

소금농도가 김치에서 분리한 젖산균의 증식속도에 미치는 영향

소명환 · 이영숙* · 김현숙 · 조은지 · 여명재**

부천전문대학 식품영양과, *동국대학교 식품공학과, **롯데그룹 중앙연구소

An Influence of Salt Concentrations on Growth Rates of Lactic Acid Bacteria isolated from Kimchi

Myung-Hwan So, Young-Sook Lee*, Hyun-Sook Kim, Eun-Ji Cho, Myeong-Jai Yea**

Dept. of Food and Nutrition, Bucheon Junior College, *Dept. of Food Technology, Dongguk University

**Lotte Group R&D Center

Abstract

Growth curves of seven strains of lactic acid bacteria isolated from Kimchi were graphed, when they were cultivated at 30°C in filter sterilized Chinese cabbage juice containing 0, 2, 4 and 6% salt, and then lag time and generation time were calculated. The shapes of growth curves were changed differently among strains, as salt concentrations were increased. The addition of 2~4% salt resulted in prolongation of lag time in all strains. When salt concentrations were increased from 0 to 4%, the prolongations of lag time were most conspicuous in *Leu. paramesenteroides* and *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*, and the next in *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, *Lac. bavaricus* and *Lac. homohiochii*, and the least in *Lac. plantarum* and *Lac. brevis*. And then the prolongations of generation time were most remarkable in *Lac. bavaricus* and *Lac. homohiochii*, and the next in *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* and *Leu. paramesenteroides*, and the least in *Lac. plantarum* and *Lac. brevis*. By increasing salt concentrations from 0 to 2%, the generation times of *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* and *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* were prolonged slightly, while those of *Lac. homohiochii* and *Lac. brevis* were not changed, and those of *Lac. plantarum*, *Lac. bavaricus* and *Leu. paramesenteroides* were shortened slightly. As salt concentrations were increased from 2% to 4%, inversions in the order of generation time occurred among strains. As a whole, lower salt concentrations were more favorable for the growth of *Leuconostoc* strains, while higher salt concentrations were for *Lactobacillus* strains.

Key words : Kimchi, lactic acid bacteria, salt concentration, growth rate

서 론

김치는 야생의 젖산균이 발효하는 대표적 채소발효식품이다. 김치의 과학적인 품질관리를 하기 위해서는 숙성과정을 이해하여 김치 젖산균들의 동태와 역할을 정확히 밝히는 것이 중요하다. 김치 발효의 중요한 요인은 소금농도와 발효온도이다. 일반적으로 소금농도가 높을수록¹⁻⁴⁾, 또 발효온도가 30°C에서 벗어날수록^{1,3,5)} 숙성이 지연된다. 젖산균의 증식과 산생산을 지연시키기 때문이다^{6,7)}. 김치는 2~3%의 소금농도와 14°C 이하의 저온에서 숙성시킬 때 품질이 좋다^{1,5,8-11)}. 이것도 역시 이 조건에서 잘 증식하는 젖산균들이 김치 품질에 좋은 영향을 미치기 때문일 것이다.

피클 발효에서 젖산균의 주균종은 소금농도에 따라 달라지며, 발효온도에 따라서도 달라지는 것으로 밝혀

져 있다¹²⁾. 양배추 발효식품인 sauerkraut는 2.25%의 소금농도와 18°C의 온도에서 발효하는 것이 가장 좋다. 그것은 이 조건이 바람직한 젖산 발효균들의 군집형성에 유리하기 때문이다¹³⁾.

우리나라 김치도 저온 발효와 중온 발효시의 젖산균 주균종이 서로 다른 것으로 밝혀지고 있다¹⁴⁻¹⁶⁾. 소금농도에 따라서도 차이가 있을 것으로 생각되지만 아직까지 잘 밝혀져 있지 않다.

