

식품, 신선편이 농산물용 저장기간 연장 포장 소재 특성 및 평가

이진규¹ · 유지예² · 김미경² · 유영선^{3*}

¹이화여자대학교

²(주)바이오소재

³가톨릭대학교 생명공학전공

Characterization of Shelf Life Extension Packaging Material for Food and Fresh Cut Agricultural Product: A Review

Jin-Kyu Rhee¹, Ji Ye Yu², Mi-Kyung Kim², and Young-Sun You^{3*}

¹Department of Food Science and Engineering, Ewha Womans University, Seoul, 03760, Korea

²Bio Polymer Co.,Ltd, Bucheon, 14662, Korea

³Division of Biotechnology, The Catholic University of Korea, Bucheon, 14662, Korea

Abstract Fresh-cut agricultural products provide convenience to consumers. However, quality changes or microbial growth can easily occur due to physical changes such as cutting and peeling etc. during processing. Therefore, efforts have been made to develop a functional packaging for extension of shelf life of fresh-cut agricultural products, food etc., and researches on prolongation of storage period have been actively developed. The shelf life is extended by anti-microbial, far infrared rays, air permeability, anti-fogging, weak current, ethylene gas adsorption or decomposition, gas composition changes such as MA (Modified Atmosphere) or CA (Controlled Atmosphere). The method of extending the shelf life by various complex factors. This paper based on the published literature to extend the shelf life of fresh-cut agricultural products, food etc., The paper has summarized the storage period extension packing method, packaging material for shelf life extension and comprehensive evaluation method.

Keywords Freshness, Functional packaging, Fresh cut, Agricultural product

서 론

패키징이라는 것은 내용물, 포장재, 연결요소들로 이루어져 있으며, 현대적 관점에서 패키징이란 제품의 생산에서 소비에 이르기까지 수송, 보관, 하역, 판매, 사용 등의 제반 과정에서 제품의 가치 및 상태를 보호하고 판매를 촉진하기 위해 적절한 재료 용기 등을 사용하여 상품으로서 가치를 부여하는 방법 또는 기술을 말한다. 초기의 패키징은 수송을 편리하게 하기 위해 내용물과 환경과의 경계를 이루는 차단막으로 단순히 외부 먼지, 미생물, 불순물로부터 내용물을 보

호하는 역할을 했다. 하지만 최근에는 가공기술 개발 및 가공방법의 다양화로 인해 포장재 역할 및 중요성이 증가했다. 저장성 향상을 통해 소비자 및 식품업계의 이익이 증대되고, 가공적성 향상을 통해 내용물의 품질이 개선된다. 이로 인해 효과적 포장을 위해 내용물에 대한 이해가 매우 중요해졌고, 관련 전반에 관한 지식이 필요하게 되었다.¹⁾

유통 물류분야에서 패키징의 위치를 살펴보면, 포장은 물류의 한 분야로 물류과정의 도입부에 해당한다. 포장 설계에 따라 물류 형태에 많은 영향을 미치며 물류비 절감의 주요 수단이다. 물류분야에서 포장이 차지하는 비율을 보면 금액 면에서 약 10%를 차지하며, 자재관리, 생산, 물류, 판매를 위한 공급채널을 연결하는 SCM (Supply Chain Management)의 기본 단위로 정보기술과 함께 기업 내에서 생산, 판매, 물류를 통합하는 기능과 정보매체로서 중요한 역할을 한다.¹⁾

*Corresponding Author : Young-Sun You
Division of Biotechnology, The Catholic University of Korea,
Bucheon 14662, Korea
Tel : +82-2-6238-6283, Fax : +82-32-344-6283
E-mail : tawake@naver.com

패키징의 가장 중요한 목적은 식품 등의 변패 방지와 품질 보존이다. 첫 번째로, 광(직사광선, 형광등), 고온, 변색, 지방 산화 등 화학적 변패의 경우 산소 투과가 어렵고 빛이나 자외선 차단 포장 재료를 사용한다. 미생물과 효소에 의해 식품이 분해, 부패, 이상발효되는 미생물적 변패의 경우 살균, 항균, 냉장, 냉동 등의 과정을 거친다. 마지막으로, 수분 흡수(분말식품, 건조식품), 건조 등의 물리적 변패의 경우, 수분 및 공기 투과가 어려운 포장 재료를 사용하고, 진공포장, 실리카겔 등의 흡습제를 적용한다. 또한 식품을 포장함으로써 식중독을 일으키는 세균 등의 2차 오염 방지를 가능하게 하고, 식품 생산의 합리화와 인력을 절감화한다. 또, 부패하기 쉬운 신선식품 등을 포장하여 취급의 용이성과 유통, 수송 등의 물류합리화와 계획화가 가능하며, 폐선성을 지닌 상품의 하나로 경쟁적 위치에 있는 다른 회사 제품과의 차별화를 통해 식품의 상품 가치를 향상시키는 목적을 지닌다.¹⁾

