

한국산 유색감자 색소의 특성 및 안정성에 관한 연구

박홍주^{1*} · 진태욱¹ · 이성현¹ · 조용식¹ · 조수묵¹ · 장규섭²

¹농촌진흥청 농업과학기술원 농촌자원개발연구소

²충남대학교 식품공학과

Studies on Characteristics and Stability of Anthocyanin Pigment Extracted from Korean Purple-Fleshed Potatoes

Hong-Ju Park^{1*}, Tae-Woog Jeon¹, Sung-Hyeon Lee¹, Yong-Sik Cho¹,
Soo-Muk Cho¹ and Kyu-Seob Chang²

¹Rural Resources Development Institute, NIAST, RDA, Gyeonggi 441-853, Korea

²Dept. of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 304-764, Korea

Abstract

Effects of pH, sugar, ascorbic acid, organic acids and light sources on the stability of anthocyanin pigment extracted from Korean purple-fleshed potatoes (PL-6, PL-28, PL-31 and Jasim) were studied. The pH had remarkable influence on the color stability of anthocyanin pigment. With increasing pH, the color gradually fades as colorless pseudobases are formed. In acidic pH, anthocyanin was stable, but with increasing pH the color gradually changed to colorless. The addition of sugar decrease in color stability of the pigment during storage period. The most of organic acids, such as a tartaric, citric and succinic acids, were found to improve the stability of the pigment, while malic and malonic acid reduced the stability of the pigment. The addition of ascorbic acid considerable decreased in anthocyanin pigment stability, but the effect was not decreased by adding thiourea. The effect of light sources such as a darkroom, a fluorescent light, and sunlight, reduced gradually the stability of anthocyanin pigment. Therefore the pigment degradation could be minimized by shielding the light from the pigment.

Key words: anthocyanin, stability, pigment, purple-fleshed potato

서 론

식품의 색은 종류에 따라 제각기 독특한 빛깔을 나타내고 있어 식품의 관능적인 품질을 결정하는 중요한 품질 인자로 사용되고 있다. 일반적으로 식품의 색은 그 선도나 가공조건 및 저장환경에 따라 변화하여 품질의 저하가 일어나므로 이를 방지하기 위하여 식품 가공 시에 인위적으로 인공 색소를 첨가하는 방법이 널리 사용되어 왔다(1). 또한 식품 조리 및 저장 기간동안 영양적인 측면 뿐만 아니라 식품의 품질과 선호도를 결정하는 요소 중 하나인 색도는 식품 제조과정이나 저장하는 동안에 소실되고 있다. 몇 년 전까지만 해도 식품의 고유색을 되살리기 위해 천연 색소보다 값싸고 안정한 합성색소를 식품 산업에 이용하였다(2). 그러나 최근 소비자들의 생활수준이 향상됨에 따라 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 색소

보다 천연색소로 전환되면서 합성식용색소를 대체할 천연색소의 수요가 급격히 증가하게 되었다(4). 이러한 천연색소의 경우, 합성색소에 비하여 저장시 안정성(stability)이 좋지 못한 단점을 가지고 있기 때문에 이러한 천연색소들의 안정성 향상을 위한 연구가 새로운 관심사로 떠오르고 있다. 천연색소 중 하나인 anthocyanin은 식물계에 매우 광범위하게 분포되어 있는 수용성 적색색소의 일종이며, 과일류나 채소류, 꽃 그리고 낙엽 등에 많이 함유되어 있는 색소로써 일반적으로 붉은색, 푸른색, 자주색, 분홍색 등을 띠는 것으로 알려져 있다(5). 또한 anthocyanin 계통의 색소는 식품 착색 물질 뿐만 아니라 생체 내에서 생리활성에 도움을 주는 것으로 알려져 있어서 이들 색소에 대한 연구들도 활발히 진행되고 있다(6-8).

따라서 본 연구에서는 유색 감자로부터 anthocyanin 색소를 분리하여 천연색소로서 이용가능성을 확인하기 위하여 유색 감자 색소의 안정성에 대한 pH, 당, 유기산, ascorbic acid 및 광 등의 영향을 조사하였다.

*Corresponding author. E-mail: redpark@rda.go.kr
Phone: 82-31-299-0560, Fax: 82-31-299-0553

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 시료는 농촌진흥청 고냉지 농업시험장으로부터 분양 받은 유색감자 계통 중 anthocyanin 색소가 다량 함유된 PL-6, 28, 31 및 Jasim 품종을 급속 동결 건조한 후 분말화하여 -70°C 에 보관하면서 실험에 사용하였다.

추출

Anthocyanin계 색소 추출은 신선한 감자를 과육 부분으로부터 표피를 제거하지 않은 상태에서 2 mm 두께로 세절한 후, 동결 건조기(PVTFD 10A, Ilsin Engineering Co., Korea)를 이용하여 분말화하였다. 색소의 추출은 동결 건조된 유색감자 분말에 1% HCl을 함유한 80% ethanol 용액을 가하여 잘 혼합한 후, 균질기(T25B, Ika Works, Malaysia)로 2분간 균질화 하고 4°C 압소에서 24시간 동안 방치한 후 색소를 추출하였다. 추출된 색소는 여과지(Whatman No. 1)로 Büchner funnel을 사용하여 흡입여과하였으며, 잔사는 감자 색소가 완전히 제거될 때까지 동일 용매를 사용하여 반복 추출하였다. 추출한 추출액을 규조토 여과하여 여과액을 획득하였고 획득된 여과액의 고형분을 제거하기 위해 8,000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 상등액을 수집하였다. 수집한 상등액은 분액여두를 사용하여 n-hexane(3회 반복)으로 지용성 색소 및 기타 지질 성분 등을 제거한 후 색소 안정성 실험에 사용하였다.