젖산균들에 대한 발효계 내에서의 동태를 예측하는 기초 자료는 발효계와 유사한 배양환경에서 측정된 각 젖산균들의 유도시간(lag time)과 세대시간(generation time)이다. Stamer 등¹⁷⁾은 sauerkraut 발효에 관여하는 여러 젖산균들의 양배추즙 배지에서의 세대시간과 유도시간을 측정된 바 있다. Yildiz 등¹⁸⁾은 양배추즙에서 혼합배양시의 세대시간과 유도시간을 측정하였

ation time)이다. Stamer 등¹⁷⁾은 sauerkraut 발효에 관여하는 여러 젖산균들의 양배추즙 배지에서 세대시간과 유도시간을 측정하여 바 있다. Yildiz 등¹⁸⁾은 양배추즙에서 혼합배양시의 세대시간과 유도시간을 측정하였다.

그러나 김치발효계에서 각 젖산균의 세대시간과 유도시간을 분석한 자료는 찾아보기 어렵다.

본 연구는 김치에서 분리한 7종의 균주에 대하여 무균 배추즙에서 소금농도를 달리하여 배양하면서 조건별 증식곡선을 작성하고, 이를 이용하여 각 젖산균들의 세대시간과 유도시간을 구한 후 서로 비교한 결과이다.

재료 및 방법

1. 젖산균

젖산균은 *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A18, *Leu. paramesenteroides* B30, *Lactobacillus bavaricus* B06, *Lac. homohiochii* B21, *Lac. plantarum* C01 및 *Lac. brevis* C29을 사용하였다. 이들은 모두 김치의 우점 젖산균으로 분리되어 동정된 것으로 분리 동정 결과는 전보^{7,16,19)}에 보고하였다.

2. 배추즙 배지 제조

2kg 정도의 배추를 씻어 걸임을 제거한 후 녹즙기로 착즙하였다. 착즙액의 pH는 6.50이었다. 1N-HCl로 pH를 4.6으로 조정하고 30분간 방치한 후 3,000×g로 20분간 2회 원심분리하여 침전을 제거하였다. 이어서 1N-NaOH로 pH를 6.5로 재조정하고 membrane filter(0.45 μm)로 여과제균하였다. 단백질은 흡광하여 측정을 방해하기 때문에 pH를 4.6으로 조정, 원심분리한 함유 단백질 등을 침전 제거하여 흡광도로 증식곡선을 작성하였다.

무균 배추즙의 당도는 굴절당도계로 4.0%이었고, 사용전에 실험용 젖산균으로 phage 검사하여 타지가 오염되지 않은 것을 확인한 후에 사용하였다. 배추즙에 소금을 0, 2, 4 및 6% 함유시킬 때는 소금(NaCl)을 시험관에 넣고 건열멸균한 후 무균배추즙을 첨가하였다.

3. 젖산균의 접종 및 배양

30℃의 무균 배추즙에서 *Leu. paramesenteroides* B30은 24시간, 나머지 균주들은 16시간 배양한 후 5℃의 냉장고에 12시간 보관하여 접종용 균액으로 사용하였다. 젖산균은 600nm에서 흡광도가 0.04를 나타내는 양을 접종하였고, 접종된 배추즙은 멸균된 비색관에

3ml를 취해 고무마개를 하여 30℃에서 48시간 동안 배양하였다.

4. 증식곡선 및 유도시간과 세대시간의 측정

젖산균의 증식도는 분광광도계로 600nm에서 배양액의 흡광도를 측정하여 값으로 하였다. 측정시간은 배양초기에는 0.5~1시간, 배양중기에는 1~2시간, 그리고 배양후기에는 4시간 간격으로 하였다. 배양시간을 x축으로 하고 흡광도 측정값을 y축으로 하여 증식곡선을 작성하고, 증식곡선의 지체기 구간과 대수기 구간에 각각 접선을 긋고 두 접선이 만나는 지점의 x축의 값, 즉 배양 개시 후 1차 변곡점까지의 소요시간을 구하여 유도시간(lag time)으로 하였으며, 대수증식기의 구간 내에서 흡광도가 2배로 증가하는 데 소요되는 시간을 구하여 세대시간(generation time)으로 하였다.

