

제(除)간수 천일염 및 구운소금 절임 배추김치의 품질 및 *in Vitro* 항암 기능성 증진 효과

한귀정¹ · 손아름² · 이선미² · 정지강² · 김소희³ · 박건영^{2*}

¹농촌진흥청 한식세계화연구단

²부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

³동주대학 외식조리 및 영양계열

Improved Quality and Increased *in Vitro* Anticancer Effect of Kimchi by Using Natural Sea Salt without Bittern and Baked (Guwun) Salt

Gwi-Jung Han¹, A-Reum Son², Sun-Mi Lee², Ji-Kang Jung²,
So-Hee Kim³, and Kun-Young Park^{2*}

¹Dept. of Korean Food Research for Globalization, NIAST, RDA, Suwon 441-707, Korea

²Dept. of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

³School of Culinary Art & Baking Technology, Dong-Ju College, Busan 604-715, Korea

Abstract

This study was carried out to improve quality and increase anticancer effect of baechu kimchi by changing various kinds of salt. The baechu cabbages were brined with purified salt (P), natural sea salt (NS), natural sea salt without bittern (NS-B) or baked (Guwun) salt (G) and mixed with other ingredients. Thereafter, the kimchis were fermented for 7 days at 15°C. The changes in pH and acidity of the P and G kimchis were slower than those of NS and NS-B kimchis. NS-B and G kimchis promoted the growth of *Leuconostoc* sp.; however, it inhibited the growth of *Lactobacillus* sp. when compared with P and NS brined kimchis. The sensory evaluation results indicated that NS-B and G kimchis were better than P and NS kimchi in taste, color and overall acceptability. Rheological property of texture (cutting strength) of NS-B and G brined kimchis was also much better. Anticancer effects of the kimchi juices and methanol extracts were investigated on AGS human gastric adenocarcinoma cells and HT-29 human colon carcinoma cells by MTT assay. NS-B and G kimchis significantly retarded the growth of both cancer cells compared to P and NS kimchis. From these results, kind of salt is very important when kimchi is prepared. It proved that removing bittern from natural sea salt is good ancient tradition when brining the cabbage. Using the baked salt is also a better method to improve the quality and anticancer effect of kimchi.

Key words: kimchi, salt, texture, sensory evaluation, anticancer

서 론

김치는 한국인의 식생활에서 빠질 수 없는 중요한 식품으로 열량이 낮고 비타민 및 무기질 함량 등 생리적 기능을 조절한다(1). 뿐만 아니라 암 예방, 면역증강, 정장작용, 동맥경화증 및 혈전억제 등의 효능을 가진 기능성식품으로 우수성이 인정되고 있다(1,2).

김치는 생 배추를 소금에 절여 물기를 뺀 절임배추에 부재료와 갖은 양념을 버무려 발효시킨 음식으로 김치 제조 시 사용되는 소금은 발효 및 김치제품에 중요한 영향을 끼친다.

소금은 체내에서 신경이나 근육 조절 및 삼투압 조절, 산과 알칼리의 균형 유지 등 생리적 기능을 유지하는 생체조절

물질로서(3), 배추를 소금에 절이게 되면 발효과정을 거치면서 각종 부패균의 성장을 억제하고 젖산균의 생육을 촉진시킨다(4,5). 소금의 다량 섭취가 위암 및 고혈압을 유발한다는 연구가 보고되고 있으나(6,7) 김치 발효에서 소금의 종류 및 함량을 조절하는 것은 저장성, 품질 특성 및 기능성 변화에 중요한 역할을 한다고도 알려져 있다(8-10).

현재 국내에서 유통되고 있는 식탁용 소금은 KS 규격에 따라 크게 천일염과 정제염으로 나누어지고 정제염은 기계염과 가공염으로 분류되고 있다(11). 천일염은 염전에 해수를 유입하여 수분을 증발시켜 염의 결정을 얻은 것으로 국내산 천일염은 수입염보다 염도가 낮고 Ca, Mg, K 등 천연 미네랄 성분이 풍부해 기능적인 면에서 우수하다는 연구 보

*Corresponding author. E-mail: kunypark@pusan.ac.kr
Phone: 82-51-510-2839, Fax: 82-51-514-3138

고가 있다(12). 정제염 중 기계염은 해수를 이온 교환막을 통해 NaCl을 추출하여 기계적으로 대량생산이 가능하게 한 것으로 대부분 NaCl로 구성되어 있다. 대표적인 가공염에는 천일염을 세라믹 반응로에서 800°C 이상 고온으로 2번 구워 불순물과 간수를 제거한 구운 소금과 1300°C 이상 고온으로 3번 구워낸 생금이 있다. 천일염에는 쓴맛과 떼은맛을 내는 간수가 포함되어 있으나 최근에는 천일염을 물세척하여 해수의 오염원과 간수를 제거한 후 원심분리한 제(除)간수 천일염이 시판되고 있다.

김치의 주재료인 배추는 봄, 여름배추에 비하여 가을배추가 저장성이 높은 것으로 알려져 있으나(13) 연중 저장이 어려워 계절적인 한계가 있다. 또한 유통과정 및 보존성 결여 등의 문제로 저장성 증진에 관한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 저장성 증진 효과를 알아보고자 김치 발효에서 중요한 역할을 하는 소금을 이용하여 실험하였다.

