

최소가공 처리된 과일과 야채류

- 비가열 물리적 처리에 의해 미생물 오염을 감소시킨다 -

최 희 돈
농산물이용연구부

1. 서 론

약 30여년전에 미국시장에 과일과 야채에 대한 최소가공 기술이 도입된 이래 최소가공된 과일과 야채에 대한 수요는 꾸준히 증가해 왔다. 미국내 최소가공된 과일과 야채류의 현재 시장 규모는 약 60억 달러이며 향후 5~7년내에 약 200억 달러 규모로 성장할 것으로 예측된다. 최소가공에 대한 세계적 수요도 더불어 증가하는 추세에 있다.

일반 소비자들은 특히 과일이나 야채를 포함한 식품들을 구매할 때 소비하기에 편리한 상태로 가공되어 있기를 바라면서도 인공적인 첨가물은 전혀 들어가지 않기를 바란다. 따라서 식품서비스 산업은 원가나 노동력 절감, 안전성등을 위해 과일이나 야채등의 껍질을 미리 벗겨 놓거나, 먹기 좋게 미리 썰어 놓는다거나, 등급별로 구별하거나, 미리 버무려 놓거나 하는 등의 최소가공을 실시하기를 원하고 있다.

사실상 가장 훌륭한 최소가공이란 눈에 띄지 않는 가공을 말하는 것이다. 즉 일반소비자에 가공된 식품이라는 이미지를 주지 않고 자연 그대로의 느

낌을 주는 것이다. 대개 유통기간이 4~7일밖에 안 되는 과일이나 야채를 최소가공하면 미생물학적, 관능적, 영양적으로 약 21일 정도까지 유통기간이 연장될 수 있다고 한다. 과일이나 야채의 유통기간을 짧게 만드는 요인들은 효소적 갈변, 미생물적 부패, 표면 변색, 호흡과 에틸렌 가스 생성에 따른 변화나 후숙등이 주원인이다. 따라서 어떤 식품의 영양적 가치는 그 식품의 유통 및 저장기간을 결정하는데 주요 인자가 되는 것이다.

2. 비가열처리 공정

많은 가공과 저장방법들이 위에서 설명한 부패의 요인들과 싸우기위해 개발되었다. 상업적으로 쓰이고 있는 수확후 처리기술과 식품저장 시스템들은 대개 여러가지 유용한 방법들을 조합한 것으로서 'Hurdle Technology' 라고 부른다. 블렌칭, 저온 살균, 조리나 무균가공식품들을 제조하기 위한 열의 사용방법은 잘 확립되어 있지만, 이러한 가열처리방법은 대개 관능적 특성과 영양가를 저하시키게 된다. 기존의 과일이나 야채의 저장을 위해 사용되

는 비가열 방법에는 저온저장, 수분제거(냉동건조나 천일건조등에 의한), 발효, 산의 첨가, 당장(糖藏), 염장(鹽藏), 화학적 보존제의 첨가등이 있다. 저온저장이나 화학적 보존제 처리를 제외하면 나머지 방법들은 제품의 관능적 특성을 크게 변화시킨다.

과일이나 야채의 신선도를 유지하기 위한 좀더 새로운 가공법이나 저장법에는 MA포장(modified-atmosphere packaging), MV포장(moderate-vacuum packaging), 방사선조사, 식용필름의 사용, 표면코팅, 기능성 포장(active packaging), 새로운 보존제(bacteriocins, polycataionic polymers, antimicrobial Enzymes)의 사용, 고전압 펄스 전기장(high-intensity pulsed electric fields)사용, 진동자장(oscillating magnetic fields) 사용, 강력한 빛의 사용(intense light pulses), 초음파(ultrasonics)사용, 고압(high hydrostatic pressure)사용 등이 있다. 이런 방법들중의 몇가지는 이미 제도적 승인을 받고 산업적으로 사용되고 있지만 다른 방법들은 아직 좀더 개발, 발전되어 상업적 응용력을 평가받아야 할 것이다. 여기서는 위에서 설명한 방법들 중 좀더 개발되어야만 하는 5가지 방법들에 대해 다루어 보도록 하겠다.

