

열처리한 채소류의 이화학적 특성 및 항산화 활성 비교

김 소 영[†] · 이 영 민 · 김 정 봉 · 박 동 식 · 고 정 속 · 김 행 란
농촌진흥청 국립농업과학원 기능성식품과

Comparison of Physicochemical Properties and Antioxidant Activity between Raw and Heat-Treated Vegetables

So-Young Kim[†] · Young-Min Lee · Jong-Bong Kim · Dong-Sik Park · Jeong-Sook Go · Haeng-Ran Kim
Dept. of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science

ABSTRACT

This study examines the changes in the physicochemical property and antioxidant activity of six types of vegetables (carrots, crown daisy, mugwort, cabbages, onions, and garlic) based on heat-treated cooking. According to the results, proximate contents (crude protein, fat, and ash) were lower in blanched samples than in untreated samples. Untreated cabbages showed the highest level of total dietary fiber content, which decreased by blanching and increased by high-temperature/high-pressure (HTHP) treatment. Noteworthy is that, in the case of soluble dietary fiber, blanched crown daisy and mugwort showed significantly high levels of 12.0 g and 7.3 g per 100 g (dry basis). There was no significant change in tocopherol content in heat-treated samples. The highest levels of total polyphenol and flavonoid content were 6.73 g and 5.51 g per 100 g, respectively, in the mugwort sample with HTHP treatment at 130°C for 2 h. The water extract of mugwort with HTHP treatment had the strongest antioxidant effect based on three bioassays (SOD, DPPH, and ABTS). These results indicate the relative correlation between the level of physiologically active content and antioxidant activity and suggest new insights into ingredients for developing functional foods.

Key words: vegetable, blanching, HTHP (High-Temperature/High-Pressure)

I. 서론

우리나라는 경제수준이 향상됨에 따라 식생활

패턴에 많은 변화가 생겼고, 산업화를 통한 자연
환경의 변화와 함께 우리는 비만, 면역질환, 대사
증후군 등과 같은 새로운 질병이 출현하면서 사

This study was carried out with the support of "Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ009126)", National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.
접수일: 2013년 10월 18일 심사일: 2013년 10월 22일 게재확정일: 2014년 1월 20일

[†]Corresponding Author: So-Young Kim Tel: +82-31-299-0504 H.p: 010-4311-3355
e-mail: foodksy@korea.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

회적으로 건강에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다(Han et al. 2011). 이러한 결과는 국민들이 포화지방, 콜레스테롤이 높은 육류의 소비는 줄이고, 비타민과 식이섬유가 풍부한 과일·채소류의 섭취는 늘리는 등 생활습관을 바꾸는 계기가 되었다. 특히, 채소류의 경우 5대 영양소 중 무기질, 비타민 등 미량 영양소의 급원으로 우리 식생활에서 부족하기 쉬운 영양소를 보충해주기 때문에 무엇보다 섭취가 중요시 되어 왔다.

채소류에 대한 연구로는 대부분이 신선식품 형태로 학교, 식당 등에 유통되기 때문에 냉장 등 보관에 따른 품질변화(Bae et al. 2011; Kim et al. 2011), 데침 등 조리 방법에 따른 조직감에 미치는 영향(Kim et al. 2004; Kim et al. 2012a) 및 품질 보존에 관한 포장기술 개발(Kim 1998) 등의 연구 보고가 대다수를 차지하고 있다. 생리활성에 관한 연구로는 국민들이 많이 소비되고 있는 채소류보다는 참나물(Chae et al. 2013) 등 산채류, 감초 등 약용작물(Seo et al. 2013) 및 유용미생물(Ann et al. 2013) 등에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있을 뿐 채소류 자체의 기능성 연구는 상대적으로 부족한 실정이다.

일반적으로 식품들을 열처리하는 이유는 저장기간을 연장하고 유해미생물 오염 방지 등의 목적을 두고 적용하고 있는데 데침 조리는 가장 간단한 가공 방법 중 하나이다. 그러나 열에 약한 식품, 특히 채소류의 경우 조직감 상실뿐만 아니라 영양소 및 일부 유용성분의 파괴 등의 문제점을 가지고 있다. 하지만, 최근에는 채소류를 비롯하여 다양한 농산물이 신선식품으로 섭취하는 용도 외에도 함유된 생리활성물질을 추출하여 이에 대한 기능성 탐색을 통해 새로운 기능성 제품을 개발하고자 하는 노력이 활발히 진행되고 있다. 또한 Choi et al. (2006)은 표고버섯 등 신선식품의 경우 열처리 시 화학 변화에 의해 폴리페놀 함량 등 생리활성물질이 증가하여 항산화 활성이 증가한다고 보고하여 열처리 후 식품 내 영양 및 기능성 성분의 변화와 함께 다양한 생리활성을 평가하는 연구도 시도되고 있음을 보여준다.

채소류의 경우 데침, 찌기, 압력조리 등 조리방법을 달리하여 무기성분 변화(Cha & Oh 1996)를

비교하거나, 데치는 방법에 따라 pH, 색도, 오염 미생물 생육 억제 등의 품질 특성 변화(Kim et al. 2012a)를 조사하는 등 일반적인 성분 및 외형적인 변화를 비교한 연구결과가 대부분이다. 또한 현재까지 가장 많이 보고되고 있는 것은 고춧잎, 썩 등 품종(Ku et al. 2009; Kim et al. 2012b)별, 잡곡류, 채소류 등(Lee et al. 2010; Kim et al. 2012a) 식품군별 원재료 자체의 이화학적 특성을 비교한 연구들의 비중이 큰 편이다. 그러나 최근에는 기능성 물질이 다량 함유되어 있는 마늘(Lee et al. 2012), 배(Hwang et al. 2006), 더덕(Song et al. 2012) 등 채소류를 열처리 방법 또는 추출조건에 따라 처리 후 활성물질 변화를 조사하거나, 항산화, 항암 등 생리활성을 비교한 논문들도 보고되고 있는 추세이다. 이에 앞으로는 보다 다양한 식품들에 대해서 가공 처리에 의하여 기능성 물질이 향상되거나 새로운 생리활성을 나타내는 신소재를 발굴하는데 심층 연구가 필요하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 데침과 고온고압처리 등 열처리방법에 따른 영양기능적 성분 변화를 조사하고 항산화 활성을 비교하여 식품 중 유용성분을 최대한 용출시킬 수 있는 적합한 열처리 및 추출 조건을 확립하여 그 정보를 제공하는데 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 시료 준비

본 연구에서 사용된 6종 시료(당근, 썩갓, 썩, 양배추, 양파, 마늘) 중 썩은 강화도에서, 양파는 썩파워 품종을, 마늘은 남도산으로 생산 농가에서 직접 구매하였고, 나머지 시료는 경기도 수원 지역의 대형마트에서 구입하였다. 이들 시료는 구매 직후 세정 및 세절하여 일반성분 분석을 위하여 생시료 성분 및 항산화 활성 측정을 위하여 동결건조기(PVTF, Ilsin, Korea)로 동결건조 후 분쇄하여 밀봉용기에 담아 각각 -70°C 급속냉동실에 저장하면서 분석시료로 사용하였다.

