

냉장저장 중 사과슬라이스의 개별페놀성분함량과 제변화

안 선 정
신흥대학 호텔외식경영과

Changes in the Content of Individual Phenolic Compounds in Apple Slices during Cold Storage

Sun-Choung Ahn

Department of Hotel & Restaurant Management, Shinheung College

Abstract

The objectives of this study were to provide fundamental information on how individual phenolic compounds form on the inside of apple slices during cold storage, the changes in the content of four types of phenols, ingredient variation of individual phenolic compounds and the influence of phenolic compounds on enzymatic browning. This study measured the changes in the content of soluble solids, pH and vitamin C in order to investigate the correlations between these variables. HD and FA were the main phenolic compounds found in the apple slices, and HD was the most prevalent phenol. Furthermore, comparison of the CG and EP content revealed that there were more CGs than EPs. The phenol content tended to decrease considerably in the fresh apple slices and water-dipped apple slices but only slightly in the CP from sucrose-dipped apple slices and 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slices. The degree of browning increased in the following order: fresh apple slices, water-dipped apple slices, 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slices and CP from sucrose-dipped apple slices. The vitamin C content tended to decrease in the fresh apple slices, water-dipped apple slices, 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slices and CP from sucrose-dipped apple slices. The pH tended to increase in all sample groups, but the pH of the water-dipped apple slices was lower than that of the comparison group. The CP from sucrose-dipped apple slices had the lowest value of pH. The change in soluble solids tended to increase in all treatment groups, but this increase was less in the CP from sucrose-dipped apple slice. Correlation analysis revealed a high degree of correlation between browning and chlorogenic acid content. The results of the present study show that, when stored in the fridge, the change in phenol ingredient content in apple slices influences the browning of the slices. The results also showed that HD and FA were the main phenolic compounds, while CG was shown to have the greatest influence on browning.

Key Words : individual phenolic compound, browning degree, apple slice, caramelization products (CP), antibrowning

1. 서 론

식품산업에서 천연의 혹은 가공된 과일류의 효소적 갈변은 품질저하의 주요한 원인으로 중요하다. 특히 사과조직의 discoloration은 PPO(polyphenol oxidase)활성에 의한 페놀화합물의 산화에 기인한다(Bruda 등 1990).

Peleg 등(1991)은 페놀성분은 식물에 널리 존재하며 이들은 식품의 독성적, 영양적, 관능적, 항산화성에 관련된다고 하였으며 Amiot 등(1995)은 페놀 성분은 품종, 성숙단계와 수확 후 저장 조건에 따라 크게 변한다고 하였다. 과일 중의 페놀계 물질은 항산화제, 색소, PPO의 기질 그리고 최근에는 기능성 소재로서 알려져 있다. 특히 사과 중의 페놀계 물질은 PPO의 갈변 반응과 가공 제품의 관능적 품질 변화에 중요한 영향을 미치는 성분이다(황 등 1997).

사과 외피(cortex)는 4종류의 페놀을 함유하는데 HD(hydroxycinnamic acid), FA(flavan 3-ols)가 가장 중요하며 이들은 chlorogenic acid(CG), (-)epicatechin(EP) 등이며 다른 종류로 flavonol glycosiders(FO)와 dihydrochalcone 유도체(DC)가 소량 존재한다(Goupy 등 1995).

사과조직에서의 효소적 갈변 속도는 PPO활성과 페놀 농도에 영향을 받는다고 하였으며(Harel 등 1966; Coseteng & Lee 1987) 사과에서 chlorogenic acid가 주요 페놀성분이며(Walker 1975) 총페놀 농도는 저장하는 동안 비교적 일정한 수준을 유지한다고 한다(Coseteng & Lee 1987).

지금까지 갈변에 관한 페놀 화합물의 연구는 페놀 함량과 개별 페놀 함량에 관한 상반된 다양한 결과들이 보고되었으며 주요 페놀 화합물은 HD와 FA계열이며 이중 CG가 영향요인이 큰 것으로 보고되었으나(Spanos 등 1990; Amiot

등 1995) 최근 CG보다 EP 가 더 영향력 있다고 보고되었다(Bruda 등 1990). chlorogenic acid와 catechins과 같은 몇몇 개별 페놀화합물들은 저장하는 동안 변화한다고 보고되었다(Walker 1969; Mosel & Herman 1974). 또한 개별 페놀화합물들은 갈변 속도가 서로 다르다고 보고되었다(Oleszek 등 1989).

그러므로 갈변에 중요한 작용을 하는 개별 페놀화합물의 연구가 중요한데 아직은 총페놀 함량의 연구가 주를 이루고 있으며 사과의 성숙과정과 저장기간에 대한 연구는 있으나 적은 편이며(Bruda 등 1990) 또한 식품산업의 유통구조의 발달에 따라 냉장 저장이 보편화되고 있는 실정에서 냉장 저장 시 개별 페놀성분의 변화에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

이에 본 연구에서는 Ahn & Lee(2005)의 냉장 저장 중 사과슬라이스의 갈변에 미치는 갈변저해제의 효과가 있는 천연의 갈변저해제 caramelization product와 상업용 갈변저해제 ascorbic acid를 침지 용액으로 하여 냉장 저장된 사과 슬라이스의 갈변에 의한 페놀 성분 변화뿐만 아니라 갈변을 방지하기 위한 여러 가지 처리 방법들에 따른 개별 페놀 함량의 변화들로 냉장 저장 중 사과 속의 개별 페놀화합물의 종류, 저장 기간에 따른 개별 페놀화합물의 성분 변화와 효소적 갈변에 미치는 영향과 비타민 C변화, pH와 soluble solid 함량을 측정하고 이들 간의 상관관계를 알아 보고자 한다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용한 sucrose는 Sigma사(St. Louis, MO, USA)로 부터 구입하였고, 기타 시약은 일급시약을 사용하였다. 냉장저장 중 사용한 사과는 시중 부사사과로 3°C 냉장고에서 저장하면서 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

1) 사과 슬라이스의 침지 및 냉장

(1) 침지용액 제조

침지용액은 0.5% ascorbic acid와 1.71 M sucrose 용액을 200°C에서 60분간 가열하여 증류수로 50 mL로 정용하여 사용했다.

(2) 사과 슬라이스의 침지 및 저장

사과를 food processor(General electric Co., USA)로 3 mm의 두께로 절단 후 직경 2.8 cm cork borer로 찍어 일정크기의 슬라이스를 만들어 사용하였다. 사과 슬라이스 10 g을 침지용액 30 mL에 10분간 침지한 후 체에 받쳐 물을 뺀 후 흡수지로 수분을 가볍게 제거 후 polyethylene(PE) 지퍼 백에 넣어 9일간 3°C에서 저장하여 사용하였다.

