

Chemical compositions and antioxidant activities depending on cultivation methods and various parts of yuja

Jong Eun Lee¹, Kyung Mi Kim^{1*}, Jin Sook Kim², Gi Chang Kim¹, Song Yi Choi¹, Sang Bum Kim¹

¹Deptment of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

²Agriculture Export Division, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

유자 재배방법에 따른 부위별 화학적 성분 및 항산화 활성

이종은¹ · 김경미^{1*} · 김진숙² · 김기창¹ · 최송이¹ · 김상범¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부,

²농촌진흥청 수출농업지원과

Abstract

This study was conducted to investigate the quality properties depending on the cultivation methods (general, organic, pesticide-free) of yuja and its various parts (peel, pulp, seed). The contents of hesperidin were the highest in yuja peel grown by pesticide-free method (13.23 mg/g). The contents of naringin presented a higher content in the peel, especially which of the general (4.62 mg/g) showed the highest value. Vitamin C analysis showed the highest content in the peel, significantly varied according to the cultivation method and various parts ($p < 0.05$). Vitamin C value was significantly highest in organic peel, which was 770.02 mg/100 g, whereas among the peel, the pulp and the seed were it the lowest in the seed. The content of total polyphenols were the highest in general peel (0.85 mg/g). Flavonoid content of pesticide-free seed was significantly higher than those of the other yuja samples which was 0.89 mg/g ($p < 0.05$). The DPPH radical scavenging activity was relatively more active in the peel among the above-mentioned three parts, especially the pesticide-free peel was most active, which was 73.94%. The ABTS radical scavenging activity of organic peel was significantly active among the samples, which was 84.47% ($p < 0.05$). Based on these results, it can be said that yuja has variety of useful components in the pulp and the seed as well as the peel: and thus it's hight recommended to develop more varied yuja products.

Key words : yuja, chemical compositions, antioxidant activities

서 론

식물 분류학상 유자(*Citrus Junos* Sieb.)는 운향과 감귤속에 속하며, 한국, 중국 및 일본 등지에서 재배되고 있는데, 한국산 유자의 향이 우수한 것으로 알려져 있다(1,2). 유자

나무는 일반 감귤에 비해 내한성 및 내건성에 강하여 겨울철 온난한 기후에서 재배가 가능하므로 국내의 제주도, 고흥, 거창, 장흥, 완도, 거제 등 주로 남해안 일대에서 재배되어 왔다(3). 국내에서 유자의 생산량과 재배면적은 해마다 증가하고 있으나 낮은 저장성과 짧은 수확기간으로 생과실로서의 이용이 어려워 생산량에 비하여 낮은 소비량을 나타내고 있다(2,4).

유자는 다른 감귤류와는 다르게 과육 뿐 만 아니라 과피까지 이용할 수 있는 과실로 유자 특유의 향과 무기질, 구연산 등이 함량이 높아 주로 차, 음료 및 향료로 이용되고 있는데, 특히 성숙과는 과육에 비해 과피의 비율이 높다고

*Corresponding author. E-mail : kimkm@korea.kr
Phone : 82-63-238-3556, Fax : 82-63-238-3842
Received 6 September 2017; Revised 25 September 2017;
Accepted 26 September 2017.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

알려져 있다(2).

유자에는 비타민 A, B, C, 유기산 및 무기질이 많이 함유되어 있으며, 특히 유자의 비타민 C는 레몬보다 3배 많은 양으로 피부미용 및 감기에 효과적이다(5). 또한 유자에 함유되어 있는 헤스페리딘 및 리모닌 등의 플라보노이드 성분은 항염증, 항산화, 혈압강하, 항알러지 및 라디칼 소거능에 효과적이라고 알려져 있다(6).

최근 소비자들의 기능성 식품 및 건강식품에 대한 관심과 요구가 높아지고 있고 소비 패턴의 다양화에 따라 우리 농산물의 소비 활성화와 수요 확대를 위해서는 소비자의 기호를 충족시킬 수 있는 제품 개발이 이루어져야 한다고 생각된다. 그러나 유자의 가공형태는 아직까지도 설타에 절인 형태인 유자차로 대부분 소비되고 있어 계절적 제약을 벗어나 누구나 손쉽게 간편하게 접할 수 있는 새로운 유자 수요 창출이 절실하다.

한편, 주로 과피만을 이용하는 유자차 제조과정 중에 발생하는 유자즙은 상당부분 이용되지 못하고 폐기되는 실정이다. 뿐만 아니라 이 때 부산물로 같이 발생하는 유자씨도 버려지고 있어 환경적인 측면에서도 유자 전체를 다양하게 활용할 수 있는 방안연구에 대한 필요성이 대두되고 있다(2,7).

지금까지 유자와 관련하여 선행되어온 연구로는 유자의 부산물에 관한 연구(6,7), 유자의 이화학적 성분분석(8,9), 유자의 가공 방법에 관한 연구(10-12) 및 유자 생리활성 관련 연구(3,13,14) 등이 있다. 또한 산지별 유자의 이화학적 특성(15), 생리적 특성(2)을 비교하기도 하였으나 유자의 종류별, 부위별로 이화학적 성분과 생리활성을 동시에 식품학적 측면에서 다양하게 검토한 자료는 미흡한 실정이다. 유자의 부가가치 향상을 위한 가공제품과 관련된 연구로는 유자 분말이나 착즙액 형태로 첨가한 스낵(16), 초콜릿(17), 식초(18), 설기떡(19), 아이스크림(20) 등이 있으나 건강을 위한 식품소재화로 유자 활용 가치를 높일 수 있는 측면에서는 미비하다.

따라서 본 연구는 유자의 이용률 및 유자 가공 시 폐기되는 유자 부산물의 활용도를 높이기 위한 일환으로 국내 대표 유자산지인 전남 고흥에서 재배된 유자 종류별(일반, 유기농, 무농약 재배) 및 부위별(과피, 과육, 씨)에 따른 이화학적 품질특성과 생리활성을 분석하여 향후 유자를 활용한 새로운 식품소재를 위한 기초자료로 이용하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 유자는 전남 고흥군 풍양면 지역 유자 재배 농가 중에서 고흥군농업기술센터로부터 추천을 받았으며 최대한 서로 인접한 곳에서 재배된 것으로 10월-11월

에 수확된 유자를 일반, 무기농 및 유기농으로 각각 구분하였다.

유자의 정지 전정, 적정 착과, 결실 관리, 물 관리 등은 일반, 무농약, 유기농 유자 모두 동일하게 하였고 비료와 병충해 방제는 무농약과 유기농 유자는 친환경 농산물 기준에 맞게 사용하였다. 즉, 무농약 유자는 퇴비, 액비, 복합비료를 각각 2회씩 주는 반면에 유기농 유자는 화학비료 대체를 위해 헤어리베치와 호밀을 혼과재배하여 질소 공급을 하고 표준 질소 시비량에 부족한 양은 친환경 유기질비료(2.5-1.7-1.0)로 보충하였다. 특히, 무농약과 유기농 유자는 친환경 농산물 인증 농가에서 재배된 것으로 수확된 유자에 대한 잔류농약(245 성분) 검사서를 확인하였다. 또한 유자 시료는 15-20년생 고흥재래종이었으며 무작위로 15개를 선별하여 과피, 과육 및 씨를 각각 나누어 동결건조기(LP30, Ilshinbiobase, Daejeon, Korea)를 이용하여 급속 동결한 후, 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄 후 100 mesh 체에 내려 -20℃에서 보관하면서 시료로 사용하였다.

