

크랜베리 수용액 색상의 특성 및 안정성

김진현[†] · 이재하 · 백창규
오뚜기중앙연구소

Characteristics and Stability of the Color of the Cranberry Solution

Jin-Hyun Kim[†], Jae-Ha Lee and Chang-Kyu Baik

Ottogi Research Center, Anyang 431-070, Korea

Abstract

Effects of pH, temperature, light, sugars, organic acids, metal ions, ascorbic acid, thiamine, nicotinic acid and pyridoxine on the stability of the color of the cranberry solution were investigated. The pH had marked influences on the color of the cranberry solution: i.e., the color of the cranberry solution was more intense at low pH. It showed characteristic bathochromic shift as the pH of the solution increased. The half-lives of color value were 34 days at 37°C, 91 mins at 90°C and 29 mins at 120°C. Light gave an adverse effect to the stability of the color. The color degradation can be minimized by shielding the light from the cranberry solution. Among the sugars tested, fructose was the most deleterious followed by sucrose, galactose, maltose and glucose. Fumaric acid was found to be the most effective in stabilizing the color followed by citric acid, malic acid, acetic acid, while tartaric acid was found to be deleterious. Among the metal ions tested, Na⁺ and Mg²⁺ were found to be effective in stabilizing the color, while Mn²⁺ was found to be the most deleterious followed by Fe²⁺, K⁺ and Ca²⁺. Ascorbic acid was found to be deleterious considerably followed by thiamine, while nicotinic acid and pyridoxine were found to be effective in stabilizing the color feebly.

Key words: cranberry, anthocyanin, color stability

서 론

식품의 색상은 기호성에 큰 영향을 미치는 중요한 요소로서, 원료 고유의 색이거나 첨가한 천연색소 및 인공색소에 의한 색이다. 식품의 색상을 나타내는 천연색소 중 anthocyanin은 red, pink, scarlet, mauve, violet 및 blue 등의 색조를 띠는 과채류나 꽃, 열매, 잎, 뿌리 및 기타 저장기관에 존재하는 수용성의 색소로서 현재 약 300여종의 anthocyanin이 자연계에 존재하는 것으로 알려져 있다(1). Anthocyanin은 구조적으로 불안정한 oxonium 화합물로서 anthocyanin을 함유하는 식품의 가공과정이나 저장시의 여러 인자에 의해서 변색이나 퇴색 또는 색소가 파괴되어 식품의 품질저하의 주원인이 되고 있다. Anthocyanin의 색과 안정성에는 flavyllium 양이온 구조에 기인하며 영향을 미치는 인자들 중에는 pH, 온도, 당 및 당 분해물, 유기산, 광, 금속이온, ascorbic acid, 효소 등이 있다(2-8). Anthocyanin을 함유한 식품의 색상 안정성을 위해 anthocyanin의 특성 및 안정성을 조사하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

크랜베리(Ericaceae과, *Vaccinium*속)는 베리류의 일종으로서 음료 및 소스, 젤리, 아이스크림, 캔디 등의 원료로 사용

되며 식품에 첨가하여 붉은 색상을 띠게 할 수 있다. 크랜베리의 붉은 색은 anthocyanin 색소에 의한 색상이며(9) 주요한 크랜베리 색소로는 cyanidin-3-galactosides, cyanidin-3-arabinosides, peonidin-3-galactosides, peonidin-3-arabinosides 등이 있다(10,11). 본 실험에서는 anthocyanin 색소의 붉은 색상에 영향을 미치는 pH, 온도, 광, 당, 유기산, 금속이온, 비타민 B₁, B₃, B₆, C에 대한 크랜베리 과즙의 색상 특성 및 안정성을 흡광도의 변화를 측정하여 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 크랜베리(*Vaccinium macrocarpon* Aiton) 농축액은 음료 등의 제품에 사용되는 원료로써 미국의 'O.'사에서 착즙 및 농축, 청징화하였다.