<Table 1> HPLC Conditions for the detection of phenolics

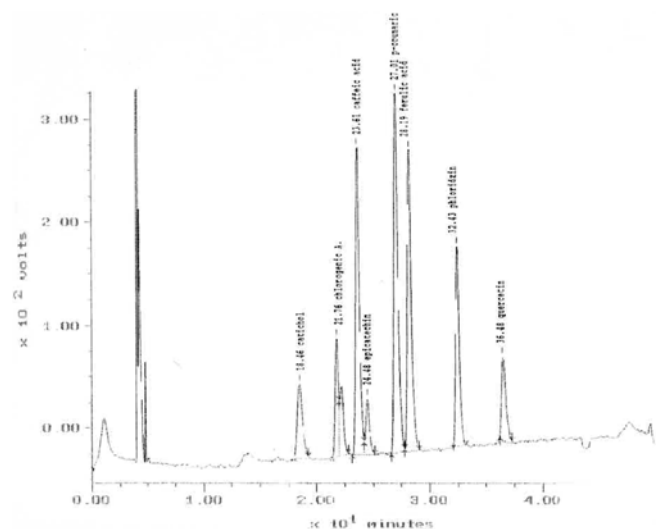
Column	column1: Delta Pak 15µC18300A° (3.9×300 mm) column2: Delta Pak 5µC18300A° (3.9×150 mm)
Column temp.	room temp.(column 1) 35 Celsius (column 2)
HPLC pump	Waters 510
HPLC injector	Waters 712 WISP
Detector	Photodiode array detector Waters 900 at 280 nm
Solvent	A) 10 mM KH ₂ PO ₄ (pH 3.0) B) 100% CH ₃ CN
Elution	Time (min) solvent A solvent B
	0 100 0
	38 58 42
	40 58 42
	45 0 100
	50 0 100
	55 100 0
Flow rate	1.0 mL/min
Run time	55 min
Equil.time	5 min

2) 사과 슬라이스의 페놀산 분리 및 정량

시료의 페놀산 조성의 변화를 관찰하기 위하여 알콜 추출액을 HPLC(WATERS 50, Milwaukee, USA)를 이용하여 <Table 1>과 같은 조건으로 분석하였다. 이때 표준 페놀 물질로는 chlorogenic acid, caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid(±), catechin, (-)epicatechin, quercetin, phloridzin로서 Sigma사(St. Louis, USA)로 부터 구입하였으며 페놀 정량을 위한 standard curve는 <Figure 1>과 같다.

3) Spectrophotometer에 의한 갈변 변화측정

사과 슬라이스 50 g에 100 mL의 증류수를 넣어 블렌더 (Galuxie, USA)에서 1분간 균질화 한 후 800×g에서 10분간 원심 분리하고 상등액 10 mL에 95% ethanol 15 mL를 첨가하여 혼합하고 800×g에서 15분간 재원심 분리하였다.



<Figure 1> HPLC chromatogram of phenolic standard compounds.

상 등액의 갈변 정도는 spectrophotometer(Milton roy spectronic 21D., USA)를 사용하여 420 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

4) 비타민 C 함량 측정

비타민 C의 함량은 히드라진 비색법에 따라 시료를 2% 인산 함유 추출액을 만들어 산화시킨 후, osazone 형성 및 흡광도 측정 순으로 하여 얻은 측정값을 표준 검량선으로 읽고 total ascorbic acid(TAA)함량을 공식에 의해 계산하였다.

5) Soluble solid 함량 측정

사과 슬라이스 50 g 에 100 mL 증류수를 넣어 블렌더로 균질화 한 후 800×g에서 10분간 원심 분리한 후 상 등액의 soluble solid함량을 굴절계(K, Fuji, 0-32%, Japan)를 사용하여 측정하였다.

6) pH 측정

냉장 저장 중 사과슬라이스의 pH는 각 시료군의 사과 슬라이스 50 g에 100 mL의 증류수를 넣어 1분간 블렌더로 균질화 시킨 후 digital pH meter(Hanna Instruments, HI 8418, Singapore)를 사용하여 측정하였다.

3. 통계 처리

실험 결과는 Statistical Analysis System(SAS) package를 이용하여 General Linear Model(GLM) procedure로 분산 분석(Analysis of variance)하였고 평균간 유의적 검정은 Duncan 다범위 검증을 이용하였다. 각 결과간의 상관관계는 correlation procedure로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 갈변 정도의 변화

본 연구에서는 사과 슬라이스의 냉장 저장 중 갈변 정도의 변화를 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

<Table 2>에서 갈변 정도는 fresh apple slice군이 흡광도가 0.083에서 0.247로, 물에 침지한 시료군은 0.077에서 0.230으로, CP 시료군은 0.108에서 0.218로, ascorbic 시료군은 0.065에서 0.200로 증가하였다. CP 시료군은 0 일째에 갈변 정도가 가장 컸는데 이것은 카라멜화 반응액의 색 때문이라 생각되며 fresh apple slice군의 갈변 증가에 대한 갈변 증가율은 물에 침지한 시료군이 93%, ascorbic 시료군은 82%, CP 시료군은 67%로 가장 적은 것으로 나타났다. 그러나 처리군의 결과들 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

따라서 CP 시료군과 ascorbic 시료군이 갈변 저해에 효과가 있는 것으로 나타났으며 ascorbic 시료군보다는 CP 시료군이 더 효과적인 것으로 나타났다.

<Table 2> Effects of various dipping treatments on the changes in browning intensity of apple slices during a storage at 3°C for 9 days O.D. at 420 nm

Storage day (day) Treatment	0	1	3	5	7	9
Control	0.083	0.148	0.195	0.164	0.196	0.247
Water	0.077	0.140	0.187	0.150	0.188	0.230
CP	0.108	0.132	0.176	0.154	0.185	0.218
Ascorbic acid	0.065	0.103	0.159	0.139	0.182	0.200

Control: fresh apple slice

Water: water-dipped apple slice

Ascorbic acid: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice

CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice

이러한 결과는 Kim 등(1993)는 여러 품종 사과의 열처리 가공 시의 변화에서 저장 기간 동안 모두 갈변 정도가 증가하는 경향을 보였으며 열처리군이 덜 갈변되었다는 보고와 일치하였다.

한편 Costeng과 Lee(1987)는 여러 품종 사과의 성숙과 저장시의 변화 연구에서 갈변 정도는 2달간 증가하다 그 이후에 감소하는 경향을 보였다고 하였으며 Amiot 등(1992)은 사과 품종들 중에 Elstar, Florina, Mutsu, Golden의 품종에서 약한 갈변력을, Fuji, Red delicious, Macintosh의 품종들은 강한 갈변력을 가지며 Granny Smith 품종은 다른 양상을 보인다고 하였다.

