

## 통통마디(*Salicornia herbacea* L.)에서 추출한 적자색 색소의 특성 및 안정성

이영재 · 박인배 · 김해섭 · 신궁원 · 박정욱<sup>†</sup> · 조영철

전라남도 해양바이오연구원

### Characteristics and Stability of Violet Red Pigment Extracted from *Salicornia herbacea* L.

Young-Jae Lee, In-Bae Park, Hae-Seop Kim, Gung-Won Shin,  
Jeong-Wook Park<sup>†</sup>, and Yeong-Cheol Jo

Jeollanamdo Marine Bio Research Institute, Jeonnam 535-802, Korea

#### Abstract

To examine stability of a violet red pigment in a *Salicornia herbacea* L., several tests for pH, sugar, organic acid, ascorbic acid, amino acid, salt and temperature effect were carried out. A violet red pigment in *Salicornia herbacea* L. was the most stable in the range of pH 4 to 6. Each of the violet red pigments in *Salicornia herbacea* L. added with different amounts of sugar showed higher retention rate according to storage time than those of the control group. After 10 days of storage, especially the retention rate of the experimentals with 0.5 M sucrose was higher than the controls by about 11.1% while fructose, maltose, glucose and galactose were less higher in order. Also, adding organic acid reduced retention rate of the experimentals over the controls irrespective of sort and concentration of organic acid; also, the retention rate of the experiment with 0.5 M organic acid, the highest amount of all, reduced radically to 13.1 to 15.9% after 10 days storage. The retention rate of the experimentals added 1,000 ppm ascorbic acid and thio urea respectively after 10 days was 48.4%, which is higher than the controls by around 23.1%. As to amino acid, treatment on the pigment with aspartic acid 50 mM marked the highest retention rate of 41.5% and treatment with 2.0 M NaCl showed 31.6% retention rate, which was higher than the controls. While low temperature like 5°C and 25°C kept the stability of the pigment in storage, as temperature increased the stability of the pigment dropped rapidly.

**Key words:** *Salicornia herbacea* L., pigment, color stability, betacyanins

#### 서 론

통통마디(*Salicornia herbacea*, Marshfire Glasswort)는 명아주과(*Chenopodiaceae*)에 속하는 일년생 초본으로 다량의 염분을 체내에 축적할 뿐 아니라 Mg, Ca, Fe 그리고 K 등의 천연 미네랄을 다량 함유하고 있는 식물로 고염습 지역에서 생육이 가능하며 함초로 불리고 있다(1). 우리나라의 통통마디 서식지로는 서해안이나 남해안, 제주도, 울릉도 및 백령도 등 섬지방의 바닷물이 닿는 해안이나 갯벌 그리고 염전 주위에 무리지어 자생(2)하고 전남 신안과 영광, 전북 부안, 충남 태안 지역에서는 대규모로 재배가 이루어지고 있다. 통통마디는 초봄에는 연두빛, 여름에는 녹색 그리고 가을에는 붉은색으로 변하며, 녹색을 띠는 것은 샬러드용으로 식용된다(3). 통통마디의 다양한 기능성 및 효과 검증에 관한 연구로 Park과 Kim(4)의 통통마디에서 추출한 항산화 물질을 분리 동정, Jo 등(5)의 통통마디의 약리효과, Han(6)의 돼지고기에 대한 EM 함초발효액의 항산화 효과, Han

등(7)의 돈육지방에 미치는 함초의 항산화 효과, Han과 Kim(8)의 폐염전에서 채취한 함초의 항산화 효과, Bang 등(9)의 Streptozotocin-유발 당뇨쥐에 함초 첨가 식이의 항당뇨 및 항산화 효과, Lee와 An(10)의 함초의 생리활성기능 탐색, 함초의 생리활성기능과 화장품소재로서의 응용(11), 사염화탄소에 의한 흰쥐의 간독성에 미치는 함초의 보호효과(12) 등의 연구가 있으나 이들은 대부분 잎이 푸른 통통마디를 원료로 이용한 연구로 가을철의 붉은색 통통마디에 관한 다각적인 연구는 드문 실정이다.

붉게 물든 통통마디의 균락은 칠면초, 나문재와 더불어 가을철 갯벌의 장관을 이룬다. 이 통통마디의 붉은 색소는 물 또는 에탄올 용액으로 추출되는 betacyanin계통의 색소로 알려져 있는데 betacyanin계 색소는 주성분이 betalain으로 진한 적자색을 띠는 betacyanin과 황색의 betaxanthins으로 구성되어 있으며, red beet에 함유된 betacyanin의 75~95%는 betanin으로 알려져 있다(13). Batalain은 식품에 첨가되는 바람직한 적색 색소원으로 알려져 있어 젤라틴,

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: foodrrc@hanmail.net  
Phone: 82-61-275-1021, Fax: 82-61-275-1026

