

색소원에 따른 Anthocyanin색소의 특성

이향희 · 이장욱 · 임종환
목포대학교 식품공학과 및 식품산업기술연구센터

Characteristics of Anthocyanins from Various Fruits and Vegetables

Hyang-Hee Lee, Jang-Wook Lee and Jong-Whan Rhim
Department of Food Engineering and Food Industrial Technology Research Center,
Mokpo National University

Abstract

Color values of anthocyanins from seven natural food colorants, such as purple-fleshed sweet potato (PSP), red flower cabbage (RFC), red cabbage (RC), grape skin (GS), black rice (BR), egg plant (EP), and fig fruit (FF) were evaluated, resulting in the selection of four color sources with higher color values including PSP, RFC, RC and GS. The stabilities of anthocyanins from the selected colorant sources against metal ions, ascorbic acid, ultra-violet light, and heating were investigated. Anthocyanins from PSP and GS were degraded significantly by Mn^{2+} , while those from RFC and RC were degraded by Cu^{2+} . Ascorbic acid, UV light and heating commonly caused a decrease in the color stability for all the anthocyanins tested. Anthocyanins from PSP were the most stable against the color-degrading factors, followed by RFC, RC, and GS in descending order.

Key words : natural food colorant, anthocyanins, color stability

서 론

합성색소는 천연색소에 비해 색소안정성이나 색깔의 강도 및 착색의 균일성 등이 우수하고 가격이 저렴하여 광범위하게 사용되어 왔으나 최근에 일부 합성색소의 인체에 대한 안전성 문제가 제기됨에 따라 점차적으로 이의 사용이 규제되고 있는 실정이다. 반면에 천연식용색소는 오랫동안 사용해 오면서 그 안전성이 자연적으로 검증된 것으로 착색제로서의 역할 뿐만 아니라 영양가나 약리작용이 있을 수 있어 그 사용이 급격히 증가하고 있다(1,2). 이러한 현상은 최근 소비자들이 건강 지향적이고 천연 지향적인 고급식품을 추구하는 경향과 함께 더욱 증대되고 있으며, 천연식용색소의

이용분야도 식품산업 뿐만 아니라 화장품과 의약품 산업에 이르기까지 그 수요가 증가하여 천연식용색소의 개발에 대한 관심이 높아지고 있다.

천연식용색소 중에서 적색색소가 가장 많이 이용되고 있는데(3), 1976년에 미국의 식품의약청에 의해 적색 2호가 사용이 금지된 이래 1989년에는 적색 3호가 일부 품목에 대하여만 제한적으로 사용이 허용되었고, 유일하게 널리 사용되고 있는 것이 적색 40호이나 이 역시 소비자들의 위해 외면되고 있는 실정이라서 이를 대체할 수 있는 새로운 천연식용색소의 개발이 시급한 실정이다.

자연에서 얻을 수 있는 여러 가지 천연식용색소 중 anthocyanin색소는 각 종의 과일이나 채소의 열매, 뿌리, 줄기 및 잎 등에서 발견되는 붉은 색 계통의 천연 색소로서 수용성으로 사용이 간편하고 독성이 없을 뿐만 아니라 건강에 유익한 기능적인 특성이 기대되어 적색계 합성색소를 대체할 수 있는 천연식용색소로서

Corresponding author : Jong-Whan Rhim, Department of Food Engineering, Mokpo National University, Muan, Chonnam, 534-729, Korea
E-mail : jwrhim@chungkye.mokpo.ac.kr

의 가능성이 높은 것으로 생각된다(4-6). 현재 사용되고 있는 anthocyanin 색소는 포도껍질이나 적양배추로부터 얻고 있는데(4,7-9) 이외에도 유색의 고구마(10-13)와 감자(14,15), radish(16,17), 갓(18), 나무딸기(19) 등의 이용 가능성에 대한 연구가 이루어진 바 있다. 이와 같이 anthocyanin은 많은 식물체에 광범위하게 존재하지만, 천연식용색소원으로 활용하기 위해서는 원료의 수급뿐만 아니라 색소의 구조 및 여러 인자들에 대한 안정성에 대한 정보가 필수적이다. 일반적으로 anthocyanin 색소의 안정성에 영향을 미치는 인자들 중에는 pH, 온도, 당 및 당분해물, 유기산, 광, 금속이온, ascorbic acid, 효소 등이 있는데(8,20), 새로운 anthocyanin 색소원을 개발하기 위해서는 대상이 되는 anthocyanin 색소의 안정성에 미치는 이들 인자들의 영향을 규명하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 새로운 적색의 합성색소를 대체할 수 있는 새로운 anthocyanin 색소의 색소원을 개발하기 위하여 자색고구마, 꽃양배추, 적양배추, 포도과피, 흑미, 가지 및 무화과 등 7 가지의 anthocyanin 색소원을 대상으로 이들 색소원의 색가를 비교하고, 이들 색소원으로부터 추출한 anthocyanin 색소의 금속염, ascorbic acid, 자외선 및 열에 대한 안정성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

