

GOVP1200505834

최 종
연구보고서

고부가가치 과실류의 최적환경기체조절포장 (MAP) 모델링

Modeling of modified atmosphere packaging
for highly value added fruits.

연구기관
대구대학교

농 립 부

최 종 보 고 서

2001년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 고부가가치 과실류의 최적 환경기체조절포장(MAP) 모델링에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨부 : 1. 최종보고서 10부

2. 최종보고서 디스켓 1매

2003년 08월 20일

주관연구기관 : 대구대학교

총괄연구책임자 : 하 영 선 (인)

주관연구기관장 : 이 재 규

농 립 부 장 관 귀 하

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고부가가치 과실류의 최적 환경기체조절포장(MAP) 모델링”
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 8월 20일

주관연구기관명 : 대구대학교
총괄연구책임자 : 하 영 선
세부연구책임자 : 하 영 선
연 구 원 : 이 준 호
연 구 원 : 정 수 정
참 여 업 체 명 : 바이오시스텍(주)
참여업체연락자 : 남 유 경
연 구 원 : 엄 향 란
위탁연구기관명 : 경북과학대학
위탁연구책임자 : 김 종 경
연 구 원 : 김 수 일
연 구 원 : 박 인 식

요 약 문

I. 제 목

고부가가치 과실류의 최적 환경기체조절포장(MAP) 모델링

II. 연구개발의 목적 및 필요성

오늘날 우리나라 농림수산업은 고부가가치를 지향하지 않으면 안되는 숙명적인 상황에 직면하고 있다. 과거 산업화 초기단계에서 농수산물 수출은 주요 외화 획득 원으로서 국가경제 발전에 크게 기여하였던 농림수산업은 이후 공업화가 진전됨에 따라 우리 나라 총수출에서 농수산물이 차지하는 비중은 1962년 65.5%를 정점으로 지속적으로 감소하여 1998년 현재 2.3%에 불과한 실정이다. 굳이 우루과이라운드나 농산물시장개방 등을 논하지 않더라도 소비자들의 생활수준 향상과 농가생산단가 상승으로 부가가치가 높지 않으면 버티기 힘들게 되었다. 농산물유통공사가 2002년 12월에 주요농산물 소비패턴을 조사분석한 결과에도 신선도와 속도가 구입시 선택기준에서 가장 높았다. 결국 생산자와 소비자를 동시에 만족시킬 수 있는 유일한 길은 농산물의 생산성과 품질을 극대화 시키고 그기에 덧붙여 수확 후 유통과정에 있어 중요한 역할을 담당하는 포장을 개선하고 새로운 기술을 적용하는 것이다.

농산물의 선도를 유지하는 방법에는 여러 가지가 있겠으나 포장분야에 있어서는 MAP가 가장 큰 화두이다. 이에 따라 본 연구는 신선과실류 중 장, 단기 저장을 통하여 부가가치 상승효과를 기대할 수 있고 최근 유행하는 소포장단위에 적합한 감귤(온주밀감), 복숭아(유명), 단감을 선정하였으며 포장유통시 가장 큰 문제인 최적기체 조성을 이루기 위하여 이들 과실류에 대한 MAP(Modified Atmosphere Packaging) 모델링을 개발하고자 하였다.

물론 국내외적으로 MA포장기법의 적용은 새로운 기술은 아니다. 국내외적으로 포장재에 micro-perforated film을 적용하거나, zeolite 등의 다공성물질을 혼입하여

신선과실류의 shelf life를 연장시키려는 노력이 계속되었던 것은 사실이다. 그러나 이러한 연구들이 기본적인 포장재 자체에 대한 기초적인 자료나 정보의 축적없이 실험실규모의 연구가 대부분이어서 재현성 부족 등의 문제점을 안고 있었다. 즉, 포장 후 제품의 선도변화가 중심이 된 연구는 많으나 포장필름의 투과특성이나 적절한 head space의 유지 등 포장 vs. 식품 간의 인터페이스에 대한 연구는 부족하다고 사료된다. 물론 해외의 경우 이 분야에 대한 대규모 투자와 연구가 이루어지고 있지만 이들 자료도 국내의 실정과 맞지 않거나 국산 과실류와는 호흡특성 등이 다른 부분이 많아 그대로 적용되기가 어려운 실정이다.

따라서 본 연구를 통해 국내에서 생산되는 범용의 필름에 대한 특성을 이론적, 실증적으로 검증하고 이를 토대로 MAP에 적용함에 있어서 가능한 수학적 기법을 동원하여 가장 적합한 모델을 개발, 적용하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구의 최종목표는 MAP 적용을 통해 부가가치를 크게 향상시킬 수 있는 신선과실류(감귤, 복숭아, 단감)의 품목별 최적 환경기체조절포장(MAP)조건을 설정하기 위하여 적용가능 포장재를 screening 하여 이에 대한 특성을 연구하고, 과실류의 외부환경변화에 따른 호흡특성을 정확하게 파악하고, 이에 따른 포장내부의 기체조성변화 등을 연구하여 이를 모델링 하는 것이다.

이를 위하여 1차년도에는 세부자료조사를 통해 최적 MAP조건을 설정하였다. 먼저 기초자료조사를 통해 포장재와 적용품목의 MAP 적용특성을 연구하였다. 2차년도에는 설정포장재에 대한 심층연구와 경제성 분석, 이론적 가설 설정, 적용가능한 포장재의 개발과 적용시험 등을 통하여 최종적으로 품목에 따른 MAP 포장 모델을 정립하는 것이다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

연구대상 제품에 대하여 2년간 포장 및 저장실험의 반복을 통해 MAP 모델링의 기초자료가 되는 data를 수집하였으며 적용가능한 필름에 대한 연구도 병행하였다.

한편으로는 소비자들의 소비패턴을 분석하여 개발과정에 있어서 연구결과가 향후 산업화될 수 있도록 고려하였다. 특히 과실류의 특성상 품목별로 무수한 반복실험을 통해 가장 적합한 data를 유추하였으며 이에 대한 결과로 예측치에 매우 접근하는 결과를 얻을 수 있었다.

뿐만 아니라 국내에서는 신뢰성있는 자료를 얻기 어려운 포장재의 물리적 강도나 투과성에 대해 많은 연구를 수행하였다. 이렇게 해서 얻어진 과실의 호흡특성과 포장재의 투과특성을 근거로 수학적 모델링을 통하여 MAP 디자인에 적용할 수 있도록 하였다. 검증된 모델은 Visual basic 프로그램을 통하여 쉽게 적용할 수 있도록 하였다. 구결과는 다양한 세미나 및 학회발표 등 학술활동 외에도 특허와 실용신안을 각각 1건씩 출원, 산업화가 가능하도록 하였다.

간략한 연구개발 결과는 다음과 같다.

1. 품목별 농산물 세부 연구

감귤, 단감, 복숭아 품목의 MAP 모델 적용을 위한 이론적 근거와 타당성을 확보하기 위하여 제품 및 포장재에 대한 심층적인 자료를 조사하였다. 또 MAP 적용기술의 시장성을 조사하기 위하여 소비자 대상 설문조사도 실시하였다.

적용품목에 대한 호흡특성과 저장특성을 파악하기 위하여 저장조건을 달리하면서 감귤, 단감, 복숭아를 대상으로 호흡률, 온도, 중량변화, 관능검사 등 반복실험을 수행하였다. MAP연구의 특성상 포장재내 기체농도에 대해 가장 큰 비중을 두었고 품목별로는 같은 포장재를 적용한 경우 복숭아의 호흡속도나 포장재내 이산화탄소농도가 가장 높았으며 감귤, 단감 순이었다. 감귤과 단감은 저장온도가 비교적 낮기 때문에 이산화산소나 에틸렌의 발생량이 비교적 적었다. 필름의 경우 PP필름구에 비해 PE필름구가 낮은 이산화탄소발생속도를 보였는데 이는 PE 필름이 상대적으로 가스투과도가 높기 때문이라고 생각되어진다.

2. 포장재 개발

가장 경제적이고 표면적과 두께의 조정만으로도 효과가 큰 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)과 폴리프로필렌(PP)을 생산하여 예측가능한 MAP 모델링을 수행하였다. 다만 최적 투과율을 정하더라도 필름의 두께에 변화를 주는 것에는 한계가 있으므로 그보다 투과성이 높은 기능성 라벨개발을 통해 극복하였다.

필름의 온도의존성을 조사하기 위하여 포장재는 온도에 따라 수분 및 기체투과실험을 행하였고, 시험결과는 온도에 따른 logarithm 함수로 전환되어 개방계 호흡률 산출과 특정온도, 시간의 기체조성변화 예측을 위하여 사용되었다. 한편 대상품목에 따른 최적기체환경조건을 결정하였고 개방계형의 호흡모델식을 이용하여 호흡률을 계산하였다.

3. 포장-제품 모델링

산소 및 이산화탄소의 한계농도를 설정하고 반복실험의 결과를 바탕으로 필름의 두께, 면적, 투과도, 제품중량에 따라 포장재 내부의 산소 및 이산화탄소농도를 예측하기 위한 계산식을 이끌어내었다. 개발된 식은 SPSS 프로그램을 이용하여 회귀분석(curve estimation)을 실시하였다. 또 이를 손쉽게 적용이 가능하도록 비주얼베이직프로그램을 개발하였다. 실제치와 계산식, 그리고 회귀분석 결과치는 매우 일치하는 것으로 나타났다. 모델은 필름종류와 두께, 투과도, 필름의 면적, 포장과실의 무게, 저장온도에 따른 산소 및 이산화탄소 농도변화를 기준으로 하였으며 포장과실의 무게와 필름의 두께 대비 면적비율에 따라 간단하게 산소 및 이산화탄소 농도변화를 알 수 있었다.

개발된 모델의 산업적 활용을 목적으로 하는 모든 활동은 참여기업으로 있는 (주)바이오시스텍과는 공동기술개발 등을 통하여 실시하며 기존연구를 바탕으로 다양한 상품이 개발되도록 노력할 것이다. 개발된 연구내용은 이미 각 학회에 학술발표하였거나 앞으로 논문으로 발표하고 개발기술에 대해서는 실용신안 1건(항균기능서라벨, 출원번호 20-2003-0022449), 특허 1건(필름을 이용한 완충방법, 출원번호 10-2003-0035366)이 출원되어있다.

4. 경제성 분석

다공성 필름이나 제오라이트함입포장 등 기능성필름, 수입 필름의 단가는 실재료비의 4배 이상의 고가로 포장비-제품의 비율이 높고 새로운 생산시설을 필요로 하는 등 다양한 제품적용이 어렵다. 개발된 기능성라벨의 경우 기존 생산라인을 활용하면서도 실재료비의 2배 정도의 비용으로 적용이 가능한 것으로 판단된다.

5. 활용에 대한 건의

지금까지의 MAP 적용기술이 이론적, 수학적 바탕보다는 실험적, 경험적으로 적용되어왔기에 이러한 기초연구가 소홀히된 경향이 있다. 따라서 개발된 모델의 활용과 타 품목에의 확산을 위해서는 모든 농산물의 포장화를 전제로 MAP 모델링에 대한 연구를 기획과제형태로 집중연구하는 것이 바람직하다. 또 농산물의 특성상 MAP모델링은 다년간의 data 습득과 비교연구를 통해 얻어지며 모델링 대상품목의 계절성과 모델링 작업을 수행하기 위한 기초자료의 부족 등 국내현실을 감안할 때 앞으로 이러한 연구의 수행을 위해서는 여유있는 연구기간을 설정할 필요가 있다.

SUMMARY

I. Title

Modeling of modified atmosphere packaging for highly value added fruits.

II. Objectives

Since agricultural industry in Korea has been faced with serious enforcement to open its market from foreign country. Growing high quality produce can be a solution to overcome. Growers are now much more trying to pay attention to harvest value added produce such as mandarin oranges, sweet persimmons, and peaches. Packaging technology may not improve their quality or freshness, but has a key role to keep their qualityadding market values.

Modified Atmosphere Packaging technology is not a cinderella for all produce, and actually few researches have success with different products. MAP of fresh produce is different to other foods because fruits and vegetables respire, modifying their own atmosphere and responding to modifications produced. The most important variables determining package atmosphere are temperature, product respiration rate, plastic film permeabilities, film surface area, film thickness, product weight, product respiratory quotient, and film carbon/oxygen permeability ration. However, there are just few studies done regarding modeling of MAP, especially in Korea.

The aim of this study was to develop a model that could be used in the design of modified atmosphere packaging(MAP) for highly value added fruits, such as mandarin oranges, sweet persimmons, and peaches.

III. Research areas and limitation

This research area was to develop useful model of MAP for selected fruits, mandarin oranges, sweet persimmons, and peaches. To achieve this goal, for the first year, this research was designed to reveal respiration characteristics of each fruits and to screen possible packaging materials with economic consideration. For the second year, in-depth study regarding packaging materials for MAP modeling was done and recreated known respiration rate models. The results were then verified the established model with statistical computer program and experimental data.

IV. Results and recommendation

1. Basic study

In order to keep theological base of MAP research, in-depth study has done for selected fruits, packaging materials, as well as customers. Respiratory data at 5, 10, 20°C for peaches and mandarin oranges were gathered and altered for modeling data. Storage temperature was different for sweet persimmons at 0, 10, 20°C due to commercial needs. Respiration rate of peaches was highest, contrar The maximum rate of oxygen uptake increased with increasing temperature. Concentration of oxygen was comparably high as increased film area. The packaging materials were conventional low density polyethylene and polypropylene with anti-fog, and anti-fungi treatments, and thickness was 30 μ m and 50 μ m.

2. Packaging materials

The most cost effective film with fairy good MAP characteristics were low density polyethylene and polypropylene. Permeability tests were performed to

find their oxygen, carbon dioxide, water vapor transmission rate as increases in temperature. Test results were then converted to logarithm format to know their temperature dependent package permeability .

3. package-product modeling

It is concluded that the strategy developed is of use in designing dynamic gas exchange MAP systems, and also has potential uses in similar agricultural products.

Optimum gas composition in the package system for particular fruits were set and then respiration rate were calculated for open type model. After upper or lower limits of oxygen and dioxide was established, formula to predict gas composition at certain storage time, weight of fruits, film thickness, film type, and other variables. To access this model easily, a computer program was made using Visual Basic program.

The validity of the model was tested experimentally by observing actual atmospheric changes in MAP systems. It is concluded that the strategy developed is of use in designing dynamic gas exchange MAP systems, and also has potential uses in similar agricultural products.

4. Economical aspects

Multi-functional, but very expensive Micro-perforated film or other functional films were not much recommended due to their price. Anti-biotic functional lab² which developed for MAP purpose is much cheaper, so can be useful for economy conscious customers.

5. Recommendation for future study

Trial-and-error type research for MAP is limited because it hardly have a theological background and also difficulty of reproducibility. Developed model can be much more useful if it use for similar studies. Because of their nature,

agricultural products are difficult to get good experimentation result from short period of study. Therefore, to get a reliable model, long term, but very intensive study is highly recommended.

CONTENTS

I . Introduction	15
Chapter 1. Objectives and Needs of This Study	15
II . Technological Trends of Relating This Study	19
Chapter 1. Technological Trends and Problems	19
Chapter 2. Future Trends	21
III . Significant Findings and Results of This Study	23
Chapter 1. Objectives and Contents of MAP Modeling	23
Chapter 2. Theological Backgrounds	26
Chapter 3. Research Contents	33
1. Objectives and findings for this study	33
2. Research methods and design	34
Chapter 4. Results of This Study	35
1. Basic study	35
A. Literature reviews about MAP	35
B. Marketing Study about MAP	36
C. Basic study about item by item for MAP modeling	41
2. Package Materials	88
A.. Screening for MAP uses	88
B. Studies on physical properties of selected packaging materials	88
C. MAP properties	92
3. Package-Product modeling	104
4. Visual basic program	132
5. Economical efficiency analysis	135
6. Developed products	138
IV . Achievements to Relating Industry	146
V . Future Plan for Research Results	148
VI . Appendix	150
VII . References	160

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	15
제 1 절. 연구개발의 필요성	15
1. 연구개발의 필요성	15
제 2 장 국내외 기술개발 현황	19
제 1 절. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점	19
제 2 절. 향후 전망	21
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	23
제 1 절. 모델설정의 목표와 내용	23
제 2 절. 모델의 이론적 근거	26
제 3 절. 연구내용	33
1. 연구개발의 목표 및 내용	33
2. 연구개발 방법 및 설계	34
제 4 절. 연구결과	35
1. 품목별기초연구	35
가. MAP 기초 문헌 조사	35
나. MAP 포장재의 시장성 조사	36
다. MAP 모델링을 위한 품목별 농산물에 대한 세부 연구	41
2. 포장재 개발	88
가. 대상농산물에 대한 MAP 적용가능 포장재 screening	88
나. 포장재별 물성 연구	88
다. MAP 특성 연구	92
3. 포장-제품 모델링	104
4. Visual basic 프로그램 개발	132
5. 경제성 분석	135
6. 개발제품	138

제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	146
제 5 장	연구개발결과의 활용계획	148
제 6 장	부 록	150
제 7 장	참고문헌	160

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절. 연구개발의 필요성

1. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

본 연구는 장, 단기 저장을 통하여 부가가치를 크게 높일 수 있으나 비교적 상품성 유지가 어려운 신선 과실류(감귤, 복숭아, 단감)에 대해 MAP 모델링 개발을 통하여 기술적 문제를 해결하여 국산 농산물의 대외경쟁력을 높이고 농가소득을 증대하는 것을 주요 목표로 한다.

신선 과실류는 생체식품으로서 살아 있는 생물체이어서 저장, 유통과정에서 각종 생리적인 대사가 진행되는 변질·부패성이 빠른 식품이다. 신선과실류에 있어서 포장기법의 적용은 생물체인 과실류의 생명연장을 위하여 소비하는 에너지의 소모를 극소화시키는데 주안점을 두어야 하며, 이를 위해서는 기본적인 생리현상인 호흡, 증산, 생장과 휴면 등에 대한 이해가 필수적이라 할 수 있다.

따라서 신선과실류에 환경기체조절포장 (MAP; Modified Atmosphere Packaging) 기법을 적용하여 제품의 생리적, 병리적, 물리적인 변질 및 부패반응을 억제시켜 유통기한(shelf-life)을 연장시키기 위한 노력이 국내외적으로 계속되어 왔다.

MAP포장기법은 수확된 신선과실류가 탄소동화작용의 기능을 대부분 상실하고 호흡작용에 의하여 전분, 유기산, 당 등의 저장물질을 소모하는 일만을 하게 됨에 따라 발생하는 중량감소, 당분의 감소, 발열 등에 의한 변패를 방지하기 위해 적합한 MAP포장재로 포장함으로써 포장내의 기체조성을 변경시키는 선도보존기술이라고 정의할 수 있다.

최근 국내에서도 포장재에 micro-perforated film을 적용하거나, zeolite 등의 다공성물질을 혼입하여 신선과실류의 shelf life를 연장시키려는 노력이 계속되고 있다. 그럼에도 불구하고 그간의 다양한 연구들이 신선과실류에 적용하고 상업화하기 어려

왔던 것은 실험실규모의 연구이어서 실제적으로 경제성이나 대량생산 등의 문제도 있었으나, 무엇보다도 MAP포장설계를 위한 가장 필수적인 단계라 할 수 있는 포장 필름 자체에 대한 이해와 연구가 미흡했기 때문이다.

즉, 신선과실류에 대한 MAP포장설계는 일반식품과 달리 외부환경(온도, 습도)에 따른 포장재의 수분, CO₂, O₂ 등의 투과성은 물론, 에틸렌의 투과성 등에 대한 연구를 통해 최적조건을 모델링하고, 이를 각 과실류의 호흡특성에 맞도록 실시하여야 한다. 신선과실류는 주위공기의 산소농도가 낮고 이산화탄소농도가 높으면 호흡속도가 낮아지며, 그 결과 유통기한의 연장이 가능하지만, 산소농도가 2% 이하로 내려가거나 CO₂ 농도가 어느 한계 이상을 넘으면 혐기적인 호흡을 일으켜 생리장해를 일으키고 이취 등을 발생하게 된다. 이러한 생리현상을 극복하기 위해서는 내용물의 호흡률과 필름의 투과특성(투과량 및 선택투과성)에 대한 연구가 선행되어야 하는 것은 당연하다.

따라서 품목특성에 적합한 MAP모델링설계를 하지 않고 실험적인 연구만 반복하는 것은 이론적인 정립도 되지 않을 뿐만 아니라 실험의 재현성도 없다고 볼 수 있다.

현재 국내에는 신선과실류의 MAP포장에 필요한 기체의 필름투과 특성을 나타내는 기본자료도 찾기 어려운 실정이다. 따라서 이론적 검증없이 단순히 개발한 필름을 과실류에 적용하고 외적인자(온도, 습도 등)의 변화를 통해 연구를 수행하는 지금과 같은 방법으로는 국내에서 생산되는 과실류에 대한 MAP포장기법의 기술적 발전을 기대할 수 없다.

특히, 감귤, 복숭아, 단감은 상품의 부가가치는 높으나 저장성이 약해 그동안 수출에 많은 어려움이 있었는데 이들 과실류를 대상으로 개발된 MAP 모델링기법은 타농산물의 MAP 개발기술을 한층 발전시킬 수 있을 것이다.

나. 경제·산업적 측면

신선과실류, 특히 감귤, 단감, 복숭아의 고품질화와 소비자구매수준의 상승으로 최근들어 MAP포장기법에 대한 관심이 크게 늘고 있다.

단감의 경우 10월 중순까지 주로 남부지역에서 출하되는데 비닐봉지에 5개 정도를 담아 컨테이너 상자(20kg)에 저장하거나 15kg 또는 10kg 골판지 상자에 바로 포장하여 저온저장하는 것이 일반적이다. 그러나 저장단감은 이듬해 1월~2월까지 출하되기 때문에 2-3개월의 장기저장이 필요하나 수확기에 출하된 대부분의 단감은 장기

저장이 어려워 상품성이 크게 떨어지고 있다.

한국산 단감은 지난 98년 5백95톤, 99년에 7백51톤, 지난해 6백62톤이 수출되고 있는데 최근 국산 단감의 필리핀 수출이 가능해졌으며 싱가포르에서도 한국산 단감 수입이 늘고 있어 수출전망도 밝다. 특히 한국산 단감은 동양계 주민들에게 인기를 끌고 있어 입맛들이기 사업의 대표적 품목이나 소포장 등으로 경쟁력을 높여야 할 것으로 지적되고 있어 최적 MAP 포장의 도입이 절대적으로 요구된다.

복숭아는 소비자들이 사자조생·하우스천도·백도 등 고급품종을 선호하는 추세이며 가격이 다소 비싸더라도 소비자들이 즐겨찾고 있다. 이같이 소비자들이 값과 관련없이 맛, 크기, 당도 등 품질을 고려 고급품종을 선호하는 경향을 보이고 있는 것은 소득수준을 떠나 좋은 농산물을 섭취하려는 소비자들의 심리가 작용하기 때문인 것으로 분석된다. 한국산 복숭아는 저장성과 품질이 낮아 수출입실적이 거의 없어 수출이 어려운 것으로 보였으나 최근 저장성이 높고 품질이 향상된 복숭아가 생산되어 일본, 괌 등으로의 수출도 가능할 것으로 전망된다. 따라서 백도, 유명 등 비교적 저장성이 있는 품종의 MAP 포장개발이 반드시 필요한 시점이라 할 수 있다.

또한 제주단감의 미국수출은 연평균 3백50톤 수준이었으나 올해에는 2천톤 이상이 수출될 것으로 보이는 수출전망이 매우 높은 품목이다. 특히 캐나다에서 껍질이 얇고 당도가 높은 동양산 감귤에 대한 호응이 좋으며 캐나다 대부분의 지역이 감귤생산이 불가능하여 전량 수입에 의존하고 있는 점에서 향후 한국·일본·중국산의 수출경합이 치열해질 것으로 보인다.

이와 같이 해외과실류의 수입 및 국산 과실류의 수출활로개척을 위한 최적 MAP 모델링 기법의 개발이 반드시 필요하지만, 현재까지 신선과실류의 유통중 호흡특성, 물성, 품질특성 등을 종합적으로 분석하여 모델링하고, 이러한 자료를 바탕으로 MAP용 포장필름을 설계하여 적용시키는 종합적인 연구는 국내에서는 없었다. 현재 국내에서 MAP포장재를 생산하여 보급하고 있는 업체는 (주)이생이나 울촌화학 정도인데, 기술적으로 외국계업체인 Cryovac 등에 못미치고 있어 고급포장재의 경우 대부분 수입에 의존하고 있다.

따라서 대외경쟁력은 있으나 포장이 어려운 신선과실류의 품목특성에 적합한 MAP 모델링설계를 하고, 이에 따라 MAP 포장재를 개발함으로써, 국내 신선농산물 품목별 최적MAP 모델링 기술을 체계적으로 확립할 수 있을 것으로 확신한다. 특히 수입포장재를 대체하여 개발된 포장재를 국내에 보급하고, 나아가서는 해외수출활로를 개척할 수 있을 것이다.

다. 사회·문화적 측면

우리나라의 농가는 최근 WTO 농산물협상, 자유무역협정(FTA) 등에 노출되어 이 제는 정부차원의 획기적인 대책이 절실하게 되었다. 또, 저장성 향상을 통해 부가가치를 높일 수 있는 신선과실류의 포장에 대한 관심은 모든 농가가 그 필요성을 충분히 인지하고 있으며, 더 나아가 세계적 농산물수입대국인 일본 등을 대상으로 한 과실류의 수출은 불가피한 상황이 되어가고 있다.

현재 우리나라 과실류를 포함한 농산물 수출의 가장 큰 문제점으로 지적되고 있는 것은 항공수송에 따른 물류비와 장거리수송에 따른 선도유지 문제이다. 이러한 문제점이 지속적으로 과실류 수출에 발목을 잡고 있는 이유는 MAP모델링과 같은 근본적이고 체계적인 연구가 이루어지지 않았기 때문이라 할 수 있다.

따라서 전문적인 포장기술의 개발을 통하여 경쟁력을 갖춘다면 지속적으로 수출을 증가시켜 나갈 수 있을 것이다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

포장내의 대기조건을 인위적으로 조절하여 농산물의 신선도유지에 우수한 효과를 가질 수 있는 CAP(Controlled Atmosphere Packaging)나, 제한적인 투과특성을 가지는 플라스틱 필름을 이용하여 포장내부의 대기환경조건을 조절하는 MAP (Modified Atmosphere Packaging) 기술은 선진각국에서 많은 연구가 진행되어 실용화되고 있으며, 우리나라에서도 이에 대한 연구는 계속되고 있으나 아직 기초연구단계에 머물러 있는 실정이다.

해외의 경우 MAP 기술을 체계적으로 연구하여 발전시킨 사례는 많다. 알렌포장 서비스(Allen Packaging Services)의 Geeson은 micro-perforated film을 이용하여 시금치, 아스파라거스, 파슬리, 토마토 등을 포장하여 일반 필름과 비교실험한 결과 micro-perforated film이 효과적이라는 것을 알아내었다. Singh은 MAP설계를 위한 포장재의 투과특성, 농산물의 호흡율, 필름의 수분응축율, 미세공의 크기와 수 등을 연구하였고, 또한 농산물의 호흡률 등의 조건을 통하여 수학적으로 유통기한(shelf life)을 예측하였다.

한편 제오라이트(Zeolite)는 최근에 MAP에 가장 많이 이루어지고 있는 연구대상이기도 하다. 이탈리아의 Scolaro 등은 5%의 제오라이트를 LDPE 필름에 혼입한 결과 이산화탄소와 에틸렌가스의 투과성을 높여 농산물의 선도연장을 위한 기능성포장(active packaging)용으로 쓰일 수 있음을 밝혔다. Wang 역시 농산물포장에 사용되는 필름의 에틸렌과 산소에 대한 투과성은 농산물의 유통기한(shelf life)에 크게 영향을 미친다는 것을 염두에 두고 제오라이트를 LDPE 필름에 혼입하여 실험하였는데, 그 결과 상온에서 제오라이트혼입 LDPE 필름의 산소 및 에틸렌 투과도는 일반 LDPE보다 높고 Arrhenius 법칙을 따랐으며 두께의 영향은 크게 없었다.

국내에서도 수증기투과성은 낮으나 비교적 기체투과성이 높은 폴리에틸렌필름(Polyethylene: PE)을 주로 이용한 MAP/CAP 기법을 저온저장과 병행하여 다양한 과실 및 채소류의 유통기한연장에 적용시켜 왔다.

MAP효과를 구명하기 위한 단편적인 연구는 느타리버섯, 표고 버섯, 딸기, 토마토, 양송이버섯, 포도, 당근 등 다양한 농산물을 대상으로 광범위하게 수행되었다. 농산

물의 선도보존효과를 증대시키기 위하여 Zeolite, Chitosan, 은처리세라믹, 항균제 등을 PE에 혼입하여 기능성을 보완한 보다 발전된 연구도 계속되었는데 국내에서는 딸기, 버섯, 토마토, 오이, 상추, 포도 등에 대하여 Anti-fogging film(방담필름), Zeolite처리필름, Chitosan첨가필름 등의 기능성필름을 적용하여 선도보존기술을 연구한 바 있다.

또한 은처리세라믹과 키틴을 첨가한 연구결과 3% 은처리세라믹첨가 필름의 딸기가 3% 은처리세라믹과 0.1% 키틴을 첨가한 LDPE나 대조구인 일반 LDPE보다 선도보존효과가 높게 나타난 것으로 연구되었다. 항균제를 첨가한 포장필름을 이용하여 미생물에 의한 변패를 억제하고자 하는 연구도 이루어 졌는데, 대황추출물, 황련추출물, 지르코늄계 은치환무기이온교환체 등의 항균성소재를 1%정도 함유시킨 LDPE 필름을 이용하여 딸기를 포장한 결과 부패율감소에 효과가 있었다는 연구보고가 있었다.

또한 배, 사과, 감귤, 복숭아, 참외 등의 과실류를 중심으로 다양한 기능성필름을 개발하여 MAP용 포장재로서의 가능성을 실험하였는데, 에틸렌의 포집 및 흡착 정도, 탄산가스 및 산소의 투과도에 따라 저장과실의 shelf life가 차이가 남을 증명하였다.

그러나 이러한 MAP용 및 기능성용 포장필름에 대한 연구나 MAP용 포장재의 설계에 대한 논의가 미흡하여 경제성이나 작업성, 현장적용성, 재현성 등에 문제가 많으며 실용화에는 아직도 많은 어려움이 있어 실제 농민들에게는 외면을 받고 있는 실정이다.

한국디자인포장센터(현 한국산업디자인진흥원)에서 조사한 연구보고서에서도 한국 농산물포장의 문제점은 경험에 따른 주먹구구식 설계에 있다고 지적하였다.

신선 과채류 MAP의 목표는 상품의 품질을 최대한 존속시키기 위하여 충분히 낮은 산소함량(%)과 충분히 높은 CO₂ 함량(%)을 포장시스템 내에 유지시켜주는 것이다. 이것은 몇가지 포장 시스템내 환경에 영향을 미치는 인자의 적절한 결합을 통해 가능하다. 이러한 것들을 해결하기 위한 최근 개발경향은 아래와 같다.

MAP의 가장 큰 기술적인 난제는 특정 신선과채류에 적합한 특정 기체조성을 갖추기 위해 선택적 투과성을 가지는 것이다. 특히 산소의 투과성이 중요한데 외국에서는 각 과채류에 적합한 다양한 투과성을 가진 필름들을 개발하고 있으며 15000cc/m²-day 정도의 필름도 개발하고 있다.

Metallocene 기술은 Dow 케미칼과 Exxon 케미칼에서 요구되는 폴리머를 생산하기 위해 single site 촉매를 이용하여 개발된 것으로 이 촉매법은 더 좁은 폴리머 사

슬 길이, 분자량, 밀도의 폴리머를 만들 수 있다. 이로서 매우 높은 OTR, 낮은 WVTR, 높은 투명성, 높은 강도, 낮은 열접착온도와 열접착 용이성이 추가되었다.

Microperforated와 Microporous films는 이산화탄소는 산소보다 보통 2-6배 빨리 투과한다. 따라서 이산화탄소는 산소가 들어오는 것 보다 빨리 투과되며 자연스럽게 낮은 O₂와 비교적 낮은 이산화탄소 환경을 맞게 된다. CO₂/O₂ 투과비율은 매우 중요한데 과채류는 고농도 이산화탄소에 대한 저항성이 제각기 다르므로 이 비율을 아는 것은 매우 유용하다. 그런데 microporous 필름은 산소와 이산화탄소의 투과율이 비슷하다. 그래서 높은 포장내부에 높은 CO₂(약 15-20%)를 축적하지 않는 한 낮은 산소(1-5%)를 유지하는 것은 불가능하다. 그래서 이러한 필름은 높은 CO₂에서 잘 견디는 상품 등에만 사용가능하다.

대부분의 과실은 높은 이산화탄소 환경에 잘 적응하는데 딸기 종류는 높은 이산화탄소가 곰팡이 발생을 억제시키고 강도를 증가시킨다. FreshHold는 라벨을 팩이나 필름 overwrap에 붙여 과실포장시장에 작 적용되었는데 이것은 제한된 면적을 통해 충분한 가스가 통할 수 있었기 때문이다. 또 높은 이산화탄소 환경도 과실포장에 도움이 된다.

어떤 필름업체는 두께변화를 통해 OTR을 조정하기도 하지만 이러한 적용은 자동화 기계적성 등 때문에 제한되어 있다. Landec Corporation Inc. 는 side-chain 폴리머기술을 이용하여 온도가 증가함에 따라 OTR을 빨리 증가시키는 기술을 이용하여 혐기적 조건이 되는 것을 방지하였다. 신선과실류의 유통기한(shelf life)연장을 위한 MAP포장기술의 개발은 MAP용 포장재 설계기술의 발전이 있어야 하며, 이러한 기술의 발전은 이론적인 모델링과 이를 바탕으로 한 종합적이고 실증적인 연구가 이루어져야만 실질적인 농업기술발전을 기대할 수 있을 것이다.

제 2 절. 향후 전망

현재 WTO농산물협상 및 자유무역협정(FTA)의 결과에 따라 약간의 차이는 있을지 모르나 우리나라 과실류시장은 이제 국제적으로 완전히 노출되게 되었다. 그러나 과실류의 선도보존기술을 체계적으로 발전시키고 해외, 특히 일본과 같은 농산물 수입대국과의 지리적인 이점을 활용한다면 그리 비관적인 것은 아니라고 할 수 있다.

MAP는 신선과실류의 신선대사작용을 늦추어 유통기한(shelf life)을 연장시키는 대표적인 방법으로서, 이에 대한 체계적인 연구가 반드시 필요하다. 이러한 연구는 WTO출범 이후 국가간의 무역교류가 더욱 활발해지고 있는 이때 국 산 신선과실류 뿐만 아니라 과실류선도보존용 MAP용 포장재 및 포장기술까지 수출이 가능할 것이기 때문이다. 결국 MAP기법의 적용을 통해 국산 신선과실류의 부가가치를 상승시키고 포장기술을 축적하려면 반드시 이론적 모델의 정립이 있어야 하며, 이에 따른 과학적이고 합리적인 포장설계가 선행되어야 한다..

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절. 모델설정의 목표와 내용

MAP 모델의 경우 포장제품의 호흡경향, 필름의 산소 및 이산화탄소 투과율, 온도, 상대습도, 호흡률이 포장재내의 평형대기조건과 관계가 있고 당연히 제품 품질과 유통기한과도 관련이 있다. 많은 요인들이 관련되어 있고 각 요인들은 상호 영향을 미치고 있으므로 컴퓨터 모델은 이러한 포장재내의 환경변화를 시뮬레이션하는 매우 효과적인 방법이 될 수 있다. 또 이것은 상업적 개발을 위한 포장설계를 쉽게 하고 실험기간을 줄일 수 있다.

모델설정의 목표는 변수(독립변수든 비독립변수든)의 영향을 알고 예측하기 위한 것이다. 가장 MAP 내의 포장재내 환경을 결정하는 중요한 요인들은 1) 온도 2) 제품의 호흡율 3) 플라스틱 필름의 투과율 4) 필름의 면적 5) 필름의 두께 6) 제품의 무게 7) 제품의 호흡지수 8) 필름의 CO₂/O₂ 투과비율 등이다. 적정 MAP 설계를 위해서는 이들 간의 상호관련성을 찾는 것이 기본적인 것이다. 본 연구의 골격도 당연히 이러한 중요한 요인들을 기본적인 실험데이터와 이론치, 그리고 추후 검증하는 것이다.

온도는 MA 개발을 위한 가장 중요한 역할을 한다. 이것은 모든 살아있는 식품은 호흡(O₂를 소비하고 CO₂와 물을 배출하는)하기 때문이며 온도가 증가할수록 호흡률은 매우 급격하게 증가한다. 보통 온도가 10°C 이상 올라갈 때마다 호흡률은 배가 된다. 필름은 O₂의 유입량과 CO₂의 배출량을 적절히 조정하는 역할을 하기 때문에 적절한 MA 조건을 충족시키기 위하여 호흡률은 매우 중요한 팩터가 된다. 호흡률의 증감을 계산하기 어려운데 이것은 호흡의 진행되면서 포장재내 기체조성을 변화시키고 또 이 기체조성이 호흡률을 변화시키기 때문이다. 이 상호작용은 미분 방정식을 통해 가장 적절히 계산될 수 있으며 컴퓨터 모델링을 통하여 이러한 계산이 가능하다.

필름의 기체투과는 포장재 내의 적정 O₂/CO₂ 조건을 조성하기 위하여 제품의 호흡율과 상쇄하는 역할을 하여야 한다. 온도가 변화되면 호흡률도 변한다. 만약 필름의 투과율이 온도변화에 따라 적절하게 변하지 않는다면 포장재 내부의 기체조성도 변하게 된다. 'smart' 필름은 온도에 따라 변화하는 호흡율과 같은 양의 투과성을 가지고 있다. 예를 들어 온도가 5°C 상승함에 따라 호흡률이 40% 증가하였다면

필름의 투과성도 40% 증가하여야 한다. 사실 플라스틱 필름은 온도의 증감에 따라 투과율도 비례하는 것이 보통이다. 따라서 신선 과채류의 MAP용 필름은 가급적 호흡률과 비례하여야 가장 이상적일 것이다. 온도에 따른 필름 투과율의 변화는 활성화에너지 컨셉으로 이해할 수 있다. 즉 이상적인 필름은 활성화 에너지가 포장된 제품의 호흡에너지와 비슷해야 한다. 그럼으로서 온도의 변화에 의해 포장 제품에 부정적인 영향을 미치는 것을 최대한 막아줄 수 있다.

포장필름의 표면적과 두께는 필름을 투과하는 기체의 흐름을 조정한다. 이 두가지 인자는 포장재 내부환경에 비례적인 효과를 나타낸다. 예를 들어 포장재의 크기를 두 배로 한다든지 두께를 절반으로 줄이면 산소와 이산화탄소의 투과량도 두 배로 증가하게 된다.

제품무게는 주어진 조건 하에 전체 호흡활동을 결정한다. 제품무게를 배로 한다면 산소소비량도 두 배가 되고 포장재내의 이산화탄소 배출량도 두 배가 될 것이다. 이 인자는 포장실험 중 가장 쉽게 산출될 수 있고 이것은 고정된 온도와 주어진 필름 크기, 두께에서 쉽게 예측이 가능하다. 제품 무게는 환경조건에 도달될 때까지 변경될 수 있다. 이것은 UC Davis대학은 컴퓨터 모델링에 의해 제품의 무게에 따라 산소와 이산화탄소의 함량이 비례하는 것을 밝혀냈다. 이 대학은 칠리페퍼(chili pepper)를 이용한 실험에서 무게가 1.6에서 2.2kg 이 포장재 크기 20*30cm의 크기가 10°C에서 Cryovac SSD-310 필름으로 포장했을 때 가장 적절하다는 것을 보여주었다.

