

선인장 붉은 열매에서 추출한 Betanine 색소의 안정성

정미숙 · 김경희
덕성여자대학교 교양학부

Stability of Betanine Extracted from *Opuntia ficus-indica* var. *Sabolen*

Mi-Sook Chung and Kyung-Hee Kim
Dept. of General Education, Duksung Women's University

Abstract

The stability of prickly pear color as affected by pH, metal ions, sugar and acids was studied. The color of prickly pear was most stable at pH 4 and 5. Metal ions (Fe, Cu) at a level of 100 ppm caused a decrease in stability compared to that of the control, whereas pigment of prickly pear was stable at 100 ppm of Sn ion. And the color of prickly pear was stable at 0.15 M fructose. Both 100 and 500 ppm ascorbic acid had the greatest effect on stability, while citric acid, phosphoric acid and tartaric acid had no effect on stability compared to that of the control. Based on the data presented, it was concluded that under selected conditions prickly pear pigment should find application as natural food colorants.

Key words: pigment stability, betanine, prickly pear

I. 서 론

선인장(*Opuntia ficus-indica* var. *sabolen* M_{AKINO})은 열대지방산의 다년초로서 우리나라의 제주도에서 재배되고 있는 선인장과의 식물이며 그 열매는 서양배 같은 모양으로 적색의 betalaines 색소를 함유하고 있다¹⁾. Betalaines 색소는 적색의 betacyanines과 황색의 betaxanthines으로 구성되어 있으며 적색비트에 함유된 betacyanine의 75~95%는 betanine으로 알려져 있다²⁾.

식품의 천연착색제로 이용되는 betanine은 열에 약하여 betalamic acid와 cyclodopa 5-0-glucoside로 분해되며, 저온에서 빛에 노출되면 안정성이 크게 저하되나 높은 온도에서는 열분해로 인하여 빛의 노출은 중요하게 작용하지 않는다. Betanine은 pH 4와 5에서 가장 안정하였고 온도가 증가할수록 열안정성은 감소하였으며 산소와 빛에 매우 민감하였다. Sulfur-containing antioxidant, ascorbic acid, isoascorbic acid는 betanine 색소를 효과적으로 안정화시켰다고 보고되어 있으나 금속이온이나 ascorbic acid 1000 ppm의 첨가 시 색소의 안정성이 저하되었다는 연구도 있다^{2,9)}.

Betalaines 색소를 함유한 식물 가운데 적색비트(*Beta vulgaris*)에 대한 연구는 많이 진행되어 있으나

선인장 열매(prickly pear)에 관한 연구는 미비한 실정이며 우리나라에서는 열안정성에 대한 항산화제 효과에 관한 연구¹⁰⁾가 이루어져 있다.

선인장 열매는 남아프리카에서 상업적으로 재배되어 생과실 또는 가공품으로 이용되고 있으며¹¹⁾ 우리나라에서도 선인장이 민간요법으로 이용되어 왔고 남부 지역의 기후조건에서 재배가 가능하여 선인장 열매의 생산이 증가될 것으로 기대되며, 이에 따른 선인장 열매 가공식품의 개발 및 천연착색료로 사용하기 위한 연구가 활발히 진행될 것으로 생각된다. 따라서 본 연구는 선인장 열매를 천연착색료로 사용하기 위하여 pH, 금속이온, 당 및 산의 영향에 대한 선인장 열매 색소의 안정성을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

제주도 한림읍 월령리에서 재배된 선인장(*Opuntia ficus-indica* var. *sabolen* M_{AKINO}) 열매를 1995년 11월에 채취하여 분쇄기로 잘게 분쇄시킨 후 3.76 kg의 열매에 70% MeOH 3 l 가한 후 색소를 추출하였다. 선인장 열매 slurry를 4°C에서 3000 rpm으로 30분간 원심분리(Beckman J2-21MIE Centrifuge)하여 상정액을 분리한

후 40°C에서 감압 농축(Buchi Rotavapor R-124)하였다. 메탄올 색소추출액에 에테르를 첨가하여 분획한 후 메탄올 색소층을 감압농축하고 동일한 방법으로 에틸아세테이트 및 부탄올을 각각 첨가하여 이들 용매층을 제거한 후 메탄올 색소층을 농축하여 108.23 g(71% Brix)을 얻어 약 2.88%의 색소를 얻었다.

