

침지용액과 예열 처리가 감자 슬라이스의 냉장 중 갈변정도에 미치는 영향

정현미 · 이귀주
고려대학교 사범대학 가정교육과

Effects of Dipping and Preheating Treatments on Susceptibility to Browning of Potato Slices During Cold Storage

Hyoun-Mi Chung and Gui-Chu Lee

Department of Home Economics, College of Education, Korea University

Abstract

Potato slices were dipped in solution of 2% CaCl_2 and 1% chitosan or preheated in each of these solutions for refrigeration for 4 weeks at 5°C. Changes in L value, content of total phenol and chlorogenic acid and polyphenol oxidase activity were determined. During refrigeration, it was found that L values of potato slices treated with CaCl_2 (CaPS) and those treated with chitosan (ChPS) increased. Contents of total phenol and chlorogenic acid of potato slices decreased, While potato slices preheated in CaCl_2 solution (HCaPS) showed much decreases. And polyphenol oxidase (PPO) activity of potato slices decreased except CaPS and decreases in PPO activities were much larger in preheated potato slices. From these results, of those treatments used, chitosan treatment combined with preheating have shown to be effective to control enzymatic browning of potato slices during refrigeration.

Key words: dipping, preheating, browning, potato slice, cold storage

I. 서 론

과실과 채소를 절단 혹은 박피하는 등 최소가공(minimally processing)된 제품은 원료물질보다 상하기 쉬우므로 냉장유통되는데 이때 냉해가 발생하기도 한다. 즉 조직감 및 외관의 변화인 갈변현상이 가장 주목할 만한 변화이다. 이러한 바람직하지 못한 변화들은 최소가공 조작 과정 중에 일어나는 세포의 기계적 파괴에 의해 촉진 되는데 이 과정 중에 효소와 기질의 접촉이 가능하기 때문이다¹⁾. 이러한 냉해를 최소화하기 위해 저장성의 용액에 침지 하였다가 냉장저장하는 화학적 침지법이 많이 이용되고 있다²⁻⁴⁾. 과실과 채소의 갈변정도는 polyphenol oxidase(PPO)와 페놀함량과 관련된 것으로 알려져 있다^{5,6)}. 이러한 갈변을 억제하는 화학물질로는 sulfite가 가장 효과적이나³⁾, 인체에 대한 건강상의 위해성 문제로 FDA에 의해 사용이 금지 되었으므로 이를 대체할 만한 화학물질의 연구가 필요하다.

Ponting³⁾은 Ascorbic acid(AA)와 CaCl_2 가 낱 사과 슬라이스의 색깔 및 조직감의 유지에 상승적 효과가 있

다고 하였으며, Sapers 등⁷⁾에 의하면 AA와 칼슘을 함유한 용액에 침지하는 것이 냉장저장 중의 사과 슬라이스의 갈변을 효과적으로 지연시켰다고 보고한 바 있다. 이는 칼슘이 사과의 절단면에서 세포벽을 강화시켜 PPO 및 기질의 유출을 적게하여 효소적 갈변을 감소시키는 것으로서 조직의 연화를 방지하는 방법이 갈변을 억제할 수 있음을 시사하고 있다.

한편 김 등⁸⁾과 정 등⁹⁾은 한국산 감자에서 갈변정도가 가장 컸던 품종은 수미(Shepody)라고 하였으며, 갈변억제를 위한 처리가 효과적인 차이를 나타내기 위해서는 갈변이 잘되는 품종을 이용하는 것이 효과적이라고 하였으므로 본 연구에서는 수미를 사용하였다. 이로부터 최소가공된 과실 및 채소의 생산 및 소비가 증가하고 있는 추세에 비추어, 감자 슬라이스를 조직의 연화를 방지하는 것으로 알려져 있는 CaCl_2 ³⁾와 chitosan¹¹⁾ 용액에 침지하거나 혹은 이들 용액의 존재 하에서 예열처리 한 후 냉장저장하여 침지용액 및 예열처리가 감자 슬라이스의 갈변정도, 페놀 함량, PPO 활성의 변화에 대한 영향을 조사하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

본 실험에 사용한 감자(*Solanum tuberosum* L.)는 수미(Shepody)로서 수원 원예시험장에서 수확된 것을 외부가 습하지 않도록 풍건하여 polyethylene(PE) bag에 넣어 5°C(95% RH)의 냉장고에 저장하고, 실험 1시간 전에 실온으로 평형하여 사용하였다. 한편 chitosan은 Sigma 제품(practical grade from crab shells)을 사용하였으며 기타 시약들은 1급 및 특급시약을 사용하였다.

