

건조방법에 따른 유자 분말 및 이를 함유한 발포정의 품질특성 및 기능성 분석

이보배 · 정현주 · 윤창용* · †남승희**

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

Analysis of the Quality Characteristics and Functionality of Yuzu (*Citrus junos* Sieb.) Powder and Foam Tablets Containing the Same according to the Drying Method

Bo-Bae Lee, Hyeon-Ju Jeong, 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

In this study, in order to develop an foaming tablet product using yuzu powder, yuzu powder was manufactured using different drying methods such as freeze-drying, 60°C drying, and 40°C drying, and then quality characteristics and functionality were analyzed. The naringin content per g of yuzu powder was 8.9 mg for freeze-drying and 8.8 mg for 60°C drying, and the hesperidin content per g of yuzu powder was highest at 53.6 mg for freeze-drying and 46.2 mg for 60°C drying, followed by 40°C drying (41.7 mg). The tyrosinase inhibitory activity of 60°C dried powder was found to be twice as high as that of freeze dried powder. Accordingly, in order to develop an inner beauty product, foaming tablets were manufactured using hot air dried powder, and the quality characteristics and functional ingredients of the final foaming tablets were investigated. The foaming tablet prepared with yuzu powder content of 10 and 15% showed an inhibitory activity of tyrosinase of 73.7 %, which was 1.6 times higher than that of ascorbic acid (1 mM), which was a positive control, confirming its melanin production inhibition effect.

Key words: yuzu, foaming tablet, inner beauty, naringin

서 론

유자는(*Citrus junos* Sieb. ex Tanaka)는 감귤류의 한 종류로 우리나라에서는 전라남도 및 경상남도와 제주 등의 지역에서 주로 재배되고 있다. 부드러운 과육과 많은 과즙을 가지고 있으며 다른 감귤류와는 달리 과육, 과피를 전부 사용할 수 있는 특징이 있다(Kim 등 2023). 그리고 강한 신맛과 좋은 향을 가져 생식으로는 요리에 향미를 부가하는 용도로 사용되고 있으며 대부분 유자청 등의 가공 소재로 활용되고 있다. 하지만 유자청은 당분 함량이 높아(설탕 50%) 비만, 당뇨

병 등 대사 질환 유발 가능성이 있어 높은 기호성에도 불구하고 소비자들의 불편이 제기되고 있다. 또한 새로운 맛을 추구하는 젊은 소비자들에게는 호응도가 낮아지고 있는 추세이다.

국내 유자 제품 트렌드는 분말형태의 유자차 제품, 유자 펠트병 음료, 새로운 맛을 가미한 리뉴얼 제품(샐러드, 주류, 식초, 화장품 등)이 있다. 또한, 탄산을 가미한 유자 스파클링 음료는 젊은 소비자들에게 각광 받고 있는 제품 중 하나이다. 따라서 본 연구에서는 남녀노소 누구나 즐겨 먹을 수 있고 휴대와 음용이 간편하고 탄산이 함유되어 있는 발포정

† 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

제품을 개발하였다. 이 제품은 찬물에 녹여 마시는 발포정으로 독립적인 소포장이 되어있어 소비자가 섭취량을 조절하기 쉬우며, 휴대성이 간편한 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 ‘다전금’ 품종을 이용하여 건조 방법에 따라 유자 분말을 제조한 후 melanin 색소 생성에 중요한 효소인 tyrosinase 저해 활성과 피부부름 개선 지표로 matrix metalloproteinase-1(MMP-1) 저해 활성을 측정하였다. 또한, 유자 분말 함량에 따른 유자 발포정을 제조하였고 발포정의 품질특성, 항산화 활성, 헤스페리딘, 나린진, tyrosinase 저해 활성, MMP-1 저해 활성을 조사하였다. 이러한 연구 결과를 토대로 유자 발포정의 산업화를 위한 자료로 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 유자는 ‘다전금’ 품종으로 전라남도농업기술원 과수연구소 완도시험장(Wando, Korea)에서 수확된 것을 사용하였다. 유자는 슬라이서(CHOP and CHOP X-Slicer, Taizhou Woka Industry and Trade Co., Ltd, Shanghai, China)를 이용하여 0.5 cm 두께로 슬라이스 한 후 이를 -80°C 에서 급속 동결하여 동결 건조(freeze dryer, Mareuda, Gwangju, Korea), 40°C 건조기(VS-1202D4, Vision, Bucheon, Korea) 및 60°C 건조기(OF-1350S, Jeio Tech Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 각각 건조하였다. 동결건조, 40°C 및 60°C 건조기에서 건조된 유자의 수분함량은 각각 2.5%, 6.5%, 6.3%였다. 건조된 유자는 분쇄기(DA282-2, Daesung Artlon, Paju, Korea)로 분쇄한 후 100 mesh 체를 통과시켜 분석용 시료로 사용하였다.

2. 품질특성

유자 분말의 pH, 산도 측정은 시료 5 g을 25 mL의 증류수를 넣고 마쇄한 후 filter paper(Whatman No.4)로 여과한 용액을 pH meter(PHM 210, Radiometer Analytical SAS, Lyon, France)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었고, 산도는 시료에 0.1% phenolphthalein 2~3방울을 첨가한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적색이 될 때까지 적정하여 NaOH 용액의 소비된 용량(mL)을 구한 다음 구연산으로 환산하였다. 당도는 디지털당도계(PR-201, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하였고 색도는 색차계(CR-400m Konica, Minolta)를 이용하여 측정하였다. 색도는 명도(light)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b값을 측정하였다. 이때 사용한 표준 백색판의 L, a, b 값은 각각 95.74, 0.04 및 2.80이었다.

3. 총 페놀 및 플라보노이드 측정

유자분말의 총 페놀 함량은 Im 등(2021)의 방법으로 구하였다. 유자 분말 1 g을 20 mL 80% 에탄올로 3시간 환류 추출하여 여과 후 사용하였다. 에탄올 추출물 30 μL 에 증류수 32.5 μL 를 첨가한 후 Folin-Denis reagent 12.5 μL 를 첨가하여 6분간 암소에서 방치하고, 7%(w/v) sodium carbonate 12.5 μL 와 증류수 250 μL 를 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 측정한 후 평균값과 표준편차를 나타내었다. 플라보노이드 함량은 에탄올 추출물 20 μL 에 di-ethylene glycol 200 μL 와 2 N NaOH 20 μL 를 첨가한 후 37°C 에서 30분 동안 방치하고 420 nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 구하였다. 검량선은 표준물질로 rutin(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였다(Lee 등 2021).

