

급식소에서 제공되는 브로콜리에 있어 이산화염소 처리가 *Escherichia coli* O157:H7과 *Listeria monocytogenes*의 군수에 미치는 영향

류 시 현

배재대학교 외식경영학과

Effects of Aqueous Chlorine Dioxide against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on Broccoli Served in Foodservice Institutions

Si-Hyun Ryu

Dept. of Nutrition and Foodservice Management, Paichai University, Daejeon 302-735, Korea

Abstract

This study was undertaken to evaluate the effects of chlorine dioxide on reducing *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* on broccoli served in foodservice institutions. Broccoli samples inoculated with 10^6 CFU/mL of *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* were treated with chlorine dioxide. Treatments with 5, 10, and 20 ppm for 1, 5, and 10 min were not sufficient in controlling *E. coli* O157:H7 on broccoli. *L. monocytogenes* were effectively reduced by 2.19~2.48 log CFU/g and 3.31~3.87 log CFU/g with 10 and 20 ppm chlorine dioxide for 1, 5, and 10 min treatment, respectively, compared with the control. *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* population were significantly correlated with concentration and treatment time of chlorine dioxide. These results show that the use of chlorine dioxide was effective in sanitizing *L. monocytogenes* on broccoli and the level of concentration was more associated with populations of *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* than treatment time of chlorine dioxide on broccoli.

Key words: foodservice, broccoli, chlorine dioxide, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*

서 론

최근, 사회전반에 걸쳐 건강을 중시하는 경향과 웰빙(well-being) 식품에 대한 관심이 증가되고 있다. 이에 급식소와 외식업소에서도 건강 식재료인 각종 과일 및 채소류를 샐러드로 제공하거나, 가열하지 않고 원재료 그대로 이용하는 조리법을 활용하고 있다. 특히, 브로콜리는 비타민과 무기질 등의 영양가가 높고(1), 항암작용을 하는 sulforaphane(2-4)을 함유하고 있다는 연구결과가 보고되면서 생식용이나 샐러드용 식재료로써의 소비가 증가하고 있다.

급식소와 외식업소에서는 채소류의 세척과정 중 채소용 세척제나 염소수 등을 이용하여 부착된 미생물 및 이물질을 제거하고 있다. 그러나 급식소나 외식업소에서 제공되는 비가열 채소류와 샐러드에서 다양한 병원성 미생물들이 검출되었다는 연구결과들이 다수 보고된 바 있으며(5-9), 신선한 브로콜리에서도 *Listeria monocytogenes*와 *Aeromonas hydrophila* 등의 식중독균이 분리되고 있다(10-12). 특히, *Escherichia coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*는 생채소류에서의 식중독 발생과도 관련된 것으로 보고되고 있는데

(13,14), *E. coli* O157:H7은 매우 소량의 균으로도 감염을 일으킬 수 있고, 강력한 독소를 생산하여 심각한 질병을 유발할 수 있기 때문에 문제 시 되고 있다(15). 또한 *L. monocytogenes*는 식품표면에 부착 시 biofilm을 형성하여 세척하여도 잘 제거되지 않으며(16) 일반 병원균이 발육할 수 없는 5°C에서도 증식이 가능하여 식품위생상 매우 중요시 되고 있다. 이에 급식소나 외식업체에서 가열과정을 거치지 않고 제공되는 생채소류의 미생물적 안전성을 확보하기 위하여 위생적인 세척처리는 중요하다고 하겠다.

