

초음파 및 유기산 처리에 따른 재배유형별 마늘의 저장 중 품질변화

유광연¹ · 황 영^{2,*} · 김경미² · 조용식² · 장현욱²

¹한국식품산업클러스터진흥원 생산지원부, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품지원부

Alterations in qualities of different cultivation types of garlic during storage: Changes assessed by ultrasonic and organic acid treatment

Gwang Yeon You¹, Young Hwang^{2,*}, Kyung Mi Kim², Yong Sik Cho², and Hyun Wook Jang²

¹The Food Industry Promotional Agency of Korea

²Department of Agrofood Resoures, National Institute of Agricultural Sciences

Abstract We investigated the effects of organic acid and ultrasonication treatment in maintaining the quality of garlic during storage. Samples were exposed for 5 min to either ultrasonication at 60°C, 1% citric acid, or 0.5% fumaric acid. Presence of microorganisms and minerals, hardness, and color were compared during storage at 4°C for 28 days. The total aerobic bacterial count remained low. No proliferation of *Escherichia coli* was observed after treatment with fumaric acid or ultrasonication, and mold proliferation was inhibited by ultrasonication. The mineral content of the northern type garlic was higher than that of the southern type. Exposure to fumaric acid did not result in a substantial difference in hardness until 21 days of storage, at which time there was a decrease in the L-value in each cultivation type. Our results indicate that treatment with 0.5% fumaric acid for 5 min was effective in reducing the abundance of microorganisms during storage without affecting the hardness or color in garlic.

Keywords: garlic, microorganism, ultrasonication, organic acid, quality control

서 론

마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과 파속에 속하는 조미 채소 중 하나로 특유의 향미 성분을 함유한 향신료로써 식품의 맛 증진, 보존 능력, 병원성균의 증식 억제 등의 작용을 할 뿐만 아니라 항균성, 항암성, 저혈당 작용 및 혈압저하작용, 동맥경화예방과 같은 다양한 생리활성이 있는 것으로 알려져 기능성 소재로 많이 활용되고 있다(Kwon 등, 1999). 그 생리적 활성은 불활성 전구체인 alliin으로부터 세포가 파괴되면서 alliinase 효소 활성으로 인해 분해된 alliin과 pyruvic acid로 분해되고(Kim과 Oh, 2014), alliin은 diallyl thiosulfinate와 diallyl disulfide로 분해되어 이들이 pyruvic acid와 작용하여 지급 황화합물 및 carbonyl 화합물을 생성하는 것으로 알려져 있다(Hwang 등, 2003). 마늘은 재배 형태에 따라 매운맛이 적고 저장성이 약해 저온저장을 하는 난지형과 해동기부터 움이 성장하기 시작하여 저장성이 난지형 마늘에 비해 좋은 한지형으로 분류된다(Bae 등, 2008).

최근 식품가공기술 발전과 국민 소득수준 향상, 핵가족화, 노인 인구 증가 등의 사회적 환경변화로 인해 식품의 간편성과 편리성, 안전성이 구매 결정요인으로 작용하고 있으며 특히 편리성을 강조한 밀키트(meal kit)와 같은 신선 편의의 제품에 대한 수요

가 증가함에 따라 마늘의 종류도 갠 마늘, 다진 마늘, 편 마늘 등의 다양한 단순 가공과정을 거친 제품으로 판매되고 있다(Kim 등, 2017). 그러나 단순 가공을 거친 마늘은 유통 중 갈변이나 이취 발생 확률이 높고, 구매 후 저장 기간의 단축을 초래하여 품질 저하와 미생물에 대한 교차오염이 증가하는 등 제품의 안전성과 품질에 다양한 영향을 미친다(Park 등, 2012).

신선 편의 제품의 미생물학적 안전성, 표면 오염 등 품질 저하를 예방할 수 있는 대안으로 초음파와 같은 물리적 처리와 차아염소산수, 전해수, 이산화염소수, 유기산 등의 화학적 처리가 세척 방법으로 이용되고 있다(Kang 등, 2016; Zhou 등, 2009). Zhou 등(2009)에 따르면 20-100 kHz 주파수 범위의 초음파는 오랫동안 산업용 표면 세척 도구로 사용해 왔으며, 초음파 세척 시 시금치 표면에서 *E. coli* O157:H7 세포 제거율이 크게 향상되었다고 보고하였고, Kim과 Oh(2014)는 초음파 단독 처리 시 400 W/L, 40°C, 3분 조건에서 2.87 log CFU/g의 살균 효과를 나타내는 것으로 확인되었다. 또한, 유기산은 다양한 과일과 발효식품에서 자연적으로 발견되기도 하지만 살균 활성에 따른 안전성이 있는 것으로 보고되고 있고(Dickson, 1992), 식품 유통 미생물에 대한 안전성 향상 연구가 수행되기도 하였다(Liao 등, 2008). Kondo 등(2006)은 50 mM의 fumaric acid로 10분 동안 처리하면 상추에 부착된 *E. coli* O157:H7 및 *Salmonella typhimurium* 개체군이 2 log CFU/g 감소했다고 보고하고 있으며, 제품의 산화 방지나 변색 방지를 위하여 citric acid 용액에 침지하면 효과가 있다고 하였다(Hwang과 Rhim, 1994). 또한, Ning 등(2013)은 마늘은 저온에서 저장 후 상온유통 시 팽아 성장이 촉진되고 품질이 저하되지만, 저온저장 직후 40°C 2일 동안 건조했을 때 품질 유지에 적합하다고 하였으며, Choi 등(2002)은 O₂ 3%, CO₂ 8% 조성 CA (controlled

*Corresponding author: Young Hwang, National Academy of Agricultural Sciences, Wanju, Jeonbuk 55365, Korea
Tel: +82-63-238-3632
Fax: +82-63-238-3843
E-mail: youngh@korea.kr
Received December 2, 2021; revised January 28, 2022;
accepted February 3, 2022

atmosphere) 저장과 PP 필름 포장을 이용한 MA (modified atmosphere) 저장 시 부패율이 낮다고 보고하였다. 그러나 건조 방법 및 저장 방법을 이용한 마늘의 품질향상 외에 물리적 및 화학적인 방법을 활용한 연구는 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 한국인의 식생활에 필수 조미 소재로 활용되며 항균, 항암, 항산화 등 다양한 기능성을 보유한 마늘의 품질 저하 방지를 위해 초음파와 유기산을 이용한 물리적, 화학적 처리 세척 방법을 적용하여 이화학적, 영양학적, 미생물학적 품질 특성을 분석하고 미생물 저감과 품질 유지에 효과적인 세척 방법을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용한 마늘은 충남 서산 농가에서 2020년 6월에 재배한 한지형(서산종), 난지형(남도 마늘) 마늘로서 신선하고 외관에 상처가 없으며 크기와 모양이 균일하게 선별된 마늘을 구매하여 마늘대 3 cm를 남겨두고 제거하였으며 상온의 철제 선반에 보관하면서 실험에 사용하였다.

전처리 조건 설정 및 저장 방법

재배유형별 마늘의 품질 평가를 위해 마늘은 모두 박피하여 사용하였으며, 초음파 처리는 Ultrasonic cleaner (WUC-D10H, Daihan Scientific Co., Ltd, Wonju, Korea)를 사용하였고 Kim과 Oh(2014)의 방법을 일부 변형하였다. 유기산 처리는 citric acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)와 fumaric acid (Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였고, 유기산 조건은 Kang 등(2016)의 방법을 일부 변형하였다. 전처리 방법으로 초음파 처리는 50°C와 60°C에서 각각 1, 3, 5분간 처리하였고, 유기산 처리는 농도를 0.5, 1%로 적용하여 각각 1, 3, 5분 동안 침지하였다. 또한, 초음파 및 유기산 처리 후 저장 기간 설정은 Park 등(2012)의 방법을 참고하여 28일 동안 4°C에서 저장하며 실험을 진행하였다.

