

꽃사과 (*Malus prunifolia* Wild. Borkh. "Red Fruit") 에서 에탄올 추출한 안토시아닌 색소의 안전성

김 용 환

경기대학교 자연과학부 식품생물공학전공

Stabilities of Anthocyanin Pigments obtained from Crab Apple (*Malus prunifolia* Wild. Borkh. "Red Fruit") by Ethanol Extraction

Yong-Hwan Kim

Major of Foods and Biotechnology, Division of Natural Science, Kyonggi University, Suwon 442-760, Korea

Abstract

The characteristics of anthocyanin pigments from crab apple (*Malus prunifolia* Wild. Borkh. "red fruit") by ethanol extract were investigated at various condition of light, temperature, sugar, organic acid, metal ion and pH. The pigments were stable(over the 60%) on the light irradiation throughout 20 days storage period at room temperature and in the pesence of Al-foil, red, blue, green and yellow cover were very stable. The pigments also showed high thermal stability(over the 67% at 115°C, 10min) at pH 2.5, respectively. The pigments with added organic acid greatly increased thickness of red color. The pigments with added metal ions at pH 2.5, such as Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ and Mn²⁺ were stable throughout 20 days storage period at 25°C. But Cu²⁺ addition showed the rapidly degradation of the pigments, and Al³⁺ addition induced the color conversion from red to redish violet. The thickness of the red color of anthocyanin pigments increased as the pH decreased. These results indicated that crab apple anthocyanin pigments might be potential sources of natural food colorant.

Key words : crab apple (*Malus prunifolia* Wild. Borkh. "red heart"), anthocyanin, food colorant, stability.

서 론

식품에는 기호성과 상품성을 증가시키기 위해 색소를 첨가하는 경우가 많다. 그러나 인공색소는 안전성 문제가 많기 때문에 천연색소를 선호하는 경우가 많다. 현재 많이 사용되는 합성색소는 aluminum lake, amaranth, 동물성 색소는 cochineal색소, 식물계 색소는 anthocyanin계 색소가 대표적이다. Anthocyanin계 색소는 pelagonoidin, cyanidin, delphinidin, malvidin 등의 배당체가 있으며, 적색으로부터 자색까지 다양한 색상을 나타내고 있다. Anthocyanin색소에 대해서는 붉은무우 anthocyanin색소를 이용한 maraschino cherry의 착색에 대한 연구¹⁾ 등 안정성에 대한 연구가 많다.^{2~16)} 색소개발을 위해 유색미와 자색고구마로부터 적색색소를 추출하여 이

용하고자 하는 연구^{17~20)}도 있고, 폐자원 활용차원에서 포도주박인 포도과피로부터 anthocyanin색소 생산에 관한 연구²¹⁾등도 있다. 본 연구는 색소자원의 개발을 목적으로 척박한 토양에서도 잘 자라며 정원수로 보급되어 있는 꽃사과 열매의 적색색소를 활용하고자 분석한 결과이다. 적색종 꽃사과는 열매내부가 붉은색이다. 그러나 색소로서의 이용은 거의 없고 적색색소를 추출주 담그는데 이용하고 있는 정도이다. 본 연구는 꽃사과의 적색종 열매로부터 anthocyanin 색소를 추출하여 색소로서 이용하기 위해 분석한 결과이다.

재료 및 방법

1. 재 료

본 실험에 사용한 꽃사과 적색종 열매는 1997년 10

Corresponding author : Yong-Hwan Kim

월 초 균포에서 완숙된 것을 채취하여 탈이온수로 세척한 후 -18°C 의 냉동실에 보관하면서 재료로 사용하였다.

2. 색소 추출 및 색소용액 제조

해동시킨 꽃사과 열매에 20배량의 95% 에탄올을 가하고 Waring blender로 마쇄하여 15°C 의 암소에서 24시간 교반하여 색소를 추출하였다. 추출이 끝난 후 압착 여과하고 원심분리(8,000rpm, 20min, 4°C)하여 45°C 에서 감압농축하였다. 소량의 탈이온수에 용해시킨 색소액을 분액깔대기를 사용하여 10배량의 클로로포름으로 3회 반복하여 세척한 후 색소층을 감압농축하였으며, 동일한 방법으로 n-헥산과 석유에테르 순으로 처리하여 색소를 분리하였다. 농축된 색소는 M/10 glycine + M/10 NaCl - N/10 HCl 완충용액에 용해시켜 pH 2.5로 조절한 후 4°C 의 암소에서 24시간 정치한 후 원심분리하여 불용성 물질을 제거하고 색소용액으로 하였다.

