

신선편이 (fresh-cut) 식품의 변색 및 포장 전 처리방법

김기명

고려대학교 생명공학 연구소

Color Changes in Fresh-cut Fruit and Vegetables and Its Pretreatment Processing

Ki Myong Kim

Institute of Life Sciences and Biotechnology, Korea University

Abstract The market sales of fresh-cut fruit and vegetables have grown rapidly in recent decades as a result of changes in consumer trend. Choosing the proper pretreatment of fruit and vegetables before minimally processing is very important because appearance is the most fundamental factors affecting the quality of fresh-cut products. This review describes the biochemical bases for color changes of fruit and vegetables including browning, discoloration, and color changes of carrots and alliums. Understanding pathway of pigments in minimally processed fruit and vegetable and preventing the way of color change should be emphasized for successive packaging system. This review also describes pretreatment of fresh-cut fruit and vegetables to improve the prolonging the shelf-life and maintenance of its qualities.

Key Words minimally processing, color, pretreatment, fruit and vegetables

서 론

포장의 일차적인 기능은 내용물의 보호, 안전, 편리성을 구비함과 동시에 판매 유통 효과를 지녀야한다. 현재 포장은 이런 일차적인 기능을 넘어, 보다 다양한 적성을 식품저장 측면과 위생안전성 측면, 환경적 측면까지 고려된 “기능성 포장”의 부가가치가 한층 요구되고 있다. 유통의 변화로 인해 연포장재에 대한 래미네이트 가공기술의 발전으로 다양한 용도로 사용되기 시작하였다. 또한 포장의 고품질화, 고기능화에 대해서도 높은 기대를 모으고 있다. 포장의 변조방지 기능, 개봉용이성 기능, 선도유지용 방담 필름, 흡수성 시트, 통기성 필름 등의 개발이 그것이라 할 수 있다. 이러한 기능성 포장 개발의 이유는 월드체인이라 불리는 저온유통 시스템의 보급에 따른 선도유지포장의 개발이 필요하기 때문이다. 예를 들면 청과물에 사용되고 있는 방담성 필름 및 흡수성 시트, 혹은 신선식품 포장 내의 가스농도를 조절함으로써 선도를 유지할 수 있는 MA포장(modified atmosphere

packaging)이 대표적인 ‘기능성 포장재’ 또는 ‘기능성 포장’으로 포장물류 업계의 관심을 받게 되었다. 선도유지요구 식품들의 보존성 향상을 위한 기능성 포장재, 혹은 포장기법의 개발은 아직도 많은 연구가 진행되고 있다. 현재 기능성 포장의 주요한 연구는 항균성 부여, 항산화성 부여와 같은 화학적 기능성, 저가의 석유유래 화합물 포장필름, 플라스틱에 대해 경쟁력을 가지고 있는 생분해성 포장재의 개발, 그리고 수증기 혹은 가스 차단성을 부여하는 기능이라고 할 수 있다.

공기의 조성은 21%의 산소, 79%의 질소로 구성되어 있다. 공기 중 산소는 부패성 식품의 저장중 화학적 반응을 유발시키고 호기성 부패 미생물의 성장과 해충의 번식을 일으키는 주요한 요소이다. 이미 가공되어진 식품류, 제과, 제빵류와 같은 대상을 포장하는 것은 화학적 반응을 억제하기 위한 목적이 크므로 광차단성, 산소차단성, 수분 차단성을 고려한 포장재, 혹은 포장방법으로 유통되고 있다. 하지만 단순한 일차 가공을 거친 육류, 어류, 혹은 과채류와 같은 대상은 정상적인 공기의 조성을 포장 내에서 바꾸어 조절하는 방법이 무엇보다 최우선으로 고려해야할 부분이다. 흔히 과채류 포장에 사용되는 질소치환 방법 역시 광의의 환경기체조절 포장의 개념과 같으나, 육류, 어류, 혹은 과채류의 경우는 제품의 호흡률을 통제하는 방법 또는 미생물

†Corresponding Author : Ki Myong Kim
Ph.D., 206, Institute of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, 1,5ka, Anam-dong, Seongbuk-gu, Seoul 136-713, Korea
E-mail : <kimhusker@korea.ac.kr>

의 변색을 방지하기 위한 방법을 통해 선도를 유지하는 방식이므로 화학적인 접근보다 생물학적인 접근으로 문제를 해결해야 한다. 특히 과채류의 포장은 수동적 변형방법 (passive modification)을 주로 사용하는데, 수동적 변형 방법에는 정확한 가스 투과성을 가진 포장재에 제품을 밀봉하여, 포장 내의 공기조성이 산소를 소모하고 이산화탄소를 발생하는 식품의 호흡결과로 변형 된다. 이때 식품의 호흡 속도와 포장 필름의 투과성에 의한 산소의 포장내로의 유입 속도, 이산화탄소의 유출속도의 균형관계를 신중하게 선택해야 한다. 포장 내부의 기체조성, 혹은 포장재의 기체 조절의 향상이 MAP 포장기술에 있어서 매우 중요한 핵심이다.

