

Change of quality characteristics in fresh-cut 'Romaine' lettuce by heat treatment

Jeong Mi Bae, Da Uhm Lee, Moon Cheol Jeong, Jeong Hee Choi*
Food Distribution Research Group, Korea Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea

열처리에 따른 신선편이 '로메인' 상추의 품질 특성 변화

배정미 · 이다음 · 정문철 · 최정희*
한국식품연구원 저장유통연구단

Abstract

This study investigated the effect of heat treatments on the quality characteristics of fresh-cut 'Romaine' lettuce by treating in hot water (45, 50, and 55°C) for 2 minutes. Sensory properties, respiration rate, ethylene production, microbial growth, browning index, total phenolics (TP), vitamin C, and antioxidant properties (DPPH, ABTS, and FRAP assays) of samples were evaluated after 5 days at 5°C. All heat treatment conditions tested in this study did not affect the change in TP after storage. Treatment at 45°C enhanced respiration rate and ethylene production whereas decreased vitamin C content and antioxidant activities. There was no significant difference in browning index at 45°C treatment. The rapid tissue softening occurred when treated with 55°C hot water for 2 minutes. The 50°C heat treatments exhibited the best quality index including texture and color, and inhibited microbial growth and browning after storage. In addition, the 50°C heat treatment showed the highest vitamin C content and antioxidant activities (DPPH, ABTS, FRAP assay) after storage. Therefore, the 50°C heat treatment can be used to maintain quality and antioxidant property of fresh-cut 'Romaine' lettuce.

Key words : ABTS, DPPH, FRAP, total phenolics, vitamin C

서 론

신선편이 제품은 수확 후 절단, 세척, 건조 등의 가공 공정을 거치는 동안 조직의 파괴가 필연적으로 동반되므로 호흡 등의 대사 속도가 급격히 증가하고, 갈변 발생과 미생물 증식이 빨라 상품성을 유지하는 기간이 원물에 비해 상대적으로 매우 짧다(1,2). 이와 같은 원인에 의해 품질 유지가 어려운 단점에도 불구하고 신선편이 제품에 대한 소비자의 지속적인 요구에 의해 신선편이 제품 시장 규모는 국내외적으로 급증하고 있는 추세이다. 신선편이 사업화 초기에는 신선편이 제품의 대사속도를 늦추고 효소반응을

억제시켜 연화 및 갈변을 억제할 수 있는 기술 개발이 우선적으로 필요하였고, 이를 위하여 원료의 예냉 방식 및 조건, 세척기술, 포장 기술, 열처리 등의 전처리 기술에 관한 연구가 활발히 이루어졌다. 최근에는 소비자의 식품에 대한 요구도가 신선도 및 품질 뿐만 아니라 안전성 확보와 건강기능적 가치 증대로 까지 확대되고 있으므로 각 품목에서 기대되는 영양적 가치에 미치는 영향을 함께 고려한 기술 개발이 필요해지고 있다(3).

'로메인' 상추는 조직감과 향이 우수하여 소비자의 선호도가 높은 품목으로서, 최근 신선편이 제품 생산량이 증가하고 있다. 원료의 특성상 효소활성에 의한 갈변이 빠르게 발생하므로 이를 방지하거나 지연시키기 위한 화학제 처리(4), 물리적 처리(5), 천연물 처리(6)에 관한 연구가 다양하게 수행되었으나, 산업체에서는 보다 안전하고 환경 친화적이며 경제적인 품질유지 기술을 요구하고 있다.

열처리 기술은 미생물 증식을 억제하고 효소 활성을 억제시키는 효과가 높은 것으로 널리 알려져 있으며(7) 처리

*Corresponding author. E-mail : choijh@kfri.re.kr
Phone : 82-31-780-9156, Fax : 82-31-780-9254
Received 6 August 2015; Revised 19 October 2015; Accepted 18 December 2015.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

