

오존처리를 이용한 유자청의 비가열살균

이보배 · 윤창용* · †남승희**

전라남도농업기술원 과수연구소 농업연구사, *전라남도농업기술원 과수연구소 농업연구관,
**전남대학교 농업생명과학대학 연구교수

Non-Heat Sterilization of Yujacheong Using Ozone Treatment

Bo-Bae Lee, Chang-Yong Yoon* and †Seung-Hee Nam**

Researcher, Fruit Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Haenam 59021, Korea

*Senior Researcher, Fruit Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Haenam 59021, Korea

**Research Professor, Dept. of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

Abstract

To suppress mold generation of yujacheong, *Penicillium chrysogenum* LB31 was cultured, and spores were harvested and put into yujacheong. Antioxidant activity, useful ingredients, mold size and incidence were investigated while storing yujacheong for 30 days, after sterilization with different methods (nontreatment, ozone gas emission, heating after ozone gas emission and heating). The results showed that the content of narirutin, naringin, hesperidin, or neohesperidin, which are functional components of yuzu, increased as the storage period increased in all the treatment units. In addition, mold generation was not observed until the 15th day in the heat treatment group after ozone gas emission. As the treatment group emitted ozone gas, molds of 34.8 and 112 mm² in size were observed on the 30th day. These results suggested that ozone sterilization can prevent microbial contamination, further extending the shelf life of yuzacheong and maintaining a fresh state.

Key words: yuzacheong, ozone gas, sterilization, mold

서 론

유자나무(*Citrus junos*)는 운향과 감귤속에 속하며 내한성과 내병성이 강한 겨울철 온난한 기후에 재배가 가능한 상록 관목이며 아시아 지역이 주 원산지이다. 현재 국내에서 유자 나무가 많이 재배되는 지역은 전라도 고흥지역으로 완도와 장흥의 남해안 일대에서 주로 재배하고 수확기는 10월 말경에서 12월 초로 한정되어 있다. 유자는 껍질이 두껍고 고유한 향과 강한 풍미를 가지고 있어 전통차나 음식에도 많이 사용하고 있다(Yoo 등 2004). 현재 유자는 생과로 이용하기 보다는 주로 당절임하여 유자청 형태로 가공하여 많이 사용한다(Shin 등 2005).

유자청은 제조과정 중 가열 살균을 하는 것이 일반적인 방

법이지만 가열 살균 시 향이 손실되거나 갈변이 야기되는 문제점이 있다. 또한, 가열살균을 했음에도 유자청에서 곰팡이가 발생하여 반품을 요청하는 경우가 빈번하다. 이러한 문제 때문에 현장에서는 비가열살균의 필요성에 대한 목소리가 커지고 있는 실정이다.

현재 사용되는 비가열 식품 살균 기술로는 전기장, 자기장, 초단파 및 초고압 등의 방법(Martens & Knorr 1992; Knorr D 1993)이 있으나 유자청의 관능적 품질저하 및 설비비용 등으로 실용화되지 못하고 있는 실정이다. 하지만 비가열 살균 방법 중 오존(O₃)처리기술은 오존에 의한 살균 및 산화력이 매우 높고 시간 경과 후 산소로 돌아오기 때문에 2차 오염을 초래하지 않는 장점과 살균 및 탈색, 탈취 등의 효과가 있는 것으로 알려져 식품산업을 비롯한 관련 산업에서의 이용 빈

† Corresponding author: Seung-Hee Nam, Research Professor, Dept. of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea. Tel: +82-62-530-0207, Fax: +82-62-530-0279, E-mail: namsh1000@jnu.ac.kr

도가 점차 증가하고 있는 추세이다(Cho 등 2009). 따라서 본 연구에서는 비가열 살균기술 중의 하나인 오존가스를 이용하여 유자청의 저장 및 유통기간을 연장시키고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 시료처리

Penicillium chrysogenum LB31은 배양 후 포자를 수확하여 1×10^5 conidia/mL 농도로 준비하였다. 유자청에 1×10^5 conidia/mL의 포자를 처리한 후 오존 처리군에서는 오존 발생기(MDP-1, CAST CO., Ltd., Seoul, Korea)를 이용해 3.5 ppm의 O_3 를 1분간 처리하고 10분 방치한 후 65°C의 항온수조에서 15분 반응시켰다. 25°C에서 유자청을 30일간 저장하면서 항산화 활성 및 주요 플라보노이드, 곰팡이 발생률을 조사하였다.

