

이산화염소수와 Ultraviolet-C 병합 처리에 따른 레드 치커리와 청경채의 저장 중 품질에 미치는 영향

김현진 · 송현정 · 송경빈[†]
충남대학교 농업생명과학대학 식품공학과

Effect of Combined Treatment of Aqueous Chlorine Dioxide with Ultraviolet-C on the Quality of Red Chicory and Pak Choi during Storage

Hyun Jin Kim, Hyeon Jeong Song, and Kyung Bin Song[†]

Dept. of Food Science & Technology, College of Agriculture & Life Sciences,
Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

The combined effects of 10 kJ/m² ultraviolet-C (UV-C) with 50 ppm aqueous chlorine dioxide (ClO₂) on the qualities of red chicory and pak choi were examined. After the treatment, the samples were stored at 4±1°C for 7 days. The combined treatment of ClO₂/UV-C reduced the initial populations of total aerobic bacteria in the red chicory and pak choi by 2.64 and 2.55 log CFU/g, respectively, compared to those of the control. Also, the populations of yeast and molds in the red chicory and pak choi by combined treatment were reduced by 2.41 and 2.00 log CFU/g, respectively. In addition, after 7 days of storage the total aerobic bacteria populations in the red chicory and pak choi were reduced to 3.71 and 3.93 log CFU/g, compared to 6.31 and 6.62 log CFU/g for the control, resulting in a significant decrease. Hunter L, a, and b values of red chicory and pak choi were not significantly different among the treatments. Non-thermal treatment caused a negligible change in sensory evaluation. These results suggest that the combined treatment of 50 ppm ClO₂ with 10 kJ/m² UV-C can be useful for maintaining the qualities of red chicory and pak choi.

Key words: red chicory, pak choi, combined treatment, aqueous chlorine dioxide, UV-C irradiation

서 론

산업화, 도시화로의 발전은 현대인의 식생활 문화에도 많은 변화를 주어, 소비자들이 식품의 건강성, 기능성, 편리성을 중시하는 제품이 많이 유통되고 있다(1). 따라서 즉석섭취 식품이나 편이식품의 소비가 증가되고 있고, 이에 따른 관련 식품 연구 및 기술 개발이 중요시되고 있다(2).

즉석섭취, 편이식품류는 소비자가 별도의 조리과정 없이 섭취할 수 있도록 제조, 가공, 포장한 즉석섭취식품, 즉석조리식품, 신선편이식품을 말한다(3). 이 중에서 신선편이식품은 그대로 섭취할 수 있는 샐러드나 새싹채소 등을 말하는데, 주로 샐러드로 섭취되는 신선 채소는 익히지 않은 상태로 섭취될 뿐만 아니라 생산, 수확, 저장 중 미생물 등에 오염될 가능성이 높다(4,5). 신선 채소의 미생물 오염은 식품의 보존성과 안전성에 영향을 끼치기에, 신선 채소 수확 후 또는 섭취 전 미생물 수 감소를 위한 전처리 과정의 필요성이 강조된다(6).

가열처리가 곤란한 신선 채소는 미생물학적 안전성을 확

보하기 위해서 irradiation(7), electrolyzed oxidizing water(8), organic acid(9), ozone(10), chlorine(11), sodium hypochlorite(12) 등과 같은 다양한 비가열처리 방법이 사용된다. 비가열처리 방법 중에서 화학적 처리 방법인 이산화염소(chlorine dioxide)는 염소와 달리 발암물질인 트리할로메탄류 등을 생성하지 않고 염소보다 2.5배나 산화력이 강하며, 살균력은 5배 높고 pH의 변화에 따른 살균력의 변화도 없으며 식품의 풍미에도 큰 영향을 주지 않는다고 알려져 있다(13). 따라서 이산화염소수는 샐러드 같은 신선 채소 미생물학적 안전성 확보를 위해 사용되고 있다(14,15).

Ultraviolet(UV)는 파장 100~400 nm 범위의 전자기파를 말하는데, UV 영역은 크게 UV-A(315~400 nm), UV-B(280~315 nm), UV-C(100~280 nm)로 구분되며, 살균 및 소독에 사용되는 UV는 주로 UV-C이다(16-18). UV-C는 비가열 살균처리기술 중 물리적 처리로써 주로 식품 표면의 미생물학적 오염을 줄이는데 이용되며, 특히 253.7 nm 파장의 UV-C가 미생물의 DNA base에 손상을 일으켜 미생물을 사멸시키는 것으로 알려져 있다(16-19). UV-C 조사는 기존

[†]Corresponding author. E-mail: kbsong@cnu.ac.kr
Phone: 82-42-821-6723, Fax: 82-42-825-2664

의 감마선이나 전자빔 처리 방법과 비교하여 잠재적 위해요소에 대한 소비자 거부감이 적고 온도와 수분의 영향을 크게 받지 않으며, 설치 및 조사비용이 저렴한 장점을 가지고 있어 다양한 식품의 미생물 오염을 방지하기 위해 연구되고 있다(16-19).

화학적 처리인 이산화염소수나 물리적 처리인 UV-C는 식품의 미생물학적 품질 저하를 막기 위해 사용되고 있는데, 신선 채소에 적절한 병합 처리로 적용된 hurdle technology에 관한 연구는 아직 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 재배된 신선 채소 중에 레드 치커리와 청경채의 미생물학적 안전성 확보와 저장성 증대를 위해, 화학적 처리인 이산화염소수와 물리적 처리인 UV-C 조사에 대한 단일 처리와 hurdle system을 위한 병합 처리에 따른 신선 채소의 저장 중 미생물 수 감소 및 품질 변화에 미치는 영향을 조사하여 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료

본 연구에서 사용된 신선 채소는 레드 치커리와 청경채로서 대전에서 재배된 것으로, 실험 당일 구입하여 외관 상태가 전체적으로 균일한 것을 선별하여 사용하였다.

