

녹차의 잔류농약과 카테킨 함량에 미치는 오존수 처리 효과

정경희 · 서일원 · 남혜정 · 신한승*

동국대학교 식품공학과 및 Lotus 기능성식품소재연구소

Effects of Ozonated Water Treatment on Pesticide Residues and Catechin Content in Green Tea Leaves

Kyunghye Jung, Ilwon Seo, Hejung Nam, and Han-Seung Shin*

Department of Food Science and Technology and Institute of Lotus Functional Food Ingredient, Dongguk University

Abstract This study examined the effects of treating green tea leaves with ozonated water by evaluating pesticide residue levels and catechin content. The pesticide residue levels of tea leaves treated with carbendazim, captan, diazinon, fenthion, dichlorvos, and chlorpyrifos ranged from 43.2 to 48.2 ppm. For leaves treated by soaking or watering with tap water, or with 0.25 ppm of ozone water for 30 min. Pesticide residue levels were reduced by 24.0-30.2%, 30.3-33.6%, 52.4-70.5%, and 65.5-80.2%, respectively. No major differences in catechin content were observed in the leaves according to the soaking and rinsing treatments using ozonated or tap water.

Key words: ozonated water, catechin, pesticide residue, green tea

서론

경제가 성장함에 따라 소비자들은 식생활에 있어서 웰빙을 추구하고 이에 부합하는 유기농식품을 선호하는 경향이 강해지고 있다. 특히 건강에 대한 관심과 여러 매체를 통해 차를 접하는 기회가 늘어남에 따라 유기농 차에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 여러 가지 유기농 차 중에서 녹차의 함유성분이 성인병 예방과 치료에 유용한 것으로 점점 밝혀지면서 수요가 점점 증가하고 있다. 그 중에서 녹차 잎에 많이 함유되어 있는 catechin류는 항산화작용, 항암작용, 혈중 콜레스테롤 저하작용과 혈압 강하작용이 있는 것으로 보고되고 있으며 이에 대한 활성연구가 활발히 진행되고 있다(1-4).

하지만 최근 녹차 잎에서 잔류허용 기준치 이상의 농약이 검출되었다는 보도와 함께 녹차의 생산증대와 부패 방지를 위해 농약이 음성적으로 사용되고 있는 것으로 알려지고 있다. 이렇게 사용된 농약은 병해충과 잡초를 효과적으로 제거하는 장점을 가진데 반해 토양, 수질 대기의 오염을 일으키고 사람의 내분비계에 축적되어 여러 가지 질병을 유발하는 부작용을 갖고 있어 철저한 관리가 요구된다(5). 우리나라는 1988년 9월 농산물 28종에 대해 16종 농약의 잔류허용기준을 최초로 설정하였고, 이후 총 20차례에 걸쳐 잔류허용기준을 신설 및 개정함으로써, 현재 총 380종 농약성분에 대한 잔류허용기준을 설정하고 있다. 특히 식품의약품안전청에서 2008년에 발표한 식품의 농약잔류 허용 기

준에 따르면 녹차 추출물의 잔류 허용기준은 carbendazim의 경우 5.0 ppm, chlorpyrifos인 경우 3.0 ppm 이하로 제한하고 있다. 대표적인 살균제로 알려져 있는 carbendazim은 시력장애, 간암 유발, 심장마비, 유전자 변이를 일으키는 것으로 알려져 있다(6).

잔류농약을 제거하는 방법으로 UV, 초음파세척 등을 이용하는 연구가 이루어지고 있는데, 그 중 오존은 강력한 산화작용과 안전성으로 식품 산업에 많이 이용되고 있다. 이미 오래 전부터 발암물질 발생을 방지하기 위한 대체 산화제로서 식수의 정화과정에 오존을 이용하였고(7), 과일 및 야채류의 유통기간 연장에도 오존을 사용하였다(8). 오존수는 여러 가지 실험을 통해서 유해한 미생물의 감소를 나타내는 항균효과를 보였으며(9), 물의 오염 정도를 나타내는 생물화학적 산소요구량(BOD)과 화학적 산소요구량(COD)을 감소시켰다(10,11). 최근에는 이런 오존을 이용하여 농산물에서 발생할 수 있는 농약성분을 줄이는 연구가 활발하게 진행되고 있다(12).

