pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 31, No. 2, pp. 132~139 (2016)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2016.31.2.132

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

다류의 유형별 항산화 성분함량 및 항산화 활성 연구

김명길* · 오문석 · 전종섭 · 김한택 · 윤미혜
경기도보건환경연구원 보건연구기획팀

A Study on Antioxidant Activity and Antioxidant Compound Content by the Types of Tea

Myeong-Gil Kim*, Moon-Seog Oh, Jong-Sup Jeon, Han-Taek Kim, and Mi-Hye Yoon
Public Health Research Planning Team, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment
(Received February 23, 2016/Revised March 4, 2016/Accepted April 8, 2016)

ABSTRACT - The purpose of this study was to investigate the contents of antioxidant compounds and antioxidant activities in teas. A total of 99 teas were tested for their antioxidant activities based on their ability to scavenge DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) free radical. Antioxidant activity was expressed as mg of ascorbic acid equivalents per 100 g tea sample (L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, AEAC) and was expressed as mg per 1 serving size (free radical scavenging activity, FSC_{50}). The total polyphenol contents of the extracts was quantified using the Folin-Ciocalteu method and the total flavonoid contents of the extracts was determined using a modied method of Davis. Vitamin C was analyzed by HPLC method. According to the AEAC value, mate tea, green tea, black tea, oriental raisin tea, chamomile tea and burdock tea showed relatively high antioxidant activities. Polyphenolic compounds were the major naturally occurring antioxidant compounds found in teas and the high concentrations of total polyphenol compounds were observed in black tea, green tea and mate tea. The high concentrations of total flavonoid compounds were observed in mate tea, black tea and yam tea and the amount of vitamin C contents were found to be high in citron tea and green tea. As a result, steeping tea was much higher in antioxidant activity than either powdered tea or liquefied tea. According to the study, a high correlation was demonstrated between the total polyphenol contents and antioxidant activities in teas (r = 0.846) and correlations between the total flavonoid contents and antioxidant activities was statistically significant in teas (r = 0.625). It was found that also the proportional relationship established among the total polyphenol content and antioxidant activities. That is, antioxidant activity of teas has been confirmed to have been caused by the total polyphenol.

Key words : antioxidant activity, polyphenol, flavonoid, vitamin C

최근 들어 소득향상과 더불어 소비자들의 건강에 대한 관심이 증가하고 개인의 기호식품인 다류의 영양학적인 특성과 다양한 생리활성에 대한 연구보고가 알려지면서 소비가 빠르게 증가하고 있다. 우리나라는 예로부터 녹차를 즐겨 마셨는데 이는 차가 가지는 독특한 향과 맛으로 인한 것으로 생각된다. 녹차는 토마토, 브로콜리, 마늘 등과 함께 미국 시사주간지 [타임(Time)]이 선정한 '세계 10대 건강식품'에 속할 만큼 우리 몸에 이로운 식품으로 각광받아왔고 그 유용성분, 생리 활성, 그리고 항산화 활성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 차는 동백과(Theaceae), 동백속(Camellia)에 속하는 차나무(Camellia sinensis O. Kuntze)의 싹이나 잎을 가공한 것으로서 차 생엽에는 수분이 75~80%, 고형분이 20~25% 함유되어 있으며 고형분에는 카테킨, 카페인, 아미노산, 섬유소, 펙틴 등의 유기물과 지질, 수지류, 정유, 비타민, 클로로필 등 다양한 성분이 함유되어 있다[1,2].

이 성분들이 차의 독특한 맛과 풍미를 형성하며 특히 항산화 물질인 카테킨류에 의한 콜레스테롤 상승 억제, 혈당 상승 저해, 동맥경화방지, 항산화, 항균, 항궤양 및 돌연변이 억제 작용 등의 생리활성 효능이 과학적으로 규명되었다[3-9].

특히, 차의 항산화 물질은 활성산소를 제거하는 역할을 하는데 활성산소는 인간을 포함한 생물이 호흡이라는 과정을 통하여 에너지를 얻고 신진대사를 하는 과정에서 흡

*Correspondence to: Myeong-Gil Kim, Gyeonggi-do Institute of Health & Environment 95, Pajangcheon-ro, Jangan-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, Korea
Tel: 82-31-250-2581, E-mail: myungill@gg.go.kr

입된 산소의 약 2%가 활성산소로 변환되어 만들어 진다. 활성산소는 superoxide radical (O_2–), hydroxy radical (HO·) 등과 같은 free radical의 형태로 존재하며, 이러한 활성산소는 불안정한 성격을 띠고 있어 주위의 물질과 반응성이 강해 세포 내 단백질이나 지질분자는 물론이고 유전정보를 함유한 DNA에 까지도 산화적 손상을 입히며 결과적으로 세포에 치명적인 피해 입혀 다양한 질병을 유발하는 것으로 알려져 있다[10].

