

Quality Characteristics of Apple Juice according to the Sterilization Methods

Soo-Jin Lee¹, Hye-Lim Jang¹, Seung-Ryeul Shin², Kyung-Young Yoon^{1*}

¹Department of Food Science and nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

³Faculty of Herbal Food & Nutrition, Daegu Haany University, Gyeongsan 712-715, Korea

저온 및 고온살균 사과주스의 품질 특성

이수진¹ · 장혜림¹ · 신승렬² · 윤경영^{1*}

¹영남대학교 식품영양학과, ²대구한의대학교 한방식품조리영양학부

Abstract

The physicochemical property, nutrient composition, and functionality of apple juice sterilized at a low temperature (LT, 70°C, 30 min) or a high temperature (HT, 100°C, 20 min) were analyzed. The pH of the apple juice that was sterilized at LT (pH 4.72) was higher than that of the apple juice that was sterilized at HT (pH 4.57), and the acidity of the apple juice that was sterilized at HT (8.90%) was higher than that of the other sample. The sugar content of the two apple juice samples was 15 °Brix, and the apple juice samples had high potassium, malic acid, and glutamic acid contents. The total polyphenol contents of the apple juice samples that were sterilized at LT and HT were 27.39 mg/100 mL and 23.24 mg/100 mL, respectively. The apple juice that was sterilized at LT had a significantly stronger DPPH radical scavenging activity than the apple juice that was sterilized at HT ($p < 0.01$), and the apple juice that was sterilized at LT had a lower hydroxyl radical scavenging activity level than the other apple juice. Finally, the apple juice that was sterilized at LT showed significantly stronger activities that inhibit enzyme-related oxidation than the apple juice that was sterilized at HT ($p < 0.05$).

Key words : apple, apple juice, sterilization method, quality, antioxidant activity

서 론

사과는 쌍떡잎식물 장미목 장미과의 낙엽교목의 식물인 사과나무의 열매로서, 주성분은 탄수화물이며 비타민과 무기질이 풍부하고 기호도가 높아 한국인이 가장 많이 섭취하는 과일이다. 이러한 사과는 주스 및 음료, 유제품, 사과잼, 조미료 제품 등으로 가공하여 소비되고 있으며, 이 외에도 인지도는 다소 낮지만 사과를 이용한 된장, 간장, 고추장 등과 같은 장류, 사과를 첨가한 국수, 칼국수 등 면류 등의 가공품으로도 다양하게 이용되고 있다. 하지만 주스 및 음료 형태가 사과 가공품의 90% 이상을 차지한다(1).

대부분의 사과는 생과로 이용되어 왔으나, 70년대 이후 과즙음료에 대한 선호도가 커짐에 따라 우리나라 과실음료

로서의 소비량이 꾸준히 늘고 있다. 최근 식생활의 서구화로 많은 서구형 식품들이 식단에 오르고 있는데, 특히 천연 과즙 음료들이 주식단의 한 부분을 점유하고 있다(2). 이는 천연과즙에 대한 소비자들의 선호도가 증대됨에 따라 더욱 높아질 것으로 판단된다. 특히 사과주스의 경우는 원료의 대부분을 국내에서 공급이 가능하고 고품질 유지가 용이하여, 농산물 수입 개방화 등의 문제에 대처할 수 있는 가능성이 큰 품목으로 주목받고 있다(3).

그러나 사과주스와 같은 대부분의 가공식품은 생산, 저장, 유통과정에서 제품의 종류에 따라 차이는 있으나 광선이나 공기 중의 노출 또는 열처리로 인한 산화로 인해 지속적인 품질 저하가 일어나 신선한 주스의 여러 특성 즉, 영양 및 약리성분뿐만 아니라, 색, 향미 등과 같은 관능적인 품질도 크게 떨어지게 되며, 경우에 따라서는 인체에 해로운 물질을 생성하기도 한다(4). 이러한 가공처리에 의한 품질 저하를 최소화하기 위한 제조기술이 개발되고 있지만 현재

*Corresponding author. E-mail : yoonky2441@ynu.ac.kr
Phone : 82-53-810-2878, Fax : 82-53-810-4768

국내산 사과를 이용한 고품질 사과주스 제조에 대한 연구는 부족한 실정이다(3). 뿐만 아니라 국내 소규모 농가형 설비에 기술 이전되어 생산 가능한 사과주스의 제조공정 등에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

