

Effects of Various Packaging Materials on the Quality of Heat Treated Lotus Roots during Storage

Min-Sun Chang¹, Miji Park¹, Ji-Gang Kim² and Gun-Hee Kim^{1*}

¹Dept. 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

포장재질에 따른 열처리한 연근의 저장 중 품질변화

장민선¹ · 박미지¹ · 김지강² · 김건희^{1*}

¹덕성여자대학교 식품영양학과, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 채소과

Abstract

This study was investigated the changes in quality of heat treated fresh-cut lotus roots using various packaging materials. Lotus roots were purchased from Daegu, Korea. Lotus roots were washed, peeled and sliced with a sharp ceramic knife. The prepared peeled and sliced lotus roots were dipped for 45 sec in water at 55°C. After air-dried at room temperature, the slices were packaged with polyethylene films, polyethylene terephthalate tray+wrapping, vacuum packaging and then stored at 4°C. Changes in weight loss, color, firmness, microorganisms and sensory characteristics were measured. In general, the weight loss rate was increased slightly in vacuum packaged lotus roots. Application of heat treatment delayed browning of lotus roots, and especially vacuum packaged lotus roots were the most lowest ΔE value. However, L and ΔE value of PE film packaged lotus roots were increased highly during storage. The heat treated and vacuum packaging inhibited the growth of microorganisms effectively. The organoleptic quality of vacuum packaged lotus roots showed the best by sensory evaluation.

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

서 론

수련과의 다년생 수초인 연근(*Nelumbo mucifera* G)은 비대경을 식용하는 구근류(1)로 우리나라에서 연근은 전통적으로 생식하거나 기름에 튀겨 먹거나 꿀, 설탕 등과 졸여 정과로써 이용되어 왔고, 조림류로 식단에 많이 이용되고 있다(2,3). 연근의 주성분은 탄수화물로 식이섬유소가 풍부하여 장벽을 자극하여 장내의 활동을 활발하게 하고, 변비 및 비만 예방효과가 있으며 체내 콜레스테롤 수치를 저하시키는 작용이 있다(4-6). 또한 예로부터 한방과 민가에서 맛은 달고, 뽀얗면서 성질이 차지도 덥지도 않아 죽으로 요리하여 장복하면 어혈을 풀어주거나 신경통 및 류머티즘의 치료에 좋으며 스트레스, 출혈성 위궤양이나 위염에 효과가 있다고 하였다(7,8). 최근 연근 및 연근 추출물에 대하여

체내 지질 농도 개선 효과 등의 다양한 가능성이 밝혀짐에 따라(6,9) 연근에 대한 생산과 소비도 증가하고 있으며 박피 후 세정하여 포장한 ready-to-use 형태의 제품 또한 그 유통량이 지속적으로 증가하고 있다(10). 그러나 절단, 박피 과정 중의 조직손상에 따른 wound respiration과 에틸렌 발생량의 급증, 효소활성 증가에 따른 조직 연화, 미생물에 의한 오염, polyphenol oxidase (PPO)에 의한 효소적 갈변 등이 진행되어 저장성과 안전성이 현저하게 떨어지는 문제점이 있다(1,11). 이에 연근의 품질향상을 위하여 효소적 갈변 억제 방안을 검토한 연구들(3,12)이 보고되었으며 ascorbic acid 및 그 유도체(13,14), chelating제(15,16), pH 저하를 위한 acid류(13) 등을 이용한 표면처리, modified atmosphere (MA) 포장방법(17-19), 중온열처리 등에 대한 연구(20,21)도 보고되었다.

그 중 열처리는 환경 친화적이며 소비자의 건강에 미치는 영향이 없고, 신선도를 최대로 유지할 수 있는 기술로(22-24) 과일 및 채소류의 숙성 조절 및 과육의 연화 억제,

