



버섯류 액티브 패키징 적용 현황

Active packaging of Mushrooms

김수일 / (주)유니크바이오텍 부사장

1. 서론

청과물은 신선도를 기준으로 가격이 결정되고 있어서 신선도연장을 위해 많은 연구가 진행되고 있다.

그 중에서 가장 효과적인 기술로 인정받고 있는 것은 'CA 저장기술'이다. 그러나 CA 기술을 이용하기 위해서는 고가의 시설과 장치가 조화롭게 준비되어야 하며, 장치를 관리하기 위해서도 상당한 수준의 기술이 요구된다. 그러나 채소와 과실은 가격이 낮고 부피는 큰 것이므로 CA 장치를 활용하기에는 가격 경쟁에 어려움이 많다.

이와 같은 이유에서 CA의 원리를 응용하면서 현실에 적용이 용이한 필름포장으로 저온저장하거나, 짧은 유통기간의 경우, 상온에서 유통하면서 신선도 유지가 가능한 기술이 MA 포장 기술이다.

MA에서 분위기 가스조성은 필름의 가스투과성, 두께, 표면적, 청과물의 종류나 호흡량 등의 영향을 받는다.

2. 기능성 필름의 종류별 특성

2-1. 천공(穿孔) 필름

PE나 PP와 같은 폴리에틸렌계 필름의 탄산가스 투과성은 산소 투과성보다 수배 높기 때문에, 저산소 상태가 되어도 탄산가스의 축적은 어느 정도 낮게 억제된다. 또 필름의 가스투과성은 분위기 온도가 높을수록 높아지는 성질이 있다.

이와 같은 특성은 MA 포장을 하는데 대단히 좋은 점이 된다. 그러나 호흡량이 많은 채소의 MA 포장이나 PP(투명하여 광택이 있어 보기는 좋으나 가스 투과성은 PE보다 낮다)를 사용하는 경우, 포장 내는 극도의 저산소·고탄산가스 상태로 되기 쉽다.

이와 같은 분위기에서 채소는 무기호흡을 하여 에탄올을 생성하고, 또 알코올 탈수소효소에 의하여 아세트알데히드로 변하면 강한 이취가 발생한다. 그리고 고농도의 탄산가스는 갈변이나 연화, 가스장해 등의 원인이 된다. 또한 브로콜리와 같은 채소에서는 가스장해에 의해 세포

막이 손상되면, C-S리아제효소의 작용에 의하여 메탄티올이나 디-메틸디설파이드(dimethyl-disulfide) 등의 함 유황 휘발성분이 생성되어 이취가 점점 강하게 된다.

이와 같은 사고 발생을 회피하기 위하여 필름에 공업적으로 침공(針孔)이나 미세공(微細孔)을 만드는 천공(穿孔) 기술이 개발되었다. 천공 필름에서 산소와 탄산가스의 이동은 공기와 산소, 공기와 탄산가스 사이의 상호확산계수에 의존하고 있으며, 양자 사이에는 큰 차이가 없기 때문에 산소가 낮게 되면 탄산가스가 높게 되는 특성이 있다. 그리고 실제로는 가스투과성을 가지는 필름에 천공을 함으로 이 천공필름은 매우 광범위한 분위기 조건을 실현할 수 있다.

천공필름에는 유공필름, 침공필름, 미세공필름 등이 있으며, 유공(有孔) 필름의 경우 직경 5 mm 정도의 펀치-홀(punchhall)을 가지는 필름이 채소의 포장에 널리 사용되고 있으며 필름면적에 대한 펀치 홀의 수(開孔率)에도 의하나 통상 이와같은 포장 내의 산소와 탄산가스 농도는 공기와 큰 차이가 없다.

유공필름은 증산의 방지를 목적으로 사용되고 있다. 그래서 유공필름은 기능성 필름에는 해당되지 않는다. 그러나 수축필름(shrink film)의 경우는 공의 직경이 수축처리에 의하여 작아지므로 다음 항에서 설명하는 침공 또는 미세공필름에 가까운 기능을 가지는 것으로 생각된다.

