KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 43, No. 4, pp. 495~503 (2011)

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

©The Korean Society of Food Science and Technology

냉장 저장 중 신선편이 농산물의 품질특성 변화

손시혜 · 김수진 · 김기창[1] · 김행란[1] · 윤기선*
경희대학교 식품영양학과, [1]국립농업과학원 농식품 자원부

Changes in Quality Characteristics of Fresh-cut Produce during Refrigerated Storage

Shih-Hui Sun, Su-Jin Kim, Gi-Chang Kim[1], Haeng-Ran Kim[1], and Ki-Sun Yoon*
Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University
[1]*Department of Agro-food Resources, RDA*

Abstract We evaluated the quality characteristics of fresh-cut produce (potato, sweet potato, carrot, radish, zucchini, cucumber, and green bell pepper) washed with sodium hypochlorite, which were vacuum packaged, and stored at 4 and 10°C. The L-values of the fresh-cut potato and sweet potato decreased during storage. Lower PPO activities of potato and sweet potato were observed at 4°C than those at 10°C and development of potato and sweet potato browning was delayed at 4°C. Total aerobic count and coliform increased continuously at 10°C during storage. Diced zucchini and shredded sweet potato had the greatest reduction in hardness among the fresh-cut produce during storage. Differences in the rate of quality change were observed according to the kinds and cut types of produce. Thus, a quality maintenance period for each type of fresh-cut produce must be determined, which will lead to the safe use of fresh cut produce in foodservice establishments.

Keywords: fresh-cut produce, quality characteristics, refrigeration storage, quality maintenance period

서 론

최근 급속한 산업사회의 발전과 더불어 국민 소득의 증가, 경제 성장률의 향상, 독신가구 및 여성들의 사회활동의 증가로 외식 시장이 발달하였고 가정에서도 신선하면서도 자연성분이 그대로 보존되는 편리성, 신선함과 영양적 가치가 부여된 신선편이 농산물의 수요가 점차 증가되고 있는 실정이다(1). 신선편이 농산물은 '신선한 상태로 다듬거나 절단되어 세척과정을 거친 과일, 채소, 나물, 버섯류로 본래의 식품적 특성을 갖고 있으며 위생적으로 포장되어 있어 편리하게 이용할 수 있는 농산물'로 정의되고 있다(2). 즉, 원물 수확 후 절단, 세척, 포장이라는 세 가지 처리과정을 위생적으로 거친 가공된 식재료로 단체급식에서는 인력과 조리시간 절감, 교차오염 방지 등으로 사용이 증가되고 있다(3).

국내의 신선편이 농산물 시장은 1990년대 중반에 본격적으로 도입되어, 2000년 이후 패스트푸드 및 외식 산업의 성장과 학교 등의 단체급식 시장이 커지면서 크게 성장하였고, 2000년대부터는 소매 시장이 커지면서 어린잎 채소, 포장된 샐러드 및 신선편이 과일류의 수요가 급성장 하였다(4). 그러나 신선편이 농산물은 원형 농산물과는 달리 필연적으로 절단, 박피, 세척 등의 가공공정을 거치면서 물리적인 손상에 의한 품질변화를 초래하여 식품으로서 상품적 가치가 떨어지게 된다(5). 특히 과육의 공기 중 노출과 조직손상에 기인된 효소적 갈변과 조직이 연화되며, 에틸렌 및 호흡량이 급증하는 생리적인 변화로 유통기간이 비교적 짧은 편이다(6).

현재 국내의 신선편이 농산물은 여러 가지 형태가 유통되고 있으며 절임 배추와 마늘 다지기를 시작으로 박피, 절단, 세척, 소포장하여 유통하는 형태로 박피마늘, 박피양파, 쌈채소류, 박피더덕, 절단대파, 세척무, 혼합된 샐러드 등 종류가 다양하다(7). 신선편이 농산물의 용도는 조리용과 샐러드용 등으로 나눌 수 있으며 그 중 80%가 조리 용도로서 요구되며(8), 조리용 신선편이 농산물은 양파, 감자, 당근, 호박, 도라지 등이 여러 절단 형태로 상품화되고 있다. 또한 외식 및 학교급식을 포함 급식업체에서도 감자, 당근과 같은 구근류와 호박, 오이 등의 과채류의 사용 요구도가 높은 것으로 조사되었다(9). 그러나 신선편이 농산물은 가공 및 유통과정을 거치면서 병원성 미생물에 대한 오염 가능성이 있다(10,11). 특히 급식업체에서 사용하는 신선편이 농산물은 급식소로 운반되는 과정에서 일정시간이 소요되므로 이에 따른 품질저하와 안전성 문제가 식중독 사고로 이어질 수 있어 전처리 식재료의 품질 보존 및 안전성을 확보할 수 있는 방안이 필요하다. 또한 신선편이 농산물은 신선하지 않고 비위생적이라는 소비자의 인식이 신선편이 농산물을 구매하는데 걸림돌로 작용하고 있다(12). 따라서 안전한 신선편이 농산물을 생산해내기 위해서는 가공 단계뿐 만 아니라 원료의 수확에서부터 유통과정에서의 안전성 확보가 매우 중요한 실정이다. 그러나 현재까지 국내에서 보고된 신선편이 농산물의 품질특성 변화에 관한 연구는 감자와 고구마를 열처리 또는 천연물질과 갈변저해제 등을 첨가하여 품질저해 효과를 본 연구(13-15), 오존수 및 염소수 세척에 따른 신선편이 당근의 저장 중 품질변화를 조사하여 세척 효과

*Corresponding author: Ki-Sun Yoon, Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea
Tel: 82-2-961-0264
Fax: 82-2-961-0261
E-mail: ksyoon@khu.ac.kr
Received February 24, 2011; revised April 28, 2011; accepted May 4, 2011

를 비교한 연구(16), 절단방법에 따른 신선편이 단호박의 품질특성을 조사한 연구(17) 등으로 매우 제한적이다.

따라서 본 연구에서는 급식, 외식업체에서 사용 요구도가 높은 조리용 신선편이 농산물로 사각 썰기와 채썰기 형태로 절단된 감자, 고구마, 당근, 무, 호박, 오이, 피망을 냉장유통 보관 시 발생할 수 있는 품질변화를 조사하여 품목 및 온도에 따라 품질 유지기간을 설정하고 신선편이 농산물의 안전한 사용 확대 가능성을 높이고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구의 조사대상 식재료는 학교급식 식재료 공급체계 개발 및 지원방안(9) 자료를 참고하여 외식 및 급식에서 사용 요구도가 높은 식재료인 구근류(감자, 무, 당근, 고구마)와 과채류(호박, 오이, 피망)를 선정하였다. 실험에 사용된 감자, 무, 당근, 고구마, 호박, 오이, 피망은 마트에서 당일 입고된 신선한 국내산 농산물을 구입하여 상처가 나지 않고 외관이 깨끗하고 색이 선명하며 크기와 모양이 균일한 것을 선별하여 사용하였다.

시료 준비 및 전처리

7가지 각 품목별로 크기가 일정하고 고른 것을 선별한 후 신선편이 가공업체에서 실행하고 있는 전처리 공정(Fig. 1)을 참고하여 품목의 특성에 따라 전처리를 하였다. 1차 세척은 외부 이물질을 제거하는 애벌세척으로 3분간 침지(100 rpm)하였고, 2차 세척은 살균세척으로 학교급식 위생관리 지침서(18)에 따라 염소계 살균제인 100 ppm sodium hypochlorite (Doctorchlo Q, Hansonhigen, Asan, Korea, pH 6.5-7.0)에 5분간 침지(100 rpm)하였다. 염소계 살균제의 pH는 초산을 이용하여 6.5-7.0으로 보정하였다.

