

냉장저장 중 사과 슬라이스의 갈변에 미치는 갈변저해제의 효과

안선정*, 이귀주¹

*해천대학 식품과학계열

¹고려대학교 사범대학 가정교육과

Effects of Antibrowning agents on browning of apple slices during cold storage

Sun-Choung Ahn*, Gui-Chu Lee¹

*Department of School of Food Science, Hechon College

¹Department of Home Economics, College of Education, Korea University

Abstract

Changes in apple slices during cold storage were investigated by evaluating the physical properties such as degree of browning and compression force. Chemical properties such as PPO activity and total phenol contents were also determined and sensory evaluation was carried out. The correlation analysis between browning parameters was conducted. Degree of browning was increased in the order of fresh apple slice, water-dipped apple slice, 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice and CP(caramelization product) from sucrose-dipped apple slice. PPO activity was increased in the order of fresh apple slice, water-dipped apple slice, 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice and CP(caramelization product) from sucrose-dipped apple slice. Amongst several treatments, CP from sucrose-dipped apple slice showed the lowest degree of browning and PPO activity. Total phenol contents were decreased from 60 to 56.2 mg and from 59.6 to 56.0 mg in fresh apple slice and water-dipped apple slice, respectively, but CP from sucrose-dipped apple slice and 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice were increased from 51.9 to 52.8 mg and from 54.1 to 54.4 mg, respectively, showing the smallest changes when compared with fresh apple slice and water-dipped apple slice. Compression forces of apple slices during cold storage were decreased in the order of fresh apple slice, water-dipped apple slice, 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice and CP from sucrose-dipped apple slice. In sensory evaluation of apple slices during cold storage, CP from sucrose-dipped apple slice had higher score than the other treatments. In addition, a significant correlation was observed among degree of browning, PPO activity and phenol content. Therefore, CP from sucrose-dipped apple slice seems to be effective in controlling of enzymatic browning during cold storage. In addition, CP from sucrose-dipped apple slice seems to be effective on other several factors. These results suggest that CP from sucrose should be a potential source for controlling enzymatic browning during storage of vegetables and fruits.

Key words: caramelization product(CP), browning inhibitor, PPO activity, phenol contents, apple slice

1. 서 론

최근 식품소비의 양상에서 식품의 유용성과 소비자의 구매력에 대한 관계가 칼로리와 영양 성분의 적절한 공급에 대한 관심으로부터 식품의 질과 편

리성에 대한 관심으로 변화되고 있다. 또한 소비자의 생활스타일들의 변화와 함께 소비자들은 건강에 대한 관심이 증가되며 채소와 과일의 편의식품 등 신선한 식품에 대한 기호도가 증가하였으며 이러한 편리성과 신선한 특성에 대한 욕구는 최소 가공(minimally processing)된 과일과 채소의 식품의 출현을 이끌었다¹⁻²⁾.

최소 가공된 식품은 생산단계에서 씻기, 깎기, 슬라이싱, 찌지 등으로 포장되어져 소비자는 이러한 제품을 구입한 후 전처리 과정을 거치지 않고 바로

Corresponding author: Sun-Choung Ahn, Hechon College, 333, Boksu-dong, Seo-ku, Daejeon 301-715, Korea
Tel: 82-42-580-6317
Fax: 82-42-580-6315
Email: asc@hcc.ac.kr

사용할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이러한 부분적 가공 처리는 효소와 기질의 접촉과 증가된 대사 활성 때문에 부패성이 증가되고 이것이 갈변, 연화, 이취의 전개를 가져와 품질 손실에 중요한 원인이 된다¹⁻⁵⁾.

이러한 품질 손실을 일으키는 갈변은 주로 polyphenol oxidase(EC 1.10.3.1., PPO)에 의해 페놀 화합물이 산화되고 o-quinone과 같은 화합물을 만들고 이들이 중합되어 갈색 색소인 멜라닌을 생성하여 일어나며⁶⁾ 이들은 최소 가공된 과일과 채소에 바람직하지 못한 색깔과 향미를 가져오게 할 뿐만 아니라 영양적 손실을 가져오는 것으로 알려져 있다. 따라서 이와 같은 최소 가공된 식품들은 제품의 품질관리 측면에서라도 갈변을 억제할 필요가 있다.

지금까지 갈변 저해제로 알려진 것 중 과일과 채소에 많이 이용되는 것으로 열처리에 의한 방법⁷⁾, 첨가제에 의한 방법으로 sulfite, ascorbic acid와 유도 체류, 킬레이팅제, 4-hexyl resorcinol, 아미노산과 펩타이드류⁸⁻¹¹⁾ 등을 이용하였고, 천연 억제 물질로는 꿀과 천연과즙뿐만 아니라, 비효소적 갈변생성물 등이 효과적인 것으로 밝혀졌다¹²⁻¹⁶⁾.