감자를 수세 후 Food processor(General Electric Co. U.S.A.)로 절단한 후 직경 2 cm의 cork borer로 일정 크기의 슬라이스(반지름 1.0×두께 0.3 cm)를 만들어 사용하였으며 또한 시료의 균일성을 위하여 슬라이스를 혼합하여 사용하였다.

2. 감자 슬라이스의 침지 및 예열처리

시료를 비열처리군과 열처리군으로 나누고, 비열처리군은 감자 슬라이스(20 g)를 5배의 침지용액(2% CaCl₂ 용액과 1% chitosan 용액)에 10분동안 침지한 후 체에 받쳐 물을 뺀 후 흡수지(Kitchen towel, Kleenex)로 표면수분을 가볍게 제거하였으며, 열처리군은 70°C에서 이들 침지 용액에 10분간 침지한 후 열 손상을 최소화 하기 위해 얼음 위에서 냉각 시킨 후 표면수분을 같은 방법으로 제거하였다. 이상과 같이 처리한 시료는 냉장저장 중의 표면 수분 증발 방지를 위해 식품포장용 PE 지퍼백(소)에 넣어 내부의 공기를 최소화하여 저장하였다. 처리한 모든 시료는 5°C(90~95% RH)에서 냉장하여 1,2,3,4주후에 분석하였다. 또한 예비실험을 통하여 원료감자와 20초간 증류수에 침지한 후 부착된 흡착액과 유리전분을 제거한 시료의 냉장저장중 L값의 변화에 큰 차이가 없었으므로 증류수에 침지한 시료를 대조군으로 하였으며, 각 침지용액에 침지한 후 냉장전의 시료를 0-day 시료로 하였다. 한편 모든 실험은 2회 중복시행 하였다.

3. L값의 측정

Color difference meter(TCA1-SW, Tokyo Denshoku Co., Japan)의 측정판 위에 감자 슬라이스를 올려놓고 표면의 L값(lightness)을 측정하였다. 또한 매 측정시마다 white tile(X=90.46, Y=92.37, Z=108.52)로 표준화 하였다.

4. 페놀함량의 측정

Sapers 등¹¹⁾의 방법으로 알콜 추출액을 제조하여, to-

tal phenol은 Chien and Snyder¹²⁾의 방법으로, chlorogenic acid는 Coseteng and Lee 등¹³⁾의 방법으로 정량하였다.

5. 조 효소액의 추출 및 PPO 활성의 측정

Asemota 등¹⁴⁾의 방법을 변형하여 조효소액을 제조하였다. 즉 5 g의 감자에 0.1 M 인산염 완충용액(pH 6.5) 25 mL를 첨가하여 블렌더로 1분간 마쇄한 균질액을 여과하여, 4°C, 8,000×g(Centrifuge T-124, Konttron instruments, Switzerland)에서 10분간 원심분리 한 상등액을 조 효소액으로 사용하였으며 분석 전까지 5°C의 냉장고에 저장하였다.

PPO 활성은 Ali 등¹⁵⁾과 Katwa 등¹⁶⁾의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 10 mM catechol/인산완충용액(50 mM, pH 6.5) 2.9 mL에 조효소액 0.1 mL를 가하고 30°C의 항온수조에서 5분간 반응시킨 후, 1 N HCl 0.5 mL를 첨가하여 반응을 중지하고 420 nm에서 흡광도를 측정 하였다. 예비실험을 통하여 효소활성은 반응시간 10분까지 비례적으로 증가 하였으므로 5분간 효소반응을 행하였다. 효소의 활성은 30°C에서 시료 g 당 1분간에 흡광도를 0.001 증가시킨 것을 1단위로 하였다.

6. 통계처리

실험결과는 Statistical Analysis System(SAS Institute, 1985) Package의 General Linear Models(GLM) 처리로 분산분석(Analysis of Variance)하였고, 평균간 유의성 검증은 Duncan 다범위 검증을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 갈변정도(L값)의 변화에 대한 영향

Table 1에서 감자 슬라이스의 L값에 대한 침지 용액의 영향을 보면 비열처리군의 칼슘처리군(CaPS)은 대조군의 L값인 37.05에 비하여 각각 L값이 2.8%, chitosan 처리군(ChPS)은 17.4% 증가 하였으며, 열처리군의 HCaPS(예열처리+칼슘처리군)는 대조군에 비하여 20.4%, HChPS(예열처리+chitosan 처리군)는 15.0% 각각 L값이 증가하였다.

