

## 홍화 Carthamin의 식품색소로서의 안정성

윤주미 · 한태룡 · 윤혜현<sup>1\*</sup>

경희대학교 식물대사연구센터, <sup>1</sup>경희대학교 조리과학과

### Physicochemical Stabilities of Carthamins from Safflower Petals as Food Colorants

Joo-Mi Yoon, Tae-Ryong Hahn and Hye-Hyun Yoon<sup>1\*</sup>

Plant Metabolism Research Center, Kyung Hee University

<sup>1</sup>Department of Culinary Science and Arts, Kyung Hee University

The physical and chemical stabilities of carthamin of red pigment from safflower petals were investigated at various conditions of pHs, temperatures, inorganic ions, sugars, light and polysaccharides. The half-life values at pH 3.0, 5.0, 9.0 and 11.0 were 5.3, 5.0, 11.0 and 45.0 h, respectively, at 25°C. Therefore, carthamin is unstable at acidic condition. Carthamin was red, orange and yellow at acidic, neutral and alkaline solutions, respectively. At pH 3.0, carthamin was thermally unstable and the half lives were 3.62, 9.05 and 48.2 min at 90°C, 70°C and 50°C, respectively. Among various inorganic ions, Al<sup>3+</sup> stabilized carthamin at acidic condition. At pH 5.0, carboxymethylcellulose prolonged the half-lives of carthamin at 25-90°C. Carthamin was very sensitive to light (20,000 lux) and the half-life was 2.32 min at pH 3.0.

**Key words:** carthamin, food colorants, stability, safflower

## 서 론

국화과에 속하는 홍화(紅花, Safflower)는 잇꽃 또는 이시꽃이라고 불리는 식물로 이집트, 메소포타미아가 원산인 1년생 초본식물이다. 학명은 *Carthamus tinctorius* L로 기원전부터 씨앗과 꽃이 약물과 옷감의 염료로서 사용되어온 역사가 깊은 식물이다. 우리 나라에서는 예로부터 무명이나 비단에 진홍·분홍의 물을 들이기도 하였으며, 음식을 물들이는데 사용하였다. 이와 같이 잇꽃은 화장용·기름용·약용·직물염색 및 식품착색용, 그림 색소용 등 그 용도가 다양하였으며 혼례식 때 연지로도 사용되었다<sup>(1)</sup>. 또한 carthamin은 chalcone pigment로는 유일하게 식품착색용으로 사용되는 물질이다<sup>(2)</sup>.

홍화의 꽃잎에는 주요 적색소인 carthamin과 황색소인 safflomin-A, safflower yellow A, safflower yellow B 등이 존재하며, 그 중 적색소 carthamin은 수용액에서 불안정하며, 그 분해속도가 상당히 빠른 것으로 알려져 있다<sup>(3,4)</sup>. 홍화의 꽃잎은 노란색의 precarthamin을 함유하고 있고, 이 precarthamin이 산화되어 당이 떨어져 나오면서 적색의 carthamin을 형성하게 된다<sup>(5)</sup>. Carthamin을 비롯한 홍화의 색소들은 cellulose에 흡

착시킬 경우, 정제나 안정화에 탁월한 효과가 있어 색이 거의 변하지 않는다는 보고가 있다<sup>(2)</sup>. Saito<sup>(2)</sup>는 carthamin의 glucose의 1차 알콜기로 인해 cellulose와 강한 흡착을 나타낸다고 밝히고, cellulose와 chitin을 이용할 경우 물과 기름에 분산되는 색소를 분리해낼 수 있다는 사실을 제시하였다.

