바이오시스템공학 (*J. of Biosystems Eng.*)
Vol. 30, No. 1, pp. 17~24 (2005)

습식 마늘박피 시스템 개발 (III)
- 미생물 제어 시스템의 도입 -

김정호 배영환

Development of a Garlic Peeling System Using High-Pressure Water Jets (III)
- Introduction of a microbial control system -

J. Kim Y. H. Bae

Abstract

An efficient microbial control system was introduced into a garlic peeling system using pressurized water in order to improve the quality and the shelf-life of peeled garlic. High microbial density of the spoiled peeled garlic and the water used for peeling and washing indicated that an efficient microbial control system is necessary for the peeling system. Though *Pseudomonas* spp. and *Penicillium* spp. were closely related to the spoilage of peeled garlic, the spoilage of peeled garlic was thought to be caused mainly by nonspecific increase in microbial density. The shelf-life of the garlic peeled by pressurized water was longer than that of the garlic peeled by pressurized air, and the degree of damage had great effect on the shelf-life of peeled garlic. Ozonated water was effective in decreasing the microbial contamination and in increasing the shelf-life of peeled garlic. Based on the findings of the study, following improvements were made to the garlic peeling system using pressurized water; 1) the water circulation system was modified in order to completely separate the water for washing from the water for garlic peeling, 2) filtration and cooling equipments were introduced into the circulation system of the water for peeling, and 3) an ozone generator which could continuously supply ozonated water (dissolved ozone concentration of 0.4 ppm) was attached to the circulation system of the water for washing.

Keywords : Garlic, Peeling, Pressurized water, Microbial control, Ozone

1. 서 론

마늘은 우리나라 4대 채소 중의 하나이며, 고추 다음으로 중요한 양념채소로 인식되고 있다. 1998년을 기준으로 우리나라의 마늘 재배면적은 중국, 수단, 미국, 인도 등에 이어 세계 8위를 차지하였으며, 생산량은 세계 3위를 차지하였다(FAO 통계, 1999).

우리나라에서 마늘은 주로 통마늘 상태로 유통되어 왔으나, 최근에는 깐마늘 상태로 유통되는 양이 지속적으로 증가하여 소매 단계에서는 깐마늘의 유통량이 전체 마늘 유통량의 70~80%를 차지하고 있다. 깐마늘의 주 소비자는 요식업체나 식품가공업체 등이었으나, 최근에는 일반 가정에서의 소비도 늘어나는 추세이다(농수산물무역정보, 2000). 깐마늘의 수요가 증가함에 따라 박피 가공료가 낮고 대량 가공이 가능한 마늘 박피기에 대한 관심도 커져 국내에서도 이에 관한 다수의 특허와 실용신안이 등록되어 있으며, 박피기의 효율을 개선하기 위한 연구들도 보고 되어 있다(Cho와 Kim, 1993; Park 등, 1999; 이, 1987).

This study was supported by Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Korea. The article was submitted for publication in January 2005, reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in February 2005. The authors are Jungho Kim, Professor, Dept. of Bio-Environmental Chemistry, Yeong Hwan Bae, KSAM Member, Professor, Dept. of Industrial Machinery Engineering, Sunchon National University, Sunchon, Korea. The corresponding author is J. Kim, Professor, Dept. of Bio-Environmental Chemistry, Sunchon National University, Sunchon, 540-742, Korea; Email : <jungho@sunchon.ac.kr>

깐마늘은 유통 중 품질 저하가 심하며, 유통가능기간은 여러 가지 요소에 의해 결정되나, 가장 큰 영향을 미칠 뿐 아니라 제어가 가능한 인자로는 상처 정도, 초기 미생물 오염 밀도 및 저장 중 온도와 습도일 것으로 판단된다. 따라서 깐마늘의 유통 중 품질 저하를 최소화하기 위해서는 유통 기간 중 적절한 온도와 습도를 유지하는 것도 중요하지만, 근본적으로는 일정 수준의 박피율을 유지하되 깐마늘의 상처율을 낮추고 초기 미생물 오염 밀도를 최소화하여 품질을 향상시킬 수 있는 박피 시스템의 개발이 요구된다. 그러나 국내에서 마늘박피기에 미생물 제어 기술을 도입하기 위한 연구가 이루어진 바는 없으며, 박피 후 포장 및 저장 조건이 깐마늘의 선도유지기간에 미치는 영향을 조사하여 포장재로는 투습도가 비교적 낮고, 산소 투과도가 1,100～1200 ㎖/m^2 · day · atm, 이산화탄소 투과도가 12,000～16,000 ㎖/m^2 · day · atm 정도인 30 ㎛ 두께의 HDPE 필름이 가장 효과적이었다는 보고가 있을 뿐이다(김, 1993).

본 연구는 습식 마늘박피 시스템을 개발하기 위한 연구(백 등, 2003)의 일환으로 수행되었는데, 습식 마늘박피기는 기존의 건식 마늘박피기의 단점인 열에 의한 마늘의 변색, 품질 저하 및 유통기간 단축 등의 문제점을 해결할 수 있는 대안이 될 수 있다. 그러나 박피 과정에서 물을 재사용하는 시스템이어서 박피 가공수에 박피 전의 통마늘에 부착되었던 미생물이 축적되어 박피 과정에서 상처를 입은 깐마늘을 오염시킬 수 있으며, 특히 박피가 진행됨에 따라 물의 온도가 상승하면 미생물의 증식속도가 빨라져 박피 가공수의 미생물 밀도가 급격히 증가할 가능성이 있다.