2. 열처리 조건 및 추출 시료액 제조

채소류가 데침(Blanching)과 고온고압(High-

Temperature/High-Pressure, HTHP)의 열처리에 의하여 변하는 이화학적 특성을 조사하기 위하여 다음과 같이 수행하였다.

데침 과정은 Table 1에 제시한 것처럼 다양한 조리 조건을 고려하여, 일정한 양을 취하여 동일한 온도(95°C)에서 채소 종류의 단단함 정도에 따라 데치는 시간(2~15분)을 달리하여 처리하였다.

고온고압 처리를 위하여 사용된 열처리장치(Model HR-8200, Jisico, Seoul, Korea)는 직접적인 열전달에 의한 시료의 탄화를 방지하도록 설계되었다. 이 장치에 각 시료 100 g을 반응용기에 넣어 밀봉하고 130°C에서 2시간 동안 고온고압반응기로 처리한 후(Hwang et al. 2006) 고압고압처리된 시료는 즉시 동결건조한 후 분석시료로 사용하였다.

처리조건별 각 시료들은 추출용매(증류수, 50% 에탄올 및 100% 에탄올)에 따라 각각 4 g 씩 취하여 각각의 추출용매 50 mL을 넣고 30분간 초음파 추출한 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심 분

리하여 여과지(No. 2, Whatman)로 여과하는 과정을 3회 반복 실시하여 상층액을 모았고 이를 농축한 후 동결 건조하여 시료로 사용하였다.

3. 일반성분 분석

일반성분은 AOAC방법(2000)에 따라 수분은 105°C 상압건조법으로, 조지방 함량은 Soxhlet 추출기(Soxtec 1043, Foss Tecator, Sweden)를 사용하였고, 조단백질은 단백질추출장치(2400 Kjeltec Analyzer Unit, Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 질소계수 6.25를 곱하여 %함량으로 표시하였다. 조회분은 550°C에서 백색에서 회백색의 회분이 얻어질 때까지 회화하여 함량 무게를 측정하였다. 탄수화물은 시료 100 g 중에서 수분, 지방, 단백질, 회분 함량을 감하여 산출하였다. 여기서 각 분석치는 건조시료에 대한 백분율로 2회 반복 측정된 평균치로 나타내었다(Lee 2007).

Table 1. Conditions for Heat-treated Cooking and Extraction Yield(%) by Solvent

Sample	Treatment	Condition	Yield (%) ²⁾		
			Distilled water	50% EtOH	100% EtOH
Carrot	Control	-	51.8	50.1	44.6
	Blanching	95°C, 5 min in water	53.9	31.3	39.7
	HTHP ¹⁾	130°C, 20 Mpa, 2 h	51.6	51.4	52.7
Crown daisy	Control	-	42.0	25.0	12.9
	Blanching	95°C, 2 min in water	25.9	17.4	15.9
	HTHP	130°C, 20 Mpa, 2h	48.6	18.6	19.2
Mugwort	Control	-	10.2	28.1	16.0
	Blanching	95°C, 10 min in water	5.4	15.6	10.1
	HTHP	130°C, 20 Mpa, 2h	13.2	36.3	17.8
Cabbage	Control	-	21.5	64.2	36.3
	Blanching	95°C, 3 min in water	18.5	52.9	31.7
	HTHP	130°C, 20 Mpa, 2h	22.8	65.0	48.8
Onion	Control	-	25.1	87.9	52.5
	Blanching	95°C, 4 min in water	26.3	77.2	48.9
	HTHP	130°C, 20 Mpa, 2h	27.3	80.9	53.2
Garlic	Control	-	31.0	82.2	2.3
	Blanching	95°C, 15 min in water	21.5	60.6	2.1
	HTHP	130°C, 20 Mpa, 2h	31.2	83.7	34.8

¹⁾ HTHP: High-temperature/high-pressure.

²⁾ Not repeated.

4. 식이섬유 분석

식이섬유 함량은 AOAC방법(2000)에 의한 효소 중량법(Enzymatic-gravimetric method)으로 Megazyme 사(Bray, Co. Wicklow, Ireland)의 식이섬유 assay kit(Total dietary fibre assay kit)를 이용하여 불용성 식이섬유(Insoluble dietary fiber, IDF), 수용성 식이섬유(Soluble dietary fiber, SDF)로 구분하여 각각 분석하였다(Park 2011). 총 식이섬유 함량(Total dietary fiber, TDF)은 수용성 식이섬유와 불용성 식이섬유의 함량의 합으로 구하였다(Shin 2009).

동결건조시료 0.5 g를 MES-TRIS buffer 40 mL를 흔들여 충분히 교반한 후 α -amylase 50 μ L를 첨가한 다음 95°C water bath에서 30분간 교반하였다. 여기에 증류수 10 mL를 첨가하여 비이커를 씻어낸 후 당일 제조한 protease 100 μ L를 첨가하고 60°C에서 30분간 교반하였다. 0.561 N HCl 5 mL와 amyloglucosidase 200 μ L를 첨가하여 60°C에서 30분간 교반 후 1시간 방치하였다. Crucible에 약 0.5 g 정도의 celite를 평량한 후 78% ethanol, 95% ethanol 및 acetone을 각각 15 mL씩 2번 씻어내고 105°C에서 하룻밤 건조시켜 crucible celite 무게를 측정 후 각각의 단백질 분석과 회분을 측정하여 수용성 식이섬유(SDF), 불용성 식이섬유(IDF) 정량에 사용하였다(Han et al.).

식이섬유 분석은 2회 반복 실시하여 그 평균값을 구하여 제시하였다.

5. 토코페롤 분석

토코페롤 분석은 Lee et al.(1999) 방법에 의하여 HPLC analyzer를 통하여 수행하였다. 먼저, 균질화한 동결건조 시료를 약 2-5 g을 취하여 6% pyrogallol 에탄올 용매(Sigma, Louis, MO, USA) 10 mL를 가한 후 혼합하고 10분 동안 초음파로 추출하였다. 60% KOH 수용액 7-8 mL를 가하고 질소 가스로 치환한 후 냉각관을 연결하였다. 이를 70°C의 수욕 상(100 rpm)에서 1시간 동안 검화시킨 후 냉각하고 2% NaCl 수용액 20 mL를 가하고 1분간 혼합하였다. 0.01% BHT(Butylated hydroxytoluene)을 포함한 추출용매(Hexane : ethyl acetate = 85 : 15, v/v) 25 mL를 첨가하고 1분간 혼합한 후 상층액을

회수하고 이를 3회 반복하여 추출액을 수집하였다. 무수황산마그네슘(Magnesium sulfate anhydrous)을 담아서 여액 중 수분을 제거하고 100 mL flask에 담아 추출용매로 정용한 후 잘 혼합하였다. 이 최종 추출액 중 일정량(약 2 mL)을 취하여 질소가스로 농축한 뒤 hexane 1 mL를 가하여 재용해 후 syringe filter(13 mm, 0.45 μ m, Whatman®, USA)로 여과하여 HPLC 분석을 위한 시료로 사용하였다.

