

“플라멩고” 딸기의 수확 후 Ultraviolet-C와 이산화염소수 또는 푸마르산 병합 처리에 따른 저장 중 품질에 미치는 영향

김주연 · 김현진 · 임금옥 · 장성애 · 송경빈[†]
충남대학교 농업생명과학대학 식품공학과

Effect of Combined Treatment of Ultraviolet-C with Aqueous Chlorine Dioxide or Fumaric Acid on the Postharvest Quality of Strawberry Fruit “Flamengo” during Storage

Ju Yeon Kim, Hyun Jin Kim, Geum Ok Lim, Sung Ae Jang, and Kyung Bin Song[†]

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

Abstract

The combined effect of 50 ppm aqueous chlorine dioxide (ClO₂) or 0.5% fumaric acid with 5 kJ/m² ultraviolet-C (UV-C) on the postharvest quality of “Flamengo” strawberries was examined. After non-thermal treatment, the samples were stored at 4±1°C for 12 days. The combined treatment of fumaric acid/UV-C reduced the initial populations of total aerobic bacteria and yeast and molds in the strawberries by 2.09 and 2.02 log CFU/g, respectively, compared to those of the control. In addition, after 12 days of storage the yeast and molds population in the combined treatment was 1.72 log CFU/g, compared to 5.10 log CFU/g for the control, resulting in a significant decrease of 3.38 log CFU/g. Postharvest treatments used in this study caused negligible changes in the color of the strawberries. Sensory evaluation results indicated that the combined postharvest treatment provided better sensory scores than did the control. In particular, the overall acceptability scores were higher for the combined treatment groups after 5 days of storage. These results suggest that combined treatment of either 50 ppm ClO₂ or 0.5% fumaric acid with 5 kJ/m² UV-C can be useful for maintaining the quality of strawberries.

Key words: strawberries, combined treatment, fumaric acid, aqueous chlorine dioxide, UV-C irradiation

서 론

딸기는 고유의 향기와 색이 우수하고 비타민 C와 함께 항산화 활성이 있는 다양한 페놀성 화합물 함량이 풍부하여 최근 소비량이 급증하고 있는데, 대부분 생과로 이용되고 있으며 잼이나 아이스크림, 젤리 및 요구르트, 주스 등의 다양한 가공품 원료로도 사용되고 있다(1-4). 우리나라에서 생산되는 딸기는 일본 등으로 수출이 증가하는 추세이며 보통 과피의 착색이 60~70%정도 되었을 때 수확을 하는데, 이는 국내 유통되는 딸기와 달리 수확 후 선별 및 포장을 하여 수출국으로 수송되어 소비자에게 전달되기까지 소요되는 예상 유통시간과 착색이 진행되는 속도를 고려한 것이다(5).

그러나 딸기는 수확 후 선별, 저장 및 유통 과정에서 위해 미생물 증식에 의한 오염으로 인해 부패하기 쉽고, 물리적 손상 및 조직의 연화 등으로 과육의 표면이 물러지는 정도 감소와 활발한 호흡작용 및 지나친 증산작용에 의한 표피

건조로 무게감량, 과숙으로 인한 변색 등의 외관 품질저하에 따른 짧은 shelf-life가 심각한 문제점으로 인식된다(6-9). 또한 수출용 딸기는 수확 후 수출국으로의 수송 및 운반 작업으로 인해 일반적으로 국내에서 유통·판매되는 딸기보다 품질유지 및 shelf-life 증대를 위한 관리기술의 개발이 시급한 실정이다.

열처리는 품질저하를 유도하는 효소의 불활성화나 미생물 수 감소를 위해 식품에 널리 사용되어 왔으나, 열처리 과정에서 딸기와 같이 수분을 다량 함유한 과실은 고유의 색이나 향미, 중량 등의 품질을 저하시키며, 또한 딸기에 열처리 공정을 할 경우에는 인공적인 색소의 첨가가 요구되기도 한다(3). 그리고 딸기에 UV-C(10)와 이산화염소수(4) 단일 처리를 통한 현장에서의 적용을 위한 연구 보고가 있었고 또한 딸기에 pulsed white light와 UV-C의 물리적 병합 처리를 적용한 결과 보고(9)는 있으나, 아직 화학적 처리와 물리적 처리의 적절한 병합 처리에 따른 딸기의 수확 후 hurdle

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

system에 관한 연구는 아직 보고된 바가 없다. 따라서 수확 후 딸기 표면의 초기 미생물을 보다 효과적으로 제거할 수 있으면서 동시에 품질유지를 통한 저장기간 연장을 위한 수확 후 처리기술에 관한 체계적인 연구가 필요하다.

화학적 처리 중에서 이산화염소(chlorine dioxide)는 염소보다 물에 대한 용해성이 10배, 살균력은 5배 높으며 염소처리 시 생성되는 발암성 화학물질을 생성하지 않고 pH에 대한 영향도 받지 않는다(11-15). 또한 푸마르산(fumaric acid)은 불포화 dicarboxylic acid의 하나로 식품 및 음료산업에서 신맛을 내기 위해 식품첨가물로 널리 사용되는 유기산이며 강한 살균력이 있어 식품의 미생물학적 안전성을 확보하기 위해 사용된다(16,17).

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(18-20). UV-C는 비가열 살균처리기술로써 주로 식품 표면의 미생물학적 오염을 줄이는데 이용되며, 특히 253.7 nm 파장의 UV-C가 미생물의 DNA base에 손상을 일으켜 미생물을 사멸시키는 것으로 알려져 있다(18-21). UV-C 조사는 기존의 감마선이나 전자빔 처리 방법과 비교하여, 잠재적 위해요소에 대한 소비자 거부감이 적고 온도와 수분의 영향을 크게 받지 않으며 설치 및 조사비용이 저렴한 장점을 가지고 있다(22-25).