위의 갈변의 증가는 슬라이싱으로 인한 조직이 파괴되어 효소와 기질의 접촉의 기회가 증가되었기 때문이라 생각되어진다.

2. 개별 페놀 성분의 변화

냉장 저장 중 페놀 성분의 변화는 다음 <Table 3>과 같다.

1) Hydroxycinnamic acid류

hydroxycinnamic acid는 주로 결합형으로 나타나며 organic acid sugars, amino화합물, 지방, terpenoids, flavonoids와 lignin의 생합성에 직접 관여하기도 한다. 이들은 alkaline hydrolysis에 따라 유출되어지기 때문에 phenolic-carbohydrate ester로서 존재한다(Peleg 등 1991).

(1) chlorogenic acid

<Table 3>에서 냉장 저장 중 chlorogenic acid 함량의 변화에서 fresh apple slice군이 8.754 mg/100 g에서 4.646 mg/100 g로 47% 감소하는 경향을 보였으며 물에 침지한 시료군은 5.698 mg/100 g에서 3.058 mg/100 g로 46%, 감소하는 경향을 보였으며 CP 시료군은 3.812 mg/100 g에서 4.296 mg/100 g로 12.6%, ascorbic 시료군은 1.920 mg/100 g에서 2.160 mg/100 g로 12.5% 증가하는 경향을 나타냈다.

<Table 3> Effects of various dipping treatments on the changes in individual phenolic composition of apple slices during a storage at 3°C for 9 days
unit: mg/100 g fresh weight

Day	Hydroxycinnamic				Flavanols		Flavonols	Dihydrochalcone
	CG	CA	p-C	FA	CT	EP	Qu	Phn
Fresh apple slice								
0	8.754	0.836	0.248	0.220	0.738	3.846	tr	0.302
1	5.146	0.546	0.196	0.138	0.378	2.540	tr	0.526
3	4.920	0.572	0.088	0.104	0.262	1.980	tr	0.382
5	4.610	0.426	0.098	0.252	0.352	1.860	0.130	0.310
7	4.468	0.390	0.082	0.182	1.032	1.708	tr	0.300
9	4.646	0.474	0.184	0.288	0.864	2.244	tr	0.238
Water								
0	5.698	0.814	0.814	0.202	1.854	3.294	tr	0.136
1	4.730	0.816	0.110	0.148	2.028	3.230	tr	0.234
3	4.810	0.844	0.310	0.268	1.630	2.900	0.062	0.360
5	4.300	0.620	0.086	0.292	1.530	2.200	tr	0.304
7	4.574	0.640	0.086	0.200	1.370	2.372	tr	0.202
9	3.058	0.556	0.098	0.122	1.270	2.262	tr	0.100
CP								
0	3.812	0.382	0.120	0.264	0.544	1.660	tr	0.126
1	4.524	0.484	0.140	0.244	0.402	1.886	0.062	0.274
3	3.942	0.392	0.246	0.176	0.302	1.500	tr	0.276
5	3.712	0.440	0.120	0.176	0.440	1.650	tr	0.252
7	3.552	0.370	0.070	0.170	0.646	1.532	tr	0.186
9	4.296	0.448	0.238	0.172	0.492	1.826	tr	0.318
Ascorbic acid								
0	1.920	0.200	0.420	0.140	0.280	0.820	tr	0.060
1	2.260	0.240	0.060	0.120	0.200	0.940	0.030	0.140
3	1.980	0.200	0.160	0.100	0.160	0.760	tr	0.140
5	1.860	0.220	0.040	0.100	0.220	0.820	tr	0.130
7	1.780	0.200	0.040	0.112	0.820	0.780	tr	0.090
9	2.160	0.220	0.060	0.100	0.250	0.920	tr	0.160

CG: chlorogenic acid, CA: caffeic acid, p-C: p-coumaric acid, FA: ferulic acid, CT: (±)catechin, EP: (-)epicatechin, Qu: quercetin Phn: phloridzin
*tr: trace

Chlorogenic acid 함량 변화에서 0일째 fresh apple slice군과 물에 침지한 시료군은 8.754 mg/100 g, 5.698 mg/100 g이며 CP 시료군과 ascorbic 시료군은 반 이상 감소한 값인 3.810 mg/100 g, 1.920 mg/100 g로 페놀 화합물이 저해되어 감소된 값을 나타내며 저장 동안 아주 낮은 증가율을 보였다.

Fresh apple slice군과 물에 침지한 시료군은 저장 기간 동안 CG 함량이 크게 감소하는데 산화되어 quinone형성하는 갈변 현상에 관계하는 것으로 생각된다.

그러나 CP 시료군과 ascorbic 시료군들은 저해된 상태에서 도리어 저장 기간 동안 약간 증가하는 경향을 나타내는데 이는 침지액들의 작용에 의해 CG들이 산화되었다가 다시 환원되어 본래의 페놀로 되거나 quinone 형성에 참여하지 않는 약한 기질이 된 것으로 생각된다.

그러므로 sucrose의 카라멜화 반응생성물은 갈변을 저해하는 역할을 하는 것으로 나타났다. 또한 fresh apple slice군에서 CG의 함량은 총페놀 함량의 약 58.9%를 구성하고

있는 것으로 나타났다.

이러한 결과로 CG가 갈변에 영향을 미치는 요소인 것으로 추정된다.

(2) Caffeic acid

<Table 3>에서 냉장 저장 중 caffeic acid 함량의 변화에서 fresh apple slice군이 0.836 mg/100 g에서 0.474 mg/100 g로 43% 감소하는 경향을 보였으며 물에 침지한 시료군은 0.814 mg/100 g에서 0.556 mg/100 g로 31.7%, 감소하는 경향을 보였으며 CP 시료군은 0.382 mg/100 g에서 0.448 mg/100 g로 17.3%, ascorbic 시료군은 0.200 mg/100 g에서 0.220 mg/100 g로 10% 증가하는 경향을 나타냈다.

여기서도 CG와 비슷한 경향을 나타내어 fresh apple slice군과 물에 침지한 시료군은 저장 기간 동안 caffeic acid 함량이 크게 감소하는데 산화되어 quinone형성하는 갈변 현상에 기질로 사용된 것으로 생각된다.

그러나 CP 시료군과 ascorbic 시료군들은 저해된 상태에서 도리어 저장기간동안 약간 증가하는 경향을 나타내는데 이는 침지액들의 작용에 의해 caffeic acid들이 산화되었다가 다시 환원되어 본래의 페놀로 되거나 quinone 형성에 참여하지 않는 약한 기질이 된 것으로 생각된다.