선행연구(14)에서 김치의 발효특성 및 항암기능성에 구운소금이 영향을 미친 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 제간수 천일염과 구운소금으로 표준화된 김치(15)를 제조하여 저장성 및 항암 기능성 증진 효과를 연구하였다. 김치의 저장성 증진을 알아보기 위해 젖산균, 조직감, 관능검사를 실시하였고 *in vitro* 실험을 통해 인체 위암세포와 결장암세포의 성장 저해 효과를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용된 배추는 대표적인 봄배추 품종 중 하나인 노랑 봄배추로, 부산시 금정구 장전동 GS마트에서 구입하였고 소금시료는 국내에서 생산된 정제염((주)한주, NaCl 99% 이상), 일반 천일염((주)한국염업, NaCl 85~90%), 제간수 천일염((주)한국염업, NaCl 85~90%), 구운소금((주)산내들, NaCl 88%)을 사용하였다. 젖갈은 청정멸치액젓((주)대상), 설탕은 백설(CJ제일제당), 고춧가루는 영양농협 청결고춧가루를 사용하였으며 무, 파, 마늘, 생강은 배추와 동일한 곳에서 구입하였다.

소금종류별 김치의 제조 및 발효

배추김치는 절입배추 100에 대해 고춧가루 3.5, 마늘 1.4, 생강 0.6, 젖갈 2.2, 파 2.0, 무 13.0, 설탕 1.0의 비율로 혼합하여 제조하였다(15). 배추는 일반 천일염, 제간수 천일염, 정제염, 구운소금으로 10% 소금물을 만들어 10시간 염절입한 후 수돗물로 3회 세척 후 3시간 동안 물기를 제거하였다. 양념으로 무와 파는 채 썰고 무체에 고춧가루 갠 것을 넣어서 버무린 다음 멸치액젓과 마늘 및 생강을 고루 섞은 후 각각의 소금으로 염도를 2.5%로 조절하였다. 이를 15°C에서 7일간 발효시키면서 이화학적 특성, 품질 및 인체 암세포의

증식억제에 미치는 영향을 알아보았다.

pH 및 산도 측정

pH와 산도는 김치 시료를 녹즙기(NJE-2004R, (주)엔유씨전자, Daegu, Korea)로 착즙하여 이용하였다. pH는 pH meter(M210, Radiometer, Lyon, France)로 실온에서 측정하였고, 산도는 AOAC 표준시험법에 따라 시료를 20배 희석하여 0.1 N NaOH로 pH 8.4까지 적정하여 소비된 0.1 N NaOH mL 수를 측정하였다. 적정값은 젖산(lactic acid)의 함량 %로 환산하여 나타내었다(16).

$$\text{Acidity (\%)} = \frac{\text{mL of 0.1 N NaOH} \times \text{normality of NaOH} \times 0.09}{\text{weight of sample (g)}} \times 100$$

Leuconostoc sp. 및 *Lactobacillus* sp. 젖산균수 측정

젖산균수의 측정은 평판계수법(plate count technique)을 이용하여 측정하였다. 즉 시료액 1 mL를 멸균한 증류수로 단계적으로 희석하여 각 희석액 중 1 mL씩을 미리 멸균하여 43°C~45°C로 냉각한 선택 배지 10 mL에 넣고 혼합한 후 petri dish에 평판을 만들고 incubator에서 배양하여 colony 수를 측정하였다. *Leuconostoc* sp.는 *Leuconostoc* 선택배지로 phenylethyl alcohol과 sucrose를 첨가한 phenylethyl alcohol sucrose agar medium(PES medium)을 사용하여 20°C에서 5일간 평판 배양하였다(17,18). *Lactobacillus* sp.는 *Lactobacillus* selection medium(LBS medium)에 *Pediococcus*의 생육을 억제하기 위하여 acetic acid와 sodium acetate를 첨가한 modified LBS agar medium(m-LBS medium)을 사용하여 37°C에서 3~4일간 평판 배양하여 나타난 colony 수를 계수하였다(19).

텍스처 측정

텍스처 측정은 Rheometer(CR-100D, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 배추김치 밑통에서 5 cm 되는 부분을 3 cm × 4 cm × 0.5 cm의 두께로 썰어 5회 반복하여 절단강도(cutting strength)를 측정된 값으로 평균값을 구하였다. Rheometer의 조건은 Mode 1, Max 10 kg, R/H R Real 3 kg, P/T press 600 mm/m, REP1 3 sec로 설정하여 측정하였다.

관능검사

반복된 랜덤화 완전 블럭 계획(replicated randomized complete block design)(20)에 따라서 훈련된 8명의 관능요원이 1회에 4가지 시료를 평가하게 하고 이를 4회 반복 실시하였다. 평가내용은 정량적 묘사분석 방법(quantitative descriptive analysis)을 사용하였다. 주관적인 항목으로는 종합적인 외관(overall appearance), 종합적인 평가(overall acceptability), 냄새(smell), 조직감(texture)을 평가하고, 객관적인 항목으로는 미각적 지각인 짠맛(saltiness), 쓴맛

(bitter flavor), 군덕맛(moldy flavor), 신맛(acidic flavor)을 평가하였다. 주관적인 평가에서는 1에 가까울수록 극도로 좋고, 9에 가까울수록 극도로 싫은 것으로 나타내었고, 객관적인 평가에서는 1에 가까울수록 감지 불가능하고, 9에 가까울수록 강하게 감지하는 것으로 나타내었다. 미각적 지각은 여러 차례 어금니로 씹은 후 입과 코로 감지되는 것으로 평가하였으며, 이때 신맛은 산에 의해 나타나는 감각, 쓴맛은 초록색 풀에서 나는 쓴맛, 군덕맛은 오래된 김치에서 나는 불쾌한 정도로 정의하였다.