UV-C 조사

UV-C 조사는 제작된 UV 살균기(88 cm×55 cm×47 cm)의 상, 하부에 254 nm 파장의 unfiltered germicidal emitting lamps(Sylvania, G15T8, Phillips, Haarlem, Netherlands)를 설치하였고(20), UV-C 강도는 시료 tray 상에서 UV light meter(UV-340, Lutron Electronic Co., Taipei, Taiwan)를 이용하여 3 반복하여 측정하였다(15 W/m^2). 레드 치커리와 청경채에 사용된 UV-C 조사선량은 10 kJ/m^2 이었고, 조사시간은 11분 6초이었다. 시료 처리에 있어서 효과적인 살균처리를 위하여 UV 살균기 내에 시료가 서로 겹치지 않도록 펼쳐놓았고, 미생물의 photoreactivation을 최소화하기 위해 암실 조건에서 조사하였다.

이산화염소수 및 물 침지 처리

레드 치커리와 청경채는 물, 50 ppm 이산화염소수에 각각 5분간 침지하였고, 침지 처리 후, 물로만 처리한 시료와 이산화염소수로 처리한 시료를 바로 clean bench로 옮겨 1시간 동안 air-dried 상태로 표면에 남아있는 수분을 제거하였다. 이산화염소 용액은 chlorine dioxide generator system(CH₂O Inc., Olympia, WA, USA)을 이용하여 농도가 50 ppm이 되게 제조하였다(13).

병합 처리

병합 처리는 각 시료를 50 ppm 이산화염소수에 5분간 침지한 후 10 kJ/m^2 UV-C 조사를 연속적으로 수행하였다. 모든 처리 후, 시료는 $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 7일 동안 low density poly-

ethylene(LDPE) bag(21 cm×29 cm, 두께: 0.13 mm)에 처리구와 저장 일수에 따라 개별적으로 포장하여 실험에 사용하였다.

미생물 생육 측정

레드 치커리와 청경채 시료 대조구 및 각각의 처리구 20 g과 0.1% 멸균 펩톤수 180 mL를 멸균 bag에 넣고 3분 동안 stomacher(MIX 2, AES Laboratoire, Combourg, France)에서 균질화 시켰다. 균질화된 시료는 멸균된 거즈를 이용하여 거르고 0.1% 멸균 펩톤수로 10배수 연속 희석한 후 각각의 배지에 분주하여 3반복 수행하였다. 총 호기성 세균은 plate count agar(PCA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 37°C 에서 2일간 배양하고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco Co.)를 사용하여 25°C 에서 3일간 배양 후 형성된 colony를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit(CFU)로 나타냈다.

색도 측정

색도는 색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 각 시료의 다른 표면을 반복 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. 사용된 표준 백판의 L, a, b 값은 각각 L=97.39, a=-0.11, b=2.02이었다.

관능검사

시료의 병합 및 단일처리에 따른 저장기간 중 품질 변화를 분석하기 위해 훈련된 panel 요원 8명으로 시료의 외관적 상태(appearance), 냄새(odor) 및 종합적 기호도(overall acceptability)에 대한 관능검사를 실시하였다. 이때 각 처리된 시료에 대한 평점은 선정된 기준에 의거한 9점 기호 척도법(9~8점: 매우 좋음, 7~6점: 좋음, 5~4: 보통, 3~2: 나쁨, 1: 매우 나쁨)으로 평가하였다.

통계적 처리 분석

모든 실험은 3회 반복하여 측정하였고, 그 결과는 평균값 ± 표준편차로 나타냈으며 통계적 분석은 SAS(Statistical Analysis System program, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 각 처리구 간의 유의성($p < 0.05$) 검증을 위해 분산분석(analysis of variance, ANOVA) 후 Duncan's multiple range test로 다중비교를 실시하였다.

결과 및 고찰

미생물 수 측정

레드 치커리와 청경채를 물, 이산화염소수 및 UV-C 조사를 각각 단일 처리와 병합 처리한 후 저장 중 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이의 미생물 수 변화를 조사하였다(Table 1, 2). 저장 초기 대조구의 경우 레드 치커리와 청경채의 총 호기성 세균은 6.03, 6.01 log CFU/g이었고, 물로 침지한 처

Table 1. Change in the populations of total aerobic bacteria of non-thermal treated red chicory and pak choi during storage at 4°C (log CFU/g)

Samples	Treatment ¹⁾	Storage time (days)				
		0	1	3	5	7
Red chicory	Control	6.03±0.03 ^{Aa2)}	6.16±0.07 ^{Aa}	6.17±0.04 ^{Aa}	6.25±0.22 ^{Aa}	6.31±0.46 ^{Aa}
	Water	5.82±0.09 ^{Bbc}	5.84±0.02 ^{Bbc}	5.94±0.06 ^{Bab}	5.95±0.03 ^{Ba}	5.97±0.02 ^{Aa}
	ClO ₂	4.59±0.10 ^{Ca}	4.65±0.11 ^{Ca}	4.67±0.14 ^{Ca}	4.68±0.05 ^{Ca}	4.70±0.06 ^{Ba}
	UV-C	4.59±0.07 ^{Cb}	4.68±0.10 ^{Cab}	4.66±0.04 ^{Cab}	4.73±0.05 ^{Ca}	4.74±0.06 ^{Ba}
	ClO ₂ +UV-C	3.39±0.09 ^{Dc}	3.47±0.15 ^{Dbc}	3.57±0.09 ^{Dabc}	3.64±0.09 ^{Dab}	3.71±0.07 ^{Ca}
Pak choi	Control	6.01±0.08 ^{Ac}	6.05±0.07 ^{Ac}	6.27±0.03 ^{Ab}	6.34±0.05 ^{Ab}	6.62±0.21 ^{Aa}
	Water	5.57±0.17 ^{Bc}	5.67±0.14 ^{Bbc}	5.82±0.09 ^{Bab}	5.92±0.05 ^{Ba}	5.98±0.03 ^{Ba}
	ClO ₂	4.77±0.09 ^{Cc}	4.79±0.03 ^{Cbc}	4.81±0.05 ^{Cbc}	4.88±0.05 ^{Cb}	5.05±0.02 ^{Ca}
	UV-C	4.50±0.17 ^{Db}	4.54±0.10 ^{Db}	4.65±0.16 ^{Cb}	4.71±0.06 ^{Db}	4.97±0.02 ^{Ca}
	ClO ₂ +UV-C	3.46±0.07 ^{Ec}	3.54±0.08 ^{Ec}	3.76±0.06 ^{Db}	3.81±0.08 ^{Eb}	3.93±0.04 ^{Da}

¹⁾Control: No treatment, ClO₂: 50 ppm aqueous chlorine dioxide treatment, UV-C: 10 kJ/m² treatment, ClO₂+UV-C: combined treatment.