자색고구마는 전남 해남에서 1999년 가을에 생산된 것을 사용하였으며, 꽃양배추는 목포대학교내의 실습 농장에 모종을 1999년 9월에 심어 12월에 채취하여 시료로 사용하였다. 적양배추, 포도, 흑미, 가지, 무화과는 지역의 슈퍼마켓에서 구입하였으며, 이들 중 포도와 가지는 껍질만을 선별하여 생체상태로 사용하였다.

색소 추출

각각의 시료를 수분함량 5% 이내로 동결건조하여 분쇄한 다음 0.2 M sodium citrate buffer(pH 3.0)를 사용하여 30°C에서 shaking을 하면서 24시간 동안 추출하였다. 추출액을 원심분리기(VS-5500, Vision, Korea)를 사용하여 3000 rpm으로 20분간 원심분리하여 고형물을 제거하고 membrane filter(pore size: 0.45 μ m)로 여과하여 색소액을 얻었다. 분광광도계(8452A, Hewlett Packard, USA)를 사용하여 400 nm에서 600 nm 사이에서 색소액의 흡수 spectrum을 조사하여 각 색소액의 최대흡수파장(λ_{max})을 결정하였다. 시료의 색가는 적당량의 시료를 100 mL의

용매로 추출한 후 각 색소액의 최대흡수파장에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 의해 결정하였다(21).

$$\text{Color value } (E_{1\text{cm}}^{10\%}) = (A_{\lambda_{max}}/\text{시료의 양}) \times 10$$

금속이온의 영향

색소원에 따른 anthocyanin 색소의 금속이온에 대한 영향을 조사하기 위하여 흡광도값이 0.7~0.8이 되게 희석한 색소추출액에 6종의 금속염($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, CdCl_2 , CuSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, MnSO_4 , ZnSO_4)을 금속이온으로서 100 ppm 첨가한 후 반응이 빨리 진행되도록 60°C의 정온기에서 3일 동안 보관하면서 흡광도의 변화를 측정하여 초기 색소액의 흡광도에 대한 비로서 잔존색소 함량을 표시하였다.

Ascorbic acid의 영향

색소원에 따른 anthocyanin 색소의 ascorbic acid에 대한 영향을 알아보기 위해 색소추출액에 100, 1000 ppm의 ascorbic acid를 첨가한 후 60°C로 조절된 정온기에서 3일 간 보관하면서 색의 변화를 조사하였다.

자외선의 영향

색소원에 따른 anthocyanin 색소에 대한 자외선의 영향을 조사하기 위하여 색소추출액을 5 mL 용량의 vial에 채워 15 watt의 자외선 등의 30 cm 아래에 놓여놓고 실온에서 조사하면서 3일 동안 경시적인 색의 변화를 조사하였다.

가열온도의 영향

색소액의 온도를 일정하게 유지하기 위해 double jacket으로 제조된 stainless steel 재질의 용기에 각 색소액을 100 mL씩 넣고 뚜껑을 닫아 밀봉한 후, 60, 70, 80, 95°C로 조절된 순환식 항온수조(MC-31, Jeiotech, Korea)에 연결하여 double jacket 용기로 순환시켜 용기 내 용액의 온도를 일정하게 유지시키면서 10시간 동안 일정시간 간격으로 색소액을 채취하여 색의 변화를 측정하였다. 시료를 채취한 후에는 즉시 ice-water bath에 옮겨 냉각하여 사용하였다.