채소류나 생과일의 표면에 서식하는 식중독균을 대상으로 염소, 과산화수소, 오존수, 식초 희석액, 전해산화수 등 다양한 소독제를 처리하여 세정 및 살균효과 평가에 관한 많은 연구가 이루어져 왔다. 특히, 이산화염소는 기존의 염소소독에 비해 물에 대한 용해성이 10배 높고, 산화력도 2.5배 강해 오염물질에 대한 분해 능력과 살균력이 우수하다. 또한 살균작용은 pH에 영향을 받지 않아 효과적이며, 유기물질과도 반응하지 않아 안전한 것으로 알려져 있다(17-19). 반면, 이산화염소의 살균력은 온도에 영향을 받아 저온일 때 활성이 저하되며, 무포자 세균에 대해서는 충분한 살균력

을 보이지만 포자 형성 세균에 대해서는 고농도가 필요한 것으로 보고되어 있다. 이산화염소의 살균작용 메커니즘은 세포막의 단백질, 지방 및 지방산과의 반응에 의한 세균의 세포막 투과성 조절과 cell 단백질의 합성 억제에 의한 세균, 바이러스, 곰팡이 등의 신속한 사멸과 관련 있는 것으로 밝혀져 있다(19,20). 현재, 미국 Food and Drug Administration(FDA)에서는 신선한 채소와 과일의 세척 용도로 사용할 수 있는 이산화염소의 잔존농도를 3 ppm으로 허용하고 있다(21). 한국 식품의약품안전청에서도 채소 및 과일의 살균 및 세척 시 사용되는 이산화염소수를 식품첨가물로 인정하고 이에 대한 사용기준을 마련 중에 있다.

채소류나 과일 표면의 세균을 제거하기 위해 이산화염소의 살균력을 평가한 연구들은 주로 상추(22-24), 양배추(24), 피망(25), 오이(26,27), 알파파 새싹(28,29), 사과(30,31), 딸기(31), 토마토(32) 등에 적용되어 수행되었다. 그러나 영양적으로 우수하고 항암작용 효과가 있어 웰빙 채소로 소비가 증가하고 있는 브로콜리에서의 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*에 대한 이산화염소의 살균력을 검토한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 최근 급식소나 외식업소에서 생식용 및 샐러드용 식재료로 많이 제공되는 브로콜리의 미생물학적 안전성을 확보하기 위한 방안을 제시하기 위하여 브로콜리에 이산화염소의 농도 및 침지시간을 달리하여 처리한 후, *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*에 대한 살균 효과를 비교·평가하고자 하였다.

재료 및 방법

균주 준비

본 실험에 사용된 균주는 *E. coli* O157:H7(ATCC 35750, ATCC 43889, ATCC 43890, ATCC 43894)과 *L. monocytogenes*(ATCC 19115, ATCC 19116, CDC H7738, CDC F2365, ATSS 49594)로서 Kansas 주립대학의 Food Microbiology 실험실로부터 분양받았으며, 각각 5개의 균주를 혼합하여 사용하였다. 또한 API 20E kits(bioMerieux, Inc., Hazelwood, MO, USA)와 BBL Crystal kits(Becton Dickinson, Sparks, MD, USA)를 이용해 각각 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*임을 확인하였다.

5개의 균주를 각각 Brain Heart Infusion broth(BHI; Difco, Becton Dickinson, Sparks, MD, USA)에서 35°C, 24시간 배양한 후 원심분리기(JA-14, International Equipment Co., Needham Heights, MA, USA)를 이용하여 4°C, 12,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 제거하고 0.1% 멸균 peptone water로 3회 세척하였다. 각각의 세척된 pellet들을 0.1% 멸균 peptone water로 재부유(resuspend)시킨 후, 5개의 배양된 균주를 동량씩 취하여 멸균된 병에 옮겨 담고 vortex(Model 231, Fisher Scientific Ltd., Ontario, Canada)

를 이용해 완전히 섞었다.

이산화염소 용액의 제조

이산화염소 용액은 갈색병에 멸균수와 이산화염소 용액 sachet(ICA TriNova, LLC, Forest Park, GA, USA)을 넣고 잘 섞이도록 흔든 후, 4°C 냉장고에서 24시간 overnight하여 제조하였으며, 제조 후 4°C 냉장고에 보관하면서 사용하였다. 이산화염소의 농도는 pocket colorimeter™(No: 46700-51, Hach Co., Loveland, USA)를 이용하여 측정하였다.

