

아로니아(*Aronia melanocarpa*) 유래 안토시아닌 색소의 안정성

황은선^{1,2*} · 기경남³

¹한경대학교 영양조리학과, ²한경대학교 한국전통식품 글로벌센터, ³한경대학교 식품생물공학과

Stability of the Anthocyanin Pigment Extracted from *Aronia (Aronia melanocarpa)*

Eun-Sun Hwang^{1,2*} and Kyong-Nam Ki³

¹Department of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University

²Korean Foods Global Center, Hankyong National University

³Department of Food and Biotechnology, Hankyong National University

Abstract The purpose of this study was to investigate the effects of pH, temperature, light, sugars, and organic acids on the stability of anthocyanin pigments extracted from aronia (*Aroniamelanocarpa*). Pigments from aronia were most stable at pH 3.0, with maximal absorbance at 514 nm. High temperatures and prolonged heating substantially reduced anthocyanin contents. Anthocyanin levels were as low as approximately 21.70 and 79.63% of normal levels after 300 min of heating at 30 and 100°C, respectively. All of the sugars tested decreased the abundance of aronia pigments, with the levels highest in the presence of maltose, and decreasing progressively in the presence of galactose, sucrose, glucose, and fructose. Among the organic acids tested, citric acid was the most effective in stabilizing the aronia pigment, followed by tartaric acid, malic acid, formic acid, and ascorbic acid. These results provide useful reference data for efforts to use pigments from aronia in processed foods or for developing natural food colorants.

Keywords: aronia, anthocyanin, pigment stability

서 론

안토시아닌은 베리류, 포도, 적색 양배추, 사과, 순무 등에 분포되어 있는 페놀화합물 중 하나로 식물체의 줄기, 잎, 뿌리 등에 폭넓게 분포되어 있는 적색, 자색, 청색 등을 나타내는 색소이다(1,2). 안토시아닌은 cyanidin계의 고유의 색을 지닌 chrysanthemine으로 물에 쉽게 용해되는 수용성이므로 식품에 응용하는 것이 비교적 용이하며 천연 식용색소로서의 이용가능성이 매우 높다(3,4). 그러나 안토시아닌은 다른 색소 성분에 비해 다양한 가공 및 저장조건에서 가장 불안정한 것으로 알려져 있어 식품가공에 이용하기에는 많은 제약을 갖고 있다(1,3-6).

안토시아닌 색소의 불안정성은 flavylium 양이온 구조에 기인하며 색소를 안정화시키기 위해서는 flavylium ring의 수화를 억제하여야 한다(6). 안토시아닌 색소의 안정성은 pH, 온도, 빛, 효소, 산소, 당류, 유기산, 금속이온, 공존하는 색소 등의 존재여부에 의해 영향을 받는다(3-7). 안토시아닌 색소는 pH 2.0 정도의 산성용액에서 안정한 flavylium 이온으로 존재하여 적색을 나타내나 pH 5.0 이상의 중성 또는 알칼리용액에서는 quinoidal base

가 우세한 구조로 전환되면서 불안정한 청색을 나타낸다(8).

최근 안토시아닌 색소는 천연 식품 첨가제로서의 기능성과 함께 기능성 물질로서의 역할에 관한 연구가 이루어지고 있다. 안토시아닌의 대표적인 색소인 cyanidin-3-glucoside (C3G)는 산화적인 스트레스에 강한 것으로 보고됨에 따라 항산화, 항암 및 항염증과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다(9-11).

안토시아닌은 함유된 식품 소재에 따라 각기 다른 특성을 나타내는 것으로 알려져 있으며 오디(12), 꽃베고니아(13), 자색고구마(14), 유색미(15,16) 등에 함유되어 있는 안토시아닌의 특성 및 안정성에 관한 연구가 보고된 바 있다. 또한, 추출조건과 첨가물에 따른 다양한 용매, 추출조건, 첨가물 등을 달리하여 추출한 검정콩과 포도의 안토시아닌 함량 및 색소 안정성 결과가 보고되었다(4,5,17).

아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 블랙 초크베리(Black chokeberry)로도 알려져 있으며 안토시아닌이 풍부한 베리류로 북아메리카에서는 대표적인 상업적 과실이다(18). 아로니아에는 안토시아닌, 폴리페놀, 플라보노이드 함량이 풍부하여 항산화, 암예방, 면역증진 등에 대한 기능성을 지니고 있다는 연구결과가 보고되고 있다(19-21). 이에 따라 최근 우리나라에서도 아로니아에 대한 관심이 높아지면서 재배가 시작되고 있으며 아로니아에서 추출한 색소를 식품재료로 활용할 가능성이 높아지고 있다. 아로니아는 특유의 짙은 자줏빛으로 인해 색소로 이용가능성이 높음에도 아로니아 색소의 안정성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 국내에서 재배한 아로니아에 함유되어 있는 안토시아닌 색소의 안정성을 각종 저장 및 가공조건에서 측정하고 실제 가공 및 저장에 사용할 수 있는 조건을 탐색하였다. 본 연

