

Quality Characteristics of Fresh-cut Lotus Roots According to the Temperature of the Wash Water

Min-Sun Chang¹, Ji-Gang Kim² and Gun-Hee Kim^{1*}

¹Department of Food & Nutrition, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea

²Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Suwon 440-706, Korea

세척수 온도에 따른 신선편이 연근의 품질

장민선¹ · 김지강² · 김건희^{1*}

¹덕성여자대학교 식품영양학과, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 채소과

Abstract

This study investigated the changes in the quality of fresh-cut lotus roots that were treated with hot water. Lotus roots were purchased from Daegu, Korea. They were washed, peeled, and cut into 1cm-thick slices with a ceramic knife. The peeled and sliced lotus roots were dipped for 45 sec in water at 30, 55, and 80°C. After they were air-dried at room temperature, the slices were packed in polyethylene films and stored at 4°C for 12 d. Then the changes in the weight loss, color, total viable cell, and sensory characteristics were measured. Generally, the weight loss of the lotus roots that were treated with hot water slightly increased. The application of the heat treatment delayed the browning of the lotus roots, especially the treatment with 55°C hot water. The L and a values of the lotus roots that were treated with 80°C hot water significantly increased during their storage, though. The heat treatment effectively inhibited the growth of microorganisms. The organoleptic quality of the lotus roots that were treated with 55°C hot water was the best.

Key words : lotus root, heat treatment, quality, fresh-cut

서 론

연근(*Nelumbo mucifera* G)은 수련과의 다년생 수초로서 비대경을 식용하는 구근류(1)이며 우리나라에서 연근은 전통적으로 생식하거나 기름에 튀겨 먹거나 꿀, 설탕 등과 졸여 정과로써 이용되어 왔고, 조림류로서 식단에 많이 이용되고 있다(2,3). 최근 연근 및 연근 추출물에 대하여 체내 지질 농도 개선 효과 등의 다양한 기능성이 밝혀짐에 따라(4,5) 연근에 대한 생산과 소비도 증가하고 있으며 박피 후 세정하여 포장한 ready-to-use 형태의 제품 또한 그 유통량이 지속적으로 증가하고 있다(6). 그러나 연근의 최소 가공 시 박피, 절단 등의 가공처리 과정 중 조직의 손상에 따른 연화와 절단면의 공기 노출로 인한 미생물 오염 및 번식, 갈변, 에틸렌 발생량의 급증(1) 등을 겪게 되면서 원재

료 상태에 비해 저장성과 안전성이 현저하게 떨어지는 문제점이 있다(7). 이에 연근의 갈변에 대하여 polyphenol oxidase (PPO) 효소의 특성과 갈변저해제 및 열처리를 통한 효소적 갈변 억제 방안을 검토한 연구들(3,8)이 보고되었으며 ascorbic acid 및 그 유도체(9,10), chelating제(11,12), pH 저하를 위한 acid류(9) 등을 이용한 표면처리, modified atmosphere (MA) 포장방법(13-15), 증온 열처리 등에 대한 연구(16,17)도 보고되었다.

최근 건강 지향적 식품에 대한 관심이 높아지면서 환경 친화적이며 소비자의 건강에 미치는 영향이 없고, 신선도를 최대로 유지할 수 있는 기술로 열처리 등의 물리적인 방법들이 부각되고 있다(18-20). 특히 열처리는 과일 및 채소류의 숙성 조절 및 과육의 연화 억제, 해충 및 미생물 제어에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며(21) 종래의 화학적 처리법에 비해 안전하고, 경제적인 수확 후 처리 방법으로 알려져 있다(22-25). 이러한 열처리는 주로 박피 감자에 적용한 연구가 많이 보고되었으며(18,20) 박피연근

*Corresponding author. E-mail : ghkim@duksung.ac.kr
Phone : 82-02-901-8496, Fax : 82-02-901-8474

에 대해서는 갈변저해제, 전기분해수 등 다양한 침지액의 변화에 따른 연구들이 보고되어(1,3,6) 박피연근에 대한 열처리 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 연근의 신선편이가공 처리 시 품질 저하를 억제시키기 위하여 박피 및 절단 연근에 온도별 열처리 한 후 저장 중의 품질을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 연근은 대구광역시 농가에서 재배되어 9월에 수확한 것으로 실험 당일 10 kg 골판지 상자에 포장한 상태로 수송된 신선한 것을 구입한 후 외관 상태와 모양이 전체적으로 균일한 것을 선별하여 시료로 사용하였다.