본 연구에서는 깐마늘의 품질을 향상시키고 유통기간을 연장하기 위하여 습식 마늘박피기에 효율적인 미생물 제어장치를 도입하고자 깐마늘 및 습식 박피기에 사용되는 물의 미생물 밀도, 깐마늘의 부패에 큰 영향을 미치는 미생물의 특성, 박피 방법 및 깐마늘의 상처 정도가 미생물 밀도 및 유통기간에 미치는 영향과 오존 처리가 미생물 사멸 및 깐마늘의 유통가능기간에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 재료

1) 깐마늘

깐마늘 시료로는 경북 의성군에 소재한 K농산과 경북 칠곡군에 소재한 A농산에서 본 연구팀이 개발한 습식 박피기 시작기와 기존에 설치 · 운영되고 있는 건식 박피기로 가공한 것과 전남 순천시 소재 대형할인매장, 백화점, 재래시장에서 구입한 것을 사용하였다.

2) 박피 가공수

개발 중인 습식 박피기에서 사용 중인 박피 가공수 및 세척수를 멸균된 시료병에 채취한 후 아이스 박스에 넣어 실험실로 운반한 후 사용하였다.

나. 실험 방법

1) 미생물의 밀도 측정, 분리 및 선발, 동정

가) 깐마늘 및 박피 가공수의 미생물 밀도 측정

깐마늘 시료는 멸균된 mortar and pestle을 사용하여 파쇄하였다. 파쇄한 시료 5 g을 멸균 plastic bag(Whirl-Pak Sampling Bag, Nasco Plastics, New Hamburg, Ontario, Canada)에 넣고 45 ㎖의 멸균 생리식염수(0.85% NaCl)를 첨가한 후 균질기(Stomacher 80 Lab Blendor, Seward Co., Seward, England)를 사용하여 균질화하였다. 균질화한 깐마늘 시료와 박피기에서 사용한 가공수 및 세척수는 멸균 생리식염수를 사용하여 10^{-5}까지 단계적으로 10배 희석하여, 각 단계별로 100 ㎕씩 Tryptic Soy Agar(TSA, Difco)와 Potato Dextrose Agar (PDA, Difco) 평판배지에 도말하였다. 세균 밀도는 TSA 평판배지를 30℃에서 24～48시간, 진균 밀도는 PDA 평판배지를 25℃에서 48～72시간 배양한 후 나타난 집락을 계수하여 colony forming unit(CFU)로 나타내었다.

나) 깐마늘 부패 관련 미생물의 분리 및 선발

미생물 밀도 측정에 사용한 평판배지에 형성된 집락의 색상, 크기 및 형태를 관찰하여 서로 다른 것으로 판단되는 것들을 TSA 또는 PDA 평판배지를 사용하여 2차에 걸쳐 순수분리하였다. 분리한 세균은 Tryptic Soy Broth(TSB, Difco)를 사용하여 30℃에서 1일간 진탕배양한 후 원심분리하여 회수 · 세척한 후 멸균 증류수에 밀도가 약 1×10^5～1×10^6 CFU/㎖ 되도록 희석하였다. 분리된 진균은 Potato Dextrose Broth(PDB, Difco)를 사용하여 25℃에서 5일간 배양한 후 천을 사용하여 포자만을 회수 · 세척한 후 멸균 증류수에 밀도가 약 1×10^3 CFU/㎖ 되도록 희석하였다. 세절한 깐마늘을 세균 또는 진균을 함유한 용액에 10분간 침지한 후 꺼내어 멸균 petri dish에 넣고 25℃에서 배양하며 매일 1회 육안으로 부패 및 변질 여부를 관찰하였으며, 부패한 것으로 판단된 시료는 위에 기술한 방법을 사용하여 미생물 밀도를 조사하였다. 세균의 증식속도는 회수 · 세척한 세균을 TSB에 약 1×10^5 CFU/㎖ 되도록 접종하여 30℃에서 12시간 진탕배양한 후 600 nm에서의 흡광도를 측정하여 추정하였다.

다) 깐마늘 부패 관련 미생물의 동정

세균은 cell shape, cell diameter, cell length, Gram stain, motility, spore formation, oxidase, catalase, gas production from glucose, indole formation from tryptophan, methyl red test, Voges-Proskauer test, citrate utilization test 등을 실시하여 동정하였다(Krieg와 Holt, 1984; Gerhardt 등, 1994). 진균은 PDA 평판배지에서 colony의 색상 및 성상, underside의 색상을 관찰하고, 현미경으로 hyphae의 성상, condiophore의 성상 및 conidia의 성상 등을 관찰하여 동정하였다(Moore-Landecker, 1990).

