

한국산 유색감자 색소의 이화학적 특성 및 생리 활성에 관한 연구

전태욱 · 조용식 · 이성현 · 조수목 · 조현목¹ · 장규섭² · 박홍주*
농촌진흥청 농촌자원개발연구소, ¹농촌진흥청 고령지농업연구소, ²충남대학교 식품공학과

Studies on the Biological Activities and Physicochemical Characteristics of Pigments Extracted from Korean Purple-Fleshed Potato

Tae-Woog Jeon, Yong-Sik Cho, Sung-Hyeon Lee, Soo-Muk Cho, Hyeon-Mook Cho¹,
Kyu-Seob Chang², and Hong-Ju Park*

Rural Resources Development Institute, Rural Development Administration
¹National Institute of Highland Agriculture, Rural Development Administration
²Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

General composition, total anthocyan content, and antioxidative and antimicrobial activities of Korean purple-fleshed potatoes (varieties A-D based on coloring degree of cross sections) were investigated. Slight differences in composition content were observed among varieties. Color intensity analyzed by sensory evaluation test decreased in order of PL-14, 31, 28, 3, 17, and 6. Total anthocyanin contents differed significantly among varieties from 3 to 29 mg per 100 g, and decreased in order of PL-28, 31, 14, 12, 5, and 3. PL-28, 31, and Jasim potatoes showed slightly higher antioxidant activities than α -tocopherol. PL-28, 31, 6, and Jasim showed antimicrobial activities against three species each of Gram-positive and -negative bacteria, with highest activities observed against *Bacillus subtilis* and relatively high activities against *E. coli*.

Key words: anthocyan, potato, antioxidant, antimicrobial activity

서 론

자연에서 얻을 수 있는 천연 색소 중 식물에서 얻어지는 각종 색소는 오래전부터 식용색소 및 염료로 이용되어 왔다. 천연 색소를 식품에 이용하기 위해서는 천연 색소의 특성을 고려해야 한다. 이제까지 식품의 색은 종류에 따라 제각기 독특한 빛깔을 나타내고 있어 식품의 관능적인 품질을 결정하는 중요한 품질 인자로 사용되고 있으며 그 선도나 가공조건 및 저장환경에 따라 변화하여 품질의 저하가 일어나므로 이를 방지하기 위하여 식품 가공시에 인위적으로 인공 색소를 첨가하는 방법이 널리 사용되어 왔다(1). 식품 조리 및 저장 기간동안 영양적인 측면 뿐만 아니라 식품의 품질과 선호도를 결정하는 요소중 하나인 색도 식품의 제조과정이나 저장하는 동안에 소실되고 있다. 몇 년전까지만 해도 식품의 고유색을 되살리기 위해 천연 색소보다 값싸고 안전한 합성색소를 식품 산업에 이용하였다(2). 그러나 최근 소비자들의 생활 수준이 향상됨에 따

라 식품에 대한 인식이 건강 및 위생적인 측면으로 바뀌었고, 합성색소와 인공합성 색소들의 독성과 발암성 등 안전성(3)에 대한 소비자들의 우려의 소리가 높아졌다. 따라서 식품에 첨가되는 색소도 합성 색소보다 천연색소로 전환되면서 합성식용색소를 대체할 천연색소의 수요가 급격히 증가하게 되었다(4). 지금까지 사용된 천연색소 중 하나인 anthocyanin은 식물계에 매우 광범위하게 분포되어 있는 수용성 적색색소의 일종이며, 과일류나 채소류, 꽃 그리고 낙엽 등에 많이 함유되어있는 색소로써 일반적으로 붉은색, 푸른색, 자주색, 분홍색 등을 띠는 것으로 알려져 있다(5). 이러한 anthocyanin 계통의 색소는 식품 착색 물질 뿐만 아니라 생체내에서 생리활성에 도움을 주는 것으로 알려져 있어서 이들 색소에 대한 연구들도 활발히 진행되고 있다(6-8).

따라서 본 연구에서는 유색 감자에서 추출한 색소의 기능적 특성을 구명하고 제품개발의 일환으로 80% ethanol로 추출한 색소의 일반 및 무기질 성분을 분석하고 유색 감자내 anthocyanin 계 색소의 함량, 항산화력 및 항균력에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 시료는 국내에서 처음으로 육종된 유색감

*Corresponding author: Hong-Ju Park, Agriproduct Processing Division, Rural Resources Development Institute, NIAST, Rural Development Administration, 88-2 Seodun-dong, Suwon 441-853, Korea
Tel: 82-31-299-0550
Fax: 82-31-299-0553
E-mail: redpark@rda.go.kr

자 33 계통과 품종 등록된 “자심”과 일반 품종인 “대서”를 농촌진흥청 고령지 농업시험장으로부터 분양 받아 급속 동결 건조한 후 분말화하여 -70°C 에 보관하면서 일반 성분, 무기질 성분, 색도, Anthocyan계 색소 함량 분석에 관한 실험에 사용하였다. 항산화력과 항균성 실험은 경제성을 고려해 선택한 계통인 PL-6, 28, 31과 Jasim 품종을 사용하였다. 유색감자 색소의 정제 및 생리활성에 사용된 시약은 특급이상 시약을 구입하여 사용하였다.

추출

유색 감자 색소의 추출 과정은 신선한 감자를 과육 부분으로부터 표피를 제거하지 않은 상태에서 2 mm 두께로 세절한 후 동결 건조기(PVTFD 10A, II Sin Engineering Co. Korea)를 이용하여 분말화하였다. 색소 추출은 동결 건조된 유색감자 분말(200 g)에 1% HCl을 함유한 80% ethanol 용액 2 L를 가하여 잘 혼합한 후, 균질기(T25B, Ika Works, Malaysia)로 2분간 균질화 하고 4°C 암소에서 24시간 동안 방치한 후 색소를 추출하였다. 추출된 색소는 여과지(Whatman No. 1)로 Buchner funnel을 사용하여 흡입 여과하였으며, 잔사는 감자 색소가 완전히 제거될 때까지 동일 용매 1 L를 사용하여 반복 추출하였다. 추출액은 규조토 여과 및 8,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 모은 다음 40°C 에서 감압농축하고 물 500 mL를 가하여 현탁한 다음 분액 여두를 사용하여 3회에 걸쳐 *n*-hexane 500 mL로 지용성 색소 및 기타 지질 성분 등을 제거하였다. *n*-hexane 이외의 부분은 감압농축하여 4°C 에 저장하면서 사용하였다.

