

전해산화수를 이용한 김치의 초기 미생물 제어 효과

정승원* · 박기재 · 김영호 · 박병인* · 정진웅

한국식품개발연구원
*(주)보인인터내셔널

Effect of Electrolyzed Acid-Water on Initial Control of Microorganisms in *Kimchi*

Sung-Won Jung[†], Kee-Jai Park, Young-Ho Kim, Byoung-In Park*, Jin-Woong Jeong

Korea Food Research Institute, Kyungki-do 463-420, Korea

*Boin International Co., Seoul 135-080, Korea

Abstract

To lessen the initial level of microorganisms, electrolyzed acid-water was used as washing and brine water in the manufacturing process. On the washing and salting processes, application of electrolyzed acid-water showed a possibility to lessen the microorganism level of Chinese cabbage effectively. Microbial level of Chinese cabbage was reduced to about 1/4 level by salting and washing process with electrolyzed acid-water while Chinese cabbage salted with tap water increased to about 1.7 times. And no coliform and *E. coli* were detected. However significant differences between seasoning mixtures prepared with electrolyzed acid-water and with tap water were not observed in microbial levels. Relatively low level of total count in *kimchi* prepared with electrolyzed acid-water was kept until 15 days of fermentation at 10°C. Any significant difference between them was not observed after 20 days of fermentation. pH and acidity were showed the same tendencies as microbial count.

Key words: electrolyzed acid-water, *kimchi*, microorganisms

서 론

근년의 급속한 산업화 과정은 식량의 증산, 가공식품의 보급, 유통체계의 개선과 함께 식생활에도 큰 변화를 가져왔다. 이와 더불어 소비자의 무한한 건강욕구와 식품오염에 대한 우려로 식품의 안전성 확보라는 새로운 과제가 대두되기에 이르렀으며, 전통식품 또한 위생성과 안전성에 관한 위생학적 고찰의 필요성이 강조되고 있는 바, 전통식품의 섭취로 인한 위해는 그 보고예가 없기는 하나 가능성을 전혀 배제할 수는 없다(1).

김치는 채소류를 주재료로 가공되어 미생물에 의해 발효 숙성되는 식품으로서 김치제조시 사용되는 재료는 일반 토양으로부터 수확되는 것이 대부분이기 때문에 각종 미생물의 오염 가능성이 있다(2). 김치의 미생

물학적 안전성에 대해 연구가 비교적 미진했던 것은 김치의 발효 특성 즉, 제조 초기에 위해미생물이 만약 존재하더라도 숙성에 따라 소장되며 존재 수준이 매우 미약하여 식용에는 아무 문제가 없다는 점과 김치의 제조 특성상 가혹한 조건에서의 살균을 할 수 없다는 점으로 생각할 수 있다. 그러나 국내 소비자의 일반적 식습관과는 달리 일본 등지에서는 결절이와 같은 미숙성 김치를 선호하는 경향이 있으며, 실제로 대일 수출 시에는 일본 자국의 임의법에 따라 漬物 중 기타 절임류로 분류되어 대장균 음성의 규격을 적용받고 있는 실정이다. 따라서 김치는 제조 특성상 재료 세척공정이 적절히 이루어진다고 하더라도 제조 초기 즉, 미숙성 단계의 경우 위해미생물의 효과적인 제어에 어려움이 있으므로 향후 이를 해결하기 위한 적절한 제어방안이 강구되어야 할 것으로 판단되었다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