결과 및 고찰

1. 증식곡선의 형태에 미치는 영향

소금농도 0, 2, 4 및 6%의 배추즙에 젖산균들을 접종하여 30℃에서 배양하면서 측정하여 시간별 배양액의 흡광도 변화에 따른 증식곡선 결과는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1의 증식곡선은 소금농도에 따라 젖산균별로 다르게 나타나고 있다. 증식곡선의 모양을 정상기에 도달하는 소요시간과 정상기의 흡광도값에 따라 구분하면, 정상기까지의 소요시간이 짧고(12시간 미만) 정상기의 흡광도가 높은(1.4 내외) SH(short high)형, 정상기까지의 소요시간이 짧고 정상기의 흡광도가 중간정도(0.7~1.0)인 SM(short medium)형, 정상기까지의 소요시간이 짧고 정상기의 흡광도가 낮은(0.3~0.5) SL(short low)형, 정상기까지의 소요시간이 길고(12시간 이상) 정상기의 흡광도가 높은 LH(long high)형, 정상기까지의 소요시간이 길고 정상기의 흡광도가 중간정도인 LM(long medium)형, 정상기까지의 소요시간이 길고 정상기의 흡광도가 낮은 LL(long low)형, 그리고 증식이 거의 되지 않는 NG(no growth)형으로 나눌 수 있다.

소금이 첨가되지 않았을 때에는 증식곡선이 SH형과 LM형 둘로 구분되었다. *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*, *Lac. bavaricus*, *Lac. homohiochii*, *Lac. brevis* 및 *Lac. plantarum*은 SH형이었고 *Leu. paramesenteroides*는 LM형이었다.

소금농도 2%일 때는 SH형, SM형 및 LL형 셋으로 나누어졌다. *Lac. bavaricus*, *Lac. homohiochii*, *Lac.*

