

열처리 시 소금침기에 의한 풋콩의 색과 Chlorophyll 함량 변화

송재연 · 김철재^{1*} · 안길환

Color and Chlorophyll of Blanched Vegetable Soybean by NaCl

Jae-Yeun Song · Chul-Jai Kim^{1*} · Gil-Hwan An

ABSTRACT

Vegetable soybeans were blanched at 80, 90 and 100°C for 30, 20 and 10min, respectively. NaCl (3%) was also used to measure the protective effect of soybean color. The color of vegetable soybeans was measured by colorimeter, -a value (greenness) was highest at 100°C-10min. However, the chlorophyll contents was highest at 80°C-30min. NaCl (3%) decreased the loss of chlorophyll in blanched vegetable soybeans. The reaction rate constant for the thermal degradation of chlorophyll and greenness doubled per 10°C. The activation energy chlorophyll a of pod for thermal degradation of chlorophyll a in pods were 138.02 (unsalted), 146.63 (salted) Kcal/mol, respectively.

key words: activation energy, chlorophyll, color, reaction rate constant, vegetable soybeans

서 론

풋콩(*Glycine max*(L.) Merrill)은 두류의 일종

으로 대두종자를 조기 재배하여 생산한 미성숙한 콩으로서 종실용 콩에 비해 특히 전분함량이 높고 총 당 함량도 다소 많으며, 그중 서당, 포도당, 과

충남대학교 농업생명과학대학 식품공학과(Dept. of Food Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon, Korea, 305-764)

¹ 숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학과(Dept. of Food and Nutrition, College of Life Science, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea, 140-742)

* Corresponding author(cjkim@sookmyung.ac.kr, Tel: 02-710-9468)

당 등 단당류와 이당류의 함량이 높아 단맛이 난다. 이 외에도 단백질 및 비타민 등의 함량이 풍부하여 우수한 식품으로 꼽히고 있다(이, 1994).

풋콩은 우리나라를 비롯하여 일본, 중국, 대만 및 태국 등 주로 아시아 지역에서 많이 이용되어 왔는데, 우리나라에서는 오래 전부터 미숙콩을 가지채로 수확하여 찌거나 혹은 꼬투리만을 삶아서 풋콩 알맹이를 간식으로 식용하였고, 밥밑콩 및 술안주용으로 이용하여 왔다(김 등, 1996). 중국에서는 주로 stir fry dishes(프라이팬을 흔들면서 센 불로 볶은 요리)의 재료로서 사용되고, 일본에서는 맥주와 함께 술안주용으로 생협(pod)채 찢는 것이 주로 소비되고 알맹이만은 sweetened paste(Zunda)와 edamame tofu, 스넥류 등을 만드는데 사용되어 오고 있다(Lumpkin과 Konovsky, 1991). 풋콩의 품질을 측정하는 형태학적인 방법 중의 하나로 생협색(pod color)이 있다. 풋콩의 생협색은 선명한 녹색이 고품질이며, 풋콩의 색은 소비자가 식품을 선택할 때나 품질지표로서 큰 비중을 차지한다. 따라서 여러 가지 열처리조건에 따른 색과 chlorophyll 함량의 변화 및 kinetics를 알아보고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

1) 풋콩(vegetable soybean)

본 실험에 사용된 풋콩은 경기도 양평에서 수확된 석량 품종으로 줄기(stem)에 pod가 부착된 상태로 구입하였다. 시료는 분석을 위해 Freeze dry system(Model 77530-13, Labconco Co., Kansas City, MO, U.S.A.)으로 동결건조하여 zip bag에 담아 -20℃의 냉동고(Model GC-114ADM, LG

Tech. Co. Ltd., Seoul, Korea)에 보관하면서 사용하였다.