*Corresponding author: Eun-Sun Hwang, Department of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anseong, Gyeonggi 456-749, Korea
Tel: 82-31-670-5182
Fax: 82-31-670-5189
E-mail: ehwang@hknu.ac.kr
Received March 26, 2013; revised April 24, 2013;
accepted April 24, 2013

구에서는 아로니아 색소의 이용확대 및 식용색소로 이용하기 위한 기초 자료를 얻고자 pH, 당, 유기산, ascorbic acid가 아로니아에서 에탄올로 추출한 안토시아닌 색소의 안정성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 실험에 사용한 아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 2012년 8월 말에 경북 영천의 아로니아 재배 농장에서 수확한 것을 직접 구입하였다. 깨끗이 세척한 아로니아를 food processor (Phillips Electronics, Seoul, Korea)를 이용하여 곱게 마쇄한 후, 3겹의 거즈로 여과하여 얻은 즙을 -20°C 에서 보관하면서 사용하였다. 완충용액 제조 및 분석용 시약은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis MO, USA)로부터 구입하였고, 그 밖의 모든 시약은 분석에 적합한 특급시약을 사용하였다.

총 안토시아닌 함량 분석

아로니아 즙 100 μL 를 적절한 농도로 희석하여 pH 1 완충용액 1,900 μL 와 pH 4.5 완충용액 1,900 μL 를 각각 첨가하여 vortexing 한 후, 520와 700 nm에서 microplate reader (Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd., San Jose, CA, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 총 안토시아닌 함량은 Giusti와 Wrolstad의 방법(22)에 의해 계산하였다.

아로니아베리 수용액 제조

아로니아즙을 Macllvaine 완충용액(0.1 M citric acid+0.2 M Na_2HPO_4)과 혼합하여 10% 수용액을 제조하여 각 항목에 대한 안정성을 평가하였다. 유기산에 대한 안정성 평가에서는 Macllvaine 완충용액에 함유된 citric acid로 인해 pH 감소가 나타날 수 있으므로 이를 방지하기 위하여 1 M glycine 완충용액(pH 3.0)을 사용하였다.

pH에 따른 색소의 안정성 평가

아로니아 색소 안정성에 대한 pH의 영향을 알아보기 위하여 Macllvaine 완충용액을 사용하여 pH를 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 및 7.0으로 조절하였다. 각 pH별로 아로니아즙을 첨가하여 10% 수용액을 제조하고, microplate reader (Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd.)를 이용하여 450-850 nm 범위에서 각 pH에서의 흡수스펙트럼을 측정하여 최대 흡수파장을 알아보았다.

가열, 저장온도 및 저장기간에 대한 안정성 평가

가열온도와 시간에 따른 아로니아 색소의 안정성을 알아보기 위해 pH 3.0의 Macllvaine 완충용액을 사용하여 10% 아로니아 수용액을 제조하여 15 mL cap test tube에 10 mL씩 넣어 밀봉하였다. 각각의 시료를 30, 60, 및 100 항온기에 5시간 동안 보관하면서 30분 간격으로 꺼내 차가운 물에 냉각시킨 후, 514 nm에서 microplate reader (Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd.)를 이용하여 흡광도의 변화를 측정하였다.

냉장 및 냉동온도에서 장기저장에 따른 아로니아 색소의 안정성을 알아보기 위하여 pH 3.0의 Macllvaine 완충용액에 10% 아로니아 수용액을 제조하여 15 mL 캡튜브에 10 mL씩 넣어 밀봉하였다. 각각의 시료를 4, -20 , -75°C 에서 10주 동안 보관하면서 1주 간격으로 514 nm에서 흡광도의 변화를 측정하여 저장 중 색소의 안정성을 알아보았다.

빛에 대한 안정성 평가

빛의 영향을 알아보기 위해 pH 3.0의 Macllvaine 완충용액을 사용하여 제조한 10% 아로니아 수용액을 cap test tube에 넣고 밀봉하였다. 시료의 일부는 일광에 노출시키면서 상온에 보관하였고, 일부는 알루미늄 호일에 싸서 암소에 보관하면서 수용액의 흡광도 변화를 514 nm에서 microplate reader (Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd.)를 이용하여 측정하였다.

당에 대한 안정성 평가

pH 3.0의 Macllvaine 완충용액을 사용하여 제조한 10% 아로니아 수용액에 glucose, galactose, fructose, maltose, sucrose를 0.1, 0.5, 1.0 M이 되도록 용해시켰다. 각각의 시료는 514 nm에서 microplate reader (Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd.)를 이용하여 흡광도를 측정하여 당의 종류 및 농도에 따른 색소의 강도를 비교하였다. 이들 중에서 색소의 강도가 가장 높은 0.1 M 농도의 아로니아 수용액을 선택하여 저장기간에 따른 색소의 안정성을 조사하였다. 각종 당을 종류별로 첨가한 아로니아 수용액을 cap test tube에 넣고 밀봉하여 5일 동안 4°C 에 보관하면서 24시간 간격으로 514 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다.

