선도보존 기능 포장의 개발동향

이 호 준 / 한국식품개발연구원 포장연구팀 연구원

다양한 식품포장 기술이 소비자에게 연장된 유통 기한의 고품질, 최소 가공된 식품을 제공하기 위하여 개발되어 왔다. 전통적으로 식품포장재는 식품과의 원치 않는 반응을 피하는 방향으로 선택되어 왔으나 지난 수십 년간 식품과 반응하기 위한 다양한 식품포장재가 고안되고 개발되어 왔다.

이와 같이 단지 외부환경으로부터 식품을 차단하는 것 이상으로 일정한 기능을 위하여 디자인된 포장재들을 기능성 포장이라고 정의한다.

식품에 대한 기능성 포장기법은 아직 초기 단계로 소수의 연구결과만이 보고되어 있을 뿐이지만, 적절한 기능성 포장방법을 적용할 경우 호흡대사, 미생물 활성, 식물 호르몬의 활성등을 조절하여 식품의 선도연장기법으로서의 잠재성이 매우 큰 것으로 보인다.

기능성 포장재의 장점은 물리화학적인 두 가지 효과에 기인하며 고품질, 최소 가공된 식품을 보호하는 기능성 포장기술로는 최소 가공된 과채류의 경우 수분손실을 방지하기 위한 가식성 수분차단 필름; 효소적 갈색화를 방지하기 위한 가식성산소 차단 필름; 노화를 늦추기 위한 에틸렌 흡착제; 포장재 내의 산소농도를 낮추어 식품의 대사작용을 늦추기 위한 산소 흡착제; 식품표면의 미생물의 성장을 억제하는 은 제올라이트를 함유한 필름; 에너지를 방사하여 미생물의 불활성화를 유도하는 적외선 필름; ethanol과 sorbate같은 미생물 억제제를 전도하는 sachet이나 필름; 이취를 흡착하는 필름 등이 있다.

가공된 식품의 경우 다른 수분활성의 성분간의 수분 이동을 늦추기 위한 가식성 필름; 지질의 산화를 억제키 위한 산소 흡착제; 이산화탄소 흡착제; 이취 흡착제 등의 포장 기술이 사용되고 있다.

다른 종류의 기능성 포장으로는 French fries, 제과용 식품이나 popcorn의 high-surface-heat의 발생을 위한 microwave susceptor 필름; microwave doneness indicator; steam-release film; 저장조건의 남용을 가리키는 extreme-temperature integrator; 유통기한의 손실을 나타내는 time-temperature integrator 등이 있다.

일반적으로 유통기한이란 식품이 관능적, 영양학적 그리고 안정성 면에서 받아들여질 수 없을 때까지 걸리는 시간을 나타내며 부패의 주요 기작이 알려져 있거나 조정될 수 있을 경우 각각의 식품에 대하여 결정되며 결과적으로 조절될 수 있다.

도축이나 수확 직후에 육류나 과채류는 대사하기 시작하며 저장된 탄수화물과 지방은 산화적인 대사 작용을 통하여 에너지원으로 사

용된다.

식품이 가공되지 않은 한 효소계는 일반적으로 온전한 활성을 가진다. 그러나 식품은 에너지원이 고갈되고 조직에 대사 산물이 축적되는 노화과정에 의하여 파괴되어 결과적으로 조직은 연화되고 저분자량의 유기물질이 축적되어 이취뿐만 아니라 본래의 조직감을 상실하게 된다. 또한 일정한 시간 후에는 식품표면의 미생물적인 부패로 인하여 점액, 변색과 이취가 발생한다.

어떤 climacteric 식품은 숙성의 최적기에 이르기 전에 수확되어 짧은 저장을 통하여 품질을 향상시킬 수 있지만 부패과정을 늦추기 위하여 사용되는 controlled atmosphere packaging(CAP), modified atmosphere packaging(MAP) 또는 내재된 미생물 수를 감소시켜 유통기한을 늘리는 다른 과정을 거치지 않는 한 결과적으로 부패한다.

많은 식품이 산소에 민감하며 산소 투과성 포장재에 포장된 식품은 포장재 내의 산소가 감소함에 따라 증가된 유통기한을 가지게 된다.

대사작용이 진행됨에 따라 가공되지 않은 식품은 포장재 내의 산소를 소비하며 동시에 탄수화물, 단백질과 지질대사의 결과로 이산화탄소가 발생한다.

어느 임계점에서 너무 낮은 산소 농도와 너무 높은 이산화탄소 농도는 식품의 혐기적인 대사와 더 빠른 부패를 유도한다.

