

신선 과채류 편의식품의 새로운 품질보존 기술

홍 석 인 · 김 등 만

김치연구팀 · 저장유통팀

전체적인 국민 생활수준의 향상에 따라 건강에 대한 관심이 매우 높아지면서 고품질의 신선 식품에 대한 수요가 급격히 늘고 있는 추세이다. 그 가운데에서도 과일, 채소류의 비중이 점차 증대되고 있으며, 이들의 가공제품 보다는 신선한 식품에 대한 소비 성향이 괄목할만한 성장세를 나타내고 있다. 이와 함께 신선 과일, 채소류의 소비에 있어 변화하고 있는 또 다른 경향은 소비자가 이용시 간편성과 합리성을 추구하고 있다는 점이다. 이에 따라 최근에는 각종 신선 편의식품이 시대의 조류에 맞춰 출시되고 있으며, 특히 이들 상품에 대한 수요는 여성의 사회진출, 맞벌이 부부의 증가, 독신자의 증가, 노인층 구매력의 증가 등 여러 가지 사회환경 변화에 부응하여 더 더욱 증대할 것으로 판단된다. 이에 본고에서는 한국식품개발연구원이 보건복지부의 연구비 지원으로 수행중인 보건의료기술 개발과제와 관련하여 신선 과채류 편의식품의 안전성 및 저장성 측면에서 품질향상을 위해 적용할 수 있는 각종 새로운 기술, 즉 원재료에서 포장된 상품 상태까지 과일, 채소류의 최소가공 과정을 포함한 전 단계의 처리방법을 소개하고자 한다.

1. 신선 과채류 편의식품의 시장성

최근 들어 식품산업에서 그 규모가 날로 확장되고 있는 단체급식(catering) 업계는 비용, 노동력, 위생적인 이유로 박피, 제심, 절단, 세척 등의 최소가공 공정을 거쳐 완성된 편의식 채소나 과일을 구입하고자 한다. 또한 일반 소비자들도 점차 편리하고 바로 이용 가능(ready-to-use)하거나 바로 먹을 수 있는(ready-to-eat) 상태의 과일이나 채소를 원하는데, 다만 이들 상품은 반드시 천연 재

료만 들어 있고 가공처리를 거치지 않은 듯한 신선한 상태의 고품질을 유지하여야만 상품으로서의 가치를 지닌다(1). 이러한 신선 과채류 편의식품은 구미 선진국, 특히 영국이나 프랑스에서는 1990년대 초부터 이미 그 시장이 폭발적으로 성장하였고(2), 미국에서는 2000년까지 미국 소매점에서 판매되는 모든 제품의 25% 가량을 이들 신선 편의식품(fresh-cut produce)이 잠식할 것이라고 예측되고 있다(3).

한편 과채류 편의식품의 생산과 가공 부산물인

박피 쓰레기 등의 효율적 이용 측면을 고려한다면 박피 및 최소가공(minimal processing) 처리과정을 가급적 한 곳에 모아서 처리하는 것이 합리적이다. 원료 상태의 과일, 채소를 최소가공하는 데에는 2가지 목적이 있다. 첫째, 영양적 품질을 손실하지 않은 채로 편리한 형태의 제품을 공급하되 상품을 신선하게 유지하는 것이 중요하기 때문이다. 둘째, 상품이 목적하는 소비자에게 도착하기까지 충분한 유통기간을 가질 수 있게 하기 위함이다 (4). 이상적인 개념으로 최소가공은 '보이지 않는' 처리 과정으로 여겨질 수 있다. 이렇게 최소가공된 신선 과채류 편의식품의 미생물학적, 관능적, 영양적 유통기한은 적어도 4-7일은 되어야만 하고 시장에 따라서는 그 이상도 가능하여야 한다(5,6).

앞서 언급하였듯이 본고에서는 최소가공 처리한 과일, 채소류 편의식품의 품질적, 위생적 측면을 살펴보고, 새로운 가공기술에 대해 소개하고자 한다. 원재료 상태에서 각종 가공처리를 거쳐 완제품 포장으로 끝나는 일련의 처리과정에서 신선 편의식품의 품질과 유통기간에 영향을 미치는 여러 가지 요소(표 1)에 대해 검토하였는데, 이 가운데 몇 가지 요소는 너무나 당연한 것처럼 보이지만 실제로 채소류의 가공은 대부분 소규모 영세 업체에서 행해지고 있고 위생적 측면의 중요성이 항상 충분히 배려되지 않는 점을 감안한다면 한번 더 강조하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

2. 신선 편의식품의 품질변화 요인

원료 과일이나 채소의 껍질을 벗기고 표면을 닦거나 절단하는 과정을 거치면서 결과적으로 이들 편의식품은 몇 주 또는 몇 달간의 유통기간을 지닌 안전한 상품에서 냉장 온도에서만 1-3일 정도의 짧은 유통기간을 갖는 부패하기 쉬운 상품으로 전환된다. 즉, 신선 편의식품은 과일이나 채소가 살아 있는 생체이기 때문에 수반되는 생리적 노화, 생화학적 변화, 미생물적 변패에 의해 그 품질이 열화되기 쉬운데, 구체적으로 상품의 색상, 조직감, 향

미의 손실을 유발하게 된다(7,8).

특히 껍질을 벗기고 다듬는 과정 중에 수많은 식물 세포가 파괴되고 산화 효소와 같은 세포내 물질이 유리되기 때문에 급격한 품질변화가 가능하다.

2.1 생리, 생화학적 변화

과일, 채소류의 최소가공과 관련된 가장 중요한 효소는 갈변을 일으키는 polyphenol oxidase (PPO)이다(5,7). 효소적 갈변이 일어나려면 산소, 산화 효소, 구리, 적절한 기질 등 4가지 구성요소가 필요하기 때문에, 갈변을 방지하기 위해서는 적어도 이러한 구성 요소 중 한가지를 제거해야만 한다. 품질변화와 관련한 또 다른 주요 효소는 lipoxidase가 있는데, 이는 과산화 반응을 촉진시켜 aldehyde와 ketone을 형성하므로써 여러 가지 불쾌한 냄새를 유발한다(7).

최소가공 공정에 의해 과일이나 채소류의 에틸렌 생성 또한 증가하는데, 에틸렌은 과일의 성숙과 관련이 있는 효소의 생합성을 증가시키기 때문에 절단(sliced) 과일에서 조직의 연화와 같은 생리적 변화를 일으키는데 부분적으로 작용을 한다고 볼 수 있다. 더욱이 최소가공 처리를 거친 과채류의 호흡 작용은 대상 품목, 절단 정도, 보관 온도에 따라 1.2-7.0 배 또는 그 이상 증가하게 되므로(7,9), 만약 포장 조건이 적절치 못하다면 혐기성 호흡을 일으키므로써 ethanol, ketone, aldehyde 등을 생성하게 된다(10).