따라서 본 연구에서는 국내에서 생산되고 있는 수출용 딸기 "플라멩고" 품종의 수확 후 미생물학적 안전성 확보와 저장성 증대를 위해, 이산화염소수 및 푸마르산 용액의 화학적 처리와 UV-C 조사의 물리적 처리에 대한 단일 처리와 hurdle system을 위한 병합 처리에 따른 딸기의 저장 중 미생물 수 감소 및 품질 변화에 미치는 영향을 조사하여 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료

본 연구에서 사용된 딸기는 강원 평창지역 딸기 재배농가에서 실험 당일 수확된 신선한 "플라멩고" 품종으로, 과피의 착색이 60~70% 진행된 시료를 구입한 직후 저온을 유지하며 즉시 실험실로 운반되어 실험에 사용하였다. 시료는 외관 상태와 숙도 및 크기가 전체적으로 균일하며 표면에 흠이 없고 무게가 개당 약 15 ± 1 g인 것으로 선별한 후, 화학적 및 물리적 처리를 하지 않은 수확 후 딸기를 대조구(control)로 하여 처리구와 저장온도 $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 12일간 저장하면서 비교하였다.

UV-C 조사

UV-C 조사는 제작된 UV 살균기(80 cm×55 cm×4 cm)의 상, 하부에 254 nm 파장의 unfiltered germicidal emitting

lamps(Sylvania, G15T8, Phillips, Haarlem, Netherlands)를 설치하였고, UV-C 강도는 시료 tray 상에서 UV light meter(UV-340, Lutron Electronic Co., Taipei, Taiwan)를 이용하여 3 반복하여 측정하였다(5 W/m^2). 본 연구에서 사용된 UV-C 조사선량은 5 kJ/m^2 이었고 조사시간은 16분 40초이었으며, 미생물의 photoreactivation을 최소화하기 위해 암실 조건에서 조사하였다.

화학적 처리

선별된 딸기는 증류수, 50 ppm 이산화염소 용액, 0.5% 푸마르산 용액에 각각 5분간 침지하였고, 시료 표면에 균일하게 처리하기 위해 poly-glove를 착용한 손으로 딸기가 손상되지 않도록 부드럽고 조심스럽게 휘저어 주었다. 침지 후, 각각 clean bench에서 약 2시간 동안 air-dried 상태로 표면에 남아있는 수분을 건조시켰다. 이산화염소 용액은 chlorine dioxide generator system(CH₂O Inc., Olympia, WA, USA)을 이용하여 농도가 50 ppm이 되게 제조하였다(16). 푸마르산 용액은 시판되고 있는 푸마르산(Sigma-Aldrich, MO, USA)을 이용하여 농도가 0.5%가 되게 하여 제조하였다.

병합 처리

병합 처리는 먼저 50 ppm 이산화염소 용액이나 0.5% 푸마르산 용액에 각각 5분간 침지한 후 5 kJ/m^2 UV-C 조사를 연속적으로 수행하였다. 처리 후, 시료는 $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 12일 동안 polyethylene terephthalate(PET) 수출용 딸기용기(500 g)에 처리구에 따라 개별적으로 포장하여 실험에 사용하였다.

미생물 생육 측정

딸기 시료를 멸균된 scalpel로 채취하여 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 3일간 배양 하고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco Co.)를 사용하여 25°C 에서 5일간 배양 후 형성된 colony를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit(CFU)로 나타났다.

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. L value는 0(black), +100(white), a value는 -80(greenness), +100(redness), b value는 -80(blueness), +70(yellowness)을 나타내며, 이때 사용된 표준 백판의 L, a, b 값은 각각 L=97.41, a=-0.02, b=1.93이었다.

관능검사

딸기의 병합 및 단일처리에 따른 저장기간 중 품질 변화를 분석하기 위해 훈련된 panel 요원 10명(충남대학교 식품공학과 대학원생)으로 시료의 외관적 상태(appearance), 조직감(firmness), 향(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.

통계처리

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 생육 측정

딸기에 이산화염소수, 푸마르산 용액 및 UV-C를 각각 단일처리와 병합처리한 후 저장 중 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이의 미생물 수 변화를 조사하였다(Table 1, 2). 저장 초기 대조구의 경우 딸기의 총 호기성 세균은 3.09 log CFU/g이었고, 물로 세척한 처리구는 2.68 log CFU/g으로 0.41 log CFU/g의 초기 미생물 수 감소를 보였는데 이러한

결과는 새싹채소의 증류수 세척 처리구에서 대조구와 비교하여 초기 미생물이 약 0.40 log CFU/g 감소했다는 이전 보고(26)와 유사하다. 반면에 UV-C와 이산화염소, 푸마르산의 단일 처리구는 2.14, 1.89, 1.68 log CFU/g으로 각각 0.95, 1.20, 1.41 log CFU/g의 감균 효과를 나타냈고, 이산화염소와 UV-C, 푸마르산과 UV-C 병합 처리구는 1.20, 1.00 log CFU/g으로 1.89, 2.09 log CFU/g의 초기 미생물 수 감소를 보였다(Table 1). 이러한 미생물 수 감소는 저장 중에도 지속되었는데, 저장 5일에 대조구의 미생물 수가 증가하여 4.59 log CFU/g이었고, UV-C와 이산화염소, 푸마르산의 단일 처리구는 3.21, 2.74, 2.27 log CFU/g으로 각각 1.38, 1.85, 2.32 log CFU/g의 균 감소를 보였으며, 이산화염소와 UV-C, 푸마르산과 UV-C 병합 처리구는 1.75, 1.49 log CFU/g으로 2.84, 3.10 log CFU/g의 유의적인(p<0.05) 미생물 수 감소를 나타냈다. 대조구와 모든 처리구에서 저장기간 동안 미생물 수가 증가하는 결과를 나타냈는데, 이는 Park 등(27)의 저장 중 딸기의 총 호기성 세균이 증가하는 경향을 보였다는 보고와 일치한다. 또한 저장 12일에 푸마르산과 UV-C 처리구가 1.78 log CFU/g으로 대조구의 5.12 log CFU/g과 비교하여 3.34 log CFU/g의 유의적인(p<0.05) 차이로 가장 큰 감균 효과를 나타냈다.