2) 열처리조건 (blanching condition)

시료는 80, 90, 100℃의 water bath(Jeio Tech. Co. Ltd., Seoul Korea)에서 각각 30, 20, 10분간 열처리(blanching)한 (Song 등, 2003a) 증류수와 3% 소금물의 2군(Song 등, 2003b)을 사용하였고, -20℃의 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

2. 실험방법

1) 색 (color)

Colorimeter(Minolta Chroma 200 CR colorimeter, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 사용하여 풋콩의 pod와 seed 표면의 L (lightness), $-a$ (greenness), b (yellowness) 값을 측정하였다. 표준 백색판의 L 값은 97.75, a 값은 -0.38, b 값은 +1.88이었고, X (color index)는 다음 식을 이용하여 각각 계산하였다.

$$X = L \times b / | -a |$$

2) 클로로필 (chlorophyll)의 정량

풋콩의 pod와 seed의 chlorophyll 함량은 AOAC (AOAC, 1995) 방법을 이용하여 정량하였고, 전처리과정은 Fig. 1과 같다. 준비된 시료용액은 spectrophotometer(U-2001, Hitachi Instruments Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 660nm와 642.5nm에서 흡광도를 측정하였다. Chlorophyll 함량을 위한 계산식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Total chlorophyll (mg/L)} &= 7.12A_{660} + 16.8A_{642.5} \\ \text{Chlorophyll } a &= 9.93A_{660} - 0.777A_{642.5} \end{aligned}$$

$$\text{Chlorophyll } b = 17.6A_{642.5} - 2.81A_{660}$$

3) 통계처리

각 실험은 3반복하였으며 data들은 SAS를 이용하여 계산하였다(SAS, 1985).

결과 및 고찰

1. 색 (color)

팻콩의 pod색은 진녹색이어야 하고 모용색 (pubescent color)은 대부분이 회백색이며 모용밀

도는 낮아야 고품질이라 할 수 있다(김 등, 1996). 본 실험에 사용된 석량종의 pod색은 진녹색이고 seed색은 녹색이며, 모용색은 줄기(stem)가 회백색이고, pod는 연갈색이었다. 열처리 후 녹색을 나타내는 수치인 a 값이 소금유무군 모두 100°C-10분에서 높게 나왔으며, pod의 녹색은 control보다 반정도 감소함을 보인다. 반면에 seed의 경우는 control값보다 많이 감소하지 않았음을 보였다 (Table 1). 이는 pod가 seed보다 가열온도와 시간에 더 직접적으로 영향을 받아 그 파괴가 큰 것으로 생각된다.