이중 비효소적 갈변 생성물에 대한 연구로 지금까지 진행된 연구는 마이알 반응 생성물의 저해작용에 대한 연구¹⁴⁻¹⁷⁾가 주를 이루며 카라멜 생성물에 의한 저해 작용연구^{14,18-19)}는 적은 편이다. 그러므로 카라멜 생성물에 의한 갈변저해의 연구가 필요하며 이들 갈변 저해제들을 식품에 적용한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 최소가공 식품산업의 유통구조의 발달에 따라 냉장 저장이 보편화되고 있는 실정에서 최소 가공된 과일과 채소의 유통과정 중 저장 수명을 연장하고 조직의 연화와 갈변 등 품질 저하를 최소화시키기 위한 천연갈변저해제의 개발을 하고자 여러 당의 카라멜 생성물 중 PPO활성과 갈변에 대하여 가장 큰 저해 작용을 나타내는 sucrose의 카라멜 생성물(caramelization product)에 사과 슬라이스를 침지하여 냉장 저장 중 사과 조직의 PPO활성과 갈변정도에 대한 갈변저해제의 영향력을 알아보고자 연구하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 sucrose와 표준 페놀 물질인

chlorogenic acid는 Sigma사(St. Louis, U.S.A.)로부터 구입하였으며 기타 시약은 일급시약을 사용하였다. 냉장저장 중 사용한 사과는 시중에 판매되는 부사로 5 °C 냉장고에서 저장하면서 시료로 사용하였다.

2. 사과 슬라이스의 침지 및 냉장

침지용액은 0.5% ascorbic acid 와 caramelization product(CP)는 Lee 등¹⁸⁾의 방법에 따라 1.71 M sucrose 용액을 200 °C에서 60분간 가열하여 증류수로 50 mL로 정용하여 사용하였다. 사과를 food processor(General electric Co. U.S.A.)로 3 mm 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 걸러 물을 빼고 흡수지로 수분을 가볍게 제거한 후 polyethylene(PE) 지퍼백에 넣어 9일간 3 °C에서 저장하였다.

3. PPO (polyphenol oxidase)활성 측정

침지용액에 침지하여 냉장 저장한 사과 슬라이스 20 g에 0.1 M의 인산염 완충용액(pH 6.5) 100 mL를 가하고 블렌더로 1분간 마쇄한 후 여과하여 10분간 8,000×g (Centricon T-124, Kontron instruments, Switzerland)에서 원심 분리하여 상등액을 취하여 Apple polyphenol oxidase(PPO) 조효소액으로 하였다.

사과 PPO 정량은 Oszmianski와 Lee¹³⁾에 의한 실험 방법을 변형하여 사용하였으며 냉장 저장 중 사과 슬라이스의 효소활성은 기질용액(1 mM catechol) 8mL에 0.1 M 인산염 완충용액(pH 6.5) 2 mL 가하여 혼합한 후 각각 2.5 mL를 취하여 각 시료군의 조효소액 0.5 mL을 가하였고 30 °C 항온수조에서 2분간 반응시킨 후 1 N HCl 용액 0.5 mL로 반응을 중지시킨 후 400 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. 총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량 측정은 Saper 등⁹⁾의 방법을 사용하였다. 시료 20 g을 80% methanol 100 mL 로 2분간 블렌더에서 균질화 한 후 부가적으로 80% methanol을 넣어 200 mL로 정용하고 2 g의 celite analytical filter aid를 첨가하여 Whatman No. 541 여지로 감압하여 여과 후 분석 시까지 5 °C의 냉장고에 저장하여 사용하였다.

Folin-Denis 방법²⁰⁾을 변형하여 위의 알콜 추출액 0.5 mL에 10 mL의 2% Na₂CO₃용액을 혼합하여 2분

후 0.5 mL의 50% Folin and Ciocalteu's phenol 시약을 첨가하여 실온에서 30분간 반응시키고 40,000×g에서 20분간 원심분리 한 후 상등액의 흡광도를 750 nm에서 측정하였다. 총 페놀 함량은 10~50 µg chlorogenic acid/mL 표준곡선으로부터 검량하였다.

5. 색도

냉장저장 중 사과 슬라이스의 갈변정도는 color difference meter (TCA 1-SW, Tokyo Denshoku Co., Japan)의 측정판 위에 사과 슬라이스 올려놓고 표면의 L, a, b값을 측정하였다. 매 측정시마다 white tile(X=90.46, Y=92.37, Z=108.52)로 표준화하였다.

6. 조직감 측정

각 처리군의 사과를 두께 3 mm, 직경 2.8 cm로 자른 후 Texture analyser(TA-XT2)를 사용하여 Table 1과 같은 조건으로 압착력(compression force)을 측정하였다.

7. 관능 검사

냉장 저장 1일째의 사과 슬라이스들을 고려대 대학원 가정학과생 7명을 검사원으로 하여 갈변 정도(browning), 단맛(sweet taste), 이취(off flavor)와 조직감에 대한 특성으로 단단함(hardness), 아삭거림(crispness), 씹힘성(chewiness)을 채점법을 사용하여 측정하였다. 신선한 사과 슬라이스를 4점으로 표준 시료로 하였으며 자극의 강도가 가장 강한 것(7점)부터 강도가 가장 약한 것(1점)을 점수화하여 평가하였다.

8. 통계 분석

실험 결과는 Statistical Analysis System(SAS) package²¹⁾를 이용하여 general linear model(GLM) procedure로 분산 분석하였고 평균간 유의적 검증은 Duncan 다범위 검증을 이용하였다. 각 결과간의 상관관계는 Pearson's correlation procedure로 분석하였다.

