

염소수와 플라즈마 가스 처리가 왕고들빼기 어린잎채소의 MA저장 중 품질과 미생물 제어에 미치는 영향

김주영¹ · 한수정¹ · 왕 립¹ · 이주환¹ · 최인이^{1,2} · 강호민^{1,2*}

¹강원대학교 원예시스템공학부 원예과학전공, ²강원대학교 농업생명과학연구원

Effects of Chlorine Water and Plasma Gas Treatments on the Quality and Microbial Control of *Lactuca indica* L. Baby Leaf Vegetable during MA Storage

Ju Young Kim¹, Su Jeong Han¹, Lixia Whang¹, Joo Hwan Lee¹, In-Lee Choi^{1,2}, and Ho-Min Kang^{1,2*}

¹Division of Horticulture and Systems Engineering, Program of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²Agricultural and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

Abstract. This study was carried out to investigate the effect of chlorine water and plasma gas treatment on the quality and microbial control of *Lactuca indica* L. baby Leaf during storage. *Lactuca indica* L. baby leaves were harvested from a plant height of 10cm. They were sterilized with 100 μ L·L⁻¹ chlorine water and plasma-gas (1, 3, and 6hours), and packaged with 1,300cc·m⁻²·day⁻¹·atm⁻¹ films and then stored at 8 \pm 1°C and RH 85 \pm 5% for 25days. During storage, the fresh weight loss of all treatments were less than 1.0%, and the carbon dioxide and oxygen concentrations in packages were 6-8% and 16-17%, respectively for all treatments in the final storage day. The concentration of ethylene in the packages fluctuated between 1-3 μ L·L⁻¹ during the storage and the highest concentration of ethylene was observed at 6 hours plasma treatment in the final storage day. The off-odor of all treatments were almost odorless, the treatments of chlorine water and 1 hour plasma maintained the marketable visual quality until the end of storage. Chlorophyll content and Hue angle value measured at the final storage day were similar to those measured before storage in chlorine water and 1 hour of plasma treatments. E. coli was not detected immediately after sterilization in all sterilization treatments. After 6 hours of plasma treatment, the total bacteria fungus counts were lower than the domestic microbial standard for agricultural product in all sterilization treatments. The total aerobic counts in the end storage day increased compared to before storage, whereas E. coli was not detected in all sterilization treatments. The sterilization effect against bacteria and fungi was the best in chlorine water treatment. Plasma treatment showed sterilization effects, but within a prolonged period of time. In addition, the sterilization effect decreased gradually. These results suggest that chlorine water and plasma treatment were effective in maintaining *Lactuca indica* L. baby Leaf commerciality and controlling microorganisms during postharvest storage.

Additional key words : chlorophyll, *E. coli*, off-odor, total aerobic counts, total fungal counts

서 론

왕고들빼기(*Lactuca indicol* L.)는 국화와 왕고들빼기 속 식물로 줄기나 잎을 자르면 유백색의 액이 나오며 쓴맛을 가지고 있는 산채이다. 최근 1인가구의 증가로 웰빙 및 ready to eat 개념이 등장하면서(Ragaert 등, 2004), 어린잎 채소 및 신선편이에 대한 소비가 증가하였고, 대형매장 및 백화점 등에 별도의 전용 판매대가

등장하기도 하였다(Choi 등, 2016). 어린잎 채소는 가공, 유통과정을 거치면서 호흡률, 효소활성의 변화로 미생물에 오염되기 쉬운데(Kabir, 1994), 미생물의 번식은 부패를 유도하여 선도 유지기간이 짧아지는 문제점이 발생하며, 더 나아가 식중독 사고를 유발할 수 있다. 과일 및 채소류에서 비롯된 식중독 사고가 증가하고 있는데(Park 등, 2001), 이는 최소한의 비가열 가공공정을 거치므로 산물이 가지고 있는 미생물의 잔존확률이 높은 경우 발생하게 된다(Chang 등, 2004). Kim 등(2011b)은 상추의 유해 미생물 오염은 생산단계부터 발생하여 수확 후 소비까지 위해요소 관리가 필요하다고 보고하였다. 많은

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr
Received March 13, 2019; Revised April 25, 2019;
Accepted May 27, 2019

종류의 엽채류가 유통단계에서 기준치 이상의 미생물이 검출되기 때문에 급식 및 외식업체에 이용되는 채소류의 전처리 단계에서 세척 및 소독을 통해 초기 미생물 오염을 최소화하는 위생적인 전처리 작업이 필수적이다(Kim과 Lee, 2009). 하지만 우리나라는 신선 채소의 소독에 관한 구체적인 기준 규격이 설정되지 않은 실정이다(Kim 등, 2017).