미세공(微細孔) 필름의 경우 침공필름(직경 0.3~0.8mm)과 달리 눈에 보이지 않는 미세공(0.02~0.1mm)을 가지고 있는 것으로 분포 밀도에 따라 수십 cc/m² 24시간~수만 cc/m² 24시간까지 넓은 범위의 가스투과성에 대응할 수 있다

록 설계가 가능하며, 미세침공기술이 기업비밀로 공개되지 않고 있다.

2-2. 가스 선택성 필름

탄산가스/산소 투과비율을 피포장물의 특성에 맞게 조절한 필름으로 탄산가스 투과성을 높이면 투습성도 높아지는 현상이 나타나기도 한다. 가스선택투과성 필름에 브로콜리를 포장한 후 저장실험 결과 탄산가스/산소의 투과비율을 11/1보다도 탄산가스 선택투과성이 높은 필름에서는 브로콜리가 시들었으나, 6~11/1의 필름을 사용하면 위조가 보이지 않고 이취 성분인 에탄올의 생성이 회피되었다. 또 투습성이 어느 정도 확보되어 있기 때문에 방담처리는 하지 않았으나 결로는 나타나지 않았다. 탄산가스 장해 회피에 유망한 가스 선택투과성 필름이지만 투명성이 나쁜것이 단점이다.

2-3. 무기물 혼입 필름

에틸렌가스의 흡착기능이 있는 활성탄, 분자체(Molecularsieve), 제올라이트(zeolite), 세라믹스, 원적외선발사체, 대곡석(大谷石) 등의 다공질 광물을 플라스틱에 혼입하여 필름 또는 용기를 제작하여 신선도를 연장하는 기술로서 많은 시도가 되었으나 피포장물의 호흡특성에 맞는 포장설계가 필수적이며 확실한 검증을 거쳐야 한다.

2-4. 생분해성 필름

먼지나 쓰레기문제, 다이옥신, 환경호르몬 등 채소의 포장재료와 무관하지 않은 환경오염 문제가 해결해야 할 사회적 문제가 되고 있다. 생



분해성 필름은 폐기물 토양 중에서 미생물에 의해서 분해하는 안전성이 높은 기능성 필름으로 새롭게 등장하였다.

채소의 선도보존 포장시험 예는 매우 적으며, 앞으로 주목되는 분야이다.

3. 기능성 필름 활용 현황

일본 농림수산성 식품유통국 야채유통과는 야채출하 시에 선도 보존 자재이용 상황을 조사하고 있다.

1994년도 조사결과에 의하면 각종 자재 중, 기능성 필름 이용 출하량이 제일 많아 자재 이용 출하 채소의 43%에 이용되고 있다. 이들을 야채의 품목별로 보면 오이가 제일 많고, 그 다음이 상추, 시금치, 브로콜리의 순서로 되어 있으며, 선도저하의 속도가 빠른 연약 야채에 많이

사용되는 것으로 알려졌다. 또 이용률에서 보면 오이 45%, 상추, 시금치, 브로콜리에서 각각 62.5%, 50%, 67%로 기능성 필름이 사용되고 있다.

출하량은 적으나 기능성 필름의 이용률이 높은 품목으로, 파슬리 94%, 춘국 80%, 셀러리 62%, 파 61% 등을 들 수 있다[표1].

여기서 말하는 기능성 필름은 대부분 MA포장용 필름이라고 할 수 없으나, 조사에 의하면 기능성 필름이라는 것은 투습성에 대한 가스 투과성의 개선을 가한 필름이나, 제올라이트 분말 등을 혼입한 필름으로 정의하고 있으므로, MA 포장용 목적에 사용된 것이 매우 많이 포함되어 있는 것으로 생각된다.

따라서 기능성 필름이외의 선도보존자재는 통상의 필름, 기능성 골판지, 기능성 시트, 단열용기, 선도보존재, 축냉재 순으로 많이 이용된다.