또 하나 간과해서는 안 될 중요한 요소는 바로 신선 편이 과채류 자체의 생물학적 특이성에 관한 연구라 할 것이다. 저장 중에 미생물의 발생, 이취의 발생, 경도의 변화 역시 품질에 중요한 요소이나, 소비자가 제품을 선택함에 있어서 신선도의 판단은 시각적인 효과라고 할 수 있다. 신선편이 과채류는 간단한 가공을 거치면서도 생물체는 매우 큰 스트레스를 받게 되고, 조직의 파괴로 일련의 변색과정에 가속화가 진행되게 된다. Minimally 처리로 발생되는 몇 가지 변화 중, 변색의 종류와 요인들에 대해 중점적으로 알아보고, 신선 편이 과채류의 저장 수명을 연장하는 데 도움이 될 수 있는 전처리 과정에 관한 연구를 살펴보고자 한다.

본 론

1. 신선편이 (fresh-cut) 과채류의 색 변화

1) 갈변 (browning reaction)

과채류를 박피하거나 세단, 마쇄를 하는 경우 그 조직에 급속도로 갈색화가 일어나며, 갈변 현상은 과채류의 변색에 가장 흔히 발견되는 현상이다. 식품 학계에서는 효소에 의한 갈색화 반응을 주도하는 효소, 기질, 그리고 이들의 갈색화 반응의 기구에 대해 많은 연구가 진행되었다. 그 결과가 이 갈변을 일으키는 것은 폴리페놀의 산화에 의한다는 것이 일반적인 해석이다. Polyphenols의 생합성은 endoplasmic reticulum에서 이루어지며 세포내에 존재하는 polyphenol oxidase (PPO)의 결합을 통하여 갈색화 현상이 발생하게 된다(Hrazdina and Wagner, 1985; Marangoni et al., 1996). Fig. 1은 monophenol에서 quinone 까지 변화하는 기작을 나타낸 그림이다. 여기서 주목해야 할 점은 hydroxylation 과정의 최대속도는 1.8 $\mu\text{m}/\text{min}$ 이나 oxidation 과정은 24.5 $\mu\text{m}/\text{min}$ 로서 hydroxylation의 속도가 oxidation 속도에 비해 매우 느리다는 것을 알 수 있다 (Espn et al., 2000). Toivonen (2004)는 이러한 현상들은 특히 간단한 전처리 공정을 통하여 붕괴된 세포에서부터 세포의 구획화(compartmentalization) 또는 붕괴됨과 동시에 일어나는 것이라고 보고한 바 있다.

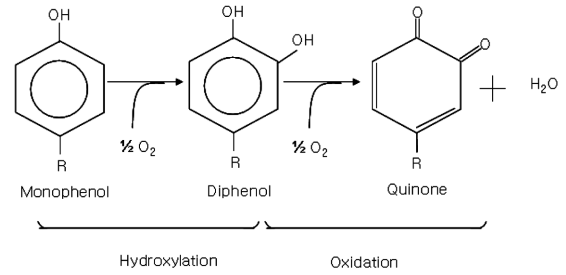


Fig. 1. The mechanism for polyphenol oxidase reaction on monophenols and diphenols.

이런 갈색화 반응은 minimally processing 처리된 과채류의 절단면에서 쉽게 발견할 수 있으며(cut-edge browning), 이런 현상이 바로 위의 가설을 뒷받침 하는 것으로 생각된다. 물리적 충격이나 부패의 과정(과숙, 상처의 발생)이 일어나기 시작하면 이런 구획화는 파괴되어지고 polyphenol 물질(catechin, polyphenols)들이 기질로 작용하여 polyphenol oxidase 혹은 phenol peroxidases와 반응이 개시된다. 그러나 실제적으로는 서로 다른 식물조직에서 얻어지는 polyphenol oxidase는 그 성질(characteristics)이 완전히 동일하지는 않으며, 또 이 효소들이 작용하는 기질의 종류도 효소의 출처에 따라 다소 다른 것으로 보인다. 또한 같은 과채류에서도 갈색화에 관여하는 효소도 단일하지 않고 그 활성 조건도 다른 경우가 있는데, 사과에서 추출된 효소들은 pH 5.8-pH 6.8에서 activity가 높으나 peroxidase는 pH 4.5-pH 5.0에서 최대의 activity를 가진다(김, 1990). 갈색화에 관한 연구가 더욱 복잡한 이유는 한 특정 기질에 대해서 동일한 방식으로 작용하지 않는 사실이다. 대부분의 polyphenol oxidase는 수산기(-OH)에 대해 ortho-, para- 위치에 수산기 대신 amino group이 치환된 페놀 유도체들에서도 작용하나 오렌지에서 추출한 polyphenol oxidase는 작용하지 않았다는 보고가 있다. Table 1은 몇 가지 과일 채소의 polyphenol oxidase 의 다른 기질선택성과 다른 저해물질에 관한 연구들을 종합한 것이다 (Bruemmer and Roe, 1970; Vilas-Boas and Kader, 2006; Hershkovitz et al, 2005; Dincer et al., 2002; Gawlik-Dziki et al., 2007).

