

최 종
연구보고서

과채류 포장용 골판지 상자의 안전계수
규격화 및 설계 프로그램 구축

Standardization and Computer Programing of Safety
Factors of Corrugated Fiberboard Containers for
Agricultural Products

연구기관 용인송담대학

농림자료실



0013328

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “과채류 포장용 골판지 상자의 안전계수 규격화 및 설계 프로그램 구축” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 4월 20일

주관연구기관명 : 용인송담대학

총괄연구책임자 : 조 중 연

세부연구책임자 : 조 중 연

연 구 원 : 신 준 섭

연 구 원 : 김 중 경

협동연구기관명 : 충남대학교

협동연구책임자 : 서 영 범

위탁연구기관명 : 에스팩

위탁연구책임자 : 손 기 주

요 약 문

I. 제 목

과채류 포장용 골판지 상자의 안전계수 규격화 및 설계 프로그램 구축

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구개발의 목적은 국내 과실류(사과, 감귤, 포도) 및 채소류(토마토, 배추, 오이) 포장용 골판지 상자 및 유통환경을 분석하고 대상 품목 포장용 골판지의 Accelerated creep 및 적정 안전계수를 산출하여 포장 표준규격(안)을 제시하며 적절한 압축강도 설계프로그램을 구축하는 것이다.

농산물의 적정포장설계는 농산물 자체가 갖고 있는 특성, 유통환경 및 과정, 국내 포장재료 생산능력, 산지농민(작업자)실태 등을 감안하여 적절한 포장재료, 포장강도, 포장기법, 포장치수를 적용해야 한다.

농산물 포장에서 수송용으로 가장 많이 적용되는 골판지상자의 사용량은 절대적인데 약 80% 이상 적용되고 있는 실정이다. 농산물은 대부분이 눌리면 파손되는 비자립 제품이기 때문에 골판지 상자로 포장 후 압축 강도가 약해지면 수송이나 보관 중 적재상태에서 상자가 찌그러져 내용물이 압상당하기 쉬운 품목이다.

골판지상자의 적정 압축강도기준 설정은 농산물포장설계의 가장 기본적인 요소이다. 골판지상자의 압축강도는 유통 중 온습도, 상자의 치수, 제조, 통기공 및 인쇄 등 가공 상의 문제점과 유통조건, 진동, 충격, 적재방법 등에서 발생하는 유통상의 문제점을 복합적으로 고려해야 한다.

그러나 실제 국내에서는 농산물용 골판지의 압축강도에 대한 종합적인 검토가 이루어지지 않은 상황에서 과거에는 농산물에 적용되는 골판지상자 전체를 안전계수의 차등없이 일률적으로 3.31로 동일시켜 실용성이 없었다. 그나마 2002년 2월 18일 이후의 개정에는 아예 그 기준마저 없애버려 농산물에서 골판지상자 압축강도의 중요성을 감안하면 현재의 농산물 포장 규격은 핵심내용이 없어 큰 혼란을 야기 시키고 있는 실정이다.

안전계수(Safety Factor)는 적절한 포장설계의 기준과 포장비용의 기준이 되기에 농산물의 특성과 포장재질, 유통환경에 적합한 적정 안전계수 산출이 반드시 필요하다..

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 국내 농산물 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석

목표한 과실류 3개 품목(사과, 감귤, 포도) 및 채소류 3개 품목(배추, 방울토마토, 오이)에 대한 기존 수송포장방법 및 규격, 골판지상자 기준강도 설정수준, 포장재질 및 치수, 골판지의 원지 구성 등에 대한 기초자료를 조사하였다. 또 각 농산물의 온습도, 유통경로 및 총 유통기간, 대상 농산물의 외기변화조건 등 유통조건을 면밀히 조사하여 이에 관련된 실무적인 정보를 제공하였다.

2. 농산물 포장용 골판지의 안전계수 측정과 가공처리에 따른 변화 분석

농산물 포장용 골판지의 구성 원지 및 원단의 강도를 측정 및 분석하였으며 Accelerated Creep에 따른 안전계수의 변화 측정 및 분석, 포장구조 및 적입 제품에 따른 강도변화, 가공처리(발수, 방습 등)가 골판지 상자의 압축강도에 미치는 영향 등을 분석하였다.

3. 개발 대상 골판지 상자의 일반 안전계수와 Accelerated creep하에서의 안전계수의 산출 및 비교

골판지 상자의 안전계수를 결정하기 위한 여러 요인들을 분석하였으며 상대습도에 따른 압축강도 변화뿐 만 아니라 Accelerated creep 하에서의 압축강도 저하패턴을 찾아 보다 정확한 안전계수를 산출할 수 있도록 하였다.

4. 국내 골판지 포장을 위한 실용적 안전계수 산출 프로그램을 위한 기본 프로그램의 구축 및 기술 이전

Visual C+ 소프트웨어를 이용, 상자압축강도 및 안전계수산출 프로그램을 개발하여 향후 관련분야 연구에 도움이 되도록 하였다. 이 프로그램은 특허신청 및 기술이전을 추진하고 있다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구는 안전계수의 합리적 산출기준 마련은 물론 산출을 위한 소프트웨어를 함께 개발함으로써 날로 확대되는 농산물 포장상자의 설계에 도움을 주고자 하였다. 이 연구로 인한 포장표준규격화로 포장상자의 사용량 절감과 이로 인한 상자제조원가 축소, 농가의 소득증대, 값싸고 신선한 농산물 공급에 기여하고 우리의 농산물을 보호하며, 차별화하여 유통과정 혁신을 통한 물류비 절감으로 이어져 가격경쟁에도 크게 이바지 할 것으로 기대한다.

SUMMARY

I . Title

Standardization and Computer Programing of Safety Factors of Corrugated Fiberboard Containers for Selected Agricultural Products

II. Objectives

The aim of this study was to develop a standard and software to estimate safety factors of corrugated fiberboard containers used for agricultural products. For two years, in depth study about domestic distribution channels of the products, hygrolgical behavior and accelerated creep of packaging materials as well as structural and strength characteristics of containers were conducted for domestic fruits and produces such as apple, mandarin orange, grape, tomato, chinese cabbage, and cucumber.

III. Research areas and limitations

1. Field research on distribution environment and current corrugated fiberboard containers for agricultural products

Distribution environment and current corrugated fiberboard containers for selected agricultural products were studied. Detail data about distribution process such as humidity and temperature during distribution, road conditions, and about packaging such as packing methods, materials, sizes, compressive strength and structural design of boxes were obtained.

2. Factors affecting on compressive strength of boxes and its safety factors

Corrugated boards and liners used for agricultural products were commonly treated with coating, lamination, and so on. Therefore, various treatment factors were also considered for safety factor calculation. Packaging structures, moisture contents, relative humidity and type of products were also considered.

3. Effects of cyclic humidity

During distribution process, ambient relative humidity fluctuations must be avoided, but could happen decreasing compressive strength of boxes. Based on field data from distribution study, effects of cyclic humidity through accelerated creep research were revealed and used to adjust safety factor calculation.

4. Software development to calculate compressive strength and safety factor of domestic corrugated fiberboard containers

Compressive strength is the basic features that determine the performance of a corrugated fiberboard containers for agricultural products and affected by distribution environment, product nature and structural characteristics. Considering this aspect, we developed a program to expect compressive strength and safety factor of corrugated fiberboard containers using Visual C+ software based on the investigation above.

IV. Results and recommendations

Although this study is limited to six fresh agricultural products packaged in the corrugated fiberboard containers and further work needs to be done, we believe the data and results presented in this research will help greatly to set proper package design for boxes. Especially, safety factor software would be practically helpful for researchers for future study and packaging users to save packaging costs.

CONTENTS

I . Introduction	11
Chapter 1. Objectives of the study	11
1. Objectives and findings of the study	11
Chapter 2. Needs and limitation of the study	14
1. Needs to the study	14
1. Limitation of the study	19
II . Technological Developments of The Study	22
III. Significant Findings and Results of This Study	26
Chapter 1. Theological backgrounds and research methods	26
Chapter 2. Research contents	34
1. General study about distribution channel and packaging on fresh fruits and vegetables	34
2. Physical properties of corrugated boards and boxes	92
3. Accelerated creep of corrugated boards	115
4. Cyclic humidity and its effect on corrugated boards	137
5. Adequate safety factors for the corrugated board boxes	149
Chapter 4. Results of the study	173
1. Calculations of safety factors	173
2. Safety factor programming using Visual C+ software	175
3. Packaging standards for the products	177

IV. Achievements and Contributions to Related Industry	184
1. Achievements of the study	184
2. Technical contribution on related industry	185
V. Future Plan for Research Results	187
1. Needs for further studies	187
2. Applications to other studies	188
VI. References	189
※ Appendix	190
Safety factor program sources	190

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	11
제 1 절 연구개발의 목적	11
1. 연구개발 목표와 내용	11
제 2 절 연구개발의 필요성과 범위	14
1. 연구개발의 필요성	14
2. 연구개발의 범위	19
제 2 장 국내외 기술개발 현황	22
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	26
제 1 절 이론적, 실험적 접근방법	26
제 2 절 연구내용	34
1. 국내 과실 및 채소류 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석	34
2. 포장용 골판지의 물리적 성질 측정과 변화 분석	92
3. 대상 품목 포장용 골판지의 Accelerated creep의 측정	115
4. 순환습도와 골판지의 물리적 강도	137
5. 대상 품목의 포장용 골판지의 적정안전계수 산출 및 제조	149
제 3 절 연구결과	173
1. 안전계수 산출 결과	173

2. 환경조건에 따른 상자의 압축강도 및 안전계수 추정 프로그램 개발	175
3. 대상 품목의 포장 표준규격	177
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	184
제 1 절 연구개발목표의 달성도	184
제 2 절 관련분야 기술발전예의 기여도	185
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	187
제 1 절 추가연구의 필요성	187
제 2 절 타연구에의 응용	188
제 6 장 참고문헌	189
※ 부 록	190

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

1. 연구개발 목표와 내용

가. 연구개발의 목표

국내 과실류(사과, 감귤, 포도) 및 채소류(토마토, 배추, 오이) 포장용 골판지 상자 및 유통환경을 분석하고 대상 품목 포장용 골판지의 Accelerated creep 및 적정 안전계수를 산출하여 포장 표준규격(안)을 제시하며 적절한 압축강도 설계프로그램을 구축한다.

나. 연구개발의 내용

1) 주요 내용

가) 농산물 포장용 골판지 상자의 유통환경 조사, 안전계수 측정 및 대상품목에 적정한 골판지 상자의 제조

- 포장상자 종류 및 유통환경 분석, 기존상자의 강도 및 안전계수 적용현황 분석, 표준시안용 포장상자 제조 및 시험

나) 대상품목(과실류 및 채소류 총 6개 품목 대상) 포장용 골판지 상자의 적정 압축강도 기준 개발

- 가공처리에 따른 안전계수의 변화 측정 및 분석, Accelerated Creep에 따른 안전계수의 변화 측정 및 분석, 유통환경요인에 따른 대상품목의 품질과 포장상자 간의 상호관계 분석 등

다) 압축강도 설계 기본 프로그램 개발

- Visual C+ 프로그램을 이용한 안전계수 산출 및 압축강도 설계 프로그램 개발

2) 연차별 연구 내용

구 분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (2005~ 2006)	<p>○농산물 포장용(과실류) 골판지 상자의 유통환경 조사, 안전계수 측정 및 대상품목 적정포장용 골판지 상자의 제조</p> <ul style="list-style-type: none"> - 포장상자 종류 및 유통환경 분석 - 기존 적용상자 강도 분석 <p>○대상품목(과실류 3개 품목) 포장용 골판지 상자의 적정 압축강도 기준 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원지 및 골판지의 Accelerated creep 측정 - 원료와 제조공정에 따른 원단의 STFI 압축강도와 ECT의 상관관계 구명 - 안전계수 산출 - 적정 포장구조 및 규격 제시 	<p>1)국내 과실류 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수송포장방법 및 규격, 포장기술 수준 - 골판지상자 기준강도 설정수준 - 골판지의 원지 구성 - 유통(수송, 보관) 조건 조사 * 온습도 * 유통경로 및 총 유통기간 * 대상 농산물의 외기변화조건 - 현행수송방법, 포장재질 및 치수 <p>2)기존 골판지의 물리적 성질 측정과 변화 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 : 과실류 3개 품목(사과, 감귤, 포도) - 대상 골판지 원지의 물리적 특성 측정 * 평량, 밀도, 두께 * 인장, 파열, 인열강도 * 압축강도(링크러쉬, STFI 등) * Bending stiffness - 원지 구성별 안전계수 측정 및 분석(골판지 제조 실험) * 원지의 성질에 따른 추정 ECT * 원지 압축강도와 골판지 ECT의 상호관계 <p>3)대상 품목 포장용 골판지의 Accelerated creep의 측정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대상 골판지 원지의 Accelerated creep 측정 - 대상 골판지의 Accelerated creep 측정 <p>4)대상 품목의 포장용 골판지 상자의 적정 안전계수 산출 및 제조</p> <p>5)대상 품목의 포장 표준규격(안) 제시</p>

구 분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
2차년도 (2006~ 2007)	<p>○농산물 포장용(채소류) 골판지 상자의 유통환경 조사, 안전계수 측정 및 대상 품목 적정포장용 골판지 상자의 제조</p> <ul style="list-style-type: none"> - 포장상자 종류 및 유통환경 분석 - 기존 적용상자 강도 분석 	<p>1)국내 채소류 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수송포장방법 및 규격, 포장기술 수준 - 골판지상자 기준강도 설정수준 - 골판지의 원지 구성 - 유통(수송, 보관) 조건 조사 * 온습도 * 유통경로 및 총 유통기간 * 대상 농산물의 외기변화조건 - 현행수송방법, 포장재질 및 치수
	<p>○대상품목(채소류 3개 품목) 포장용 골판지 상자의 적정 압축강도 기준 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가공처리에 따른 안전계수의 변화 측정 및 분석 	<p>2)기존 골판지의 안전계수 측정과 가공처리에 따른 변화 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2차년도 : 채소류 3개 품목(배추, 방울토마토, 오이) - 골판지 구성 원지의 강도 측정 및 분석 - 원지 구성별 안전계수 측정 및 분석 - 원지의 가공처리(발수, 방습 등)에 따른 골판지 상자의 안전계수 측정 - Accelerated Creep에 따른 안전계수의 변화 측정 및 분석
	<p>○Accelerated Creep에 따른 안전계수의 변화 측정 및 분석</p>	<p>3)개발 대상 골판지 상자의 일반 안전계수와 Accelerated creep 하에서의 안전계수의 산출 및 비교</p> <ul style="list-style-type: none"> - 골판지 상자의 안전계수 측정 - 골판지 상자의 Accelerated creep하에서의 안전계수 측정 - 안전계수의 보정
<p>○압축강도 설계 기본 프로그램 구축</p>	<p>4)국내 골판지 포장을 위한 실용적 안전계수 산출 프로그램을 위한 기본 프로그램의 구축</p>	

제 2 절 연구개발의 필요성 및 범위

1. 연구개발의 필요성

최근 농산물의 구입 및 소비 형태는 유통과 문화 발전, 생활수준의 향상으로 많은 변화를 나타내고 있다. 이러한 변화는 양적인 부분은 물론 질적인 차별성으로 생산과 유통, 식생활 문화 및 소비 등 농산물 및 공산품 전반에 상당히 다양한 모습으로 나타나고 있다.

또한 핵가족화와 여성의 사회참여 등 사회구조의 변화, 대형유통업체 증가, 인터넷 사용 확대 등 유통환경이 바뀜에 따라 농산물의 구입처, 구입방법, 선택기준 등이 다양해지고 있으며 농산물 생산과 유통 및 소비환경이 급변하는 모습을 보이고 있다.

지난 2002년 기준 농산물 물류비를 보면 포장가공비가 전체의 37%를 차지하고 있다. 농산물 물류비가 농업GDP대비 약 30% 가량을 차지하는데 이중 포장비가 11%를 차지한다. 국가 물류비에서는 운송비가 가장 많은 비중을 차지하지만 농산물은 포장가공비가 단연 높다. 부피가 크고 균일화되어 있지 않으며 유통단계별로 선별과 포장하는 사례가 많아 추가비용이 발생하기 때문이다. 결국 물류비 절감 차원에서 보더라도 포장의 중요성은 어느 것 못지않게 중요한 과제로 부각된 것이다.

현재 우리나라에서 많이 사용하는 수송용 골판지 상자의 경우 4도 이상의 다색 인쇄 방식을 추구하고 비용이 들어 경제성과는 거리가 멀다. 선진국들이 자연친화적이고 부가가치가 높은 포장화를 추구하고 있는 것과는 차이가 있다. 이는 제품의 선도 유지와 포장의 경제성, 표준규격화, 재활용성 등에 중점을 둔 농산물 포장으로 발전하고 있다는 의미다.

최근의 농산물 포장은 물류비 절감과 소비자 맞춤형에 비중이 높아지고 있다. 물론 산지의 조직화와 물류체계의 발달로 공동브랜드 등이 대폭 증가된 것도 하나의 특징이다. 어쨌든 소비자들에게 부담을 줄이고 편리하게 이용할 수 있는 포장으로 탈바꿈하고 있는 것만은 확실하다.

이러한 소비자들의 요구에 부응한 농산물 포장의 개발도 중요하지만 산지 수확과 선

별, 수송 등에 있어 유리한 포장도 무시하지 못한다.

앞으로 농산물 포장은 파렛타이징 출하에 따라 집합한 외포장의 개발이 확대될 것으로 보인다. 물류효율을 높일 수 있는 포장으로 바뀌고 회수와 산물 수송용이 중요한 잣대가 될 전망이다. 최근 유통업체 농산물 매장이 품목별 특성과 유통과정, 소비패턴 등을 고려한 다양한 포장으로 채워지고 있는 것도 농산물 포장의 변화를 예고한다. 이런 상황에 따라 국내 농산물의 가격경쟁과 품질제고를 위해 적정포장이 요구되어 지고 있다.

한편 국립농산물 품질관리원의 규격은 최근 국민 식생활 수준의 향상, 소비자 구매기준의 다양화, 대형유통업체 확대 등 농산물의 유통환경이 변화에 따라 새로운 농산물의 생산·유통·소비여건에 부응하고, 유통비용 절감과 공정·투명거래 기반을 조성하여 생산자와 소비자를 동시에 보호하고자 개정되었다.

포장관련 주요 개정 내용은

- 품목별 포장규격을 별표로 통일하고 등급규격이 제정되지 않은 품목은 포장규격에 맞게 출하하면 표준규격품으로 함
- 농산물의 포장치수는 한국산업규격(KS A1002)에서 정한 69개 모듈 및 본 고시에서 정한 것과 표준파렛트(1,100×1,100mm)의 평면 적재효율이 90%이상인 것으로 함
- 국내에서의 생산·유통량이 극소량인 일부 과실류와 신선도에 의해 품질수준이 좌우되고 주로 잎을 이용하는 엽채류의 등급규격을 폐지하고 포장규격만 유지

등이다.

농산물의 적정포장설계는 농산물 자체가 갖고 있는 특성, 유통환경 및 과정, 국내 포장재료 생산능력, 산지농민(작업자)실태 등을 감안하여 적절한 포장재료, 포장강도, 포장기법, 포장치수를 적용해야 한다.

우리나라의 농산물 포장 실태는 오랜 기간 정부에서 포장기술 및 포장디자인에 대한 개발지원이 이루어짐에 따라 과거에 비해 상당수준 발전하였으며, 최근에는 일부 앞서가는 산지 중심은 자체 포장설계 연구가 상당수준에 도달함으로써, 판매증대 및

파손방지에 큰 성과를 가져 왔다.

농산물 포장에서 수송용으로 가장 많이 적용되는 재료는 골판지상자로써, 80%이상 적용되고 있는 실정임. 골판지상자는 농산물뿐만 아니라, 공산품에서도 수송용 포장 재료로 많이 적용되고 있는데 가격이 싸고, 품질(완충성, 압축성, 파열성, 경량인 점 등)이 우수하고, 작업성이 편리하기 때문에 사용량이 매년 증가되고 있다.

골판지 상자는 2가지의 중요한 물리적인 강도를 갖고 있는데 파열강도와 압축강도임. 파열강도는 재료를 평면에서 파열시킬 때의 강도기준이며, 압축강도는 포장재료를 세운 후 눌러서 찌그러질 때의 강도기준이다.

포장을 해야만 하는 모든 내용물은 2가지로 분류되는데, 눌러도 파손되지 않는 자립 내용물과 눌리면 변형되거나 파손되어 상품성이 없어지는 비자립 내용물로 구분하여, 자립제품은 골판지 상자의 파열강도 위주로 포장재를 선정하며, 비자립 제품은 압축강도 위주로 재료를 선정한다.

농산물은 대부분이 눌리면 파손되는 비자립 제품이기 때문에 골판지 상자로 포장 후 압축 강도가 약해지면 수송이나 보관 중 적재상태에서 상자가 찌그러져 내용물이 압상당하기 쉬운 품목이다.

따라서 농산물 수송용 외부포장에 가장 많이 사용되는 골판지상자에 있어서 적정 압축강도기준 설정은 농산물포장설계의 가장 기본적인 요소이다. 골판지상자의 압축강도는 파열강도에 비해 기준설정이 어려운데, 이는 유통 중 온습도, 상자의 치수, 제조, 통기공 및 인쇄 등 가공 상의 문제점과 유통조건, 진동, 충격, 적재방법 등에서 발생하는 유통상의 문제점을 복합적으로 고려해야 하기 때문이다.

가. 기술적 측면

농산물 포장규격에서 골판지 상자의 압축강도에 대한 기준은 1992년도 “산업디자인 포장개발원”이 수행한 연구용역 결과에 따라 최근까지 다음과 같이 적용되고 있다.

※ 과거의 농산물 포장규격(2002년 2월 18일 이전)

[별표1] 포장재료의 기준 및 시험 방법(고시 제5조 관련)

1. 포장재료기준
 - 가. 골판지 상자
 - ② 상자압축강도
 - 이론 압축강도(kgf) : 상자 적재단수(2m÷골판지상자높이-1)×거래단위무게(kg)÷0.302
 - 기준 압축강도(kgf) : 농산물 품목의 특성에 따라 이론 압축강도에 50~100kg을 더한다.
 - 최저 압축강도(kgf) : 150kgf 이상

※ 현재의 농산물 포장규격(2002년 2월 18일 이후)

[별표10] 포장재료의 기준 및 시험 방법(고시 제7조 관련)

1. 포장재료기준
 - 가. 골판지 상자
 - ② 상자의 압축강도는 수요자와 공급자간에 협의하여 적정하게 제작하여야 한다.

농산물 포장규격에서 압축강도 산출의 근거가 되는 일반적인 이론 계산식은

이론 압축강도=농산물거래 단량무게(kg)×(최고적재단수-1)×안전계수(Safety Factor)

로 산출할 수 있는데, 즉 10kg의 농산물 단량을 11단 적재한다면

$$\text{이론압축강도} = 10\text{kg}(10\text{단}-1) \times \text{안전계수}$$

로써 결국 안전계수를 어떤 값으로 결정하는가에 이론 압축강도는 크게 변화한다.

그러나 실제 유통상황에서 골판지상자의 압축강도에 영향을 미치는 인자는 다양하며 기존 포장의 재질규격은 이러한 여러 요인에 대한 종합적인 검토가 이루어지지 않은 상황에서 농산물에 따라 일률적으로 3-5의 안전계수를 적용하고 있어 한계가 있다.

앞의 표에서와 같이 과거 규격에는 농산물에 적용되는 골판지상자 전체를 안전계수의 차등없이 일률적으로 0.302로 나눔에 따라, 결국에는 전체 농산물용 골판지상자 안전계수는 $3.31(=1/0.302)$ 로 동일해 짐에 따라, 실제 적용의 의미가 없어졌다. 적정 안전계수 산출이 어려움에 따라 부득이 2002년 2월 18일 이후에는 압축강도의 기준 자체가 없어지고 당사자가 협의에 의해 결정하도록 개정되었는데, 농산물에서 골판지상자 압축강도의 중요성을 감안하면 현재의 농산물 포장 규격은 핵심내용이 없어 큰 혼란을 야기 시키고 있는 실정이라고 볼 수 있다.

이렇듯 안전계수(Safety Factor)의 적용은 적정한 포장설계의 기준과 포장비용의 기준이 된다. 공산품에서는 오래전부터 안전계수 관리를 철저히 시행하고 있으며 보다 열악한 유통환경에 노출되어 있는 농산물에 있어서 철저한 안전계수 산출과 이에 맞는 포장설계의 중요성은 두말할 나위가 없다.

나. 경제·산업적 측면

농산물이 수송용 포장으로 대부분 적용되는 골판지 상자의 적정 포장설계기준은 상자의 압축강도에 필요한 안전계수 기준을 적정하게 설정하는 것과 비례한다고 볼 수 있다.

현재 적용되고 있는 농산물 포장규격 중 압축강도 기준을 수요, 공급자가 적정히 정함은 수요자 측에서 높은 압축강도의 상자를 요구함이 당연해짐에 따라 포장비용만 상승하는 요인이 된다.

뿐만 아니라, 현재의 농산물 포장규격은 골판지 상자의 품질 기준이 되는 압축강도 기준이 없어짐에 따라 규격으로서의 의미가 없다고 볼 수 있으며, 실제 골판지 상자를 구매하여 적용하는 현지 농산물 생산자 및 유통 관련자에게 전혀 도움을 주지 못한다고 볼 수 있다.

현재의 규격 형태로는 과대, 과잉 포장이 될 수밖에 없어, 산지 농산물의 경쟁력을 더욱 떨어지는 요인으로 작용 할 수 있다.

다. 사회·문화적 측면

현재 농산물의 경쟁력은 수입개방 압력이 심화됨에 따라 철저한 원가절감이 필요한 시점으로써, 농산물을 상품화하는데 포장부분의 원가절감도 세부적으로 연구개발 되어야 한다.

농산물도 공산품과 같이 상품 = 제품 + 포장이란 개념으로, 제품인 농산물과 동시에 포장 역시 철저한 관리가 있어야 경쟁력이 확보될 수 있다. 기존 농산물 포장규격이 큰 문제점을 안고 있음에도 불구하고, 임산물의 포장규격도 그대로 모방하여 적용함에 따라 더욱 큰 문제를 야기 시키고 있다.

2. 연구개발의 범위

가. 연구범위

- 국내 과실류 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석
- 과실류 3개 품목(사과, 감귤, 포도) 및 채소류 3개 품목(배추, 방울토마토, 오이)의 포장용 골판지의 물리적 성질 측정과 변화 분석
- 대상 품목 포장용 골판지의 Accelerated creep의 측정
- 대상 품목의 포장용 골판지 상자의 적정 안전계수 산출 및 제조
- 대상 품목의 포장 표준규격(안) 제시

나. 연구수행방법

- 산·학·연으로 공동연구팀 구성
 - 주관연구기관: 용인송담대학(총괄 연구책임자 : 조중연 교수)
 - 협동연구기관: 충남대학교(연구책임자 : 서영범 교수)
 - 위탁연구기관: 에스팩(연구책임자 : 손기주 대표)

○ 추진 방향

- 유통실태조사는 선임급 이상인 포장기술전문가(위탁연구기관)와 각 과제 연구 책임자의 공동 책임 하에 실시하며, 필요에 따라 보조원을 적극 활용한다.
- 주관연구기관은 적용재질에 대한 분석, 포장 및 유통용 골판지상자의 각종 실험, 이론적인 안전계수 산출 방안제시를 담당하고, 협동기관은 각종 실험자료 분석 등을 통해 순환습도에 따른 골판지의 압축강도 저하에 대한 이론적 모델을 개발 및 정립하고, 구명된 원리를 통하여 압축강도 측정방법별 상호관계 등을 연구하며, 농산물 포장실태조사, 기존 포장상자 수집, 유통조건 조사 등은 위탁연구기관이 담당한다.
- 해외 실태조사 및 자료 수집은 관련연구원의 해외출장조사(1차년도-일본(全農 방문조사 및 Tokyo Pack 2005 관람), 2차년도-중국(상해포장박람회 관람))와 병행하여 현지 포장관련 유학생을 활용한다.
- 대상품목의 정확한 유통실태 파악을 위하여 국립농산물품질관리원 담당연구원과 연계하여 검토 분석 시스템을 구축한다.
- 대상농산물에 대한 특성, 세부유통과정을 분석 및 기존 상자의 압축 강도를 분석 후 최종 안전 계수를 산출한다.
- 주어진 조건하에서 안전계수산출이 원활하도록 비주얼 언어프로그램(Visual C+)을 이용, 계산 프로그램을 개발한다.
- 농산물 포장규격 기관 및 단체와 설명회를 개최 후 규격으로 확정한다.

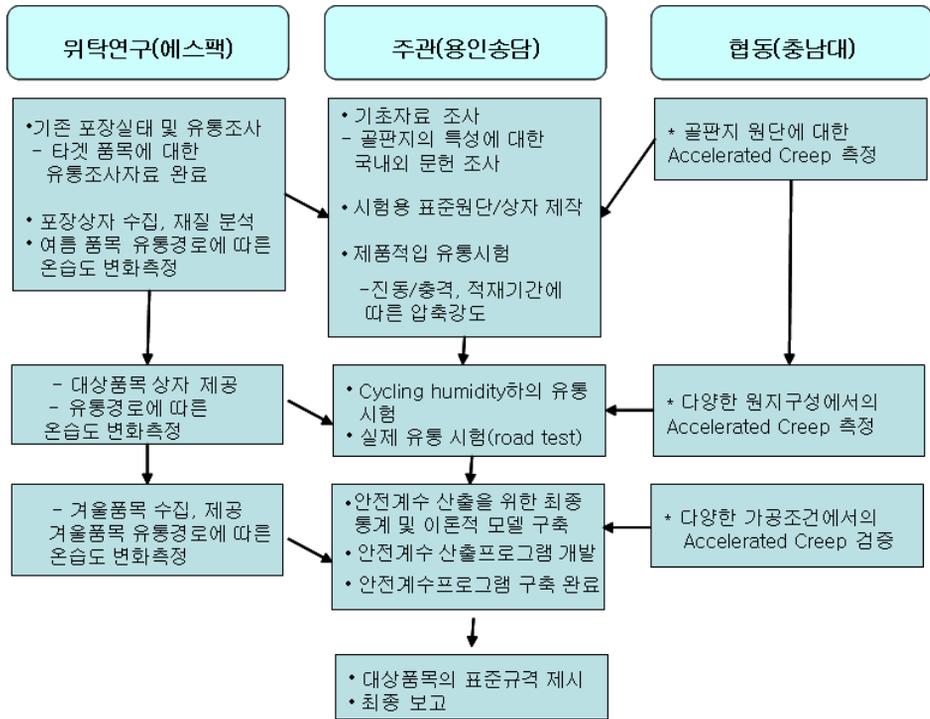


Figure 1. Work Flow Chart

제 2 장 국내외 기술개발 현황

일본의 경우, 농산물에 적용되는 골판지 품질에 대한 연구가 상당 수준 개발되고 있고, 대부분 농산물 포장규격에 농산물 개개별로 골판지 상자 압축강도를 규격화 하고 있다.

선진공업국에서는 이미 오래전부터 농산물을 공산품과 동일하게 상품 = 제품 + 포장이란 개념으로 제품, 포장을 동시에 연구개발 됨에 따라 농산물 포장표준화가 확실하게 정립되어 있다.

현재 국내에서 적용되는 골판지 상자의 압축강도의 안전계수(Safety Factor)는 KS A 1026(포장화물의 평가시험 방법통칙)에 아래 식 (1)과 같이 규정되어 있다(Table 1).

$$F=9.8 \times K \times M \times (n-1) \quad \text{--- (1)}$$

여기에서, F : 하중(N)

K : 안전계수

n : 유통시의 최대 쌓은 단수(최하 단에서 최상단까지의 단수)

M : 시료의 총무게(kg)

Table 1. Safety Factor defined on KS A 1026.

하중에 따른 구분	용기의 흡습성 등에 따른 구분		
	외장 용기가 흡습할 우려가 없을 또는 고려할 필요가 없을 경우	외장 용기가 흡습할 우려가 있을 경우	외장 용기가 현저히 흡습할 우려가 있을 경우 또는 내용품이 유동체일 경우
골판지 상자 등의 외 장 용기만이 하중을 부담할 경우	4	5	7
내용품, 완충재, 내장 용기, 외장 용기 등이 복합하여 하중을 부 담할 경우	2	3	4
내용품이나 내장 용 기가 하중을 부담하 고, 외장 용기는 하중 의 부담을 고려할 필 요가 없을 경우	1	1	1

※ 유통조건(기간, 습도, 진동 등)에 따라 안전 계수를 ±1 증감할 수 있다.

미국에서 골판지 상자 압축강도 안전계수 (Safety Factor)의 적용은 ASTM D 4169(Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems : 수송용기 및 시스템의 평가 시험방법 통칙)에서 다음과 같이 규정하고 있다(Table 2).

Table 2 . Safety Factor defined on ASTM D 4169.

내용물의 구조	레벨 I	레벨 II	레벨 III
내용물이 압축하중을 지지하지 않는 것	8.0	4.5	3.0
강성재료 등이 내부를 지지 보강하는 것	4.5	3.0	2.0
직접 압축 하중을 받아도 가능한 것	3.0	2.0	1.5

○ 국내에서도 가공식품 및 생활용품을 생산하는 일부 대기업에서는 ASTM D 4169를 응용하여 다음과 같이 안전계수를 적용하고 있다(Table 3).

Table 3. Applications of Safety Factor defined on ASTM D 4169.

내압특성	구 분	안전 계수	제 품 종 류		비 고
	내압정도		포 장	해당 상품	
자립제품	캔 포장 및 이하 대등한 제품	1.5~2	-Can 포장 -견고한 제품	-음료 · 햄 · 참치 캔 -채, 비누 -과자제품, 즉석식품	압강보다 파장을 고려
	판지 Carton, 유리병과 대등한 제품	2~4	-Carton 포장 -유리병 포장	-양념장, 음료, 약품	재질 강도 완충재 강도
	플라스틱용기 및 이와 대등한 제품		-생활 용기 -식품 용기	-세제, 화장품 -음료, 식용유	캡의 파손 저장기간 고려
비자립 제품	Pouch포장 및 이와 대등한 제품	5~8	-Pouch 포장	-스낵, 캔디, 설탕 -조미료, 밀가루	Volume 변화
	액체 Pouch 및 충격에 약한 제품		-액체 Pouch -완충 포장	-김치 장류, 액체 세제 -TV, 모니터	내부압력 발생 낙하충격

종합하여 보면, 선진국 및 국내 일부 대기업에서는 골판지 상자의 이론 압축강도 산출시 필수적으로 적용되는 안전계수(Safety Factor)를 1.5~8.0을 적용하고 있다. 여기에서 중요한 점은 내용물이 공산품이거나 가공식품으로써 날포장 또는 속포장된 상태를 다시 수송을 위해 골판지 상자로 겹포장되는 시스템으로써, 내용물이 1차 농산물에 비하여 내압강도 특성이 훨씬 크다는 것이다.

1차 농산물은 대부분이 비자립 제품이며, 날포장 또는 속포장 없이 수송을 위한 골판지 상자도 직접 포장되는 경우가 많기 때문에 가공식품에 비해 안전계수가 높아야 된다.

그러나 2002년 2월 18일 이전에는 안전계수가 농산물 종류에 관계없이 전체적으로 3.31을 적용된 큰 문제가 발생 될 수 있음. 안전계수 적용 잘못에 대한 논란이 농산물 품질관리 심의회 규격분과 위원회 개최(2001년 11월 30일)에서 심의하여 단시

간 내에 설정이 어렵기 때문에 현재와 같은 “수요, 공급자가 협의로 결정”으로 수정되었는데, 빠른 기간 내 농산물 품목별, 단량별 안전계수 설정이 필요한 시점이다.

농산물에 적용되는 골판지 상자는 농산물 자체가 그대로 상자에 주입(Bulk 상태주입)되기 때문에 압축강도의 의미가 중요하며, 적정포장설계 기준 및 적정 포장비용 설정의 핵심이라고 볼 수 있다.

따라서 농산물 품목별, 단량별 적정수준의 압축강도 기준을 적용되어야만, 최소한의 비용을 투입하는 적정포장설계가 가능하게 된다..

현재와 같이 수요자와 공급자가 협의로 결정한다면 수요자는 유통과정의 농산물 파손을 염려하여 높은 압축강도 상자를 요구할 것이고, 공급자는 낮은 압축강도 상자를 제시할 것이 확실 할 것으로 판단되는데, 이유로는 포장비용과 비례하기 때문이다.

결국에는 농산물 포장규격 자체가 무의미해지며, 농산물 공급자, 유통업자, 사용자 모두에게 큰 혼란만 야기 시키는 사태로 발전할 것으로 판단된다.

이에 공산품에서 검증된 축적기술을 응용하여 농산물의 고유 특성을 분석하고, 대상 농산물에 대한 유통조건 등 세부적인 장애요인 등을 검토, 종합하여 최적 압축강도 및 안전계수를 설정하여야 한다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 이론적, 실험적 접근방법

최근 농산물의 구입 및 소비 형태는 유통과 문화 발전, 생활수준의 향상으로 많은 변화를 나타내고 있다. 이러한 변화는 양적인 부분은 물론 질적인 차별성으로 생산과 유통, 식생활 문화 및 소비 등 농산물 및 공산품 전반에 상당히 다양한 모습으로 나타나고 있다.

또한 핵가족화와 여성의 사회참여 등 사회구조의 변화, 대형유통업체 증가, 인터넷 사용 확대 등 유통환경이 바뀌에 따라 농산물의 구입처, 구입방법, 선택기준 등이 다양해지고 있으며 농산물 생산과 유통 및 소비환경이 급변하는 모습을 보이고 있다.

이러한 흐름은 농수산물유통공사의 농산물 소비패턴 조사에서도 잘 나타나는데 소비자들은 과일구입시 불만사항으로 신선도 등 상품성 저하(38.5%)를 꼽았다. 소비자가 선호하는 포장규격은 제품에 관계없이 대부분 3kg미만이었으며 유기농 재배과일에 대해서도 가격만 적당하다면 93.3%가 구매의사가 있는 것으로 나타났다(1).

농산물 포장용으로 골판지상자의 사용량은 절대적인데 이 골판지상자의 압축강도에 대한 연구는 관련 연구자들의 오랜 관심사였다.

농산물의 포장설계는 농산물 자체가 갖고 있는 특성, 유통환경 및 과정, 국내 포장재료 생산능력, 산지농민(작업자)실태 등을 감안하여 포장재료, 포장강도, 포장기법, 포장치수를 적절하게 적용해야 한다.

농산물 포장에서 수송용으로 가장 많이 적용되는 재료는 골판지상자로서, 가격이 싸고, 품질(완충성, 압축성, 파열성, 경량인 점 등)이 우수하고, 작업성이 편리하기 때문에 사용량이 매년 증가되고 있다.

골판지 상자는 2가지의 중요한 물리적인 강도를 갖고 있는데 파열강도와 압축강도임. 파열강도는 재료를 평면에서 파열시킬 때의 강도기준이며, 압축강도는 포장재료를 세운 후 눌러서 찌그러질 때의 강도기준이다.

포장을 해야만 하는 모든 내용물은 눌러도 파손되지 않는 자립 내용물과 눌러면 변형되거나 파손되어 상품성이 없어지는 비자립 내용물로 구분할 수 있으며 자립제품은 골판지 상자의 파열강도 위주로 포장재를 선정하며, 비자립 제품은 압축강도 위주로 재료를 선정한다. 농산물은 대부분이 눌러면 파손되는 비자립 제품이기 때문에 골판지 상자로 포장 후 압축 강도가 약해지면 수송이나 보관 중 적재상태에서 상자가 찌그러져 내용물이 압상당하기 쉬운 품목이다. 따라서 적절한 골판지상자의 압축강도 기준 설정은 농산물포장설계의 가장 기본적인 요소라 하겠다.

골판지상자의 압축강도는 파열강도에 비해 기준설정이 어려운데, 이는 상자의 치수, 제조, 통기공 및 인쇄 등 가공 상의 문제점과 유통조건, 진동, 충격, 적재방법 등에서 발생하는 유통상의 문제점을 복합적으로 고려해야 하기 때문이다.

특히 외부의 상대습도 변화의 경우 골판지상자의 압축강도 저하에 큰 영향을 미치기 때문에 이에 대한 연구는 많이 진행되어왔다. 박(2) 등은 골판지 상자의 압축강도는 온도보다는 상대습도에 더 많은 영향을 받으며 상대습도의 증가에 따라 급격히 감소하는 경향을 보인다고 하였다.

김(3)은 습도변화에 따른 골판지상자의 압축강도 및 파열강도를 예측하기 위하여 골판지원지와 상자의 재질구성 등에 대하여 연구하여 골판지상자의 압축강도, 파열강도, 재료비, 무게 등을 설계할 수 있는 프로그램을 개발하였으며 상자의 압축강도의 결과는 예측치의 80% 수준으로 나타났다.

한편 Fiber Box Association은 Table 4와 같이 유통환경에 따른 압축강도 저하율을 산정하여 도움이 되도록 하였다.(4)

이처럼 RH와 상자의 수분함량의 관계에 대한 연구는 상자의 압축강도 연구의 필수적인 요소가 되어 왔다. Ievans 등은 상자의 적재상태에서 적재된 상자에 습도측정

센서를 부착하여 다양한 조건 하에서 수분함량을 측정하고 또 이론적인 수분함량을 계산하여 상자의 압축강도 예측을 시도하였다.(5)

플판지상자의 압축강도에 대한 예측은 다양한 방법으로 이루어져 왔는데 대표적인 것이 Mckee 식과 Kellicutt식이다.

Table 4. Variable Environmental Factors under load.

Factors	Compression Loss	Multipliers	
Storage time under load	10 days -37 percent loss	0.63	
	30 days - 40 percent loss	0.60	
	90 days - 45 percent loss	0.55	
	180 days - 50percent loss	0.5	
Relative Humidity under load(cyclical RH variation further increases compressive loss)	50percent -0 percent loss	1.00	
	60percent -10percent loss	0.90	
	70percent -20percent loss	0.80	
	80percent -32percent loss	0.68	
	90percent -52percent loss	0.48	
	100percent-85percent loss	0.15	
Pallet Patterns		Bast Case	Worst Case
Columnar, aligned	Negligible loss		
Columnar, misaligned	10 - 15percent loss	0.90	0.85
Interlocked	40 - 60 percent loss	0.60	0.40
Overhang	20 - 40 percent loss	0.80	0.60
Pallet deckboard gap	10 - 25 percent loss	0.90	0.75
Excessive handling	10 - 40 percent loss	0.90	0.60

Mckee는 RSC형 상자(0201형)의 압축강도는 상자의 주변장(둘레), 원단의 ECT, 원단의 내굽힘성, 상자의 길이와 나비의 비율 등을 통해 계산할 수 있는 식을 개발하

였다.(4) Mckee 식은 단지 RSC형에만 적용이 가능하며 주변장과 상자의 높이의 비가 7:1 이상이면 적용이 불가능하다. Mckee 식을 보다 단순하게 풀어쓰면 아래 식(2)와 같다.

$$BCT = 5.87 \times ECT \times \sqrt{(\text{caliper of combined board} \times \text{box perimeter})} \quad \text{--- (2)}$$

그러나 국내에서 가장 많이 사용되는 식은 Kellicutt 식이다.(6) Kellicutt 식은 원지의 링크러쉬강도와 상자의 주변장을 기본적인 요소로 하고 있기 때문에 원지의 수분함량 변화를 통해 상자의 압축강도를 예측하기 용이하다. Kellicutt 에 의한 골판지 상자 압축강도 계산식은 (3)과 같다.

$$P = A \times \Sigma RC \times Z^{1/3} \quad \text{--- (3)}$$

여기서

P = 구하고자하는 상자의 압축강도(kg_f)

ΣRC = 구성원지의 링크러쉬강도 합계(kg_f)

Z = 상자의 주변장(mm) = (장 + 폭)×2

A = 골판지 골의 상수

먼저 상기 식에서 상수 A를 정리하면 다음과 같다.

SW A골: 0.347

SW B골: 0.248

DW AB골: 0.442

ΣRC는 원지의 링크러쉬강도의 합이며 골심지의 경우 A골은 1.6, B골은 1.4의 팩터를 곱해야 한다.

국내의 농산물 포장상자는 장마철·여름철의 다습한 곳에 장기간 방치되게 되는데

일반적으로 골판지상자의 표준수분이 약 7.2%이라고 보았을 때 외부 평균온습도가 25℃, 85% R.H.로 올라가는 장마철의 경우 상자가 함유하는 수분은 10~14%의 범위로 크게 변화한다.(7) 이에 따라 바닥에 가까운 최하단의 상자의 압축강도는 거의 50% 수준으로 떨어져 고수분의 상자는 저수분의 상자보다 가벼운 하중에도 크리프가 발생하고 하중이 같은 경우에도 빠른 속도로 구부러지게 된다.

골판지상자의 다습 환경 하에서의 구부러짐은 고습도 하의 고수분이 지배적으로 강도를 저하시키는 것이 아니라 혹독한 사이클릭 변동 때문으로 알려져 있으며 제품이 적입되어 있느냐와 그렇지 않느냐에 따라서도 큰 차이가 난다.

또한 농산물 골판지포장상자는 잦은 상, 하역으로 인한 충격 및 수송중의 진동, 다단 적재 상태의 정, 동적하중에 의한 열화가 빈번하게 발생한다.

자립이 가능한 내용물이거나 내용물이 포장 내부에서 이동이 미약한 경우 진동에 의한 강도열화는 거의 무시할 정도이나 농산물과 같이 비자립제품이며 수송 중 다단적재에 의한 진동이 반복되는 경우 움직이는 하중이 더해져 골판지상자의 강도열화가 커지게 되고 열화율은 10%를 초과하게 된다. 대부분 진동과 낙하의 복합에 의한 강도열화는 국내수송의 경우 15%의 열화, 수출의 경우는 20%의 열화로 설정하는 것이 합리적으로 판단된다.

통상적으로 상자압축강도의 측정은 단일 상자로 하지만, 실제 수송에 있어서는 다단으로 파렛트에 쌓아, 사과와 같은 경우 10단, 귤상자의 경우 15단 정도의 층수로 쌓아 올리는 경우가 보통이다. 이때 쌓는 방법 및 over hang의 정도에 의해서도 상자 강도는 크게 변화한다. 그러나 유통 중 파렛트 적재형태에 따른 압축강도 저하에 대해 심각하게 고려하지 않는 경우가 많아 초기 상자 압축강도 설정시 적재패턴에 따른 압축강도 저하율을 고려할 필요가 있다.

미국 Fiber Box Association에서는 칼럼형태로 잘 적재된 경우는 거의 무시될 정도의 열화율을, 미스매치(misaligned)된 경우 10-15%의 열화율, 교대배열, 또는 핀휠식 적재(pin wheel)는 40-60%의 열화율을 보인다고 하였다.(4)

골판지 상자의 제조기술 및 방법은 각 제조사마다 약간의 차이가 있으며 가공공정 상에서 인쇄(특히 후렉소 인쇄)상의 인압, 피드롤에 의한 압력 등으로 인한 골 손상은 불가피한 점이 있다. 특히 가공도가 높고 사용하는 기계수가 많으며 수작업 공정이 많다면 골의 종릉 부위가 찌그러지는 것은 막기 어렵다.

한편, 포장화물을 창고에 장기간 쌓아 올려 보관하면, 하중에 견디는 힘과 기간의 관계에서 재료는 서서히 변경이 진행된다. 보다 정확히 Creep 열화를 측정하기 위해 내용물이 든 상자를 이용하는 것이 좋다. 상자의 수분량을 추정하는 것은 Creep 열화를 추정하기 위한 좋은 방법이다. 예를 들어 85% R.H.에서 골판지상자의 수분함량이 14.9%일 때 열화율을 측정하면 얼마동안 보관이 가능한지 유추할 수 있다.

국내에서 포도, 사과 및 감귤포장 용도로 보편적으로 사용되고 있는 상자들은 대부분 KS 0201형 상자(regular slotted container), folder형 접음상자(die cut with roll end & self locking end tray type), bliss형의 접착상자(die cut with glued end tray type)로 이루어져 있으며 특히 10kg미만의 규격은 대부분 이 세 종류의 상자로 포장된다. 최근 소포장에 대한 소비자 선호 및 디스플레이성 중시 추세에 따라 소매점에서는 folding형과 bliss형이 주류를 이루고 있다.

기존의 연구는 대부분 American box라고 불리는 0201형 상자(RSC)에 대한 것이며 해외 문헌조사에서도 최근의 추세를 반영한 연구가 부족하였다. 본 연구는 최근의 소포장 선호 추세와 현실적인 측면을 고려하여 이 세 종류의 상자가 상대습도에 따라 보이는 압축강도 경향을 분석하고 안전계수를 적용하기 위한 인자로 하였다.

농산물 포장에 있어서 SF, 즉 안전계수를 결정하는 결정인자들은

- 내적인자(제품의 특성(수분함량, 경도 등), 골판지 상자의 제조기술 및 방법(통기구 등), 상자의 규격(장폭고의 비율))
- 외적인자(유통(저장)기간, 대기조건(온, 습도), 포장/적재방법, 진동, 하역 및 충격 등 유통환경)

로 나눌 수 있다.

압축강도 저하율 인자는 농산물 종류별, 단량별에 따라 상당한 차이를 나타낸다. 결국 농산물에 적용되는 골판지 상자는 농산물의 특성과 유통조건에 따라 압축강도가 차이가 있는데 이들 요인을 종합한 수치를 안전계수 또는 안전율이라고 요약할 수 있다.

이 모든 인자들 중 압축강도에 영향을 주는 골판지 상자의 골판지상자의 안전계수 (SF)는

$$SF = f(H, P, t, T, Sp, D, x) \quad \text{--- (4)}$$

여기서

H = Humidity

P = Product

t = temperature

T = storage time

Sp = stacking pattern

D = Severity during distribution process

X = any other factor(s)

로 정리할 수 있다.

따라서 SF의 산출은

- 실험치에 의한 상자의 최소 압축강도(practical limit) 설정
- 각 인자별 원지 실험 실시(예, 습도를 변경하고 다른 factor는 고정)하여 database화
- 다양한 원지시험결과를 바탕으로 가설 설정
- 원단 실험 실시로 검증, 보완
- 상자실험 실시로 검증, 보완

의 단계를 거쳐야 가능하다. X(any other factor(s))는 온도나 제조공정, 인쇄 등의 요소들로 Sc에 대한 영향이 미미하거나 제조업체의 기술이나 기계 등에 따라 차이가 나는 것으로 상황에 맞게 개별적 적용이 필요하다.

제 2 절 연구내용

1, 국내 과일 및 채소류 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석

가. 개요

최근 농산물의 구입 및 소비 형태는 유통과 문화 발전, 생활수준의 향상으로 많은 변화를 나타내었다. 이러한 변화는 양적인 부분은 물론 질적인 차별성으로 생산과 유통, 식생활 문화 및 소비 등 농산물 및 공산품 전반에 상당히 다양한 모습으로 나타나고 있다.

또한 핵가족화와 여성의 사회참여 등 사회구조의 변화, 대형유통업체 증가, 인터넷 사용 확대 등 유통환경이 바뀌에 따라 농산물의 구입처, 구입방법, 선택기준 등이 다양해지고 있으며 농산물 생산과 유통 및 소비환경이 급변하는 모습을 보이고 있다.

