

시판소금이 김치발효 미생물의 생육에 미치는 영향

박소정 · 박건영* · 전홍기†

부산대학교 생명과학부

*부산대학교 식품영양학과

Effects of Commercial Salts on the Growth of *Kimchi*-Related Microorganisms

So-Jung Park, Kun-Young Park* and Hong-Ki Jun†

Division of Biological Science, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the effects of various kinds of commercial salts including *Chunil*, *Hanju*, *Guwoon* and *Bamboo* salts on the growth of microorganisms involved in *kimchi* fermentation. Among various microorganisms related to the *kimchi* fermentation, the growth of *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum*, *Pichia membranaefaciens* and *E. coli* was examined. Based on the conditions of *kimchi* fermentation, 3% and 5% concentration of each salt were studied. Also, the temperatures at 10°C, 18°C and 37°C of the cultural condition were examined. The growth of *Leuconostoc mesenteroides* was inhibited depending on the reduction of cultural temperature and increase of concentration of salts. There was no considerable difference on the growth of *Leu. mesenteroides* in the different the kind of salts. However, the growth of *Lactobacillus plantarum* was strongly inhibited by the 5% concentration of *Bamboo* salt during incubation at 18°C. When *Lactobacillus plantarum* was cultured at 10°C, its growth was remarkably decreased regardless of the kind and concentration of salts. In the case of *Pichia membranaefaciens*, *Bamboo* salt strongly inhibited its growth at all cultural temperatures. Apparent inhibitory effect on the growth of *E. coli* was observed by the *Bamboo* salt treatment during the incubation at 18°C. At the cultural temperature of 10°C, similar results obtained.

Key words: salt, growth, specific growth rate, *kimchi*

서 론

김치는 우리나라 고유의 전통발효 식품으로 쌀 위주인 우리의 식생활에서 가장 중요한 부식이다. 예로부터 채소가 나지 않는 겨울철에 식이섬유소, 비타민, 무기질 등을 공급해 주어 영양학적으로도 매우 우수하다(1). 이에 국내뿐만 아니라 세계적 식품으로 부각되고 있으며, 국내 소비와 수출을 위한 김치산업이 급부상하고 있다. 그러나 수송, 판매 및 유통 중의 환경변화로 김치의 품질을 그대로 유지할 수 없어 저장성 향상을 위한 연구가 요구되고 있는 실정이다(2).

김치 숙성은 원료자체와 제조환경으로부터 혼합된 다양한 미생물에 의해 이루어지며, 재료 중의 탄수화물, 아미노산 등으로부터 산미, 지미, 방향을 내는 저분자 물질들이 생김으로서 김치의 독특한 맛과 향을 주게 된다(3). 김치 발효에 관여하는 미생물로는 발효초기에 호기성 세균인 *Achromobacter* 속과 *Bacillus* 속 등이 우점종으로 나타나고(4,5), 이어서 *Leuconostoc mesenteroides*와 *Lactobacillus plantarum* 등과 같은 젖산균이 증식하여 김치 발효에 관여하게 되지만 과다

한 산 생성으로 발효 말기에는 산패를 유도하며(5,6) 산막효모가 번식하여 연부현상이 나타나 김치의 맛과 품질을 저하시킨다(7). 그러므로 김치가 적절한 발효를 일으키면서 가식기간을 늘이기 위해서는 발효과정 중의 미생물의 생육을 억제시켜야 하는데 소금의 농도(8)와 온도(6,9)가 가장 큰 영향을 미친다(10). 특히 배추를 소금에 절이게 되면 소금성분 중 마그네슘이나 칼슘이 배추의 펙틴과 결합하여 아삭아삭한 맛을 더해줄 뿐만 아니라(11,12) 삼투압 작용으로 유해한 미생물이 사멸하게 되고 젖산균과 같은 비교적 소금에 잘 견디는 내염성 미생물이 생육하게 되어 김치의 맛과 향을 내게 된다(10).

한편 국내에 유통되고 있는 식탁용 소금은 여러 종류가 있는데 KS규격에 따라 정제염의 규격을 원용하면 크게 천일염과 정제염으로 나누어지고 정제염은 기계염과 가공염으로 분류되고 있다(13). 천일염은 서해안의 해수를 모아 태양열과 바람에 의해 수분을 증발시켜 염의 결정을 얻은 것이다. 최근에는 해수 오염과 쓴맛이 있는 간수를 제거한 천일염(생소금)이 나오는데 이것은 서해안의 천일염을 분쇄한 후 물 세척을 하여 불순물과 간수를 제거한 후 원심분리한 것을 말한

†Corresponding author. E-mail: hkjun@hyowon.cc.pusan.ac.kr
Phone: 82-51-510-2270. Fax: 82-51-513-4532

다. 이에 비해 고도로 정제된 기계염은 바닷물을 끌어들이 이온 교환막을 이용해 염화나트륨만을 추출한 소금은 기계적으로 대량생산을 한다. 최근에 시중에 나와있는 대표적인 가공염들은 가열공정을 거쳐 가공하는 방법이 공통적인데 천일염을 세라믹 반응로에서 800°C 이상 고온으로 2번 구워 불순물과 간수, 유해성분을 제거한 것(구운 소금)과 이보다 높은 온도인 1300°C 이상 고온으로 3번 구운 것(생금)이 있다. 한편 사찰 등지에서 제조되어 오던 가공염의 일종인 죽염은 천일염을 대나무 속에 다져 넣고 대나무 입구는 진흙을 반죽하여 봉하고 1,000~1,300°C로 9번 가열하여 제조한다(5,14,15). 본 연구에서는 김치발효에 관여하는 여러 가지 균 중에서 주 발효균으로 발효초기에 번식하여 김치환경을 산성화하고 혐기성 상태로 만들어주는 *Leuconostoc mesenteroides*와 발효 초기부터 말기까지 왕성하게 번식하여 산패시 최고의 성장을 보이는 *Lactobacillus plantarum*(5,6) 및 발효 말기에 공기와 접촉하는 김치표면에 산막을 형성하여 김치의 부패를 촉진시키는 산막효모인 *Pichia membranaefaciens*(7) 그리고 김치 발효에 직접적인 영향을 미치지 않지만 김치의 산업화에 따른 대량생산과 유통과정의 다양화로 식품 오염균으로 문제시되고 있는 *Escherichia coli*(16)의 생육에 시판소금 중에서 천일염, 한주 소금, 구운 소금 및 죽염이 미치는 영향을 조사하였으며, 김치의 발효조건에 따라 배양온도를 달리 하여 미생물 생육억제에 효과적인 소금종류를 검토하였다.