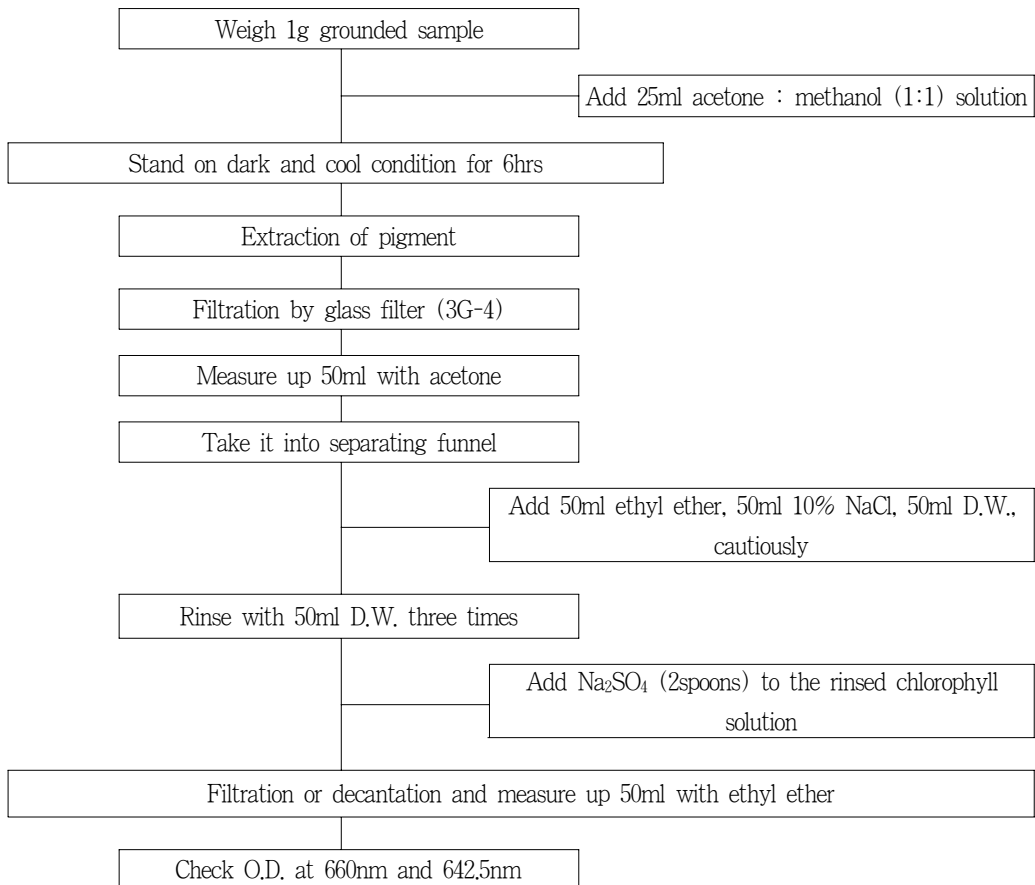


Fig. 1. Flow scheme for chlorophyll measurement

Table 1. Changes in color of blanched pods and seeds at different conditions with/without NaCl

Blanching Condition	NaCl 0%				NaCl 3%				
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	X	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	X	
Pod	Control	53.14	-11.84	23.07	103.54				
	80°C-30min	48.38	-3.95	19.95	244.29	49.51	-4.33	17.71	202.48
	90°C-20min	50.35	-5.43	18.46	171.27	49.31	-4.33	19.68	224.09
	100°C-10min	42.77	-7.69	19.03	105.81	49.47	-6.73	20.81	153.04
Seed	Control	52.54	-17.15	32.16	98.52				
	80°C-30min	52.28	-13.47	26.08	101.23	56.67	-10.25	28.60	158.11
	90°C-20min	56.56	-14.06	31.19	125.51	55.64	-13.95	32.91	131.23
	100°C-10min	56.87	-15.51	33.42	122.54	52.00	-15.89	28.82	94.26

Table 2. Chlorophyll contents of blanched pods and seeds at different conditions with/without NaCl

Blanching condition	Contents (mg/g)					
	NaCl 0%			NaCl 3%		
	Chlorophyll		Total	Chlorophyll		Total
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>		<i>b</i>		
Pod	Control	0.084	0.053	0.136		
	80°C-30min	0.066	0.046	0.112	0.083	0.052
	90°C-20min	0.055	0.043	0.098	0.064	0.043
	100°C-10min	0.044	0.036	0.080	0.049	0.071
Seed	Control	0.051	0.046	0.096		
	80°C-30min	0.040	0.037	0.077	0.050	0.039
	90°C-20min	0.037	0.038	0.075	0.044	0.033
	100°C-10min	0.029	0.034	0.063	0.031	0.035

2. 클로로필 (chlorophyll)

열처리 후 잔존 chlorophyll의 함량은 색과 반대의 경향을 보였는데 이는 chlorophyll 함량측정을 위해 풋콩전체를 사용한 것과 달리 color 측정을 위해 선 pod와 seed의 껍질만을 이용하였기 때문으로 보인다. 녹색과 연관 있는 chlorophyll *a*의 경우 소금 유무군 모두 100°C-10분이 낮았다. 그리고 소금첨가군의 chlorophyll 함량이 비 첨가군에 비해 약간 높은 경향을 나타내(Table 2), 소금이 chlorophyll의 안정화에 좋은 역할을 한 것으로 보인다(Fennema, 1985). 식물체에 존재하는 chlorophyll *a*와 *b*는 약 3:1의 비율이나(김, 1997; 송과 양, 1995), 풋콩에