현재 사과 가공품에 대한 연구는 대부분 주스 및 농축액의 저장기간에 따른 이화학적, 미생물학적 변화에 관한 연구(4)와 사과주스의 효소적 갈변억제에 관한 연구(5) 그리고 사과주스 중의 무기성분 분석(6), 사과주스의 유기산 분석(2), 사과 품종에 따른 유리당 분석(7) 등 일부 성분에만 관한 연구가 보고되어 있다. 또한 열수 살균 조건에 따른 사과주스의 품질 변화에 관한 연구(8)가 보고되고 있으나, 사과주스 제조 방법에 따른 영양성과 기능성의 비교 연구는 전무하다. 따라서 본 연구에서는 소규모 농가에서 쉽게 적용할 수 있는 살균 조건을 제시하기 위해 저온살균 사과주스와 고온살균 사과주스의 이화학적 특성 및 기능성을 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서는 경상북도 청송군에 소재하는 ‘(주)허니플’에서 두 가지 방법에 의해 살균 제조된 사과주스를 이용하여 -42℃에 보관하면서 사용하였다. 사과주스는 엄선된 사과를 초음파 세척기로 세척한 후, 파쇄기를 통해서 파쇄 및 착즙의 과정을 거친후 포장하여 제조되었다. 사과주스의 살균은 ‘(주)허니플’에서 주스 제조 시 사용되는 살균 방법으로, 저온살균은 70℃에서 30분간, 고온살균은 100℃에서 20분간 처리되었다.

pH, 산도 및 가용성 고형분 함량 측정

사과주스의 pH는 사과주스 10 mL를 취하여 실온에서 pH meter (Model ORION 3star, Thermo, Beverly, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 산도는 사과주스 10 mL에 0.1 N NaOH 용액을 가하여 pH 8.2가 될 때까지 적정하여 그 소비된 mL를 malic acid의 함량(%)으로 환산하여 적정산도로 나타내었다. 사과주스의 가용성 고형분 함량은 굴절당도계(Model N-1E, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 각 실험은 3회 반복 측정하고 그 평균값과 표준편차로 나타내었다.

환원당 측정

각각의 시험관에 시료 1 mL와 DNS (3,5-Dinitrosalicylic acid) 1 mL를 넣고, 끓는 물에서 10분 동안 중탕시켜 상온에서 충분히 냉각시킨 다음, 증류수 3 mL를 넣어 550 nm에서 흡광도를 측정(U-2900, Hitachi, Tokyo, Japan)하였다. 환원당 함량은 glucose (Sigma, St Louis, MO, USA)를 표준물질

로 하여 작성한 검량선으로부터 환산하였다.

색도 측정

사과주스의 색도는 색차계(Model CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 L(명도, lightness), a(적색도, redness), b(황색도, yellowness)값을 3회 반복 측정하고 그 평균값으로 나타내었다. 이 때 사용된 표준백색판(standard plate)의 L, a, b 값은 각각 98.3901, -0.2042 및 -0.4210이었다.

무기질 함량 측정

무기질 함량은 Jang 등(9)의 방법에 따라 습식분해법(wet digestion method)으로 분석하였다. Microwave digestion system (Ethos-1600, Milestone, Sorisole, Italy)을 이용하여 최고 600 W로 총 20분간 산분해를 실시하였다. 전처리 과정을 거친 시료용액은 0.45 µm membrane filter (Milipore, Bedford, MA, USA)로 여과하여 Inductively coupled plasma spectrometer (ICP-IRIS, Thermo Elemental, Massachusetts, USA)로 분석하였다.

유기산 측정

유기산 함량은 Gancedo와 Luh (10)가 행한 방법에 따라 HPLC (Waters 600, Waters Co, Miliford, MA, USA)로 분석하였다. 즉, 시료 일정량을 0.45 µm syringe filter (Milipore, Bedford, MA, USA)로 여과하여 사용하였으며, 분석조건은 column은 Water dC₁₈ (4.6×250 mm, Waters Co, USA)를 사용하였고, mobile phase는 0.02 M KH₂PO₄ (pH2.7), flow rate는 0.8 mL/min이었다. Detector는 Waters 2487 UV (230 nm)를 사용하였으며, column의 온도는 25℃, 1회 주입량은 20 µL였다.

유리아미노산 함량 측정

유리아미노산의 함량은 Yoon 등(11)의 방법에 따라 amino acid analyzer (L-8800, Hitachi, Tokyo, Japan)로 분석하였다. 즉, 일정량의 사과주스를 0.45 µm syringe filter (Milipore, Bedford, MA, USA)로 여과하여 유리아미노산 측정시료로 사용하였으며, 분석조건은 buffer change는 5 citrat lithium citrate buffer + hydroxide solution 이었으며 buffer flow는 0.35 mL/min이었다. Ninhydrin flow rate는 0.3 mL/min이었고 detector의 파장은 hydroxyl proline과 proline의 경우 440 nm, 이를 제외한 나머지 아미노산의 경우 570 nm에서 측정되었으며 1회 주입량은 10 µL였다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 법(12)으로 측정하였다. 사과주스를 0.2 mL를 시험관에 취하고 여기에 0.2 mL Folin-ciocalteu's phenol reagent를 첨가하여 잘 혼합한 후 3분간 실온에 방치하였다. 3분 후 10% Na₂CO₃ 0.4 mL를

가하여 혼합하고 증류수 4 mL를 첨가하여 실온에서 1시간 방치한 후 725 nm에서 흡광도를 측정(U-2900, Hitachi Tokyo, Japan)하였다. 이때 총 폴리페놀 화합물은 tannic acid (Sigma, St Louis, MO, USA)를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.

