

이산화염소 및 citric acid 처리가 minimally processed and refrigerated (MPR) salad의 미생물학적 안전성 및 품질에 미치는 영향

염형준 · 고종관 · 김미리¹ · 조용식² · 전해경² · 송경빈*

충남대학교 식품공학과, ¹충남대학교 식품영양학과, ²농촌자원개발연구소 농산물가공이용과

Effect of Aqueous Chlorine Dioxide and Citric Acid Treatment on Microbial Safety and Quality Control of Minimally Processed and Refrigerated (MPR) Salad

Hyoungjun Youm, Jongkwan Ko, Meeree Kim¹, Yong Sik Cho²,
Hyekyung Chun², and Kyung Bin Song*

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

¹Department of Food and Nutrition, Chungnam National University

²Agriproduct Science Division, Rural Resources Development Institute

Aqueous chlorine dioxide and citric acid treatment was introduced to insure microbial safety of minimally processed and refrigerated (MPR) salad. Salad samples were treated with 50 ppm chlorine dioxide and 1% citric acid. Chemical treatment decreased total aerobic bacteria, yeast and molds, *E. coli*, and *Listeria* by 3.75, 3.47, 3.41, and 3.38 log cycles, respectively, and polyphenoloxidase activity of MPR salad by 49.73%. Plain water washing of salads did not effectively decrease microbial growth. These results indicate appropriate chemical treatment provides microbial safety and quality control in MPR salad during marketing.

Key words: aqueous chlorine dioxide, minimally processed and refrigerated salad, microbial safety, polyphenoloxidase

서 론

최근 식생활 문화가 많이 변화되고 있고 식품의 기능성에 관한 식품 연구 및 기술 개발이 중요시되고 있다. 특히 비만과 더불어 심혈관계 질병이 만연함에 따라 다이어트 등 체지방 감소에 많은 관심이 증대되고 웰빙(well-being) 열풍과 함께 샐러드 제품이 많이 유통되고 있는 추세이다.

샐러드 제품은 구입 후 바로 섭취가 가능한 편리성 및 샐러드가 갖는 기능성으로 인하여 앞으로 많은 수요가 예측된다. 그러나 샐러드 제품들은 원료 수확 단계에서 gram negative bacteria나 yeast 등 많은 미생물의 오염 때문에 미생물학적 안전성 문제가 대두된다(1,2). 특히 minimally processed and refrigerated(MPR) 샐러드 제조 공정 중 cold water washing으로 샐러드에 부착되어 있는 미생물 및 이물질을 제거하고 있으나, 단지 세척만으로는 충분한 미생물 위해 인자를 제거하기는 어렵다(3). 따라서 샐러드 제품을 출시하고 있는 업계에서는 여

러 non-thermal processing을 사용하여 샐러드에 생육하고 있는 미생물의 제거에 노력을 기울이고 있다.

화학적 처리는 thermal processing을 대신하여 식품의 미생물학적 안전성을 확보해 줄 수 있는 가공 방법으로 MPR 샐러드 처럼 thermal processing을 할 수 없는 제품의 가공에 적절한 방법이다. 특히 단체급식 등에서 식중독 발생 사고가 자주 발생함에 따라 보다 안전한 식품 세척 및 살균처리의 필요성이 더욱 강조되고 있다. 현재 수돗물 처리의 살균 등 살균 소독제로서 가장 널리 사용되는 염소가 유기물과의 반응에 따라 trihalomethanes 또는 chloroamine등의 발암성 물질을 생성함에 따라 (4,7) 염소 대체제에 대한 많은 연구들이 이루어져 왔고 이 중 이산화염소에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(5). 이산화염소는 높은 압력과 온도 하에서 폭발력을 갖기 때문에 필요한 장소에서 즉시 만들어 사용해야 하는 단점이 있으나 염소보다 물에 대한 용해성이 높으며(6) 살균력이 5배 가량 높고 pH에 대하여 안정적인 살균력을 갖는다고 보고되었다(7). 이산화염소는 과일, 채소, 식육 등 많은 분야에 걸쳐서 연구가 이루어지고 있는데, 이 등(8)은 사과에 이산화염소 용액을 처리하여 이산화염소의 살균력을 증명하였으며, Du 등(9)은 사과에 이산화염소를 가스 형태로 처리하여 표면에 생육하는 *E. coli* O-157:H7의 감소를 실험하였다. 또한 한 등(10)은 피망에 이산화염소 가스를 처리하여 표면에 생육하는 *E. coli* O-157:H7의 살균효과

