

## 글루코노델타락톤의 김치 발효 지연 효과

한진숙<sup>\*</sup> · 강준수

동의공업대학 식품생명과학계열

### Retardation of *Kimchi* Fermentation by Addition of Glucono- $\delta$ -lacton

Jin-Suk Han<sup>\*</sup> and Joonsu Kang

Division of Food and Biotechnology, Donggeui Institute of Technology, Busan 614-715, Korea

#### Abstract

This study was carried out to estimate the effects of glucono- $\delta$ -lacton (GDL) on prolongation of shelf-life on *Kimchi*. Final concentration of added GDL was determined 0.3% according to the result of sensory evaluation. Chemical characteristics and microbiological parameters were monitored during fermentation at 10°C. GDL *Kimchi* showed the initial sharp decrease in pH and gradually increase of pH due to osmotic pressure and then, the pH of GDL *Kimchi* was slowly decreased compared with that of control *Kimchi* during fermentation. The acidity of control *Kimchi* was markedly increased around pH 4.5 by growth of microorganism. Otherwise, GDL *Kimchi* showed that the formation of organic acids was slow and little amount compared with that of control *Kimchi*. HPLC analysis showed oxalic acid, lactic acid, acetic acid, malic acid and succinic acid appeared by fermentation. The production of lactic acid changed a lot in control *Kimchi*, where as little in GDL *Kimchi*. Growth of *L. mesenteroides* at initial stage of *Kimchi* fermentation was remarkably inhibited by adding 0.3% GDL. It retarded also the growth of *L. Plantarum* and *L. brevis* at late stage of *Kimchi* fermentation and led to reduce the softening of texture and retard over ripening of *Kimchi*. In sensory evaluation of *Kimchi*, GDL *Kimchi* showed the similar characteristics to the control *Kimchi*. This result suggested that GDL can be successfully used for the prolongation of shelf-life and sensory evaluation on *Kimchi*.

**Key words:** *Kimchi*, glucono- $\delta$ -lacton (GDL), prolongation of shelf-life on *Kimchi*, sensory evaluation

#### 서 론

김치는 배추 등 야채를 주원료로 하여 염지시킨 후 고추, 마늘과 생강 등 향신료에 절갈을 첨가하여 만든 우리나라 고유의 복합 발효 식품이며, 현대인의 영양섭취에 부족하기 쉬운 비타민, 무기질과 식이섬유의 풍부한 공급원인 알칼리성 식품으로 대량생산을 필요로 하는 식품산업으로 발전되고 있는 수출전략 식품이다(1). 이러한 김치는 제품의 특성상 제조방법 자체가 기계화하거나 규격화되기가 어려우며 복합 발효식품으로 미생물과 효소의 작용이 다양하여 그의 발효 과정을 조절하기가 어려워 제품의 품질을 균일화하기가 어려운 식품으로 저장과 유통 과정에 쉽게 시어지거나 맛이 변한다(2). 이러한 산패 현상은 김치의 숙성 말기에 일어나며 지나친 유산균 발효에 의해 유기산의 농도가 과도히 증가하여 식용이 불가능해지며 이로 인해 조직의 연화 현상이 나타난다(3,4).

김치는 최근 급속한 국민소득의 증대와 더불어 도시의 인구 집중, 아파트 생활의 증가와 여성의 사회진출 등으로 김치를 시장에서 구입하려는 성향이 늘고 있으며, 다양한 국제

대회를 통한 김치의 국제적인 인지도가 향상되면서 김치의 수출이 증가하고 있어 김치를 장기간 저장하면서 유통을 시킬 수 있는 포장된 김치의 개발이 심각하게 요구되고 있다(5). 이러한 김치의 대량 생산에서 가장 큰 문제는 배추와 양념류들의 구입가격이 계절에 따라 큰 차이를 보이고 있어, 김치의 생산가격과 공급가격을 조절하기가 어렵다는 점이다. 따라서 생산이 많은 시기에 저렴하게 구입하여 김치를 제조한 후 발효가 억제될 수 있는 상태로 장기간 저장하면서 시기에 맞추어 김치를 출하할 수 있도록 하면 김치의 생산가와 공급가를 안정하게 낮출 수 있을 것으로 예상된다.

김치의 장기보존에서 발생하는 산패 현상은 김치의 대량 생산에 가장 큰 장애가 되고 있어 김치의 저장성 유지 또는 향상시키는 방법에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다(6). 이를 보존 방법에 따라 열거하면, 크게 저온 저장법(7), 가열살균을 이용한 보존법(8-10), nisin 또는 sorbic acid와 sodium dehydroacetate 등을 사용한 항생제 또는 합성 보존료를 첨가하는 방법(11), Co<sup>60</sup>의  $\gamma$  선을 조사하는 방사선 처리방법(12)이 있으나 냉장법은 내수와 수출에 있어서 소비자에게 공급될 때까지 cold chain system이 요구되어 원가 상승의

<sup>\*</sup>Corresponding author. E-mail: hanmiky@dit.ac.kr  
Phone: 82-51-860-3178, Fax: 82-51-860-3331

