

산 · 학 · 연 논문

최소가공야채류의 미생물학적 안전성 Microbiological Safety of Minimally Processed Vegetables

오 덕 환 (Deog-Hwan Oh)

강원대학교 식품생명공학부

서 론

최근 식품산업의 급격한 발전으로 인하여 소비자들이 건강에 대한 인식이 증가함에 따라 영양가가 높으면서 맛이 있는 식품을 선호하게 되었으며 그 중에서도 신선 야채류는 인간의 무병장수를 위한 건강 식품의 소재로서 날로 관심이 높아지고 있다. 또한 야채류의 약리 작용으로 인하여 식품 이상의 기대를 갖게 되면서 건강 식품으로 인식을 새롭게 하게 되어 수요와 공급이 확대되고 있다. 일반적으로 최소가공 야채류는 간단하게 씻음, 껍질 벗김, 얇게 잘라냄, 조각형으로 잘라냄 및 세척 등의 방법을 사용하여 만들어지며 완제품은 포장용 하여 냉장저장을 한다. 이러한 "ready-to-use"(RTU) 야채류는 최소가공을 한 후에도 자체 내에 미생물균총을 많이 지니고 있는데 이중 일부는 식품의 안전성에 심각한 문제를 야기시키는 식중독균도 포함되어있다. 대부분의 최소가공야채류는 재가열하지 않고 직접 소비자가 신선한 상태로 바로 섭취하기 때문에 만약 RTU 야채류가 이러한 식중독균에 오염되어 있다면 이는 심각한 식품 안전성의 위협이 될 수있다. 따라서 본 보고에서는 이러한 신선야채류에 대한 미생물학적인 안전성에 관한 이해를 도모하고자 최소가공, 포장 및 저장조건이 식중독균의 생육에 미치는 영향과 야채류를 가공하고 포장하는 동안 오염원에 대한 내용을 소개 하고자한다.

RTU 야채류의 생산

세척 및 항균제 담금

RTU야채류는 철저히 세척을 하거나 항균용액에 담금질한다. 이러한 처리를 하면 표면에 붙어 있는 먼지나 미생물을 제거할 수 있으므로 채소류에 잔류할 수 있는 부패균이나 병원성균의 오염을 최소화 할 수 있다. 세척제로서는 보통 물을 사용하나 효율성을 높이기 위하여 물에 염소(100ppm)나 구연산(1%)같은 항균물질을 넣어 사용한다. 최소가공의 마지막 단계는 세척하는 동안 잔류된 물을 제

거하는 과정인데 보통 원심분리를 이용한다(1,2).

Modified atmosphere(MA) 포장

RTU야채류는 보통 반투과성 포장필름으로 밀봉한다. 잘게 썰은 야채류를 밀봉하면 호흡을 하므로 포장내부의 가스를 변형시킨다. 이론적으로는 산소는 21%에서 2~5%로 감소하고 이산화탄소는 0.03%에서 3~10%로 증가한다(3). 이러한 가스조성의 변화는 냉장저장과 병용하면 제품의 호흡속도를 늦추며 미생물의 생육을 저지하고 생리적 숙성을 지연시킴으로써 선도유지기간을 연장시킨다.

저장온도

일반적으로 RTU야채류는 냉장저장(2~5°C)을 한다. 냉장온도를 일정하게 유지시키면 부패균이나 병원성균의 증식을 억제할 수 있다.

RTU 야채류의 미생물

미생물균총 및 식중독균

RTU 야채류는 다양한 종류의 미생물을 함유하고 있으며 일반적으로 10^5 - 10^7 CFU/g정도 오염되어 있다. 이중 80~90%정도가 그람음성 간균으로서 *Pseudomonas*, *Enterobacter* 및 *Erwinia*종이 대부분이다(4-6). 젖산균은 혼합 셀러드나 당근 등에서 검출되며 특히 온도변화가 클 때 셀러드에 많이 존재한다. 또한 *Cryptococcus*, *Rhodotorula* 및 *Candida*같은 효모나 *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* 및 *Penicillium*같은 곰팡이도 흔히 검출된다(7,8). 한편, RTU 야채류는 재가열없이 바로 섭취하기 때문에 식품안전성의 확보가 무엇보다도 중요하다. 지금까지 RTU 야채류에 대한 식중독 발생사례가 많이 보고되었으며 대표적인 것을 Table 1에 나타내었다. 일반적으로 RTU 야채류에서 발생한 식중독 세균으로는 *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Aeromonas hydrophila*, *Salmonella*,

Table 1. Samples of foodborne infections linked to the consumption of raw vegetables

Microorganisms	Product suspected	Country
<i>L. monocytogenes</i>	Shredded cabbage in coleslaw	Canada
	Raw vegetables in salads	US
	Salted mushrooms	Sweden
<i>Cl. botulinum</i>	Shredded cabbage in coleslaw	US
<i>Salmonella</i>	Beansprouts	UK
Enterohemorrhagic <i>E.coli</i>	Salads of raw vegetables	Mexico
<i>Vibrio cholerae</i>	Cabbage	Peru
Virus hepatitis A	Lettuce	US

E. coli O157:H7, *Yersinia enterocolitica* 및 *Campylobacter jejuni* 등이 있으며 그의 *Norwalk virus*, *Hepatitis A virus*, *Giardia lamblia* 등과 같은 균들이 검출되는 것으로 보고되었다(9).