유색감자의 색소형성 정도에 따른 횡단면 특징

선택된 유색감자 4종(PL-6, 28, 31 및 Jasim)의 중앙부분을 횡으로 절단하여 횡단면의 색 강도 및 색소형성 상태를 조사하였다.

유색감자의 색소 안정성

pH의 영향 : 유색감자 색소의 안정성에 미치는 pH의 영향을 조사하기 위하여 정제된 유색감자 색소 추출액을 각각의 완충용액으로 20배 희석하여 pH를 조절하고, 20°C 의 정온기에 보관하면서 72시간 간격으로 시료를 채취하여 분광광도계(Z6100, Hitachi, Japan)로 흡광도 변화를 측정하였다. 사용한 완충용액은 pH 1.0~2.0의 경우 Clark-Lubs 완충용액(0.2 M KCl+0.2 M HCl)을, pH 3.0~7.0까지는 MacIlvaine 완충용액(0.1 M citric acid+0.2 M Na_2HPO_4)을 사용하였고, 525 nm에서 각각의 흡광도를 측정하였다.

당류의 영향 : 유색감자 색소의 안정성에 미치는 당류의 영향을 조사하기 위하여 정제된 색소 추출액을 pH 2.0의 완충용액으로 20배 희석하고 glucose, galactose, fructose maltose 및 sucrose를 각각 0.5 M이 되도록 용해시킨 후 20°C 항온기에 보관하면서 72시간 간격으로 시료를 취하여 525 nm에서 분광광도계(Z6100, Hitachi, Japan)로 흡광도를 측정하였다.

유기산의 영향 : 유기산 종류가 유색감자 색소의 안정성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 정제된 색소 추출액을 pH

2.0 완충용액으로 20배 희석하고 malonic acid, malic acid, tartaric acid, citric acid 및 succinic acid를 종류별 0.5 M의 농도가 되도록 첨가한 후 20°C 의 항온기에 보관하면서 72시간 간격으로 시료를 취하여 525 nm에서 분광광도계(Z6100, Hitachi, Japan)로 흡광도를 측정하였다.

Ascorbic acid의 영향 : 유색감자 색소의 안정성에 미치는 ascorbic acid와 thiourea의 영향을 조사하고자 정제된 색소 추출액을 pH 2.0의 완충용액으로 20배 희석한 다음 ascorbic acid를 500 및 1000 ppm 수준으로 첨가하고 20°C 항온기에 보관하면서 72시간 간격으로 시료를 취하여 525 nm에서 분광광도계(Z6100, Hitachi, Japan)로 흡광도를 측정하였다. 그리고 ascorbic acid 500, 1000 ppm과 thiourea 500 ppm을 혼합 첨가하여 흡광도 변화를 측정하였다.

광원의 영향 : 유색감자 색소의 안정성에 미치는 광선의 영향을 조사하기 위하여 정제된 색소 추출액을 pH 2.0인 완충용액으로 20배 희석한 다음 밀봉하고, 20°C 에 보관하면서 압소, 일광, 형광 등에 노출시키면서 72시간 간격으로 시료를 취하여 525 nm에서 분광광도계(Z6100, Hitachi, Japan)로 흡광도를 측정하여 색소 추출액의 경시적 변화를 조사하였다.

결과 및 고찰

색소 추출용 유색감자의 특성

유색감자 색소의 안정성, 구조분석 및 생리활성 실험에 사용한 시료의 횡단면 특징은 Fig. 1과 같다. PL-6, PL-28 및 PL-31은 자색소가 균일하면서 진하게 형성된 D Type 계통으로 구분되었다. 시료 100 g당 anthocyanin 색소는 PL-6의 경우 21.5 mg 그리고 PL-28은 29.0 mg, PL-31은 28.1 mg을 함유하고 있었으며, 반면 기존 육성 품종인 Jasim은 자색소가 부분적으로 미약하게 형성된 B Type 계통으로 anthocyanin 색소함량이 9.9 mg으로서 새로 육종된 유색감자 계통의 34~46% 수준이었다.

유색 감자의 색소 저장 안정성

pH의 영향 : 유색감자의 pH에 의한 계통별 anthocyanin 색소 추출액의 저장 기간별 변화는 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 색소 추출액의 색깔은 완충용액의 pH에 따라 특징적인 변화를 보였는데, PL-6의 경우 pH 1.0~2.0에서는 저장 기간에 관계없이 색소 잔존율이 95%이상으로 진한 자색을 나타낸 반면, pH 3.0 이후부터는 pH가 증가할수록 흡광도가 급격히 감소하여 anthocyanin 색소의 색깔이 얼어져서 pH 6.0일 때는 색소 잔존율이 41% 수준으로 거의 무색에 가까운 색깔을 나타내었다(a). PL-28(b)과 PL-31(c)의 경우, pH 3.0까지는 저장기간 15일까지도 anthocyanin 색소가 90% 이상 잔존하여 진한 자색을 나타내었으나 pH 4.0 이후부터는 급격히 감소하여 pH 7.0일 때는 초기의 37% 수준이었다. Jasim의 경우, PL-6과 마찬가지로 pH 1.0~2.0에서는 저장기간에 관계없이 95% 이상의 색소 잔존율을 유지하여 안정하였으나,