미생물 분석

마늘의 미생물 정량 분석은 식품공전 일반시험법(Ministry of Food and Drug Safety, 2021a)을 바탕으로 수행하였다. 시료 10 g을 정량한 후 멸균 희석액(3M, Seoul, Korea) 90 mL과 함께 멸균 stomacher bag에 넣어 10배 희석한 후 stomacher (BagMixer 400, Interscience, Bretèche, France)를 이용하여 5분간 균질화하였다. 총균수의 측정을 위해 각각 희석된 시료 1 mL을 petrifilm aerobic count plate (AC, 3M, Co., St. Paul, MN, USA)위에 분주하여 35°C에서 48시간 배양하였으며, 배양 후 petrifilm위에 형성된 균체(colony)를 계수하여 log colony-forming unit (CFU)/g으로 나타내었다. 또한, 대장균의 정량 분석은 petrifilm *E. coli*/coliform count plate (EC, 3M Co.)에 준비한 시료 1 mL을 분주하여 35°C에서 48시간 배양하였다. 배양 후 기포를 가진 파란색 균체를 대장균 양성으로 계수하였다. 곰팡이의 정량적 분석을 위해서는 petrifilm yeast/molds count plate (YM, 3M Co.)에 준비한 시료 1 mL을 분주하여 25°C에서 5일 배양하였다. 배양 후 외곽이 크고 불명확한 균체를 곰팡이 양성으로 간주하여 계수하였다.

무기질 분석

마늘의 무기질 분석은 마그네슘, 칼슘, 철, 아연, 나트륨, 칼륨, 인 총 7종에 대해 진행하였으며 무기질 함량은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety, 2021b)에 따라 시료에 질산과 과산화수소를 첨가하여 마이크로웨이브 분해장치(Microwave ECO, Anton

Paar, Les Ulis, France)로 시료를 분해한 후 냉각한 다음 50 mL 플라스크로 옮겨 정용하였고, ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, JY 138 Ultracore, Jobin Yvon, Longjumeau Cedex, France)로 분석하여 함량을 구하였다.

물리학적 품질변화 분석

물리학적 품질변화분석은 Park 등(2012)의 방법에 따라 측정하였다. 마늘의 경도 측정은 유사한 크기의 선별 후 1 cm×1 cm×0.5 cm (가로×세로×높이) 크기로 모양을 잡고 texture analyzer (TA-XT PLUS, Stable micro systems, Surrey, England)를 이용하여 측정하였으며, 측정조건은 pre-test-speed 1.0 mm/sec, test-speed 1.0 mm/sec, post-test-speed 1.0 mm/sec, distance 1.0 mm, time 3 sec, trigger force 5 g으로 설정하였고, 대조구와 처리구는 10회 반복 측정하였다. 색도는 색차계(Color i7, X.rite Inc., Grand Rapids, MI, USA)를 이용하여 3회 반복 측정하였고, L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)으로 나타내었으며 이때 사용한 표준 백색판의 L값은 94.60, a값은 -0.10, b값은 2.58이었다.

통계처리

통계분석은 SPSS 26.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 사용하여 수행하였으며, 각 시료에 대한 유의차 검정은 일원 배치 분산분석(ANOVA)을 실시한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

물리적, 화학적 전처리 조건 설정

마늘의 물리적, 화학적 전처리 조건 설정을 위해 처리 온도, 함량, 시간을 다르게 하여 미생물, 색, 경도 값을 Table 1과 Fig. 1에 표기하였다. 유기산(citric acid, fumaric acid)의 함량은 0.5%, 1%로 구분하였으며, 초음파 처리의 온도는 50, 60°C로 하였고, 모든 처리시간은 1, 3, 5분으로 구분하여 실험하였다. 미생물 실험결과 총균수는 citric acid 1%, 5분, fumaric acid는 0.5%, 5분, 초음파는 60°C, 5분 처리가 가장 효과적이었으며, 대장균과 곰팡이는 모든 처리구에서 증식하지 않았다. 색 측정의 경우 citric acid와 fumaric acid의 a값이 일부 대조구보다 낮아지는 경향을 보였는데 육안으로 판별 시 큰 차이를 보이지 않았으며, 초음파 처리 시 대부분 색의 큰 변화가 없었다. 경도 측정 시 citric acid의 경우 대조구와 0.5% 1분 처리는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 나머지 처리구는 대조구에 비해서 높은 경도값을 보였다. fumaric acid 처리구에서는 유기산 용액의 농도나 처리시간과 관계없이 모든 처리구에서 대조구와 차이를 보이지 않아 유기산 처리에 따른 경도변화가 없음을 알 수 있었다. 초음파 처리에서는 60°C, 5분 처리구만 대조구와 경도 차이가 없었고, 나머지 처리구에서는 모두 대조구보다 유의적으로 높은 경도 값을 나타냈다. 온도별로는 50°C가 60°C보다 높은 경도를 나타냈고, 60°C 조건에서는 처리시간이 길어질수록 경도가 낮아지는 경향을 보였다. Liurong 등(2018)의 연구에 따르면 초음파 처리한 마늘대는 처리하지 않은 마늘대보다 불용성 식이섬유의 미세구조를 파괴하고 벌집 모양의 네트워크 구조와 친수성 그룹을 증가시켜 우수한 물리화학적 특성을 보여주었다고 하였다. 본 실험의 초음파 처리구도 선행연구와 같은 현상으로 인해 경도가 증가하였던 것으로 판단된다. 이에 따라 저장실험을 통해 비교할 전처리 조건은 미생물, 색, 경도의 결과를 고려해 citric acid 1%, 5분, fumaric acid 0.5%, 5분, 초음파 60°C, 5분 조건으로 선택하였다.