크랜베리 수용액 제조

본 실험에서 사용한 시료는 Clark-Lubs 완충용액(0.2 M KCl+0.2 M HCl) 및 MacIlvaine 완충용액(0.1 M citric acid+0.2 M Na₂HPO₄)에 크랜베리 농축액을 첨가하여 10% 크랜베리 수용액으로 제조하였다. 단, 유기산의 영향에 대한

[†]Corresponding author. E-mail: skimjh@ottogi.co.kr
Phone: 82-31-421-2136. Fax: 82-31-421-2133

완충용액은 유기산으로 인한 pH의 감소를 방지하기 위하여 1 M glycine 완충용액(pH 3.0)을 사용하였다.

pH의 영향

크랜베리 수용액 색상의 안정성에 대한 pH의 영향을 조사하기 위하여 완충용액을 사용하여 pH를 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0으로 조절하였는데, pH 1.0과 pH 2.0는 Clark-Lubs 완충용액을, pH 3.0에서 pH 7.0까지는 MacIvaine 완충용액을 사용하였다. 각 pH별 완충용액에 크랜베리 농축액을 첨가하여 10% 크랜베리수용액을 제조하였고 수용액의 최대흡수파장인 516 nm에서 그들의 흡수스펙트럼(8453, Hewlett Packard, Germany)을 측정하여 pH에 의한 영향을 조사하였다. 모든 수용액은 0.45 µm syringe filter를 사용하여 여과 후 흡광도의 변화를 516 nm에서 측정하였다.

열에 의한 영향

온도와 시간에 따른 크랜베리 수용액 색상의 퇴색 및 파괴 정도를 알아보기 위해 pH 3.0의 MacIvaine 완충용액으로 제조한 크랜베리 수용액을 15 mL용 cap test tube에 15 mL씩 넣어 밀봉하였고 30, 60, 90 및 120°C의 항온기에 보관하면서 30분 간격으로 꺼내 차가운 물에 냉각시킨 후 흡광도의 변화를 측정하였다. 크랜베리 수용액의 최대흡수파장인 516 nm에서 그들의 흡광도의 변화를 측정하여 가열과 시간에 따른 색상의 안정성을 알아보았다. 그리고 장기 보존 실험으로 5, 20, 37°C 항온실에 15주 동안 보관하면서 1주 간격으로 흡광도의 변화를 측정하여 저장 중 색상의 안정성을 알아보았다. 모든 수용액은 0.45 µm syringe filter를 사용하여 여과 후 흡광도의 변화를 516 nm에서 측정하였다.

광의 영향

광의 영향을 알아보기 위해 pH 3.0의 MacIvaine 완충용액을 사용하여 제조한 크랜베리 수용액을 cap test tube에 넣고 밀봉한 후 일부는 일광에 노출시키면서 상온에 보관하였고 일부는 백색형광등을 사용하여 1,000 lux의 형광에 노출시켰으며 나머지는 tube를 알루미늄 호일로 싸서 형광을 차단하여 20°C, 암소에서 보관하면서 수용액의 흡광도의 변화를 측정하였는데 모든 수용액은 0.45 µm syringe filter를 사용하여 여과 후 516 nm에서 측정하였다.

당의 영향

pH 3.0의 MacIvaine 완충용액을 사용하여 제조한 크랜베리 수용액에 glucose, galactose, fructose, maltose, sucrose를 0.1, 0.5, 1.0 M이 되도록 용해시킨 후 516 nm에서 흡광도를 측정하여 당의 종류 및 농도에 따른 색깔의 강도를 비교하였다. 이들 중에서 색깔의 강도가 가장 높은 0.1 M농도의 크랜베리 수용액을 선택하여 저장 안정성을 조사하였는데, 각종 당을 종류별로 첨가한 크랜베리 수용액을 cap test tube에 넣고 밀봉하여 60°C의 항온기에 보관하면서 24시간 간격으로 tube를 취하였고 0.45 µm syringe filter를 사용하여 여

과한 후 516 nm에서 흡광도의 변화를 측정하여 당에 의한 크랜베리 수용액 색상의 안정성을 조사하였다.

유기산의 영향

유기산의 영향을 조사하기 위하여 acetic acid, citric acid, fumaric acid, malic acid, tartaric acid 등 5종의 유기산을 사용하였다. 유기산으로 인한 pH의 감소를 방지하기 위하여 1 M glycine 완충용액(pH 3.0)에 크랜베리 농축액을 첨가하였고 완충용액의 완충능을 유지할 수 있도록 각 유기산들을 0.01, 0.05, 0.1 M 농도로 넣은 후 pH를 재조정하였다. 516 nm에서 흡광도를 측정하여 유기산의 농도에 따른 색깔의 강도를 조사하였고 이들 중에서 유기산 0.05 M의 크랜베리 수용액을 사용하여 당의 영향과 같은 방법으로 유기산에 의한 크랜베리 수용액 색상의 안정성을 조사하였다.