HPLC 기기분석에서 컬럼은 Merck의 LiChrosphere® DIOL 100(250x4 mm, i.d., 5 μ m)을 구입하여 사용하였으며, 형광검출기 파장은 excitation wavelength는 290 nm, emission wavelength는 320 nm를 이용하였다. 이동상 용매는 Hexane : iso-propanol = 98.9 : 1.1(v/v)의 비율로 혼합된 n-hexane 용매로 1 mL/min 유속으로 시료 20 μ L를 주입하여 분석하였다.

6. 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀의 함량은 Folin-Denis법(Folin & Denis, 1912)에 따라 70% 에탄올 추출물을 조제하여 분석하였다. 각 시료의 추출물 0.1 mL에 2% Na₂CO₃(Sodium carbonate, Sigma, USA) 용액 2 mL를 가한 후 2분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma, USA) 0.1 mL를 가하였다. 실온에 30분간 반응시킨 후 UV/Visible spectrophotometer (CARY50, Varian, California, USA)로 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 표준물질로 tannic acid(Sigma Chemical Co., USA)를 사용하여 검량선을 작성하여 시료 무게 100 g 중의 g tannic acid로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 Abeyinghe et al.(2007) 이 보고한 방법에 따라 각 에탄올 추출액 1 mL에 diethylene glycol 2 mL를 넣고 3분 동안 혼합한 후 1N NaOH 20 μ L를 가한 다음 37°C 항온수조에서 1시간 동안 방치한 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 Rutin을 사용하여 0, 10, 20, 40, 60 ppm 농도별로 측정 후 검량선을 작성하여 건물 중 100 g에 해당하는 g rutin으로 표시하였다.

7. 항산화 활성 측정

각 시료들 간의 SOD 유사활성능(SOD-like activity)

Table 2. Changes in the Proximate Composition of Fresh and Blanched Vegetables

Sample	Treatment	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Ash (%)
Carrot	Control	89.67 ± 0.34	0.38 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.63 ± 0.02
	Blanching	91.13 ± 0.37 ²⁾	0.39 ± 0.03	0.07 ± 0.01	0.46 ± 0.02 ^{***}
	HTHP ¹⁾	nd ³⁾	nd	nd	nd
Crown daisy	Control	93.49 ± 0.11	2.15 ± 0.03	0.17 ± 0.06	1.05 ± 0.01
	Blanching	92.45 ± 0.13 ^{**}	1.55 ± 0.13	0.14 ± 0.05	0.75 ± 0.02 ^{***}
	HTHP	nd	nd	nd	nd
Mugwort	Control	83.03 ± 0.20	2.61 ± 0.00	0.47 ± 0.03	1.18 ± 0.03
	Blanching	83.37 ± 0.66	1.91 ± 0.03 [*]	0.32 ± 0.01	1.14 ± 0.06
	HTHP	nd	nd	nd	nd
Cabbage	Control	89.30 ± 1.39	1.35 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.66 ± 0.03
	Blanching	91.45 ± 0.41	1.10 ± 0.02 [*]	0.03 ± 0.01	0.47 ± 0.02 [*]
	HTHP	nd	nd	nd	nd
Onion	Control	90.34 ± 0.22	1.01 ± 0.05	0.06 ± 0.01	0.33 ± 0.03
	Blanching	90.64 ± 0.16	0.79 ± 0.01 [*]	0.01 ± 0.00 [*]	0.30 ± 0.02
	HTHP	nd	nd	nd	nd
Garlic	Control	57.90 ± 1.54	8.59 ± 0.01	0.00 ± 0.00	1.30 ± 0.03
	Blanching	86.50 ± 0.34 ^{***}	3.29 ± 0.08 ^{***}	0.00 ± 0.00	0.28 ± 0.01 ^{***}
	HTHP	nd	nd	nd	nd

¹⁾ HTHP: High-temperature/high-pressure.

²⁾ Significance based on Student's t-test: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

³⁾ Not determined.

측정을 위해서 SOD assay kit(Dojindo Molecular Technologies, Inc., U.S.A)를 이용하여 활성산소 소거 활성율(%)을 측정하였다. 각각의 추출물은 증류수로 희석하여 1,000 ppm(1 mg/mL) 농도로 희석한 시료 20 μ L를 WST-1용액 200 μ L, enzyme 용액 20 μ L와 반응시키고, blank는 시료 대신 증류수 또는 에탄올을 첨가하여 37°C에서 20분간 반응시킨 후 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 추출물들에 대한 양성대조군으로는 BHT와 ascorbic acid 50, 100, 500, 1,000 ppm를 사용하였다.

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거활성(전자공여능, electron donating ability, EDA)은 Bios (Blois 1958)의 방법을 변형하여 수행하였다. 96-well에 각각의 추출용매에 따라 제조한 추출물 시료 20 μ L에 0.2 mM DPPH 용액(in 99.9% ethanol) 180 μ L를 가한 후, vortex mixer로 10초간 진탕하고 30분 후에 분광광도계(ELISA, USA)를 이

용하여 518 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하여 나타내었다.

각 추출물의 총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay방법(Re et al. 1999)에 의하여 측정하였다. ABTS(2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 증류수로 희석하였다. 96-well에 추출액 시료 10 μ L에 희석된 ABTS 용액 200 μ L를 가하고 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 동량 첨가하였고, 총 항산화력은 AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/100g sample)로 표현하였다.

8. 통계처리

모든 실험결과는 평균과 표준편차(Mean±SD)로 나타내었고, 생시료와 열처리 시료간의 통계 분석은 Microsoft Office Excel의 함수를 이용하여 Student's t-test에 준하여 검정하였고, *p*-value가 0.05 미만일 경우 유의한 것으로 판정하였다(Microsoft 2007).

III. 결과 및 고찰

1. 채소류의 가공처리 유형 및 수율

본 연구에서 사용한 채소류에 대한 처리 조건 및 수율을 Table 1에 나타내었다. 그 결과 채소류 종류마다 추출용매에 따른 수율이 달랐는데, 당근과 썩갯의 경우 물로 추출하였을 때 가장 효율이 높았고, 나머지 썩, 양배추, 양파, 마늘은 50% 에탄올 용매로 추출하였을 때 높은 수율을 얻었다.

모든 그룹 중 당근과 썩갯을 제외하고 대체적으로 50% 에탄올로 추출하였을 때 가장 높은 수율을 보였다. 특히 양파 및 마늘의 경우 무처리군과 고온고압 처리군에서 각각 87.9%과 80.9% 및 82.2%과 83.7%로 상당히 높은 추출 수율을 보였다. 반면, 가장 낮은 수율을 보인 것은 썩갯의 물추출물과 마늘의 무처리 및 데침처리 후 에탄올을 추출한 경우이었다. 그러나 추출수율은 여러 개로 나뉘어 추출 후 합한 무게로 측정하여 반복 값은 구할 수 없었다.