일반적으로 채소의 소독에는 염소수 소독이 많이 사용되며(Mehmet과 Ilkin, 2007), 유통기간 동안 미생물 제어와 품질유지에 염소수가 가장 효과적이었다고 보고된 바 있다(Baur 등, 2004). 하지만 염소수의 사용 시 미생물 제어 효과는 크나 이취에 의한 관능적인 품질저하 및 2차 위해요소를 초래할 수 있으므로 여러 번 행균 과정을 거쳐야하며(Torriani와 Massa, 1994), 세척 후 건조가 필요한 불편함을 갖고 있다. 저온 플라즈마(cold plasma)는 신선 농산물 위생에 잠재적인 가능성을 보여주는 살균 처리 기술 중 하나로(Critzer 등, 2007), 오존, 자유 라디칼, 양이온 등을 포함하여 미생물 억제 및 사멸에 영향을 끼친다(Kim 등, 2014). Kim 등(2013)도 플라즈마 처리를 통해 엽채류에서 미생물 제어 효과를 보고한 바 있으며, 최근까지 다양한 식품군을 대상으로 플라즈마 처리를 통한 미생물 억제 연구가 보고되고 있다(Yoon과 Mok, 2015; Kwon 등, 2017). 하지만 이를 활용한 어린잎 채소 살균 및 저장성에 미치는 연구 결과는 거의 보고된 바 없다.

따라서 본 연구는 염소수와 플라즈마 가스 처리가 왕고들빼기 어린잎채소의 저장 중 품질 및 미생물 안정성에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

왕고들빼기(*Lactuca indica* L.) ‘선향’을 원예용 상토(바로커, 서울바이오, 한국)로 충진한 128공 육묘 플러그 트레이에서 2018년 8월 중순부터 재배하여 초장이 10cm이하일 때 수확하였다. 살균 전처리는 염소수, 플라즈마 가스로 하고 세척을 하지 않은 무처리를 대조구로 두었다. 염소수는 시판되고 있는 차아염소산나트륨(Yuhanrox, Yuhan-Clorox Co., Korea)을 사용하여 100 μ L·L⁻¹의 농도로 90초간 세척 후 저온에서 채반을 활용하여 2시간동안 자연 탈수하였고, 4°C 저온챔버(1,200L 용량)에 6시간동안 예냉처리 하였다(Lee 등, 2009). 플라즈마 가스 처리는 4°C 저온챔버에서 저온 플라즈마 생성기(HKF-10, Biozone Scientific International Inc, USA)를 사용하여 1, 3, 그리고 6시간으로 나누어 실시하였다. 저온 또는 비열 플라즈마 발생 장치는 공기 중의 산소를 오존으로 변화하여 공급하는 장치로 장치내

부에 오존 센서로 오존 발생량을 조절한다(Kim 등, 2009). 이에 본 실험에서도 휴대용 기체 분석기(Porta Sens II, Analytical Technology, Inc. USA)를 사용하여 플라즈마 생성기에서 발생하는 오존 농도를 측정하였다. 살균 처리 후 산소투과도가 1,300cc·m⁻²·day⁻¹·atm⁻¹인 OTR(oxygen transmission rate) 필름을 사용하여 포장하였고, 포장 후 8 \pm 1°C의 저장 온도와 상대 습도 85 \pm 5%의 조건에서 25일간 저장하였다.

저장 기간 동안 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소 및 에틸렌 농도 변화를 조사하였는데, 생체중 감소율은 초기 중량에서 감소하는 중량을 백분율로 표현하였다. 포장내 이산화탄소 및 산소 농도는 infrared sensor(Checkmate, PBI, Denmark)로, 에틸렌 농도는 gas analyzer(F-960, CID Bio-Science Inc., USA)를 사용하여 측정하였다(Terada 등, 2017). 저장 최종일에 엽록소 함량은 chlorophyll meter(SPAD-502 plus, Konica Minolta, Japan)로 조사하였고, 색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta, Japan)로 측정하였다. 저장 종료일에 외관상 품질과 이취는 5명의 패널에 의한 관능평가로 조사하여 외관상 품질 등급은 저장 전 가장 양호한 상태를 5점, 판매 가능한 상태를 3점, 그리고 완전폐기 수준으로 상품성을 상실한 상태를 1점으로 하였다. 이취는 느끼지 못하는 수준을 0점, 매우 강한 수준을 5점으로 하였다(Loaiza와 Cantwell, 1997; Kim 등, 2018).