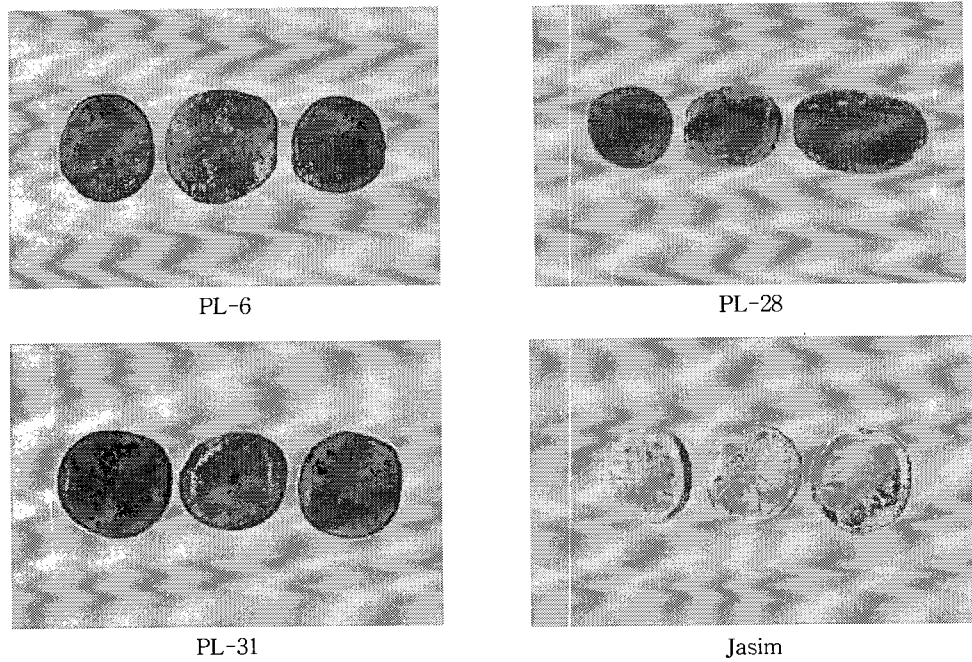


Fig. 1. Cross section of Korean purple-fleshed potato varieties used for extraction and analysis of anthocyanins.

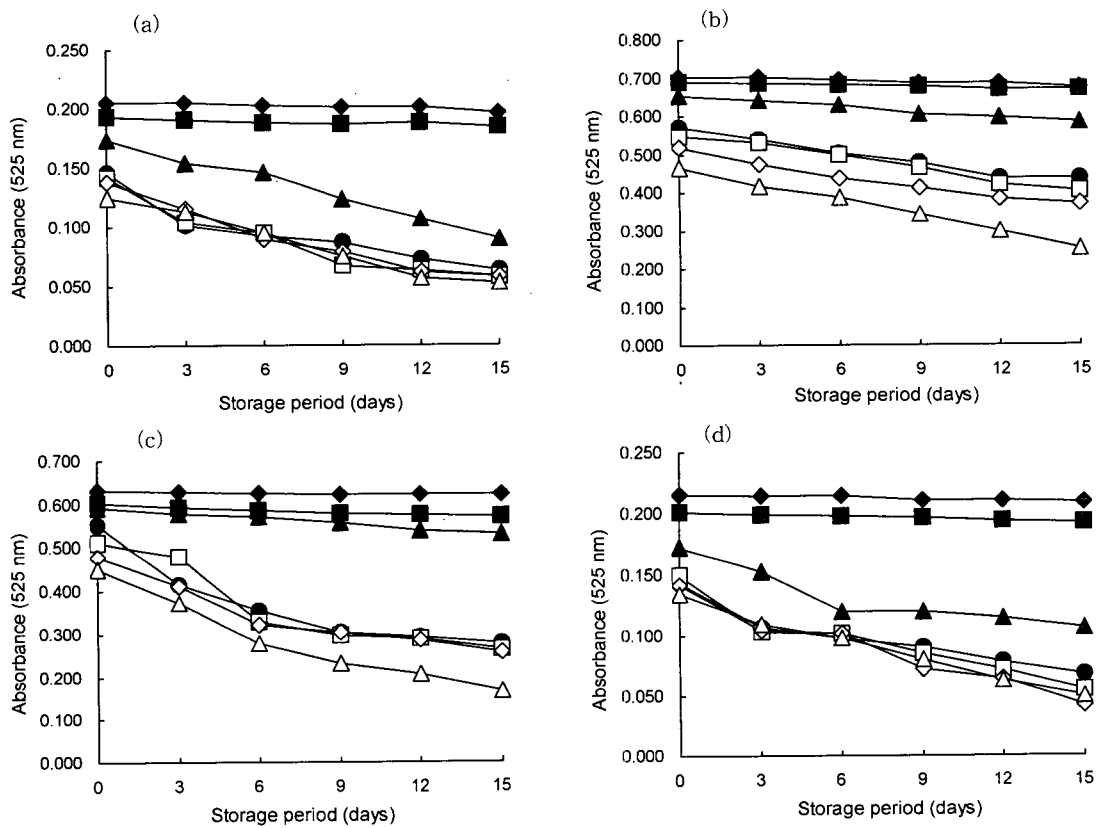


Fig. 2. Effect of pH on the stability of anthocyanin extracted from Korean purple-fleshed potato PL-6 (a), PL-28 (b), PL-31 (c) and Jasim (d).

—◆— pH 1.0, —■— pH 2.0, —▲— pH 3.0, —●— pH 4.0, —□— pH 5.0, —◇— pH 6.0, —△— pH 7.0.