본 연구에서는 전래로부터 사용되어 오던 전통 식용색소 원으로서 홍화의 꽃잎으로부터 우리나라의 전통적인 연지를 얻는 방법을 개량하여 carthamin을 추출하여 사용하였다<sup>(6)</sup>. 전통적인 방법으로 얻어진 적색소를 식품첨가물로 사용하기 위하여 여러 가지 식품 조건인 pH, 온도, 금속이온, 당류 및 빛에 대한 안정성을 흡광도의 변화를 측정하여 carthamin의 분해속도와 반감기의 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 연구에 사용된 홍화 꽃잎은 건조된 상태로 경동시장에서 구입하였으며 4°C에서 보관하면서 시료로 사용하였다. Carthamin 추출 시 사용된 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, sodium citrate, 완충용액의 제조에 사용된 glycine, sodium citrate, sodium acetate, potassium phosphate, CHES, 다당류, 그리고 색소용액의 제조에 사용된 acetone은 Sigma Chemical사에서 구입하였으며, 그 외에 무기이온 용액의 제조에 사용된 시료들은 모두 분석용 등급이었다.

\*Corresponding author: Hye-Hyun Yoon, Department of Culinary Science and Arts, Kyung Hee University, Seoul 130-791, Korea  
Tel: 82-2-961-9403  
Fax: 82-2-961-0855  
E-mail: hhyun@khu.ac.kr

### 시료의 분리와 색소용액의 제조

건조된 홍화(100 g)의 꽃잎에서 물로 대략의 황색소를 추출하여 제거하고, 다시 꽃잎을 말려 분쇄기로 분쇄하여  $K_2CO_3$  용액(0.1 N, 500 mL)에서 1시간 동안 교반하면서 carthamin을 추출한 후, 추출액을 원심분리(7,000 rpm, 1시간)하여 상층액을 취하였다. 여기에 sodium citrate 용액(0.5 N, 130 mL)을 첨가하여 산성화(overnight, 4°C)시킨 후 원심분리(12,000 rpm, 1시간)하여 침전물을 얻었으며, acetone으로 적색소인 carthamin을 추출하고 acetone과 증류수를 혼합하여(acetone : water = 7 : 3(v/v)) 색소용액을 제조하고, -70°C에서 보관하면서 시료로 사용하였다.

### pH의 영향

홍화 적색소의 pH에 대한 안정성을 알아보기 위하여 pH 3.0(0.1 M, citrate buffer), pH 5.0(0.1 M, acetate buffer), pH 7.0(0.1 M, phosphate, tris buffer), pH 11.0(0.1 M, CHES)을 선택하여, 각각의 완충용액에 색소용액을 pH 3.0일 때 흡광도가 1.1 정도 되도록 첨가하여 시료를 제조하였다. 준비된 시료를 UV/Vis spectrophotometer(Varian, DMS-300)로 200~700 nm의 범위에서 각 pH에 따른 최대흡수파장을 측정하고, 25°C, 암조건에서 보관하면서 흡광도의 변화를 측정하여 분해속도상수 및 반감기를 조사하였다.

### 온도의 영향

홍화 적색소의 열 안정성을 알아보기 위하여 pH 3.0, 5.0, 7.0과 11.0의 완충용액에 색소용액을 pH 3.0 조건에서 흡광도가 1.1 정도 되도록 동일하게 첨가하여 시료를 제조하고, 90°C, 80°C, 70°C로 조정된 spectrophotometer에 고정하고, 각 pH 조건에서 흡광도의 변화를 측정하였고, 그 결과를 semilogarithmic plot하여 홍화 적색소 carthamin의 분해속도상수와 반감기를 조사하였다.