3. 광선 및 열 안정성

색소의 광선에 대한 안정성과 각종 포장재질의 광선차단효과를 알아보기 위하여 시료용액을 실온의 자연채광(서남향) 조건에서 알루미늄호일 포장과 4종의 유색셀로판(황, 청, 적, 녹색) 포장 및 비포장으로 하여 20일간 보관하면서 일정간격으로 514nm에서 UV/Vis Spectrophotometer(Shimadzu UV-1201, Japan)로 잔존흡광도를 측정하였다. 또한 열에 대한 안정성을 알아보기 위하여 시료용액을 25°C , 60°C , 90°C 및 115°C 의 기름중탕에서 90분까지 10분 간격으로 가열시킨 후 빙냉수로 급냉시켜 514nm에서 잔존흡광도를 측정하였다.

4. 당, 유기산 및 금속이온의 영향

당의 영향을 알아보기 위하여 glucose, fructose, galactose와 maltose, sucrose, lactose를 0.5M 및 0.25M의 농도로 가했다. 금속이온의 영향을 알아보기 위하여 7종의 금속이온을 $1.0 \times 10^{-2}\text{M}$ 및 $1.0 \times 10^{-3}\text{M}$ 의 농도로 가했다. 유기산의 영향을 알아보기 위하여 acetic acid, lactic acid, citric acid를 0.5M의 농도로 가했다. 이들 용액은 25°C 의 암소에서 20일간 보관하면서 일정간격으로 514nm에서 흡광도 변화를 측정하였다.

5. pH의 영향

시료용액에 5배량의 pH별 완충용액(pH 1~3,

pH 10, 12 : Sorensen buffer, pH 4~8 : McIlvaine buffer)을 가하고 pH를 조절하여 25°C 의 암소에서 4시간 정치한 후 750~350nm까지 UV/Vis spectrophotometer(Shimadzu UV-240PC, Japan)로 스캐닝하였다.

결과 및 고찰

1. 색소의 광선 및 열 안정성

광선에 대한 색소의 안정성은 Fig. 1과 같이 알루미늄호일로 광선을 차단하면 20일까지 색소의 80%가 안정하게 잔존하였다. 유색셀로판 포장의 경우도 적색은 16일까지 80%, 20일까지 79%, 녹색은 12일까지 80%, 20일까지 74%, 청색의 경우 9일까지 80%, 20일까지 71%가 잔존하였다. 황색포장도 9일까지 80%, 16일까지 70%, 20일까지 65%, 자연광 노출도 4일까지 80%, 12일까지 70%, 20일까지도 60%의 색소가 잔존하였다. 붉은달개비잎의 색소에 40W의 백색형광등을 3cm의 간격을 두고 15일 동안 쬐인 경우 3일까지 90%, 12일까지 60%, 15일까지 50% 정도 잔존하였다는 보고⁹⁾, 유색미 안토시아닌색소에 20,000Lux의 백색광을 쬐인 경우 반감기가 14시간이라는 보고¹⁷⁾ 및 자색고구마 안토시아닌색소를 일광에 노출시켰을 때 2일 후 28%만 잔존하였다는 보고²⁰⁾가 있다. 광선 차단 시 반감기가 17일이라는 보고¹⁷⁾와 30일 경과시 약 77%가 잔존하였다는 보고²⁰⁾가 있다. 이상의 결과로 볼 때 광선에 대한 안정성도

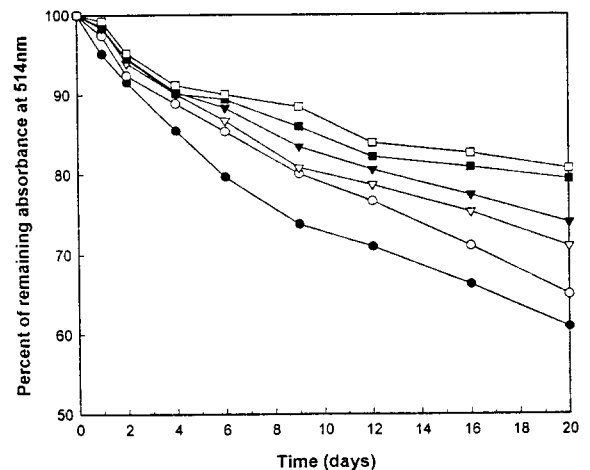


Fig. 1. Light stability of crab apple anthocyanin pigments under various filter conditions at 25°C . ● : none, ▼ : green, ■ : red, ○ : yellow, ▽ : blue, □ : Al-foil.