원인이 되며 상온에 방치하면 급격히 품질이 저하되는 문제점이 있다. 가열살균은 배추조직의 연화와 신선미 저하로 김치의 관능적 품질이 손상되며 방사선 조사법도 경제성, 안정성과 소비자 인식도 부족 등의 문제를 안고 있어 저온저장법 이외에는 실용화가 어려운 실정이다. 한편, 천연재료인 계피유와 겨자유와 같은 향신료 정유(spice essential oils), 생약제인 산초와 호프 등을 이용하여 보존성을 향상시키는 방법(13)과 두 가지 이상을 첨가하여 상승효과를 증가시키려는 시도를 하고 있다(12). 그러나 첨가되는 천연재료 자체가 강한 향과 맛을 가지고 있어서 발효의 지연에는 효과가 있으나 김치의 독특한 맛과 향은 저하되는 문제점을 가지고 있다. 최근에 들어서는 천연 향균물질 및 천연물을 이용한 김치의 선도 유지(14,15)와 키토산이 김치의 보존성에 미치는 효과에 대한 연구도 진행되고 있다(1,16,17).

글루코노델타락톤(glucono- $\delta$ -lacton, GDL)은 수용액에서 유기산인 글루콘산으로 전환되면서 무색의 순한 청량한 신맛을 띠는 물질이다. 본 연구에서는 미생물이 생성하는 글루코노델타락톤을 김치에 첨가하여 초기 pH를 강하시켜 주발효균인 유산균의 생육을 억제함으로써 김치의 보존성을 향상시켜 숙성기간을 연장시키고자 글루코노델타락톤을 첨가한 김치의 제조 방법의 확립, 숙성 기간의 연장과 미생물의 생육에 미치는 영향 등을 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에서 사용한 재료는 2003년 3월 엄궁동 농수산물 시장에서 구입하였고, 부재료인 파, 마늘과 생강 등도 함께 구입하였다. 글루코노델타락톤(GluconoFin B, 99%, Finland)은 Finsugar사 제품을 사용하였다. 그 이외의 시약은 특급시약을 이용하였다.

### 김치의 제조

배추를 4쪽으로 절단하여 10% 식염수에 3시간 절인 후 물로 씻어 채반에 담아서 1시간 동안 물기를 뺐다. 절인 배추에 Table 1과 같은 조건으로 부재료를 첨가하여 김치를 담글 때, GDL을 김치 총 무게의 0.3% 수준으로 첨가하여 양념을 버무린 김치는 1/2 포기씩 유리병에 담아 10°C에서 발효 숙성시켰으며, 각 기간별 시료를 채취하여 실험에 사용하였다.

Table 1. Ingredient ratios of Kimchi (g)

Ingredients	Ratio
Korean cabbage	100
Green onion	4
Garlic	2
Ginger	1
Red pepper powder	2
Sugar	0.6254 (1/8 ts)
Salted anchovy paste	1.54

### pH 및 산도

김치의 건더기와 액체를 일정량 채취하여 블랜더(Osterizer, USA)로 마쇄하여 4점의 면포로 거른 후 pH meter (Model 710, Metrohm, Swiss)를 사용하여 pH를 측정하였고, 총산도는 AOAC법(18)에 의하여 시료의 여액 10 mL를 중화시키는데 소요되는 0.1 N NaOH 용량(mL)을 lactic acid 함량(%)으로 표시하였다.

### 김치의 저장중 유기산의 변화

pH의 경우와 동일하게 시료를 준비하여 0.22  $\mu$ m의 membrane filter로 여과한 후 HPLC(Waters 400, USA)를 이용하여 측정하였으며, 측정 조건은 Table 2와 같다. 표준물질로 gluconic acid, succinic acid, lactic acid, oxalic acid, acetic acid와 malic acid를 이용하였다.

### 미생물군집의 측정

김치의 저장 중 미생물군집의 변화는 Han 등(19)의 direct microscopic count 방법을 이용하여 측정하였다. Slide glass 상에 2 cm 지름의 원을 유성펜으로 그린 후, 그 원내에 50  $\mu$ L의 김치 국물을 떨어뜨려, 원내에 미생물이 잘 분포하도록 도발하여 건조시켜 Gram 염색을 하였다. 현미경 대안렌즈에 나타나 현미경 면적(130  $\mu$ m dia.)내의 세균수를 임의로 5~10회 계수하여 그 평균값을 면적당 세균수로 하였다. 이를 아래 식을 이용하여 mL당 총세균수로 환산하였다.

$$\text{총세균수/mL} = \text{평균세균수} \times (5.6 \times 10^5) =$$

$$\text{평균세균수} \times \frac{\text{slide 원의 면적}}{\text{현미경의 대안렌즈 면적}} \times \frac{1 \text{ mL}}{\text{시료량}}$$

### GDL 첨가에 따른 유산균 생육도의 변화

10 mL의 MRS broth에 *Leuconostoc mesenteroids*(김치에서 동정한 유산균), *Lactobacillus brevis*(KTCC 8074)와 *Lactobacillus plantarum*(KFCC 35464)을 각각 접종한 후 37°C에서 배양하면서 일정 간격으로 UV/VID spectrophotometer(UV-1601 PC, Shimadzu, Japan)를 이용하여 650 nm에서 흡광도를 측정하여 유산균의 생육도 변화를 관찰하였다.