²⁾Any means in the same column (A-E) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

Table 2. Change in the populations of yeast and molds of non-thermal treated red chicory and pak choi during storage at 4°C (log CFU/g)

	Treatment	Storage time (days)				
		0	1	3	5	7
Red chicory	Control	5.68±0.17 ^{Aa1)}	5.68±0.17 ^{Aa}	5.78±0.09 ^{Aa}	5.81±0.06 ^{Aa}	5.85±0.04 ^{Aa}
	Water	5.41±0.10 ^{Bb}	5.48±0.09 ^{Ab}	5.51±0.12 ^{Ba}	5.69±0.08 ^{Bab}	5.77±0.10 ^{Aa}
	ClO ₂	4.39±0.09 ^{Cb}	4.39±0.08 ^{Bb}	4.48±0.12 ^{Cab}	4.53±0.08 ^{Dab}	4.64±0.02 ^{Ba}
	UV-C	4.30±0.09 ^{Cb}	4.42±0.08 ^{Bbc}	4.53±0.10 ^{Cb}	4.70±0.02 ^{Ca}	4.71±0.04 ^{Ba}
	ClO ₂ +UV-C	3.27±0.08 ^{Dc}	3.34±0.13 ^{Cbc}	3.47±0.14 ^{Dabc}	3.54±0.14 ^{Eab}	3.63±0.14 ^{Ca}
Pak choi	Control	5.22±0.07 ^{Ab}	5.25±0.18 ^{Ab}	5.27±0.05 ^{Ab}	5.80±0.06 ^{Aa}	5.94±0.03 ^{Aa}
	Water	4.96±0.05 ^{Bd}	5.02±0.03 ^{Ad}	5.11±0.05 ^{Bc}	5.31±0.02 ^{Bb}	5.50±0.03 ^{Ba}
	ClO ₂	4.59±0.10 ^{Cd}	4.61±0.06 ^{Bcd}	4.73±0.08 ^{Cbc}	4.82±0.04 ^{Cab}	4.89±0.05 ^{Ca}
	UV-C	4.47±0.26 ^{Cb}	4.50±0.11 ^{Bb}	4.64±0.05 ^{Cab}	4.78±0.11 ^{Ca}	4.81±0.09 ^{Ca}
	ClO ₂ +UV-C	3.22±0.12 ^{Dc}	3.26±0.22 ^{Cc}	3.35±0.05 ^{Dbc}	3.53±0.08 ^{Dab}	3.71±0.10 ^{Da}

¹⁾Any means in the same column (A-E) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

리구는 5.82, 5.57 log CFU/g으로 각각 0.21, 0.44 log CFU/g의 초기 미생물 수 감소를 보였다(Table 1). 이러한 결과는 물 침지 처리한 딸기 처리구를 대조구와 비교했을 때, 초기 미생물이 약 0.41 log CFU/g 감소했다는 이전 보고(21)와 유사하며, 물 침지만으로는 미생물 수 감소가 충분하지 않음을 보여준다.

레드 치커리는 이산화염소수와 UV-C 단일 처리구에서 모두 4.59 log CFU/g을 나타내어, 대조구와 비교하여 1.44 log CFU/g의 감균 효과를 나타냈다. 한편, 청경채는 이산화염소수와 UV-C 단일 처리구에서 4.77, 4.50 log CFU/g으로 각각 1.24, 1.51 log CFU/g의 초기 미생물 수 감소를 보였다. UV-C 처리구에 의한 미생물 수가 감소된 결과는, Artés-Hernández 등(22)이 수박에 UV-C 처리했을 때 UV-C가 미생물 DNA damage에 직접적으로 관여하여 수박의 미생물 수가 감소했다는 결과와 일치한다. 또한 Jin 등(23)이 딸기에 50 ppm 이산화염소수 처리 후, 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이가 대조구와 비교하여 각각 1 log cycle 이상 감소시킨 결과를 본 연구의 이산화염소수 결과와 비교하였을 때 감균 효과는 유사하였다.

이산화염소수와 UV-C 조사의 병합 처리구의 경우, 레드 치커리와 청경채의 총 호기성 세균 수가 3.39, 3.46 log CFU/g으로 각각 2.64, 2.55 log CFU/g의 초기 미생물 수의 유의적인(p<0.05) 감소를 나타냈다. 각 시료의 총 호기성 세균 수 감소 효과는 저장 중에도 지속되었는데, 레드 치커리는 저장 3일 후 대조구의 미생물 수가 6.17 log CFU/g으로 증가한 반면에 이산화염소수와 UV-C 단일 처리구는 4.67, 4.66 log CFU/g을 나타내어 1.50, 1.51 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보였으며, 이산화염소수와 UV-C 병합 처리구는 3.57 log CFU/g으로 2.60 log CFU/g의 유의적인(p<0.05) 미생물 수 감소를 나타냈다. 청경채는 저장 3일 후 역시 대조구의 미생물 수가 증가하여 6.27 log CFU/g이었고, 이산화염소수와 UV-C 단일 처리구와 병합처리구는 4.81, 4.65, 3.76 log CFU/g으로 각각 1.46, 1.62, 2.51 log CFU/g 미생물 수가 감소하여 그 효과는 유의적인(p<0.05) 것으로 나타났다. 레드 치커리와 청경채 시료의 대조구와 모든 처리구에서 저장기간 동안 미생물 수가 증가하는 결과를 나타냈는데, 이는 Kim 등(24)의 엽채류인 상추, 시금치와 과채류인 오이, 토마토의 저장 중 총 균수의 측정 결과, 저장기간이 경과함

에 따라 증가했다는 보고와 일치한다. 또한 본 연구에 있어서 저장 7일 후, 각 시료의 이산화염소수와 UV-C 병합 처리구가 3.71, 3.93 log CFU/g으로 대조구의 6.31, 6.34 log CFU/g과 비교하여 2.60, 2.69 log CFU/g의 유의적인($p < 0.05$) 차이를 나타냄으로써 병합 처리가 저장기간 중 2 log cycle 이상의 미생물 수 감소를 유지하였다. 저장기간 동안, 이산화염소수와 UV-C 조사의 단일 처리와 병합 처리구는 미생물 수가 증가해도 저장 초기 대조구와 물로 세척한 처리구의 미생물 수보다 작은 것으로 관찰됨에 따라 미생물학적 안전성을 보장해 준다고 할 수 있다.

