

미산성 차아염소산수와 미가열 병용 처리를 통한 원료 전처리 및 김치 저장 중 품질 확보

박중현 · 김하나 · 오덕환
강원대학교 식품생명공학과

Quality Enhancement of *Kimchi* by Pre-Treatment with Slightly Acidic Electrolyzed Water and Mild Heating during Storage

Joong-Hyun Park, Ha-Na Kim, and Deog-Hwan Oh

Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University

ABSTRACT This study was conducted to determine the inactivation effects of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) on microorganisms attached to salted Chinese cabbage and food materials of *kimchi*, such as slice radish and green onion. In addition, changes in microbial and physicochemical quality of manufactured *kimchi* during storage at 4°C for 4 weeks were investigated. Compared to the untreated control with tap water, total bacterial counts (TBC) of Chinese cabbage, slice radish, and green onion were reduced by 1.75, 1.68, and 1.03 log CFU/g at dipping times of 20 min, 5 min, and 10 min, respectively, upon treatment with 30 ppm SAEW at 40°C. Effect of microbial inhibition was higher in salted Chinese cabbage brined in 10% salt (w/v) of 30 ppm SAEW at 40°C than in untreated control with tap water, as indicated by 1.00 log CFU/g reduction. TBC of *kimchi* manufactured with materials treated with 30 ppm SAEW at 40°C was not significantly affected compared to untreated control, although coliforms were remarkably reduced compared to the untreated control. At the beginning of storage (1 weeks), TBC and lactic acid bacteria (LAB) counts increased by approximately 9 and 7.66~8.18 log CFU/g, respectively, and coliforms were completely eliminated. The pH and acidity of *kimchi* at 2 weeks were 4.34~4.49 and 0.55~0.66%, respectively, and then slowly decreased. The texture (firmness) of *kimchi* decreased with storage time, but the difference was not significant. This combined treatment might be considered as a potentially beneficial sanitizing method for improving the quality and safety of *kimchi*.

Key words: *kimchi*, slightly acidic electrolyzed water (SAEW), mild heating, sanitation, quality changes

서 론

우리나라를 대표하는 식품인 김치는 미생물이 살아있는 자연 발효식품으로 소금 절입한 배추에 고춧가루, 마늘, 무, 파, 젓갈류 등 여러 가지 부재료를 혼합한 후 낮은 온도에서 발효시켜 채소의 신선한 맛, 젓산발효의 상큼한 맛, 각종 향신료의 독특한 향미와 젓갈류의 감칠맛 등이 어우러져 식욕을 촉진해주는 한국 고유의 전통식품이다(1). 또한 김치에서 성장하는 유산균은 식품에서 섭취하는 천연 프로바이오틱스 제제로 건강 유지에 큰 역할을 담당하는 것으로 알려졌으며, 김치에 사용되는 각종 부재료 등의 효능이 인정되어 세계 10대 항암식품에 선정될 만큼 국제적으로 유명한 식품으로 인정받고 있다(2).

김치는 발효가 진행됨에 따라 젓산균이 생성하는 젓산에 의해 미생물이 사멸하기 때문에 과거에는 원·부재료의 초기 미생물의 제어를 중요하게 여기지 않았다. 그러나 최근 학교 급식소에서 발생한 장독소성 대장균에 의한 식중독으로 인해 김치에 사용되는 원·부재료의 초기 미생물 오염도 제어의 필요성이 높아지고 있다(3). 김치 원·부재료의 위생화는 식물 병원균이나 토양미생물, 대장균 등을 제거함으로써 김치의 위생 안전성을 증가시킬 수 있다. 현재까지 연구된 김치관련 연구들은 장기저장의 목적으로 방사선조사(4,5), 가열(6), 저온유통저장(7,8), 완충제(9,10) 및 천연 항균제 첨가(11), 염 혼합물의 첨가(12), 오존수 살균법(4,5) 등이 보고되었다. 그러나 이러한 연구들 대부분은 김치를 제조한 후 발효되는 과정에서 미생물을 제어하여 품질을 조절하거나 저장성을 높이는 연구로 김치 원·부재료의 초기 미생물 농도를 제어하는 살균 위생화에 대하여 많은 연구가 보고되지 않고 있다.

차아염소산수는 강산성, 약산성, 미산성 차아염소산수로 나누어지며, 식품첨가물공전에 기구 등의 살균소독제와 화

학적 합성품으로 등록되어 있어 식품용 기구 등의 살균소독 목적으로 사용[200 mg/L 이하(유효염소로서)]하거나 과실류, 채소류 등 식품의 살균 목적으로 사용할 수 있으며, 최종 식품의 완성 전에 중화 또는 제거하여야 한다(13). Park 등(14)은 김치의 원·부재료를 강산성 차아염소산수로 전처리하여 미생물의 저감에 관한 연구를 하였으나, 강산성 차아염소산수는 강한 산성(pH 2.7 이하)과 높은 유효염소농도(20~60 ppm)의 특성이 있어 염소냄새가 강하고 부식성이 많으며 산화작용으로 갈변이 촉진되어 식품에 직접 접촉하면 품질에 영향을 끼쳐 식품에 적용하는 데 한계점이 많은 것으로 나타났다. 반면에 미산성 차아염소산수(pH 5.0~6.5, 유효염소농도 10~30 mg/L)는 무색, 무취, 무미로 식품에 거의 영향을 미치지 않으며 강산성 차아염소산수보다 높거나 동등한 살균 효능을 갖고 있어 최근에는 천연 살균제로서 미산성 차아염소산수의 식품 적용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(15).

따라서 본 연구에서는 최근 식품산업에 활용되고 있는 비가열 살균방법 중 하나인 미산성 차아염소산수를 이용하여 김치 원·부재료의 초기 미생물을 저감화하고, 김치의 발효 과정에는 영향을 미치지 않는 새로운 세정방법의 개발을 위해 미산성 차아염소산수를 세척수로 활용하여 김치 초기 미생물을 제어하고자 하였다.