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

해충 및 미생물 제어에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(25). 특히, 열수처리는 열풍처리에 비해 열전달이 빠르고, 경제적이기 때문에 화학적 예방책을 대신할 수 있는 안전한 처리법으로 상업적인 적용이 확대되는 기술이다(26). 이러한 열처리는 주로 박피감자에 적용한 연구가 많이 보고되었으며(22,24) 박피연근에 대해서는 갈변저해제, 전기분해수 등 다양한 침지액의 변화에 따른 연구들이 보고되어(1,3,10) 박피연근에 대한 열처리 연구는 미비한 실정이다. 또한, 신선편이 농산물의 저장성 향상을 위한 방법으로 포장에 대한 연구도 이루어지고 있는데 주로 무공 필름을 이용한 것이 많으며 이들 중 polyethylene (PE) 필름으로 밀봉하여 선도를 보존한 것이 많다(27-29). 연근의 경우 유통방식이 주로 침지액에 포장되어 유통되는 방식에서 랩 포장이나 진공포장 형태로 전환되고 있다는 점(10)을 감안할 때 포장 전 전처리 공정에서 미생물 오염과 갈변을 최대한 억제할 수 있는 효과적인 위생적 전처리 공정의 도입이 필수적이라 판단된다.

이에 본 연구에서는 연근의 신선편이가공 처리 시 품질 저하를 억제시키기 위하여 박피 및 절단 연근에 중온열처리한 후 PE film, polyethylene terephthalate (PET) tray +wrapping 및 진공포장을 하여 저장 중의 품질변화를 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.

전처리 및 포장

연근을 흐르는 물에서 2~3회 세척하여 흙과 표면의 이물질을 제거한 후 Y자형 박피도구를 사용하여 박피하고, 약 1 cm 두께로 절단하였다. 열처리는 연근과 수돗물을 1:5(w/w)로 하여 55°C(세척수 온도별 예비실험을 통해 선정된 최적온도)의 열수에서 45초간 침지하였다. 그리고 연근 표면의 수분을 자연탈수하고, 30 µm 두께의 PE film (200 W × 300 L), PET tray+wrapping 그리고 진공포장 (Nylon/PE, 50 µm)을 하여 4°C 저장고에서 12일간 저장하며 3일 간격으로 품질을 평가하였다.

중량감모율

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 초기 값에 대한 색차(color difference, ΔE)를 이용하여 분석하였으며 계산식은 다음과 같다.

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

경도

저장기간 중 연근의 경도측정은 직경 5 mm의 원형 probe가 부착된 Texture Analyser (LLOYD Instrument, Ametek, Inc, UK)를 이용하여 depression limit 10 mm, test speed 50 mm/min, trigger 0.5 N의 조건에서 측정하였다.

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 mL와 각 단계 희석액 1 mL씩을 일반세균수 측정용 건조 필름(petrifilm aerobic count plates, 3M Co, USA)에 무균적으로 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(27). 외관(색도), 냄새, 질감 그리고 전반적인 기호도에 대하여 평가하였으며, 전반적 기호도에서 대단히 나쁘다(1점), 나쁘다(3점), 보통이다(5점), 좋다(7점), 대단히는 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

중량감모율

중온열처리 후, 다양한 포장재로 포장한 연근의 중량감모율 결과는 Fig. 1과 같다. 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 증가하였으나 모든 처리구에서 1.0% 미만을 유지하였다. PE로 포장한 연근의 중량감모율이 가장 높았으며 진공포장 한 경우 저장 12일 동안 중량감모는 매우 미비하게 발생하여 그 증가폭이 가장 낮았다. 이러한 생체 중량의 보존은 유통 및 판매과정에서 신선편이 제품의 시름 현상을 방지하여 외관의 품질을 우수하게 유지하는데 필수적이며

진공포장 할 경우 수분 손실억제 및 고수분 유지로 인해 생체 중량감모를 효과적으로 방지할 수 있다(30).

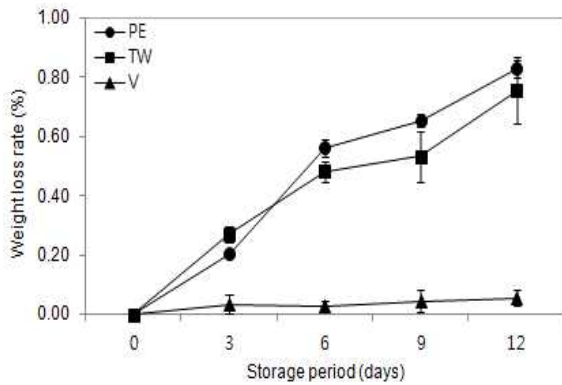


Fig. 1. Changes in the weight loss rate of heat treated lotus roots by different packaging types during 12 days at 4°C.