전자공여능

Blois (13)의 방법에 준하여 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH, Sigma, St Louis, MO, USA)라디칼이 감소하는 정도를 spectrophotometer (U-2900, Hitachi, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 사과주스 2 mL에 0.2 mM DPPH 용액 1 mL를 가하고, 10초간 vortex 한 후 37°C에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 다음 식을 이용하여 시료의 항산화활성을 간접적으로 산출하였다.

$$* \text{Electron donating ability (\%)} = \left(1 - \frac{A-B}{C} \right) \times 100$$

A : Absorbance at 517 nm determined with test sample

B : Absorbance at 517 nm determined with dH₂O instead of DPPH

C : Absorbance at 517 nm determined with dH₂O instead of test sample

Hydroxyl radical 소거능

Gutteridge (14)의 방법에 준하여 시험관에 1 mM FeSO₄와 EDTA, 10 mM 2-deoxyribose, 사과주스를 각각 0.2 mL씩 가하고 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2) 1.2 mL와 10 mM H₂O₂ 0.2 mL를 가하여 37°C 수욕상에서 1시간 반응시켰다. 반응시킨 용액 0.5 mL에 2.8% TCA (trichloroacetic acid)용액 1 mL를 가하여 반응을 중지시킨 후, 1% TBA (thiobarbituric acid)용액 1 mL를 가하고 다시 100°C의 수욕상에서 10분간 가열시킨 후 급냉하여 532 nm에서 흡광도를 측정(U-2900, Hitachi, Tokyo, Japan)하였다.

$$* \text{Hydroxy radical scavenging ability (\%)} = \left(1 - \frac{A-B}{C} \right) \times 100$$

$$= \left(1 - \frac{A-B}{C} \right) \times 100$$

A : Absorbance at 523 nm determined with test sample

B : Absorbance at 523 nm determined with dH₂O instead of TBA

C : Absorbance at 523 nm determined with dH₂O instead of test sample

Tyrosinase 저해활성

Yagi 등(15)의 방법에 따라 측정하였다. 0.175 M Sodium phosphate buffer (pH 6.8) 0.5 mL에 10 mM L-DOPA (3,4-Dihydroxy-L-phenylalanine)를 녹인 기질액 0.2 mL 및 시료용액 0.1 mL의 혼합액에 mushroom tyrosinase (110

unit/mL) 0.2 mL를 첨가하여 25°C에서 2분간 반응시켜 반응액 중에 생성된 DOPA chrome을 475 nm에서 측정하였다. Tyrosinase 저해활성은 시료용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율로 구하였다.

$$* \text{Inhibition (\%)} = \left(1 - \frac{A-B}{C} \right) \times 100$$

A : Absorbance at 475 nm determined with test sample

B : Absorbance at 475 nm determined with dH₂O instead of tyrosinase

C : Absorbance at 475 nm determined with dH₂O instead of test sample

Xanthine oxidase 저해활성

Stripe와 Della Corte (16)의 방법에 따라 측정하였다. 각 시료용액 0.1 mL와 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.5) 0.6 mL에 2 mM의 xanthine 0.2 mL를 첨가하고 xanthine oxidase (0.1 unit/mL) 0.1 mL를 가하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후, 1 N HCl 1 mL를 가하여 반응을 종료시킨 다음 반응액 중에 생성된 uric acid의 흡광도를 292 nm에서 측정하였다. Xanthine oxidase 저해활성은 시료용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율로 나타내었다.

$$* \text{Inhibition (\%)} = \left(1 - \frac{A-B}{C} \right) \times 100$$

A : Absorbance at 292 nm determined with test sample.

B : Absorbance at 292 nm determined with dH₂O instead of xanthine oxidase.

C : Absorbance at 292 nm determined with dH₂O instead of test sample.

통계분석

본 실험결과는 3반복으로 수행된 평균값이며, 항산화 관련 실험결과에 대한 통계분석은 SPSS (Ver. 18, Chicago, Illinois, USA) 통계 프로그램을 이용하여 두 실험군 간의 유의차를 p<0.05, p<0.01, p<0.001 수준에서 T-test로 검증하였다.