그 이후로는 중성으로 갈수록 색소 추출액의 색소가 적어져 pH 6.0 이상에는 거의 무색을 나타내었다(d). 이 결과는 Park

등(9)이 보고한 pH 1.0에서 8.0으로 높아짐에 따라 색소 잔존률이 현저히 낮아진다고 한 내용과 일치하였다. pH가 높아짐

에 따라 색소가 변화되는 원인은 anthocyanin 색소의 전형적인 패턴으로 pH가 낮은 용액에서는 flavylium 양이온으로 존재하여 안정적으로 진한 적색을 나타내나 pH가 높아질수록 flavylium 양이온이 양자를 잃고 무색의 carbinol pseudobase를 형성하기 때문인 것으로 보고되었다(10). 유색감자의 anthocyanin 색소는 pH 1.0~3.0까지 흡광도의 변화가 저장기간에 따라 큰 변화가 없었으나 pH 4.0 이후에서는 유색감자 계통에 관계없이 큰 폭으로 감소함으로써 anthocyanin 색소가 급속히 파괴되는 것으로 확인되었다. 또한 Shim 등(11)이 보고한 pH가 포도 과피 anthocyanin 색소에 미치는 영향에서 pH가 중성에 가까워질수록 색소의 파괴가 많았다는 보고와도 일치하였다. 이러한 종합적인 결과로 볼 때, pH는 anthocyanin의 안정성에 영향을 미치는 중요한 인자로 작용한다고 볼 수 있다. Anthocyanin은 낮은 pH에서 양이온 형태가 우세하며 phenol 성 효소를 갖고 있는 불안정한 형태로 존재할 수 있고, 높은 pH에서는 호변이성 구조 중의 하나를 취하여 음이온 형태로 존재하는 양성물질이므로 그 빛깔은 pH에 따라 크게 달라지는 결과를 나타낸다. 또한 pH가 매우 낮을 경우에 anthocyanin 자체가 산에 의해서 가수분해되어 안정성이 감소하기도 한다. 따라서 식품의 pH 3.0 이상일 경우에는 Fossen 등의 결과(12)와 국내산 자색고구마 색소에서 나타난 결과(13)와 마찬가지로 유색감자의 anthocyanin 색소의 활용성에 대한 연구는 지속적으로 추진해야 할 것으로 생각된다.

당류의 영향: 당의 종류에 따른 유색감자 계통별 anthocyanin 색소의 저장 기간별 안정성 변화를 확인하기 위해 당의 농도를 0.5 M로 조정하여 실험한 결과는 Table 1에 나타낸 바와 같다. Glucose, fructose, galactose, maltose 및 sucrose의 당당류 3종과 이당류 2종을 첨가하여 15일간 저장하는 동안 유색감자의 anthocyanin 색소 강도는 점차적으로 약간 감소하였으나 Table 1에서 보는 바와 같이 무첨가구와 비교할 때 색소의 안정성에 큰 변화는 나타나지 않았다. Maltose는 PL-6, PL-28, PL-31 및 Jasim에서 추출한 색소에 대해 다른 당류보다 무첨가구에 비해 안정성이 낮은 편이었다. 반면에 glucose, fructose 그리고 galactose는 PL-31에서 추출한 색소에서 90% 이상의 안정성을 확인할 수 있었고, Jasim의 경우 glucose와 galactose 두 당류에서 92% 이상의 높은 안정성을 보여주었다. 당의 종류별로는 단당류인 glucose, fructose 및 galactose보다 이당류인 maltose와 sucrose가 anthocyanin 색소 분해를 촉진하여 단당류보다 색깔 강도를 더 감소시키는 것으로 확인할 수 있었다. 이것은 Rhim과 Kim(1)이 보고한 자색감자 색소의 색깔 강도 감소에 영향을 미치는 순서가 maltose, sucrose, galactose, fructose, glucose 순으로 보고한 내용과 거의 일치하였다. 이러한 결과로 볼 때 당의 첨가에 따라 anthocyanin 색소의 색깔 강도 차이가 나타나는 것은 당류의 종류와 유색감자 중에 함유되어 있는 anthocyanin 색소 중 peonidin, pelargonidin, petunidin, malvidin 등과 같은 aglycone 종류 및 함량에 따라 안정성에 영향

Table 1. Effect of sugars on the stability of anthocyanin from Korean purple-fleshed potato PL-6, PL-28, PL-31 and Jasim (Unit: %)

Sample	Sugars	Storage period (days)					
		0	3	6	9	12	15
PL-6	Control	100	96.4±0.4 ¹⁾	95.9±0.3	95.9±0.3	91.7±0.3	91.1±0.5
	Glucose	100	94.7±0.3	93.9±0.3	93.7±0.3	89.3±0.3	89.1±0.5
	Galactose	100	94.1±0.0	93.6±0.5	92.1±0.0	90.4±0.3	88.1±0.9
	Fructose	100	92.9±0.3	93.4±0.3	91.7±0.3	89.1±0.9	87.0±0.3
	Maltose	100	91.3±0.3	90.1±0.5	89.8±0.3	86.1±0.0	85.1±0.5
	Sucrose	100	90.8±0.6	90.4±0.3	89.6±0.0	86.5±0.8	86.5±0.3
PL-28	Control	100	97.9±0.0	97.6±0.2	96.6±0.0	94.3±0.6	94.0±0.2
	Glucose	100	94.2±0.0	93.3±0.0	92.7±0.1	89.5±0.1	88.7±0.2
	Galactose	100	94.4±0.1	93.5±0.1	92.6±0.1	90.2±0.3	88.1±0.3
	Fructose	100	93.3±0.1	91.9±0.9	91.6±0.1	88.3±0.2	87.5±0.2
	Maltose	100	90.8±0.2	89.2±0.1	88.2±0.1	85.1±0.4	84.7±0.5
	Sucrose	100	90.7±0.0	90.1±0.1	89.1±0.2	86.0±0.4	85.4±0.2
PL-31	Control	100	97.6±0.2	97.6±0.1	96.0±0.0	95.3±0.4	92.8±0.0
	Glucose	100	94.9±0.2	95.1±0.0	93.2±0.2	90.3±0.3	90.0±0.5
	Galactose	100	94.0±0.1	93.9±0.2	92.6±0.4	90.7±0.3	90.4±0.1
	Fructose	100	93.9±0.2	93.7±0.1	93.7±0.1	91.5±0.2	91.2±0.1
	Maltose	100	91.2±0.1	90.7±0.1	90.1±0.2	87.3±0.8	86.9±0.5
	Sucrose	100	91.2±0.1	90.8±0.0	89.9±0.1	88.1±0.2	87.3±0.6
Jasim	Control	100	98.5±0.0	97.7±0.0	96.7±0.0	93.5±0.0	93.4±0.3
	Glucose	100	96.8±0.3	97.0±0.0	97.2±0.6	94.5±0.9	93.7±0.6
	Galactose	100	96.0±0.0	94.9±0.3	95.0±0.0	92.2±0.3	92.0±0.5
	Fructose	100	94.7±0.6	94.0±0.0	93.7±0.3	90.5±0.0	89.4±0.3
	Maltose	100	92.9±0.3	91.9±0.3	89.2±1.9	87.2±1.1	86.6±0.0
	Sucrose	100	92.7±0.6	92.4±0.3	91.5±0.0	88.1±0.0	87.9±0.3

¹⁾Mean ± SD (n=3).