(PE: Polyethylene, TW: PET (polyethylene terephthalate) tray+wrapping, V: Vacuum packaging).

표면색도

중온열처리 후, 다양한 포장재로 포장한 연근의 색도 변화를 측정된 결과 L값은 저장함에 따라 전반적으로 감소하는 경향을 보였으나 진공포장 한 경우는 L값의 변화가 적었다(Fig. 2). PE로 포장한 연근의 L값이 저장 12일째 59.73으로 가장 낮았으며 진공포장 한 연근의 저장 초기 L값이 67.27에서 저장 12일째 65.85로 감소폭이 가장 적었다. 이는 열처리와 진공포장에 따른 상승효과라고 판단되며 본 연구에 앞서 열처리 온도에 따른 신선편이 연근에 대하여 그 효과를 확인한 바 있다(31). 또한, Anders 등(32)은 열처리에 의한 L값의 감소가 표면 갈변 발생물질의 제거 등으로 인한 것으로 보고하였으며 Sapers 등(33)도 45~55°C의 중온열수처리와 갈변억제제의 중복처리 시 갈변억제 단독 처리보다 2배 이상의 L값의 감소효과를 나타낸다고 하여 중온열처리에 대한 효과를 보고하였다. a와 b값의 경우 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였으며 특히, 저장 12일째 진공포장 한 연근의 색 변화가 가장 적어 1.12의 a값을 나타낸 반면, PE로 포장한 연근은 2.17로 a값의 변화가 가장 컸다. 이러한 표면색 변화는 식품의 갈변현상과 관련이 있으며 연근의 경우 효소적 갈변으로 PPO, peroxidase 등의 효소에 의한 산화반응의 결과이며 이 효소들이 갈변과 이취 생성 등에 관여하여 신선편이 제품의 품질특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(31,34).

ΔE 값에 있어서 PE로 포장한 연근은 저장 12일째 3.64로 다른 처리구보다 높은 값을 나타냈으며 저장기간 동안 증가폭이 유의적으로 높았다(Fig. 3). 또한, 진공포장 한 연근은 저장 12일째 ΔE 값이 1.68, PET 트레이+랩핑 처리한 연근은 1.98으로 진공포장 한 연근의 색변화가 가장 적었다. 이는 진공포장 한 박피 연근의 ΔE 값의 변화가 랩 포장에 비해 상대적으로 크지 않았다는 Park 등(10)의 연구 결과와

유사하였다. 이러한 색택 유지는 진공 포장 시 산소부재에 따라 갈변반응이 일어나지 않는 것으로 사료된다.

경도

중온열처리 후, 다양한 포장재로 포장한 연근의 경도 결과는 Fig. 4와 같다. 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 감소하였으며 PE로 포장한 연근은 저장 0일째 63.93 N에서 저장 3일째 57.89 N으로 급격하게 감소하였다. 그러나 진공포장 한 연근은 다소 완만하게 감소하는 경향을 보이며 저장 12일째 60.56 N으로 다른 처리구들에 비하여 높은 경도를 유지하였다. 이는 전기분해수로 침지처리 한 박피 연근의 랩 및 진공포장에 대한 저장 중의 품질변화의 연구