*Corresponding author: Kyung Bin Song, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
Tel: 82-42-821-6723
Fax: 82-42-825-2664
E-mail: kbsong@cnu.ac.kr

를 발표하였고, Andrews 등(11)은 새우와 가재에 이산화염소 용액을 처리하여 살균력을 증명하였으며, Jamenez-Villarreal 등(12)은 쇠고기(ground beef)에 이산화염소를 처리하여 이화학적 특성과 관능특성에 대해 보고한 바 있다.

Polyphenoloxidase(PPO)는 과일이나 야채의 절단 부위 등에서 효소적 갈변을 일으키는 효소로 두 가지 산화반응에 의하여 갈변을 일으킨다. 첫 번째는 monophenol을 *o*-diphenol로 hydroxylation을 산화시키며 두 번째는 *o*-diphenol을 *o*-quinones으로 oxidation시킨다(13). 효소적 갈변은 일반적으로 식품의 영양적 가치와 외관상 품질을 하락시키기 때문에 식품산업에 있어서 저장성을 향상시키기 위해서 PPO의 활성을 저해시키는 것이 필요하다(14). PPO를 불활성화시키기 위하여 가열처리를 할 경우 식품의 관능적 성질이나 영양소가 파괴되기 때문에 식품 산업에서는 비열처리 기술 개발을 위해 많은 노력을 하고 있다(14-16).

따라서 본 연구에서는 화학적 처리 방법 중 하나인 이산화염소 용액 및 citric acid를 이용하여 MPR 샐러드의 미생물학적 안전성 확보 및 PPO를 불활성화시켜 저장성을 증대시킬 수 있는 조건을 연구하여 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

MPR salad의 제조

본 실험에 사용한 채소류는 대전광역시 소재에서 당일 수확한 것을 구입하여 24 h 이내 실험에 사용하였다. MPR 샐러드는 비트(*Beta vulgaris* var. *Crunta*), 신선초(*Angelica Utilis Makino*), 적상추(*Lactuca sativa*), 식용 민들레(*Taraxacum officinale* Weber), 청코스(*Lactuca sativa* L. var. *Longifolia*), 롤라로사(*Lactuca sativa* L. var. *Lollo Rossa*), 로메인(*Lactuca sativa* L.), 케일(*Brassica oleracea* var. *acephala* D.C.(Alef.)) 등 8가지를 선정하여 중량 기준 동량을 혼합하여 제조 하였다.

이산화염소 용액의 제조

이산화염소 용액은 chlorine dioxide generator system(CH₂O Inc., Olympia, Washington, USA)을 사용하여 제조 하였으며 농도는 iodometry standard method(17)를 이용하여 측정하였다.

MPR salad의 화학적 처리

채소에 묻어있는 유기물 등을 제거하기 위해 과일 및 샐러드 세척용 세제(Alclean 7.0, CH₂O Inc., Olympia, WA, USA)를 이용하여 1차 세척을 하고 세제 성분을 제거하기 위해 물로 2회 세척하였다. 이산화염소 농도는 본 연구진의 선행 연구 결과(18)에 따라 50 ppm에서 5분간 침지하여 처리하였다. 이산화염소 처리 후 2×2 cm 크기로 절단한 후 citric acid 1%(w/v) 용액에 1분간 침지하여 처리하였다. 대조구는 동일한 조건에서 이산화염소 대신 물로 처리하였다. 처리가 완료된 샐러드는 원심 탈수기를 이용하여 탈수시킨 후 polyethylene terephthalate (PET) 포장재를 이용하여 150 g씩 포장하여 10°C에서 저장하였다.