그러나 녹차 잎의 잔류농약과 기능성에 대한 오존의 영향을 실험한 선행연구와 오존수의 세척 방식에 따른 효과적인 잔류농약 분해능력을 평가한 연구는 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 농산물 재배 시 많이 사용하는 carbendazim, captan, diazinon, dichlorvos, chlorpyrifos, fenthion 등 6종의 농약(Fig. 1)을 인위적으로 오염시킨 녹차 잎에 오존 발생 장치를 이용한 오존수를 주수와 수침방법으로 처리하여 농약의 감소효과와 녹차의 기능성분인 catechin 함량의 변화에 대한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 기기

본 연구에 사용된 녹차 잎은 서울의 경동시장에서 구입하여 사용하였다. 농약으로는 살균제인 carbendazim, captan와 살충제인 diazinon, dichlorvos, chlorpyrifos 및 fenthion(Riedel-de Häen Co.,

*Corresponding author: Han-Seung Shin, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea
Tel: 82-2-2260-8590
Fax: 82-2-2260-8740
E-mail: spartan@dongguk.edu
Received April 9, 2008; revised May 2, 2008;
accepted May 5, 2008

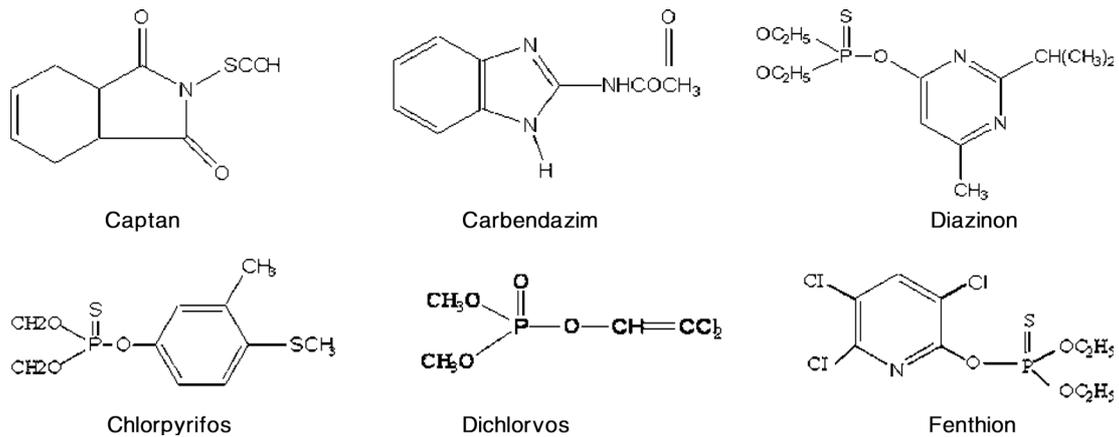


Fig. 1. Structures of pesticides.

St. Louis, MO, USA)을 사용했다. 카테킨 함량분석을 위한 표준 시약은 (-)-epicatechin(EC), (-)-epicatechingallate(ECG), (+)-epgallocatechin(EGC), (-)-epigallocatechin-3-gallate(EGCG)으로 동경화공업주식회사(Tokyo Kasei Kogyo Co. Tokyo, Japan)의 제품을 이용하였으며, HPLC 분석용 시약은 acetone, acetonitrile, *n*-hexane, dichloromethane, benzene, methanol, ethyl acetate, ethylether는 J.T. Baker사(Canton, MA, USA)의 제품을 사용하였다. Florisil와 activated charcoal는 Sigma사(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용했다. 그 외에는 IPC B6(Alltech Inc., Nicholasville, KY, USA) 및 cellulose microcrystalline(Merck Co., Darmstadt, Germany)을 사용하였다. 오존수의 처리를 위한 오존수는 오존수 발생기(Boryung Pharm., Seoul, Korea)를 사용하여 발생시켰고, 용존오존농도는 오존 모니터(Ebara Jitsugyo Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하였다. 잔류농약 검출용 HPLC(Hewlett-Packard 1050, Palo Alto, CA, USA), 카테킨함량 분석용 HPLC(P680, Dionex, Sunnyvale, CA, USA), GC-ECD와 GC-NPD(Hewlett-Packard)를 사용하였다.

농약에 의한 녹차잎의 오염 및 오존처리

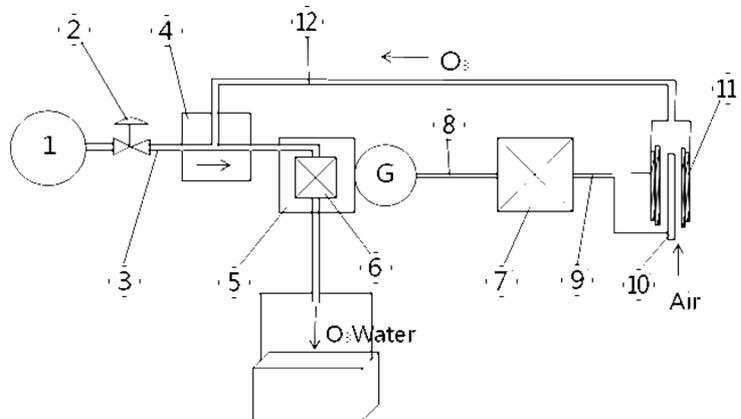
농약의 오염을 위한 표준용액으로 carbendazim과 captan은 수용액에 녹이고 다른 농약은 methanol에 녹인 후 200 ppm으로 희