(3) p-Coumaric acid

〈Table 3〉에서 냉장 저장 중 p-coumaric acid 함량의 변화에서 fresh apple slice군이 0.248 mg/100 g에서 0.184 mg/100 g로 25.8% 감소하는 경향을 보였으며 물에 침지한 시료군은 0.814 mg/100 g에서 0.098 mg/100 g로 감소하는 경향을 보였으며 CP 시료군은 0.120 mg/100 g에서 0.238 mg/100 g로 증가하는 경향을 보였으며 ascorbic 시료군은 0.420 mg/100 g에서 0.060 mg/100 g로 감소하는 경향을 나타냈다.

p-coumaric acid 함량은 chlorogenic acid 함량과 caffeic acid 함량 변화와 다르게 CP 시료군에서만 저장 기간 동안 증가하는 것으로 나타났다.

Janovitz-Klapp 등(1990b)은 p-coumaric acid는 사과와 배로부터의 o-diphenolases의 저해제라 하였으며 flavonols o-diphenolases의 약한 기질이며 효소적 갈변 방지하는데 사용되는 환원제 ascorbic acid의 산화를 저해하는 것으로 보인다고 보고하였다.

(4) Ferulic acid

〈Table 3〉에서 냉장 저장 중 ferulic acid 함량의 변화에서 fresh apple slice군이 0.220 mg/100 g에서 0.288 mg/100 g로 저장 기간 동안 초기에 감소하다 증가하는 경향 보였으며 물에 침지한 시료군은 0.202 mg/100 g에서 0.122 mg/100 g로 저장 동안 감소와 증가하며 다시 감소하는 경향을 보였으며 CP 시료군은 0.264 mg/100 g에서 0.172 mg/100 g로 감소하는 경향을, ascorbic 시료군은 0.140 mg/100 g에서 0.100 mg/100 g로 감소하는 경향을 나타냈다.

Fresh apple slice군과 물에 침지한 시료군에서는 감소와 증가가 일정하지 않는 경향을 나타내며 CP 시료군과 ascorbic 시료군에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 일정하지 않는 변화로 미루어 보아 ferulic acid의 변화는 갈변 반응에 어떤 영향을 미치지 않는 것으로 생각되어 진다.

2) Flavanols

(1) Catechin

〈Table 3〉에서 냉장 저장 중 catechin 함량의 변화에서 fresh apple slice군이 0.738 mg/100 g에서 5일째 0.352 mg/100 g로 감소하다 9일째 0.864 mg/100 g로 증가하였으며 물에 침지한 시료군은 1.854 mg/100 g에서 1.270

mg/100 g로 감소하는 경향을 보였으며 CP 시료군은 0.544 mg/100 g에서 0.492 mg/100 g로, ascorbic 시료군은 0.280 mg/100g에서 0.250 mg/100 g로 감소하는 경향을 나타냈다.

여기서도 CG와 비슷한 경향을 나타내어 fresh apple slice군과 물에 침지한 시료군은 저장 기간 동안 catechin 함량이 크게 감소하는데 산화되어 quinone형성하는 갈변 현상에 기질로 사용되어진 것으로 생각된다.

이러한 페놀의 감소에 대한 연구로 Mosel과 Herman (1974)은 catechin농도가 저장하는 몇 개월간 감소하는 경향을 나타냈다고 보고하였고 Burda 등(1990)은 효소적 갈변의 주요 공헌자로 catechin이라 하며 사과 숙성 중 재빨리 감소하였다는 보고와 일치하는 것으로 나타났다.

그러나 CP 시료군과 ascorbic 시료군들은 저해된 상태에서 도리어 저장 기간동안 약간 증가하는 경향을 나타내는데 이는 침지액들의 작용에 의해 catechin들이 산화되었다가 다시 환원되어 본래의 페놀로 되거나 quinone 형성에 참여하지 않는 약한 기질이 된 것으로 생각된다.

(2) Epicatechin

〈Table 3〉에서 냉장 저장 중 epicatechin 함량의 변화에서 fresh apple slice군이 3.846 mg/100 g에서 9일째 2.244 mg/100 g로 41.7% 감소하였으며 물에 침지한 시료군은 3.294 mg/100 g에서 2.262 mg/100 g로 31.3%감소하는 경향을 보였으며 CP 시료군은 1.660 mg/100 g에서 1.826 mg/100 g로 10%증가하였으며, ascorbic 시료군은 0.820 mg/100 g에서 0.920 mg/100 g로 12%증가하는 경향을 나타냈다.

여기서도 caffeic acid와 비슷한 경향을 나타내어 fresh apple slice군과 물에 침지한 시료군은 저장 기간 동안 epicatechin 함량이 크게 감소하는데 이는 산화되어 quinone 형성하는 갈변 현상에 기질로 관계하는 것으로 생각된다.

그러나 CP 시료군과 ascorbic 시료군들은 저해된 상태에서 도리어 저장 기간 동안 약간 증가하는 경향을 나타내는데 이는 침지액들의 작용에 의해 epicatechin들이 산화되었다가 다시 환원되어 본래의 페놀로 되거나 약한 기질이 된 것으로 생각된다.

Burda 등(1990)은 사과의 페놀 화합물 연구에서 epicatechin은 초기에 재빨리 감소하다 그 이후에 일정한 수준을 나타낸다고 하였다.

3) Flavonols

(1) Quercetin

〈Table 3〉에서 냉장 저장 중 quercetin 함량의 변화는 모든 처리군에서 거의 감지되지 않을 정도의 흔적량으로 나타났다. fresh apple slice군은 5일째 0.130 mg/100 g, 물에 침지한 시료군은 3일째에 0.062 mg/100 g, CP 시료

군은 2일째에 0.062 mg/100 g, ascorbic 시료군은 2일째에 0.030 mg/100 g 함유되는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 사과 속의 페놀류 중 quercetin은 과육보다는 껍질에 많이 함유되어있기 때문이라 생각되며 이는 Burda 등(1990)이 사과 껍질에서만 quercetin이 발견되었다고 보고한 것과 일치한다.

4) Dihydrochalcone

(1) Phloridzin

〈Table 3〉에서 냉장 저장 중 phloridzin 함량의 변화에서 fresh apple slice군이 0.302 mg/100 g에서 9일째 0.238 mg/100 g로 감소하였으며 물에 침지한 시료군은 0.136 mg/100 g에서 0.100 mg/100 g으로 감소하는 경향을 보였으며 CP 시료군은 0.126 mg/100 g에서 0.318 mg/100 g로, ascorbic 시료군은 0.060 mg/100 g에서 0.160 mg/100 g로 증가하는 경향을 나타냈다.