농산물은 생체 활동이 그대로 유지되는 만큼 외부환경에 의해 다양하게 변화하기 때문에 저장, 유통 중 부패, 변패 가능성이 높다. 더구나 최근 들어 농산물을 편리하게 조리할 수 있도록 세척, 박피, 다듬기 또는 절단 과정을 거쳐 포장되어 유통되는 채소류, 서류, 버섯류 등의 신선편이 농산물의 수요가 급증하면서 자연스레 농산물 등의 품질과 안전성에 대한 관심이 더욱 고조되고 있다. 기존에는 유해 미생물 발생을 줄이고 식품의 저장성을 연장하기 위해 가열이나 건조, 냉장·냉동, 당장, 그리고 염장 등의 단위기술을 이용하여 왔으나, 이들 기술이 신선편이 농산물과 같이 수분함량이 높고 변패하기 쉬운 제품에 적합한 것은 아니다. 또한 밀봉포장 식품의 경우 열처리나 다른 방법에 의해 살균되었다고 하더라도 포장 결함이나 개봉 후 재저장시 미생물 오염 가능성이 매우 높다.²⁾ 따라서 이러한 문제점을 보완하고자 최근 기능성 포장에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기능성 포장(active packaging)이란 식품의 초기 품질을 유지함과 동시에 안전성 및 향미 특성을 향상시키거나 저장성을 연장하기 위해 포장조건을 변화시키는 새로운 포장형태이다.³⁾ 이러한 포장 형태에는 항균, 원적외선, 방담, 통기성, 미약전류, 에틸렌 가스 흡착 또는 분해, MA (Modified Atmosphere) 또는 CA (Controlled Atmosphere)와 같은 기체 조성변화, 수분, 온도 등이 있다. 이 중 저장성 연장 포장재의 최적 성형조건을 탐색하기 위한 기초연구로서 저장기간 연장 포장 소재, 저장기간 연장 포장 제품, 저장기간 연장성 평가 방법 등을 중심으로 자료를 정리하였다.

본 론

1. 저장기간 연장 포장

식품의 저장기간을 연장하기 위해 포장내부 산소, 수분이

나 에틸렌의 제거, 항균성 부여 등의 목적하는 기능을 최대한 발휘하도록 하기 위해 기능성 물질을 포장재 자체에 첨가하거나 작은 주머니에 넣어 부착하는 방식으로 구성된다. 기능성 물질에는 항균, 원적외선, 방담, 통기성, 미약전류, 에틸렌가스 흡착 또는 분해, 기체 조성 변화(MA 또는 CA), 수분, 온도 등이 있다.

항균의 경우에는 항균성을 가진 고분자를 포장재에 컴파운딩하여 포장재를 제조하거나, 포장재에 항균성을 가진 고분자를 coating하는 방법 등으로 포장재를 제조한다.²⁾ 원적외선의 경우에는 포장재에 원적외선 방출 물질을 컴파운딩하여 새로운 포장재를 제조하는 방법으로 식품 포장재를 만들어 사용한다. 방담이란 흐려지는 것을 방지한다는 뜻으로, 신선편이 농산물의 경우 내용물의 호흡이나 포장 내외면의 온도차이 등으로 인해 수분이 응축되며, 이렇게 응축된 물방울이 식품에 닿을 경우 내용물이 쉽게 변질되고 내용물 확인이 어렵다. 이를 개선하고자 방담처리를 하는데, 방담제를 혼합 또는 coating하여 식품 포장재를 만들거나, 식품 포장 용기 바닥면을 요철 형태로 변형하여 식품이 응축된 물방울에 닿지 않게 하는 방법 등으로 식품의 저장기간을 연장할 수 있다. 식물체 내 세포와 미생물의 생합성 과정에서 에틸렌가스가 발생되는데, 에틸렌($\text{CH}_2=\text{CH}_2$)은 Ethylene계 기체로 노화현상을 촉진하기 때문에, 신선편이 농산물의 상품성을 떨어뜨리는 주요한 악영향의 원인이 된다. 따라서 포장재에 에틸렌가스를 방출할 수 있는 구멍을 뚫어주거나, 에틸렌 가스 흡착제 또는 분해제를 첨가한 포장재로 에틸렌 가스를 제거해준다. 기체 변화 포장(MA 또는 CA)란, 저장고, 유통 컨테이너, 소형 식품 포장 등의 내부에서 기체를 제거하거나 다른 기체를 주입함으로써 적절한 수준의 O_2 , CO_2 , N_2 등의 기체를 이용하여, 실제 외부 공기와는 전혀 조성이 다르게 만드는 것을 말한다. 특히, MA는 환경기체의 조성이 정확하게 조절되지 않는 경우, 즉 플라스틱 필름 포장 같은 경우에 사용되는 것이고, CA는 일반적으로 기체 조성을 지속적으로 주시하면서 정확하게 조절하는 경우를 말한다. MA 혹은 CA packaging 저장은 생리적 대사과정, 예를 들어 호흡, 숙성, 변질 등을 지연시키고, 취급하는 동안의 상해 및 미생물에 의한 오염을 최소화함으로써 신선편이 농산물을 최적의 품질로 유지하여 유통기간을 연장시킨다.⁴⁾

이 중 항균, 원적외선, 에틸렌가스 흡착제 또는 분해제에 관해서는 아래에 자세히 정리하였다.