석하였다. 농약 희석액을 분무한 녹차 잎을 30분간 침지한 후 실온에서 건조시켰다. 그 후 오존수 또는 일반 수돗물로 분쇄된 녹차잎을 수세하였다. 오존수의 발생은 보령제약의 오존발생기를 이용했고, 잔류농약에 오염된 시료를 수세할 오존 처리장치는 Fig. 2와 같다. 오존수와 일반수돗물의 수세 처리는 수침 후 처리와 주수 후 처리로 구분하였다. 수침 처리는 녹차 50 g씩을 용존오존농도 0.25 ppm으로 30분간 처리하였고 주수 처리는 녹차를 30분간 용존오존농도 0.25 ppm의 오존수로 주수하였다.

잔류농약의 분석과 회수율 측정

잔류농약의 분석방법은 기존 농약의 잔류분석법과 동일하다. 분석에 사용된 물은 2차 증류수를 millipore filter로 정제하여 사용하였다. 검량선은 captan은 hexane에, chlorpyrifos, diazinon, dichlorvos 및 fenthion은 acetone에, carbendazim은 methanol에 각각 용해시킨 stock solution을 사용하여 작성하였다.

Captan은 시료 50 g을 70% acetone으로 추출, 감압농축하여 분액여두에서 hexane 층으로 옮긴 후 탈수, column 정제 후 hexane으로 정용하여 GC-ECD로 분석하였다. 분석조건은 Table 1과 같다. Carbendazim은 녹차잎 50 g에 methanol 100 mL씩으로 20분간 2회 진탕추출하여 감압여과하였다. 이 여과액에 10 mL의 1.0



Symbol	Application
1	Waterworks
2	Tap
3	Water pipe
4	O ₃ suction spray nozzle
5	Turbine room
6	Turbine
G	Electronic dynamo
7	O ₃ generation power supply
8	Power generation primary switch
9	O ₃ generation second switch
10	O ₃ generation electrode (SDS)
11	O ₃ generation electrode (glass pipe)
12	O ₃ gas pipe

Fig. 2. Soaking or watering system of ozonated water generator.

Table 1. Conditions of GC and HPLC for analysis of pesticides

GC-ECD	Column	HP-5 (5% diphenyl-and 95% dimethyl polysiloxane), 15 mL (L) × 0.53 mm (φ) × 2.65 μm (film thickness)
	Column temp.	Initial temp. 230°C for 1 min, 10°C/min to 280°C Maintained for 10 min
	Injector temp.	240°C
	Detector temp.	300°C
	Flow rate	12.5 mL/min
	Injection vol.	0.5 μL
	Split ratio	1 : 9
GC-NPD	Column	HP-5 (5% diphenyl-and 95% dimethyl polysiloxane), 15 mL (L) × 0.53 mm (φ) × 2.65 μm (film thickness)
	Column temp.	Initial temp. 180°C for 2 min, 5°C/min to 240°C Maintained for 15 min
	Injector temp.	230°C
	Detector temp.	250°C
	Flow rate	10.0 mL/min
	Injection vol.	0.5 μL
	Split ratio	1 : 9
HPLC	Column	μ-Bondapak C ₁₈
	Mobil phase	40% acetonitrile containing 1% IPC B ₆
	Wave length	282 nm
	Flow rate	0.7 mL/min
	Injection vol.	20 μL

Table 2. Recovery of pesticides in green tea leaves

Pesticide	Recovery (%)
Captan	88.4
Carbendazim	92.1
Diazinon	86.4
Chlorpyrifos	90.2
Fenthion	89.1
Dichlorvos	82.5

Table 3. The operating conditions of HPLC for analysis of catechin

Item	Method		
Column	300 × 3.9 mm C ₁₈		
Mobile phase (v/v) : gradient	Time (min)	10 min	25 min
	0.05% TFA in acetonitrile	12%	25%
	0.05% TFA in water	88%	75%
Flow rate	1 mL/min		
Column temp.	Room temp.		
Detector	UV 280 nm		
Chart speed	2 mm/min		
Analytical time	25 min		