2) 박피 방법 및 깐마늘의 상처율이 깐마늘의 부패에 미치는 영향

깐마늘의 상처율을 육안으로 판별한 후 다시 식용색소 적색 2호를 사용하여 염색하여 임의의 기준으로 A(상처 정도가 심함), B(상처 정도가 보통임) 및 C(상처가 거의 없음)로 구별하였다. 각 처리 별로 깐마늘을 비이커에 담아 알루미늄 호일로 덮은 후 항온기에서 20℃로 저장하면서 육안으로 관찰하여 세균 또는 진균의 증식이 확실하거나 변색이 확실하여 상품가치가 없는 것으로 판단될 때까지의 기간을 측정하였다.

3) 습식 박피기 가공수의 미생물 제어

가) 활성탄에 의한 미생물 제거 효과

활성탄은 신기화학(경남 양산시)에서 제조한 입상 4×8 mesh의 것을 사용하였으며, 여과장치는 유리로 된 funnel에 여과지(Toyo No. 1)를 깔고 그 위에 300 g의 활성탄을 충진하였다. 여과장치에 세균 배양액 또는 박피 가공수를 계속 공급하면서 자연 여과에 의해 얻어지는 여액을 100 ㎖씩 수집하였다. 미생물 제거 효과는 세균 배양액은 여액의 600 nm에서의 흡광도를 측정하여, 박피 가공수는 평판배지에 도말 배양한 후 나타난 세균의 집락을 계수하여 제거율을 계산하였다.

나) 오존이 미생물 사멸 및 깐마늘 유통가능기간에 미치는 영향

오존 발생 장치는 경기도 용인시 소재의 Neophotech에서 본 연구를 위해 제작한 것을 사용하였으며, 용존 오존의 농도는 dissolved ozone meter(Model EZ-10W, Eco Sensors, Inc., USA)를 사용하여 측정하였다. 오존의 미생물 사멸효과는 용존 오존 농도 0.1, 0.3 또는 0.6 ppm의 오존수 100 ㎖에 *Pseudomonas* sp. 배양액 또는 사용 말기의 박피 가공수 1.0 ㎖를 첨가한 후 실온에서 방치하며 5, 10, 20 및 30분 경과 후에 생존 미생물 밀도를 측정하여 사멸율을 계산하였다.

오존 처리가 깐마늘의 품질에 미치는 영향 평가는 습식 박피기로 박피한 깐마늘을 선별하지 않은 채 초기 용존 오존 농도 0.3 또는 0.6 ppm으로 조정된 오존수에 5, 10 및 20분 침지한 후 탈수하여 비이커에 담은 후 공기가 통하도록 알루미늄 호일로 덮은 후 25℃의 항온기에 보관하면서 부패 및 변색 정도를 육안으로 관찰하여 유통가능기간을 추정하였다. 대조구로는 오존수 제조에 사용된 지하수에 10분간 침지한 후 탈수한 깐마늘을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 깐마늘 및 습식 마늘박피 시스템에서 사용 중인 물의 미생물 밀도

부패한 깐마늘 시료는 부패하지 않은 시료에 비해 최소 1,000배 이상의 세균밀도와 최소 100배 이상의 진균밀도를 나타내어 미생물 증식이 깐마늘 부패의 중요 원인임을 나타내고 있다(표 1). 부패 여부와 관계없이 세균 밀도가 진균 밀도보다 높았으며, 그 차이는 부패한 시료에서 현저하였으나, 일부의 부패 정도가 심한 시료에서는 육안으로 관찰했을 때 진균의 증식이 현저한 경우도 있었다. 이러한 결과는 마늘의 식물병원균 중에는 진균이 세균보다 더 많다는 보고(Schwartz와 Mohan, 1995)와는 달라, 저장 중 깐마늘의 부패에 관여하는 미생물은 마늘의 식물병원균과는 다를 가능성도 있음을 시사하는 것이다.

습식 마늘박피기에 사용 중인 가공수(마늘의 쪽 분리 및 박피 과정에 사용하는 물)와 세척수(박피된 마늘의 세척에 사용하는 물)를 채취하여 미생물 밀도를 조사한 결과는 표 2와 같다. 가공수와 세척수 모두 사용시간이 경과함에 따라 미생물 밀도가 현저히 증가하였고, 가공수가 세척수에 비해 미생물 밀도가 높았으나, 그 차이는 예상보다 크지 않았다. 사용 시간 경과에 따른 급격한 미생물 밀도의 증가는 투입되는 통마늘로부터 미생물을 포함한 토양 및 찌꺼기가 계속적으로 가공수에 유입될 뿐 아니라, 사용 중인 물의 온도 상승에 따라 미생물 증식이 빨라지기 때문인 것으로 보이는데, 이는 세균의 증가가 진균의 증가에 비해 상대적으로 큰 것을 보아도 알 수 있다.

이상의 결과를 바탕으로 1) 가공수와 세척수를 완전히 분리하여 순환시켜 세척수의 미생물 밀도를 낮출 수 있도록, 2)

Table 1 Microbial density of the peeled garlic.

Sample	Bacterial density (CFU/g on TSA)	Fungal density (CFU/g on PDA)
Unspoiled garlic	$1.2\times10^2\sim4.7\times10^4$	$<1.0\times10^2\sim8.4\times10^3$
Spoiled garlic	$8.2\times10^5\sim4.7\times10^7$	$4.1\times10^4\sim7.4\times106$

Table 2 Microbial density of the water used in the garlic peeling system.

