

적갓김치 Anthocyanins의 항산화 특성에 관한 연구

최 흥 식

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

Antioxidative Activities of Anthocyanins in Red Mustard Leaf Kimchi

Hong-Sik Cheigh

Dept. of Food Science and Nutrition and Kimchi Research Institute, Pusan National University,
Busan 609-735, Korea

Abstract

Red mustard leaf (RML) kimchi was prepared with native *Brassica juncea czerniak et coss* as a major raw material and antioxidative characteristics of crude anthocyanin (CA)/refined anthocyanin (RA) isolated from RML kimchi were studied. Among crude pigment fractions, CA fraction showed a higher inhibition rate of peroxide formation in linoleic acid autoxidation system. These effects seemed to be increased with the increase of CA concentration. CA also was considered to have a role of electron donor by the experiments using DPPH (α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl) reaction. Furthermore, various RA fractions had a higher antioxidative activity and especially RA-fraction 3 demonstrated the highest score of the antioxidative characteristics in terms of the prevention of lipid peroxidation and scavenging of free radicals.

Key words: kimchi, mustard leaf, free radical, peroxide formation, antioxidation

서 론

십자화과의 경엽채소류인 갓(芥菜, mustard leaf, *Brassica juncea L.*)은 다른 채소류에 비하여 여러 가지 영양성분이 많이 함유되어 있으며(1-3), sinigrin, 유황화합물, phenols 그리고 carotenoids 등과 같은 특수성분들에 의하여 독특한 향미와 항균성, 항산화성, 항돌연변이성을 나타낸다고 알려져 있다(3-5). 우리나라에서는 재래종 갓을 전통적으로 오래 전부터 재배하여 왔으며 주로 김치의 주·부재료로 사용하였다. 재래종 갓은 여러 가지 종류가 있으며 그 중 적갓(*Brassica juncea czerniak et coss*)은 특징적으로 자색의 anthocyanin 색소가 다량 함유되어 있다(6,7).

식물계에 널리 분포하고 있는 anthocyanin은 flavonoid계의 phenol 물질로서 aglycone인 anthocyanidin과 당이 배당체를 형성하고 있으며 기본구조는 2-phenyl-3, 5, 7-trihydroxyflavylium으로 되어 있다. Anthocyanin의 2번 위치에 있는 phenyl기의 구조에 따라 pelargonidin, cyanidin, dephinidin으로 나눌 수 있으며 다시 methyl기의 존재와 그 위치에 따라서 peonidin, petunidin, malvidin 등으로 나누고 있다. 그리고 anthocyanin은 전자 한 개가 2번 위치의 탄소와 공유결합을 하고 있어 양(陽)으로 하전되어 있는 oxanium 구조를 형성하고 있으므로 매우 불안정하며 여러 가지 이화학적 요

인에 의하여 쉽게 영향을 받게 된다(8-10).

현재까지 붉은 포도, 유색미(有色米), 붉은 양배추 등에 존재하는 anthocyanins의 항산화성은 주로 B ring에서 O-dihydroxy 구조의 환원력과 기타 구조 특성 그리고 결합하고 있는 다른 화합물에 의한 것으로 추정하고 있다. 몇 가지 식물에서 분리동정된 peonidin-3-O- β -D-glucoside, malvidin-3-glucoside, cyanidin-3-O- β -D-glucoside 등의 anthocyanin들이 비교적 강한 항산화성을 가지고 있다고 알려지고 있다(11-14).

최근 식물 근원의 anthocyanin에 대한 연구가 광범위하게 이루어진 바 있으며 이의 생화학적 특성과 기능적 특성 등에 대한 연구도 부분적으로 진행되고 있다. 그러나 적갓 anthocyanin에 대한 연구는 그 함량과 조성에 관한 내용이 있지만(6,7), 생리학적 기능성에 관한 것은 적갓김치의 발효 특성과 항산화성에 관한 기초 연구만 있을 뿐이다. 배추김치에서 적갓의 첨가와 발효과정은 유의적으로 항산화성을 증진시켰으며 몇 가지 용매에 의한 추출물에서 비교적 강한 항산화성을 보였다고 한다(15).