재료 및 방법

소금 재료

소금 시료는 시중에 판매되고 있는 것으로 정제과정을 거친 기계염 2종[시약용 NaCl(Tedia Company, Inc., USA), 한주 소금((주)한주)]과 천일염 2종[산내들에서 구입한 서해안 천일염, 생소금((주)산내들)] 그리고 가열처리 공정을 거친 가공염 2종[구운 소금((주)산내들), 죽염(9회 가열, (주)고려죽염)]을 각각 실험에 사용하였다.

사용 균주 및 배지

Leuconostoc mesenteroides(KCTC 3100), *Lactobacillus plantarum*(KCTC 3099), *Pichia membranaefaciens*(KCTC 7628) 및 *Escherichia coli*(KCTC 1039)를 표준균주로 사용하였다. 사용배지는 *Leuconostoc mesenteroides*(KCTC 3100), *Lactobacillus plantarum*(KCTC 3099)의 경우는 MRS 배지, *Pichia membranaefaciens*(KCTC 7628)의 경우는 PDI3(Potato dextrose broth) 그리고 *Escherichia coli*(KCTC 1039)의 경우는 Nutrient 배지를 각각 사용하였다.

균의 배양 및 생육도 측정

천일염, 한주 소금, 구운 소금 및 죽염이 각 균주의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위해서 전술한 배지에 소금을 3%와 5% 농도로 첨가하여 배양온도에 따른 생육도를 측정하였다.

전배양액을 본 배양액의 1%(v/v) 농도로 접종하여 배양한 후 일정시간 간격으로 배양액을 채취하였다. 채취한 시료를 분광 광도계(UV-2100, Shimadzu Co., Japan)를 사용하여 660 nm에서 흡광도를 측정하여 균의 생육도로 표시하였다.

대수증식기의 성장률 측정

각 균주의 성장곡선에서 유도기와 정지기 구간을 제외한 대수증식기 구간만의 흡광도를 Sigma Plot을 이용하여 평균적인 기울기를 구하고 이를 성장률로 정의하였다.

통계 처리

대수증식기의 성장률은 ANOVA 및 Duncan의 다범위결정(Duncan's multiple range test)을 통하여 p<0.05에서 유의적인 차이를 검증하였다(17,18).

결과 및 고찰

온도에 따른 *Leuconostoc mesenteroides* KCTC 3100의 성장에 미치는 소금의 영향

Fig. 1은 배양온도 10°C, 18°C, 37°C 각각에서 3%와 5%의 천일염, 한주 소금, 구운 소금 및 죽염 농도에서 *Leuconostoc mesenteroides* KCTC 3100의 성장에 미치는 영향을 나타낸 결과이며, Table 1은 각 온도에서 대수증식기의 성장률을 통계 처리한 결과이다. 37°C에서 배양했을 때보다 10°C에서 배양했을 때 성장이 저조하였으며, 소금 종류별로는 소금 농도에 관계없이 천일염과 한주 소금이 구운 소금과 죽염에 비해 대수증식기와 정지기가 각각 1일과 3일로 하루정도 빨랐으나, 대수증식기의 성장률은 유의적 차이가 없었다.

배양온도 18°C에서는 대수증식기의 성장률은 소금간에 유의적 차이는 없었으나 소금 농도별로는 상당한 저해 효과를 보였다. 즉, 3% 소금 농도에서는 4가지 소금 모두 10시간 이후부터 대수증식기가 시작되어 50시간 이내에 정지기에 접어드는 반면 5% 소금 농도에서는 유도기가 상당히 길어져 성장 저해 효과를 나타내었다.

한편 배양온도 37°C에서는 소금 농도가 증가할수록 성장이 억제되었으며, 소금 종류별로는 3% 소금 농도의 경우 특이할 만한 저해 효과는 나타나지 않은 반면 5% 소금 농도에서는 천일염과 구운 소금이 0.155와 0.064로 각각 최고와 최저의 성장률을 보였다(p<0.05).

*Leuconostoc mesenteroides*는 발효초기에 많이 번식하여 김치의 맛과 풍미를 좋게 할 뿐만 아니라 잠균인 호기성 세균의 번식을 억제시켜 주는 중요한 역할을 한다(5,6). 따라서 김치 담금시 *Leuconostoc mesenteroides*의 생육을 촉진시켜 주는 소금이 김치 발효에 유용하다고 볼 수 있다. 본 실험 결과 온도가 낮을수록, 소금 농도가 증가할수록 *Leuconostoc mesenteroides*의 생육이 억제되나 소금 종류별로는 특이할 만한 차이는 보이지 않았다.

