

Sterilization effect of electrolyzed water and chlorine dioxide on *Rubus coreanus* Miquel

Hui Teng¹, You Ho Kim², Won Young Lee^{1,3*}

¹School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 720-701, Korea

²Post-Harvest Engineering Division, National Academy of Agricultural Science,
Rural Development Administrations, Suwon 441-100, Korea

³Food and Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 720-701, Korea

전기분해수와 이산화염소수 처리 복분자(*Rubus coreanus* Miquel)의 살균효과

딩후이¹ · 김유호² · 이원영^{1,3*}

¹경북대학교 식품공학부, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

³경북대학교 식품생물산업연구소

Abstract

This study was carried out in order to investigate sterilization effect and to extend storage periods of the *Rubus coreanus* by treating with tap water (TW), electrolyzed water (EW) and aqueous chlorine dioxide (ClO₂). After each treatment plot was soaked with 10, 50, 100, 200 ppm in each sterilizing solution within 30 sec, each treatment was compared during the storage time at room temperature and refrigerator temperature. As results of total plate count according to temperatures and periods, the microbial sterilizing power of each treatment plot was bigger at EW and ClO₂ treatment plots than the TW treatment plot; however, it sharply increased on the high concentration ClO₂ treatment plot. Furthermore, the cold storage treatment plot had more outstanding microbial sterilizing power than the room temperature treatment plot. As a result of observing the surface of the *Rubus coreanus* using scanning electron microscope (SEM), no microbe was seen in EW and ClO₂ treatment plot. The results of measuring enzyme activity showed a more significant decrease in EW and ClO₂ solutions treatment plot than TW treatment plot but gradually increased with time. The contents of total polyphenol revealed similar values on each treatment. The EW and ClO₂ treatment of the *Rubus coreanus* could be considered as good methods for inhibiting microbial growth in fresh vegetables and fruit, thereby contributing to quality maintenance.

Key words : *Rubus coreanus* Miquel, electrolyzed water, chlorine dioxide, sterilization effect

서 론

오늘날 국민들의 생활수준 향상으로 식생활 양식이 바뀌어 건강식품 섭취를 통하여 질병 발생을 억제시키고자하는 노력이 늘어나고 있다(1). 복분자(*Rubus coreanus* Miquel)는 해발 1,000 m 아래 산기슭 양지에서 자생하는 장미과(Rosaceae)에 속하는 낙엽 활엽송 관목으로 안토시아닌과 항산화 물질인 페놀화합물, 그리고 효소 함량이 높아 건강 기능성 식품으로 국민들의 관심이 높은 작물이다. 복분자

는 예로부터 자양강장, 당뇨, 혈관계 질환 예방, 항산화, 항염증, 간 기능강화 등의 효과로 주로 한약재로 사용해 왔으나 최근 기능성을 지닌 과일로 이용되고 있고 그 사용량이 해마다 증가하고 있다(2). 국내산 복분자는 5~6월에 분홍색 꽃이 피고, 더운 7~8월에 열매가 성숙되며 붉은색의 핵과가 나중에 흑색으로 완숙된다(3). 최근에는 이상기후로 인한 기온상승으로 6월 중순부터 수확하고 있다. 그러나 복분자는 수확시기가 하절기인 관계로 품질손상이 급격하게 일어나고 과육이 연약해 완전과 유지율이 낮으며 미생물에 의한 부패율이 높다. 또한 산지에서 바로 수확한 농산물은 가열단계를 거치지 않고 바로 섭취하기 때문에 미생물

*Corresponding author. E-mail : wonyoung@knu.ac.kr
Phone : 82-53-950-7763, Fax : 82-53-950-7762

에 의한 식중독 위험이 잠재되어있다(4). 또한 효소활성이 증가함과 동시에 세포의 호흡속도가 빨라져서 갈변과 부패가 쉽게 일어난다(5).

이와 같은 수확 후 유통과 저장성 관리 문제를 해결하기 위해 전기분해수와 이산화염소수 등 다양한 살균세척수를 이용하고 있다. 전기분해수는 수도수에 소량의 NaCl을 첨가한 후 전기분해하여 얻어지는 것으로(6), 처리대상이 넓고 반응 후 휘발성 기체와 물로 되어 유해한 잔류물이 없으며 인체에도 무해하다(7). 미생물 제거 및 안전성 확보를 위해 양상추(8), 배추(9), 콩나물(10), 딸기(11), 상추(12,13) 등에 적용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 신선한 과일이나 채소 등의 농산물의 유해 미생물 억제력을 위한 염소수에 대한 연구는 오래전부터 진행되어 왔다(14-16). 염소소독제는 살균효과가 뛰어나지만 염화메탄과 tri-halomethanes (THM) 등과 같은 독성물질이 생성되어 건강에 악영향을 미친다(17). 하지만, 이산화염소수는 식품의 표면을 소독하기 위한 살균소독제로서 염소소독제보다 산화력과 물에 대한 용해성이 크게 높아 오염물질 분해능과 살균력이 우수하다(18). 또한, 산소계 살균소독제로 오존에 이어 가장 강력한 살균력을 가지며 바이러스를 사멸시키는데 탁월한 능력을 가진 친환경 소독제로써 우리나라에서는 2007년도에 과실과 채소류의 살균제로 지정되었다.

