

발간등록번호

11-1543000-001277-01

**택배유통 중 클레임 발생 최소화를 위한
사과, 배 택배포장 시스템 개발**

(Development of advanced packaging system to
apples and pears for minimizing claims in
agricultural product courier service)

김수일포장개발연구소

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 「택배유통 중 클레임 발생 최소화를 위한 사과, 배 택배포장 시스템 개발」의 보고서로 제출합니다.

2016년 3월 23일

주관연구기관명 : 김수일포장개발연구소

주관연구책임자 : 김수일

연 구 원 : 오미진

연 구 원 : 차태양

연 구 원 : 김대수

연 구 원 : 정현모

연 구 원 : 김영훈

요 약 문

I. 제목

- 택배유통 중 클레임 발생 최소화를 위한 사과, 배 택배포장 시스템 개발

II. 연구성과 목표대비 실적

구분(연도)	세부연구목표	달성도(%)
1차년도 (2013)	○ 사과 배 택배제품 포장의 문제점 분석 및 개선방안 도출	100
	○ 택배유통중 발생하는 진동, 충격값의 측정 및 완충재 특성분석	100
	○ 택배유통에 적합한 사과 난좌형태, 난좌재질 개발 및 표준화	100
2차년도 (2014)	○ 택배유통에 적합한 배 난좌형태, 난좌재질 개발 및 표준화	100
	○ 택배유통 시뮬레이션을 통한 문제점 분석 및 보완	100
	○ 택배 포장재 실용화	100
3차년도 (2015)	○ 택배유통중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 사과 택배포장재 개발	100
	○ 택배유통중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 배 택배포장재 개발	100
	○ 택배포장재 현장 상용화	100

III. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 최종 목표

- 택배유통중 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 사과, 배 택배포장시스템 개발

2. 필요성

- 사이버 쇼핑몰에서 구입한 물품의 배송방법은 92.1%가 택배를 이용한 배송이며 오프라인과의 제휴를 맺어 배송하는 비율은 2.2%, 자체배송 비율은 2.9%에 불과하다.
- 택배산업의 전형적인 생활물류의 일부분으로 경기변동의 영향을 많이 받는 산업군에 속하며, 선물특수가 발생하는 추석과 설날, 연말연시 등에는 평일보다 물량이 50%이상 증가하는 등 계절적 수요변동 특성을 지니고 있다.
- 택배유통 중 클레임 발생사례는 외부충격에 의한 제품의 파손, 배송지연에 따른 내용물의 변질, 물품의 분실 등이 있으나 제품파손에 따른 클레임 발생이 가장 많은 비중을 차지하고 있다.
- 사과 배는 명절선물의 대표적인 과일이며 연간 600만 세트 이상 판매되고 있으며 대부분이 택배유통으로 배송되고 있어 클레임이 빈번히 발생되고 있음. A유통업체의 경우 ‘12년 추석 과일선물세트 택배판매 제품 중 파손에 따른 클레임 발생이 20%에 달해 향후 과일선물 택배판매 사업의 지속여부에 대한 고민을 할 정도로 심각한 문제로 대두되고 있다.
- 사과와 배 택배판매용 포장방식은 선물용의 경우 『과일+팬캡+난좌+완충패드+골판지상자』, 일반용 판매에서는 『과일+난좌+골판지패드+골판지상자』, 『과일+그물망 또는

팬캡+난좌+골판지패드+골판지상자』의 방식을 주로 사용하고 있지만, 택배유통에 적합한 포장방법이라기 보다는 도매유통에 적합한 포장방법으로 택배유통에서는 클레임 발생이 일어날 수밖에 없는 포장방법으로 개선이 시급한 실정이다.

- 따라서 본 연구에서는 택배유통 중 클레임 발생을 최소화 하고 농가의 실질소득 증대와 농촌의 인력난 해소에 기여할 수 있는 사과 배의 택배포장 시스템을 개발하고자 한다.

IV. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구내용

- 택배유통중 발생하는 진동, 충격값의 측정
- 사과 배 택배용 포장재의 문제점 분석 및 개선방안 도출
- 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질, 완충포장재 개발
- 택배유통 실험을 통한 문제점 분석 및 보완
- 택배유통 중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 사과, 배 택배포장재의 실용화

2. 연구범위

- 택배 판매를 하기 위한 사과, 배 선물세트 또는 일반 판매용 제품의 클레임 발생 최소화를 위한 택배포장재 개발

V. 연구개발 결과

1. 택배유통중 발생하는 진동, 충격값의 측정

- 사과의 공진주파수는 126.0~217.6 Hz, 정점가속도는 1.21~5.48 G 범위이었으며, 배의 공진주파수는 0.25~1.0 G의 입력가속도 범위에서 62.5~108.6 Hz, 정점가속도는 1.16~5.53 G 범위이었다. 일반적으로 국내의 공산품 및 농산물 수송 경로에서 발생하는 주파수 대역은 150 Hz 대역 이하이므로 택배 유통화물의 공진주파수 대역이 완충에 의해 유통 주파수 분포가 적은 대역에 오도록 해야 한다.
- 과실의 안전 낙하높이는 포와송비, 등가직경, 충격 접촉시간 및 질량이 증가함에 따라 증가하였고, 과실의 탄성계수와 생물체 항복강도가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향이었다. 이러한 현상은 이론적 분석과는 상반되는 결과로서 그 원인은 생물체 항복강도가 크거나 질량이 큰 과실의 경우는 충격 시 충격 접촉시간이 길어지기 때문인 것으로 판단되었다. 대체로 사과와 배의 안전낙하높이는 각각 30~80 mm와 10~50 mm범위로 나타났다.
- 사과의 바이오 허용 충격지수는 약 0.51~2.98 G, 배의 바이오 허용 충격지수는 약 0.74~2.29 G 범위로 사과가 배보다 약간 높은 값을 나타내었다. 15kg 상자의 낙하시험에서는 매우 낮은 낙하높이에서도 최대 45.90 G의 충격가속도가 계측되었다. 이는 사과 및 배의 바이오 G-벡터에 비해 최대 80배 이상의 충격가속도로 이러한 충격이라면 한번이라도 사과 및 배에 손상을 입히는 결과를 초래하게 된다.
- 각 지역별 택배 수송환경을 계측한 결과 배송과정 중 17~27회의 진동, 충격, 낙하가

발생하고 있었다. 충격(shock)영역에서는 사과와 배의 최대 바이오 G-벡터인 2.8 G를 넘는 횟수가 15회 정도 발생하였으며, 10 G 이상의 충격횟수도 약 5회 발생하였다.

