

색인식 자동선별 및 추숙제어 System의 개발

Development of Automatic System for Grading Fruit Ripeness and Aging

- 색인식에 의한 청과물의 자동선별 System의 개발
Development of Fruit Ripeness Grading System Using the Color Sensor
- Fuzzy 이론을 이용한 청과물의 저온저장 및 추숙제어 System의 개발
Development of Automatic System for Cold Storage and Aging

연 구 기 관

여 수 수 산 대 학 교

농 립 부

631.36
L293A

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “색인식 자동선별 및 추속제어 System의 개발”의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 12. 27.

주관연구기관명 : 여수수산대학교

총괄연구책임자 : 김 민 용

연 구 원 : 조 기 량

연 구 원 : 박 기 원

연 구 원 : 신 영 우

연 구 원 : 최 명 락

연 구 원 : 이 승 엽

연 구 원 : 안 창 범

요 약



I. 제목

색인식 자동선별 및 추속제어 System의 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

- 1) 청과물의 유통과정 중 속도별로 선별되지 않은 상태로 저온저장하는 경우, 숙성된 청과물의 영향으로 저온저장실 내의 청과물의 빠른 추속을 야기시키므로, 저온저장의 전단계에서의 속도별 선별 및 속도별 저온저장 기술은 과숙의 방지, 적절한 출하시기의 결정에 매우 중요하다. 청과물의 표면색과 속도와의 상관관계를 수치화 하므로써 청과물의 선별의 기준이 되는 Color Chart를 제작한다. 청과물의 속도 판정 및 선별을 위한 RGB Signal Processing System 및 Program으로 구성되는 자동선별 System을 개발하였다.
- 2) 청과물의 저온저장 및 추속제어를 위하여 Fuzzy이론을 도입, 저온저장 및 추속제어 System용 Program의 개발, System을 설계, 제작하여 누적탄산가스방출량, 온도 및 조성성분과의 상관관계를 수치화하므로써 유통기간을 고려한 적절한 품질조건으로 청과물을 출하시킬 수 있는 저온저장 및 추속제어 System의 개발에 목적이 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- 1) 색인식선별 System용 Program 및 System의 개발
- 2) 색인식선별용 청과물(단감)의 성분분석
- 3) 속도별 Color Chart의 제작
- 4) 저온저장 및 추속제어 System용 Program 및 System의 개발

- 5) 저온저장 및 추속제어 실험 및 분석
- 6) 추속제어 기준Schedule의 작성(키위)

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

- 1) 청과물 색의 평가를 위한 Simulation Program을 개발 및 RGB Signal Processing Program을 내장하고, Sensor부, Sensor 구동 및 신호처리부, Computer Interface 및 A/D 변환회로로 구성되는 색인식선별 System을 개발하였다. RGB Sensor로부터 Signal Processing System에 의하여 RGB값이 PC Monitor상에 출력되고 선별Program에 의하여 색인식 선별이 가능한 System이다.
- 2) 청과물의 표면색의 측정과 동시에 조성성분의 분석을 행하여 표면색과 조성성분과의 상관관계를 수치화함으로써 속도판정의 기준이 되는 Color Chart를 제작하였다.
- 3) 추속제어 System용 Program으로서 Fuzzy이론에 의한 추속제어 ① 기본 Program ② 탄산가스 농도의 측정과 누적탄산가스방출량의 산출 Program ③ 온도의 측정 및 설정 Program ④ 수위 및 환기제어를 위한 Program 및 습도제어 System, 가스분석 및 환기System으로 구성되는 추속제어 System을 설계, 개발하였다.
- 4) 실제 추속에 이용 가능한 추속온도 Schedule을 설정하여, 추속에 따른 탄산가스방출량과 추속 경과시간과의 관계를 수치화하였으며, 저장 기간에 따른 조성성분의 변화도 측정되었다. 키위의 누적탄산가스방출량과 당도 증가량과의 관계를 수치화하여 구한 회귀선을 이용함으로써 추속Schedule을 제작하였다.
- 5) 청과물의 선별 및 저온저장, 추속제어가 연속적으로 이루어질 수 있는 색인식 선별 및 추속제어 System이 개발되므로써 유용하게 활용되리라 생각된다.

S U M M A R Y

(영문 요약문)

Fruits must be of high quality when harvested to assure quality during storage and shelf life. Quality is often associated with the fruit appearance, firmness, texture, color. Overripe fruit may become insipid, off-flavors, possess short transit, storage, and shelf life.

Successful long storage and high quality of fruits requires : select at the proper maturity and prompt storage after harvest. The rate of respiration of overripe fruit is cause to accelerating ripennss of immature fruit.

A fruit ripeness grading system was designed and constructed using the color sensor, it's performance was evaluated. The ripeness grading system is composed of color sensor, A/D converter, sample & hold, buffer, amplifier. Analysis of persimmon was carried and RGB values of perisimmon by fruit ripeness grading system were measured and color chart was prepared.

Also, postharvest automatic system was designed and constructed. Cold storage at 0°C was carried and contents of Kiwi were analyzed. Concentrations of CO₂ by respiration were measured at 5°C, 10°C, 15°C and postharvest schedule was made.

CONTENTS

(영문목차)

Chapter 1	Introduction	7
Verse 1	Purpose and extent of research	7
Chapter 2	Development of fruit ripeness grading system using the color sensor	9
Verse 1	Introduction	9
Verse 2	Experimental procedure and method	13
Verse 3	Results and discussion	17
1.	Development of fruit ripeness grading 시스템	17
2.	Performance evaluation on fruit ripeness grading system	24
3.	Measurement of RGB and analysis of persimmon content before harvest	24
4.	Measurement of RGB and manufacture of color chart	27
Chapter 3	Development of automatic system for cold storage and aging	49
Verse 1	Introduction	49
Verse 2	Experimental procedure and method	52
Verse 3	Results and discussion	58
1.	Design of automatic system with Fuzzy theory for cold storage and postharvest	58
2.	Manufacture and control of automatic system with Fuzzy theory for cold storage and aging	59
3.	Experiments on cold storage and postharvest of Kiwi fruit	62

목 차

제 1 장 서 론	7
제 1절 연구개발의 목적 및 범위	7
1. 연구개발의 목적 및 필요성	7
2. 연구개발의 범위 및 내용	8
제 2 장 색인식에 의한 청과물의 자동선별 시스템의 개발	9
제 1절 서 설	9
제 2절 연구내용 및 방법	13
제 3절 연구결과	17
1. 색인식 선별 시스템의 개발 및 제작	17
2. 색인식 선별 시스템의 성능 검토	24
3. 수확전 시기별 단감의 성분 및 색변화	24
4. 수확후 단감의 RGB측정 및 Color Chart의 제작	27
제 3 장 Fuzzy이론을 이용한 청과물의 저온저장 및 추속제어 시스템의 개발	49
제 1절 서 설	49
제 2절 연구내용 및 방법	52
제 3절 연구결과	58
1. 저온저장 및 추속제어 시스템의 설계	58
2. 저온저장 및 추속제어 시스템의 제작 및 제어방법	59
3. 저온저장 및 추속제어 실험	62

제 1장 서 론

제 1절 연구개발의 목적 및 범위

1. 연구개발의 목적 및 필요성

대부분의 청과물은 수확 후에도 추숙이 진행되어, 성분, 향기, Texture의 변화가 생기며, 색이 변화하는 청과물도 다수를 차지하고 있다. 소비자는 기호에 맞는 추숙이 적당히 진행된 청과물을 요구하게 되나 과도하게 추숙된 청과물은 육질의 연화, 착색, 감미의 증가로 품질을 저하시켜 상품가치를 하락시키게 된다. 또한 수확시의 속도에 따라 저장기간을 단축시켜 상품으로서의 가치 유지기간을 단축시키게 된다. 그러므로 적절한 속도의 청과물을 수확하여 과학적인 방법에 의하여 추숙시키는 것이 중요하다.

현재 국내의 청과물의 저온저장시설에서는 속도별 선별, 속도별 저온저장 및 추숙을 행하는 곳은 소수에 불과하므로 저온저장 시설로부터의 출하시에는 개체별 속도의 차이로 품질이 균일하지 못한 경우가 많다. 그러므로 청과물의 속도를 정확하게 파악하여, 적절한 수확시기를 선정하고, 추숙의 전 단계에서 속도별 선별이 이루어지면, 연속적으로 속도별 청과물의 저온저장 및 추숙이 가능하게 된다.

이러한 연속적인 시스템이 확립된다면 저온저장시설 내에서 속도가 다른 청과물을 저온저장하는 경우 과숙의 청과물로 인한 미숙과의 급속한 추숙진행이 방지되어 균일한 품질을 갖는 청과물의 출하가 가능하며, 출하시기의 우선순위 결정이 가능하게 된다. 또한 저온저장 설비로부터 소비자의 소비시기까지의 유통기간을 고려한 속도가 적절한 청과물의 출하가 가능하게 되어 상품으로서의 가치보존이 증대 될 뿐 아니라 및 유통과정중의 과숙으로 인한 청과물의 폐기율은 훨씬 줄어들게 될 것이다.

본 연구에서는 청과물의 저온저장 및 추숙을 적절하게 함으로써 유통기간을 조절하고 상품가치를 높이기 위하여 1) 수확 후 청과물의 속도를 나

타내는 표면색의 인식에 의한 청과물 자동선별 시스템의 개발 2) Fuzzy 이론을 이용한 저온저장 및 추속제어 시스템의 개발에 연구 목적을 두었다.

2. 연구개발의 범위 및 내용

제 1연구과제에서는 컴퓨터를 이용한 과일의 색을 인식·평가하는 시스템을 구축하고, 시스템의 유용성을 검토함과 동시에 청과물의 속도에 따른 표면색과 성분특성과의 상관관계로 구성되는 Colcor Chart의 제작에 그 목적이 있다. 제 2 연구과제에서는 청과물의 저온저장 및 추속제어를 위하여 온도, 기간, 누적탄산가스방출량을 제어할 필요가 있으므로 Fuzzy이론을 도입, 저온저장 및 추속제어 시스템을 개발함을 연구 목적으로 하였다. 연구개발의 내용은 다음과 같다.

- 가. Color Sensor에 의하여 인식된 과일색과 Color Chart에 의한 기준색과의 비교를 위한 선별 시스템용 Program의 개발한다.
- 나. 과일의 색인식을 위한 Color Sensor 구동 및 신호 처리부, Computer Interface 및 A/D 변환회로로 구성되는 색인식 선별시스템을 개발한다.
- 다. 과일 선별의 기준이 되는 Color Chart를 제작한다.
- 라. Fuzzy 이론에 의한 추속제어 냉동부하를 계산하고 온도제어 시스템, 가스분석 및 습도제어 시스템, 환기제어 시스템으로 구성되는 추속제어 시스템을 개발한다.
- 마. 저온저장 중의 성분변화를 분석하고 청과물의 속도제어를 위하여 당도, 탄산가스 방출속도, 추속온도 추속기간과의 상관관계를 구하고 이를 기준으로 한 추속 Schedule을 작성하며 이를 검증한다.

제 2장 색인식에 의한 청과물의 자동선별 시스템의 개발

제 1절 서 설

1. 연구개발의 목적 및 필요성

일반적으로 청과물의 수확후 처리작업 중 가장 많은 노동력을 필요로 하는 작업은 선별작업이며 결과에 따라 높은 가격을 받을 수 있어 그 중요성이 매우 크다.

최근 전자 정보 분야에서의 기술이 발달함에 따라 화상인식 식별시스템의 개발이 촉진되면서 색인식에 의한 생산품의 관리에 관한 연구가 활발해지고 있다. 특히 농·수·축산물 및 이를 원료로 한 가공품의 제품관리에 색인식 화상정보 시스템을 이용하고자 하는 분위기가 고조되고 있다.^(1~2)

과일의 색은 일반적으로 생산된 지역, 품종, 시기 등 많은 요인에 의하여 변화되나, 색이 품질의 유효한 평가 요소로서 역할을 하고 있다는 것에 대해서는 의심할 여지가 없으며, 변질과 부패의 여러가지 형태를 구분하기 위한 지표가 된다. 소비자가 과일을 포함한 식품을 선택할 때 우선적으로 이용되는 최대의 감각은 대부분의 경우 색을 포함한 외관이다. 소비자는 각각의 식품에 대하여 그 식품 고유의 좋아하는 색의 이미지를 인식하고 있으며, 그 이미지를 기준으로 하여 구입하는 경향이 있다.

과일을 포함한 식품에 대하여 색은 전체의 품질을 평가하는 큰 영향력을 가지나 색이 물리학뿐만 아니라 생리학 및 심리학 분야에도 관계되는 현상이므로 색의 평가는 전문가의 육안에 의하여 평가되는 것이 대부분이다.

색은 인간에게 있어 시각을 통해서 여러가지 감각에 영향을 미친다. 이것은 인간의 경험에 의한 것으로 색의 중요성을 인식할 수 있다. 지금까지

Computer Graphics(CG)의 분야에서는 물체의 형상 표현을 중심으로 연구가 진행되어 왔으나, 최근에는 CG Hardware의 발달에 따라 형상뿐만 아니라 색을 포함한 물체가 갖는 독특한 Texture 표현에 관심을 가지게 되었다. 보다 효과적으로 품질이 좋은 CG를 실현하기 위해서는 이 색의 요소에 대한 배려가 필요하다. 그러나 CG에서의 색에 관한 연구보고는 아직 많지 않다.

최근의 연구로서 카메라 영상처리 (Image Processing)를 응용한 품질 판정이나 선별에 관한 연구로는 Miller, B. K and M. J. Delwiche(1989)⁽³⁾는 칼라영상처리를 이용한 영상분석 알고리즘을 개발하여 복숭아 선별기를 제작하였고, Shearer, S. A. and F. A. Payne(1990)⁽⁴⁾은 칼라 영상 처리의 RGB신호를 Hue값으로 변환하여 색 및 흠집선별 연구를 보고하였다.

흠집에 관한 연구로는 Rehkugler, G. E. and J. A. Troop(1986)⁽⁵⁾는 사과, Delwiche, Tang and Thopson(1990)⁽⁶⁾은 자두 선별을 위하여 Line Scan imaging 장치를 구성하여 분광 반사 특성을 이용, 흠집면적을 구하는 알고리즘을 개발하였다. 국내에서는 노상하 등(1990, 1991, 1992)^(7~10)은 과실의 기하학적 특성 측정, 사과의 선택판정, 흑 영상처리를 이용한 과실 선별기 개발에 관한 기초연구도 수행하였다. 김병순(1992)⁽¹¹⁾은 칼라 영상 처리를 이용하여 크기 및 색깔을 구별하는 알고리즘을 개발하여 칼라 컴퓨터 시각중 G화면에 의한 사과 크기 결정과 색깔을 식별하였다. 황인근(1993)⁽¹²⁾은 크기와 색채를 구성하는 흑색영상 처리를 이용한 다목적 과실 선별기 개발을 위한 기초연구를 수행하였다.

국내에 등록된 과일선별에 관한 특허로는 호리이 타이치(1983)⁽¹³⁾의 평면 및 측면 형상치수 측정장치와 중량장치가 부착된 과실 소채류 선별장치, 김연자(1988)⁽¹⁴⁾, 김형식 등(1992), 정양수(1995)⁽¹⁶⁾, 김봉석(1995)⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾의 크기별 과일선별 장치 등 다수 개발되어 있다.

현재 국내로 수입되고 있는 선별 시스템은 고가이므로 영세한 청과물의

재배 및 보관, 유통업자로서는 구입이 어려워 활용할 수 없는 상황이며, 또한 시스템의 사용기간도 수확시의 단기간이므로 더욱 구입에 난점을 가지고 있다. 그러므로 선별시스템의 국산화가 시급한 국내 현황에 비추어 볼 때 저렴한 선별 시스템의 개발이 시급한 상황에 있다. 국내에서 개발하고 있는 선별장치가 고가인 것은 컴퓨터시각 영상처리를 이용하였으므로 당연히 고가로 되며, 농가에서의 활동도는 현재 미진한 상태에 있으므로 연구의 지속적인 진행이 원활하지 못한 주 원인이라 할 수 있다.

자동 선별의 경우 지속적이고 일관성 있는 작업이 가능하므로 현재 국내에서 무게 또는 크기를 고려한 증량식 선별기는 개발되어 실용화되고 있으나 색을 배제하므로 신뢰성 및 객관성이 결여되고 있다. 또한 외국에서 수입되는 색채선별기는 고가이며 외국산 과일과 국내 생산 과일과의 물성차이로 적용하는 데는 어려움이 있다. 그러나 색채선별기는 제품의 질을 높일 수 있을 뿐만 아니라 저온저장 및 추숙에도 직접 영향을 미치는 유통상에서 필수 불가결한 시스템이다. 본 연구에서는 가격이 저렴하고 취급이 용이한 Color Sensor를 이용한 색인식 선별시스템을 개발함으로써 저단가의 국산화에 그 중점을 두고 연구를 진행하였다.

2. 연구자료 조사 및 연구경향

본 연구에서 수행하고자 하는 색인식 자동선별 시스템의 개발을 위한 자료조사는 KINIT, 특허청, 국회도서관, 동경대학 농학부 도서관, 일본 특허청, 일본 국회도서관, 일본 식품종합연구소 등에서 수집하였으며, 조사, 수집된 자료 중에서 최근의 것을 정리하면 다음과 같다. 또한, 국내외 관련 전문가와의 본 연구과제에 대하여 의견교환을 통하여 종합된 자료를 중심으로 연구를 수행하였다.

표 1 색인식 자동선별시스템에 관한 자료 (1996년 이전)

내 용	특 허 및 문 헌		합계
	국 내	국 외	
농산물의 선별기술	11	6	18
식품(농산물제외)의 선별기술	5	4	9
농산물의 색인식기술	6	5	11
식품이외의 색인식기술	26	22	48
관련특허 출원인 및 관련 JOURNAL	(특허) 두산기술연구조합 평화기공사 외 16인 (JOURNAL) 한국농기계학회지 식품유통연구 농경과원에 오토메이션 전자기술 한국원예학회지 대한퍼지시스템학회지 전자장비, 전기학논집 제어계측연구회학술논집 마이크로소프트웨어 대한금속학회지 신호처리학술논집 한국통신학회지 컴퓨터매거진 산업공학 물류시대	(특허) 호리어 타이저 외 18인 (JOURNAL) TEXT CHEM COLOR (USA) DISPLAYS ASHRAE 電子情報通信學會- 技術研報 電氣學會誌 省力と自動化 オートメーション 食品と開發 無人化技術 食品工學會誌 物流情報 包裝技術 食品と科學 自動化技術 物流技術情報	86

특허 및 문헌을 통하여 얻어진 자료를 분석해 보면 대부분이 식품이외의 것을 대상으로 한 색인식 자동화기술이 주류를 이루고 있으나, 색인식 선별 Program의 개발에 유용하게 활용되었다. 또한, 색인식에 의한 선별 시

시스템에 관한 특허나 문헌은 일부분이나, 이들 자료를 분석, 응용하여 청과물에 대한 Program을 개발하였다.

제 2절 연구내용 및 방법

1. 단감 시료의 선정

본 연구를 위하여 전남 구례의 단감 농장을 선정하였다 (사진 1). 본 단감농장에는 수확시기의 서리에 의한 단감의 손상 방지를 위하여 서리방제 Fan 시스템이 설치되어 있다 (사진 2).

단감의 품종으로는 일목계, 서천조생, 부유, 재래종의 4종으로 선정하였으며, 본 연구를 진행하는 동안 단감의 주산지인 전남 및 경남지역의 단감 재배업자가 수확 증대를 위하여 최근에 일부 농가에서 관심을 가지고 시험 재배를 하고 있는 환상박피 재배 방법의 유용성 검토에 대한 의뢰에 따라 연구 내용에 추가하였으며, 부유종의 환상박피한 것을 추가하여 5종으로 선정하였다. 환상박피법은 아직 각 단위 지도소에서 보급되지 않은 재배법으로서 단감나무의 밑부분의 수목 둘레에 2~3mm의 환상홈을 테두리하는 방법이다.

2. 단감의 성분 분석 및 Color Chart의 제작

5종류의 단감 수목에 수목명의 부표를 붙여 표시하고 단감의 색변화가 시작되는 8월 말경부터 일정기간별로 단감 수목의 좌·우측의 각각에 대하여 상·중·하의 위치에서 채취한 6개의 단감에 대하여 성분분석 및 색을 측정하였고, 11월 초에 단감을 수확하여 동일한 방법으로 성분분석 및 색을 측정하여 Color Chart를 제작하였다. 성분분석은 다음의 방법으로 행하였다.