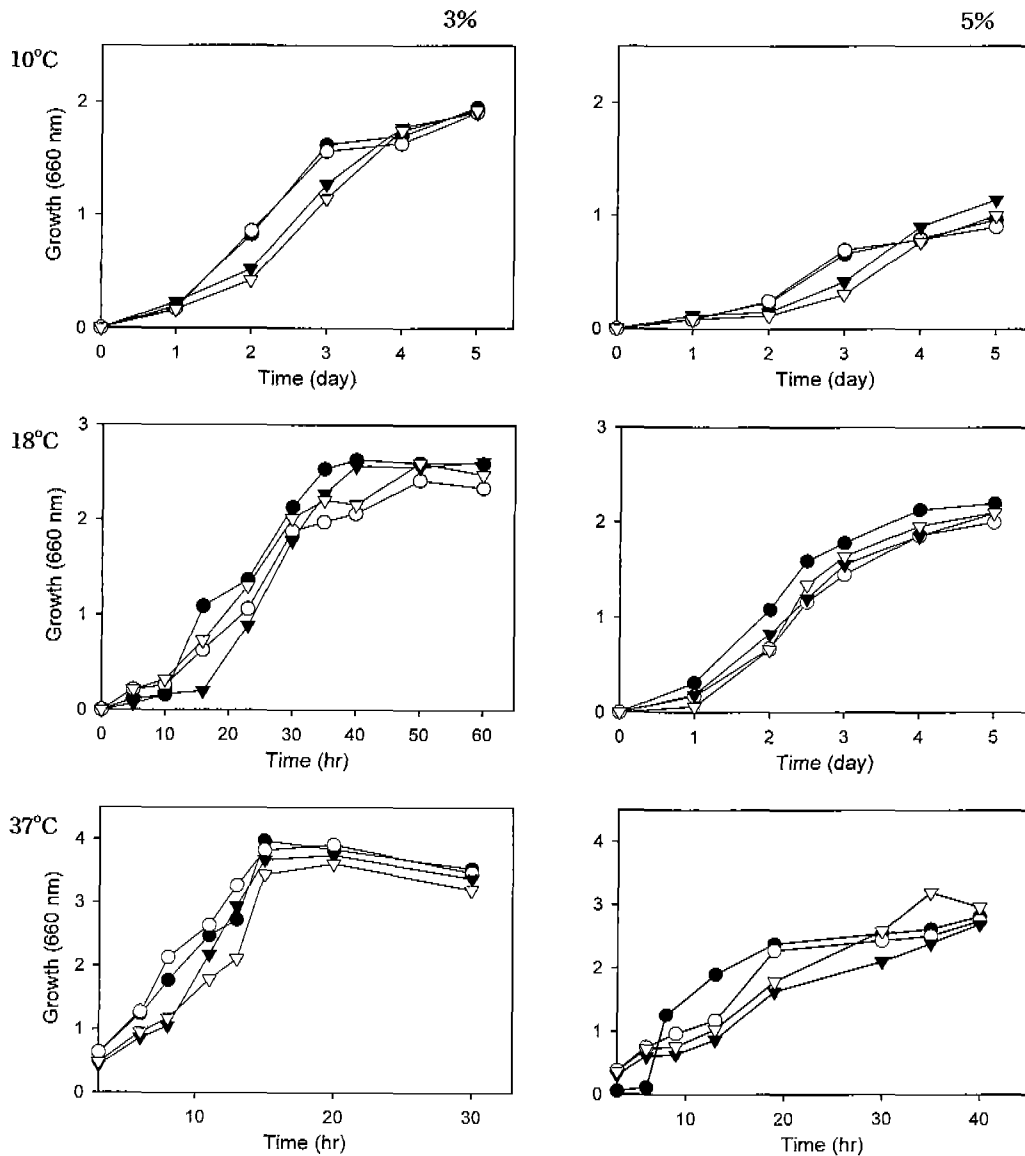


Fig. 1. Effect of various commercial salts on the growth of *Leuconostoc mesenteroides* KCTC 3100 at 10°C, 18°C and 37°C. Cell was cultured in the medium added to 3% and 5% salt. The initial was pH 7.0. ●: Chunil salt, ○: Hanju salt, ▼: Guwoon salt, ▽: Bamboo salt. Chunil salt: natural salt (94.4% NaCl), Hanju salt: purified salt (99.8% NaCl), Guwoon salt: a heat processed salt (93.0% NaCl), Bamboo salt: a processed salt that heated in bamboo stuff for 9 times (93.6% NaCl).

Table 1. Effect of various commercial salts on specific growth rate of *Leuconostoc mesenteroides* KCTC 3100

| Temperature | Concentration | Salts ¹⁾ | | | | F-Value |
|-------------|---------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|
| | | Chunil salt | Hanju salt | Guwoon salt | Bamboo salt | |
| 10°C | 3% | 0.0296 ^{a2)} | 0.0298 ^a | 0.02615 ^a | 0.0276 ^a | 0.61 |
| | 5% | 0.0119 ^a | 0.0128 ^a | 0.0157 ^a | 0.0137 ^a | 0.67 |
| 18°C | 3% | 0.090 ^a | 0.079 ^a | 0.103 ^a | 0.084 ^a | 1.04 |
| | 5% | 0.0257 ^a | 0.0244 ^a | 0.0239 ^a | 0.0278 ^a | 0.76 |
| 37°C | 3% | 0.276 ^a | 0.269 ^a | 0.326 ^a | 0.252 ^a | 2.53 |
| | 5% | 0.155 ^a | 0.135 ^{a,b} | 0.064 ^c | 0.093 ^{b,c} | 8.32* |

¹⁾The explanation is the same as shown in Fig. 1.

²⁾Means with the same letters in the same row are not significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

* $p < 0.05$.

온도에 따른 *Lactobacillus plantarum* KCTC 3099의 성장에 미치는 소금의 영향

Fig. 2는 각각의 배양온도에서 천일염, 한주 소금, 구운 소금 및 죽염이 *Lactobacillus plantarum* KCTC 3099의 성장에 미치는 영향을 나타낸 결과이며, Table 2는 각 온도에서 대수증식기의 성장률을 통계 처리한 결과이다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 5일 동안 배양한 결과 소금 종류 및 농도에 관계없이 10°C에서 상당한 성장 저해 효과를 보였다. 이는 소금의 영향보다는 배양 온도 때문인 것으로 사료된다. 소금 종류별로는 3% 소금 농도에서는 천일염이 0.0032로 가장 높았고, 5% 소금 농도에서는 한주 소금이 다른 소금에 비해 유도가 길며, 성장률이 0.0017로 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$).