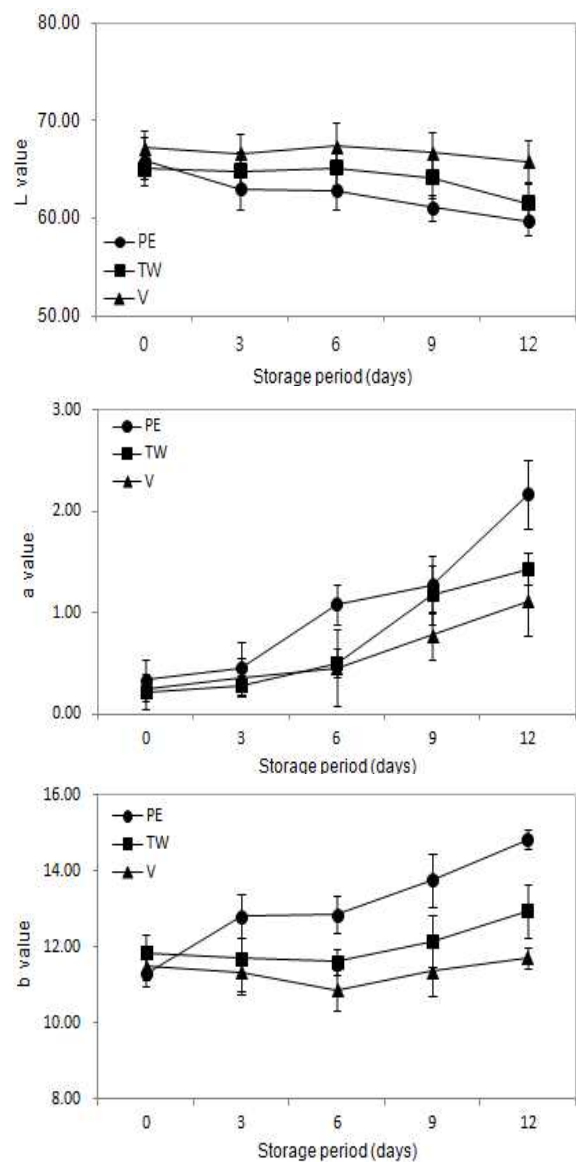


Fig. 2. Changes in the L, a and b value of heat treated lotus roots by different packaging types during 12 days at 4°C.

(PE: Polyethylene, TW: PET (polyethylene terephthalate) tray+wrapping, V: Vacuum packaging).

에서 진공포장 박피 연근이 랩 포장에 비하여 정도의 저하 수준이 낮아 품질 유지에 효과적이었다는 Park 등(10)의 연구 결과와 유사하였다. 경도의 경우 색 변화 결과와 마찬가지로 진공포장 > PET 트레이+랩핑 > PE 포장의 순으로 저장 중 연근의 경도 유지에 효과적인 것으로 조사되었다.

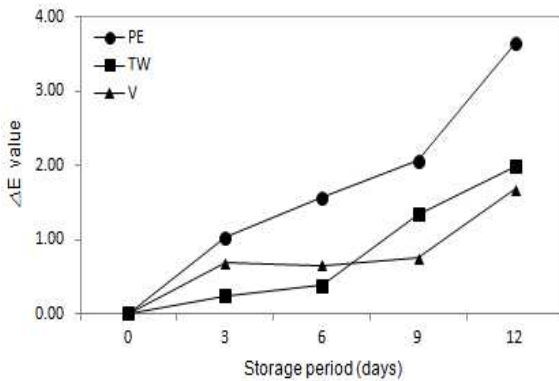


Fig. 3. Changes in the ΔE value of heat treated lotus roots by different packaging types during 12 days at 4°C.

(PE: Polyethylene, TW: PET (polyethylene terephthalate) tray+wrapping, V: Vacuum packaging).

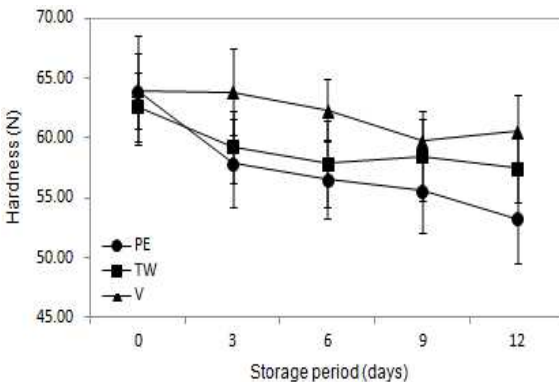


Fig. 4. Changes in the hardness of heat treated lotus roots by different packaging types during 12 days at 4°C.

(PE: Polyethylene, TW: PET (polyethylene terephthalate) tray+wrapping, V: Vacuum packaging).