2. 총 페놀 및 플라보노이드 측정

유자의 총 페놀 함량은 Im 등(2021)의 방법으로 구하였다. 1 g 시료를 20 mL 80% 에탄올로 3시간 환류 추출하여 여과 후 사용하였다. 에탄올 추출물 30 μ L에 증류수 32.5 μ L를 첨가한 후 Folin-Denies reagent 12.5 μ L를 첨가하여 6분간 암소에서 방치하고, 7%(w/v) sodium carbonate 12.5 μ L와 증류수 250 μ L를 첨가하여 60분간 암소에서 반응 후 분광광도계(Biotek Epoch, Winooski, VT, USA)로 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 농도별 검량곡선을 작성한 후 흡광도를 3회 반복 측정 후 평균값과 표준편차를 나타내었다. 플라보노이드 함량은 에탄올 추출물 20 μ L에 di-ethylene glycol 200 μ L와 2 N NaOH 20 μ L를 첨가한 후 37°C에서 30분 동안 방치하고 420 nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 구하였다. 검량선은 표준물질로 rutin(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였다(Lee 등 2021).

3. 항산화 활성 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Park ID(2021)의 방법을 변형하여 측정하였으며, 1 mM DPPH를 에탄올 100 mL에 용해시키고, 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도가 약 1.5가 되도록 희석하여 사용하였다. 표준물질로는 ascorbic acid를 사용하여 검량곡선을 작성하였으며, 96 well plate에 시료 50 μ L, DPPH 용액 250 μ L를 첨가하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 microplate reader(UV-1601, BioTek)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차를 구하였으며, 다음의 식을 이용해 DPPH 라디칼 소거능을 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{control}}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능 측정은 2.5 mM potassium per-sulfate 50 mL와 7 mM 2,2-azino-bis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulphonic acid) 950 mL를 혼합한 ABTS 용액을 냉암소에서 12시간 동안 보관 후 실험에 사용하였다. 그 후 ABTS 용액은 735 nm에서 흡광도 0.75~1.05 값이 나올 때까지 에탄올에 희석하였다. 표준물질로는 비타민 C를 사용하여 0~10 mM로 검량곡선을 구한 후, 시료 50 μ L에 ABTS 희석액 250 μ L를 가한 후 암소에서 30분간 방치하고 735 nm에서 흡광도를 측정하여 ABTS 라디칼 소거능을 다음 식으로 구하였다(Im 등 2021).

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{control}}}\right) \times 100$$

4. 주요 플라보노이드 분석

유자의 주요 플라보노이드 분석은 Seong 등(2021)의 방법으로 측정하였다. Narirutin, naringin, hesperidin, 또는 neohesperidin을 측정하였으며 1216 Infinity LC(Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA)를 사용하였다. 분석용 컬럼으로는 C18(Eclipse plus C18, 4.6 \times 250 nm, Zorbax, CA, USA)을 사용하여 280 nm에서 확인하였고, 시료 주입량은 10 μ L, column oven은 35°C를 유지하였다. 이동상 용매로는 메탄올과 acetonitrile의 1:1 혼합물(A), 증류수에 formic acid를 0.1% 혼합한 water(B)를 사용하였으며, 유속을 0.5 mL/min을 유지한 상태에서 시작할 때 A: 20, B: 80; 5-10분일 때 A: 40, B: 60; 10-15분일 때 A: 50, B: 50; 15-20분일 때 A: 70, B: 30; 20-25분일 때 A: 100, B: 0으로 25분간 분석하였다. 표준품으로 사용된 narirutin, naringin, hesperidin, 또는 neohesperidin(ChromaDex, Irvine, CA, USA)사에서 구입하여 사용하였다.

5. 곰팡이 조사

처리된 시료를 2 g에 생리식염수 10 mL를 가하여 2분간 교반 및 균질화하였다. 그 후 균질화한 용액의 상등액 0.1 mL와 4배 단계 희석액 0.1 mL씩을 각각 PDA 고체 배지에 도말하였다. PDA 배지는 25°C에서 5일, 10일간 배양하였다. 배양 후 곰팡이의 면적은 ImageJ software(NIH ImageJ)를 이용하여 크기를 측정하였다(Baek & Kim 2021).