2. 저장기간 연장 포장 소재

1) 항균

항균성 포장소재는 크게 항균력을 가진 고분자와 다른 항균물질을 수용하는데 필요한 구조체 또는 담체로 사용되는 고분자 두 가지로 나눌 수 있다. 자체 항균력을 갖는 천연고분자로는 대표적으로 chitosan을 들 수 있는데, 비록 항균력

을 보유하더라도 chitosan만으로 제조된 필름이나 coating을 이용하여 항균효과를 발휘하기보다는 다른 항균물질을 첨가할 때 담체로 사용되는 경우가 더 일반적이다.²⁾

고분자 자체에 항균력이 없는 경우, 인위적으로 항균물질을 첨가하여 필름에 항균성을 부여하는 방법이 일반적이거나 이외에도 방사선 조사나 필름표면을 이온화하여 항균성을 갖도록 하는 방법도 시도되었다. 항균물질을 수용할 고분자 담체는 탄수화물이나 단백질과 같은 천연물 유래 생고분자와 합성 고분자로 크게 구분된다.²⁾

항균물질은 종류와 적용 형태에 따라 항균효과가 달라진다. 항균물질의 종류를 구분하면 인공적으로 합성된 것과 천연물에서 유래한 것으로 대별되며, 적용하는 형태는 항균효과를 기대하는 대상물에 직접 첨가하는 방식과 중간 매개체를 사용하는 방식으로 나뉜다. 일반적인 항균필름의 경우 후자에 해당되는 것으로 생고분자나 합성 플라스틱 고분자에 항균물질을 첨가하여 coating이나 필름 형태로 항균물질을 대상물에 지속적으로 전달한다. 이때 담체로 사용되는 고분자의 특성과 항균물질과의 상호작용에 따라 고분자 구조체 내에서 항균물질의 확산속도 및 용출량이 달라지며, 이는 사용하는 항균물질의 혼합첨가 여부에 따라서도 달라진다.²⁾

최근에는 삶의 질 향상 등의 원인으로 천연 항균 물질을 선호하는 현상이 있는데, 열 및 휘발성에 의한 빠른 소실 문제, 가격 경쟁력, 제어 미생물 스펙트럼이 좁은 단점 등이 있어 추가 연구 개발이 활발하다.

현재 연구되는 천연항균물질은 여러 가지가 있는데, 가장 많이 알려진 천연항균물질은 계피추출물이다. 계피는 반관상, 반통상 또는 한쪽으로 말려 들어가 있는 관상의 껍질인데, 대부분 조각 형태로, 크기는 다양하다. 특이한 향은 있고 맛은 처음에 약간 달고 매우며 나중에는 점액성을 띄고 떼다. Cinnamic aldehyde가 주성분이며, 그 외에도 cinnamyl acetate, phenylpropylacetate 등이 있다.⁵⁻⁷⁾ 계피는 다양한 효능과 향이 있어 한방 및 민간요법에서 널리 사용되어 왔다. 그러나 이러한 천연유효성분은 그 구조가 매우 복잡하고 정교할 뿐만 아니라 불안정하여 이들을 효율적으로 추출하기 위해 초임계 추출법을 이용해 추출물을 만든다. 초임계 추출공법은 저온에서 조작할 수 있어 천연물과 같이 열에 약한 물질의 추출에 유용하며, critical point 이상의 압력과 온도를 설정해 줌으로써 액상의 용해력과 기상의 확산계수가 높고 점도가 낮기 때문에 빠른 추출과 상 분리가 가능하다.⁸⁾

다음으로는 ϵ -폴리리신이 있는데, ϵ -폴리리신은 흡습성이 강한 옅은 노란색 가루로서 약간의 쓴맛을 가지고 있다. ϵ -폴리리신은 방선균의 일종인 *Streptomyces albulus*를 배양한 후 배양여액을 이온교환수지에 흡착분리·정제하여 얻어지는 물질로 내열성이 뛰어나기 때문에 가열 가공 공정에서 함께 사용하면 그 효과가 증대된다. 수용액에서 폴리리신의 아미노기는 양성 하전을 띠는 양이온계 계면활성제로서, 주로 미생

물의 증식을 억제하는 작용을 한다.⁹⁾

또한 갑각류(게, 새우 등)의 껍질, 연체류(오징어, 갑오징어 등)의 뼈를 분쇄, 탈단백, 탈염화한 키틴을 탈아세틸화하여 얻어진 키토산은 이미 천연항균물질로 잘 알려져 있는데, 이러한 키토산을 효소 처리하여 당의 수가 2~10개인 것을 얻어낸 키토올리고당도 천연항균물질 중 하나이다.

