

Change in quality attributes of fresh-cut potatoes with heat and browning inhibitor treatment during storage

Hye Jin Song¹, Oh Yeoun Kwon¹, Bok-Hee Kang², Sang-Sun Hur³,
Dong-Sun Lee⁴, Sang-Han Lee⁵, In-Kyu Kang⁶, Jin-Man Lee^{1,7*}

¹Department of Food Science and Technology, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

²Center for Food Function and Safety, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

³Department of Food Science and Biotechnology, Joongbu University, Kunsan 312-702, Korea

⁴Faculty of Biotechnology, College of Applied Life Sciences, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

⁵Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

⁶Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

⁷Department of Food and Biotechnology and Basic Science Institute, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

열처리 및 갈변저해제 병용처리에 의한 신선편이 감자제품의 저장 중 품질특성 변화

송혜진¹ · 권오연¹ · 강복희² · 허상선³ · 이동선⁴ · 이상한⁵ · 강인규⁶ · 이진만^{1,7*}

¹호서대학교 식품공학과, ²호서대학교 식품기능안전연구센터,

³중부대학교 식품생명과학과, ⁴제주대학교 생명공학부, ⁵경북대학교 식품공학과,

⁶경북대학교 원예학과, ⁷호서대학교 기초과학연구소

Abstract

This study was conducted to investigate the change in quality attributes of fresh-cut potatoes with heat and browning inhibitor treatment (CW: dip in the cold water for 30 sec at 4°C, HW: dip in the water for 60 sec at 55°C, AA: dip in the 0.1% solution of ascorbic acid for 60 sec at 4°C, HA: dip in the 0.1% solution of ascorbic acid for 60 sec at 55°C) during storage at 5°C. During storage, fresh-cut potatoes treated with HA showed the lowest value in surface color. PPO and PAL activities of fresh-cut potatoes treated with HA were gradually increased during storage. Hardness, weight loss, soluble solids content and moisture content had no significant difference between the treatments. In sensory acceptance, fresh-cut potatoes treated for HA marked the best quality. Conclusively, heat and browning inhibitor treatment showed the positive effect on browning inhibition while maintaining the quality of fresh-cut potatoes.

Key words : fresh-cut products, potato, quality, browning

서 론

최근 소비자들은 건강에 대한 관심이 증가하면서 함께 채소의 섭취가 증대되고 있다. 미국이나 유럽 등지에서는 신선도와 편의성을 동시에 추구하고자 하는 소비자의 욕구에 따라 신선편이 채소류의 소비가 증가하고 있다(1-4). 또

한 우리나라에서도 바쁜 현대인의 생활방식에 맞춘 간편화된 신선편이 가공 농산물의 수요가 급격히 증가하고 있는 추세이다(5). 신선편이 가공 농산물이란 식품 소재 특유의 신선함을 유지하면서도 사용할 때 간편성을 부여한 제품류이다(6). 신선편이 식품의 이러한 특성은 사용 용도에 맞게 1차 가공하여 소포장 형태로 소비자에게 유통되고 있다. 1차 가공으로는 일반적으로 원료세척, 박피, 절단, 갈변억제 처리 및 미생물 억제 처리, 탈수, 포장 등이 포함된다. 그러나 농산물이 이러한 공정을 거치는 동안 절단, 박피

*Corresponding author. E-mail : jmlee@hoseo.edu
Phone : 82-41-540-5645, Fax : 82-41-544-4151

등의 최소 가공으로 인해 세포의 호흡속도가 빨라지고 절단면의 산화적 갈변이 초래되고 저장 및 유통 과정을 거치면서 병원성 미생물에 대한 오염 가능성을 내재하게 된다(7,8). 특히 신선편이 감자는 가공과정에서의 박피 및 절단공정을 거치면서 산소 접촉, 세포벽 파괴로 인하여 쉽게 갈변이 발생하여 상품성을 잃어버리는 대표적인 농산물이다. 이러한 갈변은 신선편이 감자의 유통기한을 단축시킬 수 있는 주요 원인으로 주로 효소적 갈변현상인 polyphenol oxidase(PPO) 및 phenylalanine ammonia lyase(PAL)에 기인한 것이다. PPO는 구리를 함유하고 있는 효소로써 식물의 갈변과 동물의 멜라닌화 반응을 유도한다. 갈변에서 첫 번째로 일어나는 대사 작용은 PAL의 효소작용으로 페놀화합물이 생성되고(9), 이렇게 생성된 페놀 화합물이 PPO의 기질로 작용하여 절단면이나 박피 표면을 중심으로 갈변현상이 발생한다.

신선편이 식품의 가공 및 유통 중의 이러한 변질을 막기 위하여 환원제(10), pH 강하제(11) 및 염류(12) 등의 처리와 더불어 적절한 포장과 저온처리가 활용되고 있다. 한편 신선편이 식품의 선도유지를 위한 새로운 방법으로 당근(13), 사과(14), 멜론(15) 등에 대한 중온 열처리 효과가 보고된 바 있어 최소가공 제품에서 열처리의 적용은 합성 첨가물의 사용에 대한 대안으로 친환경적인 방법으로써 유용할 것으로 생각되고 있다. 본 연구에서는 신선편이 감자의 저장 중 품질특성 유지 및 갈변억제를 위하여 열처리와 갈변억제제 ascorbic acid를 병용 처리하여 이에 따른 저장 중의 품질 특성 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 감자는 아산 지역 마트에서 구입한 국내산 수미감자(*Solanum tuberosum* L.)로써 외관이 건전한 것만을 선별하여 실험에 사용하였다.

