

먹는샘물과 미생물학적 품질

차 성 관
생물공학연구부

목 차

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. 먹는샘물의 정의 및 국내생산 현황 | 2.3 먹는샘물중에 원천적으로 자라는 미생물 |
| 2. 먹는 샘물중의 미생물 분류 | 3. 결론 및 향후 연구과제 |
| 2.1 생산과정중의 일시적인 오염미생물 | 4. 참고문헌 |
| 2.2 생산과정중의 영구적인 오염미생물 | |

건강한 성인 한사람은 하루에 약 3ℓ의 물을 외부로부터 섭취하여야 한다고 한다. 이중 약 1-2ℓ의 물은 음료 즉, 먹는물의 형태로 외부로부터 섭취하게 되는데, 이러한 음료의 형태로 섭취되는 먹는물이 우리의 건강을 좌우하게 된다는, 물은 많이 마실수록 건강에 좋고, 깨끗한 생수를 마시는 것이 건강의 비결이라는 말을 많이 듣게 된다. 또 환경오염으로 인한 식수의 오염문제가 심각하게 대두되고 있어 많은 사람들은 오염되지 않은 깨끗한 물, 생수 등을 찾고있는 실정이다. 이러한 한국의 현실에서 1995. 5. 1. 부터 환경부의 “먹는물 관리법”이 새롭게 시행되기 시작하여 지금까지 사용되어오던 「광천음료수」가 「먹는샘물」이라는 용어로 변경이 되고 몇가지 품질규격에 있어 더욱 엄격하게 규제가 되기 시작하였다. 따라서 새롭게 시작되는 “먹는물 관리법”의 「먹는샘물」의 정의와 먹는샘물의 미생물학적인 품질의 설명이 필요하고, 또 「먹는물」, 「먹는샘물」이 환경쪽에서만 다루어야 할 문제가 아니라 먹는물은 항상 식품과 함께 취급되기 때문에 식품연구의 일환으로서도 취급되어져야 함을 강조하고자 이 글을 쓰게 되었다.

1. 먹는샘물의 정의 및 국내생산 현황

현재 우리나라에서 식품으로 분류되고 있는 음료 즉, 먹는물의 구분은 다음 그림 1 과 같다.

그림 1에서 먹는물의 분류중 청량음료는 보건복

지부의 “식품위생법”에 의한 식품공전에 따른 품질규제를 받고 있으며 나머지 수도물, 우물물 그리고 먹는샘물은 환경부의 “먹는물 관리법”(1995. 5. 1. 부터 시행)에 의한 법적인 품질규제를 받게 되어있다. 1995. 5. 1. 부터 시행, 발효되기 시작

한 「먹는물 관리법」 제 3 조 3 항에 의하면 「먹는샘물」이라 함은 岩盤帶水層內의 地下水, 涌泉水 등 水質의 安全性을 계속 유지할 수 있는 自然狀態의 깨끗한 물을 物理的 處理를 통하여 먹는데 적합하도록 製造한 샘물로 정의되고 있다. 지금까지 때때로 논란의 대상이 되어왔던 먹는샘물의 미생물학적인 품질에 대해서는 다음의 표 1과 같은 환경부의 「먹는샘물의 기준과 규격 고시안」에 의하여