총 미생물 수는 시료 2g을 무균백(sterile sample bag)에 담고 멸균수 18mL을 가하여 10배 희석시켜 stomacher(Power, mixer, B&F KOREA, Korea)를 이용하여 3분간 균질화 하였다. 균질화된 시료 0.2mL을 취하여 20ml의 멸균수로 희석하여 최종 1,000배 희석액을 제조하였다. 배지는 3M 주식회사(3M Microbiology products, USA)의 Petrifilm TM count를 사용하여 희석액 1.0mL을 film위에 분주하여 일반세균(35°C, 48시간), 대장균(35°C, 24시간), 곰팡이(25°C, 72시간) 각각 배양하여 자동균수 측정기(Petrifilm Plate Reader, 3M, USA)로 집락수(colony form unit: CFU)를 계산하였다(Lee 등, 2009). 모든 실험은 5 반복으로 진행하였으며, 통계분석은 Microsoft Excel 2010 program을 이용한 표준편차 및 SPSS(IBM SPSS Statistics version 22) program을 이용한 각 처리간의 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

플라즈마 생성기에서 발생하는 오존 농도를 측정한 결과, 저온 플라즈마 발생기로 가동한 후 저온 챔버내의 오존 농도는 1시간 만에 0.4ppm으로 최고치를 나타낸 후 감소하여 3시간째에는 0.2ppm까지 감소하였으나 다시 서서히 상승하

여 4시간에서 6시간까지는 0.3ppm을 유지하였다(Fig 1). 왕고들빼기 어린잎의 저장 중 생체중 감소율은 모든

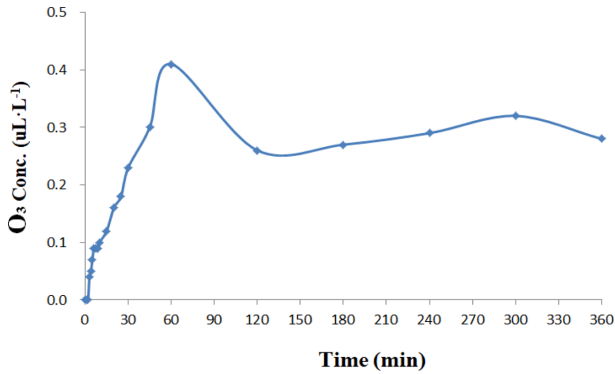


Fig. 1. The change of O₃ concentration in low temperature chamber treated by cold plasma generator.

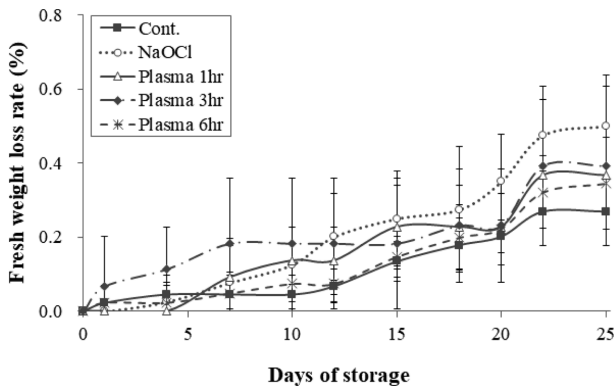


Fig. 2. The change of fresh weight loss rate of *Lactuca indica* L. baby leaf packed with 1,300 cc OTR (oxygen transmission rate) film after sterilization treatments stored for 25 days. Vertical bars represent \pm SD (n=5).