본 연구에서는 신선농산물의 저장성 향상을 위한 살균세척수인 전기분해수와 이산화염소수를 아직까지 연구가 미비한 복분자에 처리하여 저장온도 및 기간 따른 미생물 생균수 및 효소활성 분석을 통해 과실의 미생물 제어 효과와 저장 안전성 평가에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재 료

본 연구에 사용한 복분자는 경상북도 문경시에서 6~7월에 수확된 농가로부터 직접 구입하였고, 냉동 보관하면서 실험을 위해 사용하였다. 전기분해수는 수도수에 25%의 NaCl을 첨가하여 미산성(pH 6.0-6.2) 전기분해수 제조시스템 장치(KWT-5, K&W Tech Company, Busan, Korea)를 이용하여 공급을 연속적으로 유수하는 방식으로 약 5 L/min으로 조절하여 사용하였다. 이산화염소수(ClO₂)는 2% 바이탈옥사이드(미국, 바이탈테크놀로지)를 구입하여 10, 50, 100, 200 ppm의 농도로 희석하여 실험에 사용하였다. 수도수, 전기분해수와 이산화염소수의 세척수 처리는 복분자 30 g을 각 처리구에 30초 동안 침지하였으며, 상온(25℃)과 냉장(4℃) 보관하여 각각 6, 12, 24, 48시간 후 일정기간 저장하면서 시료를 꺼내어 저장성 품질변화를 분석하였다.

살균세척수 처리에 따른 미생물 제어 효과

각 처리구의 시료에 대한 미생물의 총 균수를 측정하기

위해 복분자를 0.85% NaCl에 첨가하여 희석 단계별로 균체액을 0.1 mL씩 분주하여 Luria - Brtani(LB) 배지에 도말한 다음, 30℃ 배양기에 3일 배양한 후, 배지위에 형성된 colony를 계수하여 log CFU/g으로 나타내었다. 과실 표면의 미생물의 제어효과를 검정하기 위하여 고배율로 입체적으로 관찰이 가능한 전계 방사형 주사전자현미경(S-4300, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 조사하였다.

복분자의 위해미생물 분리·동정

복분자에서 서식하고 있는 균주를 동정하기 위하여 16S rDNA의 염기서열을 분석하였다. PCR을 통하여 분석하고자 하는 유전자를 증폭하기 위하여 27F(5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3')와 492R(5'-AAG GAG GTG ATC CAG CCG C-3') primer 사용하였다. 이 때 PCR의 조건은 94℃에서 5분간 반응한 다음, 94℃에서 denaturation을 2분, 52℃에서 annealing을 2분, 72℃에서 extension을 2분간 진행하는 반응을 30회 반복하고, 72℃에서 10분간 final extension을 실시하는 조건으로 조절하였다. PCR 증폭산물은 전기영동기(Mupid-21, Bio-Rad, Hercules, USA)를 사용하여 100 V에서 20분간 전기영동 하여 확인한 후, 염기서열을 결정하고 NCBI GenBank의 database에 등록되어있는 염기서열과 비교하였다.

조효소액의 제조

복분자 과실을 50 mM Tris-HCl 완충용액(pH 7.0; 3 mM MgCl₂, 1 mM EDTA, 1.0% PVP)와 함께 ice 상에서 막자사발로 마쇄한 후, 4℃에서 2,500g로 15분간 원심분리 하여 얻은 상정액을 조효소액으로 사용하였다. 모든 효소활성은 단백질 1 mg을 기준으로 산정하였다.

살균세척수 처리에 따른 효소 활성 측정

복분자 추출물의 catalase 활성은 Aebi 방법을 이용하여 분석하였다(19). Catalase(CAT) 활성은 240 nm에서 H₂O₂의 분해로 인해 흡광도가 감소되는 것을 조사하여 결정하였다. 시료 추출물에 0.2 M H₂O₂가 용해된 10 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0) 0.5 mL를 혼합하여 70초간 반응 후 240 nm에서 흡광도를 조사하였다. Peroxidase(POD)와 polyphenol oxidase(PPO) 활성은 Kar과 Mishra 등에 의한 방법으로 분석하였다(20). POD활성은 조효소액 200 μL와 반응액(20 mM Na-acetate 1.5 mL, 10 mM guaiacol 200 μL, 30 mM H₂O₂ 0.2 mL, 60℃ 증류수 1.2 mL)을 혼합하여 470 nm에서 5분간 흡광도의 변화를 측정하여 분당 기울기를 구한 후, 이를 흡광계수와 함께 계산하여 그 활성을 측정하였다. PPO 활성은 시료를 동량의 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0)를 가하여 마쇄하고 ice bath 상에서 여과하여 그 여액을 이용하여 PPO 활성을 측정하였다. 즉, 효소 추출액 0.2 mL를 2.8 mL의 10 mM catechol 용액과 혼합하여

35°C에서 3분간 420 nm에서의 흡광도 변화를 조사하였다. 각 효소활성은 실험처리구당 3반복 측정하여 평균치를 나타내었다.