4. 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 μL , DPPH 용액 250 μL 를 첨가하여 37°C 에서 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 μL 에 ABTS 희석액 250 μL 를 가한 후 암소에서 30분간 방치하고 735 nm에서 흡광도를 측정하여 ABTS 라디칼 소거능을 다음 식으로 구하였다.

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

5. Tyrosinase 및 MMP-1 억제 효과

건조 방법에 따른 유자 분말의 미백효과는 tyrosinase 저해 활성을 통해 측정하였다. Hwang 등(2012)의 방법을 변형하여 tyrosinase 저해 활성을 측정하였고, 기질로 0.01 M 3,4-dihydroxy-L-phenylalanine(DOPA)(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. Sodium phosphate buffer(0.1 M, pH 7, 60 mM)에 mushroom tyrosinase(100 U/mL) 50 μ L와 시료 용액 50 μ L를 넣고 37°C에서 10분간 반응시킨 뒤 10 mM DOPA 50 μ L를 넣고 37°C에서 10분간 반응시켰다. 그 후 흡광도를 465 nm 파장에서 측정하였다. 대조구로는 arbutin을 사용하였으며, tyrosinase 저해 활성은 아래의 식을 이용해 시료 용액의 첨가구와 대조구의 흡광도 감소율로 나타내었다.

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

시료의 matrix metalloproteinase-1 (MMP-1) 활성 저해 효과는 MMP-1 inhibitor screening assay kit (ab139443, abcam)을 이용하여 측정하였다. enzyme solution (MMP-1 0.76 U/ μ L) 20 μ L를 96 well plate에 buffer 50 μ L와 혼합한 후 각 시료 20 μ L를 첨가하여 30분 동안 37°C에서 방치하였다. 1 mM substrate solution 10 μ L를 첨가하고 37°C에서 10분 반응하여 흡광도를 412 nm에서 측정하였다. MMP-1 저해 활성은 시료 용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율로 나타내었다.

$$\text{MMP-1 inhibition rate (\%)} = \left(1 - \frac{1 - (A - A')}{B - B'}\right) \times 100$$

A: 시료 반응 후의 흡광도

A': 시료와 완충액의 흡광도

B: 공시료 반응 후의 흡광도

B': 공시료와 완충액의 흡광도

6. 주요 플라보노이드 분석

유자의 주요 플라보노이드 분석은 naringin, hesperidin을 측정하였으며 1216 Infinity LC(Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA)를 사용하였다. 분석용 컬럼으로는 C₁₈ (Eclipse plus C₁₈, 4.6×250 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), 0.1% formic acid(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 naringin, hesperidin(Chroma

Dex, Irvine, CA, USA)사에서 구입하여 사용하였다.

7. 유자 분말 함량에 따른 발포정 제조 방법

유자 분말 첨가량에 따른 발포정 제조는 유자 분말 0%, 5%, 10%, 15% 또는 20%에 부재료인 구연산, 탄산수소나트륨 등을 첨가하였고 나머지 함량은 isomalt, sorbitol, 비타민 C 및 magnesium stearic acid를 채워 배합하였다(Table 1). 발포정을 타정 전에 배합 소재들의 균일도를 높이기 위해 80% 주정을 사용하여 고속 믹서기(KM1, Keumsung machinery Co., Ltd., Ansan, Korea)로 혼합 후에 20 mesh 크기의 체로 균질화한 다음 50°C에서 3시간 건조하였다. 그 후 20 mesh 크기의 체로 과립화한 후 여기에 magnesium stearate 일정량을 혼합하여 타정기(CPR-6 single punch tablet press machine, Dott Bonapace, Cusano Milanino, Italy)로 타정하여 발포정을 제조하였다(Im 등 2021).

8. 유자 발포정의 품질 특성

유자 분말 함량에 따른 pH, 산도, 색도 조사방법은 2번에서 언급한 방법과 같다. 발포정의 탁도는 발포정을 물에 탄 후 microplate reader(UV-1601, BioTek Instruments Korea Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 600 nm에서 흡광도를 3회 측정하여 평균값으로 나타내었다. 경도는 Tex-tutremeter(XforceP, Zwick/Roell, Ulm, Germany)를 사용하여 측정하였으며, probe는 6 mm 직경 실린더 모양을 사용하였다. Start position speed 100 mm/min, pre-load speed 2.0 mm/s 측정 조건으로 구하였다. 이산화탄소 함량 측정은 PET 용기에 물을 넣고 발포정을 넣은 뒤 탄산 볼륨을 측정하는 계측 장비인 Zahn & Nagel 6000(Zahn and Nagel Co., Holland, NY, USA)을 이용하여 PET 내부의 탄산압을 측정하였다.

9. 발포정의 기능적 특성

발포정의 총 페놀 및 플라보노이드 측정방법은 3번의 방

Table 1. Foam tablet recipe according to yuzu powder content

Ingredients (%)	Contents				
Yuzu powder	0	5	10	15	20
Sodium bicarbonate	25	25	25	25	25
Isomalt	40	35	30	25	20
Citric acid	25	25	25	25	25
Vitamin C	5	5	5	5	5
Sorbitol	5	5	5	5	5
Total	100	100	100	100	100

법과 동일한 방법으로 분석하였다. 또한, 항산화 활성 측정 은 4번과 동일하게 분석하였고 발포성의 미백 및 주름 생성 억제 효과는 5번과 동일하게 분석하였다. 주요 플라보노이드 분석의 경우에도 6번에서 언급한 방법과 같이 HPLC를 이용하여 분석하였다.

10. 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. 시료간의 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. 건조 방법별 유자 분말의 이화학적 특성

건조 방법에 따른 유자의 pH, 산도, 당도 또는 색도 등 이 화학적 특성 결과를 Table 2에 나타내었다. pH 측정 결과 동결 건조 3.2, 40°C 및 60°C 건조는 각각 3.3, 3.1로 나타났다. 산도는 유의적인 차이는 나타나지 않았으며 당도는 동결 건조, 40°C 건조, 60°C 건조 각각 4.7, 4.0, 4.8 °Brix로 나타났다.