결과 및 고찰

이화학적 특성

사과주스의 살균방법에 따른 이화학적 특성을 측정할 결과는 Table 1에 나타내었다. 저온살균 사과주스의 pH는 4.72, 고온살균 사과주스는 4.57로 저온살균 사과주스의 pH가 약간 높았으며, malic acid로 환산하여 측정할 적정산도는 저온살균 사과주스가 6.53%로 고온살균 사과주스 8.90%보다 낮은 값을 나타내었다. 이는 선행연구 중 열수

살균 조건에 따른 사과주스의 적정산도 측정 결과(8), 95°C에서 살균한 사과주스보다 75°C에서 살균한 사과주스가 다소 낮은 적정산도 값을 가지는 것과 유사한 경향을 나타내었다. 가용성 고형분 함량은 살균방법에 따른 차이 없이 15.00 °Brix로 동일하였으며, 색도는 고온살균 사과주스의 L값이 52.53로 저온살균 사과주스보다 명도가 높았으며, a, b값은 저온살균 사과주스의 황색도와 적색도가 약간 더 높게 나타났다. 이는 75°C에서 20분간 열수 살균한 사과주스와 95°C에서 5분간 열수 살균한 사과주스의 색도를 측정 한 연구(8)에서 75°C에서 20분간 살균한 사과주스의 a, b값이 더 높게 측정된 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 환원당의 함량은 고온살균한 사과주스가 11.71 g/100 mL로 저온살균한 사과주스 11.07 g/100 mL보다 높은 경향을 나타내었다. 이는 고온살균 과정에서 사과주스가 다소 농축됨에 따라 나타난 결과라 생각된다.

Table 1. Physicochemical properties of apple juice by sterilization methods

| Properties | Low Temperature ¹⁾ | High Temperature ²⁾ |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| pH | 4.72±0.01 | 4.57±0.00 |
| Acidity (%) | 6.53±0.12 | 8.90±0.41 |
| Soluble solid (°Brix) | 15.00±0.00 | 15.00±0.00 |
| Reducing Sugar (g/100 mL) | 11.07±0.04 | 11.71±0.03 |
| L | 46.70±0.33 | 52.53±1.89 |
| Hunter's color | | |
| a | -0.12±0.16 | -0.18±0.11 |
| b | 6.6±0.50 | 5.91±1.12 |

Each value is Mean±SD (n=3).
¹⁾70°C, 30min. ²⁾100°C, 20 min

무기질 함량

저온살균 사과주스와 고온살균 사과주스의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 전체적인 무기질의 함량은 저온살균 사과주스(122.08 mg/100 mL)보다 고온살균 사과주스(125.53 mg/100 mL)가 약간 높은 함량을 나타내었으며, 구리, 망간, 칼륨을 제외한 나머지 무기질 항목에서 고온살균 사과주스의 함량이 높았다. 두 시료군 모두 눈에 띄게 칼륨의 함량이 가장 높았으며, 저온살균 및 고온살균 사과주스의 칼륨함량은 각각 112.17 mg/100 mL과 99.43 mg/100 mL로 나타났다. 이와 같이 무기물 중 칼륨의 함량이 가장 높게 나타난 것은 시판되고 있는 사과주스의 무기질 함량을 측정 한 선행연구(3)에서 칼륨의 함량이 가장 높게 나타난 결과와 유사하였다. 칼륨은 세포 내액의 주된 양이온으로 나트륨과 함께 체액의 삼투압과 수분 균형을 조절하며, 나트륨, 수소 이온과 함께 산과 염기 균형에 관여한다. 칼륨 다음으로 많이 함유된 인은 체내에서 세포의 성장, 인지질 구성, 인산화 과정, 조효소 구성 요소 등에 관여하며, 본 실험에서는 고온살균 사과주스가 18.77 mg/100 mL으로 저온살균 사과주스보다 다소 높은 함량을 나타냈었는데,

이는 살균방법에 의한 차이보다 사과 개체간의 차이에 기인한 것으로 판단된다. 전체적으로 저온살균 사과주스가 저온살균 사과주스에 비해 높은 무기질 함량을 나타내는 것은 장시간의 고온살균에 의해 사과주스가 농축됨에 따라 고온살균한 사과주스가 동량에서 더 많은 고형분을 함유함으로써 나타난 결과라 생각된다.

Table 2. Mineral contents of apple juice by sterilization methods¹⁾

| Minerals | (mg/100 mL) | |
|----------|-----------------|------------------|
| | Low Temperature | High Temperature |
| Ca | 1.79±0.03 | 2.37±0.01 |
| Cu | 0.04±0.00 | 0.02±0.00 |
| Fe | 0.19±0.00 | 0.26±0.00 |
| K | 112.17±5.31 | 99.43±5.16 |
| Mg | 1.69±0.02 | 2.31±0.16 |
| Mn | 0.33±0.00 | 0.03±0.00 |
| Na | 1.36±0.02 | 2.28±0.66 |
| Zn | 0.04±0.00 | 0.06±0.00 |
| P | 4.49±0.00 | 18.77±0.54 |
| Total | 122.08±5.39 | 125.53±6.53 |

Each value is Mean±SD (n=3).

