KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 31, No. 1 29~36 (2025)
https://doi.org/10.20909/kopast.2025.31.1.29

포장된 유기농 깻잎의 유통기한 연장을 위한 전처리 방법의 개발

김효진 · 정문철 · 조영진*

한국식품연구원 안전유통연구단

Development of Pre-treatment Methods to Extend the Shelf life of Packaged Organic Perilla Leaves

Hyo-Jin Kim, Moon-Cheol Jeong, and Youngjin Cho*

Food Safety and Distribution Research Group, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Jeonbuk-do, Republic of Korea

Abstract Recently, packaged leafy vegetables, including perilla leaves, whose consumption has been rapidly increasing, are easily spoiled and have a short shelf life. Currently, various methods such as pre-cooling, washing, and packaging are used to maintain the quality of leafy vegetables. Among these, the pre-treatment washing method effectively reduces the spoilage rate of leafy vegetables and helps maintain freshness by removing contaminants on their surfaces. However, the research related to maintaining the quality of perilla leaves remains limited. Therefore, this study aims to establish optimal eco-friendly pre-treatment conditions that can maintain the freshness of perilla leaves and extend their shelf life. The perilla leaves were washed under various pre-treatment conditions and packaged with commercially available OPP film. Then, quality changes in the perilla leaves during storage were evaluated by analyzing factors such as microbial counts, electrolyte leakage amounts, surface color, hardness, and spoilage rate under different pre-washing conditions. As a result, it was confirmed that pre-treatment washing using medium-temperature microbubble water is effective in maintaining the freshness and extending the shelf life of perilla leaves. In addition, the effects were further enhanced when sequential combined washing methods were applied. In the future, the research will focus on developing packaging methods that enhance the washing effects of medium-temperature microbubble water and exploring combined treatments with other washing solutions to further improve the freshness preservation and shelf life extension of perilla leaves.

Keywords Organic perilla leaves, Pre-treatment washing, Packaging, Freshness, Shelf life

서 론

깻잎은 들깨(*Perilla frutescens* var. *japonica*)의 잎으로써, 동남아시아와 인도 고지대에서 생산되기 시작하였고, 현재는 한국, 중국, 인도, 동남아시아 등에서 널리 재배되고 있다. 독특한 향미와 높은 영양가를 갖고 있는 깻잎은 주로 쌈 채소로 소비되고 있고, 육류 소비 증가와 더불어 그 소비량은 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 2022년에는 깻잎의 생산량이 20,958 톤에 이르고 있다[1].

최근 소비자들의 깻잎의 선호도와 소비량은 증가하고 있지만, 깻잎과 같은 엽채류는 품질이 빠르게 저하되고, 유통기한이 짧은 특성으로 인해 소비자들의 수요 및 만족을 충족시키기는 어려운 실정이다. 이에 따라 깻잎의 품질 유지 및 유통기한 연장을 위한 연구의 필요성이 크게 대두되고 있다. 소비자들에게 좋은 품질의 깻잎을 안정적으로 제공하고, 안전성과 경제적인 효율성을 확보하기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 엽채류의 품질 유지 방법으로는 포장, 저온 유통, 예냉 처리, 세척 처리 등이 알려져 있다. 이와 관련된 기존의 연구로는 엽채류의 선도유지를 위한 포장 방법[2-4], 신선 농산물의 예냉 처리 효과[5-6], 깻잎의 세척 처리를 통한 품질 향상[7-8] 등이 있다.

그중에서 신선 농산물의 전처리 세척 방법에는 수돗물, 마이크로버블수, 탄산수, 오존수, 전해질수, 초음파 세척수, 염소수 등이 사용되고 있다. 이러한 세척 과정은 농약 잔여물과 오염물질을 제거하여 부패 속도를 늦추고, 신선도를

*Corresponding Author: Youngjin Cho
Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Jeonbuk-do, Republic of Korea
Tel: +82-63-219-9428, +82-63-219-9254
E-mail: yjcho74@kfri.re.kr

유지하기 위한 것이다. 특히, 염소수는 세척효과가 매우 우수하지만, 염소 부산물의 잔여 위험성이 존재하고 있다[9]. 따라서, 친환경적인 대체 세척수로써, 마이크로버블수 및 탄산수 등이 주목받고 있다. 마이크로버블수는 직경이 10-50 μm인 마이크로버블이 물속에서 생성하는 OH 라디칼에 의해 세척 효과를 나타낸다[10]. 탄산수는 내부의 기포 파열을 통해 오염물질을 분리 및 제거한다[11]. 이와 같은 친환경적인 세척수를 이용한 농산물의 신선도 유지 연구는 마이크로버블수를 이용한 다양한 채소의 세척 효과[12], 오존 마이크로버블수를 이용한 잎채소의 세척 효과[13], 세척 유무를 통한 잎채소의 품질 변화[14], 산성 전기분해수로 세척한 상추의 품질 변화[15] 등으로 다양하게 연구되고 있다. 그러나, 깻잎의 품질 유지를 위한 관련 연구들은 아직 미비한 상황이다.