브로콜리 접종 준비

브로콜리는 미국 Kansas 주 Manhattan 소재 대형 슈퍼마켓에서 실험 당일 신선한 것을 구입하여 사용하였다. 브로콜리를 동량씩 취해 멸균된 비이커에 넣고 10⁶ CFU/mL의 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*를 각각 잘 접종하기 위하여 25°C, 100 ppm water bath shaker(Model G76, New Brunswick Scientific Co., Edison, USA)에서 10분간 섞은 후, 꺼내어 무균적으로 후드에서 1시간 동안 건조하였다. 각각의 균이 접종된 브로콜리를 제조된 이산화염소에 침지하기 전에 4°C에서 24시간 저장하였다.

이산화염소 용액의 처리

E. coli O157:H7과 *L. monocytogenes*가 접종된 브로콜리를 5, 10, 20 ppm의 이산화염소 용액(pH 3.67)에 침지하여 각각 1분, 5분, 10분간 실온에서 처리하였다. 대조구는 멸균수로만 처리하였다.

미생물 검출

균수 측정을 위해 시료인 브로콜리 25 g을 멸균된 stomacher bags(Model SFB-410, Spiral Biotech, Inc., Bethesda, MD, USA)에 채취하여 225 mL의 0.1% 멸균 peptone water를 붓고 stomacher(Lab Blender 400, A. J. Seward Medical, London, UK, USA)를 이용하여 2분 동안 균질화 한 후, 10배 단계 희석하였다. *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*를 검출하기 위하여 희석된 검액을 각각 2매의 MacConkey Sorbitol Agar(MSA, Difco)와 Modified Oxford Agar(MOX, Difco) plate 위에 Spiral plater(Autoplate 4000, Spiral Biotech, Inc., Bethesda, MD, USA)를 이용하여 자동적으로 도말한 후, 35°C에서 24~48시간 배양하여 각각 무색과 흑색 집락을 계수하였다. 모든 실험은 동일한 방법으로 3번 반복 실시되었고, 균수는 log scale로 환산하여 나타내었다.

통계처리

브로콜리에 처리된 이산화염소의 농도 및 시간에 따른 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes* 균수의 차이를 분석하기 위하여 SPSS 12.0(SPSS Inc., 2003)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, p<0.05 수준에서 유의적인 차이가 있는 경우에는 사후검증을 위해 세페의 방법(Scheffe's multiple range test)을 사용하였다. 또한 이산화염소의 처리

농도 및 시간과 *E. coli* O157:H7 및 *L. monocytogenes* 균수의 상관성과 선형관계를 알아보기 위해 다중회귀분석(multiple linear regression)을 실시하였다.

결과 및 고찰

***Escherichia coli* O157:H7에 대한 이산화염소의 처리 효과**

브로콜리에 *E. coli* O157:H7을 접종한 직후, 멸균수로 처리한 후, 그리고 농도 및 시간을 달리하여 이산화염소로 처리한 후의 균수변화는 Fig. 1과 같다. 브로콜리에 *E. coli* O157:H7을 접종한 직후 균수는 5.91 log CFU/g이었고, 대조구인 멸균수로 1분 처리한 후에는 5.74 log CFU/g로 유의적인 감소를 보이지 않아 브로콜리에 오염된 *E. coli* O157:H7을 제거함에 있어 멸균수 처리가 효과적이지 않은 것으로 나타났다.

브로콜리에 있어 이산화염소의 농도 및 처리시간에 따른 *E. coli* O157:H7의 균수를 비교해 보면, 5 ppm의 이산화염소를 처리한 후의 균수는 5.65~5.53 log CFU/g로 처리시간별로 유의적인 차이를 보이지 않았다. Reina 등(27)의 연구에서도 오이에 대해 5.1 ppm의 이산화염소로 각각 15분, 30분 동안 처리한 결과, 미생물들의 수가 이산화염소에 노출시키지 않은 경우에 비해 약 10배미만의 적은 감소를 보였다. 한편, 다양한 과일과 채소에 *E. coli* O157:H7을 접종한 후 오존, 이산화염소, 염소, 과산화초산을 처리하여 살균효과를 비교한 Rodgers 등(31)의 연구에서는 3 ppm의 오존과 5 ppm의 이산화염소의 살균력이 다른 살균제에 비해 우수한 것으로 나타났다.