야채류에서의 식중독발생

최초로 확인된 listeriosis의 발생은 1981년 캐나다의 Maritime지역에서 일어났으며 그중 34case가 유아에서, 7case가 성인으로부터 각각 발생하였다(10). 오염원은 *L. monocytogenes*균으로 양배추셀러드(coleslaw)가 오염된 것으로 판명되었다. Ho등(11)은 1979년 여름에 8개의 보스톤 병원에서 23명의 *L. monocytogenes*감염환자가 발생하였다고 보고하였는데 원인은 생야채셀러드(셀러리, 토마토, 상추)를 섭취함으로써 발병되었다. 그러나 역학조사 결과, 이 식품으로부터 원인균을 분리하지 못하였다. 플라스틱필름을 사용한 MA포장된 버섯에서 *Cl. botulinum* 식중독발생사례가 보고되었으며 양배추, 아스파라거스, 브로콜리, 토마토 및 상추 등에서 잠정적으로 보틀리슴독소가 오염된 것으로 밝혀졌다(12). 또한, 1982년부터 1994년 사이에 미국에서는 *E. coli* O157:H7에 의한 식중독이 발생하였는데 주요식품오염원은 ground beef(약 32%)였으며 야채나 셀러드에서도 약 6%정도가 오염되었다(13). 최근에는 알팔파 무순에서 커다란 식중독사고가 발생하였는데 이는 오염된 물 또는 거름에서 재배된 야채류와 부적절한 세척과정에서 기인된 것으로 밝혀졌다(14).

한편, 살모넬라균은 위장염을 유발하는 가장 빈번한 식중독을 일으키는 균으로서 야채류에서 빈번하게 식중독이 발생하였다. 1988년 영국에서는 콩나물을 섭취함으로써 커다란 살모넬라 식중독에 감염된 사례가 있으며 역학적인 연구결과, 토마토, 양배추셀러드 등을 섭취한 환자의 분변에서도 같은 균이 분리되었다(15,16). Table 2는 독일에서 규정하고 있는 RTU야채류에 대한 미생물학적 안전성기준을 나타내었다(17). 식품으로부터 이와같은 식중독균의 검출허용한계의 기준은 나라마다 조금씩 다르며 식

Table 2. Officially recommended microbiological criteria for prepared, mixed salad vegetables in Germany (Lund, 1993)

Microorganisms	Limit g ⁻¹
Total counts at production	<5×10 ⁶
Total counts at retail	<5×10 ⁷
<i>E. coli</i>	<10 ²
<i>salmonella</i>	Absent from 25g
<i>L. monocytogenes</i>	<10 ² g ⁻¹ , no action
	>10 ² g ⁻¹ , further investigations made
Recommended shelf life	7 days (including day of production)
Recommended temperature during transport and sale	2-7°C

품의 종류마다 허용기준이 각각 차이가 난다. 예를들면, RTU야채류에서 *L. monocytogenes*균의 안전성 여부를 판단할 경우 독일과 프랑스에서는 10² CFU/g미만까지는 허용하지만 그 이상일 경우는 철저한 통제를 한다. 그러나 미국이나 영국에서는 25g의 ready to eat식품에 대하여 *L. monocytogenes*는 zero tolerance(검출되어서는 안됨)를 규정하여 엄격하게 관리한다.

RTU 야채류에서 식중독균의 생육에 미치는 요인

생야채류는 가공과정동안 식중독균에 오염되기 쉬우며 제품자체와 제품원은 자연적으로 존재하는 미생물의 수와 종류를 구별한다. 일반적으로 최종제품은 생야채류보다도 오염이 적으나 식중독균의 오염은 가공 및 유통하는 동안 발생되기 쉽기 때문에 철저한 위생조치가 각 가공과정마다 이루어져야한다(18). RTU 야채류에서 식중독균의 생육은 미생물의 성질, 야채류의 내부적 특성, 가공조건, 포장방법 및 저장조건에 따라 다르다.

Processing

채소류를 적절치 못하게 취급하면 손상을 입게되는데

이는 부패 및 식중독미생물의 생육을 더 촉진시킨다. 채소류의 손상은 수확, 포장, 유통 및 저장하는 동안 일어나며 가공하는 동안 오염은 취급자가 불결하거나 채소류가 접촉하는 부위가 더러울때 발생한다. 채소류는 slicing하고 shredding하는동안 표면세포가 파괴되며 cutter나 slicer는 중요한 오염원이 되고 채소류의 잘려진 표면은 미생물의 생육과 오염을 더욱 쉽게한다. 또한 잘려진 채소류의 표면과 용기나 기구의 표면에 수분이 있으면 미생물의 생육을 더욱 촉진시킴으로 slicing이나 shredding하는 동안 미생물이 더 잘 증식할 수 있다. Brackett(19)은 야채류를 여러 종류의 cutting처리를 하였을 때 6~7배의 미생물이 더 증식하였다고 보고하였다.