따라서, 본 연구에서는 최근 소비량이 급격히 증가하고 있는 깻잎을 대상으로 마이크로버블수, 탄산수, 탄산 마이크로버블수로 세척한 후, 상업적으로 사용되는 OPP 필름으로 포장하여 저장하면서 깻잎의 품질변화를 비교 분석함으로써, 깻잎의 신선도를 유지하고, 유통기한을 연장시킬 수 있는 최적의 친환경적인 전처리 조건을 확립하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에 사용한 깻잎은 경기도 광주 소재의 시설 재배 농가에서 실험 시작 당일에 수확한 것을 구입하였다. 외관 상태가 양호하고, 균일한 것을 선별하여 실험실로 운반한 후, 최적 상태의 깻잎을 재선별하여 실험에 사용하였다.

2. 시료의 전처리, 포장 및 저장

선별한 깻잎은 일반 수도수로 형성된 와류로 2 분간 세척한 와류 세척 처리구 (Turbulence water, TW), 40°C의 중온 마이크로버블수로 2 분간 세척한 중온 마이크로버블수 세척 처리구 (Microbubble heated water, MH), pH 4.8의 탄산수로 2 분간 세척 후, 40°C의 중온 마이크로버블수로 2 분간 세척한 탄산-중온 마이크로버블수 세척 처리구 (Carbonated microbubble heated water, C-MH), 탄산수와 중온 마이크로버블수로 2 분간 동시 세척한 중온 마이크로버블 탄산수 세척 처리구 (Microbubble heat carbonated water, MHC)로 전처리 세척하였다(Table 1). 탄산수는 CO_2 가스를 물에 직접 용존 시켜 사용하였다. 전처리 세척에 이용한 마이크로버블 세척 장치는 자체 제작한 시스템을 이용하였다(Fig. 1). 이 시스템은 세척과 탈수가 순차적으로 진행되며, 세척은 와류, 열수, 마이크로버블수 등을 이용한 세척이 가능하다. 이에 따라 해당 세척수로 세척 후, 버린 다음 새로운 세척수로 교환하여 사용하였다. Fig. 2는 중온 마이크로버블수로 깻잎을 세척하는 과정을 보여준다.

세척한 깻잎은 야채 탈수기로 약 30 초간 탈수한 후, 멸균거즈를 이용하여 자연탈수를 통해 표면의 물기를 충분히 제거하였다. 탈수된 깻잎은 현 시중 포장 방법에 따라 두께가 30.1±0.7 ㎛의 OPP 필름으로 포장하여 5±1°C의 항온 저장고에 저장하였다.

3. 미생물학적 품질평가

총균수는 시료를 멸균한 가위로 세절한 후, 10 배수의 멸균 생리 식염수[0.85% (w/v) NaCl]를 가하고, stomacher (Stomacher 400 circulator, Seward, Essex, UK)로 260 rpm

Table 1. Pre-treatment washing method of perilla leaf

처리구		전처리 세척 방법
Turbulence water	TW	와류 수도수(2분)로 세척
Microbubble heated water	MH	중온 마이크로버블수(40°C, 2분)로 세척
Carbonated microbubble Heated water	C-MH	탄산수(pH 4.8, 2분) 세척 후, 중온 마이크로버블수(40°C, 2분)로 세척
Microbubble heat carbonated water	MHC	중온 마이크로버블 탄산수(pH 4.8, 40°C, 2분)로 세척

Microbubble cleaning system Microbubble generator

Fig. 1. Microbubble cleaning system and microbubble generator used in the experiment.

Fig. 2. Perilla leaves being washed with medium-temperature microbubble water.

에서 2 분간 균질화한 다음에 10배 희석하여 희석 시료를 aerobic count plate (3M petrifilm AC, USA)에 분주하고, 효모 및 곰팡이는 yeast & mold count plate (3M petrifilm YM, USA)에 분주한 다음에 35±1°C 배양기에서 48시간 동안 배양한 후, 나타난 집락수를 log CFU/g으로 환산하여 나타내었다.

4. 전해질 이온 유출량 측정

전해질 이온 유출량은 electrical conductivity meter (EC meter, MODEL H8633, HANNA Instrument, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 깻잎 약 1 g에 0.4 M mannitol (Sigma-aldrich, USA) 용액 40 ml를 넣고, 37°C에서 3 시간 배양하여 초기 이온 유출량을 측정하였으며, 그 후 –80°C에서 24 시간 동결한 다음에 37°C에서 해동한 후, 후기 이온 유출량을 측정하였다. 전해질 이온 유출량은 아래와 같이 계산하여 %로 나타내었다.

전해질 이온 유출량(%) =
(초기 이온 유출량/후기 이온 유출량) × 100

5. 표면 색도

표면 색도는 깻잎의 우측 중심부를 Chroma meter (CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였으며, L^*, a^*, b^*, chroma value ($\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$)값으로 나타내었다.