재료 및 방법

김치 재료

배추, 무, 파, 양파, 소금, 생강, 마늘, 고춧가루, 부추, 액젓 등은 당일 춘천시 홈플러스에서 구입하여 사용하였다. 배추 (*Brassica rapa* var. *glabra* Regel)는 비가식 부위를 제거하고 수도수에 세척 후 배추의 중륵 부위를 멸균된 칼로 4등분하여 사용하였으며, 무는 햇무(*Raphanus sativus* var. *hortensis* for. *acanthiformis* Makino)를 수도수로 1차 세척하여 멸균된 칼로 채썰기를 한 후 사용하였다. 파는 간대파(*Allium fistulosum* L.)를 수도수로 1차 세척한 후 어슷썰기 하여 사용하였고, 양파는 햇양파(*Allium cepa*)를 길쭉질을 벗겨낸 후 수도수로 세척하여 8등분한 다음 사용하였다. 소금은 굵은소금(천일염)을 사용하였으며, 마늘과 생강은 다진 것을 사용하였다. 부추(*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.)는 수도수로 1차 세척 후 4등분하였고, 액젓은 새우액젓과 멸치액젓을 1:1 비율로 섞어서 각각 사용하였다.

미산성 차아염소산수의 제조

미산성 차아염소산수 생성장치(BC-360, Cosmic Round Korea Co., Ltd., Seongnam, Korea)를 이용하여 6%로 희석한 염산을 전해질로 사용하여 pH 5.5~6.5, 유효염소농도 (available chlorine concentration, ACC) 10~30 mg/L, 산화환원전위(oxidation reduction potential, ORP) 500~

900 mV의 미산성 차아염소산수를 제조하였고, 미가열 처리 시에는 water bath에서 40°C로 중탕 가열하여 본 실험에 사용하였다.

김치 원·부재료(배추, 무, 파, 양파)에 대한 미산성 차아염소산수 처리

김치의 원·부재료(배추, 무, 파, 양파)는 비가식 부위를 제거하고 수도수로 1차 세척한 후 알맞은 크기로 절단하여 미산성 차아염소산수를 처리한 다음 원·부재료의 초기 미생물 저감화를 측정하였다. 미산성 차아염소산수의 최적 살균 조건을 탐색하기 위하여 원재료인 배추는 잎과 줄기 부위 각 5 g씩 10 g을 채취하여 유효염소농도(0, 10, 20, 30 mg/L), 침지 시간(0, 5, 10, 20, 30, 60분), 침지온도(20, 30, 40, 50°C)별로 초기 미생물 저감화를 실시하였다. 반면에 부재료로 사용된 무, 파, 양파는 각각 10 g씩 채취하여 배추에서 최적 살균 효능을 나타낸 30 mg/L 미산성 차아염소산수를 사용하여 침지 시간(1, 3, 5, 10분), 침지온도(20, 40°C)에서 처리한 후 중화용액(0.5% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 0.85\%$ NaCl)으로 1분간 침지시키고, 펍톤수 90 mL를 가하여 Bagmixer (Bagmixer 400W, Interscience, Saint Nom, France)로 2분간 균질화한 다음 9 mL 펍톤수에 10진 희석하여 Tryptic Soy Agar(TSA, Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)에 0.1 mL 분주하고 도말한 후 35°C에서 24~48시간 배양하여 콜로니를 계수하였다(15).

김치 제조

배추를 수도수로 20분간 씻은 후 중륵 부위를 4등분으로 절단하여 10% 소금을 함유하는 염수에 12시간 절인 다음 수도수로 3회 세척하여 2시간 동안 실온에서 탈수하고 염농도가 3%(w/w) 전후가 되도록 절임하여 이를 대조구로 사용하였으며(16), 같은 조건으로 수도수 대신 20°C 미산성 차아염소산수(상온)와 40°C로 가열한 미산성 차아염소산수(30 mg/L, 20분)를 사용한 것을 처리구로 각각 사용하였다. 한편 무와 파는 가장 살균 효능이 좋았던 40°C로 가열한 미산성 차아염소산수(30 mg/L)에 각 5분과 10분간 침지하였다. 또한 대조구와 처리구로 사용한 세척수와 10% 염수의 양은 배추 무게의 4배를 사용하였다. 그 외 나머지 다진 마늘, 생강 등의 부재료는 Table 1의 배합비로 혼합하여 절임 배추에 버무려 김치를 제조하였으며, 최종 제조된 배추김치는 비닐 팩에 각 150 g씩 넣어 밀봉한 후 $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 저온에 보관하면서 본 실험에 사용하였다.

pH 측정

시료 100 g을 채취하여 믹서기로 마쇄한 후 4겹의 거즈로 짜서 즙액을 낸 다음 10~100 mL를 취하여 시료액으로 사용하였다. 준비된 시료액을 교반하면서 pH 측정기(HI 98121, HANNA Instruments, Woonsocket, RI, USA)로 측정하였다.

