

특집

미생물 기원의 식품 보존성 물질

차 진
표준화연구부

식품 가공에 새로운 기술 및 HACCP과 같은 위생관리 개념들이 도입되어 가고 있지만, 세계적으로 식중독 발생 보고는 계속 증가하고 있다. 이에 비하여 현대의 소비자들은 가공 정도가 낮고 화학적 보존료가 첨가되지 않았으며, 당류와 지방이 적게 포함된 식품을 선호하는 경향을 가진다. 그러므로, 이러한 소비자의 요구에 부합할 수 있으며, 충분한 저장성과 안전성을 가진 식품을 개발하기 위해서는 “hurdle 효과”라는 개념을 도입하여서 저장성에 영향을 주는 인자들을 복합적으로 이용하여야만 한다. 기존의 화학 보존료 사용에 비하여 유용 미생물의 기능을 이용한 식품저장방법은 소비자 정서에 거부감이 적다. 그러므로, 소비자의 새로운 요구에 부합되는 식품개발에는 미생물 유래의 성분 또는 미생물의 기능을 이용한 새로운 저장 기법의 도입이 필연적이라고 해도 과언이 아닐 것이라고 생각된다.

인간의 식생활에 *Lactobacilli*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* 및 *Pediococcus*속을 포함하는 젖산균이 이용된 것은 오랜 역사를 가지는 일이며, 아직까지는 젖산균의 안전성에 대한 반론이 없었다. 이러한 경험을 바탕으로 하여 일상적인 발효식품 섭취량을 초과하지 않는 범위라면 젖산균 또는 그 대사 산물을

섭취하는 것은 안전하다고 믿어진다. 그러므로, 식품 학자들의 관심을 끄는 bacteriocin 등 미생물에서 유래한 식품 보존료의 상당수가 젖산균을 중심으로 연구되는 것은 우연만은 아니다. 그러나, 젖산균 이외에도 인간의 식생활과 연관되어 온 미생물은 매우 다양하다. 젖산균 이외의 미생물도 인간과의 일상적인 접촉에서 위생상의 문제를 일으키지 않았다면 그것은 안전성에 대한 간접적인 증거일 수 있다는 경험을 바탕으로 하여, 인간에게 친숙한 미생물로부터 식품 보존 성분을 탐색하려는 연구는 계속 진행 중이다. 그러한 연구에 따라 미생물의 산물 중 식품의 저장성 향상에 도움을 주는 성분으로는 유기산, H₂O₂, diacetyl, 계면활성제, bacteriocin 등 다양한 물질이 알려져 있으며, 이 가운데 특히 bacteriocin은 근간에 수많은 연구가 이루어지고 있고 매우 큰 잠재력을 가진 것으로 믿어진다.

그러나, 위에서 말한 것처럼 젖산균 또는 정제되지 않은 젖산발효물이 대부분 안전한 것으로 간주되고 젖산, 초산 또는 diacetyl 등의 물질은 GRAS에 해당되는 반면 bacteriocin은 예외로서, 젖산균에 의하여 생산된 bacteriocin을 정제되거나 부분정제된 상태로 다른 식품에 의도적으로 첨가하는 것은 규제의 대상이 된다. 아직까지 일부에서는

nisin이나 diplococcin 등의 bacteriocin을 균이 항생제(antimicrobial)라고 칭하는 경우도 있다. 약 60년 전 치즈 숙성을 느리게 하는 streptococci의 저해에 대한 연구를 통하여 알려 nisin은 식품첨가물로서의 효용성이 밝혀졌으며, 영국의 Aplin & Barrett社는 Nisaplin[®] 이라는 상표의 농축된 nisin을 생산하기에 이르렀다. Aplin & Barrett社의 조사 결과에 의하면 3개 대륙, 9개 국가의 원유 251점 중 109점의 시료에서 nisin을 생산하는 *Lactococcus lactis* 종의 미생물이 발견되었다고 한다. 이처럼 nisin을 생산하는 미생물은 환경에 흔한 것으로, 인간은 상당히 오랜 시간 동안 이 미생물 및 그 산물을 섭취하여 왔다. 그럼에도 불구하고 nisin에 대한 허가에는 상당한 기간과 자료가 요구되었다. 첨가물에 관한 FAO/WHO 공동 전문가 위원회는 1969년에 식품첨가물로서의 nisin 사용을 허용하도록 권고하였지만, 미국의 FDA는 1988년에 이르러서야 저온살균한 치즈 스프레드에서 *Clostridium botulinum*의 포자와 독소 형성을 저해하기 위한 보존료로 허가하였다. 이처럼 그 허가에 이르기까지 많은 시간과 자료가 요구되었지만, 일단 하나의 bacteriocin이 부분적으로나마 식품 보존료로 허가되었다는 것은 다른 수많은 bacteriocin의 이용 가능성을 부각시킬 수 있는 일이었다. 하지만, 우리 나라의 경우에는 아직 nisin

이 식품첨가물로 허가되어 있지 않다.