공정이 간단하고 친환경적이므로 산업체 활용이 용이한 장점이 있다. 또한, 최근에는 열처리 시 나타나는 영양적 가치의 변화에 대한 연구 결과도 많이 보고되고 있어 그 활용 가치가 보다 높아지고 있다고 판단된다. Mirdehghan 등(8)은 석류 열매를 45°C에서 4분간 열처리 할 경우 총페놀, 아스코르빈산, 안토시아닌 등의 기능성분 함량이 증가하여 소비자에게 고 기능성 제품을 제공할 수 있는 기술로 활용 가능성이 높다고 보고하였다. 당근의 경우 100°C에서 45초간 열처리할 경우 미생물 증식과 호흡이 억제되고 총페놀 함량이 증가되며(9), 양파는 70°C 열처리 시 저장 중 총페놀 함량의 감소가 억제되어 항산화 활성이 증가한다고 보고되고 있다(10). 또한, 멜론, 사과, 토마토, 참외, 수박 등의 5가지 과채류는 열처리 온도가 증가할수록 폴리페놀, 플라보노이드 함량, 항산화 활성이 증가하며(2), 그린라임은 50°C 열처리에 의해 클로로필a의 함량이 증가한다고 보고되고 있다(11). 그러나 경우에 따라 열처리에 의한 조직감 저하가 발생되며 이로 인해 품질이 저하될 가능성이 지적되고 있다. Kim(12)은 양파, 콩나물, 당근은 70°C에서 열처리하였을 때 조직 강도가 높아지나 애호박의 경우는 처리 부위별로 조직감에 미치는 영향이 다르게 나타난다고 보고하였다. 따라서 품목과 조직의 특성에 따라 열처리의 온도와 처리시간 설정이 매우 중요할 것으로 판단된다. ‘로메인’ 상추의 경우 열처리 시 갈변에 관여하는 phenylalanine ammonia lyase 활성이 억제되고(13), 식중독균 제어 효과도 더불어 증대된다고 알려져 있으나(14), 항산화능에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 신선편이 ‘로메인’ 상추의 신선편이 가공 시 열처리에 따른 품질특성의 변화를 구명하여 신선편이 제품의 고품위화를 위한 최적 처리 조건을 제시하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험은 경기도 이천(2014년산)에서 재배된 ‘로메인’ 상추를 대상으로 실시하였다. 수확직후 겉잎을 제거하고 뿌리끝에서 약 1 cm를 잘라 제거한 후 절단 및 세척하여 열처리 실험에 사용하였다.

열처리 조건

세척된 시료는 각각 45, 50, 55°C로 조절된 water bath에 2분간 침지한 후 열처리를 중지시키기 위해 5°C 수돗물에 침지하여 2분 동안 냉각처리를 하였다. 회전식 수동 탈수기를 사용하여 탈수시킨 시료를 적층필름(Ny 15/ CPP 60, 두께 75 μ m, 천일포장산업, Gwangju)에 넣어 열접착하여 밀봉 포장한 후 5°C에 5일 동안 저장하였다. 국내에서는 일반적

으로 신선편이 제품의 저온유통 기간을 5일 이내로 설정하므로 열처리의 효과가 유통기간 동안 유지되는지 여부를 판단하기 위해 저장 5일 이후의 품질을 비교·분석하였다.

관능검사

관능검사는 품질인자의 식별력이 우수한 5명의 훈련된 전문패널을 선별하여 9점 척도법으로 실시하였으며 기호도를 결정할 품질인자 항목은 Lee 등(15)과 Choi(16)의 방법을 참고하여 짓무름, 조직감, 부러짐, 변색, 향 및 종합적 기호도 등 6가지 항목으로 선정하였다. 대상 시료는 일정 용량으로 일회용 접시에 담아 각 패널에게 제공하였으며 채점 기준은 9점 척도법으로 짓무름이 없는 경우, 시늬가 없는 경우, 조직감이 단단한 경우, 잎과 줄기의 부러짐이 없는 경우, 변색이 없는 경우, 이취가 없는 경우 등 조사 항목별로 가장 우수한 상태를 9점으로 평가하였으며 5점을 상품 한계점으로 설정하였다.

호흡 및 에틸렌 발생률

시료를 일정부피의 밀폐용기에 넣어 내부에 축적된 head space 기체 200 μ L를 gas-tight syringe로 채취한 후 gas chromatography(GC)로 분석하여 이산화탄소 및 에틸렌 농도를 측정하여 호흡률 및 에틸렌 발생량을 나타내었다. 이산화탄소 분석을 위한 GC(GC-14A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)와 에틸렌 분석을 위한 GC(450-GC, Varian, CA, USA)의 조건은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Operation condition of GC for analysis of respiration rate and ethylene production

	Respiration rate (CO ₂)	Ethylene production (C ₂ H ₄)
Detector	TCD	FID
Column	Alltech CTR I	Alltech Fused Silica
Column temperature	35°C	100°C
Injector temperature	60°C	150°C
Detector temperature	60°C	250°C
Carrier gas	He	He

총균수

각 처리구당 시료 20 g씩 취하여 멸균팩에 넣고 시료 중량 대비 9배의 0.85% 멸균된 생리식염수를 가하여 균질기(Bagimixer @400, Interscience, Yvelines, France)를 사용하여 1분간 균질화 하였다. 멸균팩 내 상등액 1 mL를 취하여 멸균된 생리식염수가 9 mL씩 담긴 시험관을 사용하여 단계 희석하였다. 이후 각 단계별 희석액 1 mL을 취하여 일반세균 배지(Petrifilm™ Aerobic Count, 3M, St. Paul, MN, USA)에 접종한 후 37°C에서 48시간동안 배양한 후 colony 수를 측정하여 log CFU/g로 나타내었다. 시료채취 및 실험 과정에서 사용되는 모든 기구는 autoclave를 이용하여 12

1°C에서 15분간 가압 멸균하였다.