Table 1. Ultrasonic and organic acid treatment condition setting experiment

Treatment ¹⁾	log CFU/g			Color value		
	Aerobic bacteria plate counts	<i>E. coli</i>	Mold	L	a	b
Control	6.97±0.00 ^{a3)}	N. D. ²⁾	N. D.	63.74±1.60 ^b	-0.57±0.03 ^a	10.46±0.28 ^d
CA051	2.82±0.04 ^b	N. D.	N. D.	67.75±1.55 ^{ab}	-1.05±0.11 ^c	14.16±0.99 ^{bc}
CA053	2.50±0.02 ^d	N. D.	N. D.	68.55±1.22 ^a	-1.08±0.16 ^c	13.29±0.35 ^c
CA055	1.74±0.02 ^f	N. D.	N. D.	65.71±0.54 ^{ab}	-0.59±0.15 ^a	15.63±0.78 ^a
CA11	2.70±0.03 ^c	N. D.	N. D.	68.90±3.70 ^a	-0.74±0.09 ^{ab}	15.14±0.64 ^{ab}
CA13	2.38±0.01 ^e	N. D.	N. D.	66.83±3.54 ^{ab}	-0.92±0.09 ^{bc}	14.24±1.10 ^{bc}
CA15	1.38±0.03 ^g	N. D.	N. D.	66.76±1.31 ^{ab}	-0.93±0.10 ^{bc}	14.19±0.20 ^{bc}
control	6.97±0.00 ^a	N. D.	N. D.	63.74±1.60 ^b	-0.57±0.03 ^a	10.46±0.28 ^d
FA051	2.90±0.03 ^b	N. D.	N. D.	66.56±1.51 ^{bc}	-0.76±0.11 ^b	14.75±0.73 ^a
FA053	1.03±0.05 ^f	N. D.	N. D.	66.34±1.58 ^{bc}	-1.14±0.26 ^a	13.44±1.62 ^a
FA055	1.02±0.11 ^f	N. D.	N. D.	67.64±0.79 ^{ab}	-0.92±0.14 ^{ab}	14.65±1.00 ^a
FA11	1.99±0.02 ^c	N. D.	N. D.	66.50±2.88 ^{bc}	-0.92±0.13 ^{ab}	14.43±0.73 ^a
FA13	1.47±0.02 ^d	N. D.	N. D.	70.03±0.28 ^a	-0.89±0.45 ^{ab}	15.44±1.27 ^a
FA15	1.15±0.70 ^e	N. D.	N. D.	68.53±1.81 ^{ab}	-1.05±0.20 ^b	14.59±1.70 ^a
control	6.97±0.00 ^a	N. D.	N. D.	63.74±1.60 ^b	-0.57±0.03 ^a	10.46±0.28 ^d
US501	3.48±0.05 ^b	N. D.	N. D.	68.03±1.84 ^{ab}	-1.17±0.12 ^b	12.05±1.12 ^{bc}
US503	3.46±0.03 ^b	N. D.	N. D.	66.46±2.89 ^{ab}	-0.91±0.20 ^{ab}	14.70±1.40 ^a
US505	3.36±0.02 ^c	N. D.	N. D.	67.42±0.61 ^{ab}	-1.11±0.40 ^b	13.63±0.94 ^{ab}
US601	2.81±0.03 ^d	N. D.	N. D.	66.20±3.61 ^{ab}	-0.88±0.21 ^{ab}	13.46±1.71 ^{ab}
US603	2.04±0.01 ^e	N. D.	N. D.	69.20±1.36 ^a	-1.23±0.13 ^a	13.98±0.94 ^{ab}
US605	1.79±0.00 ^f	N. D.	N. D.	63.41±3.45 ^b	-1.00±0.35 ^{ab}	14.83±1.23 ^a

¹⁾Control: no treatment; CA051: citric acid 0.5%, 1 min; CA053: citric acid 0.5%, 3 min; CA055: citric acid 0.5%, 5 min; CA11: citric acid 1%, 1 min; CA13: citric acid 1%, 3 min; CA15: citric acid 1%, 5 min; FA051: fumaric acid 0.5%, 1 min; FA053: fumaric acid 0.5%, 3 min; FA055: fumaric acid 0.5%, 5 min; FA11: fumaric acid 1%, 1 min; FA13: fumaric acid 1%, 3 min; FA15: fumaric acid 1%, 5 min; US501, ultrasonic 50°C, 1 min; US503: ultrasonic 50°C, 3 min; US505: ultrasonic 50°C, 5 min; US601: ultrasonic 60°C, 1 min; US603: ultrasonic 60°C, 3 min; US605: ultrasonic 60°C, 5 min

²⁾N.D.: Not detected

^{3)a-g}Different superscripts indicate there are significant difference between values in a same row according to duncan's multiple range test at $p<0.05$.

마늘의 총균수, 대장균 및 곰팡이 변화

저장 기간 28일 동안 재배유형별 마늘의 총균수 분석 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 한지형 마늘의 경우 대조구와 citric acid 처리구만 저장 기간이 증가할수록 총균수도 증가하였으며 그 수준은 4.56±0.03, 1.10±0.02 log CFU/g이었다. fumaric acid와 초음파 처리구는 저장 기간이 증가하여도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 난지형 마늘의 경우 한지형 마늘과 마찬가지로 대조구와 citric acid 처리구에서만 유의적인 차이를 보였으며 그 수준은 4.13±0.04, 1.71±0.09 log CFU/g이었다. 각 재배유형별 fumaric acid와 초음파 처리 시 저장 기간이 증가하여도 차이를 보이지 않았으며, 특히 저장 직후 한지형 마늘의 fumaric acid 처리구에서만 총균수가 검출되지 않았다. 대장균 측정에서 한지형의 경우 대조구와 citric acid 처리구에서만 대장균이 검출되었는데 그 수준은 4.28±0.06, 0.79±0.14 log CFU/g이었고 난지형의 경우는 대조구에서만 대장균이 검출되었는데 3.86±0.36 log CFU/g 수준이었다(Fig. 3). 또한, 한지형과 난지형 모두 대장균이 검출되기 시작한 저장 7일부턴 미생물 수준으로 식품공전의 신선편의식품의 법적인 기준(Ministry of Food and Drug Safety, 2021b)을 초과하였지만 fumaric acid와 초음파 처리구에서는 검출되지 않아

마늘에 fumaric acid와 초음파 처리가 대장균 저감에 효과적인 것으로 판단하였다. 곰팡이(Fig. 4)의 경우 저장 7일부터 검출되기 시작하였다. 한지형 마늘의 경우 대조구는 1.07±0.12 log CFU/g 수준부터 점차 증가하기 시작하였고 citric acid 처리구는 0.12±0.16 log CFU/g 수준부터 증가하였고, fumaric acid 처리구는 14일부터 검출되었다. 난지형 마늘의 경우 대조구는 7일째부터 검출되어 14일까지 차이를 보이지 않다가 21일부터 0.56±0.17, 0.88±0.20 log CFU/g 수준으로 점차 증가하기 시작하였고 citric acid 처리구도 21일부터 0.06±0.13, 0.31±0.20 log CFU/g 수준으로 증가하였다. 또한, 재배유형별 초음파 처리구와 난지형 fumaric acid 처리구는 검출되지 않았다.

무기질 변화

물리적, 화학적 처리 후 재배유형별 마늘의 무기질 함량 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 재배유형별 마늘의 무기질 함량은 한지형이 난지형보다 더 많이 함유된 것으로 확인되었으며 이 결과는 Ministry of Food and Drug Safety (2020)와 같은 결과를 나타내었다. 또한, Fe와 Zn은 검출되지 않았으며 성분이 많은 함유량은 K, P, Mg, Ca, Na 순이었다. 전처리 후 무기질 성분 변