상기 내용은 제품이 이산화탄소를 내뿜는 같은 양의 산소를 소비하는 것을 전제로 하고 있다. 이것은 거의 맞는 말이지만 항상 그렇지는 않다. 이산화탄소 방출량과 산소 소비량의 비를 호흡비(respiratory quotient[α])라고 하고 이것은 respiratory substrate(α는 carbohydrates 는 1에 가깝고 유기산은 1보다 크고 지질은 1보다 적다)에 영향을 받으며 대기조성(고 이산화탄소 또는 매우 낮은 산소 조건)에 영향을 받는다. 주어진 산소 농도에서 이산화탄소의 함량은 α의 증가와 같이 직선상으로 증가하고 있다. 주어진 조건이 정상적이고 호기성 대사에서 α치는 크게 다르지 않다. 그러나 MA조건에서 실험적으로 추정된 α치를 얻는 것은 이산화탄소의 방출량을 계산하는데 매우 유용한 것으로 알려져 있다.

이산화탄소와 산소 투과율의 비는 MA 모델링의 중요한 인자이다. 이 비율은 β(CO₂/O₂)라고 하고 이것은 필름의 가장 중요한 記述적인 파라미터라고 할 수 있다. 높은 β치를 가진 필름은 이산화탄소의 방출이 쉬워 포장재 내부에 낮은 이산화탄소 농도를 유지하게 된다. 반대로 필름의 β치가 낮으면 포장내부에 높은 이산화탄소

농도를 유지하게 된다. 과채류의 경우 제품에 따라 이산화탄소에 대한 저항성이 다르고 높은 이산화탄소 농도가 어느 정도 도움이 되기 때문에 이 필름의 β 치는 포장재 내부에 얼마만큼의 이산화탄소와 산소가 존재할 지 예측하게 하는 매우 중요한 팩터이다. 산소와 이산화탄소의 절대치는 필름의 절대 투과율에 의해 결정된다. 따라서 신선 과채류의 플라스틱 필름은 혐기성 조건이 생기지 않도록 충분한 절대 투과율을 가져야 하고 β 치가 적정 산소와 이산화탄소 조성에 다다를 수 있도록 하여야 한다. 물론 β 치는 온도에 의해 변화하므로 온도 유지는 기본적인 요소이다.

포장재는 적정한 가스조성을 치환함으로서 어느 정도 요구되는 MA 조건을 만들 수 있으나 결국 최종적인 포장재 내부의 대기조성은 제품의 호흡율과 필름의 투과율에 있다는 것을 잊지말아야 한다. 가스 치환은 초기 평형대기조건을 맞추는데 매우 효과적이지만 최종 평형기체농도에는 영향을 미치지 않는다. 시뮬레이션을 통하여 수동적(필름 투과율과 호흡율에 의존한 기체조성변화) MA나 능동적 MA(예를 들면 산소 1%, 이산화탄소 10%로 치환한 후 포장하는 것)나 12일 후에는 동일한 기체조성이 되는 것을 알 수 있다. 가스 치환된 포장이 수동적 MA 포장보다 더 빨리 평형상태에 도달하는 것을 볼 수 있어 평형상태에 도달하는데 도움은 되지만 자체 평형상태에 대해서는 영향을 미치지 않는다. 부적절한 가스 조성은 오히려 생리적인 장애를 초래하고 평형상태 도달에 부정적 영향을 미칠 수도 있다.

본 연구에서도 능동적 MA에 대한 검토도 하였으나 본 보고서의 범위에 다소 벗어나므로 생략한다.

필름의 가스 확산(diffusion)은 필름의 구조, 두께, 면적, 온도, 기압차에 의해 결정된다. 기체 확산은 내용물의 무게, 부피, 호흡률, 그리고 속도에 의해 영향을 받고 내용물을 통한 기체확산경로, 내용물의 표피를 통한 기체 gradient, 온도, 皮目이나 줄기의 상처 등에 의한 변화 등에 영향을 받는다. 확산이나 mass flow에 의한 기체의 움직임과 호흡에 의한 산소 소비량 및 이산화탄소 방출량을 만약 이상적으로 조정된다면 내용물의 유통기한을 연장시킬 수 있다. 평형농도는 일반적인 대기조건에서의 가스농도, 필름의 산소 및 이산화탄소의 투과율, 포장조건에서의 내용물의 호흡율과 저장온도에 영향을 받는다. 평형상태에 도달하는 시간은 위의 요인들과 더불어 내용물과 포장내부의 대기조건사이의 가스 확산, 내용물 내의 free volume, 포장재 내의 headspace에 달려있다. 이러한 요인들은 컴퓨터 모델에 입력되어 MAP내의 공기조성이 변화하는 것을 시뮬레이션할 수 있다. 이 모델은 다양한 팩터들을 이용하여 최적 조건을 산출할 수 있다. 예를 들어 5kg짜리 포장이 필요한 경우 이 모델은 포장재 크기, 필름 두께, 필름의 투과율, 온도, 포장의 headspace 들을 조합하

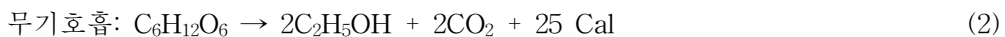
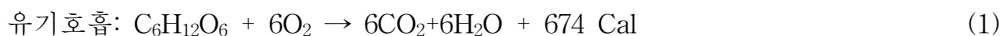
여 적절한 시간내에 최적 대기조건을 갖출 수 있는 상품을 만들어 낼 수 있다. 포장재 크기가 고정되어 있다면 제품무게를 변경할 수 있다. 이렇게 함으로써 최적포장설계가 가능하고 보다 중요하게 불필요한 실패비용을 줄일 수 있다.

MAP 설계에는 많은 인자가 포함되어 있고 또 이러한 인자들이 다른 인자들과 연관되어 있기 때문에 모든 인자들을 동시에 정량적으로 변경하기 어렵다. 그래서 컴퓨터를 이용한 모델링기법이 필요하며 이러한 조건에서 적절한 관련성을 연결하고 조정하기 쉽도록 한다. 그럼으로써 최소한의 개발기간과 실험비용으로 특정제품에 대한 MA 포장설계를 연구용으로나 산업적으로나 가능하게 한다.

제 2 절. 모델의 이론적 근거

신선과실과 채소의 수확후 호흡 중 에너지생산은 전분, 당 그리고 기타 물질대사에 필요한 물질의 산화작용의 결과로 에너지와 함께 열이 발생하여 계속적으로 승온되어 조직의 붕괴, 그리고 결국 죽게된다. 생산물로부터 열 방출의 중요성은 호흡이 일전의 효소촉매반응이라는 사실과 연관되며 호흡속도는 온도상승에 따라 가속화된다.

호흡에는 호기적 호흡(aerobic respiration), 즉 해당계에 속하는 것으로 6탄당이 2분자의 피루빈산으로되고 이것이 TCA회로에 의하여 유기적으로 탄산가스와 물로 완전히 산화가 일어나는데 비하여 산소가 존재하지 않은 상태에서는 피루빈산이 반대로 환원되어 아세트알데하이드, 에탄올 등 식물체에 유해한 중간생성물이 생성되고 이들이 점차 축적되면 이상생리를 일으켜 변질, 부패하게 된다. 이와 같은 호흡을 무기적 호흡(anaerobic respiration) 또는 발효라고 한다. 포도당이 호흡기질인 경우 양 호흡의 발생에너지는 식 (1), (2)와 같다.



신선과채류는 80% 이상이 물로 이루어져있고 성장중에는 식물체의 구근조직으로부터 충분한 물을 공급받으나 수확후에는 그들 자신의 저장물질만으로 생체를 유지

해야 한다. 수확후에도 농산물은 증산작용으로 수확전과 마찬가지로 수분을 대기중으로 계속 휘산시키는 증산작용(transpiration)을 하게 된다. 과체의 조직내부대기는 수증기로 포화되어 있고 주변대기가 불포화되어있는 경우에 수증기압의 구배가 생겨 수증기는 농산물의 내부주변대기로 빠져 나온다.

증산작용의 궁극적 영향은 수확후 저장중에 발생하는 과실채소류의 수분손실을 말한다. 이수분손실속도가 수확후 농산물의 생명에 결정적인 인자이다. 증산작용으로 인하여 과체류는 약 5%의 중량이 감소되면 표면의 광택이 소실되어 상품가치의 저하를 초래하게 된다. 증산작용을 억제하기 위한 최적 저장상대습도는 보통 85-95%이다.(최종욱, 1997)

환경기체조절포장, 즉 MAP(modified atmosphere packaging)은 일반적으로 과체류를 폴리머 필름에 포장하는 것을 일컫는다. MAP상의 기체조건은 CA 저장과 같이 조정되기 보다는 제품의 호흡, 필름의 기체 투과, 포장 내외부의 기체흡수 등의 현상으로 결정된다. 가장 적합한 환경조건을 갖추는 것이 지금이나 앞으로나 가장 큰 숙제이다.

환경기체조절은 능동(active)과 수동(passive) 두 가지 방법으로 가능하다. 수동형 조절은 호흡하는 제품을 포장한 후 밀봉한 것이고 오직 제품의 호흡과 필름의 투과성이 포장 내 공기조성을 결정한다. 제품의 호흡률과 필름의 투과율이 동일하게 되면 평형상태에 도달하게 된다. 평형상태에 도달하는 시간은 제품의 종류, 온도, 속도, 필름의 특성 등에 따라 좌우된다.

능동형 조절은 포장 내에 산소, 이산화탄소, 에틸렌이나 수분 등을 흡수하는 물질을 포함하여 목표로 하는 공기조성을 이루거나 가스치환 등으로 미리 목표하는 평형상태를 빠르게 진행시키는 방법이다.

과체류의 호흡특성과 포장필름의 특성을 일치시키는 것은 매우 간단하여 보이나 아직까지 이를 성공적으로 이룩한 경우는 별로 없다. 수학적이고 컴퓨터를 이용한 모델링은 MAP 시스템 개발에 반드시 필요한 것이며 trial & error 식의 어려움을 줄여줄 수 있다.

이를 위하여 국내외에는 적합한 필름을 개발하려는 수많은 시도가 이루어졌다. 몇몇 연구자들은 수학적 모델링 기법을 이용하여 예측식을 개발하여 가장 적절한 기체조성을 이룰 수 있는 필름을 빠르게 생산할 수 있는 방법을 연구하여 왔다.

모델링 기법은 주로 폐쇄계와 개방계 실험을 통하여 이루어지는데 본 연구에서는 플라스틱 필름에 포장되어 유통되는 과실류는 호흡과 투과가 모두 이루어지고 있는 개방계(dynamic system)를 중점적으로 실시하였다. 포장재 내의 가스 G의 투과

(permeation), $PG(\text{ml/hr})$ 는 식 (3) 같이 표현할 수 있다.

$$PG = k_G A \Delta G \quad (3)$$

식 (3)에서 k_G 는 필름의 가스투과 상수($\text{ml/hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{atm}$), A 는 필름의 면적(m^2), ΔG 는 필름 안팎에 있는 기체 G 의 농도차 이다.

과채류의 기체의 호흡률, $R_G(\text{ml/hr} \cdot \text{kg})$ 는 제품 및 주변의 환경조건, 저장 기간 및 온도 등 수많은 조건에 따라 다르다. 그래서 R_G 는 식 (4)와 같이 표현될 수 있다.

$$R_G = f(O, C, \text{Eth}, t, T, M, \text{CV}, x) \quad (4)$$

여기서

G = gas associated with respiration(oxygen, carbon dioxide, ethylene, etc.)

O = oxygen concentration

C = carbon dioxide concentration

Eth = ethylene concentration

t = temperature

T = storage time

M = product maturity

CV = cultivar type

X = any other factor(s)

포장 내의 호흡에 따른 특정기체의 농도변화율은

$$\frac{dG}{dT} = \frac{P_G}{V} - \frac{R_G W}{V} \quad (5)$$

여기서

V = total free volume in the package(ml)

W = weight of the product in the package(kg)

식 (5)은 아래와 같이 포장 내 산소 및 이산화탄소 농도의 변화율로 표시할 수 있다.

$$\frac{dO}{dT} = \frac{K_o A(0.21-0)}{V} - \frac{R_o W}{V} \quad (6)$$

$$\frac{dC}{dT} = \frac{K_c AC}{V} - \frac{R_c W}{V} \quad (7)$$

상기 두 식으로 포장 후 즉시부터 평형상태에 이르기까지 포장내의 산소 및 이산화탄소의 특정 시간의 가스농도를 알 수 있다. 식 (6), (7)은 에틸렌과 같이 다른 기체에서도 적용될 수 있으나 호흡특성을 알아야만 가능하다.

평형상태, 즉 호흡과 투과가 일치할 때 식 (3), (4), (5)는 아래와 같은 형태로 된다.

$$P_G = R_G W \quad (8)$$

$$P_o = K_o A(0.21-0) = R_o W \quad (9)$$

$$P_c = K_c AC = R_c W \quad (10)$$

식 (6)와 (7)을 이용하여 연구한 다양한 적용방법은 아래와 같다.

MIT의 Jurin과 Karel(1963)은 사과, Karel와 Go는 바나나의 최적포장조건을 연구하였는데 이들은 모두 R_o 를 산소농도(concentration)에 비례한다고 가정하고 실험치로 산소소비속도(oxygen consumption rate)를 산출했다. 또 호흡 quotient, R_c/R_o 는 산소 level 이 3%이상일 때 1과 같다는 것을 발견했다. 그들은 평형상태만 연구했고 호흡-투과 식을 그림으로 표현했다.

평형농도상태의 이산화탄소는 식 (10)에서 쉽게 계산될 수 있는데 $R_c = R_o$ 이고 R_o 는 플롯을 통해 얻어질 수 있기 때문이다. 포장재를 변경하면 투과(permeation) 곡선은 변경되는데 이것은 포장 내에 원하는 가스조성을 얻고 싶으면 적절한 투과성을 가진 포장재를 선택하면 된다.

Karel 과 Go는 호흡률에 미치는 온도의 영향에 대해서도 연구했는데 식 (4)를 $R_o = f(O, t)$ 로 가정했다. 그들은 주어진 산소농도수준에서 온도에 따른 호흡률은 Arrhenius 형태의 수식에 따른다는 것을 발견했다.

Veeraju 와 Karel(1966)은 투과율이 다른 두 가지의 필름으로 포장내의 산소 및 이산화탄소 농도를 조정하였고 어느 정도 성과를 거두었다. 그들은 사과를 대상으로 평형농도치에 중점을 두었다. 그들은 다음 두 가지 수식을 호흡률을 이용하여 동시에 풀었는데 실험치로부터 R_o 와 R_c 는

$$R_o W = (k_{o1} A_1 + k_{o2} A_2)(0.21 - 0) \quad (11)$$

$$R_c W = (k_{c1} A_1 + k_{c2} A_2) C \quad (12)$$

식 (11)와 (12)은 식 (6), (7)에서 나온 것으로 추가된 아래첨자 1과 2는 각각 두가지 다른 포장필름을 의미한다.

Henig와 Gilbert(1975)는 유한요소해석을 사용하여 풀었다.(식 13과 14) 그들은

~~R_o 와 R_c 를 각각 산소 및 이산화탄소 실험치와 사과내의 호흡률 (O_2) 및 (CO_2) 를 이용하여 다음과 같이 계산하였다.~~

Deily 와 Rizvi(1981)은 식 (6)와 (7)를 복숭아를 포장한 필름의 가스농도를 계산하기 위하여 이용했는데 실험 데이터를 근거로 한 호흡률은 아래와 같다.

$$R_o = \begin{cases} \text{constant} & \text{for } O > 5\% \\ -a \exp(-bT) & \text{for } 0 < 5\% \end{cases} \quad (13)$$

$$R_c = \text{constant} \quad \text{for } 1 < C < 27\% \quad (14)$$

Cameron 등(1989)은 토마토를 숙성도에 따라 breaker, pink 그리고 red 로 나누어 호흡률 데이터를 얻었다. 각 단계에서 그들은 먼저 산소소비곡선을 저장시간에 따라 구하고 다음 식에 맞추었다.

$$O = a[1 - \exp[1 - (b + cT)^d]] \quad (15)$$

그들은 R_o 를 식 (15)에서 다음 관계를 이용하여 풀었다.

$$R_o = - \frac{dO}{dt} \frac{V}{W} \quad (16)$$

여기서 V 는 산소고갈 데이터를 얻기 위한 실험용기의 공간부피(ml)이고 W 는 과실의 무게(kg)이다. 그들은 가스치환으로 인한 순간적인 변화는 신경쓰지 않고 단지 밀봉된 토마토의 산소농도를 위한 예측모델만 개발했다. 이 목표를 얻기 위해 그들은 다양한 조합의 W , O , 그리고 필름투과 파라미터를 이용하여 식 (9), (14), (16)를 풀었다. 이를 위한 포장시스템 구성방법은 Lee(1986)에 의해 소개되었다.

Yang과 Chinnan (1988)은 플라스틱 필름포장재 내에 저장된 토마토의 가스조성 및 색깔 변화를 예측할수 있는 통합적 모델을 개발하였다. 그들은 먼저 가스조성(산소 및 이산화탄소)의 효과와 저장기간동안의 호흡률을 설명할 수 있는 모델을 만들었다. 수학적 공식을 만들기 위하여 식 (4)를 변형하여

$$R_G = f(O, C, T) \quad (17)$$

그들은 실험적으로 20°C에서 4가지 다른 산소조성(5, 10, 15, 20%)과 5가지 다른 이산화탄소(0, 5, 10, 15, 20%)을 다항식으로 적용하였다. 모델에 대한 증명은 예측 모델과 실험데이터를 비교하여 증명하였다. 다음 단계로 토마토가 포장재 내에서 숙성되어가는 조건에서의 평형상태의 산소 및 이산화탄소의 농도를 예측하는 것이다.

이것은 식 (9)과 (10)을 기초로 하여 짧은 시간동안(ΔT) 포장 내의 산소 및 이산화탄소의 변화량을 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$a = R_o W \Delta T - k_o A (0.21 - 0) \Delta T \quad (18)$$

$$b = R_c W \Delta T - k_c A C \Delta T \quad (19)$$

이것은 평형조건에서 a와 b는 이론적으로 0이지만 식 (18)과 (19)에서 명확한 O와 C 값을 얻기 어렵다. 결론적으로 Yang 과 Chinnan (1988a)는 반복법 사용하여 어떤 주어진 시간 T, (즉 $a^2 + b^2$ 가 가장 작은 값을 가질 때,) 에서의 O 와 C 값을 얻었다. 알고리즘과 더 자세한 내용도 설명되어 있다. 4가지 시나리오에서 실험 및 예측치는 잘 맞았다.

MAP 조건에서 저장된 토마토의 물리-화학적 변화에 대한 모델링에서 Yang 과 Chinnan(1987)은 호흡을 예측보다 한단계 더 나아갔다. 그들은 토마토의 표면색상 변화를 주변가스조성 변화에 의해 물리적 변화를 일으키는 indicator 로 사용했다. 토마토는 20°C에서 위와 같은 가스조성에서 표면색상변화를 주기적으로 Hunter color instrument 로 실험했다. 아래 수학적 식은 Thorne 와 Alvarez (1982) 의 연구결과로 나온 것이다.

$$(a/b)_T = \frac{(a/b)_g + (a/b)_r [\exp(C_o + M(G)T)]}{1 + \exp[C_o + M(G)T]} \quad (20)$$

여기서 아래첨자 T, g, r 은 토마토의 어떤 색, 녹색, 적색을 각각 뜻한다. M은 가스조성 G에 따른 색깔변화 인덱스를 말한다. M은 산소 및 이산화탄소 농도의 이차방정식과 같다. 식 (18)의 Co와 M의 계수들은 실험 데이터에서 얻을 수 있다. 상기 식에서 주어진 수학적 모델은 3가지 평형가스조성에서 저장된 토마토에 적용이 가능하다.

Yang과 Channin (1987)은 가스조성이 다르게 변할 때 색의 변화를 예측하는 것에 대해 Thorne 와 Alvarez (1982)의 TTT 가설을 적용했다.

이상과 같이 MAP 모델링을 위한 기본적인 수식은 그리 복잡하지 않다. 하지만 모델링 과정에 있어서 1) 수식의 결과를 실제적이고 의미있는 가정에 의해 얻어야 하고 2) 모델을 실험적으로 검증해야 한다는 것이다. 연구자들은 모델을 얻고 검증하는데 성공적 이었으나 얻은 모델은 매우 제한된 시각인 경우가 많다. 이러한 모델을 개발하는데 가장 어려운 점은 모델을 위한 대기상태와 포장시스템에 적용가능한 호흡 데이터를 찾기 어렵다는 것이다.

앞으로의 연구는 보다 dynamic 호흡과 투과 시스템에서 모델을 찾는 데 포커스를 맞추어야 한다. 주어진 시스템에서 호흡특성에 대한 더 깊은 이해가 있어야 하며 다양한 범위의 온습도에 따른 포장필름의 특성에 대한 연구와 이 필름의 특성이 저장, 수송, 운반 조건과 맞아야 할 것이다.

제 3 절. 연구내용

1. 연구개발의 목표 및 내용

가. 연구개발 목표와 내용

본 연구의 최종목표는 MAP 적용을 통해 부가가치를 크게 향상시킬 수 있는 신선과실류(감귤, 복숭아, 단감)의 품목별 최적 환경기체조절포장(MAP)조건을 설정하기 위하여 외부환경(온도, 습도)과 품목별 호흡특성, 에틸렌생성특성 등을 정확하게 파악하고, 이에 따른 포장재의 수분 및 기체조성변화 등을 연구하여 이를 모델링하여 설계하는 것이다.

본 연구의 성공적인 수행을 통하여 MAP용 포장재의 수입을 대체하고 타겟 과실류는 물론 기타 신선농산물의 수출을 활성화하는 등 연간 100억원(MAP용 포장재 약 30억원, 농산물 부가가치 상승 및 수출증대 효과 70억원) 이상의 유형이익을 낼 수 있을 것으로 전망된다.

나. 연차별 연구개발 목표와 내용

본 연구를 통해 이루고자 하는 연차별 연구개발목표 및 내용은 아래 표와 같다.

구 분	연 구 개 발 목 표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2001)	세부자료 조사 및 최적MAP조건 설정	<ul style="list-style-type: none"> - 기초자료 및 문헌 조사 - 기초 포장재 검토 및 조사 - 포장재의 물성 및 MAP특성 연구 - 과실별 최적환경기체조건(MAP)조건 설정
2차 년도 (2002)	MAP 포장설계 모델링 및 시작품 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 설정 포장재질에 대한 경제성 연구 - MAP의 이론적 가설 설정 - MAP용 포장재의 개발 및 적용시험 - 경제성(Total Cost) 분석 - 시작품 제작 - 유통적용 시험 - MAP 모델링 최종 정립 및 보급

2. 연구개발 방법 및 설계

연구개발을 위하여 우선 세부자료 조사 및 연구를 실시하였다. 기초자료 및 문헌 조사를 통하여 대상과실류(감귤, 복숭아, 단감)의 내, 외적인자에 따른 호흡특성 (climacteric한 것과 nonclimacteric한 것)과 물성변화 (내적인자: 품목, 성분조성 등, 외적인자: 온도, 습도 등), 기초 포장재 검토 및 조사, 포장재질의 물성 및 MAP 특성 연구 등을 병행하였다.

다음 단계로 MAP 모델링을 위하여 과실별 최적 환경기체조건을 설정하였고 이에 따른 이론적 가설을 설정하는 한편 경제성 연구도 실시하였다.

개발된 모델을 토대로 경제성있고 적용가능한 방법으로 MAP용 포장시스템을 개발하여 참여기업을 통해 실제 유통키면서 연구결과를 검증하고 최종적으로 연구보고하게 되었다.

제 4 절. 연구결과

1. 품목별기초연구

가. MAP 기초 문헌 조사

(1) 기술정보자료 조사

본 과제의 타겟인 고부가가치과실류(감귤, 단감, 복숭아)에 대한 인터넷, 각종 국내외 관련 책자, 산업기술정보원 자료 등을 참고하여 절화의 특성과 종류, 재배적 특성과 이용, 수익성, 수확, 포장 및 유통, 보존 및 저장, 수출현황과 전망 등으로 나누어 정리하였으며 MAP 모델링에 대한 국내외 학술정보를 요약하였다. 이 자료집은 본연구 수행 및 다른 신선농산물의 MAP 모델링 연구를 위한 기술정보집으로 활용할 예정이다.

(2) 이론적 근거 및 타당성 조사

본 연구의 이론적 근거와 타당성을 정립하기 위하여 KINITI, 미국 UC-Davis, Michigan State University 도서관 등 국내외 주요 정보기관으로부터 관련 연구자료를 수집한 결과, 본 연구대상 품목 및 적용가능한 필름을 대상으로 아래와 같이 factor를 구성, 연구를 진행하였다.

※ 품목인자

- 저장온도에서의 호흡속도
- 저장온도에서의 호흡상수 (respiratory quotient, RQ)
- 포장내에 존재할 과채류의 무게
- 해당품목에 적절한 산소 및 이산화탄소 농도

※ 필름포장 인자

- 저장온도에서의 산소, 이산화탄소, 수분의 필름 투과도
- 가스 투과도에 의한 수분의 영향(또는 반대의 경우)
- 밀봉된 포장의 전체 표면적
- 포장의 밀봉완전성
- 포장의 빈공간(head space)

나. MAP 포장재의 시장성 조사

MAP 모델설정의 목표는 포장 상품의 호흡경향, 필름의 산소 및 이산화탄소 투과율, 온도, 상대습도, 호흡률, 그리고 이에 따른 포장재내의 평형대기조건이 상호간에 어떤 영향을 미치고 있는지 파악하여 제품 품질과 유통기한을 연장하고자 하는 것이다. 이에 대한 국내의 연구는 체계적인 연구가 이루어지지 못하고 trial and error 식의 초보적인 단계에 그쳐왔다. 본 연구는 컴퓨터 모델링을 통하여 포장재내의 환경변화를 시뮬레이션함으로써 포장설계를 용이하게 하고 실험기간을 줄일 수 있으며 나아가 상업적 포장재 개발을 위한 초석이 될 수 있다.

시장성을 고려한 MAP 모델링을 위하여 서울 및 경기지역 소비자와 백화점 등을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 그 결과 소비자들이 농산물 구입시 가장 큰 불만은 품질(43.5%)과 저장기간(46.4%)으로 나타났다. 또 MAP(선도유지기술)을 이용한 포장농산물에 대한 소비자 구매력 성향을 분석한 결과 구매의사가 87% 정도로 매우 높게 나타났는데 이것은 소비자들이 선도유지, 즉 품질을 유지하고 가치를 높일 수 있는 제품에 대해 많은 관심을 보이고 있는 것으로 보인다. 또 구매자들은 MAP 적용한 제품의 적정가격이 일반제품보다 10~30%정도 높은 경우 적당하다고 생각하고 있어 향후 기능성 필름을 적용한 포장개발시 고려해야 할 점이다. 보다 자세한 내용은 최종보고서에 수록할 예정이다.

본 연구가 성공적으로 수행되면 참여기업인 바이오시스텍(주)에서 본 연구결과를 국산 신선농산물의 장기유통과 저장, 수출 등에 적극 활용할 예정이다. 특히 모델링에 근거한 기능성 필름개발이 용이하게 되어 국내시장은 물론 해외시장에까지 진출이 가능할 것으로 전망되었다. 다음은 설문조사 결과를 요약한 것이다.

(1) 응답자 특성표

각 점포에서 설문에 응한 응답자들의 특성표는 아래와 같다. 성별의 경우 여자가 훨씬 많은 비율을 차지하였는데 이는 설문조사의 목적이 농산물을 직접 구매하는 당사자들을 타겟으로 하였기 때문이다. 연령대는 20-29세가 45.7%를 차지하였고 주요 대상인 20-49세가 91.4%, 연간수입이 2000-2999만원이 50%, 학력은 고졸이상 대졸 이하가 87.0%를 차지하였다.

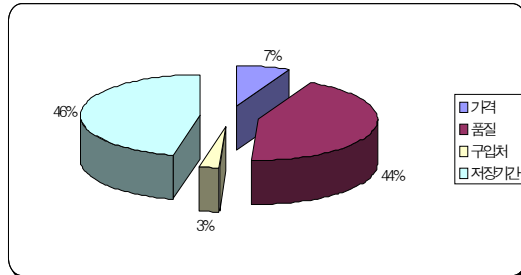
구 분		빈도	비율(%)	구 분		빈도	비율(%)	
성별	남자	5	7.1	연간 수입	1000만원 미만	7	10.6	
	여자	65	92.9		1000-1499만원	10	15.2	
연령	20세 미만	3	4.3		1500-1999만원	10	15.2	
	20세-29세	32	45.7		2000-2999만원	19	28.8	
	30-39세	16	22.9		3000-3999만원	14	21.2	
	40-49세	16	22.9		4000만원 이상	6	9.1	
	50-59세	3	4.3		학력	중졸이하	3	4.3
						고졸이하	32	46.4
			대졸이하			28	40.6	
			대학원재 이상			6	8.7	

(2) 농산물 품질에 대한 소비자의 일반적 성향 분석

○ 농산물 구입시 불만사항

- 소비자들이 농산물 구입시 가장 큰 불만은 품질(43.5%)과 저장기간(46.4%)인 것으로 나타났으며 가격과 구입처는 크게 작용하지 않았다.

	빈도	비율(%)
가격	5	7.2
품질	30	43.5
구입처	2	2.9
저장기간	32	46.4
Total	69	100.0



○ 소비자의 농산물 구입시 중요하게 생각하고있는 항목

- 소비자들은 농산물의 품질에 대해 압도적으로(80.5%) 중요하다고 생각하고 있었으며 다음으로 56.1%가 가격이 중요하거나 매우 중요하다고 생각했다. 반면 브랜드와 판매처에 대해서는 크게 중요하게 생각하지 않았다.

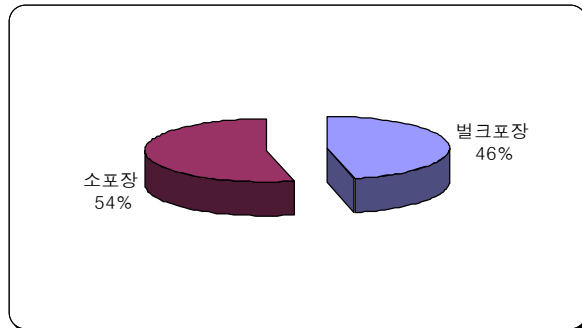
	가격		품질		브랜드 - 생산지		판매처	
	빈도	비율(%)	빈도	비율(%)	빈도	비율(%)	빈도	비율(%)
전혀 중요하지 않음	6	9.1	6	9.0	8	12.1	12	18.2
중요하지 않음	10	15.2	4	6.0	7	10.6	17	25.8
그저 그렇다	13	19.7	3	4.5	26	39.4	21	31.8
중요함	20	30.3	7	10.4	13	19.7	10	15.2
매우 중요함	17	25.8	47	70.1	12	18.2	6	9.1
Total	66	100.0	67	100.0	66	100.0	66	100.0

○ 구매후 폐기되는 농산물의 비율

- 농산물 구매후 신선도가 떨어져 사용되지않고 폐기되는 비율은 야채류와 과일류가 단연 높았다. 야채류가 40%이상인 36.4%로 가장 높았으며 다음으로 과일류, 구근류의 순으로 나타났다.

	야채류		과일류		구근류	
	빈도	비율(%)	빈도	비율(%)	빈도	비율(%)
버리지 않음	2	3.6	6	12.0	8	15.1
10%미만	0	0	11	22.0	8	15.1
10-19%	11	20.0	11	22.0	17	32.1
20-29%	13	23.6	5	10.0	9	17.0
30-39%	9	16.4	3	6.0	7	13.2
40%이상	20	36.4	14	28.0	4	7.5
Total	55	100.0	50	100.0	53	100.0

○ 농산물 소포장에 대한 선호도
 - 벌크포장에 비하여 소비자
 들의 소포장 선호도는 53.7%로 크
 게 높지는 않았는데 이것은 제품에
 따라 크게 차이가 날 것으로 보인
 다.



- 이것은 소포장을 해야 하
 거나 개선되어야 할 제품에 대한

구매의사가 단지 36.8%만이 그렇다고 대답한데서 알 수 있다. 따라서 소비자들은
 막연한 소포장에 대해서는 크게 선호도를 나타내지 않았다.

- 소비자들은 소포장을 해야하는 이유로서는 핵가족화로 인한 소비단위의 축
 소, 보관의 편리성, 품질에 대한 신뢰성 증가 등을 들었다.

○ 농산물 1회구입시 구매량(보관기간)

- 소비자들은 1회 구입시 구매량은 대부분 일주일 이내(97.1%) 소비될 분량이
 라고 답하였다. 이것은 아직도 소비자들이 신선 농산물을 장기보관용 식품으로 생
 각하지 않고 있으며 선도유지를 위한 MAP 등 특수기술을 적용하더라도 소비자들보
 다는 유통업자들에게 포커스를 맞추어야 한다는 것을 반증하고 있다.

**(다) MAP 등 특수기술(선도유지기술)을 이용한 포장농산물에 대한 소비자 구
 매력 성향 분석**

○ 특수기술 포장방법 적용 농산물에 대한 소비자의 구매의사

- 소비자들은 특수기술 포장을 적용하는 경우 구매의사가 87% 정도로 매우 높
 게 나타났다. 이것은 소비자들이 단순한 소포장보다는 선도유지, 즉 품질을 유지하
 고 가치를 높일 수 있는 제품에 대해 더욱 선호하는 것으로 판단된다.

○ 특수기술 적용 요망 품목

- 소비자들이 특수기술을 적용하기 요망하는 제품들은 주로 야채류였다. 일부
 소비자들은 구체적인 품목을 나열하였으나 대부분 특정 제품보다는 야채류 전반
 (40%)에 대해 적용해주기를 원하였다. 그밖에 과일류, 육류, 생선류 등도 나왔다.

제 품	빈도	비율(%)	제 품	빈도	비율(%)
과일류	9	14.5	야채류	25	40.3
두부	2	3.2	배추	3	4.8
딸기	2	3.2	파	3	4.8
버섯	1	1.6	양배추	2	3.2
생선류	2	3.2	양파	1	1.6
시금치	2	3.2	상추	2	3.2
육류	4	6.5	콩나물	1	1.6
전체	3	4.8			
Total	62	100.0			

(라) 특수포장기술 적용시 적정가격에 대한 소비자 의견

- 일반 농산물가격이 1,000원일 때 특수포장기술이 적용된 제품의 가격은 1200원에서 1399원 사이가 가장 높게 나타났다.
- 세척후 특수포장된 농산물이 일반 농산물보다 몇 % 정도 더 비싸면 구매할 것인가에 대한 질문에서는 10-19%가 가장 높게 나타났으나 20-29%도 높게 나타났다.
- 상기 두 질문을 종합할 때 MAP 등 기술을 적용하더라도 약 20% 미만의 가격차이가 나아 할 것으로 보인다.

(마) 특수포장 적용시 적정가격에 대한 매장 의견

- 특수포장 적용시 가격차이는 평균 20.58% 정도 높은 것이 적당하다고 답하였으며 표준편차는 19.87에 달하였다. 즉, 특수포장 적용시 50% 비싸야 한다고 응답한 매장이 있는 반면 특수포장을 적용해도 가격은 그대로여야 한다는 응답도 있었다.

(바) 농산물 판매에 있어 포장개선 제품에 대한 의견

- 대부분의 매장에서는 농산물이 전반적으로 포장이 개선되어야 한다고 생각하고 있었으며 특히 3개 매장에서 딸기의 포장이 개선되어야 한다고 한 점이 특징이었다. 오이와 복숭아라고 대답한 매장이 각각 1군데씩 있었다. 개선이유로는 제품보호(선도유지 포함)와 편리성이 가장 중요한 개선사유였다.

다. MAP 모델링을 위한 품목별 농산물에 대한 세부 연구

1) 품목별 기초 물성 연구

(1) 감귤

(가) 서론

우리나라 감귤재배의 역사는 대단히 오래되었으며 최초의 기록으로는 백제 문주왕 2년(A.D. 476) 탐라국에서 공물(貢物)을 받았다는 탐라지의 기록이 있다. 현재의 재배품종인 温州蜜柑은 구한말 일본에 건너가 있던 박영효가 가지고 와서 제주시 구남천에 심은 것이 처음이라고 하는 구전도 있지만, 지금은 그 흔적을 찾아볼 수 없다. 그러나 20세기에 들어와 1910년대에 새로이 감귤재배가 시작되는 계기가 되었으니 1903년에 제주에 부임한 Esmile J. Taque신부(嚴神父)가 1911년 제주의 벗나무 원종과 일본의 온주 밀감을 교환하여 현재의 서귀포시 서흥동 소재 복자수도원에 심은 것이 제주에서의 온주밀감 재배의 효시라 할 수 있다. 감귤은 해방 이후 1950년에 정전된 이후 사회가 안정되면서 감귤의 수요가 늘고 가격도 고가이어서 재배면적이 점차 늘어나게 되었다. 이 당시 감귤 성목 몇 나무만 있으면 자녀를 대학까지 보낼 수 있다하여 대학나무라 불리어졌다. 그 후 1960년대 중반 농어민 소득증대 특별사업으로 책정되어 정부의 적극적인 지원을 받은 감귤은 급격히 신장하기 시작하여 1969년부터 획기적으로 증식이 이루어졌다. 이제는 감귤은 우리나라 과수 중 사과 다음으로 면적과 생산량이 늘어 확고한 2위의 자리를 차지하게 되었다. 외국의 경우 중국은 감귤 재배역사가 가장 오랜 나라로 B. C. 300~400년까지 문헌상으로 거슬러 올라간다. 지중해지방은 Citron류가 전파되었고 Sweet Orange는 1498년 희망봉을 지나는 항로가 발견된 이후 Portugal 상인들에 의하여 16세기에 유럽으로 전파된 것으로 추정된다. 미국은 1493년 Columbus가 2차 항해를 할 때에 다른 농산물 종자와 함께 가져갔으며 1565년에 처음으로 Florida 주에 심겨지기 시작하였다. 1821년이후 차츰 산업적인 체제로 발전되기 시작하였다. California주에는 이보다 200년이 늦은 1769년에야 도입되었고 1870년 이후 Navel Orange와 Lemon이 도입되면서 급격히 발전하였다. 그밖에 브라질, 오스트렐리아, 남아프리카 등에서 재배되고 있다.

우리나라의 감귤재배면적은 98년 기준 25.9천ha이고 생산량은 544천톤이며 36,212

농가가 종사하고 있다. 감귤에 의한 수익은 5,158억원으로 제주도 총생산액의 20%, 농업 수익의 57% 정도를 차지하는 제주의 기간산업이나 최근 외산 오렌지 등의 유입으로 시세가 하락하면서 재배면적이 점차 줄어들고 있는 추세이다. 온주밀감은 10℃에서는 0℃에 비해 약 3.5배, 20℃에서는 10℃에 비해 약 2배, 30℃에서는 20℃에 비해서 약 1.7배로 호흡량이 급격히 증가하는 특성을 가지고 있으며 보통 실용적인 저장온도는 2-5℃범위로 알려져 있으며, 1℃이하가 되면 습도와 과실의 속도에 따라 저온장해가 일어난다고 보고되고 있다. 특히 감귤저장에 있어서는 습도조절이 매우 중요한데 최적저장습도는 85-90%이며, 90%이상일 때는 부피과가 잘 일어난다. 온주밀감의 MAP는 CO₂ 1%, O₂ 6~9%에서의 CA저장에서 선도유지 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며 계면활성제와 같은 피막제를 병행 사용하여 수송, 저장중의 감량이나 외상을 줄이고 신선도를 보존함과 동시에 광택을 주어 상품가치를 높일 수도 있다.