일반성분

유자 종류 및 부위에 따른 일반성분은 AOAC방법(21)에 따라 측정하였다. 수분함량은 105℃상압 가열 건조법, 조단백질 함량은 Kjeldahl법, 조지방은 soxhlet법, 조회분은 550℃ 직접 회화법으로 측정하였다.

유리당

유리당 분석은 Lee 등(2)의 방법을 변형하여 사용하였다. 시료 1 g을 증류수 49 mL에 넣고 추출 및 여과하여 50 mL로 정용한 뒤 4℃, 15,000 rpm에서 5분간 원심분리 하였다. 상등액을 0.45 µm membrane filter로 여과한 뒤 HPLC로 분석하였다. 이 때 HPLC 분석 조건으로 column은 Asahipak NH2P-504E(4.6×250 mm, Shodex, Tokyo, Japan), 용매는 70% ACN(Fisher Co., Fair Lawn, NJ, USA), flow rate는 1.0 mL/min이었고, 검출기는 ELSD(Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 사용하였다. 유리당 함량은 fructose, glucose, sucrose, maltose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 표준물질로 이용하여 작성한 검량선으로부터 계산하였다.

유기산

유기산 분석은 Shin 등(3)의 방법을 변형하여 사용하였다. 시료 1 g을 증류수 49 mL에 넣고 추출 및 여과하여 50 mL로 정용한 뒤 4℃, 15,000 rpm에서 5분간 원심분리 하였다. 상등액을 0.45 µm membrane filter로 여과한 뒤 HPLC로 분석하였다. HPLC 분석 조건으로 column은 Amine X HPx-87H Ion Exclusion column(300×7.8 mm, Bio-RAD, Hercules, CA, USA), 용매는 0.008 N H₂SO₄, flow rate는 0.6 mL/min이었고, 검출기는 UV detector(Waters,

Milford, MA, USA)로 210 nm에서 측정하였다. 유기산 함량은 oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid(Sigma-Aldrich Co.)을 표준물질로 이용하여 작성한 검량선 으로부터 계산하였다

Hesperidin 및 naringin

유자 종류 및 부위에 따른 naringin 및 hesperidin 함량은 Davis변법(22)에 따라 수행하였다. 시료 1 g과 증류수 9 mL를 가하여 추출한 뒤 4℃, 12,000 rpm에서 15분간 원심분리 한 후 여과하여 50 mL로 정용한 추출물을 사용하였다. Naringin은 추출시료 100 µL를 취한 후 95% diethylene glycol 용액 5 mL 및 4 N-NaOH 100 µL를 차례로 가하여 10분 뒤 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Hesperidin의 경우 30분 뒤 360 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Vitamin C

Vitamin C 분석은 Hwang 등(23)의 방법을 변형하여 실시하였다. Vitamin C 분석을 위한 시료 추출은 시료 0.5 g을 5% metaphosphoric acid로 추출한 후 4℃, 10,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 뒤 여과하여 50 mL로 정용한 것을 사용하였다. 추출액을 0.45 µm membrane filter로 여과한 뒤 HPLC로 분석하였다. HPLC 분석 조건으로 Column은 Mightysil RP-18 GP 250-4.6(5µm)(KANTO CHEMICAL Co., Inc., Tokyo, Japan), 용매는 0.1% trifluoroacetic acid(Sigma Co.), flow rate는 0.6 mL/min이었고, 검출기는 UV detector(Waters, Milford, MA, USA)로 254 nm에서 측정하였다.

Total polyphenols 및 Flavonoids

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정을 위한 시료 추출은 hesperidin 및 naringin 시료 추출방법과 동일한 방법을 이용하였다. 총 폴리페놀은 Dewanto 등(24)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 시료 추출물 200 µL와 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가하여 2분간 방치하였다. 1 N Folin-Ciocalteu reagent 200 µL를 넣고 30분간 암반응 시킨 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 표준물질로는 garlic acid를 사용하여 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 시료 100 g 중 mg garlic acid로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Jia 등(25)의 방법을 이용하여 실험하였다. 시료 추출물 250 µL에 증류수 1 mL를 넣고 5% NaNO₂ 75 µL를 넣어 5분간 반응시켰다. 그 뒤 10% AlCl₃·H₂O 150 µL를 6분간 반응시킨 후 1 M NaOH 500 µL를 넣어 11분간 반응시켜 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 catechin hydrate로 검량선을 작성 후 시료 100 g 중의 mg catechin hydrate로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능

시료 추출은 시료 1 g에 200 mL 메탄올을 넣고 30분간 sonication에서 추출한 후 여과하여 농축한 뒤 50 mL로 정용하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Blois(26)의 방법을 변형하여 측정하였다. 에탄올에 용해시킨 1.5×10⁻⁴ mM DPPH (2,2-diphenyl-β-picrylhydrazyl) 용액 300 µL와 시료 추출액 900 µL를 혼합 후 암실에서 30분 동안 반응시켜 분광광도계 (PR-101a, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식에 따라 산출하였다.

$$\text{DPPH radical 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 처리구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 Re 등(27)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 추출은 DPPH 라디칼 소거능 측정을 위한 시료 추출과 동일한 방법으로 실시하였다. 7 mM ABTS (2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)와 2.45 mM potassium persulfate를 하루 동안 암소에 방치하여 양이온을 형성시킨 후 실험 전 이 용액의 흡광도 값이 0.62-0.72가 되도록 희석하였다. 시료 추출액 20 µL와 ABTS 용액 180 µL를 가하여 섞은 후 732 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{ABTS radical 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 처리구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

통계처리

모든 실험에서 3회 이상 반복한 결과를 SPSS(Statistical Package for Social Science 18.0, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 평균값과 표준편차를 나타내었다. 시료간의 유의성 검정은 one-way ANOVA를 한 후, p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 유자 종류 및 부위에 따른 시료간의 유의적인 차이를 비교하였다.

결과 및 고찰

일반성분

유자 종류 및 부위에 따른 일반성분을 분석한 결과는 Table 1에 나타내었다. 유자 종류에 따른 수분함량은 일반 유자에서는 씨가 2.48%를 나타내었으며 씨에 비하여 과육의 수분함량은 유의적으로 낮은 2.43%를 나타내었다 (p<0.05). 유기농 유자 과피 및 과육은 각각 3.48% 및 3.47%로 유기농 유자 씨(2.47%)에 비하여 유의적으로 높은 수분함량을 나타내었다(p<0.05). 무농약 유자는 유기농 유자와

유사한 결과를 나타내어 과피(3.51%) 및 과육(3.55%)에 비하여 무농약 유자 씨가 2.45%로 낮은 수분함량을 나타내었다($p < 0.05$).