M HCl을 가하고 1% 식염수 100 mL을 마저 가하여 4°C에서 2 시간 방치하였다. 이를 분액여두로 옮겨 100 mL의 dichloromethane으로 2회 반복 추출하고 NaOH를 사용하여 pH를 7.7-8.0로 조정하였다. 이에 100 mL의 dichloromethane을 가하여 2회 추출한 후, 무수황산나트륨으로 탈수하여 40°C에서 농축시킨 후, N₂ gas로 건조하고 그 잔여물을 4 mL의 methanol로 용해시켜 HPLC(Hewlett-Packard 1050)로 분석하였다. 유기인계 살충제인 chlorpyrifos, diazinon, dichlorvos 및 fenthion의 분석은 시료 50 g 씩에 300 mL의 70% acetone으로 차례로 추출하고 그 여과액을 모아 40°C에서 감압, 농축하였다. 이를 분액여두로 옮겨 5% 식염수 400 mL와 20% dichlorometnane의 benzene 용액 200 mL로 진탕하고 유기용매층을 분취하여 무수황산나트륨으로 탈수, 농축 건조한 후 hexane으로 용해시켰다. 다음에 5 g의 무수황산나트륨과 10 g의 활성화된 charcoal, cellulose microcrystallin의 혼합물 (1:10, w/w)과 5 g의 무수황산나트륨을 benzene에 각각 현탁시켜 순차적으로 채운 column(1.5 × 30 cm)에 위의 hexane 용해물을 주입하여 250 mL의 정제 benzene으로 분당 3 mL의 유속으로 용출시킨 후 감압 건조하고 acetone으로 녹여 GC-NPD로 분석하였다.

회수율 측정은 동일시료 100 g을 50 g씩으로 등분 후 한 개의 시료는 앞의 분석방법과 같이 정량하였으며 나머지 시료는 각 농약 표준용액을 200 ppm이 되도록 혼합한 다음 동일한 방법으로 분석하였다. 회수율은 농약 첨가군에서 얻은 측정치에 비첨가군의 측정치를 제외한 후 농약 첨가량에 대한 %를 산출하였다(Table 2).

Catechin 추출을 위한 전처리와 기기분석

시료인 녹차잎을 분쇄하여 그 중 5 g을 100 mL 플라스크에

넣고 더운물 80 mL를 가한 다음 85°C water bath에서 3시간 가온 추출하였다. 플라스크를 실온에서 식히고 물로 나머지 표선을 맞춘 용액을 150 mm 여과지를 이용하여 여과한 후 여액 중 50 mL를 분액깔대기에 취하여 chloroform 50 mL를 넣고 흔들어 중간 부분에 생성되는 카페인을 제거하였다. 이 조작을 3번 반복 후 caffeine을 제거한 용액에 ethyl acetate 50 mL를 넣어 catechin을 추출하였다. 이 조작 역시 3회 반복하였고 catechin이 추출된 용액을 rotary vacuum evaporator를 이용하여 감압농축하고 0.45 μm millipore로 여과하여 분석용액으로 사용하였다.

표준용액으로 EC, EGC, ECG, EGCG 각각 5 mg을 10 mL 용량플라스크에 넣고 물로 표선을 맞춘 다음, 만들어진 4가지 용액에서 각각 0.4 mg씩 취한 후, 하나의 2 mL 용량플라스크에 넣고 물로 표선을 맞추어 혼합표준용액으로 사용하였다. 기기분석에 사용한 HPLC는 Dionex사의 P680제품을 사용하였으며 분석 조건은 Table 3과 같다. 수세 후 녹차 잎 내의 catechin 함량은 표준용액으로 작성한 표준곡선(Fig. 3)을 이용하여 구하였다.

통계처리

모든 실험 data는 3회 반복한 것이며 각 실험군 간의 통계학적 분석은 Windows용 Sigma-Stat 2.0(Jandel Co., San Rafael, CA, USA)를 이용하였다. 각 군간의 측정치 비교는 one-way analysis of variance(ANOVA)를 시행하였으며 유의성은 신뢰구간 p<0.05에서 의미를 부여하였다.

결과 및 고찰

수침 및 주수 중에 잔류농약 변화

인위적으로 약 45-50 ppm의 농약 처리한 녹차 잎을 일반수돗물과 용존오존농도 0.25 ppm인 오존수에 30분간 수침하여 잔류농약의 분해율을 조사하였다(Table 4, 5). 이 실험에서 사용한 농약성분은 녹차재배에 주로 사용하고 있는 살균제인 captan, carbendazim과 살충제인 diazinon, chlorpyrifos, fenthion, dichlorvos이