Table 1. Recipe of *kimchi* used for this study

Materials	Proportion (%)
Brined cabbage	73.0
Radish shreds	10.0
Red pepper powder	2.7
Green onion	2.0
Onion	1.0
Garlic	2.0
Ginger	0.3
Salted shrimp	2.0
Fermented anchovy sauce	1.8
Chives	1.0
Water	4.0
Salt	0.2

산도 측정

산도는 AOAC법(17)에 따라 측정하였다. 시료 100 g을 마쇄한 후 4겹의 거즈로 짜서 즙액을 낸 다음 10~100 mL를 취하여 시료액으로 사용하였다. 준비된 시료액을 서서히 교반하면서 0.1 N NaOH(수산화나트륨 용액)로 pH 8.1까지 적정한 후 다음의 식에 의해 산도를 계산하였다.

$$\text{Acidity (젓산\%)} = \frac{V_1 \times f \times 0.009}{V_2} \times 100$$

V_1 : 시료를 적정하는 데 소요된 0.1 N NaOH의 양(mL)

f : 0.1 N NaOH factor

V_2 : 적정에 사용된 시료의 양(mL)

경도 측정

절임배추(대조구 및 처리구)를 저장하면서 저장기간에 따른 경도의 측정은 배추의 하단으로부터 5 cm 부위를 두께 3~4 mm, 3×3 cm의 크기로 절단하여 측정하였다. 경도 측정은 Texture analyzer(Brookfield, Middleborough, MA, USA)를 사용하였고 시료 두께의 65%까지 관통하면서 받는 최대 힘(g)으로 표시하였으며, 각 시료는 3회 반복 실험하여 그 평균값으로 나타내었다.

미생물군 측정

김치 제조 시 미생물 분석은 김치를 국물과 함께 10 g 취하여 멸균액(Whirl-Pak, Nasco, Fort Atkinson, WI, USA)에 담아 peptone water 90 mL를 넣고 2분간 균질화하여 미생물 계수의 시료로 사용하였다. 총균수 계수는 tryptic soy agar(TSA, Difco)를 사용하였으며 35°C에서 24~48시간 배양한 후 30~300개의 콜로니를 형성한 배지를 계수하여 생균수를 측정하였고, coliform은 3M petrifilm(3M, St. Paul, MN, USA)을 사용하여 35°C에서 24~48시간 배양한 후 적색에 기포가 생긴 콜로니를 계수하였다. 젓산균은 *Lactobacillus* MRS agar(Difco)에 2% CaCO₃를 첨가한 배지를 사용하여 30°C에서 5일 배양 후 CaCO₃의 산에 의한 용해로 인해 투명한 환을 나타내는 흰색 집락을 생성한 배지를

계수하여 측정하였다(18).

통계 처리

모든 실험은 3회 반복 실시하여 mean±SD로 나타내었으며, 각 실험 결과의 통계분석은 SPSS(Statistical Package of Social Science, version 19.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용한 일원분산분석법을 실시하여 Duncan's multiple range test에 의해 시료 간의 유의적 차이($P < 0.05$)를 검정하였다.

결과 및 고찰

미산성 차아염소산수에 의한 김치 원·부재료(배추, 무, 파, 양파) 및 절임배추의 미생물 저감 효과

배추는 김치 제조 시 사용되는 주원료로 채소류 중에서 가장 많이 소비되고 있으나 높은 수분 함량으로 미생물의 번식 때문에 부패하기 쉬워 저장기간이 짧은 문제점이 있다. 선조들은 예로부터 이러한 단점을 보완하려는 방법으로 김치를 제조하여 저장성을 증대시켜 식품으로 이용해왔다. 김치는 양파, 마늘과 같은 향균물질을 함유한 부재료의 첨가와 유산균의 증식으로 인한 pH의 저하로 인해 식중독 미생물로부터 기인한 위생적인 문제가 대두하지 않았으나, 최근 학교 급식소에서 발생한 장독소성 대장균에 의한 식중독 보고로 인해 미생물의 오염도가 낮은 청정배추의 사용 및 초기 미생물 제어의 필요성이 높아지고 있다(19,20).

Fig. 1은 미산성 차아염소산수에 김치의 원·부재료인 배추를 5분간 침지하였을 때 유효염소농도에 따른 총균수의 저감 효과를 탐색한 결과이다. 살균 효능은 유효염소농도에 의존성을 나타내었으며 30 ppm 침지 시 대조구에 비하여 약 0.74±0.07 log CFU/g 감소하였다. 반면 배추의 경도는 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다($P > 0.05$). 본 연구 결과를 바탕으로 Fig. 2는 미산

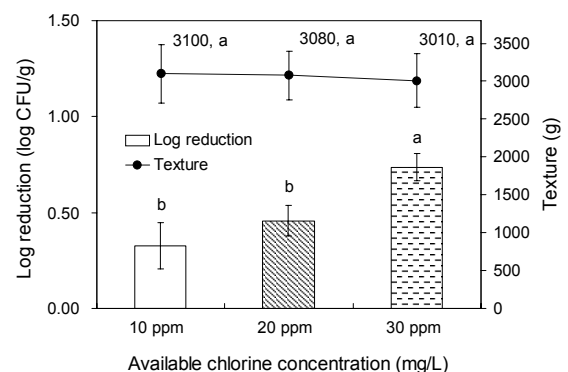


Fig. 1. Inactivation of total bacterial counts and texture change in Chinese cabbage treated by different concentration of slightly acidic electrolyzed water for 5 min. Each value represents the mean±standard deviation. Different letters show a significant difference at $P < 0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

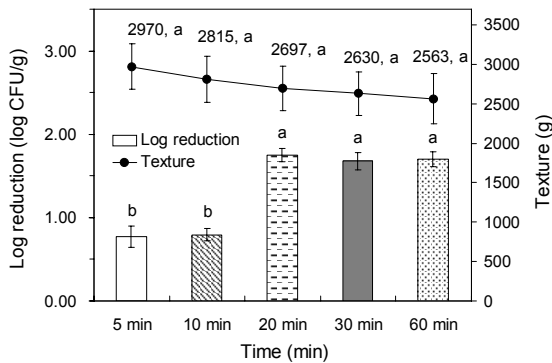


Fig. 2. Inactivation of total bacterial counts and texture change in Chinese cabbage treated by different dipping time with 30 ppm slightly acidic electrolyzed water. Each value represents the mean±standard deviation. Different letters show a significant difference at $P<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