열처리 온도 및 갈변억제제 탐색

감자의 열처리는 예비실험의 결과를 바탕으로 하여 침지 용액의 온도 및 시간을 55°C에서 60초로 설정하였다. 예비 실험에서 감자를 50, 55, 60°C에서 30, 60, 180초간 침지하였을 때 저장 10일 동안 감자 표면의 색도가 55°C에서 60초 침지한 처리구가 ΔL 값과 ΔE 값이 다른 처리구보다 가장 낮은 변화폭을 나타내며 갈변억제 효과를 보여 감자의 품질 특성 유지를 위해 55°C에서 60초 침지하는 것을 열처리 온도로 설정하였다. 갈변억제제 처리는 신선절단 감자의 표면 갈변 저해를 위해 갈변저해에 효과적인 것으로 조사된 화합물들(11) 중 식용 ascorbic acid를 사용하여 갈변억제용액을 0.1%로 조제하여 사용하였다. 열처리 및 갈변저해제

처리를 하지 않고 증류수로 처리한 실험구를 대조구(CW)로, 열처리하고 증류수에 침지한 구(HW), 열처리하지 않고 갈변저해제 처리만 한 구(AA), 열처리 및 갈변저해제 병용 처리한 구(HA)로 구분하여 실험하였다.

최소가공 처리 및 저장

감자는 크기가 일정하고 표면이 건전한 것을 선별하여 세척 후 박피한 다음 가로×세로×두께가 3 cm×3 cm×1 cm가 되도록 절단하였다. 이렇게 절단한 감자를 갈변억제용액에 1분간 침지한 후 종이타월로 표면의 물기를 제거한 즉시 low density polypropylene(LDPE) 지퍼백에 담아 5°C에서 냉장저장하면서 실험에 사용하였다.

색도 측정

색차계(JC-801S, Color Techno System. Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 감자의 표면을 5회 반복하여 Hunter's value인 L, a, b 값을 측정하였다. 측정값을 이용하여 ΔE ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$)값으로 산출하였다.

PPO 활성 측정

PPO 활성은 감자 10 g을 동량의 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 7.0)를 가하고 homogenizer(HG-15D, DAIHAN Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)로 균질화하여 ice bath 상에서 여과하고 원심분리(15,000 g, 10분)하여 상등액을 조효소액으로 사용하였다. 조효소 추출액 0.2 mL를 완충액으로 조제한 0.2 M catechol 용액 기질 2.8 mL과 혼합하고 25°C 조건에서 총 180초간 분광광도계(CARY 100 conc, Varian, Mulgrave, Australia)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 효소활성 1 unit은 효소 추출액의 1분당 0.001의 흡광도 변화로 나타내었다.

PAL 활성 측정

감자 5 g을 취하고 25 mM borate buffer(pH 8.8) 25 mL와 2-mercaptoethanol(Sigma Co., St Louis, MO, USA) 5 μ L를 첨가하여 균질기로 마쇄한 후 여과하였다. 17,000 rpm에서 30분 동안 원심분리한 후 상등액을 조효소로 사용하였다. 조효소 추출액 1 mL에 0.1 M L-phenylalanine(Sigma Co., USA) 0.5 mL를 가하여 40°C에서 1시간 동안 반응시킨 후 분광광도계로 290 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 *trans*-cinnamic acid(Sigma Co., USA)를 사용하였다.

총 페놀함량 측정

총 페놀함량 측정은 감자 10 g을 80% ethanol 100 mL에 넣어 마쇄하고 85°C의 shaking water bath(BS-31, Jeio Tech Co., Seoul, Korea)에서 4시간 추출하여 그 여액을 진공감압 농축기(R-200, Buchi Co., Flawil, Switzerland)를 이용하여 10 mL로 농축하였다. 이 농축액 0.1 mL를 0.9 mL의

folin-ciocalteu reagent(Sigma Co., USA)와 혼합하고 여기에 1 mL의 20% sodium carbonate를 첨가하여 1시간 방치한 후 640 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 chlorogenic acid(Sigma Co., USA)를 사용하였다.

수분 함량 측정

수분 함량은 상압가열건조법을 이용하여 측정하였으며, 함량을 구한 접시에 1~2 g의 시료를 채취한 후 상압건조기(AC-DO-72, Woo-Ri Science Co., Korea)에서 함량이 될 때까지 건조하여 수분함량을 아래와 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{수분 함량 (\%)} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \right) \times 100$$

W_0 : 칭량병의 항량(g)

W_1 : 시료+칭량병의 무게(g)

W_2 : 건조 후 칭량병+시료의 무게(g)

경도 측정

경도는 감자를 지름 1.5 cm, 높이 1 cm로 절단한 후 texture analyzer(TA-XT, Stable Micro System, UK)를 이용하여 측정하였으며, Newton으로 나타내었다.

가용성 고형분 함량 측정

가용성 고형분 함량은 착즙기(SJ-200B, Hurom, Seoul, Korea)로 즙을 짠 후 당도계(Master M, Atago, Japan)를 이용하여 측정하고 °Brix로 나타내었다.

중량 감소율 측정

감자 초기 중량에 대한 저장 시 측정된 중량의 차이를 전자저울(HS-4100, Hansung, Seoul, Korea)로 측정하여 초기 중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

일반세균수 측정

감자 25 g을 무균적으로 취한 뒤 0.85% 생리식염수를 225 mL 가하여 stomacher를 이용하여 2분간 균질화시킨 후, 각각의 시험용액 1 mL를 10배 희석법에 따라 희석하였다. 단계별 희석액 1 mL씩을 멸균된 petri-dish에 무균적으로 분주하고, 약 40~45°C로 유지한 plate count agar(Difco, USA) 약 15 mL을 무균적으로 가하여 검액과 배지를 잘 혼합하여 응고시켰다. 응고시킨 petri-dish를 36±1°C에서 24~48시간 배양하고 30~300개의 집락을 생성한 평판을 선택하여 colony forming unit(CFU/g)으로 표시하였다.