딸기의 저장 중 효모 및 곰팡이 수의 경우에도 총 호기성 세균의 결과와 비슷한 경향을 나타냈는데, 저장 초기 대조구의 경우 3.02 log CFU/g이었고 물로 세척한 처리구는 2.64 log CFU/g으로 0.38 log CFU/g의 감소를 보였다(Table 2). 또한 UV-C와 이산화염소, 푸마르산의 단일 처리구는 2.02,

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

Treatment	Storage time (days)					
	0	2	3	5	7	12
Control	3.09±0.05 ^{a1)}	3.36±0.07 ^a	3.68±0.23 ^a	4.59±0.14 ^a	4.80±0.17 ^a	5.12±0.04 ^a
Water	2.68±0.01 ^b	2.89±0.04 ^b	3.22±0.13 ^b	3.92±0.17 ^b	4.14±0.06 ^b	4.42±0.03 ^b
UV-C	2.14±0.04 ^c	2.35±0.03 ^c	2.72±0.04 ^c	3.21±0.04 ^c	3.44±0.08 ^c	3.72±0.03 ^c
ClO ₂	1.89±0.05 ^d	2.06±0.17 ^d	2.42±0.08 ^d	2.74±0.04 ^d	2.91±0.05 ^d	3.21±0.08 ^d
Fumaric acid	1.68±0.12 ^e	1.78±0.01 ^e	1.93±0.08 ^e	2.27±0.03 ^e	2.43±0.03 ^e	2.72±0.01 ^e
ClO ₂ +UV-C	1.20±0.17 ^f	1.26±0.18 ^f	1.48±0.05 ^f	1.75±0.18 ^f	1.83±0.01 ^f	2.11±0.17 ^f
Fumaric acid+UV-C	1.00±0.00 ^g	1.20±0.00 ^g	1.26±0.17 ^g	1.49±0.04 ^g	1.52±0.17 ^g	1.78±0.08 ^g

¹⁾Means in the same column 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 strawberries during storage at 4°C (log CFU/g)

Treatment	Storage time (days)					
	0	2	3	5	7	12
Control	3.02±0.03 ^{a1)}	3.20±0.03 ^a	3.47±0.17 ^a	4.35±0.06 ^a	4.76±0.04 ^a	5.10±0.01 ^a
Water	2.64±0.03 ^b	2.74±0.12 ^b	2.97±0.02 ^b	3.75±0.03 ^b	3.97±0.01 ^b	4.20±0.17 ^b
UV-C	2.02±0.17 ^c	2.11±0.02 ^c	2.35±0.06 ^c	2.87±0.12 ^c	3.18±0.08 ^c	3.36±0.01 ^c
ClO ₂	1.48±0.05 ^d	1.60±0.04 ^d	1.74±0.24 ^d	2.08±0.01 ^d	2.21±0.17 ^d	2.53±0.06 ^d
Fumaric acid	1.32±0.04 ^{cd}	1.37±0.06 ^e	1.40±0.08 ^e	1.61±0.17 ^e	1.96±0.02 ^e	2.27±0.10 ^e
ClO ₂ +UV-C	1.16±0.08 ^e	1.20±0.02 ^{fe}	1.42±0.10 ^e	1.63±0.06 ^e	1.87±0.13 ^e	2.03±0.02 ^e
Fumaric acid+UV-C	1.00±0.00 ^e	1.16±0.28 ^e	1.16±0.01 ^f	1.17±0.08 ^f	1.40±0.12 ^f	1.72±0.05 ^f

¹⁾Means in the same column followed by different letters are significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

1.48, 1.32 log CFU/g으로 각각 1.00, 1.54, 1.70 log CFU/g의 감균 효과를 나타냈고, 이산화염소와 UV-C, 푸마르산과 UV-C 병합 처리구는 1.16, 1.00 log CFU/g으로 1.86, 2.02 log CFU/g의 초기 미생물 수 감소를 보였다(Table 2). 총 호기성 세균의 증가 경향과 동일하게 저장 5일에는 대조구의 효모 및 곰팡이 수가 증가하여 4.35 log CFU/g인 반면에 UV-C와 이산화염소, 푸마르산의 단일 처리구는 2.87, 2.08, 1.61 log CFU/g으로 각각 1.48, 2.27, 2.74 log CFU/g의 균 감소를 보였으며, 이산화염소와 UV-C, 푸마르산과 UV-C 병합 처리구는 1.63, 1.17 log CFU/g으로 2.72, 3.18 log CFU/g의 유의적인($p < 0.05$) 미생물 수 감소를 나타냈다. 저장 중 대조구와 모든 처리구에서 효모 및 곰팡이 수가 증가하여 저장 12일에는 푸마르산과 UV-C 처리구가 1.72 log CFU/g으로 대조구의 5.10 log CFU/g과 비교하여 유의적으로($p < 0.05$) 3.38 log CFU/g의 가장 큰 감균 효과를 나타냈다.