색도 측정 결과 동결 건조한 유자 분말이 84.5로 높은 명도값을 보였으나 황색도는 60°C 건조 시료에서 28.4로 높았다. 건조 방법을 달리한 유자 분말의 색도는 육안으로도 동결 건조 시료가 40°C, 60°C 건조 시료보다 분말 색이 더 밝게 나타났다(Table 1). 일반적으로 가열 온도가 높고 가열시간이 길어 질수록 갈변 기질물질의 감소와 갈변물질의 생성이 증가되는 것으로 알려져 있다(Chung 등 1996). 따라서, 60°C 건조의 경우 열에 노출이 많이 되어 갈변물질이 생성되어 황색도 값이 가장 높게 나온 것으로 사료된다. 아로니아 주스의 건조 분말의 경우 건조온도가 증가할수록 L, a, b 값이 모두 높았고(Horszwald 등 2013) 목이버섯의 경우 60°C 건조시 L, a, b 값이 감소한다고 하였다(Choi 등 2014). 건조 방법에 따른 색도는 실험재료에 따라 매우 다양하게 나타나는 것으로 사료된다.

2. 분말의 총 페놀, 플라보노이드 또는 주요 플라보노이드 분석

유자 분말의 총 페놀, 플라보노이드 함량 조사 결과는 Table 3과 같다. 총 페놀 함량은 g 당 동결 건조한 시료에서 2.3 mg으로 가장 높았으며 60°C 건조와 40°C 건조는 각각 2.1 mg, 2.0 mg으로 비슷하였다. Park 등(2014)의 연구 결과에 따르면 동결 건조된 블루베리의 총 페놀 함량은 17.2 mg/g이었

Table 2. Physicochemical characteristics of yuzu powders prepared by different drying methods

Drying method	Appearances	pH	Acidity (%)	Soluble solids (°Brix)	Color value		
					L*	a*	b*
Freeze drying		3.2±0.0 ^{a1)}	4.2±0.0 ^{ns}	4.7±0.1 ^a	84.5±0.4 ^a	0.4±0.1 ^c	22.0±0.1 ^b
40°C drying		3.3±0.0 ^a	4.1±0.2	4.0±0.2 ^b	65.9±0.4 ^b	6.0±0.0 ^b	22.2±0.1 ^b
60°C drying		3.1±0.0 ^b	4.2±0.1	4.8±0.1 ^a	63.0±0.8 ^c	6.6±0.3 ^a	28.4±0.2 ^a

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). Sliced yuzu with 0.5 cm thickness were dried by three different methods; Freeze drying (-80°C, 72 h), Cold air drying (40°C 48 h), Hot air drying (60°C, 24 h).

Table 3. Functional compound of yuzu powders prepared by different drying methods

Drying method	Total phenolics (mg/g DW)	Total flavonoids (mg/g DW)	Naringin (mg/g DW)	Hesperidin (mg/g DW)	Vitamin C (mg/100 g DW)
Freeze drying	2.3±0.0 ^{a1)}	56.6±2.8 ^a	8.9±0.9 ^a	53.6±0.0 ^a	99.8±1.6 ^a
40°C drying	2.0±0.0 ^b	13.0±1.6 ^b	7.7±0.0 ^b	41.7±0.4 ^c	27.5±1.3 ^c
60°C drying	2.1±0.1 ^b	53.7±3.3 ^a	8.8±0.0 ^a	46.2±0.4 ^b	68.2±1.1 ^b

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). Sliced yuzu with 0.5 cm thickness were dried by three different methods; Freeze drying (-80°C, 72 h), Cold air drying (40°C, 48 h), Hot air drying (60°C, 24 h). The 5 g of yuzu powder was reflux extracted with 100 mL of 80% ethanol (5% w/v) at 80°C for 3 h and filtered through a 0.45 µm membrane.

으나, 60°C 건조시 10.3 mg/g으로 감소되어 본 실험과 유사한 결과를 보고한 바 있다. 시료 g 당 플라보노이드 함량도 총 페놀과 유사한 경향으로 나타났으며 동결 건조(56.6 mg) > 60°C 건조(53.7 mg) > 40°C 건조(13.0 mg) 순으로 나타났다. 일반적으로 건조 방법에 따라 유효성분의 변화가 생긴다고 알려져 있으며(Kim & Kim 2000; Choi 등 2014), 이에 따라 유자의 유효성분으로 알려져 있는 naringin, hesperidin, 또는 비타민 C 함량을 건조 방법에 따라 비교하였다(Table 3). 건조 방법을 달리한 유자 분말 g 당 naringin 함량은 동결 건조 8.9 mg 및 60°C 건조 8.8 mg으로 가장 높았지만 두 시료 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 유자 분말 g 당 hesperidin 함량은 동결 건조 53.6 mg으로 가장 높았으며, 60°C 건조(46.2 mg), 40°C 건조(41.7 mg) 순으로 나타났다. 가열온도에 따른 영귤 과즙의 성분 변화를 연구한 Kim 등(2001)의 결과에 따르면 가열함에 따라 hesperidin 함량은 약간 감소하였다고 보고한 바 있으며 그 결과는 본 실험과 유사하게 나타났다. 비타민 C 함량은 동결 건조한 유자 분말 100 g 당 99.8 mg으로 나타났고 40°C 건조 27.5 mg, 60°C 건조 68.2 mg 함량을 나타내었다. Park 등(2014)에 따르면 블루베리의 경우, 동

결 건조에서 비타민 C가 7.1 mg/100g, 60°C 열풍 건조에서 5.6 mg/100 g이 함유되어 있었는데, 이러한 원인은 열풍 건조 시 비타민 C가 산화되고, 동결 건조 시에는 낮은 온도에 의해 비타민 C가 보존되기 때문이라 하였다. 이 연구 결과는 본 연구와 비슷한 경향을 나타내었으며 40°C에서 건조된 분말이 비타민 C 함량이 가장 적게 나타낸 것은 건조 시간이 가장 길었기 때문에 비타민 C가 산화되었을 것이라 사료된다. 따라서, 비타민 C 함량은 건조 온도, 시간과 관련이 있다.