김치발효에 있어서의 미생물 억제제의 방편으로서 열처리(3,4), 첨가물의 사용(4,5) 및 감마선 조사(6,7) 등의 예가 있으나 주로 저장성 증진을 목적으로 발효억제에 관한 것으로 초기 위해미생물의 소장에 관해서는 연구가 미진한 실정이며, 일반 살균제는 인체 유독성 물질의 잔류 등의 문제를 안고 있어 실용화가 어려운 형편이다. 전해 산화수란 소량의 NaCl을 첨가한 물을 전기분해하여 얻어지는 산화환원전위차 1,000mV 이상의 전해수로서 살균력 및 세정효과가 뛰어난 기능수를 말한다(8-11). 본 연구에서는 김치 제조시 철저한 재료 세척의 필요성과 더불어 김치 발효에는 영향을 미치지 않는 새로운 세정방법의 개발이 필요할 것으로 생각되어 전해산화수를 세척 및 절임수로 활용하여 김치의 초기 미생물을 제어하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 배추, 무, 파, 생강, 마늘, 고춧가루 등은 당일 시중에서 구입하여 사용하였으며, 소금은 영진염업사의 천일염을 사용하였다. 실험에 사용한 전해산화수(Electrolyzed Acid-water; EAW)는 전해산화수생성기(보인인터네셔널, 모델; Acera 2000)로 생산한 산화환원전위와 pH가 각각 1150~1200mV, pH 2.4~2.6인 전해산화수를 사용하였다. 한편, 시중 유통 중인 배추김치제품 13종을 전국에서 구입하여 10±1°C에서 저장하면서 미생물 측정용 시료로 사용하였다.

김치 담금

배추를 씻은 후 4등분하여 4×4cm의 크기로 절단하여 17%(w/w) 염수에 2시간 절인 후 물빼기(염도는 3.0%(w/w) 전후가 되도록 조절)를 하였다. 세절한 무 및 다진 마늘과 생강, 그리고 나머지 부재료를 Table 1과 같은 배합비로 혼합하고 절인 배추에 버무려서 김치를 제조하였으며, 담금 배추김치는 200g씩 유리병에 넣고

밀봉한 후 10±1°C 냉장고에 저장하여 실험에 사용하였다. 한편, 전해산화수의 영향을 검토하기 위하여 배추는 동일 방법으로 절단한 후 10분간 3배의 전해산화수에 세척하고 동일 염도의 전해산화수를 절임수로 사용하여 동일시간 절임하였다. 그리고 고춧가루를 제외한 양념재료는 각각 세척하여 혼합한 후 3배의 전해산화수에 10분간 침지하여 세정한 다음 별도로 3배의 전해산화수를 가하여 혼합한 고춧가루를 혼합하였으며, 이때 대조구로서는 수도수를 사용하였다.

pH 측정

시료 100g을 각 부위별로 균등하게 채취하여 마쇄한 후 4점의 가아제로 짜서 거름종이로 거른 다음 50~100ml를 취하고, 준비된 시료액을 서서히 교반시키면서 pH 측정기로 측정하였다.

산도 측정

A.O.A.C.법(12)에 따라 측정하였다. 시료 100g을 각 부위별로 균일하게 채취하여 마쇄한 후 4점의 가아제로 짜고 거름종이로 거른 다음 50~100ml를 취하였다. 준비된 시료액을 서서히 교반시키면서 pH 측정기를 이용하여 0.1N 수산화나트륨용액으로 pH 8.2까지 적정하고 다음 식에 의하여 산도를 계산하였다.

$$\text{산도(젖산\%)} = \frac{V_1 \times 0.009}{V_2} \times 100$$

여기에서 V₁: 시료를 적정하는데 소요된 0.1N 수산화나트륨용액의 양(ml)

V₂: 적정에 사용된 시료의 양(ml)

미생물군 측정

김치 제조시 미생물군 측정은 총 균수는 Plate Count Agar(Difco Lab.)를 이용하여 30°C에서 72시간 배양한 후 30~300개의 colony를 형성한 배지를 계수하여 생균수로 하였으며, 대장균군은 Chromocult Agar(Merck, Germany)를 사용하여 37°C에서 24시간 배양한 후 적색을 나타내는 것을 대장균군으로, 자주색을 나타내는 것을 대장균으로 하여 계수하였다. 그리고 젖산균수는 Lactobacillus MRS(Difco Lab.)를 사용하여 30°C에서 72시간 배양한 후 계수하였다. 발효 중에는 김치 100g을 homogenizer를 이용하여 마쇄한 후 멸균생리식염수를 가하여 적당히 희석한 것을 미생물 계수의 시료로 하였다.