관능 평가

호서대학교 식품공학과 대학원생 및 학부생 10명의 패널을 대상으로 표면색, 향, 조직감, 종합적 기호도의 4가지

항목을 5점 척도법(매우 좋음 5점, 좋음 4점, 보통 3점, 나쁨 2점, 매우 나쁨 1점)으로 평가하였다. 자료의 통계 처리는 SPSS Win 12.0 프로그램을 이용하였다. 처리구 간의 측정치 비교는 분산분석을 사용하였으며, Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

색도 변화

감자의 갈변억제를 위해 열처리와 갈변억제제처리, 열처리와 갈변억제제의 병용처리에 의한 저장 기간별 감자의 색도를 측정된 결과 Table 1과 같이 L값은 저장기간 동안 AA 처리구가 가장 높은 L값을 나타내었고 HW 처리구는 CW 처리구보다 낮은 L값을 나타내었다. a값은 처리구별로 저장기간 동안 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, ΔL값은 저장 2일째에는 대조구인 CW가 처리구인 HW, AA 및 HA에 비해 더 적은 변화값을 나타내었으며, 저장 6일째,

Table 1. Change of color value of fresh-cut potato using combination treatment during storage at 5°C

	Days	CW ¹⁾	HW ²⁾	AA ³⁾	HA ⁴⁾
L value	0	72.78±1.33 ^{ab5)}	71.80±1.66 ^a	74.45±2.37 ^a	73.64±1.20 ^a
	2	72.10±0.70 ^{ab}	70.55±0.64 ^b	73.10±1.68 ^a	72.21±0.88 ^{ab}
	6	70.90±0.42 ^{ab}	69.05±1.08 ^b	71.54±2.09 ^a	70.42±0.56 ^{ab}
	10	69.42±0.61 ^{ab}	67.83±1.22 ^b	70.40±0.83 ^a	69.24±0.78 ^{ab}
a value	0	-4.48±0.28 ^a	-3.93±0.36 ^a	-4.49±0.19 ^a	-4.36±0.42 ^a
	2	-3.71±0.82 ^a	-3.92±0.41 ^a	-4.04±0.08 ^a	-4.02±0.33 ^a
	6	-3.10±1.30 ^a	-3.26±0.63 ^a	-3.11±0.22 ^a	-3.22±0.26 ^a
	10	-2.48±1.43 ^a	-2.70±0.81 ^a	-2.46±0.43 ^a	-2.56±0.16 ^a
b value	0	23.11±0.45 ^b	25.97±0.66 ^a	24.17±0.74 ^b	25.59±0.99 ^a
	2	26.36±0.74 ^{ab}	25.53±0.27 ^b	28.49±1.97 ^a	25.59±0.87 ^b
	6	28.52±0.70 ^a	27.51±0.68 ^a	31.13±2.23 ^b	28.57±0.69 ^a
	10	30.43±0.53 ^{ab}	29.23±0.72 ^b	32.46±2.85 ^a	30.41±0.70 ^{ab}
ΔL value	0	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
	2	0.72±0.57 ^b	1.76±1.09 ^b	3.08±1.27 ^a	1.44±0.32 ^{ab}
	6	1.88±0.94 ^a	3.22±1.06 ^a	3.79±2.64 ^a	2.76±2.38 ^a
	10	3.97±2.75 ^a	4.05±3.10 ^a	4.40±1.14 ^a	3.37±1.23 ^a
ΔE value	0	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
	2	3.51±1.04 ^b	1.94±1.12 ^b	5.69±1.45 ^a	1.84±0.02 ^b
	6	6.03±0.88 ^b	4.64±0.72 ^{bc}	8.59±1.25 ^a	3.70±1.65 ^c
	10	8.42±0.85 ^{ab}	6.86±0.90 ^b	10.05±1.97 ^a	5.58±2.22 ^b

¹⁾CW: dip in the cold water for 30 sec at 4°C.

²⁾HW: dip in the water for 60 sec at 55°C.

³⁾AA: dip in the ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 4°C.

⁴⁾HA: dip in the water ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 55°C.

⁵⁾Values in a column sharing the same superscript letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

저장 10일 쯤에는 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 하지만 저장 10일째에는 대조구 CW의 ΔL 값이 3.97(저장 10일째)이었던 것에 비하여 병용처리구인 HA 처리구에서는 유의적인 차이는 없었으나 3.37로 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 신선편이 감자의 갈변억제를 위한 병용처리구인 HA는 대조구에 비하여 L값, a값 및 ΔL 값에서 10일간의 저장동안 유의적인 값의 차이를 나타내지는 않았으나 ΔE 값의 경우 대조구 CW에 비하여 저장 10일 동안 낮게 나타났으며, 유의적인 차이가 있음을 확인하였다. 신선편이 농산물은 변색이 매우 중요한 품질변화 요인으로 특히 표면 갈변은 주요 품질 지표로 작용하여 품질의 상품성을 좌우하며, 특히 신선편이 감자 제품은 가공과정에서의 파피 또는 절단으로 쉽게 갈변이 발생하여 상품성을 잃어버리는 대표적인 농산물이다(16). Saper 등(17)은 열처리와 갈변억제제를 병행하여 처리하였을 때 갈변억제제 용액을 단독처리하였을 때 보다 2배 이상 ΔL 값의 감소를 보였다고 하였으며, Chung 등(18)은 염화칼슘 용액 침지 및 열처리 병행시 갈변 억제에 더욱 효과적인 것으로 보고한 바 있다.