6. 통계처리

본 연구에서 얻어진 결과는 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 23.0 SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 평균값과 표준편차를 계산하였다. 시료간

의 유의성 검정은 one-way analysis of variance(ANOVA)를 한 후, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 시료간의 유의적인 차이를 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 총페놀, 플라보노이드 또는 항산화 활성 측정

페놀성 화합물에 존재하는 phenolic hydroxyl(OH)기는 단백질 등과 결합하는 성질을 가지며 항산화, 항암 또는 항균 효과 등의 생리활성을 가지는 것으로 알려져 있다(Dröge W 2002). Flavonoid는 polyphenol의 주요 성분이며 생체내 산화 기능을 억제시키는 작용을 하는 성분으로 항산화력을 나타내는 주요 지표이다(Kim & Lee 2016). 살균 방법 및 저장 기간에 따른 유자청의 총 페놀, 플라보노이드 또는 항산화능 조사 결과는 Table 1과 같다. 모든 실험 항목에서 0~30일까지 무 처리구가 가장 높게 나타났고 저장 기간이 경과할수록 총 페놀, 플라보노이드 모두 증가하는 경향을 보였다. 플라보노이드 함량은 0일째와 15일째까지는 처리구별로 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 30일째 유의적인 차이를 보이며 무

처리구가 53.2 mg으로 가장 높게 나타났고 오존 가스 배출 후 가열, 오존 가스 배출, 가열처리에서 43.7~47.7 mg으로 나타났다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거능은 항산화능을 지닌 페놀성 물질 함량이 높을수록 소거 활성이 증가되며 따라서 free radical 물질인 DPPH와 ABTS의 소거 활성은 유의적인 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있다(Lee 등 2012). 대부분의 페놀성 물질이 유리 라디칼을 효과적으로 제거하지만, 라디칼의 기질에 따라 선택적으로 작용하는 페놀성 물질이 존재하기 때문에 본 연구에서는 DPPH와 ABTS 라디칼 소거 활성 모두를 측정하여 살균 방법에 따른 유자청의 항산화 활성을 비교 평가하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였지만 저장일수별로 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. ABTS 라디칼 소거 활성의 경우 무 처리구, 오존 가스 배출 후 가열, 오존 가스 배출, 가열처리에서 모두 저장 기간이 경과함에 따라 의 존적으로 높아지는 경향을 보여주었는데 이는 유자 자체가 함유한 항산화 효과를 가지는 물질이 당침 저장 기간 중에 침출되어 높은 항산화 효능을 나타내는 것으로 사료된다. 이는 매실청의 저장 기간에 따른 DPPH와 ABTS 라디칼 소거

Table 1. Total phenolics, flavonoids contents, and antioxidant activity of yuzucheong on different sterilization conditions and storage periods

Storage period (days)	Heating methods	Total phenolics (mg/g DW)	Total flavonoids (mg/g DW)	DPPH scavenging activity		ABTS scavenging activity (%)
				(%)	(Vit.C eq. µg)	
0	Control	9.8±0.5 ^{a1)}	41.2±3.2 ^{ns}	42.9±1.4 ^a	17.4±0.6 ^a	75.5±1.4 ^a
	Ozon gas + heating	8.4±0.5 ^c	37.6±5.8	38.2±1.9 ^b	15.4±0.8 ^b	68.7±1.5 ^c
	Ozon gas	8.7±0.2 ^{bc}	40.1±3.1	40.4±2.4 ^{ab}	16.3±1.0 ^{ab}	71.7±2.0 ^b
	Heating	9.0±0.5 ^b	40.2±5.6	40.6±1.0 ^{ab}	16.4±0.4 ^{ab}	74.0±1.0 ^a
	<i>F</i> -value	14.8 ^{***}	0.90	4.90 [*]	4.95 [*]	15.1 ^{***}
15	Control	9.4±0.5 ^a	45.2±3.7 ^{ns}	40.8±0.4 ^{ns}	16.5±0.2 ^{ns}	74.9±1.4
	Ozon gas + heating	8.5±0.7 ^b	41.6±4.7	40.2±0.8	16.3±0.3	72.1±2.0
	Ozon gas	8.9±0.5 ^{ab}	43.3±2.5	40.3±1.0	16.3±0.4	72.9±0.5
	Heating	9.0±0.3 ^{ab}	43.9±4.8	40.4±1.1	16.3±0.4	73.7±1.3
	<i>F</i> -value	4.62 ^{**}	1.11	0.44	0.42	3.06
30	Control	10.5±0.5 ^a	53.2±2.6 ^a	42.4±1.4 ^a	17.1±0.6 ^a	79.4±1.0 ^a
	Ozon gas + heating	9.4±0.6 ^c	43.7±4.3 ^b	38.8±1.0 ^b	15.7±0.4 ^b	73.0±0.6 ^c
	Ozon gas	9.6±0.3 ^{bc}	46.5±4.9 ^b	42.2±2.0 ^a	17.1±0.8 ^a	76.2±0.7 ^b
	Heating	10.1±0.7 ^{ab}	47.7±3.6 ^b	42.1±2.0 ^a	17.0±0.8 ^a	76.4±1.9 ^b
	<i>F</i> -value	6.17 ^{**}	8.05 ^{**}	4.43 [*]	4.44 [*]	41.8 ^{***}

