

## 최소가공 처리 감자에 대한 Citrate 및 Phosphate의 갈변저해 효과

허 정<sup>†</sup>

인터컨티넨탈호텔 조리부

## Effect of Citrate and Phosphate on the Inhibition of Browning in Minimally Processed Potatoes

Hur Jung<sup>†</sup>

Grand Intercontinental Hotel

### Abstract

The control of enzymic browning in potato slices by the use of citrate and phosphate buffer at different pH values and concentration was investigated. Minimally processed potatoes were stored at 5°C and 20°C followed by dipping in distilled water, citrate buffer (pH 3.0~5.0) and phosphate buffer (pH 5.0~7.0). The color characteristic was measured after storage at 5°C and 20°C for 24 hours. Treatment effectiveness was greatly improved by reducing pH and temperature. The citrate buffer was more effective than phosphate buffer in the browning inhibitory capacity. The citrate buffer (pH 3.0) showed the most anti-browning effect in this condition and more effective inhibition of browning by increasing concentration of treatment solution. The phosphate buffer (pH 5.0) treatment showed more effectiveness than concentration of 0.5 M of citrate buffer treatment.

**Key words :** Minimally processed, potato slices, citrate buffer, phosphate buffer, anti-browning.

### I. 서 론

감자는 주요 식량자원으로서 식미가 우수하고 약리적 효능뿐 아니라 다양한 식재료의 원료로 사용되고 있으며, 그 수요 형태도 매우 다양하다 (Ko 2003). 최근 감자는 식품산업의 발전과 함께 박피, 절단 등 소비자의 구매 요구에 맞는 1차 가공 형태로 단위 포장하여 저온 유통 및 판매되는 최소가공 가공품으로서의 수요가 증대되고 있다.

신선 편이가공 농산물은 식품 본래의 신선한 품질을 가능한 그대로 유지하면서 안전하게 저

장수명을 연장시키는 가공 방법을 말하며 이를 의 형태는 소재 특성과 용도에 따라 매우 다양하다. 특히 최소가공 제품군의 대부분을 차지하고 있는 과·채류 제품의 경우 가열처리하지 않은 것으로 조직의 세포가 살아있거나 생것과 유사한 특성과 유통기간이 비교적 짧은 특성을 갖고 있다(King & Bolin 1989; Kim 1999). 신선 편이 가공은 과육의 노출과 조직손상에 기인된 효소적 갈변 발생, 호흡량의 증가 그리고 미생물 번식 등과 같은 품질 저하를 가속시키며, 저장수명의 단축과 안정성을 저하시키는 요인으로 작용된다(Ahvenainen, R 1996; Kim 1999).

최소가공 식품의 가공에 있어 이를 요인들을 효과적으로 관리하기 위하여 아스코르бин산 및 그 유도체, 무·유기산의 사용, 천연 chelating 약제의 사용, 인산염 등의 무기염의 사용 및 이들을 가압, 감압에 의한 강제 침투방법 등의 연구와 효소적 반응을 감소시키기 위한 환경기체 조절 포장(modified atmosphere packaging, MAP)과 active packaging 등에 의한 관리 방법들의 적용효과와 적용 조건의 규명에 대한 연구가 진행되어 왔다(Hwang et al. 2002; Ibolya et al. 1990; Irene et al. 1995; Kim 1999; King & Bolin 1989). 또한 조직 연화방지를 위한 칼슘처리, 열처리 및 천연 PG  $\beta$ -galactosidase 저해제, MAP, active packaging의 등이 연구되어오고 있다. 이와 같이 천연갈변억제제에 대한 연구는 지속적으로 수행되고 있으나, 그 적용성은 경제성과 효과적인 측면에서 아직 미미한 수준이다(Kim 1999; Hwang et al. 2002; Park & Moon 2004).

그 중 무·유기산은 pH 조절제로서 식품공정에서 오래동안 사용되어 온 것으로서 취급성과 경제성이 높아 최소가공 식품의 공정에 가장 광범위하게 사용될 수 있는 갈변제어 수단으로서 의미를 가진다. 따라서, 본 연구에서는 최소가공 감자에 citrate와 phosphate 염을 이용하여 다양한 pH 조건 하에서 갈변 발생을 억제시킬 수 있는 제어수단으로서의 가능성을 검토하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 2006년 5월에 당진에서 생산된 ‘수미’ 종을 산지에서 구입, 운반하였으며, 실험실 도착 즉시 외관이 건전한 것만을 선별하여 실험에 사용하였다.