본 연구 결과에서 대조구와 물 세척의 경우는 저장 중 초기 균수에서 많은 증가폭을 보이는 반면 비가열 단일 처리구와 특히 병합 처리구의 경우 소폭의 증가를 보였기에 딸기의 초기 미생물 사멸뿐만 아니라 저장 중 미생물의 생육에도 영향을 끼치는 것으로 판단된다. 특히 저장 중 푸마르산과 UV-C 병합 처리구는 저장 초기와 큰 유의적인 변화가 없지만 대조구는 저장 5일에 균수가 많이 증가한 것을 볼 수 있는데 이것은 푸마르산에 의해 딸기 표면의 pH가 낮아져서 세균의 생육이 저해된 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 푸마르산 처리가 다른 단일 처리구보다 미생물 수 감소에 더 효과적인 뿐만 아니라 전체 처리구 중에서는 푸마르산과 UV-C 병합 처리구가 다른 처리구와 비교하여 유의적인($p < 0.05$) 차이를 나타내며 가장 효과적이라는 결과는 클로버 새싹채소에 푸마르산 처리와 UV-C 조사 후 병원성 미생물 수가 감소했다는 이전 결과 보고(26)와 일치한다.

Jin 등(4)의 딸기에 50 ppm 이산화염소수 처리 후 대조구와 비교하여 저장 초기 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이를 각각 1.35, 1.45 log CFU/g 감소시킨 결과를 본 연구결과와 비교하였을 때, 50 ppm 이산화염소수 단일 처리구의 경우 감균 효과는 유사하지만 UV-C 조사와 병합 처리구의 경우 단일 처리구보다 유의적으로($p < 0.05$) 저장 중 딸기의 미생물 수를 감소시켰다. Marquenie 등(9)의 딸기의 pulsed light와 1 kJ/m² UV-C 단일 처리구와 병합 처리구 모두 대조구와 비교 시, 딸기의 저장 중 곰팡이의 생육 저해에 유의적인 효과가 없음을 나타냈는데, 이러한 결과와 본 연구 결과를 비교하였을 때, 저선량의 UV-C 조사보다는 본 연구에 사용된 고선량의 조사처리가 미생물 억제에 효과적이고, UV-C 조사와 다른 물리적 처리와의 병합보다는 화학적 처리와의 병합처리가 저장 중 딸기의 미생물 생육 저해에 더 효과적이라고 판단된다.

Kim 등(28)의 항균성 필름을 사용한 포장에 따른 딸기의 저장 중 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수는 저장 9일

이후에 차이를 나타냈고 그 차이는 대조구와 비교하여 약 0.5 log CFU/g 정도이었으며, 저장 21일에는 약 1.6 log CFU/g의 감소를 나타낸 결과와 비교할 때, 본 연구결과에서의 저장 중 딸기의 감균 효과가 더 우수함을 뒷받침해준다. 또한 황련 추출물 500 ppm 처리 후 대조구와 비교 시, 딸기의 저장 초기 총 호기성 세균을 0.4 log CFU/g, 저장 3일과 10일 각각 0.70, 0.59 log CFU/g 감소시켰다는 보고(27)와 딸기에 전기분해수를 20분 처리 후 초기 총 호기성 세균을 1.99 log CFU/g 감소시키고 저장 3일과 7일은 각각 1.89, 2.84 log CFU/g 감소시켰다는 결과(29)와 비교해 보았을 때, 본 연구에서 처리한 병합 처리구가 매우 효과적임을 시사한다. 따라서 푸마르산, 이산화염소수의 화학적 처리와 UV-C와 같은 물리적 처리와의 병합 처리는 수확 후 딸기 표면의 초기 미생물 수를 감소시키고, 저장 중 미생물 생육을 저해하는 효과적인 비가열 처리 기술로써 딸기의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있다고 생각된다.

색도 변화

딸기는 성숙이 진행되면서 점차 녹색이 없어지고 딸기 고유의 밝은 적색을 나타내고 과숙이 되면 검붉은 적색으로 변한다(30). 그러므로 딸기의 외관적 품질을 결정하는 중요한 요소 중 하나인 표면색도 변화를 저장 중 측정하였다(Table 3). 딸기의 Hunter L value는 처리 직후 40 이상의 값을 나타냈으며 저장기간 동안 대조구와 모든 처리구 간에는 유의적인($p < 0.05$) 차이가 없었고, 초기 측정값에 비해 큰 변화를 나타내지 않았다. 또한 딸기의 a value는 39 이상의 값을 나타냈고 대조구와 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었으며, 모두 저장 5일까지 계속적으로 증가하다 7일 이후에는 감소하는 경향을 보였다(Table 3). 이러한 결과는 미숙한 상태의 딸기가 저장 중 성숙됨에 따라 a value가 증가하여 최고점에 이르는 시기에 고유의 밝은 적색을 나타내다가 과숙되면서 안토시아닌의 변화와 함께 점차 감소한다는 보고(30)와 일치한다. b value는 저장초기 31 이상의 값을 나타냈고 L, a value 결과와 동일하게 대조구와 모든 처리구 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장 기간이 증가할수록 a value와는 반대로 지속적으로 감소하는 경향을 나타냈다.

Zheng 등(31)의 딸기의 저장 14일 동안 L value가 일정한 패턴 없이 유의적인 차이를 보이지 않았다는 결과와 Tanada-Palmu와 Grosso(32)의 저장 중 딸기의 a value는 증가하였고 b value는 감소하였다는 보고는 본 연구결과와 일치한다. 또한 Vicente 등(6)의 보고에서 열처리 후 딸기의 저장 중 L value는 대조구에 비해 급격히 증가하였고 Jeong 등(29)의 전기분해수 처리구의 경우 Hunter 색도 값이 모두 대조구보다 유의적으로 높게 측정되었으며 Terefe 등(3)의 고압처리와 처리온도가 증가할수록 대조구와 비교하여 L과 a value 값이 유의적으로 증가했다는 보고와 비교했을 때, 본 연구에서의 비가열 처리구는 딸기가 지니는 고유의 색과

