

수확시기에 따른 부추 성분 및 항산화효과의 변화

문갑순* · 류복미 · 이민자

인제대학교 식품생명과학부 · 식품과학연구소 · 바이오헬스 소재연구센터

Components and Antioxidative Activities of *Buchu* (Chinese chives) Harvested at Different Times

Gap-Soon Moon*, Bog-Mi Ryu and Min-Ja Lee

School of Food and Life Science, Food Science Institute and Biohealth Products Research Center supported by MOST & KOSEF, Inje University

Changes in amino acids content and antioxidative activity in the leaves of *buchu* (*Allium tuberosum* R.) at different harvesting times were investigated. Contents of protein, lipids and ash were the highest at the first harvest time, but decreased thereafter, whereas water content showed the reverse pattern. Amino acid contents were the highest at 2nd harvest time, major compositions being aspartic acid, alanine, and glutamic acid, which decreased thereafter. Antioxidative activities according to harvesting times also revealed the same pattern showing by the major nutrients. Correlation coefficients between antioxidative detecting methods in TEAC vs FRAP assay, FRAP vs DPPH assay, and TEAC vs DPPH showed 0.996, 0.992, and 0.987, respectively ($p<0.001$). The earliest-harvested *buchu* had the highest content of carotenoids, vitamin C, and total phenol, whereas the lowest of chlorophyll. Antioxidative effects of *buchu*, with vitamin C and total phenol contents have high coefficient correlations of 0.991 and 0.989, respectively.

Key words: component, antioxidative activity, *buchu*, harvesting time, correlation coefficient

서 론

부추(*Allium tuberosum* R.)는 우리나라뿐만 아니라 중국, 일본을 비롯한 동남아시아 전역에서 애용되고 있는 기호도가 매우 높은 향신채소류이다. 부추에는 클로로필, 카로틴, 비타민 C, 칼슘, 철분, 식이섬유소 등의 영양소가 많이 함유되어 있어 식품으로서 중요할 뿐만 아니라⁽¹⁾ 한방에서는 예로부터 보혈, 혈액정화, 강정, 이뇨, 진위, 해독제 등의 약재로도 귀하게 사용하여 왔다⁽²⁾. 또한 부추는 1회 파종으로 5, 6년 간 계속 수확할 수 있고 년 7, 8회 수확이 가능한 경제작물로서 인기가 높아 최근 재배면적이 크게 늘어나고 있는 추세이다.

부추는 마늘, 양파와 함께 *allium* 속에 속하는 채소류이고 최근 마늘, 양파에 대한 생리적 기능에 관한 연구가 활발히 진행되면서^(3,4) 이들 *allium* 속 식물에 관한 관심이 전세계적으로 높아지고 있다. 우리나라에서도 최근 부추에 관련된 논문들이 증가 추세이기는 하나 quinone reductase 유도활성을

이용한 항암연구^(5~7)와 항균효과^(8,9)에 편중되어 있는 경향이다. 부추의 성분에 관해 Chung과 Youn⁽¹⁰⁾이 우리나라 재래종 부추를 전국에서 수집하여 클로로필과 당, 비타민 C, 무기성분 및 식미검사를 행하였고, Kwak 등⁽¹¹⁾이 부추의 수확시기 별 클로로필, 무기질 및 SOD 유사활성을 변화를 측정한 바 있으나 부추가 우리의 식단에서 차지하는 중요성에 비추어 부추의 영양 및 기능성에 관한 기초 데이터가 충분하지 못하다. 부추에는 클로로필, β-카로틴, 비타민 C, 함황화합물, 플라보노이드류 등이 상당량 함유되어 있고 이들 성분들의 항산화효과^(12,13) 및 유해산소 소거작용^(14,15)이 밝혀지고 있어 부추를 즐겨먹는 우리의 식생활에서 부추가 중요한 항산화원으로 기여할 것으로 추정된다. 부추의 항산화효과에 관해서는 Kwak 등⁽¹¹⁾과 Hwang 등⁽⁶⁾이 김해 부추 및 포항 부추에서 SOD 유사활성을 측정한 바 있고 Lee⁽¹⁶⁾는 훈취에 사염화탄소로 산화적 스트레스를 유발한 후 부추의 간손상 방지효과를 보고하였으며 Lee 등^(17,18)은 장기간의 부추섭취가 동물의 산화 및 노화를 화연히 억제하였고 자외선 조사시 피부노화를 억제하는 효과를 확인한 바 있다. 그런데 부추는 수확시기에 따라 영양성분 및 기능성 효능의 차이가 클 것으로 예상되고, 가장 먼저 수확하는 초벌부추가 가장 높게 구전으로 평가되고 있다. 이에 본 연구에서는 현재 우리나라 시장점유율이 가장 높은 ‘그린벨트’종 부추를 수확시기별로