이 글에서는 bacteriocin을 제외한, 식품의 저장성 향상에 도움이 될 수 있는 미생물 유래의 물질 및 그 응용 사례에 대하여 요약해 보고자 한다.

1. 과산화수소 및 lactoperoxidase 시스템

일반적으로 *Lactobacilli*에 속하는 젖산균은 catalase가 결여되어 있으므로, 형성된 과산화수소를 분해하지 못한다. 한편, 젖산균은 몇몇 경로를 통하여 과산화수소를 생산한다. 젖산균은 lactate, pyruvate, NADH 및 산소분자가 존재하는 경우 플라빈효소에 의하여서 과산화수소를 생산하기도 한다(Fig. 1).

*Staphylococcus aureus*와 *Pseudomonas* spp. 등의 미생물은 대부분의 젖산균에 비하여 과산화수소에 대하여 2~10배정도 민감하다. 과산화수소는 약 6 μ g/ml 정도의 농도에서 *Staphylococcus*에 대하여 정균효과를 보이며, *Pseudomonas*속에 대해서는 25~35 μ g/ml 정도의 농도에서 정균효과를 보인다. 이와 같은 과산화수소의 직접적인 항균력 이외에, 포유동물 유래의 효소 등이 과산화수소와 반응하므로써 항균력을 가지게 되는 lactoperoxidase 시스템이 알려져 있다.

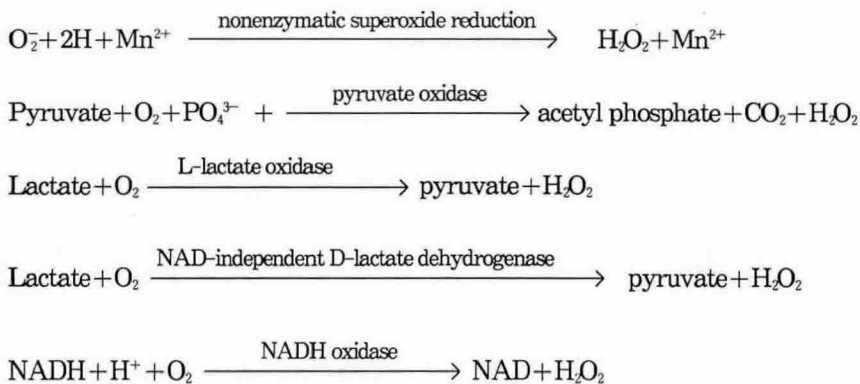


Fig. 1. Mechanism of hydrogen peroxide generation

Lactoperoxidase 시스템은 자연발생적인 것으로서, gram 양성 세균 또는 gram 음성 세균에 대하여 정균효과 또는 치사효과를 보인다. 이 시스템의 구성 요소로는 lactoperoxidase, thiocyanate 및 과산화수소가 있다. Lactoperoxidase는 포유동물의 유선(乳線), 타액선(唾液線), 눈선(淚線) 및 각각의 분비물에서 발견되는 성분이다. 우유의 lactoperoxidase는 비교적 내열성이 있기 때문에 74°C에서 단시간 열처리한 경우에는 부분적으로만 불활성화되어서, 열처리 후에도 효소역가가 잔존하며 thiocyanate와 과산화수소간의 반응을 촉매할 수 있다. 암소의 우유는 1.2~19.4 units/ml의 peroxidase 역가를 보인다고 한다. Thiocyanate는 동물의 조직 및 분비물에서 흔히 발견되며, 세포외액에는 상당한 농도로 존재한다. 이 물질의 농도는 식이 및 습관에 따라 차이를 보이기는 하지만, 일반적인 우유에서는 0.1~1.5mg% 정도가 발견된다고 한다. Lactoperoxidase system에서 이용되는 과산화수소는 다형핵구(polymorphonuclear leucocytes)에 의하여서도 합성이 가능하며, 젖산균에 의하여서도 생성된다.