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

Color parameter ¹⁾	Treatment	Storage time (days)					
		0	2	3	5	7	12
L	Control	40.47 ± 0.35 ^{a3)}	38.99 ± 0.21 ^a	40.35 ± 0.67 ^a	37.87 ± 0.47 ^a	38.25 ± 0.33 ^a	39.15 ± 0.70 ^a
	Water	40.29 ± 0.24 ^a	39.42 ± 0.67 ^a	40.33 ± 0.15 ^a	38.02 ± 0.25 ^a	37.97 ± 0.14 ^a	39.06 ± 0.54 ^a
	UV-C	40.46 ± 0.36 ^a	38.94 ± 0.66 ^a	40.37 ± 0.30 ^a	38.05 ± 0.60 ^a	38.26 ± 0.70 ^a	39.05 ± 0.59 ^a
	ClO ₂	40.66 ± 0.22 ^a	39.16 ± 0.35 ^a	40.33 ± 0.60 ^a	37.81 ± 0.17 ^a	38.27 ± 0.21 ^a	39.16 ± 0.36 ^a
	Fumaric acid	40.29 ± 0.23 ^a	39.20 ± 0.06 ^a	40.37 ± 0.04 ^a	37.95 ± 0.65 ^a	38.25 ± 0.60 ^a	39.03 ± 0.33 ^a
	ClO ₂ +UV-C	40.57 ± 0.69 ^a	39.21 ± 0.89 ^a	40.37 ± 0.38 ^a	38.03 ± 0.14 ^a	37.99 ± 0.65 ^a	39.15 ± 0.74 ^a
	FA ²⁾ +UV-C	40.46 ± 0.61 ^a	38.92 ± 0.30 ^a	40.35 ± 0.60 ^a	37.96 ± 0.66 ^a	38.29 ± 0.56	39.30 ± 0.61 ^a
	a	Control	39.61 ± 0.60 ^a	40.45 ± 0.74 ^a	41.68 ± 0.60 ^a	43.15 ± 0.47 ^a	42.35 ± 0.47 ^a
Water		39.63 ± 0.54 ^a	40.46 ± 0.25 ^a	41.63 ± 0.72 ^a	42.97 ± 0.33 ^a	42.31 ± 0.51 ^a	40.96 ± 0.65 ^a
UV-C		39.62 ± 0.25 ^a	40.40 ± 0.63 ^a	41.68 ± 0.69 ^a	42.96 ± 0.25 ^a	42.30 ± 0.47 ^a	41.09 ± 0.47 ^a
ClO ₂		39.77 ± 0.13 ^a	40.39 ± 0.59 ^a	41.66 ± 0.78 ^a	43.11 ± 0.22 ^a	42.32 ± 0.64 ^a	40.99 ± 0.79 ^a
Fumaric acid		39.73 ± 0.69 ^a	40.46 ± 0.25 ^a	41.65 ± 0.16 ^a	42.96 ± 0.65 ^a	42.32 ± 0.53 ^a	40.94 ± 0.51 ^a
ClO ₂ +UV-C		39.61 ± 0.67 ^a	40.44 ± 0.65 ^a	41.69 ± 0.59 ^a	42.95 ± 0.39 ^a	42.31 ± 0.51 ^a	40.98 ± 0.60 ^a
FA+UV-C		39.63 ± 0.74 ^a	40.47 ± 0.44 ^a	41.64 ± 0.64 ^a	43.13 ± 0.53 ^a	42.33 ± 0.56 ^a	40.97 ± 0.64 ^a
b		Control	31.18 ± 0.44 ^a	29.49 ± 0.33 ^a	28.07 ± 0.66 ^a	28.89 ± 0.10 ^a	27.93 ± 0.47 ^a
	Water	31.13 ± 0.30 ^a	29.49 ± 0.37 ^a	28.06 ± 0.33 ^a	28.85 ± 0.18 ^a	27.96 ± 0.51 ^a	27.54 ± 0.30 ^a
	UV-C	31.16 ± 0.69 ^a	29.47 ± 0.72 ^a	28.08 ± 0.47 ^a	28.88 ± 0.11 ^a	27.99 ± 0.25 ^a	27.56 ± 0.69 ^a
	ClO ₂	31.16 ± 0.60 ^a	29.49 ± 0.38 ^a	28.05 ± 0.47 ^a	28.84 ± 0.24 ^a	27.97 ± 0.13 ^a	27.50 ± 0.22 ^a
	Fumaric acid	31.13 ± 0.56 ^a	29.47 ± 0.56 ^a	28.03 ± 0.17 ^a	28.86 ± 0.41 ^a	27.93 ± 0.67 ^a	27.54 ± 0.72 ^a
	ClO ₂ +UV-C	31.19 ± 0.16 ^a	29.46 ± 0.60 ^a	28.06 ± 0.44 ^a	28.86 ± 0.17 ^a	27.96 ± 0.66 ^a	27.50 ± 0.51 ^a
	FA+UV-C	31.13 ± 0.74 ^a	29.48 ± 0.87 ^a	28.07 ± 0.59 ^a	28.85 ± 0.80 ^a	27.99 ± 0.32 ^a	27.51 ± 0.56 ^a

¹⁾L: degree of whiteness (0 black ~ +100 white), a: degree of redness (-80 greenness ~ 100 redness), b: degree of yellowness (-80 blue ~ 70 yellowness).

²⁾FA: fumaric acid.

³⁾Means in the same column followed by different letters are significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

관련된 외관적 품질 유지 측면에서 부정적인 영향을 미치지 않아 기존의 다른 처리방법보다 바람직하다고 생각된다.