*L. monocytogenes*는 RTU야채류를 제조하는 가공공장에서 많이 검출되는데, 특히 slicing공정시 *L. monocytogenes*균이 많이 오염되었다. 예를 들면, 각각의 야채류 원료는 1.8%정도 오염이 되었으나 slicing하여 혼합한 야채류에서는 19%의 *L. monocytogenes*균이 검출되었다(20). 이와 같은 결과는 야채류를 절단, 혼합, 포장하는 동안 이 균에 의한 오염이 일어났음을 의미한다. 한편, *Salmonella*균도 식품가공공장의 여러환경과 시설조건에서 잘 증식할 수 있으며 생야채류를 가공하는 동안 접촉오염을 일으킨다(21). 그러나 동물식품이 사람에게 *Salmonella*균을 전파하는 주요오염원이기 때문에 RTU야채류를 생산하는 공장은 동물식품을 생산하는 공장보다는 *Salmonella*균의 오염기회가 훨씬 적다. 지금까지는 가공공정이 RTU야채류에서 식중독균의 생육 및 생존에 미치는 영향에 관한 보고가 없으나 RTU 야채류의 품질을 높이고 안전성을 확보하기 위해서는 각 생산시설마다 GMP나 HACCP를 도입해야한다는 주장이 제기되고 있다.

세척 및 항균제담금 처리

세척 및 항균제 담금 처리는 RTU야채류에 오염된 미생물을 제거 하기위한 중요한 가공공정중의 하나이다. 상추의 경우, 100mg/l 염소용액으로 세척하면 약 100배정도 미생물의 수를 감소하였고 포장전에 유기산처리를 하면 상당히 호기성 및 혐기성미생물을 제거할 수 있었다(22). 그러나 RTU야채류의 오염을 줄이기 위하여 세척 및 소독하는 동안 철저한 위생처리가 이루어져야한다. 예를 들면, 치커리셀러드 가공공정에 사용된 염소 처리된 물에서 1000 CFU ml/1균이 검출되었는데 이는 치커리세척에 사용된 물을 반복해서 사용했기 때문인 것으로 밝혀졌다(23). 이러한 접촉오염을 줄이기 위해서는 자외선처리가 세척수에 존재하는 미생물을 제거하는데 매우 유용한 것

으로 알려져 있다.

*L. monocytogenes*균에 대한 차아염소산나트륨의 항균 효과는 매우 좋은 것으로 밝혀졌으나 소독제로서 야채류의 표면에 부착된 미생물을 제거하는데는 별 효력이 없는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 여러 가지요인이 있으나 그 중에서 차아염소산용액은 야채류의 표면에 존재하는 왁스층의 소수성 표면을 침투하지 못하기 때문인 것으로 나타났다. Brackett(24)은 Brussel sprout에 *L. monocytogenes*을 오염시킨 후 200mg/l 염소용액에 침지하여 살균효과를 조사한 결과, 물에 침지한 것보다 10~100배 살균효과가 있었다고 보고하였으며 Zhang과 Farber(25)는 신선야채류에 오염된 *L. monocytogenes*를 제거하는데 200ppm 염소용액을 22°C에서 10분간 처리했을 때 4°C에서 처리한 것보다 더 효율적이었다고 보고하였다. 이와는 반대로, 꽃상치잎에 오염된 *L. monocytogenes*균은 물로 세척한 것보다 10%과산화수소용액으로 세척하였을 때 오히려 균의 생육이 더 좋았고 잘게썰은 상추를 100ppm 염소용액이나 1% 구연산용액에 처리하여 8°C에 저장하였을 때 무처리구에 비하여 현저하게 *Listeria*균이 증식하였다고 한다(26). 한편, RTU야채류에 오염된 *L. monocytogenes*균에 대한 유기산의 영향은 1% 초산과 젓산의 경우 단지 0.2~0.5log정도 감소시킬 뿐 살균제로서 효과가 거의 없었다(25).

식품업계에서 상업적으로 사용하는 소독제는 *Salmonella*균의 사멸에 매우 효과적이다. Zhuang등(27)은 토마토에 오염된 *S. montevideo*균에 대한 염소용액의 사멸효과 대하여 조사한 결과, 토마토의 표면과 core조직에 부착되어 있는 *S. montevideo*균은 60~110ppm 염소용액처리에 의하여 어느정도 제거되었다고 보고하였다. 또한, 당근 같은 야채류에 오염된 *S. enteritidis*균의 사멸에 차아염소산나트륨은 매우 효과적이었다(28). Beuchat와 Ryu(29)는 알팔파순에 오염된 *Salmonella*균에 대한 염소용액의 살균효과를 조사한 결과, 500ppm 염소용액에서 2분간 침지시 대조구에 비하여 2 log 감소하였으며 2,000ppm 처리시는 완전히 균을 사멸할 수 있었다고 보고하였다. 이외에 RTU 야채류에 오염된 *A. hydrophila*, *E. coli* O157:H7, *Y. enterocolitica* and *C. jejuni* 등과 같은 식중독균에 대한 소독제의 살균효과에 대한 연구는 아직까지 매우 미흡하기 때문에 이에 대한 연구가 필요한 것으로 사료되어진다.

