



## Effect of organic acid and ultraviolet-C treatment on putrefactive microorganisms and shelf-life of seasoned squid product

Xiaotong Xu<sup>1</sup>, Ji-Eun Lee<sup>1</sup>, Eun-Jin Kim<sup>2</sup>, So-Mi Jeong<sup>3</sup>, Si-Hyeong Ryu<sup>1</sup>, Woo-Sin Kang<sup>1</sup>,  
 Su-Ryong Kim<sup>1</sup>, Han-Ho Kim<sup>1</sup>, Ga-Hye Lee<sup>3</sup>, Dong-Hyun Ahn<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

<sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Graduate School of Global Fisheries, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

<sup>3</sup>Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 46041, Korea

## 유기산과 UV-C 처리가 조미오징어의 부패미생물과 제품의 저장안정성에 미치는 영향

쉬시아오통<sup>1</sup> · 이지은<sup>1</sup> · 김은진<sup>2</sup> · 정소미<sup>3</sup> · 류시형<sup>1</sup> · 강우신<sup>1</sup> ·  
 김수룡<sup>1</sup> · 김한호<sup>1</sup> · 이가혜<sup>3</sup> · 안동현<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 식품공학과, <sup>2</sup>부경대학교 글로벌수산대학원 식품산업공학과, <sup>3</sup>부경대학교 수산과학연구소

### Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of organic acid and ultraviolet (UV)-C treatment on the storage stability and microbial quality of seasoned squid product. The overall preference score was lower in the 1.5 M citric acid group than in the untreated group. Since the pH of the citric acid-treated product remained low during storage, its viable cell count reduced 21.34% compared with that of the untreated group. Compared with the untreated group, the samples treated with lemon concentrate showed a remarkably lower taste score but no significant difference in the scores for color, overall smell, fishy smell, off-flavor, texture, and hardness. In addition, during storage, the viable cell count in the lemon concentrate-treated group reduced to 7.42% compared to that of the untreated group. On day 50 of storage, the viable cell count of the lemon concentrate-treated group reduced 28.16% more than that of the untreated group. UV-C treatment of *Bacillus subtilis* and *Aspergillus ruber* isolated from seasoned squid products inhibited growth after irradiation for 35 and 90 minutes, respectively. These findings indicate that UV-C, citric acid, and lemon concentrate treatment during the product manufacturing process can improve the storage and quality of seasoned squid products.

**Key words** : antimicrobial, organic acid, natural acid, ultraviolet-C, seasoned squid product

### 서론

대한민국은 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 어패류를 비롯한 수산물에 단백질의 공급원 중 하나로서 소비되고 있으며, 그 소비가 점점 증가하는 추세이다. 많은 수산물 중 오징어는

독특한 질감, 풍미와 맛으로 인해 한국, 중국, 일본, 동남아시아 및 남유럽에서 널리 소비되고 있는 인기 있는 수산 기호품 중의 하나이다(Hong 등, 2006; Yang 등, 1999).

오징어 가공식품 중 조미오징어는 오징어 육을 건조, 조미하여 훈제, 구운, 찢은 조미오징어의 형태로 유통되고 있

\*Corresponding author. E-mail : dhahn@pknu.ac.kr, Phone : +82-51-629-5831, Fax : +82-51-629-5824

Received 15 March 2021; Revised 04 May 2021; Accepted 10 May 2021.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

며, 간식, 술안주, 밑반찬 등의 기호식품으로 다양한 연령층의 소비자를 확보하고 있다(Choi 등, 2012). 국내 식약처에서 정한 식품 기준 및 규격(조미 건어포)에 따르면 조미 오징어 제품의 경우, 보존료로서 소브산의 사용이 1.0 g/kg 이하로 허용되고 있다. 그러나 조미오징어의 경우, 원재료의 미생물 오염도가 높으며, 제조공정이 복잡하고 원료에서 최종 생산제품까지 대부분 수작업으로 이루어지고 있어(Ham 등, 2010), 가공 공정과 저장 및 유통 중 곰팡이를 비롯한 미생물 오염에 의한 위생상의 품질 저하와 품질 열화 등이 지적되고 있다(Noh 등, 2004). 또한 유통 과정 중의 관능 특성 저하와 물성의 변화와 같은 품질 저하는 소비자의 식미 기호를 저해하는 원인이 되고 있으며, 이와 같은 저장 안정성의 문제는 조미 오징어 제품의 다양화에 많은 제한이 되고 있어 유통 기한의 연장 및 저장을 위한 개선된 가공 방법의 개발과 제품의 효과적인 관리방안이 시급한 실정이다.

최근 식품의 미생물학적 안전성 및 품질 향상을 고려하여 비가열처리 기술이 응용되고 있는데, 그 중 유기산은 낮은 pH 영역에서 미생물 활성을 감소시키며, 항균 활성을 가지고 있는 것으로 알려져 있어(Ingram 등, 1956; Luck 등, 1997; Macris, 1975), 식품의 저장성 향상을 위하여 유용하게 활용되고 있다. 주로 연구되고 있는 유기산으로는 라임나무에서 추출된 구연산(citric acid)과 초산(acetic acid)(Eustace, 1984; Hamby 등, 1987) 및 젖산(lactic acid)(Smulders 등, 1985)이 알려져 있다.

UV(ultraviolet)는 100-400 nm 범위의 전자파로서, UV-A(315-400 nm), UV-B(280-315 nm) 및 UV-C(100-280 nm)로 그 영역이 구분되어 있다(Keyser 등, 2008; Mok 등, 2008; Perkins-Veazie 등, 2008). 식품 표면의 미생물학적 오염을 줄이는 데 주로 비가열 살균처리기술인 UV-C를 사용하고 있으며, 특히 253.7 nm 파장은 미생물의 DNA base에 손상을 일으켜 미생물을 사멸시키는 것으로 알려져 있다(Allende 등, 2003; Keyser 등, 2008; Mok 등, 2008; Perkins-Veazie 등, 2008). 기존의 전자빔이나 감마선 조사 방법과 비교하여 UV-C 조사는 잠재적 위해 요소에 대한 소비자 거부감이 적고, 수분과 온도의 영향을 크게 받지 않으며, 설치가 간단하고, 조사비용이 저렴한 장점을 가지고 있어 다양한 식품의 미생물 오염을 방지하기 위하여 폭넓게 연구되고 있다(Allende 등, 2003; Keyser 등, 2008; Mok 등, 2008; Perkins-Veazie 등, 2008).

따라서 본 연구에서는 화학적 처리 방법인 유기산 처리와 물리적 처리 방법인 자외선(UV-C) 조사가 간식용 조미 오징어 제품의 저장성과 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시험균주

본 연구에서 사용된 균주는 자연적으로 부패된 조미 오징

어 시료에서 분리한 *Bacillus subtilis*와 *Aspergillus ruber*이다.

### 실험재료 및 시약

본 연구에서는 (주)한양 식품으로부터 제공 받은 '매콤한 오징어 슌다리' 제품을 조미 오징어 시료로 사용하였고, 저장 유통 중 자연적으로 부패된 제품을 부패 조미 오징어 시료로 사용하였다.