암세포 배양 및 MTT assay

세포배양을 위해 RPMI 1640, fetal bovine serum(FBS), 0.05% trypsin-0.02% EDTA 그리고 100 units/mL penicillin-streptomycin을 GIBCO(NY, USA)로부터 구입하여 사용하였고 세포배양은 5% CO₂ incubator(model 311 S/N29035, Forma, Marietta, USA)를 사용하였다. AGS 인체 위암세포(AGS human gastric adenocarcinoma cell)와 HT-29 인체 결장암세포(HT-29 human colon carcinoma cell)는 한국 세포주은행(서울의대)으로부터 분양받아 배양하면서 실험에 사용하였다. AGS 인체 위암세포와 HT-29 인체 결장암세포는 100 units/mL penicillin-streptomycin과 10%의 FBS가 함유된 RPMI 1640을 사용하여 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. 배양된 각각의 암세포는 일주일에 2~3회 refeeding하고 6~7일만에 PBS로 세척한 후 0.05% trypsin-0.02% EDTA로 부착된 세포를 분리하여 원심분리 한 후 계대 배양하면서 실험에 사용하였다. 배양된 암세포는 96 well plate에 well당 1×10^4 cells/mL가 되도록 180 µL씩 분주하고 김치 즙액시료(10, 20 µL/mL)와 메탄올 추출물(2 mg/mL)을 이용한 시료를 일정농도로 제조하여 72 시간 배양하였다.

김치 즙액시료는 김치 시료를 녹즙기로 착즙하여 4°C, 9000 rpm에서 15분간 원심분리 하여 채취한 상등액을 milipore filter(0.20 µm)로 여과 제균한 후 시료로 사용하였다. 메탄올 추출물은 pH 4.3의 적숙기까지 발효시킨 각각의 소

금 종류별 김치를 채취하여 동결건조한 후 시료를 마쇄하여 분말로 조제하고 분말시료에 20배(w/v)의 메탄올로 2회 추출하고, 회전식 진공농축기(EYELA, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 농축한 후 dimethylsulfoxide (DMSO)에 20%로 희석하여 실험에 사용하였다. 여기에 MTT(3-(4,5-dimethyl-thiazol)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) 용액 20 µL를 첨가하여 동일한 조건에서 4시간 동안 더 배양하였다. 이때 생성된 formazan 결정을 DMSO에 녹여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다(21,22).

통계분석

대조군과 각 시료로부터 얻은 실험 결과들의 유의성을 검증하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 행한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였으며, 그 결과는 평균(mean) ± 표준편차(standard deviation, SD)로 표시하였다. 모든 통계 분석은 Statistic Analysis System(v9.1 SAS Institute Inc., NC, USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

pH와 산도의 변화

정제염, 일반 천일염, 제간수 천일염, 구운소금 등 총 4 종류의 소금을 이용하여 제조한 김치를 15°C에서 7일간 보관하면서 발효 특성을 관찰하였다. Table 1에 보는 바와 같이, 일반 천일염과 제간수 천일염 김치가 정제염과 구운소금 김치보다 발효가 빨리 진행되는 것으로 나타났다. 발효 7일째 정제염, 일반 천일염, 제간수 천일염 김치에서는 pH 3.9대를 나타낸 반면 구운소금 김치는 pH 4.0대를 보여 발효가 천천히 진행되어 저장성이 증진되었음을 알 수 있었다. 산도 측정에서는 발효 3일만에 모든 군이 김치의 맛이 가장 좋은 적숙기(0.6%~0.8%)(23)에 도달했으며 발효가 진행됨에 따라 산도가 증가하였다. 이중 구운소금 김치의 산도가 가장 낮게 나타났고 일반 천일염과 제간수 천일염 김치에 비해

Table 1. Changes of pH and acidity in kimchis brined with various kinds of salt during fermentation at 15°C for 7 days

| | Fermentation day | P kimchi ¹⁾ | NS kimchi ²⁾ | NS-B kimchi ³⁾ | G kimchi ⁴⁾ |
|-------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| pH | 1 | 5.43±0.01 ^c | 5.38±0.01 ^d | 5.49±0.00 ^a | 5.48±0.01 ^b |
| | 3 | 4.34±0.01 ^b | 4.27±0.01 ^c | 4.25±0.00 ^d | 4.35±0.00 ^a |
| | 5 | 4.09±0.01 ^b | 4.05±0.01 ^c | 4.03±0.00 ^d | 4.11±0.01 ^a |
| | 7 | 3.99±0.01 ^b | 3.97±0.01 ^c | 3.96±0.01 ^d | 4.01±0.01 ^a |
| Acidity (%) | 1 | 0.27±0.000 ^b | 0.29±0.002 ^a | 0.23±0.001 ^d | 0.25±0.003 ^c |
| | 3 | 0.78±0.002 ^c | 0.81±0.001 ^b | 0.82±0.001 ^a | 0.76±0.003 ^d |
| | 5 | 0.85±0.001 ^c | 0.90±0.003 ^b | 0.97±0.001 ^a | 0.83±0.002 ^d |
| | 7 | 1.03±0.003 ^c | 1.08±0.003 ^b | 1.11±0.002 ^a | 0.99±0.003 ^d |

¹⁾P kimchi: Kimchi prepared by purified salt.

²⁾NS-kimchi: Kimchi prepared by natural sea salt.

³⁾NS-B-kimchi: Kimchi prepared by natural sea salt without bitter.