결과 및 고찰

색소액의 최대흡수파장 및 색가

색소원들로부터 추출한 anthocyanin 색소액은 모두

외관적으로는 맑은 적색을 나타냈으나, 광의 최대흡수 파장은 Table 1에 나타난 바와 같이 색소원에 따라 514 nm에서 538 nm까지 다르게 나타났다. 이러한 anthocyanin 색소의 분광학적인 특성의 차이는 색소원에 따라 각기 다른 형태의 anthocyanin 색소가 존재하기 때문이다(22). 자색고구마 anthocyanin 색소의 주성분은 cyanidin과 peonidin이 acylation된 3-caffeoylferuloylsophoroside-5-glucoside, caffeic acid나 ferulic acid가 acylation된 cyanidin-3,6-glucopyranosyl-1,2-fructofuranoside와 cyanidin-3,6-glucopyranosyl-1,5-xyloside, caffeic acid와 ferulic acid가 acylation된 peonidin-3-diglucoside-5-glucoside이고(10,11,23), 적양배추 anthocyanin 색소의 주성분은 malonoyl, feruloyl, diferuloyl, sinapoyl, disinapoyl ester, *p*-coumaroyl, di-*p*-coumaroyl등이 acylation된 cyanidin-3-sophoroside-5-glucoside(9), 포도과피 anthocyanin 색소의 주성분은 delphinidin-3-glucoside, delphinidin-3,5-diglucoside, malvidin-3-glucoside, malvidin-3,5-diglucoside, *p*-coumaric acid가 acylation된 malvidin-3,5-diglucoside, peonidin-3-glucoside, peonidin-3,5-diglucoside, *p*-coumaric acid가 acylation된 peonidin-3,5-diglucoside, petunidin-3-glucoside, petunidin-3,5-diglucoside(22), 그리고 흑미 anthocyanin 색소의 주성분은 cyanidin-3-glucoside, peonidin-3-glucoside(24), 무화과 anthocyanin 색소의 성분은 cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3,5-diglucoside, cyanidin-3-rhamnoglucoside 및 pelargonidine-3-rhamnoglucoside이며, 가지의 anthocyanin 색소의 성분은 delphinidin-3-glucoside와 delphinidin-3,5-diglucoside 및 delphinidin-3,5-diglucoside가 *p*-coumaric acid와 acylation되어 있는 형태(22)임이 알려져 있다. 또한, Hendry(25)는 산성의 methanol에 용해시킨 cyanidin, delphinidin, malvidin, pelargonidin, peonidin, petunidin의 최대흡수파장이 각각 535, 546, 542, 520, 532, 543 nm라고 하였다. 사용한 색소원에 따라 anthocyanin 색소의 주성분이 다르기 때문에 이들 색소추출액의 가시광선에 대한 최대흡수파장이 달라지는 것을 알 수 있다.

Table 1. Maximum wavelength(λ_{max}) of visible light absorption of anthocyanins from various sources of the pigment

Anthocyanin source	λ_{max} (nm)
Purple-fleshed sweet potato (PSP)	532
Red flower cabbage (RFC)	538
Red cabbage (RC)	526
Grape skin (GS)	522
Black rice (BR)	514
Egg plant (EP)	524
Fig fruit (FF)	514

광의 최대흡수파장에서 측정된 각 색소원의 색가는 Fig 1에 표시한 바와 같이 자색고구마가 가장 높고, 다음으로 꽃양배추, 적양배추, 포도, 흑미, 가지, 무화과 순으로 나타났다. 색가란 색소원의 단위 중량당의 색소함유량을 표시하는 것으로 색소원으로서의 경제적인 가치를 비교하는 지표로 사용된다. 본 연구에서 사용한 색소원 중 포도과피와 적양배추 만이 현재 anthocyanin의 색소원으로 산업적으로 이용되고 있다. 포도과피는 포도주 제조 시 부산물로서 얻어지는 것으로 유럽에서는 이로부터 anthocyanin을 추출하여 'enocyanin'이라는 상품명으로 상업화를 하고 있으며, 적양배추는 주로 일본에서 anthocyanin의 색소원으로 개발되어 널리 사용되고 있다. 자색고구마는 최근에 국내에 도입되어 anthocyanin의 새로운 천연식용색소원으로 가능성이 인정되고 있다(10-13). 자색고구마의 가격은 1999년 10월 현재 단위 무게 당 소매가가 적양배추의 약 1/3 정도인 반면에 색가는 적양배추에 비해 약 2배에 달해(Fig. 1), 색가만으로 단순 비교하면 자색고구마는 적양배추에 비해 약 6배 정도 경제성이 높은 색소원임을 알 수 있다. 꽃양배추(*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)는 양배추에 매우 가까운 십자화과의 식물로서 겨울철의 낮은 기온에서도 잘 견디며, 잎 전체가 짙은 자주색을 띠어 겨울철에 가로의 관상용으로 널리 재배되고 있는 식물이다. 꽃양배추의 색가는 2.09로서 자색고구마와 적양배추의 중간 정도를 나타내고 있어 새로운 anthocyanin의 색소원으로 개발이 기대된다. 본 연구에 사용한 7 가지의 색소원 중에서 흑미와 가지 및 무화과는 색소함유량이 다른 색소원에 비해 낮아 색소원으로 경제성이 떨어질 것으로 생각 되어 이후로는 색가가 높은 자색고구마, 꽃양배추, 적양배추, 포도과피의 색소를 대상으로 안정성에 대한 조사를 실시하였다.

