

재배과정 중 농약살포 정도가 신선편이 양상추의 품질 및 저장성에 미치는 영향

윤예리¹ · 권기현¹ · 김병삼¹ · 김상희¹ · 노봉수² · 차환수^{1*}

¹한국식품연구원

²서울여자대학교

Effect of Agrichemicals during Cultivation on Quality and Shelf-life of Fresh-cut Lettuce

Aye-Ree Youn¹, Ki-Hyun Kwon¹, Byeong-Sam Kim¹, Sang-Hee Kim¹,
Bong-Soo Noh², and Hwan-Soo Cha^{1*}

¹Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-740, Korea

²Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

Abstract

This study investigated the effect of agrichemicals (A) and low-agr chemicals (LA) during cultivation on the quality characteristics of minimally processed lettuce (*Lactuca sativa* L.) during storage at 4±1°C. After 10 days of storage, the sugar content analysis showed that LA-treated lettuce (4.57°Brix) was higher than A-treated lettuce (3.57°Brix). The major minerals were K, P and Na, and mineral contents were high in A-treated lettuce during 0, 5 and 10 days. However, the sample with LA treatment had higher chlorophyll and vitamin C contents compared with A-treated lettuce. The degree of color was more stable in samples kept at LA treatment than those kept at A treatment. The polyphenol oxidase (PPO) activity of the LA-treated lettuce was 475.90 unit/g, while the A-treated sample had almost 1.5-fold higher activity. The detection of 48 residual pesticides in samples were not detected on storage 0 day.

Key words: fresh-cut lettuce, agrichemicals, quality attributes, shelf-life, storage

서 론

소비자들은 급속한 생활수준의 향상과 경제성장에 따라 식생활에 있어서 열처리 식품보다는 자연식품, 저농약식품, 건강지향의 식품 선호도 향상 및 여러 가지 영양성분 및 기능성성분의 손실이 적은 식품들을 찾고 있으며, 농약 안전성에 많은 관심과 그에 따른 사회적 영향이 큰 실정이다(1-3). 또한 여성들의 사회활동의 증가로 가공된 농산물의 구매를 지향하고, 신선하면서도 자연성분이 그대로 보존된 신선편이 가공 농산물을 선호하는 경향이 증가하고 있다(4). 미국의 예를 보면, 1970년대 초기부터 영양, 건강 그리고 체형 보정 등에 지대한 관심이 집중되기 시작하면서 신선 과채류의 소비가 급증하여 1인당 신선과채류의 소비량은 1978년 대비 1998년에는 15~26% 증가했다(5). 이러한 신선 과채류에 대한 소비증대는 소비자 욕구에 부응하는 제품을 위한 최소 가공기술에 관한 연구도 함께 활성화되어, 많은 제품이 유통되고 있으며 이에 관한 연구도 활발하게 이루어지고 있다(6).

저온성 채소로 고온기를 제외하고는 연중 재배가 가능한 양상추(*Lactuca sativa* L.)는 토양에 대한 적응력도 높아 어

는 토양이든 잘 자라는 편이며, 요즘에는 양상추 특유의 조직감과 향취 때문에 샐러드용으로 많이 이용되면서 수요가 급격히 증가하고 있다(7,8). 소비자들의 육류의 섭취가 증가함에 따라 양상추는 탄수화물, 비타민, 무기질의 공급원으로서 매우 중요한 의미를 가지며, 산중독증을 예방하는 동시에 소화율에 도움을 준다(9). 신선편이 제품은 수확 후 절단, 박피 등의 가공 처리 과정에 의해 효소활성의 변화가 일어나면서 갈변이 발생된다(10). 이러한 갈변 반응은 주로 polyphenol oxidase에 의하여 phenolic 화합물이 산화되어서 생성되어지는 quinone류는 짙은 갈색 또는 적색의 중합물을 만든다(11). 이러한 갈변 반응은 신선편이 양상추 제품에 바람직하지 못한 색깔, 냄새를 지니게 할 뿐만 아니라 영양가를 저하시키는 것으로 알려져 있다. 또한 가공 및 유통과정을 거치면서 병원성 미생물에 대한 오염 가능성이 내재되어지며, 저장 중 품질 변화를 가져온다(12).

이러한 여러 요인에 의한 저장 중 품질저하를 예방하기 위하여 현대농업에서는 작물을 병, 해충, 잡초 등 유해생물로부터 보호하고 농산물의 생산증대를 위하여 농약을 사용하였다. 이것은 가장 중요한 농업자제로 인식되어 왔으며,

*Corresponding author. E-mail: hscha@kfri.re.kr
Phone: 82-31-780-9243, Fax: 82-31-780-9144

인구의 증가에 따른 농산물 수요의 증가로 농약의 생산 및 사용은 해마다 증가하고 있는 실정이다(13). 보통 양상추 재배 농가에서는 정식 후 15일 정도 후에 1차로 살충제와 영양제를, 2차는 정식 후 25일 후 정도에 살충제, 살균제, 영양제를 살포한다. 마지막으로 정식 후 45일 후에 2차시기와 동일한 종류들을 양상추에 3차 살포한다. 그러나 구입 후 특별한 열처리나 조리과정 없이 생식으로 섭취되는 신선편이 농산물의 경우 미생물이나 농약 등의 안전성에 있어 문제가 될 수 있으며, 더 나아가 만약 식품에 이들이 잔존하는 경우 소비자들의 식품위생, 즉 국민보건 상 문제가 되며 인간에 대한 위해성 및 안전성까지도 문제시되어질 수 있다(14).