¹⁾ Means with the same letter in each column are not significantly different by Duncan's multiple-range test ($p < 0.05$). The values represent the mean±S.D. (n=3). Before sterilization, *Penicillium chrysogenum* LB31 (JNU, 10^{-5} concentration) was inoculated at Yuzucheong and shuffled for 1 min. After then, yuzucheong samples were treated by ozon gas (3.5 ppm exposure for 1 min on/ 10 min off), heating (65°C for 15 min), or ozon gas and heating treatments. Samples were kept for 0, 15, or 30 days at 25°C. The 5 g of yuzucheong was homogenized with 25 mL of 80% ethanol and supernatant obtained by centrifuged at 4°C, 8,200×g for 30 min for assays.

활성이 증가하였다는 Kim & Yoo(2021)의 연구 결과와 일치하였다.

2. 주요 플라보노이드 분석

살균 방법 및 저장 기간에 따라 유자청의 주요 플라보노이드(naringin, narirutin, hesperidin, 또는 neohesperidin) 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Table 2와 같다. Narirutin, naringin, hesperidin, neohesperidin 함량이 저장 기간이 경과할수록 증가하는 경향을 보였으며 각 처리구별로 유의적인 차이를 나타내었다. Narirutin 함량은 저장기간 0~30일까지 4처리구간에 유의적인 차이를 나타냈으며 무 처리구에서 0일에 g당 12.6 mg으로 가장 많았고 15일, 30일에 각각 14.3, 15.3 mg으로 증가하였다. Naringin은 저장기간 0일에 무 처리구가 4.1 mg으로 가장 높게 나타났고 오존 가스 배출 후 가열처리가 3.8 mg으로 가장 낮은 함량을 보였다. 15일과 30일에 0일과 같은 경향을 보였으며 저장기간, 처리구에 따라 유의적인 차이를 나타냈다. Naringin은 감귤류의 외피나 내피에 함유된 정유나 배당체의 일종으로 가열이나 공기와의 접촉에 의해 변질되어 품질 저하를 일으키고 과실의 쓴맛 성분으로 항균

작용이 있다고 보고되어 있다(Shin 등 2008). 플라보노이드의 total 함량은 0일에 무 처리(30.6 mg/g) > 가열(30.2 mg/g) > 오존 가스(29.8 mg/g) > 오존 가스 배출 후 가열(28.5 mg/g) 순이었으며 30일에도 같은 순으로 나타났다.

3. 곰팡이 조사

유자청을 살균단계에서 무 처리, 오존 가스 배출, 오존 가스 배출 후 가열, 가열처리한 후 30일 동안 저장하면서 곰팡이 크기 및 발생률 조사 결과를 Table 3과 Fig. 1에 나타내었다. 오존 가스 배출 후 가열처리한 것과 오존 가스 배출한 처리군에서는 15일까지 곰팡이가 발생하지 않았고 30일째에 각각 34.8, 112 mm² 크기의 곰팡이가 발생하였다. 무 처리구에서는 0일째 727.5 mm² 곰팡이가 발생하였고 저장 기간이 경과할수록 곰팡이 크기는 30일에 4,100.0 mm²까지 커졌다. 가열처리의 경우 무 처리구보다는 곰팡이 발생률이 적었지만 저장 기간이 경과할수록 크기가 커지는 경향은 유사하였다. 저장기간 및 살균 처리 방법에 따라 곰팡이 크기는 유의적인 차이를 나타냈다. 단체 급식소 취사장 및 식당의 공중 부유균에 대한 오존 가스의 살균 효과(Choi 등 2015) 연구 결