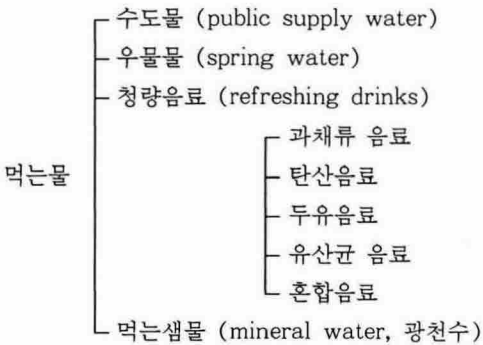


그림 1. 국내에서의 먹는물 (음료) 의 구분

새롭게 미생물학적 품질규격이 제정되었다. 먹는샘물의 미생물학적 수질기준은 먹는물 (일반수도수

등) 의 미생물학적 수질기준과 차이를 두게 되었는데, 즉, 먹는물의 수질기준이 일반세균수를 1 ml 중 100 CFU(colony forming unit) 를 넘지 않고, 대장균군은 50ml에서 검출되지 아니할것을 규정하고 있는것에 비하여 먹는샘물의 미생물학적 품질규격은 표 1 에서 볼 수 있는것과 같이 일반세균수를 저온세균과 중온세균수로 나누었고, 원수와 먹는샘물에 차이를 두어 저온세균에 있어서는 원수와 먹는샘물에 있어 각각 20 cfu/ml, 100 cfu/ml 이하로 제한하고, 중온세균에 있어서는 각각 5 cfu/ml 와 20 cfu/ml 로 제한하고 있음을 알 수가 있다. 또한 대장균군에 있어서는 원수와 먹는샘물 250ml 중 검출되지 아니할 것을 규정하였고 대장균군 이외에 분원성 연쇄상 구균, 녹농균, 아황산 환원 혐기성 포자형성균, 살모넬라 및 쉬겔라에 대한 추가 검사를 요구하고 있어 더욱 엄격한 규정이 되어 있음을 표에서 알 수가 있다.

표 2는 우리나라의 1991년도 및 1993년도 국내 먹는샘물의 판매 및 수출실적을 보여 주고 있다. 물량적으로 1991년도 16만톤이 생산된 것에 비하여 1993년도에는 51% 증가된 약 24만톤이 생산되었고, 1993년도의 총 판매액은 1991년도의

표 1. 먹는 샘물의 미생물학적 품질 규격기준(환경부, 먹는샘물의 기준 및 규격고시안)

항 목	원 수	먹 는 샘 물
일반세균	저온세균 : 20 cfu/ml 이하 중온세균 : 5 cfu/ml 이하	병입후 12시간 이내에 4℃를 유지한 상태에서 검사하여 저온세균 : 100 cfu/ml 이하 중온세균 : 20 cfu/ml 이하
대장균군	250ml 중 불검출	250ml 중 불검출
분원성 연쇄상 구균	250ml 중 불검출	250ml 중 불검출
녹농균	250ml 중 불검출	250ml 중 불검출
아황산 환원 혐기성 포자 형성균	50ml 중 불검출	50ml 중 불검출
살모넬라(Salmonella)	250ml 중 불검출	250ml 중 불검출
쉬겔라(Shigella)	250ml 중 불검출	250ml 중 불검출

190억원보다 76%가 증가된 336억원에 이르고 있다. 이중 1993년도 수출실적은 약 12억원으로서 1991년도 8억원에 비하여 약 50% 신장되었음을 알 수 있다.

표 2. 1991년 및 1993년도 먹는샘물의 국내 판매 및 수출실적

물량 및 금액		년도	
		1991년도	1993년도
국내 판매	물량(톤)	155,814	236,608
	금액(천원)	18,297,269	32,465,953
수출	물량(톤)	5,157	6,592
	금액(천원)	785,758	1,169,212
총계	물량(톤)	160,971	243,200
	금액(천원)	19,083,027	33,635,165

현재 국내에서 사용하고 있는 먹는 샘물의 간략한 일반적인 생산공정은 다음 그림 2 과 같다.

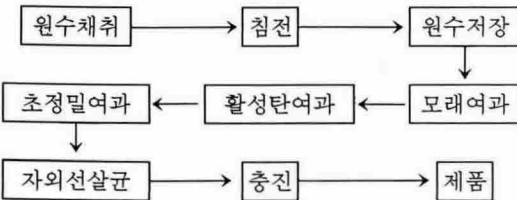
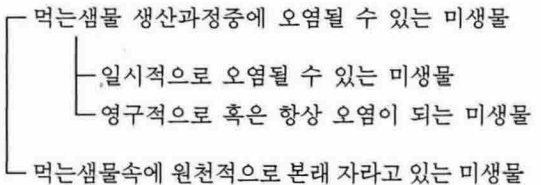