지금까지 양상추에 관한 연구의 대부분은 저장 중 신선도 연장 효과(12)나 유통 중 품질변화를 최소화하는 연구(15)가 수행되어져 왔으며, 양상추 재배 시 농약처리 정도에 관한 체계적인 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 양상추를 재배 시 수확 1개월 전의 농약 살포 정도가 신선편이 양상추 제품의 저장기간 중 어느 정도의 품질 차이가 있는지에 대하여 조사하여, 보다 효과적인 양상추 최소가공기술 개발의 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 양상추는 2007년 02월 08일에 파종, 2007년 03월 08일에 정식한 경기도 송탄시 진위면 농가에서 생산된 '사쿠라멘트' 품종으로 크기와 모양이 유사하고 결구정도가 비슷한 것만을 선별하여 실험에 사용하였다.

농약처리

농약처리는 1차로 정식 전날인 2007년 03월 07일 오전 11시경에 크로르파리포스(성분명 chlorpyrifos, 사용량 60 g/20 L), 스미렉스(성분명 procymidone, 사용량 40 g/20 L), 더마니(성분명 polyoxin B, 사용량 20 g/20 L), 놀란(성분명 vinclozolin, 사용량 40 g/20 L), 타로닐(성분명 chlorothalonil, 사용량 66 g/20 L)을 트레이육모상태에 농약을 살포하였다. 2차 농약은 정식 후 2007년 04월 18일 오전 11시경에 1차 때와 동일한 종류의 농약을 동일량 살포하였다. 3차 농약은 농약처리 양상추 구의 경우에는 2007년 05월 10일에 오후 5시경에 마지막으로 농약을 살포하였으며, 저농약 양상추 구는 농약을 살포하지 않은 것으로 구분하였다. 수확은 2007년 05월 17일 오전 10시 이전에 하였으며, 수확 후에는 바로 0°C 저온저장고로 옮겼다.

신선편이 가공 및 저장

시료처리는 신선편이 가공업체인 (주)싱싱원에서 현재 유통되고 있는 신선편이 제품 생산과 동일한 방법으로, 양상추의 불가식 부위인 겉잎을 4장정도 제거한 후 남은 잎을 3×4

cm 크기로 절단하였다. 절단한 양상추를 전해수 1 L당 100 g 분량으로 1분간 침지 후 15분간 원심탈수한 후 polypropylene(PP)과 polyethylene terephthalate(PET)의 재질로 되어있는 사각용기(20×15×5 cm)에 담은 후 질소충진 후 4±1°C의 저장고에서 10일간 저장하였다.

pH 및 당도

pH는 양상추 가식부위 50 g과 증류수 50 g을 넣어 10초간 마쇄하여 거르로 여과한 후 pH-meter(AB-15, Fisher Scientific Co., NJ, USA)를 이용하였고, 당도는 굴절 당도계(RP-32, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하여 °Brix로 나타내었다.

표면색

표준백판(L=99.75, a=-0.49, b=1.96)으로 보정된 Chroma meter(CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였다. 시료와 증류수를 1:1 비율로 섞어 10초간 마쇄하여 거르로 여과한 직후 petridish(diameter 20×12 mm)에 담아 Hunter L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값으로 표시하였다(16).

무기질

수분을 완전히 건조시킨 양상추 3 g을 회화용기에 넣고 예비 탄화시킨 후 550°C 전기회화로에서 2시간 동안 가열하였다(17). 여기에 탈이온수 10방울을 넣어 적신 후 묽은 질산 4 mL(D.W : HNO₃=1:1)를 넣어 수분을 제거시키고, hot plate 상에서 여분의 질산을 증발시킨 후 다시 전기회화로에서 1시간 더 가열하였다. 여기에 묽은 염산 10 mL(D.W : HCl=1:1)를 가하여 용해시킨 후, 증류수로 부피를 50 mL로 정용하였다. 이 용액의 무기질 조성을 유도 결합 플라즈마 방출 분광계(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer; JY38 Plus, Jobin Yvon Co., Cedex, France)로 분석하였다. 각 원소의 표준용액의 농도는 0, 1, 10, 50 ppm로 조제하여 4점을 이용한 검량곡선을 작성하여 측정하였다.

Chlorophyll

양상추의 불가식 부위인 외부 겉잎을 제거한 다음 가식부위 중 가장 바깥쪽부분의 잎 10장을 chlorophyll meter (SPAD-502, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 10번 측정 후 평균처리하였다(18).

경도

Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro System Ltd., London, England)를 이용하여 양상추 잎자루 부위를 중심으로 5 cm×5 cm×1.5 cm로 하여 시료 중심부에 압착하여 얻어지는 값을 5회 반복 측정 후 평균치로 나타내었다. 선반 이동속도는 1.0 mm/sec로 고정하였으며, 사용된 probe는 2.0 mm의 stainless steel rod형으로 시료를 관통할 때의 최대치의 값을 g force 단위로 나타내었다.