최소가공 처리 및 저장

연근을 흐르는 물에서 2~3회 세척하여 흙과 표면의 이물질을 제거한 후 Y자형 박피도구를 사용하여 박피하고, 세라믹 칼을 이용하여 약 1 cm 두께로 절단하였다. 열처리 는 연근과 수돗물을 1:5(w/w)로 하여 온도를 높이지 않은 대조구와 예비실험을 통하여 설정된 30, 55, 80°C의 온도로 조정된 열처리로서 각각 45초간 침지하였다. 그리고 연근 표면의 수분을 자연탈수하고, 30 µm의 polyethylene (PE) film (200 W × 300 L, mm)으로 포장하여 4°C 저장고에서 12일간 저장하며 3일 간격으로 품질을 평가하였다.

중량 감모율

초기중량과 일정기간 경과 후 측정된 시료의 중량 차이를 초기중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

표면색도

표면색은 표준백판(L=97.40, a=-0.49, b=1.96)으로 보정된 Chromameter (CR-400, Minolta Co, Japan)를 사용하여 측정하였으며, 시료 절단면의 중심부위를 10반복으로 Hunter 색차계인 L, a 및 b값을 측정하였다. 각 처리구간의 색도의 차이는 색차(color difference, ΔE)를 이용하여 분석하였으며 계산식은 다음과 같다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

미생물수 측정

연근 중량의 5배에 해당하는 멸균된 0.85% saline 용액을 가하여 40회 shaking한 후, 시료액을 1 mL씩 취하여 9 mL의 멸균된 0.85% saline 용액으로 단계 희석하였다. 시험용액 1 mL과 각 단계 희석액 1 mL씩을 일반세균수 측정용 건조 필름(petrifilm aerobic count plates, 3M Co, USA)에 무균적

으로 취하여 35±1°C에서 48~72시간 배양시킨 후 형성된 colony 수를 측정하여 CFU/g으로 나타내었다.

관능평가

관능평가는 10명의 훈련된 패널을 대상으로 9점 척도법을 이용하여 평가하였다(26). 외관(색도), 냄새, 질감 그리고 전반적인 기호도에 대하여 평가하였으며, 전반적 기호도에 서 대단히 나쁘다(1점), 나쁘다(3점), 보통이다(5점), 좋다(7 점), 대단히 좋다(9점)로 표기하도록 하였다. 점수 5를 상품성의 한계로 간주하였으며 결과는 SPSS Win program (Version 14.0)에 의해 Duncan's multiple range test로 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

중량 감모율

다양한 세척수 온도에 대하여 열처리를 한 연근의 중량 감모율의 결과는 Fig. 1과 같다. 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 증가하였으며, 특히 80°C로 열처리를 한 연근의 중량 감모율이 가장 낮았다. 이는 Quintero-Ranos 등이 보고한 열처리가 연근의 수용성 성분의 침출을 억제한 것 (27)으로 사료된다.

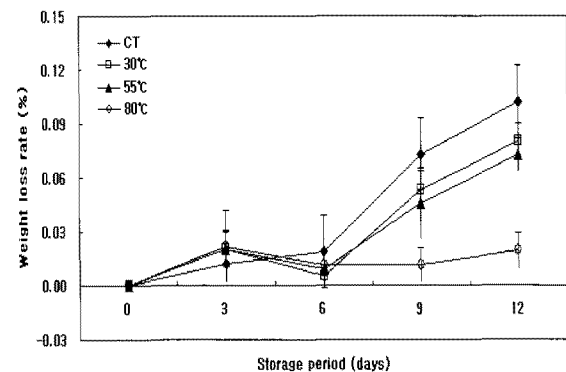


Fig. 1. Weight loss rate of lotus root by different water temperatures during storage at 4°C.

All treatments were done for 45 sec, CT: untreated.

