

수확시기가 신선편이 결구상추의 품질 및 미생물수에 미치는 영향

인병천 · 김지강 · Hataitip Nimikeatkai · 이정수*
농진청 국립원예특작과학원

Effects of Harvest Seasons on Quality and Microbial Population of Fresh-cut Iceberg Lettuce

Byung-Chun In, Ji-Gang kim, Hataitip Nimikeatkai, and Jung-Soo Lee*
National Institute of Horticultural & Herbal Science RDA, Suwon 440-706, Korea

Abstract. This study was conducted to investigate the effect of harvest seasons on quality and microbial population at different steps of production chain of fresh-cut iceberg lettuce. Iceberg lettuces harvested in May, June, July, October, and December were processed following industrial practices, and stored at 5°C for 9 days. For microbial measurement, samples were taken from each of the following steps: harvest, transport, pretreatment, cutting, 1st-washing, 2nd-washing, and day 3, 6, and 9 of storage. Iceberg lettuce cultivated in protect house and harvested in May and October showed higher CO₂ levels in the packages and electrolyte leakages than lettuce harvested in June, July and December. Microbial population of raw materials harvested in July was highest (6.76 log), and microbial growth rate during storage was highest in samples harvested in May. Lettuce harvested in June had better quality and microbial safety compared to other lettuces. Although lettuce harvested in October and December had less microbial population in either raw materials or processed products, those samples had inferior quality due to off-odor development and severe browning. Therefore, it is required to maintain quality and ensure microbial safety to distribute fresh-cut lettuce with high quality and safety throughout the year.

Key words : browning, fresh-cut lettuce, harvest season, microbial contamination

서 론

최근 채소 수요에 있어서 편리성이 중요시되면서, 절단 및 살균소독 세척되어 바로 이용할 수 있는 신선편이(fresh-cut) 채소에 대한 수요가 크게 증가하고 있다(Kim, 2007). 그러나 신선편이 채소는 품질이 쉽게 변하고 미생물이 증식되기 쉬워 일반 채소류보다 유통기간이 짧다. 결구상추는 신선편이 채소원료로 가장 많이 이용되지만, 가공 후 호흡 증가, 에틸렌 발생, 페놀 등의 2차 대사물의 생성으로 인하여 유통 기간 중의 품질 변화가 빠르다(Yang과 Pratt, 1978; Saltveit, 2000; Cantwell과 Suslow, 2002). 신선편이 결구상추의 품질 유지를 위해서는 좋은 원료확보와 수확 후

최적 조건에서 가공이 필요한데, 신선편이 채소류의 품질은 유전적 요인(품종), 수확 전 요인과 수확 후 처리 조건 등에 영향을 받는다(Chesa 등, 2003; Lopez-Galvez 등, 1997). 특히 수확 전 환경 요인은 수확 후에도 영향을 주는데, 신선편이 결구상추는 수확 전 요인 호흡률에 가장 크게 영향을 주어 수확 후 품질이 달라진다는 보고가 있다(Chesa 등, 2003). 신선편이 제품에 있어서 미생물 오염은 품질변화와 상품성을 결정하는 중요한 요인으로써(Lee 등, 2009) 이에 영향을 미치는 요인은 많지만, 그 중 수확 전 요인에 따른 연구가 필요하다. Kim(2007)은 수확 시 환경, 즉 수확 시기에 따라 결구상추는 신선편이로 가공 후 저장유통기간 동안 품질 유지기간의 차이가 있을 뿐만 아니라 미생물 수에도 영향을 미친다고 보고 하였다.

신선편이 채소류의 미생물 오염은 원재료에서부터 유통되는 균과 가공 중에 이차적으로 오염되는 균으로

*Corresponding author: ljs808@rda.go.kr
Received July 29, 2010; Revised November 19, 2010;
Accepted November 30, 2010

분류되는데, 원재료에서부터 오염되는 균이 품질에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있다(Kim, 2007). 이러한 품질에 미치는 미생물의 오염은 품종에 따라 영향을 미칠 수도 있겠으나, 재배시기 또는 수확시기와 같은 생육조건에 따라 달라질 수 있을 것이다. 결국상추는 주년 재배가 이루어지지만 생산 시기에 따라 생산되는 품종과 재배지역이 다르다(RDA, 2003). 따라서 수확 전 요인에 따른 차이로 인해 품질유지와 미생물 관리 방법을 달리 적용할 필요가 있다. 그러나 국내의 신선편이 결구상추는 수확 시기별 품종 차이나 생산환경에 따른 품질이나 미생물 안전에 대한 연구가 많지 않은 실정이다.