⁴⁾G kimchi: Kimchi prepared by Guwun (baked) salt.

^{a-d}Means with the different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple test. Values are mean ± SD.

정제염 김치에서도 산도가 낮게 나타났다. 이는 일반 천일염이 정제염에 비해 NaCl 외 Ca과 Mg 등 다른 무기성분의 함량이 높으므로 발효 효율이 증가되는 것으로 보인다(24). 소금별 김치 발효에 따른 pH의 변화는 다른 연구 결과들과 비슷하게 큰 차이를 보이지 않았으나(15,25), 일반 천일염과 제간수 천일염 김치에서 발효가 빠르게 일어남을 알 수 있었고 구운소금 김치가 가장 발효 속도를 늦추는 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 구운소금이 유기산을 생성하는 *Lactobacillus* sp.의 성장을 저해하여 발효 속도를 늦춘 것으로 사료(14)되고 소금에 포함된 미량원소 함량에 따라 또는 가공방법에 따라 발효 속도가 영향을 받는 것으로 보인다(26).

젖산균의 변화

김치발효에 영향을 미치는 젖산균의 변화를 알아보고자 소금 종류를 달리하여 제조한 김치를 15°C에서 7일간 저장 시키면서 관찰하였다. *Leuconostoc* sp. 균수의 변화에서는 구운소금 김치에서 발효 초기 다른 소금으로 제조한 김치에 비해 다소 높았다. 발효가 지속됨에 따라 그 변화 폭은 크지 않았지만 정제염과 일반 천일염 김치는 발효 3일째 7.7×10^8 CFU/g, 8.1×10^8 CFU/g으로 최대 균수를 보였고 제간수 천일염과 구운소금 김치에서는 발효 5일째 8.5×10^8 CFU/g, 8.8×10^8 CFU/g로 최대 균수를 관찰할 수 있었다(Table 2). 따라서 다른 군에 비해 제간수 천일염과 구운소금 김치에서 시원한 맛에 관여하는 *Leuconostoc* sp. 균수가 높았다(15). *Lactobacillus* sp.의 균수 변화는 모든 군에서 발효 3일째 최대 균수를 보였다. 일반 천일염과 제간수 천일염, 구운소금 김치에 비해 정제염 김치의 균수가 $2.0 \sim 3.6 \times 10^7$ CFU/g 정도로 적었고 발효 5일째는 다른 군보다 제간수 천일염에서 높은 균수를 관찰할 수 있었다(Table 2). 일반적으로 *Leuconostoc* sp.은 적숙기(pH 4.3) 때 그 수가 최대로 되어 CO₂를 생성하고 김치의 풍미에 좋은 영향을 준다. 내산성이 강한 *Lactobacillus* sp.은 김치 맛이 가장 좋은 적숙기(pH 4.3)에 관여하는 것으로 알려져 있으며(27), pH가 저하된 발효 후반기까지 왕성한 생육을 보인다.

따라서 구운소금은 김치의 맛과 향을 증진시킬 뿐만 아니라 잠균인 호기성 세균의 번식을 억제시켜주는 *Leuconostoc* sp.의 성장을 촉진하고, *Lactobacillus* sp.의 성장을 억제시켜 저장성 향상에 영향을 주는 것으로 사료된다. 또한 제간수 천일염 김치의 젖산균 생육이 좋으므로 저장성 향상뿐 아니라 풍미에도 좋은 영향을 주는 것으로 예상된다. 이는 *Lactobacillus plantarum*에 대한 소금 종류별 항균 효과가 구운소금에서 높았다는 보고(28)와 비슷한 경향을 보인다.

텍스처 검사

김치의 텍스처는 염장에 의하여 배추세포 내부의 공기가 탈기되고 수분이 용출됨에 따라 세포벽이 포개지게 되면서 절단면에 걸리는 섬유소 증가 변화로 측정할 수 있다(5). Table 3은 소금 종류를 달리 하여 제조한 김치의 텍스처를 관찰하기 위하여 Rheometer를 이용한 절단강도(cutting strength)를 측정된 결과이다. 발효가 진행될수록 텍스처가 감소함을 확인할 수 있었다. 발효 첫째 날의 경우, 제간수 천일염 김치의 텍스처가 78.3%로 가장 높았고 구운소금과 일반 천일염 김치는 각각 74.5%, 70.9%으로 나타났다. 한편 정제염 김치는 54.3%로 조직감이 현저히 낮음을 알 수 있었

Table 3. Comparison of rheological properties (cutting strength) of kimchis with various kinds of salt during fermentation at 15°C for 7 days (%)

| Fermentation day | P kimchi ¹⁾ | NS kimchi ²⁾ | NS-B kimchi ³⁾ | G kimchi ⁴⁾ |
|------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | 54.3±0.9 ^c | 70.9±2.8 ^b | 78.3±2.4 ^a | 74.5±0.9 ^b |
| 3 | 41.8±0.3 ^c | 50.0±2.4 ^b | 68.6±2.0 ^a | 69.9±1.3 ^a |
| 5 | 40.4±0.7 ^d | 49.8±0.5 ^c | 59.7±1.3 ^b | 67.2±0.5 ^a |
| 7 | 39.3±0.4 ^d | 45.8±0.4 ^c | 57.5±0.7 ^b | 64.4±1.0 ^a |

¹⁾P kimchi: Kimchi prepared by purified salt.
²⁾NS-kimchi: Kimchi prepared by natural sea salt.
³⁾NS-B-kimchi: Kimchi prepared by natural sea salt without bitter.
⁴⁾G kimchi: Kimchi prepared by Guwun (baked) salt.
^{a-d)}Means with the different letters in the same row are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple test. Values are mean±SD.