### 무기이온의 영향

홍화 적색소 carthamin의 무기이온에 대한 안정성을 조사하기 위해 1가 이온인  $Na^+$ ,  $K^+$ , 2가 이온인  $Ca^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ 과 3가 이온인  $Al^{3+}$ 를 선택하여, NaCl, KCl,  $CaCl_2$ ,  $ZnSO_4$ ,  $MgCl_2$ 과  $AlCl_3$ 로 금속이온 용액을 제조하였다. 적색소로서의 안정성을 조사하기 위하여 pH를 색소용액의 색이 붉은 색을 띠는 pH 3.0과 5.0으로 선택하였다. 제조된 금속이온 용액과 완충용액을 0.1 M의 농도가 되도록 첨가하고 색소용액을 흡광도가 1.0 정도 되도록 첨가하여 시료를 제조하였다. 이렇게 제조된 시료의 최대 흡수 파장을 조사하고, 25°C에서 12시간 동안 보관하면서 흡광도를 측정하여, 각 무기이온들이 분해속도상수와 반감기에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 각 시료를 여러 온도(90°C, 80°C, 70°C)에서 보관하며 흡광도를 측정하여 분해속도상수와 반감기를 조사하였다.

### 빛의 영향

홍화 적색소 carthamin의 빛에 대한 안정성을 조사하기 위하여 pH 3.0과 5.0인 완충용액에 색소용액을 흡광도가 1.0 정도 되도록 첨가하여 시료를 제조하였다. 제조된 시료를 식물배양기에 옮기고 25°C에서 20,000 lux로 조정된 빛에 노출

시켜 30분마다 흡광도를 측정하여 carthamin의 분해속도상수와 반감기를 조사하였다.

### 당류의 영향

식품에 많이 함유된 당의 영향을 살펴보기 위하여, pH 3.0과 pH 5.0의 완충용액에 색소용액을 가하고 단당류(glucose, galactose, fructose)와 이당류(maltose, sucrose)의 농도를 각각 0.1 M, 0.3 M, 0.5 M과 0.7 M이 되도록 첨가하여 시료를 제조하여 당 농도의 효과를 조사하고, 각각의 당류를 0.1 M의 농도로 첨가하여 25°C 수조에서 12시간 동안 방치하면서 흡광도의 변화를 조사하였다. 또한 높은 온도(90°C, 80°C, 70°C)에서 carthamin의 열에 대한 분해속도상수와 반감기를 조사하였다.

### 다당류의 영향

pH 3.0과 pH 5.0 완충용액에 색소용액을 가하고 starch, gum arabic, alginic acid, CMC(carboxymethylcellulose)를 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%와 1.0%가 되도록 첨가하여 흡광도가 가장 높아지는 농도를 조사하였다. 또한 각각의 다당류를 0.5%의 농도로 첨가하여 25°C 수조에서 12시간 동안 방치하며 흡광도를 측정하고, 여러 온도 (90°C, 80°C, 70°C)에서의 분해속도상수와 반감기를 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### pH의 영향

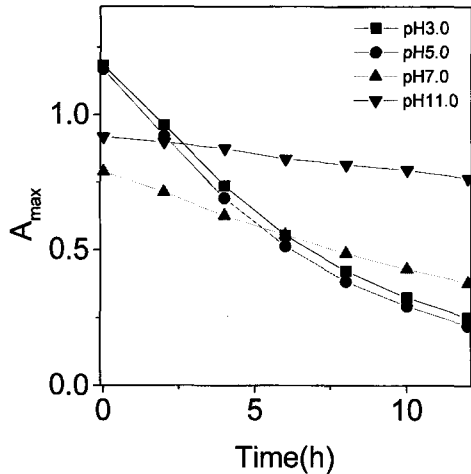
홍화의 꽃잎에서 추출한 carthamin을 4가지 pH 조건에서 최대 흡수 파장을 조사한 결과, pH 3.0과 5.0에서 521 nm, pH 7.0에서는 506 nm, pH 11.0에서는 479 nm로 나타났다. 또한 각 시료를 25°C에서 보관하면서 분해속도상수와 반감기를 조사한 결과 pH 3.0, 5.0, 7.0, 11.0의 조건에서는 반감기가 각각 308분(5.13시간), 290분(4.83시간), 665분(11.1시간), 2708분(45.1시간)으로 나타났으나(Table 1, Fig. 1), pH 7.0과 pH 11.0에서는 시료의 색이 주황색과 노랑 색으로 각각 변하였다. Saito 등<sup>(3)</sup>에 의해 보고된 바에 의하면 carthamin은 pH 1.5와 5.5 사이에서 비교적 안정하며, pH 1.0 이하에서는 최대흡수파장이 450 nm로 바뀌면서 밝은 노란색을 띤다고 하였다. 또한 pH 7.0 이상에서는 역시 최대흡수파장이 단파장으로 바뀌면서 주황색에서 노란색을 나타낸다고 하여 본 연구의 결과와 일치하고 있다.