이에 대표적인 농산물의 유통과정과 조건을 조사함으로서 농산물의 생산과 유통과정에서 발생할 수 있는 포장상자의 강도저하를 초래하는 Factor를 파악하고 포장상자의 형태와 강도에 따른 세부설계 등 농산물 유통규격 설정에 필요한 기초자료를 제공코자 본 조사를 실시하였다.

○ 조사목적

최근 농산물은 유통의 대량화, 대형매장 중심 판매 및 소비 등 유통과 소비에 있어 많은 변화가 지속되고 있다. 이에 따라 농산물 생산에 따른 포장과 유통에 있어 환경조건이 어떻게 변화하는지를 파악하여 포장설계, 특히 골판지상자의 강도설계에 있어 최근의 농산물유통규격 설정에 필요한 관련자료 제공하고자 한다.

○ 조사품목

- 과일류 : 포도, 사과, 감귤
- 채소류 : 방울토마토, 오이, 배추

○ 조사내용

품목별 생산 및 수확방법 및 시기, 선별, 포장(포장단위, 포장규격, 포장재질 및 형태), 수송 및 보관에 따른 파렛트 적재방법 및 적재단수, 유통 및 저장에 따른 환경 조건 등

○ 조사지역 및 대상

- 조사지역 : 경북 김천 및 충남 천안(포도), 경북 풍기 및 영주(사과), 제주도 서귀포(감귤), 충북 신니(방울토마토), 강원 춘천(오이), 강원 횡계(배추)
- 조사대상 : 해당 생산지 및 포장센터(경매, 포장, 수송), 유통 및 판매지

품 목	조 사 시 기	조 사 지 역	
과 실 류	포도	2005. 7. 29 ~ 10. 6	김천 및 천안
	사과	2005. 10. 14 ~ 11. 20	풍기 및 영주
	감귤	2005. 12. 15 ~ 12. 18	제주도 서귀포
채 소 류	방울토마토	2006. 8. 21 ~ 8. 26	충북 신니농협 등
	오이	2006. 8. 28. ~ 9. 16.	강원 춘천 신북농협 등
	배추	2006. 9. 12. ~ 9. 30	강원 횡계 대진영농 등

○ 조사방법

해당품목에 대한 조사원을 통한 방문면접 설문조사, 온습도 및 충격기록계를 통한 측정조사, 생산지에서 대형 유통점 및 판매처까지의 수송경로 추적하였다.

○ 조사기간

포도, 사과, 감귤 등의 주요산지를 지역을 대상으로 수확 및 판매 성수기를 기준으로

2005. 7월부터 2006년 10월까지 조사하였다.

○ 분석방법

기존 사용하고 있는 골판지상자에 대해서는 해당 품목별로 조사된 내용의 규격과 포장재질, 형태에 따른 압축강도 측정 및 이론 강도 산출 등을 이용하여 분석하였다. 또한 제품의 생산과 선별, 포장, 유통(수송, 보관 등) 등에 따른 온습도 변화 및 충격 강도는 유통경로를 따라 계측기를 이용하여 측정하였으며 축적된 데이터는 새로운 모델에 적용이 용이하도록 시간대와 각각의 구간을 구분하여 제공하였다.

나. 포도

- 조사기간 : 2005. 7. 29 ~ 2005. 10. 6
- 조사지역 : 경북 김천 어모농협, 충남 천안 입장 반월포도 영농법인
- 조사대상 : 생산자, 산지유통인, 산지조합, 산지판매장, 도소매상 등
- 조사내용 : 생산 및 수확, 선별, 포장, 보관, 파렛트 적재, 수송 및 유통 등

○ 포장규격 및 현황

포도의 포장은 소비형태 변화에 따라 상자단위로 구입하는 과일로 선호도가 높아 5kg~ 2kg 등으로 분류되어 포장하고 있는 것으로 조사되었다. 대형매장에서 다량구입에 따른 저렴한 가격형성 및 좋은 품질과 신뢰성이 그 이유이다.

○ 선호 규격

포도규격은 소비자의 소비 및 구매형태가 대체로 1kg, 2kg, 3kg 등 소포장을 선호하고 있는 것으로 조사되었다. 이에 생산지에서도 포장규격을 맞추어 출하하는 것으로 나타났다. 포장 단량은 5kg ~ 2kg으로 나타났으며, 포장상자 형태는 Figure 2와 같이 개방형 상자가 주류를 이루고 있다.

○ 포장 단량 및 규격

- 5kg 상자 : 550 x 366 x 115
- 4kg 상자 : 440 x 330 x 125(5~6송이)
- 2kg 상자 : 350 x 250 x 120, 314 x 235 x 125(3송이)



Figure 2. 포도상자(개방형 folder type)

포도상자는 0201형 상자보다는 개방형 상자를 선호하고 있는 것으로 나타났다. 개방형 상자는 상자안의 제품을 소비자에게 바로 보여 줌으로서 포도의 선도 및 품질을 구입시 확인이 용이한 이점이 있으며 산지에서 포장공정 단순화, 작업자의 용이성, 파렛트 적재의 용이성과 고정성 견고성이 장점이다.

그러나 생산지에서의 문제점은 공상자 보관상 부피문제, 물류비 상승, 포장재 단가 상승 등 단점도 있는 것으로 조사되었다. 개방형 상자는 Figure 2와 같이 KS A 1003의 0405형의 변형을 사용하고 있으며 날개 붙임형(bliss type)과 날개 꽃음형(folder type)으로 구분되어 사용되고 있다.

조사지역에서 사용하고 있는 포도용 포장상자의 재질은 다음과 같다.

○ 포장상자의 재질

- 5kg 상자 : SC240/K180/K180/K180/SK180
- 4kg 상자 : SC240/S120(합지)/S120/A180/K180/백K180
- 2kg 상자 : SC120/S120(합지)/S120/K180/K180/백K180

또한 골판지상자 외에 사용하는 수송 및 포장용 상자로는 플라스틱 및 스티로폼(5kg, 10kg)를 사용하고 있다.

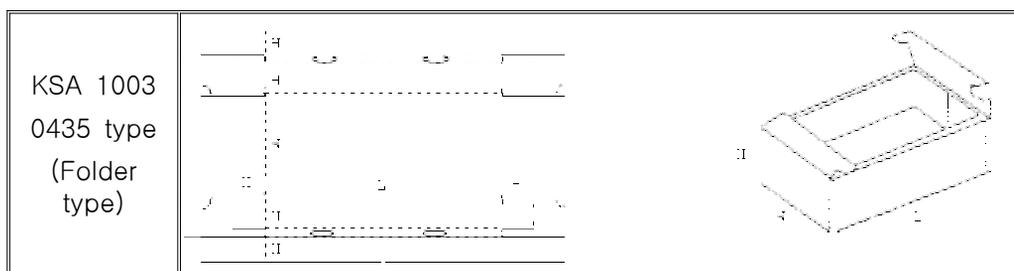


Figure 3. 포도상자의 개념도

○ 수송 및 파렛트

수송의 경우 성수기에는 일반 5톤 탑차 및 8톤 윙바디 차량을 이용하는 것으로 조사되었으며, 경우에 따라서는 냉장차량 수송(10℃)을 이용한다. 주로 대형유통점인 양재동과 창동 농협유통에 카고 차량을 이용하여 당일 오전 수확물량을 출하한다. 이는 출고물량이 대량으로서 소비량이 최상일 때 주문량 소화가 원활하기 때문이다. 하나물류와 롯데마트는 냉장차량을 이용하는 것으로 조사되었다.

김천 어모농협의 경우 표준 파렛트 2단 적재를 하고 있으며 형태는 Figure 4 와 같 으며 수량은 60Box/pallet, 10단 적재하고 있다. 이는 5ton 차량 1,200 box 분량이다.

농협유통(주)과 하나로 클럽, E-마트 등은 대형 유통업체로서 산지에서 올라온 농산 물을 대량의 물량을 직거래를 통한 유통업체 공급과 일반소비자 및 소규모 요식업자

에 판매를 하는 역할을 담당한다.



Figure 4. 파렛트 작업 및 트럭적재

하나로클럽(양재동)의 경우 농협물류로부터 상품을 구입, 농협물류에서 시장 상황에 따라 가격을 확정하며, 판매대상은 일반소비자, 소규모 요식업소 등 일일 반입량 2,000~3,000상자/5kg기준 인 것으로 조사되었다. 포도반입 지역으로는 충남(천안), 경북(상주·영천), 충북(영동) 등이다. Figure 5는 다른 상품과 같이 매대에 진열된 상태를 나타낸 것이다.



Figure 5. 대형매장의 매대 진열(양재동 하나로 클럽)

○ 유통경로

포도의 유통경로는 Figure 6 과 같이 지역별로 다소 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다.

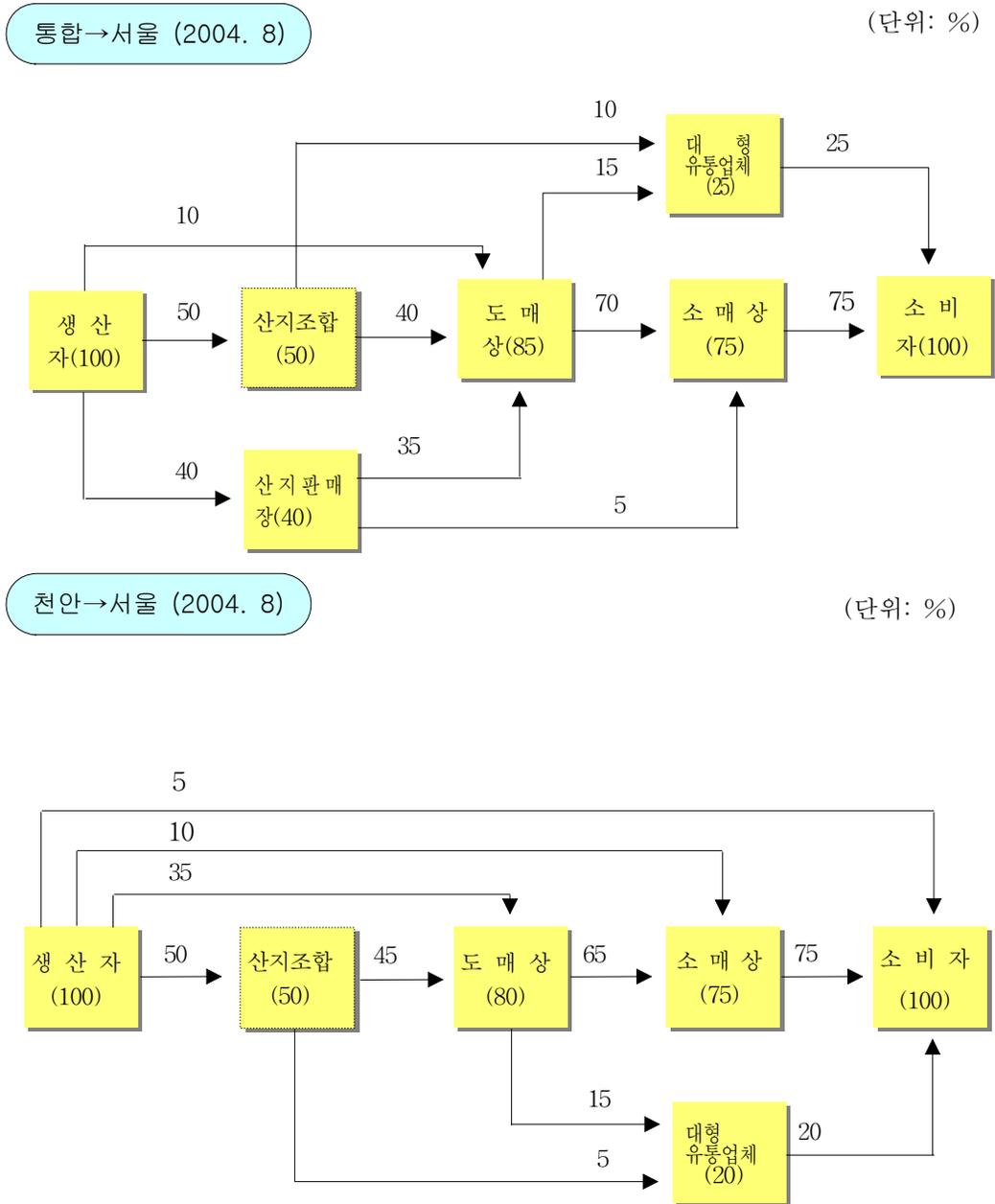


Figure 6. 포도의 유통경로

○ 상자압축강도

파렛트에 적재하여 유통되는 포도상자는 10단에서 13단의 높은 적재단수를 나타내고 있는 것으로 조사되었으며 파렛트 2단 적재를 하는 경우도 있다. 이에 필요압축강도와 안전계수는 다음과 같은 의미를 포함한다. Figure 4는 파렛트를 2단으로 적재한 모습이다.



Figure 4. 수송용 트럭(5톤 차량)에 파렛트 2단 적재된 상태

김천과 천안에서 현재 사용하고 있는 골판지상자의 안전계수가 Table 5와 같이 적용되었음을 알 수 있다.

Table 5. 기존 포도상자의 압축강도, 안전계수 현황

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도(kg)
5kg	550 x 366 x 115	10단 x 2	500	758
4kg	440 x 330 x 125	10단	144	577
2kg	A 350 x 250 x 120	13단	96	548
	B 314 x 235 x 125			532

*안전계수 4를 적용하였을 때의 필요압강임.

실제 적용된 안전계수 산출은 다음과 같이 산출하였다.

$$K(\text{안전계수}) = \text{이론압축강도}/(\text{상자의 무게} \times \text{최대적재하중})$$

$$= \text{이론압축강도}/(\text{상자의 무게} \times (\text{최대적재단수}-1))$$

즉, 포도 5kg 상자를 예를 들면 다음과 같다. 포도상자 5kg의 경우 파렛트 2단적재 시 총적재 무게에 파렛트 1개가 추가된 것을 감안하여 30kg을 더하여 준다.

$$K = 758/(5 \times (20-1) + 30) = 158/125 \approx 6.1$$

포도 4kg상자의 경우는 다음과 같다.

$$K = 577/(4 \times 9) \approx 16.0$$

포도용 골판지상자의 필요압축강도 및 이론압축강도는 산출 값에 나타난바와 같이 필요압축강도 이상의 강도를 나타내고 있다. 이는 안전계수가 필요 이상으로 높게 적용된 결과로 분석된다. 적정 안전계수 산출 없이 적용된 것으로 과대포장 된 경우로 판단된다.

○ 수송 및 파렛트 사용현황

농산물의 물적 유통에서 기본은 파렛트라 할 수 있다. 우리나라의 경우 KS규격으로 표준파렛트를 일관수송용 표준파렛트인 T - 11형(1,100×1,100mm)을 기준하고 있다. 김천 및 천안의 포도상자에 대한 적재효율을 Table 6에 나타내었다.

Table 6. 포도상자의 표준파렛트 적재효율

구 분	포장규격(mm)	적재효율(%)	비고
5kg	550 x 366 x 115	99.8	
4kg	440 x 330 x 125	96.0	
2kg	A	350 x 250 x 120	94.0
	B	314 x 235 x 125	97.6

육로수송의 주요장비가 되고 있는 수송용 트럭의 적재함 폭이 8톤, 11톤의 경우 2,340mm이고 소형트럭도 최근에 출고되는 차량의 경우 광폭으로 설계되어 있다. 이는 1,100mm의 T - 11형 파렛트가 적용되는 Unit Load Size인 1,140mm가 2열로 적재될 수 있도록 설계된 Size로서 김천과 천안에서 사용하는 파렛트에 적합하다.

포도상자의 치수는 1,100×1,100 파렛트에 적재될 경우 파렛트의 규격에서 최대 20mm 이상 벗어나지 않도록 설계되어 있으므로 트럭으로의 수송에는 전혀 문제가 되지 않는다.

저온수송차량으로 주로 사용되는 냉장탑차의 경우 현재 사용되고 있는 차량의 규격이 일률적으로 통일되어 있지 않고 업체마다 다른 규격의 차량을 사용하고 있으므로 적재효율 산출을 위한 기준의 설정은 모호하다. 실제로 산지에서 농산물을 냉장탑차에 수송할 때 파렛트를 사용하지 않고 차량에 적재하므로 파렛트 적재효율 보다 냉장탑차에의 적재효율이 더 타당하나 이의 경우 상자대비 차량면적이 매우 커서 대부분의 상자가 95%이상의 적재효율을 보이므로 문제가 되지 않는다.

○ 온·습도 측정

- 외부 및 작업장의 온습도

온·습도는 골판지상자의 압축강도에 미치는 영향이 가장 큰 Factor로서 본 연구의 조사내용에 있어 매우 중요한 요소이다. 따라서 선별 및 포장 작업장, 파렛트 적재 및 이동, 수송에 따른 차량 및 경로에 따라 변화가 많은 것으로 조사되었다. 이에 온습도 측정기를 다음 Figure 5와 같이 상자 안에 부착하여 유통경로를 따라 측정하였다.



Figure 5. 포장상자에 고정된 온습도 측정기

김천 어모농협의 경우 조사시점(7월 말)의 작업장 즉, 선별 및 포장작업을 시행하는 장소의 온·습도는 Figure 6 과 같이 나타났다. 측정 결과 온도는 28.3℃, 습도는 60.8%RH를 보였다. Figure 6 에서 습도의 변화가 심한 것은 전날 비가 온 후 측정 시에 맑은 날씨를 보임으로 인하여 굴곡이 심하게 나타난 것으로서 작업장의 대형선풍기와의 연관성이 있는 것으로 판단된다. 참고로 작업시간 중 외부 온도는 김천 어모농협의 경우 30.0℃, 습도 59.5%, 천안 입장 발안 농협의 경우 오전과 오후의 변화가 많은 것으로 측정되었다. 작업장의 경우 21~17℃, 30~61%RH, 외부 21~25℃, 36~72%RH로 나타났다.

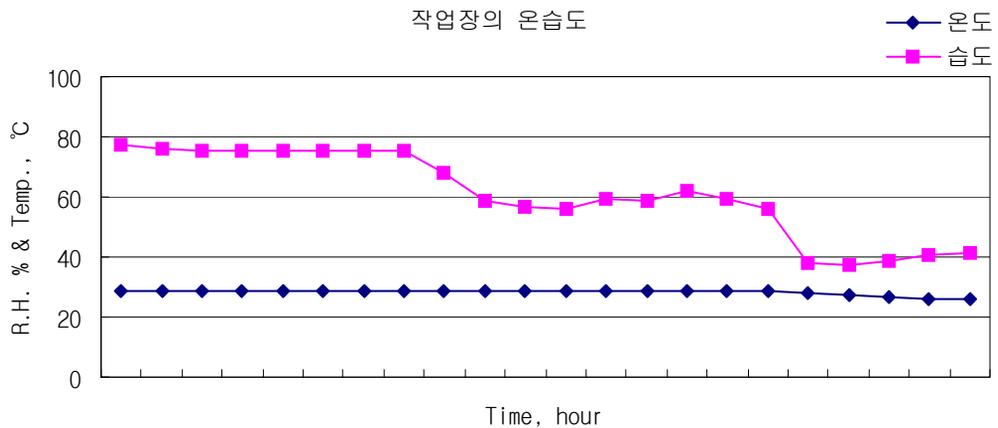


Figure 6. 선별 및 포장작업장의 온습도 변화

- 저온창고 온습도

성수기에는 냉장창고의 이용률이 매우 낮은 것으로 조사되었는데, 선별 및 단량별 포장 후에 파렛트에 적재되어 저온창고에 보관되는 경우에 Figure 7과 같은 온습도 변화를 나타내었으며 평균 온도 12.4℃, 습도는 82.0% RH로 나타났다.

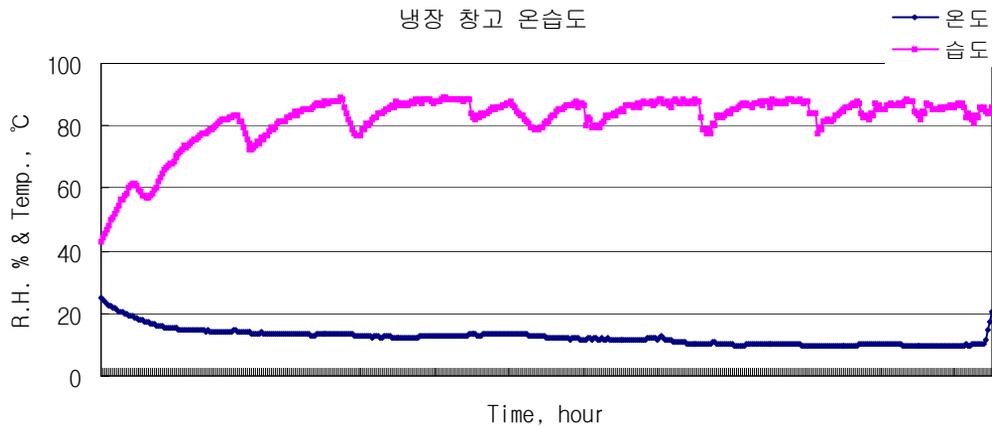


Figure 7. 포도상자의 냉장보관 창고 온습도 변화

- 유통경로에 따른 온습도 측정

Figure 8-9 는 김천 어모농협 7월 말, 천안 발안농협 10월초에 측정된 결과이다. 김천 어모농협의 경우 김천을 출발점으로 양재동 하나로클럽까지의 결과이며, 발안농협은 천안 입장을 출발하여 경기도 광주 이마트 물류센터까지의 측정결과이다.

김천 어모농협의 경우 수송 중 평균 온도 29℃, 습도는 78.9%RH를 보였으며, 천안 발안농협의 경우 평균 온도 18.3℃, 습도는 76.4%RH를 나타냈다.

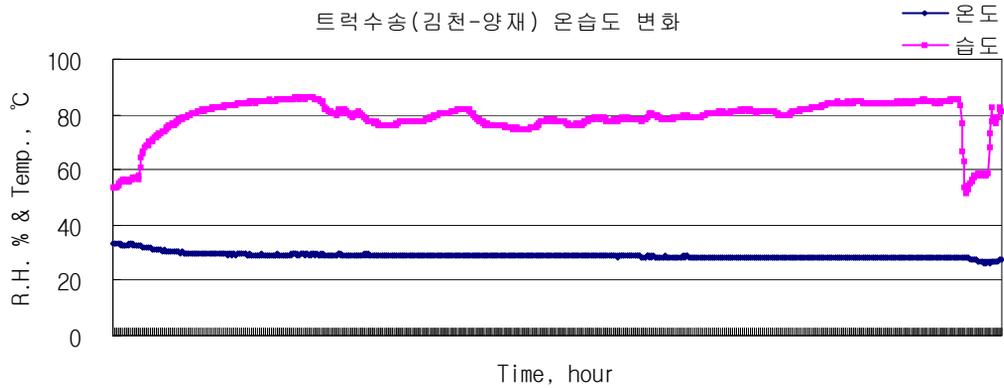


Figure 8. 수송에 따른 온습도 변화 측정(김천-양재)

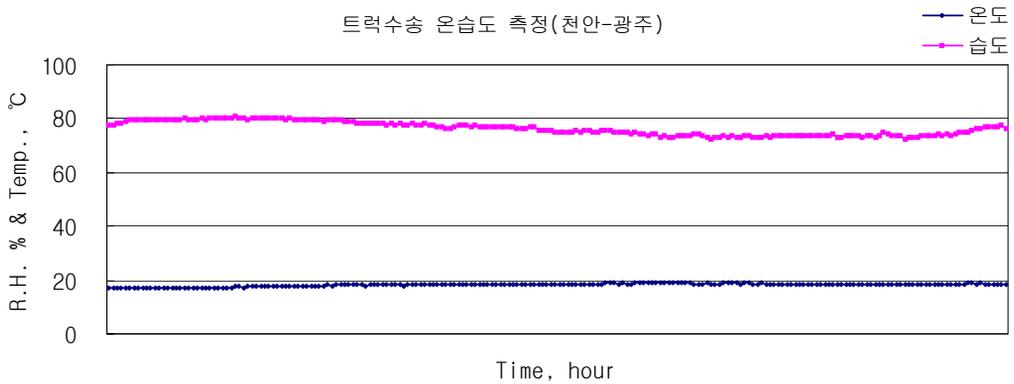


Figure 9. 수송에 따른 온습도 변화 측정(천안-양재)

- 수송에 따른 진동충격 측정

충격량이 외부포장 골판지상자에 미치는 영향은 경우에 따라 상당히 큰 파괴력을 나타낸다. 특히 낙하와 같은 직접적인 충격의 경우는 더욱 그러하다. 앞서서도 언급하였지만 진동에 따른 충격량이 압축강도에 미치는 영향은 미미하다 할 수 있다. 그러나 물품이 담긴 골판지상자의 무게, 적재단수 등에 따라 상당한 영향을 미치게 된다.

참고로 천안과 광주 이마트 물류센터까지의 유통중 발생한 충격량을 측정하여

Figure 10 에 나타내었다. 평균 0.55G로 측정되었으며 상자 적재 및 지게차 이동, 차량적재시에는 순간적인 충격값이 1 ~ 10G 까지 다소 높게 나타났다.

차량적재시 좌우앞뒤 방향은 X축, Y축으로 나타나게 되는데 두방향의 충격은 0.07 ~ 0.17G로 측정되어 충격량이 매우 작게 나타났다. 이는 차량의 진행방향과 같은 방향으로 움직임이 작다는 것으로 분석되며, 또한 충격량이 상자에 미치는 영향이 미미하다는 것을 의미하기도 한다. 그러나 차량이 도로의 상태에 따라 상당히 동적인 상태로 측정된 Z축은 수송 중 평균 0.55G라는 X, Y축보다 높은 결과를 보였다. 도로사정이 다소 안정적인 상태로 분석되며, 도착지에서의 상자 상태를 육안으로 확인한 결과 제품과 함께 매우 양호한 것으로 나타났다.

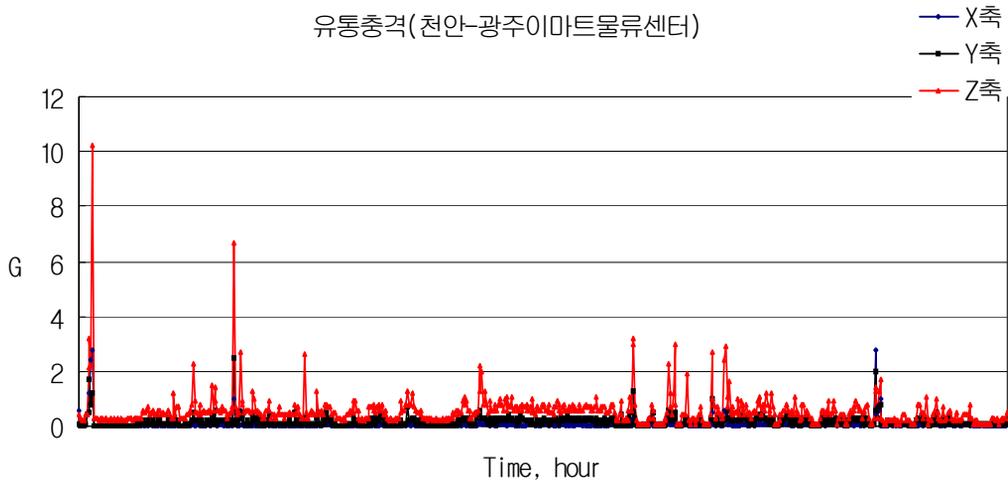


Figure 10. 포도상자의 유통에 따른 충격량

다. 사과

- 조사기간 : 2005. 11. 7. ~ 11. 20.
- 조사지역 : 경북 영주, 경북 풍기
- 조사대상 : 생산자, 산지유통인, 산지조합, 산지판매장, 도소매상 등
- 조사내용 : 생산 및 수확, 선별, 포장, 보관, 파렛트 적재, 수송 및 유통 등

○ 포장규격 및 현황

포장용량은 15kg 상자 60~70%, 10kg 상자 10%, 5kg 상자 20~30%(일반가정용, 선물용, 수출용)로 15kg 상자가 주류를 이루고 있으며 소포장 물량도 대형마트를 중심으로 점차 늘어나고 있는 실정이다.

9~14개 들이용 규격은 390x302x100(롯데마트, 개방형-붙임형)로 주문자 포장도 늘고 있으며, 5kg 상자는 550x366x110(5kg, 턱10mm, 개방형), 10kg 및 15kg 상자는 포장된 사과무게를 고려하여 0201형(구 A-1형)상자를 사용하고 있는 것으로 조사되었다. Figure 11 은 개방형 상자, 0201형 상자를 나타낸 것이다.



Figure 11. 개방형 상자(5kg) 및 0201형 상자(15kg)

포장재질은 주문자 포장(롯데) SC240/S120/S120/S120/K180/K180, 풍기(영주사과)5kg 상자는 SC240/S120/K180/K180/S120/KA180을 사용하고 있다.

조사된 단량별 포장규격은 Table 7과 같으며 풍기와 영주의 사용규격은 “*”로 표시하였다.

Table 7. 사과상자의 포장규격

구 분	포 장 규 격(길이x나비x높이, mm)	형 태	비 고
5kg	A	314 x 235 x 170	개방형
	B	550 x 366 x 110	개방형 *
10kg		510 x 360 x 190	0201형 *
15kg	A	510 x 360 x 280	0201형 *
	B	440 x 330 x 270	0201형

○ 수송 및 파렛트 사용현황

15kg, 10kg, 5kg 상자 등 골판지상자 포장 및 플라스틱 포장상자는 표준규격 파렛트에 적재하여 5톤 차량에 단일 혹은 혼적하여 출하하고 소포장 제품은 다단식 목재상자를 이용하여 적재 운송하고 있다.(Figure 12)



Figure 12. 파렛트 및 수송용 트럭에 적재된 형태 및 혼적

○ 보관(저장)

총 생산량 중 저장되는 비율은 약 35~50%이며, 저장주체별 저장비율은 생산자 15~20%, 산지유통인 15~20%, 산지조합 5~10%로 나타났다.

○ 유통경로(풍기, 영주 - 성남 하나로 물류센터)

유통경로는 Figure 13 과 같으며 일반적인 유통과 영주에서의 유통단계를 나타냈다.

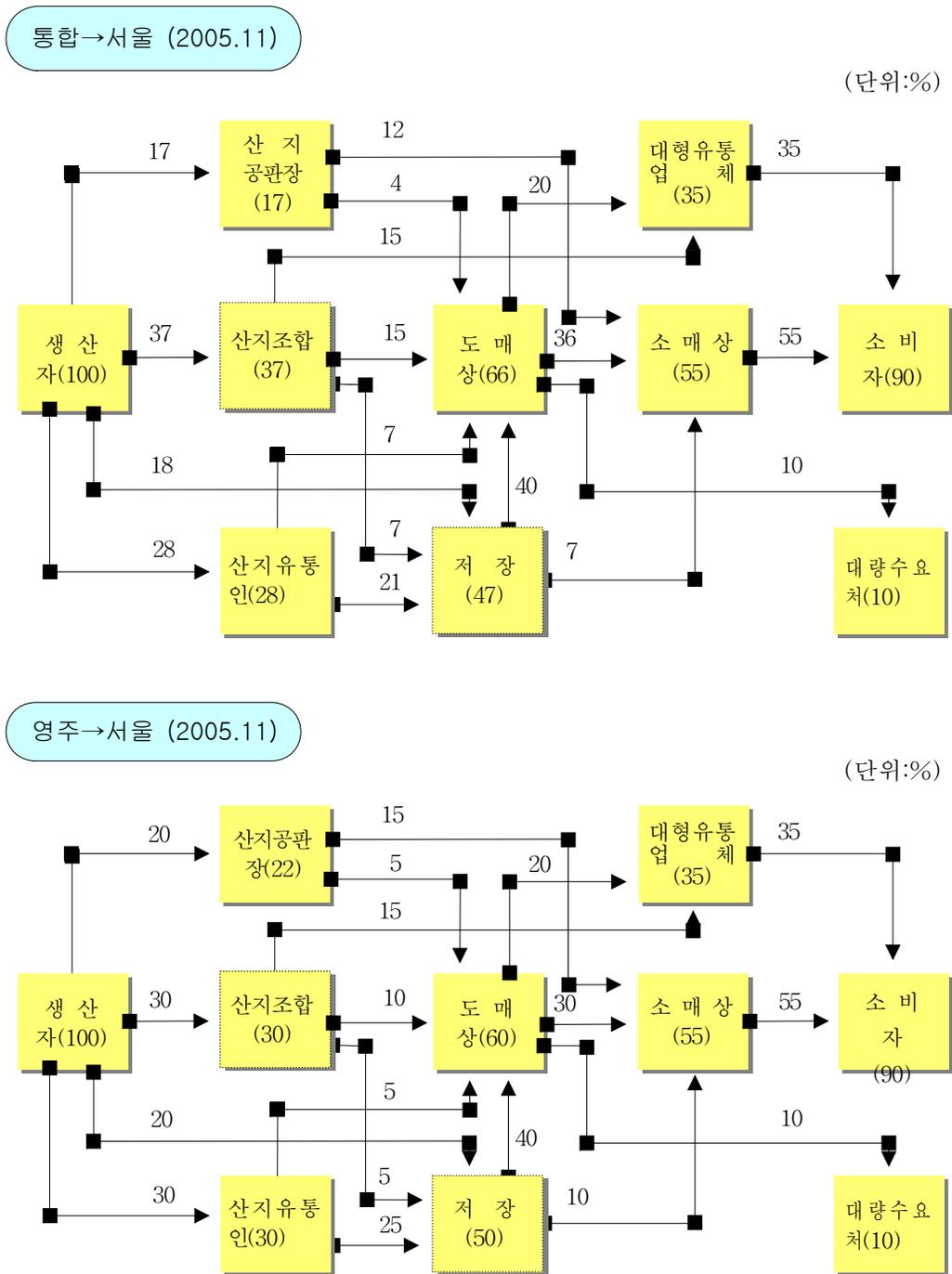


Figure 13. 사과의 유통경로

○ 상자 압축강도

사과상자는 특히 소포장에서 필요압축강도에 비하여 과도한 강도의 상자를 사용하고 있는 것으로 나타났다.(Table 8)

Table 8. 사과상자의 포장규격, 강도, 적재효율 현황

구분	규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도(kg)	적재효율(%)
5kg	A 314 x 235 x 170	10	180	479	97.6
	B 550 x 366 x 110	17	280	568	99.8
10kg	510 x 360 x 190	10	360	526	91.0
15kg	A 510 x 360 x 280	7	360	526	91.0
	g B 440 x 330 x 270	7	360	496	96.0

*안전계수 4를 적용하였을 때의 필요압강임.

○ 유통 중 온습도 측정

본 연구에서는 풍기 및 영주에서 성남 하나로 물류센터와 양재동 하나로-마트까지의 경로를 따라 온습도 및 충격 상황을 측정하였다.

선별 및 포장 작업장, 파렛트 적재 및 이동, 수송에 따른 차량 및 경로에 따라 변화가 많은 것으로 조사되었다. 풍기농협에서 출발하여 성남도착까지의 평균 온습도는 11.6℃, 76.9%RH, 영주농협은 3.2℃, 48.5%RH로 측정되었다.

풍기농협의 작업장의 환경은 오전 11시~15까지 온도변화는 12~19℃, 습도는 50~87%RH, 영주농협은 16시~19시까지 4.5~10℃, 36~45%RH로 측정되었다. 측정결과에 나타난바와 같이 주로 늦은 오후에 산지를 출발하여 밤 12시에서 익일 01시까지 수송하는 것으로 조사되었으며, 이는 익일 매장에 바로 진열하여 판매하기위한 것으로 조사되었다. Figure 14 는 풍기 10월 21일(20:30~익일 00:59), 영주 11월 18(19:00~23:05)일에 측정된 결과이다.

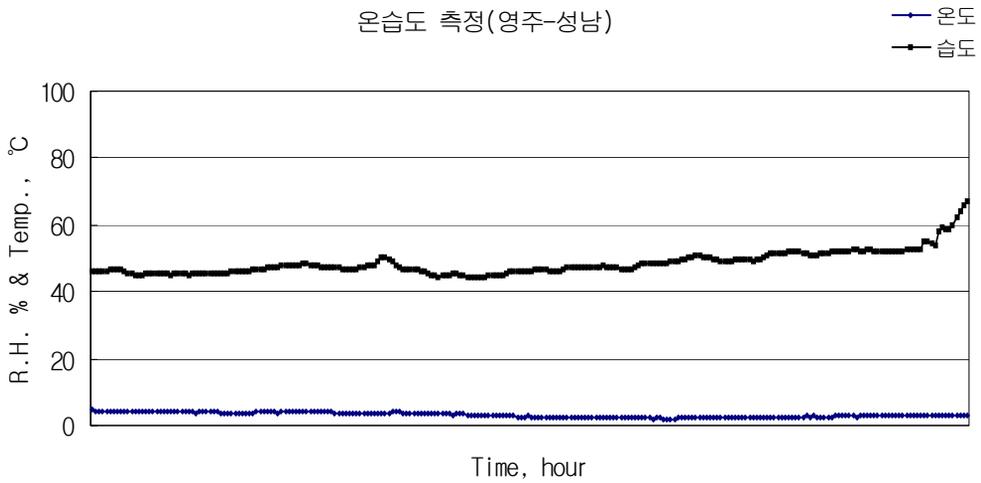
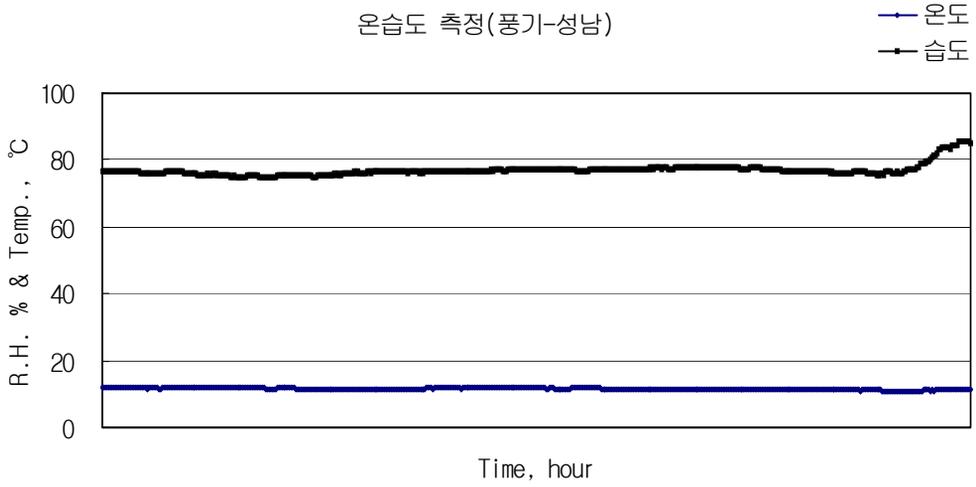


Figure 14. 사과상자의 온습도 측정

○ 충격량 측정

충격기록계는 사과가 적입되기 전 모서리 하단에 장착하여 측정하였다. Figure 15는 풍기, 영주 농협을 출발점으로 성남 하나로 물류센터까지의 결과이다. 차량 진행 방향과 좌우측으로는 충격량이 미미하게 측정되었으며 도로의 요철상황에 따른 충격량 변화 측인 Z축은 X, Y축보다 다소 높게 측정되었다. 유의할 점은 포도의 충격량

측정결과에서와 같이 작업 후 단순이동, 파렛트 적재 및 차량에 적재시 순간적으로 강한 충격이 일어난다는 것이다.

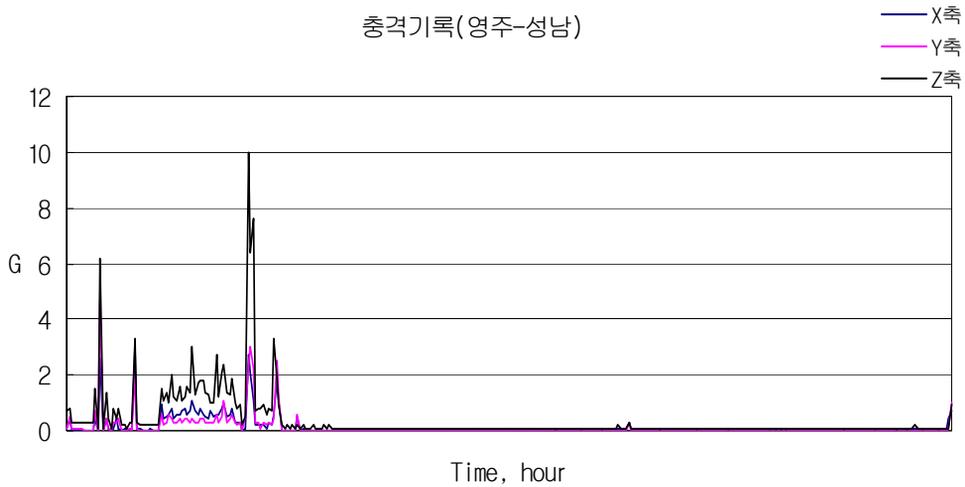
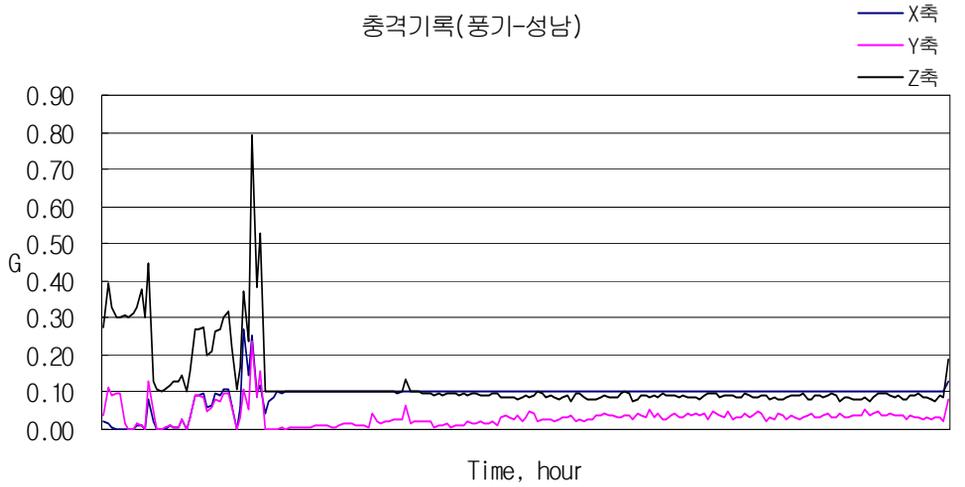


Figure 15. 사과상자의 충격량 측정

골판지상자는 취급이나 운송 중 진동에 의해 골판지 골 찌그러짐이 발생하게 되는데 포도상자의 경우에서 언급한바와 같이 저하의 정도는 0~9% 정도이며, 적재하중과

수분에 의한 요인에 비해 영향이 비교적 작다. 위의 충격량 측정 표와 같이 평균 0.39G 이하의 충격값에 의한 골판지 찌그러짐에 미치는 영향은 더욱 작을 것으로 분석된다. 생산지에서 출발하여 도착된 물류센터에서 상자의 외관과 파렛트 적재상태를 확인한 결과 찌그러짐 등이 없는 것으로 나타났다.

라. 감귤

- 조사기간 : 2005. 12. 15. ~ 12. 18.
- 조사지역 : 제주 서귀포농협
- 조사대상 : 생산자, 산지유통인, 산지판매장, 포장센터 등
- 조사내용 : 생산 및 수확, 선별, 포장, 보관, 파렛트 적재, 수송 및 유통 등

- 선별·포장작업

선별은 제주도감귤생산 및 유통에 관한 조례 시행규칙에 따라 조합 및 작목반에서 운영하는 선과장에서 “감귤 선과망 규격”에 의거, 실시하는 것으로 나타났다. 선별 작업 공정은 다음과 같다.

원료 입하 → 선별대투입 → 물세척 → 건조 → 왁스코팅 → 크기선별 → 포장

- 포장규격 및 현황

포장재는 골판지상자를 사용하며 상자규격은 10kg이 주를 이루고, 5kg상자는 하우스 감귤용으로 일부 사용하는 것으로 조사되었다. 결속은 결속기에 의한 끈 및 테이프를 사용하는 것으로 나타났다. 감귤상자는 개방형 상자보다는 0201형 상자가 주류를 이루고 있는 것으로 조사되었다. 참고로 감귤 표준규격을 Table 9에 나타내었다.

Table 9. 감귤의 표준규격

포장재질	거래단량	포장규격		
		길이(mm)	너비(mm)	높이(mm)
골판지	3	350	250	90
		412	275	100
		366	260	90
	5	366	260	120
		366	260	135
	10	440	330	160
		440	330	180
		366	275	220
		366	275	230
		440	330	225
	15	440	330	250

포장단량은 Table 9와 같이 점차적으로 소포장화가 이루어지고 있는 것으로 조사되었다. 이는 대형매장을 통한 소비자의 구매방법 및 량에 따라 산지에서 유통규격을 변경하고 있는 것으로 판단된다. 백화점이나 대형유통업체에는 1kg, 1.5kg 그물망으로 소포장하거나, 100g당 단가를 정하여 산물판매하기도 한다.

○ 수송 및 파렛트 사용현황

15kg, 10kg, 5kg 상자 등 골판지상자를 사용하며 표준규격 파렛트에 적재하여 차량 및 컨테이너를 이용하여 적재 운송하고 있다. 파렛트에 골판지상자를 적재 후 그물망으로 wrapping하여 트럭 및 선박수송에 따른 흔들림과 붕괴를 방지하고 있다.

운송은 8ft 컨테이너를 이용하고 있으며 운임은 운송업체와 협의 결정하여 수송하고 있으며 수송과정은 다음과 같다.

운송시 5, 8톤 화물트럭에 8ft 빈 컨테이너를 2개 적재 선과장에 도착 → 포장상자를 (15kg상자기준 약 300~350개)적재 후 제주 도내 각 항구로 육상운송(17시~18시) → 양하(본선내 적재)<1시간 30분> → 해상운송(7~9시간) → 항만하역(목포, 고흥 등) → 적하(본선의 화물을 양육)<1시간 30분> → 육상운송(서울 등)<9시간>

서울 도착 후 경매는 다음날 새벽에 실시되기 때문에 산지출하에서 소비지 경매까지는 약 2일이 소요되는 것으로 조사되었다.

○ 보관(저장)

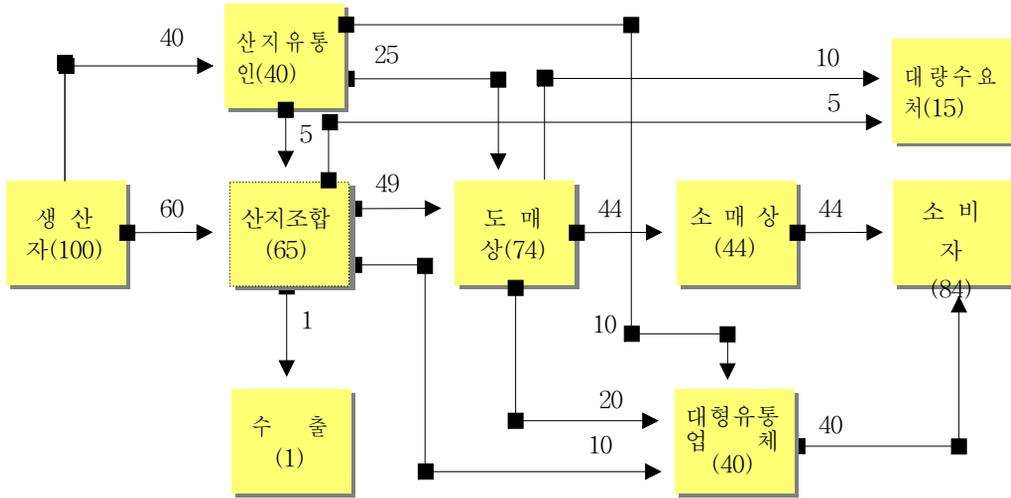
농가나 상인이 가격상승을 관망하고, 설 명절 성수기를 대비하여 간이저장고에 저장하며 미수확분과 저장분이 생산량의 약 70%인 364천톤으로 추정하고 있다. 금년에는 감귤가격이 좋아 9번과도 간이저장고에 입고시킨 후 수분이 감소하여 표피가 줄어들면 선과망 8번에 통과할 것을 기대하여 저장량이 많아진 것으로 조사되었다. 일부 산지유통인은 수확 후 간이저장고에서 일시 저장하여 예조기간(10일 이후)이되면 선과장을 거치지 않고 산물로 컨테이너 수송하는 사례도 있다고 한다.

○ 유통경로(제주 - 양재동 하나로마트)

감귤의 유통경로는 Figure 16 과 같으며 제주, 서귀포에서 서울까지의 유통단계를 나타냈다. 본 연구에서는 제주 서귀포에서 양재동 하나로-마트까지의 경로를 따라 온습도 변화를 측정하였다.

제주→서울 (2005.12)

(단위:%)



서귀포→서울 (2005.12)

(단위:%)

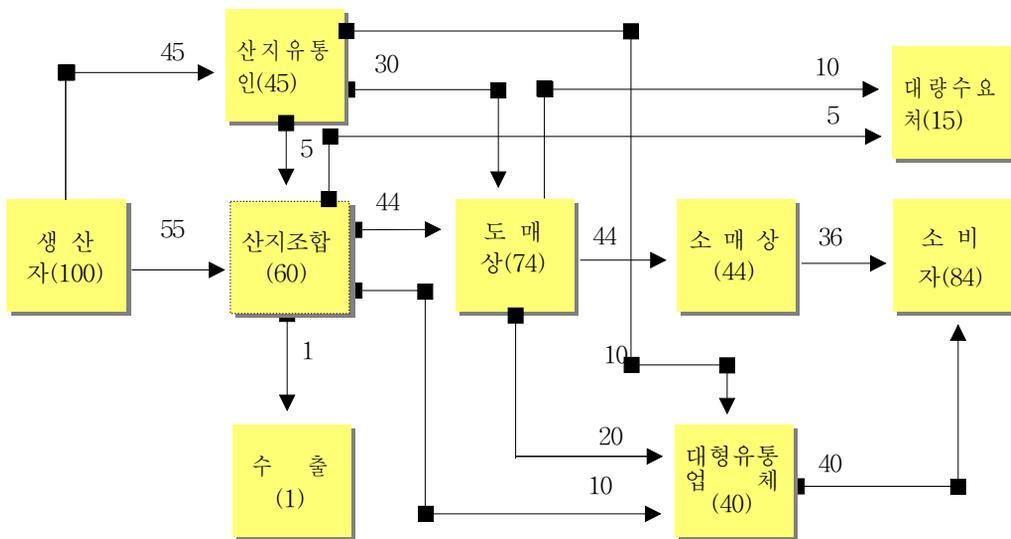


Figure 16. 감귤의 유통경로

○ 상자 압축강도

서귀포 농협 감귤상자를 분석하면 현재 사용하고 있는 골판지상자의 압축강도가 Table 10과 같이 적용되었음을 알 수 있다.

Table 10. 기존 감귤상자 분석

구분	규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도(kg)	적재효율(%)
5kg	366 x 260 x 120	11	300	547	94.4
10kg	440 x 330 x 160	10	540	625	96.0
15kg	440 x 330 x 225	7	540	640	96.0

*안전계수 6을 적용하였을 때의 필요압강임.