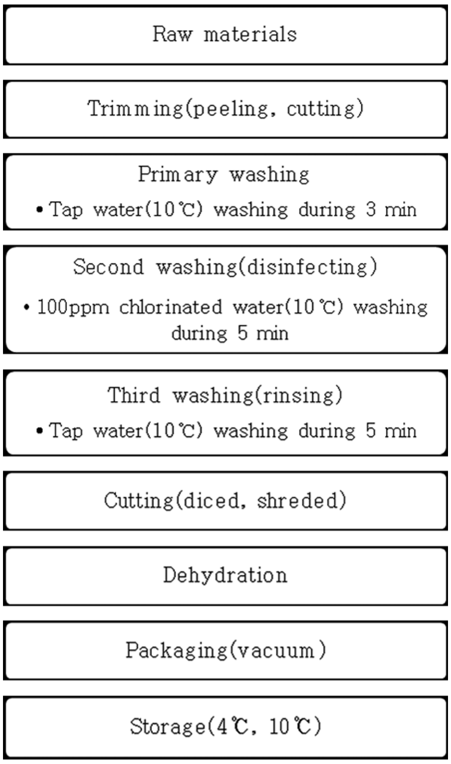

Fig. 1. Flow diagram of pre-processing for fresh-cut produce.

마지막 3차 세척은 헹굼세척으로 냉각수에 5분간 침지시켜 염소 냄새를 제거하였다. 모든 세척과정은 선도유지를 위하여 10°C.의 냉각수를 사용하였고, 시료와 냉각수의 비율은 1:10으로 하였다. 전처리를 마친 각각의 식재료는 70% alcohol로 소독한 야채 절단기(H.M.V-200, Hwa Jin Precision Co., Guri, Korea)를 이용하여 사각썰기(2.0×2.0×1.0 cm)와 채썰기(0.45×0.45 cm) 형태로 절단하였다. 소독된 채반에 받쳐 10분간 자연탈수 한 후, PE(polyethylene) 소재의 앞면은 엠보 필름(100 μm), 뒷면은 평필름(75 μm)으로 이루어진 진공포장지(가로 20×세로 15 cm)에 봉지 당 25±10 g의 농산물을 넣은 후, 진공포장(IS-100, Zeropack, Ansan, Korea)하여 저장하였다. 저장온도는 FDA의 Food Code(19)에서 권장하고 있는 냉장 보관 온도로 4-7°C를 참고하여 권장 최저온도인 4°C와 국내 식품공전(20)에서 냉장식품의 보관온도로 권장하는 온도인 0-10°C를 참고하여 최고 온도인 10°C로 설정하였다. 저장기간은 절단 세척된 식재료의 품목에 따라 품질이 변화되는 시점을 파악하고 품질을 유지할 수 있는 기간을 알아보고자 실시한 예비실험과 선행연구(17,21,22)를 참고하여 5일에서 최대 12일 동안 실험을 실시하였다.

수분함량 및 pH 측정

pH는 시료 30 g과 증류수 30 g을 넣어 30초간 마쇄하여 4겹의 거즈로 여과한 후에 pH-meter(IQ 240, IQ Scientific Instruments, Inc., West Palm Beach, FL, USA)를 이용하여 측정하였으며, 시료의 수분 활성도는 약 1g의 시료를 water activity meter(AquaLab Lite, Inc., Pullman, WA, USA)를 이용하여 측정하였으며, 수분함량은 상압 가열 건조법에 의하여 3 g의 시료(A)를 취하여 105°C의 건조기(drying oven)에서 항량이 될 때까지 수분을 제거한 후 칭량(B)하여 수분함량((B/A)×100)으로 산출하였다(20).

색도

저장 중 시료의 색도 측정은 표준백판(L=93.89, a=−1.26, b=1.73)으로 보정된 색차계(Color JC 801, Color Techno System. Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 절단된 시료의 표면을 측정하고 그 결과를 각각 Hunter's value인 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도 (yellowness, b) 값으로 나타내었다. 갈변정도는 초기의 L값에서 측정시의 L값의 차이로 ΔL값($\Delta L=L_{initial}-L_{test}$)으로 나타내었다(23). 또한 저장기간 중 변화된 색의 값은 저장 초기의 값을 기준으로 색차($\Delta E=(\Delta L^2+\Delta a^2+\Delta b^2)^{0.5}$)로도 나타내었다. 백화지수(white index, WI)의 측정은 Bolin와 Huxsoll(24)의 방법에 따라 L, a, b 값을 다음과 같이 변환하여 나타내었다.

$$WI=100-[(100-L)^2+a^2+b^2]^{0.5}$$

경도

냉장 저장 중에 시료의 물러짐의 정도를 측정하기 위하여 경도(hardness)는 Texture Analyzer(TA-XT Express, Stable Micro Systems, Surrey, UK)를 이용하여 측정하였다. 각 시료당 5개의 샘플을 취하여 측정하였으며 경도는 최대 peak 값을 g force 단위로 나타내었다. 측정조건은 다음의 Table 1과 같다.

Polyphenol oxidase(PPO) 활성도

감자와 고구마의 PPO 활성은 Dörnenburg와 Knorr(25)와 Hwang 등(26)의 방법을 참고하였다. 감자와 고구마 10 g을 동량의 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0)를 가하여 마쇄하여 원심분리(15,000 g, 10 min)한 상등 액을 조효소 액으로 사용하였다. 조효

Table 1. The operating conditions of texture analyzer for hardness measurement

Items	Conditions
Sample height	1.0 cm (dice), 0.45 cm (julienne)
Sample width	2.0 cm (dice), 5.0 cm (julienne)
Test type	Hardness
Adaptor type	Knife
Adaptor area	7 cm
Test speed	1.0 (mm/s)
Load cell	5 kg

소 추출 액 0.2 mL를 완충액으로 조제한 0.2 M catechol 용액 2.8 mL와 혼합하고 25°C 조건에서 총 180초간 ELISA reader(BIO-TEK Instrument Power Wave XS, Winooski, VT, USA)를 이용하여 420 nm에서의 흡광도 변화를 조사하였다. 효소 활성 1unit은 효소 추출액의 1분당 0.001의 흡광도의 변화로 나타내었다(27)

미생물 분석

각각의 시료에 대하여 저장기간에 따른 일반세균, 대장균, 대장균군 균수분석은 식품공전(20)에 따라 실험하였다. 일반 세균수는 시료 일정량(25 g)을 멸균 용기에 취하여 9배 양의 0.1% peptone water를 가하여 stomacher를 이용하여 2분간 균질화 시킨 후, 각각의 시험용액 1 m를 10배 희석법에 따라 희석하였다. 단계별 희석액 1 mL씩을 멸균된 petri dish에 무균적으로 분주하고, 약 45-50°C로 유지한 PCA(Plate count agar, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA) 약 15 mL를 무균적으로 가하여 검액과 배지를 잘 혼합하여 응고시킨다. 응고시킨 petri dish를 36±1°C에서 24-48시간 배양하고 30-300개의 집락을 생성한 평판을 선택하여 colony forming unit(CFU/g)으로 표시하였다. 대장균수와 대장균군수는 시험용액 1 mL와 각 10배 단계 희석액 1 mL을 *E. coli*/Coliform Count plate Petrifilm™(3M, St. Paul, MN, USA)에 접종한 후 36±1°C에서 24-48시간 배양한 후 생성된 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성한 집락은 대장균군수로 계산하고 생성된 푸른 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 집락은 대장균수로 계산하여 그 평균집락수에 희석배수를 곱하여 산출하였다.