Table 2. Changes in *Leuconostoc* sp. and *Lactobacillus* sp. counts of kimchis brined with various kinds of salt during fermentation at 15°C for 7 days

| Count (CFU/g) | Fermentation day | P kimchi ¹⁾ | NS kimchi ²⁾ | NS-B kimchi ³⁾ | G kimchi ⁴⁾ |
|--------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| <i>Leuconostoc</i> sp. | 1 | 2.9×10^7 | 1.7×10^7 | 2.4×10^7 | 3.3×10^7 |
| | 3 | 7.7×10^8 | 8.1×10^8 | 8.4×10^8 | 5.6×10^8 |
| | 5 | 5.2×10^8 | 3.5×10^8 | 8.5×10^8 | 8.8×10^8 |
| | 7 | 2.3×10^8 | 2.9×10^8 | 2.5×10^8 | 2.1×10^8 |
| <i>Lactobacillus</i> sp. | 1 | 3.6×10^6 | 3.8×10^6 | 3.6×10^6 | 3.6×10^6 |
| | 3 | 6.3×10^7 | 9.9×10^7 | 8.5×10^7 | 8.3×10^7 |
| | 5 | 1.1×10^8 | 2.9×10^8 | 3.3×10^8 | 1.8×10^8 |
| | 7 | 3.5×10^8 | 4.1×10^8 | 4.1×10^8 | 3.2×10^8 |

¹⁾P kimchi: Kimchi prepared by purified salt.
²⁾NS-kimchi: Kimchi prepared by natural sea salt.
³⁾NS-B-kimchi: Kimchi prepared by natural sea salt without bitter.
⁴⁾G kimchi: Kimchi prepared by Guwun (baked) salt.

다($p < 0.05$). 발효가 진행됨에 따라 제간수 천일염과 구운소금 김치의 텍스처 저하가 적게 나타나 발효 7일째에도 50% 이상의 높은 점수를 나타내었다. 제간수 천일염에 비해 일반 천일염 김치는 발효가 진행되면서 조직의 연화로 텍스처가 감소하였다. 특히 정제염 김치는 발효가 진행될수록 텍스처의 감소가 급격히 일어나는 것을 알 수 있었다. 이는 염절입 후 펙틴의 carboxyl기에 Na이 결합되어 펙틴과 셀룰로오스 y사이의 수소결합 해제로 텍스처가 상실된 것으로 사료된다(29). 구운소금과 제간수 천일염 김치는 발효 생육에 좋은 영향을 줄 뿐만 아니라 텍스처 유지에도 좋은 효과를 나타내었다. 따라서 간수를 제거한 소금으로 김치를 제조하는 것이 품질 및 경제적인 면에서 유리하다는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 전통적인 김치 제조에서 간수를 제거한 소금을 사용하는 방법이 우수하다고 사료된다.

관능검사

소금 종류를 달리하여 제조한 김치의 관능적 특성을 알아보았다(Fig. 1). 주관적 평가항목인 종합적 평가에서 제간수 천일염으로 제조한 김치가 7.5점으로 가장 높은 기호도를 보였다. 구운소금으로 제조한 김치는 7.0점으로 제간수 천일염으로 제조한 김치에 비해 큰 차이가 없었고 일반 천일염과 정제염으로 제조한 김치는 종합적인 평가에서 5.2, 4.4점으로 크게 낮은 기호도를 나타내었다($p < 0.05$). 외관상 만족도에서도 제간수 천일염과 구운소금으로 제조한 김치가 7.5, 7.1점으로 높은 반면 일반 천일염과 정제염 김치는 5.8, 5.5점을 나타내었다. 쓴맛과 군덕맛에서도 일반 천일염(5.9, 6.5)과 정제염(5.3, 5.3)으로 제조한 김치가 제간수 천일염(3.5, 3.0)과 구운소금(3.5, 3.1)으로 제조한 김치보다 높은 점수를 나타내었다. 텍스처에서도 제간수 천일염과 구운소금으로 제조한 김치가 6.7점으로 일반 천일염(5.2)과 정제염(5.5)으로 제조한 김치보다 좋음을 알 수 있다. 이는 김치 제조 시 천일염이나 한주소금(기계염)에 비해 구운소금(가공염)을 사용하여 제조한 김치가 관능적 특성이 우수하다는 연구결과와도 일치하였다(15). 따라서 소금 종류가 발효 속도뿐만 아니라 김치의 관능적 특성에도 영향을 주는 것으로 사료되며, 젖산균과 텍스처 측정 결과와 유사하게 나타났다. 정제염은 김치를 천천히 발효시키는 특성이 있는 반면 맛과 텍스처에서는 낮은 점수를 나타내었다. 또한 관능검사 중 종합적인 평가에서 제간수 천일염과 구운소금 김치에서의 높은 점수는 *Leuconostoc* sp.의 증가와 관련 있는 것으로 추측된다. 이는 제간수 천일염과 구운소금으로 제조한 김치에 비해 정제염과 일반 천일염으로 제조한 김치의 텍스처 점수가 낮은 것보다도 비슷한 경향을 보인다.