2.2 미생물적 변화

박피, 절단, 세절 과정 중 과채류의 표면은 공기에 노출되고 세균, 효모, 곰팡이 등에 오염될 수 있다. Garg 등(11)에 따르면 공장 내에서 일어나는 오염의 주요 원인은 세절기(shredder)로서 이는 coleslaw 용의 양상치나 양배추를 세절할 때 사용된다(표1). 특히 최소가공 처리된 채소류의 경우, 대부분 저산성(pH 5.8-6.0) 식품으로 분류되

표 1. The key requirements in the minimal processing of fruit and vegetables

- Good quality raw materials (correct cultivar variety, correct cultivation, harvesting and storage conditions)
- Strict hygiene and good manufacturing practices, use of hazard analysis and critical point principles
- Low temperatures during processing
- Careful cleaning and/or washing before and after peeling
- Good quality water (sensory, microbiology, pH) for washing
- Use of milk additives in washing water for disinfection or the prevention of browning
- Gentle spin drying following washing
- Gentle peeling
- Gentle cutting, slicing and/or shredding
- Correct packaging materials and packaging methods
- Correct temperature and humidity during distribution and retailing

고 높은 수분 함량을 지니며 단면의 수가 많아서 미생물 생육에 이상적인 조건이 될 수 있다(12).

과일이나 채소에서 발견되는 세균군은 매우 광범위하다. 신선 엽채류의 주요 오염 미생물은 *Pseudomonas* 와 *Erwinia* 속으로 초기 균수는 대략 g당 10^5 cfu 정도이지만 간혹 약간의 곰팡이와 효모도 존재한다. 특히 최소가공 처리를 거친 엽채류를 저온에서 저장하는 경우, 팩틴 분해능을 갖는 *Pseudomonas* spp.의 일부 균종은 세균성 부패증(bacterial soft rot)을 일으킨다(7,12). 그러나 저장 온도가 올라가고 포장 내의 CO₂ 농도가 높아지면 미생물군의 구성에도 변화가 생겨 젖산균(lactic acid bacteria) 등이 우점 미생물로 자리잡는다(11,13-18).

한편 이탈리아와 미국에서는 상품화된 최소가공 과채류 제품에 대해 미생물 검사를 실시한 바 있다(11,13,18,19). 수프용으로 MA 포장된 채소류 제품에서 초기 세균수임에도 대략 호기성 세균은 10^8 cfu/g, coliform은 5.6×10^6 cfu/g, *Pseudomonas* spp.는 1.5×10^7 cfu/g, 젖산균은 10^6 cfu/g 수준으로 결과가 나왔다(18). Manzano 등(18)은 수프 제조용 채소류의 초기

미생물 수가 높은 이유를 아마도 작업자에 의한 오염과 자연적 오염 뿐 만 아니라 사용된 기계나 환경 등에 의한 것이라고 하였다. 또한 Marchetti 등(13)도 상업적으로 판매되는 여러 가지 채소 샐러드 제품에서 저온성 세균 및 중온성 총 세균 수가 10^8 cfu/g를 넘는 정도로 매우 높다는 것을 확인한 바 있다. 특히 혼합 샐러드와 당근 제품의 경우 적색 치커리나 녹색 치커리보다 더 오염 정도가 심했다. 더욱이 *Aeromonas hydrophila*의 초기 균수도 10^6 cfu/g 정도로 매우 높다는 사실을 발견하였는데, *Aeromonas hydrophila*는 흔히 질병을 일으키기도 하는 병원성 균종으로 즉석 샐러드 제품에서 잘 자랄 수 있다.

초기 미생물수가 많으면 부패의 기준으로 판단할 수 있는 절대적 미생물 수치(미생물 수가 이 숫자 이상이면 부패하였다고 보아도 무방한 수준)를 정하기가 어렵다. 여러 연구결과에 의해 밝혀졌듯이 pH, lactic acid, acetic acid, CO₂ 농도와 같은 부패의 화학적 지표나 관능적 품질, 총 미생물수 사이에는 단순한 상관관계가 성립되지 않는 것으로 나타났다(13, 16-18). 실제로 최소가공 처리된 과일이나 채소 제품의 경우 각기 다른 부패 양상을

나타내는데, 이는 원재료의 특성에 따라 매우 달라진다(4,13).

2.3 신선 과채류 편의식품의 안전성

최소가공 처리된 과일이나 채소류 제품은 가열처리를 하지 않았으므로 사용된 첨가물이나 포장재에 관계없이 5℃ 이하의 냉장 온도에서 취급하고 저장하여야만이 충분한 유통기한과 미생물적 안전성을 확보할 수 있다. 이러한 최소가공 신선 편의식품에 있어서 온도 관리의 중요성은 각종 연구결과 뿐만 아니라 기초적인 교재에서도 잘 나타내주고 있다. 예를 들어, 온도가 높아지면 제품의 호흡이 급격히 증가하는데, 이는 절단 정도(slicing grade) 등과 같은 다른 요소보다도 제품에 더 큰 영향을 미친다(9). 그러나 *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* spp., *A. hydrophila* 와 같은 일부 병원균은 저온에서도 살 수 있고 심지어 증식하기도 한다(14,20). 반면, Brackett(14)은 최소가공 과채류 제품이 다른 식품에 비해 상대적으로 안전하다고 하였는데, 특별히 과일 제품의 경우 일반적으로 병원균의 성장을 억제하기에 충분한 정도의 산성 식품이므로 안전하다고 하였다. 대부분 냉장 유통되는 신선 식품에 부패 미생물이 존재할 경우 이는 저온성균이므로 다른 병원균보다 경쟁적 우세를 나타낸다. 그러나 이들 최소가공 신선 과채류 제품의 미생물학적 안전성에 대한 체계적인 연구는 아직까지 너무 부족한 상태로 더 많은 연구노력이 필요하다. 또한 HACCP이나 GMP 원칙의 적용 등을 포함한 각종 위생관련 제조과정을 도입하여 신선 편의식품에 있어 미생물 오염 위험성을 방지하도록 노력하는 것이 가장 중요하다고 볼 수 있다.

2.4 영양성분의 변화

최근 자료에 의하면 최소가공 처리된 과일 및 채소류 제품은 미생물학적 기준 뿐만 아니라 색상,

향미, 질감 등을 객관적, 주관적으로 측정하여 상품의 품질기준으로 결정한다고 한다(5). 아직까지 신선 편의식품의 비타민, 당, 아미노산, 지질, 섬유소 함량 등 영양적 가치에 관해서는 알려진 바가 거의 없으나, 최소가공 처리된 농산물의 비타민 함량이 세척에 의해 어떠한 영향을 받는지에 대한 일부 결과가 보고되어 있다(5). 향후 최소가공 처리된 과채류의 영양적 가치 측면에 관한 연구가 더 필요함은 두말할 나위가 없다고 본다.

