

항균제 처리에 따른 수삼의 미생물 저감화 효과

최준봉¹ · 조원일^{2,*}

¹수원대학교 호텔관광대학원, ²동원에프앤비(주) 식품과학연구원

Efficacy of antibacterial treatments of fresh ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer)

Jun-Bong Choi¹ and Won-Il Cho^{2,*}

¹Graduate School of Hotel & Tourism, The University of Suwon

²Research & Development Center, Dongwon F&B

Abstract Fresh, washed ginseng can be contaminated with microorganism loads as high as 6.5 log CFU/g for total bacteria and 4.3 log CFU/g for mold. The goal of this study was to test eight antibacterial agents on ginseng. Immersing fresh ginseng washed in 1% (w/w) sodium citrate, sodium diacetate, sodium acetate, citric acid, and sodium lactate solution for 1 h resulted in a bactericidal effect of 31.0-97.5% for total bacteria. Among the organic acids, sodium citrate had the best antibacterial effect, with total bacteria reduced from 6.5 log to 4.9 log CFU/g. A 1% (w/w) vitamin B₁ lauryl sulfate solution with surfactant function by hydrophilic and hydrophobic sites can reduce 2.7 log CFU/g (99.8% inactivation) on total bacteria. In the 1% (w/w) calcium oxide solution, total bacteria were reduced by 3 log, showing an excellent inactivation effect of 99.9%. Calcium oxide is a highly useful material for inactivation of microorganisms in fresh ginseng.

Keywords: washed ginseng, microbial safety, sodium citrate, vitamin B₁ lauryl sulfate, calcium oxide

서 론

최근 소득수준의 향상에 따른 식문화의 급격한 발달과 성장으로 인한 다양한 음식물 및 가공식품의 과다 섭취로 성인병과 관련된 여러 만성질환이 증가하고 있다(Shim 등, 2015). 또한 고령화 사회로의 급격한 진입에 따라 건강에 대한 관심도 고조되고 있다. 이러한 추세에 따라 식물체가 가지고 있는 고유 생리 활성 성분에 의한 질병 및 노화 예방, 지연 등에 대한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 관련 건강소재에 대한 수요도 증가하고 있다(Kim 등, 2007; Shim 등, 2015).

이러한 건강 추구 트렌드에 있어 중요한 식품소재 중의 하나가 인삼으로서 가공방법에 따라 인삼은 말리지 않은 수삼, 수삼을 그냥 건조한 반백삼, 잔뿌리를 자르고 껍질을 벗겨 만든 백삼, 수삼을 수증기 등으로 가열하여 건조한 홍삼 등으로 구분된다(Chang 등, 2018; Kim 등, 2010; Lee 등, 2015).

특히 유통되고 있는 4-5년근 인삼의 약 50% 이상을 차지하고 있는 수삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 항암, 항당뇨 및 항산화 효능을 가지고 있으면서 가격도 다른 인삼 보다 저렴한 편이라 수요가 늘어가고 있는 추세이다(Shim 등, 2013). 그러나 수삼은 70-75% 내외의 수분을 함유하고 있어, 수확 후 호흡 등의 대사 활동으로 인해 수분손실, 뇌두의 무름, 부패가 일어나기 쉬운 편

이라 장기보존이 어렵다(Chung 등, 2006; Kim 등, 2018). 또한 흙이 묻어 있는 상태의 수삼이 주로 저장 및 유통되므로 재배지 토양으로부터 감염된 에르위니아 카로토보라(*Erwinia carotovora*), 보트리티스 시네레아(*Botrytis cinerea*), 리족토니아 솔라니(*Rhizoctonia solani*) 등의 병원균이 조직의 손상부위를 중심으로 증식하여 품질저하를 일으키기 때문에 미생물의 제어도 필수적이다(Lee 등, 2015; Noh 등, 2016).

수삼에 대한 미생물 오염실태를 세부적으로 살펴보면, 일반세균과 대장균군은 수삼이 3-7 log CFU/g로 오염도가 가장 높았고, 백삼에서는 0.3-7 log CFU/g, 홍삼에서는 0-3 log CFU/g 범위의 오염도를 나타내었다(Kim 등, 2010; Shim 등, 2013; Shim 등, 2015). 병원성 미생물은 수삼, 백삼 및 홍삼에서 모두 바실러스 세레우스(*Bacillus cereus*)가 검출되었는데 그 오염 수준은 수삼의 경우 2-3 log CFU/g, 백삼은 1 log CFU/g 내외, 홍삼은 0.5 log CFU/g 수준으로 각각 검출되었다. 또한 곰팡이는 수삼에서만 0.7-5.5 log CFU/g 범위로 폭넓게 검출되었고, 백삼, 인삼은 1 log CFU/g 이하의 매우 낮은 수준의 오염도를 나타내었다(Noh 등, 2016; Shim 등, 2013; Shim 등, 2015).