생육 미생물의 측정

MPR 샐러드 10 g을 분쇄한 후 cheese cloth로 걸러서 crude extract를 추출하였다. 추출된 crude extract는 0.1% sterile peptone water로 희석하여 배지에 분주하여 배양하고 형성된 colony를 계수하여 시료 crude extract mL당 colony forming unit (CFU)의 수치로 나타내었다. 본 실험에 사용된 선택 배지는 총

호기성 세균은 plate count agar(PCA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하였고 효모와 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco Co., Detroit, MI, USA), 대장균은 chromogenic *E. coli*/coliform media(Oxoid Ltd., Basingstoke, Hampshire, England, UK), *Listeria*속은 *Listeria* selective agar base(Oxoid Ltd., Basingstoke, Hampshire, England, UK)를 사용 하였다.

이화학적 특성 변화 측정

이화학적 특성 변화를 측정하기 위해 중량 감모율, 수분함량, polyphenol oxidase(PPO) 활성 등을 측정하였다. 중량 감모율은 초기 중량에 대한 저장 후 중량을 백분율로 계산하여 나타내었고 수분함량은 상압가열건조법으로 60°C에서 채소 무게가 항량이 될 때까지 건조하여 감량된 양을 수분 양으로 하고 백분율로 나타내었다. PPO 활성 측정을 위해서 sample 10 g을 phosphate buffer(pH 7.0) 20 mL에 넣고 30 sec 동안 분쇄한 후 거즈로 걸러서 crude enzyme extract를 추출하였다. PPO 활성 측정은 50 mM potassium phosphate buffer(pH 6.5) 2.2 mL와 0.2 M catechol 0.2 mL에 효소액 0.1 mL를 첨가하여 실온에서 반응시켜 420 nm에서의 흡광도 변화를 측정하였으며, 효소활성 1 unit는 1분간 0.001의 흡광도를 변화시키는 효소의 양으로 나타내었다.

결과 및 고찰

채소에는 토양 미생물 등의 오염으로 인하여 수확 직후 10⁷ 개의 많은 미생물이 존재하여 그대로 섭취하는 것은 좋지 않으며 보통 가정에서 채소를 구입하여 먹을 때 흐르는 물에 2-3회 세척 후 섭취하나 이것 또한 미생물 제거에 효과적이지 못한 것으로 확인되었다(Table 1). 본 연구에서 사용한 이산화염소와 citric acid 처리는 약 99.98%의 미생물을 사멸시킬 수 있었으며 절단 이후 citric acid 처리를 함으로써 절단 공정 시 오염될 수 있는 미생물까지 효과적으로 제거할 수 있었다.

총 호기성 세균은 무처리구에 비하여 대조구인 물로 세척한 경우는 0.98 log cycle 감소하였고 화학적 처리를 한 경우는 3.75 log cycle 감소하였다(Fig. 1-a). 초기 균수가 5.98 log인 대조구는 저장 7일째 8.47 log까지 증가하였고 초기 3.21 log인 화학적 처리구는 저장 7일째 6.76 log까지 증가하였다. 특히 샐러드 포장 후 24 h 동안의 변화를 관찰해 보면 화학적 처리구는 초기와 거의 변화가 없지만 대조구는 저장 1일차부터 균수가 많이 증가한 것을 볼 수 있는데 이것은 citric acid에 의해 샐러드 표면의 pH가 낮아져서 세균의 생육이 저해된 것으로 생각된다. 또한 화학적 처리를 한 샐러드의 균수가 물로 세척한 샐러드의 초기 균수까지 증가하는데 걸린 저장 기간은 5일이므로 상업적 샐러드 유통기한을 고려할 때 화학적 처리는 MPR 샐러드에 있어서 미생물학적 안전성을 보장해 준다고 할 수 있다.