Table 1. Conditions for texture measurement by texture analyser

Measure force in compression	
Probe type	cutting knife
Force unit	grams
Test speed	3.3 mm/s
Distance	25.0 mm
Trigger force	5 g

III. 결과 및 고찰

1. PPO 활성의 변화

Fig. 1에서 냉장 저장 중 사과 슬라이스의 효소 활성은 fresh apple slice군의 O.D.값이 0.007에서 9일째에 0.079로 증가하였고 물에 침지한 시료군은 0.007에서 0.075로, 카라멜 생성물에 침지한 CP(caramelization product)시료군은 0.020에서 0.062로, ascorbic acid 용액에 침지한 ascorbic acid 시료군은 0.007에서 0.064로 증가하였다. 또한 모든 시료군에서 3일째까지 증가하다 5일째에 다소 감소하다 다시 증가하는 경향을 나타냈는데 3일째까지 증가하는 것은 Asemota 등²²⁾에 의하면 절단에 의한 스트레스 반응에 의한 것이라고 하였고, 5일 후의 감소는 내재 대사 활성의 감소에 따른 휴식 상태 때문이라 하였다. 또한 PPO와 단백질의 복합체 형성에 의한 것이라 생각된다⁶⁾. 1일에서 9일까지의 Fresh apple slice의 PPO활성 증가는 0.072이며 이를 기준으로 각 시료군들의 증가를 백분율로 환산하면 물에 침지한 시료군은 0.068로 94%, CP시료군은 0.042로 58.3%, ascorbic 시료군은 0.057로 79.2%로 CP 시료군이 저장 기간에 따른 PPO활성 증가가 다른 군들보다 낮게 나타났다. 이러한 PPO 활성의 증가는 저장 시 절단 등에 의한 조직의 스트레스와 조직의 파괴로 미생물의 침입으로 인한 것으로 생각되어지며 이러한 결과는 여러 연구들과 일치하는 것으로 Huang 등²³⁾은 lychee 과일의 수확 후 4 °C에 저장 중 peroxidase 활성은 감소하였으나 PPO 활성은 증가하였다고 하였으며 Asemota 등²²⁾은 yam의 상부를 절단하며 25 °C에 저장 시 절단에 의해

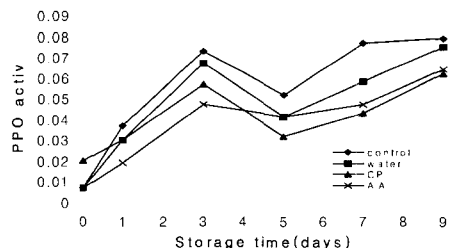


Fig. 1. Effects of dipping treatments on the change in PPO activity of apple slices stored at 3 °C for 9 days.

Control: fresh apple slice

Water: water-dipped apple slice

CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice

AA: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice

dipolyphenoloxidase의 활성이 증가되었으며 이는 저장 일 수가 길수록 증가되었으며 PPO활성은 3주까지 증가하다가 감소하는 경향을 나타냈다고 하였다. 한편 Costeng과 Lee⁽²⁴⁾는 사과와 PPO 활성도와 polyphenol 농도가 숙성과정 중에 감소되나 숙성과 냉동 저장하는 동안의 갈변 정도와 효소 활성간의 상관관계가 사과의 품종에 따라 달라 PPO 활성에 더 영향을 받는 품종이 있고 반면에 페놀 화합물에 더 영향이 큰 품종도 있다고 하였다.

이상의 결과로 보아 본 연구에서 카라멜 생성물에 침지한 CP시료군의 PPO활성의 증가가 가장 낮았으므로 CP가 사과 속의 PPO활성을 저해하는데 효과가 있는 것으로 보이며 이러한 저해는 PPO효소 내 Cu²⁺를 Cu⁺로 환원시키고 PPO에 의해 생성된 quinone을 diphenol로 전환하여 PPO활성을 저하시킴으로써 갈변을 방지하는 것으로 생각된다⁽⁶⁾.

2. 갈변정도의 변화

냉장 저장 중 사과 슬라이스의 L, a, b값의 변화는 다음 Table 2와 같다. L값의 변화는 fresh apple slice군이 62.06에서 47.15로 24%, 물에 침지한 시료군은 61.84에서 53.80으로 13%, CP 시료군은 60.86에서 55.46으로 9%, ascorbic acid 시료군은 61.26에서 56.55로 8% 감소하였다. 모든 처리군들은 냉장 저장 동안 L값이 모두 감소하는 경향을 보였으며 침지군들은 fresh apple slice군보다 더 높은 값을 보였으며 이중 CP시료군이 가장 높은 값을 가져 갈변이 덜 진행되는 경향을 보였다. 냉장 저장 중 이러

한 L값의 감소 경향을 Weller 등⁽²⁵⁾은 PPO활성의 증가 혹은 ascorbic acid 농도의 감소 때문이며 PPO는 조직이 노화되거나 저장 시 스트레스를 받으면 매우 용해성이 커지고 활성화된다고 하였으며 본 연구 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

a값의 변화는 fresh apple slice군이 -1.53에서 2.84로 물에 침지한 시료군은 -1.08에서 1.12로, CP 시료군은 -2.08에서 0.74로, ascorbic acid 시료군은 -2.21에서 0.75로 증가하는 경향을 나타냈다. a값의 변화는 모두 증가하는 경향을 보였으며 fresh apple slice군보다 침지군들이 낮은 값을 나타내었다.

b값의 변화는 fresh apple slice군이 23.73에서 26.63으로 물에 침지한 시료군은 21.29에서 24.48로, CP 시료군은 25.49에서 27.33으로, ascorbic acid 시료군은 19.11에서 25.09로 증가하였다. 이것은 a값과 비슷한 경향으로 fresh apple slice군보다 침지군들이 덜 증가하는 것으로 나타났으며 CP시료군의 증가가 가장 낮은 것으로 나타났다.

