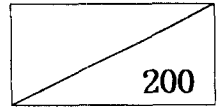


최 종
연구보고서

GA0047-0990

631.3
12.22



19904467

농산물의 신선도 유지용 신기능성 MA 포장기법 개발

Development of New Functional MA
Packaging Methods for Freshness
Extension of Agricultural Produces

연구기관

한국식품개발연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “농산물의 신선도 유지용 신기능성 MA포장기법 개발”에 관한 연구의 최종보고서로 제출합니다.

1998. 12.

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 김 동 만

연구 원 : 박 형 우

홍 석 인

박 종 대

이 호 준

김 상 회

조 순 덕

양 은 미

협동연구기관명 : 고려대학교

협동연구책임자 : 강 호 민

협동연구기관명 : 덕성여자대학교

협동연구책임자 : 김 건 회

여 백

요 약 문

I. 제목

농산물의 신선도 유지용 신기능성 MA포장기법 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

농산물중 신선도가 요구되는 품목으로는 과일 및 채소가 대부분을 차지하고 있다. 이들은 생체라는 특성상 다량의 수분을 함유하고 있고 부피가 비교적 커서 수확후 품질저하 및 변질등으로 인하여 상당량의 생산물이 저장유통중 손실되고 있다. 이들의 상품적 가치는 신선도가 매우 중요하며 최근 소비자들의 신선 농산물에 대한 수요가 증가함에 따라 농산물의 신선도유지는 상품성과 밀접한 관계를 갖고 있다.

과일 및 채소류의 신선도 유지를 위해서는 여러 가지의 기술이 적용될 수 있으나 포장방법을 이용하는 MA포장기술이 경제성 및 실용성 측면에서 매우 바람직한 것으로 판단된다. 농산물의 선도연장을 위한 포장기술에 관하여서는 다수의 연구가 수행된 바 있지만 실용화 측면에서는 매우 미흡한 단계이다.

따라서 본 연구에서는 산지 농민이나 생산자 단체가 농산물의 신선도유지가 가능하여 단기 출하용이나, 저장용, 수출용포장재로 직접 활용할 수 있는 기능성 MA 포장재를 이용한 포장기법 개발을 목표로 연구를 수행하였다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

연구내용은 크게

- 기능성 MA포장소재의 선발
- 선발소재를 이용한 필름의 시험제조
- 제조된 필름의 물성조사 및 필름의 기능성 개선방법 연구
- 시험제조된 필름을 이용한 선도연장효과 비교
- 저장중 과일의 품질변화와 미량성분의 관계규명으로 나눌 수 있으며 이를 위하여 단계적으로 수행한 내용을 살펴보면

- 1차년도
- 수출, 국내용 농산물의 유통중 제문제점 조사
 - 기능성 MA 포장소재 개발
 - 선도유지효과 예비시험
 - 저장중 미량성분 분석방안 구축

- 2차년도
- 과일류용 신선도유지 기능이 있는 소재개발
 - 기능성 MA포장 필름 생산
 - 필름의 물성 조사
 - 개발 포장재로 포장한 사과, 감귤, 배의 선도유지 효과 분석 시험
 - 저장중 과일의 품질변화와 미량성분의 관계분석

- 3차년도
- 기능성 소재의 처리기술 개선
 - 기능성 필름의 생산기술 연구
 - 품목별 포장방법개선 및 선도유지효과 분석
 - 기능성포장재의 실용화기술 연구
 - 품질지표 미량성분 규명

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구에서는 산지 농민이나 생산자 단체가 농산물의 신선도 유지가 가능하여 단기 출하용이나, 저장용, 수출용포장재로 직접 활용할 수 있는 기능성 MA 포장재를 이용한 포장기법 개발을 목표로 연구를 수행하였다. 연구의 주요범위는 과실류 등의 신선 농산물의 저장, 유통중 선도연장을 위하여 기능성 MA포장재의 개발 및 적용효과를 분석한 내용으로 1차년도에서는 제올라이트를 기본소재로 한 필름을 제조한 후 사과, 배, 파슬리 등의 선도연장 효과를 예비적으로 분석하였으며, 2차년도에서는 제올라이트 외에 수확 후 농산물의 신선도와 밀접한 관계가 있는 에틸렌가스를 포장내에서 보다 효과적으로 제거키 위해 potassium permanganate를 처리한 필름과 항균성소재를 첨가한 필름을 제조하여 이들 필름의 물성 및 사과, 배, 감귤의 선도연장 효과를 분석하였다. 3차년도 연구에서는 2차년도 연구에서 시험제조한 필름의 에틸렌 제거 기능성을 보다 개선키 위해 제올라이트 이외에 소석고 등을 이용하여 필름과 sachet 형태로 제조한 후 이들의 물성과 사과, 배, 감귤, 복숭아, 참외, 피자두, 자두 등의 선도연장 효과를 분석하였다.

선도연장효과 분석실험을 통하여 본 연구에서 개발한 필름 및 소재가 사과, 배, 감귤 등의 선도연장에 효과가 있으며, 특히 참외, 복숭아 등의 선도연장에 효과가 우수한 것으로 나타났다.

특히 두께가 얇은 개발 포장재들은 기공성 및 에틸렌 투과특성 등을 고려할 때 상온 유통시 농산물의 선도연장에 효과가 있을 것으로 판단되어 이러한 농산물의 선도연장에 적용도 매우 바람직 할 것으로 판단된다. 또한 에틸렌 제거 기능성 소재로 제조한 sacket형태 에틸렌 제거제를 MA포장 등의 포장내 처리시 효과가 우수한 것으로 나타났다.

이와 같은 연구 결과는 농협 및 농어민 단체등을 대상으로 한 기술 교육을

통하여 소개한 바 있으며 실용화를 위한 기술 보급을 추진할 계획이다. 그러나 본 연구를 통하여 얻은 결과는 가능한 시료의 균일성, 대표성을 고려하여 시료를 처리하여 수행하여 얻은 결과이지만 규모자체가 실험실적 규모로 실용화 및 기술 보급에 앞서 현장적용이 가능할 최소한의 규모를 설정하여 현장실험을 기술 전수 단체등과 공동으로 추진할 계획에 있다.

SUMMARY

In this study, development of modified atmosphere (MA) packaging technology using functional flexible films for short-term distribution and storage to extend freshness of agricultural produces were carried out. For freshness extension of the fresh produces during storage and distribution, development of functional MA packaging materials and its application experiment were performed as the main research scope. For the 1st phase, functional flexible film incorporates zeolite powder was processed and preliminary tested for freshness extension of apple, pear and parsley. For the 2nd phase, to eliminate ethylene gas inside package, known closely related with senescence of the produces after harvest, functional flexible films incorporates potassium permanganate and anti-microbial compounds were manufactured. Also, characteristics of manufactured films and freshness extension of apple, pear and mandarin orange were tested. For the 3rd phase, to improve ethylene scrubbing efficiency of flexible films which test-manufactured in the 2nd phase, flexible films and sachets were manufactured again. Also, characteristics of manufactured films and freshness extension of apple, pear, peach, oriental melon, plum were tested.

As a results of the freshness extension test, developed materials and flexible films showed better quality extension for apple, pear and mandarin orange, especially for oriental melon, peach. Especially, considering micro-pore size and ethylene transmission of thinner developed flexible films, it seemed effective that developed films were

appropriate for distribution of oriental melon and peach at ambient conditions. Also, sachet which contains ethylene scrubbing material inside the package showed good quality retention.

The results of this study were introduced through several technical education programs for farmers and dissemination of the technology will be continued for practical use.

However, this study was carried out assuming similarity and representative of samples in lab scale test. Therefore, further pilot scale test with farmers organizations for practical use before technical propagation will be needed.

CONTENTS

I. Introduction	15
II. Materials and Methods	21
1. Fruits for experiment	21
2. Raw materials for film sheeting	21
3. Packaging and storage	22
4. Methods for analysis	23
III. Physiological Characteristics and Problems in Postharvest of Fresh Produces	33
IV. Films Used for Packaging of Fresh Produce	71
V. Sheeting of Films Containing Zeolite and Test of Effectiveness of the Films on Fresh Produce	91
1. Preface	91
2. Processing of raw materials for film sheeting	91
3. Sheeting and measurement of physical properties of films	93
4. Test of effectiveness of the films on fresh produce	101
1) Apple	101
2) Pear	104
3) Parsley	110
VI. Screening of Raw Materials for Film Sheeting and Analysis of Effectiveness of the Films on Fresh Produce	115
1. Preface	115
2. Screening of raw materials for film sheeting	115

3. Sheeting and measurement of physical properties of films	120
4. Measurement of physical properties of films	127
5. Application test of the films to fresh produces	133
1) Pear	135
2) Apple	140
3) Mandarine orange	144
VII. Improvement of Futionalities of Films and Analysis of Effectiveness of the Films on Fresh Produces	153
1. Screening of raw materials for improvement of film functionalities	153
2. Sheeting and measurement of physical properties of films	153
3. Analysis of effectiveness of the films on fresh produces	166
1) Pear	166
2) Apple (Fuji)	173
3) Mandarine orange	179
4) Peach	185
5) Oriental melon	193
6) Plum(Red flesh)	201
7) Plum(Yellow flesh)	205
8) Apple (Tsugaru)	212
VIII. Relationships between Quality and Minor Components of Fresh Produces	225

1. Preface	225
2. Apple	225
3. Pear	228
4. Mandarin orange	231
References	241

여 백

목 차

제 1 장 서론	15
제 2 장 재료 및 방법	21
제1절 시료	21
제2절 필름소재 및 제조	21
제3절 포장 및 저장	22
제4절 분석방법	23
제 3 장 신선농산물의 생리특성 및 유통중 문제점	33
제 4 장 농산물 선도연장을 위한 기능성 포장재 현황 및 문제점	71
제 5 장 제올라이트함유 필름의 시험제조 및 선도유지효과	
예비조사	91
제1절 서설	91
제2절 기능성 소재가공	91
제3절 기능성 MA필름생산 및 필름의 물성조사	93
제4절 제올라이트함유 포장재를 이용한 선도연장효과 비교	101
1. 사과	101
2. 배	104
3. 파슬리	110
제 6 장 기능성 MA포장소재 개발 및 포장방법 개발	115
제1절 서설	115
제2절 기능성 증진을 위한 포장소재 개발	115
제3절 포장재의 제조	120
제4절 포장재의 물성조사	127

제5절	품목별 기능성 포장재의 적용기술	133
1.	배	135
2.	사과	140
3.	감귤	144
제 7 장	기능성 증진을 위한 MA포장소재 및 포장방법 개발	153
제1절	기능성 증진을 위한 MA포장소재 개발	153
제2절	기능성 포장재의 제조 및 물성조사	153
제3절	품목별 기능성 포장재의 적용기술	166
1.	배	166
2.	사과 (후지)	173
3.	감귤	179
4.	복숭아	185
5.	참외	193
6.	피자두	201
7.	자두	205
8.	사과 (쓰가루)	212
제 8 장	과일의 품질과 미량성분과의 관계	225
제1절	서설	225
제2절	사과	225
제3절	배	228
제4절	감귤	231
참고문헌		241

제 1 장 서 론

농산물중 신선도가 요구되는 품목으로는 과일 및 채소가 대부분을 차지하고 있다. 이들은 생체라는 특성상 다량의 수분을 함유하고 있고 부피가 비교적 커서 수확후 품질저하 및 변질등으로 인하여 상당량의 생산물이 저장유통중 손실되고 있다. 이들의 상품적 가치는 신선도가 매우 중요하며 최근 소비자들의 신선 농산물에 대한 수요가 증가함에 따라 농산물의 신선도유지는 상품성과 밀접한 관계를 갖고 있다.

과일 및 채소류의 신선도 유지를 위해서는 여러 가지의 기술이 적용될 수 있으나 포장방법을 이용하는 MA포장기술이 경제성 및 실용성측면에서 매우 바람직한 것으로 판단된다. 농산물의 선도연장을 위한 포장기술에 관하여서는 다수의 연구가 수행된 바 있지만 실용화측면에서는 매우 미흡한 단계이다.

신선 농산물의 수출 및 국내 유통시 발생하는 문제점을 사과, 배, 감귤을 위주로 살펴보면 우리 농산물의 수출시 가장 문제가 되는 부문은 선도유지, 포장의 구조, 디자인 및 재질, 품질 등을 들 수 있는데 선도유지를 위해서는 가능한 수확직후부터 저온유통방법과 생리적 후숙을 억제할 수 있는 각종 처리방법의 도입이 절실하며 품질측면에서는 표준규격화된 농산물의 선별 및 포장이 미흡하다. 특히 농산물의 선별시 생리장해발생과 및 병충해과의 선별이 미흡한 면이 있다. 유통 system상의 문제점 해결을 위한 개선방안으로는 재배조건, 전처리, 저장, 포장, 유통 등 수확후 전 분야에 있어 관련기술의 개발 및 실용화가 필요하다.

재배조건으로는 모든 생산물의 저장성에 미치는 중요한 요인 중의 하나가 바로 재배조건이다. 모든 과일 및 채소의 품질이 재배조건에 따라 저장성, 상품성이 크게 좌우된다. 저장성 및 상품성에 관여하는 재배조건에는 일반

적으로 기상, 토양상태 및 시비, 수분조절, 광조건 등이 관여한다. 따라서 앞으로 저장성을 향상시키는 재배요인에 대한 연구가 병행되어야 할 것이다.

저장 역시 농산물의 상품성과 밀접한데 저장방법 및 조건은 물론 저장고 단열재의 종류 및 두께, 평수에 알맞은 냉동기의 용량 등이 확립되어 있지 않을 뿐만 아니라 일반 농민들은 단지 건축업자의 의견에 따라 저장고를 건축하는 경우도 있기 때문에 체계적인 저장고의 모델이 나와야 할 것이다. 저장고 입고방법과 입고 후 온도관리, 외부에서 주입되는 각종 가스 유입시 조치사항, 환기 방법 등에 대한 연구가 필요하다. 선별 및 등급화는 고품질, 상품성에 많은 영향을 미치는데 중량선별기/용적/색채 (영상)/비과과 내부품질선별기 등의 개발을 통해 객관적인 품질평가 기준에 따라 등급을 분류하고 분류된 등급에 상응하는 품질을 보증함으로써 유통상의 상거래 질서를 공정하게 유지할 수 있는 관리기술 개발이 필요하다. 신선 농산물은 기본적으로 위생적으로 취급하고, 상품성을 유지하여 유통시켜야 하는데 그 사회의 경제 사회적인 제반여건에 따라 그 수준이 달라진다. 사회가 단순하고 국민의 소득수준이 낮으면 낮은 비용으로 보다 덜 위생적인 취급이 이루어지고 국민의 의식과 소득수준이 높으면 추가적인 비용부담이 가능하고 비위생적으로 취급하고, 상품성을 유지하여 유통시켜야 하는데 그 사회의 경제 사회적인 제반여건에 따라 그 수준이 달라진다. 사회가 단순하고 국민의 소득수준이 낮으면 낮은 비용으로 보다 덜 위생적인 취급이 이루어지고 국민의 의식과 소득수준이 높으면 추가적인 비용부담이 가능하고 비위생적으로 취급되는 농산물이 설 자리를 잃게 된다. 우리나라의 농산물 유통은 아직도 포장도 되지 않은 채로 유통되는 양이 많으며 불결한 환경에서 위생에 대한 관념이 희박한 사람들이 취급하고 있다. 더욱이 흙이 붙은 상태에서 유통되므로 유통단계 마다 쓰레기를 양산하고 가정에게

지 흠과 쓰레기를 가져감으로써 세척하는데 많은 량의 수돗물이 소요되고, 하수정화, 쓰레기 처리 등에 많은 사회적 비용을 부담하고 있다. 더욱이 아직도 신선농산물에 대하여는 예냉, 냉장수송, 보관하는 cold chain화가 이루어지지 않아 상품성 유지가 잘 안되고 있어 유통과정에서 농산물의 질을 크게 떨어뜨리고 있다. 이러한 기본적인 문제를 해결하기 위해서는 산지에서 생산자와 생산자 단체에 의해서 다듬고, 세척하고, 예냉처리하고, 등급별로 규격·선별하여 장단기 저장 또는 시장에 출하할 수 있는 기술 및 관련 시스템의 구축이 절실하다.

한편 신선농산물의 수확후 대사작용은 일반적으로 수확후 품질변화를 일으키는 주요한 요인이 되므로 과채류의 신선도를 유지하기 위한 필요 조건은 온도, 습도, 산소 농도, 이산화탄소 농도, 에틸렌 가스, 진동이나 충격, 병원성 미생물, 빛 등이 매우 다양한 인자가 있다.

온도는 호흡 속도에 영향을 주어 수확후 손실을 감소시킬 수 있는 가장 중요한 조절 요소 중의 하나이다. 과채류 초기의 신선도를 유지하기 위해서는 가능한 한 수확후 빨리 예냉시켜야 하는데, 급속히 예냉시키는 방법으로는 공냉 (room cooling), 빙냉 (ice-package cooling), 수냉 (hydro-cooling), 감압냉 (vacuum-cooling) 방식 등이 있다. 국내에서도 최근에는 예냉이나 저온유통이 가능한 cold chain system을 도입하고자 시도가 활발하다.

일반적으로 과채류의 수분함량은 80~95%로서 표피를 통해 수분 증발이 항상 일어나고 있다. 수분 증발은 상품화될 수 있는 과채류 무게의 직접적인 손실을 의미할 뿐만 아니라, 상품 가치를 크게 저하시킨다. 따라서 과채류의 신선도 유지를 위해서는 주변의 상대습도를 내부와 같은 수준으로 유지하는 것이 바람직하다. 그러나 PE와 같은 플라스틱 필름으로 과채류를 완전히 밀봉할 경우 상대습도가 지나치게 높아져서 미생물의 번식을 촉진

시킬 수 있으므로 적당한 크기로 구멍을 뚫은 천공 필름 등을 사용하는 것이 보다 습도 조절에 용이할 수도 있다. 근래에는 tray 포장에 고흡수성 고분자소재를 이용하기도 한다.

과채류는 살아 있는 식물체로서 호흡을 하므로 호흡률을 제어하는 것이 선도유지에 있어 가장 중요한 인자이다. 호흡 속도를 조절하기 위해서는 온도 조절 이외에 환경 기체의 산소 농도 (5~10%)를 낮추고 이산화탄소 농도 (2~10%)를 높일 필요가 있다. 이렇게 환경 기체를 조절하는 저장방법을 CA (controlled atmosphere) 저장이라 하는데 선진국에서는 사과 등의 장기 저장에 이미 사용하고 있다. CA 저장시 각 품목에 대한 적정 환경 기체 조성비는 과채류의 종류와 품종에 따라 차이가 많다. 또한 CA 저장은 장기 저장을 가능케 할 뿐만 아니라 여러 가지 생리장해를 감소시키는 효과가 있으나, 시설비와 유지비 부담이 큰 단점이 있으며 일단 적정 기체 조성을 이루면 저장고를 자주 열 수 없고 저장물의 품질상태를 알아보기도 어려운 단점이 있다.

한편 과채류의 개별 포장에 대해서도 이와 유사한 MA (modified atmosphere) 효과를 낼 수 있는 방법이 행해지고 있다. 예를 들어 개별 포장하는 과채류의 종류와 수량에 맞도록 적당한 두께의 플라스틱 필름을 사용하면 수동적으로 환경 기체가 조절되므로써 간이 CA, 즉 MA 효과를 나타내는 것으로 알려져 있는데, 현재는 MA 효과를 한층 더 높이기 위하여 산소와 이산화탄소를 선택적으로 투과하는 필름의 개발이 진행되고 있다. 그러나 필름 내부의 기체조성은 주위 온도에 매우 민감하므로 온도 변화가 심한 경우에는 상당한 주의를 요한다.

사과, 매실, 바나나, 키위, 무화과 등의 과채류는 숙성 정도에 따라 에틸렌을 발생한다. 에틸렌은 미세한 양으로 식물의 성장이나 발육에 여러 가지 영향을 미칠 뿐만 아니라 거의 모든 식물에 의해서 생산되기 때문에 하나

의 식물 호르몬으로 인정받고 있다. 이러한 에틸렌이 식물체에 미치는 수많은 영향 중에서 가장 대표적인 것은 조직의 노화 현상을 촉진하는 것이다. 따라서 신선도가 요구되는 과채류를 저장할 경우, 에틸렌은 반드시 흡수 또는 제거되어야 한다. 현재까지 에틸렌 가스를 제거하는 소재로는 다공질의 응회석, 제올라이트, 실리카 등의 무기물이나 과망간산 칼륨, 브롬화합물, 활성탄 등의 다공질 재료가 주로 이용되고 있다. 또한 에틸렌 생성 억제효과가 있는 물질로서 녹두 단백질 추출물이나 노송 추출물(히노키치올) 등이 알려져 있다. 다공성 무기물을 첨가한 PE 필름은 과채류의 선도 유지용으로 일찍이 시장에 그 제품이 나왔으나, 에틸렌 흡착력에 한계가 있는 것으로 알려져 있어 별도의 에틸렌 흡착제를 사용하는 경우도 있다. 이상과 같이 과채류의 신선도 유지에는 많은 인자가 관련되어 있으며, 과채류의 종류에 따라 선도 유지의 조건이 각기 달라진다. 따라서 최근에 와서는 각종 선도 유지용 제품을 서로 조합한 신선도 유지 시스템으로서 적용하려는 경향이 많아지고 있다.

국내외 관련기술의 현황과 문제점을 살펴보면 미주, 유럽 등지에서는 PE계나, PP계의 필름으로 MA포장을 활용하고있지만 과채류가 발생하는 에틸렌가스나 미생물 등의 억제기능이 없어 10여년 전부터 가스흡착이나 항균기능을 갖는 포장재 개발을 일본을 중심으로 이루어져 왔다. 즉, 大谷石, 제올라이트 등의 다공성 소재를 여러가지 처리를 하여 에틸렌가스 흡착필름, 은이온을 치환한 은제올라이트 필름 등과 침엽수의 엑기스를 추출하여 항균성 포장재로 제조한 것이 실용화를 추진하고 있으나 현재까지로는 적용품목이 한정되어 있음에 따라 이를 개선키 위한 시도가 진행중에 있다. 국내에서도 이와 유사한 기술개발이 일부 진행중에 있으나 현재로서는 실용화 가능한 기술이 개발되지 못한 실정이며 단감을 제외한 과실의 선도연장을 위한 MA저장기술의

국내수준은 초보 단계에 있다. 따라서 현재 수준보다 더 신선도가 유지될 수 있는 기능이 향상된 포장 및 저장기법이 도입되어 이를 농가형 또는 산지 생산자 단체들이 직접 활용할 수 있는 수준의 연구가 수행될 필요성이 있다.

따라서 농산물의 신선도 유지가 가능하여 산지 농민이나 생산자 단체가 단기 출하용이나, 저장용, 수출용 포장재로 활용성이 있는 기능성 MA 포장재와 포장기법을 개발코자 본 과제를 수행하였다.

제 2 장 재료 및 방법

제1절 시 료

실험에 사용하였던 농산물로는 사과(후지, 쓰가루), 배(신고), 감귤(하우스 밀감, 만생종), 자두(후무사, 피자두), 복숭아(미백), 참외(금싸라기)등이었으며, 대부분은 산지 농민으로부터 사용하였으며 예비성격의 실험을 위하여 가락동 시장에서 주문구입하여 사용하였다.

제2절 필름소재 및 제조

1. 소재

경북 구룡포산 제올라이트를 신 등(대한광산학회지.81)의 방법으로 천연 제올라이트(원광) 100kg을 Jaw crusher(Bico. 사의 model 59892)로 조쇄(coarse crushing)한 후 Roll crusher(Joy manufacturing 사의 Denver model 04-177574-001-1)로 습식 마쇄(wet grinding)하여 105℃에서 건조 후 체로 쳐서 150mesh 이하의 것만을 가공용 분말시료로 사용하였다. 열처리하는 분말 시료를 500, 700, 800, 900, 1000 및 1100℃로 초고온가열로(대웅화학기재사의 Silicon muffle furnace, size : 200×150×150mm)에서 30분씩 가열한 후 방냉하여 사용하였다. 산, 염기처리하는 제올라이트 분말 80g을 환류 냉각기가 부착된 활성화 장치에 넣고 100℃로 1시간 동안 가열 및 교반한 후 여과하여 처리용액이 완전히 제거될 때까지 증류수로 세척하였다. 처리용액은 1차로 1N 농도의 HCl, NaOH 및 HCl 처리후 NaOH용액으로 각각 처리한 소재들의 비표면적과 X-ray 회절분석을 한 결과 비표면적이 큰 처리구를 선택하였다.

2. 필름의 생산

소재와 플라스틱 레진을 혼합하는 마스터 배치공정을 거치는데 이는 가공된 제올라이트 분말과 LLDPE resin을 7 : 3의 중량비로 섞어 스팀식 mixing roll에 넣고 150°C, 6 min. air pressure 7kg/cm² 의 조건으로 3~5차례 mixing한 후 pellet상으로 절단하여 master batch를 만들었다. 가공한 제올라이트 분말의 혼입량이 전체 생산된 필름 중량의 5%가 되도록 LLDPE resin을 추가로 혼입시켜 이를 inflation 필름압출기(신화공업주식회사, Model SE-70)에 넣고 170°C로 압출가공하여 제조했다. 이때의 압출조건은 die 온도 170°C, die 직경 200mm, rotating speed 450rpm, 필름 폭은 40cm, 두께 25 μm, 40 μm, 50 μm, 60 μm의 필름을 생산했다. 생산한 필름의 종류는 1N HCl 용액만으로 산처리한 분말시료(C로 두께 25 μm, 40 μm, 50 μm, 60 μm의 필름과 1N LLDPE resin으로 25 μm, 40 μm, 50 μm, 60 μm 두께의 대조구용 필름을 생산하였다.

제3절 포장 및 저장처리

포장은 시판용 저밀도폴리에틸렌 (LDPE, 한양화학) 필름(LD) 과 본 연구실에서 개발한 동일 두께의 기능성 필름을 시료의 MA 포장재로 사용하였다. 각 필름은 30×40 cm로 절단한 다음 상단 5 cm 부위를 열 접착하여 포장봉지를 만들었다. 그리고 LDPE 필름봉지 안에 에틸렌 흡착제인 Purafil 50 g을 넣은 sachet을 첨가한 처리구도 실험에 사용하였다. 선별한 시료는 포장봉지에 각각 담고 열 접착하여 밀봉한 다음 품목 및 유통방법의 성격에 따라 0°C, 4°C, 10°C, 15°C, 20°C (RH 75%) 항온실 및 상온에 저장하였다. 포장하지 않은 대조구(Control)는 44(장)×30(폭)×13(고) cm의 플라스틱 바구니에 담아 저장하였다.

제4절 분석방법

1. 소재의 물성 조사

일반성분분석의 경우, SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 의 분석은 KS L-3120에 준하였으며, Na_2O , K_2O , MgO , CaO , MnO 는 원자흡광광도계(Hitachi model 170-30)로 Takahashi와 같은 방법으로 분석하였다. 열분석은 소재를 가열함에 따라 소재내의 결정격자의 변화와 탈착 특성을 알아보기 위하여 DTA(Differential thermal analysis)와 TG(Thermogravimetry)를 조사하였다. 분석기기로는 DTA와 TG를 동시에 분석할 수 있는 열분석기(RIGAKU DENKI CO.의 Model SER F-107422)를 사용하였으며, 측정은 시료 1g에 가온속도는 $10^\circ\text{C}/\text{min}$, 시차감도는 $\pm 100\mu\text{V}$, recording속도 $20\text{mm}/\text{min}$ 로 하였다. 가공한 분말시료의 조성과 열안정성을 조사하기 위하여 X-선 회절분석을 행하였으며 회절분석기는 X-ray diffractometer(Rigaku Co, Model SS-300)를 사용하였고 시험조건은 가공한 분말시료 1g을 Ni-filter, 35KV, 15mA, time constant는 1sec, scanning speed는 $2^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 조건으로 하였다. 비표면적은 가공한 분말시료의 비표면적 측정은 Chan 중량식 흡착실험장치를 이용하였으며, 흡착실험용 carrier gas로 질소를 사용하였다. 측정방법으로는 소재 130~150mg을 sample tube에 넣고 초고온 가열로에서 $10^{-4}\sim 10^{-5}$ torr의 진공을 유지하면서 시료의 중량이 항량이 될 때까지 outgassing 한다. 이때 초고온 가열로를 제거하고 sample tube를 실온까지 냉각시킨다. Carrier gas인 액체 질소의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 sample tube는 40cm로 하였다. 이때 질소압은 750mmHg까지 단계적으로 도입하여 평형압력에 대한 평형 흡착량을 측정하였으며, 탈착시에는 역순으로 하였고 흡착량의 변화가 10분에 10mg이하가 되면 평형에 도달한 것으로 하였다. 에칠렌 가스측정은 중량식 비표면적 측정방법과

같은 방법으로 질소가스 대신 에틸렌 가스를 사용하여 측정 하였다.

2. 필름의 물성조사

수분투과도(Water vapor permeability)측정은 KS A 1013에 준하여 박 등의 방법으로 측정하였다. 즉, 8~30 mesh의 무수염화칼슘을 투습컵에 넣고 측정용 필름을 얹은 다음 왁스와 파라핀 혼합용액으로 밀봉한 후 무게를 측정하고 항온항습실에 24시간 방치 후 무게를 측정, 그 무게차에 의해 수분투과도를 계산하였다. 항온항습실은 온도 40℃를 일정하게 유지하기 위하여 incubater를 용하였으며, 습도유지를 위해서는 deccicator 속에 KNO₃ 포화액을 넣어 습도가 90% RH를 유지하도록 하였다. 풍량은 D.C. 5A. 모터 2개를 사용하여 약 0.5m/sec 풍속을 유지하도록 하였다. 투습도 측정회수는 실험데이터의 오차를 줄이기 위해 3회의 반복 실험을 하여 평균치를 나타냈다. 가스투과도 측정은 ASTM D-3985-81법에 의해 가스투과도 측정기(MoCon사의 MoCon Ox-Tran, Model-100)를 사용하여 측정했다. 이 장치는 가스투과도가 5,000 cc/m²·24h. 미만의 것에만 사용하도록 되어있기 때문에 본 실험에 사용한 필름과 같이 가스투과도가 5,000 cc/m²·24h 이상의 것은 장치의 핵심부품인 셀 보호를 위해 측정이 불가능했었으나, 본 연구팀이 다음과 같이 modify하여 측정했다. 시험편의 디스켓(직경 15cm)에 직경 3cm의 구멍을 펀치로 뚫은 Al.foil 접착 필름 두께 80μm를 디스켓에 접착시켜 원상태의 면적보다 측정 필름의 면적을 적게 하여 측정장치의 cell로의 가스 투과량을 줄여 측정후 이를 면적비로 환산하였다. 시험편의 원래 직경은 15cm인데, 여기에 직경 3cm의 구멍을 뚫으므로 면적은 25배가 적어진다. 따라서 측정치에 25배를 곱해서 투과량을 계산하였다. CO₂ 가스의 경우도 같은 방법으로 측정하였다. 인장강도, 신장율 및 인열강도 측정은 Linear low density polyethylene

(LLDPE) film을 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $65 \pm 2\%$ 에서 24시간 이상 방치한 후 film의 방향 즉, 성형가공의 흐름에 수직의 방향(가로방향)에서 강도시험을 행하였다.

인장강도와 신장율은 KS M(Korean Standard M) 3503의 7.6과 인열강도는 KSM 3503의 7.7에 준하여 Instron (Universal Testing Machine, Model-1125)을 사용하여 Load cell의 무게는 50kg으로 하였고, speed는 500mm/min으로 하여 측정하였다.

광선 투과율과 Haze측정은 광선 투과율과 Haze는 KS A 1510에 준하여 Haze Meter-S(Nihon - Rigaku Kogyo)로 측정했다.

에틸렌가스 흡착량은 상온상압하에서 개발 필름들의 에틸렌가스 흡착 특성을 구명하기 위하여 500ml 삼각flask에 0.04mm두께의 필름($17 \times 50\text{cm}$, 850cm^2)을 20조각 정도로 세절하고 이것을 플라스크에 넣은 다음 silicon으로 밀전하고 여기에 200ppm 농도의 에틸렌가스를 주입한 후 shaking하고 gas chromatography(Hewlett Packard, Model-5890)로 측정하였다.

Detector : FID,
Column : Pora pack(Stainless steel ; $2\text{m} \times 3\text{mm}$),
Carrier gas : N_2 ,
Flow rate of N_2 : 40 ml/min, H_2 : 40 ml/min, Air : 92 ml/min,
Column temp. : 120°C ,
Detector temp. : 132°C ,
Injection size : 1 ml

포장내부의 기체조성 분석은 gas chromatography(GC, Hewlett Packard Model 5890 II)를 이용하였다. GC에 사용된 컬럼은 Carbonsieve S - II

(80/100)를 충전한 Sus-컬럼(ID 1/8 × L 10ft)이었고, 검출기는 thermal conductivity detector(TCD)로 CO₂와 O₂가스를 측정하였고, Flame ionization detector (FID)로 C₂H₄를 측정하였다. 컬럼 온도는 35℃에서 6분간 유지한 다음 32℃/min의 속도로 가열한 후 225℃에서 6분간 유지시키고, 주입부(injector) 온도는 230℃, 검출기 온도는 250℃로 고정시킨 상태에서 측정하였다.

이동가스(carrier gas)로는 헬륨(He)을 사용하였으며, 유속은 30ml/min으로 일정하게 유지하였다. Gas-tight 주사기(Hamilton 100IN PT.5)를 이용하여 각 포장시료에서 채취한 공기를 200 μl씩 GC에 주입한 다음 이로부터 얻은 크로마토그램을 면적 비율로 나타내어 기체조성을 분석하였다. 통계처리는 IBM PC 386 기종에 내장된 SAS PC version 6.03의 software AS/BAS/STAT 이용하여 Duncan's multiple range test를 하였다.

3. 호흡율 측정

시료의 호흡율은 static method를 사용하여 분석하였다. 일정온도에서 시료의 일정량을 밀폐가 가능한 용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기내의 탄산가스농도를 분석한 후 이를 이용하여 호흡율을 계산하였으며 이 계산에는 용기의 내용적, 밀폐시간, 시료의 무게 및 부피가 고려되었다.

4. 포장내 기체조성 및 에틸렌

포장 필름봉지 내부의 기체조성과 C₂H₄ 농도는 GC로 측정하였다. O₂와 CO₂의 GC(Shimadzu GC-14A, Japan) 분석조건은 detector : TCD, column : CTRI (Alltech Co.), column temp. : 35℃, injector temp. : 60℃, detector temp. : 60℃, carrier gas : He (50 mL/min)로 하였다. C₂H₄의 GC(HP 5890, USA) 분석조건은 detector : FID, column : HP-PLOT 5

(HP Co.), column temp. : 170°C, injector temp. : 200°C, detector temp. : 210°C, carrier gas : He (10 mL/min), Split ratio는 100:1로 하였다. Gas-tight 주사기를 이용하여 각 포장구에서 채취한 공기를 200 μ L씩 주입한 다음 이로부터 얻은 크로마토그램으로 기체조성과 C₂H₄ 함량을 계산하였다.

5. 중량손실을

저장전의 초기 생체중량을 기준으로 저장 후 생체중량을 측정하여 얻은 중량손실을 백분율로 나타내었다.

6. 가용성고형분, pH, 산도 및 비타민 C

치리구 당 5개의 봉지에서 각각 1/8 조각씩 취하여 mixer (원일산업, KWS-7000)에 넣고 완전히 마쇄한 후 100 mL 비이커에 마쇄액 20 g을 칭량하였다. 여기에 증류수 30 g을 첨가한 후 stirrer로 교반하면서 pH meter (Metler 340, USA)를 이용하여 pH를 측정하였고, 산도는 0.1N NaOH로 pH 8.2까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 %로 나타내었다. 가용성고형분은 마쇄액의 일부를 5분간 원심분리하고 상등액을 취하여 Abbe refractometer (ATAGO N-1E, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다. Vitamin C 함량은 Ranganna 등의 방법(2,6-Dichlorophenol indophenol method)으로 측정했다.

7. 경도

경도는 Puncture test와 Back extrusion test 방법을 사용하여 분석하였다. Back extrusion test에 사용하였던 plunger의 직경은 64 mm이었으며 시료를 담은 tube의 내경은 74 mm이었고 깊이는 80 mm이었다. 약 100g 정

도의 시료를 tube 에 넣고 500 kg의 load cell을 사용하여 70 mm까지 압축시 걸리는 최대힘을 경도로 나타내었다. Puncture test에 의한 경도 측정 은 직경 5 mm probe가 부착된 rheometer (Sun Co., CR-200D, Japan)를 이용하여 측정하였다. 과피의 중심부를 지름 2 cm 정도로 편편하게 깎아내고 과핵쪽으로 probe를 50 mm/min 속도로 10 mm 삽입할 때 나타나는 조직의 저항치를 kg_f 로 나타내었다.

8. 무기물

건조시료에 Ternary solution($HNO_3 : H_2SO_4 : HClO_4 = 10 : 1 : 4$, v/v) 10 ml씩 가하여 220°C에서 2시간 정도 분해한 후 P_2O_5 은 Vanadate법으로 470 nm에서 spectrophotometer를 사용하여 정량하였으며 Nitrate의 경우 spectrophotometric method(Schwedt, C. and F. M. Schnepel, 1986)를 이용하였다. 즉, 생체 10 g에 증류수 40 ml을 넣고 homogenizer로 마쇄한 후 95-100°C에서 60분간 증탕 가열하고 이 용액을 여과지로 여과하여 2,6-dimethylphenol로 반응시킨 후 324 nm에서 분광광도계로 측정하였다. 또한 K_2O , CaO , MgO 는 원자흡광광도계(Atomic absorption spectrophotometer)를 사용하여 정량하였다

9. 에탄올과 아세트알데히드

과피를 제거한 시료를 한 개당 1/8 조각씩 취하고 소형 mixer (원일산업, KWS-7000)로 완전히 마쇄하여 얻어진 즙액 20 g을 38 mL 용량의 유리병에 넣은 다음 실리콘에 테프론 처리가 된 septum을 알루미늄 마개로 밀봉하였다. 이를 60°C 항온기에 60분간 방치하여 에탄올과 아세트알데히드를 추출하였다. 1회용 주사기로 head space의 공기 1 mL를 채취하여 GC (SRI 8610C)에 주입하여 측정하였다. 이때 사용한 GC의 분석조건은

detector : FID, column : EC-Wax (Alltech Co.), column temp. : 40℃, injector temp. : 200℃, detector temp. : 220℃, carrier gas : He (10 mL/min)로 하였다. 에탄올과 아세트알데히드 함량은 표준곡선을 구한 후, 시료를 GC에 주입하여 얻어진 크로마토그램의 면적을 표준곡선에 적용하여 생체 kg 중량당 μ L로 표시하였다. 시료 채취는 3회 반복으로 실시하였다.

10. 향기성분

가. 향기성분의 포집과 분석

향기성분의 포집은 dynamic headspace법에 따라 Purge and Trap system 인 Tekmar LSC 2000 (Tekmer, U.S.A)을 사용하였다. 시료는 감귤과육 및 껍피와 내부표준 물질용액 25mg을 시료병(55mm O.D.×120mm)에 취하여 질소로 purging하면서 향기성분을 추출하였고, 이때 mount, bottom, valve 와 line 등 각 부분의 온도는 100℃로 고정하였으며 stand-by temperature 를 30℃이하로 하였다. Purge gas는 질소를 사용하였고 purging은 30psi의 질소를 분당 100ml속도로 30분간 실시하여 60~80mesh의 Tenax GC (polymer of 2,6-diphenyl- ρ -phenyl oxide)가 충전된 흡착관(12"×1/8" stainless steel)에 향기 성분을 흡착시켰다. 흡착 후 수분을 제거하기 위하여 dry purge를 3분간 실시하였다. 흡착된 향기성분을 탈착시키기 위하여 흡착관을 50℃로 예비가열하고 180℃에서 3분간 가열 탈착을 실시하였다. Purge가 완료된 후 trap 내부에 남아 있는 비흡착 물질을 제거하기 위하여 250℃에서 30분간 conditioning시켰다. 또한 휘발성 성분들의 잔류 가능성을 방지하기 위하여 시료가 주입된 시료병은 완전 세척 후 120℃의 건조기에서 2시간 정도 건조시켜 잔여 향기성분이 없음을 관능적으로 확인한 후

사용하였다. Dynamic headspace법으로 추출된 과육 및 껍질의 휘발성 향기성분은 다음과 같은 조건의 GC를 이용하여 분석하였다.

Instrument	Hewlett - Packard 5890
Column	DB-5 fused silica capillary coloumn (60m × 0.32mm I.D.)
Oven temp.	40 °C (3min) ————— 220 °C (10min) 2.0 °C /min
Injector temp.	180 °C
Detector temp.	250 °C
Detector	FID
Carrier gas	1.2ml He / min
Split ratio	1 : 20
Make-up gas	He, 25ml/min

감귤 향기성분의 양적인 변화 비교는 GC검출기로 사용된 FID의 response (area count)를 자동적분기(HP3396A, Hewlett-Packard, USA)로 측정하여 내부표준 물질의 피크면적을 일정하게 하였을 때의 상대적인 값으로 나타내었다. 자동적분기의 조작조건은 zero = 5, attenuation = 7, chart speed = 0.5 cm/min, area rejection = 50,000, threshold=5, peak width = 0.04 로 하였다.

나. 향기성분의 동정

Dynamic headspace법으로 포집한 향기성분을 동정하기 위하여 gas chromatograph/mass spectrometer(GC/MS)를 사용하여 분석하였다. GC에서 mass spectrometer(MS)로 시료를 도입하기 위한 interface온도는 200°C

로 하였고 이때 사용한 MS의 조작조건은

1. Instrument : HP 5972 mass selective detector
2. Setup source
 - 1) Electron voltage : 70 eV
 - 2) Resolution : 0.05amu
3. Setup scan
 - 1) Mass range : 50 - 300 m/e
 - 2) Scan speed : 1 second per decade
4. Data handling system
 - 1) Computer system : Sun operating system Ver. 3.60
 - 2) Library : Wileylnbs(National Bureau of Standard, USA)

이었다. GC검출기로 사용한 FID에서 얻어진 chromatogram과 MS에서 얻어진 total ion chromatogram (TIC)를 상호 비교하기 위한 표준 index물질로서 *n*-alkane을 사용하였다. 먼저 *n*-alkane을 GC에 주입하여 얻어지는 chromatogram으로부터 각각의 *n*-alkane의 머무름 시간을 구하였고 또 이를 GC-MS system에 주입하여 얻어지는 TIC로부터 각각의 *n*-alkane의 머무름 시간을 상호 비교하여 각 향기성분의 상대적인 머무름 시간을 구하였다. 머무름 시간에 따라 GC와 MS chromatogram 상의 향기성분 피크를 각각 구별하였으며, 향기성분의 동정은 Wileylnbs library의 spectrum과 비교하여 확인하였다.

11. 색변화

과피의 색은 Chromameter (Minolta CR-200, Japan)의 광조사 부분에 밀착시켜 L, a 및 b값을 측정하였다.

12. 외관검사

각 처리구에 대한 외관검사는 본 실험을 수행중인 5명의 연구원이 변색,

조직감, 부패 등을 종합적으로 관찰하여 5점척도 (5=excellent, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=very poor)로 평가하였으며, 종합점수 3점까지를 저장수명의 한계선(shelf-life limit)으로 설정하고 3점 이하는 상품성이 상실된 것으로 판정하였다.

13. 관능검사

각 처리구에 대한 관능검사는 13명으로 구성된 평가요원이 외관 (Appearance), 단맛(Sweetness), 신맛(Sourness) 및 전체적기호도(Overall acceptability)를 9점 채점법을 사용하여 실시하였다. 처리구의 유의성은 SAS program으로 검정하였다.

제 3 장 신선 농산물의 생리특성 및 유통 중 문제점

제1절 배

국내의 배 생산량은 1988년에 191,711 M/T에서 1991년에 159,335 M/T으로 감소하였다가 1993년 162,133 M/T으로 증가추세에 있으며, 재배면적은 1988년 8,381ha에서 1991년 9,495ha, 1993년 11,009ha로 계속 증가하고 있어 앞으로 생산량이 계속 증가될 것으로 전망된다¹⁾. 배는 장십랑, 금촌추, 만삼길이 주품종을 이루고 있었으나 1970년대 이후 신고품종의 재배면적 증가와 더불어 우리 나라에서 육성된 단배 품종과 신수, 행수, 품수등의 삼수 품종이 보급되기에 이르렀다. 그러나 삼수품종은 재배면적이 그리 확대되지는 못하였다. 1980년대 중반 이후에는 황금배, 추황배, 영산배, 후황배, 1990년대 이후에는 감천배 등 우리 나라에서 육성된 품종들이 본격적으로 재배되기 시작하였다. 그러나 아직도 신고품종이 55%, 장십랑이 21%를 차지하고 있는 실정이다. 특이한 것은 우리가 육성한 사과 홍조품종과 배에서 황금배, 영산배 그리고 신고의 변이종인 수정품종이 일부에 심키고 있어 우리의 육성기술은 선진화되어가고 있는 실정이다^{2),3)}.

배의 식용 가능한 가식률은 80-82%이고 수분함량은 85-88%이며 열량은 35-40cal정도이다. 총당분은 10-13%정도인데 fructose가 많으며 단백질, 지질 및 섬유질 함량은 다소 적은 편이고 무기성분 중에서는 K, Ca, Na 및 Mg함량이 약 75%로서 강한 알카리성 식품이라 할 수 있다²⁾.

1. 물질대사

가. 품종과 저장성

동양배의 저장성은 품종에 따라 차이가 많고, 대체로 고온기에 수확하는 것은 저장성이 떨어진다. 8월에 수확되는 품종 중에서는 신세기가 다른 품종에 비해 과육이 단단하여 다소 오래 갈 수 있다. 9월에 수확되는 품종 중에서 국수는 과육의 연화가 빨라 저장성이 약하고 장식량은 국수보다 저장성이 약간 강한 편이며, 이십세기는 과육이 비교적 단단하므로 이 시기의 출하조절용으로 가능한 품종이다. 10월 이후에 수확되는 신고, 신흥, 금촌추, 만삼길등의 품종 중 신고와 신흥은 장기저장이 불가능하나, 금촌추와 만삼길은 장기저장품종으로서 보통 저장고에서 금촌추는 3월까지, 만삼길은 5월까지 저장이 가능하다.

나. Ethylene

수확된 서양배 (바트레트)의 고온처리를 할 경우 0℃에서 3주간 냉장한 후 변온하여 추숙온도 20℃에서 추숙이 된다. 이것을

- 30℃에서 14일간 추숙 → 에틸렌 생성저해 (∵ 과실내부의 탄산가스농도가 높게 되기 때문)
- 40℃에서 약 4일간 추숙 → 에틸렌 생성과 에틸렌에 대한 감수성이 저해되어 과실의 경도유지가 양호
- 50℃에서는 호흡이 현저하게 감소한다⁴⁾.

다. 세포벽 붕괴에 의한 조직연화

과일의 저장중 발생하는 조직의 연화는 품질을 열화시키는데, 복숭아, 사과, 배등의 과육연화는 polygalactronase와 pectinester 가수분해 효소의 작용에 의하여 세포벽의 펙틴성분이 분해되기 때문이다⁵⁾.

라. 당과 유기산의 함량변화

일반적으로 과실에서는 모든 비휘발성 유기산 함량은 성숙과 더불어 그 양이 감소되었다. 단 예외로서 사과 및 배 (만삼길)의 각 하나의 품종에서는 증가 (tartaric acid와 maleic acid)하였다⁶⁾.

