

기체투과도가 다른 포장재로 포장한 '엘리엇' 블루베리와 '설향' 딸기의 냉장 저장 중 품질 변화

정승훈 · 강지훈 · 박승종 · 성기현 · 송경빈[†]

충남대학교 식품공학과

Quality Changes in 'Elliot' Blueberries and 'Sulhyang' Strawberries Packed with Two Different Packaging Materials during Refrigerated Storage

Seung Hun Jung, Ji Hoon Kang, Seung Jong Park, Ki Hyun Seong, and Kyung Bin Song[†]

Dept. of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

ABSTRACT Blueberries and strawberries are highly perishable and easily contaminated with microorganisms. To maintain the quality of these commodities during refrigerated storage, the effects of two packaging materials as well as passive modified atmosphere packaging on the quality of blueberries and strawberries were investigated. The harvested blueberries and strawberries were first treated with combined non-thermal treatment of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid, followed by packaging with polyolefin film (6,000 mL O₂/m²·24 hr·atm at 24°C) and polyamide/polyamide/polyethylene film (PA/PA/PE, 60 mL O₂/m²·24 hr·atm at 24°C), respectively. After combined sanitizer treatment, the populations of total aerobic bacteria in blueberries and strawberries were reduced by 2.50 and 1.97 log CFU/g while those of yeast and molds were reduced by 1.95 and 2.18 log CFU/g, respectively, compared with the control. In particular, microbial growth in these samples packed with PA/PA/PE film was reduced during refrigerated storage. In addition, the blueberries and strawberries packed with PA/PA/PE film underwent lower weight loss than those packed with polyolefin film during storage. These results suggest that appropriate packaging with proper gas permeability is necessary to maintain the quality of blueberries and strawberries during refrigerated storage.

Key words: blueberry, strawberry, packaging, gas permeability, microorganism

서 론

최근 건강에 대한 소비자들의 관심도가 높아짐에 따라 다양한 베리류의 소비가 증가하고 있는 추세이다. 특히 블루베리(*Vaccinium corymbosum* L.)와 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.)는 맛뿐만 아니라 영양소를 고루 갖춰 전 세계적으로 소비자들에게 인기가 높은 식품이다(1). 블루베리는 안토시아닌, 카로티노이드 등 phytochemical이 풍부하여 항산화작용, 노화방지 및 질병예방에 효능이 있을 뿐만 아니라(2,3), 로돕신 재합성작용을 활성화하여 눈의 피로를 억제해 준다는 보고가 있다(4). 특히 본 실험에 사용된 '엘리엇' 품종은 타 품종과 비교하여 안토시아닌, 페놀 화합물 등의 생리활성 물질이 풍부하다고 보고되고 있으며, 내한성과 더불어 생산성이 높다(5).

딸기는 비타민 C와 함께 페놀성 화합물의 함량이 풍부하고, 잼이나 주스 등 다양한 가공식품의 원료로 사용되고 있다(6). 특히 본 연구에서 사용한 '설향' 딸기는 '아끼히메'

품종과 '레드펠' 품종을 국내에서 이중교배 하여 생산한 것으로 기존의 품종들보다 흰가루병의 발병이 적다(7). 그러나 블루베리, 딸기 같은 베리류는 과피가 연약해 물리적인 손상 및 조직의 연화 등으로 쉽게 물러지고 미생물 오염에 취약하기 때문에 쉽게 부패되어 유통기한이 짧다는 단점이 있다(8).

신선한 식품의 안전성에 대한 소비자의 요구가 높아짐에 따라(9), 미생물 오염도를 최소화하고 생과와 유통기한을 증대시킬 수 있는 방법에 대한 다양한 연구를 통해 적절한 수확 후 처리 및 저장방법을 확립하는 것이 중요하다. 블루베리와 딸기의 부패억제와 품질유지를 위해 주로 사용되고 있는 방법으로는 저온저장, controlled atmosphere(CA) 저장, ultraviolet-C 조사, 가식성 코팅, modified atmosphere packaging(MAP) 등이 보고되고 있다(10-12).

수확 후 블루베리 및 딸기의 세척에 사용되는 비가열 병합 처리는 각기 다른 살균작용으로 상승효과를 나타내는 허들 기술의 일종으로(13), 과채류의 살균에 효과적인 세척방법이다(14). 블루베리의 경우, 블루베리 '듀크' 품종의 수확 후 세척처리로서 100 ppm 이산화염소수 처리한 연구(15)와 유기산의 일종인 0.1% 푸마르산과 병합 처리 직후 미생물 감균 효과에 관한 연구(16)가 있다. 또한 딸기의 경우, '플라멩고' 딸기와 '매향' 딸기의 수확 후 세척처리로서 50 ppm

Received 4 February 2014; Accepted 20 March 2014

[†]Corresponding author.

E-mail: kbsong@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-6723

이산화염소수 및 0.5% 푸마르산 용액과 UV-C 병합 처리 후 미생물 감균 효과에 관한 연구(17,18)가 있다. 그러나 세척처리 후 가스투과도가 다른 포장재의 종류에 따른 냉장 저장 중 블루베리와 딸기의 미생물 성장과 품질 변화에 관한 연구보고는 아직 없다.