마지막으로, 복합황금추출물이 있는데, 황금은 쌍떡잎식물 통화식물목 꿀풀과의 여러해살이풀로 황금, 감초, 대추, 황기 추출액을 사용하거나, 황금, 대황, 황백에서 추출하거나, 혹은 황금, 어성초, 인진쑥, 녹차를 발효 후 혼합하여 제조한 황금추출물은 식품에서 천연항균제 역할을 한다고 알려져 있다.¹⁰⁾

이외에도 여러 가지 천연항균물질에 대한 연구는 지속되고 있다.

2) 에틸렌가스 흡착 또는 분해제

에틸렌($\text{CH}_2=\text{CH}_2$)은 Ethylene계 기체이며, 이중 결합의 특성으로 인하여 각종 부가반응, 중합반응, 산화반응을 받기 쉬워 석유화학분야에서 중요시되는 원료 중의 하나이다.⁸⁾ 또한, 과일 및 야채 등을 숙성시키는 성질과 식물의 노화를 유발시키는 호르몬으로써 꽃의 노화 촉진에도 관여하는 것으로 알려져 있으나, 신선편이 농산물의 유통이나 저장 중 일어나는 노화 현상은 농산물 고유의 식미를 저하시켜 상품성을 떨어뜨리는 주요한 악영향 요인이다.¹¹⁾ 따라서 이러한 에틸렌을 제거해야 신선편이농산물의 저장기간을 연장할 수 있다.

에틸렌을 제거하기 위해 다양한 방법이 이용되고 있는데, 가장 보편적으로 사용하는 방법은 저온상태에서 보관하여 에틸렌 가스 발생을 줄이는 방법으로 보관 시 온도에 의해 저장물이 냉해를 받을 수 있기 때문에 근래에는 저비용, 고효율을 목적으로 다양한 종류의 흡착제를 이용한 에틸렌 제거 기술이 연구되고 있다. 이러한 에틸렌을 저해하는 방법으로는 흡착성이 강한 다공성 물질인 활성탄 혹은 제올라이트 등을 이용하여 에틸렌을 직접 흡착하는 방법, 다공성 물질에 결합한 KMnO_2 를 이용하여 에틸렌을 직접 산화시켜 MnO_2 로 환원시켜 에틸렌을 억제하는 흡착제를 사용하는 방법, silver thiosulfate (STS), 1-Methylcyclopropene (1-MCP) 등의 에틸렌 작용 억제제를 사용하는 방법 등이 있다.^{12,13)}

1-Methylcyclopropene (1-MCP)는 에틸렌 수용체에 비가역적인 결합을 통해 에틸렌 작용을 차단하여 에틸렌의 노화호르몬으로서의 역할을 방지하고, ppb 수준의 낮은 농도에서도 효과적으로 차단하며, 기존에 이용되고 있던 에틸렌 억제제인 aminoethoxyvinylglycine (ATG), silver thiosulfate (STS) 보다 효과적인 작용을 하는 것으로 보고되고 있다.^{14,15)}

3) 원적외선

원적외선이란 19세기 초 F. W. Hershel과 A. Ampere에

의해 발견된 가시광선 대비 열 효과가 큰 장파장 측에 있는 전자파로 스펙트럼 영역은 0.78~1,000 μm 대이다. 원적외선은 눈에 보이지 않는 열작용을 하며 생체에 흡수되어 분자에 진동을 주어 열에너지를 발생, 이를 통해 생체 활성 증진의 효과를 수반하여 일반적인 건강 보조형 제품에도 많이 사용되고 있다. 이러한 원적외선을 이용하여 flexible packaging film에 적용 시 얻을 수 있는 알려진 효과를 나열해 보면 탈취, 정화, 해독의 효과가 있고, 유해한 세균이나 곰팡이의 서식과 번식을 방지하며 식물생장을 촉진하고 활성화시키고, 오염된 공기를 정화시키는 작용 및 생체의 신진대사를 촉진하는 기능을 가지고 있다.¹⁶⁾ 다만, 일반 원적외선 방사 물질은 고온에서 효과가 있는 경우가 많아 상온 이하의 온도에서 원적외선을 발생하는 소재 탐색이 필요하다.

빛은 gamma ray부터 radio파까지 파장의 길이와 효과에 따라 구분되어 있으며 이중 적외선 영역에서도 원적외선 방사를 파장대로 구분해보면 근적외 방사(0.78~1.5 μm), 중적외 방사(1.5~4.0 μm), 원적외 방사(4.0~1,000 μm)로 구분할 수 있다. 원적외 방사는 자외선대처럼 광화학작용인 광자의 에너지에 의한 생체에 대한 직접적인 작용을 피하고 원적외선의 작용으로 성장을 촉진시키고, 영양분을 균형 있게 공급하며, 적정수분을 유지한다. 그리고 인체의 경우, 체온을 적정온도로 유지하고, 노폐물 배설 촉진 및 악취 등을 중화하는 작용을 한다. 마지막으로 각종 영양을 분해하여 영양의 균형을 이루며, 대사기능을 촉진을 통해 생체 물질에 긍정적인 효과를 주게 된다.¹⁷⁾ 특히, 원적외선은 생체에 침투하면 화학 결합된 원자의 공진 운동을 일으킴으로써 모든 물질의 분자운동을 활성화시켜 결과적으로 신진대사를 촉진하는 작용을 하는 것으로 알려져 있다.¹⁸⁾