2. 일반성분 함량

채소류 6종에 대한 생시료와 데침 처리한 시료간의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

수분 함량은 마늘을 제외하고 대부분의 생시료는 데침 후 함량값의 큰 변화를 나타내지 않았다. 당근과 썩갯은 조금 유의적인 차이로 증감 현상이 나타났지만, 1~2% 내외의 차이에 지나지 않았고, 마늘의 경우만 데침 처리로 인해 생시료 57.9%에서 86.5%로 수분 함량이 33.1% 높아져 조리 시 어느 정도 수분이 흡수된 것으로 판단된다. 마늘은 일정기간 저장 후 유통되기 때문에, 다른 신선한 상태로 판매되는 채소류와는 달라 수분함량이 상대적으로 낮다. 식품성분표 8개정판(RDA 2011)에

서 제시한 생마늘의 수분함량은 63.1%이고, 풋마늘은 88.5% 값으로 볼 때 저장에 따른 수분 변화가 어느 정도 나타남을 알 수 있다.

조단백질 함량은 생마늘이 8.59%로 가장 높았는데, 데침 처리에 의해 3.29%로 크게 감소되었고, 나머지 시료들도 생시료보다 데침 후 조금 낮아졌다.

채소류 6종 중 생시료의 조지방 함량은 썩 0.47%에서 마늘 0%까지 범위로 미량 검출되었고, 데침 처리에 의해 모든 시료는 조지방 함량이 더욱 낮아졌다. 그러나 양파를 제외하고 생시료와 데침 시료간의 분석 값의 차이는 유의성이 매우 낮았다.

조회분 함량은 생시료 중 마늘 1.30%, 썩 1.18%, 썩갯 1.05% 순으로 높았고, 이들은 나머지 시료와 마찬가지로 데침 처리 후 그 함량이 감소되었는데, 썩과 양파를 제외하고 유의적인 수준으로 감소되었다.

비록 일반성분 분석을 위해 필요한 시료량을 확보하지 못한 고온고온처리 시료를 제외하고서라도 본 실험 결과를 토대로 생시료는 데침 처리 후 어느 정도는 일반성분이 끓는 물속에 용출되거나 열에 의한 손실 등의 영향을 받는다고 판단된다.

3. 식이섬유 및 토코페롤 함량

Table 3에 제시한 바와 같이 식이섬유 함량이 가장 높은 양배추의 경우 건물 100 g 중 불용성(IDF), 수용성(SDF) 및 총식이섬유(TDF) 함량이 각각 63.9, 4.6 및 68.5 g 이지만, 데침 처리에 의해 55.3, 1.1, 및 56.4 g 으로 그 함량이 모두 감소되었고, 고온고압 처리에 의해서는 특히 수용성 식이섬유가 11.5 g으로 유의적으로 크게 증가되어 총량도 높아졌다. 반면 녹색 채소류인 썩갯과 썩은 데침처리에 의해 그 함량이 증가하였고, 고온고압처리에 의해 수용성 식이섬유 함량이 크게 감소되었다.

구근 형태의 채소류인 당근과 양파는 고온고압 처리에 의해 불용성 및 수용성 식이섬유함량이 유의적으로 감소하였고, 마늘의 경우는 경미한 차이로 증가하는 경향을 보였다.

본 연구 결과에서 무엇보다 채소류 중 양배추를 제외하고 고온고압보다는 데침 처리에 의해서 수용성 식이섬유 함량 변화가 크게 나타나, 수용성 식이섬유의 섭취 증가를 위해서는 고온고압 처리

Table 3. Changes in the insoluble, soluble, and total dietary fiber contents of fresh and heat-treated vegetables

Sample	Treatment	Dietary fiber (g/100g, dry basis)		
		IDF ²⁾	SDF	TDF
Carrot	Control	14.4 ± 0.5	9.1 ± 0.4	23.5 ± 0.9
	Blanching	16.7 ± 0.8 ^{*3)}	7.4 ± 0.3 [*]	24.1 ± 0.7
	HTHP ¹⁾	9.9 ± 0.4 ^{**}	0.9 ± 0.5 ^{**}	10.8 ± 0.9 ^{**}
Crown daisy	Control	30.7 ± 0.9	5.3 ± 0.7	36.0 ± 0.3
	Blanching	30.9 ± 0.7	12.0 ± 0.7 [*]	42.9 ± 0.4 ^{***}
	HTHP	29.2 ± 0.1	0.5 ± 0.1 ^{**}	29.7 ± 0.2 ^{**}
Mugwort	Control	45.8 ± 2.5	1.5 ± 0.2	47.2 ± 2.5
	Blanching	52.9 ± 1.2 [*]	7.3 ± 1.8 [*]	60.2 ± 1.1 [*]
	HTHP	45.8 ± 0.4	0.7 ± 0.1	46.5 ± 0.4
Cabbage	Control	63.9 ± 0.4	4.6 ± 0.3	68.5 ± 0.7
	Blanching	55.3 ± 1.5	1.1 ± 0.3	56.4 ± 1.7
	HTHP	61.7 ± 0.6	11.5 ± 0.8 [*]	73.1 ± 0.1
Onion	Control	9.7 ± 0.9	2.0 ± 0.5	11.7 ± 1.4
	Blanching	9.5 ± 0.7	5.4 ± 1.4 [*]	14.8 ± 1.7
	HTHP	6.6 ± 0.6	0.9 ± 0.5	7.5 ± 1.1
Garlic	Control	4.0 ± 0.7	0.3 ± 0.1	4.2 ± 0.6
	Blanching	3.1 ± 0.2	0.2 ± 0.1	3.3 ± 0.3
	HTHP	6.4 ± 2.1	0.2 ± 0.1	6.6 ± 2.2

¹⁾ HTHP: High-temperature/high-pressure.

²⁾ IDF: Insoluble dietary fiber; SDF: Soluble dietary fiber; TDF: Total dietary fiber.

³⁾ Significance based on Student's t-test: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

보다는 데침 처리가 적합하다고 판단된다. β -glucan, gum, pectin, 일부 hemicellulose 등 수용성 식이섬유는 물에 분산되는 성질 때문에 위에서의 체류시간을 증가시키고 영양분의 흡수를 느리게 하는 기능을 가지고 있어(Krotkiewski 1987) 섭취되면 장내 세균에 의해 쉽게 발효 이용되기 때문에 식품을 통해 수용성 식이섬유 섭취를 위해서는 적합한 조리법을 선택하는 것이 바람직할 것으로 판단된다(Marlett 1992).

Table 4에서처럼 본 연구에서 사용한 채소류 중에서는 4가지 토코페롤 중 α -토코페롤과 γ -토코페롤만이 검출되었다. 건조 시료 100 g 중 α -토코페롤 함량이 가장 높은 것은 썩갓(9.2 mg)이었는데, 특히 데침 처리 썩갓(10.3 mg)의 경우 무처리군에 비해 조금 높아진 반면에 고온고압처리한 경우 1.4

mg으로 감소되어 높은 열에 장시간 노출되어 파괴된 것으로 사료된다. Hur & Hwang(2002)도 생유 중 토코페롤이 열처리에 의해 약 50% 파괴되었다고 보고하여 토코페롤은 고온에서 일부 파괴가 될 수 있음을 시사한다.

