

원적외선 처리가 녹차의 항산화능과 카테킨 함량에 미치는 영향

- 연구노트 -

김소영 · 정석문 · 이승철[†]

경남대학교 식품생명공학부

Effect of Far-Infrared Irradiation on the Antioxidant Activity and Catechin of Green Tea

So-Young Kim, Seok-Moon Jeong and Seung-Cheol Lee[†]

Division of Food and Biotechnology, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

Abstract

The effect of far-infrared (FIR) treatment on total flavanols contents and catechin composition of green tea were determined by vanillin spectroscopic and HPLC methods. Total flavanols content of green tea increased from 145 mg/g to 160 mg/g after FIR treatment for 10 min, but decreased from 146 to 90 mg/g after FIR treatment for 20 min. Among nine catechins of green tea, epicatechin derivatives decreased continuously with treatment time of FIR, while catechin derivatives increased up to 10 min and decreased to 20 min. These results indicate that FIR treatment exerting appreciable influence on catechin content of green tea may be useful as one of processing method improving quality of green tea.

Key words: green tea, far-infrared treatment, total flavanols, catechin composition

서 론

차는 차나무과의 목본성 상록관인 차나무의 어린 잎을 채취하여 가공한 것을 일컫는다. 차의 분류는 잎을 채취하는 시기와 발효의 정도에 따라서, 산화 효소를 파괴하여 발효를 방지한 불 발효차, 발효가 85%이상인 발효차, 10~65% 발효를 시킨 반 발효차로 구별하며, 녹차는 불 발효차에 해당한다(1). 녹차는 polyphenol, 췌유질, 단백질, 탄수화물, 유리당, 지방, 유리 아미노산, peptide, caffeine, 무기질, 유기산 등으로 구성되어 있다(2). 녹차의 성분 중 가장 많이 차지하는 것은 polyphenol로서 전량의 20~35%를 차지하고 있으며, 종류로는 flavonoid와 이의 유도물질인 flavanol, flavanones, antocyanidins, flavones, flavonols 그리고 polyphenolic acid 등이 있다(3). 녹차의 flavonoid는 암, 뇌졸증, 심혈관 질환 등의 발생률을 낮추며, 특히 flavonoid의 유도체 중 flavanols은 항산화 효능, 항돌연변이, 항암, 항 발암성 효능 등의 생리활성 효과가 있다고 보고되었다(4,5). 특히, polyphenol의 90% 이상이 flavonoid의 유도체 중 단량체인 flavan 3-ol로 가장 많은 양을 차지하며, 이 단량체 flavan 3-ol을 catechin류라고 명명한다(6).

녹차의 유용 물질은 가공 방법에 따라 추출 효율이 달라진다(7,8). 식물체에 존재하는 항산화성 폐놀 화합물은 유리되어 있는 형태보다는 대부분이 불용성 고분자 폴리머에 공유

결합되어 존재한다(9). 식물 유래 유용 항산화 물질을 추출하기 위해서는 고분자 물질로부터 유리 활성화시키는 것이 필요하며 이를 위해 다양한 시도가 이루어졌다(10-12).

Niwa와 Miyachi는 천연 항산화 물질들은 중합체인 polyphenol, tocopherol, flavonoid 등의 고분자를 가지고 있는데 원적외선 처리가 이들을 저분자로 유리시킨다고 보고한 바 있다(13,14). Lee 등도 원적외선 처리로 인하여 왕겨의 고분자 polyphenol들이 유리되어 항산화능이 증가되었다는 결과를 보고한 바 있다(15). 이에 본 연구에서는 원적외선 조사가 녹차의 총 flavonol 함량, DPPH 라디칼 소거능, catechin류의 함량 변화에 미치는 영향을 확인하였다.