### 온도의 영향

홍화에서 추출한 carthamin을 pH 3.0, 5.0, 9.0과 11.0조건에서 온도를 90°C, 70°C와 50°C를 선택하여 각 온도에서의 분해속도상수와 반감기를 조사하였다. Table 1에 나타난 바와 같이, carthamin은 pH 3.0의 경우 308분, pH 5.0의 경우 290분의 반감기를 가지지만, 온도의 증가에 따라 반감기가 급격히 감소하여 빠르게 분해됨을 관찰할 수 있었다. 순수한 carthamin의 경우 pH 5.0에서의 반감기가 90°C에서 2.17분, 70°C에서 7.96분, 50°C에서 37.6분으로 보고되어 있으며, pH 7.0에서는 90°C에서 6.11분, 70°C에서 26.0분, 50°C에서 65.5분으로 보고되어 있다<sup>(4)</sup>. Carthamin은 분해되면서 붉은 색에

**Table1. Rate constants and half-life values of the thermal degradation reactions of carthamins from safflower petals at various pHs and temperatures**

Temperature (°C)	Rate constant (sec <sup>-1</sup> × 10 <sup>4</sup> )				Half-life (min)			
	pH 3.0	pH 5.0	pH 7.0	pH 11.0	pH 3.0	pH 5.0	pH 7.0	pH 11.0
90	32.5	23.1	16.4	1.83	3.55	5.00	4.24	37.8
70	10.8	10.4	4.99	0.43	10.7	11.1	14.8	162
50	1.44	1.56	1.08	0.12	48.2	44.4	64.1	558
25	0.37	0.40	0.10	0.03	308	290	665	2708



**Fig. 1. Stability of carthamins from safflower petals in various pHs at 25°C.**

Carthamin preparations were dissolved in 0.1 M citrate(pH3.0), 0.1M acetate(pH 5.0), 0.1 M phosphate (pH 7.0), and 0.1 M MOPS (pH 11.0) buffers at 25°C and measured for absorbance changes at absorption maxima of each pH.

서 노란색, 갈색으로 변하며, 붉은 색에서의 최대흡수파장인 521 nm에서의 흡광도가 감소하면서 점차 396 nm에서의 흡수가 증가되는 것을 관찰할 수 있었으며 이 같은 현상은 순수한 carthamin의 분해과정에서도 관찰되었다<sup>(3)</sup>. 이러한 결과들로 볼 때 carthamin은 물에서는 매우 불안정하여 천연식용색

소로서 사용을 고려할 때 좀 더 안정화시키는 방법을 모색하여야 한다고 생각된다. Saito 등<sup>(3)</sup>은 precarthamin 추출 시 acetone과 물을 혼합하여 용매로 사용할 때 가장 효과적임을 밝혔으며, 본 실험에서 시료를 추출하였을 때 사용된 용매도 acetone과 물의 혼합액으로 이러한 용매 환경의 carthamin은 상온에서 방치하며 관찰하였을 때 그 반감기가 수일정도 되는 것으로 예측된다.