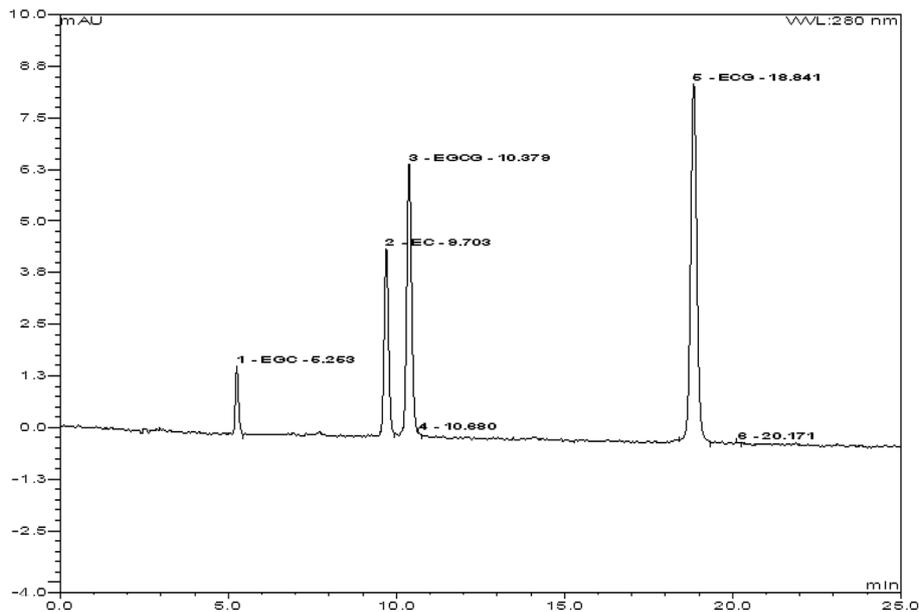


Fig. 3. HPLC chromatogram ((-)-epicatechin (EC), (-)-epicatechingallate (ECG), (+)-epgallocatechin (EGC), and (-)-epgallocatechin-3-gallate (EGCG).

Table 4. Effect of soaking in water on the contents of pesticide residue from green tea leaves¹

Pesticide	Pesticide residue of green tea leaves (ppm)	Soaking in ozone water		Soaking in tap water	
		Pesticide residue (ppm)	Degradation rate (%)	Pesticide residue (ppm)	Degradation rate (%)
Captan	47.5±5.6	16.89±3.2*	64.5*	33.2±3.4	30.2
Carbendazim	46.2±6.2	19.31±2.1*	58.2*	33.5±5.3	27.4
Diazinon	43.8±8.2	15.20±1.8*	65.3*	33.3±6.1	24.0
Chlorpyrifos	47.3±4.6	13.95±1.7*	70.5*	34.7±4.9	26.7
Fenthion	48.2±5.0	22.94±2.9*	52.4*	36.4±6.3	24.4
Dichlorvos	44.0±7.2	14.74±2.5*	66.5*	31.5±2.5	28.2

¹Data represent the mean of three analyses per treatment (n=3).

*Indicates significant different ($p<0.05$) from the control.

Table 5. Effect of watering using ozone water on the contents of pesticide residue from green tea leaves¹

Pesticide	Pesticide residue of green tea leaves (ppm)	Watering using ozone water		Watering using tap water	
		Pesticide residue (ppm)	Degradation rate (%)	Pesticide residue(ppm)	Degradation rate (%)
Captan	47.5±4.6	13.59±2.1*	71.4*	32.4±2.4	31.7
Carbendazim	46.2±7.2	15.94±1.7*	65.5*	34.1±1.8	26.2
Diazinon	43.8±5.6	9.64±1.0*	78.0*	30.4±2.4	30.5
Chlorpyrifos	47.3±7.0	7.47±0.6*	84.2*	32.2±2.4	32.0
Fenthion	48.2±3.6	12.05±0.7*	75.0*	33.7±3.1	30.3
Dichlorvos	44.0±6.2	8.71±0.8*	80.2*	29.2±2.5	33.6

¹Data represent the mean of three analyses per treatment (n=3).

*Indicates significant different ($p<0.05$) from the control.

다. 일반 수도물에 의한 captan의 분해율은 30.2%로 가장 높았고, 유기인계(organophosphate insecticide)인 diazinon과 fenthion의 분해율은 약 24%로 가장 낮았다. 그 외 carbendazim, chlorpyrifos, dichlorvos의 분해율은 약 27-28%였다. 오존수에 의한 수침에서 가장 낮은 오염도를 나타낸 농약 잔류물질은 chlorpyrifos로 오염도는 13.95 ppm이고 분해율은 70.5%였다. Dichlorvos의 오염도는 14.74 ppm으로서 분해율은 66.5%, diazinon은 15.20 ppm과 65.3%, captan은 16.89 ppm으로 64.5%의 분해율을 보였다. 60% 미만의

분해율을 보인 carbendazim와 fenthion은 각각의 오염도가 19.31 ppm, 22.94 ppm으로 분해율은 58.2%, 52.4%였다. 수침에 의한 잔류농약 분해율은 일반 수도물이 24-30%이고, 오존수는 52-71%였다. 녹차잎에 주수하여 수세하는 방법에서, Table 5와 같이 일반 수도물에 의한 dichlorvos의 분해율은 33.6%로 가장 높았고, chlorpyrifos와 captan의 오염도는 약 32 ppm으로 비슷한 수치를 보였고, 분해율은 약 32%였다. 유기인계(organophosphate insecticide)인 diazinon과 fenthion의 분해율은 약 30%로 수침에서의 분