레드 치커리와 청경채의 저장 중 효모 및 곰팡이 수의 경우에도 총 호기성 세균의 결과와 비슷한 경향을 나타냈다 (Table 2). 레드 치커리와 청경채 저장 초기 대조구의 경우 5.68, 5.22 log CFU/g이었고, 물로 침지한 처리구는 5.41, 4.96 log CFU/g으로 0.27, 0.26 log CFU/g의 감소를 보였다. 또한 각 시료 이산화염소수 처리구는 4.39, 4.69 log CFU/g으로 각각 1.29, 0.63 log CFU/g의 감균 효과를 나타냈고, UV-C 처리구는 4.30, 4.47 log CFU/g으로 1.38, 0.75 log CFU/g의 초기 미생물 수 감소를 보였다. 이산화염소수와 UV-C 병합 처리구는 3.27, 3.22 log CFU/g으로 가장 많은 미생물 수가 감소했다. 각 시료 저장 7일 후, 대조구의 효모 및 곰팡이 수는 저장 중 증가하여 5.85, 5.94 log CFU/g인 반면에 이산화염소수 처리구는 4.64, 4.89 log CFU/g, UV-C 처리구는 4.71, 4.81 log CFU/g으로 각각 1.21, 1.05, 1.14, 1.13 log CFU/g의 균 감소를 보였으며, 이산화염소수와 UV-C 병합 처리구는 3.63, 3.71 log CFU/g으로 2.22, 2.23 log CFU/g의 감소로 가장 큰 유의적인($p < 0.05$) 감균 효과를 나타냈다. 이산화염소수 처리에 따른 미생물 수 감소는 이산화염소수가 단백질의 특정 아미노산과 반응하여 단백질을 변성시키고, 또한 mRNA의 불활성화, cell membrane의 변화로 인한 단백질 합성 등에 영향을 끼쳐 사멸시킨다고 보고되었다(4). 이산화염소수와 UV-C 조사가 미생물 단백질 등에 관여해서 미생물을 불활성화시킴으로써 식품에 존재하는 미생물을 억제하였고, 감균 효과는 병합 처리에서 가장 크게 나타났다.

본 연구 결과에서 처리구 저장 중 미생물 수 증가 결과는 Kim 등(25)이 건어포류에 UV-C 처리한 연구에서 저장 초기 UV-C 조사에 의해 검출되지 않았던 효모 및 곰팡이가 저장 중 다시 회복되어 검출되었다는 보고와 비슷하였다. 그리고 이산화염소수와 UV-C의 병합 처리는 레드 치커리와 청경채 저장기간 동안 대조구와 2 log cycle 정도 감균 효과를 유지함으로써 유의적으로($p < 0.05$) 가장 큰 미생물 감균 효과를 유지하였다. 이산화염소수와 UV-C 조사의 병합 처리가 단일 처리보다 미생물 억제에 효과적이라는 본 연구의 결과는 클로버 새싹채소에 푸마르산 용액과 UV-C 조사의 병합 처리가 병원성 미생물 수를 가장 크게 감소했다는 이전 보고(26)와도 일치한다.

Salma 등(27)의 신선편이 채소류에 오존과 UV-C 단일 처리와 병합 처리가 세균, 효모 및 곰팡이 수를 효과적으로 감소시켰다고 보고했는데, 이러한 결과는 본 연구에서 화학적 처리인 이산화염소수와 물리적 처리인 UV-C 단일 처리와 병합 처리가 미생물 수 감소에 효과적이라는 결과를 뒷받침해준다. 또한 UV-C 처리가 신선 적상추의 미생물 수 감소에 효과가 있다는 보고(28)와 이산화염소수가 블루베리에 접종된 병원성 미생물과 효모 및 곰팡이를 효과적으로 감소시켰다는 보고(29)와 비교 시, 본 연구에서 처리한 병합 처리가 레드 치커리와 청경채의 매우 적절한 hurdle technology 라고 판단된다.

따라서 화학적 처리인 이산화염소수와 물리적 처리인 UV-C의 병합 처리는 신선 채소의 초기 미생물 수를 감소시키고, 저장 중 미생물 생육을 저해하는 효과적인 비가열 처리 기술로써 신선 채소의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있다고 생각된다.

색도 변화

이산화염소수와 UV-C 단일 또는 병합 처리된 시료의 색도를 색차계를 사용하여 Hunter L, a, b value를 측정된 결과는 Table 3, 4와 같다. 저장 초기, 레드 치커리 Hunter L value는 대조구가 25 이상의 값으로 가장 높게 나타났고, 이산화염소수, UV-C, 병합 처리가 24 이상의 값을 나타내어 대조구보다 낮은 값을 나타냈지만, 유의적으로 차이는 없었다. 레드 치커리 저장기간 동안 물, UV-C, 병합 처리구의 L value는 유의적으로($p < 0.05$) 증가했지만, 저장기간에 각 처리구는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 레드 치커리 a value는 저장기간 동안 유의적으로($p < 0.05$) 감소했지만, 처리구 간에 차이는 없었다. b value 역시 이산화염소수, UV-C, 병합 처리 저장기간 동안 유의적으로($p < 0.05$) 증가를 나타냈으나, 각 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 이러한 결과를 통해 이산화염소수, UV-C, 병합 처리는 레드 치커리의 색도 변화에 큰 영향을 미치지 않았다고 생각된다(Table 3).