**무기이온의 영향**

홍화에서 추출한 carthamin의 무기이온에 대한 영향을 조사하기 위하여, 무기이온(Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>)용액을 0.1 M의 농도로 각각 첨가하여 pH3.0과 5.0에서 각각의 흡광도와 최대흡수파장의 변화를 측정하고, 각 시료들은 대조구와 비교하여 큰 차이를 나타내지는 않았다. Carthamin의 분해에 대한 무기이온의 영향을 알아보기 위하여 25°C에서 12시간 동안 방치하며 흡광도를 측정하여 분해 속도상수와 반감기를 계산한 결과를 Table 2에 제시하였다. pH 3.0과 pH 5.0에서 모두 금속이온의 첨가에 의해 carthamin의 반감기가 전반적으로 감소하였으나, Al<sup>3+</sup> 첨가 시에는 색소용액과 1시간 내에 반응이 일어나 흡광도가 증가하였으며 반감기도 크게 증가하였다. 또한 pH 5.0에서는 Mg<sup>2+</sup>와 Zn<sup>2+</sup> 첨가에 의해서도 반감기가 증가하는 경향을 나타내었다. 대조구와 비교하여 각 실험구의 흡광도와 최대흡수파장은 크게 증가되거나 감소하지 않았다. Saito 등<sup>(3)</sup>에 의하면 pH 7.0 조건에서 순수한 carthamin용액에 Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>,

**Table 2. Rate constants and half-life values of thermal degradation reactions of carthamins from safflower petals in various inorganic ion solutions at pH 3.0 and pH 5.0**

Temperature (°C)	Rate constant (sec <sup>-1</sup> × 10 <sup>4</sup> )							Half-life (min)						
	pH 3.0							pH 3.0						
	<sup>1)</sup> Con	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	<sup>1)</sup> Con	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
90	32.5	26.1	27.1	30.0	25.5	25.3	37.1	3.55	4.43	4.26	3.85	4.53	4.57	3.11
80	18.5	16.5	16.3	14.5	15.1	16.8	5.05	6.24	7.00	7.09	7.97	7.65	6.87	22.9
70	10.8	7.37	7.69	13.5	7.84	8.61	1.99	10.7	15.7	15.0	8.55	14.7	13.4	57.8
25	0.37	0.34	0.34	0.59	0.36	0.38	0.13	308	336	336	195	315	299	867

Temperature (°C)	Rate constant (sec <sup>-1</sup> × 10 <sup>4</sup> )							Half-life (min)						
	pH 5.0							pH 5.0						
	<sup>1)</sup> Con	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	<sup>1)</sup> Con	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
90	23.1	29.2	26.9	28.5	15.0	--	45.2	5.00	3.96	4.29	4.05	7.7	--	2.55
80	16.7	20.3	20.3	15.5	12.0	--	3.29	6.92	5.09	5.69	7.45	9.62	--	35.1
70	10.4	7.24	6.49	7.23	3.01	--	0.88	11.1	15.9	17.8	15.9	38.3	--	131
25	0.39	0.39	0.39	0.57	0.31	0.35	0.09	290	293	296	201	375	331	1298

<sup>1)</sup>control with no metal ions

Mn<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> 등의 이온용액을 첨가하였을 때, 대조구에 비하여 carthamin이 분해되는 속도가 각각 24.8, 2.9, 2.2, 2.4, 2.3 및 2.5배씩 증가하였다고 보고하였다. 온도에 따른 무기이온의 영향을 살펴본 결과, 상온과 비교하여 온도가 증가할수록 반감기가 크게 감소하였다.

무기이온의 종류에 따라서는 큰 차이를 나타내지는 않았지만, 상온에서와 마찬가지로 Al<sup>3+</sup> 이온에 의해서는 반감기가 증가하였으며 pH 5.0의 조건에서는 carthamin이 Zn<sup>2+</sup> 이온에 의해 고온에서 매우 빠르게 분해되어 속도상수를 계산할 수 없었다.