PPO 활성 변화

저장 중 감자의 PPO 활성의 변화를 조사한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 저장 초기에는 CW(393 unit) < HA(397 unit) < HW(417 unit) < AA(433 unit) 처리구 순으로 활성이 높았고 저장 10일째 HW(429 unit) < HA(447 unit) < AA(503 unit) < CW(523 unit) 순으로 활성이 가장 높았다. 대조구의 경우 저장기간 동안 130 unit이 증가하여 가장 높은 활성을 보였고 HW 처리구가 50 unit이 증가하여 가장 낮은 활성을 보였다. PPO 활성은 저장 2일차 까지는 처리구들간에 값의 차이가 크지 않았으나, 저장 4일차 이후부터는 처리구에 따라 PPO 활성 값에 상당한 차이를 보였다. 저장

6일차 이후 부터는 열처리구 HW가 저장기간 동안 가장 낮은 값을 보였으며, HA 처리구는 저장일수가 6일이상 경과하였을 때 대조구와 AA 처리구에 비하여 낮은 값을 나타내었다. 55°C에서 60초 동안 열처리를 실시한 HW 처리구가 저장기간 동안 전반적으로 PPO 활성이 상대적으로 낮은 경향을 보였다. HA 처리구의 PPO 활성이 HW 처리구 보다는 저장 중 약간 높게 나타났으나, 전반적으로 완만한 변화를 보였다. 열처리와 갈변 억제제의 병용 처리 조건이 PPO 효소 활성 값이 처리조건 내에서 가장 낮게 나타내지는 않았으나, 대조구나 다른 처리구와 비교하여 저장기간 동안 가장 완만한 변화를 나타낸 것으로 볼 때 PPO 효소의 활성을 억제 및 ascorbic acid의 환원제 역할을 동시에 작용하게 하여 갈변을 효과적으로 억제하는 것으로 생각된다.

PAL 활성 변화

PAL 활성은 Fig. 2와 같이 저장기간 동안 증가와 감소하는 경향을 보였는데 AA 처리구는 저장 2일째, HA 처리구는 저장 4일째 가장 높은 활성을 보였다. HW 처리구는 저장기간 동안 다른 처리구보다 낮은 활성을 나타내었는데 이는 열처리로 인한 효소의 활성이 억제된 것으로 생각된다. PAL은 감자의 갈변에서 가장 먼저 일어나는 효소작용으로 L-phenylalanine이 trans-cinnamic acid로 전환되고 이렇게 생성된 trans-cinnamic acid가 phenylpropane으로 복잡한 페놀 화합물의 구성 원료가 된다. 감자에서 발생한 상처와 에틸렌 가스는 trans-cinnamic acid의 생성을 촉진하여 제2차 효소작용을 유발하고 결국에는 페놀화합물과 새로운 성분들이 합성된다(9). PAL은 매우 중요한 조절 효소로 영양소, 빛, 균의 감염, 상처 등과 같은 여러 가지 내부 및 외부 요인에 의해 활성이 조절된다. AA 처리구와 HA 처리구는 대조구와 열처리구보다 다소 높게 나타났는데 이는

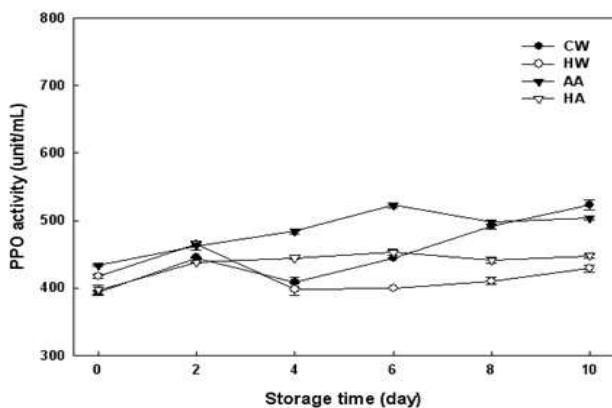


Fig. 1. Change of PPO activity of fresh-cut potato using combination treatment during storage at 5°C.

CW: dip in the cold water for 30 sec at 4°C.
 HW: dip in the water for 60 sec at 55°C.
 AA: dip in the ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 4°C.
 HA: dip in the water ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 55°C.

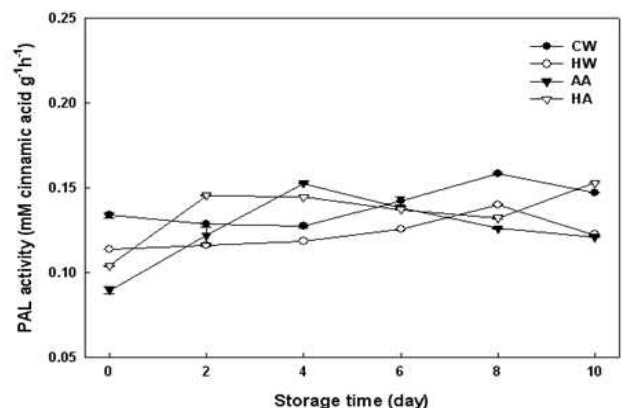


Fig. 2. Change of PAL activity of fresh-cut potato using combination treatment during storage at 5°C.