청경채 저장 초기, Hunter L, a, b value는 각각 36과 12, 14 이상의 값을 나타내었고 대조구와 모든 처리구 간의 차이가 없었을 뿐만 아니라, 저장 7일 동안 저장기간에 따른 유의적인 차이는 보이지 않다(Table 4).

Kim 등(30)의 50 ppm 이산화염소수 처리된 양상추의 저장 8일 동안 L, b value가 증가했다는 결과와 Baur 등(31)의 양상추에 수돗물, 염소, 오존수로 처리한 결과, 저장 중 L, a, b value의 변화가 나타나지 않아 품질 유지에 효과가 있었다는 보고는 본 연구결과와 유사했다.

따라서 본 연구에서 사용된 비열 처리는 레드 치커리와 청경채가 지니는 고유색과 관련된 외관적 색도 품질 측면에서 부정적인 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

Table 3. Change in Hunter color values of non-thermal treated red chicory during storage at 4°C

Color parameter	Treatment	Storage time (day)				
		0	1	3	5	7
L	Control	25.02±1.45 ^{Aa1)}	25.71±0.70 ^{Aa}	25.73±1.92 ^{Aa}	26.35±0.30 ^{Aa}	26.67±1.35 ^{Aa}
	Water	23.87±0.81 ^{Ac}	24.59±0.54 ^{Abc}	24.89±2.44 ^{Aabc}	26.61±1.76 ^{Aab}	27.15±1.27 ^{Aa}
	ClO ₂	24.83±1.58 ^{Aa}	25.05±1.83 ^{Aa}	25.38±1.89 ^{Aa}	25.39±2.85 ^{Aa}	26.56±0.85 ^{Aa}
	UV-C	24.81±0.63 ^{Ab}	24.95±0.17 ^{Ab}	26.15±2.36 ^{Aab}	26.90±0.62 ^{Aa}	27.45±1.06 ^{Aa}
	ClO ₂ +UV-C	24.88±1.01 ^{Ac}	25.57±1.26 ^{Abc}	25.71±1.00 ^{Abc}	26.76±0.89 ^{Aab}	27.60±0.76 ^{Aa}
a	Control	6.02±1.32 ^{Aa}	5.49±1.56 ^{Aa}	5.20±1.49 ^{Aa}	5.02±1.70 ^{Aa}	4.35±1.82 ^{Aa}
	Water	6.35±0.84 ^{Aa}	6.22±0.68 ^{Aa}	5.76±0.46 ^{Aa}	5.43±0.64 ^{Aa}	4.83±1.62 ^{Aa}
	ClO ₂	5.79±0.31 ^{Aa}	5.60±1.79 ^{Aa}	5.38±0.81 ^{Aa}	4.76±0.61 ^{Aa}	4.62±0.97 ^{Aa}
	UV-C	6.12±0.99 ^{Aa}	5.63±2.72 ^{Aa}	5.32±0.75 ^{Aa}	5.10±1.32 ^{Aa}	4.27±0.85 ^{Aa}
	ClO ₂ +UV-C	6.13±0.35 ^{Aa}	5.66±0.92 ^{Aab}	5.08±1.20 ^{Aabc}	4.60±0.29 ^{Abc}	4.40±0.54 ^{Ac}
b	Control	1.65±1.02 ^{Aa}	1.78±0.61 ^{Aa}	2.04±1.19 ^{Aa}	2.96±0.57 ^{Aa}	3.30±2.85 ^{Aa}
	Water	1.57±0.71 ^{Aa}	1.96±1.75 ^{Aa}	2.05±1.25 ^{Aa}	2.30±1.02 ^{Aa}	3.65±1.37 ^{Aa}
	ClO ₂	1.18±0.88 ^{Ab}	1.92±1.24 ^{Aab}	2.54±1.26 ^{Aab}	2.65±0.56 ^{Aab}	3.12±0.75 ^{Aa}
	UV-C	1.60±0.75 ^{Ab}	1.86±1.12 ^{Aab}	2.31±0.35 ^{Aab}	2.55±0.47 ^{Aab}	2.95±0.39 ^{Aa}
	ClO ₂ +UV-C	1.59±0.24 ^{Ac}	1.91±0.56 ^{Abc}	2.53±0.31 ^{Aab}	2.70±0.61 ^{Aab}	3.05±0.95 ^{Aa}

¹⁾Any means in the same column (A) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

Table 4. Change in Hunter color values of non-thermal treated pak choi during storage at 4°C

Color parameter	Treatment	Storage time (day)				
		0	1	3	5	7
L	Control	36.42±0.78 ^{Aa1)}	36.28±0.84 ^{Aa}	36.21±1.57 ^{Aa}	36.19±0.87 ^{Aa}	36.34±0.73 ^{Aa}
	Water	36.62±0.60 ^{Aa}	36.65±1.04 ^{Aa}	36.68±0.66 ^{Aa}	36.11±0.93 ^{Aa}	36.16±1.30 ^{Aa}
	ClO ₂	36.60±0.72 ^{Aa}	36.45±1.61 ^{Aa}	36.31±1.14 ^{Aa}	36.36±1.08 ^{Aa}	35.26±1.35 ^{Aa}
	UV-C	36.55±0.81 ^{Aa}	36.51±0.54 ^{Aa}	36.48±0.65 ^{Aa}	36.62±0.69 ^{Aa}	36.25±1.00 ^{Aa}
	ClO ₂ +UV-C	36.44±0.94 ^{Aa}	36.31±1.12 ^{Aa}	36.01±1.32 ^{Aa}	36.89±0.55 ^{Aa}	36.80±0.88 ^{Aa}
a	Control	12.16±0.52 ^{Aa}	12.23±0.41 ^{Aa}	12.63±0.74 ^{Aa}	12.19±0.69 ^{Aa}	12.44±0.38 ^{Aa}
	Water	12.02±0.60 ^{Aa}	12.06±0.63 ^{Aa}	12.17±0.87 ^{Aa}	12.15±0.53 ^{Aa}	12.61±0.25 ^{Aa}
	ClO ₂	12.11±0.45 ^{Aa}	12.46±1.08 ^{Aa}	12.19±0.72 ^{Aa}	12.46±0.44 ^{Aa}	12.93±0.48 ^{Aa}
	UV-C	12.10±0.57 ^{Aa}	12.11±0.66 ^{Aa}	12.09±0.56 ^{Aa}	12.34±0.40 ^{Aa}	12.41±0.41 ^{Aa}
	ClO ₂ +UV-C	12.05±0.76 ^{Aa}	12.36±0.51 ^{Aa}	12.17±0.59 ^{Aa}	12.17±0.64 ^{Aa}	12.44±0.32 ^{Aa}
b	Control	14.59±0.61 ^{Aa}	14.26±0.48 ^{Aa}	14.52±0.35 ^{Aa}	14.11±0.68 ^{Aa}	14.06±0.54 ^{Aa}
	Water	14.80±0.58 ^{Aa}	14.16±1.02 ^{Aa}	14.25±1.16 ^{Aa}	14.25±0.58 ^{Aa}	14.05±1.01 ^{Aa}
	ClO ₂	14.85±0.56 ^{Aa}	14.35±1.36 ^{Aa}	14.19±0.62 ^{Aa}	14.14±0.66 ^{Aa}	14.06±0.53 ^{Aa}
	UV-C	14.25±0.82 ^{Aa}	14.09±0.29 ^{Aa}	14.18±0.38 ^{Aa}	14.16±0.63 ^{Aa}	14.00±0.50 ^{Aa}
	ClO ₂ +UV-C	14.58±0.43 ^{Aa}	14.25±0.72 ^{Aa}	14.27±0.61 ^{Aa}	14.06±0.54 ^{Aa}	14.04±1.08 ^{Aa}