Vitamin C

양상추 각식부위의 vitamin C의 측정은 AOAC법(19)으로 분석하였다. 시료 1 g에 10% metaphosphate 용액 50 mL를 첨가하고 10분간 shaking한 후 5% metaphosphate 용액으로 100 mL로 정용시키고, 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하였다. 상등액만을 취하여 0.45 µm membrane filter를 통과시키고, 여액 10 µL씩 HPLC에 주입하여 분석하였다. 칼럼은 YMC-Pack Polyamine II column(4.6×250 mm), Mobile phase는 Acetonitrile/50 mM NH₄H₂PO₄(70:30% V/V), Flow rate는 1.0 mL/min, detector는 PDA로 측정하여 UV 254 nm에서 peak area 값을 측정하였다. 측정에 사용한 표준물질인 ascorbic acid는 Sigma사(St. Louis, USA)제품이었다.

Polyphenol phenol oxidase (PPO) 활성

PPO 추출 및 활성 측정은 Monica 등(20)의 방법을 변형하여 사용하였다. 양상추 10 g을 무작위로 채취하여 5%의 polyvinylpyrrolidone이 함유된 50 mM 인산완충용액(pH 7.0) 20 mL를 첨가하여 homogenizer(T18 basic, IKA Works Co., Wilmington, North Carolina, USA)로 균질화하였다. 조효소액은 균질화한 액을 여과하여 10,000 rpm으로 30분간 원심분리 하여 사용하였다. PPO 활성은 조효소액 0.1 mL에 완충액으로 조제한 20 mM L-DOPA 기질 용액 2.9 mL를 가한 다음 400 nm에서 2분간 반응시켰다. PPO 활성은 1분과 2분 사이의 0.001의 흡광도 변화량을 1 unit로 표시하였다.

잔류농약

각 시료에 대한 농약 잔류량 측정은 식품의약품안전청 고시 방법(21)에 준하여 실시하였다. 양상추를 적절한 크기로 세절한 후 분쇄하여, 양상추 20 g을 취하여 브렌더에 넣은 후 아세톤 200 mL를 넣어 고속으로 균질화한 후 여과하였다. 여액을 500 mL의 분액여두로 옮기고, 이에 50% DCM/pet. ether 200 mL과 포화식염수 100 mL을 넣고 진탕하여 농약을 추출하였다. 정제를 위하여 Florisil 카트리지를 컬럼에 hexane 5 mL를 초당 1~2방울 정도의 속도로 유출하여 버리고, 이 카트리지에 20% acetone 함유 hexane 5 mL를 같은 방법으로 유출하여 버렸다. 그 후 시험용액 4 mL를 초당 1~2방울 정도의 속도로 용출시켜 시험관에 받았다. 다시 카트리지에 용매가 젖어있는 상태에서 20% acetone 함유 hexane 5 mL를 용출하여 동일 시험관에 모은 용출액을 40°C 이하의 수욕 상에서 질소로 농축하고, 20% acetone 함유 hexane으로 정용하여 시험용액으로 하였다.

분석기기는 GC-ECD(Agilent 6890 series, Agilent Technologies, CA, USA)를 사용하였으며 칼럼은 DB-5(30 m×0.25 mm×0.25 µm)와 Ultra-1(50 m×0.32 mm×0.52 µm)이었다. 시료의 균질화를 위해 Homogenizer(Nissei Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하였으며, 질소농축기는 N-EVAP

112(Organomation Inc., MA, USA)를 사용하였다. 정제를 위한 고체상 추출을 위해 vacuum manifold(Supelco Inc., PA, USA), Sep-Pak cartridge(Waters, MA, USA)를 사용하였다.

통계처리

모든 시료의 성분 분석은 3회 반복하여 측정된 값을 평균하여 나타내었으며, 구간의 유의성 검정은 SAS(Statistical Analysis System, version 9.1)를 이용하여 Duncan's multiple range test (p<0.05)로 유의성을 검증하였다(22).

결과 및 고찰

pH 및 당도

농약처리 정도에 따른 최소가공 양상추의 pH 및 당도 결과를 Table 1에 나타내었다. 농약처리 한 양상추 초기의 pH는 5.97, 저농약 양상추는 5.99로 농약처리 정도에 따라 pH는 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다(p<0.05). 하지만 저장일이 지날수록 농약처리 정도에 관계없이 양상추의 pH가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(p<0.05). 당도의 경우 저장 초기에는 농약 처리한 것과 저농약처리 양상추가 2.50°Brix으로 동일했으나, 저장기간이 지나면서 전체적으로 양상추의 당도가 유의적으로 증가하였다(p<0.05). 저농약처리 양상추의 경우에는 농약처리 양상추보다 저장기간이 지나면서 유의적으로 당도가 더 크게 증가하였는데, 저농약처리 양상추를 5일간 저장한 것(3.60°Brix)과 농약처리 양상추를 10일간 저장한 것(3.57°Brix)과 비슷한 당도를 나타내었다. 저농약처리 양상추를 10일 저장 후에는 4.57°Brix로

Table 1. Change of pH and sugar content on fresh-cut lettuce by agrichemicals and low-agr chemicals during storage at 4°C

Storage period (day)	Items	
	pH	Sugar content (°Brix)
Agrichemicals ¹⁾		
0	5.97±0.01 ^{d3)}	2.50±0.00 ^d
5	6.11±0.01 ^c	2.99±0.02 ^c
10	6.20±0.01 ^a	3.57±0.06 ^b
Low-agr chemicals ²⁾		
0	5.99±0.01 ^d	2.50±0.00 ^d
5	6.15±0.01 ^b	3.60±0.00 ^b
10	6.19±0.01 ^a	4.57±0.06 ^a

¹⁾Agrichemicals indicate that had sprayed chlorpyrifos (60 g/20 L), procymidone (40 g/20 L), polyoxin B (20 g/20 L), vinclozolin (40 g/20 L), and chlorothalonil (66 g/20 L) at March 07, April 18, and May 10, 2007.