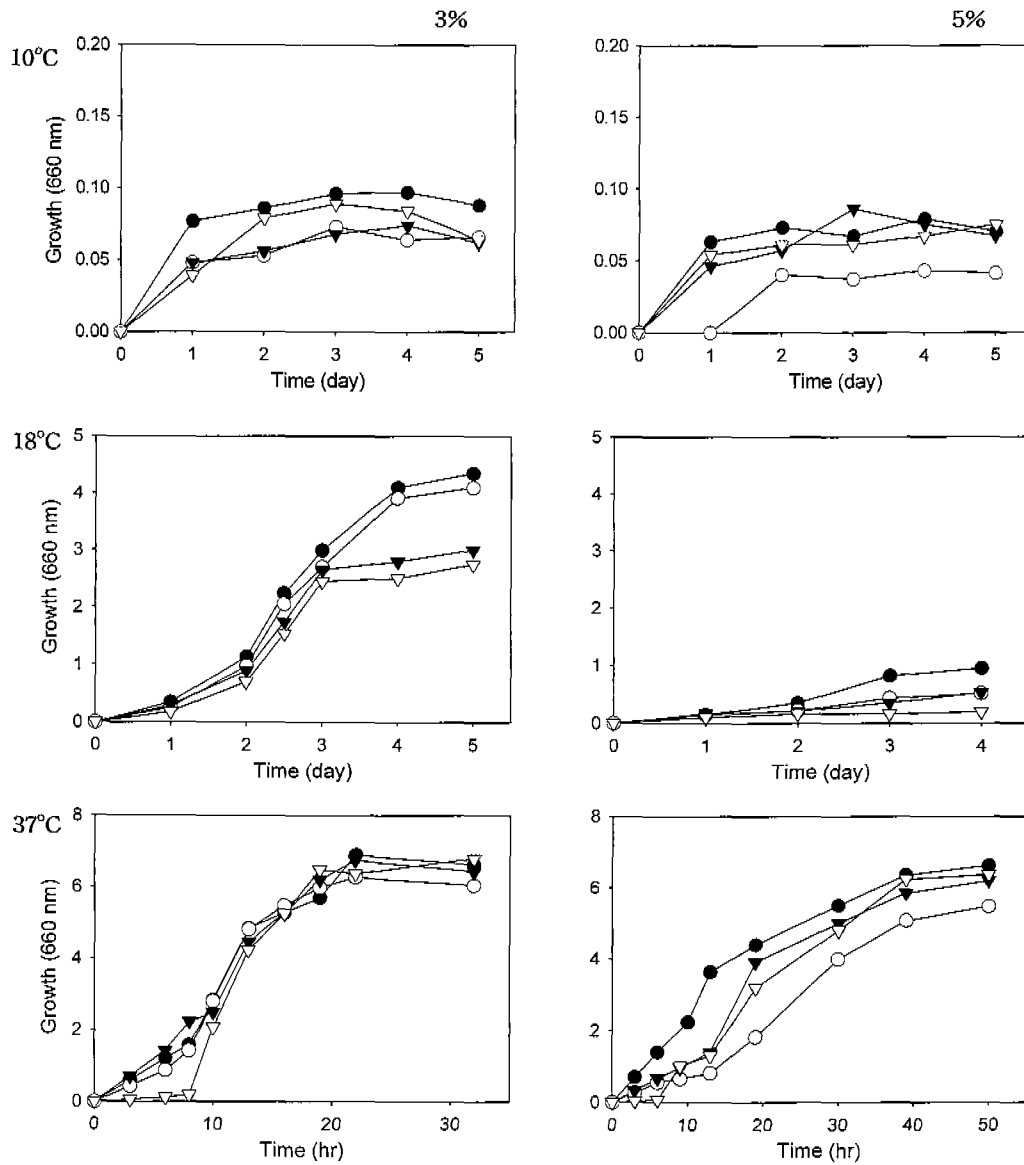


Fig. 2. Effect of various commercial salts on the growth of *Lactobacillus plantarum* KCTC 3099 at 10°C, 18°C and 37°C. The explanation is the same as shown in Fig. 1.

Table 2. Effect of various commercial salts on specific growth rate of *Lactobacillus plantarum* KCTC 3099

| Temperature | Concentration | Salts ¹⁾ | | | | F-Value |
|-------------|---------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------|
| | | Chunil salt | Hanju salt | Guwoon salt | Bamboo salt | |
| 10°C | 3% | 0.0032 ^{a2)} | 0.0022 ^b | 0.0020 ^b | 0.0016 ^b | 11.58* |
| | 5% | 0.0023 ^a | 0.0017 ^{ab} | 0.0011 ^b | 0.0025 ^a | 10.00* |
| 18°C | 3% | 0.0547 ^d | 0.0535 ^a | 0.0463 ^a | 0.0463 ^a | 3.71 |
| | 5% | 0.0196 ^a | 0.0091 ^b | 0.0067 ^{bc} | 0.0034 ^c | 47.59** |
| 37°C | 3% | 0.652 ^b | 0.678 ^b | 0.418 ^c | 0.801 ^a | 63.97*** |
| | 5% | 0.143 ^a | 0.168 ^a | 0.210 ^a | 0.182 ^a | 1.95 |

¹⁾The explanation is the same as shown in Table 1.

²⁾Means with the same letters in the same row are not significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

배양온도 18°C에서는 소금 종류 및 농도별로 다양한 양상을 보였다. 즉, 3% 소금 농도에서는 구운 소금과 죽염이 천일염과 한주 소금에 비해 대수증식기의 성장률은 비슷하나 배양 3일째부터 정지기가 시작되어 성장 저해 효과를 나타내었다. 5% 소금 농도에서는 전체적으로 성장이 저조하며 3% 소금 농도에 비해 균의 생육이 절반 수준에도 못 미쳤다. 특히 죽염에서 0.0034로 성장이 억제되어 소금간 유의적 차이를 보였다($p < 0.01$).