통계처리

각 분석에 대한 실험은 3회 반복하여 그 평균값을 SAS(Statistical Analysis System, 9.1 ver.) program을 이용하여 분산분석법(ANOVA)과 t-test를 이용하여 유의성을 검증하였다. 또한 분산분석 결과 유의성이 있는 경우 $p<0.05$ 수준에서 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiful range test)을 이용해 사후 검증하였다. PPO의 활성과 L값의 상관관계는 피어슨 상관계수로 분석하였다.

결과 및 고찰

신선편이 농산물 중 근채류와 과채류의 냉장 저장 중 품질특성 변화

수분함량

세척 절단된 7가지 농산물 중 오이, 호박, 무를 10°C에 저장하면서 나타나는 수분함량의 변화는 Table 2와 같다. 세척 절단된 오이, 호박, 무를 4°C에 저장할 경우 3가지 농산물의 수분함량 모두 저장기간 동안 거의 변화가 나타나지 않았다. 반면 10°C에 저장한 세척 절단된 오이의 수분함량은 저장 초기 96.5%를 함유하였으나 저장 3일째부터 95.6%로 감소하여 저장기간에 따라 유의적인 감소를 보였고, 세척 절단된 호박도 10°C에서 저장 0일에 95.2%의 수분함량을 나타내었으나 저장 5일째에는 94.4%로 저장기간 동안 유의적으로 감소하였다. Ha 등(28)에 의하면 저장기간이 길어짐에 따라 호흡작용에 의해 수분함량이 감소하는 경향을 나타낸다고 보고하였고, 원예 작물은 온도가 높을수록 호흡속도가 증가한다는 보고를(29) 고려할 때 본 연구에서는 호흡률은 측정하지 않았으나 저장 온도가 수분함량에 영향을 주었을 것이라고 사료된다. 한편 신선편이 농산물 중 오이, 호박, 무를 제외한 나머지 농산물인 감자, 고구마, 피망, 당근은 온도에 상관없이 저장기간 동안 수분함량에 있어서 유의적 차이를 보이지 않았다. 또한 4°C에 저장한 경우 모든 품목에서 수분의 손실 없이 저장기간 동안 수분을 보유할 수 있었다. 따라서 절단된 신선편이 농산물을 4°C에 저장하는 동안 수분을 보유함으로써 수분 손실에 따라 절단된 신선편이 농산물 표면이 건조되는 품질의 변화를 최소화 할 수 있었다.

Table 2. Moisture content of fresh-cut cucumber and zucchini during storage at 10°C

Storage (day)	Moisture (%)	
	Cucumber	Zucchini
0	96.53±0.05[a1)]	95.21±0.14[a]
1	96.07±0.33[ab]	
2	96.07±0.24[ab]	95.16±0.24[a]
3	95.59±0.47[bc]	
4	95.34±0.29[c]	95.10±0.06[a]
5		94.43±0.23[b]
6		94.47±0.27[b]

[1)]Mean±SD (n=3).
[2)]Means within a column with different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ level

색도

신선편이 농산물에서 변색은 매우 중요한 품질변화 요인으로 특히 표면 갈변은 매우 중요한 품질 지표로 작용하여 품질의 상품성을 좌우한다. 신선편이 농산물 중 감자와 고구마는 가공과정에서의 박피 또는 절단으로 쉽게 갈변이 발생하여 상품성을 잃어버리는 대표적인 농산물(15)로 본 연구에서는 L값과 갈변도를 나타내는 ΔL값으로 갈변도를 평가하였다. 신선편이 당근의 경우 유통 중에 표면에 나타나는 백화현상으로 인하여 쉽게 품질 저하를 보이는데 이는 표면이 마쇄되어 노출된 세포벽이 건조되어 흔히 생기는 결함으로 본 연구에서는 L값과 L, a, b값을 모두 활용하는 백화지수로 변환하여 평가하였다. 또한 신선편이 무는 저장기간이 지남에 따라 무의 표면이 노랗게 되면서 명도가 떨어져 L값의 변화로 품질을 평가하고, 과채류인 오이, 호박, 피망은 저장기간이 오래될수록 황화나 녹변과 같은 색도 변화가 심화되므로(30) 저장기간에 따라 b값의 변화로 품질을 평가하였다.

Fig. 2는 세척 절단된 감자, 고구마, 당근, 무에 대하여 4°C와 10°C에서 저장하는 동안 일어나는 색변화를 L값을 나타낸 것이다. 세척 절단된 감자와 고구마의 L값은 4°C와 10°C 모두 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였고($p<0.05$), 특히 감자의 경우 10°C에서 저장 시 초기 66.09에서 저장 3일째에는 62.77로 지속적인 감소를 보여 저장기간이 지남에 따라 심한 갈변 현상이 나타났다. 또한 세척 절단된 고구마에서도 4°C와는 달리 10°C에서 저장 4일째 색차의 변화량이 가장 컸고 유의적인 감소를 보였다

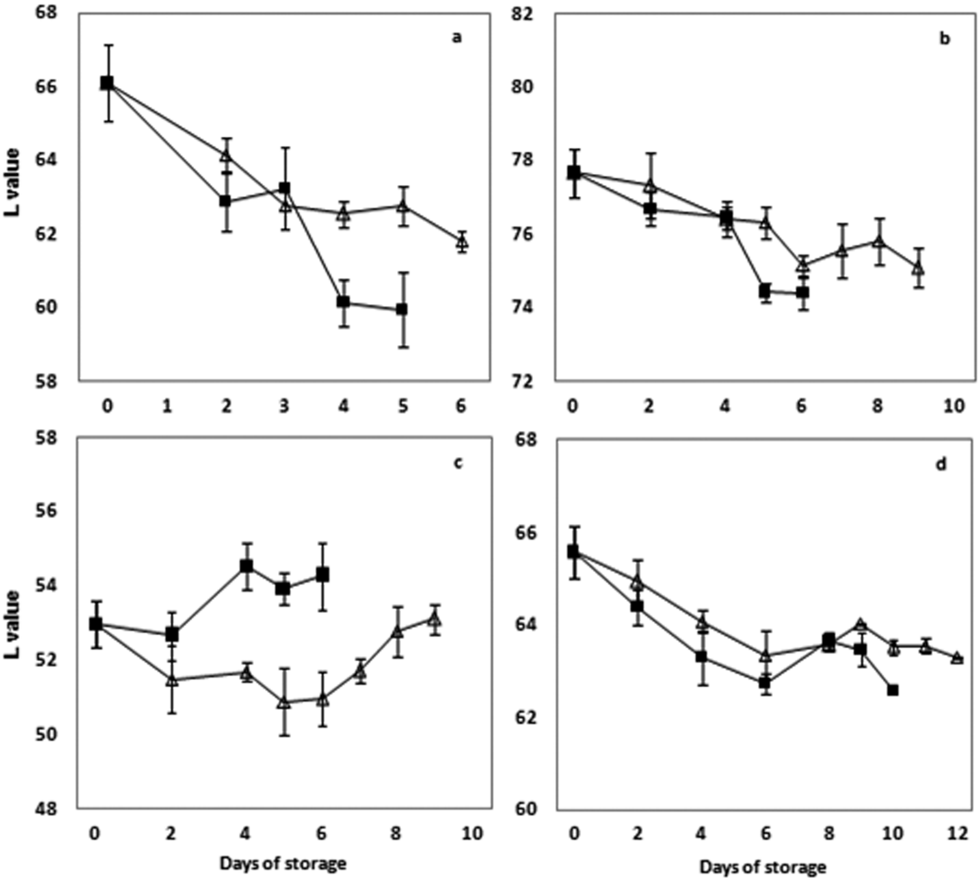

Fig. 2. Changes in hunter L values of fresh-cut produces during storage at 4°C (△) and 10°C (■). (a), potato; (b), sweet potato; (c), carrot; (d), radish.