γ -토코페롤은 당근과 썩갓에서만 검출되었는데, 생시료 당근에서는 검출되지 않았지만 데침이나 고온고압처리에 의해 0.9와 1.0 mg 함량으로 검출되었다. Chung et al. (1999) 보고에서는 착즙한 당근에서 0.18 mg/100 g 수준으로 검출되었다고 보고하여 본 연구결과와는 상이한 값을 나타내었다. 반면, 썩갓의 경우는 고온고압처리 시료에서는 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 그러나 토코페롤 분석 결과에서는 유의성이 낮아 데침 또는 고온고압처리에 의한 함량 변화를 정확히 해석할 수는 없었다.

Table 4. Changes in the Tocopherol Content of Fresh and Heat-treated Vegetables

Sample	Treatment	Tocopherol content (mg/100g, dry basis)		
		α -	γ -	Total
Carrot	Control	1.3 \pm 0.2	nd ³⁾	1.3 \pm 0.2
	Blanching	0.9 \pm 0.2	0.9 \pm 0.1 ^{*2)}	2.0 \pm 0.6
	HTHP ¹⁾	2.0 \pm 0.3	1.0 \pm 0.1	3.1 \pm 0.4
Crown daisy	Control	9.2 \pm 0.0	1.7 \pm 0.0	10.9 \pm 0.1
	Blanching	10.3 \pm 0.0 [*]	1.5 \pm 0.0	11.9 \pm 0.0 [*]
	HTHP	1.4 \pm 0.6 [*]	0.0 \pm 0.0 ^{***}	1.4 \pm 0.6 [*]
Mugwort	Control	1.3 \pm 0.0	nd	1.3 \pm 0.0
	Blanching	0.2 \pm 0.0 [*]	nd	0.2 \pm 0.0 [*]
	HTHP	8.5 \pm 0.5 [*]	nd	8.5 \pm 0.5 [*]
Cabbage	Control	0.3 \pm 0.0	nd	0.3 \pm 0.0
	Blanching	0.3 \pm 0.0	nd	0.6 \pm 0.5
	HTHP	0.4 \pm 0.1	nd	0.6 \pm 0.4
Onion	Control	0.1 \pm 0.0	nd	0.1 \pm 0.0
	Blanching	0.2 \pm 0.0	nd	0.2 \pm 0.1
	HTHP	0.2 \pm 0.1	nd	0.3 \pm 0.1
Garlic	Control	0.5 \pm 0.0	nd	0.5 \pm 0.0
	Blanching	2.0 \pm 0.3	nd	2.0 \pm 0.2
	HTHP	0.8 \pm 0.2	nd	0.9 \pm 0.4

¹⁾ HTHP: High-temperature/high-pressure.

²⁾ Significance based on Student's t-test, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

³⁾ Not determined.

4. 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량

페놀계 화합물 및 플라보노이드 성분은 항산화 및 항암 활성과 깊은 관련이 있다고 알려져 있다 (Perron & Brumaghim 2009; Jeon et al. 2013). 그러나 이들 성분을 주로 함유하고 있는 채소류의 경우 생시료 그대로 섭취하기보다는 조리 또는 가공 처리 후 섭취하는 경우가 많기 때문에 본 실험에서는 데침과 고온고압과 같은 가열처리에 의해 6종 채소류의 기능성 성분 변화를 조사하였다.

Table 5에 제시한 바와 같이 총폴리페놀 함량은 각 시료의 대조구에 비해서 고온고압 처리한 시료에서 유의적으로 높게 증가하였으며 플라보노이드 함량 역시 유의적인 차이로 증가하는 경향을 보였지만, 썩갯의 경우만 다소 낮은 값을 나타내었다. 반면 데침 처리에 의해서는 대부분의 채소류는 건조 중량당 총폴리페놀과 총플라보노이드 함량이

약간 낮았다. 이는 95°C에서 수분 동안 데침 처리한 것보다 130°C에서 2시간 동안 고온고압 조건에서 열처리함으로 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높아진 것으로, Hwang et al.(2006)이 열처리 온도와 시간이 높을수록 항산화물질이 유의적으로 증가한다는 보고와 유사한 결과이다. 조리조건에 따른 기능성 성분의 변화는 마늘 생시료를 고압고압 처리할 때 건물 시료 100 g당 총폴리페놀 함량이 0.19에서 3.11 g으로 93.9% 증가되어 가장 높은 값을 나타내었다. 반면, 원래 항산화 물질을 많이 함유하고 있는 것으로 알려진 썩은 생시료에 비해 고온고압 처리한 시료의 총폴리페놀과 총플라보노이드 함량이 건물 100 g당 6.73 g과 5.51 g으로 다른 시료보다 월등히 높기는 하였지만 21.5%로 그 증가율이 가장 낮아 조리조건에 따른 항산화물질의 증가 효과는 그다지 크지 않았다. Choi et al.(2006)은

Table 5. The Total Polyphenol and Flavonoid Content of Vegetables by the Cooking Method

Sample	Treatment	Total polyphenols (g/100g, dry basis)	Total flavonoids (g/100g, dry basis)
Carrot	Control	0.42 ± 0.01	0.40 ± 0.02
	Blanching	0.33 ± 0.01**	0.32 ± 0.01*
	HThP	1.74 ± 0.01***	0.70 ± 0.00**
Crown daisy	Control	1.55 ± 0.04	2.20 ± 0.10
	Blanching	1.46 ± 0.03	2.02 ± 0.03
	HThP	2.21 ± 0.02**	1.42 ± 0.02**
Mugwort	Control	5.28 ± 0.07	4.69 ± 0.02
	Blanching	3.16 ± 0.03***	3.06 ± 0.03***
	HThP	6.73 ± 0.05***	5.51 ± 0.03**
Cabbage	Control	0.43 ± 0.02	0.22 ± 0.01
	Blanching	0.33 ± 0.01**	0.16 ± 0.01*
	HThP	1.80 ± 0.02***	0.66 ± 0.01***
Onion	Control	0.43 ± 0.02	0.15 ± 0.01
	Blanching	0.45 ± 0.02	0.15 ± 0.00
	HThP	2.03 ± 0.04***	0.77 ± 0.01***
Garlic	Control	0.19 ± 0.01	0.11 ± 0.01
	Blanching	0.13 ± 0.02*	0.07 ± 0.00**
	HThP	3.11 ± 0.02***	0.87 ± 0.02***

¹⁾ HThP: High-temperature/high-pressure.

²⁾ Significance based on Student's t-test, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

열처리에 의해 폴리페놀 화합물이 증가하는 것은 식물 세포벽에 공유결합되어 있는 불용성 화합물의 유리되어 용출이 용이해지거나, 일부 고분자 화합물이 저분자 폴리페놀로 전환되어 증가한 것으로 보고하였다. 이러한 항산화 물질이 증대되는 조리 조건 등에 관한 결과들은 기능성성분표(RDA 2009)에서 제시된 다소비 식품들의 함량들과의 비교를 통해 월등히 높아진 경우는 새로운 기능성 소재로의 활용 가치를 기대할 수 있다.