수삼 내 부패 및 품질저하를 일으키는 미생물의 증식을 억제하기 위해 저장고의 온도를 수삼의 빙결점 보다 낮은 -2°C에서 -4°C 내외로 유지하는 방법을 검토하였으나 해당 온도에서 보관 시 동해(freezing damage)를 입어 출하 후 품질 저하로 유통가능기간이 짧아져 적용이 어려운 것으로 나타났다(Kim 등, 2007; Kim 등, 2010). 수삼의 선도 유지를 위해 중요한 과정인 표면 미생물 제거를 위한 관련 연구로 에탄올 용액, 차아염소산나트륨 용액, 전해산성수, 오존수 등 처리가 수행되었다(Kim 등, 2010; Park 등, 2013). 연구 결과 전해산성수 처리시 세균과 곰팡이 감균 효과가 0.5-0.8 log CFU/ea 수준으로 가장 높게 나타났으나 현

*Corresponding author: Won-Il Cho, Research & Development Center, Dongwon F&B, 60 Mabang-ro, Seocho-gu, Seoul 06775, Korea
Tel: +82-2-589-3517
Fax: +82-2-589-3407
E-mail: chowonil19@dongwon.com

Received November 6, 2021; revised December 21, 2021;
accepted December 29, 2021

저한 살균률에는 도달하지 못하였다(Kim 등, 2010; Park 등, 2013; Seon 등, 1999; Yun과 Yang, 2001). 이외의 대부분의 미생물 제어 연구가 오존, 알코올 분무, 자외선 및 적외선 조사, 마이크로파 가열, 초고압 등 여러 방법을 이용한 인산 분말의 살균에 관한 것이다(Kim 등, 2003; Kwak과 Chang, 2001). 따라서 건강 및 가공 식품 소재로 많이 사용되는 수삼에 대한 체계적인 연구를 통한 효과적인 미생물 저감화 방법에 대해서는 아직 확립되어 있지 않은 실정이다(Kim 등, 2003; Kwak과 Chang, 2001).

이상과 같은 상황을 고려하여 본 연구에서는 먼저 수삼의 자생균 현황을 세척 전과 후로 분석하여 살균 목표 미생물을 구체화하였다. 그 다음 연구문헌 조사와 소비자 선호도 등에 근거하여 수삼의 고유의 관능품질과 영양 기능성 성분 변화에 큰 영향을 주지 않으면서 저장성을 확보할 수 있는 효과적인 방법으로 상업화된 항균제 활용법을 제안하였다. 본 연구에 사용된 상업적 항균제로는 식품첨가물 공전에서 보존료 제제로 정의되어 있고 빵 또는 떡류, 알가공품, 어육가공품, 식용유지류, 면류 및 음료류 등의 식품에 적용되는 안식향산, 데히드로초산, 소브산 및 파라옥시안식향산에스테르류 계통의 합성보존료는 제외한 유기산 제제, 계면활성제, 칼슘제 계통을 사용하였으며, 이러한 항균소재 적용 세부 실험 수행을 통해 수삼내 오염 미생물의 저감화에 효과적인 상업적 항균제를 최종 선정하였다.

재료 및 방법

실험 재료

실험에 사용한 수삼은 충청남도 금산군에서 2021년에 채굴된 4년 근을 구입하여 35±5 g 내외의 일정한 중량의 외관 상태가 양호하며 모양이 균일한 수삼만을 선별하여 0°C의 저온 저장고에서 보관하여 신선한 상태를 유지시켜 시료로 사용하였다.

수삼 항균제 처리

수삼의 미생물 안전성을 확보하기 위한 항균제 선정 시 고려한 중요 사항 중 하나가 상업적 적용을 위해 상용화된 항균소재 여부로 연구 문헌 사전 조사를 통해 수삼 내 자생 미생물에 대해 생육 억제 효과가 있을 것으로 예상되는 식품용 상업적 항균제를 1차 선정하여 살균 효과를 고찰하였다(Sawai, 2003; Son, 2010). 실험에 사용한 상업적 항균제는 모두 8종으로 유기산 성분을 함유한 pH 조정제 계통인 구연산나트륨(sodium citrate, Sigma-Aldrich Inc., Saint Louis, MO, USA), 구연산(citric acid, ESFOOD Inc., Gunpo, Korea), 이초산나트륨(sodium diacetate, Sigma-Aldrich Inc.), 초산나트륨(sodium acetate, Sigma-Aldrich Inc.), 젖산나트륨(sodium lactate, ESFOOD Inc.), 그리고 계면활성제 기능을 보유하고 있는 영양강화제로도 사용되는 비타민B₁라우릴황산염(thiamine dilaurylsulfate, vitamin B₁ derivative, Sigma-Aldrich Inc.), 식품용 유화제인 중쇄 지방산 모노글리세라이드(medium-chain fatty acid monoglyceride, Sigma-Aldrich Inc.), 마지막으로 굴 껍질에서 추출한 칼슘 강화제로도 사용되는 산화칼슘(calcium oxide, SERIMFOOD Inc., Bucheon, Korea)으로서 모두 식품에 사용이 가능한 소재를 입수하여 사용하였다.