이런 임계점 바로 위의 특정한 가스 조성이 각각 식품의 유통기한을 최대화할 수 있으나 이러한 특정 가스 조성은 식품 종류나 같은 식품 종류라 할지라도 매우 가변적이며 대사 중에 증산으로 인하여 발생한 수증기가 headspace에 축적되어 후에 효모에 의한 표면의 미생물적 부패를 촉진한다.

CAP/MAP에서 포장재 내의 가스 환경은 진공 포장, 특정한 가스 조성으로의 치환 또는 기능성 포장에 의하여 조절된다. 이러한 기술들은 연속적으로 가스 환경을 조절할 뿐만 아니라 식품의 표면과 반응한다.

예를 들어 온도가 증가함에 따라 가스 투과도가 급격히 증가하는 "smart" 필름이 있다. 이 필름은 최대한의 산소 유입을 가능케 하여 혐기적인 조건이 발생하는 산소 농도가 감소하는 것을 방지한다. 다른 제품으로는 이슬점에 도달하면 급격히 수증기의 흡착이 증가되어 식품의 표면에 생성되는 결로의 생성을 방지함으로써 미생물의 생성을 방지하는 sachet system이 있다. 개발되어 있는 기능성 포장의 종류는 다음과 같다.

1. Oxygen scavenger

신선한 과채류의 경우 산소 농도가 일정 수준 이하로 감소하면 빠르게 품질이 저하된다. 다양한 산소 투과도의 필름을 사용하여 포장재 내의 산소 농도를 조절함으로서 원하는 유통기한을 조절할 수 있다. 그러나 종류와 년수에 따라 변하는 과채류의 특성으로 인하여 산화율에 대한 제한된 data가 보고되고 있으며 각각의 식품이 상품성을 잃는 시간의 총 산소 소비량에 대한 구체적인 data가 필요하다.

포장재 내의 산소 농도를 조절하는 다른 방법은 산소 흡착제를 사용하는 것이다.

이러한 방법으로는 수증기와 산소 하에서 철이 산화하여 ferric hydroxide로 전환되는 철 sachet system이 있다.

만약 식품의 산화율과 포장재의 산소 투과도가 알려져 있다면 원하는 유통기한을 위한 철의 양을 계산하는 것은 쉽다. 그러나 식품의 상품성

을 잃는데 소비되는 총 산소의 양은 계산되는데 많은 시간과 경비가 필요하다. 일반적으로 수분활성이 감소할수록 흡착성능이 감소하므로 수분활성이 매우 중요하다. 이에 수분활성이 없는 조건에서도 작용하는 sachet 형태의 흡착제가 개발되었으며 식품의 크기와 형태(식품내의 잔존산소), 포장의 디자인, 수분함량 그리고 수분활성 등에 따라 흡착능에 영향을 주는 주요 인자이다. 또 다른 접근법으로는 반응성 염료와 ascorbic acid를 포함한 필름; 산소와 수증기를 줄이기 위하여 platinum을 포함한 필름; glucose oxidase와 alcohol oxidase같은 산화 효소를 불활성화시켜 내면에 포함한 필름; micorcapsulation에 의해 필름에 포함된 효소의 기질이 delivery system을 이용한 liposomal membrane; 산소와 결합하는 chelate를 포함하는 필름; 산소와 반응하는 free-radical을 포함한 필름 등이 있다.

2. CO_2 generator or scavenger

산소를 조절하는 보완적인 방법은 이산화탄소 발생제나 흡착제를 필름에 포함시키거나 sachet 형태로 부착하는 것이다.

고농도(10~80%)의 이산화탄소는 육류나 가금류의 경우 식품표면의 미생물의 성장을 억제하여 유통기한을 연장하므로 바람직하지만 과일의 경우에는 바람직하지 못한 혐기적 glycosis를 유발하게 한다. 이산화탄소의 경우 필름 투과도가 산소보다 3~5배 크므로 발생제 이용시 약간의 응용이 필요하며 산소와 이산화탄소를 모두 흡착하는 철 분말과 CaOH sachet의 경우 분말커피의 유통기한을 3배 이상 연장시킨다. 그러나 신선한 과일의 경우 산소나 이산화탄소의 조절로 인한 대사 기작의 불균형이 일반 영양소와 향미 성분이 정상적으로 저장한 과일의 수준으로 축적되는가 하는 것이다.

3. Ethylene scavenger

에틸렌의 발생은 많은 과채류 대사과정의 자연스러운 부산물이다. 에틸렌은 식품의 성장과 노화를 자극하는 성장 호르몬으로 작용한다. 그러나 숙성 후에 대부분의 빠르게 부패하므로 에틸렌의 농도를 조절하는 것이 과채류의 유통기한을 연장시킬 수 있다.