사진 1 단감 재배 농장(구례)

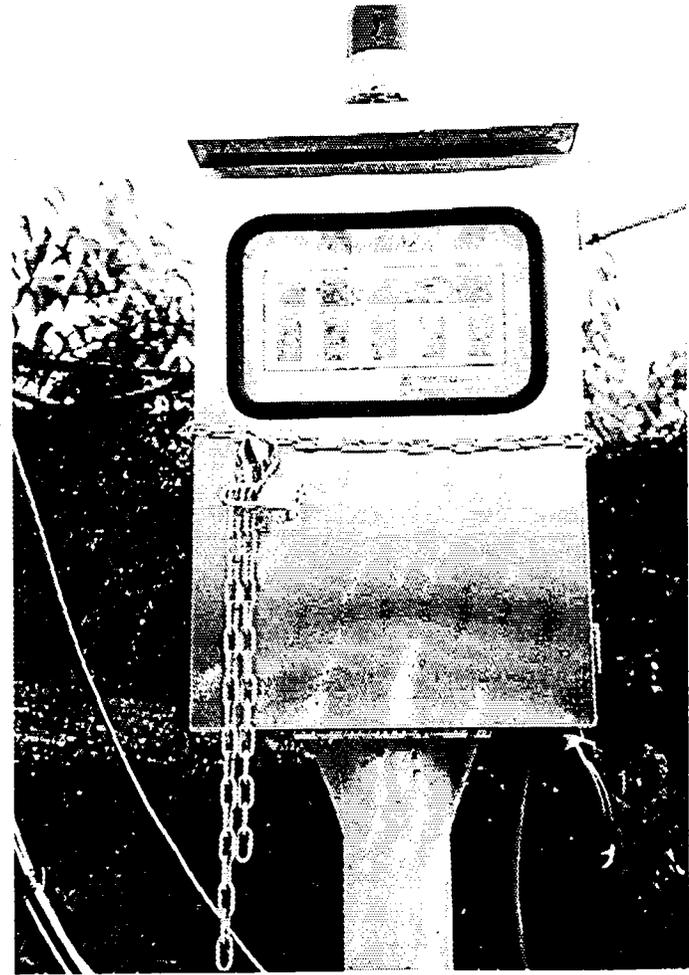
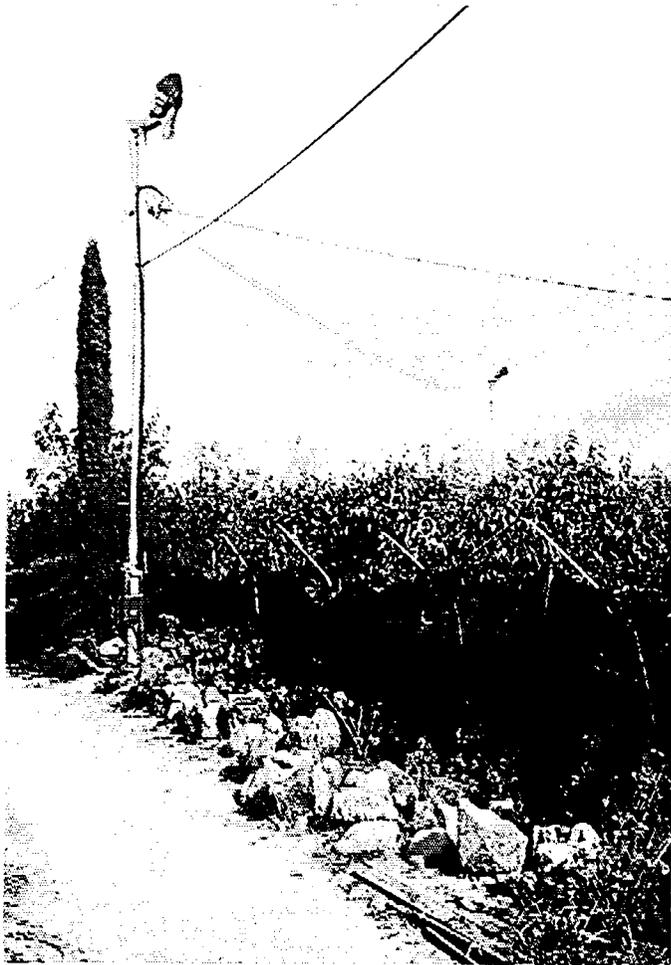


사진 2 서리 방제 Fan System

가. 중량의 측정

단감의 중량은 전자저울(AND HR-200 및 SHIMADZU EB-16KS)을 사용하여 단감의 위치별로 채취한 6개의 시료에 대하여 중량을 측정하였다.

나. 당도의 측정

단감의 당도는 과육을 채취하여 믹서기(J-100V, 삼성(주))를 이용해 과즙을 짜고 이를 원심분리(3,000 rpm, 15분)하여 상등액을 당도계 (Precision type PR-101, ATAG Co., Japan)로 측정하였고 Brix(%)로 나타내었다.

다. pH의 측정

단감의 pH는 당도측정의 경우와 같이 시료의 과즙을 짜고 원심분리하여 상등액을 pH meter로 측정하였다.

라. 탁도

단감의 탁도 역시 당도측정의 경우와 같이 시료의 과즙을 짜고 원심분리하여 상등액을 UV Spectrophotometer를 이용해 645 nm에서 흡광도를 측정하여 나타내었다.

마. 산도

당도측정의 경우와 같이 시료를 전처리하여 원심분리 한 다음 그 상등액에 pH meter전극을 담그고 0.1 N NaOH용액으로 pH 8.3이 될 때까지 적정하여 아래식에 따라 젖산량으로 환산하여 나타내었다.

$$\text{총산도}(\%, \text{젖산}) = 0.1 \text{ N NaOH의 ml} \times 0.09$$

바. 수분함량의 측정

수분함량은 상법에 따라 상압가열건조법으로 측정하였다.

사. Vitamin C의 정량

Vitamin C의 함량은 Hydrazine 비색법으로 측정하였다. 시료 약 5 g을 취하여 5% 인산용액으로 Vitamin C를 추출한 후 환원형은, 6-dichlorophenolindophenol(DCPI)로 산화시켜 이미 존재하는 산화형과 함께 2,4-dinitrophenylhydrazine(DNP)으로 Osazone으로 한 다음 85% 황산을 가해 발색시킨 다음 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. Vitamin C의 함량은 표준품을 이용하여 작성한 검량선으로부터 구하여 mg/100g으로 나타내었다.

제 3절 연구결과

1. 색인식 선별시스템의 개발 및 제작

색인식 선별 시스템의 구성은 입력은 Photo Sensor로부터 선택할 수 있도록 하였으며, Computer를 사용하여 실시간으로 RGB 표시 및 처리가 가능하도록 제작하였다.

Color Sensor에는 3개의 실리콘 Photo다이오드의 전면에 적색, 청색, 녹색의 필터가 부착되어 있고, 색의 3원색으로 분해하여 강약을 검출하는 Color Sensor로써 모식도는 그림 1과 같다. 하나의 튜브에 3組의 SnO₂ - Si Photo다이오드로서 색식별 소자를 형성하고, 그 위에 적외선 Filter의 적색, 청색, 녹색의 각 Filter를 가지고 있다. 이 photo다이오드는 종래의 단결정 실리콘에 비하여 光의 흡수경도가 10배 가량 높으며 막 두께가 1 μ m 이하로, 극히 얇은 3개의 photo 다이오드의 간극이 10 μ m 이상 떨어져 있으므로 각 다이오드 사이에서의 leak가 거의 없고, 특수한 소자분해를 필요로 하지 않으며, 구조가 간단하고 높은 신뢰성을 갖는 것이 특징이다.

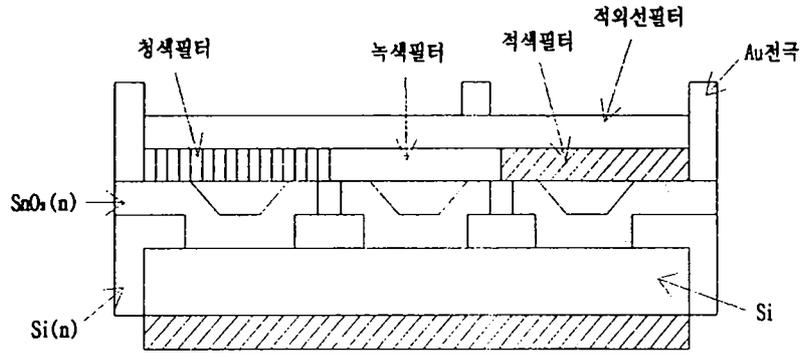


그림 1 집적형 Color Sensor의 구조

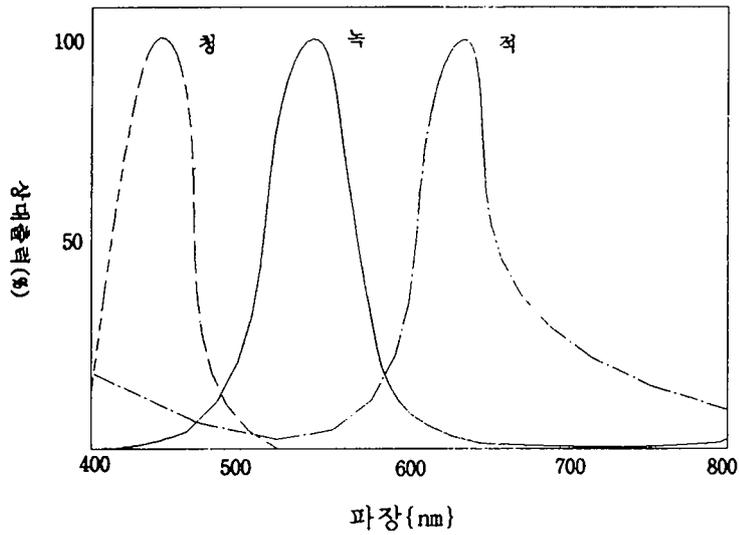


그림 2 분광감도특성

그림 2는 집적형의 분광 광도 특성을 나타낸 것으로 중간색 등의 다색식별에서는 3색은 분광된 출력을 A/D변환하여 마이콘에 접속하고 연산처리에 의하여 그 성분의 분광비를 검출하므로써 색의 판별을 행하므로 온도차의 영향을 받지 않고, 중간색을 포함하는 12色이상의 color식별이 가능하다.

본 시스템은 크게 RGB Sensor부, Analog 신호인 단감의 RGB 색신호를 Digital 신호로 변환시키기 위한 A/D Converter부, 그리고 단감의 RGB 색신호를 Digital 신호 처리하는 RGB Signal Processing부로 구성되었으며, 단감의 속도 판정을 위한 기준 RGB 색신호 값은 프로그램 개발을 통하여 미리 Computer에 내장하였다.

그림 3은 색인식선별을 위한 Signal Processing 시스템의 흐름도를 나타낸 것으로 Double Port로 구성된 RGB Sensor를 통하여 인식된 단감의 표면색은 증폭기에서 어느 일정크기로 신호를 증폭되고, A/D Converter를 통하여 Digital 신호로 변환된다. Digital 신호로 변환된 단감의 RGB 값은 RGB Signal Processor에서 처리된 후에 PC Monitor 상에 단감의 RGB 신호크기 및 속도가 출력된다. 그림 4는 실제로 제작한 RGB Signal Processing 시스템의 전체 회로를 표시한 것이며, 사진 3-1, 3-2는 그림 4를 토대로 실제 구성한 RGB Signal Processing 시스템을 나타낸 것이다. 사진 3에서 ①은 확대한 Sensor, ②는 Double Port로 제작된 전체 Sensor부, ③은 Sampled & Hold부 및 A/D Converter부, 그리고 ④는 Interface 및 Signal Processing부를 나타낸다.

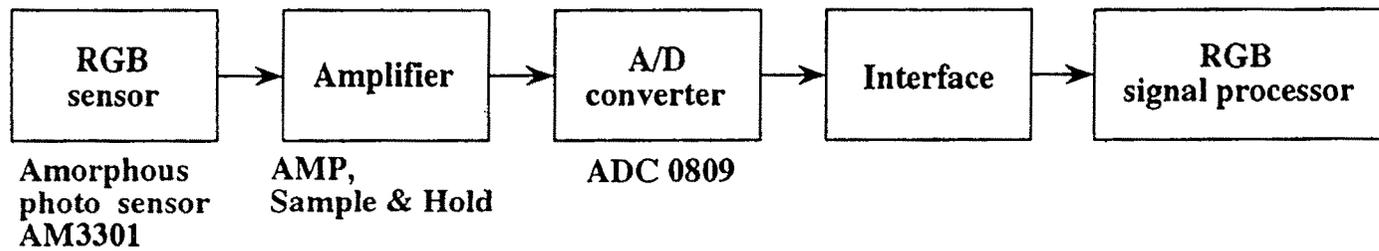


그림 3 RGB 신호처리 시스템의 흐름도

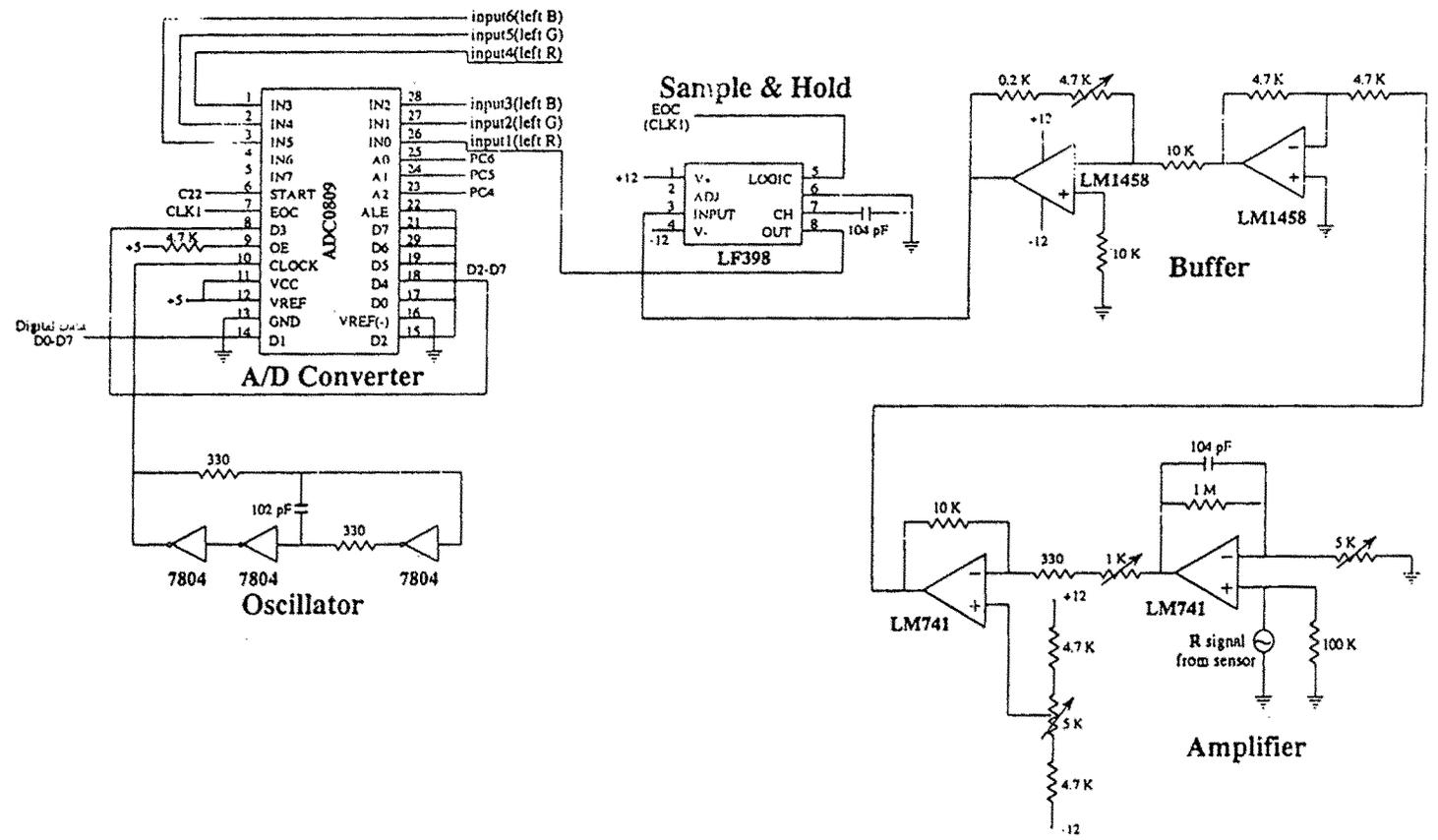


그림 4 RGB 신호처리 회로도

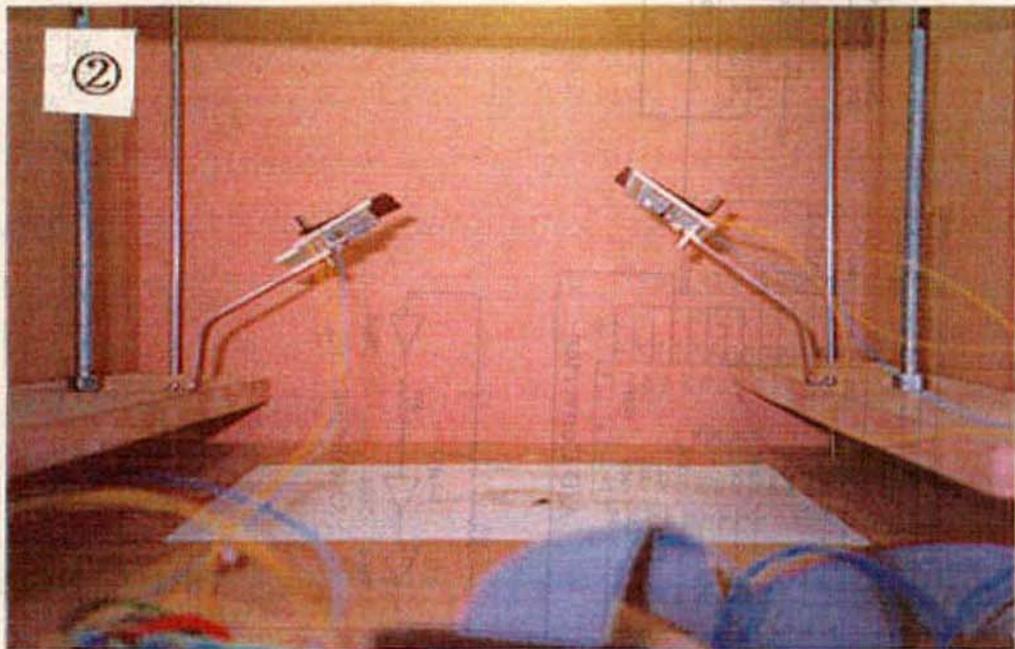
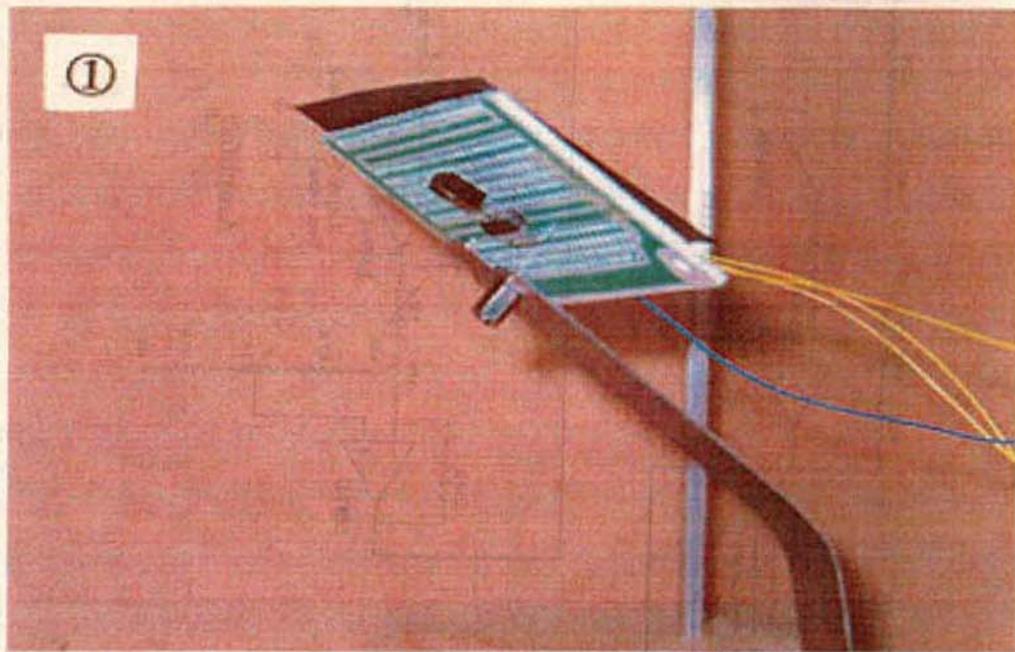


사진 3-1 색인식 선별 시스템의 구성(1)