금속이온의 영향

금속이온의 영향을 조사하기 위해 금속이온으로 K⁺(K₂SO₄), Na⁺(Na₂SO₄), Ca²⁺(CaCl₂), Mg²⁺(MgSO₄), Mn²⁺(MnSO₄), Fe²⁺(FeSO₄) 6종의 금속염을 사용하였다. pH 3.0의 완충용액을 사용하여 제조한 크랜베리 수용액에 금속이온의 농도가 10 ppm 및 100 ppm이 되도록 각각의 금속염을 첨가한 후 당의 영향과 같은 방법으로 흡광도의 변화를 측정하여 금속이온에 의한 크랜베리 수용액 색상의 안정성을 조사하였다.

비타민의 영향

비타민 B₁, B₃, B₆, C의 영향을 조사하기 위하여 pH 3.0의 MacIvaine 완충용액을 사용하여 제조한 크랜베리 수용액 100 g당 50 mg, 100 mg을 첨가하여 당의 영향과 같은 방법으로 흡광도의 변화를 측정하여 비타민에 의한 크랜베리 수용액 색상의 안정성을 조사하였다.

색가 잔존율

색가 잔존율은 제조 직후의 크랜베리 수용액의 흡광도(516 nm)에 대한 저장 중의 흡광도를 백분율로 나타내었다(12).

$$\text{색가 잔존율(\%)} = B / A \times 100$$

A: 제조 직후의 크랜베리 수용액의 흡광도(516 nm)

B: 저장 중의 크랜베리 수용액의 흡광도(516 nm)

결과 및 고찰

pH의 영향

크랜베리 농축액을 각각의 pH를 갖는 완충용액으로 희석하여 pH를 조절한 결과 Table 1과 같이 이들 수용액의 최대흡수파장이 장파장 쪽으로 이동하는 bathochromic shift 현상이 관찰되었다. 이러한 현상은 anthocyanin 색소에서 흔히 발견되는 특징적인 현상으로 알려져 있다(13,14). 또한 Fig. 1과 같이 크랜베리 수용액의 분광학적인 spectrum의 변화는 pH가 1.0에서 6.0까지의 영역에서 pH가 증가함에 따라 흡광

Table 1. Effect of pH on the change of maximum wavelength of cranberry concentrate in buffer solution

pH of buffer	Max. wavelength (nm)
1	514
2	515
3	516
4	522
5	536
6	545
7	560

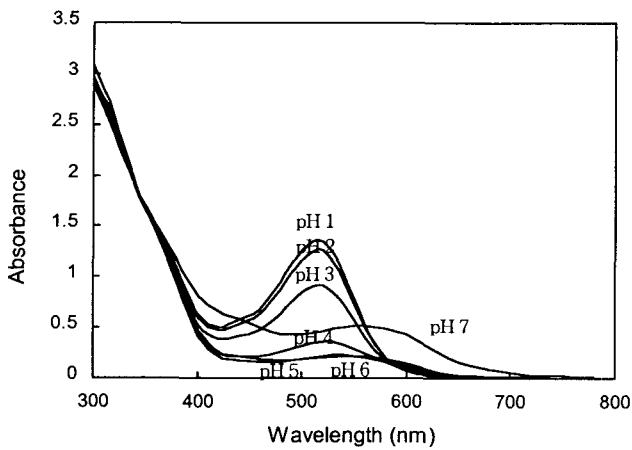


Fig. 1. Absorption spectra of cranberry solution in buffer solutions of various pH.

도 값이 감소되어 적색의 강도가 떨어지는 경향을 나타냈고 pH가 7.0에서는 검은 청색으로 변색되었다. 이러한 현상은 pH가 낮은 용액에서는 anthocyanin이 적색을 띠는 flavylium 양이온이 양자를 잃게 되어 옅은 자색 또는 청색을 띠는 quinoidal anhydrobase를 형성하고 pH가 중성부근에 접근하면서 무색의 carbinol pseudobase를 형성하기 때문인 것으로 알려져 있다(4,5).

열 안정성

크랜베리 수용액 색상의 온도 및 시간의 증가에 따른 변화는 Fig. 2와 같았다. 30°C에서 300분 동안 보관한 수용액의 색가 잔존율은 98%, 60°C에서 300분 동안 보관한 색가 잔존율은 88.9%이었고 90°C에서는 90분동안 50%로 떨어졌으며, 120°C에서는 3분 만에 47.6%로 급격하게 저하되었다. 이와 같은 결과는 블루베리 수용액을 60°C에서 300분 동안 보관했을 때 색가 잔존율이 89.9%라는 보고와 유사하였다(12). Fig. 3과 같이 5°C, 20°C, 37°C에서 장기 보관한 크랜베리 수용액의 색가 잔존율은 12주 경과 후 5°C일 때 88%, 20°C의 경우 61%, 37°C의 경우 21%의 잔존율을 보였다.