관능적 품질 검사

딸기의 비가열 처리 후 저장 중 외관적 상태, 조직감, 향 및 종합적 기호도를 9점 기호척도법으로 조사한 관능적 품질 특성에 대한 결과는 Table 4와 같다. 딸기의 관능적 품질에 대한 점수는 저장기간이 경과함에 따라 대조구를 포함하여 모든 처리구에서 전체적으로 낮아지는 경향을 나타냈다. 저장 3일까지 딸기의 외관적 상태는 대조구를 포함하여 모든 처리구에서 8점 이상의 높은 점수로 유의적인 차이가 없었으나, 저장 5일부터 UV-C 조사와 병합 처리구가 유의적으로($p < 0.05$) 높은 점수를 나타냈다. Jeong 등(29)의 딸기의 저장 중 관능적 품질 변화에서 외관적 상태는 저장 7일까지 대조구와 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다는 결과와 비교 시, 본 연구에서는 차이를 나타냈는데 그 이유는 딸기의 품종 및 수확시기의 차이에 따른다고 판단된다. 대조구와 비교할 때 물 세척 처리구가 가장 큰 외관적 품질저하를 나타냈으며, 비가열 처리구 중에서는 UV-C 조사, 이산화염소와 UV-C, 푸마르산과 UV-C 병합 처리구가 다른 처리구보다 외관적인 측면에서 높은 선호도를 보였다(Table 4). UV-C 조사 처리를 한 모든 처리구에서 외관적 품질에 대한 높은 점수를 얻은 것은 화학적 처리를 할 경우는 딸기 표면에 수분이 직접 닿기 때문이라고 생각되며 UV-C 병합 처리구의 경우에는 표면에 남아있을 수 있는 수분을 UV-C 조사

시 거의 제거할 수 있기 때문에 영향을 덜 받은 것이라고 판단된다. 저장 중 딸기의 조직감은 외관적 품질과 비슷한 패턴으로 저장 초기 대조구를 포함하여 모든 처리구에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 물 세척 처리구에서는 대조구와 비교하여 낮은 점수를 보였다. 그러나 UV-C 처리구와 두 병합 처리구는 저장 5일부터 다른 처리구와 비교하여 유의적으로($p < 0.05$) 높은 선호도의 점수를 나타냈다. 따라서 본 연구의 저장 중 미생물 수 측정 결과에서 대조구와 비교하여 병합 처리구의 유의적인 미생물 생육 저해 효과와 조직감의 높은 점수와는 연관성이 있다고 판단되고, 저장 중 딸기 과피 조직의 연화로 인한 조직감의 저하는 수확 후 딸기 자체의 자가분해효소와 미생물 오염과 관련성이 있다는 보고(8,27,30)와 일치한다. 또한 본 연구에서 얻어진 관능적 품질 중 UV-C 조사된 처리구의 조직감 결과는 Pombo 등(10)의 딸기에 4.1 kJ/m²의 UV-C를 조사한 처리구에서 저장 중 조직의 연화를 늦추어 대조구와 비교하였을 때 경도가 유의적으로 높게 나타나 저장성을 연장시켰다는 보고와 일치함을 보여준다. Terefe 등(3)의 고압처리와 온도의 병합 처리된 딸기의 품질 변화에서 고압처리 시간이 증가할수록 조직이 연화되어 경도가 감소한다는 결과와 비교했을 때, 본 연구에서 처리한 병합 처리구가 저장 중 딸기의 조직감 측면에서 신선도 유지가 가능함을 보여준다.

딸기의 향에 대한 관능적 품질은 저장 초기 대조구를 포함하여 모든 처리구에서 유의적인 차이를 보이지 않았고, 저장기

Table 4. Sensory evaluation of non-thermal treated strawberries during storage at 4°C