(나) 실험재료 및 방법

감귤은 제주 서귀포에서 2001년 11월에 수확한 “온주” 품종으로 1개당 무게는 50.2g이었고, 평균크기는 6.0(장축) × 5.0(단축) cm였다. 본 연구에서는 MAP 모델링을 위하여 경북 경산에서 전처리나 예냉과정을 거치지 않고 산지에서 구입한 온주밀감을 구입하여 5±0.2℃에서 24시간동안 예냉시켰다. 예냉된 과실은 크기와 색깔, 속도에 따라 엄격히 선별하여 이미 제작된 내치수 300mm×250mm, volume 2,825±20ml 인 PP 및 LDPE에 300±10g, 500±10g, 800±10g으로 나누어 열접착기로 밀봉하였다. 핀홀이 있는 포장재나 일부 상처가 있는 과실은 제외되었으며 방부제 등은 사용되지 않았다. 밀봉한 재료는 각각 5, 10, 20±0.2℃로 조정된 항온·항습기에서 저장하면서 산소, 이산화탄소의 농도, 중량, 경도, 관능검사 등을 실시하였다. 본 연구를 위하여 I Pack Co.에서 가공한 30±1μm 와 50±1μm 두께의 범용 폴리프로필렌(PP)와 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)의 O₂ (Oxtran, Mocon, USA), CO₂(Permeability tester, Mocon, USA)를 각 온도별(5, 10, 20±0.1℃)로 측정하였다. 포장된 제품은 항온·항습기에 각 온도별(5, 10, 15, 20±0.1)로 저장하면서 중량변화와 포장재내 공기조성을 측정하였다. 산소 및 이산화탄소의 농도의 측정은 자기접착성 폴리우레탄 septum을 붙인 후 바늘을 찔른 후 가스흡입을 이용한 CO₂-O₂ analyser(Pack 12, ETL Test. Lab)를 이용하여 각 2회씩 가스조성을 검사하였다. 중량은 저장하기 전 초기중량을 기준으로 하여 10개의 시료를 측정하여 최대값과 최소값을 제외하고 나머지의 평균값으로 하

여 저장 후 중량변화율을 백분율(%)로 나타내었다. 경도는 rheo meter(CR-500DX, Sun scientific Co. Ltd, Japan)를 사용하여 probe는 직경 5mm의 침입도 측정용 plunger를 사용하여 10회 반복측정 후 경도(hardness)를 최고치와 최저치를 제외한 8개의 값을 평균치로 계산하였다. Hardness 는 아래 식과 같이 산출된다.

Max Weight: 최대의 힘(g)

$$Strength(dyne/cm^2) = \frac{\max \text{ weight} \times 980.665}{cm^2},$$

$$Hardness(dyne/cm^2) = \frac{strength \times sample \ height}{distance}$$

산소 및 이산화탄소 투과도가 이미 알려진 플라스틱 필름에 포장된 과실의 호흡률은 아래와 같이 계산된다(Lee *et al.*, 1996).

$$r_{O_2} = \frac{S P_{O_2} (0.21 - [O_2]/100)}{WL} \quad (1)$$

$$r_{CO_2} = \frac{S P_{CO_2} ([CO_2]/100 - 0.00)}{WL} \quad (2)$$

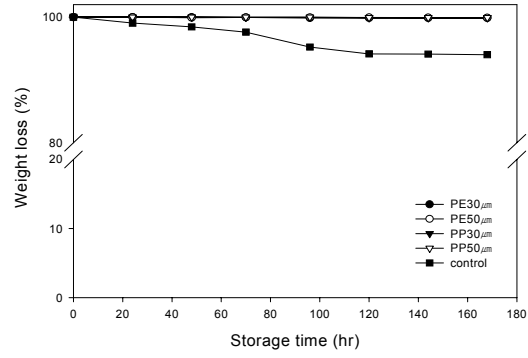
여기서

[O₂] : 산소 농도(%), [CO₂] : 이산화탄소 농도(%), L : 포장필름의 두께(μm), P : 대기압(atm)
 rO₂ : 산소소비의 호흡속도(mL/kg·h), rCO₂ : 이산화탄소발생의 호흡속도(mL/kg·h), P_{O₂} : 포장필름의산소투과도(mL/μm/ m²h atm), P_{CO₂} : 포장필름의 이산화탄소투과도(mL/μm/ m²h atm), S : 포장의 표면적(m²), W : 포장내의 과채류의 무게(kg)

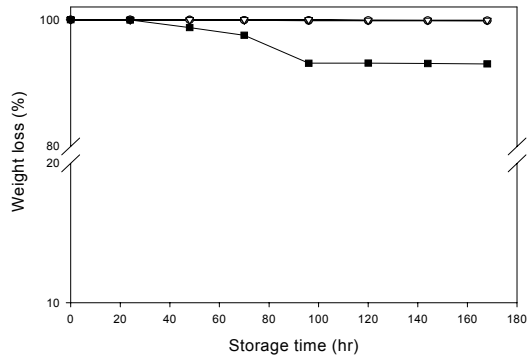
관능검사는 아래 기준에 의거 맛, 색, 조직감에 대하여 관능검사경험이 있는 5명을 선정하여 재교육을 시킨 뒤 여러 검사물의 관능적 품질특성이 어떤 양상으로 다른지를 조사하고자 개량한 9점 평점법으로 실시하였고, 한 개의 시료를 평가한 후에는 반드시 물로 입안을 헹구어 낸 다음 다른 시료를 평가하도록 하였다. 평가방법은 조직감과 맛은 기준값을 4.5로 지정하고, 색의 기준값은 0으로 하여 측정치가 높으면 기준값보다 큰 값을 낮으면 기준값보다 낮은 값을 가진다

(다) 결과 및 고찰

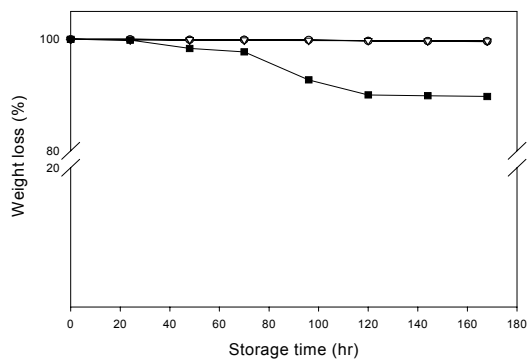
감귤 저장중의 중량손실률은 Fig. 1.에 나타내었다. Fig. 1.에서 보는 바와 같이 초기중량에 비해 대조구에서 중량감소가 현저하게 보였다. 대조구는 저장기간 중 중량이 점차 감소하여 실온에서는 저장 7일째는 15.2%의 높은 감소율을 보여 외관상으로도 뚜렷이 상품성이 저하되어 보였다. 이에 반해 포장구는 다소 감소율이 적어 저장기간 동안 PP, PE 필름에서는 10% 이내의 수준을 보였다. 이러한 중량감소는 감귤류의 호흡작용에 의한 성분의 변화와 과피로부터 수분이 증발하여 나타나는 현상으로 상온저장에 비해 저온저장이 중량감소율이 적었다. 경도의 변화는 저온에서 감소의 폭이 적었으며 포장구보다는 무포장구에서 저장기간이 길어질수록 경도가 감소하는 추세를 보였다. 후숙 과정 중 감귤의 호흡율로 인한 에틸렌의 급증 현상에 따른 세포벽 성분의 분해를 촉매하는 효소의 활성화로 인한 것으로 야기된다(Hobson *et al.*, 1981). 산소소비속도는 일반적으로 필름포장된 과채류 저장중 기체조성은 수확후 호흡으로 인하여 저장 초기에 급격히 변화하며 일정시간이 지나면 평형에 도달하게 된다. 특히 이러한 경향은 대부분의 과채류에서 저장온도가 높을수록 뚜렷하게 나타난다(Park *et al.*, 1999). 이산화탄소발생속도는 필름포장구내의 산소농도는 낮고 이산화탄소농도는 높아진다고 일반적으로 알려진 바와 같이 저장온도와 저장기간에 따른 이산화탄소발생속도의 예측에서 대체적으로 저장온도가 높을수록 저장기간이 길수록 높은 이산화탄소발생속도를 보였다..



(A)

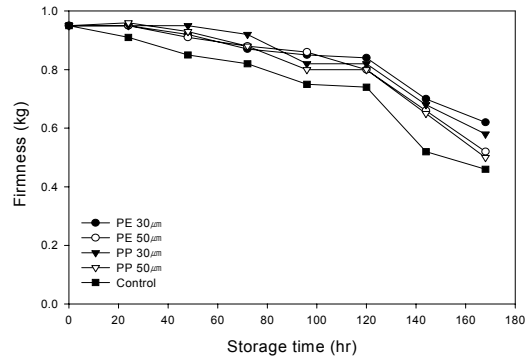


(B)

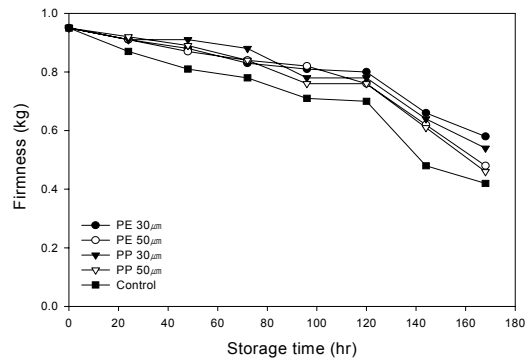


(C)

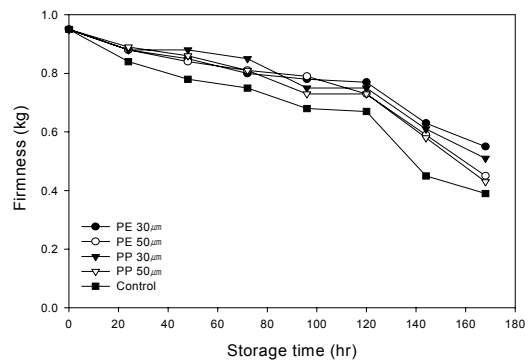
Fig. 1. Weight loss of mandarin during storage at different temperature (A: 0°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

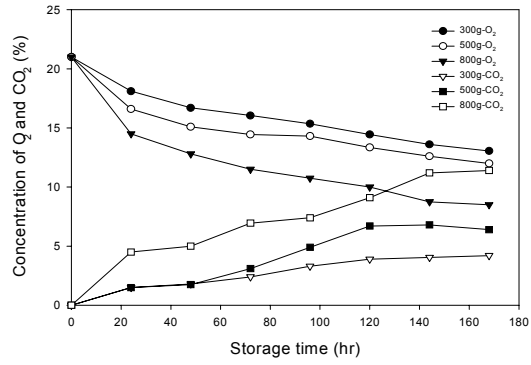


(B)

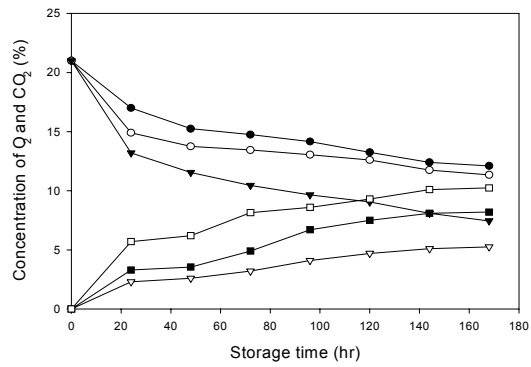


(C)

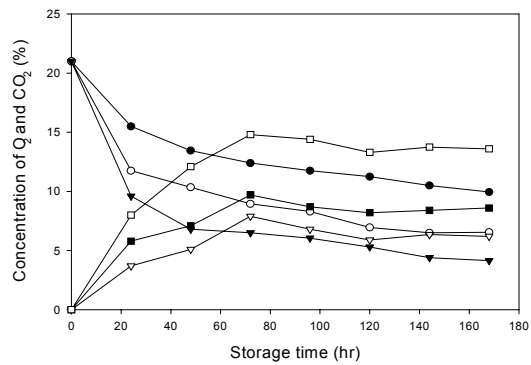
Fig. 2. Effect of different film packaging on hardness of mandarin during storage at different temperatures (A: 0°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

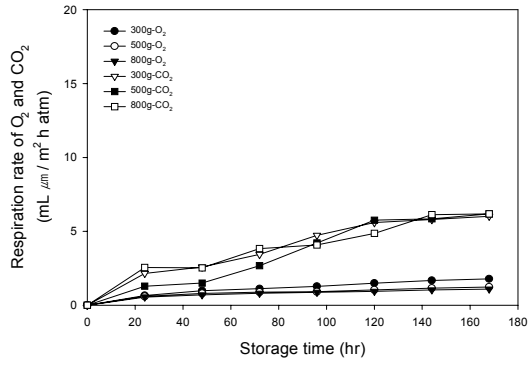


(B)

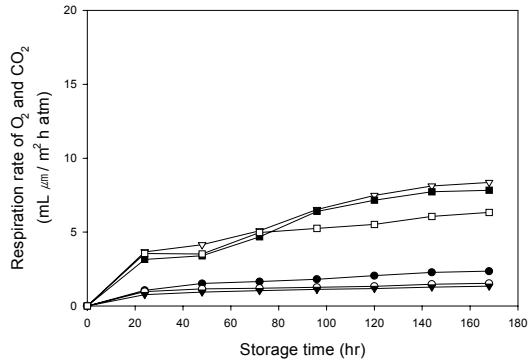


(C)

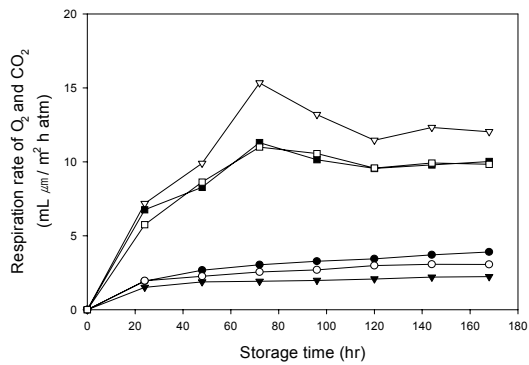
Fig. 3. Effect of 0.03mm LDPE film packaging on the O_2 and CO_2 concentration of peach during storage at different temperature (A: $5^\circ C$, B: $10^\circ C$, C: $20^\circ C$)



(A)

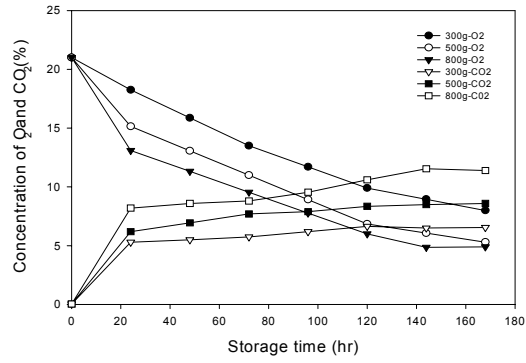


(B)

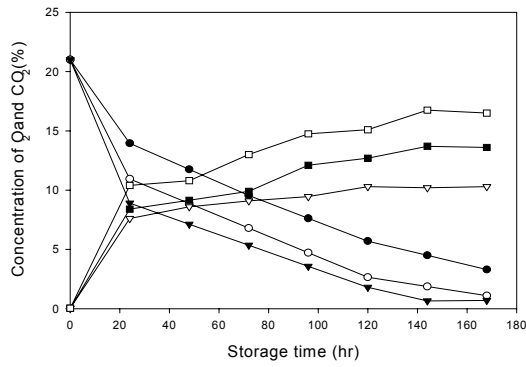


(C)

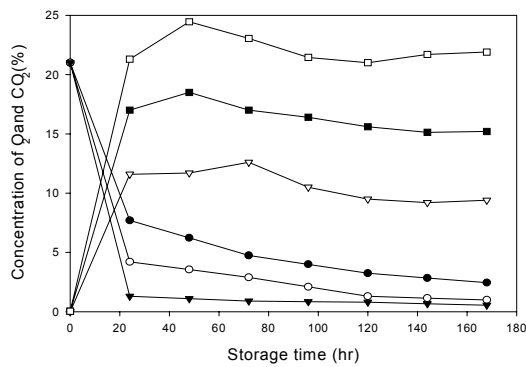
Fig. 4. Effect of 0.03mm LDPE film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

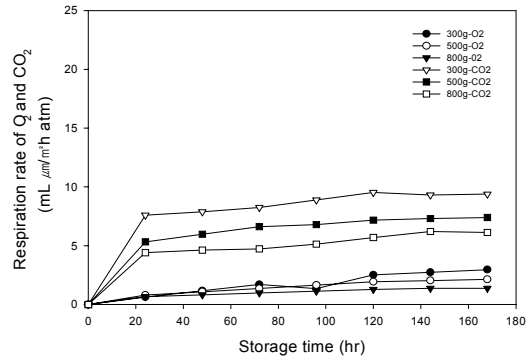


(B)

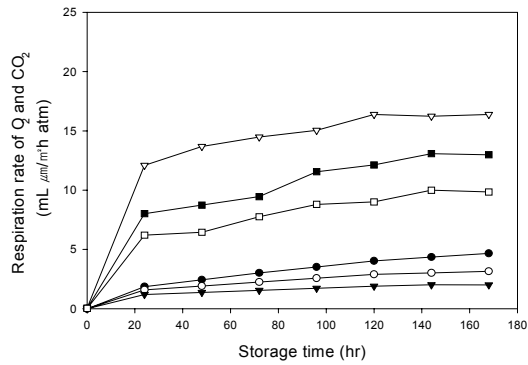


(C)

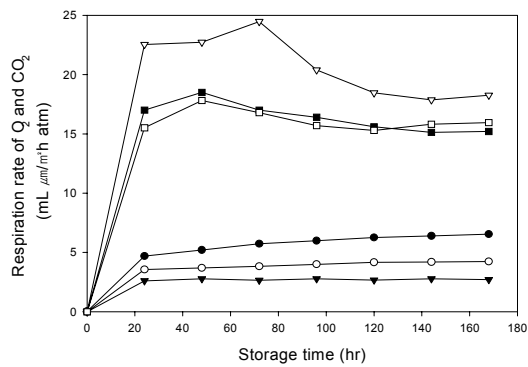
Fig. 5. Effect of 0.05mm LDPE film packaging on the O₂ and CO₂ concentration of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

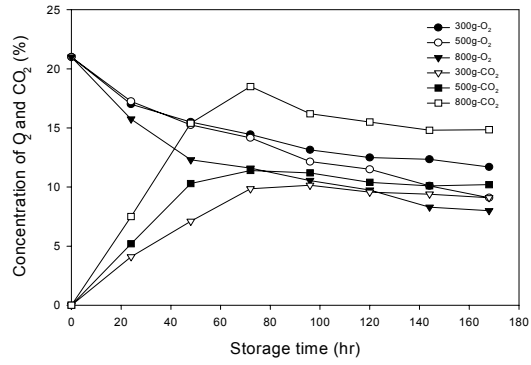


(B)

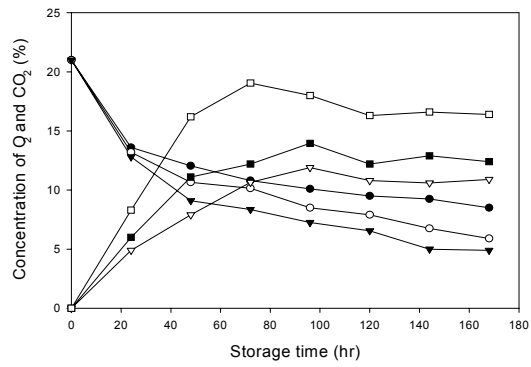


(C)

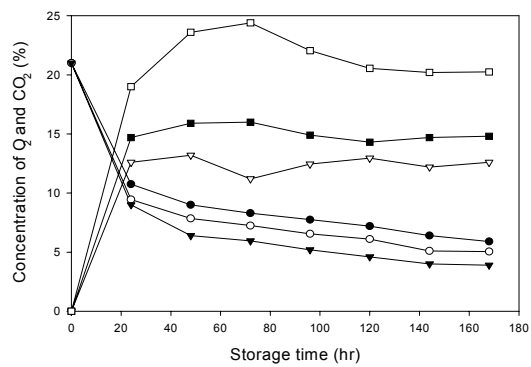
Fig. 6. Effect of 0.05mm LDPE film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

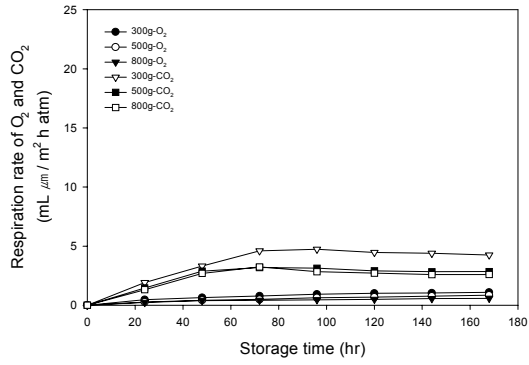


(B)

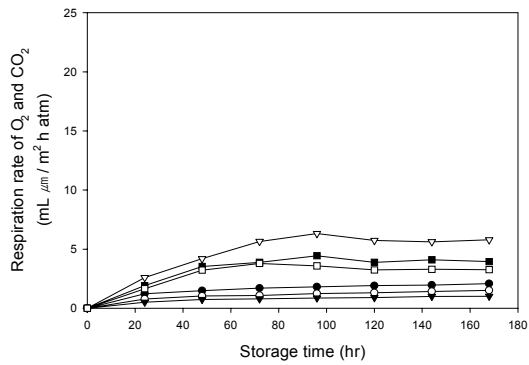


(C)

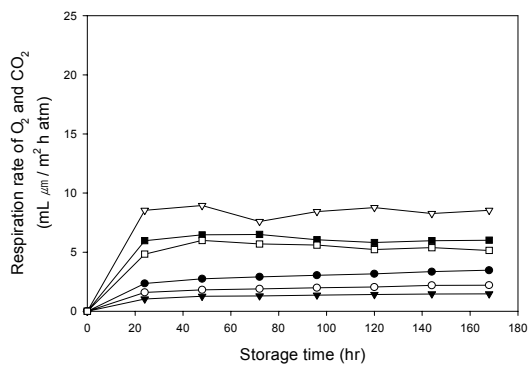
Fig. 7. Effect of 0.03mm Polypropylene film packaging on the O₂ and CO₂ concentration of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

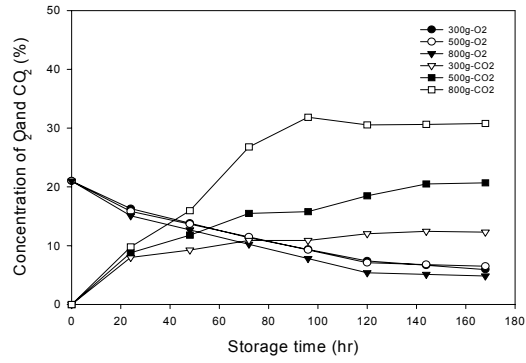


(B)

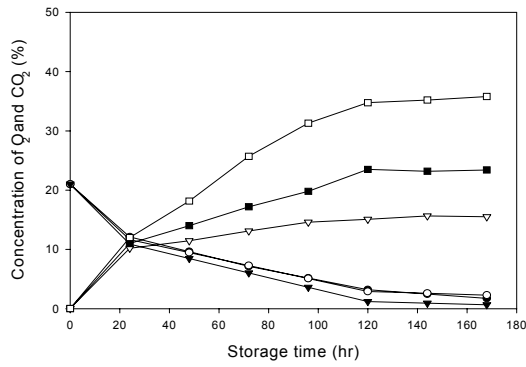


(C)

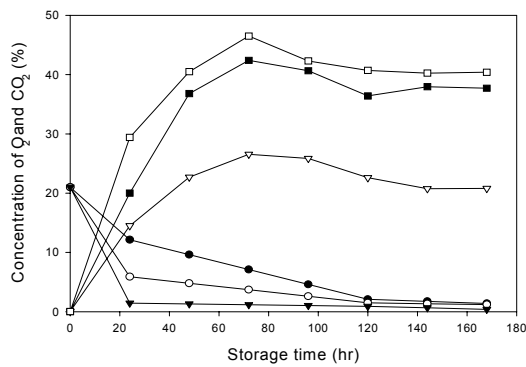
Fig. 8. Effect of 0.03mm Polypropylene film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

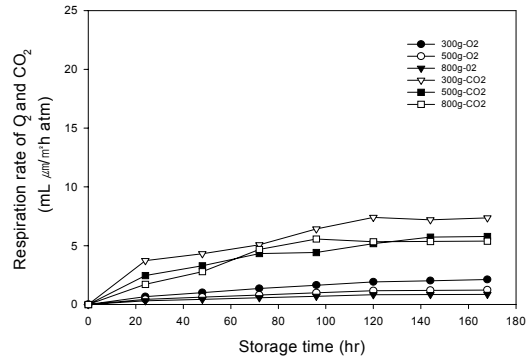


(B)

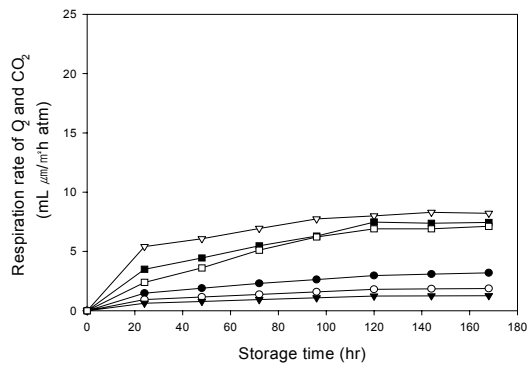


(C)

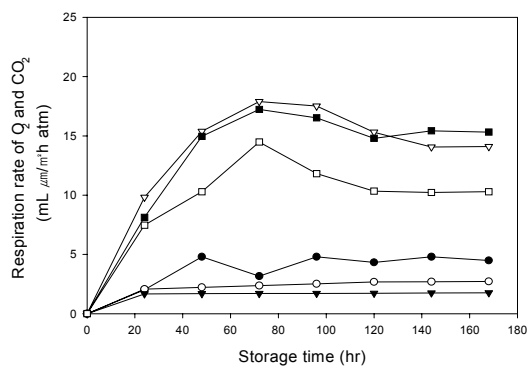
Fig. 9. Effect of 0.05mm Polypropylene film packaging on the O₂ and CO₂ concentration of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)



(B)



(C)

Fig. 10. Effect of 0.05mm Polypropylene film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)

(2) 단감

(가) 서론

감(*Diospyros kaki*)은 한국과 일본이 주산지이며 국내 단감의 재배 품종은 만생종인 ‘부유’가 주종을 이루고 있으며 독특한 맛, vitamin C 등 영양적 가치와 함께 식품으로서 안전성이 우수한 과실로 평가되면서 소비량이 매년 꾸준히 증가하고 있다. 단감은 겨울철 동해 위험과 함께 성숙기 온도 연평균 12℃ 이상인 지역이 재배에 적합하기 때문에 주로 경남, 전남지방 등 남부지방을 중심으로 재배가 되고 있고 최근 생산량은 2001년도 총 생산량 197,583톤 중 경남이 52%인 102,194톤, 전남이 32%인 64,018톤으로써 경남 및 전남의 대표적 과실이기도 하다(Park *et al.*, 1997).



‘부유’는 수확기가 11월 상, 중순경인 만생종으로서 전체 수확량의 15~20% 정도가 저온저장 후 출하된다. 저장 중 조직의 연화정도는 저장온도에 영향을 받으며 적정 저장온도는 0℃로 보고되어 있으나 국내에서는 -0.5~0℃가 최적온도라고 보고되고 있다(Wardowsko *et al.*, 1986). 또한 ‘부유’ 단감은 국내에서는 일반화되어 있는 PE필름 밀봉 저장방식



으로 과실의 호흡에 의해 산소농도의 감소와 이산화탄소의 증가로 호흡이 억제되고 이에 따라 노화가 지연됨으로 과실의 저장수명을 증가시키는 방식이며(Kader, 1993), PE필름내 기체조성에 영향을 미치는 요소는 필름의 두께와 저장온도이고, 저장온도가 필름의 두께 즉 MA효과보다 과실 연화에 더 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이는 필름의 두께가 얇을수록 봉지내 산소농도가 높아져 호흡대사를 촉진하기 때문인 것으로 이해된다 (Shin, 1993). 과육의 연화가 시작되면서 이취를 유발하는 아세트알데히드와 에탄올의 축적이 증가한다고 보고되고 있고 이는 저장고내 고농도의 이산화탄소 처리시 나타난다 (Ben-Arie, 1992). 국내의 대표적인 저장과실인 사과, 배 등은 CA저장 할 경우에 이산화탄소의 농도를 5%이상 높이지 않는 조건에서 저장하는데 이는 고농도의 이산화탄소에 의해서 저장 중에 과육 및 과심 갈변 등과 같은 장애를 가져오기 때문이다. 그러나 단감의 경우는 이산화탄소의 농도를 15%까

지 높여도 사과, 배에서와 같은 장해를 받지 않는 것으로 보고되고 있으며(농촌진흥청, 1981), 이것은 단감이 고농도의 이산화탄소에 대해서도 내성을 갖고 있기 때문인 것으로 생각된다.

단감은 일반적으로 무게별로 선별하고 속도 구분 없이 봉지에 밀봉하여 저온저장하는 방법을 사용하고 있으므로 과숙 단감으로 인하여 후숙이 대단히 빠르게 진행되고 저장기간이 단축되는 등의 보관상 어려운 문제점을 지니고 있다(강, 2000). '부유' 단감의 저장 중 장해는 주로 과피와 과육의 흑변과 갈변으로 구분된다. 과피의 흑변은 주로 큐티클층의 균열부위나 상해를 입은 과피부분에 국한되어 발생되며 과육 부위까지 진전되지 않아 식용에는 별 문제가 없으나 과육의 갈변은 과실 전체에 진전되며 이취를 동반하므로 식용할 수 없어 큰손실을 발생시키고 있다(Yang *et al.*, 1999). 이러한 과육 갈변현상은 장기 저장시 저장후기에 과정부의 연화와 더불어 발생하는 '연화성갈변' 현상과 저장초기 1-2개월사이에 급속히 발생하는 '초코갈변'의 두 종류로 나눌 수 있다. 연화성 갈변은 성숙과 노화가 가장 먼저 진행되는 과정부에서 주로 발생되며 갈변부위와 경계가 명확하지 않고 연화를 동반하는 반면 초코갈변은 저장초기 과실의 정부 중앙에서 원형내지 환형을 형성하면서 시작되어 점차 적도면을 향하여 과육속으로 진전되고 이취를 동반하여 감 고유의 풍미를 크게 떨어뜨린다. 초코갈변은 발생초기에는 연한 갈색을 띠나 점차 갈색이 짙어지고 PE필름 봉지에서 꺼내어 상온에 두면 아주 진한 초코렛색의 갈색을 띤다.

연화성갈변과는 달리 갈변 부위와 정상 부위의 경계가 명확히 구분되며 수분 누출 현상이 보이거나 심한 연화를 동반하지는 않는다(Lee *et al.*, 1999). 특히 과실 갈변 현상은 상온 유통일 경우 10일정도 경과한 후부터 발생되며 저온유통의 경우에는 갈변 현상이 크게 억제되어 3~4개월 정도의 유통이 가능하다. 한편 흑변현상은 주로 저장 말기에 저온 저장이나 CA 저장을 해제한 후 재포장시에 급속히 진행되는 것으로 알려져 있다 (김, 1995). 일반적으로 식품조직의 갈변은 페놀 화합물이 페놀 산화 효소의 작용에 의하여 산화되어 퀴논류가 생성된 후 퀴논류가 비효소적으로 중합되어 흑색 또는 갈색의 색소를 형성함으로써 나타나는 현상이며(Macheix *et al.*, 1990), 단감과 과실에서도 이러한 생화학적 기작에 의해 저장 중 갈변이 유도되는 것으로 추측된다(Choi *et al.*, 1998). 저장중 단감의 저장기간은 과육 연화나 변색과 발생정도에 의해 주로 결정되는 것으로 알려져 있어 장기저장을 위해서는 효과적인 MA저장법이 시급한 실정이다. PE(polyethylene) 필름 유무에 따른 단감 저장에서 저장기간은 필름을 이용하지 않을 경우에는 1개월 정도 필름을 이용할 경우에는 유통기한이 2~3개월 더 연장되어 3~4개월의 유통이 가능하며 이때 적정 PE 필름 두께는 0.08~

0.1mm 내외로 보고되어지고 있다(민, 1975). 단감 조직의 연화 정도는 저장 온도에 크게 영향을 받아 온도가 높을수록 쉽게 연화되어 상품성이 크게 저하된다. 단감을 0.06mm PE film에 밀봉하여 0℃에서 저장한 경우에 산소 농도는 2~5%, 이산화탄소는 4~5% 농도 수준을 보였고 품질 유지에 효과적이었다(신, 1993). 이스라엘에서 재배된 '부유' 단감의 경우에는 0.06mm PE film과 0.08mm PE film으로 단감을 밀봉하여 0℃에 저장하였을 때, 산소 농도가 각각 13.8%, 5.8%이고 이산화탄소 농도가 각각 3.8%, 7.0%로 나타났고, 0.08mm PE film이 과실 품질 유지에 효과적이며 18주까지 저장 기간이 연장되었다고 보고했다(Ben-Arie, 1992). 단감 과실의 품질 유지를 위한 CA 저장 방법은 국내에서 아직 실용화되어 있지 않은 실정이다. 일본 '부유' 품종의 경우, 0℃에서 산소 5%와 이산화탄소 5~10%의 공기 조성이 저장에 적합한 조건이라고 보고된 바 있고, 20% 이상의 이산화탄소를 포함하는 공기 조성에서는 CO₂ 장해가 과육에 나타난다고 보고되었다(Tarutani, 1961). 국내의 실험 결과를 보면 0℃에서 '부유' 단감을 산소 2%와 이산화탄소 5%의 농도 조건으로 저장했을 때 PE film으로 밀봉 저장한 과실보다 높은 정도를 유지하여 CA 저장 가능성을 보였다.

또한 저장중 PE 필름내에 ethylene 흡착제 처리를 하였을 때 연화 억제 효과는 있는 것으로 보고되었다(Shin, 1993). 따라서 '부유' 단감은 국내에서 생산되는 과실로서는 드물게 PE 필름에 포장된 상태에서 유통되고 있다. 이렇게 포장된 과실은 저온상태에서 유통되어야 MA의 효과를 충분히 발휘할 수 있으며 유통기간도 연장될 수 있을 것으로 생각되나 현재 국내에서 저온 유통되는 단감은 찾아보기 어렵다. 이에 현행 상온유통에서 PE film 밀봉 방식과 무포장 상태의 과실의 품질변화를 살펴봄으로써 그 문제점을 파악하고 반응표면분석을 통하여 최적 저장조건을 찾아내고자 하였다.

(나) 재료 및 방법

단감은 경남 창녕에서 2001년 11월 초순에 수확한 '부유' 품종으로 0.08mm PE film에 밀봉 후 0℃의 저온저장고에서 3주간 관행적 방법으로 저장한 단감을 실험재료로 사용하였으며 1개당 평균무게는 170.2g이었고, 평균크기는 8.2(장축) × 7.5(단축) cm였다. 실험에 사용된 포장재료는 0.03mm, 0.05mm PE(Polyethylene), PP(Polypropylene) film을 사용하였다. 단감은 수확 후 20℃ 항온·항습기로 옮기고 48시간동안 방치한 다음 선별하여 사용하였다. 0.03mm, 0.05mm PE, PP film을 25(세로) × 25(가로) cm로 절단한 다음 열접착하여 봉투형태로 만들었다. 선별한 단감

은 필름봉투안에 무게가 각각 300, 500, 800g이 되도록 담은 다음 열접착하여 밀봉한 0, 10℃와 기존 유통기준을 고려하여 20℃ 저장고에서 저장하였다. 무포장 대조구는 44×30×13cm의 1단 열림형 골판지상자에 담고 저장하였다. 중량은 저장하기 전 초기 중량을 기준으로 하여 시료를 측정된 후 최대값과 최소값을 제외하고 나머지의 평균값으로 하여 저장 후 중량변화율을 백분율(%)로 나타내었고, 경도는 Texturometer(Model 1011, Instron Co., USA)를 이용하였으며, 포장구내에서 시료를 무작위로 선택하여 1/4로 절단한 후 측정하였다. 실험에 사용한 경도 측정용 probe는 직경이 3mm이며 표면으로부터 10mm 삽입시 경도 측정하였고 chart speed 50 mm/min, transducer 5 kg_f, load range 5 kg_f로 설정하였다.

(다) 기체조성변화 측정

(1) 호흡량 측정 및 분석

이산화탄소 발생량(accuracy: ±0.2%)과 산소의 소비량 (O₂ accuracy: ± 0.1%)를 측정하기 위해 온도 0, 10, 20℃에서 저장하면서 정치법으로 필름에 자기접착성 폴리우레탄 septum을 붙인 후 바늘을 꽂은 후 가스흡입을 이용한 CO₂-O₂ analyser(PAK12P, Abiss Co., France)를 이용하여 각 2회씩 가스조성을 검사하였다. 호흡률의 분석은 다음과 같다(Lee *et al.*, 1996).

방정식 (1)과 (2)는 MAP포장 설계를 위해 자주 사용되는 O₂와 CO₂의 물질수지 방정식으로 미분방정식의 형태이다.

$$\frac{d [O_2]}{dt} = 100 \left(\frac{S P_{O_2} (0.21 - [O_2]/100)}{VL} - \frac{W r_{O_2}}{V} \right) \quad (3)$$

$$\frac{d [CO_2]}{dt} = 100 \left(\frac{S P_{CO_2} (0.00 - [CO_2]/100)}{VL} - \frac{W r_{CO_2}}{V} \right) \quad (4)$$

[O₂] : 산소 농도(%), [CO₂] : 이산화탄소 농도(%), L: 포장필름의 두께(μm) P: 대기압

(atm), r_{O₂} : 이산화탄소 발생의 호흡속도(mL/kg·h), r_{CO₂} : 이산화탄소 발생의 호흡속도 장필름의 이산화탄소투과도(mL/μm/m²·h atm), S: 포장의 표면적(m²), t: 시간(h) W : 포장내의 (mL/kg·h), V: 포장의 빈공간(mL), P_{O₂} : 포장필름의 산소투과도(mL/μm/m²·h atm) P_{CO₂} : 포 과체류의 무게(kg)

그리고 평형에서의 가스조성은 위의 식 (1)과(2)를 풀어 가스 농도의 변화를 없을

때의 가스조성을 얻으면 되고 또 위의 식들에서 $\frac{d[O_2]}{dt}$ 및 $\frac{d[CO_2]}{dt}$ 를 0 으로 두

고 풀면 다음 식 (3)과 (4)가 되어 이러한 관계로부터 주어진 포장조건에서의 평형가
스농도를 얻을 수 있다.

$$r_{O_2} = \frac{S P_{O_2} (0.21 - [O_2]/100)}{WL} \quad (5)$$

$$r_{CO_2} = \frac{S P_{CO_2} ([CO_2]/100 - 0.00)}{WL} \quad (6)$$

[O_2] : 산소 농도(%), [CO_2] : 이산화탄소 농도(%), L : 포장필름의 두께(μm), P : 대기압(atm)
 r_{O_2} : 산소소비의 호흡속도(mL/kg·h) , r_{CO_2} : 이산화탄소발생의 호흡속도(mL/kg·h), P_{O_2} :
 포장필름의산소투과도(mL/ μm / m^2 ·h atm), P_{CO_2} : 포장필름의 이산화탄소투과도(mL/ μm / m^2 ·h
 atm), S : 포장의 표면적(m^2), W : 포장내의 과채류의 무게(kg)

(라) 결과 및 고찰

단감 저장중의 중량손실률은 Fig. 11.에 나타내었다. Fig. 11.에서 보는 바와 같이 포장구에 비해 대조구에서 뚜렷한 감소율을 보였는데, 대조구는 저장기간 중 중량이 점차 감소하여 저장 24일째는 21.2%의 높은 감소율을 보여 외관상으로도 뚜렷이 상품성이 저하되어 보였다. 이에 반해 포장구는 다소 감소율이 적어 저장기간 동안 PP, PE 필름에서는 각각 2.7%, 4.1%의 감소율의 변화를 보였다. 이는 PE 필름에 비해 투과성이 상대적으로 낮은 PP 필름에서 좀더 적은 감소율을 보였다. 이와 같이 포장구에 비해 대조구가 중량손실율이 증가하는 현상은 수분증발, 단감의 호흡생리 및 오염미생물의 이상발효 등에 의한 부분적인 중량손실현상으로 대조구의 경우는 손실도가 심화되어 짧은 기간 중에 상품 가치를 상실하게 되는 현상을 초래하는 결과는 나타내었고(Heo *et al.*, 2002) 또한 필름의 두께가 두꺼울수록 작물로부터의 증산이 억제되어 중량감소가 뚜렷이 지연된다는 보고와 유사한 결과를 얻었다(Lee *et*

al., 1997).