(p<0.05). 이는 다양한 침지액에 보관한 박피 감자와 고구마를 5°C에 저장하는 동안 L값을 측정한 선행연구 결과와 일치하는 경향을 보였다(27). 세척 절단된 당근의 L값은 4°C에서 저장하는 동안 거의 증가를 하지 않는 반면 10°C에서는 저장 초기 53.01에서 저장 마지막인 6일째에는 54.27의 L값을 나타내어 저장기간에 따라 유의적인 증가를 보였으며(p<0.05) 이는 저장기간이 증가함에 따라 당근표면의 백화현상이 진행되어 명도가 증가하였다는 보고(22)와 같은 결과이다. 세척 절단된 무의 L값은 저장기간 동안 4°C와 10°C 모두 감소하는 경향을 보였으나 10°C에서만 유의적으로 감소하였고(p<0.05) 저장기간이 지남에 따라 무의 표면에 수분이 증발되면서 명도가 떨어지고 황화현상이 일어나기 시작하여 품질의 저하가 나타났다. Gonzalez-Aguilar 등(31)은 10°C에 저장한 신선편이 무의 L값이 저장기간 동안 표면이 어두워지고 갈변화가 발생함에 따라 L값이 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

감자와 고구마의 갈변 정도를 나타내는 ΔL값, 그리고 당근의 백화현상을 나타내는 whiteness index인 백화지수의 결과는 Fig. 3과 같다. 세척 절단된 감자와 고구마의 ΔL값은 모두 온도에 상관없이 저장기간에 따라 유의적으로 증가되는 경향을 보였는데 (p<0.05), 이와 같은 결과는 효소의 활성이 저장기간에 따라 증가하는 것과 관계가 있는 것으로 사료된다. 세척 절단된 감자는 4°C보다 10°C에서 저장 시 ΔL값이 더 크게 증가하였고 저장 마지막인 5일째에는 6.13까지 증가하여 갈변 현상이 심각하였다. 또한 저장기간 동안 감자가 고구마보다 높은 ΔL값을 보여 감자에서 갈변이 더 많이 진행되는 것을 알 수 있었다. 세척 절단된 당근에서 저장 중 백화현상을 나타내는 백화지수는 4°C에서 저장기간 동안 다소 증가하는 경향을 보였으나 유의적 차이는 나타나지 않았고 10°C에서만 유의적인 증가를 보였다(p<0.05). 이러한 당근 표면의 백화현상은 건조와 리그닌화로 여겨지고 있으며(32) 당근의 품질을 저하시키는 주요 요인이 되므로 세척 절단된 당근의 경우 냉장저장 시 4°C의 온도에 저장하여 백화현상과 같은 품질저하를 억제해야 한다.

한편 세척 절단된 오이, 호박, 피망의 b값을 나타낸 결과에 따르면 세척 절단된 호박과 오이의 황색도는 4°C와 10°C에서 모두 저장하는 동안 유의적으로(p<0.05) 증가하였다(Fig. 4). 특히 세척 절단된 오이의 경우 10°C에서 저장 0일째 20.87의 b값을 보이다가 저장 4일째에 25.06으로 증가한 반면 4°C에서는 저장 5일째의 b값이 22.46로 나타나 10°C에서 더 빠르게 황화현상이 일어났다(p<0.05). 이러한 황화현상은 수분의 증발이 원인이 되고(33), 또한 진공포장을 하여 저장하는 동안 과육의 물러짐에 의해서 나타난 것으로 판단된다. 세척 절단된 피망은 4°C에 저장하는 동안 b값이 거의 증가를 하지 않은 반면 10°C에서는 저장 0일째 17.33에서 저장 4일째 20.62로 유의적인 증가를 보였다(p<0.05). Vega-Galvez 등(34)에 따르면 50-80°C 온도에서 건조한 피망의 초기 b값이 무처리군에 비해 25.8%가 증가하였고, 이는 비효소적 갈변반응에 의해 갈색 색소가 착색되어 b값이 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서도 저장기간이 지날수록 b값의 증가와 함께 피망의 외관 변화에서 표면이 어두워지고 부분적인 갈색화가 일어나는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 온도에 따라 저장기간 중 ΔE값의 변화를 관찰한 결과 10°C에서 감자와 피망에서 가장 유의

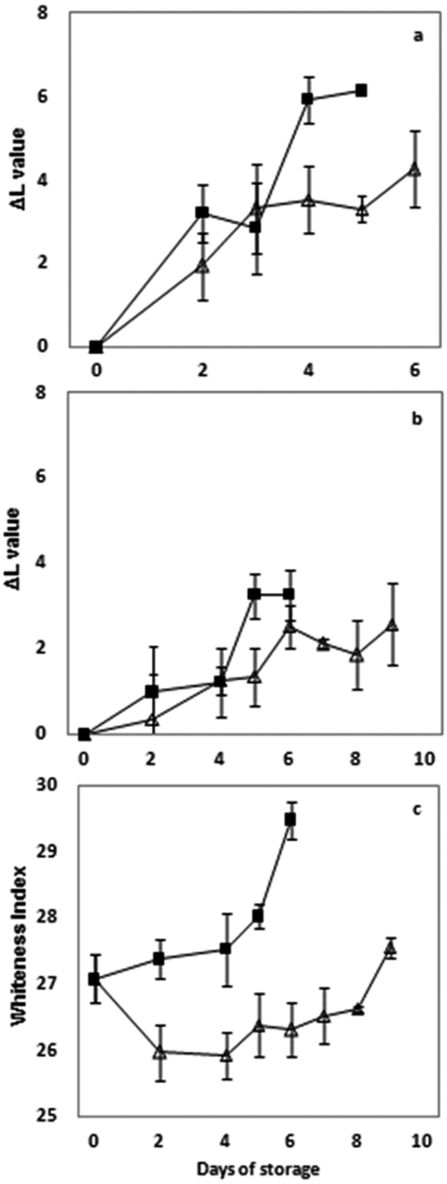

Fig. 3. Changes in ΔL value and whiteness index of fresh-cut produces during storage at 4°C (△) and 10°C (■). (a), potato; (b), sweet potato; (c), carrot.

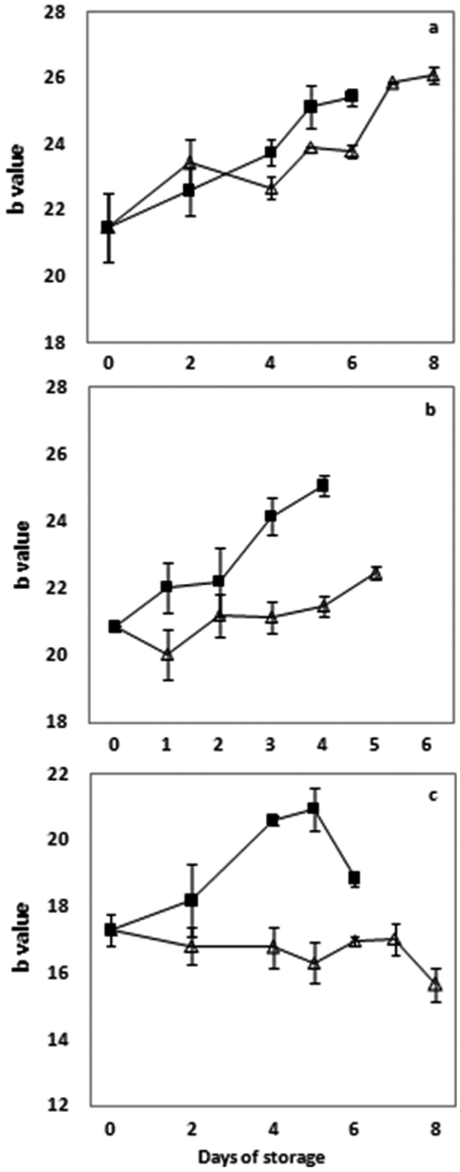

Fig. 4. Changes in hunter b value of fresh-cut produces during storage at 4°C (△) and 10°C (■). (a), zucchini; (b), cucumber; (c), green bell pepper.