광의 영향

광에 대한 영향은 Fig. 4와 같았다. 알루미늄 호일로 광을 차단하여 저장한 경우는 12일까지도 88%의 색가 잔존율을 나타내었다. 형광에 노출하여(1,000 lux) 저장한 경우 12일까지 38%의 색가 잔존율을 나타내었고 일광에 노출시키면서

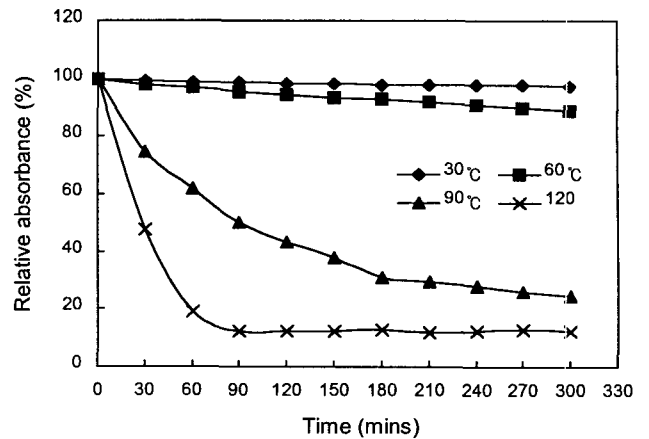


Fig. 2. Thermal stability of the color of cranberry solution under various temperature conditions (pH 3.0).

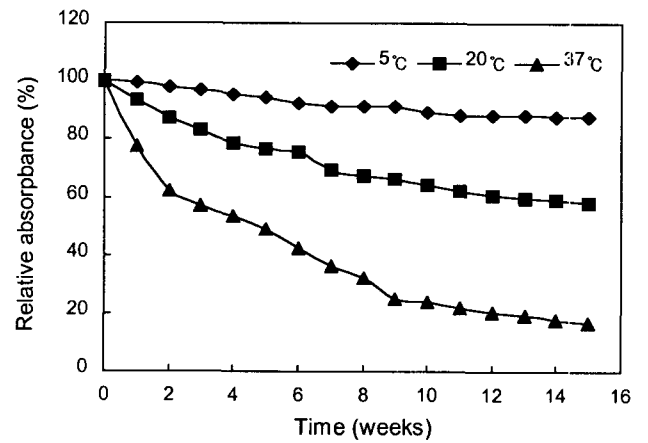


Fig. 3. Thermal stability of the color of cranberry solution during storage at various temperature and pH 3.0.

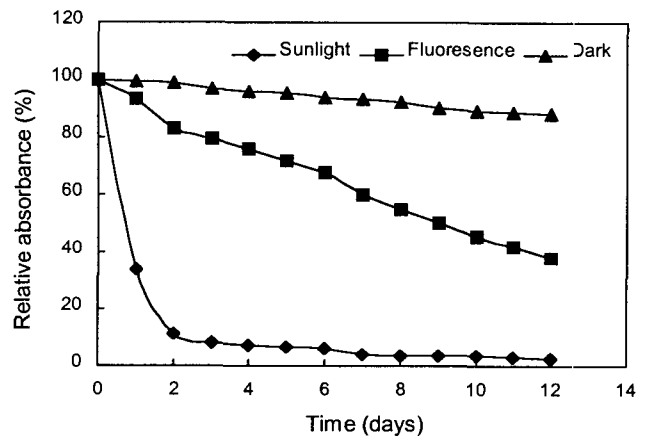


Fig. 4. Effect of light on the stability of the color of cranberry solution at pH 3.0 and 20°C.

저장한 수용액은 2일 만에 11%로 색깔의 강도가 급격히 떨어졌다. 이 결과는 일광이 자색고구마 anthocyanin 색소의 안정성을 크게 저하시킨다는 Lee 등(6)의 결과와 일치하였다.