Table 2. Functional flavonoid contents of yuzucheong by HPLC analysis on different sterilization conditions and storage periods

Storage period (days)	Heating methods	Flavonoid contents (mg/g DW)				
		Narirutin	Naringin	Hesperidin	Neohesperidin	Total
0	Control	12.6±0.04 ^{a1)}	4.1±0.01 ^a	10.2±0.04 ^a	3.7±0.01 ^a	30.6±0.09 ^a
	Ozon gas + heating	11.8±0.03 ^c	3.8±0.01 ^c	9.3±0.03 ^d	3.6±0.01 ^b	28.5±0.08 ^d
	Ozon gas	12.5±0.03 ^b	4.1±0.01 ^b	9.8±0.03 ^c	3.5±0.01 ^c	29.8±0.08 ^c
	Heating	12.6±0.03 ^a	4.1±0.01 ^b	10.2±0.03 ^b	3.3±0.01 ^d	30.2±0.07 ^b
	<i>F</i> -value	782.9 ^{***}	955.1 ^{***}	715.2 ^{***}	1,282.5 ^{***}	548.9 ^{***}
15	Control	14.3±0.03 ^a	4.6±0.01 ^a	11.1±0.02 ^a	4.0±0.01 ^a	34.0±0.05 ^a
	Ozon gas + heating	13.4±0.03 ^c	4.2±0.01 ^d	10.3±0.01 ^d	3.7±0.01 ^d	31.6±0.06 ^d
	Ozon gas	13.9±0.02 ^b	4.4±0.01 ^c	10.3±0.01 ^c	3.7±0.01 ^c	32.3±0.08 ^c
	Heating	13.9±0.01 ^b	4.5±0.01 ^b	11.0±0.01 ^b	4.0±0.01 ^b	33.5±0.03 ^b
	<i>F</i> -value	785.3 ^{***}	1,138.2 ^{***}	3,607.9 ^{***}	2,810.0 ^{***}	1,697.2 ^{***}
30	Control	15.3±0.04 ^a	5.0±0.01 ^a	11.8±0.03 ^a	4.3±0.01 ^a	36.3±0.10 ^a
	Ozon gas + heating	12.8±0.02 ^d	4.2±0.01 ^d	10.1±0.02 ^d	3.6±0.01 ^d	30.8±0.05 ^d
	Ozon gas	13.2±0.03 ^c	4.3±0.01 ^c	10.6±0.02 ^c	3.8±0.01 ^c	31.9±0.05 ^c
	Heating	14.5±0.02 ^b	4.7±0.01 ^b	11.7±0.03 ^b	4.2±0.02 ^b	35.1±0.08 ^b
	<i>F</i> -value	5,183.6 ^{***}	5,429.6 ^{***}	2,898.9 ^{***}	1,985.0 ^{***}	4,085.4 ^{***}

¹⁾ Means with the same letter in each column are not significantly different by Duncan's multiple-range test ($p < 0.05$). The values represent the mean±S.D. (n=3). *Penicillium chrysogenum* LB31 (JNU, 10⁻⁵ concentration) inoculated Yuzucheong samples were treated by ozon gas (3.5 ppm exposure for 1 min on/ 10 min off), heating (65°C for 15 min), or ozon gas and heating treatments. Samples were kept for 0, 15, or 30 days at 25°C. The 5 g of yuzucheong was homogenized with 25 mL of 80% ethanol and supernatant obtained by centrifuged at 4°C, 8,200×g for 30 min for HPLC analysis.