3. 신선 편의식품의 안전성 및 저장성 향상기술

최소가공 채소류 제품은 여러 가지 다른 작업 원칙에 따라 만들어질 수 있다(표2). 만일 제품을 오늘 준비해서 내일 소비하고자 한다면 매우 간단한 제조공정이 필요할 것이다. 대부분의 과일이나 채소류는 이러한 제품군에 속하는데, 이들 제품은 단체 급식용으로는 적합하지만 소매용으로 판매하고자 할 때는 부적절하다. 이러한 제조방법의 가장 큰 장점은 역시 투자비용이 적다는 것이다.

소매를 목적으로 하는 제품과 같이 며칠에서 몇 주 또는 그 이상의 유통기한을 필요로 한다면, 최소가공에 적합한 원재료의 선택은 물론 hurdle concept(5,6,22) 등을 이용한 더 진보된 가공공정 및 처리방법을 사용하여야 한다. 이들 제품의 보존성 향상은 여러 가지 처리를 병용할 때 가능하며, 표에 나타냈듯이 모든 작물에 대해 이러한 가공방법을 적용하는 것은 합리적이지 못하다.

3.1 원재료 선정

과일 및 채소류의 최소가공에 있어서 원재료에 따른 적정 가공방법에 대한 체계적인 연구가 진행된 바는 없다(5). 다만 사전에 박피 및 절단을 하고자 할 때 원재료인 채소와 과일은 세척하기 쉽고 박피하기 쉬워야하며 품질은 당연히 1등급이어야 한다는 것은 자명한 일이다. 특히 가공에 앞서 원

표 2. Requirements for the commercial manufacture of pre-peeled and/or sliced, grated or shredded fruit and vegetables^a

Working principle	Demands for processing	Customers	Shelf life at 5℃(days)	Examples of suitable fruit and vegetables
Preparation today, consumption tomorrow	<ul style="list-style-type: none"> · Standard kitchen hygiene and tools · No heavy washing for peeled and shredded produce; potato is an exception · Packages can be returnable containers 	Catering industry, restaurants, schools, industry	1-2	Most fruit and vegetables
Preparation today, the customer uses the product within 3-4day	<ul style="list-style-type: none"> · Disinfection · Washing of peeled and shredded produce at least with water · Permeable packages; potato is an exception 	Catering industry, restaurants, schools, industry	3-5	carrot, cabbages, iceberg lettuce, potato, beetroot, acid fruit, berries
Products are also intended for retailing	<ul style="list-style-type: none"> · Good disinfection · Chlorine or acid washing for peeled and shredded produce · Permeable packages; potato is an exception · Additives 	Retails shops, in addition to the customers listed above	5-7 ^b	Carrot, chinese cabbage, red cabbage, potato, beetroot, acid fruit, berries

^aData taken from Ahvenainen and Hurme(6).

^bIf longer shelf life, up to 14-day is required, the storage temperature must be 1-2℃.

재료를 적절하게 저장하고 조심스럽게 손질하는 것은 고품질의 편의식 채소를 준비하는데 있어 매우 중요하다(5, 6, 8).

품종이 다른 8가지 채소에 대해 최소가공의 적합성 여부를 확인한 연구결과(6)에 따르면, 특정 채소의 모든 품종이 다 편의식을 만들기 위한 최소가공에 적합하지는 않다고 한다. 특히 당근, 감자, 순무, 양파의 경우 적절한 품종의 선택이 매우 중

요한데 예를 들어, 당근이나 순무 가운데 가장 액즙이 풍부한 품종은 며칠 동안의 유통기한이 필요한 편의식 제품을 만드는 데에는 사용할 수가 없고, 감자의 경우 품종을 잘못 선택하면 색상과 향미에 문제가 생길 수 있다(23). 더욱이 기후 조건, 토양 상태, 비료의 사용, 수확 조건 등을 포함한 재배 관습은 최소가공 시 채소의 '반응양상'에 매우 큰 영향을 미칠 수 있는데, 특히 감자의 경우

매우 민감하게 영향을 받는다. 향후 이러한 측면에서의 최소가공은 더 많은 연구가 필요할 것이다. 아마도 미래에는 최소가공용 과일과 채소를 특별히 상태가 조절된 조건에서 재배할 것이고, 더욱이 식물을 연구하는 유전학자는 최소가공에 적합한 재배 품종이나 혼합종을 선택하거나 만들어낼 것으로 예측된다(7,24).

3.2 박피, 절단 및 세절

감자, 당근, 사과 등의 일부 채소나 과일은 반듯이 박피과정을 필요로 하는데, 품목에 따라 몇 가지 박피방법이 적용 가능하나 산업적인 규모로 박피를 행할 때는 일반적으로 기계적(e.g. rotating carborundum drums), 화학적인 방법 또는 고압 스팀 박피기로 이루어진다(5). 그러나 관련 연구결과(6,25)에 의하면 박피는 가능한 한 조심스럽게 해야 하며, 가장 이상적인 방법은 예리한 칼을 사용해서 손으로 박피하는 것이라고 한다. O' Beirne(25)은 아일랜드산 햇 당근의 경우 손으로 박피한 당근은 박피하지 않은 당근보다 대략 15% 정도 호흡률이 증가한 반면, 마찰식(미세 마모, 거친 마모방식 모두)에 의해 박피한 것은 손으로 박피한 것보다 호흡률이 거의 2배로 증가한 것을 확인하였다. 더욱이 저장 당근의 경우에는 거친 마모방식에 의한 박피 당근은 손으로 박피한 당근보다 거의 3배의 호흡률을 나타냈다. 결과적으로 마찰방식으로 박피한 당근은 손으로 박피한 것보다 미생물 증식 속도가 더 빨랐으며, 관능적 품질에 있어서도 손으로 박피한 당근이 마찰방식에 의한 박피 당근보다 다소 더 우수하게 나타났다.

한편 기계적으로 박피한 감자의 경우에도 손으로 박피한 감자보다 갈변이 훨씬 심하여서 carborundum으로 박피한 감자는 갈변 억제제로 처리해 주어야 하지만 손으로 박피한 감자는 물에 씻어내는 것만으로도 충분하였다(6). 따라서 기계적 박피를 사용하는 경우라도 칼로 박피한 것과 비슷하도록 해야 가장 이상적이며, carborundum,

스팀 박피 또는 부식성 산(caustic acid)은 채소의 세포벽을 파괴시켜 미생물 성장 및 효소적 변화의 가능성을 높일 우려가 있으므로 주의가 요구된다.