MAP는 식품 포장 내부의 공기조성을 일반 대기조성과 다르게 변형하여 대상 식품의 호흡과 생리적 대사 작용을 조절함으로써 저장유통 중 품질을 유지시키는 저장방법의 하나으로써(9), 신선 과채류 처리공정의 최종단계에서 적용된다(9,19). 신선편이 식품에 적용되는 MAP 방법은 주로 밀봉 전에 변형된 기체조성을 주입하거나(active modification), 포장재의 기체투과성을 이용하여 자연적으로 기체조성이 변화되도록(passive modification) 하는 방법이다(20). 최근에는 기체를 주입하는 별도의 장치 없이 포장필름 자체의 기체투과도를 낮게 조절함으로써 포장재 내의 산소 농도를 낮추고 이산화탄소 농도를 증가시킴으로써 호흡률을 감소시켜 품질저하를 억제하는 소포장 형태로 신선편이 식품의 품질을 유지하는 방법에 대한 연구가 이루어지고 있다(21). 따라서 본 연구에서는 수확 후 ‘엘리오프’ 블루베리와 ‘설향’ 딸기의 표면 미생물 저감화를 위한 세척처리 후, 기체투과도가 서로 상이한 대표적인 두 가지 종류의 포장필름을 적용한 passive MAP 방법을 통해 최적의 수확 후 처리 기술에 관한 기초 자료를 확보하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용된 블루베리(*Vaccinium corymbosum* L.)는 충남 예산에서 실험 당일 수확한 엘리오프 품종이며, 딸기(*Fragaria*×*ananassa* Duch.)는 충남 논산에서 당일 수확한 유기농 설향(*Fragaria*×*ananassa* Duchesnev. *Sul-hyang*) 품종으로 외관상태가 균일하고 숙성도가 일정한 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

세척처리

본 연구진의 기존 연구(14,22) 및 예비실험 결과(data not shown)를 참고하여 50 ppm의 이산화염소수와 0.3%의 푸마르산을 최적 병합 세척처리 조건으로 적용하였다. 이산화염소수는 chlorine dioxide generator system(CH₂O Inc., Olympia, WA, USA)을 사용하여 제조하였으며 농도가 50 ppm이 되도록 증류수를 이용하여 희석시켰고, 농도는 iodometry standard method(23)를 이용하여 측정하였다. 제조한 50 ppm 이산화염소수/0.3% 푸마르산 세척수에 시료를 1:10(w/v) 비율로 5분간 침지한 후 표면의 물기를 제거하기 위해 laminar-flow biosafety hood로 옮겨 90분간 air-dried 상태로 방치시켰다. 또한 동일한 방법으로 이산화염소수 대신에 증류수를 시료 대비 1:10(w/v) 비율로 5분간 침지시켜 세척한 것을 water washing 처리구로 하였

고, 세척과정을 거치지 않은 블루베리 및 딸기 시료를 대조구로 사용하였다.

포장 및 저장조건

대조구 및 세척과정을 거친 블루베리 및 딸기 시료들을 기체투과도가 서로 상이한 대표적인 두 가지 필름으로 포장하였다. 기체투과도가 높은 올레핀 계열의 polyolefin film bag(PD951EZ, 28×15 cm, 25 μm thickness, 6,000 mL O₂/m²·24 hr·atm at 24°C, Sealed Air Co., Gwangju, Korea)와 기체투과도가 낮은 대표적인 필름으로 polyamide/polyamide/polyethylene(PA/PA/PE) film bag(BIN 707, 28×15 cm, 70 μm thickness, 60 mL O₂/m²·24 hr·atm at 24°C, Barflex Co., Daejeon, Korea)로 각각 포장한 후(22), 4°C에서 12일간 저장하면서 저장 중 3일 간격으로 블루베리와 딸기의 미생물 수와 품질 변화를 측정하였다.

미생물 생육 측정

저장 중 블루베리와 딸기의 미생물 수를 각각 측정하였다. 블루베리의 경우, 기존 연구방법(15)을 참고하여 시료 20 g과 0.1% 멸균 펩톤수 180 mL를 멸균 bag에 넣고 10분간 shaking하여 균질화 시켰다. 딸기의 경우에는 시료 50 g과 0.1% 멸균 펩톤수 450 mL를 멸균 bag에 넣고 3분간 stomacher(MIX 2, AES Laboratoire, Combourg, France)에서 균질화 시켰다. 균질화된 시료들은 각각 0.1% 멸균 펩톤수로 10배수 연속 희석한 후 각각의 배지에 분주하였다. 총 호기성 세균은 plate count agar(PCA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 37°C에서 48시간 배양하였고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco Co.)를 사용하여 25°C에서 72시간 배양한 후 형성된 colony를 계수하였다. 3번 반복 실험하였으며, 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit(CFU)로 나타내었다.

포장재 내 기체조성 분석

본 실험에 사용된 포장재인 polyolefin film bag와 PA/PA/PE film bag에 각각 50 g의 시료를 넣어 밀봉한 후 저장 중 포장재 내의 O₂ 및 CO₂ 조성의 변화를 측정하였다. 포장재 내의 가스조성은 가스분석기(Checkpoint 2, PBI Danner, Ringsted, Denmark)를 이용하였으며, 3번 반복 측정하였다.

총 페놀 함량, 비타민 C 함량 및 중량 감소율

블루베리의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent를 이용하여 측정하였다(24). 시료를 24시간 동안 80% 메탄올로 추출한 후 Whatman No.1 여과지(GE Healthcare, Buckinghamshire, UK)를 이용하여 여과하였다. 시료 100 μL에 증류수 1.5 mL, 2 N Folin-Ciocalteu reagent 100 μL를 첨가한 후 20% sodium carbonate 용액 300 μL를 넣고 실온에서 1시간 동안 반응시켰다. UV-visible spec-

trophotometer(UV-2450, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준물질로 사용하여 총 페놀 함량을 계산하였으며, mg GAE/100 g fresh weight(FW)로 표시하였고 3번 반복 측정하였다.

딸기의 비타민 C 함량은 DNP(2,4-dinitrophenylhydrazine) 방법에 따라 측정하였다(25,26). 마쇄한 시료 5 g을 5% metaphosphoric acid에 추출한 후 20분간 17,500 ×g로 원심분리 하여 상층액을 취하였다. 상층액 2 mL에 50 µL의 2,6-dichlorophenol-indophenol을 넣고, 2% thiourea 2 mL, 2,4-dinitrophenylhydrazine 1 mL를 차례로 넣어 혼합한 후 37°C 항온수조에서 3시간 동안 반응시켰다. 반응액을 얼음물 속에서 냉각하면서 85% 황산 5 mL를 첨가하고 실온에서 30분간 반응시킨 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준품으로 5% metaphosphoric acid에 녹인 ascorbic acid를 사용하여 총 비타민 C 함량을 계산하였으며, mg/100 g fresh weight(FW)로 표시하였고 3번 반복 측정하였다.