본 연구에서는 시기별로 수확되는 결구상추를 신선편이 채소로 가공 후 저장하면서 품질과 미생물수 변화를 측정하여 수확 시기, 품종과 같은 수확 전 요인이 수확 후에 미치는 영향을 분석하여, 국내 신선편이 결구상추의 품질에 미치는 기초적 자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

결구상추(*Lactuca sativa* L.)를 수확시기에 따라 재배 방법 및 지역을 달리하며 시료를 채취하여 조사하였다. 수확시기에 따라 5월부터 12월까지 5회에 걸쳐 시료를 채취하여 조사하였는데, 결구상추는 수확 시기에 따라 품종 및 재배형태가 다르며, 재배지역도 Table 1과 같이 중부에서 고랭지, 남부지역으로 이동하는 것으로 나타났다. 본 실험에 이용한 품종은 ‘Fresh World’(평택, 하우스재배, 노지재배), ‘U-lake’(평창, 노지재배), ‘Imperial’(예산, 하우스재배), ‘Sacramento’(의령, 하우스재배)를 사용하였다. 실험에 사용된 결구

Table 1. Harvest dates, varieties, cultivation areas, and cultivation types of iceberg lettuce used for the experiment in 2007.

Date harvested	Variety	Cultivation area	Cultivation type
May 14	Fresh World	Pyeongtaek	Protect house
June 6	Fresh World	Pyeongtaek	Field
July 23	U-lake	Pyeongchang	Field
October 27	Imperial	Yesan	Protect house
December 11	Sacramento	Uiryong	Protect house

상추는 각각 산지에서 오전 중에 수확되었으며, 수확과 동시에 외엽 2~3매를 제거한 후 각각 골판지 상자(55cm × 31cm × 30cm)와 아이스박스에 2단으로 12포기씩 적재하여 실험실이 있는 수원으로 상온 수송하였다. 운송된 결구상추는 저온저장고(5°C)에 보관하여, 다음날 오전에 신선편이 채소로 가공하여 사용 하였다.

2. 신선편이 가공

결구상추는 관행적인 방법(절단 - 1차 세척 - 2차 세척 - 3차 세척 - 탈수 - 포장)에 따라 신선편이 채소로 가공하였고, 원료 및 각 가공단계별로 채취한 시료에서 미생물수를 조사하였다. 가공과정은 먼저, 결구상추의 외부 잎과 심을 제거한 후 스테인리스 칼을 이용하여 3cm × 3cm의 크기로 절단하였으며, 절단된 결구상추를 3회[1차: 수돗물, 2차: 염소수 100ppm(pH 6.5), 3차: 수돗물]에 걸쳐서 각 90초씩 세척한 다음 2분간 원심분리형 탈수기(SW-650IT, Hanil, Korea)로 표면의 수분을 제거하였다. 그리고 절단, 탈수된 결구상추 150 ± 2를 80µm Ny/PE 필름(18 × 20cm)에 포장하여 비닐 접착기(AZS450-10, Intrise, Korea)로 밀봉한 뒤 저온저장(5°C) 하였다. 저장 3, 6, 9일째에 신선편이 결구상추의 총균수 및 품질을 조사하였으며, 이 때 샘플은 랜덤으로 선택되었고, 각 처리 별 5반복으로 측정하였다.

3. 기체조성, 색도, 전기전도도(EC)

저장 중 포장대 내의 O₂ 및 CO₂는 필름표면에 부착한 septum을 통해 가스분석기(Checkmate 9900, PBI Dansensor Co., Denmark)에 연결된 syringe를 삽입하여 측정하였다. 그리고 색도의 변화는 각 포장백의 투명한 양쪽 면을 통하여 결구상추의 중륜(midrib)에 색차계(CR-300, Minolta Corp., Japan)로 측정하여, 명도(L*) 값을 사용하였다. 또한 전기전도도(EC; electrical conductivity)는 시료 50g을 증류수 500mL에 20분간 침지한 후 EC측정기(Orion 4 STAR, Themor Electron CO., USA)로 측정하였다.

4. 총균수

총균수 측정을 위해 가공전의 시료는 외엽 3매를 제거한 다음 잎을 샘플로 수집하였고, 절단 결구상추에서 랜덤으로 샘플을 수집하였다. 샘플 20g이 들어있는

수확시기가 신선편이 결구상추의 품질 및 미생물수에 미치는 영향

멸균백에 멸균 펩톤수(0.1%; pH 7.4) 180mL를 가하여 균질화(Lab Stomacher 400, Seward Medical, UK; 260rpm/1분)한 다음 여과한 용액을 멸균 펩톤수에 희석하여 샘플을 준비하였다. 샘플 1mL를 건조필름배지(Aerobic Count Plates, 3M, USA)에 접종하여 35°C에서 48시간 배양한 다음 자동균수 측정기(Petrifilm Plate Reader, 3M, USA)로 총균수를 측정하였다.