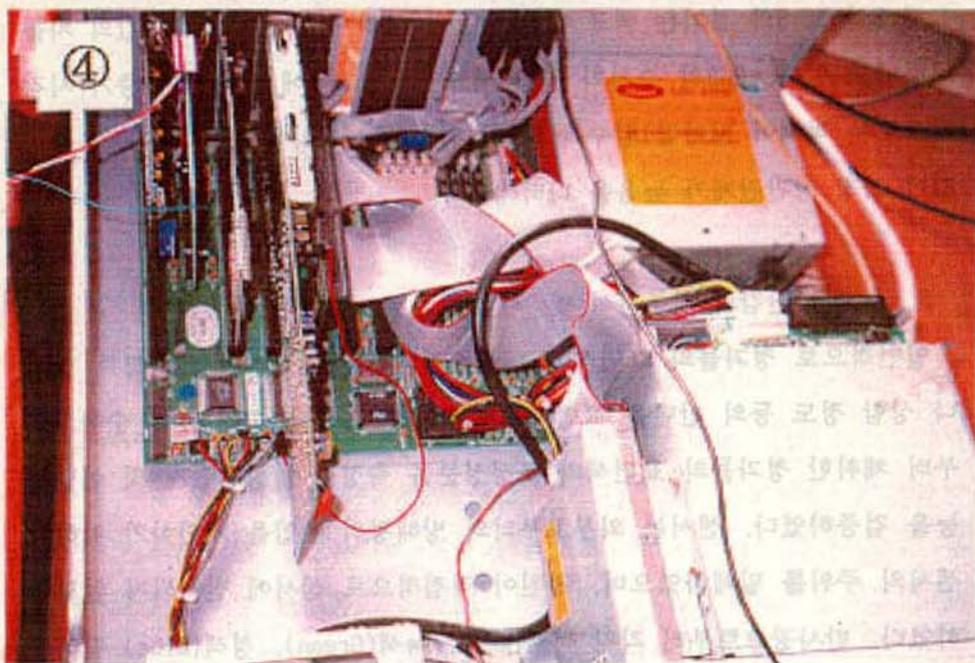
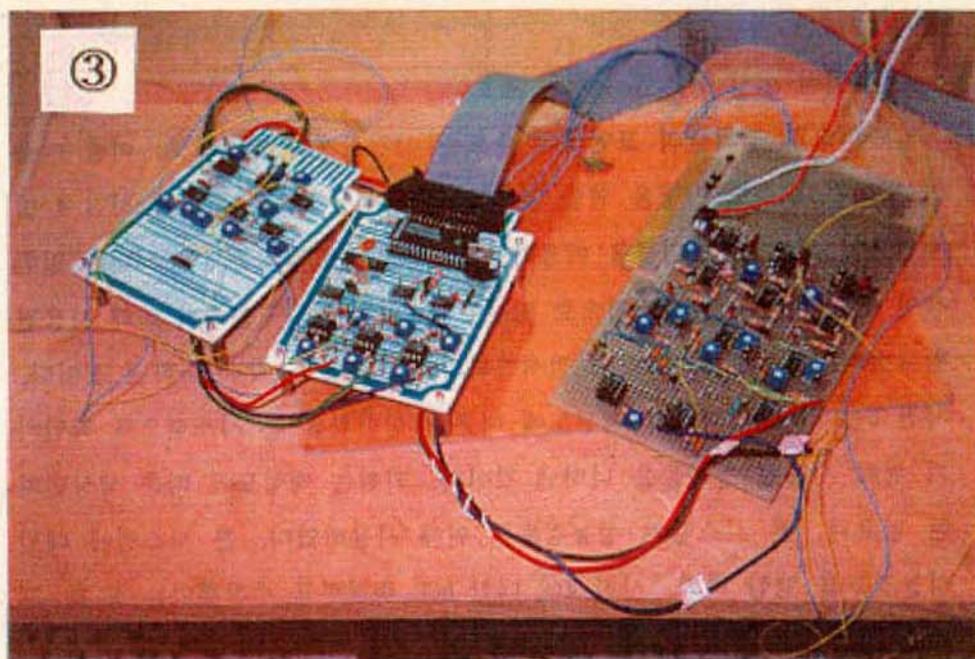


사진 3-2 색인식 선별 시스템의 구성(2)

2. 색인식 선별 시스템의 성능 검토

일반적으로 청과물의 표면색과 속도는 상관관계가 있으므로, 이를 이용한 청과물의 속도 판정을 위한 본 시스템의 성능검증을 위하여 사진 4 및 사진 5의 색표 및 청과물을 이용하였다. 사진 4는 청과물에 나타나는 일반적인 색상변화를 본 시스템으로 판단할 수 있는지를 확인하기 위해 사용된 황색변화, 녹색변화, 그리고 적색변화의 Sample들을 각각 나타낸 것이다. 사진 5는 실제 청과물의 속성도에 따른 색상변화를 본 시스템으로 확인하기 위해 사용된 청과물을 나타낸 것이다. 키위는 속성도에 따른 색상변화는 없으나, 본 시스템의 성능검토를 위해 사용하였다. 본 시스템에 대한 성능검토를 행한 결과, 사진 4에 대한 RGB 측정평균 수치결과는 표 2, 그리고 사진 5에 대한 결과는 표 3과 같다.

표 2와 표 3의 결과는 색표 및 청과물의 색의 변화에 따른 RGB값의 차를 나타내고 있다. RGB의 수치화 결과 색표 및 청과물에서 속도가 증가(시각적으로는 적색이 많아짐)할수록 G값이 감소되는 경향을 보이며 RGB값 중 G값이 가장 상관관계가 높음을 나타내었다.

3. 수확후 단감의 성분분석 및 색변화

일반적으로 청과물의 표면색과 내부품질과는 상관관계가 있으므로 맛이 나 상함 정도 등의 판단을 표면색으로 행하고 있음을 고려하여, 수목으로부터 채취한 청과물의 표면색과 조성성분을 측정하여 상관관계 및 선별성능을 검증하였다. 센서는 외부로부터의 방해광의 유입을 차단하기 위하여 센서의 주위를 밀폐하였으며, 광원이 직접적으로 센서에 반사되지 않도록 하였다. 반사광으로부터 각각 적색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue) 필터는 동일한 색만을 흡수한다. 조명장치의 램프는 출력의 직선성, 가시광 범위의 파장의 발산 맥동이 적은 텅스텐 램프를 사용하였다.

단감의 무게, 당도, Vit.c, 수분함량, pH, 산도, 탁도 등을 측정하였다.

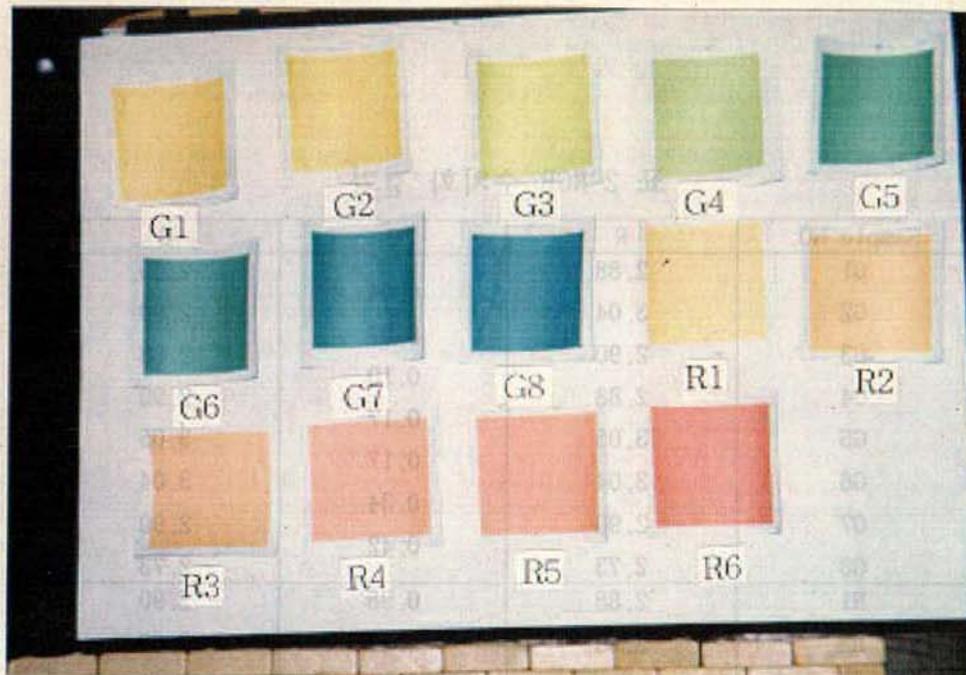


사진 4 색인식 선별 시스템 검증용 Sample



사진 5 색인식 선별 시스템 검증용 청과물

표 2 RGB 수치화 결과

Sample NO.	R	G	B
G1	2.88		2.90
G2	3.04	0.04	2.90
G3	2.90	0.07	2.88
G4	2.88	0.10	2.90
G5	3.05	0.17	3.05
G6	3.04	0.17	3.04
G7	2.90	0.34	2.90
G8	2.73	0.42	2.73
R1	2.88	0.98	2.90
R2	2.89	0.50	3.00
R3	2.74	0.41	2.73
R4	2.88	0.33	3.05
R5	3.06	0.25	2.90
R6	3.05	0.12	3.05

표 3 RGB 수치화 결과(청과물)

Sample NO.	R	G	B
토마토 1	3.28	1.61	3.29
2	3.28	1.14	3.21
3	3.21	0.81	3.21
4	3.28	0.49	3.21
5	3.37	0.01	3.45
참외 1	2.73	0.05	2.81
2	3.06	0.05	3.04
3	3.04	0.03	3.06
4	3.05	0.01	3.05
키위 1	3.37	1.37	3.37
2	3.37	1.23	3.37

단감의 시기별 무게의 변화를 그림 5에 나타내었다. 무게는 일목계, 부유(환상박피), 재래종, 서천조생, 부유의 순이었으나, 당도는 그림 6에서 보는 바와 같이 서천조생, 일목계, 부유(환상박피), 재래종, 부유의 순으로 조생종이 가장 높았다. Vit.c의 변화(표 4)는 부유(환상박피), 일목계, 부유, 재래종, 서천조생의 순이었으며, 수분함량(표 5)은 비슷한 수치를 나타내었다. pH의 변화량(표 6)은 일목계>부유(환상박피)>재래종>서천조생>부유의 순이었고, 산도의 변화량(표 7)은 부유>서천조생>재래종>일목계>부유(환상박피)의 순이었다. 탁도(표 8)는 서천조생>일목계>재래종>부유(환상박피)의 순이었다. 이들 결과를 정리하면 표 9와 같다. 일반 부유종 및 환상박피 부유종의 특성을 비교한 결과는 표 10과 같다. 표 10에서 보는 바와같이 환상박피한 부유가 일반부유보다 무게는 34.7~55.2g, 당도는 1.0~1.6 Brix%, Vit.c는 9.5~18(mg%) 높았으며 수분함량, pH, 산도, 탁도는 비슷한 수준이었다. 이 연구 결과로부터 환상박피를 하는 경우 소비자의 기호성에 비추어 당도 및 Vit.c함량이 높고, 수확면에서 35~58% 증가하므로 소득이 증대되는 효과가 있으리라 생각된다. 또한 이듬해에는 테두리부분의 흠이 원상태로 회복됨은 재배업자들에 의하여 확인되었으며 회복된 후에는 환상박피하지 않은 일반 부유종과 동일한 단감이 수확됨을 확인하였다. 단감의 시기별 RGB값을 측정한 결과는 표 11과 같다. 표에서 보는 바와 같이 다른 품종에 비하여 조생종과 일목계의 G값이 적고, R값이 증가하는 RGB값의 차이로부터 품종별 속도의 차이를 볼 수 있다.

4. 수확후 단감의 RGB 측정 및 Color Chart의 제작

일반적으로 색을 이용한 과일의 속도판정을 위하여 청과물의 Color Chart가 이용되므로 수확후 선별을 위한 기준이 되는 단감의 Color Chart를 작성하였다. Color Chart는 청과물 표면상의 평균색과 비교하여 그 과일의 성숙도를 판단하는 것으로서, 실제로 측정한 Data를 기초로 구성하였다.

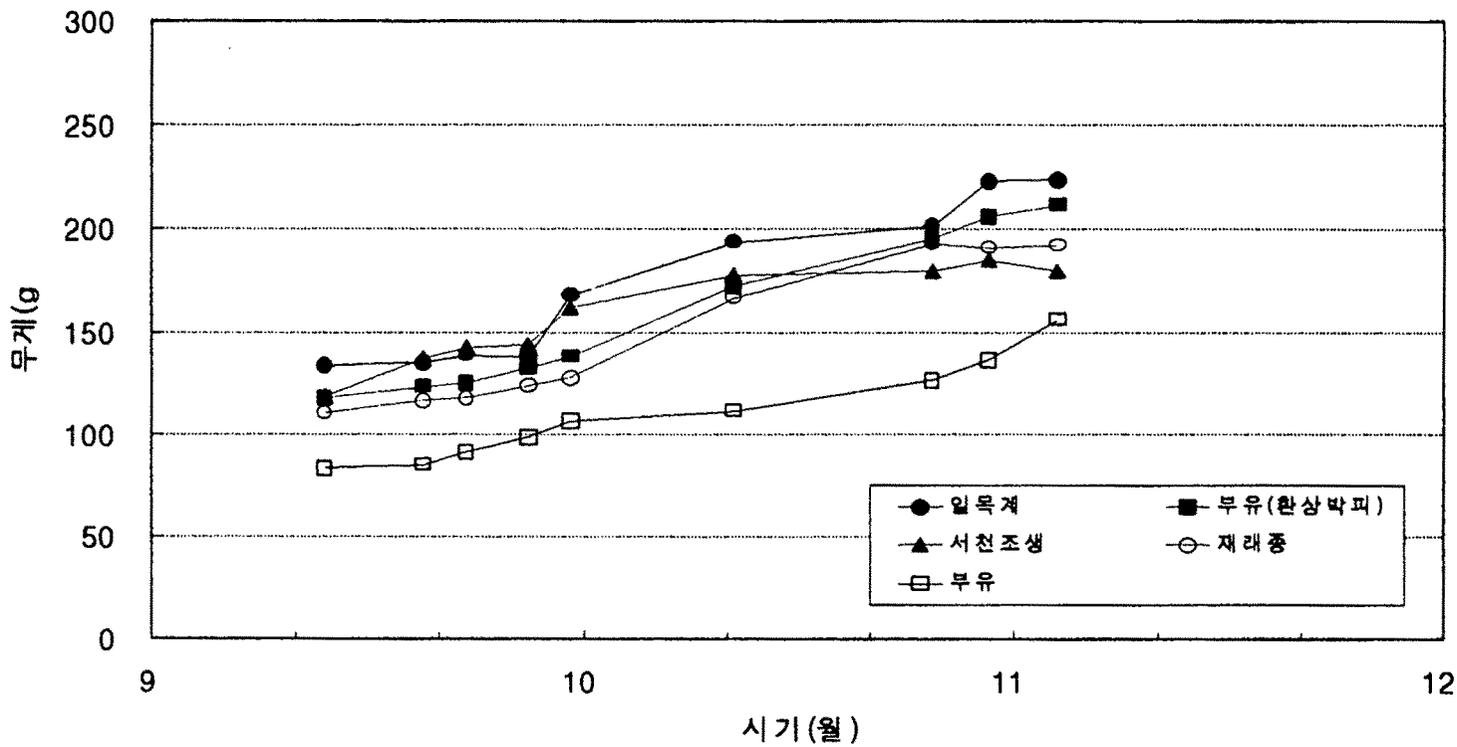


그림 5 품종별 무게 변화량

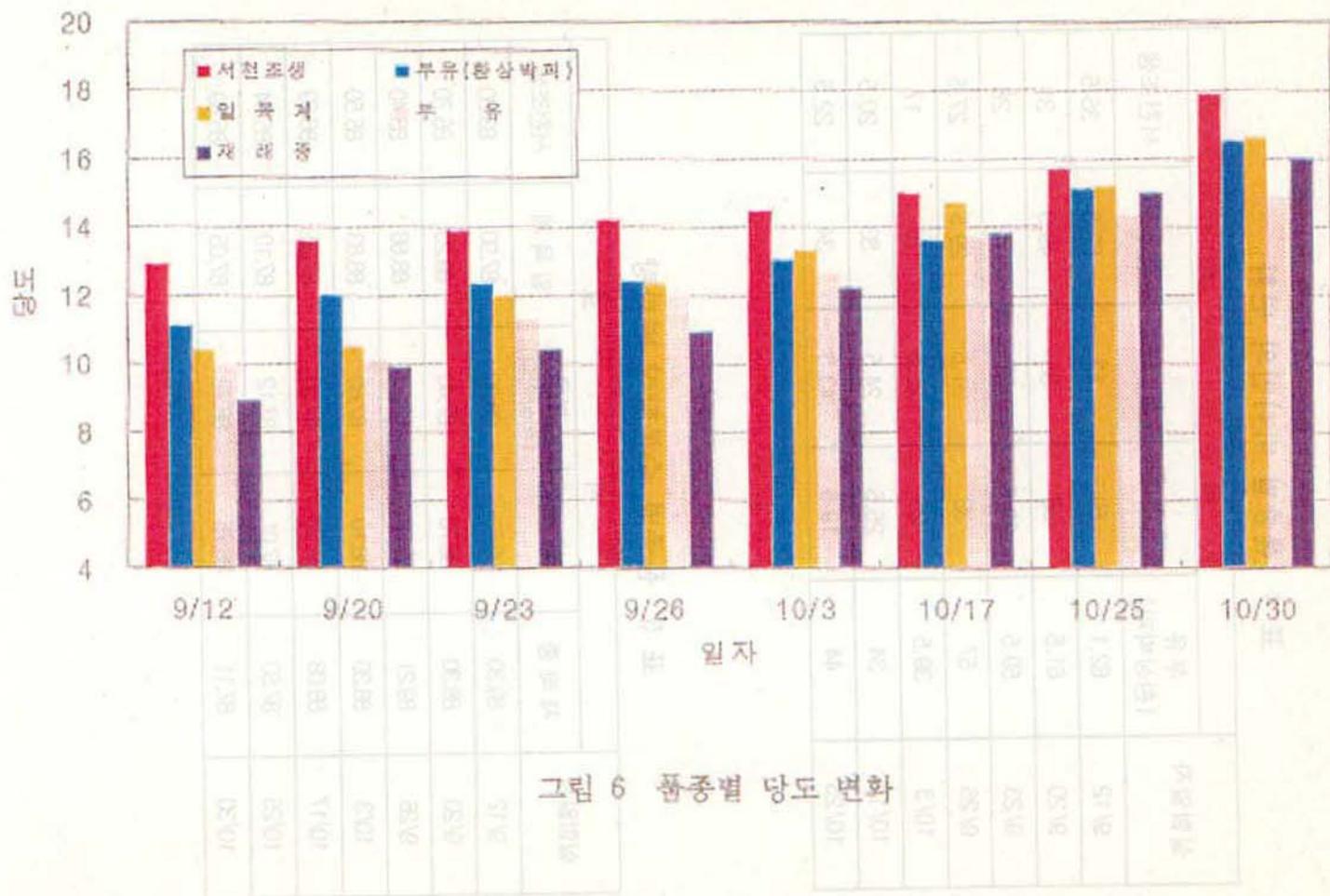


그림 6 품종별 당도 변화

표 4 품종별 비타민의 변화

실험일자	시 료				
	부유 (환상박피)	재 래 종	부 유	일 목 계	서천조생
9/12	62.1	59	42	52.5	35.5
9/20	61.5	55	38	49.5	31
9/23	59.5	38.5	32	32	26
9/26	57	33	31.5	29.5	27.5
10/3	39.5	26	25.5	27	17
10/17	34	25.5	24.5	33	20.5
10/25	44	19.5	43.5	34	22.5

표 5 품종별 수분함량 변화량

실험일자	시 료				
	재 래 종	부 유	부유 (환상박피)	일 목 계	서천조생
9/12	89.30	88.50	88.30	87.90	83.80
9/20	88.30	88.70	87.40	89.20	85.70
9/26	89.21	89.08	88.27	88.66	85.40
10/3	88.30	88.10	87.60	88.83	85.50
10/17	88.08	87.63	87.50	87.35	86.59
10/25	87.50	87.01	87.12	87.10	85.54
10/30	87.11	86.75	86.78	87.05	85.89

표 6 품종별 pH의 변화

실험일자	시 료				
	재 래 종	부 유	부유 (환 상박피)	일 목 계	서천조생
9/12	6.46	6.30	6.39	6.42	6.64
9/20	6.14	6.17	6.21	6.02	6.14
9/23	6.16	6.14	6.17	6.23	6.50
9/26	6.18	6.13	6.13	6.16	6.10
10/3	5.96	5.94	6.06	6.04	5.86
10/17	6.05	5.97	6.00	6.20	6.02
10/25	5.95	5.98	6.10	6.13	5.92
10/30	5.88	5.90	6.09	6.32	5.90