표면색도

다양한 세척수 온도에 대하여 열처리를 한 연근의 색도 변화를 측정된 결과는 Fig. 2와 같으며 L값은 저장함에 따라 전반적으로 감소하는 경향을 보였다. 특히, 55°C로 열처리 한 연근의 경우 저장 초기 L값이 71.90에서 저장 12일째 67.61로 감소폭이 가장 적었고, 80°C로 열처리한 연근의 경우 저장기간이 늘어날수록 L값이 저장 12일째 63.00으로 현저히 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이는 감자를 45~55°C에서 열처리한 경우의 L값이 대조구에 비하여 낮았던 Lim 등(20)의 연구 결과와 유사하였다. a와 b값의 경우 저장기간

이 늘어날수록 증가하는 경향을 보였으며 특히, 저장 12일째 55℃로 열처리한 연근의 색 변화가 가장 적어 2.17의 a값을 나타낸 반면, 80℃로 열처리한 연근은 3.25로 a값의 변화가 가장 컸다. Sharon 등(28)은 박피하여 슬라이스한 망고를 46℃에서 75~90분 열처리한 경우 열처리 유·무에 따른 L값의 차이가 없다고 하여 본 연구와는 다소 차이를 보였으나, 이는 열처리한 시간의 차이에 의한 것이라 판단된다. 이러한 표면색 변화는 식품의 갈변현상과 관련이 있으며 연근의 경우 효소적 갈변으로 식품가공 과정에서 polyphenol oxidase, peroxidase 등의 효소에 의한 산화반응의 결과이며 이 효소들이 갈변과 이취 생성 등에 관여하여

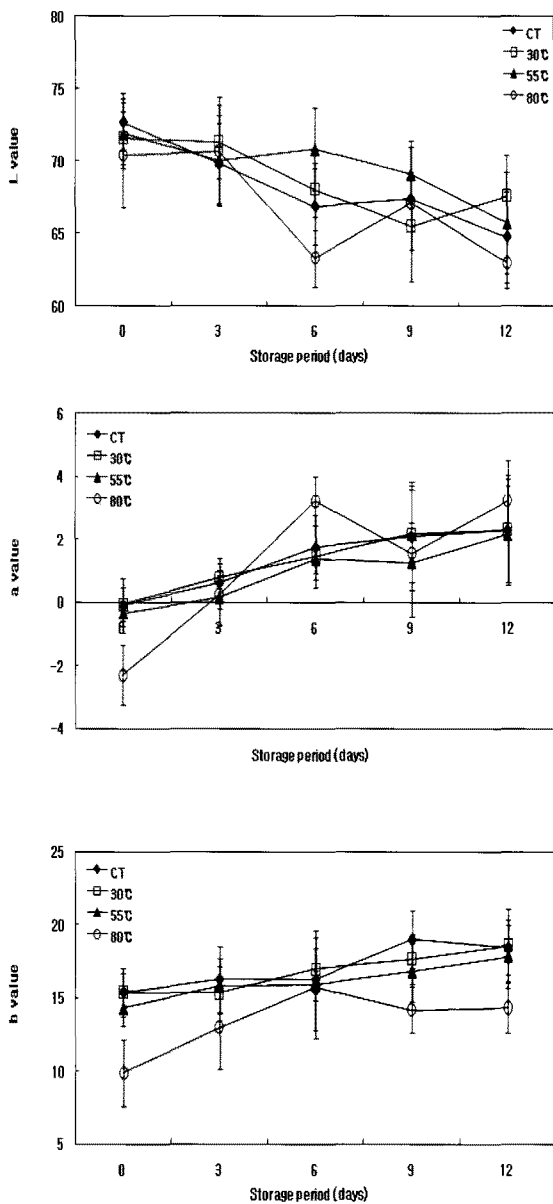


Fig. 2. Changes in L, a and b value of lotus root by different water temperatures during storage at 4°C.

All treatments were done for 45 sec, CT: untreated.

신선편이 제품의 품질특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(8,29). 또한 Sapers 등(30)은 45~55℃의 중온 열수 처리와 갈변억제제의 중복처리 시 갈변억제 단독 처리보다 2배 이상의 ΔL값의 감소효과를 나타낸다고 보고하였고, Anders 등(31)은 열처리에 의한 ΔL값의 감소는 표면 갈변 발생물질의 제거 등으로 인한 것이라 보고하였다. 본 연구에서 ΔE값은 저장 12일째 열처리하지 않은 연근이 10.70로 가장 높았으며 80℃ 처리는 8.84로 열처리한 연근 중에서 색의 변화가 가장 크게 나타났다. 반면, 55℃로 열처리한 연근은 저장 12일째 5.64의 ΔE값을 나타내어 색 변화가 가장 적게 일어났음을 알 수 있었다(Fig. 3). Jeong 등(32)은 온도와 시간을 달리하여 감자와 고구마를 박피한 후 초기 색 변화를 관찰한 결과 감자는 100℃ 10% NaOH 및 90℃ 15% NaOH 처리구에서, 고구마는 80℃ 12% NaOH 및 70℃ 15% NaOH 처리구에서 초기 갈변도 값이 상대적으로 높았다고 보고하여 본 결과와 유사하였으며 이는 물리적 충격이 강할수록 조직의 생리적 변화가 빠르기 때문인 것으로 판단된다.