단감 MA저장지에서 PE필름내 gas농도는 저장 4주까지는 과실의 호흡량에 영향을 주지만 4주 이후부터는 필름의 투과성에 영향을 받는다고 알려져 있다(Kawada, 1982). 저장 기간이 경과할수록 포장구와 대조구에서 뚜렷한 차이를 볼 수 있었으며 MA저장지 포장지내에 형성되는 저산소, 고이산화탄소 농도의 공기조성은 과실의 호흡 대사 및 곰팡이 등 미생물의 발생을 억제하여 품질을 유지시키는 효과가 있다(Ahn et al., 2001). 따라서 저장 초기부터 이산화탄소농도는 높고 산소농도는 낮게 안정화된 PP, PE 필름포장에서는 대조구에 비해 경도가 높게 유지되었다(Fig.). 또한 PE보다 PP에서 높은 경향을 보였는데 포장구내 산소농도가 낮을수록 다소 높은 경향을 보였는데 이는 저장 초기 PP 필름 내 낮은 산소와 함께 높은 이산화탄소는 호흡량을 감소시켰기 때문으로 추정된다(Park et al., 1997). 상온저장의 경우 8일 이후에는 포장구와 대조구에서 경도가 감소하는 경향을 나타내었다.

과실의 변질은 저장조건 즉 온도, 습도, 공기의 조성 및 외상에 의해서 일어나며, 저장온도와 포장방법에 따라 차이가 있는 것으로 알려졌다(Shin et al., 2001). 따라서 단감 과실에 있어서 MA저장 중 과정부 갈변현상의 진전은 세포막 기능의 저해와 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다. 즉 식물세포에 있어서 갈색 색소의 재료물질인 페놀화합물은 액포내에 구획화되어 있는데(Yamaki, 1984) 세포막의 기능 저하에 따른 세포막 투과성의 증대는 액포내 페놀화합물의 용출을 유발하며, 용출된 페놀 화합물이 산화효소와 접촉함으로써 효소적 갈변화 반응에 의한 조직의 갈변이 나타나는 것으로 추측된다(Choi et al., 1998). 과피흑변 발생은 산소에 의한 산화와 매우 밀접한 관계를 가지므로 이산화탄소보다는 높은 산소 농도에 더 의존적인 것으로 알려졌다(Park et al., 1997).

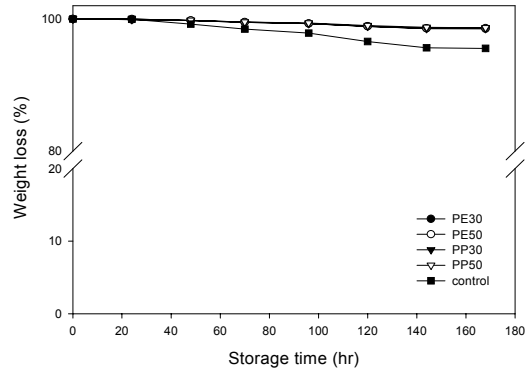
(1) 산소소비속도

일반적으로 필름포장된 과채류 저장중 기체조성은 수확후 호흡으로 인하여 저장 초기에 급격히 변화하며 일정시간이 지나면 평형에 도달하게 된다. 특히 이러한 경향은 대부분의 과채류에서 저장온도가 높을수록 뚜렷하게 나타난다(Park et al., 1999). 단감 저장 초 과실의 품온과 포장내 산소농도가 높고 이산화탄소 농도가 낮아 과실의 호흡에 의한 산소 소비량이 포장지의 산소투과량보다 많았으므로 포장내 산소 농도가 급격히 떨어진 것으로 생각된다(Ahn et al., 2001). 따라서 PE, PP필름 봉지내의 산소농도는 PP필름보다 PE필름이 높은 양상을 보였는데, 이는 필름의 두께가 두꺼울수록 저장온도가 높을수록 낮은 경향을 나타내었으며, 포장내외 산소농도

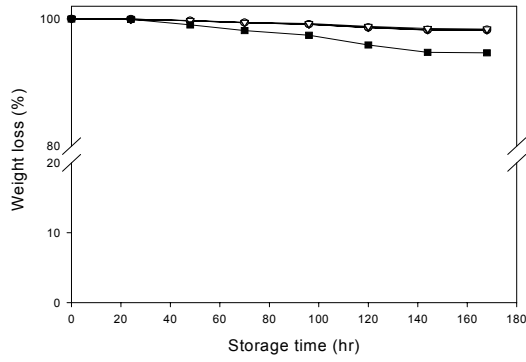
의 차이가 포장외부로부터 포장내로의 산소유입에 크게 영향을 주는데 포장내 5%정도 유지되면 보통 평형상태(equilibrium state)가 유지되는 것으로 보고된 바 있다 (Ben-Arie *et al.*, 1992). PE필름의 두께가 증가함에 따라 가스농도의 투과성이 떨어져서 포장내 산소의 농도가 낮게 축적된다(Lee *et al.*, 1997). 산소농도에 따른 호흡율의 변화는 저장기간중 PP필름보다 PE필름에서 높게 나타났는데 이는 산소농도에 따른 차이와 마찬가지로 투과도가 상대적으로 높은 PE필름에서 높게 나타났다. 산소농도 및 이산화탄소에 따른 산소소비속도는 필름의 두께가 얇을수록 산소농도가 높을수록 소비속도는 높게 나타났다.

(2) 이산화탄소발생속도

이산화탄소의 농도 및 발생속도는 저장 기간 중의 PE필름 봉지내의 이산화탄소 농도는 PP필름보다 낮게 나타나는 경향을 보였는데 이는 저장 초기 과실의 호흡으로 인해 포장구내 이산화탄소가 많이 생성되기 때문에 포장내 이산화탄소가 빨리 증가되며, 포장지의 두께에 따른 이산화탄소 농도의 차이는 포장지가 얇을수록 이산화탄소의 투과도가 높기 때문에 이산화탄소의 농도가 낮은 것으로 생각되며, PE필름의 이산화탄소 투과도가 산소 투과도보다 2.0~5.9배 높아 이산화탄소가 상대적으로 많이 생성되어도 일정 농도 이상은 대기 중으로 빨리 배출되는 것으로 사료된다(Lee *et al.*, 2000). 이산화탄소의 호흡율의 변화는 저장기간 중 PE필름보다 PP필름이 높게 나타났는데 이는 비교적 기체투과량이 낮은 PP필름구에서 높게 나타났으며, 산소 및 이산화탄소농도에 따른 이산화탄소 발생속도 또한 포장지가 얇을수록 높게 나타났으며 특히 포장구내의 산소양의 많고 이산화탄소의 양이 적을수록 발생속도는 높게 나타났다.

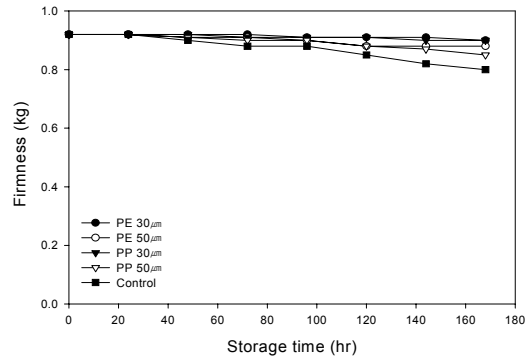


(A)

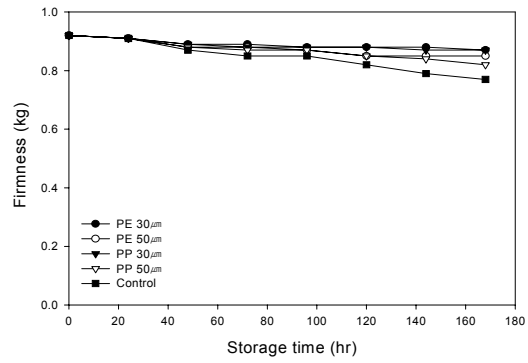


(C)

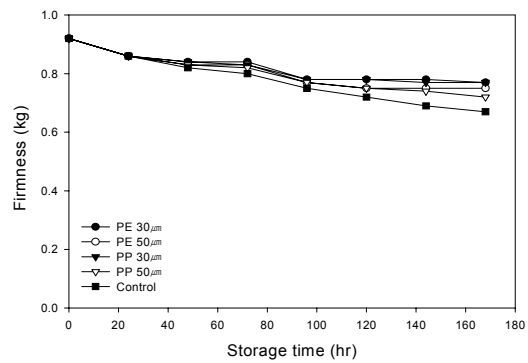
Fig. 11. Weight loss of sweet persimmon during storage at different temperature.
(A: 0°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

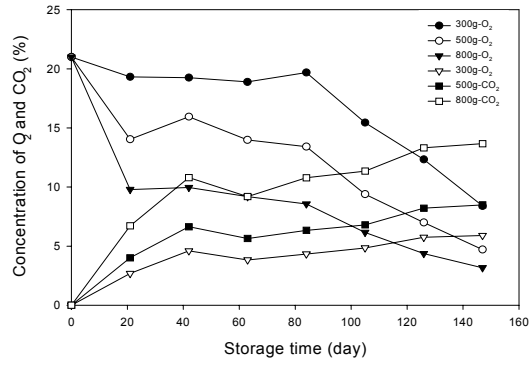


(B)

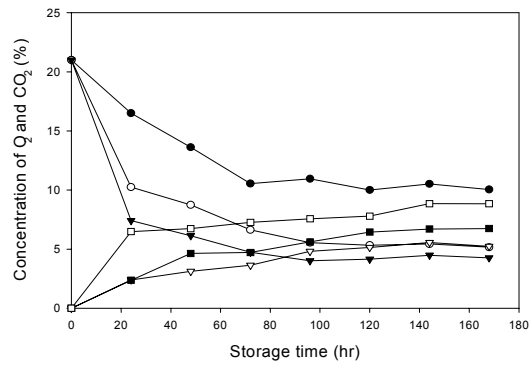


(C)

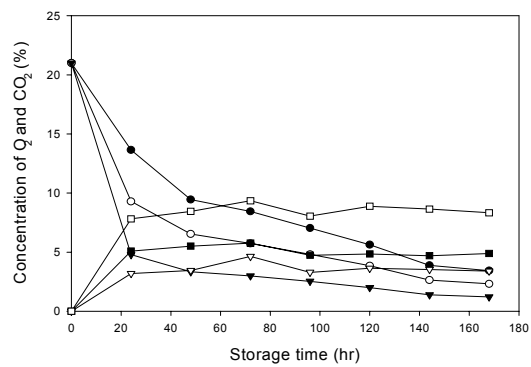
Fig. 12. Effect of different film packaging on hardness of sweet persimmon during storage at different temperatures (A: 0°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

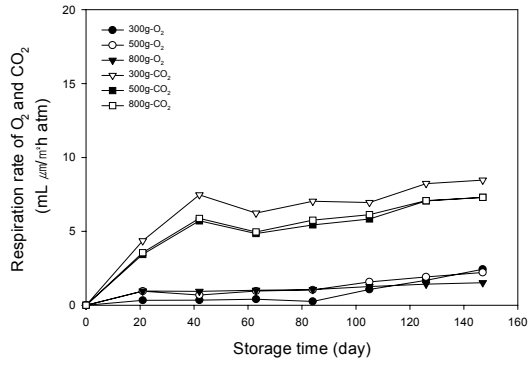


(B)

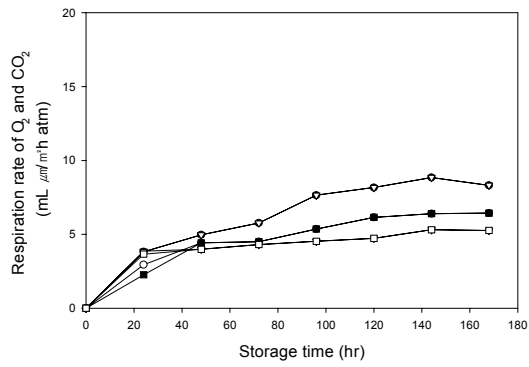


(C)

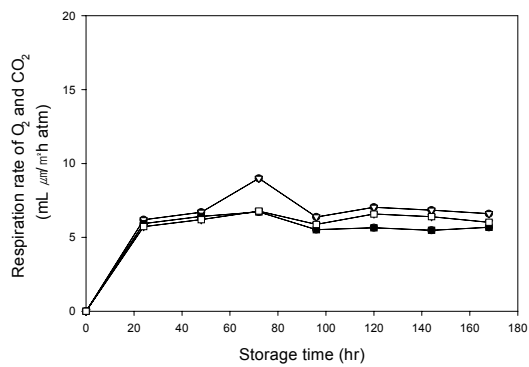
Fig. 13. Effect of 0.03mm LDPE film packaging on the O₂ and CO₂ concentration of sweet persimmon during storage at different temperature (A: 0°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

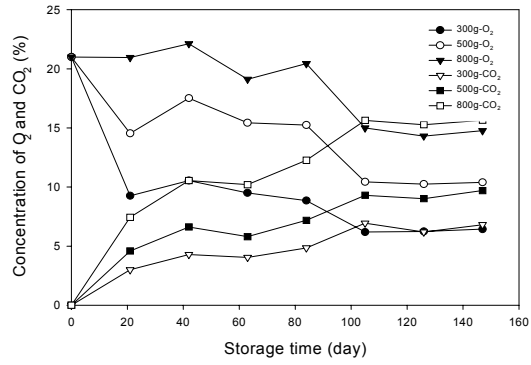


(B)

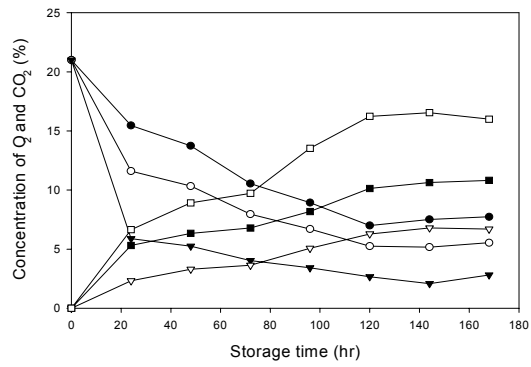


(C)

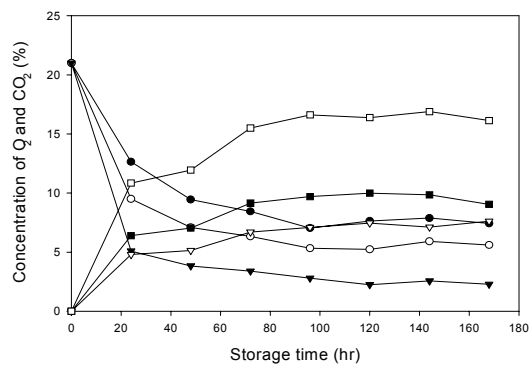
Fig. 14. Effect of 0.03mm LDPE film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of sweet persimmon during storage at different temperature (A: 0°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

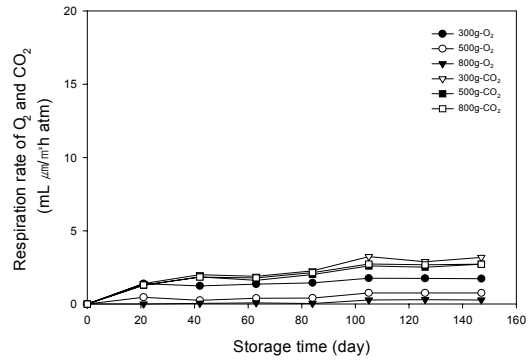


(B)

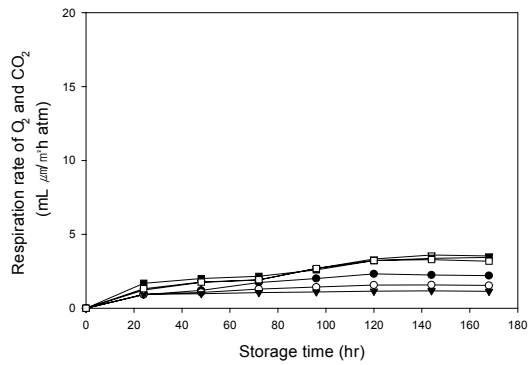


(C)

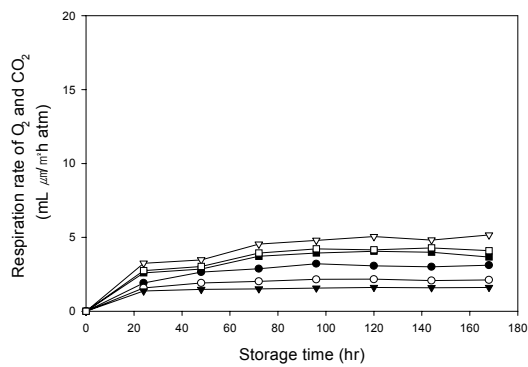
Fig. 15. Effect of 0.03mm Polypropylene film packaging on the O₂ and CO₂ concentration of sweet persimmon during storage at different temperature (A: 0°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

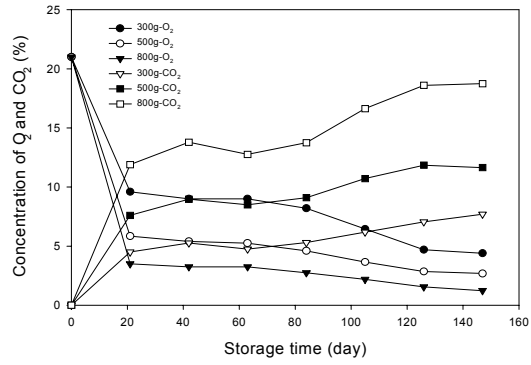


(B)

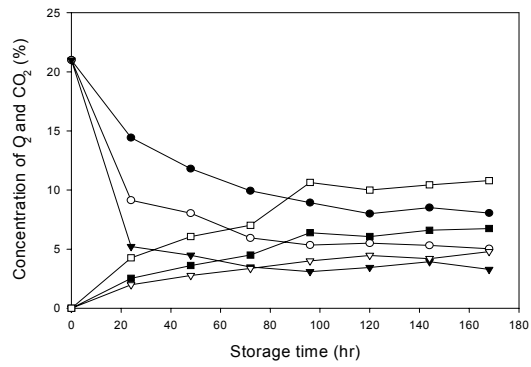


(C)

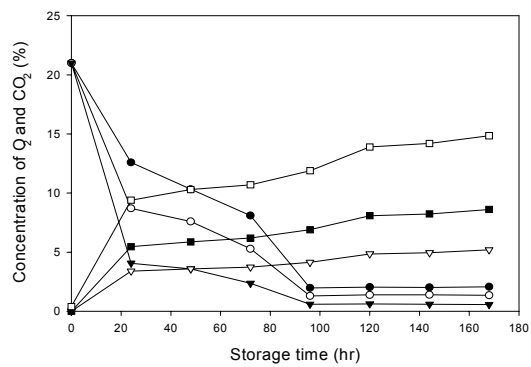
Fig. 16. Effect of 0.03mm Polypropylene film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of sweet persimmon during storage at different temperature (A: 0°C, B: 10 °C, C: 20°C)



(A)

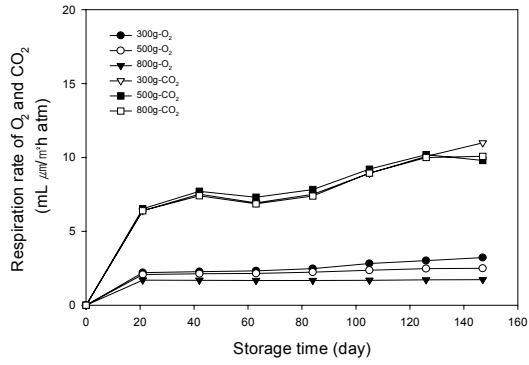


(B)

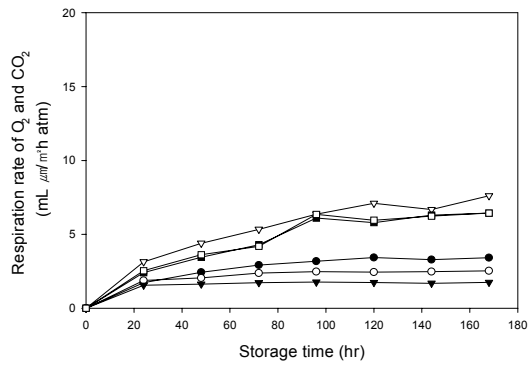


(C)

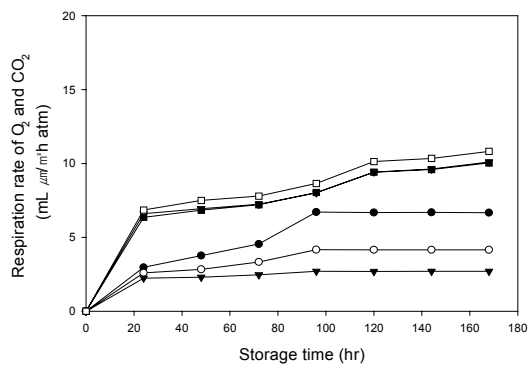
Fig. 17. Effect of 0.05mm LDPE film packaging on the O_2 and CO_2 concentration of sweet persimmon during storage at different temperature (A: $0^\circ C$, B: $10^\circ C$, C: $20^\circ C$)



(A)

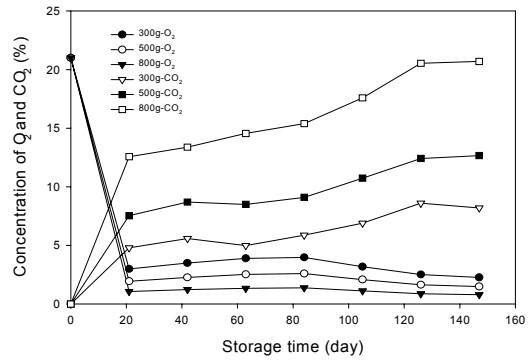


(B)

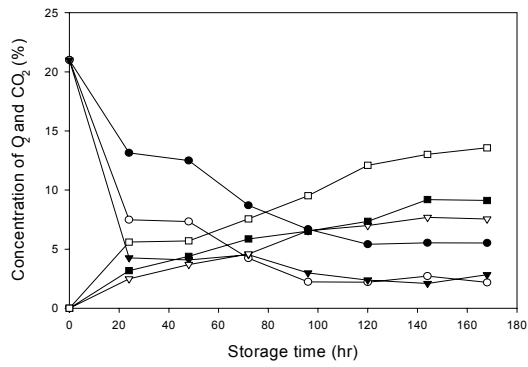


(C)

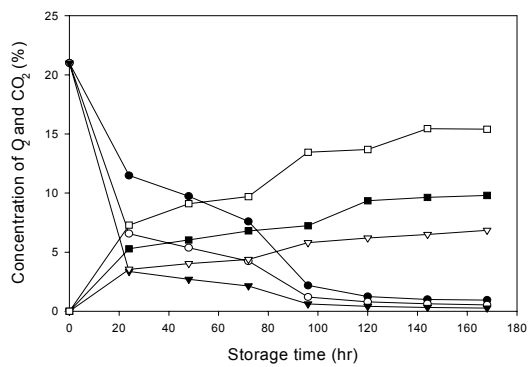
Fig. 18. Effect of 0.05mm LDPE film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of sweet persimmon during storage at different temperature (A: 0°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

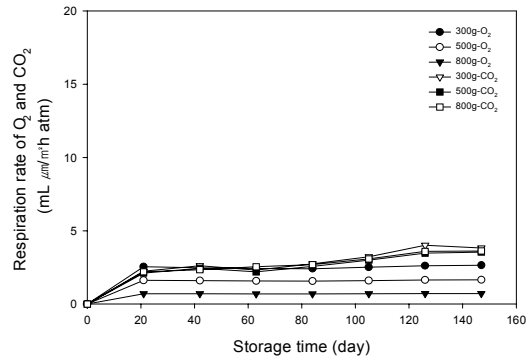


(B)

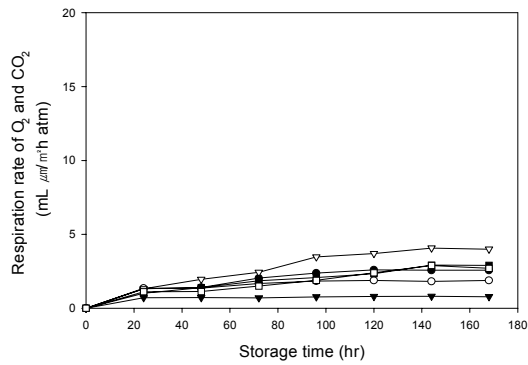


(C)

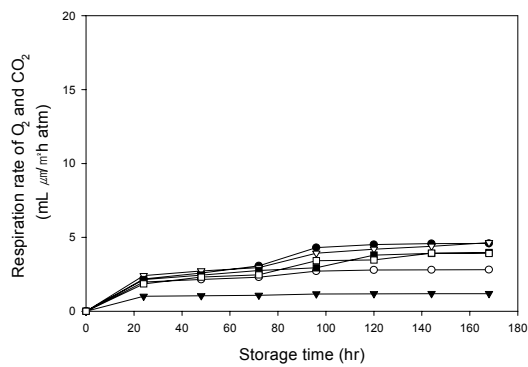
Fig. 19. Effect of 0.05mm Polypropylene film packaging on the O₂ and CO₂ concentration of sweet persimmon during storage at different temperature (A: 0°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)



(B)



(C)

Fig. 20. Effect of 0.05mm Polypropylene film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of sweet persimmon during storage at different temperature (A: 0°C, B: 10 °C, C: 20°C)

(3) 복숭아

(가) 서론

복숭아는 수확 시기가 고온 다습한 하절기이고 과피가 연약하여 수확기나 출하시 상처받기 쉽고, 저장력이 약하여 수확 후 과실이 쉽게 연화되어 상품가치를 상실하기 때문에 유통기한이 매우 짧은 과실이다. 복숭아의 포장형태는 5, 10, 15kg 골판지 상자에 받침틀이나 받침판에 종이나 스티로폼망으로 감싸서 포장을 하고 있는 실정이며, 유통과정에서는 생산자 또는 생산자조직의 역할이 미흡하고 산지유통 시설도 미흡하여 출하조절이 불안정한 문제점을 안고 있다.

복숭아의 주요재배지역은 경북, 충남, 충북 그리고 경남지역이 주를 이루는데 이들 지역 중 경북과 충남·북이 전체 재배면적의 70% 이상을 차지하고 있다. 주산지역은 경북의 청도, 경산, 영천, 영덕 등과 충남의 연기, 논산, 아산 그리고 충북의 음성, 옥천, 영동 등이 주산지이다. 복숭아는 중국의 황하가 원산지인데 과거의 복숭아는 과실이 작은 약용 야생 복숭아가 주를 이루었으나 현재와 같은 개량품종은 1996년 외국에서 많은 품종이 도입되고 재배기술이 개발된 후라고 볼 수 있다. 기후가 온화한 지방이 한층 재배가 용이하다. 우리나라의 적지는 중, 남부지방이다. 일조량이 많이 필요한 과실로써 우리나라에 생산되는 주 품종도 백도, 창방조생, 유명 등이 전체의 50% 이상을 차지하고 있다. 이들 복숭아의 지난 10년간 평균생산량은 125천 톤이며 2001년도의 경우 166천 톤의 생산량을 나타냈으며 해마다 10%씩 증가하고 있는 추세이다.

또한 복숭아는 수분이 88%이상이며, 대부분 생식용으로 사용되었으나 최근 들어 가공원료 수요가 점차 증가되어 통조림, 주스, 넥타 등의 가공제품의 수요가 점차 늘어나고 있다. 1인당 연간 소비량은 계속 증가하여 현재 2.2kg 수준이다. 복숭아의 주요성분을 살펴보면 수분함량은 89%정도이고 탄수화물은 9.7%, 비타민 C는 7mg%, 비타민 A는 1,330IU 정도를 함유하고 있다. 과밀도는 38lb/ft³, 호흡열은 0℃에서 11~19mW/kg, 20℃에서 170~300mW/kg정도이다. 비열은 3.90kJ/kg℃이다. 또한 융해잠열은 298kJ/kg의 값을 보이고 있다. 복숭아는 수확 시기가 고온 다습한 하절기이고 과피가 연약하여 수확시나 출하시 상처받기 쉽고, 저장력이 약하여 수확 후 과실이 쉽게 연화되어 상품 가치를 상실하기 때문에 유통 기한이 매우 짧은 과실이다. 따라서 출하 유통시 선도를 유지시켜 유통기한을 연장시킨다면 경제적 효과가 큰 과실이다. 대부분의 원예작물은 수확 후에도 계속 살아있는 유기체로서 각종 대사작용

을 계속한다. 저장 중 원예작물의 품질 저하는 호흡작용, 증산작용, 미생물작용, 물리적 손상작용의 4대 요인으로 인하여 많은 영양분이 손실되며, 호흡은 식물체의 생리적 반응지표로서 사용되어졌다(Oh *et al.*, 1996). 복숭아는 호흡률 10~20 mgCO₂/kg-hr(5℃)로서 살구, 바나나, 배 등과 함께 중간등급에 속하는 과실이며, 온도가 높을수록 호흡작용에 의한 과실내 양분의 소모가 많아져서 신선도가 급격히 떨어지거나 쉽게 과육이 물러지므로 호흡을 최대한 억제시키는 것이 중요하다. 특히 복숭아는 고온기에 수확직후 호흡작용을 억제시켜야 하는데 호흡작용은 온도, 습도 등에 따라 다르나 주로 온도의 영향을 크게 받는다. 과실 및 채소의 수확 후 발생하는 손실의 정도는 작물의 재배여건에 따라서, 또 수확물의 취급관리방식에 따라서 달라진다. 이와 관련하여 조사 정리된 자료를 살펴보면 복숭아는 포도, 바나나, 자두 등과 함께 손상용이도가 높은 것으로 분류되어(20~40%) 있고 평균보존 가능기간도 1~2주로 보고 있다. 실제로 복숭아 재배농가에서도 별도의 저장을 하지 않고 수확 즉시 출하하고 있다(Choi *et al.*, 2001).

대부분 과실과 마찬가지로 전체 중량의 85~90%가 수분으로 구성되어 있는 복숭아의 경우 수분이 10% 정도 소실되면 상품가치를 잃게 된다. 또한 복숭아는 고온인 여름철에 쉽게 연화되므로 저장성이 아주 낮으며, 동시에 변질과 부패로 인한 경제적 손실을 초래한다. 과실의 연화는 성숙중에 세포벽분해효소의 작용에 의해서 세포벽의 변화로 인하여 과실의 품질에 중요한 영향을 주는 texture의 변화를 초래함으로써 일어난다(Kim *et al.*, 1994). 이러한 복숭아의 신선도 유지를 위한 연구로는 운반이나 저장중 권장되는 CA 또는 MA 조건이 0~5℃에서 1~2% O₂, 3~5% CO₂이며, 최소 O₂농도는 2%, 최대 CO₂농도는 5% 분류군으로 제시되었고, CA 저장이 복숭아의 interbna breakdown 저해와 품질유지에 효과적으로 0℃에서 6~9주 이상 저장기간을 연장시키며, 감압저장 역시 복숭아의 부패 지연에 효과적인 방법이지만 경제성이 떨어진다는 보고 등이 있다. 그러나 국내의 경우 연구사례가 그다지 많지 않은 실정이다. Oh 등(1996)에 의하면 공기 투과도가 낮은 PVDC coating film 처리구가 PE나 방담필름(anti-fog film) 처리구에 비해 포장내 이산화탄소의 농도가 높고 산소 농도가 낮으며 에틸렌 가스의 발생 억제 효과가 뚜렷하였다. 또한 PVDC coating film 처리구는 다른 처리에 비하여 과실의 경도가 높고 수분 감모율은 낮아 과실의 선도유지에 효과적이었다고 한다. 수확 후 예냉처리된 복숭아는 저온유통으로 소비자까지 연결되어야 품질이 양호하지만, 상온유통을 할 경우에는 결로가 발생되어 과실의 품질이 떨어지므로 상온유통시 품질저하를 최소화할 수 있는 포장방법이 절실히 요구된다(Park *et al.*, 1999).

복숭아는 일반적으로 건전하고 잘 익은 과실은 품종과 생산 연도에 따라 차이는 있지만 $-0.5\sim 0^{\circ}\text{C}$ 에서 2~4주 동안 저장할 수 있다. 저온 저장고에 저장된 복숭아는 고온으로 이동하여도 정상적으로 추숙되지 않고 internal breakdown이라는 장애가 발생하는 경우가 있다. 이러한 장애의 증상은 과실의 육질이 건조되고 약해지거나 물러져 흐물흐물해지고, 씨 주변에 갈변이 뚜렷하게 나타난다.

이로 인해 과실의 향미와 외관이 나빠진다. Internal breakdown의 발생률을 감소시키기 위해서 저장 전에 $21\sim 24^{\circ}\text{C}$ 에서 1~3일 동안 보관 후에 저온저장고에 입고시키거나 0°C 에서 저장하면서 주기적으로 48시간 동안 상온에서 보관 후 재입고 하는 방법 등이 효과적이다. 또한 CA저장법도 장애의 발생률을 감소시켜 저장기간을 연장하는데 효과적이다. 과실의 내부 장애는 부적합한 저장조건에서 발생하며 저장 중에는 잠재되어 있다가 저장후 증상이 발현되는 경우가 종종 있다. 복숭아는 저장온도 $2\sim 5^{\circ}\text{C}$ 에서 적어도 7~14일 이내에 internal breakdown 등과 같은 장애가 시작되어 저장후 추숙기 동안 나타나게 된다. 0°C 에서 1주 또는 2주 저장후 5°C 로 과실을 옮기는 것은 5°C 에서 계속 저장한 것과 비슷하게 아주 심한 장애의 발생을 나타내었다고 보고된 바 있다.

한편 10°C 에서는 internal breakdown은 발생되지 않지만 육질의 연화가 빠르게 진행된다. 복숭아는 $18\sim 29^{\circ}\text{C}$ 에서 적절하게 추숙이 이루어지며 온도가 높을수록 속도가 증가하지만 18°C 에서 추숙시키는 것이 보다 높은 온도에서 한 것 보다 적은 부패율을 나타낸다. 과실의 경도가 높은 시기에 수확하여 가공할 경우는 4~6일간 추숙을 요하는 경우가 있다. 저장온도 $-0.5\sim 0^{\circ}\text{C}$ 에서 10~14일간 저장하는 동안 rhizopus에 의한 부패를 현격하게 감소시켰지만 갈색 반점의 발생 억제에는 적은 효과만을 나타내었다는 연구결과가 있다. 일반적으로 복숭아는 완전히 익은 과실을 저장하는 것보다 덜 익은 과실을 저장하여 추숙시키는 것이 보다 우수한 품질을 가지고 적은 부패율을 나타낸다. 상온에서 연화된 과실은 저온으로 옮기면 약간 경화된다. 복숭아는 수확 후에 4°C 이하까지 급속히 냉각하는 것이 호흡작용과 추숙 및 부패를 억제하는데 아주 중요하다. 호흡작용을 기준으로 하였을 때 $21\sim 27^{\circ}\text{C}$ 에서 1일 저장은 15°C 에서는 2일, 10°C 에서는 4일, 5°C 에서는 8일, 그리고 0°C 에서는 16일 저장과 같다고 할 수 있다.

(나) 실험재료 및 방법

복숭아는 경북 영천에서 2001년 8월에 수확한 “유명” 품종으로 1개당 무게는 250.2g이었고, 평균크기는 8.2(장축) × 7.5(단축) cm였다. 포장재료는 0.03mm,

0.05mm PE(Polyethylene), PP(Polypropylene) film을 사용하였다. 복숭아는 수확 후 각각 4℃, 10℃와 20℃ 항온·항습기로 옮기고 하룻밤 동안 방치한 다음 선별하여 사용하였다. 과실의 포장은 필름을 25(세로) × 25(가로) cm로 절단한 다음 열접착하여 봉투형태로 만들었다. 선별한 복숭아는 필름봉투안에 무게가 각각 300, 500, 800g이 되도록 담은 다음 열접착하여 밀봉하고, 기존 유통기준을 고려하여 4℃, 10℃와 20℃ 항온·항습기에 저장하였으며, 무포장 대조구는 44×30×13cm의 스티로폼(EPS)상자에 담고 저장하였다.

중량은 저장하기 전 초기중량을 기준으로 하여 10개의 시료를 측정하여 최대값과 최소값을 제외하고 나머지의 평균값으로 하여 저장 후 중량변화율을 백분율(%)로 나타내었다. 경도는 Texturometer(Model 1011, Instron Co., USA)를 이용하였으며, 포장구내에서 10개의 시료를 무작위로 선택하여 1/4로 절단한 후 측정하였다. 호흡량 측정 및 분석은 이산화탄소 발생량(accuracy: ±0.2%)과 산소의 소비량 (O₂ accuracy: ± 0.1%)를 측정하기 위해 온도 5, 10, 20℃에서 저장하면서 정치법으로 필름에 자기접착성 폴리우레탄 septum을 붙인 후 바늘을 찌른 후 가스흡입을 이용한 CO₂-O₂ analyser(PAK12P, Abiss Co., France)를 이용하여 각 2회씩 가스조성을 검사하였다. 호흡률의 분석은 다음과 같다(Lee *et al.*, 1996).

$$r_{O_2} = \frac{S P_{O_2} (0.21 - [O_2]/100)}{WL} \quad (7)$$

$$r_{CO_2} = \frac{S P_{CO_2} ([CO_2]/100 - 0.00)}{WL} \quad (8)$$

[O₂] : 산소 농도(%), [CO₂] : 이산화탄소 농도(%), L : 포장필름의 두께(μm), P : 대기압(atm)
 rO₂: 산소소비의 호흡속도(mL/kg·h) , rCO₂ : 이산화탄소발생의 호흡속도(mL/kg·h), P_{O₂} : 포장필름의산소투과도(mL/μm/ m²h atm), P_{CO₂} : 포장필름의 이산화탄소투과도(mL/μm/ m²h atm), S : 포장의 표면적(m²), W : 포장내의 과채류의 무게(kg)

(다) 결과 및 고찰

복숭아 저장중의 중량손실률은 Fig. 12.에서 보는 바와 같이 포장구에 비해 대조구에서 뚜렷한 감소율을 보였는데, 0℃ 대조구는 저장기간중 중량이 점차 감소하여 저장 8일 이후에는 14.4%의 감소율을 10℃ 대조구는 14.2% 20℃ 대조구는 24.8%의 높

은 감소율을 보여 외관상으로도 뚜렷이 상품성이 저하되어 보였다. 이에 반해 포장구에서는 중량감소에 큰 효과를 보였는데, 저장기간 동안 0℃의 0.05mm PE 3.8%의 감소율을 10℃는 3.4%의 변화를 보였고, 일반 유통조건을 고려한 상온저장 20℃에서는 4.4%의 감소율을 보였다. 저장중 이러한 중량의 감소는 거의 대부분이 증산작용에 기인한다는 보고와 연관지어 볼 때 필름포장에 의해 포장내의 상대습도가 높아져 수분증발을 억제했기 때문으로 생각된다(Moon *et al.*, 1992). 또한 이러한 결과는 필름 종류별 복숭아 ‘대구보’ 품종의 저장 시험에서 무포장처리에서 중량감소가 심하였다는 보고 (Kwon *et al.*, 1992)와 복숭아 ‘미백’를 PE Film에 저장한 결과 무포장처리구보다 포장구가 중량감소율이 적었다는 보고와 유사한 결과를 얻었다(Park *et al.*, 1999).

