으로 알려져 있다(Fernandes와 Shahani, 1990).

채르노빌 원자로 폭발 사고 시에 모스크바 역학 미생물 연구소의 모리스센더로프는 유산균 치료를 하여 면역을 증강(내외경제신문 1991. 9. 12)한 사례가 있다.

유당불내증(Lactose intolerance) 격감 작용

우유를 마셨을 때 설사를 하거나 복통, 헛배부름 등의 증상이 나타나는 것은 우유중의 lactose가 분해되지 않기 때문이다. 이러한 증상은 동양인이나 아프리카의 성인들에게 주로 있으며 약 70%가 유당불내증을 갖고 있어 우유의 섭취를 기피하게 된다. 유산균 발효식품의 경우 유산균이 lactose를 분해하는 β-galactosidase를 분비하여 유당불내증이 있는 사람도 발효우유를 마실 수 있으며, 유산균을 직접 섭취하여 장내에 유산균이 정착되어 있으면 유당불내증이 해소될 수 있다.

식품영양학적 가치의 증진

발효 유제품은 배양과정에서 비타민을 생성하여 발효액 중에 분비한다. 비타민 B₂가 생성되어 각기병, 다발성 신경염, 식욕부진, 신경장애 등을 예방한다. 비타민 B₁₂을 파괴하는 세균을 제거함으로써 피부가 거칠어지고, 구내염, 습진, 피부염을 예방한다. 또한 유리아미노산 함량이 증가하여 각종 영양성분을 숙주에게 공급하여 영양균형을 이루게 한다.

산업적 용도

유산균의 유용성이 많이 알려지면서 각종 응용제품이 많이 개발되고 있다. 응용제품은 유산균의 생리기능에 따라 아래 Table 1에서 보는 바와 같이 다양하게 개발되어지고 있다.

건강보조식품 유산균 식품

식품공전(1991)에 의하면 유산균식품이라 함은 유산간균, 유산구균, 비피더스균 등의 식품위생상 안전하고 유익한 식용가능 생균을 배양한 것 또는 이를 주원료로 하여 식품에 혼합한 것을 안정하고 섭취가 용이하도록 분말, 과립 정제, 캡셀 등으로 만든 것을 말한다. 유산균식품의 성분규격은 유산균수 또는 비피더스균수가 1g당 10⁷ 이상이며, 대장균군이 음성이어야 한다. 현재 한국의 건강보조식품 시장규모는 약 1조원으로 추

Table 1. 유산균의 생리활성 기능에 따른 산업체 응용범위

생리활성 기능	산업체 응용범위
젖산 생성 & 단백질 분해효소 생산 정장작용	발효유 및 치즈용 중균 유산균 정장제, 사료첨가용 유산균(가금류, 돼지, 애완용 동물, 양식어류)
Bacteriocin 생산	육가공, 육가공(치즈) 전 통발효식품
Flavor 생성	빵, 제과, 쏘세지의 보존 첨가제(김치)
혈중 cholesterol 저하작용, 면역기능 부활 효과, 항암효과	건강식품, 환자식
Bifidus 균의 응용	장수김치(혹은 건강김치), 육아용 비피더스분유(Mo- rigana)

산되고 있고, 1992년 유산균 이용식품의 수입규모는 77만\$로서 전체 건강보조식품 수입금액의 1%를 차지하고 있다.

Table 2는 1995년 현재 국내에 등록된 유산균식품 제조회사와 제품현황을 보여주고 있다.

의약품으로서의 유산균제제

선진국에서는 항생제 처방시에 유산균제제를 함께 처방하도록 의무화되어 있다. 그렇게 하는 이유는 항생제의 의해 장내 균총의 균형이 깨어져 유용세균은 대부분 제거되고 항생제 내성을 가진 유해한 세균이 먼저 우점종이 되는 것을 막기 위함이다. 유산균제제로서 가장 많이 이용되고 있는 균주로는 *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei* 그리고 *Bifidobacterium spp.*이다. 이러한 균주를 많이 사용하는 것은 각 균주가 정장성이 우수하며, 무엇보다 위를 통과할 수 있는 내산성과 담낭에서 분비되는 담즙산에 대한 내성이 강하다는 것이 그 이유이다.

한국에서는 1994년 현재 500억원 정도의 시장을 형성하고 있으나 국내 자체 생산하는 업체는 (주)일동제약과 일부 회사에서 소량 생산하는 실정이며, 대부분 수입에 의존하고 있는

Table 2. 유산균식품 제조회사(박명운, 1995 참조)

제조회사	등록식품
고제	활성 유산균
배원제약	비피라이프
서울알로에	알로비스
선일포도당	선바이탈 SSF, 선바이탈 SLA, 선바이탈 GSF
에덴호소식품	만나밀
영동식품	활력 유산균
일동제약	일동유산균 분말, 유수피아
일진제약	바이톤 지
태평양제약	락피스
폴무원	바이오피피, 락토피피
한미약품공업	한미 요구르팅 파워더
셀바이오텍	바이오락토 233, 비피도 57

실정이다. 최근 (1995년 설립)에는 유산균 전문생산업체 (주) 켈바이오텍에서 다량생산하고 있다.