암세포 성장저해 효과

AGS 인체 위암세포의 성장억제 효과: 소금의 종류별로 제조한 김치의 *in vitro* 항암효과를 알아보기 위해 적숙기(pH 4.3)일 때 김치 즙액과 메탄올 추출물을 이용하여 MTT

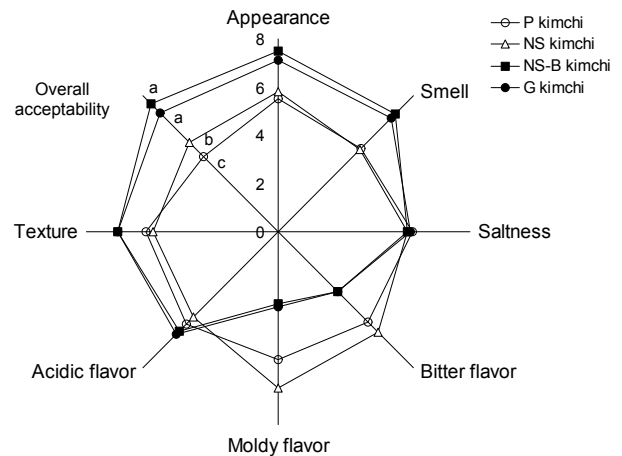


Fig. 1. Sensory evaluation of kimchis brined with various kinds of salt fermented at 15°C for 3 days. Sensory characteristics rated on 9-point scale: 1-extremely bad, 9-extremely good in subjective evaluation (appearance, overall acceptability, smell, texture), and 1-extremely weak, 9-extremely strong in objective evaluation (saltiness, bitter flavor, moldy flavor, acidic flavor). P kimchi: Kimchi prepared by purified salt, NS-kimchi: Kimchi prepared by natural sea salt, NS-B-kimchi: Kimchi prepared by natural sea salt without bitter, G kimchi: Kimchi prepared by Guwun (baked) salt kimchi. ^{a-c}Means with the different letters in overall acceptability are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple test.

assay로 AGS 인체 위암세포의 성장억제 효과를 관찰하였다(Fig. 2). 김치즙액을 이용한 실험의 경우 20 μ L/100 μ L 농도에서 구운소금으로 제조한 김치의 암세포 성장 저해율이 60%로 가장 저해효과가 높았고, 제간수 천일염으로 제조한 김치는 53%로 일반 천일염(48%)과 정제염(32%)으로 제조한 김치보다 높은 암세포 성장억제 효과를 보였다($p < 0.05$). 10 μ L/100 μ L 농도에서도 구운소금, 제간수 천일염, 일반 천일염, 정제염으로 제조한 김치가 각각 38%, 30%, 27%, 23%의 암세포 성장억제 효과를 보여 비슷한 경향을 나타내었다. 또한 메탄올 추출물을 이용하여 관찰한 결과, 2 mg/mL의 첨가농도에서 구운소금, 제간수 천일염, 일반 천일염, 정제염 순서로 각각 66%, 61%, 55%, 49%의 암세포 성장 저해율을 나타내었다($p < 0.05$, Fig. 2B). 이는 Kil(14)의 연구 결과와 같이 구운소금, 천일염, 정제염(한주소금)으로 제조한 김치 순서로 AGS 인체 위암세포 성장저해 효과와 동일한 양상을 보였다. 따라서 본 실험을 통하여 제간수 천일염 및 구운소금 사용 김치가 일반 천일염과 정제염으로 제조한 김치보다 높은 위암세포 성장억제($p < 0.05$)로 항암기능성이 증가되는 효과가 있음을 알 수 있었다.

HT-29 인체 결장암세포의 성장억제 효과: HT-29 인체 결장암세포를 이용하여 소금 종류별로 제조한 김치의 *in vitro* 항암효과를 알아보기 위하여 적숙기(pH 4.3)까지 발효시킨 김치 즙액을 이용하여 HT-29 인체 결장암세포의 성장억제 효과를 관찰하였다(Fig. 3A). 그 결과, 20 μ L/100 μ L에서 구운소금과 제간수 천일염으로 제조한 김치에서 암세포