조미 오징어의 수분활성도와 수분함량은 계명대학교 전통 미생물자원개발 및 산업화연구센터에 의뢰하였다. 그 결과, 수분활성도(Aw)는 0.62이며, 수분함량은 12.96%이었다.

미생물 배양을 위한 nutrient broth(NB)는 Acumedia (Acumedia, USA)의 제품을, potato dextrose broth(PDB)와 plate count agar(PCA) 배지는 Difco(BD Difco, New Jersey, USA)의 제품을 사용하였다. Sucrose는 Wako(Wako Pure Chemical, Osaka, Japan) 제품을 사용하였고, agar 및 citric acid monohydrate는 Junsei(Junsei Chemical, Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용하였다. 천연 유기산으로서 100% 레몬 농축액은 (주)이에스기술연구소의 제품을 이용하였다.

### 미생물의 분리 및 동정

제품의 부패로 인해 생성된 미생물을 확인하기 위하여 자연적으로 부패된 조미 오징어 시료를 멸균 phosphate buffered saline (PBS, pH 7.4)에 현탁하였다. 10배 희석법으로 각 단계별 희석액 100 µL씩 NA 배지와 sucrose를 첨가한 PDA 배지에 도말하여, 35°C와 25°C에서 각각 배양하였다. 배양된 colony 중 서로 다른 2종의 세균과 2종의 곰팡이를 육안판정으로 분리하였으며, 분리된 colony는 streak method에 의해 재분리하여 단일 colony를 얻었다.

흰색의 분리된 2종의 균주를 SW-1, SW-2라고 명명하여 (주)코스모진텍(Daejeon, Korea)에 의뢰하여 16S rRNA sequence 분석을 하였다. 또한, 분리한 2종의 곰팡이 중 노란색 균주를 SY, 회색 colony를 SG라고 명명하여 ITS1(5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G-3')과 ITS4(5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3') primer set(Innis 등, 2012; Zhang 등, 2000)를 사용하여 ITS 영역 염기서열분석을 하였고, 각각의 결과는 BLAST(basic local alignment search tool)를 이용하여 NCBI(national center for biotechnology information)의 Genbank 유전자 데이터와 비교·분석하였다.

### 미생물의 생육 억제를 위한 유기산의 최소농도 측정

분리한 4종의 균주 중 우점종인 *B. subtilis*와 *A. ruber*균주의 초산, 젖산, 구연산 및 말레산의 각 유기산에 대한 미생물의 생육 억제 조건을 확인하였다. *B. subtilis*의 단일 colony를 NB 배지에 접종하여 35°C에서 24시간 1, 2차 배양을 하였고,

0.025-2.5 M의 각 유기산이 포함된 NB 배지에 2차 배양액 100  $\mu$ L를 각각 접종하여 35 $^{\circ}$ C에서 24시간 배양하였다. 그 후, 배양액을 4,000 rpm, 4 $^{\circ}$ C 조건에서 15분간 원심분리하여 상층액을 제거하고, 침전물 40  $\mu$ L를 취해 NA 배지에 도말한 후 35 $^{\circ}$ C에서 24시간 배양하였다.

분리한 *A. ruber*의 단일 colony를 sucrose가 첨가된 PDB 배지에 접종하고, 3-5일간 25 $^{\circ}$ C에서 배양하였다. 동일 조건으로 1, 2차 배양 후, 0.025-0.25 M 각 유기산과 sucrose가 포함된 PDB 배지에 2차 배양된 *A. ruber*의 배양액 100  $\mu$ L를 취하여 각각 접종하고, 25 $^{\circ}$ C에서 3-5일 동안 배양하였다. 이후 배양액을 4,000 rpm, 4 $^{\circ}$ C에서 20분간 원심분리하여 상층액을 제거하고, 침전물 40  $\mu$ L를 취해 sucrose가 포함된 PDA 배지에 도말한 후 3-5일간 25 $^{\circ}$ C에서 배양하였다.

### 미생물의 생육 억제를 위한 천연산의 최소농도 측정

약  $10^7$ - $10^8$ 으로 배양된 *B. subtilis*의 배양액 100  $\mu$ L를 3.125, 12.5, 16.7, 25, 50, 100%의 감귤, 레몬, 매실 및 유자 농축액이 포함된 NB 배지에 접종하고, 35 $^{\circ}$ C에서 24시간 배양하였다. 배양액을 4,000 rpm, 4 $^{\circ}$ C에서 15분간 원심분리하고, 침전물 40  $\mu$ L를 NA 배지에 도말하여 35 $^{\circ}$ C에서 24시간 배양하였다.

약  $10^7$ - $10^8$ 으로 배양된 *A. ruber*의 배양액 100  $\mu$ L를 취하여 3.125, 4.17, 6.23, 12.5, 16.7, 25, 50, 100%의 감귤, 레몬, 매실 및 유자 농축액과 sucrose가 포함된 PDB 배지에 각각 접종하고, 25 $^{\circ}$ C에서 3-5일 동안 배양하였다. 배양액을 4,000 rpm, 4 $^{\circ}$ C 조건에서 20분간 원심분리하고, 침전물 40  $\mu$ L를 sucrose가 포함된 PDA 배지에 도말한 후 3-5일간 25 $^{\circ}$ C에서 배양하였다.

### UV-C 조사 시간에 따른 균 생장

NB 배지에 *B. subtilis*를 접종하고, 35 $^{\circ}$ C에서 24시간씩 1, 2차 배양하였다. 그 후, 2차 배양된 *B. subtilis* 배양액 100  $\mu$ L를 취하여 NA 배지에 도말하였다. UV-C(253.7 nm)는 배지와 램프와의 거리는 6 cm, 강도는 19.5 W/m $^2$ 으로 5-40분까지 5분 단위로 각각 조사시간을 달리하여 조사한 후, 35 $^{\circ}$ C에서 24시간 배양하였다. 또한, sucrose를 첨가한 PDB 배지에 *A. ruber*를 접종하고, 3-5일간 25 $^{\circ}$ C에서 배양하였다. 1, 2차 배양 후, 2차 배양된 *A. ruber* 배양액 100  $\mu$ L를 취하여 sucrose가 포함된 PDA 배지에 도말하였다. 253.7 nm 파장으로 배지와 램프와의 거리는 6 cm, 강도는 19.5 W/m $^2$ 로 30-100분까지 10분 단위로 각각 조사시간을 달리하여 조사하고, 25 $^{\circ}$ C에서 3-5일 배양하였다.

### 구연산과 레몬 농축액 처리에 따른 항균력 측정

유기산의 제품에 대한 적용 가능성을 확인하기 위하여 1.5

M 구연산과 100% 레몬 농축액을 조미 오징어 제품 표면에 처리하였다. 구연산을 처리한 조미 오징어 시료는 조미 공정 중 건조 후, 1.5 M의 구연산을 제품의 표면에 처리하여 제조하였고, 레몬 농축액을 처리한 조미 오징어 시료는 조미 공정 중 건조가 끝난 후, 제품의 표면에 100% 레몬 농축액을 처리하여 제조하였다. 구연산과 레몬 농축액을 처리한 각 시료는 구이 공정과 개별 포장 과정을 거친 후 30 $^{\circ}$ C에서 50일간 저장하면서 10일 간격으로 미생물 증식 여부를 확인하였으며, 무처리 시료를 대조군으로 사용하였다.