유색 감자의 색소형성 정도에 따른 횡단면 특징

계통별 유색 감자의 중앙부분을 횡으로 절단하여 횡단면 색의 강도 및 색소형성 상태를 조사하여 Table 1과 같이 4가지 형태로 구분하였다.

일반 성분 분석

유색 감자내 일반 성분분석 중 수분함량은 105°C 상압가열법, 조단백질은 Kjeldahl법으로 정량하여 질소계수 6.25를 적용하여 산출하였고, 조지방은 Soxhlet 추출법, 회분은 550°C 직접 회화법으로 분석하였으며, 조섬유는 Henneberg-Stohmann법(9)을 개량한 방법으로 측정하였다. 당질함량은 시료 100 g 중에서 수분, 단백질, 지질, 조섬유, 회분함량을 감한 값으로 하였고, 에너지는 가식부 100 g당 분석된 단백질, 당질, 지방의 g수에 FAO/WHO 에너지 환산계수를 적용하여 산출하였다.

무기질 성분 분석

Ca, Na, K 등 무기질 성분은 유색감자 시료를 microwave 시료 전처리(Milestone, MLS1200)로 습식 분해한 후 원자흡광광도계(HITACHI Z6100, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

색도의 기계적 특성

유색감자를 중앙으로부터 5 mm 크기로 횡으로 절단한 후 색차계(Color Eye 3100, Macbeth, USA)로 측정하여 Hunter color L값(lightness), a값(redness) 및 b값(yellowness)을 구하였으며 색차는 ΔE 값으로 계산하여 표시하였다.

총 anthocyanin 함량

유색감자 색소추출물중의 총 anthocyanin 색소함량은 Tiber

Table 1. Classification patterns of purple-fleshed potatoes based on coloring of cross sections

Type	Coloring	
	Intensity	Formation degree
A	Very weak	Few area
B	Weak	Partial area
C	Medium	Moderate area
D	Strong	Overall area

등(10)의 방법에 따라 실시하였다. 동결건조 유색감자 시료 1 g에 혼합 용매(Ethanol : H_2O : HCl = 85 : 13 : 2, v/v/v) 200 mL를 넣고 색소를 추출·여과한 후 200 mL로 적용하여 실온암소에 2시간 방치한 다음 분광광도계(U-2000, Hitachi, Japan)로 535 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 준하여 산출하였으며, 얻어진 결과는 유색감자 생 시료의 수분함량을 고려하여 생물 중으로 환산하여 표시하였다.

$$\text{*총 anthocyanin(mg\%)} = \text{흡광도} \times 200 / \text{시료량} \times 1/65.1 (\text{흡광계수}) \times 100$$

TBA가 측정에 의한 항산화성 시험

항산화력 실험은 Buege와 Aust의 방법(11)을 변형하여 측정하였다. 반응 혼합물은 2 mL soybean oil, 18 mL 증류수 그리고 100 μL Triton X-100을 가한 후 그 유화된 혼합액을 제조하여 사용하였다. 혼합액에 추출물을 첨가하여 반응시키면서 24 시간마다 thiobarbituric acid(TBA) value를 측정하였다. TBA가 측정은 반응액 2 mL와 증류수 6 mL를 혼합하였다. 혼합액에 7.2% BHA(dibutylhydroxytoluene)을 50 μL 가해 산화력을 억제하고 균질화하였다. 균질화된 반응액 1 mL에 TBA/TCA(20 mM TBA in 15% TCA)을 2 mL를 첨가한 후 90°C 에서 15분 동안 반응시켰고, 반응 종료후 10분동안 냉각하였다. 냉각 후 2,400 rpm에서 15분 동안 원심 분리하여 상등액을 532 nm로 측정하였다.

항균력 측정

본 실험에 사용한 gram 양성 균주로는 *Bacillus subtilis* KCTC 1021과 *Bacillus cereus* KCTC 1012, *Clostridium perfringens* KCTC 3259, *Staphylococcus aureus* ATCC 6583등 4종을 사용하였고 gram 음성 균주는 *Salmonella typhimurium* KCTC 1916과 *Escherichia coli* KCTC 2441등 2종의 미생물을 선택하여 액체배지에 계대 배양한 후 실험에 사용하였다. 항균 활성 시험은 증식 배지를 사용하여 hard agar plate를 제조한 후 배양한 시험균주 1%를 0.4% soft agar에 접종하여 증충하였다. 그리고 멸균된 paper disc($\phi 8$ mm, Whatman)을 사용하여 시료를 첨가하고 24시간동안 37°C 에서 배양한 후, 형성된 clear zone(mm)으로 항균활성을 비교하였다.

통계처리

통계 처리는 SAS software를 이용하여 분산분석(ANOVA)하고, Duncan's multiple test법을 이용하여 각 평균값에 대한 유의차를 조사하였다. 유의수준은 5% 이내로 하였으며, 각 실험치의 평균값과 표준오차(standard errors of the mean)로 나타내었다.

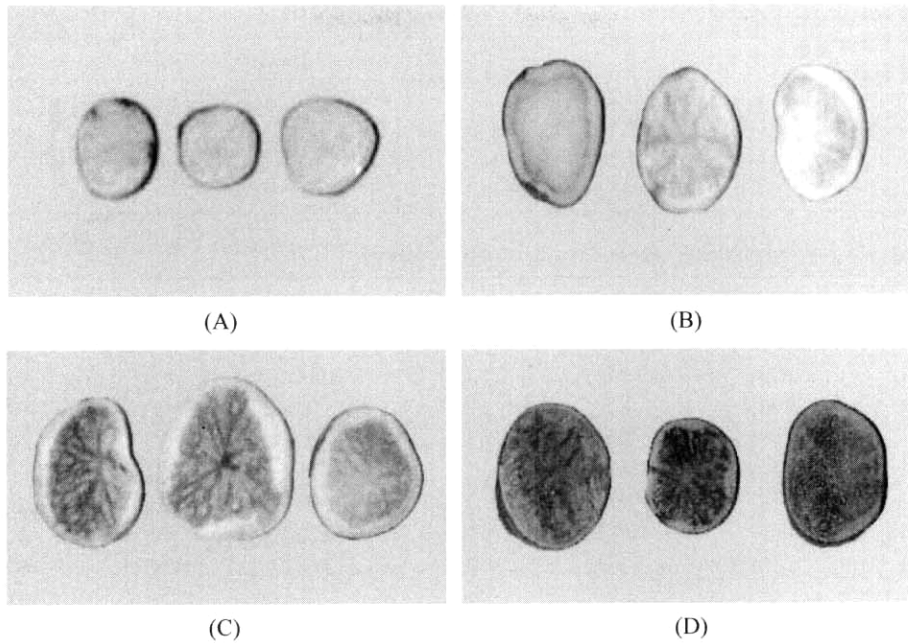


Fig. 1. Four types of purple-fleshed potatoes classified by coloring pattern.
 A: Few coloring, B: partial coloring, C: Moderate coloring, D: Overall coloring.