이미 잘 알려진 바와 같이 절단 및 세절 공정은 가능한 한 예리한 칼이나 칼날을 사용해야 하고 스테인레스 제품을 사용해야 한다. Ohta와 Sugawara(26)는 양상추를 절단하거나 세절할 때 날카로운 칼날을 사용하는 것이 무딘 칼날보다 더 유리하다는 것을 확인하였으며, O' Beirne (25)는 당근에 대해서 비슷한 결과를 보고하였다. 예리한 면도칼을 사용하여 당근을 자르면 상업적으로 이용되는 여러 가지 절단기를 이용하는 것보다 미생물이나 관능적인 측면에서 수용도가 더 높았다. 이는 무딘 칼로 식물체를 절단하게 되면 세포를 파괴시키고 조직액을 다량 유출시키기 때문에 품질 유지가 어려워지는데 기인한다. 한편 절단 공정에 사용되는 칼날이나 절삭기구는 1% hypochlorite 용액을 사용하여 소독하는 것이 좋고, 사용할 때 진동하는 장비는 잘린 절단표면의 품질을 저하시킬 수 있으므로 절단기는 반듯이 단단하게 고정해야 할 필요가 있다.

3.3 세척, 수세 및 건조

납품받은 채소 및 과일 원재료가 흙, 진흙, 모래 등으로 덮여 있다면 가공 공정을 거치기 전에 우선 조심스럽게 이물질들을 닦아내야 하며, 대부분의 경우 박피 또는 절단 과정 후에 2차 세척이 이루어진다(5,6). 예를 들어, 배추나 양배추는 절단 과정 후 반듯이 세척해야 하지만 당근은 절단하기 전에 미리 세척해야 한다(16,17). 이러한 박피나 절단 후의 세척 과정은 미생물 및 세포 조직액을 제거하여 가공 이후의 저장 과정 중에서 미생물 생육과 효소적 산화를 감소시키는 역할을 한다. 특히 농산물을 세척할 때는 단순히 물에 담가두는 것보다 흐르는 물 또는 기포 발생장치를 사용하는 것이 더 좋으며(26), 이에 사용되는 세척수는 미생물 오염 문제가 없어야 하고 관능적인 품질도 우수해야 하

며 가능하다면 5℃ 이하로 수온이 낮아야 한다. 일반적으로 세척수의 양은 박피 및 절단 전에는 5-10 l/kg, 후에는 3 l/kg을 사용하도록 권장하고 있다(16,17).

또한 초기 미생물수를 줄이고 효소활성을 떨어뜨려 신선 상품의 유통 기한과 관능적 품질을 향상시키기 위해서 세척수에 보존제를 첨가하여 사용할 수도 있다. 일부 문헌에는 파채류의 최소가공에 사용할 수 있는 여러 보존제가 소개된 바 있으나(5), 그 중 일부만이 현재 상업적으로 사용되고 있으며 다른 보존제의 효율성에 대해서는 정보가 부족한 형편이다. 더욱이 일부 국가에서는 염소제제와 같은 보존제의 사용을 허용하지 않고 있다.

여러 연구자들에 의하면 박피 및 절단 전후에 세척액 1 l 당 100-200 mg의 염소나 구연산을 첨가하는 것이 제품의 유통기한을 연장하는데 효과적이라고 한다(5,8,16,17,25). 그러나 염소제제를 사용할 경우 채소류 제품은 반드시 행굼 과정을 거쳐 염소 농도를 식수와 동일한 수준으로 낮추어줌으로서 관능적 품질을 향상시켜야 할 것이다(16). 특히 염소 처리 효과는 pH가 낮고, 세척액의 온도가 높으며, 불순물이 적은 물로 정확한 접촉시간을 지킬 때에 더욱 효과적일 수 있다(5,8). Kabir(8)에 의하면 염소 농도가 70 mg/l 일 경우 최적 접촉시간은 12-13초라고 한다.

염소 화합물이 수용액이나 가공장비의 오염 미생물을 불활성화시키는데에는 매우 효과적임에도 불구하고, 신선한 과일이나 채소에서 발견되는 미생물에 동일한 효과가 있는지에 대해서는 상반된 견해가 있다(8,11,14). 예를 들어 염소 화합물이 상추와 같은 몇몇 엽채류에서는 호기성 미생물수를 줄이는 것으로 나타났지만(5,11), 근채류나 양배추에서는 반드시 그렇지 않은 않았다.

이에 반해 Torriani와 Massa(19)는 절단된 당근을 염소수(20 mg free chlorine/l)로 세척했을 때 coliform은 현저하게 줄지만 호기성 세균 수는 그다지 영향받지 않음을 확인하였다. 결과적으로 염소 화합물의 처리 효과는 대상 품목과 처리

농도에 따라서 미생물 감균효과가 다른 것으로 이해되며, 실제로 저자들의 실험결과에서도 양파나 파 등의 일부 채소류는 염소수 처리에 의한 저온성 세균 및 호기성 미생물 등의 감소를 기대하기 어려웠고 설혹 초기 감균효과가 인정되더라도 저장 중의 품질과는 반드시 일치하지 않는 경향을 나타내기도 하였다(미공개 자료). 어쨌든지 최소가공 처리된 채소류를 100 mg/l의 농도로 염소를 함유한 세척수에 조심스럽게 수세하고 그 후 다시 행굼내는 과정은 관능적인 측면에서 제품의 유통기한을 최소 며칠에서 7-8일까지 증대시킬 수 있는 것으로 나타났다(16,17). 특히 원재료 상태의 당근을 박피한 후에 구연산이나 염소수 용액에 세척한다면 최종 박피 당근제품의 관능적인 유통기간도 현저하게 연장된다(17). 물론 세척 과정은 박피 당근, 세절 배추, 박피 감자 등의 비타민(vitamin C와 carotene) 함량을 유의적으로 감소시키지는 않았으며, 이들의 주요 감소요인은 표3에 나타난 바와 같이 저장시간에 의해 좌우된다(27).

한편 세척 후 제품에 잔존하는 물기를 제거할 때는 가능한 한 조심해서 다루어야 한다(5). 현재까지는 원심분리가 가장 좋은 방법으로 알려져 있으나, 제품에 따라 원심분리 시간과 속도를 신중하게 결정해야 한다(21,28). Ohta와 Sugawara(26)는 세절한 양상추를 basket 타입(직경 52 cm, 1000 rpm)의 원심분리기에서 30초간 건조했을 때 최대의 유통기간을 얻을 수 있었다고 한다.