5. 재배환경 데이터

결구상추를 수확한 6, 7, 10, 12월의 각 재배포장에 데이터 로거를 설치하여 수확 전 7일간의 기온 및 상대습도(RH; relative humidity)를 10분 간격으로 측정하였다. 포화수증기압낙차(VPD; vapor pressure deficit)는 측정된 기온과 상대습도로부터 계산되었다. 기온, 상대습도 및 VPD의 7일간의 일평균 최고치, 최저치, 그리고 평균치를 구하여, 각 환경요인과 수확 후 시료의 총균수와와의 관계를 통계프로그램 SPSS(ver. 13.0, SPSS Inc., USA)를 사용하여 주성분분석(PCA)하였다.

결과 및 고찰

1. 결구상추의 재배환경

결구상추 수확 전 7일간의 기온, VPD(포화수증기압낙차) 및 상대습도는 수확시기에 따라 환경의 변화가 크게 나타났다(Fig. 1). 수확시 재배시기에 따른 온도 변화는 최저 5°C(12월)에서 최고 40°C(7월)의 변화를 보였으며, 상대습도는 20%에서 100%까지 보였고, VPD는 수확시 재배환경은 6월에는 고온과 낮은 상대습도로 인해 높은 VPD 조건이 되어 건조한 생육환경이었던 반면에, 10월에는 저온과 높은 상대습도로 인해 낮은 VPD 조건으로 습한 재배조건인 것으로 나타났다. 수확전 요인에 따른 호흡 차이에 대하여 Lee 등(2009)은 재배적인 차이가 조직 형태 변화에 영향을 주어 수확후 호흡과 같은 대사 작용의 차이를 가져올 수 있다고 하였다. 결구상추에서도 수확시기, 재배지, 품종 등 수확전 요인의 차이로 인해 호흡 차이가 생겨 가스조성의 변화에 영향을 미친 것으로 보인다. 5월에 환경요인은 측정하지 못하였으나, 기상관측자료(KMA, 2007)에 따르면 강수량이 많고 기온이 높아서, 하우스 내의 재배환경이 높은 습도를 유지 하였을 것

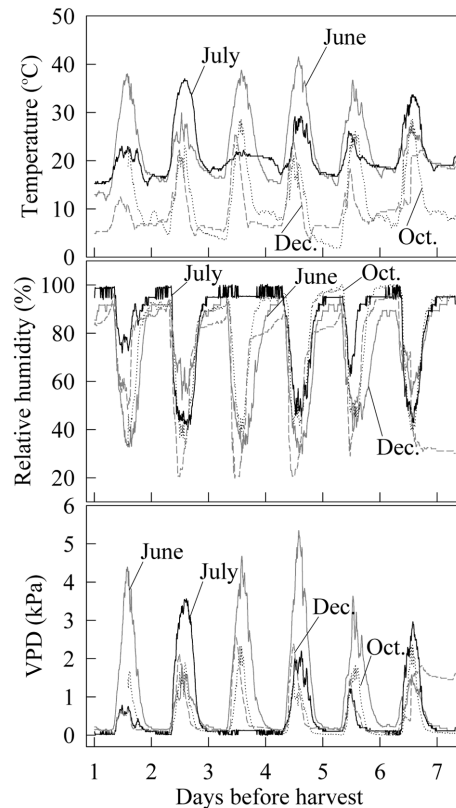


Fig. 1. Changes in temperature, relative humidity, and vapor pressure of the iceberg lettuce fields harvested in June, July, October, and December.

으로 추정된다. 이러한 환경조건은 낮은 VPD 환경을 만들 것으로 보인다. 낮은 VPD 환경은 고습도 조건으로 결구상추의 수분 제어 능력과 함께 광합성률을 감소시켜, 수확 후 품질에 영향을 미칠 수 있을 것으로 본다. 화훼류에서는 낮은 VPD와 높은 습도 조건은 기공 개폐의 불량으로 인한 수분 상태의 악화와 품질감소가 보고 되었으나(In 등, 2006; Mortensen, 2000; Torre와 Fjeld, 2001), 결구상추에서는 이에 대한 연구 결과가 미비하다. 앞으로도 재배환경에 따른 수확후 품질에 미치는 영향을 구명하고자 재배환경과 결구상추의 생리적 변화에 다변량 분석을 통한 상관관계의 규명이 필요할 것으로 생각된다.