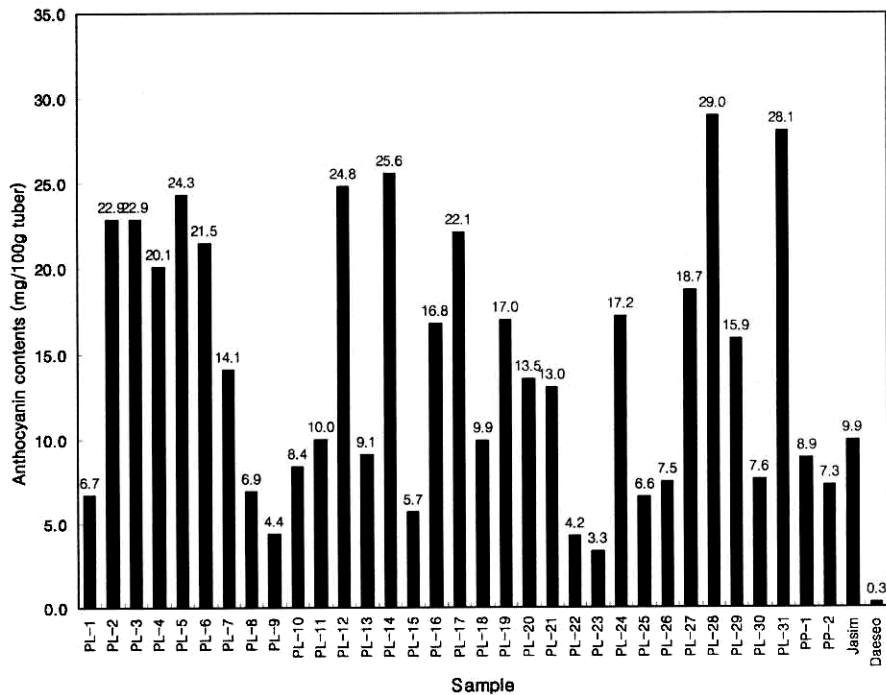


Fig. 2. Contents of anthocyanin of pigment extracts from purple-fleshed potatoes.

결과 및 고찰

색소형성 정도에 따른 횡단면 특징

본 연구에 사용한 유색감자의 색소형성 정도는 계통에 따라 다양하였다. 유색감자의 계통별 횡단면의 특징은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 횡단면의 색소형성 정도에 따라 구분하였다. Type A는 자색소가 거의 형성되지 않아 육질의 색깔은 거의 일반 감자 품종과 같으며, 표피 색깔만은 자색을 띠고 있는 계통들

이다. Type B는 자색소가 타원형으로 얇게 형성된 계통, 감자 중심부분을 축으로 하여 희미하게 자색소가 형성된 계통이다. Type C는 계통에 따라 자색소가 약간은 엷은 듯 하면서도 전체적으로 균일하게 형성되어 있는 계통, 자색소가 어느 한 부분만 진하게 형성되어 있는 계통, 또는 꽃무늬 같은 형상으로 부분적으로 색소가 형성되어 있는 계통 등 색소가 부분적으로 다양하게 형성된 계통들이 여기에 속한다. Type D는 자색소가 80% 이상 진하게 형성되어 있거나 전체적으로 균일하게 자색

Table 2. Varieties groups of purple-fleshed potatoes classified by coloring pattern of cross sections

Classification	Varieties
A Type (7 varieties)	PL-9, PL-15, PL-20, PL-22, PL-23, PL-25, PL-26
B Type (8 varieties)	PL-1, PL-8, PL-10, PL-11, PL-18, PP-1, PP-2, Jasim
C Type (4 varieties)	PL-13, PL-19, PL-21, PL-30
D Type (15 varieties)	PL-2, PL-3, PL-4, PL-5, PL-6, PL-7, PL-12, PL-14, PL-16, PL-17, PL-24, PL-27, PL-28, PL-29, PL-31

Table 3. Proximate compositions and coloring types of purple-fleshed potatoes (per 100 g edible portion)

Varieties	Type	Energy (Kcal)	Moisture (%)	Protein (g)	Fat (g)	Carbohydrate		Ash (g)
						Nonfibrous (g)	Fiber (g)	
PL- 1	A	92	75.7	1.9	0.1	21.2	0.2	0.9
PL- 2	D	66	81.5	2.0	0	15.0	0.6	0.9
PL- 3	D	71	80.5	1.9	0	16.2	0.5	0.9
PL- 4	D	61	82.8	2.1	0	13.7	0.5	0.9
PL- 5	D	83	77.4	1.9	0	19.2	0.5	1.0
PL- 6	D	70	81.0	1.3	0.1	16.3	0.3	1.0
PL- 7	D	81	78.0	2.0	0.1	18.6	0.4	0.9
PL- 8	B	69	80.9	2.2	0.1	15.4	0.5	0.9
PL- 9	A	70	80.6	2.6	0	15.5	0.3	1.0
PL-10	B	68	81.5	1.7	0	15.6	0.3	0.9
PL-11	B	77	79.0	1.9	0	17.9	0.2	1.0
PL-12	D	88	76.4	2.0	0	20.4	0.3	0.9
PL-13	C	67	81.2	2.1	0	15.3	0.3	1.1
PL-14	D	83	77.5	1.9	0	19.4	0.3	0.9
PL-15	A	81	77.8	1.7	0	19.0	0.5	1.0
PL-16	D	56	84.3	1.6	0	13.5	0.5	1.1
PL-17	D	82	77.6	2.0	0	19.0	0.3	1.1
PL-18	B	70	80.6	2.2	0.1	15.6	0.5	1.0
PL-19	C	67	81.2	2.7	0	14.8	0.3	1.0
PL-20	A	71	80.1	1.9	0	16.4	0.5	1.1
PL-21	C	68	81.1	2.4	0.1	14.9	0.5	1.0
PL-22	A	63	82.4	1.9	0.1	14.3	0.3	1.0
PL-23	A	74	79.6	2.0	0	16.9	0.5	1.0
PL-24	D	65	81.6	2.7	0	14.7	0.5	1.1
PL-25	A	83	77.2	2.2	0	19.0	0.6	1.0
PL-26	A	78	78.3	2.3	0	17.8	0.6	1.0
PL-27	D	64	81.9	2.2	0	14.3	0.7	0.9
PL-28	D	80	78.2	1.9	0	18.5	0.5	0.9
PL-29	D	75	79.6	1.6	0.1	17.2	0.6	0.9
PL-30	C	63	82.6	1.9	0.1	14.1	0.4	0.9
PL-31	D	81	77.7	1.9	0.1	18.7	0.5	1.1
PP- 1	B	67	81.2	2.1	0.1	14.9	0.7	1.0
PP- 2	B	79	78.2	2.2	0.1	18.0	0.6	0.9
Jasim	C	81	77.9	2.0	0	18.6	0.5	1.0
Daeseo	A	87	76.5	1.9	0	20.2	0.5	0.9