한편 37°C에서는 3% 소금 농도에서 통계 처리 결과 죽염이 0.801로 성장이 가장 활발하였으나 소금 종류별로 특별한 저해 효과는 나타나지 않았다. 소금 농도가 증가된 5%에서는 18°C에서와 마찬가지로 3% 농도에 비해 성장이 저조하나 성장률은 통계적 유의차를 보이지 않았다.

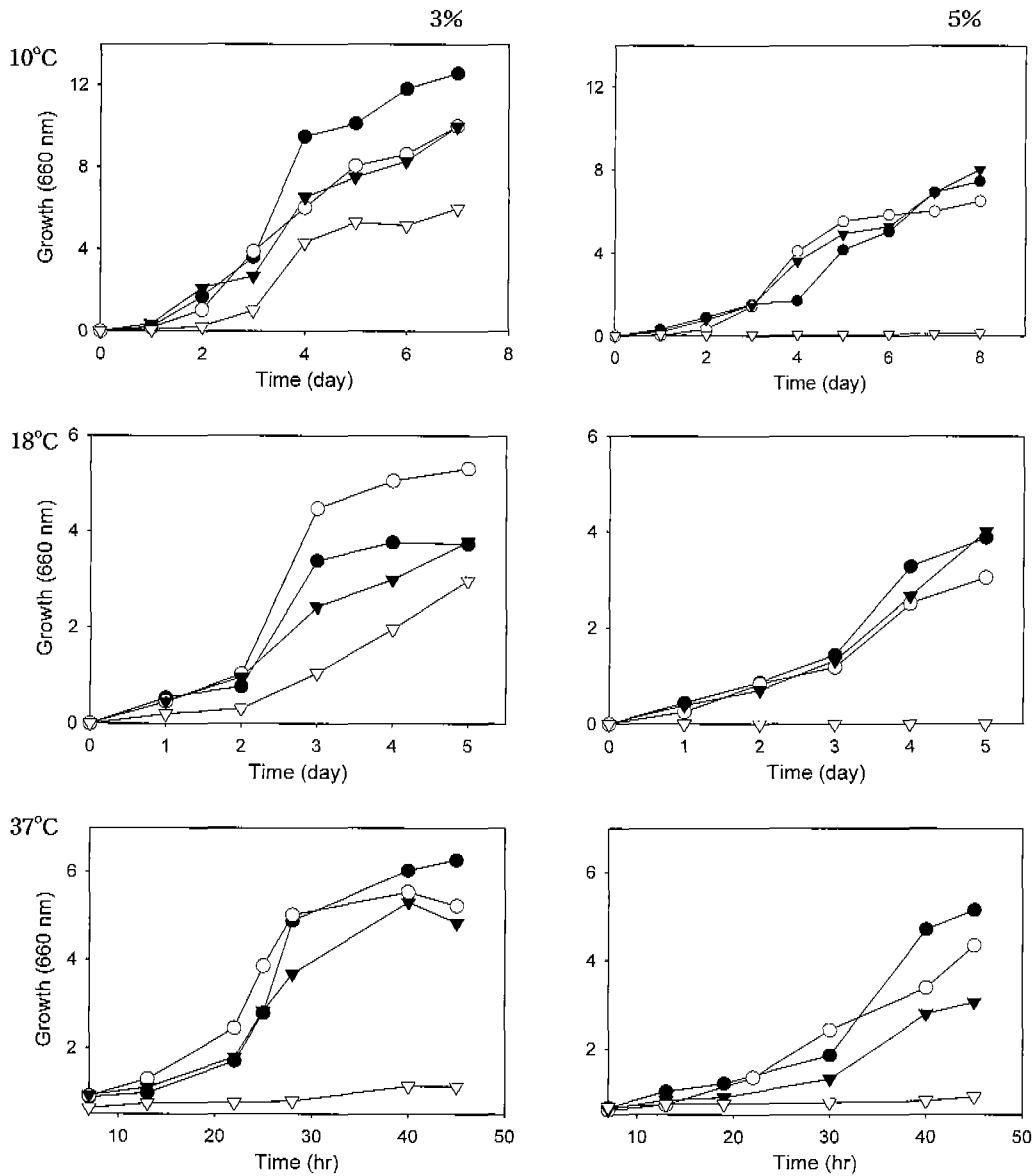


Fig. 3. Effect of various commercial salts on the growth of *Pichia membranaefaciens* KCTC 7628 at 10°C, 18°C and 37°C. The explanation is the same as shown in Fig. 1.

Table 3. Effect of various commercial salts on specific growth rate of *Pichia membranaefaciens* KCTC 7628

| Temperature | Concentration | Salts ¹⁾ | | | | F-Value |
|-------------|---------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| | | Chunil salt | Hariju salt | Guwoon salt | Bamboo salt | |
| 10°C | 3% | 3.896 ^a | 3.310 ^f | 3.844 ^a | 2.317 ^{b2)} | 1342.14 ^{**} |
| | 5% | 1.655 ^b | 2.038 ^a | 1.720 ^b | 0.024 ^c | 2725.58 ^{***} |
| 18°C | 3% | 2.610 ^b | 3.440 ^a | 0.900 ^c | 0.889 ^c | 4069.62 ^{**} |
| | 5% | 1.840 ^a | 1.320 ^b | 1.340 ^b | 0.000 ^c | 2067.89 ^{***} |
| 37°C | 3% | 12.787 ^a | 10.241 ^b | 7.525 ^c | 0.680 ^d | 67998.67 ^{***} |
| | 5% | 6.786 ^a | 2.969 ^c | 3.512 ^b | 0.429 ^d | 17073.20 ^{**} |

¹⁾The explanation is the same as shown in Table 1.
²⁾Means with the same letters in the same row are not significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.
^{***}p<0.001.