블루베리 및 딸기의 냉장 저장 중 시료의 중량 감소율은 중량을 측정하여 그 감소량을 저장 전 초기값에 대한 백분율(%)로 표시하여 나타내었으며, 3번 반복하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{중량 감소율(\%)} = (W_i - W_f) / W_i \times 100$$

W_i : 초기 무게, W_f : 저장 중 측정된 무게

색도 측정

블루베리 및 딸기 표면의 색도는 색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. Hunter L*, a*, b* 값은 각 시료의 표면을 5회 반복 측정하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 이때 사용한 표준 백판의 L*, a*, b* 값은 각각 L*=96.75, a*=-0.19, b*=2.00이었다.

통계처리

본 실험의 통계적 분석은 SAS(Statistical Analysis System program version 8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하였으며, P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 각 처리구 간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

포장재 내 기체조성 변화

포장재 내의 기체조성은 시료의 호흡률과 포장재의 기체투과도에 의해 결정된다(20). 대조구와 세척처리한 블루베리 및 딸기를 기체투과도가 다른 2개의 포장재로 각각 포장

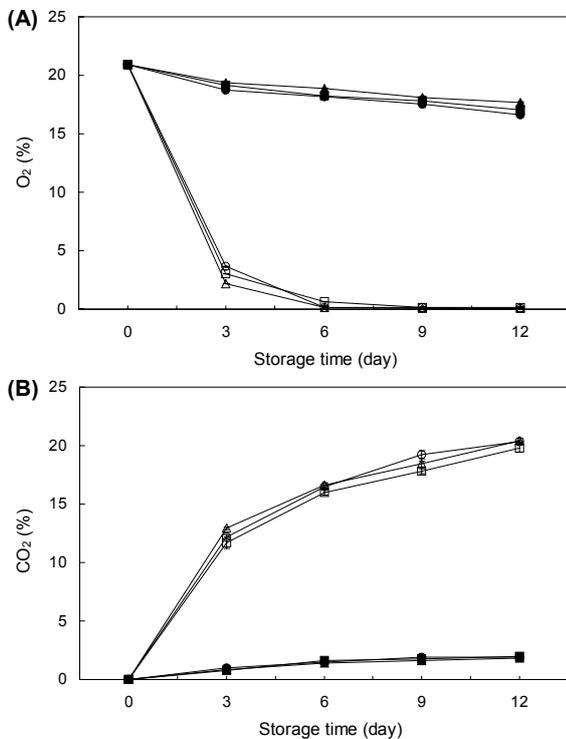


Fig. 1. Changes in O₂ (A) and CO₂ (B) concentrations in blueberry packages during refrigerated storage. ●: olefin-control, ▲: olefin-water washing, ■: olefin-combined treatment, ○: PA/PA/PE-control, △: PA/PA/PE-water washing, □: PA/PA/PE-combined treatment. Bars represent standard deviation.

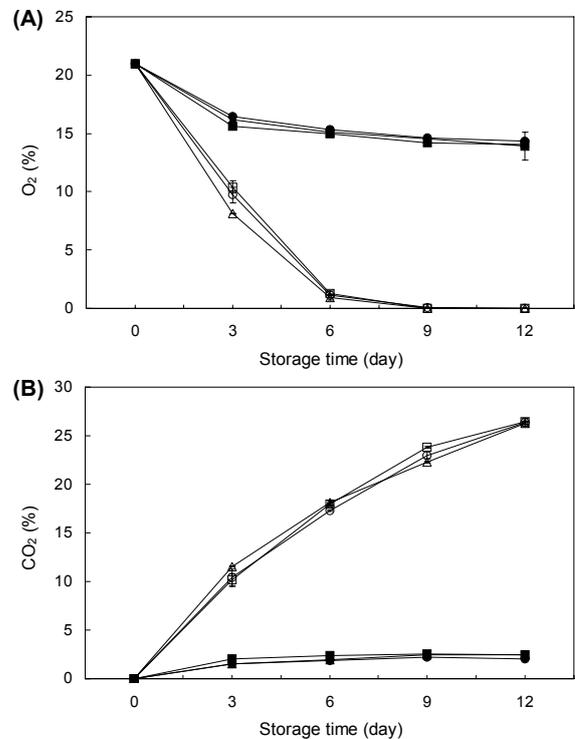


Fig. 2. Changes in O₂ (A) and CO₂ (B) concentrations in strawberry packages during refrigerated storage. ●: olefin-control, ▲: olefin-water washing, ■: olefin-combined treatment, ○: PA/PA/PE-control, △: PA/PA/PE-water washing, □: PA/PA/PE-combined treatment. Bars represent standard deviation.