적으로 ΔE가 증가하는 것을 관찰 할 수 있었다(Fig. 5). 이는 감자와 피망에서 각각 L 값과 b 값의 변화가 컸던 결과와 관계가 있는 것으로 사료된다.

경도

일정하지 않는 두께를 가지는 피망을 제외한 6가지 신선편이 농산물의 사각썰기와 채썰기의 절단형태에 따라 10°C에 저장하면서 세척 절단 직후와 마지막 저장 일의 조직 경도 변화와 증감률을 계산하였다(Table 3). 전반적으로 세척 절단된 감자, 고구마, 당근, 호박의 경우 저장하는 동안 물러짐에 의해 경도가 감소되는 현상을 나타낸 반면 세척 절단된 무와 오이의 경도는 저장기간이 길어질수록 오히려 증가하였다. 본 연구에서는 저장기간이 지날수록 무의 경도가 증가하였는데 이는 수분의 증발과 관계가 있는것으로 판단된다. 반면 본 연구에서 오이의 경우는 저장기간이 길어지면서 과육이 물러지고 딱딱한 표피부분만이 남게 되면서 경도에 영향을 주었다. 그러나 세척 절단된 무의 경우 4°C에서 무의 품질이 저하되기 시작하는 저장 12일째부터는 오히려 경도가 감소하는 경향을 보였다.

절단 형태에 따른 신선편이 농산물의 경도 변화를 살펴보면, 세척하여 사각썰기 형태로 절단된 감자, 당근, 호박의 경우 각각 10.69, 15.49, 29.72%의 감소율을 나타내었다. 반면 세척하여 채썰기 형태로 절단된 고구마는 저장 초반과 비교 시 마지막의 경도가 23.34%의 감소를 나타내 사각썰기의 13.79%보다 더 빠른 연화현상이 관찰되었다. 이러한 저장 중 일어나는 과실 경도 저하의 주원인은 수확 후 계속되는 호흡작용에 의한 세포벽 분해 효소인 polygalactronase의 작용과 β-galactosidase의 분해에 따른 세포벽 구성성분들의 변화 및 세포벽 파괴에 따른 것으로 알려져 있다(35). 저장기간 중 세척 절단된 무와 오이의 경도 변화에서는 사각썰기 형태로 절단 시 경도 증가율이 각각 24.17%와 12.66%로 채썰기 형태보다 더 높았다. 이는 사각썰기의 절단 형

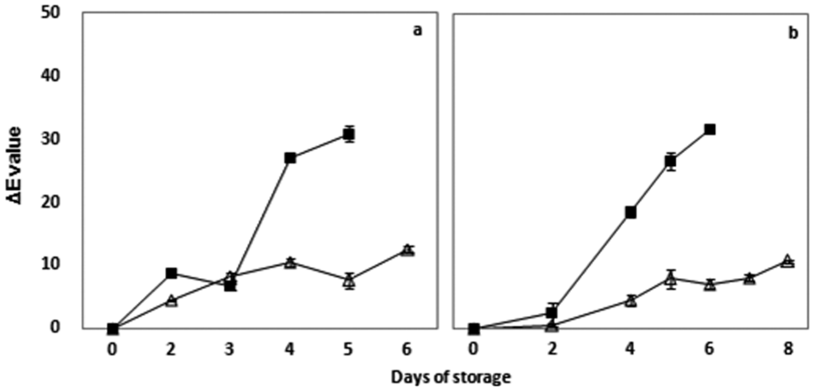

Fig. 5. Changes in ΔE value of fresh-cut potato (a) and green bell pepper (b) during storage at 4°C (△) and 10°C (■).

Table 3. Changes in hardness of fresh-cut produces by different method of cutting during storage at 10°C

Fresh-cut produce	Hardness (g force)					
	Diced		Variation[1)] (%)	Shredded		Variation[1)] (%)
	Initial day	Last day[2)]		Initial day	Last day[2)]	
Potato	3100.03±18.74	2768.70±12.54	-10.69	568.61±25.66	551.58±25.54	-2.99
Sweet potato	4367.53±21.21	3765.23±21.01	-13.79	1869.83±23.22	1433.36±9.61	-23.34
Carrot	3667.47±20.96	3099.50±21.18	-15.49	777.99±31.44	674.03±23.64	-13.36
Radish	1401.53±11.56	1740.30±15.81	+24.17	452.02±35.10	531.43±11.36	+17.57
Zucchini	783.30±16.10	550.47±23.67	-29.72	487.78±22.38	447.32±14.63	-8.29
Cucumber	2417.97±24.67	2724.10±10.31	+12.66	811.20±18.17	887.91±29.18	+9.46

[1)]Change rate of hardness within storage period (Last day-Initial day/Last day * 100)
[2)]Day of beginning of quality deterioration

태상 채썰기보다 표면적이 넓기 때문에 수분의 증발이 더 많고 오이의 경우 경도 측정 시 접하는 과피 부분이 넓으므로 경도의 증가율이 높게 나타난 것이라 생각된다. 한편 사각썰기와 채썰기 형태로 절단한 6가지 농산물을 4°C에 저장 시 10°C보다 경도의 감소폭이 완만하고 변화율이 적어 저장기간 동안 조직감을 유지할 수 있었고 이는 일반적으로 저온일수록 저장 중 과실의 경도는 높게 유지된다는 보고와 같은 결과를 보였다(30). 이와 같이 6가지 신선편이 농산물의 경도 변화가 모두 다른 경향을 보이고 절단 형태에 따라서도 경도 감소율이 다르게 나타난 것은 각 농산물의 조직학적 특징의 차이에 의한 것으로 사료된다.

Polyphenol oxidase(PPO) 활성도

과일, 채소의 갈변 반응은 일반적으로 효소적 갈변에 의해 일어난다. 이러한 효소에 의해서 일어나는 갈변반응은 주로 PPO에 의한 것으로 알려져 있으며, 감자나 고구마의 표피 근처에 다량 보유하고 있는 polyphenol이 PPO의 기질로 작용하여 최소가공 시 절단면이나 박피면을 중심으로 갈변 현상이 발생한다(36). 따라서 효소적 갈변과 관계있는 감자와 고구마를 세척 절단된 상태로 4°C와 10°C에 저장하여 PPO 활성도 변화를 관찰하였다(Fig. 6).

세척 절단된 감자에서 PPO의 활성은 4°C에서 저장기간 동안 완만하게 증가한 반면에 10°C 저장한 경우 저장 4일째 547 unit으로 초기 활성도 489 unit에 비해 111.8% 증가하여 갈변이 심화되면서 효소의 활성도 함께 증가하였다. 이는 냉장저장 중 감자 슬라이스의 PPO 활성도 변화가 전반적으로 계속 증가를 나타내었다는 보고와 같은 결과를 보였다(37). 세척 절단된 고구마는 온도에 상관없이 모두 저장기간에 따라 유의적인 증가를 보였으며 특히 10°C에서 더 높은 활성도를 나타내었다($p<0.05$). 세척 절단된 감자와 고구마에서 냉장저장 중 저장 후반에 들어서 PPO 활성 증가율이 감소하고 활성도가 약간 저하되었는데, 이는 냉장저장 중 감소된 대사활동 뿐 아니라 PPO와 단백질의 복합체 형성으로 인한 PPO 활성 감소 때문인 것으로 생각된다(38). 본 연구에서의 PPO 활성의 증가는 색도 변화를 측정한 결과와도 일치하는 경향을 나타내었다. 세척 절단된 감자와 고구마를 10°C에 저장 시 L값(명도)이 더 빨리 감소하였고 ΔL값(갈변도)과 함께 효소의 활성도 증가하여 저장기간이 지남에 따라 갈변 현상이 많이 심화되었음을 알 수 있다. 10°C에서 PPO의 활성과 L 값의 변화와의 상관관계를 분석한 결과 감자($r=-0.731$, $p<0.001$)와 고구마($r=-0.677$, $p<0.05$) 모두 음의 상관관계를 보여 PPO의 활성이 증가됨에 따라 L 값이 감소하여 갈변이 더 많이 진행되었음을 확인할 수 있었다.