2. 생리적 장애

가. 과피 흑변현상

동양배 품종 중 금춘추는 저장도중 과피에 흑색의 반점이 생기는데, 처음에는 한 부분에만 발생하나 점차 확대되어 큰 반점을 형성한다. 이 반점은 과피에만 발생하고 과육부위에는 전혀 피해를 입히지 않으므로 식용에는 별지장이 없으나 외관상 상품가치를 떨어뜨린다. 이 현상은 과실내에 함유되어 있는 탄닌성 물질이 산화효소인 polyphenoloxidase에 의하여 산화작용을 일으키므로 발생하는 것이다^{7,8)}. 신고배의 경우도 저온저장 중에 과피가 흑변하여 상품성 상실을 가져오게 된다. 따라서 수확후에 예건 (야적) 및 간이 비닐하우스를 이용한 열처리로 저장중에 발생하는 흑변을 방지하여 신고배의 상품성 향상 및 장기저장을 통한 소비 기간의 연장을 가져올 수 있다^{9,10)}. 과피 흑변 현상은 토양 수분조건에 의해서도 영향을 받는데 과습토양이 건조토양보다 발생율이 높으며, 저온저장고에 습도가 과습 상태일 때도 건습상태보다 발생율이 높게 나타난다⁹⁾. 이것은 과피의 수분상태가 과피 흑변 현상의 발생율과 높은 상관관계가 있음을 보여준다⁹⁻¹¹⁾. 예방법으로는 저온저장전 NaCl용액이나 DPA (diphenylamine)용액으로 처리하면 PPO활성을 낮추게 되어 발생율이 감소하게 되고^{10,11)}, 재배기간중 칼리질비료를 증시하여 과실내에 탄닌성물질의 함량을 저하시키므로써 발생률을 낮출수도 있다^{7,8)}. 예외적으로 일본배인 신수는 수확한 과실을 35°C이상 두면 고온장애에 의해 과피세포가 붕괴되면서 과피에 흑변현상이 나타나기도 한다¹²⁾.

나. 과심갈변 (심부현상 : Core breakdown)

과심갈변은 중국배이든 서양배이든 간에 저장도중 많이 나타나는 장애로서 과심주변의 조직이 변질되는 것이 특징이며, 심하면 과실 전체에 확대된다. 처음에는 과육이 연화되어 물처럼 물러지고, 뒤에 갈변되어 과피가 변색된다. 피해 과실의 방향 및 풍미는 극히 좋지 않으며, 이 병은 미숙상태에서의 수확 및 예냉이 지연되었을 때 많이 발생한다⁷⁾.

다. 유부과

유부과란 과실표면이 매끈하지 않고 울퉁불퉁하게 되는 현상으로서 신흥, 장십랑, 조생적, 신세기 등의 품종에 잘 생긴다. 또 과육의 경화를 동반하는 경우가 많다. 식용가치가 없어지는 것은 아니나 품질이 저하된다. 정확한 원인은 밝혀져 있지 않으나 수분부족이 주원인인 것으로 생각되고 있으며, Ca, B, Mg의 부족과도 관련이 있는 것으로 보고 있다^{7,12)}.

라. 돌배현상

장십랑에서 많이 발생하며, 과실은 딱딱하고 물기가 적어 심한 것은 먹을 수 없다. 발생원인은 Ca의 결핍때문인 것으로 보고 있으며, 근근의 발달을 저해하는 많은 요인들이 관련되어 있다^{7,12)}.

마. 바람들이 현상 (콜크화현상)

신고배의 경우 과육조직의 일부가 건조하여 과실이 가볍고 과즙이 적어 맛을 잃게되는 장애이나 외관상으로는 특별한 증상을 나타내지 않는다. 장애를 일으킨 과실은 탄성이 적어 과육의 경도가 매우 낮으며 절단면의 과육은 육안으로 확인될 정도로 과육이 건조된 증상을 나타낸다. 아직 효과

적인 방제대책은 없고 지역에 따라 발생빈도에 차이를 나타내며 수확전·후 저장중에 발생한다.

마. 밀병 (Water core)

밀병은 사과, 일본배 과실의 과육 또는 과심부 조직의 일부가 수침상으로 되는 증상이다. 사과의 경우 증상이 가벼운 때는 저장 중에 소실하고 증상이 진행된 때는, 갈변화하지만 일본배의 경우는 급격히 갈변화가 진행된다. 밀증상의 특징은 증상부분의 sorbital함량이 높게 되는 것이다. 이 원인은 전류한 sorbital이 증상부분의 sorbital 탈수소효소활성의 저하로 대사가 되지 않고 축적되기 때문이라고 생각된다. 또한 밀증상이 생긴 조직에서는 호흡활성의 저하나 세포벽이 당류의 분해도 나타나는 것 같은 세포의 붕괴가 생긴다. 이 경향은 일본배 과실에 있어서 특히 현저하다. Sorbital 대사의 감소와 세포의 붕괴로 인하여 sorbital은 세포간극에도 축적되기 때문에 증상부분은 수침상으로 보이는 것이라 생각된다. 또 Ca처리가 밀증상을 경감시킨다는 것이 인정되고 있어 칼슘에 의한 막의 안정화가 에틸렌생성의 억제를 통한 노화의 지연을 생각 할수 있다¹²⁾.

사. 노화과 증산

일본배 등에는 과숙이 되면 과육이 분질화되는 것이 있으며 이것을 “노화과”라고 한다. 이 현상은 생리장해가 아니고 유전적 요인에 의한 노화과정의 한 패턴이고 그 발생은 품종간에 차이가 뚜렷하다. 발생과정은 주로 세포벽 내측에 존재하는 cellulose의 분해가 cellulose의 활성 감소로 억제되는 한편 polygalacturonase 활성의 상승으로 펙틴물질이 필요이상 분해됨으로 세포간 결합이 극도로 약해진다. 그러므로 정상적으로 성숙한 과실은 연하고 다즙하게 느껴지는데 비하여 노화과 증상의 과실은 세포벽이 두텁

고 더구나 세포가 미끄러지기 쉬우므로 잘 흐드러지지 아니하며 세포내부의 수분을 감지하게 어렵게 때문에 맛이 없게 느껴진다¹²⁾.

3. 저장

가. 저온저장

배도 다른 과실과 같이 수확한 후에 공기 중의 산소를 흡수하고 탄산가스를 배출하는 호흡작용을 계속한다. 이러한 호흡작용은 과실내의 당분, 산, 또는 기타 영양분의 소모를 의미하는 것이므로 과실의 온도를 얼지 않을 정도로 낮추어 호흡작용을 억제시켜 주어야 한다. 배는 일반적으로 -1.3°C 에서 동해를 받게 되므로 저장온도는 $0-2^{\circ}\text{C}$ 가 적당하다. 또한 저장고내의 습도가 낮음에 따라 증산작용과 부패미생물의 번식에 밀접한 관계가 있으므로 저장중 습도관리도 중요한 요건이 된다. 저장고의 공기가 너무 건조하면 과실의 수분손실이 많아져서 시들게 되며 너무 습하면 미생물의 작용으로 부패되기 쉽다. 일반적으로 저온저장시의 습도는 85-90%이며 상온저장시는 80-85%로 유지 시켜주는 것이 좋다. 배에서도 저장중 호흡과 성숙과정에서 ethylene 등의 생리가스가 발생되므로 창고내의 온·습도 관리에 문제가 없는 한 환기해 주는 것이 좋다⁸⁾.

나. PE film 밀봉저장

Polyethylene film을 사용한 MA저장은 배의 품질을 유지하는데 효과적, 그 효과는 주로 중량감소를 억제하여 외관이 양호하게 유지되고 부패발생이 억제되는데 기인하는 것으로 알려져 있다. Film의 두께는 0.05-0.07mm가 효과적인 것으로 알려져 있다^{5,8,12)}. 배 (장십량)의 저장중 품질 및 신선도의 보장을 목적으로 PE film의 포장과 CO_2 shock의 효과를 검사

① 포장구와 CO_2 shock구에서 숙성

② 숙성이 지연된 구에서는 반점, 부패 및 내부갈변의 발생이 적었다.

③ 변온저장구의 저장효과 없다.

④ 저장중 중량 및 성분의 변화는 포장구에서 적었다^{5,13)}.

서양배인 Batlett의 경우와 금촌추의 경우도 PE film으로 포장하여 저장한 경우 경도유지나, 과피흑변현상이 적게 발생 한다¹⁴⁾.

다. γ -선처리와 저장성

γ 선조사구는 control구에 비하여 숙성이 지연되었으며 저장말기까지도 spot의 발생이 없이 저장성이 향상되었다. 또한 저장말기의 과심부에 갈변 현상도 적었다. γ 선조사가 타청과물에서와 같이 배에서도 숙도를 지연하는 효과를 나타내었으며, 저장 청과물의 ethylene생성과 ethylene의 숙성작용에 대한 과실자체의 감도를 감소시키며 climacteric group의 청과물에서 climacteric phase의 형성을 지연시킨다고 한다. 조사구에서는 저장중 중량감소율, pH 변화, 수분의 감소가 낮게 나타났으며 당함량에 있어서는 수용성 전당을 감소했으나 환원당은 계속 증가하였다¹⁵⁾.

4. 유통 system상의 문제점 해결을 위한 개선방안

가. 저장고의 설치

저장고 단열재의 종류 및 두께, 평수에 알맞은 냉동기의 용량등이 확립되어 있지 않을 뿐만 아니라 일반 농민들은 단지 건축업자의 의견에 따라 저장고를 건축하는 경우도 있기 때문에 체계적인 저장고의 모델이 나와야 할 것이다.

나. 재배조건

모든 생산물의 저장성에 미치는 중요한 요인 중의 하나가 바로 재배조건이

다. 배 역시 재배조건에 따라 저장성이 크게 좌우된다. 저장성에 관여하는 재배조건에는 일반적으로 기상, 토양상태 및 시비, 수분조절, 광조건 등이 관여한다. 따라서 앞으로 저장성을 향상시키는 재배요인에 대한 연구가 병행되어야 할 것이다.

다. 저장고 입고

저장고 입고방법과 입고후 온도관리, 외부에서 주입되는 각종 가스 유입시 조치사항, 환기 방법 등에 대한 연구가 필요하다.

라. 수확후 관리

중량선별기 / 용적 / 색채 (영상) / 비파괴 내부품질선별기 등의 개발을 통해 객관적인 품질평가 기준에 따라 등급을 분류하고 분류된 등급에 상응하는 품질을 보증함으로써 유통상의 상거래 질서를 공정하게 유지하도록 원예산물 수확후 관리기술을 개발한다¹⁰⁾.

제2절 사과

최근 감귤생산의 증가는 사과의 소비와 경쟁이 되고 있으므로 사과의 품질 향상은 물론 출하기를 조절할 수 있는 저장시설의 개선도 시급하다고 사료된다. 수년전까지만 해도 우리나라의 사과는 품질에 관계없이 생산량만 많으면 수입을 올릴수 있었는데, 이제는 다른 과실과의 경쟁 사과품질간의 경쟁, 생산비 감소의 경쟁등 여러 가지 경쟁에 있어서 이겨야만 수익을 높일 수 있는 단계에 이르렀다고 볼 수 있다. 이런 흐름을 따라 사과의 품질 개선이 중요하며 더불어 사과과실의 고품질화를 위해서는 선도유지가 중요하다. 그러나 여기에 대한 인식부족과 수확 및 저장수송중 취급부주의로 선도가 떨어지게 된다²⁾. 그 원인을 수확, 저장, 수송등의 과정으로 나누

어 볼 수 있다. 수확시 취급전에는 北川 등이 연구에서 수확방법, 품질의 규격화, 선과중 과실보호, 수확후 처리등이 다루어졌고, 저장방법은 손태화, 梶浦, 大土祖 등에 의해서 연구되어졌다. 수송중에는 저온, CA, CO₂ 감압 방법이 kim, kidd, west 등에 의해 연구가 되어졌다. 본 조사에서는 여러 논문을 참고하여 수확, 저장, 수송중의 사과와 생리 및 생화학적 변화를 분석해 과실의 품질관리에 활용하고자 한다.

1. 저장력에 관여하는 조건

가. 품종

사과는 품종에 따라 저장일수가 각기 다르다. 대체적으로 조생종에 비하여 만생종이 더욱 저장력이 있는데, 현재 우리나라에서 생산되는 주요 품종은 국광, 홍옥, 딜리셔스, 골든 딜리셔스, 인도 등인데 그중 국광이 가장 저장력이 있기는 하나 빛깔, 품질등이 좋지 못하여 점차 새로운 저장 품종이 후지등으로 생산하고 있다.

나. 과실의 크기와 모양

과실은 알이 큰 것이 적은것에 비하여 생리장해도 나타나기 쉽고 과육이 연화되어 저장력이 약해지는 경향이 있다. 예를 들면, 홍옥의 점무늬병, 국광의 고등병 등이 알이 클수록 그 발생률이 높다.

다. 수확기

사과는 수확기가 직접 사과의 맛에 영향을 끼치는 것은 물론 저장력에도 큰영향을 끼친다. 일반적으로 미숙과는 저장중 열발산이 많아지고 국광에서는 껍질덴병, 고등병, 홍옥은 점무늬병 등에 걸리기 쉽다. 과숙과는 저장 후기의 신선도가 극히 떨어지고 홍옥은 고무병이 나기 쉽다. 그러므로,

과실은 완숙 직전의 과실을 수확하여 저장하는 것이 가장 저장력이 강하다. 저장적기의 결정은 과실의 호흡량의 변화를 측정함으로써 가능하다. 사과는 성숙함에 따라 호흡량이 급격히 감소하여 climateric minimum을 이루었다가 다시 상승하여 최대 호흡량인 climateric maximum을 이룬다. 사과는 호흡량이 극소상태에서 상승하기 직전이 수확적기이다. 이 시기에 달하면 과실의 비대도 중지되고 당 함량도 최대에 달하며 산 함량도 떨어지는 시기이다.

라. 재배조건

전정(剪定), 적과(摘果), 시비(施肥), 잎의 보호등의 재배조건이 과실의 저장력에 큰영향을 끼친다. 이러한 조건은 직접적인 영향도 있지만, 강단정, 강적과, 질소비료의 과다사용등에 의하여 과실이 너무커지면 그것만으로도 저장력을 떨어뜨리는 요인이 된다. 또한 고무병, 점무늬병, 고등병등을 유발하여 경도를 저하시키고 숙기를 지연시키며, 착색 불량과를 만들어 저장력에 큰영향을 끼친다. 특히, 질소비료의 과다사용은 저장력을 떨어뜨리는 큰 요인이 된다.

마. 저장온도

사과의 저장 적온은 과실이 저온장해를 받지 않을 정도의 저온, 즉 $-0.6\sim 0^{\circ}\text{C}$ 에 저장하는 것이 가장 이상적이다. 사과 호흡량은 0°C 에 저장했을때에 비하여 4.4°C 에 저장하면 2-3배, 10°C 도 저장하면 4-5배, 21.1°C 에 저장하면 약 8-10배로 호흡량이 높아진다. 이와 같이 과실의 저장력, 품질저하나 성분변화는 과실의 호흡량과 깊은 관계가 있으므로 과실의 호흡량은 될 수 있는한 적게 해줄수 있는 저온에 저장하는 것이 효과적이다.

바. 저장습도

저장고 내의 습도가 낮아지면 과실이 너무 건조하여 무게가 감소하게 되며 너무습하면 곰팡이 균의 번식이 많아져서 유패과가 많이 생기므로 저장습도르 적당히 조절해야한다. 사과저장에 있어서 가장 이상적인 저장습도는 관계습도 85-90%이다. 그러나 저온저장고에 저장할때는 95%까지 높게 하여도 지장이 없다.

사. 공기조성

저장중의 과실에서는 CO₂, ethylene 등의 기체가 발생한다. 저장고가 밀폐되어 있으면 저장고내의 기체조성에 변화를 가져와 과실에 여러 가지 영향을 끼치게 된다. 공기는 질소 78%, 산소 21%, 이산화탄소 0.03%, 기타로 구성이 되어있는데, 과실은 이와같은 기체조성하에서 가장 이상적인 생활작용을 한다. 주로 이산화탄소와 산소의 양이 생활작용에 영향을 끼친다.

1) 이산화탄소 : 5% 정도가 되면 호흡작용이 억제되며, 과실의 저장성이 높아진다. 20% 정도가 되면 호흡이 곤란하여 분자간 호흡으로 인한 이산화탄소의 過乘障害(과승장해)로 과실세포는 사멸하게 된다.

2) 산소 : 과실은 일반적으로 산소의 농도가 다소 감소되어도 정상적인 호흡작용을 유지할수 있으나, 어느 한계 이하가 되면 호흡작용은 격감하여 산소 부족장해를 일으킨다. 산소부족한계는 과실의 종류, 저장습도등에 따라 차이가 있으나 부족한계보다 약간 산소함량이 높으면 호흡은 약 반감하여 과실에 아무런 해도 끼치지 않고 저장할 수 있다.

2. 연화속도

과실의 성숙에 따른 과육의 연화는 세포벽 구성성분의 변화에 기인한다. 대부분의 과실에서는 연화시에 펙틴질 부분에서의 변화가 현저하여 불용성

펙틴은 감소하고 가용성 펙틴은 증가한다¹⁶⁾. 지금까지의 연구결과에 의하면 과실의 연화는 세포벽 분해효소에 의한 효소적 변화와 펙틴간의 결합력 감소와 같은 비효소적 변화에 의하여 기인한다. 비효소적 변화에는 세포벽에 존재하는 칼슘함량이 크게 관여하는 것으로 알려지고 있다. 주요 세포벽 분해효소로는 polygalacturonase (PG), β -galactosidase, pectinmethyl-esterase (PME) 등이 알려져 있다. 사과에는 exo-PG만 존재하고¹⁷⁾ 연화에 따른 펙틴의 저분화가 현저하지 않으며¹⁸⁾ 칼슘함량이 높은 과실일수록 연화가 지연되는 사실로 미루어¹⁹⁾ 과실의 연화현상은 비효소적 변화에 기인할 가능성도 크다. 그러나 연화의 진행과 함께 β -galactosidase 활성이 증가하며, 과육의 세포벽에 존재하는 galactose가 감소하는 점으로 미루어 사과의 연화에는 이 효소가 중요한 역할을 할 가능성도 주목되었다. 사과 '쓰가루' (조생종), '조나골드' (중생종) 및 '후지' (만생종) 품종의 과실을 사용하여 저장기간 동안 이들 과실의 경도, 알콜 불용성 물질, 펙틴질 및 세포벽 분해효소의 변화를 조사하였다²⁰⁾. 과실의 경도는 '쓰가루'와 '조나골드'에서는 급격히, 그리고 '후지'에서는 완만하게 감소하였다. 알콜 불용성 물질, 총펙틴, 불용성 펙틴은 '쓰가루' > '조나골드' > '후지'의 순으로 높았으며 수확기까지 큰 폭으로 감소하였다. 저장중에는 '조나골드'와 '후지'의 이들 함량에는 변화가 없는 반면 '쓰가루'는 저장후 40일 까지 계속 감소하였다. 수용성 펙틴은 수확기까지는 감소하였으나 저장후에는 증가하였다. 수확기 이전의 수용성 펙틴 함량 '쓰가루' > '후지' > '조나골드'의 순으로 높았다. 저장중에는 '쓰가루'와 '후지'의 수용성 펙틴 함량에는 차이가 없었지만 '조나골드'는 이들보다 함량이 훨씬 낮게 유지되었다. EDTA 가용성 펙틴은 수확기까지 감소하다가 저장후에는 완만히 증가하는 경향이 있었다. 저장후 연화가 진행됨에 따라 '후지', '쓰가루'나 '조나골드' 보다 높은 EDTA 가용성 펙틴 함량을 유지하였다. β -galactosidase의 활성은 과실의 성숙과 저장동

안 지속적으로 증가하였으며 증가의 폭은 ‘쓰가루’가 ‘조나골드’나 ‘후지’보다 컸다. Polygalacuronase의 활성은 어느 품종에서나 수확예정 20일 전까지는 극히 낮았으며, 연화속도가 빠른 ‘쓰가루’와 ‘조나골드’는 수확기에, 연화속도가 더딘 ‘후지’는 저장 20일 후에 활성이 최고치에 도달하였으며 그 후는 급격히 감소하였다. Pectinmethylesterase (PEM)의 활성은 과실의 성숙과 더불어 감소되며 품종별로는 ‘쓰가루’와 ‘조나골드’가 ‘후지’에 비하여 높은 경향이 있었다. 그러나 ‘후지’품종에서는 ‘쓰가루’나 ‘조나골드’ 품종에 비하여 저장후의 PME 활성이 현저히 증가하였다.

가. 향기 성분의 변화²¹⁾

우리 나라에서 비교적 생산량이 많은 사과과실 3품종 (후지, 홍옥, 국광)을 대상으로 향기성분을 분리 및 동정하고 또한 성숙기별로 향기성분의 함량 변화를 측정하였다. 향기성분은 30종 이상이 분리되었고 그중 ester 23종 alcohol 9종 및 aldehyde 2종을 동정하였다. 각 사과 3품종은 과실의 성숙이 될수록 향기성분 생성량이 증가했으며 1-butanol, iso-butylbutyrate, 2-pentanol, ethyl valerate 및 hexanal 등의 함량이 많았다. 결과적으로 최대의 향기성분은 과실이 성숙한 정도가 더할수록 많이 나왔다.

3. 유통 중 과일 자체내의 문제점

가. 생리장해¹⁶⁾

사과를 저장하면 여러가지 생리장해가 나타나는데 이와같은 현상은 품종의 특성, 수확 당시의 취급부주의, 부적당한 저장환경 등에 의해 일어난다.

1) 고무병 (Internal breakdown)

고무병은 사과와 저장말기에 발생하는 장애로서 과육이 변색, 건조 및 분질로 분해된다. 장애가 심해지면 과피가 변색하고 과육이 연화된다. 큰 과실에서 주로 나타나며 과숙과, 냉각이 지연되었을 때, 고온저장 등이 발생을 유발하는 주요한 원인이 된다.

2) 껍질덴병 (Apple scald)

껍질덴병은 사과에서 가장 많이 발생하는 장애로서 과피가 갈변하는 현상이다. 알칸사스, 스테이만와인애플, 그라임스고울든, 롬뷰우티 등의 품종에서 많이 발생한다. 기타 품종에서는 특히 조기수확한 경우나 착색이 불량할 때에 많이 발생한다. 또한 저장을 늦게 하거나 0℃ 이상에서 저장한 경우에도 많이 발생한다.

3) 연성껍질덴병 (Soft scald)

연성껍질덴병과 껍질덴병과의 차이는 감염부위가 흠집이나 불에 탄것 같이 되어 과실 전면에 불규칙하게 확대되는 것이다. 감염부위는 보통 갈색으로서 다소 움푹들어가 있으며 경계부위가 명확히 구별된다.

4) 내부갈변 (Internal browning)

내부갈변이 고무병과 다른점은 그 증상이 과심상반부의 방사상 직관속 주변의 길쭉한 과육부분에만 갈변현상이 나타나며 변색이 되더라도 과육이 아직 단단한 점이다.

5) 홍옥점무늬병 (Jonathan spot)

홍옥점무늬병은 성숙기로부터 저장초기의 홍옥품종에서 주로 발생하는 생리장애로서 처음에는 지름 2-3mm미만의 갈색의 작은 반점이 나타나는데

심하면 과육도 갈변하고 약간 오목하게 들어간다. 질소함량이 높거나 저장 온도가 높을 때, 수확기가 빠른 경우, 과실이 큰 경우에 잘 발생한다고 알려져 있다.

6) 고두병 (苦痘病 Bitter pit)

고두병에 걸리면 과피에 지름 2-5mm 정도의 갈색반점이 나타나고 약간 함몰하며 그 부분을 벗기면 과육이 스폰지 모양으로 갈변되어 있다. 국광, 골든딜리셔스 등의 품종에서 많이 발생한다.

나. 병리적 장애¹⁶⁾

1) 균주에 의한 장애

저장 기간 중 주로 많이 발생하는 균주는 *Penicillium expansum*과 *Botrytis cinerea*, *Gloesporium sp.* 등으로 저장과정 중 사과외 표피를 검은색으로 변하게 하여 손실을 일으킨다. 또한 저장 기간동안 발생하는 균주는 짧은 시간내에 사과 전체로 전이될 수 있다.

2) Mold 증식

과실내의 습도는 저장 중 85-90%이다. 그러나 저온저장고에 저장할 때에는 95%까지 높게 하여도 지장이 없다. 과실내가 너무 과습하면 곰팡이류의 번식이 많아져서 부패과가 많이 생긴다.

다. 기계적 장애¹⁶⁾

1) 부란병 (腐爛病 Apple canker)

전정 (剪定)해준 상처로 병균이 침입하는 것이 대부분의 원인으로 피해부는 껍질이 갈색으로 변하고 이 병반은 점차 커지면서 대략 길쭉한 둥근 모

양을 나타내며 일종의 특유한 알코올 발효 냄새가 난다.

4. 유통 system상의 변화

가. 저온저장

1) 생리적인 변화^{22,23)}

사과는 경작지에 따라 low temperature breakdown (LTB)또는 내부갈변과 같은 생리화학적 문제점이 발생하는 데 차이가 있다고 밝혀졌다. 열대성이나 아열대성 식물조직은 8-12℃에 저장되었을 때 장해가 발생하고²⁴⁾ 이러한 식물조직의 냉해(chilling injury)는 미토콘드리아막의 내부변화와 관련이 있다^{25,26)}. Winkler와 Jacob의 발표(1923)에 의하면 LTB는 독성휘발성분의 복합물질이 축적되어 일어나는 것이라고 보고하고 있으며²⁷⁾, 최근의 홍옥 연구에서는 0℃에서 초기 저장시 acetic acid의 축적량의 증가에 의한 것으로 밝혀졌다. 그러나 0℃이하에서 장기 저장시 LTB과 발생하지 않을 정도의 acetic acid양이 적게 발생하게 된다. Acetic acid의 주입은 이런 장해를 더욱 발달시켰으며 5℃ 이상으로 온도를 올리면 acetic acid의 축적량이 급격히 감소하기도 했다²⁸⁾.

2) Scald의 특성²⁹⁾

사과의 scald는 저온저장이거나 CA저장중에 과피부위에 갈변현상을 나타내는 생리적 장애로서 알려져 있다. Scald의 유기요인으로는 α -farnesene의 산화와 polyphenoloxidase (PPO)에 의한 phenolics의 산화를 들수 있다. 본 실험은 α -farnesene와 phenolics의 함량, PPO의 활성을 '후지'와 '육오'의 두 품종을 사용하여 과실의 부위별로 측정하였고, 현미경하에서 scald의 발생과정을 관찰하였다. 또 항산화제인 diphenylamine (DPA)와 oil, 노화 저해효과를 지닌 gibberellic acid (GA)의 scald 발생에 관한 효과를 알아보았

다. 저장기간 중 α -farnesene은 품종에 따라 차이를 보였으나 상당량이 생성되었고 farnesene hydroperoxide는 꾸준히 증가하였으며, phenolics의 함량과 PPO의 활성은 부위별로 큰 변이를 보였으며 전반적으로 감소하는 경향이었으나 여전히 존재하고 있음을 보였고 특히 과피부위에서는 초기의 수준을 유지하거나 다소 증가되었다. 또한 갈변현상은 주로 epidermal과 hypodermal 조직부위 세포에서만 관찰되었다. 수확후 처리효과중 oil 처리가 엽록소 분해와 같은 노화현상을 저해하는 것을 관찰할 수 있었다.

3) 향기성분³⁰⁾

저온저장 중 수분손실의 증가율은 hexyl, isophenyl, butyl acetates의 손실을 증가시키는 반면 알코올의 손실은 감소시킨다. 또한 Wills (1968년)의 보고에 의하면 저온저장시 사과 수분손실의 증가율은 향기성분의 손실에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

나. CA저장

1) 내부갈변³¹⁾

‘후지’ 사과의 CA저장 중 발생하는 내부갈변의 유형은 저산소+고이산화탄소 복합장해, 고농도 이산화탄소장해, 저온장해 (LTB), watercore breakdown 등 크게 네 가지 유형의 내부갈변 장해를 보였으며 저온저장 사과에서의 장해 발생율은 저산소+고이산화탄소 복합장해현상으로 추정되고 있다.

2) Firmness³²⁾

사과 과육의 firmness의 변화는 high ethylene CA 저장보다 low ethylene CA저장이 더 부드러움을 유지시켜 준다. 홍옥과 후지를 3% 산소+2% 이

산화탄소 및 4% 산소+3% 이산화탄소의 CA저장조건에서 각각 8개월간 저장한 후 20℃, 상대습도 70%의 의기에 방치시키면서 사과와 관련된 몇가지의 변화를 저온저장고에서 동기간 저장한 후 방치시킨 사과와 비교하였다¹⁸⁾. 저장후 20℃에 방치한 사과의 총펙틴 함량과 경도는 방치기간이 경과함에 따라 수용성 펙틴의 함량과 polygalacturonase (PG)의 활성증가에 반하여 감소하였다. 이러한 변화는 저온저장한 사과가 CA저장한 사과보다 심하였고 홍옥이 후지보다 현저하였는데 특히 방치 초기 5일동안에 더욱 심하였다. 한편 저온저장고에 저장한 홍옥 및 후지는 20℃에서 5일 전도 상품적 가치를 지나나 CA저장한 홍옥은 이보다 5일, 후지는 10일 정도 더 상품성이 연장되는 것으로 관능검사 결과 나타났다.

3) 산도 (acidity)³³⁾

Low, high ethylene CA저장 모두 계속적으로 감소한다.

4) Rate of ethylene production³³⁾

Ethylene 생성율은 low ethylene CA 저장에서 신속하게 증가한다.

5. 수송 중 포장재에 따른 변화³⁴⁾

선도 유지에 영향을 미치는 요소중 급격한 온도변화는 포장재에 따라 조절이 가능한데 스티로폼상자가 골판지상자에 비해 온도변화가 적고 저온을 일정하게 유지시킬 수 있다. 진동 및 습도의 변화가 적은 스티로폼상자는 골판지상자보다 포도당 함량이 덜 감소하며 과실경도 조사에서도 같은 추이를 보여주었다. 또한 내포장을 하는 경우가 선도유지에 더 효과적인 것으로 보고되고 있다.

제3절 감귤

감귤류는 운향과, 감귤나무아과, 감귤나무군에 속하는 식물군으로서 감귤나무군에는 감귤나무속, 감귤나무속, 탕자나무속으로 나뉘어지나 감귤나무속에 들어있는 대부분의 감귤나무들은 열대나 아열대성기후에 적합한 생태적 특성을 가지고 있는 것이 많아 우리나라에서 경제적 재배가 가능한 종류는 극히 적은 실정이다. 그러나 온주밀감 이외에도 잡감류를 비롯하여 많은 품종들이 일부 재배되고 있다³⁵⁾. 제주지역에서 주로 재배되고 있는 감귤은 온주밀감이며, 이를 품종별로 구분할 경우 조생온주계통은 궁천조생, 흥천조생, 다원조생등이 있으며 전체 생산량의 70%정도이다. 그리고 보통온주계에서는 임온주, 향산온주, 미택온주와 저장용 감귤로 선호하는 만생종인 청도온주등이 있다³⁶⁾. 제주산 온주밀감은 가식부인 과육내에 비타민 C함량이 높다는 장점이 있으나 감미를 선호하는 소비자들의 기호도를 충족시킬 만큼 당산비가 충분히 높지는 못하다³⁷⁾. 또한 온주밀감의 저온저장기술은 일본에서 주로 이루어졌으나 국내에서는 일부연구보고를 제외하고는 매우 미흡한 실정으로 일본산과 감귤특성이 다른 상태에서 외국에서 수행된 연구결과를 그대로 적용하는데 많은 문제점이 제기될 수 있을 것이다³⁸⁾. 특히 신선 과채류를 선호하는 소비자의 요구에 부응하여 1994년말 제주지역에 저온저장고를 신축하려는 계획이 있었으나 농산물의 저온저장기술이 아직 제대로 확립되어 있지 않은 실정이다³⁸⁻⁴⁰⁾.

지금까지 감귤의 품질평가는 선과장에서 크기와 착색도에 의한 간단한 관능적 방법에 의해 이루어져왔기 때문에 소비자의 구매선택과 기호도를 충족시키지 못함으로써 소비에 제한요소로 지적되어 왔다⁴¹⁾. 감귤의 품질평가에 영향을 미치는 요인에 대한 연구의 필요성에도 불구하고 국내에서 수행된 연구결과는 미미한 실정이며⁴²⁻⁴⁵⁾ 지속적인 감귤산업의 유지를 위해선 물량조절을 통해서만 가능할 것으로 여겨지므로 생산량 조절뿐만 아니라

저장분야에 대한 관심이 커져야 한다. 지금까지 감귤재배 면적의 확장 생산량의 증대가 바로 소득과 직결되어 왔으나, 앞으로는 품질향상 및 생산비 절감이 소득과 직결될 것이다. 경제성장과 국민소득이 향상 될 수록 구매 행위에 변화를 일으켜 품질이 좋지 않으면 아무리 값이 싸도 구매력이 저하되고 또 고품질 과실의 소량구매로 변해갈 것이다.

우리나라의 감귤재배는 1960년대부터 급격한 재배면적의 확대가 되어 1990년에 19,400ha에 이르고 있다. 감귤재배 품종은 온주밀감이 주종을 이루고 있어 출하기의 폭이 짧은게 특징이다. 이로 인해 풍산이 되는 해에는 홍수출하로 값의 하락이 불가피하여 출하기간 연장을 위한 효과적인 저장기술의 개발보급이 절실한게 현실이다⁴⁶⁾. 또 수확후 일어나는 문제점들과 유통과정 중 발생하는 장애들을 알아야 고품질의 감귤생산이 가능할 것이며 대량생산에 따른 이익을 남기기 위해서도 품질저하문제를 빨리 해결해야 할 것이다. 이것으로 볼 때, 수확후 농산물 자체가 보유하고 있는 호흡기질과 수분손실을 곧 농산물의 품질저하현상을 초래하므로 농산물의 수확후 저장수명 연장을 위해서⁴⁷⁾ 제주산 온주밀감의 생리특성을 조사하였다.

1. 감귤류의 수확후 생리

가. 감귤의 성숙

일반적인 과일의 품질평가는 크기, 형태, 색깔, 부패 또는 상체부위등의 외관, 성숙도에 따른 과일 고유의 색깔, 물성, 향미와 저장수명등에 의해 결정된다.

1) 물리적 특성

감귤류의 물리적 특성은 상품성과 밀접한 관련이 있다. 하지만 지금까지 감귤의 품질평가는 간단한 관능적인 방법에 의해 이루어져 왔기 때문에 소

비자의 구매선택과 기호도를 충족시키지 못함으로써 일본의 경우 과일류 중에서 감귤의 구매선택도가 매우 높는데 비하여 국내산 감귤은 다른 과일에 비하여⁴⁸⁾ 매우 떨어짐으로써 소비에 제한요소로 지적되고 있다. 따라서 소비자가 원하는 감귤을 찾아내기 위한 기초적인 연구가 선결되어야만 생산에서 유통까지 발전 방향의 지료를 제시할 수 있을 것이다⁴⁹⁾. 감귤의 성분 및 품질은 품종, 생산지역, 생산시기의 기상조건, 과일크기, 나무에 달려 있는 위치등에 따라 차이가 있기 때문에⁵⁰⁾ 이를 간단히 나타내기가 매우 어려운 실정이다. 따라서 신속하고 측정이 간단한 품질평가 기준이 설정된다면 이에 따른 등급의 결정과 선별이 가능하게 될 것이다. 궁천조생의 과형지수는 홍진조생의 것보다 상대적으로 약간 둥근형태를 유지하고 있으며, 껍질이 약간 얇다. 홍진조생의 경도는 궁천조생의 경도에 비하여 약간 단단한 특성을 가지고 있다. 잣감류인 청견은 거의 구형을 이루고 있고 껍질이 두껍고 단단한 편이다. 보통은주와 잣감류는 조생은주에 배하여 껍질이 두껍고 경도가 훨씬 높았으나 과육율은 상대적으로 감소하였다. 저장용으로는 조생은주에 비해 보통은주 또는 잣감류가 유리할 것으로 보이지만 예전에 생산성을 중시하던 경향에서 점차 감귤품질을 우선함에 따라 조생은주의 식재면적이 증가하게 되었다. 이에 따라 제주감귤은 생산 및 소비측면에서 조생은주계에 치우치는 경향을 보이고 있다⁴⁸⁾.

2) 감귤의 성분

감귤의 과실성분은 품종, 계통의 특성과 산지, 재배조건, 기상요인등에 의해서 변동이 심하므로 그 기준을 설정하기가 어려우며 같은 품종계통에 있어서도 조사시기에 따라 그 성분이 다르므로 어떠한 것이 감귤에서 표준적 성분이라고 규정하기가 어렵다. 특히 우리나라에는 그 기준을 설정하지 못하고 있다. 감귤품종에 따른 과즙의 물리화학적 특성을, 과육의 일반성

분 분석값을 보면 감귤품종에 따라 성분함량에 다소의 차이가 있다. 이는 조생온주계와 보통온주계는 큰 차이를 나타내지 않는다. 온주밀감에 있어서 조생온주계에 비해 보통온주는 산함량이 많아 기호성을 나타내는 당산비가 상대적으로 떨어지며, 보통온주를 저장용으로 이용하는 경우는 조생온주계에 비해 유리할 것이다. 또한, 보통온주는 조생온주계에 비해 껍질이 두껍고 조섬유함량이 많아 식미가 다소 떨어지는 결점을 가지고 있어서 생식용으로서 품질을 기준할 경우 다소 떨어지는 것으로 보인다⁴⁸⁾. 과즙 중의 당종류와 유기산의 종류를 보면 품종에 따라 당의 성분함량은 조금씩 차이가 있었으나 모든 품종에 있어서 자당이 46.8-64.4%로서 가장 많이 함유되고 있었으며, 그외로 포도당과 과당이 각각 18.4-26.9%와 15.2-30.2%로서 서로 비슷한 함량을 유지하고 있다. 조생온주계통에서는 maltose가 1.1-1.3%함유되어 있는데 반하여 보통온주에서는 검출되지 않는다. 저장기간 중에 maltose가 호흡작용에 의해 분해이용되어 저장후기에는 glucose량이 상대적으로 증가하며, maltose는 소실되는 것으로 추정된다⁴⁹⁾. 유기산의 종류로는 구연산이 75.7-96.2%로서 대부분을 차지하고, 그외로 malic acid, oxalic acid, fumaric acid순으로 소량 함유되어 있는 것으로 나타난다¹⁴⁾. 감귤의 방향성분은 과피 및 과즙중에 존재하여 특히 과피부에 많이 존재하고 과피중에서도 유포중에 정유가 함유하여 특유의 방향성분을 가진다. 과피에서 채취한 정유는 등피유라고 하며 정유의 함량 및 조성은 품종 및 과실의 숙도에 따라 다르나 그 함량 (ml/신선과피 100g)은 온주밀감 0.48-1.77, 오렌지류 0.96-1.95인데 바렌샤오렌지는 이보다 많고 네블은 다소 적은 편이며 과실의 과위별로는 과정부가 과경부에 비하여 높고 동일품종에 있어서도 개개의 개체나무에 따라 차이가 있다. 정유의 조성은 86-95%가 테르펜류로서 d-리모넨이 주성분이고 그외에 수종의 알데히드류, 알콜류 및 휘발산을 함유하고 있다. 오렌지 유증 시트랄, 네르리돌, 네랄

등은 방향성분으로 알려져 있으며, 온주밀감에서 정유성분으로는 37종의 성분이 동정되고 있으며 그 조성의 특징은 세스큐테펜과 에스텔류가 많으며 아세테이드는 매우 약한 감미로운 향기가 나고 온주밀감 특유의 향기로서 인위적 합성에 성공하였다(KITA). 유자, 등종류에서 특유한 향기성분을 나타내는 종류에서는 그 정유성분에 리모넨, α -피넨이 공통으로 다량 함유되어 있기 때문이며 바렌샤오렌지에서 정유성분을 분석한 결과 35성분이 검출되었고 향기에 관여하는 성분은 12종류의 성분이 있는 것으로 검출되고 있다⁵⁰⁾.

나. 물질대사

1) 호흡작용

감귤의 과실은 다른 낙엽과수의 과실이나 과채류의 과실에 비하여 호흡량이 적은 것으로 알려지고 있으나 나무위에 달려 있을때나 저장기간중에도 끊임없이 호흡작용이 계속되며 체내에 들어 있는 양분을 분해하여야만이 그의 생명을 유지시켜 갈 수 있는 것이다⁵¹⁾. 과실은 일단 수확하면 뿌리에서 영양공급이 단절됨은 물론 동화물질의 공급도 단절되는 것이나 다만 어떠한 대사경로에서 부분적으로 탄소동화의 가능성은 있으나 수확한 과실은 한 독립된 개체로서 또는 생체식물로서 그 자체저장양분에 의하여 생명을 유지하지 않으면 안된다. 수체에서 받은 영양분을 과실이라는 조직에 저장하여 두었다가 수확후부터 생명유지의 에너지로 이용을 하면서 생명을 유지하여 간다. 이 과정에서 당연히 호흡작용을 영위하게 되며 호흡작용의 강도는 품종, 또는 동일품종이라 하더라도 기관에 따라 다르겠으며 과실이 처해 있는 환경조건에 따라 크게 차이가 나며 생명유지를 위한 호흡은 필연적으로 그 에너지로 유기화합물의 소모가 이루어지게 된다. 따라서 호흡의 강도가 높아 유기화합물의 소모가 많아지면 선도유지가 어렵고

과실의 품질은 저하되고 오래 저장할 수가 없게 되므로 호흡작용을 억제하여 최소한으로 유지시키는 것은 수확후 과실의 관리에 가장 중요한 의의를 가진다⁵⁰⁾. 산이 감소될수록 감미비는 높아지지만 산함량이 0.7%를 하회하게 되면 차츰 풍미가 담백하게 되어 감귤의 특징인 협쾌한 맛을 잃게 되고 다음은 과즙이 줄어들어 먹기 나쁜 과실로 변하게 된다. 저장중에 생기는 이러한 변화는 저장고로부터 출고하여 판매과정중에도 계속 진행된다. 특히 밖의 기온이 높은 3-4월에는 더욱 빠른 속도로 진행되는 것이 일반적이다. 이와 같이 당의 증가에 비하여 산의 감소가 뚜렷하므로 수확당시의 산함량이 낮아서 먹기에 맛이 좋은 과실은 저장하더라도 품질의 유지가 힘들뿐더러 장기저장도 불가능하다. 그러므로 저장용과실은 당함량도 높아야 되지만 산함량이 높은 과실을 생산하는 것이 중요하다. 저장감귤의 경우 과실의 호흡원이 되는 것은 산이나 당이지만 주로 산이 많이 이용된다²⁰⁾. 이러한 것은 저장중에 산함량의 감소가 크다는 것으로도 충분히 증명되지만 호흡률로도 설명될 수 있다. 즉 호흡률은 배출되는 탄산가스(CO₂)÷소비되는 산소(O₂)의 량으로 표시된다. 착색되지 않은 조생온주의 착색을 촉진시켜 볼려고 ethylene gas나 acetylene gas를 장시간 접촉시켰더니 퇴색된 과실은 그대로 두었던 과실보다 산소의 흡수량이 증가되었고 탄산가스의 배출량은 훨씬 많았다고 하였다. 즉 실험에서 당초 1.4%였던 구연산이 10일 후에는 acetylene gas 처리의 경우 0.8%, ethylene gas 처리의 경우 0.6%로 각각 급감되었으며 당은 반대로 증가되었으나 이는 과즙의 수분증산으로 농축되었기 때문이라고 하겠다. 이러한 사실은 과실의 호흡기질이 주로 산이라는 것을 알 수 있다⁵¹⁾. 과실은 저장기간중에 호흡기질로써 산이 쓰이는 것 이외에도 과피를 통하여 과육중의 수분이 증산될뿐더러 호흡작용에 의하여 과즙중에 들어있는 당, 산, 기타의 호흡재료를 분해하여서도 중량의 감소를 가져온다. 이와 같은 생리적 감량은 품종, 계

통, 개체, 저장전의 예조, 저장고 내외의 환경조건 및 관리방법에 따라 다르다. 온주밀감은 계통간에 저장력에 차이가 있으며 일반적으로 조생계나 중숙계는 저장력이 약하다고 한다. 통일조건하에 저장한 과실에서 CO₂ 배출량을 숙기순위 비교로 표시하며 조사시기가 3월 중순이기 때문에 반드시 저장초기와 일치는 되지 않으나 저장력이 강하다고 하는 계통은 CO₂ 배출량이 적으며, 특히 시원, 십만이 최저치이고 편산은 조숙계에 속하면서 저장력이 강한계통이 된다⁵²⁾.

2) 증산작용

일반적으로 생육중의 식물은 지상부 특히 잎에서 대기중으로 수분을 증산하며 이를 보충하기 위하여 지하부의 뿌리에서 흡수가 일어나고 있다. 이와같이 물의 움직임은 양분의 흡수와 전이를 활발하게 하여 정상적인 생활생리를 유지하게 하는 중요한 의의가 있는 동시에 증산작용은 증발잠열을 박탈하므로 체온이 높아짐을 방지하는 물리적 작용도 있어 식물체는 물에 대해서 서로 다른 작용을 하는 기관으로 이루어 졌다. 흡수기관으로서 뿌리, 통수기관으로서 경, 증산기관으로서 잎, 미숙과실의 저수기관으로 그 기능을 하고 있다. 그러나 과실은 수확한 후에는 수분의 보급이 단절되고 하나의 증산체로서 남게된다. 이러한 과실에서 일어나는 증산이 생리적으로 유용한 의미가 있느냐에 대하여는 아직 의문이나 현재로서는 증산작용은 마이너스 효과로 알고 있는 것이 많은 학자들의 의견이다. 그러므로 과실의 취급에 있어서 어떻게 하면 증산이 일어나지 않게 방지하느냐 하는 것이 중요한 과제이다. 과실에 있어서 증산은 중량의 감량에 직접적으로 손실을 가져오며 수확후의 증산에 대한 관리를 잘못하면 오히려 저장성이 저하되고 부피과, 곰팡이 병의 피해, 고온 고습의 피해 현상이 심하게 일어나 수확후의 증산관리는 매우 중요한 부분이다⁵⁰⁾. 전당은 과육에 비하여

과피에서 함량이 높고 저장중에 점차 증가하였으며 그 양상은 과육에서 3월 중순 이후에 현저히 증가하고 있는데 비하여 과피에서는 저장초기부터 정건적으로 증가하였다. 또 환원당은 과육내에서 점차 감소하는데 반하여 과피에서는 다소 증가하는 기미를 보였다. 저장중 당분의 이와같은 증가 현상은 절대량의 증가에서가 아니라 수분의 증산에 의하여 과즙의 정도가 증가한 것으로⁵³⁾ 보인다. 같은 온도내에선 시간이 지날수록 당분의 비육이 증가하는 것으로 보아 증산작용이 계속일어남을 알 수 있으며 점점 증발하는 수분의 양도 많아짐을 알 수 있다. 또 8℃와 2℃를 비교해 볼 때 8℃에서의 당분감소 범위와 2℃에서의 당분감소 범위를 보면 현저한 차이를 알 수 있다. 이것으로 온도가 낮을수록 증산작용은 감소함을 알 수 있다. 과실의 증산에 관여하는 환경요인 중에 온도는 가장 중요한 요인으로, 고온에서 촉진되고 저온에서 증산은 억제되므로 저장에는 Cold storage의 필요성이 있으며 유통과정에는 Cold chain형태가 필요하다고 본다.

2. 유통중의 문제점

저장유통중에는 감귤의 향기성분, 색깔, 다른 품질요소에 영향을 주는 몇가지의 바람직하지 못한 요소들이 생긴다. 몇몇의 비효소작용에 의해 일어나는 반면에 다른 몇몇은 미생물에 의해 생긴다. 저장감귤은 저장후 약 20일 정도 경과시 극히 일부의 부패과가 발생하기 시작한다. 부패과의 발생원인은 여러 가지가 있으나 그중에서 저장용 감귤 및 저장상태, 습도조절, 오염미생물, 기계적손상 등이 주요 요인이라고 할 수 있다. 저장초기 부패과의 발생은 주로 저장고내의 환경조건에 민감한 감귤에서 발생하는 것으로 보여진다. 즉, 실내습도를 일정하게 조절한다고 하더라도 감귤이 저장고에 놓여있는 위치에 따라 습도분포가 다르고, 감귤이 포개져 있는 부위에는 부분적인 과습에 의한 생리적 장애를 이룰 수 있는데에 기인하는

것으로 여겨졌다. 약간 미숙한 상태에서 수확한 일부 감귤이 저온 중 생리적 장애로 인하여 일어나는 경우⁵³⁾와, 수확 및 전처리과정 중에 기계적인 상처나 충격 등에 의해 영향을 받은 경우에 부패과의 발생이 쉽게 일어날 것이다.