복숭아의 입고전 가용성 고형물 함량은 개체간의 차이로 인해 약간씩 차이는 있었으나 대략 9~10%범위로 알려져 있다. 과육의 연화는 품질열화의 초기 증후로서 품질판정의 주요요인으로 간주되어진다. 과육조직의 경도는 세포벽의 물리화학적 구조 및 세포간 접착에 의해 유지되는 이에는 cellulose, hemicellulose, pectin substance 등의 다당류 당류가 관련되어 있다. 그러나 과실의 후숙과정에서는 세포벽 성분의 분해를 유발하는 각종 효소가 활성화되어 cellulose, hemicellulose의 분해와 함께 특히 Polygalacturonase의 작용에 따른 Polyuronide 사슬의 가수분해현상이 나타나게 된다. 따라서 세포벽 구조가 붕괴되는 한편 세포간의 결합력의 약화를 유발함으로써 결과적으로 과육조직의 연화가 초래된다(농산물저장유통기술핸드북, 1999).

복숭아는 개체간의 차이가 많아서 포장구의 뚜렷한 영향을 볼 수는 없었으나 저장기간에 따른 결과에서의 경도의 변화는 저온에서 감소의 폭이 적었으며 포장구보다는 무포장구에서 저장기간이 길어질수록 경도가 감소하는 추세를 보였다. 후숙 과정 중 복숭아의 높은 호흡율로 인한 에틸렌의 급증 현상에 따른 세포벽 성분의 분해를 촉매하는 효소의 활성화로 인한 것으로 야기된다(Hobson *et al.*, 1981). 복숭아는 높은 호흡열로 인해 저장초기 급격한 에틸렌 발생과 산소의 소모, 이산화탄소의 발생, 수분의 손실, 휘발성 화학물질 합성 등의 원인으로 쉽게 물러지는 과실의 특성을 나타낸다. 따라서 부패과의 원인이 된다. 복숭아의 호흡작용과 부패를 억제하는데는 수확 후 4℃이하까지 급속히 냉각하는 것이 아주 중요하다고 알려져 있다(Geeson *et al.*, 1983). 복숭아의 수확 후 품질손실의 기작은 호흡과 관련된 과숙 등의 생리적인 변화와 증산과 관련된 수분손실, 미생물에 의한 부패, 취급과정에서의 물리적 손상에 기인한다(이, 1997). 특히 복숭아의 선별과정이나 포장함에 있어 인위적으로 기계적인 스트레스가 가해진 과채류에서는 호흡의 증가와 함께 에틸렌 생성이 증가하고 효소적인 갈변반응과 함

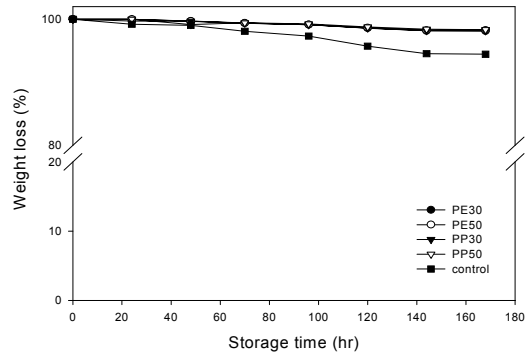
게 부패가 빨리 나타나게 된다. 복숭아의 적절한 포장에 의하여 호흡, 증산, 부패 등의 이러한 품질변화를 억제하는 것에 초점이 모아지고 있다고 보고되고 있다 (Schlimme *et al.*, 1994). 복숭아의 저장기간에 따른 품질변화는 후숙의 진행에 따라 수분의 감소나 과실 성숙도의 지표인 과육조직의 연화, pH의 저하, 갈변현상 등으로 인해 상품의 가치는 소멸되어진다.

(1) 산소소비속도

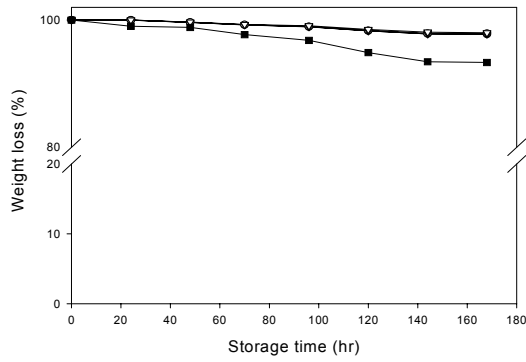
일반적으로 필름포장된 과채류 저장중 기체조성은 수확후 호흡으로 인하여 저장 초기에 급격히 변화하며 일정시간이 지나면 평형에 도달하게 된다. 특히 이러한 경향은 대부분의 과채류에서 저장온도가 높을수록 뚜렷하게 나타나며, 저장 초기에 기체조성이 평형에 도달하며, 이후 전체 저장기간동안 O₂와 CO₂의 조성비가 일정하게 나타난다(Park *et al.*, 1999). 복숭아의 환경기체조절포장은 복숭아가 환경과의 상호작용에 의하여 내부의 가스조성이 평형에 도달되며 이로 인하여 호흡을 억제하고 에틸렌의 발생을 감소시키며, 수분증산을 억제하는 효과를 내게 된다고 알려진 바 본 실험에서는 각 포장필름재질에 따른 복숭아 저장시 산소소비속도를 알아보기 위해 저장온도 및 저장기간과 포장구내의 기체조성비에 따른 산소소비속도 및 이산화탄소 발생속도를 Fig. ~ 에 나타내었다. 산소소비속도는 저장온도가 높을수록 소비속도가 증가하는 경향을 보였으며, PP필름구에 비해 PE 필름구가 대체적으로 높은 경향을 보였다. 기체조성비 역시 PP필름구에 비해 PE 필름구가 대체적으로 높은 경향을 보였으며, 산소농도와 이산화탄소농도가 낮을수록 낮은 소비속도를 보였으며 이산화탄소보다는 산소의 농도에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 온주밀감의 CA저장조건 예측에서 알려진 바와 같이 유사한 결과를 얻었다. (윤창원, 1991; Kim *et al.*, 1994).

(2) 이산화탄소발생속도

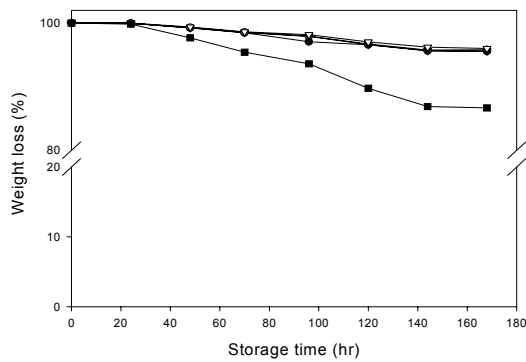
Gesson (1983)등이 시험한 바와 같이 필름 포장내의 과실은 호흡을 통하여 산소를 소비하고 이산화탄소를 증가시키기 때문에 필름포장구내의 산소농도는 낮고 이산화탄소농도는 높아진다고 일반적으로 알려진 바와 같이 저장온도와 저장기간에 따른 이산화탄소발생속도의 예측에서 대체적으로 저장온도가 높을수록 저장기간이 길수록 높은 이산화탄소발생속도를 보였으며 PP필름구에 비해 PE필름구가 낮은 이산화탄소발생속도를 보였는데 이는 복숭아의 호흡에 의해 발생하는 이산화탄소의 양이 필름 밖으로 확산되는 이산화탄소량은 PP필름구에 비해 PE필름포장구가 상대적으로 가스투과도가 높기 때문이라고 생각되어진다.



(A)

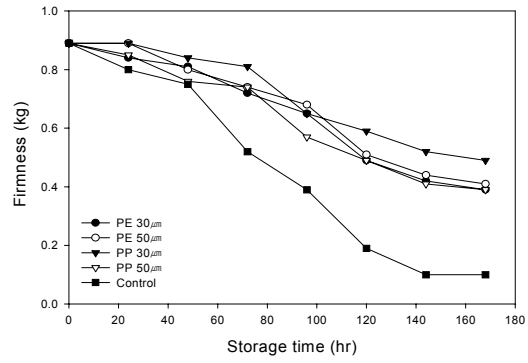


(B)

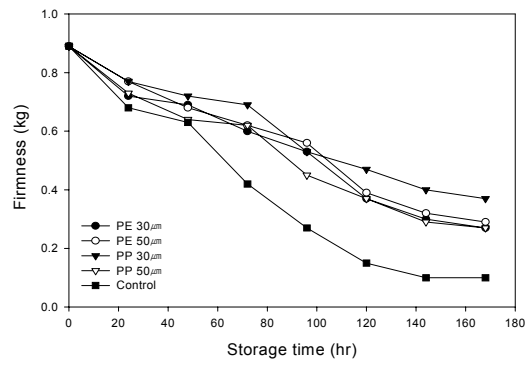


(C)

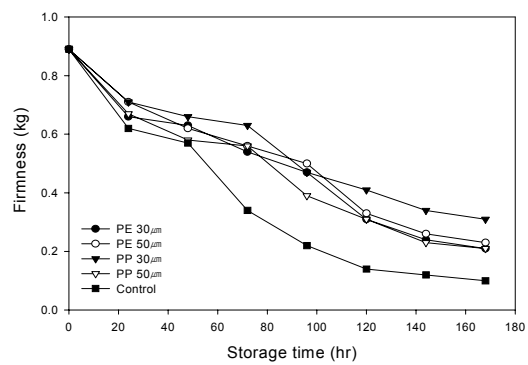
Fig. 21. Weight loss of peach during storage at different temperature (A: 4°C, B: 10°C, C: 20°C).



(A)

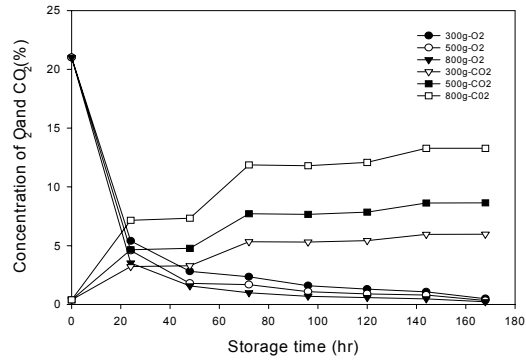


(B)

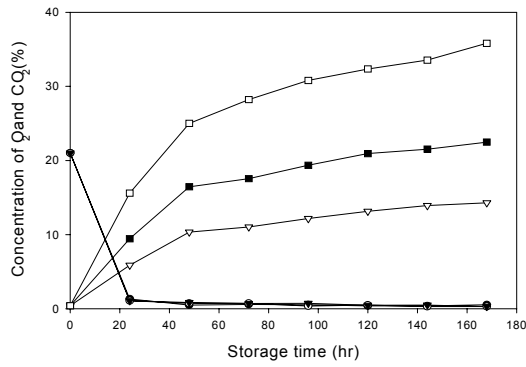


(C)

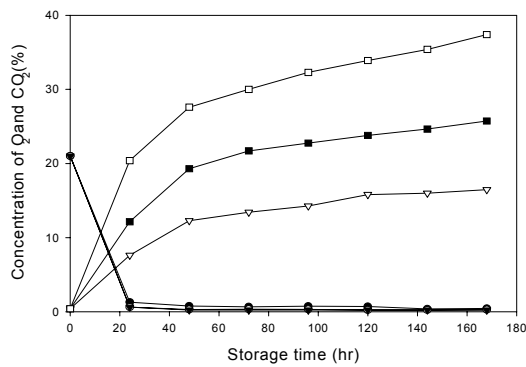
Fig. 22. Effect of different film packaging on hardness of peach during storage at different temperature (A: 4°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

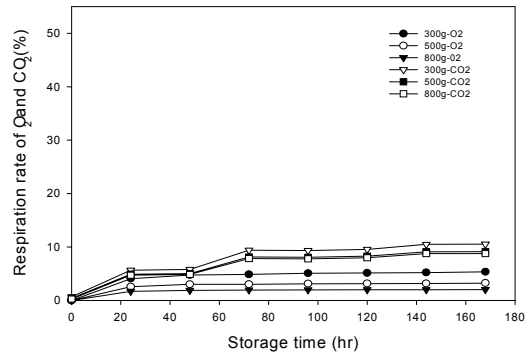


(B)

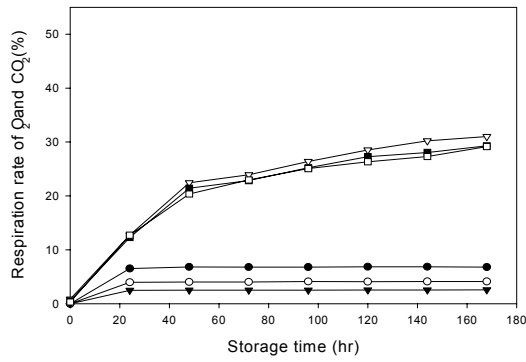


(C)

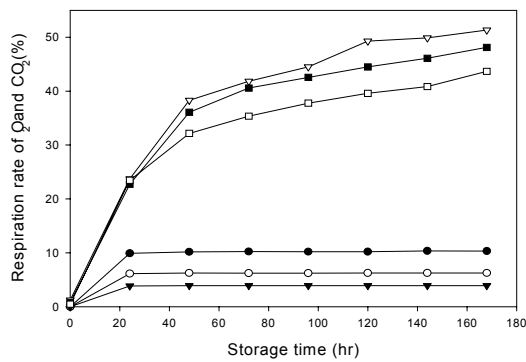
Fig. 23. Effect of 0.03mm LDPE film packaging on the O₂ and CO₂ concentration of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

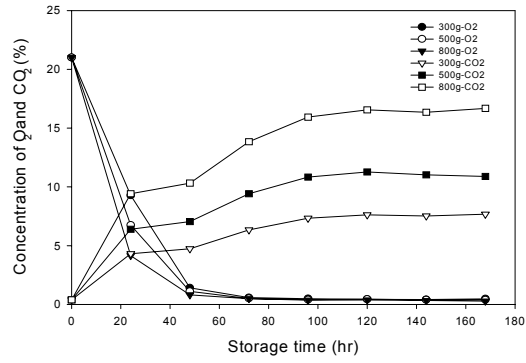


(B)

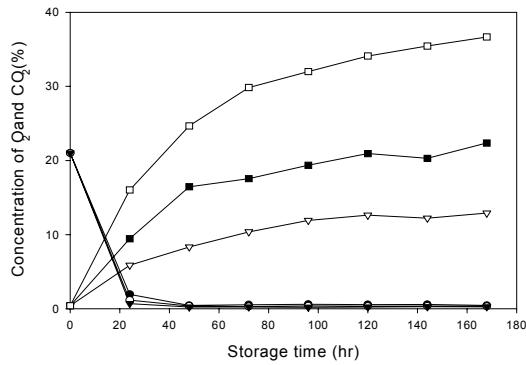


(C)

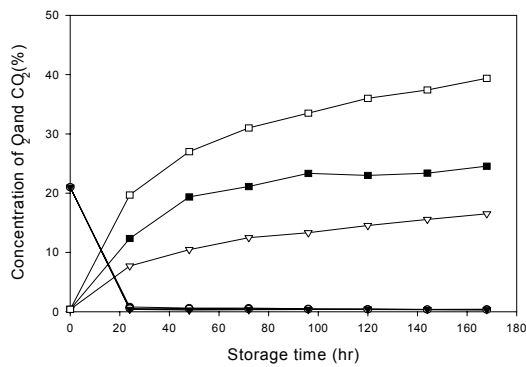
Fig. 24. Effect of 0.03mm LDPE film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

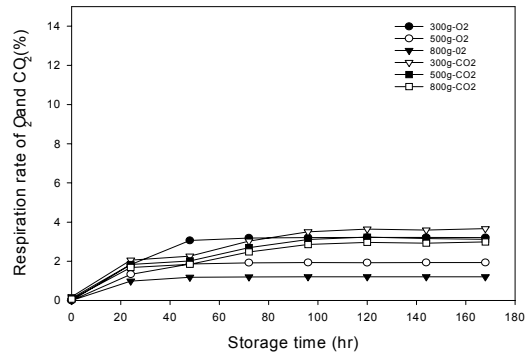


(B)

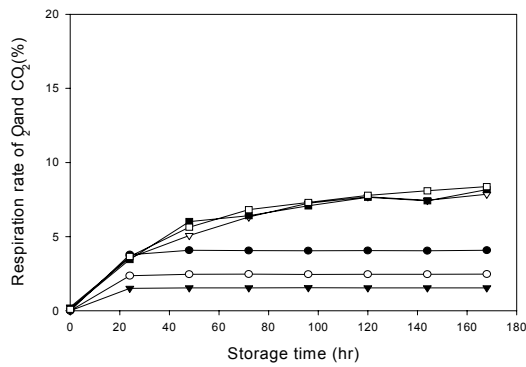


(C)

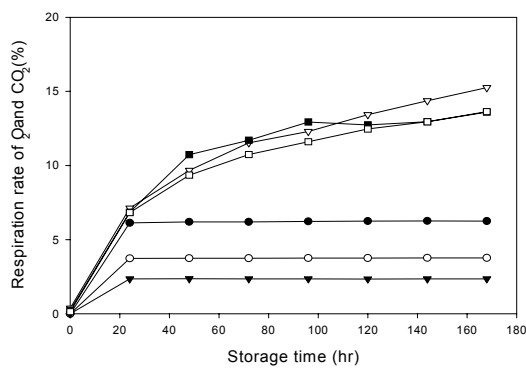
Fig. 25. Effect of 0.05mm LDPE film packaging on the O_2 and CO_2 concentration of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

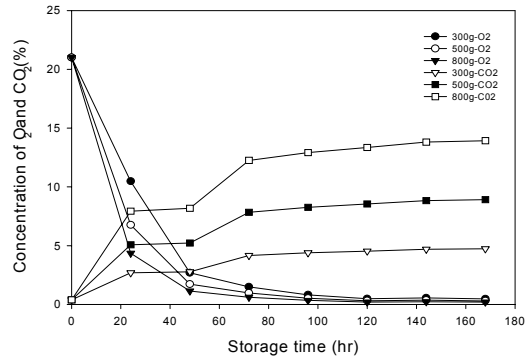


(B)

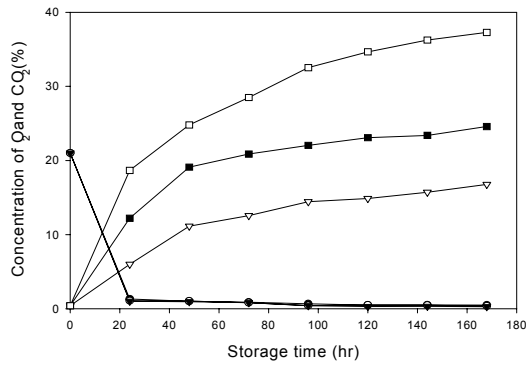


(C)

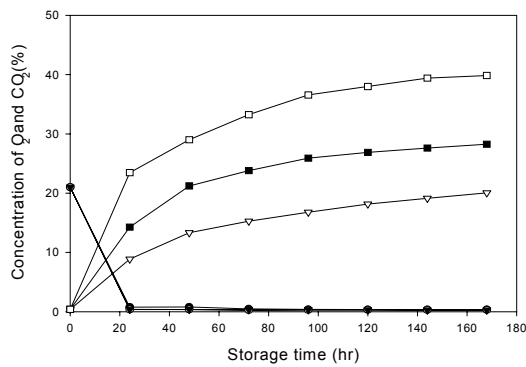
Fig. 26. Effect of 0.05mm LDPE film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

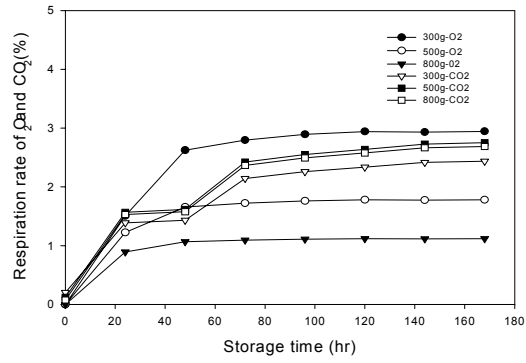


(B)

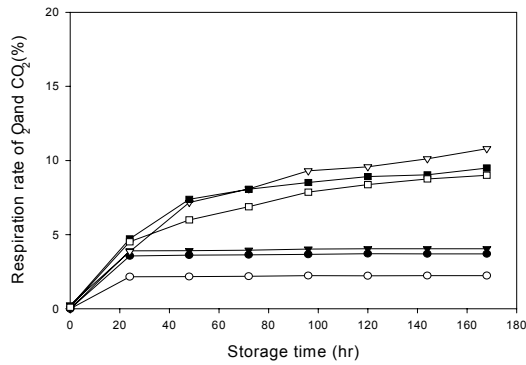


(C)

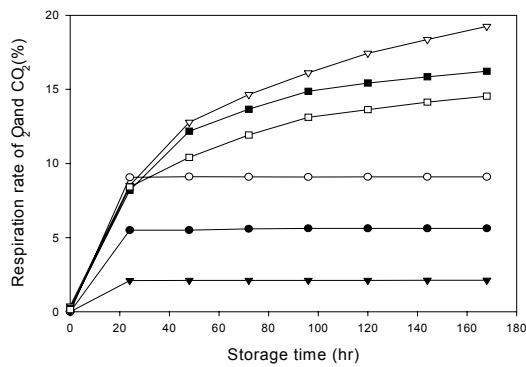
Fig. 27. Effect of 0.03mm Polypropylene film packaging on the O₂ and CO₂ concentration of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

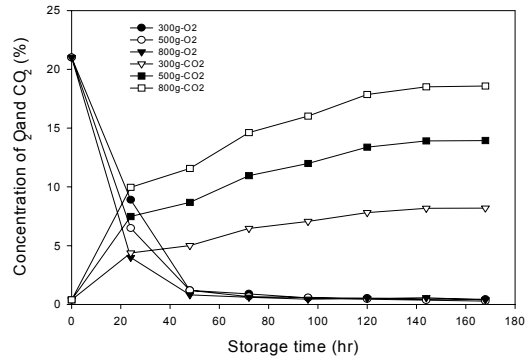


(B)

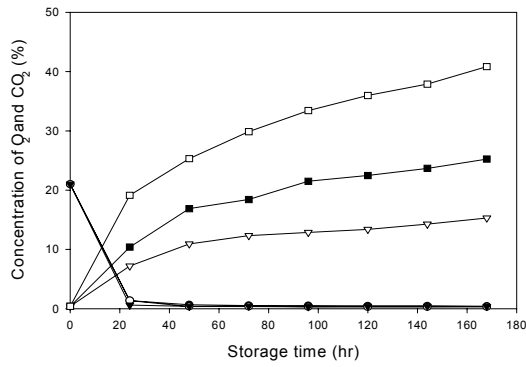


(C)

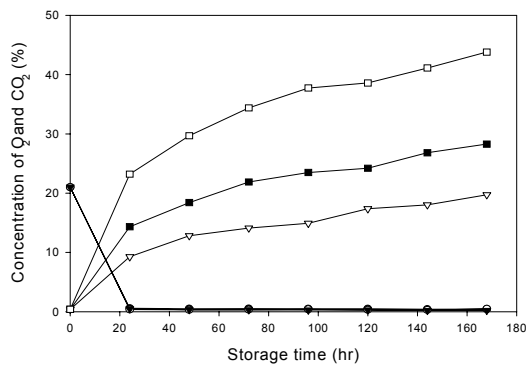
Fig. 28. Effect of 0.03mm Polypropylene film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)

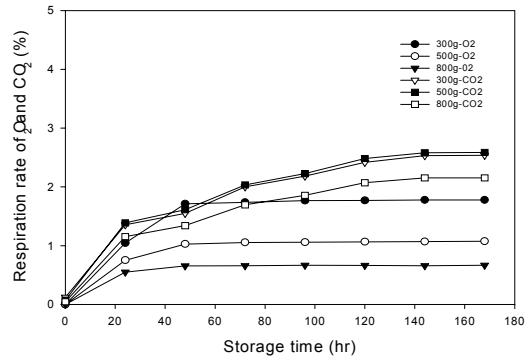


(B)

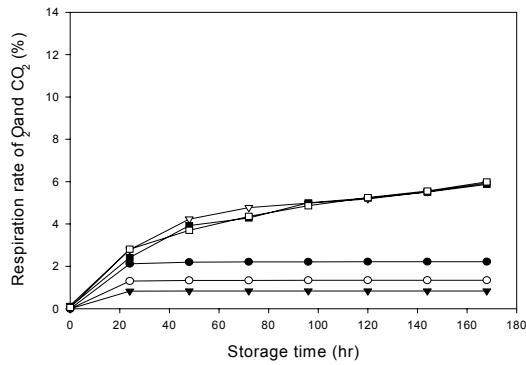


(C)

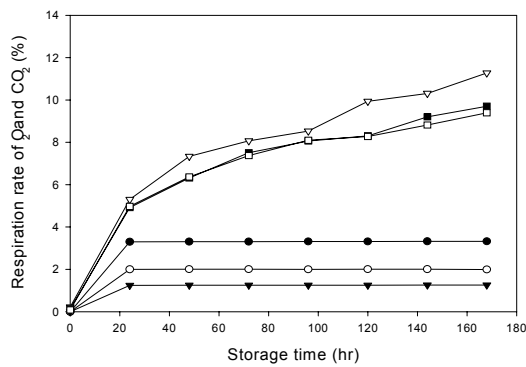
Fig. 29. Effect of 0.05mm Polypropylene film packaging on the O₂ and CO₂ concentration of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)



(A)



(B)



(C)

Fig. 30. Effect of 0.05mm Polypropylene film packaging on the oxygen consumption rate and carbon dioxide evolution rate of peach during storage at different temperature (A: 5°C, B: 10°C, C: 20°C)

2. 포장재 개발

가. 대상농산물에 대한 MAP 적용가능 포장재 screening

- 필름의 기체투과는 포장재 내의 적정 O_2/CO_2 조건을 조성하기 위하여 제품의 호흡률과 상쇄하는 역할을 하여야 한다. 즉, 신선 과채류의 MAP용 필름은 가급적 호흡률과 비례하여야 한다. 온도에 따른 필름 투과율의 변화는 활성화에너지 컨셉으로 이해할 수 있다. 즉, 이상적인 필름은 활성화 에너지가 포장된 제품의 호흡에너지와 비슷해야 한다. 그러나 이러한 이상적인 필름의 개발은 시장성조사에서 나타난 바와 같이 현실적으로 경제적이지 못하다. 따라서 본 연구는 가장 경제적이고 표면적과 두께의 조정만으로도 효과가 큰 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)과 폴리프로필렌(PP)을 통하여 예측가능한 MAP 모델링을 수행하고 있다. 또한 필름의 이산화탄소와 산소 투과율의 비(β)가 필름에 있어서 매우 중요한 인자인데 이들 필름은 가공공정을 통하여 이 비율을 조정하기가 비교적 용이한 점도 고려되었다.

나. 포장재별 물성 연구

1. 필름 투과도

거성산업(대구광역시 소재)에서 제작된 $30\mu m$ 와 $50\mu m$ 의 LDPE와 PP에 대한 투습도, O_2 및 CO_2 투과도를 MOCON사의 Oxtran 20, Permertran 30을 이용하여 5, 10, 15, $20\pm 0.5^\circ C$ 에서 각각 측정하였다. 포장된 대기내 농도는 concentration data 는 투과율(permeability coefficients)을 계산하기 위해 partial pressures($1\% O_2(v/v) = 1.013kPa$ at atmospheric pressure)로 변환되었다. 필름의 온도에 따른 투과도는 Arrhenius equation을 따르지만 과채류의 호흡 증가에 미치지 못하므로(호흡의 활성화에너지 E_r 가 투과도의 활성화에너지(E_p)보다 일반적으로 높아) 저장온도의 증가는 포장내의 이산화탄소 농도의 증가와 산소농도를 낮추어주어 혐기적 호흡을 유발시킨다. 호흡의 온도의존성과 가스투과의 온도의존성이 비슷한 플라스틱 필름 개발이나 라벨을 적용할 필요가 있는데 필름의 개발은 비용이 많이 들고 개발 후에도

단가가 높다. 이것이 투과성 높은 라벨 개발을 통하여 MAP를 적용하고자 하는 이유이다.

$$P = P_0 \exp\left(\frac{-E_p}{RT}\right) \quad (1)$$

P: the permeability coefficient($\text{mol} \cdot \mu\text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{atm}$)

Po = 가스투과의 Arrhenius constant($\text{mol} \cdot \mu\text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{atm}$)

Ep = 활성화 에너지(J/mol)

R = 기체상수 gas constant ($8.3144\text{J} / \text{mol} \cdot \text{K}$)

T = 온도(K)

(1) 포장재별 물성 시험 결과

각 포장재의 물성시험은 향후 개발될 포장재의 물성기준을 설정하기 위한 기초자료로 활용하기 위하여 물리적 특성을 조사하였다.

Table 1. Physical properties of plastic films used for the experiment.

Tests	PP		LDPE	
	N	kgf	N	kgf
Heat sealing strength(kg/15mm)	14	1.43	8	0.82
Tearing strength(kg/50 μm)	3	0.31	2	0.20
Elongation	Cross Direction		12	1.22
Strength	Machine Direction		10	1.02
	13	1.331	12	1.22

※ 상온($20 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 2\% \text{RH}$)에서의 시험결과임. LDPE와 PP의 두께는 $50 \pm 2\mu\text{m}$.

(2) 포장재별 투과도 시험 결과

실험에 사용된 필름의 LDPE 및 PP 필름의 투과도는 온도에 따라 비례하며 아래 표

와 같은 결과를 얻었다. 이를 기준으로 각 온도에 따른 아래 표와 같이 계산될 수 있다.

Table 2. Measurement of permeability of polyethylene films.

PE(density = 0.922) Temperature(°C)	Water vapor	Oxygen	Carbon Dioxide	$\beta = \text{CO}_2/\text{O}_2$
0	8.00	1,860.73	12,343.78	6.63
5	9.50	2,179.13	13,760.43	6.31
10	11.23	2,537.82	15,280.93	6.02
15	13.18	2,939.96	16,907.82	5.75
20	15.40	3,388.77	18,643.47	5.50
25	17.89	3,887.53	20,490.03	5.27
30	20.68	4,439.54	22,449.43	5.06

Table 3. Measurement of permeability of polypropylene films.

PP(density = 0.90) Temperature(°C)	Water vapor	Oxygen	Carbon Dioxide	$\beta = \text{CO}_2/\text{O}_2$
0	2.18	1134.80	3919.30	3.45
5	2.70	1351.01	4478.30	3.31
10	3.32	1598.53	5092.99	3.19
15	4.04	1880.40	5766.26	3.07
20	4.90	2199.75	6500.94	2.96
25	5.90	2559.83	7299.80	2.85
30	7.05	2963.99	8165.55	2.75

※ $\text{g} \cdot \mu\text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{day} = \text{WVTR}$, $\text{STP cc} \cdot \mu\text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{day} = \text{OTR}$, CTR

PP와 LDPE 필름의 기체투과도 실험결과를 Arrhenius plot한 결과 이들 필름의 투과도는 온도에 따라 필름의 종류와 관계없이 일정한 변화를 보였다. 시험결과는 아래와 같이 온도에 따른 logarithm 함수로 전환되어 개방계 호흡률 산출과 특정 온도, 시간의 기체조성변화 예측을 위하여 사용되었다.

Table 4. Permeability formula of water vapor, oxygen, carbon dioxide to polyethylene and polypropylene film.

Film	gases	Formula
PE(density = 0.922)	Water vapor	$\log P = 5.706 - 2623/T$
	oxygen	$\log P = 10.34 - 2400.2/T$
	carbon dioxide	$\log P = 9.489 - 1650.9/T$
PP(density = 0.90)	Water vapor	$\log P = 6.664 - 3239.5/T$
	oxygen	$\log P = 10.76 - 2650/T$
	carbon dioxide	$\log P = 9.715 - 2026/T$

Table 4의 슬로프를 바탕으로 Table 5와 두께에 따른 투과도와 $\beta = CO_2/O_2$ 를 산출한 결과는 Table 5, 6과 같다.

Table 5. Permeability of oxygen and carbon dioxide at various temperature to low density polyethylene film used for the experimentation.

LDPE Temp.(°C)	Oxygen		Carbon dioxide		
	30um	50um	30um	50um	$\beta = CO_2/O_2$
0	2.58	1.55	17.14	10.29	6.63
5	3.03	1.82	19.11	11.47	6.31
10	3.52	2.11	21.22	12.73	6.02
15	4.08	2.45	23.48	14.09	5.75
20	4.71	2.82	25.89	15.54	5.50
25	5.40	3.24	28.46	17.08	5.27
30	6.17	3.70	31.18	18.71	5.06
35	7.01	4.21	34.06	20.44	4.86
40	7.94	4.76	37.10	22.26	4.67

※ unit: STP cc* μ m/m²*hr = OTR, CTR

Table 6. Permeability of oxygen and carbon dioxide at various temperature to polypropylene film used for the experimentation.

PP Temp.(°C)	Oxygen		Carbon dioxide		
	30 μ m	50 μ m	30 μ m	50 μ m	$\beta = CO_2/O_2$
0	1.58	0.95	5.44	3.27	3.45
5	1.88	1.13	6.22	3.73	3.31
10	2.22	1.33	7.07	4.24	3.19
15	2.61	1.57	8.01	4.81	3.07
20	3.06	1.83	9.03	5.42	2.96
25	3.56	2.13	10.14	6.08	2.85
30	4.12	2.47	11.34	6.80	2.75
35	4.74	2.85	12.64	7.58	2.66
40	5.44	3.27	14.04	8.42	2.58

※ unit: STP cc* μ m/m²*hr = OTR, CTR

이상과 같은 필름 투과도의 온도의존성은 다음 장의 환경기체조절포장(MA)에 매우 큰 역할을 하게 된다.

다. MAP 특성 연구

(1) 대상품목에 따른 포장재내 최적 기체환경 조건의 결정

MAP 문헌조사 및 실험에 의한 품목별 최적 저장조건은 아래와 같다. 본 연구에서는 유통조건하에서의 모델링을 목표로 하므로 유통온도(5, 10, 20°C)에 맞추어 특성을 연구하였다. 단, 단감은 저장기간이 길고 과실의 특성상 0°C의 온도에서도 호흡특성을 연구하였다. 이에 따라 실제적인 생리장애기체조성은 온도에 따라 약간씩 높아지나 미미하므로 이 연구에서는 Table 7의 데이터를 기초로 하였다. 이 데이터들은 모델 적용시 주어진 포장 및 환경조건에서 저장가능기간을 유추할 때 사용된다.

Table 7. Optimum internal gas composition and practical threshold for mandarin oranges, sweet persimmons and peaches.

Products	Temp. (°C)	Optimum gas comp.(%)		practical threshold(%)	
		O ₂	CO ₂	lower limit O ₂	upper limit CO ₂
mandarin oranges	1	15	0	5	5
sweet persimmons	0	3-5	5-8	3	10
peaches	0	1-2	5	0.25	6

(2) 호흡모델

앞서 밝힌 바와 같이 본 연구는 실 유통조건 하의 호흡모델을 목표로 하므로 개방계형의 호흡모델식을 이용하였다. 산소 및 이산화탄소 투과도가 이미 알려진 플라스틱 필름에 포장된 과실의 호흡률은 아래와 (2), (3)과 같이 계산된다.

$$r_{O_2} = \frac{A \cdot P_{O_2} (0.21 - [Pi_{O_2}]/100)}{W \cdot L} \quad (2)$$

$$r_{CO_2} = \frac{A \cdot P_{CO_2} ([Pi_{CO_2}]/100 - 0.00)}{W \cdot L} \quad (3)$$

여기서

r_{O_2} : 산소 소비의 호흡속도(mL / kg h)

r_{CO_2} : 이산화탄소 발생의 호흡속도(mL / kg h)

$[Pi_{O_2}]$: 포장 내의 산소농도(%)

$[Pi_{CO_2}]$: 포장내의 이산화탄소 농도(%)

L : 포장필름의 두께

P_{O_2} : 포장필름의 산소투과도($mL \mu m/m^2 \cdot h \cdot atm$)

P_{CO_2} : 포장필름의 이산화탄소 투과도(mL μ m/m² h atm)

A : 포장의 표면적(m²)

W 포장내 과채류의 무게(kg)

산소의 경우 산소의 호흡속도 r_{O_2} 와 Pi_{O_2} (포장내의 partial pressure)와의 관계는 Michaelis-Menten type model로 설명될 수 있다.

$$r_{O_2} = \frac{V_{\max} \cdot Pi_{O_2}}{K_{1/2} + Pi_{O_2}} \quad (4)$$

$$V_{\max} = r_{O_2} \times \frac{K_{1/2} + Pi_{O_2}}{Pi_{O_2}} \quad (5)$$

여기서

V_{\max} : O_2 최대 소비속도(cc/kg-h)

$K_{1/2}$: V_{\max} 의 절반일 때의 O_2 의 partial pressure

Pi_{O_2} : 과채류 내부의 partial pressure. RQ는 아래와 같이 계산된다.

$$RQ = \frac{r_{CO_2}}{r_{O_2}} \quad (6)$$

여기서 데이터들은 각각의 저장온도에서 Pi_{O_2} 에 따른 r_{O_2} 와 RQ의 변화를 플롯

할 수 있다.

온도에 따른 V_{\max} 와 $K_{1/2}$ 의 영향은 SAS 프로그램을 통해 표현될 수 있다. 이 때 표현된 식은 Pi_{O_2} 가 평형일때 O_2 소비에 미치는 온도의 영향을 계산하여 온도변화에 따른 내용물의 호흡반응성을 알아볼 수 있으며 필름 투과성에 따른 관계도 예측해볼 수 있다.

온도와 포장재 특성에 따른 포장재의 산소농도를 예측하기 위하여 기본적인 모델은 Cameron et al(1994)을 사용하였다. 기본적으로 포장재 내에 침투하는 산소의 흐름

은 상기 r_{O_2} 에서 나온 호흡률과 일치하므로 아래와 같은 식을 사용할 수 있다.

$$(P_{O_2}A/mL)[Po_{O_2} - Pi_{O_2}] = \frac{(V_{\max} \cdot Pi_{O_2})}{(K_{1/2} + Pi_{O_2})} \quad (7)$$

그러나 위의 식은 오직 평형상태인 경우 가능하다. 이 관계로 Pi_{O_2} 를 계산할 수 있다.

$$Pi_{O_2} = 1/2 \left[\left[K_{1/2} + (mL/P_{O_2}A) V_{\max} - Po_{O_2} \right]^2 + 4 Po_{O_2} K_{1/2} \right] - [K_{1/2} + (mL/P_{O_2}A) V_{\max} - Po_{O_2}] \quad (8)$$

한편, 우리가 알려고 하는 것은 포장내의 호흡에 따른 특정기체의 농도변화율이므로

$$\frac{dG}{dT} = \frac{P_G}{V} - \frac{R_G W}{V} \quad (9)$$

여기서

V = total free volume in the package(ml)

W = weight of the product in the package(kg)

로 나타낼 수 있다. 식 9은 아래와 같이 포장 내 산소 및 이산화탄소 농도의 변화율로 표시할 수 있다.

$$\frac{dO}{dT} = \frac{K_o A(0.21 - 0)}{V} - \frac{R_o W}{V} \quad (10)$$

$$\frac{dC}{dT} = \frac{K_c AC}{V} - \frac{R_c W}{V} \quad (11)$$

식 6은 다른 포장재의 변수(두께, 면적, 투과도)가 일정할 때 온도의 변화에 따른 내부 산소농도의 변화를 예측할 수 있다. 필름의 투과도는 이미 알려져 있으며 온도에 따라 일정하게 변화하므로 유추할 수 있으므로 이 식을 이용하여 저장온도, 그리고 포장제품의 중량, 두께와 면적의 비율(mL/A)을 변경했을 때 적용할 수 있다. 예를 들어 감귤 300g을 두께 $30\mu m$, 면적 $0.075m^2$, LDPE 필름 $5^\circ C$ 의 경우 같은 조건에서 $20^\circ C$ 로 변화하는 경우 아래와 같으며 실제 시험을 한 결과 매우 유사한 결과를 얻었으며 본 연구에서는 식 (8)을 근거로 특정조건에서의 산소 및 이산화탄소 농도를 계산하였다.