### 관능평가

무처리 및 유기산을 처리한 조미 오징어 제품의 저장 중 관능적 변화를 측정하기 위하여 부경대학교 식품공학과 학생 11명을 선정하여 본 실험의 목적과 시료의 평가 방법 및 특성에 대한 교육을 실시한 후 시행하였다. 조미 오징어 시료의 색, 향, 맛, 질감 및 전체적 기호도에 대하여 7점(1=아주 나쁘다, 7=아주 좋다) 척도법에 따라 측정하였다. 또한, 관능특성 중 색(표면), 향(비린내), 맛(신맛의 강도, 이미) 및 질감(경도)의 정도를 항목으로 선정하여 평가하였다. 기호성 평가는 부경대학교 기관생명윤리위원회에서 승인을 받은 후, 실시하였다(Approval number: 1041386-202005-HR-30-02).

### pH와 색도 측정

조미 오징어 시료의 pH는 제품의 여러 부위에서 시료를 채취하였으며, 채취한 시료 3 g을 증류수 30 mL와 혼합하여 (1:10 v/v) 5,000 rpm에서 4분간 균질화하였다(AM-7, Ace homogenizer, Nihonseiki, Japan). 균질화 후, 혼합액을 pH meter(DKK-TOA Corporation, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

조미 오징어 시료의 색도는 색차계(JC801, Color Technosystem Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(lightness, L\*), 적색도(redness, a\*), 황색도(yellowness, b\*)를 측정하였다. 시료당 5회 반복하여 측정하였고, 평균값과 표준편차를 구하였다. 이 때 사용된 표준 백색판의 값은 L\*=93.26, a\*=0.77, b\*=1.10이었다.

### 생균수 측정

조미 오징어 시료의 생균수를 측정하기 위하여 무처리 및 유기산으로 처리한 조미 오징어 시료 2 g을 무균적으로 채취하여 멸균된 PBS(pH 7.4) 용액 18 mL를 혼합한 후, 1,000 rpm에서 1분간 균질화하였다(AM-7, Ace homogenizer, Nihonseiki, Japan). 이 현탁액을 10배 희석법으로 희석하여 PCA 배지에 도말하고, 35 $^{\circ}$ C에서 24시간 배양한 후, colony를 계수하여 나타내었다. 저장 중인 조미 오징어 시료의 곰팡이 증식 유무는

육안으로 관찰하였다.

### 통계처리

본 연구결과는 SAS software(Statistical analytical system V8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산 분석을 실시하였다. 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 Duncan의 다중범위검정(multiple range test)으로  $p < 0.05$  수준에서 유의차 검정을 하였다.

## 결과 및 고찰

### 미생물 분리 및 동정

자연적으로 부패된 조미 오징어 시료에서 분리한 4종의 colony 중 흰색 colony를 SW-1과 SW-2라고 명명하여 16S rRNA sequence 분석을 이용하여 동정하였으며, 곰팡이 균주로 추정되는 노란색 colony를 SY, 회색 colony를 SG라고 명명하여 ITS1 and ITS4 primer set sequence 분석을 이용하여 동정하였다. 그 결과, SW-1과 SW-2 균주는 *B. subtilis*로 확인되었고, SY 균주는 *A. ruber*, SG 균주는 *A. penicillioides*로 확인되었다(Table 1).

*B. subtilis*는 그람 양성, 내생 포자 형성 균으로 청국장 발효균으로 잘 알려져 있다. 또한, 빵의 오염 및 부패를 유발하는 원인균으로 알려져 있지만(Sorokulova 등, 2003), 미국 FDA는 식품에 대한 *B. subtilis*의 독성에 대해서 일반적으로 안전하다고 인정되는 물질(generally recognized as safe, GRAS)로 인식하고 있다(FDA, 2018).

*Aspergillus*는 호기성으로 거의 모든 종이 산소가 풍부한 환경에서 발견되며, 일반적으로 기질의 표면에 생육하는 것

으로 알려져 있다. 보통 곰팡이는 단당류 및 다당류와 같은 탄소가 풍부한 기질에서 성장하는데, *Aspergillus*는 빵이나 감자와 같은 전분이 많은 식품의 오염 물질로 알려져 있다(Bennett, 2010). *A. penicillioides*는 일반적으로 건조식품과 같이 수분 활성이 낮은 식품에서 주로 발견되며, 대표적인 식품으로 곡물, 견과류 및 콩 등이 있다(Machida, 2010).

### 미생물 생육 억제를 위한 유기산의 최소농도

미생물에 대한 항균 작용을 갖는 유기산인 초산, 젖산, 구연산 및 말레산을 이용하여 부패된 조미 오징어 시료에서 분리한 미생물 중 우점종인 *B. subtilis*와 *A. ruber*에 대한 각 유기산의 처리 농도에 따른 생육 억제 효과를 확인한 결과는 Table 2와 같다.

*B. subtilis*의 경우, 2.7 M 초산, 3.5 M 젖산, 0.9 M 구연산 및 0.025 M 말레산에서 증식이 억제되었다. 또한 *A. ruber*의 경우, 0.025 M 초산, 0.25 M 젖산, 0.5 M 구연산 및 0.025 M 말레산에서 증식이 억제되는 것을 확인할 수 있었다. 다양한 과일 및 발효 제품에서 자연적으로 발견되는 천연 물질인 유기산은 식품매개 병원균에 대해 항균 활성을 가지고 있다(Beuchat과 Colden, 1989). 미국 FDA는 유기산을 일반적으로 안전한 식품 첨가물(GRAS)로 인정하고 있으며, 미생물 성장억제제로 허용하고 있다(Code of Federal Regulations, 1993; FDA, 1982). 유기산은 미생물의 세포막을 통해 비해 리된 분자가 세포 내로 유입되고, 이온화 현상에 의해 미생물을 사멸한다. 또한, 세포 내 pH를 유지하기 위하여 수소 이온이 방출되며, 세포 내부의 산성 환경은 단백질 및 DNA구조 및 효소 활성의 변형과 파괴를 유발하여 세포 외막을 파괴하고(Mani-López 등, 2012), 세포막의 투과성 변화로 기질 이

**Table 1. Identification of isolated microorganisms using 16S rRNA gene sequence and ITS1 and ITS4 primer set sequence analysis**

Strain	16S rRNA sequencing and ITS1 and ITS4 primer set sequence				
	Related strain in NCBI	Accession No.	Query coverage (%)	Identity (%)	Nomenclature
SW-1 SW-2	<i>Bacillus subtilis</i> strain soilG2B	NR113265.1	100	100	<i>Bacillus subtilis</i>
SY	<i>Aspergillus ruber</i> strain CBS 531.65	MH870343.1	100	100	<i>Aspergillus ruber</i>
SG	<i>Aspergillus penicillioides</i> strain CBS 234.65	MH870190.1	100	99.83	<i>Aspergillus penicillioides</i>

**Table 2. Minimal inhibitory concentration (MIC) of organic acids on *B. subtilis* and *A. ruber***

Strain	Organic acid (M)			
	Acetic acid	Lactic acid	Citric acid	Maleic acid
<i>B. subtilis</i>	2.7	3.5	0.9	0.025
<i>A. ruber</i>	0.025	0.25	0.5	0.025

등을 방해한다고 알려져 있다(Kong 등, 2001). 본 연구 결과는 In 등(2013)의 *Shigella*에 대한 초산, 구연산 및 젖산의 항균작용 연구에서 유기산이 신선한 농산물에 대해 각각의 항균 활성을 가지고 있다고 보고한 결과와 유사하다. 구연산이 유기산 중 음료 등의 식품에 가장 많이 첨가되어 있으며, 산미료 및 보존제로 사용된다고 알려져 있어 본 연구에서는 구연산을 사용하여 간식용 조미 오징어 제품의 품질과 저장성 향상 실험을 진행하였다. 또한, 구연산의 충분한 효과를 나타내기 위하여 1.5 M 구연산을 사용하였다.