6. 경도

경도는 Texture Analyzer (TA-ST2, Stable Micro System, UK)를 이용하여 Table 2의 조건으로 측정하였다. 시료는 모두 일정한 크기로 하였고, 시료의 우측 중앙지점을 측정하였다. 시료 당 40 회 반복 측정하여, 그 평균값으로 나타내었으며, 최대 피크에 도달할 때까지의 시간을 firmness (sec)로 나타내었다.

Table 2. Conditions for texture analysis

Parameter	Condition
Probe	2 mm
Pre-test speed	0.5 mm/sec
Trigger force	0.002 kg
Test speed	0.5 mm/sec
Return-speed	10 mm/sec
Test distance	10 mm

7. 부패율

부패율은 육안 검사에 의하여 곰팡이 발현 및 짓무름 발생 개체수를 시료 전체 개수에 대한 백분율로 나타내었다.

8. 통계 처리

시료에 대한 실험 결과 데이터는 SPSS Statistics 17 (IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 통계 처리하였다. Duncan's multiple range test를 실시하여 평균값 간의 유의성 검정을 하였다(p<0.05). 모든 실험은 3 반복 이상 수행하였고, 평균±표준오차로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 깻잎의 미생물학적 품질특성

일반적으로 신선 채소와 과실류에서의 총균수는 약 4~7 log CFU/g, 대장균군은 2~4 log CFU/g이 검출된다고 알려져 있다[16]. 총균수는 무세척 처리구 (Control, C)에서 5.2±0.0 log CFU/g이 검출되었으며, 전처리 세척 방법에 따라서는 TW, MH, MHC, C-MH가 각각 4.8±0.2, 4.2±0.1, 3.8±0.0, 3.6±0.1 log CFU/g이었다 (Table 3). Kim 등[17]의 연구 결과와 동일하게 전처리 세척에 의한 효과로 무세척 처리구에 비해 전처리 세척 처리구에서 초기 총균수가 억제되었으며, 세척 방법에 따라서는 와류 세척에 비해 마이크로버블과 탄산수 세척이 초기 총균수 제거의 효과를 나타내었다. 곰팡이의 경우, 무세척 처리구에서 3.5±0.0 log CFU/g, TW에서 3.2±0.0, MH에서 2.7±0.1, MHC에서 2.8±0.3, C-MH에서 2.8±0.0 log CFU/g으로 검출되었다 (Table 3). 따라서, 전처리 세척만으로도 초기 곰팡이가 억제되었으며, 무세척 처리구에 비해 세척 처리구에서 약 20% 정도 곰팡이 살균효과가 나타났다. 저장기간이 증가함에 따라 곰팡이수는 증가하는 경향을 보이고 있으며, 저장 15 일차부터 MH와 C-MH의 세척 효과가 두드러지게 나타났다. 저장 20 일차에는 C-MH가 4.3±0.2 log CFU/g으로 곰팡

Table 3. Change in microbial counts of perilla leaf by pre-treatment washing method during storage (단위: log CFU/g)

	Treatment	Storage (day)				
		0	4	10	15	20
Total viable counts	C	5.2±0.0^{a}	-	-	-	-
	TW	4.8±0.2^{a}	5.2±0.0^{a}	5.3±0.0^{a}	5.4±0.1^{a}	5.6±0.1^{a}
	MH	4.2±0.1^{b}	4.5±0.0^{ab}	4.8±0.1^{ab}	5.2±0.0^{b}	5.2±0.1^{b}
	MHC	3.8±0.0^{b}	4.6±0.1^{b}	4.8±0.3^{ab}	5.2±0.1^{b}	5.5±0.0^{ab}
	C-MH	3.6±0.1^{b}	4.4±0.0^{b}	4.7±0.3^{b}	5.2±0.2^{b}	5.2±0.1^{b}
Mold	C	3.5±0.0^{a}	-	-	-	-
	TW	3.2±0.0^{b}	3.8±0.1^{a}	4.0±0.1^{a}	4.6±0.2^{a}	5.0±0.1^{a}
	MH	2.7±0.1^{e}	3.2±0.5^{b}	3.5±0.5^{a}	3.3±0.2^{a}	4.7±0.2^{b}
	MHC	2.8±0.3^{c}	3.1±0.0^{b}	3.4±0.2^{a}	3.7±0.1^{a}	4.8±0.3^{a}
	C-MH	2.8±0.0^{d}	3.0±0.5^{c}	3.7±0.1^{a}	3.4±0.2^{a}	4.3±0.2^{b}

Each value represents mean±SD.
Means with the different letter are significantly different ($p < 0.05$).

이수가 가장 적게 나타났으며, MHC에서는 4.8±0.3 log CFU/g으로 나타나, 탄산수와 중온 마이크로버블수 병용 세척보다는 순차적 세척이 곰팡이 살균효과에 더 큰 효과를 보여주고 있다. Lee 등[18]의 연구에서는 다양한 세척 방법으로 상추를 세척한 결과, 마이크로버블수로 세척한 처리구가 초기 미생물 억제에 효과적이었으며, 저장기간이 길어짐에 따라서도 마이크로버블수 세척 처리구가 미생물 억제에 가장 효과적으로 나타났다. 이에 따라 본 실험에서 사용된 전처리 세척 방법은 기존의 다른 세척 방법보다 미생물 억제에 효과가 높은 것으로 보여주었다.