총 폴리페놀 화합물 함량

복분자의 총 폴리페놀 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu's 방법을 이용하여 분석하였다(21). 즉, 각 처리구의 시료추출물 0.5 mL에 Folin-Ciocalteu's reagent 0.5 mL을 가한 후 10% Na₂CO₃ 용액 1 mL을 가하여 1 시간 방치하였다. 이 반응물의 흡광도는 spectrophotometer에서 760 nm로 측정하였고, gallic acid를 이용하여 표준 검량선을 작성한 후, 시료추출물의 총 폴리페놀 함량은 각 실험처리구당 2반복 측정하여 산출하였다.

결과 및 고찰

살균세척수 처리에 따른 미생물 제어 효과

복분자를 수도수, 전기분해수 및 ClO₂ 처리 후 상온과 4°C에 보관하면서 시간에 따른 일반 미생물 증식의 변화를 조사하였다. 수도수 처리구에서 미생물의 증식이 48 hr 동안 14.1×10⁵ CFU/g으로 가장 빨랐으며, 전기분해수 처리구보다는 ClO₂ 처리구에서 농도에 비례하여 초기 균수가 적게 발견되었다. 세척수 처리 후 48 hr까지의 미생물 증식 속도는 ClO₂ 200 ppm 처리구에서 7.5×10⁵ CFU/g으로 가장 낮게 관찰 되었다. 저온인 4°C에서는 상온과 비슷한 양상이지만 그 미생물 수의 증가율은 상온보다 낮았다(Table 1). Izimi (22)는 당근과 감자에 강산성 전기분해수를 4분 동안 세척한 결과, 2.5 log CFU/g이 감소하였다고 보고하였고, Chang 등 (23)은 현미와 보리를 전기분해수로 세척하여 살균효과의 우수성을 보고하였다. Park 등(24)은 무 새싹 종자에 이산화염소수 처리가 염소수 처리보다 미생물 제어 효과가 우수하다고 보고하였고, Singh 등(25)과 Taormina 등(26)은 알팔파 종자에 이산화염소수를 처리하여 미생물 제어 효과가 나타내었다고 보고하였다. 본 연구에서 수도수, 전기분

해수, ClO₂ 200 ppm 처리 후 복분자 표면의 모습을 전계 방사형 주사전자현미경(FE-SEM)을 이용하여 관찰한 결과, 그림에서 나타나듯이 수도수 처리구에서는 간균, 구균 등의 다양한 균이 서식함을 볼 수 있고, 전기분해수, ClO₂ 200 ppm 처리구에서는 이러한 균주들이 발견되지 않는 것으로 관찰되었다(Fig. 1). 따라서, 전기분해수 및 ClO₂ 처리가 복분자에서도 미생물의 제어에 큰 역할을 하는 것으로 판단되어진다.

복분자의 위해미생물 분리·동정

복분자 표면에 부착하여 서식하고 있는 미생물은 Table 2에서와 같이 2종을 분리하였다. 분리한 RCM-1은 복분자 g당 2.1×10⁴ CFU/g, RCM-2는 복분자 g당 2.6×10⁴ CFU/g으로 존재하였다. 이들 미생물의 동정을 위하여 각각의 미생물의 chromosomal DNA를 추출하고 PCR로 16S rDNA 단편의 증폭하고 PCR 산물의 염기서열을 결정하여 NCBI BLAST 염기서열 분석을 통하여 상동성 검사를 하였다. 27F primer와 1492R primer로부터 얻은 염기서열의 비교 결과, 유사도가 99%인 *Bacillus cereus* 와 *Micrococcus luteus* 를 분리 동정하였다. *Bacillus cereus*는 식품속의 병원성 미생물로서 내열성 아포형성 및 penicillin에 대한 내성을 보일 뿐만 아니라 설사를 유발하는 독소와 구토를 일으키는 독소를 생산할 수 있는 식품 위해 미생물로 알려져 있다(27). *Micrococcus luteus*는 노란색, 주황색 등의 카로티노이드색소를 생성하며 비교적 높은 염 농도의 환경에서 생육하며 건조에도 잘 견디며, 토양, 하수, 식품, 공기 등으로 분리하여 자연계에 널리 분포하고 있으며 식품 표면에 번식하여 황색 균락을 만들고, 유제품을 상하게 한다(28).

살균세척수 처리에 따른 효소 활성

세척수인 수도수, 전기분해수, ClO₂ 10, 50, 100, 200 ppm을 복분자에 각각 처리한 후, 상온과 4°C에서 저장 보관하면서 시간에 따른 CAT, POD, PPO 등의 효소 함량 변화를 조사하였다. 과실은 수확 후, 부패와 갈변이 시작되는데 이때 생성되는 과산화수소와 활성산소들은 세포의 생리적

Table 1. Effect of total viable cell counts (×10⁵ CFU/g) on *Rubus coreanus* Miquel using sterilizing water according to the storage period and temperature

Treatment	6 hr		12 hr		24 hr		48 hr	
	4°C	RT	4°C	RT	4°C	RT	4°C	RT
Tap water	10.8	11.1	10.1	11.8	11.2	12.8	11	14.1
Electrolyzed water	9	9.8	9.2	9.9	9.5	10.5	9.4	10.9
ClO ₂ 10 ppm	8	8.9	8.1	9	8	10.1	7.9	10.5
ClO ₂ 50 ppm	7.8	8	8	8.2	8.5	9.2	8.8	9.5
ClO ₂ 100 ppm	8	7.2	8.1	7.5	8.4	8	8.3	8.8
ClO ₂ 200 ppm	7.3	6.6	7.5	6.8	7.8	7	8	7.5

RT, Room Temperature.