2. 신선편이 결구상추 포장백의 기체조성

포장대 내 신선편이 결구상추의 가스조성 변화는 수확시기에 따라 달라졌다. 저장 기간 중 호흡량 차이에

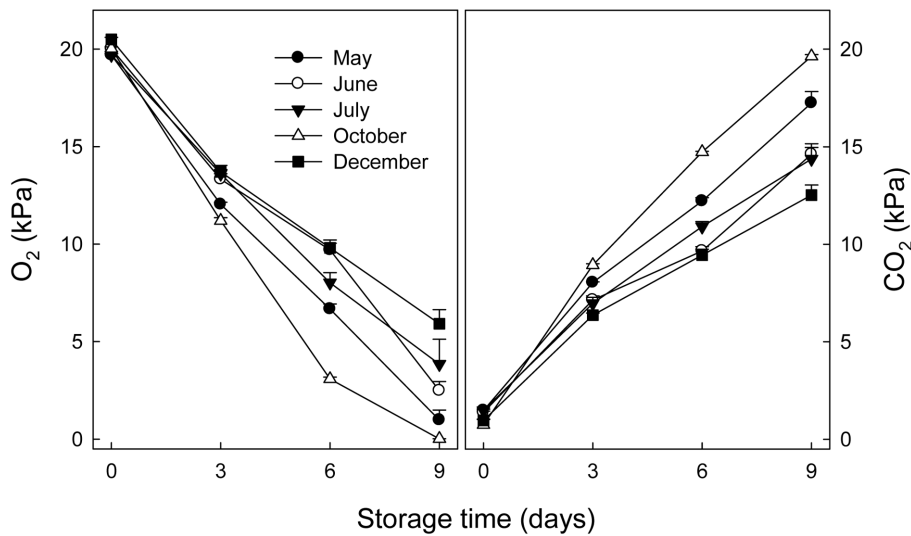


Fig. 2. Effect of harvest seasons on O₂ consumption and CO₂ production in packaged fresh-cut iceberg lettuce stored at 5°C for 9 days. Vertical bars indicate standard error (*n* = 5).

다른 신선편이 결구상추 저장기간 중 포장백 내의 가스 조성은 O₂는 감소하고 CO₂는 증가하였으며, 수확 시기에 따라서는 6, 7, 12월에 비하여 5, 10월의 시료에서 O₂가 보다 빠르게 감소하고 CO₂는 높게 나타났다(Fig. 2). 신선편이 결구상추의 적정 MA조건은 O₂ 1~3%, CO₂ 10~15%로 알려져 있는데(Kim 등, 2005), 본 실험에서 사용된 80 μ m Ny/PE 포장필름에서는 적정 MA 평형 기체조성이 나타나지 않았으며, 5, 10월에 수확된 결구상추에서는 지나치게 O₂ 농도가 낮고, CO₂ 농도가 높아 호흡이 많았던 것으로 여겨졌다.

호흡은 세포내의 전분, 당 및 유기산 등을 호흡기 질로 소모할 뿐만 아니라, 호흡열을 발생시키기 때문에 저장 중 원예산물의 품질에 크게 영향을 미친다(Rhodes, 1980; Wills 등, 2007). 또한 식물은 수확 및 절단 후에도 호흡작용을 유지하기 때문에 호흡속도에 의하여 잠재적인 저장기간 또는 품질유지기간이 평가되기도 한다. 신선편이 결구상추는 절단에 따른 상처호흡의 영향으로 저장초기에 포장백 내의 CO₂가 빠르게 증가하였다. 다른 수확기에 비하여 봄/가을(5, 10월)의 시료에서 CO₂ 증가가 빠르게 나타났다. 이는 이 시기에 하우스에서 재배될 경우 상대습도가 높고, 온도도 비교적 높은 조건이므로, 수확 시 상처에 대한 결구상추의 민감도가 높아지기 때문일 것으로 생각된다.

3. 신선편이 결구상추의 전기 전도도(EC)

신선편이 결구상추의 EC는 모든 재배시기에서 가공 후 급격히 감소된 뒤 유지되거나 완만하게 증가하였다(Fig. 3). 신선편이 가공 직후(저장 0일째)의 EC는 6, 7, 12월에 수확한 시료에서는 15 μ S/cm 미만이었으나, 5, 10월의 시료는 28 μ S/cm 이상으로 현저하게 높았다. 저장 3일 이후의 EC는 6, 7, 12월의 시료에서 10 μ S/cm 이하로 낮았던 반면에 5, 10월의 시료에서는 시간의 경과와 함께 다시 크게 증가하였으며, 특히 10월

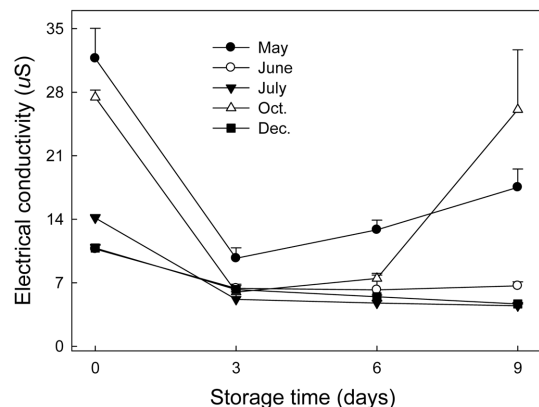


Fig. 3. Effect of harvest seasons on electrical conductivity of packaged fresh-cut iceberg lettuce stored at 5°C for 9 days. Vertical bars indicate standard error (*n* = 5).