²⁾Low-agr chemicals indicate that had sprayed chlorpyrifos (60 g/20 L), procymidone (40 g/20 L), polyoxin B (20 g/20 L), vinclozolin (40 g/20 L), and chlorothalonil (66 g/20 L) at March 07 and April 18, 2007.

³⁾Different superscriptive letters in a column indicate significant difference among samples at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

가장 높은 당도를 나타내는 특이성을 보였다($p < 0.05$). 일반적으로 채소류의 일반성분은 재배환경 및 시비조건과 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되어져 있다(23). 이러한 원인은 저농약 재배를 한 양상추의 경우 수분증발이 많이 일어나 상대적으로 당도가 증가된 것으로 생각되어지며, 저장 중에도 양상추의 수분증발로 인하여 이와 같은 결과가 나온 것으로 보인다(24). 하지만 정확한 원인은 별도의 연구가 더 필요한 것으로 판단되어진다.

따라서 농약처리 정도가 양상추 저장 시 pH에는 큰 영향을 미치지 않았으나, 당도의 경우에는 저농약 양상추가 저장기간이 지날수록 농약처리 양상추에 비하여 유의적으로 높은 당도를 가지는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

색상

양상추의 외부 색은 외관상의 품질을 판정하는데 중요한 요인 중의 하나이며, 농약처리 정도에 따른 최소가공 양상추의 색도 변화를 색차계를 이용하여 측정 비교한 결과는 Table 2와 같다. 백색도(L값)의 경우 저장 초기의 농약처리

양상추는 58.42, 저농약 양상추는 57.93으로 농약처리 양상추가 전체적으로 더 밝은 빛을 띠었다($p < 0.05$). 저장기간이 지나면서는 농약처리 정도와 관계없이 전체적으로 L값이 점차 낮아지면서 유의적으로 어두운 색으로 변하는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 적색도(a값)는 저장 초기 농약처리와 저농약처리 양상추가 각각 -7.06, -7.59로 저농약 양상추가 초록빛이 더 강하게 나타났다($p < 0.05$). 또한 저장기간이 지남에 따라 저농약처리 양상추의 'a'값이 농약처리 양상추에 비하여 유의적으로 변화량이 적음에 따라 더욱 오랫동안 양상추의 초록빛이 유지되어지는 것으로 유추되어진다($p < 0.05$). 황색도(b값)의 경우에는 저농약처리구가 20.26로 농약을 처리한 실험구(18.18)에 비하여 유의적으로 큰 값을 나타냄으로써 황색빛이 강하였으며, 저장기간이 지남에 따라서도 저농약처리가 지속적으로 황색빛이 더 강하게 유지되는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 이는 농약처리 정도가 양상추의 전체적인 색에도 영향을 미치며, 저장기간 동안에도 지속적으로 저농약처리 양상추가 더욱 초록빛을 많이 유지하는 것으로 나타났다.

무기질 함량

무기질의 기능은 종류에 따라 다양하지만 pH 완충작용과 생리적 조절기능을 수행하는 중요한 영양소라고 할 수 있다(25). 농약처리 정도 차이에 따른 최소가공 양상추의 무기질 함량의 변화를 Table 3에 나타내었다. 나트륨, 칼륨, 칼슘, 인, 마그네슘, 철의 6가지 무기질 함량이 농약처리 양상추는 100 g당 나트륨 22.74 mg, 칼륨 120.82 mg, 칼슘 14.95 mg, 인 23.20 mg, 마그네슘 6.22 mg, 철 0.22 mg 함유되어 있었으며, 저농약처리 양상추는 나트륨 14.14 mg, 칼륨 155.65 mg, 칼슘 17.40 mg, 인 27.16 mg, 마그네슘 9.60 mg, 철 0.34 mg 함유되어 있었다. 이는 나트륨을 제외한 5가지 무기질 함량이 저농약처리 양상추에서 유의적으로 높게 함유되어 있는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 농약처리 정도와 관계없이 전반적으로 양상추에 함유되어 있는 무기질 중에는 칼륨의 함량이 가장 높았는데, 이러한 칼륨은 결핍 시 세포의 기능이

Table 2. Changes of color on fresh-cut lettuce by agrichemicals and low-agrighemicals during storage at 4°C

Storage period (day)	Hunter's color value ³⁾		
	L	a	b
Agrichemicals ¹⁾			
0	58.42±0.04 ^{a4)}	-7.06±0.07 ^b	18.18±0.08 ^a
5	55.34±0.03 ^c	-5.40±0.03 ^d	18.99±0.01 ^b
10	52.88±0.04 ^e	-3.54±0.07 ^e	20.68±0.08 ^c
Low-agrighemicals ²⁾			
0	57.93±0.03 ^b	-7.59±0.06 ^a	20.26±0.11 ^c
5	53.91±0.01 ^d	-6.00±0.01 ^c	21.01±0.08 ^d
10	51.47±0.03 ^f	-5.47±0.06 ^d	21.49±0.11 ^e

^{1,2)}Refer to Table 1.

³⁾L: degree of lightness (white: +100↔0 black), a: degree of redness (red: +100↔-80 green), b: degree of yellowness (yellow: +70↔-80 blue).