항산화 물질은 동・식물계에 널리 분포되어 있으며, 과일과 채소에 많은 페놀성 화합물, 플라본 유도체, 토코페롤류, 셀레늄, 비타민 C, 카로티노이드 등의 비효소계 천연 항산화제와 글루타치온 등의 아미노산이 있다. 항산화 물질 일부는 금속 복합체를 형성하는 작용을 하며, 주요 기능은 1차적 항산화 활성을 나타내어 지방산화를 지연시키거나 방지하며 암, 심혈관계 질환을 예방, 지연시킴으로서 노화방지에 중요한 역할을 한다[11]. 폴리페놀은 녹색 식물의 광합성 작용에 의해 생성된 당의 일부가 변화한 2차 대사산물로 벤젠고리(C_6H_6)의 수소 중 하나가 수산기(OH–)로 치환된 물질을 페놀이라 하고 2개 이상 갖고 있는 물질을 폴리페놀 또는 다가페놀이라고 한다. 이러한 폴리페놀은 크게 플라보노이드와 비플라보노이드의 두 그룹으로 구분할 수 있으며, 또는 구조의 특성에 따라 페놀산, 플라보노이드, 스틸벤, 리그난 등 4종류로 분류할 수 있다. 최근 폴리페놀류가 주목받고 있는 이유는 생체 내에서 항산화제로 작용함으로써 건강유지와 질병예방 등에 기여할 것으로 기대되기 때문이다[12]. 플라보노이드는 식물이 함유하고 있는 노란색을 띤 천연 물질을 총칭하고 식물 자신이 태양의 자외선으로부터 자기 자신을 방어하기 위해 만들어낸 페놀성 천연물질로 이들은 당과 결합하여 배당체로 존재하는 경우가 많으므로 보통은 수용성을 띠고 있다. 일반적으로 이들은 화학구조 중 산화 정도에 따라 안토시아니딘류, 플라바논류, 플라바놀류, 플라보놀류, 플라본류, 이소플라본류로 6개 그룹으로 나뉘고[12] 구조에 따라 특정 플라보노이드는 항산화, 항균성, 면역증강, 순환기 질병예방, 모세혈관 강화 등 다양한 생리활성을 나타낸다[13-15]. 수용성 비타민인 비타민 C는 항산화 물질로 신체를 활성산소로부터 보호하여 암, 동맥경화, 류머티즘 등을 예방해 주며, 면역 체계도 강화시킨다. 결합조직과 지지조직의 형성에 가담하여 피부와 잇몸의 건강을 지켜준다. 비타민 C가 세포의 산화를 방지하여 암과 각종 만성 질환을 예방・치료하고, 노화도 억제한다는 논문들이 보고되고 있다[16].

‘2015 가공식품 세분시장 현황’보고서에 따르면 차음료 시장에도 세대교체가 이루어지고 있다고 한다. 홍차, 녹차, 옥수수차의 소비가 줄고 마테차, 도라지차, 우엉차, 헛개차 등의 매출이 증가했고 차의 유형도 간편히 음용할 수 있는 액상차의 생산량이 늘고 직접 우려 먹여야 하는 침출자의 생산이 감소한 것으로 나타났다. TV, 인터넷 매체나 광고 등을 통해 스트레스 해소, 노화방지, 면역력 강화 등 항산화 물질에 대한 효능이 알려지면서 소비자들은 항산화 물질이 함유되어 있는 음식을 선호하게 되었다. 또한 개인의 기호식품으로 다류의 소비가 증가하면서 여러 종류의 다류가 가지고 있는 효능에 대한 관심도 더불어 증가하고 있다. 기존의 연구결과를 살펴보면, 녹차나 홍차 등 차에 대한 항산화 활성에 대한 연구는 많으나 다류의 유형별 항산화 활성에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 우리가 즐겨 마시는 다류의 항산화 활성, 폴리페놀, 플라보노이드 그리고 비타민 C 함량을 분석하고 이들의 상관관계를 통해 항산화 성분이 다류의 항산화 활성에 미치는 영향과 음용방법에 따른 다류의 유형별 항산화 활성을 살펴보고자 하였다.

Materials and Methods

재료 및 항목

2015년 3월부터 5월까지 경기도 소재 대형마트와 인터넷 쇼핑몰을 통해 시중 유통 판매되고 있는 다류 총 99건을 구매하였다. 유형별로 침출차 45건(홍차, 국화차 각각 10건, 마테차 8건, 녹차 8건, 우엉차 7건, 마차, 헛개차 각각 1건), 고형차 30건(녹차 2건, 대추차 4건, 마차 6건, 마테차 1건, 생강차 4건, 쌍화차 6건, 율무차 4건, 기타고형차 3건), 액상차 24건(대추차 3건, 마테차 1건, 생강차 3건, 우엉차 2건, 유자차 9건, 헛개차 6건)에 대하여 항산화 활성, 폴리페놀, 플라보노이드, 비타민 C를 분석하여 항산화 활성과 항산화 성분함량과의 상관관계 분석하였다.

시약 및 분석기기

본 연구에 사용된 시약은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazy), folin-ciocalteu’s phenol reagent, potassium phosphate monobasic (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA), ethanol, meta-phosphoric acid (Sigma-Aldrich Co., St Louis, USA), ascrobic acid, naringin (Sigma Chemical Co., Mainland, China), methanol, ethanol (Budrick & Jackson, Muskegon, MI, USA), tannic acid (Sigma-Aldrich Co., Mainland, China), sodium carbonate (Sigma-Aldrich Co., Tokyo, Japan), diethylen glycol (Sigma-Aldrich Co., Taufkirchen, Germany), 1 mol/L sodium hydroxide solution (Wako Chemicals Inc., Osaka, Japan)을 사용하였다. 증류수는 Thermo Scientific Barnstead NANO pure Diamond (Reverse Osmosis, Model D126611 /D11911, Banstead, Dubuque, Iowa, USA)를 이용하여 18.2 MΩ수준으로 정제하여 사용하였다. 추출 시료 여과에는 Whatman No. 2 여과지(Toyo Ltd., Tokyo, Japan)를, 표준액 여과에는 Membrane syringe filter (PTFE 25 mm, 0.45 μm, Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 사용된

기기는 항온수조(Lab. companion CW-10GL, Kimpo-city, Korea), 원심분리기(Combi-514R, Hanil, Inchun, Korea), 초음파 추출기(Elma 460H, Pforzheim, Germany), 마이크로플레이트리더(Versa Max Molecular Devices Corp. Sunnyvale, California, USA), HPLC (Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 사용하였다.