2. 깻잎의 전해질 이온 유출량 변화

식물세포의 전해질 이온 유출량 변화에 대한 정확한 기작은 밝혀지지 않았으나, 일반적으로 식물의 손상 및 부패의 간접 지표로 활용되고 있으며[19], 전해질 이온의 정도에 따라 전기전도의 정도 변화가 나타나 전기전도도로 전해질 이온 유출량을 측정한다. 전해질 이온 유출량은 식물 조직의 손상 및 부패로 인해 식물 조직에 상처가 생성되어 증가하고, 이후 세포벽의 유동적인 회복으로 인하여 완만하게 감소하며, 식물의 부패로 인하여 다시 증가하는 패턴을 가지고 있다[20-21]. 세척 방법에 따른 유기농 깻잎의 전해질 이온 유출량을 측정하기 위하여 세척하지 않은 C는 초기값만 측정하여 세척 유무에 따른 변화를 살펴보았으며, 저장기간에 따른 세척 방법별 전해질 이온 유출량은 Ferrante 등[22]의 연구 결과와 유사하게 나타났다(Table 4). C-MH의 경우, 탄산수와 중온 마이크로버블의 순차적인 세척으로 다른 처리구에 비해 긴 세척 과정을 거침으로써, 조직에 손상을 강하게 받아 세척 직후 5.9±0.3%의 높은 전해질 이온 유출량을 나타내었다. Das 등[23]의 연구에서도 일반 세척에 비해 염화칼슘, 아스코빈산 칼슘을 함유한 세척 처리구의 경우에 전해질 이온 유출량이 1.5~2 배 가량 높게 나타난 결과를 보고하였다. TW의 경우, 와류 세척으로 다른 세척 처리구에 비해 조직 손상도가 낮아 전해질 이온 유출량이 2.9±0.2%로 낮게 나타났다. 저장 15 일차 이후부터는 TW의 전해질 이온 유출량이 급격하게 증가하여 저장 15 일, 저장 20 일차에 각각 11.6±0.7%, 15.7±0.9%이었다. 저장 20 일차에 MH, MHC, C-MH는 10.4±0.3%, 12.5±1.0%, 10.5±0.3%로, 전해질 이온 유출량 측면에서 탄산수와 중온

Table 4. Change in electrolyte conductivity of perilla leaf by pre-treatment washing method during storage (unit : %)

Treatment	Storage day				
	0	4	10	15	20
C	5.2±0.9^{ab}	-	-	-	-
TW	2.9±0.2^{c}	4.3±0.3^{b}	7.2±0.8^{a}	11.6±0.7^{a}	15.7±0.9^{a}
MH	5.6±0.1^{a}	4.4±0.4^{b}	5.4±0.4^{bc}	7.4±0.5^{b}	10.4±0.3^{b}
MHC	3.9±0.4^{bc}	6.1±0.3^{a}	4.8±0.3^{c}	8.5±0.9^{b}	12.5±1.0^{b}
C-MH	5.9±0.3^{a}	3.9±0.4^{b}	6.8±0.5^{ab}	7.0±0.6^{b}	10.5±0.3^{b}

Each value represents mean±SD.
Means with the different letter are significantly different ($p<0.05$).

마이크로버블수 병용 세척보다는 순차적 세척 또는 단일 세척이 더 효과적으로 나타났다.

3. 깻잎의 표면색 변화

엽채류의 경우, 호흡 과정 중에 발생한 수분이 기공을 통해 방출됨으로써, 포장지 내부가 과습하게 되며[24], 이로인해 깻잎의 장기 유통 시에 잎 주변부에 흑변 및 짓무름 현상이 발생하게 된다. 전처리 세척 방법별 깻잎의 저장 중 표면색 변화를 측정한 결과, 저장기간의 경과에 따라 L* 및 b* value는 감소하고, a* value는 증가하는 경향을 나타내었다 (Fig. 3). a* 및 b* value를 기반으로 계산된 chroma value에서는 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냄으로써, a* value 보다 b* value의 변화폭이 더 넓게 나타났다. Kim 등[25]의 연구에 따르면, 6 일간 저장한 깻잎에서 a* value는 증가하고, b* value는 감소하는 경향을 나타내었다. Yoo 등[26]의 연구에서는 세척 방법이 다른 콩나물을 저장한 결과로써, 저장기간이 증가함에 따라 L* value가 감소한다고 보고하였다. 이는 본 연구 결과와 같은 경향을 보여주고 있다. L* value의 경우, C-MH와 MH가 저장 기간 중 약 5~7% 정도 변화하여 가장 변화폭이 적게 나타났다. L* value와 같은 양상으로, a* 및 b* value는 C-MH와 MH에서 각각 약 5~8%, 20% 정도 변화하여 변화폭이 적게 나타났다. 반면, TW는 L*, a*, b* value에서 각각 43.5에서 38.7로, –10.7에서 –5.3으로, 27.7에서 15.6으로 가장 크게 변화하였다. Chroma value는 a* 및 b* value가 가장 적게 변화한 C-MH와 MH에서 각각 29.7에서 24.7, 24.5로 적게 변화하였다. 따라서, 본 실험의 결과로써, 탄산수 세척 후, 중온 마이크로버블수로 순차적으로 세척한 방법과 중온 마이크로버블수로 세척한 깻잎이 저장 중에 표면색을 유지하는데, 가장 우수한 효과를 보여주었다.