3. 분말의 항산화 활성 측정, tyrosinase 및 MMP-1 억제 효과

건조 방법을 달리한 유자 분말의 DPPH 라디칼 소거능은 동결 건조 분말이 49.4%로 가장 높은 소거능을 보였고 60°C 건조(27.1%), 40°C 건조(18.8%) 순으로 나타났다(Table 4). ABTS 라디칼 소거능은 극성과 비극성 시료의 소거 활성을 모두 측정할 수 있으므로 DPPH radical 소거법보다 적용 범위가 넓다(Re 등 1999). 또한, DPPH는 추출물의 특성에 따라 자유 라디칼과 cation 유리기와 결합 정도가 다를 수 있으며, 두 기질과 반응물과의 결합 정도가 상이하여 radical 제거

Table 4. Antioxidant activity, tyrosinase or MMP-1 inhibition of yuzu powders prepared by different drying methods

Drying method	DPPH scavenging activity (%)	DPPH scavenging activity (Vit.C eq. µg)	ABTS scavenging activity (%)	Tyrosinase inhibition (%)	MMP-1 inhibition (%)
Freeze drying	49.4±3.1 ^{a1)}	20.0±0.9 ^a	53.1±0.6 ^a	26.9±2.1 ^b	42.7±1.2 ^b
40°C drying	18.8±2.9 ^c	11.2±0.8 ^c	6.7±0.2 ^c	23.1±4.8 ^c	26.4±1.3 ^c
60°C drying	27.1±2.5 ^b	13.6±0.7 ^b	30.0±0.1 ^b	44.0±4.9 ^a	52.4±1.4 ^a

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). Sliced yuzu with 0.5 cm thickness were dried by three different methods; Freeze drying (-80°C, 72 h), Cold air drying (40°C, 48 h), Hot air drying (60°C, 24 h). The 5 g of yuzu powder was reflux extracted with 100 mL of 80% ethanol (5% w/v) at 80°C for 3 h and filtered through a 0.45 µm membrane. For tyrosinase and MMP-1 inhibition activity measurement, the 5 g of yuzu powder was reflux extracted with 100 mL of distilled water (5% w/v) at 100°C for 3 h and filtered through a filter paper (Watman No.4). DPPH: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, ABTS: 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), MMP-1: Matrix metalloproteinase-1.

능력에도 차이가 생기는 것으로 보고되었다(Woo 등 2008). ABTS 라디칼 소거능은 동결 건조가 53.1%로 40°C 건조와 60°C 건조에 비해 가장 높은 소거능을 나타내었고 60°C 건조(30.0%), 40°C 건조(6.7%) 순으로 항산화 활성이 낮아졌다. Chang & Kim(2011)은 항산화 활성은 가열처리 했을 경우 비타민 C와 같이 열에 약한 항산화물질이 파괴됨으로써 일반적으로 그 효능이 감소된다고 보고하였다. Hwang & Do Thi (2014)은 건조 및 추출방법은 항산화 효능에 영향을 주며 동결 건조한 아로니아의 항산화 활성이 다른 건조 방법인 일광 건조와 오븐건조보다 높게 나타났다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 건조 방법에 따른 유자 분말의 미백 및 주름 생성 억제 효과를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 40°C 건조 분말이 23.1%로 tyrosinase의 저해 활성이 가장 낮게 나타났고 60°C 건조 분말이 44.0%로 가장 높게 나타났고. 60°C 건조 분말의 tyrosinase 저해 활성은 동결 건조 분말에 비해 2배 높게 나타났다. 피부노화 억제 지표로 MMP-1 저해활성을 측정하였다. 60°C 건조 분말이 높은 저해 활성인 52.4%를 보였고, 40°C 건조 분말이 가장 낮은 저해 활성(26.4%)을 보였다. 시중에서 가장 선호되는 분말의 색도는 동결건조한 분말과 같이 원재료의 색과 가장 비슷한 색상을 선호한다. 하지만, 본 연구에서는 이너뷰티 제품을 개발하기 위한 소재로 이용할 것으로 tyrosinase와 MMP-1의 저해 활성이 높은 60°C 건조 분말을 이용하여 추후 발포정 제조시 분말로 사용하였다.

4. 유자 발포정의 품질 특성

유자 분말 함량(0%, 5%, 10%, 15% 또는 20%)에 따라 발포정의 품질 특성을 Table 5에 나타내었다. pH 측정 결과, 유자 분말을 첨가하여 제조한 시료들이 유자분말을 첨가하지 않은 발포정보다 낮은 pH를 보였다. 유자분말 0%로 제조된 발포정은 3.5로 가장 높은 pH를 보였으며, 유자 분말 첨가량이 많아질수록 pH가 점차 낮아지는 경향이었다. 이는 당유자를

첨가한 스폰지 케익 연구(Jung 등 2017)에서 유자분말의 첨가량이 증가할수록 pH 값이 낮아지는 경향을 보였는데, 본 연구와 일치하는 결과이다. 유자에는 citric acid, fumaric acid, malic acid, oxalic acid, and succinic acid가 포함되어 있다고 보고하였으며(Lee 등 2017), 이들 유기산에 의해 유자 분말 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하고 산도가 증가한 것으로 사료된다. 선행연구(Lee JH 2011; Yang 등 2016)에 따르면 식체에 첨가한 오디, 오미자 열매 추출물의 첨가량이 증가함에 따라 산도가 증가하고 pH가 감소하는 것으로 나타나 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타냈고, 오디나 오미자 열매의 유기산이 식체의 산도와 pH에 영향을 주는 것으로 생각된다. 당도는 분말 함량 0%였을 때 7.9 °Brix로 가장 낮게 나타났고 20% 분말로 제조한 발포정의 경우 8.8 °Brix로 가장 높은 함량을 보였다. 이는 발포정 제조 시 부재료와의 혼합과정에서 당 첨가량이 증가해 당도가 높게 나온 것으로 사료된다. 유자 분말 첨가량을 달리하여 제조한 발포정의 색도 변화에서 명도(L값)는 유자분말 첨가량이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였다. 0% 함량이 98.6으로 가장 높았으며, 분말을 첨가할수록 5%(94.6) > 10%(92.3) > 15%(90.5) > 20%(89.1) 순서로 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 유자분말은 노란빛을 내는 재료로서 유자분말의 함량이 증가할수록 밝기를 나타내는 명도는 감소하였다. 적색도는 모든 시료에서 음(-)의 값을 보였으며 황색도는 유자분말 첨가량이 증가할수록 급격하게 증가하여 0%(1.1) < 5%(27.0) < 10%(29.8) < 15%(31.6) < 20%(33.3) 순으로 유의적인 차이를 나타내었다. 유자 분말의 첨가량이 증가할수록 명도는 감소하고 황색도가 증가하는 경향은 Shin & Joung(2018)의 강황분말을 첨가한 증편의 연구, Choi 등(2019)의 유자 분말을 첨가한 증편의 연구와 동일한 경향을 보였다. 이러한 변화는 유자 분말의 carotenoid계 색소에 의한 것으로 사료된다. 탁도는 유자 분말 함량이 많아질수록 증가하여 유자 분말 20% 첨가군이 0.9로 가장 탁하게 나타났다. 발포정의 경도(hardness)를 측정할 결