유자의 부위별 수분함량은 과피, 과육 및 씨 등의 세 부위 중 씨에서 비교적 낮은 수분함량을 나타내었다. 과피 중 일반 과피는 유기농 과피 및 무농약 과피에 비하여 유의적으로 낮은 수분함량을 나타내었으며($p < 0.05$), 유기농 과피와 무농약 과피 간의 유의적 차이는 보이지 않았다. 과육의 경우 과피와 유사한 결과로 일반 과육은 2.43%로 유기농 과육(3.47%) 및 무농약 과육(3.55%)에 비하여 유의적으로 낮은 수분함량을 보였으며($p < 0.05$), 유기농 과육과 무농약 과육 간의 유의차는 보이지 않았다. 씨의 수분함량은 시료 간의 유의적 차이를 나타내지 않았다.

조단백에서는 일반 유자의 씨가 16.37%로 과피(5.94%)와 과육(7.00%)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 유기농 및 무농약 유자도 일반 유자와 유사한 결과로 씨가 과피 및 과육에 비하여 높은 조단백 함량을 보였으며 특히 유기농 및 무농약 씨는 일반 씨(16.37%)에 비하여 유의적으로 높은 조단백 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 과육에서는 일반 과육이 7.00%로 유기농 과육(6.18%)에 비하여 유의적으로 높은 조단백 함량을 나타내었으나($p < 0.05$), 무농약 과육(6.25%)과는 유의차를 보이지 않았다. 유기농 과육 또한 무농약 과육과 유의적 차이를 나타내지 않았다. 과피에서는 유기농 과피가 7.01%로 일반

과피와 무농약 과피에 비하여 높은 조단백 함량을 보였으며($p < 0.05$), 일반 과피와 무농약 과피는 서로간의 유의차를 나타내지 않았다.

일반, 유기농 및 무농약 유자의 조지방 함량은 조단백 함량과 유사한 경향을 보였고, 과피와 과육에 비하여 씨가 지방 함량이 높은 것으로 나타났으며, 씨의 지방 함량은 재배방식에 따른 유의적 차이를 나타내지 않았다. 씨 다음으로 지방함량이 높은 부위는 과육으로 유기농 과육이 4.81%로 일반 과육(3.02%)과 무농약 과육(3.21%)에 비하여 높은 조지방 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 과피에서는 일반 과피(1.83%)가 유기농 과피(2.42%)와 무농약 과피(2.34%)에 비하여 유의적으로 낮은 조지방 함량을 보였으며 유기농 과피와 무농약 과피 간의 유의적 차이는 없었다.

일반 유자의 조회분 함량은 과피, 과육 및 씨가 각각 2.96%, 4.61%, 2.41%로 시료간의 유의차를 나타내었으며 유기농 유자와 무농약 유자도 유사한 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 과피, 과육 및 씨 중 과육이 회분 함량이 많은 것으로 나타났으며, 과육 중 일반 과육은 4.61%로 유기농 과육(4.37%)과 무농약 과육(4.39%)에 비하여 유의적으로 높은 회분 함량을 보였다($p < 0.05$).

Hwang 등(23)은 개량종 유자(I, II) 과피와 재래종 유자 과피의 수분함량은 80.5-81.5%, 과즙의 수분함량은 88.7-90.0%로 시료간의 유의차를 보이지 않았으나, 조단백은 재래종 과피(7.14%)에 비하여 개량종(I)의 과피(8.19%)가 다소 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 조회분의 경우 재래종 유자 과피는 0.45%로 개량종 유자(I, II) 과피에 비하여 낮게 나타났고 재래종 유자 과즙 및 개량종 유자(I) 과즙은 각각 0.50% 및 0.50%로 개량종 유자(II) 과즙(0.60%)에 비하여 낮은 조회분 함량을 나타내었다고 보고하여 본 실험과 차이를 나타내었는데 이는 유자시료의 전처리 조건이 다르기 때문으로 사료된다.

유리당

유자 종류 및 부위에 따른 유리당을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 유리당은 fructose, glucose, sucrose가 검출되었는데 세 부위 중 과피의 유리당 함량은 fructose > glucose > sucrose의 순이었다. 과육의 유리당 함량은 sucrose > fructose > glucose의 순이었으며 씨에 함유되어 있는 유리당은 sucrose 뿐이었다.

일반 유자 과피의 fructose 함량은 278.03 mg/g으로 과육 139.29 mg/g에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며($p < 0.05$), 유기농 유자와 무농약 유자의 경우에도 일반 유자와 비슷한 결과로 과육의 fructose 함량이 과피에 비하여 낮은 함량을 나타내었다. 과피 중 일반 과피는 278.03 mg/g으로 무농약 과피(196.73 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 fructose 함량을 보였으며($p < 0.05$), 유기농 과피(272.26 mg/g)와는 유의차를 나타내지 않았다. 과육의 fructose 함량

Table 1. Proximate composition of various parts of yuza depending on cultivation methods

Parts	Sample (%)			
	General	Organic	Pesticide-free	
Moisture	Peel	2.45±0.01 ^{1)ab2)B3)}	3.48±0.03 ^{aA}	3.51±0.25 ^{aA}
	Pulp	2.43±0.02 ^{bB}	3.47±0.15 ^{aA}	3.55±0.05 ^{aA}
	Seed	2.48±0.03 ^{aNS4)}	2.47±0.01 ^b	2.45±0.01 ^b
Crude protein	Peel	5.94±0.05 ^{bB}	7.01±0.06 ^{bA}	5.76±0.20 ^{bB}
	Pulp	7.00±0.02 ^{bA}	6.18±0.02 ^{cB}	6.25±0.01 ^{bC}
	Seed	16.37±1.24 ^{aB}	17.91±0.30 ^{aA}	18.19±0.01 ^{aA}
Crude fat	Peel	1.83±0.13 ^{cB}	2.42±0.13 ^{cA}	2.34±0.31 ^{bA}
	Pulp	3.02±0.06 ^{bC}	4.81±0.10 ^{bA}	3.21±0.06 ^{bB}
	Seed	30.10±0.61 ^{aNS}	31.51±0.74 ^a	30.53±1.01 ^a
Crude ash	Peel	2.96±0.09 ^{bA}	2.80±0.02 ^{bB}	3.10±0.10 ^{bA}
	Pulp	4.61±0.06 ^{aA}	4.37±0.10 ^{aB}	4.39±0.07 ^{aB}
	Seed	2.41±0.21 ^{cB}	2.82±0.12 ^{bA}	2.76±0.02 ^{cA}

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

²⁾³⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{3)A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

⁴⁾NS, not significant.

은 122.03-139.29 mg/g으로 유자 종류에 따른 시료간의 유의차를 나타내지 않았다. 또한 glucose 함량도 유자 종류에 따른 시료간의 차이는 없었으며 부위에 중에서는 과피가 높은 것으로 나타났다. 일반 과피와 무농약 과피는 각각 164.65 mg/g, 156.19 mg/g의 값으로 무농약 과피(114.71 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 glucose 함량을 나타내었다($p<0.05$). 과육의 glucose 함량은 일반, 유기농 및 무농약 시료간의 차이를 보이지 않았다.