Lactoperoxidase는 과산화수소를 소비하면서 thiocyanate(SCN⁻)를 산화시켜서 여러 가지의 산화된 중간산물을 생성시킨다. 이 가운데 주된 중간산물은 hypothiocyanite이온(OSCN⁻)인데, 이 이온은 단백질의 -SH기를 산화시키므로써 효소 등 단백질의 기능에 변화를 가져오며, 세포막에도 손상을 입히는 것으로 보인다. 그러므로 미생물에 의한 포도당, 아미노산 등의 흡수 및 단백질과 핵산 등의 합성이 저해된다.

그 효과가 환경 및 상태에 따라 달라지기는 하지만, 이 시스템은 비교적 다양한 미생물의 생육 또는 대사를 저해하거나 사멸에 이르게 할 수 있다. 그러나, 일부 미생물은 부분적이라도 이 시스템에 의하여 생성된 중간산화물을 중화시키거나, 중간산물로부터 발생한 손상을 복구하기도 한다. Wolfson과 Sumner는 이 시스템의 살균효과가 초기 균수와 관계된 것으로 보인다고 보고하였다. 이

들의 실험 결과에 의하면 tryptic soy broth를 이용하여 37°C에서 *Salmonella typhimurium*을 배양할 때, 균수가 10²~10⁵ CFU/ml인 경우에는 lactoperoxidase 시스템에 의하여 사멸에 이르게 되지만, 10⁶~10⁷ CFU/ml 경우에는 정균효과를 보였다(Figure 2).

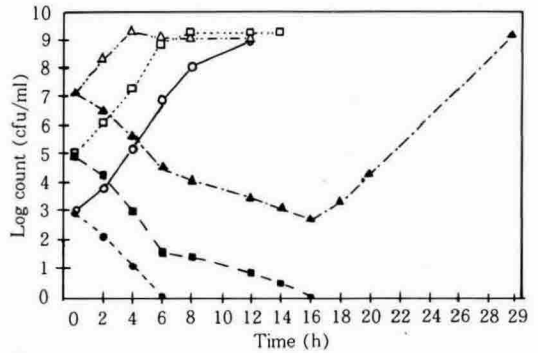


Fig. 2. Growth and survival of *S. typhimurium* in the presence and absence of the LP system. Inoculum and treatment: 10³ CFU/ml (○); 10³ CFU/ml + LP system (●); 10⁵ CFU/ml (□); 10⁵ CFU/ml + LP system (■); 10⁷ CFU/ml (△); 10⁷ CFU/ml + LP system (▲).

2. Reuterin

*Lactobacillus reuteri*는 인간 및 기타 동물의 장관에서 흔하게 발견되는 미생물로서, 숙주의 장관에서 병원성 미생물을 억제하여 균총조절에 기여하는 공생 관계에 있을 수 있다는 설이 제시되기도 하였다. 균총 조절기작과 관련하여서는 *Lactobacillus reuteri*가 상이한 미생물 세포와의 물리적 접촉을 일으키면 reuterin 생산이 유도되고 분비가 이루어진다는 가설이 제안된 바 있다(heterologous induction). Reuterin은 *Lactobacillus reuteri*가 glycerol에 노출되었을 때 비타민 B₁₂ 의존성 glycerol dehydratase에 의하여 glycerol로부터 합성

되어 분비되는 非단백질성의 저분자 물질로서 용해도가 크다. Reuterin은 3-hydroxypropionaldehyde의 단량체, 수화된 단량체 및 환상의 이량체의 복합물로 밝혀졌다(Fig. 3).

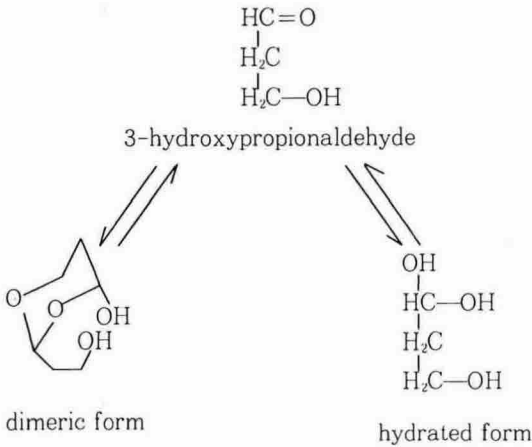


Fig. 3. The three forms of reuterin present in aqueous solution

Reuterin은 gram 양성 세균, gram 음성 세균, 효모, 곰팡이 등에 대하여 비교적 광범위한 항균 스펙트럼을 보이는데, 식품위생 문제와 관련된 *Salmonella*, *Shigella*, *Clostridium*, *Listeria*, *Staphylococcus*, *Candida*, *Trypanosoma* 등에도 효과가 있다. Reuterin이 항균력을 가지게 되는 기작은 아직까지 명확히 규명되지는 않았지만, ribonucleotide reductase를 저해하는 기능이 밝혀졌다. 아직까지는 reuterin이 포유동물에 대하여 독성학적 효과를 가지는지에 대한 문헌은 확실하지 않으며, 일부에서는 reuterin을 식품에 응용하려는 연구들이 진행되어 왔다.