MA포장

병원성균의 생육 및 생존에 관한 MA포장의 영향에 대한 연구는 아직까지 확실하게 밝혀지지 않고 있다. 최근에

냉장 RTU야채류에 대한 MA포장기술이 다음과 같은 3가지 이유로 인하여 야채류 안전성에 문제점을 가져오고 있는데 첫째, 가스조성과 냉장온도는 호기성부패미생물의 생육을 저해하지만 이러한 미생물의 일부는 병원성균에 대하여 경쟁적 균으로서 작용하고 일부는 제품에 부패를 일으키지않은 상태에서 병원성균의 생육을 촉진시킨다. 둘째, MA포장은 병원균의 생육을 저해함으로 제품의 선도유지기간을 연장시키지만 지나친 선도유지기간의 연장은 특정균의 생육을 야기시킬 수 있다. 셋째, 냉장저장에서 야채류의 MA포장내부에 2-5%의 낮은 산소농도가 있으면 *Cl. botulinum*같은 편성혐기성균의 생육을 저해하지만 온도변화가 심하게 되면 포장내부는 호흡작용의 증가로 인하여 혐기적상태하에 놓이게 됨으로 *Cl. botulinum*균의 생육에 의해 독소생성을 유발시키며 낮은 산소농도에서 견딜 수 있는 저온성, 통성혐기성균들이 생육할 수 있다. Beuchat와 Brackett(30)은 상추에 오염된 *L. monocytogenes* 균은 MA포장(3% O₂, 97% N₂)조건하에서 잘 자랐으며, MA포장은 관능적 부패속도는 줄일 수 있지만 오히려 이로 인하여 MA포장된 야채류에서 listeriosis의 유발가능성을 높일 수 있다고 보고하였다. 이와는 반대로, 반투과성필름으로 공기 포장한 조각치커리를 8°C 또는 4°C에 저장하였을 때 *L. monocytogenes*균은 생육하지 못했으나 질소포장구에서는 생육을 하였으며 질소 포장한 조각상추를 8°C에 저장했을 때는 *L. monocytogenes*의 생육이 증가되었다(31,32). 아직까지는 *L. monocytogenes*균의 생육에 대한 MA포장의 영향에 대하여 일관된 연구결과가 보고되지 않으므로 이에 대한 연구가 좀더 심도있게 이루어져야 할 것으로 사료된다.

*Cl. botulinum*균은 일반적으로 산소가 있으면 식품에서 생육하지 못하는 것으로 알려졌으나 대부분의 식품은 산화환원전위가 매우 낮기 때문에 이 균이 증식하여 독소를 생성할 수 있다(33). *Cl. botulinum*균의 최적 산화환원전위는(E_h) -350mV이지만 +30mV에서 +250mV까지 생육할 수 있다. 또한, 호기성부패미생물의 생육은 식품의 산화환원전위를 급격히 낮추면서 *Cl. botulinum*균의 생육에 좋은 조건을 만든다. 폴리비닐염화수지로 포장한 신선버섯의 호흡작용에 의하여 변형된 가스조성은 미생물의 생육에 알맞은 조건을 만드는데 USFDA는 이러한 결과를 이용하여 버섯에 사용하는 포장지는 구멍뚫린 필름을 사용할 것을 권고하였다. 최근에 Larson등(34)은 MA포장된 야채류에서 독소가 생성될 확률이 1/10⁵ 이하로 감소되었다고 보고하였다.

이산화탄소는 조각상추에 오염된 *E. coli* O157:H7의 생

육저해에 거의 영향을 미치지 못하였으며 공기포장과 비교하여 MA포장구에서 오히려 생육이 증가되었고 냉장저장에서도 10% 이산화탄소농도에서 *E. coli* O157:H7균이 생육하였다(35). 한편, Piagentini등(36)은 *Salmonella*균은 프로필렌 포장된 최소가공처리한 배추에서 생육을 잘 하였으며 진공 포장된 감자에서도 저온에서 생육하였다고 보고하였다. 또한, MA포장된 육류에서 *Salmonella*균의 생육에 관한 연구가 많이 보고되었으나 RTU야채류에 관하여는 매우 미약한 실정이다. 일반적으로 증가된 이산화탄소농도(50~100%)는 육류에서는 *Salmonella*균의 생육을 억제하지만 같은 농도에서 RTU야채류에는 품질을 손상시킨다. 한편, 여러 가지 다른 가스조성으로 포장된 RTU야채류에서의 *Y. enterocolitica*균의 생육에 관한 보고는 거의 없다. 육류의 경우, *Y. enterocolitica*균은 공기, 진공 및 MA포장구를 4°C에 저장하였을 때 빠른 생육을 보였으나 40~50%이산화탄소에서는 최소저해효과를 내었다(37). 또한, 진공포장으로 2°C이하나 이산화탄소포장으로 0°C이하로 저장하면 *Y. enterocolitica*균의 생육을 충분히 억제할 수 있다(38). RTU야채류의 MA포장은 새로운 기술분야이며, 이들 제품에서 부패균이나 병원성균의 생육과 이들의 상호작용에 관한 MA포장의 효과에 관한 연구는 앞으로 더 구체적으로 이루어져야 하겠다.