미생물수 측정

중온열처리 후 다양한 포장재로 처리한 연근의 일반세균 수 변화를 측정한 결과는 Table 1과 같다. PE로 포장한 연근의 초기균수는 4.10×10^2 CFU/g, PET 트레이+랩핑 포장한 연근은 6.69×10^2 CFU/g, 진공포장 한 경우는 1.02×10^2 CFU/g 이었으며 저장기간이 경과함에 따라 모든 처리구들에서 균수가 증가하였다. Chang 등(31)이 연구한 세척수 온도에 따른 신선편이 연근의 경우 열처리 하지 않은 연근의 초기 균수는 4.12×10^5 CFU/g 이었으며 열처리한 연근의 초기 균수는 10^{23} CFU/g으로 조사되어 본 연구의 초기 균수와 비슷한 수치를 나타내었으며 이는 초기 중온열처리로 인한 표면 살균효과에 의한 것으로 사료된다. 저장 12일째 모든 처리구의 일반세균수가 $1.90 \sim 6.03 \times 10^6$ CFU/g으로 포

장종류에 따른 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 1. Changes in the total viable cell of heat treated lotus roots by different packaging types during 12 days at 4°C

(unit: CFU/g)

	Storage period (days)				
	0	3	6	9	12
PE ¹⁾	4.10×10^2	3.90×10^3	1.99×10^5	9.00×10^6	6.03×10^6
TW ²⁾	6.69×10^2	4.52×10^3	9.44×10^4	2.39×10^6	3.71×10^6
V ³⁾	1.02×10^2	3.97×10^3	3.25×10^5	3.75×10^5	1.90×10^6

¹⁾Polyethylene, ²⁾PET (polyethylene terephthalate) tray+wrapping, ³⁾Vacuum packaging

대장균균수의 경우 처리구별 초기균수가 $4.79 \sim 9.70 \times 10^1$ CFU/g 이었으며 저장기간이 경과함에 따라 균수는 증식하였으나 진공포장 한 경우 저장 12일째 4.06×10^3 CFU/g로 가장 낮았다(Table 2). PE와 PET 트레이+랩핑 한 연근의 저장 12일째 대장균균수는 $1.40 \sim 4.58 \times 10^4$ CFU/g로 진공포장 한 경우보다 약 1 log scale 많은 균 증식이 일어났다. 박피와 절단 등의 공정은 신선편이가공 식품의 품질 수명을 결정하는 중요한 요소이며(35) 가공공정에서 미생물 혼입을 완전히 제어할 수 없으므로 초기 미생물의 수준을 감소시키는 것이 중요하다(10). 중온열처리로 인한 초기 균수의 감소 효과와 함께 저장기간 전반을 고려할 때 PE와 PET 트레이+랩핑 한 포장보다 진공포장이 미생물 증식을 억제하는 효과가 높은 것으로 나타났다.

Table 2. Changes in the coliform counts of heat treated lotus roots by different packaging types during 12 days at 4°C

(unit: CFU/g)

	Storage period (days)				
	0	3	6	9	12
PE ¹⁾	4.79×10^1	3.85×10^2	6.59×10^2	7.74×10^3	1.40×10^4
TW ²⁾	7.10×10^1	2.80×10^1	2.01×10^2	1.79×10^3	4.58×10^4
V ³⁾	9.70×10^1	1.90×10^1	5.40×10^1	1.98×10^2	4.06×10^3

¹⁾Polyethylene, ²⁾PET (polyethylene terephthalate) tray+wrapping, ³⁾Vacuum packaging

관능평가

관능검사를 실시한 결과 외관은 저장 12일째에서 진공포장 한 연근이 가장 우수한 것으로 나타났으며 냄새 및 조직감에 있어서도 진공포장 한 연근이 우수한 결과를 보였다(Table 3). 전반적인 기호도에서 저장 중 품질의 한계점수인 5점에 도달하는 기간을 비교한 결과 PE로 포장한 연근은 6일이었으나 PET 트레이+랩핑 처리한 연근은 9일, 진공포장 한 연근은 12일로 진공포장 한 연근에 대하여 높은 상품성을 유지하였다.

중온열처리 및 다양한 포장재로 처리한 박피 및 절단연

Table 3. Sensory Characteristics of heat treated lotus roots by different packaging types during 12 days at 4°C