Table 1. Recipe for the preparation of kimchi

Material	Contents(%, w/w)
Salted Chinese cabbage	90.0
Radish	2.9
Red pepper powder	3.1
Ginger	0.8
Garlic	1.6
Onion	1.6

결과 및 고찰

시중 유통 배추김치 제품의 대장균수 측정

시중에서 구입한 배추김치제품 13종을 10°C에서 저장하면서 미생물 오염의 대표적인 지표로 인식되고 있는 대장균수와 산도를 측정한 결과는 Table 2에서 보

는 바와 같다. 이들 제품은 구입 당시의 각 제품 유통기간이 서로 상이하고 사용원료가 동일하지 못하며 이들 13종이 김치 전체의 대표성을 지닌다고도 할 수 없으므로 담금 초기 김치의 위생적 문제에 대한 결론적 속단을 할 수는 없다. 그러나 김치 산도와 미생물수의 관계에 대한 기존의 많은 연구결과가 있음을 감안하여 본

Table 2. Number of *E. coli* recovered from purchased *kimchi* products

Sample	Storage time (Days)	pH	Acidity	<i>E. coli</i> (CFU/g)
A	-	4.23	0.89	ND
B	6	6.57	0.17	6.0×10^1
	13	4.24	0.91	ND
C	5	5.52	0.38	3.0×10^1
	12	4.32	1.10	ND
E	6	5.87	0.33	2.9×10^2
	13	4.29	0.91	ND
F	6	5.61	0.28	7.0×10^1
	13	4.38	0.84	ND
G	3	6.20	0.17	1.70×10^3
	9	4.26	0.86	ND
H	3	6.05	0.25	1.5×10^2
	9	4.80	0.56	6.0×10^1
	16	4.34	0.84	ND
I	5	5.80	0.27	7.0×10^1
	11	4.47	0.78	ND
J	2	5.70	0.39	1.7×10^2
	8	4.45	0.85	ND
K	4	5.64	0.68	4.0×10^1
	10	4.40	0.69	ND
L	2	4.61	0.47	1.2×10^2
	8	4.24	0.71	3.0×10^0
	15	4.21	0.96	ND
M	-	4.40	0.70	3.2×10^1
	6	4.27	0.86	1.7×10^2
N	13	4.03	1.11	ND
	-	4.11	0.74	ND

-: Unknown, ND: Not detected

Table 3. Number of microorganisms recovered from raw materials used for *kimchi* manufacturing

(unit : CFU/g)

Ingredients	Microflora Total count	Yeast & mold count	Coliform count	Staphylococci count	Lactobacillus count
Chinese cabbage	1.6×10^6	6.3×10^1	2.3×10^5	$<10^1$	6.2×10^4
Radish	5.3×10^5	1.3×10^2	6.3×10^3	3.0×10^1	2.3×10^4
Garlic	2.2×10^7	2.1×10^5	3.3×10^5	5.3×10^2	2.3×10^3
Welsh onion	7.8×10^6	2.3×10^3	7.6×10^5	2.5×10^3	5.5×10^5
Ginger	2.0×10^6	1.3×10^3	1.4×10^5	4.6×10^2	7.6×10^4
Red pepper powder	7.6×10^6	$<10^1$	8.4×10^5	2.1×10^4	4.2×10^5

실험에서도 제품의 산도 변화에 따른 대장균수의 감소 추이를 참고하고자 하였다. 기존의 연구 발표에서와 마찬가지로 본 연구에서도 저장기간의 경과와 김치산도의 상승에 따라 대장균수의 급격한 감소를 볼 수 있었으며 김치의 산도가 약 0.7%(젖산 함량기준) 전후인 시점에서 사멸되는 것으로 판단되었다. 그러나 구입당시에 가장 낮은 산도를 보인 두제품의 초기 대장균수는 각각 6.0×10^1 CFU/g 및 1.7×10^3 CFU/g으로 상당한 차이가 있음을 보여 결국 생산자에 따른 담금 초기의 청결수준 즉, 원·부재료 및 작업환경의 위생적 관리 등에 차이가 있음을 추정할 수 있었다.