을 미치는 것으로 생각된다.

유기산의 영향: 유기산의 종류에 따라 유색 감자 계통별 anthocyanin 색소의 저장 기간별 안정성 변화를 확인하기 위해 유기산의 농도를 0.5 M로 조정하여 실험한 결과는 Table 2에 나타낸 바와 같다. Citric acid, tartaric acid 그리고 succinic acid 경우에는 무첨가구와 비교할 때 저장기간에 따라 색소 안정성을 감소시키지 않거나 오히려 개선시켰으나 malonic acid와 malic acid의 경우 저장기간에 따라 안정성을 감소시키는 경향을 나타냈다. 특히, PL-6의 경우 citric acid, tartaric acid 그리고 succinic acid를 첨가했을 때 무첨가구와 저장기간별 큰 차이는 없었으나 malonic acid와 malic acid의 경우에는 저장기간에 따라 안정성이 크게 떨어지는 경향이었으며, malonic acid는 15일 저장시 31.9%까지 잔존률이 떨어져 anthocyanin 색소 안정성에 전혀 도움을 주지 못하는 것을 관찰할 수 있었다. Malic acid의 경우 잔존률이 약 80%로 malonic acid보다는 안정성이 우수한 결과를 나타내었다. PL-28과 PL-31의 경우에는 저장 기간동안 malonic acid만 18.0%와 12.8%로 크게 떨어졌으나 그 이외의 유기산 첨가구에서는 높은 안정성을 나타내었다. Jasim의 경우에는 PL-6와 비슷한 경향을 나타내었는데 malonic acid를 첨가하여 15일 저장 후 색소 안정성은 잔존률이 약 33.1%까지 떨어지는 것을 확인하였으며 malic acid는 저장 15일째 약 76.1%의 잔존률을 보여주었다. 본 실험 결과 유기산 중 malonic acid와 malic acid는 anthocyanin 색소의 저장 안정성에는 거의 기

여하지 못하나 citric acid, tartaric acid와 succinic acid의 경우에는 색소 저장 안정성에 도움을 주는 것으로 보인다. Yoon 등(3)은 유색미의 anthocyanin 색소 추출물에 유기산 첨가시 저장 기간동안 비교적 색소 안정성이 유지되었으며, citric acid 첨가시 색소 안정성을 증진시키는 효과가 크다고 하였다. 또한 Lee 등(14)은 anthocyanin 색소 안정성에 유기산 중 citric acid가 가장 효과가 좋았으며 malic acid, tartaric acid, succinic acid 순으로 안정성이 있다고 보고하였다. 본 실험 결과와 비교했을 때 malic acid의 경우에는 tartaric acid와 succinic acid에 비해 안정성이 떨어지는 것으로 확인되어 Lee 등(14)이 보고한 내용과는 상이한 결과를 나타내었으나 malonic acid의 저장 색소 안정성 저하효과는 일치하였다.

Ascorbic acid의 영향: 유색 감자 계통별로 추출한 anthocyanin 색소의 안정성에 대한 ascorbic acid 농도와 색소 잔존률을 높이기 위하여 thiourea를 첨가하여 저장 기간별로 안정성에 미치는 영향을 실험한 결과는 Fig. 3에 나타낸 바와 같다. PL-6에 ascorbic acid의 농도를 500과 1000 ppm으로 첨가한 경우 잔존률이 무첨가구와 비교했을 때 각각 약 45%와 39% 수준으로 떨어지는 것을 확인하였다. 그러나 ascorbic acid 500 ppm과 1,000 ppm에 thiourea를 500 ppm씩 첨가할 경우에는 흡광도가 무첨가구에 비해 각각 약 89%와 84% 수준까지 색소가 유지되는 것을 확인할 수 있었다(a). 또한 PL-28과 Jasim의 경우 PL-6의 경우처럼 ascorbic acid의 농도를 500과 1000 ppm으로 첨가했을 때 흡광도는 두 농도 모두

Table 2. Effect of organic acids on stability of anthocyanin from Korean purple-fleshed potato PL-6, PL-28, PL-31 and Jasim (Unit: %)