갈변도

갈변도는 Jung 등(17)의 방법을 변형하여 측정하였다. 각 처리구의 샘플을 무작위로 취하여 절단부위에서 0.5 cm 두께로 잘라내어 2 g의 샘플을 채취한 다음 20 mL의 증류수를 첨가하였다. 그 후 35°C에서 2시간 동안 추출한 후 여과지(Whatman No. 2)로 여과하여 microplate spectrophotometer (Infinite M200 PRO NanoQuant, TECAN, Zurich, Switzerland)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총페놀

액화질소에 급속동결 후 분쇄하여 채취한 시료 1 g에 methanol 40 mL을 넣고 sonicator(RK510H, BANDELIN Eletronic GmbH & Co., Berlin, Germany)를 이용하여 실온에서 15분 간 추출한 후 여과(Sartorius, RC, 0.2 µm, Göttingen, Germany)하여 사용하였다. 총 페놀 함량은 Folin-Denis(18) 방법을 변형하여 측정하였다. 추출 시료 40 µL와 1 N Folin-Ciocalteu 50 µL을 혼합하여 1분 간 반응시켰다. 1분 후 2% Na₂CO₃ 160 µL을 첨가 후 37°C 암소에서 30분 동안 반응시킨 후 microplate spectrophotometer를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총페놀 함량은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 작성한 표준곡선을 사용하여 환산하였다.

Vitamin C

Vitamin C 함량은 Jagot와 Dani(19)의 방법을 변형하여 측정하였다. '로메인' 상추를 액화질소에 급속동결하여 분쇄한 후 채취한 시료 1 g에 6% trichloroacetic acid 20 mL를 넣고 0°C에서 15분간 방치 후 여과(Sartorius, RC 0.2 µm)하여 사용하였다. 여과액 200 µL에 0.2 N Folin-Ciocalteu 80 µL를 넣고 암실에서 10분간 반응시킨 후 반응액을 microplate spectrophotometer를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 ascorbic acid(Sigma-Aldrich)을 이용하여 만든 표준곡선을 사용하여 µg/g Fresh Weight로 나타내었다.

항산화 활성

시료추출은 액화질소에 급속동결 후 분쇄하여 채취한 시료 1 g에 methanol 40 mL을 넣고 sonicator를 이용하여 실온에서 15분 간 추출한 후 여과(Sartorius, RC 0.2 µm)하여 사용하였다.

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical scavenging activity는 Blois(20)의 방법을 변형하여 측정하였다. 추출시료 150 µL에 0.15 mM DPPH 200 µL 가하여 혼합하고 암소에서 15분 간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 사용된 0.15 mM DPPH는 70% ethanol 시료용액에 녹인

것으로 517 nm에서 흡광도가 1.000±0.01인 것을 사용하였다. 측정된 흡광도는 trolox(Sigma-Aldrich)를 이용하여 만든 표준곡선을 사용하여 µg Trolox Equal/g Fresh Weight으로 나타내었다.

ABTS(2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging activity는 Re 등(21)의 방법을 변형하여 측정하였다. 실험에 사용한 ABTS 용액은 phosphate buffered saline(pH 7.4)에 녹인 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 동량으로 섞고 빛을 차단한 후 실온에서 24시간 반응시켜 radical이 형성되도록 하였다. 24시간 후 반응시킨 ABTS 용액을 microplate spectrophotometer를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하여 그 값이 1.1±0.02가 되도록 phosphate buffered saline(pH 7.4)을 이용하여 희석시킨 뒤 실험에 사용하였다. ABTS 용액 300 µL와 시료 40 µL를 혼합하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 trolox(Sigma-Aldrich)를 이용하여 만든 표준곡선을 사용하여 µg TE/g FW으로 나타내었다.

Ferric reducing antioxidant power(FRAP)는 Hayes 등(22)의 방법에 따라 측정하였다. FRAP용액은 300 mM acetate buffer(pH 3.6)와 40 mM hydrochloric acid에 녹인 10 mM 2, 4, 6-tripyridyl-S-triazine(TPTZ), 그리고 20 mM iron(III) chloride(FeCl₃)를 10:1:1로 섞어 37°C에서 보관한 후 사용하였다. 시료 80 µL에 FRAP reagent 240 µL을 넣어 준 후 37°C암소에서 30분 간 반응시킨 뒤 반응액을 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 Trolox(Sigma-Aldrich)를 이용하여 만든 표준곡선을 사용하여 µg TE/g FW으로 나타내었다.

통계분석

실험결과는 SPSS 프로그램(17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석과 Duncan's multiple range test(p≤0.05)를 실시하여 통계적 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

신선편이 '로메인' 상추 제품에 대한 소비자의 기호도를 결정할 품질인자 6가지 항목(깃무름, 조직감, 부러짐, 색, 향, 전반적 기호도)에 대한 관능검사를 실시하여 열처리가 신선편이 제품의 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 50°C에서 2분간 열처리할 경우 고품질 유지 효과가 높은 것으로 나타났다(Table 2). 45°C와 50°C 열처리는 모든 품질인자를 향상시키는 효과가 나타났으나 온도가 높은 55°C 처리구는 열에 의해 조직이 손상되어 깃무름이 발생하였으며 조직감, 색, 향, 전반적 기호도 모두 1점을 기록하였고, 부러짐 항목도 처리구에서 가장 낮은 점수로 상품성이 완전히 소실

되었다. 50°C 열처리구의 경우 저장 5일 이후에도 6가지 품질인자 모두 평균 7.5이상의 높은 점수를 나타냈으며 특히 짓무름, 조직감, 색, 전반적 기호도 항목에서 다른 실험구에 비해 우수한 품질로 나타났다.