저장온도

저장온도는 RTU야채류에서 미생물의 생육에 영향을 미치는 요인 중에서 가장 중요한 요인이다. 치커리셀러드, 당근조각 및 조각상추에서는 대부분의 중온성 미생물이 저장온도가 낮아짐에 따라 생육이 감소하였다. 프랑스에서는 RTU 야채류에 대한 최대저장온도를 4°C로, 영국에서는 식품위생법에 8°C이하로 각각 규정하였고 냉장식품은 IFST에서 0~5°C에서 저장할 것을 권고하고있다. 적정냉장온도에서 RTU야채류의 저장은 저온성병원균의 생육을 억제한다. 상추, 조각배추 및 신선야채같은 RTU 제품에서 *L. monocytogenes*균은 냉장저장시 생육할 수 있지만 저장온도를 낮추면 유도기를 연장시킴으로써 생육속도를 감소시킨다(39). 이와는 반대로, 저장하는 동안 온도변화가 심하면 유도기와 세대기간(GT)이 짧아져 *L. monocytogenes*균이 급격히 생육하게된다.

*Cl. botulinum*균은 균의 생리적 특성에 따라 온도에 다양하게 반응하는데 단백질분해균은 35~40°C에서 최적 생육온도를 나타내고 10~50°C에서 생육과 독소를 형성한다. 반면에, 비단백질분해균의 최적온도는 25~30°C이며 3.3~45°C까지 생육할 수있다(40). 비단백질분해균에

의한 독소생성은 삶은 야채류에 *Cl. botulinum*균을 접종하였을 때 8°C에서 10-34일, 5°C에서는 17-20일 걸렸다(41).

*Y. enterocolitica*균은 식품안전성과 관련하여 매우 중요한 저온균의 하나이다. 이 균의 최소생육온도는 4°C이지만 1°C에서도 세대기간이 약 40시간이었다(42). 따라서 RTU야채류의 선도유지기간을 연장시키려면 일정한 온도조정이 매우 중요하다고 하겠다. 일반적으로 중온성 병원균은 4°C이하에서는 생육을 할 수 없다. *Salmonella*균의 최소생육온도는 5.2°C이며 냉장온도에서 장기간 저장할 경우 생육이 느리지만 안전성의 문제를 야기시킬 수 있다. 야채류에서 *Salmonella*균은 2~4°C에서 저장하였을 때 28일 이상 생존하였고 최소가공배추에서도 4°C에서 10일 동안 초기균수와 동일하였다(35).

저장온도는 미생물의 생육에 직접적인 영향을 미치는 것 외에도 야채류의 호흡속도를 조절하여 포장내부의 가스조성을 변화시켜 병원균의 생육에 영향을 준다. 일반적으로 MA포장의 저해효과는 온도가 낮아질수록 증가한다. 한편, 저온유통시 저온상태를 일정하게 유지하는 것이 어렵기 때문에 병원균의 생육을 억제하기 위하여 부가적인 제어가 필요하다. 이로써 내부적 요인, 가공공정, 외부적 저해요인 등을 혼합함으로써 제품의 미생물 안전성을 상당히 확보할 수 있다. 이러한 결과는 식품의 품질을 변화시키는 미생물에게 여러개의 장애물을 제공하여 미생물로부터 안전한 식품을 만드는 "Hurdles Concept"을 적용함으로써 확보할 수 있다(43).

내부균총과 병원균의 상호작용

병원균과 내부균총간의 상호작용에 관한 연구는 육류나 유가공제품에서는 많이 보고되었으나 야채류제품에서는 거의 보고가 되어 있지 않다(44). 젖산균은 pH저하, 과산화수소 생성, 영양분의 경쟁 및 박테리옴인같은 항균물질을 생산함으로써 항균작용을 나타낸다. 젖산균은 적은 균수지만 야채류에 항상 존재하며 고농도의 이산화탄소를 함유하는 MA포장된 RTU제품에서는 많은수의 젖산균이 존재한다. 반면에, 젖산균은 호기성부패균보다 생육이 훨씬 빠르므로 특정한 가스조성을 사용하면 원하는 균의 증식을 얻을 수 있으므로 해로운 병원균의 생육을 억제할 수 있다. 이러한 젖산균의 경쟁적 효과는 RTU야채류에서 병원균의 생육을 저해하지만 이를 입증할 수 있는 자료는 아직까지 매우 불충분하다.