¹⁾Same as Table 1.

유기산 함량

사과주스의 살균온도에 따른 유기산 함량을 측정 한 결과는 Table 3과 같다. 사과에 분포하는 비휘발성 유기산의 90% 이상은 L-malic acid이며, citric acid, succinic acid, quinic acid 등이 주류를 이루는 가운데 ascorbic acid, phosphoric acid 및 lactic acid를 비롯한 식물체에 널리 분포하는 다수의 미량 유기산들이 어우러진 특징적인 유기산 패턴을 보이고 있다(17). 살균 방법에 따른 사과주스의 유기산 함량을 분석한 결과(Table 3), oxalic acid, tartaric acid, malic acid, lactic acid, citric acid, fumaric acid가 검출되었으며, 전반적으로 적정산도가 높았던 고온살균 사과주스의 유기산 함량이 저온살균한 사과주스에 비해 높게 나타났다. Malic acid의 함량이 두 시료군 모두에서 가장 많은 함량을 차지하였다. Malic acid는 사과산이라고도 하며, 산미료로서 각종 주스, 유산균 음료, 과일주, 빙과, 잼, 케첩, 식초 등의 가공 식품에 사용되고, 천연주스의 색조 유지에 큰 역할을 함과 동시에 기분 좋은 산미를 갖게 한다. Fumaric acid의 경우 저온살균 사과주스에서만 검출되었는데, fumaric acid는 maleic acid에서 malic acid로의 전환 시 생성되는 중간산물로, 천연주스의 열처리 과정에서 미량의 fumaric acid가 합성될 수 있다(18). 또한 저온살균 주스에서 검출된 이유는 maleic acid에서 fumaric acid로의 전환에 관여하는 효소(maleate cis-trans isomerase)가 저온(40~63°C)에서 활성화되는 반면, 고온(64°C 이상)에서는 활성이 저하되거나 불활성화되어 fumaric acid가 생성되지 않기 때문(19)으로 판단된다. 이상과 같이 전체적인 유기산 함량을 살펴보면, 두 시료 간에 유기산 함량의 차이는 존재하나

malic acid가 대부분을 차지하고 소량의 fumaric acid와 citric acid가 3 mg% 내외의 함량을 나타낸 선행연구(17)와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 3. Organic acid contents of apple juice by sterilization methods¹⁾

| Organic acids | (mg/100 mL) | |
|---------------|-----------------|------------------|
| | Low Temperature | High Temperature |
| Oxalic acid | 2.25±0.06 | 3.28±0.33 |
| Tartaric acid | 1.33±0.22 | 2.08±0.21 |
| Malic acid | 106.89±2.62 | 116.10±5.23 |
| Lactic acid | 16.89±0.49 | 20.78±2.29 |
| Citric acid | 3.61±0.27 | 5.18±1.29 |
| Fumaric acid | 0.071±0.01 | ND |
| Total | 131.04±3.67 | 147.42±10.09 |

¹⁾Same as Table 1.
Each value is Mean±SD (n=3).
ND, not detected.

유리아미노산 함량

저온살균 사과주스와 고온살균 사과주스의 유리아미노산 함량은 Table 4와 같다. 총 아미노산 함량은 저온살균 사과주스가 44.88 mg/100 mL, 고온살균 사과주스가 58.80 mg/100 mL으로 고온살균 사과주스가 높은 함량을 나타냈다. 필수 아미노산에서는 두 종류의 사과주스 모두 isoleucine이 가장 높은 함량을 보였으며, 그 함량은 저온 및 고온살균 주스에서 각각 1.07 mg/100 mL, 1.15 mg/100 mL로 측정되었다. 비필수아미노산 중에서는 aspartic acid가 저온 및 고온살균 사과주스에서 각각 26.19 mg/100 mL, 37.17 mg/100 mL로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 그 다음으로 glutamic acid의 함량이 높게 측정되었다. 이 두 유리아미노산은 전체 유리아미노산의 각각 약 82.68%, 82.04%를 차지하고 있으며, 이와 같은 결과는 사과 주된 아미노산이 aspartic acid와 glutamic acid라고 밝힌 선행 연구(20)와 일치하였다. Tyrosine의 경우 두 시료군 모두 검출되지 않았으며, 저온살균 사과주스의 경우 proline이 0.153 mg/100 mL이 함유되어 있으나, 고온살균 사과주스의 경우 검출되지 않았다. 고온살균 사과주스에서의 대부분의 아미노산의 함량이 높았으나 cystine만이 저온살균 사과주스에서 높게 나타났다.