따라서 본 연구는 전보(15)에 이어 재래종 적갓으로 담근 적갓김치 anthocyanin의 항산화성에 대한 기초 연구로서, 발효된 적갓김치의 anthocyanin획분을 추출분리하여 항산화 활성을 살펴본 것이며 그 결과의 일부를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

김치재료 및 시약

김치재료로 사용한 것은 전라남도 완도에서 1999년 10월에 파종하여 2000년 3월에 수확한 적갓(*Brassica juncea czerniak et coss.*)으로 길이 23~33 cm, 무게 94 g 내외의 것을 사용하였다. 파는 명지, 마늘은 남해산을 구입하여 사용하였고 고추가루는 농협 영양청결고추가루를, 소금은 정제염(한주소금)을 사용하였으며 설탕은 정제당을 사용하였다.

DPPH(α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl), linoleic acid (*cis*-9, *cis*-12-Octadecadienoic acid, Approx. 60%) 등은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, USA)에서 구입하였다.

갓김치 담금과 발효

재료의 전처리, 소금절임 및 담금방법은 전보(15)에 준하였다. 김치 담금재료의 무게 비율은 적갓 100에 대해 대파 4, 마늘 2, 고춧가루 2, 생강 1, 설탕 1로 하였으며 적갓은 절임처리하여 부재료와 함께 혼합한 후 15°C에서 6일간 발효시켰다. 적갓김치는 동결건조시킨 후 밀봉하여 -20°C를 유지하는 냉동고에 보관하면서 필요할 때마다 마쇄하여 시료로 사용하였다.

pH, 산도, anthocyanin 측정

발효과정중의 pH 측정은 pH meter(Orion Research Inc., USA)로 측정하였다. 산도는 김치를 마쇄한 즙액을 희석, 정용한 후 pH 8.3이 되도록 0.1 N NaOH로 적정하여 lactic acid 양으로 환산하였다. Total anthocyanin의 함량은 Cheng과 Breen(16)의 방법으로 조색소를 추출한 후 감압농축기로 완전히 농축, 동결건조하여 Harborne(17)의 방법으로 조색소의 흡광도 차이를 측정한 후 cyanidin-3-glucoside의 molar extinction coefficient를 이용하여 환산하였다.

Anthocyanin 성분의 추출 및 분획

동결건조시료중의 crude anthocyanin(CA) 추출분획은 Tsuda 등(18)과 Choi 등(19)의 방법에 따라 Fig. 1과 같이 행하였다. 마쇄한 시료 10 g을 *n*-hexane으로 탈지시키고 95% ethanol 용액(0.5% trifluoroacetic acid, TFA)에 9시간 침지하여 추출 여과(Whatman filter paper No. 42)하였다. 이 조작을 3회 반복한 후 추출물을 모아 30°C 이하에서 진공증발농축기를 이용하여 농축시켰다. 이들 조색소용액(crude pigment solution)을 다시 칼럼(Amberlite XAD-7, 20~60 mesh, 25×500 mm)에 전개하여 증류수, methanol(40%), TFA(0.1%)-methanol(70%) 순으로 흘려(유출속도: 4 mL/min) 세 가지 획분을 분리하였다.

한편 정제 anthocyanin(refined anthocyanin: RA)의 분획을 위하여 앞의 crude anthocyanin(CA) 획분을 Sephadex LH-20(3×30 cm) 칼럼에 흡착시킨 다음 CH₃COOH-H₂O-methanol 용액(10:40:50)으로 용리하여 5개(Fr.1, Fr.2,