한편 감자 슬라이스(대조군)를 4주간 냉장 저장 중 대조군의 L값은 10.7%~50% 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 CaPS는 10.2%~41.5% 감소하였으며, ChPS는 2.6%~22.5% 감소하거나, 0.2%~4.6% 증가함으로써 chitosan 용액이 CaCl₂ 용액보다 L값의 감소가 적고 오히려 증가한 것도 있어 갈변억제에 효과적인

것으로 나타났다($p < 0.05$). 또한 열처리군의 HCaPS와 HChPS는 4주간 냉장저장 중 대조군에 비하여 L값이 각각 0.2%~22.4%, 20.6%~26.2% 증가하여 비열처리군보다 갈변 억제에 효과가 있는 것으로 나타났으며 HChPS의 갈변 억제율이 더 크게 나타났다($p < 0.05$).

이상의 결과로부터 Ca^{2+} 및 chitosan 용액의 존재하에서 예열처리 함으로서 냉장 저장 중 감자 슬라이스의 갈변을 억제하는 데 효과적인 것으로 나타났다($p < 0.05$). 또한 비열처리군과 열처리군에 있어서 acetic acid 처리군(APS와 HAPS)은 대조군보다 L값이 증가한 것으로 미루어 갈변 억제 효과에 대한 chitosan의 영향은 주로 acetic acid에 의한 것으로 생각되어진다. 한편 L값의 변화에 대한 평균간 유의성 검증결과 각 처리군은 대조군과 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

Sapers 등¹⁷⁾은 갈변억제율이 (+) 0-100이면 갈변저해제로서 효과가 있다고 하였으므로 열처리군과 비열처리군에서 $CaCl_2$ 및 chitosan과 같은 조직의 연화를 방지하는 물질들이 갈변 억제에 효과가 있는 것으로 생각되어진다.

한편 Imeri 등¹⁸⁾은 사과를 chitosan으로 처리시 사과 주스의 L값은 chitosan 농도가 증가 함에 따라 증가하였다고 하였다. 그러나 Sapers 등¹⁹⁾은 일정 농도의 chitosan 첨가로 메킨토시 사과 주스나 잘 익은 Bartlet 및 Bosc 배 주스의 갈변은 방지하였으나, 매우 과숙된 배 주스에는 효과가 없었으며, 일부 주스에서는 갈변이 가속화 되었는데, 이는 chitosan이 식품의 내재성 갈변

저해제인 유기산등과 복합체를 형성하여 침전시키기 때문이라고 하였다.

2. Total phenol 함량의 변화에 대한 영향

Table 2로부터 감자 슬라이스의 total phenol 함량에 대한 침지 용액의 영향을 보면 CaPS는 대조군에 비하여 1.9% 감소하였으며, ChPS는 2.8% 증가하였다. 열처리군의 HCaPS와 HChPS는 각각 20.7%, 22.6% 증가하였다.

냉장저장 중의 변화를 보면 비열처리군의 total phenol 함량은 냉장저장 2주 혹은 3주까지 증가하였다가 다시 감소하였다. 한편 CaPS는 대조군의 total phenol 함량의 변화율에 비하여 각각 1.9~25.1%, ChPS는 1.5~77.1% 감소하였다. 또한 열처리군은 냉장 기간에 따라 total phenol 함량이 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었는데 HCaPS는 대조군의 변화에 비해 각각 36.3~79.2%, HChPS는 0.7~82.3% 감소하였다.

total phenol 함량의 변화에 대한 유의성을 검증한 결과, 대조군과 CaPS간에는 유의적이지 않았으나, 대조군과 기타처리군과는 유의적인 차이를 나타내었으며($p < 0.05$), 비열처리군과 열처리군간에도 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

3. Chlorogenic acid 함량의 변화에 대한 영향

Table 3으로부터 감자 슬라이스의 chlorogenic acid 함량에 대한 침지 용액의 영향을 보면, CaPS는 대조군의 chlorogenic acid 함량인 7.01 mg/100 g에 비하여