이러한 특징을 가진 원적외선을 적용한 packaging을 사용할 경우 식품, 신선편이 농산물의 신선도를 장기간 유지시켜 주고, 항균작용으로 각종 세균번식을 억제시켜준다. 또, 탈취작용으로 비린내, 묵은 냄새 등 각종 불쾌한 악취를 제거시켜 주고, 음식물의 부패를 지연시켜 맛을 보존시켜준다. 마지막으로 원적외선의 방사로 생체 활성화를 일으켜 음식물의 영양소 및 비타민의 파괴 방지에 효과적이다.

기타 방담, 통기성, 미약전류, 기체 변화(MA 또는 CA), 수분, 온도조절 등으로 신선편이농산물의 저장기간을 연장할 수 있다.

3. 저장기간 연장 포장재 제품 적용 현황

최근에는 저장기간 연장 포장재를 적용한 제품이 다양화되고 있는데, 우선 한국식품개발연구원 식품유통연구본부 저장유통팀에 개발한 사과저장기간 연장 포장필름의 경우, 기능성 MA 필름을 봉투형으로 두께 0.025 mm로 만들어 밀봉한다. 이 필름으로 포장한 사과를 6개월간 저장한 결과 대조구에 비해 중량감소율이 5% 줄고 부패율도 30% 정도가

낮아졌다고 한다.¹⁹⁾

또한, 농촌진흥청에서는 복숭아를 수확하고 난 후 저장-유통할 때 신선도 유지 기간을 늘릴 수 있는 '부패균 억제기술'을 확립했다. 부패균 억제 기술은 수확 후 이산화염소를 처리하는 방법으로, 이산화염소는 넓은 범위의 온도와 습도에서도 곰팡이, 세균, 바이러스 등에 살균효과가 뛰어나고 수확 후 초기에 균 밀도를 떨어뜨리는데 효과적이라고 한다. 이산화염소 처리방법은 복숭아를 수확한 후 5~8°C의 저장고에 넣은 후 이산화염소 발생기를 이용해 농도 0.08 ppm으로 15분간 처리하면, 저장 21일째 부패율이 무처리 75.5%에 비해 45.9% 감소한 29.6%로 줄어든다고 한다. 유통 중에 부패율을 줄이기 위해 유행패드를 사용할 경우도 있는데, 이는 수확 후 이산화염소 0.04 ppm을 15분 동안 처리했다가 포장상자 안에 유행패드(0.2 ppm)를 넣어야 한다. 그러면 저장 21일째 부패율은 무처리에 비해 41% 줄어든 34.5%로 나타났다고 한다. 유행패드는 유통 중 부패균의 성장을 억제하기 위해 포장상자 안에 넣는 형태로 판매되고 있으며, 공기 중의 수분과 반응해 이산화황을 발생시킨다.²⁰⁾

그리고 농촌진흥청에서는 최근 기능성 과일로 각광을 받고 있는 국내 무화과의 저장기간 연장 방법을 밝혀냈는데, 무화과 호흡패턴과 포장재의 투기 및 투습도를 감안할 때 0.03 mm 폴리에틸렌 기능성 포장재로 포장, 유통함으로써 간이 환경가스 조절인 MA 효과를 얻을 수 있다고 한다. 이 기술을 적용하면 무화과는 상온의 경우 1일에서 2~3일, 저온의 경우 3~4일에서 5~6일로 저장 및 유통기간을 연장시킬 수 있다고 한다.²¹⁾

또한, 느타리버섯 MA 포장방법의 경우 산소 5% + 이산화탄소 10%를 기준으로 선택하는 것이 바람직하며 실제 수출과정에서 PET 용기를 활용할 경우, 직경 0.45 mm 바늘 구멍 1개 처리를 통해 4주 운송+현지 7일 저온 유통 시 상품성 유지가 가능하다고 한다. 또한, 팽이버섯은 방담처리된 30 μm CPP 필름봉지에 100 g 단위포장을 하는 것으로 6주 운송+7일 현지 유통기간 중 품질 유지가 가능하다고 한다.²²⁾

마지막으로, 지금까지 2~3일 밖에 저장하지 못했던 블루베리를 생과일 상태로 2~5주간 저장해 유통할 수 있는 수확 관리 기술을 농촌진흥청에서 발표했다. 블루베리를 수확한 직후 0°C의 저장고에 입고시켜 과일의 표면온도를 가능한 빨리 떨어뜨린 다음 미세한 구멍이 전체 표면적의 약 2% 가량 뚫려 있는 PE 0.03 mm 필름으로 포장해 저장하면 품종에 따라 다르지만 2~5주까지 품질이 유지된다고 밝혀냈다.²³⁾

이처럼 최근에는 농산물의 저장 기간을 연장시키기 위해 실제로 다양한 방법들이 사용되고 있다.