CW: dip in the cold water for 30 sec at 4°C.
 HW: dip in the water for 60 sec at 55°C.
 AA: dip in the ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 4°C.
 HA: dip in the water ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 55°C.

ascorbic acid의 외생적 처리는 PAL의 효소 활성을 증가시킨다는 보고와 같은 결과를 보였다(19).

총 페놀 함량 변화

총 페놀 함량(Fig. 3)은 저장 초기 CW가 59.7 mg/100 g을 나타내며 가장 높게 나타났고 저장 10일째 31.6 mg/100 g으로 가장 낮게 나타났다. AA 처리구는 저장 8일까지 다른 처리구보다 낮은 함량을 나타내었고 HA 처리구는 저장 4일까지 증가한 후 감소하는 경향을 보였다. Hwang 등(20)은 저장 중 총 페놀 함량의 증가는 화학적 처리할 경우 일어나는 현상으로 손상 조직의 치유를 위한 자연적인 기구에 의한 것이라고 보고하였다. 페놀 화합물의 함량은 저온 저장 중 PAL의 활성화에 의해서 증가되는 것으로 알려져 있으며(21), Kang 등(22)은 열처리 시 PAL 활성을 감소시켜 PAL에 의한 페놀 화합물의 변형이 이루어지지 않아 페놀 화합물의 함량 변화가 억제된다는 보고하였는데 본 실험의 HW와 HA 처리구는 저장기간 동안 CW와 비슷한 함량을 보여 상이한 결과를 나타내었다. 그리고 저장 10일째 낮은 총 페놀 함량은 PPO의 기질로 작용하여 소모된 것으로 이로 인해 PPO의 활성은 높게 나타난 것으로 생각된다.

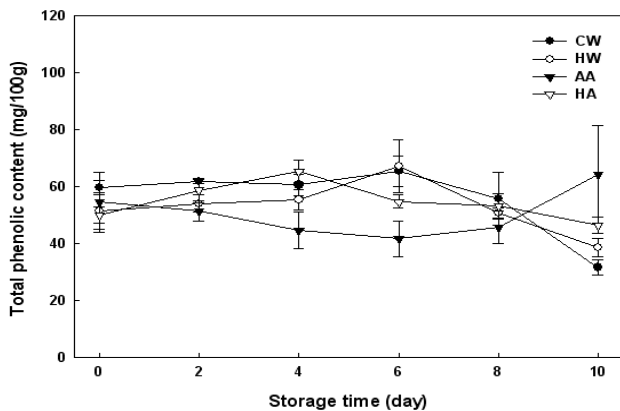


Fig. 3. Change of total phenolic content of fresh-cut potato using combination treatment during storage at 5°C.

CW: dip in the cold water for 30 sec at 4°C.
 HW: dip in the water for 60 sec at 55°C.
 AA: dip in the ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 4°C.
 HA: dip in the water ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 55°C.

경도, 중량감소율, 가용성 고형분 함량, 수분함량 변화

감자의 저장 중 경도, 중량 감소율, 가용성 고형분 함량, 수분 함량 변화는 Table 2에 나타내었다. 경도는 저장 초기 모든 처리구가 35~37 N로 비슷한 값을 나타내다가 저장 2일째 CW 처리구의 초기 경도 36.53 N에서 저장 2일째 37.14 N으로 다른 처리구의 감소하는 경향과는 반대로 증가하였다. 이러한 경도의 일시적인 증가는 신선 과채류를 절단할 경우 손상된 조직의 상처를 회복하기 위한 phenol성 화합물의 복구 활동에 의한 것이라는 보고(23)와 비슷한

결과를 보였고, 다른 처리구의 저장 2일째 경도 감소는 감자의 조직이 갈변억제 처리로 인해 상처 회복 능력이 지연된 것으로 생각된다. 하지만 저장기간 동안 경도는 30 N 대를 머물며 처리구별 변화가 크게 나타나지 않고 조직감을 유지할 수 있었는데 이는 저온에서 저장하면 과실의 경도는 높게 유지된다는 보고와 같은 결과를 보였다(24). 저장 기간 동안 감자의 중량 감소율은 저장 2일째까지 중량의 변화가 미미하였고 시간이 지날수록 점차 증가하였으나 모든 처리구에서 저장 기간 중 1.0% 미만을 유지하여 품질에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단된다. 또한 가용성 고형분의 함량은 저장 기간 동안 2.7~3.1°Brix로 나타났으며 각 처리구별 큰 차이를 보이지 않았지만 저장 초기에 비해 저장 10일째 가용성 고형분 함량이 약간 증가하였는데 이는 저장 중 표면의 수분 증발에 따른 현상으로 보인다. 감자의 저장 기간에 따른 수분함량의 변화는 처리구간에 차이를 나타내지 않았으며 저장기간 동안 80~83% 정도의 수분함량을 보였는데 이는 감자, 고구마, 피망, 당근은 온도에 상관없이 저장기간 동안 수분함량에 있어서 유의적 차이를 보이지 않았다는 보고(25)와 비슷한 결과를 보였다.