발효유

유산균 발효유에는 액상발효유와 농후 발효유로 구분된다. 무지유 고품분 함량이 액상발효유의 경우 3.0% 이상이며, 농후발효유는 8.0% 이상이어야 한다. 발효유의 소비동향은 백영진 (1993)에 따르면 1971년 (주)한국야크르트유업에서 액상발효유를 처음생산하기 시작하였고 1980년대 후반에 농후발효유를 선보였고, 1990년에는 마시는 요구르트가 나왔다. 최근에는 혐기성 유산균이어서 배양이 까다롭던 비피더스균도 배양할 수 있는 기술을 갖추어 발효유의 유산균 스타터가 다양해졌으며(백영진, 1993), 그만큼 다양한 제품을 생산할 수 있게 되었다.

개발분야 가능성 검토 (외국의 기술동향 분석)

유산균의 잘 알려진 프로바이오틱스의 기능을 활용하여 다양한 제품을 개발할 수 있다. 방부효과 및 건강개념을 도입하여 과자와 제빵에 유산균을 첨가한 제품을 내놓고 있다. 미국과 일본에서는 아이스크림과 빙과, 오렌지 주스, 과일즙에 유산균을 첨가하고 있다. 우수한 향의 염차를 제조하기 위하여 일본에서는 유산균발효를 이용하고 있다. 유럽에서는 빵제품에 풍미개량제로 사용하고 있는데 빵제품의 효모 발효냄새 및 밀가루 냄새가 없는 독특한 빵의 제조가 가능하게 되었다. 소세지의 냉장보관시에 저온세균과 대장균이 자랄 수 있는데 유산균은 이들 세균의 증식을 막아 보관성을 증대시키고, 향을 향상시키는 역할을 한다. 이러한 천연항생제로서의 역할은 육류 또는 야채의 발효과정에서 부패성, 병원성 세균의 생육을 억제하여 식품보존첨가제로 응용될 전망이며, 현재 유럽에서는 고가로 판매되고 있다. 이외에도 건강식품소재로 사용되고 있는데 보사부에서 고시하고 있는 22종류의 건강식품소재에 유산균이 포함되어 있으며, 일본은 30여개의 유산균 회사에서 유산균 이용 기능성 식품을 발매하고 있다.

미용재료로서 유산균을 사용할 수 있는데, 유산균 배양이 상처의 회복을 빠르게 하고(Bacteriocin) 피부의 감염증을 방지하는 기능이 있는데, 이러한 제품은 배양액에서 균체와 불용성 성분을 제거해야 하며 주요성분은 젖산, 유당, 아미노산, 인산염 등의 무기물들로서 피부의 각질성분과 유사하여 피부보습, 항산화 작용, pH 조절작용, 피부균총의 제어기능 등을 발휘한다.

시장규모 예측

유산균 발효유 시장은 보건신문(95. 10. 18)에 따르면 95년

Table 3. 각 분야별 시장규모(1997년 추정치)

시장분야	생산품	시장규모(원)
발효유 첨가제	스타터, 첨가제(주로 Bifidus)	45억
일반식품	<i>Lactobacillus. acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> 을 첨가한 빵, 과자, 초콜렛, 소세지 등	27억
동물사료	Yeast, Lactic acid bacteria, Fungi, Bacillus	90억
화장품	Skin care 제품류, Body shampoo, Vaginal cleaner	30억
건강보조식품	Bifidus와 <i>L. acidophilus</i> 의 혼합 Probiotics, 다이어트 제품에 유산균 혼합한 제품, 키토산 제품에 유산균혼합한 제품, 비타민 공급제, 환자식, 노화방지 식품, Capsule 제, 과립제, 분말제	100억

에 6천억원의 시장을 형성할 것으로 기대한다고 하였다. 매년 10% 이상의 성장률을 보이고 있어 그 시장은 더욱 커질 전망이다. 이외에 유산균 원말을 이용한 제품의 시장규모는 아래의 Table 3에 나타난 바와 같이 292억원의 시장규모로 예측되고 있다.

참고문헌

1. Chung, K. T. Stevens S. E. and Cerniglia C. E. rev. (1992) *Microbiol.* **18**, 175-190.
2. Fernandes and Shahani 1990. 식품기술 제7권 제2호 1994. Rev.
3. Kado, H., Yoneta, Y., Takeo, S., Mitsui, M., Watanabe, N. (1991). Studies on an enzymatically synthesized antitumor polysaccharide SPR-901. *Chem. Pharm. Bull. Tokyo.* vol. 39, no 4, 1078-1079.
4. Renner, H. W. and Munzner *Mutat. res.* (1991) **262**, 239-245.
5. Terada, A., Hara, H., Kataoka, M., Mitsuoka, T., (1992). Effect of lactulose on the composition and metabolic activity of the human faecal flora. *Microb. Ecol. Health-Dis.* vol. 5, no 1 43-50.
6. 박명운 (1995). 건강보조식품 바로알고 먹자. 생활지혜사.
7. 백영진 (1993). 유산균과 건강. *Korean J. Food & Nutrition* Vol 6. No. 1, 53-65.
8. 식품공전 한국식품공업협회 1997.
9. 지근익 (1996). 유산균의 항돌연변이성에 관한 연구. 통상산업부공업기반기술 개발사업 보고서.
10. 차성관 (1994) 프로바이오틱스와 식품에의 활용. 식품기술 제7권 제2호.