전해산화수에 의한 김치 원·부재료의 표면살균 효과

김치 재료 중의 생배추나 일반 고춧가루에는 생균수가 10^8 CFU/g 정도 오염되어 있으며(2), 윤(13)은 김치의 미생물학적 위생성을 검토하기 위해 김치 원부재료에 대한 장내세균의 오염도를 조사한 결과 담금 초기의 의외로 높은 장내세균 오염도를 확인하였으며, 병원성이거나 식중독성인 *E. coli*, *Salmonella marcescens*, *Salmonella gallinarum*, *Klebsiella pneumonia* 등을 분리 동정하였다. 또한 이들을 강제오염시킨 결과 10°C에서 10일간 잔존하였으며 담금 직후의 김치는 위생적으로 문제가 있다고 하였다. 그러나 아직 김치의 각종 원부재료에 관한 위해미생물의 체계적인 분리·동정과 세척, 절입 및 숙성시의 세균 소장에 관한 체계적인 연구는 매우 미흡한 실정이다.

본 실험에 사용한 원부재료의 초기 미생물수는 Table 3와 같았으며, 원료배추를 수도수 및 전해산화수로 각각 1회 세정한 결과, 수도수를 사용한 처리구에서는 총균수가 2.3×10^5 CFU/g을, 그리고 전해산화수를 사용한 처리구에서는 1.0×10^5 CFU/g 수준이었으며, 대장균군은 수도수를 사용한 처리구에서는 2.9×10^2 CFU/g을, 전해산화수를 사용한 처리구에서는 1.7×10^2 CFU/g을 나타내었다(Fig. 1). 한편, 양쪽 모두에서 대장균은 검출되지 않았다.

부재료인 파, 생강 및 마늘을 세절한 후 각각 3배의 수도수 및 전해산화수에서 10분간 침지세정하고 여기에 별도로 준비한 고춧가루를 혼합하여 김치양념을 제조한 결과, 수도수를 사용한 경우 총균수 3.1×10^5 CFU/g, 대장균군수 7.8×10^4 CFU/g 및 대장균수 2.0×10^1 CFU/g을, 전해산화수를 사용한 경우에는 총균수 2.9×10^5 CFU/g, 대장균군수 2.0×10^4 CFU/g 및 대장균수 1.0×10^1 CFU/g을 나타내어 큰 차이를 볼 수는 없었다(Fig. 2). 이는 비교적 침지수의 양이 양념류가 가지는 많은 총균수에

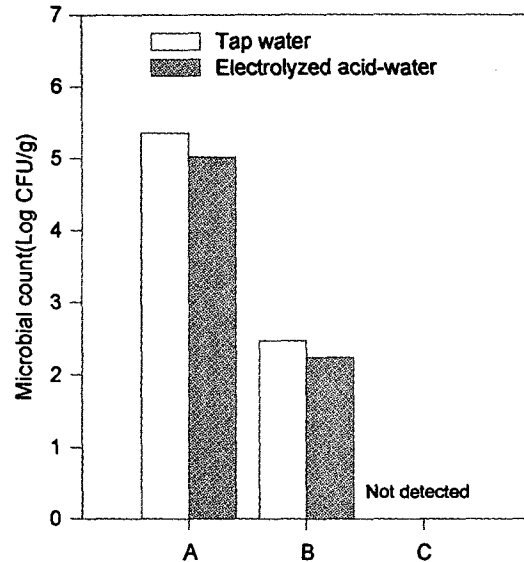


Fig. 1. Microbial counts of Chinese cabbages washed with tap water and electrolyzed acid-water. A: Total count, B: Coliform count, C: *E. coli* count