실험에 사용한 8종의 상업적 항균제는 정제수 중량 대비 1.0% (w/w) 농도가 되게 정제수 1 L에 각각의 항균제를 10 g 첨가하여 용액으로 조제하여 여기에 수삼을 1시간 침지시킨 다음 미생물을 분석하여 항균제 종류별 총균수 등의 변화를 세부 고찰하였다. 항균제 침지 실험은 수삼과 항균성분의 고른 접촉과 침투를 위해 침지수 순환 기능을 가진 항온 순환 수조(VS-1991W PID

controller, Vision Science, Daejeon, Korea)에서 25°C의 상온을 유지하면서 진행하였다. 실험에 사용한 항균제 용액의 pH 측정은 pH meter (MP 220 pH Meter, Mettler Toledo, Columbus, OH, USA)를 이용하여 측정하였다.

미생물 분석

처리구별로 수삼 20 g을 무균적으로 취하여 멸균백에 넣은 뒤 180 mL의 멸균수를 가하여 균질기(BACcT, NBT, Osaka, Japan)로 2분간 shaking한 후 여과된 멸균수를 단계별로 희석하여 1 mL을 접종하였다. 생균수는 PCA (Plate Count Agar, Difco Lab., Detroit, MI, USA) 배지에 희석액을 접종한 다음, 35±1°C에서 48 시간 배양시킨 후 각 plate에서 30-300개의 colony가 보이는 것을 계수하였고, 동일한 방법으로 계수 실험을 3회 반복하여 총균의 평균치를 CFU/g으로 표시하였다. 내열성균인 바실루스 계통 균수 측정은 멸균 증류수에 혼합한 분쇄 시료를 100°C, 10분 가열한 후 TSA (Trypticase Soy Agar, Difco Lab.) 배지에서 총균수 분석을 통해 측정하였으며, 진균 측정은 PDA (Potato Dextrose Agar, Difco Lab.) 배지를 이용하였다(Sawai와 Yoshikawa, 2004; Yu 등, 2011).

통계처리

3회 반복 실험한 데이터에 대해서는 통계패키지 SAS (Statistical Analysis System Ver. 9.0, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 통계 처리하였다. 두 실험 군 간 유의성 검정은 t-test 방법을 실시하여 평균값을 비교하였으며, 3개 이상의 실험 군 간의 유의성 검정은 분산분석(ANOVA), Duncan 다중범위검정(multiple range test, $p < 0.05$)을 이용하여 비교, 분석하였다.

결과 및 고찰

수삼의 미생물 현황

상업적 항균제의 수삼 미생물 저감화 효과 고찰에 앞서 살균 타겟 균 선정을 위해 먼저 수삼내 미생물 오염실태를 살펴보았다. 세척 전 수삼의 Fig. 1에서와 같이 일반세균은 7.6 log CFU/g, 내열성 포자균인 바실루스 세레우스는 3.8 log CFU/g, 그리고 곰팡이는 5.8 log CFU/g 수준으로 나타났으며, 정제수에서 1시간 세척 후 수삼의 일반세균은 6.5 log CFU/g 내외로 마늘, 생강 등의 근채류 계통의 향신채소와 유사하게 세척 후에도 총균수가 높게 나타났다(Kyung, 2006). 또한 세척 후 바실루스 세레우스는 3 log CFU/g, 곰팡이는 4.3 log CFU/g 수준으로 분석되었다(Fig. 1). 이상과 같이 세척 시 수삼 표면의 오염균이 제거되어 미생물 종류별로 0.8-1.5 log CFU/g 감균된 것으로 나타났으나 현저한 미생물 저감화 효과에는 도달하지 못하였다. 수삼의 경우 표면의 미세한 굴곡이나 홈 내부에 미생물이 많이 자생하고 있어 세척에 의한 오염균 제거는 한계가 있는 것으로 생각된다.