*Pseudomonas*균은 RTU야채류의 내부 균총중 우점종균의 하나이며 세포벽분해효소를 배출하여 영양분을 방

출한다. 또한 *Pseudomonas*균은 이산화탄소에 민감하기 때문에 이 균의 억제는 다른 병원성균의 영양분이용에 영향을 미친다. Marshall과 Schmidt(45)는 우유에 *Pseudomonas*균을 첨가시 *L. monocytogenes*균의 생육을 증가시켰다고 보고하였으며 상추의 경우, 내부균총과 *L. monocytogenes*균의 경쟁적 작용으로 인하여 *Enterobacter*종이 주류를 이루었다(46). 한편, 내부균총의 생육은 냉장식품에서 *Cl. botulinum*균의 생육과 독소생성에 상당한 영향을 미치며 영양분섭취를 위한 경쟁과 저해물질의 생산은 독소생성을 제거하는데 중요한 역할을 한다. 그러나 저산성식품에서 산 저항성 효모 및 곰팡이의 생육은 제품의 pH를 증가시켜 독소를 생성하기에 더 좋은 환경을 만든다(47). *E. coli* O157:H7균과 다른 미생물과의 상호작용에 관련된 연구보고는 거의 없으며 *E. coli* O157:H7균은 *Salmonella*균보다도 부패미생물에 대하여 더 경쟁적이다(48). 이러한 결과는 미생물 균총간의 복잡한 상호작용이 병원성균의 생육에 중요한 영향을 미칠 수 있음을 시사하고 있다.

온화한 저장기술의 향후 발전

최근 식품산업의 급속한 발전으로 인하여 가공과 저장 방법이 보다 간단하고 경제적인 방향으로 추구되기 시작하였다. 이러한 경향 속에서 최소의 가공공정을 통해 식품의 안전성을 확보하고 품질을 높일 수 있는 방법들이 모색되면서, CA저장, MA포장, 첨가제처리, 비가열처리(초고압, 방사선, 전기파 등)등이 이용되고 있다. 한편, 식품표면에 sucrose polyesters of fatty acid같은 생분해성물질을 코팅하면 제품의 선도유지를 증진시킬 수 있고 또한 항균물질과 병용처리를 함으로써 병원균의 생육을 억제할 수 있으므로 이러한 방법은 최근에 학계는 물론 식품업계에서도 매우 많은 관심을 갖고 있다(49). 초고압처리는 효소를 불활성화시키고 부패 및 병원성미생물을 사멸시켜 야채류의 안전성을 확보하고 선도유지기간을 연장시킬 수 있다. 영양세포는 한번의 고압처리에 의하여 파괴되지만 *Cl. botulinum*같은 포자형성균은 압력에 저항성이 강하여 약 600MPa로 여러번 고압처리를 해야한다. 그러나 초고압처리시 배추의 연화를 유발시키며 감자나 버섯의 갈변속도를 증가시키는 부작용도 있다. 한편, 새로운 가공공정 방법의 하나로 최근 관심을 갖게된 새로운 분야로서 hurdle technology가 있다. 이 기술은 한 개의 저해요인이 아니라 여러 가지의 저해요인이 작용할 수 있도록 다양한 조건을 혼합하여 미생물로부터 안전한 식품을 만드는 온화한 저장처리로서 식품의 품질을 높일 수 있고 병원균에 대한

안전성을 확보할 수 있으며, 냉장, 냉동없이 대기온도에서도 저장할 수 있으므로 매우 경제적이다.

결 론

최근 소비자들이 건강에 대한 인식이 높아지고 간편성과 편리성에 대한 욕구가 많아짐에 따라 RTU야채류에 대한 선호도가 급격히 증가하고 있다. 온화한 저장기술중 특히, 냉장과 MA포장은 RTU야채류의 안전성과 품질을 확보하는데 매우 중요한 저장방법이다. 그러나 이 방법을 RTU야채류에 사용할 경우 *L. monocytogenes*, *Cl. botulinum*, *Y. enterocolitica*같은 저온성세균 및 통성혐기성병원균들이 생육할 수 있기 때문에 RTU야채류에 대한 미생물의 안전성 확보에 대하여는 지금까지 많은 논란의 여지가 있다. 따라서 식품공급체계와 관련된 모든 부분에서 철저한 조사와 연구 그리고 교육을 통하여 RTU야채류에 대한 미생물의 안전성 확보를 이룩할 수 있도록 노력을 하여야 하겠다.