○ 온습도 측정

선별 및 포장 작업장, 파렛트 적재 및 이동, 육로 및 해상 수송에 따른 변화가 많은 것으로 조사되었다. 이에 온습도 측정기를 상자 안에 부착하여 유통경로를 따라 측정하였다.(Figure 17)

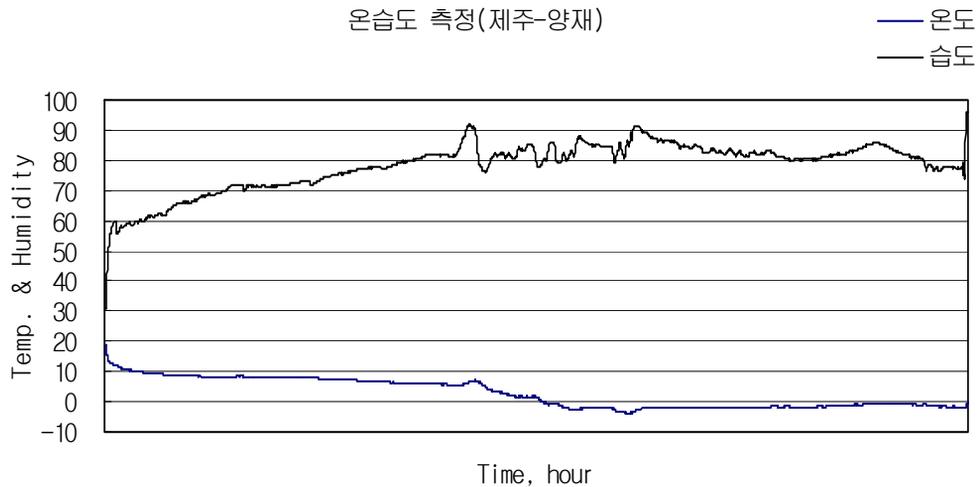


Figure 17. 감귤의 유통경로에 따른 온습도 변화

제주감귤의 유통경로는 해상, 육상운송의 경로가 일반 농산물과는 다르게 추가되는 경로이다. 작업장에서 선상, 선상에서 해상, 해상운송 후 하역작업, 하역 후 육로운송, 육로운송 후 양재동 하나로마트까지의 경로별로 구간을 나누어 온습도를 분석하면 Table 11과 같다.

Table 11. 감귤상자의 유통경로 및 구간별 온습도 변화

경로	구분	온도(°C)	습도(%RH)	경과시간
전체 경로	평균	2.8	78.2	-
	최소	-3.9	30.8	
	최대	19.2	96.3	
작업장	평균	10.2	60.3	오전 12시~ 오후 18시
	최소	8.7	30.8	
	최대	19.2	66.3	
작업장→선상적재	평균	8.3	68.1	오후 18시~ 오후 20시
	최소	8.0	66.1	
	최대	8.8	69.4	
해상운송	평균	8.1	72.6	오후 20시~ 익일 오전 05시
	최소	7.2	69.2	
	최대	8.5	76.9	
항만하역	평균	7.9	73.5	오전 05시~ 오전 07시
	최소	6.7	69.2	
	최대	8.5	78.0	
항만→육로(양재동)	평균	5.4	81.6	오전 07시~ 오후 16시
	최소	1.9	75.9	
	최대	7.2	91.9	
양재동하나로마트 보관	평균	-1.5	82.9	오후 16시~ 익일 오후 23시
	최소	-3.9	76.5	
	최대	2.0	91.6	

한편 제주감귤의 전체경로에 따른 평균 온습도변화는 2.8℃, 78.2%RH로 나타났다.

Table 11과 같이 수송 중의 온습도 보다 판매처에 도착하여 보관하는 동안의 온습도 변화가 더욱 많은 것으로 나타났다. 이는 지역적인 요소가 온습도에 영향을 미친 것으로 판단된다. 판매처의 보관 장소는 창고가 아닌 입고화물차량이 들어오는 곳과 가까운, 즉 야적과 별반 다른없는 곳에 보관되고 있다. 매장에 입고되기 전까지의 보관이 환경변화가 많고 악조건인 경우이다.

마. 방울토마토

- 조사기간 : 2006. 8. 21 ~ 8. 26
- 조사지역 : 충북 신니농협
- 조사대상 : 생산자, 산지유통인, 산지조합, 산지판매장, 도소매상 등
- 조사내용 : 생산 및 수확, 선별, 포장, 보관, 파렛트 적재, 수송 및 유통 등

- 생산 동향

04년도 토마토의 총 재배면적은 5,883ha로 시설재배면적은 95.6%인 5,624ha이고, 노지재배 면적은 4.4%인 259ha이다. 04년도 토마토의 최대 주산지는 충청남도로 전국 총 재배면적(5,883ha)의 15.7%인 921ha 이며 다음으로는 경상남도가 12.7%인 745ha, 경상북도가 12.6%인 739ha 순이다. 시군별 주산지는 충남 부여·논산·보령, 충북 충주, 전남 담양·보성·장흥·고흥·강진·영광, 전북 익산 등이다.

04년도 토마토 총 생산량은 394,621톤으로 시설토마토가 전체생산량의 97.0%인 382,968톤이다. 대상품목인 토마토는 조사품종을 소비자 선호도가 높으며 수확 및 출하량이 많고, 판매가 가장 많이 되는 꼬꼬를 대상으로 조사하였다. 꼬꼬는 대과형으로 수량이 많고 수확이 용이하며, 껍질이 연하고 당도(8~10°Bx)가 높다.

○ 수확 및 선별작업

- 수확 및 선별작업은 농가에서 송이의 숙기정도에 따라 이루어짐.
- 일반적으로 개별적으로 선별 및 수확작업이 이루어지나, 재배규모가 큰 경우에는 인력을 동원하여 공동선별 작업을 하기도 하는 것으로 조사됨.
- 수확 및 선별작업은 수확 가능량에 따라 2~3일 간격으로 이루어지며 1,000평 이상 재배하는 농가는 3~4명의 인부를 고용하여 아침 7시부터 저녁 5~6시까지 작업함.
- 1인 작업량 : 150kg~200kg(30~40상자/5kg)
- 선별·포장작업은 주로 농가별로 보유하고 있는 선별기를 이용하여 자체선별 및 포장하거나 작목반이나 영농법인에서 공동 선별함.
- 농가별 선별장 규모는 약 10평 정도이고 선별기는 자동선별기임
- 크기 및 규격만 자동으로 선별 하고 나머지는 수동으로 함
- 작목반·영농법인에서 운영하는 선별기는 대부분이 대형 선별기로써 3,000상자/5kg/일 정도를 처리함
- 선별규격 : 공동선별장에서 선별규격은 일반적으로 품질구분은 하지 않고 크기로 등급을 구분하며 선별규격 및 등급은 Table 12와 같다.

Table 12. 선별규격 및 등급

구분	0(왕)	1(특)	2(상)	3(중)	4(하)	5(소)
mm	33이상	32~30	29~27	26~24	23~21	20이하

Figure 18은 수확 후 선별을 위하여 선별기로 이동하는 상태와 작업장의 포장작업 전 골판지상자를 미리 만들어 놓은 상태, 선별 이동, 선별, 포장 등을 나타낸 것이다.



포장상자 준비



수확 후 선별 및 포장대기



선별기 투입



선별작업(크기)



선별기 → 포장준비작업



포장상자 투입

Figure 18. 선별 및 포장공정

○ 보관

수확 및 선별 후 바로 출하하고 있으며 주로 5 ton 차량을 이용하고 출하량이 적은 경우 1 ton 차량을 이용하고 있다. 일반적으로 성수기에는 보관이 이루어지지 않는 것으로 조사되었다.

○ 포장규격 및 현황

국립농산물품질관리원에서는 품목별 포장규격을 별표로 통일하고 등급규격이 제정되지 않은 품목은 포장규격에 맞게 출하하면 표준규격품으로 하고 있다. 또한 농산물의 포장치수는 한국산업규격(KS A1002)에서 정한 69개 모듈 및 고시에서 정한 것과 표준파렛트(1,100×1,100mm)의 평면 적재효율이 90%이상인 것으로 하고 있으며 방울 토마토가 이에 포함되어 있다.

- 포장재는 5kg의 경우 골판지상자를 주로 사용하며 500g용 PET투명용기에 담아 플라스틱 컨테이너에 16~20개를 적입하고 있음.
- 충북 신니 : 골판지상자 5kg, 4kg, 8kg(500g PET투명용기 16개, 플라스틱컨테이너)
- 충남 부여 : 5kg, 3kg, 10kg(500g PET투명용기 20개) 골판지상자
- 전남 담양 : 5kg골판지상자, 500g-PET , 750g-PET
- 전남 보성 : 5kg, 10kg(500g PET투명용기 20개) 골판지상자

또한 골판지상자 외에 사용하는 수송 및 포장용 상자로는 플라스틱을 사용하고 있다. 플라스틱상자의 경우 저렴한 사용료, 회수용이, 수확작업 시 사용 가능, 매장에 바로 진열 가능, 비에 젖어도 강도가 변하지 않아 상품성 보호 향상 등이 강점으로 사용량이 점차 늘고 있다.

소포장 작업 및 플라스틱상자를 사용하는 모습은 Figure 19 와 같다.



PET 소포장 작업(500g)



골판지 상자 포장작업

Figure 19. 방울토마토 포장작업

○ 포장 형식

- 포장규격 : 5kg 상자 : 520 x 330 x 160, 4kg 상자 : 330 x 225 x 150
- 포장상자의 형식 : 골판지상자의 경우 0201형 및 0435형을 사용되고 있으며 Figure 20 및 Figure 21 과 같다.



0201형



0435형

Figure 20. 방울토마토 포장상자 형식

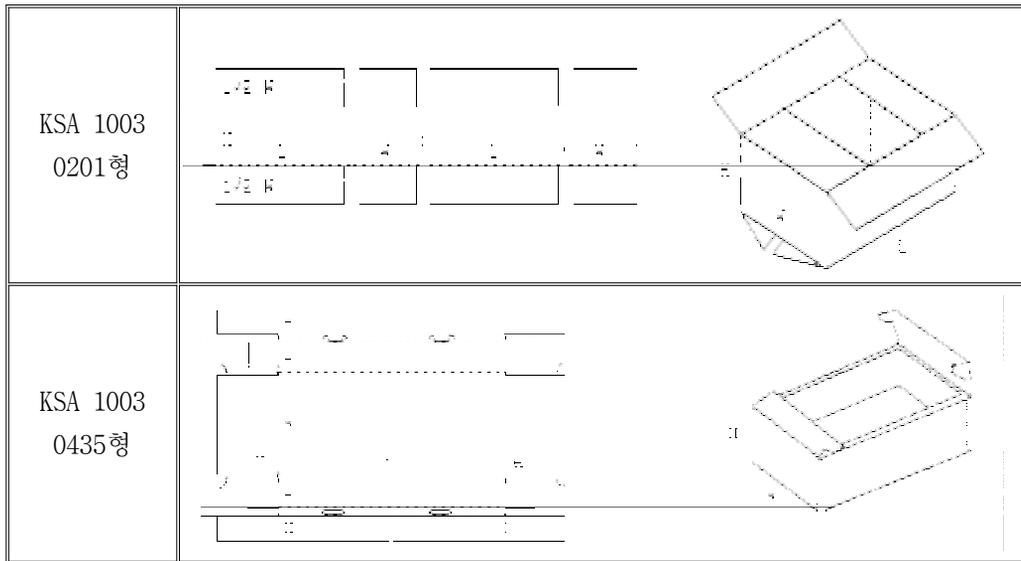


Figure 21. 방울토마토 상자 형식

○ 포장상자의 재질

조사지역에서 사용하고 있는 방울토마토용 포장상자의 재질은 다음과 같다.

- 5kg 상자 : SC240/S120/S120/S120/K180/KA180
- 4kg 상자 : SC240/S120/S120/A180/K180/백K180

○ 수송 및 파렛트 사용현황

충북 신니농협의 조사 내용에 수송용 파렛트는 제외되었다. 출하량 또는 유저의 주문량이 많을 경우 등 필요시 사용하는 것으로 나타났으며 조사기간에는 사용하지 않는 것으로 파악되었다. 파렛트를 사용할 경우 표준파렛트인 T-11형을 적용하고 있다.

○ 운송방법 및 유통

생산농가에서 자가 선별 포장된 방울토마토는 생산자가 1톤 트럭, 경운기 등을 이용하여 집하장·공동선별장까지 운반하면 공동선별장에서 용차 계약된 5톤 트럭으로 소비지까지 운송한다.

- 대형유통 형태: 농협유통, 이마트, 월마트 등 대부분의 대형유통업체는 도매시장에서 산지와 중개역할을 하는 Agent(중도매인 또는 위탁상)를 통해 물량을 구입한다.

농협유통 양재점은 전남 담양, 충남 부여, 충북 충주지역의 작목반·산지조합을 통한 계통출하로 물량을 조달한다. 농협유통물류센터의 경우 일일반입량은 평일 약 600~700상자/5kg, 주말에는 1,000~1,500상자/5kg 정도이며, 반입물량은 양재동 하나로마트에 50%, 농협유통직영점에 30~40%, 서울·경기지역 회원조합에 10~20% 공급 된다.

- 소매 유통형태: 형태: 트럭행상, 과일전문소매상, 슈퍼체인, 백화점 또는 대형할인점 등으로 대부분 매일 새벽 도매시장에 나가 직접 구입하며 일부는 중도매인에게 전화 주문하여 택배로 공급받거나, 트럭행상에게 구입하기도 한다.

주로 1근(400g), kg, 상자(5kg) 단위로 판매하며 백화점이나 대형할인점은 상자(5kg), 소포장 3kg(750g*4팩), 500g PET, 또는 100g당 단가를 정하여 판매한다..

○ 유통경로

방울토마토의 대표적인 유통경로는 Figure 22 와 같다.

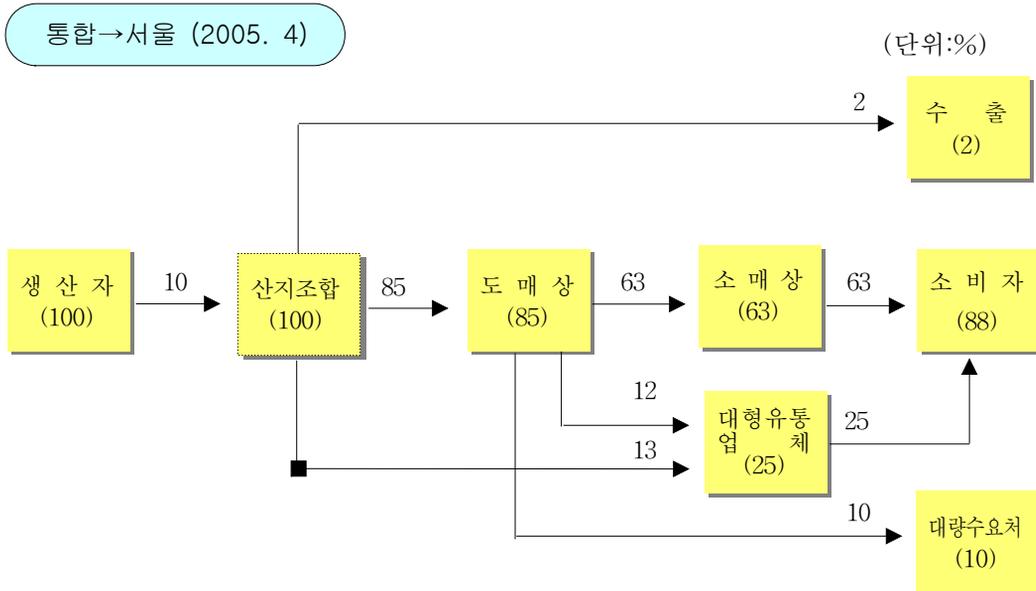


Figure 22. 방울토마토 유통경로

○ 상자압축강도

조사대상 상자의 원지구성 분석과 이에 따른 Kellicutt식을 사용하여 원지구성에 따른 이론압축강도를 산출하면 Table 13과 같다. Table 13의 결과에서 개방형상자의 경우는 0201형 상자와 4 모서리의 골판지 겹침을 고려하여 산출 값에 1.2를 곱하여 산출하고 이론값의 85%를 적용하였다. 이는 골판지상자가 갖는 특성으로 4모서리의 지지력이 높기 때문이다.

Table 13. 방울토마토 상자의 원지구성 및 이론압축강도

구 분	규격(mm)	원지구성	압축강도(kg) 비고
5kg	330 x 225 x 150	SC240/S120/K180/S120/K180/KA180	476
4kg	520 x 330 x 160	SC240/S120/S120/A180/K180/백K180	497

충북 신니의 방울토마토상자 필요압축강도를 분석하면 Table 14와 같다.

Table 14. 방울토마토상자의 필요압축강도(안전계수 4 적용)

구 분	규격(mm)	적재단수	필요압축강도(kg)	비고
5kg	330 x 225 x 150	10	180	
4kg	520 x 330 x 160	10	144	

위 이론압축강도 및 필요압축강도 산출결과를 분석하면 현재 사용하고 있는 골판지상자의 안전계수가 Table 15와 같이 적용되었음을 알 수 있다.

Table 15. 방울토마토 상자의 안전계수 적용현황(안전계수 4 적용)

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)	압축강도(kg)	안전계수 적용
5kg	330 x 225 x 150	10	180	476	10.6
4kg	520 x 330 x 160	10	144	506	14.1

방울토마토용 골판지상자의 필요압축강도 및 이론압축강도는 산출 값에 나타난바와 같이 필요압축강도 이상의 강도를 나타내고 있다. 이는 안전계수가 필요 이상으로 높게 적용된 결과로 분석된다. 적정 안전계수 산출 없이 적용된 것으로 과대포장된 경우로 판단된다.

○ 표준파렛트의 적용

선별 후 상자에 포장된 방울토마토는 표준파렛트 적재 없이 수송용 차량에 실려 산지에서 판매처인 대형유통업체 또는 유통센터로 이송된다. 파렛트를 이용하는 경우 상자는 적재수량 및 패턴은 상자의 치수와 형태에 따라 다르다.

조사지역인 충북 신니는 표준파렛트를 사용하고 있지 않았다. 파렛트 적재 없이 유통하는 경우 필요압축강도, 적재단수 등 적정한 설계 값 없이 유통되므로 파렛트 적재하의 골판지상자의 압축강도 이하에 미치는 영향보다 매우 크다. Figure 23 은 파렛트 없이 차량에 직접 적재한 상태를 나타낸 것이다.

그러나 차량의 빈 공간에 채워 넣기식 적재, 파렛트와 차량의 적정 높이 등을 기준 한 쌓기를 무시한 과도한 적재수량 등이 유동적인 차량의 움직임에 따른 진동이 매우 크게 전달된다.



Figure 23. 수송용 트럭에 적재된 상태

방울토마토상자의 치수는 1,100×1,100 파렛트에 적재될 경우 파렛트의 규격에서 최대 20mm 이상 벗어나지 않도록 설계되어 있으므로 트럭으로의 수송에는 전혀 문제가 되지 않는다. 수송용 트럭을 기준하여 표준파렛트의 적재효율 및 방법을 살펴보면 Table 16 및 Figure 24 와 같다.

Table 16. 포도상자의 표준파렛트 적재효율

구 분	포장규격(mm)	적재효율(%)	비고
5kg	330 x 225 x 150	79.8	
4kg	520 x 330 x 160	85.1	

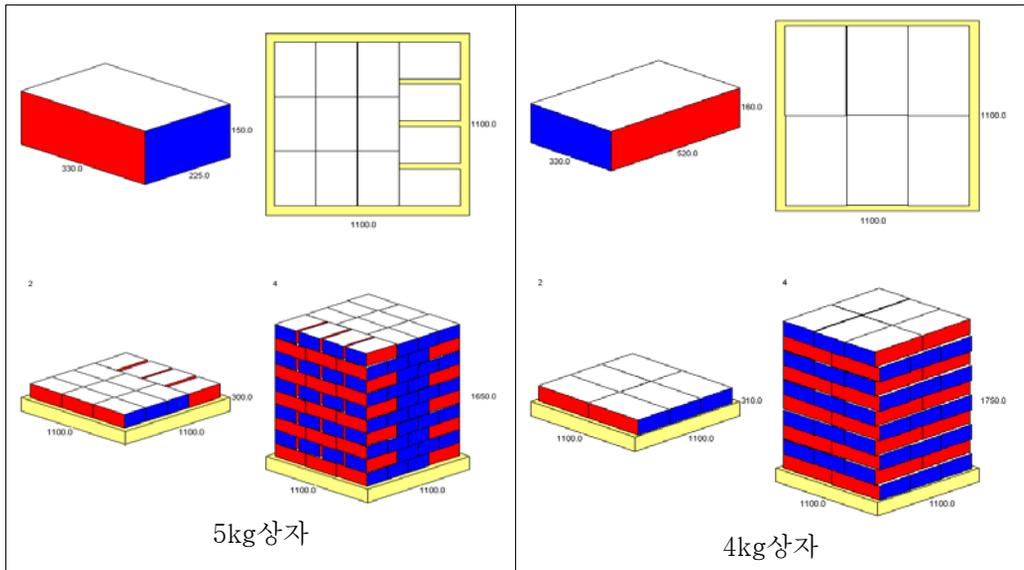


Figure 24. 방울토마토상자의 규격별 표준 파렛트 적재방법

○ 온·습도 측정

- 외부 및 작업장의 온습도

온·습도는 선별 및 포장 작업장, 파렛트 적재 및 이동, 수송에 따른 차량 및 경로에 따라 변화가 많을 것으로 예측되는 지점에서 조사되었다(Figure 25).



Figure 25. 포장상자에 고정된 온습도 측정기

방울토마토 조사시점(8월 말)의 작업장 즉, 선별 및 포장작업을 시행하는 장소의 온습도는 Table 17 및 Figure 26과 같이 나타났다. 참고로 작업시간 중 작업장 온도는 28.8℃, 습도 65.8%로 측정되었으며, 선별 포장 후 차량에 적재하기 전까지는 온도 28.9℃, 습도 68.6%로 나타나 작업장과 근소한 차이를 보였다.

Table 17. 작업장 및 포장 후 온습도

구 분	작업장		차량적재 전 포장 후	
	온도(℃)	습도(%RH)	온도(℃)	습도(%RH)
평 균	28.8	65.8	28.9	68.6
최 대	29.3	68.8	29.5	74.7
최 소	28.1	64.0	28.0	62.4

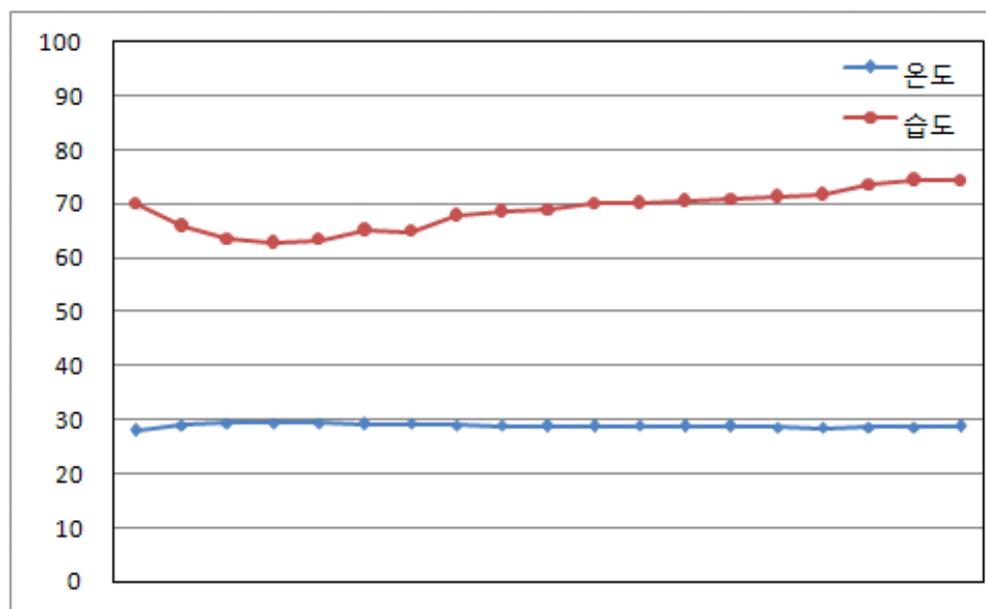


Figure 26. 선별 및 포장작업장의 온습도 변화

○ 유통경로에 따른 온습도 변화

Figure 27 및 Table 18은 포장 및 차량에 적재 후 충북 신니 농협에서 출발하여 경기도 고양시 농협 하나로마트까지의 측정 결과이다. 유통 중 측정 결과 평균 온도는 27.9℃, 평균 습도는 77.7%RH를 보였다.

Table 18. 유통경로에 따른 온습도

구 분	온도(℃)	습도(%RH)
평 균	27.9	77.7
최 대	28.8	80.6
최 소	27.6	74.1

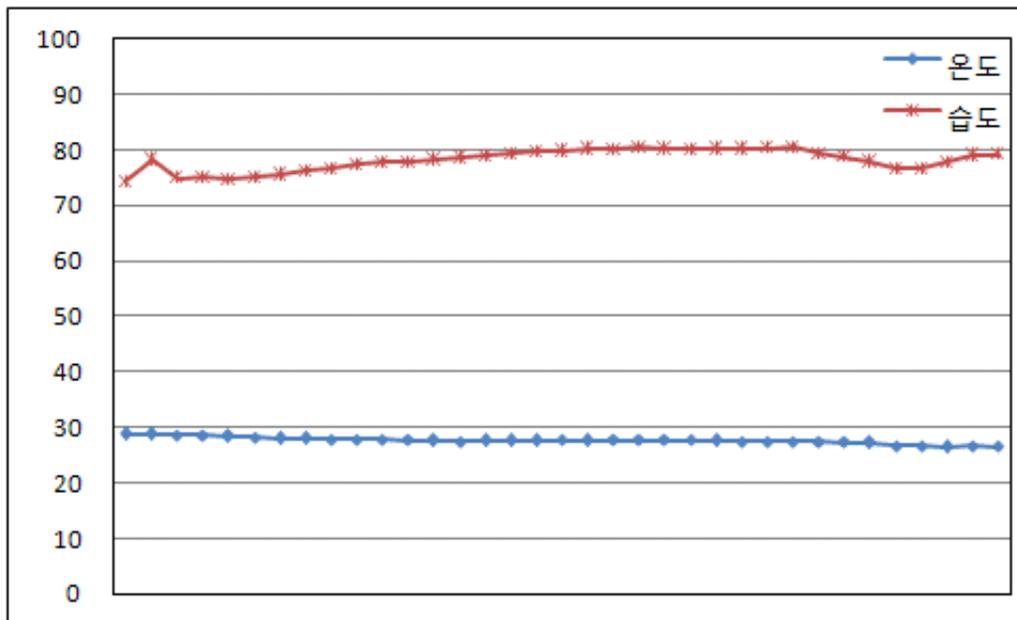


Figure 27. 유통경로에 따른 온습도 변화

바. 오이

- 조사기간 : 2006. 8. 28. ~ 9. 16.
- 조사지역 : 강원 춘천 신북농협
- 조사대상 : 생산자, 산지유통인, 산지조합, 산지판매장, 도소매상 등
- 조사내용 : 생산 및 수확, 선별, 포장, 보관, 파렛트 적재, 수송 및 유통 등

- 생산동향

오이의 년도별 생산현황은 Table 19와 같으며 조사대상 지역의 오이재배 하우스 모습은 Figure 28 과 같다. 조사지역의 주요 생산품종인 반백계는 저온신장성 중, 반축성 및 조숙재배에 적합하며 백록다다기, 하우스백다다기, 백봉다다기, 은성백다다기, 백광다다기, 선미백다다기, 백춘다다기, 멧진반백, 장백다다기, 은화다다기, 구월다다기 등이 있다.

시설오이 재배 농가 중 일부가 토마토와 호박 등으로 작목 전환함에 따라 재배면적이 전년대비 9.4% 감소되었다(03년 6,648ha → 04년 6,026ha) 시설오이 주 출하지역은 순천, 구례, 영암, 고흥, 광양, 나주, 공주, 부여, 논산, 여주, 용인, 춘천 등이다.

Table 19. 연도별 재배현황

구 분		'00	'01	'02	'03	'04
면 적	시 설	5,843	5,412	5,494	5,351	4,747
	노 지	1,426	1,557	1,392	1,297	1,279
단 수 (kg/10a)	시 설	6,925	7,184	7,405	7,384	7,445
	노 지	3,837	4,030	4,085	3,848	4,225
생산량(톤)	시 설	398,808	388,774	406,849	395,123	353,426
	노 지	54,717	62,744	56,858	49,910	54,038
시설오이 생산비율(%)		87.9	86.1	87.7	88.8	86.7

※ 자료 : 국립농산물품질관리원, 「2004 작물통계」 2005



Figure 28. 조사지역의 하우스 전경

○ 수확 및 선별작업

- 오이는 정식후 약 45~50일이면 수확이 시작되며, 초기에는 7~10일, 중기에는 10~14일, 후기에는 14~18일과를 수확함.
- 춘천 신북농협은 4월부터 출하하기 시작하여 6~9월말이 성출하기이고 이후는 끝물임.
- 수확 및 선별은 8월~10월, 고온기에는 아침 일찍 수확하거나 해질 무렵 서늘한 때 수확하며, 초세유지와 양질품 생산을 위하여 하루에 한 번씩 적당한 크기의 오이를 수확함.

○ 수확시간 및 작업량

- 작업시간 : 08:00 ~ 17:00
- 1일 작업량 : 40~50상자/10kg/1인 (400~500kg), 25ton/일
- 선별작업 : 작업장 및 선별장에서 size별로 구분하며 대부분의 농가에서는 작목 반이나 산지유통시설의 선과장을 이용한 개별 수동선별을 하고 있다. 하루 작업량은 1인 40~50상자/10kg으로 1일 25ton으로 조사되었다. Figure 29 는 수집하여 선별을 위해 플라스틱상자에 담겨 대기 중인 오이와 선별장에 투입되어 크기별로 선별하여 포장하는 모습이다.



Figure 29. 선별 및 포장작업

○ 포장규격 및 현황

포장용량은 50개입 상자가 주류로 포장작업은 줄기방향을 골판지상자 방향으로, 등급별로 규격상자에 담는다. Figure 30 과 같이 신문지를 깔고, 오이를 담은 다음 신문지로 덮고 박스테이프로 테이핑한다. 오이상자 규격은 Table 20과 같다.



Figure 30. 신문으로 상하단을 덮고 포장된 오이

Table 20. 오이상자의 포장규격

구 분	포 장 규 격(길이x나비x높이, mm)	형 태	비 고
15kg	423 x 265 x 254	0201형	

○ 수송 및 파렛트 사용현황

15kg 들이 골판지포장상자는 Figure 31 및 32 와 같이 표준규격 파렛트에 적재하여 5톤 차량에 단일 혹은 혼적하여 출하한다.



Figure 31. 골판지상자의 파렛트 적재(15kg)



Figure 32. 수송용 트럭에 적재된 오이상자

○ 보관(저장)

조사지역의 오이는 매일 또는 격일로 지속적인 수확·출하작업을 하기 때문에 보관 저장하지 않는 것으로 파악되었다.

○ 유통경로

유통경로는 Figure 33 과 같으며 대표적인 유통단계를 나타냈다. 본 연구에서는 조사지역인 춘천 신북에서 양재동 하나로마트까지의 경로를 따라 온습도상황을 측정하였다.

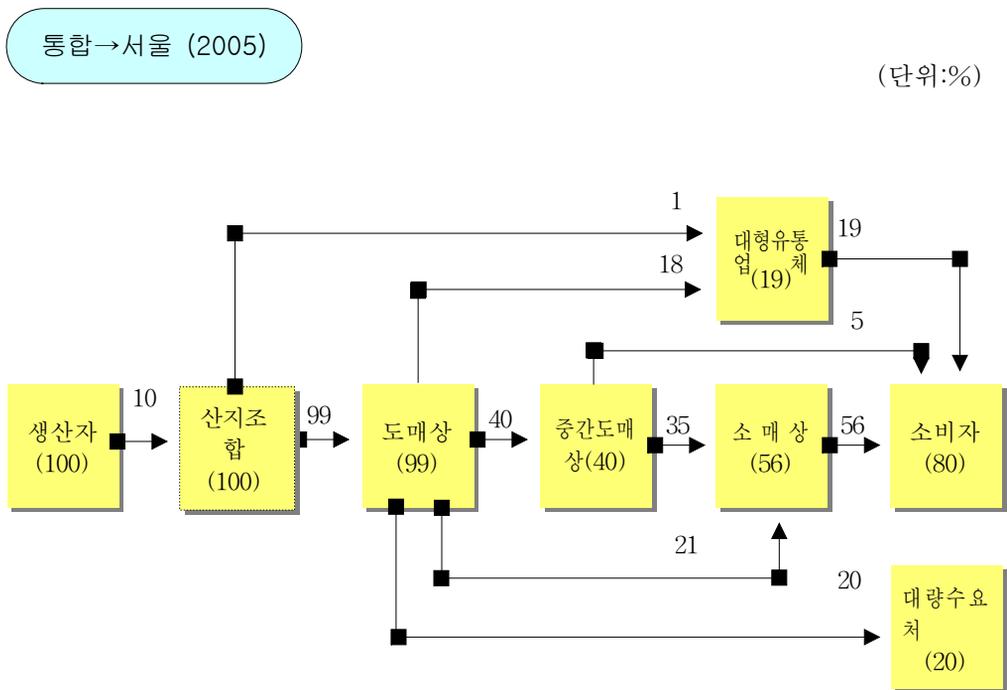


Figure 33. 오이의 유통경로

또한 매장에 진열된 상태는 Figure 34 과 같으며 산지에서 직송된 오이를 소량 포장하여 매대에 진열하는 것이 보통이다.



Figure 34. 대형매장에 진열된 오이(소포장)

○ 상자의 압축강도

춘천 신북의 오이상자를 대상으로 상자 원지구성 분석과 이에 따른 Kellicutt식을 사용하여 원지구성에 따른 이론압축강도를 산출하면 Table 21과 같다. Table 21의 결과는 0201형은 산출된 이론값의 85%로 산출하였다.

Table 21. 오이상자의 이론압축강도

구분	규격(mm)	원지구성	압축강도 (kg)	비고
15kg	423 x 254 x 150	SC240/S120/K180/S120/K180/KA180	509	0201형

오이상자 필요압축강도를 분석하면 Table 22와 같다. 단 안전계수는 4를 적용한 결과이다. 비자립 농산물의 경우 안전계수는 보통 3 ~ 5를 적용하는 것이 통례로 되어 있다.

오이용 골판지상자의 필요압축강도 및 이론압축강도는 산출 값에 나타난바와 같이 필요압축강도 이상의 강도를 나타내고 있다. 이는 안전계수가 필요 이상으로 높게 적용된 결과로 분석된다. 적정 안전계수의 산출이 관건이라 할 수 있다.

위 이론압축강도 및 필요압축강도 산출결과를 분석하면 현재 사용하고 있는 골판지 상자의 안전계수가 Table 22와 같이 적용되었음을 알 수 있다.

Table 22. 오이상자의 안전계수 적용 현황

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)	압축강도(kg)	안전계수 적용
15kg	423 x 254 x 150	10	540	509	3.8

○ 표준파렛트의 적용

오이상자에 대한 T - 11형 파렛트 적재효율을 Table 23에, 적재방법은 Figure 32에 나타내었다. 파렛트 및 수송차량에 적재된 상태는 앞의 Figure 35 와 같다.

Table 23. 오이상자의 표준파렛트 적재효율

구 분	포장규격(mm)	적재효율(%)	비고
15kg	423 x 254 x 150	88.8	

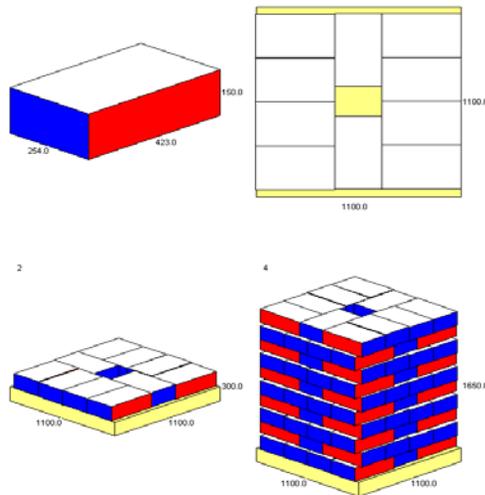


Figure 35. 오이상자의 표준파렛트 적재방법

○ 온습도 측정

선별 및 포장 작업장, 파렛트 적재 및 이동, 수송에 따른 차량 및 경로에 따라 변화가 많은 것으로 조사되었다. 이에 온습도 측정기를 다음 Figure 36 과 같이 상자 안에 부착하여 유통경로를 따라 측정하였으며 결과는 Figure 37 및 38 과 같다.



Figure 36. 오이의 유통환경(온습도) 조사를 위한 측정기 상태

춘천 신북농협에서 출발하여 양재동 도착까지의 평균 온습도는 11.6℃, 76.9%RH로 Table 24와 같이 측정되었다. 신북농협의 작업장의 환경은 오전 11시~15까지 온도변화는 12~19℃, 습도는 50~87%RH로 측정되었다.

Table 24. 작업장 및 유통단계에서의 온습도 측정 결과

구 분	작업장		유통	
	온도(℃)	습도(%RH)	온도(℃)	습도(%RH)
평균	21.3	96.1	22.1	99.9
최대	25.4	100	22.6	100
최소	20.7	66.3	21.4	98.5

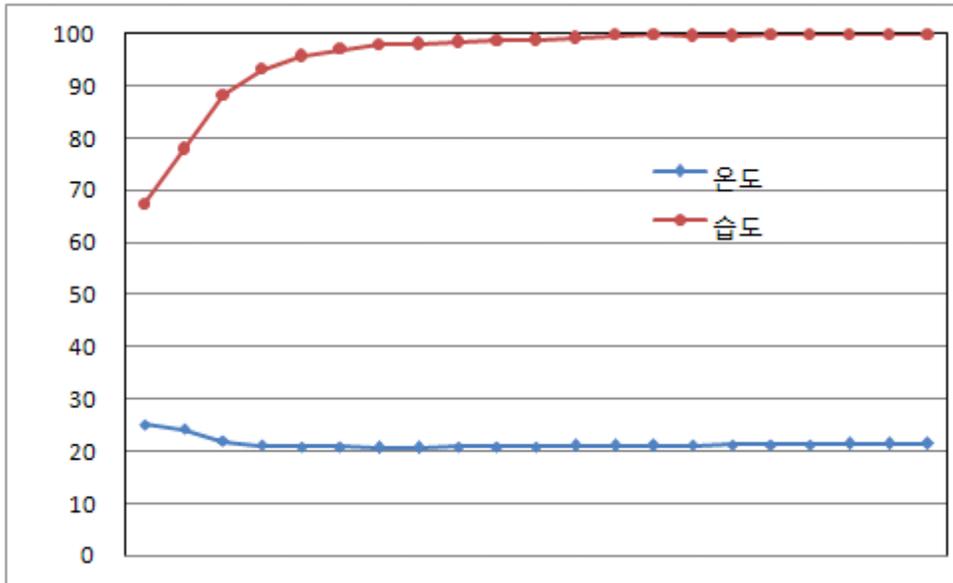


Figure 37. 작업장의 온습도

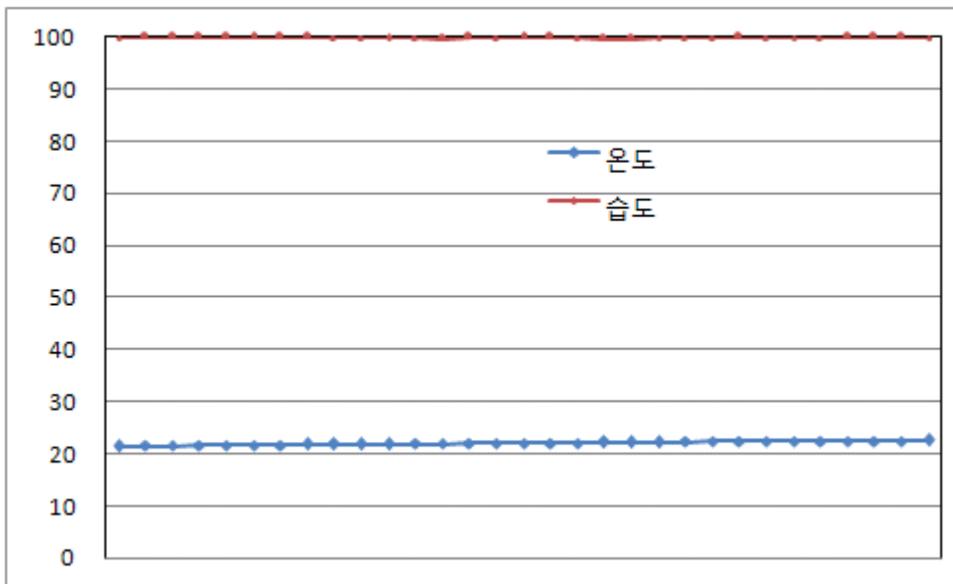


Figure 38. 오이상자의 온습도 측정(강원 춘천 신북-양재)

사. 배추

- 조사기간 : 2006. 9. 12. ~ 9. 30.
- 조사지역 : 강원 횡계 대진영농
- 조사대상 : 생산자, 산지유통인, 산지판매장, 포장센터 등
- 조사내용 : 생산 및 수확, 선별, 포장, 보관, 파렛트 적재, 수송 및 유통 등

- 생산 동향

최대 주산지는 강원도의 정선·평창·횡성·삼척·태백·강릉·영월·인제 등으로 전체면적의 약 70%를 점유, 전북지역의 장수·무주·남원 등이 약 20%, 경북지역의 봉화, 경남 거창 등이 약 10%를 점유한다. 배추는 호냉성 채소로 생장에 적합한 온도는 18~20℃이며 결구가 되는 기간의 적온은 15~18℃로 생육전기에 비해 다소 서늘한 기후가 좋다.

여름배추 생산은 대부분 준고랭지와 고랭지에서 재배된다. 평지재배시는 고온으로 인해 결구가 나빠지고, 강우량이 많으면 무름병이 발생하고, 강우량이 적으면 바이러스 발생이 심하다. 고랭지배추는 주로 7~10월 중에 출하된다. 조사지역 재배품종 품종은 춘광, 태봉, 노랑여름, 강력여름, CR계통 등이며 생육기간은 약 70~80일 정도이다. 조사지역의 연도별 생산실적은 Table 25와 같으며 산지 전경을 Figure 40에 나타내었다.

Table 26. 배추의 연도별 생산실적

구	분	'00	'01	'02	'03	'04
재배면적 (ha)	전 체	51,801	49,539	39,236	47,686	44,623
	고 령 지	10,206	10,234	8,018	8,796	7,935
단 수 (kg/10a)	전 체	6,079	6,138	5,904	5,616	6,421
	고 령 지	3,769	3,900	3,771	3,806	3,941
생 산 량 (천톤)	전 체	3,149	3,041	2,316	2,678	2,865
	고 령 지	385	399	302	335	313

※ 자료 : 국립농산물품질관리원, 「2004년 작물통계」 2005. 3



Figure 40. 산지 전경

○ 수확 및 선별작업

- 배추는 저장성이 떨어지고 수확시기가 한정되어 있기 때문에 산지유통인이 직접 인부를 동원하여 수확과 동시에 출하함.
- 작업방법 : Figure 41 과 같이 1차로 밭에서 직접 수확, 포장하여 운반용 차량에 상차하고, 2차로 수송용 트럭까지 운반과 상차 및 적재작업을 다시 행함.



운반용 차량 적재



수송용 트럭 환적

Figure 41. 운송용 트럭에서 수송용 트럭으로의 환적

수확작업은 주로 새벽에 시작하여 오전 중에 완료하는데, 이는 한낮 고온으로 인한 상품성 저하를 줄이고 도매시장 경매시간대를 맞추기 위함이다(Figure 42).



Figure 42. 수확(골판지상자)

선별은 밭에서 크기와 배추의 상태에 따라 산지작업인부가 직접 행해지며 준비된 골판지상자에 3포기씩 담아 포장한다. 유통에 따른 포장 및 물류기기 이용은 다음과 같다.

대형유통업체 출하시	김치공장 출하시
<ul style="list-style-type: none"> · 골판지상자 또는 접철식 플라스틱상에 3포기 단위로 포장하여 파렛트 적재 후 출하 · 적재량 : 3포기/상자 × 720~780상자 /5톤트럭 = 2,160~2,340포기/5톤트럭 	<ul style="list-style-type: none"> · 길이를 제거한 후 플라스틱상자에 담거나, ton-bag을 이용하기도 함 · 적재량 : 6포기/상자 × 462상자/5톤트럭 = 2,772포기/5톤 트럭

상차작업시 수분증발 및 마찰로 인한 손상을 방지하기 위해 신문지로 개별 포장하여 적재하는 경우도 있다.

포장은 인력작업으로 이루어지며, Figure 43 및 44 에서 보는바와 같이 포장용 상자를 쌓아놓고 직접 선별하여 배추를 3포기 단위로 담고 있다.



Figure 43. 포장작업



Figure 44. 종류별 배추포장(골판지상자, 그물망, 플라스틱상자)

○ 포장규격 및 현황

포장재는 골판지상자 및 그물망, 플라스틱상자를 사용하며 3포기가 기준이다. 골판

지상자의 형태는 Figure 45 에서와 같이 0201형 상자가 주류를 이루고 있는 것으로 조사되었다.



Figure 45. 배추상자(0201형)

○ 수송 및 파렛트 사용현황

배추 3포기들이 골판지상자를 사용하며 표준규격 파렛트는 사용하지 않는 것으로 조사되었다. Figure 46 과 같이 5톤 및 8톤 차량을 이용하고 있으며, 11단을 적재한다.



Figure 46. 수송용 트럭 적재

○ 유통경로(강원 횡계 - 가락동)

배추의 유통경로는 Figure 47 과 같으며 서울까지의 유통단계를 나타냈다. 본 연구에서는 강원 횡계에서 양재동 하나로-마트까지의 경로를 따라 온습도 변화를 측정하였다.

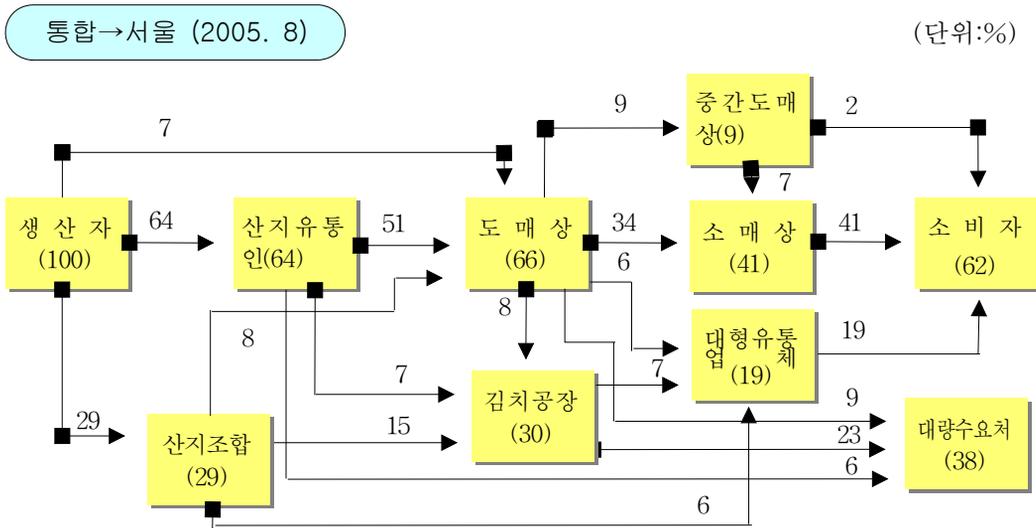


Figure 47. 고랭지 배추의 유통경로

○ 상자압축강도

배추상자를 대상으로 상자의 원지구성 분석과 이에 따른 Kellicutt식을 사용하여 원지구성에 따른 이론압축강도를 산출하면 Table 27과 같다. Table 27의 결과는 0201형을 기준으로 산출하였으며 이론값의 85%를 적용한 결과이다.

Table 27. 배추상자의 이론압축강도

구분	포장규격(mm)	원지구성	압축강도(kg) 비고
3포기	560 x 325 x 200	KA180/A180/K180/A180/KA180	431
	550 x 366 x 200	KA180/A180/K180/A180/KA180	436

○ 필요압축강도

배추상자의 필요압축강도를 분석하면 Table 28과 같다. 단 안전계수는 4를 적용한 결과이다. 비자립 농산물의 경우 안전계수는 보통 3 ~ 5를 적용하는 것이 통례로 되어있다. 그러나 고랭지배추의 경우 수확 후 환적횟수가 많고 밭에서 직접 이루어지므로 이보다 다소 높게 설정하여야 할 것이다.

Table 28. 배추상자의 필요압축강도

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압축강도(kg)	비고
3포기	560 x 325 x 200	11	360	
(9kg)	550 x 366 x 200	12	396	

배추용 골판지상자의 필요압축강도 및 이론압축강도는 산출 값에 나타난바와 같이 필요압축강도 이상의 강도를 나타내고 있어, 안전계수가 필요 이상으로 높게 적용된 결과로 분석된다.

위 이론압축강도 및 필요압축강도 산출결과를 분석하면 현재 사용하고 있는 골판지상자의 안전계수가 Table 29와 같이 적용되었음을 알 수 있다.

Table 29. 배추상자에 적용된 안전계수 분석

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)	압축강도(kg)	안전계수 적용
3포기	560 x 325 x 200	11	360	431	4.8
	550 x 366 x 200	12	396	436	4.4

○ 표준파렛트의 적용

고랭지배추상자는 파렛트를 사용하지 않고 있으나, 물류효율 분석을 위해 T - 11형 파렛트 적재효율을 Table 30에 나타내었으며, 적재방법은 Figure 48 과 같다. 파렛트 및 수송차량에 적재된 상태는 앞의 Figure 46 과 같다.

Table 30. 배추상자의 표준파렛트 적재효율

구 분	포장규격(mm)	적재효율(%)	비고
3포기	560 x 325 x 200	60.2	
	550 x 366 x 200	99.8	

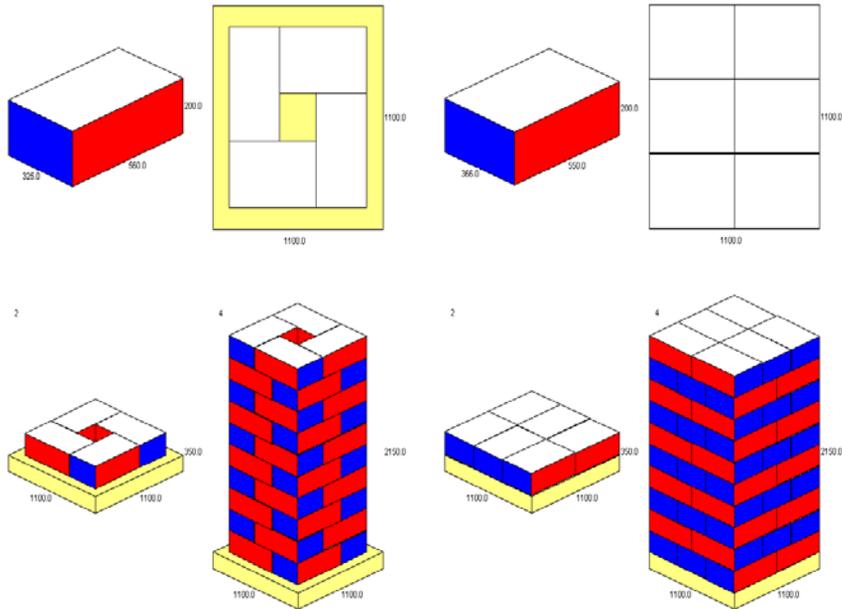


Figure 48. 표준파렛트 적재방법

○ 온습도 측정

온습도 측정기를 Figure 49 와 같이 상자 안에 부착하여 유통경로를 따라 측정하였으며 측정결과를 Table 31 및 Figure 50 과 51에 나타내었다.



