

## 사과농축액에 대한 갈변억제제 처리효과

김현위\* · 배수경  
 오투기 중앙연구소

## The Effect of Antibrowning Agents on Enzymatic Reaction in Apple Concentrate

Hyeon-Wee Kim\* and Soo-kyung Bae  
 Ottogi Reserch Center

The effect of antibrowning agents such as PVPP (polyvinylpolypyrrolidone), bentonite, gelatin, celite 545, tannic acid and sodium sulfite in apple concentrate was investigated for the control of enzymatic browning by comparing physicochemical properties (pH, color, turbidity), polyphenoloxidase activity and contents of polyphenol compounds. In color value, apple concentrate containing PVPP showed higher L value (lightness) than control and other antibrowning agents. The turbidity (absorbance at 660 nm) of apple concentrate added PVPP, gelatin celite 545, tannic acid and sodim sulfite were 0.003, 0.038, 0.038, 0.018 and 0.022, respectively. PVPP was regarded to remove suspended solids effectively. Polyphenoloxidase activity and polyphenolics(catechol, catechin, chlorogenic acid, epicatechin) content of apple concentrate used PVPP significantly reduced. Therefore PVPP was proved to be effective for enzymatic antibrowning agent considering to color, turbidity, polyphenoloxidase activity and polyphenol compounds in apple concentrate.

**Key words:** apple concentrate, enzymatic browning, color, turbidity, PPO activity, polyphenol compounds

### 서 론

다양한 과실가공품이 상업화됨에 따라 최근에는 사과, 감, 포도, 레몬 등의 과실농축액을 이용한 가공품들의 유통이 많아지고 있으며 몇몇 과실가공품에서는 색의 변화 및 부유물질 등이 생성됨으로써 저장기간이 단축되는 등 품질저하가 일어나기도 한다. 이러한 과실가공품들의 제조에 상당량의 과실농축액을 사용하는데 이때 사용하는 과실농축액의 갈변화가 최종 제품에서의 갈변을 유도하게 되므로 이를 방지하기 위하여 갈변물질의 킬레이트화, 효소의 불활성화 등 갈변억제에 관한 많은 연구들이 행해지고 있다. Sayavedra-soto 등<sup>(1,2)</sup>은 다양한 갈변억제제 중 sulfite류가 PPO(polyphenoloxidase)에 의해 생성되는 갈변물질인 quinone과 결합해 quinone-sulfite complexes를 형성, PPO를 불활성화시켜 갈변을 효과적으로 억제시킨다고 하여 sulfite 함량에 따른 PPO 활성의 다양한 억제효과들을 보고하였다. Monsalve-Gonzalez 등<sup>(3,4)</sup>은 0.1% sodium sulfite + 4-hexylresorcinol, 1% ascorbic acid-2-

phosphate + 4-hexylresorcinol, 0.02% hexylresorcinol + 0.25% ascorbic acid의 용액에 사과슬라이스 조각을 침지 한 후 저장온도에 따른 이들의 갈변억제 효과를 관찰한 결과 4-hexylresorcinol이 sulfite와 유사한 갈변억제효과가 있다고 하였으며, Lozano-De-Gonzalez 등<sup>(5)</sup>은 파인애플 통조림주스와 이온교환 파인애플 통조림주스에 등근사과조각을 침지하고 3개월 저장했을 경우 파인애플주스의 갈변이 효과적으로 억제되었음을 보고하였다. 사과주스여과액에 chitosan을 200~700 ppm 첨가시 갈변저해효과가 있었으며<sup>(6)</sup>, Imeri 등<sup>(7)</sup>은 2% ascorbic acid를 함유한 chitosan 용액이 당근과 사과주스에서 색의 안정화에 효과를 지님을 보고하여 chitosan이 PPO 활성을 저해시킴을 시사하였다. 이와 더불어 아스코르빈산 유도체들이 갈변저해작용을 하는 것으로 보고되었는데 Sapers 등<sup>(8)</sup>은 ascorbic acid-2-phosphate, ascorbic acid-2-triphosphate는 생사과의 표면에, ascorbic acid-6-fatty acid esters는 사과주스에 효과적이라고 하였고, cinnamate와 benzoate의 첨가는 주스에서 갈변억제제인 ascorbic acid와 유도체들의 효과를 증대시켰으나 생사과의 표면에서는 오히려 갈변현상이 나타났으며, ascorbic acid를 함유한 Sporix(acidic polyphosphate)는 사과주스, 표면 모두에서 갈변저해효과가 뚜렷하였음을 보고하였다. Kim 등<sup>(9)</sup>도 0.02~0.4%(w/v)의 acidic sodium polyphosphate를 첨가할 경우 0.05% 이상으로 첨가한 사과주스에서 갈변억제효과를 보였다고 하였다. 한편, 전기투석에