총 폴리페놀 함량

페놀성 화합물들은 항돌연변이원성, 콜레스테롤 저하작용, 항암 및 항산화작용 등 다양한 항산화 생리활성 기능을 가지고 있는데 이것은 분자 내 phenolic hydroxyl기가 효소 단백질과 같은 거대 분자들과 결합하는 성질이 있어 이러한 생리활성 기능을 나타내는 주체로 인정되고 있다. 특히 항산화 작용과 관련하여 페놀성물질의 hydroxyl group은 유지산패의 초기 단계에 생성된 유리기들이 안정된 화합물을 형성하도록 하여 산화 억제 작용을 한다(21). Fig. 1은 살균 방법에 따른 사과주스의 총 폴리페놀 함량을 나타낸 결과로

서, 저온살균 사과주스가 27.39 mg/100 mL로 고온살균 사과주스(23.24 mg/100 mL)보다 유의적으로 높았다(p<0.001). 이는 고온살균을 하는 과정에서 페놀성 화합물들이 다소 파괴됨에 따라 나타난 결과라 판단된다. 식품의 총 폴리페놀 함량이 높을수록 항산화 활성이 높다는 연구 결과(22)에 따라 저온살균 사과주스 섭취 시, 체내에서 천연 항산화제로서의 이용가치가 더 높을 것으로 생각된다.

Table 4. Free amino acids contents of apple juice by sterilization methods¹⁾

| Amino acids | (mg/100 mL) | | |
|-------------------------------|-----------------|------------------|-------|
| | Low Temperature | High Temperature | |
| Essential amino acid | Threonine | 0.40 | 0.60 |
| | Valine | 0.60 | 0.71 |
| | Methionine | 0.07 | 0.09 |
| | Isoleucine | 1.07 | 1.15 |
| | Leucine | 0.32 | 0.36 |
| | Phenylalanine | 0.09 | 0.16 |
| | Lysine | 0.13 | 0.16 |
| Tryptophan | ND | ND | |
| Total essential amino acid | 2.68 | 3.24 | |
| Nonessential amino acid | Aspartic acid | 26.19 | 37.17 |
| | Serine | 2.25 | 3.71 |
| | Glutamic acid | 10.92 | 11.07 |
| | Glycine | 0.14 | 0.12 |
| | Alanine | 1.88 | 2.59 |
| | Cystine | 0.34 | 0.31 |
| | Tyrosine | ND | ND |
| | Histidine | 0.19 | 0.31 |
| Arginine | 0.15 | 0.21 | |
| Proline | 0.15 | ND | |
| Total nonessential amino acid | 42.20 | 55.56 | |
| Total amino acid | 44.88 | 58.80 | |

¹⁾Same as Table 1.
ND, not detected.

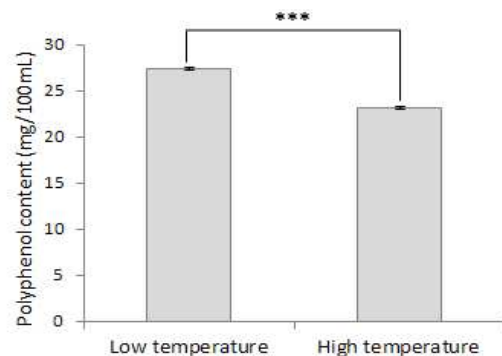


Fig. 1. Total polyphenol contents of apple juice by sterilization methods¹⁾.

¹⁾Same as Table 1.
Each bar is Mean±SD (n=3).
*** p<0.001

라디칼 소거능

생명체는 산화과정을 통해서 생물학적 공정의 연료인 에너지를 생산하며, 이러한 산화대사계는 항산화제 방어계, 내재적 및 외부 환경인자를 포함한 몇몇 기작에 의해 활성산소종(Reactive oxygen species; ROS)을 생산하게 된다. ROS는 다양한 형태의 활성화된 산소로, 생명체의 항상성 유지기작을 통해 조절되나 조절능이 불안정화되면 그 양이 많아져 노화를 촉진하고, 각종 성인병을 발생시켜 수명을 단축시킨다(23). 사과주스의 살균온도에 따른 DPPH radical 소거능과 hydroxyl radical 소거능을 Fig. 2에 나타내었다. DPPH radical 소거능은 저온살균 사과주스가 57.04%이고, 고온살균 사과주스가 44.47%로 저온살균 사과주스가 유의적으로 높은 소거능을 나타냈다($p < 0.01$). 이는 저온살균 사과주스의 높은 polyphenol 함량에 기인한 것이라 생각된다. Hydroxyl radical 소거능의 경우에는 저온살균 사과주스가 86.55%, 고온살균 사과주스가 87.48%로 저온살균 사과주스에 비해 유의적으로 높았으나($p < 0.01$), 절대적인 활성도의 차이는 크지 않았다.