### 관능평가

김치의 관능평가는 두 단계에 걸쳐 실시하였다. 관능검사 요원은 동의공업대학 식품생명과학 계열 학생 10명으로 구성하여 실험 목적과 방법 등을 충분히 설명한 후 첫 단계는

Table 2. HPLC analysis conditions of organic acid

Items	Conditions
Instrument	Waters 400
Column	Aminex 87H (87 $\times$ 300 mm, Bio-Rad)
Solvent	3.6% KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
Detector	RI detector
Flow rate	0.8 mL/min
Injection volume	10 $\mu$ L

GDL의 첨가 농도를 결정하기 위하여 GDL 첨가 농도를 달리 한 김치와 대조구간의 차이를 알아보기 위하여 triangle test를 실시하여 GDL의 최종 첨가 농도를 결정하였다. 그 다음 단계로 최종 첨가 농도인 0.3% GDL을 첨가하여 제조한 김치의 발효 중 신맛과 질감에 대하여 5점 채점법을 이용하여 관능평가를 실시하였다. 시료의 제시는 세 자리 숫자로 표기하였으며, 흰색의 무늬 없는 접시를 사용하여 10 g씩 제공하였다.

결과 및 고찰

pH 및 산도

GDL을 김치 총 무게의 0.3% 수준으로 첨가하여 10°C에서 냉장 숙성하는 동안 시간에 따른 pH의 변화를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 김치 숙성 중 pH는 숙성이 진행됨에 따라 낮아지는 경향을 보여 기존의 보고와 유사하였다(20). 대조구는 담근 당일에는 pH가 6.2이었고 숙성 8일까지는 큰 변화가 없다가 그 이후부터 급격하게 pH가 저하되어 10일 전후에 pH 4.4에 도달하여 숙성이 급격하게 이루어지는 경향을 보였다. 반면, GDL 첨가구는 담근 당일에는 pH 4.9 정도의 낮은 pH를 가지나 삼투압 작용에 의하여 점차 평형을 이루게 되어 pH가 상승하였다가 숙성이 진행되면서 다시 pH가 점차 감소하는 경향을 보여 pH 4.4에 도달하는데 약 20일정도 경과하는 것으로 나타났다. 김치가식의 적당한 신맛의 범위가 pH 4.2~4.4라고 볼 때(2) 대조구 김치의 적숙기는 숙성 10일로, GDL 첨가구 김치는 숙성 20일째로 나타나 GDL의 첨가로 김치의 숙성이 지연되는 것으로 나타났다. 숙성 말기인 30일 이후에는 대조구와 GDL 첨가구의 pH 변화 추이가 거의 비슷하여 첨가된 GDL은 초기 김치의 발효에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

김치의 숙성 중 산도변화는 Fig. 2와 같이 pH의 변화와 비슷한 경향이였다. 담근 직후에는 GDL 첨가구의 총산 함량

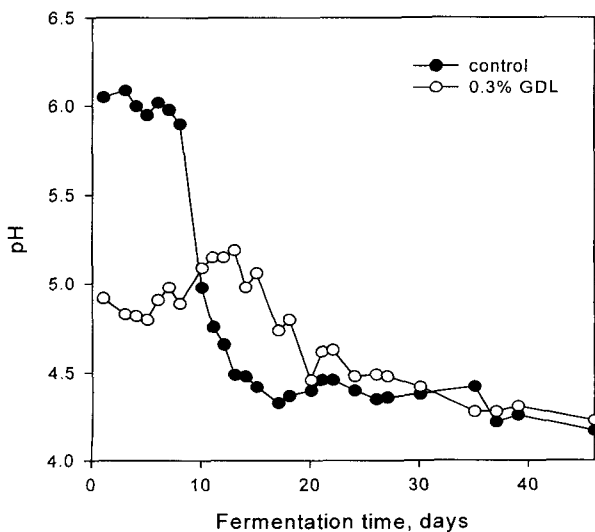


Fig. 1. Changes in pH of Kimchi during fermentation at 10°C.

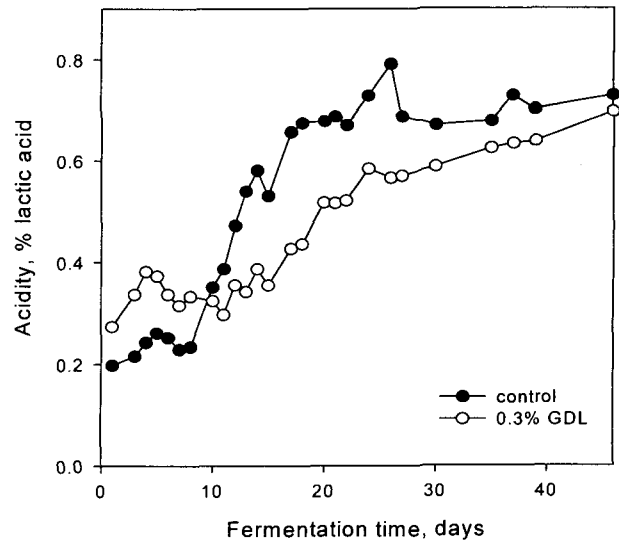


Fig. 2. Changes in total acid content of Kimchi during fermentation at 10°C.