Reuterin의 반감기는 37°C, pH 6.5의 조건에서 14일이고, 산성 조건에서는 상대적으로 안정한 반면 알칼리성 조건에서는 비가역적으로 불활성화되는 것으로 알려졌다. 반면, 5°C에서는 매우 안정하여서 6개월까지는 활성감소가 없었다고 한다. 그러므로, reuterin이 식품 보존료로서의 가능성을 가진다면, 냉장온도로 유통되는 식품군이 적용대상이

될 수 있을 것이다. Reuterin을 이용하거나, reuterin을 생산하는 *Lactobacillus reuteri*를 이용함으로써 어류 또는 육류의 저장성 향상 가능성이 제시된 바 있으며, 식량자원이 되는 동물의 건강증진에 응용하려는 연구도 시도되었다. 마쇄한 쇠고기의 냉장시 reuterin의 항균효과는 다음의 Fig. 4와 같다.

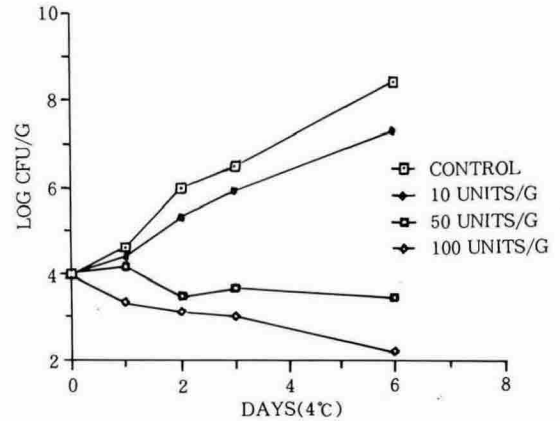


Fig. 4. Effect of Reuterin on coliforms in ground beef

3. Diacetyl

Jay의 보고에 의하면 버터의 향미 성분으로 알려진 diacetyl(2,3-butanedione)도 항균력을 가진다고 한다. Diacetyl은 *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* 등의 미생물에서 대사중간물질인 pyruvate로부터 생성되는 물질로서, Jay에 의하면 pH 5.5의 조건에서는 200 μ g/ml의 농도로 효모 및 gram 음성 세균에 대하여 저해능을 가지며, 300 μ g/ml의 농도에서는 젖산균을 제외한 gram 양성세균을 저해하지만, 젖산균은 350 μ g/ml의 농도에서도 저해되지 않는다고 한다(Table 1). 일반적으로 diacetyl의 항균력은 37°C에서 보다는 10°C 또는 20°C에서 더 효과적이었다고 한다. 몇몇 병원균에 대한 diacetyl의 치사효과는 Table 2와 같다.

Diacetyl은 광범위한 항균 스펙트럼을 가진 것으로 보이며, GRAS에 해당하는 물질이지만, 휘발성

이 커서 강한 냄새를 가지므로 향균력을 기대할 수 있는 농도까지 식품에 첨가하는 것은 어렵다. 그러나, 식품 공장에서 식품 제조 설비들의 표면 살균제로서의 사용 가능성이 있다. 또한, 일반적으로는 di-

acetyl이 GRAS에 해당하는 것으로 간주되고 있기는 하지만, 돌연변이 유발능이 전혀 없는지는 불분명하다. 이 물질에 대한 Ames test 결과, 투여량에 따라서는 돌연변이능이 관찰되었다는 보고도 있다.