여기서도 CG와 비슷한 경향을 나타내어 fresh apple slice군과 물에 침지한 시료군은 저장 기간 동안 phloridzin 함량이 크게 감소하는데 산화되어 quinone형성하는 갈변 현상에 기질로 관계하는 것으로 생각된다.

그러나 CP 시료군과 ascorbic 시료군들은 저해된 상태에서 도리어 저장 기간 동안 약간 증가하는 경향을 나타내는데 이는 침지액들의 작용에 의해 phloridzin들이 산화되었다가 다시 환원되어 본래의 페놀로 되거나 약한 기질이 된 것으로 생각된다.

이상의 개별 페놀화합물 함량의 변화에 대한 위의 결과들로 보아 냉장 저장 중 phenolic composition들은 감소하거나 증가하는 것으로 나타났으며 이는 여러 연구 결과와 일치하며 함량에서는 hydrocinnamic류인 chlorogenic acid가 가장 컸으며 그 다음은 flavanol류인 epicatechin, caffeic acid 순이었으며 갈변에는 chlorogenic acid, caffeic acid, p-coumaric acid, catechin epicatechin, phloridzin 등이 관여하는 것으로 나타났으며 이중 fresh apple slice군과 물에 침지한 시료군에서 chlorogenic acid의 감소율이 가장 크게 나타났으며 반면에 카라멜화 반응생성물에 침지한 sucrose 시료군과 ascorbic acid 용액에 침지한 ascorbic acid 시료군은 증가하는 경향을 보였다.

이러한 결과는 Lee 등(1990)은 다양한 품종의 배에서 개별적 페놀화합물은 수확전 성숙될 때까지 감소하는 경향을 보이며 주요 페놀은 catechin, chlorogenic acid, procyanidin B3, caffeic acid 등이며 chlorogenic acid, neochlorogenic acid 등이 많은 양이 분포하며 품종에 따라 차이가 있다고 보고한 결과와 일치하였다.

또한 본 연구에서 CG의 함량이 가장 큰 것으로 나왔으며 이는 Janovitz-klapp 등(1990a)의 사과 PPO는 epicatechin 또는 catechin보다 적어도 chlorogenic acid가 2배 이상의 활성을 가지며 다른 페놀 성분들은 기질이거나 저해제로

서 생각되어진다는 보고와 Goupy 등(1995)은 catechin, chlorogenic acid, epicatechin은 PPO에 좋은 기질이며 사과 PPO는 이들 페놀 물질 기질들에 대해 다른 기질 특이성을 가진다고 하였으며 주요 페놀류 HD, FA, FO, DC는 9개 품종에서 전체 페놀의 80-90% 차지하며 HD의 주요 화합물인 CG는 매우 높았다고 보고한 결과와 일치하였다.

한편 Janovitz-klapp 등(1990 a)은 CG와 catechin이 갈변에 관여하는 화합물이며 이것은 결합에 의한 산화 메커니즘의 전개에 의해서라고 하였으며 o-quinone은 다른 phenol산화(주로 비효소적 coupled oxidation 메커니즘)에 의해 주로 flavan을 산화시킬 수 있다고 하였다(Cheynier 등 1988; Cheynier 등 1989; Oszmianski & Lee 1990).

Murata 등(1995)은 chlorogenic acid는 주요 페놀이며 catechin은 급격히 감소하여 갈변에 주된 공헌하는데 그 이유는 그것의 산화생성물은 chlorogenic acid보다 더 큰 색강도를 보여주기 때문이라 하였다.

최근 Burda 등(1990)은 epicatechin procyanidin B2가 CG보다 더 많은 양이 나타난다고 하였으나 본 연구와 일치하지 않았다. 이는 실험조건의 차이에 의한 것으로 생각되어진다.

Dijkstra와 Walker(1992)는 살구에서 효소적 갈변에 대해 건강한 조직과 썩은 살구 조직 비교 연구에서 건강한 과일은 catechin, chlorogenic acid, p-coumaric acid 유도체가 풍부하며 썩은 조직에서 catechin, chlorogenic acid는 크게 감소하였으나 caffeic acid량은 증가하였다고 하였다.

3. Vitamin C 함량의 변화

냉장저장 중 사과슬라이스의 비타민 C 함량의 변화는 다음 〈Table 4〉와 같다. total ascorbic acid(TAA) 함량의 변화는 fresh apple slice가 60.4 mg%에서 32 mg%로 47% 감소하는 경향을 나타냈으며 물에 침지한 시료군은 58.4 mg%에서 33.2 mg%로 43%, CP 시료군은 57.2 mg%에서 52 mg%로 9%, ascorbic 시료군은 264.4 mg%에서 244 mg%로 7.7% 감소하는 경향을 보였으며 처리군의 결과들 간의 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.001$).

냉장 저장 중 TAA 함량 변화는 전체적으로 fresh apple slice 물에 침지한 시료군 > CP 시료군 > ascorbic 시료군 순으로 감소하는 경향을 보였다.

이러한 감소 경향을 Weller(1997)는 ascorbic acid oxidase와 같은 효소 때문으로 절단 조직에서 보다 더 활성이 있기 때문이라 했으며 저장 후 과일슬라이스의 낮은 ascorbic acid 농도는 갈변을 더 잘 일어나게 하며 과일 조직의 갈변은 ascorbic acid 농도와 관계한다고 보고하였으며 이는 본 연구의 결과와 일치하였다.

한편 ascorbic acid에 대한 연구로 Sapers 등(1989)은 ascorbic acid의 역할은 갈변 정도를 제한하며 lag time 연장시킨다고 보고하였으며 Seib & Lino(1987)는 ascorbic

<Table 4> Effects of various dipping treatments on the changes in total ascorbic acid content of apple slices during a storage at 3°C for 9 days
unit: mg%/100g fresh weight

Storage day (day) Treatment	0	1	3	5	7	9
Control ^c	60.4	59.6	48.0	40.4	35.2	32.0
Water ^{bc}	58.4	56.4	54.0	48.0	36.4	33.2
CP ^b	57.2	56.4	55.6	52.8	54.6	52.0
Ascorbic acid ^a	264.4	261.2	264.0	256.0	252.0	244.0

Control: fresh apple slice
 Water: water-dipped apple slice
 Ascorbic acid: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice
 CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice
 a,b: Means with the same letter are not significant different significant at p<0.001

acid는 용출, 열처리 및 효소 작용에 의해 손실된다고 보고 하였다.