2.1 High-Intensity Pulsed Electric Fields

저온살균법 정도의 효과를 내려면 처리 대상 식품에 아주 짧은 순간 고압의 전기를 통하게 하는 PEFs(pulsed electric fields)를 사용해야 한다. 이 기술은 액체식품이 흐름성이 좋아서 두개의 전극을 통하여 살균 처리를 받고 즉시 다른 곳으로 흘러가 생각될 수 있으므로 액체식품의 처리에 아주 적합하다.

여러 미생물들에 대한 PEFs의 살균 기작은 1960년대부터 연구되어 왔는데 과일이나 야채에 함유되어 있는 미생물들은 특히 PEFs 처리에 민감해서 잘 사멸되는 것으로 밝혀졌다. 그람 음성세균들이 그람 양성 세균들보다 훨씬 더 민감해서 잘 살균되는 것으로 나타났다. 반면에 세균포자는 더

큰 용량의 전기로 좀더 오랜시간 처리해야 한다.

살균의 정도는 PEF펄스를 발생시켜 세균의 영양세포를 4~5 log₁₀ cycle만큼 감소시키거나 단계적인 PEF처리를 실시하여 대장균(E. Coli)을 9 log₁₀ cycle만큼 감소시키는 정도이다.

Qin등은 3가지의 과일과 야채에 대해 저장을 위해서 PEF처리를 하고 저장기간과 관능적 품질을 대조구와 비교하였다.

- (1) 농축액으로 제조된 PEF 처리 사과주스 : 22~25℃의 상온에서 4주간 저장하여도 PEF 처리안한 사과주스와 비교해 볼때 관능적 특성의 차이가 별로 없었다.
- (2) PEF 처리된 신선 사과주스 : 4~6℃에서 3주간 저장하여도 금방 짜낸 사과주스에 비해 큰 차이를 느낄 수 없었다.
- (3) 녹색의 완두콩 스프에 대장균(*E. Coli*)을 접종하고 PEF처리를 하였다. 접종후 초기 미생물수는 1×10⁶ cfu/ml이었으나 2초동안 35kV/cm로 32회 펄스를 발생시켜 대장균을 사멸시킨 결과 처리동안 스프의 온도를 55℃이하로 유지할 수 있었으며, 처리후 10℃에서 10일간 저장하여도 대조구와 관능적 차이를 나타내지 않았다. 이런 결과로 볼 때 PEF 처리기술은 과일이나 야채의 신선도와 같은 품질을 유지하면서 저장성을 연장할 수 있는 가능성이 큰 기술이라고 하겠다.

2.2 Oscillating Magnetic fields(OMFs)

금세기초부터 자장(磁場)이 미생물의 생육에 영향을 미친다는 사실이 알려져 왔다. 적당한 주변 환경만 조성되면 OMFs는 식품을 살균시킬 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 그러나 상업적인 식품 보존기술로서 응용하기에는 처리되는 식품의 두께 제한과 같은 여러가지 문제점들을 갖고 있어서 아직 시기상조다.

Hofmann은 1985년도에 5-50Tesla(자속밀도의 국제단위)와 5-500kHz 강도를 갖는 단 한번의 펄스로 미생물을 2 log₁₀ cycle만큼 감소시켰다고

보고했다. 20℃의 오렌지 주스에 대해 416KHz 강도를 갖는 단 한번의 펄스만으로도 세균을 2.5×10^4 cfu/ml에서 6 cfu/ml로 감소시켰다. 이와같은 미생물 살균처리에서 식품들은 큰 전기적 저항을 받는다. 대개 식품 1cm 두께당 10~25 ohms의 저항을 받는다. 따라서 OMFs의 미생물 살균효과는 그 식품의 두께에 따라 크게 달라진다. 미생물을 사멸시킬 정도의 강도를 갖는 OMF는 자기(磁氣)코일 내부와 그 주위에서만 생성되며 코일로부터 조금만 멀어져도 OMF는 크게 감소하며 살균력이 크게 줄어든다. Pothakamury는 1993년에 자기 효과가 미생물의 생육을 촉진시키기도 한다고 보고하였는데 아직까지는 어느 정도 자장이 어떤 환경에서 작용할 때 미생물들의 생육을 촉진시키거나 저해하거나, 영향을 미치지 못하는 조건이 되는지에 대한 명확한 문헌적 결과들이 별로 없다. 효소나 세균 포자에 대해서는 거의 영향을 미치지 못하기 때문에 식품가공 방법으로서 OMFs의 잠재력을 인정받기 위해서는 아직 더 많은 연구결과들이 필요하다.