Table 2. Effect of heat treatments on the sensory properties in fresh-cut 'Romaine' lettuce after 5 storage at 5°C

	Decay ¹⁾	Texture	Breaking	Color	Flavor	Preference
CT ³⁾	5.4±0.6 ^{bc2)}	5.8±0.8 ^b	8.4±0.9 ^a	3.6±0.9 ^c	4.0±0.7 ^b	3.8±0.8 ^c
45°C	6.0±0.7 ^b	6.2±0.8 ^b	8.4±0.9 ^a	5.2±0.8 ^b	7.2±0.5 ^a	5.8±0.8 ^b
50°C	7.8±0.8 ^a	7.8±0.5 ^a	8.6±0.6 ^a	8.0±0.0 ^a	7.6±0.9 ^a	8.2±0.8 ^a
55°C	1.0±0.0 ^c	1.0±0.0 ^c	6.8±0.8 ^b	1.0±0.0 ^d	1.0±0.0 ^c	1.0±0.0 ^d

¹⁾Scale ranging from 1 to 9 (9, very good; 7, good; 5, accept; 3, bad; 1, very bad).
²⁾Mean with different superscript letters in the same column are significantly different at the 5% level.
³⁾CT, Room temperature water treatment.

신선편이 '로메인' 상추를 열처리 하였을 때 호흡률과 에틸렌 발생량에 미치는 영향을 살펴보았다(Table 3). 신선편이 가공 초기에는 호흡에 의한 CO₂ 생성량이 거의 없었으나 저장 4일 이후 급증하는 경향이 나타났다. 열처리구의 경우 저장 4일 후까지는 대조구와 유의적 차이가 없었으나, 5일 이후에는 45°C와 50°C는 대조구에 비해 다소 높고 55°C 처리구는 무처리구에 비해 다소 낮은 호흡률을 나타내었다. 이와는 달리, 에틸렌 발생률은 열처리에 의해 억제되는 경향이 나타났다. 대조구의 경우 저장 4일 이후 에틸렌 생성이 매우 높게 증가하여 초기치 2.5에서 28.0 μL/kg·hr로 증가한 후 다시 감소하는 경향이 나타났다. 45°C 열처리구는 저장 4일 이후 에틸렌 발생률이 대조구와 유사한 수준까지 급증한 후 저장 5일후까지 높게 유지되었다. 50°C 처리구에는 에틸렌 생성이 크게 억제되어 4일 이후 8.6 μL/kg·hr로 미미하게 상승한 후 5일째 되는 날 다시 감소하는 경향을 나타냈다. 이보다 높은 온도인 55°C로 열처리할 경우에는 4일후의 에틸렌 생성량은 대조구에 비해서는 낮으나 50°C 처리구에 비해서는 높은 수준으로 나타났고 5일 이후에는

Table 3. Effect of heat treatments on the respiration rate and ethylene production in fresh-cut 'Romaine' lettuce during storage at 5°C

	Respiration rate (CO ₂ mL/kg · hr)			Ethylene production (C ₂ H ₄ μL/kg · hr)		
	0 day	4 days	5 days	0 day	4 days	5 days
CT ²⁾	-	51.9±5.0 ^{ai)}	47.1±4.4 ^{ab}	2.5±1.1 ^a	28.0±5.9 ^{ab}	4.7±1.5 ^b
45°C		53.8±3.1 ^a	58.4±11.1 ^a		29.2±2.5 ^a	17.3±3.7 ^a
50°C		60.1±2.0 ^a	61.3±0.1 ^a		8.6±3.1 ^d	5.5±3.6 ^b
55°C		58.5±4.0 ^a	41.9±1.5 ^b		18.0±7.1 ^{bc}	6.4±1.1 ^b

¹⁾Mean with different superscript letters in the same column are significantly different at the 5% level.
²⁾CT, Room temperature water treatment.

다시 감소하여 대조구와 유사한 수준으로 나타났다. 따라서 신선편이 '로메인' 상추의 경우 50°C에서 2분간 열처리할 경우 호흡작용에 미치는 영향은 매우 미미하였으나 에틸렌 생성이 크게 억제되었으므로 저장 중 품질이 잘 유지되는 원인으로 해석될 수 있었다.