⁴⁾Different superscriptive letters in a column indicate significant difference among samples at $p < 0.05$ level by Duncan's multiple range test.

Table 3. The mineral content of fresh-cut lettuce by agrichemicals and low-agrighemicals during storage at 4°C

Items	Storage period (day)			
	0		10	
	Agrichemicals ¹⁾	Low-agrighemicals ²⁾	Agrichemicals	Low-agrighemicals
Na	22.74±0.79 ³⁾⁴⁾	14.14±0.60 ^d	25.47±1.46 ^a	17.21±0.79 ^c
K	120.82±3.56 ^c	155.65±9.85 ^a	141.50±7.56 ^{ab}	129.88±6.30 ^{bc}
Ca	14.95±0.23 ^b	17.40±0.81 ^a	16.08±0.27 ^{ab}	15.28±0.62 ^b
P	23.20±0.22 ^c	27.16±0.54 ^a	24.46±0.42 ^b	22.67±0.07 ^c
Mg	6.22±0.23 ^c	9.60±0.21 ^a	7.62±0.02 ^b	6.30±0.24 ^c
Fe	0.22±0.01 ^c	0.34±0.01 ^a	0.27±0.01 ^b	0.24±0.01 ^c
Total	188.15	224.29	215.40	191.58

^{1,2)}Refer to Table 1.

³⁾Values are expressed as mean and standard deviation of triplicated measurements.

⁴⁾Different superscriptive letters in a row indicate significant difference among samples at $p < 0.05$ level by Duncan's multiple range test.

저하되고 발육부진이 되는 것으로 우리 몸에서 중요한 역할을 하고 있다(26). 그 외 인, 나트륨, 칼슘, 마그네슘, 철 순으로 양상추 100 g당 함유되어 있는 무기질 함량이 높았다. 양상추를 저장을 하지 않았을 때에는 저농약처리를 한 것이 양상추의 무기질 함량이 전체적으로 높은 것을 알 수 있었다. 하지만 이를 10일간 저장하자 농약처리한 양상추는 초기에 비하여 무기질 함량이 나트륨 25.47 mg, 칼륨 141.50 mg, 칼슘 16.08 mg, 인 24.46 mg, 마그네슘 7.62 mg, 철 0.27 mg으로 전체적으로 증가하였다. 반면 저농약처리 양상추는 특히 칼륨의 함량이 129.88 mg으로 크게 감소하였으며, 나트륨 17.21 mg, 칼슘 15.28 mg, 인 22.67 mg, 마그네슘 6.30 mg, 철 0.24 mg의 경우에도 저장 0일보다 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). Kim 등(24)은 일반야채와 유기농야채의 무기질 함량을 비교하였을 때 케일, 신선초, 셀러리의 경우 유기농 재배품이 무기질의 종류에 따라 차이는 있었으나 약 20~70% 높은 함유량을 나타내었다. 상추, 파의 경우에도 일반 재배품과 유기농 재배품 간의 편차가 크지는 않았지만 유기농 재배품이 무기질 함량이 높았던 것으로 밝혀진 바 있다. 이러한 결과는 본 실험에서 사용되어진 저농약 양상추가 저장초기 농약처리 양상추에 비하여 높은 무기질 함량을 보인 것과 유사한 이유라고 유추되어지며, 이는 막연히 저농약 야채가 농약재배 한 것보다 우리 몸에 좋을 것이란 기대를 넘어 좋은 이유가 있음을 확인할 수 있는 결과로 의미를 부여할 수 있다고 판단되어진다.

Vitamin C 함량

노화와 성인병 질환의 주요 원인 중의 하나로 활성산소류(reactive oxygen species)에 의한 산화적 대사 부산물들이 부각되는 가운데, 이들 활성산소류의 제거능을 가진 항산화물질과 이들을 많이 함유하고 있는 식품에 많은 관심이 모아지고 있다(27). 천연항산화물질로 알려져 있는 vitamin C는 채소류에 많이 함유되어 있으며 세균과 바이러스 감염에 의한 질병과 고콜레스테롤 혈증을 예방하며, 최근 건강유지와 비만에 대한 관심이 모아지면서 채소류의 수요와 공급이 확산되고 있다(28). 이러한 양상추의 주요성분이며 기능과 관련이 있는 항산화 활성이 있는 vitamin C 성분이 결구초기 이후 농약처리정도에 영향을 받을 수 있는가를 Fig. 1에 나타내었다. 저장 초기부터 저농약처리 양상추의 100 g당 함유되어 있는 vitamin C 함량이 3.03 mg으로 농약처리 양상추(1.32 mg/100 g)에 비하여 유의적으로 높은 것으로 알 수 있었다($p < 0.05$). 이는 일반배추보다 유기농배추의 vitamin C 함량이 약 2.5배 높게 나타난다고 보고한 Seong 등(23)의 보고와 유사하게 나타나, 저장초기에는 저농약으로 재배한 양상추의 vitamin C 함량이 높다는 것을 뒷받침해 주었다. 또한 저장 5일이 지나서도 저농약처리 양상추가 2.63 mg으로 농약처리 양상추에 비하여 유의적으로 vitamin C 함량이 높았다. 하지만 저장 10일이 되었을 때에는 농약을 처리한 양상추가 저농약처리 양상추에 비하여 0.11 mg 정도 약간