2.3 High-Intensity Pulsed Light

이 기술은 빠르고, 강렬하고, 대단한 빛의 섬광이나 축전기로부터의 전기적 에너지를 이용한다. 이 빛은 근적외선과 함께 자외선 파장의 빛들을 함께 갖고 있는데 그 강도는 해수면에 비치는 태양광의 20,000배에 달한다. 이 pulsed 빛의 파장은 너무 길기 때문에 작은 분자들의 이온화 현상은 일어나지 않는다. 미생물의 살균효과는 non-pulsed나 연속적인 파장을 갖는 기존의 계속적 자외선 조사보다 pulsed 빛의 효과가 더 크다. 예를들어 0.5-1.0J/cm² 강도를 갖는 단 한번의 섬광으로 1cm² 당 10⁵ 정도나 들어있는 세균과 세균포자, 곰팡이 포자 등을 사멸시킬 수 있다. pulsed 빛은 모든 종류의 세균과 진핵 미생물들에 대하여 동등한 사멸 효과를 갖는 것으로 나타났다. 한번의 섬광 당 1J/cm²의 강도로 여러번 섬광처리를 하면 7~9 log₁₀ cfu/cm²의 미생물도 사멸시킬 수 있다.

이 기술은 pulsed 빛이 투과될 수 있는 물질이 어야만 효과를 발휘한다. 예를들어 식품표면이나 물, 포장재질이 투과성 매질인 경우이나, 반면에 빛의 투과를 방해하는 접힌 부위나 터진 부위를 갖는 복잡하고 불규칙한 식품표면은 빛에 대한 노출로부터 미생물들을 보호하게 되므로 살균효과가 매우 저하된다. 야채나 과일에서 볼 때 이런 경우 1-3 log₁₀ cycle 정도의 살균효과밖에 나타내지 못하며, 육류의 처리에서도 그 정도 효과밖에는 나타내지 못하였다.

미국 FDA는 식품가공에 pulsed 빛을 사용할 것을 계속 주장하여 왔는데, 원가분석에서도 상업적인 응용을 할만한 것으로 나타났다. 앞으로 과일이나 야채, 그 부산물들에 대한 좀 더 광범위한 pulsed 빛 처리 데이터가 모아지면 이 기술의 상업적 실용화 가능성은 더욱 커질 것이다.

2.4 Ultrasonics

현재 개발되어 식품분야에 사용되고 있는 초음파 기기는 초음파 발생 기작으로 볼 때 미생물들을 사멸시키고자 하는 것이 아니다. 0.1~20MHz의 높은 주파수와 낮은 출력등은 모두 비파괴검사등을 위해 사용되는 것이다. 초음파의 식품분야 이용은 과일이나 야채의 내부 손상이나 결함을 밝혀내는 비파괴적 검사수단으로 이용되고 있다.

식품에 존재하는 미생물들은 사멸시키기 위해서 초음파만 사용하는 것은 비효과적이지만 다른 미생물 사멸 방법들과 병행한다면 초음파의 살균효과가 상당히 증대된다. 가금류나 우유같이 부패하기 쉬운 동물성 식품들에 함유된 장내 그람 음성 병원균들에게 초음파 처리를 실시한 연구결과들이 주류를 이루고 있다. 이런 연구들의 모델 시스템은 대개 액처리형태로서 펄프수에 함유된 4 log₁₀ cycle의 살모넬라균들을 10분간의 초음파처리로 사멸시켰다. 그러나 초콜렛 우유에서는 30분간 처리하여도 0.8 log₁₀ cycle밖에는 사멸시키지 못하였다. 가금류에 대한 초음파 처리는 여러가지 상반된 실험결과를 나타내고 있는데, 0.5ppm 정도의 염소농도를 갖는 물에 닭고기를 넣고 초음파 처리를 하였을 때

살모넬라균들은 2.5~4 log₁₀ cycle 만큼이나 감소시켰으나 다른 연구결과는 미생물 사멸효과가 없는 것으로 나타나기도 하였다.