*Corresponding author : Gap-Soon Moon, School of Food Science, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University, Kimhae, 621-749
 Tel: 82-55-320-3234
 Fax: 82-55-321-0691
 E-mail: fdsnmoon@ijnc.inje.ac.kr

수집하여 부추의 아미노산을 포함한 영양성분과 항산화효과를 여러 가지 방법으로 측정하고 부추의 주요 항산화 원인 물질로 여겨지는 클로로필, 카로테노이드, 비타민 C 및 총페놀함량을 측정하여 측정방법간의 상관관계 및 부추성분과 항산화효과와의 상관관계를 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 부추는 김해시 대동면산(2002년) '그린벨트'종으로 초벌(3월 27일)에서 6벌(6월 3일)까지의 시료를 수확시기별로 구입하여 깨끗이 수세한 후 생부추는 일반성분 및 아미노산 분석에 사용하였고 동결건조 부추는 항산화효과 및 관련 성분의 측정에 사용하였다.

일반성분 및 아미노산의 분석

부추의 일반성분은 상법으로 측정하였다. 즉, 수분은 상압 가열건조법으로, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법으로, 조단백질은 micro Kjeldahl법으로, 조회분은 회화법으로 각각 측정하였다. 아미노산 함량은 생부추를 전처리한 후 부산대학교 기초과학연구소의 아미노산 자동분석기로 분석하였다.

부추의 항산화효과의 측정

부추의 항산화효과는 trolox equivalent antioxidant capacity(TEAC), ferric reducing antioxidant power(FRAP) 및 1,1-diphenyl-2picrylhydrazyl(DPPH)에 의한 전자공여능으로 측정하였다. TEAC 값은 Roberta 등⁽¹⁹⁾의 방법에 따랐는데 10 μL의 부추 메탄을 추출물 또는 trolox standard에 ABTS⁺ 용액 1.0 mL를 첨가하여 1분 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 6분간 모니터링하였고 1 mM trolox와 비교하여 흡광도의 저해 %로 나타내었다.

FRAP 값은 Benzie와 Strain⁽²⁰⁾의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 300 μL의 FRAP 시약을 37°C로 조절하여 593 nm에서 초기 값을 측정한 뒤 부추 메타놀 추출물 10 μL를 가하고 15초 간격으로 8분간 흡광도의 변화를 모니터링 하였다. 최종 값과 초기 값 사이의 흡광도의 변화(ΔA_{593nm})를 측정하고 알려진 Fe^{II} 농도별로 검량선을 작성하여 FRAP 값을 계산하였다.

DPPH에 의한 유리기 소거효과는 Blois⁽²¹⁾의 방법에 따라 측정하였다. 즉, DPPH 16 mg을 100 mL 에탄올에 녹인 후 여기에 100 mL 종류수를 혼합하여 Whatman filter paper No. 2를 이용하여 여과하고 이 여액 5 mL에 일정 농도의 부추 메탄을 추출물 1 mL를 혼합한 후 528 nm에서 흡광도를 측정하였다.

항산화관련 물질의 함량 측정

수확시기가 다른 부추 시료로부터 클로로필, 카로테노이드, 비타민 C 및 총페놀 함량을 측정하였다. 각 수확시기별 동결건조 부추의 클로로필 함량은 White 등⁽²²⁾의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 마쇄한 동결건조 부추를 85% 아세톤으로 하룻밤 추출하여 유리 여과기로 거른 후 여액은 85% 아세톤으로 200 mL로 정용하고 이 중 20 mL을 취해 분액 여두에 넣고 50 mL의 에테르를 가한 다음 동량의 5% sodium sulfate

로 3회 세척하였다. 에테르층에 무수 황산나트륨을 첨가하여 여과하고 여액을 에테르로 100 mL가 되게 정용하여 642.5 nm 및 660 nm에서 흡광도를 측정하였다.