Attributes	Treatment	Storage period (days)				
		0	3	6	9	12
Appearance	PE ²⁾	9.0 ^{a1)}	7.7 ^a	5.4 ^a	3.2 ^a	2.3 ^a
	TW ³⁾	9.0 ^b	8.0 ^{ab}	6.7 ^a	4.7 ^b	4.3 ^a
	V ⁴⁾	9.0 ^a	9.0 ^b	7.7 ^b	6.3 ^a	6.1 ^{ab}
Off-odor	PE	9.0 ^a	8.3 ^a	6.0 ^a	5.7 ^b	5.3 ^a
	TW	8.4 ^b	8.0 ^{ab}	6.5 ^a	6.2 ^a	5.0 ^a
	V	9.0 ^c	8.3 ^a	6.3 ^a	6.1 ^a	5.3 ^b
Texture	PE	8.7 ^a	8.3 ^a	7.2 ^b	6.0 ^a	5.3 ^a
	TW	9.0 ^a	8.0 ^a	7.7 ^{ab}	6.3 ^a	5.7 ^a
	V	9.0 ^b	8.3 ^a	7.7 ^a	7.2 ^a	6.0 ^a
Overall acceptability	PE	9.0 ^a	8.0 ^a	5.7 ^a	4.3 ^a	3.7 ^a
	TW	8.7 ^a	8.3 ^b	6.2 ^a	5.7 ^a	4.7 ^a
	V	9.0 ^a	8.7 ^{ab}	7.3 ^a	6.7 ^a	6.2 ^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.

²⁾Polyethylene, ³⁾PET (polyethylene terephthalate) tray+wrapping, ⁴⁾Vacuum packaging.

근의 저장 중 외관변화를 관찰한 결과 저장 12일 후 진공포장 한 연근의 외관이 다른 처리구들에 비하여 갈변현상이 가장 적었다(Fig. 5). 이는 Table 3의 관능평가 결과와 유사하였다. PE로 포장한 연근에서 갈변현상이 심하였으며 진공포장을 제외한 PE와 PET 트레이+랩핑 처리한 연근은 갈변과 함께 표면 건조 또한 함께 관찰되었다. 진공포장 한 연근의 경우 중량감모율, 색도, 경도, 미생물수 및 외관변화 등의 품질평가가 항목에서 저장 중 품질변화가 가장 적은 것으로 조사되어 중온으로 열처리한 후 진공포장 하는 것이 박피 및 절단연근의 품질유지에 효과적이라 사료된다.

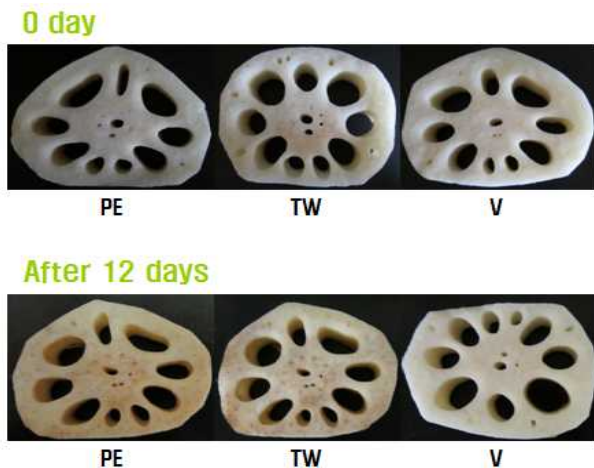


Fig. 5. Changes in appearance of heat treated lotus roots by different packaging types during 12 days at 4°C.

(PE: Polyethylene, TW: PET (polyethylene terephthalate) tray+wrapping, V: Vacuum packaging).

요 약

본 연구는 열처리한 연근의 포장재에 따른 품질 변화를 조사하기 위하여 수행되었다. 산지에서 구입한 연근을 수돗물로 표면과 이물질 등을 제거하고, 박피 및 절단한 후 55°C에서 45초간 열처리한 후 PE, PET 트레이+랩핑 및 진공포장으로 각각 처리하고 4°C에서 저장하였다. 중량감모율, 표면색도, 경도, 일반세균수, 대장균군수, 관능검사 등을 통하여 품질을 분석하였으며 중량감모율은 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 증가하였고, 진공포장 한 경우 증가폭이 가장 낮았다. PE로 포장한 연근의 L값 및 ΔE 값 변화가 가장 크게 나타났고, 진공포장 한 연근에서 갈변이 다소 지연되는 경향을 보였다. 저장 중 연근의 경도에 있어서 표면색 변화와 마찬가지로 진공포장 한 경우 저장기간 동안 높은 경도를 유지하였다. 미생물수는 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 증가하였으며 포장재에 따른 유의적인 차이는 없었다. 박피 및 절단 연근에 대하여 중온 열처리 및 진공포장은 초기 살균효과와 함께 저장 중 갈변 억제, 균수 제어 등의 품질유지에 효과적이었다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 농업현장실용화기술개발의 연구비 지원(PJ007481042012)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
- Kim OS, Choi OJ, Shim KH (2012) Effects of pretreatments on the physicochemical properties of lotus root powder. *Korean J Food Preserv*, 19, 74-80
- Kim YS, Jeon SS, Jung ST (2002) Effect of lotus root powder on the barking quality of white bread. *J Soc Food Cookery Sci*, 18, 413-425
- Park SH, Han TS, Han JH (2005) Effects of ethanol-extract of lotus root on the renal function and blood pressure of fructose-induced hypertensive rats. *J East Asian Soc Dietary Life*, 15, 165-170