이상의 L, a, b값의 결과에 따라 침지군들이 fresh apple slice군보다 덜 갈변되어지는 것으로 나타났다. 이중 CP 시료군이 가장 적게 갈변되어지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Monsalve-gonzalez 등⁽¹⁰⁾의 연구에서 4-hexylresorcinol의 첨가에 의한 사과 슬라이스의 갈변 정도에서 L값이 덜 감소하는 경향을 보였으며 여러 침지용액 중 4-hexylresorcinol첨가에 의한 사과 슬라이스의 갈변 저해가 가장 효과적이었다고 보고한 결과와 일치하며, Castaner 등⁽²⁶⁾의 초산과 식초에 침지하여 저장 기간에 따른 상치 줄

Table 2. Effects of dipping treatments on the color changes of apple slices stored at 3 °C for 1 to 9 days

Treatment	Storage time(days)						
	0	1	3	5	7	9	
L	Control ^b	62.06	56.01	46.54	46.10	49.87	47.15
	Water ^a	61.84	57.32	57.86	56.68	57.79	53.80
	CP ^a	60.86	60.74	60.20	59.97	56.37	55.46
	AA ^a	61.26	53.39	60.46	55.13	57.75	56.55
a	Control ^a	-1.53	0.50	2.10	2.50	2.14	2.84
	Water ^b	-1.08	0.01	-0.08	-0.03	0.60	1.12
	CP ^c	-2.08	-1.36	-1.361	-1.72	0.47	0.74
	AA ^{bc}	-2.21	-1.43	-1.20	-0.68	0.58	0.75
b	Control ^a	23.95	23.95	26.90	27.17	26.00	26.63
	Water ^a	22.98	22.98	23.02	24.00	24.53	24.48
	CP ^b	24.56	24.56	26.18	25.35	27.29	27.33
	AA ^{bc}	20.97	20.97	21.00	23.18	22.69	25.19

Control: fresh apple slice

Water: water-dipped apple slice

CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice

AA: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice

a,b: Means with the different letters in the columns are significantly different at p<0.05.

기에 관한 연구에서 a값은 L값이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 초산 처리군이 갈변 방지에 효과적이었다고 보고한 결과와 비슷한 경향을 나타냈다.

3. 총 페놀 함량 변화

냉장 저장 중 총 페놀 함량의 변화는 Table 3에서 나타난 바와 같이 fresh apple slice군은 60 mg/100 g에서 9일째에는 56.2 mg/100 g로 6.3% 감소하였으며 물에 침지한 시료군은 59.6 mg/100 g에서 56.0 mg/100 g으로 6.0% CP 시료군은 51.9 mg/100 g에서 52.8 mg/100 g로 약 1.7%로, ascorbic acid 시료군은 54.1 mg/100 g에서 54.4 mg/100 g로 0.6%로 거의 변화가 없었다. Fresh apple slice군은 5일까지는 급속히 감소하는 경향 보이다가 그 이후부터는 증가하는 경향을 보였다. 그러나 CP 시료군과 ascorbic acid 시료군은 0일째에 fresh apple slice군의 페놀 함량에 비해 낮은 값을 나타냈으며 저장기간 동안에도 낮은 페놀 함량을 보였다.

여기서 fresh apple slice군의 급속한 감소는 낮은 온도 저장과 물리적 손상에서 오는 스트레스 등의 여러 조건에 의해 페놀 화합물들이 산화되어 quinone을 형성하는데 참여하여 본래의 페놀 화합물이 감소하는 것으로 생각된다. 이러한 페놀 화합물이 분해 되는 것은 PPO에 의한 직접 산화와 결합 산화의 결과이며 o-quinone의 양은 주로 가장 좋은 기질(5-caffeic acid 유도체와 catechin량)과 PPO활성에 영향을 받는다고 추정된다.²⁷⁾

CP 시료군과 ascorbic acid 시료군의 0일째의 낮은 페놀함량은 침지액의 페놀 화합물의 저해작용에 의해 감소된 페놀 화합물을 함유하여 저장되며 저장기간동안에도 침지액의 저해 작용에 의해 quinone형성의 참여를 하지 못하거나 산화되었다가 환원되어 본래의 페놀 화합물로 돌아오기 때문에 저장 동안