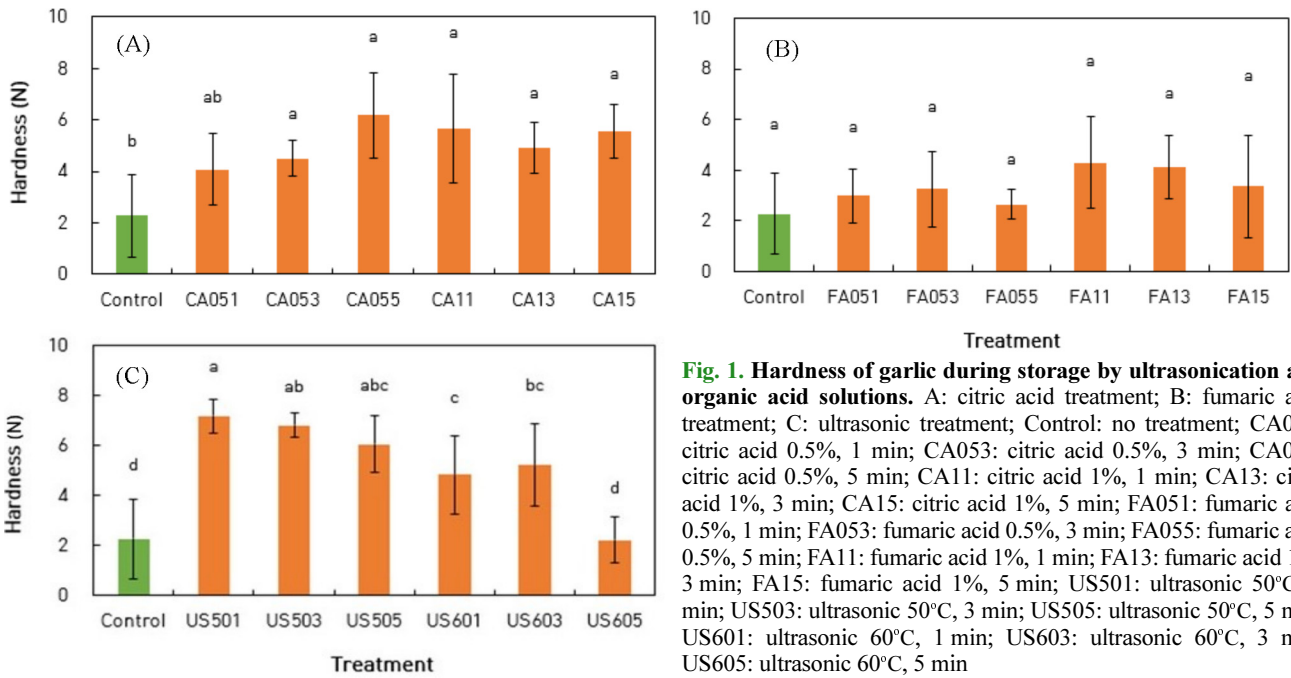


Fig. 1. Hardness of garlic during storage by ultrasonication and organic acid solutions. A: citric acid treatment; B: fumaric acid treatment; C: ultrasonic treatment; Control: no treatment; CA051: citric acid 0.5%, 1 min; CA053: citric acid 0.5%, 3 min; CA055: citric acid 0.5%, 5 min; CA11: citric acid 1%, 1 min; CA13: citric acid 1%, 3 min; CA15: citric acid 1%, 5 min; FA051: fumaric acid 0.5%, 1 min; FA053: fumaric acid 0.5%, 3 min; FA055: fumaric acid 0.5%, 5 min; FA11: fumaric acid 1%, 1 min; FA13: fumaric acid 1%, 3 min; FA15: fumaric acid 1%, 5 min; US501: ultrasonic 50°C, 1 min; US503: ultrasonic 50°C, 3 min; US505: ultrasonic 50°C, 5 min; US601: ultrasonic 60°C, 1 min; US603: ultrasonic 60°C, 3 min; US605: ultrasonic 60°C, 5 min

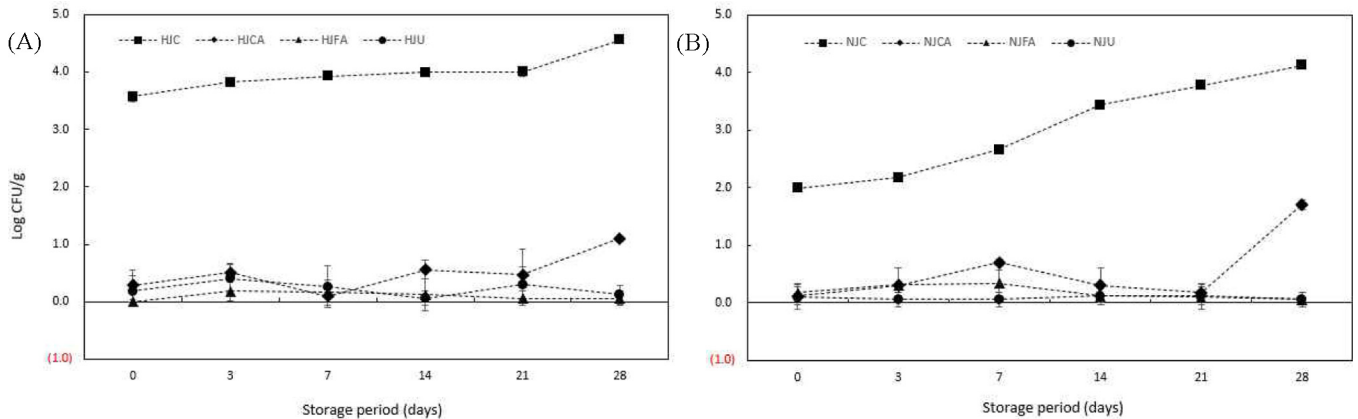


Fig. 2. Changes in total aerobic bacteria of garlic during storage by ultrasonication and organic acid solutions. A: total aerobic bacteria of HANJI type garlic during storage; B: total aerobic bacteria of HANJI type garlic during storage; HJC: HANJI type, no treatment; HJCA: HANJI type, citric acid 1%, 5 min; HJFA: HANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; HJU: HANJI type, ultrasonication 60°C, 5 min; NJC: NANJI type, no treatment; NJCA: NANJI type, citric acid 1%, 5 min; NJFA: NANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; NJU: NANJI type, ultrasonication 60°C, 5 min

화를 보면 초음파 처리가 화학적 처리보다 P 함량이 유의적으로 높았으며 K는 유의적인 차이는 있으나 한지형은 화학적 처리가 높았고, 난지형은 초음파 처리가 높은 것으로 나타났다. 나머지 무기질 성분 중 Mg, Ca의 처리구는 유의적인 차이가 없었다. 무기질 함량의 차이를 보이는 것은 처리 방법보다는 재배유형의 영향을 더 받는 것으로 나타났는데 Lee 등(2016)의 연구에서와 같이 난지형보다는 한지형이 비교적 많은 무기질이 검출되었다. Lee 등(2016)에 따르면 Fe, Mn, Zn과 Mg를 제외한 모든 무기질 함량은 처리 방법보다는 품종의 영향을 더 받는 것으로 나타났는데, 총무기질 함량은 한지형이 941.65 mg/100 g, 난지형이 514.82 mg/100 g으로 한지형 마늘이 난지형 마늘보다 54.7% 높은 무기질 함량을 나타내어 품종에 따라 큰 함량 차이를 나타낸다고 하였다. 또한, Chang과 Lee(1999)는 마늘의 수확 시기와 재배하는 지역에 따라 무기성분의 차이가 있다고 하였으며, Lee 등(2008)

은 마늘의 품질 특성 및 토양 특성 간에 상관성이 있다고 보고한 것으로 보아, 본 연구 결과에서도 재배유형에 따라 무기질 성분에 차이가 나는 것으로 판단된다.