5. 항산화 활성

조리조건에 따른 각각의 채소류 중 3가지 추출 용매별로 조제한 추출물들에 대한 동일한 농도(1 mg/mL)에서 SOD 유사 활성능을 측정한 결과는 Table 6에 제시하였다. 물추출물 중에서는 고온처리 썬물추출물 92.1%, 데침 양배추물추출물 82.9%, 데침 썬물추출물 71.5% 순으로 유의적으로 높게

나타났다. 그러나 다른 시료들은 데침 처리군이 무처리군에 비해 상대적으로 활성이 낮아졌지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 50% 에탄올로 추출한 경우 역시 썬의 활성이 매우 높았다. 또한 썬작 역시 고온고압 및 데침 처리에 의해 SOD 유사활성능이 유의적으로 높아지는 경향을 보였지만, 다른 시료들은 열처리 방법에 따른 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 100% 에탄올 용매로 추출한 경우 무처리 썬추출물 82.0%, 고온고압 썬추출물 75.6%, 데침 썬추출물 53.7% 순으로 SOD 유사활성능이 높게 검출되었지만, 썬의 경우 생시료에 비해 가열처리에 의해 유의적으로 낮아지는 경향을 볼 수 있었다. 그 외 양파와 마늘의 에탄올 추출물 중 고온고압처리군은 물과 50% 에탄올 추출물에 비해 활성이 높아져 고온고압추출물이 함유하고 있는 총 폴리페놀 함량 등 항산화물질이 에탄올에 의해 용출이 촉진되어 항산화 활성도 증가한 것으로 사료

된다. 본 연구 결과에서처럼 Kang et al.(2013)도 고온가압 추출물에서 총폴리페놀과 총 플라보노이드 함량과 항산화 활성이 높게 측정되었다고 보고하였다.

DPPH 라디칼 소거능으로 표현된 항산화 활성은 조제한 추출물 농도(1 mg/mL)에서수행하여 Table 7에 제시하였다. 연구 결과 채소류에서는 고온고압 처리한 쑥의 물추출물이 31.0%로 가장 높았으며, 그 다음으로는 쑥의 무처리와 고온고압처리한 쑥의 에탄올추출물이 24.0~24.5%로 높았는데 그 밖의 채소류에서는 쑥에 비해 낮은 활성을 보여 0.1~14.0% 범위의 낮은 항산화 활성을 나타내었다. 채소류는 추출용매에 따라 제조한 추출물 간에 DPPH 라디칼 소거 활성은 뚜렷한 차이를 보이지 않았지만, 생시료에 비해 일부 데침처리와 고온고압처리 시료들에서 항산화 활성이 높아지는 경향을 나타내었다. 하지만, Oh et al.(2003)의 보고에서 상용채

소 중 쑥갓의 DPPH 라디칼 소거효과를 비교한 결과에서 78.8%의 높은 저해율을 보여 우리 연구에서 사용한 동일한 농도와 비교했을 때 상당한 차이를 보였다.

Table 8에서처럼 ABTS 라디칼 소거능으로 본 항산화능은 SOD와 DPPH 측정 결과와 마찬가지로 100% 에탄올 추출물을 제외하고 쑥의 물과 50% 에탄올 추출물에서 1,725~3,468 mg AA eq/100 g으로 가장 높은 항산화활성을 나타내었다. 특히 고온고압처리한 쑥의 물추출물과 50% 에탄올추출물은 3,417~3,468 mg AA eq/100 g 범위로 가장 높은 활성을 보였다. 쑥은 다른 채소류에 비해 항산화 활성에 관한 우수성에 대하여 많은 연구자들(Kim et al. 2012b; Kang & Lee 2013)에 의해 이미 보고되었다. 그 밖에도 생시료에 비해 고온고압처리한 시료 중 마늘, 쑥갓, 양배추 순으로 항산화 활성이 높아지는 경향을 보였다. 데침 처리한 경우는 시료 중

Table 6. The SOD-like Activity of Liquid Extracts of Vegetables by Solvent

Sample	Treatment	SOD-like activity (%)		
		DW	50% EtOH	100% EtOH
Carrot	Control	15.2 ± 10.5	4.3 ± 0.2	13.0 ± 9.9
	Blanching	8.2 ± 4.0	1.4 ± 0.5	12.5 ± 9.2
	HTHP	26.9 ± 0.6	6.8 ± 1.8*	23.9 ± 11.0
Crown daisy	Control	16.5 ± 3.1	28.9 ± 1.8	25.1 ± 5.9
	Blanching	6.4 ± 1.6*	34.7 ± 1.2**	23.1 ± 5.8
	HTHP	39.2 ± 1.7**	48.6 ± 1.0***	15.3 ± 1.0
Mugwort	Control	46.1 ± 2.3	69.6 ± 5.1	82.0 ± 1.2
	Blanching	71.5 ± 1.6**	74.3 ± 3.6	53.7 ± 1.4**
	HTHP	92.1 ± 1.7***	76.5 ± 5.3***	75.6 ± 2.0*
Cabbage	Control	11.7 ± 0.9	31.4 ± 0.8	31.3 ± 4.4
	Blanching	82.9 ± 4.8**	28.0 ± 0.9	29.1 ± 3.5
	HTHP	18.0 ± 3.6	29.9 ± 9.5	37.9 ± 12.4
Onion	Control	6.7 ± 4.4	14.3 ± 6.1	30.7 ± 5.9
	Blanching	4.1 ± 4.0	27.8 ± 2.2	27.7 ± 5.0
	HTHP	10.8 ± 2.2	30.2 ± 4.1	42.3 ± 2.9*
Garlic	Control	4.2 ± 2.0	36.8 ± 0.4	33.2 ± 5.7
	Blanching	0.9 ± 0.5**	24.9 ± 5.1	30.3 ± 6.9
	HTHP	14.8 ± 3.2	28.8 ± 1.1	36.1 ± 7.3

1) HTHP: High-temperature/high-pressure.

2) Significance based on Student's t-test, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

Table 7. The DPPH Radical Scavenging Activity (%) of Six Types of Vegetable Samples by Solvent

Sample	Treatment	DPPH radical scavenging activity (%)		
		DW	50% EtOH	100% EtOH
Carrot	Control	nd	0.1 ± 0.0	1.8 ± 0.0
	Blanching	1.6 ± 0.2*	1.0 ± 0.8	5.0 ± 0.0
	HTHP	4.5 ± 0.2*	5.7 ± 0.8	4.9 ± 1.3
Crown daisy	Control	nd	2.6 ± 0.4	0.9 ± 0.0
	Blanching	nd	8.9 ± 0.6	nd
	HTHP	11.4 ± 0.2**	14.0 ± 0.8*	1.9 ± 1.0
Mugwort	Control	11.4 ± 0.1	8.1 ± 0.7	24.5 ± 1.2
	Blanching	16.7 ± 0.5*	13.9 ± 0.3*	5.9 ± 0.4*
	HTHP	31.0 ± 0.2**	21.5 ± 2.0	24.0 ± 0.4
Cabbage	Control	3.1 ± 0.1	0.7 ± 0.6	2.4 ± 0.1
	Blanching	0.3 ± 0.2*	1.9 ± 2.2	1.6 ± 0.4
	HTHP	7.3 ± 0.4	7.0 ± 0.6	8.0 ± 0.1*
Onion	Control	0.7 ± 0.4	1.2 ± 0.0	3.6 ± 0.0
	Blanching	0.9 ± 0.2	0.8 ± 0.0	2.0 ± 0.1
	HTHP	8.3 ± 0.2*	10.2 ± 2.3	8.9 ± 0.6
Garlic	Control	0.3 ± 0.0	2.3 ± 0.1	1.4 ± 0.1
	Blanching	2.3 ± 0.0	0.3 ± 0.1*	3.4 ± 2.2
	HTHP	9.2 ± 0.2**	12.8 ± 0.3*	11.8 ± 0.2**

¹⁾ HTHP: High-temperature/high-pressure.