브로콜리에 접종된 *E. coli* O157:H7을 10 ppm과 20 ppm의 이산화염소로 각각 1분, 5분, 10분간 처리한 후의 균수도 멸균수로 처리한 경우에 비해 단지 0.31~1.05 log CFU/g

정도만 감소하여 충분한 살균효과를 보이지 않았다. 이는 *E. coli* O157:H7이 다른 세균과 달리 산성에서도 생존하는 특성을 가지고 있기 때문인 것으로 판단된다. Costilow 등(26)은 낮은 농도인 2.5 ppm의 이산화염소를 세척수에 처리시 미생물을 사멸시키는데 효과적이었으나, 고농도인 105 ppm의 이산화염소를 오이에 처리했음에도 불구하고 표면과 내부에 존재하는 미생물을 유의적으로 감소시키지 못하였다고 보고하였다. 브로콜리처럼 덩어리진 채소의 경우, 병원균이 송이의 틈 사이로 침투하기가 용이해 이산화염소 처리에 의해 접종한 세균의 제거가 더 어려운 것으로 보인다. 딸기의 경우도 표면이 거칠고 다수의 씨가 존재하기 때문에 박테리아는 부착되기 쉬우나, 살균제의 영향을 받기는 어려워 여러 종류의 살균제 처리시 효과가 없는 것으로 보고되었다(33). 따라서 과일과 채소 표면의 깊게 갈라진 틈과 같이 세척이 용이하지 않은 부분들에 오염된 *E. coli*와 *L. monocytogenes* 등의 병원균들을 살균할 수 있는 방법으로서 초음파 장치와 전기 분해수 및 이산화염소를 병용하는 방법에 대한 연구가 필요하다고 본다.

***Listeria monocytogenes*에 대한 이산화염소의 처리 효과**

브로콜리에 *L. monocytogenes*를 접종한 직후, 멸균수로 처리한 후, 그리고 농도 및 시간을 달리하여 이산화염소로 처리한 후의 균수변화는 Fig. 2와 같다. 브로콜리에 *L. monocytogenes*를 접종한 직후의 균수는 5.80 log CFU/g이었고 대조구인 멸균수로 1분간 처리한 후에는 5.59 log CFU/g로 유의적인 감소를 보이지 않았다.

브로콜리에 접종된 *L. monocytogenes*를 멸균수로만 처리한 경우와 이산화염소의 농도를 달리해 처리한 후의 살균효과를 비교한 결과, 5 ppm의 이산화염소 처리는 멸균수로 처리한 경우에 비해 균수를 유의적으로 감소시켰다. Zhang과 Farber(24)의 연구에서도 이산화염소의 농도와 노출시간을 달리하여 신선한 상추에 처리한 결과, 5 ppm의 이산화염

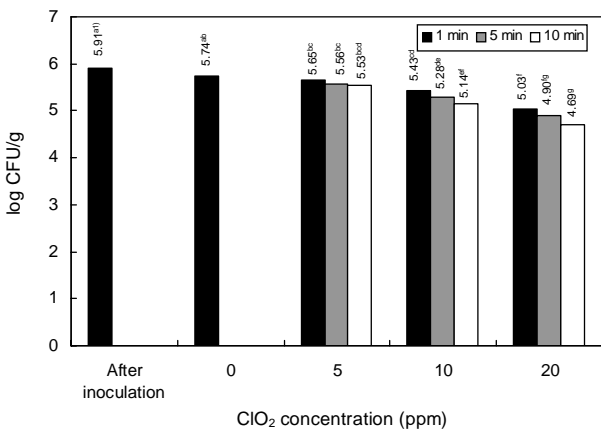


Fig. 1. Effect of aqueous chlorine dioxide against *E. coli* O157:H7 on broccoli.

¹⁾Means with the same letter are not significantly different at the 5% level.