저장 기간에 따른 마늘의 경도변화

물리적, 화학적 처리 후 재배유형별 마늘의 저장 기간에 따른 경도는 Fig. 6에 나타내었다. 전반적으로 저장 기간이 증가할수록 경도가 감소하는 경향을 보였는데 대조구에서는 특히 저장 후 21일의 경우 저장 직후와 비교했을 때 유의적으로 차이를 보였고, 한지형에서는 citric acid 처리가 대조구보다 경도 감소가 컸고, 초음파 처리는 대조구와 유사하게 감소하였다. 난지형 마늘에서는 citric acid 처리가 경도변화를 감소시키지 못하였고, 초음파 처리는 대조구보다 오히려 경도 감소가 컸다. 또한, 한지형 마늘은 초기에 1.00 N, 저장 28일은 0.77 N이었고, 난지형 마늘은

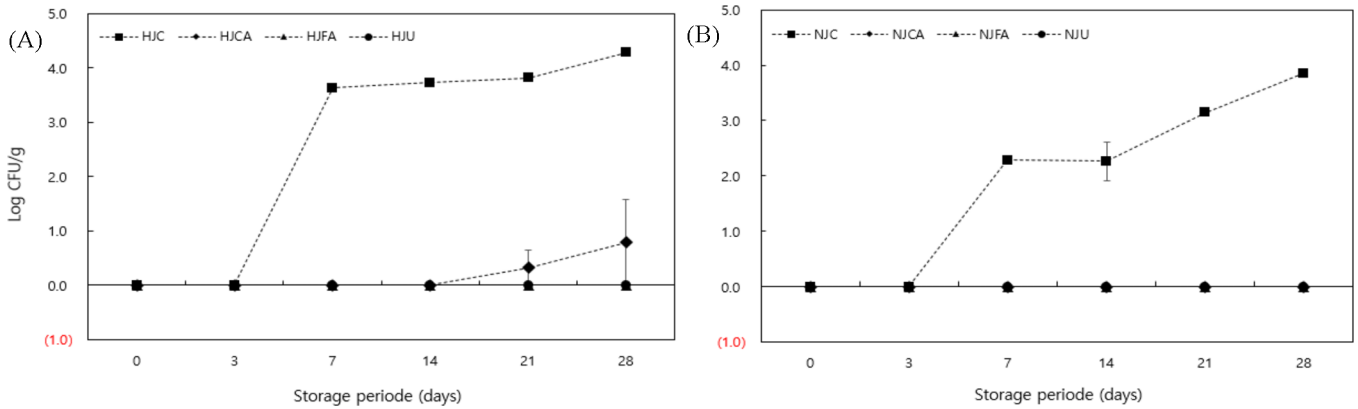


Fig. 3. Changes in *E. coli* of garlic during storage by ultrasonication and organic acid solutions. A: *E. coli* of HANJI type garlic during storage; B: *E. coli* of HANJI type garlic during storage; HJC: HANJI type, no treatment; HJCA: HANJI type, citric acid 1%, 5 min; HJFA: HANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; HJU: HANJI type, ultrasonication 60°C, 5 min; NJC: NANJI type, no treatment; NJCA: NANJI type, citric acid 1%, 5 min; NJFA: NANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; NJU: NANJI type, ultrasonication 60°C, 5 min

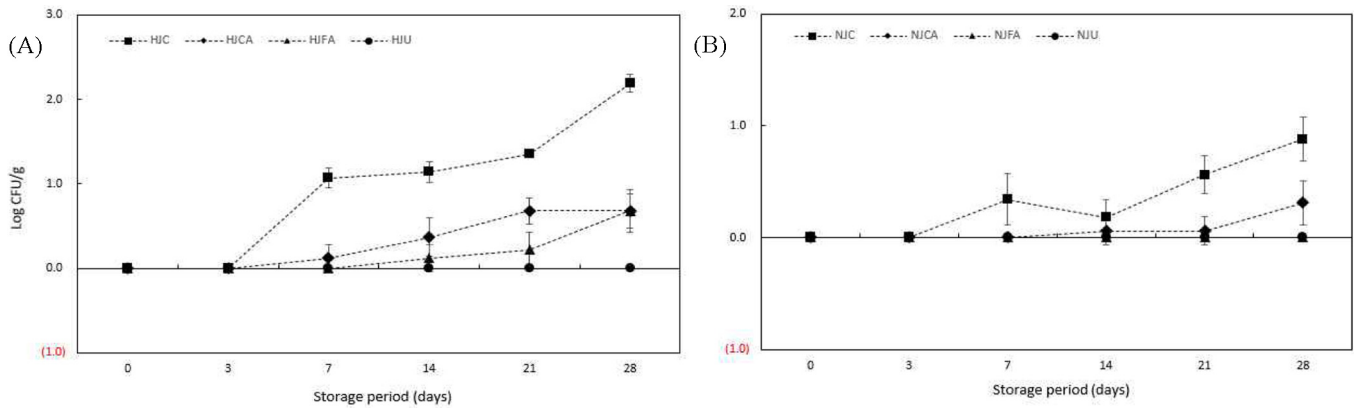


Fig. 4. Changes in mold of garlic during storage by ultrasonication and organic acid solutions. A: mold of HANJI type garlic during storage; B: mold of HANJI type garlic during storage; HJC: HANJI type, no treatment; HJCA: HANJI type, citric acid 1%, 5 min; HJFA: HANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; HJU: HANJI type, ultrasonication 60°C, 5 min; NJC: NANJI type, no treatment; NJCA: NANJI type, citric acid 1%, 5 min; NJFA: NANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; NJU: NANJI type, ultrasonication 60°C, 5 min

Table 2. Mineral contents of garlic during storage by ultrasonication and organic acid solutions

Treatment ¹⁾	Mg (mg/100 g)	Ca (mg/100 g)	Fe (mg/100 g)	Zn (mg/100 g)	Na (mg/100 g)	K (mg/100 g)	P (mg/100 g)
HJC	25.12±1.02 ^{a-c3)}	17.40±0.97 ^a	N.D. ²⁾	N.D.	3.99±0.96 ^a	692.63±0.91 ^d	159.91±0.92 ^c
HJCA	25.28±0.98 ^{ab}	16.39±0.95 ^a	N.D.	N.D.	1.88±1.00 ^{bc}	736.33±0.98 ^a	165.89±0.92 ^b
HJFA	24.00±0.91 ^{b-d}	16.51±0.91 ^a	N.D.	N.D.	3.53±0.99 ^{ab}	707.75±0.94 ^b	159.87±0.94 ^c
HJU	26.12±0.91 ^a	16.92±0.90 ^a	N.D.	N.D.	2.84±0.97 ^{abc}	694.81±0.95 ^c	171.19±0.96 ^a
NJC	23.34±0.92 ^{cd}	14.00±0.96 ^b	N.D.	N.D.	2.75±0.93 ^{abc}	655.51±0.90 ^e	126.34±0.90 ^e
NJCA	22.94±0.96 ^d	11.79±0.96 ^c	N.D.	N.D.	1.69±0.92 ^{bc}	572.77±0.96 ^g	127.48±0.93 ^c
NJFA	24.53±0.97 ^{a-d}	12.54±0.95 ^{bc}	N.D.	N.D.	1.59±0.99 ^c	568.67±0.95 ^h	132.45±0.94 ^d
NJU	24.19±0.94 ^{b-d}	14.03±0.98 ^b	N.D.	N.D.	2.55±0.95 ^{abc}	649.24±0.98 ^f	133.44±0.99 ^d
F-value	3.662**	15.193**** ⁴⁾	-	-	2.420	12644.575***	1202.281***

¹⁾HJC: HANJI type, no treatment; HJCA: HANJI type, citric acid 1%, 5 min; HJFA: HANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; HJU: HANJI type, ultrasonication 60°C, 5 min; NJC: NANJI type, no treatment; NJCA: NANJI type, citric acid 1%, 5 min; NJFA: NANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; NJU: NANJI type, ultrasonication 60°C, 5 min.

²⁾N.D.: Not detected

³⁾a-h Values is different superscripts in a column are significantly different ($p < 0.05$).

⁴⁾Correlation is significant at *** $p < 0.001$.