수확시기가 신선편이 결구상추의 품질 및 미생물수에 미치는 영향

시료에서 저장 중의 CO₂ 및 EC의 증가 속도가 가장 빠른 것으로 나타났다. 이러한 결과는 신선편이 결구상추의 호흡에 영향을 미쳤을 것이며, 절단 직후의 EC가 5, 10월의 시료에서 크게 증가된 결과와 관련이 있을 것으로 생각된다.

신선편이 결구상추의 가공직후에 조직의 전해질 누출이 크게 증가되는 것은 절단에 따른 산화적 스트레스에 의한 막유동성(membrane fluidity)의 변화 때문인 것으로 알려져 있다(Hong과 Gross, 1998). 저장 초기에는 결구상추 조직 자체의 항상성(homeostasis) 유지 기작에 의하여 전해질이 절단세포에서 대사활성 세포로 유입되면서 누출량이 감소하였을 것이다(Kim 등, 2005; Luo 등, 2004). 그러나 저장기간이 경과할수록 조직의 노화가 진행되면서 세포막이 붕괴되어 다시 전해질의 누출이 증가하였다. 본 결과에서 여름/겨울(6, 7월 및 12월)에 수확된 결구상추는 가공 후에도 CO₂ 증가율과 EC가 높지 않았는데, 이것은 상처에 대한 결구상추의 민감도가 낮기 때문일 것으로 생각된다. 그러나, 현재로서는 그 근본적인 원인에 대해서는 명확하게 알려져 있지 않으며, 단지 고습도 조건에 따른 세포의 비대화나 조직의 연약함 등과의 관련성이 추측된다.

4. 신선편이 결구상추의 색

절단된 표피조직에서의 갈변은 신선편이 결구상추의 품질을 판단하는 지표로서(Saltveit, 2000; Wills 등, 2008), 색차계에 의한 명도(L*) 값의 측정이 갈변을 평가하는 가장 보편적인 방법으로 사용되고 있다(Castañer 등, 1999). 신선편이 결구상추 저장 중 L* 값은 6월과 7월 시료에서 저장 9일까지 62 이상으로 유지되었고, 12월 시료에서는 저장 6일 이후에 62 이하로 감소하였으며, 5월 및 10월 시료에서는 62이하로 감소되는 시점이 저장 6일 이내로 나타났다(Fig. 4). 수확기중에서 가장 높은 L*값을 나타낸 것은 6월 시료로서 저장 9일까지 64 이상을 유지한 것으로 나타났다. 저장 중 L*값으로 판단한 신선편이 결구상추의 색택은 5, 10월 시료의 경우 가공 후 6일 이내에 상품성을 상실하는 수준으로 감소되었으나 이는 일반적인 갈변에 의한 감소라기 보다는 포장 내부의 매우 낮은 O₂ 및 높은 CO₂ 축적에 의해 발생하는 장애(1)에 의한 것으로 여겨졌다. 한편, 6월과 12월 시료는

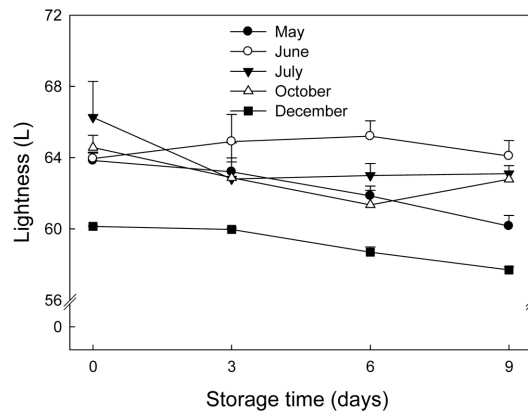


Fig. 4. Effect of harvest seasons on L* value of packaged fresh-cut iceberg lettuce stored at 5°C for 9 days. Vertical bars indicate standard error (n = 5).

각각 저장 9일과 6일 이상에서 비교적 오랜 기간 동안 변색이 나타나지 않았다.

절단한 신선편이 상추에서 갈변은 페놀(phenol) 물질이 polyphenol oxidase(PPO)에 의해 산화하면서 나타나는데 이 때 포장백 내부의 O₂ 농도가 크게 영향을 미치는데(Lopez-Galvez 등, 1996), 상추 원료의 재배과정 중 질소질 비료의 사용량 및 생육기간 등 재배환경 또한 큰 영향을 미치고(Kim, 2007; Jackson 등, 1995), 본 실험에서 6월과 12월의 시료는 포장백 내부의 O₂ 농도가 비교적 높은 편으로 갈변이 쉽게 발생할 수 있는 환경이었으나 L*값이 높게 유지된 것은 원료의 재배환경이 영향을 미친 것으로 판단되었으며, 이에 대한 재배적 원인 구명이 보다 필요할 것으로 여겨졌다.