성 차아염소산수 30 mg/L를 처리하였을 때 침지 시간에 따른 살균 효능을 조사한 결과이다. 10분간 침지 시 대조구에 비하여 0.80 ± 0.07 log CFU/g 감소를 했으나 20분간 침지 하였을 때는 1.75 ± 0.08 log CFU/g 감소를 나타내었고, 그 이후부터는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 배추의 침지 시간이 길어질수록 경도는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과를 Rahman 등(21)이 보고한 당근에 처리한 강산성 차아염소산수 처리의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 본 연구 결과와 유사하게 살균제의 살균 효능이 침지 시간 의존적으로 증가하지 않는 것은 식품의 표면에 존재하고 있는 내재균이 바이오필름을 형성하여 살균소독제의 살균 효과를 저해하기 때문이라고 보고하였으며(22,23), 본 연구에서는 20분 처리 이후 미산성 차아염소산수의 농도가 배추에 존재하는 유기화합물과 반응하여 살균 효능에 영향을 미치는 더 이상의 잔존 유효농도가 없기 때문으로 생각한다(data not shown).

Fig. 3은 배추를 차아염소산수 30 ppm에 20분간 침지하였을 때 침지 온도 변화에 따른 총균수의 살균 효능을 나타낸 결과이다. 미산성 차아염소산수의 침지온도가 20~30°C에서는 약 1.76 log CFU/g의 감소를 나타내었으나 40~50°C에서 약 2.49 log CFU/g의 감소를 나타내, 미산성 차아염소산수의 침지온도가 증가함에 따라 살균 효과는 더욱 증가하는 것으로 나타났으며 40°C 이상의 온도에서는 살균 효능이 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다($P>0.05$). 이러한 결과는 Kim 등(24)이 포장 김치에 감마선조사 단독 처리구보다 감마선조사에 가열 처리한 병용 효과가 미생물 사멸에 훨씬 영향이 크다는 보고와 유사한 결과를 나타내었다. 배추의 경도는 40°C까지는 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었지만 50°C에서는 현저하게 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과 배추의 살균 효능과 조직감을 기준으로 볼 때 미산성 차아염소산수의 최적 살균 조건은 유효염소 농도 30 mg/L, 침지 시간 20분 및 침지온도 40°C로 처리할

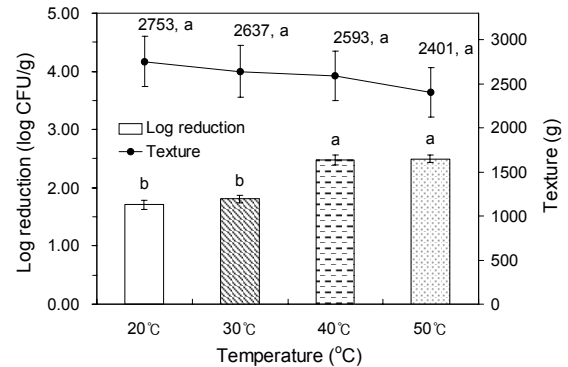


Fig. 3. Inactivation of total bacterial counts and texture change in Chinese cabbage treated by different dipping temperature of 30 ppm slightly acidic electrolyzed water for 20 min. Each value represents the mean±standard deviation. Different letters show a significant difference at $P<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

경우 가장 효율적이며 높은 살균 조건을 나타내는 것으로 나타났다.

본 연구 결과를 바탕으로 부재료로 사용되는 무와 파를 절단하여 미산성 차아염소산수의 살균 효능을 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 무채를 30 ppm 미산성 차아염소산수로 침지 시간에 따른 살균 효능을 분석한 결과 5분 침지 이후부터는 침지 시간에 따른 살균 효능의 차이가 없었으며(data not shown), 상온(20°C)에서 5분 침지 시 1.52 log CFU/g 감소를 나타내었고, 침지온도를 40°C로 증가 시 1.68 log CFU/g 감소하여 침지온도 증가에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편 파는 30 ppm 미산성 차아염소산수로 처리하였을 때 침지 시간에 따른 살균 효능을 분석한 결과 10분 침지에서 가장 높은 살균 효능을 나타내었고 이후부터는 침지 시간에 따른 살균 효능의 차이가 없었으며(data not shown), 상온(20°C)에서 10분 침지 시 0.92 log CFU/g 감소를 나타내었고, 침지온도를 40°C로 증가하였을

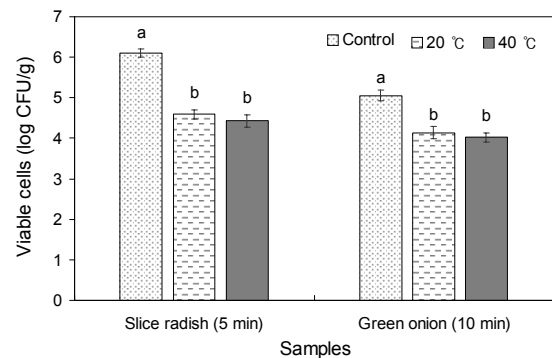


Fig. 4. Inactivation of total bacterial counts in sliced radish and green onion treated by different dipping time and temperature of 30 ppm slightly acidic electrolyzed water. Each value represents the mean±standard deviation. Different letters show a significant difference at $P<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

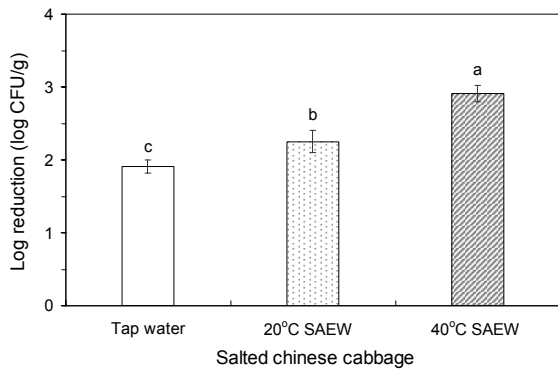


Fig. 5. Inactivation of total bacterial counts in salted Chinese cabbage treated by different dipping temperature of 30 ppm slightly acidic electrolyzed water (SAEW) for 20 min. Each value represents the mean±standard deviation. Different letters show a significant difference at $P<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