3. 감귤류 자체내의 변화

가. 생리적 장애

저장방법에는 여러 가지가 있다. 그중에서도 가장 많이 거론되는 저온저장과 CA저장에 대한 부패율과 중량변화를 보겠다. 과일저장중에 발생한 부패과 및 장애과를 보면 장애과는 건조와 갈변, 부피, 및 위조를 일으킨 과일을 포함한다⁵⁴⁾. 부패의 원인은 대부분이 축부병이었고, 푸른곰팡이에 의한 부패도 있었다. 축부병은 과일이 나무에 달려 있을 때 흑점병균의 침입에 의한 것으로서 과일의 저항력이 약화되었을 때 발병하는 것으로 알려져 있다⁵⁵⁾. 온주밀감의 CA 저장효과를 검토한 결과, 온도 3-4℃, 습도 86-89%, O₂ 10% 및 CO₂ 1%의 조건에서 97일간 저장한 후, 동일한 온도와 습도에서 두가지의 가스만 공기로 대체하여서 40일간 저장했을 경우, 부패율이 27.1%에 달했고, 대조구 (3-4℃, 공기)에서는 이 저장기간중에 21.1%의 부패율을 나타냈다고 한다. 그러나 구보와 추소⁵⁶⁾는 이와 비슷한 실험조건에서 판이한 결과를 보고하고 있다. 즉, 온도 3℃, 습도 86-89%, O₂ 10% 및 CO₂ 2%에서 140일 저장후 부패한 과일은 없었다고 한다. 이렇게 유사한 조건에서 저장한 과일에 있어서 큰 차이를 보인 것은 시료로 사용한 온주밀감의 품종의 상위, 생산지의 기후가 저장성에 미치는 영향, 저장용기내의 제습 및 통기방식의 차이등에 의한 것이겠지만⁵⁷⁾ 가장 큰 원인은 이등등이 저장과일의 환경을 CA에서 일정 기간후 공기로 바꾸었기 때문이라고 생각된다. 건조와 갈변발생율은 CA구에 비해서 공기구에서

훨씬 높다⁵⁴⁾. 감귤과피의 갈변현상은 저장환경의 습도가 낮을때라든지 또는 과피가 위조되었을 때 수반되는 것이다⁵⁶⁾. CA저장이 온주밀감의 부피 방지에는 큰 효과를 미치지 못하는 것을 알 수 있다⁵⁴⁾. 감귤의 부피와 착색은 서로 상반되는 것으로 완전 착색과를 수확할수록 부피율은 높아지며, 반대로 부피도를 작게하려면 잔류과를 수확하지 않으면 안된다. 또한 과일의 성숙후기에 예를 들면 일본의 구주지방과 같이 고온다습한 곳에서는 부피되기 쉽다고 한다⁵⁷⁾. 반면에 저온저장의 경우는 다음과 같다. 홍진조생의 부패율과 중량감소를 보면 저장기간중 중량감소는 상온저장에 비해 매우 완만하게 진행되어 3월 초순에 약 10%에 이른다. 그러나 저장감귤의 부패는 1월 하순까지는 거의 없었고, 그 이후 완만한 증가를 보이다가 3월 하순 이후에 급격한 증가를 보인다. 1월 하순 이후에는 저장 중 습도조절이 정확하지 않아 5℃ 저장고에 비하여 3℃저장고에서 저장한 감귤이 고습도 저온에서의 냉해로 보이는 증상⁵³⁾이 일부 발생하기 시작하고, 껍질이 부분적으로 흑변하는 변질과가 발생하기 시작한다. 일본산 감귤저장에서 보고⁵⁸⁾한 최적저장온도에서도 일부 저온장해 현상이 일어나는 것은 저장조건 뿐만 아니라 생산년도에 따라서도 감귤성분의 충실도가 차이가 나기 때문으로 보이며⁵⁹⁾, 감귤의 저장성에도 영향을 주는 것으로 보인다. 높은 온도일수록 이 현상은 심해지는 것을 알 수 있다. 과피의 흑변현상은 처음에는 작은 점으로 나타났다가 점차 커지면서 썩기 시작하고, 일부 감귤에는 꼭지 부분에 흑변하면서 부패가 일어난다. 다음은 저장시 일어나는 성분의 변화를 보겠다. 가용성 고형물의 변화는 계통을 따라 각기 다르지만 평균치로 보면 12월 4일의 13.74%에 대하여 2월 28에는 14.0%로 약간 증가되었으나 4월 1일이 되면 반대로 초기보다 0.7%가 적어지고 있었다 한다. 수 많은 저장시험의 성적도 거의 같은 것으로 나타나고 있는데 만일 감람에 의한 수분의 감소가 없었다고 하면 당분은 저장중에 적어질 것은

분명하지만 당분(%)이 높아진 것은 과즙이 농축된 결과라고 볼 수 있다⁵¹⁾. 환원당률 (환원당÷비환원당×100)은 저장기간이 길어질수록 적어진다. 즉 수확당시는 전당중 환원당이 차지하는 비율이 높지만 저장중에 과실의 속도가 진행되어 가면 환원당이 비환원당으로 변화되었다는 것을 입증하여 주고 있다. 한편 고온지와 저온지에서 같은 날에 수확한 같은 수령의 삼산은주에서 비교한 외국의 성적을 보면 고온지대에서 생산된 것 일수록 환원당률은 낮은 경향을 보였으나 착색의 진행도는 오히려 고온지쪽이 다소 늦어졌다고 한다. 산은 저장기간이 길어질수록 감소되어 2월 28일에는 평균 1.06%로 저장초기보다도 0.28%나 적어져서 먹기에 좋은 산미가 되었다고 한다. 4월 1일에는 다시 감소되어 평균 0.84%로 먹는 맛에서 볼 때 산 함량이 최저 한계에 가까워졌다고 하였다. 이러한 점으로 미루어 본다면 먹기에 알맞은 산의 함량은 0.7%정도까지이며 그 이하로 저하되면 맛이 없어진다. 14계통중의 일부이지만 반야계와 같이 저장에 부적합한 계통은 4월 1일이 되면 산이 0.6%전후로 저하되어 맛이 없는 과실이 된다고 하였다. 계통에 따라서는 산의 감소속도가 각기 다른 것으로 먹을 때의 산의 함량은 1.0-0.7%가 가장 적합한 함량이기 때문에 0.7%에 가까워지면 저장되었던 과실도 출하하는 것이 옳다고 할 수 있다. 감미비 (가용성고형물÷산)는 산이 차츰 감소되기 때문에 저장기간이 길어지면 당연히 높아진다. 저장초기의 평균 감미비는 10.45이던 것이 4월에는 15.73으로 5이상이나 높아졌다고 한다. 저장에 부적합한 반야계에서는 이 보다도 높은 18.10을 보여주고 있으나 계통에 따라서는 20을 넘는 것도 있다. 한편 환원형 비타민 C도 저장기간이 연장되면 차츰 감소된다. 앞서 기술한 바와 같이 저장중에는 산 함량의 변화가 크기 때문에 당연히 맛도 변하게 된다. 당분과 맛의 관계는 어떠한 조사에서나 당분이 많을 수록 맛이 좋다고 판정하는 것이 일반적이다. 특히 실제의 당함량의 다소보다도 혀에서 느껴지는 단

맛이 먹는 데에 맛이 있다는 판정과 결부된다는 것을 알 수 있다. 한편 산은 저장초기 (수확직후)에는 산함량이 많을수록 맛이 없다고 판정되나 저장 3개월후가 되면 (평균산도 1.06%) 산함량의 고저와 맛의 차이와는 별로 관계가 없어지므로 혀끝에서 약간 시큼하다고 느껴질수록 맛이 있다고 느껴지게 된다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 감귤의 보통저장의 경우에는 저장당초부터 맛이 있다고 느껴지던 과실은 저장중의 성분변화로 오래지 않아 맛이 뒤지고 상품가치가 떨어지게 된다. 저장의 목적이란 출하량의 조절이 가장 중요한 몫을 차지한다고는 하나 수확당시 맛이 없고 신 과실도 일정기간의 저장으로 맛이 좋은 과실을 만들어 출하 하자는 것도 중요하다. 만일의 경우 외관이 잘 보존되어 보기좋은 과실이라 하더라도 산함량이 0.7%이하로 떨어지면 원래의 맛을 잃게 되어 장기저장의 의의가 없게 된다.

나. 기계적 장애

기계적 장애라 함은 방풍이 잘 안되어 가지나 잎에 부딪쳐 과피에 상해를 받은것이나 수확할 때 난폭한 취급으로 수확용기, 수확가위, 손톱등에 외상을 받은 것이나 운반중에 외상을 받은 것을 말한다. 이런 기계적 장애를 받은 경우에는 저장중에 썩기 쉬우므로 저장전에 선별하여 골라내야 한다. 또 늦게 수확하여 나무위에서 상해를 받은것도 저장병해의 발생이 많으므로 제거하여야 된다. 수확할 때에 과실의 취급이 난폭하면 과피에 상처를 받게 되어 부패균의 침입이 용이하며 이러한 과실은 저장기간중의 부패율이 높아지게 된다. 그러므로 수확할 때에 높은 곳으로부터 수확용기에 과실을 던지면 상처를 받는 것이 많아진다. 던지는 거리가 멀면 멀수록 저장중의 부패율이 높았다고 하였다. 또 많은 양을 상자에 담아서 운반하다가 창고의 바닥에 두껍게 쌓아서 과실이 눌리면 밑에 있는 것은 상처를 받

기 쉬우며 잘못하여 땅에 떨어뜨리던가 기계적 상해를 받은 과실은 모두 저장중의 부패율이 높아진다.

다. 병·해충의 장애

유통과정 중 일어나는 과실내의 변화는 그 범위가 명확히 구분될 수가 없다. 중량이 변화하면서 성분의 변화를 일으키면서 또 수확시 생긴 기계적 손상에 의해서 병해충의 장애가 일어난다. 흑점병 피해과실은 저장중에 축부병이 발생되어 부패율이 높아지고 청색곰팡이병, 녹색곰팡이병 및 기타의 부패병균도 저장전에 이미 과실 속에 침입되든가 과면에 부착하는 것이 많으므로 이들의 피해는 미리 예방하여 주고 피해과실은 저장전에 발견하여 제거되어야 한다. 해충에 가해진 과실도 저장중에 부패하는 것이 많으므로 저장전에 미리 골라내야 한다⁴⁷⁾. 감귤의 저장성은 품종에 따라 다른데 흥진조생 온주밀감은 저장성이 비교적 낮은 품종이다. 건전한 감귤을 저온 저장하면 3월에는 10-14%의 부패율을 나타내고 상온 저장을 하면 2월에 1-4%, 3월에는 47-55%의 부패율을 나타내고 있다고 하였다⁶⁰⁾. 세계적으로 감귤에는 약 100종의 병이 보고되어 있으며, 이중 20-30여 종류의 병원균이 저장병해에 관여하고 있으나, 한국에는 총 16종류의 병이 기록되어 있으며 저장병해에 관여하는 균은 5종만이 보고되었는데, 저장중에 감귤부패과에서 분리한 11종의 진균을 건전한 감귤에 접종시험을 실시한 결과 7종이 병원성을 나타냈다고 했다. 또 온주밀감 저장중에는 *P. digitatum*에 의한 청색곰팡이병이 가장 많이 발생하고 청색곰팡이병, 탄저병순으로 부패과가 발생한다고 하였다⁶⁰⁻⁶⁴⁾.

4. 유통 system의 문제점

가. 저장과 포장

1) 상온저장

상온저장에는 옥외저장, 간이저장, 보통저장, 송풍저장등의 종류가 있다⁵⁰⁾. 이 상온저장의 경우엔 단기간에 품질이 급속도로 떨어지며 빨리 출하하여야 하며 이러한 저장상태의 과실을 다른 저장고속에 넣어도 장기저장을 할 수 없다. 이런 저장방법은 수확후 최대 2개월밖에 저장이 안되며 간이저장고는 열용량이 적으므로 저장고내 온도 및 습도의 변화는 외기의 영향을 많이 받아 이때에 감량이 많이 생기고 품질의 변화가 심하게 일어난다. 이런 품질변화는 감귤의 특성변화에서 나타난다. 일반적으로 조생온주의 경우 수확시기가 보통온주에 비하여 한달정도 빠르기 때문에 상대적으로 수확후 저장해야 하는 기간이 길어지며, 또한 다른 품종의 감귤에 비해 저장성이 떨어지는 것으로 알려져 있어서 품질을 기준하여 상품성을 유지할 수 있는 상온저장의 경우 2월까지의 저장을 최장기간으로 보고 있다. 특히 상온저장의 경우 겨울철 외기온도에 많은 영향을 받지만 일반적으로 호흡 및 증산작용으로 인하여 내용성분의 소모가 심하여 기호성이 떨어져 상품성이 상대적으로 낮아지는 것으로 보고 있다³⁸⁾. 저장중의 과실은 당연히 감소하는 것으로 일반적으로 과실의 감량이라함은 부패에 의한 과수의 감소와 과실자체의 생활작용에 의하여 필연적으로 중량의 감소가 일어나는데 이러한 모든 감량을 포함하여 과실의 감량이라하며 과실중량의 필연적 감량은 제주밀감을 5℃에 저장하였을 때 100g의 과실의 100일간 호흡작용에 의하여 감량은 과피에서 12% 과육에서 9.5% (1과당 720mg)는 필연적으로 감량이 되며 여기에 과실표면에서 증산에 의한 수분의 손실량을 합계하면 약 17%에서 20%까지 감량이 된다.

2) 저온저장

오랜기간동안의 저온저장이 과실에 어느정도의 영향을 미치는가를 보고자

제주산 홍진조생의 저온저장조건을 검토하였다. 저장기간중 3월 하순까지는 과피수분, 가용성고형물, 총당, 비타민 C, 비중의 변화가 매우 적었으며, 부패율이 20%수준으로서 비교적 신선도를 유지한 상태에서 저장이 가능한 것으로 보였다. 그러나 그 이후에는 온도가 낮을 수록 저온에서의 생리적 장애인 냉해증상이 심하게 일어나 부패과의 발생이 많아지면서 저장이 어렵다. 또한, 중량감소, 경도의 저하, 산함량의 감소는 저장기간 중에 계속하여 서서히 일어나며, 조생은주의 경우 저온에서 장기간 저장이 어려움을 알 수 있어서 저장용 감귤의 특성을 고려하여 저장조건을 설정할 필요가 있다. 많은 농가에서 행해지고 있는 방법이 저온저장법일 것이다. 최적의 조건에서 저온저장이 이루어진다 하여도 실제 소비자의 손에 들어갈때의 상품성이 중요할 것이다. 저온저장시 과실의 생리적 변화는 출고함과 동시에 저온상태에서 상온에 접하게 되므로 부패과가 급증하는 것으로 이 원인에 대하여 상세하게 구명은 되지 않았으나 급격한 환경의 변화에 의하여 세포조직의 활성이 높아 일시적으로 호흡이 급진전되는 것으로 생각되며 송본은 최초 상온저장한 과실과 저온저장한 과실을 동시 출고하였을 때 저온저장한 과실은 호흡의 증가를 나타내며 점차 저하하여 상온저장과 동일정도로 되었다. 따라서 저온저장에 의하여 좋은 품질을 유지한 과실이 상온하에서 급격히 품질이 저하되므로 출고후 소비지까지 사이에 저온상태로 유통이 필요하다⁵⁰⁾. 수확직후 온주밀감 과육의 산조성은 주요산이 구연산이며, 산전체의 90%를 차지하고 있다. 그 다음으로 사과산이 약 5%, 기타수산, α -ketoglutaric acid, 호박산, 개미산 등이 소량씩 함유되어 있다. 양적으로 많은 구연산, 사과산 및 수산등 세가지의 산을 선정하여 저장기간중의 변화를 보면 저장기간이 길어짐에 따라서 세가지 유기산이 모두 서서히 감소하였으나, 양적 (mg수)으로 볼 때 사과산이나 수산에 비해 구연산의 감소가 가장 현저하다. 이들 유기산을 합한 총량의 변화는 저장초기

와 중기에는 약간 큰폭으로 감소하였다⁵⁴⁾. 부패과의 발생율을 보면 상온저장중에서 부패율은 중량감소보다 매우 적으며 저장기간이 오를수록 부패율은 점차 증가하며 4월중에는 부패율이 급증하고 있다. 그렇지만 저온저장(3℃)일 경우 습도가 비정상적으로 높지 않는 한에서는 상온저장보다 훨씬 적은 부패율을 보인다. 또한 과중감량은 습도가 높을수록 적게 나타난다.

3) CA저장

보통 대기의 조성은 산소 21%, 탄산가스 0.03%, 질소 78%로 과실은 보통 대기조성상태에서는 활발한 호흡을 하나 대기의 조성상태를 달리하므로써 과실의 호흡은 억제되기 때문에 과실류에서 산소의 농도를 3-5%, 탄산가스 농도를 3-5%, 질소 90% 정도로 조성하여 과실을 저장하는 방법으로 산소 및 탄산가스의 농도는 저장할 과실의 종류에 따라 달리하며 레몬의 경우 산소가 적어지면 탄산가스의 배출량도 적어지며 산소의 농도에 따라 부패량도 심하게 증가한다. 그러나 레몬이나 온주밀감에서 탄산가스 농도가 높으면 호흡량은 많아지고 산의 소모가 격심하게 일어나는 성질을 가져 있어 이 점이 탄산가스농도가 높아지면 호흡량이 감소되는 사과와는 반대되는 점이다. 따라서 사과에서 CA저장이 성공되는 경우도 산소농도와 저온은 감귤과 공통되는 점이며 감귤류에서는 탄산가스 농도와 저장고내의 과급이 문제가 되며 탄산가스 농도가 높아지면 착색이 억제되는 문제가 있어 지금까지 CA저장에 성공치 못하고 있다. 하지만 CA저장에 의해 당함량의 변화는 지연시킨다는 것이 나타났고, CA저장에서는 구연산, 사과산, 수산이 각각 36.2%, 64.9% 및 26.6%로 감소한다⁵⁴⁾. 상온저장³⁸⁾과 비교했을 때 저장말기에는 비슷하게 감소하지만 저장초기와 중기에 CA저장쪽의 산함량이 덜 감소되는 것으로 보아 환경가스가 산의 변화에 영향을 미치는 것으로 보인다.

4) Polyethylene film 포장저장

각종 film의 가스 투과성은 film의 종류에 따라 다르며 과실에 가장 유리하게 사용될 수 있는 film은 저밀도 polyethylene film으로 수증기의 투과도가 낮고 수분보유력이 높으며 탄산가스 투과도가 높아 탄산가스 고농도에 의한 장해발생이 적다. 그러나 0.05mm 이상의 두꺼운 필름은 탄산가스 투과성이 낮아 탄산가스 장해가 일어나기 쉽다. 하귤이나 팔삭등에서 0.02mm 두께의 polyethylene film 봉지 (18×24cm)에 1과씩 넣어 저장하는 방법이 일반적이며 도엽 (1969)는 0.02mm 두께의 polyethylene film 봉지 (18×24cm)의 규격에 감하귤을 1과씩 넣어 저장을 한것과 OED 피막제처리 과실을 같이 저장하여 비교한 결과 OED처리 과실보다 감량을 적으며 부패과의 발생이 감소하였으나 1봉지에 여러개의 과실을 넣은 처리에서는 부패과가 극단적으로 많았다. 봉지는 완전 밀봉하지 않은 상태로 봉지내의 습도는 95%전후로 과실의 감량은 적었으며 다른 과실에서부터 병원균의 전염이 film에 의하여 차단되므로 1봉지에 2과이상 넣으면 포장필름의 표면적에 대하여 과실 표면적의 비율이 크므로 통기성이 있는 0.02mm film이라 하더라도 탄산가스 농도가 높아 이취가 발생한다. 이상과 같은 원리로서 봉지 내에는 습도가 높아 부패과의 발생조건이 되며 봉지내에 CO₂ 가스 농도가 높아지나 CA저장 효과와 같은지에 대하여는 명확하지 않다. 과실의 포장 저장에는 저밀도 polyethylene 0.02mm의 얇은 것이 사용가능한 한도이며 봉지내에 고습 (90%이상)상태로 하귤, 팔삭등에서는 적정 습도이나 온주밀감 등에서는 과습으로 polyethylene 포장저장에는 어려움이 있다⁵⁰⁾.

5) 감압저장

사과에서 감압저장은 과실강도 및 산함량 유지효과가 높으며 내부의 갈변

과 같은 저장생리장해의 발생이 억제된다. 또한 감압하에서 저장하기 때문에 과실의 발산하는 휘발성물질이 과육내에 머물지를 못하여 CA저장에서 문제가 되는 이취가 생기지 않는다. 사과에서 0.1기압까지 감압이 필요하며 0.2기압에서는 품질유지 효과가 보통 저온저장과와 큰 차이가 없다. 그 이유는 명확하지 않으나 그 한 이유로서 저장고내 산소농도가 관계하는 것으로 추정된다. 즉 대기중의 산소 농도는 21%인데 0.2기압에서는 4.2%, 0.1기압에서는 2.1%가 된다. CA저장에서도 산소 농도가 3%이하인 때 품질유지 효과가 높다. 한편 과실내 에치렌 농도는 0.2기압에서는 저온저장의 경우와 차이가 없으나 0.1기압에서는 현저하게 낮다. 이상과 같이 감압 저장에는 많은 장점이 있으나 실제 실용화에는 어려움이 있으며 그 이유는 저장고내 0.1기압의 강한 감압을 유지하기 위하여는 이에 내구력이 강한 저장고를 건축하는데 어려움이 있으며 계산적으로 저장고의 벽을 철근 콘크리트 30cm이상 두꺼워야 하므로 건축비상에서 비경제적이므로 실용화에는 어려움이 있다.

5. System의 관리

저장고의 양식에 따라 그 특징이 있겠으나 어떠한 저장고든 저장고내의 저장조건이 일정하지 않다. 상온저장고에서 공기의 흡입은 밑에서, 배기는 상층부에서 이루어지므로 저장고내의 공기는 대류하게 되며 따라서 하층부 과실은 상층부과실에 비하여 건조하기 쉽고 플라스틱 콘테이너에 넣어 쌓아 올려 저장할 때는 저장고내의 습도를 80%로 유지할 때 밑이나 중앙부 위에는 95% 정도의 과습상태가 된다. 한편 저장고의 평면적에서 입구부, 중앙부, 제일안쪽등 그 위치에 따라서도 환경조건이 매우 달라 제일안쪽에는 건조하기 쉬운상태로 감량이 많이 생기며 다음이 입구부, 중앙부 순위로 감량이 많이 생긴다. 저장중의 과실은 가능한 전부 균일상태로 유지하

는 것이 필요하므로 저장상자별 좌우 상하의 위치를 전 저장기간에 3-4회 정도 바꾸어 주는 일이 필요하다. 온주밀감의 저장에서 습도관리를 개선하기 위하여 석천온주를 회전봉상과 정치봉상에 넣어 저온고습하에서 회전봉은 70-80 초/1 회전으로 과실은 2-3 cm/1 초 움직이게 하여 과피의 표면에서 수증기의 확산 수분흡수에 의한 부피과 방지 과실의 감량억제효과에 대하여 조사한 결과 정치구에서는 저장 1개월경부터 부피과가 발생하기 시작하여 저장 3개월째에는 과실 적도부위까지 완전 부피과가 되었고 회전구에서는 저장 4개월후에도 부피과는 발생되지 않았으며 과실의 감량은 120일 후 정치구에서 7.41%, 회전구에서는 12.2%의 감량이 생겼다. 과피와 과육의 함수율은 정치구에서는 과피가 수분을 흡수하여 고형물함량률이 낮고 회전구에서는 과피에서 수분흡수현상은 없었으며 저장 4개월후에는 정치구의 과육률 5.23% 감소한 반면 회전구에서는 2.5% 감소하여 그 차이는 2.64%이며 저장기간중 당·산함량은 감소하나 회전구에서 감소률이 억제되어 과실의 부패율은 정치구에서 7.5%, 회전구에서는 2.08%로 매우 낮았다. 이상의 결과는 송풍에 의하여 과실에서 수증기확산 대신에 과실 자체가 움직이므로 과실표면의 수증기를 확산시키는 방법으로 과면에 접하는 풍속은 항상 일정하므로 고습도하에서도 장기간 온주밀감을 저장할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 선과기에서 선과하는 과정과 같이 과실이 많이 움직일 때는 호흡량이 많아지고 저장말기 산함량이 낮은 상태가 되며 부패과의 발생율이 높다. 종류 및 기간까지의 수송거리에 따라 선과 1일후 호흡량은 2배이상 많으며 선과 6일후에도 과실내 CO₂ 농도가 높아 선과 및 수송에 의한 영향이 1주일이상 지속되고 있다. 따라서 선과전의 수송거리와 선과기에서 불필요한 과정을 경과하게 하여 출하도중 또는 저장중 부패율을 높게 하여서는 안되며 이러한 면에서 선과기의 개선이 필요하다. 상습 저장에서 저장고 능력 이상으로 많은 양을 저장하였을 때는 감량품질의 저

하, 부패과 발생등이 많아지는 원인이 되며 저장기간이 길수록 그 정도는 심하게 일어나므로 점진적 출하에 의한 저장량을 줄여야 하며 반대로 저장량이 적을 때는 과실은 위주하여 상품가치를 상실할 위험성이 높으므로 적절한 출하에 의하여 조절하여야 한다. 저온저장고의 경우 출하를 위하여 저장고 외로 갑자기 출고 하였을 때 저온상태에서 급격히 높은 기온하에 두어지게 되면 과피는 약해지고 과피의 표면에 물방울이 생겨 과즙으로 인하여 부패의 원인이 되고 과실온도의 급격한 변화로 과실저장은 약해지는 원인이 된다. 따라서 출고를 위한 예조를 하지 않으면 안되며 이는 외기에 적응력을 높여주는 과정으로 출고후 과실 표면에 물방울이 생기지 않게 온도교차, 즉 과실온도와 외기온도와의 온도차가 7-10℃이내가 되도록 온도조절을 하여 주어야 하며 2-3일간 계속하여 외기온도에 가깝게 한 다음 출고하는 것이 유통과정에 변질을 방지하는 방법의 하나이다. 특히 저온저장후 출고하면 잡감류나 오렌지에서는 호반병의 발생과 장해부위의 갈변현상이 심하게 일어나 상품가치를 상실하게 되는데 그 원인은 갈변된 부분이 산화효소의 존재를 확인할 수 있으며 효소적 산화계가 도반병 장해부위에 존재하여 갈변하는데 강하게 작용하는 것으로 추정하고 있다⁵⁰⁾.

제 4 장 농산물 선도연장을 위한 기능성 포장재 현황 및 문제점

전체적인 국민 생활수준이 향상되면서 식품의 신선도에 대한 관심이 높아짐에 따라 국내에서도 각종 선도 유지용 포장재가 개발되고 있으나, 아직까지 식품에의 적용 사례가 불충분하고 그 개념 자체에도 다소 혼란이 있는 것이 사실이다. 그러나 선진국에서는 비교적 사용 기술이 축적되어 있어 선도유지 효과를 상당히 얻을 수 있게 되었다.

최근 들어 식품에 대한 각종 정보가 매우 다양해지고 있지만 그 중에서도 식품의 신선도에 대한 일반인의 관심과 요구는 날로 늘어가고 있다. 과채류, 정육, 선어 등의 신선 식품 중에서도 후자의 2가지는 cold chain에 의해 유통되고 있으나, 이들과 달리 대부분의 과채류는 상온 유통되고 있는데 살아 있는 생체라는 측면에서 볼 때 고도의 신선도 유지 기술이 필요로 되며 더욱이 생체 식품으로서 그 종류에 따라 생리적 특성이 현저하게 다르므로 여러 가지 선도유지 조건에 맞는 적정 포장을 설계해야 할 필요가 있다.

사용 목적에 따른 포장의 종류에는 개별 포장과 운송용 포장이 있다. 과채류의 경우, 개별 포장은 폴리에틸렌 (PE) 필름을 사용하거나 tray와 랩을 이용하는 것이 일반적이다. 또한 운송용 포장에는 골판지 박스를 사용하여 산지에서 (일부 품목의 경우 예냉을 한 후) 소비지까지 운송하는 방식을 주로 채택하고 있다. 현재까지는 이러한 포장 방법으로 농산물의 선도유지 기술이 진행되어 왔으나, 만일 단 하루만이라도 신선도를 더 유지할 수 있다면 그것으로 우선 유통단계에서 여유가 생기고 재고관리도 한층 용이해진다. 특히 생산 시기와 소비 시기가 다른 품목일 경우, 장기간 선도유지가

가능하다면 더욱 더 효과적일 것이다.

이와 같은 상황에서 최근 본 연구원을 포함한 몇몇 연구기관을 중심으로 개발되고 있는 선도 유지용 포장재 및 포장기법이 점차 주목을 받고 있다. 아직까지 국내에는 선도 유지용 포장재는 물론 이를 사용할 목적으로 작성한 실험 결과 및 실증 자료가 부족하고 사용의 필요성 자체에도 인식이 부족한 상태에 있으나, 선진국에는 이미 상당한 자료가 축적되어 있을 뿐만 아니라 선도유지 기술도 어느 정도 체계적으로 정리되어 있는 상태이다. 이에 본 연구원의 산업화 연구부에서는 농림부의 특정 연구과제로서 '농산물의 신선도 유지용 신기능성 MA 포장기법 개발' 과제를 수행하면서 각종 신선도 유지용 포장기술을 개발하고 있는데, 이와 관련하여 포장 선진국인 일본의 시중에서 판매되고 있는 각종 선도유지 제품의 경향과 그 응용 방법을 살펴보면 다음과 같다.

제1절 과채류의 신선도 유지⁶⁵⁻⁷²⁾

대부분의 신선 과채류는 수확 후에도 살아 있는 유기체로서 물질대사와 일반 생리작용을 유지하고 주위 환경조건이 적합할 경우 조직의 성장과 발육이 계속된다. 이러한 대사작용은 일반적으로 수확후 품질변화를 일으키는 주요한 요인이 되므로 과채류의 신선도를 유지하기 위한 필요 조건은 매우 다양하다. 구체적으로 신선도에 영향을 미치는 인자로는 온도, 습도, 산소농도, 이산화탄소 농도, 에틸렌 가스, 진동이나 충격, 병원성 미생물, 빛 등이 있다.

온도는 호흡 속도에 영향을 주어 수확후 손실을 감소시킬 수 있는 가장 중요한 조절 요소 중의 하나이다. 이러한 온도의 영향에 대해서는 일부 품목의 경우 저온 유통시 냉해를 받는 과채류도 있지만 (예를 들어 바나나, 파파야, 레몬, 망고, 파인애플, 감자, 고구마, 오이, 가지, 호박, 생강 등), 일반

적으로는 적정 저온에서 유지되는 것이 유리하다. 더욱이 과채류 초기의 신선도를 유지하기 위해서는 가능한 한 수확후 빨리 예냉시켜야 하는데, 급속히 예냉시키는 방법으로는 저온이 유지되는 장소에서 식히는 공냉 (room cooling), 직접 얼음이나 얼음 가루를 넣는 빙냉 (ice-package cooling), 찬물이나 얼음이 섞인 물로 식히는 수냉 (hydro-cooling), 표면적이 큰 엽채류의 증발열을 이용하여 균일하게 급속 냉각시키는 감압냉 (vacuum-cooling) 방식 등이 있다. 국내에서도 최근에는 예냉이나 저온유통이 가능한 cold chain system을 도입하고자 시도하는 경우가 많다.

일반적으로 과채류의 수분함량은 80~95%로서 그 내부는 수분으로 포화되어 있지만 주변을 둘러싸고 있는 공기는 그렇지 못한 경우가 많아 표피를 통해 수분 증발이 항상 일어나고 있다. 수분 증발은 상품화될 수 있는 과채류 무게의 직접적인 손실을 의미할 뿐만 아니라, 시들어 보여 외양이 좋지 않고 조직감도 좋지 않아 상품 가치를 크게 저하시킨다. 따라서 과채류의 신선도 유지를 위해서는 주변의 상대습도를 내부와 같은 수준으로 유지하는 것이 바람직하다. 그러나 PE와 같은 플라스틱 필름으로 과채류를 완전히 밀봉할 경우 상대습도가 지나치게 높아져서 미생물의 번식을 촉진시킬 수 있으므로 적당한 크기로 구멍을 뚫은 천공 필름 등을 사용하는 것이 보다 습도 조절에 용이할 수도 있다. 근래에는 tray 포장에 고흡수성 (고분자) 소재를 이용하기도 하는데, 극단적으로 수분 조절을 하기 위한 방법의 하나로 행해지고 있다.

과채류는 살아 있는 식물체로서 호흡을 하므로 호흡률을 제어하는 것이 선도유지에 있어 가장 중요한 인자이다. 호흡 속도를 조절하기 위해서는 온도 조절 이외에 환경 기체의 산소 농도 (5~10%)를 낮추고 이산화탄소 농도 (2~10%)를 높일 필요가 있다. 이렇게 환경 기체를 조절하는 저장방법을 CA (controlled atmosphere) 저장이라 하는데 선진국에서는 사과 등의

장기 저장에 이미 사용하고 있다. CA 저장시 각 품목에 대한 적정 환경 기체 조성비는 과채류의 종류와 품종에 따라 차이가 많다 (Table 1). 또한 CA 저장은 장기 저장을 가능케 할뿐만 아니라 여러 가지 생리장해를 감소시키는 효과가 있으나, 시설비와 유지비 부담이 큰 단점이 있으며 일단 적정 기체조성을 이루면 저장고를 자주 열 수 없고 저장물의 품질상태를 알아보기도 어렵다.

한편 과채류의 개별 포장에 대해서도 이와 유사한 MA (modified atmosphere) 효과를 낼 수 있는 방법이 행해지고 있다. 예를 들어 개별 포장하는 과채류의 종류와 수량에 맞도록 적당한 두께의 플라스틱 필름을 사용하면 수동적으로 환경 기체가 조절되므로써 간이 CA, 즉 MA 효과를 나타내는 것으로 알려져 있는데, 현재는 MA 효과를 한층 더 높이기 위하여 산소와 이산화탄소를 선택적으로 투과하는 필름의 개발이 진행되고 있다. 그러나 필름 내부의 기체조성은 주위 온도에 매우 민감하므로 온도 변화가 심한 경우에는 상당한 주의를 필요로 한다.

사과, 매실, 바나나, 키위, 무화과 등의 과채류는 숙성 정도에 따라 에틸렌을 발생한다. 에틸렌은 미세한 양으로 식물의 성장이나 발육에 여러 가지 영향을 미칠 뿐만 아니라 거의 모든 식물에 의해서 생산되기 때문에 하나의 식물 호르몬으로 인정받고 있다. 이러한 에틸렌이 식물체에 미치는 수많은 영향 중에서 가장 대표적인 것은 조직의 노화 현상을 촉진하는 것이다. 따라서 신선도가 요구되는 과채류를 저장할 경우, 에틸렌은 반드시 흡수 또는 제거되어야 한다. 현재까지 에틸렌 가스를 제거하는 소재로는 다공질의 옹회석, 제오라이트, 실리카 등의 무기물이나 과망간산 칼륨, 브롬화합물, 활성탄 등의 다공질 재료가 주로 이용되고 있다. 또한 에틸렌 생성 억제효과가 있는 물질로서 녹두 단백질 추출물이나 노송 추출물 (히노키치올) 등이 알려져 있다. 다공성 무기물을 첨가한 PE 필름은 과채류의 선도

Table 1. Recommended CA/MA conditions of major fruits and vegetables

Item	Temp. ¹ (°C)	Gas composition ²		Effect ³
		O ₂ (%)	CO ₂ (%)	
사과	0	3	3	6~9개월
키위	0	2	5	+++
밀감	3	10	0~2	6개월
감	0	2	8	6개월
배	0	5	4	9개월
복숭아	0~2	3~5	7~9	4주
밤	0	3	6	7~8개월
바나나	12~14	5~10	5~10	6주
딸기	0	0	5~10	4주
메론	0	3	10	6개월
아스파라거스	1~5	air	10~14	+++
완두콩	5~10	2~3	4~7	+
브로콜리	0~5	1~3	5~10	+++
양배추	0~5	2~3	3~6	+++
컬리프라워	0~5	2~3	3~4	+
샐러리	0~5	2~4	3~5	+
배추	0~5	1~2	0	+
오이	8~12	1~4	0	+
피클용 오이	1~4	3~5	3~5	+
부추	0~5	1~6	5~10	+
양상추	0~5	1~3	0	++
버섯	0~5	air	10~15	++
오크라	7~12	air	4~10	+
양파 (날개)	0~5	0~1	0	+
양파 (다발)	0~5	2~3	0~5	+
파슬리	0~5	8~10	8~11	+
후추 (벨기에산)	8~12	2~4	0	+
후추 (칠레산)	8~12	3~5	0~5	+
무	0~5	1~2	2~3	+
옥수수	0~5	2~4	5~10	+
감자	13~16	6~7	3~5	+
토마토	12~20	3~5	0~3	+
치컬리	0~5	3~4	4~5	+

¹ 적정 온도범위를 나타냄 (상대습도는 일반적으로 90~95%)

² 재배 품종, 온도, 저장기간에 따라 조건이 달라질 수 있음

³ CA/MA 적용시의 기대 효과 (+: 보통, ++: 양호, +++: 우수) 또는 선도유지 가능 기간

유지용으로 일찍이 시장에 그 제품이 나왔으나, 에틸렌 흡착력에 한계가 있는 것으로 알려져 있어 별도의 에틸렌 흡착제를 사용하는 경우도 있다. 이상과 같이 과채류의 신선도 유지에는 많은 인자가 관련되어 있으며, 과채류의 종류에 따라 선도 유지의 조건이 각기 달라진다. 따라서 최근에 와서는 각종 선도 유지용 제품을 서로 조합한 신선도 유지 시스템으로서 적용하려는 경향이 많아지고 있다.

제2절 각종 선도유지 제품 및 기능

1. 방운성 (방담) 필름⁷³⁻⁸⁷⁾

PE나 PP 등의 polyolefin 계열 플라스틱 필름으로 포장된 과채류는 증산작용으로 인해 발생된 수증기가 필름 내면에서 결로될 경우 투명성이 떨어져 상품 가치가 낮아질 뿐만 아니라 수분이 국부적으로 응집되어 부패의 원인이 되기도 한다. 이러한 문제를 해결한 것이 최근 들어 사용 빈도가 늘고 있는 방담 또는 방운성 (anti-fogging) 필름이다(Table 2). 플라스틱 필름에 방운 기능을 추가하는 방법에는 계면활성제 도포, 코로나 방전처리에 의한 표면 활성화처리 등의 방법이 있지만, 가장 효과적인 것은 계면활성제를 입히는 방법이다. 주로 사용되는 계면활성제로서는 식품첨가물로 알려진 지방산 에스테르 등이 이용되고 있다.

현재 일본에서 방담 필름으로 가장 많이 사용되고 있는 상품으로는 F&G 필름이 있는데, 이는 T-die로 제조한 다층 OPP 계열의 제품이다. 이러한 필름으로 대과를 포장한 경우 방운 기능이 없는 LDPE 등과 비교할 때 외관상 더 신선한 느낌을 주므로써 상품성의 제고 가능성을 보였다 (井坂, 1990). 표 2에 나타낸 바와 같이 방담 필름은 OPP 계 다층필름이 주류이지만, 최근에는 무연신 CPP 방담 필름이 시판되고 있다. 또한 inflation 법에

의한 IPP 방담 필름도 판매되고 있다. CPP, IPP는 OPP 보다 투명성이라는 측면에 있어서 다소 불리하므로 진열 상품용으로는 OPP가 적절하지만, 가격 면이나 가공 적성, 열접합 강도 등에서는 IPP나 CPP가 더 유리한 점이 있으므로 사용 여부는 내용물에 따라 적절히 결정되어야 한다.

2. 에틸렌 흡착·MA 필름

MA 효과 또는 과채류의 숙성 호르몬인 에틸렌 가스의 흡착 또는 제거 기능을 갖는 선도 유지용 필름으로 일본에서 처음 시판된 상품은 FH 필름이며, 이는 LDPE에 다공질의 대곡석(응회석) 미분말을 첨가한 제품이다. 이러한 형태의 선도 유지용 필름은 시판 초기에는 업소용이 주종을 이루었으나 점차 그 비율이 낮아지면서(업소용 30%, 가정용 70%) 저장 용도의 필름으로 대체되는 경향이 있다. 이는 무기물을 혼입시킨 형태의 선도유지 필름이 투명하지 않아 진열 판매용으로는 다소 상품성이 떨어지기 때문이다. 따라서 앞서 언급한 방운성 필름의 사용이 점점 많아지고 있고, 일본에서의 시장 규모는 월 700~800 ton (1990년 기준)에 달한다.

무기질 혼입(충진) 필름에 사용되고 있는 기체 흡착성 다공질 물질로는 응회석 이외에도 제오라이트, 실리카, 브롬 화합물 등이 있다. 시장 점유율은 응회석 계열의 FH 필름이 가장 많고, 그 다음으로 무수 규산계 세라믹을 첨가한 뉴-에이스(ユニエス)가 많다. 이들의 용도로는 오이, 연근, 브로콜리, 생 표고버섯 등의 포장에 이용되고 있으며, 물냉이(cresson)나 토마토 등에도 비교적 좋은 결과가 나왔다(大山, 1990). 브로콜리를 포장한 후 저장 중 필름 내부의 에틸렌 가스 농도를 측정해 보면 일반 PE에 비해 흡착성 필름을 사용한 경우에 에틸렌 농도가 더 낮게 나타났다고 한다(久保田, 1990).

그러나 이들 무기질 혼입 필름의 선도유지 효과는 제조 회사의 자체 실험

결과로서, 이를 과학적으로 정확하게 평가하기란 쉽지 않다. 특히 에틸렌 흡수성에 대해서는 몇 건의 학술보고가 있었으나 적극적인 선도유지 효과를 부정하고 있으며, 에틸렌 제거 및 원적외선 효과보다는 광물질 혼입에 의한 기체투과성 증대가 오히려 선도유지 효과와 상관성이 있을 것으로 추측되고 있다.

무기질 혼입 필름의 기체투과성은 혼입하지 않은 것에 비해 훨씬 더 크기 때문에 이를 이용하여 과채류를 포장할 경우 적절한 MA 효과를 기대할 수 있다. 참고적으로 Table 3에 나타낸 바와 같이 기체투과성이 큰 플라스틱 필름으로는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리부타디엔, 폴리스틸렌 등이 있으며, 이들의 산소와 이산화탄소에 대한 투과율은 각기 1500~13000, 5000~80000 ml/m² · day · atm (20°C, 65% RH, 25 μm) 정도이다. 예를 들어 키위는 이산화탄소 농도가 일정 수준 이상으로 높으면 생리적 장애를 받는데, 폴리에틸렌과 폴리부타디엔 필름으로 포장하여 저온에서 저장 실험한 결과 이들 필름이 비교적 기체투과성이 커서 키위에 대해 적합한 MA 효과를 주게 되므로 장기간 저장에서도 양호한 상태를 유지하였다. 또한 폴리스틸렌 계의 선도 유지용 필름인 '活菜'로 양상치를 포장하여 선도 유지 여부를 실험한 결과 기존의 일반적인 비닐 포장방법 (포장 상단부를 비틀어 묶음)이나 밀봉 포장에 비해 수축 (shrink) 포장이 중량 감소율, 갈변, 이취 등에서 더 우수한 것으로 나타났다 (中汎, 1990).

3. 항균성 필름

은에 항균성이 있다는 것은 지금까지 많이 보고되어 있다. 항균성이 있는 은을 제오라이트의 결정 구조 중에서 나트륨 이온 (Na⁺)과 치환한 은-제오라이트도 역시 항균성이 우수하다고 인정되어, 이러한 은-제오라이트를 충전한 필름이 시판되고 있다. 플라스틱 필름의 은-제오라이트 충전량은 1~

Table 3. Gas transmission properties of flexible films

Film	Gas ¹ (ml/mil · m ² · day · atm)			Moisture ²
	O ₂	CO ₂	CO ₂ /O ₂	(ml/mil · m ² · day)
Polyethylene (저밀도)	3900-13,000	7,700-77,000	2.0-5.9	18
Polypropylene	1,300-6,400	7,700-21,000	3.3-5.9	10-12
Polystyrene	2,600-7,700	10,000-26,000	3.4-3.8	100-125
Cellulose acetate	1,814-2,248	13,330-15,500	6.7-7.3	1,163-1,395
Polyvinyl chloride	620-2,248	4,263-8,138	3.6-6.9	140-171
Polyvinylidene chloride	15.5	59	3.8	3.1
Rubber hydrochloride	589-50,375	4,464-209,250	4.2-7.6	7.8-10.9
Nylon-6	15.5	31	2.0	126
Polyester	52-130	180-390	3.0-3.5	25-30
Polycarbonate	13,950-14,725	23,250-26,350	1.7-1.8	10.9-17.1
EVOH	3-5	near 0	-	16-18
Ethylcellulose	31,000	77,500	2.5	310
Methylcellulose	1,240	6,200	5.0	3,100
Polyvinyl alcohol	near 0	near 0	-	1,240
Polyvinyl fluoride	50	171	3.4	-
Polychlorotrifluoro- ethylene	11.8	124	10.5	0.3
Cellulose triacetate	2,325	13,640	5.9	74-93
Vinyl chloride acetate	233	853	3.7	62
Ionomer	6000	6000		25-35

¹ 측정 온도 : 25°C

² 측정 조건 : 38°C, 90% RH

5% 정도에 불과하지만, Table 4에 나타난 항균성 실험 결과에서 알 수 있는 바와 같이 항균 스펙트럼이 넓어 표면에서 부패가 일어나는 식품이나 수분 응축으로 부패가 일어나는 식품의 포장에 그 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 아직까지는 안전성 문제로 인해 식품용 포장재로 사용된 예가 없고 식품이 아닌 다른 분야 즉, 수건, 양말 등의 의류, 도마, 싱크대, 수세미 등의 가정용 잡화, 위생용품, 용수 처리 장치 등에 폭넓게 사용되고 있다.

한편 노송 추출물 (히노키치올)이나 겨자 추출유, 마늘의 향미성분 (아릴이소티오시아네이트) 등과 같이 천연 항균제로서 그 기능 및 효과가 알려지기 시작한 휘발성 물질을 플라스틱 포장재에 혼입한 제품들도 출시되고 있다. 이들 물질을 혼입한 포장재는 식품과 직접 접촉하지 않아도 항균 효과를 기대할 수 있으며, 진균류 > Gram+ 균 > Gram- 균 > 유산균의 순서대로 항균 효과를 나타낸다 (Sekiyama, 1995). 이의 항균 기작은 세균의 효소 생성 능력을 저해하므로써 균체의 증식을 억제하는 것으로 알려져 있다. 특히 아릴이소티오시아네이트는 항균 효과뿐만 아니라 과채류의 에틸렌 발생 억제, 갈변 억제 효과 등도 있으나, 휘발성이 크고 불안정하기 때문에 사용상에 어려움이 많다. 이러한 문제를 해결하고자 cyclo-dextrin의 소수성 환형 구조 내에 아릴이소티오시아네이트를 포접시키므로써 보관이나 가공작업시 향미성분의 손실을 없애고, 보존기간을 연장하며, 방출량을 조절하거나 성형작업도 가능하게 만든 제품 '와사파워 (ワサパワー)'를 개발하였다. 다공질 무기물과 함께 접착제를 가하여 알약 형태로 만든 정제 (tablet)와 흡수성 (吸水性) 플라스틱 필름에 도포시킨 판지 (sheet) 형태의 2가지 제품이 있는데, 이들은 각기 형태가 다르지만 식품의 수분이 cyclo-dextrin에 포접된 아릴이소티오시아네이트와 반응하여 휘발되므로써 항균 효과를 나타내도록 만들어졌다.