Figure 49. 배추상자의 온습도 측정을 위한 측정기 부착 및 포장상태

한편 배추의 전체 유통경로에 따른 평균 온습도는 19.7℃, 96.1%RH로 나타났다. 작업장과의 온습도 차이는 미미한 것으로 나타났다. 배추에서 발생하는 자연수분의 발생으로 외부온도 및 습도의 영향을 비교적 적게 받는 것으로 분석된다.

Table 31. 작업장 및 유통경로에 따른 온습도 측정결과

구 분	작 업 장		유 통	
	온도(℃)	습도(%RH)	온도(℃)	습도(%RH)
평균	18.5	90.6	19.7	96.1
최대	23.7	97.1	20.3	97.2
최소	17.4	48.4	18.8	95.3

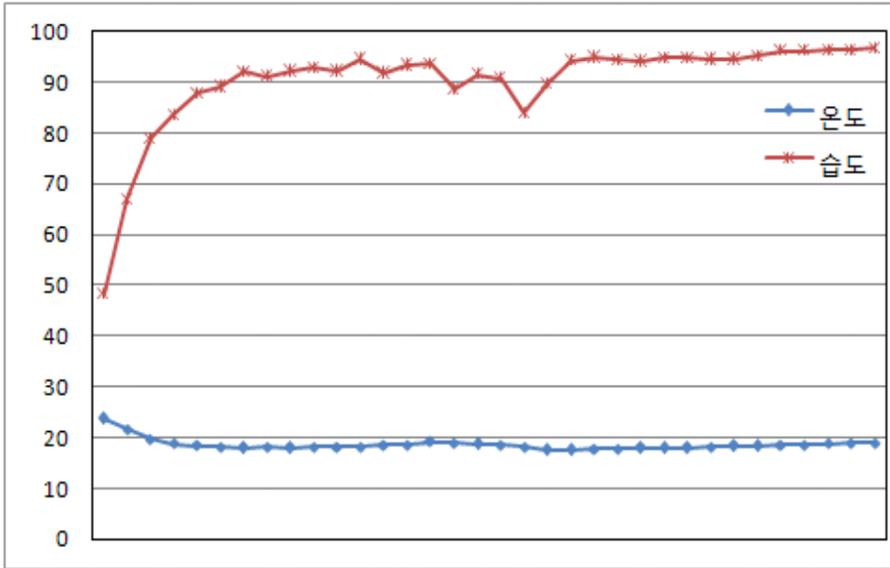


Figure 50. 배추의 작업장, 포장, 차량적재에 따른 온습도 변화

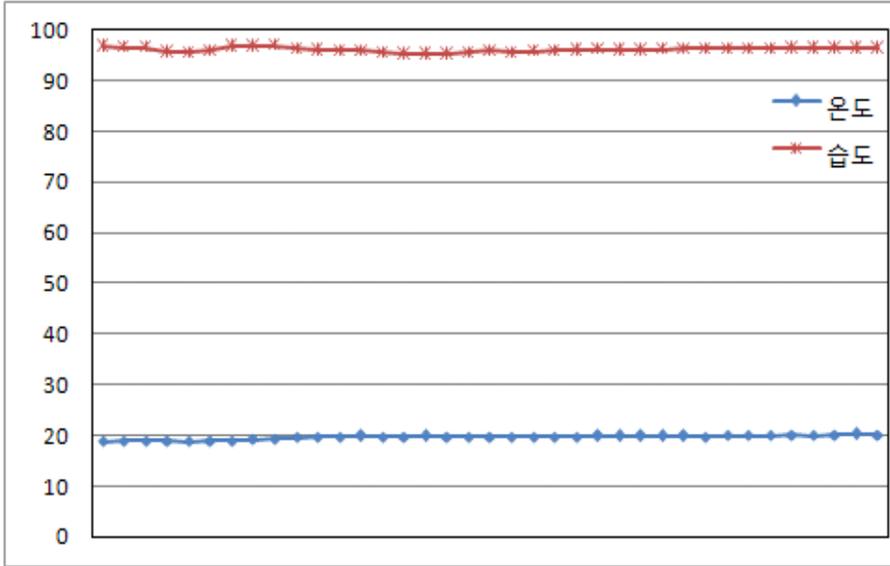


Figure 51. 배추의 유통에 따른 온습도 변화

2. 포장용 골판지의 물리적 성질 측정과 변화 분석

가. 상대습도에 따른 과일포장용 원지의 물리적 성질 측정 및 변화 분석

○ 시험방법 및 재료

본 실험을 위한 공시재료는 국내에서 농산물포장 용도로 보편적으로 사용되고 있는 원지와 골판지상자로 원지는 아세아제지에서, 골판지상자는 경북 김천의 아그로팩에서 생산된 550*366*110(mm, 장*폭*고 기준) 규격의 상자를 각각 구입하였다. 사용된 원지의 평량과 두께는 Table 32와 같다.

Table 32. Basis Weight and Thickness Test Data.

Kinds	KA210	K200	B150	SC240	S120	SK180	
Basis Weight (g/m ²)	Max.	214.70	203.84	154.92	258.52	122.34	181.00
	Min.	211.26	199.42	148.46	251.28	120.18	173.16
	Average	213.01	201.20	152.60	254.89	121.35	177.38
	Std. Dev.	1.08	1.65	1.98	2.27	0.81	2.47
Thickness (μ m)	Max.	293.50	291.40	271.17	296.57	216.80	262.90
	Min.	277.00	284.80	244.43	291.03	202.37	250.20
	Average	285.40	287.55	254.66	293.85	207.78	257.26
	Std. Dev.	28.85	5.21	61.65	3.38	16.09	13.81

- 파열강도

골판지 원지의 파열강도 시험은 사전에 샘플링한 시료를 표준상태(20℃-RH 50%)하에 24시간 전처리 후 파열강도시험기(CO-608, 대양 Instruments)를 이용하여 저압파열강도시험방법(KS M 7017)에 따라 원지의 표면과 이면을 각각 10회 실시하였다.

- 수분흡습

골판지 원지의 수분흡습특성을 시험하기 위하여 강제순환식 항온항습기(Donghak Machinery)를 사용하였다. 공시된 원지는 가로가 25cm, 세로가 20cm 형태로 시편을 만들어 표준상태(20℃-RH 50%)하에 24시간 전처리한 다음 계획한 습도조건에 따라 다시 24시간 평형시켜 함수율을 측정하였다. 원지의 함수율측정은 적외선 수분계(AD-4714A, A&D)를 이용하였다.

- 압축강도

골판지원지의 압축강도 시험은 원형 형태로 구조적인 안정화를 기한 다음, 가압하는 원형봉괴시험기(ring crush tester)(13-02-00, TMI)로 측정하였고 이때, 시료의 크기는 6"(152.4mm)×1/2"(12.7mm)의 것을 사용하였다. 압축강도의 기준은 원지의 CD(Cross Direction)방향으로 하였으며 모든 시험 항목은 10개 시료에 대해 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다. 시험은 KS M7021(종이 및 판지의 두께와 밀도 시험 방법), KS M 7051-1997(판지의 압축강도 시험방법)에 따랐다.

- 상자압축강도

아그로팩에서 구매한 원단으로 생산된 골판지상자의 압축강도는 상자압축강도시험기(DTT-900, 대경테크)를 이용하여 표준상태 및 90% RH의 고습 하에서 각각 10회 시험하였다.

○ 결과 및 고찰

- 파열강도

파열강도는 KA와 SC 원지의 강도가 가장 높게 나타났으며 상대습도 50% 이상에서 다소 강도가 낮아지는 경향을 보였으나 급격한 강도하락은 일어나지 않았다. Table 33은 전체 실험치를 나타낸 것이다.

Table 33. Effect of Relative Humidity on Bursting Strength of Corrugated Fiberboard. Units: kgf/cm²

RH, %	Bursting Strength											
	KA210		K200		B150		SC240		S120		SK180	
	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in
30	7.4	7.3	2.2	2.2	2.3	2.4	7.2	6.4	1.4	1.4	4.0	3.6
50	7.2	6.9	2.2	2.1	2.2	2.1	7.1	6.4	1.4	1.3	3.8	3.6
70	6.5	6.3	1.9	2.1	2.1	2.1	6.7	5.6	1.3	1.2	3.6	3.5
90	5.9	6.0	1.8	2.0	2.0	2.1	6.2	5.2	1.2	1.1	3.1	2.8

- 압축강도

원지의 압축강도(Ring Crush)치는 대체적으로 평량과 비례하여 SC 원지가 가장 높고 KA, K 순이었으며 평량이 가장 낮은 S 원지의 강도가 가장 낮았다. 모든 원지의 압축강도가 상대습도 60%까지는 큰 변화가 없이 서서히 강도가 낮아지다가 70% 이상에서 급격한 강도하락을 보여주었다.(Table 34)

Table 34. Effect of Relative Humidity on Compression Strength of Corrugated Fiberboard. Units: kgf

RH, %	Compression Strength of Corrugated Fiberboard													
	KA210		K200		B150		SC240		S120		SK180			
	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD		
30%	24.8	38.8	15.0	24.7	10.5	18.1	37.7	42.3	6.2	9.3	14.6	26.2		
50%	24.2	34.6	13.8	21.2	10.1	15.1	34.8	38.1	6.0	8.8	13.0	21.9		
70%	22.3	33.9	13.6	20.4	9.1	14.3	31.1	34.2	5.7	8.4	12.5	21.5		
90%	13.8	21.1	7.3	11.5	5.7	9.0	15.1	19.8	3.4	5.8	8.0	12.4		

- 평형함수율

각 상대습도별 평형함수율에 도달한 원지의 수분함량을 측정된 결과 대체적으로 상대습도 60% 이상에서 급격한 흡습특성을 보였으며 특히 B 원지의 수분함량이 높게 나타났다. 급격한 수분흡습특성은 원지에 포함된 재생고지의 함량 및 재질과 관련이 있는 것으로 판단된다(Table 35, Figure 52)

Table 35. Effect of Relative Humidity on EMC of Corrugated Fiberboard paper.

RH, %	EMC of Corrugated Fiberboard.					
	KA210	K200	B150	SC240	S120	SK180
30	7.8	7.1	7.2	6.2	6.9	7.5
50	8.2	7.6	7.4	6.6	7.1	8.0
70	8.5	8.2	8.0	8.0	8.1	8.7
90	14.5	14.3	16.7	13.1	12.2	14.3

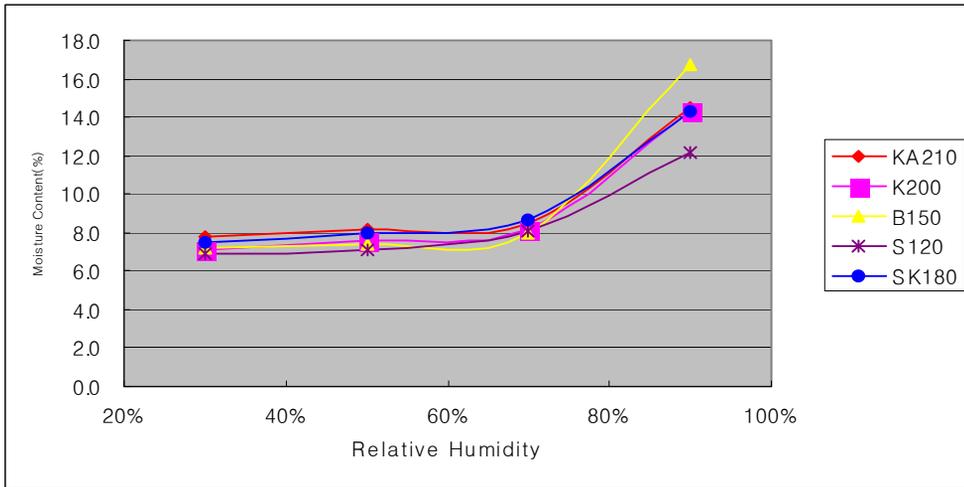


Figure 52. Effect of Relative Humidity on Equilibrium Moisture Content of the Corrugated Fiberboard.

- 평형함수율과 압축강도 비교

각 원지의 평형함수율과 원지의 압축강도와의 관계를 수식화하기 위하여 그래프로 나타내었다(Figure 53).

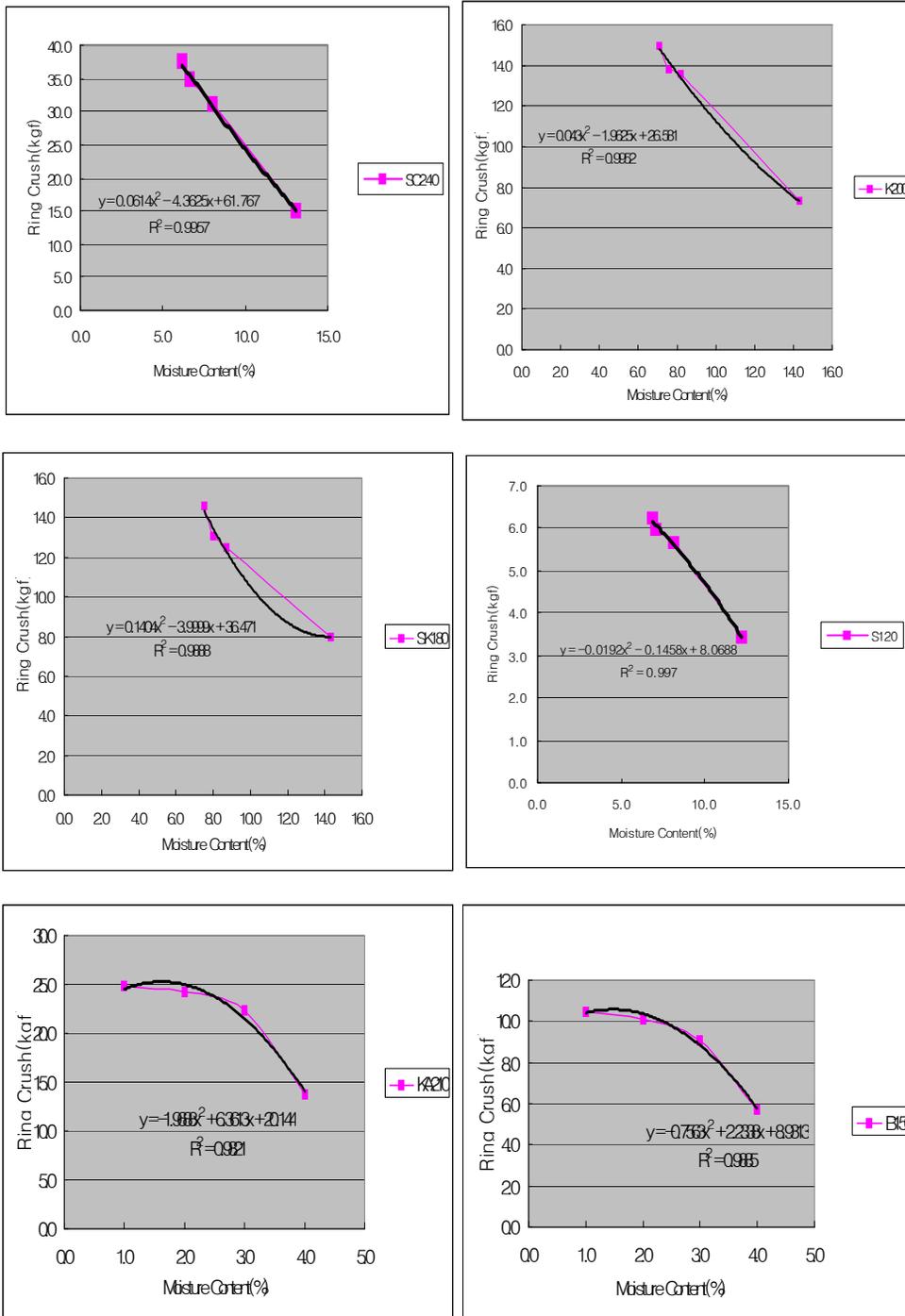


Figure 53. Relationship of Moisture Content and Compression Strength of the Corrugated Fiberboard Paper.

아래 관계를 바탕으로 각 상대습도별, 수분함량별 원지의 압축강도를 계산할 수 있다(Table 36). 또 이것을 표준습도상태인 50% RH에서의 원지의 강도를 1이라고 했을 때 상대습도에 따른 각 원지별 강도저하율을 유추할 수 있으며 이것은 상자의 압축강도 예측에 활용될 수 있다.

Table 36. Compression Strength and Conversion Factor of Paper as a function of Moisture Content at each Relative Humidity.

Kinds	R.H.(%)	Water Content(%)	Comp. Strength (kgf)	Conversion Factor	Kinds	R.H.(%)	Water Content (%)	Comp. Strength (kgf)	Conversion Factor
SC240	50%	6.19	37.10	1.00	K200	50%	6.79	15.24	1.00
	55%	6.53	35.91	0.97		55%	7.08	14.84	0.97
	60%	7.01	34.22	0.92		60%	7.55	14.22	0.93
	65%	7.63	32.05	0.86		65%	8.19	13.39	0.88
	70%	8.40	29.44	0.79		70%	9.01	12.39	0.81
	75%	9.32	26.43	0.71		75%	10.00	11.25	0.74
	80%	10.39	23.07	0.62		80%	11.17	10.02	0.66
	85%	11.60	19.41	0.52		85%	12.51	8.76	0.57
	90%	12.96	15.53	0.42		90%	14.03	7.51	0.49
	95%	14.47	11.49	0.31		95%	15.72	6.36	0.42
S120	50%	6.19	6.43	1.00	SK180	50%	7.29	14.76	1.00
	55%	6.53	6.30	0.98		55%	7.58	14.21	0.96
	60%	7.01	6.10	0.95		60%	8.03	13.40	0.91
	65%	7.63	5.84	0.91		65%	8.64	12.40	0.84
	70%	8.40	5.49	0.85		70%	9.40	11.27	0.76
	75%	9.32	5.04	0.78		75%	10.33	10.13	0.69
	80%	10.39	4.48	0.70		80%	11.42	9.11	0.62
85%	11.60	3.79	0.59	85%	12.66	8.33	0.56		
90%	12.96	2.95	0.46	90%	14.06	7.99	0.54		
95%	14.47	1.94	0.30	95%	15.63	8.25	0.56		

- 실험치와 예측치와의 비교

Table 37은 실제 상자를 습도에 따른 압축강도를 측정된 것이다. 상자의 원지구성은 SC240/S120/K200/S120/KA180의 조합이었으며 시험한 상자의 압축강도는 평균 479kgf 이었고 상대습도 90%에서는 초기강도 보다 48%가 떨어진 249kgf이었다. 함수율에 따른 원지의 압축강도와 Kellicutt 식을 활용한 예측치의 경우 초기강도가 520kgf이 나왔으며 상대습도 90%에서는 240kgf의 강도가 나오는 것으로 예측되었다. 초기강도가 실험치보다 높은 것은 제 골판지상자가 제작과정이나 유통 중 다른 요인에 의해 압축강도가 다소 영향을 받았다고 판단되었다.

Table 37. Comparison of Measured with Estimated Box Compression Strength.

R. H.	Dimension			Perime-ter of Box	Sum of Compression Strength(kgf)						'A' for DW	Comp. Str. (kgf)	Multipliers	
	L	W	D		Outer liner	Cor. Med. (B F.)	Center liner	Cor. Med. (A F.)	Inner liner	Total				
Mea- sured	50%											479	1.00	
	70%	550	366	110								447	0.07	
	90%											249	0.48	
Esti- mated	50%				37.10	9.00	15.24	10.29	14.76	96.16		520	1.00	
	70%	550	366	110	1832	29.44	7.68	12.39	8.78	11.27	77.90	0.442	421	0.19
	90%					15.53	4.13	7.51	4.72	7.99	44.37		240	0.54

○ 결론

- 각 원지의 파열강도는 상대습도의 증가에 따라 저하되었으나 그 변화율은 미미하였다.
- 각 원지의 압축강도는 상대습도 60%를 지나면서 급격히 저하되었으며 이것은 원지의 함수율이 이 시점에서 급증하는 것과 관계가 깊은 것으로 보인다. 대체적으로 상대습도 50% 이하에서는 강도의 변화가 거의 나타나지 않았다.
- 상대습도에 따른 평형함수율은 원지의 압축강도는 물론 상자의 압축강도를 측정할 수 있는 매우 중요한 data이다. 고습 조건하에서 SK 원지의 강도 저하율

이 가장 낮았고 K, SC 순이었으며 S 원지의 강도저하가 가장 컸다.

- 상대습도별 원지의 압축강도와 Kellicutt식을 이용한 예측치는 실험치를 비교한 결과 대체로 일치하였다. 또 강도저하율은 Fiber Box Association에서 제시한 data와 유사한 결과를 보였다. 이 연구결과는 향후 새로운 압축강도 예측모델 개발과 humidity cycling 등 복합적 요인에 의한 압축강도 저하율 예측을 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

나. 상대습도 및 상자구조에 따른 과일포장용 상자의 압축강도 분석

국내에서 포도, 사과 및 감귤포장 용도로 보편적으로 사용되고 있는 상자들은 대부분 KS 0201형 상자(regular slotted container), folder형 접음상자(die cut with roll end & self locking end tray type), bliss형의 접착상자(die cut with glued end tray type)로 이루어져 있으며 특히 10kg미만의 규격은 대부분 이 세종류의 상자로 포장된다. 최근 소포장에 대한 소비자 선호 및 디스플레이성 중시 추세에 따라 소매점에서는 folder형과 bliss형이 주류를 이루고 있다.

기존의 연구는 대부분 American box라고 불리는 0201형 상자(RSC)에 대한 것이며 해외 문헌조사에서도 최근의 추세를 반영한 연구가 부족하였다. 본 연구는 최근의 소포장 선호 추세와 현실적인 측면을 고려하여 이 세 종류의 상자가 상대습도에 따라 보이는 압축강도 경향을 분석하고 안전계수를 적용하기 위한 인자로 하였다.

○ 재료 및 방법

연구를 위해 골판지 원지는 아세아제지에서, 골판지상자는 참여기업인 성지산업(경기 용인 소재)에서 생산된 상자를 각각 사용하였다. 상자의 규격은 농림부고시 표준 규격을 기준으로 한 것으로 본 연구의 목표인 사과, 포도, 감귤상자규격 중 서로 중복되지 않고 유사하지 않은 대표규격이다. 사용된 원지 및 원단의 제원은 Table 38, 39와 같다.

Table 38. Basis Weight and Thickness of Paper.

Kinds		SC240	K200	S120	SK180
Basis Weight (g/m ²)	Max.	258.52	203.84	122.34	181.00
	Min.	251.28	199.42	120.18	173.16
	Average	254.89	201.20	121.35	177.38
	Std. Dev.	2.27	1.65	0.81	2.47
Thickness (μ m)	Max.	296.57	291.40	216.80	262.90
	Min.	291.03	284.80	202.37	250.20
	Average	293.85	287.55	207.78	257.26
	Std. Dev.	3.38	5.21	16.09	13.81

Table 39. Liner Compositions and Box Size of Corrugated Fiberboard Boxes

	10kg	5kg	3kg
Composition	SC240/S120/K200/S120/SK180 (DW, AB flute)	SC240/K200/SK180 (SW, A flute)	SC240/S120/SK180 (SW, B flute)
Box Size	550×366×120	440×330×110	366×275×110

골판지 원단의 파열강도 시험은 사전에 샘플링한 시료를 표준상태(20℃-RH 50%)하에 24시간 전처리 후 파열강도시험기(CO-608, 대양 Instruments)를 이용하여 고압파열강도시험방법에 따라 원지의 표면과 이면을 각각 10회 실시하였다.

골판지 원단의 수분흡습특성을 시험하기 위하여 강제순환식 항온항습기(Donghak Machinery)를 사용하였다. 공시된 원단은 가로가 25cm, 세로가 20cm 형태로 시편을 만들어 표준상태(20℃-RH 50%)하에 24시간 전처리한 다음 계획한 습도조건에 따라 다시 24시간 평형시켜 함수율을 측정하였다. 원지의 함수율측정은 적외선 수분계(AD-4714A, A&D)를 이용하였다.

아그로팩에서 구매한 원단으로 생산된 골판지상자의 압축강도는 상자압축강도시험기(DTT-900, 대경테크)를 이용하여 표준상태 주어진 습도조건 하에서 각각 5회 시험하여 평균을 구했다.

○ 결과 및 고찰

- 파열강도

파열강도는 SW 원단에 대하여 측정하였으며 각각의 원지시험 결과와 같이 상대습도 50% 이상에서도 급격한 강도하락은 일어나지 않았다. 이러한 경향은 사전 연구에서도 예측된 것으로 본 연구에서도 파열강도 보다는 안전계수에 절대적인 영향을 미치므로 압축강도를 중심으로 진행하였다. Table 40은 전체 실험치를, Figure 54는 표면의 파열강도 측정치를 나타낸 것이다.

Table 40. Effect of Relative Humidity on Bursting Strength of Corrugated Fiberboard.

Units: kgf/cm²

Composition of Corrugated Boards	Bursting Strength	RH, %		
		50	70	90
SC240/K200/SK180 (SW, A flute)	Max.	9.50	9.00	8.50
	Min.	8.00	8.00	8.00
	Average	8.60	8.40	8.10
	Std. Dev.	0.65	0.55	0.22

- 평형함수율

각 상대습도별 평형함수율에 도달한 원단의 수분함량을 측정한 결과 원지와 같이 상대습도 60% 이상에서 급격한 흡습특성을 보였으며 재생고지의 함량 및 재질구성과 관련이 있는 것으로 판단된다(Figure 55)

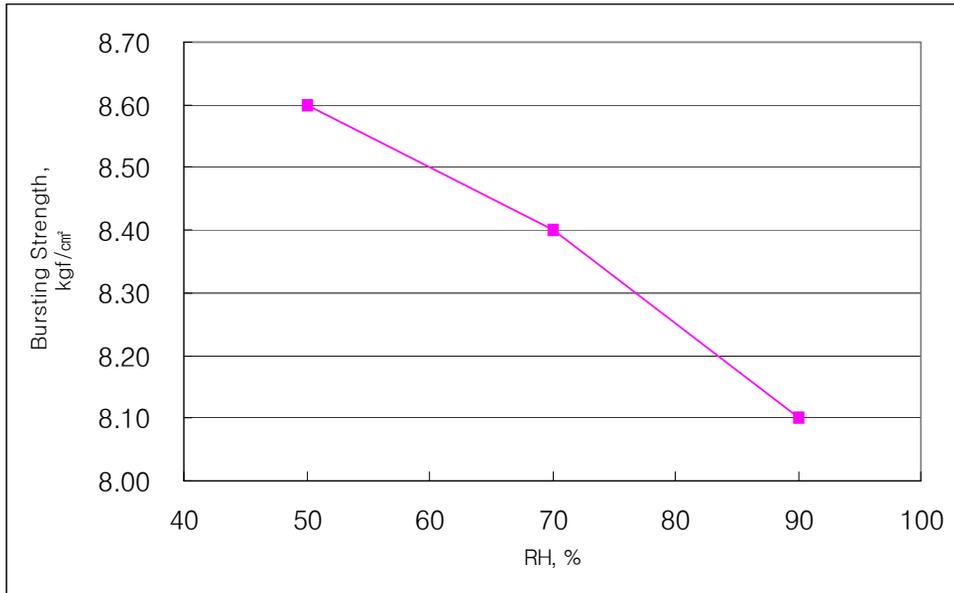


Figure 54. Effect of Relative Humidity on Bursting Strength of Single-wall Corrugated Fiberboard.

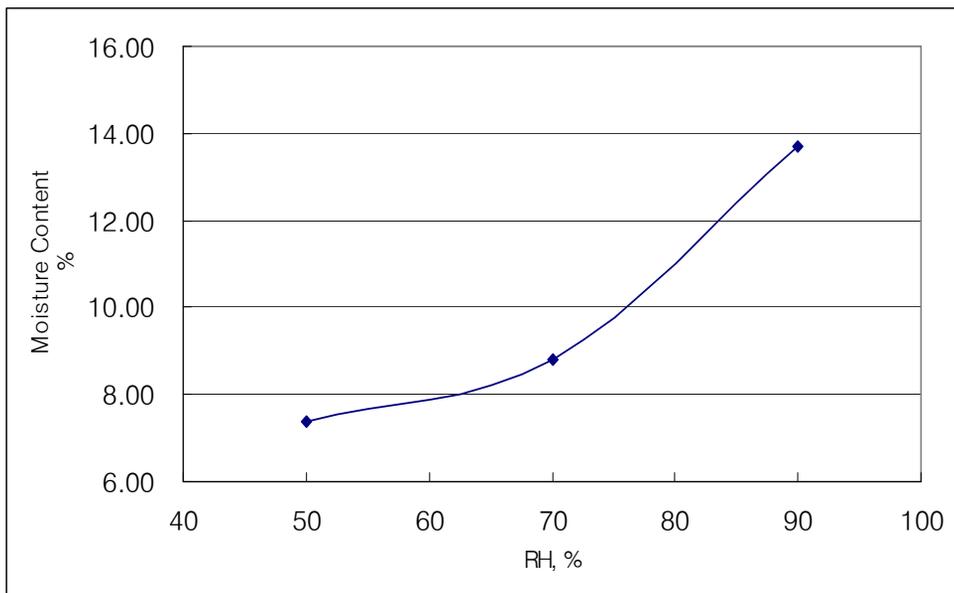


Figure 55. Effect of Relative Humidity on Moisture Content of the Single-wall Corrugated Fiberboard.

- 압축강도

원단의 압축강도는 압축강도가 상대습도 70%까지는 큰 변화가 없이 서서히 강도가 낮아지다가 70% 이상에서 급격한 강도하락을 보여주었다.(Table 41, Figure 56)

Table 41. Effect of Relative Humidity on Compression Strength of Corrugated Fiberboard. Units: kgf

Composition of Corrugated Boards	Comp. Strength	RH, %		
		50	70	90
SC240/K200/SK180 (SW, A flute)	Max.	37.4	34.7	21.9
	Min.	34.1	33.1	20.9
	Average	35.8	34.1	21.3
	Std. Dev.	1.7	0.7	0.5
SC240/S120/K200/S120/S K180 (DW, AB flute)	Max.	42.0	40.5	26.5
	Min.	41.9	36.2	24.0
	Average	42.0	38.5	25.0
	Std. Dev.	0.1	2.2	1.1

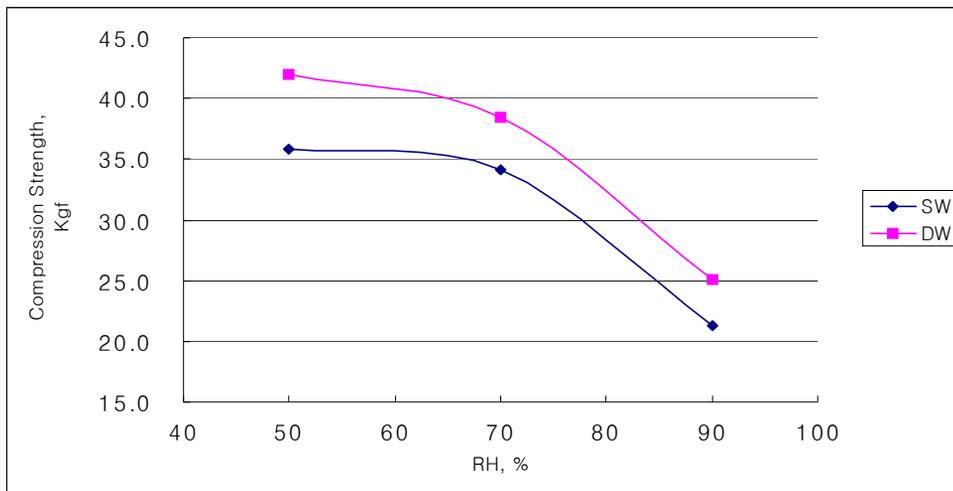


Figure 56. Effect of Relative Humidity on Compression Strength of Corrugated Fiberboard.

- 상대습도 변화에 따른 상자의 압축강도 비교

상대습도별 평형함수율에 도달한 상자의 압축강도를 측정한 결과 DW 상자가 SW 상자보다 높았으며 형태별로는 folder형, RSC, Bliss형 순이었다. 습도 증가에 따라 모든 상자가 상대습도 70% 이상에서 급격한 강도저하를 나타내었다. (Table 42)

Table 42. Effect of Relative Humidity on Compression Strength of Corrugated Fiberboard Boxes.

Box type		50	70	90	
RSC type	Average	371.5	306.5	171.7	
	Std. Dev.	11.2	32.4	14.2	
SW (A flute)	folder type	Average	618.7	586.4	351.9
		Std. Dev.	6.9	15.2	5.2
Bliss type	Average	253.1	237.9	121.7	
	Std. Dev.	7.9	17.7	5.2	
RSC type	Average	690.2	606.9	459.2	
	Std. Dev.	13.6	7.7	72.8	
DW (AB flute)	folder type	Average	1,533.7	1,345.4	913.0
		Std. Dev.	28.6	32.9	50.8
Bliss type	Average	465.1	425.0	278.3	
	Std. Dev.	7.5	56.4	21.5	

측정된 각 값은 표준습도상태인 50% RH에서의 압축강도를 1로 하고 각 상대습도별 상자의 압축강도를 계산하여 각 상자의 압축강도 저하율을 구하였다.(Table 43)

Table 43. Compression Strength and Conversion Factor of Corrugated Fiberboard Boxes at each Relative Humidity.

Flute type	R.H. (%)	RSC		folder type		Bliss type	
		Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers
SW (A flute)	50	371.46	1.00	618.64	1.00	253.13	1.00
	55	361.79	0.97	629.47	1.02	258.80	1.02
	60	347.74	0.94	627.67	1.01	258.15	1.02
	65	329.33	0.89	613.24	0.99	251.20	0.99
	70	306.54	0.83	586.18	0.95	237.93	0.94
	75	279.39	0.75	546.49	0.88	218.36	0.86
	80	247.86	0.67	494.17	0.80	192.47	0.76
	85	211.97	0.57	429.22	0.69	160.28	0.63
	90	171.70	0.46	351.64	0.57	121.77	0.48
	95	127.07	0.34	261.43	0.42	76.95	0.30

Flute type	R.H. (%)	RSC		folder type		Bliss type	
		Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers
DW (AB flute)	50	690.27	1.00	1,533.75	1.00	464.99	1.00
	55	675.48	0.98	1,509.59	0.98	464.96	1.00
	60	656.67	0.95	1,470.17	0.96	458.26	0.99
	65	633.84	0.92	1,415.49	0.92	444.89	0.96
	70	607.00	0.88	1,345.55	0.88	424.85	0.91
	75	576.13	0.83	1,260.35	0.82	398.14	0.86
	80	541.24	0.78	1,159.89	0.76	364.76	0.78
	85	502.33	0.73	1,044.17	0.68	324.71	0.70
	90	459.41	0.67	913.19	0.60	277.99	0.60
	95	412.46	0.60	766.95	0.50	224.60	0.48

- 제품 적입 후 상대습도 변화에 따른 상자의 압축강도 비교

제품을 직접 적입하게 되면 상자 내부의 상대습도가 상대적으로 높아짐에 따라 압축강도에 영향을 미치게 된다. Table 44와 45는 제품(후지사과)을 적입하여 24시간 경과한 후 상자의 압축강도 변화를 측정된 것이다.

Table 44. Effect of Relative Humidity on Compression Strength of Corrugated Fiberboard Boxes packaged with 'Fuji' apple.

Box type		50	70	90	
SW (A flute)	RSC	Average	349.3	247.1	134.1
		Std. Dev.	0.1	23.0	6.5
	folder type	Average	589.8	522.4	307.8
		Std. Dev.	5.0	9.3	26.3
Bliss type	Average	242.0	196.6	99.7	
	Std. Dev.	9.6	4.8	9.3	
SW (B flute)	RSC type	Average	242.0	164.1	112.3
		Std. Dev.	5.7	1.8	2.7
	folder type	Average	597.6	400.8	288.4
		Std. Dev.	1.5	14.8	3.6
Bliss type	Average	245.2	176.6	118.2	
	Std. Dev.	12.8	3.6	5.0	
DW (AB flute)	RSC type	Average	628.8	578.6	384.4
		Std. Dev.	74.1	7.1	38.6
	folder type	Average	1,345.5	1,150.5	773.9
		Std. Dev.	7.3	12.0	58.6
Bliss type	Average	431.9	358.6	225.9	
	Std. Dev.	11.2	0.7	8.3	

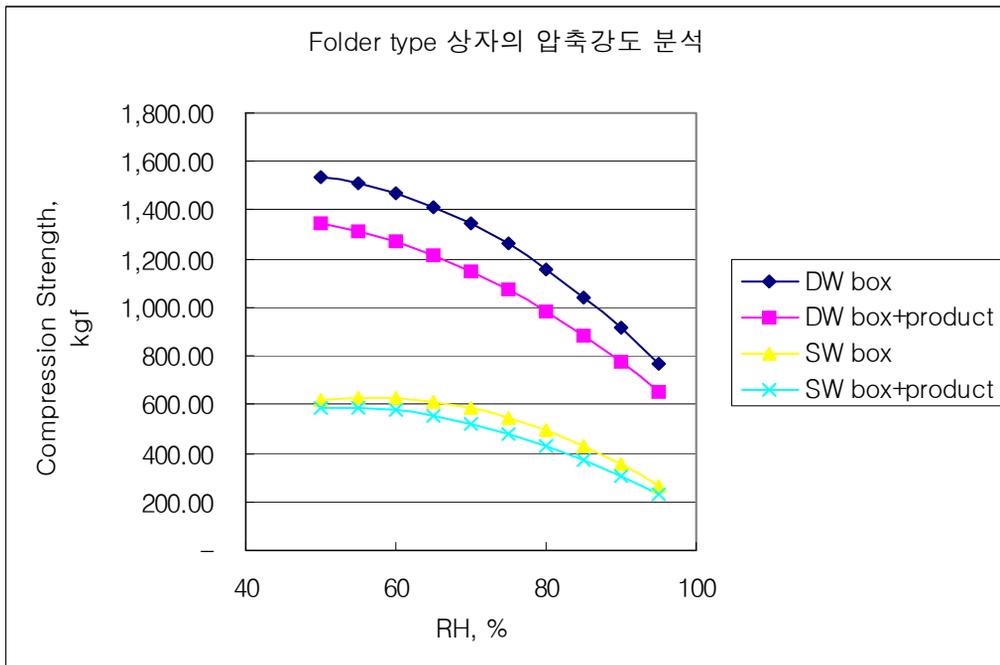
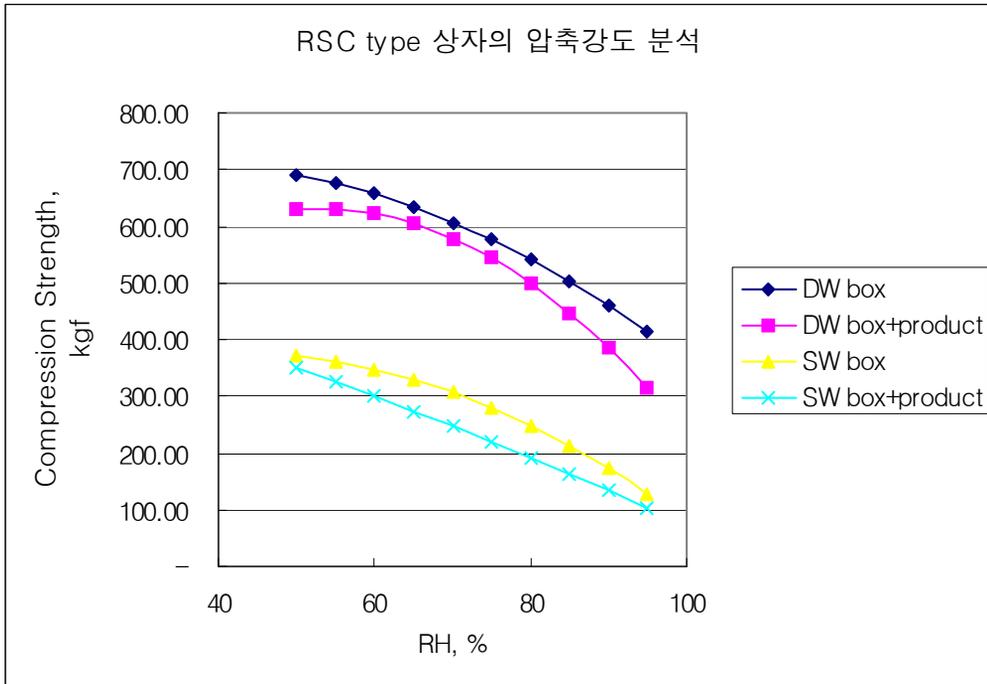
모든 상자에서 제품이 적입되지 않은 상자가 제품적입상자보다 압축강도가 높게 나타났으며 빈상자와 적입상자 간 상대습도에 따른 연관성(correlation)도 RSC, folder, bliss형이 각각 0.989, 0.999, 0.991로 매우 높게 나타났다. 즉, 안전계수 산출시 제품 적입상자를 기준으로 계산되어야 하며, 아래 Figure 57 과 같이 압축강도 저하에 있어서 일정한 패턴을 가지고 있으므로 이를 계산에 반영할 수 있다.

Table 45. Compression Strength and Conversion Factor of Corrugated Fiberboard Boxes at each Relative Humidity.

Flute type	R.H. (%)	RSC		folder type		Bliss type	
		Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers
SW (A flute)	50	349.22	1.00	589.72	1.00	241.94	1.00
	55	324.67	0.93	586.67	0.99	235.42	0.97
	60	299.45	0.86	574.42	0.97	225.67	0.93
	65	273.56	0.78	552.96	0.94	212.70	0.88
	70	246.99	0.71	522.30	0.89	196.51	0.81
	75	219.75	0.63	482.43	0.82	177.09	0.73
	80	191.83	0.55	433.36	0.73	154.45	0.64
	85	163.23	0.47	375.08	0.64	128.58	0.53
	90	133.96	0.38	307.60	0.52	99.48	0.41
	95	104.02	0.30	230.91	0.39	67.16	0.28

Flute type	R.H. (%)	RSC		folder type		Bliss type	
		Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers
SW (B flute)	50	242.02	1.00	597.70	1.00	245.27	1.00
	55	220.11	0.91	540.62	0.90	227.15	0.93
	60	199.84	0.83	488.82	0.82	209.69	0.85
	65	181.20	0.75	442.29	0.74	192.87	0.79
	70	164.19	0.68	401.04	0.67	176.69	0.72
	75	148.81	0.61	365.06	0.61	161.16	0.66
	80	135.06	0.56	334.36	0.56	146.27	0.60
	85	122.93	0.51	308.93	0.52	132.03	0.54
	90	112.44	0.46	288.78	0.48	118.44	0.48
	95	103.58	0.43	273.90	0.46	105.49	0.43

Flute type	R.H. (%)	RSC		folder type		Bliss type	
		Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers	Comp. Str. (kgf)	multipliers
DW (AB flute)	50	628.84	1.00	1,345.35	1.00	431.95	1.00
	55	629.82	1.00	1,313.60	0.98	419.21	0.97
	60	621.80	0.99	1,270.50	0.94	402.75	0.93
	65	604.78	0.96	1,216.05	0.90	382.58	0.89
	70	578.76	0.92	1,150.25	0.85	358.69	0.83
	75	543.74	0.86	1,073.10	0.80	331.09	0.77
	80	499.72	0.79	984.60	0.73	299.78	0.69
	85	446.70	0.71	884.75	0.66	264.74	0.61
	90	384.68	0.61	773.55	0.57	226.00	0.52
	95	313.66	0.50	651.00	0.48	183.54	0.42



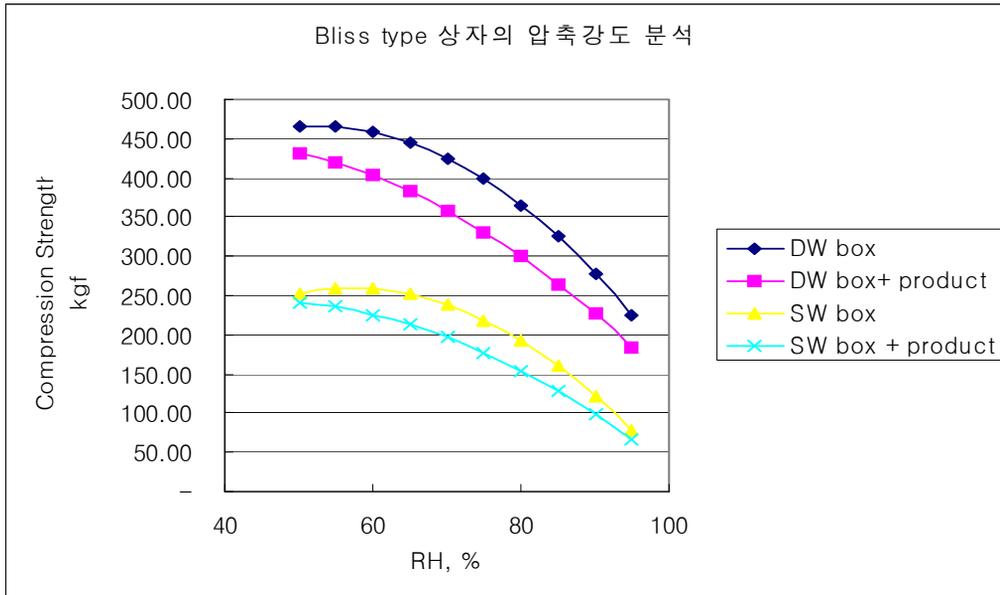


Figure 57. Comparison of Compression Strength of Corrugated Fiberboard Boxes between Empty Box and Box with Apples at each Relative Humidity.

아래는 적입포장상자의 압축강도에서 상대습도 50%인 경우를 1.00로 보았을 때 상대습도 변화에 따른 압축강도 저하율을 산출하였다. Figure 58 은 DW(AB골), SW(A, B골)의 압축강도 저하율을 각각 비교한 것이다.



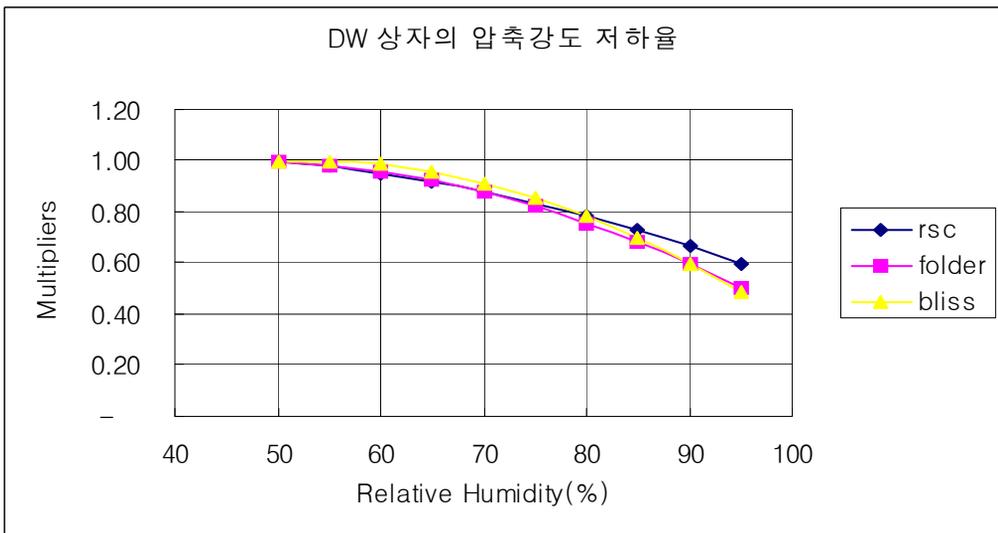
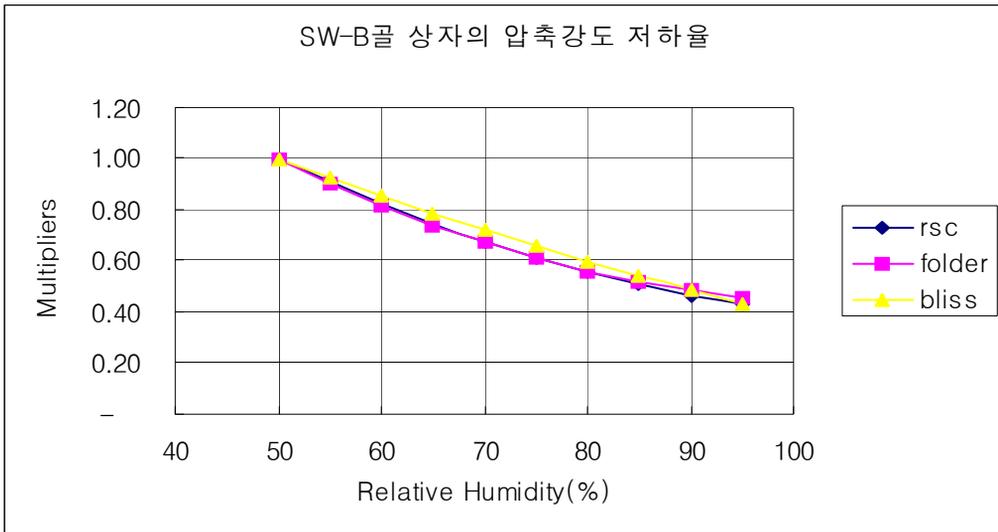


Figure 58. Percent Loss of Compression Strength of Corrugated Fiberboard Boxes at each Relative Humidity.

출하기간 조정을 위한 장기보관의 경우 고습 하에서 제품적입상자의 압축강도 저하율이 높아질 것으로 예측되므로 이에 대한 연구도 진행되었다. 이 연구를 위하여 1차년도 제작된 시제품을 50% RH, 23℃로 별도 항온항습장치가 되어 있는 시험실에서 1년간 보관한 후 습도조건에 따라 압축강도의 변화율을 측정하였다.

Table 46과 Figure 59 에서 보듯 1년간 보관한 상자의 압축강도가 다소 저하되기는 하였으나 통계학적으로도 큰 의미가 없었다. 1년간의 기간의 제약으로 오랜기간동안의 저하율을 시험할 수는 없었으나 항온항습조건에서 적절히 보관한다면 큰 영향이 없는 것으로 보인다. 측정된 각 값은 표준습도상태인 50% RH에서의 압축강도를 1로 하고 각 상대습도별 상자의 압축강도를 계산하여 각 상자의 압축강도 저하율을 구하였다.

Table 46. Compression Strength and Conversion Factor of Corrugated Fiberboard Boxes with A flute.