2. 색소의 선호도

선인장 열매에서 추출된 색소를 음료의 천연착색제로 이용하기 위하여 색소 농도 선호도를 훈련된 10명의 관능요원을 대상으로 5점 척도의 관능검사를 하였다. 선인장 열매 색소액의 색이 포도음료와 유사하여 시판되고 있는 포도 음료수(Sunkist fresh 100 포도쥬스, Sunny10 포도쥬스, 과일혼 포도·배쥬스) 3종과 선인장 색소함유량 0.15 g/mL, 0.025 g/mL 및 0.0025 g/mL의 세가지 농도를 각각 pH 3, 4, 5(McIlvaine's 0.1 M citric-0.2 M phosphate 완충용액) 색소액으로 조제하여 총 12가지 시료를 대상으로 색소의 선호도를 조사하였다.

3. 색소의 안정성

선인장 열매 색소액의 pH, 금속이온, 당 및 산에 대한 안정성을 조사하기 위하여 다음과 같이 실험하였다. 색소함량을 용액 mL당 0.025 g으로 조절한 후 색소액의 pH를 McIlvaine's 0.1 M citric-0.2 M phosphate 완충용액으로 3, 4, 5, 6 및 7로 맞추어 공진시험관에 담고 산소를 제거하기 위하여 질소가스를 충전시켜 밀봉한 후 4°C에서 저장하면서 일주일 간격으로 4주 동안의 색도 변화를 L, a, b값으로 측정(HunterLab Color Quest II)하여 pH에 대한 안정성을 조사하였다.

선인장 열매 색소액의 금속이온, 당 및 산에 대한 안정성 실험은 pH 5에서 실시하였다. 금속이온의 영향을 조사하기 위하여 pH 5 완충용액에 녹인 FeCl₂, CuCl₂ 및 SnCl₂ 용액을 첨가하여 금속이온의 최종농도가 100 ppm이 되도록 조절하였고, 당류로는 pH 5 완충용액에 녹인 포도당, 과당을 0.15 M, 0.3 M의 두가지 농도로 첨가하였고 자당은 0.075 M, 0.15 M로 각각 조절하였다. 산에 대한 안정성을 조사하기 위하여 ascorbic, citric, phosphoric 및 tartaric acid를 최종 농도 100 및 500 ppm이 되도록 하였으며 모든 색소액은 질소가스를 충전시킨 다음 밀봉하여 4°C에서 저장하면서 1주일 간격으로 색도의 변화를 L, a, b값으로 측정하였다.

4. 통계분석

모든 자료의 분석은 SAS package를 이용하였다. 처리간의 유의차를 확인하기 위하여 Least Significant Difference(LSD) Test, Duncan's Multiple Range Test 및 Tukey's Studentized Range(HSD) Test를 실시하여 이들 3가지 분석에서 유의차가 있을 때 각 처리간의 유의차가 있는 것으로 인정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 색소의 선호도

제주도에서 생산된 선인장 열매 색소를 음료의 천연착색료로 사용하기 위하여 색소의 선호도를 조사하였다. 선인장 열매 색소액과 유사한 색을 지닌 시판되는 보라빛 포도쥬스 가운데 Sunkist fresh 100 포도쥬스, Sunny10 포도쥬스, 과일혼 포도·배쥬스의 3가지와 선인장 색소농도를 mL당 0.15 g, 0.025 g 및 0.0025 g이 함유되도록 조절한 3가지 농도를 pH 3, 4, 5 용액으로 각각 조제하여 총 12가지 시료를 10명의 관능검사자가 5점척도로 관능검사를 하였다. Table 1에 나타난 바와 같이 시판되고 있는 포도쥬스 3종은 평균 2.1점, 색소농도가 15%인 pH 3, 4, 5 용액의 평균 점수는 3.2점, 0.25% 함유된 pH 3, 4, 5 용액은 평균 3.1점, 2.5% 함유된 pH 3, 4, 5 용액은 4.2점으로 나타났다. 따라서 선인장 열매 색소액을 음료의 천연착색료로 사용할 때의 색소농도는 2.5%가 가장 선호됨을 알 수 있으며 본 실험은 이 농도에서 실시하였다.

2. pH의 영향

선인장 열매 색소액을 McIlvaine's 0.1 M citric-0.2

Table 1. Preference score for color of prickly pear solution and commercial fruit juice

		Preference score ^{4)*}
Prickly pear solution 15%	pH3	3.2 ^{bc}
	pH4	3.2 ^{bc}
	pH5	3.1 ^{bed}
Prickly pear solution 2.5%	pH3	4.1 ^{ab}
	pH4	4.3 ^a
	pH5	4.3 ^a
Prickly pear solution 0.25%	pH3	3.0 ^{cd}
	pH4	3.1 ^{bed}
	pH5	3.1 ^{bed}
Fresh 100 grape juice ¹⁾		1.8 ^c
Grape juice ²⁾		2.3 ^{cde}
Grape · pear juice ³⁾		2.1 ^{de}

¹⁻³⁾ Commercial fruit juice.