- 또한, 충격 분석에서 급격한 속도변화(Delta V)는 농산물의 손상에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며, 본 실험결과를 토대로 약 20회의 급격한 속도변화가 발생하는 것으로 분석되었으며, 약 300 및 500 mm에서 자유낙하의 충격도 발생되어 택배 유통환경의 열악함을 알 수 있었다.
- 순수 진동영역(vibration)에서도 사과 및 배의 바이오 G-벡터의 최소값인 0.42 Grms 이상의 진동이 약 10회 이상 발생되어 택배 유통을 위해 과실의 적절한 완충포장이 이루어지지 않는다면 과실의 손상이 발생하게 된다.

2. 사과 배 택배용 포장재의 문제점 분석 및 개선방안 도출

- 사과 배는 명절선물의 대표적인 과일이며 연간 600만 세트 이상 판매되고 있으며 대부분이 택배유통으로 배송되고 있어 클레임이 빈번히 발생되고 있음. A유통업체의 경우 ‘12년 추석 과일선물세트 택배판매 제품 중 파손에 따른 클레임 발생이 20%에 달해 향후 과일선물 택배판매 사업의 지속여부에 대한 고민을 할 정도로 심각한 문제로 대두되고 있음
- 사과와 배 택배판매용 포장방식은 선물용의 경우 『과일+팬캡+난좌+완충패드+골판지상자』, 일반용 판매에서는 『과일+난좌+골판지패드+골판지상자』, 『과일+그물망 또는 팬캡+난좌+골판지패드+골판지상자』 의 방식을 주로 사용하고 있음
- 농산물의 택배판매 활성화를 위해서는 택배회사별 유통경로와 취급과정에 대한 분석, 현재 유통되고 있는 사과 배 택배포장의 문제점의 분석, 택배유통과정 중 진동, 충격 발생량의 측정, 난좌의 형태와 재질에 대한 연구뿐만 아니라 농가의 실질소득 향상을 위하여 택배포장 재료비의 원가절감과 포장작업 시간을 단축시켜줄 수 있는 택배포장 방법의 개발이 선행되어야 함

3. 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질, 완충포장재 개발

- 난좌 형태 및 재질은 난좌의 유한요소해석(Finite Element Analysis, FEA)을 통해 응력(stress), 변위(deformation) 해석 및 유통중 발생하는 공진(resonance) 및 공진주파수(resonance frequency) 대역에서의 변형에너지(strain energy)에 대한 해석을 통해 난좌의 형태 수정인자를 적용하고자 하였으며, 사과 및 배의 생물체항복강도(Bioyield Strength), 바이오 G-벡터 및 공진주파수에 대한 설계인자를 적용하였다.
- 사과 2.5kg(7과) 택배 난좌의 유한요소해석 결과 난좌에 약 0.5kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌와 적입 과실간의 접촉응력에 대한 FEA 해석결과 최대 접촉응력은 약 384 Pa로 1차년도에 계측된 사과 생물체항복강도(Bioyield Strength) 312.73~336.61 kPa 및 배의 생물체항복강도 181.54~201.76 kPa에 비해 현저히 낮은 결과를 보였다.
- 택배용 난좌에 약 0.5kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재

질의 난좌의 접촉변위에 대한 FEA 해석결과 과실과 난좌의 접촉부분에 대한 변위는 해석결과 약 0.0392 mm로 난좌의 두께 약 0.5 mm에 비해 현저히 낮은 결과를 보였다. 이것은 난좌의 두께가 적용 과실(사과 및 배)에 충분히 사용할 수 있다고 판단되었다.

- 택배용 난좌에 대한 유한요소해석(FEA)을 통해 응력(stress), 변위(deformation) 해석 및 유통중 발생하는 공진(resonance) 및 공진주파수(resonance frequency) 대역에서의 변형에너지(strain energy)에 대한 해석을 통해 재질에 따른 특성을 분석한 결과 PE재질의 8과 난좌에 대한 접촉 응력은 532 Pa로 PP재질의 접촉응력(398 Pa)에 비하여 약 26% 크게 계측되었다.
- 따라서 탄성계수 및 항복강도 특성이 좋은 완충재료가 접촉하는 과실에 충격력을 더 크게 작용하게 되며, 손상을 줄 수 있는 확률도 커지게 된다는 것을 의미한다. 또한, 유통환경의 저주파수 대역의 진동에 의한 과실의 손상이 발생하게 되어 포장설계시 공진주파수 대역이 다른 완충재의 공진주파수보다 크게 설계하는 것이 적정 포장설계의 원칙이다. 따라서, 본 연구를 통해 PP, PE 및 PS 재질 중에 사과, 배의 택배 전용 난좌로 PP 재질이 제일 우수한 것으로 계측되어 난좌개발 재료로 선정하였다.
- 사과, 배 택배용으로 사용되고 있는 완충재는 골판지, 발포PE 그물망, 발포PE 패드, 스티로폼 난좌, 종이발포완충재, PSP 난좌 등이 주로 사용되고 있으며, 발포PE패드 형태의 완충재의 두께는 1~5mm 제품이 시판되고 있었으며 이 중에서 5mm 패드를 사용하여 낙하실험을 실시한 결과 완충력이 약하였다. 이를 보완하기 위하여 5mm 발포PE 패드를 2장 붙여서 사용하든지 5mm 발포PE 완충재 2장 사이에 골판지 패드를 삽입하여 사용할 경우 완충력이 완벽하였다.