참 고 문 헌

- Bolin, H. R., Stafford, A. E., King, A. D. Jr. and Huxsoll, C. C. : Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. *Journal of Food Science*, **42**, 1319-1321(1977)
- Reyes, V. G. : Improved preservation systems for minimally processed vegetables. *Food Australia*, **48**, 87-90(1996)
- O'Beirne, D. : Living foods crack the ageing process. *Irish Scientist Yearbook*, **4**, 33(1996)
- Manvell, P. M. and Ackland, M. R. : Rapid detection of microbial growth in vegetable salads at chill and abuse temperatures. *Food Microbiology*, **3**, 59-65(1986)
- Brocklehurst, T. F., Zaman-Wong, C. M., Salvaggio, L. and Albano, A. : A note on the microbiology of retail packs of prepared salad vegetables. *Journal of Applied Bacteriology*, **63**, 409-415(1987)
- Marchetti, R., Casadei, M. A. and Guerzoni, M. E. : Microbial population dynamics in ready-to-use vegetable salads. *Italian Journal of Food Science*, **4**, 97-108(1992)
- 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.), Chapman and Hall, New York, pp.269-312(1994)
- Webb, T. A. and Mundt, J. O. : Molds on vegetables at the time of harvest. *Applied and Environmental Microbiology*, **35**, 655-658(1978)
- Francis, G. A., Thomas, C. and O'Beirne, D. O. : The microbiological safety of minimally processed vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, **34**, 1-22(1999)
- Schlech, W. F., Lavigne, P. M., Bortolussi, R. A., Allen, A. C., Haldane, E. V., Wort, A. J., Hightower, A. W. et al. : Epidemic listeriosis-evidence for transmission by food. *New England Journal of Medicine*, **308**, 203-206 (1983)
- Ho, J. L., Shands, K. N., Freidland, P. and Fraser, D. W. : An outbreak of type 4b *Listeria monocytogenes* infection involving patients from eight Boston hospital. *Archives Internal*, **146**, 520-524(1986)
- Sugiyama, H. and Yang, K. H. : Growth potential of *Cl. botulinum* in fresh mushrooms packaged in semipermeable plastic film. *Applied Microbiology*, **30**, 964-969(1975)
- Doyle, M. P. : Fruit and vegetable safety-microbiologicals. *Hortscience*, **25**, 1478-1481(1990)
- Como-Sabetti, K., Reagan, S., Ritter, K., Parrott, C. M., Simonds, S., Hraboxy, S., Ritter, B. et al. : Outbreaks of *E. coli* O157:H7 associated with eating alfalfa sprouts - Michigan and Virginia, June-July 1997. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, **46**, 741-744(1997)
- O'Mahony, M., Cowden, J., Smyth, B., Lynch, D., Hall, M., Rowe, B., Teare, E. L. et al. : An outbreak of *Salmonella saintpaul* infection associated with beansprouts. *Epidemiological Infections*, **104**, 229-235(1990)
- Wood, R. C., Hedberg, C. and White, K. : A multistate outbreak of *Salmonella javana* infections associated with raw tomatoes. In *CDC Epidemic Intelligence Service 40th Annual Conference. Abstracts*. Pp. 69. Atlanta: Centers for Disease Control(1991)
- Lund, B. M. : The microbiological safety of prepared salad vegetables. food Technology International Europe, pp. 196-2000. Institute of food Science and Technology(1993)
- King, A. D. Jr., Magnuson, J. A., Torok, T. and Goodman, N. : Microflora and storage quality of partially processed lettuce. *Journal of Food Science*, **56**, 459-461(1991)
- Brackett, R. E. : Growth and survival of *Y. enterocolitica* at acidic pH. *International Journal of Food Microbiology*, **3**, 243-251(1986)
- Velani, S. and Roberts, D. : *Listeria monocytogenes* and other *Listeria spp.* in prepacked mixed salads and individual salad ingredients. *PHLS Microbiology Digest*, **8**, 21-22(1991)
- ICMSF : In: Microorganisms in foods. 5. Microbiological specification of Food Pathons(edited by T.A. Roberts et al). London: Blackie Academic and Professional(1996)
- Adams, M. R., Hartley, A. D. and Cox, L. J. : Factors affecting the efficacy of washing procedures used in the production of prepared salads. *Food Microbiology*, **6**, 69-77(1989)
- Nguyen-the, C. Halna-d, u-Fretay, B. and Abreu da Silva, A. : The microbiology of mixed salad containing raw and cooked ingredients without dressing. *International Journal of Food Science and Technology*, **31**, 481-487(1996)