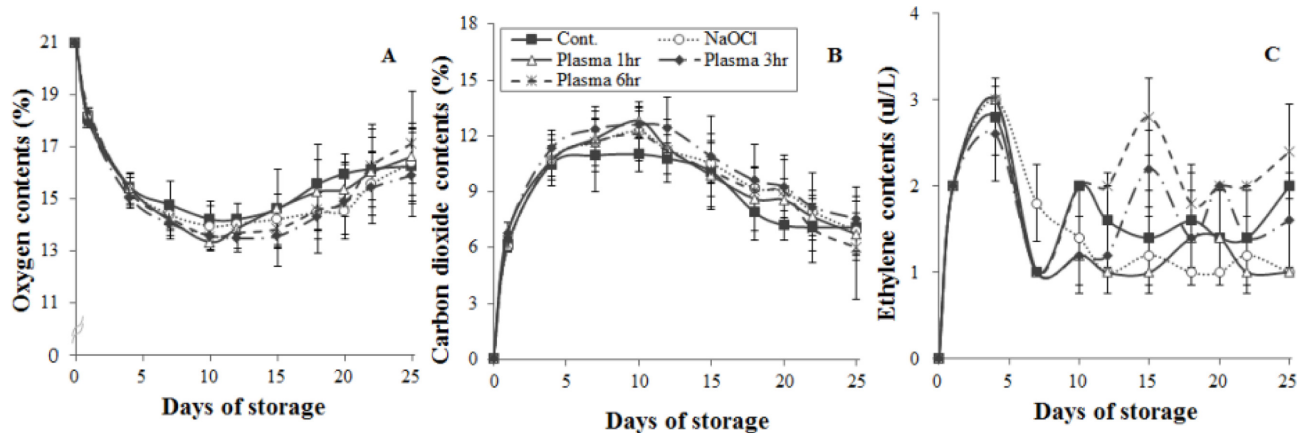


Fig. 3. The change of oxygen contents (A), carbon dioxide contents (B), and ethylene contents (C) of *Lactuca indica* L. baby leaf packed with 1,300 cc OTR (oxygen transmission rate) film after sterilization treatments stored for 25 days. Vertical bars represent \pm SD (n=5).

처리구가 1.0% 미만으로 매우 적었다(Fig. 2). 같은 속 인 상추류의 최대 허용 생체중 감소율이 3-5%를 보이는 것으로 볼 때(Kays와 Paull, 2004), 본 연구에선 수분 손 실로 인한 품질 저하 현상은 나타나지 않은 것으로 판 단된다. 비록 통계적 유의성은 없었으나 NaOCl 처리구 에서 가장 높은 생체중 감소율을 보였는데, 이는 자연탈 수 방법으로는 완전한 수분 제거가 이루어지지 못해 작 물에 남아있던 수분이 저장 중 증발한 것으로 판단된다. 또한 무처리구에 비해 플라즈마 처리구의 생체중 감소율 이 다소 높는데, 이는 체리토마토의 플라즈마 처리시 무 처리구보다 생체중 감소율이 높았다는 선행연구와 일치 하였다(Misra 등, 2014). 포장 내 산소 농도는 계속 감 소하다 저장 12일째 증가하기 시작하여 모든 처리구가 저장 종료일 16-17%의 농도를 보였다(Fig. 3A). 유사한 경향으로 포장 내 이산화탄소 농도는 계속 증가하다 저 장 12일째 감소하여 저장 종료일 모든 처리구가 6-8%의 농도를 보였다(Fig. 3B). 모든 처리구의 포장 내 산소 및 이산화탄소 농도는 유사한 수준을 보였는데, 이는 살 균처리 후 MA저장을 위한 포장재로 동일하게 1,300cc OTR 필름을 사용했기 때문이라고 판단된다.

포장 내 에틸렌 농도는 저장 초기 급증하여 저장기간 동안 1-3 μ L·L⁻¹의 농도로 증감을 반복하였다(Fig. 3C). 수확한 원예산물의 에틸렌 발생은 기계적 상처, 성숙, 부패 등에 의해 촉진되기도 하고, 고이산화탄소나 저산 도 등에 의해 억제되기도 하는데(Kays and Pall, 2004), 일반적으로 MA저장에서 포장내 에틸렌 농도는 저장초 기에 급격히 증가하였다가 포장내 저산소와 고이산화탄 소 조건이 형성되면서 그 농도가 감소하는 경향을 보인 다(Yoon et al, 2017). 또한 저장 종료시점에 가장 낮은 외관상 품질을 보인 플라즈마 6시간 처리구에서 저장 10일째부터 저장 종료일까지 포장내 에틸렌 농도가 가장

높았는데(Fig. 3C), 이는 장시간의 플라즈마 처리로 어린 잎의 세포와 조직이 손상에 의해 발생한 스트레스 및 상처 에틸렌(Kays and Pall, 2004)의 영향이라 추측된다. 붉은 치커리의 저온 플라즈마를 처리한 연구에서도 노출 시간과 저장기간이 길어질수록 식물표면에 손상과 정도 저하가 더 크게 나타났다고 하였다(Pasquali 등, 2016). 같은 속인 상추는 에틸렌 발생은 적으나 에틸렌에 매우 민감하다고 하였는데(Wills와 Warton, 2000), 왕고들빼기도 적은 양의 에틸렌에 반응하여 작물의 노화가 촉진되었다. 패널테스트를 통한 외관상 품질은 저장 20일째 무처리구와 플라즈마 6시간 처리구가 상품성을 잃기 시작하여 저장 종료일에 염소수와 플라즈마 1시간 처리구만이 상품성을 유지하였다(Fig. 4). 플라즈마 처리는 세포막에 손상을 줄 수 있고, 저장 중 품질저하를 유도하여 부정적인 영향을 야기할 수 있다고 하였는데(Pasquali 등, 2016), 특히 어린잎채소는 조직이 연하여 세포막 손상에 민감한 작물이다. 본 연구에서도 통계적 유의성은

없었으나 저장 20일째부터 3시간, 6시간 플라즈마 처리구의 외관상 품질저하가 빠르게 관찰되었다. 저장 종료일 조사한 이치는 모든 처리구에서 거의 느껴지지 않는 수준이었다(Table 1).