식품첨가물로 규정되지 못한 저해물질들에 대한 연구를 종합하여 실제 적용 시에는 주의를 요한다. 일반적으로 ascorbic acid는 갈색화 반응을 저해하는 천연 첨가물로서 주목할 만하다. 그 주요한 기작은 산소를 제거하는 산소제거제(oxygen scavenger)로서의 작용과 바람직하지 않는 산화생성물을 환원시키는 작용이 동시에 수행되기 때문이나 실제 MAP 포장으로 진행되면 전자의 역할은 많이 감소하게 된다. 식품에 MAP포장이 적용되기 전에 주요한 몇 가지의 저해물질을 세척액이나 코팅액으로 전처리하는 방법도 신선편이 과채류의 품질저장 수명 연장에 좋은 방법이

Table 1. The substrate specificity of polyphenols in various fruits and vegetables and its inhibitors. (DOPA, dihydroxy phenylalanine; DHPPA, 3-(3,4-dihydroxyphenyl)propionic acid)

	Substrate	Inhibitor
Orange	DOPA, pyrogallol, catechol, <i>p</i> -hydroquinone, homovanillic acid, 3-methoxytyramine, hesperetin, hesperidin, catechin, chlorogenic acid, quercetin	
Banana	Catechol, 4-methyl catechol, doparine, pyrogallol, <i>d</i> -catechine, caffeic acid, chlorogenic acid, <i>DL</i> -DOPA	Sodium diethyldithiocarbamate, <i>L</i> -cysteine, sodium cyanide sodium metabisulfite, 2-mercaptoethanol, 1,2-dithiolpropane
Avocado	4-methyl catechol, catechol, <i>DL</i> -DOPA pyrogallol, caffeic acid, chlorogenic acid	
Medlar fruit	4-methylcatechol, catechol, DOPA Epicatechin, DHPPA	Sodium azide, benzoic acid cysteine, sodium metabisulfite
Lettuce	Catechin, Catechol, Chlorogenic acid, Caffeic acid, ferulic acid	Cysteine, ascorbic acid, oalic acid, citric acid, EDTA, glutathione, <i>p</i> -hydroxybenzoic acid
Broccoili	Catechol, 4-methyl catechol	Sodium sulfate

라고 할 수 있을 것이다.

2) 탈색 (discoloration)

녹색이 점차적으로 노란색으로 변색, 혹은 탈색되는 것은 chlorophyll degradation에 의한 반응이라고 할 수 있다. Salad dressing 처리된 신선편이 채소의 외관이 녹색에서 갈변하는 현상도 chlorophyll의 pathway와 일치한다 (Heaton et al, 1996). 주된 pathway는 chlorophyllase 혹은 magnesium dechelatase에 의해 chlorophyll (blue green) 이 pheophytin a (olive brown), 혹은 chlorophyllide a (blue green)으로 되고 이들이 교차적으로 chlorophyllase 혹은 magnesium dechelatase에 의해 pheophorbid a (olive brown)으로 되어 점차적으로 퇴색되어지는 일련의 과정을 거치는 것으로 알려져 있다. 만일 이 경로가 퇴색의 주된 요인이라면 효소의 불활성화 이외에는 신선편이 식품의 품질을 유지하는데 다른 방법이 없으나 상기의 pathway 이외에 chlorophyll의 또 다른 변색 기작이 있으며 이는 산화과정과 매우 밀접하므로 포장내의 기체치환이 중요한 품질 유지 수단이 될 수 있다 (Fig. 2). 이 경로의 주목해야할 점은 지방산 분자의 라디칼화이다. 이 라디칼들은 클로로필에 직접적으로 공격

하여 변색을 촉진시키기 때문에 샐러드용 신선편이 채소가 드레싱과 같이 첨가되어 있다면 품질 유지에 많은 어려움을 겪게 된다. 실제로 많은 논문에서 minimally processing을 통한 클로로필의 분해는 전자의 기작을 통한 변색과정보다 후자에 의한 경우가 더 높은 가능성이 있으며, 단지 클로로필의 분해기작에 치중하기보다는 세포의 보전과 지방산 산화 조절에 더욱 신경을 써야한다고 지적하고 있다 (Calatayud et al., 2003). Calatayud et al (2003)은 시금치의 변색을 방지하기 위한 전처리로서 ozone에 노출을 시키는 항산화 시스템을 개발하여 지질의 산패를 관찰하였으며, Nishihara et al. (2003)의 경우는 NaCl로 전처리한 시금치를 다시 ALA(5-aminolevulinic acid)로 항산화 효과를 유도하기도 하였다. Costa et al. (2006)은 UV-C를 조사하여 broccoli의 변색을 방지하는 효과를 보고하기도 하였다.