효모와 곰팡이의 경우 무처리구에 비하여 물로 세척한 경우 1.47 log cycle 감소하였고 화학적 처리를 한 경우 3.47 log cycle 감소하였다(Fig. 1-b). 대조구인 물 세척의 경우 초기 4.19 log에서 6.52 log까지 증가하였고 화학적 처리구는 2.2 log에서 5.42 log까지 증가하였다. 두 가지 모두 저장 72 h까지 균수가 빠르게 증가하였고 그 이후엔 거의 변화가 없었으며 화학적 처리구가 물로 세척한 경우의 초기균수 만큼 증가하는데 48 h이 소요되었다. 곰팡이의 경우 식품에 증식할 경우 균사체를 형성하여 육안으로 확인이 가능하나 저장 7일까지 균사체는 관찰되지 않았기에 증가한 균은 거의 효모로 판단된다.

Table 1. Effect of chemical treatment on the microorganism of MPR salad

Media	Treatment	Population (log ₁₀ CFU/mL)	Reduction in population
PCA (Total aerobic bacteria)	No treatment	6.96 ± 0.05	
	Water washing	5.98 ± 0.11	0.98 ± 0.11
	Chemical treatment	3.21 ± 0.01	3.75 ± 0.01
PDA (Yeast and Mold)	No treatment	5.67 ± 0.05	
	Water washing	4.19 ± 0.02	1.47 ± 0.02
	Chemical treatment	2.2 ± 0.14	3.47 ± 0.14
EC (<i>Escherichia coli</i>)	No treatment	5.52 ± 0.12	
	Water washing	4.59 ± 0.13	0.93 ± 0.13
	Chemical treatment	2.11 ± 0.03	3.41 ± 0.03
Listeria selective agar (<i>Listeria</i> spp.)	No treatment	4.8 ± 0.01	
	Water washing	3.81 ± 0.13	0.99 ± 0.13
	Chemical treatment	1.42 ± 0.19	3.38 ± 0.19