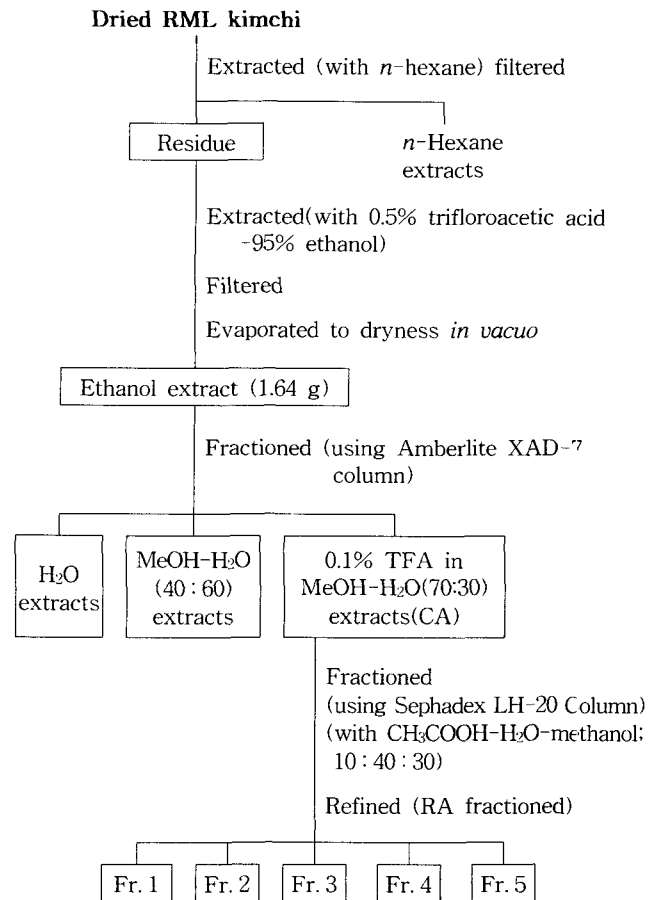


Fig. 1. Extraction, separation and purification of anthocyanin from red mustard leaf (RML) kimchi.

Fr.3, Fr.4, Fr.5)의 획분을 얻고 그 중 주된 색소인 Fr.3의 RA-Fr.3을 집중적으로 분획하였다.

항산화 특성

먼저 linoleic acid의 antioxidant system은 Kim 등(20)의 방법으로 하되 시험액 2 mL, 2.5% linoleic acid 2 mL, 0.01 M 인산완충용액 4 mL, 증류수 2 mL를 혼합한 후 광선이 차단된 37°C의 항온조에서 4일간 반응시키고 생성된 과산화물을 ferric thiocyanate법에 의하여 실험하고 반응액은 500 nm에서 흡광도를 측정하였다.

수소공여성(electron donating ability)에 의한 유리기 소거능(free radical level)은 Halliwell과 Gutteridge(21)의 방법에 의해 α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl(DPPH) 1.6 mg을 100 mL ethanol에 용해한 후 여기에 증류수 100 mL를 혼합하여 Whatman filter paper No. 42로 여과하고, 이 여과액 5 mL에 시료용액 일정 농도수준으로 가하여 반응시키고 시간 경과에 따라 528 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 항산화활성(total antioxidant activity: TAA), 산화속도비(oxidation rate ratio: ORR), 항산화활성계수 등은 β -carotene bleaching method에 의한 Gracia 등(22)의 방법과 Heinonen 등(23)의 방법에 의하여 측정하고 환산하였다.

결과 및 고찰

적갓김치의 일반특성

발효된 적갓김치의 산도, pH 및 총 anthocyanin의 함량은 Table 1과 같다. 온도 15°C에서 6일간 발효된 적갓김치는 산도 0.72(%)를 보였고 pH는 4.6을 나타내었다. 김치발효에 있어서 원료구성과 여러 가지 환경요인에 따라 다르겠지만 산도 0.50~0.75(%) 범위의 김치가 가장 맛이 좋은 적숙기로 알려져 있다(24,25). 본 갓김치 시료 역시 최적 발효기의 김치이며, 이때의 총 anthocyanin의 함량은 49.4 mg/g(건물량 기준)이었다.

Crude anthocyanin(CA)의 항산화성

Tsuda 등(18)과 Choi 등(19)의 방법에 따라 추출한 1차 추출물인 조색소액(crude pigment solution)을 Amberlite XAD 7 칼럼으로 재분리하여 얻어진 증류수 획분, methanol 획분, TFA-methanol 획분(CA)의 항산화성을 linoleic acid autoxidation system에서 과산화물 생성수준으로 살펴본 결과 Table 2와 같다. 분리된 색소 획분 중에서 CA 획분이 가장 높은 항산화 효과를 보였으며 이는 첨가농도 수준의 증가(0.05~0.50% 범위)에 따라 지방산의 산화과정에서 과산화물의 생성에 대한 억제능력이 증대되었다. Methanol 획분에서도 항산화성을 보였으나 높지 않았으며 이는 low molecular phenols, 미지의 dark brown pigments 등에 의한 것으로 판단된다.