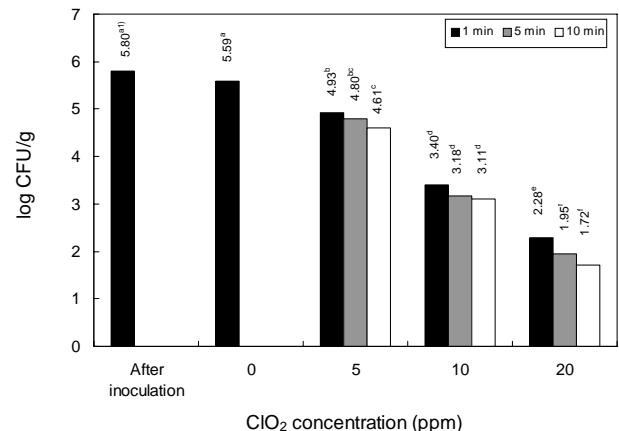


Fig. 2. Effect of aqueous chlorine dioxide against *L. monocytogenes* on broccoli.

¹⁾Means with the same letter are not significantly different at the 5% level.

소로 10분간 처리한 후의 *L. monocytogenes*는 대조구인 수돗물로 세척한 경우와 비교 시 4°C와 22°C에서 각각 1.1 log CFU/g와 0.8 log CFU/g 더 감소되었다고 보고하였다. 5 ppm의 이산화염소를 각각 1분, 5분, 10분씩 처리시간을 달리하여 브로콜리에 적용한 결과, 균수는 4.93~4.60 log CFU/g이었고 처리시간이 증가할수록 균수가 유의적으로 감소하였다. 한편, 피망에 *L. monocytogenes*를 오염시킨 후 3 ppm의 이산화염소를 처리하여 살균효과를 평가한 Han 등(25)의 연구에서는 물에 침지한 것보다 균수는 감소하였으나, 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다.

*L. monocytogenes*를 접종한 브로콜리를 10 ppm과 20 ppm의 이산화염소로 처리한 후에는 멸균수로 처리한 경우에 비해 균수가 각각 2.19~2.48 log CFU/g와 3.31~3.87 log CFU/g만큼 더 감소되었다. 또한 5 ppm의 이산화염소로 처리한 경우에 비해 균수는 각각 1.50~1.53 log CFU/g과 2.65~2.89 log CFU/g만큼 더 효과적으로 감소되었다. 농도를 높인 이산화염소 처리가 브로콜리에 오염된 *L. monocytogenes*를 제어하는데 효과적인 것으로 입증되었다. 이산화염소의 살균기전이 명확하게 보고되어 있지는 않으나, 이러한 살균 효과는 강력한 산화작용 능력을 가진 이산화염소가 세균의 세포막에 침투하여 세포막을 파괴함으로써 *L. monocytogenes*를 제거하는 것으로 판단된다. 최근에는 이산화염소 가스를 이용하여 과일이나 채소에 서식하는 *L. monocytogenes*를 제거할 수 있음을 입증하는 연구들도 보고되고 있는데(34,35), 이산화염소 수로 처리한 경우보다는 이산화염소 가스로 처리한 경우에 *L. monocytogenes*의 감소율이 유의적으로 높았다는 보고(25)도 있다.

균수와 이산화염소 처리 농도 및 시간의 관계분석

E. coli O157:H7(Y_1) 및 *L. monocytogenes*의 균수(Y_2)와 이산화염소 처리 농도(X_1) 및 시간(X_2)과의 상관성과 이를 규명할 수 있는 수학적 모형을 유도하기 위하여 회귀분석을 실시한 결과는 각각 Table 1과 같다. 종속변수인 *E. coli* O157:H7의 균수에 대한 독립변수의 회귀식은 $Y_1=5.934-0.046X_1-0.028X_2$ 이었고, 설명력은 95%이었으며 5% 이내의 유의성을 보였다. 종속변수인 *L. monocytogenes*의 균수에 대한 독립변수의 회귀식은 $Y_2=5.630-0.177X_1-0.043X_2$ 이었고, 설명력은 93%이었으며 이산화염소의 농도는 5% 이내에서, 이산화염소의 처리시간은 1% 이내에서 유의하였다.