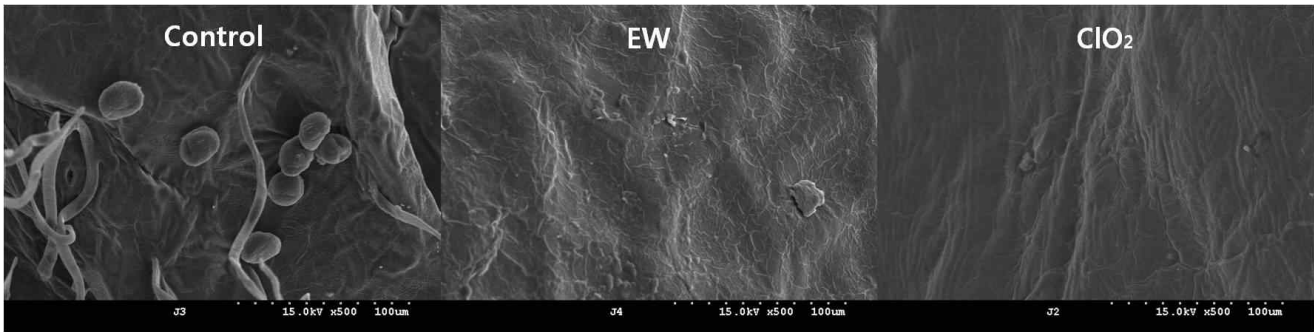


Fig. 1. Effect of microbe reduction on *Rubus coreanus* Miquel surface using sterilizing water.

Control, Tap Water; EW, Electrolyzed Water; ClO₂, Chlorine dioxide 200 ppm.

Table 2. Identification of the isolated strain from *Rubus coreanus* Miquel

Isolated strains	Contens (CFU/g)	Identification name
RCM-1	2.1 x 10 ⁴	<i>Bacillus cereus</i> RCM-1
RCM-2	2.6 x 10 ⁴	<i>Micrococcus luteus</i> RCM-2

인 작용을 방해함으로써 세포의 구성에 피해를 준다. 이들은 대표적인 항산화 효소로서 세포 구성에 유해한 과산화수소를 물과 산소 분자로 분해하고 활성산소를 제거함으로써 산화스트레스를 감소시킨다.

세척수 처리를 하여 상온에 방치하였을 때의 복분자 CAT 함량은 전기분해수와 ClO₂의 처리구가 수도수 처리구보다 낮은 결과를 보였다. 수도수 처리구의 6시간째와 48시간째 비교 시 약 23.8%의 CAT 함량의 증가를 보였으며, 나머지 처리구에서는 18.7%~26.1%의 CAT함량의 증가를 보였다. 4°C에서 저장하였을 경우에도 마찬가지로 전기분해수와 ClO₂ 처리구가 수도수 처리구보다 낮은 결과를 보였는데, 전기분해수에서는 29.4%로 ClO₂ 처리구보다는

CAT 함량의 증가가 크게 나타났다. 또한 ClO₂ 처리구는 농도에 비례하여 CAT 함량이 완만하게 증가되었다. 본 연구 결과에 의하면 ClO₂ 200 ppm으로 복분자를 처리 시 4°C에서 저장하였을 때 가장 높은 효소활성을 지니는 것으로 나타났다(Fig. 2).

복분자의 POD 함량의 경우, 상온에서 방치했을 때에는 전기분해수와 ClO₂ 처리구가 수도수 처리구보다 낮은 결과를 보였다. 수도수 처리구의 6시간과 48시간 후 비교 시 약 37.4%의 POD 함량의 증가를 보였으며, 나머지 처리구에서는 18.2%~29.8%의 POD함량의 증가를 보였다. 4°C에서 저장하였을 경우에는 전기분해수와 ClO₂ 처리구가 초기에는 수도수 처리구보다 낮았으나 시간이 경과하면서 점차 증가하여 48시간 후에 이르러서는 비슷한 결과를 보였다 (Fig. 3).

PPO 함량은 상온에서 저장한 경우에는 전기분해수와 ClO₂ 처리구가 수도수 처리구보다 낮은 결과를 보였다. 수도수 처리구의 6시간과 48시간 후 비교 시 약 63.5%의 PPO 함량의 증가를 보였으며, 세척수 처리구에서는 낮은 증가