디저트, 제과, 제빵 등 다양한 식품산업에 첨가제로 활용되고 있다(14). Betalain 색소 중 적색을 나타내는 betacyanin은 200여종 식물에 함유되어 있는데 주로 red beet에서 추출·정제되는 것이 광범위하게 사용되어 왔다(15). 본 연구에서는 재배면적의 확대로 통통마디의 다양한 활용방안이 요구되는바 가을철 붉은 통통마디를 천연 색소소재의 원료 및 다양한 가공 제품으로 개발하기 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 통통마디에서 추출한 적자색 색소의 pH, 당, 유기산, 아미노산, 식염 및 온도의 영향에 대한 안정성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 통통마디는 2008년 10월 전남 영광군 염산면 일대의 간척지에서 채취한 잎이 붉은색인 통통마디를 사용하였다. 채취한 통통마디 중 붉은색 잎 부분만을 따로 모아 흐르는 수돗물로 세척 후 물기를 제거하였다. 이를 동결건조기(FDU-2100, EYELA, Tokyo, Japan)로 동결건조 후 100 mesh 이하의 분말로 제조하여  $-20^{\circ}\text{C}$  냉동고에 보관하면서 사용하였다.

### 색소의 추출

통통마디 동결건조 분말 50 g에 n-hexane 2 L를 가하여 실온의 암소에서 4시간가량 교반 후 Whatman No. 2 여과지로 걸러 지용성물질을 제거하고 통통마디에 남아 있는 n-hexane을 제거하기 위해 Hume hood 내에서 자연 증발시켰다. 탈지한 통통마디 분말을 모두 비커에 모아 증류수 1 L를 가하여 2시간가량 실온의 암소에서 교반하여 색소액을 추출하였다. 추출이 끝난 후 색소액을 분리하기 위하여 glass filter(pore 16~40  $\mu\text{m}$ )를 사용하여 흡인여과하고 잔사는 통통마디의 붉은 색소가 완전히 제거될 때까지 증류수로 반복 세척하여 추출하였다.

### 색소의 탈염

붉은색 통통마디 추출 색소액에 함유되어 있는 염을 제거하기 위해 총면적  $550\text{ cm}^2$ 인 10쌍의 양이온-음이온 교환막으로 구성되어 있는 Cartridge(AC-2110-550, Asahi Chemical Co., Shizuoka, Japan)가 장착된 전기투석기(Micro Acylizer-S3, Asahi Chemical Co.)로 전기투석 하였다. 전기투석은 100분 동안 실시하였으며, 전극액과 폐액은 3%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 와 초순수를 각각 1 L씩 사용하였다. 또한, 시료액과 전극액 및 폐액에는 코일형 냉각관을 담가 투석 시 온도 상승을 억제시켜 온도상승에 따른 색소의 파괴를 최소화하였다.

탈염 색소액의 column chromatography 및 표준 색소액 제조

Amberlite XAD-7(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 column에 충전한 후 탈염 처리한 통통마디 색소

추출액을 주입하고 증류수를 흘려 resin에 투과하는 적자색 색소액만을 모아 이를 membrane filter(Nylon, 5.0 micron)를 사용하여 여과하였다. 여과된 색소액을 진공감압농축기(N-1000, EYELA)를 사용하여  $35^{\circ}\text{C}$ 에서 감압농축 후 동결건조기(FDU-2100, EYELA)에서 건조하여 동결건조 색소분말을 제조하였다. 동결건조 색소분말 3 g을 취해 증류수 50 mL에 녹여 표준색소액을 제조하여  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하면서 본 실험에 사용하였다.

### pH 변화에 따른 분광학적 특성

통통마디에서 추출한 적자색 색소의 pH에 따른 분광학적 특성을 조사하기 위하여 표준색소액 1 mL를 pH 1.0~12.0으로 조절된 완충액으로 30배 희석하여 각 용액의 흡수파장에 대한 흡광도를 분광광도계(UV-1700, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 400~700 nm의 파장범위에서 측정하였다(16).

### pH의 영향

통통마디 적자색 색소의 안정성에 대한 pH 영향을 조사하기 위해 완충용액을 사용하여 pH를 1~12 조절하였는데 pH 1.0과 pH 2.0은 Clark-Lubs 완충용액(0.2 M KCl+0.2 M HCl)을 pH 3.0에서 8.0까지는 MacIvaine 완충용액(0.1 M citric acid+0.2 M  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )을 사용하였다. pH 9.0에서 11.0은 Carbonate-Bicarbonate 완충용액(0.2 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +0.2 M  $\text{NaHCO}_3$ )을 pH 12 완충용액은 0.1 M NaOH+0.05 M  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ 를 사용하였다(17). 앞서 제조한 표준색소액을 각각의 pH로 조절된 완충 용액으로 30배 희석하여 pH별로 cap test tube에 20 mL씩 넣고 밀봉 후  $37^{\circ}\text{C}$ 의 항온기에 보관하면서 2일 간격으로 540 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다.