Table 1. Regression analysis between populations of bacteria and chlorine dioxide treatments

Bacterial populations (Y_n)	Regression equation	R ²
<i>E. coli</i> O157:H7 (Y_1)	$Y_1=5.934-0.046X_1-0.028X_2$	0.945
<i>L. monocytogenes</i> (Y_2)	$Y_2=5.630-0.177X_1-0.043X_2$	0.933

¹⁾ X_1 : Concentration of chlorine dioxide (ppm).
²⁾ X_2 : Treatment time of chlorine dioxide (min).

브로콜리에 접종된 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 균수는 모두 이산화염소의 처리농도 및 처리시간과 각각 유의적인 음의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 또한 이산화염소의 처리시간보다는 처리농도가 균수에 더 영향을 끼치고 있음을 알 수 있었다. 즉, *E. coli* O157:H7의 균수는 이산화염소의 농도가 높아질수록 0.046만큼 감소하고, 침지시간이 증가할수록 0.028만큼 감소함을 알 수 있었다. *L. monocytogenes*의 균수는 이산화염소의 농도가 높아질수록 0.177만큼 감소하고, 침지시간이 증가할수록 0.043만큼 감소하는 것으로 나타났다. 이를 통해 브로콜리에 대해 처리된 이산화염소의 농도가 처리시간보다는 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 균수를 예측하는데 더 중요한 변인임을 확인하였다. 이러한 결과는 유기물이 존재하지 않는 pure culture의 조건에서 이산화염소의 농도와 처리시간을 달리하여 살균력을 평가한 Youm 등(36)의 연구결과와도 일치하였다. 따라서 급식소나 외식업소에서 가열조리하지 않은 신선한 브로콜리 제품 시 오염된 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*를 제거하기 위하여 이산화염소로 세척할 경우, 이산화염소의 침지시간보다는 세척농도를 높이는 것이 더 효과적일 것이다. 한편, Zhang과 Farber의 연구(24)에서는 신선채소에서 *L. monocytogenes*에 대한 이산화염소의 살균력이 전반적으로 4°C에서보다 22°C에서 더 증대되어 이산화염소의 살균력이 온도와도 관련성이 있는 것으로 보고되었다.

요 약

본 연구에서는 최근 급식소나 외식업소에서 샐러드용 식재료로 많이 제공되는 브로콜리의 미생물학적 안전성을 확보하기 위한 방안을 제시하기 위하여 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*를 접종하여 이산화염소의 농도 및 시간을 달리하여 처리한 후 식중독균에 대한 살균 효과를 평가하였다. 브로콜리에 *E. coli* O157:H7을 접종한 직후의 균수는 5.91 log CFU/g이었고, 멸균수로 1분 처리한 후에는 5.74 log CFU/g로 별다른 감소를 보이지 않았다. 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm의 이산화염소로 각각 1분, 5분, 10분간 처리한 후의 균수도 멸균수로 처리한 경우에 비해 단지 0.31~1.05 log CFU/g 정도만 감소하여 충분한 살균효과를 보이지 않았다. 브로콜리에 *L. monocytogenes*를 접종한 직후의 균수는 5.80 log CFU/g이었으나, 멸균수에 1분간 침지한 후에는 5.59 log CFU/g로 유의적인 감소를 보이지 않았다. 10 ppm과 20 ppm의 이산화염소로 처리한 후에는 멸균수로 처리한 경우에 비해 균수가 각각 2.19~2.48 log CFU/g와 3.31~3.87 log CFU/g만큼 유의적으로 감소되었다. 접종된 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 균수는 모두 이산화염소의 처리농도 및 시간과 각각 유의적인 음의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 추정된 회귀식은 각각 $Y_1=5.934-0.046X_1-0.028X_2$ 와 $Y_2=5.630-0.177X_1-0.043X_2$ 이었고, 설명력은