4. 평가방법

1) 항균

항균물질의 활성은 여러 가지 방법으로 평가되고 있으나

주로 agar diffusion test, broth dilution assay, shaking flask test의 3가지 방법이 통용되고 있다. Agar diffusion test는 가장 널리 이용되는 항균력 평가방법으로 다수의 항균물질 관련 연구문헌에서 흔히 찾아볼 수 있다. 종종 disk assay라 불리는 이 방법은 disk 형태의 여과지에 항균물질을 농도별로 투여하고 시험 대상 균주가 미리 접종된 한천배지 위에 놓아 균집이 형성될 때까지 배양하여 미생물의 생육저해 정도를 생성된 투명부위의 직경 크기로 판단하는 시험법이다. 시간이 경과함에 따라 첨가된 항균물질은 한천배지로 확산되므로 항균물질의 농도는 disk 여과지로부터의 거리에 반비례한다. 이때 미생물 증식이 억제된 부분은 disk 주위에 비교적 투명한 영역을 생성하고 이 영역의 크기는 항균물질 농도와 확산속도, 미생물 생육속도에 의해 좌우된다. 그러나 소수성이 강한 항균물질에 적용할 경우 한천배지로의 확산이 원활치 못해 항균작용을 기대할 수 없기 때문에 부적절한 방법으로 평가된다.²⁴⁾ 항균필름의 경우 여과지 대신 disk 형태로 필름을 잘라 동일한 방식으로 항균력을 평가하지만, 때때로 다소 변형된 방법(2중 plating 방법)을 적용하기도 한다. Weng 등은 petri dish에 미리 부어놓은 PDA 배지 위에 일정 크기의 항균필름 시료를 올려놓고 다시 그 위에 배지를 부어 굳히는 방식으로 항균필름을 배지 사이에 삽입한 다음, 그 중심부에 곰팡이를 접종하여 배양하면서 미생물 생육억제 정도를 생성된 투명 영역의 직경 크기로 측정하였다.²⁵⁾

Broth dilution assay는 항균물질을 농도별로 희석하여 적당한 액상배지에 넣고 시험 미생물을 일정 농도로 접종하여 배양하면 시간이 흐름에 따라 미생물이 증식하여 액상배지가 혼탁해지므로, 그 혼탁정도를 spectrophotometer로 측정하여 시험하고자 하는 항균물질의 항균효과를 평가할 수 있다. Darmadji와 Izumimoto는 chitosan 처리가 신선 육류의 보존성에 미치는 영향을 연구하기 위해 broth dilution assay를 이용하여 YPG (yeast extract peptone glucose) 액상배지에서 *Pseudomonas fragi*, *B. subtilis* 등의 식품 부패균에 대해 chitosan의 항균력을 평가하였다.²⁶⁾ 일반적으로 미생물을 접종할 때 초기 균체농도는 5×10^5 CFU/tube로 하는데, broth dilution assay에 의한 항균력 측정시 사용하는 배지 종류, pH, 접종액, 접종 균체농도, 배양 온도 등과 같은 다양한 요소에 의해 평가결과가 달라질 수 있다. 이 평가방법은 주로 특정 시점에서 미생물 생육억제 정도를 측정하는데 사용되며, 이를 MIC (minimum inhibitory concentration)로 표현한다. 즉, MIC란 액상배지에서 미생물이 증식할 수 없는 항균물질의 최소 농도를 말하는 것이다. 이 방법은 시험 대상 미생물의 증식속도가 다르거나 치사율을 결정할 때, 또는 여러 항균물질의 혼합비에 따른 항균효과를 평가할 때 적합하다.²⁴⁾

Shaking flask test는 시험대상 미생물을 일차로 액체 배양하여 균체를 분리해낸 다음 이를 완충액이나 영양성 배지, 액상 식품 등의 용액이 담긴 플라스크에서 현탁하고, 여기에

항균물질이 첨가된 시료 조각을 넣은 후 일정 온도에서 균일한 속도로 진탕시키면서 주기적으로 현탁액을 채취하여 생균수를 확인함으로써 항균물질의 항균력을 측정할 수 있다. Paik 등은 UV 처리한 nylon 필름의 미생물 생육억제 정도를 shaking flask test 방법으로 측정하여 항균효과를 평가하였다.²⁷⁾ 특히 이 방법은 미생물이 증식하는 경우라 하더라도 생육속도의 감소 정도를 측정할 수 있어 속도론적 측면에서 항균활성 결과를 얻을 수 있다고 한다.²⁸⁾ 그러나 이 방법으로 항균력을 측정할 때는 미생물 현탁액 부피에 대한 항균필름의 접촉면적 비율이 반드시 고려되어야 한다. 이는 접촉면적이 커질수록 당연히 필름에 첨가된 항균물질의 효과가 높게 나타나기 때문에 그 비율이 클수록 좋은 것처럼 여겨지나, 너무 비율이 클 경우 실제 포장에는 적용할 수 없으므로 접촉면적 비율을 최적화해야 한다.

