

Composition Analysis and Antioxidant Activity of Ojuk (*Phyllostachys nigra* Munro) Leaf Tea and Shoot Tea

Sang Min Kim · Je-Seung Jeon · Suk-Woo Kang · Woo-Ri Kim · Ki-Deok Lee · Byung-Hun Um

오죽잎차와 오죽죽순차의 성분 분석 및 항산화 효과

김상민 · 전제승 · 강석우 · 김우리 · 이기덕 · 엄병헌

Received: 19 March 2012 / Accepted: 15 May 2012 / Published Online: 30 June 2012
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2012

Abstract Nutritional components of Ojuk leaf tea and Ojuk shoot tea prepared from the leaves and shoots of black bamboo (*Phyllostachys nigra* Munro) by tea manufacturing process were evaluated. In addition, the extraction yield of water soluble components from these teas in the general tea brewing condition (water extraction in 80°C for 10 min.) and the contents of polyphenol and flavonoid were compared with not only the dried raw materials, but also green tea and mate tea. Finally, offline and online scavenging activities against 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) and di(phenyl)-(2,4,6 trinitrophenyl)iminoazanium free radicals were investigated to evaluate the antioxidant activity and explore the components showing ABTS free radical scavenging activity from tea infusion. These results demonstrated that these teas from black bamboo contain various nutritional components and can be used as traditional tea beneficial to human health.

Keywords antioxidant · online antioxidants screening system · *Phyllostachys nigra* · tea · total flavonoid · total polyphenol

서론

오죽(*Phyllostachys nigra* Munro)은 벼과(*Gramineae*) 왕대속(*Phyllostachys*)에 속하는 여러해살이 식물로, 중국이 원산지이고, 우리나라에서는 강원도 강릉 지방에서 주소 자생하거나 재배되고 있다. 첫째는 줄기의 색이 초록색이나 2년째부터 검은 자색이 짙어져서 검은색으로 변한다(Lee 등, 2007). 우리나라에서 자생되고 있는 5속, 18종의 대나무 중 성분 연구가 많이 되어 있거나, 활용도가 높은 왕죽, 맹종죽, 조릿대, 솜대 등에 비해서 오죽은 아직까지 조경수 이외의 활용에는 미비한 실정이다(Kong, 1985). 본초강목에는 오죽의 죽순에 대해서 쓴맛이 있으며 차가운 기운이 있어, 잠을 자지 못하는 것을 치료하고, 열황, 소갈을 치료하는데 효능이 있다고 기록되어 있다.

오죽에 대한 연구를 살펴 보면, 오죽잎으로부터 orientin, isoorientin, vitexin, tricetin, vattarinflavone, luteolin-6-C-(6"-*O*-*trans*-caffeoylglucoside) 등의 플라보노이드(flavonoid) 화합물들이 보고가 되었고, 이 화합물들에 대한 항산화 효능이 조사되었다(Kim 등, 2009). 또한 이들 화합물 중 luteolin-6-C-(6"-*O*-*trans*-caffeoylglucoside)이 1-buthionine-(S,R)-sulfoximine과 glutamate에 의해 유도된 항산화 스트레스에 의한 망막신경절세포(retinal ganglion cell, RGC-5)의 사멸을 억제할 수 있어, 산화스트레스에 의한 망막 보호제로서 사용될 수 있음이 증명되었다(Lee 등, 2010). 한편, 오죽으로부터 생리활성 물질의 추출율을 증가시키기 위한 물리/화학적 가공 방법에 대한 연구로, 초음파를 이용하여 오죽잎으로부터 flavones C-glycoside 화합물의 추출율을 증가시킬 수 있는 연구가 보고되었고(Lee와 Um, 2008), 추출 용매에 따라서 오죽추출물의 항산화 활성, 아질산 소거능, tyrosinase 활성 저해능, angiotensin-converting enzyme (ACE) 활성 저해능 등의 생리활성이 어떻게 변화하는지에 대한 연구가 보고되었다(Kim 등, 2010).

최근에는 오죽의 활용도를 높이기 위하여, 조경수 같은 일차

S. M. Kim · J.-S. Jeon · S.-W. Kang · W.-R. Kim · B.-H. Um (✉)
Functional Food Center, KIST Gangneung Institute, Gangwon 210-340,
Republic of Korea
E-mail: albertum@kist.re.kr

K.-D. Lee
Faculty of Marine Bioscience & Technology, Gangneung-Wonju National
University, Gangneung 210-702, Republic of Korea

산업적 사용을 넘어 이차가공을 통하여 식품이나 화장품 원료로 사용할 수 있는 소재를 개발하는 시도가 이루어지고 있다. 이러한 시도의 일환으로 오죽의 잎과 죽순을 활용하여 오죽잎차와 오죽죽순차가 개발이 되었다. 하지만 아직까지 이러한 차에 대한 과학적 연구는 전무하다. 따라서 오죽을 통해서 개발된 차와 같은 이차가공 상품이 소비자에게 신뢰 받을 수 있는 제품이 되기 위해서는 보다 구체적인 성분 연구와 효능에 대한 정보가 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 오죽잎차와 오죽죽순차에 대한 영양 성분 분석과 미네랄 성분 분석을 통하여 이들 차에 대한 성분 분석 데이터를 제시하였다. 또한 두 가지 오죽차와 원재료인 오죽잎과 죽순으로부터 차 음용 조건에서 음료를 얻은 후 동결건조하여, 오죽을 차로 가공하였을 때 수용성 물질의 함량 변화를 조사하였고, 차음료에 포함된 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량 등의 유효 성분과 항산화 활성 등을 기존에 항산화 활성이 풍부한 차로 알려진 녹차, 마테차 등과 비교하였다. 마지막으로 항산화 분석 시스템[on-line high performance liquid chromatography (HPLC)-2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) antioxidant assay system]을 통하여 오죽차 음료에 포함된 항산화 성분의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약. 본 연구에 사용된 오죽잎과 오죽죽순은 강원도 강릉에서 2011년 4월에 채취하였다. 채취한 오죽잎은 바로 세척, 유념, 건조, 덩음, 건조, 분쇄의 과정을 거쳐서 오죽잎차로 만들어졌고, 오죽죽순은 세절, 증제, 건조, 세절, 건조, 덩음, 건조, 가향의 과정을 거쳐 오죽죽순차로 만들어졌다. 대조군으로 사용된 오죽잎과 오죽죽순은 채취 후 그늘에서 일주일 동안 건조되었다. 녹차와 마테차는 강원도 강릉에 소재한 마트에서 구입하여 사용하였다. ABTS와 di(phenyl)-(2,4,6-trinitrophenyl) iminoazanium (DPPH)는 Sigma-Aldrich (USA)로부터 구입하였다. HPLC에 사용된 용매는 Fisher Scientific (USA)으로부터 구입하였다.