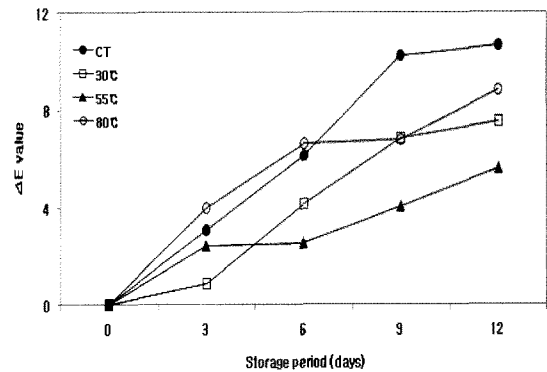


Fig. 3. Changes in ΔE value of lotus root by different water temperatures during storage at 4°C.

All treatments were done for 45 sec, CT: untreated.

미생물수 측정

다양한 세척수 온도에 대하여 열처리를 한 연근의 일반 세균수 변화를 측정된 결과 무처리한 연근의 초기 균수가 4.12×10^5 CFU/g 이었던 반면, 열처리한 연근의 초기 균수는 전반적으로 10^{2-3} CFU/g로 나타났으며 특히, 80℃로 열처리한 연근의 경우 균수가 가장 낮았다(Table 1). 저장일수가 증가함에 따라 연근의 일반 세균수는 전반적으로 증가하는 경향을 보였으며 저장 12일째 무처리한 연근과 30℃에서 열처리한 연근은 $1.53 \sim 3.66 \times 10^6$ CFU/g로 증가하였으나, 55℃ 및 80℃에서 열처리한 연근은 각각 6.03×10^5 CFU/g, 2.43×10^4 CFU/g로 소폭 증가하였다. 이는 박피한 당근을 50℃에서 열처리하였을 때 열처리하지 않은 당근보다 미생물 감소 효과가 우수하였다는 Ralph 등(33)의 연구 결과와 유사하였다. Carla 등(34)은 박피 당근을 100℃ 수돗물에서 45초, 200 ppm 염소수에서 1분 침지한 후 미생물 증식을

관찰한 결과 열수 처리한 당근의 초기 미생물을 제어하는데 효과적이었으며 또한 염소수 처리한 경우보다 저장수명이 3일 증가되었다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 80°C로 열처리한 연근은 미생물 제어에는 다소 효과적이었으나 저장 중 색 변화가 가장 빠르게 진행되는 단점이 있어 연근의 적정 열처리 온도로는 다소 적합하지 않은 것으로 사료된다. 박피와 절단 등의 공정은 신선편이가공 식품의 품질 수명을 결정하는 중요한 요소이며(35,36) 가공공정에서 미생물 혼입을 완전히 제어할 수 없으므로 초기 미생물의 수준을 감소시키는 것이 중요하다(6).

Table 1. Changes in total viable cell of lotus root by different water temperatures during storage at 4°C

Treatment	Storage period (days)				
	0	3	6	9	12
CT	4.12×10 ⁵	1.15×10 ⁵	2.98×10 ⁶	7.71×10 ⁶	1.53×10 ⁶
30°C	3.41×10 ³	2.60×10 ³	1.74×10 ⁴	4.59×10 ⁵	3.66×10 ⁶
55°C	4.10×10 ³	3.90×10 ³	1.99×10 ³	9.00×10 ⁴	6.03×10 ⁵
80°C	1.91×10 ²	1.15×10 ³	1.86×10 ³	6.51×10 ³	2.43×10 ⁴

(unit: CFU/g)

All treatments were done for 45 sec, CT: untreated.