⁴⁾ Preference score: 5=very good to 1=very poor.

* p < 0.05.

Table 2. Main effect of pH on color of prickly pear during storage period at 4°C

Storage period (wk)	pH 3			pH 4			pH 5			pH 6			pH 7		
	L*	a*	b	L*	a	b*	L*	a	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	29.95 ^c	60.28 ^a	9.79	30.67 ^{bc}	60.20	10.28 ^b	31.08 ^b	60.58	10.62 ^b	30.84 ^{bc}	61.80 ^a	11.18 ^c	30.50 ^b	53.32 ^a	12.77 ^d
1	29.65 ^c	56.89 ^b	10.57	30.48 ^c	59.19	12.85 ^a	30.79 ^b	59.09	12.79 ^a	30.67 ^c	58.43 ^b	13.27 ^{ab}	29.29 ^b	53.65 ^a	12.96 ^c
2	30.58 ^b	56.91 ^b	11.86	31.06 ^b	58.82	12.58 ^a	31.15 ^{ab}	59.13	13.05 ^a	31.12 ^b	57.73 ^c	13.04 ^b	30.42 ^b	52.31 ^b	14.04 ^b
4	31.66 ^a	56.38 ^b	11.88	31.63 ^a	58.47	12.42 ^a	31.67 ^a	58.84	12.94 ^a	31.87 ^a	56.82 ^d	13.62 ^a	32.05 ^a	49.95 ^c	15.47 ^a

Data of Hunter values are means of duplicate. Means within columns having a common superscript letter are not significantly different at the 0.05 level.

Table 3. Main effect of metal ions on color of prickly pear during storage period at 4°C

Storage period (wk)	Control			Fe 100 ppm			Sn 100 ppm			Cu 100 ppm		
	L*	a	b*	L	a*	b	L	a	b	L*	a*	b
0	31.08 ^b	60.58	10.62 ^b	29.80	58.81 ^a	12.59	30.07	59.97	11.01	29.69 ^c	55.79 ^a	10.87
1	30.79 ^b	59.09	12.79 ^a	28.87	58.34 ^a	12.51	29.78	59.89	10.59	30.28 ^{bc}	54.32 ^b	10.18
2	31.15 ^{ab}	59.13	13.05 ^a	29.71	58.28 ^a	12.60	30.04	59.81	10.44	31.40 ^b	53.40 ^b	10.25
4	31.67 ^a	58.84	12.94 ^a	30.17	56.05 ^b	12.56	30.41	58.97	11.04	33.16 ^a	51.68 ^c	10.71

Data of Hunter values are means of duplicate. Means within columns having a common superscript letter are not significantly different at the 0.05 level.

M phosphate buffer로 pH 3, 4, 5, 6 및 7로 조절하여 4°C에서 4주간 저장하면서 색의 변화를 L, a, b값으로 나타내었다(Table 2). 색소용액 pH 3은 저장기간이 증가되면서 붉은색에 관여하는 a값이 감소되었다. pH 4와 5 용액은 시간이 지나면서 L값과 b값이 증가되는 경향을 보였으나 a값은 유의적 변화가 없었다. 즉 저장 초기부터 저장 4주까지 붉은 색의 변화는 미미하였다. 그러나 pH 6, 7 용액은 저장기간이 길어질수록 L, b값은 증가되는 반면 a값이 감소되어 선인장 열매 색소액의 고유한 붉은색이 감소되고 노란빛이 증가되었다. 따라서 선인장 열매 색소는 pH 4와 5에서 안정함을 알 수 있다. 이러한 결과는 적색비트에서 추출된 betanine이 pH 4와 5에서 안정하다는 결과^{48,9)}와 일치하고 있다. 대부분의 시판되는 과일 및 탄산음료의 pH가 산성범위이므로 선인장 열매 색소액을 음료의 천연착색료로 사용하는 것은 바람직하다고 여겨진다.