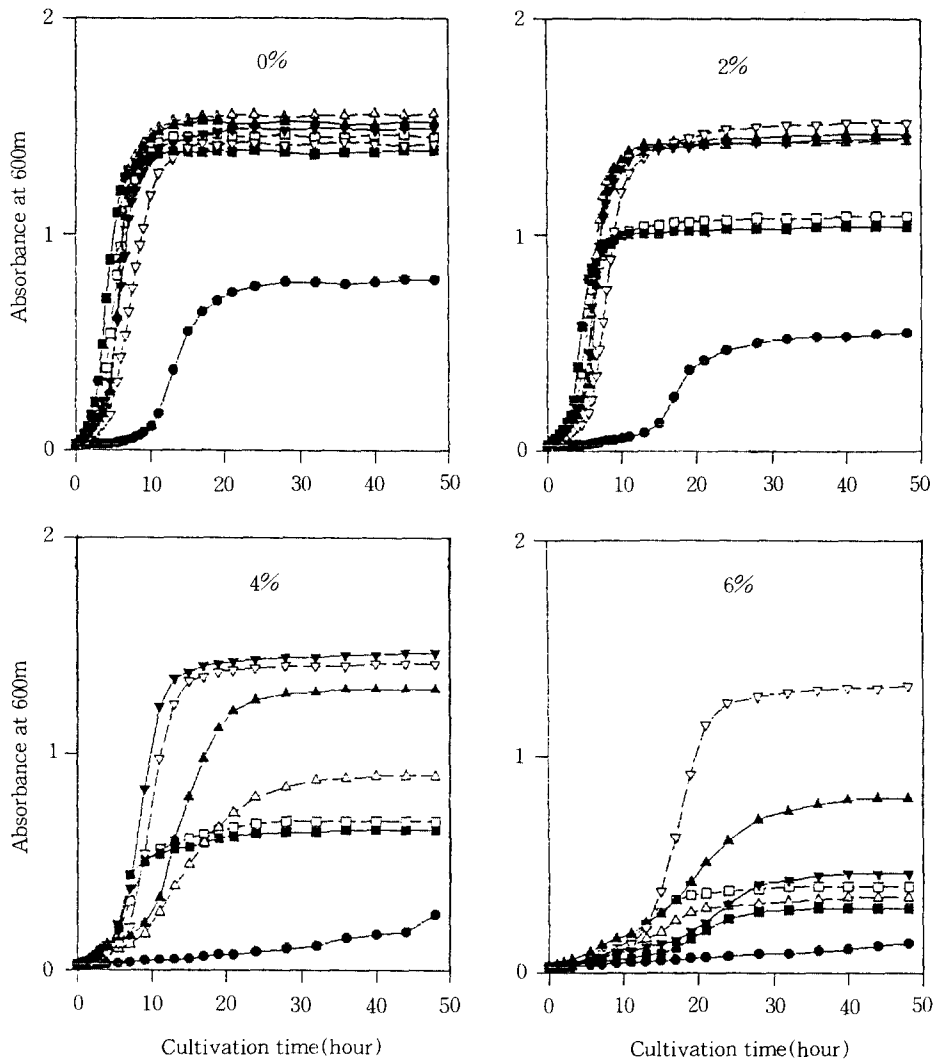


Fig. 1. Growth curves of seven lactic acid bacteria isolated from Kimchi at 30°C in Chinese cabbage juice containing 0, 2, 4 and 6% of NaCl. *Leu. paramesenteroides*(●-●), *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*(□-□), *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*(■-■), *Lac. bavaricus*(△-△), *Lac. homohiochii*(▲-▲), *Lac. plantarum*(▽-▽), *Lac. brevis*(▼-▼).

brevis 및 *Lac. plantarum*은 여전히 SH형을 유지하였고, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*은 SM형으로 변하였고, *Leu. paramesenteroides*는 LL형으로 변하였다.

소금농도 4%일 때는 증식곡선이 더욱 변하여 SH형, LH형, LM형, SL형 및 NG형의 다섯으로 나타났다. *Lac. brevis* 및 *Lac. plantarum*은 여전히 SH형을 유지하였으나, *Lac. homohiochii*는 LH형으로, *Lac. bavaricus*는 LM형으로 변하였다. *Leu. mesenteroides* subsp.

mesenteroides 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*은 SL형으로 변하였고, *Leu. paramesenteroides*는 NG형으로 변하였다.

소금농도 6%일 때는 LH형, LM형, LL형 및 NG형의 넷으로 구분되었다. *Lac. plantarum*은 LH형으로, *Lac. brevis*는 LM형으로 변하였다. *Lac. bavaricus*, *Lac. homohiochii*, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*은 LL형으로 변하였고, *Leu. paramesenteroides*는 더욱 완