유기산에 대한 안정성 평가

유기산에 대한 아로니아 수용액의 안정성을 알아보았다. 유기산으로 인한 pH의 감소를 방지하기 위하여 1 M glycine 완충용액(pH 3.0)에 아로니아즙을 첨가하였고, 완충용액의 완충능을 유지할 수 있도록 5종의 유기산(acetic acid, citric acid, formic acid, malic acid, tartaric acid)을 0.01, 0.05, 0.1 M 농도로 넣은 후, pH를 재조정하였다. 각 시료의 흡광도를 514 nm에서 측정하여 유기산의 농도에 따른 색소의 안정성을 평가하였다.

이들 중에서 색소의 강도가 가장 높았던 유기산 0.05 M의 아로니아 수용액을 대상으로 저장기간에 따른 아로니아 수용액 색소의 안정성을 조사하였다. 각종 유기산을 종류별로 첨가한 아로니아 수용액을 cap test tube에 넣고 밀봉하여 5일 동안 4°C 에 보관하면서 24시간 간격으로 514 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다.

통계처리

실험결과에 대한 통계처리는 SPSS software package (Version 17.0)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 각 처리군 간의 유의성에 대한 검증은 ANOVA를 이용하여 유의성을 확인한 후, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

안토시아닌 함량

아로니아 즙에 함유되어 있는 총 안토시아닌 함량은 100 mL 당 cyanidin-3-glucoside를 기준으로 0.0908 mg으로 나타났다. 아로니아는 다른 베리류에 비해 더 많은 안토시아닌을 함유하고 있으며, cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-galactoside, cyanidin-3-arabinoside, cyanidin-3-xyloside 등의 안토시아닌을 함유하고 있는 것으로 보고되고 있다(21,23).

pH에 따른 색소의 안정성 평가

아로니아에서 추출한 안토시아닌 색소의 안정성에 미치는 pH의 영향을 조사하기 위하여 아로니아즙에 pH 3.0-7.0로 조절된 각각의 완충용액을 첨가하여 10% 수용액을 조제한 후, 450-850 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다(Fig. 1). Fig. 1과 같이 pH

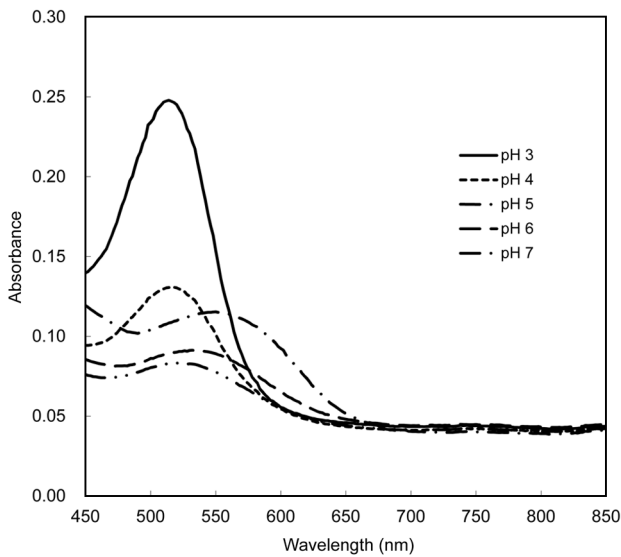


Fig. 1. Stability of anthocyanin extracted from aronia in different pHs at 450-850 nm.

3.0에서 가장 높은 흡수스펙트럼을 나타냈으며 특히, 514 nm에서 가장 높은 흡광도를 보였다. pH 4.0의 경우, 518 nm, pH 5.0은 522 nm, pH 6.0은 532 nm, pH 7.0은 550 nm에서 최대흡광도를 나타내 pH가 높아질수록 최대 흡수파장이 장파장 쪽으로 이동하는 것을 관찰하였다.

오디 색소의 안정성에 대한 Kang 등(12)의 연구에서도 오디 색소는 pH 3과 pH 4에서 최대 흡수파장을 보였으며, pH 3에서 pH 7로 높아짐에 따라 최대흡광도가 527 nm에서 568 nm로 이동하는 것을 관찰하였다. pH가 높아짐에 따라 최대흡광도가 변화하는 것은 안토시아닌 색소의 전형적인 패턴으로 안토시아닌 색소는 pH가 높아지면 자주색에서 청색으로 변하기 때문이다(24). 일반적으로 안토시아닌 색소는 pH가 낮은 산성용액에서는 flavylium 양이온으로 존재하여 안정한 진한 적색을 나타낸다(25). pH가 증가할수록 flavylium 양이온이 수소이온을 잃고 pseudobase가 형성되어 무색의 carbinol pseudobase를 형성하고, pH 9 이상에서는 anhydrobase의 형태로 되어 푸른색을 나타낸다(25). 동일한 안토시아닌이라 할지라도 식물체의 종류 및 색소가 함유되어 있는 세포 내의 pH에 따라 색상이 다르게 나타난다(26). 아로니아는 안토시아닌 함량이 풍부하여 향후 천연색소로 식품에 적용할 가능성이 매우 높으므로 pH에 따른 색소의 안정성 및 고유한 색소를 유지하기 위한 최적 pH를 고려해야 할 것으로 사료된다.