¹⁾Any means in the same column or row are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

관능적 품질 검사

레드 치커리와 청경채의 비가열 처리 후 저장 중 외관적 상태, 향 및 종합적 기호도를 9점 기호척도법으로 조사한 관능적 품질 특성에 대한 결과는 Table 5, 6과 같다. 각 시료의 관능적 품질에 대한 점수는 저장기간이 경과함에 따라 대조구를 포함하여 모든 처리구에서 전체적으로 낮아지는 경향을 나타냈다. 레드 치커리의 외관적 상태의 경우 저장 1일까지 관능적 품질은 대조구를 포함하여 모든 처리구에서 8점 이상의 높은 점수로 대조구와 처리구간의 유의적인 차이가 없었으나, 저장 3일, 5일에는 이산화염소수와 UV-C 단일 처리 및 병합 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 (p<0.05) 높은 점수를 나타냈다. 레드 치커리 향은 저장기간 동안 대조구와 처리구간에 차이를 보이지 않았으며, 저장 7일 후, 병합 처리구의 종합적 기호도는 유의적으로 (p<0.05)

가장 높은 점수를 나타내어 대조구 및 다른 처리구보다 높은 선호도를 보였다. 이러한 결과를 통해 레드 치커리에 적용된 이산화염소수와 UV-C의 단일 처리 및 병합 처리는 대조구와 비교하여 외관적 품질에 많은 영향을 미치지 않는다고 생각된다(Table 5).

청경채의 관능적 품질에서 외관적 상태와 향은 저장기간 동안 대조구와 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않아 이산화염소수와 UV-C 처리에 따른 청경채의 외관적 품질 변화에 변화를 끼치지 않은 것으로 판단된다. 저장 5일, 7일에 종합적 기호도는 이산화염소수처리가 유의적으로 (p<0.05) 가장 높은 점수를 받았으며, UV-C와 병합 처리구도 대조구보다 높은 점수를 받은 것으로 보아, 비열처리가 시료에 미치는 부정적인 영향이 없는 것으로 판단된다(Table 6).

Allende 등(28)의 UV-C 처리된 적상추의 관능평가 점수

Table 5. Sensory evaluation of non-thermal treated red chicory during storage at 4°C

Sensory attributes	Treatment	Storage time (day)				
		0	1	3	5	7
Appearance	Control	9.00±0.00 ^{Aa1)}	8.38±0.52 ^{Ab}	6.63±0.74 ^{Bc}	5.88±0.64 ^{Bd}	5.63±0.74 ^{Ad}
	Water	9.00±0.00 ^{Aa}	8.13±0.64 ^{Aa}	6.50±0.93 ^{Bb}	6.00±0.93 ^{ABbc}	5.38±1.51 ^{Ac}
	ClO ₂	9.00±0.00 ^{Aa}	8.38±0.52 ^{Aa}	7.13±0.64 ^{ABb}	6.13±0.99 ^{ABc}	6.38±0.92 ^{Ac}
	UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.13±0.83 ^{Ab}	7.00±0.76 ^{ABc}	5.88±0.83 ^{Bd}	5.50±1.20 ^{Ad}
	ClO ₂ +UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.25±0.71 ^{Aab}	7.63±0.92 ^{Abc}	6.88±1.13 ^{Ac}	6.63±1.06 ^{Ad}
Odor	Control	9.00±0.00 ^{Aa}	8.63±0.52 ^{Aab}	7.63±1.30 ^{Abc}	6.63±1.51 ^{Ac}	6.25±1.04 ^{Ad}
	Water	9.00±0.00 ^{Aa}	8.50±0.76 ^{Aab}	7.75±1.04 ^{Abc}	6.75±1.49 ^{Ac}	6.13±1.25 ^{Ad}
	ClO ₂	9.00±0.00 ^{Aa}	8.25±0.71 ^{Aab}	7.50±1.20 ^{Ab}	6.25±1.96 ^{Ac}	6.25±1.28 ^{Ac}
	UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.50±0.53 ^{Aa}	7.38±1.30 ^{Ab}	6.75±1.49 ^{Abc}	6.13±0.99 ^{Ac}
	ClO ₂ +UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.50±0.76 ^{Aab}	7.75±1.39 ^{Ab}	6.50±1.60 ^{Ac}	6.50±0.93 ^{Ac}
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 ^{Aa}	8.63±0.52 ^{Aa}	7.13±0.83 ^{Ab}	6.38±0.92 ^{Ac}	5.38±0.92 ^{Bd}
	Water	9.00±0.00 ^{Aa}	8.50±0.76 ^{Aa}	6.88±1.13 ^{Ab}	6.63±1.19 ^{Ab}	5.13±0.64 ^{Bc}
	ClO ₂	9.00±0.00 ^{Aa}	8.38±0.74 ^{Aa}	7.38±0.74 ^{Ab}	6.00±1.36 ^{Ac}	6.00±1.07 ^{ABc}
	UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.13±0.83 ^{Aab}	7.25±1.04 ^{Ab}	6.13±1.36 ^{Ac}	5.13±0.99 ^{Bd}
	ClO ₂ /UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.25±0.71 ^{Aab}	7.88±0.99 ^{Ab}	6.75±1.04 ^{Ac}	6.50±0.93 ^{Ac}