일반 성분 및 무기 성분 분석. 오죽죽순차와 오죽잎차의 일반 성분은 식품공전에 등재된 AOAC의 표준(KFDA, 2008)에 준하여, 수분은 105°C 상압 가열 건조법으로 측정하였고(시료 약 5 g), 조단백은 Kjeldahl법(시료 약 0.5 g), 조지방은 Soxhlet 추출법으로 분석하였으며(시료 약 5 g), 회분은 600°C 회화로부터 직접 회화시켜 중량법으로 정량하였다(시료 약 10 g). 조단백질은 시료에 황산, 분해촉진제를 가한 후 410°C로 가열 분해한 후 조단백질 자동분석기(2300 Kjeltec Analyzer Unit, Foss Tecator, Sweden)를 사용하여 분석하였고, 질소계수 6.25를 곱하여 조단백질 함량을 계산하였다. 탄수화물 함량은 시료에서 수분, 조단백질, 조지방, 회분의 함량을 제하여 계산하였고, 열량은 조단백질, 조지방, 탄수화물 함량을 이용하여 열량 계산법에 따라 계산하였다. 무기질은 습식분해법에 따라 분해하여 증류수 100 mL로 정용하여 ICP (Optima 4300DV, PerkinElmer, Germany) 장비를 통하여 분석하였다.

수용성 물질 추출물 제조. 건조된 시료를 전동 분쇄기를 사용하여 분쇄한 후 크기를 30 mesh 이하로 만들었다. 이 중 10 g을 취하여 250 mL 플라스크에 넣은 후 80°C 증류수 100 mL를 넣어 10분간 추출하였다. 추출 후 거름종이를 이용하여 거른 후

-70°C에서 3시간 동안 얼린 후 동결건조 하였다. 동결건조 후 추출물의 무게를 측정하여 차음료 수용성 물질의 추출 수율(%)을 계산하였다. 차음료 추출물은 물에 녹여 10 mg/mL 농도로 만들어진 후 여러 분석에 시료로 사용되었다.

총 폴리페놀 함량 분석. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법에 따라 Folin-Ciocalteu 시약(Sigma-Aldrich)을 사용하여 측정되었다(Zhang 등, 2006). 건조된 추출물 시료를 물에 녹여 1 mg/mL 농도로 만든 후에, 이를 20 μ L 취하고, 여기에 Folin-Ciocalteu 시약 20 μ L, 증류수 60 μ L를 가하였다. 상온에 5분간 방치한 다음 20% Na_2CO_3 100 μ L를 가하고 다시 상온에서 30분간 방치한 후, spectrophotometer (BioTek Instruments, USA)를 이용하여 734 nm에서 반응액의 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하였고, gallic acid 검량선을 이용하여 총 폴리페놀 함량을 mg GAE (gallic acid equivalent)/g 추출물(ext.)로 표현하였다.

총 플라보노이드 함량 분석. 추출물 시료 용액(10 mg/mL) 20 μ L와 에탄올 80 μ L를 혼합하고 2% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 100 μ L를 가하여, 상온에서 5분간 반응시켰다. 반응 후 spectrophotometer를 이용하여 430 nm에서 반응액의 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로 quercetin (Sigma-Aldrich)을 사용하여 검량선을 작성하였고, 플라보노이드 함량은 mg QE (quercetin equivalent)/g 추출물(ext.)로 표현하였다.

라디칼 소거능 측정. DPPH 라디칼 소거능은 Blois 방법(1958)에 따라 측정되었다. 각 시료를 25, 50, 100, 250 ppm의 네 농도로 만들어 96 well plate에 100 μ L씩 분주하였다. 그리고 400 μ M DPPH 용액 100 μ L를 넣어 주고 상온, 어두운 곳에 30분간 방치시킨 후, 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 전자공여능으로 계산하였고, 50% 전자공여능 값을 나타내는 SC_{50} 값으로 표현하였다.

$$\text{전자공여능}(\%) = (1 - \text{시료의 흡광도} / \text{무처리구 흡광도}) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능은 Re 등(1999)의 방법에 따라 측정하였다. ABTS 라디칼 용액은 3.5 mM potassium persulfate를 포함하는 2 mM ABTS 용액을 8배 희석시킨 후, 어두운 곳에 14시간 보관하여 만들었다. 추출물은 25, 50, 100, 250 ppm 농도로 만든 후 96 well plate에 100 μ L씩 분주하고, ABTS 라디칼 용액 100 μ L씩 가하였다. 상온에서 5분간 반응 후, 730 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 ABTS 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 전자공여능으로 계산하였고, 50% 전자공여능 값을 나타내는 SC_{50} 값으로 표현하였다.

$$\text{전자공여능}(\%) = (1 - \text{시료의 흡광도} / \text{무처리구 흡광도}) \times 100$$

온라인 항산화 성분 분석. 오죽차 음료에서 얻어진 추출물 안에 존재하는 항산화 성분을 조사하기 위하여 Kim 등(2009)의 방법에 따라 온라인 항산화 성분 분석 시스템을 활용하였다. 각 오죽차 음료 추출물을 물에 녹여 10 mg/mL 농도로 만든 후 분석에 사용하였다. 분석 시스템은 두 대의 HPLC 시스템(시스템 A와 B)으로 구성되어 있는데, 시스템 A (Agilent 1200 HPLC system, Agilent, USA)에서는 Kromasil C_{18} (250 \times 4.6 mm, 5 μ m particle size) 역상 컬럼을 사용하여 40°C에서 각 성분을 분리하였고, 분리되어 나온 용출액은 시스템 B (Agilent 1200 HPLC system)에 들어가 ABTS 라디칼 용액과 반응하여 각 성분의 라디칼 소거능이 측정되었다. 시스템 A의 이동상으로는 1 mL/min 유속으로 acetonitrile과 0.1% trifluoroacetic acid를 포