Table 1. Effects of dipping and preheating treatments on the changes in L-values of potato slices during a storage for 4 weeks at 5°C

| Treatment ^{a)} | Cold storage period (weeks) | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | 0 ^{b)} | 1 | 2 | 3 | 4 |
| L-value* | | | | | |
| Nonpreheated | | | | | |
| Control | 37.05±2.69 ^{a)} | 18.52±2.47 | 33.46±2.29 | 22.47±2.20 | 28.44±2.62 |
| CaPS | 38.07±2.51 | 32.22±2.64 | 33.64±0.86 | 21.66±1.05 | 25.54±2.95 |
| ChPS | 43.49±1.53 | 36.07±1.87 | 38.74±0.68 | 28.71±1.99 | 37.11±1.82 |
| APS | 44.28±2.67 | 37.72±2.04 | 40.62±1.07 | 39.34±0.40 | 33.20±2.23 |
| Preheated | | | | | |
| HDPS | 39.43±1.69 | 30.28±2.60 | 39.38±1.50 | 25.45±2.88 | 27.31±2.79 |
| HCaPS | 44.62±0.35 | 45.05±2.94 | 45.34±2.24 | 37.12±2.91 | 37.32±2.87 |
| HChPS | 42.60±2.58 | 46.76±1.85 | 46.17±2.73 | 44.85±1.66 | 44.70±1.87 |
| HAPS | 46.05±3.44 | 46.53±2.32 | 46.53±3.57 | 47.03±1.53 | 43.81±2.59 |

^{a)} Control; brief water dip treated potato slices, CaPS; 2% $CaCl_2$ solution treated potato slices, ChPS; 1% chitosan solution treated potato slices, APS; 1% acetic acid solution treated potato slices, HDPS; 70°C distilled water treated potato slices, HCaPS; 70°C 2% $CaCl_2$ solution treated potato slices, HChPS; 70°C 1% chitosan solution treated potato slices, HAPS; 70°C 1% acetic acid solution treated potato slices.

^{b)} Mean ± S.D.

* $p < 0.01$.

Table 2. Effects of dipping and preheating treatments on the changes in total phenol content of potato slices during a storage for 4 weeks at 5°C

| Treatment ^{a)} | Cold storage period (weeks) | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 ^{b)} | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | total phenol content* | | | | |
| Nonpreheated | | | | | |
| Control | 125.66 | 154.09 | 160.07 | 496.85 | 241.91 |
| CaPS | 123.29 | 182.60 | 211.02 | 372.33 | 184.98 |
| ChPS | 129.18 | 111.41 | 157.70 | 113.78 | 126.81 |
| APS | 165.97 | 107.89 | 136.31 | 101.90 | 120.91 |
| Preheated | | | | | |
| HDPS | 124.52 | 69.96 | 124.52 | 66.35 | 118.54 |
| HCaPS | 151.71 | 92.49 | 101.90 | 103.1 | 56.85 |
| HChPS | 154.09 | 152.94 | 58.08 | 87.74 | 94.86 |
| HAPS | 155.32 | 118.34 | 80.61 | 77.00 | 97.24 |

^{a,b)} same as in Table 1.

*p < 0.01.

각각 43.5%, ChPS는 49.1% 감소하였다. 열처리군의 HCaPS는 62.6% 감소하였으며 HChPS는 51.5% 증가하였다.

냉장저장중 비열처리군과 열처리군에서 chlorogenic acid 함량의 변화는 HCaPS를 제외하고 total phenol 함량의 변화(Table 2)와 같은 경향을 나타내었다. 한편 CaPS는 대조군의 chlorogenic acid 함량 변화에 비하여 각각 7.3~54.9%, ChPS는 37.2~96.1% 감소하였으며, HCaPS는 대조군에 비하여 각각 62.6~98.3%, HChPS는 91.6~97.0% 감소하였다.

한편 chlorogenic acid 함량에 대한 평균간 유의성 검증 결과 각 처리군이 대조군과 유의적인 차이를 나타내었으며(p < 0.05), 비열처리군과 열처리군 간에도 유의적인 차이를 나타내었다(p < 0.05).