[표 1] 야채의 출하에서 기능성 필름 이용현황

오이	246,377	109,956	102,477	44.6
상추	101,858	62,824	17,719	61.7
시금치	40,606	20,459	10,592	50.4
브로콜리	22,474	15,006	2,252	66.8
당근	24,307	13,184	10,508	54.2
파류	15,267	9,259	2,539	60.6
딸기	18,996	8,285	8,960	43.6
춘국	6,571	5,257	1,234	80.0
부추	16,175	5,042	10,482	31.2
가지	47,400	4,941	21,151	10.4
파슬리	3,800	3,567	112	93.9
셀러리	5,604	3,463	1,656	61.8
토마토	18,903	2,791	817	14.8

[표 2] 연도별 국가별 청과물 선도 연장 및 기능성 필름 관련 연구보고 건수

(BIST/KISTI, DB)

미국	-	-	-	-	2	1	2	1	-	-	-	1	-	-	7
일본	2	2	1	2	4	4	4	5	1	2	2	1	2	-	32
한국	1	-	-	3	5	1	2	-	1	1	1	1	1	-	17
영국	-	-	-	-	1	-	1	1	1	2	-	-	-	-	6
계	3	2	1	5	12	6	9	7	3	5	3	3	3	-	62

4. 기능성 필름 연구 개발 동향

[표 2]는 청과물의 선도연장 및 기능성 필름 관련 연구보고건수를 나타낸 것으로 전체의 50% 이상이 일본에서 이루어진 것이고, 그 다음이 한국, 미국, 영국 순으로 나타났으며 일본이 신선도 연장분야의 기술을 선도하고 있는 것을 알 수 있었다.

5. 비석류 액티브 패키징 기법 적용

5-1. 비석류 개요

국내 비석의 총 생산량(2004년)은 192,808톤으로 느타리비석(52,211톤)으로 가장 많았고, 표고비석(36,209톤), 팽이버섯(32,796톤), 새송이버섯(32,736톤), 양송이버섯(24,053톤)의 순으로 나타났으며, 지역별로는 충남(33,288톤)이 가장 많았으며, 경북(32,610톤), 전남(23,997톤), 경기(21,510톤)가 생산하고 있다.

국내 비석시장은 현재 소비부진, 가격폭락 장기화, 생산비 증가, 과잉생산 등 4중고를 겪고 있어 이를 해결하기 위해 수출시장 개척 등의 대책마련이 요구되고 있다.

하지만 수출시장의 개척도 말처럼 쉽지 않은 현실이며 수출을 하던 일부 품목의 경우도 대만, 중국산과의 가격 경쟁에서 밀려 수출에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

중국의 비석재배 현황은 1990년도에 재배기술의 혁신이 일어나 전 세계 비석생산량의 28%를 차지하고 있으며 표고비석의 경우 벌써 국내에 수입이 되고 있어 이에 대한 대응책을 강구하고 있는 실정이다.

비석류의 포장형태는 대부분 1~2kg 또는 4kg들이 필름, 플라스틱용기 또는 골판지상자에 포장되어 저온 또는 상온유통이 되고 있으며, 온도와 습도에 민감한 비석의 특성 때문에 유통 중 신선도저하를 억제할 수 있는 신선도 연장기술의 개발이 시급한 실정이다.

5-2. 비석류 연구동향

비석은 수분이 많고 조직이 연하여 수확 후 호흡과 대사작용이 일반과실이나 채소류보다 왕성하여 단시간내에 품질변화가 일어난다. 따라서 비석을 장기간 저장이 매우 어려우며 출하시 전처리를 하는 등 저장기술의 개발이 시급히 요구되고 있다.

비석류의 장기저장에 관한 연구는 CA저장,



진공냉각 등 많은 결과가 보고되고 있지만 설비 투자가 과다하여 현실성이 없거나 유통기간 중에 품질유지를 위해 Cold chain system이 운영되어야 하는 등 재배농가와 중간 수집상들에게 현실적으로 어려운점도 많이 있다.

버섯의 신선도 연장 연구동향은 주로 필름을 이용한 MA 포장에 관한 것으로 느타리버섯, 팽이버섯, 표고버섯, 양송이버섯 등에 관하여 주로 실시하였다.

(1) 포장재료에 따른 생버섯의 선도유지 효과에 관한 연구에서 진공포장지, KOPP, 방담필름, 스티로폼 트레이+랩포장에 느타리버섯과 팽이버섯을 포장하여 저장한 결과 버섯의 종합적인 신선도(외관, 색상, 냄새)를 감안할 때 판매 가능한 시점은 방담포장을 실시한 경우 느타리버섯은 24일, 팽이버섯은 28일로 나타났지만 복잡한 유통구조를 감안할 때 출하 시기를 감안하여야 할 것으로 판단되었다.