한 후, 저장 중 포장재 내의 기체조성 변화를 측정한 결과를 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. 기체투과도가 높은 polyolefin film bag(6,000 mL O₂/m²·24 hr·atm at 24°C)의 경우, 블루베리는 산소 농도가 초기 20.95%에서 저장 12일차까지 각 처리군이 모두 18% 정도로 약 2% 감소하였고, 딸기의 경우 20.95%에서 14%로 약 6% 감소하여 크게 차이를 보이지 않았다. 또한 이산화탄소 농도의 경우 블루베리와 딸기 모두 초기 0.03%에서 2~2.5%로 증가한 채 유지되었다. 반면에 블루베리와 딸기를 기체투과도가 낮은 PA/PA/PE film bag(60 mL O₂/m²·24 hr·atm at 24 °C)에 포장한 경우에는 산소와 이산화탄소의 농도 차이가 뚜렷하게 나타났는데, 블루베리는 저장 3일차에 초기 산소 농도 20.95%에서 약 4.6%로 15% 이상의 급격한 감소를 나타낸 이후 저장 12일차에는 0.1%까지 감소하였으며, 이산화탄소 농도의 경우도 초기의 0.03%에서 저장 3일차에 12%까지 급증한 이후 저장 중 계속 농도가 증가해 저장 12일차에는 20%까지 도달하였다. 딸기의 경우도 블루베리와 유사한 기체조성도 변화를 보였는데, 저장 6일차에 초기 산소 농도 20.95%에서 약 1%까지 감소하여 19% 이상의 감소를 나타냈으며 저장 12일차에는 모든 처리군이 0% 수준의 산소 농도를 유지하였다. 이산화탄소의 경우 초기 0.03%에서 저장 6일차에 18%까지 증가한 후 저장 12일차에는 약 27% 수준의 이산화탄소 농도를 유지하였다. 본 연구에서 블루베리와 딸기가 저장기간 동안 비슷한 기체조성도 변화를 보인 이유는 블루베리와 딸기의 호흡률이 저장온도 0~5°C에서 50 mg/kg/hr 미만으로 유사하기 때문이라고 판단된다(27). 또한 기존의 연구에서 과채류 포장재의 기체투과도에 따라 포장재 내의 기체조성이 확연히 다르다고 보고하였고(21,28), Beltran 등(29)과 Toivonen 등(30)은 신선편이 식품의 포장재 내의 기체조성은 세척방법과 상관없이 모두 비슷한 경향을 나타내며 호흡률에도 영향을 미치지 않았다고 보고하

였다. 이러한 연구보고는 같은 포장조건에서 세척 처리구 간의 기체조성에 있어서 유의적인 차이를 나타내지 않은 본 실험결과와 유사하였다.

미생물 수 측정

세척 후 블루베리와 딸기를 polyolefin film과 PA/PA/PE film에 각각 포장하여 4°C에서 12일간 저장하면서 미생물 수를 측정하였다. 저장 초기 블루베리 대조구의 총 호기성 세균은 3.89 log CFU/g이었고, 증류수로 세척한 처리구의 경우 2.88 log CFU/g, 50 ppm 이산화염소수와 0.3% 푸마르산의 병합 처리구는 1.39 log CFU/g으로 각각 1.01, 2.50 log CFU/g의 감균 효과를 보였다(Table 1). 딸기의 경우 대조구의 초기 총 호기성 세균은 3.74 log CFU/g, 증류수 세척 및 병합 세척 처리구는 3.21, 1.77 log CFU/g으로 각각 대조구와 비교해 0.53, 1.97 log CFU/g의 감균 효과를 나타내었다(Table 2). 이러한 결과는 Chun 등(15)의 블루베리 세척에 관한 연구에서 초기 오염도에 있어서 본 연구와 차이가 있지만 증류수로 세척 시 0.2 log CFU/g, 100 ppm 이산화염소수 처리는 1.50 log CFU/g의 감균 효과를 얻었다는 결과와 비슷한 경향을 보였다. 딸기의 경우에도 Kim 등(17)의 '플라멩고' 딸기 세척에 관한 연구에서 50 ppm 이산화염소수 단일 세척 및 0.5% 푸마르산 용액 단일 세척 시 각각 1.20, 1.41 log CFU/g의 감균 효과를 보였고, Kim 등(18)의 '매향' 딸기의 연구에서도 50 ppm 이산화염소수 및 0.5% 푸마르산 용액으로 단일 세척 시 대조구와 비교해 1.42, 1.66 log CFU/g의 감균 효과를 얻어 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 Kim 등(14)은 초기 호기성 세균수가 7.78 log CFU/g인 브로콜리 쪽에 50 ppm 이산화염소수 단독 처리하였을 때 1.36 log CFU/g의 감균 효과를 나타내었고 0.5% 푸마르산과 병합 처리하였을 때 2.7 log CFU/g이 감소하였다고 보고한 바 있는데, 이러한 감균

Table 1. Effects of packaging condition on the change in the populations of preexisting microorganisms in the blueberries during refrigerated storage (Unit: log CFU/g)

Microorganism	Packaging material	Treatment	Storage time (days)				
			0	3	6	9	12
Total aerobic bacteria	Polyolefin	Control	3.89±0.16 ^{Aa2)}	3.81±0.03 ^{Aa}	3.83±0.13 ^{Aa}	3.99±0.09 ^{Aa}	4.01±0.13 ^{Aa}
		Water washing	2.88±0.09 ^{Bc}	2.93±0.10 ^{Abc}	2.78±0.38 ^{CDc}	3.25±0.16 ^{Bab}	3.31±0.10 ^{BCa}
		Combined treatment ¹⁾	1.39±0.10 ^{Cc}	1.86±0.24 ^{Bb}	2.15±0.21 ^{Dab}	2.38±0.26 ^{Ca}	2.48±0.31 ^{Da}
	PA/PA/PE	Control	3.89±0.16 ^{Aa}	3.61±0.68 ^{Aa}	3.57±0.71 ^{ABa}	3.57±0.18 ^{Ba}	3.58±0.27 ^{Ba}
		Water washing	2.88±0.09 ^{Ba}	2.90±0.08 ^{Aa}	2.99±0.31 ^{BCa}	3.24±0.16 ^{Ba}	3.29±0.05 ^{Ca}
		Combined treatment	1.39±0.10 ^{Cb}	1.59±0.16 ^{Bb}	1.60±0.47 ^{Da}	2.11±0.40 ^{Ca}	2.38±0.08 ^{Da}
Yeast and mold	Polyolefin	Control	3.60±0.13 ^{Ac}	3.85±0.36 ^{Abc}	4.15±0.25 ^{ABb}	4.19±0.14 ^{Aa}	4.24±0.17 ^{Aa}
		Water washing	2.99±0.41 ^{Bb}	3.38±0.13 ^{Ba}	3.42±0.12 ^{Ba}	3.44±0.27 ^{Ba}	3.51±0.09 ^{Ba}
		Combined treatment	1.65±0.07 ^{Cc}	2.26±0.24 ^{Cb}	2.99±0.09 ^{Ca}	2.98±0.03 ^{Ca}	3.17±0.06 ^{Ca}
	PA/PA/PE	Control	3.60±0.13 ^{Aa}	3.31±0.17 ^{Bb}	3.20±0.17 ^{BCb}	3.43±0.09 ^{Bab}	3.45±0.21 ^{Bab}
		Water washing	2.99±0.41 ^{Ba}	2.44±0.42 ^{Cb}	2.46±0.11 ^{Db}	2.85±0.08 ^{Ca}	3.09±0.17 ^{CDa}
		Combined treatment	1.65±0.07 ^{Cd}	2.20±0.17 ^{Cc}	2.24±0.32 ^{D^bc}	2.72±0.30 ^{Cab}	2.90±0.08 ^{Da}

¹⁾Sanitizer mixture of 50 ppm aqueous ClO₂ and 0.3% fumaric acid.