²⁾ Significance based on Student's t-test, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

³⁾ Not determined.

류와 추출용매에 따라 증감이 있어 유의적인 차이를 보이지 않았다.

이와 같이 최근 배(Hwang et al. 2006), 더덕(Song et al. 2012), 마늘(Lee et al. 2012) 등 식품 원재료를 열처리했을 때 항산화 활성이 증진된다는 것과 가열 처리에 의해 새로운 항산화 물질이 형성되거나 저분자화되어 새로운 기능성을 나타낼 수 있다는 보고(Choi et al. 2006)를 통해 우리는 조리조건에 따른 기능성물질의 증대 및 신기능성 소재 발굴 등 다양한 연구와 연계 가능할 것으로 기대된다.

IV. 요약 및 결론

5대 영양소 중 무기질, 비타민 등 미량 영양소의 급원식품인 채소류는 우리 식생활에서 부족하기 쉬운 영양소를 보충해주기 때문에 무엇보다 섭취

가 중요시 되어 왔다. 하지만 최근에는 신선식품을 통한 섭취 외에도 현대인들은 건강증진 목적을 위하여 다양한 건강기능식품을 소비하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 채소류를 원재료 그대로 섭취하는 방법 외에 데침, 고온고압처리 등 열처리에 의한 항산화 물질의 생성을 확인하고 그에 따른 항산화 활성을 비교하여 새로운 기능성 소재를 발굴하고자 하였다.

본 연구에 사용한 채소류 6종에 대하여 생시료와 데침처리 시료의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량을 분석한 결과, 수분 함량은 유의적인 차이가 없었고, 조단백질 함량은 생마늘이 8.59%로 가장 높았는데, 데침 처리에 의해 3.29%로 크게 감소되었고, 조지방 함량 역시 0.47%에서 마늘 0%까지 범위로 생시료에서 미량 검출되었고, 조회분 함량은 생시료 중 마늘 1.30%, 1.18%, 1.18%

Table 8. The ABTS Radical Scavenging Activity(%) of Six Types of Vegetable Samples by Solvent

Sample	Treatment	ABTS radical cation scavenging activity (AEAC, mg AA eq/100 g)		
		DW	50% EtOH	100% EtOH
Carrot	Control	694 ± 30	450 ± 17	250 ± 54
	Blanching	764 ± 105	565 ± 76	242 ± 42
	HThP	1065 ± 49*	1333 ± 132	1024 ± 28*
Crown daisy	Control	735 ± 124	690 ± 29	622 ± 106
	Blanching	676 ± 80	1028 ± 41	364 ± 10
	HThP	1552 ± 1	2210 ± 91*	629 ± 37
Mugwort	Control	1865 ± 104	2734 ± 66	2724 ± 55
	Blanching	1725 ± 148	2350 ± 140	708 ± 64**
	HThP	3417 ± 111**	3468 ± 53**	2842 ± 70
Cabbage	Control	521 ± 133	439 ± 30	210 ± 7
	Blanching	192 ± 14	584 ± 76	nd
	HThP	1382 ± 43*	1613 ± 107*	1245 ± 147
Onion	Control	356 ± 53	645 ± 73	77 ± 13
	Blanching	295 ± 108	519 ± 19	33 ± 5
	HThP	848 ± 59	1747 ± 23*	1565 ± 7**
Garlic	Control	384 ± 69	212 ± 6	354 ± 26
	Blanching	461 ± 5	181 ± 67	327 ± 17
	HThP	2454 ± 82**	2547 ± 18**	1733 ± 47*

¹⁾ HThP: High-temperature/high-pressure.

²⁾ Significance based on Student's t-test, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

³⁾ Not determined.

1.05% 순으로 높았는데, 이들 성분 모두 데침 처리에 의해 그 함량이 감소되어 열에 의한 영양소 손실이 발생됨을 알 수 있었다.

식이섬유 함량은 채소류 종류에 따라 함량 변화가 다르게 나타났는데, 가장 높은 식이섬유를 함유한 양배추의 경우 데침 처리에 의해 그 함량이 감소되었고, 고온고압처리에 의해 유의적으로 크게 증가되었다. 반면 녹색 채소류인 썩갯과 썩은 데침 처리에 의해 그 함량이 증가하였고, 고온고압처리에 의해 수용성 식이섬유 함량이 크게 감소되었다. 특히, 고온고압보다는 데침 처리에 의해서 수용성 식이섬유 함량 변화가 크게 나타나 채소류로부터 수용성 식이섬유 섭취를 위해서는 데침 조리법을 선택하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한 채소류 중 토코페롤 함량을 조사한 결과 α -와 γ -토코페롤만이 검출되었다. α -토코페롤 함

량이 가장 높았던 썩갯(9.2 mg)은 데침 처리에 의해 10.3 mg, 고온고압 처리에 의해 1.4 mg으로 감소되어 높은 열에 장시간 노출되어 파괴된 것으로 사료된다. γ -토코페롤은 당근과 썩갯에서만 일부 검출되었지만, 통계적인 유의성이 낮아 열처리에 의한 함량 변화를 정확히 해석할 수는 없었다.

총폴리페놀 함량은 고온고압 처리한 모든 시료에서 유의적으로 높게 나타났으며 플라보노이드 함량 역시 대부분 유의적인 차이로 증가하는 경향을 보였다. 반면 데침 처리에 의해서는 분석 시료 대부분이 총폴리페놀과 총플라보노이드 함량이 약간 낮게 검출되어 열처리 온도와 시간이 높은 고온고압 조건(130°C, 2 h)이 데침 처리(95°C, 2~10 min)보다는 항산화물질 함량을 높이는 데 유리하다는 사실을 알 수 있었다.

3가지 추출용매별로 조제한 추출물들은 동일한

농도(1 mg/mL)에서의 SOD 유사 활성, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능을 측정하여 항산화 활성을 측정하였다. SOD 유사활성의 경우 고온고압처리 썬물추출물 92.1%, 데침 양배추물추출물 82.9%, 무처리 썬에탄올추출물 82.0% 순으로 유의로 높은 활성을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능의 경우 고온고압처리 썬물추출물이 31.0%, 고온고압 썬에탄올추출물 24.5%, 무처리 썬에탄올추출물 24.0% 순으로 높은 활성을 띠었다. 마지막으로 ABTS 라디칼 소거능으로 본 항산화능은 고온고압처리한 썬의 물추출물과 50% 에탄올추출물이 각각 3,417 와 3,468 mg AA eq/100 g 범위로 가장 높은 활성을 보여, 항산화 활성이 우수한 썬의 경우 고온고압처리에 의해 그 활성이 더욱 높아진다는 것을 확인하였다.