거의 변화 없는 약간의 증가 경향을 보이는 것으로 사료된다.^{4,27)} 이 등²⁸⁾의 열처리 조건에 따른 사과와 polyphenol 함량 변화에서 열처리하지 않은 대조군에서는 polyphenol 함량이 저장 3일 이후부터 급격히 감소하는 경향을 보였으나 살균 처리한 살균 처리군은 초기 polyphenol 함량이 대조군보다 낮았으며 7일간의 저장 기간 동안 함량변화가 거의 나타나지 않았다고 보고하였다. Kim과 Lee²⁹⁾는 polyphosphate의 사과 주스의 갈변 조절 연구에서 50 °C에서 5일간 저장 시 총 페놀 함량은 대조군은 크게 감소하는 경향을 보였으며 상업용 갈변 저해제인 MULTIPHOS 첨가군들 중 0.2% 첨가군들은 1일째에 페놀 함량이 소량 감소했다가 5일째에는 증가하는 경향을 보였다고 하였는데 본 연구에서와 비슷한 경향을 보였다. Weller 등²⁵⁾은 총 페놀 함량이 대조군은 2주까지 감소하다 6주에는 초기 페놀량 유지했으며 ascorbic acid처리 슬라이스 처리군들은 4주까지 증가하다 그 이후 감소하는 경향을 보였다고 하였다. 그러나 위의 결과와 상반된 결과의 연구들도 있다. Porter 등³⁰⁾은 갈변이 냉해의 전형적인 현상이며 여러 페놀 함량이 냉장 중 증가하는 경향을 보였다고 하였으며 Asemota 등²²⁾은 yam의 경우 25 °C 저장 시 페놀 함량이 급격히 증가하다 3주 이후 감소하였다고 보고하였다. Sapers 등⁹⁾은 총 페놀 함량이 식품의 품종에 따라 다르다고 하였으며 Coseteng과 Lee²⁴⁾는 사과의 총 페놀 함량이 수확 후 냉장 저장 중 비교적 일정 하였다고 하였으며 저장 동안 anthocyanins와 flavonols의 농도 증가하고 catechins와 leucoanthocyanins는 감소하는데 이러한 증가와 감소는 왜 총 페놀 함량이 일정한지를 설명한다고 하였다.

4. 조직감 변화

냉장 저장 중 사과 슬라이스의 조직감의 변화는

Table 3. Effects of dipping treatments on the total phenol contents of sliced apples stored at 3 °C for 9 days

Storage time(days)	(unit: mg/100 g fesh weight)					
	0	1	3	5	7	9
Control ^a	60.0	57.7	48.4	46.5	52.4	56.2
Water ^a	59.6	56.8	48.1	46.4	52.1	56.0
CP ^b	51.9	49.5	46.5	46.2	46.4	52.8
AA ^{ab}	54.1	51.8	41.3	46.4	49.0	54.4

Control: fresh apple slice

Water: water-dipped apple slice

CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice

AA: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice

a,b: Means with the different letters in the columns are significantly different at p<0.05.

다음 Fig. 2와 같다. Fresh apple slice 시료군은 0.81에서 0.58로 28.3%로 물에 침지한 시료군은 0.80에서 0.61로 24.3%, CP 시료군은 0.81에서 0.67로 17.3%, ascorbic acid 시료군은 0.81에서 0.62로 22.4%로 감소하는 경향을 나타냈다. 압착력은 fresh apple slice 시료군보다 침지군들이 더 높은 값을 나타내며 CP 시료군이 가장 높은 값을 보여 사과 슬라이스의 냉장저장 중 조직감 유지에 효과적인 것으로 나타났다. Ponting 등^{31,32)}은 ascorbic acid와 칼슘용액이 사과 슬라이스의 갈변과 조직감 유지에 효과가 있다고 하였으며 또한 alkaline sulfite 처리군이 acidic sulfite 처리군보다 더 효과적으로 냉장 사과 슬라이스의 견고한 조직감을 보존하는데 효과적이라 하였다. 또한 King과 Bolin¹⁾은 최소 가공된 과실의 저장 수명에 있어서 문제점은 미생물의 성장과 내재한 효소의 작용에 의한 세포벽의 파괴에 기인한 조직감의 손실에 있다고 하였으며 이들은 칼슘이 과실과 채소류에 pectic acid와 반응하여 calcium pectate를 형성하여 세포의 투과성을 유지하며 또한 호흡 속도를 감소시킨다고 하였다. Monsalve-gonzalez 등¹⁰⁾은 칼슘 처리군이 저장 동안 사과의 연화를 방지하였는데 이는 세포벽 단백질과 막과 같은 세포 성분에 재반응 하기 때문이며 또한 결합된 중합체 망을 형성하기 위해 펙틴과 반응해 기계적 세기가 증가한다고 하였다.

5. 관능적 특성 변화

냉장 저장 중 저장 초기와 후기의 사과 슬라이스

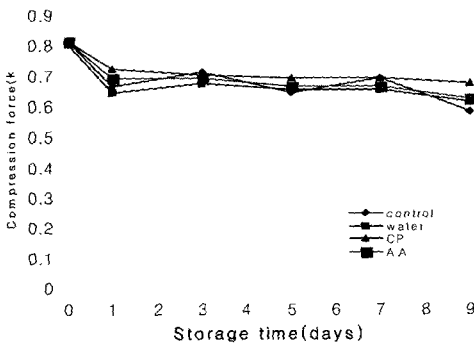


Fig. 2. Effects of dipping treatments on the change in compression force of apple slices stored at 3 °C for 9 days. Control: fresh apple slice Water: water-dipped apple slice CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice AA: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice

의 관능적 특성 변화는 Table 4, 5와 같다. Table 4에서 갈변 정도는 모든 시료군들이 fresh apple slice 군보다 적은 값을 나타냈으며 1일째에 물에 침지한 시료군은 3.1, ascorbic acid 시료군은 3.0, CP 시료군은 2.1로 나타났다. 5일째에는 물에 침지한 시료군은 3.9, ascorbic acid 시료군은 3.5, CP 시료군은 3.0으로 저장 초기와 후기 모두 CP 시료군이 다른 군들보다 밝은 경향을 보였다.