각각 95%와 93%이었다. 이산화염소수로 세척한 브로콜리에 서의 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 균수를 예측함에 있어 이산화염소의 처리시간보다는 처리농도가 더 중요한 변인인 것으로 나타났다. 본 연구에서 5 ppm의 이산화염소는 브로콜리에 부착된 식중독균을 효과적으로 제거하지 못하는 것으로 나타나 이산화염소를 생채소 세척제로 사용할 경우에는 세척농도를 높여 사용함이 효과적이었다. 또한 본 연구를 토대로 급식소와 외식업체에서 제공되는 샐러드용 채소에 대한 미생물적 안전성 보장을 위하여 다양한 채소에 대해 이산화염소 처리에 따른 식중독균의 증식 억제 효과에 대한 세밀한 검토가 이루어질 필요가 있겠다. 아울러 과일이나 채소에 이산화염소 처리 시 산화작용으로 인해 색깔이나 맛이 변할 수 있으므로 관능검사에 대한 연구도 수행되어야 하겠다.

문 헌

- Rural Resources Development Institute. 2006. *Food composition table*. 7th ed. Rural Resources Development Institute, Suwon. p 130.
- Zhang Y, Talalay P, Cho CG, Posner GH. 1992. A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: Isolation and elucidation of structure. *Proc Natl Acad Sci* 89: 2399-2403.
- Zhang Y, Kensler TW, Cho CG, Posner GH, Talalay P. 1994. Anticarcinogenic activities of sulforaphane and structurally related synthetic norbornyl isothiocyanates. *Proc Natl Acad Sci* 91: 3147-3150.
- Matusheski NV, Juvik JA, Jeffery EH. 2004. Heating decreases epithiospecifier protein activity and increases sulforaphane formation in broccoli. *Phytochemistry* 65: 1273-1281.
- Park YB, Kang JB, Kim JB, Kim JC. 2005. Isolation and identification of pathogenic bacteria from salads of fast food restaurants. *Korean Soci Sani* 20: 23-31.
- Kim JS, Bang OK, Chang HC. 2004. Examination of microbiological contamination of read-to-eat vegetable salad. *J Fd Hyg Safety* 19: 60-65.
- Soriano JM, Rico H, Molto JC, Manes J. 2000. Assessment of the microbiological quality and wash treatments of lettuce served in university restaurants. *Int J Food Microbiol* 58: 123-128.
- Beuchat LR. 1996. *Listeria monocytogenes*: incidence on vegetables. *Food Control* 7: 223-228.
- Albrecht JA, Hamouz FL, Sumner SS, Melch V. 1994. Microbial evaluation of vegetable ingredients in salad bars. *J Food Prot* 58: 683-685.
- Berrang ME, Brackett RE, Beuchat LR. 1989. Growth of *Aeromonas hydrophila* on fresh vegetables stored under a controlled atmosphere. *Appl Environ Microbiol* 55: 2167-2171.
- Callister SM, Agger WA. 1987. Enumeration and characterization of *Aeromonas hydrophila* and *Aeromonas caviae* isolated from grocery store produce. *Appl Environ Microbiol* 53: 249-253.
- Odumeru JA, Mitchell SJ, Alves DM, Lynch JA, Yee AJ, Wang SL, Styliadis S, Farber JM. 1997. Assessment of the microbiological quality of ready-to-use vegetables for health-care food services. *J Food Prot* 60: 954-960.
- Beuchat LR, Ryu JH. 1997. Produce handling and processing practices. *Emerg Infect Dis* 3: 459-465.
- Francis GA, Thomas C, O'beirne D. 1999. The microbiological safety of minimally processed vegetables. *Int J Food Sci Tech* 34: 1-22.
- James JM, Martin JL, David AG. 2006. *Modern Food Microbiology*. 6th ed. Aspen Publisher, Maryland. p 679.
- Frank JF, Koffi RA. 1990. Surface-adherent growth of *Listeria monocytogenes* is associated with increased resistance to surfactant sanitizers and heat. *J Food Prot* 53: 550-554.
- Gordon G, Kieffer RG, Rosenblatt DH. 1972. The chemistry of chlorine dioxide. In *Progress in Inorganic Chemistry*. Lippard SJ, ed. Wiley and Sons, New York. Vol 15, p 202-286.
- Benarde MA, Snow WB, Olivieri OP, Davidson B. 1967. Kinetics and mechanism of bacterial disinfection by chlorine dioxide. *Appl Microbiol* 15: 257-265.