동결건조 부추의 카로테노이드 함량은 AOAC법⁽²³⁾에 따라 측정하였다. 즉, 마쇄한 동결건조 부추 2 g에 100 mL의 아세톤 : 핵산(3 : 7, v/v) 혼합액을 가하여 하룻밤 동안 추출한 뒤 여과하고 잔사를 25 mL의 아세톤으로 2회, 25 mL의 핵산으로 1회 세척하여 추출액에 첨가하였다. 추출액을 종류수 100 mL로 5회 세척하여 아세톤을 제거한 다음 상층을 아세톤 9 mL가 함유된 100 mL용 플라스크에 옮기고 핵산을 가하여 정용하였다. 활성화 마그네시아 : 규조토(1 : 1, w/w)의 혼합물로 크로마토 칼럼을 만든 뒤 추출액을 주입하고 흡인하면서 50 mL의 아세톤 : 핵산(1 : 9, v/v) 혼합액으로 전개시켜 용출액을 얻었다. 이 용출액을 100 mL이하로 농축하여 아세톤 : 핵산(1 : 9, v/v) 혼합액으로 100 mL가 되도록 정용한 뒤 436 nm에서 흡광도를 측정하였다.

동결건조 부추의 비타민 C 함량은 AOAC법⁽²³⁾에 따라 hydrazine 비색법으로 측정하였다. 즉, 마쇄한 동결건조 부추 1 g을 100 mL의 탈이온수에 혼탁한 후 여과하고, 각 시료 2 mL을 cap test tube에 넣고 0.2% indophenol액 10 μL를 가한 뒤 thiourea 용액 2 mL를 첨가하였다. 시료 및 대조용 cap tube에 DNP용액을 1 mL 가한 다음 50°C에서 30분간 incubation한 뒤 냉각하였다. 여기에 85% 황산용액 5 mL를 가하고 대조 tube에 DNP용액 1 mL를 첨가한 후 실온에서 30분간 방치한 다음 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

동결건조 부추 메탄을 추출물의 총페놀 함량은 Hammer-schmidt⁽²⁴⁾의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 부추 메탄을 추출물 0.1 mg씩을 2% Na₂CO₃ 용액 2.0 mL에 녹이고 2분 후 50% Folin-Ciocalteau 시약 0.1 mL를 가하여 실온에서 30분간 배양시킨 다음 750 nm에서의 흡광도를 측정하고 chlorogenic acid를 표준으로 하여 총페놀 함량을 계산하였다.

통계처리

실험은 3회 이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었고, 항산화효과 측정방법간의 상관관계 및 부추성분과 항산화효과와의 상관관계를 SPSS 통계분석 프로그램을 이용하여 관찰하였으며 Pearson's correlation으로 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

수확시기에 따른 부추의 영양성분의 변화

부추의 수확시기별 일반성분의 변화를 Table 1에 나타내었다. 김해산 '그린벨트'종 부추에는 수분이 90~93%정도 함유되어 있었고 지질이 0.6~0.4%, 단백질이 5.8~4.0%, 회분이 1.2~1.0% 정도 함유되어 있어 식품성분 분석표⁽²⁵⁾의 값과 대체로 유사한 것으로 나타났다. 수확시기에 따라 수분함량은 약간씩 증가하였으나 단백질, 지질, 회분함량은 6회 수확부추가 초벌부추에 비해 각각 약 31%, 34%, 17% 정도 감소하여서 수확시기가 증가할수록 영양성분들이 감소함을 알 수 있었다. 철분함량도 초벌부추에서 가장 높았으므로⁽¹¹⁾ 초벌부추가 영양적으로 유리한 것으로 나타났다.

부추의 수확시기별 아미노산의 함량 변화는 Table 2에 나

Table 1. Proximate composition¹⁾ of *buchu* harvested at different times

Harvest time	Moisture	Protein	Lipid	Ash	(%)
1st (Mar. 27)	90.13±0.82 ^{a,2)}	5.83±0.01 ^c	0.58±0.00 ^e	1.21±0.01 ^c	
2nd (Apr. 07)	91.99±0.92 ^b	5.21±0.01 ^d	0.55±0.01 ^d	1.18±0.01 ^d	
3rd (May 01)	92.12±0.21 ^b	4.98±0.01 ^c	0.49±0.01 ^c	1.10±0.01 ^c	
4th (May 22)	92.28±0.85 ^b	4.12±0.01 ^b	0.44±0.01 ^b	1.03±0.01 ^b	
5th (Jun. 12)	92.44±0.40 ^b	4.04±0.01 ^a	0.40±0.01 ^a	1.01±0.01 ^a	
6th (Jul. 03)	92.77±1.03 ^b	4.02±0.01 ^a	0.38±0.01 ^a	1.01±0.01 ^a	
Reference ⁽²⁵⁾	94.0	2.0	0.1	0.8	