이미 전보에서도 적갓김치의 methanol 추출물이 hexane 추출물보다 항산화성이 높았고 methanol 추출물에 anthocyanin이 함유되어 있다고 보고한 바 있다(15). 또한 포도껍

질, 포도주, 가지껍질 등에서 얻어진 anthocyanin 색소성분에서도 높은 항산화성을 보였다고 보고한 바 있다(8,9,11).

한편 앞에서 과산화물 생성억제에 대한 비교적 높은 항산화성을 보였던 CA 획분에 대한 DPPH 반응을 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다. CA 획분은 대조구에 비하여 높은 free radical 소거능(또는 전자공여성)을 보였으며, 그 특성은 농도가 높아짐에 따라 상승하였으나 α -tocopherol과 비교할 때 낮은 수준이었다. Free radical인 DPPH는 안정한 형태이나 CA와 같은 항산화성분에 의해 환원되어 자신의 질은 자색이 탈색되면서 유리기를 상실하게 된다고 알려져 있다(21).

Refined anthocyanin(RA)의 항산화성

적갓김치에서 얻어진 CA를 재분획 정제처리하여 얻은 5개의 획분(Fr.1, Fr.2, Fr.3, Fr.4, Fr.5) 중에서 비교적 항산화성이 높은 Fr.2, Fr.3, Fr.4를 α -tocopherol과 함께 항산화 활성을 살펴본 결과 Table 3과 같다. 총항산화활성(TAA), 산화속도비(ORR), 항산화활성계수(AAC)는 Fr.3에서 비교적 높았으나 그 활성은 α -tocopherol보다는 낮았다. 특히 Fr.3은 TAA가 67.18%, ORR값 0.33, ACC가 795.14를 나타내며

Table 1. General characteristics of red mustard leaf (RML) kimchi

Characteristics	Fermentation time at 15°C	
	Initial day	6th day ¹⁾
Total acidity (%)	0.04 ± 0.01 ²⁾	0.72 ± 0.02
pH	5.42 ± 0.36	4.61 ± 0.03
Total anthocyanin (mg/g) ³⁾	48.1 ± 0.26	49.4 ± 0.35

¹⁾RML kimchi sample which was considered as optimum fermentation time at 15°C.

²⁾Mean ± SD.

³⁾Cyanidin equivalents as dry basis.

Table 2. Peroxide level of linoleic acid (LA) with the addition of extracted pigment fractions of RML kimchi on LA autoxidation system^{1,2,3)}

Extracts added	No addition	0.05 (%)	0.20 (%)	0.50 (%)
Water (100)	-	1.96 ± 0.13	1.59 ± 0.04	0.64 ± 0.03
Methanol : water (40 : 60)	-	1.80 ± 0.08	1.23 ± 0.03	0.56 ± 0.02
Methanol : water (70 : 30) ⁴⁾	-	1.70 ± 0.06	0.62 ± 0.03	0.37 ± 0.02
Control	2.75 ± 0.11	-	-	-

¹⁾Peroxide values were expressed as absorbance (500 nm) in the reaction system of LA autoxidation (at 38°C for 4 days).

²⁾Fractions obtained from freeze dried RML kimchi (fermented for 6 days at 15°C).

³⁾See Fig. 1.

⁴⁾0.1% trifluoroacetic acid (TFA) in methanol and water (70:30) solution.

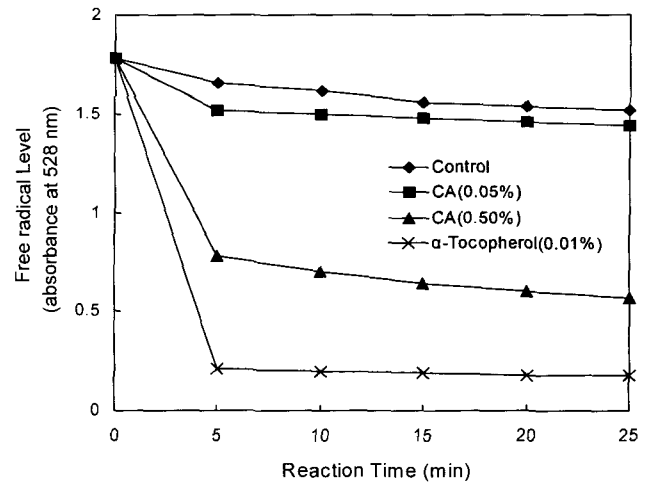


Fig. 2. Effect of crude anthocyanin (CA) of RML kimchi for the free radical level of DPPH^{1,2,3)}

¹⁾RML kimchi was red mustard leaf kimchi fermented for 6 days at 15°C.