Sample	Acids	Storage period (days)					
		0	3	6	9	12	15
PL-6	Control	100	94.6±0.0 ¹⁾	93.3±0.6	93.1±0.5	92.0±0.3	90.6±0.0
	Malonic	100	41.4±0.5	34.0±0.0	34.2±0.3	31.9±1.1	31.9±0.3
	Citric	100	94.9±0.3	94.6±0.0	94.4±0.3	93.4±0.3	91.6±0.0
	Tartaric	100	100.3±0.3	100.0±0.0	97.2±0.6	97.2±0.3	97.0±0.0
	Succinic	100	97.7±0.3	97.5±0.9	97.2±1.4	95.7±1.4	92.9±0.3
	Malic	100	80.8±0.0	78.8±0.0	78.3±0.5	76.8±0.0	74.9±0.0
PL-28	Control	100	99.9±0.3	98.8±0.2	98.2±0.2	97.9±0.3	97.4±0.0
	Malonic	100	29.2±0.1	23.6±0.0	21.2±0.3	18.9±0.0	18.0±0.1
	Citric	100	99.7±0.1	99.4±0.3	98.5±0.3	98.3±0.0	97.8±0.0
	Tartaric	100	101.9±0.2	101.9±0.3	101.1±0.7	100.9±0.4	100.1±0.3
	Succinic	100	100.3±0.1	100.3±0.3	100.0±0.6	99.0±0.1	98.6±0.1
	Malic	100	103.5±0.3	102.2±0.1	101.5±0.0	100.6±0.1	98.9±0.1
PL-31	Control	100	99.8±0.0	99.6±0.2	99.3±0.1	98.8±0.3	98.7±0.0
	Malonic	100	24.9±0.0	19.3±0.1	16.6±0.0	13.8±0.1	12.8±0.1
	Citric	100	99.8±0.1	99.7±0.2	99.5±0.0	98.8±0.3	98.0±0.2
	Tartaric	100	103.7±0.1	103.5±0.3	102.5±0.4	102.3±0.4	102.2±0.3
	Succinic	100	101.7±0.5	101.4±0.3	100.8±0.8	100.4±0.1	99.3±0.2
	Malic	100	98.2±0.2	97.2±0.0	96.7±0.1	95.8±0.1	94.4±0.1
Jasim	Control	100	97.5±0.3	96.9±0.7	96.9±0.5	96.1±1.4	88.7±0.0
	Malonic	100	40.1±0.0	38.3±0.6	35.3±0.0	35.3±0.6	33.1±0.9
	Citric	100	100.5±0.8	99.2±0.3	98.9±0.3	97.6±0.0	89.5±0.3
	Tartaric	100	97.9±0.3	97.2±0.3	98.7±0.0	98.4±0.3	88.7±0.0
	Succinic	100	97.3±0.0	96.7±0.3	96.7±0.3	96.2±0.5	88.1±0.3
	Malic	100	81.4±0.3	79.7±0.5	79.7±0.0	77.8±0.3	76.1±0.0

¹⁾Mean±SD (n=3).

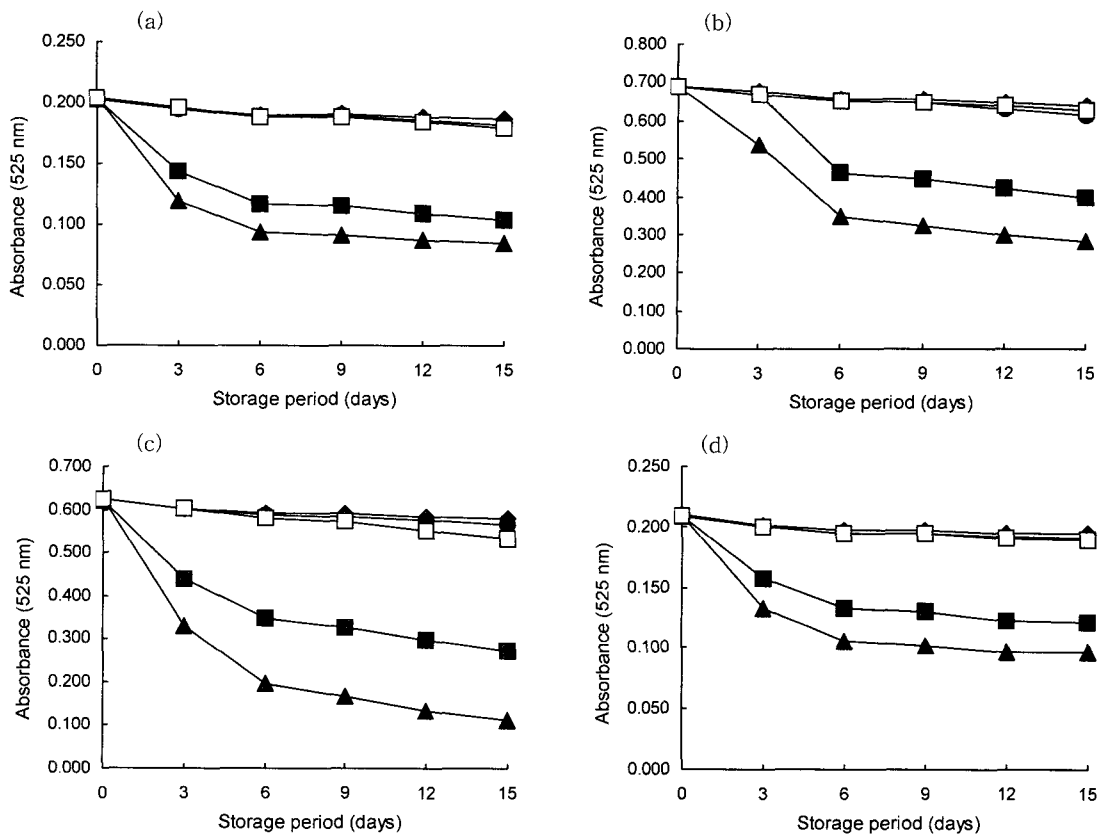


Fig. 3. Effect of ascorbic acid and thiourea on the stability of anthocyanin solution from Korean purple-fleshed potato PL-6 (a), PL-28 (b), PL-31 (c) and Jasim (d).
 —◆— Control, —■— Ascorbic acid 500 ppm, —▲— Ascorbic acid 1000 ppm, —●— Ascorbic acid 500 ppm+Thiourea 500 ppm, —□— Ascorbic acid 1000 ppm+Thiourea 500 ppm.