우수하며 광선차단포장을 할 경우 저장효과는 훨씬 증가할 것으로 보인다. 열에 대한 안정성은 Fig. 2와 같이 25℃와 60℃의 경우 90분까지도 98%의 색소가 잔존하였다. 90℃의 경우도 30분까지 90%, 70분까지 80%, 90분까지 74%가 잔존하였다. 115℃의 경우에는 10분까지 67%, 20분까지 49%가 잔존하였다. 이후 안정성이 저하되고, 60분부터 미미한 갈색이 나타나 점차 증가하였다. 이는 가열로 anthocyanin이 분해되어 생성된 화합물로 판단된다. 한편 붉은양배추 색소는 95℃에서 15분 후 85% 잔존하였고 60분후에도 80%가 잔존하였다는 보고⁵⁾, 유색미 안토시아닌색소는 95℃에서 7.4시간의 반감기를 갖는다는 보고¹⁷⁾, 꽃잎맨드라미 안토시아닌색소는 80℃에서 10분 후 65.6%, 20분 후 56.1%가 잔존하였다는 보고¹⁴⁾가 있다. 붉은무의 색소를 115℃에서 15분 열처리했을 때에도 안정적인 적색을 유지하였다는 보고⁷⁾와 유색미 안토시아닌색소의 반감기가 70℃에서 50시간, 80℃에서 15시간, 90℃에서 5.3시간이라는 보고¹⁸⁾가 있다. 이들 결과로 볼 때 식품에 적용할 경우 115℃에서 10분까지의 열처리도 무난할 것으로 판단된다.

2. 당의 영향

당이 색소에 미치는 영향은 Fig. 3과 같이 단당류와 이당류의 첨가구와 대조구 모두 20일까지도 85% 정도 잔존하여 별다른 영향을 미치지 못하였다. 이는 재배오미자색소가 fructose, sucrose, glucose의 순

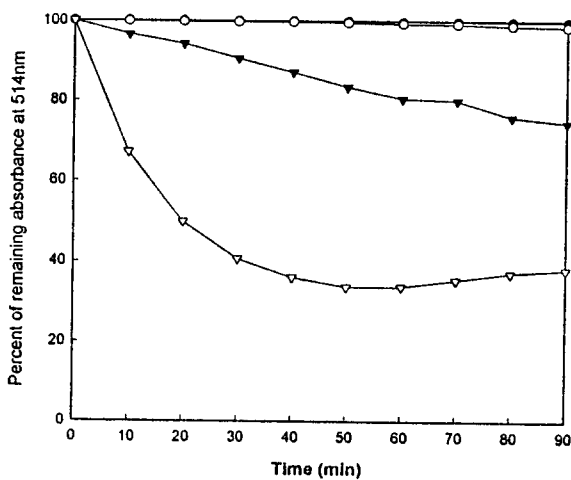


Fig. 2. Thermal stability of crab apple anthocyanin pigments under various temperature conditions. ● : 25℃, ○ : 60℃, ▼ : 90℃, ▽ : 115℃.

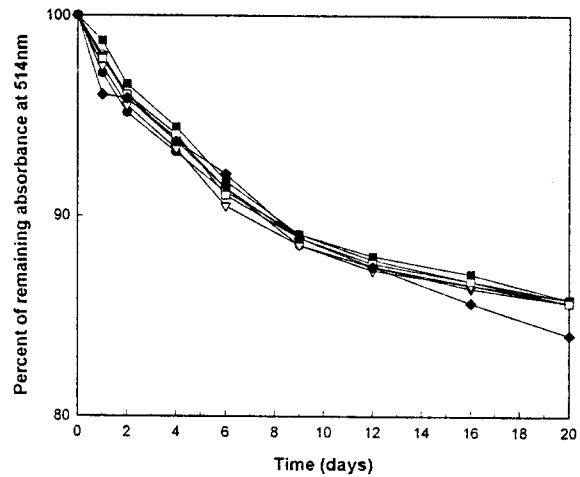


Fig. 3. Effect of sugar on the stability of crab apple anthocyanin pigments in the dark at 25℃.