²⁾Free radical level of DPPH (α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl) was expressed as absorbance (at 528 nm).

³⁾CA: crude anthocyanin extracted from RML kimchi.

Table 3. Antioxidative activity of various anthocyanin fractions of RML kimchi^{1,2,3)}

	TAA (%)	ORR	AAC
Fr.2	49.78	0.51	528.06
Fr.3	67.18	0.33	795.14
Fr.4	55.07	0.45	581.30
α -Tocopherol	97.14	0.03	1120.86

¹⁾TAA, total antioxidant activity; ORR, oxidation rate ratio; AAC, antioxidant activity coefficient.

²⁾50 μ g of samples were used for each test.

³⁾See Fig. 1.

α -tocopherol은 각각 97.14, 0.03, 1120.86을 보이고 있다.

이들 정제 anthocyanin 획분에 대한 free radical 소거능에 대한 항산화능을 보면 Fig. 3과 같다. 즉, α -tocopherol이 $94.2 \pm 4.3\%$ 를 보였으며, Fr.2는 $62.3 \pm 4.0\%$, Fr.3은 $79.0 \pm 3.8\%$, Fr.4는 $77.1 \pm 4.3\%$ 를 보였다. 이러한 결과는 앞에서 살펴본 TAA, ORR 및 AAC와 유사한 경향을 보이고 있다. 또한 RA 획분중 Fr.3와 CA 그리고 α -tocopherol의 지방산 과산화물 생성억제 효과에 대한 항산화능을 살펴본 결과는 Fig. 4와 같다. RA는 CA보다 월등하게 높은 활성을 보이고 있으며 α -tocopherol이 $82 \pm 4.2\%$ 를 나타낼 때 RA(Fr.3)의 억제율은 $69 \pm 4.5\%$ 를 보였다.

Anthocyanin계 물질 중에서 cyanidin(Cy)과 cyanidin 3-O-3- β -D-glycoside(C3G)를 linoleic acid autoxidation system 등에 의하여 항산화능을 살펴본 결과, Cy는 α -tocopherol보다 우수한 항산화능을 보였으며 천연에 널리 존재하고 있는 C3G 역시 높은 수준을 보였다고 하였다(12). 한편 검정콩에서 분리한 C3G 및 pelargonidin-3-O-3- β -D-glucoside (Pg3G) 등의 anthocyanin을 추출분획하여 항산화능을 살펴본 결과 pH에 영향을 받았으며 pH 7.0에서는 C3G의 효과가 높았다고 보고하였다(26). Anthocyanin은 항산화성 외에도

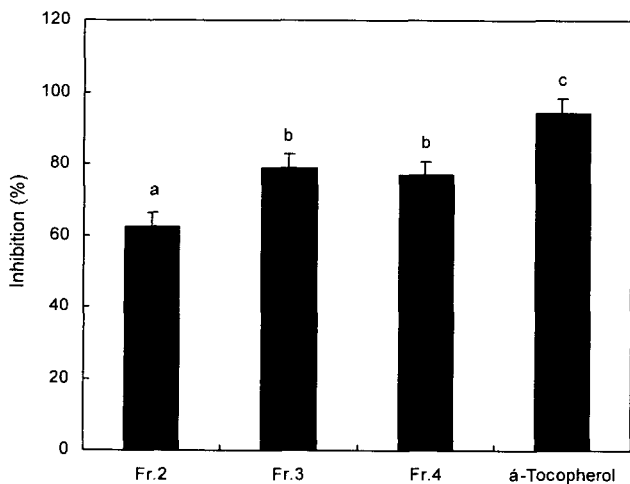


Fig. 3. Antioxidative activities of various anthocyanin fractions of RML kimchi on the free radical level of DPPH after 40 min.^{1,2,3)}

¹⁾Dose of separated fractions and antioxidants was 100 μ /mL.

²⁾a~c: Different letters are significantly different ($p < 0.05$).

³⁾See Fig. 1.