표 7 품종별 산도의 변화

실험일자	시 료				
	재 래 종	부 유	부유 (환 상박피)	일 목 계	서천조생
9/12	0.540	0.860	0.530	0.630	0.810
9/20	0.720	0.990	0.590	0.790	1.170
9/23	0.780	0.900	0.650	0.820	1.130
9/26	0.792	0.855	0.675	0.860	1.035
10/3	0.765	0.990	0.614	0.675	1.845
10/17	0.945	0.720	0.630	0.820	1.395
10/25	1.530	0.945	0.630	0.810	0.765
10/30	1.635	1.125	0.585	1.035	1.305

표 8 품종별 탁도의 변화

실험일자	시 료				
	재 래 종	부 유	부유 (환 상박피)	일 목 계	서 천 조 생
9/12	0.654	0.430	0.042	0.120	0.293
9/20	0.012	0.031	0.063	1.562	0.227
9/23	0.025	0.250	0.085	0.350	0.565
9/26	0.020	0.128	0.175	0.275	1.390
10/3	0.007	0.046	0.057	0.022	1.602
10/17	0.183	0.016	0.050	0.049	1.568
10/25	0.719	0.025	0.020	0.008	0.007
10/30	0.720	0.031	0.030	0.061	0.389

표 9 품종별 성분 및 특성비교

순위 성분 및 특성	1	2	3	4	5
무게	일목계	부유(환상박피)	재래종	서천조생	부유
당도	서천조생	일목계	부유(환상박피)	재래종	부유
Vit.C	부유(환상박피)	일목계	부유	재래종	서천조생
수분함량	재래종	부유	부유(환상박피)	일목계	서천조생
pH	일목계	부유(환상박피)	재래종	서천조생	부유
산도	부유	서천조생	재래종	일목계	부유(환상박피)
탁도	서천조생	일목계	재래종	부유(환상박피)	부유

표 10 부유 및 부유(환상박피) 성분 및 특성비교

순위 성분 및 특성	부유(환상박피)	부유
무게(g)	118.3~211.0	83.6~155.83
당도(Brix %)	11.1~16.5	10.1~14.9
Vit.C(mg%)	34.0~61.5	24.5~43.5
수분함량(%)	87.8~88.7	87.3~90.5
pH	6.00~6.39	5.90~6.30
산도(%)	0.53~0.68	0.72~0.99
탁도	0.02~0.18	0.03~0.12

표 11 RGB값에 의한 품종별 속도비교

종류	R.G.B	일 자				
		9/22	9/25	9/29	10/25	10/30
부유	R	2.95	3.54	3.45	3.47	2.95
	G	2.98	2.61	2.59	2.51	2.64
	B	3.05	2.44	2.53	2.44	2.77
부유(환상박피)	R	3.39	4.4	3.56	3.7	3.09
	G	2.82	2.24	2.56	2.43	2.59
	B	2.81	1.75	2.5	2.4	2.73
재래종	R	3.66	4.35	3.65	3.69	3.5
	G	2.67	2.38	2.55	2.4	2.3
	B	2.39	1.87	2.47	2.42	2.6
조생종	R	4.07	3.84	3.84	3.39	3.21
	G	2.57	2.45	2.49	2.5	2.52
	B	2.06	2.18	2.47	2.54	2.68
일목계	R	3.93	4.03	3.47	3.49	3.35
	G	2.56	2.41	2.59	2.44	2.48
	B	2.06	2	2.54	2.52	2.65

가. R.G.B값과 당도와의 관계

단감의 무게별 R.G.B값의 변화량과의 상관관계를 검토하기 위하여 회귀곡선을 구한 결과 그림 7과 같다. 그림 7에서 보는 바와같이 수확된 단감의 무게가 증가함에 따라 R값은 증가, G값은 감소, B값은 다소 감소하는 경향이나 큰 차이를 나타내지 않았다. 무게와 R.G.B와의 각각의 관계식은 3차식으로 나타났으며, 크기가 커지면서 속도가 증대함을 나타내는 것으로 생각된다.

단감의 소비자의 기호성에서 최우선 요소인 당도와 R.G.B와의 상관관계를 알아보기 위하여 회귀곡선을 그림 8 ~ 그림 10에 나타내었다. 그림에서 보는 바와같이 당도는 G와 상관관계가 높음을 알 수 있었으며 각 단감 품종에 대한 당도와 R.G.B각각의 값과의 상관 관계식은 표 12와 같다. 전체 무게 등급에 대한 R.G.B값과의 상관관계로부터 G값이 상관관계가 높게 나타났으므로 각 단감 품종별로 무게를 4등분으로 나누었을 때의 당도와 G값의 상관관계는 표 12의 아래쪽과 같다.

이 결과와 육안에 의하여 식별한 경우의 차이를 검토하기 위하여 육안에 의한 속도를 분류하고 G값의 변화와 비교한 결과 거의 일치함을 알 수 있었다.

나. Color Chart의 제작

Color Chart의 제작을 위하여 각 품종의 단감 무게를 4등급으로 분류하고 각각의 등급별 R.G.B값을 G값이 작은 순서로 나열하여 속도별로 5등급으로 분류하여 평균값을 구하였다. 조성성분 및 특성도 동일한 방법으로 수치를 결정하였다. 이렇게하여 제작된 Color Chart가 표 13 ~ 표 16과 같다.

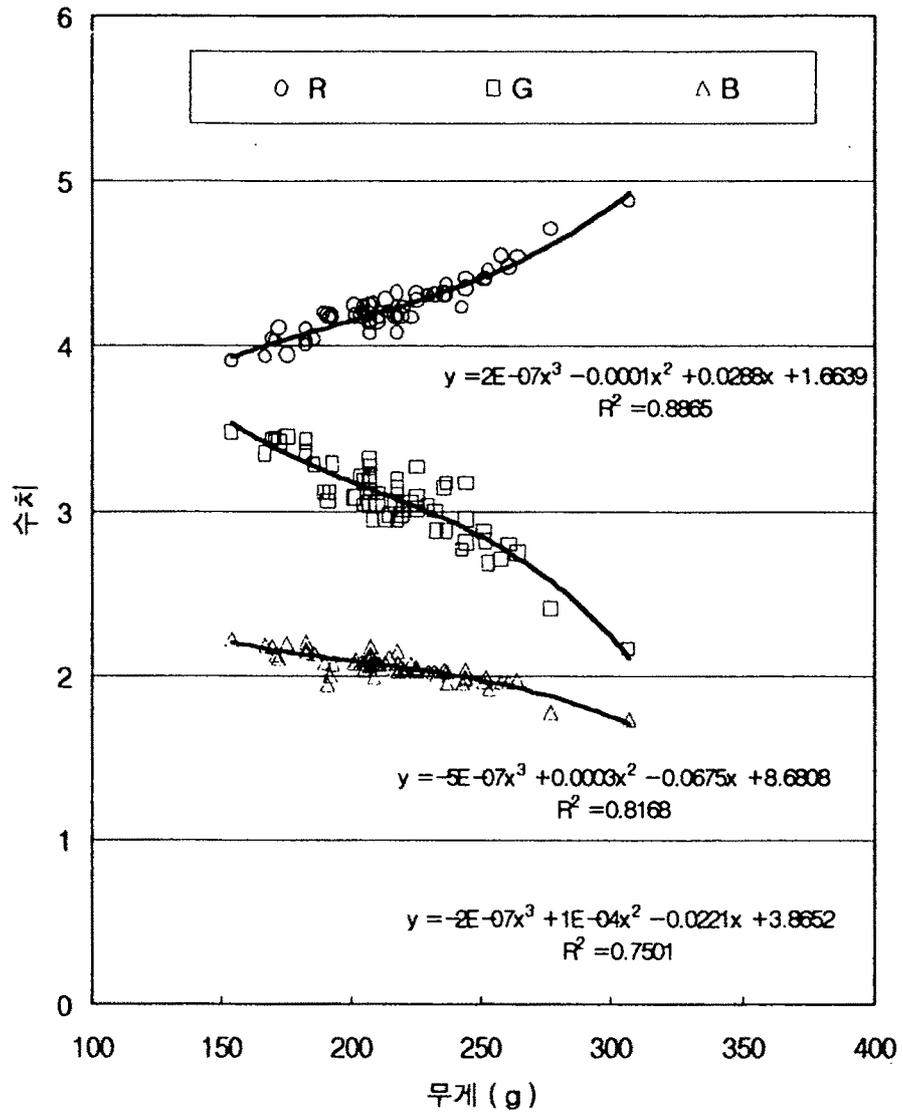
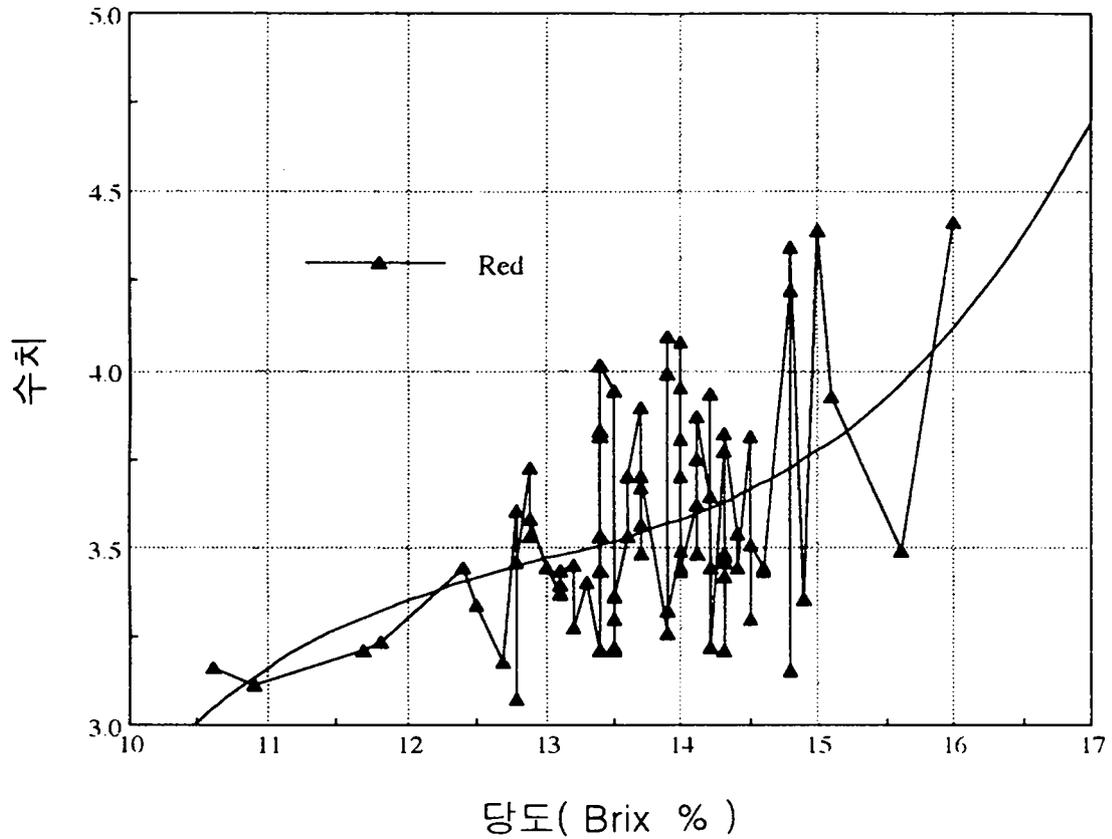


그림 7 무게별 R.G.B값 변화량(일목계)



$$y = 1.4554 + 0.15332x \quad R^2 = 0.207(\text{linear})$$

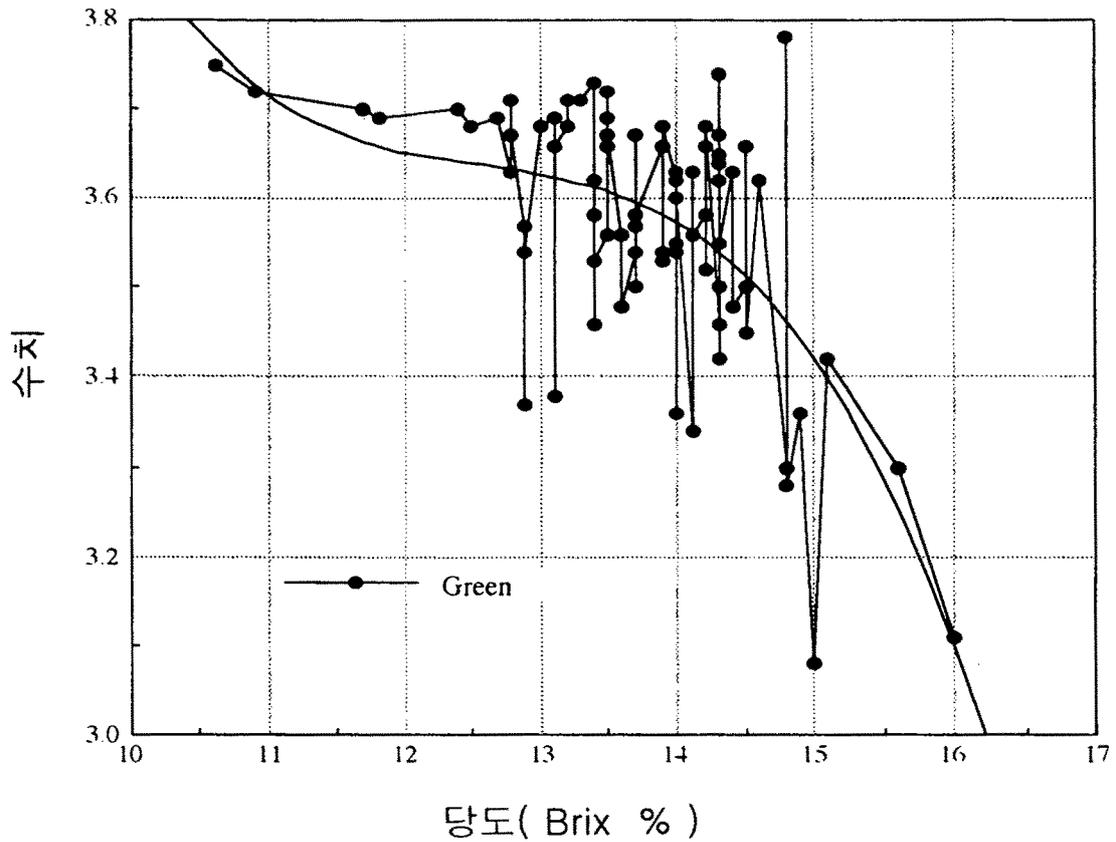
$$y = -25.955 + 6.5884x - 0.49916x^2 + 1.2804e-2x^3 \quad R^2 = 0.220(\text{polynomial 3rd})$$

$$y = 3.4329 - 0.14422x + 1.1133e-2x^2 \quad R^2 = 0.210(\text{polynomial 2nd})$$

$$y = -1.7091 + 4.6359 \cdot \text{LOG}(x) \quad R^2 = 0.204(\text{logarithm})$$

$$y = 1.9915 \cdot 10^{(1.8271e-2x)} \quad R^2 = 0.210(\text{exponential})$$

그림 8 당도와 R의 상관관계



$$y = 4.7303 - 8.4488e-2x \quad R^2 = 0.289 \text{ (linear)}$$

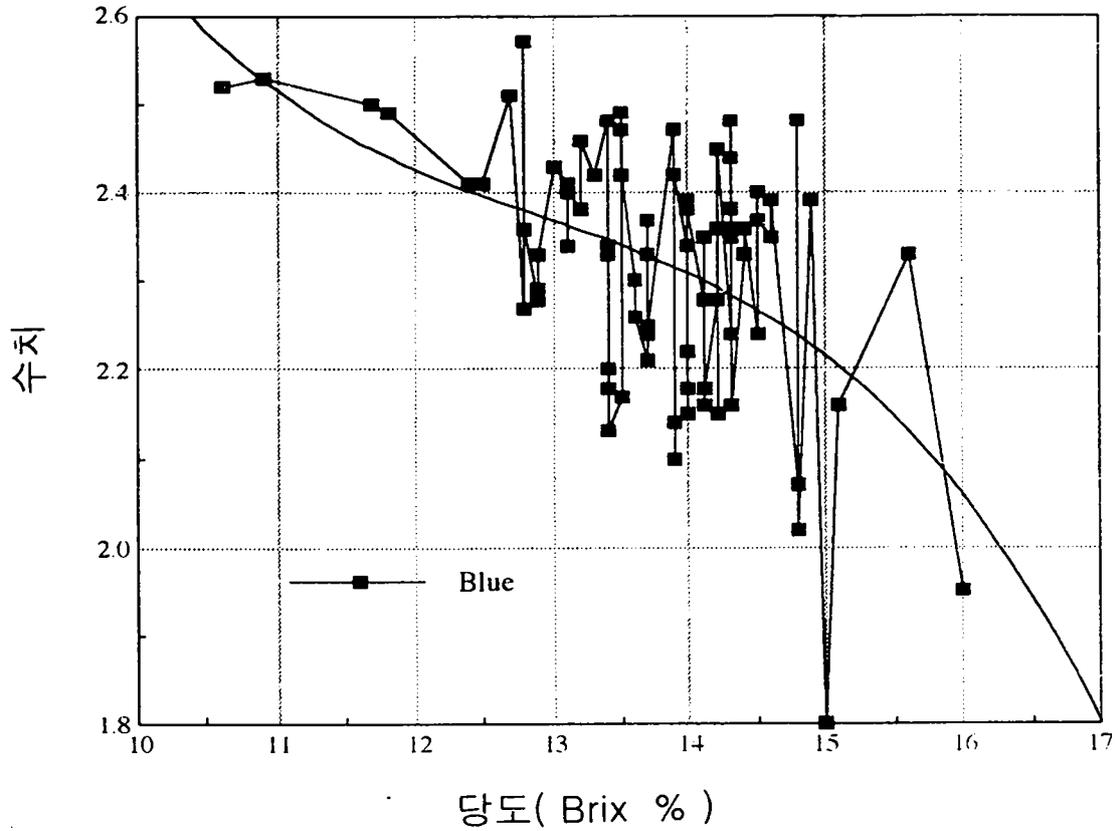
$$y = 27.037 - 5.5383x + 0.43861x^2 - 1.1623e-2x^3 \quad R^2 = 0.391 \text{ (polynomial 3rd)}$$

$$y = 0.35998 + 0.57308x - 2.4605e-2x^2 \quad R^2 = 0.355 \text{ (polynomial 2nd)}$$

$$y = 6.4110 + -2.4992 * \text{LOG}(x) \quad R^2 = 0.272 \text{ (logarithm)}$$

$$y = 4.9792 * 10^{(-1.0547e-2x)} \quad R^2 = 0.288 \text{ (exponential)}$$

그림 9 당도와 G의 상관관계



$$y = 3.3573 - 7.5519e-2x \quad R^2 = 0.236(\text{linear})$$

$$y = 14.603 - 2.7242x + 0.20606x^2 - 5.3003e-3x^3 \quad R^2 = 0.246(\text{polynomial 3rd})$$

$$y = 2.4382 + 6.2786e-2x - 5.1751e-3x^2 \quad R^2 = 0.239(\text{polynomial 2nd})$$

$$y = 4.9167 + -2.2840 \cdot \text{LOG}(x) \quad R^2 = 0.232(\text{logarithm})$$

$$y = 3.6623 * 10^{(-1.4493e-2x)} \quad R^2 = 0.231(\text{exponential})$$

그림 10 당도와 B의 상관관계

표 12 품종별 당도와 RGB값의 상관관계식

등급	종류	부 유	부유(환상박피)	일목계(차량)	차 량
전 체 등 급	Red	$y = -25.955 + 6.5884x - 0.49916x^2 + 0.012804x^3$ $R^2 = 0.220$	Red $y = 9.2407 - 1.1216x + 0.06574x^2 - 0.0011009x^3$ $R^2 = 0.093$	Red $y = 12.936 - 1.6717x + 0.10674x^2 - 0.0022643x^3$ $R^2 = 0.007$	Red $y = -59.608 + 12.657x - 0.83375x^2 + 0.018152x^3$ $R^2 = 0.076$
	Blue	$y = 14.603 - 2.7242x + 0.20606x^2 - 0.0053003x^3$ $R^2 = 0.246$	Blue $y = -3.1839 + 1.2152x - 0.085525x^2 + 0.0019484x^3$ $R^2 = 0.063$	Blue $y = -1.8970 + 0.76921x - 0.049314x^2 - 0.0010395x^3$ $R^2 = 0.006$	Blue $y = 35.125 - 6.6275x + 0.44164x^2 - 0.0097363x^3$ $R^2 = 0.064$
	Green	$y = 27.037 - 5.5383x + 0.43861x^2 - 0.011623x^3$ $R^2 = 0.391$	Green $y = 84.810 - 18.931x + 1.4700x^2 - 0.038016x^3$ $R^2 = 0.389$	Green $y = -15.078 + 4.0322x - 0.29206x^2 - 0.0069227x^3$ $R^2 = 0.041$	Green $y = 43.587 - 7.6946x + 0.48628x^2 - 0.010147x^3$ $R^2 = 0.077$
무 계 등 급	1	$y = -180.56 + 38.013x - 2.6008x^2 + 0.058905x^3$ $R^2 = 0.715$	$y = -3417.8 + 685.75x - 45.768x^2 + 1.0170x^3$ $R^2 = 0.981$	$y = 1628.4 - 332.93x + 22.707x^2 - 0.51573x^3$ $R^2 = 0.905$	$y = 217.84 - 43.657x + 2.9565x^2 - 0.066708x^3$ $R^2 = 0.183$
	2	$y = -402.70 + 88.376x - 6.4035x^2 - 0.15454x^3$ $R^2 = 0.055$	$y = 14.858 - 2.4383x + 0.17801x^2 - 0.0043217x^3$ $R^2 = 0.024$	$y = -39.167 + 9.1978x - 0.65822x^2 + 0.015484x^3$ $R^2 = 0.624$	$y = 21.996 - 2.7986x + 0.12103x^2 - 0.0011887x^3$ $R^2 = 0.300$
	3	$y = 105.82 - 22.560x + 1.6590x^2 - 0.040659x^3$ $R^2 = 0.221$	$y = -11.164 + 3.3495x - 0.25090x^2 - 0.0062264x^3$ $R^2 = 0.259$	$y = 19.225 - 2.8131x + 0.16240x^2 - 0.003099x^3$ $R^2 = 0.173$	$y = -307.98 + 61.904x - 4.0915x^2 + 0.089910x^3$ $R^2 = 0.305$
	4	$y = 6.6063 - 0.52857x + 0.028531x^2 - 0.00039209x^3$ $R^2 = 0.569$	$y = -1.3545 + 1.2977x + 0.10870x^2 - 0.0029677x^3$ $R^2 = 0.324$	$y = -462.88 + 94.520x - 6.3739x^2 + 0.14298x^3$ $R^2 = 0.575$	$y = 10.444 - 1.3087x + 0.084133x^2 - 0.0018297x^3$ $R^2 = 0.631$