3.4 갈변 방지

여러 조각으로 절단한 사과나 감자와 같은 과일, 채소류에 있어 품질과 관련한 주요 문제는 과육의 갈변현상으로서 특별히 외관상의 품질 저하를 일으키며 물로 세척하는 것 만으로는 변색을 막기에 충분하지 않다(5,23). 이러한 갈변을 방지하기 위해 전통적으로 황화합물(sulfites)을 많이 사용하여 왔으나, 황화합물의 사용은 몇 가지 단점을 지니고 있는데 특히 천식을 가진 사람에게서는 위험한 부작용

표 3. The effects of various washing methods and storage times on the α -carotene and β -carotene content of air-grated carrot^a

Sample and Washing method ^b	α -carotene (mg/100g fresh weight)			β -carotene (mg/100g fresh weight)		
	2 days	4 days	8 days	2 days	4 days	8 days
Fresh grated carrot						
No washing	2.0			8.1		
Stored grated carrot						
No washing	2.0	2.2	1.8	7.0	7.6	5.9
Washing with normal tap water: (+6°C, 1 min)	1.8	2.0	1.6	6.6	7.2	5.4
Washing with normal tap water containing 100 mg/l active chlorine (+6°C, 1 min)	2.0	2.1	1.9	7.1	7.2	6.4
Washing with normal tap water containing 0.5% citric acid (+6°C, 1 min)	2.0	2.0	1.6	6.9	7.0	5.0
Washing with normal tap water containing 100 mg/l active chlorine (+30°C, 1 min) and with normal tap water (+6°C, 1 min)	1.9	2.0	1.5	6.7	6.7	4.9

^aData taken from Hgg et al. (27); the results are the mean values from four parallel samples

^bWhole pre-washed and pre-peeled carrots (cv. Navarre) were washed. The amount of washing liquid was 3 l water/1 kg carrot. After washing, carrot were grated into 3-mm strips, and packed in heat-sealed 40 μ m oriented polypropylene film, 1 kg of grated carrot per bag

용을 일으킬 수 있다. 이 때문에 미국 FDA(29)에서는 황화합물의 사용을 부분적으로 제한하기로 1990년 봄에 결정하였고 그에 따라 황화합물 대체 물에 대한 관심이 점차 고조되고 있다(30).

이러한 측면에서 구연산(CA)은 ascorbic acid(AA)와 함께 또는 단독으로 쓰이기도 하고, 감자에 대해서는 potassium sorbate와 함께(표 4), 사과에서는 4-hexyresorcinol과 함께 사용함으

로써 황화합물을 대체할 수 있는 갈변 방지제로 각광을 받고 있는데, 특히 손으로 박피한 제품의 경우에 더 효과적이다(5, 23, 31). 더욱이 Sapers와 Miller(32)는 박피(마찰식 또는 고압 스팀으로 박피)한 감자를 AA와 CA의 가열 용액으로 처리함으로써 매우 긍정적인 결과를 얻었다. 즉, 박피 감자를 1% AA와 2% CA 용액에서 5-20분간 45-55°C로 가열한 후 냉각시키고 다시 4% AA, 1% CA와

표 4. The effects of washing time with some browning prevention chemicals^a and heat treatment^b on the browning index^c of pre-peeled sliced potatoes (cv. Nicola)^d left to stand for two hours

Browning prevention treatment	Concentration	No heat treatment		Heat treatment	
		1-min wash	3-min wash	1-min wash	3-min wash
No treatment		145			
Water		13	8	5	3
AA	0.1%	11	9	3	2
AA	0.5%	7	5	2	2
CA	0.1%	5	4	4	2
CA	0.5%	2	1	1	0
AA+CA	0.1%+0.5%	3	2	3	2
AA+CA	0.3%+0.5%	3	2	1	0
AA+CA	0.5%+0.5%	2	1	0	0
AA+CA+CaCl ₂	0.3%+0.3%+0.1%	4	1	1	1
AA+CA+potassium sorbate	0.5%+0.5%+0.2%	2	1	1	1
Sodium benzoate	0.5%	2	1	2	1
CA+4-hexylresorcinol	0.5%+0.005%	3	2	4	1

^aData taken from Matilla et al. (23)

^bHeat treatment: 2 weeks at +15°C

^cBrowning was measured by the so-called browning index, which is based on the sensory evaluation of 20 slices, cut from the middle of 20 different potatoes, by a trained panelist. This method is used in industrial practice. The browning index value should be below 10 for a potato lot to be regarded as suitable for processing. If the browning index is in the range 0-5, browning is not considered to be a problem for a potato lot

^dPotatoes were winter-stored for 8 months before the experiment

AA, Ascorbic acid; CA, Citric acid

1% sodium acid pyrophosphate를 함유하는 갈변 방지액에 5분간 담궈서 처리하게 되면, 갈변 억제제만으로 처리할 경우 3-6일만에 변색이 일어나는 것에 반해 이러한 혼합 처리로 인해 4°C에서 14일 동안 감자의 변색을 방지할 수 있었다고 한다.

갈변 방지방법에 있어 가장 관심을 끄는 분야는 '천연물'을 이용하는 것으로, 특정 샐러드 재료의

혼합이 서로의 갈변을 방지하는 것과 같은 사례를 예로 들 수 있다. Lozano-de Gonzales 등(33)은 파인애플 주스가 신선한 절단 사과제품의 갈변을 방지하는데 황화합물을 대신할 만큼 좋은 대체 물임을 알아냈다. 감자는 박피하기 전에 15°C에서 2주간 열처리함으로써 어느 정도 갈변에 대한 민감도를 줄일 수 있는데(표4), 이는 주로 환원당

함량이 열처리 과정 중에 줄어들기 때문이다 (23).

3.5 환경기체 조절포장(MAP)

신선 과채류 편의식품을 생산하는 마지막 공정은 포장으로 그 중요성은 다른 어느 공정에 못지 않다. 그 가운데에서도 원료 과일이나 채소류의 포장에 사용되는 방법으로 가장 많이 연구된 것이 바로 MAP(modified atmosphere packaging)기법이다. Kader 등(34), Powrie와 Skura(10), Day(35)와 Riquelme 등(20)은 최소가공 제품 뿐만 아니라 일반적인 과채류의 MAP 원리와 그 모형에 대해 탁월한 견해를 제시한 바 있다. 기타 최근의 자료에서는 최소가공 처리된 과일, 채소류의 소매, 도매 판매, 수송용 포장 방법에 대해 자세하게 다루었다(5).

MAP의 기본 원리는 호흡대사를 하는 내용물에 대해 적절한 투과성 포장재를 사용함으로써 수동적으로 포장 내 기체조성을 변형시키거나, 투과성 포장재와 특정 혼합기체를 함께 사용함으로써 능동적으로 변형된 기체조성을 형성하는 것이다. 두 가지 방법 모두 포장된 내용물의 호흡대사를 가능한 한 저하시킬 수 있도록 포장 내에 최적의 기체조성을 만들어내는 것이 목적이다.