각 온도에서 제품의 Pi_{O_2} 와 Pi_{CO_2} 는 특성에 따라 평형상태에 이르렀을 때의 수치가 크게 달랐다. 또 포장된 제품의 r_{O_2} 와 r_{CO_2} 는 필름의 투과도로부터 Michaelis-Menten type model에 의해 산출된다. 저장 온도가 포장제품의 호흡에 미치는 영향은 다음과 같다. Pi_{O_2} , Pi_{CO_2} 와 r_{O_2} , r_{CO_2} 는 평형상태에서의 수치이다.

Table 8. Effect of thickness, weight and storage temperature on the rate of respiration and headspace gas composition of mandarin oranges packaged in low density polyethylene film.

Thickness	headspace gas comp.	Weight (g)	Storage Temperature(°C)		
	rate of respiration		5	10	20
30 μ m	Headspace O ₂	300	13.15	12.10	9.95
		500	12.00	11.36	6.55
		800	8.22	7.45	4.15
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	1.78	2.34	3.88
		500	1.22	1.52	3.05
		800	1.08	1.33	2.22
	Headspace CO ₂	300	4.20	5.25	6.20
		500	6.40	8.20	8.60
		800	10.40	10.40	13.60
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	5.99	8.31	11.98
		500	5.48	7.79	9.97
		800	5.35	6.29	9.78
50 μ m	Headspace O ₂	300	8.00	3.30	2.45
		500	5.30	1.10	1.00
		800	4.90	0.70	0.55
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	2.94	4.65	6.51
		500	2.13	3.13	4.21
		800	1.37	2.00	2.89
	Headspace CO ₂	300	6.55	10.30	9.40
		500	8.60	13.60	15.20
		800	11.40	16.50	21.90
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	9.34	16.31	18.17
		500	7.36	12.92	17.63
		800	6.10	9.80	15.87

Table 9. Effect of type of material, thickness, weight and storage temperature on the rate of respiration and headspace gas composition of mandarin oranges packaged in Polypropylene film.

Thickness	headspace gas comp. rate of respiration	Weight (g)	Storage Temperature(°C)		
			5	10	20
30 μ m	Headspace O ₂	300	11.70	8.50	5.90
		500	9.10	5.90	5.05
		800	8.00	4.90	3.90
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	1.10	2.07	3.45
		500	0.84	1.50	2.19
		800	0.57	1.00	1.46
	Headspace CO ₂	300	9.10	10.90	12.60
		500	10.20	12.40	14.80
		800	14.85	16.40	20.25
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	4.22	5.75	8.49
		500	2.84	3.93	5.96
		800	2.58	3.24	5.12
50 μ m	Headspace O ₂	300	5.96	1.75	1.40
		500	6.50	2.30	1.20
		800	4.85	0.65	0.40
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	2.18	3.18	4.46
		500	1.22	1.86	2.70
		800	0.85	1.26	1.76
	Headspace CO ₂	300	12.30	15.50	20.80
		500	20.70	23.40	37.70
		800	30.80	95.80	40.50
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	5.71	8.17	14.02
		500	5.76	7.40	15.25
		800	5.36	7.08	10.24

Table 10. Effect of type of material, thickness, weight and storage temperature on the respiration rate and headspace gas composition of **Peaches** packaged in low density polyethylene.

Thickness	headspace gas comp.	Weight (g)	Storage Temperature(°C)		
	rate of respiration		5	10	20
30 μ m	Headspace O ₂	300	0.50	0.53	0.45
		500	0.34	0.30	0.28
		800	0.23	0.30	0.23
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	4.64	5.38	7.22
		500	2.80	3.26	4.37
		800	1.76	2.04	2.74
	Headspace CO ₂	300	5.46	13.89	14.47
		500	8.64	18.73	20.62
		800	13.29	28.63	35.39
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	7.79	22.00	27.96
		500	7.39	17.80	23.90
		800	7.12	17.00	25.64
50 μ m	Headspace O ₂	300	0.49	0.45	0.42
		500	0.40	0.31	0.31
		800	0.29	0.25	0.35
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	4.64	5.39	7.22
		500	2.80	3.26	4.35
		800	1.76	2.04	2.72
	Headspace CO ₂	300	7.68	11.90	18.24
		500	11.61	20.35	31.55
		800	15.36	33.67	45.61
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	10.95	18.84	35.25
		500	9.94	19.33	36.59
		800	8.22	19.99	33.06

Table 11. Effect of type of material, thickness, weight and storage temperature on the respiration rate and headspace gas composition of Peaches packaged in polypropylene film.

Thickness	headspace gas comp.	Weight (g)	Storage Temperature(°C)		
	rate of respiration		5	10	20
30 μ m	Headspace O ₂	300	0.45	0.48	0.40
		500	0.31	0.37	0.28
		800	0.20	0.28	0.27
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	2.42	3.40	4.70
		500	1.46	2.05	2.84
		800	0.92	1.29	1.78
	Headspace CO ₂	300	8.65	14.85	18.45
		500	12.58	23.58	25.16
		800	16.73	34.58	40.86
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	4.02	7.84	12.43
		500	3.50	7.46	10.17
		800	2.91	6.84	10.33
50 μ m	Headspace O ₂	300	0.45	0.44	0.46
		500	0.39	0.32	0.49
		800	0.40	0.36	0.20
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	2.89	3.40	4.68
		500	1.75	2.05	2.80
		800	1.09	1.28	1.78
	Headspace CO ₂	300	8.25	15.63	24.89
		500	13.95	22.86	38.78
		800	18.58	38.77	58.81
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	3.83	8.24	16.78
		500	3.88	7.23	15.69
		800	3.23	7.67	14.87

Table 12. Effect of type of material, thickness, weight and storage temperature on the respiration rate and headspace gas composition of sweet persimmons packaged in low density polyethylene film.

Thickness	headspace gas comp.	Weight (g)	Storage Temperature(°C)		
	rate of respiration		5	10	20
30 μ m	Headspace O ₂	300	8.40	10.05	3.43
		500	4.71	5.16	2.32
		800	3.17	4.26	1.22
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	2.43	2.88	6.18
		500	2.21	2.50	3.94
		800	1.51	1.65	2.61
	Headspace CO ₂	300	5.90	5.23	3.40
		500	8.49	6.74	4.88
		800	13.67	8.83	8.33
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	8.41	8.27	6.57
		500	7.26	6.40	5.65
		800	7.26	5.23	5.99
50 μ m	Headspace O ₂	300	1.88	8.05	2.07
		500	1.13	5.03	1.35
		800	0.71	3.26	0.56
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	3.69	3.40	6.64
		500	2.70	2.52	4.14
		800	1.72	1.74	2.69
	Headspace CO ₂	300	7.70	4.79	5.20
		500	11.64	6.74	8.61
		800	18.74	10.80	14.85
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	10.98	7.58	10.05
		500	9.96	6.40	9.99
		800	10.03	6.41	10.76

Table 13. Effect of type of material, thickness, weight and storage temperature on the respiration rate and headspace gas composition of sweet persimmons packaged in Polypropylene film.

Thickness	headspace gas comp.	Weight (g)	Storage Temperature(°C)		
	rate of respiration		5	10	20
30 μ m	Headspace O ₂	300	6.43	7.73	7.43
		500	10.39	5.54	5.60
		800	14.76	2.81	2.28
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	1.72	2.20	3.10
		500	0.75	1.54	2.11
		800	0.28	1.13	1.60
	Headspace CO ₂	300	6.81	6.69	7.62
		500	9.70	10.82	9.04
		800	15.56	16.00	16.13
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	3.16	3.53	5.13
		500	2.70	3.42	3.66
		800	2.71	3.17	4.07
50 μ m	Headspace O ₂	300	2.27	5.52	0.95
		500	1.49	2.18	0.53
		800	0.79	2.69	0.27
	O ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	2.63	2.56	4.59
		500	1.65	1.87	2.80
		800	0.71	0.78	1.18
	Headspace CO ₂	300	8.20	7.55	6.85
		500	11.66	9.12	9.80
		800	20.70	13.57	15.40
	CO ₂ uptake(ml · kg ⁻¹ · hr ⁻¹)	300	3.80	3.98	4.62
		500	3.52	2.89	3.96
		800	3.60	2.68	3.89

3. 포장-제품 모델링

문헌조사에 의하여 저장온도 및 다른 요인과 관계없이 품목별 생리장애유발가스농도에 도달하는 시점을 실제적인 'O₂ 한계농도'와 'CO₂ 한계농도'로 정하였다. 이 O₂ 한계농도 아래로 떨어지거나 CO₂ 한계농도보다 높아지면 Ethanol 등의 영향으로 이취가 발생하게 되어 상품성이 현저히 저하된다. 설정된 한계농도는 아래 표와 같으며 이 한계농도는 수정된 포장모델개발을 위한 기초자료로 적용되었다.

Products	Practical limit(%)	
	Lower O ₂ limit	Higher CO ₂ limit
Mandarin oranges	5	5
Sweet persimmons	3	10
Peaches	0.25	6

필름내 가스조성은 필름타입(기체투과도), 제품(호흡율), 속도, 중량, 저장온도, 포장 부피 조건에 따라 다르다. 전술한 바와 같이 온도와 포장재 특성에 따른 포장재의 산소농도를 예측하기 위하여 기본적인 모델은 Cameron et al(1994)을 사용하였다. 기본적으로 포장재 내에 침투하는 산소의 흐름은 상기 r_{O_2} 에서 나온 호흡률과 일치하므로 아래와 같은 식을 사용할 수 있다.

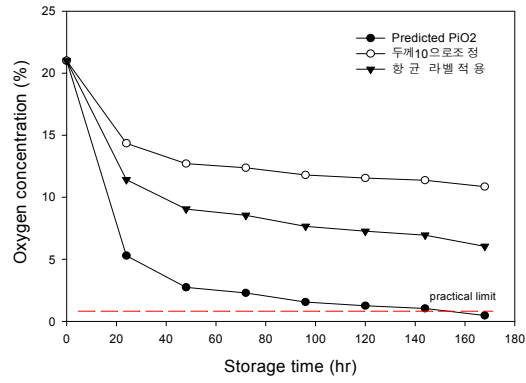
$$(P_{O_2}A/mL)[P_{O_2} - P_{iO_2}] = \frac{(V_{max} \cdot P_{iO_2})}{(K_{1/2} + P_{iO_2})}$$

이 식에서 포장재의 산소 투과도, 면적, 제품 중량에 따른 변수($ml/P_{O_2}A$)를 k 로 두고 아래와 같이 변환할 수 있다.

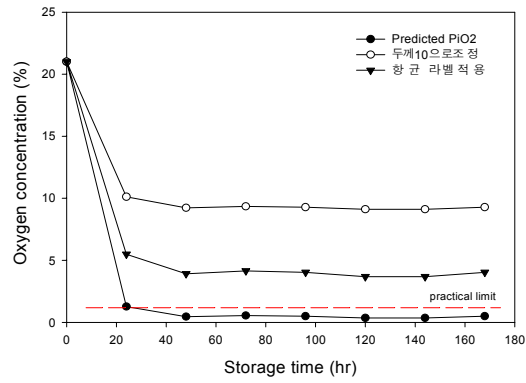
$$P_{iO_2} = 1/2 \left[[K_{1/2} + k V_{max} - P_{O_2}]^2 + 4 P_{O_2} K_{1/2} \right]^{1/2} - [K_{1/2} + k V_{max} - P_{O_2}]$$

따라서 면적, 두께, 제품중량이 불변이고 투과도가 온도에 비례할 때 이들 변수에 따라 포장재 내부의 산소농도를 산출할 수 있으며 그 반대의 경우도 예측이 가능하다. Fig 은 PE 필름에 포장된 온주밀감 300g을 5, 10, 20℃에서 저장했을 때 내부 기체조성변화를 나타낸 것이다. Fig에서 보듯 일반 30 μ m PE 필름으로 포장한 온주 밀감을 상온에서 저장하는 경우 산소가 급격히 고갈되면서 품질유지를 위한 최소 산소농도인 1% 미만으로 떨어지는 것을 볼 수 있다. 그러나 그림에서 보듯 필름 두께를 10 μ m 정도로 낮추면 이러한 문제를 해결할 수 있으며 이를 위의 식을 이용하여 알 수 있다. 문제는 현실적으로 10 μ m 미만 두께의 PE 필름을 유통시키는 것이 불가능하다는데 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 투과와 향균 기능을 동시에 가질 수 있는 향균라벨을 적용하였으며 개발내용에 대한 상세한 설명은 4장에 있다.

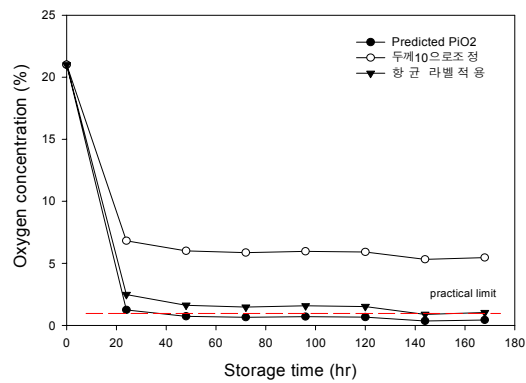
Fig 31은 산소농도의 변화, 두께를 10 μ m PE(예측치), 향균기능성라벨을 적용했을 때를 비교한 것이다.



(A)



(B)



(C)

Fig. 31. Effect of thickness and newly developed antibiotic label system on headspace oxygen composition of mandarin oranges packaged in polyethylene film at 5, 10, 20°C.

한편, 이산화탄소 함량(Π_{CO_2} , %)은 위 식에서 산출된 Π_{O_2} 로 산소 및 이산화탄소 투과도가 이미 알려진 플라스틱 필름에 대해 아래 식에 의해 계산된다.(이동선외, p127)

여기서
$$\Pi_{CO_2} = \frac{R.Q.}{\beta} (0.21 - P i_{O_2})$$

여기서 $R.Q.$ 는 CO_2 배출량 대비 O_2 소모량(CO_2 / O_2), β 는 투과계수(이산화탄소 투과도 / 산소투과도)이다. 상기 식에 의하여 각 저장조건별로 실측치와 계산치를 계산하였으며 계산치와 실측치는 거의 일치하였다. 아래 Table 14에서 26은 각 포장조건에서의 예측치를 정리한 것이며 Figure 32에서 43은 실측치와 예측치를 비교한 것이다.

Table 14. Calculations of package headspace O₂ surrounding mandarin oranges with time in 30 μ m of LDPE package.

time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C
0	21	21	21	21	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24	18.07	16.95	15.49	16.55	14.80	11.66	14.43	13.12	9.50
48	16.65	15.19	13.37	15.03	13.60	10.25	12.72	11.46	6.70
72	15.99	14.68	12.31	14.38	13.40	8.85	11.41	10.35	6.40
96	15.29	14.08	11.66	14.23	13.00	8.20	10.65	9.55	5.95
120	14.38	13.17	11.16	13.27	12.50	6.85	9.90	8.95	5.20
144	13.52	12.31	10.4	12.51	11.70	6.40	8.65	8.00	4.31
168	13.07	12.01	9.85	11.91	11.30	6.45	8.15	7.35	4.06

※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m².

Table 15. Calculations of package headspace O₂ surrounding mandarin oranges with time in 50 μ m of LDPE package.

time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C
0	21	21	21	21	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24	18.07	16.95	15.49	16.55	14.80	11.66	14.43	13.12	9.50
48	16.65	15.19	13.37	15.03	13.60	10.25	12.72	11.46	6.70
72	15.99	14.68	12.31	14.38	13.40	8.85	11.41	10.35	6.40
96	15.29	14.08	11.66	14.23	13.00	8.20	10.65	9.55	5.95
120	14.38	13.17	11.16	13.27	12.50	6.85	9.90	8.95	5.20
144	13.52	12.31	10.4	12.51	11.70	6.40	8.65	8.00	4.31
168	13.07	12.01	9.85	11.91	11.30	6.45	8.15	7.35	4.06

※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m².

Table 16. Calculations of package headspace O₂ surrounding mandarin oranges with time in 30 μ m of PP package.

time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C
0	21.000	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24	17.56	13.52	10.65	17.78	13.12	9.35	16.47	12.72	8.90
48	16.25	11.96	8.90	16.03	10.55	7.75	13.39	9.00	6.30
72	15.32	10.70	8.20	15.05	10.05	7.15	12.75	8.25	5.85
96	14.16	10.00	7.65	13.25	8.40	6.45	11.79	7.15	5.10
120	13.57	9.40	7.10	12.66	7.80	6.00	11.04	6.45	4.51
144	13.44	9.15	6.30	11.37	6.65	5.00	9.66	4.90	3.91
168	12.84	8.40	5.80	10.43	5.80	4.95	9.37	4.81	3.81

※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m².

Table 17. Calculations of package headspace O₂ surrounding mandarin oranges with time in 50 μ m of PP package.

time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C
0	21.00	21	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24	16.57	14.5	12.60	16.14	12.12	6.44	15.43	11.39	1.71
48	14.21	10.15	5.40	14.06	9.99	5.31	13.11	9.02	1.55
72	11.83	7.7	7.67	11.95	7.82	4.16	10.76	6.59	1.39
96	9.90	5.7	3.40	9.82	5.61	2.98	8.37	4.08	1.23
120	7.95	3.63	2.43	7.65	3.31	1.76	5.93	1.42	1.08
144	7.22	2.85	1.66	7.35	2.98	1.59	5.65	1.10	0.78
168	6.49	2.04	1.65	7.05	2.65	1.42	5.36	0.78	0.49

※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m².

Table 18. Calculations of package headspace O₂ surrounding sweet persimmons with time in 30 μ m of LDPE package.

Time, hr (day)	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C*	10°C	20°C	5°C*	10°C	20°C	5°C*	10°C	20°C
0(0)	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24(21)	19.54	16.45	13.57	13.97	10.15	9.19	9.68	7.31	4.68
48((42)	19.49	13.53	9.34	15.88	8.64	6.43	9.86	6.02	3.25
72(63)	19.17	10.44	8.34	13.90	6.52	5.64	9.07	4.63	2.92
96(84)	19.85	10.83	6.92	13.33	5.45	4.71	8.46	3.92	2.46
120(105)	16.15	9.90	5.53	9.29	5.23	3.77	6.06	4.06	1.94
144(126)	13.33	10.41	3.79	6.90	5.33	2.56	4.27	4.39	1.33
168(147)	9.64	9.95	3.35	4.61	5.06	2.25	3.09	4.17	1.17

※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m².
For 5°C, the time unit is day.

Table 19. Calculations of package headspace O₂ surrounding sweet persimmons with time in 50 μ m of LDPE package.

time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C*	10°C	20°C	5°C*	10°C	20°C	5°C*	10°C	20°C
0(0)	21	21	21	21	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24(21)	11.39	14.79	13.01	6.39	9.66	9.24	3.95	5.74	4.54
48((42)	11.04	12.26	10.82	5.93	8.57	8.14	3.68	4.97	4.03
72(63)	10.84	10.44	8.64	5.77	6.49	5.80	3.68	3.93	2.71
96(84)	13.94	9.46	2.28	5.10	5.88	1.54	3.14	3.52	0.71
120(105)	8.41	8.55	2.37	4.11	6.04	1.62	2.52	3.90	0.74
144(126)	7.02	9.05	2.34	3.25	5.83	1.64	1.82	4.41	0.71
168(147)	6.28	8.60	2.40	3.06	5.54	1.59	1.45	3.71	0.68

※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m². For 5°C, the time unit is day.

Table 20. Calculations of package headspace O₂ surrounding sweet persimmons with time in 30 μ m of PP package.

time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C*	10°C	20°C	5°C*	10°C	20°C	5°C*	10°C	20°C
0(0)	21.000	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24(21)	20.95	15.40	12.56	15.40	11.51	9.40	10.57	5.78	4.99
48((42)	20.18	13.65	9.34	18.01	10.23	6.99	10.33	5.15	3.74
72(63)	19.38	10.44	8.34	16.19	7.85	6.22	10.80	3.94	3.32
96(84)	18.73	8.82	6.92	16.02	6.59	5.23	10.18	3.34	2.73
120(105)	15.80	6.90	7.52	11.67	5.15	5.13	7.57	2.59	2.19
144(126)	15.18	7.41	7.77	11.50	5.07	5.80	7.62	2.02	2.49
168(147)	15.59	7.62	7.32	11.63	5.44	5.50	7.82	2.73	2.21

※ Initial free volume of 2825 *ml* was used and surface area was 0.075m². For 5°C, the time unit is day.

Table 21. Calculations of package headspace O₂ surrounding sweet persimmons with time in 50 μ m of PP package.

time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C*	10°C	20°C	5°C*	10°C	20°C	5°C*	10°C	20°C
0(0)	3.40	13.56	11.95	2.25	8.02	7.11	4.38	8.22	7.46
24(21)	3.94	12.93	10.25	2.61	7.87	5.90	4.65	8.04	6.68
48((42)	4.37	9.24	8.15	2.90	4.71	4.72	4.81	8.50	5.96
72(63)	4.44	7.22	2.52	2.98	2.91	1.42	4.90	6.80	3.40
96(84)	3.61	5.94	1.48	2.41	2.54	0.83	4.46	6.05	2.74
120(105)	2.88	6.06	1.19	1.90	3.11	0.76	4.00	5.67	2.53
144(126)	2.62	6.05	1.13	1.75	2.52	0.64	3.84	6.44	2.49
168(147)	6.49	2.04	1.65	7.05	2.65	1.42	5.36	0.78	0.49

※ Initial free volume of 2825 *ml* was used and surface area was 0.075m². For 5°C data only, the time unit is day.

Table 22. Calculations of package headspace O₂ surrounding peaches with time in 30 μ m of LDPE package.

Time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C
0	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24	5.30	1.28	1.25	4.49	1.04	0.60	3.44	1.05	0.59
48	2.75	0.46	0.74	1.75	0.70	0.28	1.53	0.80	0.23
72	2.29	0.56	0.65	1.64	0.70	0.32	0.96	0.68	0.21
96	1.55	0.51	0.71	1.07	0.34	0.30	0.68	0.70	0.22
120	1.26	0.36	0.68	0.88	0.46	0.22	0.57	0.45	0.22
144	1.04	0.36	0.36	0.77	0.29	0.21	0.47	0.47	0.22
168	0.48	0.51	0.43	0.32	0.29	0.27	0.22	0.29	0.22

※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m².

Table 23. Calculations of package headspace O₂ surrounding peaches with time in 50 μ m of LDPE package.

Time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C
0	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24	9.82	2.26	0.96	7.30	1.38	0.63	4.64	0.82	0.47
48	2.87	0.55	0.74	1.33	0.43	0.57	0.98	0.26	0.34
72	0.71	0.65	0.72	0.62	0.37	0.52	0.60	0.28	0.40
96	7.02	0.72	0.61	0.50	0.46	0.49	0.44	0.24	0.44
120	0.53	0.67	0.53	0.54	0.42	0.44	0.46	0.29	0.53
144	0.51	0.69	0.48	0.49	0.43	0.41	0.41	0.28	0.46
168	0.59	0.55	0.50	0.49	0.37	0.38	0.35	0.30	0.42

※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m².

Table 24. Calculations of package headspace O₂ surrounding peaches with time in 30 μ m of PP package.

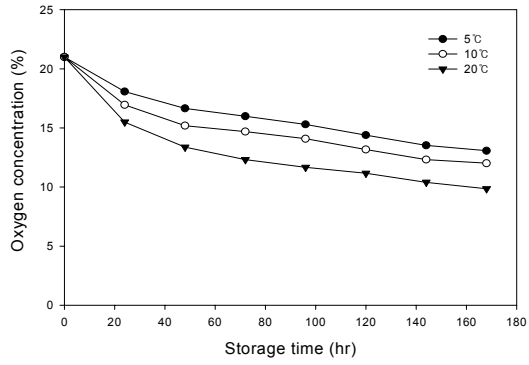
Time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C
0	11.74	1.46	0.75	8.16	1.03	0.35	5.66	0.98	0.38
24	3.90	1.02	0.74	2.57	1.00	0.34	1.78	0.91	0.35
48	2.41	0.90	0.43	1.57	0.79	0.24	1.01	0.78	0.31
72	1.37	0.58	0.34	0.89	0.41	0.26	0.59	0.40	0.31
96	0.81	0.43	0.40	0.55	0.47	0.30	0.36	0.28	0.29
120	0.87	0.58	0.30	0.62	0.44	0.27	0.41	0.29	0.26
144	0.76	0.46	0.39	0.53	0.35	0.27	0.35	0.27	0.26
168	0.48	0.51	0.43	0.32	0.29	0.27	0.22	0.29	0.22

※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m².

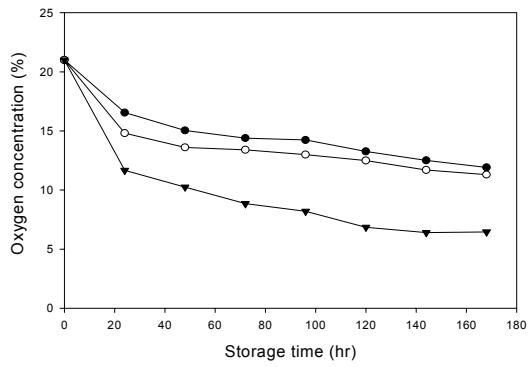
Table 25. Calculations of package headspace O₂ surrounding peaches with time in 50 μ m of PP package.

Time, hr	Weight(g)								
	300g			500g			800g		
	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C	5°C	10°C	20°C
0	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
24	9.44	1.62	0.69	7.04	1.02	0.43	4.48	0.72	0.57
48	1.42	0.81	0.63	1.42	0.44	0.39	0.98	0.49	0.43
72	1.08	0.66	0.63	0.81	0.46	0.40	0.75	0.50	0.39
96	0.67	0.63	0.61	0.71	0.38	0.49	0.55	0.42	0.34
120	0.66	0.57	0.60	0.55	0.35	0.38	0.62	0.47	0.35
144	0.55	0.57	0.53	0.45	0.33	0.33	0.69	0.47	0.26
168	0.54	0.53	0.55	0.35	0.38	0.59	0.48	0.44	0.24

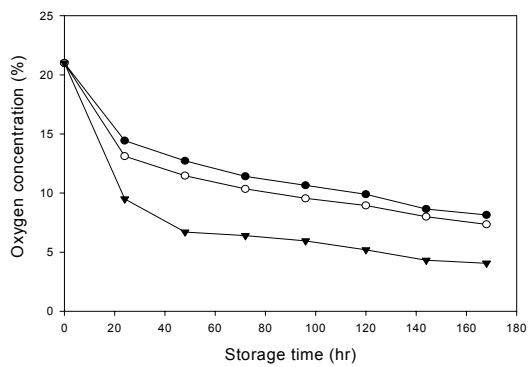
※ Initial free volume of 2825 ml was used and surface area was 0.075m².



(A)

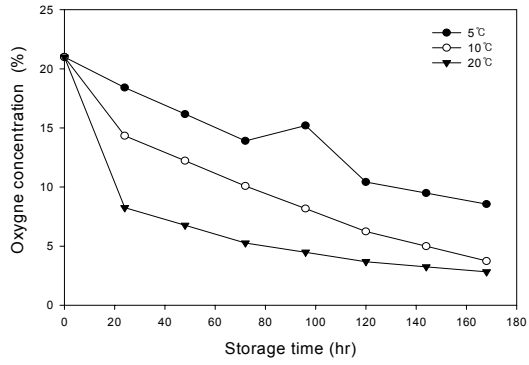


(B)

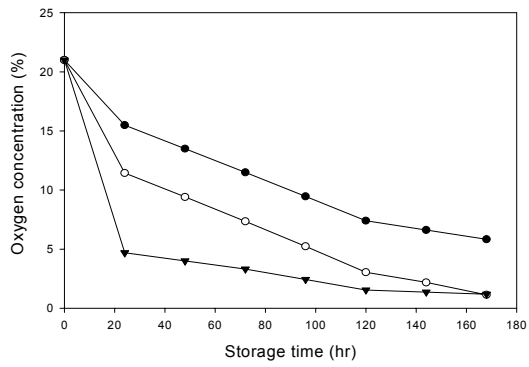


(C)

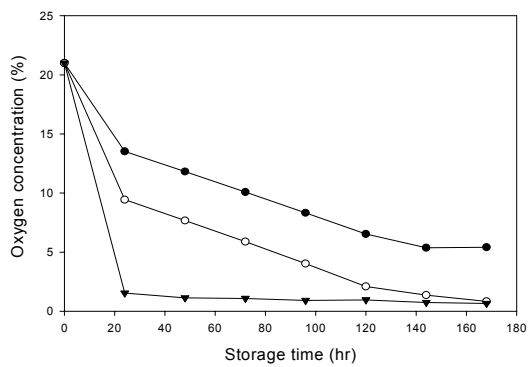
Fig. 32. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding mandarin oranges with time in $30\mu\text{m}$ of LDPE package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

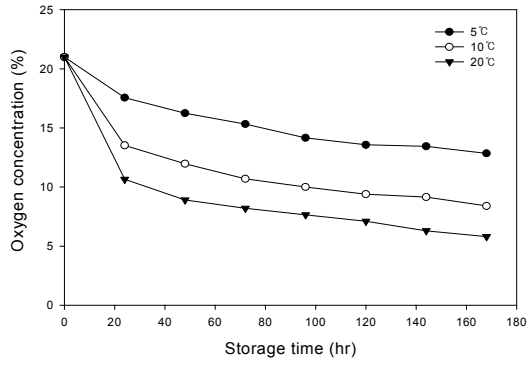


(B)

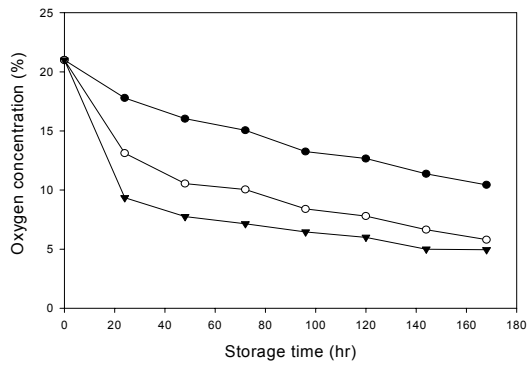


(C)

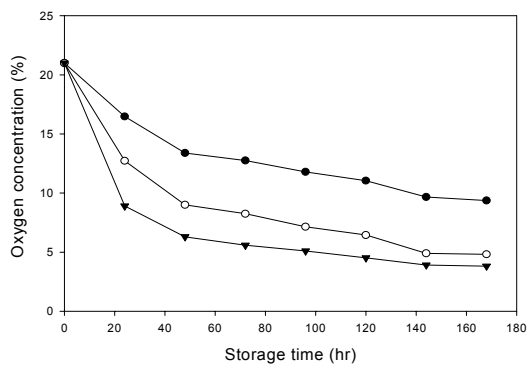
Fig. 33. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding mandarin oranges with time in 50 μ m of LDPE package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

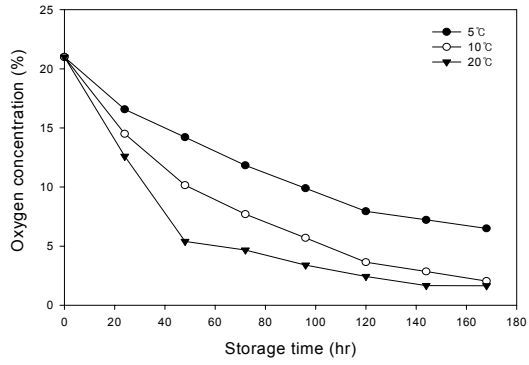


(B)

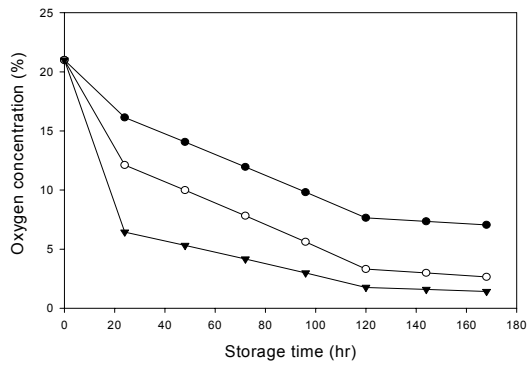


(C)

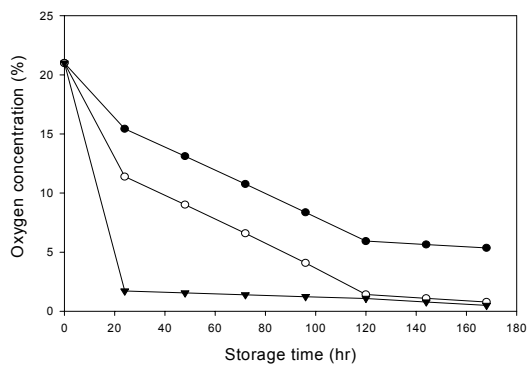
Fig. 34. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding mandarin oranges with time in 30 μ m of PP package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

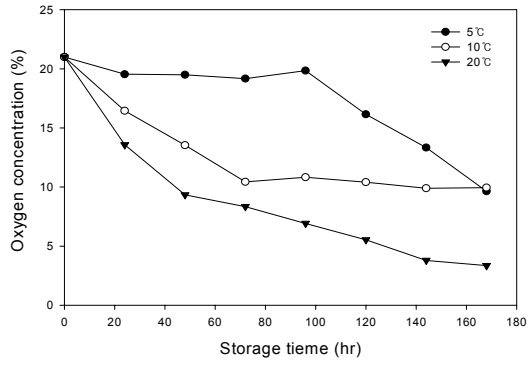


(B)

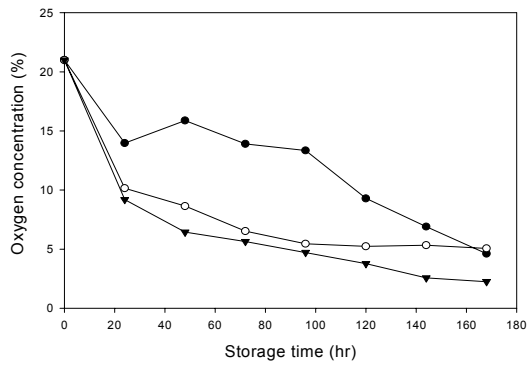


(C)

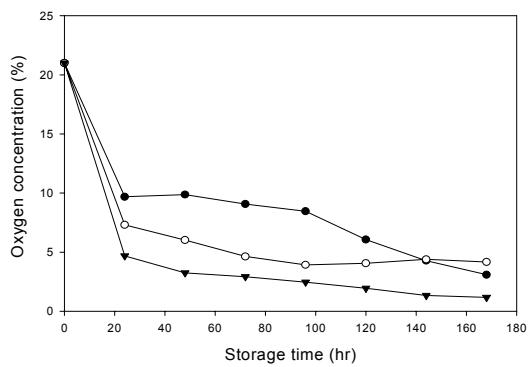
Fig. 35. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding mandarin oranges with time in 50 μ m of PP package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

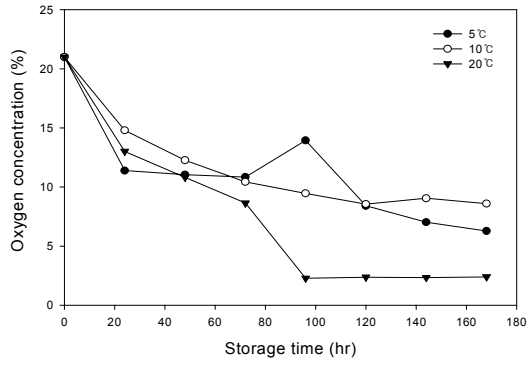


(B)

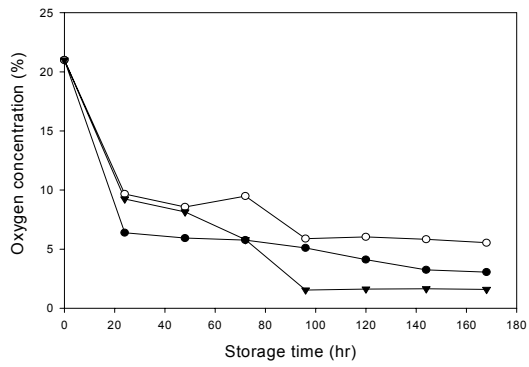


(C)

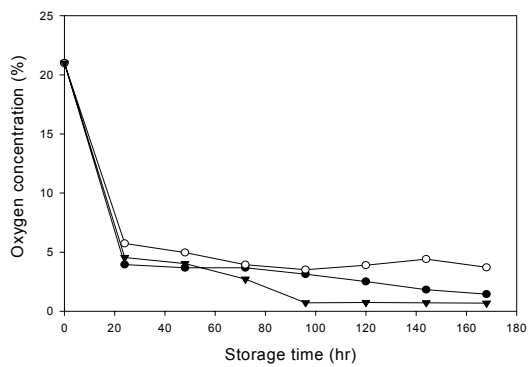
Fig. 36. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding sweet persimmons mandarin oranges with time in $30\mu\text{m}$ of LDPE package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

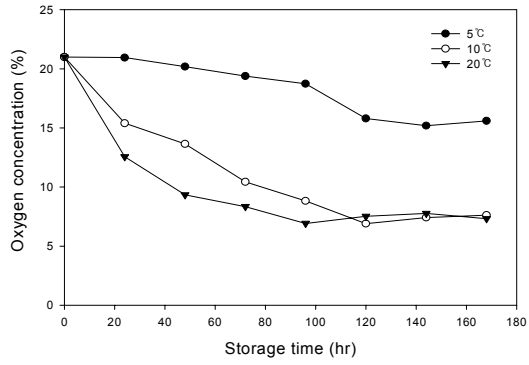


(B)

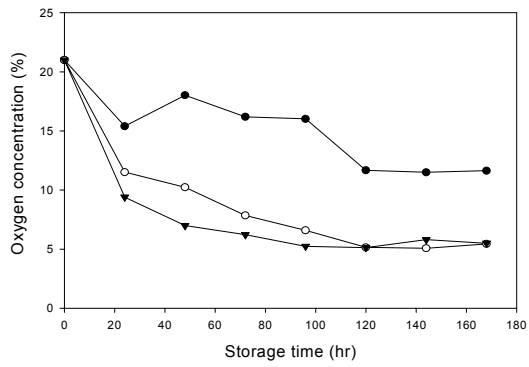


(C)

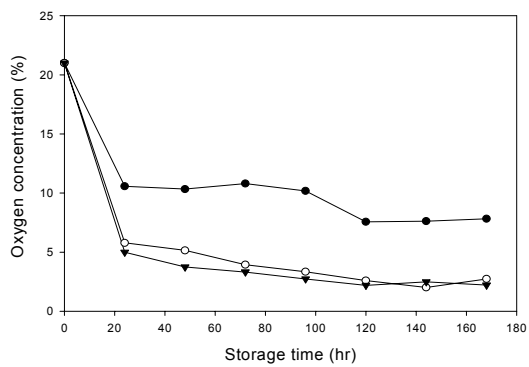
Fig. 37. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding sweet persimmons with time in 50 μ m of LDPE package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

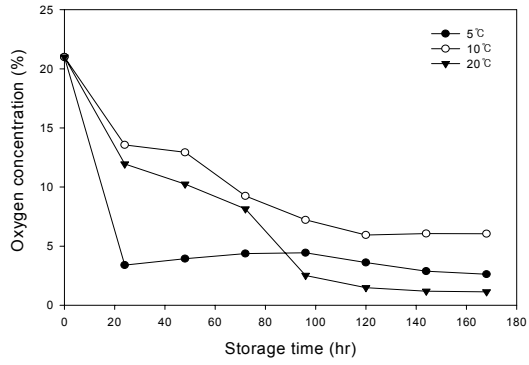


(B)

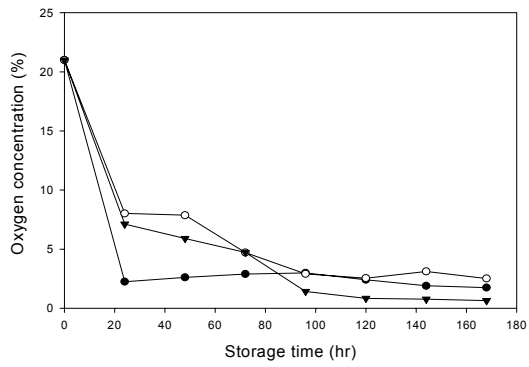


(C)