또한 팽이버섯을 LDPE 50 μ 에 포장하여 0 $^{\circ}$ C에 보관할 경우 출하가능기간은 15일로 나타났다.

(2) 큰양송이버섯의 경우 스티로폼트레이+랩에 250g 씩포장하여 저장중 감모율을 확인한 결과 0~6 $^{\circ}$ C에서 30일간저장할 경우 감모율은 4.2%로 낮았지만 9 $^{\circ}$ C의 경우 저장 18일째 4.8%, 20 $^{\circ}$ C의 경우에는 저장 9일째 6.5%로 높게 나타나 온도가 높을수록 감모율이 높게 나타났다.

저장온도에 따른 신선도 변화는 0~3 $^{\circ}$ C에서 저장할 경우 21일간 상품성이 있었으며, 6 $^{\circ}$ C는

6일, 9 $^{\circ}$ C는 6일, 20 $^{\circ}$ C는 3일에 불과하였다.

이는 버섯의 호흡량이 0 $^{\circ}$ C의 경우 20cc/kg/hr 이하였으나 온도가 20 $^{\circ}$ C가 되면 50~55cc/kg/hr로 높아지는 것과 밀접한관련이 있는 것으로 판단된다.

(3) 방담필름, 기능성필름(제올라이트+은), 스티로폼트레이+랩에 250g씩 포장한 것과 골판지상자에 큰양송이버섯 2kg을 포장한 후 20 $^{\circ}$ C에 저장하면서 품질변화를 보면 감모율은 골판지상자의 경우 저장 2일째 5%를 나타냈으나 필름포장의 경우 아주 낮은 감모율을 나타내었다. 갓 신장율은 골판지상자의 경우 저장 3일째 16.4%로 나타났으나 랩포장에서는 저장 7일째 12.3%, 방담필름의 경우 저장 7일째 7.2%로 가장 낮았으며 기능성필름의 경우 10.0%로 약간 높게 나타났다.

이는 온도와 산소농도가 높을수록 호흡율이 증가하는 것과 관련이 있는 것으로 판단된다.

저장 7일 후 포장내 에탄올 축적량은 방담필름의 경우가 가장 높은 5,600mg/kg, 기능성필름이 914, 랩필름이 436, 골판지는 55로 골판지상자가 가장 우수하였으며 포장내의 아세트알데하이드 함량에서도 비슷한 경향을 나타내어 골판지상의 경우 가스장해현상이 없는것으로 나타났다.

(4) Silver처리 Ceramic을 3% 첨가한 PE(30 μ m) Film으로 포장된 팽이버섯을 5 $^{\circ}$ C와 20 $^{\circ}$ C에서 저장시험을 실시한 결과 버섯갓의 Texture 변화에서는 Springiness, Gumminess가 전반적으로 감소했다.

그 중 5 $^{\circ}$ C에서는 AC30(Silver 처리 Ceramic

을 3% 첨가한 PE30 μ m)이, 20 $^{\circ}$ C에서는 AC60(Silver처리 Ceramic을 3% 첨가한 PE60 μ m)이 가장 적게 감소했으며, Hardness의 값도 점차 감소했는데 5 $^{\circ}$ C와 20 $^{\circ}$ C에서모두 AC30이 가장 적게 감소했다.

버섯의 갈변에 있어서 세라믹을 첨가한 필름이 더욱 우수하였고 AC30과 AC60이 각각 5 $^{\circ}$ C와 20 $^{\circ}$ C에서 오히려 갈변되지 않고 더 밝은 색을 띠었다.

팽이버섯은 20 $^{\circ}$ C에서는 AC60이 가장 좋았으며 8일간 저장이 가능했고, 5 $^{\circ}$ C에서는 AC30이 가장 좋았으며 14일간 저장이 가능했다. 따라서 5 $^{\circ}$ C에서 AC30의 포장재를 이용하여 저장한 것이 팽이버섯의 품질 변화가 가장 적었고 14일간 저장할 수 있었다.

한편 팽이버섯의 선도유지를 위한 환경기체 조절 포장에서는 1%이하의 낮은 O₂ 농도와 15~20%의 CO₂ 농도를 포장내에 형성시킨 CPP 30 μ m 포장이 Hunter L값, 자루 신장률, 관능평가 결과를 고려할 때 가장 우수하였다.