**빛의 영향**

홍화 적색소 carthamin의 빛에 대한 안정성을 조사한 결과, 25°C에서 20,000 lux의 빛에 노출시켰을 경우, pH 3.0 조건에서는 대조구(5.13시간)의 2.21배(2.32시간), pH 5.0 조건에서는 3.96배(1.22시간) 낮은 반감기를 나타내었다(Table 3). 즉 carthamin은 다른 일반적인 천연색소와 마찬가지로 빛에 노출되었을 경우 매우 불안정하며, 특히 pH 5.0 조건에서는 pH 3.0 조건에서보다 약 2배정도 더 불안정한 것을 알 수 있었다. 따라서 carthamin을 식품에 첨가할 경우, 식품 보관 시 빛을 차단하는 것이 필요한 저장 조건이라고 생각된다.

**당류의 영향**

단당류(glucose, galactose, fructose)와 이당류(maltose, sucrose)가 carthamin의 안정성에 미치는 영향을 조사한 결과, 당의 농도를 0.1 M에서 0.7 M까지 증가시키면서 첨가하였을 때, 대조구와 비교하여 비슷한 수준의 흡광도를 보였고, 당종류에 따른 흡광도의 변화도 볼 수 없었다. 각 당류를 0.1 M의 농도로 첨가하고 90°C, 80°C, 70°C와 25°C에서 carthamin의 분해속도상수와 반감기를 조사하였다(Table 4). pH 3.0 조건에서는 90°C의 경우, 대조구의 반감기는 3.55분인데 비해, glucose, galactose, fructose, sucrose, maltose를 첨가한 경우 반감기는 각각 3.86분, 3.56분, 4.02분, 3.56분, 3.94분으로써 당 첨가에 의해 반감기가 약간 길어짐을 알 수

**Table 3. Rate constants and half-life values of light induced degradation reactions of carthamin from safflower petals in pH 3.0 and pH 5.0 at 25°C**

Light Dosage (lux)	Rate constant (sec <sup>-1</sup> × 10 <sup>4</sup> )		Half-life (min)	
	pH 3.0	pH 5.0	pH 3.0	pH 5.0
20,000	0.83	1.57	139.4	73.46
0	0.37	0.40	308.6	290.1

있었다. 이러한 경향은 각 온도조건에서 전반적으로 관찰되었다. pH 5.0 조건에서는 90°C의 경우, 대조구와 비교하여 당 첨가에 따라 반감기가 감소한 반면, 25°C의 경우, 대조구보다 반감기가 증가하는 경향을 관찰할 수 있었다. 그러나 전반적으로 단당류에 의한 carthamin의 안정화는 관찰할 수 없었다. Saito 등<sup>(6)</sup>에 의하면, 단당류 중 L-form보다 D-form이 약간 효과적이라고 하였으며, 또한 이당류가 단당류보다 좀더 효과가 있다고 하였으나, 전반적으로 볼 때 단당류에 의해 carthamin의 색이 보존되는 효과는 거의 없다고 보고하여 본 실험결과와 일치하는 결과를 나타내었다.

**다당류의 영향**

다당류(starch, gum arabic, alginic acid, CMC)가 carthamin의 안정성에 미치는 영향을 조사한 결과, 당의 농도를 0.2%에서 1.0%까지 증가시키면서 첨가하였을 때, 대조구와 비교하여 비슷한 수준의 흡광도를 보였고 다당류 종류에 따른 흡광도의 변화도 볼 수 없었다. 각 다당류를 0.5%의 농도로 첨가하고 90°C, 80°C, 70°C 및 25°C에서 carthamin의 분해속도상수와 반감기를 조사하였다(Table 5). pH 3.0 조건의 경우, 25°C에서의 대조구의 반감기는 308분이었고, starch, gum arabic, alginic acid, CMC의 첨가에 따른 반감기는 각각 435분, 367분, 371분, 395분으로 starch와 CMC의 첨가에 의해 약간의 안정화 효과가 있는 것으로 나타났다. pH 5.0 조건의 경우, 25°C에서의 대조구의 반감기는 290분이었고, 각 다당류의 첨가에 따른 반감기는 각각 469분, 386분, 347분,