4. 택배유통 실험을 통한 문제점 분석 및 보완

- 택배 유통환경 프로파일을 분석해보면 충격가속도, 진동수준 및 낙하충격 발생이 몇 구간에서 집중적으로 발생하는 것을 알 수 가 있다. 그 첫 번째는 택배회사의 택배 수령 후 물품을 각 지역별 분류센터로 이송 후 상/하차 작업 및 분류 작업에 대한 시간대에서 집중적으로 발생되며, 다음으로는 지역별로 분류된 택배물품을 지역별 운송 차량에 싣는 과정에서 발생하게 된다. 또한, 각 지역 내 위치한 중간 분류센터에서의 상/하차 작업과 택배원의 택배 상/하차 과정에서 집중적으로 발생되게 된다. 이 과정 중에 600mm 이상의 높이에서 낙하되는 충격을 받기도 한다.
- 이처럼 실제적인 급격한 충격가속도의 변화는 차량의 이동시에는 거의 발생되지 않으며, 인력에 의한 상/하차 및 운반 등의 작업시에 대부분 발생하는 것을 알 수가 있었다. 따라서, 과실의 경우 택배 유통과정 중에 손상이 발생하는 환경은 인력에 의한 작업 시에 발생될 수 있다는 것이다.
- 이러한 손상에 의한 클레임을 방지하기 위해서는 인력에 의한 작업시 발생하는 환경을 없애는 것이 제일 좋지만, 현재로써는 인력 작업 중에 발생하는 충격력을 견딜 수 있는 완충포장을 설계하여야 한다.

5. 택배유통 중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 사과, 배 택배포장재의 실용화

- 사과 배 택배용 난좌 금형을 총 26종(사과 2.5kg 3종, 사과 5kg 6종, 배5kg 11종, 배 7.5kg 6종) 개발 완료하여 계획대비 116% 초과달성 하였다.
- 택배포장재 상품화는 골판지상자 9종, 에어백 포장 4종으로 총 13종을 개발 완료하여 목표대비)에 대하여 완료하였다. 골판지상자 9종은 사과 2.5kg, 5kg(2.5kg×2), 7.5kg(2.5kg×3), 10kg(2.5kg×4), 사과 5kg, 10kg(5kg×2), 배 7.5kg, 배 5kg, 10kg(5kg×2)이며, 에어백 포장재 4종은 사과 4kg, 5kg, 배 5kg, 7.5kg이다.
- 개발된 에어백 포장기법은 Ny15/LDPE65 재질을 사용하여 2중 봉지 형태를 만들고 외부에서 공기를 주입하면 봉지가 팽창하면서 내부의 포장재가 내용물을 밀착시키고 외부의 포장재는 공기층을 형성하도록 하여 완충성능을 발휘할 수 있도록 고안된 형태로서 파손방지 효과가 탁월하였다.
- 기존 택배 포장방법에 비하여 에어백 택배포장기법은 파손발생을 0%로 완벽한 개선 효과를 나타내었으며, 재료비 절감 효과측면에서도 약 40%의 효과가 있었다. 물류비 측면에서는 36%, 생산성 향상 측면에서는 약 40%의 효과가 발생하였다.

VI. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 연구성과

내용		목표	실적	비 고
사업화	매출액	-	27,985,575원	택배포장재 판매 매출액 발생하였음
	샘플제공	-	21건	택배농가로부터 샘플요청이 있어 택배포장재를 제공하였음
100대 연구과제 선정		-	선정	2014년 농기평 100대 연구과제로 선정
개발제품의 상품화		10건	13건	30% 초과 달성 (골판지상자 택배 9건, 에어백포장 택배 4건)
사과, 배 난좌 금형 개발		12건	26건	116% 초과달성 (사과 난좌 금형 9건, 배 난좌 금형 17건)
언론보도 및 홍보		6건	7건	16% 초과달성 (언론보도 5건, 박람회 2건)
연구 논문		2건	2건	목표달성 국내학회지(한국포장학회지)
교육 지도		50	73	46% 초과 달성(택배포장재 개발제품 홍보)
파손발생율	사과	20%	0%	20% 초과 달성(에어백 포장 기준)
	배	30%	16%	14% 초과 달성(에어백 포장 기준)
재료비 절감	사과	25%	40%	15% 초과 달성(사과 5kg 기준)
	배	25%	39%	14% 초과 달성(배 7.5kg 기준)
생산성 향상	사과	100%	42%	-58% 목표 미달 사과 5kg 기준, (산정기준 설정 착오)
	배	100%	37%	-63% 목표 미달 배 7.5kg 기준, (산정기준 설정 착오)
물류비절감	사과	30%	36%	6% 초과 달성 (포장재 체적 기준)
	배	30%	36%	6% 초과 달성 (포장재 체적 기준)

2. 연구성과 및 활용계획

- 택배유통중 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 택배전용 포장재의 개발 품목은 명절선물세트로 판매량이 가장 많은 사과와 배를 선택하였으며, 택배포장재가 판매되고 있어 파급효과가 클 것으로 기대하고 있음
- 현재 사과는 2.5kg은 난좌 3종 개발 완료, 5kg용 난좌 6종 개발 완료, 사과 4kg용 난좌도 6종 개발 완료된 상태이며, 배는 7.5kg 난좌 6종 개발 완료, 5kg 난좌는 8종 개발 완료되어 상용화 대기 중 임
- 에어백 포장기술을 접목하여 택배포장재의 소량 판매가 가능해진만큼 경쟁력을 확보하였으며 에어백+골판지상자 포장방법으로 명절 선물세트 택배포장재로 판매영역을 확대하고자 함
- 제품생산은 OEM 생산을 원칙으로 하며 난좌는 태방과택(경기도 화성), 에어백은 인디스에어팩(서울 금천구), 골판지상자는 권역별 생산공장에서 제조하여 충남 천안지역 물류센터로 입고 후 100개 단위로 판매를 실시하고자 함
- 제품단가는 배 5kg(사과 4kg) 에어백 포장은 개당 2,200원에 판매하고 있으며, 사과 5kg, 배 7.5kg용은 2,500원에 판매할 계획임. 판매시 수익률은 소량 판매시 30%, 대량 공급시 15~20%를 유지하려고 함. 소량 주문시는 택배판매방식을 이용하며 구매자 부담을 원칙으로 함. 대량 공급시 직접 납품을 원칙으로 함
- 유통은 온라인 판매사이트 [온팩]에 대한 도메인(www.onpack.co.kr)을 확보하였으며, 홈페이지 제작을 위한 디자인 중에 있으며, 시장 점유율이 10% 이상이 되면 오프라인으로 판매를 병행하기로 하며 오프라인 판매는 권역별 농자재판매소, 농협 등에 판매대행을 하고자 함
- 홍보는 오프라인 홍보수단은 농업인을 대상으로 하는 교육(농업인대학 등)에 연구책임자(김수일)가 출강하고 있어 면대면 홍보를 실시하고 언론매체 또는 전문지(디지털농업 등)을 활용하여 홍보를 실시하고 있음. 온라인은 블로그 ‘김수일포장박사블로그(<http://blog.naver.com/suilssi>)’, 홈페이지 김수일포장개발연구소 홈페이지(<http://www.suilssi.co.kr>), 등을 통하여 홍보하고 있음
- 산업화에 따른 기대효과는 택배전용 포장재 판매를 통한 매출향상은 2015년에 20백만 원을 시작으로 2019년에는 1,480백만원의 매출이 발생되어 5년간 누계로 2,774백만원에 이를 것으로 예측되며 마진율을 20%로 계산하면 550백만원의 영업이익이 발생할 것으로 예측됨