Flute type	R.H. (%)	RSC		folder type		Bliss type	
		Comp. Str. (kgf)	Multipliers	Comp. Str. (kgf)	Multipliers	Comp. Str. (kgf)	Multipliers
SW (A flute)	50	325.28	1.00	807.24	1.00	271.98	1.00
	55	327.16	1.01	791.66	0.98	278.43	1.02
	60	323.58	0.99	764.26	0.95	278.17	1.02
	65	314.53	0.97	725.06	0.90	271.19	1.00
	70	300.02	0.92	674.04	0.83	257.50	0.95
	75	280.04	0.86	611.22	0.76	237.09	0.87
	80	254.60	0.78	536.58	0.66	209.97	0.77
	85	223.69	0.69	450.14	0.56	176.13	0.65
	90	187.32	0.58	351.88	0.44	135.58	0.50
	95	145.48	0.45	241.82	0.30	88.31	0.32

Table 47. Compression Strength and Conversion Factor of Corrugated Fiberboard Boxes with AB flute.

Flute type	R.H. (%)	RSC		folder type		Bliss type	
		Comp. Str. (kgf)	Multipliers	Comp. Str. (kgf)	Multipliers	Comp. Str. (kgf)	Multipliers
DW (AB flute)	50	691.94	1.00	1,364.98	1.00	409.37	1.00
	55	689.40	1.00	1,376.30	1.01	410.59	1.00
	60	678.15	0.98	1,366.03	1.00	404.34	0.99
	65	658.21	0.95	1,334.17	0.98	390.60	0.95
	70	629.56	0.91	1,280.72	0.94	369.39	0.90
	75	592.22	0.86	1,205.68	0.88	340.69	0.83
	80	546.17	0.79	1,109.05	0.81	304.52	0.74
	85	491.43	0.71	990.83	0.73	260.86	0.64
	90	427.98	0.62	851.02	0.62	209.73	0.51
	95	355.84	0.51	689.62	0.51	151.11	0.37

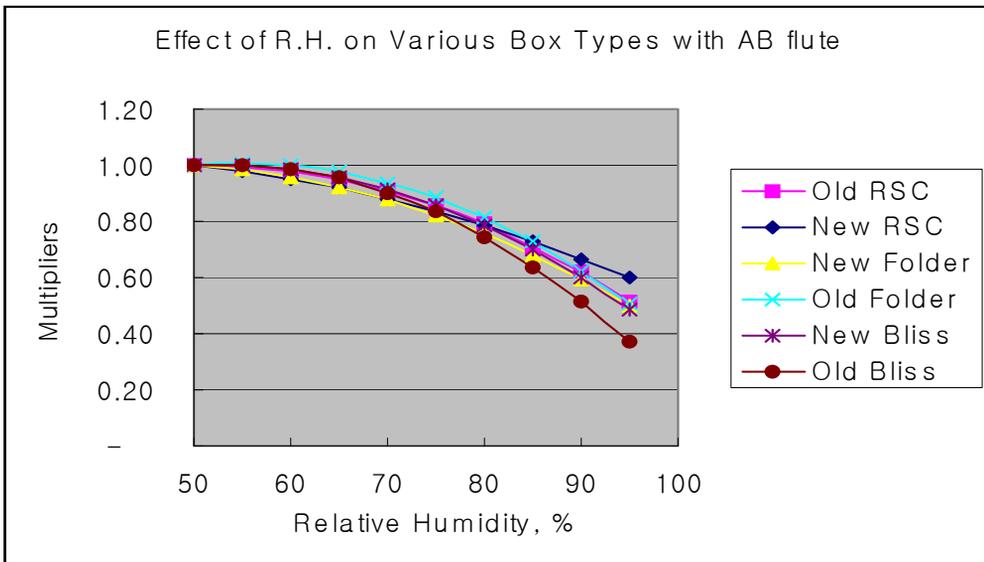
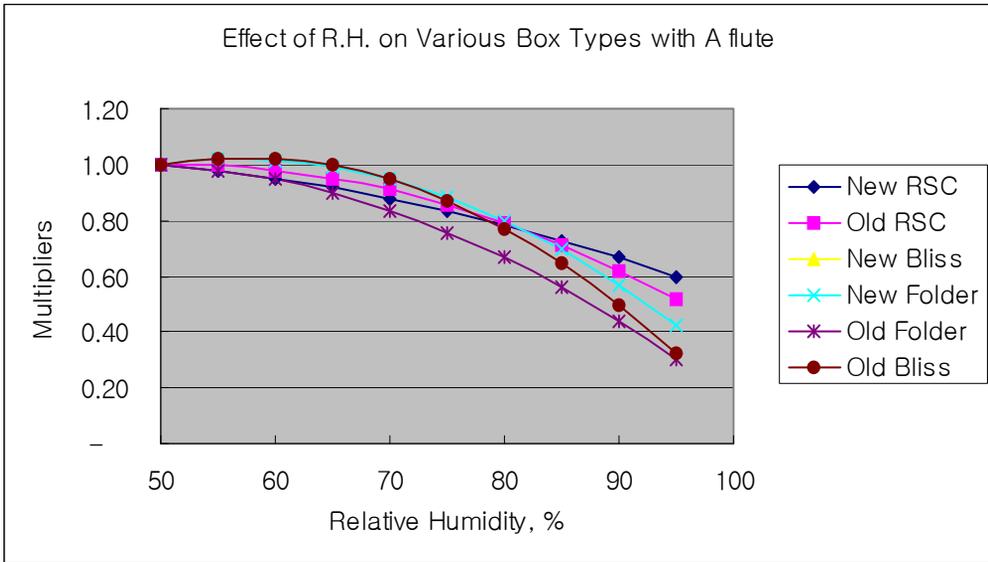


Figure 59. Compression Strength and Conversion Factor of Corrugated Fiberboard Boxes with AB flute.

3. 대상 품목 포장용 골판지의 Accelerated creep의 측정

가. 골판지상자의 accelerated creep과 순환습도를 고려한 골판지 상자의 설계

순환습도는 분명히 골판지의 고습도하에서의 압축강도보다 훨씬 더 골판지의 압축강도에 저하를 가져온다. 이제 문제는 실제 골판지의 사용 환경 하에서 얼마나 자주 순환습도가 적용되며, 얼마만한 압축하중이 골판지에 걸려있느냐에 달려있다.

또 골판지가 얼마나 예민하게 수분을 흡착하느냐도 매우 중요하다. 섬유간의 결합부위에 함수율의 변화가 매우 적다면 accelerated creep 은 적게 일어나며, 그 반대 경우에는 매우 크게 일어날 수밖에 없다. 국내 골판지에 공통으로 적용될 순환습도의 변화와 온도변화가 일단 결정되면, 다음으로 해당 골판지의 습도에 예민한 정도가 중요시된다. 주위 습도에 민감한 골판지는 순환습도의 영향이 커지고, 압축강도의 저하가 바로 나타나게 된다. 즉, 극단적인 경우, 순환습도 하에서도 골판지의 함수율 변화가 없다면 accelerated creep 도 없다고 볼 수 있다. 따라서 안전계수는 다음의 영향을 고려하여 결정하게 될 것이다.

- 계절에 따른 평균 온, 습도 변화
- 골판지 상자들이 겪게 되는 평균 순환습도조건
- 골판지 상자 자체의 주변습도 예민성
- 골판지 구성 섬유의 종류와 밀도

1) 이론적 배경

골판지상자에서 accelerated creep 은 오래전부터 문제시 되었던 부분으로서 상대습도가 변화함에 따라 가장 높은 상대습도 하에서보다 상대습도의 변화가 골판지 상자의 강도에 더 큰 영향을 미친다는 원리이다. 실제 골판지 상자들은 내용물, 특히 농산물을 담아서 이동하거나 저장할 때, 온도와 습도의 영향을 많이 받는데, 골판지 상자를 이루는 물질인 목재섬유가 온도보다 높은 습도에 매우 취약하다는 단점을 가지고 있다. 더구나 이러한 습도가 변화하게되면 예상치 못한 골판지 상자의 강도저

하가 발생하여 상자의 파괴가 일어나고, 골판지 상자의 내용물인 농산물은 큰 피해를 입게 되어 더 이상 상품적 가치를 잃게되므로 매우 심각한 문제인 것이다. Figure 60 은 accelerated creep의 현상을 잘 보여주고 있다. Figure 35에서 골판지 원지에 압축력이 작용할 때, 90% RH (Relative humidity, 상대습도) 하에서 보다 35% 와 90% RH 로 순환할 때 더 큰 변형이 일어남을 보이고 있다.

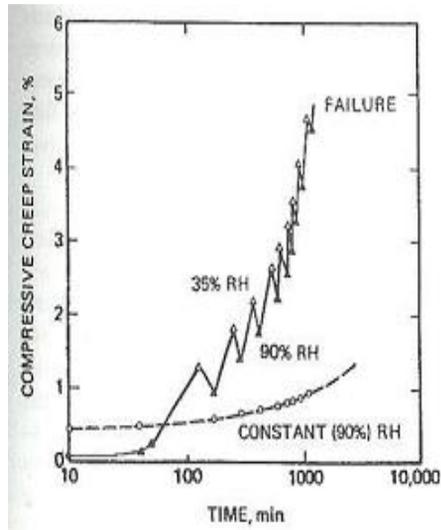


Figure 60. Effect of cyclic humidity on compressive creep strain

이러한 accelerated creep 에 대해서는 두 가지 이론이 존재한다. 한 방향은 Haslach 가 주도하는 섬유 수축팽창의 이방성에 기인한다는 이론이며, 다른 한 가지는 Habeger 등이 주도하는 고분자 물질의 상대습도변화에 따른 일시적인 수분 분포차이에 의한 accelerated creep 이다. 두 가지 이론을 다음에 간단히 정리하였다.

○ Haslach 의 섬유 이방성 이론

Haslach 를 비롯한 다수의 연구자들이 연구한 결과 accelerated creep 에 대해 다음과 같은 결론을 내고 있다.

- accelerated creep 은 목재섬유에서는 일어나지 않는다. 즉, 목재섬유 한 개에서 응력과 변형, creep 현상을 연구한 결과 섬유들의 creep이 섬유들이 network을 형성하여 제조된 종이판지의 creep을 설명할 수 없다. 즉 목재섬유 한 개에서 응력과 변형, creep 현상을 연구한 결과, 섬유 개개의 creep 현상이 섬유들이 network 을 형성하여 제조된 종이판지의 creep 을 설명할 수 없음을 알 수 있었다. Figure. 61 에서는 단일 섬유가 순환습도하에서 변형하는 모습을 보이고 있는데, 순환습도 하에서 accelerated creep 을 보이지 않고 있음을 볼 수 있다. 즉, 습도 90% 에서의 creep 과 순환습도하에서의 creep이 같은 곡선을 이루고 있는 것을 볼 수 있었다.

Accelerated creep 은 Figure. 61 에서와 같이 일정한 고습도하에서 (90% RH) 보다 더 크게 변형하는 경우를 말하고 있다.

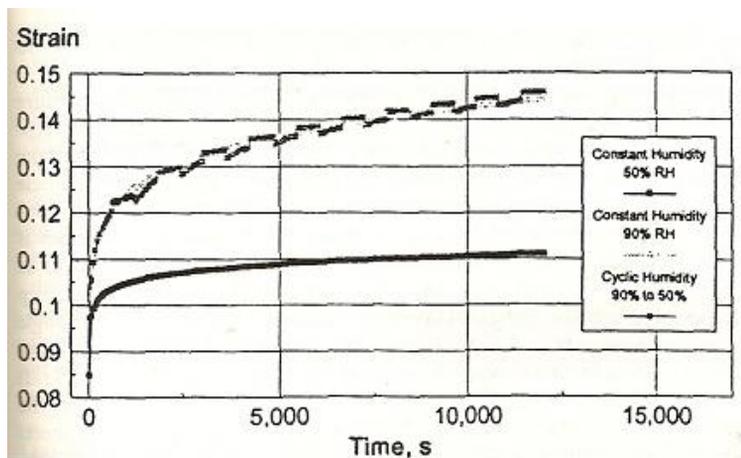


Figure 61. Two curves are on the same line for constant humidity (90%RH) and cyclic humidity condition (30% --> 90% --> 30% --> 90% --> -->) for single wood fiber

accelerated creep 은 섬유간의 결합부위에서 일어난다. 섬유 폭방향의 변형은 상대 습도에 따라 크게 변하지만 (20-30%), 섬유의 길이방향 변형량은 매우 작다 (1-2%). 따라서 상대습도가 높아지면 섬유 결합부위는 교차하는 섬유간의 변형차이가 크게 되어, 큰 stress 를 받게 되고, stress 가 크면 클수록 creep 속도도 커지게 되므로

accelerated creep 이 발생하게 된다.

Figure 62 는 종이 내부의 섬유간 결합부위를 보여주고 있는데, 상대습도에 따른 섬유길이방향의 변형량과 그 섬유를 가로지르는 섬유의 폭방향의 변형량에는 큰 차이를 보이게 된다. 이 차이가 섬유의 길이방향의 creep에 큰 영향을 주게 된다. 왜냐하면, creep은 하중이 커질 때, 가속적으로 더 커지는 경향이 있기 때문이다.

반면에 같은 종류의 목질을 사용하여 sheet 형태를 만드는 cellophane 은 accelerated creep 이 없다. 그 이유는 cellophane은 일정한 크기의 섬유들이 crossing 하는 것이 아니라 용해된 셀룰로오스를 sheet 형태로 부어만들기 때문이다. Figure 63 에서 순환습도를 적용한 cellophane 예를 보이고 있다.

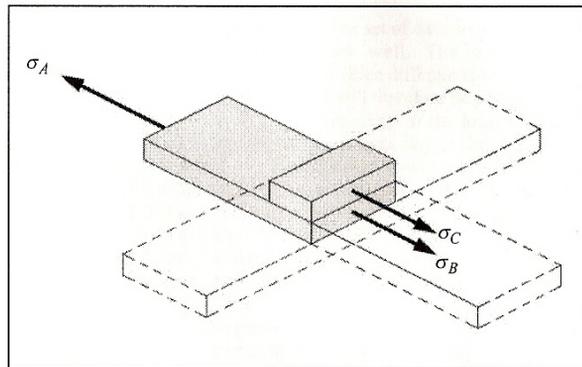


Figure 62. Crossing fibers have different expansion rates.

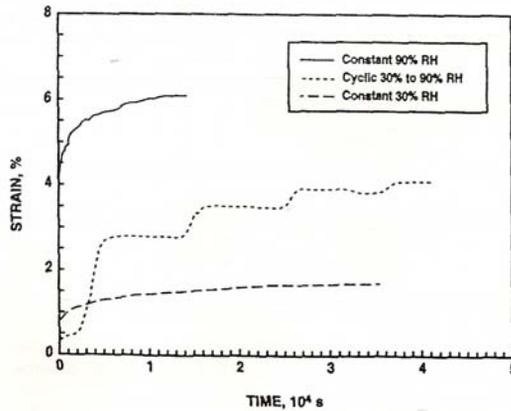


Figure 63. Deformation of cellophane under cyclic humidity condition.

creep 현상은 시간이 지나면 안정화되게 되며, stress 차이들도 줄어들어서 creep의 양이 현저히 줄어들게 된다. 이때 다시 상대습도가 변하게 되면 새로운 stress 차이가 발생하게 되며, 높아진 stress 는 다시 creep 속도를 높이게 되므로 accelerated creep 이 발생하게 된다. 따라서 연속적으로 순환 상대습도가 발생하면 accelerated creep 이 발생하며, 골판지 상자는 작은 압축하중에서도 파괴가 일어나게 된다.

Accelerated creep 은 restraint drying (억제건조) 을 거친 종이의 경우 그 영향력이 적게 된다. 반면 free drying (자유건조) 의 경우 그 영향력이 더 클 수 있다. Figure 64 는 억제 건조시 같은 하중에서 훨씬 자유건조보다 적은 변형을 일으키는 모습을 보이고 있다.

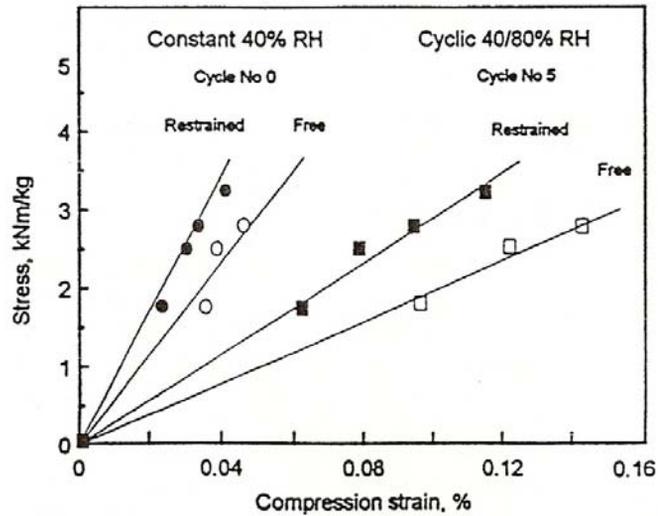


Figure 64. Comparison of free dried and restraint dried paper under cyclic humidity condition.

골판지 상자에서 안전계수를 산출하기 위해서는 accelerated creep 의 정도를 가늠할 수 있어야한다. 그것은 골판지 상자가 겪는 압축하중과 온도 및 습도의 변화주기, 온도, 습도의 변화량, 일반적인 골판지상자의 사용기간 등을 고려해야 할 것이다. 문제는 온도 및 습도의 변화주기와 횟수를 알아내는 것이 필요하며, 골판지 상자에 사용되는 원료섬유의 성질을 알 수 있어야 할 것이다.

○ Habeger 의 이론

Habeger 는 골판지의 accelerated creep 은 종이라는 물질에 있어서 독특한 현상이 아니라 물과 친수성이 있는 모든 고분자 물질이 공통적으로 겪는 현상이라고 말하고 있다. 상대습도가 변하면 물체의 표면부터 함수율이 변하기 시작하고, 천천히 내부의 함수율도 변하기 시작한다. 함수율이 변하면, 고분자 물질의 강도도 변하게 되며, 고분자 물질의 불균일한 강도변화가 accelerated creep 을 야기시키게 된다. 고분자 물질에서 상대습도에 따라 내부 함수율이 변하는 모습을 Figure 65 에서 보이고 있다.

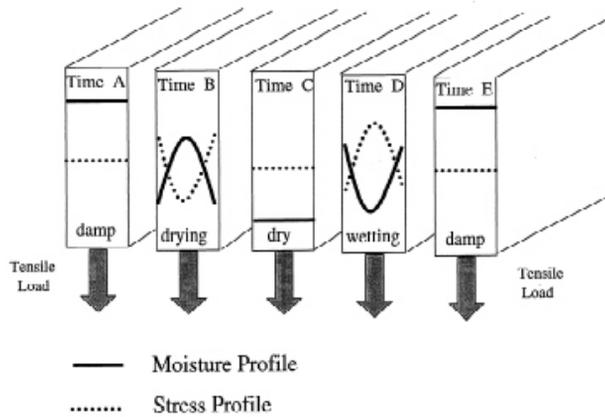


Figure 65. Hypothetical moisture and stress profiles through a sample under a tensile load over a sorption cycles

그들은 accelerated creep strain 의 정도가 종이의 강도에 따라 다르다는 것을 발견하였고, 다음에는 종이의 실제강도에서 일정 % 만을 creep load 로 적용하였다. 이러한 경우 creep strain 이 일정해지는 것을 다시 발견하였다. 따라서 creep load 로 종이의 최종강도에 일정 %를 적용하면 accelerated creep strain 도 일정해진다고 볼 수 있다. 이들은 degree of accelerated creep 를 정의하였는데 이것은 순환습도 하에서의 accelerated creep 의 기울기를 높은 상대습도하에서의 creep 기울기로 나눈 값이다.

즉 얼마나 accelerated creep 이 심하게 나타나는 가를 정의한 것이다. Figure 66 은 degree of accelerated creep 이 creep load % 에 따라 얼마나 변화하는지를 보이고 있다.

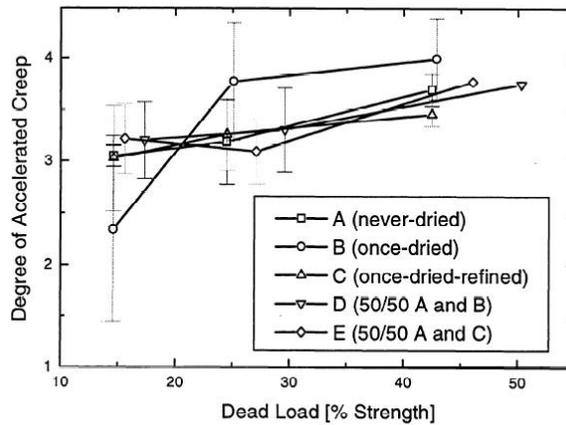


Figure 66. Degree of accelerated creep at various % creep load.

Figure 66에서 A 는 천연펄프로 만든 종이, B 는 A 종이를 리사이클한 것, C는 A 종이를 리사이클한 후 고해한 것, D 와 E 는 이들의 혼합으로 만든 종이들이다. 다양한 종이들이 각각 종이의 최종강도의 20 ~ 50% 의 creep load에서 3~4의 degree of accelerated creep 을 갖게 되는 것을 보이고 있다. 즉 종이라는 물질은 degree of accelerated creep 이 3~4 로 볼 수 있을 것이다. 골판지는 대부분 리사이클된 섬유를 고해없이 사용하는 것이 보통이다. 고해를 하는 경우 탈수성이 너무 떨어지기 때문에 고해를 적용하기가 매우 어렵다.

즉 Figure 66에서 B 종이로서 degree of accelerated creep 은 약 4.0 에 이른다 는 것을 알 수 있다. 이 사실을 염두에 두면 우리는 순환습도하에서 accelerated creep 의 영향을 숫자적으로 나타낼 수 있게 될 것이다.

2) 골판지 상자의 안전계수

본 연구에서 우리의 목표는 이론에 부합하는 골판지 상자들의 실용적 안전계수의 산출이다. 골판지 상자의 안전계수는 상자 내용물의 종류와 저장 운반실태, 온도와 습도의 변화 등을 고려한 종합적인 내용이 되어야 할 것이다. 골판지 상자의 적재 형태와 내용물의 무게를 고려한 골판지 상자의 안전계수는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned} K(\text{안전계수}) &= \text{골판지상자 압축강도}/\text{필요압축강도} \\ &= \text{골판지상자 압축강도}/(\text{상자의 무게} \times (\text{최대적재단수}-1)) \end{aligned}$$

변화하는 온도와 습도에 의한 골판지 상자의 안전계수는 골판지상자의 압축강도 변화로 표현되어야 할 것이다. 또 골판지 상자가 특히 온도보다는 습도에 매우 취약하므로 순환습도에 의한 accelerated creep 을 주로 다루어야 할 것이다.

Accelerated creep 은 creep 현상이므로 골판지 상자에 가해지는 하중이 매우 중요하다. 높은 하중하에서는 높은 creep 현상이 발생할 것이기 때문이다. Figure 66에서 다시 보면 골판지 원지의 하중이 20% 이하인 경우 degree of accelerated creep 은 3 이하로 볼 수 있다.

본 연구에서는 일정 하중을 골판지원지나 골판지에 가한 상태에서 순환 습도를 적용하여 일정한 유통, 저장 조건을 겪게한 후, 골판지원지나 골판지 자체의 ‘잔여압축강도’를 측정할 것이다. 잔여 압축강도는 골판지 상자의 최대압축강도, 하중, 유통기간 및 습도조건에 따라 압축강도의 저하값이 나타나게 될 것이다. 골판지 압축강도의 저하를 일으키는 또하나의 요소는 충격과 진동에 의한 것으로 볼수 있다.

따라서 안전계수 값을 다시 나타내면 다음과 같다.

$$K(\text{Accelerated creep 과 충격 및 진동을 고려하지 않은 안전계수}) = C/P$$

$K'(\text{Accelerated creep 과 충격 및 진동 을 고려한 안전계수}) = (C \times A \times I)/P$

C : 골판지상자 압축강도

P : 실제하중, (상자의 무게x(최대적재단수-1))

A : accelerated creep에 의한 저하율, (C, P, 순환습도, 유통기간 등의 함수)

I : 충격 및 진동에 의한 저하율 (P, 유통기간, 도로사정, 적재방법 등의 함수)

만일 순환습도가 없고 일정한 습도가 유지된다고 할지라도, creep 에 의한 강도감소를 염두에 두어야 할 것이다. 따라서 A 값은 결코 1.0 이 될 수 없다. 다르게 표현한다면 안전계수를 선택하는 목적은 이러한 creep 혹은 accelerated creep 현상과 충격 및 진동을 염두에 두고 3-4 이상을 선택하는 것일 수도 있다.

수식에서 A 와 I 는 각각 1보다 작은 수이다. 만일 accelerated creep 와 충격 및 진동을 고려하면서 기존의 K 값을 그대로 유지하려면, 골판지 상자의 압축강도는 $1.0/(AxI)$ 만큼 더 높아야 한다. 골판지 상자의 압축강도를 그대로 두게 되면 안전계수 K 는 $K \times (1-(AxI))$ 만큼 줄어들게 된다.

나. 순환습도 변화의 실제적인 조건

유통간 온도 습도의 조건 다음과 같이 연구되었다.

○ 포도 유통조건

본 연구의 대상인 제품의 대표적인 유통조건이 Figure 67~72 까지 나타났다. 즉 작업장조건, 냉장창고조건, 트럭수송조건들이 그것이다. 포도를 선별하고 포장하는 작업장의 조건은 온도 25oC, 습도 60%, 기간 1일로 하는 것이 무리가 없어 보인다. 특별히 비가 오는 날 에는 골판지상자를 비를 맞지 않도록 매우 조심하여 보관하는 것을 전제로 하여야 할 것이다. 포도를 냉장 보관하는 경우는 Figure 67 에 나타난 바와 같이 온도 10-15oC, 습도 80-85% 로 판단하면 문제가 없을 것으로 판단되며, 저장기간은 최고 3일로 계산할 것이다. 트럭수송은 온도 20-30oC, 습도 80%, 기간은 1일로 판단된다.

트럭의 적재조건은 조 등의 논문에 나타난 조건을 그대로 적용하기로 하며, 세 가지 종류의 포장단위에 대한 필요압강과 포장상자의 규격을 Table 48에 나타내었다.

Table 48. 기존 포도상자의 압축강도, 안전계수 현황

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도 (kg)	안전계수
5kg	550 x 366 x 115	10단 x 2	500	758	6.1
4kg	440 x 330 x 125	10단	144	577	16.0
2kg	A 350 x 250 x 120	13단	96	548	22.8
	B 314 x 235 x 125			532	22.2

*안전계수 4를 적용하였을 때의 필요압강임.

즉, 포도 5kg 상자를 예를 들면 다음과 같다. 포도상자 5kg의 경우 파렛트 2단적재 시 총적재 무게에 파렛트 1개가 추가된 것을 감안하여 30kg을 더하여 준다. 1단의 적재는 포도 10상자이므로 총 20상자의 포도상자 높이가 된다. 따라서 포도 5Kg 상자들의 실제하중은 $5 \times (20-1) + 30$ 으로서 125Kg 이 된다. Figure 67 은 유통 간의 포도상자가 겪는 대표적인 온도, 습도 환경을 요약한 것이다.

Figure 67 에서 보면 실제적으로 포도상자가 겪는 순환습도 (accelerated creep) 는 무시해도 큰 문제가 없으며, 다만 저장 및 유통기간에 발생하는 creep 은 중요하게 다루어야 할 것이다. 따라서 본 연구는 냉장 저장간에 발생하는 강도저하와 실온에서 높은 상대습도 (80%) 에 발생하는 강도 저하문제, 또 냉장저하된 상자를 실온에 꺼내두었을 때 발생하는 문제를 다루는 것으로 충분하다고 판단되었다.

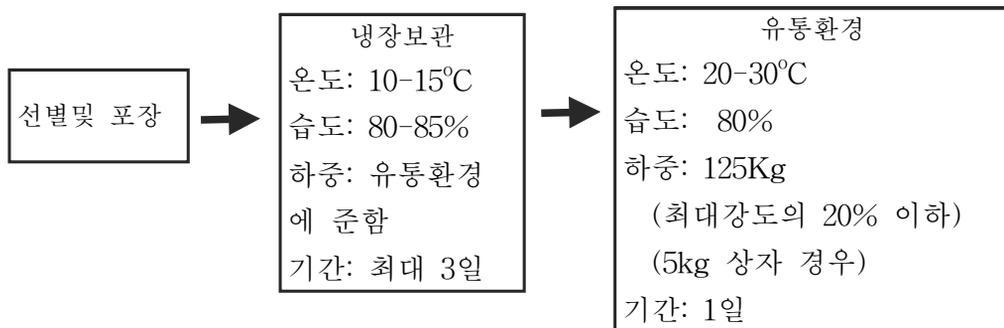


Figure. 67. 국내 포도상자의 대표적인 유통환경

즉, 냉장저장에서 발생하는 강도저하와 실온유통에서 발생하는 강도저하, 냉장저장에서 실온방치시 발생하는 강도저하의 총합이 전체적인 포도유통중 발생하는 온습도의 영향이라고 판단된다.

하중은 골판지 상자의 최대 압축강도의 20% 이하로 가정한다. 왜냐하면, 포도상자의 경우, 5kg 상자의 하중이 가장 높고, 조 등의 논문에서 상자의 최대 압축강도가 758kg 으로 나와서, 최대 강도의 약 16% 의 하중이 실제 하중이되므로 전체적으로 20% 이하의 하중으로 보는 것이 타당하다고 판단된다.

○ 사과의 유통조건

사과는 상자에 포장되어 운반되는 동안만 주로 하중을 받게 된다. 보통 15kg, 10kg, 5kg 상자 등 골판지상자 포장 및 플라스틱 포장상자로 표준규격 파렛트에 적재하여 5톤 차량에 단일 혹은 혼적하여 출하한다. 선별, 포장이나 판매과정에서는 큰 하중을 받지 않는 것으로 관찰된다. 사과의 운반은 보통 최대 12시간 정도이며, 이때 온, 습도는 Figure 68 에서처럼 계절에 따라 다르기는 하지만 풍기농협에서 출발하여 성남도착까지의 평균 온습도는 12℃, 80% RH, 영주농협은 3℃, 50% RH로 측정되었다. 가장 열악한 조건인 10℃, 80% RH로 운반조건을 잡는 것도 합리적이라고 판단되었다.

따라서 사과상자는 온습도의 변화가 매우 적은 상태지만 높은 습도인 80% RH 를 유지한 채, creep 현상을 골판지 상자의 강도에 적용시키면 충분하다고 판단되었다.

조 등의 조사 연구에 의하면 사과상자의 규격과 필요압강은 Table 49와 같다. Table 49에서 골판지 상자에 대한 하중은 골판지 상자의 최대 압축강도의 20% 이하로 가정한다. 이것은 Table 49의 15kg 포장의 B 형의 경우 최대 18% 이므로 합리적인 최대수준으로 볼 수 있다.

Table 49. 사과상자의 포장규격, 강도, 적재효율 현황

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도(kg)	안전계수
5kg	A 314 x 235 x 170	10	180	479	10.6
	B 550 x 366 x 110	17	280	568	8.11
10kg	510 x 360 x 190	10	360	526	5.81
15kg	A 510 x 360 x 280	7	360	526	5.81
	B 440 x 330 x 270	7	360	496	5.51

*안전계수 4를 적용하였을때의 필요압강임.

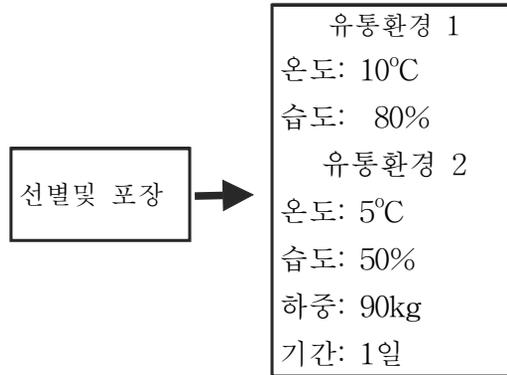


Figure 68. 국내 사과상자의 대표적인 유통환경

○ 감귤의 유통조건

감귤의 경우 주로 제주도에서 생산되므로, 제주도에서 서울 도매시장까지의 유통경로를 분석한 자료를 Figure 69 에서 참조하였다 (조 등), 두 가지 단계로 나눌 수 있는데 온도 8°C, 습도 70% RH, 약 20시간과 온도 5°C, 습도 85% RH, 약 40시간으로 나눌 수 있다. 이러한 두 가지 상태에서 순환 온, 습도가 단 한번 적용된다고 할 때, 골판지 상자의 강도저하량이 안정계수에 반영되어야 할 것이다.

참고적으로 감귤포장상자의 규격과 필요하중을 Table 50에 나타내었다. 골판지 상자에 대한 하중은 골판지 상자의 최대 압축강도의 20% 이하로 가정한다. 이것은 Table 50의 15kg 포장의 경우 최대 14.4% 이므로 합리적인 최대수준으로 볼 수 있다.

Table 50. 기존 감귤상자 분석

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도 (kg)	안전계수
5kg	366 x 260 x 120	11	300	547	10.9
10kg	440 x 330 x 160	10	540	625	6.94
15kg	440 x 330 x 225	7	540	640	7.11

*안전계수 6을 적용하였을때의 필요압강임.

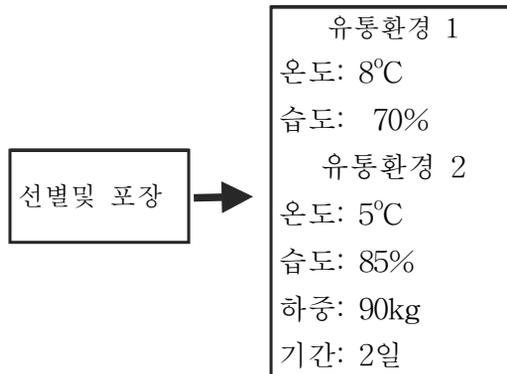


Figure 69. 국내 감귤상자의 대표적인 유통환경

○ 방울토마토의 유통조건

방울토마토는 상자에 포장되어 운반되는 동안만 주로 하중을 받게 된다. 보통 3(4)kg, 5kg, 10kg 상자 등 골판지상자 포장 및 플라스틱 포장상자로 5톤 차량에 단일 혹은 혼적하여 출하한다. 방울토마토의 운반은 보통 최대 18시간 정도이며, 이때 유통 중 평균 온도는 27.9°C, 평균 습도는 77.7% RH를 보였다. 방울토마토의 경우 유통과정상 평균 온도를 거의 유지하고 있었으며 습도 역시 ±3% R.H. 정도를 유지하고 있었다. 온습도의 변화가 매우 적은 상태로 높은 습도를 유지한 채, creep 현

상을 골판지 상자의 강도에 적용시키면 충분하다고 판단되었다.

방울토마토상자의 규격과 필요압강은 Table 51과 같다.

Table 51. 방울토마토 상자의 안전계수 적용현황

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도 (kg)	안전계수
5kg	330 x 225 x 150	10	180	476	10.6
4kg	520 x 330 x 160	10	144	506	14.1

*안전계수 4를 적용하였을때의 필요압강임.

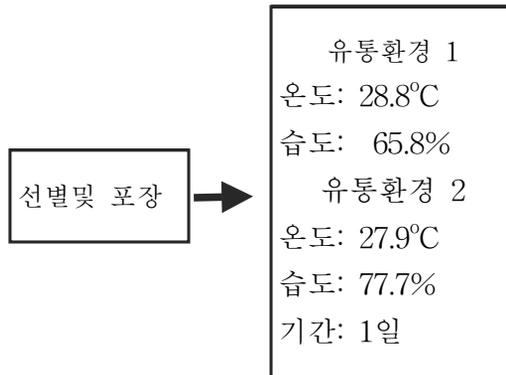


Figure 70. 국내 방울토마토상자의 대표적인 유통환경

○ 오이의 유통조건

오이의 포장용량은 50개입 상자가 주류를 이루고 있으며 15kg 들이 골판지포장상자는 표준규격 파렛트에 적재하여 5톤 차량에 단일 혹은 혼적하여 출하한다. 전북 농협의 작업장의 환경은 오전 11시~15까지 온도변화는 12~19℃, 습도는 50~87%RH로 측정되었으며 이후 온습도가 크게 올라 유통 중에서는 온도가 22.1, 습도가 평균 99.9% R.H.에 이를 정도로 높게 유지되어 거의 변화가 없었다.

오이상자의 규격과 필요압강은 Table 52와 같다.

Table 52. 오이상자의 안전계수 적용 현황

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도 (kg)	안전계수
15kg	423 x 254 x 150	10	540	509	3.8

*안전계수 4를 적용하였을때의 필요압강임.

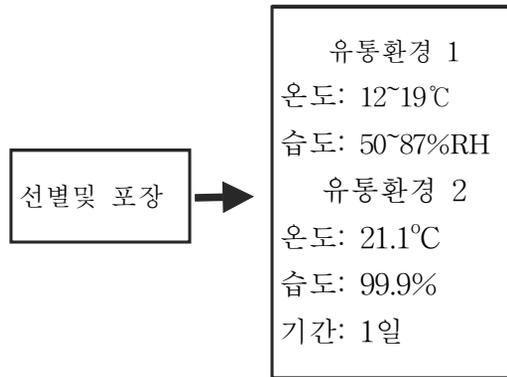


Figure 71. 국내 오이상자의 대표적인 유통환경

○ 배추의 유통조건

배추는 저장성이 떨어져 오전일찍 수확하여 포장용 상자를 쌓아놓고 직접 선별하여 배추를 3포기 단위로 포장한다. 출하는 5톤 및 8톤 차량을 이용하고 있으며, 11단을 적재한다. 작업장의 환경은 온도가 평균 18.5°C, 습도는 90.6%RH로 측정되었으며 이후 온습도의 변화는 크게 없어서 유통 중에서는 온도가 19.7, 습도가 평균 96.1% R.H.로 높게 유지되어 거의 변화가 없었다.

배추상자의 규격과 필요압강은 Table 53과 같다.

Table 53. 배추상자에 적용된 안전계수 분석

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도 (kg)	안전계수
3포기	560 x 325 x 200	11	360	431	4.8
	550 x 366 x 200	12	396	436	4.4

*안전계수 4를 적용하였을 때의 필요압강임.

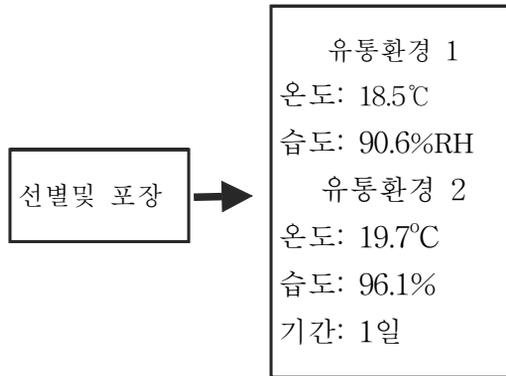


Figure 72. 국내 배추상자의 대표적인 유통환경

다. 골판지 와 골판지 원지의 강도 측정

1) 골판지

본 실험을 위한 공시재료는 A사의 골판지제조용 원지를 사용하였으며, 사용된 원지의 평량과 두께는 Table 54와 같다.

Table 54. 라이너용 원지의 평량 및 두께

비 고	두께 (mm)	평량 (g/m ²)	밀도(g/cc)
A	0.24	179.1	0.74
B	0.18	128.4	0.65
C	0.22	167.7	0.76
D	0.26	179	0.70

※ A : 외부라이너지, B : 골심지, C : 내부라이너지, D : 발수처리 된 라이너지

2) 조습처리 및 강도측정

각각의 골판지 원지는 TAPPI Standard T402 om-88에 따라 23±1℃, 상대습도 50±2%로 조절된 항온항습실에서 24시간 이상 조습처리를 실시한 후 물성을 측정하였다. 조습 처리된 원지는 TAPPI Standard T489 om-88에 의하여 인장강도를 측정 후 각각의 열단장을 계산하였다.

원지의 압축강도 시험은 KS M 7051-1997에 의거하여 원지의 CD방향을 기준으로 하여 RCT를 측정하였다. RCT와 STFI의 상관관계를 알아보기 위하여 조습 처리된 원지를 한국화학연구원에 있는 STFI 측정기기를 이용하여 측정하였다.

라. ECT를 응용한 원지의 Cyclic Humidity Test

조습 처리된 원지 중 A와 D를 이용한 골판지의 ECT 시험을 위한 시편을 제작하였으며, ECT를 이용하여 원지의 압축강도를 측정하는 방식을 개발하여 사용하였다. ECT를 응용한 압축강도를 측정하기 위한 시편을 다음 Figure 73 과 같이 제작한다.

실제적으로 샘플은 4mm 스펜에서 압력을 받게되며 압축력에 의해 원지가 파괴되고 이 때의 값을 압축강도로 사용하게 된다.

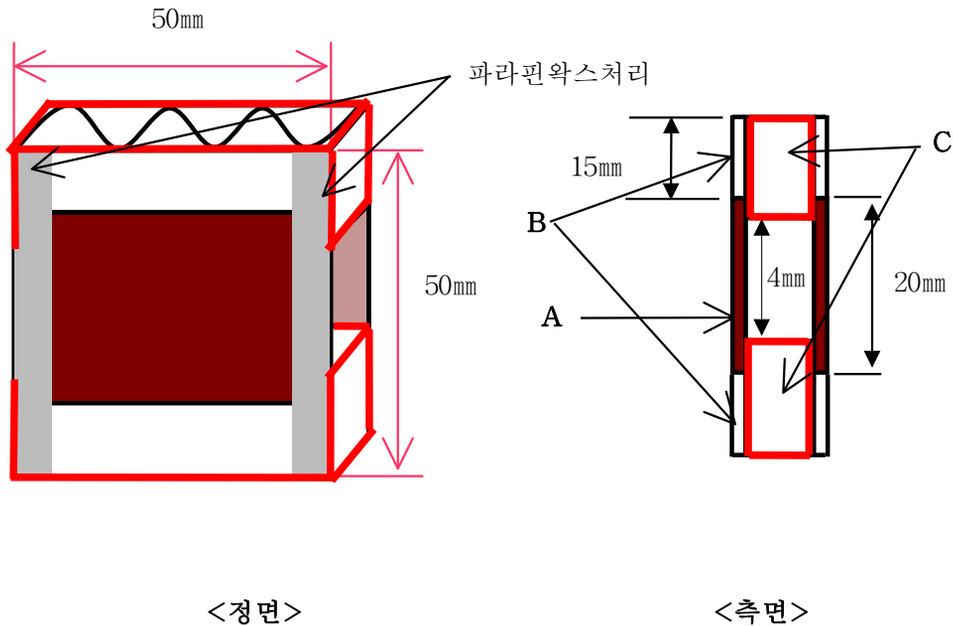


Figure 73. 1 ECT를 응용한 라이너지의 압축강도 측정시편

- A : 실험에 사용될 50×20mm의 라이너지 샘플
- B : A와 두께를 같게 맞추기 위한 임의의 원지
- C : ECT 적용을 위한 구조용 골판지

이러한 구조는 순환습도를 처리하기에 적합한 구조로 판단된다. 사실상 원지의 압축강도를 측정하는 RCT 나 STFI 는 순환습도하에서 측정이 불가능하므로 ECT 를 이용한 샘플을 고안한 것이며, 이 시험방법이 표준조건에서 RCT 값과 STFI 값의 중간점을 취하는 것으로 판단할 때, 매우 유용한 시험방법임을 알 수 있었다.

순환습도하에서 ECT 를 이용한 방법을 사용할 때, Figure 74 에서 보듯이 ECT적용을 위한 구조를 만들고 접착제를 이용하여 A와 B가 C에 완전 밀착되도록 접착시킨 후, 시편의 좌우면에 수분의 침투를 막기 위한 파라핀왁스를 이용한 실링처리를 한다. 시험샘플을 만드는 방법이 Figure 75 에 차례로 나타나있다.



시편에 접착제 도포
→



구조용 골판지 접착 (우)
→



구조용 골판지 접착 (좌)
→



반대편 시편 접착
→



파라핀 왁스침지 (측면)
→



파라핀 왁스 침지
→



두께 조정을 위한
판지접착

Figure 75. 시편제작 모습

준비된 시편을 Figure 76 과 같은 거치대를 사용하여 고정한 후 하중을 가하고 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $50\pm 2\%$ 와 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $85\pm 2\%$ 를 6시간마다 교대로 습도가 변화되는 인큐베이터에서 0시간, 24시간, 48시간, 72시간 그리고 96시간 조습 처리한 후 Figure 77 에서와 같은 강도측정장치를 이용하여 그 강도를 측정한다.



Figure 76. 시편을 순환습도챔버에 삽입한 모습



Figure 77. 강도측정기를 이용한 시편의 강도측정 모습

마. 원지의 Cyclic Humidity Test 장치개발

ECT 원리를 이용하여 골판지에 원지를 붙여서 원지의 강도를 측정하는 방식은 RCT 보다 우수한 방식으로 판명되었으므로 앞으로 계속 사용하게 될 것이다. 하지만 아무리 우수한 방식이라고 할지라도 매번 골판지 원지를 잘라 붙여야만 하는 불편이 있으면 일상적인 측정방법으로 사용할 수 없다.

이러한 단점을 극복하기 위해 골판지 대신에 기계적으로 원지를 잡아줄 수 있는 장치를 고안하였고 이 장치는 원지의 순환습도하에서 견딜 수 있도록 제작하였다. RCT 방식은 샘플원지가 원형으로서 습도변화시에 원형 안쪽에 습도의 영향이 미치지 못하는 경향이 있으며, 샘플의 스펠이 너무 작아서 순화습도를 적용하기가 어려웠다. 새로 디자인한 장치는 골판지 원지를 일정한 크기로 잘라서 장치에 끼우고 조이기만 하면 되는 장치이다. Figure 78 은 새로운 측정장치를 보이고 있다.

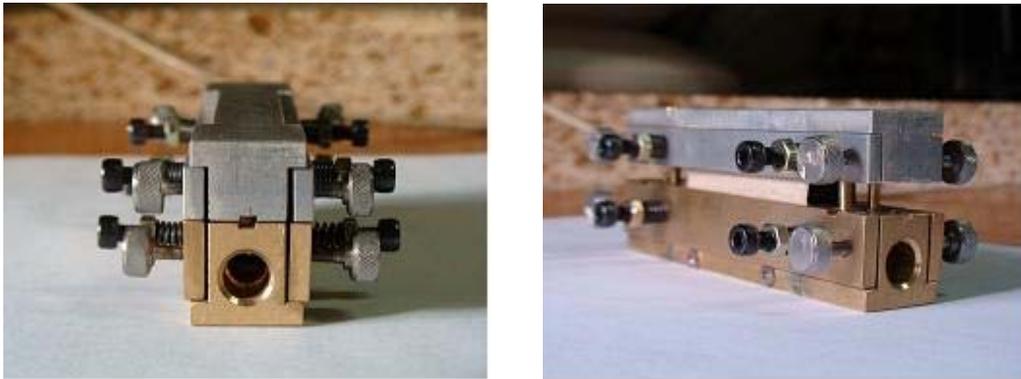


Figure 78. 골판지 원지의 새로운 압축강도 측정장치. 순환습도에도 적용할 수 있도록 제작되었음.

본 연구에 새로 개발된 장치를 이용하여 원지를 순환습도하에서 처리한 후 그 압축강도의 변화를 측정하였다. 하지만 아직까지 본 장치의 마찰력에 의한 기계적인 결함이 자주 나타남으로 인해 아직까지는 실험데이터로 사용하지는 못하였으며, 추후 마찰저항에 의한 측정오차를 줄인 후에 정규적으로 사용하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

바. 원지로 제조한 실제 골판지의 ECT 측정

또한 앞선 실험에 사용된 원지 A, B, C를 사용하여 골판지를 Double Face (A/B/C)와 Double Wall (A/B/C/B/C)의 형태로 제작된 샘플들을 총괄 연구팀에서 제작하였고, 이렇게 제작된 골판지를 온도 23±1℃에서 상대습도 50±2%와 85±2%를 6시간마다 순환하는 조습 처리기로 처리한 후 TAPPI Standard T839 om-02에 의거하여 ECT를 측정하였다.

4. 순환습도와 골판지의 물리적 강도

가. 원지의 강도적 성질

골판지 원지의 열단장은 다음의 Table 55와 같다.

Table 55. 내수처리하지 않은 시편과 표면 내수처리시편의 열단장 비교

비 고	M	D	C	D
	열단장 (km)	신장률 (%)	열단장 (km)	신장률 (%)
외장 라이너지 (A)	6.33	2.22	2.31	4.11
골심지	4.1	1.57	1.5	2.58
내부 라이너지	4.4	1.24	1.7	3.75
내수처리 외장 라이너지 (B)	5.02	1.99	2.11	3.80

골판지 원지의 열단장은 모든 조건에서 CD방향보다 MD방향이 높게 나왔으며 이것은 다른 기계초지와 마찬가지로 섬유 배양성에 의한 결과라고 생각된다. 신장률은 시편 모두 CD방향이 MD방향보다 높은 수치를 나타내었다. 또한 내수처리하지 않은 라이너지 A와 표면 내수처리를 한 라이너지 B를 비교하였을 때는 CD와 MD방향 모두 표면 내수처리를 하지 않은 시편 A가 더 높은 열단장 값을 나타내었다. 이것은 본 실험에서 실시된 표면 내수처리는 섬유간의 결합력을 저하시키는 방식으로 실시된 것으로 생각된다.

골판지 원지의 RCT와 STFI, 원지의 ECT를 이용한 측정결과는 다음의 Table 56과 같다.

실험결과 STFI 측정결과가 RCT측정결과보다 높은 결과 값을 나타내는 것을 알 수 있다. STFI-RCT, 원지 ECT-RCT 관계를 Figure 79 에서 나타내고 있으며, 이 그래프를 통하여 RCT 측정 결과와 STFI, 원지 ECT의 측정결과가 직선적인 상관관계를 보이고 있음을 알 수 있었다. 원지 ECT 에서는 저평량의 경우 그 값이 STFI 에 비해 낮게 나오고 있었으며, 고평량의 경우 STFI 보다 오히려 높은 값을 보이고 있었다.

Table 56. 골판지 원지의 RCT와 STFI측정결과

구 분	RCT (kgf/cm)	STFI (kgf/cm)	원지 ECT 측정법 (kgf/cm)
외장 라이너지 (A)	20.14	22.44	26.73
골심지	8.23	13.23	11.32
내부 라이너지	17.64	22.14	24.00
내수처리 외장 라이너지 (B)	14.35	17.71	22.32

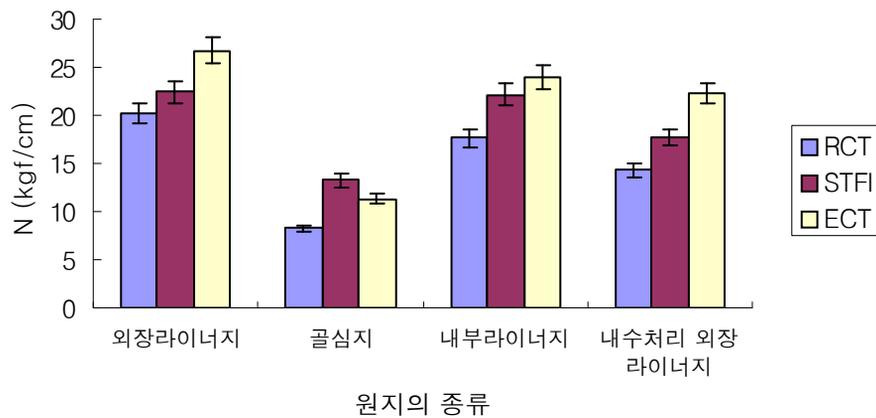


Figure 79. RCT와 STFI, 원지 ECT 의 상관관계

원지-ECT 측정법은 원지의 압축강도 뿐만아니라 순환습도 (cyclic humidity) 하에서도 원지의 강도적 변화를 추적할 수 있는 장점이 있다. 이러한 점은 RCT 나 STFI 가 따라올 수 없는 점이라고 할 수 있다. 특히 과거에 사용되던 원통형 샘플은 저평량의 원지인 경우 그 사용이 제한되며, 샘플을 만들기가 매우 어려운 단점이 있었다.