소비자가 외관으로 인식할 수 있는 품질인자 외에 신선편이 제품의 유통기간을 제한하는 가장 중요한 요인은 미생물학적 안전성 확보 여부이므로 열처리가 총균 증식에 미치는 영향을 살펴보았다(Fig. 1). 열처리를 하지 않은 대조구의 경우 5°C에서 5일 동안 저장한 후 총균수를 살펴보면 초기의 5.3 log CFU/g에 비해 증가하여 6.9 log CFU/g의 값을 나타내었다. 45°C와 50°C 열처리구의 경우 대조구에 비해 총균수 증식이 낮은 결과를 나타내었다. 상기 조건의 열처리에 의한 총균수 증식 억제 정도는 1 log CFU/g 이하에 그쳐 매우 미미하지만 이는 저장 중 총균수 증식 정도가 낮은 것이 원인이 되며, 증식 억제효과는 통계적으로 유의성이 인정되었다. 55°C 열처리구의 저장 5일후 총균수는 대조구와 비교하여 유의적 차이가 인정되지 않았다. 이상에서 살펴본 바와 같이 신선편이 '로메인' 상추의 저온저장 중 총균수는 열처리 온도에 따라 총균의 증식을 억제하는 효과가 인정되지만, 본 연구에서는 신선편이 제품의 유통기간인 5일 동안 총균의 증식이 크지 않으므로 열처리에 의한 총균 증식 억제 효과는 미미한 수준에 그쳤다.

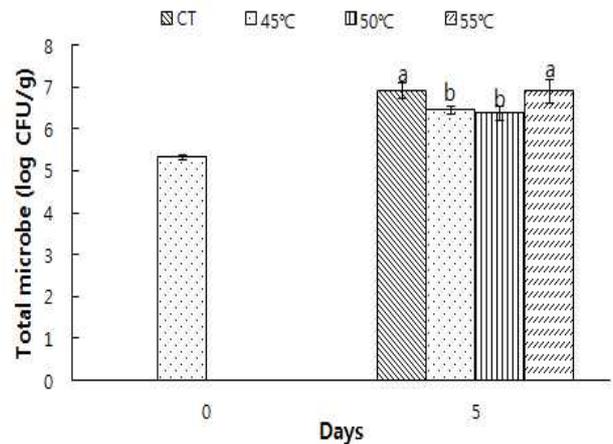


Fig. 1. Effect of heat treatments on the total microbe in fresh-cut 'Romaine' lettuce after 5 storage at 5°C.

The vertical bars represent the standard error of measurements (n=3). Mean with different letters are significantly different at the 5% level.

신선편이 제품의 저장 또는 유통 중 나타나는 절단부위의 갈변 정도를 조사한 결과, 50°C 열처리시 갈변이 억제되는 효과를 얻을 수 있었다(Fig. 2). 처리에 따른 갈변도를 비교하면, 대조구의 경우 초기치에 비해 저장 5일후 갈변도가 크게 증가하였으며, 이와는 달리 50°C 열처리의 경우 갈변도의 증가가 억제되는 결과가 나타났다. 45°C 열처리시에는 대조구와 비교하여 통계적으로 유의적 차이가 인정

되지 않았다. 한편, 55°C 열처리구의 경우 조직이 짓물러 절단부위 채취가 불가능하여 갈변도 측정을 할 수 없었다 (data not shown).

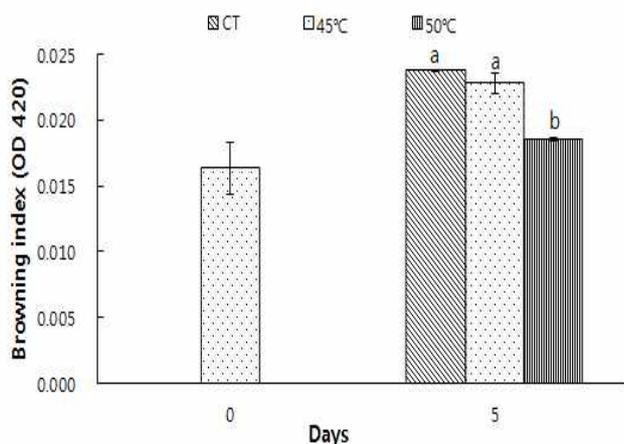


Fig. 2. Effect of heat treatments on the browning index in fresh-cut 'Romaine' lettuce after 5 storage at 5°C.

The vertical bars represent the standard error of measurements (n=3). Means with different letters are significantly different at the 5% level.

열처리가 총페놀 함량에 미치는 영향에 대해서는 대상 작물과 처리 조건에 따라 상충되는 결과가 보고되고 있다. Kang 등(23)에 의하면 신고 배에 열처리할 경우 PAL 작용이 억제되어 페놀 화합물이 분해되지 않아 페놀 함량이 높게 유지된다고 보고한 반면, Song 등(8)은 신선편이 감자 제품을 열처리 하였을 때 총 페놀 함량에 미치는 영향이 없다고 보고하였다. 신선편이 '로메인' 상추를 대상으로 한 본 연구에서는 총 페놀 함량이 초기에는 7.4 µg GAE/g FW 이었으나 저장 5일 후에는 6.1 µg GAE/g FW으로 감소