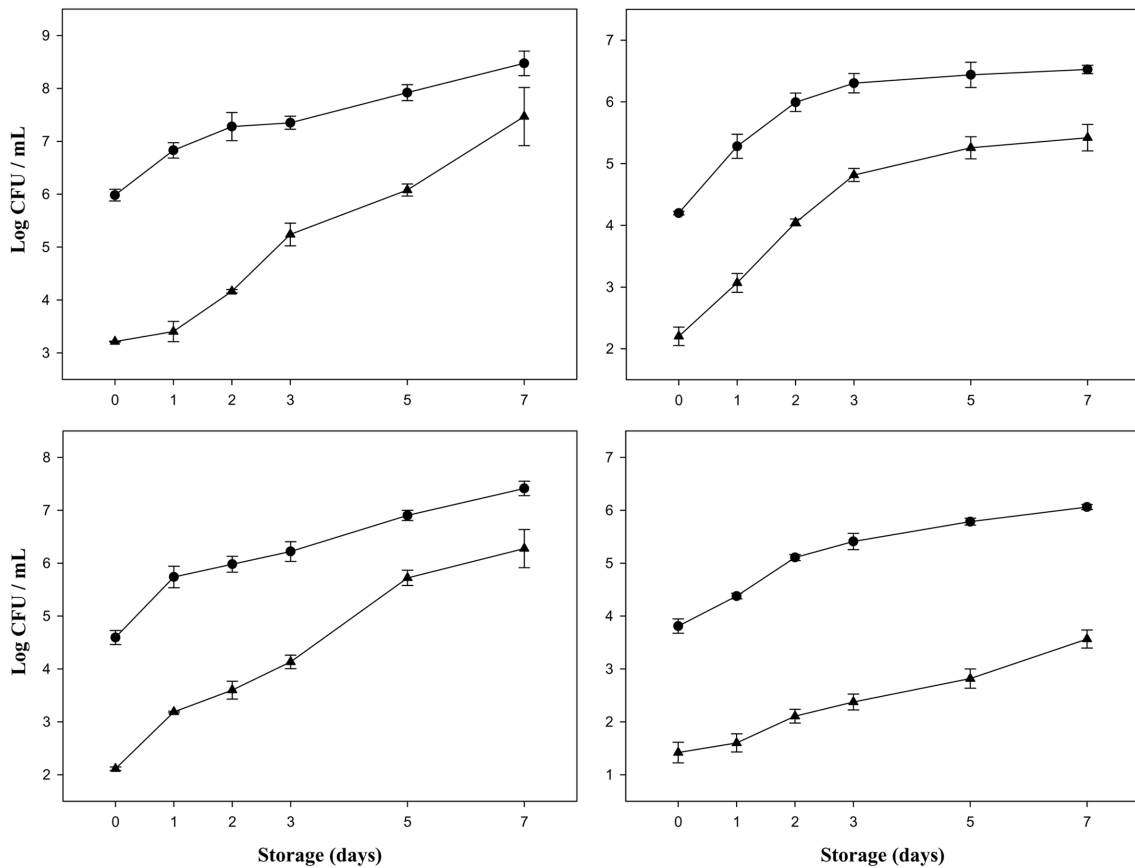


Fig. 1. Effect of chemical treatment on the microbial growth of MPR salad.

a: total aerobic bacteria, b: yeast and mold, c: *Escherichia coli* d: *Listeria* spp.

● : water washing, ▲ : chemical treatment.

대장균은 무처리구에 비하여 물 세척의 경우 0.93 log cycle 감소하였고 화학적 처리구의 경우 3.41 log cycle 감소하였다(Fig. 1-c). 물 세척의 경우는 초기 4.59 log에서 7.41 log까지 증가하였고 화학적 처리구는 2.11 log에서 6.27 log까지 증가하였다. 두 경우 모두 저장 24 h 동안 많은 수의 균이 증식하였고 이후 비슷한 증가폭을 보이며 증가하였다. 화학적 처리구의 균수가 대조구의 초기 균수까지 증가 하는데 3일 이상 걸리는 것으로 관찰되었다.

*Listeria*속은 무처리구에 비하여 대조구인 물 세척의 경우 0.99

log cycle 감소하였고 실험구인 화학적 처리구는 3.38 log cycle 감소하였다(Fig. 1-d). 대조구는 초기 3.81 log에서 6.06 log까지 증가하였고 화학적 처리구는 1.42 log에서 3.56 log까지 증가하였다. 저장기간 전체를 살펴 볼 때 저장 7일 동안 대조구는 2.25 log cycle이 증가하였으며 화학적 처리구는 2.14 log cycle이 증가하였다. 또한 저장 7일 후 화학적 처리구의 최종 균수가 대조구의 초기 균수인 3.81 log를 넘지 않으므로써 화학적 처리가 병원성 미생물인 *Listeria*속을 효과적으로 제거함에 따라 샐러드의 미생물학적 안전성을 보장할 수 있다고 판단된다.