**Table 4. Rate constants and half-life values of thermal degradation reactions of carthamins from safflower petals in various sugar solutions in pH 3.0 and pH 5.0**

Temperature (°C)	Rate constant (sec <sup>-1</sup> × 10 <sup>4</sup> )						Half-life (min)					
	pH 3.0						pH 3.0					
	<sup>1)</sup> Con	Glc	Gal	Mal	Fru	Suc	<sup>1)</sup> Con	Glc	Gal	Mal	Fru	Suc
90	32.5	29.8	32.3	29.2	28.6	32.3	3.55	3.86	3.56	3.94	4.02	3.56
80	18.5	17.9	19.3	18.3	16.8	18.1	6.24	6.44	5.96	6.31	6.87	6.37
70	10.8	11.3	11.8	10.9	11.0	11.8	10.7	10.2	9.71	10.5	10.4	9.78
25	0.30	0.25	0.27	0.27	0.29	0.26	385	447	425	420	391	443

Temperature (°C)	Rate constant (sec <sup>-1</sup> × 10 <sup>4</sup> )						Half-life (min)					
	pH 5.0						pH 5.0					
	<sup>1)</sup> Con	Glc	Gal	Mal	Fru	Suc	<sup>1)</sup> Con	Glc	Gal	Mal	Fru	Suc
90	23.1	29.3	29.4	28.9	28.7	29.5	5.00	3.94	3.92	3.98	4.01	3.91
80	16.7	16.8	16.9	26.2	19.9	19.9	6.92	6.84	6.81	4.39	5.78	5.80
70	10.4	10.7	10.2	10.0	12.2	11.7	11.1	10.7	11.2	11.5	9.45	9.83
25	0.31	0.27	0.26	0.25	0.26	0.27	372	433	441	465	446	420

<sup>1)</sup>control with no sugars

**Table 5. Rate constants and half-life values of the thermal degradation reactions of carthamins from a safflower petals in various polysaccharide solutions in pH 3.0 and pH 5.0**

Temperature (°C)	Rate constant (sec <sup>-1</sup> × 10 <sup>4</sup> )					Half-life (min)				
	pH 3.0					pH 3.0				
	Control	Starch	Gum <sup>1)</sup>	Alginic <sup>2)</sup>	CMC <sup>3)</sup>	Control	Starch	Gum	Alginic	CMC
90	32.5	100.0	41.1	29.7	31.1	3.55	1.15	2.81	3.88	3.71
80	18.5	20.1	18.4	16.8	18.2	6.24	5.74	6.27	6.87	6.34
70	10.8	9.29	13.0	10.6	11.3	10.7	12.4	8.92	10.9	10.2
25	0.37	0.27	0.31	0.31	0.29	308	435	367	371	395

Temperature (°C)	Rate constant (sec <sup>-1</sup> × 10 <sup>4</sup> )					Half-life (min)				
	pH 5.0					pH 5.0				
	Control	Starch	Gum <sup>1)</sup>	Alginic <sup>2)</sup>	CMC <sup>3)</sup>	Control	Starch	Gum	Alginic	CMC
90	23.1	43.4	26.8	23.1	22.4	5.00	2.66	4.34	5.01	5.16
80	16.7	17.3	22.9	17.6	16.6	6.92	6.67	5.06	6.56	6.95
70	10.4	10.6	11.3	9.89	9.31	11.1	10.9	10.2	11.7	12.4
25	0.39	0.25	0.30	0.33	0.30	290	469	386	347	387

<sup>1)</sup>Gum Arabic<sup>2)</sup>Alginic acid<sup>3)</sup>CMC: carboxymethylcellulose

387분으로써, 다당류의 첨가에 의해 반감기가 길어짐을 알 수 있었다. 그러나 온도가 올라감에 따라 반감기는 감소하거나 대조구와 비슷하였다. pH 5.0 조건의 경우, CMC 첨가에 의해서는 거의 모든 온도에서 반감기가 길어지는 현상을 관찰할 수 있었다. Carthamin은 일반적으로 직물의 염색 등에 쓰였으며<sup>(4)</sup>, 염색이 되면 carthamin은 상당히 안정화되는 것으로 알려져 있다<sup>(3)</sup>. 이러한 효과는 carthamin의 순수분리과정에서 cellulose에 흡착되는 과정에 의해 어느 정도 밝혀져 있다<sup>(8,9)</sup>.