### 2. 시료의 절단 및 처리

감자는 스테인레스 재질의 여러한 칼을 사용하여 두께가 15×15×15 mm되게 절단한 후 pH

3.0에서 pH 7.0까지의 buffer (pH 3.0~5.0; citrate buffer, pH 5.0~7.0; phosphate buffer)에 각각 2분간 침지한 후 표면의 물기를 제거하고 15×20 cm의 50  $\mu\text{m}$  두께의 폴리에틸렌 포장지에 약 200 g씩 포장한 다음 밀봉(Packer, bag sealer, USA)하였다. 감자의 절단, 포장 등의 처리는 가능한 저장온도와 동일한 조건에서 행하였으며, 각각 포장된 감자는 5±1°C의 저장고(90±5% RH)와 20±2°C의 저장고 저장하였다.

### 3. 표면색

표면색은 표준백판( $L=97.75$ ,  $a=-0.49$ ,  $b=1.96$ )으로 보정된 Colorimeter(CR-200, Minolta Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 시료의 절단면의 중심부위를 10반복으로 측정하여 백색도를 나타내는  $L$ 값, 적색도를 나타내는  $a$ 값 및 황색도를 나타내는  $b$ 값으로 색체계를 나타내었으며, 저장 중  $L$ 값과 색차의 변화량은  $\Delta L$ 과  $\Delta E$ 로 아래의 식을 이용하여 산출하였다(Saper & Douglas 1987).

$$\Delta L = L_{initial} - L_{test}, \Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

## III. 결과 및 고찰

최소가공 감자를 20°C에서 24시간 저장 후  $\Delta L$ 과  $\Delta E$ 값을 측정해 본 결과 각각 13.51과 16.09로 나타내어 상품성을 완전히 상실하였으며, 5°C에서 저장한 최소가공 감자의 경우, 24시간 후  $\Delta L$ 값과  $\Delta E$ 값은 각각 12.12와 12.81로 상품성을 상실한 것으로 나타났다. 최소가공 감자의 외관상 가장 큰 문제를 나타내는 갈색화 정도는 저장 초기값의 백색값( $L$  value)에서 저장 후의 백색값의 차이를 나타내는  $\Delta L$ 과 색차의 차이를 나타내는  $\Delta E$ 값으로 나타낼 수 있으며, 이들의 값이 크게 나타날 경우, 저장 초기값에 비하여 색상의 변화가 많이 일어난 것으로 판단할 수 있다. 이와 같이 최소가공 식품, 특히 박피 감자에서의

갈변은 상품성을 소실시키는 주요한 원인으로 작용하는 것으로 알려져 있다.

이러한 갈변을 방지하기 위한 방안으로서 최소가공 감자에 대하여 citrate 및 phosphate로서 pH가 조절된 처리수를 사용하였으며, 처리 후 색의 변화를 나타낸 결과는 Fig. 1과 Fig. 2>

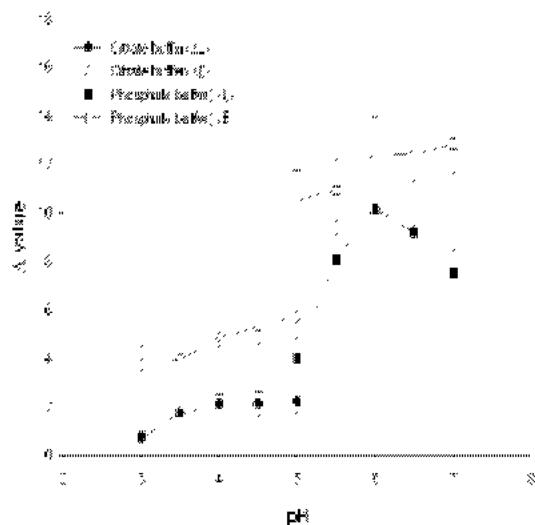


Fig. 1 Changes of  $\Delta L$  and  $\Delta E$  value of potato slices treated with different pH level after storage at 5°C for 24hr.

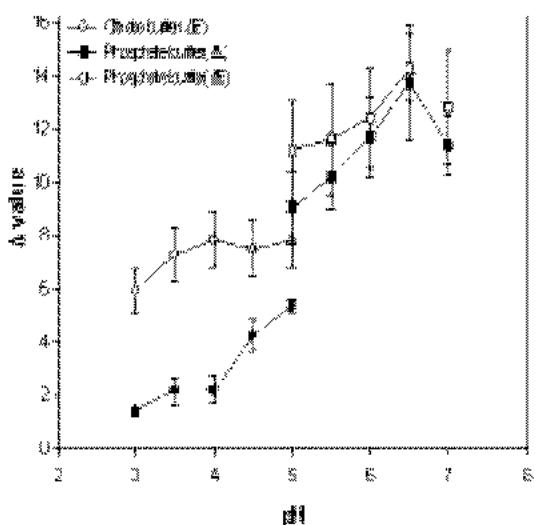


Fig. 2 Changes of  $\Delta L$  and  $\Delta E$  value of potato slices treated with different pH level after storage at 20°C for 24hr.