Table 3. Fungal occurrence in yuzucheong on different sterilization conditions and storage periods

Storage period (days)	Heating methods	Mycelial growth (mm ²)	Disease incidence (%)
0	Control	727.5±18.3 ^{a1)}	100
	Ozon gas + heating	-	-
	Ozon gas	-	-
	Heating	433.8±31.4 ^b	60
	F-value	1,382.3 ^{***}	2,042.4 ^{***}
15	Control	1,177.2±76.6 ^a	100
	Ozon gas + heating	-	-
	Ozon gas	-	-
	Heating	753.9±18.2 ^b	64
	F-value	654.9 ^{***}	891.5 ^{***}
30	Control	4,100.0±172.5 ^a	100
	Ozon gas + heating	34.8±1.3 ^c	1
	Ozon gas	112.0±7.5 ^c	3
	Heating	3,218.7±288.9 ^b	78
	F-value	468.4 ^{***}	1,400.4 ^{***}

¹⁾ Means with the same letter in each column are not significantly different by Duncan's multiple-range test ($p < 0.05$). The values represent the mean±S.D. (n=3). *Penicillium chrysogenum* LB31 (JNU, 10^{-5} concentration) inoculated yuzucheong samples were treated by ozon gas (3.5 ppm exposure for 1 min on/ 10 min off), heating (65°C for 15 min), or ozon gas and heating treatments. Samples were kept for 0, 15, or 30 days at 25°C. The 2 g of yuzucheong samples was homogenized with 10 mL of distilled water and 0.5 mL of diluted sample (10^{-3}) were applied to PDA (Potato dextrose agar) plate for 5 days at 25°C to measure mycelial growth area (mm²) of fungi using ImageJ software.

과에서 오존 가스를 배출하였을 때 모든 곳에서 균이 검출되지 않았다고 하였고 오존 가스가 공중 부유균의 살균에 탁월한 효과가 있다고 보고하였다. 또한 Kwak 등(1995)은 30 ppm의 오존 가스를 인삼 분말에 12시간 이상 처리하여 오염된 균을 완전히 살균하였다고 보고한 바 있으며 Kwon 등 (1996)은 5 종류의 미생물을 인위적으로 오염시킨 신선초 분말에 3 ppm의 오존 가스를 5 L/min, 10시간 처리한 결과 *B. cereus* 와 *S. aureus*는 검출되지 않았다고 보고한 바 있는데 본 실험에서 오존 가스로 살균한 유자청에는 저장 기간 15일째까지 곰팡이가 발생하지 않아 선행연구와 유사한 경향을 나타내었다. 본 연구 결과를 통해 오존으로 살균시 미생물 오염을 막을 수 있어서 유통기간을 더욱 늘릴 수 있고 신선한 상태

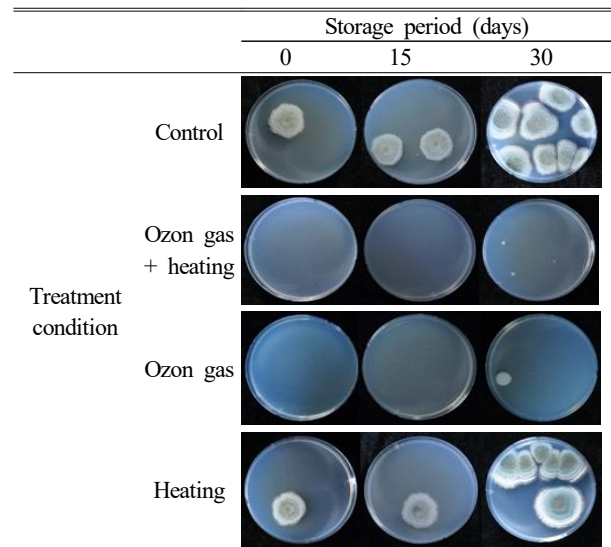


Fig. 1. Fungal occurrence in yuzucheong by different sterilization conditions and periods. *Penicillium chrysogenum* LB31 (JNU, 10^{-5} concentration) inoculated yuzucheong samples were treated by ozon gas (3.5 ppm exposure for 1 min on/ 10 min off), heating (65°C for 15 min, or ozon gas and heating treatments. Samples were kept for 0, 15, or 30 days at 25°C. The 2 g of yuzucheong samples was homogenized with 10 mL of distilled water and 0.5 mL of diluted sample (10^{-3}) were applied to PDA (Potato dextrose agar) plate for 5 days at 25°C to measure mycelial growth area (mm²) of fungi using ImageJ software.

를 유지할 수 있을거라고 사료된다.