\*Corresponding author: Hyeon-Wee Kim, Ottogi Reserch Center, 166-4 Pyeongchon-dong, Dongan-gu, Anyang, Kyeonggi-do 430-070, Korea  
 Tel: 82-31-421-2139  
 Fax: 82-31-421-2133  
 E-mail: hwkim@ottogi.co.kr

의해 사과즙의 pH가 3.8에서 2.7로 낮아져 polyphenoloxidase 활성이 억제됨이 연구되었고<sup>(10)</sup>, polyethersulfone(PES)/polyvinylpyrrolidone(PVP) 여과기를 사용한 한외여과장치로 polycyanidin류의 폴리페놀화합물 저해효과가 보고되었다<sup>(11)</sup>. 이러한 polycyanidin류의 갈변억제효과는 사과즙에서 부유 단백질과 폴리페놀화합물의 제거에 tannic acid와 polyvinylpyrrolidone(PVPP), gelatin과 bentonite의 유용한 효과를 언급한 Siebert 등<sup>(12)</sup>과 PVPP를 첨가한 사과농축액이 비효소적 갈변보다는 효소적 갈변억제에 효과적임을 보고한 Bae 등<sup>(13)</sup>의 연구에서 확인되었다. 이 외 당이 갈변반응에 참여함을 착안해 포도당의 생성이 없는 비환원성의 이당류를 개발, 사과의 갈변을 억제한 보고도 있으며<sup>(14)</sup>, sodium ascorbic acid로 pH를 4.0~4.3 범위로 조정하여 칼슘강화사과과즙의 갈변을 억제<sup>(15)</sup>, calcium ion과 ascorbate ion이 1.5:1~2.5:1 비율로 함유된 액에 절단된 사과를 침지해 갈변을 억제하는 등<sup>(16)</sup> 다양한 갈변억제 방법들이 보고되었다.

이에 본 연구에서는 사과를 이용한 가공품의 원료가 되는 사과농축액에 다양한 첨가제를 사용하여 과채류에서 주된 갈변요인인 효소적 갈변에 미치는 억제효과를 검증하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

사과농축액은 대구 경북농산(Korea)에서 구입하여 사용하였으며 첨가제로는 polyvinylpyrrolidone(Sigma, USA), bentonite(Junsei, Japan), gelatin(Shinyo, Japan), celite 545(Shinyo, Japan), tannic acid(Sigma, USA), sodium sulfite(Wako, Japan)를 각각 사용하였다.

### 갈변억제제 처리

사과농축액을 증류수로 4배 희석한 다음 갈변억제제 즉, 0.03% PVPP, 0.15% bentonite, 0.1% gelatin, 0.15% celite 545, 0.2% tannic acid, 0.1% sodium sulfite를 첨가하고 잘 섞은 다음 37°C에서 1일 방치한 후에 0.45 µm syringe filter로 걸러 시료로 사용하였다. 이때, 갈변억제제 첨가농도는 예비실험(absorbance at 420 nm)에 의해 결정되어졌다.