2) 관능 검사(육안 검사)

관능검사란 사람의 감각에 의해 하는 측정법으로 심리계 측정법의 하나이다. 특히 빛깔, 맛, 향기 등 기호에 관한 것은 물리·화학적 계측법으로서는 종합적인 평가를 하기 어렵기 때문에 관능검사가 자주 이용된다. 검사방법(관능시험법)은 목적에 따라서 평점법, 순위법, 역치법 등 많은 방법이 있는데, 얻어진 평가에 대해서는 통계적인 처리를 한다. 기기분석의 데이터와 관능검사에 의한 평가의 상관성을 수학적으로 해석하는 방법이 널리 이용되고 있다.

평점법은 시료(식품)의 어느 속성(감도, 단단함, 이취 등)을 평가할 때 수량적으로 평가하는 것을 말하며, 평가에 따라 0~10점, -10~+10점 등의 점수를 주는 방법을 평점법이라고 한다. 단순한 점수는 학교의 시험 성적과 달리 의미를 갖지 않으므로 수치에 말을 대응시켜 평점법으로 하는 경우가 많다.

순위법은 비교하고자 하는 두 개 이상의 시료의 우열을 순위를 매겨 판정하는 관능검사방법 중의 하나이다. 방법이 간단하기 때문에 잘 이용되지만, 수개의 시료에 순위를 매길 때 이 시료에 관한 우열의 판정은 가능하나 시료끼리의 비교이고 절대적이지 않다는 것을 주의해야한다. 순위에서는 두 개의 자극(기호)에 대한 크기만을 판정하므로 그만큼 얻는 정보는 적다.

신선편이농산물의 경우 관능검사를 통해 식품의 신선도 등을 평가할 수 있는데, 냄새, 색상변화 그리고 연부 현상 등을 관능 검사로 평가하는 방법이 적용되고 있다.

3) 냄새 및 색상 변화

신선편이 농산물의 부패, 변패는 냄새 및 색상 변화를 통해서 금방 알 수 있기 때문에 관능 검사(육안 검사)로 쉽게 평가할 수 있다. KIM 등은 훈련된 평가원이 저장기간 중에 시료를 꺼내어 포장된 신선편이 농산물을 개봉하자마자 측

정하도록 하여 Lopez-Galvez 등의 방법에 의해 5단계 점수를 부여(0=없음, 1=약간, 2=보통, 3=심함, 4=매우 심함)하였다.²⁷⁾ 그리고 점수 2를 초과하는 것은 상품성이 없는 것으로 간주하였다. 또한, 외관적 품질, 색상 변화도 냄새와 마찬가지로 저장기간 중 시료를 꺼내어 포장된 신선편이 농산물을 개봉하자마자 측정하여 5단계 점수를 부여하여 (5=매우 좋음, 4=좋음, 3=보통, 2=나쁨, 1=아주 나쁨) 평가하였으며, 점수 3을 상품성의 한계로 간주하였다.^{29,30)}

4) 연부 현상

신선편이 농산물의 연부현상은 유통, 저장하는 과정에서 발생하며, 특히 저장하는 과정 중 발생 비율이 높고 *Penicillium* 속 (genus)이 대표적인 원인균으로 알려져 있다. 연부 현상 또한 냄새 및 색상변화와 같이 관능검사로 파악가능하며, 마찬가지로 KIM 등은 훈련된 평가원이 저장기간 중에 시료를 꺼내어 포장된 신선편이 농산물을 개봉하자마자 측정하여 5단계 점수를 부여하여 (5=매우 좋음, 4=좋음, 3=보통, 2=나쁨, 1=아주 나쁨) 평가하였으며, 점수 3을 상품성의 한계로 간주하였다.

요 약

신선편이 농산물은 소비자에게 편이성을 제공하면서 수요가 크게 증가하고 있으나 가공과정 중 절단, 박피 등의 물리적인 변화로 인하여 쉽게 품질이 변하거나 미생물 증식 등이 발생할 수 있다. 따라서 이러한 신선편이 농산물의 저장성 및 안정성 향상을 목적으로 필름이나 용기 형태의 기능성 포장재를 개발하고자 하는 노력이 지속되고 있으며, 아울러 저장기간 연장에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 이와 관련하여 저장기간에 영향을 주는 항균, 원적외선, 통기성, 방담, 미약전류, 에틸렌가스 흡착 또는 분해, MA (Modified Atmosphere) 또는 CA (Controlled Atmosphere)와 같은 기체 조성 변화 등을 통해 저장기간을 연장시키는 방법이 주목받고 있는데, 한 가지에 의해서가 아니라 여러 가지 복합적인 요인들이 작용하여 저장기간을 연장시키는 방법이 효과적으로 알려져 있다. 따라서 보다 효과적으로 신선편이 농산물, 식품 등의 저장기간을 연장시키기 위해 발표된 문헌 자료를 토대로 저장기간 연장 포장법, 저장기간 연장 포장 소재, 종합적인 평가 방법 등을 중심으로 정리하였다.