3) 리그닌화를 통한 백변

당근의 경우에는 minimally processing을 거치게 되면, cut edge에 흰색으로 탈색되고 물성도 단단하게 바뀌게 되는 이른바 “white blush” 혹은 “lignification”이 동반하게 되는데 이는 초기에 phenylpropanoid pathway가 개시되며

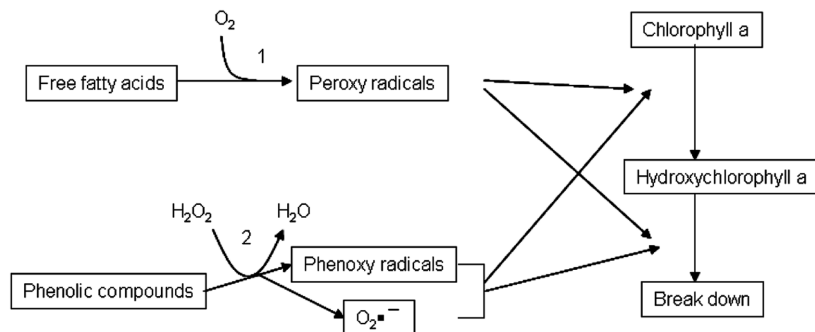


Fig. 2. Chlorophyll breakdown pathway in tissue. (1: lipoxygenase or chlorophyll oxidase; 2: chlorophyll peroxidase) (Lthy et al, 1984; Martinoia et al., 1982; Shibata et al., 1995; Thomas, 1986; Yamauchi and Watada, 1991)

가용성의 phenolics가 생산되고 궁극적으로는 syringaldazine oxidase 와 peroxidase에 의하여 리그닌이 생성 된다. 당근의 특이한 리그닌화를 방지하기 위하여 가장 일반적인 방법은 열처리 공정이다. Howard et al. (1994)은 스팀 처리를 통하여 물성의 변화를 매우 줄일 수 있다고 보고하였다. 또 하나의 방법으로는 아주 날카로운 세절기를 통해 세절을 하여 물리적 손상을 최소화하는 방법이다. Avena-Bustillos et al., (1994) 은 각기 다른 세절방법을 통하여 minimally 처리를 한 당근의 저장 수명동안 일어나는 변화에 대해 관찰하였다. 그 결과 면도날로 처리한 것이 세절기계로 처리한 것에 비하여 품질 손상이 매우 적게 일어났음을 현미경을 통하여 관찰하였다.

백변 현상보다는 리그닌화에 문제가 되는 대표적인 야채류는 아스파라거스를 들 수 있다. 이 딱딱해지는 현상은 phenylalanine ammonia lyase (PAL), peroxidase, isoperoxidases 와 같은 효소가 원인이다 (An et al., 2007; Chang, 1987; Zhang et al., 2001). 식물에서 lignifying peroxidases는 hydroxy cinnamyl alcohols 를 중합하여 리그닌을 생성한다. PAL은 L-phenylalanine을 trans-cinnamic acid로 전환시키는 역할을 하게되며, 전체 lignin production에 있어서 중요한 역할을 하게 된다. An et al, (2007)은 ozone 처리를 통하여 phenylalanine ammonia lyase (PAL), superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase (APX), glutathione reductase (GR)의 활성 속도를 낮출 수 있었다고 보고하였다.

4) 마늘류의 변색

마늘 (*Allium sativum* L.), 양파 (*Allium cep* L.), 부추 (*Allium porrum* L.)는 저장 중에 붉은 계통, 녹색 혹은 청색으로 변색되는 경우가 자주 발견되는데, 마늘의 경우는 녹색, 청록색 혹은 청색이 발현되고, 양파와 부추는 자주색 계통으로 변색된다. 같은 allium 계통이므로 그 기작은 비슷할 것으로 생각된다. 대부분 이런 경우는 신선편이 식품에서 쉽게 발견되는 것이 아니라 과도한 물리적인 충격으로 세포가 심각하게 파괴되는 경우에 발전된다고 할 수 있다. Kubec et al, (2004)은 마늘의 색소 형성에 중요한 물질들을 합성, 혹은 추출하여 물질간의 상호 작용으로 발현되는 색을 조사하여 마늘의 변색 기작을 다음과 같이 보고한 바 있다. Isoalliin 과 S-alk(en)ylcysteine sulfoxides (ACSOs)가 효소적으로 alliinase에 의해 분해되어 thiosulfanates를 생성하며 이 thiosulfanates는 마치 color developers와 같이 작용하여 자유 아미노산에 작용하여 색소를 형성하며, thiosulfanate 종류, 양적인 비율에 의존적으로 탈색이 진행된다고 보고하였다. Kubec et al., (2004)은 그간의 마늘류에서 일어날 수 있는 변색 기작과 관련된 논문을 종합하여 pathway를 완성하였다 (Fig. 3). 보통의 minimally 과정으로는 이런 변색과정이 쉽게 일어나는 편은 아닌데, 그 이유는 변색에 관련하는 효소와 기질이 모두 분리되어 있기 때문이다. ACSOs는 일반적으로 원형질내에 존재하고 있는데 반해 alliinase는 vacuole에 위치하고 있다. 더불어 alliinase