유자의 sucrose 함량은 일반 과육이 220.17 mg/g으로 과피(99.74 mg/g)와 씨(78.94 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($p<0.05$). 유기농 유자와 무농약 유자 또한 과육이 각각 148.16 mg/g, 208.24 mg/g로 과피와 씨에 비하여 높은 sucrose 함량을 보였다. 이처럼 sucrose는 과육에 많이 함유되어 있는데 과육 중 일반 과육과 무농약 과육이 각각 220.17 mg/g, 208.24 mg/g으로 유기농 과육(148.16 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($p<0.05$). 과피와 씨의 sucrose 함량은 비슷한 수준이었는데 과피 중 일반 과피는 99.74 mg/g으로 유기농 과피(67.16 mg/g)와 무농약 과피(78.84 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($p<0.05$). 씨는 일반, 유기농 및 무농약 씨가 각각 78.94 mg/g, 81.48 mg/g, 79.44 mg/g으로 시료간의 유의차를 나타내지 않았다.

Lee 등(2)의 연구에서는 유자 중 유리당이 fructose, glucose 및 sucrose로 검출되었으며, fructose와 glucose는 과피에, sucrose는 과육에서 높은 함량을 보여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 유자 중 총 유리당 함량

이 8.44-12.19 g/100 g의 범위로 산지에 따른 유의차를 나타내었다고 보고하였으며, 특히 고흥 및 남해산 유자 과피의 fructose는 4.0 g/100 g 이상으로 나타났으며, 고흥 및 남해 개량종 유자가 재래종에 비하여 다소 높은 유리당 함량을 나타내었다고 보고하였다. 반면 Kang 등(4)은 유자의 유리당이 과피(6.22%)보다 과육(9.80%)에 더 많이 함유되어 있는 것으로 보고하여 본 실험과 상이한 결과였다. 본 연구에서 다른 연구 결과에 비하여 높은 유리당 함량을 나타낸 것은 시료 전처리 과정의 차이 때문인 것으로 생각된다.

유기산

유자 종류 및 부위에 따른 유기산을 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 유기산은 oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid가 검출되었다.

Oxalic acid를 분석한 결과 일반 유자 과육은 과피와 씨에 비하여 유의적으로 가장 많은 함량을 나타내었다($p<0.05$). 유기농 유자는 과피와 과육이 각각 10.38 μ g/g, 7.20 μ g/g의 값으로 씨에 비하여 유의적으로 높은 oxalic acid 함량을 보였으며 무농약 유자는 일반 유자와 비슷한 결과를 나타내었다. 부위에 따른 oxalic acid 함량을 분석한 결과 유기농 과피는 10.38 μ g/g으로 일반 과피(3.88 μ g/g)와 무농약 과피(0.90 μ g/g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 보였다($p<0.05$). 과육의 oxalic acid 함량은 5.11-9.26 μ g/g의 범위로 시료간의 유의차를 나타내지 않았다. 씨에서는 무농약 씨가 1.81 μ g/g으로 일반(1.52 μ g/g)과 유기농(1.47 μ g/g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 보였으며($p<0.05$), 일반 씨와 유기농 씨는 유의차를 나타내지 않았다.

일반 유자에서의 citric acid 함량은 과육이 120.60 μ g/g으로 과피(26.83 μ g/g) 및 씨(3.37 μ g/g)에 비하여 유의적으로 가장 높은 함량을 보였으며, 유기농 유자와 무농약 유자에서도 유사한 결과를 나타내었다. 과피, 과육 및 씨 부위 중 과육에서 citric acid 함량이 높은 것으로 나타났으며, 과육 중 유기농 과육이 131.26 μ g/g으로 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다($p<0.05$). 유기농 과육은 일반 과육(120.60 μ g/g)과 무농약 과육(106.69 μ g/g)과 유의차를 나타내었다($p<0.05$). 과피는 일반 과피가 26.83 μ g/g으로 유기농 과피와 무농약 과피에 비하여 유의적으로 높은 citric acid 함량을 보였으며, 씨에서는 3.37-3.69 μ g/g으로 유자 종류에 따른 시료간의 유의차를 나타내지 않았다.

일반 유자의 malic acid를 분석한 결과, malic acid는 일반 유자 과육에 많이 함유되어 있는 것으로 나타났으며 5.98 μ g/g의 값으로 과피(4.97 μ g/g)와 씨(1.10 μ g/g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($p<0.05$). 유기농 유자 과피와 씨는 각각 3.52 μ g/g, 2.21 μ g/g으로 유기농 과피(5.88 μ g/g)에 비하여 유의적으로 낮은 함량을 보였으며($p<0.05$), 유기농 유자 과피와 씨 간의 유의차는 나타내지 않았다. 무농약 유자 씨는 1.04 μ g/g으로 무농약 과피(4.16 μ g/g)와

Table 2. Free sugar content of various parts of yuza depending on cultivation methods

Parts	Sample (mg/g)			
	General	Organic	Pesticide-free	
Fructose	Peel	278.03±21.56 ^{1(a2)A3)}	272.26±16.11 ^{aA}	196.73±6.83 ^{aB}
	Pulp	139.29±4.44 ^{bNS4)}	122.03±8.50 ^b	136.70±22.10 ^b
	Seed	ND ⁵⁾	ND	ND
Glucose	Peel	164.65±8.53 ^{aA}	156.19±4.51 ^{aA}	114.71±0.72 ^{aB}
	Pulp	64.74±2.18 ^{bNS}	54.78±1.90 ^b	63.59±9.25 ^b
	Seed	ND	ND	ND
Sucrose	Peel	99.74±4.85 ^{bA}	67.16±2.55 ^{cC}	78.84±0.95 ^{bB}
	Pulp	220.17±16.58 ^{aA}	148.16±7.04 ^{aB}	208.24±41.10 ^{aA}
	Seed	78.94±4.45 ^{cNS}	81.48±2.64 ^b	79.44±3.34 ^b

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

^{2)a-c} Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{3)A-C} Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

⁴⁾NS, not significant.

⁵⁾ND, not detected.

무농약 과육(5.30 µg/g)에 비하여 유의적으로 낮은 malic acid 함량을 보였으며 무농약 과피와 과육간의 유의차는 나타나내지 않았다. Malic acid를 부위별로 분석한 결과, 과육에 많이 함유되어 있었는데 일반, 유기농 및 무농약은 5.30-5.98 µg/g의 범위로 시료간의 유의적 차이를 보이지 않았다.

Succinic acid를 분석한 결과 일반 유자에서는 과피와 씨에 비하여 과육(7.73 µg/g)에 많이 함유되어 있는 것으로 나타났으며, 유기농 유자와 무농약 유자도 유사한 결과를 보였다. Succinic acid는 malic acid와 유사한 결과로 세 부위 중 과육에 많이 함유되어 있는 것으로 나타났는데 과육 중 succinic acid 함량은 7.00-7.73 µg/g으로 유자 종류에 따른 유의차를 보이지 않았다.