¹⁾Data are expressed as means±S.D.(n=3).^{2)a~e} Values with different superscript within a same column are significant difference (p<0.05) by Tukey test.**Table 2. Composition and relative content of amino acids and related compounds of *buchu* harvested at different times** (mg/g)

Composition	Harvest time	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Phosphoethanolamine		0.02	0.05	0.00	0.00	0.05	0.05
Urea		0.00	2.16	2.21	1.95	1.82	2.24
Aspartic acid		1.46	0.33	0.28	0.33	0.47	0.37
Threonine		0.00	0.20	0.18	0.15	0.26	0.25
Serine		0.19	0.43	0.36	0.27	0.38	0.42
Asparagine		0.45	1.10	0.92	0.83	0.74	1.05
Glutamic acid		0.73	0.61	0.44	0.34	0.52	0.36
Sarcosine		0.00	0.26	0.35	0.34	0.00	0.26
α-aminoaspidic acid		0.10	0.21	0.25	0.18	0.12	0.15
Glycine		0.21	0.25	0.16	0.19	0.10	0.12
Alanine		1.00	0.64	0.44	0.39	0.37	0.49
α-aminobutyric acid		0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03
Valine		0.14	0.17	0.14	0.10	0.15	0.16
Cystine		0.00	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04
Methionine		0.00	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
Cystathionine		0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02
Isoleucine		0.08	0.07	0.10	0.08	0.10	0.11
Leucine		0.12	0.12	0.12	0.09	0.16	0.17
Tyrosine		0.02	0.04	0.04	0.03	0.05	0.06
β-alanine		0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
Phenylalanine		0.06	0.10	0.09	0.07	0.12	0.16
γ-aminobutyric acid		0.08	0.24	0.12	0.10	0.15	0.21
Ammonia		1.01	0.74	0.55	0.51	0.65	0.56
Lysine		0.10	0.11	0.11	0.08	0.12	0.17
l-methylhistidine		0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Histidine		0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04
Anserine		0.00	0.00	0.12	0.20	0.00	0.00
Carnosine		0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.08
Arginine		0.08	0.08	0.06	0.05	0.07	0.09
Hydroxyproline		0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Proline		0.13	0.20	0.11	0.09	0.14	0.14
Total		6.06	8.22	7.32	6.56	6.77	7.86

타내었다. 초벌부추의 주요 구성 아미노산은 aspartic acid, alanine, glutamic acid, asparagine, glycine, proline로서 Choi 등⁽²⁶⁾이 부추의 주요 유리 아미노산으로 밝힌 alanine, glutamic acid, aspartic acid, valine과 유사하였다. 부추의 수확시기에 따라 요소함량은 증가하였고 암모니아 함량은 감소하였으며 총아미노산 함량은 2벌부추에서 가장 높았다. 부추의 주요 구성아미노산인 aspartic acid, glutamic acid, alanine 함량은

수확시기가 증가할수록 급감한 반면 threonine, serine, asparagine, tyrosine, phenylalanine 및 lysine은 소량 증가하였고 다른 아미노산들은 큰 변화가 없었다.

수확시기별 부추의 항산화효과

수확시기별 부추의 항산화효과를 Table 3에 나타내었다. 식품의 항산화효과 측정을 위해 많은 방법들이 사용되고 있지

Table 3. Antioxidative activities¹⁾ of *buchu* methanol extract compared with various methods

Harvest time	TEAC	FRAP	DPPH
	(μ M Trolox equivalent)		(Inhibition %)
1st	0.485 ± 0.002 ^{c,2)}	0.162 ± 0.002 ^e	84.39 ± 0.89 ^e
2nd	0.427 ± 0.002 ^d	0.133 ± 0.001 ^d	76.27 ± 0.25 ^d
3rd	0.412 ± 0.001 ^c	0.125 ± 0.001 ^c	73.94 ± 0.33 ^c
4th	0.409 ± 0.000 ^c	0.124 ± 0.000 ^c	72.60 ± 0.39 ^b
5th	0.404 ± 0.001 ^b	0.119 ± 0.003 ^b	70.38 ± 0.34 ^a
6th	0.396 ± 0.001 ^a	0.113 ± 0.001 ^a	70.05 ± 0.19 ^a

¹⁾Data are expressed as means ± S.D.(n=3).^{2)a-e} Values with different superscript within a same column are significant difference (p<0.05) by Tukey test.