Table 2. Sensory Characteristics of lotus root by different water temperatures during storage at 4°C

Attributes	Treatment	Storage period (days)				
		0	3	6	9	12
Appearance	CT	9.0 ^{a1)}	6.7 ^{ab}	4.7 ^a	3.3 ^{bc}	2.7 ^{ab}
	30°C	8.7 ^b	6.7 ^{ab}	5.0 ^a	4.3 ^{ab}	3.3 ^b
	55°C	9.0 ^a	8.0 ^a	4.7 ^a	6.7 ^a	5.3 ^a
	80°C	8.3 ^c	5.7 ^c	2.3 ^{ab}	2.0 ^c	1.0 ^{bc}
	CT	9.0 ^a	8.0 ^a	5.3 ^a	5.3 ^b	5.0 ^a
Off-odor	30°C	8.3 ^b	8.0 ^a	5.3 ^a	5.3 ^b	5.0 ^a
	55°C	8.7 ^{ab}	8.0 ^a	5.3 ^a	5.7 ^a	5.0 ^a
	80°C	8.0 ^b	6.0 ^a	3.0 ^{ab}	2.3 ^{ab}	2.3 ^b
	CT	9.0 ^a	8.0 ^a	7.0 ^{ab}	5.0 ^b	6.0 ^a
	30°C	8.3 ^a	8.0 ^a	7.3 ^a	5.3 ^a	5.7 ^a
Texture	55°C	9.0 ^a	8.3 ^a	7.0 ^{ab}	6.3 ^a	6.0 ^a
	80°C	7.7 ^{ab}	6.7 ^a	3.0 ^{bc}	3.0 ^{bc}	2.0 ^{ab}
	CT	9.0 ^a	7.7 ^a	5.0 ^b	4.3 ^a	4.0 ^a
	30°C	8.7 ^a	7.3 ^b	5.7 ^a	5.0 ^a	4.3 ^a
	55°C	9.0 ^a	8.3 ^a	5.7 ^a	6.3 ^a	5.3 ^a
Overall acceptability	80°C	8.3 ^a	5.7 ^{bc}	3.0 ^{ab}	1.7 ^a	1.3 ^a

¹⁾Means with the same superscripts in a row are not significantly different from each other at $\alpha=0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

All treatments were done for 45 sec, CT: untreated.

관능평가

다양한 세척수 온도로 열처리를 한 연근에 대하여 관능 검사를 실시한 결과 외관은 저장 12일째에서 55°C로 열처리한 연근이 우수한 것으로 나타났으며 냄새와 조직감은 55°C로 열처리한 연근이 우수한 결과를 보였다(Table 2). 전반적인 기호도에서 저장 중 품질의 한계점수인 5점에 도달하는 기간을 비교한 결과 무처리한 연근은 6일이었으나 30°C 열처리한 연근은 9일, 55°C 열처리한 연근은 12일로 열처리한 연근에 대하여 상품성이 유지되었다. 그러나 80°C 열처리한 연근은 저장 6일째부터 상품성을 잃은 것으로 유의적인 차이를 보였다. Lim 등(20)은 다양한 열처리를 신선편이 감자 가공품에 적용하여 품질을 비교한 결과 55°C에서 열수 처리한 감자에서 우수한 결과를 보여 본 연구와 유사하였다.

다양한 세척수 온도에 대하여 열처리를 한 연근에 있어서 처리 직후 및 저장 12일 후 외관의 변화는 Fig. 4와 같이 55°C로 열처리한 연근이 저장 12일째에도 다른 처리구들에 비하여 갈변현상이 적었다. 이는 Table 2의 관능평가 결과와 유사하였으며 조직감에 있어서도 55°C 열처리가 다른 세척수 온도에 비하여 저장 12일째까지 다소 높은 점수를 유지하였다. 반면, 80°C 열처리는 미생물 제어에 효과적이었지만 색도 결과와 마찬가지로 다른 처리구들에 비하여 갈변현상과 이취가 심하였으므로 80°C 열처리한 연근의 세척 온도로 적합하지 않은 것으로 사료된다.