그림 2. 국내에서의 먹는샘물의 일반적인 생산공정

2. 먹는샘물중의 미생물분류

먹는샘물에서는 병입직후 극히 적은 숫자이지만 미생물이 항상 발견 되어지고 수일 후에는 10^4 - 10^5 의 미생물이 증식되어진다는 것은 잘 알려진 사실이다 (Schmidt-Lorenz, 1974a, b). 이러한 먹는샘물속에서 증식되어지는 미생물들이 어떠한 미생물들인지 그들의 분류학적인 종류라든가 또 그들의 특별한 생리, 생화학적인 성질에 대하여 잘 밝혀지지 않고 있는데, 그 이유는 이러한 미생

물들이 일정한 패턴을 가지고 분리되지 않고, 또 일단 분리되었다 하더라도 배양이 잘 되지 않거나 소멸되어 버리는 경우가 많기 때문이다. 즉 보통 미생물 실험실에서 쓰여지고 있는 미생물 배양 방법은 이들 미생물들을 조사 연구하기에는 적합하지 못하다고 할 수 있다. 먹는샘물 속에 있는 미생물은 다음과 같이 먹는샘물 생산과정중에 오염될 수 있는 미생물과 먹는샘물속에 원천적으로 본래 자라고 있는 미생물과 같이 크게 두가지로 구분할 수 있고, 먹는샘물 생산과정중에 오염될 수 있는 미생물은 다시 일시적으로 오염될 수 있는 미생물과 영구적으로 항상 오염이 되는 미생물로 구분 할 수가 있다.



2.1 생산과정중의 일시적인 오염 미생물

먹는샘물 생산과정중의 오염가능성은 다음과 같은 3가지로 생각할 수가 있다. 즉 ① 용기로부터의 오염, ② 생산공장내부 공기로부터의 오염 그리고 ③ 충전기계로부터의 오염이다. 생산공장에서 직접 제조되어 곧바로 먹는샘물 생산에 이용되는 1회용 플라스틱 용기에 있어서는 오염문제가 극히 적고 일부 *Bacillus* 균의 포자, 곰팡이 그리고 *Micrococcus* 균에 의하여 이루어지고 공기로부터의 그램 음성균의 오염은 극히 적은 것으로 알려져 있다. 먹는샘물 충전기계로부터의 미생물 오염 가능성은 충전기계로 계속적으로 사용되어지는 유탄유에서 미생물이 증식되어 오염되거나, 충전기계의 고장시 수리되는 과정중 수리공의 손, 혹은 몸으로부터 오염되는 경우가 많다. 이렇게 오염되는 미생물들은 사실상 먹는샘물속에서 살아남을 수 있는 가능성이 희박하다고 이야기 할 수 있다. 왜냐하면 먹는샘물

에는 이러한 오염 미생물들이 이용할 수 있는 유기물들이 거의 존재하지 않기 때문이다. 몇몇 학자들의 보고에 의하면 이들 대부분의 미생물들은 증류수속에서는 계속적으로 사멸되지만 1ℓ의 증류수속에 0.5 mg의 유기물이 남아있다 하더라도 *Escherichia coli*, *Staphylococcus citreus*, *Bacillus megaterium*, *Proteus vulgaris*, *Lactobacillus lactis* 등과 같은 일시적인 오염 미생물의 증식이 발견된다는 사실을 실험보고하고 있다^{2) 16) 19)}

2.2 생산과정중의 영구적인 오염미생물

먹는샘물속의 미생물중 일시적으로 오염될 수 있는 미생물보다 위생학적으로 더욱 주의하여야 할 그룹이 먹는샘물속에 계속적으로 살아남을 수 있는 영구적으로 오염될 수 있는 미생물그룹이다. 이들 그룹은 극단적으로 영양성분이 적은 환경에서도 쉽게 자랄수 있는 그램음성균의 특수한 그룹으로 "저영양성 세균 (oligocarbotoleant)"으로 불리고 있다. 저영양성 미생물중 위생학적으로 중요한 대표적인 균이 *Pseudomonas aeruginosa*이다. 이외에도 병원성균일 가능성이 있는 *P. cepacia* (*multivorans*) 그리고 *P. fluorescense* 계통의 균들이 있다. 이들 균들은 증류수속에서도 상당량 증식된다는 것이 많은 학자들의 연구논문에서 발표되고 있고 심지어는 소독약 속에서도 이러한 미생물들이 발견된다는 것이 보고되고 있다. 또한 증류수속에서는 이들 미생물들이 12-18℃에서도 성장하고 있음에 비하여 실험실의 영양분이 많은 배지에서는 이들이 성장하지 못하고 있음을, 그리고 증류수속에서 자라는 이들 미생물들은 정상 배지에서 자란 미생물에 비하여 살균제에 대하여 더 큰 저항성이 있음을 보고 하고있다^{1) 4) 5) 8) 12) 17)}.