Fumaric acid는 세 부위 중 씨에서 높게 나타났으며, 과육에는 함유되어 있지 않은 것으로 나타났다. 씨 중 유기농 씨가 12.68 µg/g으로 유의적으로 가장 높은 함량을 보였고 일반 씨와 무농약 씨는 시료간의 유의차를 보이지 않았다. 과피 중 일반 과피는 1.23 µg/g으로 유기농 과피(2.31 µg/g)와 무농약 과피(2.27 µg/g)에 비하여 유의적으로 낮은 fumaric acid 함량을 나타내었으며(p<0.05), 씨와 마찬가지로

Table 3. Organic acid content of various parts of yuza depending on cultivation methods

Parts	Sample (ug/g)			
	General	Organic	Pesticide-free	
Oxalic	Peel	3.88±0.38 ^{1) (b2) (B3)}	10.38±3.16 ^{aA}	0.90±0.05 ^{bC}
	Pulp	9.26±6.08 ^{aNS4)}	7.20±2.35 ^a	5.11±0.90 ^a
	Seed	1.52±0.11 ^{cB}	1.47±0.11 ^{bB}	1.81±0.14 ^{bA}
Citric	Peel	26.83±0.90 ^{bA}	18.58±1.09 ^{bB}	19.18±2.14 ^{bB}
	Pulp	120.60±2.93 ^{aAB}	131.26±3.97 ^{aA}	106.69±15.18 ^{aB}
	Seed	3.37±1.13 ^{cNS}	3.60±0.14 ^c	3.69±0.10 ^b
Malic	Peel	4.97±0.16 ^{bA}	3.52±0.16 ^{bB}	4.16±0.85 ^{aAB}
	Pulp	5.98±0.82 ^{aNS}	5.88±0.59 ^a	5.30±0.83 ^a
	Seed	1.10±0.16 ^{cNS}	2.21±1.12 ^b	1.04±0.03 ^b
Succinic	Peel	3.49±0.14 ^{bB}	5.11±0.32 ^{bA}	2.88±0.09 ^{bC}
	Pulp	7.73±0.28 ^{aNS}	7.00±0.33 ^a	7.25±1.10 ^a
	Seed	0.68±0.59 ^{cB}	1.72±0.14 ^{cA}	1.00±0.01 ^{cB}
Fumaric	Peel	1.23±0.01 ^{bB}	2.31±0.06 ^{bA}	2.27±0.12 ^{bA}
	Pulp	ND ⁵⁾	ND	ND
	Seed	11.47±0.24 ^{aB}	12.68±0.59 ^{aA}	11.20±0.39 ^{aB}

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

^{2) a-c} Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

^{3) A-C} Means with different superscripts in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾NS, not significant.

⁵⁾ND, not detected.

로 유기농 과피와 무농약 과피는 시료간의 유의적 차이를 보이지 않았다.

Shin 등(3)의 유자 연구에서는 유자의 과피와 과육에서 malonic acid, malic acid, citric acid 및 succinic acid가 검출되었으며 그 중 citric acid가 10.2-17.7 g/100 g으로 기타 유기산에 비하여 가장 높은 함량을 나타내었다고 보고하였다. 또한 Kang 등(4)은 국내산 유자의 부위별 유기산을 분석한 결과 총 6종을 확인하였고 과육과 과피에 citric acid가 가장 높은 함량을 나타내었다고 보고하였다. 본 실험 결과 citric acid가 유자의 주된 유기산이며 유자의 종류와 부위의 차이는 유자에 함유되어 있는 유기산의 종류 및 함량에 영향을 미치는 것으로 보인다.

Hesperidin 및 Naringin

유자 종류 및 부위에 따라 hesperidin 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 유자 종류에 따른 hesperidin 함량은 일반 유자 과피는 12.94 mg/g으로 과육(4.42 mg/g)과 씨(1.98 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었다(p<0.05). 유기농 유자와 무농약 유자 또한 일반 유자와 유사한 결과로 과피에 hesperidin 함량이 높고 씨에서 낮은 함량을 나타내는 것으로 보였다. 유자의 과피 중 유기농 과피는 12.03 mg/g으로 일반 과피(12.94 mg/g)와 무농약 과피(13.23 mg/g)에 비하여 유의적으로 낮은 hesperidin 함량을 나타내었으며(p<0.05), 일반 과피와 무농약 과피는 시료간의 유의차를 보이지 않았다.

과육 중 무농약 과육의 hesperidin 함량은 6.21 mg/g으로 나타났으며 일반 과육(4.42 mg/g)과 유기농 과육(4.30 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 보였다(p<0.05). 유기농 씨의 hesperidin 함량은 2.22 mg/g으로 일반 씨(1.97 mg/g)와 무농약 씨(2.88 mg/g)와 유의차를 나타내지 않았으나, 무농약 씨는 일반씨에 비하여 유의적으로 높은 함량을 보였다(p<0.05).

Table 4. Hesperidin content of various parts of yuza depending on cultivation methods

Parts	Sample (mg/g)			F-value
	General	Organic	Pesticide-free	
Peel	12.94±0.55 ^{1) (a2) (A3)}	12.03±0.61 ^{aB}	13.23±0.65 ^{aA}	6.432 [*]
Pulp	4.42±0.63 ^{bB}	4.30±0.47 ^{bB}	6.21±0.73 ^{bA}	17.854 ^{***}
Seed	1.98±0.46 ^{cB}	2.22±0.30 ^{cAB}	2.88±0.90 ^{cA}	3.561 ^{NS4)}
F-value	657.794 ^{***5)}	699.695 ^{***}	283.467 ^{***}	

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

^{2) a-c} Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

^{3) A-C} Means with different superscripts in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾NS, not significant.

^{5) ***}, p<0.001

산지별 유자의 생리활성 연구(15)에서 과피 및 과육의 hesperidin 함량을 분석한 결과 과피의 hesperidin 함량은 과육에 비하여 약 4.81-7.80배 더 높게 정량되었다고 보고하였으며, 고흥재래종 과피 72.48 mg/100 g, 고흥개량종 과피 74.41 mg/100 g, 고흥재래종 과육 10.77 mg/100 g, 고흥개량종 과육 11.24 mg/100 g으로 고흥 개량종이 고흥 재래종에 비하여 비교적 높은 hesperidin 함량을 나타내었다고 보고하였다.

Naringin의 함량을 측정한 결과는 Table 5에 나타내었다. 유자 종류에 따른 naringin 함량은 hesperidin 함량 결과와 유사하였으며, 세 부위 중 과피에서 높은 함량을 나타내었는데 그 중 일반 과피와 무농약 과피는 각각 4.61 mg/g, 4.44 mg/g 으로 유기농 과피(4.15 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 naringin 함량을 나타내었다. 과육에서는 무농약 과육(3.13 mg/g)이 일반 과육(2.49 mg/g)과 유기농 과육(2.55 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 naringin 함량을 보였으며($p<0.05$), 일반 과육과 유기농 과육 간의 유의차는 나타내지 않았다. 씨의 naringin 함량은 무농약 씨(1.46 mg/g)와 유기농 씨(1.48 mg/g) 일반 씨(1.28 mg/g)에 비해 유의적으로 높은 함량을 보였다.

Shin 등(15)은 유자 과육의 경우 hesperidin 함량과 유사한 범위였으나 비교적 낮은 함량을 나타내었다고 보고하였으며 고흥 개량종 과육의 경우 9.84 mg/100 g으로 다른 시료에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었다고 보고하였다. 또한 과피의 naringin 함량은 28.69-44.96 mg/100 g 의 범위로 정량되었다고 하였다. 이러한 시료간의 함량차이는 품종, 재배조건, 재배지역 및 수확시기에 따른 조건이 서로 다르기 때문 인 것으로 보고하였으며, 감귤류 과피 내 hesperidin 함량은 과실이 성숙됨에 따라 점차 감소하여 당 유자는 9월-12월에 11.66%에서 7.82%로 감소된다고 하였다(28). 본 실험 결과도 naringin의 함량이 hesperidin 함량에 비하여 낮은 함량을 나타내었다.