5. 수확시기 및 가공단계별 총균수

결구상추가 신선편이 가공을 위해 수송된 다음 가공 과정에서 총균수는 대부분의 시료에서 절단직후에 가장 높아졌고, 2차 세척한 다음에는 가장 낮아져 수확 당시의 원료 보다 총균수가 1~2 log 이상 감소하였으며, 가공 후 저장기간 중에는 총균수가 증가하는 양상을 나타내었다(Fig. 5). 신선편이 원료 상태에서 수확 시기에 따른 결구상추의 총균수는 하우스 재배한 10월에서 2.0 log로 가장 낮았고, 노지에서 재배한 7월에 6.8 log로 가장 높게 나타나 재배환경 및 수확시기에 따라 차이가 크게 나타났다. 그리고 가공단계에서는 하

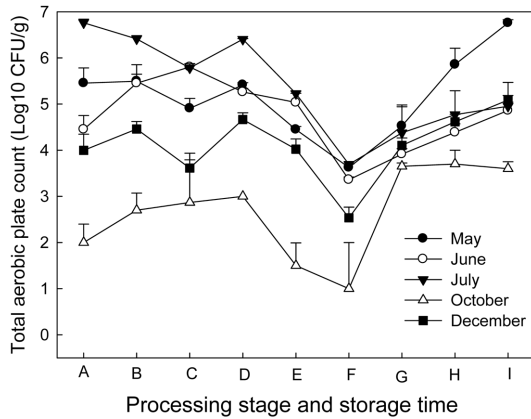


Fig. 5. Changes in total aerobic plate count on fresh-cut iceberg lettuce during processing and storage time at 5°C in different harvest seasons; A = harvest, B = transportation of raw material, C = before processing, D = cutting, E = 1st-washing, F = 2nd-washing, G = 3 days storage, H = 6 days storage, I = 9 days storage. Vertical bars indicate standard error ($n = 5$).

우스에서 재배한 10월, 12월 시료에서 총균수가 전체적으로 낮아 2차 살균소독세척 후에는 일본에서 신선편이 생산자들이 목표로 하는 총균수 10^3 CFU/g(1) 미만을 나타내었다. 일반적으로 신선편이 가공 단계에서 살균소독 세척 후에 총균수가 가장 낮게 나타나다가 출하 단계에서부터 증가하는데(Allende 등, 2004) 본 실험에서도 저장기간 중 총균수가 증가하여 저장 9일째 5월 시료를 사용한 신선편이 결국상추는 6.75 log 까지 증가하였다. 결국상추 수확 후 미생물 오염도는 7월 시료에서 가장 높았고, 저장 기간 중 총균수 증가는 5월 시료에서 가장 높게 나타났으며, 10월 및 12월의 시료에서는 총균수가 적게 나타났다. 이는 결국상추가 노지보다 하우스 재배에서 미생물 오염이 적었고, 상대적으로 생육기간중의 온도가 낮은 환경에서 미생물 오염도가 적었던 것이 신선편이 가공 후에도 영향을 주었을 것으로 여겨졌다.

6. 재배환경요인과 총균수

결구상추의 수확 전 환경 요인과 수확 후 총균수의 관계를 PCA로 분석하였다(Table 2). 제1주성분(PC1)과 제2주성분(PC2)의 기여율은 53.14%와 38.53%였고, 축적 기여율은 91.68%였다. 제1주성분의 고유벡터는 수확 후 미생물수(0.268)가 높은 정의 값이었고, 환경

Table 2. Results of principal component analysis obtained from environmental parameters and microbial numbers after harvest. Environmental parameters are averages of daily values for 7 days before harvest.

Principal components	PC 1	PC 2
Eigen value	5.314	3.853
Percent	53.14%	38.53%
Cumulative percent	53.14%	91.68%
Eigen vectors		
Average temperature	0.433	0.044
Maximum temperature	0.421	-0.055
Minimum temperature	0.418	0.121
Average RH	0.180	0.426
Maximum RH	0.101	0.491
Minimum RH	0.324	0.299
Average VPD	0.313	-0.351
Maximum VPD	0.270	-0.384
Minimum VPD	0.263	-0.402
Number of microbe after harvest	0.268	0.184

요인에서는 평균온도(0.433), 최고온도(0.421), 최저온도(0.418)가 높은 정의 값을 보였다. 제2주성분의 고유벡터는 수확 후 미생물수가 낮은 정의 값(0.184)이었고, 환경요인인 최고 높은 상대습도(0.491)와 평균 상대습도(0.426)가 높은 정의 값을 나타내었다. 따라서 제1주성분(기온)과 제2주성분(상대습도)의 주성분 득점(score)과 수확 후 시료의 미생물수의 관계를 그래프화