때 1.03 log CFU/g 감소하여 침지온도 증가에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 반면에 양파는 식품의 특성상 자체에 항균물질을 많이 함유하고 있어 자연적으로 존재하는 총균수가 검출한계인 1 log CFU/g 이하로 존재하여 미산성 차아염소산수를 처리하지 않았다. Youn과 Shin(25)은 양파는 자줏빛이 도는 얇은 막질이 안쪽의 층을 이루는 비늘을 감싸고 있어 외부와 단절되어 있고, quercetin 등의 flavonoid 물질이 풍부하여 높은 항균 활성이 존재한다고 보고하였다.

한편 10% 소금을 함유하는 염수와 미산성 차아염소산수의 병용으로 처리 시 절임배추에 존재하는 총균수의 저해 효과를 분석한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 10% 소금으로 절인 후 수도수, 30 ppm 미산성 차아염소산수(20°C 상온) 및 40°C로 가열한 30 ppm 미산성 차아염소산수에서 20분간 침지하여 탈수한 다음 총균수의 저해 효과를 측정된 결과

각 세척된 절임배추는 1.91, 2.25, 2.91 log CFU/g 감소하는 것으로 나타났다. 40°C로 가열한 미산성 차아염소산수를 세척수로 이용할 경우 높은 미생물 저감 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다. Lee(26)는 배추 및 절임배추 제조 시 오존처리를 하였을 때 총균수 감소 효과가 크다고 보고하였는데 이는 본 연구의 결과와 유사한 결론을 도출하였다.

김치 제조 산업에 있어 미산성 차아염소산수의 열 병용 처리에 관한 국내 연구는 아직 미흡한 실정이다. 하지만 위와 같은 결과를 바탕으로 미산성 차아염소산수를 가열 처리하여 김치 제조 산업에 적용할 경우 원·부재료의 높은 미생물 저감 효과와 청정화를 이룩할 수 있을 것으로 생각한다. 또한 김치의 물성에 영향을 주지 않는 범위 내에서 열 병용 처리를 김치 제조에 적용하여 원·부재료의 위생화를 통한 식품위생 안전성을 확보할 수 있으리라 판단된다.

미산성 차아염소산수로 처리한 김치의 저장 중 미생물의 변화

김치 주재료인 배추와 부재료인 무, 파, 양파 등을 위에서 언급한 최적 조건에서 전처리한 후 Table 1과 같이 절임배추에 김치 양념을 배합비에 맞게 김치를 제조하였으며, 제조된 김치를 4°C에서 4주간 발효·저장하면서 총균수, 젖산균수, 대장균균수의 변화를 측정하였다(Table 2). 김치는 제조 직후 총균수와 대장균균수가 각 6.28~6.31 log CFU/g, 3.84~4.34 log CFU/g이었으며, 젖산균은 검출한계(<1 log CFU/g) 이하로 나타났다. 그러나 저장 1주 후에는 총균수와 젖산균은 각 8.65~9.13, 7.66~8.18 log CFU/g으로 생육이 빠르게 증가하였으며, 저장 3주까지 총균수와 젖산균 모두 최대로 증식하다가 이후 서서히 감소하여 저장 4주 후에는 8.61~8.68, 8.48~8.75 log CFU/g으로 각각 감소하였다. 따라서 미산성 차아염소산수로 김치의 원·부재료를 사전에 세척하면 발효 김치의 미생물학적 위생 처리에 많은

Table 2. Change in the number of total bacterial counts (TBC), coliforms and lactic acid bacteria in *kimchi* stored at 4°C (unit: log CFU/g)

Microorganisms	Treatments	Storage time				
		0 day	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
TBC	Control	6.31±0.19 ^{aC1)}	9.13±0.01 ^{aA}	9.28±0.10 ^{bcA}	9.17±0.13 ^{bA}	8.68±0.25 ^{aB}
	SAEW	6.31±0.27 ^{aC}	8.87±0.01 ^{bAB}	9.19±0.08 ^{cA}	9.27±0.13 ^{aA}	8.61±0.22 ^{aB}
	40°C SAEW	6.28±0.38 ^{aC}	8.65±0.67 ^{cb}	9.36±0.10 ^{aA}	9.31±0.23 ^{aA}	8.68±0.26 ^{aB}
Coliform	Control	4.34±0.21 ^a	ND ²⁾	ND	ND	ND
	SAEW	3.84±0.09 ^b	ND	ND	ND	ND
	40°C SAEW	3.87±0.13 ^b	ND	ND	ND	ND
Lactic acid bacteria	Control	ND ^{aD}	8.06±0.05 ^{aC}	9.37±0.06 ^{aA}	9.04±0.25 ^{bA}	8.48±0.37 ^{bB}
	SAEW	ND ^{aD}	7.66±0.11 ^{bC}	9.25±0.10 ^{bA}	9.35±0.10 ^{aA}	8.68±0.27 ^{aB}
	40°C SAEW	ND ^{aD}	8.18±0.07 ^{aC}	9.35±0.06 ^{aA}	9.38±0.13 ^{aA}	8.75±0.13 ^{aB}

¹⁾Average±standard deviation.

²⁾ND: not detected (detection limit: 1 log CFU/g).

Means with different small letters (a-c) within the same column were significantly different from each microorganisms and storage time ($P<0.05$).

Means with different capital letters (A-D) within the same row were significantly different from each treatments and storage time ($P<0.05$).

도움이 될 수 있다고 판단된다.