감자의 냉장저장 중 total phenol 함량과 phenol 화합물의 성분조성에 대한 연구에서 Porter 등²⁰⁾은 갈변은 냉해의 전형적인 현상이며 냉장 저장 중 페놀함량은 증가하는데 바나나는 DOPA와 tyrosine, 고구마는 chlorogenic acid 함량이 증가한다고 하였다. 또한 Mondy²¹⁾ 등도 Katahdin 감자에서 bruising 후 20°C에 저장한 것보다 5°C에 저장한 감자가 페놀 함량이 더 높았다고 하였다. Abukharma 등²²⁾은 감자의 주된 페놀 화합물이 4-methyl catechol, chlorogenic acid, caffeic acid, flavonoid, L-tyrosine 등이라 하였으며, Belitz 등²³⁾은 chlorogenic acid와 tyrosine, 그리고 Oszmianski 등¹⁷⁾은 chlorogenic acid, caffeic acid, catechol, DOPA, p-cresol이라고 하였다.

페놀 화합물은 그의 정균작용으로 인하여, 식물의

Table 3. Effects of dipping and preheating treatments on the changes in chlorogenic acid content of potato slices during a storage for 4 weeks at 5°C

| Treatment ^{a)} | Cold storage period (weeks) | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|-------|------|-------|-------|
| | 0 ^{b)} | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | chlorogenic acid content* | | | | |
| Nonpreheated | | | | | |
| Control | 7.01 | 11.95 | 8.27 | 73.73 | 8.65 |
| CaPS | 3.96 | 16.98 | 7.67 | 37.78 | 3.90 |
| ChPS | 3.57 | 2.48 | 5.19 | 2.89 | 3.16 |
| APS | 2.84 | 1.34 | 1.91 | 1.09 | 1.58 |
| Preheated | | | | | |
| HDPS | 3.06 | 1.28 | 6.33 | 4.83 | 2.70 |
| HCaPS | 2.62 | 1.47 | 1.31 | 1.25 | 0.90 |
| HChPS | 10.62 | 17.03 | 0.71 | 2.18 | 7.12 |
| HAPS | 17.99 | 20.47 | 2.17 | 2.26 | 21.70 |

^{a,b)} same as in Table 1.

*p < 0.01.

방어기구조로 생각되어지고 있으므로²⁴⁾ 감자 슬라이스의 냉장저장 중 페놀 화합물의 증가는 미생물에 의한 변패를 억제할 수 있다고 생각된다.

한편 Ma 등²⁵⁾은 blanching에 의하여 냉동고구마의 갈변을 억제할 수 있었다고 하였는데 이때 PPO 활성은 감소시켰으나 페놀 함량은 감소시키지 못한 것으로 나타났으며, Coseteng 등도¹³⁾ 사과 total phenol 함량이 수확 후 냉장저장 중 비교적 일정하다고 하였다.

4. Polyphenol oxidase 활성 변화에 대한 영향

감자 슬라이스의 침지 및 예열처리 후 냉장저장 중 PPO 활성의 변화는 Table 4와 같다.

감자 슬라이스의 PPO 활성에 대한 침지 용액의 영향을 보면 대조군의 PPO 활성인 1110 unit에 비하여 CaPS는 잔여활성이 각각 90.1%, ChPS는 88.3%이었으며 열처리군의 HCaPS는 각각 잔여활성이 51.4%, HChPS는 47.7%로서 열처리군의 잔여활성이 더 낮았으나 70°C에서 예열처리하므로써 감자 슬라이스의 PPO 활성이 완전히 불활성화 되지는 않았다.

냉장저장 중 PPO 활성의 변화는 전반적으로 계속 증가를 나타내었는데 CaPS는 대조군의 변화에 비하여 1.7~9.9%, ChPS는 1.7~65.3% PPO 활성이 감소하였으며 열처리군의 HCaPS는 48.6~77.6%, HChPS는 52.3~83.5% 감소하였다.

PPO 활성 변화에 대한 평균간 유의성 검증 결과, CaPS를 제외한 각 처리군이 대조군과 유의적인 차이를 나타내었다(p < 0.05). 이로부터 PPO 활성에 대한 저해 효과는 CaPS가 가장 적었으며 HChPS가 가장

Table 4. Effects of dipping and preheating treatments on the changes in polyphenol oxidase activity of potatoes during a storage for 4 weeks at 5°C