Table 1. Effect of pH on the antimicrobial activity of diacetyl in PCA

Diacetyl concn and type of organism	No. of strains that grew/no. tested at pH							
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.7	8.1	8.6
100µg/ml								
Lactic acid bacteria	9/9	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	— ^a	—
Gram-positive non-lactic acid bacteria	4/4	8/8	11/11	11/12	11/12	12/12	—	—
Yeasts	3/3	3/3	3/4	4/4	4/4	4/4	—	—
Gram-negative bacteria	7/13	7/13	10/14	8/14	9/14	14/14	—	—
200µg/ml								
Lactic acid bacteria	9/9	9/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
Gram-positive non-lactic acid bacteria	1/4	3/8	7/11	4/12	2/12	11/12	12/12	12/12
Yeasts	1/3	0/3	0/4	1/4	0/4	4/4	4/4	4/4
Gram-negative bacteria	0/13	0/13	0/14	1/14	0/14	5/14	13/14	13/14
300µg/ml								
Lactic acid bacteria	9/9	9/10	10/10	10/10	9/10	10/10	10/10	10/10
Gram-positive non-lactic acid bacteria	1/4	2/8	1/11	1/12	0/12	6/12	12/12	12/12
Yeasts	1/3	0/3	0/4	0/4	0/4	2/4	4/4	4/4
Gram-negative bacteria	0/13	0/13	0/14	0/14	0/14	1/14	5/14	10/14
350µg/ml								
Lactic acid bacteria	9/9	8/10	9/10	10/10	7/10	10/10	10/10	10/10
Gram-positive non-lactic acid bacteria	1/4	1/8	0/11	1/12	0/12	5/12	11/12	12/12
Yeasts	1/3	0/3	0/4	0/4	0/4	1/4	4/4	4/4
Gram-negative bacteria	0/13	0/13	0/14	0/14	0/14	0/14	3/14	5/14
400µg/ml								
Lactic acid bacteria	—	—	—	—	—	—	10/10	10/10
Gram-positive non-lactic acid bacteria	—	—	—	—	—	—	7/12	11/12
Yeasts	—	—	—	—	—	—	4/4	4/4
Gram-negative bacteria	—	—	—	—	—	—	2/14	3/14

^a—, No data.

- * Lactic acid bacteria : *Lactobacillus fermentans* ATCC 9338, *Lactobacillus plantarum* 8014, *Leuconostoc dextranicum* ATCC 19255, *Leuconostoc lactis* ATCC 19256, *Pediococcus acidilacticus* ATCC 8081, *Streptococcus cremoris* ATCC 19257, *Streptococcus faecalis* ATCC 19433, *Streptococcus faecalis* ATCC 19434, *Streptococcus faecium* ATCC 14432, *Streptococcus lactis* ATCC 11454
- * Yeast : *Candida lipolytica* WSU 8313, *Debaryomyces cantarellii* ATCC 24172, *Rhodotorula rubra* ATCC 9449, *Torulopsis candida* ATCC 12790
- * Gram-positive non-lactic acid bacteria : *Bacillus cereus* WSU 60, *Bacillus cereus* 39 Benz, *Bacillus subtilis* ATCC 9799, *Bacillus megaterium* WSU 63, *Corynebacterium striatum* ATCC 6940, *Coryne-bacterium* sp. strain WSU 280, *Brevibacterium taipei* ATCC 13744, *Micrococcus luteus* WSU 82, *Micrococcus varians* WSU 202, *Staphylococcus aureus* 196E, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Staphylococcus epidermis* ATCC 155
- * Gram-negative bacteria : *Acinetobacter calcoaeticus* ATCC 9036, *Citrobacter freundii* WSU 600, *Escherichia coli* ATCC 11229, *Moraxella osloensis* ATCC 19955, *Serratia marcescens* WSU 120, *Salmonella kumasii* WSU 224, *Salmonella schottmuelleri* WSU 223, *Pseudomonas fluorescens* ATCC 17400, *Pseudomonas geniculata* ATCC 14150, *Pseudomonas alcaligenes* ATCC 14909, *Yersinia enterocolitica* ATCC 27739, two fluorescent *Pseudomonas* spp. isolated from spoiled meats.

Table 2. Bacteriocidal effect of diacetyl of pathogens

Pathogens(strains) ^a	CFU/ml		% Reduction
	Untreated (control)	Treated	
<i>Listeria monocytogenes</i> (Scott A)	8.2	7.6	5
<i>Listeria monocytogenes</i> (CA)	6.3	6.2	9
<i>Listeria monocytogenes</i> (V7)	8.9	8.6	27
<i>Escherichia coli</i> (018)	8.6	7.6	90
<i>Escherichia coli</i> (0157:H7)	8.6	8.0	54
<i>Yersinia enterocolitica</i> (Y7P)	8.2	6.3	98
<i>Salmonella anatum</i>	7.8	7.1	63
<i>Salmonella typhimurium</i>	7.1	6.1	90
<i>Aeromonas hydrophila</i> (ATCC 5914)	8.1	8.1	0
<i>Aeromonas hydrophila</i> (ATCC 1414)	7.9	6.5	94

^a Cells for each strain from cultures grown overnight were transferred in duplicate into 10ml Tryptic Soy Broth (Difco Lab) held at 4°C. Diacetyl was added only to the treated tubes at 344 ppm level. Both tubes were kept at 4°C and enumerated for colony forming units (cfu) by pourplating with Tryptic Soy Agar (Difco Lab) at 1 h and at 24 h. The data for untreated samples were from 1 h enumeration, while data for treated samples were from 24 h enumeration. Results are the average of two observations.