### 당, 유기산, ascorbic acid, 아미노산 및 식염의 영향

통통마디 적자색 색소의 안정성에 미치는 당의 영향을 조사하기 위해 glucose, galactose, fructose, maltose, sucrose 5종 당을 각각 0.5 M 용액으로 조제하였고 유기산의 영향을 조사하기 위해 malic acid, citric acid, succinic acid 3종 유기산을 각각 0.1, 0.25, 0.5 M 용액으로 조제하였다. 또한, ascorbic acid의 영향을 조사하기 위해 ascorbic acid 500 ppm 용액, ascorbic acid 1,000 ppm 용액, ascorbic acid와 thio urea를 각각 500 ppm씩 함유한 용액 그리고 ascorbic acid와 thio urea를 각각 1,000 ppm씩 함유한 용액 등 4종의 용액을 조제하였다. 아미노산의 영향을 조사하기 위해서는 alanine, cysteine, proline, aspartic acid, taurine, glycine 6종 아미노산을 각각 50 mM 용액으로 조제하였으며 식염의 영향을 조사하기 위해 NaCl을 0.5, 1.0, 2.0 M로 각각 조제하였다.

상기 용액과 표준 색소액을 각각 혼합하여 540 nm에서 흡광도를 1.20 가량 되도록 희석하여 cap test tube에 각각 20 mL씩 넣고 밀봉 후  $37^{\circ}\text{C}$ 의 항온기에 보관하면서 2일 간격으로 540 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 이때 대조

구로는 증류수로 표준색소액을 녹인 용액을 사용하였다.

**저장 온도의 영향**

통통마디 적자색 색소의 안정성에 대한 저장온도의 영향을 조사하기 위해 표준 색소액과 증류수를 혼합하여 540 nm에서 흡광도를 1.20 가량 되도록 희석하여 cap test tube에 각각 20 mL씩 넣고 밀봉 후 5°C, 25°C, 37°C, 50°C, 75°C 그리고 100°C에 저장하면서 색소액의 경시적인 흡광도의 변화를 540 nm에서 측정하여 비교하였다.

**결과 및 고찰**

**pH 변화에 따른 분광학적 특성**

통통마디에서 추출한 적자색 색소의 최대흡수파장은 540 nm였다. 이는 Hideyuki(18)가 일본 북해도 지방에서 생육하는 통통마디의 잎으로부터 추출한 betacyanin 계통 색소의 최대흡수파장이 538 nm였다는 보고와 유사하였다. Betacyanin을 구성하는 주요 성분들의 최대흡수파장은 betanin 535~538 nm, isobetanin 538 nm, amarantin 536~540 nm, isoamarantin 536 nm, cleosianin 544~546 nm, isocleosianin 542~544 nm, gomphrenins 535~545 nm, mesembryanthemin-Ⅱ와 -Ⅲ 540~542 nm, oleracin-Ⅰ과 -Ⅱ 534~536 nm로 알려져 있다(19-22). 본 연구에 사용한 적자색 색소는 성분별로 분리 작업을 거치지 않아 수종의 다양한 betacyanin 계통의 성분들이 혼합되어 있을 것으로 예상되었다. 통통마디 적자색 색소는 완충용액의 pH에 따라 Fig. 1과 같은 분광학적 특성을 보였다. 즉, 통통마디 적자색 색소는 pH 3~8의 범위에서는 큰 차이를 보이지 않았지만 이보다 pH가 감소하거나 증가하면 적자색 색소가 급격히 감소하는 경향을 보여 주었다. 특히 pH가 10 이상일 경우 적자색 색소의 손실이 컸다. 이는 Lee 등(23)이 선인장 열매로부터 추출한 점질물의 pH를 알칼리 조건으로 처리 시 적색소가 급감했다는 보고와 일치한 결과로 betacyanin은 알칼리 조건에서 극히 불안정하다는 사실을 확인할 수 있었다.

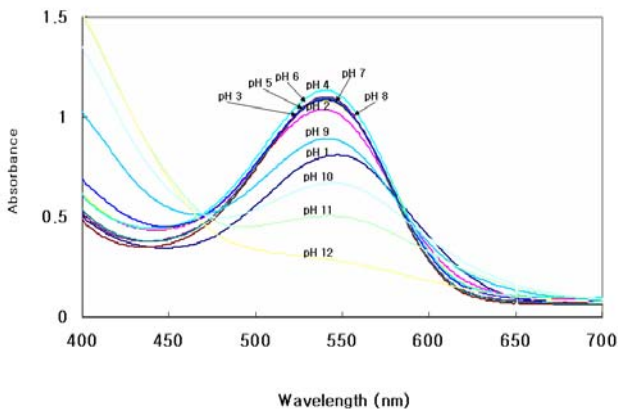


Fig. 1. Effect of pH on absorption spectra of the violet red pigment from *Salicornia herbacea* L.

또한, pH 3.5 이하나 7.0 이상에서는 적색색소 최대흡수파장의 흡광도가 감소한다는 보고(24,25)와 유사한 결과를 보여 통통마디에서 추출한 적자색 색소를 이용하여 가공제품 등을 제조 시 색소를 안정적으로 보존하기 위해 pH 3~8의 범위 내에서 가공이 이루어져야 될 것으로 예상되었다.