Table 2. Change in the hardness, weightloss, soluble solids content and moisture content of fresh-cut potato using combination treatment during storage at 5°C

	Days	CW ¹⁾	HW ²⁾	AA ³⁾	HA ⁴⁾
Hardness (N)	0	36.53±2.11 ⁴⁵⁾	37.18±2.51 ^a	35.84±1.58 ^a	35.75±5.40 ^a
	2	37.14±1.36 ^a	34.06±2.99 ^a	34.50±3.05 ^a	33.29±0.88 ^a
	6	34.83±1.32 ^b	33.81±1.35 ^{ab}	36.39±1.58 ^b	37.84±2.74 ^a
	10	33.85±0.62 ^{ac}	36.02±0.94 ^{ab}	37.72±0.57 ^a	32.55±2.38 ^c
Weightloss (%)	0	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
	2	0.15±0.11 ^a	0.14±0.23 ^a	0.16±0.14 ^a	0.16±0.15 ^a
	6	0.34±0.29 ^a	0.32±0.11 ^a	0.39±0.43 ^a	0.39±0.22 ^a
	10	0.53±0.30 ^a	0.57±0.11 ^a	0.68±0.33 ^a	0.70±0.43 ^a
Soluble solids content (°Brix)	0	2.87±0.12 ^b	3.00±0.00 ^a	2.80±0.00 ^b	3.00±0.00 ^a
	2	3.00±0.00 ^a	2.90±0.10 ^{ab}	2.77±0.15 ^b	2.93±0.12 ^{ab}
	6	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a
	10	3.07±0.06 ^a	3.13±0.56 ^a	3.10±0.00 ^a	3.13±0.23 ^a
Moisture content (%)	0	80.88±0.63 ^b	82.27±0.21 ^a	82.49±1.16 ^a	83.08±0.46 ^a
	2	81.29±4.17 ^a	82.35±0.72 ^a	82.14±1.73 ^a	82.64±1.82 ^a
	6	81.53±0.71 ^{bc}	82.84±0.16 ^b	81.13±0.50 ^c	83.95±1.47 ^a
	10	82.50±1.09 ^a	81.89±1.61 ^a	81.51±0.76 ^a	82.09±1.32 ^a

¹⁾CW: dip in the cold water for 30 sec at 4°C.
²⁾HW: dip in the water for 60 sec at 55°C.
³⁾AA: dip in the ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 4°C.
⁴⁾HA: dip in the water ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 55°C.
⁵⁾Values in a column sharing the same superscript letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

일반세균수 변화

갈변억제 처리를 달리한 신선편이 감자의 저장 중 일반 세균수를 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 저장 초기 HA 처리구가 2.7 log CFU/g로 가장 높았고 HW 처리구가 2.5 log, CW와 AA 처리구가 2.1 log CFU/g을 나타내었다. 저장기간 4일까지 CW 처리구는 2 log CFU/g을 나타내며 다른 처리구에 비해 낮은 변화를 보였지만 저장 6일째부터는 다른 처리구와 비슷한 수준을 보이며 증가하였고 저장 10일째 HA 처리구가 저장 초기보다 1 log 증가하며 다른 처리구보다 가장 낮은 값을 나타내었다. 절단된 감자를 3°C에서 저장 시 저장 6일까지 모두 6 log CFU/g 이하를 나타내었고, 10°C에서 저장할 경우 저장 4일을 기준으로 크게 증가한다는 선행연구 보고(26)와 유사하게 나타났다.

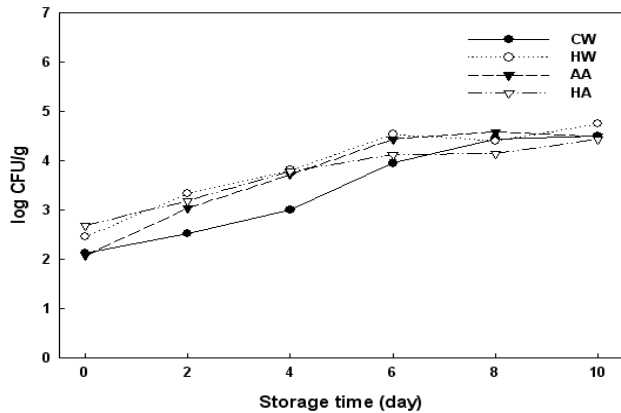


Fig. 4. Change of aerobic plate count of fresh-cut potato using combination treatment during storage at 5°C.

CW: dip in the cold water for 30 sec at 4°C.
 HW: dip in the water for 60 sec at 55°C.
 AA: dip in the ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 4°C.
 HA: dip in the water ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 55°C.

관능평가

갈변억제 처리에 따른 저장 중 감자의 표면색, 향, 조직감, 종합적 기호도에 대한 관능검사 결과는 Table 2에 나타내었다. 저장 6일째 처리구별 신선편이의 전반적인 기호도는 대조구의 경우 2.9, AA는 3.8, HW는 3.1이었으며 ascorbic acid와 중온 열처리를 실시한 병용처리구인 HA는 3.3점을 나타내었으나 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. 저장 10일째 HA 처리구는 다른 처리구와 비교하여 유의성은 나타나지 않았으나 전반적인 기호도는 3.0으로 가장 높은 점수를 나타내었다. 처리구 모두 갈변현상이 육안으로는 확인되지 않았으며 저장 6일까지도 표면에 수분이 유지되었다(Table 3). 저장 0일, 2일째까지는 대조구에 비하여 CW 처리구가 병용처리구 HA 보다 관능적 기호도가 높게 나타났으나 유의적 차이가 없었으며, 저장 6일째부터는 대조구 CW에 비하여 AA 처리구와 HA 처리구가 전반적인 기호도가 약간 높게 나타났다. 저장 10일째에는 대조구 CW와 HW, AA의 전반적인 기호도는 2.6이었으나 병용처리구

Table 3. Sensory properties of fresh-cut potato using combination treatment storage at 5°C