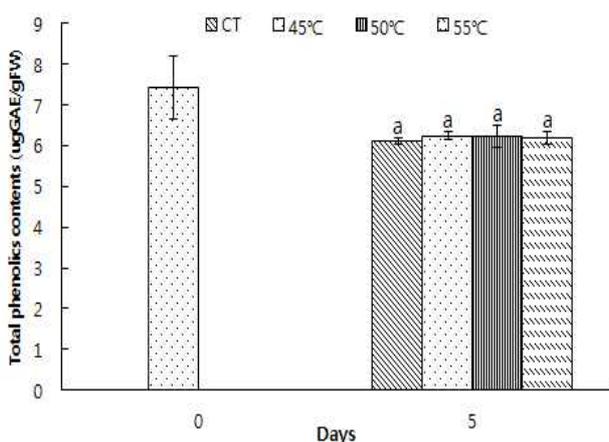


Fig. 3. Effect of heat treatments on the total phenolics content in fresh-cut 'Romaine' lettuce after 5 storage at 5°C.

The vertical bars represent the standard error of measurements (n=3). Means with different letters are significantly different at the 5% level. GAE, gallic acid equivalents.

하는 경향을 보였으며, 열처리 온도와 관계없이 총페놀 함량에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다(Fig. 3).

신선편이 '로메인' 상추의 비타민 C의 함량은 저장 중 미미하게 감소하며, 열처리시 처리 온도에 따라 증가하거나 감소하는 상반된 영향이 나타났다(Fig. 4). 저장 5일 후 대조구의 비타민 C 함량은 3.6 µg/g FW으로 초기의 3.8 µg/g FW에 비해 다소 감소하였다. 열처리 온도를 45°C와 55°C를 적용한 경우 저장 중 비타민 C 함량이 더 크게 감소되어 각각 3.3과 3.2 µg/g FW의 함량을 나타내었다. 반면에 50°C 조건을 적용한 열처리구의 경우는 저장 5일 후의 비타민 함량이 4.1 µg/g FW로 대조구와 다른 조건의 열처리구에 비해 높아 저장 중 비타민 감소가 효과적으로 억제되는 것을 알 수 있었다.

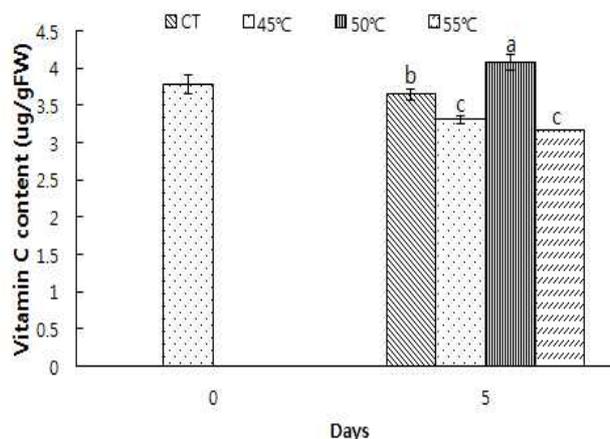


Fig. 4. Effect of heat treatments on the vitamin C content in fresh-cut 'Romaine' lettuce after 5 storage at 5°C.

The vertical bars represent the standard error of measurements (n=3). Means with different letters are significantly different at the 5% level.

본 연구에서는 신선편이 '로메인' 상추의 항산화 활성을 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 등 3가지 분석법을 이용하여 평가하였으며, 모든 분석 방법에서 50°C 열처리 시 저장 기간 동안의 항산화능이 다른 처리구에 비해 높게 유지되는 결과를 얻었다(Fig. 5). DPPH 라디칼 소거능의 경우 저장 5일 후 감소하는데, 5일 후 대조구의 DPPH 라디칼 소거능은 1.6 µg TE/g FW이었고 45°C와 55°C 열처리구는 각각 1.0과 0.2 µg TE/g FW로서, 대조구에 비해 항산화 활성이 현저히 낮았다. 이에 반해 50°C 열처리구의 경우 1.9 µg TE/g FW의 항산화 활성을 나타내어 저장 중 항산화 활성이 가장 높게 유지되었다. ABTS 라디칼 소거능의 경우 대조구는 저장 중 유의적 변화가 없었으나 45°C와 55°C에서 열처리할 경우 저장 중 활성이 크게 감소하여 각각 4.5, 3.7 µg TE/g FW로 나타났다. 반면, 50°C 열처리구는 저장 5일 후 8.7 µg TE/g FW로서 다른 처리구에 비해 매우 높은 활성을 나타내었다. FRAP의 경우 저장 중 감소하는 경향을 보이며, 45°C와 55°C 처리구는 그 감소 정도가

증가하여 대조구보다 낮은 항산화 활성을 나타내는 반면, 50°C 열처리구는 그 활성이 오히려 증가하는 결과를 나타내었다. Kim 등(2)은 멜론, 사과, 토마토, 참외 및 수박을 열처리한 후 항산화 활성이 증가한다고 보고하였으며, Hwang 등 (24)은 아콘의 항산화 활성은 열처리 온도와 시간에 따라 증가한다고 하였다. 이와 같이 여러 보고에서 다양한 작물

들은 열처리 시 항산화 활성이 증가하며 특히 열처리의 온도가 높아질수록 항산화 활성이 증가한다고 하였으나, 본 연구에서는 45°C 처리구보다 온도가 높은 50°C 처리할 경우 항산화 활성이 높았으며, 이 보다 더 높은 온도인 55°C를 처리할 경우에는 항산화 활성이 크게 감소하는 결과가 나타났다.