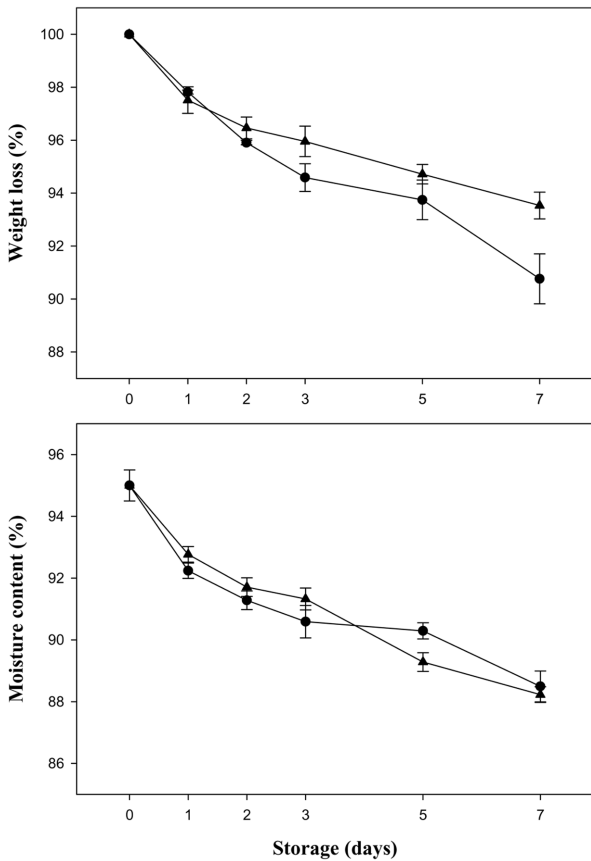


Fig. 2. Effect of chemical treatment on the weight and moisture content of MPR salad.

a: weight loss, b: moisture content.

●: water washing, ▲: chemical treatment.

본 실험 결과로 판단할 때 대조구인 물 세척의 경우는 저장 24 h 동안 초기균수에서 많은 증가폭을 보이는 반면 화학적 처리구는 소폭의 증가를 보였기에 화학적 처리가 샐러드의 미생물 사멸뿐만 아니라 저장초기 미생물의 생육 또한 저해하는 것으로 생각된다. Singh 등(19)은 alfalfa seed에 50 ppm의 이산화염소를 처리 했을 때 약 1 log cycle이 감소하였다고 보고하였고 Taormina 등(20)은 3분 동안 500 ppm의 이산화염소를 처리 하여 2 log cycle의 *E. coli* O157:H7을 감소시켰다고 보고하였다. 이들의 실험 결과와 비교하여 볼 때 본 연구에 사용된 citric acid와의 병행처리는 샐러드의 생육 미생물 제거에 매우 효과적인 것으로 판단된다. Singh 등(21)의 이산화염소, 오존, thyme oil을 양상추에 처리하여 미생물 사멸실험을 한 보고서에서도 각각의 처리는 충분한 살균효과를 보이지 않았지만 병행처리는 효과적이었다고 보고한 바 있다. 본 실험 결과, 화학적 처리구의 생육 미생물수가 물로 세척한 샐러드의 초기균수 만큼 증가하는데 2-3일 이상 걸리는 것으로 관찰됨으로써 본 연구에서 사용된 화학적 처리 방법은 MPR 샐러드의 상업적 유통기한 중 미생물학적 안전성을 보장할 수 있다고 판단된다.

중량 감모율 및 수분함량은 실험구 사이에 거의 비슷한 값을 보이며 감소하였으며 특히 저장 초기 큰 폭으로 감소하였다(Fig. 2). 중량 감모율의 경우 저장 24 h 동안 변화의 폭이 같았으나 그 후 대조구가 화학적 처리구에 비하여 더 많은 중량이 감소하였다(Fig. 2a). 수분함량의 경우도 저장기간 동안 등

Table 2. Effect of chemical treatment on PPO activity of MPR salad

Treatment	Specific activity (unit/mg)	Relative activity (%)
No treatment	22321	100
Water washing	16236	72.73
Chemical treatment	11102	49.73

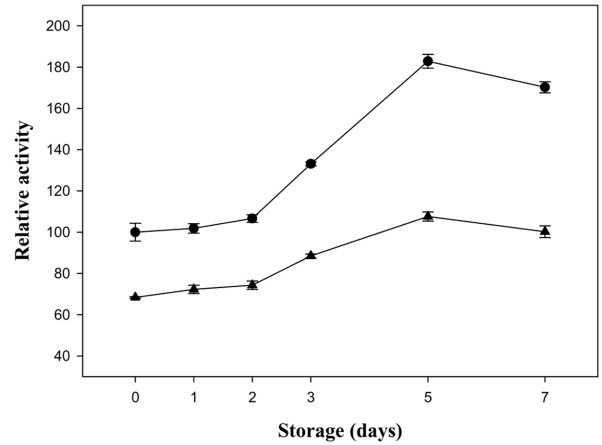


Fig. 3. Effect of chemical treatment on the polyphenol oxidase activity of MPR salad.