수삼내 생육균 중 특히 바실루스 세레우스는 화학적 및 물리적 불활성화에 저항하는 여러 다른 층으로 구성된 복잡한 미생물 개체인 내생포자(endospores)를 형성할 수 있는 병원성 균이라 수삼에서 가장 중요한 살균 타겟이다(Kim 등, 2012; Kyung, 2006, Son, 2010). 바실루스 포자는 세부적으로 포자핵(spore core), 피질(cortex) 및 포자막(spore coat) 그리고 외막(exosporium)으로 알려진 최외각 층을 가지고 있다. 특히 단백질로 구성된 포자 코트 층에 의해 항균제등의 투과성이 제한되어 화학적인 살균에 대한 내성을 가지게 되므로 포자 코트층을 효과적으로 손상시킬 수 있는 효과적인 항균제 개발 및 적용이 무엇보다 바실루스 포자균

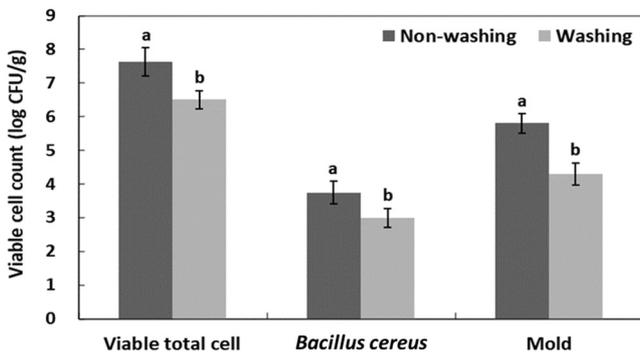


Fig. 1. Effect of washing (1 hour soaking) on the microbial cell counts of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Values marked above the bar with different letters are significantly different by t-test at $p < 0.05$.

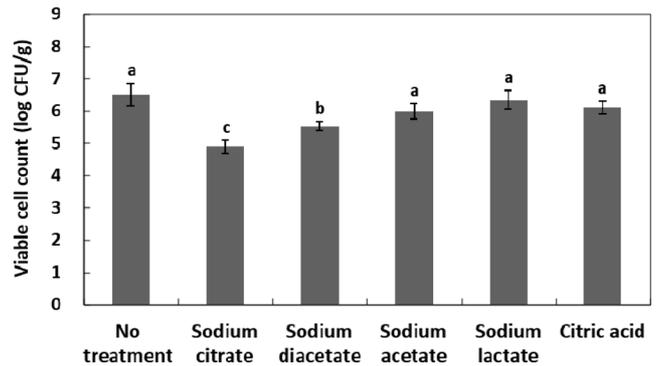


Fig. 2. Effect of washing (1 hour soaking) with different organic acids (1.0%, w/w) on the microbial cell counts of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Values marked above the bar with different letters are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

의 불활성화에 있어 중요하다고 할 수 있다(Kim 등, 2012; Son, 2010).

유기산의 항균 효과

마늘, 양파, 생강 등의 근채류 향신채소의 미생물 제어 소재로 일부 사용중인 유기산 항균제를 활용하여 수삼의 오염균 저감화 실험을 진행하였다. 다양한 박테리아와 곰팡이류에 대한 항균력을 보유하고 있는 것으로 알려진 유기산은 초산, 젖산, 구연산, 사과산 등 여러 종류가 있으며, 식품의 원료에 천연적으로 혹은 발효산물로 존재하거나 인공적으로 첨가되는 경우가 있다(Kim 등, 2007; Kim 등, 2010; Son, 2010). 정제수 대비 1% (w/w) 농도로 희석한 구연산나트륨(sodium citrate), 이초산나트륨(sodium diacetate), 초산나트륨(sodium acetate), 구연산(citric acid), 젖산나트륨(sodium lactate) 용액에 정제수로 1차 세척한 수삼을 1시간 동안 침지하여 총균수를 분석한 결과 유기산 종류별로 31.0-97.5%의 감균 효과를 나타내었다(Fig. 2). 유기산 제제 중 가장 살균 효과가 좋은 항균소재는 구연산나트륨으로, 총균이 6.5 log CFU/g에서 4.9 log CFU/g로 감균되어 오염 미생물이 1.6 log CFU/g 저감화 되는 97.5%의 살균률을 나타내었다. 그 다음으로 이초산나트륨, 초산나트륨이 각각 89.2%, 68.8%의 감균률을 나타내었으며, 그 외 구연산과 젖산나트륨은 살균률이 60.3, 31.0% 수준으로 낮아 감균효과가 떨어졌다. 이상의 결과에서 구연산 및 초산제제의 항균효과가 유효하여 구연산나트륨과 이초산나트륨을 동량 혼합한 1% (w/w) 복합제제 용액에서의 침지시 수삼의 오염균 저감화 효과를 살펴 보았다. 실험 결과 살균률 98.1%로 구연산나트륨 단독 사용시 보다 항균효과가 다소 증가하였으나 유의적 차이($p < 0.05$)가 없어 구연산 계통이 수삼의 미생물 제어에 있어 효과적인 유기산 제제로 판명되었다. 본 연구에서 살균력이 높게 나타난 구연산나트륨은 백색의 결정성 분말로 물에 잘 용해되어 수용액은 pH 8.0 내외의 약 알칼리성을 나타내며 식품의 완충, 유화 안정 작용 등에 주로 사용되고 있다(Hwang, 2017; Kim 등, 2007). 구연산나트륨은 우수한 용해성으로 물에 해리된 다량의 pH 2.4 내외의 구연산이 세포 내부의 산성화를 유도하고, 미생물 성장에 필수적인 다원자가 양이온(polyvalent cation)과 킬레이팅하여 증식억제효과를 나타내며, 세포 외부의 산도가 증가하게 되면 세포 내부로 유입 되는 양성자를 제거하기 위해 더 많은 에너지를 소비하기 때문에 증식이 억제된다고 보고되어 있다(Hwang, 2017; Kim 등, 2010).