²⁾Any means in the same column (A-D) or row (a-c) followed by different letters are significantly ($P<0.05$) different.

Table 2. Effects of packaging condition on the change in the populations of preexisting microorganisms in the strawberries during refrigerated storage (Unit: log CFU/g)

Microorganism	Packaging material	Treatment	Storage time (days)				
			0	3	6	9	12
Total aerobic bacteria	Polyolefin	Control	3.74±0.09 ^{Ad2)}	3.96±0.19 ^{Ac}	4.05±0.09 ^{Ac}	4.21±0.14 ^{Ab}	4.44±0.05 ^{Aa}
		Water washing	3.21±0.34 ^{Bd}	3.35±0.05 ^{Ccd}	3.53±0.04 ^{Cbc}	3.65±0.09 ^{Bab}	3.83±0.12 ^{Ba}
		Combined treatment ¹⁾	1.77±0.15 ^{Cd}	1.90±0.17 ^{Dcd}	2.06±0.10 ^{Dbc}	2.22±0.07 ^{Db}	2.56±0.09 ^{Da}
	PA/PA/PE	Control	3.74±0.09 ^{Aab}	3.66±0.29 ^{Bb}	3.76±0.07 ^{Bab}	3.81±0.12 ^{Bab}	3.90±0.12 ^{Ba}
		Water washing	3.21±0.34 ^{Ba}	3.27±0.07 ^{Ca}	3.32±0.28 ^{Ca}	3.36±0.24 ^{Ca}	3.42±0.21 ^{Ca}
		Combined treatment	1.77±0.15 ^{Ca}	1.80±0.17 ^{Da}	1.90±0.17 ^{Da}	1.82±0.16 ^{Ea}	1.88±0.16 ^{Ea}
Yeast and mold	Polyolefin	Control	4.15±0.24 ^{Ad}	4.78±0.19 ^{Ac}	4.87±0.14 ^{Abc}	5.09±0.17 ^{Aab}	5.24±0.05 ^{Aa}
		Water washing	3.34±0.19 ^{Bd}	3.76±0.08 ^{Cc}	3.86±0.11 ^{Cc}	4.02±0.05 ^{Cb}	4.29±0.08 ^{Ca}
		Combined treatment	1.97±0.20 ^{Cc}	2.26±0.31 ^{Ebc}	2.48±0.16 ^{Eb}	2.85±0.07 ^{Ea}	2.95±0.06 ^{Ea}
	PA/PA/PE	Control	4.15±0.24 ^{Ac}	4.34±0.13 ^{Bb}	4.53±0.08 ^{Ba}	4.59±0.06 ^{Ba}	4.70±0.06 ^{Ba}
		Water washing	3.34±0.19 ^{Bc}	3.50±0.04 ^{Db}	3.55±0.05 ^{Dab}	3.59±0.04 ^{Dab}	3.66±0.07 ^{Da}
		Combined treatment	1.97±0.20 ^{Ca}	2.06±0.10 ^{Ea}	2.09±0.10 ^{Fa}	2.09±0.27 ^{Fa}	2.16±0.06 ^{Fa}

¹⁾Sanitizer mixture of 50 ppm aqueous ClO₂ and 0.3% fumaric acid.

²⁾Any means in the same column (A-F) or row (a-d) followed by different letters are significantly ($P<0.05$) different.

효과는 본 연구 결과와 더불어 이산화염소수 및 푸마르산 용액의 단일 처리보다 이산화염소수와 푸마르산의 병합 처리가 더욱 미생물 감소에 효과적임을 나타낸다. 또한 세척처리에 의한 효모 및 곰팡이 수 변화에서도 비슷한 경향을 나타내었는데, 저장 초기 대조구의 효모 및 곰팡이 수는 블루베리와 딸기 각각 3.60, 4.15 log CFU/g이었는데 반하여, 병합 세척처리를 거친 후 1.95, 2.18 log CFU/g의 감소 효과를 얻었다. 따라서 블루베리와 딸기 부패의 주요 원인인 효모 및 곰팡이 수에서 병합 살균처리가 우수한 효과를 나타내어 저장 중 품질 유지에 도움이 된다고 판단된다(10,31).

포장재 종류에 따른 블루베리의 저장 중 미생물 수의 변화를 살펴보면, 저장 중에도 총 호기성균과 효모 및 곰팡이 모두 병합 세척처리 효과가 지속되고 있음을 알 수 있다(Table 1). 특히 polyolefin film으로 포장한 처리구의 경우 저장 중 미생물 수가 증가하는 경향을 나타내고 있는 반면, PA/PA/PE film으로 포장한 처리구는 미생물 수 증가폭이 적거나 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 딸기의 경우에도 저장기간 동안 블루베리와 유사한 미생물 수 변화를 나타내었다(Table 2). 블루베리와 마찬가지로 polyolefin film으로 포장한 처리구는 저장 12일차까지 계속적으로 총 호기성균과 효모 및 곰팡이 수가 모두 증가하였으나 PA/PA/PE film으로 포장한 처리구는 미생물 수 증가폭이 낮은 경향을 보였다. 이러한 차이는 다양한 MAP 저장 연구에서 입증되었는데, 높은 이산화탄소 농도 조건은 미생물의 유도기를 증가시키고 대수기를 감소시켜 미생물의 성장을 억제하는 효과가 있으며(32), 이러한 효과는 초기 미생물 수 및 종류, 저장 온도, 수분활성도, 호흡률 같은 시료의 종류에 따라 달라진다고 알려져 있다(33).