### 미생물의 생육 억제를 위한 천연산의 최소농도

감귤, 레몬, 매실 및 유자 추출 농축액의 4가지 천연산으로 *B. subtilis*와 *A. ruber*에 대한 미생물 억제 효과를 알아보기 위하여 최소 억제 농도 실험을 진행하였다. 그 결과는 Table 3과 같으며, 레몬 농축 원액과 매실 농축 원액 그리고 원액의 50% 및 25% 희석액은 *B. subtilis*의 증식을 억제할 수 있음을 확인하였다(Table 3). 또한, 레몬 농축 원액, 원액의 50% 및 25% 희석액과 매실 농축 원액, 원액의 12.5% 희석액은 *A. ruber*의 증식을 억제할 수 있었다(Table 3). 부패된 조미 오징어 제품으로부터 분리된 *B. subtilis*와 *A. ruber*에 대해 매실과 레몬 농축액이 뚜렷한 생육 저해 효과를 보였으며, 항균 및 항진균 작용이 우수한 식품 보존제로 이용될 가능성을 확인하였다. 천연산의 경우, *B. subtilis*와 *A. ruber*의 증식을 억제하는 데 매실 농축액이 가장 뛰어났으나, 관능검사 결과 강한 신맛으로 인한 불호로 레몬농축액을 사용하였다.

### UV-C 조사 시간에 따른 미생물 생육 억제

2차 배양한 *B. subtilis* 배양액을 NA 배지에 도말하여 배지

와 램프 사이의 간격 6 cm, 19.5 W/m<sup>2</sup>의 강도로 253.7 nm 파장의 UV-C를 5-40분간 5분 간격으로 조사하여 생육 억제 효과를 확인한 결과, 35분 조사 후, *B. subtilis*의 생육 억제 효과를 관찰할 수 있었다(Table 4). 또한 2차 배양한 *A. ruber* 배양액을 sucrose가 든 PDA 배지에 도말하여 배지와 램프 사이의 간격 6 cm, 19.5 W/m<sup>2</sup>의 강도로 253.7 nm 파장의 UV-C를 30-100분 동안 10분 간격으로 조사하여 확인한 결과, 90분 조사 후, *A. ruber*의 생육 억제 효과를 확인하였다(Table 4). 이러한 결과는 미생물을 접종한 후춧가루를 253.7 nm 파장의 UV-C(5 cm, 2.32 W/cm<sup>2</sup>)로 조사했을 때, 살균효과를 나타낸다는 연구(Gwak 등, 2018) 결과와 UV-C 처리(6 cm, 12 cm, 20 kJ/m<sup>2</sup>)가 저장 중인 수입 건어포류의 미생물 생육을 억제한다는 연구(Kim 등, 2008) 결과와 일치함을 보였다. 또한 Nam 등(2017)은 미생물을 UV-C로 조사했을 때, DNA 손상을 유발하고, 자외선량이 증가함에 따라 균의 생존율이 급격히 감소한다고 보고하였다. 이상의 결과로 UV-C 조사 처리가 *B. subtilis* 및 *A. ruber*의 생육을 억제하는 데 효과가 있는 것으로 사료된다.

### 조미 오징어의 관능적 품질평가

1.5 M 구연산을 처리한 조미 오징어 제품의 관능 평가 결과는 Fig. 1A와 같다. 제품에 1.5 M 구연산을 처리한 후 관능 평가한 결과, 맛, 색, 향, 이미, 경도 및 질감의 변화는 크지 않았지만, 신맛이 강하게 나타났고, 약간의 비린내가 느껴졌다. 구연산을 처리한 제품의 전체적인 호감도는 무처리 시료보다 낮게 나타났으며, 1.5 M 구연산을 시료에 처리했을 때, 구연산의 높은 농도로 인해 신맛이 강하게 느껴져 전반적인 기호도가 낮아졌다고 사료된다.

Table 3. Minimal inhibitory concentration (MIC) of natural acids on *B. subtilis* and *A. ruber*

Strain	Natural acid (%)	100	50	25	16.7	12.5	3.125		
<i>B. subtilis</i>	Mandarin	○ <sup>1)</sup>	- <sup>3)</sup>	-	-	○	○		
	Lemon	× <sup>2)</sup>	○	○	○	○	○		
	Prunus mume	×	×	×	○	○	○		
	Citron	○	-	-	-	○	○		
Strain	Natural acid (%)	100	50	25	16.7	12.5	6.23	4.17	3.125
<i>A. ruber</i>	Mandarin	○ <sup>1)</sup>	- <sup>3)</sup>	-	-	○	-	-	○
	Lemon	× <sup>2)</sup>	×	×	○	○	-	-	○
	Prunus mume	×	-	-	-	×	○	○	○
	Citron	○	-	-	-	○	-	-	○

<sup>1)</sup>Growth.

<sup>2)</sup>No growth.

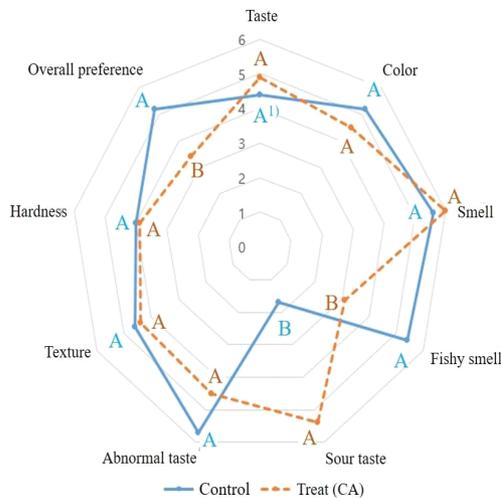
<sup>3)</sup>No data.