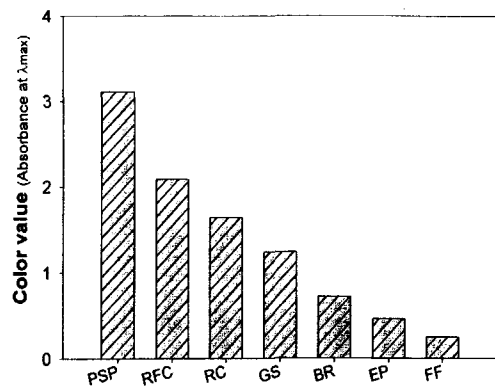


Fig. 1. Color value of anthocyanin from various sources of pigment.

PSP: purple-fleshed sweet potato. RFC: red flower cabbage. RC: red cabbage. GS: grape skin. BR: black rice. EP: egg plant. FF: fig fruit.

금속이온의 영향

색소원에 따른 anthocyanin 색소액에 대한 금속이온의 영향을 조사한 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다. 전반적으로 anthocyanin 색소의 잔존량이 자색고구마, 꽃양배추, 적양배추 및 포도과피의 순으로 나타났는데, 이는 색소액을 60°C에서 3일간 가열한 효과와 각 금속이온에 의한 효과가 복합적으로 작용한 결과를 표시하고 있다. 또한 Table 2에는 색소의 안정성에 대한 금속이온의 영향을 무처리 시료에 대한 상대적인 색소잔존량으로 표시하였는데, 색소원에 따라 anthocyanin 색소의 안정성에 미치는 금속이온의 종류가 달랐다. 일반적으로 자색고구마의 색소가 다른 소재의 색소보다 모든 금속이온에 대한 안정성이 우수하였다. 사용된 금속이온 중에서는 주로 Mn^{2+} 와 Cu^{2+} 가 anthocyanin 색소의 안정성을 저하시켰으며, 특히 적양배추와 포도과피의 색소는 이들 금속이온에 의해 영향을 크게 받았다. 꽃양배추 색소는 Cu^{2+} 가 색소의 안정성을 저하시켰으며, 자색고구마 색소는 Mn^{2+} 이 색소의 안정성을 저하시키는 효과가 가장 컸는데, 이는 이 등(13)의 결과와 일치한다. 윤 등(20)은 흑미색소의 경우 자색고구마, 포도와 마찬가지로 Mn^{2+} 이온에 대한 anthocyanin 색소의 잔존률이 가장 낮았음을 밝힌 바 있다. 일부 금속이온은 오히려 색소 잔존률이 무첨가구 보다 높게 나타나 색소의 안정성을 증진시키는 효과가 있음을 알 수 있는데, 이는 금속이온과 anthocyanin의 수산기 사이의 작용에 의해 metalo-anthocyanin을 이루어 분자전체의 전하를 분산시켜 안정화시켜 주기 때문인 것으로 생각된다(26).

Table 2. Effects of metal ions on the stability of anthocyanins from various sources of the pigment

Metal ion	Residual pigment (%)			
	PSP	RFC	RC	GS
Control	82.2	66.6	63.3	37.2
Al^{3+}	82.9(100.9) ¹⁾	66.2(99.4)	61.7(97.5)	38.4(103.2)
Cd^{2+}	81.5(99.1)	65.2(97.9)	60.7(95.9)	36.4(97.8)
Cu^{2+}	76.8(93.4)	41.2(61.9)	38.4(60.7)	27.2(73.1)
Fe^{2+}	84.2(102.4)	60.5(90.8)	59.2(93.5)	39.9(107.3)
Mn^{2+}	73.1(88.9)	63.4(95.2)	43.6(68.9)	23.6(63.4)
Zn^{2+}	83.0(101.0)	65.8(98.8)	59.1(93.4)	39.6(106.5)

¹⁾ Numbers in parentheses indicate residual pigment in percent compared with control samples.