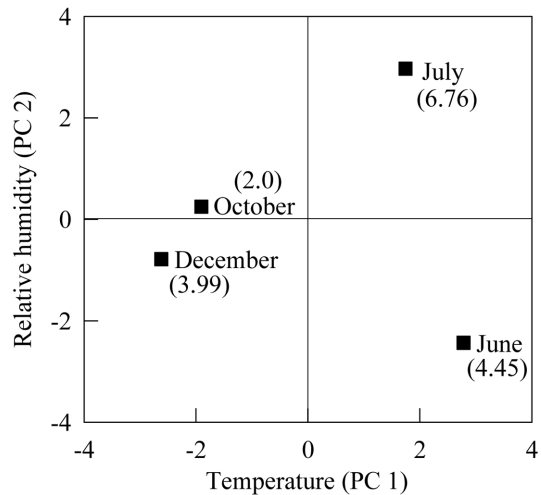


Fig. 6. Results obtained by principal component analysis related to PC1 and PC2 for the variance of harvest seasons. Scores are represented by square. The numbers in parenthesis indicates microbial population (log₁₀ CFU/g) of raw materials at harvest stage.

하여 Fig. 6에 나타내었다. 주성분분석 결과 수확 직후의 신선편이 원료 총균수는 높은 온도 및 상대습도 환경(7월)에서 가장 높았고, 고온이지만 상대습도가 낮은 경우(6월)에는 낮았으며, 저온 및 중간의 상대습도(10, 12월)에서는 4 log 이하로 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이는 신선편이 결구상추의 안전성 향상을 위해서는 온도가 높아지는 여름철의 미생물 제어기술을 강화할 필요성을 뒷받침해주는 것이다. 10월 원료에서 12월 원료보다도 총균수가 현저하게 낮았던 것은 타 처리의 연구결과들과 고려할 때 일반적인 양상은 아닌 것으로 보이며, 재배지역의 청결관리가 영향을 미친 것으로 생각된다.

수확시기에 따라 다른 품종 및 재배환경에서 수확한 결구상추로 신선편이 가공하여 5°C에서 9일간 저장한 결과, 미생물 오염 수준은 영국, 아일랜드, 홍콩 등의 신선편이 농산물 총균수 권장 기준(1)과 비교할 경우 연중 모두 허용 범위(< 10⁷CFU/g) 이내인 것으로 나타났다. 그러나 가공과정 중 2차 살균소독세척 후에 총균수가 10³CFU/g 이상을 나타낸 것도 있어 재배환경 및 수확시기에 따라 미생물 제어가 더욱 요구되는 시료가 있었다. 따라서 연중 안전성이 확보되고 고품질의 신선편이 결구상추 제품을 유통시키기 위해서는 수확시기별로 적절한 미생물제어 및 품질유지 기술의 적용이 요구되며, 수확시기별로 차등화한 유통기간 규격 설정이 필요한 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 수확시기와 같은 수확 전 요인이 수확 후 신선편이 결구상추의 품질과 미생물 수에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다. 신선편이 가공업체에서 사용하는 결구상추를 5, 6, 7, 10, 12월에 수확하여 관행적인 방법으로 가공한 뒤 필름에 포장하고 5°C에서 9일 동안 저장하면서 품질 조사를 하였다. 미생물 측정을 위한 샘플은 각 단계별(수확, 수송, 가공 전, 절단, 1차-세척, 2차-세척, 저장 후 3, 6, 9일)로 수집되었다. 실험 결과 하우스에서 재배되어 5, 10월에 수확된 결구상추는 신선편이 가공 후 포장백 내부의 O₂ 농도가 낮고 CO₂는 매우 높았으며, 제품의 전해질 누출이 높게 나타났다. 반면 노지에서 재배된 6, 7월 수확 및 겨울철 하우스재배인 12월에 수확한 원료

는 비교적 낮은 CO₂, 전해질 누출 및 갈변을 나타내었다. 원료상태의 미생물수는 7월(6.76 log)에 가장 높았고, 신선편이 가공 후 저장중의 미생물 증식은 5월 시료에서 가장 높게 나타났다. 이상의 결과로부터 신선편이 결구상추를 고온, 저습조건에서 노지에서 재배되어 6월 상순에 수확한 원료를 사용한 경우 품질과 미생물적 안전성이 모두 우수하였다. 반면, 하우스에서 재배되어 10월에 수확한 결구상추를 원료로 사용한 경우 가공 전과 후의 미생물적 안전성은 모두 우수하였으나, 이취가 빨리 발생하여 품질특성이 나쁘게 나타났다. 따라서 연중 고품질의 신선편이 결구상추 생산을 위해서는 품질과 안전성을 동시에 제어하고 원료의 환경에 따른 품질유지 기간을 달리 설정할 필요가 있는 것으로 생각된다.