해 결과와 마찬가지로 두 농약성분은 비슷한 분해율을 보였다. Carbendazim의 분해율은 약 26.2%로 가장 낮았다. 오존수에 의한 주수에서 chlorpyrifos의 오염도는 7.47 ppm으로 84.2%의 가장 높은 분해율을 보였고, dichlorvos의 오염도는 8.71 ppm으로서 분해율은 80.2%, fenthion은 12.05 ppm, 75.0%, captan은 13.59 ppm의 오염도와 71.4%의 분해율을 나타냈다. Diazinon은 9.64 ppm의 오염도로 분해율은 78.0%였다. Carbendazim은 15.94 ppm으로 오염도가 가장 높았고, 65.5%의 분해율로 오존수의 주수를 이용한 잔류농약 분해에서 가장 낮은 효율을 보였다. 주수에 의한 잔류농약 분해율은 일반 수돗물이 26-34%이고, 오존수는 66%-84%였다. 침수와 마찬가지로 일반 수돗물보다 오존수에 의한 농약 분해능이 2배 이상의 높은 효율을 보였다.

본 연구에서 침수와 주수, 두 수세방법 모두에서 일반 수돗물보다 오존수를 이용한 녹차 잎의 수세가 더 효과적이었다. 오존은 강력한 산화제로서 농약의 이중결합에 작용하여 산화개열반응과 방향족 화합물의 개환 및 측쇄부위의 산화 등 다양한 반응을 일으키는 것으로 알려졌다(13-15). 그러므로 일반수돗물보다 오존수로 처리한 녹차 잎의 잔류농약 분해율이 더 높게 나타난 것으로 판단된다. 콩나물 재배 중 잔류농약 함량에 미치는 오존수처리 효과에 대한 연구에서 diazinon, chlorpyrifos, fenthion은 S=P 결합을 가지고 있으며, dichlorvos는 P=O 결합, carbendazim은 C=O 결합을 하여 오존에 의하여 분해될 수 있고, 특히 captan의 분해율이 높은 것은 2개의 C=O 결합을 가지고 있기 때문이라 하였다(12). 그에 비해 본 연구에서 오존수를 이용한 수침과 주수의 수세방법으로 가장 높은 분해율을 보인 것은 chlorpyrifos였고, captan은 6종의 농약 성분 중 4-5번째의 높은 분해율을 보였다. 그러나 위의 연구결과와 마찬가지로 benzimidazole계인 carbendazim의 분해율이 낮은 그룹에 속했다. 이는 carbendazim이 C=O결합을 하고 있으나 captan에 비해 오존의 산화력에 영향을 받는 C=O결합의 수가 적기 때문이라 판단된다.

세척방식에 대한 연구의 결과를 비교했을 때, 일반 수돗물과 오존수의 잔류농약 분해능은 큰 차이를 보였다. 수침에서 일반 수돗물의 경우 24-30%, 오존수의 경우 52-70%의 분해율을 보인 것에 비해 주수에서 일반 수돗물의 경우 각 농약 성분당 26-33%,

오존수를 이용한 방법에서 65-84%의 분해율을 나타냈다. 수침과 비교하여 주수에서 일반 수돗물은 2-9%로 분해율이 증가했고, 오존수에서는 7-32%까지 효율을 보였다. 일반 수돗물과 오존수를 이용한 수세방법에서 침수보다 주수가 더 효과적이었으며, 일반 수돗물보다 오존수를 이용한 주수에서 분해율 증가가 높았다. 그 원인으로 수침방식과는 달리 주수에서 새로운 오존 라디칼 분자의 지속적인 공급이 녹차잎의 잔류농약 제거에 더 효과적이기 때문이라 추측된다.

수침 및 주수 중 catechin 함량 변화

녹차 잎 내의 catechin 함량변화에 미치는 오존수 처리효과를 알아보기 위하여 수침 및 주수 중 녹차 잎(50 g)에 일정농도(0.25 ppm)의 오존수를 처리하여 catechin 농도 감소율을 분석하였으며 그 결과는 Table 6, 7과 같다. 오존수로 침지하였을 경우 EGC의 손실이 약 60 ppm으로 가장 높은 catechin 감소율을 보였으며 EC, EGCG, ECG가 각각 약 51, 28, 45 ppm의 유의적 감소효과를 나타내었다. 이 결과는 일반 수돗물로 침지한 결과보다 catechin 성분들의 감소율이 조금 높게 나타났지만 모두 표준편차(0.9-4.9%) 내에 존재함으로 유의적인 차이가 없다.