Summary

I. Subject

Development of advanced packaging system to apples and pears for minimizing claims in agricultural product courier service

II. Results compared to R&D objectives

Classification (year)	Details of R&D objectives	Achievement (%)
First year for R&D (2013)	○ Analyzing the problems of apple and pear packaging for parcel service and drawing improvement plan	100
	○ Measuring the value of impact and vibration during the parcel service and analyzing properties of buffer materials	100
	○ Developing proper form and material of apple tray for parcel service and standardizing it.	100
Second year for R&D (2014)	○ Developing proper form and material of apple tray for parcel service and standardizing it.	100
	○ With simulation about distribution of parcel service, analyzing and complementing the problems.	100
	○ Putting the packing materials for parcel service to practical use	100
Third year for R&D (2015)	○ Developing the packaging materials for apple in parcel service to minimize complaints caused in parcel service	100
	○ Developing the packaging materials for apple in parcel service to minimize complaints caused in parcel service	100
	○ Commercializing the packaging materials	100

III. The purpose and necessity of the R&D

1. Ultimate purpose

- Developing the packaging systems in regard to apple and pear for parcel service to minimize complaints caused in parcel delivery service.

2. Necessity

- 92.1% of the products purchased in online shopping mall is delivered by parcel service and 2.2% of the products is delivered by offline delivery company with alliance to online shopping mall and 2.9% of products is delivered by shopping mall itself.
- Parcel service industry is a sort of typical logistics relatives to daily life and belongs to industry sector that is very sensitive to business fluctuations and it has seasonal fluctuation in particular period when demands about presents rises, such as Chuseok, New Year's Day, and the end and beginning of the year, and therefore the quantity in this period is increased by 50% more than in usual days
- There are lots of complaints caused in parcel delivery service, for example damaged product by physical impact, spoilage of products by delayed delivery, and loss of products but the damaged product has had the highest percentages of

complaints.

- Apple and pear are representative fruits for holiday gift and more than 6 million gift set are sold per year, but the majority of gifts are delivered in parcel service and there are lots of complaints. In case of A company, in 2012, 20% of sales of fruits gift set for Chuseok delivered by parcel service was complained by customers, and A company thought it might be serious problem, so A company agonized about hold their service that selling gift set via parcel service
- There are differences in ways to package apple and pear between for gift and general sale. For gift, fruits are packaged with buffer cap, tray, buffer pad, and corrugated box and for general sale, with tray, corrugated pad, and corrugated box or with polystyrene mesh or with pan cap, tray, corrugated pad and corrugated box. Those are not fit for parcel service, but fit for wholesale, and therefore there are lots of complaints because of improper way to package. We need to improve this situation.
- So, in this R&D, we are going to developing the packaging system about apple and pear for parcel service to minimize complaints caused in parcel delivery service and to maximize farm's net income and to contribute to solving a manpower shortage of farm village.

IV. Contents and range of the R&D

1. Contents of the R&D

- Measuring the value of impact and vibration during the parcel service
- Analyzing the problems of apple and pear packaging for parcel service and drawing improvement plan
- Developing proper form and material of tray for parcel service and buffer materials
- Through the experiment of distribution of parcel service, analyzing and complementing the problems
- Commercializing the packaging materials to minimize the complaints caused in parcel delivery service

2. The range of R&D

- To sell products with parcel service, Developing packaging materials for apple and pear gift set or general sale to minimize complaints.

V. Results of R&D

1. Measuring the value of impact and vibration during the parcel service

- The apple's resonant frequency was 126.0~217.6Hz and top acceleration was 1.21~5.48, the pear's resonant frequency was ,in the range of input acceleration 0.25~1.0G, 62.5~108.6Hz, and top acceleration was 1.16~5.53G. The range of frequency occurred in general domestic transport of industrial and agricultural product is under 150Hz, so the range of products delivered by parcel service should be lowered by using buffer materials.
- Fruit's safe drop heights increases with growth of Poission ratio, equivalent diameter, time to contact to impact and mass and decreases a little with growth of elastic modulus of fruits and bioyield strength.
- The apple's impact index is 0.51~2.98G , and pear's is 0.74~2.29G, and therefore the apple shows a little more value than pear. In drop experiment of 15kg box, in the lowest drop height, we can measure maximum impact acceleration 45.90G. This figure is more than 80 times than Bio-G vector of apple and pear and impact acceleration, so with this impact, if the apple and pears get this impact once, apple and pear must be damaged.
- Results of measuring the environment of parcel service in regions say that during the delivery, about 17~27 times vibrations, impacts, drops happened. When it comes to impact, the impact more than 2.8G which is more than apple's Maximum bio G-vector occurred 15 times, and the impact more than 10G occurred 5times.
- Also, with analyzing impact it is said that rapid velocity variance seriously affects the damage to agricultural products and on the basis of this experiment results, there are 20 times of rapid velocity variance in delivery, and rapid velocity generate the impact equal to the impact generated by free falling above 300~500mm, in other words, the environment of parcel service is pretty poor.
- In net vibrational region, the vibrations more than 0.42Grms ,the minimum bio G-vector of apple and pear, occurred more than 10 times. If there is no proper packaging with buffer materials for fruits, there must be damage to fruits.