### 물리적 특성 측정

pH는 pH meter(Beckman, USA)로 측정하고 색도는 색차계(HunterLab Dp-9000, Reston, USA)로 측정하여 Hunter scale에 의한 L, a, b값 및  $E = [(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2]^{1/2}$ 인 ΔE 값으로 나타내었으며 탁도는 Spectrophotometer(8453, Hewlett Packard Co., USA)을 이용해 660 nm에서의 흡광도로 측정하였다.

### PPO(Polyphenoloxidase) 활성 측정

Polyphenoloxidase(PPO) 활성은 Crude enzyme을 Archer and Palmer의 방법<sup>(17)</sup>을 수정하여 추출한 후 측정하였다. 즉, 사과농축액 5g에 1% carbowax 6000이 함유된 0.1 M phosphate buffer(pH 6.5) 10 mL를 혼합하고 원심분리기에서 8000 rpm으로 20분간 원심분리할 때의 상등액을 효소추출물로 간주하였다. 이때, 최종부피가 3 mL가 되도록 0.1 M phosphate

buffer(pH 6.5) 1.2 mL, 효소추출물 0.3 mL, 기질로서 5 mM chlorogenic acid 1.5 mL를 혼합, 반응시킨 다음 420 nm에서 반응시간 5분내로 흡광도를 측정하여 효소 활성으로 나타내었다.

### 폴리페놀화합물 분석

분별갈때기에 사과농축액 100 mL와 동량의 ethyl acetate를 혼합한 후 ethyl acetate층을 분리, 추출하였으며 이 과정을 3회 반복하여 ethyl acetate 추출물을 합한 후 무수황산나트륨을 가하고 여과하여 회전감압농축기(50°C)로 완전히 농축한 후 시액<sup>(18)</sup>(0.2 M 인산완충액; pH 3.0: 메탄올 : 물 = 2 : 3 : 15, v/v/v) 10 mL로 잘 희석한 용액을 0.45 µm로 여과한 다음 HPLC로 측정하였다. 이때 분석조건으로는<sup>(18)</sup> HPLC HP 1100 Series(Hewlett Packard Co., USA), 컬럼은 Hypersil ODS (200×4.6 mm, Hewlett Packard Co., USA), 온도는 40°C, 이동상은 아세토니트릴 : 초산 : 메틸알콜 : 물(113 : 5 : 20 : 862, v/v/v), 검출기는 DAD(280 nm), 유속은 1.0 mL/min, 주입량 20 µL로 하였다. 이때 catechol, catechin, chlorogenic acid, caffeic acid, epicatechin 등 표준품을 농도별로 조제한 후, 검량선을 작성하여 정량하였다.