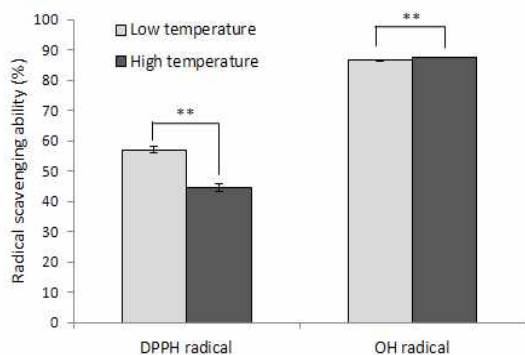


Fig. 2. Radical scavenging ability of apple juice by sterilization methods¹⁾.

¹⁾Same as Table 1.
Each bar is Mean±SD (n=3).
** p<0.01

산화관련 효소 저해 활성

살균방법에 따른 사과주스의 산화관련 효소저해활성을 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 대표적인 산화관련 효소인 xanthine oxidase는 생체내 퓨린 대사에 관여하는 효소로서 xanthine 또는 hypoxanthine으로부터 urate를 형성하며 urate가 혈장 내에서 증가되면 골격에 축적되어 통풍을 일으키는 효소이다(24). 이러한 xanthine oxidase의 작용을 저해하기 위하여 사과주스를 첨가하여 xanthine oxidase 저해 활성을 측정된 결과, 저온살균한 사과주스가 47.14%, 고온살균한 사과주스가 37.85%로 저온살균 사과주스가 고온살균 사과주스에 비해 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.01$). 사과주스의 tyrosinase 저해 활성을 확인한 결과, 두 시료군 모두 다소 낮은 활성을 보이긴 했으나, 저온살균한 사과주스가

10.82%로 고온살균 사과주스 2.84%보다 유의적으로 높은 활성을 보였다($p < 0.05$). Tyrosinase는 피부 기저층에 있는 melanocyte의 melanosome에서 tyrosine 혹은 DOPA를 기질로 하여 피부의 색소 성분인 melanin을 생합성하는데 있어서 key enzyme으로 작용하는 효소로서, 자외선에 의하여 melanocyte의 유사분열이 일어나고 melanocyte가 활성화된다. 활성화된 melanocyte에서는 tyrosinase 합성이 촉진되어 melanin이 생성되어 표피 밖으로 나타난다(25). 따라서 Tyrosinase의 활성 억제는 피부 미백과 노화 방지에 매우 중요하다(26).

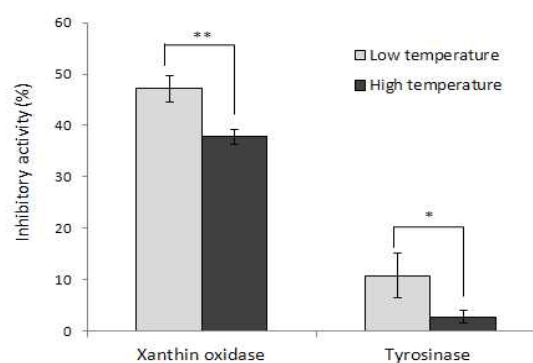


Fig. 3. Xanthin oxidase and tyrosinase inhibitory activity of apple juice by sterilization methods¹⁾.

¹⁾Same as Table 1.
Each bar is Mean±SD (n=3).
* p<0.05, ** p<0.01.

요 약

본 연구에서는 살균 온도에 따른 사과주스의 이화학적 특성과 영양성분 및 기능성을 분석하였다. pH는 저온살균 사과주스가 고온살균 사과주스보다 약간 높았으며, 적정 산도는 고온살균 사과주스가 저온살균 사과주스보다 높았다. 두 시료의 가용성 고형분 함량은 동일하였으며, 색도는 고온살균 사과주스의 명도가 높았으며, 황색도와 적색도의 경우는 저온살균 사과주스가 약간 더 높게 나타났다. 환원 당 함량은 고온살균 사과주스가 저온살균 사과주스보다 높은 경향을 나타냈다. 두 시료 모두 칼륨과 malic acid 함량이 가장 많았다. 유리 아미노산의 총 함량은 고온살균 사과주스가 높았으며, aspartic acid와 glutamic acid의 함량이 그 중 가장 높게 나타났다. 총 폴리페놀 함량은 저온살균 사과주스가 고온살균 사과주스 보다 유의적으로 높았으며, 라디칼 소거능에서는 DPPH 라디칼 소거능은 저온살균 사과주스가 고온살균 주스에 비해 유의적으로 높았으며, xanthine oxidase 저해 활성 및 tyrosinase 저해 활성에서 저온살균 사과주스가 고온살균 사과주스에 비해 높게 나타났다. 이상의 결과, 사과주스 제조시 고온살균을 할 경우

농축으로 인해 일반성분의 함량이 다소 높게 나타날 수 있으나, 사과 기능성을 유지하기 위해서는 저온살균 방법이 고온살균 방법에 비해 효과적일 것으로 판단된다.