따라서 신선편이 ‘로메인’ 상추의 가공 시 세척단계에서 50°C에서 2분간 열수침지 처리를 할 경우 제품의 색과 조직감이 우수하게 유지되고 갈변과 총균 증식이 유의적으로 억제되어 신선도 증진 효과를 얻을 수 있었다. 열처리를 할 경우 총페놀 함량에는 유의적 변화가 없으나 비타민 C 함량을 유지시켜 항산화능을 상대적으로 높게 유지시키는 결과를 나타내므로 상기의 열처리는 어린잎 채소의 신선편이 가공공정으로 활용 가능성이 높은 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 신선편이 ‘로메인’ 상추의 신선편이 가공 시 열수처리(45, 50, 55°C/2 min)가 저장 중의 품질특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 각 처리구는 5°C에서 5일간 저장한 후 관능품질, 호흡률, 에틸렌 발생량, 총균수, 갈변도, 총페놀, 비타민 C, 항산화 활성(DPPH, ABTS, FRAP)을 분석하였다. 본 연구에서 실시한 모든 열처리 조건은 총페놀 함량의 변화에 미치는 영향은 없었다. 45°C 처리시에는 호흡과 에틸렌 발생이 증가하고 비타민 C 함량과 항산화 활성이 감소되었으며 갈변 억제 효과도 미미하였다. 55°C 조건에서는 조직의 연화가 발생하는 문제가 발생하였다. 50°C 열처리를 2분간 실시할 경우 조직감, 색, 미생물증식, 갈변도에서 가장 우수한 품질 상태를 나타내었으며, 저장 후 비타민 C 함량과 항산화 활성이 높게 유지되었다. 따라서 본 연구 결과 50°C 열처리 조건은 신선편이 ‘로메인’ 상추의 저장 중 품질 및 항산화 활성을 유지시킬 수 있는 기술로 활용될 수 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 수출전략기술개발사업(과제 번호: 312046-3)의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

References

1. In BC, Kim JG (2008) Effect of precooling and harvesting at different times on respiration, browning and microbial

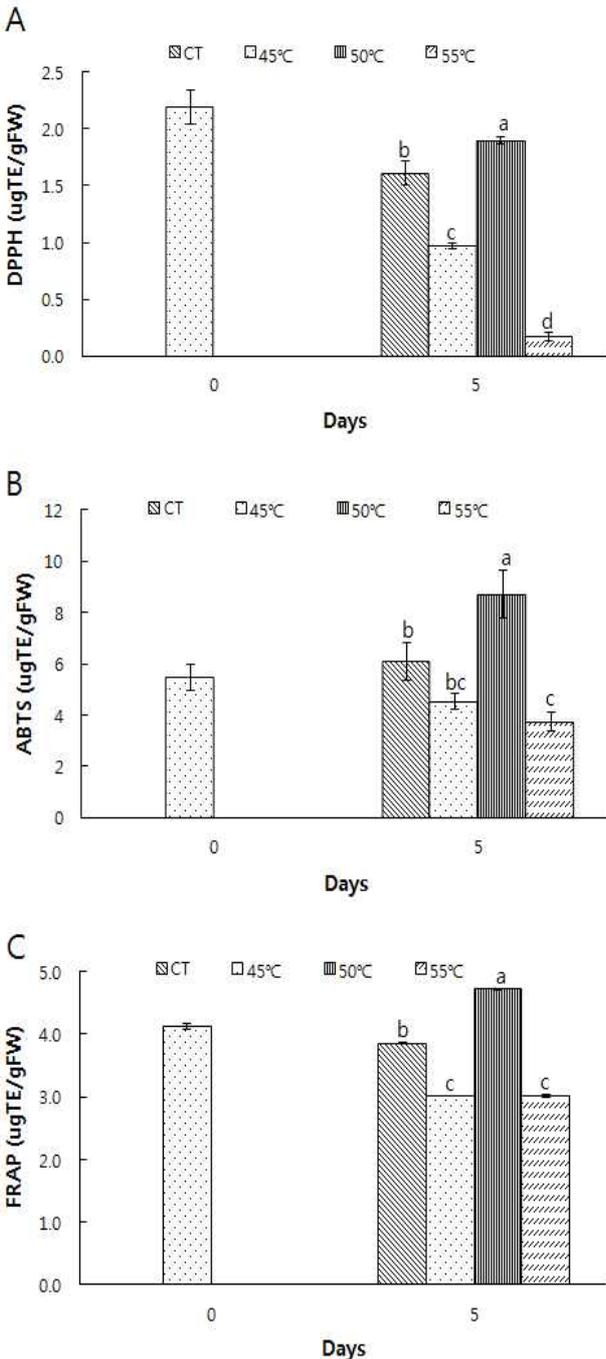


Fig. 5. Effect of heat treatments on the antioxidant activities in fresh-cut ‘Romaine’ lettuce after 5 storage at 5°C.