표 13 색인식 선별 기준 등급표(부유)

등급	Color	G	R	B	당도	pH	박도	선도
190이상	1 	3.10	4.40	1.88	15.50	15.50	15.500	1.050
	2 	3.29	4.28	2.05	14.80	14.80	14.800	0.960
	3 	3.41	3.92	2.18	14.50	14.50	14.500	1.080
	4 	3.53	3.98	2.14	14.00	14.00	14.000	0.885
	5 	3.55	3.89	2.15	13.7	13.7	13.700	0.900
160-189	1 	3.46	3.54	2.32	14.40	14.40	14.400	0.865
	2 	3.53	3.84	2.20	14.20	14.20	14.200	0.945
	3 	3.57	3.84	2.19	14.10	14.10	14.100	0.840
	4 	3.61	3.44	2.37	13.80	13.80	13.800	1.350
	5 	3.63	3.46	2.34	13.60	13.60	13.600	0.810
130-159	1 	3.38	3.52	2.31	14.4	14.4	14.400	0.945
	2 	3.55	3.62	2.29	13.90	13.90	13.900	0.720
	3 	3.62	3.56	2.31	13.70	13.70	13.700	0.900
	4 	3.66	3.38	2.41	13.50	13.50	13.500	0.945
	5 	3.68	3.41	2.40	13.10	13.10	13.100	0.945
130이하	1 	3.68	3.30	2.45	13.60	13.60	13.600	0.810
	2 	3.69	3.33	2.43	13.20	13.20	13.200	1.530
	3 	3.71	3.22	2.49	12.7	12.7	12.700	0.800
	4 	3.72	3.13	2.52	12.50	12.50	12.500	0.865
	5 	3.75	3.18	2.49	11.80	11.80	11.800	0.945

표 13. 품종별 선별 기준 등급표(부유)

표 14 색인식 선별 기준 등급표(부유, 환상박피)

등급	Color	G	R	B	당도	pH	탁도	산도
190이상	1 	2.75	3.85	2.30	15.50	5.97	0.026	0.738
	2 	2.77	3.51	2.42	15.40	6.38	0.038	0.725
	3 	2.83	3.86	2.19	14.70	6.21	0.033	1.276
	4 	3.20	3.45	2.33	14.40	6.19	0.128	0.738
	5 	3.30	3.41	2.42	14.00	6.15	0.057	0.842
160~189	1 	3.29	3.57	2.35	14.30	6.13	0.052	0.750
	2 	3.40	3.53	2.32	14.10	6.18	0.119	0.819
	3 	3.50	3.61	2.32	13.90	6.28	0.107	1.152
	4 	3.59	3.49	2.35	13.70	6.19	0.059	0.756
	5 	3.62	3.55	2.30	13.40	6.09	0.026	1.076
130~159	1 	3.62	3.40	2.41	14.10	6.04	0.038	0.957
	2 	3.64	3.36	2.46	13.80	6.35	0.361	0.826
	3 	3.66	3.37	2.42	13.50	6.17	0.108	1.470
	4 	3.66	3.37	2.46	13.00	6.05	0.052	1.197
	5 	3.68	3.32	2.44	12.70	6.06	0.057	0.812
130미만	1 	3.64	3.31	2.51	13.80	6.09	0.076	0.946
	2 	3.65	3.29	2.50	13.80	6.12	0.053	0.766
	3 	3.66	3.26	2.51	13.20	6.08	0.041	0.885
	4 	3.67	3.25	2.51	12.90	6.14	0.058	0.693
	5 	3.70	3.12	2.56	12.80	6.17	0.099	0.927

표 15 색인식 선별 기준 등급표(일목계)

등급	Color	G	R	B	당도	pH	약도	산도	
260이상	1		2.28	4.80	1.76	15.90	15.90	15.900	1.360
	2		2.70	4.51	1.94	15.10	15.10	15.100	1.125
	3		2.75	4.54	1.97	14.80	14.60	14.600	0.810
	4		2.79	4.49	1.98	14.30	14.30	14.300	0.760
	5		2.85	4.41	1.98	14.00	14.00	14.000	0.900
220~249	1		2.82	4.32	1.98	15.80	15.80	15.800	0.900
	2		2.94	4.34	2.00	15.70	15.70	15.700	0.900
	3		3.02	4.28	2.03	15.30	15.30	15.300	1.215
	4		3.09	4.26	2.05	14.43	14.43	14.430	0.810
	5		3.19	4.32	2.02	12.70	12.70	12.700	0.736
190~219	1		2.96	4.26	2.06	15.65	15.65	15.650	0.945
	2		3.05	4.20	2.03	15.52	15.52	15.520	1.575
	3		3.10	4.20	2.06	15.36	15.36	15.360	1.305
	4		3.16	4.17	2.10	15.10	15.10	15.100	1.189
	5		3.26	4.15	2.10	15.06	15.06	15.060	0.945
180미만	1		3.31	4.02	2.17	15.70	15.70	15.700	1.035
	2		3.36	3.98	2.16	14.90	14.90	14.900	1.035
	3		3.43	4.11	2.13	14.70	14.70	14.700	0.865
	4		3.44	4.04	2.15	14.00	14.00	14.000	0.865
	5		3.46	3.93	2.21	13.80	13.80	13.800	0.855

표 16 색인식 선별 기준 등급표(차량)

종류 수	Color	G	R	B	당도	pH	탁도	산도
220이상		2.92	4.29	2.06	15.50	6.21	0.599	0.810
		3.00	4.32	2.04	14.60	6.27	0.042	1.125
		3.08	4.22	2.04	14.30	6.35	0.029	0.814
		3.18	4.27	2.09	13.90	6.28	0.078	1.080
		3.27	4.14	2.13	13.60	6.31	0.536	1.080
190~219		3.03	4.11	2.10	14.70	6.27	0.389	0.990
		3.25	3.94	2.17	14.50	6.28	0.039	0.900
		3.34	4.00	2.13	14.20	6.27	0.070	0.810
		3.46	4.05	2.14	13.40	6.28	0.027	0.765
		3.53	3.91	2.20	13.00	6.29	0.028	0.720
160~189		3.32	3.86	2.24	15.30	6.23	0.023	0.765
		3.36	3.87	2.25	15.00	6.38	0.461	1.125
		3.42	3.87	2.25	15.20	6.30	0.032	0.720
		3.50	3.82	2.28	14.70	6.31	0.028	0.765
		3.56	3.80	2.30	14.30	6.33	0.023	1.200
160미만		3.51	3.78	2.26	16.10	6.39	0.033	0.885
		3.55	3.70	2.36	15.40	6.35	0.031	0.720
		3.58	3.63	2.37	14.90	6.33	0.027	0.720
		3.60	3.62	2.39	14.60	6.29	0.024	0.886
		3.65	3.46	2.43	13.50	6.36	0.054	0.765

본 Colcor Chart에는 단감의 RGB값과 소비자의 기호성과 관계가 깊은 과일의 특성인 당도, pH, 탁도, 산도의 분석결과를 동시에 알 수 있는 선별의 기준표로서 RGB값 중에서도 앞의 당도와 RGB 각각의 상관관계에서 규명된 바와 같이 G값이 속도와 상관관계가 높으므로 G값을 먼저 표기 하였다. 본 Colcor Chart는 단감의 품종별로 제작되어 있으므로 선별과정에 유용하게 활용되리라 사료되며, 타 종류의 과일에 대한 Colcor Chart의 제작이 중요하리라 생각된다. 본 연구를 통하여 개발된 색인식 시스템은 가격이 저렴 저렴하여 보급이 용이하고, 경량화가 가능하며, 등급의 세분화가 가능하다는 특징이 있으므로 향후 Photo Sensor를 이용한 색인식 시스템의 Unit화가 진행되어야 하리라 생각된다.

< 참고 문헌 >

1. 榎本常利, 周景鑽, 淺野陸喜, 黒川不二雄, 松尾博文 : 畫像の可変 分割機能を持つ高速カラ-畫像識別システム-魚種識別への應用-. 日本電子情報通信學會 技術研究報告, 94(184), 39~43(1994)
2. 藤村 啓 : 食品工業における焼色認識技術の實用化とその成果. 計裝, 38(4), 79~84(1995)
3. Miller, B. K. M. J. Delwiche : A Color Vision System for Peach Grading. Trans. of the ASAE, 32(4), 1484~1490(1989)
4. Shearer, S. A., F. A. Payne : Color and Defect Sorting of Bell Peppers Using Machine Vision. Trans. of the ASAE, 33(6), 045~2050 (1990)
5. Rehkugler, G. E., J. A. Throop : Apple Sorting with Machine Vision. Trans. of the ASAE, 29(5), 1388~1397(1986)
6. Delwiche, M. J., S. Tang, J. F. Thompson : Prone Defect Detection by Line-Scan Imaging. Trans. of the ASAE, 33(3), 950~954(1990)
7. 노상하, 류관희, 김일웅 : 화상처리 시스템을 이용한 과실의 기하학적 특성 측정. 한국농업기계학회지, 15(6), 23~32(1990)
8. 노상하, 류관희, 김성민 : 영상처리를 이용한 사과색택판정. 한국농업기계학회지, 16(3), 272~280(1991)
9. 노상하, 이종환, 이승훈 : 흑백영상처리를 이용한 과실선별기 개발에 관한 기초연구(I). 한국 농업기계학회지, 17(4), 303~311(1992)
10. 노상하, 이종환, 이승훈 : 흑백영상처리를 이용한 과실 선별기 개발에 관한 기초연구(II). 한국 농업기계학회지, 17(4), 321~327(1992)
11. 김병순 : 컴퓨터시각 영상의 크기의 색도 분석에 의한 사과선별. 석사

학위논문, 전남대학교(1992)

12. 황인근 : 영상처리를 이용한 다목적 과실 선별기 개발에 관한 기초연구. 석사학위 논문, 서울대학교(1993)
13. 호리이 타이찌:과실소채류의 선별방법과 장치 (한특개 84-5359)
14. 김연자 : 과일선별장치 (한특개 90-1419)
15. 김형식, 오용규, 변동익 : 자동과일 선과기 (한특개 92-19430)
16. 정양수 : 과일 선별기 (한특개 95-230)
17. 김봉석 : 과일 선별장치 (한특개 95-16896)
18. 김봉석 : 과일 선별기의 정량낙하 제어장치 (한특개 95-16897)
19. 名眞英司 : カラー-センサ. 省力と自動化. 25(11), 128~129(1994)
20. 이대원, 이용국 : 칼라센서를 이용한 담배 완속도의 식별장치 개발. J. of the Korean Society of Tobacco Science, 16(1), (1994)
21. 김종화, 이기철 : 無窮花 化色變異에 관한 研究. 1. 生化辨의Spectra 特性과 化色分類. 한국원예학회지, 32(1), 102~110(1991)
22. 이문규, 윤찬균 : 역전파 신경망을 이용한 케이블의 색깔인식. 산업공학, 8(1), 5~13(1995)
23. 劉壽男, 게르 쿠르쯔 : 칼라 컴퓨터시각을 利用한 部材의 색에 의한 選別. 한국농업기계학회지, 18(3), 288~295(1993)
24. 고천일 : ON LINE 계측. AUTOMATION, 6, 86~91(1993)

제 3장 Fuzzy이론을 이용한 청과물의 저온 저장 및 추속제어 시스템의 개발

제 1절 서 설

1. 연구개발의 목적 및 필요성

식생활의 다양화, 고도화에 따라 품질이 우수한 식품이 요구되며 청과물에서도 품질이 양호한 것을 공급하기 위한 선도유지의 중요성이 인식되어 왔다. 현재까지는 유통조건이 서서히 정비되고, 많은 유통기기가 개발되어 선도유지 기능이 널리 실용화되는 상황에 있다.

청과물은 상품의 생산구조 및 상품자체의 특성상 곡물이나 공산품 등에 비해 가격 변동이 심할 뿐 아니라 유통상의 마진이 높은 편이다. 일반적으로 청과물의 유통은 유통기구가 열세하고 유통경로가 복잡하기 때문에 다른 부문에 비하여 생산성이 떨어지는 구조적 취약성을 갖고 있는 것으로 지적된다.⁽¹⁾ 또한 청과물은 실제로 유통되는 환경조건도 극히 다양하기 때문에 개개의 청과물의 효과적인 선도 유지가 어려운 실정이다. 그러므로 청과물의 생리특성과 유통기구를 정확하게 파악하여 저온으로 유지하는 세심한 유통상의 대책이 필요하다.⁽²⁾

농산물의 유통 시스템은 시대와 함께 크게 변화하여 왔으며, 수확후의 처리기술, 저온 수송, 저장 시스템 등이 중요시 되고 있다. 청과물은 호흡작용, 증산작용과 다른 생리작용을 행하여 성장하거나 품질이 저하되기도 하지만 호흡을 정상적으로 지속시킬 필요가 있다.⁽³⁾

청과물의 호흡에 미치는 영향으로는 내부적 요소와 외부적 요소가 있으며, 내부적 요소는 품종, 에틸렌 농도, 숙성의 차이이며, 외부적 요소는 온도, 습도, 진동, 가스조성, 물리적 손상 등이다.⁽⁴⁾

현재, 우리나라의 추숙기술은 과학적인 방법보다는 경험적인 자료에 근거하여 행하여지고 있는 경우가 대부분이며, 현장의 추숙과정에서 추숙 온도, 에틸렌 농도, 탄산가스 농도, 환기가 청과물의 추숙을 좌우하는 Factor로 확인되었으나, 과학적인 추숙제어의 방법은 확립되어 있지 않다. 청과물의 추숙을 적절하게 하므로써 유통기간의 조절 및 상품가치의 향상을 꾀할 수 있으므로 출하시기를 맞추어 인위적인 추숙제어가 중요하리라 생각된다.

최근에는 Fuzzy 이론을 산업에 응용하고자 하는 많은 연구가 진행되고 있다.⁽⁵⁾⁽⁶⁾ 특히 식품분야에서도 Fuzzy 이론을 응용하고자 하는 시도가 있으므로⁽⁷⁾ 본 연구에서는 Fuzzy 이론을 이용한 추숙과정에서 추숙온도 및 누적 탄산가스 방출량과 당도 증가량의 상관관계 등을 규명하고 이들 상관관계를 이용한 추숙제어 시스템의 개발에 연구의 목적을 두었다.

2. 연구경향

본 과제에서 수행하고자 하는 저온저장 및 추숙제어 시스템의 개발을 위한 자료조사는 KINIT, 특허청, 국회도서관, 동경대학 농학부 도서관, 일본 특허청, 일본 국회도서관, 일본 식품종합연구소 등에서 수집하였으며, 조사, 수집된 자료 중에서 최근의 것을 정리하면 표-과 같다. 또한, 국내외 관련 전문가와의 본 연구과제에 대한 의견교환을 통하여 종합된 자료를 중심으로 연구를 수행하였다.

지금까지의 특허 및 문헌을 통하여 얻어진 자료를 분석해 보면 대부분이 냉동냉장창고 자동화 기술 및 냉동냉장기기 개발 기술에

관한 자료로서 저온저장에 있어서 저장방법 및 저장기기의 개발에

표 17 저온저장 및 추속제어시스템에 관한 자료(1987년 이후)

구분 내용	국 내		국 외		합 계
	특 허	논 문	특 허	논 문	
냉동냉장창고 자동화 기술	9	12	8	12	41
냉동냉장기기 개발 기술	87	20	7	15	129
관련특허 출원인	삼성전자, LG전자, 현대전자, 대우전자 외 25인		도시바, 산요전기, 호시자기전기, 다우케미컬 외 10인		111
관 련 JOURNAL	냉동공조공학, 농경 과 원예, 공기조화 냉동공학, 전기기술, 전파연연보, 컴퓨터 매거진, 물류시대 외 13종		J. HEAT TRANSFER 冷凍, 冷凍協會論文集, 無人化技術, 自動化技術 ファクトリーオートメ-ション 包裝技術, 食品加工技術, 物流技術情報, ASHRAE 외 11종		59

관한 자료가 대부분이며, 농산물의 추속제어에 관한 자료는 거의 없었다. 특히 본 연구개발과제와 관련된 Fuzzy이론을 응용한 추속 제어시스템의 개발에 관한 특허는 전혀 보이지 않았다. 그러나 조사된 자료는 저온저장 및 추속제어 Program의 개발 및 설계에 기초 자료로 유용하게 활용되었다.

제 2절 연구내용 및 방법

1. 저온저장 및 추속 제어 시스템의 개발

가. 저온저장 및 추속제어 Program 개발을 위한 Fuzzy 추론

추속진도제어의 기본적인 방법은 누적탄산가스방출량의 실측치를 그 이상치에 일치시키기 위하여 제어 편차값에 기준하여 Fuzzy추론부에서 조작량(온도 Schedule의 추속온도로부터의 상하의 양)을 산출하고 추속온도를 결정하게 된다.

여기서 누적탄산가스방출량의 이상치는 사용한 온도 Schedule에 따른 누적탄산가스방출량이며, 일정 시각 n 에서 이 값을 R_n 으로 하였다. 또, 실제로 계측된 Chamber내의 탄산가스농도 변화로부터 계산되는 그 시각의 누적탄산가스 방출량을 실측치 Y_n 으로 하면 다음의 식이 성립한다.

$$E_n = R_n - Y_n$$

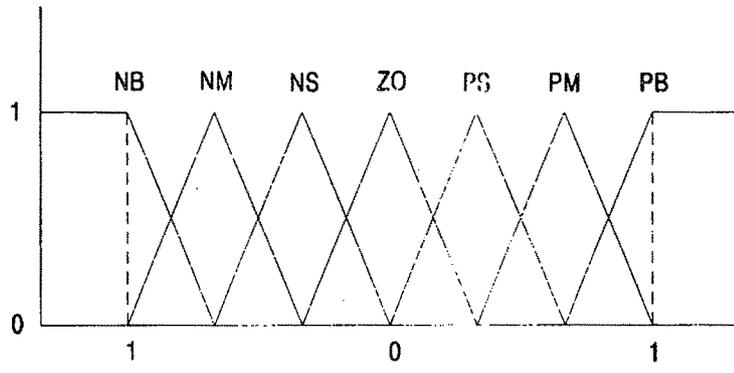
편차의 변화치를 ΔE_n 이라 하면

$$\Delta E_n = E_n - E_{n-1}$$

로 된다. 여기서 첨자 $n - 1$ 은 n 의 전 Sampling 시각을 표시한다. 이 E_n , ΔE_n 에 대한 시각 n 에서의 Chamber내의 탄산가스농도 C_n 을 Fuzzy 추론부의 입력변수로 하며, 온도Schedule에 따른 추속온도를 기본온도, 실제의 Chamber내의 추속온도를 설정온도로 한다. 또한 설정온도와 기본온도의 차를 설정온도 상하량 U_n 으로 두면 다음의 식이 성립한다.