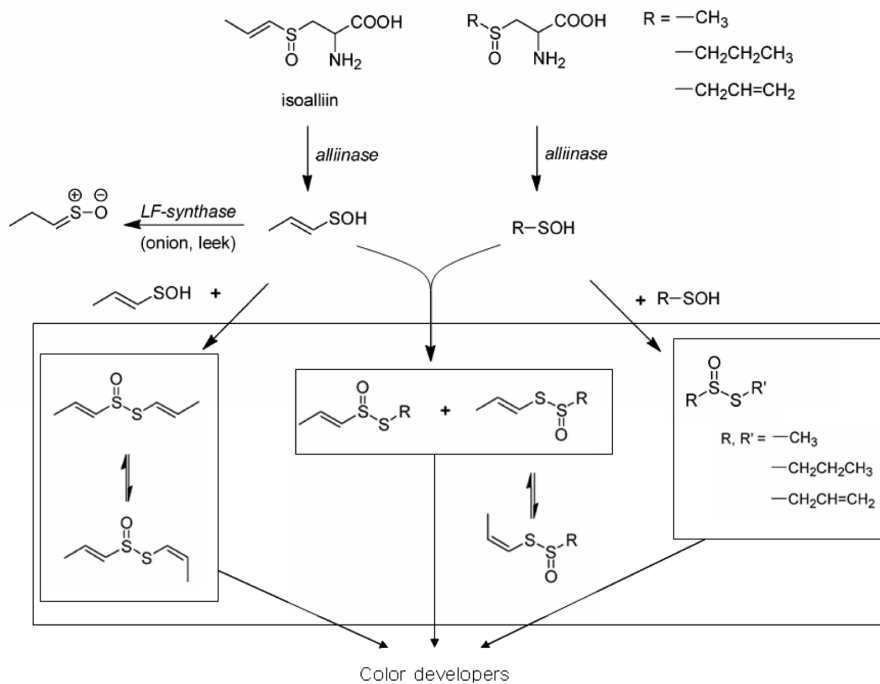


Fig. 3. Formation of pigments in *Allium* species (Kubec et al., 2004).

는 구근의 껍질 부분에 위치하고 있는데 반해 잎에는 매우 적은양이 존재하고 있기 때문이다. 따라서 마늘류의 변색과정은 앞선 작용에서 먼저 클로로필의 붕괴가 일어나고 조직의 붕괴가 일어나게 되어야 한다. 또한 적당량의 자유 아미노산이 반응에 참여하도록 즙액이 유출되어야 한다. 이러한 마늘류의 변색을 방지하기 위하여 Tsouvaltzis et al., (2007)은 열처리를 병행하여 저장하였고, Lee and Parkins (1998)은 pH를 3-4로 조절함으로써 양파의 변색을 방지할 수 있었다고 보고하였다.

2. 신선편이 과채류의 품질보존을 위한 전처리

1) 세척액

세척액의 사용목적은 주로 미생물의 저감화를 위한 목적으로 사용된다. 염소관련 화합물 특히 액상 chlorine, hypochlorite는 세척액으로 가장 널리 쓰인다. 보통 50~200 ppm으로 사용하며 일반적으로 5 min 이하의 세척을 한다. 염소계 세척액은 산성 pH에서 더욱 효과적이긴 하지만 과채류 자체의 스트레스를 없애기 위하여 6.0에서 7.5 사이의 pH에서 세척하는 것이 바람직하다. 그러나 최근에는 이 염소관련 화합물들을 위한 세척이 효과적이지에 대해 의문을 가진 논문이 발표되었고, 독일, 네델란드, 스위스, 벨기에에서는 RTU (ready-to-use) 제품에 대해서 염소화합물을 이용한 세척이 금지된 바 있다. Chlorine dioxide는 chlorine에 비해 2.5배 정도 높은 산화력을 가지고 있으며 질소 함유 화합물 혹은 암모니아와 반응하여 안전성에 문제가 있는 chloramine 화합물을 형성하지 않는다는 장점이 있다. 따라서 chlorine dioxide는 FDA에서도 1988년에 과채류의 세척액으로 인정받고 있다. Singh et al., (2002)은 baby carrot 혹은 신선편이 lettuce에 처리하여 *Escherichia coli* O157:H7의 감소 효과를 보고하였고 그 외에도 *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium* 등에 효과가 보고된 바 있다. 그러나 염소계 화합물, 혹은 ozone, thyme essential oil은 관능적 특성에 영향을 줄 수 있다는 단점이 있다.

유기산을 이용한 세척은 항균 효과가 저온균이나 중온균에 대해 매우 뛰어나다. 유기산은 무기산에 비해 세포막을 통과하기가 용이하며, 주위 환경의 pH 균형을 붕괴하여 살균효과를 일으키게 된다. Pripke et al.,(1976), Shapiro and Holder (1960)은 citric acid, ascorbic acid를 사용하여 세척을 시도한 바 있고 다양한 세척제를 이용하여 신선편이 식품의 갈색화 방지와 항산화 효과를 보였다. Ascorbic acid는 polyphenol oxidase inhibition을 통하여 o-quinone 류의 생성을 감소시킬 수 있다.