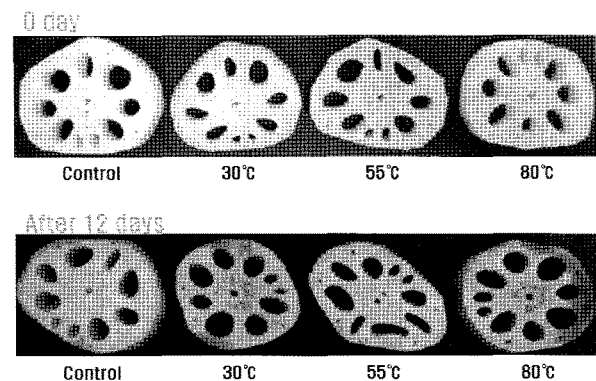


Fig. 4. Changes in appearance of lotus root by different water temperatures during storage at 4°C.

All treatments were done for 45 sec, Control: untreated.

요 약

본 연구는 신선편이 연근의 열처리에 대한 품질 변화를 조사하기 위하여 수행하였다. 산지에서 구입한 연근을 수돗물로 표면과 이물질 등을 제거하고, 박피 및 절단한 후 30, 55, 80°C에서 45초간 열처리한 후 PE 필름으로 포장하여 4°C에서 저장하였다. 중량 감모율, 표면색도, 일반세균, 관능검사 등을 통하여 품질을 분석하였으며 중량 감모율은

저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 증가하였고, 열처리를 한 경우 증가폭이 낮았다. 80℃ 열처리한 연근의 L값은 가장 변화가 크게 나타났고, 55℃ 열처리한 연근의 갈변이 다소 지연되는 경향을 보였다. 저장 중 연근의 미생물수는 열처리하지 않은 대조구에서 가장 높게 나타났으며 열처리한 연근은 미생물 제어에 효과적이었으며 특히, 80℃ 열처리한 연근은 미생물 억제에 가장 효과적이었다. 그러나 80℃ 열처리는 표면 갈변이 가장 심하였으므로 균수 제어와 갈변 억제에 효과적이며 관능평가에서도 가장 높은 점수를 나타낸 55℃ 열처리하는 것이 효과적이라 사료된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 국책기술개발사업의 연구비 지원(20110301-302-512-001-03-00)을 받아 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Jeong JW, Park KJ, Sung JM, Kim JH, Kwon KH (2006) Composition of quality of peeled lotus roots stored in various immersion liquids during storage. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 526-533
- Yang HC, Kim YH, Lee TK, Cha YS (1985) Physicochemical properties of lotus root. *Agric Chem Biotechnol*, 28, 239-244
- Park SY, Hwang TY, Kim JH, Moon GD (2001) Quality changes of minimally processed lotus root with browning inhibitors. *Korean J Postharvest Sci Technol*, 8, 164-168
- Park SH, Han TS, Han JH (2005) Effects of ethanol-extract of lotus roots on the renal function and blood pressure of fructose-induced hypertensive rats. *J East Asian Soc Dietary Life*, 15, 165-170
- Park SH, Shin EH, Koo JG, Lee TH, Han JH (2005) Effects on *Nelumbo nucifera* on the regional cerebral blood flow and blood pressure in rats. *J East Asian Soc Dietary Life*, 15, 49-56
- Park KJ, Jeong JW, Lim JH, Kim BK, Jeong SW (2008) Quality changes in peeled lotus roots immersed in electrolyzed water prior to wrap- and vacuum-packaging. *Korean J Food Preserv*, 15, 622-629
- Son SM (2007) Natural antibrowning treatments on fresh-cut apple slices. *J Korea Academia-industrial Soc*, 8, 151-155
- Park WP, Cho SH, Lee DS (1998) Screening of antibrowning agents for minimally processed vegetables. *Korean J Food Sci Technol*, 30, 278-282
- Hwang TY, Son SM, Moon KD (2002) Screening of effective browning inhibitors on fresh-cut potatoes. *Food Sci Biotechnol*, 11, 397-400
- Sapers GM, Miller RL (1992) Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. *J Food Sci*, 57, 1132-1135
- Ibolya MP, Mendel F (1990) Inhibition of browning by sulfur amino acids, 3. apple and potatoes. *J Agric Food Chem*, 38, 1652-1656
- Osuna-Garcia JA, Wall MM, Waddell CA (1997) Natural antioxidants for preventing color loss in stored paprika. *J Food Sci*, 62, 1017-1021
- Kim DM (1999) Extension of freshness of minimally processed fruits and vegetables. *Kor J Hort Sci Technol*, 17, 790-795
- Ahvenainen R (1996) New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Sci Technol*, 7, 179-187
- Gurbuz G, Lee CY (1997) Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. *J Food Sci*, 62, 572-576
- Park KJ, Jeong JW, Kim DS, Jeong SW (2007) Quality changes of peeled potato and sweet potato stored in various immersed liquids. *Korean J Food Preserv*, 14, 8-17
- Soliva-Fortuny RC, Maritin-Bellosio O (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci Technol*, 14, 341-353
- Kim JG, Choi ST, Pae DH (2009) Effect of heat treatment and dipping solution combination on the quality of peeled potato 'jopung'. *Kor J Hort Sci Technol*, 27, 256-262
- Kim JG, Lee JS, Lee HE (2006) Development of postharvest technology of potato. Research report of National Agricultural Cooperative Federation, Seoul, Korea, p 40
- Lim JH, Choi JH, Hong SI, Jeong MC, Kim DM (2005) Mild heat treatments for quality improvement of fresh-cut potatoes. *Korean J Food Preserv*, 12, 552-557
- Seo JY, Kim EJ, Hong SI, Park HW, Kim DM (2005) Respiratory characteristics and quality of fuji apple treated with mild hot water at critical conditions. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 372-376
- Schirra M, D'hallewin G, Ben-Yehoshua S, Fallik E (2000) Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharvest Biol Technol*, 21, 71-85