시료 추출액의 조제

항산화 활성을 측정하기 위한 시료의 추출은 유형별로 각 제조사의 음용방법에 기재된 양(1회 제공량)을 취하여 침출차는 100ºC 증류수 100 mL로 3분간 추출하고 고형차는 100ºC 증류수 100 mL를 가하여 녹였다. 액상차는 원액을 그대로 음용하는 경우, 그 자체를 취하여 측정하고 희석하여 음용하는 경우는 100ºC 증류수 100 mL를 가하여 녹인 후 Whatman No. 2 여과지로 여과하여 시료 추출액으로 사용하였다.

항산화 활성 측정방법

다류의 항산화 활성은 DPPH 라디컬 소거능의 방법으로 측정하였다[17-19]. DPPH (1,1-diphenyl-2- picrylhydrazyl)는 자체가 매우 안정한 자유라디칼로써 항산화 물질로부터 전자 혹은 수소를 제공받으면 비라디칼로 전환되면서 흡광도가 보라색에서 노란색으로 변화한다. 본 연구에서는 이러한 원리를 이용하여 항산화 물질의 항산화 능력을 측정하였다.

Flat-bottom 96 well plate에 시료 추출액와 표준용액(ascorbic acid 1 mg/mL)을 sample solvent로 희석하여 희석배수에 따라 넣고 0.2 mM DPPH 용액을 가한 후 상온, 암소에서 1시간 정치한 후 마이크로플레이트리더로 517 nm에서 흡광도를 측정하고 다음 식에 의해 DPPH의 활성 저해율(inhibition, %)을 나타내었다.

$$Inhibition(\%) = \left\{1 - \left[\frac{(A_{Experiment} - A_{Sample\ blank})}{(A_{Control} - A_{Control\ blank})}\right]\right\} \times 1$$

*$A_{Experiment}$: sample (standard) 100 μL + DPPH 150 μL

$A_{Sample\ blank}$: sample (standard) 100 μL + DPPH solvent 150 μL

$A_{Control}$: sample solvent 100 μL + DPPH 150 μL

$A_{Control\ blank}$: sample solvent 100 μL + DPPH solvent 150 μL

소거 활성은 DPPH의 농도가 50% 감소되는데 필요한 시료의 농도(free radical scavenging activity, FSC_{50}, mg/mL)로서 표기하였고 AEAC (ascorbic acid equivalent antioxidant capacity)값은 ascorbic acid의 FSC_{50}(0.0024 mg/mL)과 비교하여 아래의 식으로 계산하였다.

AEAC(mg AA / 100 g) = (FSC_{50}(ascorbate acid) / FSC_{50} (sample)) × 100,000

폴리페놀 시험방법

다류 중 폴리페놀 함량은 몰리브데늄염의 색변화를 이용하여 흡광도를 측정하는 Folin-Ciocalteu법에 의해 산출하였다[20-22]. 시험용액은 원액과 희석액 20 μL에 증류수 140 μL를 넣어 희석하고 1N folin-ciocalteu's reagent 20 μL를 넣은 후 3분간 상온에서 반응시키고 반응이 끝나면 10% sodium carbonate용액 20 μL를 넣어 암소에서 1시간 반응시켰다.

표준 검량선을 작성하기 위해 tannic acid 표준용액(1 mg/mL)을 각각 1/2씩 단계 희석하여 총 8개의 표준용액을 만든 후 시험용액과 동일하게 처리하여 암소에서 1시간 반응시키고 반응이 끝난 시험용액과 표준용액은 마이크로플레이트리더로 700 nm의 파장에서 측정하였다. 시료 추출액의 결과 값은 tannic acid 표준용액의 검량선을 이용하여 1회 제공량 당 폴리페놀 함량(mg)을 구하였다.

플라보노이드 시험방법

다류 중 플라노보이드 함량 시험은 플라보노이드에 알칼리를 작용시키면 헤스페리딘과 나린진 등의 플라바논이나 수용성 플라보놀 배당체가 황색을 나타내게 되는데 이때 흡광도를 측정하는 방법인 Davis변법을 사용하였다[23]. 시료 추출액 0.2 mL를 시험관에 취하고 diethylene glycol 2 mL를 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1 mol/L sodium hydroxide solution 0.2 mL를 잘 혼합시켜 37ºC의 항온수조에서 1시간 동안 반응시킨 후 마이크로플레이트리더로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 naringin을 이용하여 검량선을 작성하고 이에 대입하여 1회 제공량 당 플라보노이드 함량(mg)을 구하였다.

비타민 C 시험방법

비타민 C는 식품공전 일반시험법[24]을 응용하여 측정하였다. 시료 약 2 g에 10% 메타인산용액 10 mL를 넣고 70ºC의 수조에서 30분간 추출한 후 5% 메타인산용액을 넣어 총 50 mL가 되도록 하고 70ºC의 수조에서 1시간 30분간 더 추출한 후 원심분리(3,000 rpm, 15분, 4ºC)하고 membrane syringe filter로 여과하여 시험용액으로 하고 이를 HPLC를 이용하여 분석하였다.

HPLC-DAD 분석조건

HPLC는 DAD가 장착된 HPLC system (SPD-M20A Detector, LC20 AD Pump, SIL-20A Autosampler, CTO-20A Column Heater, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)을 사용하였고, 컬럼은 Sun Fire C_{18} (150 × 4.6 mm, 5 μm, Waters, Dublin, Ireland)을 사용하였다. 이동상은 0.01 M KH_2PO_4 용액을 사용하였고, 유속 0.5 mL/min로 흘려주었다. 측정파장은 254 nm이었다.