Ascorbic acid의 영향

색소원에 따른 anthocyanin 색소의 안정성에 미치는 ascorbic acid의 영향은 Fig. 2에 표시한 바와 같다. 모

든 색소에서 ascorbic acid는 anthocyanin 색소의 안정성을 저하시켰으며, ascorbic acid의 농도가 높을수록 그 효과가 더 크게 나타났다. 일반적으로 ascorbic acid는 anthocyanin의 안정성을 저하시키는 것으로 알려져 있다(22). Anthocyanin이 함유된 음료수에 ascorbic acid가 존재하거나 첨가하면 색깔이 퇴색되는 현상이 알려져 있는데(27,28), 이러한 현상은 ascorbic acid의 산화가 일어나기 좋은 조건 즉, 산소의 존재 하에서 그 속도가 빨라지는 것으로 알려져 있다(29). 또한 Fig. 3은 색소원의 종류에 따라 anthocyanin 색소의 변색되는 정도가 달라지는 것을 보이고 있는데, 자색고구마 색소가 가장 안정하고, 다음으로는 꽃양배추, 적양배추 및 포도과피의 색소 순으로 나타났다. 색소원에 따라 ascorbic acid에 대한 영향이 서로 다른 것은 이들 색소를 구성하는 성분이 서로 다르기 때문이다.

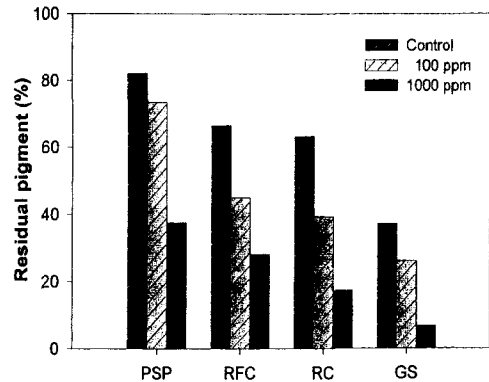


Fig. 2. Effects of ascorbic acid on the stability of anthocyanins from various sources of pigment. PSP: purple-fleshed sweet potato, RFC: red flower cabbage, RC: red cabbage, GS: grape skin.

자외선의 영향

색소원에 따른 anthocyanin 색소의 자외선에 대한 영향은 Fig. 3에 보인 바와 같이 색소원에 따라 그 안정성이 각각 달랐는데, 자외선에 대한 색소의 안정성 역시 자색고구마 색소가 가장 안정하였으며, 다음으로 꽃양배추, 적양배추 및 포도과피의 색소 순이었다. 자외선에 대한 색소의 안정성의 차이도 색소의 구조의 차이에 기인하는 것으로 생각되는데, Van Buren 등(30)은 acylation된 구조를 갖는 anthocyanidin diglucoside는 포도주 내에서 광에 대해 큰 안정성을 나타낸 반면, acylation이 되지 않은 glucoside와 diglucoside는 안정성이 낮았다고 보고한 바 있다. 따라서 아실화된 anthocyanin 색소를 많이 함유하고 있는 고구마 색소가 자외선에 대해 안정성이 높은 것으로 생각된다.

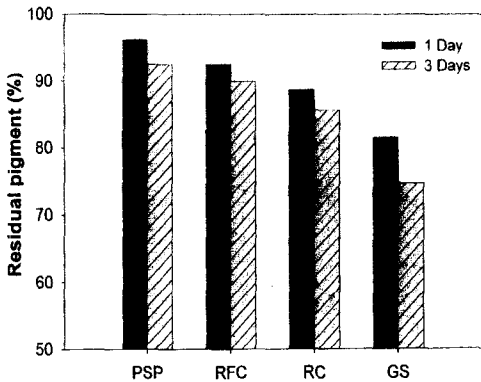


Fig. 3. Effects of UV light on the stability of anthocyanins from various sources of pigment. PSP: purple-fleshed sweet potato, RFC: red flower cabbage, RC: red cabbage, GS: grape skin.