(Unit: mg/100 g potato fresh weight)

| Treatment ^{a)} | Cold storage period (weeks) | | | | |
|-------------------------|------------------------------|------|------|------|------|
| | 0 ^{b)} | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Nonpreheated | polyphenol oxidase activity* | | | | |
| Control | 1110 | 1150 | 2710 | 5990 | 5550 |
| CaPS | 1000 | 1130 | 3050 | 5800 | 6180 |
| ChPS | 980 | 1130 | 1250 | 2080 | 1790 |
| APS | 790 | 620 | 830 | 1750 | 1830 |
| Preheated | 1090 | | | | |
| HDPS | 610 | 440 | 960 | 1340 | 1320 |
| HCaPS | 570 | 540 | 750 | 990 | 1420 |
| HChPS | 530 | 440 | 770 | 670 | 1330 |
| HAPS | 450 | 510 | 490 | | 990 |

^{a)b)} same as in Table 1.

*p < 0.01.

높게 나타났다.

Huang 등²⁶⁾은 Lychee 과일의 수확 후 4°C에 저장중 peroxidase 활성은 감소하였으나 PPO 활성은 증가하였으며 이는 과일의 갈변 시작과 일치하였다고 하였다. 냉장 저장 중 PPO 활성의 증가는 불용성 PPO가 가용성 PPO로 전환된 것으로 PPO의 가용화는 과실의 숙성이나 또는 aging을 통해서도 일어날 수 있는 것으로 알려져 있다²⁷⁾. 특히 열처리군의 HAPS가 PPO 활성을 억제하는데 효과적인 것으로 나타났는데 이는 산성에서 열처리 하는 것이 PPO 활성 감소에 효과적이라는 보고와도 일치하였다^{27,28)}.

또한 각 처리를 통해서 냉장저장 중의 PPO 활성 증가율이 감소하였는데, 이는 냉장 저장중 감소된 대사 활동 뿐 아니라 PPO와 단백질의 복합체 형성으로 인한 PPO 활성 감소²⁴⁾ 및 이에 따른 갈변정도의 감소 때문인 것으로 생각된다.

IV. 요약

감자 슬라이스를 CaCl₂ 용액과 chitosan 용액에 침지하거나 혹은 이들 용액의 존재하에서 예열처리 한 후 냉장저장하여 침지 및 예열처리가 감자 슬라이스의 갈변정도, 페놀 함량, PPO 활성의 변화에 대한 영향을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 감자 슬라이스의 L값은 감소하는 경향을 나타내었으나, CaPS는 2주까지 L값이 증가하였고, ChPS는 4주간 L값이 증가하였다(p < 0.05). 또한 예열처리에 의한 병용 효과에 의해 L값이 가장 증가하였다(p < 0.05).

2. CaPS를 제외한 각 처리군은 total phenol 함량이 감소하였으며(p < 0.05) 예열처리 한 감자 슬라이스의 total phenol 함량이 더욱 감소하였다(p < 0.05). chlorogenic acid 함량은 HCaPS를 제외하고 total phenol 함량의 변화와 같은 경향을 나타내었다.

3. PPO 활성은 침지 및 예열처리를 통하여 감소하였는데 예열처리에 의한 감자 슬라이스의 PPO 활성이 더욱 감소하였다.

이로부터 CaCl₂ 및 chitosan 용액에 침지 및 예열처리가 갈변억제에 효과적인 것으로 생각되어지며 L값은 증가하고 페놀함량과 PPO 활성이 감소하였다. 이러한 효과는 열처리군에서 더 크게 나타났다.

참고문헌

- Poovaiah, B.W.: Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, 86-89 (1986).
- Sapers, G.M., Miller, R.L., Douglas, JR., F.W. and Hicks, K.B.: Uptake and fate of ascorbic acid-2-phosphate in infiltrated fruit and vegetable tissue. *J. Food Sci.* 56(2): 419-430 (1991).
- Ponting, J.D., Jackson, R. and Watters, G.: Refrigerated apple slices: Preservative effects of ascorbic acid, calcium and sulfites, *J. Food Sci.*, 37: 434-436 (1972).
- Santerre, C.R., Cash, J.N. and Vannorman, D.J.: Ascorbic acid/Citric acid combinations in the processing of frozen apple slices. *J. Food Sci.*, 53: 1713-1736 (1988).
- Lee, C.Y., Kagan, V., Jaworski, A.W. and Brown, S. K.: Enzymatic browning in relation to phenolic compounds and polyphenol oxidase activity among various peach cultivars, *J. Agric. Food. Chem.*, 8: 99-101 (1990).
- Sapers, G.M., Douglas, Jr, F.W., Bilyk, A., Hsu, A.-F., Dower, H.W., Garzarella, L. and Kozempel, M.: Enzymatic browning in Atlantic potatoes and related cultivars, *J. Food Sci.*, 54(2): 362-365 (1989).
- Sapers, G.M. and Miller, R.L.: Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. *J. Food Sci.*, 57: 1132-1135 (1992).
- Sapers, G.M. and Douglas JR, F.W.: Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits, *J. Food Sci.*, 52(5): 1258-1285 (1987).
- 김영선, 이귀주: 한국산 감자의 품종에 따른 갈색화 반응에 관한 연구. *한국조리과학회지* 8(3): 241-246 (1992).