내산성이 강한 *Lactobacillus plantarum*은 pH가 상당히 저하된 발효 말기까지 왕성한 생육을 보이며 김치 맛이 가장 좋은 적숙기(pH 4.3)에도 번식하여 김치 숙성에도 어느 정도 관여하는 것으로 알려지고 있다. 그러나 다량의 젖산을 생산하여 김치의 산패 현상을 일으키기 때문에 신선한 김치의 맛과 품질을 유지하기 위해서는 부분적으로 생육이 억제되어야 한다(6). 본 실험 결과 소금 종류별로 생육 양상이 비교적 유사하나 18°C 배양에서 죽염이 성장 억제에 큰 효과를 보였으며, 특히 10°C에서는 소금 종류와 농도에 관계없이 균의 성장이 상당히 저조하여 온도가 큰 영향을 주는 것으로 사료된다.

온도에 따른 *Pichia membranaefaciens* KCTC 7628의 성장에 미치는 소금의 영향

Fig. 3은 각각의 배양온도에서 천일염, 한주 소금, 구운 소

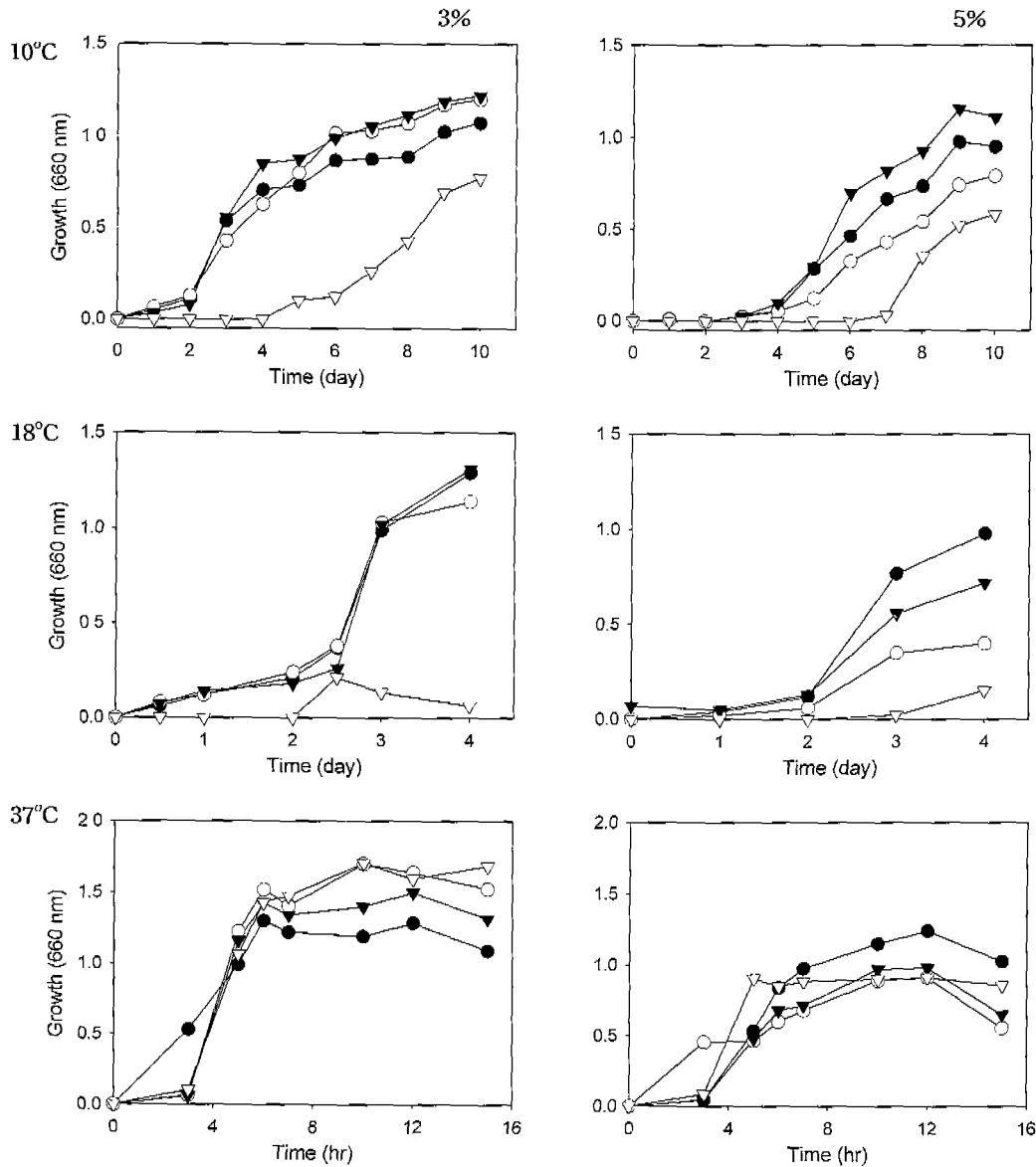


Fig. 4. Effect of various commercial salts on the growth of *Escherichia coli* KCTC 1039 at 10°C, 18°C and 37°C. The explanation is the same as shown in Fig. 1.

Table 4. Effect of various commercial salts on specific growth rate of *Escherichia coli* KCTC 1039

| Temperature | Concentration | Salts ¹⁾ | | | | F-Value |
|-------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|
| | | Chunil salt | Hanju salt | Guwoon salt | Bamboo salt | |
| 10°C | 3% | 0.222 ^b | 0.298 ^b | 0.386 ^a | 0.129 ^{c2)} | 29.93 ^{**} |
| | 5% | 0.147 ^b | 0.109 ^b | 0.164 ^b | 0.245 ^a | 8.21 [*] |
| 18°C | 3% | 0.620 ^b | 0.650 ^b | 0.760 ^d | 0.213 ^c | 143.42 ^{***} |
| | 5% | 0.65 ^a | 0.29 ^c | 0.43 ^b | 0.13 ^d | 121.58 ^{***} |
| 37°C | 3% | 5.095 ^d | 14.513 ^a | 13.763 ^b | 12.037 ^c | 46186.76 ^{***} |
| | 5% | 6.545 ^b | 3.470 ^d | 5.443 ^c | 10.250 ^a | 20284.46 ^{***} |

¹⁾The explanation is the same as shown in Table 1.