**Table 4. Inactivation of *B. subtilis* and *A. ruber* according to irradiation time of UV-C light-emitting diode**

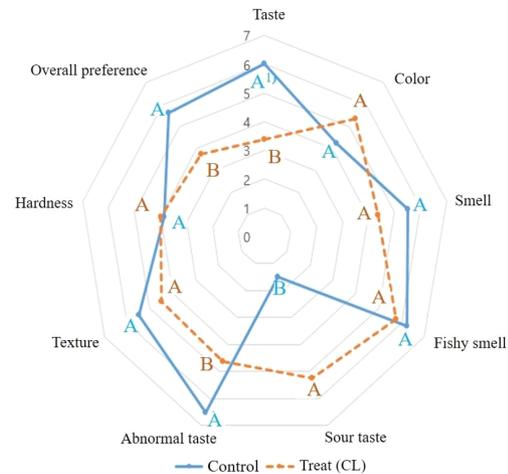
Irradiation time (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
<i>B. subtilis</i>	○ <sup>1)</sup>	○	○	○	○	○	○	× <sup>2)</sup>	×
Irradiation time (min)	0	30	40	50	60	70	80	90	100
<i>A. ruber</i>	○ <sup>1)</sup>	○	○	○	○	○	○	× <sup>2)</sup>	×

<sup>1)</sup>Growth.<sup>2)</sup>No growth.

(A)



(B)

**Fig. 1. Sensory evaluation of seasoned squid product according to 1.5 M citric acid (A) and lemon-concentrated solution (B) treatments.**<sup>1)</sup>Means in the same column (A-B) bearing different superscript are significantly different ( $p < 0.05$ ).

레몬 농축액을 처리한 조미 오징어 제품의 관능 평가 결과는 Fig. 1B와 같다. 제품에 레몬 농축액을 처리한 후 관능 평가한 결과, 맛이 현저히 떨어졌고, 색, 냄새, 비린내, 이미, 질감 및 경도의 유의미한 차이는 없었다. 레몬 농축액 처리한 제품이 신맛이 강하게 나타났고, 전체적인 호감도는 레몬 농축액 무처리 제품보다 낮게 나타났다. 이는 감귤류인 레몬을 어묵에 첨가하였을 때 맛이 떨어진다고 보고한 Yang 등 (2007)의 연구 결과와 유사하였다. 이는 레몬 농축액 특유의 강한 신맛으로 인해 전체적인 호감도가 낮게 평가받은 것으로 사료된다. 따라서 레몬 농축액의 농도를 감소하는 것이 바람직하다고 사료된다.

### 조미 오징어의 pH 변화

1.5 M 구연산을 조미 오징어 시료에 처리한 후, 30℃에서 50일간 저장하면서 pH를 측정하였다(Table 5). 그 결과, 무처리 시료의 초기(0일 차) pH는 6.47이었고, 구연산 처리 시료의 0일 차 pH는 4.85로 시료의 pH가 구연산 처리에 의해

감소됨을 확인하였다. 무처리 시료의 경우, 시간이 지남에 따라 30일 차에 6.35로 감소하는 경향을 보이다가 50일 차에 6.45로 증가하여 0일 차와 유의한 차이가 나타나지 않음을 확인할 수 있었다. 구연산 처리 시료는 저장 50일 차에 pH가 4.95로 저장 시간이 길어짐에 따라 pH가 약간 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 시료 표면에 구연산을 처리하면 pH가 감소해 세균의 생육을 저해한다는 연구 결과와 일치함을 보였고(Park 등, 2004), 본 연구에서도 무처리 시료에 비해 구연산 처리 시료의 초기 pH가 낮은 것으로 확인된 바, pH로 인한 제품의 향미생물 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

레몬 농축액을 조미 오징어 시료 표면에 처리한 후 30℃에서 50일간 저장하면서 pH를 측정하였고, 그 결과를 Table 6에 나타내었다. 레몬 농축액 무처리 및 처리 시료의 0일 차 pH는 각각 6.40, 4.74로 레몬 농축액 처리에 따라 pH가 감소됨을 확인할 수 있었다. 레몬 농축액 무처리 시료의 경우, 50일 차까지 pH의 저장 시간에 따른 시료 간의 차이가 거의

**Table 5. Changes in pH value of seasoned squid product treated with 1.5 M citric acid during storage**

Storage time (day)	Control	1.5 M citric acid
0	6.47±0.00 <sup>a1)</sup>	4.85±0.01 <sup>e*2)</sup>
10	6.36±0.01 <sup>b</sup>	5.22±0.01 <sup>a*</sup>
20	6.35±0.01 <sup>d</sup>	5.11±0.01 <sup>b*</sup>
30	6.35±0.01 <sup>cd</sup>	4.94±0.00 <sup>d*</sup>
40	6.31±0.01 <sup>c</sup>	5.10±0.02 <sup>c*</sup>
50	6.45±0.01 <sup>b</sup>	4.95±0.01 <sup>d*</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column (<sup>a-c</sup>) bearing different superscript are significantly different (p<0.05).

<sup>2)</sup>Statistically significant value compared with control group data by t-test (p<0.05).

나타나지 않았다. 레몬 농축액 처리 시료의 경우 또한 20일, 30일, 40일 및 50일 차 pH가 4.98, 4.96, 4.93 및 4.83으로 저장 초기 pH보다 다소 높은 값을 나타냈다.

이는 레몬 농축액에 유기산이 함유되어 있기 때문인 것으로 사료되며, Kim(2006)과 Kwak 등(2002)의 보고에 따르면, 많은 유기산이 함유된 오미자를 첨가한 소스의 연구에서 오미자 첨가에 따른 pH 감소 결과와 유사하였다.

한편, Table 5와 6의 대조군간 pH 값의 차이는 실험에 사용한 조미오징어 시료가 실제 판매하는 제품으로 개별 포장된 제품을 각각 측정하였기 때문인 것으로 사료된다.

### 조미 오징어의 색도 변화

1.5 M 구연산 처리하여 저장한 조미 오징어 제품 단면의 색도를 측정하였다(Table 7). 무처리 시료의 명도와 적색도는 0일 차에 28.14, 14.01, 50일 차에 24.66, 10.07로 시간이 지

**Table 6. Changes in pH value of seasoned squid product treated with lemon-concentrated solution during storage**

Storage time (day)	Control	Lemon concentrated solution
0	6.40±0.01 <sup>b1)</sup>	4.74±0.02 <sup>e*2)</sup>
20	6.45±0.01 <sup>a</sup>	4.98±0.01 <sup>a*</sup>
30	6.38±0.01 <sup>c</sup>	4.96±0.01 <sup>b*</sup>
40	6.38±0.01 <sup>c</sup>	4.93±0.01 <sup>c*</sup>
50	6.32±0.01 <sup>d</sup>	4.83±0.01 <sup>d*</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column (<sup>a-c</sup>) bearing different superscript are significantly different (p<0.05).

<sup>2)</sup>Statistically significant value compared with control group data by t-test (\*p<0.05).