한편 절임배추 및 무와 파를 최적 조건의 미산성 차아염소산수로 처리 시 총균수가 약 3~4 log CFU/g으로 현저하게 감소하였지만(data not shown), 고춧가루, 젓갈 등의 김치 양념을 첨가하여 최종적으로 김치를 제조하였을 때에는 약 6~7 log CFU/g까지 증가하는 것으로 나타났다. 이처럼 미산성 차아염소산수를 처리하여 원·부재료의 초기 미생물을 현저하게 제어했음에도 불구하고 김치 제조 직후 초기 총균수가 높은 이유는 Jung 등(27)이 양념 제조 시 사용하는 고춧가루, 마늘, 생강과 같은 부재료를 대부분 살균 처리 없이 그대로 사용하는데 이들 원료 속에 내재하고 있는 총균수가 높기 때문이라고 하였다. 또한 Lee와 Cho(4)와 Park 등(16)은 김치 담금의 양념재료에서 총균수 오염상태를 분석한 결과 고춧가루는 4~6 log CFU/g, 마늘은 5~7 log CFU/g, 생강은 5~6 log CFU/g이 존재한다고 보고하였다.

이러한 결과는 김치 제조 시 감마선조사, 전해수처리, 오존처리 등을 사용하여 품질 확보와 저장성 증진을 위한 연구를 수행한 다른 연구 결과들과 유사한 경향을 나타내었다(5,28). 본 연구에서 나타난 결과와 같이 원·부재료에 오염된 미생물을 최적화된 미산성 차아염소산수로 현저하게 저감화하였지만, 자연적으로 존재하는 김치 양념재료들의 총균수 오염 농도가 높으므로 김치 제조 후에는 초기 총균수가 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 앞으로는 김치의 초기 미생물 오염을 최소화하기 위해서는 원·부재료의 살균도 중요하지만, 김치 양념재료들의 초기 오염된 미생물을 저감화시키는 세척기술 개발이 매우 필요한 것으로 판단된다.

미산성 차아염소산수로 처리한 김치의 저장 중 이화학적 변화

김치는 각종 미생물과 미생물이 내는 효소에 의해 발효되며, 발효과정에서 생산된 각종 유기산에 의해 pH와 산도가 변하게 된다. 최적 조건에서 미산성 차아염소산수로 전처리한 김치를 4°C에서 4주간 저장하는 동안 pH, 산도 및 조직감 등 이화학적 변화를 조사한 결과는 각 Fig. 6 및 Fig. 7과 같다.

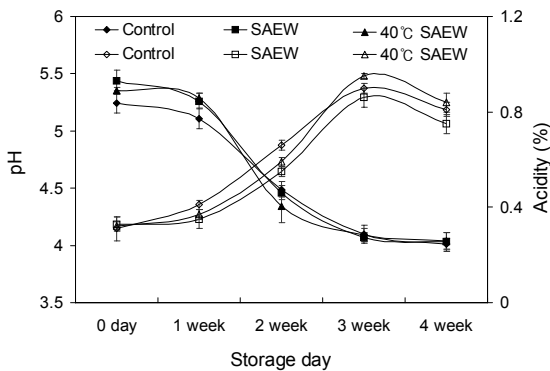


Fig. 6. pH and acidity changes in kimchi during storage at 4°C. Empty, acidity; filled, pH.

김치 제조 직후 pH는 5.24~5.44였으나 저장 2주 후 pH가 4.34~4.49로 급격히 감소하였는데, 이러한 경향은 Table 2에서 나타난 바와 같이 김치 제조 직후에는 젖산균이 검출되지 않았으나 발효가 시작되면서 2주 후에는 젖산균 생육이 급속도로 증가하기 때문에 pH가 감소한 것으로 판단된다. 저장 2주 이후부터는 pH의 변화가 점차 완만한 변화를 나타내었으며 저장 4주에는 pH 4.01~4.04로 나타났다. 저장 중 김치의 pH 변화는 저장기간 동안 대조구와 미산성 차아염소산수 처리구의 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다($P>0.05$). pH 측정은 김치의 적숙 정도를 나타내는 중요한 요인으로 pH가 4.2~4.6 부근이면 섭취에 가장 좋은 적숙기로 알려졌다. 반면 김치 제조 직후 산도는 0.31~0.33%였으며 저장 중 산도의 변화는 저장 2주까지 0.55~0.66%로 서서히 증가하다가 이후부터는 빠른 속도로 증가하여 3주에는 0.86~0.95%까지 최고로 증가한 후 서서히 감소하기 시작하여 저장 4주에는 0.84%로 감소하였고, 대조구와 처리구에서는 유의적인 차이가 없었다(Fig. 6). 일반적으로 산도는 김치의 품질을 평가하는 데 있어서 pH와 중요한 인자로 알려졌으며 김치의 산도가 0.4~0.75% 정도일 때 식용이 가능하고, 약 0.6% 정도일 때 섭취하기 가장 적합한 것으로 알려졌다. 따라서 본 연구 결과에서는 pH와 산도를 기준으로 볼 때 저장 2주가 가장 품질이 좋은 것으로 판단된다.