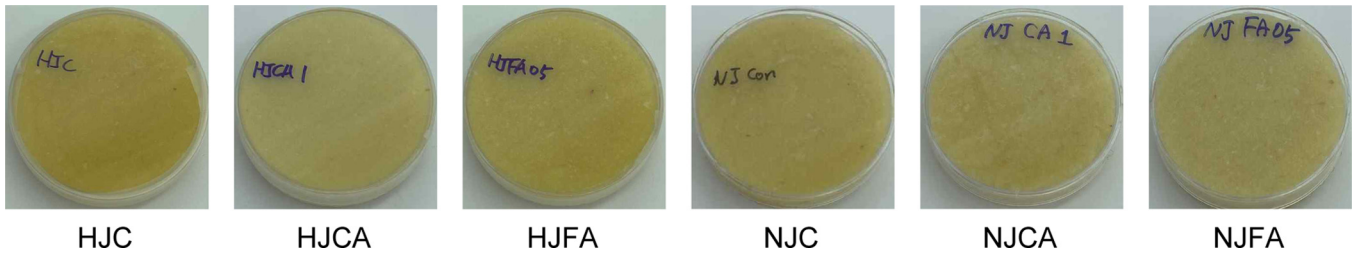


Fig. 5. Storage period 0 day garlic according to organic acid treatment.

Table 3. Color L value of garlic during storage by ultrasonication and organic acid solutions

Treatment ¹⁾	Storage period (days)						F-value
	0	3	7	14	21	28	
HJC	69.56±1.04 ^{c2)A3)}	68.49±1.94 ^{cAB}	72.28±0.58 ^{bAB}	76.91±2.70 ^{aA}	67.75±1.67 ^{cA}	68.92±1.33 ^{cAB}	20.843***
HJCA	68.95±0.38 ^{cA}	68.87±1.64 ^{cA}	71.60±1.14 ^{bB}	74.33±0.73 ^{aBC}	67.85±1.64 ^{cA}	71.50±1.76 ^{bA}	16.635***
HJFA	70.37±1.10 ^{bcA}	67.76±3.58 ^{cdAB}	71.81±1.35 ^{bAB}	76.56±0.74 ^{aAB}	67.18±2.15 ^{dA}	70.02±1.48 ^{bcA}	14.766***
HJU	68.66±1.50 ^{bA}	68.59±2.43 ^{bA}	69.92±1.76 ^{bc}	74.35±0.81 ^{aBC}	62.51±3.64 ^{bB}	60.25±7.58 ^{cC}	9.637***
NJC	65.80±1.41 ^{cB}	65.71±0.81 ^{cAB}	69.18±1.64 ^{bc}	74.02±2.30 ^{aBD}	66.47±2.49 ^{cAB}	69.68±1.62 ^{bA}	15.873***
NJCA	65.93±0.67 ^{cdB}	65.61±0.79 ^{dAB}	69.44±1.49 ^{bc}	73.25±1.66 ^{aCD}	63.08±0.61 ^{eB}	67.69±2.54 ^{bcAB}	29.073***
NJFA	65.33±1.66 ^{cB}	65.92±0.81 ^{cAB}	69.63±0.98 ^{bc}	73.29±1.95 ^{aCD}	62.86±1.29 ^{cB}	69.16±1.58 ^{bcAB}	33.795***
NJU	65.43±2.73 ^{bB}	65.01±4.46 ^{bb}	73.53±0.81 ^{aA}	71.65±2.45 ^d	48.01±6.14 ^{cC}	64.50±5.07 ^{bcB}	24.969***
F-value	10.007*** ⁴⁾	2.133	7.766***	4.494***	24.765***	5.225***	

¹⁾HJC: HANJI type, no treatment; HJCA: HANJI type, citric acid 1%, 5 min; HJFA: HANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; HJU: HANJI type, ultrasonic 60°C, 5 min; NJC: NANJI type, no treatment; NJCA: NANJI type, citric acid 1%, 5 min; NJFA: NANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; NJU: NANJI type, ultrasonic 60°C, 5 min.
^{2)a-d}Values is different superscripts in a row are significantly different ($p<0.05$).
^{3)A-D}Values is different superscripts in a column are significantly different ($p<0.05$).
⁴⁾Correlation is significant at *** $p<0.001$.

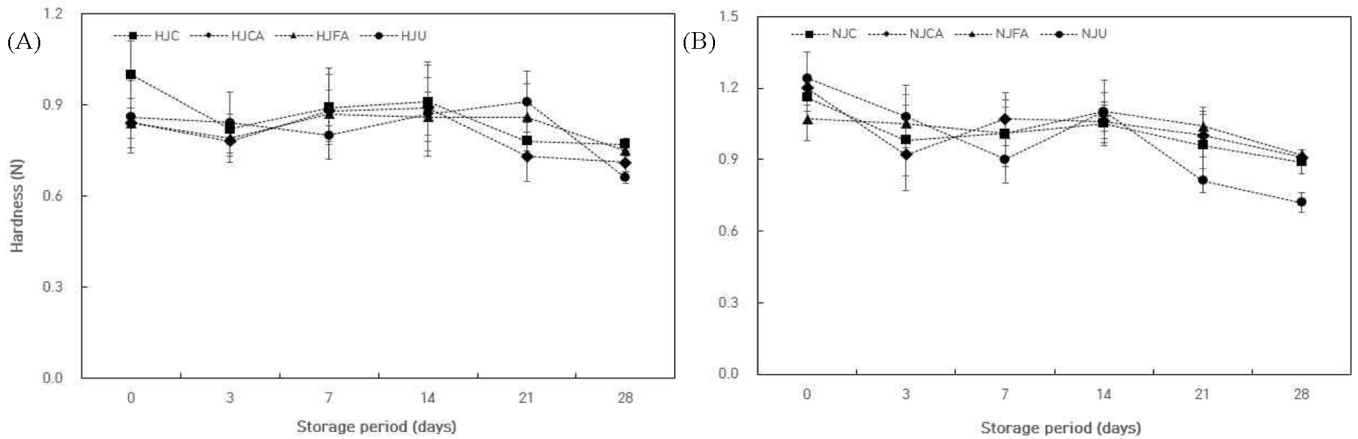


Fig. 6. Hardness of garlic during storage by ultrasonication and organic acid solutions. A: hardness of HANJI type garlic during storage; B: hardness of HANJI type garlic during storage; HJC: HANJI type, no treatment; HJCA: HANJI type, citric acid 1%, 5 min; HJFA: HANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; HJU: HANJI type, ultrasonic 60°C, 5 min; NJC: NANJI type, no treatment; NJCA: NANJI type, citric acid 1%, 5 min; NJFA: NANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; NJU: NANJI type, ultrasonic 60°C, 5 min

초기에 1.16 N, 저장 28일은 0.89 N로 한지형 마늘에 비해 난지형 마늘의 경도가 높게 유지되었다. 그러나 재배유형별 모두 fumaric acid 처리구는 최소 저장 21일까지 대조구와 유의적인 차이가 없어 경도에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. Park 등(2012)에 따르면 마늘은 단단하고 맵고 클수록 품질이 좋은 것으로 평가하지만 저장 기간이 초과하면서 수분감소, 조직변화 등

경도는 마늘의 품질을 판단할 수 있는 중요한 지표라고 하였으며 마늘의 조직감, 외관, 색은 마늘을 이용하는데 있어서 가장 많은 척도로 사용된다고 하였다(Park 등, 2015). 실험 결과 마늘의 화학적인 전처리 방법 중 fumaric acid 처리는 저장 중 마늘의 경도를 유지할 수 있는 전처리 방법임을 알 수 있었다.