● : none, ○ : glucose, ▼ : fructose, ▽ : galactose, ■ : maltose, □ : sucrose, ◆ : lactose.

으로 안정성에 저해를 받았다는 보고¹²⁾, 포도과피색소가 sucrose, glucose, fructose의 순으로 안정성에 저해를 받았다는 보고²¹⁾, 유색미 안토시아닌색소가 fructose에 의하여 안정성에 커다란 저해를 받았다는 보고¹⁷⁾와는 다른 결과이다. 하지만 glucose와 fructose가 꽃잎맨드라미색소의 안정성에 아무런 영향을 끼치지 못한다는 보고¹⁴⁾와는 유사하며, 자색고구마색소는 glucose, galactose, maltose의 순으로 안정화에 기여하며, sucrose와 fructose는 별다른 영향을 미치지 못한다는 보고²⁰⁾도 있다.

3. 유기산의 영향

유기산이 색소에 미치는 영향은 Fig. 4와 같이 citric acid, lactic acid, acetic acid 모두 첨가 1일 후에 140.1%, 133.2%, 116.7%의 농색화 현상을 나타냈다. 20일까지도 대조구가 85.6%인데 비하여 각각 120.3%, 113.5%, 104.1%로 흡광도가 증가되었다. 즉 유기산 첨가구는 20일 후 140.5%, 132.6%, 121.6%까지의 효과를 나타냈다. 이는 citric acid가 122%의 농색화 현상을 나타내었다는 보고¹²⁾, 유색미와 자색고구마색소의 경우 citric acid가 가장 효과적이라는 보고^{17,20)}와 acetic acid, citric acid는 40일까지도 대조구보다 안정성에 상당한 효과가 있었다는 보고¹⁶⁾와 같다.

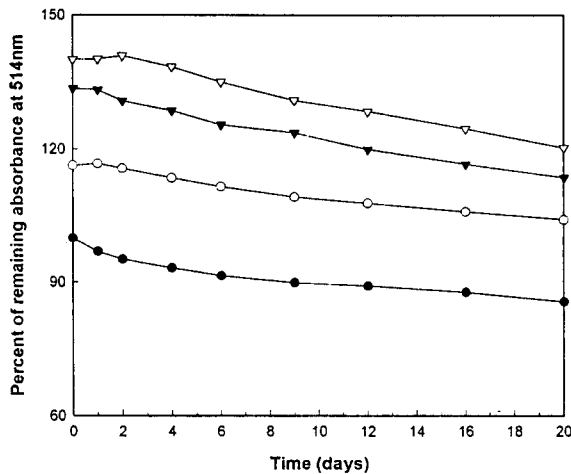


Fig. 4. Effect of organic acid on the stability of crab apple anthocyanin pigments in the dark at 25°C. ● : none, ○ : acetic acid, ▼ : lactic acid, ▽ : citric acid.

4. 금속이온의 영향

7종의 금속이온이 색소에 미치는 영향을 검토한 결과 Table 1과 같이 $1.0 \times 10^{-3}M$ 농도로 Na^+ , K^+ ,

Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} 을 첨가한 경우 20일까지도 85%가 잔존하였다. Cu^{2+} 의 경우 1일까지는 자색을, 2일까지는 담갈자색을 나타내었으며 4일부터는 퇴색되기 시작하여 미황갈색을, 6일부터는 담황갈색으로 나타났다. Al^{3+} 의 경우는 1일부터 담자색으로 변하기 시작하여 4일부터는 적자색으로 변색되었으며, 첨가 1일후에 113.0%로 증가하였으나 20일후에는 96.8% 잔존하였다. Table 2와 같이 $1.0 \times 10^{-2}M$ 농도로 첨가한 경우 20일까지도 Ca^{2+} 과 Mn^{2+} 이 93% 잔존한 것을 비롯하여 Na^+ , K^+ , Mg^{2+} 이 85% 잔존하였다. Cu^{2+} 의 경우 1일부터 적갈색으로 변색되기 시작하여 2일부터는 황녹색으로, 4일부터는 담녹색, 6일부터는 녹색으로 변색되었다. Al^{3+} 의 경우는 1일부터 적자색으로 변색되었으며, 첨가 1일후에 119.4%로부터 20일후에 100.0%까지 잔존하였다. 이는 10mM 및 100mM농도의 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 이 유색미색소에 저장 21일까지도 농색화효과를 나타내었다는 보고¹⁷⁾와 Na^+ , K^+ 에 의하여 40일까지도 농색화현상을 나타내었다는 포도주스에 대한 보고¹⁵⁾ 및 Mn^{2+} 이 대조구와 유사한 안정성을 나타내었다는 보고¹⁴⁾와 같은 경향이다. 그러나 Mn^{2+} 에 의하여 저해를 받는다는 보고^{17,20)}와는 다르다. 한편 Cu^{2+} 의 경우 자색고구마