그러나 O₂와 CO₂ 농도가 내용물인 생체에 해를 끼칠 정도가 되어서는 안되는데, 주로 사용되는 기체조성은 2-5% CO₂, 2-5% O₂, 나머지는 질소가 되도록 하는 것이 일반적이다(34, 35). 그러나 이러한 MAP 본연의 목적을 달성하는 것은 고품질의 신선 편의식품을 일정 기간의 유통 기한을 갖도록 만드는 데 필요한 여러 공정 가운데 가장 어려운 것으로 평가된다. 포장에 있어 가장 중요한 문제는 시장에서 구입 가능한 포장재 중에 충분한 투과성을 갖는 제품이 없다는 것이다(35). 특히 호흡률이 높은 품목을 대상으로 포장하였을 경우 대부분의 필름 제품이 최적 O₂와 CO₂ 조성을 형성하지 못하는 문제점을 갖는다. 이에 대한 한가지 해결책으로서 일

정한 크기의 미세기공을 가진 필름을 만들어 포장 내부가 혐기적 조건으로 전환되지 않도록 할 수 있다(36). 실제로 이러한 방법을 적용하여 박피 당근의 유통 기한을 유의적으로 향상시킨 사례도 보고되었다(17). 또 다른 해결책으로는 EVA(ethylene vinyl acetate)를 OPP(oriented polypropylene)와 LDPE(low-density polyethylene)에 함께 혼합하거나, PE(polyethylene)에 ceramic 소재를 혼합하여 필름을 제조하는 방법이 있다. 이러한 복합물 필름은 셀러드 포장에 많이 사용되는 PE나 OPP보다 유의적으로 높은 기체 투과율을 갖는 것이 사실이지만, 아직도 투과율을 훨씬 더 낮여야 하는 문제가 남아 있다. 이들 복합물 필름은 열 접착성이 좋고 두 가지 모두 상업적으로 이용 가능한데 (6), 이러한 복합 필름으로 포장한 세절 양배추와 박피 당근 제품의 유통기한은 5°C에서 7-8일정도로서 일반적으로 채소 제품에 흔히 사용되는 OPP 포장 제품에 비해 약 2-3일 정도 더 유통 기간이 연장되는 효과를 나타낸다. 이들 복합물 필름에 내용물을 충전할 때는 대부분 상압포장하는 것이 일반적이다(16, 17). 한편, 최근에는 숨쉬는 필름이 새롭게 특허를 받았는데, 이는 대략 25 μ m 두께의 복층 blown co-extrusion 필름에 외층은 K-Resin KR10으로, 내층은 metallocene PE로 첨합한 3층 구조의 필름 제품이다(37). 특허 내용에 따르면 신선한 셀러드를 염소수 용액에 씻어서 이 필름에 포장한 다음 1-2°C에 저장하면 16일 정도의 유통 기간을 갖게 된다고 한다.

번거로운 실험과정을 거치지 않고도 간단하게 포장내 기체농도를 확인하고자, 포장 내부에서 일어나는 기체농도의 변화를 모형화하려는 시도가 여러 연구자에 의해서 행해졌다. 이들 대부분의 연구결과(5, 34)는 주로 원재료 상태의 농산물(whole produce)을 가지고 시험한 것으로 생체인 농산물의 호흡과 포장재를 통한 기체 확산과의 상호관계에 대해 설명하고 있다. 아직까지는 최소가공(박피, 절단, 세절 등) 처리된 신선 식품에 대해 공통 모형(universal model)을 만들 수 없다는 것이

분명하지만, 설정 정확한 모형을 설정하여 포장 내부의 기체조성을 목적하는 대로 만들 수 있다 하더라도 단지 유통기간을 며칠 더 연장하는 것만이 가능할 것이다. 왜냐하면 호흡만이 최소가공된 신선 편의식품의 품질 변화를 유발하는 유일한 원인이 아니기 때문으로 효소나 미생물의 활성, 어떤 경우에는 에틸렌 또한 변색, 이취, 이미 등의 문제를 발생시킬 수 있기 때문이다(6).

3.6 진공 포장(moderate - vacuum packing)

신선 과채류 편의식품에 대해 환경기체조절포장 방법 가운데 한가지로서 진공포장(MVP)을 적용할 수도 있다(38). 이는 최소가공한 제품을 강성 밀폐 용기에 충전한 후 40 kPa으로 감압포장하여 4-7 °C의 냉장 온도에서 저장하는 방법으로 초기 기체 조성은 정상적 공기(21% O₂, 0.04% CO₂, 78% N₂)와 같지만 분압이 낮은 것이 차이점이다. 일반적으로 저농도 O₂ 조건은 대사활성 및 변패 미생물의 생장을 더디게 함으로써 결과적으로 포장제품의 품질을 안정화시키는 역할을 한다. Gorris 등(38)은 MVP 기법을 적용하여 붉은 피망, 치커리, 조각 사과, 조각 토마토 등의 미생물적 품질을 향상시켰고, 살구와 오이의 관능적 품질을 향상시켰으며, 녹두나물(mung-bean sprout)과 혼합 채소의 경우에는 미생물적, 관능적 품질을 동시에 향상시킬 수 있었다고 한다. 또한 이들은 7°C에서 녹두나물에 대해 *L. monocytogenes*, *Y. enterocolitica*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus cereus* 등으로 병원균 접종실험을 실시한 결과, MVP 포장구에서 저장기간 중 모든 병원성 세균들이 생존력을 급속히 소실함을 확인하였다.

한편 Heimdal 등(39)은 80µm 두께의 유연성 PE 필름봉투를 사용하여 MVP(46 kPa의 압력으로 진공)를 적용하였는데, 세절한 iceberg 품종의 양상추를 MVP로 포장하고 3가지 다른 포장 방법(59µm의 다층 공압출 필름에 상압포장①, 59µm

의 다층 공압출 필름에 80% O₂, 20% CO₂로 기체치환포장②, 80µm PE 필름에 80% O₂, 20% CO₂ 기체치환포장③)을 적용하여 포장구별로 유통기간을 비교하였다. 실험 결과, MVP와 ③번 포장 시스템은 5°C에서 10일간 저장하는 동안 효소적 갈변을 방지하였으나, ①번 포장 시스템에서는 저장 3일 후 특히 외관 품질이 매우 저하되었다. 양상추를 80% O₂, 20% CO₂로 기체치환포장했을 때 PE 필름보다 다층 필름에 포장한 경우가 더 심하게 갈변이 일어났다. 그러나 외관상 품질이 우수해 보이더라도 이취 생성이 증가되므로 10일 이상 저장하는 것은 피해야 할 것이다.

3.7 기능성 포장(active packaging)

기능성 포장이란 최소가공 신선 편의식품을 포장하는 또 다른 형태의 새로운 포장방법으로서 내부에 여러 가지 가스 흡수제나 발산제를 함유하는 포장이다(35). 신선 편의식품에 대한 기능성 포장기법의 적용은 아직 초기 단계로 소수의 연구결과만이 보고되어 있을 뿐이지만, 적절한 기능성 포장방법을 적용할 경우 호흡대사, 미생물 활성, 식물 호르몬의 활성 등을 조절할 수 있을 것으로 보인다. Howard 등(40)은 potassium permanganate와 activated alumina를 원료 소재로 한 상업용 가스 흡수제를 사용하여 절단 양파의 품질 변화에 미치는 영향을 살펴보았다. 사용된 가스 흡수제는 절단 양파의 포장 내 에틸렌을 효과적으로 제거하였고 휘발성 황화합물(sulphur volatiles)은 물론 CO₂농도도 감소시켰다. 실험결과에 따르면 절단 양파에 대해 potassium permanganate 가스 흡수제를 사용할 경우 2°C에서 10일 동안 양호한 상태로 품질을 유지할 수 있었다고 한다. 가스 흡수제와는 다른 측면에서 Exama 등(36)은 일시적인 온도 상승에 의해 과도한 O₂ 고갈이나 CO₂의 축적을 방지하기 위한 안전 밸브장치(safety-valve system)를 제시하였는데, 이러한 형태의 시스템

은 특히 신선 편의식 상품 가운데에서도 대량 (bulk) 단위제품이나 수송용 포장에 적합할 것으로 판단된다.