살균력 97.5%의 구연산나트륨의 각각 살균률 89.2, 68.8%로 유

효한 항균효과를 나타내는 이초산나트륨, 초산나트륨의 항균기작도 구연산나트륨과 동일하게 물에 해리된 산 성분이 미생물의 세포막을 통해 세포질로 확산되어 생육에 필수 인자인 단백질과 핵산의 구조와 기능을 변화시켜 발생하는 것으로 생각된다(Kim 등, 2007; Kim 등, 2010). 이초산나트륨, 초산나트륨의 pH는 4.7, 5.2 수준으로 물에 용해된 pH 2.4 내외의 초산 성분이 미생물 세포 내 pH 및 세포막의 투과성을 변화시켜 기질이동을 방해하고, NADH (nicotinamide adenine dinucleotide) 산화를 막아 전자 전달 체계에 이상을 주어 생육을 억제하는 것으로 알려져 있다(Hwang, 2017; Kim 등, 2007; Kim 등, 2010).

계면활성제의 항균 효과

일반적으로 항균제는 박테리아 세포 표면에서 초기 결합을 유도하여 세포 외부 층의 변형을 발생시켜 항균성분이 세포 내부로 침투하여 효과적으로 작용하게 된다(Kim 등, 2012; Kyung, 2006; Li 등, 2008). 미생물 표면층의 변형으로 항균효과를 일으키는 대표적인 항균제로서는 양이온성 계면 활성제가 있으며, 특히 음전하가 유지되는 pH에서 가장 강력한 살균 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2012; Kyung, 2006). 이러한 점을 감안하여 수삼내 오염 자생균의 효과적인 감균을 위해 계면활성제 계통의 항균제를 적용하여 미생물 저감화 효과를 세부 고찰하였다.

계면활성제 계통 항균제로 식품에 많이 사용되는 비타민B₁₂라우릴황산염과 계면활성 기능을 가진 유화제인 중쇄 지방산 모노글리세라이드를 각각 정제수에 혼합한 1% (w/w) 용액에 세척 수삼을 1시간 침지 후 총균수를 분석하였다. 실험 결과 Fig. 3에서와 같이 항균제 첨가 없이 정제수에 1시간 침지하여 세척만 한 무처리구 6.5 log CFU/g 대비 비타민B₁₂라우릴황산염 처리시 3.8 log CFU/g으로 2.7 log CFU/g 감균되어 99.8%의 우수한 살균효과를 나타내었다. 그에 반해 중쇄 지방산 모노글리세라이드는 0.8 log CFU/g 내외 감균되어 83.3%의 총 세균 저감화 효과를 보여 미생물 제어효과가 상대적으로 떨어졌다.

수삼 내 토양 유래 오염균인 내열성 바실루스 포자에 대해 항균효과가 우수한 비타민B₁₂라우릴황산염의 살균 기작을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 계면활성제 기능을 가진 백색의 결정성 분말인 비타민B₁₂라우릴황산염은 항균제외에도 영양강화제, 유화제 용도로도 사용되고 있다. 비타민B₁₂라우릴황산염은 pH 4.3 내외로 항균력에 대한 pH 영향이 적어 넓은 pH 영역에서 사용

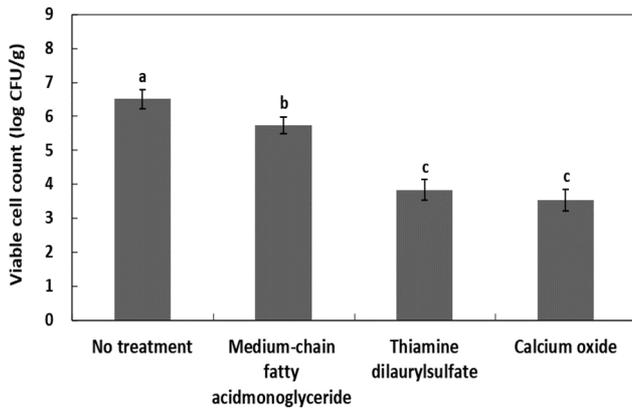


Fig. 3. Effect of washing (1 hour soaking) with different commercial antimicrobial agents (1.0%, w/w) based on surfactant and calcium component on the microbial cell counts of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Values marked above the bar with different letters are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