소가 분포되어 있는 계통이다. 유색감자 33 계통 및 자심 품종을 색소형성에 따라 분류한 결과, A Type은 PL-9, PL-15, PL-20 등 7개 계통, B Type은 PL-1, PL-8, PL-10, 자심 등 8개 계통, C Type은 PL-13, PL-19, PL-21 등 4 계통, D Type은 PL-2, PL-3, PL-4 등 15 계통으로 나뉘었다(Table 2). 유색감자 보급 품종인 “자심”의 경우 B Type으로 새로 육종된 유색감자 계통들중 C 및 D Types에 비해 색소형성 정도가 낮은 품종으로 구별되었다. 이러한 결과는 육종된 품종들중 색소 형성 정도가 우수한 품종이 개발되었음을 시사한다. 그러나, 유색감자

계통별로 자색소의 발현양상이 다양하면서도 불규칙하게 형성되어 같은 계통간이라도 색소형성에 큰 차이를 나타냄으로써 자색소가 균일하게 발현되는 안정생산기술이 요구된다.

일반 성분 분석

유색 감자 33계통의 일반성분을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 유색감자의 수분함량은 75.7-84.3%이었으며, 유색감자 100g 당 단백질 함량은 1.3-2.7g, 지방은 0.1g 내외, 섬유소는 0.2-0.7g, 회분은 1.0g 내외를 함유한 것으로 나타났다. 에너지의

경우 PL-16 계통이 56 kcal로 가장 낮았으며 PL-1 계통이 92 kcal로 가장 높았고 자심 품종은 81 kcal로 나타났다. 대체적으로 감자의 100 g당 에너지는 쌀밥의 68%, 식빵의 33% 수준으로 매우 낮아 저 칼로리 및 다이어트 등 건강식품으로 활용성이 높을 것으로 생각된다. 수분함량의 경우 유색감자 33 계통의 경우 PL-16 계통이 84.3%로 가장 높았으며 유색감자 계통이 일반감자 품종인 대서에 비하여 전반적으로 높게 나타났으나 국내의 자료(12)에 보고된 감자의 평균 수분함량 78.1-79.8% 등과 비교하여 볼 때 전반적으로 동등하거나 평균치보다 약간 높은 수치를 보여주는 것으로 이것은 토양 조건 등 재배조건에 따른 차이로서 고랭지에서 생산된 유색감자의 특성으로 사료된다. 단백질 함량은 유색감자의 계통에 따라 다양한 차이를 보였으며 특히 PL-9, PL-19, PL-24 계통은 일반감자에 비하여 1.5배 정도 단백질 함량이 높게 나타났다. PL-6 계통은 33 계통 중 가장 적은 단백질 함량을 나타냈으나 전반적으로 1.3-2.7%의 수준이었다. 지방은 일반감자 품종인 대서가 지방을 함유하지 않은 반면 유색감자는 총 33 계통 중에 12 계통이 괴경 100 g 당 0.1 g 정도의 지방함량을 보였으며, 섬유소와 회분의 경우는 일반감자와 동등한 수준을 나타냈었다. 또한 당질은 PL-1 계통이 21.2 g으로 가장 높았고 PL-16 계통이 가장 낮게 나타났다. 일반감자 품종인 대서는 20.2 g으로 PL-1 계통 다음으로 높았다. 결과적으로 유색감자는 계통별로 일반성분의 차이를 나타내었으나 일반성분과 색소성분간의 상관성은 없는 것으로 나타났다. 일반성분도 계통별로 일률적인 경향은 보이지 않았다. 그러나 일반 감자와 비교했을 때 일반성분보다는 약간 높은 함량을 나타내었다. 재배 조건과 지역적인 면에 많은 영향을 받는 것으로 생각된다.

무기질 성분 분석

유색감자 33계통과 자심 품종의 무기질 성분을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 유색감자는 괴경 100 g당 2-3 mg의 칼슘과 1-2 mg의 나트륨, 350-510 mg의 칼륨을 함유한 것으로 나타났으며, 무기질 함량은 유색감자의 색소형성 정도와 관계없이 계통적 차이에서 다양하게 나타났다. 칼슘의 경우 한국산 감자의 평균 칼슘함량 7.4±2.4 mg%와는 큰 차이를 나타냈고, 나트륨은 평균함량 2 mg% 수준이었다. 그러나, 칼륨 함량의 경우 분석한 유색감자 33 계통 중 22 계통에서 일반감자인 대서 품종보다 높은 수치를 보였으며, PL-11과 PL-17 계통의 경우는 특히적으로 높은 함량을 나타냈는데, 이 결과는 Kim 등(13)이 보고한 지역별 한국산 감자의 칼륨 함량 333.4-424.4 mg%보다도 높은 함량이었다. 특히, 칼륨은 에너지 대사, 세포막의 운반작용, 세포막 내외의 전압차 유지, 나트륨과 상호작용을 통한 신경계의 자극정도, 골격근의 수축과 이완, 혈압의 유지, 산·염기의 평형유지 등 중요한 생리작용(14)을 담당하고 있으며 칼륨의 섭취는 고혈압의 예방과 치료(15)에 효과적이라고 보고되었다.