가열에 대한 안정성 평가

pH에 따른 아로니아 색소의 안정성 실험에서 가장 높은 흡수스펙트럼을 나타낸 pH 3.0 완충용액을 이용하여 제조한 아로니아 10% 수용액을 제조하였다. 제조된 용액을 30, 60 및 100°C에서 300분간 저장하면서 30분 간격으로 아로니아 색소의 흡광도를 측정하면서 온도에 대한 안정성을 확인하였다. 가열온도가 높아지고 가열시간이 길어질수록 아로니아 색소의 안정성은 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 2). 100°C에서 가열한 경우는 색소의 파괴가 급격히 나타나 150과 300분이 경과하면서 아로니아 색소는 가열하기 전에 비해 각각 60.91와 79.63% 감소하였다. 30°C에서는 비교적 안정성이 높게 나타났으며 가열하기 전에 비해 150과 300분이 경과하면서 아로니아 색소는 초기에 비해 각각 11.27와 21.70% 감소하였다.

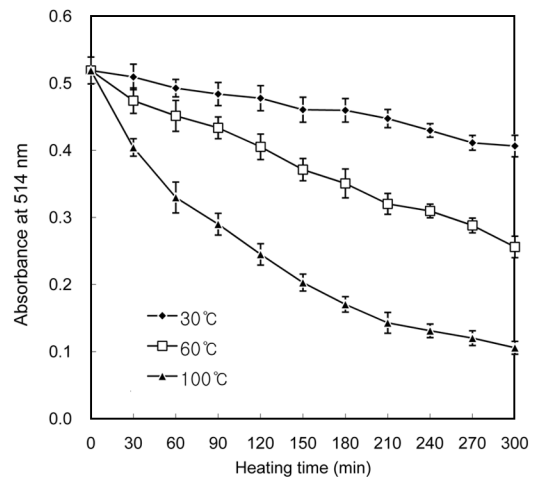


Fig. 2. Effect of temperature on the color intensity of aronia anthocyanin at different heating time. Each value is expressed as mean±SD of three separate measurements.

본 실험의 결과는 안토시아닌 색소를 함유한 적색무, 사위체리, 블랙베리, 콩코드 포도, 적색양배추 등을 가열하였을 때 가열 시간에 비례하여 안토시아닌 색소가 급격히 파괴된다는 선행연구와 일치하였다(27-29). 안토시아닌이 풍부한 티보치나(*Tibouchina semidecandra* L.)를 25와 31°C에서 저장하면서 안토시아닌의 안정성을 관찰하였으며 25°C에서 저장한 경우 총 안토시아닌 색소의 감소율은 31°C에서 저장한 경우보다 7-20% 낮음을 확인하였다. 안토시아닌은 온도에 매우 민감하여 10-30°C에서는 비교적 안정하나 40°C 이상에서는 색소의 파괴가 일어나고 고온에서는 glycoside 결합의 가수분해가 일어나 chalcone, α -diketone 등을 생성하는 것으로 알려져 있다(30).

저장온도 및 저장기간 따른 안정성 평가

pH 3.0 MacIlvaine 완충용액을 이용하여 제조한 10% 아로니아 수용액을 4, -20 및 -75°C에서 10주 동안 저장하면서 1주일 간격으로 아로니아 색소의 안정성을 측정하였다(Fig. 3). 냉동 온도에서 저장한 경우에는 저장기간이 경과하여도 아로니아 색소가 비교적 안정하였으나 4°C의 냉장온도에서는 저장기간이 경과함에 따라 아로니아 색소가 감소하는 경향을 보였다. 아로니아 수용액을 -75°C 저장한 경우, 색소의 안정성이 다른 저장온도에 비해 비교적 높게 나타났다. 즉, 저장 초기에 비해 5주 및 10주가 경과하여도 아로니아 색소의 감소율은 저장 전에 비해 각각 6.86%와 9.98%로 비교적 낮았다. -20°C에서의 저장은 4°C에 비해 색소의 파괴가 적었으나, -75°C 저장에 비해서는 파괴정도가 다소 높았다. 4°C에서의 저장은 냉동온도에 비해 색소의 파괴가 급격히 나타나 5주와 10주가 경과하면서 아로니아 색소는 저장 초기에 비해 각각 27.21와 45.24% 감소하였다. 따라서 아로니아를 장기간 저장하는 경우는 최대한 낮은 온도에서 냉동 저장하는 것이 안토시아닌 색소의 안정성을 유지하고 잔존율을 높이는데 도움이 될 것으로 사료된다.