나. 원지-ECT를 응용한 원지의 Cyclic Humidity Test

외장 라이너지와 내수처리 외장 라이너지를 6시간 주기로 상대습도 50%와 85%를 순환하는 인큐베이터에서 Cyclic Humidity시킨 시편의 압축강도측정 결과는 다음 Table 57과 같다. 이 데이터들은 원지들에 원지 초기강도의 약 20%의 무게를 얹어서 compression creep 을 형성시키는 가운데 순환습도를 적용시킨 결과들이며, 원지의 강도는 일정기간 compression creep 을 가한 후, 즉시 압축강도를 측정하는 것으로서 원지들의 ‘잔여압축강도’ 라고도 볼 수 있다.

이러한 잔여압축강도는 온도, 순환습도, 및 압축하중하에서 일정시간 후에 골판지나 골판지 원지의 강도 손실을 측정하는 것으로서 accelerated creep 의 이론들의 정확성에 관계없이 매우 실제적인 데이터라고 볼 수 있을 것이다.

Table 57. 온도 23±1℃, 상대습도 50±2%와 온도 23±1℃, 상대습도 85±2%를 6시간마다 순환 조습처리한 골판지 원지의 ECT 결과

N (kgf)	0 Day	1 Day	2 Day	3 Day	4 Day
외장 라이너지 (A)	287.28	220.40	200.41	145.26	133.91
내수처리 외장 라이너 (B)	273.21	229.20	202.75	180.91	156.06

테스트결과 조습처리 전 초기 강도는 내수처리하지 않은 외장라이너지가 내수처리 외장라이너지보다 높은 값을 나타내고 있지만 조습처리 후 발수처리를 한 샘플이 처리하지 않은 샘플보다 높은 강도를 갖는 것을 볼 수 있다. 이것은 발수처리로 인해 라이너지에 표면 내수성이 부여 되었다는 것을 확인할 수 있다.

실험결과 표면 내수처리는 원지의 초기 강도감소를 일으키지만 습도에 의한 강도 감소량이 적으므로 습도가 가변적인 실제 사용 환경에서는 보다 우수한 활용이 가능할 것이다. Figure 80 은 내수처리하지 않은 샘플과 발수처리한 골판지용 라이너지간의 압축강도의 상관관계를 보여주고 있다. 즉 발수처리를 실시하는 경우 처리하지 않은 경우의 약 75%의 속도로 강도 저하가 이루어지고 있었다.

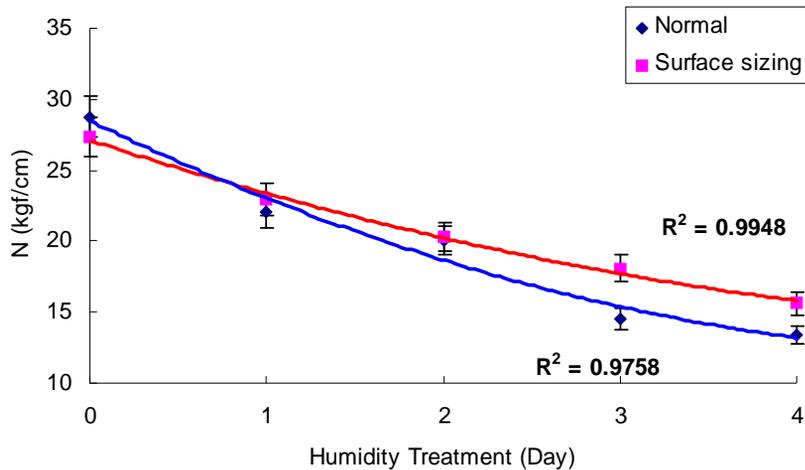


Figure 80. 온도 23±1℃, 상대습도 50±2%와 온도 23±1℃, 상대습도 85±2%를 6시간 마다 교대로 조습처리한 시편의 압축강도 측정결과

다. 원지로 제조한 골판지의 ECT 측정

골판지에 대한 실험의 결과로 먼저 골판지 원단의 조습처리에 의해 Table 58과 Figure 81 과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 본 실험은 골판지 원단에 하중을 가하지 않고, 단순히 조습처리를 2일동안 실시하여 얻은 데이터이다. Table 59와 Figure 82 는 이들 골판지 원단에 각각의 골판지의 최대 압축강도의 20%에 해당하는 하중을 샘플들에 부여하였으며, 50% RH 와 섭씨 23도와 상대습도 80% 와 85% 의 고습도 하에서 섭씨 20도에서 각각 48시간 처리후에 압축강도를 측정하였다.

측정결과 상대습도 80%에서 단순 조습처리는 single wall, double wall, apple용 double wall 모두 50% 이상의 압축하중을 보였다. 85%의 습도하에서는 single wall 의 경우 45%, double wall 의 경우 50% 이상의 압축하중이 남아있었다.

반면에 압축하중이 최대강도의 20%로 존재하는 경우, 상대습도 85% 의 조건에서 single wall 은 30%, double wall 45% 이상의 압축강도를 유지하였다. 이러한 조건 은 단순히 고습도하에서 골판지를 조습처리하는 경우에 비해 압축하중이 존재하는 경우 더 높은 압축강도의 저하를 보이는 것이다.

또 조습온도를 85%에서 섭씨 10도를 유지하는 경우 20도에 비해 강도가 더 떨어지 기는 하지만 서로 측정오차범위를 벗어나지 않는 정도의 차이를 보일 뿐이므로 섭씨 20도의 경우를 그대로 이용해도 큰 문제는 없는 것으로 판단된다.

Table 58. Compression strengths of corrugated boards made of linerboards and medium in Table 54 after conditioning at specified RH %.

	50% /23 ^o C	80% /20 ^o C	85% /20 ^o C
Single Wall	59.36	30.66 (0.516)	27.10 (0.453)
Double Wall	73.66	41.12(0.558)	37.52(0.509)
Apple DW	116.7	66.3 (0.568)	63.06 (0.540)

※ () : ratios to those of 50% /23^oC

Table 59. Compression strengths of corrugated boards made of linerboards and medium in Table 54 at different temperature and RH under the creep load of 20% of maximum compressive strengths, respectively.

	50%/23 ^o C, no creep	85% /10 ^o C, creep	85% /20 ^o C, creep	85% /20 ^o C, no creep
Single Wall	1.000	0.336	0.390	0.453
Double Wall	1.000	0.491	0.499	0.509
Apple DW	1.000	0.507	0.518	0.540

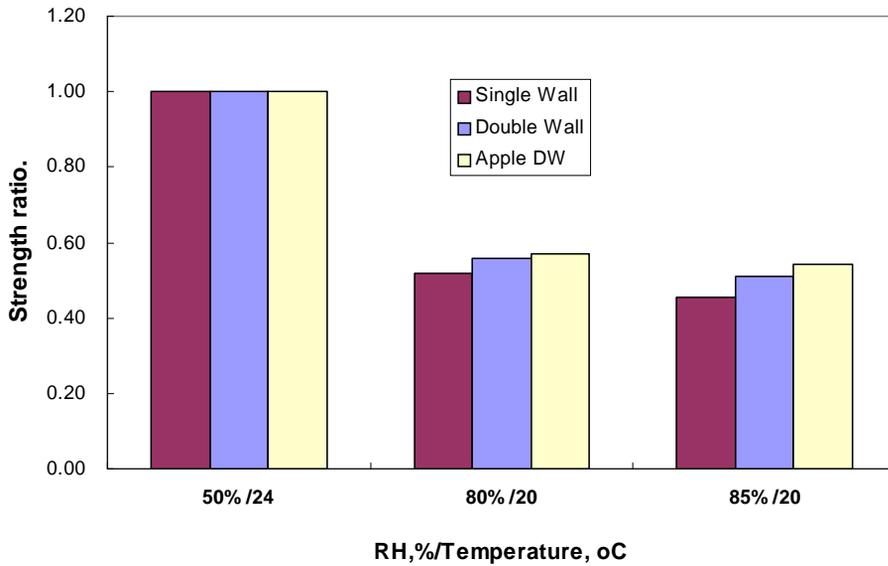


Figure 81. Compression strength ratio of corrugated boards in Table 56.

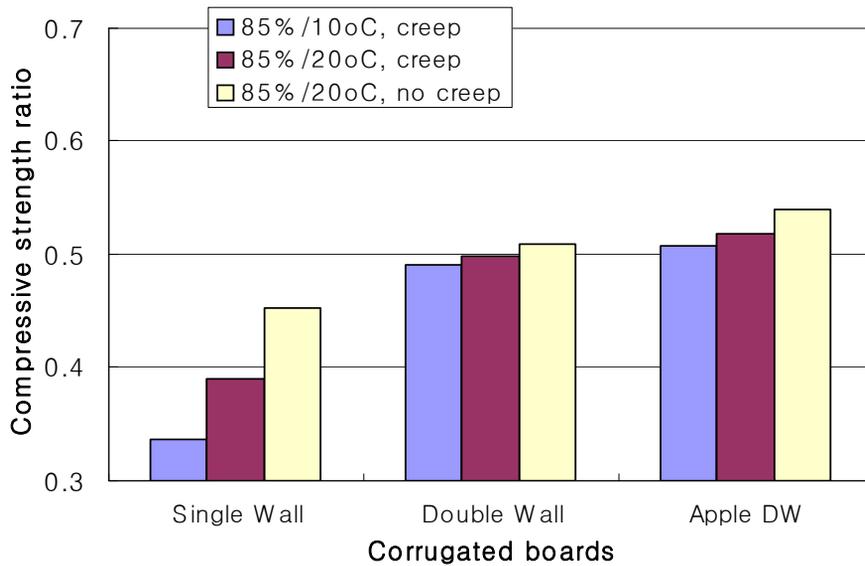


Figure 82. Compression strength ratio of corrugated boards in Table 56. Creep load was 20% of maximum compressive strength of each corrugated board.

라. 농산물의 유통조건에 따른 골판지의 강도저하

골판지 원단들의 온도, 습도에 의한 결과들은 농산물의 유통조건에 의한 강도저하치를 계산하는데 중요한 기여를 하는 것을 알 수 있다. 왜냐하면, Mckee 식에 의하면 골판지 상자의 강도는 골판지 원단의 ECT에 정비례하기 때문이다.

즉, Mckee 식은 다음과 같이 나타난다.

$$BCT = 5.87 \times (\text{골판지 원단의 ECT}) \times (\text{골판지 원단의 두께} \times \text{박스의 둘레})^{1/2}$$

포도의 경우 5kg 상자의 하중이 가장 높고, 조 등의 논문에서 상자의 최대 압축강도가 758kg 으로 나와서, 유통과정에서 겪는 하중이 최대 강도의 약 16% 에 해당하는 실제 하중이되므로 전체적으로 20% 미만으로 볼 수 있다.

또 유통조건은 80-85% 상대습도에서 약 섭씨 10도로 저온저장 후, 섭씨 20-30도에서 상대습도 80-85% 로 1일간 유통되는 것이 대표적인 경우라고 한다면, single wall 의 경우 온도, 습도와 하중의 압축 creep에 의해 30%의 압축강도가 남을 것으로 예상되며, double wall 의 경우 45% 의 압축강도가 남게 될 것으로 본 실험 데이터들에 의해 판단할 수 있다.

또 총 4일간의 유통기간을 설정하는 경우를 상정하더라도 single wall 의 경우 30%, double wall 의 경우 45%로 같은 결과가 도출되었다.

사과상자의 경우 골판지 상자에 대한 하중은 조등의 유통과정에 대한 연구에 의하면 골판지 상자 최대 압축강도의 20% 이하로 가정할 수 있다. 이것은 사과 15kg 포장의 경우 유통과정 중 골판지상자의 최대 압축강도의 18% 의 하중을 겪게되므로 20% 하중은 합리적인 최대수준으로 볼 수 있다. 또 유통과정에서 겪게 되는 온도, 습도환경은 상대습도 80%, 섭씨 10도의 환경으로서 본 연구에서 적용한 Table 59의 환경이 그대로 적용될 수 있다.

따라서 single wall 의 경우 온도, 습도와 하중의 압축 creep에 의해 30%의 압축강도가 남을 것으로 예상되며, double wall 의 경우 45% 의 압축강도가 남게 될 것으로 판단할 수 있다.

감귤의 경우 제주도에서 서울 도매시장까지의 유통경로를 두 가지 단계로 나눌 수 있는데 온도 8℃, 습도 70% RH, 약 20시간과 온도 5℃, 습도 85% RH, 약 40시간으로 나눌 수 있다. 이러한 두 단계는 좀 더 극단적인 1가지 단계로 대체할 수 있다고 가정할 수 있다면, 그것은 상대습도 85%, 온도 10℃로서 4일간 유통하는 조건이 바로 그것이다.

또, 이러한 두 가지 상태에서 순환 온, 습도가 단 한번 적용된다고 할 때, 골판지 상자의 강도저하량이 안정계수에 반영되어야 할 것이다. 골 포장상자의 필요하중은 15kg 포장의 경우 최대 14.4% 이므로 20% 의 하중은 합리적인 최대수준으로 볼 수 있다.

이러한 조건 역시 Table 59에서 제시한 single wall 과 double wall 의 경우를 그대로 사용하여 single wall 의 경우 온도, 습도와 하중의 압축 creep에 의해 30%의 압축강도가 남을 것으로 예상되며, double wall 의 경우 45% 의 압축강도가 남게 될 것으로 판단할 수 있다.

마. 순환습도에 의한 골판지 원단의 ECT 변화

순환습도에 의한 골판지 원단의 압축강도 변화는 최대 상대습도상태의 creep 보다 강도저하가 더 큰 것이 보통이다.

Table 60은 3종류의 골판지 원단의 순환습도 (50% <-> 85%, 6시간 간격) 하에서 최대 압축강도의 20%의 하중을 받을 때의 압축강도 변화를 보이고 있다. 순환습도에 의해 변화하는 압축강도 값들은 서로 다르지만 압축강도의 저하 비율은 한 개의 곡선으로 나타낼 수 있음을 Figure 83 에서 보이고 있으며, 이 사실은 Hebegeer 의 이론과 일치하고 있었다. 특이한 점은 Double Wall 과 Apple DW 의 경우 곡선이 일치하며, Double Face의 경우 좀더 순환습도의 영향이 크다는 점이다. 이러한 사실은 순환습도가 아닌 경우에도 나타난 바 있다.

Table 60. Compression strengths and ratios after applying cyclic humidity to the corrugated boards with the creep load of 20% of maximum strength

RH 50<=>85		0 Day	1 Day	2 Day	3 Day	4 Day
Compression strength (N/cm)	Double Face	61.2	28.5	22.6	20.6	19.2
	Double Wall	74.9	43.8	33.9	34.2	30.1
	Apple DW	119.1	70.9	58.0	51.2	50.2
Strength Ratio	Double Face	1.000	0.465	0.370	0.336	0.313
	Double Wall	1.000	0.585	0.453	0.456	0.402
	Apple DW	1.000	0.595	0.487	0.429	0.421

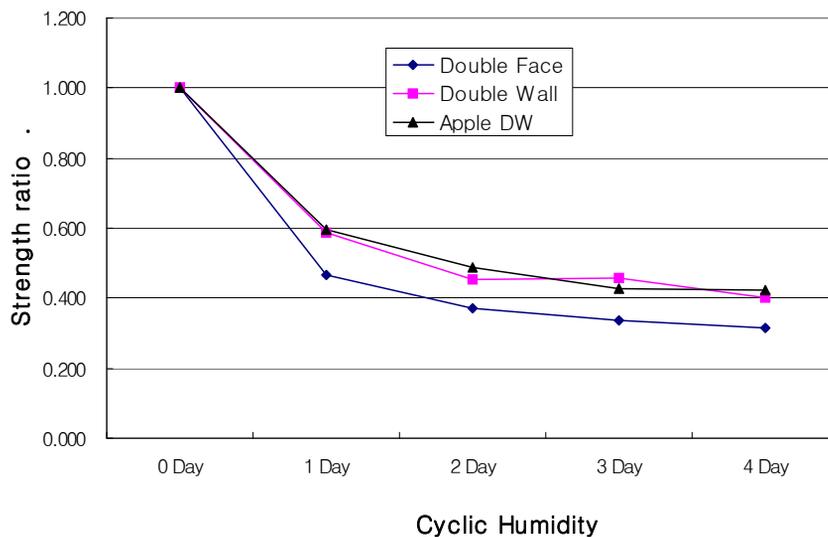


Figure 83. Ratios of compression strength after applying cyclic humidity and 20% creep load.

순환습도를 사용한 경우와 최대 습도를 유지한 경우의 압축강도비율의 변화를 Figure 84 와 85에서 보이고 있다. Figure 84 와 85에서는 순환습도의 영향이 그다지 크게 나타나지 않고 있음을 볼 수 있었다. 이것은 본 실험에서는 순환습도가 매우 느리게 변화하는 것에도 영향이 있다고 판단된다. 이론적으로도 순환습도의 변화속도가 느리면 그 영향력도 작아지는 것으로 나타난다.

본 실험에서는 6시간 간격으로 변화를 시켰는데, 이것은 일상생활에서의 온습도 변화를 가장 대표적으로 표현하는 시간 간격으로 판단된다. 순환습도의 변화간격을 다르게 설정할 수도 있지만, 일상생활에서의 유통환경을 대표하려고 할 때에는 6시간 간격이 적합하다고 판단된다.

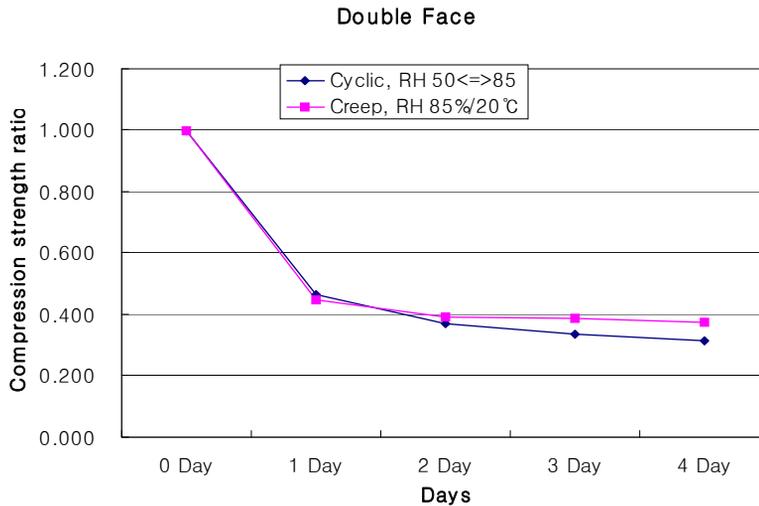


Figure 84. Comparison of compression strength ratios between cyclic and high humidity to double face corrugated boards.

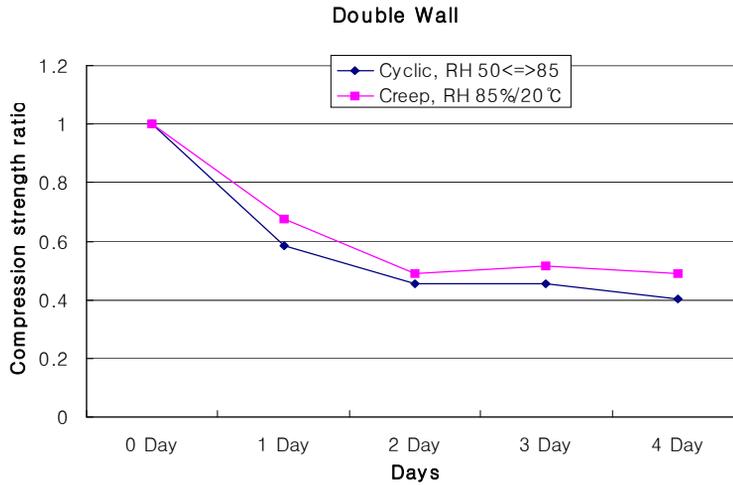


Figure 85. Comparison of compression strength ratios between cyclic and high humidity to double face corrugated boards.

본 실험에 사용된 골판지 원단의 경우 6시간 간격으로 상대습도 50%와 85% 로 변화시킬 때, 최대 상대습도 85% 로 유지하는 경우보다 확실히 강도 저하가 있는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 여러 농산물의 유통조건을 조사한 결과 포도의 경우 48시간 내에 1회, 사과와 감귤의 경우 없거나 1회정도, 감귤의 경우 72시간 내에 1회정도로 습도의 변화가 예상되었다. 이러한 경우에는 유통시간 내에서 최대 상대습도로 처리하는 것이 보다 실제적인 것으로 판단되었다.

4일간 6시간 간격의 순환습도를 유지하는 경우 double face 의 경우는 여전히 최대 압축강도의 30% 수준으로 강도가 저하되며, double wall 의 경우는 약 40%까지 떨어짐을 Table 60에서 보이고 있다. 이 데이터는 최대상대습도를 같은 기간 유지하는 경우 각각 30% 와 45% 를 유지하던 것보다는 약간 저하된 결과로 볼 수 있다.

바. 요약 및 결론

순환습도가 골판지의 accelerated creep 에 미치는 영향에 대한 이론적 고찰을 실시하였으며, 골판지 원지의 순환습도 하에서 압축강도 측정방법을 새로 개발하였다. 개발된 방식은 기존의 ECT 방법에 원지를 붙여서 하중이 걸린 상태에서 습도의 변화를 꾀하는 방식이었으며, STFI 보다 더 shv은 압축강도를 나타내기도 하였다.

본 연구에서는 개발된 방식을 이용하여 골판지 원지의 순환습도 하에서 강도변화를 측정하였다. 특히 발수코팅이 실시된 원지는 일반 원지에 비해 약 75% 느린 속도로 강도 저하가 일어남을 측정하였다.

포도, 사과, 감귤의 유통조건 평가를 실시한 결과 이들은 유통과정 중 대부분 순환습도를 심하게 겪지 않고 1-2회 겪는 것으로 판단되었다. 이러한 경우 최대 습도치에 의한 creep 을 상정하여 안전계수를 설정하는 것이 현실적인 것으로 판단되었으며, 좀더 순환습도를 많이 겪는 경우는 순환습도를 설정한 실험결과를 이용하는 것이 마땅하다고 판단되었다.

따라서 실험결과 다음과 같은 압축강도 저하율을 설정하였다.

※ 압축하중이 골판지 상자의 최대압축강도의 20% 이하이고, 상대습도 85% 까지 순환습도변화가 2회 미만인 경우,

- Double Face 는 30%, Double Wall 은 45% 의 압축강도가 남게 됨

※ 압축하중이 골판지 상자의 최대압축강도의 20% 이하이고, 상대습도 85% 까지 순환습도변화가 6회 미만인 경우,

- Double Face 는 30%, Double Wall 은 40% 의 압축강도가 남게 됨

5. 대상 품목의 포장용 골판지 상자의 적정 안전계수 산출 및 제조

가. 안전계수(Safety Factor)에 대한 이론적 접근

안전을 위한 디자인 요소는 다음 5가지가 있다.

- a. 구조적인 파손은 반드시 피해야 하는 것이 전제 -> 거의 불가능
- b. 가능한 파손양상(failure mode) 확인
- c. 각 파손모드에 따른 파손기준(failure criteria) 수립
- d. 파손기준에 따른 제품설계
- e. 구조적 파손을 막기위한 안전계수(S.F.)의 적용

제품을 보호하기 위하여 포장이라는 구조물에 대한 안전계수는 아래 식과 같이 단순하다.

$$S.F. = \frac{\text{actual strength}}{\text{required strength}}$$

그러나 파손양상은 포장은 물론 제품형태나 조건에 따라 다르므로 디자인에는 다양한 관점에서 SF가 적용된다.

SF를 결정하는 몇가지 포인트가 있는데

- SF는 실패를 방지하기 위해 1.0보다는 커야 한다.
- SF가 너무 크면 비용이 과다지출되고
- SF가 너무 작으면 안전성이 문제가 된다.

농산물 포장에 있어서 SF, 즉 안전계수를 결정하는 결정인자들은

- 내적인자(제품의 특성(수분함량, 경도 등), 골판지 상자의 제조기술 및 방법(통기구 등), 상자의 규격(장폭고의 비율))

- 외적인자(유통(저장)기간, 대기조건(온, 습도), 포장/적재방법, 진동, 하역 및 충격 등 유통환경)

로 나눌 수 있으며 내적 인자를 고정시킨 상태에서 외적인자만 고려해야 계산이 가능하고 외적인자 역시도 가능한 적은 것이 좋다.

골판지 상자의 골판지상자의 안전계수(SF)는

$$SF = f(H, P, t, T, Sp, D, x)$$

여기서

H = Humidity

P = Product

t = temperature

T = storage time

Sp = stacking pattern

D = Severity during distribution process

X = any other factor(s)

로 정리할 수 있다.

안전계수는 일반적인 골판지상자의 압축강도계산식에서 다음과 같이 도출된다.

$$P_{min} = (n-1) \times W_p \times f$$

where,

P_{min} = minimum compression strength of box

(required for stacking)

n = number of boxes

W_p = weight of packaged product

f = correction factor(safety factor)

따라서 SF의 산출은

- 실험치에 의한 상자의 최소 압축강도(practical limit) 설정
- 각 인자별 원지 실험 실시(예, 습도를 변경하고
- 다른 factor는 고정)하여 database화
- 다양한 원지시험결과를 바탕으로 가설 설정
- 원단 실험 실시로 검증, 보완
- 상자실험 실시로 검증, 보완
- 최종 프로그램 도출

의 단계를 거쳐야 가능하다. X(any other factor(s))는 온도나 제조공정, 인쇄 등의 요소들로 Sc에 대한 영향이 미미하거나 제조업체의 기술이나 기계 등에 따라 차이가 나는 것으로 상황에 맞게 개별적 적용이 필요하다.

나. 안전계수(Safety Factor) 인자 분석

1) 온습도의 영향

국내의 농산물 포장상자는 장마철·여름철의 다습한 곳에 장기간 방치되게 된다. 구미의 연구기관의 데이터를 종합하면 7.2%가 표준수분으로 나와 있으나 장마철의 외부기온의 평균온습도는 25℃, 85% R.H.로 올라가는 등 크게 차이가 나므로 골판지상자는 보관 및 수송 등 유통조건에 따라 상자가 함유하는 수분은 10~14%의 범위로 변화한다. 바닥에 가까운 최하단의 상자의 압축강도는 거의 50% 수준으로 떨어진다 고 볼 수 있다.

또한 골판지의 수분은 상자의 수명에도 관계가 깊어 고수분의 상자는 저수분의 상자보다 가벼운 하중에도 크리프가 발생하고 하중이 같은 경우에도 빠른 속도로 구부러진다.

한편 수출이나 선적을 이용한 수송의 경우 반복되는 온습도 변화(사이클릭 변동)로 압축강도는 크게 떨어질 수 있으며 최근 예냉설비의 증가 등으로 국내 유통에서도

온습도 변화가 크다. 예냉된 농산물의 경우 적재를 위해 고온으로 노출되었을 때 온습도가 크게 증가하며 포장재도 이 변화에 연동하여 습도를 빨아들인다. 골판지의 수분변화는 대기환경의 습도변화에 정확히 대응하지 않고 소폭 변화가 된다.

Craig Leak 와 Robert Wojcik(MARI 7월/8월 1993)은 골판지상자의 다습 환경 하에서의 구부러짐은 고습도 하의 고수분이 지배적으로 강도를 저하시키는 것이 아니라 사이클릭 변동 때문에 혹독한 환경이 되고 있다고 보고했다. 32℃, 90% R.H. 이하에서 91kg의 하중을 받게 두면 54일 후에 구부러지는 상자를 32℃, 90% R.H.와 22℃, 50% R.H.의 환경 사이를 같은 하중에서 1일 1사이클로 하면 5일 후에 구부러지게 된다. 후자의 평균함수율은 상당히 낮은 데도 불구하고 수명은 짧아진다. 변화를 2사이클/1일로 하면 수명은 14일 연장된다. 이것은 3시간정도의 변화로 평균이 되기 때문에 습도를 머금지 않고 실제의 수분변화의 폭이 적어지게 되기 때문이다.

또한 제품이 적입되어 있느냐와 그렇지 않느냐에 따라서도 큰 차이가 난다. 특히 RSC형 상자의 경우 상자 내부에 고습조건이 형성되어 이러한 점을 감안하여 설계하지 않으면 안된다. 반복실험을 통하여 얻어진 각 상자의 습도에 따른 압축강도 저하율을 2차원 방정식으로 간단히 표현하면 Table 61과 같다. 보다 자세한 data는 Table 45에 정리하였다.

Table 61. Simple Equations of Compression Strength(y) as function of Relative Humidity(x)

Box Type		Equations
Empty	DW (AB flute)	RSC $y = -0.0804x^2 + 5.4845x + 617.04$
		Folder $y = -0.3052x^2 + 27.214x + 936.05$
		Bliss $y = -0.1334x^2 + 14.001x + 98.442$
	SW (A flute)	RSC $y = -0.0874x^2 + 7.242x + 227.86$
		Folder $y = -0.2526x^2 + 28.689x - 184.31$
		Bliss $y = -0.1262x^2 + 14.384x - 150.57$
Filled	DW (AB flute)	RSC $y = -0.0001x^2 + 0.0079x + 0.8939$
		Folder $y = -0.0002x^2 + 0.0177x + 0.6103$
		Bliss $y = -0.0003x^2 + 0.0301x + 0.2117$
	SW (A flute)	RSC $y = -0.0002x^2 + 0.0195x + 0.6134$
		Folder $y = -0.0004x^2 + 0.0464x - 0.2979$
		Bliss $y = -0.0005x^2 + 0.0568x - 0.5948$
	SW (B flute)	RSC $y = 0.0001x^2 - 0.0322x + 2.2754$
		Folder $y = 0.0002x^2 - 0.0376x + 2.4404$
		Bliss $y = 0.00005x^2 - 0.0203x + 1.8831$

이와 같은 계산은 순환습도에 대한 영향을 고려하지 않은 것으로 순환습도를 고려할 경우 더 급격하게 떨어질 것으로 예상된다.

2) 수송 중의 진동 및 충격

농산물 골판지포장상자는 잦은 상, 하역으로 인한 충격 및 수송중의 진동, 다단적재

상태의 정, 동적하중에 의한 열화가 빈번하게 발생한다. 진동에 의한 열화현상을 파악하기 위하여 제품적입 후 20℃에서 각각 50, 70, 90% R.H.에서 24시간 보관된 포장상자의 고유주파수 파악하고 제품이 적재된 상태에서 진동이 상자의 압축강도에 미치는 영향을 분석하였다.

진동시험기는 ETS 4000(미국 Lansmonts사, Capacity: 4000kgf, 진동범위: 5~3000Hz)을 이용하였으며 진동시험기 시스템은 아래 Figure 86 과 같다.

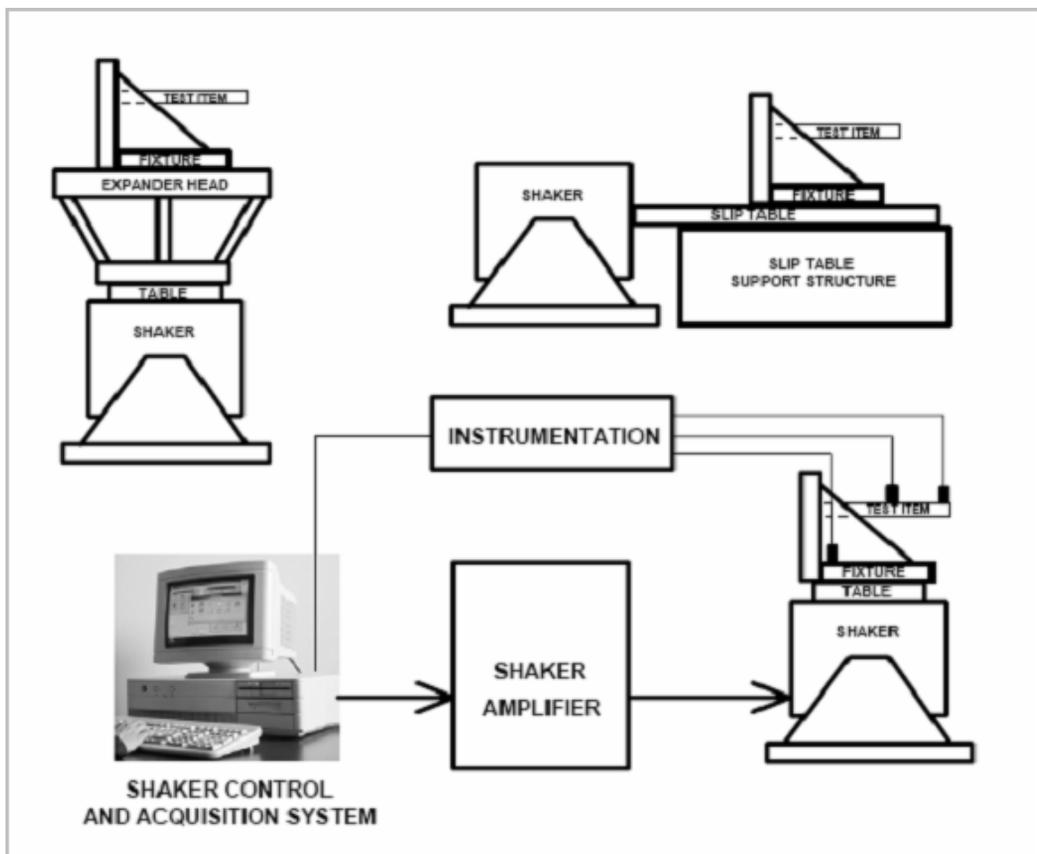


Figure 86. 진동시험기 시스템

가) 공진주파수 측정

유통환경에서 진동이 포장상자의 형태와 상대습도의 변화에 따라 포장상자 자체 공

진 주파수에 어떤 영향을 주는지 파악하기 위하여 조건을 달리하여 각 포장상자의 공진주파수를 측정하였다. 공진 주파수란 단일제품에서 파손 발생 가능성이 가장 높은 주파수 대역을 의미하며 아래 Table 62와 같은 조건으로 진동 시험방법 (ASTM D-999, KS A 1017)과 같은 방법으로 행하였다(Figure 87).

Table 62. Vibration Test Method

Test Method	Sine	
Duration Type	Sweep	
Sweep Mode	Log	
Sweep Rate	1 Oct/min	
Frequency	5Hz ~ 200Hz	
Acceleration	0.3G / 0.5G	
Sensor Number	4 EA	
Sensor Status	Ch1	Control
	Ch2	Weight-Top
	Ch3	Side-short-3 Axis (Y)
	Ch4	Side-long-3 Axis(Y)

시험결과 상자의 공진주파수는 상대습도의 변화나 상자의 형태와는 밀접한 관련이 없는 것으로 나타났다. 주파수 패턴도 상당히 유사하며 습도에 따른 공진주파수의 이동도 큰 차이점을 발견하지 못하였다(Figure 88 ~ 93).



Figure 87. Vibration Tester and Environmental Chamber.

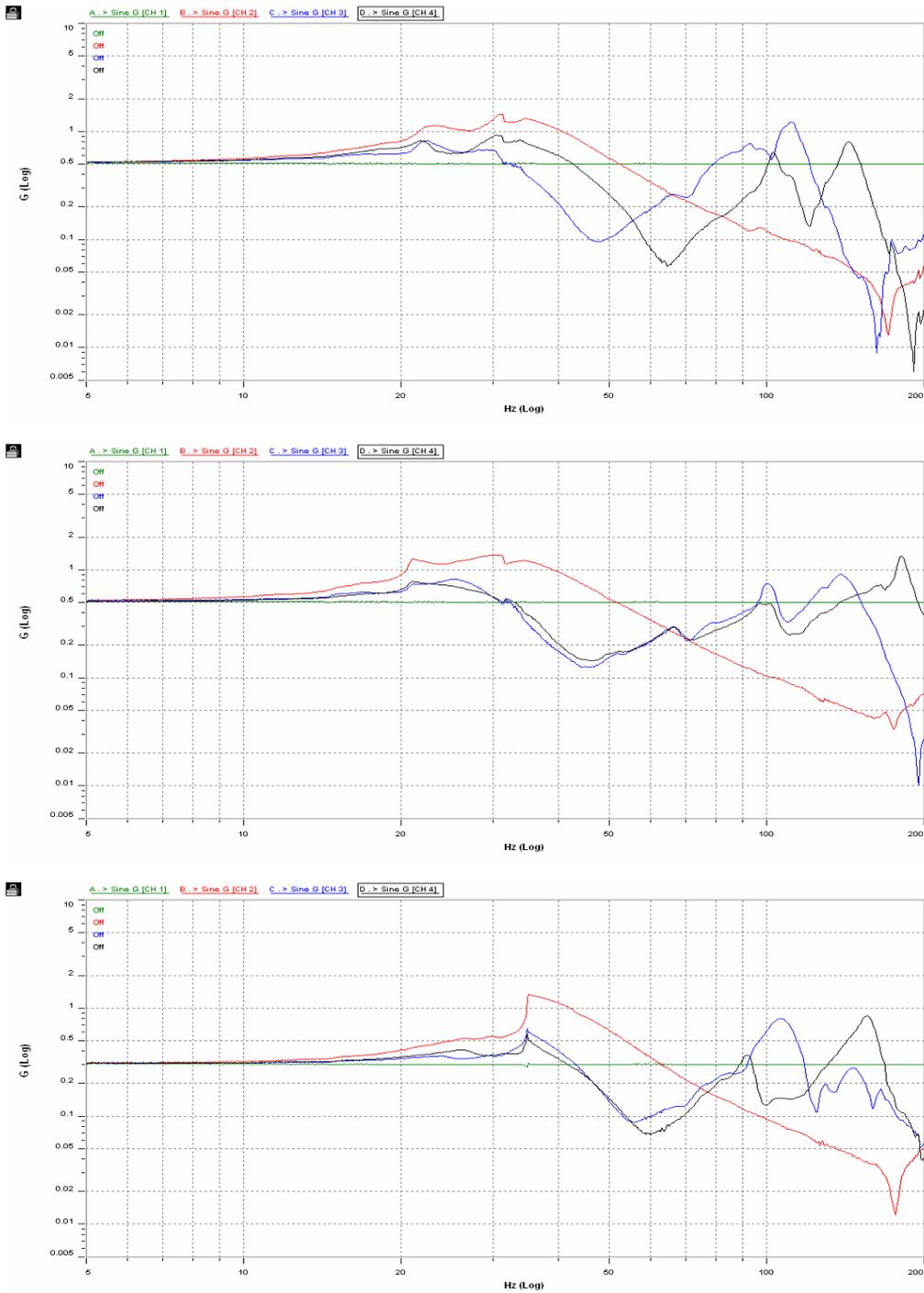


Figure 88. Vibration Test(0.5G) for RSC Box at each Relative Humidity.

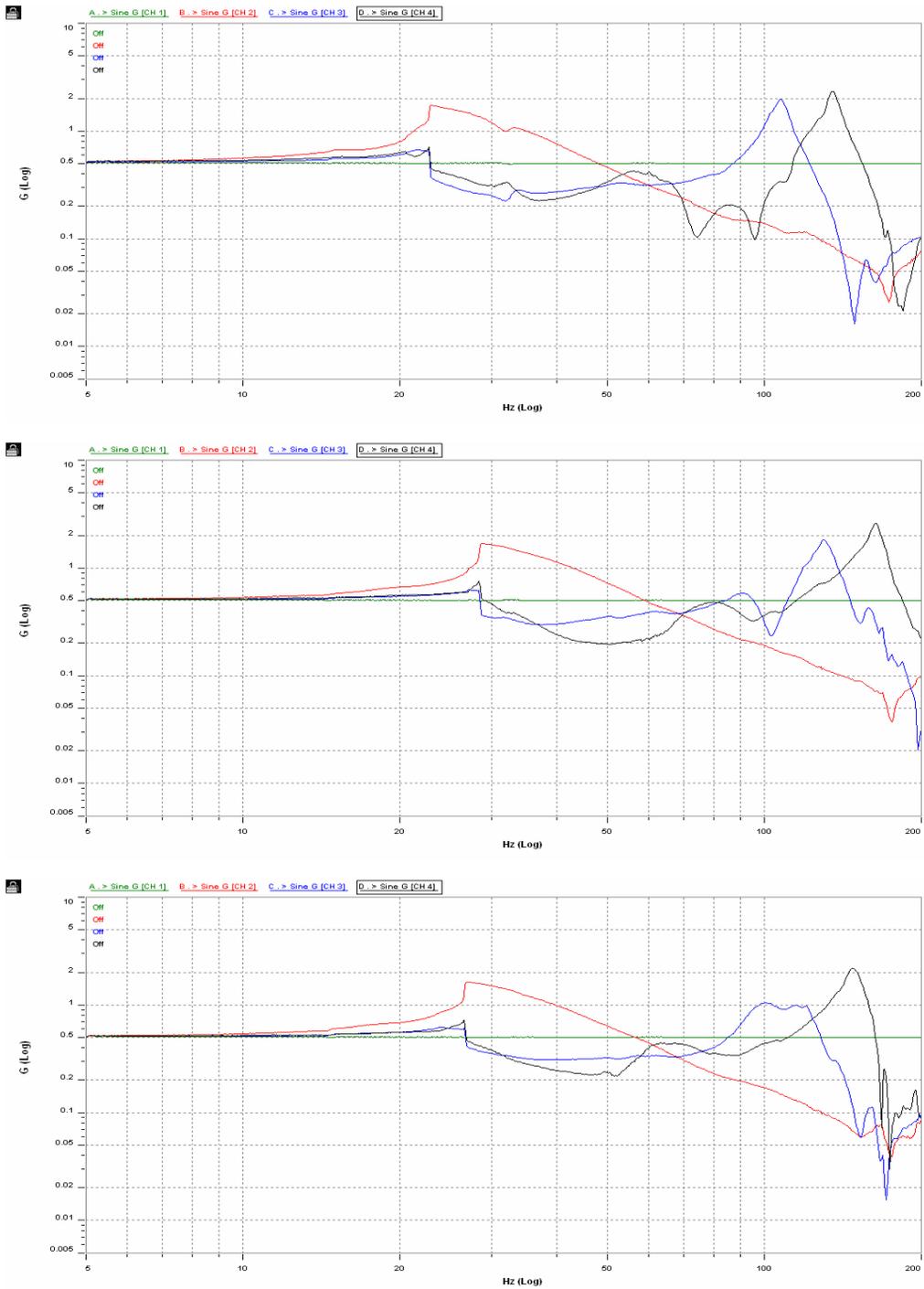


Figure 89. Vibration Test(0.5G) for Folder type Box at each Relative Humidity.

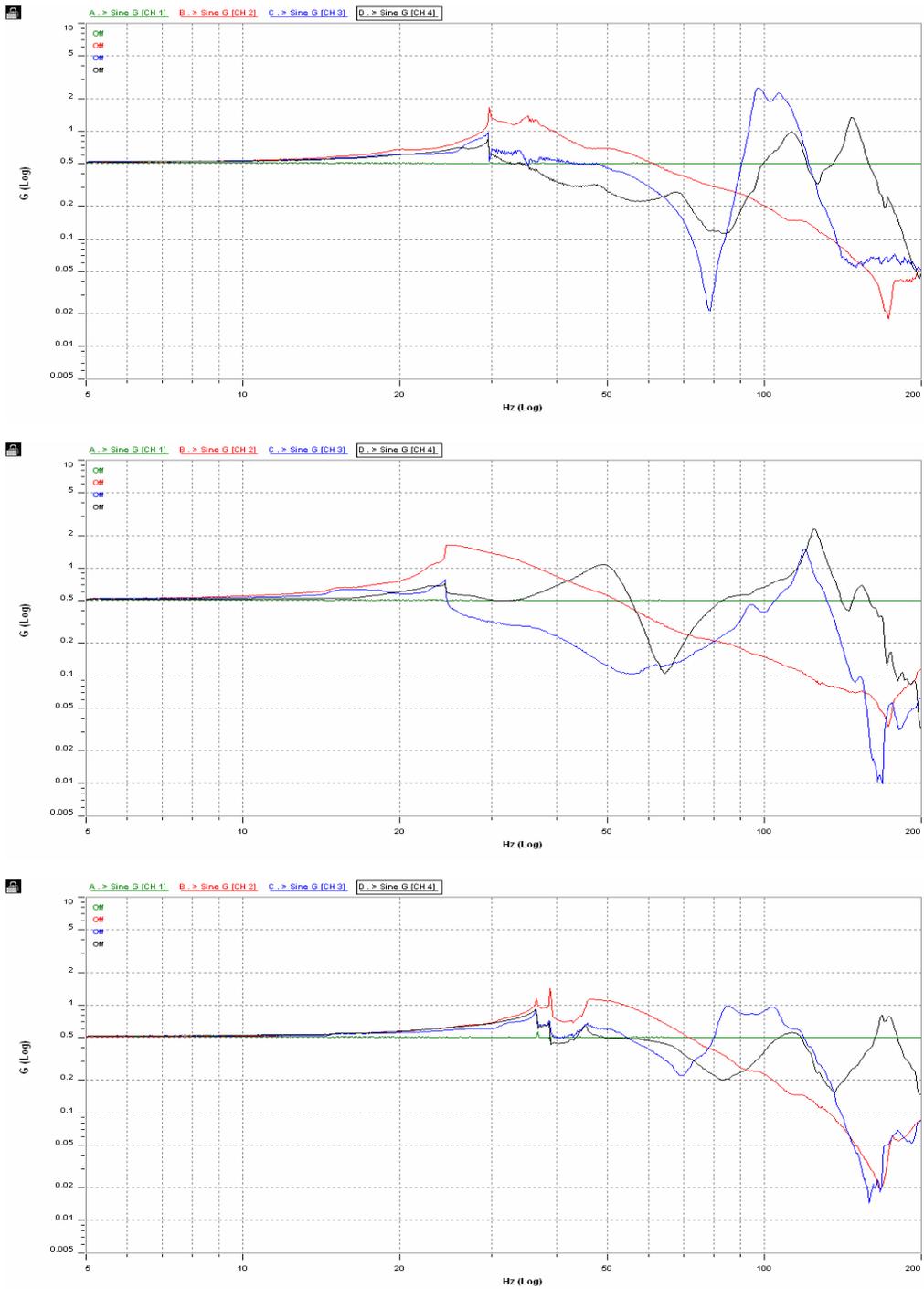


Figure 90. Vibration Test(0.5G) for Bliss type Box at each Relative Humidity.

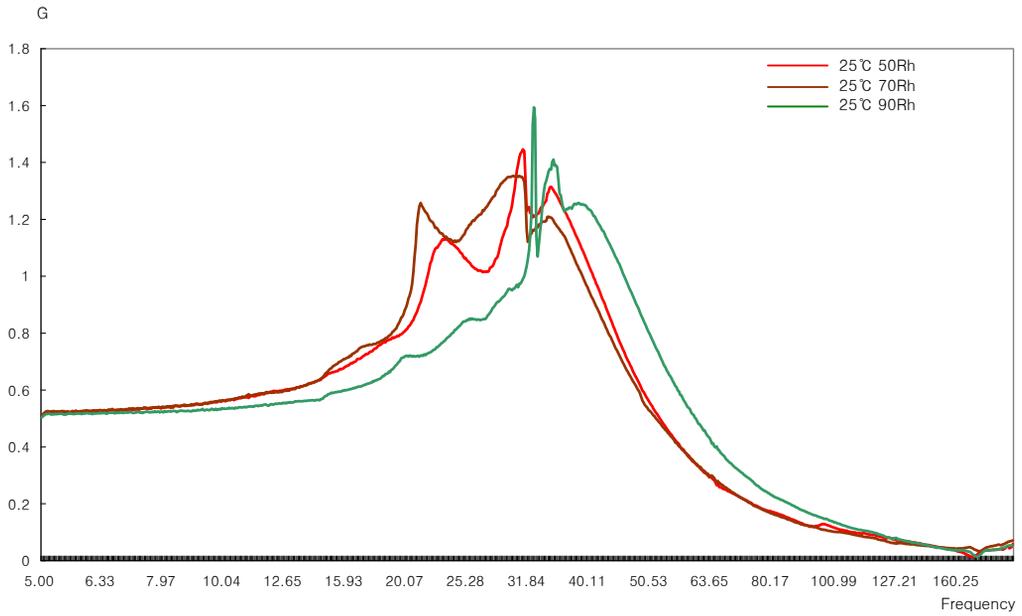


Figure 91. Natural Frequency of RSC Boxes with Various Relative Humidity.

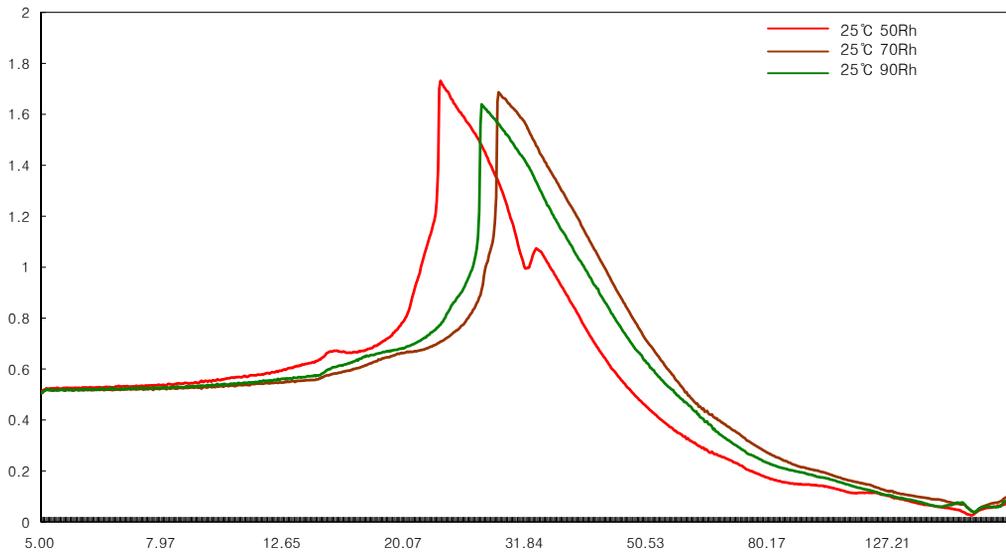


Figure 92. Natural Frequency of Folder type Boxes with Various Relative Humidity.