4. 깻잎의 경도 변화

Fig. 4는 전처리 세척 방법별 깻잎의 저장 중 경도 변화를 나타낸 결과를 보여준다. 깻잎의 경도는 초기치 4.74±0.11 sec에서 증가하는 경향으로 나타난다. 저장 20 일 후에는 TW에서 6.20±0.14 sec로 가장 높이 증가한 경향을 나타내었고, 그 다음으로는 MHC가 6.06±0.13 sec로 나타내었다. 전기전도도와 표면색의 변화에서 가장 안정적인 결과를 나타낸 MH와 C-MH는 각각 5.59±0.37 sec, 5.47±0.12 sec로 상대적으로 가장 낮은 증가 경향을 나타내어, 저장 기간 동안 가장 낮은 변화를 보여주었다. Hou 등[27]의 연구 결과에 의하면, 오존 마이크로버블수로 세척한 토마토는 유의적이지는 않지만, 대조구에 비해 경도가 낮은 경향

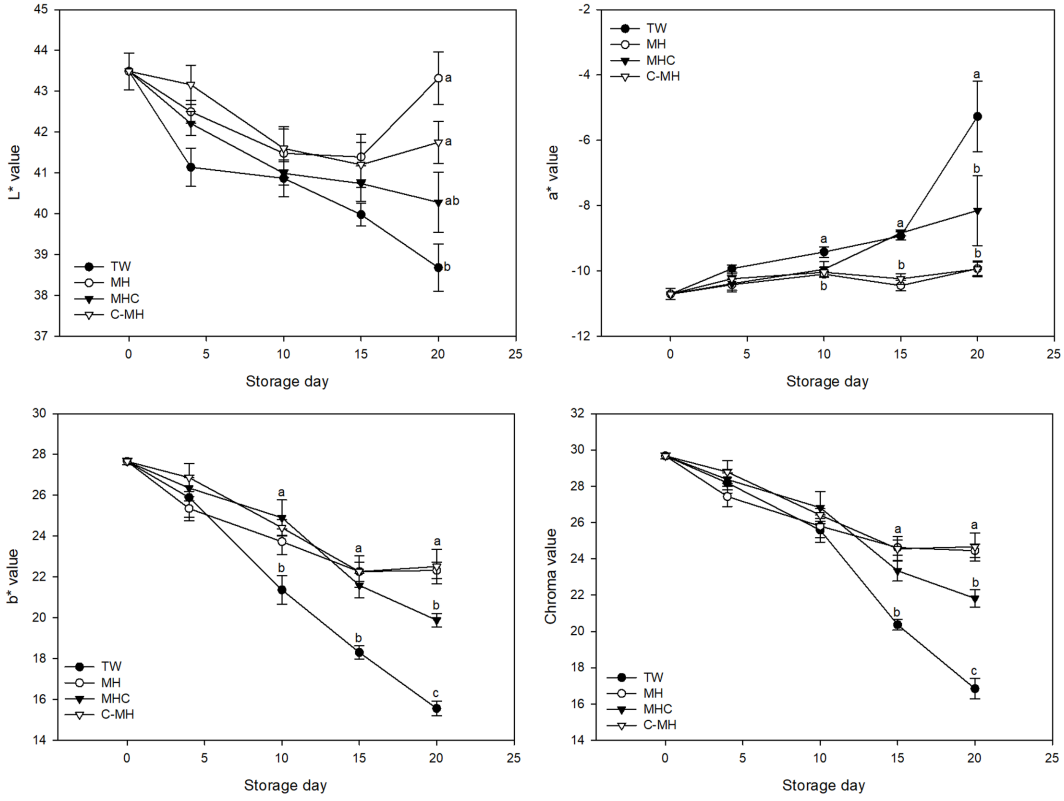

Fig. 3. Changes in surface color of perilla leaf during storage. Means with the different letter are significantly different (p<0.05).

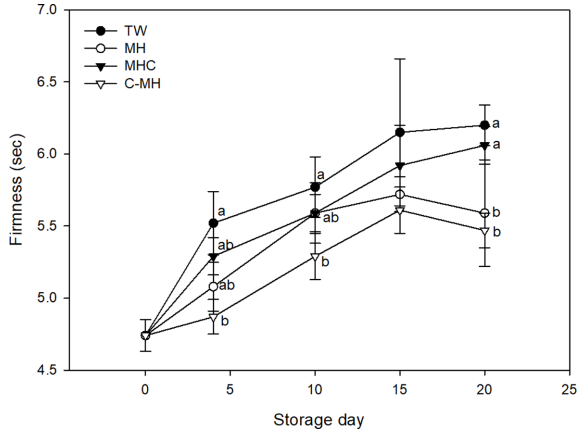

Fig. 4. Change of firmness of perilla leaf during storage. Means with the different letter are significantly different (p<0.05).