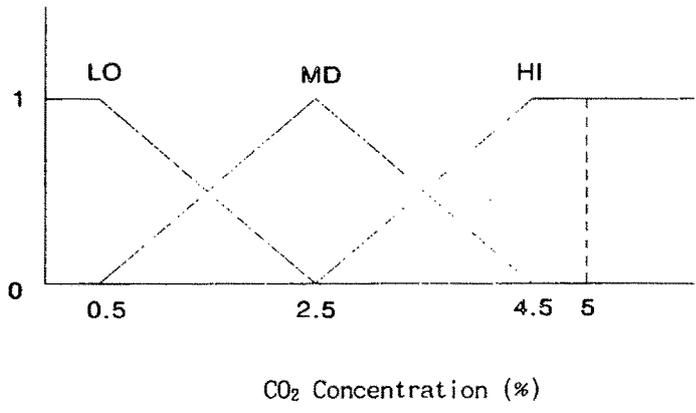
$$\Delta U_n = U_n - U_{n-1}$$

여기서 U_n 은 시각 $n - 1$ 에서 n 까지의 설정온도의 상하량의 변화분을 표시하며, 이 ΔU_n 을 Fuzzy 추론부의 출력변수로 한다. ΔU_n 가 조작량으로서 온도상하량이라 부르며, ΔU_n 은 조작량 변화치라고 부르기로 한다. 본 연구에서 Fuzzy제어부의 입, 출력관계는 E_n ,



NB : Negative Big PS : Positive Small
 NM : Negative Medium PM : Positive Medium
 NS : Negative Small PB : Positive Big
 ZO : Zero

그림 11 E, ΔE, ΔU의 Membership function



LO : Low concentration
 MD : Medium concentration
 HI : High concentration

그림 12 C_n의 Membership function

$E_n, C_n \rightarrow \Delta U_n$ 로 된다. 여기서, U_n 의 시간에 대한 미분치로서 속도에 상당하는 ΔU_n 를 출력으로 하고 있으므로, 제어의 계산 알고리즘에서 속도형이라 부른다. Fuzzy 변수는 연속형으로 구성도에서 최근에 계산이 간단하고, 성능에 거의 차이가 없는 삼각형을 이용한다. Fuzzy변수는 NB (Negative Big)에서 PB (Positive Big)까지의 사이를 7개로 구분하여 명명하였다. 또한, -1에서 1까지 규격화하였으나, 입력과 출력을 어느 범위에서 규격화하는 것에 대해서는 Fuzzy제어의 계산에 실제로 대단히 중요하다. Fuzzy 제어 규칙은 일반적으로 표시하면

$$\text{if } X_1 \text{ is } A_{i1} \text{ and } X_2 \text{ is } A_{i2} \text{ then } Y \text{ is } B_i \\ (i = 1 \sim n)$$

로 된다. X_1, X_2 는 전반부 변수, Y 는 후반부 변수이며, A_{i1}, A_{i2}, B_i 등은 여러 Fuzzy집합으로 표시된다. 전반부의 입력이 Fuzzy수가 아닌 확정수치라고 하고, 그 값을 $e, \Delta e$ 로 하면

$$w_i = A_{i1}(e) \wedge A_{i2}(\Delta e)$$

로 표시되며, i 번째의 규칙의 적합도를 나타낸다. 이것을 이용한 i 번째의 규칙에 의한 추론결과는 $w_i \wedge B_i(y)$ 로 되며, 최종적인 추론 결과를 $B(y)$ 로 하면

$$B(y) = \bigcup_{i=1}^n [w_i \wedge B_i(y)]$$

로 되며, 출력의 Fuzzy 집합을 구할 수 있다. 그러나, 실제의 제어에서는 확정치를 이용하므로, 중심법을 이용하여 하나의 값을 결정하고, 이것을 후반부의 출력, 즉 조작량 변화치로 한다. 이 추론법은 Mamdani의 방법 중에서도 가장 많이 사용되고 있는 『MIN - MAX - 중심법』이다. 본 연구에서는 편차 E_n , 편차의 변화치 ΔE_n 에 탄산가스농도 C_n 의 세 값을 입력하는 Fuzzy제어 시스템용

Program을 개발하였다.

탄산가스 농도 C_n 의 구성은 연속적인 삼각형의 형태이며, Fuzzy 변수는 3개로서 LO (탄산가스의 농도가 낮음), MD (탄산가스의 농도가 중정도임), HI (탄산가스의 농도가 높음)의 기호로 표시한다. 전반부의 변수가 3개일 때의 Fuzzy 제어 규칙은

if X_1 is A_{i1} and X_2 is A_{i2} and X_3 is A_{i3}
then Y is B_i ($i = 1 - n$)

로 된다. 본 연구에서는 전반부 변수 X_1 이 편차 E_n , X_2 가 편차의 변화치 ΔE_n , X_3 가 탄산가스농도 C_n 이고, 다른 변수와는 달리 규격화하지 않은 농도치(%)를 그대로 사용한다. 후반부 변수가 조작량 변화치 ΔU_n 이다. 이후의 추론은 입력의 추론과 동일하며, 『MIN - MAX - 중심법』에 의하여 추론, Program을 개발하였다.

나. 저온저장 및 추속제어 시스템의 설계 및 제작

본 연구에서는 편차 E_n , 편차의 변화치 ΔE_n , 탄산가스농도 C_n 을 입력변수로 하는 저온저장 및 추속 시스템을 설계, 제작하였다. 탄산가스 농도 C_n 의 Fuzzy 변수를 LO, MD, HI 의 세 경우로 나누어 표시하고, 종축에 E_n 의 값을, 횡축에 ΔE_n 의 값을, 표속에 ΔU_n 의 값으로 표시하며, 그 상태에서의 E_n , ΔE_n , C_n 을 조합하여 ΔU_n 을 결정한다. 이 규칙은 Fuzzy 추론의 출력을 크게 좌우하게 된다. 온도를 설정함에 있어서 온도의 상승은 신중하게, 하강은 신속하게 행하여야 하므로, ΔU_n 의 설정에는 PB는 존재하지 않는다. 먼저 C_n 이 MD일 때 E_n 가 ZO 이외의 상태에서는 E_n 을 ZO부근에 구속시킬 필요가 있으므로 E_n 이 Positive 즉, 추속이 지연되고 있을 때에는 ΔU_n 에는 Positive 추속의 단계를, E_n 가 Negative 즉, 추

속이 진행되고 있을 때에는 ΔU_n 에는 Negative의 추속의 단계를 각각 E_n 의 크기에 의하여 주어지게 된다. 그 이외의 4개의 Level에 대해서는 E_n 가 NS, ΔE_n 가 PS일 때에 Z0를 출력한다. 이것은 편차가 작은 Negative이고, 그 변화치가 작은 Positive이면, 이상적인 상태이므로 출력을 0으로 하게 된다. 구체적으로는 이 Z0에 의하여 접하는 규칙에서의 출력을 작게하는 것이다. E_n 가 PS, ΔE_n 가 NS일 때도 동일하다. E_n 가 PS, ΔE_n 가 NB일 때에 NM을 출력한다. E_n , ΔE_n 가 동시에 NB 일 때, NB를 출력하게 된다. 다음으로 C_n 가 LO일 때는, CA효과에 의한 탄산가스 농도가 낮은 상태에서는 탄산가스방출속도가 빠르고, E_n 는 감소경향을 보이며, ΔE_n 은 Negative의 값을 가지는 경향을 보인다. 그런데 E_n 가 Z0, ΔE_n 가 NS이면 양호하며, Z0를 출력하게 된다. 위의 이론을 기본으로 개발된 Program에 의하여 제어되는 저온저장 및 추속제어 시스템을 설계하기 위하여 냉동부하를 계산을 행하고, 각종기기의 사양을 결정하여 이를 기준으로 저온저장 및 추속제어 시스템을 제작 하였다.

다. 저온저장 및 추속 제어 시스템용 Program의 개발

추속진도제어의 방법으로써 누적탄산가스방출량의 실측치를 그 이상치에 일치시키기 위하여 제어 편차값에 기준하여 Fuzzy추론부에서 조작량 (온도 Schedule의 추속온도로부터의 상하의 양)을 산출하고 추속온도를 결정하기 위한 추속제어 시스템용 program을 개발하였다.

저온저장 및 추속제어 시스템용 program은 ① Fuzzy이론에 의한 추속제어 기본 Program ②탄산가스 농도의 측정과 누적탄산가스방출량의 산출 Program ③온도의 측정 및 설정 Program ④수위 및 환기제어 Program으로 구성되어 있으며, Chamber 내의 온도제어, Chamber내에 설치된 Fan의 운전, 급수 Pump의 운전, 환기제어가 Personal

Computer로 자동제어가 가능하게 되어 있다.

2. 저온저장 및 추속 제어 실험

가. 누적탄산가스방출량

탄산가스의 농도 측정은 Chamber내의 가스는 가스분석기의 Sampling용 Pump에 의하여 흡입되어 측정 셀을 통과시켜 가스분석기로서 행하며, Data 입력장치로 들어온 가스분석기의 출력신호를 Personal Computer에 저장하게 된다. 키위의 당도증가량과 탄산가스농도의 측정 결과로부터 상관관계식을 구하였다.

나. 누적탄산가스방출량과 추속온도

기체의 상태방정식으로부터 구해진 키위의 탄산가스방출량과 추속온도와 상관관계식으로부터 누적탄산가스방출량을 구한다.

$$\text{누적탄산가스방출량} = \sum 44 \times 1000 \times \frac{(\Delta\text{CO}_2 / 100) (350 - W / \rho)}{0.082 \times (273 + t)}$$

여기서 t : Chamber 내의 온도 ($^{\circ}\text{C}$)

ΔCO_2 : Chamber 내의 탄산가스농도변화 (%)

W : 과일의 중량 (kg)

ρ : 과일의 밀도 (kg / l)

다. 키위의 성분분석

저온저장 및 추속제어 실험 및 분석을 행하기 전에 먼저 실험 대상인 키위의 성분을 다음의 방법으로 분석하였다.

1) pH측정 : 20배 희석한 sample을 20ml씩 취하여 pH meter로서

측정했다.

2) 산도측정 : 20배 희석한 sample을 20ml씩 취하고, NaOH로서 적정했다. 산도는 $\text{NaOH ml} \times 0.09$ 로 계산하였다.

3) 유기산, 고형분 함량 측정 : 5배 희석한 sample을 25ml 취하여 10,000rpm에서 15분간 원심분리하여 고형분과 상등액을 얻었다.

가) 유기산 함량 : 상등액에 페놀프탈레인 용액을 2-3적 첨가한 후, 선홍색으로 변할 때까지 NaOH를 가하였다.

유기산의 함량 = $0.059 \times \text{NaOH(ml)} \times 100 / \text{상등액(ml)}$

나) 고형분 함량 : 고형분은 105℃에서 한시간 건조시켜 측정하였다.

4) 탁도 : 20배 희석한 sample을 640nm에서 흡광도를 측정하였다. 필터로 여과하여 HPLC분석용 시료로 사용하였다.

제 3절 연구결과

1. 저온저장 및 추속제어 시스템의 설계

Unit cooler를 이용한 개별송풍방식의 저온저장 및 추속제어 시스템에 대한 부하계산서, 기기의 사양(용량 및 크기)을 계산하고, 이를 기준으로 flow chart 및 설계도면을 완성, 제작하였다.

가. 냉동부하계산

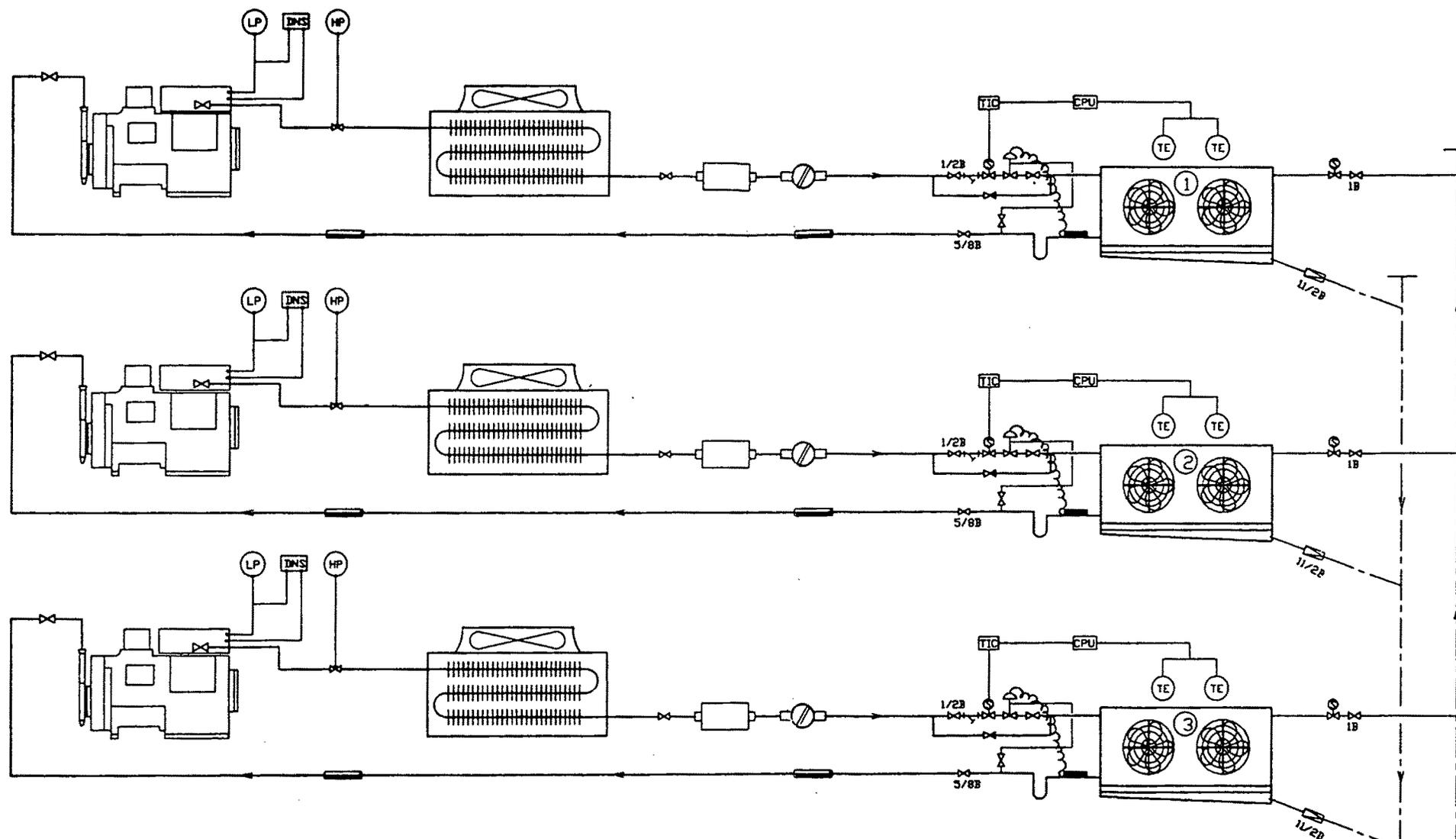
1) 제작사양

가) 저온 Chamber

(1) 치수(Size) : 1800mm×1800mm×2000mm (3 Chamber)

(2) 냉장실온도 (Chamber Temperature)

1호실 : 일반제어, 2호실 : Fuzzy 제어, 3호실 : Fuzzy 제어

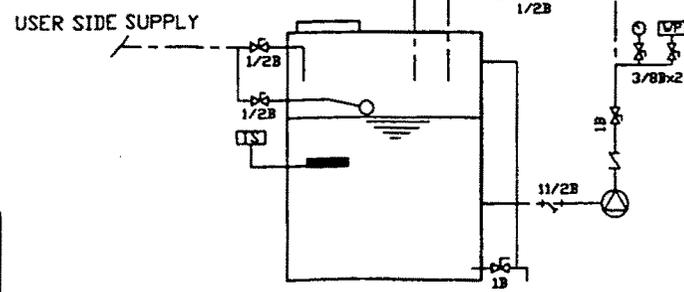


1. RECIPRO COMPRESSOR
1HP(0.75KW) x 220V x 2P x 3SETS

2. UNIT COOLER
COOLING SURFACE AREA; 6.2M² x 3SETS
FAN & MOTOR; 16W x 4P x 250φ x 6SETS

3. DEFROST PUMP
200W x 220V x 1SET

4. DEFROST TANK
CAPACITY; 0.5TON x 1SET



WP	WATER PRESS'SWITCH	☐	AIR CURT VALVE	⊘	STOP VALVE
TE	TEMPERRATURE SENSOR	⊘	WATER STOP VALVE	↔	CHECK VALVE
T	THERMOSTAT	⊘	SOLENOID VALVE	⊘	THERMOSTAT
○	BOOL TAP	⊘	THERMO EXPANSION VALVE	⊘	WATER PRESS' SWITCH
H	ELE'C HEATER	⊘	NANUAL EXPANSION VALVE	⊘	LOW PRESS' SWITCH
○	SIGHT GLASS	⊘	STRAINER	⊘	HIGH PRESS' SWITCH

(3) 냉장실내 통로 폭 : 900mm

나) 냉동사이클 제작(Cooling Unit)

(1) 자동제어에 의한 단단압축방식(One Stage)

(2) 방열방식 : 공냉식(Air - Cooled Type)

(3) 온도범위 : - 5℃

2) 냉동부하의 계산을 위한 기초사항

가) 실내의 최저온도가 -5℃이므로 방열재의 두께는 기기의 고장이나 전원중단으로인한 냉각장치의 사용불가능시에도 외부의 침입열량을 최소화하므로써 가장 이 상적인 실험환경의 조성을 위하여 방열재가 보강된 에너지 절약형을 사용하면 천정 225mm, 바닥 25mm, 외벽175mm, 사이벽150mm로 한다($\lambda=0.030\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)

나) 실의 바닥온도는 바닥과 접하므로 20℃로 산정하여 계산한다.

다) 복도의 온도는 실온과 외기온의 중간치를 사용하여 15℃로 산정한다.

라) 환기열량은 유효체적이 50m³이므로 환기회수는 10회로 산정한다.

마) 외기온도가 실내온도에 이르는 열량은 냉장실의 최저온도가 -5℃이므로 27kcal/m³으로 한다.

바) 작업인의 경우 하루에 3시간 이하로 작업이 가능하고 작업인원은 1명이며, 작업자의 인체에서 발생하는 열량은 200kcal/h인 이다.

사) 작업기계는 사용하지 않고 수작업을 사용하므로 무시한다.

아) 조명은 실의 수가 3개이고, 복도가 1개이므로 4개의 작업 등을 작업시간내에 사용하는 것으로 산정한다.

2. 저온저장 및 추속제어 시스템의 제작 및 제어방법

냉동부하계산에 기초하여 기기를 선정하였으며, 냉동장치의 설계

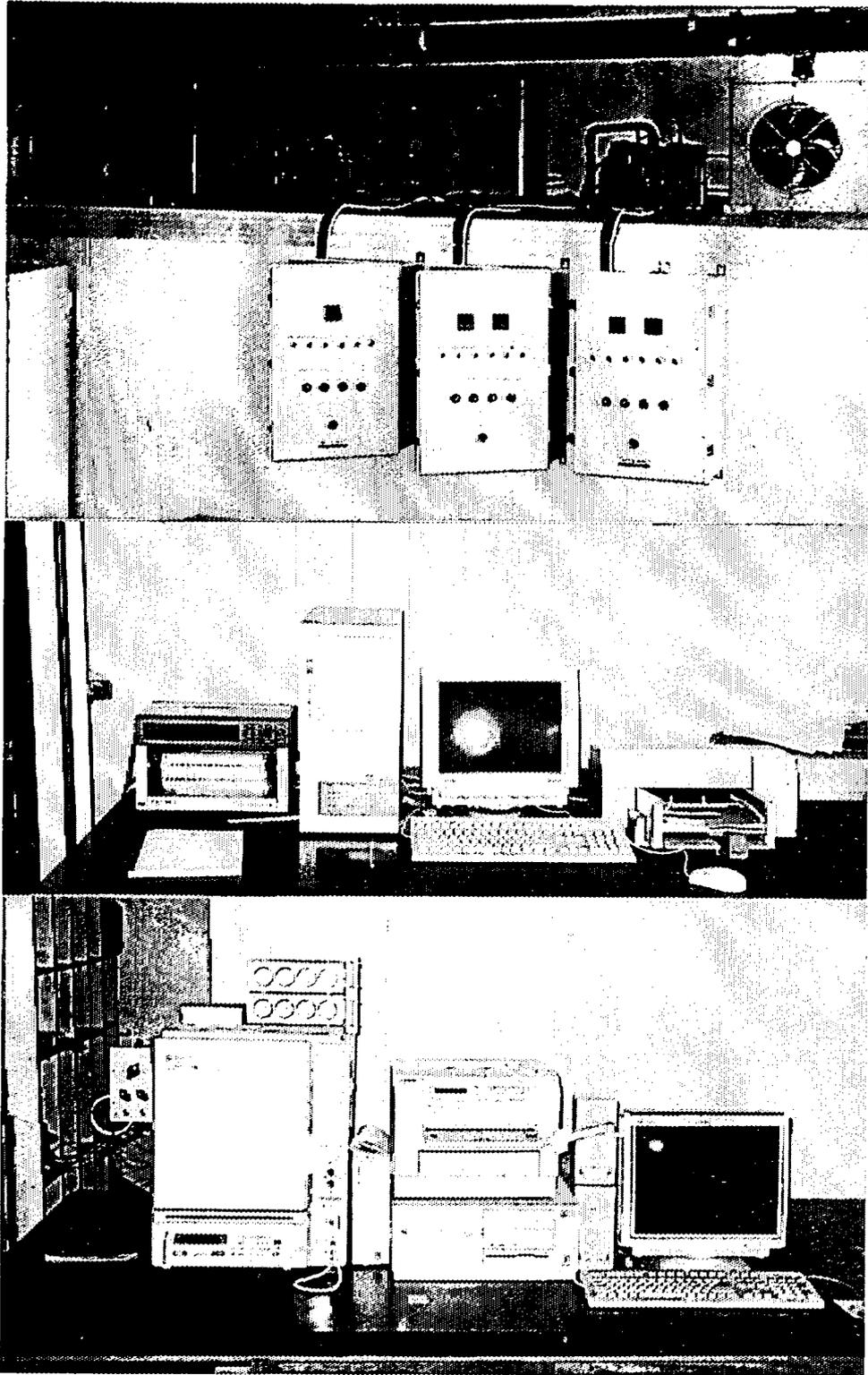


사진 6 저온저장 및 추속제어 시스템

도면의 개략도를 첨부하였다. 시스템의 저온저장 및 추속제어장치는 ① Fuzzy 제어에 의한 온도 및 습도제어(수조)시스템, ② Fuzzy 제어에 의한 가스분석 및 환기제어 시스템으로 구성되어 있다.