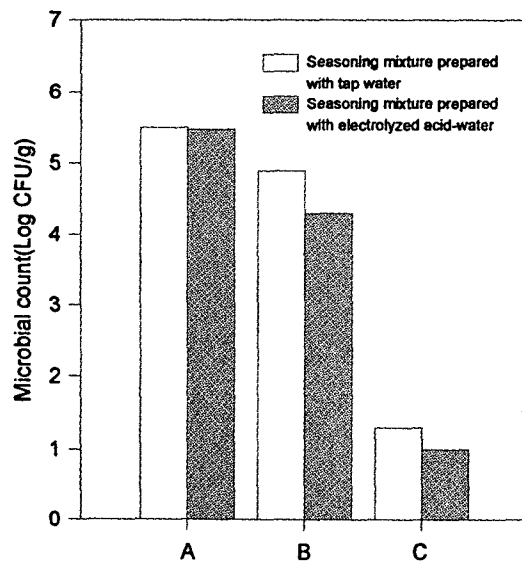


Fig. 2. Microbial counts of seasoning mixtures prepared with tap water and electrolyzed acid-water. A: Total count, B: Coliform count, C: *E. coli* count

비해 상대적으로 저고 침지시간이 짧았기 때문인 것으로 생각되었다. 특히 고춧가루는 전해산화수를 이용한 표면살균의 응용에 많은 문제점을 가지고 있으며 추후 이에 대한 개선이 절실할 것으로 판단되었다.

배추 절임수로서 전해산화수 이용효과

절임수를 전해산화수로 사용했을 경우 절임수 자체의 총 균수에서는 매우 큰 차이를 나타내었다(Fig. 3). 즉, 절임수를 수도수로 사용했을 경우에는 3.6×10^4 CFU/ml의 총 균수를 나타낸 반면 전해산화수를 사용한 경우에는 1.3×10^2 CFU/ml만을 나타내어 상대적으로 전해산화수를 사용했을 때가 약 1/270 정도의 낮은 수준을 보였다. 절임시간이 2시간인 점을 감안했을 때 이것은 전해산화수의 살균효과를 잘 나타낸 것이라 생각된다. 두처리 모두에서 대장균군 및 대장균의 검출은 확인되지 않았으나 절임수로서 전해산화수를 이용한다면 절임수에 의한 2차적인 오염을 효율적으로 예방할 수 있을 것으로 생각되었다.

한편, 절임한 후 물빼기를 거친 절임배추를 전해산화수로 세정한 경우에는 총 균수 2.3×10^4 CFU/g을 나타내었으며 대장균군 및 대장균은 검출되지 않았다. 그러나 수도수를 세정수로 사용한 경우에는 총 균수 3.8×10^5 CFU/g과 대장균군 10CFU/g을 나타내어 전해산화수를 사용한 경우가 수도수 처리구에 비해 1/16 정도의 낮은 수준을 보였다(Fig. 4). 이상의 결과로 절임 전후를 비교했을 때 전해산화수를 사용했을 경우에는 절임과 세척 후 총 균수가 약 1/4 수준으로 감소했으며, 대장균군은 거의 완전히 사멸한 것으로 나타난 반면 수도수를 사용한 처리구에서는 총 균수가 약 1.7 배 정도 증가하였다.