4. 유기산

젖산, 초산, 프로피온산 등의 유기산은 uncoupler로 작용하여 미생물 증식을 억제하거나 사멸시키는 것으로 알려져 있으며, 널리 사용되고 있다(Table 3, 4, 5).

Table 3. Relative inhibitory effectiveness of acetic acid against different groups of microorganisms

Bacterial species	Inhibitory pH	MIC	Undissociated
		Total acid(%)	molecules (%)
<i>Bacillus cereus</i>	4.9	0.04	0.02
<i>Staphylococcus aureus</i>	5.0	0.03	0.01
<i>Listeria monocytogenes</i>	4.2	0.30	0.20
<i>Listeria monocytogenes</i>	4.5	0.07	0.05
<i>Salmonella aertrykefi</i>	4.9	0.04	0.02
<i>Saccharomyces uvarum</i>	4.5	2.40	1.60
<i>Geotrichum condidum</i>	4.5	2.40	1.60
<i>Penicillium glaucum</i>	3.5	1.00	0.90
<i>Aspergillus parasiticus</i>	4.5	1.00	0.70

Table 4. Effectiveness of Na-lactate in increasing generation time of microorganisms

Microorganisms	Hours at 25°C for 1 log increase in numbers at Na-lactate concentrations of (%) ^a			
	0	1	2.5	4.8
<i>Micrococcus</i> spp.	26	25	53	>68
<i>Lactobacillus</i> (homo)	37	45	45	>96
<i>Lactobacillus</i> (hetero)	39	44	50	115
<i>Leuconostoc</i> ssp.	24	26	34	27
<i>Brochothrix thermosphacta</i>	103	142	140	149
<i>Enterococcus faecalis</i>	13	15	18	18
<i>Staphylococcus aureus</i>	31	32	49	55
<i>Bacillus cereus</i>	27	53	65	>116
<i>Escherichia coli</i>	30	49	31	93
<i>Proteus morganii</i>	48	34	36	55
<i>Salmonella typhimurium</i>	17	21	22	32
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	25	28	51	69
<i>Saccharomyces uvarum</i>	130	165	125	151

^a Growth was measured from colony forming units in broth containing lactate at pH 7.0.

Table 5. Inhibitory concentration of propionic acid to several strains of microorganisms

	mM Propionic acid ^a		
	50% inhibition (pH 6.6)	MIC ^b (undiss)	MIC(diss)
<i>Escherichia coli</i>	32(0.237%)	70	800
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	14(0.0104%)	NA	NA
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	10(0.074%)	24	420
<i>Bacillus subtilis</i> W 23	14(0.104%)	19	400
<i>Bacillus cereus</i> JMS 103	NA ^c	17	380
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	NA	19	830
<i>Candida albicans</i> JMS 101	NA	39	680

^a 100 mM propionic acid=0.74%

^b MIC, minimum inhibitory concentrations of undisassociated and disassociated propionic acid molecules (mM).

^c NA, not available.

유기산 가운데 특히 프로피온산은 곰팡이와 일부 세균을 저해하는 능력이 있으므로 프로피온산 나트륨 또는 프로피온산 칼슘의 형태로서 식품 보존료로 이용되며, 현재 우리 나라의 식품위생법에서는 빵, 케익류 및 치즈에 사용이 허가되어 있다. 이러한 프로피온산은 *Propionibacterium* 등 미생물의 발효를 이용한 생산도 가능하지만 현재까지 개발된 균주와 발효법에 의해서는 생산수율이 낮고 회수 비용이 높기 때문에 합성품에 비하여 가격경쟁력이 없으며, 이에 따라 현재 식품업계에서는 주로 합성품을 사용하고 있다. 하지만, 식품공장에서 발생하는 폐기물을 기질로 이용하게 된다면, 생산원가 절감의 가능성이 있다. 발효에 의한 프로피온산 생산 시 가장 큰 문제점은 최종산물에 의한 저해(end product inhibition)가 발생한다는 것이다. 이에 따라 일부 연구자들은 연속배양, 유가배양, 세포고정화 등의 방법으로 이를 극복하려는 노력을 하고 있지만, 아직까지는 경제성있는 공정 및 균주가 개발되지는 않은 것으로 보인다. Woskow와 Glatz는 프로피온산에 대하여 내성을 가지는 *Propionibacterium acidipropionici*를 분리하여 배양한 결과 비교적 고농도(47g/l)의 프로피온산을 생산할 수 있었다고 보고한바 있다.