신선편이 농산물 중 근채류와 과채류의 냉장 저장 중 미생물학적 특성 변화

신선편이 농산물 중 근채류인 감자, 고구마, 당근, 무를 4°C와 10°C에 저장 시 일반세균수와 대장균군수의 변화는 Fig. 7과 같다. 4가지 신선편이 농산물의 냉장저장 시 일반세균수와 대장균군수는 모두 10°C에서만 저장기간에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 세척 절단된 감자는 저장 3일까지 두 온도에서 일반세균수의 차이가 나타나지 않았으나 10°C에서 저장 4일째에 일반세균수가 약 2 log 증가하여 4°C에서의 미생물 증식과 차이를 보였다. 이는 절단된 감자를 3°C에 저장 시 저장 6일까지 모두 6 log 이하를 나타내었고, 10°C에 저장할 경우에는 저장 4일을 기준으로 크게 증가한다는 선행연구 보고와 유사하게 나타났다(39). 세척 절단된 고구마는 저장 2일째 일반세균수가 4.92 log CFU/g에서 저장기간이 따라 급격히 증가하였고 저장 4일째에는 7.1 log CFU/g까지 증식하였다. Solberg 등(40)은 비 가열 조리음

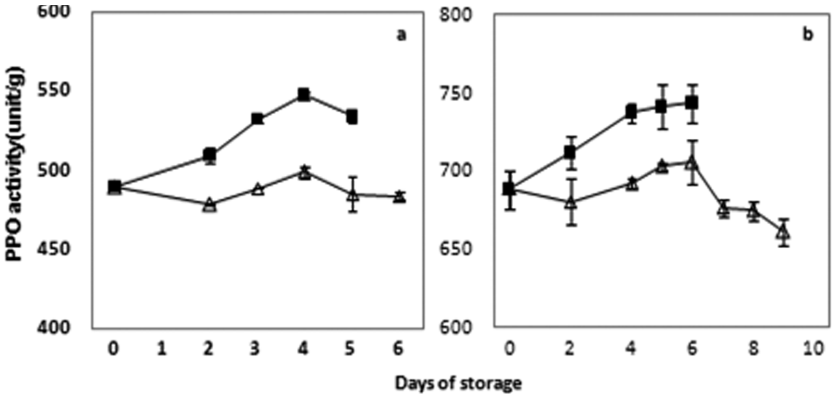

Fig. 6. Changes in polyphenol oxidase (PPO) activity of fresh-cut produces during storage at 4°C (△) and 10°C (■). (a), potato; (b), sweet potato.

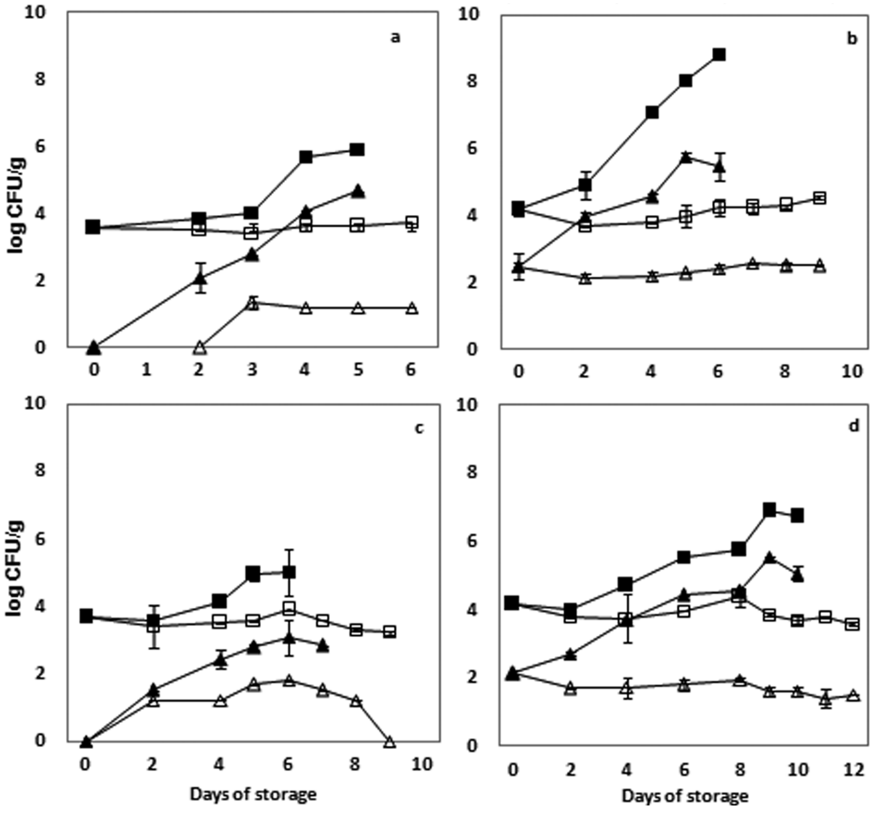

Fig. 7. Microbial changes in fresh-cut produces (root vegetables) during storage at 4 and 10°C. (a), potato; (b), sweet potato; (c), carrot; (d), radish. (□), 4°C aerobic plate count; (■), 10°C aerobic plate count; (△), 4°C coliform group; (▲), 10°C coliform group.

식의 일반세균수는 6 log CFU/g 이하, 대장균군수는 3 log CFU/g 이하로 적정 관리기준을 제시하였다. 본 연구결과에 따르면 10°C에서 저장한 세척 절단된 고구마는 저장 4일째에 일반세균수가 6 log CFU/g를 초과하였고, 대장균군수도 저장 4일째 3 log CFU/g 를 초과하여 세척 절단된 고구마를 가열하지 않고 생으로 섭취할 경우 4일 이상 저장 시 주의가 요망된다. 세척 절단된 당근의 경우 저장 초기에 4°C와 10°C의 일반세균수가 각각 3.42와 3.59 log CFU/g으로 두 온도에서 일반세균수의 차이가 거의 없었으나 저장 5일부터는 10°C에서 약 1.3 log 증가하여 완만하게 증식하는 4°C와 차이를 보였으며, 대장균군의 성장 역시 이와 비슷한 경향을 나타내었다. 세척 절단된 무에서 일반세균수와 대장균군수는 10°C에 저장 시 모두 저장기간에 따라 유의적으로 증가하였다(p<0.05). 4°C에 저장한 세척 절단된 무의 미생물수는 모두 기준치에 적합하였으나 10°C에서는 일반세균수의 경우 저장 9일째, 대장균군수는 저장 4일째 모두 기준치를 초과하여 10°C에 저장할 경우에 특히 더 철저하게 미생물 관리가 되어야 할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 대체적으로 신선편이 근채류를 4°C에서 저장하는 동안 미생물의 성장이 거의 저지되는 경향을 보인 반면 10°C에서는 모두 유의적으로 증가하였고, 특히 세척 절단된 고구마에서 높은 성장률을 나타내어 다른 농산물과의 차이를 보였다(Fig. 7).