만 근래 생체 및 식품의 총항산화효과를 측정하기 위해 개발된 TEAC법과 FRAP법이 많이 사용되고 있다. 두 방법은 간단하면서도 정확하게 식품의 항산화효과를 나타낼 수 있으므로 본 연구에서도 두 방법으로 항산화효과를 측정하여 비교해 보았다. TEAC법으로 측정한 부추의 TE(Trolox equivalent)값은 0.49~0.40 사이였으나 FRAP법으로 측정하였을 때는 0.16~0.11을 나타내어 TEAC법보다 낮은 값을 나타내었다. 그러나 두 방법 모두 부추의 수확시기가 늦어질수록 TE 값이 떨어지는 경향을 나타내어 부추의 항산화효과가 낮아짐을 확인할 수 있었다. TEAC법은 Miller 등⁽²⁷⁾이 1993년에 개발한 방법으로서 ABTS 라디칼 cation의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하고 있다. 이 방법은 혈장이나 혈청의 항산화효과 뿐만 아니라 phytochemicals의 항산화효과 측정에 현재 가장 광범위하게 사용되고 있다⁽²⁸⁾. Benzie와 Strain⁽²⁹⁾에 의해 개발된 FRAP법은 혈장의 총항산화효과를 직접적으로 간단히 측정할 수 있다는 장점이 있지만 생체 주요 항산화제인 글루타치온에 반응하지 않는 치명적인 약점을 가지고 있다⁽²⁹⁾. 그러나 Benzie와 Szeto⁽³⁰⁾은 식이의 폐놀함량과 FRAP값으로 측정한 항산화효과와의 사이에서 높은 상관관계($r = 0.956$, $p < 0.0001$)를 얻었으므로 FRAP법도 식품의 항산화효과를 측정하는 유용한 방법이 될 수 있다. 항산화효과의 또 다른 측정방법으로서 DPPH에 의한 전자공여능을 비교한 결과에서도 총항산화효과에서와 같은 결과를 얻었다. 따라서 초벌부추의 활성산소에 대한 소거작용이 가장 큰 것으로 나타났고 부추의 수확이 되풀이 될수록 유리기 소거효과가 낮아짐을 알 수 있었다. 각 방법별 초기에서 6벌까지의 시기에서 항산화력의 감소정도를 측정한 결과 TEAC, FRAP, DPPH 활성이 각각 18%, 30%, 17% 감소한 것으로

나타났다. 이는 Kwak 등⁽¹¹⁾이 수확시기별 부추의 SOD유사활성을 수확이 반복될수록 감소하였다고 보고한 결과와 일치하였다.

본 실험에 사용한 항산화효과 측정방법간의 상관관계를 Table 4에 나타내었다. TEAC법과 FRAP법은 상관계수 0.996 ($p < 0.001$)의 가장 높은 상관관계를 나타내었으며 FRAP와 DPPH법이 0.992($p < 0.001$), TEAC법과 DPPH법이 0.987 ($p < 0.001$)로서 모두 높은 정의 상관관계를 나타내었다. 이는 생체 혈장의 총항산화효과를 측정함에 있어서 TEAC법과 FRAP법 사이에 어떠한 관련성도 없었다는 Cao와 Prior⁽²⁹⁾의 결과와는 달리 식물의 항산화효과 측정에는 상기의 세 가지 측정 방법 중 어떠한 것을 사용하더라도 같은 결과를 얻을 수 있음을 나타낸다.

항산화효과 관련 물질의 변화

부추에 함유되어 있는 항산화효과와 관련성이 높을 것으로 여겨지는 원인물질을 규명하기 위하여 부추의 클로로필, 카로테노이드, 비타민 C 및 총페놀함량을 수확시기별로 측정하여 Table 5에 나타내었다. 부추에는 항산화관련 성분들의 함량이 대단히 많이 함유되어 있으며 클로로필 함량은

Table 4. Comparisons of correlation coefficients (γ) between antioxidative activities measured by different methods

	Correlation coefficients (γ)	p
TEAC vs FRAP	0.996**	.000
TEAC vs DPPH	0.987**	.000
FRAP vs DPPH	0.992**	.000

^{**}Correlation is significant at $p < 0.001$.**Table 5. Chlorophyll, carotenoids, vitamin C and total phenol contents³⁾ of *buchu* harvested at different times** (mg%)