이미 언급한 바와 같이 현재까지는 발효에 의한 프로피온산 생산의 경제성은 거의 없다. 하지만, 합성된 프로피온산에 비하여 발효제품은 bacteriocin을 포함할 수 있다는 장점을 가진다. 프로피온산 발효시 생성될 수 있는 bacteriocin은 항균 스펙트럼의 증가를 가능하게 하며, 이에 따라 천연보존료(natural preservatives)로서 이용될 수 있는 가능성이 있다.

5. Microgard

식품의 저장성 향상을 목적으로 이용되는 첨가물로서, 여러가지 성분들을 복합적으로 이용함으로써 천연보존료의 성격을 부여하는 경우에는 Microgard를 들 수 있다. Microgard(Wesman Foods,

Inc., Beaverton, Ore)는 탈지유에 *Propionibacterium shermanii*를 가하여 발효시킨 후 저온살균시켜 미생물을 사멸시킨 것으로서, FDA의 승인을 받았다. 이 제품은 gram 음성 세균 및 일부 식중독 미생물을 억제하므로써 cottage cheese의 저장성을 연장시킬 수 있는 것으로 알려져 왔으며, 이에 따라 1988년 당시 미국에서는 cottage cheese 제조시 전체의 30% 정도는 Microgard를 첨가하였다고 한다. Microgard의 항균 기능은 유기산, diacetyl 및 단백질성 항균물질 등의 성분의 복합적인 작용에 의한 것이라고 생각되어 왔다. 하지만, Al-Zoreky 등의 실험 결과에 따르면, Microgard에 포함된 프로피온산, diacetyl, 초산, 젖산 등의 유기산은 항균작용을 나타낼 정도의 충분한 농도로 존재하는 것은 아니며(Table 6), Microgard에 포함된 단백질성 항균물질이 Microgard가 보이는 항균성의 주체인 것 같다고 한다. 이 물질은 분자량이 700 dalton이며 내열성이 있고, 단백질분해효소 처리에 의하여 항균활성을 상실하며, 알부민이나 유화제와 결합되면 활성을 소실한다.

Table 6. Organic acid content of Microgard as revealed by HPLC analysis

Organic acid	Concentration($\mu\text{g/g}$)
Citric	470.6
Lactic	8140.4
Acetic	4920.6
Propionic	1380.5

Microgard는 액상 제품형태로 판매되는데, pH 범위는 5.7~6.1이며 gram 음성 병원균과 식품 부패세균을 억제하여 식품의 유통기한을 연장시킬 목적으로 유제품 등에 1~2% 첨가하여 사용된다. 발효유는 pH가 낮다는 특징을 가지기 때문에 효모가 부패미생물의 주종을 이루고, cottage cheese는 미생물의 좋은 배지가 될 수 있기 때문에 부패가 용이

하다. Salih 등은 시판되는 발효유에 동결건조한 Microgard를 10%까지 첨가한 후 5°C에서 저장한 결과, 발효유 종류에 따라서는 저장 82일까지도 효모를 저해할 수 있는 경우도 있었는데, 효모 저해 효과는 Microgard 첨가 농도에 의존적이었다(Fig. 5). 또한 시판되는 cottage cheese에 액상 Microgard를 첨가한 결과 gram 음성 저온성 미생물을 저해하므로써 변패가 감소했다고 한다.

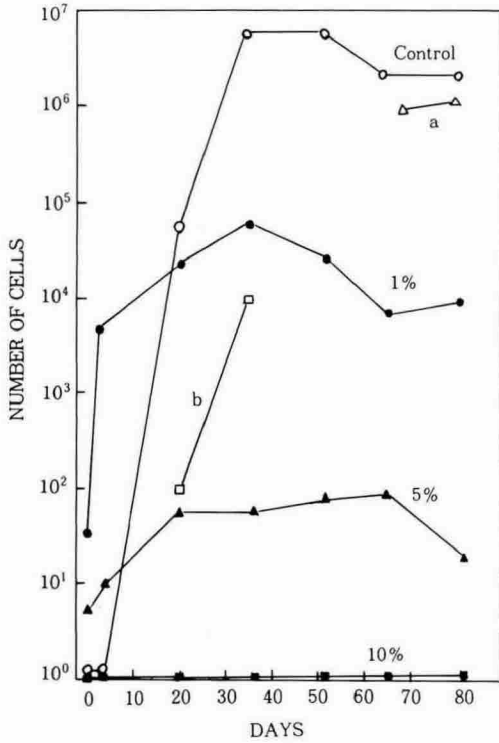


Fig. 5. The effect of different inhibitory concentrations(1, 5, 10%) of freeze-dried Microgard™ against spoilage of commercially produced yogurt brand A. a) Counts of gram negative bacteria observed in control samples(after 67 day of storage). b) Mold growth in control samples