합하는 물이 사용되었고, gradient 조건은 초기 10분 동안 10% acetonitrile을 사용하다가 30분까지 10에서 40%까지 acetonitrile을 증가시킨 후 10분간 유지하였다. 이후 5분간 acetonitrile을 95%까지 증가시킨 후 최종 5분간 유지하였다. 스펙트럼은 210, 280, 330 nm에서 각각 기록하였다. 시스템 B에서는 ABTS 라디칼 용액을 0.5 mL/min 유속으로 공급하였고, 734 nm에서 화합물과 반응하여 소거된 라디칼의 감소량이 기록되었다.

통계처리. 모든 실험은 최소 3회 반복 실험을 하였고, 그 측정값은 Microsoft Excel 프로그램을 사용하여 그 평균값을 구하였으며, 일반성분 분석 결과를 제외한 모든 측정값은 평균값 ± 표준편차로 표시하였다.

결과 및 고찰

일반 성분 및 무기 성분 분석. 오죽잎차와 오죽죽순차의 일반 성분 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 수분함량은 오죽잎차(2.97 g/100 g)보다 오죽죽순차(5.68 g/100 g)가 약 2배 정도 높았고, 조단백질 함량도 오죽죽순차(26.69 g/100 g)가 오죽잎차(16.30 g/100 g)보다 높았다. 하지만 조지방 함량은 오죽잎차(2.66 g/100 g)보다 오죽죽순차(1.87 g/100 g)가 낮았으며, 회분 함량은 두 시료가 비슷한 수준(오죽잎차 7.78 g/100 g, 오죽죽순차 7.65 g/100 g)을 보였다. 이러한 결과로부터 계산된 탄수화물 함량은 오죽잎차(70.20 g/100 g)가 오죽죽순차(58.11 g/100 g)보다 높게 나타났다. 하지만 전체적인 열량은 상대적으로 비슷한 수준을 보였다(오죽잎차 369.96 kcal/100 g, 오죽죽순차 356.04 kcal/100 g).

국내에서는 대나무 잎을 가공하여 대나무잎차를 개발한 후, 이에 대한 일반 성분을 분석한 몇몇 연구가 있었다. In 등(2010)은 맹종죽 잎을 활용하여 맹종죽잎차를 개발하였고, 이에 대한 일반 성분 분석 결과 조단백질과 조지방 함량이 각각 16.49 g/100 g, 0.03 g/100 g으로 조사되었다. 오죽잎차와 비교하였을 경우 조단백질은 비슷한 수준이었지만, 조지방의 함량에서는 오죽잎차보다 매우 낮은 수준이었다. 한편, Jeong 등(2008)은 조릿대 잎을 가공하여 조릿대잎차를 개발하였고, 일반 성분 분석 결과 수분 5.68 g/100 g, 조단백질 16.38 g/100 g, 조지방 4.68 g/100 g, 회분 8.53 g/100 g으로 나타났다.

죽순의 경우는 문헌상 차로 개발된 예는 거의 찾아볼 수 없었지만, 죽순이 식용으로 널리 이용되는 만큼, 다양한 대나무의 죽순에 대한 일반 성분 분석 데이터를 찾아 볼 수 있었다(Cheong 등, 1988; Yoo와 Chung, 1999; Park과 Jhon, 2006). 특히 죽순은 부패가 빠르고 수확기간이 한정되어있기 때문에 통조림과 염장법으로 저장, 이용이 되어 왔고, 따라서 이에 대한 일반 성분 연구도 보고가 되었다(Yoo와 Chung, 1999; Park과 Jhon, 2006). Yoo와 Chung(1999)의 연구에 의하면, 맹종죽, 분

죽, 왕죽 죽순의 일반 성분 분석에서 수분 함량은 88.53–91.50 g/100 g, 조단백질 함량은 2.20–2.54 g/100 g, 조지방 함량은 1.01–1.14 g/100 g, 회분의 함량은 0.95–1.10 g/100 g으로 조사되었고, 조지방 함량은 염장 기간 중에 점차 감소하였고, 조단백이나 회분의 경우는 염장으로 인해 증가하였다. Park과 Jhon(2006)의 연구에서는 분죽의 죽순을 염장하였을 경우, 일반 성분은 수분 82.59 g/100 g, 조단백질 4.56 g/100 g, 조지방 0.52 g/100 g, 회분 0.50 g/100 g으로 조사되었다. 하지만 이러한 연구에서 얻어진 결과들은 대부분 건조시료가 아닌 생시료를 기준으로 하였기 때문에, 오죽죽순차와의 직접적인 비교는 할 수 없었다.

오죽잎차와 오죽죽순차의 무기 성분 분석 결과는 Table 2와 같다. 오죽잎차의 경우 가장 많은 함량을 차지하고 있는 무기질은 칼슘(Ca, 308.64 mg/100 g)이고, 그 다음으로 마그네슘(Mg), 망간(Mn), 철(Fe), 나트륨(Na) 순이었다. 오죽죽순차에서는 마그네슘(Mg, 134.66 mg/100 g)이 가장 많은 무기질이었고, 그 다음으로 칼슘(Ca), 나트륨(Na), 아연(Zn) 순이었다. 납(Pb)이나 카드뮴(Cd) 같은 인체에 유해한 무기질은 오죽잎차와 오죽죽순차에서 모두 검출되지 않아, 식품으로 안전하게 섭취할 수 있음을 확인하였다. 문헌상 데이터를 살펴보면 조릿대잎차의 주요 무기 성분은 칼륨(K, 2133.83 mg/100 g), 칼슘(1275.26 mg/100 g), 인(P, 543.00 mg/100 g)이었고, 맹종죽잎차의 경우는 칼슘(Ca, 437.10 mg/100 g), 철(Fe, 17.20 mg/100 g)로 나타났다(Jeong 등, 2008; In 등, 2010). 이들 잎차와 오죽잎차를 비교하였을 경우, 오죽잎차의 주요 무기 성분은 조릿대잎차보다는 낮은 수준이었고, 맹종죽잎차와는 비슷한 수준인 것으로 보인다. 한편 오죽과 같은 벼과에 속하는 보리의 잎을 활용하여 보리잎차를 개발한 연구에서 보리잎차에 포함된 무기 성분의 함량을 살펴보면, 칼륨(K)이 4092.10 mg/100 g 포함되어 있고, 그 다음이 칼슘(Ca)과 나트륨(Na)으로 그 함량이 각각 339.30 mg/100 g, 141.90 mg/100 g이었다(Kim 등, 2006).