와 같다. pH에 따른 갈변 억제 정도는 phosphate buffer로 처리한 것보다 citrate buffer를 이용하여 처리한 경우가 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 또한 동일 buffer 조건에서 pH가 감소함에 따라 갈변 억제 효과가 더욱 강하게 나타나는 경향이었다. 20°C에서 24시간 후  $\Delta L$ 값을 비교해 본 결과, pH 3.0인 citrate buffer로 처리한 경우 1.40을 나타내어 대조구에 비하여 10배 이상의 갈변 억제 효과를 나타내었으며, pH 3.0인 citrate buffer로 처리하여 5°C에서 24시간 보관 후  $\Delta L$ 값이 0.76을 나타내어 대조구의 12.12보다 약 16배 이상의 갈변 억제 효과를 나타내었다. 또한, 동일 pH 조건에서 온도에 따른 갈변 억제 효과를 조사해본 결과 20°C에 저장한 최소가공 감자절편에 비하여 5°C에서 저장한 최소가공 감자절편이 약 2배 이상의 갈변 억제 효과를 나타내었다. pH에 따른  $\Delta E$ 값의 변화와  $\Delta L$ 값의 변화는 pH가 높아짐에 따라서 지속적으로 증가하여, 20°C에서 저장한 경우 pH 6.0에서  $\Delta E$ 값의 변화가 가장 커고, 5°C에서는 pH 6.5에서 가장 큰 변화를 나타내었다.  $\Delta E$ 값의 경우에도  $\Delta L$ 값의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 이러한 감자의 갈변은 감자에 존재하는 갈변효소인 polyphenol oxidase (PPO, EC 1.14.18.1)의 활성증가와 내부 phenolics의 붕괴에 의해서 나타나는 현상으로 알려져 있다(Hwang et al. 2002). 이를 PPO는 pH 및 온도에 매우 민감한 반응성을 나타내고 있어 Mari 등(Mari et al. 2003)의 감자 PPO에 대한 연구에서도 pH 4.0 이하에서 PPO의 활성이 감소하는 것으로 알려져 있다. 또한, PPO의 pH 저하에 따른 활성 감소는 당근(Irene 1995), 바나나(Yang et al. 2000) 및 딸기(Wesche-Ebeling & Montgomery 1990)의 PPO 추출물에서도 유사한 것으로 보고되고 있다.

따라서, citrate buffer 처리 후 5°C 저장한 최소가공 처리 된 감자에서 우수한 갈변 억제 효과를 나타낸 것은 citrate buffer의 적절한 pH 조절로 인한 감자 PPO 활성의 감소로 인하여 갈변 발생이 억제된 것으로 판단할 수 있으며, 이와 더불

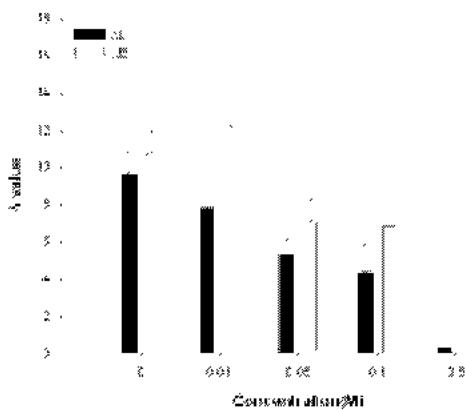
어 온도의 저하로 인한 효소의 활성 감소가 상승 작용을 발생시킨데 기인하여 나타난 것으로 판단된다. pH와 온도 조절에 의한 최소가공 처리 방법은 PPO의 활성을 감소시키고 최소처리 된 감자의 신선도 연장을 위한 유용한 방법으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

Citrate의 농도 및 온도에 따른 갈변억제 효과에 대한 결과는 <Fig. 3>과 <Fig. 4>에 나타내었다. Citrate를 pH 3.0으로 조절하여 농도를 0.01, 0.05, 0.1 및 0.5 M로 제조한 침지 용액을 만들어 최소가공 감자절편에 대한 갈변저해효과를 5°C 및 20°C에서 각각 측정하였다. 그 결과 전반적으로