Table 1. Effect of metal ions ($1.0 \times 10^{-3}M$) on the stability of anthocyanin pigments from crab apple during storage in the dark at room temperature

Metal	0	2	1	4	6	9	12	16	20days
None	100.00	96.98	95.38	93.43	91.47	89.88	88.99	87.03	85.61
NaCl		96.45	94.85	92.36	90.41	88.10	87.03	86.15	85.61
KCl		96.45	94.67	92.36	90.23	88.28	87.39	86.50	85.26
$MgCl_2$		97.87	96.09	93.96	91.65	89.52	88.46	87.56	86.32
$CaCl_2$		98.93	97.16	94.85	92.54	90.23	89.34	88.63	87.21
$MnCl_2$		98.58	96.80	94.32	91.47	88.28	87.39	87.03	86.86
$CuCl_2$		109.41	92.72	70.87	60.04	55.95	48.31	46.00	44.58
$AlCl_3$		112.97	112.08	110.12	107.46	104.62	103.20	99.64	96.80

* Percent of remaining absorbance at 514nm.

Table 2. Effect of metal ions ($1.0 \times 10^{-2}M$) on the stability of anthocyanin pigments from crab apple during storage in the dark at room temperature

Metal	0	1	2	4	6	9	12	16	20days
None	100.00	96.98	95.38	93.43	91.47	89.88	88.99	87.03	85.61
NaCl		99.64	98.40	96.27	94.32	92.01	88.63	87.57	87.21
KCl		98.76	97.69	95.56	91.83	90.05	88.45	85.79	85.08
$MgCl_2$		103.37	102.31	100.53	98.40	92.54	90.76	88.10	87.39
$CaCl_2$		105.15	103.91	101.78	99.47	97.16	96.09	94.32	93.43
$MnCl_2$		105.68	104.62	102.31	99.64	96.27	94.67	93.61	93.07
$CuCl_2$		98.76	79.57	55.77	43.87	28.95	17.58	15.99	15.63
$AlCl_3$		119.36	119.01	116.52	113.68	110.66	108.70	103.02	100.00

* Percent of remaining absorbance at 514nm.

색소에 10ppm과 100ppm의 농도로 첨가하면 72.5%~103.2%의 색소잔존 결과를 나타내었다는 보고²⁰⁾와 꽃잎맨드라미색소에 10ppm과 30ppm의 농도로 첨가하면 대조구의 66.8%~93.1%까지의 결과를 나타내었다는 보고¹⁴⁾와는 다르다. 또한 Al^{3+} 의 경우 자색고구마에 10ppm과 100ppm의 농도로 첨가하면 대조구의 98.9%~108.3%까지의 효과를 나타내었다는 보고²⁰⁾ 및 꽃잎맨드라미색소에 10ppm과 30ppm의 농도로 첨가하면 대조구의 83.4%~105.2%까지의 결과를 나타내었다는 보고¹⁴⁾는 Al^{3+} 에 의한 효과가 상당한 것이다. 그러나 본 색소가 Al^{3+} 의 첨가로 흡광도가 높아진 것은 선적색(鮮赤色)이 적자색으로 변색되어 나타난 현상으로서 적색에 대한 안정화 효과는 다른 결과라 하겠지만 일부 안정화 효과가 있는 것으로 판단된다. 이상의 결과는 본 색소는 Cu^{2+} 를 제외한 Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} 들에 안정하였으며, 저농도보다 고농도가 더 안정한 것으로 나타났다.