죽순의 경우는 일반 성분과 마찬가지로 대부분의 연구에서 생시료를 기준으로 조사되었기 때문에 오죽죽순차와 직접적인 비교는 할 수 없었다. 다만 Yoo와 Chung(1999)의 연구 결과를 살펴보면, 맹종죽, 분죽, 왕죽의 생죽순에 포함된 무기 성분 중 가장 많은 성분은 칼륨(K)으로 세 죽순에서 359.54–403.42 mg/100 g 수준으로 검출이 되었다. 그 다음으로 많은 무기 성분으로는 인(P), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca)으로 그 검출량은 6.97–15.20 mg/100 g 수준으로 조사되었다. 본 연구에서는 칼륨(K)과 인(P)은 분석 대상에 포함이 되지 않았지만, 칼슘(Ca)과 마그네

Table 1 The proximate composition of Ojuk (*Phyllostachys nigra* Munto) leaf tea and shoot tea

Nutrients	Ojuk leaf tea (/100 g)	Ojuk shoot tea (/100 g)
Moisture	2.97 g	5.68 g
Crude protein	16.30 g	26.69 g
Crude lipid	2.66 g	1.87 g
Ash	7.78 g	7.65 g
Carbohydrate	70.20 g	58.11 g
Calorie	369.96 kcal	356.04 kcal

Table 2 The mineral composition of Ojuk (*P. nigra* Munto) leaf tea and shoot tea

Component	Ojuk leaf tea (mg/100 g)	Ojuk shoot tea (mg/100 g)
Ca	308.64±6.27	121.12±7.46
Mg	178.93±4.28	134.68±3.09
Cu	2.61±0.23	3.06±0.08
Zn	5.12±0.32	8.80±0.21
Fe	14.47±0.42	7.59±0.53
Mn	33.40±1.08	7.71±0.11
Cr	2.70±0.24	1.92±0.06
Cd	not detected	not detected
Pb	not detected	not detected
Na	14.17±2.44	22.34±0.59

Table 3 The comparison of the extraction efficiency of water soluble components between raw materials and teas from black bamboo (*P. nigra* Munto)

Samples	Ojuk leaf	Ojuk leaf tea	Ojuk shoot	Ojuk shoot tea
Extraction yield (g/100g)	15.20±0.15	12.15±0.31	29.50±1.15	21.49±2.13

습(Mg) 함량이 서로 비슷하였고, 다른 주요 무기 성분보다 약 10배 이상이 존재하는 것으로 보아, 전체적인 무기 성분 분포를 고려하였을 때, 다른 대나무의 죽순과 비슷할 것으로 생각된다.

오죽차 음료 추출물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량. 오죽잎과 죽순을 여러 가지 가공 처리를 통하여 차로 개발하였을 경우, 원재료와 이들 차로부터 차음료를 음용하는 조건(80°C, 10분)에서 추출되어 나오는 수용성 물질의 함량을 동결건조를 통하여 조사하였다(Table 3). 그 결과 오죽잎의 경우는 차로 가공이 되었을 때 수용성 물질의 함량이 15.20 g/100 g에서 12.15 g/100 g로 약 20% 정도 감소하였다. 오죽죽순의 경우도 차로 가공이 되었을 때 수용성 물질의 함량이 29.50 g/100 g에서 21.49 g/100 g로 약 27% 감소하였다. 대조군으로는 항산화 활성을 보이는 폴리페놀을 다량 함유하고 있는 녹차(Butt와 Sultan, 2009)와 마테차(Coentrão 등, 2011)를 사용하였는데, 이 두 차를 동일한 조건에서 추출하였을 때, 녹차는 25.5 g/100 g, 마테차는 10.0 g/100 g의 수용성 물질 추출율을 보였다.

일반적으로 식물 재료를 단순 건조시키는 것보다 차로 제조할 때, 조직을 비벼서 파괴하는 비빔공정이 포함되고, 열처리(뒤음) 과정에 의해 polyphenol oxidase가 변성이 되어 폴리페놀이 산화가 되지 않기 때문에 물로 추출하였을 경우 단순 건조 시료보다 차에서 수용성 물질이 더욱 많이 추출되는 것으로 알려져 있다. 예를 들면, 빵잎을 단순 건조시키는 것보다 빵잎차를 가공한 후 물로 추출하였을 때 수용성 물질 및 폴리페놀의 함량이 높게 나타났다는 연구 보고가 있다(Kim 등, 2010). 맹종죽의 경우는 단순 건조 잎과 맹종죽잎차를 사용하여 80°C에서 10분 동안 추출된 수용성 물질의 함량을 비교하였을 때, 단순 건조 잎은 11.6 g/100 g, 맹종죽잎차는 12.0 g/100 g의 추출율을 보여 추출율에서는 큰 차이를 보이지 않았지만, 폴리페놀의 함량에서는 맹종죽잎차가 더 높은 값을 나타냈다(In 등, 2010). 하지만 본 실험의 결과에서 보여지는 것처럼 오죽의 잎과 죽순을 차로 가공하였을 때 수용성 물질의 추출율이 가공 전보다 감소한 원인에 대해서는 알 수 없었다.