당의 영향

당의 종류와 첨가농도에 따른 크랜베리 수용액의 색깔강

도에 미치는 영향은 Fig. 5와 같았다. 사용한 5가지 당 모두는 색깔의 강도를 오히려 감소시키는 경향을 보였는데, 색깔강도 감소에 미치는 순서는 maltose, galactose, fructose, sucrose, glucose 순이었다. 사용한 당의 농도가 증가할수록 흡광도의 감소로 크랜베리 수용액의 색깔강도가 감소됨을 알 수 있었다. 색깔강도가 가장 높았던 0.1 M 농도의 크랜베리 수용액을 사용하여 저장 중의 색상 안정성을 조사한 결과는 Fig. 6와 같았다. 저장 중 안정성을 감소시키는 당의 순서는 fructose, sucrose, galactose, maltose, glucose 순으로 나타났다. 모든 당첨가군은 무첨가군과 비교하였을 때 낮은 색깔 강도를 나타냈고 특히 fructose가 매우 낮은 색깔 강도를 보였다. 이와 같은 결과는 당이 일반적으로 anthocyanin 색소의 분해를 촉진한다는 보고(4)와 일치하였고, 또한 fructose가 glucose, maltose, galactose, sucrose보다 anthocyanin의 분해 촉진 효과가 크다는 보고(5)와도 일치하였다. Yang 등(15)은 오미자 anthocyanin에서 fructose, sucrose 및 glucose 순으로 anthocyanin을 파괴한다고 보고하였으며 Shim 등(16)은 포도과피 anthocyanin에서 fructose, glucose 및 sucrose 순으로 anthocyanin을 파괴한다고 보고하였다. 이와

같이 anthocyanin 색소에 대한 당의 첨가효과가 연구자들에 따라 다소 차이가 보이는 이유는 각 원료의 anthocyanin 조성상의 차이에 의한 것으로 생각된다.

유기산의 영향

Fig. 7과 같이 유기산의 농도를 0.01, 0.05, 0.1 M로 하여 크랜베리 수용액에 첨가했을 때, 5가지 유기산 모두 첨가농도가 높을수록 색깔강도는 증가하는 경향을 띠었고 유기산 첨가군은 종류에 관계없이 무첨가군에 비해 흡광도가 증가하였다. Fumaric acid의 경우 0.05 M이상은 수용액에 용해되지 않아 0.1 M에 대한 효과는 조사할 수 없었다. Fig. 8과 같이 저장기간 동안 무첨가군에 비해 유기산 첨가는 색상의 안정성을 증진시키는 효과가 있었다. Fumaric acid는 무첨가군에 비해 가장 높은 흡광도를 유지하여 안정성을 증진시키는 효과가 가장 큰 것으로 나타났으며 다음으로 citric acid, malic acid, acetic acid 순으로 나타났다. 반면 tartaric acid는 저장 1일 후부터 무첨가군보다 흡광도를 감소시키는 결과를 보여주었다. 크랜베리 수용액에서 citric acid와 malic acid의 색상 안정성에 대한 결과는 자색고구마와 자색감자,

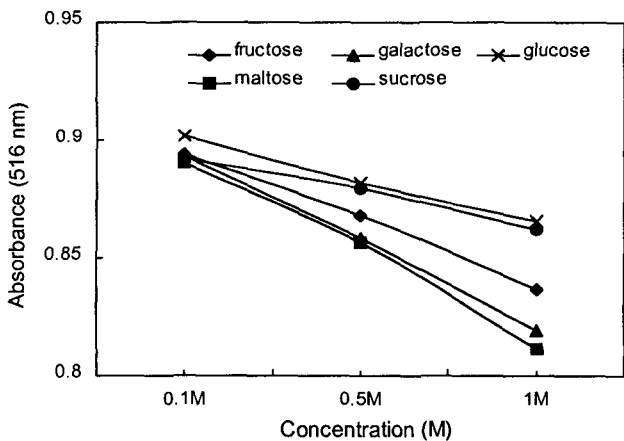


Fig. 5. Effect of sugars on the color intensity of cranberry solution at pH 3.0.

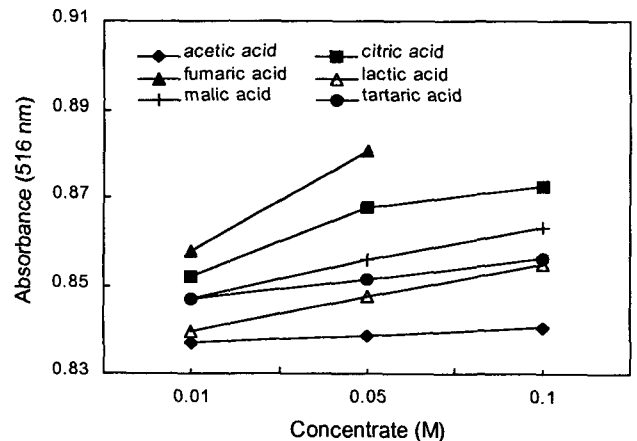


Fig. 7. Effect of organic acids on the color intensity of cranberry solution at pH 3.0.