약 50% 이상의 감소를 나타내었고, thiourea와 함께 첨가할 경우에는 색소 파괴를 저지하여 색소 안정성이 유지되는 것으로 확인되었다(b, d). PL-31는 다른 품종에 비해 ascorbic acid만을 첨가했을 때 두 농도 모두 많은 색소가 파괴되어 안정성이 급격하게 떨어졌으며 thiourea와 함께 첨가했을 때에는 무첨가구보다 감소하였으나 거의 비슷한 안정성을 유지하는 것으로 나타났다(c). 전반적으로 ascorbic acid의 첨가는 anthocyanin 색소의 안정성을 크게 저하시켰고 그 감소 정도는 농도가 높을수록 큰 것으로 나타났으나 thiourea는 ascorbic acid로 인한 색소의 파괴 정도를 약 50% 정도 감소시켜 ascorbic acid의 색소파괴에 대한 저지효과를 보였다. 이와 같은 ascorbic acid에 의한 anthocyanin 색소의 파괴는 혐기적인 환경보다는 호기적인 환경에서 더 급격히 일어나는데(15), Clydesdale 등(16)은 건조시킨 분말 음료를 포장할 때 질소가스로 충전하면 포도색소의 파괴율을 감소시킬 수 있다고 보고하였으며, 자색고구마 색소 및 외국산 자색감자 색소(1)의 경우에도 이와 유사한 결과를 나타내어 anthocyanin계통의 색소 안정성은 전반적으로 호기적인 환경에서는 ascorbic acid에 의한 자동 산화에 매우 약한 것으로 나타났다. 그러나 본 실험 결과 thiourea를 첨가할 경우 안정성의 파괴 정도가 감소하였는데, 이것은 thiourea의 첨가로 인한

pH의 감소가 색소 안정성을 증가시킨 원인으로 생각할 수 있다. 이 외에도 Choi 등(17)은 적색 오렌지주스의 ascorbic acid 함량과 색도 안정성과의 연구에서 주스 내 ascorbic acid의 파괴와 anthocyanin 색소의 파괴 사이에 높은 상관관계가 있다고 보고하였다. 즉, ascorbic acid가 파괴되면서 anthocyanin 색소도 함께 파괴시켰는데, 이와 같은 결과는 본 실험에서 첨가해 준 ascorbic acid의 양이 증가할수록 anthocyanin 색소 파괴율이 높아졌던 것과 유사한 결과로 나타났다.

광원의 영향: 유색감자 계통별 anthocyanin 색소의 광원에 의한 저장기간별로 실험한 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같다. PL-6(a)의 경우 일광에서는 급속하게 안정성이 떨어졌으며, 형광이나 암실에서는 15일째까지 지속적으로 색도 강도가 감소하였다. PL-28(b)는 암실과 형광에서는 대체적으로 약간씩 색도 강도가 떨어졌으며, 일광의 경우에는 6일째까지 서서히 떨어지다가 6일째부터 9일째까지 급속하게 색도가 떨어졌고 그 이후에는 거의 일정한 수준을 유지하였다. PL-31(c)의 경우에는 암실, 형광 그리고 일광 조건하에서 모두 안정성이 지속적으로 떨어지는 것을 확인할 수 있었으며, 6일째까지 급격하게 떨어지다가 그 이후로는 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. Jasim(d)의 경우도 다른 유색감자와 거의 유사한 경향으로 일광이 가장 안정성이 떨어지는 것으로

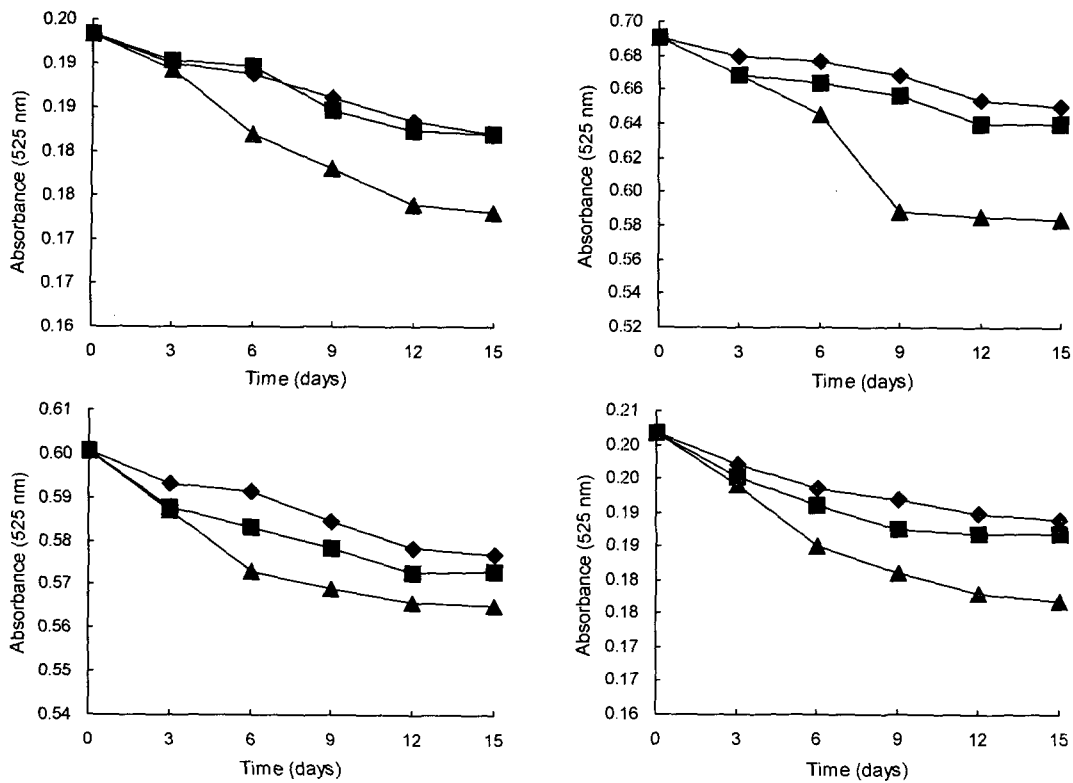


Fig. 4. Effect of light sources on the stability of anthocyanin from purple-fleshed potato PL-6 (a), PL-28 (b), PL-31 (c) and Jasim (d).