신선편이 과채류인 호박, 오이, 피망을 냉장 온도인 4°C와 10°C에 저장하여 일반세균수와 대장균군수의 변화를 관찰하였다(Fig. 8). 근채류와 마찬가지로 신선편이 과채류도 오이를 제외한 호박

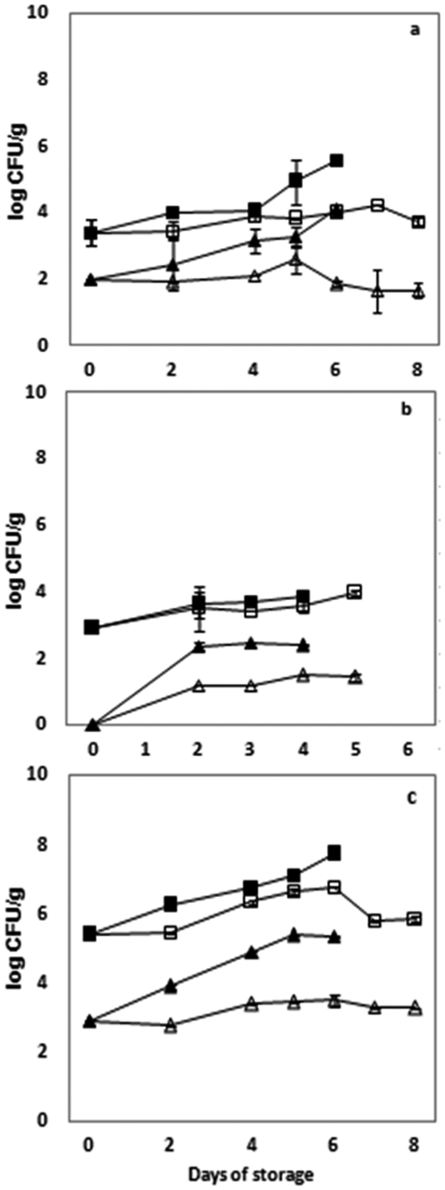

Fig. 8. Microbial changes in fresh-cut produces (fruits and vegetables) during storage at 4 and 10°C. (a), zucchini; (b), cucumber; (c), green bell pepper. (□), 4°C aerobic plate count; (■), 10°C aerobic plate count; (△), 4°C coliform group; (▲), 10°C coliform group.

과 피망을 10°C에서 저장하는 동안 일반세균수가 유의적으로 증가하였고, 대장균군수는 3가지 품목에서 모두 유의적인 증가를 보였다(p<0.05). 세척 절단된 오이의 경우, 10°C에서 저장 초기에는 일반세균수가 3.10 log CFU/g이었고 저장 마지막 날인 4일째에는 3.88 log CFU/g을 나타내어 저장기간 동안 약 0.8 log만이 증식하여 큰 변화를 보이지 않았다. 또한 저장하는 동안 4°C와 10°C에서 일반세균수의 차이가 거의 나타나지 않았으며 균수의 성장도 저지되었다. 오이의 경우 호박 또는 피망에 비교했을 때 낮은 pH(5.71)와 Aw(0.910)를 가지고 있어 미생물의 성장에 영향을 주었을 것이라 사료된다. 세척 절단된 오이의 대장균군수의 변화에서는 저장 0일에 4°C와 10°C에서 모두 대장균군이 검출되지 않았으나 저장 2일째부터 4°C에서는 1.20 log CFU/g, 10°C에서는 2.37 log CFU/g 대장균군의 증식이 관찰되었다.

10°C에 저장한 세척 절단된 피망의 경우 일반세균수가 저장 0일에 5.37 log CFU/g에서 저장 4일째 6.78 log CFU/g으로 증가하여 고구마를 제외한 나머지 품목에 비해 일반세균수가 높게 나타났으며 대장균군도 비슷한 경향을 보였다. 특히 4°C에서 일반세균수와 대장균군수가 각각 저장 5일과 4일째 6.65 log와 3.39 log를 보였고, 10°C에서는 일반세균의 경우 저장 4일째 6.78 log, 대장균군은 저장 2일째 3.89 log를 나타내어 비가열 조리음식의 미생물학적 기준치(일반세균수: 6 log CFU/g 이하, 대장균군수: 3 log CFU/g 이하)를 모두 초과하는 수준이었다. 따라서 가열 조리하지 않고 피망을 샐러드와 같이 섭취할 경우에는 대체적으로 4일 이상 저장해두는 것은 바람직하지 않으며 특히 10°C 에서는 2일 이내 소비하는 것이 바람직하다고 사료된다. 전반적으로 과채류와 근채류의 7가지 신선편이 농산물은 10°C에서 일반세균수와 대장균군수가 유의적인 증가를 보인 반면 4°C에 저장하는 동안은 대체적으로 완만하게 증가하는 경향을 보여 10°C 에 비해 변화량이 상대적으로 작고 미생물이 더디게 성장하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 신선편이 근채류와 과채류를 4°C 와 10°C에 저장 시 대장균은 모두 검출되지 않았으므로 식품위생법에 적용된 신선편의 식품에서 대장균이 음성인 기준에 적합하였다.

요 약

본 연구는 신선편이 농산물에서 사용 요구도가 높은 식재료인 근채류(감자, 고구마, 당근, 무)와 과채류(호박, 오이, 피망)을 선택하여 절단된 형태와 유통되는 온도에 따라 품질변화 특성을 연구하였다. 냉장저장 중 신선편이 농산물의 수분함량은 10°C에 저장한 세척 절단된 오이, 호박에서만 저장기간에 따라 유의적으로 감소한(p<0.05) 반면 4°C에 저장한 경우 모든 품목에서 저장기간 동안 수분을 보유할 수 있었다. 갈변에 민감한 세척 절단된 감자와 고구마는 두 온도에서 모두 L값(명도)이 감소하였지만 4°C에 저장한 경우 보다 더 완만하게 감소하여 갈변 발생이 늦어지는 것을 확인하였고, 백화현상으로 인하여 쉽게 품질이 변할 수 있는 세척 절단된 당근의 경우 10°C에서만 백화지수가 유의적으로 증가하여 4°C에 저장함으로써 품질을 최대 3일까지 더 유지할 수 있었다. 절단 형태에 따른 경도 변화에서는 사각썰기 형태의 경우 호박에서, 채썰기 형태는 고구마에서 경도 감소율이 가장 크게 나타나 품목의 특성에 따라 경도 변화가 다르게 나타났고, 4°C에 저장할 경우 경도의 감소폭이 완만하고 변화율이 적어 저장기간 동안 조직감이 유지되었음을 확인하였다. 세척 절단된 감자와 고구마는 두 온도에서 PPO 활성도가 증가하여 갈변을 효과적으로 저해시키진 못했지만 저온인 4°C에 저장함으로써 10°C 보다 낮은 효소 활성도를 나타내었고 갈변 발생을 최대 2일까지 연장시킬 수 있었다. 신선편이 농산물의 미생물학적 품질 변화를 조사한 결과에서는 세척 절단된 오이만 다른 품목에 비해 균수가 낮고 저장 후기까지 일정하게 나타났으며 나머지 6가지 품목(감자, 고구마, 당근, 무, 호박, 피망)은 모두 저장 온도가 높을수록 미생물의 증가 속도가 빠르게 나타나 온도가 미생물 증식에 큰 영향을 주었다. 또한 세척 절단된 피망은 다른 품목에 비해 초기 오염농도가 높았고, 세척 절단된 고구마는 오이와는 다르게 미생물의 성장률이 가장 빠르므로 세척 절단된 고구마와 피망은 저장 시 다른 품목보다 특히 더 많은 주의가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구 결과, 신선편이 농산물의 품질은 농산물의 품목에 따라 다르고 유통 및 저장하는 온도에 따라 영향을 받으므로 각각의 신선편이 농산물의 품목에 맞는 온도관리를 통해 품질을