(5) 기공필름과 광물질 연입 필름 포장한 표고버섯의 MAP효과에서는 광물질 연입필름 2종류 (15%의 SiO₂ 계 LDPE, 10%의 제올라이트 계 LDPE)와 기공필름 및 LDPE 필름(두께 30 μ m)을 이용한 표고버섯의 MAP 효과를 조사한 결과 표고버섯의 MA 저장 중 표면색은 SiO₂ 분말 연입필름과 제올라이트 연입필름이 효과적으로 유지할 수 있었다.

포장지 내부에 발생하는 결로가 버섯조직을 짓무르게 하여 갈변과 부패현상을 촉진하는 상품성지수는 포장방법에 따라 차이가 현격하였는

데, SiO₂계 분말이 15% 혼입된 광물질 연입필름이 효과적인 반면 LDPE 필름포장에서는 억제효과가 가장 낮게 나타났고 제올라이트 혼입 필름과 기공필름은 포장방법간에 중간적인 수준이었다.

(6) 양송이버섯의 MAP 및 CA 저장 효과에서 신선도 연장을 위하여 두께(40 μ m, 60 μ m, 80 μ m)가 다른 PE 필름을 이용한 MAP 저장과 CA 저장 중의 품질변화를 조사한 결과 포장 내기체 조성은 저장초기에 급격한 변화를 보인 후 저장 14일 이후에는 거의 일정한 수준인 CO₂ 농도 6~9%와 O₂ 농도 3~6%를 유지하였다.

양송이버섯의 경도는 저장 중 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었으며 MAP 필름포장 저장구, 고농도CO₂ 단시간 처리구 및 CA 저장구에서는 상당한 경도감소 억제효과를 나타내었다.

또한, 버섯의 선도 판정지표가 되는 색도변화는 무포장구의 경우 저장 3일에 L값이 70 이하로 급격히 감소함에 비하여, MAP 저장구 및 CA 저장구에서는 저장 21일까지 L값이 70 이상으로 상품적 가치가 유지되었다.

저장 중 버섯의 이취성분인 에탄올과 아세트알데하이드 생성량은 무포장구의 경우 저장 3일까지 증가하다가 그 이후에는 감소하는 경향이었으며 MAP저장구 및 CA저장구는 저장 7일까지 증가하다가 감소하는 경향을 보였고 포장 필름의 두께가 두꺼울수록 높게 나타났다.

(7) 느타리버섯의 환경기체 조성 농도 예측 및 MA 저장 중 품질특성 변화에서 느타리버섯



의 호흡속도 측정 및 MA 포장저장 실험을 수행한 결과 호흡속도는 20℃에서 산소 소비속도 28.9~161.4mgO₂/kg·hr로 나타났으며 이산화탄소 방출속도는 53.4~166.9mgO₂/kg·hr로 나타났다.

산소 소비속도와 이산화탄소 발생속도를 반응표면 분석한 결과를 이용하여 느타리버섯의 저장가능 기체조성을 예측한 결과 2.5~4.5%의 O₂와 11.5~13%의 CO₂로 나타났다. 포장 내 기체조성은 0.03mm LDPE의 경우 O₂ 농도 1.6~3.0%, CO₂ 농도 3.9~5.3% 사이였으며 0.05mm LDPE에서는 O₂ 농도 1.2~1.3%, CO₂ 농도 33.5~39.6% 사이로 나타났다.

갓과 자루의 경도는 저장기간에 따라 감소하였으며 갓의 경도는 저장온도에 영향을 받았으며, 자루의 경도는 포장재질에 더욱 영향을 받는 것으로 나타났다.

색도의 변화는 저장기간이 경과할수록 ΔE 값이 증가하는 것으로 나타났으며 12℃와 20℃에서는 저장초기에 ΔE 값의 변화가 급속하게 일어나는 것으로 나타났다.

0.03mm LDPE 포장구가 중량 감모율이 높고 색도변화가 심하였고 나일론+PE포장의 경우에는 자루의 경도저하와 이산화탄소의 과도한 축적으로 알콜냄새가 발생하였다.

0.05mm LDPE 포장구의 경우 예측된 환경 기체조성에 가장 유사한 포장내 기체조성을 유지하였으며 중량감모, 경도, 색도 등 전반적인 저장품질이 우수하였다.