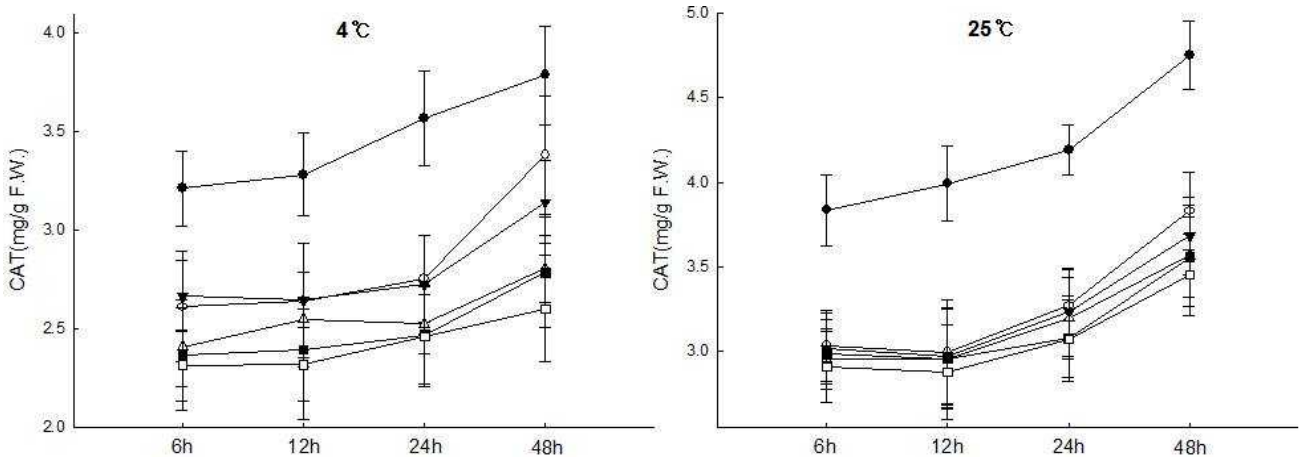


Fig. 2. Change of CAT enzyme activity on *Rubus coreanus* Miquel using sterilizing water according to the storage period and temperature. Data are mean±SE (n=3). ●, Tap water; ○, Electrolyzed water; ▼, ClO₂ 10 ppm; △, ClO₂ 50 ppm; ■, ClO₂ 100 ppm; □, ClO₂ 200 ppm.

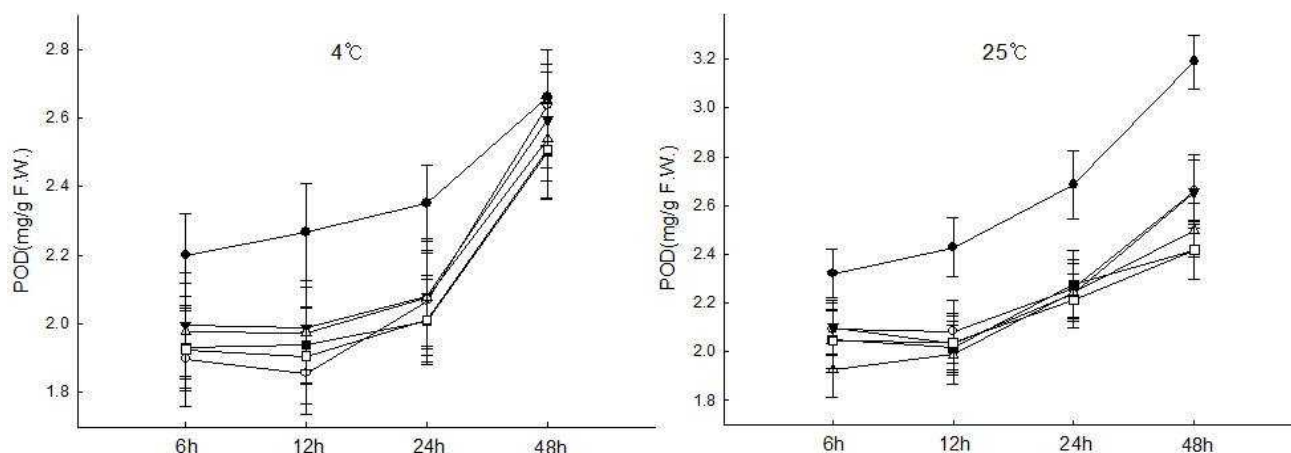


Fig. 3. Change of POD enzyme activity on *Rubus coreanus* Miquel using sterilizing water according to the storage period and temperature. Data are mean \pm SE (n=3). ●, Tap water; ○, Electrolyzed water; ▼, ClO₂ 10 ppm; △, ClO₂ 50 ppm; ■, ClO₂ 100 ppm; □, ClO₂ 200 ppm.

을 보였다. 또한, ClO₂ 농도별 처리구를 비교하면 고농도 일수록 PPO 함량이 소폭 감소하였지만 증가율은 100, 200 ppm에서 55% 이상으로 가장 높았다. 4°C에서 저장한 경우, 전기분해수와 ClO₂ 처리구는 수도수 처리구보다 24시간까지 크게 증가하다가 48시간 후에 이르러 증가폭이 감소하였다. 나머지 처리구에서는 초기 PPO 함량은 수도수보다 낮았으나 24시간까지 소폭 증가하다가 48시간 후에 증가폭이 커져 PPO 함량이 0.306~0.322 mg/g 으로 유사하였다. 또한, 전기분해수 처리구의 PPO 함량은 ClO₂ 처리구보다 낮은 결과를 보이다 48시간 후에 ClO₂ 처리구보다 0.32 mg/g 으로 약간 높은 함량을 보였다. 저장 온도별 비교에서는 전기분해수와 ClO₂ 처리구는 4°C와 상온에서 보관 시 48시간 후에 PPO 함량이 비슷해짐을 알 수 있다(Fig. 4). 이와 유사한 연구로 Liu 등(29)은 wildrice에 이산화염소수를 처리한 결과, 저장 초기에는 CAT, POD, PPO 효소가

무처리보다 활성이 낮게 관찰되었고, Kim 등(8)은 양상추를 전기분해수와 구연산을 이용해 세척하였을 때 수도수보다 현저하게 PPO 활성을 저해하여 갈변반응을 억제한다고 보고하였다. 이와 같이 전기분해수와 이산화염소수의 효소 활성이 수도수보다 감소한다는 것은 상대적으로 효소에 의한 부패 및 변질의 가능성이 낮다는 것을 시사한다.