**pH의 영향**

pH를 달리 조절한 통통마디 적자색 색소추출액의 저장 중 색소의 변화는 Fig. 2와 같았다. 저장 2일 경과 후 pH 1로 처리한 시료구의 색소 잔존율은 15.7%, pH 10~12 조건에서는 색소 잔존율이 각각 16.0~18.9%로 급격히 감소하여 적자색이 거의 소멸되었다. 그러나 pH 4~6으로 조절한 색소액은 상대적으로 다른 pH 조건의 색소액보다 안정하였으며 특히 pH 5로 조절한 색소액은 저장기간 6일이 경과하면 색소 잔존율이 47.1%로 다른 pH 범위보다 가장 높은 색소 잔존율을 보였다. 또한, pH 5로 조절한 색소액은 저장기간 10일 경과 후에도 색소 잔존율이 36.2%로 pH 12로 조절한 색소액의 색소 잔존율인 9.1%에 비해 약 4배 가량 색소 잔존율이 높았다. 이는 beet red(26,27), 선인장의 붉은 열매(28), 맨드라미 꽃(29)에서 추출한 색소액이 pH 4와 pH 5에서 가장 안정적이었다는 연구와 유사한 결과를 보였다.

**당류의 영향**

본 결과에는 나타내지 않았으나 당의 용해도를 고려하여 0.1 M, 0.25 M, 0.5 M로 다양하게 처리한 예비실험에서 색소의 안정성이 다른 농도에 비해 상대적으로 높은 0.5 M을 선택하여 통통마디 적자색 색소 용액에 처리하였다. 통통마디 적자색 색소의 안정성에 미치는 당의 영향은 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 당을 첨가하더라도 저장기간이 경과함에 따라 색소의 잔존율은 차차 감소하였으나 당의 첨가는 모든 시험구에서 색소의 안정성이 대조구에 비해 높은 효과를 보였다. 당의 종류에 따른 색소 잔존율은 저장 10일 경과 시 sucrose를 처리한 색소액이 36.4%로 가장 높았으며 다음으로 fructose 34.6%, maltose 34.4%, glucose 32.1%, galactose 30.1% 순으로 대조구의 25.3%에 비해 4.8~11.1% 가

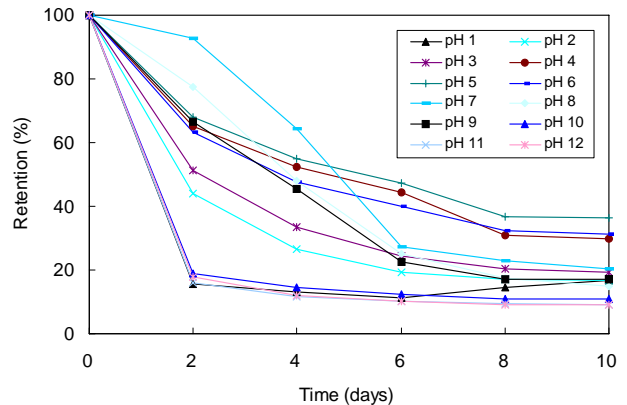


Fig. 2. Effect of pH on residual percentage of the *Salicornia herbacea* L. violet red pigment solution at 37°C.

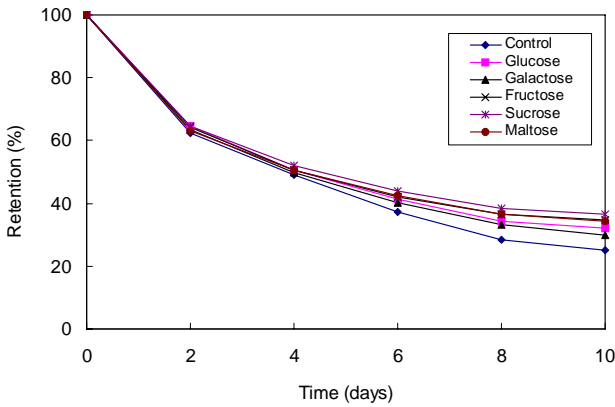


Fig. 3. Effect of sugars on residual percentage of the *Salicornia herbacea* L. violet red pigment solution at 37°C.

높은 색소 잔존율을 보였다. 이는 Lee 등(29)이 맨드라미꽃에서 추출한 적색색소를 당 종류를 달리하여 저장기간 중의 색소의 안정성을 비교한 결과와 당 종류의 순서만 다소 달라졌을 뿐 당 첨가는 betacyanin 색소의 안정성에 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 Rhim과 Kim(16), Kang 등(30)과 Shim 등(31)이 일부 anthocyanin에 대한 당류의 영향을 조사한 결과 당 첨가가 색소의 안정성을 감소시켰다는 결과와는 상이하였다. 이는 betacyanin과 anthocyanin 색소의 구조적 특징 내지는 화학적인 특징의 차이에서 기인한 것으로 추정되었다.