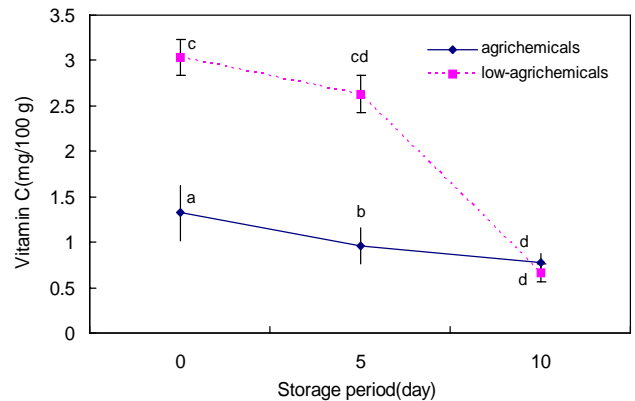


Fig. 1. Changes in vitamin C content of fresh-cut lettuce by agrichemicals and low-agrichemicals during storage at 4°C. ^{a-d}Mean values (3 replication) with the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). Note are the same as in Table 1.

높은 함량을 가지는 경향을 보였으며 유의적인 차이는 없었다. 저장기간이 지남에 따라서는 농약처리 정도와 관계없이 유의적으로 vitamin C 함량이 감소하는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 식품성분표(29)에서 명시되어 있는 양상추의 vitamin C 함량과 Cha 등(30)이 보고한 것과 약간의 차이가 있는 것을 알 수 있는데, 이는 양상추의 수확 계절과 품종간의 차이인 것으로 생각되어진다. 한국인들이 많이 섭취하는 보통의 채소들인 당근(8 mg), 부추(5 mg), 치커리(6 mg), 양파(8 mg), 애호박(8 mg) 등과 비교하면, 양상추의 vitamin C 함량은 낮은 수치이지만, 보통 셀러드로 이용되는 양상추를 다른 채소들과 함께 섭취한다면 무난하리라고 생각되어진다(31).

Chlorophyll 함량

식물에 널리 분포되어 있는 천연 녹색색소인 chlorophyll은 광선이 차단된 상태에서는 유리기 소거제로 작용하여 지방질의 자동산화를 방지하는 생리작용이 규명되어 있다(32,33). 농약처리 정도에 따른 저장기간별 최소가공 양상추

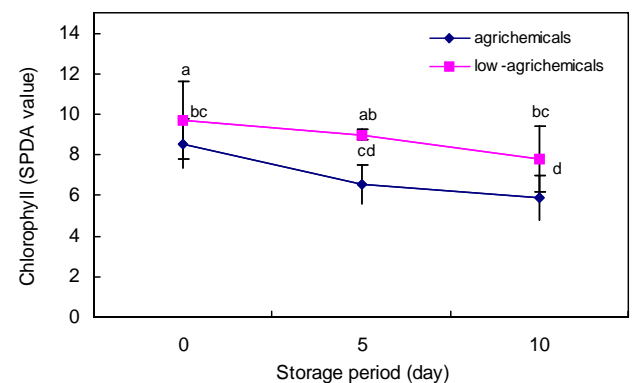


Fig. 2. Changes in chlorophyll contents (SPDA-502 value) of fresh-cut lettuce by agrichemicals and low-agrichemicals during storage at 4°C. ^{a-d}Mean values (3 replication) with the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). Note are the same as in Table 1.

외잎의 chlorophyll 함량 변화를 SPAD값으로 Fig. 2에 나타내었다. 저농약처리 양상추의 chlorophyll 함량이 9.71 value로 농약처리구(8.54 value)에 비하여 유의적으로 높은 함량을 보였다($p < 0.05$). 저장 10일이 지난 후에도 저농약처리구의 경우에는 초기에 비하여 chlorophyll 함량이 19.56%만 감소하였으나, 농약처리구의 경우에는 31.14% 감소하여 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 이 결과는 색상에서 볼 수 있는 것처럼 저농약처리구의 a값이 유의적으로 적은 값을 나타내는 것과 저장할수록 a값이 유의적으로 증가하는 것을 연관지어 볼 때, PPO와 a값은 서로 상관성이 있는 것으로 생각된다. 또한 일반적으로 chlorophyll 함량의 70% 정도가 소실되면 저장 한계점으로 보는데(34), 본 실험에서는 저장기간 중 chlorophyll 함량 변화의 한계점에 도달하지 않은 것으로 나타났다. 또한 일반적으로 양상추에서 chlorophyll이 vitamin C의 생합성 장소이므로 그 함량이 vitamin C 함량과 깊은 관계가 있다는 보고(35)와 일치한다.

경도

최소가공 양상추 중 가장 바깥 잎의 아래 부분을 뚫는데 들어가는 힘이 얼마나 소요되는가에 대하여 texture analyzer로 분석하였다(Fig. 3). 농약처리한 양상추는 저장 초기에 약 1636.48 g 소요되었던 힘이 저농약처리 양상추는 1328.44 g으로 농약처리 양상추의 경도가 저농약처리 양상추에 비하여 유의적으로 단단하다는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 하지만 저장일이 지날수록 두 처리구 모두 양상추를 뚫는데 소요되는 힘은 유의적으로 점차 감소하였다($p < 0.05$). 저장 5일이 지난 후에는 농약처리 양상추의 경도가 1460.04 g으로 저농약 양상추(1283.32 g)에 비하여 유의적으로 강하였지만, 10일이 지난 후에는 농약처리 양상추가 1269.12 g, 저농약 양상추는 1230.14 g으로 두 처리구의 경도에 큰 차이가 없었다.