Chamber내에 설치된 Fan의 운전, 에틸렌 투입용 및 배수용 전자변의 개폐, 급수 Pump의 운전은 Personal Computer로부터 Data입력장치로부터 행한다.

습도제어를 위하여 Chamber내 바닥 주위에 물순환로를 ㄷ자형으로 설치하여 순환시켰다. 수로에는 배수구를 설치하고, 배수용 전자변을 부착하였다. 배수시에는 전자변이 열려 물은 수로하부에 설치된 Tank로 배수되며, 수로로의 급수는 Tank의 물을 급수Pump에 의하여 수로로 공급된다. 수조상부에 수위를 측정하기 위하여 수위계를 부착하였다.

Chamber 내의 온도제어는 T형 열전대를 Digital Program조절계에 접속하여 온도를 측정하며, 온도Controller를 Computer에 접속시켜 Chamber내의 온도가 입력되며, 설정온도치는 Controller로 전송된다. 온도 Controller는 접속되어 있는 Regulator를 통하여 온도를 조절한다. 본 시스템의 온도제어는 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 의 편차로 유지되었다.

환기제어는 추속실험개시후에 24시간후에 최초로 환기한다. 그 후 Fuzzy제어 규칙에 의하여 환기조건을 만족하면 환기를 행한다. 첫번째의 환기는 Chamber내의 에틸렌을 방출하고, 2번째 이후의 환기는 청과물의 호흡에 의하여 소비된 산소를 Chamber내로 공급하고, 생성된 탄산가스를 배출하는 역할을 하게 된다. 추속진도제어의 방법으로서 누적탄산가스 방출량의 실측치를 그 이상치에 일치시키기 위하여 제어 편차값에 기준하여 Fuzzy추론부에서 조작량(온도 Schedule의 추속온도로부터의 상하의 양)을 산출하고 추속온도를 결정한다.

3. 저온저장 및 추속제어 실험

가. 저온저장 실험

1) 키위의 성분

11월에 수확한 키위를 구입하여 과육과 과피 부분으로 나누어 분석을 행하였다 (사진 7). 그 결과는 표 18과 같으며, 3번 반복하여 분석한 결과의 평균치로서 표시하였다. 과육은 키위 총질량의 약 88% 였다. pH는 과육이 3.51, 과피는 과육보다 높은 3.89였으며, 산도는 과육이 2.20, 과피는 0.51이었다. 유기산은 과육이 24.2, 과피는 6.3이었으며, 탁도는 과육이 1.6, 과피는 0.5였고, 고형분 함량은 과육과 과피 모두 0.13으로 분석되었다.

표 18 키위의 성분분석

	백분율(%)	pH	산도	유기산	고형분	탁도
과육	88	3.51	2.20	24.2	0.13	1.6
과피	12	3.89	0.51	6.3	0.13	0.5

2) 키위의 저온저장 중 성분변화

키위를 경도별로 손으로 선별하여 1등급(A,B,C), 2등급(E, F)의 2그룹으로 나누어 저온실의 온도를 0℃로 하여 저온저장 실험을 행하였다. 과육 및 과피의 산도 pH, 탁도 및 고형분함량의 변화를 측정된 결과는 다음 그림과 같다. 산도에서는 과육(그림 13)이 0.15~0.20의 수치를 나타내었으며 시료 A, B, C의 경우 변화의 폭이 적었으며, 시료 E, F의 경우 30일이 경과 한 후 A, B, C에 비하여 낮아졌다. pH의 경우 과육은(그림 15) 대체로 4.20~4.50으로 E시료는 저장 25일째부터 30일에 약간 높아졌다. 과피는(그림 16)과육에 비해서 약간 높은 수치인 4.60~4.95이었다. 고형분함량도 큰 변화는 없었는데, 과육의 경우(그림 17) 0.22~0.30 이었으며, 과



사진 7 저온저장 및 추속제어용 시료

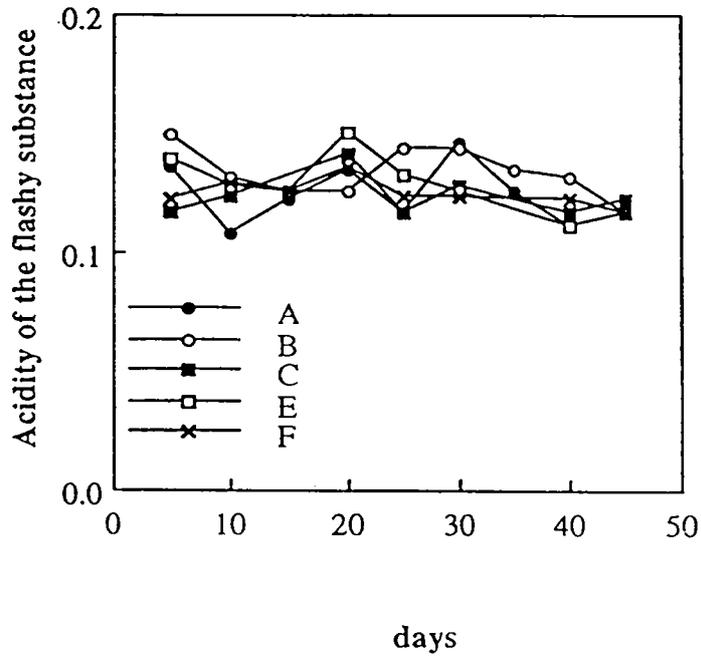


그림 13 저장기간의 경과에 따른 과육의 산도의 변화

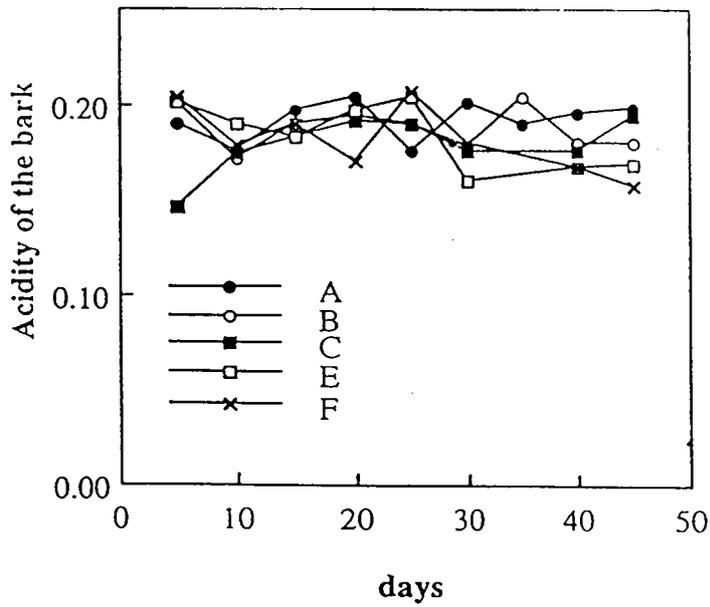


그림 14 저장기간의 경과에 따른 과피의 산도의 변화

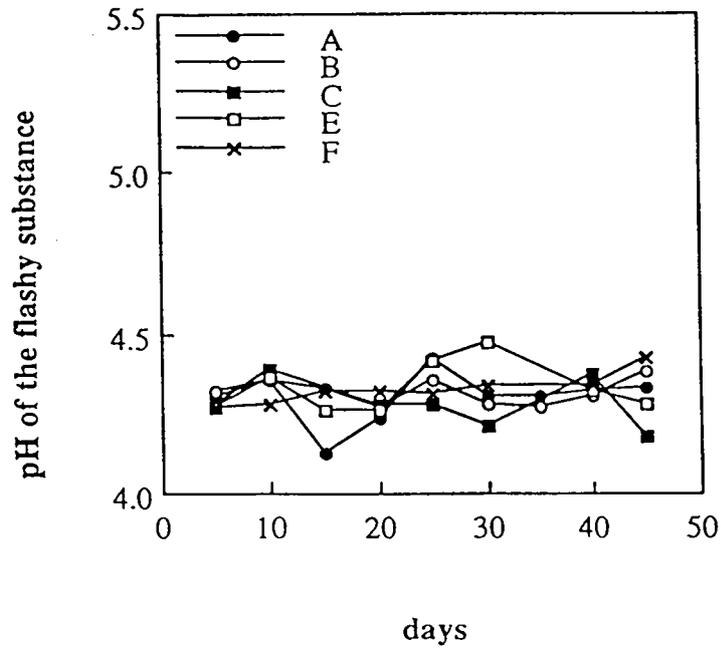


그림 15 저장기간의 경과에 따른 과육의 pH의 변화

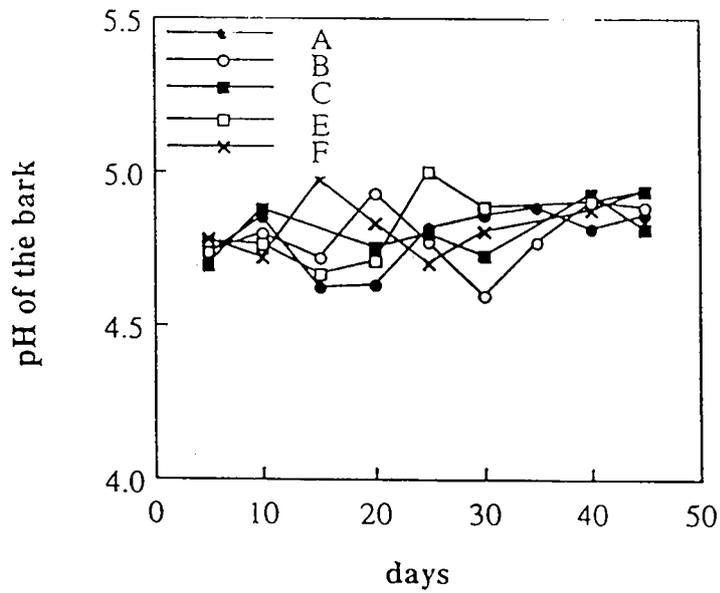


그림 16 저장기간의 경과에 따른 과피의 pH산도의 변화

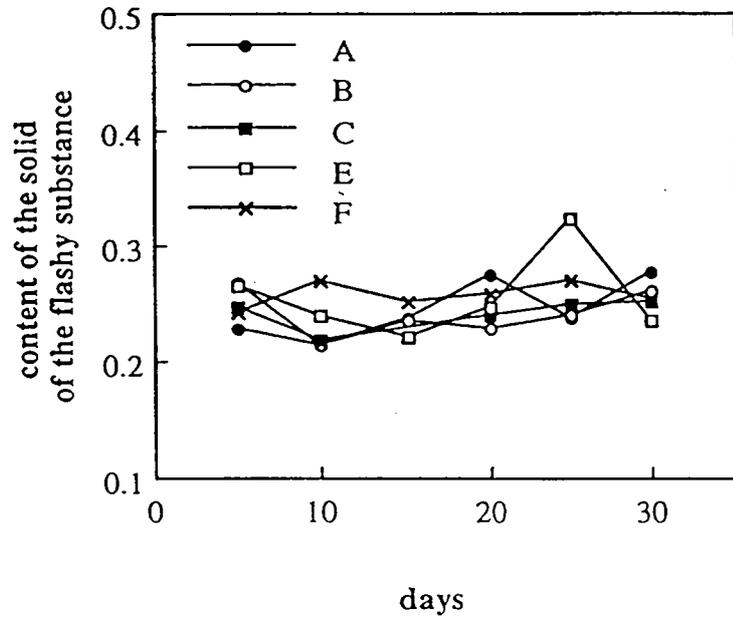


그림 17 저장기간의 경과에 따른 과육의 고형분 함량의 변화

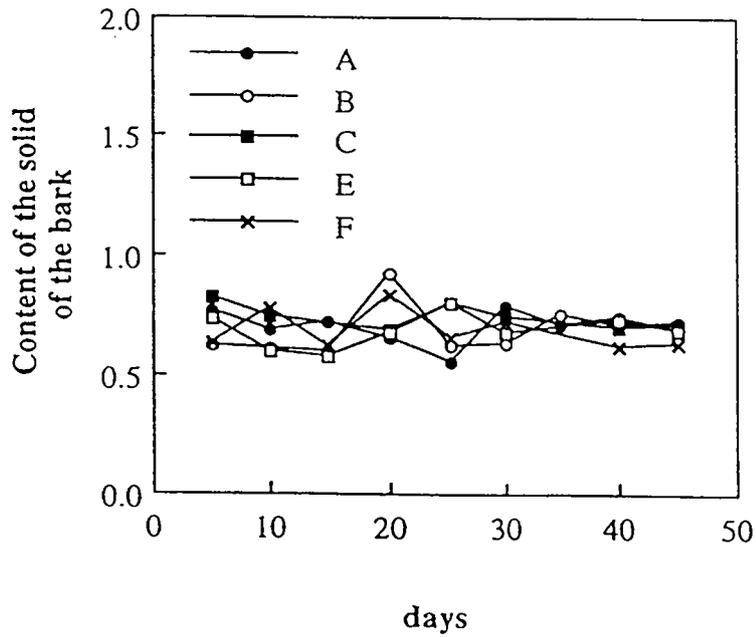


그림 18 저장기간의 경과에 따른 과피의 고형분 함량의 변화

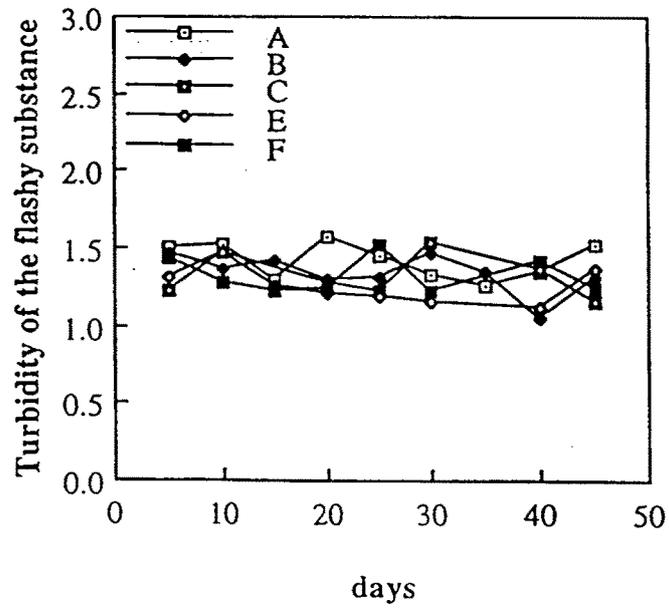


그림 19 저장기간의 경과에 따른 과육의 탁도의 변화

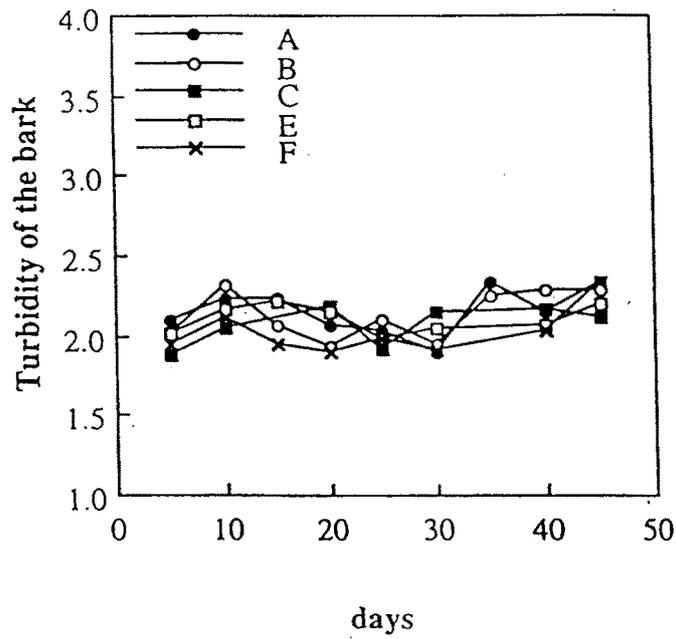


그림 20 저장기간의 경과에 따른 과피의 탁도의 변화

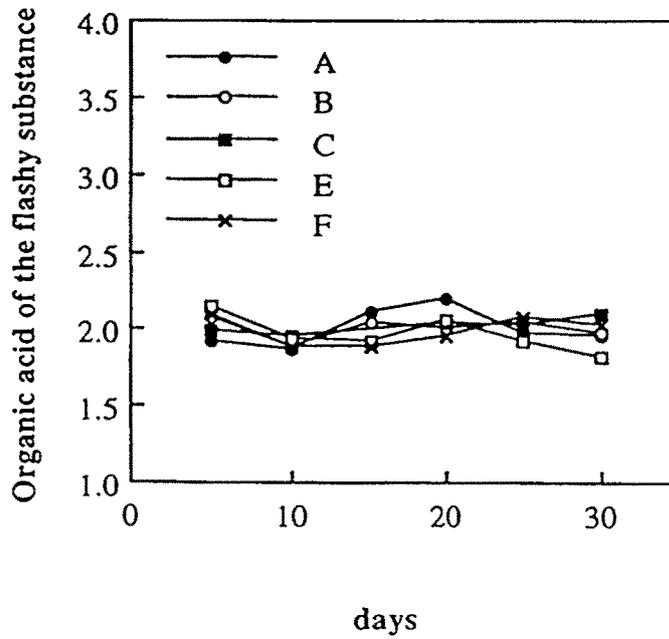


그림 21 저장기간의 경과에 따른 과육의 유기산의 변화

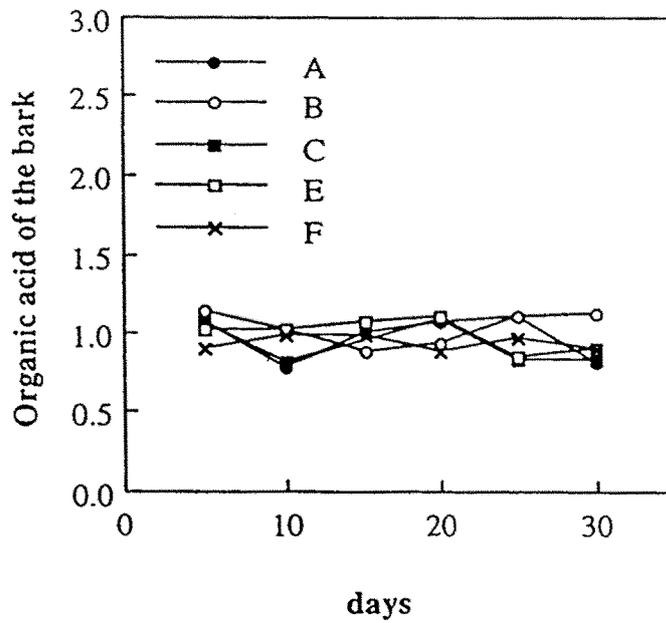


그림 22 저장기간의 경과에 따른 과피의 유기산의 변화

피는(그림 18) 0.6~0.90 범위 였는데 시료간의 차이는 거의 없었다. 탁도의 경우는 과육은(그림 19) 1.30~1.50, 과피는(그림 20) 1.80~2.30으로 큰 변화는 없었다. 각각의 시료에서 각 저장기간이 길어짐에 따라 관능검사상 외관의 모양은 약간 축소된 듯 하였으나, 산도, pH, 탁도와 고형분의 함량에는 큰 변화가 없었다고 사료된다. 그러므로 키위를 0℃의 저온저장 온도로 보관하는 경우에 성분 변화는 거의 나타나지 않음을 알 수 있었다.