또한, 오존수로 주수하였을 경우도 마찬가지로 일반 수돗물로 주수한 경우보다 다소 높은 감소율(0.9-5.7%)을 보이지만 유의적인 차이는 없었다. 방법적인 측면에서 볼 때 주수한 경우(평균 2.7%)가 침지한 경우(평균 3.2%)보다 catechin 성분들의 감소 정도가 낮게 나타났다. 이는 오존수가 녹차 잎 표면은 흐르면서 농약, 병원균 등을 제거하지만 녹차 잎 내로 스며드는 오존양은 비교적 적어 대부분 녹차 잎 내 존재하는 catechin 함량이 수세에 의해 크게 변화지 않은 것으로 판단된다. Park 등(16)의 연구결과에서도 배추를 수세할 경우 세척 20분까지는 항균효과가 증가하다가 시간이 지나면서 항균효과가 나타나지 않았다. 이는 오존수가 20분 동안 배추표면을 흐르면서 표면에 붙은 균만 제거하고 배추 내로 오존수가 잘 흡수되지 않아 20분 이후부터는 항균 효과가 나타나지 않았다.

녹차 잎 내 catechin 함량 변화에 미치는 오존수 처리효과에 대한 연구결과는 보이지 않지만 Oh 등(17)은 세척에 따른 품질변

Table 6. Effect of soaking in water on the contents of catechin from green tea leaves¹

Catechin	Catechin contents of green tea leaves (µg/g)	Watering in ozone water		Watering in tap water	
		Catechin content (µg/g)	Degradation rate (%)	Catechin content (µg/g)	Degradation rate (%)
(+)EGC	1574± 78	1514± 90	4.9%	1539± 62	2.2%
(-)EC	6326±246	6275±276	0.9%	6290±220	0.6%
(-)EGCG	848± 35	820± 42	3.3%	823± 47	3.0%
(-)ECG	1315± 69	1270±110	3.5%	1282± 70	2.5%

¹Data represent the mean of three analyses per treatment (n=3).

*Indicates significant different (p<0.05) from the control

Table 7. Effect of watering using ozone water on the contents of catechin from green tea leaves¹

Catechin	Catechin contents of green tea leaves (µg/g)	Watering in ozone water		Watering in tap water	
		CATechin content (µg/g)	Degradation rate (%)	Catechin content (µg/g)	Degradation rate (%)
(+)EGC	1574± 78	1539± 57	2.2%	1546±114	1.8%
(-)EC	6326±246	6220±220	1.7%	6195±259	2.0%
(-)EGCG	848± 35	840± 67	0.9%	828± 61	2.4%
(-)ECG	1315± 69	1240±128	5.7%	1271±117	3.3%

¹Data represent the mean of three analyses per treatment (n=3).

*Indicates significant different (p<0.05) from the control.

화 지표로 비타민 C를 설정하여 실험한 결과 오존수 또는 일반 수돗물로 세척한 두 경우 모두 비타민 C 함량에 아무런 영향을 미치지 않았다. 그러나 오존수를 처리한 녹차를 저온저장 할 경우 처리하지 않고 저장한 경우보다 미생물 오염을 막을 수 있어서 유통기간을 더욱 늘릴 수 있고 신선한 상태를 유지 할 수 있다(18-22).

요 약

약 45-50 ppm의 농약 함량인 녹차 잎을 일반 수돗물과 용존 오존농도 0.25 ppm인 오존수 수침 또는 주수하여 잔류농약의 분해율을 조사하였다. 일반 수돗물의 수침방법에서 잔류 농약의 분해율은 24-30%였고 오존수에 의한 수침에서는 분해율은 52-71%였다. 전체적으로 수침에 의한 잔류농약 분해율은 일반 수돗물보다 오존수에 의한 농약 분해율이 2배 이상으로 높은 효율을 보였다. 주수에서 일반 수돗물에 의한 잔류농약 분해율은 26-34%였고, 오존수에 의한 방법에서는 66%-84%였다. 수침과 공통적으로 carbendazim의 분해율이 가장 낮았다. 주수에 의한 잔류농약 분해율은 오존수가 수침과 마찬가지로 일반 수돗물보다 오존수에 의한 농약 분해능이 2배 이상이었다. HPLC를 이용한 녹차잎의 카테킨 함량 조사에서, 오존수로 침지하였을 경우 EGC가 가장 높은 catechin 감소율(약 60 ppm)을 보였으며 EC, EGCG, ECG는 28-51 ppm(0.9-3.5%)였다. 오존수로 수침시킨 녹차 잎의 카테킨 함량은 일반 수돗물로 침지한 결과보다 catechin 성분들의 감소율이 조금 높게 나타났지만 유의적인 차이가 없었다. 수세 방법의 측면에서 볼 때 오존수로 주수한 경우(평균 2.7%)가 침지한 경우(평균 3.2%)보다 catechin 성분들의 감소 정도가 낮게 나타났다. 오존수의 산화작용에 의한 각 잔류 농약 분해율은 50% 이상인 것에 비해 카테킨의 감소량은 5% 이하였다. 세수방식에 의한 결과에서 수침의 방식보다 주수가 더 많은 잔류 농약을 제거하였고, 손실된 카테킨 함량 또한 적었다. 이러한 결과에서 오존수를 이용한 주수는 잔류 농약 분해에 효율적이고, 기능성 성분의 감소가 비교적 적기 때문에 영양과 안전면에서 오존수를 이용한 세수가 녹차 잎에 효과적이라는 것을 나타낸다.