냉장 저장 중 품질 변화

과채류의 중량 감소는 품질 측정에 중요한 요소인데(34,

35), 포장재의 기체투과도, 증산작용, 호흡률, 온도, 습도 등이 중량 감소율에 영향을 미친다(22,28,34). 본 연구에서는 대조구 및 세척처리한 블루베리와 딸기를 포장재에 넣은 후 저장 중 중량 감소율을 측정할 결과, 기체투과도가 비교적 높은 polyolefin film으로 포장한 블루베리와 딸기의 경우 냉장 저장 12일 후 0.37%로 동일한 중량 감소를 보였고, 기체투과도가 낮은 PA/PA/PE film으로 포장한 경우 각각 0.26, 0.19%의 중량 감소를 보여 큰 변화는 보이지 않았지만, 각 포장필름의 수증기투과도에 있어서 polyolefin film (14 g/m²·24 hr)이 PA/PA/PE film(8.0 g/m²·24 hr)보다 높은 점이 중량 감소율 결과에 다소 영향을 끼쳤다고 생각된다. Chun 등(15)은 세척한 블루베리 ‘듀크’ 품종을 4°C에 12일 저장한 결과 중량 감소율이 0.6~0.8%로 나타났다고 보고하였고, Lee 등(36)은 본 연구와 같은 품종인 ‘설향’ 딸기를 산소 조건을 달리하여 밀폐 포장한 후 5°C에서 12일 동안 저장한 다음 중량 감소율을 측정할 결과 모든 처리구에서 1% 이하의 감소율을 보였다고 보고하였다. 또한 Alsmairat 등(37)은 본 연구에 사용된 블루베리 품종과 같은 Elliott를 0°C에서 8주간 저장한 결과 중량이 1.34% 감소하였다고 보고하였는데, 본 연구 결과와 차이가 나는 것은 저장기간, 포장재, 온도, 습도의 차이 때문으로 생각된다. 저장기간에 따른 중량 감소율의 변화는 블루베리 및 딸기와 같은 베리류 표면을 둘러싸고 있는 세포막 조직의 변화를 나타내는데, 이 세포막은 과실의 수분 감소를 막고 부패미생물로부터 보호할 뿐만 아니라 호흡을 통한 가스교환을 조절하는 역할을 한다(20).

블루베리의 저장 중 총 페놀 함량의 변화를 측정할 결과, 모든 처리구에서 저장기간이 증가함에 따라 총 페놀 함량도 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3). 저장 초기의 약 75 mg/100 g FW에서 저장 12일차에는 모든 처리구에서 약 110 mg/100 g까지 증가하여 저장기간에 따라 총 페놀 함량에는

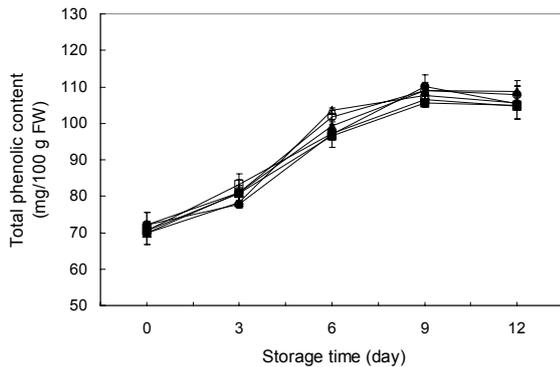


Fig. 3. Changes in total phenolic content of blueberries during storage at 4°C. ●: olefin-control, ▲: olefin-water washing, ■: olefin-combined treatment, ○: PA/PA/PE-control, △: PA/PA/PE-water washing, □: PA/PA/PE-combined treatment. Bars represent standard deviation.

변화가 있었지만, 대조구와 처리구 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Moon 등(38)은 국내에서 유통되고 있는 블루베리의 총 페놀성 화합물 함량은 205.29 mg/100 g이라고 보고하였는데, 본 연구 결과와 총 페놀 함량에 있어서 차이가 나는 것은 블루베리의 품종, 수확시기, 숙성정도 등에 따른 차이라고 판단된다.

딸기의 저장 중 비타민 C 함량의 변화를 측정하였다(Fig. 4). 측정 결과, 저장 기간이 증가함에 따라 처리구에 상관없이 비타민 C 함량은 점차 감소하는 경향을 나타내었으며 유의적인 차이는 보이지 않았다. 저장 초기 약 53.3 mg/100 g FW에서 저장 12일차에 polyolefin film 포장구는 약 36.8 mg/100 g, PA/PA/PE film 포장구는 약 37.5 mg/100 g까지 감소하였다. Lee와 Kader(39)는 수확한 신선한 딸기의 경우 총 비타민 C 함량이 65 mg/100 g이라고 보고하였는데, 이는 본 실험에 사용된 '설향' 딸기의 초기 비타민 C 함량과 유사하나 다소 차이가 있는 이유는 품종 및 숙성도의 차이라고 판단된다. 또한 Park 등(40)은 PLA(poly lactide)와 OPP(orientated polypropylene) film으로 포장한 딸기를

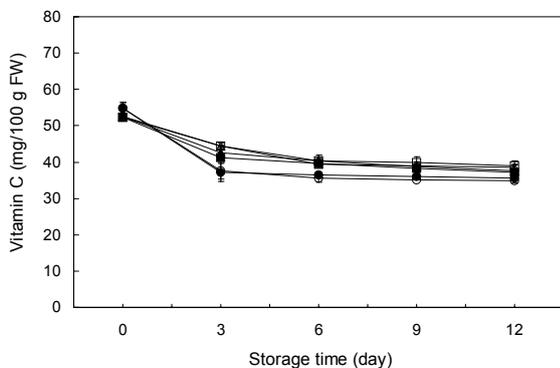


Fig. 4. Changes in vitamin C content of strawberries during storage at 4°C. ●: olefin-control, ▲: olefin-water washing, ■: olefin-combined treatment, ○: PA/PA/PE-control, △: PA/PA/PE-water washing, □: PA/PA/PE-combined treatment. Bars represent standard deviation.