## 결과 및 고찰

### 물리적 특성 변화

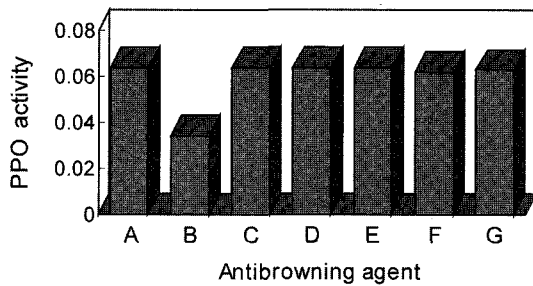
갈변억제제를 첨가한 사과농축액의 pH, 색도 및 탁도 변화를 Table 1에 나타내었다. 갈변억제제를 첨가한 사과농축액에서의 pH값은 sodium sulfite를 첨가한 사과농축액에서만 3.91로 다소높고 다른 첨가물에 의한 pH 변화는 뚜렷하지 않았다. 사과농축액에서 pH가 낮을수록 갈변저해력이 높아진다(pH 2.0 > pH 3.0 > pH 4.0)는 보고<sup>(10,19)</sup>를 볼 때 PVPP, bentonite, gelatin, celite 545, tannic acid, sodium sulfite 등은 모두 pH에 의한 갈변저해효과 보다는 다른 요인으로 갈변반응에 관여하는 것으로 생각된다. 갈변억제제에 의한 색도의 변화는 PVPP를 첨가한 농축액에서 L값이 8.16으로 6.46~6.67 범위의 대조구 및 다른 농축액에 비해 높고, a값은 -3.42로 대조구(-0.05)와 다른 농축액(-0.37~0.85)에 비해 낮았으며, ΔE값 역시 4.00을 나타내어 PVPP가 다른 첨가물에 비해 색도를 많이 변화시키는 첨가물임을 알 수 있었다. Goupy 등<sup>(20)</sup>은 PPO 활성의 산화로 인한 폴리페놀화합물과 Hunter Lab colorimeter간의 상관관계에 대하여 L값은 chlorogenic acid(CG)와 epicatechin(EP)의 반응이 클수록 낮아지고, a값은 CG반응이 클수록 낮아지며, b값은 EP 반응이 클수록 높아진다고 보고한 바, 본 연구에서 PVPP 첨가 농축액의 색도값 변화(L값은 높고 a값은 낮아짐)는 폴리페놀화합물 중 특히 chlorogenic acid와 높은 상관성을 가질 것으로 추정되었다. 탁도값(660 nm에서의 흡광도)에서는 PVPP, gelatin, celite 545, tannic acid, sodium sulfite를 함유한 사과농축액의 흡광도값이 각각 0.003, 0.038, 0.038, 0.018, 0.022로 대조구(0.05)에 비해 다소 낮은 수치를 보여 이들 첨가물이 사과농축액에 함유된 여러 유기물, 무기물 등의 부유물질을 제거하는 효과를 가지는 것으로 사료되어진다. 특히 PVPP와 tannic acid의 결과는 PVPP 등이 사과즙의 부유물질을 유도하는

**Table 1. Effect of antibrowning agents on pH, chromaticity and turbidity in the apple concentrates**

Characteristics	Treatment						
	Control	PVPP <sup>1)</sup>	Bentonite	Gelatin	Celite 545	Tannic acid	Sodium sulfite
pH	3.71	3.71	3.76	3.71	3.72	3.74	3.91
Color	L	6.46	8.16	6.46	6.67	6.59	6.66
	a	-0.05	-3.42	-0.22	-0.37	-0.10	0.07
	b	4.09	4.10	4.22	4.36	4.25	4.38
$\Delta E$	0	4.00	0.21	0.47	0.21	0.91	0.37
Turbidity <sup>2)</sup>	0.050	0.003	0.042	0.038	0.038	0.018	0.022

<sup>1)</sup>PVPP: polyvinylpyrrolidone.

<sup>2)</sup>Absorbance at 660 nm.



**Fig. 1. PPO activity of the apple concentrates with antibrowning agents (absorbance at 420 nm).**

PPO: polyphenoloxidase, PVPP: polyvinylpyrrolidone.

A: Control, B: PVPP, C: Bentonite, D: Gelatin, E: Celite 545, F: Tannic acid, G: Sodium sulfite.

단백질과 폴리페놀화합물들의 제거에 효과가 있으며 또한 tannic acid와 gelatin이 이들 단백질과 인위적으로 결합함을 언급한 Siebert 등<sup>(12)</sup>의 보고결과와 일치하는 것으로 특히 PVPP의 탁도값이 두드러지게 낮아지므로 PVPP가 사과즙의 부유물 생성과 갈변을 저해하는 첨가물임이 시사되었다.