통계분석

모든 실험은 3회 반복으로 실시하였으며 결과는 평균에 대한 표준편차로 나타내었다. 유의성과 상관관계는 SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 99% 신뢰수준($p < 0.01$)에서 검정하였다.

Results and Discussion

다류의 항산화 활성

DPPH법을 이용한 free radical 소거 활성은 Sigma plot 10.0을 이용하여 DPPH의 농도가 50% 감소되는데 필요한 시료의 농도(free radical scavenging activity, FSC_{50}, mg/mL)로서 나타냈고 표준용액으로 사용된 ascorbic acid (1 mg/mL)의 항산화 능력(FSC_{50}, mg/mL)은 0.0024로 나타났다. FSC_{50} 값은 작을수록 높은 항산화 능력을 나타내며 ascorbic acid의 항산화 능력과 비교하여 계산된 AEAC 값은 클수록 항산화 능력이 높게 나타낸다.

Table 1에서 보는 바와 같이 FSC_{50} 값(mg/1회 제공량)은 홍차, 녹차, 마테차에서 1.5 ± 0.6, 2.8 ± 2.4, 4.0 ± 3.7로 높은 항산화 활성을 나타냈고 그밖에 쌍화차, 기타고형차, 우엉차, 헛개차, 국화차, 대추차, 생강차, 율무차, 유자차, 마차는 19.1 ± 6.6, 20.4 ± 17.1, 31.8 ± 0.8, 42.2 ± 33.1, 49.7 ± 25.0, 50.6 ± 24.8, 52.3 ± 21.7, 56.1 ± 21.9, 60.8 ± 19.9, 74.2 ± 28.1로 나타났다. AEAC 값(mg AA/100 g)은 마테차, 녹차, 홍차에서 904.2 ± 811.2, 875.2 ± 595.5, 864.7 ± 246.0로 다른 차에 비해 매우 높은 항산화 활성을 갖고 있는 것으로 나타났고 그밖에 헛개차, 국화차, 우엉차, 기타고형차, 마차, 쌍화차, 대추차, 유자차, 생강차, 율무차는 각각 90.7 ± 36.4, 85.1 ± 35.5, 83.6 ± 41.4, 37.0 ± 2.5, 8.6 ± 18.4, 8.2 ± 3.6, 3.3 ± 2.7, 3.2 ± 5.1, 3.0 ± 1.8, 2.7 ± 0.9로 율무차, 생강차, 유자차, 대추차, 쌍화차, 마차에서 낮은 항산화 활성을 나타내었다. FSC_{50} 값과 AEAC 값의 결과가 정확히 반비례하지 않는 이유는 항산화 활성을 FSC_{50} 값은 제품의 1회 제공량으로 각 제품마다 양이 상이하였고, AEAC

Table 1. Antioxidant activity of various teas as affected by drinking method

Teas	Total	FSC_{50} value[1] (mg/1 serving size)	AEAC value[2] (mg AA/100 g)	Tape	Total	FSC_{50} value (mg/1 serving size)	AEAC value (mg AA/100 g)
Chamomile tea	10	49.7 ± 25.0	85.1 ± 35.5	S[3]	10	49.7 ± 25.0	85.1 ± 35.5
Green tea	10	2.8 ± 2.4	875.2 ± 595.5	P[4]	2	2.2 ± 0.4	748.1 ± 391.4
				S	8	2.9 ± 2.7	907.0 ± 654.5
Jujube tea	7	50.6 ± 24.8	3.3 ± 2.7	P	4	54.9 ± 31.3	4.0 ± 3.6
				L[5]	3	45.0 ± 17.2	2.5 ± 0.6
Yam tea	7	74.2 ± 28.1	8.6 ± 18.4	P	6	84.0 ± 12.1	1.7 ± 0.3
				S	1	15.5	50.3
Mate tea	10	4.0 ± 3.7	904.2 ± 811.2	P	1	1.5	3145.1
				L	1	3.5	673.2
				S	8	4.4 ± 4.0	652.9 ± 221.2
Ginger tea	7	52.3 ± 21.7	3.0 ± 1.8	P	4	39.3 ± 3.5	4.1 ± 1.6
				L	3	69.6 ± 10.9	1.5 ± 0.1
Ssanghwa tea	6	19.1 ± 6.6	8.2 ± 3.6	P	6	19.1 ± 6.6	8.2 ± 3.6
Burdock tea	9	31.8 ± 19.8	83.6 ± 41.4	L	2	50.6 ± 25.6	54.1 ± 27.2
				S	7	26.5 ± 16.3	92.0 ± 42.3
Citron tea	9	60.8 ± 19.9	3.2 ± 5.1	L	9	60.8 ± 19.9	3.2 ± 5.1
Yulmu tea	4	56.1 ± 21.9	2.7 ± 0.9	P	4	56.1 ± 21.9	2.7 ± 0.9
Oriental raisin tea	7	42.2 ± 33.1	90.7 ± 36.4	L	6	44.3 ± 35.7	94.6 ± 38.3
				S	1	29.8	67.2
Black tea	10	1.5 ± 0.6	864.7 ± 246.0	S	10	1.5 ± 0.6	864.7 ± 246.0
Other solid tea	3	20.4 ± 17.1	37.0 ± 2.5	P	3	20.4 ± 17.1	42.3 ± 66.3

[1]FSC_{50} value was expressed as mg per 1 serving size of tea sample
[2]AEAC value was expressed as mg ascorbic acid equivalent antioxidant capacity (AEAC) per 100 g of tea sample
[3]S : Steeping tea
[4]P : Powdered tea
[5]L : Liquefied tea

값은 100 g당으로 동일한 양으로 비교하여 나타냈기 때문이다.