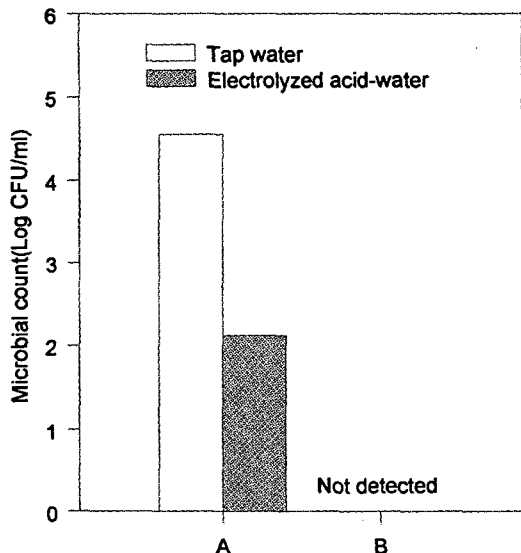


Fig. 3. Microbial counts of brine water prepared with tap water and electrolyzed acid-water after salting of Chinese cabbage for 2 hours. A: Total count, B: Coliform count

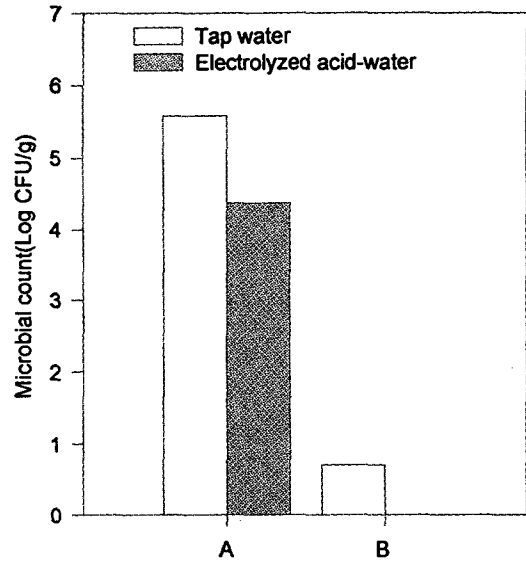


Fig. 4. Microbial counts of salted Chinese cabbages washed with tap water and electrolyzed acid-water. A: Total count, B: Coliform count

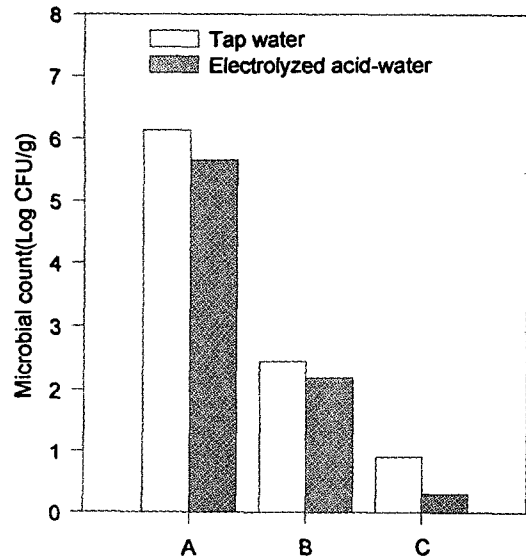


Fig. 5. Microbial counts of kimchi prepared with tap water and electrolyzed acid-water. A: Total count, B: Coliform count, C: E. coli count

전해산화수를 이용한 배추김치의 일반 특성

절인 배추와 양념류를 버무림해서 김치를 제조한 직후의 총 균수, 대장균군수 및 대장균수를 조사한 결과 수도수를 사용한 처리구에서는 총 균수 1.4×10^6 CFU/g, 대장균군수 2.7×10^2 CFU/g, 대장균수 10CFU/g 이

하를 나타낸 반면에 전해산화수를 이용한 처리구는 총균수 4.5×10^5 CFU/g, 대장균군 1.5×10^2 CFU/g을 보였으며 대장균은 검출되지 않았다(Fig. 5). 배추와는 달리 전해산화수 처리에도 불구하고 초기 배추김치의 균수가 높은 것은 앞서 언급한 바와 같이 양념류의 살균이 효과적으로 이루어지지 않았기 때문인 것으로 추측되었다. 각각의 방법으로 제조한 배추김치의 발효 중 총균수 변화는 Fig. 6과 같다. 전반적으로 발효 15일까지는 전해산화수 처리구가 낮은 총균수를 나타내었으나 발효 20일경에는 수도수 처리구가 1.1×10^9 CFU/g을, 그리고 전해산화수 처리구에서는 9.9×10^8 CFU/g을 나타내어 차이가 없는 것으로 나타났다.