2) Calcium-based solutions

Calcium 처리는 과채류의 저장수명을 연장시키는 수단으로 사용되어 왔다. Calcium은 세포의 결속을 증가시키는데

이는 pectin과의 결합을 통하여 calcium pectate를 형성하기 때문이다. Grant et al., (1973)은 calcium 처리에 의해 과채류의 세포벽과 middle lamella pectin의 결합을 유도한다고 보고한 바 있다. 대체적으로 calcium 처리는 저장기간 동안 처리를 하지 않은 대조구에 비해 오히려 더 단단한 과육을 유지하게 한다. Calcium 처리는 한편 chlorophyll, 단백질 손실, 노화를 억제하는 효과도 가져온다는 보고가 있었다. Calcium lactate는 포도, 복숭아, 신선편이 cantaloupes, 사과 등, 주로 쉽게 손상되기 쉬운 과실류를 0.5~2.0% 수준으로 첨가하여 사용한다. Kim et al., (2006)의 연구는 minimally 처리되지 않은 버섯과 처리된 버섯의 코팅액으로 calcium chloride를 사용하였으나, 실제 버섯과 같이 채집 후 다른 채소류보다 월등하게 높은 호흡율을 가지고 있었고, 쉽게 노화대사가 일어나기 때문에 그렇게 큰 효과는 보지 못했었다. Martin-Diana et al., (2005a, 2005b)의 연구에 의하면, 신선편이 lettuce 그리고 신선편이 당근에 적용하여 chlorine과 비교했을 때 동일한 세척효과를 가짐과 동시에 세척효과도 뛰어났다고 한다. 그러나 관능적으로 쓴맛이 부여되는 결합을 calcium chloride으로 대체했을 때 좀더 나은 맛의 향상을 꾀할 수 있다. 한편, calcium propionate를 멜론에 처리한 연구에서는 항균효과도 가져왔다는 보고가 있다.

3) Ozone

오존은 매우 강력한 항산화 효과를 가지며 강한 반응성과 침투력을 가진다고 보고되었다. 브로콜리, 오이, 사과, 포도, 오렌지, 배, 딸기 등, ethylene의 산화, 미생물 수의 저감화를 통하여 저장수명을 연장하였다는 연구보고가 있다 (Beuchat et al., 1998; Kim et al., 1999). 매우 강한 반응성이 있고 효과가 뛰어난데 반하여 아직까지 오존수가 신선편이 식품의 색과 같은 품질에 미치는 영향에 관련된 보고는 그리 많지 않으며, 대부분의 연구는 미생물 살균효과와 같은 세척효과에 집중되어 있다. 미국에서는 GRAS (1997)로 규정하여 많은 나라에서 식품 공정에 사용할 수 있도록 잠재적으로 허용 하고 있다. 염소계 세척제에 비해 이론적으로 매우 안전한 편이고, 산화력도 우수한데 반해 초기의 자본이 고가라는 점이 신선편이 과채류의 전처리 방법으로 상용되고 일반화되기에는 더 많은 연구가 선행되어야 할 것으로 보인다.

4) Electrolysed water

Electrolysed water (EW)는 electrolysed oxidising water라고도 불리운다. 음으로 하전된 OH⁻, Cl⁻ 이온이 양극으로 움직이면서 oxygen gas, chlorine gas, hypochlorite ion, hypochlorous acid, hydrochloric acid를 생성하고 반대로 양으로 하전된 H⁺, Na⁺ 이온은 음극으로 움직이면서 수소

가스, sodium hydroxide를 생성한다(Kim et al., 2000). 산성 EW (pH 2.1-4.5)는 매우 강한 살균력을 가지고 있어 병원성 미생물이나 식품 부패균을 살균하고, 높은 oxidation reduction potential(ORP)를 가지고 있어 염소계 화합물에 비해 그 효과가 월등히 높다. 오존에 비해 호기성 미생물에 더욱 효과적이라는 결과가 lettuce 실험으로 입증되기도 하였다.

Izumi (1999)는 산성 EW 대신 pH 6.8의 약산성의 EW를 당근, bell peppers, 시금치, 일본 무 등의 신선편이 채소를 세척액으로 사용하였다. 물론 항균력은 뛰어났으며, 중점적인 평가요소가 아닌 신선편이 채소 조직의 pH, 표면의 색깔과 같이 일반적인 외관의 부정적인 효과는 없었다고 보고한 바 있어 이를 이용한 세척 처리도 주목할 만하다. EW와 같이 산화, 환원력을 이용하는 경우는 채소의 변색 방지에도 큰 효과가 있을 것이라고 추측되나, 아직까지 이에 대한 연구는 그리 많지 않아서, 이 분야의 연구에 적용한다면 흥미로운 연구결과가 나올 것이라고 생각한다.

5) 천연 보존제의 처리

흔치 않게 발생하는 식품 첨가물 (세척액과 같이 비의도적으로 첨가되지 않은 첨가물도 포함하는 개념이다)에 의한 allergic reaction에 대한 보고가 점차적으로 증가하고 있어 천연 항균제, 천연 항산화제를 발굴하는 연구가 최근 추세이다. 또한 합성 항산화제는 식품에 꽤 오랫동안 첨가물로 사용되어 왔고, 이 사용량은 식품에 적용할 때 규제, 관리 대상이 되는 만큼 현재 웰빙의 추세에 비추어 소비자들은 좀 더 안전한 첨가물을 요구하고 있는 실정이다 (Meyer et al., 2002). 천연 항균제는 식물의 phytoalexin, 에센스 오일, 혹은 bacteriocin과 같은 미생물 유래, lysozyme, transferrin과 같은 동물 유래로 나눌 수 있다. 항산화제로서는 ascorbic acid, polyphenol계의 허브추출물 등이 좋은 항산화제로서 천연 세척액이 될 수 있을 것이다. 아직까지는 천연 항균제에 관한 연구가 항산화제에 대한 연구보다는 더욱 주목을 받고 있는 실정이나, 점차적으로 천연 항산화제를 이용한 세척 기술개발이 좋은 연구 대상이 될 것으로 보인다.