6일 동안 저장하면서 비타민 C 함량 변화를 관찰하였는데, 저장 초기 50.4 mg/100 g에서 PLA film 포장구는 약 35.9 mg/100 g, OPP film 포장구는 약 33.4 mg/100 g으로 모든 처리구에서 감소하는 경향이 있다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타냈다. 이러한 결과들로부터 화학적 세척처리와 함께 적절한 포장재의 사용은 딸기의 저장 중 품질유지에 효과적이라고 판단된다.

블루베리 및 딸기의 품질은 크기, 중량, 경도, 색도 등으로 관별할 수 있는데(1,18), 이 중 육안으로 금방 확인할 수 있는 색도가 품질 측정에 많이 이용되고 있다. Buran 등(1)에 따르면 잘 숙성된 blue-purple color를 띠는 블루베리의 경우 Hunter b^* 값이 -값을 갖는다고 보고하였는데, 본 연구에서도 b^* 값이 모두 -값을 갖고 있고(data not shown), 모든 처리군에서 유의적인 차이를 나타내지 않는 것으로 보아 균일하게 잘 숙성된 것임을 확인할 수 있었다. 저장 중의 색도 변화에 있어서 또한 포장재 종류와 처리군에 따른 색도에 있어서 유의적인($P < 0.05$) 차이가 없었다. 딸기의 경우 블루베리와 달리 그 숙성도를 파악할 수 있는 Hunter 값은 a^* 값으로, 딸기는 숙성이 진행되면서 밝은 적색이 되었다가 과숙이 되면 점차 검붉은 색으로 변한다(11). 본 연구에서 딸기의 Hunter a^* 값은 처리구 간의 유의적인 차이는 없었으며 저장기간 동안 약간 증가하는 경향을 나타내었는데(data not shown), 이것은 숙성되지 않은 상태의 딸기가 저장 중 숙성됨에 따라 점차 a^* 값이 증가한다는 연구 결과와 유사하다(11). 또한 Zheng 등(41)은 저장 14일 동안 딸기의 L^* 값이 일정하게 유지되었다고 보고하였는데, 본 연구에서도 모든 처리군에서 L^* 값에 있어서 유의적인($P < 0.05$) 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 Chun 등(42)의 버블-이산화염소수세척시스템에 의한 세척처리가 블루베리 저장 중의 색도 변화에 영향을 미치지 않는다는 연구 결과 및 Kim 등(18)의 UV-C와 이산화염소수 및 푸마르산 병합 처리가 딸기의 저장 중 색도 변화에 영향을 미치지 않았다는 보고와 일치한다. 따라서 적절한 세척과 포장재의 사용은 블루베리와 딸기의 냉장 저장 중 색도 등에 영향을 미치지 않으면서 미생물학적 안전성을 높여 유통기한 연장 및 품질유지에 효과적인 수확 후 처리 방법이라고 판단된다.

요 약

블루베리 및 딸기의 품질유지를 위한 MAP의 활용 가능성을 확인하고자 비가열 병합 처리 세척과정을 거친 '엘리오트' 블루베리와 '설향' 딸기 시료를 기체투과도가 다른 polyolefin film(6,000 mL $O_2/m^2 \cdot 24 \text{ hr} \cdot \text{atm}$ at 24°C)과 PA/PA/PE film(60 mL $O_2/m^2 \cdot 24 \text{ hr} \cdot \text{atm}$ at 24°C)에 각각 포장한 후 4°C에 저장하면서 품질 변화를 측정하였다. 수확 후 블루베리와 딸기에 병합 세척처리를 한 결과, 총 호기성균은 각각 2.50, 1.97 log CFU/g, 효모 및 곰팡이에서는 각각 1.95, 2.18 log CFU/g의 감균 효과를 얻어 우수한 살균 효