남에 따라 감소하는 경향이 나타났다. 무처리 시료의 황색도는 0일 차에 20.50으로 40일 차까지 유의한 차이가 없다가 50일 차에 16.17로 감소하였다. 구연산을 처리한 시료의 명도는 0일 차 28.84, 50일 차 26.30으로 유의적인 변화가 나타나지 않았다. 적색도와 황색도는 0일 차 12.57, 16.25, 50일 차에 17.32, 21.44로 증가하는 경향을 나타내었다. Manolopoulou와 Varyakas(2011)는 저장 온도 및 저장 시간 사이의 상호작용이 양배추의 명도에 유의적인 영향을 주는 것으로 보고하였는데, 시료는 다르지만 본 연구에서도 조미 오징어 제품 저장 시 명도에 유의적인 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 또한, Kwak 등(2003)은 0.25% 구연산을 된장에 첨가하면 갈변 현상을 억제한다고 보고하였는데, 본 연구에서는 구연산을 첨가한 조미 오징어 제품의 명도가 저장 시간의 증가에 따른 유의적인 변화는 나타나지 않음을 확인한 바, 구연산 첨가 유무에 대한 조미 오징어 제품의 갈변 억제 효과는 미미

**Table 7. Changes in color value of seasoned squid product treated with 1.5 M citric acid during storage**

Color value	Storage time (day)	Control	1.5 M citric acid
L* (lightness)	0	28.14±0.60 <sup>ab1)</sup>	28.84±1.40 <sup>b</sup>
	10	20.74±1.46 <sup>d</sup>	25.77±1.90 <sup>c*2)</sup>
	20	29.03±0.47 <sup>a</sup>	26.92±1.31 <sup>c*</sup>
	30	25.32±1.17 <sup>c</sup>	33.31±0.58 <sup>a*</sup>
	40	26.97±1.68 <sup>b</sup>	29.55±0.45 <sup>b*</sup>
	50	24.66±0.99 <sup>c</sup>	26.30±1.54 <sup>c</sup>
a* (redness)	0	14.01±1.06 <sup>a</sup>	12.57±1.26 <sup>a</sup>
	10	13.33±0.77 <sup>ab</sup>	10.44±1.32 <sup>c*</sup>
	20	13.00±0.37 <sup>ab</sup>	11.39±1.42 <sup>bc*</sup>
	30	11.81±1.18 <sup>b</sup>	10.74±1.02 <sup>bc</sup>
	40	12.81±1.90 <sup>ab</sup>	9.90±0.60 <sup>c*</sup>
	50	10.07±0.63 <sup>c</sup>	17.32±1.96 <sup>a*</sup>
b* (yellowness)	0	20.50±1.21 <sup>a</sup>	16.25±1.03 <sup>c*</sup>
	10	16.33±0.97 <sup>bc</sup>	13.34±2.25 <sup>d*</sup>
	20	20.33±0.24 <sup>a</sup>	18.36±0.85 <sup>b*</sup>
	30	12.53±1.40 <sup>d</sup>	21.84±0.72 <sup>a*</sup>
	40	17.84±1.44 <sup>b</sup>	18.81±0.89 <sup>b*</sup>
	50	16.17±1.50 <sup>c</sup>	21.44±1.67 <sup>a*</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column (<sup>a-c</sup>) bearing different superscript are significantly different (p<0.05).

<sup>2)</sup>Statistically significant value compared with control group data by t-test (\*p<0.05).

한 것으로 사료된다.

레몬 농축액 처리 후, 30℃에 저장 중인 조미 오징어 시료 단면의 색도를 측정된 결과는 Table 8과 같다. 무처리 시료의 명도는 0일 차 31.35, 50일 차 27.76으로 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 적색도와 황색도는 0일 차 10.50, 22.41, 50일 차 11.64, 20.96으로 유의한 차이가 없었다. 레몬 농축액을 처리한 시료의 명도는 0일 차에 24.67, 50일 차에 25.50으로 시간이 지남에 따른 변화는 미미했다. 적색도는 0일 차 15.02, 50일 차에 8.01로 저장 기간에 따라 유의적으로 감소하는 경향이 나타났고, 황색도는 0일 차 14.14, 50일 차 14.04로 유의적인 변화는 나타나지 않았다. Kim 등 (2018)의 연구에서 레몬 처리한 닭 다리육 제품이 무처리 제품에 비하여 저장 시간에 따른 유색 변화를 보이지 않는다고 보고한 바, 본 연구에서도 레몬 농축액을 처리한 조미 오징어 제품이 무처리 제품에 비해 저장 시간에 따른 명도, 황색도의 영향은 미미한 것으로 사료된다.

한편 Table 7과 8의 대조군간 색도의 차이는 실험에 사용한 조미오징어 시료가 실제 판매하는 제품으로 개별 포장된

제품을 각각 측정하였기 때문인 것으로 사료된다.

### 조미 오징어의 미생물학적 품질

1.5 M 구연산을 조미 오징어 시료 표면에 처리한 후 30℃에서 50일간 저장하면서 일반 생균수를 측정된 결과, 구연산 무처리 시료와 처리 시료의 생균수는 저장 초기(0일 차) 각각 3.72 log CFU/mL와 2.70 log CFU/mL이었다(Table 9). 또한, 저장 시간이 지남에 따라 구연산 무처리 시료의 생균수는 50일 차에 3.28 log CFU/mL를 나타내었고, 구연산을 처리한 시료는 50일 차에 2.58 log CFU/mL로 무처리 시료에 비해 생균수가 21.34% 감소됨을 확인할 수 있었다. 유기산의 항균 활성은 산의 종류(EL-Shenawy and Marth, 1989; EL-Shenawy and Marth, 1992), 식품의 pH 및 유기산의 해리도에 따라 다르게 나타난다고 알려져 있다(EL-Shenawy and Marth, 1989). 또한 유기산의 항균 기작은 비해리된 분자가 이온화되어 세포내 pH를 변화시키거나 막투과성을 변경시켜 대사 에너지의 고갈, 영양소 이용을 방해하고, 전자전달 체계에 이상을 주는 것에 의한다고 알려져 있다(Freese 등, 1973). 본 연구에서는 구연산 처리에 따른 pH 감소 결과를 확인한 바, 구연산 처리 시료 및 무처리 시료 간의 초기 생균수의 차이는 구연산 처리에 의한 낮은 pH를 저장 기간 동안 유지하였기 때문이라 사료된다. 이러한 결과는 구연산으로 침지한 한우육이 무처리군에 비하여 미생물의 감소를 보였다는 연구 결과(Lee 등, 1998)와 구연산으로 침지시킨 양배추의 유통기한 연장 가능성을 보고한 연구 결과(Manolopoulou와 Varyakas, 2011)와 유사한 경향을 나타냈다. 이에 따라 구연산의 처리는 조미 오징어 제품의 유통 품질과 저장성을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

**Table 8. Changes in color value of seasoned squid product treated with lemon concentrated solution during storage**

Characteristics	Storage time (day)	Control	Lemon concentrated solution
L* (lightness)	0	31.35±1.89 <sup>a1)</sup>	24.67±1.34 <sup>a*2)</sup>
	20	32.10±1.19 <sup>a</sup>	24.75±1.06 <sup>a*</sup>
	30	31.09±0.72 <sup>a</sup>	21.70±1.31 <sup>b*</sup>
	40	28.09±2.41 <sup>b</sup>	25.55±0.64 <sup>a</sup>
	50	27.76±0.40 <sup>b</sup>	25.50±0.76 <sup>a*</sup>
a* (redness)	0	10.50±0.92 <sup>a</sup>	15.02±0.64 <sup>a*</sup>
	20	11.58±1.17 <sup>a</sup>	8.12±0.82 <sup>c*</sup>
	30	10.88±0.59 <sup>a</sup>	11.31±0.87 <sup>b</sup>
	40	11.82±1.19 <sup>a</sup>	8.15±0.59 <sup>c*</sup>
	50	11.64±1.59 <sup>a</sup>	8.01±1.04 <sup>c*</sup>
b* (yellowness)	0	22.41±1.95 <sup>a</sup>	14.14±1.12 <sup>a*</sup>
	20	21.73±0.75 <sup>a</sup>	9.61±1.92 <sup>b*</sup>
	30	22.62±0.84 <sup>a</sup>	13.84±0.53 <sup>a*</sup>
	40	19.69±1.58 <sup>b</sup>	13.61±1.37 <sup>a*</sup>
	50	20.96±1.26 <sup>ab</sup>	14.04±0.98 <sup>a*</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column (<sup>a-c</sup>) bearing different superscript are significantly different (p<0.05).