유 등의 식물성유지를 이용하여 계면활성능이 있는 mannosylerythritol lipids(MEL)를 생산한다고 보고한 바 있다. 이는 주로 두 성분으로 구성되는데, 4-O-(di-O-acetyl-di-O-alkanoyl-β-D-mannopyranosyl)-erythritol(MEL-A)과 4-O-(mono-O-acetyl-di-O-alkanoyl-β-D-mannopyranosyl)-erythritol(MEL-B)로 구성된다. 이 계면활성제들은 gram 음성 세균에 대해서는 항균력이 미약하고 곰팡이에 대해서는 효과가 없는 것으로 나타났지만, gram 양성 세균에 대해서 비교적 강한 항균력을 가진다고 한다(Table 7).

Table 7. Antimicrobial activity of mannosylerythritol lipids

Compound/ Microorganism	MEL-A	MEL-B	SE 10	Span 20
<i>Bacillus subtilis</i> (IAM 1214)	6.2	2.5	800	400
<i>Micrococcus luteus</i> (IFO 3333)	3.1	12.5	400	400
<i>Mycobacterium</i> <i>rhodochrous</i> (IFO 13161)	25	25	>800 ^a	400
<i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> (IFO 30601)	12.5	25	>800	>800
<i>Pseudomonas aerugi-</i> <i>nosa</i> (IFO 3080)	>400	>400	>800	>800
<i>Pseudomonas</i> <i>rivoflavina</i> (IFO 13584)	12.5	25	>800	>800
<i>Escherichia coli</i> (IFO 3301)	>400	>400	>800	>800
<i>Candida albicans</i> (IFO 0197)	>400	>400	>800	>800
<i>Aspergillus niger</i> (IFO 4066)	>400	>400	>800	>800

^a No inhibition, maximum concentration tested listed.

6. Mannosylerythritol lipids(MEL)

Kitamoto 등은 *Candida antarctica* T-34가 대두

참 고 문 헌

1. W. H. Holzapfel et al. : Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes, *International Journal of Food Microbiology*, 24, 343(1995)
2. K. F. Eckner : Bacteriocins and food applications, *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, 12(4), 204(1992)
3. J. Delves-Broughton : Nisin and its uses as a food preservative, *Food technology*, 44(11), 100(1990)
4. L. M. Wolfson and S. S. Sumner : Antibacterial activity of the lactoperoxidase system, *Journal of Food Protection*, 56(10), 887(1993)
5. L. M. Wolfson and S. S. Sumner : Antibacterial activity of the lactoperoxidase system against *Salmonella typhimurium* in trypticase soy broth in the presence and absence of a heat treatment, *Journal of Food Protection*, 57(5), 365(1994)
6. T. L. Talarico and W. J. Dobrogosz : Purification and characterization of glycerol dehydratase from *Lactobacillus reuteri*, *Applied and Environmental Microbiology*, 56(4), 1195(1990)
7. M.A. Daeschel : Antimicrobial substances from lactic acid bacteria for use as food preservatives, *Food Technology*, 43(1), 164(1989)
8. J. M. Jay : Antimicrobial properties of diacetyl, *Applied and environmental microbiology*, 44(3), 525(1982)
9. S. A. Woskow and B. A. Glatz : Propionic acid production by propionic acid-tolerant strain of *Propionibacterium acidipropionici* in batch and semicontinuous fermentation, *Applied and environmental microbiology*, 57(10), 2821(1991)
10. W.J. Lyon et al. : Inhibition of psychrotropic organisms by propionicin PLG-1, a bacteriocin produced by *Propionibacterium thoenii*, *Journal of dairy science*, 76, 1506(1993)
11. N. Al-Zoreky et al. : Characterization of propionibacterial growth metabolites inhibitory for gram negative bacteria, *Cultured Dairy Products Journal*, 28 (2), 4(1993)
12. Salih et al. : Inhibitory effect of MicrogardTM on yogurt and cottage cheese spoilage organisms, *Journal of Dairy Science*, 73(4), 887((1990)
13. D. Kitamoto et al. : Surface active properties and antimicrobial activities of mannosylerythritol lipids as biosurfactants produced by *Candida antarctica*, *J. Biotechnol.*, 29, 91(1993)
14. B. Ray and M. Daeschel : Food biopreservatives of microbial origin, CRC Press, 1992