강력한 산화제인 potassium permanganate는 에틸렌과 반응하며 작은 알갱이 형태의 sachet나 ethylene을 투과 시킬 수 있는 필름과 blend의 형태로 제조될 수 있다. potassium permanganate에 의한 에틸렌의 제거는 화학적인 반응이지만 활성 미네랄에 의한 표면 흡착도 가능하다. 포장재 내부의 개스와 반응성 물질간의 상호반응을 촉진하기 위하여 플라스틱 필름에 기공이나 micropore 의 유무에 상관없이 다양한 흡착성 또는 반응성 물질들을 포함시키는 것이 고려되고 있다.

4. Moisture scavenger

포장재 내의 상대습도 조절은 식품 중의 곰팡이, 효모, 박테리아의 성장 뿐만 아니라 동시에 수화나 탈수를 통한 물리적 결합에 손상을 주기 때문에 중요하다. 수분의 응축은 많은 종류의 과채류의 포장, 특히 화훼류와 포도에 문제점이며 특히 골판지에 포장된 신선한 화훼류의 경우 매우 중요하다. 수분은 식품 자체에서 발생하거나 포장재를 투과하여 축적된다. 식품 산업에서 가

장 보편적으로 사용되는 건조제는 polymeric collodial silicic acid의 탈수된 형태의 silica gel 이며 무게의 약 40%정도의 수분을 흡습할 수 있다. Silica gel의 비부식성, 비독성적인 성질은 식품에 사용하기에 매우 적합하다.

다른 형태의 건조제는 중량비로 28.5%이상의 흡습률을 가진 calcium oxide나 calcinated lime이 있다. 낮은 상대습도에서 calcium oxide는 다른 흡습제보다 훨씬 많은 양의 수분을 흡수할 수 있지만 매우 느리게 흡습한다. calcium oxide는 수분을 흡습함에 따라 대부분 식품포장에서 바람직하지 못한 두 가지, 반응 · 팽창하여 열에너지를 발생한다.

활성탄 역시 수분 뿐만 아니라 약간의 에틸렌 그리고 다른 가스를 흡착하는데 사용된다. 고온에서 활성탄은 역반응한다. 그러므로 활성탄은 원치않는 화합물을 흡착하는 큰 표면적을 가진 물질로서 작용하며 고온에서는 바람직한 향, 살균제와 hydrogen peroxide같은 필요한 화합물을 방출한다.

5. Antimicrobial agent

미생물의 번식은 신선 식품의 부패의 주요한 원인이다. Pasteuriztion이나 canning이 미생물을 제거하는데 사용되지만 과일에는 부적절하다. 항균제는 과일 자체에는 함유될 수 없다. 미생물에 의한 부패는 엄밀하게 표면에 한정되어 있으므로 항균제를 발생하는 film이나 sachet이 효과적으로 작용한다.

에탄올(알콜)의 미생물 살균 효과는 널리 알려져 있으며 약품에 널리 적용되고 있다. 에탄올은 포장 전에 식품의 표면에 살포되었을 때 제빵식품, 치즈, 반 건조된 생선식품의 유통기한을 연장시키는 것으로 알려져 있다. 최근에 일본에서 개발된 에탄올 증기를 발생시키는 새로운 방법은 식품 포장 내에 포함된 조그만 sachet에 함유된 ethanol releasing system을 이용하는 것이다.

식품용 에탄올은 미세한 불활성 powder에 흡착되어 수증기의 투과가 가능한 sachet에 포함되어 있다. 식품내의 수증기는 불활성 powder에 의해 흡착되어 에탄올 증기가 발생되어 sachet을 통하여 식품포장 내의 headspace로 투과된다. 이러한 system은 다양한 케이크 및 치즈의 유통기한을 연장시키는 것으로 보고되었다.

Sulphur dioxide 또한 특정과일의 곰팡이를 조절하는데 사용된다. 포도의 경우 곰팡이로 인한 손실을 방지하기 위해서는 세심한 주의가 필요하다. 그래서 낮은 수준의 sulphur dioxide를 이용한 훈증과 냉장이 필요하다. 훈증은 과일과 골판지에 모두 실시되어야 한다.

골판지에 포장된 포도의 경우, 부적절한 온도 조절로 인하여 온도가 올라가면 sulphur dioxide를 방출하는데 문제점이 있으며 이것은 포도에 잔여물과 보기 싫은 bleaching을 유발할 수 있다.

산소의 흡착 또한 곰팡이가 호기성이므로 곰팡이의 성장을 제거할 수 있으나 저산소 농도에서 온도 조절이 되지 않을 경우 혐기적인 미생물이 성장할 수 있다. 결과적으로 이 기술은 생선의 경우에는 부적절하다.

산소를 흡착하는 효소 적인 방법 또한 항균성 부산물을 생산할 수 있다.

예를 들면 glucose oxidase system은 표면 pH를 저하시켜 생선의 유통기한을 연장시킬 수 있는 hydrogen peroxide를 생산한다. ko