다류의 FSC_{50} 값(mg/1회 제공량)을 유형별로 살펴보면, 녹차, 마테차, 생강차는 고형차에서, 마차, 우엉차, 헛개차는 침출차에서, 대추차는 액상차에서 낮은 값을 나타냈다. 마테차(고형차, 액상차, 침출차), 홍차(침출차), 녹차(고형차, 침출차)에서는 1회 제공량 당 5.0 mg의 낮은 FSC_{50} 값을 나타냈다. AEAC 값(mg AA/100 g)을 유형별로 살펴보면, 녹차, 우엉차, 마차는 침출차에서, 마테차, 대추차, 생강차는 고형차에서, 헛개차는 액상차에서 높은 값을 나타냈다. 그리고 마테(고형차, 액상차, 침출차), 녹차(침출차, 고형차), 홍차(침출차)에서는 100 g당 600.0 mg의 높은 AEAC 값을 나타냈다. 이와 같은 결과로 마테차, 녹차, 홍차는 다른 차보다 높은 항산화 활성을 가지고 있는 것으로 나타났고 유형별로는 침출차가 고형차나 액상차보다 높은 항산화 활성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

다류의 폴리페놀 함량

다류의 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu법에 의해 산출하여 Table 2와 같이 나타났다. tannic acid을 표준용액으로 하여 검량선을 작성하고 tannic acid의 양으로 폴리페놀 함량을 환산하였다. 1회 제공량을 기준으로 폴리페놀 함량(mg)을 살펴보면, 홍차, 마테차, 녹차에서 100.4 ± 21.7, 73.8 ± 30.2, 62.2 ± 38.4로 높은 값을 나타냈고 그 밖에 기타고형차, 쌍화차, 대추차, 우엉차, 유자차, 율무차, 마차, 헛개차, 국화차, 생강차의 폴리페놀 함량(mg TA/1회 제공량)은 각각 31.3 ± 23.1, 20.4 ± 6.4, 18.2 ± 7.4, 14.7 ± 16.4, 13.0 ± 4.7, 12.9 ± 6.7, 11.7 ± 11.9, 11.1 ± 6.1, 6.3 ± 2.7, 5.9 ± 2.4로 생강차, 국화차에서는 다른 차에 비해 낮은 함량을 나타냈다.

마테는 다양한 폴리페놀과 퀘르세틴, 캠페롤, 루틴과 같은 플라보노이드 등 다량의 파이토케미칼을 함유하고 있다. 주요 생리활성 성분 중 하나인 카페인산은 항산화, 항

Table 2. Concent of total polyphenols and flavonoids of various teas as affected by drinking method

Teas	Total	Total phenolics (mg TA[1]/ 1 serving size)	Total flavonoids (mg NA[2]/ 1 serving size)	Tape	Total	Total polyphenols (mg TA[1]/ 1 serving size)	Total flavonoids (mg NA[2]/ 1 serving size)
Chamomile tea	10	6.3 ± 2.7	6.2 ± 2.8	S[3]	10	6.3 ± 2.7	6.2 ± 2.8
Green tea	10	62.2 ± 38.4	17.8 ± 13.3	P[3]	2	41.2 ± 1.4	5.4 ± 0.0
				S	8	67.4 ± 41.7	20.9 ± 13.1
Jujube tea	7	18.2 ± 7.4	15.4 ± 5.9	P	4	14.3 ± 4.9	17.9 ± 6.4
				L[5]	3	23.4 ± 7.7	11.9 ± 3.5
Yam tea	7	12.9 ± 6.7	35.9 ± 20.5	P	6	11.3 ± 1.9	40.6 ± 17.8
				S	1	22.2	7.4
Mate tea	10	73.8 ± 30.2	75.6 ± 30.2	P	1	124.6	129.0
				L	1	36.2	32.0
				S	8	72.1 ± 24.5	74.3 ± 22.1
Ginger tea	7	5.9 ± 2.4	12.9 ± 7.7	P	4	7.6 ± 1.3	17.6 ± 7.0
				L	3	3.7 ± 0.9	6.6 ± 1.0
Ssanghwa tea	6	20.4 ± 6.4	22.4 ± 15.5	P	6	20.4 ± 6.4	22.4 ± 15.5
Burdock tea	9	11.7 ± 11.9	9.3 ± 11.9	L	2	5.5 ± 0.9	4.3 ± 1.3
				S	7	13.5 ± 13.2	10.8 ± 13.3
Citron tea	9	14.7 ± 16.4	19.6 ± 5.4	L	9	14.7 ± 16.4	19.6 ± 5.4
Yulmu tea	4	13.0 ± 4.7	15.0 ± 4.0	P	4	13.0 ± 4.7	15.0 ± 4.0
Oriental raisin tea	7	11.1 ± 6.1	4.8 ± 2.7	L	6	11.6 ± 6.5	4.5 ± 2.9
				S	1	7.6	6.1
Black tea	10	100.4 ± 21.7	41.0 ± 8.2	S	10	100.4 ± 21.7	41.0 ± 8.2
Other solid tea	3	31.3 ± 23.1	16.8 ± 9.7	P	3	31.3 ± 23.1	16.8 ± 9.7

[1]Expressed as mg tannic acid equivalent (TA) per 1 serving size of tea sample
[2]Expressed as mg naringin equivalent (NA) per 1 serving size of tea sample
[3]S : Steeping tea
[4]P : Powdered tea
[5]L : Liquefied tea