3.8 가식성 필름 및 코팅(edible films and coatings)

최소가공 과채류의 수확 후 저장수명을 늘리는 또 다른 포장 방법으로는 가식성 코팅을 이용하는 것이다. 가식성 코팅이란 소비자가 제품을 섭취할 때 그 일부로서 먹을 수 있는 얇은 층의 필름물질을 말하는 것으로 이러한 개념이 아주 새로운 것은 아니다. 가식성 필름은 이미 12세기 중국에서 감귤류에 사용된 바 있으나, 최근 식품 분야에서 최소가공이 인기를 얻기 시작하면서 포장방법에 있어서도 환경적 요인을 고려하여 가급적 포장을 최소화시켜야 한다는 점이 부각되면서 가식성 필름에 대한 관심이 전세계적으로 매우 높아졌다. 특히 가식성 필름과 코팅에 대해서는 총설논문뿐만 아니라 서적까지도 최근에 출판된 바 있어 비교적 상당량의 자료가 나와 있는 상황이다(41-43).

적어도 이론적으로는 가식성 코팅이 수분 손실을 줄이고 산소의 투과를 제한하며, 호흡률을 낮추고 에틸렌 생성을 억제할 수 있으며, 향미 휘발물질을 밀봉하고 변색이나 미생물 생육을 지연시킬 수 있는 첨가제도 함유할 수 있다. Baldwin 등(43)은 특허를 출원하였거나 상업적으로 이용 가능한 가식성 필름용액에 대해 검토한 결과, 지방산 sucrose polyester와 carboxymethylcellulose의 sodium 염을 소재로 한 가식성 필름은 수분 손실과 갈변을 지연시킬 수 있고, cellulose 유도체를 소재로 한 가식성 필름의 경우 절단 버섯의 변색을 지연시키고 백색 반점(white blush)이라고 알려진 박피 당근의 생리적 이상증세의 유발을 지연시킬 수 있다고 한다. 특히 carrageenan과 chitosan 코팅 또한 최소가공 과채류에 이용할 수 있는 소재이지만, FDA는 아직 carrageenan을 코팅용 성분으

로 인정하지 않았고 식품 첨가물로서의 키토산에 대한 승인 문제도 아직 해결되지 않았으나 Baldwin 등(43)은 조만간 승인될 것으로 판단하였다.

4. 향후 연구과제

관능적인 품질은 물론 미생물학적 안전성 및 영양적 가치를 지닌 고품질의 최소가공 신선 과채류 편의식품을 개발하기 위해서는 여전히 많은 연구가 필요하다. 특히 소매를 목적으로 하는 제품은 더욱 더 개발 노력이 필요하다. 현재 시장수준으로 이들 제품은 저온(5℃)에서 7-8일의 유통 기간을 가질 수 있지만 어떤 경우에는 이것만으로 충분치 않아 약 2-3주의 유통 기간이 필요할 때도 있다. 이렇게 유통 기간이 연장된 신선 편의식품이 출시되는 상황에도달해서는 병원성 세균의 생육과 영양 성분의 변화에 대한 더 많은 정보가 필요하게 된다. 한편 최소가공 과채류 제품의 가장 큰 특징은 원재료 선정에서부터, 전처리, 가공, 포장, 유통 등의 모든 공정을 적절히 유기적으로 연결하여야만 저장성 연장이 가능한 통합 체계적 제품이라는 것이다. 다시 말하자면 최소가공에 필요한 특정 요구사항에 잘 맞도록 새로운 품종을 선택하고 생산하거나 새로운 혼합종을 개발해야 한다. 또한 박피, 절단 등의 단위 가공 조작에 사용되는 장비를 더 개발하여 제품을 더 조심스럽게 가공할 수 있어야 하며, 가공과정 중 거칠게 다루어 제품의 품질을 저하시키고 후에 보존제를 사용함으로써 이를 무마하려는 것은 이치에 맞지 않는다는 사실을 분명하게 인식할 필요가 있다. 향후 최소가공 제품의 품질 향상을 위해서는 젯산균이 생성하는 저해제(bacteriocin)과 같이 천연 보존제를 사용하는 hurdle technology와 가공 방법 및 첨가제를 적절히 조화시키는 등의 2가지 접근 방법을 함께 사용해야 할 것이다. 또한 기능성 포장시스템이나 가식성 필름은 물론, 과채류의 호흡대사에 더 잘 부합할 수 있도록 기체 투과성이 개선된 필름 등을 개발할 필요가 있다고 본다.

참고문헌

1. Lund, D.B. Food processing from art to engineering. *Food Technol.* 43, 242-247 (1989)
2. Day, B.P.F. and Gorris, L.G.M. Modified atmosphere packaging of fresh produce on the west-european market. *ZFL-Int. Z. Lebensm.-Tech., Mark., Verpack. Anal.* 44 (1/2), 32-37 (1993)
3. Garret, E. Challenges and opportunities in marketing fresh-cut produce. in *Modified Atmosphere Food Packaging* (Brody, A.L., ed.), pp. 31-34, Institute of Packaging Professionals, Herndon, VA, USA (1994)
4. Huxsoll, C.C. and Bolin, H.R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 43, 124-128 (1989)
5. Wiley, R.C. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. Chapman & Hall (1994)
6. Ahvenainen, R. and Hurme, E. Minimal processing of vegetables. in *Minimal Processing of Foods* (VTT Symposium Series No. 142) (Ahvenainen, R., Mattila-Sandholm, T. and Ohlsson, T., eds.), pp. 17-35. Technical Research Centre of Finland (VTT), Espoo, Finland (1994)
7. Varoquaux, P. and Wiley, R. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. in *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables* (Wiley, R.C., ed.), pp. 226-268, Chapman & Hall (1994)
8. Kabir, H. Fresh-cut vegetables. in *Modified Atmosphere Food Packaging* (Brody, A.L., ed.), pp. 155-160, Institute of Packaging Professionals, Herndon, VA, USA (1994)
9. Mattila, M., Ahnainen, R., Hurme, E. and Hyv nen, L. Respiration rates of some minimally processed vegetables. in *Proceedings of Workshop on Systems and Operations for Post-harvest Quality* (De Baerdemaeker, J. et al., eds), pp. 135-145, COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
10. Powrie, W.D. and Skura, B.J. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. in *Modified Atmosphere Packaging of Food* (Ooraikul, B. and Stiles, M.E., eds), pp. 169-245, Ellis Horwood (1991)
11. Garg, N., Churey, J.J. and Splittstoesser, D.F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. *J. Food Protect.* 53, 701-703 (1990)
12. Willocx, F., Hendrickx, M. and Tobback, P. The influence of temperature and gas composition on the evolution of microbial and visual quality of minamally processed endive. in *Minimal Processing of Foods and Process Optimization: An Interface* (Singh, R.P. and Oliveira, F.A.R., eds), pp. 475-492, CRC Press (1994)
13. Marchetti, R., Casadei, M.A. and Guerzoni, M.E. Microbial population dynamics in ready-to-use vegetable