Table 5. Physical properties of yuzu tablets produced with hot air dried yuzu powder

Powder contents (%)	pH	Acidity (%)	Soluble solids (°Brix)	Color value			Turbidity (600 nm)	Hardness (N)	CO ₂ content (gv)
				L*	a*	b*			
0	3.5±0.0 ^{a1)}	24.1±0.4 ^e	7.9±0.1 ^d	98.6±0.2 ^a	-0.1±0.1 ^a	1.1±0.0 ^e	0.1±0.0 ^e	187.1±15.1 ^d	2.7±0.0 ^a
5	3.4±0.0 ^b	25.4±0.8 ^d	8.1±0.1 ^c	94.6±0.1 ^b	-3.6±0.0 ^c	27.0±0.2 ^d	0.2±0.0 ^d	176.2±9.7 ^d	2.7±0.1 ^a
10	3.3±0.0 ^c	27.3±0.2 ^c	8.2±0.1 ^c	92.3±0.3 ^c	-3.6±0.0 ^c	29.8±0.0 ^c	0.4±0.0 ^c	173.7±10.4 ^d	2.5±0.1 ^b
15	3.2±0.0 ^d	28.7±0.7 ^b	8.5±0.1 ^b	90.5±0.3 ^d	-3.5±0.0 ^b	31.6±0.2 ^b	0.7±0.0 ^b	219.5±19.2 ^c	2.5±0.0 ^b
20	3.1±0.0 ^e	30.5±0.3 ^a	8.8±0.1 ^a	89.1±0.3 ^e	-3.6±0.0 ^c	33.3±0.2 ^a	0.9±0.1 ^a	250.5±13.1 ^a	1.6±0.2 ^c

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). Commercial product shows turbidity 0.4±0.2, hardness 224.8±15.2 N, CO₂ content 2.6±0.4 gv.

과 유자분말 첨가량이 증가함에 따라 경도가 높게 나타났다. 주박분말(Ko & Sim 2014)을 첨가한 연구에서도 부재료의 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하는 것과 동일한 경향을 보였다. 탄산음료에서 가장 중요한 요소인 이산화탄소 함량을 측정된 결과 유자 분말 0, 5% 첨가시에는 2.7 gv로 두 시료 간에는 유의적인 차이가 없었다. 10~15% 첨가하였을 때는 2.5 gv로 이산화탄소 함량이 약간 감소를 하였고 20% 첨가시에는 1.6 gv로 크게 감소하였다. 시중에 판매하는 발포정의 품질 특성을 조사한 결과 탁도 0.4, 경도 224.8 N, 이산화탄소 함량이 2.6 gv로 나타났다. 이 결과는 유자 분말 15% 함량을 첨가해서 제조한 유자 발포정과 가장 비슷한 품질로 추후 유자 추후 유자 분말 15%를 첨가하여 시제품을 제조하였다.

5. 유자 발포정의 총 페놀 및 플라보노이드 측정

유자 분말 첨가 발포정의 총 페놀 및 플라보노이드 측정 결과는 Table 6과 같다. 유자 분말을 첨가하지 않고 제조한 발포정의 총 페놀 함량은 g 당 0.01 mg이었으나, 농도의존적으로 유자 분말 함량이 증가할수록 총 페놀 함량은 증가하였다. 유자 분말을 5%, 10%, 15% 또는 20% 첨가하여 제조한 발포정에서 총 페놀 함량은 각각 0.2, 0.5, 0.7, 1.0 mg/g으로 이는 유자 분말을 첨가하지 않은 발포정에 비해 총 페놀 함량이 약 20~96배까지 증가하였다. 플라보노이드의 경우도 총 페놀과 마찬가지로 유자 분말 첨가량이 많을수록 증가하는 경향을 나타냈다.

6. 유자 발포정의 주요 플라보노이드 분석

Naringin 성분은 감귤류의 외피나 내피에 함유된 정유나 배당체의 일종인 과실의 쓴맛성분으로 항산화계 효소들의 활성방지와 항균작용이 있다고 보고되어 있고(Shin 등 2008), hesperidin 성분 또한 유자의 지표 성분으로 보고되고 있으며 연한 노란색의 결정 또는 결정성 가루로 혈중 콜레스테롤 농

도 상승억제작용, 항산화작용 또는 지방간 억제작용이 있다고 보고되어 있다(Moon 등 2015). 따라서 유자 분말 첨가량에 따른 발포정의 naringin과 hesperidin 함유 여부를 확인하기 위해 분석을 실시하였다. 유자 분말 함량에 따른 발포정의 naringin, hesperidin 함량 분석 결과는 Table 6과 같다. Naringin 성분을 분석한 결과 유자 분말을 첨가하지 않은 무 처리군에서는 검출되지 않았으며, 유자 분말 5%, 10%, 15% 또는 20% 함유 발포정에서는 g 당 각각 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mg 순으로 유자 첨가량에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. Hesperidin 성분을 분석한 결과 무 처리군에서는 검출되지 않았고, 유자 분말 5%, 10%, 15% 또는 20% 함유 발포정에서 각각 g 당 3.2, 6.5, 9.3, 12.4 mg 순으로 naringin의 경향과 유사하게 유자분말 함량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것을 확인하였다. Park 등(2019) 연구 결과에 따르면 유자 첨가 사료 보충제 식이 갈색거저리의 naringin과 hesperidin 함량은 유자 섭취량에 따라 유의적으로 증가하였고 이 결과는 본 연구 결과와 일치하였다. 비타민 C 분석 결과 유자 분말 첨가량이 증가할수록 비타민 C 함량도 증가하였다. 유자의 비타민 C 함량을 분석한 연구 결과(Shin 등 2009)에 따르면 과육에서의 비타민 C 함량은 10.74 mg/100 g, 과피 중 함량은 30.21 mg/100 g으로 보고되었다. 따라서, 유자의 비타민 C가 함유되어 있기 때문에 유자 분말 함량이 증가할수록 발포정의 비타민 C 함량도 증가하는 것으로 사료된다.