●: water washing, ▲: chemical treatment.

일한 비율로 수분이 감소하여 거의 비슷한 수분 함량을 보였다(Fig. 2-b). 따라서 화학적 처리는 샐러드의 품질에 영향을 주는 수분함량 및 보수성에 거의 영향이 없는 것으로 관찰되었다.

최소가공 샐러드의 효소적 갈변을 일으켜 상품성 및 영양적 가치를 하락시키는 PPO는 화학적 처리로 인하여 활성이 저해되는 것으로 관찰되었다. 화학적 처리구의 PPO의 활성은 무처리구에 비하여 49.73%로 감소하였고 대조구인 물세척은 72.73%의 활성을 보였다(Table 2, Fig. 3). PPO의 활성은 저장 5일까지 증가하다 다시 감소하는 경향성을 보였으나 대조구 보다 화학적 처리구가 변화의 폭이 적었다(Fig. 3). Ihl 등(22)은 최소가공된 샐러드 제품의 저장 중 포장 내부 ethylene 함량이 증가함에 따라 PPO의 활성도 증가한다고 보고하였는데 저장 5일 이후 PPO의 활성이 감소하는 것은 내부 ethylene 함량과 관련이 있는 것으로 판단된다(23). 결론적으로 화학적 처리에 의하여 대조구에 비하여 PPO의 활성은 감소하였고 PPO의 활성 저해는 저장, 유통 기간 중 샐러드 절단면의 효소적 갈변을 억제함으로써 MPR 샐러드의 상품성 유지에 효과적일 것으로 판단된다.

요 약

Minimally processed and refrigerated(MPR) 샐러드의 미생물학적 안전성 및 저장성 증대를 위하여 이산화염소와 citric acid 처리를 이용하여 실험한 결과 총 호기성 세균을 3.75 log cycle, 효모와 곰팡이는 3.47 log cycle, 대장균은 3.41 log cycle, *Listeria* 속은 3.38 log cycle 감소시켰다. 물로 세척한 경우는 샐러드의 미생물을 효과적으로 제거하지 못한 반면 화학적 처리구는 생육 미생물을 3.3-3.7 log cycle 감소시킴으로써 식품의 미생물학적 안전성을 보장해 주었다. 또한 샐러드 저장 중 효소

적 갈변 원인인 polyphenoloxidase의 활성을 감소시켜 대조구에 비해서 49.73%의 감소를 보였다. 따라서 이산화염소와 citric acid를 이용한 화학적 처리는 MPR 셀러드의 위생학적 안전성을 보장해 주고 또한 갈변 효소의 활성을 억제함으로써 저장성을 증대시키고 유통기간 연장에 도움이 된다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림기술관리센터의 농림기술개발사업의 지원으로 이루어진 것 입니다.