Table 4. Anti-microbial effect of films incorporated with silver-zeolite

Bacteria	Film*	Initial (CFU/ml)	After 24hr (CFU/ml)
<i>E. coli</i>	1	7.5×10^9	1.3×10^9
	2	7.5×10^5	< 10
	control	7.5×10^5	1.5×10^5
<i>S. aureus</i>	1	5.8×10^9	6.7×10^4
	2	5.8×10^5	< 10
	control	5.8×10^5	1.5×10^5
<i>S. gallinarum</i>	1	3.6×10^9	5.2×10^9
	2	3.6×10^5	< 10
	control	3.6×10^5	4.6×10^6
<i>V. parahaemolyticus</i>	1	1.8×10^9	7.0×10^9
	2	1.8×10^5	< 10
	control	1.8×10^5	5.8×10^5

* 1 : PE(25)/PE(5)

2 : PE(25)/PE(5) with 1% silver zeolite

control : PE(30)

4. 선도 유지용 기능성 판지

과채류나 정육, 생선 등을 개별 포장할 때는 tray와 stretch·shrink 필름을 조합하여 사용하는 경우가 많으므로, tray 혹은 tray 위에 놓는 기능성 판지(sheet)에 선도유지 기능을 갖도록 시도하고 있다. 이와 같은 용도로 개발된 제품을 Table 5에 나타내었다. 흡수성이 뛰어난 고분자나 염화칼슘을 이용하여 수분 조절이 가능하도록 만든 제품도 있고, 고흡수성 고분자와 활성탄을 사용하여 수분 조절과 기체 흡착을 동시에 할 수 있는 제품도 있다.

한편 최근 사용량이 증가하고 있는 기능성 판지에는 생선의 물기를 흡수하는 제품도 있는데, 이는 부직포나 흡수성 고분자 등이 사용되는 것으로 그 종류가 다양하다. 또한 겨자 추출물 등의 항균 효과가 있는 식물체 추출물을 응축수 흡수 판지에 도포하여 사용하는 것도 시험 중에 있으며 일부는 제품으로 출시되었다.

5. 선도 유지제

일본에서 선도 유지제에 대한 연구 개발은 그 역사가 오래되어 1950년대부터 도포제 개발이 시작되었으며 특허도 다수 출원되었는데, 최근에는 에틸렌 흡착용 제품이 가장 많이 개발되고 있다. Table 6과 7에는 현재 시판되고 있는 각종 선도 유지제와 주요 에틸렌 가스 흡착제를 나타내었다.

에틸렌 흡착제가 가장 효과적으로 작용하는 과채류는 매실, 메론, 브로콜리 등이 있으며, 그 외에도 죽순, 배, 토마토 등의 일부 과채류에도 사용되고 있다. 그러나 포장에 사용한 필름의 종류와 두께, 개별 포장한 과채류의 중량 등이 적절하지 못할 경우 아무런 효과도 볼 수 없다. 기본적으로 에틸렌을 비교적 많이 발생하여 품질 열화속도가 빠른 과채류에 대해서는 이와

Table 5. Functional corrugated paper sheets produced in Japan

Commodity	Company	Effect	Application
코스ミック시ール	サンピアコーポレーション	선도 유지	신선 식품
데시코	日本合成化学工業	결로, 과습 방지, 시름 방지, 제습	송이버섯, 표고버섯
타-파이인 S	花王	결로, 과습 방지, 시름 방지, 보냉제	네이블 오렌지, 청매실 배추 순, 생굴
노이바론	積水樹脂	결로, 추습 억제, 수분조절, 손상 방지	굴, 복숭아, 브로콜리
프레스시트	サーモインパック	에틸렌 가스 흡착, 수분 조절, 방담	과채류
調濕 시트	昭和電工	과습 방지, 방담, 조습	
엘베스	ユニチカ	과습 방지, 방담	
保鮮紙	成和化成	에틸렌 흡착, 항균성	딸기, 포도, 버찌, 버섯
크리스트바르紙	日鐵鑛業	에틸렌 흡착, 흡습성	
하트프레스시트 S	本州製紙	온도 조절, 결로 방지	네이블 오렌지, 청매실 등
NS 시트	積水樹脂	온도 조절, 결로 방지	네이블 오렌지, 청매실 등
쿠니스시트	三木産業	온도 조절, 결로 방지	네이블 오렌지, 청매실 등
비치트시트	昭和電工	흡습성	

Table 6. Type and variety of freshness enhancing materials produced in Japan

분류	주 성분	작용 기작	상 품 명	회 사 명		
에틸렌 흡착제	과망간산칼륨	과망간산칼륨을 천연 제올라이트에 흡착시켜 산화 반응을 이용한 분해	에스バック 클린バック CSバック 뷰어라이트KF 그린バック 프레스코 鮮度保持劑V-2 セラストルA	日本グリーンナー 日本クリンバック 白石カルシウム 日本化学工業 レンゴ 信越化学工業 凸版印刷 織田商事		
		다공질의 활성탄에 에틸렌을 흡착시킴	ノイバロン	積水樹脂		
		흡수성 고분자와 활성탄	Eバック ミネクトン フレッシュエバック バイタロン	日本紙業 アライ物産 ト-モク ト-メン		
		기타	エ-ジレスC フレッシュキープ ニ-ブ	三菱瓦斯化学 クラレケミカル 日本化薬		
	철, 귀금속	철 또는 귀금속을 촉매로 에틸렌을 분해	ハトフレッシュC クリスパ-110B セビオライト ド-ソナイト	本州製紙 大江化学工業 豊田通商 三木産業		
	브로모칼륨	브롬과 반응, 분해	フレッシュエ-ス ライブ センバ-フレッシュ	食品流通システム 旭電化工業 三菱化成		
	불명, 기타					
	에틸렌 발생제	알콜	完全バック	白石カルシウム		
	흡습제	고급 수성수지	폴리아크릴산 고분자	ターフアインS サンウエットIM スミカゲル アクアキープ スイトル スイッキ-マット デシコ トッパンシート ビチットシート ノイバロン グルメキ-パー アイテイ- MYBクッションバック クニスシート	花王 三洋化成 住友化学 製鐵化学工業 新興 レンゴ 日本合成化学 凸版印刷 昭和電工 積水樹脂 山仁薬品 セントラル硝子 三菱化学 三木産業	
			수지 + 염화칼슘 불명			
사탕수수 섬유						
천연 밀납				甲東		
물포린지방산염			청과물의 표면에 피막을 형성하여 수분 및 기체의 발산 억제	コート-フレッシュ リンレイワックス ボンドワックス フレッシュャ- ステイフレッシュ フレッシュコート フレッシュキ-ピング クリスパ-110B ポップクリン ノンスメルスカイ	リンレイ ボンドワックス 日本グリーンナー FMCファーイ-スト 月星化成 五智研究所 大江化学工業 フナイ物産 白元 オブテック	
천연 다당류						
단백질·유지						
살균제			이산화염소	산화력에 의한 탈취, 살균	グレーフガード ヒノキチオール バクテキラ- ピロバック	白石カルシウム 成和化成 鏡紡 丸：製紙
				이산화황	살균, 산화방지제	
				히노키치올	살균, 에틸렌 생성억제	
	불명·기타					

Table 7. Ethylene absorbing materials

Commodity	Company	Characteristics	Type
ハトフレッシュ C	本州製紙	에틸렌, 알데히드, CO ₂ 기체의 흡착 활성탄 + 브롬화합물	분말 팩
ピュアライト KF	日本化学工業	에틸렌 흡착, 과망간산칼륨 계열	"
エージレス C	三菱瓦斯化学	에틸렌 흡착	"
クリスパー-110 B	大江化学工業	에틸렌, CO ₂ 흡착, 크리스트바라이트	"
鮮度保持劑 (V-1, V-2, G)	凸版印刷	에틸렌, CO ₂ 흡착, 활성탄	"
クリンパック	日本クリンパック	에틸렌 흡착	"
エスパック	第一農林	에틸렌 산화제, 제오라이트 + 과망간산칼륨	"
	日本グリーンナー		"
セビオライト	豊田通商	무기화합물 재질의 중공(中空) 섬유질로 기체를 선택적으로 흡착	"
フレッシュキープ	クラレケミカル	금속화합물	"
ハイフローラ	パレス化学	에틸렌 흡착 초산은과 티오황산나트륨 혼합물	액체
コートフレッシュK-2C	甲 東	위와 동일	"
フレッシュコール	信越化学工業	활성탄	"
ネオパック	積水樹脂	A : 야자대 활성탄, 머캡탄, 암모니아 탈취 B : 특수 활성탄, 에틸렌 흡착	분말 팩 "
セラストル A	織田商事	SiO ₂ 를 주성분으로 하는 크리스트바라이트	"
CS パック	白石カルシウム	과망간산칼륨을 이용한 에틸렌 산화제	"
ミネクトン	アライ物産	해양 부식물로 만든 다공질 분말	"
フレッシュパック	ト-モク	에틸렌 흡착	"
E パック	日本紙業	세라믹을 이용한 에틸렌 흡착	"
グリーンパック	レンゴ-	에틸렌, 알데히드 흡착, 활성탄 + 브롬화합물	"
ニューグリーンパック	レンゴ-	위와 동일	"

같은 에틸렌 제거제와 에틸렌 생성 억제제를 병용할 경우 큰 효과를 볼 수 있다.

6. 선도 유지용 골판지 상자⁸⁸⁻⁹⁰⁾

일반적으로 과채류나 생화는 산지에서 소비지까지의 운송 포장에 골판지 상자를 주로 사용하고 있으며, 최근에는 예냉 출하하는 품목도 생기고 있다. 이러한 골판지에 선도유지 기능이나 보냉 기능을 갖도록 한 선도 유지용 골판지 제품이 일본의 여러 회사에 의해 시판되고 있는데, 그 종류와 기능을 Table 8에 나타내었으며 구조에 따라 크게 4가지로 구분할 수 있다.

- 내장 liner나 외장 liner에 선도유지 필름을 끼워 넣은 소위 poly-sand 방식의 제품
- 내외 liner에 선도 유지용 필름이나 알루미늄 증착 필름을 적층 (lamination)시킨 제품
- 골판지와 발포 수지를 조합한 제품
- 에틸렌 가스 등을 흡착하는 다공질의 미분말을 초지 (抄紙) 단계에서 혼합한 제품

제품의 기능에 따라서는 보냉, MA, 에틸렌 가스 흡착, 습도 조절용 등 여러 가지가 있지만 전체적으로 보냉용이 가장 많다. 보냉 골판지로 포장할 경우 냉각제의 병용이 일반적이는데, 냉각제로는 보수 (保水)형, 주수 (注水)형, 침적형 등의 종류가 있으나 보수형이 주로 사용되고 있다. 이에 사용되는 보수제로는 polyacrylic acid 염 등의 고흡수성 고분자, PVA, 셀로판, 전분 등이 있다.

Table 8. Functional corrugated paper boxes produced in Japan

Commodity	Company	A*	B	C	Usage
CTM 段ボール	レンゴ-			○	PE 삼입 + CTM 선도유지제 도포
レンクル			○		AI 증착 PET 적층 (라미네이션)
コルフォームS			○		발포제
ハトフレッシュ-B	本州製紙	○	○	○	하드 후레쉬 P (내장)
ハトクル		○	○	○	하드 후레쉬 P + PE 삼입 (외장)
ミラク-ルDAN	ト-モク		○		AI 증착 PET 적층
GB 段ボール		○			PE 삼입
バイオフィレッシュDAN		○		○	PE 삼입 + 향균제 첨가
ダンフレッシュ-S	積水化成工業	○	○		발포 판지 (크라프트지)
ダンフレッシュ-L		○	○		PE 발포 판지 적층
エスレンコンテナ		○	○		PE 발포 판지 적층
ポリダン	石崎産業	○			PE 필름 적층
クルダン			○		AI 증착 PET 적층 + 발포제 적층
FH 段ボール				○	FH 필름 적층
スタイロ段ボール	旭化成工業		○		스티로폼 필름 적층
新スタイロ段ボール		○	○	○	스티로폼 + 에틸렌 흡착제 + 흡수제
フレッシュ-エース	東北工業			○	다공질 미분
ダンブライト	日本マタイ				발포 PE, VM-PET, 기타
E バックシステム	日本紙業	○	○	○	방습필름 적층+에틸렌가스 흡착판지
クルダン			○		
フレッシュ段ボール	山下印刷紙器		○		스티로폼 필름 적층
ST 段ボール			○		
クルパック	クラウンパッケージ		○		AI 증착 PET 적층
PSP 段ボール	三菱油化	○	○		PSP 적층
保冷パック	谷口紙工	○	○		마이크로폼 적층
TKK-フレッシュパック	東洋興業		○		AI 증착 PET 적층 (보온)
TMダンボール	竹内紙器工業	○		○	PE 삼입 + 선도유지제

* A : Humidification

B : Temperature control

C : MA effect

선도유지 골판지 중에서도 근래에 수요가 급증하고 있는 것은 생화용으로 서, 제오라이트와 같은 첨가제를 혼입한 LDPE를 내부 liner에 적층한 형태가 있고, 외표면에 알루미늄 증착 가공을 한 형태도 있다. 이러한 골판지를 사용한 예로는 카네이션, 장미, 안개꽃, 국화 등이 있으며 (長田, 1989), 선도 유지용 골판지와 더불어 호흡작용을 억제하는 식물 호르몬인 CTM을 병용하기도 한다.

과채류의 선도유지에는 많은 요인이 관계하므로 최근 일본에서는 각종 선도유지 제품을 조합하여 선도 유지용 total system으로 적용하고자 하는 경향이 강해졌다. 예를 들어 사과, 배, 감, 귤, 유자, 키위 등의 과일 장기 보존용은 물론 죽순, 브로콜리, 오이, 가지, 시금치, 아스파라거스, 매실 등의 채소 유통 출하용으로도 이러한 시스템이 적용되고 있다. 특히 송이버섯의 경우 과채류로서는 매우 고가이고 신선도에 따라 가격의 차이가 크며 수입량도 많아 운송시 선도유지가 반드시 필요한 품목이다. 더욱이 송이는 호흡량이 많고 호흡열이 높으며 증산작용이 급격하여 불량품이 발생하기 쉽다. 이러한 송이에 적용되는 선도 유지용 total system의 일례로 외부 상자는 알루미늄 증착 PET를, 내부 상자에는 내면에 발포성 PS 판지를 입힌 골판지를 사용하고 (바깥 liner에 적층한 골판지를), 보냉제는 물론 수분 흡수 및 에틸렌 흡착 성능이 있는 부직포 계열의 판지로 구성된 제품이 있다.

일본에서 수입하는 송이버섯의 대부분이 국내에서 채취된 것임을 굳이 강조하지 않더라도, 고품질의 농산물 상품을 제값에 출하하므로써 국산 농산물의 경쟁력을 높이고 아울러 농민의 소득 증대에 기여하기 위해서는 이러한 선도 유지용 포장기술 개발에 더욱 더 심혈을 기울여야 할 것으로 판단된다.

제3절 결론

신선 식품의 품질저하는 여러 가지 환경요인의 영향을 받아 일어나는 것이므로 어느 한가지 방법만으로는 완전히 해결할 수 없다. 따라서 선도 유지에 가장 효과적인 방법을 선택하기 위해서는 과채류의 생리 특성과 포장소재의 특성, 두 가지 모두를 정확하게 이해하지 않으면 안된다. 과채류는 어떠한 방법으로도 수확 초기의 품질 이상으로 만들 수 없으므로 처음부터 품질이 좋은 것을 수확할 수 있도록 유의해야 한다. 더욱이 동일한 품종이라도 재배 관리나 수확 시기에 따라 선도유지 효과가 다르고, 수확 시기가 적절했다 하더라도 저장 온도 및 포장재 선정이 부적합할 경우 선도유지에 장애 요인이 되므로 각별한 주의가 요구된다. 포장재에 관해서는 우선 수분, 산소·이산화탄소의 기체투과도를 비교하고, 아울러 새로운 선도유지용 기능성 소재의 작용 기구 등을 검토하여 적용하는 것이 필요하다. 특히, 과채류에 있어서는 저온 저장이 매우 효과적이므로 앞서 살펴본 여러 가지 기능성 포장재의 활용은 물론 예냉과 보냉을 포함한 보다 종합적인 신선도 유지 시스템으로서의 적용을 고려해야만 한다. 향후 이와 같은 점을 체계적으로 검토하여 신선 농산물의 올바른 선도유지용 포장기법을 정립해야 할 것이다. 다만 신선도 유지를 위한 과대 포장은 경제적 부담과 폐기물 문제를 야기할 수 있으므로 이점에 대해서도 각별히 고려해야 할 필요가 있다.

제 5 장 제올라이트함유 필름의 시험제조 및 선도유지효과 예비조사

제1절 서설

1차년도 연구에서는 기능성 포장재의 개발을 위해 기능성을 부여할 수 있는 소재로서 제올라이트를 선발한 후 이의 가공 방법에 따른 소재의 변화된 특성을 분석하였고 이를 폴리에틸렌 수지에 넣어 필름으로 성형한 후 필름의 물성을 조사하였으며 시험제조한 필름을 이용하여 사과, 배, 감귤 등을 포장, 저장하면서 포장재에 따른 선도 유지효과를 분석하였다.

제2절 기능성 소재가공

국내산 천연 제올라이트를 소재로 가공하여 이를 소재로 하여 에틸렌가스의 흡착 및 탄산가스와 산소의 투과도를 개선시킬 수 있는 신선농산물 포장재의 제조를 시도하였다. 신선농산물의 선선도연장을 목적으로한 기능성 필름소재가공을 위하여 제올라이트의 가스흡착비면적을 증대시키기 위한 처리로 1차 열처리 방법을 시도하였고 2차로 산, 염기처리를 시도하였으며 처리후 각 소재의 물성을 조사하였다.

제올라이트 소재의 가공은 원광을 Jaw crusher (Bico. 사의 model 59892)로 조쇄한 후 Roll crusher (Joy manufacturing 사의 Denver model 04-177574-001-1)로 습식 마쇄 (wet grinding)하여 105℃에서 건조 후 채로 쳐서 150 mesh 이하의 것만을 가공용 분말시료로 사용하였다. 열처리는 분말시료를 500, 700, 800, 900, 1000 및 1100℃로 초고온가열로 (대웅화학기재사의 Silicon muffle furnace, size : 200×150×150 mm)에서 30분씩 가열한 후 방 냉하여 사용하였다(Table 9).

열처리 후 천연제올라이트의 성분조성을 분석한 결과 SiO_2 은 66.34%, Al_2O_3 13.89%, Fe_2O_3 1.55%, CaO 2.10%, MgO 0.72%, K_2O 2.67% Na_2O 2.62% 등으로 나타났다. 또한 제올라이트를 1,200°C에서 1시간동안 가열 후의 구성 성분 변화를 조사하였던 바 SiO_2 함량이 72.40%로 원석 천연 제올라이트에 비해 크게 높아졌으며 residue 함량이 1.30%로 크게 낮아졌다. 이는 Suzuki 등의 보고에서도 가열온도가 높아질수록 중량감소가 커졌으며 600°C 가열로 11%의 중량감소가 있었음을 보고하고 있다. 제올라이트군 중에서 어떠한 제올라이트 종으로 구성되어 있나를 구명하기 위하여 X-ray diffraction을 한 결과 mordenite가 주요 구성광물인 것으로 나타났다. 천연 제올라이트 분말과 이 분말을 500°C와 700°C에서 30분간 가열한 후 가열온도에 따른 X-ray diffraction으로 결정상태를 살펴 본 결과, 천연제올라이트 분말의 회절 peak가 가장 강하게 나타났고 가열처리 온도가 높아질수록 회절 peak는 감소되어 제올라이트 고유의 다공성 결정구조가 점점 붕괴되어 감을 알 수 있었다. 열처리한 시료들의 비표면적을 측정한 결과 천연 제올라이트분말의 비표면적은 70.90 m^2/g 이었다. 700°C로 30 분간 가열한 제올라이트의 비표면적은 27.65 m^2/g 이었고 900°C의 경우는 11.40 m^2/g , 1,100°C로 가열시는 2.12 m^2/g 으로 가열온도가 상승함에 따라 제올라이트 소재의 비표면적이 급격히 감소하는 경향을 나타냈다. 이상의 결과에서 열처리한 제올라이트를 신선도 연장용 소재로 선택하기에는 부적합한 것으로 나타남에 따라 제올라이트 분말소재의 비표면적을 증대시키기 위하여 화학적처리로 산 염기처리방법을 시도하였다(Table 10).

산, 염기처리는 제올라이트 분말을 환류냉각기가 부착된 활성화장치에 넣고 100°C로 1시간 동안 가열 및 교반한 후 여과하여 처리용액이 완전히 제거될 때까지 증류수로 세척하였다. 처리용액은 1차로 1 N 농도의 HCl, NaOH 및 HCl 처리후 NaOH 용액 으로 각각 처리하여 소재를 생산했다. 이 소재들의

물성을 조사 분석하였다. 분말 시료를 1N HCl, 1N NaOH 및 1 N HCl 용액과 1 N NaOH 용액에서 각각 1시간씩 처리한 것들의 각 소재별 비표면적을 조사하였던 바 1 N HCl 용액만으로 처리한 분말 제올라이트의 비표면적은 $300.29 \text{ m}^2/\text{g}$ 으로 나타났으며, 1 N NaOH 용액으로 처리한 것은 $54.93 \text{ m}^2/\text{g}$ 이었고, 1 N HCl로 처리한 후 이를 다시 1N NaOH 용액에서 병용 처리한 것은 $90.78 \text{ m}^2/\text{g}$ 로 산처리한 시료의 비표면적이 크게 나타났다.

이 소재를 고구배 자력 선별기에서 15,000 gause로 3회 통과시킨 결과 비표면적은 $369.67 \text{ m}^2/\text{g}$ 으로 처리하지 않은 소재보다 12.2%정도 비표면적이 커졌으며 이에 따라 에틸렌가스 흡착능이 높아졌다. 이는 제올라이트 분말 내의 철성분의 감소를 가져와 에틸렌가스 흡착량이 증가된 것으로 추측된다. 따라서 제올라이트를 산처리후 0.5 N NaCl 처리를 하고 HIMS 를 통과시켜 이를 에틸렌가스 흡착용 소재로 택하였다.

제3절 기능성 MA필름 생산 및 필름의 물성

필름의 생산은 먼저 소재와 플라스틱 레진을 혼합하는 마스터 배치 공정을 거치는데 이는 가공된 제올라이트 분말과 LLDPE resin을 7 : 3의 중량비로 섞어 스팀식 mixing roll에 넣고 150°C , 6 min. air pressure $7 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 의 조건으로 3~5차례 mixing한 후 pellet상으로 절단하여 master batch를 만들었다. 가공한 제올라이트 분말의 혼입량이 전체 생산된 필름 중량의 5%가 되도록 LLDPE resin을 추가로 혼입시켜 이를 inflation 필름압출기 (신화공업주식회사, Model SE-70)에 넣고 170°C 로 압출가공하여 제조했다. 이때의 압출조건은 die 온도 170°C , die 직경 200 mm, rotating speed 450 rpm, 필름 폭은 40 cm, 두께 $25 \mu\text{m}$, $40 \mu\text{m}$, $50 \mu\text{m}$, $60 \mu\text{m}$ 의 필름을 생산했다. 생산한 필름의 종류는 1 N HCl 용액만으로 산처리한 분말시료(C)로 두께 $25 \mu\text{m}$, $40 \mu\text{m}$, $50 \mu\text{m}$, $60 \mu\text{m}$ 의 필름과 1N LLDPE resin으로 25, 40, 50, 60 μm 두께의 대조

구용 필름을 생산하였다. 국내 유통중인 LLDPE 필름, 포장구 L의 수분투과도는 두께가 25 μm 일때 $30.1 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ 였고, 두께가 40 μm 인 포장재는 $2.2 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$, 두께가 50 μm 인 포장재는 $1.1 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$, 60 μm 인 경우 $0.6 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 로 기 보고된 25 μm 두께의 LDPE 필름의 투습도가 $20 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 이라는 연구결과에 비해 높게 나타났다(Table 11).

1 N HCl 처리한 분말시료로 만든 포장구 C의 수분투과도를 살펴보면 두께 25 μm 필름의 경우 포장구 C는 $45.2 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 이었고, 두께 40 μm 경우 포장구 C는 $18.6 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 을 나타냈고 두께 50과 60 μm 의 경우 각각 8.3과 $6.5 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 을 보였다. 산소투과도를 살펴보면 LLDPE 필름의 경우 두께 25 μm 에서 $9,146 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 이었고 두께 40 μm 는 5800, 두께 50과 60 μm 는 각각 4,000과 $3,500 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 로 나타나 두께가 두꺼워짐에 따라 산소투과도는 낮아졌다. McDonald 등은 LDPE 필름의 O_2 투과량은 $3,000 \text{ ml/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 이상이었다고 했으며 Hagenmaier 등도 왁스 코팅한 과실의 포장용 필름으로 O_2 투과량이 470에서 $22,000 \text{ ml/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 정도가 필요하다고 했다.

포장구 C에서 25 μm 두께의 산소투과도는 $18,105 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 였고 두께 40 μm 의 경우 $10,112 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 였으며 두께 50과 60 μm 의 경우는 각각 7,247과 $6,322 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 으로 나타났다. 포장구 N에서 두께 25 μm 필름의 산소투과도는 $17,183 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 이었고 두께 40 μm 필름은 $8,665 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 였으며 두께 50과 60 μm 필름은 각각 8,967과 $7,1529 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ 으로 나타났다. 이산화탄소의 투과도를 조사한 결과, L 포장구들은 두께 25 μm 에서는 21,123였고 40 μm 에서는 12,543였으며 50과 60 μm 에서는 각각 8,222와 $7,844 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 였다.

포장구 N의 경우도 두께 25 μm 에서 41,322이었고 두께 40 μm 에서는 32,657이었으며 두께 50과 60 μm 에서는 각각 18,117와 $15,754 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 였다.

Table 9. Specific surface area of zeolite powder by temperature

Temperature, °C	Control	700	800	900	1000	1100	1200
Specific surface area, m ² /g	75.2	27.7	19.9	11.4	6.15	2.12	4.29

Table 10. Specific surface area of zeolite powder treated by chemicals

Treatment	Control	1N HCl	1N NaOH	1N HCl+1N NaOH
Specific surface area, m ² /g	75.2	300.3	54.9	90.78

Table 11. Comparison of gas transmission rate and water vapor permeability of films

Film	Thickness (μm)	Gas transmission rate (cc/m ² · 24h · atm)		Water vapor permeability (g/m ² · 24h · atm)
		O ₂	CO ₂	
PE	25	9.146	21,123	30.1
	40	5,800	12,543	2.2
	50	4,000	8,222	1.1
	60	3,500	7,844	0.6
CE	25	18,105	42,755	45.2
	40	10,112	33,654	18.6
	50	7,247	20,817	8.3
	60	6,322		6.5
NE	25	17,183	41,322	68.1
	40	11,665	32,657	19.9
	50	8,967	18,117	10.8
	60	7,152	15,754	9.5

²⁾ 필름 두께: 25, 40, 50, 60 μm

PE: 선상저밀도 폴리에틸렌 필름 (LLDPE)

CE: LLDPE 수지에 산처리한 기능성소재가 혼련된 필름

NE: LLDPE 수지에 산처리한 소재를 0.5N NaCl 용액으로 2차 처리한 소재로 만든 필름.

Hagenmaier 등도 CO₂ 투과량이 O₂에 비해 2~8배 더 높아진다고 이미 보고한 바 있으며 하 등도 LDPE 필름의 O₂와 CO₂ 투과량에 대해 보고한 바 포장재간 두께간 및 측정온도와 상대습도에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 필름들의 인장강도를 측정한 결과 포장구 L (LLDPE) 필름에서 평균 두께 25 μm 는 세로방향이 580 kg/cm², 가로 (폭)방향이 325 kg/cm²였고 두께가 두꺼워짐에 따라 강도는 증가했다(Table 12). 필름 C에서 25 μm 는 세로가 219, 가로 (폭방향)이 150 kg/cm²이었고 50 μm 는 349과 211 kg/cm²로 각각 나타났으며 필름 N에서 두께 25 μm 은 세로가 222, 가로가 145 kg/cm²였고 두께 50 μm 에서는 317과 235 kg/cm²을, 두께 60 μm 에서는 365과 263 kg/cm²를 각각 나타냈다. 분말시료가 함유된 필름 C와 필름 N의 경우 이들의 인장강도는 동일 두께의 LLDPE에 비해 2~3 배정도 낮았다.

각 필름들의 신장율을 측정한 결과 두께가 25 μm 인 PE 필름은 세로쪽이 411%가 늘어났고 가로 (폭)쪽이 899%로 나타났고 두께 40 μm 필름은 475%와 980%를 각기 보였으며, 또 두께 50 μm 필름은 515%와 866%를 나타냈으며 두께 60 μm 에서 589%와 978%를 나타냈는데 필름 두께가 두꺼워짐에 따라 신장율도 대체로 증가하였다(Table 13). 또 분말소재가 혼입된 포장구 CE 필름의 경우 두께 25 μm 필름의 신장율은 세로쪽에서 160% 였고 가로쪽이 525% 를 나타냈다. 두께 40 μm 는 233%와 591%를 각기 나타냈으며, 두께 60 μm 는 각각 377%와 695%를 나타냈다.

또 분말소재가 혼입된 포장구 NE 필름의 경우 두께 25 μm 필름의 신장율은 세로쪽이 221%였고 가로쪽이 781%였으며, 두께 40 μm 필름은 275%와 860%를 각각 나타냈다. 이는 대조구인 PE 필름에 비해 분말소재 혼입 포장구가 2.17배에서 1.65배정도 신장율이 감소되었다. 시험 제조한 필름의 인열강도를 측정한 결과 대조구인 PE 필름의 경우 두께 25 μm 에서 세로는 87.5, 가로는 103.1 kg/cm였고, 두께 50 μm 에서 115.1와 188.4 kg/cm로 나타났다. 분

Table 12. Comparisons of tensile strength of films

Film		Thickness (mm)			Tensile strength (kg/cm ²)	
		Maximum	Minimum	Mean	Lengthwise	Crosswise
PE	25	0.023	0.018	0.020	580	325
	40	0.032	0.028	0.030	681	468
	50	0.046	0.035	0.040	795	577
	60	0.061	0.055	0.057	811	604
CE	25	0.022	0.018	0.020	219	150
	40	0.032	0.028	0.030	266	164
	50	0.045	0.036	0.041	349	211
	60	0.062	0.057	0.059	377	257
NE	25	0.022	0.018	0.020	222	145
	40	0.034	0.026	0.030	285	168
	50	0.045	0.036	0.041	317	235
	60	0.067	0.054	0.060	365	263

Table 13. Comparisons of elongation rate of films

Film		Thickness (mm)			Elongation rate (%)	
		Maximum	Minimum	Mean	Lengthwise	Crosswise
PE	25	0.023	0.018	0.020	411	899
	40	0.032	0.028	0.030	475	980
	50	0.046	0.035	0.040	515	866
	60	0.061	0.055	0.057	589	978
CE	25	0.022	0.018	0.020	160	525
	40	0.032	0.028	0.030	233	591
	50	0.045	0.036	0.041	310	650
	60	0.062	0.057	0.059	377	695
NE	25	0.022	0.018	0.020	211	781
	40	0.034	0.026	0.030	275	860
	50	0.045	0.036	0.041	378	890
	60	0.067	0.054	0.060	425	933

말시료가 혼입된 필름 CE와 필름 NE에서 강도는 1/2~1/3배 수준이었으나 농산물의 포장용 필름으로는 사용상 무난한 것으로 판단되었다(Table 14).

광투과율은 PE 필름의 경우 두께 25 μm 에서 86.2%, 40 μm 에서 85.3%, 45 μm 는 84.7%로 두께가 두꺼워짐에 따라 광투과율이 다소 낮아졌다(Table 15). 분말소재가 혼입된 CE 필름의 경우 두께 25 μm 에서 45.2%, 50 μm 는 33.5%로 나타났고 NE 필름의 경우 두께 25 μm 에서 49.2%, 50 μm 에서는 36.1%로 각각 나타나 분말소재가 혼입된 필름이 일반 PE 필름보다는 광선투과율이 낮았다.

헤이즈도를 조사한 결과, 일반 PE은 두께 25 μm 15.2%, 두께 40 μm 는 16.7% 였고, 두께 50 μm 는 17.9%로 두께가 두꺼워짐에 따라 Haze는 증가했다. 분말 소재가 첨가된 CE 필름의 경우 25 μm 는 37.0%, 두께 50 μm 에서는 37.4%로 나타났다. 포장구 NE 필름구는 25 μm 의 경우 49.2% 였고 두께 40 μm 는 36.4% 였으며 50 μm 는 36.1%를 나타냈다.

에틸렌 가스흡착량 비교시험을 한 결과 40 μm 두께의 필름 포장구 L, 포장구 C 및 포장구 N의 에틸렌가스 흡착량을 조사한 것은 다음과 같다. 초기 C_2H_4 농도는 6.38 ppm 이었고 필름 L의 저장 9일후 까지도 거의 변화가 없었으나 포장구 C는 저장 1일 5.6 ppm 였으며 9일 후 4.7 ppm으로 나타났고 포장구 N는 1일 후 4.9 ppm에서 9일 후 3.6 ppm으로 나타나 포장재 N의 에틸렌가스 흡착능이 가장 우수한 것으로 나타났다.

측정용 필름들의 크기는 17×50 cm, 두께 30 μm 였다. 이때 분말소재가 함유된 포장구 C 및 포장구 N 필름 17×50 cm의 무게는 3.66 g이었으며 여기에는 0.183 g의 분말시료가 포함되어 있다. 즉 분말시료들 중 포장구 N의 분말시료는 0.183 g이 에틸렌 가스를 1일 후에는 1.83 ppm, 9일 후에는 2.88 ppm을 흡착할 수 있다고 추측되었다. 이와 같이 분말시료를 산처리 등의 공정을 통해 제올라이트 분자 구조 중에 양이온들이 치환되어 이들이 에틸렌가스와 결

Table 14. Comparisons of tear strength of films

Film	Thickness (mm)			Tear strength(kg/cm)		
	Maximum	Minimum	Mean	Lengthwise	Crosswise	
PE	25	0.023	0.018	0.020	87.5	103.1
	40	0.032	0.028	0.030	95.7	153.6
	50	0.046	0.035	0.040	115.1	188.4
	60	0.061	0.055	0.057	123.6	202.9
CE	25	0.022	0.018	0.020	42.5	45.3
	40	0.032	0.028	0.030	53.3	54.6
	50	0.045	0.036	0.041	69.5	73.1
	60	0.062	0.057	0.059	75.4	82.7
NE	25	0.022	0.018	0.020	30.3	59.5
	40	0.034	0.026	0.030	44.9	87.7
	50	0.045	0.036	0.041	59.4	104.4
	60	0.067	0.054	0.060	62.7	119.3

Table 15. Comparisons of light transparency and haze of films

Film	Light transparency (%)			Degree of haze (%)		
	25 μ m	40 μ m	50 μ m	25 μ m	40 μ m	50 μ m
L	86.2	85.3	84.7	15.2	16.7	17.9
C	45.2	38.1	33.5	37.0	38.1	39.5
N	49.2	36.4	36.1	35.5	36.4	37.4

합하거나 제올라이트 ($18.13 \times 20.49 \times 7.52 \text{ \AA}$)의 8각 구조 속에 에틸렌 가스가 흡착되어 에틸렌 가스 농도가 저장기간이 경과함에 따라 낮게 나타난 것으로 판단되었다.

제4절 제올라이트 함유 포장재를 이용한 농산물의 선도연장 효과

1996년산 수확적기의 사과와 배를 각각 충북 충주와 전남 나주에서 현지 구입 (10월 15일)하였으며, 감귤은 1997년 5월에 제주도 서귀포에서 하우스 감귤을 현지 구입하여 본 시험의 재료로 사용하였다. 대조구 (control)는 선별한 시료를 조심스럽게 박스에 다시 넣고 테이프로 밀봉하였으며, 포장구는 LDPE (low density polyethylene)와 5% (w/w)로 기능성 소재를 각각 첨가하여 만든 film으로 포장하여 저장하였다.

1. 사과

가. 포장내 기체조성 변화

사과를 1차년도에 실험제조한 제올라이트를 첨가한 필름으로 포장하여 0°C 에 저장한 후 경시적으로 포장내의 산소가스 농도를 측정하였다(Table 16). 두께가 $30 \mu\text{m}$ 의 얇은 필름이 $50 \mu\text{m}$ 두께의 film 보다 산소 농도가 높게 유지되었다. 산소의 농도가 가장 높게 유지된 LD30은 저장 194일 후 산소의 농도가 17.1%였으며 산소농도가 가장 낮게 유지된 CE50의 경우 12.3%였다.

한편, 0°C 에 포장하여 저장한 사과의 CO_2 가스 농도를 측정한 결과(Table 17) 저장기간 동안 CO_2 가스의 변화 경향은 초기에 급하게 증가하다가 저장 33일 후부터는 완만한 증가를 보였다. CO_2 가스 역시 $50 \mu\text{m}$ 두께의

Table 16. Changes in O₂ concentration (%) of film packagings for apples during storage at 0°C

Item	Packaging method	Storage time (day)			
		Initial	33	64	194
O ₂ (%)	LD30	20.5	19.35	19.17	17.10
	LD50	20.5	18.82	17.64	13.80
	CE30	20.5	19.06	18.83	16.40
	CE50	20.5	17.12	16.82	12.30

Table 17. Changes in CO₂ concentration (%) of film packagings for apples during storage at 0°C

Item	Packaging method	Storage time (day)			
		Initial	33	64	194
CO ₂ (%)	LD30	0.00	1.82	1.37	2.20
	LD50	0.00	1.51	1.96	3.20
	CE30	0.00	1.54	1.45	2.20
	CE50	0.00	2.05	2.18	3.40

필름이 투과도가 낮아서 포장내 가스 함량이 많은 것으로 생각된다. 30 μ m 두께의 필름은 CO₂ 함량변화가 LD나 CE가 거의 차이가 없었으나 50 μ m 두께의 필름은 LD보다 CE의 가스 함량이 저장기간 동안 더 높게 유지되었다.

나. 중량손실률

0°C에서 저장한 사과 중량감소율을 조사한 결과를 살펴보면 포장하지 않고 무처리 저장한 경우 저장기간 194일 동안에 초기 중량에 비해 약 3.75%의 중량감소를 보였다. 포장구는 LDPE보다는 ceramic 필름이 중량손실이 다소 컸으며, 50 μ m의 두꺼운 필름이 중량손실의 억제에는 더 효과가 있었다. 이러한 결과는 LDPE 보다 ceramic 필름의 수분투과도가 높아 포장구 내의 수분 증발이 용이한 때문으로 생각된다.

다. 경도

저장기간중 사과의 경도를 측정된 결과를 살펴보면 0°C에 저장하면서 경시적으로 조사한 사과의 경도는 대조구와 LDPE, ceramic 필름 포장구의 경우 모두 저장기간 동안 서서히 감소하여 저장 194일 후 초기 2.11 kgf에서 모두 1 kgf 이하였다. 각 포장구와 그리고 대조구와 포장구간의 경도의 변화는 크게 차이가 나지는 않았다.

라. 색변화

사과를 0°C에 저장하며 저장기간 동안 객관적 색 평가를 위해 색차계를 이용하여 L, a, b value를 측정하였다. 사과의 색은 저장기간 동안 명도는 조금씩 감소하였고 a와 b value는 변화는 미미하였으며 처리구간의 차이도 없었다. L value는 초기 48.92에서 대조구가 저장 33일 후 48.77, 194일 후

47.34로 감소한 반면 CE50은 저장 33일 후 48.92, 저장 194일 후 47.84로 가장 작은 감소를 보여 사과색변화 방지에는 CE50이 가장 좋은 값을 보였으나 처리구간의 유의차는 없었다.

마. 비타민 C

사과의 저장중 비타민 C 함량의 변화를 조사하였던바 0℃에 저장한 사과의 비타민 C는 저장기간 동안 서서히 감소하였다. 사과의 초기 비타민 C 함량은 3.67 mg%로 대조구는 저장 초기에 많은 감소를 하여 2.84 mg%였고, 그 후 조금씩 계속 감소하여 저장 194일 후에는 1.92 mg%로 가장 낮은 비타민 C 함량을 보였고, 포장구는 50 μm 두께의 필름이 30 μm 두께 필름보다 비타민 C 함량 손실이 적었다. LD50과 CE50의 경우 저장기간 동안 37일 후 각각 3.15, 3.05 mg%이었고, 저장 194일 후에는 2.71, 2.51 mg%로 비교적 높은 비타민 C 함량을 보였다.

2. 배

가. 포장내 기체조성 변화

배를 film으로 포장하여 0℃에 저장한 후 경시적으로 포장내의 산소가스 농도를 측정하였다(Table 18). 전반적으로 두께가 두꺼운 필름은 O₂ 함량이 낮고 얇은 필름이 O₂ 함량이 높았다. 즉, 20 μm 필름이 40 μm 필름보다 O₂의 농도가 높았다. O₂가 가장 높게 유지된 CE20은 저장 초기 33일 후 16.16%이었고 저장 194일째에는 O₂ 농도가 12.0% 였으며 O₂의 농도가 가장 낮은 CE40의 경우 6.3%였다.

산소농도는 저장기간 동안 6.3~12.0%까지 감소하였으나 배의 최적 산소농도인 2~3% 수준에는 도달하지 못했으며, 호흡억제 가능농도인 10% 이하는 LD40과 CE40만이 가능하였다.

Table 18. Changes in O₂ concentration (%) of packagings for pears during storage at 0°C

Item	Packaging method	Storage time (day)			
		Initial	33	64	194
O ₂ (%)	LD20	20.50	16.16	16.46	12.00
	LD40	20.50	14.06	13.94	8.95
	CE20	20.50	13.94	18.09	11.79
	CE40	20.50	8.90	11.79	6.30

Table 19. Changes in CO₂ concentration (%) of packagings for pears during storage at 0°C

Item	Packaging method	Storage time (day)			
		Initial	33	64	194
CO ₂ (%)	LD20	0.00	2.22	2.07	4.00
	LD40	0.00	3.29	3.10	5.11
	CE20	0.00	1.46	1.38	3.20
	CE40	0.00	3.67	3.15	5.10

한편, 0℃에 포장하여 저장한 배의 CO₂ 가스 농도를 측정한 결과(Table 19) 저장기간 동안 CO₂의 변화 경향은 초기에 급하게 증가하다가 저장 33일 후부터는 완만한 증가를 보였다. 저장 33일 후 CO₂ 가스 농도가 전반적으로 1.46~3.67%에서 그 후 3.2~5.1%로 서서히 증가하였다.

나. 중량손실을

0℃에서 저장하면서 배의 중량감소를 경시적으로 조사한 결과 대조구의 경우 저장기간 동안 높은 중량감소를 보였다. 저장 28일 후에는 0.71%였으며, 저장 65일 후에는 1.84%, 194일 후에는 초기 중량에 비해 약 7.18%의 중량감소를 보였다. 반면, 포장 처리구들의 경우는 전체 저장기간 동안 중량의 감소가 미미하였으며 포장 처리구간에는 20 μm보다 40 μm 필름으로 포장한 배의 중량손실이 적었다. 저장 194일 후 LD40과 CE40의 경우 중량감소가 거의 없었으며, LD20과 CE20은 각각 0.06%, 0.3%였다.

다. 경도

저장기간별로 경도를 측정한 결과(Table 20) 배의 경도는 0℃에 194일간 저장하는 동안 약 35% 정도 감소하였으며, 경도 초기값이 1.80 kgf였던 것이 대조구는 저장 15일 후 1.59 kgf, 저장 56일 후 1.46 kgf, 저장 194일 후에는 1.05 kgf였다. LDPE, ceramic 필름 포장구의 경우 20 μm 필름 포장구의 경우 무포장구보다 저장 194일 후 더 낮은 값을 보였으나 LD40과 CE40은 각각 1.33 kgf, 1.20 kgf로 무포장구에 저장한 배보다 연화가 지연되는 경향이였다.

라. 색변화

0℃에서 저장하며 저장기간 동안 배 과육의 색변화를 colorimeter로 측정하였던 바 배 내부조직의 L 값 (lightness)은 저장기간 동안 전반적으로 조금

씩 감소하였으나 a와 b 값은 변화가 미미하였다. 무포장 대조구는 초기 L 값이 69.8에서 저장 15일 후 68.57, 56일 후 67.66, 저장 194일 후 66.24로 감소하였다. 그러나 포장구는 대조구에 비해 저장하는 동안 배 내부조직의 L값의 변화가 약간 억제되었다. L 값의 변화가 가장 작은 40CE 포장구의 경우 저장 15일 후 69.09, 56일 후 68.87, 저장 194일 후 68.77이었다. 이러한 결과로 CE 필름으로 배를 포장, 저장시 배의 과피색을 보다 우수하게 유지할 수 있음을 알수 있었다.

마. 비타민 C

배를 포장하여 0℃에 저장한 후 비타민 C 변화량을 조사한 결과(Table 21) 배의 초기 비타민 C 함량은 3.67 mg%였으며 대조구인 무포장구는 저장 194일 후 1.68 mg%로 약 50%의 감소를 보였으나 포장구는 19~27%의 감소를 보여 배는 MA 포장을 한 것이 포장을 하지 않은 것에 비해 비타민 C의 손실을 억제하는데 효과가 높은 것으로 나타났다. .

바. 포장재 및 포장방법에 따른 최소가공한 배의 선도연장효과

제올라이트를 함유한 필름을 이용하여 과피를 제거한 후 과육을 절단하여 포장한 배의 선도연장효과를 비교하였다. 저장 중 절단 배의 과육색을 비교하였던 바 제올라이트 함유 포장구의 경우 폴리에틸렌 필름 포장구에 비해 갈변의 정도를 나타내는 L값의 변화가 적은 것으로 나타났으며 감압포장하였던 포장구의 경우와 비교시 에도 갈변이 적게 발생하였다(Table 22).

절단한 배를 일반 상온 유통조건을 고려하여 20℃에서 2일간 저장한 후 경도, 가용성고형물 함량, 산도, 미생물 총균수 등을 포장방법별로 비교하였던 바 제올라이트를 함유한 필름에 포장하였던 배의 경도는 191.3 kgf로 일반 폴리에틸렌 필름으로 포장하였던 배의 경도보다 높은 값을

Table 20. Changes in firmness of pears during storage at 0°C

Item	Packaging method	Storage time (day)			
		Initial	15	56	194
Firmness (kgf)	Control	1.80	1.59	1.46	1.05
	LD20	1.80	1.64	1.42	1.09
	LD40	1.80	1.79	1.56	1.33
	CE20	1.80	1.50	1.40	1.01
	CE40	1.80	1.72	1.48	1.20

Table 21. Changes in vitamin C of pears during storage at 0°C

Item	Packaging method	Storage time (day)			
		Initial	15	56	194
Vitamin C (mg%)	Control	3.22	3.20	2.63	1.68
	LD20	3.22	3.25	2.69	2.35
	LD40	3.22	3.00	2.84	2.60
	CE20	3.22	2.97	2.68	2.44
	CE40	3.22	3.11	2.90	2.64

Table 22. Changes in color (L, a and b values) of 'Shingo' pear slices packed in selected films

Packaging	0°C			20°C
	After 2 day	After 4 day	After 6 day	After 2 day
Fresh (whole)	L	70.98±1.05		
	a	-1.50±0.13		
	b	8.05±1.35		
PE	L	66.70±1.01	62.85±0.80	62.76±2.48
	a	-1.50±0.08	-0.34±0.26	-0.72±0.35
	b	8.99±0.34	11.86±1.22	11.95±1.47
CE	L	66.00±1.66	65.14±1.50	66.00±1.96
	a	-1.36±0.25	-0.87±0.20	-1.33±0.15
	b	8.86±0.81	9.93±1.13	9.89±0.18
Vac.	L	67.56±2.68	63.56±2.00	64.33±1.67
	a	-1.19±0.33	-1.52±0.12	-1.35±0.19
	b	10.05±1.04	9.15±0.89	8.20±1.21

보였다(Table 23). 가용성고형물 함량은 폴리에틸렌 필름 포장구와 제올라이트 함유 포장구간에 차이를 보이지 않았으나 pH, 적정산도 및 미생물 총균수에 있어서는 제올라이트 함유한 필름으로 포장하였던 경우 일반 폴리에틸렌 포장구에 비해 다소 우수한 저장효과를 보였다. 절단한 배를 포장하여 0℃에 저장하면서 품질인자 중 pH 및 적정산도의 변화를 조사하였다(Table 24). 저장 초기의 pH는 4.82 이었는데 저장기간이 증가함에 따라 약간씩 증가하는 경향을 보여 저장말기에는 pH 5.02~5.05의 값을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 적정산도에 있어서도 pH와 마찬가지로 처리구별 큰 차이를 보이지 않았으며 초기에 0.12% 이던것이 저장기간 동안 약간씩 감소하였으나 저장말기에는 0.10~0.11%의 값을 유지하면서 거의 변화가 없었다.