Table 4. Color a value of garlic during storage by ultrasonication and organic acid solutions

Treatment ¹⁾	Storage period (days)						F-value
	0	3	7	14	21	28	
HJC	-1.84±0.42 ^{a2)A3)}	-1.81±0.72 ^{aB}	-1.86±0.14 ^{aAB}	-2.31±0.25 ^{aB}	-2.09±0.41 ^{aD}	-2.29±0.31 ^{aB}	1.511
HJCA	-1.98±0.30 ^{aA}	-1.71±0.15 ^{aAB}	-1.97±0.20 ^{aAB}	-2.58±0.19 ^{cB}	-1.89±0.10 ^{aCD}	-2.33±0.11 ^{bB}	14.443***
HJFA	-1.72±0.45 ^{aA}	-1.70±0.68 ^{aAB}	-2.33±0.46 ^{bAB}	-2.49±0.25 ^{bB}	-1.91±0.29 ^{abCD}	-2.03±0.29 ^{abB}	2.813*
HJU	-1.98±0.70 ^{bA}	-1.86±0.21 ^{bB}	-2.13±0.28 ^{bAB}	-2.32±0.28 ^{bB}	-0.72±0.71 ^{aA}	-0.61±1.69 ^{aA}	4.117**
NJC	-1.94±0.20 ^{bcA}	-1.59±0.33 ^{abAB}	-2.25±0.33 ^{cdAB}	-2.51±0.30 ^{dB}	-1.45±0.45 ^{aBC}	-2.14±0.10 ^{cdB}	8.725***
NJCA	-1.96±0.12 ^{bcA}	-0.92±0.51 ^{aA}	-1.78±0.51 ^{bA}	-2.36±0.24 ^{cB}	-2.04±0.44 ^{bdD}	-2.24±0.36 ^{bcB}	8.629***
NJFA	-2.21±0.31 ^{a-cA}	-1.67±0.70 ^{aAB}	-1.95±0.31 ^{abAB}	-2.51±0.23 ^{bcB}	-2.65±0.41 ^{cE}	-2.07±0.32 ^{a-cB}	3.835**
NJU	-2.11±0.23 ^{bA}	-1.42±0.86 ^{aAB}	-2.18±0.16 ^{bAB}	-1.60±0.06 ^{abA}	-0.99±0.12 ^{aAB}	-1.09±0.67 ^{aA}	5.793***
F-value	0.776	1.365	1.803	8.967*** ⁴⁾	11.725***	4.349**	

¹⁾HJC: HANJI type, no treatment; HJCA: HANJI type, citric acid 1%, 5 min; HJFA: HANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; HJU: HANJI type, ultrasonic 60°C, 5 min; NJC: NANJI type, no treatment; NJCA: NANJI type, citric acid 1%, 5 min; NJFA: NANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; NJU: NANJI type, ultrasonic 60°C, 5 min.

^{2)a-d} Values is different superscripts in a row are significantly different ($p<0.05$).

^{3)A-E} Values is different superscripts in a column are significantly different ($p<0.05$).

⁴⁾Correlation is significant at *** $p<0.001$.

Table 5. Color b value of garlic during storage by ultrasonication and organic acid solutions

Treatment ¹⁾	Storage period (days)						F-value
	0	3	7	14	21	28	
HJC	13.61±1.73 ^{bc2)BC3)}	15.94±1.11 ^{aB}	15.06±0.32 ^{a-cAB}	15.36±0.95 ^{abB}	13.11±2.45 ^{cD}	14.46±0.48 ^{abBC}	3.018*
HJCA	13.58±1.08 ^{bcB}	15.89±1.15 ^{aAB}	14.58±1.07 ^{abB}	15.52±1.02 ^{aB}	13.48±1.70 ^{bb-D}	14.41±1.02 ^{abBC}	3.366*
HJFA	13.36±0.73 ^{bc}	15.44±1.18 ^{aAB}	15.44±1.74 ^{aAB}	16.24±0.56 ^{aAB}	14.80±1.13 ^{baA-C}	14.96±1.15 ^{aA-C}	3.539*
HJU	13.61±2.22 ^{bcBC}	15.01±1.02 ^{a-cB}	16.31±1.45 ^{aA}	15.24±1.51 ^{abB}	12.73±0.54 ^{cD}	14.64±2.74B ^{a-cC}	2.643*
NJC	16.32±0.92 ^{abA}	16.62±0.56 ^{abA}	15.76±0.99 ^{abAB}	17.21±0.53 ^{aA}	15.41±1.35 ^{baB}	17.13±0.55 ^{aA}	3.446*
NJCA	15.97±0.78 ^{abA}	15.98±0.06 ^{abAB}	15.86±0.59 ^{abAB}	17.51±2.32 ^{aA}	14.90±1.51 ^{ba-C}	16.55±1.31 ^{abAB}	2.149
NJFA	15.84±0.73 ^{aA}	15.93±0.80 ^{aAB}	16.23±0.81 ^{aA}	16.00±0.62 ^{aAB}	16.16±1.93 ^{aA}	15.68±1.88 ^{aA-C}	0.130
NJU	15.25±0.89 ^{aAB}	15.52±1.14 ^{aAB}	14.45±1.37 ^{ab}	14.60±0.26 ^{ab}	11.46±0.80 ^{bd}	13.99±2.13 ^{ac}	6.917***
F-value	5.171*** ⁴⁾	1.256	1.959	3.737**	5.204***	2.484*	

¹⁾HJC: HANJI type, no treatment; HJCA: HANJI type, citric acid 1%, 5 min; HJFA: HANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; HJU: HANJI type, ultrasonic 60°C, 5 min; NJC: NANJI type, no treatment; NJCA: NANJI type, citric acid 1%, 5 min; NJFA: NANJI type, fumaric acid 0.5%, 5 min; NJU: NANJI type, ultrasonic 60°C, 5 min

^{2)a-c} Values is different superscripts in a row are significantly different ($p<0.05$).

^{3)A-D} Values is different superscripts in a column are significantly different ($p<0.05$).

⁴⁾Correlation is significant at *** $p<0.001$.

저장 기간에 따른 마늘의 색도 변화

저장 기간에 따른 재배유형별 마늘의 색도 변화를 측정된 결과 중 L값의 경우는 Table 3에 나타내었다. 또한, 색의 비교를 위해 유기산 처리구는 Fig. 5에 나타내었다. 다진 마늘의 저장 기간이 증가할수록 한지형의 대조구는 유의적으로 증가하였다가 감소하는 경향을 보였지만 난지형 대조구는 오히려 증가하였다. 또한, 초음파 처리 시 L값이 유의적으로 낮아짐에 따라 마늘의 색이 어두워지는 경향을 보여 저장 기간을 고려할 때 마늘의 초음파 처리는 적절하지 않은 것으로 판단되었다. 또한, 한지형 마늘은 fumaric acid 처리에서 난지형 마늘은 citric acid 처리로 이러한 결과는 마늘의 재배유형에 기인한 차이로 여겨진다. 마늘의 a 값은 Table 4에 나타냈으며 저장 기간 7일부터 유의적인 차이가 있었으나 처리구간에 일정한 변화의 경향을 보이지 않았다. 한지형보다는 난지형 마늘에서 a값 증가가 더 컸고, citric acid 처리

에서 a값 증가가 더 크게 일어났다. 한지형에서는 대조구는 저장 기간 중 유의적 차이가 없었고, 전처리 적용 시 a값이 증가하는 것으로 보였다. 난지형 마늘의 경우 citric acid, 초음파 처리에서 색 변화가 컸고, 초음파 처리 시 대조구보다는 색 변화가 적었으며 모든 재배유형에서 fumaric acid 처리가 a값 변화가 적었다. b 값은 Table 5에 나타냈다. 한지형보다 난지형이 상대적으로 높았으며, 재배유형별 대조구 및 처리구 대부분 저장 기간이 증가할수록 b값도 증가하는 경향을 보였다. 깎마늘 및 다진 마늘을 30 일 동안 냉장(2°C)와 냉동(-18°C) 저장 시 온도와 관계없이 저장 기간이 길어질수록 L값은 감소해 어두워지고 a, b 값은 증가해 적색도 증가 및 갈변 진행이 되었다는 보고(Park 등, 2012)와는 달리 본 연구에서는 L값은 같은 경향을 보였으나, a값은 감소하는 반대 경향을 보였다. 이는 마늘의 재배유형이나 저장 온도 조건에 따라 색의 변화도 다른 차이를 보인다고 판단된다.