일반적으로 차음료를 개발함에 있어, 뒤음 과정을 하는 주요 이유 중 하나는 가공하지 않은 원재료를 뜨거운 물로 추출하였을 때 나는 풋내를 제거하는 것이다. 빵잎차의 제조에 있어서도 풋내를 제거하기 위하여 증기로 빵잎을 살짝 찌내는 공정을 수행하여 풋내를 제거하였다(Kim 등, 2010). 오죽잎에서도 뒤음 과정을 하지 않았을 경우에 뜨거운 물로 추출하였을 때 풋내가 많이 나는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, 오죽잎차의 차음료에서는 이러한 풋내가 사라졌을 뿐 만 아니라, 구수한 오죽잎 특유의 향이 나와서, 비록 정확한 관능검사를 수행하지는 않았지만, 음료의 관능적 품질이 훨씬 향상되었음을 확인할 수 있었다. 따라서 비록 오죽잎의 경우보다 오죽잎차의 수용성 물질 추출율이 감소하더라도 차로 가공이 되어야만 소비자가 선호할 수 있는 음료가 될 수 있을 것으로 판단되었다. 이러한 경향은 오죽죽순에서도 동일하게 발견이 되었는데, 오죽의 죽순도 단순 건조 시료보다 오죽죽순차로 가공이 되었을 때 맛과 향이 훨씬 나아진 것을 확인할 수 있었다. 하지만 객관적인 결과를

위해서는 정확한 관능검사가 이루어져야 할 것을 생각된다. 지금까지 오죽에서 보고된 생리활성과 기능성분에 관한 문헌을 종합해 보면, 주요 생리활성은 항산화 활성을 기초로 이루어지고, 이에 관여하는 주요 화합물은 페놀성 계통의 플라보노이드 화합물인 것으로 조사되었다(Kim 등, 2009; 2010; Lee 등, 2010). 따라서 오죽잎과 죽순, 그리고 녹차와 마테차에서 얻어진 차음료 추출물로부터 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량이 조사되었고, 그 결과를 Fig. 1-2에 각각 나타내었다. 추출물 단위 무게당 포함된 총 폴리페놀 성분의 함량을 살펴 보면, 네 종류의 오죽추출물 안에는 19.50–39.96 mg GAE/g ext.의 수준으로 폴리페놀 성분이 존재하였고, 이는 같은 조건에서 얻어진 녹차(77.71 mg GAE/g ext.)와 마테차(67.44 mg GAE/g ext.) 추출물의 경우보다 낮은 값을 보이는 것으로 조사되었다. Jeong 등(2009)에 의한 연구에 의하면, 국내에서 판매 중인 녹차, 보이차, 우롱차 및 홍차의 열수추출물에 포함된 총 폴리페놀의 함량은 72.03–85.62 mg GAE/g ext.로 본 연구에서 얻어진 녹차와 마테차의 결과와 유사하였다. 차 가공을 통한 오죽잎과 죽순의 폴리페놀 함량의 변화를 살펴보면, 오죽잎차의 경우는 오죽잎에 비해서 약 51%가 감소하였고, 오죽죽순의 경우는 차와 단순 건조 죽순이 비슷한 수준을 유지하였다. 한편 맹종죽의 경우 맹종죽잎차에 포함된 폴리페놀 함량은 단순 건조 잎보다 약 두 배 정도 높은 수준을 보여주었는데, 본 연구에서 오죽잎차가 보인 결과와는 정반대의 경향을 보여 주었다(In 등, 2010). 플라보노이드 함량에서는 오죽잎과 오죽죽순 추출물에서 큰 차이를 보였다. 오죽잎 추출물에서는 9.46 mg QE/g ext.의 총 플라보노이드가 포함되어 있었지만, 오죽잎차 추출물에서는 7.58 mg QE/g ext.의 총 플라보노이드 함량을 보여 약 20% 정도가 감소하였음을 확인할 수 있었다. 이 값은 녹차(2.96 g QE/g ext.)보다는 높지만, 마테차(8.14 mg QE/g ext.)와는 비슷한 수준이었다. 하지만 오죽죽순에서는 단순 건조 시료(1.28 g QE/g ext.)보다 오죽죽순차(4.20 mg QE/g ext.)의 추출물이 약 3.2배 더 높은 총 플라보노이드 함량을 보였다. 이러한 결과로부터 오죽잎차의 차음료에는 플라보노이드 화합물이 녹차보다 더 많이 포함되어 있고, 또한 오죽죽순차에서는 죽순이 차로 만들어지는 가공 공정을 통하여 플라보노이드 화합물이 크게 증가한다는 것을 확인할 수 있었다. 한편 이러한 변화들은 모두 오죽차의 가공에 있어 뒤음 과정을 통하여 일어나는 것으로 뒤음 과정의 주요 물리적 요소의 하나인 열과 밀접하게 연관이 있을 것으로 추정된다. 일반적으로 식물 시료에 열을 가할 경우 식물 조직에 포함되어 있는 폴리페놀들은 마이야르 반응(Maillard reaction)과 같은 매우 복잡한 화학적 변화를 일으키게 되는데, 오죽잎과 죽순에서도 이러한 반응이 일어났을 것으로 판단된다(Wang과 Ho, 2009). 이러한 반응들이 오죽잎차와 오죽죽순차의 수용성 물질의 추출율과 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량 등에 영향을 주었을 가능성이 있다. 이에 대한 좀 더 심도 있는 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

항산화 활성 분석. ABTS와 DPPH 라디칼에 대한 오죽, 녹차 및 마테차 차음료 추출물의 소거능을 조사한 결과 오죽으로부터 제조된 네 가지 수용성 추출물 모두 녹차나 마테차 추출물