한편 김치를 4°C에서 4주간 저장하는 동안 경도 변화를 조사한 결과는 Fig. 7과 같다. 김치 제조 직후 수도수, 미산성 차아염소산수, 열처리 미산성 차아염소산수로 처리한 김치의 경도는 각 2,861, 2,731, 2,646 g로 유의적 차이가 없었으며, 저장 2주까지 거의 경도 변화가 없다가 이후부터 급격히 떨어져 저장 4주 후에는 1,468, 1,598, 1,213 g로 저장기간이 지남에 따라 경도가 감소하는 경향을 나타내었으나 처리구 간 경도 변화에 대한 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다($P>0.05$). 일반적으로 경도의 변화는 배추의 펙틴을 분해하는 효소인 polymethylgalacturonase(PME), polygalacturonase(PG)와 김치 내의 미생물이 분비하는 효소에 의해 pectin의 기본구조인 polygalacturonic acid의 α -1,4 결합이 가수분해 되어 가용성 물질로 변하게 되면서 조직감이 떨어지게 되는 연부현상에 의해 일어나게 된다(25). 또한

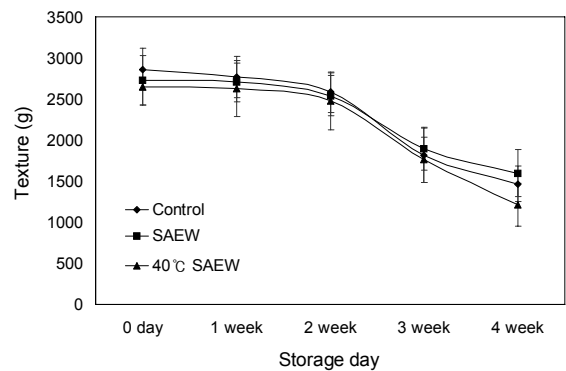


Fig. 7. Texture changes in kimchi during storage at 4°C.

김치를 제조할 때 사용되는 소금으로 인한 배추 조직 내부와 외부의 삼투압의 차이로 조직액의 유출과 소금(Na^+)의 조직 내 침투현상이 일어나게 되면서 배추의 pectin 분자와 가교 결합을 하는 Mg^{2+} , Ca^{2+} 의 금속이온이 소금 내에 존재하는 Na^+ 이온으로 치환되면서 pectin 분자구조 변화에 의해 배추의 견고성이 감소하게 된다(29). 즉 경도가 변하는 가장 큰 원인은 김치의 세포벽에 있는 펙틴질의 구조가 변하기 때문이다. 김치의 경도 변화는 저장기간이 지남에 따라 Fig. 7과 같은 경향을 보여주었다. 김치 제조 직후 수도수, 미산성 차아염소산수, 미가열 미산성 차아염소산수의 순으로 경도가 각각 2,861, 2,731, 2,646 g로 유의적 차이 없이 저장 2주차까지 경도의 변화가 완만하였으나, 4주차에는 미산성 차아염소산수, 수도수, 미가열 미산성 차아염소산수 순으로 각각 1,598, 1,468, 1,213 g의 단단함을 나타내었다. 전반적으로 저장기간이 지남에 따라 경도가 감소하는 경향을 보이고 있으며 처리구별 경도 변화에 대한 유의적 차이는 없는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 Jeong 등(30)과 Kim 등(31)이 절임배추에 대해 각기 다른 방법으로 처리하여 제조한 절임배추의 저장기간이 지남에 따라 탄력성이 감소한다는 보고와 유사한 결과를 나타내었다.

요 약

본 연구는 김치의 원·부재료와 절임배추에 부착된 미생물을 저감화하기 위하여 미산성 차아염소산수의 살균 최적화 조건을 탐색하였고, 이를 바탕으로 제조된 김치를 4°C에서 4주간 저장하는 동안 나타나는 미생물학적 및 이화학적 변화를 측정하였다. 배추는 대조구에 비하여 40°C에서 30 ppm 미산성 차아염소산수로 20분간 침지하였을 때 1.75 log CFU/g, 무채는 같은 조건에서 5분간 침지 시 1.68 log CFU/g, 파는 10분 침지 시 1.03 log CFU/g으로 각각 가장 높은 살균 효능을 나타내었다. 한편 10% 소금으로 절임한 배추를 세척할 때 40°C에서 30 ppm 미산성 차아염소산수로 세척 시 2.91 log CFU/g 저감 효과를 나타내 수도수로 세척할 때 보다 1 log CFU/g 높은 살균 효능을 나타내었다. 반면 위생 처리된 절임배추에 고춧가루, 젓갈 등 양념으로 제조된 김치에서는 이들 양념에 오염된 높은 농도의 총균수로 인하여 대조구와 처리구 간에 초기 총균수의 차이는 없었으나 대장균군은 40°C 미산성 차아염소산수 처리구가 대조구에 비하여 현저하게 감소하였다($P < 0.05$). 김치를 4°C에서 4주간 저장하는 동안 미생물과 이화학적 변화를 측정한 결과 총균수는 저장 1주 후에 약 9 log CFU/g 증식하였으나, 대장균군은 완전히 사멸하였고 젓산균은 7.66~8.18 log CFU/g까지 증식하였다. 저장기간이 증가함에 따라 3주까지는 총균수와 젓산균 모두 약 9 log CFU/g까지 유지하였으나 4주째에는 현저하게 감소하였으며 대조구와 처리구 모두 유의적 인 차이가 없는 것으로 나타났다($P > 0.05$). 한편 김치의 pH와 산도는 저장 2주째 pH 4.34~4.49, 산도 0.55~0.66%로

가장 좋은 품질지표를 나타냈으며 이후부터는 품질 저하가 서서히 나타났다. 경도도 저장기간이 증가할수록 현저하게 저하되었으나 처리구 간 경도 변화에 대한 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다. 본 연구 결과 김치 제조 시 미산성 차아염소산수의 활용은 품질과 안전성 확보에 도움이 되는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구(논문)는 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(No. 00047347)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