배를 포장하여 0℃에 저장하면서 미생물 총균수 변화를 조사하였던 바 저장초기 2.63×10^1 CFU/mL이었던 총균수가 저장 6일 후에는 PE, CE, vacuum 포장에서 각각 3.71×10^5 CFU/mL, 2.61×10^4 CFU/mL, 4.83×10^3 CFU/mL로 저장기간이 경과됨에 따라 약간씩 증가하여 제올라이트 함유 필름으로 포장하였던 경우 폴리에틸렌 필름포장구와 진공 포장하였던 포장구에 비해 미생물 번식억제에 비교적 효과가 있는 것으로 나타났다(Table 25).

3. 파슬리의 MA 저장 중 포장재에 따른 저장성 비교

호흡률이 높고 저농도의 에틸렌에도 민감하게 반응하는 파슬리는 저장력이 매우 낮은 산물이므로 MA 저온 저장을 통해 저장력을 향상시키고자 하였다.

포장에 사용한 필름은 40, 60, 80 μ m 의 LDPE (Low density polyethylene) 필름과 세라믹 필름을 이용하여 총 6가지로 처리하였으며 대

Table 23. Quality attributes of 'Shingo' pear slices packed in selected films during storage at 20°C for 2 days

Packaging	Firmness (kgf)	Soluble solids (°Brix)	pH	Titratable acidity (malic acid %)	Total viable counts (CFU/ml)
Fresh (whole)	197.0±5.78	11.8±0.25	4.82±0.00	0.12±0.02	2.63×10 ³
Polyethylene	173.7±7.06	12.5±0.56	4.94±0.08	0.10±0.01	1.17×10 ⁴
Ceramic	191.3±8.65	12.5±0.64	4.92±0.01	0.11±0.04	2.84×10 ⁶
Vacuum	205.5±7.75	12.1±0.35	5.02±0.09	0.10±0.01	1.93×10 ⁶

Table 24. Changes in pH and titratable acidity of 'Shingo' pear slices packed in selected films during storage at 0°C

Treatment	Storage (day)				
	Initial	2	4	6	
pH	Polyethylene (PE)	4.82±0.00	4.88±0.08	4.87±0.14	5.05±0.01
	Ceramic (CE)	4.82±0.00	4.89±0.16	4.81±0.04	5.02±0.03
	Vacuum (Ny/PE)	4.82±0.00	4.88±0.08	5.01±0.06	5.05±0.01
TA (%)	Polyethylene (PE)	0.12±0.02	0.11±0.07	0.11±0.02	0.10±0.12
	Ceramic (CE)	0.12±0.02	0.10±0.01	0.11±0.03	0.11±0.01
	Vacuum (Ny/PE)	0.12±0.02	0.12±0.01	0.11±0.02	0.11±0.03

조구는 랩을 이용하였다. 저장온도는 0°C로 설정하였다. 저장 84일 후 처리별 생체중 감소는 필름 두께가 두꺼운 80 μm LDPE 필름과 80 μm 세라믹 필름처리구에서 생체중 감소가 가장 적었으며 전반적으로 LDPE 필름에 비해 세라믹 필름 처리구에서 생체중 감소가 약간 적게 나타났다(Table 26). 대조구였던 랩에 포장한 파슬리는 2주일만에 약 4% 정도가 감소되었다. 포장재내의 CO_2 와 C_2H_4 축적 경향 역시 필름의 두께가 두꺼워질수록 전반적으로 함량이 높아졌으며 동일한 필름 두께 중에서는 LDPE 필름에 비해 세라믹 필름이 포장내 CO_2 와 C_2H_4 농도가 낮았다. 또한 C_2H_4 함량의 경우 80 μm 세라믹 필름 처리구가 40 μm LDPE 필름처리구의 농도보다 낮았다.

저장 후 필름 처리구별 경도를 측정된 결과 생체중 감소가 적었던 필름 처리구에서 전반적으로 높은 경향을 보였다(Table 27). 즉, 80 μm 필름 처리구에서 전반적으로 저장 후의 경도가 양호하였으나 40 μm 세라믹 필름 처리구에서 경도가 가장 높게 유지되었다. 이는 80 μm 필름처리구에서 생체중 감소율은 적었으나 40 μm 세라믹 필름보다 저장 기간 중 C_2H_4 축적량이 높았기 때문에 조직의 연화가 촉진되었기 때문으로 보인다. 저장 기간 중 엽록소와 비타민 C 함량은 수분 손실과 C_2H_4 의 농도에 가장 크게 영향을 받는다. 본 실험에서도 이와 동일한 결과로 생체중 감소가 적고 저장 기간 중 호흡률과 C_2H_4 의 농도가 가장 낮았던 40 μm 세라믹 필름 처리구에서 전반적인 품질이 가장 높게 유지되었다. 따라서 동일한 필름 두께내에서는 LDPE 필름처리구에 비해 세라믹 필름 처리구에서 전반적으로 저장 후의 품질이 양호하였다.

Table 25. Changes in total microbial counts of 'Shingo' pear slices packed in selected films during storage at 0 °C

(Unit : CFU/mL)

Treatment	Storage (day)			
	Initial	2	4	6
Polyethylene (PE)	2.63×10^1	4.50×10^1	6.63×10^3	3.71×10^3
Ceramic (CE)	2.63×10^1	4.50×10^1	2.51×10^3	2.61×10^4
Vacuum (Ny/PE)	2.63×10^1	3.15×10^2	1.52×10^3	4.83×10^3

Table 26. Weight loss, CO₂, C₂H₄ in the different packages for parsley after 84 days at 0°C during MA storage.

Packing materials	Weight loss (%)	CO ₂ (%)	C ₂ H ₄ (ppm)
Before storage	-	-	-
LP-80 ^{z)}	1.67e	6.42a	0.25a
LP-60	3.55c	5.51ab	0.21a
LP-40	4.51b	3.69c	0.2ab
CE-80	1.81e	6.36a	0.17b
CE-60	2.55d	5.5b	0.15bc
CE-40	3.32c	3.42c	0.12c
Wraps ^{x)}	5.87a	0.3d	0.05d

^{z)}LP-8, LP-6, LP-4 : Low density polyethylene 80 μm, 60 μm, 40 μm film.

CE-8, CE-6, CE-4 : Ceramic 80 μm, 40 μm, 20 μm film.

^{y)}Mean separation of within columns by DMRT at 0.05 level.

^{x)}wrap : after 14 days in storage.

Table 27. The quality of parsley in different packages after 84 days at 0°C during MA storage.

Packing materials	Firm-ness (g/mm ²)	Total chlorophyll (mg/gFW)		Vitamin C content (mg/100gFW)		Dry weight(%)	
		Leaf	Petiole	Leaf	Petiole	Leaf	Petiole
Before storage	1254	5.32	1.44	98.1	48.0	18.6	9.6
LP-80 ^{z)}	589b ^{y)}	3.90b	0.62b	68.4b	29.8a	21.0b	11.2abc
LP-60	490c	3.87b	0.70ab	62.7c	22.6c	20.8b	10.6c
LP-40	497c	3.99ab	0.74a	65.0bc	26.1b	20.0c	11.9a
CE-80	601b	4.02ab	0.70ab	68.0b	24.9b	22.0a	11.0bc
CE-60	503c	3.97ab	0.74a	63.3c	28.3a	20.9b	11.1bc
CE-40	699a	4.12a	0.73a	73.0a	28.8a	20.7b	11.7ab
Wraps ^{x)}	324	4.44	1.29	-	-	22.9a	12.8a

제 6 장 기능성 MA 포장소재 개발 및 포장방법 개발

제1절 서설

1차년도 연구에서 기능성 포장재의 개발을 위해 시험제조한 제올라이트 함유 포장재의 성능 및 제조방법 등에 관한 연구결과를 토대로하여 2차년도에서는 제올라이트를 기본소재로 하고 이에 포장재의 기능성을 보다 증진시킬 수 있는 기능성 소재의 탐색을 시도하였고, 이를 포장재에 첨가하여 포장재를 제조한 후 포장재자체의 기능성과 시험제조한 포장재를 사용하여 사과, 배 및 감귤을 포장한 후 저장하면서 개발 포장재의 선도유지 효과를 분석하였다.

제2절 기능성 증진을 위한 MA 포장소재 개발

과실류의 저장 유통중 신선도 연장용 기능성 MA포장재의 개발을 위하여 제올라이트만을 소재로하여 실험제조하였던 1차년도 연구결과를 기초로 하여 이를 보다 개선키 위한 시도로 에틸렌가스 흡착능 개선 및 항균성 부여를 목적으로 제올라이트를 기본 소재로하고 이에 부합되는 소재를 탐색하여 필름제조를 시도하였고 제조된 필름의 기능성을 측정하였으며 또한 이들 각각의 소재를 이용하여 과실의 개체포장용 망의 제조도 아울러 시도하였다.

1. 기본소재처리

포장재의 기본소재인 제올라이트의 가스흡착 표면적을 개선키위해 분말제올라이트를 구입하였고 이를 roll mill로 재분쇄한 150 mesh이하의 미분을

1 N HCl용액에 24시간 동안 교반, 침지시킨 후 이를 pH가 중성이 될 때까지 증류수로 세척하여 건조한 후 재분쇄하여 필름제조의 기본소재로 사용하였다.

2. 에틸렌제거 기능성소재 선별 및 처리

제올라이트를 기본소재로 하여 포장용 필름의 에틸렌가스 흡착능을 향상시킬 목적으로 제올라이트에 potassium permanganate를 처리하여 master batch처리공정을 거친 후 필름을 성형하였다. Master batch 공정 전처리로서 소재자체의 가공 방법으로 우선 1N HCl 용액에 처리하여 미분화시킨 제올라이트를 potassium permanganate 용액 (15%, w/v) 하루밤 (17~18시간)정도 침지, 방치한 후 이를 감압여과하여 건조한 후 ball mill로 재분쇄하여 미분화시켰다. 이 제올라이트에 potassium permanganate 처리하는 또 다른 방법으로 1 N HCl용액에 처리된 미분의 제올라이트와 potassium permanganate를 건식으로 교반, 혼합하여 소재로 사용하였다.

한편, 포장내에 사용이 적합한 에틸렌 흡착제의 개발을 시도하고자 몇가지 흡착제를 제조하였다. 에틸렌 흡착제로는 2가지의 다른 담체를 이용한 과망간산 칼륨이 충전된 흡착제와 charcoal을 이용한 에틸렌 흡착제를 제조하였다. Silica gel을 지지물질로 이용한 과망간산칼륨 흡착제는 거친 silica gel 미립을 3% (w/v)의 $KMnO_4$ 용액에 침지한 후에 7%의 수분 함량이 되도록 상온에서 건조시켰다. 이러한 과정을 3회 반복하여 담체내의 과망간산 칼륨의 농도를 2~3%로 최적화 시켰다. 석회석과 알루미나의 혼합물을 지지물질로 이용한 과망간산칼륨 흡착제는 구운 석회석을 잘게 마쇄 (18~80 mesh) 후 마쇄된 석회석 50%, 활성 알루미나 (Al_2O_3) 40%, 소석고 7%, 그리고 분말 과망간산 칼륨 ($KMnO_4$)를 혼합하였고 이 혼합물을 수분함량이 30%가 되도록 하면서 충분히 혼합하였다. 이 혼합물을 PE 필름으로 밀

봉된 용기에 넣은 후 실온 (23~30°C)에서 약 4시간 정도 건조 후 습한 조건에서 약 20시간 방치하고 가수하여 (100 ml/kg) PE 필름에 싼 채로 혼합물의 수분 함량이 약 11%될 때까지 3시간 정도 실온에서 건조하였다. Charcoal을 지지물질로 이용한 흡착제는 분말 숯을 15%의 과망간산브롬 (KBr)과 0.5M의 산 (H_2SO_4) 용액으로 처리한 후 100~120°C에서 완전히 건조시켰고 제조된 흡착제는 가스 투과도가 크고 열 접착성이 우수하고 밀봉이 편리하며 수분에 잘 젖지 않아 용기로 적합한 부직포에 담아 heat sealing한 sachet의 형태로 제조하였다.

3. 항균성 소재

항균성 포장재의 소재개발을 시도하기 앞서 포장재의 항균성능을 발휘하는 기작을 고려하였다. 육류의 경우에는 내용물과 포장재의 접촉에 의하여 항균효과를 나타낼 수 있지만 과실의 경우 내용물의 특성이 육류 등과 달리 포장재와 접촉하는 면이 일부에 지나지 않기 때문에 과실류 등의 항균성 포장재로는 휘발성이 있는 소재가 바람직할 것으로 판단되었다. 따라서 휘발성이 있는 항균성 포장재 소재탐색으로서 마늘, 양파, 겨자, 산초, 은행 정향 및 계피를 에탄올, 클로로포름 및 아세톤을 사용하여 이들 추출물의 *Listeria monocytogenes*, *Penicillium*, *Saccharomyces cerevisia*에 대한 항균성을 paper disc방법에 의하여 검색하였으며 이들 중 미생물의 증식억제 효과가 비교적 높은 정향 및 계피의 에탄올 추출물을 필름성형시 항균성 소재로 사용하였다(Table 28, 29).

아울러 논문 등의 자료를 참조로 하여 항균성이 있는 것으로 이미 알려져 있는 potassium sorbate, propolis, 액상 키토산 및 고상 키토산도 기능성포장재 제조 소재로 선택하였다. 키토산 중 고상 키토산은 분해도가 5% (총환원당/키토산, w/w)인 것을 (주) 한국키토산에서 구입하여 키토산 필름제조용 소재로

Table 28. Growth inhibition demonstrated by different solvent extracts on several microorganisms

Solvent	Plant	Clear zone on plate (mm)			Soluble Solid (mg/disc)	Yield (%)
		<i>Listeria monocytogene</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
Ethanol	Garlic	11(9)	40(25)	28(18)	24.9	1.24
	Onion	-(tr.)	-	-(-)	27.6	
	Clove	19(-)	35(20)	18(-)	21.0	4.41
	Gingko nut	-	-	-	23.4	2.09
	Chinese pepper	9(8)	-	-(-)	20.1	2.26
	Cinnamon	64(45)	72(52)	54(25)	11.4	0.40
	Mustard	-	-	-	18.6	
Chloroform	Clove	16(12)	41(31)	21(-)	21.9	3.43
	Gingko nut	-	-	-	25.5	1.72
	Chinese pepper	9	-	9	15.6	2.54
	Cinnamon	54(42)	83(56)	52(49)	25.8	0.51
	Garlic					0.90
Aceton	Clove	21(18)	43(39)	21(-)	19.8	5.33
	Gingko nut	-(-)	-	-(-)	27.6	0.75
	Chinese pepper	9(7)	-	11(9)	23.4	1.67
	Cinnamon	42(35)	66(50)	52(45)	23.4	0.84

* 실험방법 : paper disc 법

* 배양조건 : *Listeria monocytogene*, brain heart infusion agar, 37°C, 2일
Penicillium, potato dextrose agar, 20°C, 4일

Saccharomyces cerevisiae, yeast mold agar, 20°C, 4일

* () 안은 항균성 물질을 petridish 뚜껑에 붙여 확산에 의한 효과를 실험한 결과임.

Table 29. Growth inhibition demonstrated by dilution factors of extracts on several microorganisms.

Solvent	Plant	Clear zone on plate (mm)														
		<i>Listeria monocytogene</i>					<i>Penicillium</i>					<i>Saccharomyces cerevisiae</i>				
		0	3	5	7	9	0	3	5	7	9	0	3	5	7	9
	Clove	19	13	10	-	-	35	11	-	-	-	18	11	9	-	-
Ethanol	Cinnamon	64	40	24	20	15	72	-	-	35	20	54	46	46	44	32
	Garlic	11	9	-	-	-	40	18	11	-	-	28	15	13	-	-
Chloro- form	Clove	16	11	-	-	-	41	-	-	-	-	21	10	-	-	-
	Cinnamon	54	23	15	12	10	83	50	42	30	28	52	41	39	33	26
Aceton	Clove	21	14	11	-	-	43	12	-	-	-	21	12	9	-	-
	Cinnamon	42	25	17	12	11	66	56	52	29	24	52	45	43	40	33

하였다. Propolis 추출물은 (주) 일신실업에서 구입하여 propolis 필름제조용 소재로 하였다.

Potassium sorbate처리구의 경우는 1 N HCl용액에 처리된 미분의 제올라이트를 potassium sorbate 용액 (25%, w/v)에 17~18시간 침지후 감압여과하고 이를 건조시킨 뒤 분쇄하여 100 mesh이하의 분말로 조제하고 polyethylene 레진과 혼합한 후 필름을 성형하였으며 나머지 항균성 소재는 소재 단독만으로 master batch처리공정을 거친 후 필름을 성형하였다.

제3절 포장재의 제조

필름제조에 사용된 레진은 폴리에틸렌 레진 (LLDPE)이었고 각 소재와 레진의 혼합비는 중량비로 1:1이었으며 이를 스팀식 mixing roll에 넣고 150℃에서 6분간 7 kg/cm²의 압력을 가하며 5차례 혼합한 후 pellet상으로 절단하여 master batch를 만들었다. 필름의 성형은 소재의 첨가량이 총 투입되는 LLDPE 레진의 5%가 되도록 master batch에 LLDPE 레진을 추가로 혼합시켜 이를 inflation 필름압출기에 넣고 170℃에서 die직경이 200 mm, rotating speed를 450 rpm으로 하여 폭 90 cm, 두께 20 μm, 30 μm, 40 μm 및 50 μm 두께의 필름을 각각 압출 성형하였다.

본 연구에서 선발된 기능성 필름소재를 사용하여 제조하였던 필름의 종류 및 예상되는 효과를 Table 30과 Fig. 1에 나타냈으며 이들을 기능별로 분류하여 보면 필름의 가스투과도 조절 및 에틸렌의 효과적인 제거를 위한 제올라이트 및 potassium permanganate 처리구 6종과 항균성을 고려한 potassium sorbate 2종, 계피, 정향, propolis, 액상 키토산, 고상 키토산 처리구 각 1종씩으로 모두 13종이었다.

Table 30. Types of films test-manufactured for extention of freshness of fruits and vegetables

Name	Property	Expected Functionality
LD20	20 μ m 두께의 LDPE film	
LD40	40 μ m 두께의 LDPE film	
CE20	20 μ m 두께의 ceramic film(제올라이트를 5% 혼입시킨 필름)	에틸렌 흡착
CE40	40 μ m 두께의 ceramic film(제올라이트를 5% 혼입시킨 필름)	에틸렌 흡착
PM20	20 μ m 두께의 습식 potassium permanganate film (KMnO ₄ 포화용액을 제올라이트와 혼합하여 5% 혼입시킨 필름)	에틸렌 흡착
PM40	40 μ m 두께의 습식 potassium permanganate film (KMnO ₄ 포화용액을 제올라이트와 혼합하여 5% 혼입시킨 필름)	에틸렌 흡착
PMa20	20 μ m 두께의 건식 potassium permanganate film (KMnO ₄ 을 5% 혼입시킨 필름)	에틸렌 흡착
PMa40	40 μ m 두께의 건식 potassium permanganate film (KMnO ₄ 을 5% 혼입시킨 필름)	에틸렌 흡착
SB20	20 μ m 두께의 potassium sorbate film (potassium sorbate를 5% 혼입시킨 필름)	항균
SB40	40 μ m 두께의 potassium sorbate film (potassium sorbate를 5% 혼입시킨 필름)	항균
CIN	40 μ m 두께의 계피 film(계피 powder를 5% 혼입시킨 필름)	항균
CLO	40 μ m 두께의 정향 film(정향 powder를 5% 혼입시킨 필름)	항균
PRO	40 μ m 두께의 propolis film (propolis 추출물을 5% 혼입시킨 필름)	항균
CHL	40 μ m 두께의 액상 키토산 film (액상 키토산을 5% 혼입시킨 필름)	항균
CHS	40 μ m 두께의 고상 키토산 film (키토산 powder를 5% 혼입시킨 필름)	항균

여 백



Fig. 1. Appearance of test manufactured films.

40LD

40CE



40PM

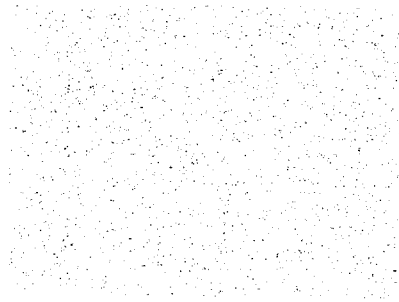
40PMa

Fig. 1. Appearance of test manufactured films.

여 백

40LD

40SB



40CIN

40CLO

40PRO

40CHL

Fig. 1. *Continued*

여 백

제4절 실험제조한 포장재의 물성

1. 포장재의 외형특성

실험제조한 제올라이트함유 세라믹 필름, 에틸렌 제거 기능성 필름 및 항균성 필름의 표면의 색을 비교하였던 바 LDPE 필름은 투명하며 겉표면이 매끄러웠지만 ceramic 필름은 5%의 zeolite를 첨가했음에도 불구하고 필름은 투명하였으나 표면은 손으로 만졌을 때 느낄 수 있을 정도로 약간 거칠었다(Table 31). Potassium permanganate 첨가 필름은 갈색을 보였으며 습식과 건식으로 제조한 필름의 외관상 차이는 거의 없었다. Potassium sorbate 첨가 필름은 옅은 아이보리 색을 나타내며 필름에 potassium sorbate 입자가 균일하게 분포되어 있는 것을 볼 수 있었다. Propolis 필름은 액상을 수지에 첨가하여 제조하였는데, 필름이 투명하며 표면이 매끄러워 LDPE 필름과 구별이 어렵다. 정향 필름은 갈색에 정향 분말이 고르게 퍼져 있었으며 필름 표면은 손으로 만졌을 때 약간 거칠었다. 계피 필름은 무색에 가까우며 표면도 매끄러웠다.

정향과 계피 필름은 특유의 정향과 계피향이 필름으로 제조한 상태에서도 발생하였다. 키토산 분말로 만든 필름은 입자가 굵은 키토산 분말이 필름에 혼입되어 표면이 거칠었다. 그러나 키토산 액상으로 만든 필름은 외관이 LDPE와 유사하였다.

2. 포장재의 기체 투과성

두께 30 μm 의 필름을 기준으로할 때 기체투과도 측정값은 순수한 PE 필름에 비해 각각 기능성 첨가제가 혼입된 필름들이 더 높은 것을 알 수 있으며, 그 중에서도 PM, PMa, SB, CHS 등의 고체 첨가제가 혼입된 것이 더 높은 기체투과도를 보였다(Table 32). 이는 기층 필름 소재인 PE에 첨가된

Table 31. Color of the test-manufactured films by Hunter color system

Film	Hunter value		
	L	a	b
LD	85.49±0.10	0.29±0.06	-3.06±0.17
CE	85.16±0.12	-0.07±0.02	-1.60±0.08
PM	74.56±1.08	2.51±0.23	15.09±0.99
PMa	74.50±0.76	2.52±0.15	15.09±0.70
SB	84.62±0.17	-0.29±0.06	0.51±0.19
PRO	85.15±0.22	0.23±0.01	-2.24±0.11
CLO	77.25±0.38	0.46±0.07	10.93±0.54
CIN	86.08±0.45	0.16±0.02	-2.71±0.17
CHS	83.63±0.06	0.39±0.12	0.78±0.45
CHL	84.95±0.27	0.38±0.06	-2.73±0.15

Data represent the mean ± S.E. from 3 replications.

Table 32. Physical characteristics of packaging films used in the experiments

Film	Thickness (μm)	Gas transmission rate ¹ (ml/day \cdot m ² \cdot atm)		
		O ₂	CO ₂	CO ₂ /O ₂
LD	29.1 \pm 3.5	1431 \pm 85	5339 \pm 256	3.7
CE	29.6 \pm 1.3	1633 \pm 232	5600 \pm 362	3.4
CE(HCl)	32.9 \pm 2.3	2012 \pm 482	6406 \pm 135	3.2
J-CE	31.3 \pm 1.8	1590 \pm 307	5603 \pm 408	3.5
PM	33.1 \pm 3.8	3669 \pm 868	7384 \pm 613	2.0
SB	33.0 \pm 1.9	2437 \pm 755	6311 \pm 499	2.6
PMa	34.2 \pm 2.3	3587 \pm 389	6866 \pm 746	1.9
PRO	24.9 \pm 2.9	1808 \pm 12	6174 \pm 434	3.4
CLO	27.1 \pm 3.2	1944 \pm 196	6198 \pm 240	3.2
CHS	32.9 \pm 2.3	4604 \pm 15	11907 \pm 1848	2.2
CHL	24.9 \pm 2.9	1441 \pm 104	5408 \pm 133	3.7

Data represent the mean \pm S.E. from 3 replications.

¹data for 30 μm film at 20°C, 76% RH

분말 입자가 그물망 구조체내에 고르게 분포되므로서 기체가 단순히 필름을 확산하여 투과하는 것 보다 이들 첨가제의 기공을 통하여 통과할 확률이 높아지기 때문으로 첨가된 분말 소재의 입도와도 높은 상관성이 있다. 이러한 기능성 소재의 첨가는 필름의 기체투과도를 증가시킬 뿐만 아니라 플라스틱 필름의 고유 특성인 CO_2/O_2 투과비를 현저하게 낮추는 역할을 하였다. LDPE의 투과비는 3.7인데 비해 다른 필름구는 이보다 낮은 값을 나타내었다. 이는 기능성 필름을 이용하여 과채류를 포장했을 때 포장구 내부의 평형 기체조성과 매우 밀접한 상관성이 있으며, 적정 산소와 이산화탄소 농도를 유지시키는데에 필요한 기초 자료로도 활용할 수 있다. 또한 플라스틱 필름의 고유 특성인 CO_2/O_2 투과비가 처리방법에 따라 달라짐으로 이러한 특성을 이용하여 각 품목의 호흡특성 등에 적합한 포장재로서의 활용도 가능할 것으로 사료되어 이에 대한 연구도 아울러 수행할 필요가 있는 것으로 판단된다.

3. 포장재의 에틸렌 흡착능

제조된 선도 유지용 필름이 과채류의 추숙 및 노화에 결정적인 영향을 미치는 에틸렌 가스의 흡착능력을 갖는지를 확인한 결과(Table 33) 두께 20 μm 이하의 개발중 PMA과 CE만이 에틸렌흡착능을 나타냈으나 그 정도는 매우 미미하였지만 두께 40 μm 인 필름의 경우 PMA은 다른 처리구에 비해 매우 높은 에틸렌 흡착 능력을 나타내었다.

PE나 SB 필름구의 경우 고분자 소재 (폴리에틸렌) 자체가 에틸렌 가스와 약간의 상호작용을 갖는 것을 제외하고는 거의 흡착능력을 갖을 수 없는 것이 정상적이라 하겠으나 흡착능력이 기대되었던 CE, PM 필름구는 예상과 달리 전혀 효과를 보지 못하였다. 이는 고분자 소재에 첨가해준 제올라이트 미분 자체로는 에틸렌 흡착능을 보이지만 필름성형시 필름의 기본 소

재인 폴리에틸렌 수지안에서는 제대로 에틸렌을 흡착하지 못하는데 원인이 있을 수 있으며, 아울러 제올라이트의 기공에 포집된 KMnO_4 가 필름제조 과정에서 지나치게 산화되었거나 필름의 고분자 그물망 내에 완전히 갇혀 있어 고유의 산화제 기능을 발휘하지 못한 것이 또 다른 원인으로 추정된다. PMA 필름구가 어느 정도의 에틸렌 흡착능력을 갖는 것은 아마도 후자의 설명에 근거하여 KMnO_4 를 제올라이트 기공에 포집시키지 않은 채 바로 첨가하였기 때문으로, 필름 시험편의 중량이 약 0.35 g이고 KMnO_4 함량이 5%임을 감안하면 약 17.5 mg의 첨가제에 의해 100 ppm 가량의 에틸렌 가스가 산화 제거되어 필름의 에틸렌 흡착능력으로 표현되었음을 알 수 있다. 따라서 기능성소재를 필름에 첨가시 소재의 기능성을 발휘할 수 있도록 처리하는 기술의 연구가 추후 수반되어야 할 것으로 판단된다.

4. 포장내 에틸렌 흡착제 (sachet)

과채류의 MA 포장시 상업적으로 이용이 가능한 KMnO_4 와 charcoal을 지지물질로 이용하여 포장내의 에틸렌 흡착제 개발을 시도하고자 몇가지 흡착제를 제조하여 에틸렌 흡착 효능을 조사하였다(Table 34). 시험제조된 3종의 다른 지지물질을 이용한 에틸렌 흡착제의 흡착능을 비교하였던바 charcoal을 지지물질로 이용한 에틸렌 흡착제가 Al_2O_3 와 silica gel을 지지물질로 이용한 에틸렌 흡착제들 보다 훨씬 빠른 흡착능을 나타내었다. KMnO_4 가 충전된 silica gel과 Al_2O_3 을 이용한 두 가지 흡착제만을 비교하여 보면 Al_2O_3 를 이용한 흡착제가 훨씬 우수한 흡착율 (ppm/g/min)을 나타내었다. 따라서 이와 같은 결과를 토대로하여 과실 저장 실증실험을 수행한다면 사용이 간편하면서도 효능이 우수한 에틸렌 제거 기능성 포장소재로서의 실용화가 가능할것으로 판단된다.

Table 33. Ethylene gas absorbing capacity of the films used in this experiment

Time (days)	Ethylene concentration (%)			
	CE 40	PM 40	PMa 40	SB 40
0	100	100	100	100
1	97.2	97.3	89.9	97.8
3	95.9	98.5	77.5	96.1
5	94.8	94.8	71.6	90.3
7	96.9	100.1	66.7	95.2
10	95.0	99.4	64.0	90.7
12	95.4	99.6	64.9	90.3

*Thickness of the films are 40 μm .

Table 34. Ethylene absorbing efficiency of three different matrices

Ethylene scrubbing formulation	Ethylene absorption in 10 min	
	Quantity(ppm/g)	Rate(ppm/g/min)
Al ₂ O ₃ -limestone matrix	183.74	30.62
Silica gel matrix	112.06	14.01
Charcoal matrix	285.91	35.74

5. 포장재의 항균성

과일의 신선도 유지 목적으로 저장 실험에 사용할 개발 필름이 항균성을 갖는지 여부를 확인하기 위해 우선 생육특성이 잘 알려져 있는 *E. coli*와 *Saccharomyces cerevisiae*를 평가 균주로 선정하여 이들 배양액에 대한 항균 활성을 측정하였던 바 *E. coli*에 대한 개발 필름의 항균 활성은 0.38~0.56 정도였으며, *Saccharomyces cerevisiae*에 대한 활성은 0.30~0.66 정도를 나타내었다(Table 35). 이는 비교구로 사용한 PE 필름과 유사한 수준이거나 그보다 다소 낮은 수준이었다. 대상 균주가 *E. coli*인 경우, PE의 항균 활성이 0.40으로서 다른 개발 필름과 비교하여 거의 비슷한 수준을 유지하기 때문에 전반적으로 개발 필름의 항균성은 미미하다고 판단되나, *Saccharomyces cerevisiae*의 경우에는 PE의 항균 활성이 0.88로 개발 필름들이 보다 낮은 수준을 나타내고 있어 비교적 항균성이 있다고 판단되었다. 그러나 이러한 항균 활성은 국내외에 보고된 여타 항균성 필름의 항균력에 비하면 아직 낮은 수준인데, 이는 대상 균주 및 실험 방법에 따른 항균성의 차이에 상당 부분 기인하는 것으로 생각되며 특히 국내외적으로 개발된 항균성 필름을 수집하여 대조구로 분석하였던 바 본 연구결과와 유사하거나 오히려 낮게 나타내는 결과를 얻어 향후 필름의 성능 개선을 위해 기능성 소재의 첨가방법, 분석 방법등의 개발에 지속적인 노력이 필요하다고 본다.

제5절 품목별 기능성 포장재 적용기술

실험제조한 필름을 이용하여 배 및 사과를 포장처리한 후 저장하면서 포장재에 따른 포장내 환경가스조성과에틸렌 농도 및 품질을 비교하였다.

Table 35. Antimicrobial activity of the films used in this experiment on *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae*

Film	Ratio of viable cell (N/N _c) ¹	
	<i>E. coli</i>	<i>S. cerevisiae</i>
PE	0.40	0.89
CE	0.56	0.47
SB	0.41	0.53
PRO	0.50	0.66
CLO	0.42	0.30
CHS	0.38	0.48
CHL	0.51	0.62

¹ N_c : viable cell count of the control after incubating at 37°C for 7 hours, N : viable cell count of the cultures containing a piece of above film at the same condition¹

1. 배

가. 저온저장중 품질비교

1) 가스조성

포장내 탄산가스, 산소 및 에틸렌 농도신고배를 개발필름으로 포장하여 4℃에 저장한 후 경시적으로 (50, 80, 110, 140일) 포장내의 가스농도와 에틸렌 함량을 측정된 결과 LD포장구는 저장초기에 O₂ 소비가 많이 이루어졌으나, 20PMa는 20% 정도로 산소함량을 유지함으로써 필름 투과도가 매우 높다고 평가되었다(Table 36). 40LD와 40CE는 저장기간 동안 각각 6.98~11.17%, 8.95~10.54%로 비슷한 수준을 유지하였다. 저장기간 동안 CO₂의 변화 경향은 저장초기 50일 전에 증가한 후 저장기간동안 일정한 수준을 유지하거나 약간 증가하였다. 대조구인 20LD는 저장 140일후 6.19 %이었는데 20PMa는 0.8%로 가장 낮은 CO₂ 함량을 보였으며 이러한 결과 역시 필름의 투과도가 높아 필름내에서 생성한 CO₂가 곧 바로 외부로 투과되었기 때문인 것으로 생각된다.

포장구내의 에틸렌 함량은 저장기간 동안 적은 량이 축적되었다. 20LD는 140일 후 4.53 ppm으로 포장구 중 가장 많은 에틸렌이 축적되었는데 비해 기능성 포장재로 시험 제조한 20PMa는 1.1 ppm으로 차이가 있었다.

2) 저장배의 품질

4℃ 저장고에서 배를 포장저장한 다음 180일 후 개봉하여 품질을 비교한 결과(Table 37) 중량손실은 무포장한 대조구의 경우 16.48%의 중량감소를 보인 반면 필름포장구의 경우 0.28~0.58%로 중량손실이 적었으며 유사한 수준으로 차이는 없었다.

Back extrusion방법에 의한 경도는 초기에 193 kg_f였는데 저장 후는 전반적으로 감소하여 130.5~189 kg_f범위였는데 포장구별로 비교시 기능성포장

Table 36. Changes in gas concentrations and ethylene contents in the package of pears during MA storage at 4°C for 180 days

Storage time (day)	Packaging												
	20LD	20PMa	40LD	40CE	40PM	40PMa	CHL	SB	CIN	CHS	PRO	CLO	
O ₂	0	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
(%)	50	7.9	19.93	6.98	10.21	9.88	8.66	12.71	10.68	15.56	17.74	8.08	8.29
	80	10.26	20.05	8.79	10.54	12.72	9.76	14.55	12.20	16.15	17.59	11.07	13.36
	110	8.87	19.93	8.92	9.36	14.16	12.25	14.38	12.72	15.80	17.24	12.21	12.26
	140	8.05	19.77	11.17	8.95	13.58	11.74	14.28	19.81	15.43	17.03	11.21	11.33
CO ₂	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(%)	50	3.24	0.64	3.49	4.01	4.44	3.84	3.69	4.23	2.15	2.17	3.35	3.77
	80	3.34	0.57	3.60	3.88	3.79	3.56	3.34	4.02	2.01	2.25	2.99	3.48
	110	5.28	0.65	4.01	4.29	3.88	3.64	3.69	4.21	2.26	2.39	3.39	3.96
	140	6.19	0.80	4.14	4.45	4.22	3.91	4.00	4.98	2.36	2.64	3.74	4.31
C ₂ H ₄	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(ppm)	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	80	3.64	2.48	1.61	0.72	0.76	1.02	1.83	0.53	0.68	2.65	2.50	0.55
	110	3.24	7.08	1.33	0.75	0.46	0.68	1.31	1.40	1.32	0.44	0.43	1.68
	140	4.53	1.10	2.04	1.84	2.37	1.15	1.05	1.15	3.31	1.10	1.07	1.86

Table 37. Quality attributes of pears after MA storage at 4°C for 180 days

Packaging	Weight loss (%)	Appearance
Control	16.48±1.42	1.83±0.75
20LD	0.36±0.12	4.00±1.41
20PMa	0.58±0.09	3.17±1.17
40LD	0.28±0.09	4.50±1.22
40CE	0.32±0.09	5.33±1.21
40PM	0.40±0.18	5.00±1.10
40PMa	0.46±0.12	4.88±0.85
CHL	0.44±0.23	5.33±0.82
SB	0.35±0.14	4.33±0.82
CIN	0.36±0.09	4.67±0.82
CHS	0.43±0.04	3.75±0.76
PRO	0.39±0.09	5.42±1.36
CLO	0.44±0.26	3.33±0.52

재로 시험제조한 SB 및 CHL포장구가 각각 189 kg_f 및 187.5 kg_f로 경도 변화가 가장 적었다.

가용성 고형물은 초기 12.5 °Brix이었으며 저장 180일 후 무포장구의 경우 13.3 °Brix로 초기치 보다도 다소 높았으며 포장구의 경우에 비해서도 높았다. 이러한 결과는 무포장구가 과도한 수분손실로 인한 고형물의 농축효과가 발생했다고 생각되었다. 포장구는 전반적으로 저장 후 고형분함량이 감소하였으며 포장구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

pH는 저장초기 5.37이었으며 저장 후 5.93~6.59 범위로 증가하는 경향을 나타냈다. 저장구간의 pH를 비교하여 보면 무포장구인 대조구는 저장 후 6.07이었으나 20LD는 pH 6.59, 20PMa는 pH 6.13이었다. 40 μm 필름의 경우 CHS가 5.93으로 가장 적은 변화를 보였고 처리구간에는 유의적 차이를 보이지 않았다

적정 산도는 저장초기 0.14%였는데 저장 후 무포장 대조구는 0.08%로 감소하였다. 20PMa는 0.08%로 0.06%를 보인 20LD보다 적게 감소하였고, 40 μm 필름 포장구중에는 CHL의 산도가 0.11%로 가장 적게 감소하였다.

상품성 조사는 배를 4°C에 180일간 저장 후 개봉하여 전체적인 외관을 기준으로 상품적 가치의 유무를 판별하였던 바 대조구의 경우 과육경도는 Instron으로 측정시 다른 포장구와 유사한 값을 보였으나 Hand-feel로 비교시에는 과숙이 많이 진행되어 연화되었음을 알 수 있었고 절단시 과핵이 심하게 흑변되어 상품성이 떨어졌다. 포장구간의 비교시 20LD와 20PMa 유사한 수준이었다. 40 μm 필름포장구는 전체적으로 조직감이 단단하였다. 40LD는 33%의 많은 부패과가 발생했으며, 시험제조한 필름포장구중 PRO는 22% 가장 많은 부패를 보였다. 그러나 40PM은 3%의 부패를 보였으나 과핵의 흑변현상이 나타났다. 40CE는 5.5%의 부패과가 있었으며 과핵의 흑변은 약한 정도였다.

관능적품질을 비교하여 보면 무포장 대조구는 5부문의 품질평가항목에서 가장 품질이 저조한 것으로 나타났다. 특히 과피상태와 과피색을 중심으로 평가한 외관검사는 무포장구가 1.83으로 포장구에 비해 아주 낮은 점수를 받았다. 포장구에서는 CHL, PRO, 40CE가 각각 5.33, 5.42, 5.33으로 외관 검사 점수가 높았다. 전체적인 기호도에서는 시험제조하여 포장재로 사용하였던 CLO가 6.00으로 가장 좋았다.

3) 저온저장 후 실온방치시 품질비교

4°C 저장고에서 6개월간 배를 장기저장한 후 필름포장을 개봉하여 실온에 1주일 방치한 다음 품질변화를 측정된 결과 중량손실은 무포장한 대조구는 18.54%의 중량감소를 보였다. 이는 장기저장 직후 개봉했을때의 중량손실에 비해 약 2% 중량손실 증가를 보였다. 그러나 포장구에서는 실온에 방치하는 동안 중량손실이 빠르게 진행되었다. 포장구별로 차이는 있지만 1% 이하였던 것이 3.44~5.30%로 증가하였다. 20PMa는 4.87%, 20LD는 4.01% 손실을 보였고, CIN, CLO는 각각 3.44%와 3.47%의 낮은 손실율을 보였다. 경도는 실온에 방치하는 동안 감소하였는데 무포장 대조구는 중량감소가 심하였던 연유로 미미한 수준이었으나 20LD는 133 kgf로 개봉직후의 160.0 kgf에서 실온에서 많은 감소가 있었다. 40LD의 경우도 실온에 방치한 후 123.25 kgf로 크게 감소하였다. 한편 시험제조한 기능성 필름으로 포장 저장하였던 경우 SB, 40CE, 40PMa가 각각 172.5, 176.25, 171.25 kgf로 비교적 높은 경도값을 유사하였다.

가용성 고형물 함량은 실온에 방치한 후에 큰 변화를 보이지는 않았다. 무포장 대조구는 실온 방치 1주일 후에 13.4 °Brix로 개봉 직후와 거의 유사하였다. 포장구도 유사한 수준으로 개봉직후가 거의 변화가 없었다.

pH는 대조구가 6.45로 개봉 직후 6.07에 비해 증가가 있었으나 포장구의

pH는 개봉 직후에 비해 큰 변화는 없었으며 이중 20PMa와 40CE처리구가 각각 pH 5.79와 5.91로 비교적 낮게 유지되었다.

2. 사과

가. 저온저장중 품질비교

1) 포장내 탄산가스, 산소 및 에틸렌 농도

후지사과를 시험제조한 필름으로 포장하여 4°C에 저장한 후 경시적으로 (30, 60, 90, 120일) 포장내의 산도 및 탄산가스가스와 에틸렌 농도를 측정하였다(Table 38).

포장구 내의 산도 및 탄산가스농도와 에틸렌은 약간씩 차이가 있었으나 이들 가스 농도는 저장 30일 후에도 가스 농도가 약간의 증감이 있기는 하지만 저장 30일 내에 이미 포장구내에 평형을 유지하였다. 20PMa는 산소함량이 19% 이상으로 저장기간 동안 아주 높게 유지되었고, 40LD는 9%이하로 유지되었다. 저장 120일 후 포장내 탄산가스농도의 경우 20PMa는 1.15%로 가장 낮은 CO₂ 함량을 보였으며, 40LD와 40PM은 각각 4.37과 4.45%로 높았다.

에틸렌 함량은 저장기간 동안 계속 증가하였다. 저장 120일 후 20LD는 390 ppm으로 포장구 중 가장 많은 에틸렌이 축적되었던 데 비해 20PMa는 110 ppm으로 가장 적었다.

2) 저장사과의 품질

4°C 저장고에서 사과를 180일 저장한 후 품질을 비교하였다(Table 39). 중량손실은 무포장한 대조구의 경우 10.34%인 반면 필름포장구는 0.47~1.17%로 손실이 적었는데 40LD가 0.47%로 가장 적었던데 비해 기체투과도가 다른 필름에 비해 우수한 20PMa가 1.17%로 가장 많았다.

Table 38. Changes in gas concentrations and ethylene contents in the package of apples during MA storage at 4°C for 120 days

Storage time (day)	Packaging												
	20LD	20PMa	40LD	40CE	40PM	40PMa	CHL	SB	CIN	CHS	PRO	CLO	
O ₂	0	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
(%)	30	11.77	19.88	7.04	11.00	7.82	9.32	13.02	8.80	18.65	14.94	9.51	11.13
	60	12.80	19.86	6.60	10.40	7.70	12.61	12.55	10.71	12.61	15.10	11.16	10.74
	90	13.01	19.21	6.52	10.30	9.82	12.54	12.26	10.16	12.45	15.54	13.30	13.06
	120	8.56	19.08	8.63	10.00	12.74	14.96	14.03	10.67	12.97	15.55	15.32	14.36
CO ₂	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(%)	30	3.52	0.78	4.03	3.28	4.32	3.36	3.29	3.78	1.37	2.40	3.12	2.81
	60	3.52	0.78	4.03	3.28	4.28	3.45	3.41	3.97	2.22	2.55	3.04	2.95
	90	3.13	1.09	4.06	3.45	4.49	3.55	3.71	3.98	2.30	2.54	3.12	3.01
	120	3.36	1.15	4.37	3.54	4.45	3.39	3.84	4.09	2.36	2.70	2.91	3.02
C ₂ H ₄	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(ppm)	30	110	73	41	35	137	156	123	58	134	166	95	165
	60	236	138	105	228	175	349	185	184	305	256	218	297
	90	390	160	172	323	231	425	280	311	417	447	302	401
	120	390	110	243	344	228	306	216	291	285	345	193	310

Table 39. Quality attributes of apples after MA storage at 4°C for 180 days

Packaging	Weight loss (%)	Appearance
Control	10.34±2.16	1.75±0.50
20LD	0.64±0.22	5.00±0.82
20PMa	1.17±0.38	6.50±0.58
40LD	0.47±0.20	4.25±0.50
40CE	0.62±0.30	5.25±0.96
40PM	0.48±0.15	6.50±0.58
40PMa	0.81±1.15	5.25±0.50
CHL	0.50±0.15	5.75±1.26
SB	0.49±0.14	6.00±0.00
CIN	0.79±0.18	4.50±1.29
CHS	0.71±0.18	4.50±0.58
PRO	0.69±0.50	3.75±0.50
CLO	0.61±0.30	6.00±0.82

경도는 초기에 289.83 kg-f였으며 저장기간 동안 감소하였는데 무포장 대조구의 경우 표면의 건조로 인하여 포장구에 비해 높은 경도값을 보이는 현상을 나타내었다. 포장구간의 경도를 비교하여보면 SB포장구가 가장 높은 값을 보였고 다음으로는 40PMa, CLO, 40LD가 비교적 높은 경도를 유지하였다.

가용성 고형물은 초기 14.33 °Brix를 보였는데 저장 180일 후에는 감소하여 무포장구는 13.50 °Brix이었으며 40CE는 14.00 °Brix였고 CIN은 12.55 °Brix로 가장 낮았다. 포장구간의 큰 차이는 없었다.

pH는 저장전에 3.75였는데 저장기간 동안 증가하여 180일 후에는 pH 4.53~4.75였다. 장기저장 후 사과와 pH는 무포장구와 포장구간에 유의적 차이는 없었다. 적정 산도는 저장전에 0.36%였으나 장기저장 후 약 50% 정도로 감소하였다. 무포장 대조구는 저장 후 0.19%로 감소하였고, 20PMa는 0.16%로 가장 낮아졌음을 알 수 있었고 40LD와 PRO가 0.22%로 가장 높게 유지되었다.

관능적 품질을 비교하였던 바 무포장 대조구는 외관이 포장구에 비해 매우 불량한 평가를 받았고 포장구중 외관이 양호하게 평가된 것은 6.50을 받은 20PMa와 40PM이었으며 전체적인 기호도에서는 SB와 CLO가 6.25로 가장 높은 평가를 받았다.

3) 저온저장 후 실온방치시 품질비교

4°C 저장고에서 180일간 저장한 후 필름포장을 개봉하여 실온에 1주일 방치한 다음 품질변화를 측정한 결과, 중량손실은 무포장한 대조구의 경우 장기저장 직후에 비해 미미한 증가를 보인 반면 포장구는 3-3.85% 범위의 중량손실이 발생하였고 경도의 변화도 빠르게 진행되었다.