가열온도의 영향

색소원에 따른 anthocyanin 색소의 열안정성을 비교하기 위하여 각 색소액을 60, 70, 80, 95℃에서 10시간 동안 가열하면서 색소의 변화를 조사한 결과는 Fig. 4와 같았다. Anthocyanin 색소의 열안정성도 자색고구마, 꽃양배추, 적양배추 및 포도과피의 색소 순으로 나타났는데, 이는 Table 2에서 보인 control 시료에 대한 결과에서도 확인된 바 있다. 색소의 열안정성의 차이 역시 각 색소의 구조에 기인하는 것으로 알려져 있다(9). Fig. 4의 결과에 의하면 자색고구마 색소를 제외한 모든 색소는 가열이 시간이 증가함에 따라 색소함량이 지수함수적으로 감소하는 모습을 보이고 있으며, 가열 온도가 증가할수록 그 정도가 심해졌다. 특히하게도 자색고구마색소의 경우는 가열초기에 흡광도가 다소 증가하는 농색화 현상이 나타났는데, 이는 가열에 의한 anthocyanin 색소 분자의 polymerization에 의한 것으로 추정되며(9), 이러한 현상은 anthocyanin 색소 중에서도 흔치 않은 현상으로 이를 규명하기 위해서는 보다 자세한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

Anthocyanin 색소원(자색고구마, 꽃양배추, 적양배추, 포도, 흑미, 가지, 무화과)의 색가를 조사하고 이들 중 색가가 높은 자색고구마, 꽃양배추, 적양배추 및 포도과피를 선정하여 이들 색소의 안정성에 미치는 금속이온, ascorbic acid, 자외선 및 가열의 영향을 조사하였다. 자색고구마와 포도과피의 색소는 Mn²⁺에 의해 색소의 안정성이 가장 크게 저하되었으며, 적양배추와

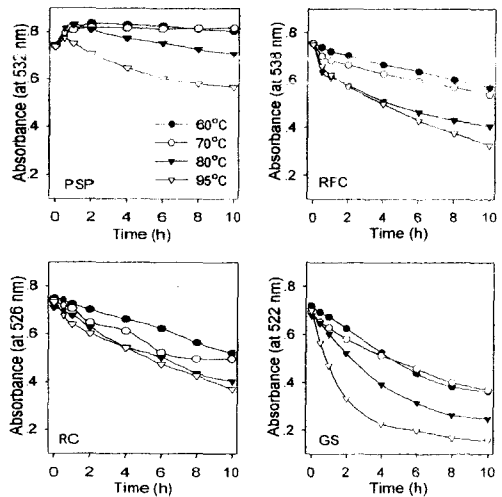


Fig. 4. Effects of heat stability of anthocyanins from various sources of pigment. PSP: purple-fleshed sweet potato, RFC: red flower cabbage, RC: red cabbage, GS: grape skin.

꽃양배추 색소는 모두 Cu²⁺이온에 의해 안정성이 가장 크게 저하되었다. Ascorbic acid와 자외선 및 가열은 anthocyanin 색소의 안정성을 저하시켰는데, 그 정도는 색소원에 따라 달랐다. 이들 요인들에 대한 안정성은 자색고구마 색소가 가장 높았으며, 다음으로 꽃양배추, 적양배추 및 포도과피의 색소 순이었다. 색소원에 따라 색소의 안정성이 달라지는 것은 이들 anthocyanin 색소를 구성하는 색소성분의 차이에 기인한다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 목포대학교 식품산업 기술연구센터의 연구과제중 "천연식용색소의 생산과 이용"에 관한 연구의 일부이며, 연구비를 지원해 준 과학재단과 센터에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- Francis, F.J. (1987) Lesser-known food colorants. *Food Technol.*, 41, 62-68
- Lauro, G.J. (1991) A primer on natural colors. *Am. Assoc. Cereal Chemists*, 36, 949-953
- Newsome, R.L. (1986) Food Colors. *Food Technol.*, 40, 49-56
- Francis, F.J. (1989) Food colorants: anthocyanins.