Sample		Bacterial density (CFU/mℓ on TSA)		Fungal density (CFU/mℓ on PDA)	
		Before*	After*	Before*	After*
Processing water	Early stage	2.5×10^4		3.4×10^4	
	Mid stage	4.7×10^6		9.4×10^5	
	Late stage	1.4×10^8	5.6×10^6	2.1×10^7	4.6×10^5
Washing water	Early stage	2.2×10^4		1.2×10^4	
	Mid stage	8.2×10^5		2.9×10^5	
	Late stage	9.2×10^6	1.3×10^6	3.2×10^6	1.7×10^5

* Before and after the modification of the system as mentioned in the text.

가공수 순환장치에 거름장치를 추가하여 찌꺼기 및 토양에 부착된 미생물을 제거할 수 있도록, 3) 가공수 순환장치에 냉각기를 설치하여 가공수의 온도를 낮추어 미생물의 증식을 억제할 수 있도록 박피기 시스템을 수정한 결과 가공수 및 세척수의 미생물 밀도를 현저히 감소시킬 수 있었다.

나. 깐마늘 부패관련 미생물의 선발

부패한 깐마늘 시료 및 습식 마늘박피기에 사용한 물의 미생물 밀도를 계수하는 과정에서 높은 빈도로 나타나는 집락의 외관이 달라 보이는 세균 10종류와 진균 6종류를 순수분리하여, 이들의 배양액을 희석한 용액에 세절한 깐마늘을 5분간 침지시킨 후 꺼내어 25℃에서 저장하면서 시료의 부패정도를 육안으로 판단한 결과 1종류의 세균은 저장 1일 후에, 7종류의 세균은 2일 후에, 3종류의 세균은 저장 3일 후에 깐마늘의 부패를 일으키는 것으로 관찰되었다(백 등, 2003). 깐마늘이 부패한 것으로 판단했을 때의 세균 밀도는 $2.4\times10^8\sim3.5\times10^9$ CFU/g으로 세균 종류에 따른 현저한 차이는 없었으나, 저장 1일 후에 깐마늘의 부패를 일으킨 세균 종류는 부패한 깐마늘 시료로부터도 가장 높은 빈도로 나타나는 세균 종류와 일치하였고, 가장 빠른 증식속도를 가지고 있었다(백 등, 2003). 이러한 결과는 깐마늘의 부패는 일반적인 미생물의 증식에 의해 초래되며, 특별한 세균의 생리적 활성의 영향을 받지는 않는 것임을 시사하는 것으로 깐마늘의 품질 저하를 방지하고 유통기간을 연장하기 위해서는 일반적인 살균처리에 의한 초기 오염농도의 감소가 유효할 수 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

가장 빨리 깐마늘의 부패를 초래하는 세균 종류는 *Pseudomonas* 속에 속하는 세균인 것으로 동정되었다(표 3). *Pseudomonas* 속은 토양에 많이 존재하는 세균으로, 박피 과정 중 통마늘에 붙어있던 토양으로부터 가공수에 유입되어 증식하고, 깐마늘의 상처부위를 오염시킨 후 증식하여 부패를 일으키는 것으로 보인다. 그러나 물리 · 화학적 살균처리에 저항성이 큰 내생포자를 형성하지는 않으므로 적절한 처리 방법으로 비교적 쉽게 제어될 수 있을 것으로 판단된다.

진균에 의한 부패는 2종류에 의해서는 깐마늘 저장 후 3일 후에, 3종류에 의해서는 4일 후에, 1종류에 의해서는 5일 후에 관찰되었다(백 등, 2003). 깐마늘이 부패한 것으로 판단되었을 때의 진균 밀도는 $3.7\times10^6\sim4.3\times10^7$ CFU/g으로 진균 종류에 따른 현저한 차이는 없었으며, 가장 빨리 깐마늘의 부패를 일으키는 진균 종류도 세균의 경우와 같이 부패한 깐마늘 시료로부터 가장 높은 빈도로 나타나는 진균 종류와 일치하였다.

Table 3 Identification of the bacterium closely related to the spoilage of peeled garlic.

Characteristics	Result	Characteristics	Result
Cell shape	Straight rod	Catalase	Positive
Cell diameter	0.5~0.8 ㎛	Gas from glucose	Not formed
Cell length	1.5~2.8 ㎛	Indole from tryptophan	Positive
Gram stain	Positive	Methyl red test	Negative
Motility	Motile	Voges-Proskauer test	Negative
Spore formation	Not formed	Citrate utilization	Positive
Oxidase	Positive	Growth on PIA*	Positive

Tentative identification : *Pseudomonas* sp.

* PIA = *Pseudomonas* isolation agar

Table 4 Identification of the two fungi closely related to the spoilage of peeled garlic.