<sup>2)</sup>Statistically significant value compared with control group data by t-test (p<0.05).

**Table 9. Antimicrobial activity of 1.5 M citric acid on seasoned squid product during storage**

(Unit: log CFU/mL)

Storage time (day)	Control	1.5 M citric acid
0	3.72±0.22 <sup>a1)</sup>	2.70±0.10 <sup>a*2)</sup>
10	3.61±0.38 <sup>a</sup>	3.07±0.37 <sup>a</sup>
20	3.28±0.08 <sup>a</sup>	2.82±0.39 <sup>a</sup>
30	3.31±0.01 <sup>a</sup>	2.69±0.22 <sup>a</sup>
40	3.30±0.09 <sup>a</sup>	2.67±0.06 <sup>a*</sup>
50	3.28±0.10 <sup>a</sup>	2.58±0.04 <sup>a*</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column (<sup>a-c</sup>) bearing different superscript are significantly different (p<0.05).

<sup>2)</sup>Statistically significant value compared with control group data by t-test (p<0.05).

레몬 농축액을 조미 오징어의 표면에 처리한 후 30℃에서 50일간 저장하면서 일반 생균수를 측정된 결과, 레몬 농축액 무처리 시료와 처리 시료의 초기 생균수는 각각 3.37 log CFU/mL와 3.12 log CFU/mL로 레몬 추출물 처리 시 무처리 시료에 비해 생균수가 7.42% 감소되었고, 구연산 처리 시료 (27.42%)보다 생균수 감소율이 낮은 것으로 확인되었다 (Table 10). 저장 시간이 지남에 따라 레몬 농축액 무처리 시료의 생균수는 50일 차에 3.87 log CFU/mL로 증가하였지만, 전체적인 결과에 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 레몬 농축액 처리 시료의 경우, 50일 차에 2.78 log CFU/mL로 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 무처리 시료에 비해 28.16% 감소됨을 확인할 수 있었다. 1.5 M 구연산 처리의 경우 무처리 시료에 비하여 저장 50일 차 생균수 감소율이 21.34%로 확인된 바, 저장기간이 길어질수록 100% 레몬 농축액 처리가 구연산 처리보다 저장성을 향상시키는 것으로 판단된다. 또한, 레몬 농축액을 처리한 시료 모두 곰팡이가 검출되지 않았다.

한편, Table 9와 10의 대조군간 생균수의 차이는 실험에 사용한 조미오징어 시료가 실제 판매하는 제품으로 개별 포장된 제품을 각각 측정하였기 때문인 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구에서는 조미 오징어 제품의 유통기한 연장 및 저장을 위한 개선된 가공 방법의 개발을 위해 화학적 처리 방법인 유기산 처리와 물리적 처리 방법인 자외선(UV-C) 조사가 간식용 조미 오징어 제품의 저장성과 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 자연 부패된 조미 오징어 제품에서 미생물을 분리하여 *B. subtilis*와 *A. ruber* 및 *A. penicillioides*로 동정하였다. 4종의 유기산과 4종의 천연산을 대상으로 우점종 균주인

*B. subtilis*와 *A. ruber*에 대한 최소 억제 농도 결과를 바탕으로 1.5 M 구연산과 100% 레몬 농축액을 이용하여 조미 오징어 제품의 저장성과 품질 향상에 관한 연구를 진행하였다. 1.5 M 구연산을 처리한 조미 오징어 제품의 관능 평가 결과, 높은 구연산의 농도로 인하여 전체적인 호감도 점수가 무처리 시료보다 낮게 나타났고, 저장기간 동안 구연산 처리 제품의 pH가 낮은 수준으로 유지됨에 따라 무처리 제품에 비해 생균수가 21.34% 감소됨을 확인할 수 있었다. 레몬 농축액을 처리한 제품의 경우, 무처리 제품에 비하여 맛이 현저히 떨어졌고, 색, 냄새, 비린내, 이미, 질감 및 경도의 유의미한 차이는 없었다. 또한 저장 시간이 지남에 따라 대조군에 비해 생균수가 7.42% 감소되었다. 저장 50일 차에 레몬 농축액 처리군의 생균수는 무처리군보다 28.16% 감소함을 확인하였고, 저장기간이 길어질수록 레몬 농축액 처리가 구연산 처리보다 저장성이 높은 것으로 판단되었다. *B. subtilis*와 *A. ruber*에 대한 UV-C 조사 시간에 따른 생육 억제 효과를 확인한 결과, *B. subtilis*의 경우 35분 조사 후, *A. ruber*의 경우 90분 조사 후에 생육 억제 효과를 확인할 수 있었다. 따라서 제품 또는 제조 공정 중 UV-C와 구연산 및 레몬 농축액 처리에 의해 저장성과 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되며, 더 나아가 구연산 및 레몬 농축액의 농도를 소비자의 기호에 맞게 개선한다면 제품의 기호성 또한 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업의 연구결과입니다.

## Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

## ORCID

Xiaotong Xu <https://orcid.org/0000-0002-8339-5049>

Dong-Hyun Ahn <https://orcid.org/0000-0001-7024-2732>

## References

Allende A, Artes F. UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. *Food Res Int*, 36, 739-746 (2003)

**Table 10. Antimicrobial activity of lemon concentrated solution on seasoned squid product during storage**

(Unit: log CFU/mL)

Storage time (day)	Control	Lemon concentrated solution
0	3.37±0.09 <sup>b1)</sup>	3.12±0.10 <sup>a*2)</sup>
20	3.92±0.03 <sup>a</sup>	2.91±0.09 <sup>bc*</sup>
30	3.35±0.01 <sup>b</sup>	3.03±0.00 <sup>ab*</sup>
40	3.42±0.01 <sup>b</sup>	2.90±0.03 <sup>bc*</sup>
50	3.87±0.03 <sup>a</sup>	2.78±0.02 <sup>c*</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column (<sup>a-c</sup>) bearing different superscript are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>2)</sup>Statistically significant value compared with control group data by t-test ( $p < 0.05$ ).