할 수 있으며, 세균, 효모, 곰팡이 및 유산균 등의 다양한 미생물에 대한 넓은 항균 스펙트럼을 가지고 있다. 미생물의 손상 표적 부위는 세포벽(cell wall), 세포질 막(cytoplasmic membrane) 및 세포질(cytoplasm)이며, 특히 가장 유용한 표적 영역은 세포 내에서의 기본적인 대사 및 구조적 역할을 하는 세포질 막이다. 계면활성제의 친수성 및 소수성 부위가 세포막의 유사 부위와 각각 결합하여 구조 변형을 일차적으로 가져오게 되며, 이러한 변형으로 미생물의 세포막이 파괴되면 생육에 관련된 효소, 뉴클레오타이드 및 뉴클레오시드 및 당의 누출을 초래하게 되어 효과적으로 세포 사멸을 유도하게 된다(Kim 등, 2012; Kyung, 2006; Li 등, 2008).

칼슘제 항균 효과

수삼과 같이 토양 유래 바실러스 포자균을 함유하고 있는 통마늘, 통생강의 미생물 제어에 효과가 있는 것으로 나타난 산화칼슘 용액을 이용한 수삼내 오염균에 대한 균 저감화 실험을 진행하였다(Choi 등, 2013; Sawai 등, 2001). 조개껍질이나 석회석의 주성분은 탄산칼슘으로, 700°C 이상의 고열을 가하면 이산화탄소가 제거되어 산화칼슘(CaO)이 생성되는데 이것을 소성(firing) 칼슘이라 하며, 수용액은 강한 알칼리성을 띠고 있어 항균제로 사용된다(Choi 등, 2013; Sawai 등, 2001).

신선 채소의 미생물 제어를 위하여 편리성과 경제적인 이유로 염소계 살균제인 차아염소산나트륨(NaOCl, Sodium hypochlorite)이 주로 사용되어 왔다. 살균효과를 가진 유리 염소 성분으로는 염소가스(Cl_2), 차아염소산(HOCl), 차아염소산이온(OCl^-)의 3종류가 있는데, 이 중 차아염소산과 차아염소산이온 계통이 일반적으로 널리 쓰이고 있다. 각각의 유리염소 성분은 pH 특성에 의해 성분비율이 결정되는데, pH 6.5 이하에서는 차아염소산 형태로, 반면에 pH 8.5 이상에서는 차아염소산이온으로 존재한다. 염소계의 살균성분은 세균의 세포막의 투과성에 장애를 주고 원형질 성분을 산화시키며 효소반응을 저해함으로써 살균력을 발휘하는 기작으로 알려져 있다(Park 등, 2017). 세척이 불충분하지 않을 시 이미, 이취 및 인체 유해성 리스크 등으로 화학적 살균 소독제를 점차 기피하고 있는 실정이라 독성이 적고 안전하면서도 위해 요소를 제거할 수 있는 살균 소독, 세척제의 필요성이 대두되고 있

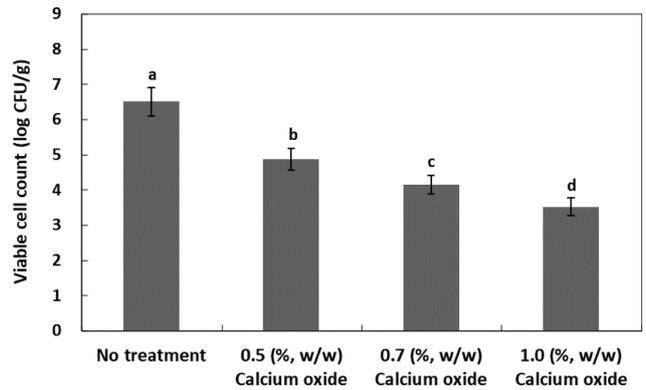


Fig. 4. Effect of washing (1 hour soaking) with calcium oxide in different concentrations (0.5, 0.7, 1.0%, w/w) on the microbial cell counts of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Values marked above the bar with different letters are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

어 산화칼슘은 좋은 대체 항균제로 최근 각광받고 있다(Choi 등, 2013; Sawai 등, 2001).

통마늘과 통생강의 경우 1.0% (w/w) 산화칼슘 용액에서 1 log CFU/g 내외의 감균 효과를 나타내어 동일 농도에서 수삼의 침지 살균 실험을 진행하였다. 실험 결과 Fig. 3에서와 같이, 3.5 log CFU/g으로 무처리구 대비 3 log CFU/g 내외 감균되어 99.9%의 우수한 살균효과를 나타내어 산화칼슘이 수삼의 미생물 감균 소재로 활용도가 높은 것으로 나타났다. 산화칼슘 농도별 실험결과, 0.5% (w/w) 산화칼슘 용액에서 수삼의 총균수가 4.9 log CFU/g으로 무처리구 대비 1.6 log CFU/g 내외 감균되어 97.7%의 유의차($p < 0.05$) 있는 살균률을 나타내었다(Fig. 4).