Characteristics tested	Result	
	Isolate No. 1	Isolate No.2
Colony color and texture	Yellow, velvety	Gre-green, wooly
Colony underside color	Yellow	Red
Hyphae	Septate	Septate
Surface mycelium	Well developed	Well developed
Aerial mycelium	Colorless	Colorless
Diffusible pigment formation	None	Purple pigment formed
Conidiophore	Branched, 100~150 ㎛	Unbranched, 200~250 ㎛
Penicillus	Symmetrica	Unsymmetrica
Conidia	Yellow, 4~5 ㎛	Grey-green, 4~5 ㎛
Sclerotia	Not found	Not found
Tentative identification	*Penicillium* sp.	*Penicillium* sp.

가장 빨리 깐마늘의 부패를 일으키는 2종류의 진균은 모두 *Penicillium* 속에 속하는 것으로 동정되었는데(표 4), 이들은 토양 중에 많이 존재하는 호냉성 곰팡이로 통마늘의 저온 저장 중에도 생존이 가능하고, 무성포자인 conidiospore를 다량으로 생성하여 깐마늘의 부패에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

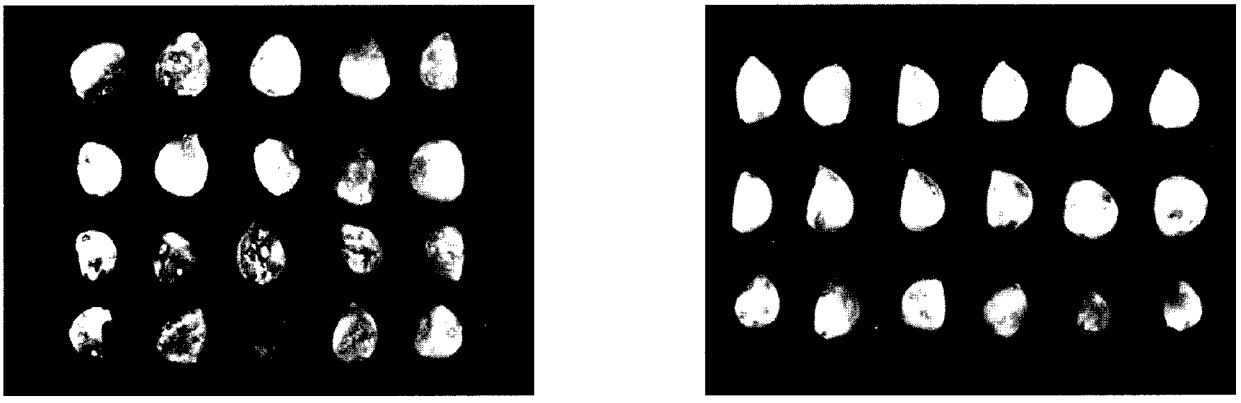
다. 박피 방법 및 상처율이 깐마늘의 부패에 미치는 영향

깐마늘을 20℃에서 저장하면서 육안으로 부패와 변색을 관찰한 결과 상처의 정도에 관계없이 습식 박피기로 가공한 것이 건식 박피기로 가공한 것보다 오랫동안 유통이 가능할 것으로 판정되었으며, 선별하지 않고 저장한 경우 건식 박피한 것은 5일, 습식 박피기로 가공한 것은 9일 정도 유통이 가능할 것으로 판정되었다(표 5). 그림 1은 선별하지 않은 깐마늘을 20℃에서 13일간 저장한 후의 마늘 상태를 나타낸 것으로, 건식으로 박피한 마늘의 경우에는 대부분의 마늘이 변질되었고 변질 상태도 심하나, 습식 박피 마늘의 경우에는 저장

Table 5 Effects of the method of peeling and the degree of damage on the shelf-life of peeled garlic. (unit: days)

Judgment based on	Peeled by pressurized air				Peeled by pressurized water			
	Unsorted	A*	B*	C*	Unsorted	A*	B*	C*
Spoilage	6	3	5	>10	9	6	10	>10
Discoloration	5	3	5	10	10	7	>10	>10
Overall appearance	5	3	5	10	9	6	10	>10

* Sorted peeled garlic: A = highly damaged, B = moderately damaged, C = undamaged or slightly damaged.



(a) (b)

Fig. 1 Unsorted garlic peeled by pressurized air (a) and by pressurized water (b) after 13 days of storage at 20℃.

13일 후에도 일부의 개체는 거의 변질되지 않은 상태임을 볼 수 있다. 상처율은 박피 방법에 관계없이 유통가능기간에 큰 영향을 미쳐, 건식 박피한 것은 상처가 거의 없다고 선별한 것들의 유통기간은 10일 정도였으나, 상처 정도가 심한 것들은 3일 정도에 불과하였으며, 습식 박피한 것 중 상처가 거의 없는 것들은 10일 이상(일부의 반복에서는 15일 이상 가능한 경우도 있었음)이었으나, 상처 정도가 심한 것들은 6일 정도에 불과하였다. 이상의 결과로 보아 마늘을 박피할 때에는 건식 보다는 습식을 사용하는 것이 좋으며, 상처율에 따라 선별하여 상처 정도가 심한 것들은 즉시 가공하는데 사용하고, 상처 정도가 적은 것들은 저온 상태에서 깐마늘로 유통하는 것이 바람직하다고 판단된다.