3. 금속이온의 영향

일반적인 식품의 구성성분이거나 식품가공과정 및 포장에서 혼입될 수 있는 Fe, Cu, Sn 이온을 각각 100 ppm 첨가하여 이들 금속이온이 선인장 열매 색소액에 미치는 영향을 조사하였다(Table 3). 대조군인 pH 5 용액은 a값의 유의적 변화가 없었으나 Fe이온의 첨가로 저장기간이 증가함에 따라 a값이 유의적으로 감소되었으며 구리이온은 L값의 증가와 a값의 현저한 감소를 가져왔다. 그러나 Sn 이온의 첨가는 저장기간동

안 색소액의 L, a, b값의 변화를 보이지 않았다. 즉, Fe 이온과 특히 Cu 이온이 선인장 색소의 변화에 큰 영향을 주었으나 Sn 이온은 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 영향은 금속이온이 전자공여체 및 수용체로 작용하여 친전자성 중심부를 불안정하게 하므로 발색단의 파괴와 관련된 화학결합의 재배열이 일어나 색소의 안정성이 감소된다고 볼 수 있다. Pasch 등²⁾도 betanine에 Fe 및 Cu 이온의 첨가로 색소 반감기가 감소되었다고 보고하였다. 紫根에서 추출된 천연색소인 acetylshikonin과 isobutylshikonin도 Fe 및 Cu 이온에 의하여 안정성이 감소되었다¹²⁾고 보고된 바가 있으므로 천연색소는 Fe 및 Cu 이온의 접촉을 최소화하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

4. 당의 영향

포도당, 과당의 0.15 M, 0.3 M 및 자당 0.075 M, 0.15 M이 선인장 색소용액에 미치는 영향을 조사하여 Table 4에 나타내었다. 저장기간 내의 비교에 의하면 포도당의 두가지 농도 모두 L, b값은 증가하였으나 a값은 감소되었다. 과당을 첨가하였을 때 저장초기의 a값은 대조군보다 낮았으나 저장 4주를 기준으로 볼 때 a값이 증가하는 경향을 보였는데 특히 과당 0.15 M 첨가군에서는 대조군보다 유의적($p < 0.05$) 증가를 나타내었다. 색소액에 자당을 첨가하였을 때 저장기간이 길어짐에 따라 b값이 증가되었다.

과당과 자당을 색소액에 첨가하였을 때는 대조군

Table 4. Main effect of sugar on color of prickly pear during storage period at 4°C

Storage period (wk)	Control			Glucose 0.15 M			Glucose 0.3 M			Fructose 0.15 M			Fructose 0.3 M			Sucrose 0.075 M			Sucrose 0.15 M		
	L*	a	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L	a*	b*	L	a*	b*
0	31.08 ^b	60.58	10.62 ^b	30.95 ^a	59.70 ^a	10.10 ^d	30.69 ^c	62.18 ^a	10.61 ^b	31.86 ^a	52.71 ^b	9.05 ^b	36.59 ^a	39.13 ^b	6.57 ^b	32.88	54.45 ^b	8.35 ^b	33.44	54.00 ^b	8.11 ^b
1	30.79 ^b	59.09	12.79 ^a	30.71 ^d	59.62 ^a	13.43 ^a	30.56 ^c	59.64 ^b	13.27 ^a	30.69 ^c	59.55 ^a	13.40 ^a	30.48 ^c	58.34 ^a	13.11 ^a	30.67	59.48 ^a	13.45 ^a	30.67	59.70 ^a	13.36 ^a
2	31.15 ^{ab}	59.13	13.05 ^a	31.20 ^b	59.39 ^a	13.02 ^b	31.11 ^b	59.36 ^c	12.95 ^a	31.30 ^b	59.55 ^a	13.19 ^a	31.04 ^{bc}	59.33 ^a	12.97 ^a	31.18	59.28 ^a	12.98 ^a	31.24	59.55 ^a	13.11 ^a
4	31.67 ^a	58.84	12.94 ^a	31.63 ^a	58.93 ^b	12.78 ^c	31.74 ^a	59.27 ^c	12.75 ^a	31.82 ^a	59.82 ^a	13.17 ^a	31.60 ^b	59.61 ^a	12.95 ^a	31.68	58.89 ^a	12.85 ^a	31.66	59.19 ^a	12.96 ^a

Data of Hunter values are means of duplicate. Means within columns having a common superscript letter are not significantly different at the 0.05 level.