재료 및 방법

녹차 및 시약

실험에 이용한 녹차는 관목형으로 중국 농업 과학원의 용정(龍井)이라는 품종으로 제조한 용정차를 구입한 후 사용하였다. (-)-Gallocatechin (GC), (+)-catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), (-)-gallocatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), (-)-catechin gallate (CG), methanol (analysis grade), orthophosphoric acid는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 그 외

[†]Corresponding author. E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr
Phone: 82-55-249-2684, Fax: 82-55-249-2995

의 시약들도 모두 분석용 이상을 구입하여 이용하였다.

원적외선 처리 및 녹차 추출물 조제

녹차 2.0 g을 유리 페트리 접시(\varnothing 8.0 cm)에 놓고 원적외선 건조기(A-Sung Test Machine, Korea)를 이용하여 120°C에서 10분과 20분 동안 각각 처리하였다. 처리된 녹차 1.0 g을 80°C의 증류수 100 mL로 5분간 침출하여 Whatman No. 1 여과지에 여과하여 시료로 사용하였다.

총 flavanol 함량

Price 등의 방법(16)을 변형하여 사용하였다. 즉, 8.0% methanol에 녹인 2.0% vanillin 시약 1.0 mL와 녹차 추출물 0.2 mL을 혼합하여 어두운 곳에서 20분 방치한 후 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. (+)-Catechin을 표준물질로 하여 검량곡선을 작성하여 총 flavanol 함량을 계산하였다.

라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois(17)에 준하여 실시하였다.

HPLC 분석

Catechin 류의 분석에는 HPLC를 이용하였다(18). HPLC는 Shimadzu사(Shimadzu, Kyoto, Japan)의 것을 이용하였는데, CTO 10AVP column oven, LC-6AD pump, SIL-10ADVP auto sample injector 그리고 SPD-10AVP UV/VIS detector로 구성되었으며, 210 nm에서 흡광도를 측정하였다. 칼럼은 Shim-pack CLC guard column(10×4 mm) \times 결합된 Shimadzu Shim-pack VP ODS column 5 μ m (250×4.6 mm)을 사용하였으며, 칼럼 온도는 40°C로 고정하였다. 이동상의 용매 A는 0.1% orthophosphoric acid(v/v, in H₂O)이며, B는 0.1% orthophosphoric acid(v/v, in methanol)를 사용하였다. 이동상의 유속은 1.0 mL/min이었고, 용매 구배는 0~5분 B용매 40%, 5~12분 B용매 40~50%, 12~27분 B용매 50%로 유지, 27~30분 B용매 50~20%, 그리고 30~35분 B용매 20~0%로 하였다.

통계처리

데이터의 통계처리는 각 시료를 3회 반복으로 행해졌으며, SAS(Statistical Analysis System)를 이용하여 평균과 표준오차, Newman-Keul's multiple range tests로 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다(19).

결과 및 고찰

총 flavanol 함량 측정

(+)-Catechin을 표준 물질로 하여 vanillin 시약을 사용한 총 flavanol 함량의 측정은 축합형 탄닌의 기본 구조를 하고 있는 flavan 3-ol(catechin)과 flavan 3,4-ols, catechin의 oligo 형태와 polymer 형태의 procyanidin, 함량을 측정할 수 있는 방법으로 알려져 있다(16). 원적외선 처리에 의한 녹차 추출물의 총 flavanol 함량 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 녹차

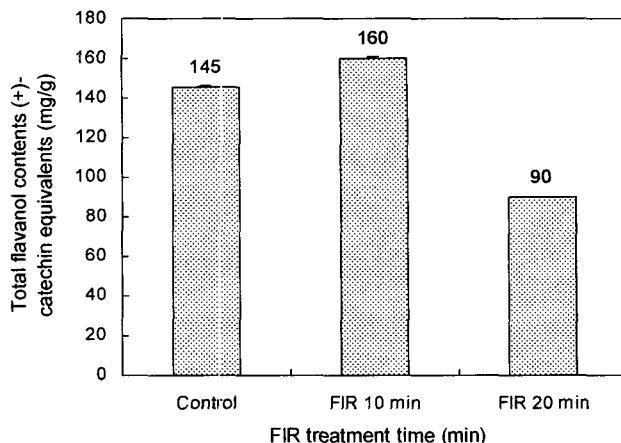


Fig. 1. Effect of far infrared (FIR) treatment on the total flavanol contents of green tea water extracts.