결 론

MAP 효과를 통한 신선편이 과채류의 저장유통 향상에 관한 연구는 아직도 다양한 과채류의 수만큼 많은 연구가 진행되어 왔고, 앞으로도 진행될 연구 분야이다. 과채류마다 성숙기, 계절, 세척처리 방법, 포장재 등에 따라 MAP의 효과의 매우 중요한 요인이 될 수 있으며, 이들 요인들 간에 상호 작용을 규명하는 연구는 광범위하게 진행되고 있다. 그러나 저장수명을 연장하는 간과하면 안 될 중요한 대

상은 어떤 전처리 과정을 거치는 것이냐 하는 점이다. 색을 고정시킬 수 있는 물리적, 화학적인 방법은 아직까지 식품 화학 분야에서는 매우 심도 깊은 연구가 오랫동안 진행되어 왔으나, 신선편이 식품의 포장 전 단계에서 다른 연구는 그리 많지 않다. 이런 색의 변화를 억제하기 위한 생화학분야의 결합은 앞으로 식품 포장에서 다채롭게 시도될 분야이고, 이 시도는 포장분야 뿐 아니라, 효소학적, 생화학적 지식으로 접근하게 되면 새로운 연구를 창출할 수 있을 뿐 아니라, 실용적으로 다양한 분야에 적용할 수 있는 분야라고 생각된다.

참고문헌

1. 김동훈, 식품화학. 1990. 탐구당, 대한민국, pp.424-439.
2. An, J., Zhang, M., Lu, Q. 2007. Changes in some quality indexes in fresh-cut green asparagus pretreated with aqueous ozone and subsequent modified atmosphere packaging. J. Food Chem. vol. 78, pp. 340-344.
3. Avena-Bustillos, R., Cisneros-Zevallos, L., Krochta, J.M., Saltveit, M.E. 1994. Application of casein-lipid edible film emulsions to reduce white blush on minimally processed carrots. Postharvest Biol. Technol. vol. 4, pp. 319-329.
4. Beuchat, L.R., Nail, B.V., Adler, B.B., Clavero, M.R.S. 1998. Efficacy of spray application of chlorine in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes, and lettuce. J. Food Protect. vol. 61, pp. 1305-1311.
5. Bruemmer, J. H. and Roe. B. 1970. Enzymic oxidation of simple diphenols and flavonoids by orange juice extracts. J. Food Sci. vol. 24, pp.116-119.
6. Calatayud, A., Iglesias, D.J., Taln, M.E., Barreno, 2003. Effect of 2-month ozone exposure in spinach leaves on photosynthesis, antioxidant systems and lipid peroxidation. Plant Phy. Biochem. vol. 41, pp. 839-845.
7. Chang, D.N. 1987. Asparagus. In J. Weichmann (Ed.), Postharvest physiology of vegetables (pp. 523 - 525). New York: Marcel Dekker.
8. Costa, L., Vicente, A.R., Civello, P.M., Chaves, A.R., Martnez, G.A. 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. Postharvest Bio. and Tech. vol. 39, pp. 204-210.
9. Dincer, B., Colak, A., Aydin, N., Kadioglu, A., Gner, S. 2002. Characterization of polyphenoloxidase from medlar fruits (*Mespilus germanica* L., Rosaceae), Food Chem., vol. 77, pp. 1-7.
10. Espn, J.C., Varn, R., Fenoll, L.G., Gilabert, M.A., Garcia-Ruz, P.A., Tudela, J., Garca-Cnovas, F. 2000. Kinetic characterization of the substrate specificity and mechanism of mushroom tyrosinase. Eur. J. Biochem. vol. 267, pp.1270-1279.
11. Gawlik-Dziki, U., Szymanowska, U., Baraniak, B. 2007. Characterization of polyphenol oxidase from broccoli (*Brassica oleracea* var. *botrytis italica*) florets. Food Chem. vol. 105,