유기산의 영향

유기산의 종류와 농도에 따른 통통마디 적자색 색소의 영향은 Fig. 4에 나타난 바와 같다. 통통마디 적자색 색소는 처리한 유기산의 종류와 농도에 관계없이 모두 대조구에 비해 색소의 잔존율이 감소하였다. 즉, 저장 2일 경과 후 대조구의 색소 잔존율이 62.2%인 반면 구연산 처리 시 22.6~34.8%, 사과산은 27.7~40.4% 그리고 숙신산 처리 시 37.7~54.0%로 색소의 잔존율이 낮았으며 특히 구연산 처리 시 색소의 파괴가 컸다. 또한, 저장기간 10일 경과 후 유기산

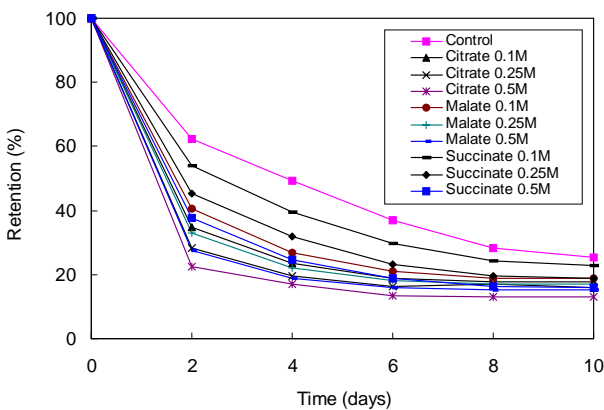


Fig. 4. Effect of organic acids and their concentrations on residual percentage of the *Salicornia herbacea* L. violet red pigment solution at 37°C.

농도를 0.5 M로 처리한 3종 시료구의 색소 잔존율이 13.1~15.9%로 감소하여 적자색 색소가 거의 소멸되었다. 이는 Chung과 Kim(28)이 선인장 열매에서 추출한 betanin 색소에 구연산 등 3종의 유기산을 100 ppm 및 500 ppm 처리 후 4°C에서 4주간 저장하면서 저장기간에 따른 L, a, b값을 대조구와 비교한 결과 유기산처리에 의해 색소액의 안정성에 영향을 미치지 않았다는 결과와 상이하였다. 그러나 Lee 등(29)은 맨드라미꽃의 적색색소에 구연산 등 8종의 유기산을 1 mEq로 처리하여 4°C에서 저장하면서 색소 잔존율을 조사한 결과는 본 연구결과와 유사하게 유기산을 처리한 시험구 모두 대조구에 비해 색소 잔존율이 감소하였다. 이 차이는 Chung과 Kim(28)이 처리한 유기산의 농도와 저장온도가 본 실험에 비해 상대적으로 낮아서 차이가 난 것으로 예상되었다.

Ascorbic acid의 영향

통통마디 적자색 색소의 안정성에 미치는 ascorbic acid와 thio urea 처리효과는 Fig. 5와 같다. ascorbic acid와 thio urea를 처리한 시험구는 모두 대조구에 비해 색소의 안정 효과가 있었다. 색소액의 저장 10일 후의 색소 잔존율은 ascorbic acid를 500 ppm 처리한 시료구가 40.2%, ascorbic acid를 1,000 ppm 처리구가 42.7%로 ascorbic acid 농도에 의한 안정성 차이는 크지 않았다. 그러나 ascorbic acid와 thio urea를 각각 1,000 ppm씩 병행 처리한 시료구에서 저장 10일 경과 색소의 잔존율이 48.4%로 대조구에 비해 약 23.1%가량 높아 안정성이 가장 큰 것으로 나타났다. Kim 등(32)은 선인장 열매 적색색소 추출액에 ascorbic acid 첨가로 대조구에 비해 2~10%, Attoe와 von Elbe(33) 또한 ascorbic acid 첨가로 구연산 완충용액 중의 betanin의 안정성을 개선하였다고 보고하였다. 한편, ascorbic acid 첨가로 색소의 저장효과가 감소된 결과(13,29)도 보고되고 있는데 이는 색소를 추출한 원료의 종류 및 색소용액의 저장조건 등에

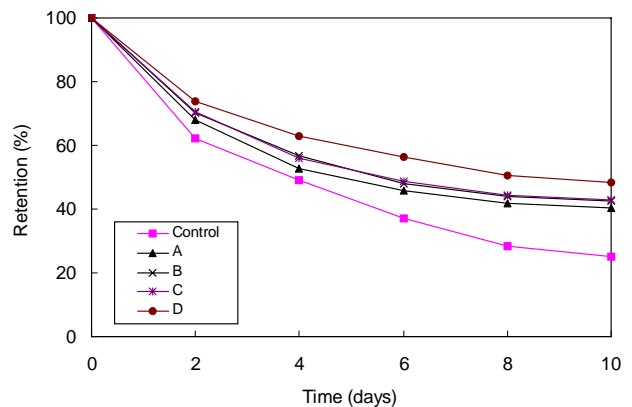


Fig. 5. Effect of ascorbic acid and thio urea on residual percentage of the *Salicornia herbacea* L. violet red pigment solution at 37°C. A: ascorbic acid 500 ppm, B: ascorbic acid 1,000 ppm, C: ascorbic acid 500 ppm+thio urea 500 ppm, D: ascorbic acid 1,000 ppm+thio urea 1,000 ppm.