7. 유자 발포정의 항산화 활성 측정

항산화 활성 측정에 널리 사용되는 DPPH는 짙은 보라색을 띠는 비교적 안정한 free radical로서 항산화 활성을 갖는 물질로부터 전자나 수소를 제공받으면 DPPH-H로 환원되면서 짙은 보라색이 노란색으로 탈색되므로 다양한 식물 소재로부터 항산화능을 측정하는데 많이 이용되고 있다(Kim & Chung 2017). 유자 분말 첨가량에 따른 발포정의 DPPH 라디

Table 6. Functional compounds and antioxidant activity of yuzu tablets produced with hot air dried powder

Powder contents (%)	Total phenolics (mg/g DW)	Total flavonoids (mg/g DW)	Naringin (mg/g DW)	Hesperidin (mg/g DW)	Vitamin C (mg/100 g DW)	DPPH scavenging activity (Vit.C eq. μ g)	ABTS scavenging activity (%)
0	0.0±0.0 ^{e1)}	0.1±0.0 ^c	N.D ²⁾	N.D	1.0±0.1 ^c	5.9±2.6 ^c	0.1±0.0 ^c
5	0.2±0.0 ^d	2.1±0.0 ^d	0.5±0.0 ^d	3.2±0.1 ^d	5.1±0.0 ^d	13.2±2.1 ^d	0.4±0.0 ^d
10	0.5±0.0 ^e	3.6±0.6 ^c	1.0±0.0 ^c	6.5±0.0 ^c	10.6±0.3 ^c	23.6±1.5 ^c	6.8±0.7 ^c
15	0.7±0.0 ^b	5.6±0.1 ^b	1.5±0.1 ^b	9.3±0.1 ^b	14.9±0.1 ^b	30.3±0.0 ^b	11.5±0.3 ^b
20	1.0±0.0 ^a	8.7±0.2 ^a	2.0±0.1 ^a	12.4±0.1 ^a	20.8±0.1 ^a	39.5±0.8 ^a	16.9±0.5 ^a

¹⁾ Means with the same letter in each column are not significantly different by Duncan's multiple-range test ($p < 0.05$).

²⁾ Not detect. The values represent the mean±S.D. (n=3). The 2.5 g of yuzu tablet powder was reflux extracted with 100 mL of 80% ethanol (2.5% w/v) at 80°C for 3 h and filtered through a 0.45 μ m membrane.

칼 소거능 측정 결과 무 첨가군은 5.9 vit.C eq. μg 으로 나타났고 유자 분말 5%, 10%, 15% 또는 20% 함유 발포정에서는 13.2, 23.6, 30.3 또는 39.5 vit.C eq. μg 으로 유자 분말 첨가량이 증가함에 따라 농도 의존적으로 증가하는 경향을 보였다 (Table 6). ABTS는 비교적 안정한 자유 라디칼로 DPPH 라디칼과 함께 항산화 활성을 측정하는데 많이 이용되고 있다. ABTS를 과산화효소, 과산화수소와 반응시켜 활성 양이온인 ABTS가 형성되면 추출물의 항산화력에 의해 ABTS가 소거되어 라디칼 특유의 색인 청록색이 탈색되고 이를 흡광도 수치로 나타내어 추출물의 항산화 활성을 평가할 수 있다(Kim 등 2013). 발포정의 ABTS 라디칼 소거능은 무 첨가군이 0.1%로 가장 낮은 활성을 보였으며 유자 분말 첨가량이 증가함에 따라 0.4%, 6.8%, 11.5% 또는 16.9%로 ABTS 라디칼 소거능이 유의적으로 증가하였다. Citrus류의 과피나 종자에는 페놀산, 플라보노이드 등 총 폴리페놀 함량이 높은 것으로 연구되었으며(Kim 등 2009) 유자 분말에는 항산화 활성을 지닌 naringin, hesperidin 등이 함유되어 있어 항산화 활성을 보이는 것으로 보고되고 있다(Choi 등 2019). 본 연구에서 DPPH, ABTS 라디칼 활성 정도는 유자 분말 함량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였고 ABTS 라디칼 활성 정도보다 DPPH 라디칼 활성 정도가 더 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 자유 라디칼을 소거하는 DPPH 방법과 달리 양이온 라디칼을 제거하는 ABTS 방법의 차이로 기질과 반응물과의 결합 정도가 달라져 라디칼 제거 능력에 차이를 보인다는 보고에 따른다(Li 등 2007).

8. 유자 발포정의 tyrosinase 및 MMP-1 억제 효과

Tyrosinase는 tyrosine을 기질로 하여 dopaquinone을 생성시

키며, 이후 생성된 dopaquinone은 아미노산 혹은 단백질 증합 반응에 의해 최종적으로 멜라닌이 합성된다(Lee 등 2009). 따라서 본 연구에서는 melanin 색소 생성에 중요한 효소인 tyrosinase의 활성 억제 여부를 확인하였고 그 결과는 Fig. 1A와 같다. Tyrosinase 저해 효과를 평가한 결과 유자분말 5~15% 첨가시 효소가 62.3~73.7% 정도로 저해되었고 20% 유자 분말이 첨가되었을 때는 오히려 약간 감소하는 경향을 보여 15% 분말을 첨가한 발포정이 효과적인 것으로 판단되었다. 유자 분말 함량 10%, 15%가 tyrosinase의 저해 활성이 73.7%로 positive control인 ascorbic acid(1 mM)보다 1.6배 높은 저해 활성을 보여 멜라닌 생성억제 효과를 지님을 확인하였다. 식물에 존재하는 폴리페놀 성분들은 항산화 및 미백 활성에 효과가 있음이 보고 되어있다(Veberic 등 2015). 일반적으로 페놀류 화합물을 다량으로 함유하는 식물체와 그 추출물은 높은 항산화능을 갖기 때문에, tyrosinase에 의한 가역적 산화반응을 억제시키는 특성을 나타낸다(Kim & Uyama 2005). 또한 페놀류 화합물은 tyrosinase의 기질인 tyrosine과 구조적으로 유사하여 tyrosinase의 활성을 저해한다고 알려져 있다(Boissy & Manga 2004). 효소반응에서 경쟁적 저해제(competitive inhibitor)는 기질과 그 형태가 매우 유사하며 효소의 활성부위에 기질과 경쟁적으로 결합하는데 이와 같은 원리로 유자분말이 tyrosinase를 저해하여 미백 활성을 나타내었다고 판단되었다.