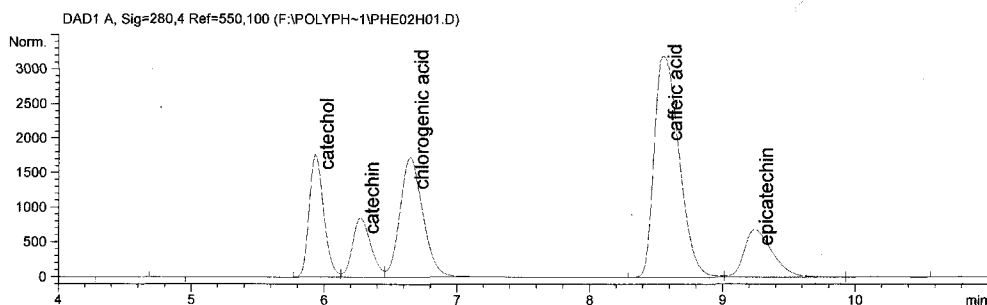
### PPO(Polyphenoloxidase) 활성 측정

Fig. 1은 여러 갈변억제물질들이 첨가된 사과농축액의 PPO 활성을 나타낸 것으로 PVPP 처리된 사과농축액의 경우 대조구 흡광도 0.064에 비해 50% 정도 감소된 0.034의 흡광도를 보였다. 이러한 PPO 활성은 효소적 갈변반응의 지표로, PVPP 처리농축액의 효소활성의 감소는 갈변반응이 적게 일어남을 시사하며 이는 색도(Table 1)의 변화결과와 일치하였다. 갈변반응을 억제하기 위하여 PPO 활성을 억제시키려는

연구들 즉, pH, 온도 변화에 의한 PPO 활성억제<sup>(21-23)</sup>, 첨가제를 이용한 O-quinone의 불활성화<sup>(3,4,24)</sup>, 갈변화의 최종단계에서 반응하는 아미노산, 단백질, 페놀화합물 등의 제거<sup>(11-13)</sup>, 또는 불활성화 시키는 첨가제에 관한 보고<sup>(12,25)</sup> 등을 볼 때 본 연구에서 PVPP 첨가농축액에서의 PPO 활성의 상당한 감소는 PVPP가 사과농축액에서 효소적 갈변반응에 필요한 물질과 반응하여 일어나는 현상으로 추정되어지며, 이러한 갈변저해효과는 색도값과 탁도값(Table 1)에서 확인되었다. 한편, bentonite, gelatin, celite 545, tannic acid, sodium sulfite가 첨가된 사과농축액 중에서는 대조구에 비해 PPO 활성의 변화가 거의 없으므로 이들 첨가물들의 효소적 갈변억제 효과는 약한 것으로 추정된다.

### 폴리페놀화합물 변화

여러 갈변억제제가 함유된 사과농축액에서의 폴리페놀화합물들은 catechol, catechin, chlorogenic acid, caffeic acid, epicatechin으로 이들의 standard chromatogram은 Fig. 2와 같다. 갈변억제제 처리에 의한 폴리페놀화합물들의 변화양상을 살펴보면 Table 2에서와 같이 PVPP와 gelatin, sodium sulfite를 첨가한 사과농축액에서 대조구에 비해 폴리페놀화합물들의 함량이 뚜렷하게 감소하는데, 그 중에서도 PVPP 첨가농축액의 경우 catechol, catechin, chlorogenic acid, epicatechin 함량이 상당한 감소를 보였으며 특히 사과의 주된 폴리페놀화합물인 chlorogenic acid는 7.39 mg/100g으로 대조구(20.93 mg/100g) 보다 감소정도가 뚜렷하였다. 효소적 갈변진행에 O-diphenol의 함량과 polyphenol oxidase activity가 동시에 관여한다고 하여 효소적 갈변의 원인으로 폴리페놀화합물들의 중요성을 언급한 Goupy 등<sup>(20)</sup>과 Sciancalepore<sup>(26)</sup>의 보고에서



**Fig. 2. HPLC chromatogram of authentic polyphenol compounds. catechol, catechin, chlorogenic acid, caffeic acid, epicatechin.**

**Table 2. Polyphenol compounds of the apple concentrates with antibrowning agents (mg/100g)**

Characteristics	Treatment						
	Control	PVPP <sup>1)</sup>	Bentonite	Gelatin	Celite 545	Tannic acid	Sodium sulfite
Catechol	0.77	0.25	0.25	0.16	1.06	1.33	0.65
Catechin	1.06	0.22	1.32	1.01	0.55	1.22	0.86
Chlorogenic acid	20.93	7.39	24.99	12.76	21.57	28.32	15.06
Caffeic acid	0.20	0.11	0.23	0.13	0.31	0.22	0.21
Epicatechin	7.70	0.28	6.91	6.64	2.90	1.67	4.90

<sup>1)</sup>PVPP: polyvinylpyrrolidone.