Harvest time	Chlorophyll ¹⁾	Carotenoids ¹⁾	Vitamin C ¹⁾	Total phenol ²⁾
1st	532.11 ± 1.46 ^{a,4)}	30.48 ± 0.79 ^d	325.41 ± 2.59 ^c	184.00 ± 0.58 ^f
2nd	545.06 ± 1.07 ^b	27.21 ± 0.97 ^c	275.63 ± 0.90 ^d	152.00 ± 0.00 ^e
3rd	560.54 ± 3.07 ^c	26.67 ± 0.53 ^{bc}	269.72 ± 1.04 ^c	147.00 ± 1.00 ^d
4th	569.82 ± 1.81 ^d	25.44 ± 0.44 ^{ab}	257.18 ± 2.71 ^b	144.00 ± 0.58 ^c
5th	574.63 ± 2.17 ^d	25.02 ± 0.05 ^{ab}	251.57 ± 1.46 ^a	135.00 ± 1.00 ^b
6th	581.47 ± 1.17 ^e	24.76 ± 0.45 ^a	249.36 ± 2.39 ^a	132.00 ± 1.15 ^a

¹⁾Samples were lyophilized.²⁾Samples were extracted by methanol.³⁾Data are expressed as means ± S.D. (n=3).^{4)a-e} Values with different superscript within a same column are significant difference ($p < 0.05$) by Tukey test.

Table 6. Comparisons of correlation coefficients (γ) between antioxidative activity measured by TEAC assay and contents of antioxidative compounds

	Chlorophyll contents	Carotenoids contents	Vitamin C contents	Total phenol contents
TEAC	-0.913*	0.979**	0.991**	0.989**

*Correlation is significant at $p<0.05$. **Correlation is significant at $p<0.001$.

532.11~581.47 mg%, 카로테노이드 함량은 24.8~30.5 mg%, 비타민 C 함량은 249.4~325.4 mg%, 총페놀 함량은 132~184 mg%였다. 부추의 클로로필 함량은 수확기간이 늦어질수록 그 함량이 약간 증가하여 초벌보다 6벌에서 약 9% 증가하였고(Kwak 등⁽¹¹⁾의 결과와 일치), 이와는 대조적으로 카로테노이드와 비타민 C 및 총페놀 함량은 수확시기가 늦어질수록 감소하여 카로테노이드 18.8%, 비타민 C는 23.4%, 총페놀 함량은 28.3% 감소한 것으로 나타났다. 식물의 항산화효과의 주요 원인물질로서 비타민 C와 식물성 페놀물질들의 역할이 강조되고 있는 점과 비교하였을 때 수확횟수가 증가 할수록 이들 성분들의 급격한 감소는 항산화효과의 감소와 밀접한 관련이 있을 것으로 여겨진다. TEAC로 측정한 항산화효과와 부추성분들과의 상관관계를 살펴보면 부추의 항산화효과와 가장 관련이 높은 것은 비타민 C 함량이었고 ($r=0.991$) 총페놀함량($r=0.989$) 및 카로테노이드 함량($r=0.979$)과도 높은 정의 상관관계를 나타내었으며 클로로필과는 부의 상관관계($r=-0.913$)를 나타내었다(Table 6). 식물에 널리 분포되어 있는 천연 녹색 색소인 클로로필은 광선이 차단된 상태에서는 유리기 소거제로 작용하여 지방질의 자동산화를 방지하는 생리작용이 규명되어 있다^(31,32). 그러나 빛이 존재할 때는 감광체(photosensitizer)로 작용하여 안정한 삼중항산소(O_3)를 일중항산소(O_2)로 바꾸어 지질의 광산화를 촉진시키는 것으로 알려져 있으며⁽³³⁾ 클로렐라 등을 과량 섭취할 경우 클로로필의 일부가 피부에 침착되어 광산화에 의한 피부염을 유발한 임상사례가 보고되어 있다⁽³⁴⁾. 본 논문에서 클로로필과 항산화효과가 부의 상관관계를 나타낸 것은 초벌부추의 항산화효과가 가장 높았던 반면 수확횟수가 증가할수록 항산화효과가 감소하였고 클로로필 함량은 증가한 때문으로 여겨지며 클로로필 자체가 부추의 항산화효과에 부의 역할을 한 것이라고는 볼 수 없다. 본 연구에서 클로로필은 부추에 함유된 타 항산화성분들 보다는 항산화효과에 영향을 적게 미치는 것으로 나타났다.