한편, 발효 저장 중 pH 및 산도를 측정된 결과 Fig. 7에서 보는 바와 같이 pH의 경우 발효 15일 후까지 전해산화수 처리구 4.23 및 수도수 처리구 4.16으로 전해산화수 처리구가 다소 발효가 지연되는 것으로 나타났으나 발효 20일경부터는 전해산화수 처리구 4.14, 수도수 처리구 4.08로서 그 차이가 매우 미미하였다. 이러한 경향은 산도에도 유사하여 초기 전해산화수 처리구 0.27%, 수도수 처리구 0.26%에서 발효 10일경 가장 큰 차이를 나타내어 각각 1.0%와 1.1%를 나타내었고 발효 20일부터는 각각 1.4%를 나타내어 거의 차이를 나타내지 않았다.

이상의 결과로 보아 전해산화수 처리에 의해 김치 발효 초기의 미생물수를 제어할 가능성이 있는 것으로

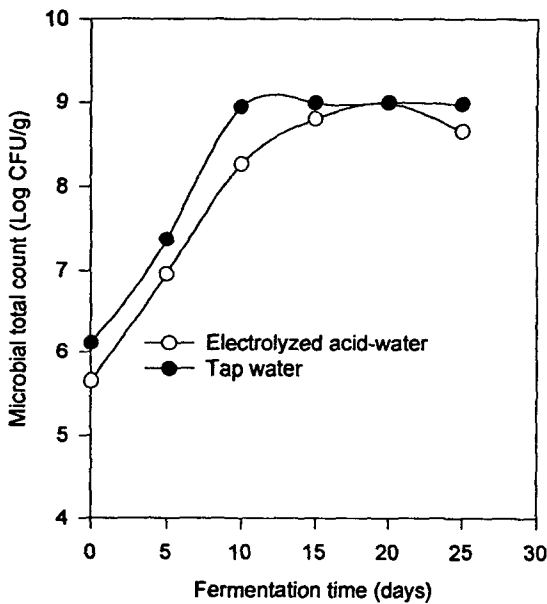


Fig. 6. Changes of total count on pretreated kimchi with or without electrolyzed acid-water during the fermentation at 10°C.

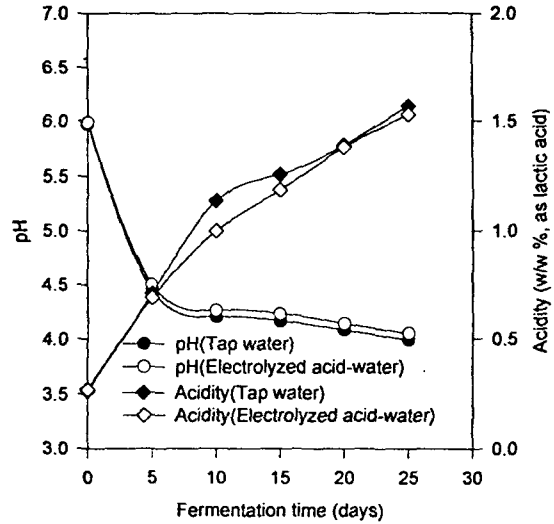


Fig. 7. Changes in pH and total acidity in kimchi with or without pretreatment of electrolyzed acid-water during the fermentation at 10°C.

판단되었다. 그러나 이러한 경향은 일정한 숙성기간이 지나면 총균수, pH 및 산도의 경우에 있어 차이를 볼 수가 없었는 바, 초기 미생물의 제어적 측면이외의 장기 유통 및 저장 측면에서의 효율적 이용을 위해서는 향후 전해산화수를 이용한 기계적 교반 또는 샤워식, 냉수냉각 등의 방법과 침지시간, 침지수 양의 변화에 대한 의한 세척 및 제균효과에 대한 심도있는 연구가 있어야 할 것으로 생각되었다.