1. Park KY. 1995. The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of Kimchi. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 169-182.
2. Kim YH, Kim JU, Oh SJ, Kim YJ, Kim MH, Kim SH. 2008. Technical optimization of culture conditions for the production of exopolysaccharide (EPS) by *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 9595. *Food Sci Biotechnol* 17: 587-593.
3. Cho JI, Joo IS, Park KS, Han MK, Son NR, Jeong SJ, Heo J, Kim YJ, Oh MH, Kim SH, Lee SH. 2014. Characterization of pathogenic *Escherichia coli* strains linked to an outbreak associated with kimchi consumption in South Korea, 2012. *Food Sci Biotechnol* 23: 209-214.
4. Lee KH, Cho CM. 2006. Effect of ozone and gamma irradiation for eliminating the contaminated microorganisms in food materials for kimchi manufacturing. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1070-1075.
5. Lee KH, Byun MW. 2007. Quality changes of kimchi manufactured with sanitized materials by ozone and gamma irradiation during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 216-221.
6. Cha BS, Kim WJ, Byun MW, Kwon JH, Cho HO. 1989. Evaluation of gamma irradiation for extending the shelf life of Kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 21: 109-119.
7. Ko YD, Kim HJ, Chun SS, Sung NK. 1994. Development of control system for Kimchi fermentation and storage using refrigerator. *Korean J Food Sci Technol* 26: 199-203.
8. Lee HJ, Baek JH, Yang M, Han HU, Ko YD, Kim HJ. 1993. Characteristics of lactic acid bacterial community during kimchi fermentation by temperature downshift. *Kor J Microbiol* 31: 346-353.
9. Park KJ, Woo SJ. 1988. Effect of Na-acetate, Na-malate and K-sorbate on the pH, acidity and sourness during Kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 20: 40-44.
10. Kim SD. 1985. Effect of pH adjuster on the fermentation kimchi. *J Korean Soc Food Nutr* 14: 259-264.
11. Chung DK, Yu RN. 1995. Antimicrobial activity of bamboo leaves extract on microorganisms related to Kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 27: 1035-1038.
12. Ku KH, Kang KO, Chang YS, Kim WJ. 1991. Effect of combined salts addition on physical and sensory properties of kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 23: 123-128.
13. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2015. *Korea food additives code (Notification No. 2015-5)*. Chungbuk, Korea. p 1687,1745.

14. Park BK, Oh MH, Oh DH. 2004. Effect of electrolyzed water and organic acids on the growth inhibition of *Listeria monocytogenes* on lettuce. *Korean J Food Preserv* 11: 530-537.
15. Rahman SM, Ding T, Oh DH. 2010. Effectiveness of low concentration electrolyzed water to inactivate foodborne pathogens under different environmental conditions. *Int J Food Microbiol* 139: 147-153.
16. Park MJ, Kim SD, Kim MK, Kim ID. 1997. Microbial contamination of materials, washing of Chinese cabbage by ozone treatment and fermentation of kimchi. *J Food Sci Technol* 9: 25-32.
17. AOAC. 2000. *Official methods of analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 920.
18. Yang EJ, Chagn HC. 2008. Antifungal activity of *Lactobacillus plantarum* isolated from kimchi. *Kor J Microbiol Biotechnol* 36: 276-284.
19. An SJ. 2009. Study on the determinants of trade pattern of Kimchi in South Korea, China, and Japan and influence of developing the Korean wave (Hallyu) on Kimchi export. Presented at 1st Oral Presentation of Korea Rural Econ. Inst., Naju, Korea.
20. Kim MK, Kim SY, Woo CJ, Kim SD. 1994. Effect of air controlled fermentation on Kimchi quality. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 268-273.
21. Rahman SM, Jin YG, Oh DH. 2011. Combination treatment of alkaline electrolyzed water and citric acid with mild heat to ensure microbial safety, shelf-life and sensory quality of shredded carrots. *Food Microbiol* 28: 484-491.
22. Ciccio PD, Vergara A, Festino AR, Paludi D, Zanardi E, Ghidini S, Ianieri A. 2015. Biofilm formation by *Staphylococcus aureus* on food contact surfaces: Relationship with temperature and cell surface hydrophobicity. *Food Control* 50: 930-936.
23. van der Veen S, Abee T. 2011. Mixed species biofilms of *Listeria monocytogenes* and *Lactobacillus plantarum* show enhanced resistance to benzalkonium chloride and peracetic acid. *Int J Food Microbiol* 144: 421-431.
24. Kim MH, Park JG, Kim JH, Park JN, Lee HJ, Kim WG, Lee JW, Byun MW. 2006. Combined effect of heat treatment and gamma irradiation on the shelf-stability and quality of packaged kimchi during accelerated storage condition. *Korean J Food Preserv* 13: 531-537.
25. Youn DH, Shin HT. 2012. The anti-bacterial effects and epidermal permeability barrier function of red onion juice produced in Jeon-Nam province in Korea. *Kor J Oriental Preventive Medical Society* 16: 43-56.
26. Lee KH. 2008. Effect of ozone treatment for sanitation of Chinese cabbage and salted Chinese cabbage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 90-96.
27. Jung SW, Park KJ, Kim YH, Park BI, Jeong JW. 1996. Effect of electrolyzed acid-water on initial control of microorganisms in kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 761-767.
28. Park KJ, Jung SW, Park BI, Kim YH, Jeong JW. 1996. Initial control of microorganism in kimchi by the modified preparation method of seasoning mixture and the pretreatment of electrolyzed acid-water. *Korean J Food Sci Technol* 28: 1104-1110.
29. Kim JM, Kim IS, Yang HC. 1987. Storage of salted Chinese cabbages for Kimchi - I. Physicochemical and microbial changes during salting of Chinese cabbages - . *J Korean Soc Food Sci Nutr* 16: 75-82.
30. Jeong JK, Park SE, Lee SM, Choi HS, Kim SH, Park KY. 2011. Quality changes of brined baechu cabbage prepared with low temperature stored baechu cabbages. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 475-479.
31. Kim YW, Jeong JK, Lee SM, Kang SA, Lee DS, Kim SH, Park KY. 2009. Effect of permeability-controlled polyethylene film on extension of shelf-life of brined Baechu cabbage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1767-1772.