저장 종료일 조사한 엽록소 함량은 염소수 처리구와 플라즈마 1시간 처리구는 저장 전과 유사한 수준을 보여 엽록소 파괴가 거의 없었으나, 무처리구와 플라즈마 6시간 처리구는 저장 전에 비해 엽록소 함량이 감소한 것을 확인하였다(Table 1). 색도는 명도를 나타내는 L* 값과 황색도를 나타내는 b* 값은 살균 처리간 통계적 유의성은 없었으나 저장 전에 비해 명도와 황색도가 높아졌다(Table 1). Hue angle(°)값은 염소수와 플라즈마 1시간 처리구가 저장 전과 거의 차이 없이 높은 수준을 보였다. 이는 엽록소 함량과 비례하는데, Hue angle 값이 180도에 가까워질수록 녹색을 보인다고 하였다(McGuire, 1992).

총 미생물 수는 살균 처리 직후와 저장 종료일에 조사하였는데, 살균 처리 직후 조사한 총 미생물 수는 대조구에 비해 모든 살균처리구에서 살균 효과가 나타났다(Table 2). 플라즈마 처리의 경우 살균 처리 직후 곰팡이 수에 대한 살균효과는 플라즈마 1시간 처리구에서 나타났다. Bae 등(2017)은 비열플라즈마 생성 오존에 의한 *Alternaria* 곰팡이 포자 발아 억제 효과가 2시간에 노출시 0.44ppm에서는 6.1%, 11.8ppm에서는 80.85%였다고 하였다.

우리나라는 신선 농산물에 대한 미생물 허용기준은 없으나, Solberg 등(1990)이 제시한 비가열 조리식품에 대한 미생물적 안전기준에 의하면 일반세균수 6 logCFU·g⁻¹, 대장균군은 3 logCFU·g⁻¹ 이하이며, 우리나라 식품공전의 신선편이에 대한 대장균 규격은 1g당 10이하로 관리하는 것이다. 모든 살균 처리 직후 조사한 총 대장균수는 모든 살균처리구에서 불검출 되었고, 총 세균 및 총 곰팡이 수는 염소수 처리구의 살균 효과가 가장 우수하였는데, 염소수의 살균효과는 새싹채소, 상추, 치커리, 청

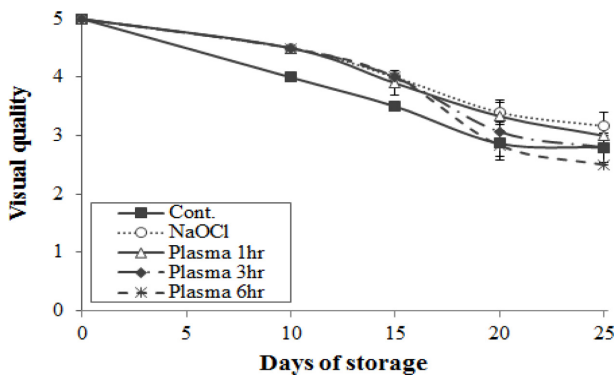


Fig. 4. The change of visual quality of *Lactuca indica* L. baby leaf packed with 1,300 cc OTR (oxygen transmission rate) film after sterilization treatments stored for 25 days. Vertical bars represent \pm SD (n=5).

Table 1. The chlorophyll(SPAD), color, off-odor of *Lactuca indica* L. baby leaf packed with 1,300 cc OTR (oxygen transmission rate) film after sterilization treatments at 8°C in last storage day (25 days).