최근 20여 년간 식생활의 급격한 변화로 채소류보다는 육류 섭취비율 높아지고 인스턴트 음식을 섭취하게 됨으로써 성인병도 꾸준히 증가하고 있다. 따라서 생리적으로 중요한 역할을 하는 칼륨이 다량 함유된 유색감자를 이용 및 개발하여 고혈압 등과 같은 성인병을 예방할 수 있는 기능성 식품으로써 가치가 있는 것으로 생각된다.

색도의 관능 및 기계적 특성

관능적 성질 중 색깔은 식품의 기호와 관련된 가장 우선적

Table 4. Mineral compositions and coloring types of purple-fleshed potatoes (per 100 g edible portion)

Varieties	Type	Calcium (mg)	Sodium (mg)	Potassium (mg)
PL- 1	A	2	1	424
PL- 2	D	3	1	440
PL- 3	D	2	2	405
PL- 4	D	2	2	458
PL- 5	D	3	2	401
PL- 6	D	2	2	476
PL- 7	D	2	1	431
PL- 8	B	2	1	346
PL- 9	A	3	1	454
PL-10	B	2	1	360
PL-11	B	2	1	511
PL-12	D	1	1	414
PL-13	C	1	1	494
PL-14	D	2	2	428
PL-15	A	2	1	477
PL-16	D	3	1	485
PL-17	D	2	1	501
PL-18	B	2	2	415
PL-19	C	2	1	416
PL-20	A	2	1	430
PL-21	C	2	1	361
PL-22	A	2	1	378
PL-23	A	2	1	379
PL-24	D	2	1	417
PL-25	A	3	1	445
PL-26	A	2	1	462
PL-27	D	2	1	355
PL-28	D	3	0	394
PL-29	D	2	1	400
PL-30	C	2	1	349
PL-31	D	2	1	416
PP- 1	B	2	1	416
PP- 2	B	2	1	368
Jasim	C	2	0	419
Daeseo	A	3	1	411

요인으로 상품적 가치는 물론 식품의 성숙도, 변질, 신선상태, 저장 기간 등을 판정 하는 데 중요한 기준이 되며, 색차계로 측정된 색도는 관능적 성질인 색깔을 객관적으로 규명할 수 있다. 유색감자 33 계통의 색도 특성은 Table 5와 같다. 유색 감자 색소 추출물의 최대 흡광도는 자색소가 균일하면서 진하게 형성되어 높은 수치를 나타내는 D Type과 자색소가 거의 형성되지 않아 낮은 흡광도를 나타내는 A Type순으로 구분하였다. 유색감자 횡단면 명도(L)를 측정된 결과 자색도가 강하면서 균일하게 형성된 계통인 D Type의 유색감자는 명도 34-47 정도로 나타나 대서(명도 63)와 자심(명도 48) 및 다른 Type의 유색감자(명도 45-65)와 비교하여 통계적으로도 유의하였으나(p < 0.05) A와 B 및 C Type의 유색감자는 괴경의 착색정도에 따른 통계적인 유의차가 없었다. 이것은 유색 감자 괴경에 색소가 부분적으로 착색 된데서 기인된 것으로 생각된다. 유색 감자 33계통의 적색도를 측정된 결과 A Type은 2-9, B Type은 10-13, C Type은 12-13의 수치를 나타냈고, 자색도가 가장 강한 D

Table 5. Color Hunter CIE value and sensory evaluation for purple-fleshed potatoes¹⁾

Varieties	Type	Color Hunter CIE value			$\Delta E^{2)}$	Sensory evaluation
		L	a	b		
PL- 1	A	60.75 ^{bcd}	8.94 ^g	3.87 ^c	35.58 ^{hi}	3.07 ^{jk}
PL- 2	D	38.74 ^{klj}	12.72 ^{abcde}	-7.34 ^m	58.46 ^{abc}	7.37 ^{cd}
PL- 3	D	38.58 ^{klj}	13.19 ^{abcde}	-6.29 ^{lm}	58.54 ^{abc}	7.88 ^{abc}
PL- 4	D	37.14 ^{klj}	13.15 ^{abcde}	-4.10 ^{hijk}	59.65 ^{abc}	7.09 ^d
PL- 5	D	41.41 ^j	14.53 ^a	-2.82 ^{ghi}	55.78 ^c	7.12 ^d
PL- 6	D	35.27 ^l	12.50 ^{cdef}	-5.67 ^{klm}	61.48 ^{ab}	7.63 ^{abcd}
PL- 7	D	47.25 ⁱ	13.86 ^{abcde}	-1.84 ^{fg}	49.92 ^d	5.98 ^{ef}
PL- 8	B	56.30 ^{efg}	10.74 ^{fg}	1.84 ^{de}	40.50 ^g	3.79 ^{hi}
PL- 9	A	59.93 ^{cde}	7.00 ^h	4.05 ^c	35.90 ^{hi}	2.64 ^{jk}
PL-10	B	49.94 ^{hi}	9.71 ^g	0.16 ^{ef}	46.25 ^{de}	3.29 ^{ij}
PL-11	B	47.14 ^j	13.29 ^{abcde}	-1.35 ^{fg}	49.83 ^d	4.88 ^g
PL-12	D	37.28 ^{klj}	14.34 ^{abc}	-5.54 ^{klm}	59.99 ^{abc}	7.55 ^{bcd}
PL-13	C	52.29 ^{gh}	13.31 ^{abcde}	-1.36 ^{fg}	44.95 ^{ef}	5.12 ^g
PL-14	D	37.12 ^{klj}	13.40 ^{abcde}	-4.55 ^{ijkl}	59.77 ^{abc}	8.26 ^a
PL-15	A	64.02 ^{abc}	4.04 ⁱ	8.06 ^b	31.97 ^{ij}	1.31 ⁱ
PL-16	D	40.33 ^{jk}	14.45 ^{abc}	-4.85 ^{kl}	56.98 ^{bc}	7.26 ^{cd}
PL-17	D	37.36 ^{klj}	14.07 ^{abcd}	-4.50 ^{ijkl}	59.72 ^{abc}	7.74 ^{abcd}
PL-18	B	50.35 ^{hi}	13.19 ^{abcde}	-1.64 ^{fg}	46.78 ^{de}	4.80 ^g
PL-19	C	47.47 ⁱ	12.59 ^{abcde}	-1.88 ^g	49.43 ^{de}	5.04 ^g
PL-20	A	54.82 ^{fg}	6.97 ^h	2.99 ^{cd}	41.43 ^{fg}	2.85 ^{jk}
PL-21	C	44.77 ⁱ	12.13 ^{def}	-2.20 ^{gh}	49.02 ^{de}	5.43 ^{fg}
PL-22	A	58.17 ^{def}	9.13 ^g	4.55 ^c	38.22 ^{gh}	2.62 ^{jk}
PL-23	A	65.30 ^a	1.97 ^j	10.08 ^a	30.96 ^j	1.10 ^l
PL-24	D	47.62 ⁱ	14.06 ^{abcd}	-4.61 ^{ijkl}	49.90 ^d	6.28 ^e
PL-25	A	57.93 ^{def}	5.79 ^h	4.65 ^c	37.81 ^{gh}	2.46 ^k
PL-26	A	56.02 ^{efg}	10.12 ^g	1.81 ^{de}	40.35 ^g	2.78 ^{jk}
PL-27	D	38.50 ^{klj}	14.24 ^{abc}	-5.38 ^{kl}	58.72 ^{abc}	7.34 ^{cd}
PL-28	D	36.39 ^{kl}	12.53 ^{bcddef}	-4.92 ^{kl}	60.32 ^{abc}	7.97 ^{abc}
PL-29	D	40.95 ^j	14.49 ^{ab}	-3.02 ^{ghij}	56.23 ^c	7.40 ^{cd}
PL-30	C	48.93 ^{hi}	12.19 ^{def}	-1.23 ^{fg}	48.00 ^{de}	5.48 ^{fg}
PL-31	D	34.22 ^l	12.04 ^{ef}	-4.92 ^{kl}	62.34 ^a	8.14 ^{ab}
PP- 1	B	50.78 ^{hi}	12.73 ^{abcde}	-1.06 ^{fg}	46.21 ^{de}	4.15 ^h
PP- 2	B	55.50 ^g	10.14 ^g	1.72 ^{de}	40.94 ^{fg}	3.83 ^{hi}
Jasim	C	48.22 ^{hi}	13.51 ^{abcde}	-2.61 ^{ghi}	49.00 ^{de}	5.90 ^{ef}
Daeseo	A	63.08 ^{abc}	1.09 ^j	9.72 ^{ab}	32.92 ^{ij}	1.01 ^l