처럼 본 연구에서 PVPP가 처리된 사과농축액에서의 폴리페놀화합물들의 상당한 감소는 PVPP에 의해 폴리페놀화합물이 제거됨으로써 효소적 갈변이 효과적으로 억제된다는 것을 시사한다고 할 수 있다. 이상의 결과로부터 PVPP는 색도 향상, 탁도저하, polyphenoloxidase 활성감소, 폴리페놀화합물 특히 chlorogenic acid 함량저하효과가 뚜렷하여 사과농축액 등 과실농축액 및 과실가공품의 우수한 갈변억제제로 유효함을 확인함으로써 식품가공과정에서 효소적 갈변이 문제되는 여러 분야에서의 적용이 기대된다.

## 요 약

과실가공품에서의 갈변을 억제하기 위하여 사과농축액에 갈변억제제 즉, PVPP(polyvinylpyrrolidone), bentonite, gelatin, celite 545, tannic acid, sodium sulfite를 첨가하여 여과한 후 갈변억제효과를 측정하였다.

색도의 변화는 PVPP를 첨가한 농축액에서 L값(lightness)이 8.16으로 대조구과 다른 농축액에 비해 갈변억제에 효과가 있음을 알 수 있었으며, 탁도(660 nm에서의 흡광도)는 대조구 0.05인데 비해 PVPP, gelatin celite 545, tannic acid, sodium sulfite를 함유한 사과농축액은 각각 0.003, 0.038, 0.038, 0.018, 0.022로 다소 낮은 수치를 보여 부유물 등의 제거효과가 나타났으며 특히 PVPP의 효과가 뚜렷하였다. 또한, PVPP 처리된 사과농축액 중의 PPO(polyphenoloxidase) 활성과 폴리페놀화합물(catechol, catechin, chlorogenic acid, epicatechin 등) 함량에서도 현저하게 감소하여 효소적 갈변이 억제되었음을 알 수 있었다. 따라서, PVPP가 사과농축액의 색상, 탁도, PPO활성 및 폴리페놀화합물 함량 등 효소적 갈변특성을 개선시키는 우수한 갈변억제제임을 확인하였다.