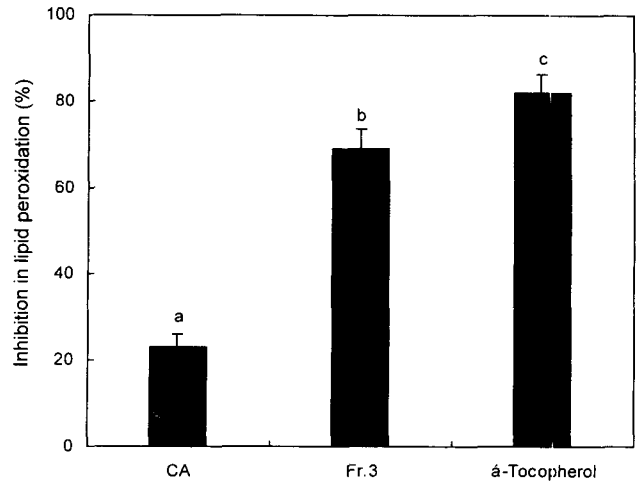


Fig. 4. Inhibition rate of lipid peroxidation by RML anthocyanin fractions of RML kimchi on the linoleic acid autoxidation system at pH 7.0.¹⁻³⁾

¹⁾Inhibitory ratio was calculated from absorbance at 500 nm.

²⁾Dose of separated fractions and α -tocopherol was 100 μ g/mL.

³⁾a~c: Different letters are significantly different ($p < 0.01$).

⁴⁾CA: crude anthocyanin extracted from RML kimchi.

⁵⁾See Fig. 1.

간보호 활성, low density lipoprotein 산화억제능, 혈소판응집 저해능, 항돌연변이성 등의 생리활성을 나타낸다고 알려져 있다(3-5). 이와 같은 anthocyanin의 생리활성 특히 항산화성은 그것의 구조 중 B ring에서 O-hydroxy 구조의 환원력과 기타 특성에 기인한다고 보고되고 있다(11-14).

본 실험에서 밝혀진 RA의 Fr.3은 적갓의 주된 anthocyanin일 뿐만 아니라 항산화성이 특히 높으므로 *in vivo* 항산화성 및 기타 생리활성을 검토하고 있으며, 아울러 구조에 대한 규명도 진행 중에 있다.

요 약

재래종 적갓(*Brassica juncea czerniak et coss*)을 주재료로 담금하여 발효시킨 적갓김치(red mustard leaf kimchi, RML kimchi)의 crude anthocyanin(CA) 및 refined anthocyanin(RA) 획분들에 대한 항산화능을 규명하였다. 발효된 적갓김치는 산도 0.72(%), pH 4.6 그리고 crude anthocyanin 함량(건조물기준)은 49.4 mg/g이었다. 동결건조 적갓김치로부터 얻어진 조색소용액(crude pigment solution)을 계통 추출분획하여 증류수 획분, methanol 획분, TFA-methanol(CA) 획분을 얻었으며, CA 획분을 계속 분획하여 정제된 5개의 정제된 RA 획분(Fr.1, Fr.2, Fr.3, Fr.4, Fr.5)을 얻었다. 이들의 항산화 활성을 linoleic acid의 autoxidation system에서 peroxide formation 억제능과 DPPH(α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl)의 free radical 소거능에 대하여 실험하였다. 그 결과 조색소용액 분획물 중 CA 획분이 항산화능이 높았고, CA 획분으로부터 얻어진 RA 획분 중 Fr.3이 가장 높은 항산화능을 보였다. 특히 Fr.3은 적갓김치의 대표적인

anthocyanin이었고 항산화 활성은 α -tocopherol보다는 낮았으나 그것에 접근하는 유사한 특성을 보였다. 그리고 그 활성은 지질의 과산화 억제능과 수소공여성에서 다같이 비슷한 수준의 항산화성을 보였다.

감사의 글

본 연구는 부산대학교 연구보조비(4년 과제)에 의한 연구 결과이며 연구비 지원에 대하여 감사 드립니다.