주제어 : 갈변, 신선편이 결구상추, 수확시기, 미생물 증식

인 용 문 헌

- Allende, A., E. Aguayo, and F. Artés. 2004. Microbial and sensory quality of commercial fresh processed red lettuce throughout the production chain and shelf life. *Int. J. Food* 109:117.
- Cantwell, M.I. and T.V. Suslow. 2002. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In *Postharvest technology of horticultural crops*, Kader, A.A. (ed.), University of California Agriculture and Natural Resources Publication 3311, CA, USA.
- Castañer, M., M.I. Gil, M. Victoria Ruíz, and F. Artés. 1999. Browning susceptibility of minimally processed baby and romaine lettuces. *Eur. Food Res. Technol.* 209:52-56.
- Chesa, A., D. Frezza, A. Frasnica, G. Trincherio, and S. Moccia. 2003. Pre-harvest factors and fresh-cut vegetables quality. *Acta Hort.* 604:153-159.
- Jackson, L., K. Mayberry, F. Laemmlen, S. Koike, K. Schulbach, and W. Chaney. 1995. Iceberg lettuce production in California. p. 1-4. In *Vegetable production series*, Univ. of California.
- Hong, J.H. and K.C. Gross. 1998. Surface sterilization of whole tomato fruit with sodium hypochlorite influence subsequent postharvest behavior of fresh-cut slices. *Postharvest Biol. Tec.* 13:51-58.
- In, B.C., K. Sato, K. Ito, K. Inamoto, M. Doi, and G. Mori. 2006. Influences of preharvest relative humidity on yield, vase life and transpiration of cut roses. *Environ. Control Biol.* 44:257-263.

8. Kim, J.G. 2007. Fresh-cut produce industry and quality management. Semyung Publication, Suwon, Korea.
9. Kim, J.G., Y. Luo, R.A. Saftner, and K.C. Gross. 2005. Delayed modified atmosphere packaging of fresh-cut romaine lettuce: Effects on quality maintenance and shelf-life. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130:116-123.
10. Korea Meteorological Administration (KMA). 2007. Climate Observation Data. KMA, Seoul, Korea.
11. Lee, H.E., J.S. Lee, J.W. Choi, D.H. Pae, and K.R. Do. 2009. Effect of mechanical stress on postharvest quality of baby leaf vegetables. *Kor. J. Food Preserv.* 16:699-704.
12. Lee, J.S., J.G. Kim, and S. Park. 2009. Effects of chlorine wash on the quality and microbial population of 'Tah Tasai' Chinese cabbage microgreen. *Kor. J. Hort. Sci.* 27:625-630.
13. Lopez-Galvez, G., G. Peiser, X. Nie, and M. Cantwell. 1997. Quality changes in packaged salad products during storage. *Zeitschrift Lebensmittel-Untersuchung Forschung* 205:64-72.
14. Lopez-Galvez, G., M. Saltveit, and M. Cantwell. 1996. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types. *Postharvest Biol. Technol.* 8:179-190.
15. Luo, Y., J.L. McEvoy, M.R. Wachtel, J.G. Kim, and Y. Huang. 2004. Package atmosphere affects postharvest biology and quality of fresh-cut cilantro leaves. *HortSci.* 39:567-570.
16. Mortensen, L.M. 2000. Effects of air humidity on growth, flowering, keeping quality and water relations of four short-day greenhouse species. *Sci. Hortic.* 86: 299-310.
17. Rhodes, M.J.C. 1980. Respiration and senescence of plant organs. In: *The biochemistry of plants*, Stumph, P.K. and Conn, E.E. (ed.), Academic Press, NY, USA, pp. 419-462.
18. Rural Development administration (RDA). 2003. Standard farming manual for western vegetables. RDA, Suwon, Korea.
19. Saltveit, M.E. 2000. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biol. Tec.* 21:61-69.
20. Torre, S. and T. Fjeld. 2001. Water loss and postharvest characteristics of cut roses grown at high or moderate relative air humidity. *Sci. Hortic.* 89:217.
21. Wills, R.B.H., P. Pristijono, and J.B. Golding. 2008. Browning on the surface of cut lettuce slices inhibited by short term exposure to nitric dioxide (NO). *Food Chem.* 107:1387-1392.
22. Wills, R.B.H., W.B. McGlasson, D. Graham, and D.C. Joyce. 2007. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. UNSW Press, Sydney, Australia.
23. Yang, S.F. and H.K. Pratt. 1978. The physiology of ethylene in wounded plant tissues. In: *Biochemistry of wounded tissues*, Kahl, G. (ed.), Walter de Gruyter & Co., Berlin, German, pp. 595-622.