2. Analyzing the problems of apple and pear packaging for parcel service and drawing improvement plan

- Apple and pear are representative fruits for holiday gift and more than 6 million gift set are sold per year, but the majority of gifts are delivered in parcel service and there are lots of complaints. In case of A company, in 2012, 20% of sales of fruits gift set for Chuseok delivered by parcel service was complained by customers, and A

company thought it might be serious problem, so A company agonized about hold their service that selling gift set via parcel service

- There are differences in ways to package apple and pear between for gift and general sale. For gift, fruits are packaged with buffer cap, tray, buffer pad, and corrugated box and for general sale, with tray, corrugated pad, and corrugated box or with polystyrene mesh or with pan cap, tray, corrugated pad and corrugated box.
- To vitalize sales of agricultural via parcel service, not only analyzing the distribution channel and handling process of each parcel delivery company and the problems of apple and pear packaging in circulation, and measuring the generation amount of vibration and impact in parcel delivery service, and the study of form and material of tray are necessary, but also to increase farm's net income, the way about packaging for parcel service to shorten packaging work hours and reduce the cost of packaging materials should be done at the very first.

3. Developing proper form and material of tray and buffer materials for parcel service

- With the Finite Element Analysis(FEA) of tray, we tried to apply modification factor to tray's form with interpretation of stress, deformation, resonance in delivery and strain energy in the range of resonance frequency and tried to apply design factor to tray with Bioyield Strength, Bio G-vector, and resonant frequency.
- The result of FEA of 2.5kg tray for parcel service which contains 7 apples says that when 0.5kg apple or pear is inserted in hole, the maximum contact stress between fruits and tray in polypropylene is 384Pa and it's lower than 312.73~336.61, bioyield strength between apples and tray measured in first year for R&D, and than 181.54~201.76, between pears and tray.
- The result of FEA of tray for parcel service when 0.5kg apple or pear is inserted in hole, the deformation of contacting part between fruits and tray is 0.0392mm and it's lower than 0.5mm, the thickness of tray. It seems that the thickness of tray is sufficient to use with apple and pears.
- Through the FEA of tray, with interpretation of stress, deformation, resonance in delivery service, and strain energy in the range of resonance frequency, analyzing the property of materials says that the contact stress of PE tray for 8 fruits is 532 Pa, and it's 26% higher than 398 Pa ,stress energy of PP tray.
- So, buffer materials which has higher elastic modulus and yield strength give more strong impact and that means there is higher probability to harm to fruits. Also, vibration in low frequency range in delivery environment can cause damage to fruits. So, when you prepare a proper packaging design, resonant frequency has to be

larger than resonant frequency of other buffer materials. Through this R&D, among those materials of tray, for example PP, PE, PS, PP, and the measurement of these materials says that PP is the best material we choose it as a material for tray.

- Buffer materials normally used as packaging materials in parcel service for apple and pear are corrugated paper, expandable PE mesh, expandable PE pad, polystyrene tray, expandable buffer paper, PSP tray. the thickness of expandable pe in the market is 1~5mm, and we used pad with 5mm thickness to experiment free fall test, and result says that buffer power was insufficient. To supplement this result, we do test again with two 5mm expandable PE pad attached each other or insulated corrugated pad between PE pad and buffer power was sufficient.

4. Through the experiment of distribution of parcel service, analyzing and complementing the problems.

- With analysis to environment of parcel service profile, there are some point where impact acceleration, the level of vibration and dropping impact intensively happen. The first point is the period when the parcel service company get package and send them to first hub center and in the hub they are unloaded and are classified according to their destiny. The next point is when workers load them again to trucks bound for each destiny and In the middle hub center, the packages are unload again and sent to deliveryman. In this procedure, they get impact equal to impact generated when packages free fall above more than 600mm.
- Actual variance of impact acceleration hardly happens when car is moving, usually happens during the work that workers load and unload packages. So, in the environment of parcel service, the man usually harms fruits.
- The best way to reduce complaint relative to physical damage is eliminate the work by man which can cause damage to fruits, but in reality, we have to design buffer package to endure those impact during the man's work.

5. Commercializing the packaging materials for apple and pears to minimize complaints caused in parcel delivery service.

- We have developed 26 molds(3 apple trays for 2.5kg box, 6 apple trays for 5kg box, 11 pear trays for 5kg box, 6 pear trays for 7.5kg box) of tray for apple and pear packaging for parcel service and we have exceed the target by 116%.
- We have developed 13 packaging material for parcel service, 9 corrugated boxes, 4 air bag packaging sets, and we have exceed the target by 30%. 9 corrugated boxes contain 1 apple 2.5kg box, 1 apple 5kg(2.5kg×2) box, 1 apple 7.5kg(2.5kg×3)box , 1 apple 5 kg box, 1 apple 10kg(5kg ×2)box, 1 pear 7.5kg box, 1 pear 5kg box, 1 pear 10kg(5kg×2)box and 4 air bag packaging sets contain apple 4kg, 5kg and pear 5kg,

and 7.5kg.

- Air bag packaging sets is made by Ny15/LDPE65 and in double bag. from the outside, it can be blown up and expanded and internal material can stick to contents and external material can absorb shock forming air bound. It shows excellent ability to prevent damages.
- Compared to existing packaging methods, air bag packaging shows flawless improvement effectiveness with 0% incidence of damage and it reduces the cost of material by 40% and logistical cost by 36% and it increases the productivity by 40%.

VI. Result of R&D and Utilization Plan

1. Result of R&D

Contents		Target	Result	Note
commercial ization	Sales	-	27,985,575₩	Sales of packaging material for parcel service has occurred.
	Sample offer	-	21	Offering packaging materials as a sample to farm who requires the samples.
Be selected as an Top 100 studies by IPET		-	selected	Be selected as an TOP 100 studies by IPET in 2014
Commercializing developed products		10	13	Exceeding the target by 30% (9 corrugated boxes and 4 air bag packaging sets for parcer service)
Developing molds for apple and pear trays		12	26	Exceeding the target by 116% 9 molds for apple trays , 17 molds for pear trays
Media report and PR		6	7	Exceeding the target by 16% (5 media reports, 2 exhibition)
Research paper		2	2	Achieving the target Domestic academic journal(Korea Society of Packaging Science & Technology Journal)
Education and Guidance		50	73	Exceeding the target by 46% (promoting developed packaging materials)
Occurrence rate of damage	Apple	20%	0%	exceeding the target by 20% (based on air bag package)
	Pear	30%	16%	exceeding the target by 14% (based on air bag package)
Cost of materials reduction	Apple	25%	40%	exceeding the target by 15% (Based on apple 5kg)
	Pear	25%	39%	exceeding the target by 14% (Based on pear 7.5kg)
Productivity improvement	Apple	100%	42%	Failing to reach the target by 58% based on apple 5kg (mistake for setting a standard)
	Pear	100%	37%	Failing to reach the target by 63% based on pear 7.5kg (mistake for setting a standard)
Logistics cost reduction	Apple	30%	36%	Exceeding the target by 6% (based on matarial load capacity)
	Pear	30%	36%	Exceeding the target by 6% (based on material load capacity)