7. Ko BS, Jun DW, Jang JS, Kim JH, Park S (2006) Effects of *Sasa borealis* and white lotus roots and leaves on insulin action and secretion in vitro. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 114-120
8. Park JH, Kim EM (2010) Changes in the quality characteristics of mung bean starch jelly with white lotus roots(*Nelumbo nucifera*) root powder added. *Korean J Culinary Research*, 16, 180-190
9. 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
10. 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
11. Son SM (2007) Natural antibrowning treatments on fresh-cut apple slices. *J Korea Academia-industrial Soc*, 8, 151-155
12. Park WP, Cho SH, Lee DS (1998) Screening of antibrowning agents for minimally processed vegetables. *Korean J Food Sci Technol*, 30, 278-282
13. Hwang TY, Son SM, Moon KD (2002) Screening of effective browning inhibitors on fresh-cut potatoes. *Food Sci Biotechnol*, 11, 397-400
14. Sapers GM, Miller RL (1992) Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. *J Food Sci*, 57, 1132-1135
15. Ibolya MP, Mendel F (1990) Inhibition of browning by sulfur amino acids, 3. apple and potatoes. *J Agric Food Chem*, 38, 1652-1656
16. Osuna-Garcia JA, Wall MM, Waddell CA (1997) Natural antioxidants for preventing color loss in stored paprika. *J Food Sci*, 62, 1017-1021
17. Kim DM (1999) Extension of freshness of minimally processed fruits and vegetables. *Kor J Hort Sci Technol*, 17, 790-795
18. Ahvenainen R (1996) New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Sci Technol*, 7, 179-187
19. 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
20. 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
21. Soliva-Fortuny RC, Maritin-Belloso O (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci Technol*, 14, 341-353
22. 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
23. Kim JG, Lee JS, Lee HE (2006) Development of postharvest technology of potato. Research report of National Agricultural Cooperative Federation, Seoul, Korea, p 40
24. 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
25. 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
26. Fallik E (2004) Prestorage hot water treatments: immersion, rinsing and brushing. *Postharvest Biol Technol*, 32, 125-134
27. Hong SI, Kim YJ, Park NH (1993) Modified atmosphere packaging of leaf lettuce. *Korean J Food Sci Technol*, 25, 270-276
28. Kim GH (1998) Studies on quality maintenance of fresh fruit and vegetable using modified atmosphere packaging. *Korean J Food Sci Technol*, 5, 23-28
29. Park JD, Hong SI, Park HW, Kim DM (1999) Modified atmosphere packaging of peaches for distribution at ambient temperature. *Korean J Food Sci Technol*, 31, 1227-1234
30. Hong SI, Son SM, Chung MS, Kim DM (2003) Storage quality of minimally onions as affected by seal-packaged methods. *Korean J Food Sci Technol*, 35, 1110-1116
31. Chang MS, Kim JG, Kim GH (2011) Quality characteristics of fresh-cut lotus roots according to the temperature of the wash water. *Korean J Food Preserv*, 18, 288-293
32. Anders A, Vassilis G, Irene L, Fernanda O, Rickard O (1994) Effect of preheating on potato texture. *Critical Reviews in Food Sci Nutri*, 34, 229-251
33. Sapers GM, Miller RL (1995) Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. *J Food Sci*, 60, 762-766
34. Whitaker JR, Lee CY (1995) Enzymatic browning and its prevention. ACS symposium series. American Chemical Society, Washington, DC, 600, 2-7
35. 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