문헌

- Cheigh HS, Park KY. 1994. Biochemical, microbiological and nutritional aspects of *kimchi* (Korean fermented vegetable products). *Crit Rev Food Sci Nutr* 32: 109-115.
- Cheigh HS. 1995. Biochemical characteristics of *kimchi*. *J East Asian Soc Dietary Life* 5: 89-101.
- Cho YS, Park SG, Jun SS, Moon JS, Ha BS. 1993. Proximate sugar and amino acid composition of *dolsan* leaf mustard. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 48-52.
- Kim JO, Kim MN, Park KY, Moon SH, Ha YL, Rhee SH. 1993. Antimutagenic effect of 4-decanol identified from mustard leaf. *J Korean Agric Chem Soc* 36: 424-427.
- Kang SK, Kim MN, Park SK. 1995. Effects of antimicrobial of leaf mustard (*Brassica juncea*) extract on compositions and leakage of cellular materials in *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 24: 280-285.
- Park KH. 1979. Studies on anthocyanin pigment of mustard leaf (I). *J Korean Agric Chem Soc* 22: 33-38.
- Park KH. 1979. Studies on anthocyanin pigment of mustard leaf (II). *J Korean Agric Chem Soc* 22: 39-41.
- Tamura H, Yamagami A. 1994. Antioxidative activity of monoacylated anthocyanin isolated muscat bailey A Grape. *J Agric Food Chem* 42: 1612-1617.
- Saint-Cricq G, Glories Y, Vivas N. 1999. Free radical scavenging effect of anthocyanin in red wines. *Food Research International* 32: 327-333.
- Pool-Aobel BL, Bub A, Schröder N, Rechkemmer G. 1999. anthocyanin are potent antioxidants in model systems but do not reduce endogenous oxidative DNA damage in human colon cells. *Eur J Nutr* 38: 227-234.
- Noda Y, Kneyuki T, Igarashi, Mori A, Packer L. 2000. Antioxidant activity of nasunin and anthocyanin in eggplant peels. *Toxicology* 148: 119-123.
- Tsuda T, Watanabe M, Ohshima K, Norinobu S, Choi SW, Kawakishi S, Osawa T. 2000. Antioxidant activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-O- β -D-glucoside and cyanidin. *J Agric Food Chem* 42: 2407-2410.
- Choi SW, Chang EJ, Ha TY, Choi KH. 1997. Antioxidant activity of acylated anthocyanin isolated from fruit and vegetables. *J Food Sci Nutr* 2: 191-196.
- Tsuda T, Horio F, Osawa T. 1998. Dietary cyanidin 3-O- β -D-glucoside increases *ex vivo* oxidation resistance of serum in rats. *Lipid* 33: 583-588.
- Hwang JH, Song YO, Cheigh HS. 2000. Fermentation characteristic and antioxidative effect of red mustard leaf *kimchi*. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 29: 1009-1015.
- Cheng GW, Breen PJ. 1991. Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanin and phenolics in developing strawberry fruit. *J Am Soc Horticult Sci* 116: 865-869.
- Harborne JB. 1958. Spectral methods of characterizing anthocyanin. *Biochem J* 25: 22-28.
- Tsuda T, Watanabe M, Ohshima K, Seiji NS, Choi SW, Kawakishi S, Toshihiko OT. 1994. Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-O- β -D-glucosides and cyanidin. *J Agric Food Chem* 42: 2407-2412.
- Choi SW, Kang WW, Osawa T. 1994. Isolation and identification of anthocyanin pigments in black rice. *Food and Biotechnology* 3: 131-136.
- Kim JI, Choi JS, Kim WS, Cheigh HS. 2000. Studies on identification and composition of nucleotides from mustard leaf and mustard leaf kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 769-801.
- Halliwell B, Gutteridge JMC. 1986. Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine: some problems and concepts. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 246: 501-514.
- Gracia S, Heinoneon M, Frankel EN. 1997. Anthocyanin as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems. *J Agric Food Chem* 45: 3362-3367.
- Heinonen IM, Meyer AS, Frankel EN. 1998. Antioxidative activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *J Agric Food Chem* 46: 4107-4112.
- Cho YS, Park SG. 1988. Changes in major taste components and microflora in mustard leaf *kimchi* during fermentation. *In Bulletin of Korean Food Culture Center* 2: 183-208.
- Park SS, Jang MS, Lee HH. 1995. Effect of fermentation temperature on the physicochemical properties of mustard leaf (*Brassica juncea*) *kimchi* during various storage days. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 752-757.
- Tsuda T, Ohshima K, Kawakishi S, Osawa T. 1994. Antioxidative Pigments isolated from the seeds of *Phaseolus vulgaris* L. *J Agric Food Chem* 45: 248-251.

(2003년 4월 26일 접수; 2003년 8월 5일 채택)