이 대조구 김치보다 높게 나타났으나 그 이후부터 약 20일경까지는 일정한 수준을 보이다가 숙성 20일 이후부터는 지속적으로 증가하는 추세를 보여 적숙기 때의 산도 0.5~0.6% (20)를 30일까지 유지하였다. GDL 첨가구에서 초기 총산 함량의 증가는 첨가된 GDL이 유기산인 글루콘산으로 전환되면서 나타나는 현상으로 생각된다. 반면, 대조구는 숙성 초기에는 산도의 변화가 거의 없다가 숙성 8일 전후부터 산도가 급격하게 증가하여 15일 정도에 산도가 0.6% 이상이 되어 과숙이 진행되었다. 이같이 김치의 발효숙성 중에 총산 함량이 증가하는 현상은 숙성이 진행되면서 젖산균의 생육에 따른 유기산 생성의 증가 때문이다(21). 김치의 발효 온도에 따라 관여하는 미생물이 다르므로 따라서 산의 생성과 pH 변화가 다를 수 있기 때문에 발효 조건을 고려하여 적숙기를 판정하여야 한다고 생각이 되지만 GDL 첨가량을 제외한 동일한 조건에서 실험을 하였기 때문에 pH와 총 산도로 볼 때 김치의 제조시 GDL의 첨가는 김치의 숙성을 지연시키며 숙성 김치의 가식 기간을 연장시킬 수 있는 것으로 생각된다.

김치의 숙성과정 중 비휘발성 유기산의 생성

김치의 숙성 과정에서 생성되는 비휘발성 유기산은 oxalic acid, lactic acid, acetic acid, malic acid와 succinic acid 등이며, 각 김치의 종류별 유기산 생성량의 변화는 Fig. 3과 같다. 그림에서 보는 것과 같이 lactic acid와 succinic acid의 피크가 겹쳐 나타났는데 succinic acid는 발효 초기에서 서서히 증가하다가 적숙기가 지나면서부터 급격히 감소하는 유기산이다(3). 대조구 김치는 발효가 진행되면서 유기산 특히, lactic acid가 가장 큰 변화를 보여 초기에는 나타나지 않았던 피크가 7일째부터 나타나기 시작하여 계속 증가하였다. 이러한 결과는 적숙기에 있어서 주요 유기산은 저장 온도에 따라 크게 영향 받는데 저온에서 저장하는 경우 lactic acid

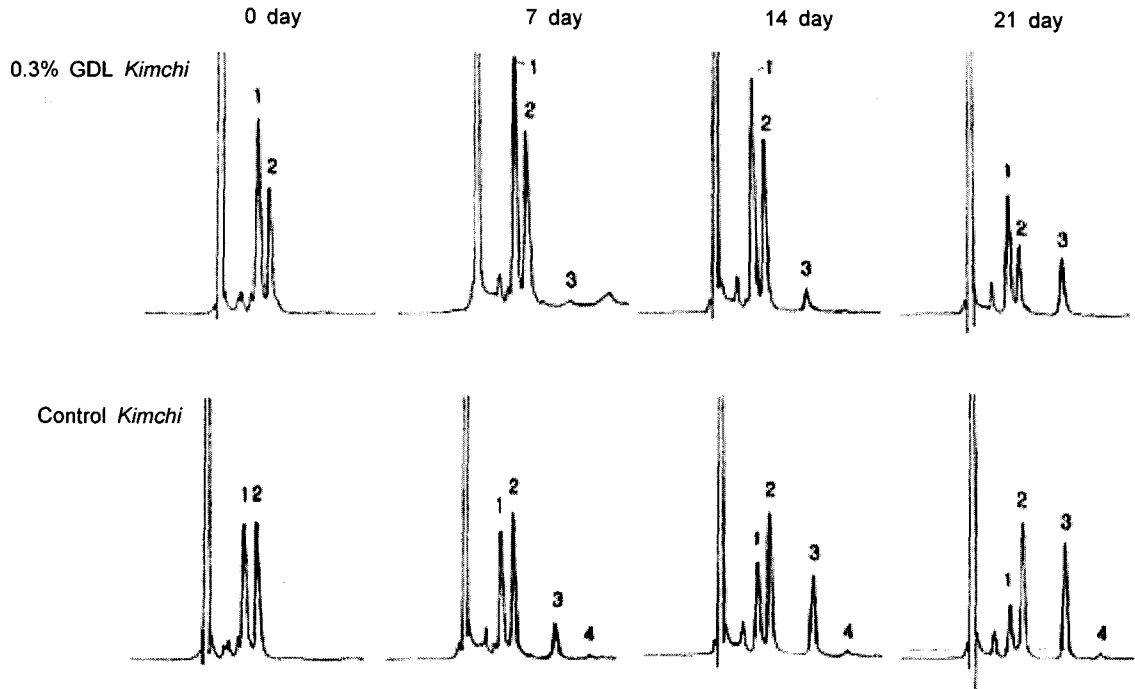


Fig. 3. Organic acid profiles in *Kimchi* during fermentation at 10°C. 1, gluconic acid; 2, malic acid; 3, succinic acid and lactic acid; 4, acetic acid.