가용성 고형물 함량은 무포장 대조구가 저온에 장기저장 후 개봉시 13.5 °

Brix였으나 실온에 7일간 방치한 후에는 11.92 °Brix로 가장 낮아졌다. 포장처리구들은 고형물 함량의 변화가 없거나 약간 감소하는 경향이였다. pH는 실온에 방치한 후 증가하였는데 포장구중 40 PMA구가 가장 낮은 값을 나타내었다.

3. 감귤

가. 포장내 기체조성의 변화

여름 감귤을 개발된 시험 필름으로 포장하여 20°C에 저장하면서 포장구 내부의 O₂와 CO₂ 농도 변화를 측정된 결과 O₂ 농도는 저장 후 급속히 감소하여 필름의 두께가 20 μm 이하일 경우 포장재별로 약 4~10%로 감소하였고 두께가 40 μm 이하인 경우에는 약 2~5%에 도달하였다. 이에 반해 CO₂ 농도는 20 μm 포장구에서 약 5~13%, 40 μm 포장구에서는 약 10~18%까지 증가하였다가 이후 평형 상태에 도달하는 추세를 나타내었다. 한편 0°C에 저장하였던 경우 평형농도는 상온 저장에서와 비교하여 산소는 높고 이산화탄소는 더 낮게 나타났다. 즉, 필름의 두께가 20 μm 이하인 경우 O₂의 평형농도는 약 5~15%이었고 CO₂의 평형농도는 약 3~6%를 유지하였으며, 40 μm 이하의 필름을 사용한 경우에는 O₂ 평형농도가 약 3~5%, CO₂ 평형농도가 약 6~8% 범위를 유지하였다.

나. 중량손실을

시험제조한 필름으로 포장한 감귤을 0°C에 저장하면서 무포장 대조구와 경시적으로 중량변화를 조사하였던 바 0°C 저장 중에 중량손실은 대조구가 3.68%로 가장 많았고 포장구의 경우는 손실이 가장 적은 PM20부터 가장 많은 LD40과 SB40까지 0.16~0.32% 범위였다(Table 40). 포장

Table 40. Changes in weight loss (%) of Mandarine oranges during storage at 0°C

Packaging method	Storage time (day)				
	Initial	15	29	44	60
Control	0.00±0.00	1.75±0.21	2.72±0.59	3.42±0.38	3.68±1.10
LD20	0.00±0.00	0.02±0.05	0.09±0.05	0.20±0.10	0.28±0.14
CE20	0.00±0.00	0.03±0.03	0.11±0.06	0.21±0.11	0.22±0.09
PM20	0.00±0.00	0.02±0.05	0.07±0.05	0.16±0.08	0.16±0.09
SB20	0.00±0.00	0.07±0.04	0.07±0.05	0.02±0.41	0.11±0.09
PMa20	0.00±0.00	0.00±0.06	0.08±0.06	0.13±0.07	0.19±0.10
LD40	0.00±0.00	0.03±0.06	0.11±0.06	0.24±0.11	0.32±0.12
CE40	0.00±0.00	0.02±0.05	0.13±0.05	0.20±0.10	0.27±0.24
PM40	0.00±0.00	0.03±0.02	0.04±0.05	0.24±0.16	0.31±0.09
SB40	0.00±0.00	0.04±0.05	0.08±0.06	0.24±0.09	0.32±0.12
PMa40	0.00±0.00	0.02±0.20	0.10±0.06	0.16±0.08	0.24±0.10
CLO	0.00±0.00	0.01±0.04	0.07±0.04	0.17±0.07	0.29±0.33
CIN	0.00±0.00	0.02±0.03	0.07±0.06	0.15±0.07	0.29±0.10

Data represent the mean ± S.E. from 3 replications.

구 간의 차이는 크지 않았지만 필름의 두께에 의한 증량손실 결과에서 40 μm 두께 필름보다는 얇은 20 μm 필름이 증량손실의 방지 효과가 있었다. 한편 20°C에 저장하였던 바 증량손실은 대조구의 경우 저장 12일 후 4.02%로 증량이 빠르게 감소하였으며 포장구들은 0.22~0.47%로 증량손실의 수준이 전반적으로 적었다(Table 41).

다. 부패율

감귤을 시험제조한 필름으로 포장한 후 60일간 0°C에 저장하였던 바 40 μm 의 두꺼운 필름포장구에서의 경우 전반적으로 대조구에 비해 부패과가 비교적 많이 발생하였지만, 20 μm 필름 포장구의 경우 LD20, CE20, PM20, SB20의 경우 대조구보다 오히려 낮은 부패율을 보였다. 또한 20°C에서 12일간 저장하였을 때 감귤의 부패는 대조구 보다 포장구에서 다소 높게 발생했다.

라. 가용성 고형물

0°C에 저장하였을 때 대조구의 경우 저장 15일 후 10.1과 10.0 °Brix로 감소하다가 저장 44일 후와 60일 후에는 10.7 °Brix로 오히려 증가하였다. 또한 20°C에 저장한 감귤의 경우 역시 무포장구의 가용성 고형물 함량의 변화가 컸으며 포장구중 PMa40은 저장 12일 후 10.17 °Brix로 가장 낮은 값을 유지하였다.

마. pH 변화

감귤의 저장전 초기 pH는 3.5였으며 60일 후 무포장구의 경우 3.62이었고 20 μm 필름의 경우 LD20의 pH는 3.79로 가장 높았다. SB20은 pH 3.68

Table 41. Changes in weight loss (%) of Mandarin oranges during storage at 20°C

Packaging method	Storage time (day)				
	Initial	2	5	8	12
Control	0.00±0.00	0.34±0.15	1.52±0.37	2.56±0.47	4.02±0.67
LD20	0.00±0.00	0.09±0.02	0.14±0.04	0.26±0.10	0.34±0.07
CE20	0.00±0.00	0.09±0.02	0.20±0.06	0.26±0.06	0.40±0.08
PM20	0.00±0.00	0.08±0.02	0.17±0.05	0.29±0.09	0.22±0.11
SB20	0.00±0.00	0.08±0.02	0.16±0.02	0.26±0.23	0.33±0.18
PMa20	0.00±0.00	0.13±0.05	0.27±0.10	0.26±0.07	0.47±0.16
LD40	0.00±0.00	0.06±0.02	0.19±0.03	0.31±0.09	0.47±0.19
CE40	0.00±0.00	0.06±0.02	0.54±1.47	0.26±0.08	0.30±0.10
PM40	0.00±0.00	0.08±0.02	0.17±0.03	0.22±0.10	0.33±0.10
SB40	0.00±0.00	0.07±0.04	0.16±0.02	0.25±0.04	0.43±0.18
PMa40	0.00±0.00	0.08±0.02	0.16±0.03	0.22±0.07	0.37±0.18

Data represent the mean ± S.E. from 3 replications.

로 다소 높았지만 시험제조한 필름 대부분은 대조구보다 낮은 수준을 유지하였다. 40 μm 필름의 경우, LD40의 pH는 저장 60일 후 pH 3.74로 같은 두께의 필름 중 가장 많은 변화를 보였다. 한편 20°C에 저장한 감굴의 저장중 pH는 포장구보다 대조구에서 빠르게 증가하였다.

바. 산도

0°C 저장기간 중 감굴의 산도는 약간 감소하였으며 포장구마다 경향은 약간씩 차이가 있었다(Table 42). 대조구는 저장 60일 후에는 0.59%를 나타냈으며 20 μm 두께의 필름 포장의 경우 LD20은 저장 15일 후부터 점차 감소하여 저장 60일 후에는 0.55%로 가장 낮은 함량을 보였다. CE20, PM20은 저장 60일 후 각각 0.67, 0.68%로 산도가 높게 유지되었으며 SB20과 PMA20은 저장 60일 후 각각 0.63, 0.64% 였다. 40 μm 두께의 필름에서 LD40은 저장 60일 후 LD20의 결과와 유사하게도 같은 두께의 필름 중 산도가 0.57%로 가장 낮은 값을 나타냈다. 한편 20°C에 저장한 감굴의 저장중 산도변화는 Table 43과 같이 SB40에서 가장 적은 감소를 보였다.

사. 관능적 품질

0°C에 저장한 실험구중 시험제조한 필름포장구인 CE40이 전체적인 기호도가 가장 높았으며 PM40, PMA40 약간의 이취 등이 느껴지기 때문에 일부 항목에서는 우수한 평가를 받았지만 전체적인 기호도는 낮게 나타났다(Table 44). 이는 필름을 제조가공시 첨가되는 소재, 특히 potassium permanganate에 의해 감굴중 2중결합 등의 구조를 갖는 휘발성 성분이 변화되었기 때문인 것으로 판단되며 되며 추후 해결해야 할 문제이다. 한편, 20°C에 저장한 감굴의 품질을 평가한 관능검사 결과(Table 45) 전반적인 기호도의 경우 대조구는 5.3점 이었으며 CE20는 6.0점으로 포장구 중 가장 높은 기호도를 보였다.

Table 42. Changes in titratable acidity (%) of Mandarin oranges during storage at 0°C

Packaging method	Storage time (day)				
	Initial	15	29	44	60
Control	0.72±0.08	0.80±0.03	0.90±0.01	0.77±0.05	0.59±0.05
LD20	0.72±0.08	0.78±0.01	0.72±0.02	0.57±0.03	0.55±0.01
CE20	0.72±0.08	0.71±0.07	0.67±0.07	0.68±0.02	0.67±0.01
PM20	0.72±0.08	0.71±0.02	0.71±0.01	0.65±0.03	0.68±0.12
SB20	0.72±0.08	0.63±0.08	0.70±0.01	0.72±0.09	0.63±0.01
PMa20	0.72±0.08	0.71±0.01	0.75±0.04	0.64±0.03	0.64±0.03
LD40	0.72±0.08	0.77±0.12	0.68±0.08	0.75±0.11	0.57±0.00
CE40	0.72±0.08	0.73±0.06	0.73±0.13	0.73±0.03	0.62±0.03
PM40	0.72±0.08	0.73±0.03	0.65±0.03	0.63±0.01	0.65±0.01
SB40	0.72±0.08	0.70±0.02	0.64±0.06	0.58±0.13	0.68±0.04
PMa40	0.72±0.08	0.73±0.08	0.65±0.00	0.70±0.03	0.63±0.03
CLO	0.72±0.08	0.71±0.01	0.59±0.02	0.65±0.04	0.55±0.03
CIN	0.72±0.08	0.75±0.03	0.66±0.01	0.64±0.00	0.61±0.00

Data represent the mean ± S.E. from 3 replications.

Table 43. Changes in titratable acidity (%) of Mandarine oranges during storage at 20°C

Packaging method	Storage time (day)				
	Initial	2	5	8	12
Control	0.72±0.00	0.64±0.02	0.55±0.06	0.60±0.10	0.50±0.02
LD20	0.72±0.00	0.58±0.04	0.55±0.08	0.48±0.01	0.49±0.01
CE20	0.72±0.00	0.57±0.08	0.55±0.01	0.56±0.12	0.54±0.01
PM20	0.72±0.00	0.63±0.03	0.59±0.05	0.51±0.04	0.57±0.12
SB20	0.72±0.00	0.62±0.00	0.54±0.03	0.54±0.08	0.53±0.08
PMa20	0.72±0.00	0.60±0.00	0.55±0.02	0.60±0.19	0.51±0.09
LD40	0.72±0.00	0.61±0.03	0.53±0.06	0.60±0.09	0.54±0.06
CE40	0.72±0.00	0.60±0.01	0.58±0.01	0.57±0.05	0.53±0.01
PM40	0.72±0.00	0.55±0.02	0.60±0.09	0.57±0.02	0.54±0.07
SB40	0.72±0.00	0.65±0.05	0.57±0.01	0.54±0.04	0.58±0.04
PMa40	0.72±0.00	0.63±0.02	0.56±0.05	0.53±0.11	0.51±0.01

Data represent the mean ± S.E. from 3 replications.

Table 44. Sensory evaluation of Mandarin oranges after storage at 0°C for 60 days

Packaging method	Appearance	Sweetness	Sourness	Overall acceptability
Control	4.20±1.30	5.20±2.17	4.40±2.41	4.40±1.14
LD20	6.40±1.34	5.40±0.55	3.80±1.64	5.60±0.89
CE20	6.20±1.10	4.80±1.30	5.60±2.30	4.60±1.52
PM20	5.80±1.30	5.60±0.89	4.80±1.79	4.60±2.07
SB20	5.60±0.89	5.40±1.14	4.20±2.28	4.60±1.67
PMa20	5.60±1.14	6.00±1.58	5.00±1.58	5.20±1.48
LD40	6.00±0.71	5.60±1.14	4.40±1.95	5.40±1.14
CE40	5.60±0.89	6.40±0.89	3.20±1.10	6.40±1.34
PM40	6.40±0.89	5.80±0.84	5.00±1.87	5.40±1.14
SB40	5.40±0.55	6.00±1.22	3.80±1.79	5.20±1.79
PMa40	6.40±0.55	6.60±0.55	3.20±1.30	5.80±0.84
CLO	6.40±0.89	6.80±0.84	3.60±1.52	6.60±0.55
CIN	6.40±0.89	6.00±1.41	4.80±1.64	5.60±0.89

Table 45. Sensory evaluation of Mandarin oranges after storage at 20°C for 12 days

Packaging method	Appearance	Sweetness	Sourness	Overall acceptability
Control	5.20±1.40	5.70±1.89	4.30±2.06	5.30±1.77
LD20	6.10±1.20	5.90±1.60	4.30±2.11	5.70±1.40
CE20	6.10±1.73	6.10±1.60	4.40±2.07	5.80±1.55
PM20	5.10±1.60	5.90±1.66	4.90±1.73	5.20±1.62
SB20	5.40±1.90	5.50±1.65	4.80±1.75	5.40±1.51
PMa20	5.50±1.43	5.10±1.85	4.30±2.16	5.10±2.02
LD40	5.78±1.79	5.67±1.80	4.44±2.30	5.56±1.74
CE40	6.33±2.00	6.78±1.48	3.89±1.17	5.60±1.80
PM40	6.00±1.80	5.89±1.76	4.56±2.79	5.11±1.36
SB40	5.89±1.62	5.67±1.41	4.33±1.94	5.44±1.67
PMa40	6.11±1.62	5.44±1.51	4.56±1.67	5.78±1.56

제 7 장 기능성 증진을 위한 MA포장 소재 및 포장방법 개발

제1절 기능성 증진을 위한 MA포장 소재 개발

과실류의 저장 유통중 신선도 연장을 위한 기능성 MA포장재의 개발을 위하여 제올라이트 또는 제올라이트에 potassium permanganate를 첨가한 소재로 하여 실험 제조하였던 1차 및 2차년도 연구결과를 토대로 하여 이를 보다 개선키 위한 시도로 제올라이트 및 석회석을 기본 소재로 하고 이에 에틸렌 흡착능이 있는 potassium permanganate를 1차 및 2차년도에서와는 다르게 첨가하여 필름을 제조한 후 물성과 기능성을 측정하였다.

1. 기본소재처리

포장재의 기본소재인 분말 제올라이트와 석회석을 50%, 활성 알루미나 (Al_2O_3) 40%, 소석고 7%, 과망간산칼륨 3%의 혼합물을 수분함량이 30%가 되도록 잘 혼합하였다. 완전히 혼합된 혼합물을 PE 필름으로 적절히 밀봉된 용기에 넣은 후 실온 ($23\sim 30^{\circ}C$)에서 약 4시간 건조후 습한 환경에서 약 20시간 동안 방치하였다. 20시간의 초기 방치후 물 (100ml/kg)을 가한 후 PE 필름에 싼 채로 수분함량이 약 11% 될 때까지 15시간 정도 실온에서 건조시킨다. 충분히 건조된 혼합물을 ball mill로 재 분쇄하여 80 mesh 이하로 미분하여 이를 필름제조의 기본소재로 사용하였다(Fig. 2).

제2절 기능성 포장재의 제조 및 물성조사

필름제조에 사용된 resin은 저밀도 폴리에틸렌 resin (LLDPE)이었고 각 소재와 resin의 혼합비는 중량비로 1:1이었고(Fig. 3) 그의 제조방법은 2차년

여 백



Fig. 2. Additive materials used to modify a polyethylene film

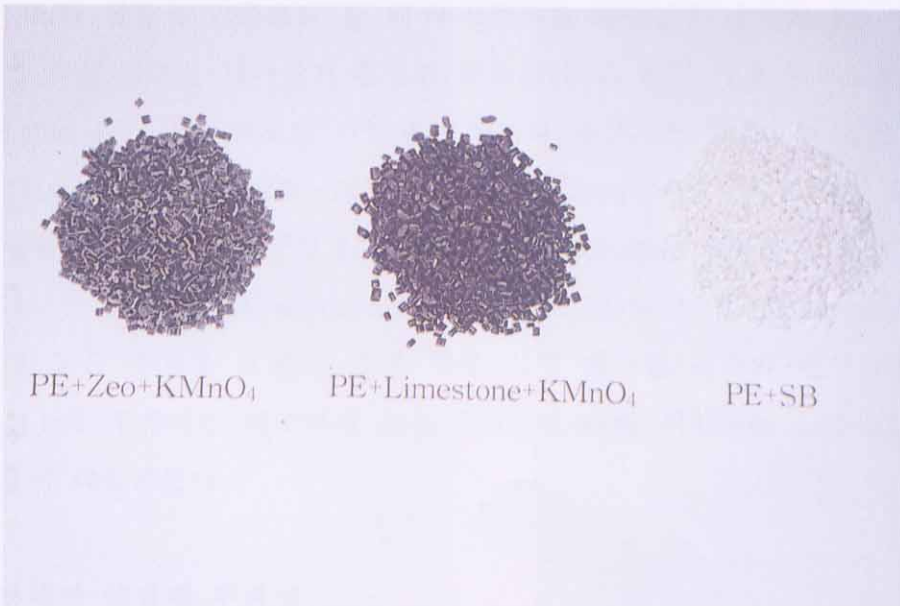


Fig. 3. Master-batch pellets of the modified polyethylene resin

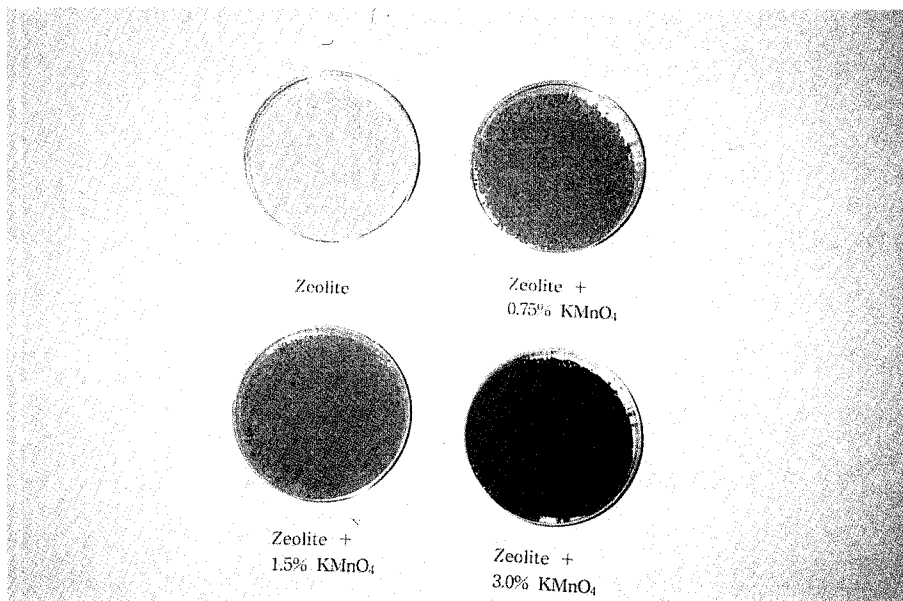


Fig. 2. Additive materials used to modify a polyethylene film

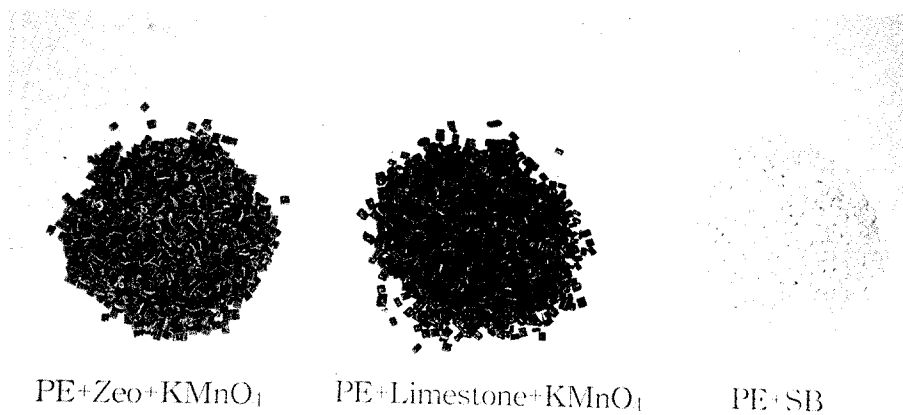


Fig. 3. Master-batch pellets of the modified polyethylene resin

여 백

와 동일하였으며 제조된 필름의 종류는 다음 Table 46과 Fig. 4에 나타내었으며 제조공정은 Fig. 5와 같다.

1. 실험 제조한 포장재의 물성

실험 제조한 필름의 외관의 경우 투명하고 표면이 매끄러운 LDPE 필름과는 달리 potassium permanganate를 첨가한 제올라이트와 석회석 필름의 경우 손으로 만졌을 때 표면이 거친 것을 느낄 수 있었다. 제올라이트를 기본소재로 사용한 필름의 경우 5%의 zeolite를 첨가했음에도 불구하고 필름은 투명하였으나 석회석을 기본소재로 사용한 필름은 보다 진한 갈색을 띠었다.

2. 포장재의 기체 투과성

실험제조한 PE 소재 필름의 실제 두께와 기체투과도를 측정하였던 바 두께 20 μm 의 필름을 기준으로 할 때 기체투과도 측정값은 순수한 PE 필름에 비해 각각 기능성 첨가제가 혼입된 필름들이 더 높은 기체 투과도를 보였다(Table 47). 시험 제조한 기능성 포장재의 탄산가스 투과도는 같은 두께인 20 μm 의 경우 9,829~14,241 ml/day.m².atm범위로 최저치를 보인 L+K 필름의 경우가 대조구인 LD 필름보다 약 26%높은 수준을 보였고, 산소 투과도는 3,412~5,880 ml/day.m².atm 범위로 LD의 2,903 ml/day.m².atm에 비해 높은 수치를 보였다. 한편 각종 시험 제조한 필름의 탄산가스에 대한 산소의 투과비는 대조구의 경우 2.61인데 비해 시험구는 1.87-4.12로 그 비율이 다양하였다.

3. 포장재의 에틸렌 투과성

또한 제조된 필름의 에틸렌 투과도는 20 μm 의 경우에는 L+K나 Z+K 필

Table 46. Types of films test-manufactured for extension of freshness of fruits

Name	Property
20LD	20 μm 두께의 LDPE film
20Z+K	1차 제조한 zeolite를 기본소재로 사용한 20 μm 두께의 film
40Z+K	1차 제조한 zeolite를 기본소재로 사용한 40 μm 두께의 film
20L+K	1차 제조한 limestone을 기본소재로 사용한 20 μm 두께의 film
40L+K	1차 제조한 limestone을 기본소재로 사용한 40 μm 두께의 film
20CE+K	2차 제조한 zeolite를 기본소재로 사용한 20 μm 두께의 film
30CE+K	2차 제조한 zeolite를 기본소재로 사용한 30 μm 두께의 film
40CE+K	2차 제조한 zeolite를 기본소재로 사용한 40 μm 두께의 film

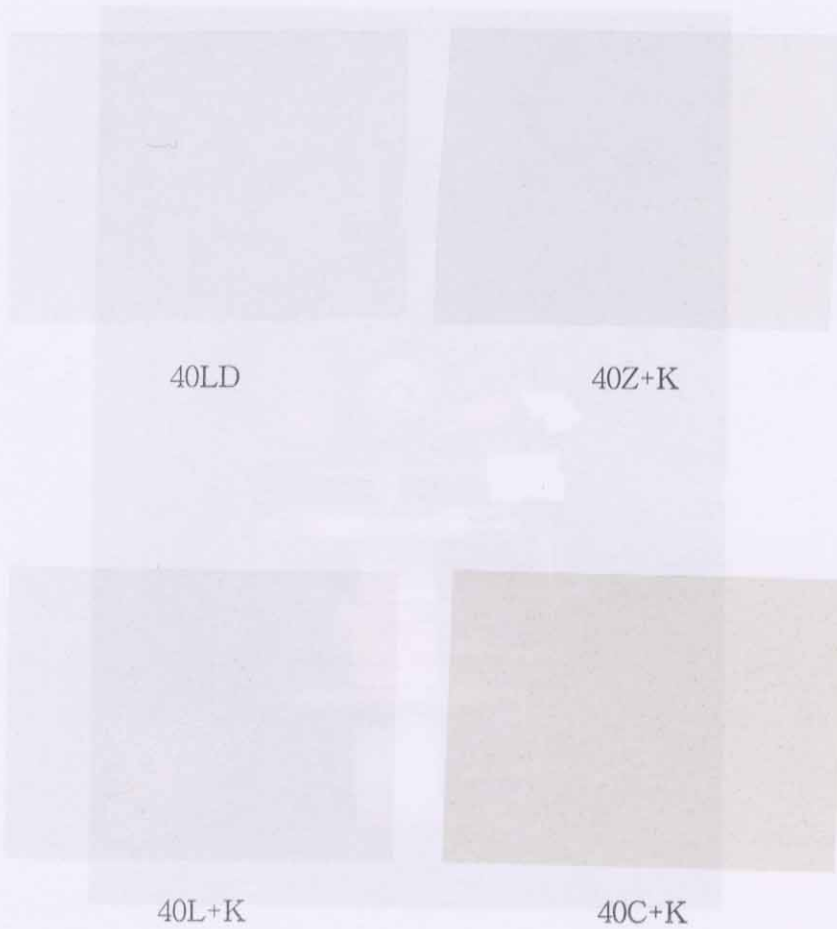


Fig. 3. Extrusion blowing process for manufacturing the modified polystyrene film.

Fig. 4. Appearance of test manufactured films.

40LD

40Z+K

40L+K

40C+K

Fig. 4. Appearance of test manufactured films.

여 백

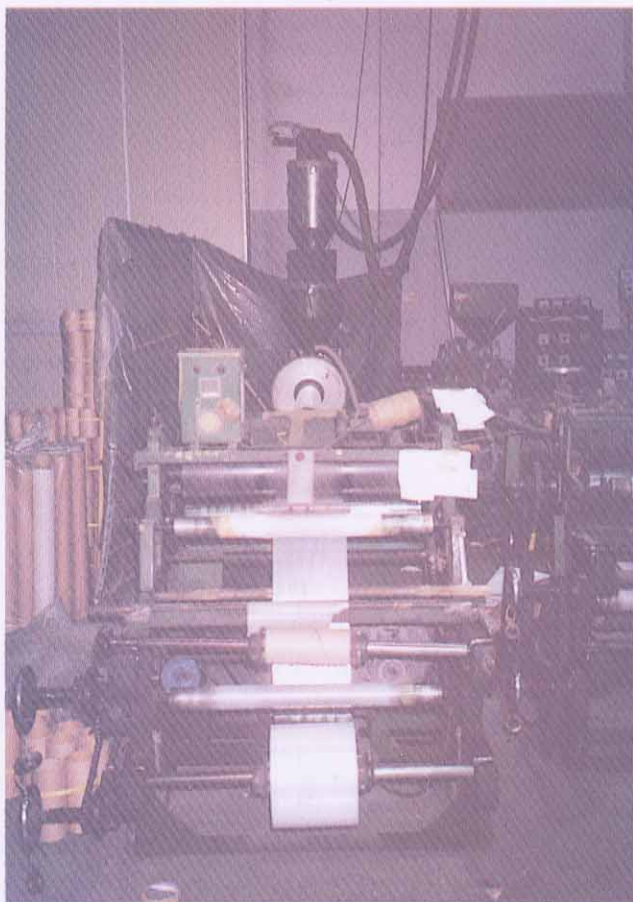


Fig. 5. Extension-blowing process for manufacturing the modified polyethylene film.

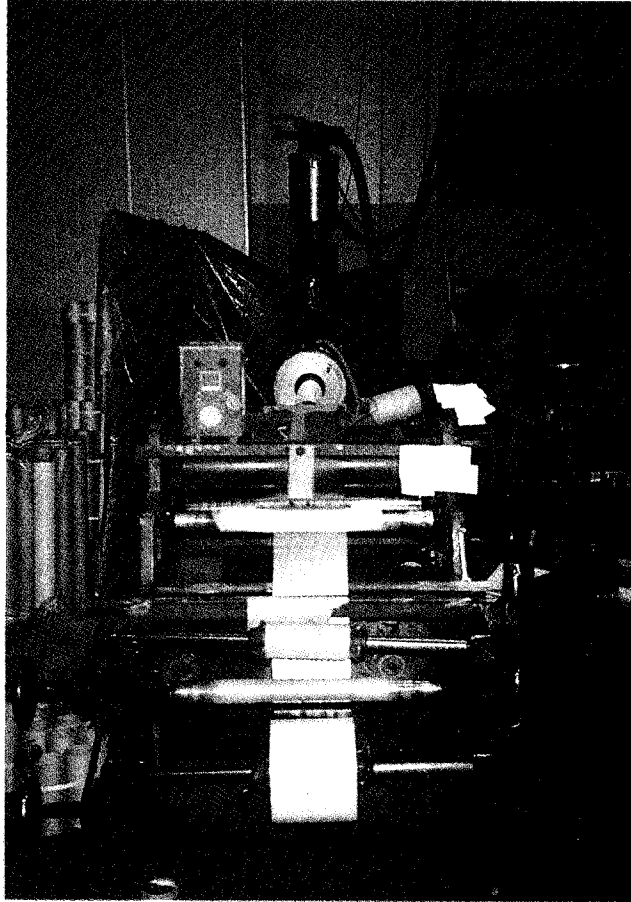


Fig. 5. Extension-blowing process for manufacturing the modified polyethylene film.

여 백

름이 1855.71~2151.43 ml/day.m².atm로 대조구인 LD 필름이 799.28 ml/day.m².atm에 비해 2.3~2.6배의 투과도를 나타내었으며 CE의 경우는 3.7배의 투과도를 나타내었다(Table 48). 40 μm의 필름의 경우에는 기능성 소재의 종류에 관계없이 636.42~758.57 ml/day.m².atm의 투과도를 나타내었다.

이러한 기능성 소재의 첨가는 플라스틱 필름의 고유 특성인 CO₂/O₂ 투과비를 변화시키는 역할뿐만 아니라 필름의 산소, 이산화탄소 및 에틸렌에 대한 기체 투과도를 증가시켰다. 이는 기능성 필름을 이용하여 과채류를 포장했을 때 포장구 내부의 평형 기체조성과 매우 밀접한 상관성이 있으며, 과채류의 신선도 유지에 적합한 적정 산소와 이산화탄소 농도를 유지시키고 과채류 품질저하에 영향을 주는 에틸렌 가스를 제거하는데 필요한 기초 자료로도 활용할 수 있다.

4. 포장재의 에틸렌 흡착능

제조된 기능성 소재와 이를 소재로 masterbatch 제조한 resin 및 필름의 에틸렌 흡착능력을 측정하였던 바 기능성 소재와 resin은 뚜렷한 에틸렌 흡착능을 나타내었으며 또한 1차 제조한 필름의 경우에도 필름 제조 직후의 실험에서는 경시적인 에틸렌 흡착이 관찰되었으나 약 3개월 후의 재실험에서는 흡착이 관찰되지 않았다(Table 49, 50, 51)

5. 에틸렌 흡착 기본소재의 열안정성

Masterbatch나 필름 제조 공정시에 열처리가 소재에 영향을 끼쳐 산화능을 현격히 감소시키는 것으로 판단되어 소재로 사용된 purafil의 열 안정성을 확인하였던 바 150°C에서 열처리한 경우 소재는 열처리 시간에 관계없이 뚜렷한 에틸렌 흡착능을 나타내었으며 180°C에서는 30분, 45분 열처리한

Table 47. Gas transmission rate of packaging films used in the experiments

Film	Thickness (μm)	Gas transmission rate ¹ (ml/day \cdot m ² \cdot atm)		
		O ₂	CO ₂	CO ₂ /O ₂
20LD	19.5 \pm 1.72	2903	7283	2.51
Z+K(20)	12.6 \pm 1.65	3412	11459	3.35
Z+K(40)	28.2 \pm 1.60	1783	5959	3.34
L+K(20)	12.1 \pm 0.88	4380	19577	1.87
L+K(40)	28.5 \pm 1.40	1681	6926	4.12
CE+K(20)	12.6 \pm 1.51	5880	14241	2.42
CE+K(30)	22.2 \pm 1.48	6267	12097	1.93
CE+K(40)	30.8 \pm 1.99	1845	6081	3.29

¹data for films at 20°C, 76% RH

Table 48. Ethylene gas transmission rate of packaging films used in the experiment

Film	Thickness (μm)	Gas transmission rate (ml/day \cdot m ² \cdot atm)
		Ethylene(C ₂ H ₄)
20LD	18.4 \pm 0.84	799.28
Z+K(20)	13.5 \pm 1.08	2151.43
Z+K(40)	35.9 \pm 1.52	636.42
L+K(20)	13.3 \pm 0.48	1855.71
L+K(40)	30.7 \pm 1.33	649.28
CE+K(20)	14.7 \pm 1.41	3017.14
CE+K(30)	21.4 \pm 2.83	1230.00
CE+K(40)	32.4 \pm 1.95	758.57

Table 49. Ethylene gas absorbing capacity of the raw materials used for preparation of films

Time (hrs)	Ethylene concentration (%)	
	Zeolite based matrix	Limestone based matrix
0	100	100
20	65.35	15.77
40	33.24	2.13
60	15.33	0.00
80	7.62	0.00

Table 50. Ethylene gas absorbing capacity of the resins prepared with raw materials

Time (hrs)	Ethylene concentration (%)	
	Resin A	Resin B
0	100	100
6	101.60	102.25
24	97.85	90.27
75	55.74	58.38

소재는 뚜렷한 에틸렌 흡착능을 나타내었지만 60분간 열처리한 경우 에틸렌 흡착능의 저하를 나타내었다(Table 52, 53).

일반적으로 masterbatch, 필름 제조 공정중의 열처리 온도는 150~180°C이므로 이 온도에서의 소재의 열 안정성은 매우 중요하다. 따라서 위 결과는 공정중의 기능성 소재의 에틸렌 흡착능을 유지할 수 있는 공정 온도와 공정 시간을 조절하는데 유용한 기초 자료로 사용될 수 있다.

기능성 소재의 온도에 따른 열안정성을 고려하여 필름을 추가적으로 시험 제조하였다. 필름제조에 사용한 소재는 1차제조시와 동일하게 유지하고 처리온만을 150°C이하로 유지하여 필름을 생산한 후 기능성 소재, resin 및 필름의 에틸렌 흡착능을 비교하였던 바 resin의 경우 시간에 따른 에틸렌 흡착능이 뚜렷하였으며 15% resin이 10% resin보다 좀 더 나은 흡착능을 나타내었다. 필름의 경우 resin과 비슷하거나 약간 낮은 정도의 에틸렌 흡착능을 나타내었다. 이와 같은 결과는 1차 제조하였던 경우에 비해 다소 낮은 수준으로 제조 업체에 따라서도 필름의 기능성이 차이가 있는 것으로 판단되었고 본 연구에서 개발한 기능성 소재를 이용한 필름의 제조시 처리온도 뿐만아니라 그 외의 각종 인자에 대한 고려가 필요한 것으로 판단되었다.

제3절 품목별 기능성 포장재 적용기술

실험제조한 필름을 이용하여 배, 사과, 감귤, 복숭아, 참외, 피자두 및 자두, 쓰가루 사과를 각각 포장처리한 후 저장하면서 포장재에 따른 포장내 환경 가스조성과 에틸렌 농도 및 품질을 비교하였다.

1. 배

가. 포장내 탄산가스, 산소 및 에틸렌 농도

Table 51. Ethylene gas absorbing capacity of the films prepared with the resins

Time (hrs)	Ethylene concentration (%)	
	20Z+K	20L+K
0	100	100
24	82.53	96.55
48	85.83	99.51
72	57.98	77.50
96	50.10	57.79

Table 52. Thermal stability of raw materials for film as a function of time at 150°C

Time (min)	Ethylene concentration (%)				
	untreated	1hour treated	2hour treated	3hour treated	4hour treated
0	100	100	100	100	100
10	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0

Table 53. Thermal stability of raw materials for film as a function of time at 180°C

Time (min)	Ethylene concentration (%)			
	untreated	30min treated	45min treated	60min treated
0	100	100	100	100
10	0	0	0	38.58
20	0	0	0	35.48
60	0	0	0	33.82

Table 54. Sensory quality of pears after MA storage at 10°C for 90 days

	Packaging				
	control	20LD	20PMa	20L+K	20Z+K
Appearance	5.80±1.10	7.00±1.00	4.80±0.84	7.80±0.84	5.80±1.10
Odor	5.80±1.79	7.00±1.58	5.60±1.52	7.00±0.71	6.80±0.84
Texture	4.40±0.89	4.80±0.84	4.20±0.84	5.60±0.89	5.80±0.84
Juiciness	5.20±0.84	6.20±1.48	4.80±1.10	6.60±1.34	6.40±1.14
Overall acceptability	4.60±1.52	5.40±1.67	4.40±1.14	5.80±1.48	5.40±0.89

시험제조한 필름의 선도유지효과를 단시간내에 비교키 위하여 배를 10℃에서 90일간 저장하면서 경시적으로 품질을 조사하였다. 포장구내의 산소가스 농도를 측정된 결과 20LD는 저장 7일 후 산소의 농도가 11%로 급격히 저하되었으며 이후 저장 56일까지 9~11% 농도를 유지하였다. 그러나 20PMa는 저장 56일 후도 19.18%로 산소가 거의 줄어들지 않았으며 저장기간 동안 19% 정도를 유지하였다. 이러한 결과와 20LD와의 농도 차이는 두 필름간의 산소가스에 대한 투과도 차라고 생각되며 20PMa가 20LD에 비해 산소에 대한 높은 투과도를 보였기 때문으로 판단된다. 또한 20L+K는 저장 56일 후에는 14.81%의 산소 농도를 보였고 20Z+K는 20L+K와 유사한 속도로 감소하다 약 16% 정도에서 평형을 유지하였다.

한편, 포장구 내의 이산화탄소 농도 변화를 보면 20LD가 저장 7일 후 3.45%를 보여 같은 저장기간 동안 다른 포장구에 비해 이산화탄소 함량이 높았고 저장 56일 후에는 약 4% 정도를 유지하였다. 20PMa는 저장 7일 후부터 저장기간 동안 약 1% 수준의 함량을 유지하였다. 20L+K는 저장 56일 후 2.58%였고, 20Z+K는 2.19%였다.

포장내 에틸렌가스는 저장 7일 후까지는 감지되지 않았고 저장 14일 후부터 검출할 수 있었다. 그러나 저장기간 동안 배에서 생성된 에틸렌은 약 1 ppm 수준의 소량이었으며 포장구간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

나. 저장배의 품질(Fig. 6)

중량손실율은 무포장구의 경우 저장 60일 후 6.6% 중량손실을 보여 이미 배의 상품적 가치가 손상된 것으로 판단되었으나 포장구는 저장 90일까지 중량손실이 매우 미미하였다. 저장 90일 후 20LD는 0.42%의 중량손실율을 보였으나 다른 포장구는 약간씩 높았으며 유의적인 차이는 없었다. 따라서 단기간 (3개월)의 배 저장에 있어서 중량손실을 무포장구와는 차이가 있을

여 백

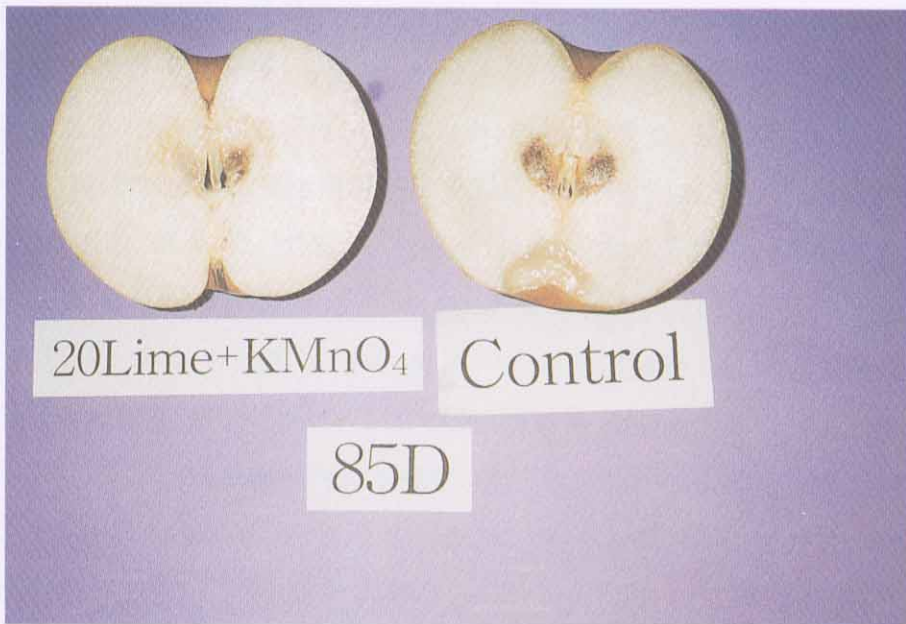


Fig. 6. External appearance of halves of pear after
MA storage at 10°C for 85 days.

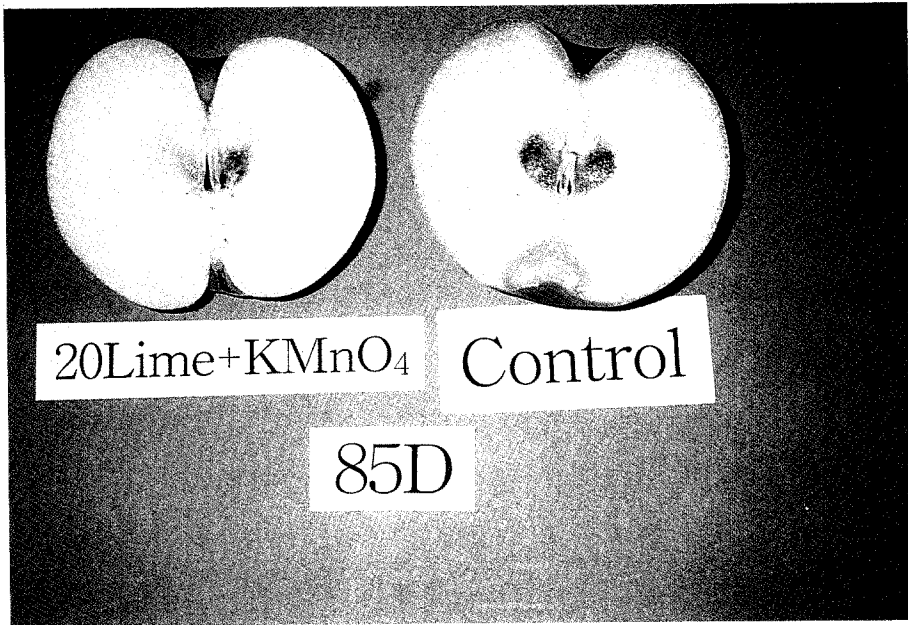


Fig. 6. External appearance of halves of pear after
MA storage at 10°C for 85 days.

여 백

지라도 포장구간의 차이는 비교할 수 없었다.

배의 초기경도는 229.5 kgf였으며 저장중 전반적으로 조금씩 감소하였는데 저장 90일 후에는 20Z+K가 142.5 kgf로 다른 저장구에 비해 가장 높게 유지되었다. 가용성 고형물 함량은 저장하기전 초기값이 11.83 °Brix였는데 중량감소가 심하였던 무포장구가 90일 후에는 12.1 °Brix를 나타내었다. 포장구는 모두 무포장구에 비해 낮은 가용성 고형물 함량을 보였으며 20PMA 및 20L+K포장구가 다른구에 비해 다소 높은 수준을 보였다. 90일간 저장한 배의 pH는 5.61~5.96범위였는데 20LD 포장구는 초기 pH 5.11에서 pH 5.96으로 가장 크게 증가하였고, 이러한 값은 시험제조한 다른 기능성 포장구에 비해 높은 수준이었다.

저장 90일후 배의 관능적 품질을 비교하여 보면(Table 54) 평가항목 5가지 중 시험제조하여 포장하였던 20L+K는 외관과 절단시 나는 냄새, 다즙성, 전체적 기호도에서 가장 높은 점수를 얻었다. 또한 조직감에 대한 평가에서도 시험제조한 필름으로 포장한 20Z+K 다음으로 높은 평가를 받아 저장한 처리구중 가장 기호도가 높았다.

2. 사과 (후지)

가. 포장내 탄산가스, 산소 및 에틸렌 농도

시험 제조한 개발필름 4종으로 후지사과를 포장하여 저장한 후 저장중에 포장안의 산소농도를 경시적으로 (15, 30, 45, 60일) 측정된 결과, 20LD는 저장 15일 후 산소 농도가 11.71%로 급격히 감소한 후 일정한 수준을 유지하였던 반면 다른 포장구는 약 19% 이상의 산소농도를 보였다(Table 55). 한편, 포장구 내의 이산화탄소 농도는 20LD가 저장 15일 후 3.0%의 농도를 보여 같은 저장기간 동안 다른 포장구에 비해 이산화탄소가 농도가 높았다.

Table 55. Changes in gas concentrations and ethylene contents in the package of apples during MA storage at 4°C for 60 days

Storage time (day)		Packaging			
		20LD	20CK	40LD	40CK
O ₂ (%)	0	20.50	20.50	20.50	20.50
	15	11.70	20.18	19.04	19.47
	30	12.33	20.12	19.00	18.84
	45	13.28	20.22	19.10	18.28
	60	14.48	20.33	19.20	18.64
CO ₂ (%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	15	3.00	0.49	1.07	0.87
	30	3.09	0.49	1.05	1.06
	45	2.73	0.38	1.00	1.18
	60	2.68	0.37	1.02	1.13
C ₂ H ₄ (ppm)	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	15	353.0	502.0	465.0	393.0
	30	39.0	39.0	24.0	23.0
	45	126.0	113.0	106.0	119.0
	60	82.0	104.0	147.0	144.0

저장기간 중 포장구 안의 에틸렌 농도 변화를 조사한 결과 20LD 포장구의 경우 저장 15일 후 353 ppm의 에틸렌이 검출되어 다른 포장구에 비해 2배 이상의 높은 농도를 유지하였으며 저장 30일 후에는 502 ppm으로 최고를 나타냈다. 그러나 시험제조한 20PMa, 20L+K, 20Z+K의 저장기간중 최대치는 40 ppm, 126 ppm, 144 ppm으로 20LD의 경우 보다 훨씬 낮은 수준을 나타내었다. 이와 같이 20LD에 비해 시험제조한 기능성 포장구가 낮은 에틸렌 함량을 보인 것은 20L+K의 경우 필름에 혼입한 소재의 에틸렌 포집 및 흡착에 기인된 것으로 판단되며 필름자체의 탄산가스 및 산소의 투과도가 높아 일부는 에틸렌이 필름을 투과하여 외부로 방출되었기 때문인 것으로 판단된다.

나. 저장사과의 품질(Fig. 7)

120일간 4℃에 저장을 하면서 후지사과의 중량손실율의 변화를 조사한 결과(Table 56), 무포장구는 저장 120일 후 3.9%의 중량감소가 발생하였지만 포장구는 저장 90일까지 중량손실율이 0.5% 이하이었으며 포장구간에는 유의차가 없었다. 경도는 저장기간동안 약간 감소하였는데 저장 90일 후의 경우 무포장 대조구는 196 kg_f로 가장 높았고 포장구중에는, 20Z+K, 20PMa가 각각 190.0 kg_f, 186.5 kg_f으로 LD 및 20L+K보다 높은 값을 나타내었다.