요 약

김해지역 ‘그린벨트’종 부추의 영양성분과 항산화효과를 수확시기별로 비교하였다. 그 결과 초벌부추는 수분 함량이 가장 낮고 단백질, 지방, 회분의 함량이 높았다. 아미노산 함량은 2벌부추에서 높았고 주요 구성 아미노산은 aspartic acid, alanine, glutamic acid였다. 또한, 초벌부추의 항산화효과가 가장 큰 것으로 나타났고 부추의 수확이 되풀이될수록 유리기 소거효과가 낮아짐을 알 수 있었다. 항산화효과 측정방법에 따른 상관관계를 측정한 결과 TEAC법과 FRAP법은 $r=0.996$ ($p<0.001$)의 가장 높은 상관관계를 나타내었고 FRAP과 DPPH법이 0.992, TEAC법과 DPPH법이 0.987로서 모두

유의수준 99%에서 높은 상관관계가 인정되었다. 부추의 항산화 관련 원인물질을 규명하기 위하여 클로로필, 카로테노이드, 비타민 C 및 총페놀 함량을 측정한 결과 클로로필은 532.11~581.47 mg%, 카로테노이드는 24.8~30.5 mg%, 비타민 C는 249.4~325.4 mg%, 총페놀은 132~184 mg% 함유되어 있었다. 수확횟수가 증가할수록 클로로필 함량은 증가하였으나 나머지 성분들은 감소하였다. 특히, 비타민 C와 총페놀 함량의 급격한 감소(각각 23.4%와 28.3%)는 항산화효과의 감소와 밀접한 관련이 있어서 TEAC값과 비타민 C 함량의 $r=0.991$, TEAC값과 총페놀함량의 $r=0.989$ 이었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 인제대학교 바이오헬스 소재연구센터(Biohealth Products Research Center) 및 농림부의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Park, E.R., Jo, J.O., Kim, S.M., Lee, M.Y. and Kim, K.S. Volatile flavor component of leek (*Allium tuberosum* Rotter). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 563-567 (1998)
- Kim, S.J. and Park, K.H. Retardation of Kimchi fermentation by the extracts of *Allium tuberosum* and growth inhibition of related microorganism. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 813-818 (1995)
- Pinto, J.T., Qiao, C., Xing, J., Rivlin, R.S., Protomastro, M.L., Weissler, M.L., Tao, Y., Thaler, H. and Heston, W.D. Effects of garlic thioallyl derivatives on growth, glutathione concentration and polyamine formation of human prostate carcinoma cells in culture. *Am. J. Clin. Nutr.* 66: 398-405 (1997)
- Senapati, S.K., Dey, S., Dwivedi, S.K. and Swarup, D. Effect of garlic (*Allium sativum* L.) extract on tissue lead level in rats. *J. Ethnopharmacol.* 76: 229-232 (2001)
- Kwak, Y.J., Jun, H.J., Lee, M.J., Kwon, T.W. and Kim, J.S. Modulation of anticarcinogenic enzyme and plasma testosterone level in male mouse fed leek-supplemented diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 968-972 (1998)
- Hwang, C.W., Shin, H.K., Do, M.S., Kim, Y.J., Park, J.H., Choi, Y.S. and Joo, W.H. The various biofunctional effects (anticarcinogenic, antioxidative and lytic activity) of Pohang buchu. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 279-281 (2001)
- Park, Y.J., Kim, M.H. and Bae, S.J. Anticarcinogenic effects of *Allium tuberosum* on human cancer cells. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 688-693 (2002)
- Hong, J.H., Lee, M.H., Kang, M.C. and Hur, S.H. Separation and Identification of antimicrobial compounds from Korean leek (*Allium tuberosum*). *J. Food Hyg. Safety* 15: 235-240 (2000)
- Lee, M.K., Lee, H.A. and Park, I.S. Growth retardation of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* by leek extract. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 196-198 (2001)
- Chung, H.D. and Youn, S.J. Comparison of chemical composition and taste of the Korean native chinese chive leaves. *J. Lor. Soc.*