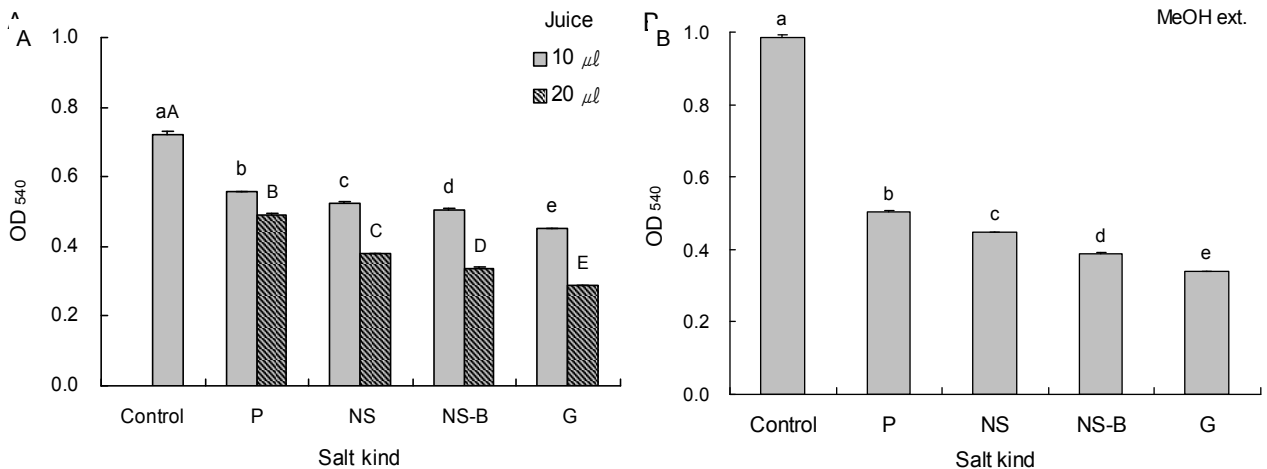


Fig. 2. Inhibitory effect of juices (A) and methanol extracts (2 mg/mL, B) from baechu kimchi prepared with various kinds of salt on the growth of AGS human gastric adenocarcinoma cells in 3-(4,5-dimethyl-thiazol)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay. P: Kimchi prepared by purified salt, NS: Kimchi prepared by natural sea salt, NS-B: Kimchi prepared by natural sea salt without bitteren, G: Kimchi prepared by Guwun (baked) salt. ^{a-e, A-E} Means with the different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple test.

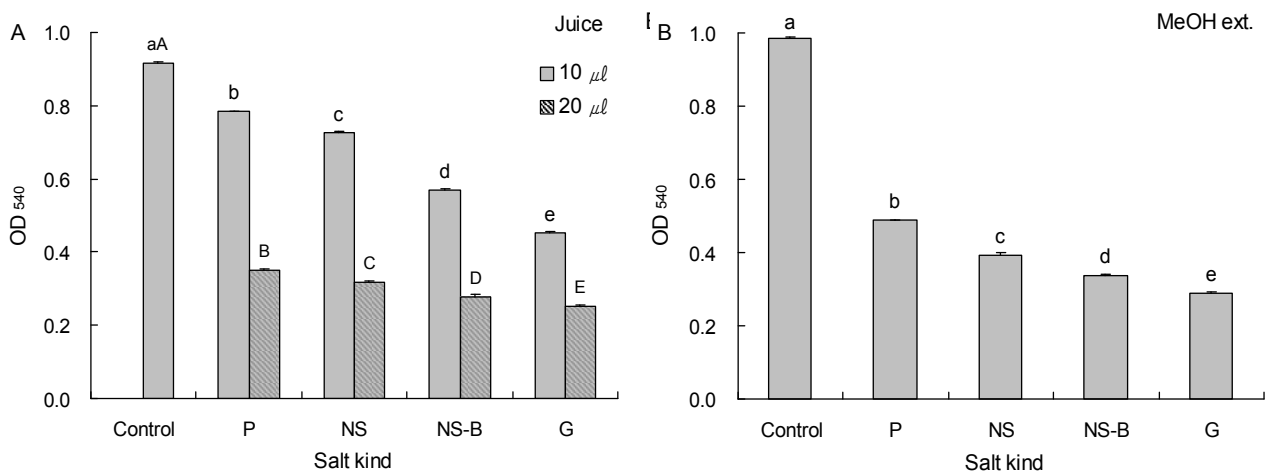


Fig. 3. Inhibitory effect of juices (A) and methanol extracts (2 mg/mL, B) from baechu kimchi prepared with various kinds of salt on the growth of HT-29 human colon cancer cells in 3-(4,5-dimethyl-thiazol)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay. P: Kimchi prepared by purified salt, NS: Kimchi prepared by natural sea salt, NS-B: Kimchi prepared by natural sea salt without bitteren, G: Kimchi prepared by Guwun (baked) salt. ^{a-e, A-E} Means with the different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple test.

성장 저해율이 각각 72%, 70%로 정제염으로 제조한 김치 (62%)보다 높은 암세포 성장억제 효과를 보였다. 10 µL/100 µL의 농도에서는 구운소금, 제간수 천일염, 일반 천일염, 정제염으로 제조한 김치에서 각각 51%, 38%, 21%, 15%의 암세포 성장억제 효과($p < 0.05$)로 비슷한 경향을 나타내었다. 김치의 메탄올추출물을 이용하여 HT-29 인체 결장암 세포의 성장억제 실험 결과에서도 2 mg/mL의 첨가농도에서 구운소금, 제간수 천일염, 일반 천일염, 정제염 순서로 각각 71%, 66%, 60%, 51%의 암세포 성장 저해율을 나타내었고($p < 0.05$) 제간수 천일염과 구운소금 김치가 정제염보다 높은 암세포 성장억제 효과로 김치 즙액의 결과와 비슷한 경향을 보였다(Fig. 3B). 그러므로 HT-29 인체 결장암세포에서도 AGS 인체 위암세포 실험 결과와 같이 제간수 천일

염 및 구운소금 김치에서 항암 기능성이 증진됨을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 Kil(14)의 천일염이나 구운소금으로 제조한 김치에 있어서 정제염에 비하여 높은 항암 증진 효과를 나타내었다는 연구결과와도 비슷한 경향을 보인다. 따라서 소금의 종류가 김치의 항암효과에 영향을 미치는 것으로 확인되었고 특히 제간수 천일염과 구운소금은 김치의 항암기능성을 증진시키는 것으로 나타났다.