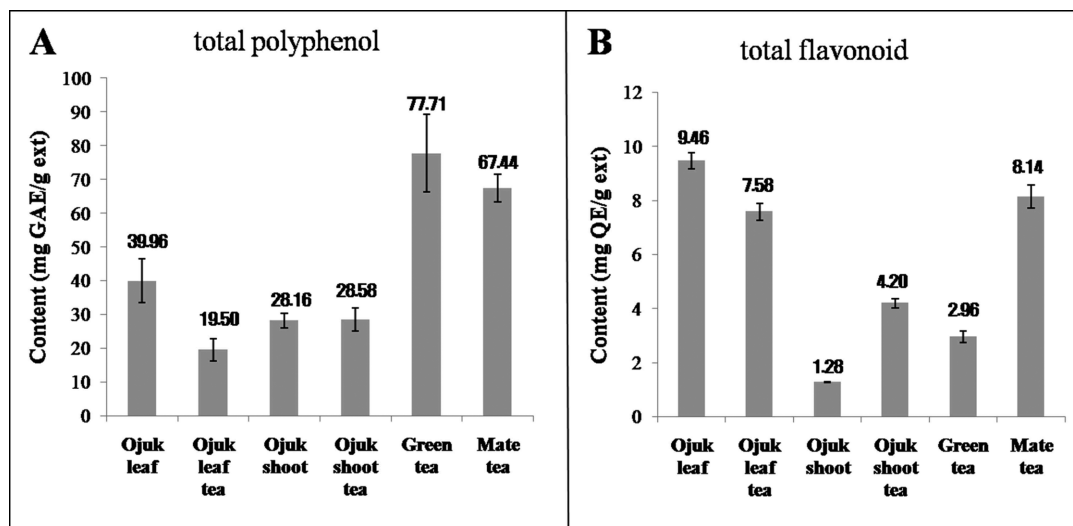


Fig. 1 Total polyphenol (A) and total flavonoid (B) contents of water soluble extracts from raw materials and teas from *P. nigra* Munro. Water soluble extract was prepared by freeze-drying infusion extracted with 80°C water for 10 min. Green tea and mate tea were used for comparison. All data were determined from three independent experiments.

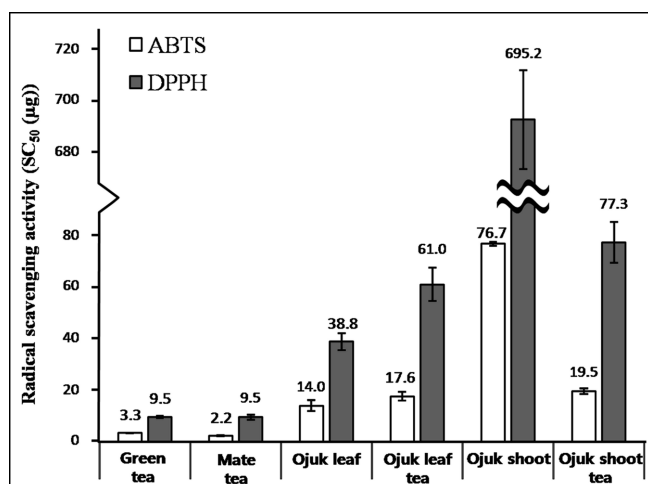


Fig. 2 ABTS and DPPH free radical scavenging activities of water soluble extracts from raw materials and teas from *P. nigra* Munro. Green tea and mate tea were used for comparison. SC₅₀ value represents the amount of the extract scavenging 50% of radicals in the reaction solution. All data were determined from three independent experiments.

에 비해서 라디칼 소거능이 낮은 것으로 조사되었다(Fig. 2). 녹차와 마테차 추출물은 ABTS 라디칼에 대해서 각각 3.3 µg과 2.2 µg의 SC₅₀ 값을 보였고, DPPH 라디칼에 대해서 모두 9.5 µg의 SC₅₀ 값을 보였다. 하지만 오죽의 네 종류 추출물은 ABTS 라디칼에 대해서 14.0–76.7 µg의 SC₅₀ 값을, DPPH 라디칼에 대해서 38.8–695.2 µg의 SC₅₀ 값을 보였다. 오죽잎의 경우는 차로 가공되었을 경우 SC₅₀ 값이 약간 증가하는 것으로 보아 라디칼 소거능이 감소하는 것으로 판단할 수 있었고, 오죽순의 경우는 SC₅₀ 값이 큰 폭으로 감소하는 것으로 보아 라디칼 소거능이 크게 증가하는 것으로 파악되었다. 이는 앞선 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량 결과 중 플라보노이드 분석

결과와 일치하는 것으로, 플라보노이드 화합물이 오죽잎차와 오죽순차의 라디칼 소거능을 나타내는 주요 요인인 것으로 추정할 수 있었다.

오죽추출물의 좀 더 구체적인 라디칼 소거능에 대해서 알아보기 위하여 각 오죽추출물을 온라인 항산화 장치를 통하여 분석하여, 추출물에 포함된 각 성분의 ABTS 라디칼 소거능을 분리하고 동시에 분석하였다(Niederländer 등, 2008). 오죽잎에서는 이미 Kim 등(2009)에 의한 연구에서 온라인 항산화 장치를 통한 항산화 화합물의 분석이 시도되었고, 앞서 언급한 것처럼 이들 화합물을 분리하여 그 구조를 규명하였다. 하지만 Kim 등(2009)의 연구에서는 건조 오죽잎을 50°C의 메탄올을 이용하여 3시간 동안 추출하였기 때문에, 본 연구에서 얻어진 차음료 열수 추출물과는 추출 성분이 약간 차이가 있을 것으로 판단되었다. 오죽잎과 잎차 추출물의 온라인 항산화 분석 결과를 살펴보면(Fig. 3A-B), Kim 등(2009)의 연구에서 얻어진 크로마토그램과는 상당한 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 추출되어 나오는 피크들의 자외선 스펙트럼을 비교하였을 경우, 20–30분에서 검출되는 대부분의 피크는 플라보노이드 화합물과 비슷한 형태의 스펙트럼을 보여, 오죽잎차 추출물의 주요 성분도 플라보노이드 계열의 화합물인 것으로 추정할 수 있었다. 이러한 화합물들은 HPLC 스펙트럼에서 음의 방향으로 향하는 피크들을 만드는 것으로 보아 ABTS 라디칼을 소거하는 능력을 보이는 것으로 확인되었다. 하지만 13.6, 21.4분에 보이는 화합물처럼 chlorogenic acid나 caffeic acid 같은 hydrocinnamate 계열의 자외선 스펙트럼 패턴을 보이는 화합물들도 라디칼 소거능이 우수한 것으로 보인다(Clifford, 1999). 단순 건조 잎과 오죽잎차 추출물을 비교하였을 경우, 피크의 크기가 단순 건조 잎보다는 오죽잎차에서 작게 나와 오죽잎차의 플라보노이드 함량이 오죽잎보다는 낮은 것으로 나타나, 앞서 조사된 플라보노이드 함량 결과와 어느 정도 일치하는 것을 알 수 있었다. 오죽순의 경우는 20–30분에서 검출되는 주요 플라보노이드 화합물은 매우 낮은 수준으로 존재하였고, 온라인 항산화 분석으로는 항산화 활성을 보이는 화합물을 발견할 수 없었다(Fig. 3C). 이러한 결