24. Brackett, R. E. : Antimicrobial effect of chlorine on *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection*, **50**, 999-1003(1987)
25. Zhang, S. and Farber, J. M. : The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. *Food Microbiology*, **13**, 311-321(1996)
26. Carlin, F., Nguyen-the, C. and Morris, C. E. : The influence of the background microflora on the fate of *Listeria monocytogenes* on minimally processed fresh broad leaved endive(*Cichorium. endivia* var. *latifolia*). *Journal of Food Protection*, **59**, 698-703(1996b)
27. Zhuang, R. Y., Beuchat, L. R. and Angulo, F. J. : Fate of *Salmonella montevideo* on and in raw tomatoes as affected by temperature and treatment with chlorine. *Applied and Environmental Microbiology*, **61**, 2127-2131 (1995)
28. Park, D. L., Rua, S. M. Jr. and Acker, R. F. : Application of a new hypochlorite sanitizer for reducing bacterial contamination on foods. *Journal of Food Protection*, **54**, 960-965(1991).
29. Beuchat, L. R. and Ryu, J. H. : Produce handling and processing practices. *Emerging Infectious Diseases*, **3**, 459-465. Centers for Disease Control(1997)
30. Beuchat, L. R. and Brackett, R. E. : Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. *Journal of Food Science*, **55**(755-758), 870(1990)
31. Ringle, P., Vincent, J. P. and Catteau, M. : Evolution de *Listeria* dans les produits de 4eme gamme. In: *Les Micro-organisms Contaminants Dans les Industries Agroalimentaires: Colonisation, Detection, Maitrise*(edited by Lahellec, C.). pp.324-328. Paris: 7eme Colloque de la Section Microbiologie. *Alimentaire*, 13-14 March 1991, Societe Francaise de Microbiologie(1991)
32. Francis, G. A. and O'Beirne, D. : Effects of gas atmosphere, antimicrobial dip and temperature on the fate of *L. innocua* and *L. monocytogenes* on minimally processed lettuce. *International Journal of Food Science and Technology*, **32**, 141-151(1997)
33. Kim, J. and Foegeding, P. M. : Principles of control. In: *Cl. Botulinum: Ecology and Control in Foods*(edited by A. H. W. Hauschild & K. L. Dodds). pp.121-176. New York: Marcel Dekker(1993)
34. Larson, A. E., Johnson, E. A., Barmore, C. R. and Hughes, M. D. : Evaluation of the botulism hazard from vegetables in modified atmosphere packaging. *Journal of Food Protection*, **60**, 1208-1214(1997)
35. Hao, Y. Y. and Brackett, R. E. : Influence of modified atmosphere on growth of vegetable spoilage bacteria in media. *Journal of Food Protection*, **56**, 223-228(1993)
36. Piagentini, A. M., Pitovani, M. E., Guemes, D. R., Di Pentima, J. H. and Tessi, M. A. : Survival and growth of *Salmonella hadar* on minimally processed cabbage as influenced by storage abuse conditions. *Journal of Food Science*, **62**(616-618), 631(1997)
37. Shenoy, K. and Murano, E. A. : Effect of storage conditions on growth of heat-stressed *Y. enterocolitica* in ground pork. *Journal of Food Protection*, **59**, 365-369 (1996)
38. Gill, C. O. and Reichel, M. P. : Growth of cold-tolerant pathogens *Y. enterocolitica*, *A. hydrophila* and *L. monocytogenes* on high-pH beef packaged under vacuum or carbon dioxide. *Food Microbiology*, **6**, 223(1989)
39. Berrang, M. E., Brackett, R. E. and Beuchat, L. R. : Growth of *Listeria monocytogenes* on fresh vegetables stored under controlled atmosphere. *Journal of Food Protection*, **52**, 702-705(1989b)
40. Hatheway, C. L. : *Cl. botulinum* and other *clostridium* that produce botulinum neurotoxin. In: *Cl. Botulinum: Ecology and Control in Foods*(edited by A. H. W. Hauschild & K. L. Doods). pp.3-20. New York: Marcel Dekker(1993)
41. Carlin, F., Nguyen-the, C., Abreu da Silva, A. and Cochet, C. : Effects of carbon dioxide on the fate of *Listeria monocytogenes* of aerobic bacteria and on the development of spoilage in minimally processed fresh endive. *International Journal of Food Microbiology*, **32**, 159-172 (1996a)
42. Schiemann, D. A. : *Y. enterocolitica* and *Y. pseudotuberculosis*. In: *Foodborne Bacterial Pathogens*(edited by M. P. Doyle). pp.601-672. New York: Marcel Dekker(1989)
43. Scott, V. N. : Interaction of factors to control microbial spoilage of refrigerated foods. *Journal of Food Protection*, **52**, 431-435(1989)
44. Nguyen-the, C. and Carlin, F. : The microbiology minimally processed fresh fruit and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **34**, 371-401(1994)
45. Marshall, D. L. and Schmidt, R. H. : Physiological evaluation of stimulated growth of *Listeria monocytogenes* by *Pseudomonas* species in milk. *Canadian Journal of Microbiology*, **37**, 594-599(1991)
46. Francis, G. A. and O'Beirne, D. : Effects of the indigenous microflora of minimally processed lettuce on the survival and growth of *L. monocytogenes*. *International Journal of Food Science and Technology*, **33**, 477-488(1998)
47. Huhtanen, C. N., Naghski, J., Custer, C. S. and Ruussel, R. W. : Growth and toxin production by *Cl. botulinum* in mouldy tomato juice. *Applied and Environmental Microbiology*, **32**, 711-715(1976)
48. Varnum, A. H. and Evans, M. G. : *Foodborne Pathogens-an Illustrated Text*. Wolfe Publishing, England(1991)
49. Guilbert, S., Gontard, N. and Cuq, B. : Technology and applications of edible protective films. *Packaging Technology Science*, **8**, 339-346(1995)