라. 습식박피기에 사용하는 물의 미생물 제어

1) 활성탄에 의한 미생물 제거

활성탄 300 g을 충진한 여과장치로 깐마늘 부패에 큰 영향을 미치는 것으로 밝혀진 *Pseudomonas* sp.의 배양액을 여과하며 미생물 제거 효과를 측정한 결과 활성탄은 초기에는 세균 밀도를 약 90% 감소시키는 효과가 있었으나, 여과가 진행됨에 따라 효율이 떨어져 80% 내외로 나타났다(그림 2(a)). 사용 말기의 박피 가공수를 사용하여 활성탄의 미생물 제거 효과를 측정한 결과 초기에는 약 97%의 제거효율을 나타내었으나, 이후 제거 효율이 감소하여 1,000 ㎖를 여과했을 때의 제거 효율은 약 55%에 불과하였다(그림 2(b)). 또한 여과가 진행됨에 따라 여과 속도가 현저히 감소하여 1,000 ㎖ 여과 후에는 더 이상의 진행이 불가능하였는데, 사용 말기의 박

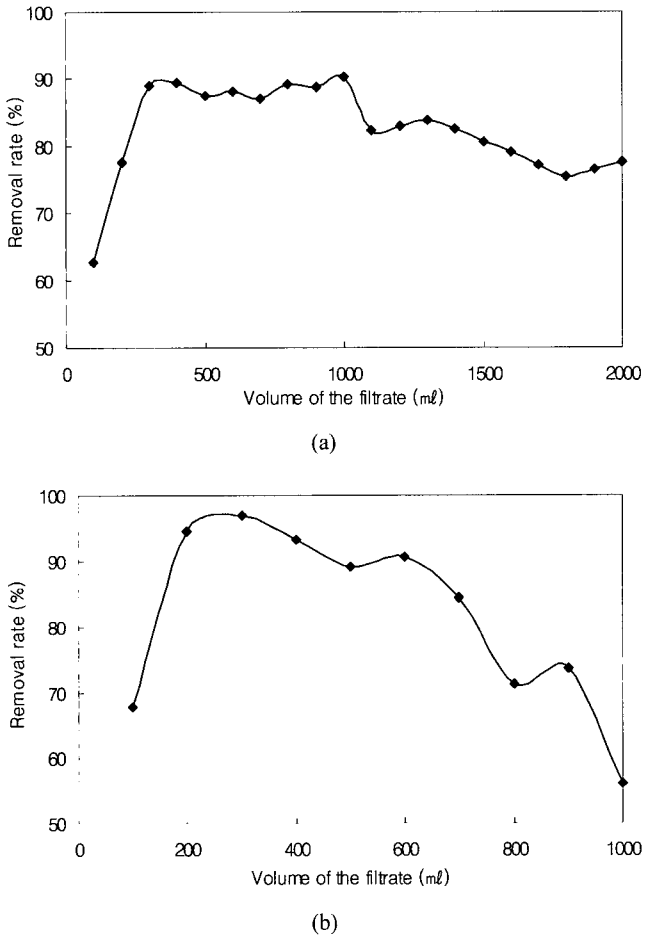


Fig. 2 Removal of microorganisms by filtration with activated charcoal from the culture broth of *Pseudomonas* sp. (a) and the water used for garlic-peeling (b). 300 g of activated charcoal used.