- pp. 1047-1053.
12. Grant, G.T., Morris, E.R., Rees, D.A., Smith, P.J.C., Thom, D. 1973. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: the egg-box model. *FEBS Letters*, vol. 32, pp. 195-198.
 13. Heaton, J.W., Yada, R.Y., Marangoni, A.G. 1996. Discoloration of coleslaw is caused by chlorophyll degradation. *J. Agric. Food Chem.* vol. 22, pp. 395-398.
 14. Hershkovitz, V., Saguy, S.I., Pesis, E. 2005. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 37, pp. 252-264.
 15. Howard, L.R., Griffin, L.E., Lee, Y. 1994. Steam treatment of minimally processed carrot sticks to control surface discoloration. *J. Food Sci.* vol. 59, pp.356-358.
 16. Hrazdina, G., Wagner, G.J. 1985. Compartmentation of plant phenolic compounds: Sites of synthesis and accumulation. *Annu. Proc. Phytochem. Soc. Eur.* vol. 25, pp. 1310-1315.
 17. Izumi, H. 1999. Electrolysed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. *J. Food Sci.* vol. 64, pp. 536-539.
 18. Kim, C., Hung, Y.C., Brackett, R.E. 2000. Roles of oxidation reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens. *J. Food Protect.* vol. 63, pp. 19-24.
 19. Kim, J.G., Yousef, A.E., Chism, G.W. 1999. Applications of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *J. of Food Protect.* vol. 62, pp. 1071-1087.
 20. Kim, K.M., Ko, J.A., Lee, J.S., Park, H.J., Hanna, M.A. 2006. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf-life of coated, whole and sliced mushrooms. *LWT Food Science and Technology* vol. 39, pp. 364-371.
 21. Kubec, R., Hrbov, M., Musah, R.A., Velek, J. 2004. Allium discoloration: precursors involved in onion pinking and garlic greening. *J. Agric. Food Chem.* vol. 52, pp. 5089-5094.
 22. Lee, CH., Parkin, K.L. 1998. Relationship between thiosulfates and pink discoloration in onion extracts, as influenced by pH. *Food Chem.* vol. 61, pp. 145-150.
 23. Lthy,B., Martinoia, E., Matile, P., Thomas, H. 1984. Thylakoid-associated «chlorophyll oxidase»: Distinction from lipxygenase. *Z. Pflanzenphysiol.* vol. 113, pp. 423-434.
 24. Marangoni, A.G., Palma, T. Stanley, D.W. 1996. Membrane effects in postharvest physiology. *Postharvest Biol. Technol.* vol. 7, pp 193-217.
 25. Martin-Dianan, A.B., Rico, D., Barry-Ryan, C., Frias, J.M., Mulcahy, J., Henehan, G.T.M. 2005a. Comparison of calcium lactate with chlorine as a washing treatment for fresh-cut lettuce and carrots: quality and nutritional parameters. *J. Sci. Food Agr.* vol. 85, pp.2260-2268.
 26. Martin-Dianan, A.B., Rico, D., Frias, J.M., Mulcahy, J., Henehan, G.T.M. 2005b. Effect of calcium lactate concentration and temperature washing treatments on quality retention of sala-cut Iceberg lettuce. *Food Res. International*, vol. 38, pp. 729-740.
 27. Martinoia, E., Dalling, M.J., Matile, P. 1982. Catabolism of chlorophyll: demonstration of chloroplast localized peroxidative and oxidative activities. *Z. Pflanzenphysiol.* vol. 107, pp. 269-279.
 28. Meyer, A.S., Suhr, K.I., Nielsen, P. 2002. Natural food preservatives. In T. Ohlsson, and N. Bengtsson (Eds.), *Minimal processing technologies in the food industries*. Cambridge, England: Wood head Publishing Ltd.
 29. Nishihara, E., Kondo, K., Parvez, M.M., Takahashi, K., Watanabe, K., Tanaka, K. 2003. Role of 5-aminolevulinic acid (ALA) on active oxygen-scavenging system in NaCl-treated spinach (*Spinacia olearcea*). *J. of Plant Phy.* vol. 160, pp. 1085-1091.
 30. Priepeke, P.E., Wei, L.S., Nelso, A.I. 1976. Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables. *J. Food Sci.* vol. 41, pp. 379-382.
 31. Shapiro, J.E., Holder, I.A. 1960. Effect of antibiotic and chemical dips on the microflora of packaged salad mix. *Applied Microbiol.* vol. 8, p341.
 32. Shibata, H., Kono, Y., Yamashita, S., Sawa, Y., Ochiai, H., Tanaka, K. 1995. Degradation of chlorophyll by nitrogen dioxide generated from nitrite by peroxidase reaction. *Biochim. Biophys. Acta* vol. 1230, pp. 45-50.
 33. Singh, N., Singh, R.K., Bhunia, A.K., Stroshine, R.L. 2002. Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots, *LWT Food Science and Technology*, vol. 35, pp. 720-729.
 34. Thomas, H., 1986. The role of polyunsaturated fatty acids in senescence. *J. Plant Physiol.* vol. 123, pp. 97-105.
 35. Toivonen, P.M.A. 2004. Postharvest storage procedures and oxidative stress. *HortScience* vol. 39, pp.97-105.
 36. Tsouvaltzis, P., Gerasopoulos, D., Siomos, A.S. 2007. Effects of base removal and heat treatment on visual and nutritional quality of minimally processed leeks. *Postharvest Biol. Technol.* vol. 43, pp. 158-164.
 37. Vilas-Boas, E.V.B., Kader, A.A. 2006. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. *Postharvest Biology and Tech.* vol.39, pp.155-162.
 38. Yamauchi, N., Watada, A.E., 1991. Regulated chlorophyll degradation in spinach leaves during storage. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* vol. 116, pp. 58-62.
 39. Zhang, M., Huan, Y., Tao, Q., Wang, H. 2001. Studies on Preservation of Two Cultivars of Grapes at Controlled Temperature. *LWT-Food Science and Technology*, vol. 12, no.6, pp. 502 - 506.