따라서 저장 초기에는 농약처리한 양상추에 비하여 조직이 덜 단단하였지만, 저장 중에는 조직감의 변화가 적은 저

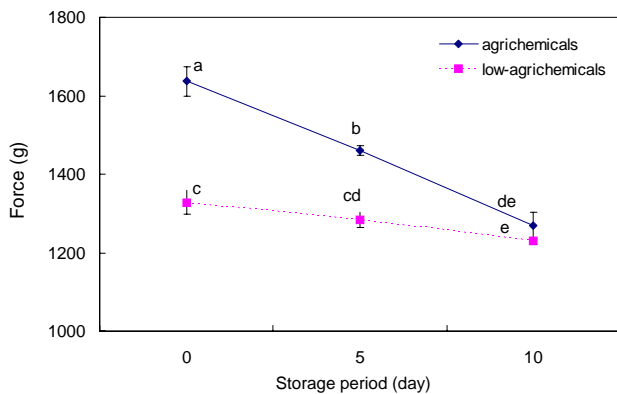


Fig. 3. Changes in hardness of fresh-cut lettuce's outer leaves by agricultural chemicals and low-agricultural chemicals during storage at 4°C. ^{a-e}Mean values (3 replication) with the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). Note are the same as in Table 1.

농약처리 양상추를 이용하여 신선편이 제품을 만든 것이 저장, 유통 과정 중 경도 유지에 더욱 효과적인 것으로 판단되어진다.

PPO 활성

Polyphenol oxidase 활성은 색도와 함께 저장 중 과실, 채소류의 품질변화를 나타내는 중요한 척도로 사용된다(36). 최소가공 양상추의 농약처리 정도가 갈변에 영향을 미치는 polyphenol oxidase(PPO)의 활성을 Fig. 4에 분석하였다. 저장 초기 농약처리한 양상추의 경우에는 638.16 unit/g으로 저농약처리 양상추(475.90 unit/g)에 비하여 PPO 활성이 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 저장기간이 지날수록 농약처리 정도와 관계없이 양상추의 PPO 활성이 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 저장 10일 지났을 때에는 저농약처리 양상추는 594.42 unit/g, 농약처리 양상추는 722.90 unit/g로 농약처리 양상추보다 PPO 활성이 유의적으로 증가하는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 농약처리한 양상추는 722.90 unit/g까지 증가하였지만 저농약처리 양상추는 초기와 동일하게 저장기간이 지나도 농약처리 양상추에 비하여 활성이 적은 폭으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로 저농약처리 양상추가 저장 초기와 저장과정 중에서 모두 PPO 활성도가 가장 낮아서 양상추 갈변 진행도가 농약처리 양상추보다 늦게 진행되었음을 알 수 있었다. 이 결과는 색도에서 볼 수 있는 것처럼 갈변이 진행됨에 따라 a값이 증가하여 PPO와 a값은 서로 상관성을 보였다. 또한 Ryu 등(37)의 보고에 따르면 최소가공 양송이버섯의 갈변현상의 진행과 PPO의 활성과의 연관성을 보여 주었는데, 저장초기의 80 unit/g 정도의 활성을 보였던 것이 저장 15일 후에는 110 unit/g으로 PPO 활성이 증가하였으며, 또한 갈변도도 15.87%에서 23.37%로 증가하여 밀접한 상관관계가 있음을 유추할 수 있었다.

잔류농약

농약처리 정도에 따른 최소가공 양상추의 잔류농약 검출

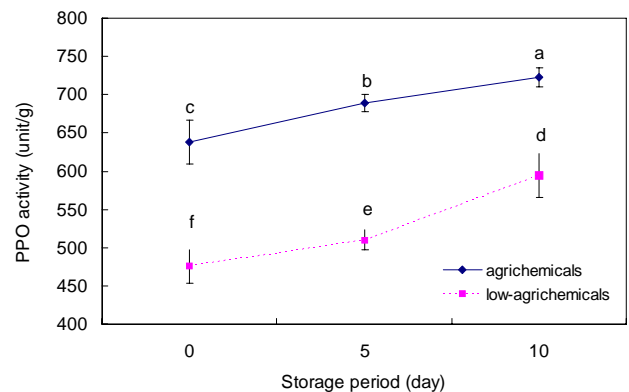


Fig. 4. Changes in PPO activity of fresh-cut lettuce by agricultural chemicals and low-agricultural chemicals during storage at 4°C. ^{a-f}Mean values (3 replication) with the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). Note are the same as in Table 1.