빛에 대한 안정성 평가

아로니아에서 추출한 안토시아닌 색소의 빛에 대한 안정성을 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 일광에서는 안토시아닌 색소가 저장 1일째부터 25.40%나 감소하였고, 저장 2일에서는 50.21%의 감소를 나타낸 반면에 암실에서는 10일째까지 지속적으로 색도

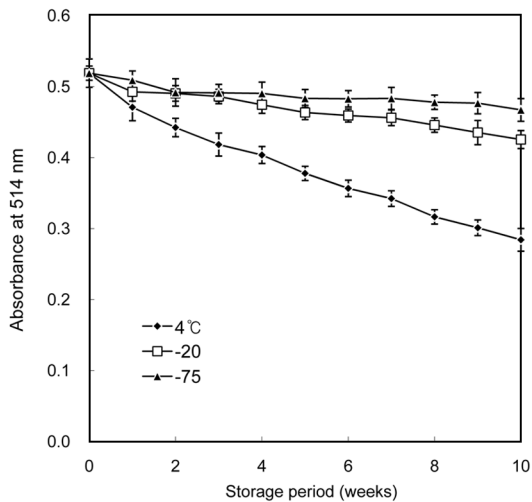


Fig. 3. Effect of storage temperature on the color intensity of aronia anthocyanin at different storage period. Each value is expressed as mean±SD of three separate measurements.

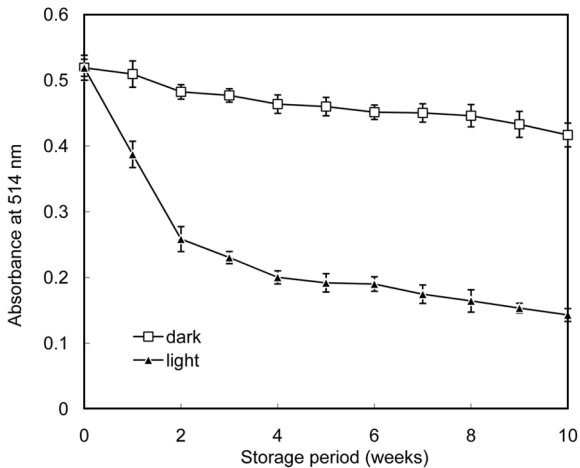


Fig. 4. Effect of light on the color intensity of aronia anthocyanin at different storage period. Each value is expressed as mean±SD of three separate measurements.

강도가 감소하였다. 이러한 결과로 볼 때, 아로니아에서 추출한 안토시아닌 색소는 일광에 대한 안정성이 매우 낮으며, Lee 등 (31)이 보고한 자색고구마의 광에 대한 안정성과 거의 유사한 결과를 나타냈다.

당에 대한 안정성 평가

아로니아 색소의 당에 대한 안정성을 측정하기 위해 농도를 달리하여 제조한 galactose, glucose, maltose, fructose, sucrose 용액을 첨가한 후에 아로니아 색소의 흡광도를 측정하였다(Fig. 5). 아로니아에 galactose, glucose를 첨가했을 때는 농도에 따른 흡광도의 변화가 거의 없었으나 maltose, fructose 및 sucrose는 농도가 증가함에 따라 흡광도가 감소하는 경향을 보여 안토시아닌 색소의 안정성은 당의 종류에 따라서도 영향을 받는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 오디 색소에 대한 당류의 영향을 조사한 결과 maltose, sucrose, fructose 첨가 시 색소의 강도가 현저하게 감소되었다는 결과와 유사하였다(12). 첨가한 당의 농도가 낮을 때는 비교적 높은 흡광도를 보였으나, 당의 농도가 증가함에 따라 흡

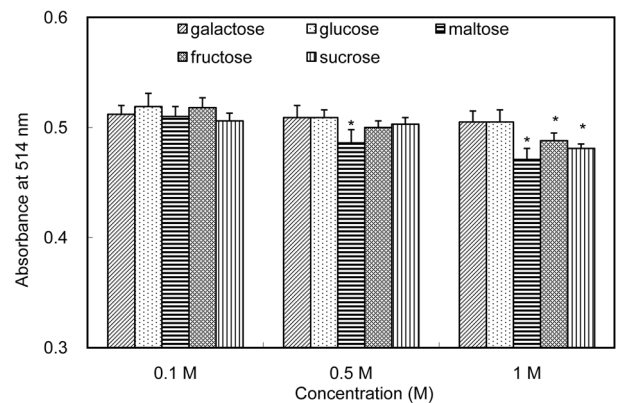


Fig. 5. Effect of different sugars on the color intensity of aronia anthocyanin at different concentration. Each value is expressed as mean±SD of three separate measurements. The asterisk symbol indicates that the means are significantly different from the control ($p<0.05$).

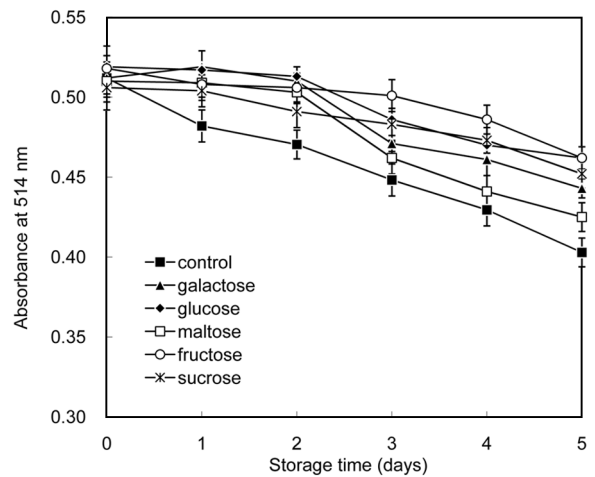


Fig. 6. Effect of different types of 0.1 M sugars on the color intensity of aronia anthocyanin at different storage period. Each value is expressed as mean±SD of three separate measurements.