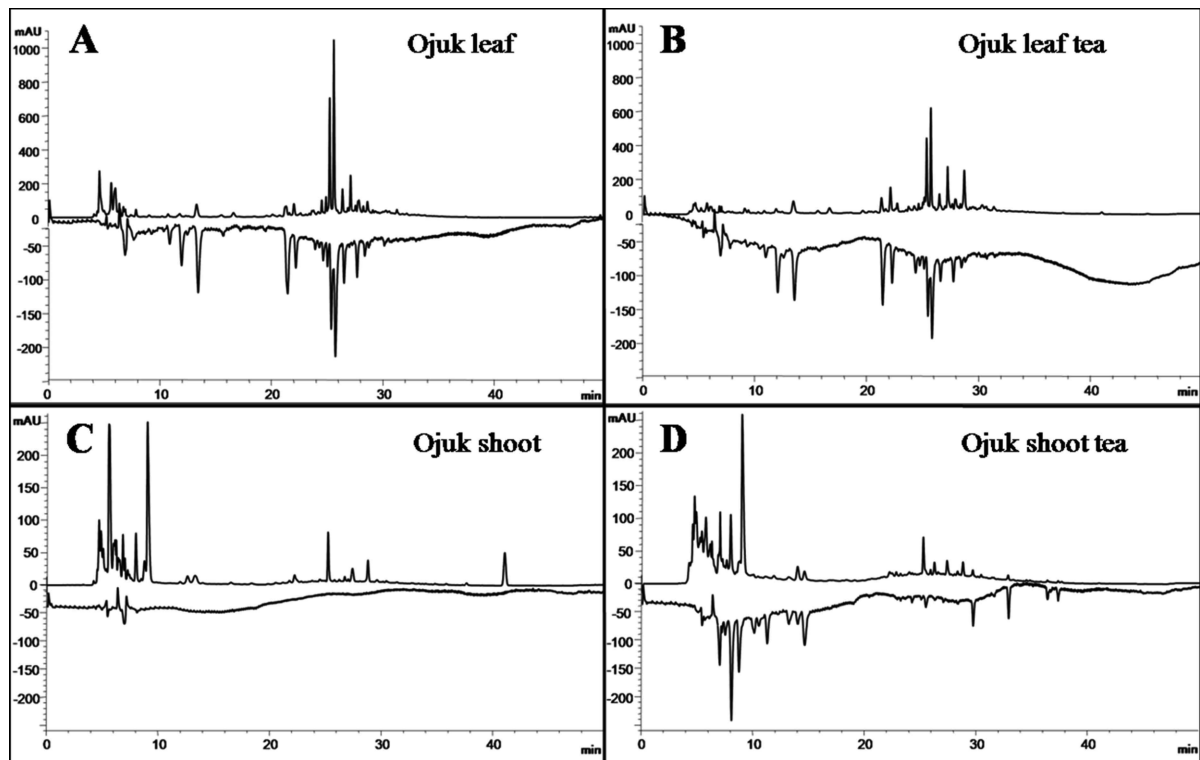


Fig. 3 On-line HPLC-ABTS analysis of water soluble extracts from raw materials and teas from *P. nigra* Munro. The components of the extract were detected with a DAD at 280 nm as positive trace and their ABTS radical scavenging activities were detected at 734 nm as negative peak.

과는 오죽죽순의 추출물이 ABTS, DPPH 라디칼 소거능이 매우 낮았던 결과를 설명할 수 있었다. 하지만 오죽죽순차의 추출물에서는 ABTS 라디칼 소거능을 가진 화합물들이 여럿 발견이 되었는데, 특히 15분 이내의 상대적으로 극성을 가지는 화합물들에서 라디칼 소거능이 매우 증가하였다(Fig. 3D). 이는 오죽죽순을 차로 가공하는 과정에서 라디칼 소거능을 가지는 화합물이 새로 만들어지는 것으로 생각 할 수 있었다. 앞선 언급한 것처럼 실제로 식물의 잎을 차로 가공하는 과정에서는 높은 열을 재료에 가하기 때문에 기존에 소재에 존재하던 화합물들이 마이야르 반응 같은 비효소적 화학 반응에 의해 변하는 경우가 많이 보고되었다(Wang과 Ho, 2009). 이러한 변화는 원래 소재에는 존재하지 않던 라디칼 소거능을 보이는 화합물을 만들 수 있을 것으로 추정된다.

결론. 본 연구에서는 오죽으로부터 이차가공을 통한 고부가가치 식품 소재를 개발하는 일환으로 만들어진 오죽잎차와 오죽죽순차를 대상으로 일반 성분 분석과 무기 성분 분석을 시도하여, 식품 소재로서 사용할 수 있는 기초 자료를 제공하였다. 뿐만 아니라 오죽잎과 죽순이 차로 만들어지는 제다 공정을 통하여 가공이 되었을 때, 수용성 물질의 추출을 변화와 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량 등이 어떻게 변화하는지에 대한 연구를 수행하여, 오죽잎차와 오죽죽순차를 실제 차음료로 음용할 때 차음료에 함유되어 있는 기능성분에 대한 비교 분석을 실시하였다. 뿐만 아니라 온라인, 오프라인 항산화 분석을 통하여 오죽차 음료에 포함되어 있는 항산화 성분에 대해서 대략적인 예측을 할 수 있었다. 본 연구를 통하여, 오죽을 차로 개발하였을 경우, 잎에서는 껍대를 제거하고, 잎에 포함되어 있는 항산화

성분들을 차음료로 충분히 음용할 수 있음을 확인 할 수 있었고, 오죽죽순의 경우는 제다 공정을 통하여 단순 건조 시료에서는 얻을 수 없는 항산화 화합물들을 차음료로 음용할 수 있음을 확인하여, 오죽잎차와 오죽죽순차의 상품으로서의 가치를 확인할 수 있는 계기가 되었다.