P. aeruginosa 및 *P. cepacia*와 같은 균들이 증류수속에서 증식되었을때 이들의 형태학적인, 생리학적 성질들은 정상적으로 보통 실험실에서 쓰여지는 배지에서 성장 하였을때와 비교하여 차이를 나타내고 있음을 여러 학자들은 설명하고 있다. 즉,

이들 균들이 증류수속에서 성장 하였을때는 세포 크기가 감소 하였을 뿐만 아니라 편모(flagella)가 없어진 현상을 관찰하고 있다. 또한 이들 균들이 10⁷까지 성장 하였음에도 불구하고 증류수는 전혀 균 증식에 의한 탁도의 증가를 보여주지 않았으며, 실험실에서 보통 쓰고 있는 배지에서는 이들 미생물들을 접종 하였을때 증식이 감소되는 현상을 보여 주었으나 증류수에 접종 하였을때는 lag phase 없이 급속적으로 증가하기 시작하였다고 보고하고 있다^{8) 9) 12)}.

2.3 먹는샘물중에 원천적으로 자라는 미생물

일반적으로 영양성분이 극히 적은 깊은 암반층대 밑의 먹는샘물 속에는 ml 당 수마리의 미생물이 존재하는 것으로 알려져 있고 이들 미생물들은 그램 음성균, 특히 *Achromobacter* 그리고 *Flavobacterium*속들이 주류를 차지하고 있는 것으로 알려져 있다. 이들 두가지 속 이외에 *Micrococcus*, *Nocardia*속과 같은 그램양성균이 발견되기도 하고¹⁸⁾ 역시 그램음성균인 *Pseudomonas*, *Xeromonas*와 같은 속이 발견되는 것으로 알려져 있다^{6) 7)}. 이들 먹는샘물의 원천적인 미생물들에 대해서는 아직까지도 그들의 생리, 생화학적인 성질들, 분류학적인 위치, 형태학적인 성질에 대하여 자세히 밝혀져 있지 않고 단편적인 연구보고들이 있는 형편이다. 스위스의 먹는샘물 제조회사인 Aqvi 회사의 원수채취 펌프를 교체 하였을때 펌프를 교체하기전과 교체한 후 205일이 되기까지의 미생물 균총의 변화조사 결과를 표 3에서 보여주고 있다. 펌프를 교체하기 전에는 성장이 매우 늦고 형광물질을 발하지 않는 *Pseudomonas*속들이 주류를 이루고 있고 특히 *P. delafieldii*가 주종을 이루고 있으나, 펌프를 교체한 이후에는 이러한 주종균들은 감소되면서 역시 성장이 매우 늦은 새로운 *Flavobacterium*계통의 균들이 등장하여 주류를 이루고 있음을 알 수가 있다³⁾. 먹는샘물중에 원천적

으로 자라는 미생물들의 중요한 생리학적 특징은 그들이 극도의 영양성분이 적은 성장배지(용액)를 선호한다는 것이다. 또한 이들 미생물들은 형태학적으로 지하 암반층의 영양분이 극히 적은 극한 상황에 적응이 되어 세포 크기가 위축되어 있는 형태를 보이고 있고, 이들은 보통 실험실에서 사용되고 있는 일반배지를 이용하여서는 분리가 되지않으나 영양성분이 적게 들어있는 특수배지를 사용하였을 때 분리가 되고, 또 분리 되었다 하더라도 계속적으로 배양이 되지않고 계대배양을 하는동안 사멸되어 버리는 전체 분리 미생물중 약 10% 를 차지하는 미생물군들이 진정한 먹는샘물중에 원천적으로 자라는 미생물군으로 추측되어지고 있다^{3) 10) 15)}.