총 폴리페놀 화합물 함량

폴리페놀화합물은 식물이나 과일 등에 널리 존재하고 있으며 주로 세포막에서 유리형, 에스테르형으로 존재하는 천연색소(30), 복분자에는 quercetin, kamferol, ellagic acid 등과 페놀성 화합물이 함유되어 있다(31). 복분자를 수도수, 전기분해수, ClO₂ 10, 50, 100, 200 ppm을 각각 처리한 후, 상온과 4°C에서 저장보관하면서 시간에 따른 총 폴리페놀 함량의 변화를 조사한 결과, 상온에서 전기분해수와

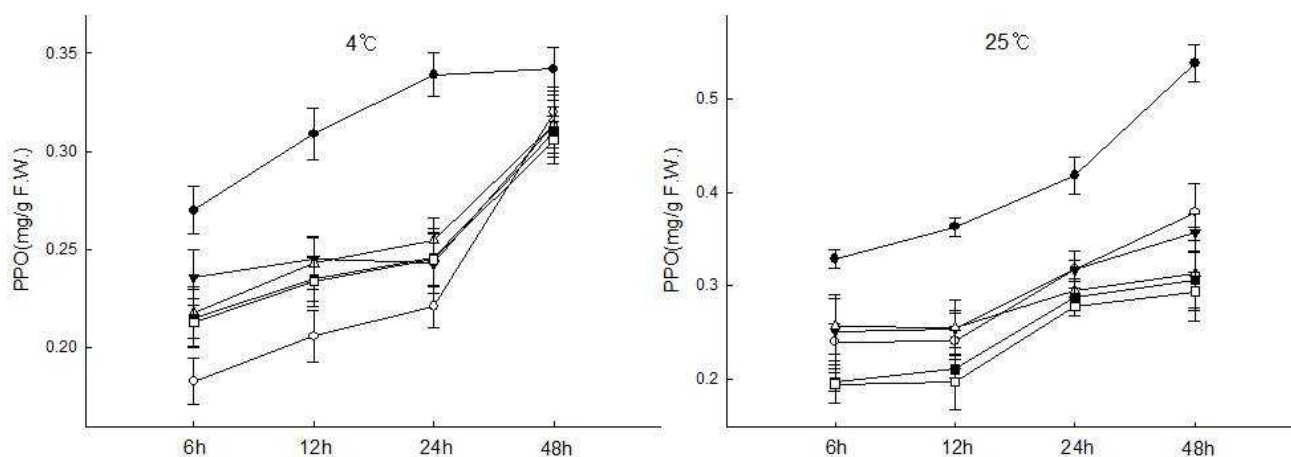


Fig. 4. Change of PPO enzyme activity on *Rubus coreanus* Miquel using sterilizing water according to the storage period and temperature. Data are mean \pm SE (n=3). ●, Tap water; ○, Electrolyzed water; ▼, ClO₂ 10 ppm; △, ClO₂ 50 ppm; ■, ClO₂ 100 ppm; □, ClO₂ 200 ppm.

ClO₂를 처리한 복분자의 총 폴리페놀 함량은 모든 처리구에서 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 ClO₂에서 가장 총 폴리페놀 함량 값이 적게 측정되었다. 이와 유사한 연구에는 Vandekinderen 등(32)이 상추에 전기분해수와 이산화염소수, 차아염소산나트륨 등을 처리한 결과, 이산화염소수 처리구에서 무처리구에 비해 총 폴리페놀 함량이 감소한다는 보고가 있다. 4°C에서 전기분해수와 ClO₂를 처리한 복분자의 총 폴리페놀 함량 역시 시간이 경과함에 따라 감소함을 볼 수 있었으며, ClO₂ 처리구에서 가장 낮은 총 폴리페놀 함량 값이 측정되었다. 상온과 4°C 보관 모두에서 전기분해수에서 총 폴리페놀 함량이 ClO₂ 처리구보다 높았으며, 전반적으로 ClO₂ 농도에 비례하여 총 폴리페놀 함량이 감소하는 것으로 측정되었다. 또한 상온 보관보다는 4°C에서 복분자를 보관하는 것이 총 폴리페놀 성분의 손실을 감소시키는 것으로 보여 진다(Fig. 5).