5. pH의 영향

pH의 증가에 따른 색소의 변화는 Fig. 5와 같이 pH 1과 pH 2에서 λ_{max} 가 513nm, pH 3과 pH 4에서 513.5nm로서 pH 증가에 따른 변화는 극히 적었고, 가시적으로도 모두 적색을 나타내었다. 그러나 pH 5로부터 pH 9까지는 λ_{max} 가 측정되지 않았다. pH 10에서 567.5nm로서 pH 1을 기준으로 pH 10으로의 증가에 따라 54.5nm까지 심색이동(深色移動, red shift) 되었으며, pH 5로부터 자색을 나타내기 시작하여 pH 12에서는 청자색을 나타내었다. 이는 pH 증가에 따라 유색의 flavylium 양이온이 무색의 carbinol pseudobase로 전환되기 때문이며, pH 2.5 이하의 경우 유색의 flavylium 양이온이 무색의 carbinol보다 우세하며 pH 5.0까지는 flavylium이 우세하지만 pH 5이상이면 quinonoidal base가 우세해지고 점차 청적색으로 변한다는 보고^{6,8,11,19)}와 일치한다. 또한 pH 2.0에 비하여 pH 5에서 32nm, pH 7에서 57nm, pH 9에서 70nm 심색이동(深色移動, red shift) 되었다는 보고¹⁷⁾와도 같은 경향이다. 한편 pH 1의 경우 513nm에서의 흡광도값이 1.2676이었으며, pH 2의 경우 1.1323, pH 3의 경우 0.7071, pH 4의 경우 0.3362로 급격하게 감소하여, pH 1을 기준으로 하여 pH 2의 경우 89.33%, pH 3의 경우 55.78%, pH 4의 경우 26.52%의 흡광도를 나타내었다. 이는 pH가 중성에 가까울수록 anthocyanin이 안정한 양이온형으로부터 불안정한 비이온형으로 되기 때문에 색소파괴가 많았다는 보고²¹⁾와

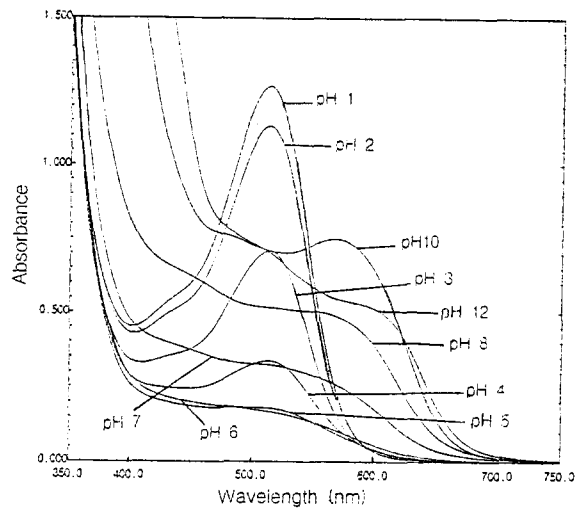


Fig. 5. Visible spectra of crab apple anthocyanin pigments at different pH after 4hr of storage at 25°C.

산성조건일수록 흡광도값이 증가하며 pH의 증가에 따라 흡광도값이 감소한다는 보고^{12,18,19)}와 일치한다.

요약

꽃사과 열매의 anthocyanin색소를 식용으로 개발하기 위하여 에탄올 추출하여 광선, 온도, 당류, 유기산, 금속이온 및 pH에 의한 영향을 검토하였다. 본 색소는 광선에 안정하여 20일 까지도 60% 이상의 안정성을 나타내었고 광선 차단용 포장재를 사용 시 상당한 안정화 효과를 나타내었다. 본 색소는 열에 안정하여 115°C에서 10분까지도 67% 이상의 안정성을 나타내었다. 당에 의해서는 영향을 받지 않았으며, 유기산에 의해서는 색소의 농색화 효과가 높았다. 금속이온에 의해서는 Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 및 Mn^{2+} 모두 20일까지 안정하였고, Cu^{2+} 에 의해서는 심각하게 저해되었고 나타내었으며 Al^{3+} 에 의해서는 자색으로 전환되었다. pH가 낮을수록 색소의 농색화 효과가 높았다. 이상의 결과로 볼 때 본 색소는 우수한 천연 적색색소자원이다.