표 3. 스위스 Aquí 광천수의 원수채취 펌프의 교환 전 및 교환 후 205일까지의 미생물 군총의 변화³⁾

군총종류	펌프 교체*	
	5일전	35일후 205일후
<i>P.putida</i>		6
<i>P.doudoroffii</i>		**
<i>P.delafeldii</i>	62	22 6
<i>P.lemoignei</i>	18	6 **
<i>P.pseudoalcaligenes</i>	10	
<i>Alcaligenes spp.</i>	10	6
Yellow bacteria, motile M	32	16
Yellow bacteria, motile L	6	36
Yellow bacteria, nonmotile	22	38

* 숫자값은 백분률 % 를 표시

** 백분률 6 % 미만값

3. 결론 및 향후 연구과제

1980년 7월 15일 발표된 유럽공동체 평의회지시 (European Community Council Directive, 80/777/EEC) 에 의하면 본래의 먹는샘물의 생균

수를 변화시킬 수 있는 어떠한 살균처리 및 어떠한 세균저해제의 첨가도 금지하고 있다. 즉, 먹는샘물(자연광천수)의 본래 성분을 변화시키지 않는 범위내에서의 여과 혹은 침전 등을 이용한 철 및 황화합물과 같은 불안정한 성분의 제거 혹은 물리적인 방법에 의한 탄산가스의 제거와 같은 최소한의 처리만을 허용하고 있을 뿐이다. 또한 원수에는 물론 먹는샘물의 제품수에도 어떠한 병원성 미생물이 존재하여서는 안된다는 것을 규정하고 있다. 이러한 유럽공동체 평의회 지시는 현재 많은 나라에서 먹는샘물의 미생물학적인 품질기준으로 이용하고 있는데, 현재 우리나라에서 입법 시행되고 있는 먹는샘물의 미생물학적인 품질규격도 이를 바탕으로 하고 있다고 할 수 있다. 즉, 일반세균수, 대장균군, 분원성 연쇄상구균, 녹농균 및 아황산 환원 혐기성 포자 형성균에 대해서는 유럽공동체 평의회 지시와 동일한 규격을 가지고 있고, 이에 추가하여 *Salmonella* 균과 *Shigella* 균에 대한 규제를 추가로 요구하고 있는 것이다. 먹는샘물에 일시적이 아니라 영구적으로 오염될 수 있고 또 먹는샘물에서 증식되어 위생학적으로 우려되는 대표적인 병원성미생물은 *Pseudomonas aeruginosa* 이다. 따라서 이들 먹는샘물 속에서 증식이 가능한 병원성 미생물들의 오염을 차단시키기 위하여 위생학적인 부단한 노력이 필요하다. 그렇지만 이러한 병원성 미생물들이 지금까지 실제적으로 먹는샘물속에서 발견된 예가 없는것은 먹는샘물속의 원천적으로 본래 자라고 있는 미생물들에 의한 길항작용에 의하여 증식이 억제되기 때문이 아닌가 추정되어지고 있는데 이에대한 자세한 연구조사가 필요하다. 또한 현재 우리나라에서 시중 유통되고 있는 먹는샘물에 대하여 위생학적으로 안전한 제품을 공급하기 위한 계속적인 미생물학적인 품질조사가 이루어져야 하리라 본다. 유기물질이 거의 없는 물과같은 극한상황에서 자랄 수 있는 저영양성 미생물은 특수환경미생물로서 다른 미생물과 다른 독특한 효소시스템을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 독특한 효소시스템의 탐색 연구는 또한 산업적으로 유용하