산화염소수는 고농도일수록 현저하게 증가하였다. 상온에서 저장하는 구보다 냉장 저장한 구에서의 미생물 억제효과가 뛰어났다. 복분자 딸기의 표면에 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 전기분해수와 이산화염소수 처리구에서는 미생물이 생존하지 않았다. 효소활성을 측정한 결과, 수도수 처리구보다 살균세척수 처리구에서 함량이 낮아졌으며 시간이 지남에 따라 서서히 증가하였다. 총 폴리페놀 함량은 세척 방법 간 유사한 결과를 나타내었다. 저장일수가 증가할수록 감소하였고 전기분해수와 이산화염소수 처리구의 함량이 수도수 처리보다는 낮았다. 따라서, 복분자 딸기의 전기분해수와 이산화염소수 처리는 미생물 생육을 억제하면서 신선도를 유지하고 품질 유지 및 저장성 향상에 기여할 것으로 사료된다.

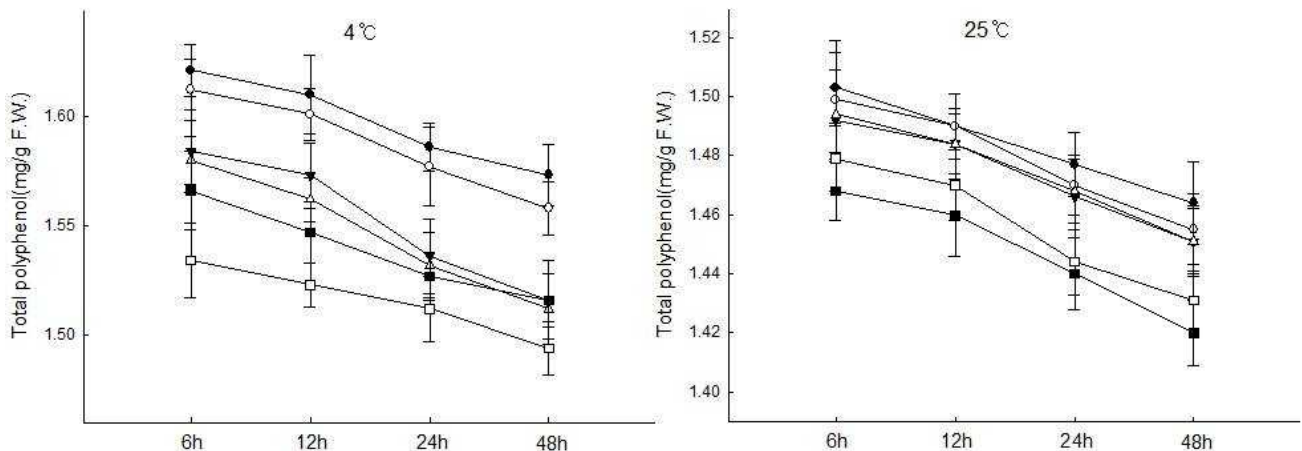


Fig. 5. Change of total polyphenol contents on *Rubus coreanus* Miquel using sterilizing water according to the storage period and temperature. Data are mean \pm SE (n=3). ●, Tap water; ○, Electrolyzed water; ▼, ClO₂ 10 ppm; △, ClO₂ 50 ppm; ■, ClO₂ 100 ppm; □, ClO₂ 200 ppm.

요 약

본 연구에서는 수도수, 전기분해수, 이산화염소수 처리에 의한 복분자 딸기의 저장온도 및 기간에 따른 품질 변화를 분석하였다. 복분자 딸기를 수도수, 전기분해수와 이산화염소수 농도별 10, 50, 100, 200 ppm으로 각각 30초 동안 침지를 한 후, 상온과 냉장 저장하여 시간에 따른 저장성 효과를 비교하였다. 또한, 외관 품질유지와 갈변저해효과를 탐색하였다. 또한, 복분자로부터 *Bacillus cereus*와 *Micrococcus luteus*의 위해미생물을 분리·동정하였다. 살균세척수를 처리한 후 저장 온도별 시간에 따른 미생물 총균수를 측정한 결과, 각 처리구의 미생물 살균력은 전기분해수와 이산화염소수가 수도수 처리보다 증가하였으며 이

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 15대 아젠다과제(PJ008490)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. Marques-Vidal P, Ravasco P, Camilo M (2006) Food stuffs and colorectal cancer risk: a review. Clin Nutr, 25, 14-36
2. Kim HC, Lee SI (1991) A comparative study on the health effect of *Rubus coreanus*. J Herbol, 6, 3-11
3. Kim MJ, Lee U, Kim SH, Chung HG (2002) Variation