	Days	CW ¹⁾	HW ²⁾	AA ³⁾	HA ⁴⁾
Color	0	4.4±0.70 ^{ab}	4.5±0.53 ^a	4.2±1.14 ^a	3.7±1.06 ^a
	2	4.3±0.48 ^a	3.1±0.74 ^b	4.2±0.63 ^a	3.4±1.17 ^b
	6	2.6±0.70 ^b	3.0±0.67 ^{ab}	3.5±0.85 ^a	3.2±0.92 ^{ab}
	10	2.6±0.52 ^a	2.5±0.71 ^a	2.5±0.85 ^a	3.0±0.67 ^a
Flavor	0	3.8±0.63 ^a	3.7±0.95 ^a	3.4±0.84 ^a	3.8±0.79 ^a
	2	3.7±1.06 ^a	3.9±0.88 ^a	3.7±1.06 ^a	3.9±0.88 ^a
	6	3.5±0.85 ^a	3.3±0.82 ^a	3.7±0.67 ^a	3.4±0.67 ^a
	10	2.5±0.53 ^a	2.8±0.63 ^a	2.5±0.71 ^a	2.8±0.63 ^a
Texture	0	4.0±0.67 ^a	4.2±0.63 ^a	3.9±0.74 ^a	4.1±0.88 ^a
	2	4.3±0.67 ^a	4.0±0.94 ^a	4.3±0.67 ^a	4.4±0.70 ^a
	6	3.0±0.67 ^a	3.3±0.67 ^a	3.4±0.84 ^a	4.3±0.82 ^a
	10	3.2±0.42 ^a	3.0±0.82 ^a	3.4±0.97 ^a	3.5±0.71 ^a
Overall acceptance	0	4.0±0.82 ^a	4.3±0.82 ^a	4.3±0.82 ^a	3.8±0.92 ^a
	2	4.0±0.82 ^{ab}	3.2±0.63 ^a	4.1±0.74 ^a	3.5±1.27 ^{ab}
	6	2.9±0.57 ^b	3.1±0.57 ^b	3.8±0.63 ^a	3.3±0.82 ^{ab}
	10	2.5±0.52 ^a	2.6±0.70 ^a	2.6±0.84 ^a	3.0±0.67 ^a

¹⁾CW: dip in the cold water for 30 sec at 4°C.
²⁾HW: dip in the water for 60 sec at 55°C.
³⁾AA: dip in the ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 4°C.
⁴⁾HA: dip in the water ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 55°C.
⁵⁾Values in a column sharing the same superscript letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

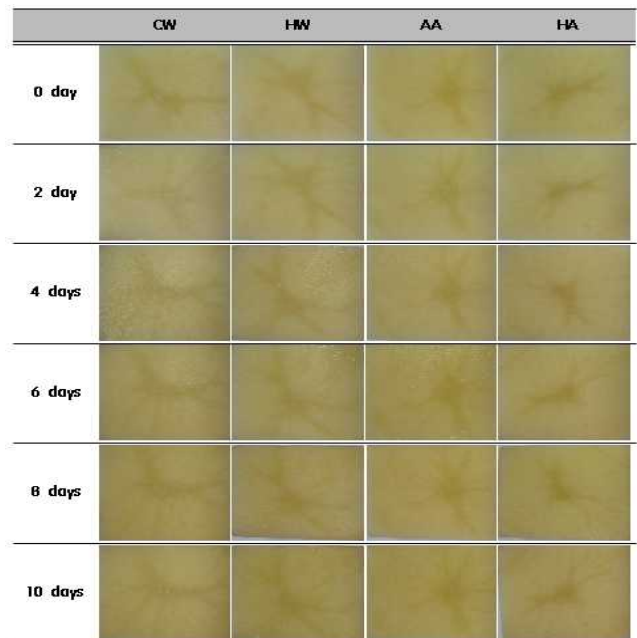


Fig. 5. Color change of fresh-cut potato using combination treatment during storage at 5°C.

CW: dip in the cold water for 30 sec at 4°C.
 HW: dip in the water for 60 sec at 55°C.
 AA: dip in the ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 4°C.
 HA: dip in the water ascorbic acid 0.1% solution for 60 sec at 55°C.

HA의 전반적인 기호도는 3.0이었으며 이 때 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 관능적 특성면에서 저장초기 보다 저장기간이 경과할수록 열처리나 갈변억제제 처리, 또는 병용처리한 처리구가 대조구에 비하여 상대적으로 기호도가 높게 나타났으나 산업화의 적용 가능성 등에 대한 추가적인 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

요 약

신선편이 감자제품의 최소가공 공정에서 열처리와 갈변억제제처리를 적용하여 저장 중 갈변 억제와 유통기한 연장에 따라 품질을 증진시키고자 본 연구를 실시하였다. 저장기간 동안 감자의 표면색을 측정된 결과 L값은 AA 처리구가 가장 높은 값을 나타내었고 ΔL 값과 ΔE 값은 HA 처리구가 저장기간 동안 가장 낮은 변화폭을 나타내었다. PPO 활성 변화는 HA 처리구가 저장기간 동안 다른 처리구에 비해 완만한 증가를 나타내며 효소 활성이 억제됨을 보였고 PAL 활성 역시 PPO 활성과 같은 경향을 나타내었다. 경도는 저장기간이 지남에 따라 처리구별 큰 차이를 나타내지 않으며 비슷한 수준을 유지하였고 중량 감소율은 저장기간이 지날수록 다소 증가하는 경향을 나타내었지만 저장 10일째 1.0% 미만으로 품질에 큰 영향을 미치지 않았다. 가용성 고형분 함량과 수분함량 역시 경도와 마찬가지로 저장기간 동안 처리구별 큰 차이를 보이지 않았다. 관능평가 결과 향과 조직감은 처리구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 표면색과 종합적 기호도에서 HA 처리구가 저장 10일째 3점을 나타내며 다른 처리구에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 저장 중 감자 외관을 관찰한 결과 모든 처리구의 갈변현상이 육안으로 확인되지 않았고 저장 6일까지도 표면에 수분이 유지되었다. ascorbic acid와 열을 병용처리한 신선편이 감자는 10일의 저장기간 동안 상품성을 잃지 않아 저장 중 갈변을 억제하고 고유의 품질특성을 유지하는데 효과적인 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 식품개발사업(310017-30-1-HD130), 농촌진흥청 지역전략작목산학협력단 연구지원사업(PJ0078902013) 및 2010년도 교육과학기술부 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2011-0030748)에 의해 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