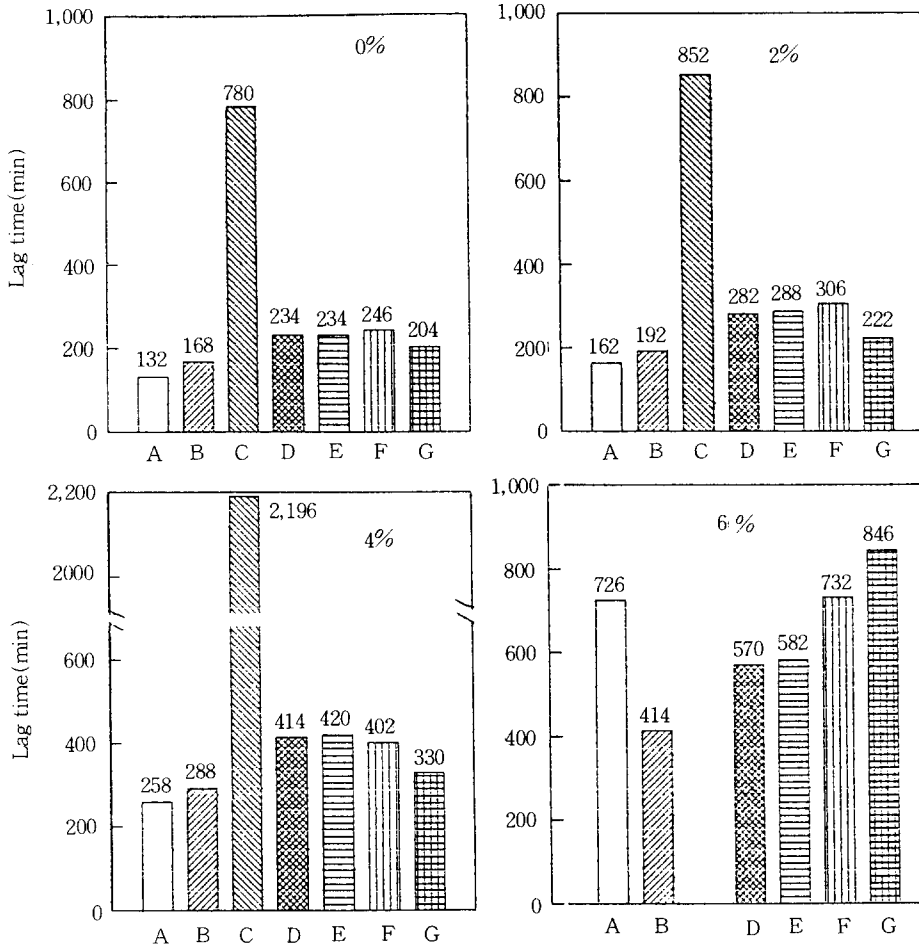


Fig. 2. Lag times of seven lactic acid bacteria isolated from Kimchi at 30°C in Chinese cabbage juice containing 0, 2, 4 and 6% of NaCl. A; *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*, B; *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, C; *Leu. paramesenteroides*, D; *Lac. bavaricus*, E; *Lac. homohiochii*, F; *Lac. plantarum*, G; *Lac. brevis*.

벽한 NG형이 되었다.

전반적으로 *Leuconostoc*속 균들은 소금농도의 증가에 따라 증식곡선 변화가 가장 컸고, *Lac. plantarum*과 *Lac. brevis*는 가장 작았다. *Lac. bavaricus*와 *Lac. homohiochii*는 중간정도였다.

이런 결과는 김치의 발효시에 소금농도가 낮을수록 *Leuconostoc*속의 증식이 왕성하고, 소금농도가 높을수록 *Lactobacillus*속(그중에서도 특히 *Lac. plantarum*과 *Lac. brevis*)의 증식이 왕성해지는 것을 의미하고 있다.

2. 유도시간에 미치는 영향

Fig. 1의 증식곡선을 토대로 하여 각 배양조건에서의 유도시간을 구한 결과는 Fig. 2와 같이 소금 무첨가시

에는 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*은 132분, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*는 168분, *Lac. brevis*는 204분, *Lac. bavaricus* 및 *Lac. homohiochii*는 234분, *Lac. plantarum*은 246분 그리고 *Leu. paramesenteroides*는 780분의 유도시간이 걸렸다.

소금 2% 첨가시의 유도시간은 무첨가 기준으로 *Leu. paramesenteroides* 및 *Lac. brevis*는 1.1배 증가하였고, 나머지는 모두 1.2배 증가하였다.

소금 4% 첨가시의 유도시간은 무첨가 기준으로 *Lac. plantarum* 및 *Lac. brevis*는 1.6배, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*는 1.7배, *Lac. bavaricus* 및 *Lac. homohiochii*는 1.8배, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*은 2.0배, *Leu. paramesenteroides*는 2.8배 증