피부세포의 결합 조직을 구성하는 성분들 가운데 콜라겐은 피부 건조 중량의 90%에 달하는 주요 구성 단백질이다. 따라서 콜라겐의 분해는 곧 결합 조직의 탄력 저하와 피부의 주름 및 처짐에 직접적인 영향을 미친다.

체내에서 생성되는 수십종의 MMPs 가운데 MMP-1은 콜

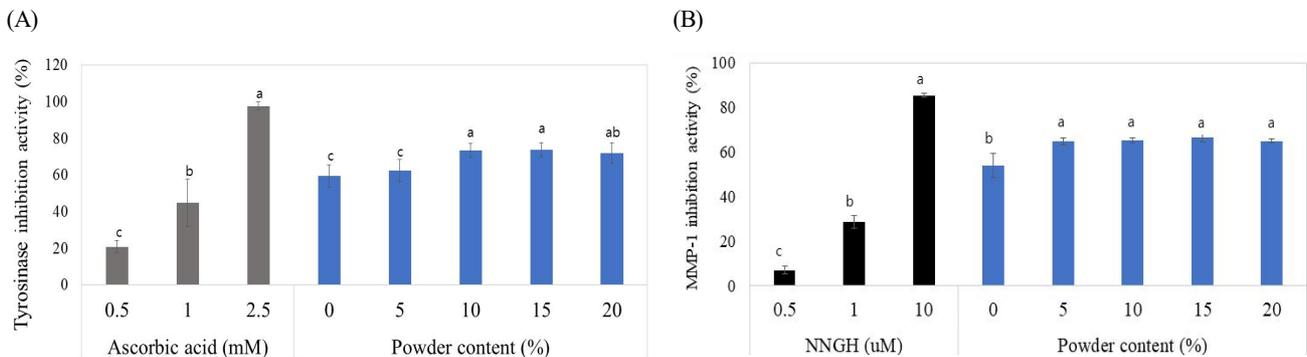


Fig. 1. Tyrosinase inhibition (A) and matrix metalloproteinase-1 (MMP-1) inhibition (B) of yuzu tablets produced with cold air dried powder. Means with the same letter in each column are not significantly different by Duncan's multiple-range test ($p < 0.05$). NNGH (N-Isobutyl-N-(4-methoxyphenylsulfonyl) glycol hydroxamic acid) is the representative MMP-1inhibitor: The 2.5 g of yuzu tablet powder was reflux extracted with 100 mL of distilled water (2.5% w/v) at 100 °C for 3 h and filtered through a 0.45 μm membrane.

라겐에 특이적으로 작용하는 단백질 분해효소(proteinase)로서 MMP-1의 활성을 억제하여 콜라겐을 보호하면 피부 조직의 탄력을 유지하고 주름의 생성을 예방할 수 있는 것으로 알려져 있다(Kondo S 2000). 따라서 유자 분말 함량에 따른 발포정의 MMP-1 저해 활성을 조사하였고 그 결과는 Fig. 1B와 같다. 유자 분말이 첨가되지 않은 무 첨가군의 경우 53%로 MMP-1 저해 활성이 가장 낮게 나타났고 유자분말 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 보였다. 유자 분말 5~15% 첨가시 억제율이 64.8~66.3%까지 증가하는 경향을 나타냈지만 20% 첨가되었을 때는 오히려 64.8%로 감소하였다. 이 결과는 tyrosinase의 저해 활성과 같은 경향으로 나타났다. 유자 분말 함량 5~15%가 MMP-1의 저해 활성이 64~66%로 positive control 1 μ M NNHG보다 약 2.3배 정도 높은 저해 활성을 가지는 것으로 밝혀졌다.

요약 및 결론

본 연구에서는 유자 분말을 활용한 이너뷰티 제품인 발포정 제품 개발을 위해 건조 방법(동결건조, 60 $^{\circ}$ C 건조, 40 $^{\circ}$ C 건조)을 달리하여 유자 분말을 제조한 후 기능성 성분을 조사하였다. 그 결과 tyrosinase와 MMP-1의 저해 활성이 높은 60 $^{\circ}$ C 건조 분말을 이용하여 발포정 제조시 소재로 이용하였다. 유자 분말 함량에 따라 발포정을 제조하였고 발포정의 품질 특성과 기능성 성분을 조사하였다. Tyrosinase 저해 효과를 평가한 결과 유자 분말 5~15% 첨가시 효소가 62.3~73.7% 정도로 저해되었고 20% 유자 분말이 첨가되었을 때는 오히려 약간 감소하는 경향을 보여 15% 분말을 첨가한 발포정이 효과적인 것으로 판단되었다. 또한, 유자 분말 함량 10%, 15%가 tyrosinase의 저해 활성이 73.7%로 positive control인 ascorbic acid(1 mM)보다 1.6배 높은 저해 활성을 보여 멜라닌 생성억제 효과를 지님을 확인하였다. 이상의 연구 결과로 유자 발포정의 산업화를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지역특화작목기술개발 사업인 「전남 특화 유자 수출 경쟁력 향상을 위한 업사이클링 기술개발 및 산업화(RS-2024-00437307)」 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부로, 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