Weller 등(1997)은 carambolar의 슬라이스를 4°C 저장 시 ascorbic acid가 감소하는 경향을 보였으며 1% citric acid 와 0.5% ascorbic acid 처리한 쪽이 갈변 저해에 효과적이라 하였다. 이는 본 연구의 결과와 일치하는 경향을 보였다.

4. pH변화

냉장 저장 중 사과슬라이스의 pH의 변화는 다음 <Table 5>와 같다.

Fresh apple slice의 pH는 4.69에서 4.93으로 5.1%, 물에 침지한 시료군은 4.62에서 4.79로 3.7%, CP 시료군은 4.6에서 4.77로 3.7%, ascorbic 시료군은 4.30에서 4.86으로 12.2% 증가하는 경향을 나타냈었으며 처리군의 결과들 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

모든 시료군들의 pH의 변화가 증가하는 경향을 나타냈으며 대조군보다 침지군들의 pH값이 더 낮게 나타났다. 이중 CP시료군이 가장 낮은 값을 나타냈다.

한편 Coseteng 등(1987)은 갈변 정도에 따른 사과 슬라이스의 pH의 변화는 일반적으로 증가하는 경향을 나타냈다고 보고하였으며 이것은 과일의 대사에 의해 일어나는 산의 감소의 결과라 보고하였다. 이것은 본 연구의 결과와 일치하였다.

또한 Kim 등(1993)은 사과 슬라이스의 pH가 저장 중 약간 증가하였다고 하였으며 Weller 등(1997)은 열대 과일 슬라이스의 저장시 pH가 증가하는 경향을 보였으며 대조군이 슬라이스 처리군 보다 더 큰 값을 나타냈으며 수확시 보다 4.4°C 저장시 더 증가하는 경향을 나타냈다고 하였다.

이러한 결과로 냉장 저장 중 pH의 증가는 대사로 인한 산의 감소의 결과라 생각되어지며 Porter 등(1976)은 pH가 증가됨에 따라 chlorogenic acid가 변색되어 갈변이 유발되며 이는 알칼리성의 pH에서 phenol이 phenoxides이온

<Table 5> Effects of various dipping treatments on the changes in pH of apple slices during a storage at 3°C for 9 days

Storage day (day) Treatment	0	1	3	5	7	9
Control	4.69	4.73	4.79	4.75	4.78	4.93
Water	4.62	4.66	4.71	4.80	4.83	4.79
CP	4.60	4.61	4.70	4.71	4.71	4.77
Ascorbic acid	4.33	4.61	4.64	4.71	4.70	4.86

Control: fresh apple slice
 Water: water-dipped apple slice
 Ascorbic acid: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice
 CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice

<Table 6> Effects of various dipping treatments on the changes in soluble solid content of apple slices during a storage at 3°C for 9 days
unit: °Brix

Storage day (day) Treatment	0	1	3	5	7	9
Control ^a	4.4	4.3	4.5	4.5	4.7	4.8
Water ^c	3.4	3.3	3.3	3.4	3.6	3.7
CP ^b	3.9	3.8	3.9	3.6	3.5	3.9
Ascorbic acid ^c	3.5	3.6	3.3	3.1	3.7	3.6

Control: fresh apple slice
 Water: water-dipped apple slice
 Ascorbic acid: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice
 CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice
 significant at p<0.001

으로 분해되는 이온화로 인해 갈변이 생긴다고 보고하였다.

그러므로 본 연구에서 CP의 시료군이 pH의 증가가 가장 낮았으므로 갈변의 진행을 저해하는데 효과가 있는 것으로 나타났다.

5. soluble solids 변화

냉장 저장 중 soluble solids 변화는 다음 <Table 6>과 같다.

Fresh apple slice가 4.4°Brix에서 4.8°Brix로 물에 침지한 시료군은 3.4°Brix에서 3.7°Brix로 CP 시료군은 3.9°Brix에서 3.9°Brix로 ascorbic 시료군은 3.5°Brix에서 3.6°Brix으로 증가하는 경향을 보였으며 처리군의 결과들간의 유의적인 차이가 나타났다(p<0.001).

대조군보다 침지군들이 낮은 값을 나타냈으며 이중 CP시료군은 냉장저장 중 큰 변화가 없는 경향을 보였다.

한편 Coseteng 등(1987)은 사과 슬라이스의 숙성 및 냉장 저장 중 soluble solid 함량이 증가한다고 보고하였는데 이것은 전분이나 hemicellulose와 같은 고분자 화합물이 분해하여 단당류와 같은 저분자 화합물로 되기 때문이라 하였다. 이는 본 연구 결과와 일치하였다.

또한 Kim & smith(1993)은 사과 슬라이스의 soluble solid함량은 품종에 따라 다르다고 하였고 Weller 등(1997)은 carambola 슬라이스를 4°C 저장시 soluble solid 함량

이 증가하였다고 보고하였다.

Pilar Cano 등(1995)은 soluble solid 함량의 증가는 소량의 전분의 분해를 포함하는 생화학적 경로에 관계되며 냉동과 해동시 과일 슬라이스에서의 증가는 water ice 변형에 의한 세포벽 다당류들의 기계적 손상 때문이라 하였다.

이러한 결과로 CP시료군이 냉장 저장 중 고분자 화합물의 분해에 관여하는 대사를 저해하며 soluble solid 함량을 유지시키는 것으로 생각된다.

6. 상관관계

냉장 저장 중 사과 슬라이스의 개별 페놀화합물과 갈변정도와와의 상관관계를 살펴본 결과는 다음 <Table 7>과 같다.

A₄₂₀과의 chlorogenic acid과의 상관성은 -0.58로 부의 상관관계를 보였으며 caffeic acid과는 -0.18, p-coumaric acid과는 0.02, ferulic acid과는 -0.14, catechin과는 -0.11, epicatechin과는 0.55(p<0.05), quercetin과는 0.20, phloridzin과는 0.17로, epicatechin과는 0.55(p<0.05)을 제외하고 낮은 상관 계수를 보였다. TAA와는 -0.37, 낮은 부의 상관 보였으며 유의성은 있었다(p<0.05). pH와는 0.02로 아주 낮은 부의 상관관계를 나타냈으며 유의성도 없었다. soluble solid와는 0.33의 낮은 상관관계를 나타냈으며 유의성은 있었다(p<0.05).

Chlorogenic acid의 경우 caffeic acid와의 상관성은 -0.05, p-coumaric acid와는 -0.11, ferulic acid와는 -0.11, epicatechin과는 -0.10, quercetin과는 -0.17로, catechin과는 -0.15로, phloridzin과는 -0.12로 아주 낮은 부의 상관성을 나타내었으며 유의성도 없었다.