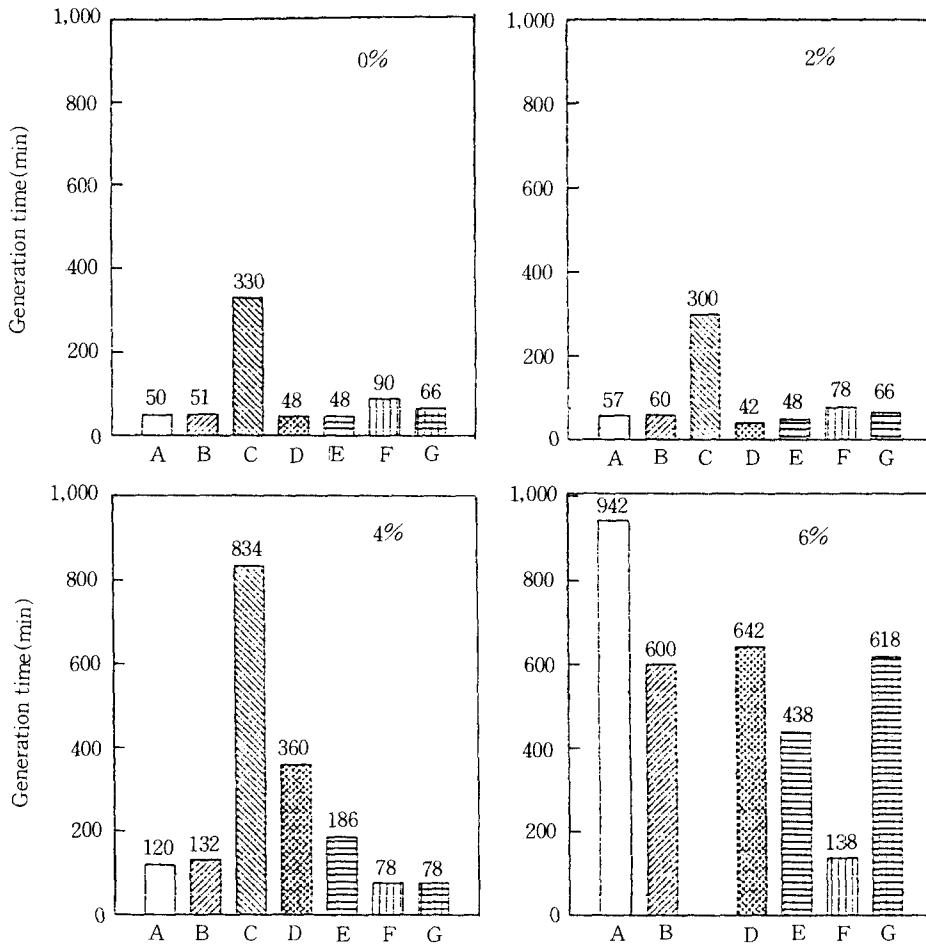


Fig. 3. Generation times of seven lactic acid bacteria isolated from Kimchi at 30°C in Chinese cabbage juice containing 0, 2, 4 and 6% of NaCl. A; *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*, B; *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, C; *Leu. paramesenteroides*, D; *Lac. bavaricus*, E; *Lac. homohiochii*, F; *Lac. plantarum*, G; *Lac. brevis*.

가하였다.

소금 6% 첨가시의 유도시간은 무첨가 기준으로 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, *Lac. bavaricus* 및 *Lac. homohiochii*는 2.4배, *Lac. plantarum*은 3.0배, *Lac. brevis*는 4.1배, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*은 5.5배 증가하였고, *Leu. paramesenteroides*는 이 조건에서 증식하지 못하였다. 이상과 같이 소금을 2% 이상 첨가하면 모든 젖산균들에서 유도시간이 연장되어지는 결과를 나타내었다.

Stamer 등¹⁷⁾은 sauerkraut의 발효 젖산균들의 유도시간이 *Leu. mesenteroides*는 180분, *Lac. plantarum*은 330분, *Lac. brevis*는 215분 걸렸다고 하며, 소금을 3.5% 첨가하면 *Leu. mesenteroides*는 2배, *Lac. planta-*

*rum*은 1.6배, *Lac. brevis*는 1.7배 증가된다고 보고하였다. 본 결과도 이들의 결과와 일치된 경향을 나타내고 있다.

또 0%, 2% 및 4%의 소금농도에서 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*의 유도시간은 *Lac. bavaricus*, *Lac. homohiochii*, *Lac. plantarum* 및 *Lac. brevis*보다 30~140분 짧았다. 이점은 일반적인 김치발효에서 *Leuconostoc*속의 젖산균들이 *Lactobacillus*속보다 먼저 우점균종이 되는 이유를 설명해 주는 자료가 된다.

3. 세대시간에 미치는 영향

Fig. 1의 증식곡선을 토대로 한 각 배양조건에서의 세대시간 결과는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3과 같이 소금 무첨가시의 세대시간은 *Lac. bavaricus* 및 *Lac. homohiochii*는 48분, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*은 50분, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*는 51분, *Lac. brevis*는 66분, *Lac. plantarum*은 90분 그리고 *Leu. paramesenteroides*는 330분이었다.