단맛은 모든 시료군들이 fresh apple slice 시료군보다 적은 값을 나타냈으며 1일째에는 물에 침지한 시료군은 2.3, ascorbic acid 시료군은 3.1, CP 시료군은 3.6으로 나타났다. 5일째에는 물에 침지한 시료군은 2.5, ascorbic acid 시료군은 2.8, CP 시료군은 3.4로 단맛은 저장 초기와 후기 모두 CP 시료군이 fresh apple slice군 다음으로 단맛이 큰 것으로 나타났다.

이취에서는 1일째에 물에 침지한 시료군은 3.1, ascorbic acid 시료군은 3.4, CP 시료군은 4.1로 나타났으며 CP 시료군이 가장 큰 값을 나타냈는데 이는 sucrose용액 가열 농축시 카라멜화 반응시 특유의 향미 성분 때문이라 생각된다. 5일째에는 물에 침지한 시료군은 3.9, ascorbic acid 시료군은 4.1, CP 시료군은 4.1로 나타났으며 CP 시료군과 ascorbic acid 시료군이 가장 큰 값을 나타냈는데 이는 카라멜화 반응 특유의 향미 성분과 ascorbic acid의 화학적 성분 때문이라 생각된다.

Table 5에서 단단함(hardness)은 1일째에 물에 침지한 시료군은 4.1, ascorbic acid 시료군은 4.2, CP 시료군은 4.4로 나타났다. 5일째에는 물에 침지한 시료군은 4.0, ascorbic acid 시료군은 4.1, CP 시료군

Table 4. Sensory characteristics of apple slices stored at 3 °C for 1 day and 5 days

	Storage time	browning intensity	sweet taste	off-flavour
Control	1st	4.0 ^a	4.0 ^a	4.0 ^a
	5th	4.0 ^b	4.0 ^b	4.0 ^a
Water	1st	3.1 ^b	2.3 ^a	3.1 ^c
	5th	3.9 ^b	2.5 ^b	3.9 ^a
CP	1st	2.1 ^c	3.6 ^a	4.1 ^a
	5th	3.0 ^b	3.4 ^a	4.1 ^b
AA	1st	3.0 ^c	3.1 ^c	3.4 ^b
	5th	3.5 ^b	2.8 ^a	4.1 ^b

Control: fresh apple slice
Water: water-dipped apple slice
CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice
AA: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice
a,b: Means with the different letters in the columns are significantly different at p<0.05.

은 4.3으로 나타났다. 아삭거림(crispiness)에서는 1일째에 물에 침지한 시료군은 3.9, ascorbic acid 시료군은 4.1, CP 시료군은 4.6으로 나타났으며 5일째에 물에 침지한 시료군은 4.0, ascorbic acid 시료군은 4.1, CP 시료군은 4.3으로 나타났다. 씹힘성(chewiness)은 1일째에 물에 침지한 시료군은 4.1, ascorbic acid 시료군은 4.1, CP 시료군은 4.3으로 나타났다. 5일째에는 물에 침지한 시료군은 4.0, ascorbic acid 시료군은 4.0, CP 시료군은 4.2로 나타났다.

Ponting 등⁽³²⁾의 연구에서 조직감, 향미, 색소 유지는 ascorbic acid 와 혹은 sulfur dioxide 와 칼슘 혼합처리군이 효과적이거나 칼슘 단독 처리시 혹은 혼합처리시에는 색은 좋지 않으나 좋은 향미를 유지한다고 한다고 보고하였다. 그리고 sulfur dioxide 첨가가 많으면 불쾌한 향미를 가져오며 칼슘 이온은 sulfur dioxide와 같은 항산화제와 함께 색 안정성에 기여하며 오랜 기간동안 좋은 향미를 유지하게 한다고 보고하였다. 본 연구에서 새롭게 처리한 카라멜 생성물은 사과슬라이스의 냉장 저장 시 CP 시료군의 갈변의 정도는 밝게 나타났으며 조직감 요소에서도 가장 높게 평가되어 사과 슬라이스 냉장 저장 시 갈변의 저해와 기타 다른 요인에도 효과적이라는 사실을 확인하였다.

6. 갈변정도의 상관성

PPO 효소활성과 사과의 갈변 정도의 상관성을 살펴본 결과 Table 6과 같이 L값은 -0.73으로 높은 부의 상관관계를 나타냈다($p < 0.001$). 이는 PPO가 갈변에 큰 영향을 미치는 것을 의미하며 총페놀은 -0.60으로 부의 상관관계($p < 0.05$)를 보였으며 압착력은

-0.34로 부의 상관관계를 보였다. L값에 대한 상관성으로 a값은 -0.93으로 높은 부의 상관관계를, b값과는 0.59로 정의 상관관계 나타났다. 총페놀은 -0.63으로 부의 상관관계를 보였으며 압착력과는 0.21로 낮은 정의 상관관계를 나타냈다. a값에 대한 상관성으로 b값과는 0.54로 정의 상관관계를, 총페놀과는 -0.72로 높은 부의 상관관계를, 압착력과는 -0.2로 낮은 부의 상관관계를 나타냈다. b값에 대한 상관성으로 총페놀은 -0.31로 부의 상관관계를, 압착력과는 -0.25로 낮은 부의 상관관계를 나타냈다.