문 헌

1. Boyette MD, Ritchie DF, Carballo SJ, Blankenship SM, Sanders DC. Chlorination and postharvest disease control. Hort. Technol. 3: 395-400 (1993)
2. Carlin F, Nguyen-the C, Silva AAD. Factors affecting the growth of *Listeria monocytogenes* on minimally processed fresh endive. J. Appl. Bacteriol. 78: 636-646 (1995)
3. Beuchat LR, Nail BV, Adler BB, Clavero MRS. Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes, and lettuce. J. Food Prot. 61: 1305-1311 (1998)
4. Kraybill HF. Origin, classification and distribution of chemicals in drinking water with an assessment of their carcinogenic potential. Vol. 1, pp. 211-228. In: Water Chlorination. Jolly RL (ed). Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, USA (1978)
5. Kim JM. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. Food Ind. Nutr. 6: 33-39 (2001)
6. Gordon G, Kieffer RG, Rosenblatt DH. The chemistry of chlorine dioxide. Vol. 15, pp. 202-286. In: Progress in Inorganic Chemistry. Lippard SJ (ed). J. Wiley and Sons, New York, NY, USA (1972)
7. Moore G.S, Calabrese EJ, DiNardi SR, Tuthill RW. Potential health effect of chlorine dioxide as a disinfectant in potable water supplies. Med. Hypotheses 4: 481-496 (1978)
8. Lee SY, Gray PM, Dougherty RH, Kang DH. The use of chlorine dioxide to control *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores in aqueous suspension and on apples. Int. J. Food Microbiol. 92: 121-127 (2004).
9. Du J, Han Y, Linton RH. Efficacy of chlorine dioxide gas in reducing *Escherichia coli* O157:H7 on apple surfaces. Food Microbiol. 20: 583-591 (2003)
10. Han Y, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on surface-uninjured and -injured green pepper (*Capsicum annuum* L.) by chlorine dioxide gas as demonstrated by confocal laser scanning microscopy. Food Microbiol. 17: 643-655 (2000)
11. Andrews LS, Key AM, Martin RL, Grodner R, Park DL. Chlorine dioxide wash of shrimp and crawfish an alternative to aqueous chlorine. Food Microbiol. 19: 261-267 (2002)
12. Jimenez-Villarreal JR, Pohlman FW, Johnson ZB, Brown Jr. AH. Effect of chlorine dioxide, cetylpyridinium chloride, lactic acid and trisodium phosphate on physical and sensory properties of ground beef. Meat Sci. 65: 1055-1062 (2003)
13. Demet K, Tulin A. Partial purification and characterization of polyphenoloxidase from peppermint (*Mentha piperita*). Food Chem. 74: 147-154 (2001)
14. Hendrickx M, Ludikhuyze L, Van Den Broeck I, Weemaes C. Effect of high pressure on enzyme related to food quality. Trends Food Sci. Technol. 9: 197-203 (1998)
15. Gomes MRA, Ledward DA. Effect of high-pressure treatment on the activity of some polyphenoloxidase. Food Chem. 56: 1-5 (1996)
16. Beaulieu M, B'eliveau G, Daprano M, Lacroix M. Dose rate effect of γ -irradiation on phenolic compounds, polyphenoloxidase, and browning of mushrooms (*Agaricus bisporus*). Food Chem. 47: 2537-2543 (1999)
17. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Method 4-54. American Public Health Association, Washington DC, USA (1995)
18. Youm HJ, Ko JK, Kim MR, Song KB. Inhibitory effect of aqueous chlorine dioxide in survival of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in pure cell culture. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 514-517 (2002)
19. Singh N, Singh RK, Bhunia AK. 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 (2003)
20. Taormina PJ, Beuchat LR. Comparison of chemical treatment to eliminate enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. J. Food Prot. 62: 318-324 (1999)
21. Singh N, Singh RK, Bhunia AK, Strohshine RL. Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 35: 720-729 (2002)
22. Ihl M, Aravena L, Scheuermann E, Uquiche E, Bifani V. Effect of immersion solution on shelf life of minimally processed lettuce. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 36: 591-599 (2003)
23. Youm HJ, Jang JW, Kim KR, Kim HJ, Jeon EH, Park EK, Kim MR, Song KB. Effect of chemical treatment with citric acid or ozonated water on microbial growth and polyphenol oxidase activity in lettuce and cabbage. J. Food Sci. Nutr. 9: 121-125 (2004)

(2004년 11월 15일 접수; 2004년 12월 29일 채택)