염증, 항돌연변이 및 항암활성 등이 우수하다고 보고되고 있다[25]. 폴리페놀 함량(mg TA/1회 제공량)을 유형별로 살펴보면, 녹차, 마차, 우엉차는 침출차에서, 마테차, 생강차는 고형차에서, 대추차, 헛개차는 액상차에서 높은 함량을 나타냈다. 즉, 마테차는 고형차가 액상차보다 3.4배 이상, 침출차보다 1.7배 이상 높은 폴리페놀 함량을 나타냈고 녹차는 침출차가 고형차보다 1.6배 이상, 우엉차는 침출차가 액상차보다 2.5배 이상 높은 함량을 나타냈다. 유형별로는 침출차가 고형차나 액상차보다 높은 폴리페놀 함량을 가지고 있었다.

다류의 플라보노이드 함량

플라보노이드 함량은 Davis변법으로 측정하였다[23]. Table 2와 같이, 플라보노이드 함량(mg)을 1회 제공량을 기준으로 살펴보면, 마테차에서 75.6 ± 30.2로 높은 값을 나타냈고 그밖에 홍차, 마차, 쌍화차, 유자차, 녹차, 기타고형차, 대추차, 율무차, 생강차, 우엉차, 국화차, 헛개차는 각각 41.0 ± 8.2, 35.9 ± 20.5, 22.4 ± 15.5, 19.6 ± 5.4, 17.8 ± 13.3, 16.8 ± 9.7, 15.4 ± 5.9, 15.0 ± 4.0, 12.9 ± 7.7, 9.3 ± 11.9, 6.2 ± 2.8, 4.8 ± 2.7로 마테차, 홍차, 마차에서는 높은 함량을 나타낸 반면, 국화차, 헛개차에서는 다른 차에 비해 낮은 함량을 나타냈다. 녹차의 폴리페놀류는 카테킨류인 플라바놀류, 플라보놀류인 미리세틴, 퀘르세틴, 캠페롤 및 배당체, 페놀산인 몰식자산 및 그 에스테르류인 플라반-3-올 구조의 페놀화합물이 차지하고 있고[26] 그밖에 다류의 대표적인 플라보노이드 성분은 홍차의 테아플라빈, 테아루비긴, 마테차의 퀘세틴, 캠퍼롤, 루틴 등이 있다[27,28].

플라보노이드 함량(mg NA/1회 제공량)을 유형별로 비교하여 보면, 녹차, 마차, 우엉차, 헛개차는 침출차에서, 대추차, 마테차, 생강차는 고형차에서 높은 함량을 나타냈고 그 중 녹차는 침출차가 고형차에 비해 약 3.9배 이상, 마테차는 고형차가 침출차보다 17.4배 이상, 액상차보다 4배 이상, 마차는 고형차가 침출차에 비해 약 5.5배 이상 높은 플라보노이드 함량을 나타냈다. 유형별로는 침출차가 고형차나 액상차보다 높은 플라보노이드 함량을 가지고 있었다.

다류의 비타민 C 함량

비타민 C는 6개의 탄소로 이루어진 락톤이며 물에 쉽게 용해되고 산, 알칼리, 열에 약하여 수용액 중에서 불안정하며 쉽게 산화되어 분해되는 성질을 가지고 있다. 비타민 C는 환원형 아스코르빈산과 산화형 디하이드로 아스코르빈산을 모두 포함하며, 이 두 물질은 상호 전환이 가능하다. 실제로 우리가 섭취하는 식품에는 2가지 형태가 모두 존재한다[29].

비타민 C 함량(mg/100 g)을 살펴보면(Table 3), 유자차는 2.87~962.83, 녹차는 8.27~187.04, 국화차는 1.28~5.71, 홍차는 3.19~4.38, 마차는 0.36~18.14, 마테차는 불검출~14.52, 우엉차는 불검출~6.69, 기타고형차는 0.36~0.81, 대추차는 불검출~2.16, 율무차는 0.34~0.47, 생강차는 불검출~0.46, 쌍화자는 불검출~0.39, 헛개차는 불검출였다. 다류 중에서는 유자차에서 가장 높은 값을 나타냈고 그밖에 녹차, 국화차, 홍차, 마차, 마테차, 우엉차, 기타고형차, 대추차, 율무차, 생강차, 쌍화차, 헛개차 순으로 나타났는데 그 중 기타고형차, 대추차, 율무차, 생강차, 쌍화차, 헛개차는 다른 차에 비해 매우 낮은 함량을 나타냈다.

Table 3. Concentration of vitamin C of various teas

Food type	Total	Vitamin C (mg/100 g)
Chamomile tea	10	1.28~5.71
Green tea	10	8.27~187.04
Jujube tea	7	ND[1)]~2.16
Yam tea	7	0.36~18.14
Mate tea	10	ND~14.52
Ginger tea	7	ND~0.46
Ssanghwa tea	6	ND~0.39
Burdock tea	9	ND~6.69
Citrontea	9	2.87~962.83
Yulmu tea	4	0.34~0.47
Oriental raisin tea	7	ND
Black tea	10	3.19~4.38
Other solid tea	3	0.36~0.81

[1)]ND : not detected

기존 연구에 의하면, 유자차의 비타민 C는 100 g당 150 mg이상 함유하고 있고 이는 비타민 C가 많다는 레몬과 네이블 오렌지의 3배가 넘는 것으로 알려져 있으며[30] 예로부터 유자차는 감기치료에 효과를 인정받아 왔는데 이는 비타민 C함량 때문으로 생각된다. 녹차 속의 비타민 C는 건조중량으로 2.5~5.7 mg/g 함유되어 있으며 대체로 안정화된 환원형으로 강한 항산화 활성을 지니고 있어 녹차의 항산화능에 상당한 기여를 하리라 생각된다. 어린 차잎의 경우 항산화 활성이 강한 환원형 비타민 C로 존재하나 덖음 등의 열처리 과정이나 차잎이 성숙하는 과정에서 산화형 비타민 C로 전환할 수 있다[31,32].