Table 5. Naringin content of various parts of yuza depending on cultivation methods

Parts	Samples			F-value	
	General	Organic	Pesticide-free		
Naringin	Peel	4.61±0.29 ^{1)a2)A3)}	4.15±0.29 ^{aB}	4.44±0.23 ^{aAB}	4.432 [*]
	Pulp	2.49±0.18 ^{bB}	2.55±0.31 ^{bB}	3.13±0.37 ^{bA}	8.346 ^{**}
	Seed	1.28±0.17 ^{cB}	1.48±0.13 ^{cA}	1.46±0.14 ^{cA}	3.511 ^{NS4)}
F-value	350.745 ^{**5)}	164.427 ^{***}	194.413 ^{***}		

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

^{2)a-c)}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{3)A-C)}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{4)NS}, not significant.

^{5)***}, $p<0.001$

Table 6. Vitamin C content of various parts of yuza depending on cultivation methods

Parts	Sample			F-value
	General	Organic	Pesticide-free	
Peel	150.26±2.68 ^{1)b2)C3)}	770.02±7.22 ^{aA}	550.54±12.85 ^{aB}	3958.197 ^{***}
Pulp	225.57±5.83 ^{aC}	349.52±7.43 ^{bA}	297.31±0.48 ^{bB}	398.661 ^{***}
Seed	13.26±0.39 ^{aB}	11.27±0.85 ^{cC}	17.46±0.95 ^{cA}	50.357 ^{***}
F-value	2518.626 ^{***4)}	12030.012 ^{***}	3848.752 ^{***}	

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

^{2)a-c)}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{3)A-C)}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{4)***}, $p<0.001$

이와 같은 결과로 감귤류에서 가장 많이 존재한다고 알려진 플라보노이드 화합물인 hesperidin과 naringin이 유자의 과피에 가장 많이 함유되어 있는 것을 확인하였다. 따라서 설탕에 절인 유자차 보다는 최근 소비트렌드에 부합하면 서도 과피를 그대로 이용할 수 있는 건강차로 소비될 수 있는 제품에 적용이 필요할 것으로 보인다.

Vitamin C

유자 종류 및 부위에 따라 vitamin C를 정량 분석한 결과는 Table 6과 같다. 일반 유자의 vitamin C 함량은 과육이 225.57 mg/100 g의 값으로 과피와 씨에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($p<0.05$). 유기농 유자의 vitamin C 함량은 과피가 770.08 mg/100 g으로 과육(349.52 mg/100 g)과 씨(11.27 mg/100 g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 보였으며, 무농약 유자는 유기농 유자와 유사한 결과로 과피의 vitamin C 함량이 550.54 mg/100 g을 나타내었다($p<0.05$).

Vitamin C 함량은 유자의 세 부위 중 과피에 비교적 많이 함유되어 있고 씨에 적게 함유되어 있는 것으로 나타나 유자 종류와 부위에 따라 함량차이를 나타내었다. 과피 중 유기농 과피는 770.02 mg/100 g으로 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다($p<0.05$). 일반 과피(150.26 mg/100 g)와 무농약 과피(550.54 mg/100 g)는 유기농 과피에 비하여 유의적으로 낮은 함량을 보였으며, 특히 일반 과피는 과육보다도 낮은 vitamin C 함량을 나타내었다($p<0.05$).

과육 중에서는 유기농 과육이 349.52 mg/100 g으로 일반 과육(225.57 mg/100 g)과 무농약 과육(297.31 mg/100 g)에 비하여 유의적으로 높은 vitamin C 함량을 나타내었다($p<0.05$).

Shin 등(15)은 유자 과육 중 비타민 C 함량은 6.14-10.74 mg/100 g으로 그 중 고흥 개량종이 10.74 mg/100 g으로 높은 vitamin C 함량을 나타내었다고 보고하였다. 또한 과

피의 vitamin C 함량은 19.38-30.21 mg/100 g으로 과육에 비하여 과피에 많은 양의 vitamin C가 함유되어 있는 것으로 보고하였는데 이는 본 연구결과와 유사하였다.

Hwang 등(23)은 재래종 및 개량종 유자(I, II)의 과즙에 함유되어 있는 vitamin C가 각각 29.6 mg%, 21.4 mg%, 22.2 mg%로 재래종 유자과즙에 vitamin C가 더 많이 함유되어 있는 것으로 보고하였다.

Total polyphenols 및 Flavonoids

총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Table 7과 같다. 유자 종류에 따른 총 폴리페놀 함량은 일반 유자 과피가 0.85 mg/g으로 과육(0.09 mg/g)과 씨(0.10 mg/g)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내었다 ($p<0.05$). 유기농 유자는 과피가 0.68 mg/g으로 과육(0.12 mg/g)과 씨(0.14 mg/g)에 비하여 높은 함량을 보였으며, 무농약 유자는 유기농 유자와 유사한 결과를 나타내었다 ($p<0.05$).

유자의 세 부위 중 과피가 높은 총 폴리페놀 함량을 나타내었으며 과육과 과피는 비슷한 수준이었다. 일반 과피는 0.85 mg/g으로 시료 중 가장 높은 함량을 나타내었으며, 유기농 과피(0.68 mg/g)와 무농약 과피(0.76 mg/g)는 일반 과피에 비하여 유의적으로 낮은 함량을 보였다($p<0.05$).

과육 중 일반 과육은 0.09 mg/g으로 유기농 과육(0.12 mg/g)과 무농약 과육(0.14 mg/g)에 비하여 유의적으로 낮은 total polyphenol 함량을 나타내었으며($p<0.05$), 유기농 과육과 무농약 과육은 시료간의 유의차를 보이지 않았다. 일반 씨의 총 폴리페놀 함량은 0.10 mg/g으로 유기농 씨(0.14 mg/g)와 무농약 씨(0.12 mg/g)에 비하여 유의적으로 낮은 함량을 보였다.

총 플라보노이드 함량은 일반, 유기농 및 무농약 유자 모두 비슷한 결과를 보였는데 세 부위 중 씨에서 가장 높은

총 플라보노이드 함량을 나타내었다. 그 중 무농약 씨가 0.89 mg/g으로 일반 씨와 유기농 씨에 비하여 유의적으로 가장 높은 함량을 보였으며($p<0.05$), 일반 씨와 유기농 씨는 시료간의 유의차를 보이지 않았다.

과피의 총 플라보노이드 함량은 무농약 과피(0.19 mg/g)가 유의적으로 가장 높았으며($p<0.05$), 일반 과피와 유기농 과피는 시료간의 유의차를 나타내지 않았다.

Shin 등(15)의 연구에서는 유자 과피 중의 총 폴리페놀 함량이 과육에 비하여 2.86-4.15배 높게 나타났으며 총 플라보노이드 함량은 총 폴리페놀 함량과 유사한 경향으로 과육(1.95-3.93 mg/100 g)이 과피(9.67-11.87 mg/100 g)에 비하여 낮은 총 플라보노이드 함량을 나타내었다고 보고하였다.