The vertical bars represent the standard error of measurements (n=3). Means with different letters are significantly different at the 5% level.

- growth of fresh-cut iceberg lettuce. *Korean J Hort Sci Technol*, 26, 258-264
2. Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS (2008) Effect of heat treatment of the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 166-170
 3. Ragaert P, Werbeke W, Devlieghere F, Debevere J (2004) Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Qual Prefer*, 15, 259-270
 4. Chen Z, Zhu C, Zhang Y, Niu D, Du J (2010) Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Postharvest Biol Technol*, 58, 232-238
 5. Rico D, Martin-Diana AB, Barry-Ryan C, Frías JM, Henehan GTM, Barat JM (2008) Optimisation of steamer jet-injection to extend the shelf life of fresh-cut lettuce. *Postharvest Biol Technol*, 48, 431-442
 6. Altunkaya A (2011) Effect of whey protein concentrate on phenolic profile and browning of fresh-cut lettuce (*Lactuca Sativa*). *Food Chem*, 128, 754-760
 7. Song HJ, Kwon OY, Kang BH, Hur SS, Lee DS, Lee SH, Kang IK, Lee JM (2013) Change in quality attributes of fresh-cut potatoes with heat and browning inhibitor treatment during storage. *Korean J Food Preserv*, 20, 386-393
 8. Mirdehghan S, Rahemi M, Serrano M, Guillén F, Martínez-Romero D, Valero D (2006) Prestorage heat treatment to maintain nutritive properties during postharvest cold storage of pomegranate. *J Agric Food Chem*, 54, 8495-8500
 9. Alegria C, Pinheiro J, Duthoit M, Gonçalves EM, Moldã-Martins M, Abreu M (2012) Fresh-cut carrot (cv. Nantes) quality as affected by abiotic stress (heat shock and UV-C irradiation) pre-treatments. *Food Sci Technol*, 48, 137-203
 10. Siddiq M, Roidoung S, Dolan KD (2013) Total phenolics, antioxidant properties and quality of fresh-cut onions (*Allium cepa* L.) treated with mild-heat. *Food Chem*, 136, 803-806
 11. Kaewsuksaeng S, Tatmala N, Srilaong V, Pongprasert N (2015) Postharvest heat treatment delays chlorophyll degradation and maintains quality in Thai lime (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Paan). *Postharvest Biol Technol*, 100, 1-7
 12. Kim YH (2004) Texture changes in some vegetables with heat treatment. MS Thesis, Inje University, Korea, p 22-40
 13. Roura SI, Pereyra L, del Valle CE (2008) Phenylalanine ammonia lyase activity in fresh cut lettuce subjected to the combined action of heat mild shocks and chemical additives. *LWT-Food Sci Technol*, 41, 919-924
 14. Koseki S, Yoshida K, Kamitani Y, Isobe S, Itoh K (2004) Effect of mild heat pre-treatment with alkaline electrolyzed water on the efficacy of acidic electrolyzed water against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on lettuce. *Food Microbiol*, 21, 559-566
 15. Lee JS, Chung DS, Lee JU, Lim BS, Lee YS, Chun C (2007) Effects of cultivars and storage temperatures on shelf-life of leaf lettuces. *Korean J Food Preserv*, 14, 345-350
 16. Choi JH (2013) Commercialization strategies for export markets of fresh-cut baby leaf vegetables. *Food Sci Industry*, 46, 23-29
 17. Jung JY, Shin SH, Choi JH, Jeong MC (2008) Browning and quality changes of fresh-cut iceberg lettuce by gas flushing packagings. *Korean J Sci Technol*, 26, 406-412
 18. Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16, 144-158
 19. Jagota SK, Dani HM (1982) A new colorimetric technique for the estimation of vitamin C using Folin phenol reagent. *Anal Biochem*, 127, 178-182
 20. Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
 21. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 26, 1231-1237
 22. Hayes WA, Mills DS, Neville RF, Kiddie J, Collins LM (2011) Determination of the molar extinction coefficient for the ferric reducing/antioxidant power assay. *Anal Biochem*, 416, 202-5
 23. Kang HK, Yoo YK, Lee SG (2003) Effects of prestorage heat treatment on changes of phenolic compound contents and incidence of skin blackening in 'Niitaka' pear fruits during cold storage. *J Korean Soc Hort Sci*, 44, 197-200
 24. Hwang IG, Kim HY, Kim BR, Han HM, You SM (2013) Effect of heat treatment on the antioxidant properties of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Korean J Food Nutr*, 26, 857-864