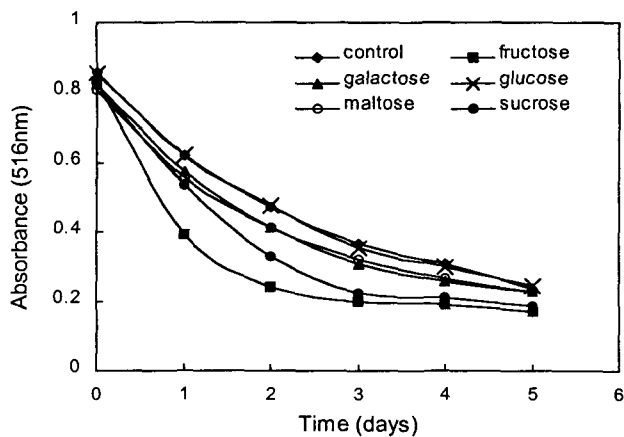


Fig. 6. Stability of the color of cranberry concentrate in various sugar solutions at pH 3.0 and 60°C.

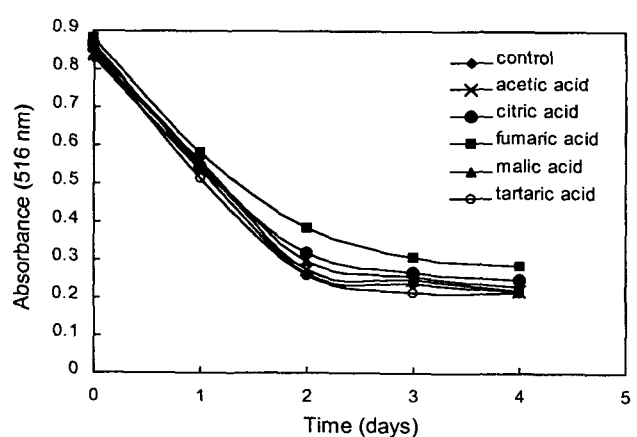


Fig. 8. Stability of the color of cranberry concentrate in various organic acid solutions at pH 3.0 and 60°C.

유색미의 anthocyanin 색소 안정성에 기여한 결과와 일치하였다(6-8). 크랜베리 수용액에서 tartaric acid의 색소 안정성에 대한 결과는 유색미의 anthocyanin 색소 안정성을 저해했다는 보고와 일치하였으나 자색고구마와 자색감자의 anthocyanin 안정성을 증진시켰다는 보고와는 상이한 결과를 나타냈다(6-8). 이는 각 원료의 anthocyanin 조성상의 차이에 의한 것으로 생각된다.

금속이온의 영향

크랜베리 수용액에 K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, Fe²⁺을 10 ppm과 100 ppm씩 첨가한 후 60°C에 저장하면서 크랜베리 과즙 색상에 대한 이들 금속이온의 영향을 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 금속이온을 첨가한 수용액이 금속이온의 농색화 효과로 무첨가구에 비해 색깔의 강도를 높여주었다. 저장실험 결과 Na⁺과 Mg²⁺은 크랜베리 수용액의 색소 안정성을 증진시키는 효과가 있었으나 Mn²⁺, Fe²⁺, K⁺, Ca²⁺순으로 크랜베리 수용액의 색깔강도를 저하시키는 작용을 하였다. 특히, Mn²⁺은 색깔강도를 가장 심하게 저하시켰다. Mn²⁺의 영향으로 자색고구마와 유색미 anthocyanin에 대해서는 본 실험결과와 동일하게 색소의 안정성을 저해하였다고 보고하였으나(6,7), 자색감자 anthocyanin에 대해서는 색소의 안정성을 증진하였다고 상이한 보고를 하였다(8). Na⁺와 Mg²⁺의 영향으로 본 실험의 결과는 유색미 anthocyanin의 안정성을 증진시켰다는 보고(7)와 동일하였지만 K⁺와 Ca²⁺의 영향은 유색미 anthocyanin의 안정성을 증진시켰다는 보고(7)와 상이하게 안정성을 저해하는 결과를 나타냈다. 이와 같은 상이한 결과는 각 원료의 anthocyanin 조성상의 차이에 의한 것으로 생각된다. 색소 안정성에 대한 Mn²⁺, Fe²⁺의 경우는 10 ppm첨가구보다 100 ppm첨가구에서 더 큰 저해작용을 보였고 Na⁺, Mg²⁺의 경우는 10 ppm첨가구보다 100 ppm첨가구에서 더 큰 안정화 효과를 보였다.