광도가 현저하게 감소하는 것으로 나타났다. 이는 오디(12), 꽃베고니아(13), 유색미(15) 등에서 저농도에 비해 고농도의 당류를 첨가하였을 때 안토시아닌 색소의 감소가 크게 나타난 선행연구의 결과와 유사하였다.

저장기간에 따른 각종 당에 대한 아로니아 색소의 안정성을 알아보기 위해 본 실험에서 안토시아닌 색소의 안정성이 가장 우수했던 0.1M의 각 당류 용액을 첨가한 후 흡광도의 변화를 5일 동안 측정하였다(Fig. 6). 전반적으로 저장기간이 길어짐에 따라 모든 당류에서 색소의 강도가 감소하는 경향을 관찰하였다. 첨가한 당의 종류에 따른 색소 강도는 당의 첨가 직후는 glucose, galactose, fructose, maltose 및 sucrose 순이었으나, 저장 5일 후에는 maltose, galactose, sucrose, glucose 및 fructose 순으로 낮은 색소의 잔존율을 보였다.

안토시아닌 색소는 당류, 유기산, 금속이온 등과 같이 함께 존재하는 물질의 종류에 따라 안정성에도 영향을 받는다(3-5,7,32). 선행연구에서 당은 안토시아닌 색소의 분해를 촉진하고 fructose가 다른 당류(glucose, maltose, galactose, sucrose)에 비해 안토시아닌 분해정도가 가장 높다고 보고되어 있다(12,13,32). 본 결과

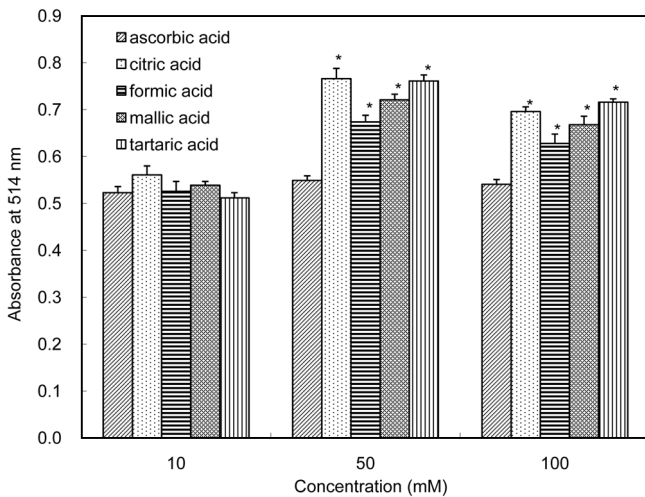


Fig. 7. Effect of different organic acids on the color intensity of aronia anthocyanin at different concentration. Each value is expressed as mean±SD of three separate measurements. The asterisk symbol indicates that the means are significantly different from the control ($p < 0.05$).

는 당에 대한 유색미, 오디 안토시아닌 색소의 안정성 결과와 다소 차이가 있는데 이는 각 식물체의 matrix 별로 안토시아닌 측쇄에 연결된 당의 종류가 다르기 때문으로 사료된다(31,32). 아로니아에 당을 첨가하여 가공제품 등을 만들 때 이 점을 본 결과를 고려하여 사용할 당의 종류 및 농도를 선택할 필요가 있을 것으로 사료된다.

유기산에 대한 안정성 평가

아로니아에서 추출한 안토시아닌 색소의 유기산에 대한 안정성을 알아보기 위해 ascorbic acid, citric acid, formic acid, mallic acid 및 tartaric acid를 각각 10, 50 및 100 mM 첨가 후 색소의 변화를 측정하였다(Fig. 7). 유기산의 종류 및 농도는 아로니아 유래 안토시아닌 색소의 안정성에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 유기산의 농도가 10과 100 mM에 비해 50 mM에서 흡광도가 가장 높게 나타나 아로니아 유래 안토시아닌 색소는 50 mM의 유기산에서 안정함을 확인하였다. 이는 오디(12), 꽃베고니아(13), 유색미(15) 등에서 측정된 유기산에 대한 안토시아닌의 안정성 결과와 유사하였다. 50 mM 농도에서 citric acid, tartaric acid, mallic acid, formic acid 및 ascorbic acid 순으로 높은 색소 강도를 보였다. 10 mM 유기산을 첨가시 색소 강도는 50 mM 첨가구에 비해 낮았지만, 100 mM 첨가구에 비해 높았으며, 유기산 간의 차이는 미미하였다. Citric acid는 50과 100 mM에서 안정하였다. 이러한 결과를 통해 아로니아 색소의 안정성을 유지하기 위해 유기산을 첨가할 경우에는 50 mM 정도를 첨가하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

저장기간에 따른 각종 유기산에 대한 아로니아 색소의 안정성을 알아보기 위해 본 실험에서 안토시아닌 색소의 안정성이 가장 우수했던 50 mM의 각 유기산 용액을 첨가한 후 흡광도의 변화를 5일 동안 측정하였다(Fig. 8).