을 보였다. 또한, Ikeura 등[28]은 오존 마이크로버블수 처리가 감잎의 물리적인 특성에 큰 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 본 연구에서도 전처리 세척 방법에 따른 깻잎의 경도 변화는 초기에는 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 저장기간이 증가함에 따라 차이를 나타내었다. 특히, 저장 종료 시점인 20 일차에는 MHC보다 MH 또는 C-MH에서 깻잎의 조직감 변화 억제 효과가 더 크게 나타내었다.

5. 깻잎의 부패율

일반적으로 농작물은 포장 유무 및 방법에 따라 품질 유지 및 유통기한에서 많은 차이를 나타낸다. 오이는 LDPE로 포장된 경우, 무포장에 비해 높은 품질 유지 효과를 나타내었으며[29], 배추는 유공 PP film으로 포장한 경우, 무포장에 비해 선도 유지 효과가 우수하게 나타났다[30]. 파프리카는 PP film으로 포장하여 10°C에서 저장한 경우, 상품성 보존에 효과적으로 나타났다[31]. 본 연구에서는 깻잎의 품질

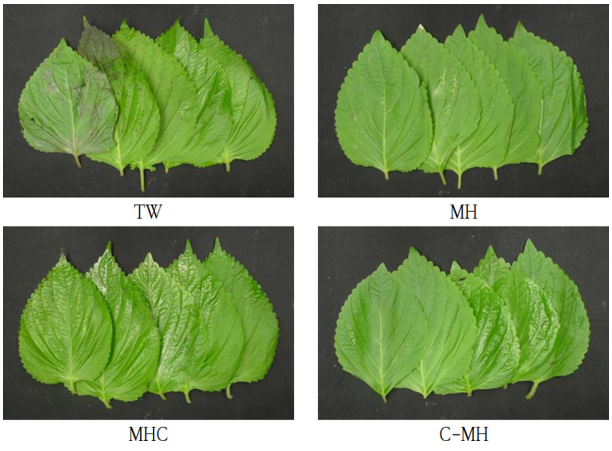

Fig. 5. Comparison of Perilla leaf by pre-treatment washing method at 5°C for 20 days.

Table 5. Deteriorative rate of perilla leaf by pre-treatment washing method during storage (unit: %)

Treatment	Storage day				
	0	4	10	15	20
TW	0.0	0.0	5.5	16.4	38.2
MH	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7
MHC	0.0	0.0	0.0	9.1	21.8
C-MH	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9

유지 및 유통기한 연장을 위하여 전처리 세척 후, OPP 필름으로 포장하여 품질변화를 살펴보았으며, 부패율에서 품질 차이가 가장 두드러지게 나타났다 (Fig. 5 및 Table 5). TW는 저장 10 일 후, 흑변 현상이 약 5.5% 정도 발생하고, 부패하기 시작하여, 저장 20 일차에 38.2% 정도의 부패율을 나타내었다. MHC는 저장 15 일차에 9.1%, 저장 20 일차에 21.8%의 부패율을 보여, 다소 높은 부패 현상을 나타내었다. 반면, C-MH는 저장 종료 시점인 20 일차에 10.9%로 가장 낮은 부패율을 보여주었다. 전기전도도, 표면색, 경도에서 C-MH와 유사한 경향을 나타낸 MH는 부패율에서도 유사한 결과를 나타내어, 저장 20 일차에 12.7%로 낮게 나타났다. 세척한 깻잎을 10°C에서 보관할 경우, 세척 온도에 관계없이 상품성을 3 일 이상 유지하지 어렵다고 보고되어 있지만[32], 본 연구에서는 전처리 세척 처리의 효과로 인하여 C-MH는 TW에 비해 부패율을 약 3.8 배 정도 억제하였고, 품질 유지 기한을 약 2 배 연장하는 효과를 나타내었다. 또한, 탄산수 세척 후, 열수 마이크로버블수의 2 단계 연속 세척 방법은 마이크로버블 탄산수의 단독 세척보다 신선도 유지에 우수한 효과를 나타내었다.