Treatments	Chlorophyll (SPAD)	Color index			Off-odor ²
		L*	b*	Hue angle(°)	
Initial	22.0a ^y	46.5c	26.1c	126.3a	-
Control	17.5c	56.6ab	30.5ab	123.6b	1.0b
NaOCl	21.4a	53.9ab	27.4bc	125.1a	1.0b
Plasma 1hr	21.9a	51.8b	27.0bc	125.3a	1.0b
Plasma 3hr	19.5b	54.8ab	30.3ab	123.6b	1.0b
Plasma 6hr	17.5c	57.4a	32.3a	122.1c	1.3a

²Off-odor was measured that 5 was most severe; unmarketable, 4 was severe, 3 was moderate, 2 was traceable, 1 was little, 0 was fresh condition.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. The total aerobic count, *E.coli* count, yeast and mold count of *Lactuca indica* L. baby leaf after sterilization treating and after MA storage(1,300 cc oxygen transmission rate film) at 8°C for 25 days. (unit: log CFU/g)

Treatments ^z	Total aerobic count		<i>E.coli</i> count		Yeast and mold count	
	After sterilization	After storage	After sterilization	After storage	After sterilization	After storage
Cont.	6.00a ^y	6.00a ^y	3.00a	3.69a	4.08a	4.35a
NaOCl	3.46e	4.51d	-	-	-	1.00b
Plasma 1hr	4.85d	5.60c	-	-	3.00b	4.03a
Plasma 3hr	5.07c	5.67b	-	-	3.89a	4.12a
Plasma 6hr	5.50b	5.69b	-	-	3.89a	4.27a

^z Cont.: No treatment, NaOCl: 100 ppm, 90s

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

경채 등에서 여러 보고된 바 있다(Lee 등, 2009; Choi 등, 2004). 플라즈마 처리구의 살균 효과는 처리 시간에 따라 상이하였는데, 플라즈마 6시간 처리구를 제외한 모든 플라즈마 처리구는 미생물 허용치 기준을 충족하여 비가열 조리식품 유통에 문제가 없는 것으로 판단된다 (Table 2). Lee 등 (2018)도 플라즈마 처리를 통한 공중미생물 저감 효과와 더불어 품질 연장 효과를 보고한 바 있다.

저장 종료일 조사한 총 미생물수는 저장 전에 비해 증가한 경향을 보였는데(Table 2), 총 대장균수는 모든 살균 처리구에서 검출되지 않았다. 또한 총 세균 및 총 곰팡이수는 염소수 처리구가 가장 우수한 살균효과를 보였고, 플라즈마 처리구는 대조구에 비해 살균효과는 나타났으나 처리시간이 길어짐에 따라 그 효과는 미비하였다 (Table 2). Kim 등(2011a)은 저장기간이 길어짐에 따라 황화 및 부패 등으로 인해 균의 번식이 증가하였다고 보고 한 바 있는데, 본 연구는 장시간 플라즈마 처리가 저장 중 품질 저하를 유도하여 균의 번식에 기인 한 것으로 판단된다. 또한 미생물 저감 효과가 균에 따라 상이한 반응을 보였는데, 신선편이 양상추에 염소수 살균 처리 시 세균, 대장균, 곰팡이에 대한 살균효과는 균에 따라 차이가 있었으며(Hwang, 2017), 플라즈마 처리 효율은 미생물 특성과 같은 생물학적 매개 변수에 달려있다고 하였다 (Moreau 등, 2008; Stratakos와 Koidis, 2015).

위의 결과를 종합해보면, 왕고들빼기 어린잎은 염소수 처리 및 단시간 플라즈마 처리 시 황화 및 부패 억제를 통한 상품성 유지 및 미생물 제어에 효과가 있는 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 왕고들빼기 어린잎의 염소수 및 플라즈마 처리가 저장 중 품질 및 미생물 제어에 미치는 영향을 알아보고자 수행하였다. 초장이 10cm 수준에서 수확한 왕고들빼기 어린잎을 100ppm의 염소수와 플라즈마 가스로 1,