감사의 글

본 논문은 중기청 제품공정기술개발사업(S2346615), 경기도 기술개발사업(D151506) 및 농기평 고부가가치식품기술개발사업(과제번호 313030-3, 316058-3)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. You, Y. S. (2016) Packaging Tech. of fresh cut Agricultural product. Korean J. Food Preservation Symposium, July. 95-109.
2. Lee, J. W., Hong, S. I., Son, S. M., and Chang, Y. H. (2003) Korean J. Food Preservation, 10: 574-583.
3. Vermeiren, L., Devlieghere, F., Beest, M., Kruijf, N., and Debevere, J. (1999) Developments in the active packaging of foods. Trends Food Sci. Technol. 10: 77-86.
4. Hong, S. I. (1995) Food packaging using CA/MA. Food Technol. 8: 119-130.
5. Yuan, A. X., L. Qin, and D. G. Jiang. (1981) Studies on chemical constituents of Cinnamum cassia. Chinese Pharmaceutical Bulletin 16: 631.
6. Yuan, A. X., L. Tan, and D. G. Jiang. (1982) Studies on chemical constituents of Cinnamum cassia. I. Bulletin of Chinese Materia Medica 7: 26-28.
7. Yuan, A. X., L. Tan, S. X. Wei, S. H. Kang, and D. G. Jiang (1984) Chemical constituents of Giuzi (*Cinnamomum cassia*), a traditional Chinese medicine. Bulletin of chinese Materia Medica 9: 127-128.
8. Park, S. J., Yu, M. H., Kim, J. E., Lee, S. P., and Lee, I. S. (2012) Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of supercritical fluid extracts and marc extracts from *Cinnamomum verum*. J. Life Sci. 22: 373-379.
9. <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1250732&cid=40942&categoryId=32099>
10. <http://cafe.naver.com/kbj1016/7664>
11. Halevy, A. H and Mayak, S. (1979) Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. 204-236. In J. Janick (ed). Horticultural reviews Vol. 1. AVI. Pub. Co. Westport. Conn.
12. Yun, S. D. and Lee, S. K. (1996) Effect of ethylene removal and sulfur dioxide fumigation on grape quality during MA storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37: 696-699.
13. Kim, J. S., Choi, D. S., and Lee, Y. S. (2010) Current research status of postharvest and packaging technology of oriental Melon (*Cucumis melo* var. makuwa) in Korea. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28: 902-911.
14. Choi, S. J. (2010) The change of ethylene production, respiration, and flesh firmness as influenced by treatment with aminoethoxyvinylglycine and 1-methycyclopropene in 'Fuyu' persimmon fruits stored at low temperature. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28: 242-247.
15. Serek, M., E. C. Sisler and M. S. Reid (1994) Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effect in potted flowering plants. J. Am. Soc. Hort. Sci. 119: 1230-1233.
16. T. Ikeda and R. C. Lord, J. (1972) Chem. Phys. 56: 4450.
17. T. S. Hartwick, D. T. Hodges, D. H. Barker, and F. B. Foote (1976) Applied Optics 15: 1919.
18. Jang, S. H. and Kang, H. J. (2012) A study on the characteristics of laminated food packaging polymeric film with the emitting materials for far-infrared radiation, 6-7.

19. <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=101&oid=001&aid=0000421821>
20. <http://nihhs.tistory.com/428>
21. <http://nihhs.tistory.com/148>
22. Development of technology to extend mushroom storage and shelf life, (2009) Mushroom Research.
23. <http://blog.naver.com/nanpark21/220404716287>
24. Davidson, P. M. and Parish, M. E. (1989) Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Technol.* 43: 148-155.
25. Weng, Y. M., Chen, M. J., and Chen, W. (1997) Benzoyl chloride modified ionomer films as antimicrobial food packaging materials. *Int. J. Food Sci. Technol.* 32: 229-234.
26. Darmadji, P. and Izumimoto, M. (1994) Effect of chitosan in meat preservation. *Meat Sci.* 38: 243-254.
27. Paik, J. S., Dhanasekharan, M., and Kelly, M. J. (1998) Antimicrobial activity of UV-irradiated nylon film for packaging applications. *Packaging Technol. Sci.* 11: 179-187.
28. Appendini, P. and Hotchkiss, J. H. (2002) Review of antimicrobial food packaging. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 3: 113-126.
29. Lopez-Galvez, G., Peiser, G., Nie, X., and Cantwell, M. (1997) Quality changes in packaged salad products during storage. *Zeitschrift Lebensmittel - Untersuchung Forschung*, 205: 64-72.
30. Loaiza, J. and Cantwell, M. (1997) Postharvest physiology and quality of cilantro (*Coriandrum sativum* L.). *HortScience* 32: 104-107.

투고: 2016.12.07 / 심사완료: 2016.12.16 / 게재확정: 2016.12.23