Total flavanols were expressed as (+)-catechin equivalents in dried green tea. Error bars represent standard deviation of mean of three values. All values were compared by Newman-Keul's multiple range tests at $p < 0.01$.

추출물의 총 flavanol 함량은 원적외선을 10분 처리한 경우 160 mg/g로서 무처리구의 145 mg/g보다 15 mg/g 증가를 나타내었다. 반면, 원적외선 20분 처리구는 90 mg/g으로 대조구에 비해 55 mg/g 감소하였다.

Lee 등(15)은 원적외선을 왕겨에 30분간 조사하면 페놀 함량이 0.12 mM에서 0.20 mM로 증가하였으며, 원적외선 처리를 통해 종합체의 polyphenol을 유리시킬 수 있다고 보고하였으며, 100°C의 일반 발열체는 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 그러나, Nebesny와 Budrym(20)은 커피에 마이크로 웨이브(750W)와 발열체(230°C)를 처리하였을 때 무처리구(7.15 g/100 g)에 비해 마이크로 웨이브는 2.19 g/100 g으로, 발열체는 2.07 g/100 g으로 각각 페놀 함량이 감소하였다고 보고하였다. 이는 대상 식물체에 따라 유용 물질을 유리시키는 방법의 차이가 있음을 의미한다.

라디칼 소거능

원적외선 처리에 따른 녹차 추출물의 전자 공여능을 측정한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. DPPH는 안정한 라디칼로서 환원되면 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 수소공여능을 측정하는데 널리 이용되고 있다(17). 원적외선을 10분간 처리한 녹차 추출물의 경우 62.57%의 DPPH 라디칼 소거능을 보였으며, 무처리구의 61.58%에 비해 약간의 증가를 나타내었다. 그러나, 원적외선을 20분간 처리한 경우에는 59.98%로서 무처리구에 비해 조금 감소하였다. 녹차추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 총 flavanol 함량의 변화(Fig. 1)와 비슷한 경향을 나타내었는데, 이는 녹차 내의 flavanol 함량과 녹차의 라디칼 소거능과 밀접한 관계가 있음을 시사한다.

HPLC 분석

원적외선 처리에 따른 녹차 추출물의 catechin류의 함량 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 원적외선을 처리하지 않은 녹

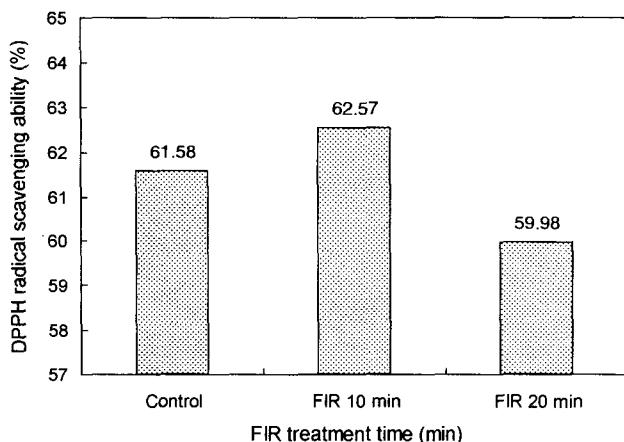


Fig. 2. Effect of far infrared (FIR) treatment on the DPPH radical scavenging ability (RSA) of green tea water extracts. Error bars represent standard deviation of mean of three values. All values were compared by Newman-Keul's multiple range tests at $p < 0.01$.