Hwang 등(23)의 연구에서도 유자 시료 간의 차이는 나타나지 않았으나 과피에 함유되어 있는 총 폴리페놀 함량이 90-100 mg%로 과즙(21-22 mg%)보다 2.5배 많이 함유되어 있는 것으로 보고하였다.

DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능을 분석한 결과는 Table 8에 나타내었다.

일반 유자의 DPPH 라디칼 소거능은 일반 유자 과피가 72.98%로 과육(7.30%)과 씨(27.87%)에 비하여 유의적으로 가장 높은 소거능을 나타내었으며($p<0.05$), 유기농 유자와 무농약 유자에서도 유사한 결과를 보였다. DPPH 라디칼 소거능은 유자의 세 부위 중 과피에서 비교적 높은 소거활성을 보였는데 그 중 무농약 과피와 일반 과피가 각각 73.94%, 72.98%로 유기농 과피(52.97%)에 비하여 유의적으로 높은 라디칼 소거활성을 나타내었다($p<0.05$).

과피 다음으로 DPPH 라디칼 소거능이 높은 부위는 씨였으며 유기농 씨와 무농약 씨는 각각 36.76%, 36.65%로 시료

Table 7. Total polyphenols and flavonoids content of various parts of yuza depending on cultivation methods

	Parts	(mg/g)		
		Sample		
		General	Organic	Pesticide-free
Total polyphenols	Peel	0.85±0.03 ^{1)ab2)A3)}	0.68±0.02 ^{3)C}	0.76±0.04 ^{ab}
	Pulp	0.09±0.03 ^{bc}	0.12±0.00 ^{3)B}	0.14±0.00 ^{ba}
	Seed	0.10±0.00 ^{bc}	0.14±0.01 ^{ba}	0.12±0.00 ^{3)B}
Total flavonoids	Peel	0.18±0.00 ^{3)B}	0.18±0.00 ^{3)B}	0.19±0.01 ^{ba}
	Pulp	0.16±0.01 ^{bc}	0.17±0.00 ^{3)B}	0.19±0.00 ^{ba}
	Seed	0.81±0.04 ^{ab}	0.82±0.07 ^{3)B}	0.89±0.02 ^{3)A}

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

^{2)bc}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{3)A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 8. DPPH free radical scavenging activity (DPPH) and ABTS free radical scavenging activity (ABTS) of various parts of yuza depending on cultivation methods

	Parts	(%)		
		Sample		
		General	Organic	Pesticide-free
DPPH	Peel	72.98±0.46 ^{1)ab2)A3)}	52.97±0.65 ^{3)B}	73.94±0.52 ^{3)A}
	Pulp	7.30±1.65 ^{cNS4)}	7.63±0.65 ^c	5.98±0.65 ^c
	Seed	27.87±1.44 ^{3)B}	36.76±0.33 ^{3)A}	36.65±0.06 ^{3)A}
ABTS	Peel	84.04±0.85 ^{3)A}	84.47±0.97 ^{3)A}	77.90±0.37 ^{3)B}
	Pulp	83.30±0.21 ^{3)A}	82.07±1.06 ^{3)B}	76.15±0.35 ^{3)C}
	Seed	14.62±0.38 ^{3)A}	13.53±0.58 ^{3)B}	14.49±0.33 ^{3)A}

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

^{2)bc}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{3)A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{4)NS}, not significant.

간의 유의적 차이를 나타내지 않았다. 일반 씨는 27.87%로 유기농 씨와 무농약 씨에 비하여 유의적으로 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 보였다($p < 0.05$).

과육 부분의 DPPH 라디칼 소거능은 5.98-7.63%의 범위로 유자 종류에 따른 유의차를 나타내지 않았다.

ABTS 라디칼 소거능을 분석한 결과, 일반 유자 과피와 과육이 각각 84.04%, 83.30%로 일반 유자 씨(14.62%)에 비하여 유의적으로 높은 라디칼 소거능을 보였으며($p < 0.05$), 과피와 과육은 시료간의 유의차를 나타내지 않았다.

유기농 유자 과육의 ABTS 라디칼 소거능은 82.07%로 과피(84.47%)에 비하여 유의적으로 낮은 소거능을 보였으며, 유기농 유자 씨는 13.53%로 과피와 과육에 비하여 유의적으로 낮은 소거활성을 나타내었다($p < 0.05$). 무농약 유자의 ABTS 라디칼 소거능은 유기농 유자와 유사한 결과를 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거능에서도 DPPH 라디칼 소거능과 마찬가지로 유자의 세 부위 중 과피에서 비교적 높은 소거능을 나타내었다. 과피 중 유기농 과피는 84.47%로 무농약 과피(77.90%)에 비하여 유의적으로 높은 소거능을 보였으며($p < 0.05$), 유기농 과피는 일반 과피(84.04%)와 유의차를 나타내지 않았다. 과육에서는 일반 과육이 83.30%로 유기농 과육(82.07%)과 무농약 과육(76.15%)에 비하여 유의적으로 높은 소거능을 보였다($p < 0.05$).

씨의 ABTS 라디칼 소거능은 일반 씨와 무농약 씨가 각각 14.62%, 14.49%의 값으로 유기농 씨(13.53%)에 비하여 유의적으로 높은 소거능을 나타내었다($p < 0.05$).

Ji 등(29)의 보고에 의하면 유자 과피 동결건조 분말의 물추출물의 항산화력은 총 폴리페놀 화합물의 함량과 상관성이 있다고 하였으며, Cha와 Cho(30)는 감귤류의 항산화 활성은 플라보노이드의 역할이 크며 감귤류의 플라보노이드를 분리하여 전자공여능을 실험한 결과 hesperidin이 naringin에 비하여 높은 항산화 활성을 나타냈다고 보고하였다.

본 연구에서 총 폴리페놀 화합물은 과피에 많이 함유되어 있었으며 총 플라보노이드 화합물은 씨에 많이 함유되어 있었는데 이는 본 실험의 전자공여능이 총 폴리페놀 화합물 뿐 아니라 플라보노이드 화합물의 영향을 받은 것으로 생각된다.

요 약

유자 종류 및 부위에 따라 품질특성을 조사하기 위하여 일반성분, 유리당, 유기산, 비타민C, hesperidin 및 naringin 함량과 항산화 활성을 분석하였다. 유리당을 분석한 결과 총 3종(fructose, glucose, sucrose)이 검출되었는데 과피 중

유리당 함량은 fructose > glucose > sucrose 순이었으며, 과육 중 유리당 함량은 sucrose > fructose > glucose 순이었다. 유자 씨에 함유되어 있는 유리당은 sucrose 뿐이었다.

유기산은 총 5종(oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid)이 검출되었는데 과피와 과육에서는 citric acid가 높은 함량을 나타내었으며, 씨에서는 fumaric acid가 높은 함량을 나타내었다.

Hesperidin은 무농약 과피가 13.23 mg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었으며, naringin은 세 부위 중 과피에서 높은 함량을 나타내었고 그 중 일반 과피(4.62 mg/g)가 가장 높은 함량을 나타내었다($p < 0.05$).