비타민의 영향

수용성 비타민 중 크랜베리의 고유한 붉은 색상에 영향을 주지 않는 비타민 B₁, B₃, B₆, C를 크랜베리 수용액 100 g당 각각 50 mg, 100 mg을 첨가하여 색상의 경시적 변화를 측정 한 결과는 Fig. 9와 같았다. 비타민 C와 B₁는 수용액의 색깔 강도를 저하시키는 것으로 나타났는데 특히 비타민 C를 첨가한 수용액은 60°C, 3일 후 단지 18.4%의 색이 잔존율을 나타내어 37.2%를 보인 무첨가구에 비해 색상저하작용이 가장 심하였다. 비타민 C 및 B₁ 함량차이는 50 mg를 첨가한 수용액보다 2배의 100 mg를 첨가한 수용액이 색깔강도를 더 저하시켰다. 비타민 B₃, B₆는 무첨가구보다 색이 잔존율을 1~2%로 높였다. 비타민 C의 첨가에 의해 anthocyanin 색소의 안정성이 떨어지는 현상은 다른 anthocyanin에서도 흔히 관찰되는 현상으로(6,8,15,16) Beattie 등은 과일주스의 저장 중 비타민 C와 anthocyanin이 동시에 감소하는 현상을 발견하여 두 화합물 사이의 상호작용에 의한 색소의 감소 가능성

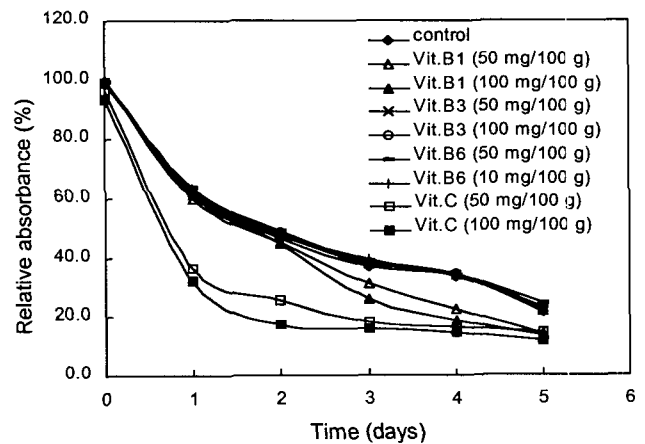


Fig. 9. Effects of vitamins on the stability of the color of cranberry solution at pH 3.0 and 60°C.

Table 2. Effect of metal ions on the retention of the color of cranberry solution at pH 3.0 and 60°C

Metal ion	Concentration (ppm)	Amax					
		0 day	1 day	2 days	3 days	4 days	5 days
Control	0	0.9229	0.6914	0.5665	0.4576	0.3829	0.3389
K ⁺	10	0.9248	0.6689	0.5052	0.4224	0.3650	0.2932
	100	0.9264	0.6737	0.5081	0.4267	0.3717	0.3085
Na ⁺	10	0.9225	0.6967	0.5682	0.4777	0.3857	0.3357
	100	0.9247	0.6986	0.5696	0.4781	0.3843	0.3392
Ca ²⁺	10	0.9211	0.6557	0.5105	0.4434	0.3776	0.3381
	100	0.9303	0.6778	0.5209	0.4377	0.3803	0.3360
Mg ²⁺	10	0.9358	0.6947	0.5675	0.4661	0.3837	0.3393
	100	0.9396	0.6983	0.5679	0.4655	0.3831	0.3390
Mn ²⁺	10	0.9244	0.4573	0.2148	0.1809	0.1493	0.2230
	100	0.9285	0.4250	0.2026	0.1572	0.1482	0.2150
Fe ²⁺	10	0.9224	0.6710	0.5243	0.4345	0.3101	0.3028
	100	0.9251	0.5588	0.4263	0.4115	0.2923	0.2661

을 제시하였고(17) 이는 anthocyanin 색소가 ascorbic acid의 자동산화에 의해 파괴되는 것으로 여겨진다(16).