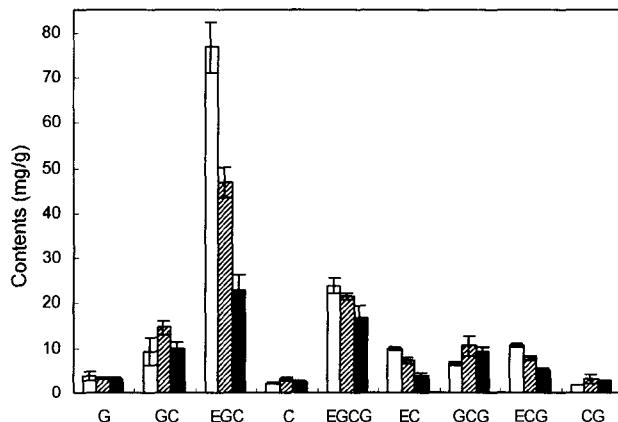


Fig. 3. Effect of far infrared (FIR) treatment on the catechin composition of green tea water extracts.

Each quadrangle indicates the green tea water extract from FIR treated for □, 0 min; ▨, 10 min; and ■, 20 min. Abbreviations mean; G, gallic acid; GC, gallocatechin; EGC, epigallocatechin; C, catechin; EGCG, epigallocatechin-3-gallate; EC, epicatechin; GCG, gallocatechingallate; ECG, epicatechingallate; and CG, catechingallate. Error bars represent standard deviation of mean of three values. All values were compared by Newman-Keul's multiple range tests at $p < 0.05$.

차 추출물에서는 epicatechin류[EGC(76.66 mg/g), EGCG(23.89 mg/g), EC(9.98 mg/g), ECG(10.63 mg/g)]가 다른 처리구들보다 높은 함량을 나타내었고, 반면 원적외선 10분 처리시의 경우 GC(14.49 mg/g), C(3.11 mg/g), GCG(10.49 mg/g), CG(2.97 mg/g)과 같은 catechin류의 함량은 다른 처리구들보다 증가하였다. 그러나, 원적외선 20분 처리 시에는 epicatechin류, catechin류 모두 감소하였다. 즉, 원적외선을 처리함에 따라 먼저 epicatechin류가 감소하여 catechin류의 함량이 증가하다가 시간이 지나면서 catechin류의 함량도 감소하는 경향을 보였다.

Catechin류는 구조적으로 안정한 구조를 가지고 있는 C-

,3 trans^o이고, epicatechin류는 구조적으로 불안정인 C-2,3 cis 구조를 가지고 있다. Wang 등(18)은 일반적인 녹차 추출물의 EGCG는 0.5474 mg/mL이지만, 이 추출물을 121°C에서 1분간 가열 처리하면 0.2570 mg/mL로 감소하고 이를 50°C에서 12일간 저장하면 0.0717 mg/mL로 감소한다고 보고하였다. 그러나, EGCG의 epimer인 GCG의 함량은 비열 처리인 경우 0.0097 mg/mL에서 가열처리 후 0.0725 mg/mL로 증가하였다. 따라서, 본 연구에서도 원적외선을 처리하였을 때의 온도가 120°C이므로 epicatechin류가 이성질체인 catechin류로 전환되며, 원적외선 처리 시간이 길어지면 catechin류의 분해가 유발되어지는 것으로 생각된다.

녹차의 활성에는 epicatechin류가 매우 중요한 역할을 하는 것으로 보고되었지만(6,21), 본 연구에서는 원적외선 처리에 의해 감소하는 것으로 조사되었다. 그러나 전체적인 flavanol 함량과 항산화능은 원적외선을 10분간 처리하였을 때 무처리구에 비해 증가하였다. 따라서, 향후 녹차의 각 가공 공정 및 녹차 완제품에 대한 다양한 원적외선의 처리로 녹차의 품질을 향상시키는 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

요약

본 연구에서는 녹차 완제품에 원적외선을 처리한 후 물 추출물을 제조하여 항산화능 및 catechin류의 변화를 조사하였다. 녹차 물 추출물의 flavanol 함량은 무처리구(145 mg/g)에 비하여 원적외선을 10분간 처리한 경우 160 mg/g로 증가하였으나, 20분간 처리하였을 경우에는 90 mg/g으로 감소하였다. 또한, DPPH 라디칼 소거능의 경우 원적외선을 10분간 처리한 녹차 추출물의 경우 62.57%로서 무처리구의 61.58%에 비해 약간의 증가를 나타내었지만, 원적외선을 20분간 처리한 경우에는 59.98%로서 감소하였다. 한편, 녹차 추출물의 epicatechin류(EGC, EGCG, EC, ECG)의 함량은 원적외선의 처리 시간이 증가할수록 감소하였으며, catechin류(GC, C, GCG, CG) 함량은 원적외선을 10분간 처리하였을 때 가장 높게 관찰되었다.