서는 약 1.3:1의 비율을 나타내었고, 열처리 후 chlorophyll *a*가 *b*보다 더 감소하는 것을 볼 수 있었다. Sweeney(1961)는 가열 조리된 브로콜리의 chlorophyll *a*와 *b*의 퍼센트 잔존율(% retention) 조사에서 chlorophyll *b*의 파괴율이 *a*보다 적었다고 발표하였다. Momma 등(1996)은 풋콩의 주요 카로티노이드 성분이 lutein과 여러 xanthophyll이고 전체 함량이 황색 대두보다 높은데 이는 chlorophyll 함량과 관계가 있다고 하였다.

3. 색소파괴 kinetics

시간과 온도가 chlorophyll과 color에 미치는 영

향을 알아보기 위해 chlorophyll과 color에 대한 반응속도 상수를 Table 3에 나타내었다. 온도가 10°C 증가할수록 약 2배씩 증가함을 보였다. Arrhenius 식에서 온도가 10°C 증가할수록 반응속도가 2배씩 증가한다고 하였다(Tinoco 등, 1995). Seed를 제외하고, 소금을 첨가한 군의 반응속도상수가 더 낮음을 알 수 있었다. 이는 소금의 첨가가 열처리에 의한 chlorophyll과 color의 파괴속도를 저하시키는 것을 의미한다.

활성화에너지는 화학반응이 일어나는 데 필요한 최소한의 에너지로 활성화에너지(activation energy)와 반응속도(reaction rate)는 부의 상관관

계를 가진다. 실험결과 chlorophyll이 감소하는데 필요한 활성화에너지는 pod가 seed보다 높았고, color는 반대였다. chlorophyll a의 경우, 소금을 첨가한 pod의 활성화에너지가 146.63 Kcal/mol로 비소금군의 138.02 Kcal/mol보다 높았으나, seed의 경우는 그 반대였다(Table 4). 즉, pod의 소금첨가군의 색소파괴가 더 어려운 반응이 늦게 진행됨을 알 수 있었다. Seed의 경우는 pod에 의한 완충작용으로 반대의 경향을 보인 것으로 사료된다. 외관상 녹색을 저하시키는 활성화에너지는 pod보다 seed에서 아주 높게 나왔으나 소금첨가와 상관없이 비슷한 수치를 나타내었다.

Table 3. Reaction rate constants for thermal degradation of chlorophyll *a*, *b*, and visual: green color

Type	Blanching condition	Rate constants (min ⁻¹)			
		Chlorophyll <i>a</i>	Chlorophyll <i>b</i>	Greenness	
NaCl (0%)	Pod	80°C-30min	0.0033	0.0055	0.0121
		90°C-20min	0.0122	0.0151	0.0301
		100°C-10min	0.0243	0.0307	0.0320
	Seed	80°C-30min	0.0027	0.0052	0.0079
		90°C-20min	0.0071	0.0069	0.0175
		100°C-10min	0.0221	0.0175	0.0342
NaCl (3%)	Pod	80°C-30min	0.0019	0.0045	0.0101
		90°C-20min	0.0165	0.0129	0.0207
		100°C-10min	0.0185	0.0251	0.0308
	Seed	80°C-30min	0.0019	0.0051	0.0083
		90°C-20min	0.0024	0.0100	0.0208
		100°C-10min	0.0197	0.0235	0.0343

Table 4. Activation energy for thermal degradation of chlorophyll *a*, *b* and visual: green color