—◆— Dark, —■— Fluorescent light, —▲— Sunlight.

로 확인되었다. 따라서 유색감자 anthocyanin 색소는 암(暗) 조건에 저장할 때 비교적 안정함을 알 수 있었다. 반면에 형광에서 저장한 경우에는 PL-6(a)을 제외하고 저장 초기부터 지속적으로 15일째까지 안정성이 떨어지는 것을 확인하였으며, 일광일 경우에는 모든 시료에서 색도가 급격하게 떨어져 색소 잔존율이 상당히 감소하였다. 이러한 결과로 볼 때 유색감자의 anthocyanin 색소는 광에 대한 안정성이 매우 낮음을 알 수 있었으며 Lee 등(14)이 보고한 자색고구마의 광에 대한 안정성과 거의 유사한 결과를 나타내었다. Palamidis와 Markakis(18)는 포도 색소를 함유하는 탄산음료를 20°C의 암소 하에 보관했을 때 135일 경과 후 anthocyanin이 30% 정도, 일광 하에 두었을 때는 50% 정도, 22°C에서 24시간 형광 하에 두었을 때 70% 정도나 손실되었다고 보고하였다. 따라서 anthocyanin 색소는 빛에 손상을 입는 것으로 확인할 수 있었다.

요 약

유색 감자(PL-6, PL-28, PL-31과 Jasim)에 함유된 수용성 색소인 anthocyanin의 pH, 당, ascorbic acid, 유기산과 광원에 대한 색소 안정성을 조사하였다. pH는 유색감자의 anthocyanin 색소 안정성에 영향을 주는 것으로 나타났는데, pH가 낮을수록 색도가 높고 안정하였으며 pH가 높아질수록

색소 파괴가 많아지는 경향을 나타내었다. 유색 감자의 anthocyanin 색소에 당 첨가 시 저장 기간동안 점차적으로 색소가 약간 감소하는 것으로 나타났다. Tartaric, citric, succinic acid와 같은 대부분의 유기산은 anthocyanin 색소의 안정성을 개선시킨 반면 malic, malonic acid는 색소의 안정성을 감소시켰다. 유기산 중 하나인 ascorbic acid만을 첨가했을 때 anthocyanin 색소 안정성은 계속 감소하였으나 thiourea를 함께 사용한 경우 anthocyanin 색소의 안정성 유지에 효과가 있었다. 암실, 형광 그리고 햇빛에 대한 유색감자 anthocyanin 색소의 안정성은 점차 감소하며 빛으로부터 색소를 차단함으로써 색소분해를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

문 헌

1. Rhim JW, Kim SJ. 1999. Characteristics and stability of anthocyanin pigment extracted from purple-fleshed potato. *Korean J Food Sci Tech* 31: 348-355.
2. Zollinger H. 1991. *Color Chemistry*. 2nd ed. VCH, Weinheim.
3. Yoon JM, Cho MH, Hahn TR, Paik YS, Yoon HH. 1997. Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean pigmentedrice variety as natural food colorants. *Korean J Food Sci Technol* 29: 211-217.
4. Francis FJ. 1887. Future trends. In *Developments in food colors-2*. Walford J, ed. Applied Science Publishers, New York. p 233.

5. Hong JH, Chung HS, U H, Youn KS. 2002. Storage stability of anthocyanin pigment isolated from a wasted grape peels. *Korean Journal of Food Preservation* 9: 327-331.
6. Bettini V, Fiori A, Martino R, Mayellaro R, Ton P. 1985. Study of the mechanism whereby anthocyanosides potentiate the effect of catecholamines on coronary vessels. *Fitoterapia* 54: 67-72.
7. Vincieri FF, Romain A, Baldi M, Mulinacci N, Alberti MB. 1992. Analysis HPLC of anthocyanins present in fluid extracts from *Malva sylvestris* L. flowers and leaves. *Bull Liaison-Groupe Polyphenols* 16: 339-342.
8. Saija A. 1994. Pharmacological effects of anthocyanins from blood orange juice. *Essenze-Deriv Agrum* 64: 229-233.
9. Park CJ, Na MK, Oh SK. 1993. Study on the stability of anthocyanin pigment in 'Comet' radish (I). *Korean J Food Sci Technol* 25: 407-410.
10. Bassa IA, Francis FJ. 1987. Stability of anthocyanins from sweet potatoes in a model beverage. *J Food Sci* 52: 1753-1754.
11. 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.
12. Fossen T, Cabrita L, Andersen OM. 1998. Colour and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region. *Food Chemistry* 63: 435-440.
13. Kim SJ, Rhim JW, Lee LS, Lee JS. 1996. Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. *Korean J Food Sci Tech* 28: 345-351.
14. 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 Tech* 28: 352-359.
15. Sondheimer E, Kertesz ZI. 1953. Participation of ascorbic acid in the destruction of anthocyanin in strawberry juice and model systems. *Food Res* 18: 475-479.
16. Clydesdale FM, Main JH, Francis FJ, Damon RA. 1978. Concord grape pigments as colorants for beverages and desserts. *J Food Sci* 43: 1687-1692.
17. Choi MH, Kim GH, Lee HS. 2002. Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. *Food Research International* 35: 753-759.
18. Palamidis N, Markakis P. 1975. Stability of grape anthocyanin in a carbonated beverage. *J Food Sci* 40: 1047-1049.

(2004년 3월 26일 접수; 2004년 10월 21일 채택)