게 이용할 수 있는 여러가지 가능성을 제시할 수 있으리라 본다

4. 참고문헌

1. Bassett, D. C. J., K. J. Stokes and W. R. G. Thomas. (1970) Wound infection with *Pseudomonas multivorans* : a water-borne contaminant of disinfectant solutions. *Lancet* 1:1188-1191
2. Bigger, J. W. and J. H. Nelson. (1941) The growth of coliform bacilli in distilled water. *J. Path. Bact.* 53:189-206
3. Bischofberger, T., S. K. Cha, R. Schmitt, B. Koenig and W. Schmidt-Lorenz. (1990) The bacterial flora of non-carbonated, natural mineral water from the springs to reservoir and glass and plastic bottles. *Int. J. of Food Microbiol.* 11:51-72
4. Botzenhart, K. und S. Roepke. (1971) Lebensfaehigkeit und Vermehrung von *Pseudomonas aeruginosa* in anorganischen Salzloesungen. *Arch. Hyg.* 154:509-516
5. Burdon, D. W. and J. L. Whitby. (1967) Contamination of hospital disinfectants with *Pseudomonas* species. *Brit. Med. J.* 2:153-155
6. Buttiaux, R. (1951) L'analyse bactériologique des eaux de consommation. Paris: Editions Me' dicales Flammarion
7. Buttiaux, R. et A. Boudier. (1960) Comportement des bactéries autotrophes dans les eaux minérales conservées en recipients hermétiquement clos. *Ann. Inst. Pasteur Lille* 11:43-52
8. Carson, L. A., M. S. Favero, W. W. Bond and N. J. Peterson. (1972) Factors affecting comparative resistance of naturally occurring and subcultured *Pseudomonas aeruginosa* to disinfectants. *Appl. Microbiol.* 23:863-869
9. Carson, L. A., M. S. Favero, W. W. Bond and N. J. Peterson. (1973) Morphological, biochemical and growth characteristics of *Pseudomonas cepacia* from distilled water. *Appl. Microbiol.* 25:476-483
10. Cha, S. K. (1985) Kulturelle, biochemische und morphologische Charakterisierung von langsam wachsenden oligocarbotoleranten Wasserbakterien. Dissertation ETH, Zuerich Nr. 7869
11. European Community Council Directive of 15 July (1980) 80/777/EEC. Official J. of the European Communities. No. L229/1-5
12. Favero, M. S., L. A. Carson, W. W. Bond, N. J. Petersen. (1971) *Pseudomonas aeruginosa* : Growth in distilled water from hospitals. *Science* 173:836-838
13. Schmidt-Lorenz, W. (1974a) Untersuchungen ueber den Keimgehalt von unkarbonisiertem, natuerlichem Mineralwasser und Ueberlegungen zum bakteriologisch-hygienischen Beurteilen von unkarbonisiertem Mineralwasser. Teil 1. *Chem. Microbiol. Technol. Lebensm.* 4:97-107
14. Schmidt-Lorenz, W. (1974b) Untersuchungen ueber den Keimgehalt von unkarbonisiertem, natuerlichem Mineralwasser und Ueberlegungen zum

- bakteriologisch-hygienischen Beurteilen von unkarbonisiertem Mineralwasser. Teil 2. *Chem. Microbiol. Technol. Lebensm.* 4:132-137
15. Schmidt-Lorenz, W., T. Bischofberger and S. K. Cha. (1990) A simple nutrient-tolerance(NT) test for the characterization of the different types of oligocarbotoleant and oligocarbophile water bacteria from non-carbonated mineral water. *Int. J. of Food Microbiol.* 10:157-176
16. Shehata, T. E. and A. G. Marr. (1971) Effect of nutrient concentration on the growth of *Escherichia coli*. *J. Bact.* 107:210-216
17. Simmons, N. A. and D. A. Gardner. (1969) Bacterial contamination of a phenolic disinfectant. *Brit. Med. J.* 2:668-669
18. Wolters, N. und W. Schwartz. (1956) Untersuchungen ueber Vorkommen und Verhalten von Mikroorganismen in reinen Grundwaessern. *Arch. f. Hydrobiol.* 4:500-511
19. Zobell, C. E. and C. Grant. (1943) Bacterial utilization of low concentrations of organic matter. *J. Bact.* 45:555-564
20. 먹는물管理法. 法律 第 4908 號. 制定. (1995) 1. 5
21. 먹는샘물의 기준과 규격 및 표시기준 고시. 환경부 고시 제 1995-43 호
-