Caffeic acid의 경우 p-coumaric acid와의 상관성은 0.02로 낮은 정의 상관성을, ferulic acid와는 -0.09, epicatechin과는 -0.17, quercetin과는 -0.15로, catechin과는 -0.09로, phloridzin과는 -0.17로 아주 낮

은 부의 상관성을 나타냈다.

p-coumaric acid의 경우 ferulic acid와의 상관성은 0.0으로 상관성이 없었으며, epicatechin과는 -0.10, quercetin과는 -0.16로, catechin과는 -0.10로, phloridzin과는 -0.14로 아주 낮은 부의 상관성을 나타냈다.

Ferulic acid의 경우 catechin과의 상관성은 0.01로 거의 상관성이 없으며 epicatechin과는 -0.13, quercetin과는 -0.13으로 phloridzin과는 -0.16으로 아주 낮은 부의 상관성을 나타냈다.

Catechin의 경우 epicatechin과의 상관성은 -0.02, quercetin과는 -0.15로 phloridzin과는 -0.12로 아주 낮은 부의 상관성을 나타냈다.

Epicatechin의 경우 quercetin과의 상관성은 0.06로 아주 낮은 정의 상관관계를, phloridzin과는 -0.15로 아주 낮은 부의 상관성을 나타냈다.

Quercetin의 경우 phloridzin과의 상관성은 0.03으로 아주 낮은 정의 상관성을 나타냈다.

비타민 C와 pH는 -0.08로 아주 낮은 부의 상관성을 나타냈으며 유의성도 없었다. soluble solid와는 -0.40의 낮은 부의 상관관계를 나타냈으며 유의성은 있었다(p<.001).

pH와 soluble solid의 상관성은 0.27로 낮은 정의 상관관계를 나타냈으며 유의성은 있었다(p< 0.05).

Amiot 등(1995)은 a값과 HD와 flavanol의 상관성은 0.848로 높은 상관관계를 보였으며 이 두 페놀이 배의 효소적 갈변에 중요한 역할을 했다고 보고하였으며 Bruda 등(1990)은 사과의 숙성 및 냉장 중 갈변의 경향이 페놀 함량과 밀접한 관계라고 보고하였다.

페놀화합물이 효소 활성보다 더 갈변에 영향을 미치는 것으로 나타난 연구로 Mondy 등(1966)과 Lee 등(1990)은 감자와 복숭아의 갈변이 효소 활성보다는 높은 페놀 함량과 상관되었다고 하였다.

<Table 7> Pearson correlation coefficients of changes in apple slices during a storage at 3°C for 9 days

	A ₄₂₀	CG	CA	p-C	FA	CT	EP	QU	PHN	TAA	pH	SS
A ₄₂₀	1.0											
CG	-0.58**	1.0										
p-C	-0.18	-0.05	1.0									
PA	0.02	-0.11	0.02	1.0								
FA	-0.14	-0.11	-0.09	0.00	1.0							
CT	-0.11	-0.15	-0.09	-0.10	0.01	1.0						
EP	0.55**	-0.10	-0.17	-0.10	-0.13	-0.02	1.0					
QU	0.20	-0.17	-0.15	-0.16	-0.11	-0.15	0.06	1.0				
PHN	0.17	-0.12	-0.17	-0.14	-0.16	-0.12	-0.15	0.03	1.0			
TAA	-0.37**	-0.22	-0.12	-0.16	-0.14	-0.16	0.05	-0.01	0.08	1.0		
pH	0.02	0.28	0.02	0.20	-0.14	-0.14	-0.01	-0.16	-0.15	-0.08	1.0	
SS	0.33	0.36	0.18	0.08	-0.15	-0.15	-0.21	-0.07	-0.16	- .40*	0.27**	1.0

*: significant at p<.001

** : significant at p<.05

CG: chlorogenic acid, CA: caffeic acid, p-C: p-coumaric acid, FA: ferulic acid, CT: (±)catechin, EP: (-)epicatechin, Qu: quercetin Phn: phloridzin SS: soluble solid

이외에 Weaver 등(1974)은 PPO, dopamine, 갈변 정도의 농도간에 유의적인 상관성 갖지 않았으며 초기의 갈변 정도와 ascorbic acid 농도간에 유의적인 상관관계 보였다고 하였다.

한편 여러 연구들을 종합하여 Amiot 등(1995)은 A₄₂₀과 L값의 관계는 flavan-3-ols/hydroxycyaninics의 균형과 PPO의 활성에 의존한다고 하였다. 그 외 산화반응에 들어가는 chlorogenic acid와 flavan-3-ols로부터 형성된 o-quinone의 초기 양은 PPO활성에 의존하고 효소적 반응 속도는 마지막 색소 형성에 공헌한다고 보고하였으며 그 외 다른 요인으로 ascorbic acid와 산도도 갈변에 중요한 역할을 한다고 하였다.

IV. 요약

냉장 저장시 사과슬라이스의 사과 속의 개별 페놀화합물의 조성은 어떠한지, 4종류의 페놀류의 함량 변화, 개별 페놀화합물의 성분 변화와 효소적 갈변에 미치는 영향을 알아 보았으며 비타민 C변화, pH와 soluble solid의 변화를 측정하였으며 이들 간의 상관관계를 알아보고자 연구한 결과는 다음과 같다.

갈변 정도는 fresh apple slice, 물에 침지한 시료군, CP 시료군, ascorbic acid 시료군 모두 증가하는 경향을 나타냈으며 그 크기는 fresh apple slice > 물에 침지한 시료군 > ascorbic acid 시료군 > CP 시료군 순이었다.

페놀성분은 냉장 저장시 사과슬라이스의 4종류의 페놀류 중 HD와 FA가 주된 화합물이었으며 이중 HD가 가장 많았으며 또한 CG와 EP의 함량 비교에서도 CG가 더 많았으며 페놀함량의 변화는 fresh apple slice, 물에 침지한 시료군은 크게 감소하는 경향을 나타냈으며 CP 시료군, ascorbic acid 시료군은 아주 적게 증가하는 경향을 나타냈다.

비타민 C는 fresh apple slice, 물에 침지한 시료군, ascorbic acid 시료군, CP 시료군 모두 감소하는 경향을 보였으며 fresh apple slice > 물에 침지한 시료군 > CP 시료군 > ascorbic acid 시료군 순이었다.

pH의 변화는 모든 시료군들이 증가하는 경향을 나타냈으며 대조군보다 침지군들의 pH값이 더 낮게 나타났다. 이중 CP시료군이 가장 낮은 값을 나타냈다.

Soluble solid의 변화는 모든 처리군들에서 증가하는 경향을 보였으며 CP 시료군이 덜 증가하는 것으로 나타났다.