및 포도당과는 달리 저장 초기의 a값이 현저히 감소되었다가 증가되는 경향을 보였는데 이러한 이유로 이들 당에 함유된 케톤기의 환원력이 a값 즉, 붉은색에 일시적인 영향을 미친 것으로 생각할 수 있으나 자세한 원인은 다음 실험에서 규명되어야 하겠다. 선인장 열매 색소액에 당을 첨가한 후 대조군과 처리군의 저장 4주 L, a, b값을 비교하였을 때 L 및 b값은 차이가 없었으나 과당 0.15 M 처리군의 a값이 대조군보다 유의적(p < 0.05)으로 높았다. 따라서 과당 0.15 M의 첨가로 선인장 열매 붉은색의 안정성이 증가되나 다른 당류는 색소 안정성에 영향하지 않음을 확인하였다.

5. 산의 영향

선인장 색소용액에 100 및 500 ppm의 tartaric, phosphoric, citric, ascorbic acid를 첨가하여 저장기간에 따른 L, a, b값의 변화를 조사하였다(Table 5). Tartaric, phosphoric, citric acid 첨가시 농도에 관계없이 저장기간이 길어짐에 따라 L, b값이 유의적으로 증가하였으며, phosphoric acid 100 ppm 첨가군을 제외한 나머지 처리군에서 a값의 감소를 보였다. 이와 같이 산을 첨가하였을 때 저장기간 내에서의 차이는 확인되었으나 저장 4주를 기준으로 대조군과 각 처리군의 L, a, b값을 비교하면 유의적 차이가 확인되지 않는다. 따라서 tartaric, phosphoric, citric acid 첨가가 선인장 열매 색소액 안정성에 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다.

Ascorbic acid 100 및 500 ppm이 첨가된 색소액의 저장 4주 값을 대조군 및 다른 산 첨가군과 비교하면 L 및 b값은 유의적으로 감소되었고 a값은 유의적 증가를 나타내었다(p < 0.05). 그러므로 ascorbic acid 100 및 500 ppm이 선인장 열매의 붉은색을 효과적으로 안정화시킴을 알 수 있다. 본 실험결과와 마찬가지로 Attoe 등은 betanine 용액에 0.1% ascorbic acid를 첨가하여 항산화효과가 증가하였다고 보고하였으며 김 등¹⁰⁾도 선인장 열매 추출액에 ascorbic acid 첨가로 항산화효과가 2~10배 증가되었다고 하였다. Pasch 등¹¹⁾은

Table 5. Main effect of acids on color of prickly pear during storage period at 4°C

Storage period (wk)	Tartaric acid					
	100 ppm			500 ppm		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	30.22 ^a	61.41 ^a	11.86 ^c	30.23 ^d	61.43 ^a	11.72 ^b
1	30.63 ^c	59.33 ^{ab}	13.26 ^{ab}	30.56 ^c	59.98 ^b	13.14 ^a
2	31.33 ^b	59.75 ^{ab}	13.61 ^a	31.26 ^b	59.76 ^b	13.45 ^a
4	31.75 ^a	57.87 ^b	12.92 ^b	31.78 ^a	59.30 ^b	13.16 ^a
Storage period (wk)	Ascorbic acid					
	100 ppm			500 ppm		
	L*	a	b	L*	a*	b
0	30.94 ^a	62.42	11.30	31.01 ^a	62.41 ^a	11.22
1	30.17 ^c	61.75	11.22	30.27 ^b	61.90 ^b	11.29
2	30.52 ^b	60.50	10.77	30.53 ^b	62.12 ^{ab}	11.22
4	31.79 ^a	61.93	11.25	30.88 ^a	62.31 ^a	11.19
Storage period (wk)	Phosphoric acid					
	100 ppm			500 ppm		
	L*	a	b*	L*	a*	b*
0	30.41 ^c	59.62	11.19 ^b	30.16 ^d	61.17 ^a	11.66 ^b
1	30.70 ^{bc}	59.78	13.43 ^a	30.57 ^c	59.87 ^b	13.14 ^a
2	31.22 ^{ab}	59.37	13.32 ^a	31.20 ^b	59.65 ^b	13.40 ^a
4	31.68 ^a	58.56	12.86 ^a	31.69 ^a	59.27 ^b	13.15 ^a
Storage period (wk)	Citric acid					
	100 ppm			500 ppm		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	30.19 ^d	61.32 ^a	11.81 ^c	30.57 ^c	60.96 ^a	11.30 ^b
1	30.75 ^c	59.90 ^b	13.38 ^{ab}	30.68 ^{bc}	59.93 ^{ab}	13.28 ^a
2	31.37 ^b	59.70 ^c	13.51 ^a	31.28 ^{ab}	59.76 ^b	13.41 ^a
4	31.86 ^a	59.31 ^d	13.21 ^b	31.65 ^a	59.15 ^b	13.16 ^a

Data of Hunter values are means of duplicate. Means within columns having a common superscript letter are not significantly different at the 0.05 level.