요 약

본 연구에서는 초음파 및 유기산 처리에 따른 재배유형별 마늘의 저장 중 품질 특성 조사를 위해 초음파(60°C, 5 min)와 유기산(citric acid 1.0%, fumaric acid 0.5%, 각각 5 min) 처리 후 냉장(4°C) 온도에서 28일간 저장하면서 품질 특성을 조사하였다. 총균수는 한지형과 난지형 모두 대조구와 citric acid 처리 시 저장 기간이 증가할수록 총균수도 증가하였다. 대장균은 한지형과 난지형 모두 대조구에서 저장 7일부터 검출되기 시작하였으며, 그 수준은 식품공전의 신선 편의 식품 법적인 기준 2.0 log CFU/g을 초과하였다. 곰팡이도 대장균과 마찬가지로 저장 7일부터 검출되기 시작하였으나 초음파 처리 시에는 저장 기간 중 모든 재배유형별 마늘에서 검출되지 않았다. Fumaric acid 0.5%를 고려했을 때 총균수는 0.06±0.13으로 한지형과 난지형이 동일하였고, 곰팡이는 한지형 0.68±0.25와 난지형은 증식하지 않는 등 낮은 수준을 유지하고 있었으며, 대장균은 검출되지 않아 미생물 억제에 효과적이었다. 무기질 변화 분석 결과 모든 재배유형별 마늘에서 Fe와 Zn은 검출되지 않았으며 성분이 많은 함유량은 K, P, Mg, Ca, Na 순으로 이었다. 경도는 전반적으로 저장 기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였는데, fumaric acid 처리구에서는 모든 재배유형에서 경도에 유의적인 차이가 없어 조직변화 측면에서 fumaric acid 0.5%, 5분 처리가 가장 효과적인 것으로 나타났다. 색도는 L값은 감소, a값과 b값은 증가하여 육안으로 보았을 때 녹변현상과 일치하였다. 따라서 본 연구에서 활용한 전처리 조건에서는 일부 기간 미생물 감소, 무기질 및 경도, 색 변화와 같은 품질을 유지하는 방안으로 fumaric acid 0.5%, 5분 처리가 마늘의 미생물 저감과 품질 유지에 효과적인 것으로 나타났다. 그러나 채소류의 미생물, 색, 경도 등 품질을 향상하고 유지할 수 있는 다양한 물리적, 화학적인 방법들이 추가로 연구되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01528106)의 연구비 지원으로 수행된 과제로 이에 감사드립니다.

References

Bae RN, Choi SY, Hong YP. The qualities of northern and southern ecotype garlic bulbs at different storage temperature. *Korean J. Food Preserv.* 15: 635-641 (2008)
 Chang KM, Lee MS. A study on mineral contents of the underground vegetables produced in Korea harvested in different times. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15: 545-549 (1999)
 Choi DJ, Lee SH, Kim CB, Yoon JT, Choi SK. Effects of ca and ma storage on the quality of garlic (*Allium sativum*). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43: 703-706 (2002)
 Dickson JS. Acetic acid action on beef tissue surfaces contaminated with *Salmonella typhimurium*. *J. Food Sci.* 57: 297-301 (1992)
 Hwang KT, Rhim JW. Effect of various pretreatments and drying

methods on the quality of dried vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 805-813 (1994)
 Hwang JB, Shin DB, Lee YC. The inhibition of green discoloration in garlic by conditioning. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 1007-1016 (2003)
 Kang JH, Park SM, Kim HG, Son HJ, Lee KY, Kang KN, Park JT, Song KB. Combined treatment of aqueous chlorine dioxide, organic acid, and blanching for microbial decontamination of wild vegetables after harvest. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 277-283 (2016)
 Kim SY, Kim HS, Kim JS, Han GJ. Changes in quality characteristics of sliced garlic with different freezing conditions during storage. *Korean J. Food Preserv.* 24: 746-757 (2017)
 Kim SY, Oh DH. Predictive modeling of *Bacillus cereus* on carrot treated with slightly acidic electrolyzed water and ultrasonication at various storage temperatures. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1296-1303 (2014)
 Kondo N, Murata M, Isshiki K. Efficiency of sodium hypochlorite, fumaric acid, and mild heat in killing native microflora and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* DT104, and *Staphylococcus aureus* attached to fresh-cut lettuce. *J. Food Prot.* 69: 323-329 (2006)
 Kwon JH, Chung HW, Lee JE, Park NY, Lee GD, Kim JS. Effect of storage conditions on the quality stability of garlic bulbs. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6: 137-142 (1999)
 Lee JH, Lee JY, Whang JB, Nam JS, Lee JS, Kim SM, Han HK, Choi YM, Kim SN, Kim HR. Changes in nutritional components of the northern and southern types garlic by different heat treatments. *Korean J. Food Cook. Sci.* 32: 245-252 (2016)
 Lee YK, Sin HM, Woo KS, Hwang IG, Kang TS, Jeong HS. Relationship between functional quality of garlic and soil composition. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 31-35 (2008)
 Liao W, Liu Y, Frear C, Chen S. Co-production of fumaric acid and chitin from a nitrogen-rich lignocellulosic material-dairy manure using a pelletized filamentous fungus *Rhizopus oryzae* ATCC 20344. *Bioresource Technology.* 99: 5859-5866 (2008)
 Liurong H, Xiaona D, Yunshu Z, Yuxiang L, Haile M. Modification of insoluble dietary fiber from garlic straw with ultrasonic treatment. *J. Food Process. Preserv.* 42: 1-8 (2018)
 Ministry of Food and Drug Safety. Food nutrition ingredient database. <http://www.foodsafetykorea.go.kr/fcdb/simple/search/firstList.do>. accessed (2020)
 Ministry of Food and Drug Safety. Food industry. General test method. http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?idx=263. accessed (2021a)
 Ministry of Food and Drug Safety. Food industry. Standards and specifications by food. http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=63. accessed (2021b)
 Ning XF, Kang TH, Park JW, Han CS. Secondary drying effects on garlic quality after low temperature storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1452-1460 (2013)
 Park JW, Kim JS, Park SH, Choi DS, Choi SR, Kim YH, Lee SJ, Kim HY. Effects of various thawing conditions on quality characteristics of frozen garlic. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 25: 893-901 (2015)
 Park YH, Park SJ, Han GJ, Choe JS, Lee JY, Kang MS. Quality characteristics of pre-processed garlic during storage according to storage temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 994-1001 (2012)
 Zhou B, Feng Hao, Luo Y. Ultrasound enhanced sanitizer efficacy in reduction of *Escherichia coli* O157:H7 population on spinach leaves. *J. Food Sci.* 74: 308-313 (2009)