감사의 글

본 연구는 2003학년도 경남대학교 학술논문제재연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

문헌

- Choi OJ. 2003. Physicochemical properties of Korean wild teas (green tea, semi-fermented tea, and black tea) according to degree of fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 356-362.
- Sato T, Miyata G. 2000. The nutraceutical benefit, part I:

- Green tea. *Nutr* 16: 315-317.
3. Graham HN. 1992. Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Prev Med* 21: 334-350.
 4. Yamanishi T, Hara Y, Luo S, Wickremasinghe RL. 1995. Special issue on tea. *Food Rev Int* 11: 371-546.
 5. Ahmad N, Mukhtar H. 1999. Green tea polyphenols and cancer: biologic mechanisms and practical implications. *Nutr Rev* 57: 78-83.
 6. Henning SM, Fajardo-Lira C, Lee HW, Youssefian AA, Go VL, Heber D. 2003. Catechin content of 18 teas and a green tea extract supplement correlates with the antioxidant capacity. *Nutr Cancer* 45: 226-235.
 7. Gulati A, Rawat R, Singh B, Ravindranath SD. 2003. Application of microwave energy in the manufacture of enhanced-quality green tea. *J Agric Food Chem* 51: 4764-4768.
 8. Wang LF, Kim DM, Lee CY. 2000. Effects of heat processing and storage on flavanols and sensory qualities of green tea beverage. *J Agric Food Chem* 48: 4227-4232.
 9. Herrmann K. 1989. Occurrence and content of hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 28: 315-347.
 10. Gil-Izquierdo A, Gil MI, Tomas-Barberan FA, Ferreres F. 2003. Influence of industrial processing on orange juice flavanone solubility and transformation to chalcones under gastrointestinal conditions. *J Agric Food Chem* 51: 3024-3028.
 11. Duh PD, Yen GC, Yen WJ, Chang LW. 2001. Antioxidant effects of water extracts from barley (*Hordeum vulgare* L.) prepared under different roasting temperatures. *J Agric Food Chem* 49: 1455-1463.
 12. Nicoli MC, Anese M, Manzocco L, Lerici CR. 1997. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *Lebensm Wiss Technol* 30: 292-297.
 13. Inoue S, Kabaya M. 1989. Biological activities caused by far-infrared radiation. *Int J Biometeorol* 33: 145-150.
 14. Niwa Y, Miyachi Y. 1986. Antioxidant action of natural health products and Chinese herbs. *Inflammation* 10: 79-91.
 15. Lee SC, Kim JH, Jeong SM, Kim DR. 2003. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls. *J Agric Food Chem* 51: 4400-4403.
 16. Price ML, Scoyoc SV, Butler LG. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J Agric Food Chem* 26: 1214-1218.
 17. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 18. Wang H, Provan GJ, Hellier K. 2003. HPLC determination of catechins in tea leaves and tea extracts using relative response factors. *Food Chem* 81: 307-312.
 19. SAS Institute. 1995. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 20. Nebesny E, Budry G. 2003. Antioxidative activity of green and roasted coffee beans as influenced by convection and microwave roasting methods and content of certain compounds. *Eur Food Res Technol* 217: 157-163.
 21. Toschi TG, Bordoni A, Hrelia S, Bendini A, Lercker G, Biagi PL. 2000. The protective role of different green tea extracts after oxidative damage is related to their catechin composition. *J Agric Food Chem* 48: 3973-3978.

(2004년 1월 27일 접수; 2004년 3월 30일 채택)