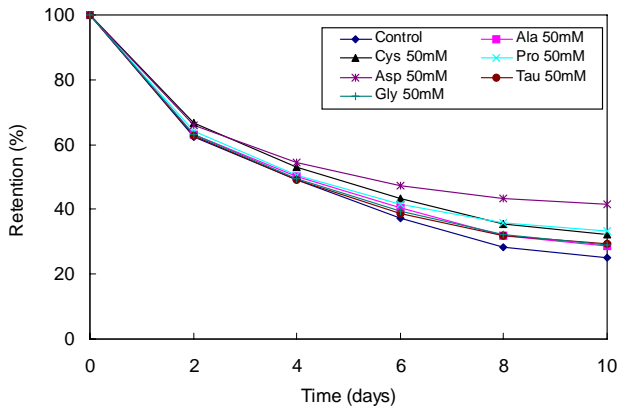


Fig. 6. Effect of amino acids on residual percentage of the *Salicornia herbacea* L. violet red pigment solution at 37°C.

따라 달라질 수 있음을 시사하고 있다.

#### 아미노산의 영향

Alanine, cysteine, proline, aspartic acid, taurine, glycine 등 식품첨가물로 사용되고 있는 6종 아미노산을 각각 50 mM 농도로 조제 후 통통마디 적자색색소와 혼합하여 저장기간 경과함에 따라 적자색색소의 잔존율을 비교한 결과는 Fig. 6과 같다. 대조구를 포함한 모든 시험구에서 저장기간이 경과함에 따라 색소의 잔존율이 점차 감소하였다. 그러나 저장기간 10일 경과 후 아미노산을 첨가한 시험구의 색소 잔존율은 28.6~41.5%로 대조구의 25.3%에 비해 1.13~1.64배 가량 색소 잔존율이 높았다. Kim 등(32)은 선인장 열매의 적자색색소에 cysteine 첨가 시 색소감소를 억제한다는 보고를 했으나 본 실험에서는 cysteine보다는 proline과 aspartic acid가 효과적인 것으로 나타났다. 특히, 저장기간 10일 경과 후 aspartic acid를 첨가한 시험구의 색소 잔존율이 41.5%로 가장 높았다. 또한, 포도과피에서 추출한 anthocyanins 색소에 아미노산을 첨가 후 저장기간에 따른 색소의 안정성을 비교한 결과(34)에서도 aspartic acid가 대조구 및 다른 아미노산에 비해 색소의 안정성이 큰 것으로 보고되었다. 따라서 통통마디 적자색 색소의 안정성을 높이기 위해 aspartic acid 등 아미노산을 첨가하는 것이 효과적일 것으로 예상된다.

#### 식염의 영향

식염처리 농도에 따른 통통마디 적자색 색소의 저장 효과는 Fig. 7과 같이 대조구와 처리구간에 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장기간 10일 경과 후 식염 농도를 2.0 M로 처리한 시료구의 색소의 잔존율은 31.6%로 대조구에 비해 1.24배가량 높았으며 0.5 M 식염 처리구의 색소 잔존율 28.3%와 1.0 M 식염 처리구 28.1%에 비해 다소 높은 경향을 보였다. 통통마디는 염생식물로 서식지가 염전 및 갯벌 부근의 고염분 조건에 생육하는 식물이라 식염을 다량 함유하고 있다. Kim(35)은 동결건조한 통통마디의 잎과 줄기의 식염 함량이 약 7.7~20.2% 가량 함유되어 있다고 보고하였다. 따라서 통통마디의 적자색 색소를 염분이 함유된 식품에 적

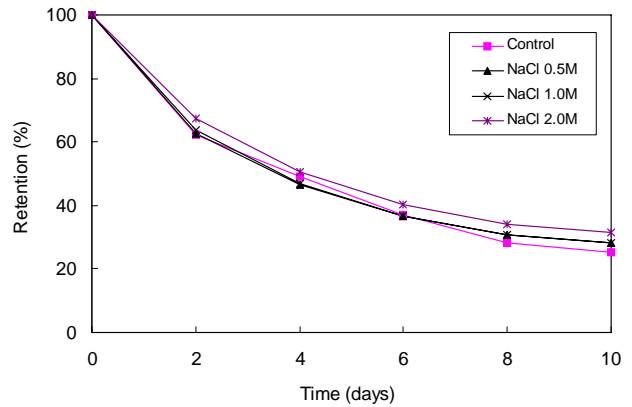


Fig. 7. Effect of NaCl and their concentrations on residual percentage of the *Salicornia herbacea* L. violet red pigment solution at 37°C.

용하고자 할 때는 탈염 등 정제공정이 없이 색소와 자체 함유된 염분을 동시에 활용하는 것이 바람직할 것으로 보였다.