References

1. Kwon JY, Kim BS, Kim GH (2006) Effect of washing

- methods and surface sterilization on quality of fresh-cut chicory (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*). Korean J Food Sci Technol, 38, 28-34
2. Lee SH (2003) Application of electrolyzed water for microbiological quality control in vegetable salads flow of school foodservices. Ph D Thesis, Dankook University, Seoul, Korea, p 6-12
3. Hwang TY, Son SM, Lee CY, Moon KD (2001) Quality changes of fresh-cut packaged fuji apples during storage. Korean J Food Sci Technol, 33, 469-473
4. Kim GH, Cho SD, Kim DM (1999) Quality evaluation of minimally processed Asian pears. Korean J Food Sci Technol, 31, 1523-1528
5. Ko SB (2003) Problems and suggestions for improvement in Jeju white potato marketing. Korean J Agric Management Policy, 30, 743-765
6. Lim JH, Choi JH, Hong SI, Jeong MC, Kim DM (2005) Quality changes of fresh-cut potatoes during storage depending on the packaging treatments. Korean J Food Sci Technol, 37, 933-938
7. Ahuenainen R (1996) New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. Trends Food Sci Technol, 37, 179-187
8. Cho SD, Park JY, Kim EJ, Kim DM, Kim GH (2007) Quality evaluation of fresh-cut products in the market. J Korean Soc Food Sci Nutr, 36, 622-628
9. Hahlbrock K, Scheel D (1989) Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Bio, 40, 347-369
10. Sapers GM, Miller RL (1992) Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. J Food Sci, 57, 1132-1135
11. Hwang TY, Son SM, Moon KD (2002) Screening of effective browning inhibitors on fresh-cut potatoes. Food Sci Biotechnol, 11, 397-400
12. Sapers GM, Miller RL, Choi SW (1995) Prevention of enzymatic browning in prepeeled potatoes and minimally processed mushrooms. American Chemical Society, Philadelphia, USA, Ch. 18, p 223-239
13. Quintero-ramos A, Bourne MC, Anzaldua-morales A (1992) Texture and rehydration of dehydrated carrots as affected by low temperature blanching. J Food Sci, 57, 1127-1139
14. Lister PD, Tung MA, Garland MR, Porritt SW (1979) Texture modification of processed apple slices by a postharvest heat treatment. J Food Sci, 44, 998-1000
15. Park YJ, Moon KD (2004) Influence of preheating on

- quality changes of fresh-cut muskmelon. Korean J Food Preserv, 11, 170-174
16. Kim JG, Choi ST, Pae DH (2009) Effect of heat treatment and dipping solution combination on the quality of peeled potato 'Jopung'. Korean J Hort Sci Technol, 27, 256-262
 17. Sapers GM, Miller RL (1995) Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. J Food Sci, 60, 762-766
 18. Chung HM, Lee GC (1996) Effects of dipping and preheating treatments on susceptibility to browning of potato slices during cold storage. Korean J Soc Food Sci, 12, 535-540
 19. Kataoka I, Kubo Y, Sugiura A, Tomana T (1983) Changes in L-phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis during berry ripening of three grape cultivars. J Japan Soc Hort Sic. 52, 273-279
 20. Hwang TY, Moon KD (2006) Quality characteristics of fresh-cut potatoes with natural antibrowning treatment during storage. Korean J Food Sci Technol, 38, 183-187
 21. Lattanzio V, Cardinali A, Venere DD, Linsalata V, Palmieri S (1994) Browning phenomena in stored artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads: enzymic or chemical reaction. Food Chem, 50, 1-7
 22. Kang HK, Yoo YK, Lee SK (2003) Effects of prestorage heat treatment on changes of phenolic compound content and incidence of skin blackening in 'Niitaka' pear fruits during cold storage. Korean J Hort Sci Technol, 44, 197-200
 23. Agblor A, Scanlon MG (1998) Effects of blanching conditions on the mechanical properties of french fry strips. Am J Potato Res. 75, 245-255
 24. Kim JG, Choi ST, Lim CI (2005) Effect of delayed modified atmosphere packaging on quality of fresh-cut iceberg lettuce. Korean J Hort Sci Technol, 23, 140-145
 25. Sun SH, Kim SJ, Kim GC, Kim HR, Yoon KS (2011) Changes in quality characteristics of fresh-cut produce during refrigerated storage. Korean J Food Sci Technol. 43, 495-503
 26. Kim HY, Ko SH, Lee KY (2007) Evaluation of the microbiological and sensory qualities of potatoes by the method of processing in foodservice operations. Korean J Food Cookery Sci, 23, 615-625
-
- (접수 2013년 4월 25일 수정 2013년 6월 25일 채택 2013년 6월 25일)