¹⁾Any means in the same column (A,B) or row (a-d) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Table 6. Sensory evaluation of non-thermal treated pak choi during storage at 4°C

Sensory attributes	Treatment	Storage time (day)				
		0	1	3	5	7
Appearance	Control	9.00±0.00 ^{Aa1)}	8.63±0.52 ^{Aa}	8.50±0.53 ^{Aa}	6.75±0.71 ^{Ab}	5.75±1.04 ^{Ac}
	Water	9.00±0.00 ^{Aa}	8.50±0.76 ^{Aa}	8.50±0.76 ^{Aa}	6.88±0.83 ^{Ab}	5.75±0.89 ^{Ac}
	ClO ₂	9.00±0.00 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aa}	8.63±0.52 ^{Aa}	7.25±0.46 ^{Ab}	6.50±0.53 ^{Ac}
	UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aa}	8.38±0.74 ^{Aa}	6.88±0.64 ^{Ab}	5.88±0.83 ^{Ac}
	ClO ₂ +UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aa}	6.63±0.52 ^{Ab}	5.75±0.46 ^{Ac}
Odor	Control	9.00±0.00 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aa}	8.50±0.76 ^{Aa}	7.63±0.74 ^{Ab}	6.75±0.89 ^{Ac}
	Water	9.00±0.00 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aa}	8.50±0.76 ^{Aa}	7.63±0.74 ^{Ab}	6.75±0.89 ^{Ac}
	ClO ₂	9.00±0.00 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aab}	8.13±0.64 ^{Abc}	7.63±0.74 ^{Ac}	6.75±0.89 ^{Ad}
	UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.63±0.74 ^{Aab}	8.00±0.53 ^{Abc}	7.38±0.74 ^{Ac}	6.63±0.74 ^{Ad}
	ClO ₂ +UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.63±0.52 ^{Aab}	8.00±0.53 ^{Abc}	7.50±0.76 ^{Ac}	6.75±0.89 ^{Ad}
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 ^{Aa}	8.63±0.52 ^{Aab}	8.25±0.46 ^{Ab}	6.88±0.64 ^{Bc}	5.50±1.07 ^{Bd}
	Water	9.00±0.00 ^{Aa}	8.63±0.74 ^{Aa}	8.38±0.74 ^{Aa}	6.75±0.71 ^{Bb}	5.50±0.93 ^{Bc}
	ClO ₂	9.00±0.00 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aa}	8.63±0.52 ^{Aa}	7.63±0.52 ^{Ab}	6.63±0.92 ^{Ac}
	UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aa}	8.00±0.53 ^{Ab}	7.13±0.83 ^{ABc}	6.00±0.93 ^{ABd}
	ClO ₂ /UV-C	9.00±0.00 ^{Aa}	8.75±0.46 ^{Aab}	8.50±0.53 ^{Ab}	6.88±0.35 ^{Bc}	5.88±0.64 ^{ABd}

¹⁾Any means in the same column (A,B) or row (a-d) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

가 대조구와 비교 시 유의적인 차이가 나타나지 않았고, 적상추 저장기간 동안 유의적으로($p<0.05$) 감소했다는 결과는 청경채의 결과와 일치하였고, Kim 등(30)의 이산화염소수 처리된 양상추가 대조구보다 높은 점수를 나타낸 결과는 본 실험의 레드 치커리 결과와 비슷하였다.

따라서 이산화염소수의 화학적 처리와 UV-C의 물리적 처리의 적절한 병합 처리가 신선 채소인 레드 치커리와 청경채의 저장·유통 중에 오염될 수 있는 위해미생물 수를 효과적으로 감소시키고 식품의 외관적 품질에 부정적인 영향을 끼치지 않는 효과적인 처리기술이며, 또한 가장 효과적인 hurdle system 중의 하나라고 판단된다.

요 약

신선 채소 중 레드 치커리와 청경채의 미생물학적 안전성 확보를 위해 50 ppm 이산화염소수와 10 kJ/m² UV-C 조사 병합 처리에 따른 저장 중 미생물 수 및 품질 변화에 미치는 영향을 처리 후 4±1°C에서 7일 동안 저장하면서 실험하였다. 레드 치커리와 청경채의 총 호기성 세균 수는 대조구와 비교 시, 이산화염소수와 UV-C 병합 처리구에서 2.64, 2.55 log CFU/g 감소시켰으며, 효모 및 곰팡이는 2.41, 2.00 log CFU/g 감소시켰다. 또한, 레드 치커리와 청경채의 저장 7일 후, 이산화염소수와 UV-C 병합 처리구의 총 호기성 세균 수는 3.71, 3.93 log CFU/g으로 대조구와 비교할 때, 2.60, 2.69 log CFU/g의 유의적인($p<0.05$) 차이를 나타냈다. 병합 처리는 대조구와 비교하여 레드 치커리와 청경채의 저장 중

Hunter 색도 값에 부정적인 영향을 끼치지 않았다. 관능검사에 있어서도 병합 처리구가 대조구보다 저장 중 관능적 품질 유지에도 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구결과, 50 ppm 이산화염소수와 10 kJ/m² UV-C 조사의 병합 처리가 레드 치커리와 청경채의 저장 중에 오염될 수 있는 위해미생물의 감소와 외관적 품질유지에 효과적인 처리 기술이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2010년 한국연구재단의 지원을 받아 이루어진 것으로 감사를 드립니다.