과를 나타내었다. 또한 PA/PA/PE film 포장에 의한 낮은 기체투과도로 인한 높은 이산화탄소 농도 환경에서 미생물의 생육이 저장 중 억제되는 것을 확인하였고, 중량 감소율에 있어서도 높은 기체투과도를 갖는 polyolefin film으로 포장한 처리구보다 낮은 감소율을 보여, 소포장된 블루베리와 딸기의 경우 기체투과도가 낮은 포장재를 이용하는 것이 효율적인 것으로 나타났다. 따라서 본 연구 결과, 수확 후 블루베리 및 딸기의 적절한 기체 조성을 위한 포장재의 선택은 품질 유지 및 유통기한 증대에 도움을 줄 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Buran TJ, Sandhu AK, Azeredo AM, Bent AH, Williamson JG, Gu L. 2012. Effects of exogenous abscisic acid on fruit quality, antioxidant capacities, and phytochemical contents of southern high bush blueberries. *Food Chem* 132: 1375-1381.
- Nacz M, Shahidi F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *J Pharm Biomed Anal* 41: 1523-1542.
- Bagchi D, Sen CK, Bagchi M, Atalay M. 2004. Anti-angiogenic, antioxidant, and anti-carcinogenic properties of a novel anthocyanin-rich berry extract formula. *Biochem* 69: 75-80.
- Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Services. 2009. *Functional characteristics of fruit varieties of blueberries, breeding and cultivation technology research*. Rural Development Administration, Suwon, Korea. p 5-6.
- Kim JG, Kim HL, Kim SJ, Park KS. 2013. Fruit quality, anthocyanin and total phenolic contents, and antioxidant activities of 45 blueberry cultivars grown in Suwon, Korea. *J Zhejiang Univ Sci B* 14: 793-799.
- 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.
- Choi JM, Latigui A, Yoon MK. 2010. Growth and nutrient uptake of 'Seolhyang' strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch) responded to elevated nitrogen concentrations in nutrient solution. *Korean J Hort Sci Technol* 28: 777-782.
- Schotsmans W, Molan A, MacKay B. 2007. Controlled atmosphere storage of rabbiteye blueberries enhances postharvest quality aspects. *Postharvest Biol Technol* 44: 277-285.
- Waghmare RB, Annapure US. 2013. Combined effect of chemical treatment and/or modified atmosphere packaging (MAP) on quality of fresh-cut papaya. *Postharvest Biol Technol* 85: 147-153.
- Cantin CM, Minas IS, Goulas V, Jimenez M, Managanaris GA, Michailides TJ, Crisosto CH. 2012. Sulfur dioxide fumigation alone or in combination with CO₂-enriched atmosphere extends the market life of highbush blueberry fruit. *Postharvest Biol Technol* 67: 84-91.
- Kim JG, Hong SS, Jeong ST, Kim YB, Jang HS. 1998. Quality change of "Yeobong" strawberry with CA storage conditions. *Korean J Food Sci Technol* 30: 871-876.
- Kim JK, Moon KD, Sohn TH. 1993. Effect of PE film thickness on MA (modified atmosphere) storage of strawberry. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 78-84.
- Leistner L. 2000. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *Int J Food Microbiol* 55: 181-186.
- 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.
- Chun HH, Kang JH, Song KB. 2013. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment and cold storage on microbial growth and quality of blueberries. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 56: 309-315.
- Park SJ, Jung SH, Park JT, Kim HY, Song KB. 2014. Pre-freezing treatment of blueberry, Korean raspberry, and mulberry. *J Appl Biol Chem* (in press).
- 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.
- Kim JY, Kim HJ, Lim GO, Jang SA, Song KB. 2010. The effects of aqueous chlorine dioxide or fumaric acid treatment combined with UV-C on postharvest quality of 'Maehyang' strawberries. *Postharvest Biol Technol* 56: 254-256.
- Neaudry RM. 1999. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Biol Technol* 15: 293-303.
- Costa C, Lucera A, Conte A, Mastromatteo M, Speranza B, Antonacci A, Del Nobile MA. 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready to eat table grape. *J Food Eng* 102: 115-121.
- Del Nobile MA, Conte A, Scrocco C, Brescia I, Speranza B, Sinigaglia M, Perniola R, Antonacci D. 2009. A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. *Postharvest Biol Technol* 51: 21-26.
- Chun HH, Park SJ, Jung SH, Song KB. 2013. Predicting and extending the shelf life of red cabbage sprouts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1518-1523.
- APHA. 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA. p 4-54.
- Rumbaoa RGO, Cornago DF, Geronimo IM. 2009. Phenolic content and antioxidant capacity of philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. *Food Chem* 113: 1133-1138.
- Terada M, Watanabe Y, Kunitomo M, Hayashi E. 1978. Differential rapid analysis of ascorbic-acid and ascorbic-acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. *Anal Biochem* 84: 604-608.
- Korean Food and Drug Administration. 2013. Korean Food Code. http://fse.foodnara.go.kr/residue/RS/jsp/menu_02_01_03.jsp?idx=317.
- Mitcham EJ, Crisosto CH, Kader AA. 2009. Bushberry: blackberry, blueberry, cranberry, raspberry: Recommendations for maintaining postharvest quality. Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA, USA. <http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Bushberries/>.
- Conte C, Silva P, Fontes N, Dias AC, Tavares RM, Sousa MJ, Agasse A, Delrot S, Geros H. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Global Science Books* 1: 1-22.
- Beltran D, Selma MV, Tudela JA, Gil MI. 2005. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biol Technol* 37: 37-46.
- Toivonen PMA, Stan S. 2004. The effect of washing on

- physicochemical changes in packaged, sliced green peppers. *Int J Food Sci Technol* 39: 43-51.
31. Lee SH, Lee MS, Sun NK, Song KB. 2004. Effect of storage condition on the quality and microbiological change of strawberry "Minyubong" during storage. *Korean J Food Preserv* 11: 7-11.
 32. Daniels JA, Krishnamurthy R, Rizvi SSH. 1985. A review of effects of CO₂ on microbial growth and food quality. *J Food Prot* 48: 32-37.
 33. Church IJ, Parsons AL. 1995. Modified atmosphere packaging technology: a review. *J Sci Food Agric* 67: 143-152.
 34. Joo M, Lewandowski N, Auras R, Harte J, Almenar E. 2011. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food Chem* 126: 1734-1740.
 35. Paniagua AC, East AR, Hindmarsh JP, Heyes JA. 2013. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biol Technol* 79: 13-19.
 36. Lee HH, Hong SI, Kim DM. 2013. Storage quality of Sulhyang strawberries as affected by high O₂ atmosphere packaging. *Korean J Food Sci Technol* 45: 191-198.
 37. Alsmairat N, Contreras C, Hancock J, Callow P, Beaudry R. 2011. Use of combinations of commercially relevant O₂ and CO₂ partial pressures to evaluate the sensitivity of nine highbush blueberry fruit cultivars to controlled atmosphere. *Hort Sci* 46: 74-79.
 38. Moon HK, Lee SW, Kim JK. 2013. Physicochemical and quality characteristics of the Korean and American blueberries. *Korean J Food Preserv* 20: 524-531.
 39. Lee SK, Kader AA. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol Technol* 20: 207-220.
 40. Park HW, Lee SA, Kim SH, Jeon SH. 2011. Quality of strawberry packed with PLA films. *J Korean Soc Packaging Sci Technol* 17: 43-46.
 41. Zheng Y, Wang SY, Wang CY, Zheng W. 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *LWT-Food Sci Technol* 40: 49-57.
 42. Chun HH, Park SH, Choi SR, Song KB, Park SH, Lee SH. 2013. Development of washing system for improving microbiological quality of blueberry after postharvest. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1886-1891.