¹⁾a-m values not sharing a common letter are significantly different at $p < 0.05$.

²⁾ ΔE = Overall color difference ($\sqrt{((\Delta L)^2 + (a)^2 + (b)^2)}$).

L: lightness (100 = White, 0 = black).

a: redness (- = green, + = red).

b: yellowness (- = blue, + = yellow).

Type의 경우는 13-15의 값을 보였으며, 통계적으로 A Type의 유색감자만이 유의성있게 나타났다. 반면, 황색도의 경우 적색도와 같은 경향을 보였으며, 특히, PL-15계통과 PL-23계통만이 통계적인 유의차를 나타냈다. 유색감자의 적색도는 자색소 색갈이 진할수록 높은 수치를 보이지만, B Type과 C Type의 유색감자와 같이 색소가 감자의 괴경 부위에 부분적으로 색소 형성이 되는 경우 또는 색소가 불균일하게 분포한 경우에는 색소형성이 되지 않은 부분이 적색도의 감소를 야기하는 것으로 생각된다. 황색도의 경우에도 같은 결과라고 할 수 있다.

그러나 명도, 적색도 및 황색도의 결과를 토대로 얻어진 색차(ΔE)에서는 전혀 자색소 형성이 되지 않은 계통인 A Type의 경우 42 미만의 값을 나타냈고, 자색소가 미약하게 부분적으로

형성된 계통인 B Type은 41-50, 자색소가 부분적으로 진하게 형성된 계통인 C Type은 45-50, 자색소가 균일하면서도 진하게 형성된 계통인 D Type의 경우는 50 이상의 값을 나타내어 계통간 약간의 차이를 보였으나 색소형성에 따른 명확한 차이를 나타냈으며, A Type과 D Type의 유색감자의 경우는 통계적으로도 유의한 결과를 나타내었다. 특히, PL-31 계통의 색차 값이 가장 높았고, PL-23 계통은 가장 낮은 색차 값을 보였는데, 유색감자 33 계통의 색차의 크기는 PL-31 > PL-6 > PL-28 > PL-12 > PL-14 > PL-17 > PL-4 > PL-27 > PL-3 > PL-2 > PL-16 > PL-29 > PL-5 > PL-7 > PL-24 등의 순으로 나타났으며, 상위 15 계통 모두 D Type의 유색감자로 나타났다.

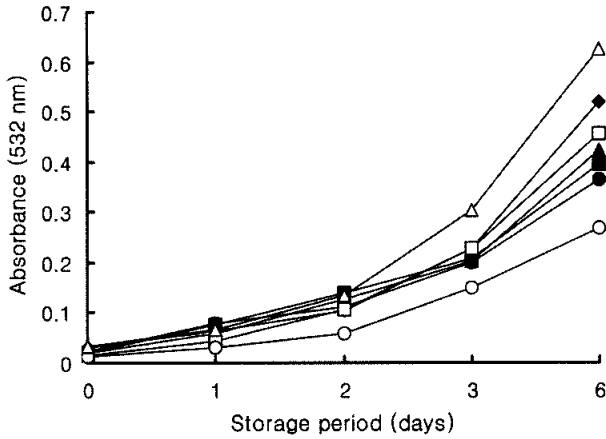


Fig 3. Antioxidant effects of pigment extracts obtained from purple-fleshed potatoes during storage period.
 ◆: PL-6, ■: PL-28, ▲: PL-31, ●: Jasim, □: α-tocopherol (50 ppm), ○: BHA (50 ppm), -△: control.