문 헌

1. Youm HJ, Ko JK, Kim MR, Cho YS, Chun HK, Song KB. 2005. Effect of aqueous chlorine dioxide and citric acid treatment on microbial safety and quality control of minimally processed and refrigerated (MPR) salad. *Korean J Food Sci Technol* 37: 129-133.
2. Kim HK, Lee HT, Kim JH, Lee SS. 2008. Analysis of microbiological contamination in ready-to-eat foods. *J Fd Hyg Safety* 23: 285-290.
3. KFDA. 2010. *Food Code*. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea.
4. Kim MH, Kim HJ, Kim KS, Song YB, Seo WJ, Song KB. 2009. Microbial changes in hot peppers, ginger, and carrots treated with aqueous chlorine dioxide or fumaric acid. *Korean J Food Preserv* 16: 1013-1017.
5. Han Y, Sherman DM, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2000. The effects of washing and chlorine dioxide gas on survival and attachment of *Escherichia coli* O157:H7 to green pepper surfaces. *Food Microbiol* 17: 521-533.
6. Kim YJ, Kim MK, Sim IS, Dong AY, Kang SH, Song KB. 2008. Effect of aqueous chlorine dioxide treatment on the microbial growth and quality of grapes during storage. *Hort Environ Biotechnol* 49: 47-51.
7. Nthenge AK, Weese JS, Carter M, Wei CI, Huang TS. 2007. Efficacy of gamma radiation and aqueous chlorine on *Escherichia coli* O157:H7 in hydroponically grown lettuce plants. *J Food Prot* 70: 748-752.
8. Guentzel JL, Liang Lam K, Callan MA, Emmons SA, Dunham VL. 2008. Reduction of bacteria on spinach, lettuce, and surfaces in food service areas using neutral electrolyzed oxidizing water. *Food Microbiol* 25: 36-41.
9. Akbas MY, Ölmez H. 2007. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on iceberg lettuce by dip wash treatments with organic acids. *Letter Appl Microbiol* 44: 619-624.
10. Selma MV, Beltran D, Allende A, Chacon-Vera E, Gil MI. 2007. Elimination of *Shigella sonnei* in shredded lettuce and water. *Food Microbiol* 24: 492-499.
11. Beuchat LR, Adler BB, Lang MM. 2004. Efficacy of chlorine and peroxyacetic acid sanitizer in killing *Listeria monocytogenes* on iceberg and romaine lettuce using simulated commercial processing conditions. *J Food Prot* 67: 1238-1242.
12. Niemira BA. 2007. Relative efficacy of sodium hypochlorite wash versus irradiation to *Escherichia coli* O157:H7 internalized in leaves of romaine lettuce and baby spinach. *J Food Prot* 70: 2526-2532.
13. Kim YJ, Kim MH, Song KB. 2009. Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts. *Food Control* 20: 1002-1005.
14. Singh N, Singh RK, Bhunia AK, Strohshine 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.
15. Keskinen LA, Burke A, Annous BA. 2009. Efficacy of chlorine, acidic electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide solutions to decontaminate *Escherichia coli* O157:H7 from lettuce leaves. *Int J Food Microbiol* 132: 134-140.
16. Mok CK, Lee NH. 2008. Distribution of ultraviolet intensity and UV leaking of commercial UV sterilizers used in restaurants. *Korean J Food Sci Technol* 40: 228-233.
17. Perkins-Veazie P, Collins JK, Howard L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharv Biol Technol* 47: 280-285.
18. Keyser M, Muller IA, Cilliers FP, Nel W, Gouws PA. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Inno Food Sci Emerg Technol* 9: 348-354.
19. Allende A, Artés F. 2003. UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. *Food Res Int* 36: 739-746.
20. Chun HH, Kim JY, Kim HJ, Song KB. 2009. Effects of UV-C irradiation on the quality of Sunsik and Misutkaru during storage. *J Food Sci Nutr* 14: 226-232.
21. Kim JY, Kim HJ, Lim GO, Jang SA, Song KB. 2010. Effect of combined treatment of ultraviolet-C with aqueous chlorine dioxide or fumaric acid on the postharvest quality of strawberry fruit "Flamengo" during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 138-145.
22. Aetés-Hernández F, Robles PA, Gómez PA, Tomás-Callejas A, Artés F. 2010. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. *Postharv Biol Technol* 55: 114-120.
23. Jin YY, Kim YJ, Chung KS, Won MS, Song KB. 2007. Effect of aqueous chlorine treatment on the microbial growth and qualities of strawberries during storage. *Food Sci Biotechnol* 16: 1018-1022.
24. Kim HY, Lee YH. 2009. A study on the microbiological quality of vegetables in relation to the sanitization method used and vegetable types. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 632-642.
25. Kim JY, Chun HH, Song KB. 2008. Effect of UV-C irradiation on the quality of imported dried fish during storage. *Korean J Food Preserv* 15: 922-926.
26. Kim YJ, Kim MH, Song KB. 2009. Combined treatment of fumaric acid with aqueous chlorine dioxide or UV-C irradiation to inactivate *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* inoculated on alfalfa and clover sprouts. *LWT-Food Sci Technol* 42: 1654-1658.
27. Selma MV, Allende A, López-Gálvez F, Conesa MA, Gil MI. 2009. Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. *Food Microbiol* 25: 809-814.
28. Allende A, Artés F. 2003. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *LWT-Food*

- Sci Technol* 36: 779-786.
29. Wu VCH, Kim BC. 2007. Effect of a simple chlorine dioxide method for controlling five foodborne pathogens, yeasts and molds on blueberries. *Food Microbiol* 24: 794-800.
30. Kim YJ, Lee SH, Song KB. 2007. Effect of aqueous chlorine dioxide treatment on the microbial growth and qualities of iceberg lettuce during storage. *J Appl Biol Chem* 50: 239-243.
31. Baur S, Klaiber R, Hammes WP, Carle R. 2004. Sensory and microbiological quality of shredded, packaged iceberg lettuce as affected by pre-washing procedures with chlorinated and ozonated water. *Inno Food Sci Emerg Technol* 5: 45-55.

(2010년 11월 15일 접수; 2010년 11월 30일 채택)