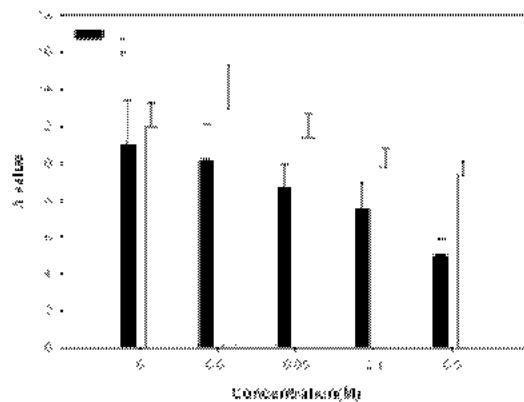
로 처리 농도가 증가할수록 갈변 억제 효과가 증가하는 경향을 나타내었고, 저장 온도가 낮을수록 높은 갈변 억제 효과를 나타내었다. 20°C 저장구에서 0.5 M의 처리 농도에서 끄값이 5.05를 나타내어 대조구의 끄값 11.04에 비하여 2배 이상의 저해효과를 나타내었으며, 5°C에서 저장한 최소가공 감자절편의 경우 끄값이 0.26을 나타내어 대조구 9.63과 비교하여 약 35배 이상의 갈변저해효과를 나타내었다.

Setty 등(Setty et al. 1968)은 통조림용 구아바의 저장성을 향상시키기 위하여 citrate를 첨가하여 저장기간 중 색상의 보존성이 증가하였다고 보고하였고, Sapers 등(Sapers et al. 1994)은 낮은 pH 조건에서 최소가공된 버섯의 신선도 연장을 보고하였다. 또한, El-Shimi(El-Shimi 1993)는 동일 조건에서 pH의 감소가 최소가공 사과의 저장성을 향상시킨다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다.

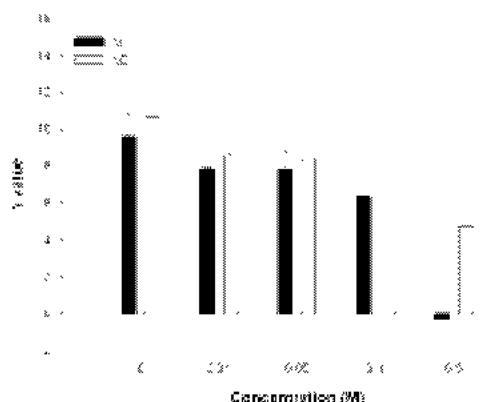
Phosphate buffer(pH 5.0)를 이용하여 갈변저해효과를 조사한 결과는 <Fig. 5>와 <Fig. 6>에 나타내었다. 농도 및 온도에 따른 갈변 억제 효과는 citrate buffer를 처리한 경우와 유사한 경향을 나타내었다. 20°C에서 24시간 후 끄값을 측정한 결과 1.00을 나타내었으며, 5°C에서는 0.30을 나타내었다. 이는 citrate buffer 처리구에 비하여 갈변 억제 효과가 20°C에서 5배 이상 높은 것으로 나타났다. Saper와 Miller (1992)은 ascorbic acid 단독 처리구보다 phosphate 복합처리에 의해서 더욱 우수한 최소가공 감자의 신선도 연장 효과를 확인할 수 있는 것으로 보고하고 있어, phosphate의 갈변 저해 효과를 보고한 바 있다. 전반적으로 저온 저장구에 있어서 citrate buffer 처리구는 phosphate buffer 처리구에 비하여 낮은 끄값을 나타내고 있었으나, 0.5M의 농도에서는 phosphate buffer 처리구가 더욱 효과적인 갈변억제를 나타내고 있어, 적정 농도 이상에서 phosphate buffer가 갈변 억제 효과를 더욱 증가시킬 것으로 판단되었다.



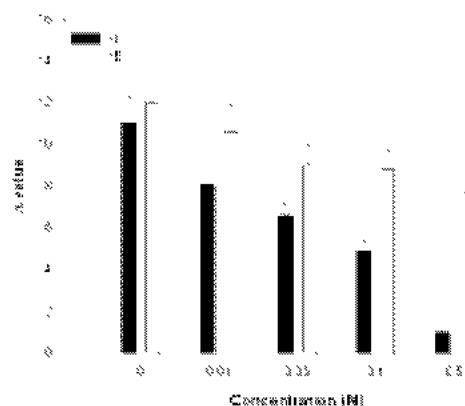
<Fig. 3> Changes of  $\Delta L$  and  $\Delta E$  value of potato slices treated with citrate buffer (pH 3.0) after storage at 5°C for 24hr.



<Fig. 4> Changes of  $\Delta L$  and  $\Delta E$  value of potato slices treated with citrate buffer (pH 3.0) after storage at 20°C for 24hr.