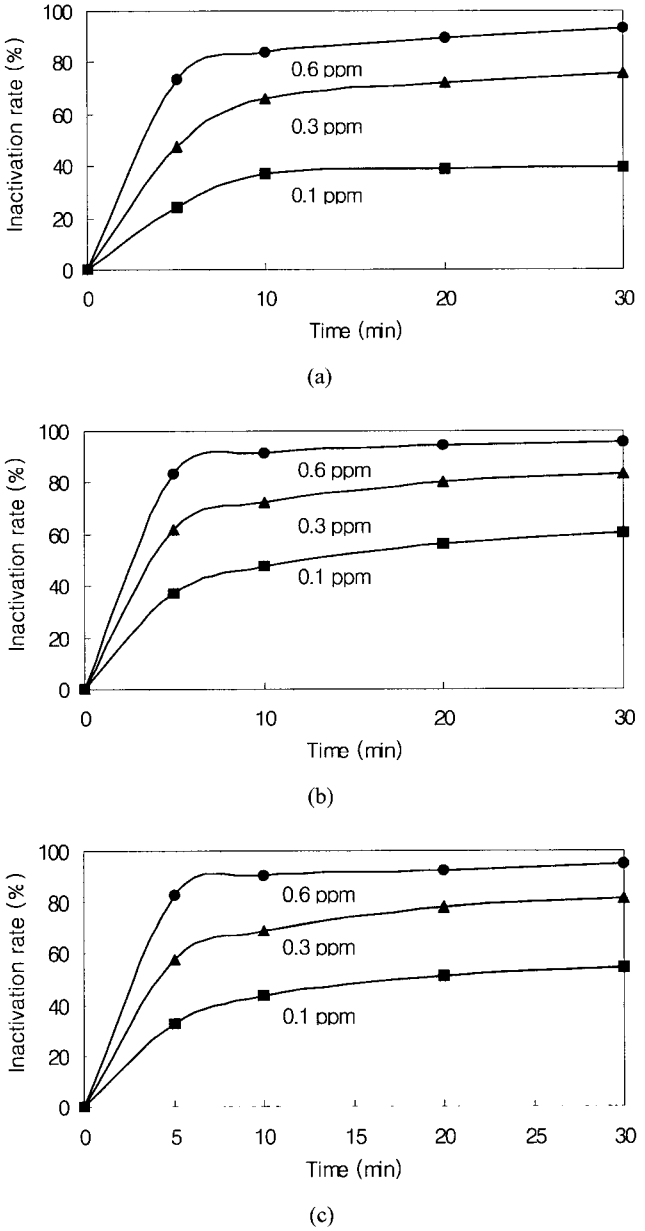


Fig. 3 Inactivation of microorganisms by ozone treatment in the *Pseudomonas* sp. culture broth with the initial microbial load of 2.5×10^{7} CFU/㎖ (a) and with that of 4.8×10^{8} CFU/㎖ (b), and in the water used for garlic peeling (c).

피 가공수에는 통마늘 및 깐마늘로부터 유입된 토양, 섬유질 및 점질성 물질이 다량 존재하기 때문인 것으로 생각된다. 이상의 결과로 보아 다량의 물을 처리해야 하는 실제 공정에서 활성탄을 여과제로 사용하여 미생물을 제거하기는 어려울 것으로 판단되었다.

2) 오존의 미생물 사멸효과

오존의 깐마늘 부패 관련 세균 *Pseudomonas* sp.와 박피 가공수에 존재하는 세균의 살균 효과를 측정한 결과는 그림 3과 같다. 초기 용존 오존의 농도가 증가함에 따라 살균효과도 증가하였고, 초기 미생물 밀도가 큰 경우 살균효과가 더 높았으며, 초기 오존 농도가 0.6 ppm이었을 때 30분의 처리로 95% 정도의 살균효과가 있었으며, 가공수에 존재하는 미생물의 사멸율도 *Pseudomonas* sp.의 사멸율과 비슷하였다. 처리시간을 10분 이상으로 연장하여도 살균효과의 증가가 크지 않았는데, 이는 초기 오존 농도만을 조정하고 계속적인 오존 공급이 이루어지지 않는 실험 시스템을 사용하여 반감기가 20분 이하인 오존의 농도가 감소하였기 때문으로, 일정 농도를 유지하는 오존수를 사용한다면 더 큰 살균효과를 볼 수 있을 것이다.

3) 오존 처리가 깐마늘의 유통기간에 미치는 영향

습식 마늘박피기로 가공한 깐마늘을 초기 농도 0.3 ppm 및 0.6 ppm의 오존수에 침지한 후 탈수하여 25℃에 저장하면서 유통기간을 판정한 결과는 표 6과 같다. 깐마늘을 초기 농도 0.3 ppm의 오존수로 처리했을 때에는 처리 시간에 따라 부패와 변색을 고려하여 판단한 유통기간이 1일~3일 연장되었고, 0.6 ppm의 오존수로 처리하였을 때에는 5일~6일의 유통기간 연장이 가능하였으며, 오존 처리에 의한 변색의 증가는 없는 것으로 판단되었다.

오존은 강력한 산화제로 미생물 사멸, 진균독소 불활성화 및 잔류농약 분해 효과 등이 있으며, 처리 후 자연적으로 분해되어 잔류독성을 남기지 않으며 침투성이 크다는 장점이 있어, 과일, 채소, 육류 및 기타 식품의 품질 향상 및 수확 후 변질 방지에 사용되고 있다(Dwarkanath 등, 1968; Kim 등, 1999; Liew와 Prange, 1994; Restanino 등, 1995; Sheldon과 Brown, 1986). 그러나 기체 상태의 오존을 용존 상태로 만들기 쉽지 않으며, 높은 농도에서는 변색 또는 품질 저하를 일으킬 수 있고, 공기 중으로 방출되면 허파 등의 장기에 피해를 줄 수 있기 때문에 그 사용에는 상당한 주의를 필요로 한다.

오존 농도가 증가함에 따라 미생물 사멸 및 유통기간 연장 효과가 증가하고, 같은 오존 농도에서는 처리시간이 증가하여도 유통기간 연장 효과가 크지 않으며, 초기 농도 0.6 ppm의 오존수로 30분 처리하여도 변색이 증가하지 않는 것으로 보아 실제 공정에서는 마늘을 박피한 후 0.3~0.6 ppm의 오존수로 5분 정도 세척하고 탈수한 후 출하하면 효과적일 것으로 판단되어, 개발 중인 습식 박피기 시스템에 용존 오존 농도 0.4 ppm의 세척수를 계속적으로 공급할 수 있도록 밀폐형 오존수 제조장치를 부착하였다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 습식 마늘 박피 시스템을 개발하기 위한 연구의 일환으로 깐마늘의 품질을 향상시키고 유통기간을 연장하기 위하여 습식 마늘박피기에 효율적인 미생물 제어장치를 도입하기 위한 기초자료를 제공할 목적으로 수행하였고, 깐마늘 및 습식 박피기에 사용되는 물의 미생물 밀도, 깐마늘의 부패에 큰 영향을 미치는 미생물의 특성, 박피 방법 및 깐마늘의 상처율이 미생물 밀도 및 유통기간에 미치는 영향과 오존 처리가 미생물 사멸 및 깐마늘의 유통기간에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 부패한 깐마늘의 미생물 밀도는 세균 8.2×10^5~4.7×10^7 CFU/g 및 진균 4.1×10^4~7.4×10^6 CFU/g으로 매우 높았으며, 박피에 사용한 가공수 및 세척수는 미생물 밀도가 높을 뿐 아니라 사용시간이 경과함에 따라 밀도가 급격히 증가하는 것으로 나타나 미생물 제어가 깐마늘의 품질 향상 및 유통기간 연장에 필수적임을 보여주었다.