1000 ppm의 ascorbic acid가 betanine 용액의 반감기를 감소시켰으나 citric acid 100, 1000 ppm은 색소안정성에 영향을 주지 않는다고 하였다. 따라서 선인장 열매

의 색소를 음료에 첨가할 경우에는 ascorbic acid를 함께 사용하는 것이 매우 바람직하다고 여겨진다.

IV. 요 약

제주도에서 생산된 선인장 열매의 적색 betanine 색소를 천연착색료로 사용하기 위하여 pH, 금속이온, 당 및 산의 영향을 조사하였다. 선인장 열매 색소액을 음료의 천연착색료로 사용할 때의 색소농도는 2.5%가 가장 선호되었다. pH 영향에서 산성범위인 pH 4와 5에서 색소액이 비교적 안정하였으며 Fe 및 Cu 이온이 색소의 변화에 큰 영향을 주었으나 Sn 이온에 의하여 색소의 안정성이 감소되지 않았다. 선인장 열매 색소액에 0.15 M, 0.3 M의 포도당과 과당 및 자당 0.075 M, 0.15 M을 첨가하였을 때 대조군에 비하여 안정성이 감소되지 않았으며 과당 0.15 M 첨가군은 고유한 붉은색을 안정화시키는 결과를 가져왔다. 또한 tartaric, phosphoric, citric acid 100, 500 ppm을 첨가한 경우에도 대조군에 비하여 색소안정성의 변화를 보이지 않았으나 100, 500 ppm의 ascorbic acid는 항산화효과를 보여 색소의 안정성을 상승시켰다. 이상에서 제시한 바와 같이 선인장 열매의 적색색소가 합성색소에 비하여 안정성이 비교적 약하므로 색소의 안정성을 증가시키기 위한 많은 연구가 수행되어야 하며, 현재까지의 결과로 미루어 보아 제한된 조건에서 선인장 열매를 음료의 천연착색료로 사용하여야 하겠다.

감사의 말

본 연구는 1995년도 덕성여자대학교 교내 연구비 지원에 의하여 이루어졌으며 실험진행을 도와주신 한국식품개발연구원의 황금희 박사님께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 이창복: 대한식물도감. 향문사, p. 559 (1985).
2. Pasch, J.H. and von Elbe J.H.: Betanine stability in buffered solutions containing organic acids, metal cations, antioxidants, or sequestrants. *J. Food Sci.* **44**(1): 72 (1979).
3. Huang, A.S. and von Elbe J.H.: Stability comparison of two betacyanine pigments-amaranthine and betanine. *J. Food Sci.* **51**(3): 670 (1986).
4. Von Elbe J.H., Maing, I.Y., and Amundso, C.H.: Color stability of betanin. *J. Food Sci.* **39**: 334 (1974).
5. Saguy, I., Goldman, M., Bord, A., and Cohen, E.: Effect of oxygen retained on beet powder on the stability of betanine and vulgaxanthine I. *J. Food Sci.* **49**: 99 (1984).
6. Attoe, E.L. and von Elbe, J.H.: Degradation kinetics of betanine in solutions as influenced by oxygen. *J. Agric. Food chem.* **30**(4): 708 (1982).
7. Attoe, E.L. and von Elbe, J.H.: Oxygen involvement in betanine degradation: effect of antioxidants. *J. Food Sci.* **50**: 106 (1985).
8. Sapers, G.M. and Hornstein, J.S.: Varietal differences in colorant properties and stability of red beet pigments. *J. Food Sci.* **44**: 1245 (1979).
9. Huang, A.S. and von Elbe, J.H.: Effect of pH on the degradation and regeneration of betanine. *J. Food Sci.* **52**(6): 1689 (1987).
10. 김인환, 김명희, 김홍만, 김영연: 선인장열매 적색색소의 열안정성에 대한 항산화제의 효과. *한국식품과학회지*, **27**(6): 1013 (1995).
11. Joubert E.: Processing of the fruit of five prickly pear cultivars grown in South Africa. *International J. Food Sci. and Tech.* **28**: 377 (1993).
12. 정미숙, 이미순: 자근으로부터 분리한 naphthoquinone 류 색소의 온도 및 금속에 대한 안정성. *한국식품과학회지*, **27**(1): 97 (1995).

(1996년 9월 25일 접수)