- Bennett JW. An overview of the genus *Aspergillus*. In: *Aspergillus: Molecular Biology and Genomics*, Caister Academic Press, Portland, p 1-17 (2010)
- Beuchat LR, Colden DA. Antimicrobials occurring naturally in foods. *Food Technol*, 43, 134-142 (1989)
- Choi KD, Park UY, Shin IS. Microbial contamination of seasoned and dried squid *Dosidicus gigas* during processing. *Kor J Fish Aquat Sci*, 45, 445-453 (2012)
- EL-Shenawy MA, Marth EH. Behavior of *Listeria monocytogenes* in the presence of sodium propionate together with food acids. *J Food Prot*, 55, 241-245 (1992)
- EL-Shenawy MA, Marth EH. Inhibition or inactivation of *Listeria monocytogenes* by sodium benzoate together with some organic acid. *J Food Prot*, 52, 771-776 (1989)
- Eustace KJ. Prolongation of storage life of vacuum-package lamb. *CSIRO Food Research Quarterly*, 44, 60-67 (1984)
- Food and Drug Administration. Generally Recognized as Safe (GRAS) Microorganisms & Microbial-Derived Ingredients Used in Food (Partial List). *Food Ingredients* (2018)
- Food and Drug Administration. GRAS status of acetic acid, ammonium acetate, sodium acetate, and sodium diacetate. *Fed Regist*, 47, 27813-27814 (1982)
- Freese E, Shey CW, Galliers E. Function of lipophilic acids as antimicrobial food additives. *Nature*, 241, 321-325 (1973)
- Gwak SH, Kim JH, Oh SW. Combination effect of UV-C and mild heat treatment against artificially inoculated *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium on black pepper powder. *J Food Hyg Saf*, 33, 495-499 (2018)
- Ham HJ, Kim SE, Ryu SH, Hwang YO, Choi SM. Bacterial distributions of *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* etc. isolated from dried seasoned marine products in Garak fishery wholesale market in Seoul, 2009. *J Food Hyg Safety*, 25, 10-15 (2010)
- Hamby PL, Savell JW, Acuff GR, Vanderzant C, Cross HR. Spray-chilling and carcass decontamination systems using lactic and acetic acid. *Meat Sci*, 21, 1-14 (1987)
- Hong JH, Bae DH, Lee WY. Quality characteristics of dried squid (*Todarodes pacificus*) by cold air drying process. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 635-641 (2006)
- In YW, Kim JJ, Kim HJ, Oh SW. Antimicrobial activities of acetic acid, citric acid and lactic acid against *Shigella* species. *J Food Safety*, 33, 79-85 (2013)
- Ingram M, Ottoway FJH, Coppock JBM. The preservation action of acid substances in food. *Chem Ind*, 42, 1154-1163 (1956)
- Keyser M, Muller IA, Cilliers FP, Nel W, Gouws PA. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Inn Food Sci Emer Technol*, 9, 348-354 (2008)
- Kim D, Kim HJ, Kim HJ, Kim JS, Kim H, Sujiwo J, Kang S, Gwak HA, Jang A. Effects of lemon and cranberry juice on the quality of chicken thigh meat during cold storage. *Korean J Poult Sci*, 45, 53-62 (2018)
- Kim HD. A study on quality characteristics of medicinal demi-glace sauce with added Omija. *Cul Sci Hosp Res*, 12, 119-133 (2006)
- Kim JH, Kim MJ, Choi SK, Bae SH, An SK, Yoon YM. Antioxidant and antimicrobial effects of lemon and eucalyptus essential oils against skin floras. *J Soc Cosmet Sci Korea*, 37, 303-308 (2011)
- Kim JY, Chun HH, Song KB. Effect of UV-C irradiation on the quality of imported dried fish during storage. *Korean J Food Preserv*, 15, 922-926 (2008)
- Kong YJ, Park BK, Oh DH. Antimicrobial activity of *Quercus mongolica* leaf ethanol extract and organic acids against food-borne microorganisms. *Korean J Food Sci Technol*, 33, 178-183 (2001)
- Kwak EJ, Ahn JH, Lee HG, Shin MJ, Lee YS. A study physicochemical characteristics and sensory evaluation according to development of herbal sauce of Jujube and Omija. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 31, 7-11 (2002)
- Kwak EJ, Park WS, Lim SI. Color and quality properties of Deonjang added with citric acid and phytic acid. *Korean J Food Sci Technol*, 35, 455-460 (2003)
- Lee SH, Seung SK, Kim SM, Kim DK, Jo OK, Jeong YS. Effects of organic acids and vacuum packaging on shelf life of Hanwoo beef. *J Anim Sci Technol*, 40, 261-268 (1998)
- Luck E, Jager M. *Antimicrobial Food Additives*. 2nd ed, Springer, New York, USA, p 116-119 (1997)
- Machida M, Gomi K. *Aspergillus: Molecular Biology and Genomics*. Caister Academic, Wymondham, Norfolk, UK, p 23 (2010)
- Macris BJ. Mechanisms of benzoic acid uptake by

- Saccharomyces cerevisiae*. J Appl Microbiol, 30, 503-506 (1975)
- Mani-López E, García HS, López-Malo A. Organic acids as antimicrobials to control *Salmonella* in meat and poultry products. J Food Res, 45, 713-721 (2012)
- Manolopoulou E, Varyakas T. Effect of storage conditions on the sensory quality, colour and texture of fresh-cut minimally processed cabbage with the addition of ascorbic acid, citric acid and calcium chloride. Food Sci Nutr, 2, 956-963 (2011)
- Mok CK, Lee NH. Distribution of ultraviolet intensity and UV leaking of commercial UV sterilizers used in restaurants. Korean J Food Sci Technol, 40, 228-233 (2008)
- Nam JH, Shin JH, Lee JY, Lee DH. Effects of ionizing and ultraviolet radiation on microbial mutation and DNA damage. Korean J Microbiol, 53, 20-28 (2017)
- Noh JE, Kim BK, Kim HK, Kwon JH. Effects of  $\gamma$ -irradiation on the quality of seasoned cuttle during storage. Korean J Food Culture, 19, 516-523 (2004)
- Park BK, Oh MH, Oh DH. Effect of electrolyzed and organic acids on the growth inhibition of *Listeria monocytogenes* on lettuce. Korean J Food Preserv, 11, 530-537 (2004)
- Perkins-Veazie P, Collins JK, Howard L. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. Postharv Biol Technol, 47, 280-285 (2008)
- Smulders FJM, Woolthuis CHJ. Immediate and delayed microbiological effects of lactic acid decontamination of calf carcasses - influence on conventionally boned versus hot-boned and vacuum-packaged cuts. J Food Prot, 48, 838-847 (1985)
- Sorokulova IB, Reva ON, Smirnov VV, Pinchuk IV, Lapa SV, Urdaci MC. Genetic diversity and involvement in bread spoilage of *Bacillus* strains isolated from flour and rye bread. Lett Appl Microbiol, 37, 169-173 (2003)
- Yang MO, Cho EJ. Quality properties of surimi with added citrus fruits. Korean J East Asian Soc Dietary Life, 17, 58-63 (2007)
- Yang SY, Oh SW. Color changes of dried squid differs in packaging films during storage. Korean J Food Sci Technol, 31, 1289-1294 (1999)