소금 2% 첨가시 세대시간은 무첨가 기준으로 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*는 1.1배 증가되었으며, *Lac. homohiochii* 및 *Lac. brevis*는 변화가 없었고, *Lac. plantarum*, *Lac. bavaricus* 및 *Leu. paramesenteroides*는 0.9배로 감소하였다.

소금 4% 첨가시 세대시간은 무첨가 기준으로 *Lac. bavaricus*는 7.5배, *Lac. homohiochii*는 3.9배, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*는 2.6배, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* 및 *Leu. paramesenteroides*는 2.4배, *Lac. brevis*는 1.3배 증가하였으나, *Lac. plantarum*은 0.9배로 오히려 감소하였다.

소금 6% 첨가시 세대시간은 무첨가 기준으로 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*은 19배, *Lac. bavaricus*는 13배, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*는 12배, *Lac. brevis*는 11배, *Lac. homohiochii*는 9배, *Lac. plantarum*은 1.5배 증가하였으며, *Leu. paramesenteroides*는 이 조건에서 증식하지 못하였다.

Stamer 등¹⁷⁾은 sauerkraut 발효에 관여하는 젖산균들의 세대시간이 *Leu. mesenteroides*는 40분, *Lac. plantarum*은 43분, *Lac. brevis*는 83분으로 소금이 3.5% 첨가되면 *Leu. mesenteroides*는 1.7배, *Lac. plantarum*은 1.8배, *Lac. brevis*는 1.3배 증가된다고 보고하여, 본 실험의 결과와 다른 경향을 나타냈다.

박 등²⁾과 김 등²⁰⁾은 김치발효시에 소금 2%를 첨가하면 김치의 산생산을 촉진시켜주는 효과가 있다고 하였다. 본 실험에서 2% 소금 첨가로 *Lac. plantarum*, *Lac. bavaricus* 및 *Leu. paramesenteroides*의 세대시간이 무첨가 기준으로 0.9배 단축된 사실은 앞의 두 연구보고를 뒷받침해 주는 자료가 된다.

소금농도가 2%일 때의 세대시간은 *Lac. plantarum* 및 *Lac. brevis*가 가장 길었고, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*가 그 다음이었고, *Lac. bavaricus* 및 *Lac. homohiochii*는 가장 짧았다. 그러나 소금농도가 4%로 높아졌을 때에는 순서가 크게 바뀌어 *Lac. bavaricus* 및 *Lac. homohiochii*가 가장 길었고, 그 다음이 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*이었고, *Lac. plantarum* 및 *Lac.*

*brevis*는 가장 짧았다. 이같은 결과는 실제 김치발효에서도 소금농도에 따라 우점 젖산균의 균종이 서로 다르게 나타날 수 있는 것을 시사하고 있다.

요 약

소금농도를 0, 2, 4 및 6%로 조정된 여과제균 배추즙에 김치에서 분리한 7주의 젖산균을 단독 접종하고 30℃에서 배양하면서 증식곡선을 작성하고 이를 이용하여 각 배양조건에서의 유도시간과 세대시간을 구하였다. 소금농도 증가에 따라 증식곡선의 모양이 균주에 따라 서로 다르게 변하였다. 2~4%의 소금을 첨가하면 모든 젖산균들의 유도시간이 연장되었다. 소금농도를 0%에서 4%로 높였을 때 유도시간은 *Leu. paramesenteroides* 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* 가장 연장되었고, 그 다음이 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, *Lac. bavaricus* 및 *Lac. homohiochii*이었다. 연장기간이 가장 짧은 것은 *Lac. plantarum* 및 *Lac. brevis*이었다. 이때 세대시간이 가장 많이 연장된 것은 *Lac. bavaricus* 및 *Lac. homohiochii*이었고, 그 다음은 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* 및 *Leu. paramesenteroides*이었다. 연장율이 가장 낮은 것은 *Lac. plantarum* 및 *Lac. brevis*이었다. 소금 2% 첨가에 의하여 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*의 세대시간은 소금 무첨가보다 약간 길어졌고, *Lac. homohiochii* 및 *Lac. brevis*는 변화가 없었다. *Lac. plantarum*, *Lac. bavaricus* 및 *Leu. paramesenteroides*는 오히려 약간 단축되었다. 소금농도가 2%에서 4%로 증가하면 젖산균 균종간의 세대시간 서열이 바뀌었다. 소금농도가 낮으면 *Leuconostoc*속 젖산균들의 증식이 유리하였고, 소금농도가 높으면 *Lactobacillus*속 젖산균들의 증식이 유리하였다.