저장초기 13.3 °Brix였던 가용성 고형물 함량은 저장직후에 약간 증가 후 저장동안 서서히 감소하였는데 저장 90일 후에는 20PMa가 13.55 °Brix로 높고 20Z+K가 13.35 °Brix 그리고 20LD가 12.65 °Brix로 가장 낮았다. 사과의 pH는 저장기간 동안 증가하였는데 저장저장 90일 후 20L+K 포장구가 pH 4.8로 가장 낮았고 무포장 대조구가 pH 5.02로 가장 높았다. 저장전 사과의 산도는 0.23였는데 저장 60일까지는 산도의 감소가 거의 없었으나

여 백



Fig. 7. Appearance of apples(Fuji) after MA storage at 4°C for 120 days.



Fig. 7. Appearance of apples(Fuji) after MA storage at 4°C for 120 days.

여 백

저장 90일 후에는 감소하기 시작하였다. 저장 90일 후 무포장의 경우 0.15%로 가장 낮았으며 포장구는 0.16~0.18% 범위였다.

포장방법을 달리하여 90일 저장하였던 사과와 관능적 품질을 비교하였던 바 20 ZK포장구 사과의 품질이 전반적으로 대조구 및 20LD포장구에 비해 비교적 우수한 것으로 나타났으며 외관은 20 LK포장구가, 향 및 조직감은 20LD포장구가 우수한 것으로 조사되었다(Table 57).

3. 감귤

1998년 6월에 제주도 서귀포에서 하우스 감귤을 무포장 대조구, 일반 폴리에틸렌 필름인 20LD, 30LD, 40LD와 시험제조한 필름류인 0.02 mm 두께의 CE, PM, SB, LK, ZK, CK을 사용하여 각각 포장한 후 4℃에서 저장하면서 저장중 감귤 품질변화를 조사하였다.

가. 포장내 기체조성 변화

시험제조한 필름으로 포장하여 4℃에 저장하면서 경시적으로 포장내의 가스 농도를 측정된 결과(Table 58), 포장재내의 산소 농도를 보면, 두께가 40 μm 의 두꺼운 40LD 필름이 저장 3일 후 까지 급속히 감소한 후 저장 6일 후 까지도 감소하여 7.46%에 달했으며 저장 90일후에는 2.9%를 나타내었다. 30LD 처리구는 40LD 다음으로 두꺼운 필름으로 20 μm 두께의 필름들보다 산소 농도가 낮게 유지되었다. 20CE는 동일한 두께 (20 μm)의 필름중에서 포장내 산소의 농도가 그중 낮았다. 탄산가스의 농도는 저장초기부터 서서히 증가하여 저장 35일 후까지에는 40LD구의 경우 4% 수준을 유지하였지만 저장 90일 후에는 10.9%를 보였으며 이러한 경향은 LD포장구 모두 유사하였다. 그러나 시험제조한 필름중 SB구만을 제외한 경우 저장 35일후보다는 높은 수준이었지만 대부분 4% 미만을 유지하였다.

Table 56. Weight loss of apples after MA storage at 4°C for 120 days

Storage time (day)	Packaging				
	Control	20LD	20CK	20LD	20CK
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	2.03	0.28	0.24	0.27	0.19
60	2.32	0.31	0.29	0.28	0.39
90	2.94	0.38	0.31	0.37	0.48
120	3.85	0.64	0.41	0.48	0.55

Table 57. Sensory quality of apples after MA storage at 10°C for 90 days

	Packaging				
	Control	20LD	20CK	20LD	20CK
Appearance	4.20±0.45	5.40±0.55	6.20±0.45	7.00±1.00	6.40±0.55
Odor	5.60±0.55	7.00±0.71	5.60±0.89	6.60±0.55	6.60±1.14
Texture	5.60±1.34	7.00±1.22	6.20±0.84	6.20±0.71	6.60±0.55
Sourness	5.80±1.30	5.80±1.10	6.00±0.71	6.80±1.10	6.60±0.89
Overall acceptability	5.80±2.00	6.00±0.71	6.20±1.48	6.45±0.84	6.60±0.89

Table 58. Changes in gas concentrations and ethylene contents in the package of mandarine oranges during MA storage at 4°C.

Storage time (day)	Packaging									
	20LD	30LD	40LD	20CE	20PM	20SB	20LK	20ZK	20CK	
O ₂	0	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
(%)	3	17.45	11.48	9.62	14.19	17.92	17.43	18.02	17.01	20.12
	6	18.97	11.56	7.46	14.07	18.25	17.59	18.30	17.39	20.18
	10	18.93	11.38	8.17	14.29	18.14	17.63	18.06	17.23	20.24
	14	18.94	11.49	8.22	14.81	18.14	17.89	18.06	17.36	20.12
	21	19.29	13.31	10.45	15.30	18.48	17.82	17.07	17.62	20.23
	35	19.23	14.69	10.09	15.03	18.23	17.63	18.79	17.47	20.18
	90	10.24	2.93	2.22	10.15	14.00	10.60	13.46	12.10	19.27
CO ₂	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(%)	3	2.72	4.98	5.78	2.58	2.31	2.86	1.65	1.66	0.61
	6	1.85	4.97	5.72	2.60	2.27	2.82	1.56	1.57	0.61
	10	1.86	4.89	6.50	2.52	2.19	2.66	1.61	1.58	0.58
	14	1.79	4.73	6.39	2.46	2.18	3.24	1.61	1.58	0.60
	21	1.71	4.43	6.23	2.44	2.12	2.96	1.59	1.62	0.69
	35	1.57	4.86	6.76	2.22	2.93	2.80	1.14	1.64	0.33
	90	9.28	9.78	10.89	4.22	4.82	6.58	3.43	3.80	1.83
C ₂ H ₄	0	-*	-	-	-	-	-	-	-	-
(ppm)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* : not detected

한편 저장 중 포장내 에틸렌 농도를 분석하였던 바 모든 포장구 공히 비교할 수 없을 정도로 적게 나타났다.

나. 품질변화(Fig. 8)

감귤의 저장중 중량손실율은 무포장 대조구가 저장 90일 후 5.88%로 상품성측면에서 매우 조악하였으며 과피의 광택도 수분손실로 인하여 약해졌다. 포장구는 이에 반해 저장중 중량손실이 0.5% 내외로 매우 적었으며 투과성이 높은 20CK 필름으로 포장한 처리구가 90일 후 0.64%로 그 중 가장 높은 손실을 보였다(Table 59). 감귤의 초기 가용성고형분 함량은 12.13 °Brix였으나 저장 30일 후에는 대조구가 10.8 °Brix, 30LD가 10.7 °Brix, 40LD가 10.6 °Brix, 20LK가 10.7 °Brix로 크게 감소하였으나 저장 90일 후에는 20LD가 10.0 °Brix로 가장 낮았다. 저장 초기 감귤의 pH는 3.37이었다. 저장중 감귤의 pH는 점차 증가하여 저장 30일 후 30LD와 40LD가 각각 pH 3.65와 3.62로 다른 처리구에 비해 높았다. 그러나 저장기간 중 처리구 간에 pH의 유의적인 차이는 보이지 않았다. 초기 산도는 citric acid로 환산하여 0.83%였다. 저장기간 동안에 감귤의 산도는 약간씩 감소하여 저장 90일 후에는 산도가 0.55~0.68%로 나타났다. 감귤의 산도는 저장 초기에 많이 감소하였으며 저장 30일 이후에는 산도 감소가 완만히 진행되었는데 저장 90일 후시협제조한 필름으로 포장하였던 20LK가 0.68%로 가장 높았고, 일반필름을 사용한 20LD가 0.55%로 가장 낮았다.

감귤을 저장하면서 경시적으로 관능검사를 실시하였는데 저장 90일 후에는 소비자의 구매 요구를 자극하는 외관평가에서 40LD와 40SB가 가장 높은 평가를 받았으나, 단맛은 20LD와 20CK가, 신맛은 20ZK가 높은 평가를 얻어서 외관적으로 감귤을 평가하는 것과 실제 맛을 보고 평가할 때는 차이가 있음을 알 수 있었으며 전체적인 기호도 평가에서 20CK가 가



Fig. 8. Appearance of mandarine oranges after MA storage at 4°C for 120 days.



Fig. 8. Appearance of mandarine oranges after MA storage at 4°C for 120 days.

여 백

장 우수한 것으로 나타났다(Table 60).

4. 복숭아

가. 시험용 재료 및 처리

충북 음성군 지역에서 생산한 미백품종으로 1998년 8월 10일에 수확한 것을 두께가 20 μm (20LP)와 40 μm (40LP)인 LDPE 필름봉지 안에 에틸렌 흡착제인 purafil 50 g을 넣은 sachet을 첨가하여 밀봉한구와 시험제조한 필름포장구로 나누어 포장저장하였다. 처리구는 무포장 대조구 일반 필름포장구인 20LD, 40LD, 에틸렌흡착포가 첨가된 20LP, 40LP 시험제조한 필름 포장구20CK, 40CK였으며 저장온도는 20 $^{\circ}\text{C}$ 이었다.

나. 포장내 기체조성, 에틸렌 변화

LDPE 필름과 실험제조한 CK 필름 그리고 LDPE 필름 포장에 purafil을 sachet으로 첨가한 포장 처리구를 20 $^{\circ}\text{C}$ 에 저장한 후 저장초기 3일 동안 경시적으로 포장내의 가스 및 에틸렌 농도를 측정하여 Table 61의 결과와 같이 포장 직후 포장재 내의 산소농도는 급격히 감소하여 8시간 이후 부터는 1% 수준을 유지하였다. 그러나 포장구중 CK 포장구의 경우는 공기의 투과도가 높은 특성에 따라 17~18% 수준의 산소농도를 나타내었다. 탄산가스 농도는 산소의 경우와 반대로 저장초기 급격히 증가하였는데 저장 2일후에는 CK 포장구를 제외하고서는 모두 20% 이상의 농도를 나타내었다. 동일한 두께의 필름으로 포장하였지만 포장내부에 에틸렌 흡착제를 넣었던 포장구의 경우 저장초기에는 같은 두께의 필름만으로 포장한 경우에 비해 낮은 수준을 보였지만 저장 2일후 부터는 거의 유사한 수준을 유지하였다. 포장구 안의 에틸렌은 밀봉 직후 급격히 증가하여 최고치를 나타낸 다음 저장1일후부터는 다시 감소하였다. 40LD는 최고 64.23 ppm까지 증가하였으며 40CK는

Table 59. Weight loss of mandarine oranges after MA storage at 4°C

Storage time (day)	Packaging									
	Control	20LD	30LD	40LD	20CE	20PM	40SB	20LK	20ZK	20CK
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	2.22	0.27	0.18	0.27	0.30	0.35	0.30	0.10	0.16	0.42
60	3.92	0.35	0.27	0.39	0.43	0.35	0.28	0.44	0.22	0.25
90	5.88	0.50	0.48	0.45	0.53	0.49	0.41	0.55	0.42	0.64

Table 60. Sensory quality of mandarine oranges after MA storage at 4°C for 90 days

	Packaging									
	Control	20LD	30LD	40LD	20CE	20PM	20SB	20LK	20ZK	20CK
Appearance	7.40 ±0.55	7.20 ±0.84	6.60 ±1.14	7.80 ±0.84	7.60 ±0.89	7.40 ±0.89	7.80 ±0.45	7.20 ±1.30	7.20 ±1.10	7.20 ±1.64
Sweetness	6.60 ±0.55	6.80 ±0.84	6.20 ±0.84	6.20 ±0.84	6.40 ±0.89	6.20 ±1.10	6.00 ±0.71	6.60 ±0.89	5.80 ±0.84	6.80 ±1.10
Sourness	4.40 ±1.82	5.00 ±2.55	3.80 ±1.30	5.60 ±2.07	5.20 ±1.79	6.40 ±1.95	5.60 ±1.14	5.40 ±1.34	6.00 ±1.41	4.40 ±1.67
Overall acceptability	6.40 ±0.89	6.80 ±0.71	5.20 ±0.84	5.60 ±0.45	6.40 ±0.55	5.80 ±1.10	6.60 ±0.55	6.40 ±0.55	6.20 ±1.92	7.00 ±1.22

Table 61. Changes in gas concentrations and ethylene contents in the package of peaches during MA storage at 20°C

Storage time (day)	Packaging						
	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK	
O ₂	0	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
(%)	0.4	1.58	1.66	18.00	1.43	1.63	1.94
	1	1.56	1.39	17.97	1.65	1.41	1.51
	2	1.55	1.35	18.12	1.18	1.17	1.50
	3	1.34	1.39	18.29	1.66	1.50	1.53
CO ₂	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(%)	0.4	14.48	8.66	3.76	15.17	6.93	11.62
	1	21.63	16.39	4.08	27.98	23.12	25.00
	2	22.15	20.64	3.05	36.31	30.80	28.28
	3	23.38	23.24	3.24	37.15	37.01	23.09
C ₂ H ₄	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(ppm)	0.4	34.44	8.21	12.15	64.23	8.68	59.08
	1	12.89	7.46	14.72	24.28	-	13.98
	2	7.13	-*	16.49	9.20	-	4.20
	3	-	-	17.89	-	-	-

* : not detected

59.08 ppm까지 증가하였던 반면에 에틸렌 흡착제를 첨가한 20LP와 40LP는 20LP는 8.21 ppm, 40LP는 8.68 ppm으로 동일 두께의 필름 포장구보다 현저히 적은 양의 에틸렌이 검출되었다. 그러나 20CK 포장구의 경우 다른 포장구와는 포장내 에틸렌 가스의 증가경향이 차이가 있었으며 저장기간 중 조금씩 증가하여 저장 3일후 17.89 ppm이었다.

다. 저장중 품질변화

중량손실율은 무포장 대조구가 저장 2일 후 3.9%이었으며 저장 5일후에는 9%에 달하였으나 포장구의 경우는 2% 미만이었다(Table 62). 대조구는 저장기간중 중량이 점차 감소하여 저장 8일 후에는 11.8%의 손실율을 보여 외관상으로 뚜렷이 상품성이 저하되어 보였다. 포장구 중에서는 20CK가 저장기간 중 약간의 손실만을 보였으며 저장 8일 후에도 가장 중량손실율이 적었다. 복숭아의 초기 가용성 고형분 함량은 8.7 °Brix였으며 저장중 큰 변화는 없었다. 저장전 초기 복숭아의 pH는 4.63이었으며 저장 2일 후 40CK가 4.77로 높았다. 무포장 대조구는 저장기간중 pH가 다른 처리구에 비해 낮았다. 20CK도 저장기간중 pH 변화가 적었으며 저장 8일 후에도 pH가 4.76이었다. 초기 산도는 malic acid로 환산하여 0.30%이었고 저장 8일 후에는 0.17~0.25%범위였다. 전반적으로 얇은 필름 처리구의 산도가 높게 유지되었으며, 특히 20CK는 저장 8일 후에도 산도가 0.25%로 가장 높게 유지되었다.

저장중 복숭아의 변색, 조직감, 부패 등을 종합적으로 평가하였던 바 전반적으로 저장 5일까지는 복숭아의 외관이 양호한 것으로 나타났으나 5일 이후에는 급격히 상품적 가치가 손실되었으며 저장 8일 후에는 대부분의 처리구가 상품성을 손실하였으나(Fig. 9) 20CK 처리구는 3.69로 상품성이 유지되었다.

Table 62. Weight loss of peaches after storage at 20°C for 8 days

Storage time (day)	Packaging						
	Control	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.88	0.42	0.90	0.66	0.78	0.86	1.14
5	9.00	1.34	1.25	0.89	1.28	1.61	1.27
8	11.8	1.71	1.42	0.92	1.64	1.82	2.09

Table 63. Sensory quality of peaches after MA storage at 20°C for 5 days

	Packaging						
	Control	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
Appearance	6.60±0.55	6.00±0.71	6.60±1.14	7.60±0.89	5.60±1.52	7.20±1.30	6.00±1.22
Sweetness	4.80±1.48	5.20±1.30	5.60±0.55	6.60±1.14	5.40±1.34	5.60±1.67	5.20±1.48
Sourness	3.60±1.14	3.20±2.17	3.20±1.30	3.00±1.34	3.20±1.64	2.80±0.55	2.90±1.95
Overall acceptability	5.60±1.34	6.40±0.55	6.40±0.55	7.40±0.89	6.20±1.48	6.40±0.55	6.20±1.30

여 백



Fig. 9. Appearance of peaches after MA storage at 20°C for 8 days.

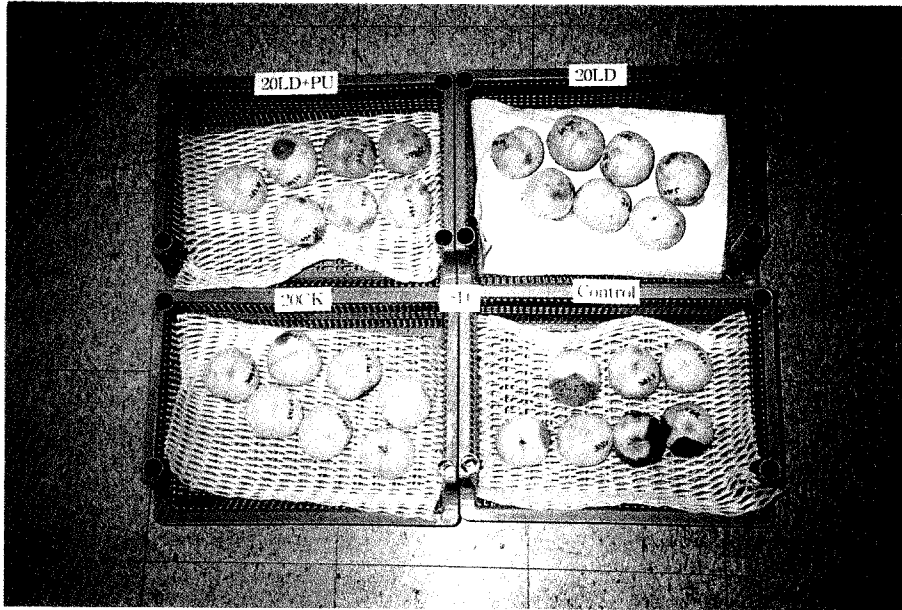


Fig. 9. Appearance of peaches after MA storage at 20°C for 8 days.

여 백

복숭아의 초기 경도는 0.23 kgf였으며 저장중 점차 감소하여 저장 8일 후에는 0.10~0.18 kgf 범위로 무포장에서 가장 많은 경도 감소를 보였으며 20LP와 20CK는 저장중 감소가 적었었다.

저장중 과육의 에탄올과 아세트알데히드 함량 변화를 조사하였던 바(Fig. 10, 11) 40LP는 저장기간중 높은 에탄올 증가율을 보였으나 저장 5일 후에는 약간씩 증가하여 저장 8일 후 10,760 $\mu\text{L}/\text{kg fr.wt.}$ 를 나타냈고, 40LD는 직선적으로 증가하여 저장 8일 후 12,880 $\mu\text{L}/\text{kg fr.wt.}$ 를 나타냈다. 20LD와 20LP는 40 μm 필름 포장구보다는 적은 량의 에탄올이 생성되었다. 아세트알데히드 함량은 저장초기 20 $\mu\text{L}/\text{kg fr.wt.}$ 였으며, 저장 8일 후 40CK는 160 $\mu\text{L}/\text{kg fr.wt.}$ 로 최고치를 나타냈다. 20CK는 에탄올과 함께 아세트알데히드 함량도 적은 수준을 유지하였다.

복숭아를 저장한 후 외관검사에서 상품성이 상실되기 직전인 저장 5일 후에 관능검사를 실시하였던 바 전체적 기호도는 20CK가 다른 처리구에 비해 현저히 높은 점수를 얻어 유의차가 있음을 알 수 있었다(Table 63).

5. 참외

가. 시험용 재료 및 처리

경북 성주군 지역에서 생산한 금싸라기 품종으로 1998년 8월 30일에 수확한 것을 복숭아의 경우와 동일하게 포장처리하여 20°C에서 저장하면서 품질을 비교하였다.

나. 포장내 기체조성, 에틸렌 변화

참외를 20°C에 저장한 후 저장기간중 경시적으로 포장내의 탄산가스와 산소, 에틸렌 축적량을 측정된 결과 복숭아의 경우보다는 다소 완만하지만 포장재 내의 산소가 급격히 감소하였다(Table 64). 40LP 처리구는 저장 1

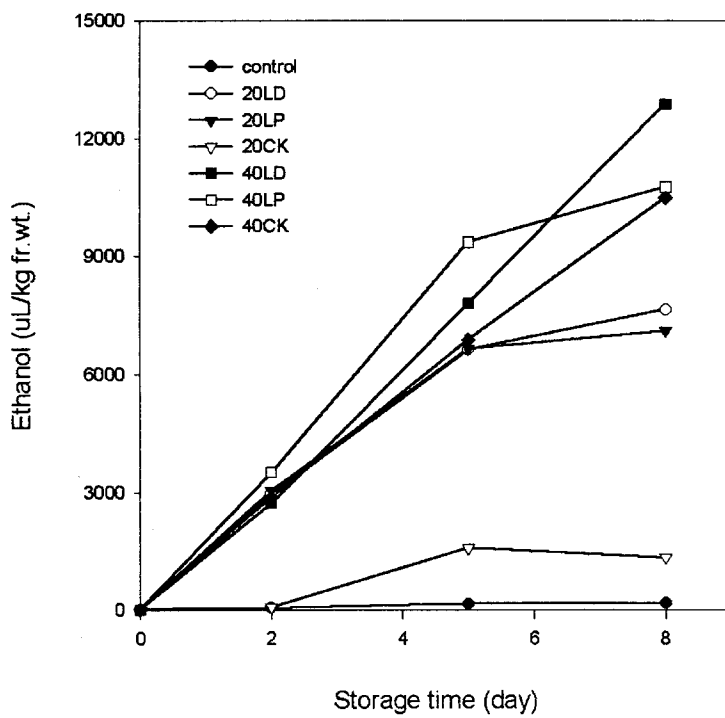


Fig. 10. Changes in ethanol of peaches during MA storage at 20°C for 8 days.

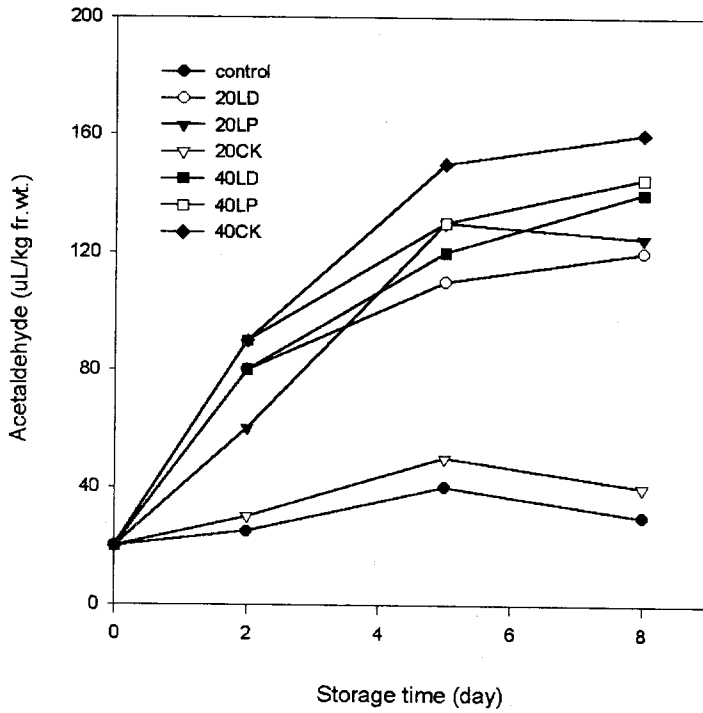


Fig. 11. Changes in acetaldehyde of peaches during MA storage at 20°C for 8 days.

Table 64. Changes in gas concentrations and ethylene contents in the package of oriental melons during MA storage at 20°C

Storage time (day)	Packaging						
	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK	
O ₂	0	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
(%)	0.5	12.74	14.65	18.70	13.92	12.94	13.32
	1	6.20	4.02	18.88	3.38	2.10	3.75
	2	6.63	4.65	18.83	2.31	2.04	3.60
	3	7.45	4.76	18.62	3.28	2.18	3.81
	6	6.73	4.16	18.19	3.22	2.09	4.88
	10	6.32	3.75	18.08	3.69	2.38	3.13
CO ₂	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(%)	0.5	4.22	2.13	1.83	4.17	2.42	4.18
	1	5.42	5.04	2.03	8.32	5.35	8.05
	2	5.37	5.11	2.04	9.16	6.63	8.03
	3	5.23	5.05	2.14	8.26	7.18	7.58
	6	5.19	5.50	2.68	9.38	7.53	7.25
	10	5.77	5.40	2.49	9.16	7.58	7.70
C ₂ H ₄	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(ppm)	0.5	26.73	16.48	16.58	28.08	23.54	31.09
	1	49.03	7.34	7.02	64.70	10.85	65.49
	2	30.21	6.60	7.36	43.60	10.76	56.12
	3	29.15	6.06	6.23	41.74	10.82	50.14
	6	27.64	6.61	6.72	37.64	10.88	43.44
	10	24.50	6.11	6.08	34.81	10.97	40.92

일후 산소 농도가 2.10%로 포장구중 가장 낮았던 반면에 20CK는 저장 중 산소함량이 초기에 18.88%로 약간 감소하며 이후로는 변화가 없었다. 40LD 처리구는 저장중 탄산가스농도가 가장 높았는데 저장 2일 후 9.16%로 최고치에 이르렀다. 포장구 안의 에틸렌은 밀봉 직후 급격히 증가하여 전반적으로 0.5일과 1일 후에 최고치를 나타낸 다음 점차 감소하는 경향이 있었다. 에틸렌 축적이 가장 많은 포장구는 40CK로 저장 1일 후 65.49 ppm까지 증가하였으며, 40LD는 64.70 ppm까지 증가하였다. 반면에 에틸렌 흡착제를 첨가한 20LP와 40LP는 에틸렌 축적량이 동일두께의 필름포장구에 비해 훨씬 낮았다.

다. 저장중 품질(Fig. 12)

중량손실율은 무포장구가 저장 6일 후 5.24%이었고 외관으로도 포장구와 뚜렷이 구별되었다(Table 65). 포장구는 저장중 중량손실이 1% 이하로 적었으나 20CK 처리구는 저장 10일 후 2.38%로 약간의 손실이 있었다. 참외의 초기 가용성고형분 함량은 11.0 °Brix였으며 저장중 경향은 처리구 간에 약간씩 차이가 있었다. 참외의 초기 pH는 5.79였으며 저장에는 3일 후에는 처리구중 40LP가 6.0으로 가장 높았으며 저장 10일 후에는 40LP의 pH가 6.17이었다. 초기 산도는 malic acid로 환산하여 0.24%였으며 저장 10일 후에는 산도가 0.14~0.18%로 나타났다. 대조구의 산도는 저장 10일 후 가장 낮은 0.14%였으며 20CK도 0.15%로 낮았다. 40CK는 0.18%로 산도가 처리구중 가장 높았다.

저장중 참외의 과피변색, 조직감, 부패 등을 종합적으로 평가하였던 바 전반적으로 저장 3일 후까지는 참외의 외관이 상품성이 있는 것으로 나타났으나 6일 이후에는 20 μ m의 얇은 필름 포장구가 상품성이 손실되었으나 40 μ m의 필름 포장구는 상품성이 있는 것으로 평가되었다. 특히 40CK는

여 백

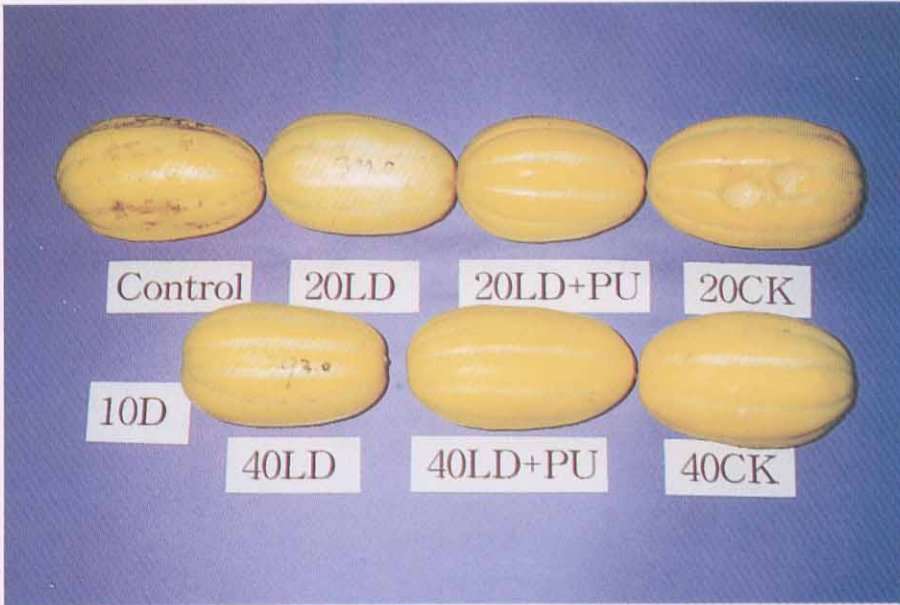


Fig. 12. Appearance of oriental melons after MA storage at 20°C for 10 days.

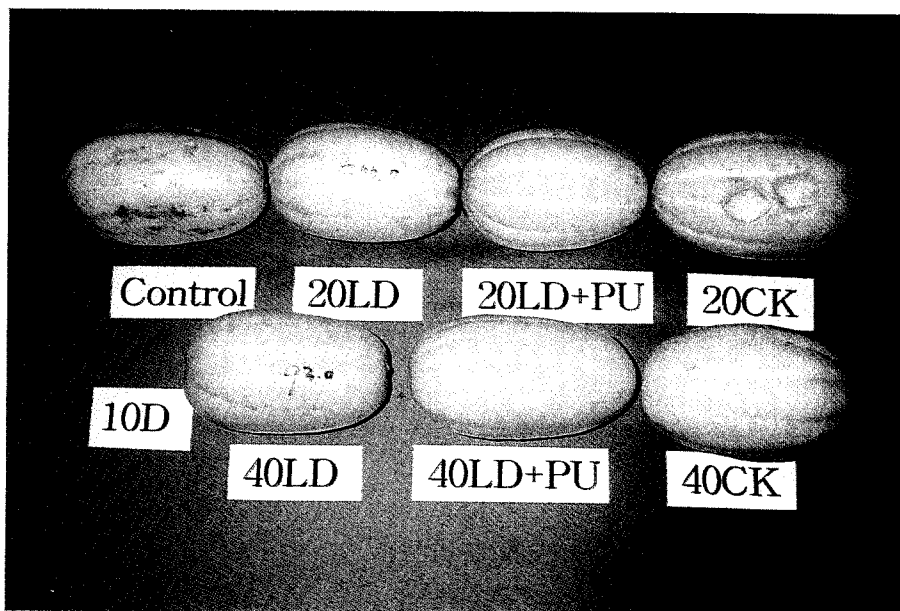


Fig. 12. Appearance of oriental melons after MA storage at 20°C for 10 days.

여 백

처리구중 가장 높은 평가를 받았다.

참외의 초기 경도는 1.41 kgf였으며 저장중 점차 감소하여 저장 10일 후에는 0.70~0.87 kgf 범위였다(Fig. 13). 대조구는 저장 10일 후 경도가 0.70 kgf로 가장 낮은 값을 보였으며, 40 μ m 필름 처리구와 20LD가 경도가 높게 유지되었다. 외관검사에서 높은 상품성 평가를 받은 40CK는 경도 측정시에도 과육조직이 저장 6일 후까지도 양호하게 나타나 전체적으로 참외 상품성이 유지된 것으로 생각된다.

참외를 저장 6일 후 관능적 품질을 평가하였던 바 전체적 기호도를 살펴보면 40CK가 다른 처리구에 비해 높은 평가를 받아서 상품성이 유지되고 있음을 알 수 있었다(Table 66).

6. 피자두

가. 시험용 재료 및 처리

경북 김천군 지역에서 1998년 8월 16일에 수확한 것을 무포장구, 일반 필름포장구인 20LD, 40LD, 시험제조한 필름 포장구인 20CK, 40CK로 구분하여 포장처리한 후 20℃에 저장하면서 품질변화를 분석하였다.

나. 포장내 기체조성 변화

피자두를 20℃에 저장한 후 경시적으로 포장내의 탄산가스와 산소 함량을 측정한 결과(Table 67), 포장재 내의 산소 농도는 저장 초기에 급격히 감소하였는데, 40LD 처리구가 저장 1일 후에 4.47%로 산소의 소비율이 가장 빨랐고 20LD는 8.06%였으며 40CK는 10.83%로 다소 적게 감소되었다. 20CK는 포장내의 산소 함량에 큰 변화가 없었다. 산소 함량은 저장 2일 후에 최저치를 나타내고 이후 약간 증가한 후 일정한 수준을 유지하였다. 탄산가스함량은 40LD 처리구에서 저장 초기부터 많은 양이 검출되었으며

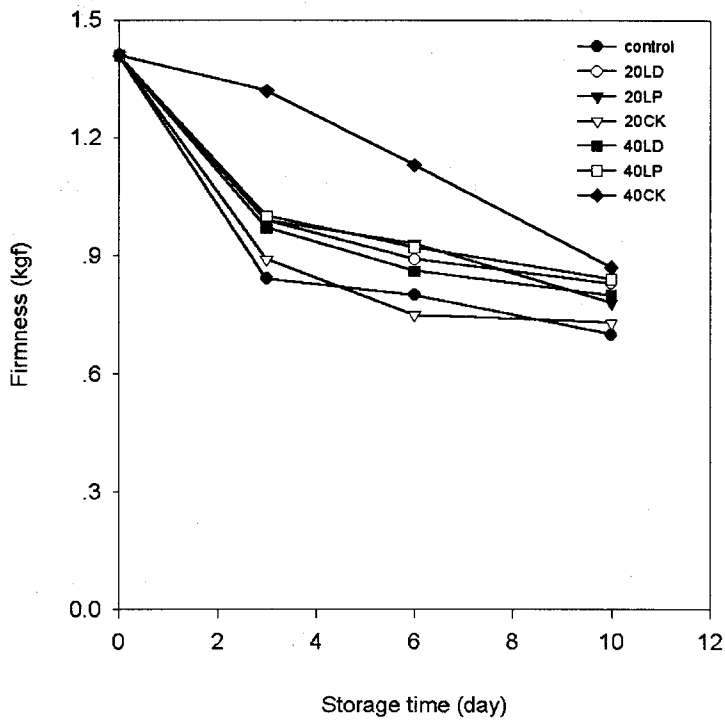


Fig. 13. Changes in firmness of oriental melons during MA storage at 20°C for 10 days.

Table 65. Weight loss of oriental melons after MA storage at 20°C

Storage time (day)	Packaging						
	Control	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	3.94	0.50	0.36	0.49	0.50	0.45	0.41
6	5.24	0.60	0.51	0.79	0.54	0.56	0.46
10	7.68	0.79	0.74	2.38	0.70	0.76	0.66

Table 66. Sensory quality of oriental melons after MA storage at 20°C for 6 days

	Packaging						
	Control	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
Appearance	5.00±0.71	8.00±0.00	7.20±0.45	6.80±1.64	7.00±0.71	7.00±0.71	7.20±0.45
Odor	6.80±0.45	6.00±0.71	7.00±0.71	7.20±0.84	6.40±0.55	6.20±0.45	6.00±0.71
Sweetness	7.20±0.84	6.80±0.45	7.80±0.45	6.60±0.55	7.20±1.48	6.80±0.45	7.20±0.45
Overall acceptability	6.40±0.55	6.80±0.45	7.80±0.45	7.00±0.71	6.80±0.84	6.20±0.45	6.80±0.45

Table 67. Changes in gas concentrations and ethylene contents in the package of plums (red flesh) during MA storage at 20°C

Storage time (day)		Packaging			
		20LD	20CK	40LD	40CK
O ₂ (%)	0	20.50	20.50	20.50	20.50
	1	8.06	19.47	4.47	10.83
	2	3.98	19.61	2.85	6.95
	3	4.54	19.38	3.69	7.52
	4	6.17	19.50	3.66	5.69
	7	5.29	18.46	3.37	5.27
	13	4.77	19.11	2.61	4.78
	CO ₂ (%)	0	0.00	0.00	0.00
1	5.64	1.32	8.15	5.72	
2	6.86	1.41	11.86	6.90	
3	6.98	1.40	12.62	6.18	
4	5.77	1.26	15.46	8.64	
7	7.73	2.32	14.39	9.39	
13	14.49	2.26	33.66	13.30	
C ₂ H ₄ (ppm)	0	-*	-	-	-
	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	13	-	-	-	-

* : not detected

저장 13일 후는 33.66%까지 검출되었다. 이러한 결과는 저장 말기에 변패
과가 많아지면서 피자두의 혐기호흡으로 인한 포장내의 산소의 소비가 증
가하고 이산화탄소가 감소하는 것으로 생각된다.

다. 포장재에 따른 저장중 품질 변화

피자두를 20℃에 13일간 저장하면서 경시적으로 품질변화를 조사한 결과
(Fig. 14), 중량손실율은 대조구가 저장 4일만에 5.86%로 외관상으로도 포
장구와 구별되었으며 저장 13일 후는 20.58%나 되었다(Table 68). 그러나
포장구는 저장 7일 후까지는 저장중 중량손실이 1% 이하였으나, 저장 13
일 후는 20LD와 20CK가 각각 1.28%, 1.21%였으며 40LD와 40CK는 각각
0.76%, 0.64%였다.

저장중 피자두의 과피건조, 조직감, 부패 등을 종합적으로 평가하였던 바
대조구를 제외한 포장구는 저장 7일 후까지는 피자두의 외관이 상품성이
있는 것으로 나타났으나, 저장 13일 이후에는 20CK 처리구만이 상품성이
있었다.

피자두를 저장한 후 외관검사에서 상품성이 상실되기 직전인 저장 7일후에
관능적 품질을 평가하였던 바 전체적 기호도에서는 40CK가 다른 처리구에
비해 높은 평가를 받았다. 대조구는 전반적으로 평가가 낮았으며 신맛에서
는 다른 처리구에 비해 약간 높거나 유사한 정도였다(Table 69).

7. 자두

가. 시험용 재료 및 처리

경북 의성군 지역에서 생산한 후무사 품종으로 1998년 7월 26일에 수확한
것복숭아 및 참외의 경우와 동일한 조건으로 처리 포장한 후 20℃에서 저
장하면서 포장방법에 따른 품질변화를 평가하였다.

여 백



Fig. 14. Appearance of plums (red flesh) after MA storage at 20°C for 13 days.



Fig. 14. Appearance of plums(red flesh) after MA storage at 20°C for 13 days.

여 백

Table 68. Weight loss of plums(red flesh) after MA storage at 20°C for 13 days

Storage time (day)	Packaging				
	Control	20LD	20CK	40LD	40CK
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	5.86	0.34	0.65	0.32	0.64
7	11.00	0.51	0.64	0.63	0.64
13	20.58	1.28	1.21	0.76	0.64

Table 69. Sensory quality of plums(red flesh) after MA storage at 20°C for 7 days

	Packaging				
	Control	20LD	20CK	40LD	40CK
Appearance	5.20±2.17	7.00±1.41	7.40±1.14	7.60±1.67	7.60±1.14
Sweetness	3.00±1.41	5.75±1.22	4.50±1.00	4.50±1.38	4.25±1.89
Sourness	6.80±0.45	5.60±1.52	6.40±1.14	6.80±1.64	6.40±1.14
Overall acceptability	5.40±1.14	6.80±0.45	6.60±1.14	6.40±1.14	7.00±0.71

나. 포장내 기체조성 변화

자두를 실온에 방치한 후 저장기간중 경시적으로 포장내의 탄산가스와 산소 농도를 측정된 결과포장재 내의 산소 농도를 보면 저장초에 급속히 감소하였다(Table 70). 40LD 처리구는 저장 0.7D 후 산소 농도가 2.34%로 가장 낮아 초기 포장재 안의 산소 소비율이 높았으며 저장 4D 후에는 0.94%까지 감소하였다. 40CK는 20CK를 제외한 포장구중 저장 초기 산소함량이 4.75%로 가장 적게 감소하였다. 탄산가스농도는 저장 1일 후까지 빠르게 증가하다가 그 후 서서히 증가하였다. 저장 4일까지 40LD는 포장구내에 탄산가스 함량이 가장 높았으며 56%까지 증가하였다. 저장 4일 후 40CK는 동일 두께 포장구중 38.05%로 낮았으며 20CK는 10.14%까지 검출되었다.

다. 포장재에 따른 저장중 품질변화

자두를 실온에 방치하면서 품질변화를 조사한 결과(Table 71), 중량손실율은 대조구가 저장 3일 후 7.71%, 7일 후 14.37%로 아주 높았다. 포장구의 중량손실은 거의 없었으며 저장 7일 후에 1.20~1.61%였다. 자두의 초기 가용성고형분 함량은 7.5 °Brix였으며 저장중에 약간 증가 후 다시 감소하였다. 대조구는 저장중 고형분 함량이 가장 높았으며 포장구간에는 유의적인 차이가 없었다. 저장전 자두의 초기 pH는 3.26이었으며 저장중에 점차 증가하였다. 저장 7일 후에는 20CK의 pH가 3.71로 가장 많이 증가하였다. 또한 초기 산도는 malic acid로 환산하여 0.82%로 저장중 산도는 약간씩 감소하였으며 저장 7일 후에는 산도가 0.52~0.61%로 나타났다. 처리구 간에 유의적 차이는 없었으나, 대조구의 산도는 저장 10일 후 가장 낮음 0.52%였고 40LD는 0.61%로 처리구중 가장 높았다. 저장 3일 후에 대조구 자두는 이미 외관이 상품성이 손실되었으나 필름 포장구는 상품성이 있었

Table 70. Changes in gas concentrations and ethylene contents in the package of plums(yellow flesh) during MA storage at 20°C

Storage time (day)	Packaging						
	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK	
O ₂	0	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
(%)	0.7	3.58	3.96	17.64	2.34	2.41	4.75
	1	3.77	3.88	17.38	2.56	2.76	4.61
	2	2.84	3.34	15.98	1.87	2.03	3.58
	3	1.66	2.19	15.19	1.19	1.81	2.08
	4	1.83	1.46	12.31	0.94	1.10	1.22
CO ₂	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(%)	0.7	17.85	14.27	3.93	25.46	17.76	19.51
	1	18.42	14.96	3.61	27.81	18.48	22.31
	2	23.49	22.54	7.15	35.24	29.92	26.73
	3	27.52	21.96	7.90	45.78	40.46	32.25
	4	29.38	30.13	10.14	56.00	43.36	38.05
C ₂ H ₄	0	-*	-	-	-	-	-
(ppm)	0.7	-	-	-	-	-	-
	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-

* : not detected

으며 40CK는 가장 우수하였다. 그러나 포장 처리구 역시 저장 약 5일 정도에 상품성이 저하되기 시작했으며 저장 7일 후에는 모든 처리구가 3점 이하의 평가를 받았다(Fig. 15).

자두의 초기 경도는 0.29 kgf였으며 저장중 점차 감소하였는데 40 μ m 필름 처리구에서 높게 유지되고 대조구와 20CK 처리구에서 낮았다(Fig. 16). 저장중 자두의 에탄올과 아세트알데히드 함량 변화를 분석하였던 바 자두에서 생성되는 에탄올과 아세트알데히드는 저장중 초기에는 생성속도가 빠르지 않았으나 저장 후기에는 빠르게 증가하였다(Fig. 17,18). 에탄올 함량 변화에서 저장 7일 후 40LP의 에탄올 함량이 가장 많았으며 20CK와 대조구는 상대적으로 낮은 함량을 나타냈다. 아세트알데히드 함량도 저장중 증가하였는데 저장전 초기 아세트알데히드 함량은 10 μ L/kg fr.wt.였으며 저장 7일 후 40LP가 120 μ L/kg fr.wt로 최고치를 나타냈다.

자두의 관능적 품질 비교에 있어 대조구와 20 μ m 필름 처리구는 부패가 심해서 제외하고 40 μ m 필름 처리구 만을 대상으로 하였다. 외관상태는 40CK가 40LD와 40LP보다 좋지 않았고, 신맛 평가에서도 낮은 평가를 받았다. 전체적기호도에서는 40LP가 가장 좋은 평가를 받았으며 40CK는 동일 두께의 필름 처리구중 낮은 평가를 받았다(Table 72).

8. 쓰가루 사과

가. 시험용 재료 및 처리

경북지역에서 생산한 쓰가루 품종으로 1998년 8월 27일에 수확한 복숭아의 경우에서와 같이 동일하게 포장처리한 후 10℃에서 저장하면서 포방방법에 따른 품질의 변화를 분석하는 중에 있다.

나. 포장내 기체조성, 에틸렌 변화



Fig. 15. Appearance of plums(yellow flesh) after MA storage at 20°C for 7 days



Fig. 15. Appearance of plums(yellow flesh) after MA storage at 20°C for 7 days

여 백

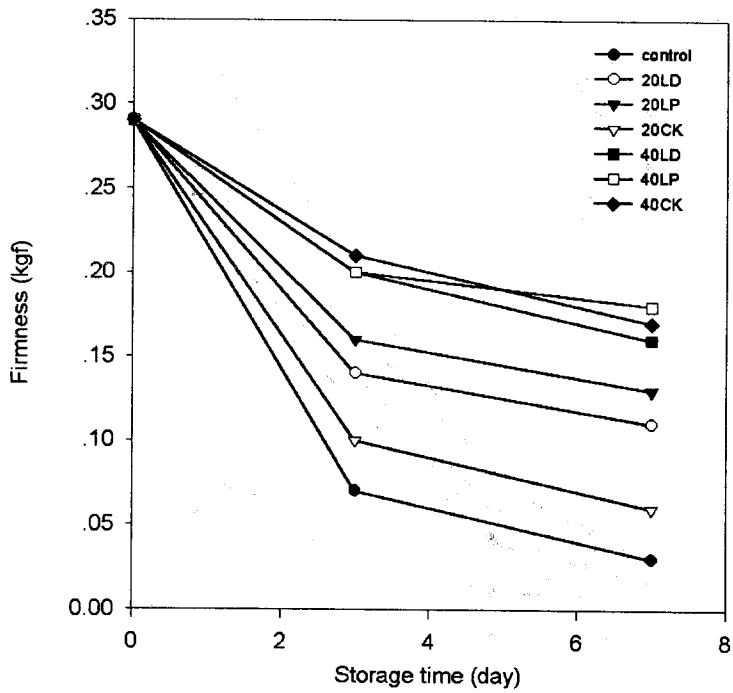


Fig. 16. Changes in firmness of plums(yellow flesh) during MA storage at room temperature for 7 days.

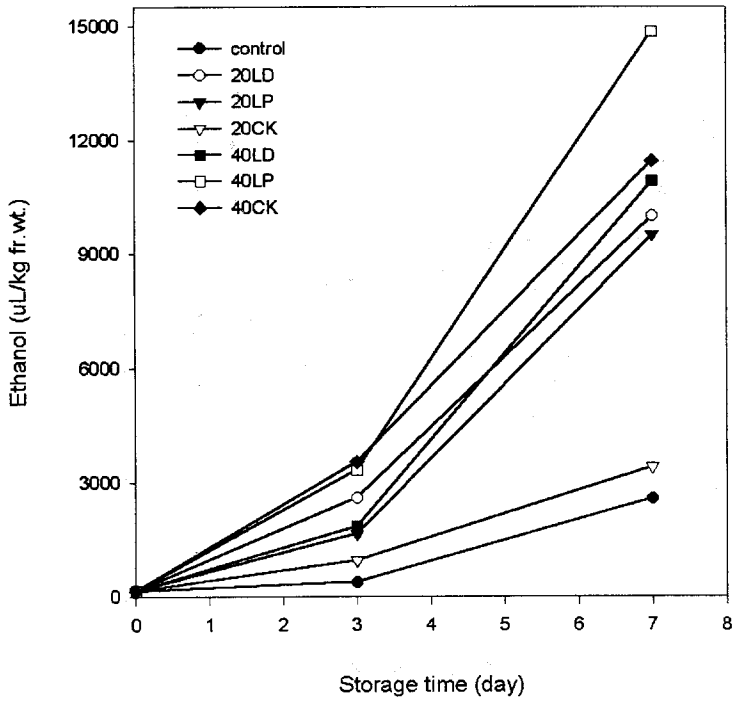


Fig. 17. Changes in ethanol of plums(yellow flesh) during MA storage at room temperature for 7 days.