위의 결과로 갈변정도와 PPO활성 변화, 총페놀 함량 변화 간에는 높은 상관관계를 가지며 서로 밀접한 영향을 주는 것으로 나타났으며 본 연구에서는 PPO활성이 갈변정도에 상관성이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 사과의 갈변을 저해하는 방법으로 이미 알려진 바와 같이 PPO활성을 억제하는 것이 효과적이며 본 연구에서 시도한 sucrose 카라멜 생성물도 갈변 저해에 효과적임을 알 수 있었다.

IV. 요 약

냉장 저장 시 사과슬라이스의 갈변정도 및 조직감과 같은 물리적인 변화와 PPO활성, 총페놀 함량 등의 화학적 변화를 측정하였으며 관능검사를 행하여 비교하였으며 또한 이들 변화들 간의 상관관계를 알아본 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 순이었으며, PPO활성은 시료군 모두 증가하는 경향을

Table 5. Sensory score for the texture parameters of apple slices stored at 3 °C for 1 day and 5 days

	Storage time	Hardness	Crispiness	Chewiness	Mean
Control	1st	4.00 ^b	4.00 ^b	4.00 ^{ab}	4.00
	5th	4.00 ^b	4.00 ^b	4.00 ^b	4.00
Water	1st	4.10 ^c	3.90 ^c	4.10 ^{ab}	4.03
	5th	4.00 ^b	4.00 ^b	4.00 ^b	4.00
CP	1st	4.40 ^a	4.60 ^a	4.30 ^a	4.43
	5th	4.30 ^a	4.30 ^a	4.20 ^a	4.30
AA	1st	4.20 ^b	4.10 ^b	4.10 ^b	4.13
	5th	4.10 ^c	4.10 ^b	4.10 ^b	4.10

Control: fresh apple slice

Water: water-dipped apple slice

CP: caramelization product from sucrose-dipped apple slice

AA: 0.5% ascorbic acid solution-dipped apple slice

a,b: Means with the different letters in the columns are significantly different at $p < 0.05$.

Table 6. Pearson correlation coefficients of PPO activity, color changes, phenol contents and textural characteristics of sliced apples stored at 3 °C for 9 days

	PPO	L	a	b	Total phenol	COMF
PPO	1.0					
L	-0.73 ^{***}	1.0				
a	0.69 ^{***}	-0.93 ^{***}	1.0			
b	0.60 ^{***}	-0.59 ^{***}	0.54 ^{**}	1.0		
Total phenol	-0.60 [*]	-0.63 [*]	-0.72 [*]	-0.31 [*]	1.0	
COMF	-0.34	0.21	-0.21	-0.25	-0.06	1.0

** significant at $p < 0.01$

* significant at $p < 0.05$

ppo: polyphenol oxidase activity

L: L value a: a value b: b value

total phenol: total phenol content

COMF: compression force

나타냈으며 그 크기는 fresh apple slice>물에 침지한 시료군>ascorbic acid 시료군>CP 시료군 순이었으며 CP 시료군의 증가가 가장 낮았다. 총페놀 함량은 fresh apple slice군은 60 mg/100 g에서 56.2 mg/100 g로 감소하는 경향을 보였으나 물에 침지한 시료군은 59.6 mg/100 g에서 56.0 mg/100 g으로, CP 시료군, ascorbic acid 처리군은 51.9 mg/100 g에서 52.8 mg/100 g로, 54.1 mg/100 g에서 54.4 mg/100 g로 나타났다. 조직감은 시료군 모두 감소하는 경향을 보였으며 그 크기는 fresh apple slice>물에 침지한 시료군>ascorbic acid 시료군>CP 시료군 순으로 감소하였다. 또한 관능 검사에서 CP 시료군이 다른 처리군들 보다 더 효과적인 것으로 나타났다. 상관관계 분석에서 갈변 정도와 PPO활성, 총페놀 함량 등이 높은 상관성을 나타내었다.