참고논문

1. Huh MY (2010) Recognition and importance-satisfaction of apple processed products. *Korean J Food Preserv*, 17(2), 230-235
2. Whang HJ, Kim SS, Yoon KR (2000) Analysis of organic acid in Korean apple juice by high performance liquid chromatography. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 29(2), 181-187
3. Kim TR, Whang HJ, Yoon KR (1996) Mineral contents of Korean apples and apple juices. *Korean J Food Sci Technol*, 28, 90-98
4. Hong HD, Kim SS, Kim KT, Choi HD (1999) Changes in quality of domestic apple juice concentrates during long-term storage. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*, 42(3), 235-239
5. Lee JY, Hong SG, Cho SW (2000) Inhibition of enzymatic browning of apple juices by benzoic acid isolated from Peach (*Prunus persica* Batsch) seeds. *Korean J Postharvest Sci Technol*, 7, 103-107
6. Whang HJ, Kim SS (1999) Analysis of mineral in Korean apple juice by inductively coupled plasma. *Korean J Food Nutr*, 12(4), 344-349
7. Kim CH, Whang HJ, Ku JE, Park KW, Yoon KR (2006) Free sugars contents of selected Korean apple cultivars. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 22-27
8. Park NY, Kim JW, Woo SC, Jeong YJ (2010) Quality changes in apple juice containing pulp upon sterilization by hot water. *Korean J Food Preserv*, 17(2), 230-235
9. Jang HR, Hong JY, Kim NJ, Kim MH, Shin SR, Yoon KY (2011) Comparison of nutrient components and physicochemical properties of general and colored potato. *Kor J Hort Sci Technol*, 29, 144-150
10. Gancedo MC, Luh BS (1986) HPLC analysis of organic acids and sugar in tomato juice. *J Food Sci*, 51, 571-580
11. Yoon KY, Hong JY, Shin SR (2007) Analysis on the components of the *Elaeagnus multiflora* Thunb. leaves. *Korean J Food Preserv*, 14, 639-644
12. Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem*, 12, 239
13. Blois ML (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1224
14. Gutteridge JM (1984) Reactivity of hydroxyl and hydroxyl-like radicals discriminated by release of thiobarbituric acid reactive material from deoxy sugars, nucleosides and benzoate. *J Biochem*, 224, 761-767
15. Yagi A, Kanbara T, Morinobu N (1989) The effect of tyrosinase inhibition for aloe. *Planta medica*, 52, 517-519
16. Stripe F, Della Corte E (1986) The regulation of rat liver xanthine oxidase. Conversion in vitro of the enzyme activity from dehydrogenase (type D) to oxidase (type O). *J Biol Chem*, 224, 3855-3863
17. Do YS, Whang HJ, Ku JE, Yoon KR (2005) Organic acids content of the selected Korean apple cultivars. *Korean J Food Sci Technol*, 37(6), 922-927
18. Evans RH, van Soestbergen W, Ristow KA (1983) Evaluation of apple juice authenticity by organic acid analysis. *J Assoc Off Anal Chem*, 66, 1517-1520
19. Ichikawa S, Iino T, Sato S, Nakahara T, Mukataka S (2003) Improvement of production rate and yield of fumaric acid from maleic acid by heat treatment of *Pseudomonas alcaligenes* strain XD-1. *Biochem Engineer J*, 13, 7-13
20. Choi OJ, Park HR, Chough SH (1997) Variation of free sugar and free amino acid contents of apples during the ripening period. *Korean J Dietary Culture*, 12, 149-153
21. Jang TO, Yoo YH, Hwang YC, Kim HK, Woo HC (2010) Total polyphenol content and antioxidative activities of mistletoe (*Viscum album*) extracts by supercritical carbon dioxide. *Korean J Soc Food Sci Nutr*, 39(1), 20-24
22. Kim EY, Baik JH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR (2004) Screening antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol*, 36, 333-338
23. Kim HM, Hur W, Lee SY (2011) Polysaccharide extraction and comparison of free radical scavenging activities from *Tremella fuciformis* and *Auricularia auricula* fruit body. *Food Engineer Prog*, 15, 6-14
24. Cho YJ, Chun SS, Choi C (1983) Inhibitory effect of condensed tannins isolated from Korean green tea against xanthine oxidase. *J Korean Soc Food Nutr*, 22, 418-422
25. Jeon TW, Jo CR, Kim KH, Byun MW (2002) Inhibitory effect on tyrosinase and xanthine oxidase, and nitrite scavenging activities of Schizandrae Fructus extract by gamma irradiation. *Korean J Food Preserv*, 9(4), 369-374
26. Choi JH, Kim JS, Jo BS, Kim JH, Park HJ (2011) Biological activity in functional cosmetic of purple sweet potato extracts. *Korean J Food Preserv*, 18(3), 414-422