이상의 결과를 통해 채소류와 같이 열에 약한 식품들의 경우 비록 열처리 시 영양소 손실은 발생할 수 있지만 항산화 물질 생성 및 생리활성 증진 등 건강기능적 측면에서는 유용성분의 증가를 기대할 수 있기에 이를 이용한 다양한 연구가 더욱 활발하게 이루어진다면 농산물의 새로운 고부가가치 창출을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ009126)의 연구비 지원에 의해 이루어진 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

References

- Abeyasinghe DC, Li X, Sun C, Zhang W, Zhou C, Chen K (2007) Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. *Food Chem* 104, 1338-1344.
- Ann YG, Chur BC, Park SJ (2013) Biological activity and improvement effect on irritable bowel syndrome of wax gourd extract and probiotic lactic acid bacteria. *Korea J Food Nutr* 26(1), 137-145
- AOAC (2000) Official methods of analysis. 17th ed., Association of official analytical chemists, Washington DC.
- Bae YM, Hong YJ, Kang DH, Heu S, Lee SY (2011) Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. *Korea J Food Sci Technol* 43(2), 161-168
- Blois MS(1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181, 1199-1200
- Cha MN, Oh MS (1996) Changes in mineral content in several leaf vegetables by various cooking methods. *Korea J Food Cook Sci* 12(1), 34-39
- Chae HS, Lee SH, Jeong HS, Kim WJ (2013) Antioxidant activity and physicochemical characteristics of *Pimpinella brachycarpa* Nakai with treatments methods. *Korea J Food Nutr* 26(1), 125-131
- Choi Y, Lee SM, Chum J, Lee HB, Lee J (2006) Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99(호수), 381-387
- Chung SY, Kim HW, Yoon S (1999) Analysis of antioxidant nutrients in green yellow vegetable juice. *Korea J Food Sci Technol* 31(4), 880-886
- Folin O, Denis W(1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagent. *J Biol Chem* 12, 239-243
- Han GJ, Shin DS, Jang MS(2009) Chemical characteristics of stored *Aralia continentalis* Kitagawa kimchi. *Korea J Food Cookery Sci* 25, 330-336
- Han HK, Kang MS, Na JM, Yoon HN, Kim SY, Kim SN, Kim JB, Park HJ, Jo YS, Kim SY(2011) Quantitative changes of nutritional composition of spaghetti squash by boiling. *Korea Soc Food Cook Sci* 27(6), 815-823
- Hur JY, Hwang IK(2002) The stability of water-soluble and fat-soluble vitamin in milk by heat treatments. *Korea J Soc Food Cook Sci* 18, 487-494
- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS(2006) Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korea J Food Sci Technol* 38, 342-347
- Jeon SM, Kim SY, Kim IH, Go JS, Kim HR, Jeong JY, Lee HY, Park DS(2013) Antioxidant activities of processed Deoduck (*Codonopsis lanceolata*) extracts. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 42(6), 924-932
- Kang KM, Lee SH(2013) Effects of extraction methods on the antioxidative activity of *Artemisia* sp. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 42(8), 1249-1254
- Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, Shin HH, Cho EK(2012) Quality changes of vegetables by different cooking methods. *Culinary Res* 18(1), 40-53
- Kim CH(2009) Antioxidant activity and quality characteristics of *Artemisia* sp. with different heat treatments. *Culinary Res* 15(3), 128-138

- Kim GH(1998) Studies on quality maintenance of fresh fruit and vegetables using modified atmosphere packaging. *J Korea Soc Post-harv Sci Technol Agril Prod* 5(1), 23-28
- Kim RJ, Kang MJ, Hwang CR, Jung WJ, Shin JH(2012) Antioxidant and cancer cell growth inhibition activity of five different varieties of *Artemisia* cultivars in Korea. *J Life Sci* 22(6), 844-851
- Kim SJ, Sun SH, Kim GC, Kim HR, Yoon KS(2011) Quality Changes of fresh-cut leafy and condiment vegetables during refrigerated storage. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 40(8), 1141-1149
- Kim YH, Lee DS, Kim JC(2004) Effect of blanching on textural properties of refrigerated and reheated vegetables. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 33(5), 911-916
- Krotkiewski M(1987) Effect of guar gum on the arterial blood pressure. *Acta Med Scand* 222(1), 43-49
- Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS(2006) Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korea J Food Sci Technol* 38(3), 331-336
- Lee J, Suknark K, Kluitse Y, Philips RD, Eitenmiller RR(1999) Rapid liquid chromatographic assay of vitamin E and retinyl palmitate in extruded weaning foods. *J Food Sci* 64(6), 968-972
- Lee JJ, Choo MH, Lee MY(2007) Physicochemical compositions of *Pimpinella brachycarpa*. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 36, 327-331
- Lee SM, Lee HB, Lee JS(2005) Analysis of vitamin E in some commonly consumed foods in Korea. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 34, 1064-1070
- Lee YR, Woo KS, Hwang IG, Kim HY, Lee SH, Lee JS, Jeong HS (2012) Physicochemical properties and antioxidant activities of garlic (*Allium sativum* L.) with different heat and pressure treatments. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 41(2), 278-282
- Marlett JA (1992) The content and composition of dietary fiber in 117 frequently consumed foods. *J Am Diet Assoc* 92(2), 175-186
- Microsoft(2007) Microsoft Office Excel. Microsoft Korea Inc.
- Oh SI, Lee MS (2003) Screening for antioxidative and antimutagenic capacities in 7 common vegetables taken by Korean. 32(8), 1344-1350
- Park SJ, Sihm EH, Kim CA (2011) Component analysis and antioxidant activity of *Plantago asiatica* L. *Korea J Food Preserv* 18(2), 212-218
- Perron NR, Brumaghim JL. 2009. A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell Biochem Biophys* 53, 75-100
- RDA (2011) Standard Food Composition Table. 8th edition. National Academy of Agricultural Science (NAAS), Suwon, Korea
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26(9), 1231-1237
- Seo CR, Byun JS, An JJ, Lee JH, Hong JW, Jang SH, Park KW (2013) Effects of *Glycyrrhiza inflata* Batal extracts on adipocyte and osteoblast differentiation. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 42(7), 1015-1021
- Shin EH (2009) Component analysis and antioxidant activity of *Pueraria flos*. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 38(9), 1139-1144
- Song CH, Seo YC, Choi WY, Lee CG, Kim DU, Chung JY, Chung HC, Park DS, Ma CJ, Lee HY (2012) Enhancement of antioxidative activity of *Codonopsis lanceolata* by stepwise steaming process. *Korea J Med Crop Sci* 20, 238-244