#### 저장온도의 영향

통통마디 적자색 색소에 대한 온도의 영향은 Fig. 8과 같이 상대적으로 저온에 저장한 색소액은 시간이 경과해도 큰 변화가 없어 24시간 경과 후에도 5°C와 25°C에 저장한 시료는 각각 99.7%와 92.6%의 색소가 잔존하였다. 그러나 저장온도가 높아질수록 색소의 잔류량이 급속히 감소되어 75°C에 저장한 시료는 4시간 경과 후 색소 잔존율이 49.5%로 절반 이하로 감소하였으며 24시간 후에는 색소 잔존율이 15.0%만 남았다. 또한, 저장온도가 가장 높았던 100°C에 저장한 색소액은 저장기간 1시간 경과만에 색소의 잔존율이 41.7%로 급격히 감소하였으며 2시간 경과 후에는 색소의 잔존율이 23.3%만 남아 대부분의 적자색 색소를 소실하였다. Betanin은 열에 노출되면 betalamic acid와 cyclodopa 5-o-glucoside로 분해되는 현상(36)이 일어나는데 통통마디 적자색 색소도 이와 유사한 결과를 보였을 것으로 예상되었다. 이는 Betacyanin을 비롯한 betanin 계통 색소는 열에 약

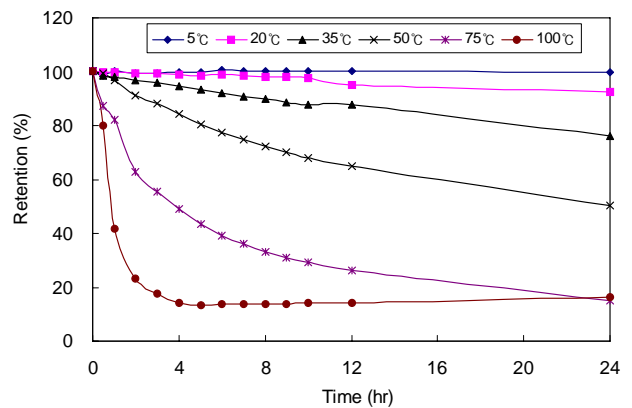


Fig. 8. Residual percentage of the *Salicornia herbacea* L. violet red pigment solution during storage at various temperatures.

하다는 여러 연구(13,25,27,37-39)에서도 밝혀진 것처럼 통통마디 색소를 식품제조에 첨가하여 가공하거나 저장할 경우 온도 상승을 최소화시켜야 될 것으로 예상되었다.

## 요 약

통통마디의 적자색 색소의 안정성에 대한 pH, 당, 유기산, ascorbic acid, 아미노산, 식염 및 온도의 영향을 조사하였다. 통통마디 적자색 색소는 pH 4~6 범위에서 가장 안정하였으며, 저장기간에 따른 통통마디 적자색 색소의 잔존율은 다양한 당 첨가에 의해 대조구에 비해 높았다. 특히, 저장기간 10일 경과 후 0.5 M sucrose를 첨가한 시료구는 대조구에 비해 약 11.1% 가량 색소 잔존율이 높았으며 다음으로 fructose, maltose, glucose, galactose 순이었다. 또한, 유기산의 첨가로 종류와 농도에 관계없이 모두 대조구에 비해 저장기간 중 통통마디 적자색 색소의 잔존율을 감소시켰으며 특히, 유기산의 농도를 0.5 M로 가장 높게 처리한 시료구의 색소 잔존율이 저장 10일 후 13.1~15.9%로 크게 감소하였다. 저장기간 10일 경과 후 ascorbic acid와 thio urea를 동시에 1,000 ppm씩 첨가한 경우 저장 10일 경과 색소의 잔존율이 48.4%로 대조구에 비해 약 23.1% 가량 높았다. 또한 아미노산 중에서는 aspartic acid를 50 mM 처리 시 색소 잔존율이 41.5%로 가장 높았으며 식염의 농도를 2.0 M 처리 시 색소의 잔존율이 31.6%로 대조구에 비해 높았다. 5°C와 25°C 등 저온저장의 경우 색소의 안정성이 유지된 반면 저장온도가 상승함에 따라 색소의 안정성은 급격히 감소하였다.