## 문 헌

- Sayavedra-Soto, L.A. and Montgomery, M.W. Inhibition of polyphenoloxidase by sulfite. *J. Food Sci.* 51: 1531-1536 (1986)
- Zhao, Y.P. and Chang, K.C. Sulfite and starch affect color and carotenoids of dehydrated carrots (*Daucus carota*) during storage. *J. Food Sci.* 60: 324-347 (1995)
- Monsalve-Gonzalez, A., Barbosa-Canovas, G.V., Cavalieri, R.P., McEvily, A.J. and Iyengar, R. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4-Hexylresorcinol as anti-browning agent. *J. Food Sci.* 58: 797-800, 826 (1993)
- Monsalve-Gonzalez, A., Barbosa-Canovas, G.V., McEvily, A.J. and Iyengar, R. Inhibition of enzymatic browning in apple products by 4-hexylresorcinol. *Food Technol.* 49: 110-118 (1995)
- Lozano-De-Gonzalez, P.G., Barrett, D.M., Wrolstad, R.E. and Durst, R.W. Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. *J. Food Sci.* 58: 399-404 (1993)
- Sapers, G.M. Chitosan enhances control of enzymatic browning in apple and pear juice by filtration. *J. Food Sci.* 57: 1192-1193 (1992)
- Imeri, A.G. and Knorr, D. Effects of chitosan on yield and compositional data of carrot and apple juice. *J. Food Sci.* 53: 1707-1709 (1988)
- Sapers, G.M., El-Atawy, Y.S., Hicks, K.B. and Garzarella, L. Effect of emulsifying agents on inhibition of enzymatic browning in apple juice by ascorbyl palmitate, laurate and decanoate. *J. Food Sci.* 54: 1096-1097 (1989)
- Kim, I.W. and Lee, H.S. Evaluation of polyphosphate for the control of nonenzymic browning in apple juice. *Foods and Biotechnol.* 6: 309-313 (1997)
- Tronc, J.S. and Lamarche, F. and Makhlof, J. Enzymatic browning inhibition in cloudy apple juice by electrodialysis. *J. Food Sci.* 62: 75-78 (1997)
- Gokmen, V., Borneman, Z. and Nijhuis, H.H. Improved ultrafiltration for color reduction and stabilization of apple juice. *J. Food Sci.* 63: 504-507 (1998)
- Siebert, K.J. and Lynn, P.Y. Haze-active protein and polyphenols in apple juice assessed by turbidimetry. *J. Food Sci.* 62: 79-84 (1997)
- Bae, S.K., Lee, Y.C. and Kim, H.W. The browning reaction and inhibition of apple concentrated juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 6-13 (2001)
- Anonymous. The effect of antibrowning in Food. *Food and development (Japan)* 31: 47-48 (1996)
- The browning inhibition of the enriched calcium in apple juice. *Japan Patent* 133,743 (1994)
- Methods for preserving fresh fruit and product thereof. *United State Patent* 5,939,117 (1999)
- Archer, M.C. and Palmer, J.K. An experiment in enzyme characterization: Banana polyphenoloxidase. *Chemical Education* 3: 50-52 (1975)
- Korea Foods Industry Association. Korean official method of analysis of food additives. Moon young Co., Ltd. Gwachun, Korea 973-974 (2001)
- O'Beirne, D. Effects of pH on nonenzymic browning during storage in apple juice concentrate prepared from Bramley's seeding apples. *J. Food Sci.* 51: 1073-1074 (1986)
- Goupy, P., Amiot, M.J., Richard-forget, F., Duprat, F., Aubert, S. and Nicolas, J. Enzymatic browning of model solutions and apple phenolic extracts by apple polyphenoloxidase. *J. Food Sci.* 60: 497-501 (1995)
- Zemel, G.P., Sims, C.A., Marshall, M.R. and Balaban, M. Low pH inactivation of polyphenoloxidase in apple juice. *J. Food Sci.* 55: 562-563 (1990)
- Yemenicioglu, A., Ozkan, M. and Cemeroglu, B. Heat inactivation kinetics of apple polyphenoloxidase and activation of its latent form. *J. Food Sci.* 62: 508-510 (1997)

23. Oktay, M., Kufrevioglu, I., Kocacaliskan, I. and Sakiroglu, H. Polyphenoloxidase from amasya apple. *J. Food Sci.* 60: 494-496 (1995)
24. Sapers, G.M., Hicks, K.B., Phillips, J.G., Garzarella, L., Pondish, D.L., Matulaitis, R.M., McCormack, T.J., Sondey, S.M., Seib, P.A. and Ei-Atawy, Y.S. Control of enzymatic browning in apple with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors, and complexing agents. *J. Food Sci.* 54: 997-1002 (1989)
25. Martinez-Cayuela, M., Plata, M.C., Faus M.J. and Gil, A. Effect of some phenolic carboxylic acids on cherimoya (*Annona cherimolia*) polyphenoloxidase activity. *J. Sci Food Agric.* 45: 215-222 (1988)
26. Sciancalepore, V. Enzymatic browning in five olive varieties. *J. Food Sci.* 50: 1194-1195 (1985)

---

(2002년 5월 10일 접수)