초 록

본 논문에서는 오죽(*Phyllostachys nigra* Munro)의 잎과 죽순을 사용하여 차 가공공정을 통한 오죽잎차와 오죽죽순차가 제조되었고, 이들에 대한 영양성분 분석을 실시하였다. 뿐만 아니라, 일반적인 차를 음용하는 조건(80°C 물, 10분)에서 이들 차로부터 얻을 수 있는 수용성 물질의 추출율과 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량이 가공되지 않은 오죽 원재료 및 마테차, 녹차와 비교되었다. 마지막으로 차 음료에 포함된 항산화능과 각 항산화 화합물을 탐색하고자 온라인, 오프라인 항산화 분석이 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) and di(phenyl)-(2,4,6-trinitrophenyl)iminoazanium (DPPH) 라디칼에 대해서 이루어졌다. 본 논문의 결과는 오죽으로부터 제조된 이들 차가 다양한 영양성분을 함유하고 있고, 건강에 이로운 전통차로 음용될 수 있음을 보여주었다.

Keywords 오죽 · 온라인 항산화 활성 분석 시스템 · 총 폴리페놀 · 총 플라보노이드 · 항산화

Acknowledgment This research was financially supported by the Ministry of Education, Science Technology (MEST), Gangwon Province, Gangneung City, Gangneung Science Industry Foundation(GSIF) as the R&D Project for Gangneung science park promoting program.

참고문헌

- Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1198–200.
- Butt MS and Sultan MT (2009) Green tea: nature's defense against malignancies. *Critic Rev Food Sci Nutr* **49**, 463–73.
- Cheong JS, Park NC, Lee CW, and Whon JS (1989) Nutritive components of edible bamboo shoots of *Phyllostachys edulis* produced in Korea. *J Korean Forest Soc* **78**, 55–60.
- Clifford MN (1999) Chlorogenic acid and other cinnamates-nature, occurrence, and dietary burden. *J Sci Food Agric* **79**, 362–72.
- Coentrão PA, Teixeira VL, and Netto AD (2011) Antioxidant activity of polyphenols from green and toasted mate tea. *Nat Prod Commun* **6**, 651–6.
- In MJ, Park MK, Kim S, Chae HJ, Chae MW, Sone J et al. (2010) Composition analysis and antioxidative activity of Maengjong-juk (*Phyllostachys pubescence*) leaves tea. *J Appl Biol Chem* **53**, 116–9.
- Jeong CH, Choi SG, and Heo HJ (2008) Analysis of nutritional components and evaluation of functional activities of *Sasa borealis* leaf tea. *Korean J Food Sci Technol* **40**, 586–92.
- Jeong CH, Kang ST, Joo OS, Lee SC, Shin YH, Shim KH et al. (2009) Phenolic content, antioxidant effect and acetylcholinesterase inhibitory activity of Korean commercial green, puer, oolong, and black teas. *Korean J Food Preserv* **16**, 230–7.
- KFDA (2008) In *Korea Food Code*, Korea food and Drug Administration, Korea.
- Kim CY, Lee HJ, Jung SH, Lee EH, Cha KH, Kang SW et al. (2009) Rapid identification of radical scavenging phenolic compounds from black bamboo leaves using high-performance liquid chromatography coupled to an online ABTS+-based assay. *J Korean Soc Appl Biol Chem* **52**, 613–9.
- Kim DC, In MJ, and Chae HJ (2010) Preparation of mulberry leaves tea and its quality characteristics. *J Appl Biol Chem* **53**, 56–9.
- Kim DC, Kim DW, Lee SD, and In MJ (2006) Preparation of barley leaf powder tea and its quality characteristics. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **35**, 734–7.
- Kim YS, Cho KA, and Choi DB (2010) Effect of solvents of extraction on the biological activities of *Phyllostachys nigra* Munro. *Appl Chem Eng* **21**, 6–10.
- Kong WS (1985) A phytogeographical study on the distribution of bamboos in the Korean peninsula. *Korean J Ecol* **8**, 89–98.
- Lee HJ, Kim KA, Kang KD, Lee EH, Kim CY, Um BH et al. (2010) The compound isolated the leaves of *Phyllostachys nigra* protects oxidative stress-induced retinal ganglion cells death. *Food Chem Toxicol* **48**, 1721–7.
- Lee KJ and Um BH (2008) Enhanced extraction and antioxidant activity analysis of flavones C-glycosides from black bamboo using ultrasonic wave. *Korean J Biotechnol Bioeng* **23**, 297–302.
- Lee SJ, Huh MK, and Huh HW (2007) Genetic diversity and phylogenetic relationship of genus *Phyllostachys* by ISSR markers. *J Life Sci* **17**, 1482–7.
- Niederländer HA, van Beek TA, Bartasiute A, and Koleva II (2008) Antioxidant activity assays on-line with liquid chromatography. *J Chromatogr A* **1210**, 121–34.
- Park EJ and Jhon DY (2006) Preparation and characterization of yogurt prepared with salted bamboo shoots. *Korean J Food Culture* **21**, 179–86.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, and Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* **26**, 1231–7.
- Wang Y and Ho CT (2009) Polyphenolic chemistry of tea and coffee: a century of progress. *J Agric Food Chem* **57**, 8109–14.
- Yoo MJ and Chung HJ (1999) Chemical properties of Bamboo shoots and their changes of chemical components during the manufacture of pickles. *Korean J Food Nutr* **12**, 575–81.
- Zhang Q, Zhang J, Shen J, Silva A, Dennis AD, and Barrow CJ (2006) A simple 96-well microplate method for estimation of total polyphenol content in seaweeds. *J Appl Phycol* **18**, 445–50.