3, 6시간동안 살균 처리한 후 산소투과도가 1,300cc·m⁻²·day⁻¹·atm⁻¹인 OTR(oxygen transmission rate) 필름을 사용하여 포장하였고, 8±1°C의 저장 온도와 상대 습도 85±5%의 조건에서 25일간 저장하였다. 저장 중 생체중 감소율은 모든 처리구가 1.0% 미만을 보였고, 저장 종료일 모든 처리구의 포장 내 산소 농도는 16-17%을 보였고, 포장 내 이산화탄소 농도는 6-8%의 수준을 보였다. 포장 내 에틸렌 농도는 저장 기간 중 1-3μL·L⁻¹의 수준으로 증가를 반복하였는데, 저장 10일째부터 저장 종료일까지 플라즈마 6시간 처리구가 가장 높은 농도를 보였다. 모든 처리구의 이취는 거의 느껴지지 않는 수준이었고, 염소수 및 플라즈마 가스 1시간 처리가 저장 종료일까지 상품성을 유지하였다. 저장 종료일에 조사한 엽록소 함량과 Hue angle 값은 염소수와 플라즈마 1시간 처리가 저장 전과 유사한 수준으로 높은 수준을 유지하였다. 살균 처리 직후 모든 살균 처리구에서 대장균은 검출되지 않았고, 총 세균 및 총 곰팡이 수는 플라즈마 6시간 처리구를 제외한 모든 살균 처리구에서 국내 미생물 허용 기준을 충족하였다. 저장 종료일 조사한 총 미생물수는 저장 전에 비해 증가하였으나 대장균은 모든 살균 처리구에서 검출되지 않았다. 세균과 곰팡이에 대한 살균효과는 염소수 처리가 가장 우수하였고, 플라즈마 처리구는 살균효과는 나타났으나 처리 시간이 길어짐에 따라 그 효과는 미비하였다. 위의 결과를 종합해보면, 왕고들빼기 어린잎은 염소수 처리 및 단시간 플라즈마 처리 시 황화 및 부패 억제를 통한 상품성 유지 및 미생물 제어에 효과가 있는 것으로 판단된다.

추가 주제어: 대장균, 엽록소, 이취, 총 곰팡이수, 총 세균수

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품 기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(117038-03).

Literature Cited

- Bae, Y.S., H.J. Choi, J.H. Lee, and J.W. Choi. 2017. Influence of ozone produced by non-thermal plasma on the inhibition of conidia germination of *Botrytis cinerea* and *Alternaria* sp. J. Kor. Hort. Sci. Technol. 35:223(Abstr.).
- Baur, S., R. Klaiber, W.P. Hammes, and R. Carle. 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.
- Chang, T.E., S.Y. Moon, K.W. Lee, J.M. Park, J.S. Han, O.J. Song, and I.S. Shin. 2004. Microflora of manufacturing process and final products of saengshik. J. Kor. Hort. Sci. Technol. 36:501-506.
- Choi, S.T., S.Y. Oh, J.E. Lee, J.G. Kim, H.E. Lee, and C.I. Lim. 2004. Effect of washing treatments on food safety of leafy vegetables. J. Kor. Hort. Sci. Technol. 22: 68(Abstr.).
- Choi, K.Y., S.H. Kim, J.K. Kim, H.J. Yoo, and I.S. Kim. 2016. Effect of light control on growth of baby leaf vegetables using rice seedling tray. Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences. 28:56-62.
- Critzer, F.J., K. Kelly-Wintenberg, S.L. South, and D.A. Golden. 2007. Atmospheric plasma inactivation of food-borne pathogens on fresh produce surfaces. J. Food Prot. 70:2290-2296.
- Hwang, T.Y. 2017. Effect of commercial sanitizers on microbial quality of fresh-cut iceberg lettuce during storage. Korean J. Food Preserv. 24:827-833.
- Kabir, H. 1994. Fresh-cut vegetables. In: Modified atmosphere food packaging.
- Kays, S.J. and E.R. Paull. 2004. Postharvest biology. Exon Press, Athens, GA, USA.
- Kim, J.E., D.U. Lee, and S.C. Min. 2014. Microbial decontamination of red pepper powder by cold plasma. Food Microbiol. 38:128-136.
- Kim, J.E., I.H. Kim, and S.C. Min. 2013. Microbial decontamination of vegetables and spices using cold plasma treatments. J. Kor. Food Sci. Technol. 45:735-741.
- Kim, J.Y., S.J. Han, I.L. Choi, J.S. Yoon, Y.H. Moon, S.M. Kim, and H.M. Kang. 2018. Effects of OTR film type on the quality of *Lepidium sativum* L. baby leaf vegetable during MA storage. Protected Horticulture and Plant Factory, 27:180-184.
- Kim, H.J., H.J. Song, and K.B. Song. 2011a. Effect of combined treatment of aqueous chlorine dioxide with ultraviolet-c on the quality of red chicory and pak choi during storage. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 40:245-252.
- Kim, H.Y. and Y.H. Lee. 2009. A study on the microbiological quality of vegetables in relation to the sanitization method used and vegetable types. J. Kor. Food Cookery Sci. 25:632-642.
- Kim, W.I., M.G. Gwak, A.R. Jo, S.D. Ryu, S.R. Kim, S.H. Ryul, H.Y. Kim, and J.G. Ryu. 2017. Investigation of Microbiological Safety of on-farm Produce in Korea. J. Food Hygiene and Safety. 32:20-26.
- Kim, K.S., S.J. Yoo, K.H. Lee, J.W. Kim, C.B. Park, D.G. Song, and K.S. Jin. Oct. 28, 2009. Sterilizing method using cold plasma. Korea Patent Application No. KR20090112364A.
- Kim, S.R., J.Y. Lee, S.H. Lee, W.L. Kim, K.H. Park, H.J. Yun, B.S. Kim, D.H. Chung, J.C. Yun, and K.Y. Ryu. 2011b. Evaluation of microbiological safety of lettuce and cultivation area. J. Fd Hyg. Safety. 26:289-295.
- Kwon, K.H., J.M. Sung, J.Y. Kim, B.S. Kim, and S.H. Kim. 2017. Quality characteristics of beef in thermoelectric cooling system combined with plasma during storage. J. Kor. Food Preserv. 24:52-59.
- Lee, K.A., Y.A. Lee, and I.S. Park. 2009. Sanitation effect of sprouts by chlorine Water. Journal of Life Science. 19:751-755.
- Lee, H.O., Y.J. Lee, J.Y. Kim, and B.S. Kim. 2018. Effect of combined pallet unit MAP and plasma treatment for extending the freshness of spring kimchi cabbage. J. Kor. Hort. Sci. Technol. 36:224-236.
- Loaiza, J. and M. Cantwell. 1997. Postharvest physiology and quality of cilantro (*Coriandrum sativum* L.). HortScience 32:104-107.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27:1254-1255.
- Mehmet, K. and Y.S. Ilkin. 2007. Antimicrobial effect of koruk (unripe grape-*Vitis vinifera*) juice against *Salmonella typhimurium* on salad vegetables. Food Control. 18:702-706.
- Misra, N.N., K.M. Keener, P. Bourke, J.P. Mosnier, and P.J. Cullen. 2014. In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of cherry tomatoes. Journal of Bioscience and Bioengineering. 118:177-182.
- Moreau, M., N. Orange, and M. Feuilleley. 2008. Non-thermal plasma technologies: new tools for bio-decontamination. Biotechnol. Advances. 26:610-617.
- Park, H.O., C.M. Kim, G.J. Woo, S.H. Park, D.H. Lee, E.J. Chang, and K.H. Park. 2001. Monitoring and trends analysis of food poisoning outbreaks occurred in recent years in Korea. Journal of Food Hygiene and Safety. 16:280-294.
- Pasquali, F., A.C. Stratakos, A. Koidis, A. Berardinelli, C. Cevoli, L. Ragni, R. Mancusi, G. Manfreda, and M. Trevisani. 2016. Atmospheric cold plasma process for vegetable leaf decontamination: A feasibility study on radicchio (red chicory, *Cichorium intybus* L.). Food Control. 60:552-559.
- Ragaert, P., W. Verbeke, F. Devlieghere, and J. Debever. 2004. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. Food Quality and Prefer. 15:259-270.
- Solberg, M., J.J. Buckalew, C.C. Chen, D.W. Schaffner, K. O'Neil, J. McDowell, L.S. Post, and M. Boderck. 1990.

- Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. *Food Technol.* 44(12):68-73.
- Stratakos, A.C, and A. Koidis. 2015. Suitability, efficiency and microbiological safety of novel physical technologies for the processing of ready to eat meals, meats and pumpable products. *Int. J. Food Sci. Technol.* 50:1283-1302.
- Terada, N., A. Sanada, H. Gemma, and K. Koshio. 2017. Effect of *TRANS*-2-hecenal vapor pretreatment on alleviation of heat shock in tomato seedlings (Micro tom). *J. ISSAAS.* 23:1-7.
- Torriani, S. and S. Massa. 1994. Bacteriological survey on ready-to-use sliced carrots. *Lebensm-Wiss. Technol.* 27:487-490.
- Wills, R.B.H. and Warton, M.A., 2000. A new rating scale for ethylene action on postharvest fruit and vegetables. In: Artés, F., Gil, M.I., Conesa, M.A. (Eds.), *Improving Postharvest Technologies of Fruits, Vegetables and Ornamentals*. Institute International of Refrigeration, Murcia, Spain.
- Yoon. G.A. and C.Y. Mok. 2015. Microbial inactivation of grains used in saengshik by corona discharge plasma jet. *J. Kor. Food Sci. Technol.* 47:70-74.
- Yoon, H.S., I.L. Choi, H.M. Kang. 2017. Different oxygen transmission rate packing films during modified atmosphere storage: Effects on Asparagus Spear Quality. *Horticultural Science and Technology* 35:314-322.