Vitamin C를 분석한 결과 다른 부위에 비하여 과피에 많이 함유되어 있었으며 종류 및 부위에 따라 유의적 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 유기농 과피는 770.02 mg/100 g으로 유의적으로 가장 높은 vitamin C 함량을 나타내었고 씨 부분에 적게 함유되어 있는 것으로 분석되었다($p < 0.05$).

총 폴리페놀 함량은 일반 과피가 0.85 mg/g의 값으로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 무농약 과피와 유기농 과피는 각각 0.76 mg/g, 0.68 mg/g으로 일반 과피에 비하여 유의적으로 낮은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 무농약 씨의 총 플라보노이드 함량은 0.89 mg/g으로 유자 시료 중 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었으며($p < 0.05$), 씨가 다른 부위에 비하여 높은 함량을 나타내었다. 일반, 유기농 및 무농약 과피와 과육 간 총 플라보노이드 함량은 유의차를 나타내지 않았다.

DPPH 라디칼 소거능에서는 세 부위 중 과피에서 비교적 높은 소거활성을 나타내었는데 그 중 무농약 과피가 101.07%로 가장 높은 소거활성을 나타내었다($p < 0.05$). 과피 다음으로 소거활성이 높은 부분은 씨로 32.78-33.48%의 값을 나타내었으며, 과육은 10.23-12.14%를 나타내었다($p < 0.05$). 유기농 과피의 ABTS 라디칼 소거능은 84.47%로 시료 중 유의적으로 높은 라디칼 소거능을 나타내었으며($p < 0.05$), 일반 과피는 84.04%로 유기농 과피(84.47%)와 일반 과육(83.30%)과 유의차를 보이지 않았다. 씨의 경우 13.53-14.62%로 다른 부분에 비하여 유의적으로 낮은 소거활성을 나타내었다($p < 0.05$).

유자는 주로 과피만을 이용한 유자차 형태로 많이 소비되고 있어 과피를 제외한 나머지 부분들이 폐기되어 왔으나, 본 실험 결과 유자 과피 외에 과육과 씨에도 많은 유용성분이 함유되어 있으므로 유자 생과를 효율적으로 이용한 다양한 식품소재화가 이루어질 것으로 기대하는 바이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ011629)의 지원에 의한 이루어진 것입니다.

References

1. Jin TY, Wang MH, Yin Y, Eun JB (2008) Effect of *Citrus junos* peel on the quality and antioxidant activity of traditional rice wine, *Jinyangju*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 76-82
2. Lee SJ, Shin JH, Kang MJ, Jeong CH, Ju JC, Sung NJ (2010) Physicochemical properties, free sugar and volatile compounds of Korean citrons cultivated in different areas. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 92-98
3. 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
4. Kang SK, Jang MJ, Kim YD (2006) A study on the flavor constituents of the citron(*Citrus junos*). Korean J Food Preserv, 13, 204-210
5. Cha YJ, Lee SM, Ahn BJ, Song NS, Jeon SJ (1990) Substitution effect of sorbitol for sugar on the quality and storage stability of *Yujacheong*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 19, 13-20
6. Kim DS, Kim DH, Oh MJ, Lee KG, Kook MC, Park CS (2010) Antiaging and whitening activities of ethanol extract of yuza (*Citrus junos* SIEB eib ex TANAKA) by-product. J Soc Cosmet Sci entists Korea, 36, 137-143
7. Nam HW, Hyun YH (2003) Drying of citron juice from by-product of citron tea manufacturing. Korean J Food Nutr, 16, 334-339
8. Jung JH (1974) Studies on the chemical compositions of *Citrus junos* in Korea. J Korean Agric Chem Soc, 17, 63-80
9. Lee HY, Seog HM, Nam YJ, Chung DH (1987) Physicochemical properties of Korean mandarin orange juices. Korean J Food Sci Technol, 19, 338-345
10. Lee YC, Kim IH, Jeong JW, Kim HK, Park MH (1994) Chemical characteristics of citron (*Citrus junos*) juices. Korean J Food Sci Technol, 26, 552-556
11. Jeong JW, Kwon DJ, Hwang JB, Jo YJ (1994) Influence of the extraction method on quality of citron juice. Korean J Food Sci Technol, 26, 704-708
12. Jeong JW, Park KJ, Jung SW, Kim JH (1995) Changes in quality of citron juice by storage and extraction conditions. Agric Chem Biothechnol, 38, 141-146
13. Yoo KM, Hwang IK (2004) *In vitro* effect of yuza(*Citrus junos* SIEB ex TANAK) extracts on proliferation of human prostate cancer cells and antioxidant activity. Korean J Food Sci Technol, 36, 339-344
14. Lee YJ, Hwang IG, Joung EM, Kim HY, Park ES, Woo KS, Jeong HS (2009) Physiological activity and antiproliferation effects of citron seed extracts on cancer cells. J Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 1672-1678
15. Shin JH, Lee SJ, Kang MJ, Yang SM, Sung NJ (2009) Biological activities of yuza grown in different areas. J Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 1485-1491
16. Shin JH, Choi DJ, Kwon OC (2007) Physical and sensory characteristics of sponge cakes added steamed garlic and yuza powder. Korean J Food Nutr, 20, 392-398
17. Yoo KM, Lee CH, Hwang IK (2008) Preparation of chocolate added with yuza(*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) and its antioxidant characteristics. Korean J Food Cookery Sci, 24, 222-227
18. Kang SK, Jang MJ, Kim YD (2006) Isolation and culture conditions of *Acetobacter* sp. for the production of citron(*Citrus junos*) vinger. Korean J Food Preserv, 13, 357-362
19. Lee JS, Hong JS (2005) The quality characteristics of *Sulgidduk* with the addition of citron preserved in sugar. Korean J Food Cookery Sci, 21, 851-858
20. Kim SH, Choi DJ, Shin JH, Lee JY, Sung NJ (2004) Nutritional characteristics of ice cream added with citron(*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) juice. Korean J Food Nutr, 17, 212-219
21. AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. p 69-74
22. Davis WB (1947) Determination of flavanones in citrus fruits. Anal Chem, 19, 476-478
23. Hwang SH, Kim MJ, Kim KS (2013) Biochemical properties, volatile compounds and total phenol contents of yuza variety. Korean J Food Nutr, 26, 685-692
24. Dewanto V, Wu X, Liu RH (2002) Processed sweet corn has higher antioxidant activity. J Agric Food Chem 50, 4959-4964
25. Jia Z, Tang M, Wu J (1999) The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem, 64, 555-559
26. Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199-1204
27. Re R, Pellegrini N, Pannala A, Yang M, and Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol. Med, 26, 1231-1237
28. Song EY, Choi YH, Kang KH, Koh JS (1998) Free sugar,

- organic acid, hesperidin, naringin and inorganic elements change of Cheju citrus fruits according to harvest date. Korean J Food Sci Technol, 30, 306-312
29. Ji EJ, Yoo KM, Park JB, Hwang IK (2008) Preparation of citron peel tea containing yuza(*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) and its antioxidant characteristics. Korean J Food Cookery Sci, 24, 460-465
30. Cha JY, Cho YS (2001) Biofunctional activity of citrus flavonoids. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol, 44, 122-128