나. 키위의 추속제어 실험

저온저장고 내의 온도가 5℃, 10℃, 15℃의 추속환경에서 추속제어 실험을 행한 결과 키위의 추속 기간에는 탄산가스 배출속도의 회귀곡선은 그림 23과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 15℃에서는 6일, 10℃에서는 17일, 5℃에서는 30일에서 각각 탄산가스배출속도(mg CO₂/kg·h)가 최대에 도달하였다. 각각의 추속온도에서의 탄산가스배출속도와 추속기간과의 회귀식은 다음과 같다.

$$y = 0.0012t^3 - 0.0573t^2 + 0.9939t + 0.3872$$

$$(R^2 = 0.8457, \text{ 추속온도 } 5^\circ\text{C})$$

$$y = -0.0328t^2 + 1.0874t + 1.0573$$

$$(R^2 = 0.8683, \text{ 추속온도 } 10^\circ\text{C})$$

$$y = -0.0003t^4 + 0.0218t^3 - 0.5183t^2 + 4.3944t + 0.6579$$

$$(R^2 = 0.8963, \text{ 추속온도 } 15^\circ\text{C})$$

추속기간과 누적탄산가스량의 관계는 그림 24와 같으며 다음의 회귀식을 얻었다.

$$y = 0.152t^3 - 8.6894t^2 + 369.17t - 443.83$$

$$(\text{추속온도 } 5^\circ\text{C})$$

$$y = -0.2628t^3 + 12.682t^2 + 37.846t + 1.2542$$

$$(\text{추속온도 } 10^\circ\text{C})$$

$$y = -0.0225t^3 + 3.1974t^2 + 72.725t - 92.836$$

$$(\text{추속온도 } 15^\circ\text{C})$$

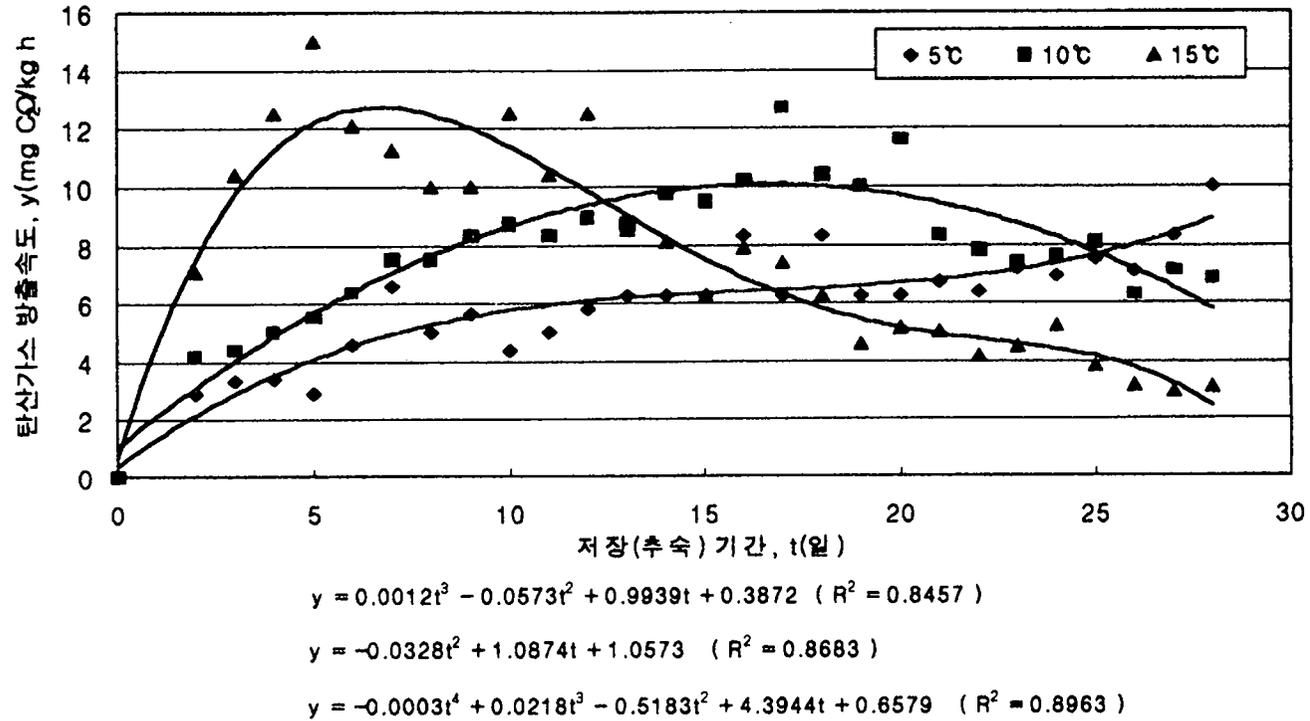
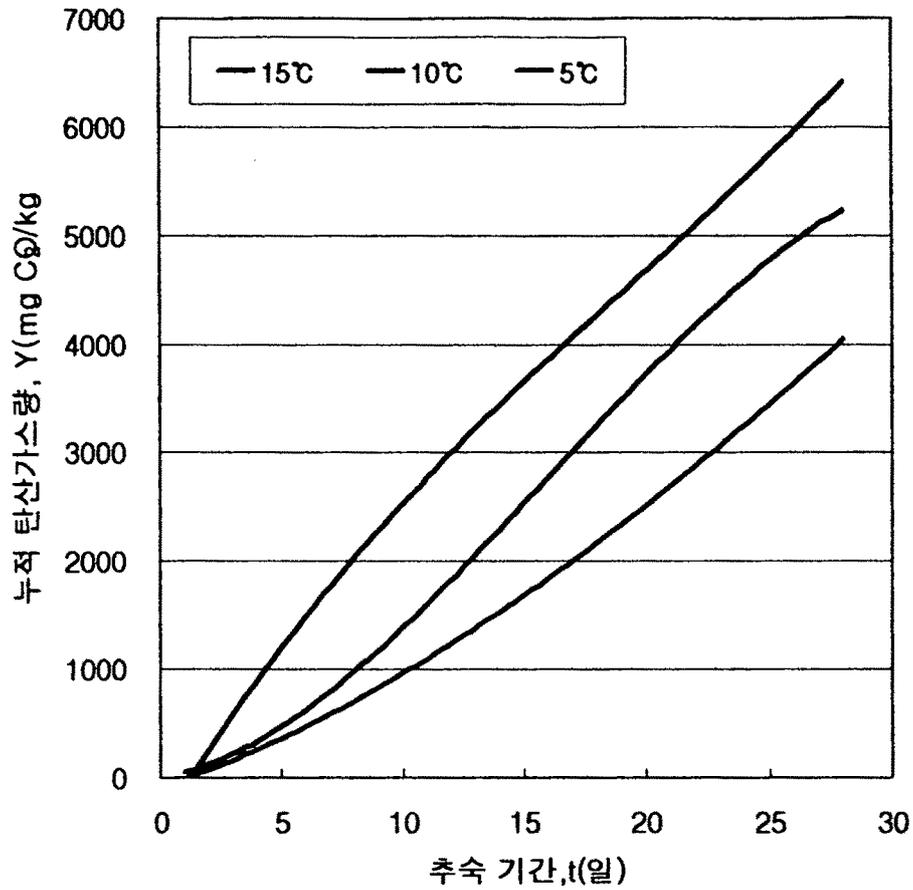


그림 23 저장(추숙) 기간과 탄산가스 방출속도의 회귀곡선



$$Y = 0.152t^3 - 8.6894t^2 + 369.17t - 443.83$$

$$Y = -0.2628t^3 + 12.682t^2 + 37.846t + 1.2542$$

$$Y = -0.0225t^3 + 3.1974t^2 + 75.725t - 92.836$$

그림 24 추숙기간과 누적탄산가스량과의 관계

누적탄산가스량과 당도와의 관계곡선은 그림 25와 같다.

관계식은

$$y = 5E - 0.8C^2 + 0.0006C + 11.12 \quad (R^2 = 0.9223)$$

과 같다.

당도를 기준으로한 추숙목표를 설정하기 위하여 사용할 수 있는 추숙기간별, 추숙온도별 누적탄산가스량의 변화는 표 19와 같다. 이 표를 기준으로 하여 키위의 추숙온도 schedule을 작성하면 그림 26과 같다.

출하시기에 맞추어 이 schedule 표를 기준하여 추숙온도 및 추숙기간을 결정하므로써 목표 당도로 제어가 가능하고 일정당도로써 연속적인 출하가 가능하게 된다.

본 schedule의 검증을 위하여 추숙온도 schedule에 의한 추숙실험을 행한 결과는 그림 27과 같다. 추숙예정 일수는 20일 추숙목표당도 14.5Brix %로 하였다. 본 결과에서 보는바와 같이 추숙후 당도는 14.3Brix %로 목표치와 거의 일치하는 결과로 보였다. 본 연구를 통하여 추숙제어 시스템의 검증이 완료되므로써 향후 각종 청과물의 추숙제어 schedule을 작성함으로써 본 추숙제어 시스템의 활용도가 확대되리라 생각되며 본 추숙제어 시스템이 개발되므로써 청과물의 출하시기 및 출하되는 당도의 조절이 가능하여 상품가치를 향상시키고 청과물 유통과정 중의 폐기율을 감소시키는 효과가 기대된다.

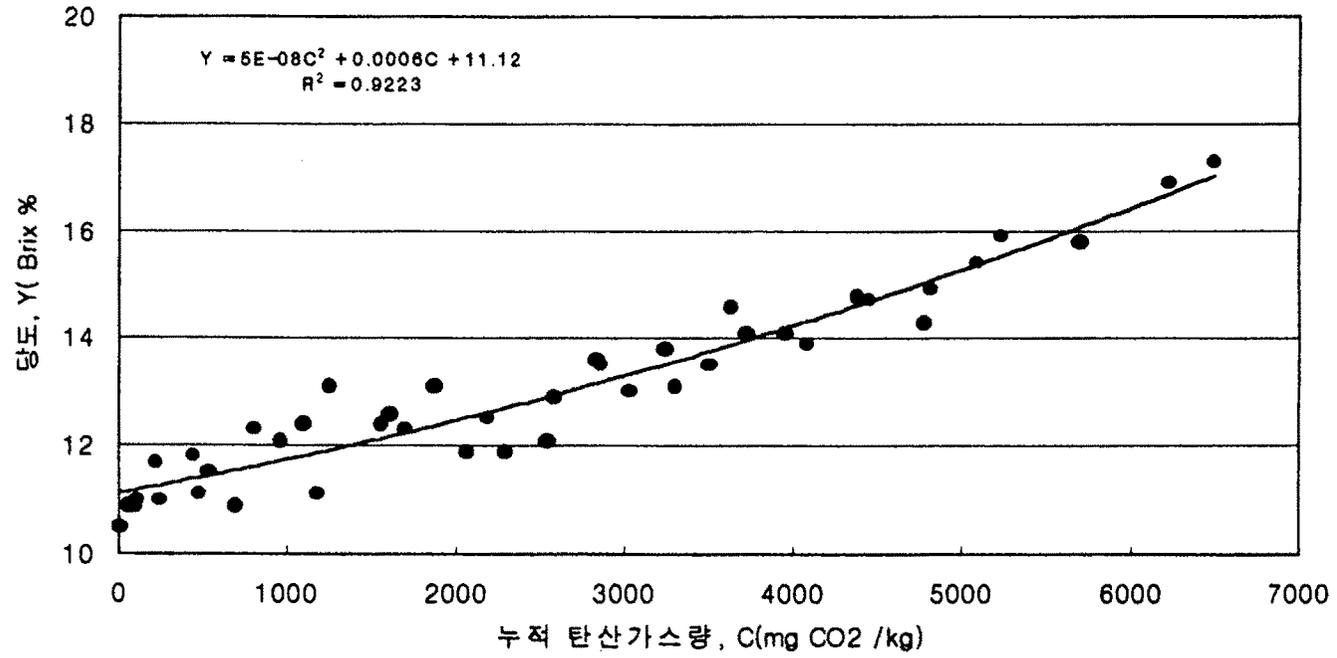


그림 25 누적탄산가스량과 당도와의 회귀곡선

표 19 추숙기간별 누적탄산가스량의 변화

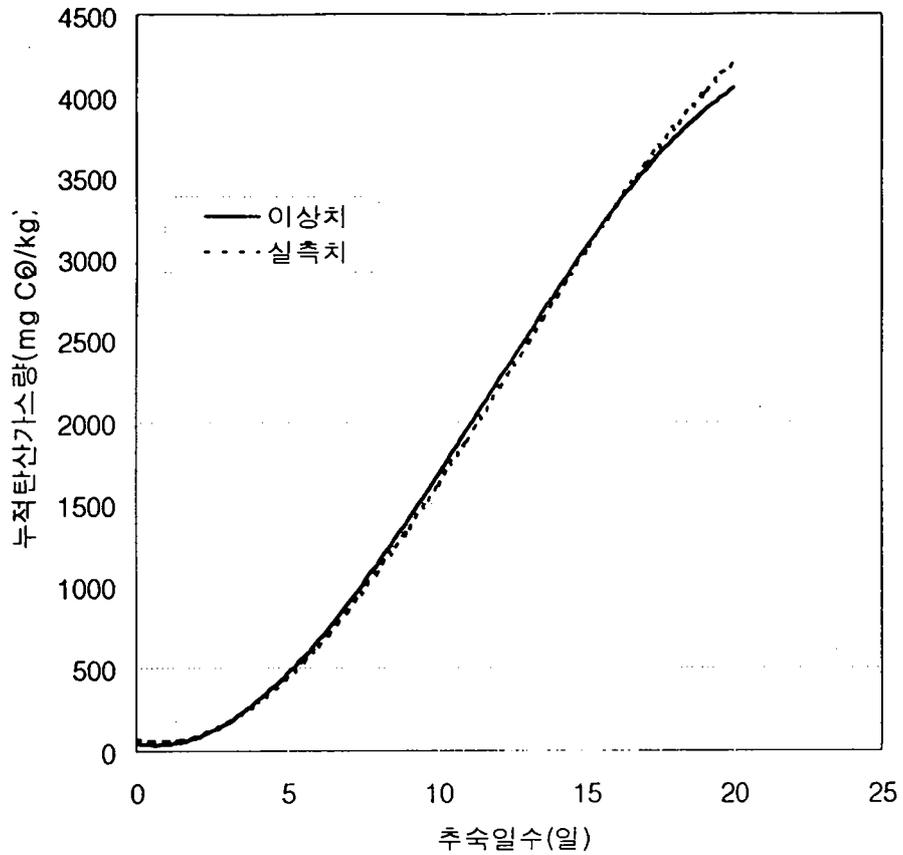
추숙온도 추숙기간(일)	5℃	10℃	15℃
1	31.80	50.89	109.37
2	83.53	125.11	290.37
3	152.78	221.69	524.14
4	237.33	338.86	794.41
5	335.11	475.04	1087.45
6	444.24	628.67	1391.90
7	563.00	798.15	1698.60
8	689.86	981.93	2000.39
9	823.44	1178.41	2291.97
10	962.54	1386.05	2569.69
11	1106.16	1603.25	2831.43
12	1253.43	1825.43	3076.35
13	1403.69	2060.04	3304.80
14	1556.42	2290.40	3518.09
15	1711.30	2536.21	3718.34
16	1868.16	2777.63	3908.31
17	2027.03	3019.16	4091.22
18	2188.08	3259.24	4270.57
19	2351.68	3496.29	4449.97
20	2518.37	3728.74	4632.90
21	2588.84	3955.01	4822.96
22	2863.98	4173.52	5022.81
23	3044.83	4381.71	5234.89
24	3232.63	4581.00	5460.81
25	3428.76	4776.81	5701.24
26	3634.80	4938.59	5955.77
27	3852.49	5094.73	6222.72
28	4083.74	5233.67	6498.98

()는 당도

추숙의 정도	온 도(℃)	추 숙 일 수				
		5	10	15	20	25
하 (10.5~12.5)	5	335(11.3)	963(11.6)	1711(12.3)		
	10	475(11.4)	1386(12.0)			
	15	1087(11.7)				
중 (12.1~14.5)	5				2581(13.0)	3428(13.7)
	10			2536(13.0)	3728(14.0)	
	15		2569(13.0)	3718(14.1)		
상 (14.6이상)	5					
	10					4776(15.1)
	15				4632(15.0)	5701(16.1)

※ 부분의 추숙 당도를 얻기 위하여 5℃, 10℃, 15℃의 추숙온도 조합이 가능

그림 26 추숙온도 Schedule



추숙예정일수	20일
추숙목표당도	14.5 Brix %
누적탄산가스목표량	4178 mg CO ₂ /kg
추숙온도 Schedule	10℃(7일), 15℃(13일)
추숙후 당도	14.3 Brix %
추숙 누적탄산가스량	4170 mg CO ₂ /kg

그림 27 추숙온도 Schedule(조합)에 의한 추숙실험

< 참고 문헌 >

1. 許吉行 : 美國 青果物 流通體系의 시사점. 食品流通 研究, 11(1), 14
1~152(1994)
2. 石谷孝佑 : 青果物包裝技術から見た鮮度保持の問題点. PACKPAI(JPN),
37(6), 21~27(1993)
3. 石谷孝佑 : 農産物と包装材料. SEN-I GAKKAISHI(織織と工業), 49(8),
309~313(1993)
4. 伊瀬哲也 : 青果物の鮮度保持技術とその包装資材の現状. ジャパンフー
ドサイエンス, 32(4), 71~77(1993)
5. 김형섭, 박종철, 심우경, 변중남 : Fuzzy Pattern Recognition For ITC
Process. 大韓퍼지시스템學會學術會論文集, 3(28), 65~71(1992)
6. 李俊煥, 金贊星, 嚴景培 : 퍼지 보상 연산자를 이용한 정보융합 방법
및 응용. 韓國通信學會論文誌, 18(9), 1257~1268(1993)
7. 松田眞典, 龜岡孝治 : 機器分析により味覺の豫測を行う システム(食味
計)へのファジィ理論の應用. 日本ファジィ學會誌, 6(1), 3~11(1994)
8. 全昌坤 : 農水産物 都賣市場의 經營特性 比較研究. 食品流通 研究究.
11(1), 99~112(1994)
9. 權元達 : 青果物 標準規格化 設定에 대한 調査研究. 食品流通 研究.
11(1), 47~66(1994)
10. 乙部和紀, 杉山純一, 菊池佑二 : 微小振動による青果物の接觸硬度測定
システムの開發. 日本食品工學會誌, 40(11), 792~800(1993)
11. 高橋眞珠實 : 青果物包裝とツェリンクィルムル. PACKPAI(JPN), 37(7),
72~76(1993)
12. 横山理雄 : 生鮮食品の鮮度保持包裝の實際. PACKPAI(JPN), 37(10), 6
3~74(1993)

13. 乙部和紀 : 果實・青果の振動による商品管理. 月刊フードケミカル, 9(4), 69~75(1993)
14. 이용섭 : 現在の鮮度管理 技術システム과 實施現況(2). 농경과 원예, 8(6), 85~87(1993)
15. 打田宏, 中村洋 : 青果物豫冷出荷のための保冷用資材の解析について. 包装技術, 31(2), 164~170(1993)
16. 中澤敏志 : 青果物鮮度保持フィルム活菜について. ジャパンフードサイエンス, 31(4), 72~77(1992)
17. Otohe, K. and Kikuchi, Y. : 微小振動による 青果物の 接觸硬度測定システムの 開發, 日本食品工業學會誌, 40(11), 792~800(1993)
18. Uchida, H. and Nakamura, H. : 青果物豫冷出荷のため保冷資材の解析, について. 包装技術(JPN), 31(2), 164~170(1993)
19. 이용석 : 농산물의 선도유지방법과 문제점. 농경과원예(KOR), 8(6), 85~87(1993)
20. 삼성전자(주) : 식품의 장기 보관 경보 기능이 구비된 냉장고 구조 및 제어 방법. 94-007492(940427), 한국
21. 닥트 인더스트리스 : 저장 장치. 87-010370(871130), 미국
22. 클라우스 구트만 : 열에 민감한 제품의 운반 및 장치. 89-701964(891222), 호주
23. 이병환 : 저온 저장고용 습도 센서의 오동작 방지 장치. 95-015065(950617), 한국
24. 삼성전자(주) : 냉온장 겸용 저장고의 제상 제어 장치. 94-027262(941209), 한국
25. 이면우 : 급수의 저온 및 동압을 이용하는 저온 저장고. 95-001852(950104), 한국
26. 라상우 : 감귤 저장고용 냉동기의 냉각기. 91-007633(910529), 한국