- Hort. Sci. 37: 611-616 (1996)
11. Kwak, Y.J., Chun, H.J. and Kim, J.S. Chlorophyll, mineral contents and SOD-like activities of leeks harvested at different times. Korean J. Soc. Food Sci. 14: 513-515 (1998)
 12. Anatol, K., Ulrike, M., Sonke, A., Amaar, U., Charlotte, L., Tomas, M.T. and Ulrike, B. Influence of vitamin E and C supplementation on lipoprotein oxidation in patients with Alzheimer's disease. Free Rad. Biol. Med. 31: 345-354 (2001)
 13. Rakesh, P.P., Brenda, J.B., Jack, H.C., Neil, H., Marion, K., Balaraman, K., Dale, A.P., Stephen, B. and Victor, D.U. Antioxidant mechanisms of isoflavones in lipid systems: paradoxical effects of peroxyl radical scavenging. Free Rad. Biol. Med. 31: 1570-1581 (2001)
 14. Mortensen, A., Skibsted, L.H., Sampson, J., Rice-Evans, C. and Everett, S.A. Comparative mechanisms and rates of free radical scavenging by carotenoid antioxidants. FEBS Lett. 418: 91-97 (1997)
 15. Yamaguchi, F., Yoshimura, Y., Nakazawa, H. and Ariga, T. Free radical scavenging activity of grape seed extract and antioxidants by electron spin resonance spectrometry in an $H_2O_2/NaOH/DMSO$ system. J. Agric. Food Chem. 47: 2544-2548 (1999)
 16. Lee, M.Y. Inhibitory effect of leek green juice on CCl_4 -induced hepatotoxicity in rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 102-106 (2001)
 17. Lee, M.J., Ryu, B.M., Lee, Y.S. and Moon, G.S. Effect of long term *buchu* (Chinese chives) diet on antioxidative system of ICR mice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 834-839 (2002)
 18. Lee, M.J., Ryu, B.M., Kim, M.H., Lee, Y.S. and Moon, G.S. Protective effect of diet *buchu* (Chinese chives) against oxidative damage from aging and ultraviolet irradiation in ICR mice skin. Nutraceut. Food 7: 238-244 (2002)
 19. Roberta, R.E., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Rad. Biol. Med. 26: 1231-1237 (1999)
 20. Benzie, F.F. and Strain, J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. Anal. Biochem. 239: 70-76 (1996)
 21. Blois, M.S. Antioxidant determination by the use of stable free radical. Nature 26: 1199 (1958)
 22. White, R.C., Jones, I.K. and Gibbs, E. Determination of chlorophylls, chlorophyllides, pheophytins and pheophorbides in plant material. J. Food Sci. 28: 431 (1963)
 23. AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1995)
 24. Hammerschmidt, P.A. and Pratt, D.E. Phenolic antioxidants of dried soybeans. J. Food Sci. 43: 556-559 (1978)
 25. NRLSI. Food Composition Table, 6th ed. National Rural Living Science Institute, Suwon, Korea (2001)
 26. Choi, J.S., Kim, J.Y., Lee, J.H., Young, H.S. and Lee, T.W. Isolation of adenosine and free amino acid composition from the leaves of Allium tuberosum. J. Korean Soc. Food Nutr. 21: 286-290 (1992)
 27. Miller, N.J., Rice-Evans, C., Davies, M.J., Gopinathan, V. and Milner, A.A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. Clin. Sci. 84: 407-412 (1993)
 28. Lien, E.J., Ren S., Bui, H.H., and Wang, R. Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants. Free Rad. Biol. Med. 26: 285-294 (1999)
 29. Cao, G. and Ronald, L.P. Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. Clinical Chem. 44: 1309-1315 (1998)
 30. Benzie, I.F.F. and Szeto, Y.T. Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power assay. J. Agric. Food Chem. 47: 633-636 (1999)
 31. Tanielian, C. and Wolff, C. Mechanism of physical quenching of singlet molecular oxygen by chlorophylls and related compounds by biological interest. Photochem. Photobiol. 48: 277-280 (1988)
 32. Endo, Y., Usuki, R. and Kaneda, T. Antioxidant effects of chlorophyll and phophytin on the autoxidation of oils in the dark, II. The mechanism of antioxidation action of chlorophyll. J. Am. Oil Chem. Soc. 62: 1375-1390 (1985)
 33. Endo, Y., Usuki, R. and Kaneda, T. Prooxidant activities of chlorophyll and their decomposition products on the photooxidation of methyl linoleate. J. Am. Oil Chem. Soc. 61: 781-784 (1985)
 34. Kim, G.E., Kim, S.H., Cheong, H.S. and Lee, J.H. Changes in the content of chlorophylls and their derivatives in brined Korean cabbages added with ingredients during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 615-623 (2000)

(2003년 3월 4일 접수; 2003년 4월 15일 채택)