와 succinic acid의 생성량이 크게 증가한다는 연구보고와 유사하였다(22). GDL 첨가구에서도 발효가 진행됨에 따라 젖산이 생성되기는 하나 매우 느려 21일째의 젖산 함량이 대조구에서의 14일째와 비슷하였다.

Moon 등(3)의 연구에서는 malic acid는 저장기간이 경과함에 따라 유산균에 의하여 malic acid가 lactic acid와 acetic acid로 전환되기 때문에 김치가 숙성됨에 따라 감소한다고 하였는데 본 연구에서는 malic acid는 발효 초기부터 피크가 나타나 대조구에서는 발효과정 중 피크의 변화가 거의 나타나지 않았다. 반면, GDL 첨가구에서는 숙성에 따라 점차 증가하여 대조구보다 높은 함량을 나타내다가 시간이 지남에 따라 점차적으로 감소하였다. Malic acid는 김치의 충분한 발효가 일어나기 전에 상당량 존재하는 것으로 보인다.

Acetic acid는 대조구와 GDL 첨가구 김치에서 모두 7일째부터 흔적이 나타나기 시작하여 저장 기간이 증가함에 따라 차츰 증가하는 현상을 보였다. 이러한 현상은 김치의 발효과정 중에 이상 젖산발효균의 작용과 유산균에 의한 malic acid의 전환에 기인하는 것으로 보인다.

첨가된 GDL은 수용액상에서 글루콘산으로 전환되기 때문에 Fig. 3과 같이 글루콘산 피크를 볼 수 있다. 포도당과 글루콘산의 retention time이 동일하여 두 피크가 겹쳐서 나타나는데 대조군의 경우 이 피크가 저장기간이 길어짐에 따라 유산균의 작용에 의해 분해되기 때문에 감소하였다. GDL 첨가구의 경우에는 7일까지 증가하다가 그 이후로 감소하였다. 김치의 유기산은 채소 중에 함유된 효소와 숙성에 관여하는 미생물들이 분비하는 효소 및 기타 첨가물의 여러 성분을 기

질로 하여 생성함으로써 배합원료의 종류, 숙성 온도, 시간 및 식염농도에 따라 생성되는 유기산의 종류에 상당한 변화를 나타낸다(3). 이러한 결과로 보아 첨가된 GDL은 김치 발효 중 유기산의 생성을 지연시켰으며, 생성량도 적게 하는 것으로 나타났다.

김치의 숙성과정중 미생물 군집의 변화

김치의 발효과정중의 미생물 군집의 변화는 Fig. 4와 같다.

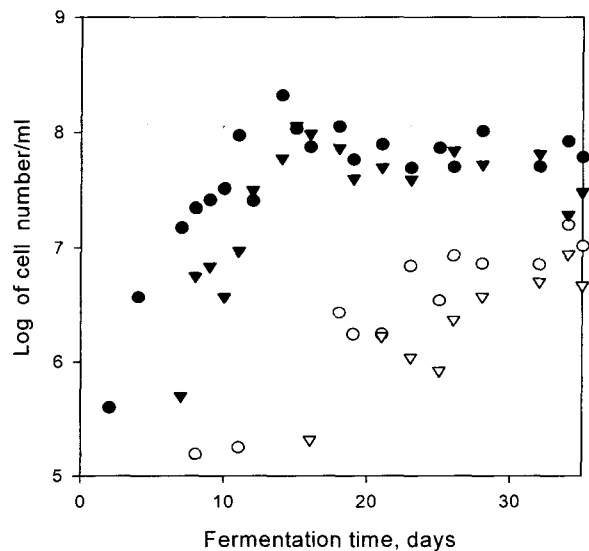


Fig. 4. Changes of microbial communities dynamics of *Kimchi* during fermentation at 10°C. ●: gram(+) of control, ○: gram(-) of control, ▼: gram(+) of 0.3% GDL, ▽: gram(-) 0.3% GDL.