타 연구 사례에서도 소성 가리비 조개껍질 분말의 현탁액 0.1-0.2 mg/mL로, 5분 처리시 대장균, 살모넬라, 고초균, 황포도상구균 등에서 2-4 log CFU/g의 감소율을 나타내어 차아염소산 처리와 거의 동등한 살균 효과가 보고되었다(Choi 등, 2013; Sawai 등, 2001).

소성칼슘 계통의 산화칼슘 경우 pH 12.5 내외의 강한 알칼리성에 의해 미생물의 생리 활성이 영향을 받아 살균 효과를 나타내는 것으로 알려져 있으나, 최근 pH 조절 효과 외에 활성산소에 의해 항균력이 발생한다는 새로운 해석도 있다. 구체적으로, Sawai 등(2001)은 산화칼슘내 CaO 성분이 수화(hydration) 작용을 하면서 pH 12.5의 알칼리 상태의 수용액이 되어 1차적으로 항균 활성을 나타내며, 여기에 산화칼슘의 활성산소 작용이 추가되어 더 높은 항균활성을 나타내는 것으로 보고하였다(Choi 등, 2013; Sawai 등, 2001). 산화칼슘 항균활성의 주요 메커니즘인 알칼리 효과로 인해 그람 양성균과 음성균 모두에 대해 항균활성을 나타내며, 또한 항진균성 효과도 잠재하고 있다고 알려져 있다. 지금까지 산화칼슘의 항균활성에 대해 보고되어진 균주는 대장균(*Escherichia coli*), 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*), 살모넬라 티피무름(*Salmonella typhimurium*), 바실러스 서브틸리스(*Bacillus subtilis*) 등이며 효모 및 곰팡이로는 사카로마이세스 세르비시에(*Saccharomyces cerevisiae*), 칸디다 알비칸스(*Candida albicans*), 아스페르길루스 니제르(*Aspergillus niger*) 및 리조푸스톨로니페(*Rhizopus stolonifera*)등이다(Choi 등, 2013; Sawai 등, 2001). 산화칼슘은 양식장 등 조개류의 산지에서 가식부를 제외한 나머지(80%)는 폐기물로 버려져 토양과 지하수 오염 등 환경 문제로 되고 있는 조개 껍데기를 이용할 수 있는 시스템인 집하-정선-분쇄-포장 시설

에서 제조할 수 있어 기존의 화학적 살균제를 대신한 환경 친화적이며 건강에도 유익한 자연 순환 천연 살균 소독제로 활용할 가치가 있다.

요 약

건강 기능성 소재로 많이 활용되고 있는 수삼은 정제수에서 1 시간 세척 후에도 일반세균은 6.5 log CFU/g, 곰팡이는 4.3 log CFU/g 수준으로 높게 나타나 미생물 안전성을 확보하기 위해 상업적 항균제 8종의 적용 실험을 진행하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 다양한 박테리아와 곰팡이류에 대한 항균효과가 있는 것으로 알려져 있는 1% (w/w) 구연산나트륨, 이초산나트륨, 초산나트륨, 구연산 및 젖산나트륨 용액에 세척한 수삼을 각각 1시간 동안 침지한 결과 유기산 종류별로 31.0-97.5%의 총세균의 저감화 효과를 보였다. 유기산 계통 항균소재 중 구연산나트륨이 6.5 log CFU/g에서 4.3 log CFU/g으로 2 log CFU/g 내외의 오염 미생물이 저감화 되어 가장 살균력이 좋았다. 수삼에 대한 유기산 항균효과는 물에 해리된 pH 2.4 내외의 산 성분이 미생물의 세포막을 통해 세포질로 확산되어 생육에 필수 인자인 단백질과 핵산의 구조와 기능을 변화시켜 발생하였다. 바실러스 포자에 대해 항균력이 있는 것으로 알려진 계면활성제 계통의 항균제 실험 결과 세척만 적용한 무처리구 6.5 log CFU/g 대비 비타민B₁라우릴 황산염 처리시 3.8 log CFU/g으로 2.7 log CFU/g 감균되어 99.8%의 우수한 살균효과를 나타내었다. 계면활성제의 친수성 및 소수성 부위가 세포막의 유사 부위와 각각 결합하여 구조 변형을 가져오게 되어, 미생물의 세포막이 파괴되면 생육에 관련된 효소, 뉴클레오타이드 및 뉴클레오시드 및 당의 누출을 초래하게 되어 효과적으로 세포 사멸을 유도하게 된다. 통마늘과 통생강과 같은 향신채소의 미생물 제어에 효과적인 1.0% (w/w) 산화칼슘 용액에서는 수삼내 총균이 3.5 log CFU/g으로 무처리구 대비 3 log CFU/g 내외 감균되어 99.9%의 우수한 살균효과를 나타내어 산화칼슘이 수삼의 미생물 감균 소재로 활용도가 높은 것으로 나타났다. 조성 산화칼슘은 pH 12.5의 강한 알칼리성과 활성산소로 미생물의 생리 활성에 영향을 주어 효과적인 살균 효과를 나타내는 것으로 밝혀졌다.