## 감사의 글

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신 사업에 의한 연구비로 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Flowers TJ, Troke PF, Yeo AR. 1997. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann Rev Plant Physiol* 28: 89-121.
- Choi JK. 2001. *Korean herbs, flower and trees as traditional medicine 1*. Hanmunhwa, Seoul, Korea. p 63-74.
- Song HS, Kim DP, Jung YH, Lee MK. 2007. Antioxidant activities of red hamcho (*Salicornia herbacea* L.) against lipid peroxidation and the formation of radicals. *Korea J Food Nutr* 20: 150-157.
- Park SH, Kim KS. 2004. Isolation and identification of anti-oxidant flavonoids from *Salicornia herbacea* L. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 20-123.
- Jo YC, Ahn JH, Chon SM, Lee KS, Bae TJ, Kang DS. 2002. Studies on pharmacological effects of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). *Korea J Medicinal Crop Sci* 10: 93-99.
- Han SK. 2004. Antioxidant effect of fermented *Salicornia herbacea* L. liquid with EM (effective microorganism) on pork. *Korean J Food Sci Ani Resour* 24: 298-302.
- Han SK, Kim SM, Pyo BS. 2003. Antioxidative effect of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) on the liquid oxidation of pork. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 46-49.
- Han SK, Kim SM. 2003. Antioxidative effect of *Salicornia herbacea* L. grown in closed sea beach. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 207-210.
- Bang MA, Kim HA, Cho YJ. 2003. Hypoglycemic and anti-oxidant effect of dietary hamcho powder in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 840-846.
- Lee JT, An BJ. 2002. Detection of physical activity of *Salicornia herbacea*. *Kor J Herbology* 17: 61-69.
- Lee JT, Jeong YS, An BJ. 2002. Physiological activity of *Salicornia herbacea* and its application for cosmetic materials. *Kor J Herbology* 17: 51-60.
- Choi IK. 1998. Protective effect of *Salicornia herbacea* L. against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *Duksung Bull Pharm Sci* 9: 51-69.
- Pasch JH, von Elbe JH. 1979. Betanine stability in buffered solutions containing organic acid, metal cations, anti-oxidants or sequestrants. *J Food Sci* 44: 72-81.
- Aparnathi KD, Borkhatriya VN. 1999. Improved extraction and stabilization of natural food colorants. *Indian Food Industry* 18: 164-168.
- Whoppart A, Mabry TJ. 1968. The distribution and phylogenetic significance of the betalains with respect to the centrospermae. *Taxon* 17: 148-152.
- Rhim JH, Kim SJ. 1999. Characteristics and stability of anthocyanin pigment extracted from purple-fleshed potato. *J Korean Food Sci Technol* 31: 348-355.
- Kim SJ, Rhim JW, Lee LS, Lee JS. 1996. Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. *J Korean Food Sci Technol* 28: 345-351.
- Hideyuki C. 1976. Studies on betalain pigments of centrospermae plants with special reference to a violet red pigment in *Salicornia europaea* L. *Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers* 9: 303-372.
- Dreiding AS. 1961. The betacyanins: A class of red pigments in the centrospermae. In *Recent developments in the chemistry of natural phenolic compounds*. Ollis WD, ed. Pergamon press, Oxford, London, New York, Paris. p 194-211.
- Minale L, Piattelli M, de Stefano SD. 1967. Pigments of centrospermae-VII. betacyanins from *Gomphrena globosa* L. *Phytochemistry* 6: 703-709.
- Minale L, Piattelli M, de Stefano SD, Nicolaus RA. 1966. Pigments of centrospermae-VI. acylated betacyanins. *Phytochemistry* 5: 1037-1052.
- Piattelli M, Minale L. 1964. Pigments of centrospermae-II. distribution of betacyanins. *Phytochemistry* 6: 703-709.
- Lee SP, Whang K, Ha YD. 1998. Functional properties of mucilage and pigment extracted from *Opuntia ficus-indica*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 821-826.
- Nilsson T. 1995. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.). *Lanbrukshoegsk Ann* 36: 179-219.
- Von Elbe JH, Maing IY, Amundson CH. 1974. Color stability of betanin. *J Food Sci* 39: 932-934.
- Michael SR, Paul JL, Young RE. 1980. Effects of pH and ethephon on betacyanin leakage from beet root discs. *Plant Physiol* 66: 1015-1016.
- Sapers GM, Hornstein JS. 1979. Varietal difference in colorants properties and stability of red beet pigments. *J Food Sci* 44: 1245-1248.
- Chung MS, Kim KH. 1996. Stability of betanine extracted

- from *Opuntia ficus-indica* var. *Saboten*. *Korean J Soc Food Sci* 12: 506-510.
29. Lee SY, Cho SJ, Lee KA, Byun PH, Byun SM. 1989. Red pigment of the Korean cockcomb flower: Color stability of the red pigment. *Korean J Food Sci Technol* 21: 446-452.
  30. Kang CS, Ma SJ, Cho WD, Kim JM. 2003. Stability of anthocyanin pigment extracted from mulberry fruit. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 960-964.
  31. Shim JH, Kang KS, Choi JS, Seo KI, Moon JS. 1994. Isolation and stability of anthocyanin pigments in grape peels. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 960-964.
  32. Kim IH, Kim MH, Kim HM, Kim YE. 1995. Effect of antioxidants on the thermostability of red pigment in prickly pear. *Korean J Food Sci Technol* 27: 1013-1016.
  33. Attoe EL, von Elbe JH. 1985. Oxygen involvement in betanine degradation: effect of antioxidants. *J Food Sci* 50: 106-110.
  34. Oh JK, Imm JY. 2005. Effect of amino acids addition on stability and antioxidative property of anthocyanins. *Korean J Food Sci Technol* 37: 562-566.
  35. Kim YH. 2003. A study on the antioxidant activity of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). *MS Thesis*. University of Dongshin, Korea. p 23-24.
  36. Scwartz SJ, von Elbe JH. 1985. Identification of betanine degradation products. *Z Lebensm Unters Forsch* 176: 448-453.
  37. Saguy I. 1979. Thermostability of red beet pigment (betanin and vulgaxanthin I); influence of pH and temperature. *J Food Sci* 44: 1554-1555.
  38. Saguy I, Kepelman IJ. 1985. Thermal kinetic degradation of betanin and betalamic acid. *J Agric Food Chem* 26: 360-362.
  39. Huang AS, von Elbe JH. 1985. Kinetics of the degradation and regeneration of betanin. *J Food Sci* 50: 1115-1129.

(2009년 4월 16일 접수; 2009년 6월 2일 채택)