미생물 살균효과를 보여줄 수 있는 보다 구체적이고 실증적인 연구결과들이 더 많이 제시되어야만 초음파 처리기술이 식품가공에 상업적으로 이용될 수 있다. 특히 초음파는 식품에 존재하는 효소나 세균포자에 대해서는 거의 아무런 영향을 미치지 못하기 때문에 더욱 많은 일관된 연구결과가 필요하다.

2.5 High Hydrostatic Pressure

고압을 이용하는 이 기술은 앞에서 설명한 기술들과는 연속식이 아니라 회분식 또는 반회분식이라는 점에서 매우 다르다.

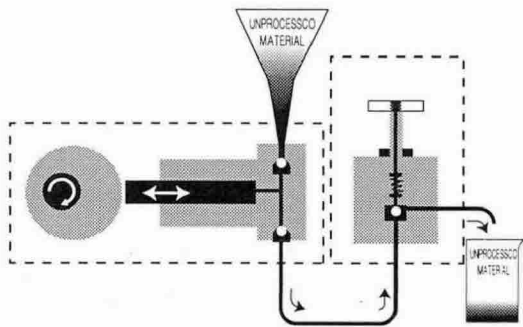


그림. 반자동식 펌핑 고압장치(영국 Essex사 장치)

또 하나의 다른점은 극도의 상당한 압력때문에 앞의 기술들과는 달리 처리대상인 과일이나 야채의 형태를 변형 시킨다는 것이다. 따라서 과일이나 야채에 대한 고압처리는 형태가 변형되어도 상관없는 잼이나, 젤리, 과일 셀러드, 잘게 부서진 형태로 마쇄되어 살사소스등에 함유되는 제품의 처리에 주로 이용되고 있다.

1899년 최초로 고압을 이용한 과일 제품의 보존에서 보면 미생물적인 안전성은 크게 향상 되는 것으로 나타났다. 처음으로 고압처리기술이 상업적으

로 이용된 것은 고압 처리된 과일 잼이나 젤리가 일본에서 시판된 것이 그 효시다.

고압처리의 핵심기술은 고압처리되는 식품의 pH를 세균포자가 생육할 수 없는 pH로 조절한 뒤 고압처리를 해야만 효과가 크다는 것이다. 과일이나 야채는 상대적으로 단백질과 전분함량이 낮기 때문에 고압하여서 일어나는 단백질의 변성이나 전분의 팽윤에 의한 관능적 품질저하는 큰 문제가 안되는 편이다.

미생물들의 고압에 대한 민감성은 각기 다르지만 대부분의 식품들은 2,500~3,000 기압(250~300 MPa)이나 37,500~45,000psi)의 고압처리에서 'cold pasteurization(냉장 저온살균)'이라고 부르는 살균효과가 나타난다.

대개 일관된 살균효과를 나타내기 위해서는 4,000기압이상의 높은 압력이 필요하다. 오렌지 주스에서 5 log₁₀ cfu/ml 정도의 미생물을 감소시키기 위해서는 3,500기압으로 30분간 처리하거나 4,000기압으로 5분정도 처리하여야 한다. 산성의 pH를 갖는 식품을 45℃에서 고압처리하면 상온에서 중성의 pH를 갖는 식품을 처리할 때 보다 훨씬 미생물 사멸효과가 크다. *Candida*같은 균들도 34~54℃에서 고압처리하면 상온에서 고압처리할 때 보다 훨씬 효과적이다.

Aleman등은 파인애플 주스에 함유된 *Saccharomyces* 효모에 대해 단속적인 고압(pulsed pressure)처리를 실시한 결과 동일기간 동안 연속적인 고압 static pressure 처리를 실시한 경우보다 오히려 효과적이었다고 보고했다.

예를들어 100초동안 0~270MPa의 단속적인 고압을 처리하면 4 log₁₀ cfu/ml 정도의 미생물이 사멸되지만 100초 동안 계속 그 압력을 유지하면서 연속적인 처리를 실시한 경우에는 2.5 log₁₀ cfu/ml 정도의 미생물밖에는 사멸시키지 못하였다.