²⁾Means with the same letters in the same row are not significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

금 및 죽염이 *Pichia membranaefaciens* KCTC 7628의 성장에 미치는 영향을 나타낸 결과이며, Table 3은 각 온도에서 대수증식기의 성장률을 통계 처리한 결과이다. 죽염에 대해 5% 소금 농도에서만 확실한 저해 효과를 보였고 3% 소금 농도에서는 배양 3일째부터 대수증식기가 시작되어 4일째에 정지기에 도달하는 양상을 보여 완전한 생육 억제 효과는 확인할 수 없었으나 다른 소금에 비해서는 상당한 저해 효과를 보였다. 그 외 3% 농도에서는 천일염, 구운 소금, 한주 소금의 순으로 성장이 활발하여 유의적인 차이를 보였다($p < 0.001$). 5% 소금 농도에서는 다른 소금에 비해 천일염은 유두기가 다소 길었고, 한주 소금은 배양 5일째부터 정지기가 시작되어 성장이 억제되었으나 소금별로 큰 차이는 나타나지 않았다.

배양 온도 18°C에서는 10°C 배양에서와 마찬가지로 죽염

에서 상당한 저해 효과를 나타내었다. 특히, 5% 죽염 농도에서는 성장률이 0으로 균의 생육이 완전히 억제되었다($p < 0.001$). 다른 소금에 대해서는 3% 소금 농도에서 구운 소금이 0.09의 성장률을 보여 다소 저조하나 배양 5일까지 꾸준한 증가를 보여 뚜렷한 저해 효과는 확인할 수 없었다. 5% 소금 농도에서도 죽염을 제외하고 소금별로 큰 차이 없이 성장이 활발하였다.

한편 배양 온도 37°C에서는 죽염이 3%, 5% 소금 농도에서 각각 0.68과 0.429의 성장률을 보여 다른 소금에 비해 상당한 저해 효과를 나타내었다($p < 0.001$). 그 외 소금에 대해서는 3% 소금 농도에서 구운 소금 > 한주 소금 > 천일염 순으로 성장이 저해되었으나 비교적 생육이 왕성하였다. 5% 소금 농도에서는 3% 소금 농도에 비해 성장률이 저조하나 소금 종류별로 비슷한 양상을 보였다.

일반적으로 *Pichia membranaefaciens*는 김치 표면에 산막을 형성하여 채소류의 연부현상 및 부패를 촉진시켜 김치의 저장성과 품질 보존에 좋지 않은 영향을 미친다(7). 본 실험 결과 죽염에 대해 5% 농도에서는 거의 균이 성장하지 못해 완전한 생육억제 효과를 나타내었고, 3% 농도에서도 다른 소금에 비해 유도기가 길고, 대수증식기의 성장률이 낮아 상당한 저해효과를 확인할 수 있었다. 그 외 소금에 대해서는 배양 온도와 소금 농도에 관계없이 왕성한 생육을 보여 특별한 저해 효과는 확인할 수 없었다.

온도에 따른 *Escherichia coli* KCTC 1039의 성장에 미치는 소금의 영향

Fig. 4는 각각의 배양 온도에서 천일염, 한주 소금, 구운 소금 및 죽염이 *Escherichia coli* KCTC 1039의 성장에 미치는 영향을 나타낸 결과이며, Table 4는 각 온도에서 대수증식기의 성장률을 통계 처리한 결과이다. 전체적으로 소금 종류에 관계없이 높은 온도에 비해 유도기가 상당히 길고 성장률도 저조하였다. 특히 죽염이 다른 소금에 비해 유도기가 더 길어 3%, 5% 소금 농도에서 각각 배양 4일과 7일째부터 대수증식기가 시작되며, 성장률도 0.129와 0.245로 상당히 저조하여 소금 종류별로 유의적 차이를 보였다($p < 0.01$).

배양 온도 18°C에서는 소금 종류별로 다양한 양상을 보였는데 죽염에서는 10°C에서와 마찬가지로 3%, 5% 소금 농도에서 각각 0.213과 0.13으로 상당한 저해 효과를 보였다($p < 0.001$). 반면, 천일염, 한주 소금 및 구운 소금의 경우 3% 소금 농도에서는 각각 0.62, 0.65, 0.75의 성장률을 보여 소금별로 특별한 저해 효과는 나타나지 않았으나 5% 소금 농도에서는 한주 소금과 구운 소금이 0.29와 0.43의 성장률을 보여 유의적 성 있게 저해되었다.

배양 온도 37°C에서는 전체적으로 소금 종류 및 농도에 관계없이 생육이 왕성하여 특별한 저해 효과는 확인할 수 없었으나 3% 농도에서는 천일염이, 5% 농도에서는 한주 소금이 다른 소금에 비해 유도기를 거쳐 대수증식기에 이르는 시간이 짧았다. 대수증식기의 성장률을 비교해 보면 3% 농도에

서는 한주 소금이 14.513으로 최고의 성장률을 보였고, 천일염이 5.095로 최저의 성장률을 보인 반면 5% 농도에서는 죽염과 한주 소금이 각각 10.250과 3.470으로 최고와 최저의 성장률을 보였다($p < 0.001$).