전체적으로 김치의 발효 초기에는 Gram 음성균인 *Aeromonas* 속과 Gram 양성균인 *Bacillus* 속이 발현하고 이어서 Gram 양성균인 젖산균이 발효를 주도하다가 말기에 효모들에 의한 작용으로 연부 현상이 나타난다고 보고되고 있다(19). 대조구 김치는 숙성 4일 후부터 Gram 양성균의 수가 대수적으로 증가하여 숙성 10일을 전후하여  $10^8$ 까지 증가한 후 서서히 감소하는 것으로 나타났으며, Gram 음성균은 숙성 적기로 보이는 10일 경에 출현하여 저장 기간이 증가함에 따라 계속 증가하였다. GDL 첨가구의 Gram 양성균의 출현이 대조구의 Gram 양성균의 수가 대수적으로 증가하고 있을 때 나타나기 시작하여 15일 전후에 최대로 증가하였지만 대조구의 경우보다 적었으며, 그 이후로는 약간 감소하다가 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한, GDL 첨가구의 경우에는 Gram 음성균의 출현도 현저히 늦게 나타났다. 김치를 저장하는 전 기간동안 대조구와 GDL 첨가구 모두에서 효모의 군집은 관찰되지 않았다. 일반적으로 김치의 유산균 수의 측정에는 MRS agar를 사용한 pouring culture method 방법을 이용하지만 본 연구에서는 유산균이 Gram 양성균이라는 것을 이용한 Gram 염색법을 이용하여 현미경 직접 계수법을 이용함으로써 김치의 발효중 유산균의 동적인 변화를 간편하게 볼 수 있었다. 김치 발효에 가장 큰 영향을 미치는 Gram 양성균은 발효 초기에 급격하게 증가하였다가 서서히 감소하였다. 이러한 저장 기간의 증가에 따른 Gram 양성균의 수적인 감소는 군집에 의해 생성된 유기산에 의해 pH가 저하되면서 생장이 억제되고 자발적인 분해가 일어남으로써 Gram 염색반응에서 Gram 양성이 Gram 음성으로 관찰될 수 있기 때문이다(19). 김치의 숙성이 지나치게 일어나면서 lactic acid를 기질로 하는 효모가 증식, pH를 상승시키고 군체가 분비하는 pectin 분해 효소에 의해 김치의 연부 현상이 나타나 김치의 품질을 저하시킨다(23). 그러나 본 연구에서는 저장 말기까지 pH의 증가가 나타나지 않았으며, 효모의 군집이 발견되지 않았다. 이러한 미생물 군집은 김치의 발효 양상에 따라 분포형태가 각기 다르며 김치의 맛과 저장성에 영향을 미치게 된다.

GDL의 유산균 생육 억제 효과

GDL 첨가가 미생물의 생육에 미치는 영향은 Fig. 5와 같다. 김치의 주발효균은 *L. mesenteroides*이며 *L. plantarum*은 산패에 관여하는 것으로 보고(18)되고 있으며 지금까지 알려진 김치 발효 관여 젖산균은 *L. mesenteroides*, *L. plantarum*을 포함하여 *L. brevis*, *Streptococcus faecalis*, *S. faecalis var liquefaciens*와 *Pediococcus cerevisiae*가 분리 동정되었다(24).

본 연구에서는 김치 발효의 주 젖산균인 *L. mesenteroides*(김치에서 동정한 유산균), *L. brevis*(KTCC 8074)와 *L. plantarum*(KFCC 35464)의 생육에 GDL이 미치는 영향을 알아보았다. Fig. 5에서 보는 것과 같이 GDL의 첨가량이 증가함에 따라 유산균들의 생육 억제 효과가 현저하게 증가하는 것으로 나타났는데, 특히 *L. mesenteroides*는 GDL을 0.3%

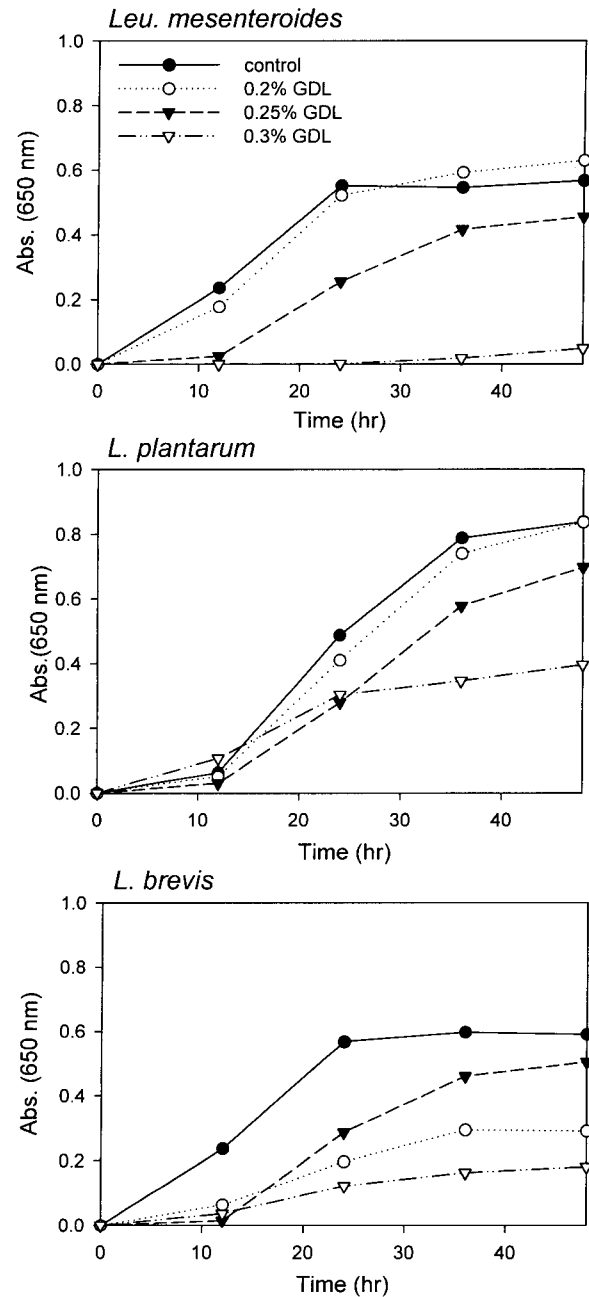


Fig. 5. Effect of added GDL on growth of *Leuconostoc* sp. and *Lactobacillus* sp.