상관관계분석

다류 중 항산화 활성(AEAC), 폴리페놀, 플라보노이드, 비타민 C 함량의 Pearson 상관관계를 99% 신뢰수준($p < 0.01$)에서 분석한 결과는 Table 4와 같다. 음용방법에 따라 추출한 시료 추출액에서 항산화 활성(AEAC)은 폴리페놀과 높은 양의 상관관계($r = 0.846$)를 나타냈고 플라보노이드와는 다소 높은 양의 상관관계($r = 0.625$)를 나타냈으며 비타민 C는 다류의 항산화 활성과는 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 폴리페놀이 다류의 항산화 능력에 84.6% 기여하고 플라보노이드는 62.5% 기여하고 있음을 뜻한다. 폴리페놀과 플라보노이드와의 Pearson 상관관계를 분석한 결과는 0.688로 다소 높은 양의 상관관계

Table 4. Correlations between AEAC, total polyphenol, total flavonoid and vitamin C

Correlations					
		AEAC[1)]	Total polyphenol	Total flavonoid	Vitamin C
AEAC	Pearson Correlation	1			
	Sig.(2-tailed)				
	N	99			
Total Polyphenol	Pearson Correlation	.846**	1		
	Sig.(2-tailed)	.000			
	N	99	99		
Total flavonoid	Pearson Correlation	.625**	.688**	1	
	Sig.(2-tailed)	.000	.000		
	N	99	99	99	
Vitamin C	Pearson Correlation	−.039	.085	−.050	1
	Sig.(2-tailed)	.699	.401	.624	
	N	99	99	99	99

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)
[1)]AEAC : ascorbic acid equivalent antioxidant capacity

를 나타냈는데 이는 플라보노이드가 폴리페놀의 68.8% 기여하고 있음을 의미한다. 다류의 항산화 활성에는 폴리페놀이 커다란 기여를 하고 두 요소 사이에 양의 비례 관계가 성립함을 알 수 있었다. 최 등[33]의 연구에서는 차 추출물에 대해 항산화 성분간의 상관관계에서 항산화력에 기여하는 물질이 주로 비타민 C나 플라보노이드가 아닌 폴리페놀성 화합물임이 나타났고 본 연구에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

국문 요약

본 연구는 다류의 항산화 활성과 항산화 물질 함량에 대한 조사연구를 목적으로 하였다. 총 99건의 다류에 대하여 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)의 자유라디칼소거에 대한 능력을 가지고 항산화 활성을 조사하였다. 항산화 활성은 차 시료 100 g당 아스코르빈산 당량의 mg(L-아스코르빈산 동등한 항산화 능력, AEAC)과 1회 제공량당 mg(자유라디칼 소거활성, FSC_{50})으로 나타냈고 시료추출액에서의 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu법으로, 플라보노이드의 함량은 Davis변법으로 측정하였고 Vitamin C는 HPLC법으로 분석하였다. AEAC 값은 마테차, 녹차, 홍차, 헛개차, 국화차, 우엉차에서 상대적으로 높은 항산화 활성을 보였다. 폴리페놀 물질은 차에서 자연스럽게 발생하는 중요한 항산화 물질로 홍차, 녹차 그리고 마테차에서 높은 함량을 나타냈다. 플라보노이드는 마테차, 홍차 그리고 마차에서, Vitamin C는 유자차와 녹차에서 높은 함량을 나타냈다. 유형별로는 침출차가 고형차나 액상차보다 높은 항산화 활성을 나타냈다. 연구결과, 다류에는 폴리페놀 함량과 항산화 활성사이에는 높은 상관관계가 있었고 플라보노이드와 항산화 활성사이에는 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다. 즉, 다류의 항산화 활성은 폴리페놀에 의한 영향으로 확인되었다.

References

1. Kim, J.T.: Science and Culture of Tea, Borimsa Publishing Co., Seoul, Korea, pp. 157-248 (1996).
2. Nakabayashi, T., Ina, K., Sakata, K.: Chemistry and Function of Green, Black and Oolong tea, Kogagu Press, Tokyo, Japan, pp. 20-51 (1994).
3. Matsuzaki, T.L, Hara, Y.: Antioxidative activity of the leaf catechins, *J. Agric. Chem. Soc.,* **59**, 129-134 (1985).
4. Yoshioka, H., Sugiura, K., Kawahara, R., Hujita, T., Makino, M., Kamiya, M., Tsuyumu, S.: Formation of radicals and chemiluminescence during the auto- oxidation of the catechins, *Agri Biol. Chem.,* **55**, 2717-2723 (1991).
5. Song, J.M., Park, K.D., Lee, K.H., Byun, Y.H., Park, J.H., Kim, S.H., Kim, J.H., Seong, B.L.: Biological evaluation of anti-influenza viral activity of semisynthetic catechin derivatives, *Antivir. Res*., **76**, 178-185 (2007).
6. Khan, S.M., Kour, G.: Subacute oral toxicity of chlorpyriphos and protective effect of green tea extract, *Pestic. Biochem. Phys.* **89**, 118-123 (2007).
7. Mohan, K.V.P., Gunasekaran, P., Varalakshmi, E., Hara, Y., Nagini, S.: In vitro evaluation of the anticancer effect of lactoferrin and tea polyphenol combination on oral carcinoma cells, *Cell Biol. Int.,* **31**, 599-608 (2007).
8. Higdon, J.V., Frei, B.: Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism, and antioxidant functions, *Cri. Rev. Food Sci.,* **43**, 89-143 (2003).
9. Lee, L.S., Park, J.D., Cha, H.S., Lee Y.M., Park J.W. and Kim S.H.: Physicochemical Properties of Powdered Green Teas in Korea, *Korean J. Food Sci. Technol*., **42(1)**, 33-38 (2010).