더 오래 유지시킬 수 있는 온도에 보관함으로써 신선편이 농산물의 품질과 안전성을 함께 확보할 수 있으리라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 2010년도 용역연구개발사업의 지원에(과제번호-PJ006966) 의해 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

문 헌

1. International Fresh-cut Produce Association(IFPA). Fresh-cut produce: Get the facts. Fact sheet published by the association on their web site. www.fresh-cut.org. Alexandria, VA. Accessed Oct. 27, 2010.
2. Fresh-cut Produce Association. Available from: http://www.kfresh-cut.com. Accessed Oct. 27, 2010.
3. Jin HB, Choi EO. Survey on the use of preprocessed foods in elementary school foodservices in Incheon. Korean J. Food Culture 16: 250-259 (2001)
4. Kim JG. Development of food materials trends and challenges of fresh-cut produce. pp. 27-59. In: The symposium on stimulus of fresh-cut produce industry. April 21, aT center, Seoul, Korea. The National Institute of Horticultural & Herbal Science and Fresh-cut Produce Association, Seoul, Korea (2010)
5. Kim KM. Color changes in fresh-cut fruit and vegetables and its pretreatment processing. J. Korea Soc. Packag. Sci. Technol. 14: 23-29 (2008)
6. Kim DM. Extension of freshness of minimally processed fruits and vegetables. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 17: 790-795 (1999)
7. Lee KO. Domestic propensity to consume and overseas market trends of fresh-cut fruits and vegetables. Food World, Seoul, Korea. Vol 6. pp. 50-55 (2005)
8. Lee YS, Kim SH, Kim DH. Current status of fresh-cut produce market in Korea and stimulus measures. Korea Rural Economic Institute. Seoul, Korea pp. 1-203 (2009)
9. Yang IS. Development and support strategies of the food supply system in school food service. Final Report of Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Korea. pp. 1-262 (2003)
10. Park HO, Kim CM, Woo GJ, Park SH, Lee DH, Chang EJ, Park KH. Monitoring and trends analysis of food poisoning outbreaks occurred in recent years in Korea. J. Fd. Hyg. Safety 16: 280-294 (2001)
11. Cho SD, Park JY, Kim EJ, Kim DM, Kim GH. Quality evaluation of fresh-cut products in the market. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 622-628 (2007)
12. Sun SH, Kim JH, Kim SJ, Park HY, Kim GC, Kim HR, Yoon KS. Assessment of demand and use of fresh-cut produce in school foodservice and restaurant industries. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 909-919 (2010)
13. Park KJ, Jeong JW, Kim DS, Jeong SW. Quality changes of peeled potato and sweet potato stored in various immersed liquids. Korean J. Food Preserv. 14: 8-17 (2007)
14. Hwang TY, Jang JH, Moon KD. Quality changes in fresh-cut potato(*Solanum tuberosum* var. Romano) after low-temperature blanching and treatment with anti-browning agents. Korean J. Food Preserv. 16: 499-505 (2009)
15. Kim JG, Choi ST, Pae DH. Effect of heat treatment and dipping solution combination on the quality of peeled potato 'Jopung'. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27: 256-262 (2009)
16. Kim JG, Luo TG, Lim CI. Effect of ozonated water and chlorine water wash on the quality and microbial de-contamination of fresh-cut carrot shreds. Korean J. Food Preserv. 14: 54-60 (2007)
17. Lee YR, Kim ST, Choe MG, Moon KD. Effect of different types of cutting on the quality of fresh-cut sweet pumpkin(*Cucurbita maxima* Duchesne). Korean J. Food Preserv. 15: 191-196 (2008)
18. MEST. Guideline of school foodservice sanitation. Ministry of Education, Science and Technology, Seoul, Korea. p. 39 (2010)
19. Food and Drug Administration. The 995 Food Code, Recommendations of U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Public Health Service, Washington, DC, USA (2009)
20. KFDA. Code of Food. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea, pp. 1-1-5, 10-1-1, 10-3-25, 10-3-29 (2010)
21. Hwang TY, Moon KD. Quality characteristics of fresh-cut potatoes with natural antibrowning treatment during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 183-187 (2006)
22. Lee KH, Lim HK. A study on the shelf-life extension of minimally processed carrot. J. Fd. Hyg. Safety 23: 330-337 (2008)
23. Sapers GM, Douglas FW. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. J. Food Sci. 52: 1258-1285 (1987)
24. Bolin H, Huxsoll C. Control of minimally processed carrot(*Docc ddot*) surface discoloration caused by abrasion peeling. J. Food Sci. 56: 416-418 (1991)
25. Dörnenburg H, Knorr D. Evaluation of elicitor- and high-pressure-induced enzymatic browning utilizing potato (*Solanum tuberosum*) suspension cultures as a model system for plant tissues. J. Agri. Food Chem. 45: 4173-4177 (1997)
26. Hwang TY, Jang JH, Moon KD. Quality changes in fresh-cut potato(solanum tuberosum var. Romano) after low-temperature blanching and treatment with anti-browning agents. Korean J. Food Preserv. 18: 499-505 (2009)
27. Park KJ, Jeong JW, Kim DS, Jeong SW. Quality changes of peeled potato and sweet potato stored in various immersed liquids. Korean J. Food Preserv. 14: 8-17 (2007)
28. Ha JH, Ha SD, Kang YS, Kwon PH, Bae DH. Microbiological, nutritional, and Rheological quality changes in frozen potatoes during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 663-668 (2007)
29. Choi IL, Kim IS, Kang HM. Influence of maturity of fruit and storage condition on the storability of sweet pepper in MA storage. J. Bio-Environment Control. 17: 319-324 (2008)
30. Kim JG. Choi ST. Lim CI. Effect of delayed modified atmosphere packaging on quality of fresh-cut iceberg lettuce. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23: 140-145 (2005)
31. Gonzalez-Aguilar GA, Wang CY, Buta JG. Inhibition of browning and decay of fresh-cut radishes by natural compounds and their derivatives. Lebensm.-Wiss. Technol. 34: 324-328 (2001)
32. Li P, Barth MM. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly processed carrots. Postharvest Biol. Tec. 14: 51-60 (1998)
33. Ryall AL, Lipton WJ. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Vol. 1. Vegetables and melons. AVI publishing. Westport, CT, USA. pp. 156-157 (1979)
34. Vega-Galvez A, Lemus-Mondaca R, Bilbao-Sainz C, Fito P, Andres A. Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper (var. Lamuyo). J. Food Eng. 85: 42-50 (2008)
35. Hobson GE. Enzymes and texture change during ripening. pp. 123-132. In: Recent Advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetables. Friend J and Rhodes MJC (eds). Academic Press, London, UK (1981)
36. Mondy JI, Munshi CB. Effect of maturity and storage on ascorbic acid and tyrosine concentrations and enzymatic discoloration of potatoes. J. Agr. Food Chem. 41: 1868-1871 (1993)
37. Chung HM, Lee GC. Effects of dipping and preheating treatments on susceptibility to browning of potato slices during cold storage. Korean J. Soc. Food Sci. 12: 535-540 (1996)
38. Eskin NAM. Biochemistry of Foods. 2^{nd} ed. Academic Press, San Diego, New York, NY, USA. pp. 557 (1990)
39. Kim HY, Ko SH, Lee KY. 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 (2007)
40. Solberg M, Buckalew JJ, Chen CM, Schaffner DW, O'neil K, McDowell J, Post LS, Borderck M. Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. J. Food Technol. 44: 68-73 (1990)