문 헌

- Masami S, Sachiko O, Naoko S, Eisaburo S, Satoru M, Kazue I, Kei N, Hirota F. Green tea and cancer chemoprevention. *Mutat. Res.* 428: 339-344 (1999)
- Kang WS, Lim IH, Yuk DY, Chung KH, Park JB, Yoo HS, Yun YP. Antithrombotic activities of green tea catechins and (-)-epigallocatechin gallate. *Thromb. Res.* 96: 229-237 (1999)
- Ian RR, Dreosti IE. Protection by black tea and green tea against UVB and UVA + B induced skin cancer in hairless mice. *Mutat. Res.* 422: 191-199 (1998)
- Mukhtar H, Ahmad N. Prevention of cancer and optimizing health. *Am. J. Clin. Nutr.* 72: 1698-1704 (2000)
- Kim SD, Kim BS, Park SG, Kim MS, Cho TH, Han CH, Jo HB, Choi BH. A study of current status on pesticide residues in commercial dried agricultural products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 114-121 (2007)
- Ha YD. Pesticide residues of food and its safety. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 19: 538-546 (1990)
- Guzel-Seydim ZB, Greene AK, Seydim AC. Use of ozone in the food industry. *LWT-Food Sci. Technol.* 37: 453-460 (2004)
- Rice RG, Farguhar JW, Bollyky LJ. Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods. *Ozone-Sci. Eng.* 4: 147-163 (1982)
- Guzel-Seydim Z, Bever P, Greene AK. Efficacy of ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components. *J. Food Microbiol.* 21: 475-479 (2004)
- Dosti B. Effectiveness of ozone, heat and chlorine for destroying common food spoilage bacteria in synthetic media and biofilms. MS thesis. Clemson University, Clemson, SC, USA (1997)
- Majchrowicz A. Food Safety Technology: A potential role for ozone? *Agricultural Outlook*, June-July, Department of Agriculture, Economic Research Service. Beltsville, MD, USA pp. 13-15 (1998)
- Kim SD, Kim ID, Park MZ, Lee YG. Effect of ozone water on pesticide-residual contents of soybean sprouts during cultivation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 277-283 (2000)
- Laplanche GM, Tonnard F. Ozonation schemes of organophosphorus pesticides-application in drinking water treatment. *Ozone-Sci Eng.* 6: 207-219 (1984)
- Rice RG, Browning ME. *Ozone Treatment of Industrial Wastewater*. Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ, USA. pp. 85-99 (1981)
- Benoit-Guyod JL, Crosby DG, Bowers JB. Degradation of MCP by ozone and light. *Water Res.* 20: 67-72 (1986)
- Park MJ, Kim SD, Kim MK, Kim ID. Microbial contamination and materials, washing of Chinese cabbage by ozone treatment and fermentation of kimchi. *J. Food Sci. Technol. Cuth.* 9: 25-32 (1997)
- Oh SY, Choi ST, Kim JG, Lim CI. Removal effect of washing treatments on pesticide residues and microorganisms in leafy vegetables. *Korean J. Sci. Technol.* 23: 250-255 (2005)
- Graham HN, Struder VV, Gurkin M. Conversion of green tea using ozone. U.S. patent 3,484,247 (1969)
- Norton JS, Charing AJ, Demoranville IE. The effect of ozone on storage of cranberries. *P. Am. Soc. Hort. Sci.* 93: 792-796 (1968)
- USDA. Code of Federal Regulations. Title 9, Part 381.66. Poultry products; Temperatures and chilling and freezing procedures. Office of the Federal Register National Archives and Records Administration, Washington, DC, USA (1997)
- Waldroup AL, Hierholzer RE, Forsythe RH, Miller MJ. Recycling of poultry chill water using ozone. *J. Appl. Poultry Res.* 2: 330-336 (1993)
- Mahapatra AJITK, Muthukumarappan K, Julson JL. Applications of ozone, bacteriocins, and irradiation in food processing: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45: 447-461 (2005)