2. Results of R&D and Utilization Plan

- We have developed the packaging materials only for parcel service and we have decided develop them for apple and pear because apple and pear is the best selling products as a holyday gift set. Also, we expect a big riffle effect because materials are being sold.
- Now, when it comes to apple, we have developed 3 trays for 2.5kg box, 6 trays for 5kg box, 6 trays for 4kg and to pear, 6 trays for 7.5kg box, 8 trays for 5kg and they are waiting for commercialization.
- With air bag packaging technology, we can sell packaging materials in small quantity and we can secure competitiveness and in future, we can expand sales area to holyday gift packaging using air bag and corrugated box.
- We make it a rule to produce goods in OEM and trays will be made in Taekbang Partec(In Hwasung), air bag will be made in Indis Airpack(Seoul), corrugated box will be made in factory in regions and they will send them to distribution center in Cheonan, and we will sell them in 100 units.
- The unit price of airbag for 5kg pear box and 4kg apple box) is 2,200₩ and airbag for 5kg apple box and 7.5kg pear box will be 2,500₩. The earning rate is when we sell in small quantity 30%, and when we sell in big quantity would be 15~20%. When we sell in small quantity, we only sell it via parcel service by C.O.D and When we sell in big quantity, we will deliver them in person.
- We already have domain www.onpack.co.kr where we can sell it via online and this webpage is under construction. When market share reach at 10%, we will entrust selling our product to sale agency such as agricultural material shop or NongHyup.
- Promotion in offline is responsible for Su-il Kim, the chief of research. He teaches at educations for farmers and in education, he promote product face to face and we use magazine(Digital Agriculture) and media source advertisement. Also he has a blog (<http://blog.naver.com/suilssi>) and web site (www.suilssi.co.kr) to promote.
- After commercialization, in 2015, sales reaches 20 million wonnes and in 2019, sales will reaches 1,480 million wonnes and therefore, total sales within 5 years will reach 2,774 million wonnes. With 20% profit rate, operating profit will be 550 million wonnes.

CONTENTS

Ch. 1. The out line , result and objective of R&D -----	17
Sec. 1. The Neccesity for R&D -----	17
Sec. 2. Main contents and ultimate objective of R&D -----	21
Sec. 3. Contents and objective of R&D for tasks -----	21
Sec. 4. Annual plans about contents and objective of R&Dv -----	23
Ch. 2 The present condition of domestic and out-country parcel service technology R&D -----	25
Sec. 1. The present condition of domestic parcel service industry -----	25
Ch. 3. Performance detail and results of R&D -----	43
Sec. 1. Research materials and method -----	43
Sec. 2. Analyzing the problems of fruits packaging for parcel service and drawing improvement plan -----	45
Sec. 3. During the parcel delivery service, analyzing the value of vibration, impact, and property of buffer materials -----	56
Sec. 4. Free fall experiment for developing tray for parcel service -----	86
Sec. 5. Developing proper form and material of apple tray for parcel service and standardizing it -----	107
Sec. 6. With simulation about distribution of parcel service, analyzing and complementing the problems -----	153
Sec. 7. Putting the packing materials used in parcel service to practical use for apple and pear -----	167
Sec. 8. Analyzing effect by developing packaging system for parcel service -----	179
Ch. 4. Achievement of target and contribution to related field -----	187
Ch. 5. Results of R&D and application plan -----	189
Sec. 1. Results of R&D -----	182
Sec. 2. Application plan of results of R&D -----	218
Reference -----	223

목 차

제 1장 연구개발과제의 개요 및 성과 목표 -----	17
제 1 절 연구개발의 필요성 -----	17
제 2 절 연구개발의 주요내용 및 최종 목표 -----	21
제 3 절 과제별(세부) 연구개발의 목표 및 내용 -----	21
제 4 절 연차별 연구별의 목표 및 내용 -----	23
제 2 장 국내외 택배산업 기술개발 현황 -----	25
제 1 절 국내외 택배산업 현황 -----	25
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과 -----	43
제 1 절 연구 재료 및 방법 -----	43
제 2 절 과일 택배제품 포장의 문제점 분석 및 개선방안 도출 -----	45
제 3 절 택배유통중 발생하는 진동, 충격값 분석 및 완충재 특성 분석 -----	56
제 4 절 택배용 난좌 개발을 위한 낙하시험 -----	86
제 5 절 택배유통에 적합한 난좌형태 및 난좌 재질 개발 및 표준화 -----	107
제 6 절 택배유통 시뮬레이션을 통한 문제점 분석 및 보완 -----	153
제 7 절 사과, 배 택배포장재 실용화 -----	167
제 8 절 택배포장 시스템 개발에 따른 효과 분석 -----	179
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 -----	187
제 5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 -----	189
제 1절 연구개발 성과 -----	189
제 2절 연구개발성과 활용 계획 -----	218
참고문헌 -----	223

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과 목표

제 1 절 연구 개발의 필요성

1. 기술적 측면

- 사이버 쇼핑몰의 매출은 20조원 규모('08년 기준)이며 그 중에서 농산물이 차지하는 비중은 2.9%인 약 5,900억원에 이르고 있다. 농산물 사이버 쇼핑몰 매출 증가추세는 2006년 8.9%, 2007년 20.5%, 2008년 20.3%로 급속하게 증가하고 있는 추세임
- 사이버 쇼핑몰에서 구입한 물품의 배송방법은 92.1%가 택배를 이용한 배송이며 오프라인과의 제휴를 맺어 배송하는 것이 2.2%, 자체배송을 이용하는 것이 2.9%를 차지하고 있어 택배를 이용한 배송이 대부분임
- 택배산업의 전형적인 생활물류의 일부분으로 경기변동의 영향을 많이 받는 산업군에 속하며, 선물특수가 발생하는 추석과 설날, 연말연시 등에는 평일보다 물량이 50%이상 증가하는 등 계절적 수요변동 특성을 지니고 있음
- 국내 대표적인 택배회사는 대한통운, CJ GLS, 현대로지스틱, 한진택배, 우체국 등이 있으며 택배회사별 터미널 운영방식에 따라 Point To Point, Hub and Spork 방식을 채택하고 있으며 회사별로 차이는 있지만 심할 경우 20회 이상 제품을 상하차 과정을 거치게 되어 클레임 발생 확률도 높아지게 됨