(2) 깐마늘의 부패에 큰 영향을 미치는 세균은 *Pseudomonas* sp., 진균은 *Penicillium* sp.이었으나, 부패는 특별한 미생

Table 6 Effect of ozone treatment on the shelf-life of peeled garlic. (unit: days)

Judgment based on	Untreated	Ozone treated					
		0.3 ppm			0.6 ppm		
		5 min	10 min	20 min	5 min	10 min	20 min
Spoilage	7	8	10	10	12	14	14
Discoloration	8	8	12	12	12	13	13
Overall appearance	7	8	10	10	12	13	13

물의 생리적 활성보다는 일반적인 미생물의 증식에 의해 초래되는 것으로 추정되어 일반적인 살균처리에 의한 초기 오염 감소가 깐마늘의 품질 향상에 유효할 수 있을 것으로 판단되었다.

(3) 습식 박피기로 가공한 깐마늘이 건식 박피기로 가공한 것보다 유통기간이 긴 것으로 판정되었으며, 깐마늘의 상처율이 유통기간에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

(4) 활성탄을 이용한 여과에 의한 미생물 제어는 여과가 진행됨에 따라 제거 효율과 여과 속도가 현저히 감소하여 실제 공정에 사용이 불가능한 것으로 판단되었다.

(5) 초기 오존 농도 0.6 ppm의 오존수로 처리하면 90% 이상의 미생물 사멸효과와 5일 이상의 깐마늘 유통기간 연장이 가능한 것으로 나타났다.

(6) 이상의 결과를 바탕으로 개발 중인 습식 마늘박피 시스템에 가) 가공수와 세척수를 완전히 분리하여 순환시키도록 하였으며, 나) 가공수 순환장치에 거름장치 및 냉각장치를 설치하였으며, 다) 세척수 순환 시스템에 0.4 ppm의 오존수를 계속 공급할 수 있는 오존 발생 장치를 부착하였다.

참고문헌

1. Cho, Y. J. and C. J. Kim. 1993. Analysis of performance of an air-type garlic peeler for its optimum design. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery. 18(4):351-357. (In Korean)
2. Dwarkanath, C. T., E. T. Rayner, G. E. Mann and F. G. Dollear. 1968. Reduction of aflatoxin levels in cottonseed and peanut meals by ozonization. J. of Amer. Oil Chem. Soc. 45:93-95.
3. Kim, J. K., A. E. Yousef and S. Dave. 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. J. Food Prot. 62(9):1071-1087.
4. Gerhardt, P., R. G. E. Murray, W. A. Wood and N. R. Krieg. 1994. Methods for general and molecular bacteriology. 791 p. American Society for Microbiology, Washington, D.C., USA.
5. Krieg, N. R. and J. G. Holt. 1984. Bergey's manual of systematic bacteriology Vol. 1. 964 p. Williams & Wilkins. Baltimore, MD, USA.
6. Liew, C. L. and R. K. Prange. 1994. Effect of ozone and storage temperature on postharvest diseases and physiology of carrots (*Daucus carota* L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 19(3):563-567.
7. Moore-Landecker, E. 1990. Fundamentals of the Fungi (3rd ed,). 561 p. Prentice Hall, N.J., USA.
8. Park, J. B., J. H. Kim, K. H. Kwon and C. J. Choi. 1999. Development of continuous garlic peeling machine for improving the peeling efficiency (II). Proceedings of the KSAM 1999 Winter Conference. 4(1):539-545. (In Korean)
9. Restanino, L., E. W. Frampton, J. B. Hemphill and P. Palnikar. 1995. Efficacy of ozonated water against various food related microorganisms. Appl. Environ. Microbiol. 61(9): 3471-3475.
10. Schwartz, H. F. and S. K. Mohan. 1995. Compendium of onion and garlic diseases. 54 p. The American Phytopathology Society Press. St. Paul, MN, USA.
11. Sheldon, B. W. and A. L. Brown. 1986. Efficacy of ozone as a disinfectant for poultry carcasses and chill water. J. Food Sci. 51(2):305-309.
12. 김정진. 1993. 마늘의 박피시스템 개발에 관한 연구. 182 p. 한국식품개발연구원.
13. 농수산물무역정보. 2000. 국내 주요농산물 유통실태.
14. 백성기, 배영환, 김정호. 2003. 습식 마늘박피 시스템 개발. 농림부 농림기술개발사업 연구보고서. 247 p.
15. 이보건. 1987. 마늘 탈피기. 실용신안공보. 공개번호 실1987-0012905.
16. FAO(유엔식량농업기구) 통계. 1999.