일반적으로 김치환경은 발효과정에서 젖산균에 의해 산성화와 혐기성 상태로 되기 때문에 각종 유해균의 증식이 억제되어 식중독의 위험이 없는 위생적인 식품으로 인식되고 있다. 그러나 최근 들어 김치의 산업화로 인해 공장에서 대량 생산되고 유통과정이 다양화되어 병원균에 의한 오염의 가능성도 있다(16). 이에 식품오염의 지표균인 *Escherichia coli*의 생육에 천일염, 한주 소금, 구운 소금 및 죽염이 미치는 영향을 조사한 결과 다른 소금에 비해 죽염이 18°C와 10°C에서 크게 생육억제 효과를 보였다. 이 연구에서 소금의 농도 또는 온도에 따라, 김치발효에 관여하는 미생물들의 성장에 다르게 영향을 끼치는 것으로 나타났고 가용염들이 우수한 효과를 보였다. 특히 죽염은 *Lact. plantarum*, *P. membranaefaciens* 및 *E. coli*의 성장을 억제하여 김치발효에 유리하리라 본다. 그러나 김치제조시 죽염을 사용하면 가격이 비싸고 맛, 조직감, 보존성 등에 다르게 영향을 줄 수 있기에 이에 대한 더 많은 연구가 필요하다.

요 약

천일염, 한주 소금, 구운 소금 및 죽염이 김치 발효에 중요한 영향을 미치는 미생물인 *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum*과 산막효모인 *Pichia membranaefaciens* 및 식품오염의 지표균인 *E. coli*의 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 각각의 소금을 3%, 5% 농도로 첨가하여 김치 발효 조건에 따라 배양 온도를 각각 10°C, 18°C, 37°C로 나누어 비교하였다. 그 결과 *Leuconostoc mesenteroides*는 배양 온도가 낮을수록, 소금 농도가 높을수록 성장이 저해되었으나 소금 종류별로는 특이할 만한 저해 효과는 나타나지 않았다. *Lactobacillus plantarum*도 마찬가지로 배양 온도가 낮을수록, 소금 농도가 높을수록 성장이 억제되었으며, 특히 18°C, 5% 소금 농도에서 죽염에 대해 저해 효과가 두드러졌고 10°C 배양에서는 소금 종류와 농도에 관계없이 생육이 상당히 저조했다. *Pichia membranaefaciens*는 배양 온도에 관계없이 죽염에서 상당한 저해효과를 보였으며, 특히 18°C, 5% 소금 농도에서는 전혀 자라지 못해 완전한 억제 효과를 보였다. *E. coli*도 다른 소금에 비해 10°C와 18°C에서 죽염에 대해 저해 효과가 두드러졌다. 따라서 본 실험 결과 김치발효에도 어느 정도 관여하나 과도한 산 생성으로 김치의 가식기간을 단축시키는 *Lactobacillus plantarum*과 김치 표면에 산막을 형성하여 부패를 촉진시키는 *Pichia membranaefaciens* 그리고 식품오염의 지표균인 *E. coli*의 성장에 죽염이 다른 소금에 비해 상당한 저해 효과를 나타내었다.

문헌

1. Park, K.Y. : The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **24**, 169-182 (1995)
2. Kim, O.H., Kim, M.H., Lee, K.R. and Kim, S.D. : Selective antimicrobial effect of spice extracts against *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc mesenteroides* isolated from *kimchi*. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **26**, 373-378 (1998)
3. Jo, Y.B., Choi, H.J., Baik, H.S. and Jun, H.K. : Evaluation of optimum conditions for the electrofusion between *Lactobacillus* sp. JC 7 isolated from *kimchi* and *Lactobacillus acidophilus* 88. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **25**, 121-128 (1997)
4. Shin, D.H., Kim, M.S., Han, J.S., Lim, D.K. and Park, W.S. : Changes of chemical composition and microflora in commercial *kimchi*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 137-145 (1996)
5. Ha, J.O. : Studies on the development of functional and low sodium *kimchi* and physiological activity of salts. *Ph. D. thesis*, Pusan National University (1997)
6. Mheen, T.I. and Kwon, T.W. : Effect of temperature and salt concentration on *kimchi* fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 443-450 (1984)
7. Shin, D.H. : Physicochemical and microbial properties of market *kimchi* during fermentation in different containers. The 1st Symposium of Science of Kimchi. Korean Soc. Food Sci. Tech., p.226-245 (1994)
8. Ko, Y.D., Kim, H.J., Jun, S.S. and Sung, N.J. : Development of control system for *kimchi* fermentation and storage using refrigerator. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 199-208 (1994)
9. Cho, Y. and Rhee, H.S. : Effect of lactic acid bacteria and temperature on *kimchi* fermentation (II). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **7**, 89-95 (1991)
10. Choi, H.S. : *The Life of Korean, Kimchi*. Mil-al, Seoul, p.181 (1995)
11. Kim, J.M., Kim, I.S. and Yang, C.H. : Storage of salted Chinese cabbage for *kimchi*. I. Physicochemical and microbial changes during salting of Chinese cabbages. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **16**, 1075-1084 (1987)
12. Lee, C.H., Hwang, I.J. and Kim, J.K. : Macro and micro-structure of Chinese cabbage leaves and their texture measurements. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **20**, 742-748 (1988)
13. Vilac institute : *The report of salt*. Vilac Co., Ltd (1995)
14. Ha, J.O. and Pack, K.Y. : Comparison of mineral contents and external structure of various salts. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **27**, 413-418 (1998)
15. Kim, S.H., Kang S.Y., Jung, K.K., Kim, T.G., Han, H.M., Rhee, H.M. and Moon, A. : Characterization and anti gastric ulcer activity of bamboo salt. *J. Food Hyg. Safety*, **13**, 252-257 (1998)
16. Park, M.J., Kim, S.D., Kim, M.K. and Kim, I.D. : Microbial contamination of materials, washing of Chinese cabbage by ozone treatment and fermentation of *kimchi*. *J. Food Sci. Technol.*, **9**, 25-32 (1997)
17. Sung, N.K. : *Statistical data analysis*. Jayouacademy, Seoul, p.190-237 (1998)
18. Jung, H. : *SAS programming*. Keimyung University publishing department, Daegu, p.185-219 (1987)

(2001년 6월 20일 접수)