첨가시 거의 생육이 이루어지지 못하였다. 한편, *L. plantarum*과 *L. brevis*는 GDL을 0.3% 첨가하였을 때 무처리구 비교시 약 50%정도 생육이 억제되었다. 김치발효는 크게 두 가지 형태의 젖산균이 번식하게 된다. 전기에는 젖산생성량이 적고 산의 생성이 낮은 헤테로형이 번식하고 그 후에는 젖산생성량이 많으며 산 내성이 강한 호모형이 번식하는데 김치가 발효를 일으키면서 가식기간을 늘리기 위해서는 가능한 젖산생성량이 높은 호모형 젖산균을 생육을 억제하는 것이 요망된다. 첨가된 GDL은 김치 발효 초기의 주발효균인 초기의 *L. mesenteroides*의 생육을 억제시킬 뿐만 아니라 후

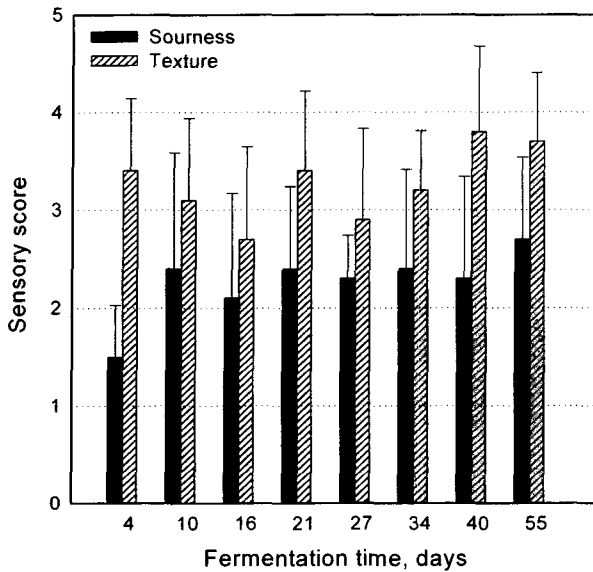


Fig. 6. Effect of 0.3% GDL treatment on sensory evaluation of Kimchi during fermentation at 10°C.

Data were presented as mean  $\pm$  SD.

반부의 *L. plantarum*과 *L. brevis*의 생육도 현저히 저하시키는 것으로 나타났다.

#### 관능평가

김치의 저장기간에 따라 10명의 패널을 구성하여 두 단계로 나누어 관능평가를 실시하였다. 김치의 저장을 위하여 김치에 첨가물을 넣었을 때 김치 고유의 독특한 맛과 향이 사라지는 경우가 있어 저장성에는 효과가 있어도 이용되지 못하는 경우가 종종 있다. 따라서 본 연구에서는 우선적으로 GDL을 다양한 농도로 0.1~0.5%까지 처리하여 김치의 고유한 맛에 영향을 주지 않으면서 숙성기간을 지연시킬 수 있는 농도를 결정하기 위하여 triangle test를 실시하여 최종 첨가 농도를 0.3%로 결정하였다(데이터는 실지 없음). 최종적으로 0.3%의 GDL을 첨가한 후 신맛과 조직감(아삭 아삭한 정도)을 5점 채점법으로 대조구를 3점으로 하여 GDL 처리구를 비교 평가하였다(Fig. 6). 처리구는 대조구보다 전체적으로 신맛이 적은 것으로 나타났고 장기간(40일 이상) 저장한 경우 김치조직의 연화가 대조구보다 훨씬 적었다. 이러한 결과는 앞 실험에서 GDL이 발효 후반부 산내성이 강한 *L. plantarum*의 생육억제 효과로 설명되어진다. 김치 발효 후기의 주 미생물인 *L. plantarum*에 대한 GDL의 생육억제로 유기산 생성을 감소시킴으로서 산도가 적어 숙성 말기에 나타나는 김치 조직의 연화가 나타나지 않는 것으로 생각된다.

이러한 연구결과를 종합해 볼 때 김치에 첨가된 GDL은 초기 주 발효균인 *L. mesenteroides*의 생육을 억제함으로써 김치의 숙성을 지연시키며, 그 이후의 산내성이 강한 *L. Plantarum*의 생육을 억제함으로써 김치의 과숙을 지연시키고, 김치 조직의 연화를 늦추므로 적숙기 김치의 가식 기간을 연장시키는 것으로 생각된다.