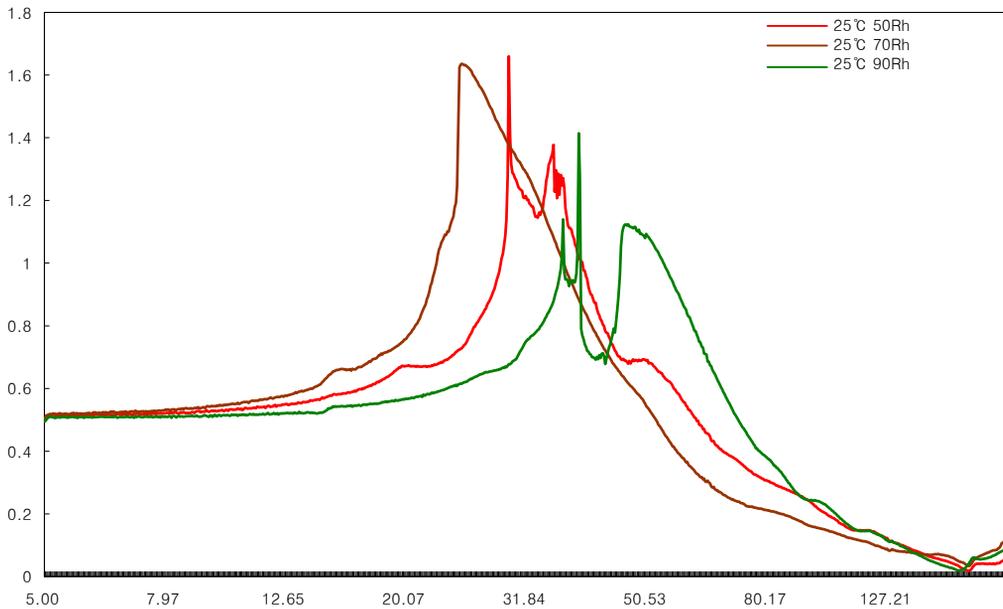


Figure 93. Natural Frequency of Bliss type Boxes with Various Relative Humidity.

나) Random Vibration 시험

실제 유통 중에 제품과 포장에 가해지는 진동은 불규칙으로 농산물 상자 역시 여러 개의 정현파 진폭에 의해 다른 영향을 받을 것으로 판단되었다. 따라서 일반 공산품의 진동시험과 같이 불규칙 진동시험(Random Vibration Test) 적용시 상자의 압축강도에 어떻게 영향을 미치는지 관찰하였다. 이러한 불규칙진동시험은 전체 구간에 대한 충격 에너지를 산정하여 포장 규격을 설정하는 것으로 실제 유통 Test에서 실측된 유통과정을 PSD(Power Spectral Density)로 변화하여 진동실험을 행하게 되어 실제와 가장 유사한 결과를 얻게 된다.

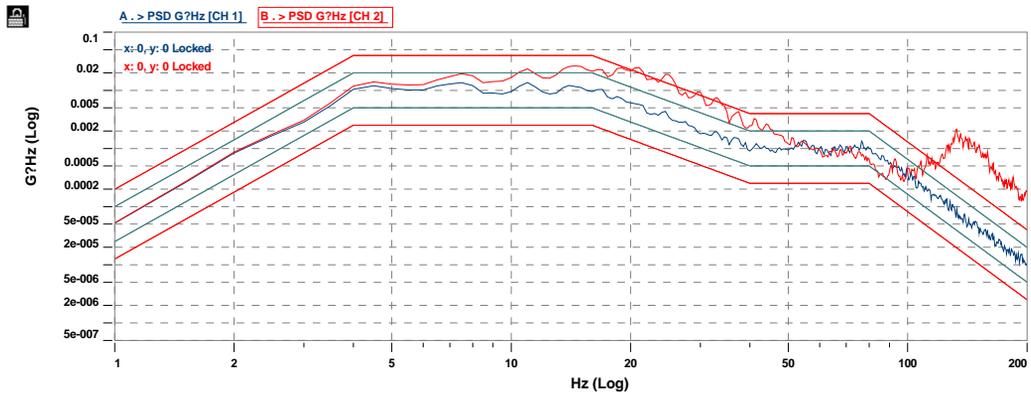
시험에 사용된 PSD plot은 경북과학대학(경북 왜관 소재)에서 제공된 김천-서울 간의 경부고속도로 구간의 실제진동기록결과를 활용하였으며 제품 Simulant로 쓰인 공

시재료는 감귤, 방울토마토, 오이를 사용하였다. 각 규격의 상자와 제품을 온도 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 $50\pm 2\%$, 24시간 전처리 후 40분간 사전 조정된 PSD plot에 의거 진동 시험(ASTM D-4728 기준)을 행하였으며 Figure 94 와 같이 적절하게 수행되었다.

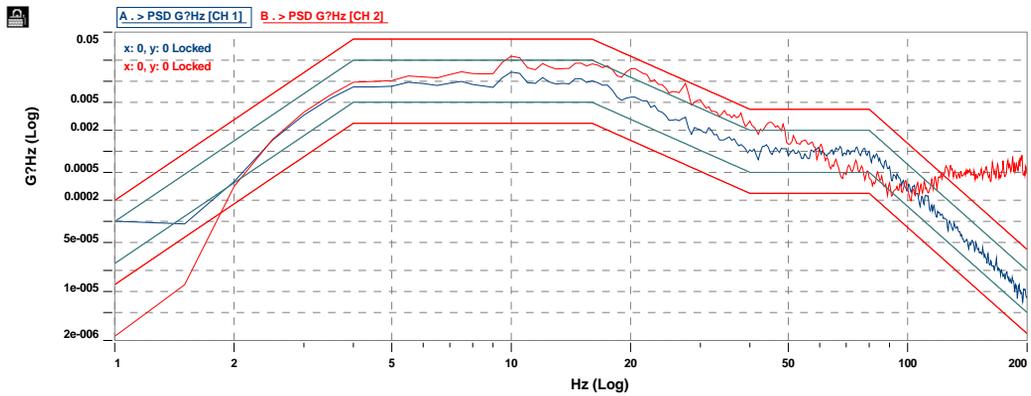


Figure 94. Setting for Random Vibration Test.

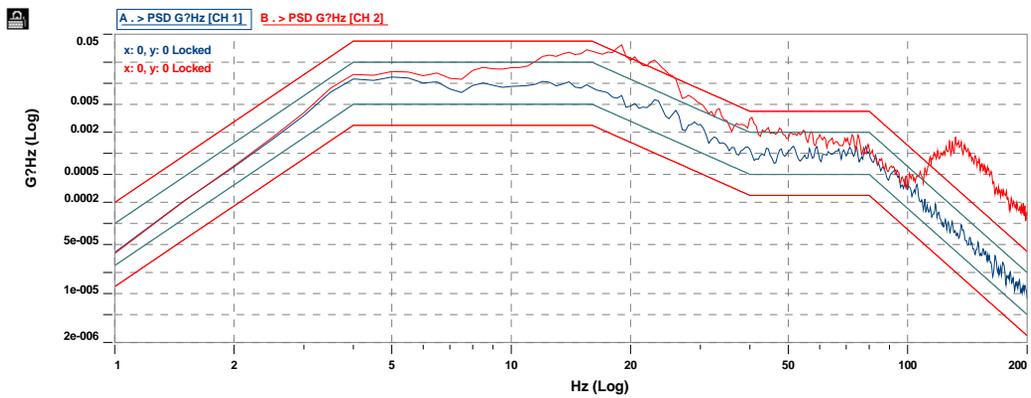
070123_F_4step_5kg



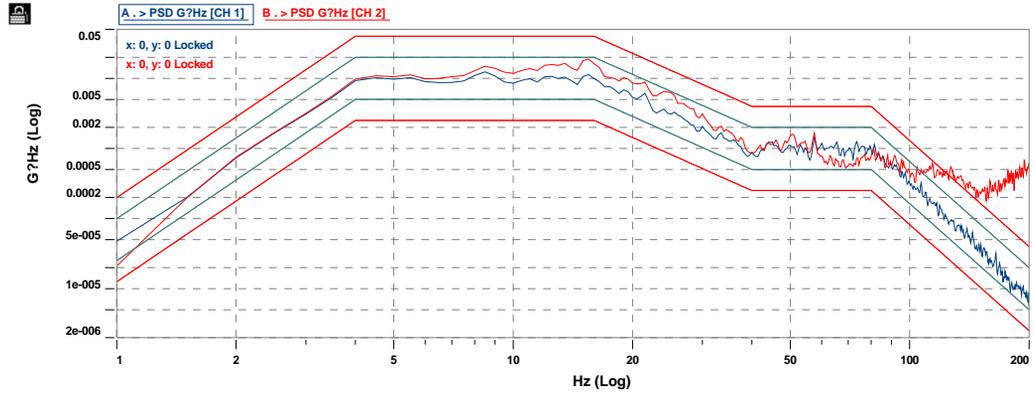
070123_G_4step_3kg



070123_G_4step_5kg



070123_R_4step_3kg



070123_R_4step_5kg

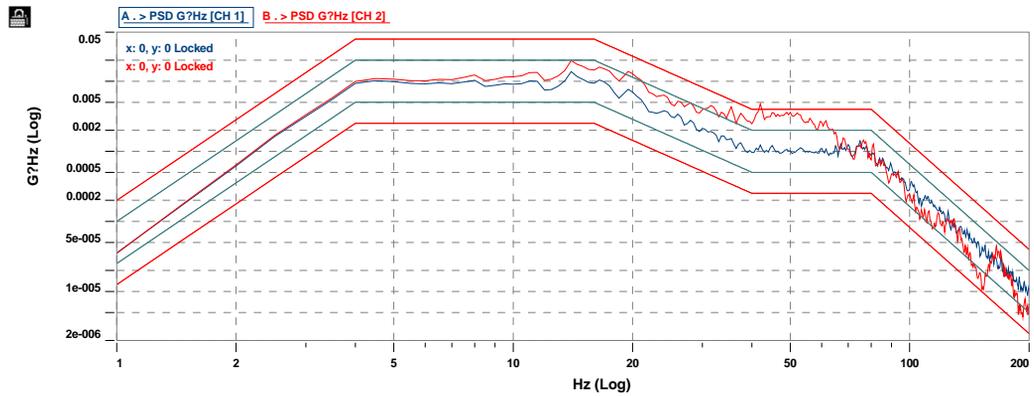


Figure 95. Comparison of Designed and Measured PSD(Power Spectral Density) plot.

진동시험이 끝난 상자는 제품을 꺼낸 후 압축강도 저하율과 수분함량을 각각 측정하였다.

상자의 압축강도는 모든 상자에서 상대적으로 DW의 저하율이 낮았으며 SW RSC형 상자의 압축강도 저하는 무려 20.49%로 가장 높았다. 특히 Folder형 상자의 경우 SW, DW 모두 낮은 압축강도 저하율을 보이고 있는 점이 특징이다.

Table 63. Loss of Box Compression Strength after PSD Vibration Test.

Flute type	Box Type	Compression Strength(kgf)		% loss
		Before	After	
SW (A flute)	RSC	351.9	279.8	20.49%
	Folder	810.0	809.0	0.12%
	Bliss	299.2	263.3	11.99%
DW (AB flute)	RSC	700.6	690.6	1.43%
	Folder	1,519.2	1,516.5	0.18%
	Bliss	571.6	560.8	1.90%

이러한 결과는 진동시험 이후 측정된 습도의 변화에서 확인할 수 있다.

같은 진동시험 이후 감귤과 오이상자의 내부 및 외부 라이너지의 함수율을 측정된 결과 외부 라이너의 함수율은 큰 변화가 없었으나 내부 라이너지의 함수율은 비교적 높아졌다. 특히 감귤의 경우 4.2에서 4.7% 정도의 함수율을 보인 반면 오이는 7.7에서 8.1정도로 높게 나타났으며 이는 제품자체의 수분함량 및 호흡경향과 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다.

상자의 형태에 따라서도 수분함량은 차이가 났는데 밀폐형인 RSC 형 상자가 개방형인 Folder나 Bliss type 보다 대체로 높았으며 이것이 습도에 따른 RSC형 상자의 압축강도가 떨어지는 이유가 된 것으로 판단된다(Table 64, Figure 96-97).

Table 64. Changes of Moisture Content of Outside/Inside Mandarin Orange Boxes after PSD Vibration Test.

Box type	Mandarin Orange Flute	Before		After		Difference (B-A)	
		Average (%) (A)	Std. Dev.	Average (%) (B)	Std. Dev.		
RSC	SW	inside	6.6	0.2	11.3	1.1	4.7
		Outside	6.4	0.2	7.7	1.4	1.4
	DW	inside	7.2	0.3	9.6	0.3	2.4
		Outside	5.9	0.4	6.8	0.5	0.9
Folder	SW	inside	6.6	0.2	10.8	0.3	4.2
		Outside	6.4	0.2	7.5	0.4	1.1
	DW	inside	7.2	0.3	8.5	0.1	1.3
		Outside	5.9	0.4	6.6	0.5	0.7
Bliss	SW	inside	6.6	0.2	10.8	0.6	4.2
		Outside	6.4	0.2	7.9	1.7	1.5
	DW	inside	7.2	0.3	7.8	0.5	0.6
		Outside	5.9	0.4	6.2	1.2	0.2

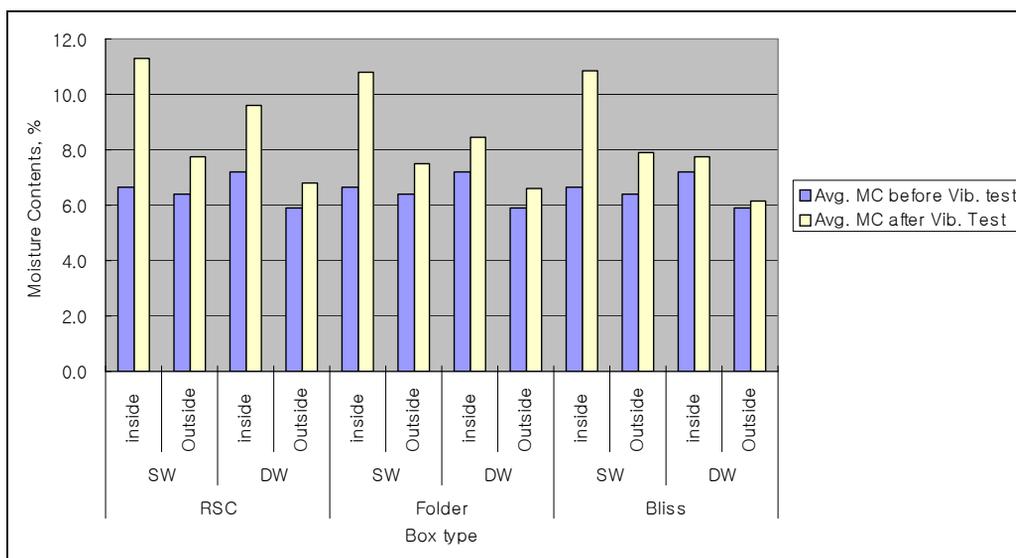


Figure 96. Changes in Moisture Content of Mandarin Orange Boxes after PSD Vibration Test

Table 65. Changes of Moisture Content of Cucumber Boxes after PSD Vibration Test

Box type	Cucumber Flute	Before		After		Difference (B-A)	
		Average (%) (A)	Std. Dev.	Average (%) (B)	Std. Dev.		
RSC	SW	inside	6.6	0.2	14.3	1.3	7.7
		Outside	6.4	0.2	7.5	1.1	1.2
	DW	inside	7.2	0.3	13.7	2.1	6.5
		Outside	5.9	0.4	7.4	0.7	1.5
Folder	SW	inside	6.6	0.2	14.5	0.5	7.9
		Outside	6.4	0.2	7.8	0.8	1.4
	DW	inside	7.2	0.3	9.1	0.9	2.0
		Outside	5.9	0.4	6.7	0.5	0.7
Bliss	SW	inside	6.6	0.2	14.7	2.3	8.1
		Outside	6.4	0.2	8.2	0.8	1.8
	DW	inside	7.2	0.3	9.1	0.4	2.0
		Outside	5.9	0.4	6.1	0.2	0.2

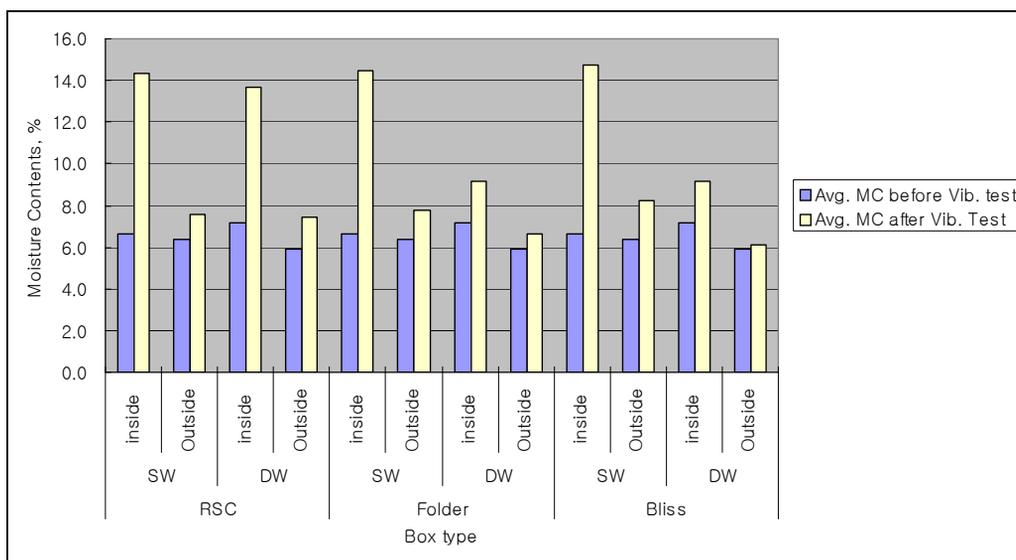


Figure 97. Changes of Moisture Content of Cucumber Boxes after PSD Vibration Test

습도조건의 변화에 따른 진동패턴의 변화는 RSC에 비하여 folder type이나 Bliss type이 다소 안정된 패턴을 보이는 것 외에는 특별한 차이점이 없었다. 그러나 진동 시험 이후 압축강도는 Folder 형을 제외하고 box type에 관계없이 10-20% 전후의 열화가 발생하였으며 아래와 같은 결론에 도달하였다.

- ① 진동에 의한 강도열화 : 자립이 가능한 내용물이거나 내용물이 포장 내부에서 이동이 미약한 경우 진동에 의한 강도열화는 거의 무시할 정도이나 농산물과 같이 비자립제품이며 수송 중 다단적재에 의한 진동이 반복되는 경우 움직이는 하중이 더해져 골판지상자의 강도열화가 커지게 되고 열화율은 10%를 초과하게 된다.
- ② 적재 시뮬레이션(불규칙진동)에 의한 수분함량 변화 : 진동 전보다 PSD 시뮬레이션 이후 상자 내부의 수분함량이 크게 증가하였으며 상자내부의 함량은 밀폐형인 RSC형이 개방형인 Folder나 Bliss 형보다 다소 높게 나타났다. 그러나 상자형태간의 수분함량 차이는 크지 않았으며 그보다는 제품특성에 따른 수분함량차이가 더 큰 것으로 사료된다.
- ③ 낙하충격에 의한 강도열화 : 낙하충격의 경우 매우 예외적이므로 본 연구대상에는 제외하였다. 그러나 내용품이 들어 있는 상자를 이용해 그 밑바닥의 각 혹은 모서리를 각 상자 1회씩의 낙하충격(높이 40cm: 전국 레벨로 수송실태 조사한 결과 98.8%가 40cm 이하의 낙하)을 더한 경우의 영향을 추정하면, 자립형의 경우 평균 8%의 열화, 비자립형인 경우 평균 13%의 상자압축강도의 열화가 발생한다.
- ④ 한편, 골판지 형태로는 이중양면골판지상자(DW)가 낙하나 수분함량 증가에 따른 피해가 적었다. 1각 3모서리 3면에 대한 낙하시험을 하면 SW는 45%의 강도저하를 나타내고, DW는 30%의 강도저하율을 나타낸다. 포장시험과는 별도로 실제의 물류에서는 최고낙하 높이로의 낙하가 동일 상자에 집중하는 것이 없기 때문에 실제 설계에는 이를 고려하여야 한다.

결론적으로 진동에 의한 강도열화는 진동자체에 의한 열화보다는 제품유동 등에 의한 수분함량변화와 더 밀접하게 관련이 있다. 이를 종합하여 보면 최악의 상황에서 SW나 수출의 경우는 20%의 열화, DW나 국내수송의 경우 15%의 열화, 로 설정하

는 것이 합리적으로 판단된다.

3) 적재

통상적으로 상자압축강도의 측정은 단일 상자로 하지만, 실제 수송에 있어서는 다단으로 파렛트에 쌓아, 사과와 경우 10단, 굴상자의 경우 15단 정도의 층수로 쌓아 올리는 경우가 보통이다. 이때 쌓는 방법 및 over hang의 정도에 의해서도 상자 강도는 크게 변화한다. 그러나 유통 중 파렛트 적재형태에 따른 압축강도 저하에 대해 심각하게 고려하지 않는 경우가 많아 초기 상자 압축강도 설정시 적재패턴에 따른 압축강도 저하율을 고려할 필요가 있다.

Fiber Box Handbook(Fiber box Association, p45)에서는 칼럼형태로 잘 적재된 경우는 거의 무시될 정도의 열화율을, 미스매치(misaligned)된 경우 10-15%의 열화율, 교대배열, 또는 핀휠식 적재(pin wheel)는 40-60%의 열화율을 보인다고 하였다.

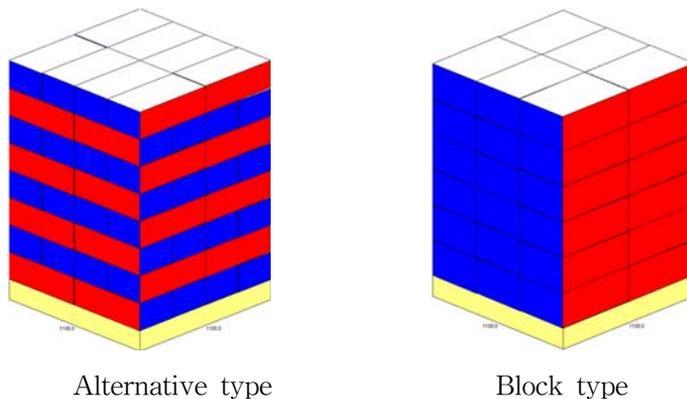


Figure. 98. Typical Types of Palletized Box Arrangements.

Figure. 99 는 적재시 misaligned 된 상자의 압축강도 변화율을 나타낸 것으로 압축강도 변화율은 비자립형 제품이 포장되어 있을 경우를 나타낸 것이다. 초기 강도에 비하여 5% misaligned 된 경우 12%의 열화율을, 20%의 경우는 무려 57%의 열화율을 보였다.

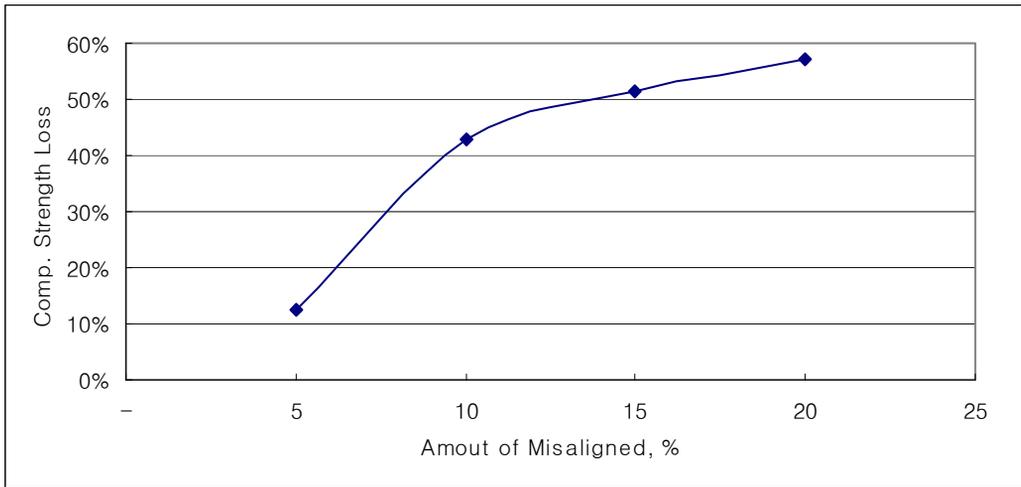


Figure 99. Effect of parallel misalignment on Palletized box arrangements.(Box Size: 320*220*200(mm), Composition: KA210/S120/K200/S120/KA210(DW))

상자를 길이와 폭이 수직방향으로 엇갈리게 쌓는 경우(핀 훔 방식) 20%가 엇갈린 경우 무려 63%의 압축강도가 저하되는 것으로 나타났다.(Figure 100)

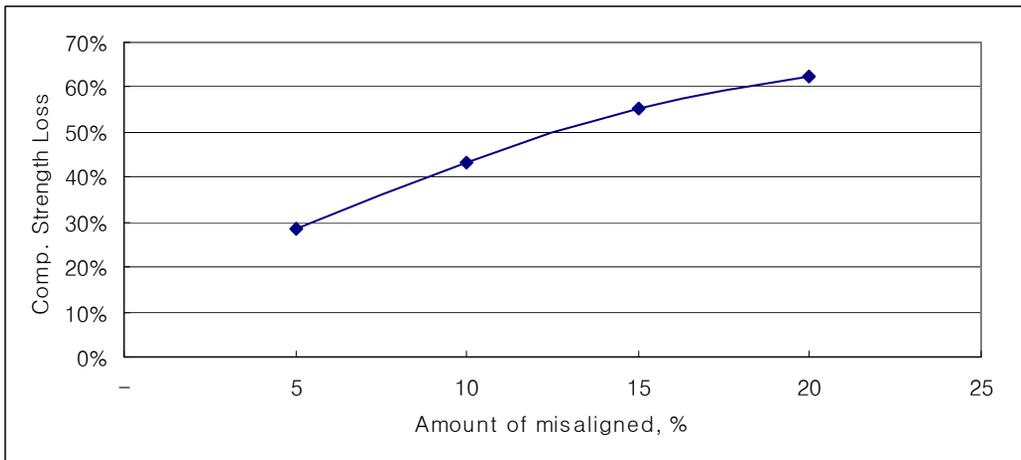


Figure 100. Effect of Vertical misalignment on on Palletized box arrangements.

또한 overhang의 발생시 20-40%의 열화율을, 파렛트 데크보드간의 간격(pallet deckboard gap)에 대해서는 10-25%의 열화율을 보이는 것이 일반적이다. 데크보드 간격에 걸치는 상자의 치수와 간격의 비가 20% 정도이면 강도 저하는 없지만, 33%

로 간격이 넓어지면 8%의 저하가 되고, 50%로 가까워지면 15%나 저하된다. 적재열화의 경우 내용물이 자립형이면 큰 문제가 되지 않으나 농산물은 곡류를 제외한 거의 전부가 비자립형이라고 볼 수 있으므로 복합적 요소에 의한 압축강도 저하를 충분히 감안하여야 한다. 특히 수작업으로 쌓는 경우는 안전율을 약간 높여 조작할 필요가 있다.

이에 따라 Overhang에 의한 압축강도 저하율을 반복실험한 결과 상자면적의 5%일 때 22%, 20%일 때는 33%까지 발생하는 것으로 나타났다.(Figure 101)

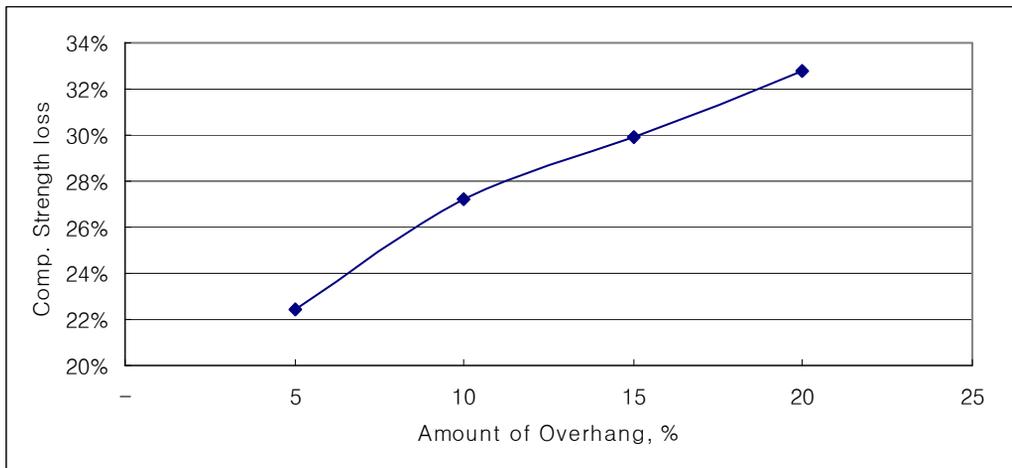


Figure 101. Effect of Overhang on Palletized box arrangements.

4) 골판지상자 가공공정 및 인쇄

골판지 상자의 제조기술 및 방법은 각 제조사마다 약간의 차이가 있으며 가공공정 상에서 인쇄(특히 후렉소 인쇄)상의 인압, 피드롤에 의한 압력 등으로 인한 골 손상은 불가피한 점이 있다. 특히 가공도가 높고 사용하는 기계수가 많으며 수작업 공정이 많다면 골의 중릉 부위가 찌그러지는 것은 막기 어렵다.

실제 골판지상자의 인쇄 및 가공방법은 매우 다양하다. 본 연구에서는 우선적으로 무가공 상자에 대한 실측열화계수가 더 중요하며 이를 기준으로 골판지상자에 많이 적용하는 인쇄 및 가공방법에 따른 열화계수를 산출하였다.

시험결과 후렉소 인쇄에서 포스트 프린팅의 경우 무인쇄를 100%로 보았을 때 전면 인쇄는 85%, 복잡한 경우 90%, 국소 인쇄 경우 95% 정도의 강도를 유지하는 것으로 판단된다. 만약 프리 프린팅을 하는 경우 5% 정도의 강도개선효과가 있다. 후렉소 인쇄에 의한 열화는 이중양면골판지(DW)의 경우 다소 덜 한 것으로 판단되며 인쇄의 가감에 관계없이 95%의 강도를 유지하였다.

농산물 포장에 적용하는 발수, 발수 및 코팅, 발수 및 라미네이션에 의해서는 오히려 상자의 압축강도가 증가할 것으로 예측되었으며 실제 압축강도도 다소 증가하였다.(Figure 102) Table 66은 이러한 가공방법에 따른 일반적인 압축강도 증감비율을 무처리 대조구와 비교한 것이다. 그러나 시험방법 및 발수 및 코팅액의 종류와 정도, 방법 등에 따라 매우 다양한 결과를 얻을 수 있으므로 이에 대한 개별적인 연구는 더 많은 시간을 요구한다.

Table 66. Change of Compression Strength due to Printing and Treatment on Boxes

Printing	Overall	Partly	Spotted /DW	Control
	0.8	0.85	0.95	1
Treatment	Water Repellent+Coating	Water Repellent+Laminating	Water Repellent	Control
	1.2	1.3	1.1	1

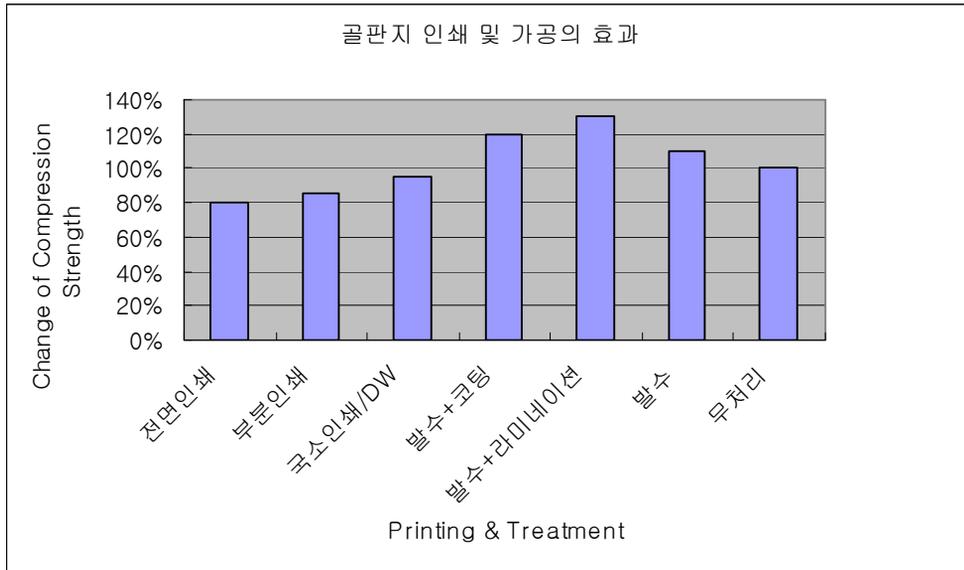


Figure 102. Change of Compression Strength ratio due to Printing and Treatment on Boxes.

5) Creep 열화

포장화물을 창고에 장기간 쌓아 올려 보관하면, 하중에 견디는 힘과 기간의 관계에서 재료는 서서히 변형이 진행된다. 보다 정확히 Creep 열화를 측정하기 위해 내용물이 든 상자를 이용하는 것이 좋다. 상자의 수분량을 추정하는 것은 Creep 열화를 측정하기 위한 좋은 방법이다. 예를 들어 85% R.H.에서 골판지상자의 수분함량이 14.9%일 때 열화율을 측정하면 얼마동안 보관이 가능한지 유추할 수 있다.

그러나 농산물의 경우 포장된 제품을 1주일 이상 장기간 창고에 보관하는 경우는 현대 유통에 있어서 매우 드물다. 본 연구에서 제품이 든 상자를 실제 수송조건에서 시뮬레이션한 진동시험 등을 통해 creep 열화 정도를 측정하고 습도에 따른 creep 열화정도를 측정하여 보았으나 이러한 결과는 모두 상자의 수분함량과 관련이 있으며 이미 안전계수 팩터에 수분함량에 따른 압축강도 저하율과 순환습도조건에 따른 압축강도 저하율 팩터가 포함되어 있어 이 부분에 대한 열화조건을 다시 포함시키는 것은 타당하지 않다고 판단하였다. 상자의 수분함량과 압축강도의 관련성은 앞서 설명한 바와 같다.

제 3 절 연구결과

1. 안전계수 산출 결과

조사대상 상자의 원지구성 분석과 모든 팩터에 대한 시험 data를 종합하여 유통환경에 따른 필요압축강도 및 안전계수를 산출할 수 있다.

Table 67에 예시된 안전계수는 본 연구의 결과에 따라 산출한 것이다. 예시된 유통 조건은 적재높이 1500mm, 유통기간은 국내의 경우 1일, 해외의 경우 10일, 적재패턴은 칼럼 및 핀휠적재, 평균습도는 80%로 산정하였다. 습도(average relative humidity), 순환습도(cyclic humidity), 적재패턴(stacking arrangement). overhang, 인쇄 및 발수처리 등은 연구내용에 기술된 data를 기준으로 하였다. 만약 파렛트 2단 적재를 하는 경우 산출된 안전계수의 2배가 된다.

계산결과에 따르면 DW 10kg 상자의 경우 약 2.5의 안전계수가 필요하며 SW 5kg 상자는 4.3, SW 3kg 수출용의 경우 4.1의 안전계수가 각각 필요하다. 감골의 경우 해상운송이 추가되어 수출용으로 안전계수를 환산할 필요가 있다.

Table 67. Example of Box Strength Required and Safety Factor Calculation.

Box Size	550×366×120	440×330×110	366×275×110
Box type	(DW, AB flute)	(SW, A flute)	(SW, B flute)
Composition	SC240/S120/K200/S120/SK180	SC240/K200/SK180	SC240/S120/SK180
Net Wt., kg	10	5	3
Gross. Wt., kg	10.5	5.3	3.2
Number of Boxes	11	13	13
Actual Compression, kg	105	63.6	38.4
Avg. Relative Humidity during distribution process(A-1)	80	80	80
No. of Cyclic Humidity(A-2)	0회	1회	3회
Stacking arrangement(B-1)	column	pin wheel	column
Overhang(B-2)	0	0	0
Storage time during Load(day)(D-1)	1	1	10
Destination(D-2)	Domestic	Domestic	Oversea
Printing(E-1)	부분인쇄	부분인쇄	국소인쇄
treatment(E-2)	발수+코팅	발수+라미네이션	발수
Total factors combined	0.40	0.23	0.25
Box strength required	261.16	275.05	155.46
Safety factors	2.49	4.32	4.05

- ※ 상기 Table 67은 예시이며 유통 조건이 달라짐에 따라 안전계수는 변할 수 있음.
- ※ Column 방식의 적재라 하더라도 5%의 misarrangement는 상시 일어날 수 있으므로 이에 의한 압축강도 저하율 적용.
- ※ 파렛트 2단 적재시 산출된 안전계수의 2배 적용.

2. 환경조건에 따른 상자의 압축강도 및 안전계수 추정 프로그램 개발

연구결과의 활용도를 높이고 안전계수의 합리적 산출을 용이하게 하기 위하여 연구 결과를 정리하여 Visual C+ 를 이용한 상자의 압축강도 및 안전계수 추정프로그램을 개발하였다. 아래 Figure 103 는 프로그램 순서도이다.

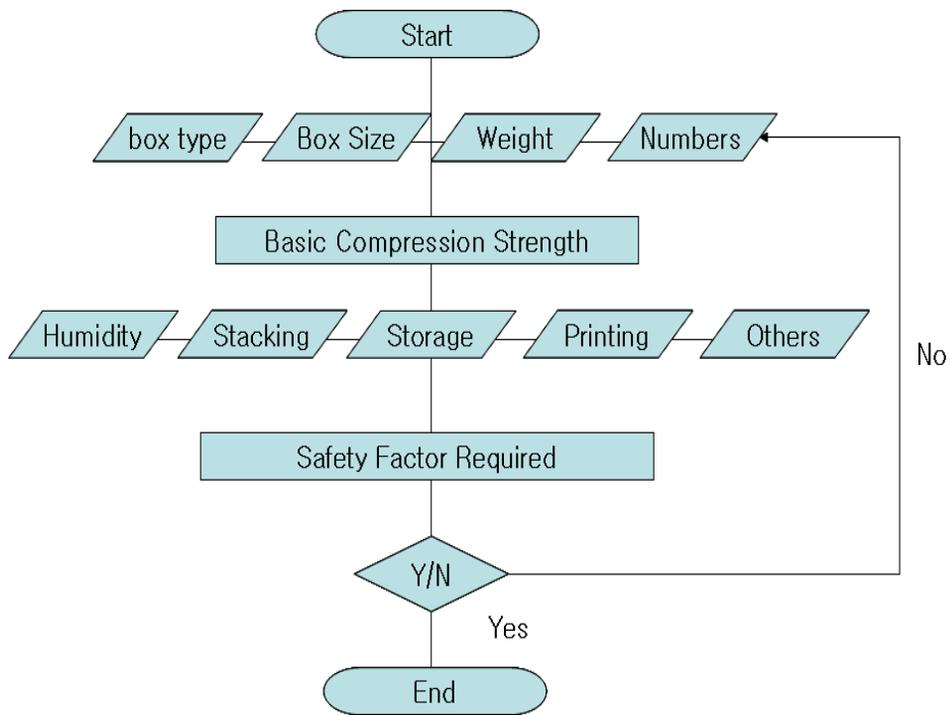


Figure 103. Flow Chart for Safety Factor Program

상기 플로우 차트에 의해 개발된 프로그램 구성은 Figure 104 와 같다.

환경조건에 따른 상자의 압축강도 및 안전계수 추정 프로그램

1단계

Box Type: DW(A/B flute)
 Structure: DW(A/B flute), SW(A/B flute)
 Box Size: Unknown

2단계

Net Wt., kg: 10
 Gross Wt., kg: 10.5
 Number of Boxes: 10
 Basic Compression Str., kg: 94.5

3단계

Avg. Relative Humidity during Distribution Process: 80 → 0.886
 No. of Cyclic Humidity: No → 1,000
 Stacking Pattern: Block(Column)
 Misarrangement: V → 5 → 0.7132
 Overhang: 0 → 1,0000
 Storage Time during Load(Day): 2 → 0.800
 Destination: Domestic → 0.850
 Multiple Stacking: 2단
 Printing: 국소인쇄
 Treatment: 말수 + 코팅

Warning Log:
 <<Warning>>: Enter 'New Wt., kg'
 <<Warning>>: Enter 'Number of Boxes' and it must be greater than 1
 <<Warning>>: Enter 'Gross Wt., kg'
 <<Warning>>: Enter 'Avg. Relative Humidity'
 <<Warning>>: Enter 'Avg. Relative Humidity'

Buttons: Get Result, Exit

Result

Total Factors Combined: 0.21
 Box strength required: 454.02
 Safety factors: 4.80

OK

Figure 104. 유통환경조건에 따른 압축강도 및 안전계수 산출 프로그램

3. 대상 품목의 포장 표준규격

가. 표준포장규격(안)

1) 표준포장규격(안)

연구대상인 국내 과실류(사과, 감귤, 포도) 및 채소류(토마토, 배추, 오이) 포장용 골판지상자에 대한 표준포장규격(안)은 Table 68과 같다.

Table 68. Standard Box Type and Strength Recommended for Boxes.

Product	Net Wt. (kg)	Box Size	Box Type & Composition	Stacking arrangement	Safety Factors
Grape(Cambell)	2	366×275×110	(SW, B flute)	column	3.5
	5	440×330×110	(SW, A flute)	pin wheel	4.0
	10	550×366×120	(DW, AB flute)	column	3.5
Apple(Fuji)	3	366×275×110	(SW, B flute)	column	3.0
	5	440×330×110	(SW, A flute)	pin wheel	4.0
	10	550×366×120	(DW, AB flute)	column	3.5
Mandarin	3	366×275×110	(SW, B flute)	column	3.0
	5	440×330×110	(SW, A flute)	pin wheel	3.5
Orange	10	440×330×110	(DW, AB flute)	pin wheel	3.5
	3	366×275×110	(SW, B flute)	column	3.0
Tomato	5	440×330×110	(SW, A flute)	pin wheel	4.0
	10	440×330×110	(DW, AB flute)	pin wheel	4.0
	3	366×275×110	(SW, B flute)	column	3.5
Chinese Cabbage	5	440×330×110	(SW, A flute)	pin wheel	4.5
	10	550×366×120	(DW, AB flute)	column	3.5
Cucumber	3	366×275×110	(SW, B flute)	column	3.5
	5	440×330×110	(SW, A flute)	pin wheel	4.0
	10	550×366×120	(DW, AB flute)	column	3.5

※ 안전계수는 국내 유통을 감안한 것이며 인쇄는 부분인쇄임.

※ 파렛트 2단 적재시 산출된 안전계수의 2배 적용.

2) 표준포장규격 산출 근거

상기 표준포장규격은 상자크기, 형태, 중량, 품목별 유통환경, 인쇄 및 가공조건 등을 모두 고려한 것으로 본 연구진이 실험한 결과를 바탕으로 한 것이다. 대부분의 실제 data는 본문에 잘 나타나 있으므로 참고하기 바란다.

무엇보다도 염두에 두어야 할 점은 안전계수는 상자형태 및 유통환경의 변화 등에 따라 유동적이라는 것이다. 본 표준포장규격은 포장상자의 기획 및 설계에 있어서 가장 합리적이고 경제적이며 안전성을 고려하기 위하여 개발된 것이다. 따라서 설계자와 농가가 경제성과 안전성에 대한 輕重에 따라 합리적으로 선택할 수 있으며 개발된 S/W를 적극적으로 활용할 수 있을 것이다.

산출의 근거는 연구대상인 국내 과실류(사과, 감귤, 포도) 및 채소류(토마토, 배추, 오이)의 통상적인 유통조건(습도), 순환습도의 유무, 통상 사용되는 포장재(골판지), 중량, 상자크기, 인쇄 및 가공방법 등에 대한 실제 실험결과를 토대로 각 품목별로 적용한 것이다.

적재패턴은 일반적으로 편횡 방식의 압축강도 저하율이 높은 것으로 나타나 안전계수가 다소 높았으며 (거의 모든 품목에 걸쳐 같은 현상임) 파렛트 2단 적재 또는 과량적재시에는 산출된 안전계수의 2배를 적용하여야 한다.

다만 연구기간의 제약과 농산물의 계절성 등으로 인해 최소 3-4회 반복시험을 통해 data의 신뢰성을 높이는 것은 차후의 연구에서 보완될 부분이다.

3) 내용물의 품질변화와 골판지 안전계수와의 연관성

골판지의 안전계수에 영향을 미치는 인자로 가장 중요한 것이 외부환경의 습도변화와 진동, 충격 등의 유통환경이라고 할 수 있다. 물론 내용물이 수분이 많고 호흡량이 높은 경우 골판지의 압축강도에 영향을 줄 수도 있는데 상대적으로 수확 후 유통기간이 대부분 5일 이내인 국내 환경에서는 큰 차이가 없었다(진동시험결과 참조).

5일 이내의 유통 상에 발생하는 내용물의 품질변화는 대부분 외부충격이나 취급부주의로 인한 압상 등이다. 그러나 이러한 품질변화는 골판지상자의 파손이나 압축이 선행된 결과로 적정압축강도 산출시 있어서는 안 될 일이다.

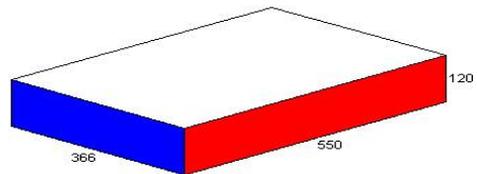
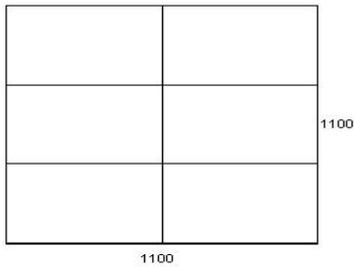
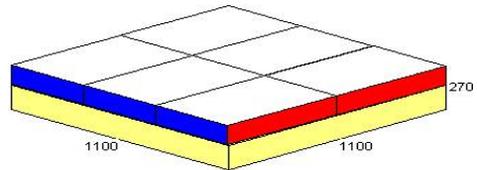
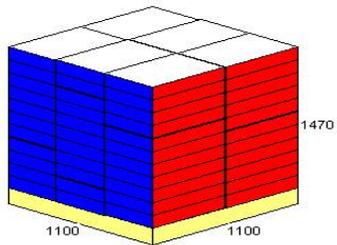
즉, 본 연구의 목적인 골판지상자의 적정 안전계수 산출로 유통 상의 내용물의 품질변화는 당연히 최소화될 수 있을 것이다.

나. 적재 시뮬레이션

Table 68의 표준 농산물 포장상자의 적재패턴을 시뮬레이션한 결과는 Figure 105 와 같다.