요 약

김치 제조시 보다 철저한 재료 세척과 이에 따른 김치제품의 초기 미생물제어를 목적으로 전해산화수를 세척매체로 이용하였다. 원료배추를 전해산화수로 1회 세정한 결과 전해산화수를 사용한 처리구는 수도수 처리에 비해 총균수 및 대장균수가 약 1/2 수준으로 감소됨을 알 수 있었다. 그러나 김치양념에 대한 수도수 및 전해산화수 처리에 따른 미생물수의 차이를 볼 수는 없었으며 이는 주로 양념 중의 고춧가루에 기인하는 것으로 판단되었다. 절임수를 전해산화수로 사용했을 경우 절임수 자체의 총균수에서는 매우 큰 차이를 나타내어 전해산화수를 사용했을 때가 약 1/270 정도의 수준을 보였다. 절임배추를 전해산화수로 세정한 경우에는 총균수가 수도수 처리구에 비해 1/16 수준으로 감소하였고 대장균군 및 대장균은 검출되지 않았다. 절임 전후를 비교했을 때 전해산화수를 사용했을 경우에는 절임 후 총균수가 1/4 수준으로 감소했

며, 대장균군은 거의 완전히 사멸한 것으로 나타난 반면 수도수를 사용한 처리구에서는 총 균수가 오히려 1.7배 정도 증가하였다. 이러한 증가는 제조 공정 중의 2차적인 오염이 그 원인일 것으로 추정되었다. 배추김치의 발효 중 총 균수 변화에 있어서 발효 15일까지는 전해산화수 처리구가 비교적 낮은 총 균수를 나타내었으나 발효 20일경이 지나서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 김치 발효 중 pH는 발효 15일까지 다소 차이를 보였으나 20일경 부터는 차이가 매우 미미하였으며, 이러한 경향은 산도에서도 유사하여 발효 20일 부터는 거의 차이를 나타내지 않았다.

문 헌

1. 신호선 : 전통식품의 위생과 안전성에 관한 연구현황 및 과제. 제 1회 인제식품과학 포럼 논총, p.87(1993)
2. 한국식품개발연구원 : 김치의 과학기술. 제 2판, 한국식품개발연구원, p.157(1990)
3. 이남진, 전재근 : 배추김치의 순간살균 조건이 김치의 저장성에 미치는 영향. 한국농화학회지, **25**, 197(1982)
4. 강근옥, 구경형, 이형재, 김우정 : 효소 및 염의 첨가와 순간열처리가 김치발효에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **23**, 183(1991)
5. 김우정, 강경옥, 경규항 : 김치저장성 향상을 위한 염혼합물 첨가. 한국식품과학회지, **23**, 188(1991)
6. 변명우, 차보숙 : 방김치의 숙성관련 주요 젖산균 살균에 대한 가열처리와 방사선조사의 병용 효과. 한국식품과학회지, **21**, 185(1989)
7. 차보숙, 김우정, 변명우, 권중호, 조한옥 : 김치 저장성 연장을 위한 gama선 조사. 한국식품과학회지, **21**, 109(1989)
8. 酒井重男 : 機能水の開發と應用の現況. 食品工業, **38**, 35(1995)
9. 米安 實 : 食品加工における電解處理水 應用. 食品加工技術, **14**, 332(1994)
10. 박형우 : 기능수의 연구동향. 식품기술, **9**, 151(1996)
11. 김의중, 오홍범, 석종성 : 병원균에 대한 초산화수(전해 산성수)의 살균효과. 최신의학, **38**, 21(1995)
12. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. 16th ed., The association of official analytical chemists, Washington D.C., 37.1.37B(1984)
13. 윤숙경 : 장내세균의 김치유산균에 대한 길항작용. 한국영양학회지, **12**, 59(1979)

(1996년 7월 18일 접수)