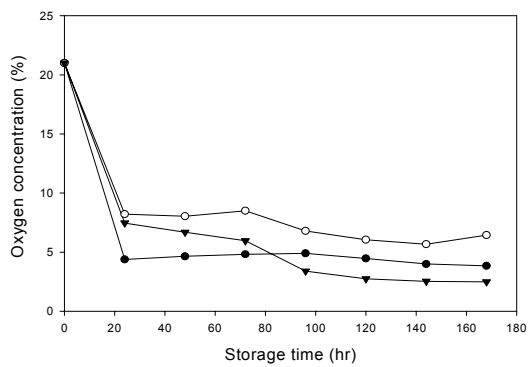
Fig. 38. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding sweet persimmons with time in 30µm of PP package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

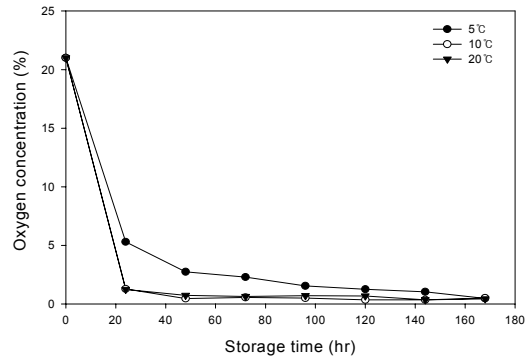


(B)

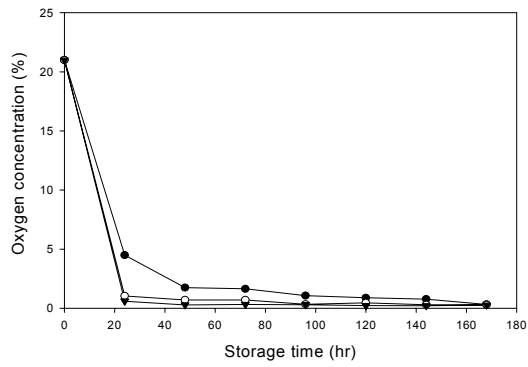


(C)

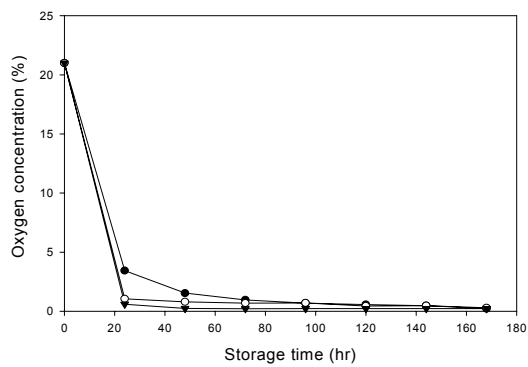
Fig. 39. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding sweet persimmons with time in 50 μ m of PP package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

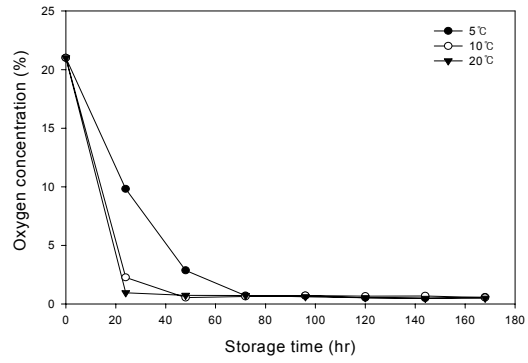


(B)

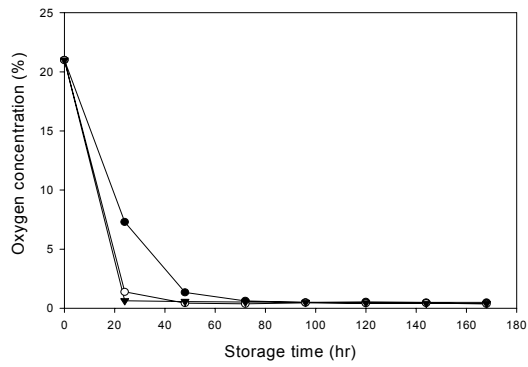


(C)

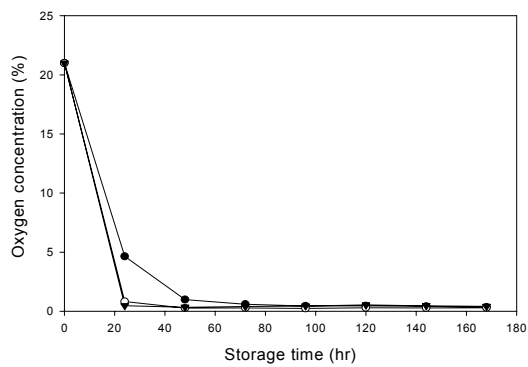
Fig. 40. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding peaches with time in 30µm of LDPE package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

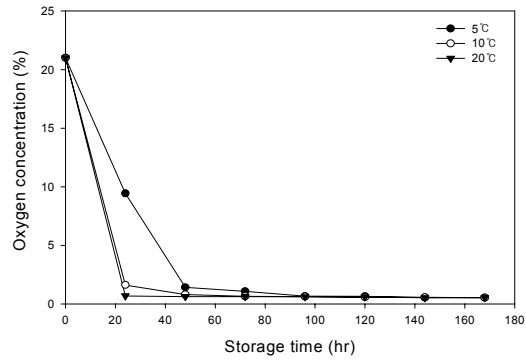


(B)

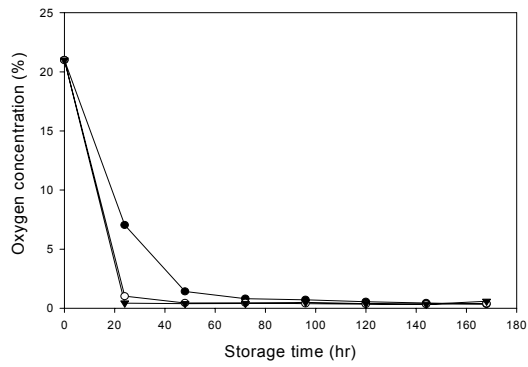


(C)

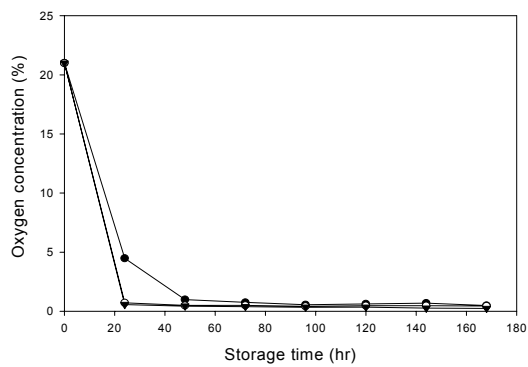
Fig. 41. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding peaches with time in $50\mu\text{m}$ of LDPE package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)

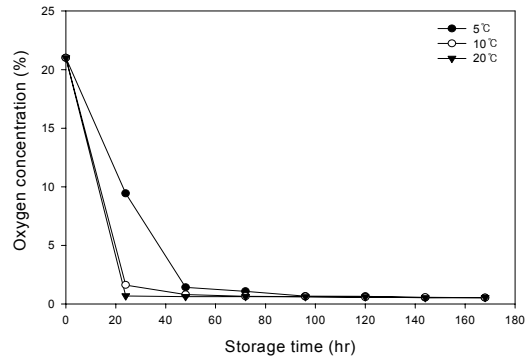


(B)

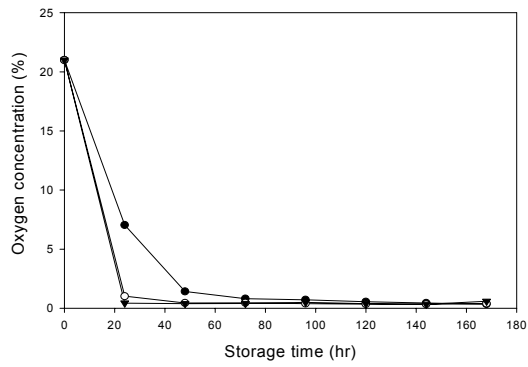


(C)

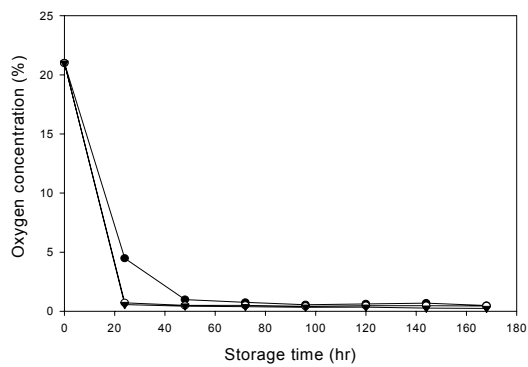
Fig. 42. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding peaches with time in $30\mu\text{m}$ of PP package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)



(A)



(B)



(C)

Fig. 43. Calculations of package headspace oxygen concentration surrounding peaches with time in $50\mu\text{m}$ of PP package. (A: 300g, B: 500g C: 800g)

이상의 결과를 바탕으로 주어진 저장조건에서 저장시간에 따른 포장재내 기체조성의 변화는 회귀분석을 이용하여 예측이 가능하다. 본 연구에서는 SPSS(ver 11.0)를 활용하여 저장시간에 따른 curve estimation을 행하였다. 검토 모델 중 가장 적합한 모델은 Cubic 모델이며 아래 식과 같다.

$$Y = b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3$$

여기서

b_0 = a constant

b_n = regression coefficient

t = a time value or the value of an independent variable

회귀분석 결과는 Table 25에서 30과 같다.

Table 25. Results of Regression analysis for LDPE film of mandarin oranges at 5, 10, 20°C. Passively modified atmosphere package of 300, 500, 800g with initial free volume of 2825 ml and surface area was 0.075m².

Film thick. (μm)	Temp. (°C)	Wt. (g)	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
30	5	300	.991	4	145.25	.000	24.2757	-4.0450	.6261	-.0373
		500	.984	4	80.26	.000	25.6764	-5.8834	.9982	-.0601
		800	.991	4	152.05	.000	27.8086	-8.4868	1.4874	-.0888
	10	300	.981	4	70.17	.001	26.2850	-6.7364	1.2326	-.0774
		500	.955	4	28.43	.004	27.7929	-8.9602	1.7347	-.1098
		800	.956	4	29.20	.004	30.2057	-12.077	2.1362	-.1258
	20	300	.981	4	69.10	.001	28.2257	-9.2239	1.6221	-.0986
		500	.974	4	49.50	.001	29.6600	-11.193	2.0541	-.1262
		800	.960	4	31.76	.003	34.1900	-17.202	3.3002	-.2040
50	5	300	.956	4	29.00	.004	23.6764	-3.0526	.2547	-.0143
		500	.990	4	134.48	.000	27.5457	-8.1375	1.1770	-.0669
		800	.952	4	26.38	.004	33.9671	-17.224	3.2226	-.1958
	10	300	.991	4	139.65	.000	25.9357	-6.0222	.7019	-.0333
		500	.976	4	54.94	.001	29.9029	-11.448	1.7973	-.1025
		800	.911	4	13.64	.014	36.8357	-21.451	4.1736	-.2580
	20	300	.975	4	52.41	.001	27.5664	-8.4401	1.2311	-.0662
		500	.962	4	34.06	.003	31.8600	-14.239	2.4219	-.1420
		800	.891	4	10.93	.021	40.7586	-26.902	5.4791	-.3452

Table 26. Results of Regression analysis for PP film of mandarin oranges at 5, 10, 20°C. Passively modified atmosphere package of 300, 500, 800g with initial free volume of 2825 *ml* and surface area was 0.075m².

Film thick. (μm)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Wt. (g)	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
30	5	300	.991	4	150.84	.000	24.7286	-4.5537	.6715	-.0361
		500	.977	4	55.69	.001	29.3386	-10.697	1.9419	-.1170
		800	.957	4	29.34	.003	32.3357	-14.893	2.8601	-.1778
	10	300	.995	4	265.47	.000	24.5614	-4.2449	.5700	-.0327
		500	.979	4	62.55	.001	29.9793	-11.471	2.0570	-.1259
		800	.943	4	22.09	.006	33.2357	-16.231	3.1158	-.1926
	20	300	.990	4	134.57	.000	27.1171	-7.4043	1.2099	-.0708
		500	.984	4	80.19	.000	31.2457	-12.837	2.2556	-.1340
		800	.957	4	29.93	.003	34.4743	-17.604	3.3388	-.2035
50	5	300	.997	4	467.74	.000	25.2714	-4.8911	.4222	-.0132
		500	.998	4	722.38	.000	28.9614	-9.2647	1.1967	-.0577
		800	.956	4	28.68	.004	32.1529	-13.587	2.1667	-.1191
	10	300	.992	4	156.55	.000	25.0071	-4.7141	.3562	-.0062
		500	.977	4	57.81	.001	28.9479	-10.099	1.4390	-.0741
		800	.931	4	18.11	.009	35.0586	-18.829	3.5212	-.2132
	20	300	.991	4	144.08	.000	25.5786	-5.4102	.4219	-.0080
		500	.978	4	59.04	.001	29.4550	-10.718	1.4788	-.0741
		800	.888	4	10.57	.023	40.3514	-26.427	5.3927	-.3413

Table 27. Results of Regression analysis for LDPE film of sweet persimmons at 0, 10, 20°C. Passively modified atmosphere package of 300, 500, 800g with initial free volume of 2825 *ml* and surface area was 0.075m².

Film thick. (μm)	Temp. (°C)	Wt. (g)	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
30	5	300	.972	4	45.47	.002	22.2027	-2.0243	.5986	-.0684
		500	.989	4	121.22	.000	27.9746	-7.9708	1.1801	-.0579
		800	.989	4	122.71	.000	30.3445	-11.474	1.8881	-.1104
	10	300	.923	4	15.93	.011	24.4002	-5.5113	1.0063	-.0796
		500	.966	4	37.84	.002	32.4568	-14.771	2.6331	-.1525
		800	.964	4	36.02	.002	34.0393	-16.971	3.1621	-.1936
	20	300	.911	4	13.73	.014	30.6908	-13.570	2.6622	-.1764
		500	.944	4	22.57	.006	35.5567	-19.166	3.6610	-.2205
		800	.922	4	15.80	.011	37.9601	-22.775	4.5103	-.2817
50	5	300	.811	4	5.71	.063	29.6128	-12.363	2.6166	-.1819
		500	.993	4	190.53	.000	28.4203	-9.0150	1.4062	-.0737
		800	.966	4	37.88	.002	26.5888	-6.7857	.4277	.0055
	10	300	.898	4	11.68	.019	34.9690	-19.140	3.8001	-.2402
		500	.957	4	29.50	.003	33.1107	-15.772	2.9376	-.1754
		800	.952	4	26.61	.004	31.0444	-13.006	1.9587	-.0997
	20	300	.889	4	10.71	.022	37.6653	-22.849	4.6251	-.2940
		500	.928	4	17.06	.010	37.2835	-21.689	4.3106	-.2667
		800	.919	4	15.14	.012	36.6429	-21.023	3.9542	-.2375

※ Independent: time

Table 28. Results of Regression analysis for PP film of sweet persimmons at 0, 10, 20°C. Passively modified atmosphere package of 300, 500, 800g with initial free volume of 2825 *ml* and surface area was 0.075m².

Film thick. (μm)	Temp. (°C)	Wt. (g)	Rsq	d. f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
30	5	300	.963	4	34.40	.003	19.1611	2.4424	-.8413	.0596
		500	.988	4	109.69	.000	25.7512	-5.5477	.4415	-.0040
		800	.990	4	127.56	.000	31.9154	-13.544	2.4134	-.1383
	10	300	.790	4	5.02	.076	21.3867	-1.6847	.0736	-.0031
		500	.964	4	35.46	.002	29.6598	-11.201	1.7705	-.0944
		800	.964	4	35.75	.002	34.1659	-17.015	3.1785	-.1882
	20	300	.853	4	7.75	.038	29.4684	-11.997	2.2873	-.1424
		500	.913	4	13.92	.014	35.4957	-19.589	3.7267	-.2256
		800	.921	4	15.51	.011	37.5127	-22.143	4.3521	-.2686
50	5	300	.851	4	7.62	.039	37.7268	-23.315	4.8506	-.3131
		500	.972	4	46.17	.001	26.8700	-7.2967	.8306	-.0307
		800	.966	4	37.34	.002	27.2299	-7.8485	.7121	-.0177
	10	300	.861	4	8.27	.034	39.1671	-25.151	5.2028	-.3329
		500	.942	4	21.54	.006	33.0455	-15.816	2.7491	-.1567
		800	.938	4	20.04	.007	33.4776	-16.606	2.8740	-.1651
	20	300	.866	4	8.59	.032	37.2082	-22.391	4.6267	-.2958
		500	.866	4	8.59	.032	31.9508	-15.253	2.9107	-.1771
		800	.922	4	15.85	.011	33.1514	-16.399	2.9688	-.1761

※ Independent: time

Table 29. Results of Regression analysis for LDPE film of peaches at 5, 10, 20°C. Passively modified atmosphere package of 300, 500, 800g with initial free volume of 2825 *ml* and surface area was 0.075m².

Film thick. (μm)	Temp. (°C)	Wt. (g)	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
30	5	300	.950	4	25.13	.005	38.4893	-23.013	4.4864	-.2770
		500	.895	4	11.40	.020	41.2274	-27.457	5.5662	-.3486
		800	.892	4	11.01	.021	41.1487	-27.417	5.5859	-.3518
	10	300	.946	4	23.14	.005	39.5821	-24.498	4.8252	-.2987
		500	.888	4	10.62	.022	41.0823	-27.376	5.5625	-.3496
		800	.885	4	10.29	.024	41.5826	-28.085	5.7287	-.3604
	20	300	.934	4	18.90	.008	40.0610	-25.334	5.0144	-.3106
		500	.887	4	10.50	.023	41.1163	-27.444	5.5977	-.3530
		800	.888	4	10.59	.023	41.7293	-28.242	5.7635	-.3626
50	5	300	.899	4	11.81	.019	37.9860	-21.163	4.0433	-.2499
		500	.918	4	14.94	.012	41.3017	-27.216	5.5050	-.3446
		800	.884	4	10.21	.024	41.0946	-27.441	5.5906	-.3517
	10	300	.987	4	99.04	.000	39.7643	-23.500	4.4086	-.2617
		500	.903	4	12.38	.017	41.5012	-27.721	5.6303	-.3532
		800	.881	4	9.92	.025	41.3910	-27.882	5.6996	-.3593
	20	300	.960	4	31.96	.003	40.4350	-25.273	4.9293	-.3012
		500	.892	4	11.03	.021	41.6504	-28.075	5.7182	-.3592
		800	.882	4	9.94	.025	41.7432	-28.348	5.8177	-.3674

※ Independent: time

Table 30. Results of Regression analysis for PP film of peaches at 5, 10, 20°C. Passively modified atmosphere package of 300, 500, 800g with initial free volume of 2825 *ml* and surface area was 0.075m².

Film thick. (μm)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Wt. (g)	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
30	5	300	.994	4	219.11	.000	36.0076	-17.657	2.9175	-.1580
		500	.893	4	11.08	.021	40.6896	-26.787	5.4162	-.3392
		800	.884	4	10.15	.024	41.1784	-27.559	5.6024	-.3517
	10	300	.988	4	110.36	.000	38.0264	-21.248	3.8690	-.2258
		500	.885	4	10.24	.024	40.8330	-27.091	5.4985	-.3453
		800	.881	4	9.85	.026	41.6937	-28.297	5.7894	-.3649
	20	300	.968	4	40.49	.002	39.2777	-23.571	4.4898	-.2704
		500	.883	4	10.07	.025	40.7723	-27.038	5.4787	-.3438
		800	.880	4	9.79	.026	41.6300	-28.223	5.7744	-.3641
50	5	300	.989	4	122.44	.000	39.1602	-22.069	4.0119	-.2329
		500	.901	4	12.17	.018	41.0358	-27.123	5.4930	-.3442
		800	.880	4	9.79	.026	41.3257	-27.807	5.6895	-.3588
	10	300	.983	4	79.25	.001	39.6501	-23.508	4.4393	-.2656
		500	.892	4	11.04	.021	41.3819	-27.714	5.6338	-.3536
		800	.877	4	9.49	.027	41.4574	-28.020	5.7236	-.3600
	20	300	.957	4	29.84	.003	40.5513	-25.494	5.0045	-.3071
		500	.885	4	10.26	.024	41.4769	-27.944	5.7084	-.3594
		800	.883	4	10.10	.024	41.5292	-28.045	5.7307	-.3612

※ Independent: time

4. Visual basic 프로그램 개발

본 연구를 통하여 도출된 MAP 모델을 손쉽게 적용할 수 있도록 비주얼베이직 (Visual Basic 6.0 for Windows by Microsoft)을 적용, 그림과 같은 플로우차트를 거쳐 자료를 입력하고 처리과정을 거쳐 예측값을 구하는 설계프로그램을 개발하였다.

프로그램은 필름 타입(필름종류 및 두께), 제품 종류(타겟품목인 단감, 복숭아, 감귤), 제품의 속도, 제품중량, 포장재내 부피, 저장온도, 저장기간을 입력하면 그 조건하의 예측 공기조성, 경도, 제품의 중량변화를 알 수있도록 하였다. 프로그램의 flow chart와 디자인은 Fig 44와 45와 같다.

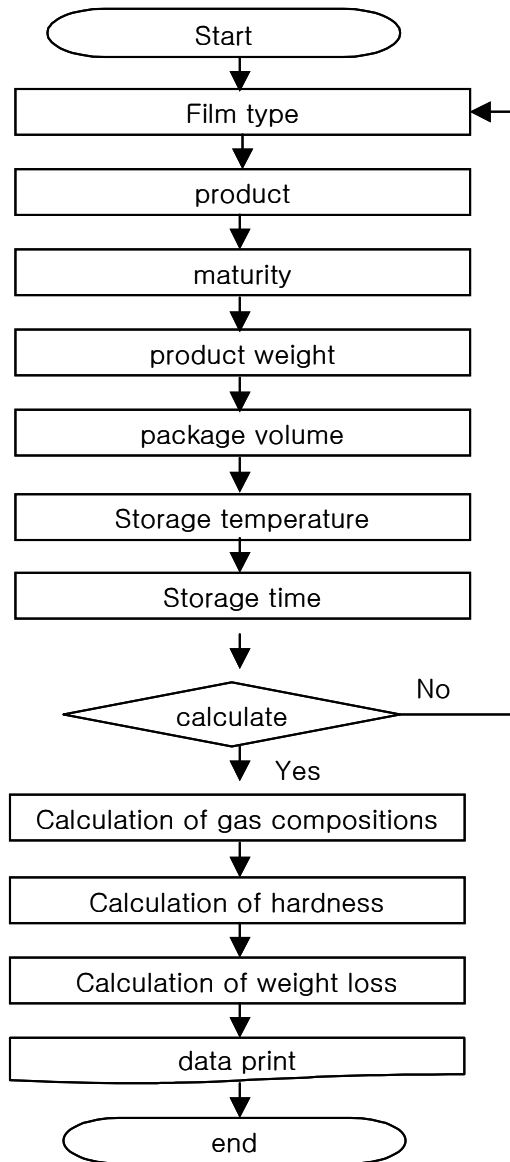


Fig. 44. Flow chart of modified atmosphere packaging modeling program.



Fig44. Visual Basic program for modified atmosphere packaging modeling.

5. 경제성 분석

MAP에 있어서 가장 중요한 관점 중의 하나가 경제성이다. 유통 등 기타비용은 일률적으로 산출하기 어려우므로 품질대비 재료비를 기준으로 표준구매가격을 설정하는 것이 좋다.

Film 제조경비는 포장재 제조시 투입되는 원재료비(필름 및 수지류)와 부재료비를 포함한 감가상각비, 전력비, 연료비, 수선비, 인건비 등의 가공비로 구성되며 원재료비 산출은 다음과 같다.

원재료비 : 인쇄용 필름의 두께, 비중 및 가격은 Table 31을 적용한다.

Table 31. Basic price of package films

구 분		비중(g/cm ³)	단가		구매가격 (원/m ²)	비 고
			(원/Kg)	(원/m ²)		
PET	30 μ	1.40	2800	117.6	166.9	무인쇄
	50 μ			196	278.1	
OPP	30 μ	0.9	2500	67.5	95.8	
	50 μ			112.5	159.6	
CPP	30 μ	0.9	2200	59.4	84.3	
	50 μ			99.0	140.5	
LDPE	30 μ	0.92	1550	42.8	60.7	
	50 μ			71.3	101.2	

원재료비 산출방법은 다음과 같다.

$$\{(\text{롤폭} \times \text{폭수} + 20) \times \text{길이} \times \text{두께} \times \text{비중}\} \times \text{단가} \times \text{Loss율}$$

여기에서 폭수는 생산량을 결정하는 Factor로서 폭수 차이는 재료비보다 가공비 단가에 미치는 영향이 크며 포장재 제조업체별 생산설비에 따라 다음과 같은 범위서 결정할 수 있다.

450mm < 폭 x 폭수 ≤ 900~1100mm

또한 Loss율은 인쇄 및 제조공정별 Loss 와 Trim Loss로 구분되며 표2와 같은 기준을 적용한다.

Table 32. 인쇄용 필름(1급지)의 Loss율 기준

Loss 구분	Loss율(%)	산출근거	Loss율 기준
인쇄 Loss	3.5	0.5% x 7도	도당 0.5%
공정 Loss	4.0	인쇄2% + T-Die 2%	공정당 2.0%
Trim Loss	2.5	20mm ÷ (400mm x 2폭)	Trim : 20mm
계	10.0		

가공비

필름포장재의 가공비는 공정별 소요되는 경비와 잉크, 용제, 접착제 등의 부재료비를 포함하는 비용으로 공정별 경비를 산출하여 적용한다.

※공정기준 = 인쇄공정 / T-Die 공정 / Slitting공정 / (제대공정)

Table 33. 원가산출 기준표

구분	항 목	산출방법						비고
1 재료비	①인쇄필름 원료비 ② PE 원료비 ③ LLD 원료비	$\{(롤폭 \times 폭수 + 20) \times 길이 \times 두께 \times 비중\} \times 단가 \times LOSS율$ $\{(롤폭 \times 폭수 + 30) \times 길이 \times 두께 \times 비중\} \times 단가 \times LOSS율$ $\{(롤폭 \times 폭수 + 30) \times 길이 \times 두께 \times 비중\} \times 단가 \times LOSS율$						1) 공정로스: 2.0% 2) 인쇄도당: 0.5% 3) 미미: 2.2-6.7%
2 가공비	① 인쇄비 I	도포량	5도 이하	6도 이상			* 1액형 잉크 OPP 인쇄시	
		전면 원베다	30원/㎡	35원/㎡				
		전면 투베다	35원/㎡	40원/㎡				
	② 인쇄비 II	도포량	5도 이하	6도 이상			* 2액형 잉크 NY. PET 인쇄시	
		전면 원베다	40원/㎡	45원/㎡				
전면 투베다		50원/㎡	55원/㎡					
③ T-Die 가공비	롤폭(m) x 길이(m) x 25원/㎡							
④ 슬리팅 비	롤길이(m) x 2.0원/m (LOSS 없음)						* 자동롤 및 POUCH 적용	
⑤ 제대비	제대폭	상방	T자	M자	M방	자립	* 단위: 원/매	
	200mm 미만	5.0	7.0	10.0	14.0	10.0		
	200mm 이상	6.0	8.0	12.0	16.0	12.0		
3 일반관리비	제조원가 (1 + 2) X 10%							
4 허용이익	제조원가 (1 + 2) X 8%							
5 표준 구매원가	재료비(1)+ 가공비(2)+ 일반관리비(3)+ 허용이익(4)							

※ 폭수 : 실제 인쇄폭수를 기준함 (참고: 인쇄필름이 2폭일 경우 최대 롤폭은 440mm 기준임)

Table 34. Cost Table 요약

구 분	산 출 내 역	비 고
1. 재 료 비	필름 및 Resin의 소요량 × 단가 × Loss율	* Loss율 적용 예 공정로스:2.0 % 인쇄로스:0.5 %/도
2. 가 공 비	인쇄비 + Lami가공비 + Slitting비 + (제대비)	
3. 일반관리비	제조원가(1 + 2) × 10 %	* 적용 비율 구매팀에서 결정
4. 허용이익	제조원가(1 + 2) × 8 %	
5. 구매원가	1 + 2 + 3 + 4 + 5	

註 : 산출조건(감가상각비, 전력비, 수선비, 인건비, 부재료비)

6. 개발 제품

가. 항균기능성 라벨

본 고안은 식품의 보존을 위해 포장재 필름에 부착되는 항균기능성 라벨에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 항균제가 도포된 포장재 라벨이 상기 라벨과 대응되는 크기와 형태로 절단·개방된 포장재필름의 소정부위에 접착제등에 의해 부착됨으로써, 간편하고 안전한 방법으로 제품의 부패등이 방지될 수 있도록 해주는 항균성 및 투과성이 부여되어 제품의 특성에 맞는 공기조성과 항균기능을 갖도록 한 항균기능성 라벨에 관한 것이다.

일반적으로 식품포장은 식품의 선도(鮮度), 풍미, 색조를 떨어뜨리지 않고 필요기간 보존하는 것이 주요 목적이며, 식품의 품질을 노화시키는 원인으로서, 포장재 외부로부터는 산소, 수증기, 빛등이 있고 이들은 포장재료를 통과하여 식품의 품질에 영향을 주게 된다. 또, 포장재 내부 요인으로는 식품으로부터의 수분의 휘발, 식품성분의 포장재에의 흡착, 식품으로부터 과잉수분이 배어나오는 것 및 미생물의 생육을 들 수 있고, 이들 요인에 의해 식품의 필요기간의 보존이 방해받게 되는 것이다.

식품 중에서 수분활성이 높은 신선식품(육류, 어패류등)과 조리식품은 미생물의 영향을 받기 쉬워, 보존, 유통에 있어서 항균성 포장재질의 사용이 필요하고, 또 최근 식생활이 건강지향으로 흐르며 양보다 질을 추구하는 시대이므로 선도의 유지가 가능한 항균성 포장재가 요구되고 있는 실정이다

상기한 바와 같은 필요성에 따라, 항균성 포장재, 비흡착 포장재등이 개발되고 있으나, 이들 포장재는 제조단가가 높은 문제점이 있고, 기존의 각종 과일, 야채, 생육 등 농·수산물등의 식품을 필름으로 밀봉하여 포장할 경우에, 식품의 장기간 보존을 위하여 항균제, 탈산소제, 탈이산화탄소제등이 소형봉지 형태로 제품에 삽입되는데, 상기와 같은 방법으로 탈산소제, 탈이산화탄소제등이 제품내에 삽입될 경우, 화학성분이 비록 봉지내에 싸여 있기는 하나, 식품과 직접 섞이어 접하게 되면서 식품으로의 이행이 우려되므로 소비자들의 안전성이 저해되거나 혹은 식품위생에 좋지 않은 영향을 끼치게 되는 문제점이 있었다.

본 고안은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 고안의 목적은 항균제, 탈산소제, 탈이산화탄소제의 성분등이 도포된 포장재 라벨이 상기 라벨과 대응되는 크기와 형태로 절단·개방된 포장재 필름의 소정부위에 접착제에 의해 부착됨으로써, 간편하고 저렴할 뿐만 아니라, 안전한 방법으로 제품의 부패를 방지하여 오랜기간 신선도를 유지·보존할 수 있는 항균성 및 투과성이 부여됨에 따라, 제품의 특성에 맞는 공기조성과 항균기능을 갖도록 한 항균기능성 라벨을 제공하는 데 있다.

상술한 목적을 달성하기 위한 본 고안의 특징을 첨부된 도면을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 고안에 따른 항균기능성 라벨의 평면도이고, 도 2는 도 1에 도시된 항균기능성 라벨의 A-A선 단면도이며, 도 3은 본 고안에 따른 항균기능성 라벨이 포장재 필름에 부착되는 상태를 나타낸 도면이고, 도 4는 본 고안의 사용상태도이다.

상기 도면에 도시된 바와 같이, 본 고안에 의한 항균기능성 라벨(1)은 소정부위에 항균제(2) 또는 탈산소제, 탈이산화탄소제(미도시)등의 성분이 도포되고 테두리에 포장재 필름(11)과 부착되기 위한 접착제(3)가 첨가된 포장재 라벨(1)로서, 상기 라벨(1)과 대응되는 크기와 형태로 절단·개방된 포장재 필름(11)의 소정부위에 상기 항균제(2)등의 성분이 포장재 필름(11) 내부로 가도록 하여 접착제(3)에 의해 라벨이 부착되는 구성이다.

본 고안에 따른 항균기능성 라벨(1)에는 항균성 재료로서 식품첨가물로서 인가되어 충분히 안전성이 확인된 금속이온, 제오라이트등의 무기항균제가 도포 첨가되며, 상기 항균성 제오라이트는 천연 또는 합성제오라이트에 항균성을 가지는 은, 동, 아연 등의 금속이온이 부가된 화합물인데, 항균성제오라이트의 항균작용은 미생물의 세포막 단백질 등에 금속이온이 흡착되어 대사저해를 일으키는 것이다.

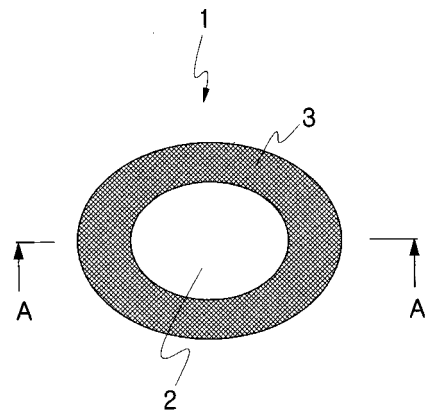
상기 항균성 제오라이트는 인체에 대한 안전성이 중요한데, 제오라이트는 식품첨

가물로 사용되고 있고, 또 가축용 사료의 첨가물로도 사용되고 있으므로 제오라이트의 인체에 대한 안전성은 이미 무해한 것으로 판명되어 있다.

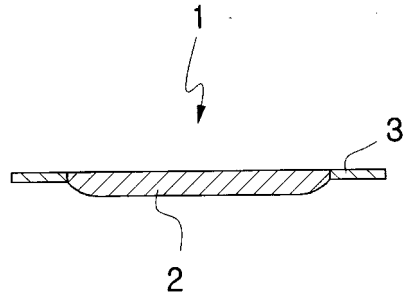
또한 본 고안에 따른 항균기능성 라벨(1)의 또다른 특징은 외부로 노출되는 라벨(1)의 배면에 상품에 관한 정보 혹은 상품명칭(미도시)등이 인쇄되므로 마케팅상의 이익을 볼 수 있는 장점이 있는 것이다.

고안의 효과로서는 항균제, 탈산소제, 탈이산화탄소제의 성분등이 첨가된 포장재 라벨이 포장재 필름의 절단·개방된 소정부위에 접착제등에 의해 부착됨으로써, 간편하고 비용이 저렴할 뿐만 아니라, 안전한 방법으로 제품의 부패를 방지하여 오랜 기간 신선도를 유지·보존할 수 있는 항균성 및 투과성이 부여됨에 따라, 제품의 특성에 맞는 공기조성과 항균기능을 갖도록 하는 포장재를 제공하게 되는 효과가 있다.

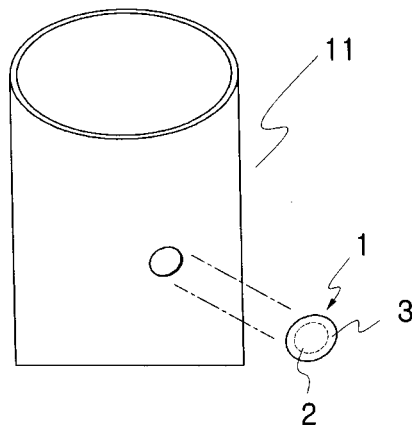
【개요도】 항균라벨의 형태 및 접착부위



【도 2】 향균라벨의 구성



【도 3】 향균 라벨의 적용 방법



적용사례



나. 필름을 이용한 완충포장방법

이 발명은 열접착이 가능한 플라스틱 필름을 가공하여 공산품이나 농림수산물을 수송환경상 있을 수 있는 충격이나 압력 등으로부터 보호하기 위한 포장방법에 관한 것이다. 이를 위하여 본 발명은 플라스틱 필름의 좌우 측면과 중앙면을 적절한 크기로 접착하고 이를 다시 제품에 맞는 크기로 접어 접착가공하였다. 이때 포함된 공기가 자연스럽게 에어쿠션(air cushion)역할을 하게 된다. 제품은 접착가공한 면 중 1면에 밀어넣어 상하좌우가 모두 충격으로부터 보호되도록 하였다. 제품의 크기에 따라 좌우 측면과 중앙면의 접착면적이 달라질 수 있으며 또한 중앙면의 접착 수를 늘릴 수 있다.

이 발명은 비교적 간단한 방법으로 제품의 형태에 관계없이 저렴한 가격으로 안전하게 포장할 수 있으며 내부 제품을 쉽게 확인할 수 있고 폐기시 쓰레기의 부피도 크게 줄일 수 있다.

이러한 포장재 및 포장방법 중에서 본 발명은 공산품, 농림수산물 등을 포장하는 것으로서, 종래에는 종이 박스에 얇은 포장지등으로 한번 싸거나 그냥 담았으며, 혹은 스티로폼, 엠보싱비닐등이 종이박스안에 형성됨으로써 완충역할을 할 수 있도록 되어 있었다.

그러나, 종래의 이러한 포장방법은 제품의 수송 및 보관, 취급과정에서 외력에 의해 제품이 손상될 우려가 있고, 부피가 커지거나 포장방법이 복잡해 포장시간이 길어지는 문제점이 있었다.

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 투명 혹은 반투명한 플라스틱 필름을 이용해 완충부가 형성·구비되어진 포장재로 제품을 포장함으로써, 외부의 충격으로부터 제품을 보호해 상품가치를 높이고, 아울러 손쉬운 방법으로 제품의 형태와 크기에 구애받지 않고 저렴한 가격으로 안전하게 포장되는 동시에, 내부제품의 상태를 확인할 수 있는 포장재 및 이를 이용한 포장방법을 제공함에 있다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 플라스틱 필름의 재질로 이루어지고, 열접착으로 형성된 완충부가 구비되는 포장재가 형성되고, 상기 포장재의 양 단부가 가운데 방향으로 말리어 열접착됨으로써 완충부가 형성되고, 상기포장재의 중앙부에는 포장재의 하면이 위로 올려 말아져 열접착되므로 다수개의 완충부가 형성되며, 상기 포장재는 제품의 크기에 맞도록 하여 중앙을 반으로 접은 후 양 단부가 접착수

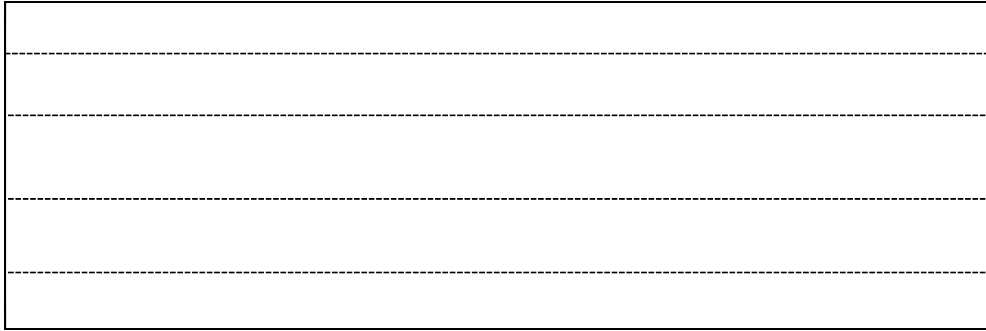
단에 의해 봉지형태로 접착되는 것을 특징으로 하는 필름을 이용한 완충포장재이다. 또한, 본 발명의 포장방법은 플라스틱 필름을 이용해 다수개의 완충부로 구성된 포장재를 제조하는 포장재 제조공정과, 상기에서 제조된 포장재의 양단부에 위치한 완충부 상단에 각 접착제를 도포하는 접착제 도포공정과, 제품을 포장재의 상면 일측에 놓아 두고 제품의 크기에 맞게끔 상기 포장재를 반으로 접으면 양 단부가 각각 분당접착되도록 하는 제품삽입공정과, 제품이 삽입된 포장재의 입구를 열접착으로 밀봉하는 포장공정으로 이루어지는 필름을 이용한 완충포장방법이다.