이러한 연구결과로 사과 슬라이스의 냉장 저장 중 효소적 갈변 변화에 대한 영향에서 카라멜 생성물에 침지한 CP 시료군이 효소적 갈변에 대한 저해 효과가 있는 것으로 나타났으며 기타 다른 요인에서도 효과적인 것으로 나타나 sucrose의 카라멜 생성물을 채소 및 과일의 저장 과정에 갈변 억제물질로 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- King, AD, Bolin, HR : Physiological and microbiological storage of minimally processed fruit and vegetables. *Food Technol.*, 43(2):132, 1989
- Ronk, RJ, Carson, KL, Thompson, P : Processing, packaging and regulation of minimally processed fruit and vegetables. *Food Technol.*, 43(2):136, 1989
- Watada, AE : Quality maintenance of fresh-cut fruit and vegetables. *Foods and Biotechnol.*, 6(4):229, 1997
- Gumes, G, Lee, CY : Color minimally processed as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agent. *J. Food Sci.*, 62(3):572, 1997
- Kim, GH, Cho, SD, Kim, DM : Quality Evaluation of Minimally Processed Asian Pears, *Korean Society of Food Science and Technology*, 31(6):1523, 1999
- Eskin, NAM : *Biochemistry of Food*. 2nd ed., Academic Press, 1990
- William, DC, Lin, MH, Chen, AO : Blanching of vegetable for freezing-which indicator enzyme to choose, *Food Technol.*, 6:130, 1986
- Sapers, GM, Hicks, KB, Phillips, JG, Garzarella, L, Pondish, DL, Matulaitis, RM, McCormack, TJ, Sondey, SM, Seib, PA, El-atawy, YS : Control of enzymatic browning in apple with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors and complexing agents. *J. Food Sci.*, 54(4):997, 1989
- Saper, GM, Douglas, Jr. FW, Bilyk, A, Hsu, AF, Dower, HW, Garzarella, L, Kozempel, M : Enzymatic browning in atlantic potatoes and related cultivars. *J. Food Sci.*, 54(2):362, 1989
- Monsalve-G, A, Barbosa-C, GV, Cavalieri, RP, Mcevely, AJ, Iyenger, R : Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4-hexylresorcinol as anti-browning agent. *J. Food Sci.*, 58:797, 1993
- Bolin, HR, Steele, RJ : Nonenzymatic browning in dried apples during storage. *J. Food Sci.*, 52(6):1654, 1987
- Son, SM, Moon, KD, Lee, CY : Rhubarb juice as a natural antibrowning agent. *J. Food Sci.*, 65(7):1288, 2000
- Oszmianski, J, Lee, CY: Inhibition of polyphenol oxidase activity and browning by honey. *J. Agric. Food Chem.*, 38:1892, 1990
- Pitotti, A, Elizalde, BE, Anese, M : Effect of caramelization and Maillard reaction products on peroxidase activity, *J. Food Biochem.*, 18:445, 1995
- Nicoli, MC, Elizalde, BE, Pitotti, A, Lericci, CR : Effect of sugars and Maillard reaction products on polyphenol oxidase and peroxidase activity in food, *J. Food Biochem.*, 15:169, 1991
- Lozano-de Gonzalez, PG, Barrett, DM, Wrolstad, RE, Durst, RW : Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice, *J. Food Sci.*, 58(2):399, 1993
- Tan, BK, Harris, ND : Maillard reaction products inhibit apple polyphenoloxidase. *J. Food Chem.*, 53:267, 1995
- Lee, GC, Lee, CY : Inhibitory effect of caramelization products on enzymic browning. *J. Food Chem.*, 60(2):231, 1997
- Lee, GC, Ahn, SC : Inhibition effect of caramelization products from sugar solutions to different temperature on polyphenol oxidase. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 30(6):1041, 2001
- Chien, JT, Snyder, HE : Detection and control of soymilk astringency. *J. Food Sci.*, 48:438, 1983
- Chung, YH, Lee, KO, Kim, CE, Kim, SH : Statistics and data analysis for non-statisticians : Using windows sas. Sung-Min Publishing Co., Kwangju, p.357, 1998
- Asemota, HN, Wellington, M, Odotuga, AA, Ahmad, MH : Effect of short-term storage on phenolic content, o-diphenolase and peroxidase activities of cut yam tubers. *J. Sci. Food Agric.*, 60:309, 1992
- Huang, S, Hart, M, Lee, H, Wicker, L : Enzymetic and color changes during post-harvest storage of Lychee fruit. *J. Food Sci.*, 55(6):1162, 1990
- Coseteng, MY, Lee, CY : Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *J. Food Science*, 52(4): 985, 1987
- Weller, A, Sims, CA, Matthews, RF, Bates, RP, Brecht, JK : Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. *J. Food Sci.*, 62(2):256, 1997
- Castaner, M, Gil, MI, Artes, F, Tomas-barberan, FA : Inhibition of browning of harvested head lettuce. *J. Food Sci.*, 61(2):314, 1996
- Amiot, MJ, Tacchini, M, Auburt, S, Nicolas, J : Phenolic composition and browning susceptibility of various apple

- cultivars at maturity. *J. Food Sci.*, 57(4): 958, 1992
28. Lee, JJ, Kim, CS, Kim, SH, Huh, CS, Baek, YJ : Changes of Polyphenol Contents in Unripe Apples According to Heat Treatment. *Korean Society of Food Science and Technology*, 31(1):147, 1999
29. Kim, IW, Lee, HS : Evaluation of polyphosphate for the control of nonenzymatic browning in apple juice. *Foods and Biotechnol.*, 6(4):309, 1997
30. Porter, OC, Pharr, DH, Kushman, LJ, Pop, DT : Discoloration of chilled sweet potato (*Ipomoea batatas*(L.) Lac.) roots : Reaction related to cultivar differences. *J. Food Sci.*, 91:938, 1976
31. Ponting, JD, Jackson, R, Walters, G : Refrigerated apple slices: effect of pH, sulfite and calcium on texture. *J. Food Sci.*, 36:349, 1971
32. Ponting, JD, Jackson, R, Walters, G : Refrigerated apple slices: preservative effect of ascorbic acid, calcium and sulfites. *J. Food Sci.*, 37:434, 1972

(2004년 12월 6일 접수, 2005년 2월 2일 채택)