요 약

본 연구에서는 포장 유통되는 유기농 깻잎의 신선도 유지 및 유통기한 연장을 위한 방법을 개발하기 위하여 친환경적인 마이크로버블수를 활용하여 깻잎을 전처리 세척하고, OPP 필름으로 포장한 후, 저장하면서 품질변화를 평가하였다. 전처리 세척 조건에 따른 깻잎의 미생물 변화는 무세척 처리구에 비해 세척 처리구에서 감균 효과 크게 나타났다. 특히, C-MH는 초기 일반 세균수 감소에 효과가 두드러졌으며, 저장기간에 따른 곰팡이수 감소에도 효과적으로 나타났다. 전해질 이온 유출량의 경우, 초기에는 미세한 기포들의 영향을 많이 받는 마이크로버블수 세척구에서 높게 나타났으나, 저장기간이 증가함에 따라 TW에 비해 MH, MHC, C-MH에서 낮게 나타났다. 그중에서도 MH와 C-MH는 병용 세척 처리구인 MHC에 비해서 저장기간 동안 전해질 이온 유출량이 낮게 나타났다. 깻잎의 표면색을 표현하는 L*, a*, b* value는 저장기간 동안 C-MH와 MH

에서 가장 낮은 변화율을 보여주었고, MHC, TW 순으로 변화율이 크게 나타났다. 조직감을 나타내는 경도 역시 전해질 이온 유출량과 표면색 변화와 유사한 결과를 보여주었다. 소비자의 상품 구매에 가장 영향을 끼치는 외관의 품질은 부패율로 확인할 수 있는데, C-MH가 저장기간 동안 가장 낮은 부패율을 나타내었다. 마이크로버블수를 활용한 세척 방법으로는 탄산-중온 마이크로버블수를 병용 처리한 것보다 중온 마이크로버블수를 단독으로 사용하거나 탄산수로 세척한 후, 중온 마이크로버블수로 순차적으로 세척한 경우가 신선도 유지에 효과적이었다. 특히, 외관적인 품질 면에서 탄산수로 세척한 후, 중온 마이크로버블수로 순차적으로 세척한 경우가 가장 우수한 결과를 보여주었다. 결과적으로, 깻잎의 신선도 유지 및 유통기한 연장에 중온 마이크로버블수 세척이 효과적임을 확인하였습니다. 또한, 순차적으로 병용 세척한 경우, 그 효과는 더 커짐을 확인하였다. 전처리 세척 후, 깻잎은 OPP film으로 포장되어 외부의 오염으로부터 차단되었고, 그로 인해 세척 효과가 유지될 수 있었다. 향후, 중온 마이크로버블수의 세척 효과를 증대시킬 수 있는 포장방법과 다른 세척수와의 병용 처리 연구를 동반 수행하여 깻잎의 신선도 유지 및 유통기한 연장 효과를 더욱 향상 시킬 예정입니다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 지원에 의한 농림기술개발사업(GA141400-03) 및 과학기술정보통신부 지원에 의한 한국식품연구원의 기본연구사업(E0211002-05)으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kim, H.Y., Lee, H.G., Seo, H.Y., Seo, W.D., Lee, M.J., Song, S.Y., Kim, J.I., Choi, J.Y. 2022. Antioxidant activities of korean perilla leaves *(Perilla frutescens)* by various cultivars. Korean J. Food Nutr. 35(6): 453-463.
2. Lee, J.S., Lee, H.E., Lee, Y.S., Chun, C.H. 2008. Effect of packaging methods on the quality of leaf lettuce. Korean J. Food Presrv. 15(5): 630-634.
3. Lee, J.S., Chung, D.S., Choi, J.W., Jo, M.A., Lee, Y.S., Chun, C.H. 2006. Effect of storage temperature and packaging treatment on the quality of leaf lettuce. Korean J. Food Presrv. 13(1): 8-12.
4. Jeong, C.H., Um, G.J., Park, J.N. 2010. Effect of active MA mini-packaging on shelf-life maintenance during marketing of perilla leaves. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28(6): 980-984.
5. Wanakamol, W., Kongwong, P., Chuamuanphan, C., Bundhurat, D., Boonyakiat, D., Poonlarp, P. 2022. Hurdle approach for control of enzymatic browning and extension of shelf life of fresh-cut leafy vegetables using vaccum precooling and modified atmosphere packaging: commercial application. Horticulturae. 8(745): 1-17.
6. Tao, S., Wang, J., Xie, J. 2024. Influence of different pre-cooling methods on the freshness preservation of bok choi *(Brassica rapa var. chinensis)*. Food chemistry:X. 23(30): 101599.
7. Jeong, J.W., Kim, J.H., Kwon, K.H. 2005. Comparison of quality characteristics of sesame leaf cleaned with various electrolyzed water during storage. Korean J. Food Presrv. 12(6): 558-564.
8. Seo, J.M., Kim, J.P., Yang, Y.S., Oh, M.S., Chung, J.K., Shin, H.W., Kim, S.J., Kim, E.S. 2007. The degradation patterns of three pestcides in perilla leaf by cultivation, storage and washing. J. Fd. Hyg. Safety. 22: 199-208.
9. Li, Y., Robert, E.B., Chen, J., Larry, R.B. 2001. Survival and growth of Escherichia coli O157:H7 inoculated onto cut lettuce before or after heating in chlorinated water, followed by storage at 5 ℃ or 15 ℃. J. Food Prot. 64: 305-309.
10. Liu, S., Oshita, S., Kawabata, S., Makino, Y., Yoshimoto, T. 2016. Identification of ROS produced by nanobubbles and their positive and negative effects on vegetable seed germination. Langmuir. 32: 11295-11302.
11. Zhang, H., Tsai, S., Tikekar, RV. 2021. Inactivation of listeria innocua on blueberries by novel ultrasound washing processes and their impact on quality during storage. Food control. 121: 107580.
12. Lee, W.J., Lee, C.H., Yoo, J.Y., Kim, K.Y., Jang, K.I. 2011. Sterilization efficacy of washing method using based on microbubbles and electrolyzed water on various vegetables. J Korean Soc Food Sci Nutr. 40: 912-917.
13. Inatsu, Y., Kitagawa, T., Nakamura, N., Kawasaki, S., Nei, D., Bari, Md.L., Kawamoto, S. 2011. Effectiveness of stable ozone microbubble water on reducing bacteria on the surface of selected leafy vegetables. Food Sci Technol Res. 17: 479-485.
14. Saba. M.K., Moradi, S., Gouran, A. 2014. The effect of postharvest treatments and storage methods on leafy vegetable decay. J Middle East App Sc Tech. 6(4): 153-156.
15. Koseki, S., Yoshida, K., Isobe, S., Itoh. K. 2001. Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. J. Food Prot. 64: 652-658.
16. Lamikanra O. 1981. Fresh-cut fruits and vegetables. CRC Press, New York, USA, pp. 187-222.
17. Kim, BS., Chang, MS., Park, SY., Cha, HS., Kwon, KH. 2008. Effect of water temperature and packing type on quality of fresh-cut sesame leaf. J Korean Soc Food Sci Nutr. 97(2): 231-238.
18. Lee, SA., Youn, AR., Kwon, KH., Kim, BS., Cha, HS. 2009. Washing effect of micro-bubbles and changes in quality of lettuce *(Lactuca sativa L.)* during storage. Korean J. Food Preserv. 16(3): 321-326.
19. Jiang, Y., T. Shina, N. Nakamura, and A. Nakahara. 2001. Electrical conductivity evaluation of postharvest strawberry damage. J. Food Sci. 66: 1392-1395.
20. Kim, J.G., Y. Luo, R.A. Saftner, and K.C. Gross. 2005. Delayed modified atmosphere packaging of fresh-cut