상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 의한 필름을 이용한 완충포장재 및 이를 이용한 완충포장방법은 플라스틱 필름으로 형성된 완충부가 구비된 포장재를 사용하여 제품을 포장함으로써, 외부의 충격으로부터 제품을 보호할 수 있는 잇점이 있고, 제품의 형태, 크기에 구애받지 않고 저렴한 가격으로 안전하게 포장할 수 있으며, 내부제품의 상태를 쉽게 확인할 수 있는 장점이 있다.

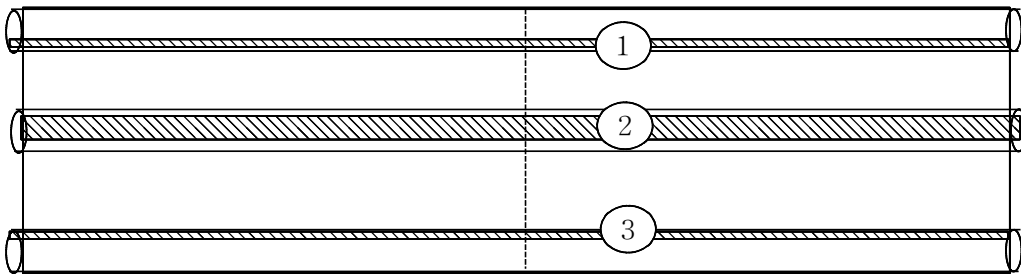
또한, 본 발명에 의한 필름을 이용한 완충포장재 및 이를 이용한 완충포장방법은 폐기시 쓰레기의 부피를 줄일 수 있는 큰 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

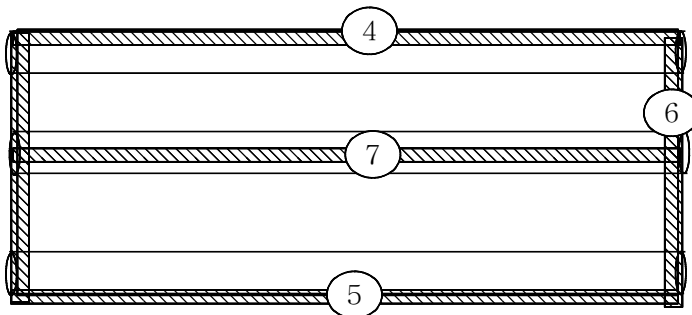
1. 필름(단층) 상태



2. 1, 2, 3 부분을 접합

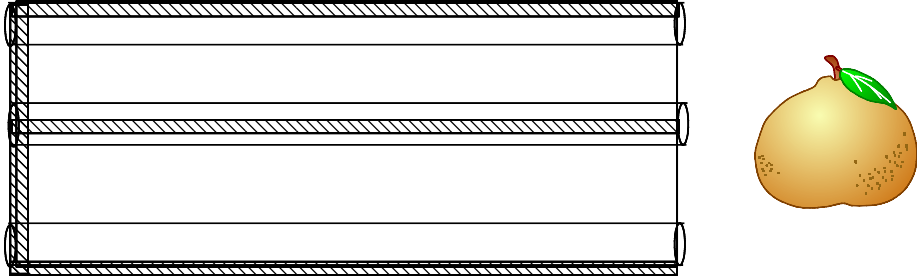


3. 반으로 접어 4, 5, 6부분을 접합하여 완성

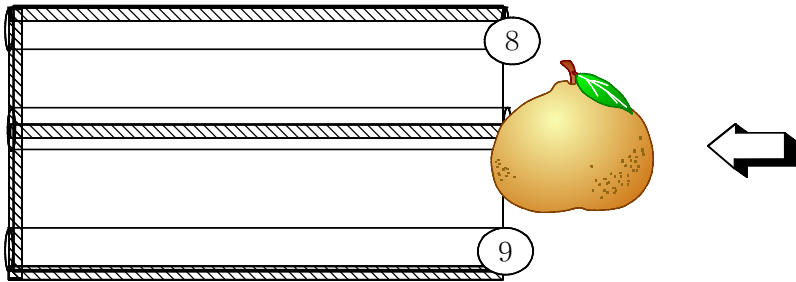


이 경우 4, 5, 7이 튜브형인 형태가 된다.

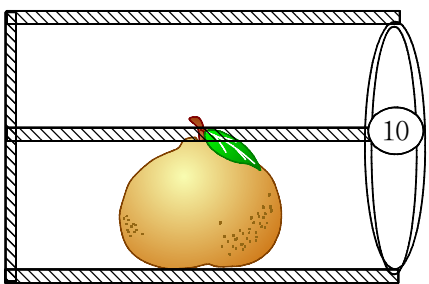
4. 제품 삽입



8, 9 부분이 말려 들어간다



5. 제품 삽입 후 10 부분 밀봉하여 완성



제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

○ 연구계획대비 진도의 일치 정도

온도, 필름투과 등 포장조건에 따른 3가지 제품의 호흡특성을 dynamic system에 의하여 실측하였고 이것을 애초에 목적하였던 수학적 모델링을 통하여 MAP 디자인에 적용할 수 있도록 하였다. 이와 동시에 MAP에 적용가능한 특허와 실용신안을 각각 1건씩 출원, 산업화가 가능하도록 하여 연구대비 진도와 일치했다고 판단된다.

○ MAP 모델링의 적합성

개발된 MAP 모델링은 적용품목에 대해 실측치와의 검증을 통해 거의 일치하는 것으로 판단되며 또한 검증된 모델은 Visual basic 프로그램을 통하여 쉽게 적용할 수 있도록 하였다.

○ 품목별 기초 연구의 적절성

연구대상 제품에 대하여 2년간 포장 및 저장실험의 반복을 통해 MAP 모델링의 기초자료가 되는 data를 수집하였다. 과채류의 특성상 품목별로 무수한 반복실험을 통해 가장 적합한 data를 유추하였으며 이에 대한 결과로 예측치에 매우 접근하는 결과를 얻을 수 있었다.

뿐만 아니라 포장재에 대해서도 물리적 강도나 투과성에 대해 많은 연구를 수행하여 결과적으로 성공적인 MAP 모델링 작업을 수행할 수 있었다.

○ 개발 포장재의 적절성

지금까지 국내에서 MAP 용도로 개발된 포장재는 매우 다양하나 실제로 성공적으로 적용되고 있는 사례는 많지 않다. 이것은 적용포장재에 기능성을 부가하는 것 자체가 제품 원가에 부담을 주고 또한 생산과정에 있어 그 결과에 대한 신뢰성이 높지 않았기 때문이다. 이에 따라 본 연구는 필름전체에 대한 개질보다는 개발된 MAP 모델을 토대로 필름 투과에 최소의 variation을 줄 수 있는 라벨형태의 포장시

시스템을 적용함으로써 신뢰성과 경제성을 동시에 만족시킬 수 있었다. 앞으로 이러한 형태의 MAP 시스템이 많이 개발될 것으로 예상되며 또 다양한 부가기능을 추가할 것으로 보인다.

한편 충격에 의한 손상을 방지하기 위한 필름에 의한 완충장치는 복숭아 등 충격에 민감한 제품을 위해 개발한 것이다. MAP 시스템이 외부온도는 물론 제품의 손상에 의한 품온 발생, 호흡의 급증 등에 의해서도 좌우될 수 있으므로 상기 라벨 부착 포장재와 같이 적용할 경우 효과를 배가시킬 수 있다.

○ 개발기술의 현장적용 효과의 정도

본 연구를 통하여 기술적으로는 저장성 향상을 통하여 부가가치를 높일 수 있는 고부가가치 신선과실류(감귤, 복숭아, 단감)의 유통기한(shelf-life)을 연장시켜 수출 활로를 개척하고, 나아가서 장거리국가에 대한 수출가능성을 높였다. 또 MAP용 포장재에 대한 실험적, 이론적 설계방법을 정립하였으며 앞으로 관련 MAP 기술에 대한 실용화가 가속될 것으로 판단된다.

산업적으로는 수출용 및 고부가가치 신선과실류(감귤, 복숭아, 단감)의 상품성을 제고하고 상품손실률 저하로 국내외 경쟁력을 강화시켰다. 특히 국산 과실류에 대한 MAP 기술 실용화 시도를 통하여 막연히 수입에 의존하던 MA 포장재의 국산화를 촉진시킴으로 포장재 수입대체효과를 가져왔다고 판단된다.

본 연구의 결과물은 참여기업인 바이오시스텍(주)에서 본 연구결과를 국산 신선농산물의 장기유통과 저장, 수출 등에 적극 활용할 것이며 특히 모델링에 근거한 기능성 필름개발이 용이하게 되어 국내시장은 물론 해외시장에까지 진출이 가능할 것으로 전망된다.

개발된 연구내용은 이미 각 학회에 학술발표하였거나 앞으로 논문으로 발표하고 개발기술에 대해서는 실용신안 1건, 특허 1건이 출원되어있다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

○ 추가연구의 필요성

연구기간 및 비용, 연구인력 등의 제약으로 인하여 3가지 품목에 대해 단시간에 연구를 완수할 수 밖에 없었다. 3가지 품목의 경우에도 필름종류 및 두께, 저장온도, 속도, 중량, 포장면적 등 다양한 요인에 대한 분석하여 결과도출이 가능했고 무엇보다도 각 품목에 대해 필요로 하는 기초적 데이터가 부족하였다. 적용된 모델링이 dynamic system 으로 closed system을 기반으로 연구되거나 개발된 모델이나 연구자료를 적용하기 어려워 대부분 해외자료에 의존할 수 밖에 없었으며 기초적 실험에도 많은 할애를 하였다. 앞으로 MAP 모델 설정에 대한 기본적인 data 축적이 절실한 실정이다.

앞으로 더욱 어려워지는 농가의 현실에 농산물의 고부가가치 실현과 수출 장려라는 목표로 보다 다양한 품목에 대한 실증적 연구가 필요하다고 판단된다. 이러한 실증적 연구에 의한 모델링이 기초가 된 후 여러 가지 응용이 가능하기 때문이다.

○ 타연구에의 응용

본 연구결과의 활용분야는 수출용 및 고부가가치 신선과실류(감귤, 복숭아, 단감)를 위한 MAP모델링에 있다. 개발된 모델링 기법은 타 과실에 직접적으로 적용되기 어렵으나 기법적인 측면에서는 타 연구에 충분히 응용할 수 있는 성과가 있었다고 판단된다. 향후 버섯, 화훼 등 다양한 제품에 응용될 수 있다.

○ 기업화 추진방안

연구개발결과는 참여기업인 (주)바이오시스템을 통하여 이미 적용중이거나 앞으로 적용할 예정이다. MAP용 포장재 및 포장기법에 대해 특허 또는 실용신안 출원하고 이를 농가 및 참여업체에 적극 보급하여 상품성 향상 및 유통기한 연장을 도모함으로써, 부가가치를 높여 농가소득 증대 기여할 수 있게 되었다.

개발완료한 품목, 특히 감귤의 경우 최근 시세하락으로 효율적 적용이 어려운 상

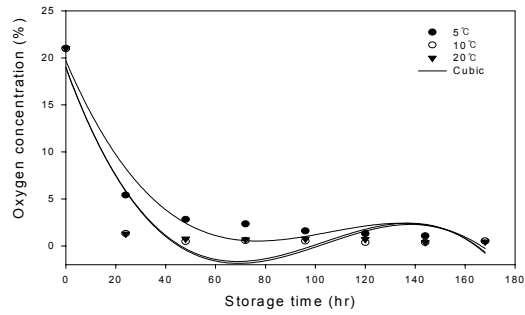
태이나 단감과 복숭아는 적용 가능하며 올해부터 복숭아에 대해 본 연구결과를 활용한 제품을 아래와 같이 적용하여 실제 납품하고 있다. 사진은 호흡률이 높은 복숭아나 망고제품의 경우 밀봉된 필름을 적용할 수 없어 트레이 제품에 적용한 것이나 단감이나 기타 호흡률이 개발된 라벨로 적용가능한 경우 얼마든지 상품화 할 수 있다. 또 매장에서는 소포장의 경우 고가의 고품질 제품이라는 인식이 높기 때문에 소비자들의 신뢰도를 높이는 것이 중요한데 이러한 라벨의 적용은 마케팅차원에서도 높은 평가를 받아 앞으로 더 많은 품목에 적용될 것으로 예상된다.



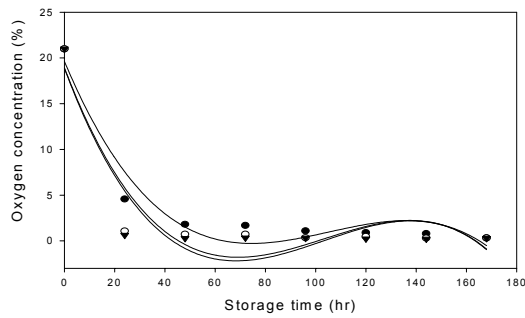
사진 1. 항균기능성 라벨 적용 사진

제 6 장 부록.

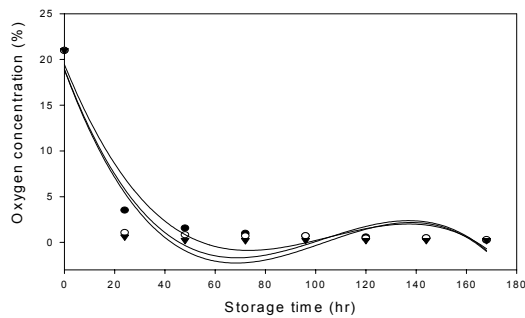
모델에 의한 예측치와 실험치를 각각의 온도에서 중량별로 비교한 것이다. 모든 데이터에 있어서 초기 부피는 2825 ml 이며 면적은 0.075m^2 이다.



(A)

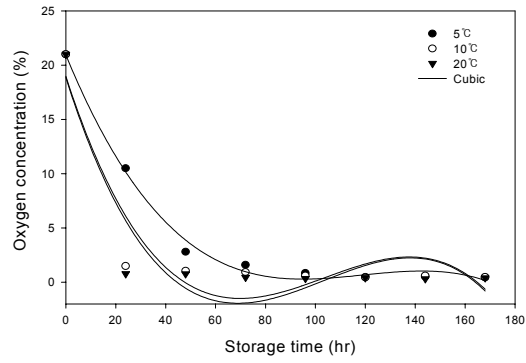


(B)

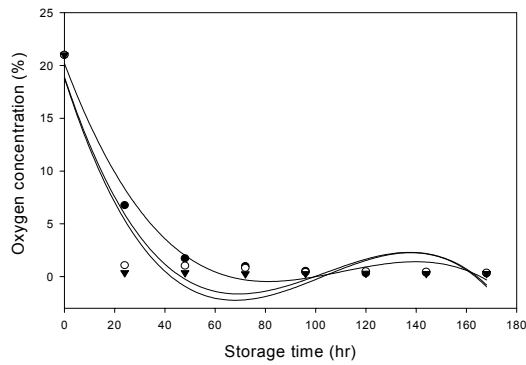


(C)

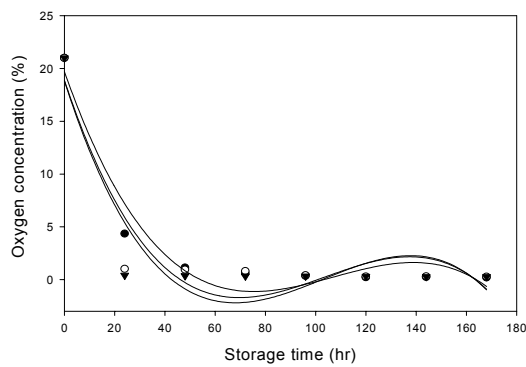
Fig 45. Predicted gas composition versus experimental data for $30\mu\text{m}$ LDPE packages of peaches at 5, 10, 20°C (A: 300g, B: 500g, C: 800g)



(A)



(B)



(C)

Fig 46. Predicted gas composition versus experimental data for 30 μ m PP packages of peaches at 5, 10, 20°C (A: 300g, B: 500g, C: 800g)

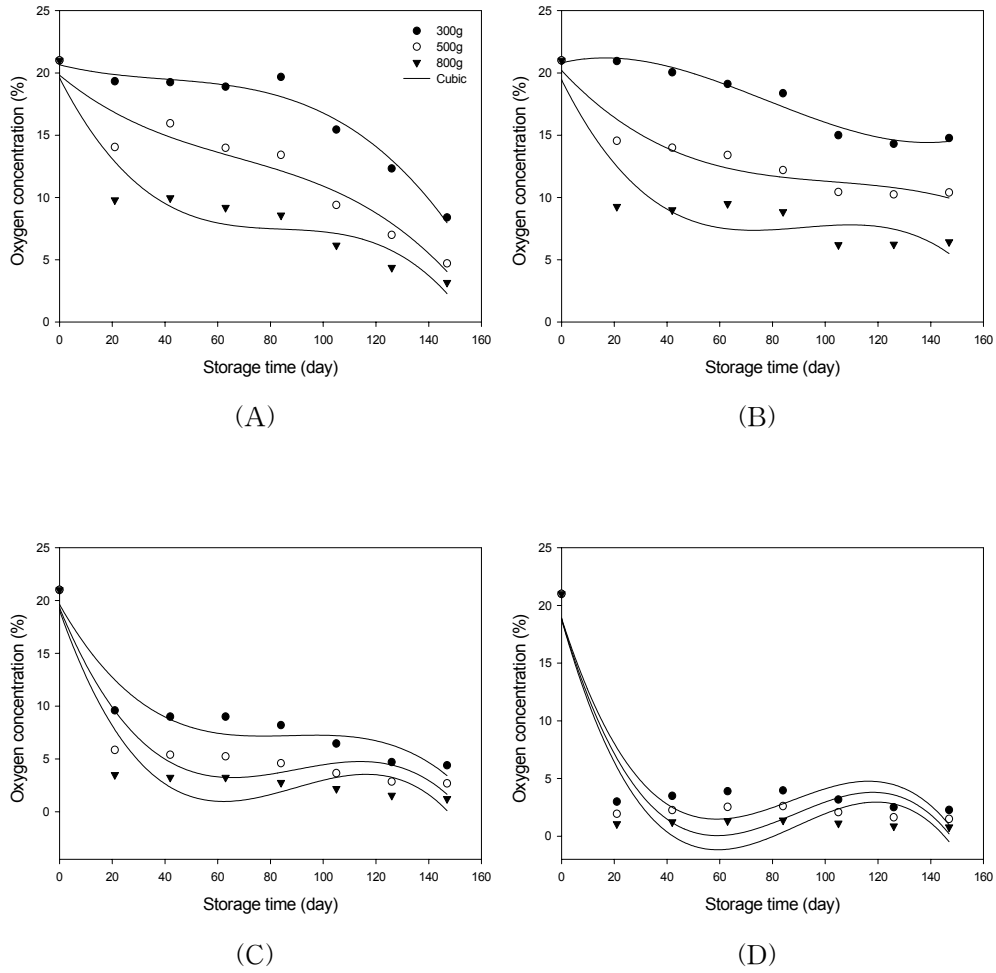
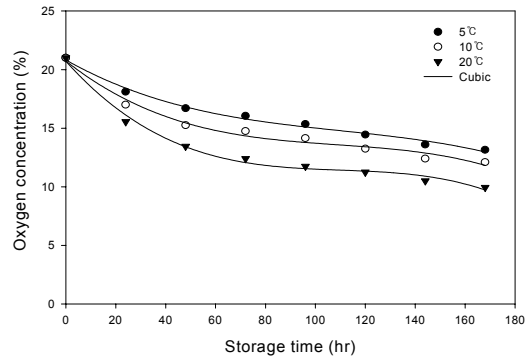
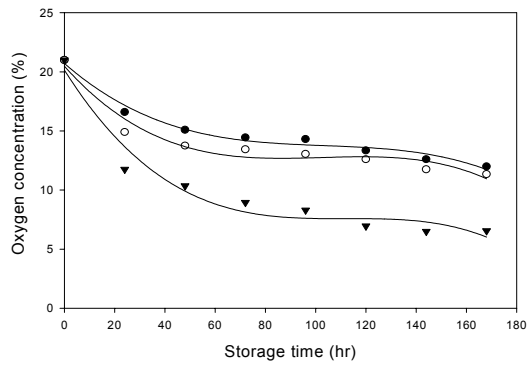


Fig 47. Predicted gas composition versus experimental data for 30 μ m PP packages of peaches at 0 $^{\circ}$ C (A: PE30 μ m, B: PP30 μ m, C: PE50 μ m, D: PP50 μ m) Passively modified atmosphere package of initial free

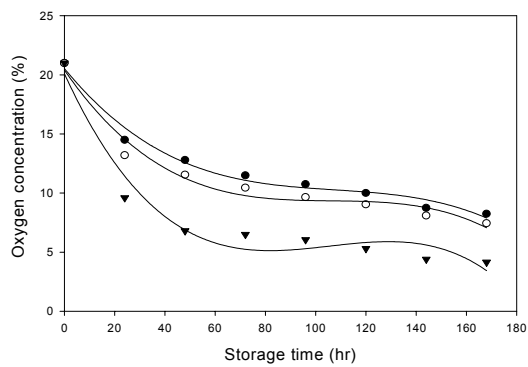
volume of 2825 ml and surface area was 0.075m 2 .



(A)

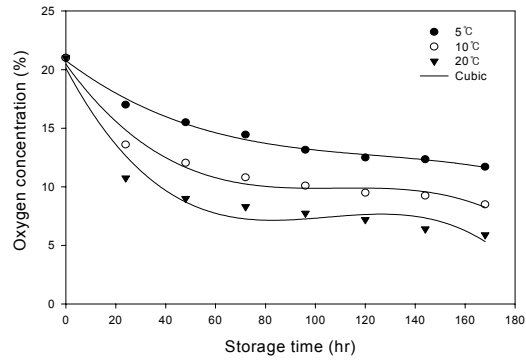


(B)

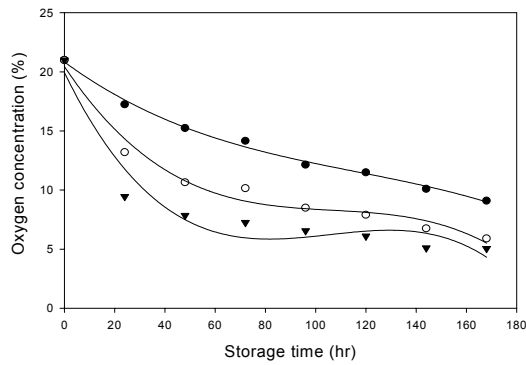


(C)

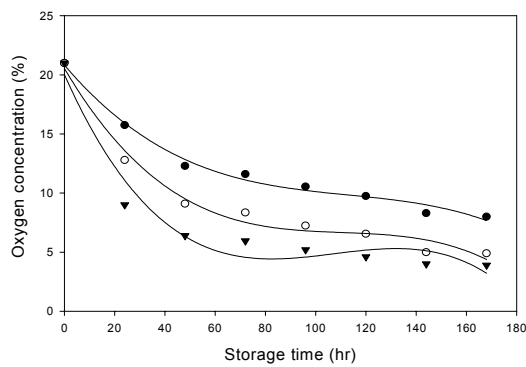
Fig 48. Predicted gas composition versus experimental data for $30\mu\text{m}$ LDPE packages of mandarin oranges at 5, 10, 20°C (A: 300g, B: 500g, C: 800g)



(A)

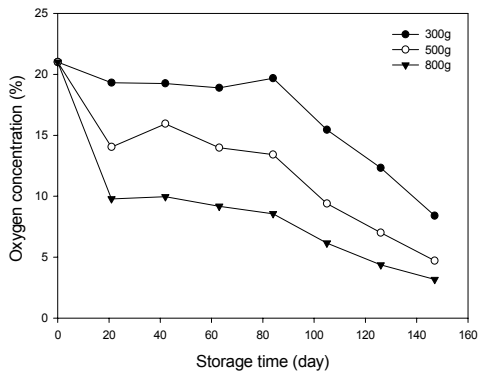


(B)

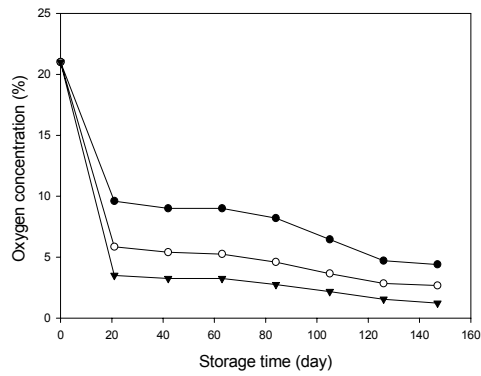


(C)

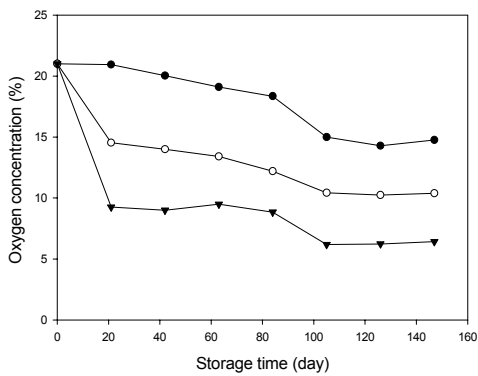
Fig 49. Predicted gas composition versus experimental data for 30 μ m PP packages of mandarin oranges at 5, 10, 20°C (A: 300g, B: 500g, C: 800g)



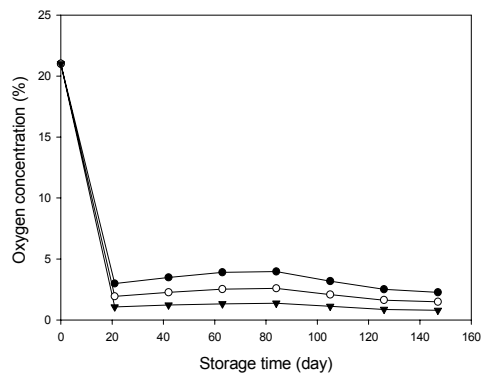
(A)



(B)

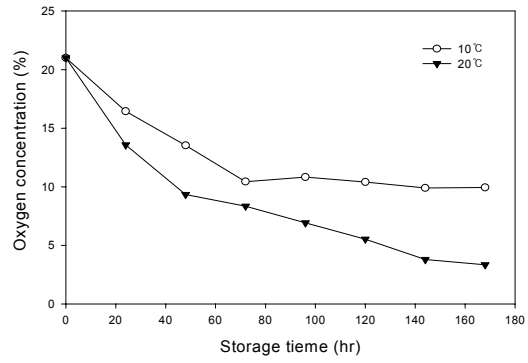


(C)

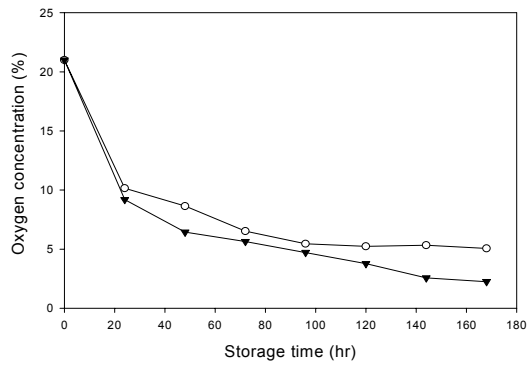


(D)

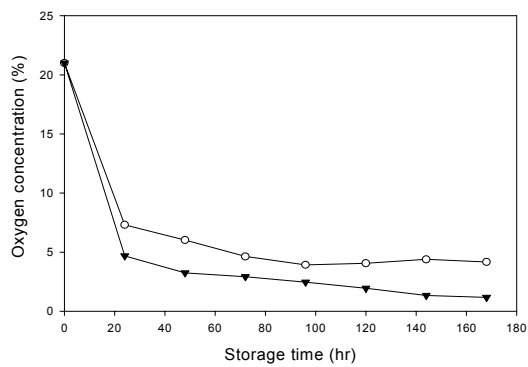
Fig 50. Predicted gas composition versus experimental data for 300g of sweet persimmons at 0°C (A: PE30µm, B: PE50µm, C: PP30µm, D: PP50µm)



(A)

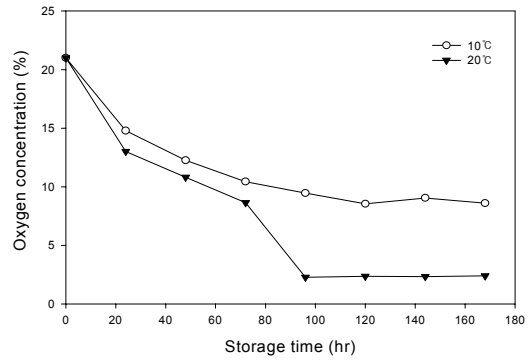


(B)

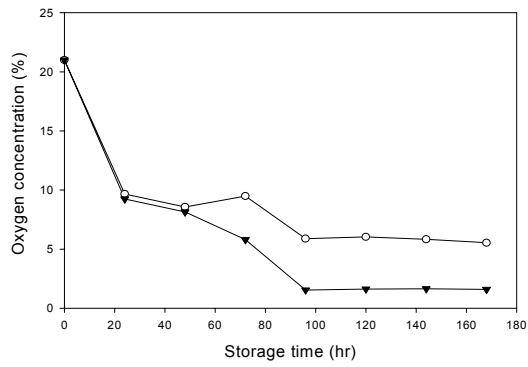


(C)

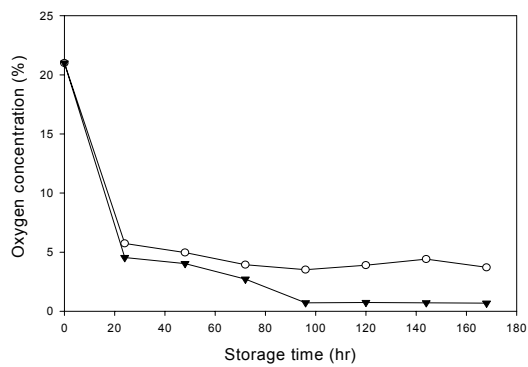
Fig 51. Predicted gas composition versus experimental data for 30 μ m PE packages of sweet persimmons at 5, 10, 20°C (A: 300g, B: 500g, C: 800g)



(A)

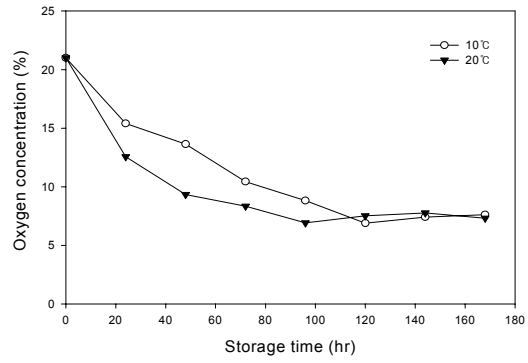


(B)

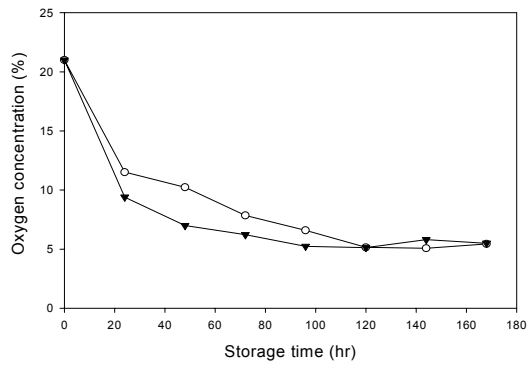


(C)

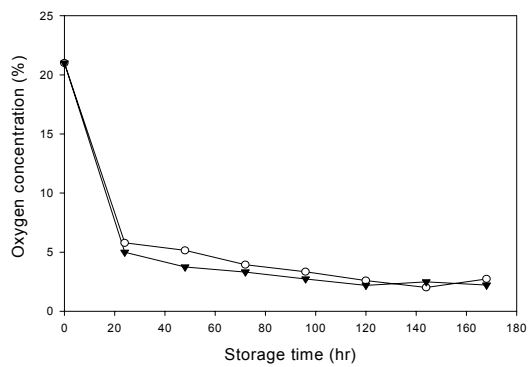
Fig 52. Predicted gas composition versus experimental data for 50 μ m PE packages of sweet persimmons at 5, 10, 20°C (A: 300g, B: 500g, C: 800g)



(A)

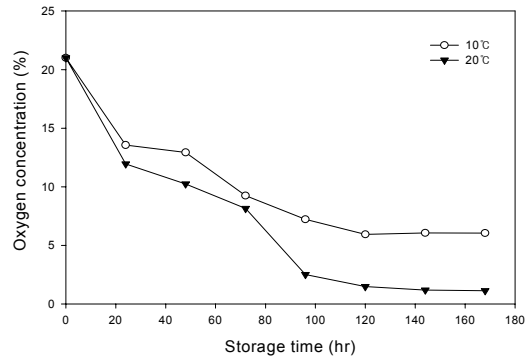


(B)

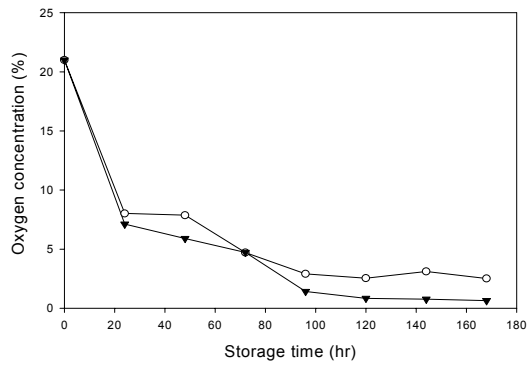


(C)

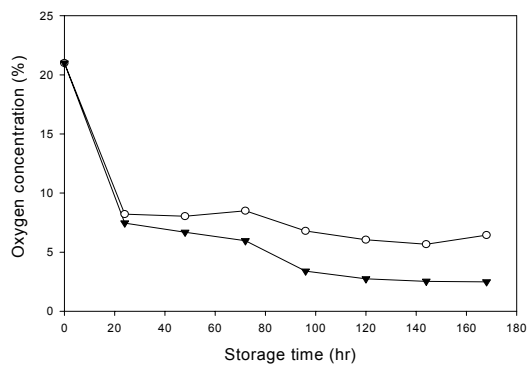
Fig 53. Predicted gas composition versus experimental data for 30 μ m PP packages of sweet persimmons at 5, 10, 20°C (A: 300g, B: 500g, C: 800g)



(A)



(B)



(C)

Fig 54. Predicted gas composition versus experimental data for 50 μ m PP packages of sweet persimmons at 5, 10, 20°C (A: 300g, B: 500g, C: 800g)

제 7 장 참고문헌

1. 최종욱(1997), 경북대학교 식품공학과, 농산물의 고품질화를 위한 한국형 CA저장 유통시스템, 식품과학과 산업 30(4), p143-144,
2. 김완배, 농수산물 수출진흥정책의 방향과 과제, 1999년 8월, 농수산물유통공사 인터넷 홈페이지
3. 농수산물유통공사(2000), 「농수산물 수출입뉴스」, 145호
4. 한국디자인포장센터(1998) 해외농수산물유통 및 포장실태조사보고서.
5. 농수산물유통공사(2000) 농수산물수출입뉴스, 147호.
6. Kamolratanakul A.(1990) Development of Fresh Fruit and Vegetable Packaging for Export, Paper presented at Propak Asia 90 and Seafood Tech Thailand 90 held 27-29 Sept. at Bangkok, Thailand, p10.
7. Lakakul, R., Beaudry, R.M., Hernandez, R. J.(1999) Modeling Respiration of Apple Slices in Modified Atmosphere Packaging, J. of Food Sci. 64(1), 105-110
8. Cameron, A. C., Beaudry, R. M., Baqnks, N. H., and Yelanich, M. V.(1994) Modified atmosphere packaging of blueberry fruit: modeling respiration and package oxygen partial pressures as a function of temperature, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(3), 534-539
9. Katoh K.(1989) Current and Future Desiging of Vegetable and Fruit Containers, JPI J. 27(9), 42-50
10. Kolbach W G(1993) Fruit and Vegetable Packaging, Neue Verpack. 46(6), 70, 72, 74
11. MAPrtin E.(1995) Packaging at the Crossroads, Emballage Dig. 396, 54-57
12. FEFCO presents Fruit and Vegetable Packaging, Allg. Pap.-Rundsch.(1998) 109(44), 1236, 1238
13. The Application of Micro-perforated films for Fruit and Vegetable Packaging, Geeson J.(1998) Paper presented by, Schotland Business Research Inc., 'Fourth International Conference on Controlled Modified Atmosphere Vacuum Packaging, CAP 88', held, New York, USA, 127-146

14. Singh R P(1990) Micromodel Optimization of Modified Atmosphere Vegetable/Fruit Packaging, Paper presented at '5th International Conference on controlled, modified atmosphere, vacuum packaging - CAP 90' held 17-19 San Jose, CA, USA, 61-73
15. Scolaro M; Piergiovanni L; Fava P.(1992) Plastic Films with Zeolites added for Preserving Fruit and Vegetables, *Rass. dell'imballaggio* 13(3), 4-6
16. Wang Y; Eastal A J; Dong Chen X.(1998) Ethylene and Oxygen Permeability through Polyethylene Packaging Films, *Packag. Technol. Sci.* 11(4), 169-178
17. 하영선 (2000) 농산물 유통 및 포장의 현황과 발전방향. 대구대 RRC/한국식품과학회 영남지부 학술심포지움, 54-61
18. 한대석, 안병학, 신현경.(1992) 환경가스조절 저장방법을 이용한 느타리버섯과 표고버섯의 유통기간 연장, *한국식품과학회*, 24(4), 376-384
19. 김종국, 문광덕, 손태화.(1993) Polyethylene Film 두께에 따른 딸기의 MAP(Modified Atmosphere) 저장효과, 22(1), 78-84
20. 정기태, 이공준, 유정, 나종성, 주인옥.(1995) 포장방법이 토마토의 저장성에 미치는 영향, *한국농산물저장유통학회*, 2(1), 147-154
21. 김준한, 김종국, 문광덕, 손태화, 최중욱.(1995) 양송이 버섯의 MAP 및 CA 저장효과, *한국농산물저장유통학회*, 2(2), 225-232
22. 남상영, 김경미, 박종천, 주선중, 정재현.(1997) Polyethylene Film 포장이 포도 Sheridan의 저장력에 미치는 영향, *한국농산물저장유통학회*, 4(1), 11-15
23. 임병선, 이종석, 최선태, 김영배.(1996) 저장전처리 및 Polyethylene Film 포장이 당근의 저장력에 미치는 영향, *원예논문집*, 40(1), 83-88
24. 이승구.(1997) 원예산물의 선도유지를 위한 포장방법 개발에 관한 연구, 서울대학교, 농립수산특정연구사업 최종보고서, 농림부
25. 은종방, 김종대, 박찬영, 최용수.(1995) 은처리 세라믹과 키틴을 첨가한 LDPE 필름을 이용한 딸기의 저장, *한국농산물저장유통학회*, 4(3), 251-258
26. 정순경, 조성환, 이동선.(1998) 항균성 플라스틱 필름을 이용한 딸기의 환경기체 조절포장, *한국식품과학회*, 30(5), 1140-1145
27. 박형우.(1999) 기능성 MAP포장재의 수출농산물의 활용방안, 최근의 식품포장재 및 포장기법, *한국식품과학회 식품포장분과위원회, 한국포장학회 세미나.*