총 Anthocyanin 함량

유색감자 33 계통의 총 anthocyanin 색소함량을 측정된 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 계통에 의한 차이를 보였다. 유색감자에 함유된 anthocyanin 색소 함량은 100 g 당 3.3-29.0 mg 이었고, 유색감자의 색소형성 정도에 따른 계통간 anthocyanin 색소의 함량은 PL-28 > PL-31 > PL-14 > PL-12 > PL-5 > PL-3 > PL-2 > PL-17 > PL-6 > PL-4 > PL-27 > PL-24 > PL-19 > PL-16 > PL-29 > PL-7의 순으로 높게 나타났으며, D Type 계통의 경우가 다른 계통에 비하여 대부분 높았다. 한국산 유색감자 34 종의 anthocyanin 색소함량은 Rodriguez 등(16)이 보고한 적색감자의 anthocyanin 색소함량이 100 g 당 2.4-40.3 mg 이라는 결과와 유사하나, 유색감자 색소 함량에 관한 외국 연구보고(17)에서 자색감자 육질 100 g 당 183.6 mg의 anthocyanin 색소함량을 보고한것에 비해 10배 정도 낮은 것으로 나타났으며, 유색감자 100 g 당 390 mg의 anthocyanin 색소가 함유되었다는 Rhim 등(18)의 보고와는 큰 차이를 보였다. 또한 Kim 등(19)은 천연 식용 색소원으로 자색고구마를 활용하기 위하여 자색고구마의 생육특성과 생육시기에 따른 조색소 함량의 변화를 조사하였고, 자색고구마 100 g 당 3.7 g의 조색소가 함유된 것으로 보고하였다.

그러나 일반적으로 anthocyanin 계 색소가 인공합성 색소를 대체할만큼 양과 안정성 면에서 아직은 미흡한 실정이며, 특히 유색감자의 색소는 flavonoid 계 수용성 색소로서 안정성에 대한 연구가 지속적으로 추진되어야 할 것으로 생각된다.

색소의 생리 활성

항산화력: PL-6, PL-28, PL-31 그리고 자심등의 색소 추출물의 항산화력을 조사한 결과, control에 비해 3일째까지는 색소 추출물 모두 비슷한 항산화력을 나타내었으나 그 이후부터는 항산화력의 차이를 보였다. PL-28, PL-31 그리고 자심의 경우, 항산화물질인 BHA보다 항산화력이 약했으나 α-tocopherol보다는 높은 항산화력을 보였다. 특히, 자심이 다른 계통에 비해 높은 항산화력을 보였다.

Rodriguez-saona 등(20)은 유색 감자로부터 분리한 적색 색소 중 anthocyanin 색소 성분을 보고하였으며, Giusti와 Wrolstad (21)는 식품중 식이부위에 들어있는 색소 성분의 특성을 조사하면서 유색무우(Red Radish), 유색당근(Black carrot), 유색감자(Red Potato), 유색배추(Red Cabbage), 그리고 포도(Concord Grape)의 적색 색소 성분에 anthocyanin 색소에 대한 profile을 언급하였다. 따라서 본 실험에 사용된 유색감자의 적색 색소 성분에는 anthocyanin 등의 색소가 함유되어 있을 것으로 사료되며, Kahkonen 등(22)이 보고한 anthocyanins 및 그들의 배당체의 항산화활성과 Kong 등(23)이 보고한 anthocyanins의 생물활성 결과에 따르면 유색감자의 색소 성분의 항산화활성은 anthocyanin 혹은 그들의 배당체 성분에 기인하는 것으로 사료된다.

항균력: 유색감자 PL-6, PL-28, PL-31 그리고 자심 4 계통의 색소 추출물의 항균력을 조사한 결과 Table 6과 같다.

유색감자 품종 및 계통별로 선택된 4 계통 모두 그람 음성 및 양성 세균에 항균력이 나타났다. 특히 색소추출물 모두 *Bacillus subtilis*를 비롯한 그람 양성 세균에서 높은 항균력을 보인 반면, 그람 음성의 경우 *Escherichia coli*에만 높은 항균력을 나타냈고 *Salmonella typhimurium*과 *Staphylococcus aureus*의 경우 낮은 항균력을 보였다.

Lee 등(24)은 10종의 미생물을 대상으로 고구마의 항미생물 활성을 측정된 결과 모든 고구마가 효모와 곰팡이에 대해서는 항균성을 나타내지 않았으나 주로 박테리아에 대해서는 항균성을 나타냈으며 특히 자색고구마 및 황색 고구마가 항균성이 높은 것으로 보고하였다. 최근까지 anthocyanin등의 색소의 항균력보다 향신료(25,26), 생약제(27,28) 그리고 천연 약용 식물 추출물의 항균효과(29) 등 저장성 향상을 위한 많은 연구 보고가 있었으나, anthocyanin 등 색소의 항균활성에 대해서는 보고된 바가 거의 없는 실정이다.

따라서 본 실험 결과, 유색감자의 색소 추출물은 항균 활성 물질을 함유하는 것으로 생각되며, 천연 식용 색소으로써의 이용뿐만 아니라 식품의 저장성과 안정성을 확보할 수 있는 식품 산업분야에 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 6. Antimicrobial activity of pigment extracts from purple-fleshed potatoes

Strains	Diameter of clear zone (mm)				
	PL-6	PL-28	PL-31	Jasim	
Gram (+)	<i>Bacillus subtilis</i> KCTC 1021	3.1 ± 0.76 ¹⁾	3.0 ± 0.29	2.8 ± 0.58	3.1 ± 0.50
	<i>Bacillus cereus</i> KCTC 1012	2.8 ± 0.58	2.9 ± 1.15	3.0 ± 0.76	2.3 ± 0.58
	<i>Clostridium perfringens</i> KCTC 3269	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.76	2.1 ± 0.58	1.9 ± 0.29
Gram (-)	<i>Salmonella typhimurium</i> KCTC 1916	1.5 ± 0.76	1.7 ± 0.76	1.5 ± 0.29	1.5 ± 0.29
	<i>Staphylococcus aureus</i> KCTC1916	1.8 ± 0.29	1.3 ± 0.58	ND ²⁾	1.4 ± 0.76
	<i>Escherichia coli</i> KCTC 2441	2.2 ± 0.29	2.3 ± 0.58	1.9 ± 0.50	2.0 ± 0.58

¹⁾Mean ± standard deviation (n=3).

²⁾Not detected.