- Crit. Rev. Food Sci. & Nutr.*, **28**, 273-314
5. Markakis, P. (1982) Anthocyanins as food additives. In *Anthocyanins as Food Colors*, Markakis, P. (Ed.), Academic Press, London. p. 245-253
 6. Jackman, R.L. and Tung, M.A. (1987) Anthocyanins as food colorants-A review. *J. Food Biochem.*, **11**, 201-247
 7. Murai, K. and Wilkins, D. (1990) Natural red color derived from red cabbage. *Food Technol.*, **44**, 131
 8. LaBell, F. (1993) Grapes provide brilliant red color. *Food Processing*, **54**, 88-89
 9. Jackman R.L. and Smith, J.L. (1992) Anthocyanins and Betalains. In *Natural Food Colorants*, 2nd ed., Hendry G.A.F. and Houghton J.D. (Ed.), Houghton Blackie A&P, Great Britain. p. 183-241
 10. Shi, Z., Bassa, I.A., Gabriel, S.L. and Francis, F.J. (1992) Anthocyanin pigments of sweet potatoes-*Ipomoea batatas*. *J. Food Sci.*, **57**, 755-757, 770
 11. Odake, K., Terahara, N., Saito, N. and Honda, T. (1992) Chemical structures of two anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas*. *Phytochemistry*, **31**, 2127-2130
 12. 김선재, 임종환, 이란숙, 이준철 (1996) 자색고구마 색소의 추출과 특성. *한국식품과학회지*, **28**, 345-351
 13. 이란숙, 임종환, 김선재, 정병춘 (1996) 자색고구마 색소의 안정성에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **28**, 352-359
 14. Rodriguez-Saona, L.E., Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. (1998) Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes. *J. Food Sci.*, **63**, 458-465
 15. 임종환, 김선재 (1999) 자색감자 anthocyanin 색소의 특성 및 안정성. *한국식품과학회지*, **31**, 348-355
 16. Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. (1996) Characterization of red radish anthocyanins. *J. Food Sci.*, **61**, 322-326
 17. Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. (1996) Radish anthocyanin extract as a natural red colorant for maraschino cherries. *J. Food Sci.*, **61**, 688-694
 18. 박근형 (1979) 재래종 갖의 Anthocyanins 색소에 관한 연구 [제1보] Anthocyanin 구조 동정. *한국농화학회지*, **22**, 33-38
 19. 주광지, 박정미 (1983) 나무딸기 Anthocyanin에 관한 연구. *한국영양식량학회지*, **12**, 31-36
 20. 윤주미, 조만호, 한태룡, 백영숙, 윤혜현 (1997) 천연색소로서 한국산 유색미 안토시아닌의 안정성 연구. *한국식품과학회지*, **29**, 211-217
 21. 한국식품공업협회 (1997) 식품첨가물 공진. p. 967-1244
 22. 윤태현, 이성우 (1979) 식품에서 Anthocyanin 색소의 안정성. *한국식품과학회지*, **11**, 63-73
 23. Tsukui, A., Kuwano, K. and Metanura, T. (1983) Anthocyanin pigment isolated from purple root of sweet potato. *Kaseigaku Zasshi*, **34**, 153-159
 24. Choi, S.W., Kang, W.W. and Osawa, T. (1994) Isolation and identification of anthocyanin pigment in black rice, *Foods Sci. Biotechnol.*, **3**, 131-136
 25. Hendry, G.A.F. (1992) Natural pigments in biology. In *Natural Food Colorants*, 2nd ed., Hendry G.A.F. and Houghton J.D. (Ed.), Houghton Blackie A&P, Great Britain. p. 1-38
 26. Harborne, J.B. (1994) Molecular complexes. In *The Flavonoid advances in research*, 1st ed., Chapman & Hall, London, p.575-585
 27. Poes-Langston, M.S. and Wrolstad, R.E. (1981) Color degradation in an ascorbic acid-anthocyanin-flavanol model system. *J. Food Sci.*, **46**, 1218-1222
 28. Hendry, B.S. (1992) Natural food colours. In *Natural Food Colorants*. 2nd ed., Hendry G.A.F. and Houghton J.D. (Ed.), Houghton Blackie A&P, Great Britain. p. 39-78
 29. Sondheimer, E. and Kertesz, Z.I. (1953) The stability of wine anthocyanins on exposure to heat and light. *Food Res.*, **18**, 475-479
 30. Van Buren, J.P., Bertino, J.J. and Robinson, W.B. (1968) Participation of ascorbic acid in the destruction of anthocyanin in strawberry juice and model system. *Am. J. Enol. Vitic.*, **19**, 147

(접수 2000년 5월 12일)