참고문헌

- Giusti, M. M. and Wrolstad, R. E. : Radish anthocyanin extract as a natural red colorant for maraschino cherries, *J. Food Sci.*, 61, 688~694 (1996).
- Rodriguez-saona, L. E., Giusti, M. M. and Wrolstad, R. E. : Anthocyanin pigment composition of

- red-fleshed potatoes, *J. Food Sci.*, **63**, 458~465 (1998).
3. Giusti, M. M., Rodriguez-saona, L. E., Baggett, J. R., Reed, G. L., Durst, R. W. and Wrolstad, R. E. : Anthocyanin pigment composition of red radish cultivars as potential food colorant, *J. Food Sci.*, **63**, 219~224 (1998).
 4. Cai Yizhong, Sun Mei and Corke, H. : Colorant properties and stability of *Amaranthus* betacyanin pigments, *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 4491~4495 (1998).
 5. Cormier, F., Couture, R., Do, C. B., Pham, T. Q. and Tong, V. H. : Properties of anthocyanins from grape cell culture, *J. Food Sci.*, **62**, 246~248 (1997).
 6. Bakker, J. and Timberlake, C. F. : Isolation, identification, and characterization of new color-stable anthocyanins occurring in some red wines, *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 35~43 (1997).
 7. Giusti, M. M. and Wrolstad, R. E. : Characterization of red radish anthocyanins, *J. Food Sci.*, **61**, 322~326 (1996).
 8. Price, C. L. and Wrolstad, R. E. : Anthocyanin pigments of royal okanogan huckleberry juice, *J. Food Sci.*, **60**, 369~374 (1995).
 9. Baublis, A., Spomer, A. and Berber-Jimenez, M. D. : Anthocyanin pigments : comparison of extract stability, *J. Food Sci.*, **59**, 1219~1221, 1233 (1994).
 10. Mok, C. K. and Hettiarachchy, N. S. : Heat stability of sunflower-hull anthocyanin pigment, *J. Food Sci.*, **56**, 553~555 (1991).
 11. Mazza, G. and Brouillard, R. : Color stability and structural transformations of cyanidin 3,5-diglucoside and four 3-deoxyanthocyanins in aqueous solutions, *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 422~426 (1987).
 12. 양희천, 이종문, 송기방 : 재배 오미자의 Anthocyanin 과 그의 안정성에 관하여, *한국농화학회지*, **25**, 35~43 (1982).
 13. Brouillard, R. : Origin of the exceptional colour stability of the *Zebrina* anthocyanin, *Phytochemistry*, **20**, 143~145 (1981).
 14. 김광수, 이상직, 윤태현 : 식물성 색소의 이용에 관한 연구 II. 꽃잎맨드라미 (*Amaranthus tricolor* L.) Anthocyanin 색소의 안정성, *한국식품과학회지*, **11**, 42~49 (1979).
 15. Ohta, H. and Osajima, Y. : Effect of inorganic salts on anthocyanin pigments from juice of campbell early grapes, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **25**, 73~77 (1978).
 16. Ohta, H. and Osajima, Y. : Effect of organic acids on anthocyanin pigments from juice of campbell early grapes, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **25**, 78~82 (1978).
 17. 윤주미, 조만호, 한태룡, 백영숙, 윤혜현 : 천연색소로서 한국산 유색미 안토시아닌의 안정성 연구, *한국식품과학회지*, **29**, 211~217 (1997).
 18. Cho, M. H., Yoon, H. H. and Hahn, T. R. : Thermal stability of the major color component, cyanidin 3-glucoside, from a korean pigmented rice variety in aqueous solution, *Agric. Chem. Biotech.*, **39**, 245~248 (1996).
 19. 김선재, 임종환, 이란숙, 이준설 : 자색고구마 색소의 추출과 특성, *한국식품과학회지*, **28**, 345~351 (1996).
 20. 이란숙, 임종환, 김선재, 정병춘 : 자색고구마 색소의 안정성에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **28**, 352~359 (1996).
 21. 심기환, 강갑석, 최진상, 서권일, 문주석 : 포도과피 Anthocyanin 색소의 분리 및 안정성, *한국영양식량학회지*, **23**, 279~286 (1994).

(1999년 1월 27일 접수)