10. Chang, S.S., Ostric-Matijasevice, B., Hsieholiver, A.I. and Hyung., C.L.: Natural antioxidants from rosemary and sage, *J. Food Sci.* **42**, 1102-1110 (1997).
11. Bors, W. and Saran, M.: Radical scavenging by flavonoid antioxidants, *FreeRad. Res. Comm.,* **2**, 289-294 (1987).
12. National academy of agricultural science, RDA.: Tables of food functional composition first edition, Munyoungdang, Suwon, Korea, pp. 1-349. (2009).
13. Hertog, M.G.L., Hollman, P.C.H. and Katan, M.B.: Content of potentially anticarinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands, *J. Agirc Food.Chem.,* **40**, 2379-2383 (1992).
14. Kandaswami, C., Middleton, E. Jr.: Free radical scavenging and antioxidant activity of plant flavonoids, in Free radicals in diagnostic medicine, *Springer,* **15**, 351-376. (1994).
15. Rice-Evans, C.A., Miller, H.J., Bolwell, O.G., Bramley, P.M. and Pridham, J.B.: The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoid, *Free radical Res.,* **22**, 375-383 (1995).
16. Park, M.Y., Lee, G.S., Park, S.J.: Power food-super food, Blue happiness, Goyang-si, Korea, pp. 260-264 (2010).
17. Choi, J.S., Oh, J.I., Hwang, I.T., Kim, S.E., Chun, J.C., Lee, B.H., Kim, J.S., Kim, T.J., Cho, K.Y.: Application and High Throughput Screening of DPPH Free Radical Scavenging Activity by using 96-Well Plate, *Korean J. Pestic. Sci.,* **7**, 92-99 (2003).
18. Nicklisch, S.C., Waite, J.H.: Optimized DPPH Assay in a Detergent-Based Buffer System for Measuring Antioxidant Activity of Proteins, *MethodsX,* **1**, 233-238 (2014).
19. Li, X., Chen, D., Wang, G., Lu, Y.: Probing the Interaction of Human Serum Albumin with DPPH in the Absence and Presence of the Eight Antioxidants, *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc,* **137**, 1144-1152 (2015).
20. Lee, C.Y., Kim, K.M., Son, H.S.: Optimal Extraction Conditions to Produce Rosemary Extracts with Higher Phenolic Content and Antioxidant Activity, *Korean J. Food Sci. Technol.,* **45**, 501-507 (2013).
21. Karahan, F., Kulak, M., Urlu, E., Gozuacik, H.G., Boyumez, T., Sekeroglu, N., Doganturk, I.H.: Total Phenolic Content, Ferric Reducing and DPPH Scavenging Activity of Arum Dioscoridis, *Nat Prod Res.,* **29(7)**, 1678-1761 (2014).
22. Varoni, E.M, Vitalini, S., Contino, D., Lodi, G., Simonetti, P., Gardana, C., Sardella, A., Carrassi, A., Iriti, M.: Effects of Red Wine Intake on Human Salivary Antiradical Capacity and Total Polyphenol Content, *Food Chem. Toxicol.,* **58**, 289-294 (2013).
23. Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. and Chen, J.C.: Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods, *J. Food Drug Anal.,* **10**, 178-182 (2002).
24. Ministry of Food and Drug Safety, Korean Food Standards Code (2014).
25. Cardozo, E.L. Jr., Ferrarese-Filho, O., Cardozo Filho, L., Ferrarese, M. de L.L., Donaduzzi, C.M., Sturion, J.A.: Methylxanthines and phenolic compounds in mate (Ilex paraguariensis St. Hil.) progenies grown in Brazil, *J. Food Compos. Anal.,* **20(7)**, 553-558 (2007).
26. Belitz, H.D. and Grosch, W., Food Chemistry, 2nd ed., *Springer-Verlag,* Berlin, pp. 886-893 (1999).
27. Yum, S.: An introduction to (the study of) tea ceremony, Kookhak community Corp (2011).
28. Yang, S.J., Youn, K.S., No, H.K., Lee, S.H., Hong, J.H.: Optimization of Extraction Conditions for Mate (Ilex paraguarensis) Ethanolic Extracts, *Korean J. Food Preserv.*, **18(3)**, 319-327 (2011).
29. Ministry of Food and Drug Safety:Functional Ingredient of Health / Functional Foods (2011).
30. Yu, T.J.: Food donguibogam, Academyboo, Paju-sipp, Korea, pp. 458 (1999).
31. Shin, M. K.: Green tea science, *Korean J. Dietary Culture,* **9**. 433-445 (1994).
32. Macrae, R, Robinson, R.K., Sadler, M.J.: Tea. In Encyclopedia of food science, food technology and nutrition, Academic Press, San Diego, USA, pp. 4521-4542 (1993).
33. Choi, Y.M., Kim, M.H., Shin, J.J., Park, J.M., Lee, J.S.: The Antioxidant Activities of the Some Commercial Teas. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **32(5)**, 723-727 (2003).