전반적으로 저장기간이 길어짐에 따라 모든 유기산에서 색소의 강도가 감소하는 경향을 나타냈으며 전반적으로 저장기간이 길어짐에 따라 모든 유기산류에서 색소의 강도가 감소하였다. 첨가한 유기산의 종류에 따른 색소 강도는 citric acid, tartaric acid,

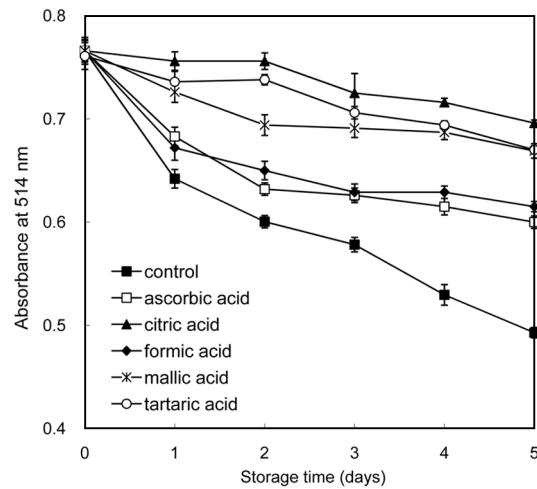


Fig. 8. Effect of different types of 50 mM organic acids on the color intensity of aronia anthocyanin at different storage period. Each value is expressed as mean±SD of three separate measurements.

mallic acid, formic acid 및 ascorbic acid의 순으로 낮은 색소의 잔존율을 나타냈다. 일반적으로 citric acid는 저장성 향상을 위해 식품가공에서 많이 사용하고 있으며(12) 본 결과에서는 citric acid 존재 하에서 아로니아 색소가 가장 안정한 것으로 나타났다. Kang 등(12)이 유기산 존재 하에서 저장기간에 따른 오디 색소의 안정성을 평가한 결과, 각 유기산들 사이의 차이는 그리 크지 않았지만 citric acid 존재 하에서 색소 감소율이 가장 높게 나타나 본 연구결과와는 다소 차이를 보였다. Cho 등(3)은 오미자 유래 안토시아닌의 유기산에 대한 안정성은 mallic acid가 가장 높고, 다음으로는 tartaric acid, citric acid, succinic acid, malonic acid, ascorbic acid 등의 순이라고 보고하였다(3). 식물체에는 다양한 유기산이 존재하며, 각 식물체의 matrix 별로 안토시아닌 색소의 안정성에 기여하는 유기산의 종류에 차이가 있는 것으로 사료된다.

요 약

아로니아 유래 안토시아닌 색소의 pH, 온도, 저장기간, 빛, 당 및 유기산에 대한 안정성을 조사하였다. 아로니아 색소는 pH 3.0에서 가장 안정하고 높은 흡수스펙트럼을 나타냈고 pH 4.0-7.0으로 증가함에 따라 색소의 강도가 감소하였다.