Product Name	Pallet Group					
Product Code	Cases/Tray/Ovals					
Datafile Name	550_336 (0206-02-03)					
Solution Ref.	1 C					
Cube Used	97.6 %			6	Box / Layer	
Area Used	99.8 %			11	Layer / Load	
Pallet type	KST11			66	Box / Load	

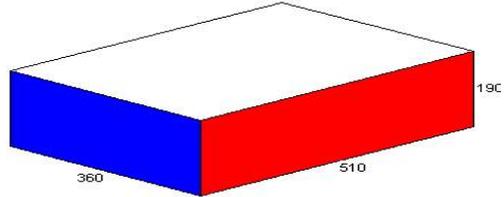
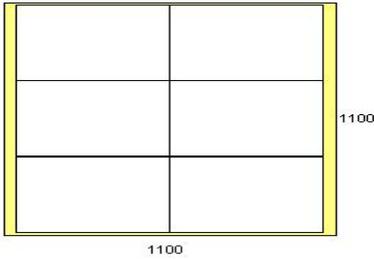
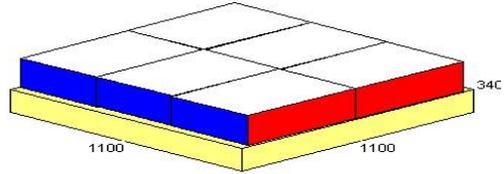
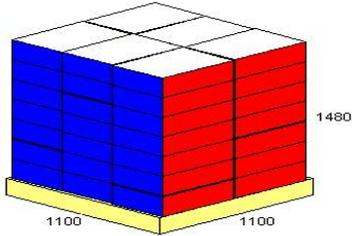
	Length	Width	Height	Net	Gross
Box (OD)	550.0	366.0	120.0 mm	10.000	10.500 Kg
Product	1100.0	1098.0	1320.0 mm	660.000	693.000 Kg
Load	1100.0	1100.0	1470.0 mm	693.000	723.000 Kg
Overhang	0.0	-1.0	mm		



Product Name Pallet Group
 Product Code Cases/Tray/Ovals
 Datafile Name 510_360 (0206-02-03)
 Solution Ref. 1 C
 Cube Used 89.7 %
 Area Used 91.0 %
 Pallet type KST11

6 Box / Layer
 7 Layer / Load
 42 Box / Load

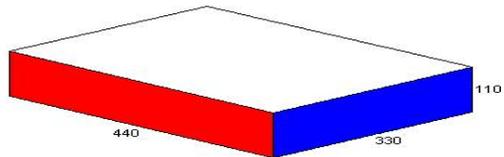
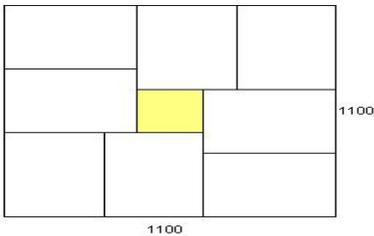
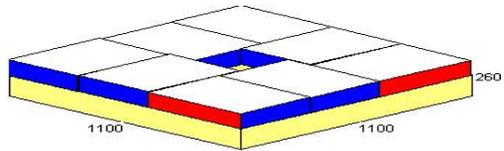
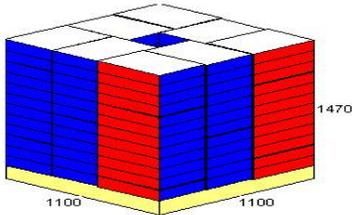
	Length	Width	Height	Net	Gross
Box (OD)	510.0	360.0	190.0 mm	10.000	10.500 Kg
Product	1020.0	1080.0	1330.0 mm	420.000	441.000 Kg
Load	1100.0	1100.0	1480.0 mm	441.000	471.000 Kg
Overhang	-40.0	-10.0	mm		



Product Name Pallet Group
 Product Code Cases/Tray/Ovals
 Datafile Name 440_330 (0206-02-03)
 Solution Ref. 1 S
 Cube Used 93.9 %
 Area Used 96.0 %
 Pallet type KST11

8 Box / Layer
 12 Layer / Load
 96 Box / Load

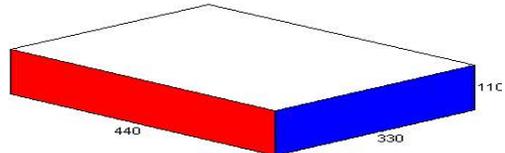
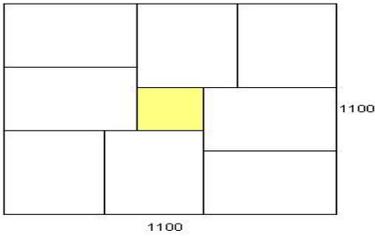
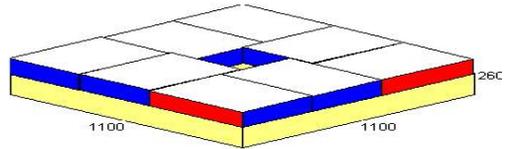
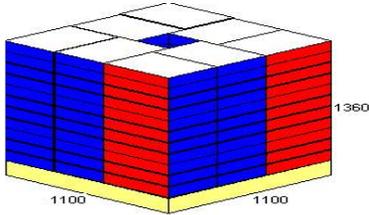
	Length	Width	Height	Net	Gross
Box (OD)	440.0	330.0	110.0 mm	5.000	5.300 Kg
Product	1100.0	1100.0	1320.0 mm	480.000	508.800 Kg
Load	1100.0	1100.0	1470.0 mm	508.800	538.800 Kg
Overhang	0.0	0.0	mm		



Product Name Pallet Group
 Product Code Cases/Tray/Ovals
 Datafile Name 440_330 (0206-02-03)
 Solution Ref. 1 S
 Cube Used 86.0 %
 Area Used 96.0 %
 Pallet type KST11

8 Box / Layer
 11 Layer / Load
 88 Box / Load

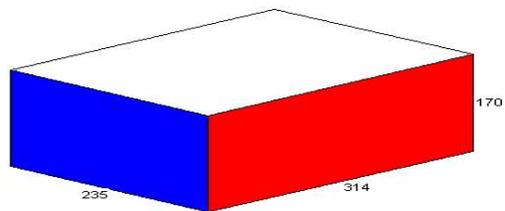
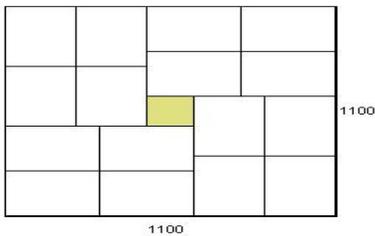
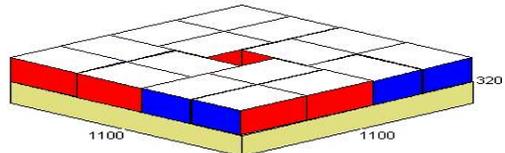
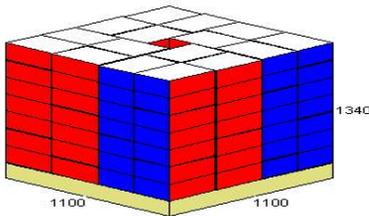
Box (OD)	Length	Width	Height	Net	Gross
	440.0	330.0	110.0 mm	10.000	10.500 Kg
Product	1100.0	1100.0	1210.0 mm	880.000	924.000 Kg
Load	1100.0	1100.0	1360.0 mm	924.000	954.000 Kg
Overhang	0.0	0.0	mm		



Product Name Pallet Group
 Product Code Cases/Tray/Ovals
 Datafile Name 314_235 (0206-02-03)
 Solution Ref. 1 S
 Cube Used 86.0 %
 Area Used 97.6 %
 Pallet type KST11

16 Box / Layer
 7 Layer / Load
 112 Box / Load

Box (OD)	Length	Width	Height	Net	Gross
	314.0	235.0	170.0 mm	5.000	5.300 Kg
Product	1098.0	1098.0	1190.0 mm	560.000	593.600 Kg
Load	1100.0	1100.0	1340.0 mm	593.600	623.600 Kg
Overhang	-1.0	-1.0	mm		



```

Product Name      Pallet Group
Product Code      Cases/Tray/Ovals
Datafile Name     366_275 (0206-02-03)
Solution Ref.     1 C
Cube Used         97.6 %
Area Used         99.8 %
Pallet type       KST11

```

	12	Box / Layer
	12	Layer / Load
	144	Box / Load

	Length	Width	Height		Net	Gross	
Box (OD)	366.0	275.0	110.0	mm	3.000	3.200	Kg
Product	1098.0	1100.0	1320.0	mm	432.000	460.800	Kg
Load	1100.0	1100.0	1470.0	mm	460.800	490.800	Kg
Overhang	-1.0	0.0		mm			

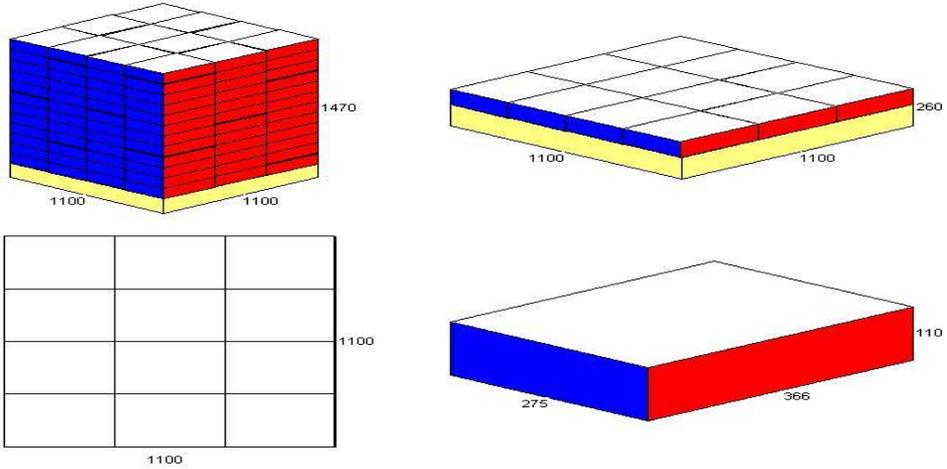


Figure 105. Palletized box arrangement of standard boxes.

다. 기존 표준규격(국립농산물품질관리원 고시 제2006 - 30호)과 연구결과와의 비교

항목	기존 표준규격	연구결과
강도	<ul style="list-style-type: none"> - 포장방법 및 설계에 대한 항목은 있으나 (제7조 및 제8조) 별도 강도 기준이 없어 실제 포장설계시 경제성 및 안전성을 고려할 표준이 없음 - 제7조(포장방법) 포장은 내용물이 흘러나오지 않도록 하여야 하며, 내용물이 보이도록 개방형으로 포장하는 경우에는 적재하는데 용이하여야 한다. - 제8조(포장설계) 골판지 상자의 포장설계는 KSA1003(골판지상자형식)에 따른다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 과거의 일괄적인 강도기준 개념과는 다른 ‘안전계수’를 도입한 새로운 강도기준을 제시 - 농가 및 상자제조업체들이 실질적인 경제성 및 안전성을 고려한 상자개발 용이 - 유통환경 및 제조환경 모두 고려한 안전계수 및 압축강도 산출 S/W 제공
치수	<ul style="list-style-type: none"> - 치수에 대한 기준은 완화 - 제4조(포장치수) ①농산물의 포장치수는 한국산업규격(KSA1002)에서 정한 수송포장계열치수 69개 모듈과 별표 2에서 정하는 골판지 상자, 지대, P.E대, P.P대, 그물망의 포장규격 및 T-11형 파렛트(1,100×1,100mm)의 평면 적재효율이 90%이상인 것. 다만, 화훼류 중 절화류의 골판지 상자의 높이는 300mm 이내 ②농산물 플라스틱상자와 다단식목재상자·금속재상자의 포장치수는 별도 기준. 	<ul style="list-style-type: none"> - 69종의 모듈은 현실적으로 너무 복잡하며 농가들이 과도하게 다양한 치수를 사용할 가능성 높음 - 가급적 품목별 추천치수를 제공하여 단순화시키고 화훼 등 부득이한 경우만 제외하는 것이 바람직
활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 실제 유통환경 및 제조환경 등을 고려한 실용적인 ‘안전계수’ 산출과 안전계수의 적극적인 홍보 및 권장(무료 S/W 등을 상자제조업체 및 영농법인 등에 제공) - 연구방법 및 결과를 타 농립수산물에 활용, 국내 농립수산물의 유통환경과 이에 적합한 합리적인 포장설계 유도(농산물품질관리원 등의 적극적 뒷받침 요망) 	

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발목표의 달성도

1., 2차년도에 걸쳐 진행된 연구는 최초 연구계획에 맞게 성실히 진행되었으며 그 결과도 대체적으로 목표에 근접하였다고 자체 판단하였다. 주요 연구목표별 달성도는 아래 표와 같다.

구분	평가의 착안점 및 척도		
	착안사항	척도 (점수)	자체 평가 점수
1차년도 (2005 ~ 2006)	○ 국내 과실류 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석	20	20
	○ 과실류 3개 품목(사과, 감귤, 포도) 포장용 골판지의 물리적 성질 측정과 변화 분석	30	30
	○ 대상 품목 포장용 골판지의 Accelerated creep의 측정	20	20
	○ 대상 품목의 포장용 골판지 상자의 적정 안전계수 산출 및 제조	20	20
	○ 대상 품목의 포장 표준규격(안) 제시	10	10
	합 계	100	100
2차년도 (2006 ~ 2007)	○ 국내 채소류 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석	20	20
	○ 채소류 3개 품목(배추, 방울토마토, 오이) 포장용 골판지의 안전계수 측정과 가공처리에 따른 변화 분석	40	40
	○ 개발 대상 골판지 상자의 일반 안전계수와 Accelerated creep 하에서의 안전계수의 산출 및 비교	20	20
	○ 국내 골판지 포장을 위한 실용적 안전계수 산출 프로그램을 위한 기본 프로그램의 구축	20	20
	합 계	100	100

제 2 절 관련분야 기술발전예의 기여도

본 연구는 안전계수의 합리적 산출기준 마련은 물론 산출을 위한 소프트웨어를 함께 개발함으로써 날로 확대되는 농산물 포장상자의 설계에 도움을 주고자 하였다. 이 연구로 인한 포장표준규격화로 포장상자의 사용량 절감과 이로 인한 상자제조원가 축소, 농가의 소득증대, 값싸고 신선한 농산물 공급에 기여하고 우리의 농산물을 보호하며, 차별화하여 유통과정 혁신을 통한 물류비 절감으로 이어져 가격경쟁에도 크게 이바지 할 것으로 기대한다.

1. 국내 농산물 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석

목표한 과실류 3개 품목(사과, 감귤, 포도) 및 채소류 3개 품목(배추, 방울토마토, 오이)에 대한 기존 수송포장방법 및 규격, 골판지상자 기준강도 설정수준, 포장재질 및 치수, 골판지의 원지 구성 등에 대한 기초자료를 조사하였다. 또 각 농산물의 온습도, 유통경로 및 총 유통기간, 대상 농산물의 외기변화조건 등 유통조건을 면밀히 조사하여 이에 관련된 실무적인 정보를 제공하였다.

2. 농산물 포장용 골판지의 안전계수 측정과 가공처리에 따른 변화 분석

농산물 포장용 골판지의 구성 원지 및 원단의 강도를 측정 및 분석하였으며 Accelerated Creep에 따른 안전계수의 변화 측정 및 분석, 포장구조 및 적입 제품에 따른 강도변화, 가공처리(발수, 방습 등)가 골판지 상자의 압축강도에 미치는 영향 등을 분석하였다.

3. 개발 대상 골판지 상자의 일반 안전계수와 Accelerated creep하에서의 안전계수의 산출 및 비교

골판지 상자의 안전계수를 결정하기 위한 여러 요인들을 분석하였으며 상대습도에 따른 압축강도 변화뿐 만 아니라 Accelerated creep 하에서의 압축강도 저하패턴을 찾아 보다 정확한 안전계수를 산출할 수 있도록 하였다.

4. 국내 골판지 포장을 위한 실용적 안전계수 산출 프로그램을 위한 기본 프로그램의 구축

Visual C+ 소프트웨어를 이용, 상자압축강도 및 안전계수산출 프로그램을 개발하여 향후 관련분야 연구에 도움이 되도록 하였다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 추가연구의 필요성

1. 다양한 내용물 특성 및 유통특성에 따른 안전계수 산출

이번 연구과제로 진행된 6종의 농산물 외에 농산물은 개체마다 다양한 품질 특성이 있으므로 이들 농산물의 포장과 안전계수 산출에 대한 전반적인 연구가 요망된다. 특히 수출 농산물의 경우 보다 복합적인 유통환경에 직면하므로 이에 대한 유통조사 및 포장에 대한 종합적 연구가 필요하다.

적입포장 후 진동시험 등을 통하여 내용물의 품질변화 등을 보는 것은 본 연구과제의 목적과는 다르지만 향후 농산물의 고급화와 품질 차별화로 이와 관련된 연구도 필요해질 것으로 판단된다. 산출된 결과는 실용도 높은 포장규격으로 완성될 수 있다.

2. 포장재료의 다양성에 따른 보완 연구

골판지 포장 외의 다른 형태의 포장, 즉 플라스틱이나 목재, 망 등 다른 포장재에 대한 연구 및 2종 이상의 복합적 형태의 포장이 적용되는 경우 본 연구결과로는 한계가 있다. 농산물의 특성에 따라 골판지가 아닌 포장재에 대한 보완연구도 필요하다.

3. 압축강도 및 안전계수 산출프로그램의 활용 및 기술이전

개발된 소프트웨어를 응용하여 다양한 재질 및 환경조건, 제품 등에 따른 압축강도 예측과 안전계수 산출을 할 수 있다. 또한 안전계수에 맞는 적용가능한 포장재의 선택 및 단가산출 등 개발된 프로그램을 발전시켜 Total Package Design Solution 으로서 활용 가능하다. 안전계수 프로그램은 S/W 특허등록 및 기술이전을 진행 중이다.

제 2 절 타연구에의 응용

본 연구결과를 토대로 대상농산물인 6종 외에 타 농산물이나 임산물 등 골판지를 사용하는 제품에 대해 다양하게 활용할 수 있다. 압축강도 예측 및 안전계수에 대한 개념은 골판지가 아닌 다른 지기나 플라스틱 등에도 응용될 수 있는 것으로서 농산물 뿐만 아니라 공산품에도 활용의 폭을 넓힐 수 있다.

또 개발된 소프트웨어는 향후 보다 발전시켜 상용화할 수도 있다. 참여기업인 (주)성지산업을 통하여 앞으로 적용할 예정이다. 프로그램에 대해서는 특허 또는 실용신안을 출원하고 이를 농가 및 참여업체에 적극 보급하여 농가소득 증대 기여할 수 있다.

제 6 장 참고문헌

1. 주요 농산물 소비패턴 조사분석(2002) 농수산물유통공사
2. 박종민외 3(1994), 농산물 포장용골판지상자의 층적내구성의 분석과 향상에 관한 연구(1), 한국농업기계학회지 19(4) 358-368.
3. 김수일(2000), 농산물 포장용 골판지상자 설계에 관한 연구, 박사학위 논문, 대구대학교, 130-131
4. Fiber box handbook, Fiber Box Association, USA, 44-46
5. Performance and Evaluation of Shipping Containers(1989), Maltenfort, G, Jelmar Publishing Co., Inc, 156-159
6. 이준호외 2(2002), 습도조건에 따른 골판지원지의 Ring Crush 강도예측 모델링, 산업식품공학, 6(3). 268-274
7. 골판지상자의 설계기법(2004). 월간 지함. 한국지함공업협동조합. No. 9-12
8. 오영순 (1997), 압축하중과 습도변화가 골판지 강도에 미치는 영향, 충남대학교, 42-43
9. 조중연 외 2 (2003), 농산물 저온유통용 내수 골판지 상자의 제조 (1), 한국펄프종이공학회지 Vol. 35.
10. 이명훈 외 1 (2003), 유통 중 온습도 변화에 따른 골판지 상자의 압축강도에 대한 연구, 한국펄프종이공학회지 Vol. 35.
11. 이명훈 (2000), 곁포장용 골판지상자의 압축강도 최적화에 관한 연구, 연세대학교
12. 윤희정 (2006), Microflute 골판지의 RCT 평가, 한국펄프종이공학회지 2006(2) 179-184

※ 부록: 안전계수 산출 프로그램 소스

```
// SafetyFactorDlg.cpp : implementation file
//

#include "stdafx.h"
#include "SafetyFactor.h"
#include "SafetyFactorDlg.h"
#include "ResultDlg.h"

#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif

#define DW_AB 10
#define SW_A 11
#define SW_B 12

#define SW_A_WT 5
#define SW_B_WT 3

#define ZTZO_TYPE 20
#define FOLDING_TYPE 21
#define GLUED_TYPE 22

#define BLOCK_ARRANGE 0.85
#define BRICK_ARRANGE 0.6
#define PIN_WHEEL_ARRANGE 0.5
#define OTHER_ARRANGE 0.5
```

```
#define NO_MIS 30
#define PARALLEL_MIS 31
#define VERTICAL_MIS 32

#define DOMESTIC 0.85
#define OVERSEA 0.7

#define NO_PRINT 1
#define ALL_PRINT 0.8
#define PART_PRINT 0.85
#define LITTLE_PRINT 0.95

#define BAL_PLUS_CO 1.2
#define BAL_PLUS_RA 1.3
#define BAL_ONLY 1.1
#define NO_TREAT 1

#define LEVEL1 1
#define LEVEL2 0.5
#define LEVEL3 0.33

#define PRECISION 5
```

```

/////////////////////////////////////////////////////////////////
// CAboutDlg dialog used for App About

class CAboutDlg : public CDialog
{
public:
    CAboutDlg();

// Dialog Data
//{{AFX_DATA(CAboutDlg)
enum { IDD = IDD_ABOUTBOX };
//}}AFX_DATA

// ClassWizard generated virtual function overrides
//{{AFX_VIRTUAL(CAboutDlg)
protected:
virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX);    // DDX/DDV support
//}}AFX_VIRTUAL

// Implementation
protected:
//{{AFX_MSG(CAboutDlg)
//}}AFX_MSG
DECLARE_MESSAGE_MAP()

CAboutDlg::CAboutDlg() : CDialog(CAboutDlg::IDD)
{
//{{AFX_DATA_INIT(CAboutDlg)
//}}AFX_DATA_INIT
}

```

```

void CAboutDlg::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CDialog::DoDataExchange(pDX);
   //{{AFX_DATA_MAP(CAboutDlg)
   //}}AFX_DATA_MAP
}

```

```

BEGIN_MESSAGE_MAP(CAboutDlg, CDialog)
//{{AFX_MSG_MAP(CAboutDlg)
// No message handlers
//}}AFX_MSG_MAP
END_MESSAGE_MAP()

```

```

////////////////////////////////////
// CSafetyFactorDlg dialog

```

```

CSafetyFactorDlg::CSafetyFactorDlg(CWnd* pParent /*=NULL*/)
: CDialog(CSafetyFactorDlg::IDD, pParent)
{
   //{{AFX_DATA_INIT(CSafetyFactorDlg)
   //}}AFX_DATA_INIT
    // Note that LoadIcon does not require a subsequent DestroyIcon in Win32
    m_hIcon = AfxGetApp()->LoadIcon(IDR_MAINFRAME);
}

```

```

void CSafetyFactorDlg::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CDialog::DoDataExchange(pDX);
   //{{AFX_DATA_MAP(CSafetyFactorDlg)
    DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_MIS_ARRANGE, m_Combo_Mis);
    DDX_Control(pDX, IDC_EDIT_STATUS, m_Edit_Status);
}

```

```

DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_TREATMENT, m_Combo_Treatment);
DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_STRUCTURE, m_Combo_Structure);
DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_PRINTING, m_Combo_Printing);
DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_MULTI, m_Combo_Multi);
DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_DEST, m_Combo_Dest);
DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_CYCLIC, m_Combo_Cyclic);
DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_BOXTYPE, m_Combo_BoxType);
DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_BOXSIZE, m_Combo_BoxSize);
DDX_Control(pDX, IDC_COMBO_ARRANGE, m_Combo_Arrange);
//{{AFX_DATA_MAP
}

```

```

BEGIN_MESSAGE_MAP(CSafetyFactorDlg, CDialog)
//{{AFX_MSG_MAP(CSafetyFactorDlg)
ON_WM_SYSCOMMAND()
ON_WM_PAINT()
ON_WM_QUERYDRAGICON()
ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON_GETRESULT, OnButtonGetResult)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_BOXTYPE, OnSelchangeComboBoxtype)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_STRUCTURE, OnSelchangeComboStructure)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_BOXSIZE, OnSelchangeComboBoxsize)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_CYCLIC, OnSelchangeComboCyclic)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_ARRANGE, OnSelchangeComboArrange)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_DEST, OnSelchangeComboDest)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_MULTI, OnSelchangeComboMulti)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_PRINTING, OnSelchangeComboPrinting)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_TREATMENT,
OnSelchangeComboTreatment)
ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON_GET_WT, OnButtonGetWt)
ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON_GET_STR, OnButtonGetStr)
ON_EN_SETFOCUS(IDC_EDIT_NET_WT, OnSetfocusEditNetWt)

```

```

ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON_GET_AVG, OnButtonGetAvg)
ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON_GET_STACKING_VAL,
OnButtonGetStackingVal)
ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON_GET_TIME, OnButtonGetTime)
ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON_GET_OVERHANG, OnButtonGetOverhang)
ON_CBN_SELCHANGE(IDC_COMBO_MIS_ARRANGE,
OnSelchangeComboMisArrange)
//}}AFX_MSG_MAP
END_MESSAGE_MAP()

////////////////////////////////////
// CSafetyFactorDlg message handlers

BOOL CSafetyFactorDlg::OnInitDialog()
{
CDialog::OnInitDialog();

// Add "About..." menu item to system menu.

// IDM_ABOUTBOX must be in the system command range.
ASSERT((IDM_ABOUTBOX & 0xFFF0) == IDM_ABOUTBOX);
ASSERT(IDM_ABOUTBOX < 0xF000);

CMenu* pSysMenu = GetSystemMenu(FALSE);
if (pSysMenu != NULL)
{
CString strAboutMenu;
strAboutMenu.LoadString(IDS_ABOUTBOX);
if (!strAboutMenu.IsEmpty())
{
pSysMenu->AppendMenu(MF_SEPARATOR);

```

```
pSysMenu->AppendMenu(MF_STRING, IDM_ABOUTBOX, strAboutMenu);  
}  
}
```

```
// Set the icon for this dialog. The framework does this automatically  
// when the application's main window is not a dialog
```

```
SetIcon(m_hIcon, TRUE);           // Set big icon  
SetIcon(m_hIcon, FALSE);        // Set small icon
```

```
// TODO: Add extra initialization here
```

```
// level 1
```

```
m_bIsStructure = false;  
m_bIsBoxType = false;
```

```
// level 2
```

```
m_bIsNetWt = false;  
m_bIsGrossWt = false;  
m_bIsNumOfBox = false;  
m_bIsBasicCompression = false;
```

```
// level 3
```

```
m_bIsAvgHumidity = false;  
m_bIsGetAvgHumidity = false;  
m_bIsCyclic = false;  
m_bIsTypeArrange = false;  
m_bIsArrange = false;  
m_bIsArrangeValue = false;  
m_bIsGetArrangeValue = false;  
m_bIsOverhang = false;  
m_bIsGetOverhang = false;
```

```
m_bIsStorageTime = false;
m_bIsGetStorageTime = false;
m_bIsDest = false;
m_bIsMulti = false;
m_bIsPrinting = false;
m_bIsTreatment = false;
// set init value

SetDlgItemInt(IDC_EDIT_ARRANGE_VALUE, 0);
SetDlgItemInt(IDC_EDIT_OVERHANG, 0);
OnButtonGetOverhang();

SetDlgItemInt(IDC_EDIT_STORAGE_TIME, 0);
OnButtonGetTime();

m_Combo_BoxSize.SetCurSel(0);

m_Combo_Arrange.SetCurSel(3);
OnSelchangeComboArrange();
m_Combo_Cyclic.SetCurSel(0);
OnSelchangeComboCyclic();

m_Combo_Printing.SetCurSel(0);
OnSelchangeComboPrinting();
m_Combo_Multi.SetCurSel(0);
OnSelchangeComboMulti();

m_Combo_Treatment.SetCurSel(3);
OnSelchangeComboTreatment();
m_Combo_Mis.SetCurSel(0);
OnSelchangeComboMisArrange();
```

```
//GetDlgItem(IDC_STATIC_CYCLIC)->SetDlgItemInt(  
return TRUE; // return TRUE unless you set the focus to a control
```

```
void CSafetyFactorDlg::OnSysCommand(UINT nID, LPARAM lParam)  
{  
if ((nID & 0xFFF0) == IDM_ABOUTBOX)  
{  
CAboutDlg dlgAbout;  
dlgAbout.DoModal();  
}  
else  
{  
CDialog::OnSysCommand(nID, lParam);  
}  
}
```

```
// If you add a minimize button to your dialog, you will need the code below  
// to draw the icon. For MFC applications using the document/view model,  
// this is automatically done for you by the framework.
```

```
void CSafetyFactorDlg::OnPaint()  
{  
if (IsIconic())  
{  
CPaintDC dc(this); // device context for painting  
SendMessage(WM_ICONERASEBKGND, (LPARAM) dc.GetSafeHdc(), 0);
```

```
// Center icon in client rectangle  
int cxIcon = GetSystemMetrics(SM_CXICON);  
int cyIcon = GetSystemMetrics(SM_CYICON);
```

```

CRect rect;
GetClientRect(&rect);
int x = (rect.Width() - cxIcon + 1) / 2;
int y = (rect.Height() - cyIcon + 1) / 2;

// Draw the icon
dc.DrawIcon(x, y, m_hIcon);
}
else
{
CDialog::OnPaint();
}
}

// The system calls this to obtain the cursor to display while the user drags
// the minimized window.
HCURSOR CSafetyFactorDlg::OnQueryDragIcon()
{
return (HCURSOR) m_hIcon;
}

void CSafetyFactorDlg::OnButtonGetResult()
{
// TODO: Add your control notification handler code here
CResultDlg dlg(this);

if (CalResult()) {
/*
PrintLog(" ");
PrintLog("===<Total Factor Combined>===");

```

```

CString strTmp;
strTmp.Format("NetWt(%d) * GrossWt(%.1f) * NumOfBox(%d) *
BasicCompression(%.1f)", m_dNetWt, m_dGrossWt, m_dNumOfBox,
m_dBasicCompression);
PrintLog(strTmp);

strTmp.Format(" * Avg(%.4f) * Cyclic(%d) * Arrange(%.4f) * Overhang(%.4f)",
m_dCalAvg, m_dCyclic, m_dCalArrange, m_dCalOverhang);
PrintLog(strTmp);

strTmp.Format("* Time(%.4f) * Dest(%.4f) * Multi(%.4f) * Printing(%.4f) *
Treatment(%.4f)", m_dCalTime, m_dDest, m_dMulti, m_dPrinting,
m_dTreatment);
PrintLog(strTmp);

strTmp.Format("= %.5f", m_dTotalFactor);
PrintLog(strTmp);
*/
dlg.DoModal();
}
else
PrintLog("< !! ERROR !! > There are empty values... Enter all values.");
}

void CSafetyFactorDlg::PrintLog(CString str)
{
CString strTemp = str;
strTemp += "\r\n";

int len = m_Edit_Status.GetWindowTextLength();
m_Edit_Status.SetSel(len, len);

```

```

m_Edit_Status.ReplaceSel(strTemp);
}

void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboBoxtype()
{
// TODO: Add your control notification handler code here
int nIndex = m_Combo_BoxType.GetCurSel();
//CString str;

if (nIndex == 0) {
m_dBoxType = DW_AB;
m_bIsBoxType = true;
}
else if (nIndex == 1) {
m_dBoxType = SW_A;
m_bIsBoxType = true;
}
else if (nIndex == 2) {
m_dBoxType = SW_B;
m_bIsBoxType = true;
}
else {
//PrintLog("< !! ERROR !! > In OnSelchangeComboBoxtype()");
m_bIsBoxType = false;
}

//OnButtonGetWt();
//OnButtonGetStr();
OnButtonGetAvg();
OnSelchangeComboDest();
OnSelchangeComboCyclic();

```

```

OnSelchangeComboDest();
OnSelchangeComboPrinting();

void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboStructure()
{
// TODO: Add your control notification handler code here
int nIndex = m_Combo_Structure.GetCurSel();

if (nIndex == 0) {
m_dStructure = ZTZO_TYPE;
m_bIsStructure = true;
}
else if (nIndex == 1) {
m_dStructure = FOLDING_TYPE;
m_bIsStructure = true;

else if (nIndex == 2) {
m_dStructure = GLUED_TYPE;
m_bIsStructure = true;
else {
//PrintLog("< !! ERROR !! > In OnSelchangeComboStructure()");
m_bIsStructure = false;

void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboBoxsize()
{
// TODO: Add your control notification handler code here

}

void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboCyclic()
{

```

```

// TODO: Add your control notification handler code here
int nIndex = m_Combo_Cyclic.GetCurSel();

if (nIndex == 0) {
m_dCyclic = 1;
m_bIsCyclic = true;
}
else if (nIndex == 1) {

if ((m_dBoxType == SW_A) || (m_dBoxType == SW_B)) {
m_dCyclic = 0.3;
m_bIsCyclic = true;

else if (m_dBoxType == DW_AB) {
m_dCyclic = 0.45;
m_bIsCyclic = true;
}
else {
//PrintLog("< !! ERROR !! > In OnSelchangeComboStructure()");
m_bIsCyclic = false;
}
}

else if ((nIndex >= 2) && (nIndex <= 5)) {

if ((m_dBoxType == SW_A) || (m_dBoxType == SW_B)) {
m_dCyclic = 0.3;
m_bIsCyclic = true;
}

else if (m_dBoxType == DW_AB) {
m_dCyclic = 0.4;
m_bIsCyclic = true;
}
}
}

```

```

}
else {
    //PrintLog("< !! ERROR !! > In OnSelchangeComboStructure()");
    m_bIsCyclic = false;
}
}
else {
//PrintLog("< !! ERROR !! > In OnSelchangeComboStructure()");
m_bIsCyclic = false;
    }

CString strTmp;
if (m_bIsCyclic) {
strTmp.Format("%.3f", m_dCyclic);
}
else {
strTmp.Format("Empty");
}
GetDlgItem(IDC_STATIC_CYCLIC)->SetWindowText(strTmp);
}

void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboArrange()
{
// TODO: Add your control notification handler code here
int nIndex = m_Combo_Arrange.GetCurSel();

if (nIndex == 0) {
    m_dTypeArrange = BLOCK_ARRANGE;
    m_bIsTypeArrange = true;
}
else if(nIndex == 1) {

```

```

        m_dTypeArrange = BRICK_ARRANGE;
        m_bIsTypeArrange = true;
    }
else if(nIndex == 2) {
        m_dTypeArrange = PIN_WHEEL_ARRANGE;
        m_bIsTypeArrange = true;
    }
else if(nIndex == 3) {
        m_dTypeArrange = OTHER_ARRANGE;
        m_bIsTypeArrange = true;
    }
else {
        m_bIsArrange = false;
    }

```

```

Void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboMisArrange()
{
// TODO: Add your control notification handler code here
int nIndex = m_Combo_Mis.GetCurSel();

```

```

if (nIndex == 0) {
        m_dArrange = NO_MIS;
        m_bIsArrange = true;

```

```

GetDlgItem(IDC_EDIT_ARRANGE_VALUE)->EnableWindow(false);

```

```

GetDlgItem(IDC_BUTTON_GET_STACKING_VAL)->EnableWindow(false);
}
else if(nIndex == 1) {

```

```

        m_dArrange = PARALLEL_MIS;
        m_bIsArrange = true;

GetDlgItem(IDC_EDIT_ARRANGE_VALUE)->EnableWindow(true);

GetDlgItem(IDC_BUTTON_GET_STACKING_VAL)->EnableWindow(true);
    }
else if(nIndex == 2) {
        m_dArrange = VERTICAL_MIS;
        m_bIsArrange = true;

GetDlgItem(IDC_EDIT_ARRANGE_VALUE)->EnableWindow(true);

GetDlgItem(IDC_BUTTON_GET_STACKING_VAL)->EnableWindow(true);
    }
else {
        m_bIsArrange = false;
    }

// !! NEED THIS !!
OnButtonGetStackingVal();
}

void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboDest()
{
// TODO: Add your control notification handler code here
int nIndex = m_Combo_Dest.GetCurSel();

    if (nIndex == 0) {

```

```

if (m_dBoxType == DW_AB) { // DW
    m_dDest = DOMESTIC;
    m_bIsDest = true;
}
else if ((m_dBoxType == SW_A) || (m_dBoxType == SW_B)) { // SW
    m_dDest = OVERSEA;
    m_bIsDest = true;
}
else
    m_bIsDest = false;
}
else if(nIndex == 1) {

    if ((m_dBoxType == DW_AB) || (m_dBoxType == SW_A) ||
(m_dBoxType == SW_B)) { // don't care about box type
        m_dDest = OVERSEA;
        m_bIsDest = true;
    }
    else {
        //PrintLog("< !! ERROR !! >: [SW] <--> [Oversea]");
        m_bIsDest = false;
    }
}
}
else {
    //PrintLog("< !! ERROR !! > In OnSelchangeComboDest()");
    m_bIsDest = false;
}

CString strTmp;
if (m_bIsDest) {
    strTmp.Format("%.3f", m_dDest);
}

```

```

}
else {
    strTmp.Format("Empty");
}

GetDlgItem(IDC_STATIC_DEST)->SetWindowText(strTmp);
}

void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboMulti()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here
    int nIndex = m_Combo_Multi.GetCurSel();

    if (nIndex == 0) {
        m_dMulti = LEVEL1;
        m_bIsMulti = true;
    }
    else if(nIndex == 1) {
        m_dMulti = LEVEL2;
        m_bIsMulti = true;
    }
    else if(nIndex == 2) {
        m_dMulti = LEVEL3;
        m_bIsMulti = true;
    }
    else {
        //PrintLog("< !! ERROR !! > In OnSelchangeComboMulti()");
        m_bIsMulti = false;
    }
}

void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboPrinting()

```

```

{
    // TODO: Add your control notification handler code here
    int nIndex = m_Combo_Printing.GetCurSel();

    if (nIndex == 0) {
        m_dPrinting = NO_PRINT;
        m_bIsPrinting = true;
    }
    else if (nIndex == 1) {
        m_dPrinting = ALL_PRINT;
        m_bIsPrinting = true;
    }
    else if(nIndex == 2) {
        m_dPrinting = PART_PRINT;
        m_bIsPrinting = true;
    }
    else if(nIndex == 3) {

        m_dPrinting = LITTLE_PRINT;
        m_bIsPrinting = true;

        /*
        if (m_dBoxType == DW_AB) {
            m_dPrinting = LITTLE_PRINT;
            m_bIsPrinting = true;
        }
        else {
            PrintLog("< !! ERROR !! >: We have only the solution
about [DW] for [Part Printing]");
            m_bIsPrinting = false;
        }

```

```

        */
    }
    else {
        //PrintLog("< !! ERROR !! > In OnSelchangeComboPrinting()");
        m_bIsPrinting = false;
    }

    /*
    CString strTmp;
    if (m_bIsPrinting) {
        strTmp.Format("%.3f", m_dPrinting);
    }
    else {
        strTmp.Format("Empty");
    }
    GetDlgItem(IDC_STATIC_PRINTING)->SetWindowText(strTmp);
    */
}

```

```

void CSafetyFactorDlg::OnSelchangeComboTreatment()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here
    int nIndex = m_Combo_Treatment.GetCurSel();

    if (nIndex == 0) {
        m_dTreatment = BAL_PLUS_CO;
        m_bIsTreatment = true;
    }
    else if(nIndex == 1) {
        m_dTreatment = BAL_PLUS_RA;
    }
}

```

```

        m_bIsTreatment = true;
    }
    else if(nIndex == 2) {
        m_dTreatment = BAL_ONLY;
        m_bIsTreatment = true;
    }
    else if(nIndex == 3) {
        m_dTreatment = NO_TREAT;
        m_bIsTreatment = true;
    }
    else {
        //PrintLog("< !! ERROR !! > In OnSelchangeComboMulti()");
        m_bIsDest = false;
    }
}

```

```

void CSafetyFactorDlg::OnButtonGetWt()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here
    m_dNetWt = GetDlgItemInt(IDC_EDIT_NET_WT);
    if (m_dNetWt > 0)
        m_bIsNetWt = true;
    else
        m_bIsNetWt = false;

    if (m_bIsNetWt) {

        if (m_bIsBoxType == true) {
            if (m_dBoxType == DW_AB) {

```

```

        m_dGrossWt = m_dNetWt + 0.5;
        m_bIsGrossWt = true;
    }
    else if(m_dBoxType == SW_A) {
        m_dGrossWt = m_dNetWt + 0.3;
        m_bIsGrossWt = true;
    }
    else if(m_dBoxType == SW_B) {
        m_dGrossWt = m_dNetWt + 0.2;
        m_bIsGrossWt = true;
    }
    else {
        //PrintLog("< !! ERROR !! > In
OnButtonGetWt()");
        m_bIsGrossWt = false;
    }
}
else {
    PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Box Type'");
    m_bIsGrossWt = false;
}
}
else {
    PrintLog("<<Warning>>: Enter 'New Wt., kg'");
    m_bIsGrossWt = false;
}

CString strTmp;
if (m_bIsGrossWt)
    strTmp.Format("%.1f", m_dGrossWt);
else

```

```

        strTmp.Format("Empty");
        GetDlgItem(IDC_STATIC_GROSS_WT)->SetWindowText(strTmp);
    }

void CSafetyFactorDlg::OnButtonGetStr()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here

    OnButtonGetWt();

    m_dNumOfBox = GetDlgItemInt(IDC_EDIT_NUM_BOX);
    if (m_dNumOfBox > 0)
        m_bIsNumOfBox = true;
    else {
        m_bIsNumOfBox = false;
        PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Number of Boxes' and it must
be grater than 1");
    }

    if (m_bIsGrossWt && m_bIsNumOfBox) {

        if (m_bIsNumOfBox) {
            m_dBasicCompression
            =
m_dGrossWt*(m_dNumOfBox-1);
            m_bIsBasicCompression = true;
        }
        else {
            PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Number of Boxes'");
            m_bIsBasicCompression = false;
        }
    }
}

```

```

    }
    else {
        PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Gross Wt., kg'");
        m_bIsBasicCompression = false;
    }

    CString strTmp;
    if (m_bIsBasicCompression)
        strTmp.Format("%.1f", m_dBasicCompression);
    else
        strTmp.Format("Empty");
    GetDlgItem(IDC_STATIC_BASIC_COMP)->SetWindowText(strTmp);
}

void CSafetyFactorDlg::OnSetfocusEditNetWt()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here
    //PrintLog("Selected");
}

void CSafetyFactorDlg::OnButtonGetAvg()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here
    OnButtonGetStr();

    m_dAvgHumidity = GetDlgItemInt(IDC_EDIT_AVG);
    if (m_dAvgHumidity > 0)
        m_bIsAvgHumidity = true;
    else
        m_bIsAvgHumidity = false;
}

```

```

if (m_bIsAvgHumidity) {
    if (m_bIsBoxType) {

        if (m_dBoxType == DW_AB) {
            // do something
            if (m_bIsStructure) {

                if (m_dStructure == ZTZO_TYPE) {
                    m_dCalAvg =
(-0.0001)*m_dAvgHumidity*m_dAvgHumidity + (0.0079)*m_dAvgHumidity +
(0.8939);
                    m_bIsGetAvgHumidity = true;
                }
                else if(m_dStructure ==
FOLDING_TYPE) {
                    m_dCalAvg =
(-0.0002)*m_dAvgHumidity*m_dAvgHumidity + (0.0177)*m_dAvgHumidity +
(0.6103);
                    m_bIsGetAvgHumidity = true;
                }
                else if(m_dStructure == GLUED_TYPE)
{
                    m_dCalAvg =
(-0.0003)*m_dAvgHumidity*m_dAvgHumidity + (0.0301)*m_dAvgHumidity +
(0.2117);
                    m_bIsGetAvgHumidity = true;
                }
                else {
                    //PrintLog("< !! ERROR !! >

In OnButtonGetAvg('');

                    m_bIsGetAvgHumidity = false;

```

```

        }
    }
    else {
        PrintLog("<<Warning>>:      Enter
'Structure'");
    }
}
else if (m_dBoxType == SW_A) {
    if (m_bIsStructure) {

        if (m_dStructure == ZTZO_TYPE) {
            m_dCalAvg =
(-0.0002)*m_dAvgHumidity*m_dAvgHumidity + (0.0195)*m_dAvgHumidity +
(0.6134);
            m_bIsGetAvgHumidity = true;
        }
        else if(m_dStructure ==
FOLDING_TYPE) {
            m_dCalAvg =
(-0.0004)*m_dAvgHumidity*m_dAvgHumidity + (0.0464)*m_dAvgHumidity -
(0.2979);
            m_bIsGetAvgHumidity = true;
        }
        else if(m_dStructure == GLUED_TYPE)
        {
            m_dCalAvg =
(-0.0005)*m_dAvgHumidity*m_dAvgHumidity + (0.0568)*m_dAvgHumidity -
(0.5948);
            m_bIsGetAvgHumidity = true;
        }
        else {

```

```

//PrintLog("< !! ERROR !! >");
In OnButtonGetAvg());
        m_bIsGetAvgHumidity = false;
    }
}
else {
    PrintLog("<<Warning>>:      Enter
'Structure'");
}
}
else if (m_dBoxType == SW_B) {
    if (m_bIsStructure) {
        if (m_dStructure == ZTZO_TYPE) {
            m_dCalAvg =
(0.0001)*m_dAvgHumidity*m_dAvgHumidity - (0.0322)*m_dAvgHumidity +
(2.2754);
            m_bIsGetAvgHumidity = true;
        }
        else if(m_dStructure ==
FOLDING_TYPE) {
            m_dCalAvg =
(0.0002)*m_dAvgHumidity*m_dAvgHumidity - (0.0376)*m_dAvgHumidity +
(2.4404);
            m_bIsGetAvgHumidity = true;
        }
        else if(m_dStructure == GLUED_TYPE)
{
            m_dCalAvg =
(0.00005)*m_dAvgHumidity*m_dAvgHumidity - (0.0203)*m_dAvgHumidity +
(1.8831);

```

```

        m_bIsGetAvgHumidity = true;
    }
    else {
        //PrintLog("< !! ERROR !! >");
        m_bIsGetAvgHumidity = false;
    }
}
else {
    PrintLog("<<Warning>>: Enter
'Structure'");
    m_bIsGetAvgHumidity = false;
}
}
else {
    PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Box Type'");
    m_bIsGetAvgHumidity = false;
}
}
else {
    PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Avg. Relative Humidity'");
    m_bIsGetAvgHumidity = false;
}

CString strTmp;
if (m_bIsGetAvgHumidity)
    strTmp.Format("%.3f", m_dCalAvg);
else
    strTmp.Format("Empty");
GetDlgItem(IDC_STATIC_AVG)->SetWindowText(strTmp);

```

```
}
```

```
void CSafetyFactorDlg::OnButtonGetStackingVal()
```

```
{
```

```
    // TODO: Add your control notification handler code here
```

```
    m_dArrangeValue = GetDlgItemInt(IDC_EDIT_ARRANGE_VALUE);
```

```
    if ((m_dArrangeValue >= 0) && (m_dArrangeValue <= 100)) {
```

```
        //m_dArrangeValue *= 0.01;    // %
```

```
        m_bIsArrangeValue = true;
```

```
    }
```

```
    else {
```

```
        m_bIsArrangeValue = false;
```

```
        PrintLog("<<Warning>>: 0% ~ 100% ONLY");
```

```
    }
```

```
    if (m_bIsArrangeValue == true) {
```

```
        if (m_bIsArrange == true) {
```

```
            if (m_dArrange == NO_MIS) {
```

```
                m_dCalArrange = 1;
```

```
                m_bIsGetArrangeValue = true;
```

```
            }
```

```
            else if (m_dArrange == PARALLEL_MIS) {
```

```
                m_dCalArrange =
```

```
(0.0025)*m_dArrangeValue*m_dArrangeValue - (0.0907)*m_dArrangeValue +
```

```
(1.2575);
```

```
                m_bIsGetArrangeValue = true;
```

```
            }
```

```

else if (m_dArrange == VERTICAL_MIS) {
    m_dCalArrange =
(0.0007)*m_dArrangeValue*m_dArrangeValue - (0.041)*m_dArrangeValue +
(0.9007);

    m_bIsGetArrangeValue = true;
}
else {
    //PrintLog("< !! ERROR !! > In
OnButtonGetStackingVal()");
    m_bIsGetArrangeValue = false;
}

/*
if (m_dCalArrange < 0)
    m_dCalArrange = 1 + m_dCalArrange;
else
    m_dCalArrange = 1 - m_dCalArrange;
*/

CString strTmp;
strTmp.Format("%.4f", m_dCalArrange);

GetDlgItem(IDC_STATIC_STACKING)->SetWindowText(strTmp);
}
else {
    PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Stacking Pattern'");
    m_bIsGetArrangeValue = false;
}
}
else {

```

```

        PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Stacking Value'");
        m_bIsGetArrangeValue = false;
    }

}

void CSafetyFactorDlg::OnButtonGetTime()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here

    m_dStorageTime = GetDlgItemInt(IDC_EDIT_STORAGE_TIME);
    if (m_dStorageTime >= 0)
        m_bIsStorageTime = true;
    else
        m_bIsStorageTime = false;

    if (m_bIsStorageTime) {

        if (m_dStorageTime == 0) {
            //m_dCalTime = 0.8;
            m_dCalTime = 1;
            m_bIsGetStorageTime = true;
        }
        else if ((m_dStorageTime > 0) && (m_dStorageTime <= 3)) {
            m_dCalTime = 0.8;
            m_bIsGetStorageTime = true;
        }
        else if ((m_dStorageTime > 3) && (m_dStorageTime <= 10)) {
            m_dCalTime = 0.6;
            m_bIsGetStorageTime = true;
        }
    }
}

```

```

else if (m_dStorageTime > 10) {
    m_dCalTime = 0.5;
    m_bIsGetStorageTime = true;
}
else {
    //PrintLog("< !! ERROR !! > In OnButtonGetTime()");
    m_bIsGetStorageTime = false;
}
}
else {
    PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Storage Time'");
    m_bIsGetStorageTime = false;
}

CString strTmp;
if (m_bIsGetStorageTime)
    strTmp.Format("%.3f", m_dCalTime);
else
    strTmp.Format("Empty");
GetDlgItem(IDC_STATIC_TIME)->SetWindowText(strTmp);
}

bool CSafetyFactorDlg::CalResult()
{
    if ( m_bIsStructure && m_bIsBoxType && m_bIsNetWt &&
m_bIsGrossWt && m_bIsNumOfBox && m_bIsBasicCompression &&
m_bIsTypeArrange && \
        m_bIsAvgHumidity && m_bIsGetAvgHumidity && m_bIsCyclic
&& m_bIsArrange && m_bIsArrangeValue && m_bIsGetArrangeValue && \
        m_bIsGetOverhang && m_bIsOverhang && m_bIsStorageTime
&& m_bIsGetStorageTime && m_bIsDest && m_bIsMulti && m_bIsPrinting &&

```

```

m_bIsTreatment) {

    // do something
    //m_dTotalFactor =
m_dNetWt*m_dGrossWt*m_dNumOfBox*m_dBasicCompression*m_dCalAvg*m_dC
yclic*m_dCalArrange*m_dCalOverhang*\
    //
m_dCalTime*m_dDest*m_dMulti*m_dPrinting*m_dTreatment;

    // temp!!!!
    //m_dCalArrange = ( 263.0/300.0 );
    //m_dCalOverhang = 1;
    m_dCalAvg = GetFixedPoint(m_dCalAvg, PRECISION);
    m_dCyclic = GetFixedPoint(m_dCyclic, PRECISION);
    m_dTypeArrange = GetFixedPoint(m_dTypeArrange,
PRECISION);

    m_dCalArrange = GetFixedPoint(m_dCalArrange, PRECISION);
    m_dCalOverhang = GetFixedPoint(m_dCalOverhang, PRECISION);
    m_dCalTime = GetFixedPoint(m_dCalTime, PRECISION);
    m_dDest = GetFixedPoint(m_dDest, PRECISION);

    m_dTotalFactor = m_dCalAvg * m_dCyclic;
    m_dTotalFactor = GetFixedPoint(m_dTotalFactor, PRECISION);
    m_dTotalFactor *= m_dTypeArrange;
    m_dTotalFactor = GetFixedPoint(m_dTotalFactor, PRECISION);
    m_dTotalFactor *= m_dCalArrange;
    m_dTotalFactor = GetFixedPoint(m_dTotalFactor, PRECISION);
    m_dTotalFactor *= m_dCalOverhang;
    m_dTotalFactor = GetFixedPoint(m_dTotalFactor, PRECISION);
    m_dTotalFactor *= m_dCalTime;
    m_dTotalFactor = GetFixedPoint(m_dTotalFactor, PRECISION);

```

```

m_dTotalFactor *= m_dDest;
m_dTotalFactor = GetFixedPoint(m_dTotalFactor, PRECISION);
m_dTotalFactor *= m_dMulti;
m_dTotalFactor = GetFixedPoint(m_dTotalFactor, PRECISION);
m_dTotalFactor *= m_dPrinting;
m_dTotalFactor = GetFixedPoint(m_dTotalFactor, PRECISION);
m_dTotalFactor *= m_dTreatment;
m_dTotalFactor = GetFixedPoint(m_dTotalFactor, PRECISION);

if ( m_dBasicCompression != 0) {
    m_dBoxStrength      =      m_dBasicCompression      /
m_dTotalFactor;
    m_dBoxStrength      =      GetFixedPoint(m_dBoxStrength,
PRECISION);
}
else {
    PrintLog("< !! Critical ERROR !! > The value of 'Total
factor combined' is 0");
    return false;
}

if ( m_dBasicCompression != 0) {
    m_dSafetyFactor      =      m_dBoxStrength      /
m_dBasicCompression;
    m_dSafetyFactor      =      GetFixedPoint(m_dSafetyFactor,
PRECISION);
}
else {
    PrintLog("< !! Critical ERROR !! > The value of 'Basic
Compression Str' is 0");

```

```

        return false;
    }
    return true;
}
else {
    return false;
}
}

void CSafetyFactorDlg::OnButtonGetOverhang()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here
    m_dOverhang = GetDlgItemInt(IDC_EDIT_OVERHANG);
    if ((m_dOverhang >= 0) && (m_dOverhang <= 100)) {
        //m_dOverhang *= 0.01; // %
        m_bIsOverhang = true;
    }
    else {
        m_bIsOverhang = false;
        PrintLog("<<Warning>>: 0% ~ 100% ONLY");
    }

    if (m_bIsOverhang == true) {

        if (m_dOverhang == 0) {
            m_dCalOverhang = 1;
            m_bIsGetOverhang = true;
        }
        else {
            m_dCalOverhang = (0.0002)*m_dOverhang*m_dOverhang
- (0.0118)*m_dOverhang + (0.8287);

```

```

        m_bIsGetOverhang = true;
    }

    CString strTmp;
    strTmp.Format("%.4f", m_dCalOverhang);

    GetDlgItem(IDC_STATIC_OVERHANG)->SetWindowText(strTmp);
    else {
        PrintLog("<<Warning>>: Enter 'Overhang Value'");
        m_bIsGetOverhang = false;

        double CSafetyFactorDlg::GetFixedPoint(double flotingValue, int precision)
        {
            if (precision > 6 || flotingValue < 0) {
                PrintLog("<<=error=>>");
                return 0;

                int tmpPre = 1;

                for (int i=0; i<precision; ++i) {
                    tmpPre *= 10;

                    int tmpVal = (int)(flotingValue * tmpPre);
                    double ret = tmpVal / ((double)tmpPre);

                    return ret;

```