감사의 말

본 연구는 과학기술처의 특정연구 개발사업과제(전통발효식품의 과학화 연구)로 수행된 연구결과의 일부이다. 이에 감사드린다.

참고문헌

1. Mheen, T. I. and Kwon, T. W. : Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Tech.*, 16, 443(1984).

2. 박우표, 김재욱 : 소금농도가 김치발효에 미치는 영향, 한국농화학회지, **34**, 296(1991).
3. 최신양, 김영봉, 유진영, 이인선, 정건섭, 구영조 : 김치제조 온도 및 염농도에 따른 저장효과, 한국식품과학회지, **22**, 707(1990).
4. 문성원, 조동욱, 박완수, 장명숙 : 동치미의 발효속성에 미치는 소금농도의 영향, 한국식품과학회지, **27**, 11(1995).
5. 이승교, 전승규 : 김치의 숙성에 미치는 온도의 영향, 한국영양식량학회지, **11**, 63(1982).
6. 안숙자 : 김치에서 분리한 유산균의 생육에 미치는 식염과 식품보존료의 영향, 한국조리과학회지, **4**(2), 39(1988).
7. 소명환, 김영배 : 김치에서 분리한 저온성 젖산균의 배양특성, 한국식품과학회지, **27**, 506(1995).
8. 김현옥, 이해수 : 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구, 한국식품과학회지, **7**, 74(1975).
9. 천중희, 이해수 : 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구, 한국식품과학회지, **8**, 90(1976).
10. 조영, 이해수 : 젖산균과 온도가 김치발효에 미치는 영향 (I), 한국조리과학회지, **7**, 15(1991).
11. 조영, 이해수 : 젖산균과 발효온도가 김치발효에 미치는 영향 (II), 한국조리과학회지, **7**, 89(1991).
12. Etchells, J. L., Fleming, H. P. and Bell, T. A. : Factors influencing the growth of lactic acid bacteria during fermentation of brined cucumbers. *Lactic Acid Bacteria in Beverages and Food*, Academic Press, New York, p.281~305(1975).
13. Stamer, J. R. : Recent developments in the fermentation of sauerkraut. *Lactic Acid Bacteria in Beverages and Food*, Academic Press, New York, p. 276~280(1975).
14. 임종락, 박현근, 한홍의 : 김치에 서식하는 Gram 양성세균의 분리 및 동정의 재평가, 미생물학회지, **27**, 404(1988).
15. 박현근, 임종락, 한홍의 : 각 온도에서 김치발효중 미생물의 천이과정, 인하대학교 기초과학연구소 논문집, **11**, 161(1990).
16. 소명환, 김영배 : 김치에서 분리한 저온성 젖산균의 동정, 한국식품과학회지, **27**, 495(1995).
17. Stamer, J. R., Stoyla, B. O. and Dunckel, B. A. : Growth rates and fermentation patterns of lactic acid bacteria associated with the sauerkraut fermentation. *J. Milk Food Tech.*, **34**, 521(1971).
18. Yildiz, F. and Westhoff, D. : Associative growth of lactic acid bacteria in cabbage juice. *J. Food Sci.*, **46**, 962(1981).
19. 김영배, 경규향, 황한준, 소명환, 송신섭 : 김치의 과학화를 위한 미생물학적 연구, 전통 발효식품의 과학화 연구 제1차년도 연구보고서, 과학기술처, p.432~451(1995).
20. 김소연, 김광옥 : 소금농도 및 저장기간이 깍두기의 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **21**, 370(1987).

(1996년 9월 12일 접수)