아로니아 색소는 고온에서 장시간 가열할수록 색소의 안정성은 감소하는 경향을 나타냈으며 암실보다는 일광에 노출하였을 때 색소의 파괴가 급격히 나타났다. 아로니아 색소는 냉동 온도에서 저장한 경우에는 저장기간이 경과하여도 비교적 안정하였으나 냉장온도에서는 저장기간이 경과함에 따라 아로니아 색소가 감소하는 경향을 보였다. 아로니아 색소에 당을 첨가한 경우 색소의 강도가 전반적으로 감소하였고, 0.1M 당을 첨가시 색소의 강도는 maltose, galactose, sucrose, glucose 및 fructose 순으로 낮은 색소의 잔존율을 보였다. 아로니아 색소는 50 mM 농도의 유기산의 존재하에서 가장 안정하였으며 저장기간이 길어짐에 따라 첨가한 모든 유기산에서 색소의 강도가 감소하는 경향을 나타냈다. 이상의 결과는 향후 아로니아를 활용한 가공식품 및 천연 식품색소 개발을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 농림축산식품부 고부가 식품기술개발사업 (과제번호 112078-3)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Francis FJ. Food colorants: Anthocyanins. Crit. Rev. Food Sci. 28: 273-314 (1989)
- Bridle P, Timberlake CF. Anthocyanin as natural food colours-selected aspects. Food Chem. 58: 103-109 (1997)
- Cho SB, Kim HJ, Yoon JI, Chun HS. Kinetic study on the color deterioration of crude anthocyanin extract from Schizandra fruit. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 23-27 (2003)
- Chung KW, Joo YH, Lee DJ. Content and color difference of anthocyanin by different storage periods in seed coats of black soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. Kor. J. Int. Agric. 16: 196-199 (2004)
- Hong JH, Chung HS, U H, Youn KS. Storage stability of anthocyanin pigment isolated from a wasted grape peels. Korean J. Food Preserv. 9: 327-331 (2002)
- Yang HC, Lee JM, Song KB. Anthocyanins in cultured Omija (*Schizandra chinensis Baillon*) and its stability. J. Korean Agric. Chem. Soc. 25: 35-43 (1982)
- Wang H, Cao G, Prior RL. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. J. Agr. Food Chem. 45: 304-309 (1997)
- Markakis P. Anthocyanins and their stability in foods. Crit. Rev. Food Sci. 4: 437-456 (1974)
- Degenhardt A, Knapp H, Winterhalter P. Separation and purification of anthocyanins by high-speed countercurrent chromatography and screening for antioxidant activity. J. Agr. Food Chem. 48: 338-343 (2000)
- Wang D, Zou T, Yang Y, Yan X, Ling W. Cyanidin-3-O- β -glucoside with the aid of its metabolite protocatechuic acid, reduces monocyte infiltration in apolipoprotein E-deficient mice. Biochem. Pharmacol. 82: 713-719 (2011)
- Sun C, Zheng Y, Chen Q, Tang X, Jiang M, Zhang J, Li X, Chen K. Purification and anti-tumor activity of cyanidin-3-O-glucoside from Chinese bayberry fruit. Food Chem. 131: 1287-1294 (2012)
- Kang CS, Ma SJ, Cho WD, Kim JM. Stability of anthocyanin pigment extracted from mulberry fruit. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 960-964 (2003)
- Park YJ, Kim HJ, Heo BG. Stability of anthocyanin pigment extracted from *Begonia semperflorens* 'Red' with ethanol. Flower Res. J. 14: 203-210 (2006)
- Lee HH, Lee JW, Rhim JW. Characteristics of anthocyanins from various fruits and vegetables. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 7: 285-290 (2000)
- Yoon JM, Cho MH, Hahn TR, Paik YS, Yoon HH. Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean pigmented rice variety as natural food colorants. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 211-217 (1997)
- Durge AV, Sarkar S, Singhal RS. Stability of anthocyanins as pre-extrusion colouring of rice extrudates. Food Res. Int. 50: 641-646 (2013)
- Lee HJ, Choi EY, Sim YJ, Kim OS, Yoo HJ, Do WN, Kim YH. Anthocyanin contents and pigment stability of black soybean by different extract condition and stabilizer. Korean J. Food Nutr. 22: 150-157 (2009)
- Wu X, Gu L, Prior RL, McKay S. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of Rives, Aronia and Sambucus and their antioxidant capacity. J. Agr. Food Chem. 52: 7846-7856 (2004)
- Valcheva-Kuzmanova SV, Belcheva A. Current knowledge of Aronia melanocarpa as a medicinal plant. Folia Med. 48: 11-17 (2006)
- Kulling SE, Rawel HM. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)-A review on the characteristic components and potential health effects. Planta Med. 74: 1625-1634 (2008)
- Jekobek L, Drenjancevic M, Jukic V, Seruga M. Phenolic acids, flavonoids, anthocyanins and antiradical activity of "Nero", "Viking", "Galicianka" and wild chokeberries. Sci. Hortic-Amsterdam 147: 56-63 (2012)
- Giusti MM, Wrolstad RE. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. Unit F1.2, pp. 19-31. In: Handbook of food analytical chemistry. Wrolstad RE (eds). John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA (2001)
- Oszmianski J, Sapis JC. Anthocyanins in fruits of *Aronia melanocarpa* (Chokeberry). J. Food Sci. 53: 1241-1242 (1988)
- Jackman RL, Yada RY, Tung MA, Speers RA. Anthocyanins as food colorants-A review. J. Food Biochem. 11: 201-247 (1987)
- Bassa LA, Francis FJ. Stability of anthocyanins from sweet potatoes in a model beverage. J. Food Sci. 52: 1753-1754 (1987)
- Dao LT, Takeoka GR, Edwards RH, Berrios JDJ. Improved method for stabilization of anthocyanidins. J. Agr. Food Chem. 46: 3564-3569 (1998)
- Giusti MM, Wrolstad RE. Radish anthocyanin extract as a natural red colorant for maraschino cherries. J. Food Sci. 61: 688-694 (1996)
- Cemeroglu B, Velioglu S, Isik S. Degradation kinetics of anthocyanins in sour cherry juice and concentrate. J. Food Sci. 59: 1216-1218 (1994)
- Baublis A, Spomer A, Berber-Jimenez MD. Anthocyanin pigments: comparison of extract stability. J. Food Sci. 59: 1219-1221 (1994)
- Jenshi roobha J, Saravankumar M, Aravindhan KM, Suganya devi P. The effect of light, temperature, pH and stability of anthocyanin pigments on *Musa acuminata* bract. Res. Plant Biol. 1: 5-12 (2011)
- Lee LS, Kim SJ, Rhim JW. Analysis of anthocyanin pigments from purple-fleshed sweet potato (Jami). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 555-560 (2000)
- Malien-Aubert C, Dangles O, Amiot MJ. Color stability of commercial anthocyanin-based extracts in relation to the phenolic composition. Protective effects by intra and intermolecular copigmentation. J. Agr. Food Chem. 49: 170-176 (2001)