10. 정현미, 이귀주: 품종별 한국산 감자 슬라이스의 냉장 중 Polyphenol oxidase, 페놀함량 및 갈변정도의 변화, 한국 식생활문화학회지, **10**(2): 89-95 (1995).
11. Pressy, R., Hinton, D.M. and Avants, J.K.: Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening, *J. Food Sci.*, **36**: 1970 (1971).
12. Chien, J.T. and Snyder, H.E.: Detection and control of Soymilk astringency. *J. Food Sci.*, **48**: 438-440 (1983).
13. Coseteng, M.Y. and Lee, C.Y.: Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning, *J. Food Sci.*, **52**(4): 985-989 (1987).
14. Amiot, M.J., Tacchini, M., Aubert, S. and Nicolas, J.: Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity, *J. Food Sci.*, **57**(4): 958-962 (1992).
15. Walter, Jr, W.M. and Purcell, A.E.: Effect of substrate levels and polyphenol oxidase activity on darkening in Sweet Potato cultivars. *J. Agric. Food Chem.* **28**: 941-944 (1980).
16. Sciancalepore, V.: Enzymatic browning in five olive varieties, *J. Food Sci.*, **50**: 1194-1195 (1985).
17. Oszmianski, J. and Lee, C.Y.: Enzymatic oxidative reaction of catechin and chlorogenic acid in a model system. *J. Agric. Food Chem.* **38**: 1202-1204 (1990).
18. Imeri, A.G. and Knorr, D.: Effects of chitosan on yield and compositional data of carrot and apple juice, *J. Food Sci.*, **53**(6): 1707-1709 (1988).
19. Sapers, G.M.: Chitosan enhances control of enzymatic browning in apple and pear juice by filtration, *J. Food Sci.*, **57**(5): 1192 (1992).
20. Porter, W.C., Pharr, D.M., Kushman, L.J. and Pop, D. T.: Discoloration of chilled sweet potato (*Ipomoea batatas*(L.) roots: Factors related to cultivar differences. *J. Food Sci.*, **41**: 938-941 (1976).
21. Mondy, N.I., Leja, M. and Gosselin, B.: Changes in total phenolic, total glycoalkaloid, and ascorbic acid content of potatoes as a result of bruising, *J. Food Sci.*, **52**(3): 631-633 (1987).
22. Abukharma, D.A. and Woolhouse, H.W.: The preparation and properties of o-diphenol, oxygen oxidoreductase from potato tubers, *New Phytol.*, **65**, 477-487 (1966).
23. Belitz, H.D. and Grosch, W.: Food Chemistry, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 100 (1987).
24. Eskin, N.A.M.: Biochemistry of foods, 2nd Edi. Academic Press (1990).
25. Ma, S., Silva, J.L., Hearnberger, J.O. and Garner, Jr, J.O.: Prevention of enzymatic darkening in frozen sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) by water blanching: Relationship among darkening, phenols and polyphenol oxidase activity, *J. Agric. Food Chem.* **40**: 864-867 (1992).
26. Huang, S., Hart, H., Lee, H. and Wicker, L.: Enzymatic and color changes during post-harvest storage of Lychee fruit, *J. Food Sci.*, **55**(6): 1762 (1990).
27. Kahn, V.: Latency Properties of Polyphenoloxidase in Two Avocado Cultivars Differing in Their Rate of Browning. *J. Sci. Food Agric.*, **28**: 233-239 (1977).
28. Zemel, G.P., Sims, C.A., Marshall, M.R. and Balaban, M.: Low pH inactivation of polyphenoloxidase in apple juice, *J. Food Sci.*, **55**(2): 562-563 (1990).

(1996년 10월 28일 접수)