요 약

배추김치 제조 시 소금 종류별 품질 차이 및 항암 기능성 증진 효과를 알아보기 위해 정제염, 일반 천일염, 제간수 천일염, 구운소금을 사용하여 비교 연구하였다. pH 변화 및

산도에서 발효가 진행됨에 따라 정제염과 구운소금으로 제조한 김치가 일반 천일염과 제간수 천일염으로 제조한 김치에 비해 발효 속도가 지연되는 경향을 보였다. 젖산균의 변화에서는 제간수 천일염과 구운소금으로 제조한 김치에서 김치의 맛과 향을 증진시킬 수 있는 *Leuconostoc* sp.의 성장이 촉진되고 *Lactobacillus* sp.의 성장은 억제됨을 관찰할 수 있었다. 또한 제간수 천일염과 구운소금으로 제조한 김치에서 텍스처가 좋았고 관능검사에서도 높은 점수를 나타내었다($p < 0.05$). AGS 인체 위암세포와 HT-29 인체 결장암세포를 이용한 항암 효과 실험에서도 제간수 천일염과 구운소금으로 제조한 김치의 항암 기능성이 증가되었다. 따라서 총 4가지 종류의 소금 중 제간수 천일염과 구운소금으로 제조한 김치가 우수한 품질을 나타내었고 항암 기능성도 증진시켜 김치 발효에 적합한 것으로 확인되었다. 그러나 품질 및 건강 기능면과 경제적인 면을 고려해 본다면 전통적으로 사용되었던 제간수 천일염이 김치 제조 시 가장 적합한 소금으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 '08 수확 후 관리연구비 지원으로 이루어졌으며 농촌진흥청에 깊이 감사드립니다.

문헌

- Park KY. 1995. The nutritional evaluation, and anti-mutagenic and anticancer effects of kimchi. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 169-182.
- Kim YJ. 1999. Physiological properties of kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 4: 59-65.
- Lee JE. 1992. Salt and hypertension. *Korean J Nephrology Suppl* 6: 56-60.
- Kim JM, Kim IS, Yang CH. 1987. 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.
- Lee CH, Hwang IJ, Kim JK. 1988. Macro and micro-structure of Chinese cabbage leaves and their texture measurements. *Korean J Food Sci Technol* 20: 742-748.
- Takahashi M, Kokubo T, Furukawa F, Kurokawa Y, Tatematsu M, Hayashi Y. 1983. Effect of high salt diet on rat gastric carcinogenesis induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine. *Gann* 74: 28-34.
- Kim SH, Park KY, Suh MJ. 1995. Comutagenic effect of sodium chloride in the salmonella/mammalian microsome assay. *Foods Biotech* 4: 264-267.
- Ko YD, Kim HJ, Jun SS, Sung NJ. 1994. Development of control system for kimchi fermentation and storage using refrigerator. *Korean J Sci Technol* 26: 199-208.
- Cho Y, Rhee HS. 1991. Effect of lactic acid bacteria and temperature on kimchi fermentation (II). *Korean J Soc Food Sci* 7: 89-95.
- Choi HS. 1995. *The life of Korean, kimchi*. Mil-al, Seoul. p 181.
- Ha JO, Park KY. 1998. Comparison of mineral contents and external structure of various salts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 413-418.
- Park JW, Kim SJ, Kim SH, Kim BH, Kang SG. 2000. Determination of mineral and heavy metal contents of various salts. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1442-1445.
- Kim MJ, Kim SD. 2000. Quality characteristics of kimchi prepared with major spring Chinese cabbage cultivars. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 343-348.
- Kil JH. 2004. Studies on development of cancer preventive and anticancer kimchi and its anticancer mechanism. *PhD Dissertation*. Pusan National University, Busan. p 92.
- Cho EJ, Lee SM, Park KY. 1998. Standardization of kinds of ingredient in Chinese cabbage kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 9: 1228-1235.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemistry, Washington, DC, USA. p 79.
- 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 Microbi Biotechnol* 20: 102-109.
- Lee MK, Park WS, Kang KH. 1996. Selective media for isolation and enumeration of lactic acid bacteria from kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 754-760.
- Cheigh HS, Park KY. 1994. Biochemical, morphological, and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). *Crit Rev Food Sci Nutr* 34: 175-203.
- Kim KO, Lee YC. 1998. *Sensory evaluation of foods*. Hakyon Publishing Co., Seoul. p 192.
- Park JG, Kramer BS, Steinber CJ, Collins JM, Minna JD, Gazdar AF. 1987. Chemosensitivity testing of human colorectal carcinoma cell lines using a tetrazolium-based colorimetric assay. *Cancer Res* 47: 5875-5879.
- Skehan P, Storeng R, Monks SA, McMahon J, Vistica D, Warren JT, Bokesch H, Kenney S, Boyd MR. 1990. New colorimetric cytotoxicity assay for anticancer-drug screening. *J Natl Cancer Inst* 82: 1107-1112.
- Mheen TI, Kwon TW. 1984. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 16: 443-450.
- Kim SD. 1997. Salting and fermentation of kimchi. *J Food Sci Technol* 9: 187-196.
- Lee KD, Choi CR, Cho JY, Kim HL, Ham KS. 2008. Physicochemical and sensory properties of salt-fermented shrimp prepared with various salts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 53-59.
- Kim SJ, Kim HL, Ham KS. 2005. Characterization of kimchi fermentation prepared with various salts. *Korean J Food Preserv* 12: 395-401.
- Schimmer AD, Dalili S, Batey RA, Riedl SJ. 2006. Targeting XIAP for the treatment of malignancy. *Cell Death Differ* 13: 179-188.
- Park SJ, Park KY, Jun HK. 2001. Effects of commercial salts on the growth of kimchi-related microorganisms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 806-813.
- Park MW, Park YK. 1998. Changes of physicochemical and sensory characteristics of *Oiji* (Korean pickled cucumbers) prepared with different salts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 419-424.

(2009년 1월 9일 접수; 2009년 7월 7일 채택)