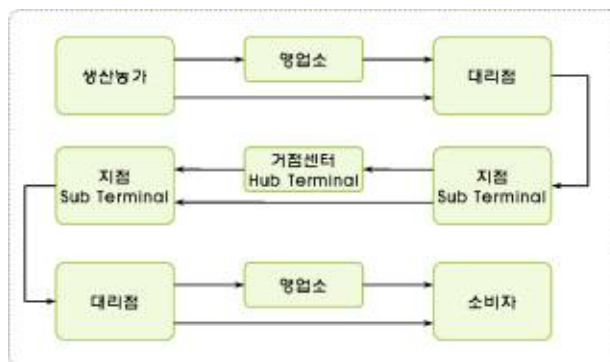


그림 1-1. 농산물 택배유통 과정(집하, 분류, 배송 과정)

- 택배유통중 클레임 발생사례는 외부충격에 의한 제품의 파손, 배송지연에 따른 내용물의 변질, 물품의 분실 등이 있으나 제품파손에 따른 클레임 발생이 가장 많은 비중을 차지하고 있음
- 사과 배는 명절선물의 대표적인 과일이며 연간 600만 세트 이상 판매되고 있으며 대부분이 택배유통으로 배송되고 있어 클레임이 빈번히 발생되고 있음. A유통업체의 경우 '12년 추석 과일선물세트 택배판매 제품 중 파손에 따른 클레임 발생이 20%에 달해 향후 과일선물 택배판매 사업의 지속여부에 대한 고민을 할 정도로 심각한 문제

로 대두되고 있음

- 선물세트의 특성상 택배유통을 감안한 완충포장설계 보다는 포장재 외관의 디자인을 더 중시하는 포장개발이 되고 있으며 그 결과 택배유통 중 외부 충격에 의해 연약한 과육조직이 파손되어 상품성을 상실하는 사례가 빈번히 발생되고 있음
- 사과와 배 택배판매용 포장방식은 선물용의 경우 『과일+팬캡+난좌+완충패드+골판지상자』, 일반용 판매에서는 『과일+난좌+골판지패드+골판지상자』, 『과일+그물망 또는 팬캡+난좌+골판지패드+골판지상자』 의 방식을 주로 사용하고 있음
- 과일류(사과, 배)의 택배유통중 파손원인은 택배유통시스템의 문제와 택배포장의 문제로 구별되며 포장분야에서는 상자압상에 따른 파손도 있지만 고정, 완충성이 부족하여 유통 중에 과일끼리 부딪혀서 발생하는 파손이 대부분인 것으로 파악되고 있음
- 현재 사용중인 PSP(Polystyrene Paper) 난좌는 일반유통용으로 개발되어 주로 도매시장 출하시에 사용되고 있으며 사용상 큰 문제점은 없었으나, 택배유통은 수집, 분류, 배송 등 유통단계가 복잡하여 난좌가 찢어지거나, 난좌의 깊이가 낮아 과일의 고정효과가 거의 없어 외부의 조그마한 진동, 충격에 난좌속의 과일이 흔들려 파손 원인으로 작용하고 있음



그림 1-2. 사과 배 택배유통과정 중 파손 사례

- 사과 배 완충재로 사용되고 있는 팬캡은 작업성과 완충성은 우수하나 단가(사과 팬캡: 70원, 배 팬캡: 90원)가 높아 사과 15kg(50과 기준)을 포장하는데 3,500원이 소요되며, 배 15kg(24과 기준)를 포장하는데 2,160원이 소요되어 농가에 부담을 주고 있는 실정임
- 팬캡 대신에 사용하는 그물망은 완충성도 우수하고 단가도 20원으로 저렴하여 선호하고 있지만 과일에 씌우는 작업이 어려워 인력난을 겪고 있는 농촌을 더 어렵게 만들고 있으며, 일부 농가에서는 제품의 외관이 이쁘지가 못하다는 이유로 사용을 꺼리고 있는 실정임
- 사과 배의 택배유통중 클레임 발생 억제를 위한 연구는 전무한 실정이며, 청과물의 택배유통 현황에 대한 기초적인 연구만 수행된 바가 있을 뿐이다. 농산물의 택배판매 활성화를 위해서는 택배회사별 유통경로와 취급과정에 대한 분석, 현재 유통되고 있는 사과 배 택배포장의 문제점의 분석, 택배유통과정 중 진동, 충격 발생량의 측정, 난좌의 형태와 재질에 대한 연구뿐만 아니라 농가의 실질소득 향상을 위하여 택배포장 재료비의 원가절감과 포장작업 시간을 단축시켜줄 수 있는 택배포장방법의 개발이

선행되어야 함

- 택배용 난좌개발은 동일한 5kg용 난좌라 하더라도 포장되는 과일의 수에 따라 금형 제작비용이 추가되기 때문에 개별적으로 개발시에 엄청난 금형개발비용이 소요되며 이로 인한 난좌의 단가가 상승하기 때문에 결국에는 농가에게 부담을 줄 수 밖에 없는 실정임. 이를 해결하기 위해서라도 연구과제를 통한 다양한 종류의 금형을 개발하여 농가의 선택적 사용기회를 확대할 필요성이 대단히 높음
- 따라서 본 연구에서는 택배유통 중 클레임 발생을 최소화 하고 농가의 실질소득 증대와 농촌의 인력난 해소에 기여할 수 있는 사과 배의 택배포장재를 개발하고자 함