23. Leverentz B, Janisiewicz WJ, Conway WS, Saftner RA, Fuchs Y, Same CE, Camp MJ (2000) Combining yeasts or a bacterial biocontrol agent and heat treatment to reduce postharvest decay of 'Gala' apples. *Postharvest Biol Technol*, 21, 71-85
24. Ferguson IB, Ben-Yehoshua S, Mitcham EJ, McDonald RE, Lurie S (2000) Postharvest heat treatment: Introduction and workshop summary. *Postharvest Biol Technol*, 21, 1-6
25. Dentener PR, Alexander SM, Lester PJ, Petry RJ, Maindonald JH, McDonald RM (1996) Hot air treatment for disinfection of lightbrown apple moth and louttailed mealy bug on persimmons. *Postharvest Biol Technol*, 8, 143-152
26. Loaiza J, Cantwell M (1997) Postharvest physiology and quality of cilantro(*Coriandrum sativum* L). *Hort Science*, 32, 104-107
27. Quintero-ramos A, Bourne MC, Anzaldúa-morales A (1992) Texture and rehydration of dehydrated carrots as affected by low temperature blanching. *J Food Sci*, 57, 1127-1128
28. Shron D, Jeffrey KB, Cecilia NN, Elizabeth AB (2010) Quality of fresh-cut 'kent' mango slices prepared from hot water or non-hot water-treated fruit. *Postharvest Biol Technol*, 56, 171-180
29. Whitaker JR, Lee CY (1995) Enzymatic browning and its prevention. ACS symposium series. American Chemical Society, Washington, DC, USA, 600, 2-7
30. Sapers GM, Miller RL (1995) Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. *J Food Sci*, 60, 762-766
31. Anders A, Vassilis G, Irene L, Fernanda O, Rickard O (1994) Effect of preheating on potato texture, *Critical Reviews in Food Sci Nutr*, 34, 229-251
32. Jeong JW, Park KJ, Jeong SW, Sung JM (2006) Quality characteristics of potato and sweet potato peeled by different methods. *Korean J Food Preserv*, 13, 438-444
33. Ralph GK, Sascha B, Gudrun W, Walter PH, Reinhold C (2005) Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination. *Innovative Food Science and Emerging Technol*, 6, 351-362
34. Carla A, Joaquina P, Elsa MG, Isabel F, Margarida M, Marta A (2010) Evaluation of a pre-cut heat treatment as an alternative to chlorine in minimally processed shredded carrot. *Innovative Food Science and Emerging Technol*, 11, 155-161
35. Moon SM (2003) Purification and characterization of polyphenol oxidase and prevention of browning of lotus root(*Nelumbo nucifera* G.). MS thesis, Mokpo National University, Mokpo, Korea
36. Moon SM, Kim HJ, Ham KS (2003) Purification and characterization of polyphenol oxidase from lotus root(*Nelumbo nucifera* G.). *Korean J Food Sci Technol*, 35, 791-796

(접수 2010년 12월 14일 수정 2011년 4월 12일 채택 2011년 4월 15일)