References

Chang EH, Bae YS, Lee JH, Shin IS, Choi JW. Quality loss of spring-harvested fresh ginseng under simulated export and distribution conditions. *Korean J. Food Preserv.* 25: 641-650 (2018)

Choi IH, Kim HY, Lee GD. Change in the textural properties of fresh ginseng after its immersion in a calcium carbonate solution. *Korean J. Food Preserv.* 20: 76-80 (2013)

Chung KC, Kim CB, Kim DK, Kim BJ. Isolation of antagonistic bacteria against major diseases in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 14: 202-205 (2006)

Hwang TY. Effect of commercial sanitizers on microbial quality of fresh-cut iceberg lettuce during storage. *Korean J. Food Preserv.* 24: 827-833 (2017)

Kim YC, Chung HC, Bae YS, Park SK. Control of ginseng damping-off disease using chitinolytic bacterial mixtures. *Res. Plant*

Dis. 24: 353-358 (2018)

Kim KH, Kim HJ, Byun MW, Yook HS. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 577-583 (2012)

Kim HS, Kim EJ, Choi JH, Hong SI, Jeong MC, Kim DM. Reduction of microbial populations on the surface of fresh ginseng by various washing treatments. *Korean J. Food Preserv.* 17: 405-409 (2010)

Kim KT, Kim SS, Ha SD. Effect of corona discharge on the changes in quality and pasteurization of ginseng powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 1237-1243 (2003)

Kim EJ, Kim GH, Kim DM. Effect of surface washing treatment on quality of fresh ginseng during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 380-385 (2007)

Kwak YS, Chang JK. Effect of various sterilization methods on growth of microorganism contamination in ginseng powder. *J. Food. Hyg. Saf.* 16: 221-226 (2001)

Kyung KH. Growth inhibitory activity of sulfur compounds of garlic against pathogenic microorganisms. *J. Food. Hyg. Saf.* 21: 145-152 (2006)

Lee JH, Chio JW, Hong YP, Kim GS. Effects of storage temperature on quality of fresh ginseng during distribution. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 23: 431-438 (2015)

Li X, Han JS, Jin X, Yin D, Choi JE. Control of alternaria leaf blight of ginseng by microbial agent and fungicides. *Res. Plant Dis.* 14: 102-106 (2008)

Noh HH, Lee JY, Park HK, Jeong HR, Lee JW, Jin MJ, Choi H, Yun SS, Kyung KS. Monitoring and safety assessment of pesticide residues in ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) from traditional markets. *Korean J. Pestic. Sci.* 20: 23-29 (2016)

Park KJ, Lim JH, Jung HY, Jeong MC. Disinfection efficacy of slightly acidic electrolyzed water (SIAEW) against some fresh vegetables. *Korean J. Food Preserv.* 24: 312-319 (2017)

Park MH, Shin YS, Kim SJ, Kim JG. Effect of 1-methylcyclopropane treatment on extension of freshness and storage potential of fresh ginseng. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31: 308-316 (2013)

Sawai J. Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay. *J. Microbiol. Methods.* 54: 177-182 (2003)

Sawai J, Shiga H, Kojima H. Kinetic analysis of the bactericidal action of heated scallop-shell powder. *Int. J. Food Microbiol.* 71: 211-218 (2001)

Sawai J, Yoshikawa T. Quantitative evaluation of antifungal activity of metallic oxide powder (MgO, CaO and ZnO) by an indirect conductimetric assay. *J. Appl. Microbiol.* 96: 803-809 (2004)

Seon HJ, Joo IS, Sung CK. A study on suppression components of spoiling ginseng. *J. Ginseng Res.* 23: 67-73 (1999)

Shim WB, Kim JS, Kim SR, Park KH. Microbial contamination levels of ginseng and ginseng products distributed in Korean markets. *J. Food. Hyg. Saf.* 28: 319-323 (2013)

Shim WB, Lee CW, Choi YD, Park SG, Jeong MJ, Kim JS, Kim SR, Park KH, Chung DH. Analysis of the level of microbial contamination in the manufacturing company of ginseng products. *J. Food. Hyg. Saf.* 30: 159-165 (2015)

Son JY. Antioxidant and antimicrobial activities of methanol extracts from spices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 648-654 (2010)

Yu MH, Chae IG, Jung YT, Jeong YS, Kim, HI, Lee IS. Antioxidative and antimicrobial activities of methanol extract from *Rosmarinus officinalis* L. and their fractions. *J. Life Sci.* 21: 375-384 (2011)

Yun KY, Yang DC. The relationships between the microorganism and red-colored phenomena of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *J. Ginseng Res.* 25: 53-58 (2001)