**Fig. 5** Changes of  $\Delta L$  and  $\Delta E$  value of potato slices treated with phosphate buffer (pH 5.0) after storage at 5°C for 24hr.



**Fig. 6** Changes of  $\Delta L$  and  $\Delta E$  value of potato slices treated with phosphate buffer (pH 5.0) after storage at 20°C for 24hr.

#### IV. 요 약

최소가공 감자의 갈변을 억제하기 위해 감자를 박피·절단하여 다양한 농도의 citrate buffer와 phosphate buffer로 각각 처리한 후 저밀도 폴리에틸렌 포장지로 밀봉하여 5°C와 20°C에 저장하면서 실험에 사용하였다. 최소가공 처리된 감자를 24시간 저장 후 색도 변화를 측정한 후 그 값과  $\Delta E$  값을 계산하여 갈변 효과를 조사한 결과, citrate buffer 처리구가 phosphate buffer 처리구에 비하여 전반적으로 우수한 갈변억제 효과를 나타내었으며, 동일 buffer에서 pH가 낮을수

록 우수한 효과를 나타내었다. Citrate buffer, pH 3.0에 처리 후 5°C에 저장한 조건이 대조구에 비하여 약 35배 이상의 효과를 나타내어 가장 우수한 갈변억제능을 나타내었다. 농도별 처리에서는 citrate buffer(pH 3.0)에서 전반적으로 우수한 갈변억제 효과를 나타내고 있었으나, 0.5 M의 농도에서는 phosphate buffer(pH 5.0) 처리구가 더욱 우수한 갈변억제 효과를 나타내었다.

#### 참고문헌

1. Ahvenainen R (1996) : New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* 7(3):179-187.
2. El-Shimi N (1993) : Control of enzymatic browning in apple slices by using ascorbic acid under different conditions. *Plant Foods for Human Nutrition* 43(1):71-76.
3. Hwang TY · Son SM · Moon KD (2002) : Screening of effective browning inhibitors on fresh-cut potatoes. *Food Science and Biotechnology* 11(6):397-400.
4. Ibolya MP · Mendel F (1990) : Inhibition of browning by sulfur amino acids, 3. apple and potatoes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 38(8):1652-1656.
5. Irene S (1995) : Properties of carrot polyphenoloxidase. *Phytochemistry* 39(1):33-38.
6. Kim DM (1999) : Extension of freshness of minimally processed fruits and vegetables. *Korean Journal of Horticulture and Science Technology* 17(4):790-795.
7. King Jr AD · Bolin HR (1989) : Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 43(2):132-135.
8. Ko SB (2003) : Problems and suggestions for improvement in Jeju white potato marketing.

- Korean Journal of Agricultural Management and Policy 30(4):743-765.
9. Lister PD · Tung MA · Garland MR · Porritt SW (1979) : Texture modification of processed apple slices by a postharvest heat treatment. *Journal of Food Science* 44(5):998-1000.
10. Marri C · Fazzoli A · Hochkoepler A · Poggi V (2003) : Purification of a polyphenol oxidase isoform from potato (*Solanum tuberosum*) tubers. *Phytochemistry* 63(5):745-752.
11. Park YJ · Moon KD (2004) : Influence of pre-heating on quality changes of fresh-cut muskmelon. *Korean Journal of Food Preservation* 11(1):170-174.
12. Quintero-ramos A · Bourne MC · Anzaldua-morales A (1992) : Texture and rehydration of dehydrated carrots as affected by low temperature blanching. *Journal of Food Science* 57(6):1127-1128.
13. Sapers GM · Douglas FW (1987) : Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. *Journal of Food Science* 52(6):1258-1262.
14. Sapers GM · Miller R · (1992) : Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. *Journal of Food Science* 57(6):1132-1135.
15. Sapers GM · Miller RL · Miller FC · Cooke PH · Choi SW (1994) : *Journal of Food Science* 59(5):1042-1047.
16. Wesche-Ebeling P · Montgomery MW (1990) : Straw-berry polyphenoloxidase: purification and characterization. *Journal of Food Science* 55(7):1315-1319.
17. Setty L · Nagaraja KV · Ranganna S (1968) : Influence of citric acid, ascorbic acid and EDTA on the quality of canned guava (*Psidium guajava*) during storage. *Indian Food Packer* 22(2):27-34.
18. Yang CP · Fujita S · Ashrafuzzaman MD · Nakamura N · Hayashi N (2000) : Purification and characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa sapientum L.*) pulp. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 48:2732-2735.

---

2007년 3월 24일 접수

2007년 6월 13일 게재 확정