앞에서 설명한 다른 조사형태의 기술에서와 마찬가지로 효소들은 고압처리시 별영향을 받지 않지만 종종 제품의 효소적 부패가 고압처리시 촉진되는 경우도 있다. 예를들어 과일의 효소적 갈변이나 변색

속도는 고압 처리시 세포막이 파괴되어 oxygen, flavonols, polyphenol oxidases 등의 반응성분들이 노출되고 반응이 일어나 더욱 촉진되는 경향이 있다. 따라서 과일이나 야채의 고압처리시 가장 큰 문제점은 대개 효소적 또는 산화적 반응에 의한 변색이나 변향등이다. 낮은 pH를 적용시키면 압력을 덜 높이더라도 과일세포의 손상을 적게하면서 미생물들을 사멸시키고 세균포자들의 생육도 저해시킬 수 있다.

대부분의 경우에 고압처리시 과일이나 야채 제품의 효소적 산화적 반응을 최소화하기 위해서는 미리 블렌칭을 실시하여야 한다.

Seyderhelm 등은 1996년의 연구에서 압력에 대해서 안정성과 민감성이 각기 다른 8가지의 주요식품 효소들을 선정하여 실험하였다. Polyphenol oxidase는 고압처리시 거의 완전히 실활되는 것으로 나타났으며, 각 효소들의 실활정도는 매질의 pH, 온도, 처리시간등에 따라 다르게 나타났다. 고압처리시 온도를 완만하게 증가시키는 것도 효소의 불활성화를 촉진시켰다.

Gomes 등은 감자와 사과에 존재하는 polyphenol oxidase를 불활성화시키는데 800MPa의 압력으로 5분정도는 처리해야 한다고 보고하였는데 식품이 극도로 높은 고압처리를 받으면 가열처리된 현상을 나타내는 것이 문제점이다. 따라서 polyphenol oxidase의 고압처리시 압력을 필요이상으로 높이지 않게 하기 위해서는 온도도 어느 정도는 높여서 처리하는 것이 좋다. 이런 연구결과를 볼 때 과일이나 야채의 고압처리를 위해서는 블렌칭과 같은 전처리가 필요한 것으로 판단된다.

전 망

높은 품질을 갖는 최소가공된 과일과 야채에 대한 수요가 늘어남에 따라 이들 제품에 대한 비가열처리 기술개발은 계속될 것이다. 방사선조사 방법이 현재 선도적인 비가열 식품보존법으로 활동되고 있

어서 그동안 전 세계적으로 식품보존에 사용되어 온 methyl bromide, ethylene dibromide, ethylene oxide 등을 대체할 것이다.

앞에서 토의하고 설명한 5가지 비가열처리 기술 중에서 가장 상업적으로 개발된 기술은 고압처리 기술이다. 일본에서 고압처리된 잼이나 젤리 제품들이 출시되어, 이 기술의 범용성을 확대시켰다. 현재 멕시코와 텍사스의 접경지역에는 guacamole 을 고압처리하는 상업적인 생산설비가 운용되고 있다. 이것은 과일과 야채의 저장을 위한 고압처리 기술이 식품산업에 뿌리를 내리고 있는 결과이며 다른 비가열 처리기술들도 곧 상업적인 수치 타산을 맞출 수 있게 되기를 기대한다.

<출처> Food Technology, 51(6), 66(1997)

요 약

미국내의 최소가공된 과일과 야채에 대한 수요는 현재 약 60억 달러 규모로서 앞으로 5~7년내에 약 200억 달러 규모로 성장하고 세계시장도 크게 확대될 것으로 기대된다.

최소가공의 필요성은 소비자가 과일과 야채를 보다 신선한 상태로 편리하게 소비하기를 원하기 때문에 그 수요가 증가하고 있으며 주로 비가열 물리적 처리 방법에 의존하고 있다. 현재 이용되는 방법들은 MA포장, moderate-vacuum packaging, 방사선조사, 식용 필름 사용, 기능성 포장, 천연보존제 사용, PEFs 사용, OMFs 사용, pulsed light 사용, 초음파 사용, 고압사용등이 있다. 현재 가장 상업적으로 활발하게 이용되는 최소가공기술은 방사선조사에 의한 식품의 최소가공으로서 고압처리 기술등의 새로운 최소가공 기술등도 더 많은 기술개발과 연구결과들이 발표된다면 상업적인 수치타산을 맞추고 실제 식품산업에 응용될 수 있을 것이라고 기대된다.

<주제어> 과일과 야채, 최소가공, 비가열처리,

상업적 응용성