- Beuchat LR. 1998. Food safety issues: Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: A review. Food Safety Unit, World Health Organization WHO/FSF/FOS/98.2. p 19.
- Junli H, Li W, Nanqi R, Fang M, Juli. 1997. Disinfection effect of chlorine dioxide on bacteria in water. *Wat Res* 31: 607-613.
- Code of Federal Regulations. 2006. Secondary direct food additives permitted in food for human consumption: Chlorine dioxide. *21 Code of Fed Regulations (CFR) Part* 173.300.
- Singh N, Singh RK, Bhunia AK, Stroshine RL. 2002. Efficacy of chlorine, dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots. *Lebensm-Wiss U-Technol* 35: 720-729.
- Carrillo A, Puente ME, Bashan Y. 1996. Application of diluted chlorine dioxide to radish and lettuce nurseries insignificantly reduced plant development. *Ecotoxicol Environ Saf* 35: 57-66.
- Zhang S, Farber JM. 1996. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. *Food Microbiol* 13: 311-321.
- Han Y, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2001. Reduction of *Listeria monocytogenes* on green peppers (*Capsicum annuum* L.) by gaseous and aqueous chlorine dioxide and water washing, and its growth at 7°C. *J Food Prot* 64: 1730-1738.
- Costilow RN, Uebersax MA, Ward PJ. 1984. Use of chlorine dioxide for controlling microorganisms during handling and storage of fresh cucumbers. *J Food Sci* 49: 396-340.
- Reina LD, Fleming HP, Humphries EG. 1995. Microbiological control of cucumber hydrocooling water with chlorine dioxide. *J Food Prot* 58: 541-546.
- Singh N, Singh RK, Bhunia AK. 2003. Sequential disinfection of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds before and during sprouting using aqueous chlorine dioxide, ozonated water and thyme essential oil. *Lebensm-Wiss U-Technol* 36: 235-243.
- Taormina PJ, Beuchat LR. 1999. Comparison of chemical treatments to eliminate enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *J Food Prot* 62: 318-324.
- Wisniewsky MA, Glatz BA, Gleason ML, Reitmeier CA. 2000. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 on whole fresh apples by treatment with sanitizers. *J Food Prot* 63: 703-708.
- Rodgers SL, Cash JN, Siddiq M, Ryser ET. 2004. A com-

- parison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. *J Food Prot* 67: 721-731.
32. Pao S, Kelsey DF, Khalid MF, Ettinger MR. 2007. Using aqueous chlorine dioxide to prevent contamination of tomatoes with *Salmonella enterica* and *Erwinia carotovora* during fruit washing. *J Food Prot* 70: 629-634.
33. Yu K, Newman MC, Archbold DD, Hamilto-Kemp TR. 2001. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 on strawberry fruit and reduction of the pathogen population by chemical agents. *J Food Prot* 64: 1334-1340.
34. Han Y, Selby TL, Schultze KK, Nelson PE, Linton RH. 2004. Decontamination of strawberries using batch and continuous chlorine dioxide gas treatments. *J Food Prot* 67: 2450-2455.
35. Lee SY, Costello M, Kang DH. 2004. Efficacy of chlorine dioxide gas as a sanitizer of lettuce leaves. *J Food Prot* 67: 1371-1376.
36. Youm HJ, Ko JK, Kim MR, Song KB. 2004. Inhibitory effect of aqueous chlorine dioxide on survival of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in pure cell culture. *Korean J Food Sci Technol* 36: 514-517.

(2007년 11월 7일 접수; 2007년 11월 23일 채택)