(8) 바이오광물 코팅 골판지상자를 이용한 신선도 연장 시험에서는 양송이버섯의 개화율은

저장 3일째까지는 샘플간에 큰 차이가 없는 28~43%를 나타내었으나 4일째의 경우 Control은 69%로 바이오코팅 골판지상자의 26%에 비해 2.6배나 높은 개화율을 나타내어 저장 3일 이후에 급격한 개화현상을 나타내는 것으로 나타났다.

중량감소율은 저장 4일째 Control의 경우 10.5%로 코팅처리된 샘플 A, B, C, D의 7.6~8.6%에 비해 약 2% 정도가 높게 나타나 내면라이너에 대한 코팅처리가 양송이버섯의 저장 중 중량감소 억제에 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

관능검사 결과 양송이버섯의 향은저장 3일부터 급격히 감소하였으며 4일째는 악취가 나기 시작하였으며 5일째는 상품성으로서의 가치를 완전히 상실하였다.

색상의 경우 저장 2일째부터 갈변이 시작되었으나 5일이 지난 후에도 색상만으로는 판매가 가능할 정도로 양호한 것도 있었다. 조직감 및 외관의 경우 2일째부터 증산작용에 따른 수분증발로 탄력성이 떨어졌으며 5일째에는 조직이 연화되거나 곰팡이가 번식하는 등의 현상을 나타내기도 하였다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 20℃에서 유통가능 기간은 3~4일이었으며 가장 우수한 포장 방법은 코팅샘플 B로서 유통기간을 1일 이상 연장이 가능한 것으로 나타났다.

II. 결론

일반적으로 버섯은 건강보조식품으로 영양적으로 우수함에도 불구하고 조직이 연약하고 다

른 농산물에 비해 호흡작용이 왕성하여 유통에 많은 제약을 가지고 있다.

그리고 여름철의 경우 높은 온도의 유통조건으로 인해 수확후 2~3일이면 상품적 가치를 상실하게 된다.

버섯의 포장형태는 수확 후 대부분 벌크타입으로 골판지상자에 포장되거나, 트레이와 랩으로 날포장 후 골판지상자에 포장되거나 또는 골판지상자 내부에벌크로 필름포장을 실시한 후 골판지상자에 포장되어 도매시장을 통하여 소비자에게 전달되고 있어 신선도 연장기술의 개발이 버섯의 부가가치를 높이는데 가장 필요한 핵심기술로 대두되고 있다.

버섯의 신선도를 연장하기 위하여 수확후 예

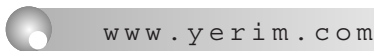
냉이 필수적이며, 콜드체인 유통을 통하여 품종별 적정온도(0~3℃)를 유지하여 호흡속도를 최대한 느리게 하여 버섯의 영양분 손실을 최소화하여야 한다.

기능성 필름을 사용할 경우 적절한 투과성을 부여하여 포장내부의 공기조성비율(산소/이산화탄소: 1:3~5)을 유지하여 신선도를 연장하여야 하며, 저산소 고이산화탄소의 기체조성에서 발생되는 아세트알데하이드와에탄올축적에 따른 악취를 해결할 수 있는 선택투과성 필름의 개발이 필요하다.

또한 골판지상자를 이용할 경우 저온유통시 포장상자의 흡습으로 인한 강도저하를 방지할 수 있는 대책을 강구하여야 한다. ☐

롤 막힘 완전 해결!!

롤(roll)막힘, 오염, 기타 세척에 대해 애로를 느끼고 계십니까?
그러시다면 바로 click 하십시오.



세척서비스

Biojet(완벽한 물리적 세척)
-장착상태로 세척
-탈착하여 세척

세정액

Biojet(화학적 세척)
인체에 무해한 무용제 타입
-수성잉크용, 유성잉크용, UV잉크용

셀 막힘 테스트

오염정도를 확인가능
Rawd(셀 용적측정 장비)

보조 부품

브러시 (효과적인 세척)
-스테인레스 스틸 :세라믹롤용
-구리 스틸 :크롬롤용
휴대용 현미경 (100배)

에림상사

전화 : 031-424-4505 팩스 : 031-423-8169
Home page : www.yerim.com e-mail : kjchoi@yerim.com