- of leaf, fruiting and fruit characteristics in *Rubus coreanus* Miq. Korean J Breed, 34, 50-56
4. Choi MR, Oh SW, Lee SY (2008) Efficacy of chemical sanitizer in reducing levels of foodborne pathogens and formation of chemically injured cells in cabbage. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 1337-1342
 5. Daniel L, Yanyun Z (2007) Innovations in the development and application of edible coating for fresh and minimally processed fruits and vegetables. Compr Rev Food Sci F, 6, 60-75
 6. Shigenobu K, Seiichiro I (2007) Microbial control of fresh produce using electrolyzed water. Jpn Agr Res, 41, 273-282
 7. Jung SW, Park KJ, Park KJ, Park BI, Kim YH (1996) Surface sterilization effect of electrolyzed acid water on vegetable. Korean J Food Sci Technol, 28, 1045-1051
 8. Kim YG, Kim TW, Ding T, Oh DH (2009) Effect of electrolyzed water and citric acid on quality enhancement and microbial inhibition in head lettuce. Korean J Food Sci Technol, 41, 578-586
 9. Park SS, Sung JM, Jeong JW, Park KJ, Lim JH (2012) Efficacy of electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide for reducing pathogenic microorganism on chinese cabbage. Korean J Food Sci Technol, 44, 240-246
 10. Yoo JY, Jang KI (2011) Changes in Quality of Soybean Sprouts Washed with Electrolyzed Water during Storage. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 586-592
 11. Koseki S, Yosida K, Kamitani Y, Itoh K (2004) Efficacy of acidic electrolyzed water for microbial decontamination of cucumbers and strawberries. J Food Protect, 66, 1247-1251
 12. Koseki S, Yoshida K, Isobe S, Itoh K (2001) Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. J Food Protect, 64, 652-658
 13. Park CM, Hung YC, Doyle MP, Ezeke GOI, Kim C (2001) Pathogen reduction and quality of lettuce treated with electrolyzed water. J Food Sci, 66, 1368-1372
 14. Beuchat LR, Pettigre CA, Tremblay ME, Roselle BJ, Scoute AJ (2005) Lethality of chlorine, chlorine dioxide, and a commercial fruit and vegetable sanitizer to vegetative cells and spores of *Bacillus cereus* and spores of *Bacillus thuringiensis*. J Ind Microbiol Biotechnol, 32, 301-308
 15. Chang DS, Kim YM, Kim YG (1979) Bacteriological study on cultured vegetables. Bull Kor Fish Soc, 12, 261-266
 16. Materon LA (2003) Survival of *Escherichia coli* O157:H7 applied to cantaloupes and the effectiveness of chlorinated water and lactic acid as disinfectants. World J Microbiol Biotech, 19, 867-873
 17. Park KJ, Lim JH, Kim BK, Kim JC, Jeong JW, Jeong SW (2008) Effect of aqueous chlorine dioxide and citric acid on reduction of *Salmonella typhimurium* on sprouting radish seeds. Korean J Food Preserv, 15, 754-759
 18. Ryu SH (2007) Effects of aqueous chlorine dioxide against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on broccoli served in foodservice institutions. J Korean Soc Food Sci Nutr, 36, 1622-1627
 19. Aebi H (1974) Catalase. In: Bergmeyer HU, ed. Methods of Enzymatic Analysis, Verlag Chemie-Academic Press, New York, p 673-684
 20. Kar M, Mishra D (1976) Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiol, 57, 315-319
 21. Kumazawa S, Hamasaka T, Nakayama T (2004) Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. Food Chem, 84, 329-339
 22. Izumi H (1999) Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetable. J Food Sci, 64, 536-539
 23. Chang TW, Han JS, Song OJ, Chung DH, Shin IS (2004) Study on reducing methods of natural food-borne pathogenic microorganism originated from *Saengshik*. Korean J Food Sci Technol, 36, 1020-1025
 24. Park KJ, Lim JH, Kim JH, Jeong JW, Jo JH, Jeong SW (2007) Reduction of microbial load on radish (*Raphanus sativus* L.) seeds by aqueous chlorine dioxide and hot water treatments. Korean J Food Preserv, 14, 487-491
 25. Singh N, Singh RK, Bhunia AK (2003) Sequential disinfection of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds before and during sprouting using aqueous chlorine dioxide, ozonated water, and thyme essential oil. Lebensm-Wiss U-Technol, 36, 235-243
 26. Taormina PJ, Beuchat LR (1999) Comparison of chemical treatment to eliminate enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. J Food Prot, 62, 318-324
 27. Granum PE, Lund T (1997) *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. FEMS Microbiol Lett, 157, 223-228
 28. Jorge UR, Schafer HW, Zottola EA, Davidson PM (1997) Inhibition of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Micrococcus luteus* by Linear Furanocoumarins in a Model Food System. J Food Protect, 60, 1050-1054

29. Liu M, Qian B, Zhang H, Deng Y, Shen Y, Ping J, Cao L (2010) Sanitizer treatments alleviate lignification of sliced few-flower wild rice (*Zizania latifolia* Turcz.). *Food Res Int*, 43, 2363-2368
30. Naczk M, Shahidi F (2003) Phenolic compounds in plant foods: Chemistry and health benefits. *Nutraceuticals Food*, 8, 200-218
31. Lee MW (1995) Phenolic compounds from the leaves of *Rubus coreanum*. *Korean J Pharmacogn*, 39, 200-204
32. Vandekinderen I, Camp JV, Meulenaer BD, Veramme K, Bernaert N, Denon Q, Ragaert P, Devlieghere F (2009) Moderate and high doses of sodium hypochlorite, neutral electrolyzed oxidizing water, peroxyacetic acid, and gaseous chlorine dioxide did Not affect the nutritional and sensory qualities of fresh-cut iceberg lettuce (*Lactuca sativa* Var. *capitata* L.) after washing. *J Agric Food Chem*, 57, 4195-4203

(접수 2013년 6월 25일 수정 2013년 7월 26일 채택 2013년 8월 19일)