요 약

크랜베리 수용액의 색상 안정성에 대한 pH, 열, 광, 당, 유기산, 금속이온, 비타민 C, B₁, B₃ 및 B₆의 영향을 조사하였다. 크랜베리 수용액의 색상은 pH가 낮을수록 농색화 효과가 높았고 pH가 높아질수록 최대흡수파장이 장파장 쪽으로 이동하는 bathochromic shift 현상이 관찰되었다. 열의 영향에 대한 실험 결과, 색상의 반감기가 37°C에서 34일, 90°C에서 91분, 120°C에서 29분으로 온도가 높을수록 색상의 반감기가 급격하게 짧아졌다. 광에 의해 색상의 안정성이 크게 저하되었는데, 형광보다 일광에 대한 영향이 더 컸으며 저장 시 광을 차단함으로써 안정성을 증진시킬 수 있었다. 당류 첨가는 오히려 무첨가구에 비해서 저장 안정성을 저하시켰고 fructose가 색상 저하를 가장 촉진하는 것으로 나타났다. 유기산 중 fumaric acid, citric acid, malic acid, acetic acid 순으로 색상 안정성에 효과가 있었으며 특히 fumaric acid는 색상 안정화에 크게 기여하였다. 금속이온 중 Na⁺과 Mg²⁺은 색상 안정화에 기여하였으나 Mn²⁺은 색상의 안정성을 가장 크게 저하시켰고 다음으로 Fe²⁺, K⁺, Ca²⁺순으로 저하시켰다. 비타민 C와 B₁은 크랜베리 수용액 색상의 안정성을 저하시켰으며 특히 비타민 C는 색상의 안정성을 크게 저하시켰다. 반면 B₃, B₆는 색상의 안정성에 미약하게 기여하였다.

문 헌

- Henry BS. 1992. Natural food colors. In *Natural Food Colorants*. Hendry GAF, Houghton JD, eds. Blackie and Son Ltd, Glasgow. p 39.
- Makakis P. 1974. Anthocyanins and their stability in foods. *Crit Rev Food Technol* 4: 437-456.
- Philips T. 1975. Utilization of plant pigments as food colorants. *Food Prod Dev* 9: 50.
- Jackman RL, Yada RY, Tung MA, Speers RA. 1987. Anthocyanins as food colorants: A review. *J Food Biochem* 11: 201-247.
- Francis FJ. 1989. Food colorants: Anthocyanins. *Crit Rev Food Sci & Nutr* 28: 273-314.
- Lee LS, Rhim JW, Kim SJ, Chung BC. 1996. Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato. *Korean J Food Sci Technol* 28: 352-359.
- Yoon JM, Cho MH, Hahn TR, Paik YS, Yoon HH. 1997. Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean pigmented rice variety as natural food colorants. *Korean J Food Sci Technol* 29: 211-217.
- Rhim JW, Kim SJ. 1999. Characteristics and stability of anthocyanin pigment extracted from purple-fleshed potato. *Korean J Food Sci Technol* 31: 348-355.
- Fuleki T, Francis FJ. 1968. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *J Food Sci* 33: 72-77.
- Sakamura S, Francis FJ. 1961. The anthocyanins of the American cranberry. *J Food Sci* 26: 318-322.
- Zapsalis C, Francis FJ. 1965. Cranberry anthocyanins. *J Food Sci* 30: 396-399.
- Nakamura H. 1997. The development and utilization of Blueberry concentrate. *The Food industry* 40: 47-55.
- Asen S, Norris KH, Stewart RN. 1969. Absorption spectra and color of aluminium-cyanidin 3-glucoside complexes as influenced by pH. *Phytochemistry* 8: 653-659.
- Mazza G, Miniati E. 1993. Color stabilization and intensification. In *Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains*. CRC Press, Boca Raton. p 10.
- Yang HC, Lee JM, Song KB. 1982. Anthocyanins in cultured omija (*Schizandrae chinensis* Baillon) and its stability. *J Korean Agric Chem Soc* 25: 35-43.
- Shim KH, Kang KS, Choi JS, Seo KI, Moon JS. 1994. Isolation and stability of anthocyanin pigments in grape peels. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 279-286.
- Beattie HG, Wheeler KA, Pederson CS. 1943. Changes occurring in fruit juices during storage. *Food Res* 8: 395.

(2003년 1월 20일 접수; 2003년 7월 21일 채택)