Organoleptic parameter	Treatment	Storage time (days)					
		0	2	3	5	7	12
Appearance	Control	9.00±0.00 ^{a1)}	8.80±0.62 ^a	8.50±0.33 ^a	7.30±0.35 ^{ba}	5.80±0.79 ^{ba}	3.80±0.47 ^{ba}
	Water	9.00±0.00 ^a	8.80±0.33 ^a	8.30±0.67 ^a	6.90±0.74 ^b	5.40±0.97 ^b	3.70±0.66 ^b
	UV-C	9.00±0.00 ^a	9.00±0.00 ^a	8.60±0.47 ^a	8.00±0.66 ^a	6.50±0.71 ^a	4.50±0.59 ^a
	ClO ₂	9.00±0.00 ^a	8.90±0.32 ^a	8.50±0.53 ^a	7.40±0.47 ^{ba}	6.00±0.82 ^{ba}	3.90±0.63 ^{ba}
	Fumaric acid	9.00±0.00 ^a	8.80±0.42 ^a	8.50±0.63 ^a	7.30±0.67 ^b	5.90±0.74 ^{ba}	3.80±0.71 ^b
	ClO ₂ +UV-C	9.00±0.00 ^a	8.90±0.32 ^a	8.40±0.52 ^a	7.90±0.48 ^a	6.30±0.82 ^a	4.40±0.52 ^a
	FA+UV-C	9.00±0.00 ^a	8.90±0.67 ^a	8.50±0.47 ^a	8.10±0.87 ^a	6.40±0.53 ^a	4.50±0.32 ^a
Firmness	Control	9.00±0.00 ^a	8.70±0.82 ^a	7.50±0.71 ^a	5.80±0.69 ^{ba}	3.90±0.63 ^b	3.10±0.33 ^b
	Water	9.00±0.00 ^a	8.60±0.67 ^a	7.50±0.47 ^a	5.40±0.44 ^c	3.70±0.67 ^b	2.90±0.74 ^b
	UV-C	9.00±0.00 ^a	8.90±0.32 ^a	7.70±0.67 ^a	6.30±0.79 ^b	5.00±0.32 ^{ab}	4.20±0.49 ^b
	ClO ₂	9.00±0.00 ^a	8.70±0.69 ^a	7.60±0.70 ^a	5.80±0.60 ^{ba}	3.90±0.60 ^b	3.10±0.67 ^b
	Fumaric acid	9.00±0.00 ^a	8.70±0.48 ^a	7.70±0.67 ^a	5.80±0.84 ^{ba}	3.80±0.63 ^b	3.20±0.69 ^b
	ClO ₂ +UV-C	9.00±0.00 ^a	8.80±0.79 ^a	7.70±0.82 ^a	6.50±1.52 ^{ba}	5.30±0.82 ^a	4.30±0.40 ^a
	FA+UV-C	9.00±0.00 ^a	8.80±0.50 ^a	7.70±0.67 ^a	6.60±0.84 ^a	5.20±0.79 ^a	4.30±0.62 ^a
Odor	Control	9.00±0.00 ^a	8.60±0.69 ^a	7.80±0.71 ^a	6.20±0.79 ^a	4.50±0.71 ^a	3.60±0.60 ^a
	Water	9.00±0.00 ^a	8.40±0.70 ^a	7.50±0.53 ^a	6.00±0.82 ^a	4.20±0.63 ^a	3.60±0.70 ^a
	UV-C	9.00±0.00 ^a	8.60±0.66 ^a	7.80±0.65 ^a	6.20±0.44 ^a	4.60±0.70 ^a	3.70±0.69 ^a
	ClO ₂	9.00±0.00 ^a	8.70±0.48 ^a	7.90±0.57 ^a	6.10±0.33 ^a	4.50±0.71 ^a	3.60±0.42 ^a
	Fumaric acid	9.00±0.00 ^a	8.70±0.48 ^a	7.80±0.33 ^a	6.20±0.79 ^a	4.70±0.67 ^a	3.60±0.70 ^a
	ClO ₂ +UV-C	9.00±0.00 ^a	8.60±0.52 ^a	7.80±0.63 ^a	6.30±0.82 ^a	4.60±0.84 ^a	3.70±0.33 ^a
	FA+UV-C	9.00±0.00 ^a	8.70±0.68 ^a	7.90±0.74 ^a	6.20±0.66 ^a	4.70±0.67 ^a	3.70±0.71 ^a
Overall	Control	9.00±0.00 ^a	8.70±0.57 ^a	7.90±0.32 ^a	6.30±0.70 ^b	4.70±0.69 ^{cd}	3.50±0.67 ^b
	Water	9.00±0.00 ^a	8.60±0.33 ^a	7.80±0.33 ^a	6.20±0.44 ^b	4.50±0.33 ^d	3.40±0.32 ^b
	UV-C	9.00±0.00 ^a	8.80±0.42 ^a	8.10±0.69 ^a	6.70±0.60 ^{ba}	5.00±0.67 ^{bc}	3.90±0.44 ^{ba}
	ClO ₂	9.00±0.00 ^a	8.80±0.47 ^a	8.00±0.47 ^a	6.30±0.60 ^b	4.80±0.65 ^{bc}	3.50±0.53 ^b
	Fumaric acid	9.00±0.00 ^a	8.70±0.66 ^a	7.90±0.65 ^a	6.40±0.65 ^b	4.80±0.66 ^{bc}	3.50±0.66 ^b
	ClO ₂ +UV-C	9.00±0.00 ^a	8.80±0.44 ^a	7.90±0.41 ^a	6.50±0.33 ^{ba}	5.40±0.66 ^{ba}	4.10±0.65 ^a
	FA+UV-C	9.00±0.00 ^a	8.80±0.42 ^a	8.00±0.55 ^a	6.90±0.47 ^a	5.60±0.47 ^a	4.30±0.54 ^a

¹⁾Means in the same column followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

간이 지남에 따라 전체적으로 점수가 감소하였다. 저장 중 물 세척 처리구는 대조구보다 낮은 점수를 보였으며, 대조구를 포함하여 모든 처리구에서 향에 관련하여 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

저장기간에 따른 딸기의 종합적 기호도는 저장 5일부터 두 병합 처리구가 높은 점수를 나타냈으며, 푸마르산과 UV-C 병합 처리구가 6.9로 가장 높은 점수를 나타냈다. 이러한 결과는 병합 처리구가 대조구나 다른 처리구보다 외관적 상태 및 조직감, 향에서 얻은 높은 점수 등으로 인하여 관능적 품질에 대한 종합적 점수에 영향을 미친 것으로 판단된다. 딸기의 관능적 품질은 저장 중 미생물 수가 유의적으로($p<0.05$) 감소된 이산화염소수와 UV-C, 푸마르산과 UV-C 병합 처리구에서 높은 관능점수를 나타내어 관능적 품질과 미생물 생육 간의 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

그러므로 이산화염소, 푸마르산의 화학적 처리와 UV-C의 물리적 처리의 적절한 병합 처리가 수확 후 딸기의 저장·유통 중에 오염될 수 있는 위해미생물 수 감소와 외관적 품질저하 억제에 효과적인 수확 후 처리기술이며, 푸마르산과 UV-C 병합 처리가 미생물 수 감소와 품질 유지 측면을 동시에 향상시킬 수 있는 가장 효과적인 hurdle system 중의 하나라고 판단된다.

요 약

수출용 딸기 "플라멩고" 품종의 수확 후 미생물학적 안전성 확보와 저장성 증대를 위해, 50 ppm 이산화염소수 또는 0.5% 푸마르산 용액과 5 kJ/m² UV-C 조사 병합처리에 따른 저장 중 미생물 수 감소 및 품질 변화에 미치는 영향을 조사하였다. 비가열 처리 후, 딸기는 4±1°C에서 12일 동안 저장하면서 실험을 수행하였다. 딸기의 초기 미생물 수에 있어서 대조구와 비교하여, 푸마르산-UV-C 병합 처리구에서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이를 각각 2.09, 2.02 log CFU/g 감소시켰다. 또한, 저장 12일에 푸마르산과 UV-C 병합 처리구의 효모 및 곰팡이 수는 1.72 log CFU/g으로 대조구의 5.10 log CFU/g과 비교하여 3.38 log CFU/g의 유의적인 차이로 가장 큰 감균 효과를 나타냈다. 비가열 처리구는 대조구와 비교하여 딸기의 저장 중 Hunter 색도 값에 부정적인 영향을 끼치지 않았다. 관능검사에 있어서는 병합 처리구가 대조구와 다른 처리구보다 높은 점수를 얻어 저장 중 관능적 품질유지에도 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히, 딸기의 종합적 기호도는 저장 5일부터 두 병합 처리구가 높은 점수를 나타냈다. 따라서 본 연구결과, 50 ppm 이산화염소수 또는 0.5% 푸마르산과 UV-C 조사의 병합처리가 수확 후 딸기의

저장·유통 중에 오염될 수 있는 위해미생물의 감소와 외관적 품질유지에 효과적인 살균 처리기술이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업의 연구비의 지원에 이루어진 것으로 감사를 드립니다.