문헌

1. Shewfelt RL. 1987. Quality of minimally processed fruits and vegetables. *J Food Qual* 10: 143-148.
2. Mertens B, Knorr D. 1992. Development of nonthermal processes for food preservation. *Food Technol* 46: 124-133.
3. Manvell C. 1997. Minimal processing of food. *J Food Sci Technol* 11: 107-111.
4. Ahn YS, Shin DH. 1999. Antimicrobial effects of organic acids and ethanol on several food borne microorganisms. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1315-1323.
5. Donard VS. 1995. Marketing lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30: 15-17.
6. Ahvenainen R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Sci Tech* 7: 179-186.
7. Shim ST, Kim KJ, Kyung KH. 1990. Effect of soluble contents of Chinese cabbage on kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 22: 278-284.
8. Ministry of Agriculture and Forestry. 1997. The result production of vegetable. p 19-38.
9. Goddard MS, Mathews RH. 1979. Contribution of fruits and vegetables to human nutrition. *Korean J Soc Hort Sci* 14: 245-247.
10. Vamos-Vigyazo L. 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruit and vegetables. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 15: 49-127.
11. Joslyn MA, Ponting JD. 1955. Enzyme-catalyzed oxidative browning of fruits products. *Adv Food Res* 3: 1-44.
12. Goupy P, Amiot MJ, Richard-forget F, Duprat F, Aubert S, Nicolas J. 1995. Enzymatic browning of model solutions and apple phenolic extracts by apple polyphenoloxidase. *J Food Sci* 60: 497-501.
13. Kim YG, Lim TG, Park SS, Heo NC, Hong SS. 2000. A study on pesticides in commercial fruits & vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 32: 763-771.
14. Hirohiko Y, Hiroshi S, Takaki S, Fumio K, Nobuyoshi M, Shunji H. 1993. Safety assessment for agricultural chemicals: recent progress and prospect. *J Nippon Food Hygien* 34: 95-113.
15. Kim BS, Kim DC, Lee SE, Nahm GB, Jeong JW. 1995. Freshness prolongation of crisphead lettuce by vacuum cooling and cold-chain system. *Korean J Food Sci Technol* 27: 546-554.
16. Hutchings JS. 1994. Instrumental specification. In *Food Colour and Appearance*. Blackie Academic & Professional, Bedford, UK. p 217-223.
17. AOAC. 1993. *Methods of Analysis for Nutrition Labeling*. Sullivan DM, Carpenter DE, eds. Arlington, VA, USA.
18. Pan GK, Kab YL, Sea HK, Sang SH. 1999. Foliar characteristics and photosynthetic efficiency of three species of schisandraceae trees distributed in Korea. *Korean J Agric Forest Mete* 1: 90-96.
19. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. The Association of Official Analytical Chemistry, Washington DC, USA.
20. Monica I, Liliana A, Erica S, Edgar U, Valerio B. 2003. Effect of immersion solutions on shelf-life of minimally processed lettuce. *Lebensm-Wiss u-Technol* 36: 591-599.
21. The Korea Food & Drug Safety Administration. 1998. The rapid identification and quantification of pesticides. Korea.
22. SAS. 2000. *SAS/STAT User's Guide*. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
23. Seong JH, Park SG, Park EM, Kim HS, Kim DS, Chung HS. 2006. Contents of chemical constituents in organic Korean cabbages. *Korean J Food Preserv* 13: 655-660.
24. Kim HY, Lee KB, Lim HY. 2004. Contents of minerals and vitamins in organic vegetables. *Korean J Food Preserv* 11: 424-429.
25. Choi MY. 2004. Analysis of manganese contents in 30 Korean common foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1408-1413.
26. Hwang JB, Yang MO, Shin HK. 1997. Survey for approximate composition and mineral content of medicinal herbs. *Korean J Food Sci Technol* 29: 671-679.
27. Wiseman H. 1996. Dietary influences on membrane function: important in protection against oxidative damage and disease. *J Nutr Biochem* 7: 2-6.
28. 양한철. 1996. 식품 신소재학. 한림원, 서울. p 258-266.
29. Food Composition Table. 1996. National rural resources development institute, R.D.A p 116-117.
30. Cha HS, Youn AR, Kim SH, Kwon KH, Kim BS. 2007. Comparison of lettuce and analysis of hazard management at different season. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 932-937.
31. Food Composition Table. 2006. National rural resources development institute, R.D.A p 114-153.
32. Tanielian C, Wolff C. 1988. Mechanism of physical quenching of singlet molecular oxygen by chlorophylls and related compounds by biological interest. *Photochem Photobiol* 48: 277-280.
33. Endo Y, Usuki R, Kaneda T. 1985. Antioxidant effects of chlorophyll and phophytin on the antioxidation action of chlorophyll. *J Am Oil Chem Soc* 62: 1376-1390.
34. Jung JW, Kim BS, Kim OW, Nahmgung B, Park KJ. 1995. Changes in quality of lettuce during storage by immersion-type hydrocooling. *Korean J Food Sci Technol* 27: 537-545.
35. Park KW, Kim MZ. 1985. Influence of cultivar and storage period on the quality of Chinese cabbage. *J Korean Soc Hort Sci* 26: 299-303.
36. Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lerici CR. 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends Food Sci Technol* 11: 340-346.
37. Ryu JM, Park YJ, Choi SY, Hwang TY, Oh DH, Moon KD. 2003. Browning inhibition and quality characteristics of minimally processed mushroom (*Agaricus bisporus* Sing) using extracts from natural materials during storage. *Korean J Food Preserv* 10: 11-15.
38. Lee SR. 1982. Overall assessment of organochlorine insecticide residues in Korean foods. *Korean J Food Sci Technol* 14: 82-92.
39. Kim YG, Lim TG, Park SS, Heo NC, Hong SS. 2000. A study on residual pesticides in commercial fruits & vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 32: 763-771.
40. Elkins ER, Davis DR. 1989. Reduction of ethylenethiourea residues in canned spinach. *HortScience* 24: 990-992.

(2008년 10월 2일 접수; 2009년 1월 12일 채택)