Boissy RE, Manga P. 2004. On the etiology of contact/

- occupational vitiligo. *Pigment Cell Res* 17:208-214
- Chang YE, Kim, JS. 2011. Effects of pretreatment and drying methods on the quality and physiological activities of garlic powders. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1680-1687
- Choi ES, Park YM, Yoon HH. 2019. Quality characteristics of jeung-pyun added with *Citrus junos* powder. *Culin Sci Hosp Res* 25:112-118
- Choi SR, Yu YJ, Ahn MS, Song EJ, Seo SY, Choi MK, Han AH, Song YJ, Kim HJ, So SY, Lee GK, Kim CK. 2014. Quality characteristics by various drying methods in earmushroom (*Auricularia auricula-judae* Quel.). *Korean J Med Crop Sci* 22:497-503
- Chung SK, Chung YY, Jeong WS. 1996. Studies on the browning inhibition of yam (*Dioscorea aimadoimo*) during hot air dehydration. *Agric Chem Biotechnol* 39:384-388
- Horszwald A, Julien H, Andlauer W. 2013. Characterisation of Aronia powders obtained by different drying processes. *Food Chem* 141:2858-2863
- Hwang ES, Do Thi N. 2014. Antioxidant contents and antioxidant activities of hot-water extracts of aronia (*Aronia melanocarpa*) with different drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 46:303-308
- Hwang EY, Kim DH, Hwang, JY, Kim HJ, Park TS, Lee IS, Son JH. 2012. A study on the depigmenting effect of *Carthamus tinctorius* seed, *Cyperus rotundus* and *Schizonepeta tenuifolia* extracts. *Korean J Food Sci Technol* 44:76-81
- 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
- Jung KY, Shin SY, Kim YS. 2017. Quality properties of sponge cake containing dangyuja (*Citrus grandis* Osbeck) powder. *Culin Sci Hosp Res* 23:83-89
- Kim D, Chae HS, Kim NY, Jang, A. 2013. Anti-oxidative activity and the protective effect of donkey's bone and skin extracts on SK-N-SH cells. *J Life Sci* 23:1019-1024
- Kim MJ, Chung HJ. 2017. Quality characteristics and antioxidant activities of rice cookies added with *Lentinus edodes* powder. *Korean J Food Preserv* 24:421-430
- Kim NM, Kim DH. 2000. Quality change of cinnamon extract prepared with various drying methods. *Korean J Food Nutr* 13:152-157
- Kim SY, Kim BH, Kwak EJ, Kang KO. 2023. Quality

- characteristics and antioxidant activity of oriental sauce using yuzu (*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) juice. *Foodservice Ind J* 19:39-49
- Kim YC, Koh KS, Koh JS. 2001. Changes of flavonoids in the peel of Jeju native citrus fruits during maturation. *Food Sci Biotechnol* 10:16-20
- Kim YD, Ko WJ, Koh KS, Jeon YJ, Kim SH. 2009. Composition of flavonoids and antioxidative activity from juice of Jeju native citrus fruits during maturation. *Korean J Nutr* 42:278-290
- Kim YJ, Uyama H. 2005. Tyrosinase inhibitors from natural and synthetic sources: structure, inhibition mechanism and perspective for the future. *Cell Mol Life Sc* 62:1707-1723
- Ko YS, Sim KH. 2014. Quality characteristics and antioxidant activity of *jeung-pyun* added with *ju-bak* powder. *J East Asian Soc Diet Life* 24:190-200
- Kondo S. 2000. The roles of cytokines in photoaging. *J Dermatol Sci* 23:S30-S36
- 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 HT, Kim JH, Lee SS. 2009. Comparison of biological activity between soybean pastes adding sword bean and general soybean pastes. *J Food Hyg Saf* 24:94-101
- Lee JE, Kim KM, Kim JS, Kim GC, Choi SY, Kim SB. 2017. Chemical compositions and antioxidant activities depending on cultivation methods and various parts of yuzu. *Korean J Food Preserv* 24:802-812
- Lee JH. 2011. Quality of *sikhe* incorporated with hot water extract of *omija* (*Schisandra chinensis* Baillon) fruit. *Food Eng Prog* 15:80-84
- Li H, Choi Y, Lee J, Park JS, Yeon K, Han, CS. 2007. Drying and antioxidant characteristics of the shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom in a conveyer type far-infrared dryer. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:250-254
- Moon SH, Assefa AD, Ko EY, Park SW. 2015. Comparison of flavonoid contents and antioxidant activity of yuzu (*Citrus junos* Sieb. ex Tanaka) based on harvest time. *Korean J Hort Sci Technol* 33:283-291
- Park ID. 2021. Quality characteristics and antioxidant activity of cookies prepared from *Taraxacum coreamm* powder. *Korean J Food Nutr* 34:415-422
- Park SJ, Choi YB, Ko JR, Rha YA, Lee HY. 2014. Effects of drying methods on the quality and physiological activities of blueberry (*Vaccinium ashei*). *Korean J Culin Res* 20:55-64
- Park SJ, Na JH, Lee CG, Jeong JH, Kim CM, Han HB, Kim BS, Park CH, Huh CK. 2019. Quality characteristics of *Tenebrio molitor* L. ingested yuzu supplemented feed. *Korean J Food Preserv* 26:777-784
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med* 26:1231-1237
- Shin JH, Lee SJ, Kang MJ, Yang SM, Sung NJ. 2009. Biological activities of yuzu grown in different areas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1485-1491
- Shin JH, Lee SJ, Seo JK, Cheon EW, Sung NJ. 2008. Antioxidant activity of hot-water extract from yuzu (*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) peel. *J Life Sci* 18:1745-1751
- Shin SM, Joung KH. 2018. Quality characteristics of *jeung-pyun* added with turmeric powder. *J Korea Academia-Ind Coop Soc* 19:427-434
- Veberic R, Slatnar A, Bizjak J, Stampar F, Mikulic-Petkovsek M. 2015. Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species. *LWT Food Sci Technol* 60:509-517
- Woo JH, Jeong HS, Yu JS, Chang YD, Lee CH. 2008. Antioxidant effect of extracts obtained from four *Aster* species native to Korea. *Korean J Plant Res* 21:52-59
- Yang JW, Jung SK, Song KM, Kim YH, Lee NH, Hong SP, Lee KH, Kim YE. 2016. Quality characteristics of *sikhye* added with mulberry (*Morus alba* L.) fruit concentrate. *J East Asian Soc Diet Life* 26:44-54

Received 23 April, 2024

Revised 20 May, 2024

Accepted 27 May, 2024