#### 요 약

본 연구에서는 미생물이 생성하는 글루코노델타락톤을 김치에 첨가하여 냉장저장하였을 때, 김치의 초기 pH를 강하시켜 김치의 주발효균인 유산균의 생육을 억제하여 김치의 보존성을 향상시키고 숙성기간을 연장시키고자 하였다. GDL이 첨가된 김치의 초기 pH 강하는 GDL이 수용액에서 유기산인 글루콘산으로 전환되면서 나타나는 현상이며 삼투압 작용에 의해 점차 평형을 이루게 되어 pH가 상승하였다가 숙성이 진행되면서 대조구보다 완만하게 pH가 저하하였다. pH 강하로 인하여 김치의 초기 유산균의 생육이 지연되면서 대조구와 비교시 숙성기간동안 산 생성량이 적게 나타났다. HPLC 분석에서 김치의 발효동안 oxalic acid, succinic acid, lactic acid, malic acid와 acetic acid가 생성되는 것으로 나타났으며, 대조구의 경우 GDL을 첨가한 경우보다 lactic acid의 생성량이 현저히 많았다. 김치에 첨가된 GDL은 초기 주 발효균인 *L. mesenteroides*의 생육을 억제함으로써 김치의 숙성을 지연시키고, 그 이후의 *L. brevis*와 산내성이 강한 *L. plantarum*의 생육을 억제함으로써 산도의 증가를 지연시키고 김치 조직의 연화를 방지할 수 있는 것으로 생각된다. 또한, 글루콘산은 무색의 순한 청량한 신맛을 띄는 유기산으로 관능검사에서 김치 고유의 맛과 향기에 영향을 주지 않았다. 따라서, 김치 제조시 GDL의 첨가는 김치의 유산균의 생육 지연을 통하여 김치가 숙성에 도달하는 시간을 지연, 유지시켜 가식기간을 연장시킬 수 있으면서, 관능적 품질에 차이가 없는 김치를 제조할 수 있었다.

#### 문 헌

1. No HK, Park IK, Kim SD. 1995. Extension of shelf-life of kimchi by addition of chitosan during salting. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 932-936.
2. Ku KH, Kang KO, Kim WJ. 1988. Some quality changes during fermentation of Kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 20: 476-482.
3. Moon YJ, Back KA, Sung CK. 2001. Characterization of biological chemistry from over ripened kimchi. *Korean J Food Nutr* 14: 512-520.
4. Hahn YS, Oh JY, Kim YJ. 2002. Effect of preservatives and heat treatment on the storage of low-salt kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 34: 565-569.
5. 정대성. 1996. 일본에서의 김치 연구와 산업화 동향. *식품산업과 영양* 1: 3-6.
6. 김순동, 오영애, 김미경. 1996. 김치의 보존성 증진 방안. *식품산업과 영양* 1: 71-80.
7. Lee YH, Yang IW. 1970. Studies on the packaging and preservation of kimchi. *J Korean Agric Chem Soc* 13: 207-218.
8. Lee MJ, Chun JK. 1981. Studies on the kimchi pasteurization. Part 1. Method of kimchi pasteurization with Chinese cabbage kimchi and its effect on the storage. *J Korean Agric Chem Soc* 24: 213-218.
9. Kang KO, Kim JG, Kim WJ. 1991. Effect of heat treatment and salts addition on Dongchimi fermentation. *J Korean Soc Food Nutr* 20: 565-571.

10. Hong WS, Yoon S. 1989. The effects of low temperature heating and mustard oil on the kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 21: 331-337.
11. Cho MS, Lee SY. 1968. The method of holding in rancidity of kimchi. *Korean Patent* 163.
12. Byun MW, Cha BS, Kwon JH, Cho HO, Kim WJ. 1989. The combined effect of heat treatment and irradiation on the inactivation of major lactic acid and bacteria associated with kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 21: 185-191.
13. Moon KD, Byun JA, Kim SJ, Han DS. 1995. Screening of natural preservatives to inhibit kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 27: 275-283.
14. Mazda D. 1997. Detection of antimicrobial activity about organic acid. *New Food Ind* 39: 1-6.
15. Shigeo M. 1998. Using of preservatives for extending the shelf-life of salted vegetables. *Food Sci* 3: 83-88.
16. Rhee HS, Lee GJ. 1994. Effects of preheating treatment and chitosan addition on the texture properties of Korean radish during salting. *Korean J Diet Cul* 9: 53-59.
17. Kim KO, Moon HA, Jeon DW. 1995. The effect of low molecular weight chitosan on the characteristics of kimchi during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 27: 420-427.
18. AOAC. 1970. *Official methods of analysis*. 11th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
19. Han HU, Lim JR, Park HK. 1990. Determination of microbial community as an indicator of kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 22: 26-32.
20. Mheen TI, Kwon TW. 1984. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 16: 443-450.
21. Jang MS, Park OK. 1998. Effect of various levels of perilla seed powder on the fermentation of Puchukimchi. *Korean J Soc Food Sci* 14: 232-240.
22. 하덕모. 1994. 김치의 발효 경과 및 산페억제. 김치의 과학, 한국식품과학회 심포지움 발표 논문집. p 43-61.
23. Shin DH, Kim MS, Han JS, Lim DK, Bak WS. 1996. Changes of chemical composition and microflora in commercial kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 28: 137-145.
24. Lee CW, Ko CY, Ha DM. 1992. Microfloral changes of the lactic acid bacteria during kimchi fermentation and identification of the isolates. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 20: 102-109.

(2003년 11월 15일 접수; 2004년 3월 3일 채택)