Romaine lettuce: effects on quality maintenance and shelf-life. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130: 116-123.
21. Luo, Y., J.L. McEvoy, M.R. Wachtel, J.G. Kim, and Y. Huang. 2004. Package atmosphere affects postharvest biology and quality of fresh-cut cilantro leaves. HortScience. 39: 567-570.
22. A, Ferrante., L, Incrocci., G, Serra. 2008. Quality changes during storage of fresh-cut or intact swiss chard leafy vegetables. J Food Agric Environ. 6(3): 132-134.
23. B.K., Das, Kim, JG. 2010. Combined effect of heat treatment and washing solutions on the quality and microbial reduction of fresh-cut paprika. Hort. Environ. Biotechnol. 51(4): 257-261.
24. Lee, JS., Lee, HE., Lee, YS., Chun, CH. 2008. Effect of packaging methods on the quality of leaf lettuce. Korean J. Food Preserv. 15(5): 630-634.
25. Kim, SJ., Sun, SH., Kim, GC., Kim, HR., Yoon, KS. 2011. Quality changes of fresh-cut leafy and condiment vegetables during refrigerated storage. J Korean Soc Food Sci Nutr. 40(8): 1141-1149.
26. Yoo, JY., Jang, KI. 2011. Changes in quality of soybean sprouts washed with electrilyzed water during storage. J Korean Soc Food Sci Nutr. 40(4): 586-592.
27. Hou, C.Y., Chen, Y.R., Wu, J.S., Chen, H.L., Hsiao, C.P., Liu, C.T., Lin, C.M. 2022. Antibacterial efficacy and physiochemical effects of ozone microbubble water on tomato. Sustainability. 14(11): 6549.
28. Ikeura, H., Hamasaki, S., Tamaki, M. 2013. Effects of ozone microbubble treatment on removal of residual pesticides and quality of persimmon leaves. Food chemistry. 138(1): 366-371.
29. Lee, JS., Kim, GB., Kim HY., Jeong DH., Chei, DK., Chea YR., Park, MH., Jang MS., Hong, YP. 2021. The effect of packaging and storage temperature on quality changes of 'White Dadagi' cucumber. Korean J. Packag. Sci. Tech. 27(2): 115-121.
30. Lee, JS. 2019. Comparison of packaging methods to prolong the freshness and quality of korean head cabbage *(Brassica rapa)*. Korean J. Packag. Sci. Tech. 25(3): 101-109.
31. Lee, JS. 2023. Quality changes as affected by storage temperature and PP film packaging on 'Sirocco' paprika on hydroponic. Korean J. Packag. Sci. Tech. 29(1): 59-65.
32. Kim, B.S., Chang, M.S., Park, S.Y., Cha, H.W. and Kwon, K.H. 2008. Effect of water temperature and packing type on quality of fresh-cur sesame leaf. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37(2): 231-238.

투고: 2024.12.06 / 심사완료: 2024.12.21 / 게재확정: 2025.01.06