상관관계 분석에서 갈변 정도와 chlorogenic acid 함량 등이 높은 상관성을 나타내었다.

이러한 연구결과로 냉장저장 중 사과슬라이스의 페놀성분 함량의 변화는 갈변에 영향을 미치는 것으로 나타났으며 본 연구에서는 HD와 FA가 주된 페놀화합물이며 이중 CG가 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

■ 참고문헌

- 황혜정, 김성수, 윤광호. 사과주스의 제조과정 중 페놀계 물질의 변화, PA077, 식품과학회 논문초록집, 1997.
- Ahn, S.C. and Lee, G.C. 2005. Effects of antibrowning agents on browning of apple slices during cold storage. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 21(1):24-32.
- Amiot, M.J., Tacchini, M., Aubert, S., and Nicolas, J. 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *J. Food Sci.*, 57(4):958-962.
- Amiot, M.J., Tacchini, M., Aubert, S.Y. and Oleszek, W. 1995. Influence of cultivar, maturity stage and storage conditions on phenolic composition and enzymatic browning of pear fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 43:1132-1137.
- Burda, S. Oleszek, W. and Lee, C.Y. 1990. Phenolic compounds and their changes in apple during maturation and cold storage. *J. Agric. Food Chem.*, 38(4):945-948.
- Cheynier, V.F., Osse, C., and Rigaud, J. 1989. Oxidation of grape juice phenolic compounds in model solution. *J. Food Sci.*, 53:1729-1734.
- Cheynier, V., Basson, N., and Rigaud, J. 1988. Mechanism of transcaffeoyl-tartaric acid and catechic oxidation in model solutions containing grape polyphenol oxidase. *J. Agric. Food Chem.*, 37:1069-1071.
- Coseteng, M.Y. and Lee, C.Y. 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *J. Food Science*, 52(4):985-989.
- Dao, L. and Friedman, M. 1992. Chlorogenic acid content of fresh and processed potatoes determined by ultraviolet spectrophotometry. *J. Agric. Food Chem.*, 40:2152-2156.
- Dijkstra, L. and Walker, J.R.L. 1992. Enzymatic browning in Apricots. *J. Sci. Food Agric.*, 58:41-48.
- Goupy, P., Amiot, M.L., Richard-forget, F., Duprat, F., Aubert, S. and Nicolas, J. 1995. Enzymatic Browning of model solutions and apple phenolic extracts by apple polyphenoloxidase. *J. Food Science*, 60(3):497-501.
- Harel, E., Mayer, A.M. and Sham, Y. 1966. Catechol oxidases endogenous substrates and browning in developing apples. *J. Sci. Food Agric.* 17(9):389-391.
- Janovitz-Klapp, A.H., Richard, F.C., Goupy, P.M., and Nicolas, J.J. 1990a. Inhibition studies on apple polyphenol oxidase. *J. Agric. Food Chem.*, 38:926-931.
- Janovitz-klapp, A.H., Richard, F.C., Goupy, P.M. and Nicolas, J.J. 1990b. Kinetics studies on apple polyphenoloxidase. *J. Agric., Food Chem.*, 38(7):1427-1441.
- Kim, D.M., Smith, N.L. and Lee, C.Y. 1993. Apple cultivar variation in response to heat treatment and minimal processing. *J. Food Sci.*, 58(5):1111-1124.
- Lee, C.Y., Kagh, V., Jaworski, A.W. and Brown, S.K. 1990. Enzymatic browning in relation to phenolic compounds and

- polyphenol oxidase activity among various peach cultivars, *J. Agric. Food Chem.*, 38:99-101.
- Mondy, N.Y., Gedde-Dahl, S.B. and Mobley, E.O. 1966 Relationship of specific gravity to the enzyme activity and phenolase content of potatoes, *J. Food Sci.*, 31:157-160.
- Mosel, H.O. and Herman, K. 1974. Changes in catechins and hydroxycinnamic acid derivatives during development of apples and pears, *J. Sci. Food Agric.*, 25:251-256.
- Murata, M., Tsurutani, M., Tomita, M., Homma, S. and Kaneko, K. 1995 Relationship between apple ripening and browning: Changes in polyphenol content and polyphenol oxidase, *J. Agric. Food Chem.*, 43(5):1115-1121.
- Oszmianski, J. and Lee, C.Y. 1990. Inhibition of polyphenol oxidase activity and browning by honey. *J. Agric. Food Chem.*, 38:1892-1895.
- Peleg, H., Naim, M., Rousel, R.L. and Zehavi, U. 1991. Distribution of bound and free phenolic acids in oranges (*Citrus sinensis*) and grapefruits (*Citrus paradisi*), *J. Sci. Food Agric.*, 57:417-426.
- Pilarcano, M., Becgono de Ancos, and Lobo, G. 1995. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in Papaya during postharvest ripening and after freezing/thawing, *J. Food Sci.*, 60(4):815-820.
- Porter, O.C. Pharr, D.H., Kushman, L.J., Pop, D.T. 1976. Discoloration of chilled sweet potato (*Ipomoea batatas*(L.) Lac.) roots: Reaction related to cultivar differences, *J. Food Sci.*, 91:938-941.
- Sapers, G.M., El-atawy, Y.S., Hicks, K.B. and Garzarella, L. 1989. Effect of emulsifying agents on inhibition of enzymatic browning in apple juice by ascorbyl palmitate, laurate and decanoate. *J. Food Sci.*, 54(4):1096-1097.
- Seib, P.A., and Lino, M.L. 1987. Ascorbate-2-polyphosphate esters and method of making same., U.S. Patent., 4:647, 672.
- Spanos, G.A., Wrolstad, R.E. and Hentherbell, D.A. 1990. Influence of processing and storage on the phenolic composition of apple juice. *J. Agric. Food Chem.*, 38:1572-1579.
- Walker, J.R.L. 1969. Inhibition of the apple phenolase system through infection by penicillium expansion, *Phytochem.*, 8:561-566.
- Walker, J.R.L., Wilson, E.L. 1975. Studies on the enzymatic browning of apples, Inhibition of apple o-dephenoloxidase by phenolic acids, *J. Sci. Food Agric.* 26:1825-1831.
- Weaver, C. and Charley, H. 1974. Enzymatic browning of ripening bananas. *J. Food Sci.*, 39:1200-1202.
- Weller, A., Sims, C.A., Matthews, R.F., Bates, R.P. and Brecht, J.K. 1997. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. *J. Food Sci.*, 62(2):256-260.

(2008년 6월 11일 신규논문접수, 2008년 7월 23일 수정논문접수, 8월 11일 수정논문접수, 2008년 8월 12일 채택)