요약 및 결론

유자청의 곰팡이 발생을 억제하기 위하여 *Penicillium chrysogenum* LB31을 배양 후 포자를 수확하여 유자청에 처리하였다. 살균방법(무 처리, 오존 가스 배출, 오존 가스 배출 후 가열, 가열)을 달리하여 30일 동안 유자청을 저장하면서 항산화 활성, 유용성분, 곰팡이 크기 및 발생률을 조사하였다. 그 결과 처리구 모두에서 저장기간이 경과함에 따라 유자의 기능성분인 narirutin, naringin, hesperidin, 또는 neohesperidin 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, 곰팡이 발생률은 오존 가스 배출 후 가열처리한 것과 오존 가스 배출한 처리군에서는 15일째까지 곰팡이가 발생하지 않았고 30일째에 각각 34.8, 112 mm² 크기의 곰팡이가 발생하였다. 본 연구 결과를 통해 오존으로 살균시 미생물 오염을 막을 수 있어서 유통기간을 더욱 늘릴 수 있고 신선한 상태를 유지할 수 있을거라고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2023년도 농촌진흥청의 「수출용 농산물의 생산성 향상 및 수확 후 관리 기술개발(RS-2023-00236699)」 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부로, 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

- Baek D, Kim HT. 2021. Resistance to SDHI fungicides of *Botrytis cinerea* causing gray mold in various crops. *Korean J Pestic Sci* 25:237-245
- Cho JM, Kwon SC, Tu q, Jeong JH, Lee KH. 2009. Effect of ozone treatment for safety improvement of fresh vegetable juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:612-617
- Choi JK, Shin IS, Kim DU, Kim HY. 2015. Control of microorganisms in school refectories and kitchens using ozone water and ozone gas. *Korean J Food Sci Technol* 47:586-592
- Dröge W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev* 82:47-95
- Im AE, Cho HS, Lee BB, Cho YS, Nam SH. 2021. Production of green yuzu peel tablet and its physiochemical or functional characterization. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50:971-980
- Kim JG, Yoo SH. 2021. Compositional changes in maesil-cheong formulated with turanose during the storage period. *Korean J Food Sci Technol* 53:688-694
- Kim MJ, Lee JN. 2016. A study on *Peucedanum japonicum* thunberg extract on anti-oxidation and cell activities as cosmetic additive. *J Korean Soc Cosmetol* 22:1135-1143
- Knorr D. 1993. Effects of high-hydrostatic-pressure processes on food safety and quality. *Food Technol* 47:156-161
- Kwak YS, No KB, Chang JK, Choi KJ. 1995. Effect of ozone treatment on growth of microorganisms contaminated ginseng powders. *J Food Hyg Saf* 10:45-51
- Kwon OJ, Park SY, Kim KH, Lee HJ, Byun MW. 1996. Sterilization effects of γ -ray and ozone on microorganisms contaminated in *Angelica keiskei* powder. *J Food Hyg Saf* 11:221-225
- Lee BB, Lee JW, Park JO, Cho YS, Nam SH. 2021. Effect of browning inhibitor treatment on sliced citron storage (*Citrus junos* Sieb.). *Korean J Food Nutr* 34:390-397
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. 2012. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J Food Sci Technol* 44:540-544
- Martens B, Knorr D. 1992. Developments of non-thermal processes for food preservation. *Food Technol* 46:124-133
- Park ID. 2021. Quality characteristics and antioxidant activity of cookies prepared from *Taraxacum coreamm* powder. *Korean J Food Nutr* 34:415-422
- Seong HJ, Lee BB, Kim DH, Lee SH, Ha JY, Nam SH. 2021. Production of yuzu granules using enzyme treated yuzu pulp powder and evaluation of its physiochemical and functional characterization. *Korean J Food Sci Technol* 53:382-390
- Shin JH, Lee JY, Ju JC, Lee SJ, Cho HS, Sung NJ. 2005. Chemical properties and nitrite scavenging ability of citron (*Citrus junos*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:496-502
- Shin JH, Lee SJ, Seo JK, Cheon EW, Sung NJ. 2008. Antioxidant activity of hot-water extract from yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) peel. *J Life Sci* 18:1745-1751
- Yoo KM, Lee KW, Park JB, Lee HJ, Hwang IK. 2004. Variation in major antioxidants and total antioxidant activity of yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) during maturation and between cultivars. *J Agric Food Chem* 52:5907-5913

Received 27 June, 2023

Revised 25 July, 2023

Accepted 31 July, 2023