요 약

유색 감자의 일반적인 성분과 무기질, 색도, anthocyanin의 함량 그리고 생리활성에 대하여 검토하였다. 유색감자 계통별로 횡단면의 색소형성 정도에 따라 A, B, C, D Type 등 4가지 형태로 분류되었다. 일반성분은 수분 함량이 75.7-84.3%, 단백질이 1.3-2.7%, 조섬유 함량이 0.2-0.7% 수준으로 계통에 따라 약간 차이를 보였다. 유색감자내 무기질은 괴경 100 g 당 2-3 mg의 칼슘과 1-2 mg의 나트륨, 350-510 mg의 칼륨을 함유한 것으로 나타났으며, 무기질 함량은 계통별로 차이를 나타냈다. 색차계를 이용하여 유색감자 횡단면의 색도를 측정된 결과, 색차의 크기는 PL-31 > PL-6 > PL-28 > PL-12 > PL-4 > PL-17 등의 순으로 나타났으며, 관능검사에 의한 유색강도를 시험한 결과 PL-14 > PL-31 > PL-28 > PL-3 > PL-17 > PL-6 등으로 나타나서 유사한 경향을 보였다. 총 anthocyanin 색소 함량은 계통별로 큰 차이를 나타내었으며 100 g 당 3.3-29.0 mg 수준이었으며, PL-28 > PL-31 > PL-14 > PL-12 > PL-5 > PL-3의 순으로 높았다. 선발된 품종간 항산화력 비교 실험 결과, PL-6을 제외한 PL-28, PL-31 그리고 자심은 대조구인 α -tocopherol 보다 항산화력 활성이 약간 높았으며, BHA의 항산화력에는 미치지 못하는 것으로 확인되었다. 그리고 Gram(+) 3종과 Gram(-) 3종을 이용한 항균활성을 측정된 결과, 4품종 모두 Gram(+)와 Gram(-) 모두 항균력을 나타내었다. Gram(+)에서는 *B. subtilis*에 가장 높은 항균활성을 나타내었고, Gram(-)에서는 *E. coli*에서 항균활성을 나타내는 것으로 확인되었다.

문 헌

- Rhim JW, Kim SJ. Characteristics and stability of anthocyanin pigment extracted from purple-fleshed potato. *J. Food Sci. Technol.* 31: 348-355 (1999)
- Eskin NAM. Plant pigments-Flavors and textures, Academic press (London). 3-43p (1979)
- Yoon JM, Cho MH, Hahn TR, Paik YS, Yoon HH. Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean pigmented rice variety as natural food colorants. *J. Food Sci. Technol.* 29: 211-217 (1997)
- Francis FJ. Future Trends. In: Developments in Food Colors-2. Walford, J. (ed.), Applied Science Publishers, New York, NY, USA (1987)
- Hong JH, Chung HS, Youn KS. Storage stability of anthocyanin pigment isolated from a wasted grape peels. *J. Food Preserv.* 9: 327-331 (2002)
- Bettini V, Fiori A, Martino R, Mayellaro R, Ton P. Study of the mechanism whereby anthocyanosides potentiate the effect of catecholamines on coronary vessels. *Fitoterapia* 54: 67-72 (1985)
- Vincieri FF, Romain A, Baldi M, Mulinacci N, Alberti MB. Analysis HPLC of anthocyanins present in fluid extracts from *Malva Sylvestris* L. flowers and leaves. *Bull. Liaison-Groupe Polyphenols* 16: 339-342 (1992)
- Saija A. Pharmacological effects of anthocyanins from blood orange juice, *Essenze-Deriv. Agrum.* 64: 229-233 (1994)
- The Association of Official Analytical Chemists, AOAC. Official Method 930. 10. Official Methods of Analytical of Assoc. Offic. Chemists, 12th ed.
- Fuleki T, Francis FJ. Quantitative methods for anthocyanin. *J. Food Sci.* 33: 78-83 (1968)
- Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. *Method Enzymol.* 52: 302-310 (1978)
- National Rural Living Science Institute. Food composition table, 6th ed. pp. 54-55 (2001)
- Kim KC, Shin IC, Lee TJ, Han KS, Shim TH, Ryu MJ, Lee JK. Survey on the contents of trace components of potatoes in Kangwon-do. *Rep. Inst. Health Environ.* 7: 52-59 (1996)
- Suter PM. Potassium and Hypertension, *Nutr. Rev.* 56: 151-153 (1998)
- Cappuccio FP, MacGregor CA. Does potassium supplementation lower blood pressure. A meta analysis of published trials. *J. Hypertens.* 9: 465-473 (1991)
- Rodriguez-saona LE, Giusti MM, Wrolstad RE. Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes. *J. Food Sci.* 63: 458-465 (1998)
- Lewis CE. Biochemistry and regulation of anthocyanin synthesis in potato and other tuber-bearing Solanum species, PhD thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand (1996)
- Rhim JW, Kim SJ. Characteristics and stability of anthocyanin pigment extracted from purple-fleshed potato. *J. Food Sci. Technol.* 31: 348-355 (1999)
- Kim SJ, Rhim JW, Lee LS, Lee JS. Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. *J. Food Sci. Technol.* 28: 345-351 (1996)
- Rodriguez-Saona LE, Giusti MM, Wrolstad RE. Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes. *J. Food Sci.* 63: 458-465 (1998)
- Giusti MM, Wrolstad RE. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochem. Eng. J.* 14: 217-225 (2003)
- Kahkonen MP, Heinonen M. Antioxidant activity of anthocyanins and their aglycons, *J. Agric. Food Chem.* 51: 628-633 (2003)
- Kong JM, Chia LS, Goh NK, Chia TF, Brouillard R. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry* 64: 923-933 (2003)
- Lee HH, Kang SK, Rhim JW. Characteristics of antioxidative and antimicrobial activities of various cultivars of sweet potato. *J. Food Sci. Technol.* 31: 1090-1095 (1999)
- Chang EJ. Isolation and antioxidative activities of acylated anthocyanins from fruit and vegetables. MS thesis. Catholic University of Taegu-Hyosung, Taegu, Korea (1998)
- Tansey MR, Appleton JA. Inhibition of fungal growth by garlic extract. *Mycologia.* 70: 397-401 (1978)
- Zaika LL. Their antimicrobial activity and its determination. *J. Food Safety.* 9: 97-101 (1988)
- Chung DO, Jung JH. Studies on antimicrobial substances of *Ganoderma lucidum*. *J. Food. Sci. Technol.* 24: 552-557 (1992)
- Park UY, Chang DS, Cho HR. Antimicrobial effect of lithospermum erythrorhizon extract. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 21: 97-100 (1992)

(2004년 5월 17일 접수; 2005년 2월 24일 채택)