문헌

- Nielsen T, Leufven A. 2008. The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries. *Food Chem* 107: 1053-1063.
- Ragaert P, Devlieghere F, Loos S, Dewulf J, Van Langenhove H, Foubert I, Vanrolleghem PA, Debevere J. 2006. Role of yeast proliferation in the quality degradation of strawberries during refrigerated storage. *Int J Food Microbiol* 108: 42-50.
- Terefe NS, Matthies K, Simons L, Versteg C. 2009. Combined high pressure-mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries (*Fragaria* × *ananassa*). *Inno Food Sci Emerg Technol* 10: 297-307.
- Jin YY, Kim YJ, Chung KS, Won MS, Song KB. 2007. Effect of aqueous chlorine dioxide treatment on the microbial growth and qualities of strawberries during storage. *Food Sci Biotechnol* 16: 1018-1022.
- Lee HJ, Kim KC, Piao YL, Hwang YS. 2002. A potential of postharvest CO₂ treatment on the market quality of strawberries during simulated export. *J Agric Sci* 29: 24-31.
- Vicente AR, Martinez GA, Civello PM, Chaves AR. 2002. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage. *Postharv Biol Technol* 25: 59-71.
- Lara I, Garcia P, Vendrell M. 2006. Post-harvest heat treatments modify cell wall composition of strawberry (*Fragaria ananassa*) fruit. *Sci Hortic* 109: 48-53.
- Vicente AR, Costa ML, Martinez GA, Chaves AR, Civello PM. 2005. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. *Postharv Biol Technol* 38: 213-222.
- Marquenie D, Michiels CW, Van-Impe JF, Schrevels E, Nicolai BN. 2003. Pulsed white light in combination with UV-C and heat to reduce storage rot of strawberry. *Postharv Biol Technol* 28: 455-461.
- Pombo MA, Dotto MC, Martinez GA, Civello PM. 2009. UV-C irradiation delays strawberry fruit softening and modifies the expression of genes involved in cell wall degradation. *Postharv Biol Technol* 51: 141-148.
- Shin HY, Lee YJ, Park IY, Kim JY, Oh SJ, Song KB. 2007. Effect of chlorine dioxide treatment on microbial growth and qualities of fish paste during storage. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50: 42-47.
- Kim JM. 2001. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. *Food Ind Nutr* 6: 33-39.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Liao W, Liu Y, Frear C, Chen S. 2008. Co-production of fumaric acid and chitin from a nitrogen-rich lignocellulosic material-dairy manure-using a pelletized filamentous fungus *Rhizopus oryzae* ATCC 20344. *Biores Technol* 99: 5859-5866.
- 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.
- Perkins-Veazie P, Collins JK, Howard L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharv Biol Technol* 47: 280-285.
- 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.
- Allende A, Artes F. 2003. UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. *Food Res Int* 36: 739-746.
- Allende A, McEvoy JL, Luo Y, Artes F, Wang CY. 2006. Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce. *Food Microbiol* 23: 241-249.
- Rajkowski KT. 2007. Inhibition of *Shigella sonnei* by ultraviolet energy on agar, liquid media and radish sprouts. *J Food Safety* 27: 223-240.
- Wong E, Linton RH, Gerrard DE. 1998. Reduction of *Escherichia coli* and *Salmonella senftenberg* on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. *Food Microbiol* 15: 415-423.
- Lee JH, Sung TH, Lee KT, Kim MR. 2004. Effect of gamma irradiation on color, pungency, and volatiles of Korean red pepper powder. *J Food Sci* 69: 585-592.
- Kim YJ, Kim MH, Song KB. 2009. C, bined treatment of fumaric acid with aqueous chlorine dioxide or UV-C irradiation to inactivate *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteric* serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* inoculated on alfalfa and clover sprouts. *LWT-Food Sci Technol* 42: 1654-1658.
- Park WP, Chung SK, Cho SH. 2000. Changes in the keeping quality of strawberry and cucumber treated with Korean medical herb extracts. *Korean J Postharv Sci Technol* 7: 145-149.
- Kim YM, Lee SB, Cho SH, Lee DS. 2000. Fabrication of polyethylene films coated with antimicrobials in a binder and their application to modified atmosphere packaging of strawberries. *Korean J Postharv Sci Technol* 7: 12-18.
- Jeong JW, Kim JH, Kwon KH, Park KJ. 2006. Disinfection effects of electrolyzed water on strawberry and quality changes during storage. *Korean J Food Preserv* 13: 316-321.
- Kim JG, Hong SS, Jeong ST, Kim YB, Jang HS. 1998.

- Quality changes of "Yeobong" strawberry with CA storage conditions. *Korean J Food Sci Technol* 30: 871-876.
31. Zheng Y, Wang SY, Wang CY, Zheng W. 2007. Changes in strawberry phenolics, antocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *LWT-Food Sci Technol* 40: 49-57.
32. Tanada-Palmu PS, Grosso CRF. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coating on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharv Biol Technol* 36: 199-208.

(2009년 10월 13일 접수; 2009년 11월 19일 채택)