## 요 약

전통 천연 색소원인 홍화 꽃잎으로부터 추출한 적색소인 carthamin을 식품색소로 활용하기 위한 기초연구로 carthamin의 여러 가지 이화학적 안정성을 분해속도와 반감기를 구하여 조사하였다. Carthamin은 산성에서는 매우 불안정하여 반감기가 pH 3.0에서는 5.26시간, pH 5.0에서는 4.9시간으로 매우 짧았으며 중성(pH 7.0)에서는 11.1시간, 알칼리 조건(pH 11.0)에서는 45.1시간으로 조금 더 안정했으나 적색에서 각각 주황색과 노란색으로 변화하였다. 온도가 증가함에 따라 색소 분해속도가 급격히 증가하였다. 많은 식품들이 약산성이므로 첨가물에 의한 안정성은 pH 5.0과 3.0에서 조사하였는데 무기이온들을 첨가하였을 때 큰 변화는 없었으나 Al<sup>3+</sup> 첨가 후에 농색화 현상과 함께 분해속도가 감소하여 안정화 효과를 나타내었다. 빛에 의해(20,000 lux) 색소 분해가 촉진되어 대조구에 비해 2-3배 단축된 반감기를 나타내었다. 다당류와 이당류에 의해서는 변화가 거의 없었고 다당류를 첨가한 경우 약간의 안정화 효과가 관찰되었으며, 특히 CMC(carboxymethylcellulose)에 의해 pH 5.0의 조건에서 증가된 반감기를 나타내어 앞으로의 안정화 기술 개발의 가능성을 보여주었다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 식물대사연구센터에 의해 지원되었기에 감사 드립니다.

## 문 헌

1. Lee, C.R. and Kim W.J. Natural flavors and food colorants. p.71, Hyangmunsa, Seoul, Korea (1985)
2. Hendry, G.A.F. and Houghton, J.D. Natural Food Colorants (2nd ed.), pp. 327-328 (1996)
3. Kanchira, T., Naruse, A., Fukushima, A. and Saito, K. Decomposition of carthamin in aqueous solutions: Influence of temperature, pH, light, buffer systems, external gas phases, metal ions, and certain chemicals. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 190: 299-304 (1990)
4. Kim, J.B. Isolation and physicochemical characteristics of a red pigment, carthamin, from *Carthamus tinctorius* L. MS thesis, Kyung Hee University, Graduate School (1997)
5. Kim, J.B., Cho, M.-H., Hahn, T.-R. and Paik, Y.-S. Efficient purification and chemical structure determination of carthamin from *Carthamus tinctorius*, Agr. Chem. Biotech., 39, 501-505 (1996)
6. Kumazawa, T., Sato, S., Kanenari, D., Kunimatsu, A., Hirose, R., Matsuba, S., Obara, H., Suzuki, M., Sato, M. and Onodera, J.-I. Precursor of carthamin, a constituent of safflower. Chem. Lett. 2343-2345
7. Saito, K., Miyamoto, K. and Katsukura, M. Influence of external additives in the preservation of carthamin red colour: an introductory test for utilizing carthamin as a herbal colorant of processed foods. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 196: 259-265 (1993)
8. Saito, K. and Fukushima, A. On the mechanism of the stable red colour expression of cellulose-bound carthamin. Food Chem., 29: 161-166 (1988)
9. Saito, K. Possible locality of affinitive site on cellulose for preservation of stable red colour of carthamin. Food Chem., 36: 243-248 (1990)

(2001년 1월 31일 접수)