Type	Type	Activation energy (Kcal/mol)		
		Chlorophyll <i>a</i>	Chlorophyll <i>b</i>	Greenness
NaCl (0%)	Pod	138.02	165.50	131.95
	Seed	127.05	80.42	172.67
NaCl (3%)	Pod	146.63	135.36	136.27
	Seed	116.14	120.58	171.07

적 요

풋콩의 열처리 시 소금의 영향을 알아보기 위해 이전의 실험에서 비슷한 수치를 나타낸 80°C-30min, 90°C-20min, 100°C-10min의 조건에서 color와 chlorophyll 함량을 측정하였다. 녹색과 깊은 관련이 있는 $-a$ 값(colorimeter parameter)과 chlorophyll a 의 두 수치만을 비교해 보았을 때, $-a$ 값은 100°C-10min이 높게 나온 반면, chlorophyll a 는 80°C-30min에서 높게 나왔다. 그리고 chlorophyll 함량의 경우 소금을 첨가한 군이 비 첨가군보다 높은 값을 나타내었다.

온도와 시간이 color와 chlorophyll 함량 파괴에 미치는 영향을 알아보기 위해 반응속도상수 (reaction rate constant)와 활성화 에너지 (activation energy)값을 구해보았다. 그 결과 반응 속도 상수는 온도가 10°C증가함에 따라 2배 가량 증가하는 것을 볼 수 있었고 이는 Arrhenius 이론과 일치하였다. 소금의 첨가는 seed의 색 (greenness)만을 제외하고 전체적으로 chlorophyll과 color의 파괴속도를 저하시키는 역할을 하였다. Pod에서 chlorophyll a 감소를 위한 활성화 에너지는 146.63 Kcal/mol(소금군)로 비소금군의 138.02 Kcal/mol 보다 높은 값을 나타내었고 이는 소금이 색소저하 반응의 속도를 낮춤을 의미하였다. 결과적으로 풋콩의 열처리 시 소금의 첨가는 단순히 맛의 변화뿐만 아니라 chlorophyll 잔량을 높여 풋콩의 색소를 안정화시키는 역할을 하였다.

인용문헌

1. 김동훈. 1997. 식품화학, pp.44-50. 탐구당.
2. 김홍식, 윤홍태, 유용환, 김석동, 홍은희, 1996 우리나라 풋콩재배, 생산 및 연구동향, 한국콩연구회지, 13(2): 1-16
3. 송재철, 양한철. 1995. 식품첨가물학, pp. 334-338. 세문사.
4. 이홍석, 1994 콩(유전육종 및 재배생리), 서울대학교 출판부, pp. 430-432
5. AOAC, 1995 Official Methods of Analysis, 16th, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
6. Fennema, O.R. 1985. Food Chemistry, pp.549-550. Marcel Dekker, Inc. NY, U.S.A.
7. Lumpkin, T.A., and J. Konovsky. 1991. A critical analysis of vegetable soybean production, demand and research in Japan, p.120. Asian Vegetable Research and Development Center, Singapore.
8. Momma, M., J. Terao, M. Ito, M. Saito, and K. Chikuni. 1996. Carotenoid components in soybean seed, p.48. American Soybean Association, U.S.A.
9. SAS Institute Inc. 1985. SAS/STAT Guide for personal Computer SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.
10. Song, J.Y., G.H. An, and C.J. Kim. 2003a. Color, Texture, Nutrient Contents, and Sensory Values of Vegetable Soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] as Affected by Blanching, Food Chem, 83(1): 69-74
11. Song, J.Y., G.H. An, and C.J. Kim. 2003b. Improved Quality of Blanched Vegetable Soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] by NaCl, J. of Food sci. Biotechnol. 12(5): 578-580
12. Sweeney, J.P. 1961. Stability of chlorophyll in vegetables as affected by pH, J. of Food Technol. 15: 263
13. Tinoco, Jr. I., K. Sauer, and J.C. Wang. 1995. Physical Chemistry. pp. 323-402. Prentice-Hall, Inc., London, U.K.