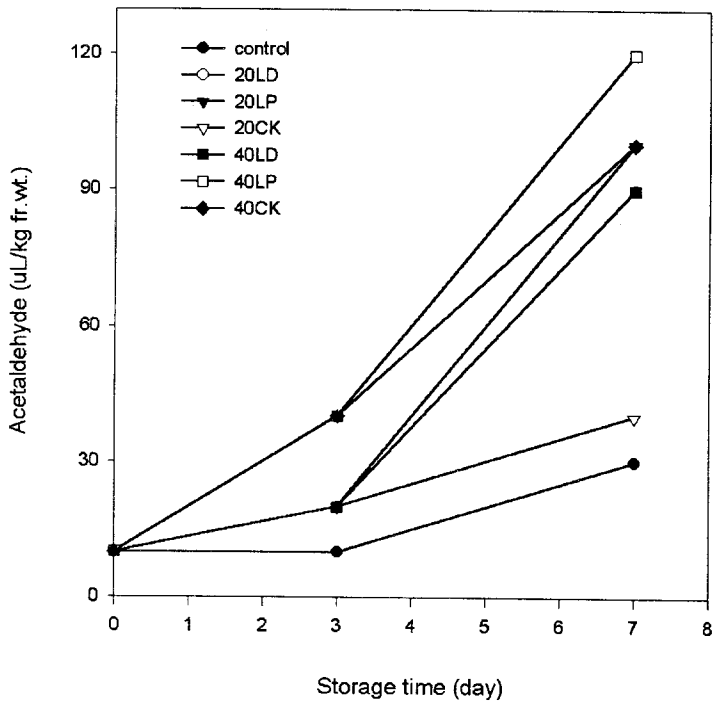


Fig. 18. Changes in acetaldehyde of plums(yellow flesh) during MA storage at room temperature for 7 days.

Table 71. Weight loss of plums(yellow flesh) after MA storage at 20°C for 7 days

Storage time (day)	Packaging						
	Control	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	7.71	0.64	0.76	0.71	0.79	0.94	0.87
7	14.37	1.34	1.20	1.56	1.39	1.61	1.59

Table 72. Sensory quality of plums(yellow flesh) after MA storage at 20°C for 7 days

	Packaging						
	Control	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
Appearance	-*	-	-	-	7.33±0.58	7.33±0.58	6.67±0.58
Sweetness	-	-	-	-	5.00±1.00	5.33±0.15	5.00±1.00
Sourness	-	-	-	-	5.33±0.53	5.67±0.53	4.67±0.53
Overall acceptability	-	-	-	-	6.00±1.00	6.67±0.58	5.30±0.58

* : all samples were deteriorated

쓰가루를 10℃에 저장한 후 저장기간중 경시적으로 포장내의 탄산가스과 산소, 에틸렌 축적량을 측정한 결과(Table 73), 쓰가루는 저장 4일 후 까지 포장 봉지 안의 산소를 급격히 소비하였다. 40LP 처리구는 저장 4일 후 산소 농도가 2.65%로 가장 낮아 저장초기 포장재 안의 산소 소비율이 높았던 반면에 20CK는 저장중 산소 함량이 거의 감소하지 않았다. 20LP와 40LP 처리구는 저장중 동일 두께 필름인 20LD와 40LD 처리구에 비해 산소 농도가 낮게 유지되었다. 34일 후에 측정한 산소 농도가 20LD는 10.25%인 반면 20LP는 6.83%였고, 40LD는 6.52%인 반면 40LP는 3.51%로 더 낮았다. 탄산가스농도는 저장초기 4일 후까지 증가하다가 이후 평형에 도달하였다. 20CK는 저장기간 동안 1.5% 이하를 유지하였고 40LD는 포장내에 가장 많이 축적되었고 34일 후에는 6.43%였다.

에틸렌은 밀봉 직후 급격히 증가하여 약 1,000 ppm에 이르렀으나 에틸렌흡착제를 별도로 첨가한 포장처리구는 동일 두께의 필름 처리구에 비해 초기 에틸렌 축적량이 1/3 수준이었다. 그러나 쓰가루의 저장기간이 경과할수록 봉지내 에틸렌 축적량은 동일 두께 필름 처리구 수준으로 증가하였다. 저장 34일 후에 20CK는 에틸렌 축적량이 205 ppm이었으며 나머지 포장구는 1,511~1,792 ppm 수준이었다.

다. 포장방법에 따른 품질

쓰가루를 10℃에 저장하면서 경시적으로 품질변화를 조사한 결과(Table 74) 중량손실율은 대조구가 저장 30일 후 2.12%, 20CK가 1.13%로 다른 처리구에 비해 높았다. 초기 가용성고형분 함량은 12.57 °Brix였으며 저장중 약간 감소하여 저장 30일 후 대조구는 11.13 °Brix이었으나 40LD는 12.73 °Brix로 증가하였다. 저장전 쓰가루의 초기 pH는 3.96였으며 저장중 점차 증가하여 저장 15일과 30일 후 대조구에서 가장 많은 증가를 보였다. 초기

Table 73. Changes in gas compositions and ethylene contents of 'tsugaru' apples after storage at 10°C for 30 days

Storage time (day)		Packaging					
		20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
O ₂ (%)	0	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
	1	14.41	13.25	19.50	14.00	11.25	14.48
	4	8.31	5.13	19.45	3.78	2.65	7.46
	6	8.87	5.63	20.02	4.04	3.39	7.07
	13	11.07	9.26	19.82	6.10	4.70	8.60
	15	10.44	9.69	19.54	7.63	3.88	9.45
	30	10.25	6.83	19.72	6.52	3.51	9.84
	CO ₂ (%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1		3.95	3.09	1.36	4.62	4.18	4.19
4		4.76	5.20	1.39	7.97	6.71	6.39
6		4.23	4.73	4.46	6.59	5.74	5.72
13		4.15	4.85	1.47	5.38	5.66	5.09
15		4.14	5.26	1.47	6.00	5.51	5.25
30		4.16	5.26	1.40	6.43	5.60	5.60
C ₂ H ₄ (ppm)		0	0	0	0	0	0
	1	1019	311	202	1072	333	980
	4	1482	297	187	2045	273	1586
	6	1356	358	207	1759	286	1443
	13	1301	903	173	1192	781	1304
	15	1292	1100	202	1385	1162	1329
	30	1604	1772	205	1790	1792	1511

산도는 malic acid로 환산하여 0.28%였다. 저장중 쓰가루의 산도는 약간씩 감소하여 저장 30일 후에는 산도가 0.23~0.26%로 나타났다. 20CK의 산도가 30일까지 저장한 상태에서 산도가 가장 낮았다. 초기 경도는 1.22 kgf였으며 저장초 15일 후에 많이 감소하여 저장 30일 후는 0.44~0.58 kgf 범위였다. 대조구와 20CK의 경도가 각각 0.47과 0.44 kgf로 낮았다. 저장중 쓰가루의 과피변색, 조직감, 부패 등을 종합적으로 평가하였던바 전반적으로 저장 30일 후까지는 외관이 상품성이 있는 것으로 나타났으며 대조구 만이 3.81로 낮은 수준이었다. 저장 30일 후에 대조구에서 과피변색과 표면건조 등의 현상이 약간 나타났으며 포장구는 초기 쓰가루와 크게 차이가 없을 정도로 외관이 양호하였다. 저장중 쓰가루 과피의 색변화를 측정하였던 바 저장전 쓰가루는 $L=68.27$, $a=-21.04$ $b=43.24$ 였으나 저장중 처리구는 L 값과 b 값은 증가하고 a 값은 감소하였다. 저장 30일 후 까지 L 값은 대조구와 20CK가 각각 79.81과 80.32로 증가하였다. 저장중 a 값과 b 값도 대조구와 20CK의 변화가 가장 심했다.

쓰가루를 저장한 후 30일 후에 관능적 품질을 평가하였던 바 전체적 기호도를 살펴보면 20LP가 가장 높았다. 쓰가루의 외관은 20LP가 좋았으며 신맛은 20LP와 40LP가 높았다(Table 75). 그러나 30일간의 저장에서 대조구를 제외한 포장구의 관능적 품질에서 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. Fig. 19는 저장 90일 후의 쓰가루 사과외관의 외관품질 상태이다.

Table 74. Weight loss of 'tsugaru' apples after MA storage at 10°C for 30 days

Storage time (day)	Packaging						
	Control	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	1.42	0.15	0.22	0.40	0.15	0.30	0.19
30	2.12	0.30	0.38	1.13	0.19	0.39	0.32

Table 75. Sensory quality of 'tsugaru' apples after MA storage at 10°C for 30 days

	Packaging						
	Control	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
Appearance	6.25±0.50	7.25±0.50	8.50±0.58	6.25±0.96	8.25±0.96	8.25±0.96	7.25±0.96
Sweetness	7.00±0.82	6.75±1.26	6.75±1.26	6.25±0.50	7.00±0.82	6.75±1.26	7.00±0.00
Sourness	3.25±1.26	5.25±2.06	6.00±2.31	4.50±1.91	6.00±2.31	5.50±2.65	4.00±1.41
Overall acceptability	6.50±0.58	7.25±0.50	8.25±0.50	6.75±0.96	7.75±0.50	7.50±0.58	7.50±0.58



Fig. 19. Appearance of apples(tsugaru) after MA storage at 10°C for 90 days

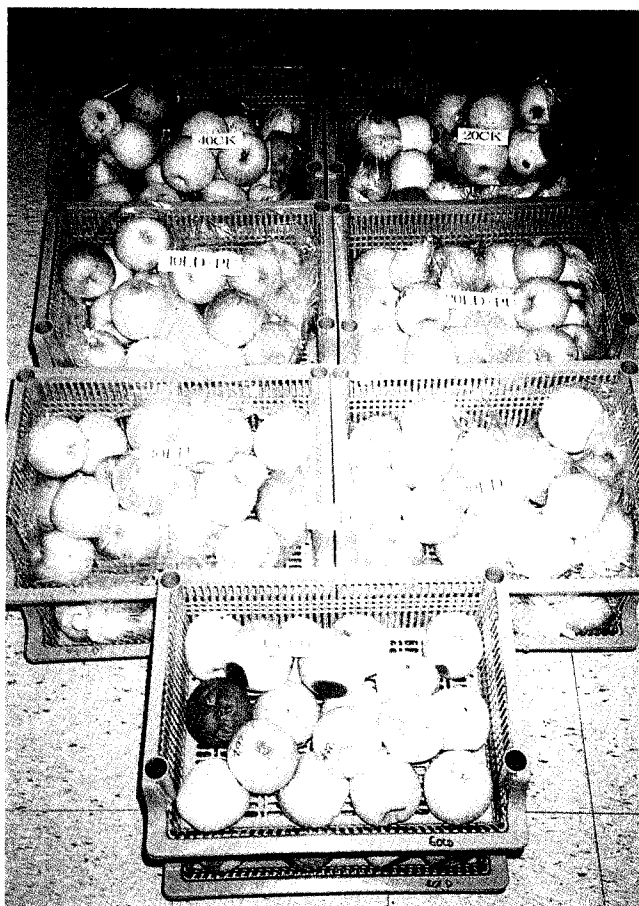


Fig. 19. Appearance of apples(tsugaru) after MA storage
at 10°C for 90 days

여 백

제 8 장 과일의 품질과 미량성분 관계

제1절 서설

과실의 품질평가지 기준으로 삼을 수 있는 대표적인 인자를 도출키 위한 연구로서 저장중 기존 사용되는 품질의 변화값을 저장기간 별로 분석하고 이를 기본으로하여 품질을 결정지을 수 있는 인자 상호간의 관계를 조사하였다.

제2절 사과

'Fuji' 사과를 40 μm C-film (LDPE film + 5% zeolite), 80 μm C-film을 이용하여 포장하였다. 포장재내부에 KMnO_4 와 active alumina를 각각 3g씩 넣은 처리구와 무처리구로 나누어 0°C의 저장고에 저장하면서 저장중 생체중 감소 15일 간격으로 조사하였고, 포장내 대기조성 중 C_2H_4 , CO_2 는 30일 간격으로 조사하였다. MA저장 중 품질변화를 비파괴적으로 측정하기 위해 포장내 acetaldehyde 농도를 조사하였는데 C_2H_4 , CO_2 , acetaldehyde, ethanol 농도는 Gas chromatography를 이용하여 측정하였다.

저장 182일 후의 사과 품질을 보면 에틸렌 흡착제 처리구에서 경도와 과피의 ascorbic acid 함량이 높게 유지되었고, 대조구에서는 당산이 높게 나타났고 총 항산제의 함량은 처리간에 차이를 보이지 않았다(Table 76). 포장 두께별로 보면 80 μm C-film이 경도는 다소 높게 나타났으나, 그 밖에는 포장재의 효과는 나타나지 않았다. 포장내 낮은 O_2 와 높은 CO_2 농도 그리고 저장산물의 노화, 부패 등으로 발생하는 향기성분 (이취관련; acetaldehyde와 ethanol)의 변화로 내부 품질변화를 유추해 보고자 하였다. Table 77은 저장 182일 후에 acetaldehyde 농도와 내부 품질간의 상관관계를 나타낸 것이다. 필름내부의 ethanol 농도는 매우 낮아 검출되지 않은 처

Table 76. Quality attributes of apples after MA storage at 0°C for 182 days

	Firmness (N)	Total Anti- oxidant	Vitamin C (mg/100g)		Soluble solid (°Brix)	Titratable acidity(%)	
			Flesh	Peel			
Initial	177.3	1.09	3.74	23.58	16.9	0.44	
	CE8 ^{z)}	160.0	1.06	1.29	6.86	16.7	0.65
Final	CE4	152.0	1.03	1.20	6.80	16.8	0.70
	KCE8	164.2	0.98	0.93	6.97	15.4	0.55
	KCE4	154.2	1.11	0.92	7.18	15.1	0.53

z) CE8; 80 μ m C-film(LDPE + 5% zeolite),

CE4; 40 μ m C-film(LDPE + 5% zeolite)

KCE8; 80 μ m C-film + (3g KMnO₄ + 3g Active alumina)

KCE4; 40 μ m C-film + (3g KMnO₄ + 3g Active alumina)

Table 77. Relationship between quality index and acetaldehyde content in the MA package of 'Fuji' apples

Quality index	Regression equation	Correlation coefficient, r^2
Visual quality score	$y = -3.0971x + 4.7321$	0.7884
OD value of antioxidant	$y = -0.3379x + 1.1494$	0.7143
Ascorbic acid content, peel	$y = -10.984x + 9.5891$	0.6130
Ascorbic acid content, flesh	$y = -0.2659x + 1.015$	0.5190
Soluble solid contents	$y = -2.9354x + 16.776$	0.6916
Titrateable acid	$y = -0.3534x + 0.6172$	0.8170
Ratio, sugar/acid	$y = -5.707x + 28.406$	0.3875
Firmness(N)	$y = -84.463x + 161.86$	0.5597
CO ₂ concentration	$y = 36.674x + 2.6725$	0.8133
C ₂ H ₄ concentration	$y = -20.27x + 17.933$	0.1675

리구가 많았다. 또한 소량이라도 ethanol이 검출된 처리구에서는 모두 상당량의 acetaldehyde가 검출되었다. 저장 182일 후 과실의 상태 (내부 갈변, 외부 반점, 등)에 대한 acetaldehyde 농도의 상관관계는 $R^2=0.7884$ 로 비교적 높은 상관관계를 보였다. Acetaldehyde 농도와 항산화제와의 상관관계는 총 항산화제와 높은 상관관계를 보였다.

한편 내부 품질과의 상관관계인데 적정산도와는 0.817의 높은 상관관계를 보였으나 나머지 경도, 당, 당/산비와는 높은 상관관계를 나타내지 못하였다. 포장내부의 CO_2 , C_2H_4 농도와 acetaldehyde와도 상관관계를 보였는데, 특히 CO_2 농도와는 0.8133의 높은 상관관계를 보였다

제3절 배

저장 중 포장재 내부의 가스조성 변화를 보면 이산화탄소 농도는 5% 미만의 수준을 유지하였고 에틸렌은 1% 미만의 농도를 꾸준히 유지하였다. 무기 호흡으로 발생하는 acetaldehyde는 12주를 지나면서 급증하였는데, 이는 포장재내에 축적된 이산화탄소의 농도에 의해 PDC (pyruvate decarboxylase)의 활성 증진이 영향을 미친 것으로 보인다 (Ke 등, 1994). 일반적으로 5%의 이산화탄소는 방향물질의 생성을 촉진하기에는 낮은 농도이지만 동양계 배의 경우 이산화탄소 내성이 2% 정도로 매우 낮으므로 (Kader, A. A. 1991) 저장 중 5%의 이산화탄소는 내부 대사작용에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 다음 Table 78은 배저장 중 가스 발생량, 저장 최종일의 필름내부의 가스 농도 그리고 품질간의 상관관계를 나타낸 것이다. 저장 최종일인 22주째의 외관상 변화를 보면 전체의 10%에서 부패가 발생하였으나 나머지 90%에서는 외관상 품질 저하가 발생하지 않았다. 따라서 과실을 절단하여 절단면의 갈변, 손상 등을 고려한 internal visual quality를 측정하였다.

Table 78. Correlation coefficients among the factors on pear after 12 weeks in $2 \pm 1^\circ\text{C}$ MA storage

	AA-P	AA-F	C ₂ H ₄ -P	C ₂ H ₄ -F	CO ₂ -P	CO ₂ -F	Vit.C	Firmness	SS	TA	SS/TA	pH	IVQ
AA-P		0.372	0.021	0.201	0.414*	0.439**	0.192	0.715**	0.040	0.551**	0.298	0.127	0.821**
AA-F			0.160	0.540	0.013	0.039	0.549*	0.675**	0.318	0.221	0.204	0.679**	0.290
C ₂ H ₄ -P				0.375	0.044	0.080	0.028	0.181	0.000	0.002	0.002	0.055	0.000
C ₂ H ₄ -F					0.054	0.180	0.629**	0.488*	0.061	0.155	0.100	0.007	0.000
CO ₂ -P						0.554	0.029	0.065	0.443	0.001	0.024	0.005	0.029
CO ₂ -F							0.160	0.113	0.029	0.286	0.099	0.352	0.195
Vit. C								0.392	0.440	0.669	0.678	0.163	0.151
Firmness									0.230	0.358	0.410	0.050	0.242
SS										0.239	0.467	0.130	0.072
TA											0.889	0.502	0.158
SS/TA												0.0424	0.164
pH													0.054
IVQ													

AA-P/F: Acetaldehyde-Production/film conc.

SS: Soluble Solid

TA: Titratable acidity

IVQ: Internal visual quality

각각의 저장 산물의 저장 기간 중의 필름내에 축적된 gas 농도와 gas 발생량의 경우 고도의 상관관계를 나타내지 않았는데 이는 저장 중 필름내 축적된 gas량과 저장 최종일에 저장 산물의 발생량을 비교한 것이어서 높은 상관관계를 나타내지 않았던 것으로 사료된다. 즉, 필름 포장내 축적된 에틸렌과 최종일의 산물의 에틸렌 발생량과의 상관관계와 필름내 축적된 acetaldehyde 농도와 최종일 산물의 acetaldehyde 발생량과의 상관관계, 필름내 축적된 이산화탄소 농도와 최종일 산물의 이산화탄소 발생량과의 상관관계를 각각 비교해 본 결과 0.375, 0.372, 0.554를 나타냈다. 내적 품질 변화와 gas간의 상관관계는 acetaldehyde에서 높은 상관관계를 보였는데, 특히 저장 최종일 산물의 acetaldehyde 발생량은 경도와 내부 육안 품질과 고도의 상관관계를 보였으며, 적정 산도와도 높은 상관관계를 보였다. 필름내 acetaldehyde 농도는 특히 pH와 높은 상관관계를 나타냈으며 acetaldehyde 발생량에서와 동일하게 역시 경도와 높은 상관관계를 보였다. 본 실험의 경우 기존의 volatile에 관한 연구에서와는 달리 ethanol의 발생이 거의 없었는데, 기존의 연구에서는 무기호흡 상태를 만들기 위해 CO₂ 농도를 50% 이상 처리를 하였기 때문에 acetaldehyde를 ethanol로 전환시키는 ADH의 활성이 증가하여 ethanol 발생이 acetaldehyde 보다 많았으나 (Ke, D. 1994) 본 실험에서는 저장 산물의 호흡으로 축적되는 5% 내외의 비교적 낮은 농도의 CO₂ 농도를 보였기 때문에 acetaldehyde가 주로 발생하였던 것으로 생각된다. MA 저장 중 acetaldehyde 발생은 저장 중 필름내부의 저산소, 고이산화탄소의 대기 환경과 저장 중 정상적인 호흡으로 나타나는 세포질의 pH의 저하로 인해 발생하는 것이라 생각된다. 내적 품질 중 호흡의 기질인 당은 이산화탄소 발생량과 상관관계가 0.443으로 비교적 높게 나타났다

제4절 귤

1. 감귤의 숙기별 특성

가. 호흡특성

저장 시료로 사용한 여름 감귤의 호흡 특성을 확인하고자 O₂ 소비율, CO₂ 생성율, 호흡지수 (RQ) 등을 측정하였다. 그 결과 당일 수확하여 저온에서 예냉처리한 감귤의 경우 O₂ 소비율은 11.58, CO₂ 생성율은 12.32, 호흡지수는 1.06를 나타내었고, 1일 동안 상온에서 예조시킨 감귤은 각각 15.55, 17.48, 1.12를 나타내어 전처리에 따른 감귤의 숙성으로 호흡율이 다소 증가함을 알 수 있었다. 특히 시중에 유통되는 여름 감귤의 경우 대부분 상품성 제고를 위하여 표면에 왁스 코팅을 행하고 있는데, 이러한 감귤은 O₂ 소비율 12.28, CO₂ 생성율 16.16, 호흡지수 1.32를 나타내므로서 표면 코팅 처리에 의해 호흡을 자체는 오히려 감소하지만 호흡지수는 증가하였다.

나. 숙기별 비타민 C

감귤의 미량성분중 가장 중요한 것 중 하나인 비타민 C 함량은 대체로 30~40 mg/100 g FW로 알려져 있는데 (Mozafa, 1993), 과육의 경우 완숙과가 34.1, 중숙과는 26.77, 미숙과는 25.53 mg/100 g FW으로 중숙과와 미숙과의 차이가 거의 없었다. 감귤은 과피에도 상당량의 비타민 C를 함유하는데 완숙과, 중숙과, 미숙과가 각각 13.68, 8.72, 6.15 mg/100 g FW의 함량을 보였다(Fig. 20). 과피의 경우는 숙기별로 차이를 보였으나 역시 중숙과가 미숙과의 차이가 적었다. 저장 중 비타민 C의 함량변화는 과피의 경우 10%미만의 감소를 보여 큰 변화가 없었으며, 각각 처리간에도 유사한 경향을 보였다. 그러나 과육은 처리간 다른 양상을 보였는데, 0℃ MA 저장에서 60일간 저장한 중숙과와 미숙과를 보면 중숙과는 18%의 감소를 보인 반면 미숙과는 36%의 감소하여 저온저장에는 미숙과가 부적절함을 알 수

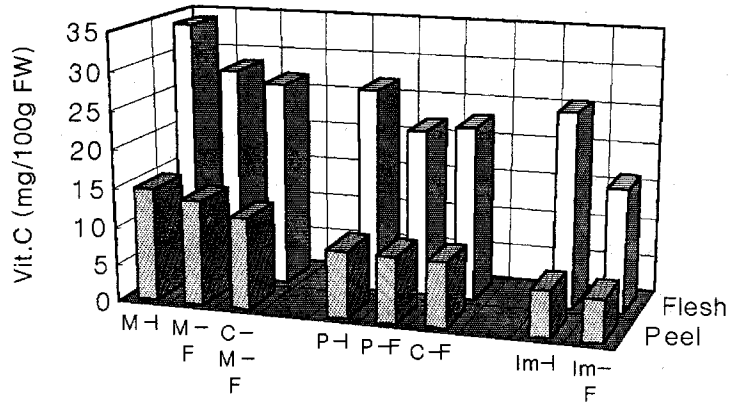


Fig. 20. The vitamin C contents of citrus fruits according to maturation period at final days on storage.

z) I : initial, M : mature(80days), P : premature(60days)
 Im : immature(60days), C : control(40 days), F : final

있었다. 80일간 저장한 완숙과는 17%의 감소를 보여 20일간 더 저장하였음에도 가장 숙기 처리별로 가장 높은 비타민 C 함량을 보였다. 상온일반저장의 경우 저장 40일 동안 완숙과는 21%, 중숙과는 15%의 감소를 보여 상온저장에서는 중숙과가 다소 유리하였다

다. 숙기별 무기물

감귤의 숙기별 무기물 함량을 보면 칼륨의 경우 과육의 함량은 성숙될수록 감소하였고, 과피는 증가하는 경향을 보였다(Table 79). 칼슘은 과육과 과피간의 함량차이가 현저하였는데, 과육에 거의 100배나 많았다. 숙기별로는 성숙될수록 과육과 과피 모두 증가하였다. 마그네슘은 숙기에 따른 변화는 보이지 않았고, 철은 과육과 과피 모두 성숙될수록 그 함량이 증가하였다. 저장 최종일에 무기물 함량을 보면 마그네슘과 철은 저장 후 과피내 함량이 증가하였고, 칼륨은 감소하였다(Table 80). 과육의 경우는 칼슘이 저장 후에 증가하였고 다른 무기 원소들은 저장전과 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 필름 종류별로는 큰 차이를 보이지 않았다. 무기원소의 경우 저장후 과육과 과피간의 이동을 기대하였는데 특별히 눈에 띄는 변화는 없었다

2. 감귤의 향기성분

한편 감귤의 품질과 향기성분과의 관계를 조사하기 위해 감귤 과육만을 취하여 마쇄한 후 dynamic headspace법에 따라 purge and trap system을 사용하여 감귤의 향기성분을 분리하여 GC-MS로 동정하였던바 그 결과는 Table 81에서와 같이 dl-limonene, γ -terpinene, 1-methyl-4-(1-methylethyl) benzene, α -terpinolene, ethanol 등이 주요향기성분이었다. 감귤의 저장조건에 따른 향기성분의 차이를 분석하였는데 각 향기성분의 GC-MS chromatogram상의 상대치는 저장기간 및 조건 등에 따라 차이를 보이고 있으며 특히 acetaldehyde, ethanol 1-hexanol등이 신선한 것

Table 79. The mineral contents of mandarin oranges on maturity

(unit : ppm/D.W.)

Maturity	Portion	K	Ca	Mg	Fe
Mature	flesh	47,600	698	1,380	495
	peel	71,600	5,876	980	739
Pre-mature	flesh	50,000	498	1,500	438
	peel	67,000	5,026	840	535
Immature	flesh	60,400	469	1,420	429
	peel	58,600	3,950	1,080	475

Table 80. The mineral contents of matured mandarin oranges after MA storage

(unit : ppm/D.W.)

Packaging	Portion	K	Ca	Mg	Fe
Initial	flesh	47,600	698	1,380	495
	peel	71,600	5,876	980	740
LDPE 0.06	flesh	52,400	988	1,320	370
	peel	56,400	5,950	1,140	410
LDPE 0.04	flesh	44,600	914	1,280	348
	peel	46,000	5,728	1,060	405
Ceramic 0.04	flesh	41,400	921	1,340	363
	peel	52,800	6,098	1,160	418
Ceramic 0.02	flesh	43,000	858	1,320	317
	peel	45,600	6,322	1,120	405

Table 81. Volatile compounds indentified from fresh mandarine oranges

Peak No.	Retention time(min)	Compound	Area(%)
1	0.88	Acetaldehyde	0.38
2	1.24	2-Propanone	0.17
3	1.67	Acetic acid, ethyl ester	0.60
4	1.78	Formic acid, methyl ester	0.32
5	2.34	Ethanol	13.49
6	2.76	3-Pentanone	0.15
7	3.36	Cyclohexene	0.35
8	3.64	Bocyclo [3. 1. 1] hept-2-ene	0.82
9	4.18	γ -terpinene	0.35
10	5.19	Hexanal	0.95
11	6.09	Sabinene	0.17
12	6.28	1, 3-dimethyl-Benzene	0.47
13	6.65	α -pinene	0.20
14	6.94	β -terpinene	0.13
15	7.81	β -myrcene	1.19
16-18	9.45	dl-Limonene	27.35
19	10.41	l-Limonene	2.24
20	10.71	Cyclohexene	3.32
21	10.92	dl-Limonene	2.29
22	10.98	Cyclohexene	0.15
23-25	11.15	dl-Limonene	0.89
26-27	12.58	γ -terpinene	24.80
28	13.70	Benzene,1-methyl-4,1-methylethyl	1.45
29	14.31	Benzene,1-methyl-2,1-methylethyl)	5.36
30	14.79	α -terpinolene	1.43
31	15.33	Octanal	0.17
32	19.08	1-Hexanol	0.72
33	20.75	Cyclopentanemethanol	1.50
34	21.11	Nonanal	0.25
35	22.16	2-Hexen-1-ol	0.34
36	23.43	1-methyl-2-(2-propenyl)-Benzene	0.29
37	24.18	trans-3-Acetyl-methoxy-1-methyle	0.27
38	26.07	Citronella	0.13
39	27.21	Decanal	0.15
40	30.91	α -terpinolene	7.00
41	40.74	Germacrene A	0.18
Total			100.00

과 저장한 것의 차이가 비교적 크게 나고 있어 이러한 결과는 품질의 신속한 평가, 기능성 소재의 선발 및 포장방법의 개선 등의 연구에 기초자료로 활용이 가능한 것으로 판단된다.

3. 품질인자 상호간의 상관성

귤의 경우 저장 약 3개월째의 저장중의 분석결과인 관계로 가스농도, 가스 발생량, 그리고 품질간의 상관관계는 대부분 낮게 나타났으며 특히 아직까지 내적 품질의 저하가 일어나지 않은 상태이어서 acetaldehyde 와의 품질간의 상관관계가 매우 낮게 나타났다(Table 82).

감귤의 저장중 필름 내부의 gas의 조성의 변화를 조사하였던 바 이산화탄소 농도는 대체로 4% 내외를 유지하였으며 에틸렌 발생은 그 발생량 자체가 1 ppm이하로 매우 미미하였는데 계속적으로 증가하는 경향을 보이다가 80일 이후 다소 감소하고 있다. 필름 포장내 축적된 Acetaldehyde 의 농도는 매우 높은 편이었는데 저장 1일 후에 500 ppm 이상을 보이다가 점차 감소하여 저장 10일 후부터 대체로 200 ppm 이하 수준을 나타내었는데, 저장 100일까지 증가하지 않았다.

필름내 축적된 이산화탄소 농도와 최종일 산물의 이산화탄소 발생량과의 상관관계와 필름 포장내 축적된 에틸렌과 최종일의 산물의 에틸렌 발생량과의 상관관계와 필름내 축적된 acetaldehyde 농도와 최종일 산물의 acetaldehyde 발생량과의 상관관계를 각각 비교해 본 결과(Table 83) acetaldehyde는 포장 내부 농도와 산물의 발생량 간에 비교적 높은 상관관계를 보였으나 에틸렌과 이산화탄소는 상당히 낮은 상관관계 (0.511)를 보였다.

내적 품질과 gas와의 관계를 보면 감귤의 경우 acetaldehyde의 농도 변화가 없었던 관계로 사과나 배와는 달리 품질과 높은 상관관계를 나타내지

Table 82. Comparisons of typical volatile compounds of mandarine oranges by packaging materials after storage for 3 months at 0°C

(Unit : area %)

Compound	Control	PE	S	CE	PM	PM+A
2-Propenal					0.45	0.88
Propionic acid				0.70	0.75	0.58
Hexane					0.97	0.67
Ethane				0.38	0.37	
Actaldehyde		1.90	1.03	0.94	1.37	0.74
2-Propanone		0.91	0.48	1.81	2.41	2.24
Acetic acid		1.50	2.68	1.69	0.89	0.69
Ethanol		86.88	60.43	30.97	33.70	9.00
2-Penten-1-ol			1.17			
Propanol		0.51	1.16			
Cyclohexane				0.63	0.79	0.77
Hexanoic acid				1.72	1.24	2.34
Hexanal				1.22	0.47	1.47
β -Myrcene			0.62	1.12	0.93	1.39
dl-Limonene		4.23	27.48	53.15	48.52	71.42
1-Butanol		0.51	0.53			
γ -Terpinene			2.45	4.87	3.60	5.55

Table 83. Correlation coefficients among the factors on madarin oranges after 12 weeks in $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ MA storage

	AA-P	AA-F	C ₂ H ₄ -P	C ₂ H ₄ -F	CO ₂ -P	CO ₂ -F	Firmne ss-T	Firmne ss-F	SS	TA	pH	SS/TA	'a' value
AA-P		0.511	0.010	0.018	0.008	0.105	0.070	0.118	0.010	0.099	0.655**	0.069	0.034
AA-F			0.057	0.091	0.063	0.381	0.059	0.051	0.037	0.095	0.528**	0.016	0.006
C ₂ H ₄ -P				0.002	0.406	0.010	0.174	0.003	0.009	0.039	0.000	0.018	0.059
C ₂ H ₄ -F					0.001	0.139	0.082	0.080	0.091	0.001	0.057	0.000	0.196
CO ₂ -P						0.014	0.103	0.022	0.102	0.557	0.152	0.661	0.051
CO ₂ -F							0.093	0.023	0.678	0.051	0.273	0.248	0.562
Firm-T								0.499	0.149	0.434	0.003	0.285	0.041
Firm-F									0.067	0.505	0.010	0.339	0.311
SS										0.027	0.245	0.028	0.209
TA											0.181	0.799	0.242
pH												0.083	0.351
SS/TA													0.043
'a' value													

AA-P/F: Acetaldehyde-Production/film conc.

SS: Soluble Solid

TA: Titratable acidity

못하였다. 다만 acetaldehyde를 생성하는 PDC의 활성과 관계가 깊은 pH와 필름내 축적된 acetaldehyde 농도와 산물의 acetaldehyde 발생량 모두가 고도의 상관관계를 나타냈다. 오히려 감귤은 이산화탄소의 농도와 품질간의 상관관계가 높게 나타났는데, 저장 중 포장재 내부의 이산화탄소 농도가 높아질수록 당도는 낮아지는 결과는 보였으며, 착색이 불량하였다. 적정 산도는 필름내 이산화탄소 농도와는 상관관계가 낮았으나 발생량과는 0.557의 높은 상관관계를 나타냈으며 역시 당산비와도 높은 상관관계를 보였다

여 백

참 고 문 헌

1. 최희돈, 김경탁, 홍희도, 이부용, 김성수, 1995. 배쥬스 농축액의 리올로지 특성, 한국식품과학회지, 27(6), p. 845-851
2. 저장이용과, 1996. 주요과실의 품종특성, 농촌진흥청 원예연구소, p. 1-11
3. 원예연구소 저장이용과, 1996. 과실의 특성과 저장가공기술, p. 112-115
4. 원예연구소 저장이용과, 1996. 과실의 특성과 저장가공기술, p. 183-185
5. 김영명, 한대석, 오태광, 박관화, 신현경, 1986. PE film을 사용한 “신고” 배의 Modified Atmosphere 저장, 한국식품과학회지, 18(2)
6. 이동석, 이상규, 양 범, 1972. 한국산 주요과실류의 화학성분에 관한 연구, 한국식품과학회지, 4(2)
7. 이광연 외 15인, 1978. 과수원예각론, 향문사, p. 142-184
8. 송정춘, 1985. 사과 및 배저장, 최신원예, 26(10)
9. 최진호, 장한익, 홍경희, 한점화, 1995. 배과피 흑변방지 시험, 농촌진흥청 연구보고서
10. 이한찬, 최인명, 문정수, 윤천중, 김월수, 1995. DPA에 의한 배과피 흑변 방지에 관한 연구, 농촌진흥청 연구보고서
11. 홍성식, 홍운표, 김영배, 정대성, 1995. 배과피 흑변 발생의 실질적 기작 구명 및 방지연구, 농촌진흥청 연구보고서
12. 원예연구소 저장이용과, 1996. 과실의 특성과 저장 가공기술, p. 40-48
13. 박노풍, 최은호, 이윅희, 1970. 배저장에 관한 연구-배(장십랑)의 저장에 미치는 PE film 포장과 CO₂ shock의 효과, 한국원예학회지, 7
14. 고팡출, 1970. 과실저장에 관한 종합적 연구, 한국원예학회지, 8

15. 박노풍, 최은호, 이옥희, 1970. 배저장에 관한연구 - 배 (장십량)의 저장에 미치는 γ 선의 효과, 한국원예학회지, 8
16. 이광연 외 5인, 1978. 과수원에 각론, 향문사
17. Bartley, I. M., 1978. Exo-polyalacturonase of apple, *Phytochemistry*
18. Conway, W. S. and Soms, C. E., 1987. The effect of postharvest infiltration of calcium, magnesium or strontium on decay, firmness, respiration and ethylene production in apples, *J. Am. Soc. Hort.*
19. 변재균 외 3인, 1984. 사과 과실 성숙과 저장중 펙틴질 및 세포벽 분해효소의 변화, 한국원예학회지
20. Ki-hwan Shim 외 4인, 1984. Change of volities from apple fruits during maturity and storage, 한국농학회지
21. W. B. McGLASSON 외 2인. 1988, Physiology of apple fruit at low temperature, University of Otago, Dunedin
22. W. Mcare, 1984. The non-parasite disorders of apple fruits in Austratia, common wealth of Australia, CISR. BULL. No. 83
23. J. M. LUIZ and R. E. Hardenburg, 1968. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. USDA Argiculture Handbook, No. 66, p. 94
24. J. M. Filder, 1968. Low temperature injury to fruits and vegetables, *Food Science*
25. J. M. Lyons and J. K. Raison, 1970. Oxidative activity of mitochondria isolated from plant tissue sensitive and resistant to chilling injury
26. J. M. Lyons and J. K. Raison and W. W. Thomson, 1971. The influence of membranes on the temperature - Induced change in

- the kinetics of some respiratory enzymes of mitochondria
27. E. L. Overholster, A. J. Winkeler and H. E. Jacob, 1923. Factors Influenceing the development of internal browning of yellow newton apple, *Bull. Calif. Agric. Exp. Sta.*
 28. R. B. H. Willes., K. J. Scott and W. B. Mcclason, 1970. A role for acetate in the development of low temperature breakdown in apples, *J. Food Sci.*, 21, p. 42-44.
 29. 양성대, 이승구, 1987. Nature and control of apple scald during cold storage, 한국원예학회지
 30. R. B. H. Wills and W. B. McGLASSON, 1988. Loss of volaties by apples in cold storage. *Hort.*
 31. 박운문, 1996. 'Fuji' 사과와 CA저장 중 발생하는 내부 갈변 현상, 원예산물의 저장과 유통
 32. 김동만, 신현경, 1986. CA저장한 사과와 상온 방치시 온도변화, 한국영양식량학회지
 33. F. W. Liv. and D. Samelson, 1986. Rate of change in firmness, acidity and ethylene production of 'McINTOSH' apples in stimulated low-ethylene CA storage, Cornell Unistersity, *Hort. Sci.*
 34. 김민, 1996. 수출용 사과 후지품종의 수송중 과실내의 생화학적 변화에 관한 연구, 농산물저장유통학회지
 35. 저장이용과, 1996. 과실의 특성과 저장가공기술, 원예연구소
 36. 이재창, 1985. 최신원예, 수확 및 저장, 26(10)
 37. 이광연 외 15인, 1978. 과수원예각론, 향문사, p. 328
 38. 고정삼, 강영주, 1994. 제주농업과 감귤 가공 산업, p. 84-89
 39. 한해룡, 권오균, 김한용, 정순경, 문덕영, 1977. 감귤재배 신서, p.

- 439-440, 선진문화사
40. 고정삼, 양상호, 김성학, 1996. 제주산 홍진조생 온주밀감의 저온저장, 농산물저장유통학회지, 3(2), p. 105-111
 41. 농협중앙회 제주도지회, 1995. 감귤 유통처리 실태분석, p. 68
 42. 고정삼, 양영택, 1994. 제주산 온주밀감의 품질평가에 미치는 요인, 농산물저장유통학회지, 1(1), p. 9-14
 43. 이현유, 석호문, 남영중, 정동효, 1979. 한국산 감귤주스의 이화학적 성상, 한국식품과학회지, 19(4), p. 338-345
 44. 이종욱, 신두호, 윤인화, 한판주, 1979. 한국산 감귤류의 가공특성에 관한 연구, 한국농화학회지, 22(1), p. 28-32
 45. 고정삼, 강영주, 1992. 제주 농업생산과 감귤가공산업, 광일문화사, p. 91
 46. 이춘영 외 3인, 1968. 한국산 감귤류의 화학성분에 관한 연구, 한국농화학회지, 9, p. 97-104
 47. 감귤의 품질향상과 국제 경쟁력 제고에 관한 연구, 1991. 제주대학교, 과학기술원
 48. 농산물의 수확후 생리특성 조사
 49. Shewfelt. R. L., 1990. *Food Technol.*, 44(6), p. 99
 50. 고정삼, 김성학, 1995. 제주산 감귤류 성분과 그 특성, 한국농화학회지 38(6), p. 541-545
 51. 일본원예농업협동조합연합회, 과수농업의 중장기진흥지침 조사연구보고, p. 233
 52. 고정삼, 고정은, 양상호, 안성웅, 1994. 제주산 온주밀감의 특성과 관능평가, 한국농화학회지, 37(3), p. 161-167
 53. 백지훈, 1994. 과실생리학, 광문당

54. 한해룡, 권오균, 1983. 감귤원예신서, 선진문화사
55. Ryall, A. L. and W. T. Pentzer, 1982. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables, 2, p. 553, *Avi*
56. 윤창호, 1991. 제주산 온주밀감의 CA저장에 관한 연구, 한국농화학회지, 34(1), p. 14-20
57. 본간보남, 산전일, 1969. 원예시험장 보고, 9, p. 99
58. 구보직제, 추소지효, 1980. 일본원예학회잡지, 49, p. 260
59. 삼본 농림수산 기술 회의 사무국편, 1975. 온주밀감저장, p. 4-21
60. 일본 농림성, 1977. 식품종합연구소편, 온주밀감 저장과 수송, p. 1-2
61. 농림성 식품종합연구소, 1978. 식량보급, 제10호, 온주밀감의 저장과 수송
62. 오영택, 박남규, 1982. 원예작물의 저장가공에 관한 연구 (감교저장), 농업기술연구소 시험연구보고서 (화학부), p. 945-956
63. 홍순영, 김완규, 조원대, 이영희, 1991. 감교저장 병해에 관여하는 진균, 농시 논문집(작물보호), 33, p. 12-17
64. 이승구, 1992. 원예산물의 저장과 유통, 원예저장유통연구회지, 1, p. 6
65. Leshuk, J. A. and Saltveit, Jr., M. E., 1994. 포장기술, 65
66. Sekiyama, T., 1995. *J. Antibact. Antifung. Agents*, 23, p. 233
67. 平田 孝, 1995. 포장산업, 12, p. 87
68. 葛良忠彦, 1990. 食品と開發, 25(10), p. 6
69. 久保田兼弘, 1990. 包裝技術, 28(7), p. 42
70. 大久保増太郎, 1991. 食品と開發, 24(2), p. 39
71. 大山 孝, 1990. 包裝技術, 28(7), p. 29
72. 徳岡敬子, 一色賢司, 1994. 日食工誌, 41, p. 595
73. 山下公一郎, 1990. 包裝技術, 28(7), p. 76

74. 石橋正敏, 1997. 包裝技術, 35(5), p. 6
75. 長谷川美典, 1995. 食品流通器材 ダイジェスト
76. 長田達明, 1990. 包裝技術, 28(7), p. 34
77. 井澤俊正, 1993. 鮮度保持流通技術の實用知識, 東京
78. 井坂 勤, 1989. 工業材料, 37(14), p. 94
79. 井坂 勤, 1990. 工業材料, 38(1), p. 67
80. 中汎敏志, 1990. 包裝技術, 28(7), p. 47
81. 荒井 進, 1994. 最近の包装材料の進歩, 東京理科大学 包裝科學 セミナ
-ル 第1,2集, ユニ出版株式會社, 東京
82. Abeles, F. B., P. W. Morgan and M. S. Saltveit, Jr. 1992. Ethylene
in plant biology, *Academic Press, inc.*
83. 최철희, 1992. 저온 저장시 high-density polyethylene film이 몇가지
산채류의 저장성에 미치는 영향, 고려대학교 자연자원대학 농학석사
학위논문
84. Friend, J., 1981. Recent advances in the biochemistry of fruits and
vegetables, *Academic Press*
85. Haard., Norman, F. and D. K. Salunkhe, 1975. Symposium :
Postharvest biology and handing of fruits and vegetables, *Avi.*
86. 홍성식, 1991. Polyethylene Film 두께와 온도처리가 kiwifruit 저장시
품질에 미치는 영향, 고려대학교 원예학과 석사학위논문
87. 주현구 외 5인, 1992. 식품분석법, 유림출판사, p. 359-360
88. Jeong, J. C., K. W. Park and Y. J. Yang, 1990. The influence of
packaging with high-density polyethylene(HDPE) film on the
quality of leaf lettuce stored at low temperature, *J. Kor. Hort.
Soc.*, 31(3), p. 219-225.

89. Kader., A. A., 1992. Postharvest technology of horticultural crops, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources,
90. Kays., Stanley J., 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. *Avi*.
91. 이승구 외 7인, 1996. 원예작물의 수확후 생리, 성균사
92. Mozafar., A., 1993. Plant vitamins : agronomic, physiological and nutritional aspects, *CRC Press*
93. Nash., Michael, J., 1985. Crop conservation and storage, In cool temperate climates, *Pergamon Press*
94. 농촌진흥청, 1988. 토양화학분석법. p. 26-108, 219-227
95. 박권우, 강호민, 권영삼, 1995. 필름종류와 수확시기가 토마토 MA저장에 미치는 영향, 한국원예학회 발표논문요지, 13(1), p. 44-45
96. 박권우, 강호민, 장대희, 권영삼, 1995. 관수방법에 따른 토양내 수분함량의 차이가 수확후 오이의 저장에 미치는 영향, 생물생산시설환경학회지, 4(1), p. 74-79
97. 박권우, 신영주, 1993. NO_3^- -N과 NH_4^+ -N의 비율이 탐채(塌菜 : *Brassica chinensis* L. var. *rosularis*)의 생육에 미치는 영향, 한국원예학회지, 34(5), p. 320-329
98. 박권우, 최성진, 정진철, 박광우, 1993. 몇가지 야생 산채류의 저장, 한국원예학회지, 34(3), p. 191-198
99. 박형우, 1993. 과실, 채소류의 MA포장재 개발에 관한 연구, 고려대 대학원 식품공학과 박사학위논문
100. 박권우, 이미현, 이궁표, 1993. 방울다다기 양배추의 보구력에 미치는 다듬기, 저장온도와 필름포장의 효과, 한국원예학회지, 34(6), p.

421-429

101. Roberts., J. A. and G. A. Tucker, 1985. Ethylene and plant development, Butterworths
102. Ryall., A. Loyd, and W. T. Pentzer, 1974. Handling, transportation, and storage of fruits and vegetables, Vol. 2, Fruits and Tree Nuts, Chapter 9. Origin, characteristics and requirements of subtropical fruits *Avi*.
103. Salunkhe., D. K. and B. B. Desai., 1984. Postharvest biotechnology of fruits. Vol. 1, *CRC Press, Inc.*
104. Taylor, J., E. and G. A. Tucker, 1993. Biochemistry of fruit ripening, Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge
105. Wang Chien Yi., 1990. Chilling injury of horticultural crops, *CRC Press*
106. 원재희, 박권우, 1991. Ca시비가 알타리무(*Raphanus sativus* L.) 생육과 품질에 미치는 영향, 농림논집, 31, p. 93-104