- salads. Ital. *J. Food Sci.* No. 2, 97-108 (1992)
14. Brackett, R.E. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. in *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables* (Wiley, R.C., ed.), pp. 269-312. Chapman & Hall (1994)
 15. Markholm, V. Intact Carrots and Minimally Processed Carrots - Microflora and Shelf life, Rerentning No. S2190, Havebrugscentret Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, rslev, Denmark (1992)
 16. Hurme, E., Ahvenainen, R., Kinnunen, A. and Skytt .. E. Factors affecting the quality retention of minimally processed chinese cabbage. in *Proceedings of the Sixth International Symposium of the European Concerted Action Program COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables. Current Status and Future Prospects*, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
 17. Ahvenainen, R., Hurme, E., Kinnunen, A., Luoma, T. and Skytt .. E. Factors affecting the quality retention of minimally processed carrot. in *Proceedings of the Sixth International Symposium of the European Concerted Action Program COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetable. Current Status and Future Prospects*. Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
 18. Manzano, M., Citterrio, B., Maifreni, M., Paganessi, M. and Comi, G. Microbial and sensory quality of vegetables for soup packaged in different atmospheres. *J. Sci. Food Agric.* 67, 521-529 (1995)
 19. Torriani, S. and Massa, S. Bacteriological survey on ready-to-use sliced carrots. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 27, 487-490 (1994)
 20. Riquelme, F., Pretel, M.T., Mart nez, G., Serrano, M. Amor s, A. and Romojaro, F. Packaging of fruits and vegetables: Recent results. in *Food Packaging and Preservation* (Mathlouthi, M., ed.), pp. 141-158, Blackie (1994)
 21. Zomorodi, B. The technology of processed/prepacked produce preparing the product for modified atmosphere packaging (MAP). in *Proceedings of the 5th International Conference on Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging*, CAP 90, pp. 301-330, Schotland Business Research, Princeton, NJ, USA (1990)
 22. Leistner, L. and Gorris, L.G.M. Food preservation by hurdle technology. *Trends Food Sci. Technol.* 6, 41-46 (1995)
 23. Mattila, M., Ahvenainen, R. and Hurme, E. Prevention of browning of pre-peeled potato. in *Proceedings of Workshop on Systems and Operations for Post-Harvest Quality* (De Baerdemaeker, J. et al., eds), pp. 225-234, COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
 24. Martinez, M.V. and Whitaker, J.R. The biochemistry and control of

- enzymatic browning. *Trends Food Sci. Technol.* 6, 195-200 (1995)
25. O'Beirne, D. Influence of raw material and processing on quality of minimally processed vegetables. in Progress Highlight C/95 of EU Contract AIR1-CT92-0125, Improvement of the Safety and Quality of Refrigerated Ready-to-eat Foods using Novel Mild Preservation Techniques, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
26. Ohta, H. and Sugawara, W. Influence of processing and storage conditions on quality stability of shredded lettuce. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkai Shi* 34, 432-438 (1987)
27. Hgg, M., H kkinen, U., Kumpulainen, J., Hurme, E. and Ahvenainen, R. Effects of preparation procedures and packaging on nutrient retention in different vegetables. in Proceedings of the Sixth International Symposium of the European Concerted Action Program COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables. Current Status and Future Prospects, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
28. Bolin, H.R. and Huxsoll, C.C. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *J. Food Sci.* 56, 60-67 (1991)
29. Anon. Sulphites Banned. *Food Ingredients Process. Int.* No. 11, 11 (1991)
30. McEvily, A.J., Iyengar, R. and Otwell, S. Sulfites alternative prevents shrimp melanosis. *Food Technol.* 45, (9), 80-86 (1991)
31. Monsalve-Gonzalez, A., Barbosa-Cnovas, G.V., McEvily, A.J. and Iyengar, R. Inhibition of enzymatic browning in apple products by 4-hexylresorcinol. *Food Technol.* 49, 110-118 (1995)
32. Sapers, G.M. and Miller, R.L. Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. *J. Food Sci.* 60, 762-766. 776 (1995)
33. Lozano-de-Gonzales, P.G., Barrett, D.M., Wrolstad, R.E. and Durst, R.W. Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. *J. Food Sci.* 58, 399-404 (1993)
34. Kader, A.A., Zagory, D. and Kerbel, E.L. Modified atmosphere packaging of fruit and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 28 (1), 1-30 (1989)
35. Day, B.P.F. Modified atmosphere packaging active packaging of fruits and vegetables. Minimal Processing of Foods (VTT Symposium Series 142) (Ahvenainen, R., Mattila-Sandholm, T. and Ohlsson, T., eds), pp. 173-207. Technical Research Centre of Finland (VTT), Espoo, Finland (1994)
36. Exama, A., Arul, J., Lencki, R.W., Lee, L.Z. and Toupin, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 58, 1365-1370 (1993)
37. Anon. Bags extend salad shelf time. *Packag. Dig.* Jan. 1996. 66-70 (1996)
38. Gorris, L.G.M. de Witte, Y. and Bennik, M.J.H. Refrigerated storage

- under moderate vacuum. *ZFL Focus Int.* 45 (6), 63-66 (1994)
39. Heimdal, H., Falk, K hn, B., Poll, L. and Melchior Larsen, L. Biochemical changes and sensory quality of shredded and ma-packaged iceberg lettuce. *J. Food Sci.* 60, 1265-1268, 1276 (1995)
40. Howard, L.R., Yoo, K.S., Pike, L.M. and Miller, G.H., Jr. Quality changes in diced onions stored in film packages. *J. Food Sci.* 59, 110-112, 117 (1994)
41. Krochta, J.M., Baldwin, E.A. and Nisperos-Carriedo, M. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality, Technomic (1994)
42. Guilbert, S., Gontard, N. and Cuq, B. Technology and applications of edible protective films. *Packag. Technol. Sci.* 8, 339-346 (1995)
43. Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. and Baker, R.A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 35, 509-524 (1995)