2. 산업·경제적 측면

- 택배 서비스는 『개인화물 또는 기업화물을 대상으로 평균 포장단위 30kg 이하, 세변의 합이 160cm 이내의 소형 화물을 송화인의 문전에서 수화인의 문전까지 신속하고 안전하게 배송하는 것을 원칙으로 하는 서비스 산업』으로 정의 할 수 있음
- 국내 택배산업은 1992년 한진택배에 의해 본격적으로 시작되었으며, 1993년에 대한통운, 1994년에 현대로지엠, 1999년에 CJ GLS와 우체국택배가 시작되었으며 2011년 대한통운, CJ CLS, 현대로지스틱스, 한진택배의 매출액합이 1조 6천억원에 달할 정도로 이제는 거대한 규모의 산업이 되었으며, 2012년 관련업계에 따르면 15세 이상 국민 1인당 연간 택배 이용횟수가 31.5회에 달할 만큼, 이제 택배는 국민생활에 없어서는 안 될 물류서비스로 자리 잡았음
- 택배회사의 터미널 운영방식 중 포인트 투 포인트(Point To Point) 방식은 각각의 터미널 간에 직접 발송하는 방법으로 화물 도착시간 단축과 성수기 집중도를 분산할 수 있는 장점이 있으나 터미널 투자 증가, 물량 불균형 시 운행원가가 증가하는 단점이 있음
- 허브 앤 스포크(Hub and Spoke) 방식은 대형터미널에 집결, 분류 후 배달지 터미널로 운송하는 방법으로 서브 터미널에 신속 도착, 작업인력 감소, 물량불균형 완화등의 장점이 있으나, 원거리 지역 도착지연과 성수기 분류 지연으로 도착지연이 발생하는 단점이 있어 현재는 두 가지 방법을 적당히 융합해서 사용하고 있음



그림 1-3. 터미널 운영방식에 따른 분류

- 모든 택배는 익일배송(물건 발송 후 도착까지 1박 2일)을 원칙으로 하고 있으며, 이를 지키기 위해 사실상 택배로 발송된 물건은 쉬는 시간 없이 계속 어디론가 이동되고 있으며, 대략적인 운송형태는 아래 그림과 같다. 보통 집하가 완료되고 10시부터 터미

널에서 화물분류가 시작되며, 늦어도 오전 중에는 모든 화물 분류가 끝나야 하기 때문에 터미널에서의 작업은 시간 싸움이라고 해도 무방함



그림 1-4. 택배화물의 흐름도

- 터미널에서의 분류 작업이 워낙에 힘들기에 꾸준히 하는 사람보다는 단기 알바 정도로 생각하는 사람이 많고, 분류가 오전내에 끝나야 되는 시간을 다투는 싸움인데다가, 2명에서 5톤차 여러 대의 물량을 내리고 실어야 할 만큼 작업물량이 많다 보니 그들 나름대로 시간을 줄이기 위해 가벼운 물건들은 던져버리는 경우가 많고, 내것이 아니다 보니 살살 다루는 것은 거의 불가능에 가까움.
- 이 과정에서 택배 물건들이 바닥에 떨어져 상하는 경우가 많음. 또한 상, 하차를 잘 견뎠다 하더라도 트럭에 적재되는 과정에서 밑에 깔리게 되면 위에 실려있는 물건들의 하중을 고스란히 견뎌 내야하기 때문에 과일 같은 경우에는 압상에 따른 파손이 발생되기 쉬운 실정임



그림 1-5. 택배유통과정에서 화물취급 현황

- 택배 배송중에 과일에 문제가 생기면 생산자는 과일을 재 배송해야 하며, 이 경우 보상문제는 택배 업체가 아닌 택배 기사가 책임을 지게 됨. 조금만 신경써서 포장하면 과일이 무사히 도착할 수 있는데 그걸 안하다 보니 이리 치이고 저리 치이는 것은 과일택배 뿐만이 아니라 생산자와 택배기사 모두가 힘든 상황임
- 택배종사자의 열악한 근무조건과 복잡한 유통과정을 거치면서 파손 발생율을 최소화 할수 있는 택배포장시스템 개발은 꼭 필요한 연구임. 이런 연구수행은 농협이나 농가 단위에서는 수행이 불가능하고 포장전문연구기관에서 안전한 택배포장시스템을 개발 하여야 하며 개발이 완료되면 파손 클레임 발생이 줄어 소비자와의 신뢰도가 향상되어 판매가 증가하게 되어 농가의 소득증대에 기여할 수 있음
- 또한 연구결과를 바탕으로 복숭아, 토마토, 포도 등 다른 과수품목의 택배포장 개발이 순차적으로 가능해져 농산물 택배유통중에 발생하였던 파손문제를 완전히 해결 할 수 있기 때문에 선행연구의 성격을 띤 본 연구의 반드시 수행되어야 함

제 2 절 연구개발의 주요내용 및 최종목표

1. 주요내용

○ 주요연구내용

- 택배유통중 발생하는 진동, 충격값의 측정
- 사과 배 택배용 포장재의 문제점 분석 및 개선방안 도출
- 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질, 완충포장재 개발
- 택배유통 실험을 통한 문제점 분석 및 보완
- 택배유통중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 사과, 배 택배포장재의 실용화

2. 최종목표

- 택배유통중 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 사과, 배 택배포장시스템 개발

제 3 절 과제별(세부) 연구개발의 목표 및 내용

- ### 1. 주관기관(제1세부) : 택배유통중 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 사과, 배 택배포장 시스템 개발

가. 주요내용

- 사과 배 택배제품 포장의 문제점 분석 및 개선방안 도출
- 택배유통 중 발생하는 진동, 충격값 측정 및 PSD 분석
- 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질, 완충포장재 개발 및 규격표준화
- 택배유통 시물레이션을 통한 문제점 분석 및 보완
- 택배유통 중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 사과, 배 택배포장재의 실용화

나. 연구내용

- (1) 사과 배 택배제품 포장의 문제점 분석 및 개선방안 도출
 - 택배회사별 수집, 분류, 배송방법 조사 및 유통경로 조사
 - 산지별, 포장단위별 사과, 배 택배제품 포장형태 및 방법 분석
 - 사과, 배 택배제품의 산지별 크기, 중량, 포장개수 측정
 - 사과, 배 택배제품 포장방법별 경제성 분석
 - 사과, 배 택배제품 포장방법별 클레임 발생원인 분석
 - 사과, 배 택배제품 포장개선 방안 도출
- (2) 택배유통중 발생하는 진동, 충격값의 측정 및 완충재 특성 분석
 - 사과 택배제품의 산지별, 포장단위별, 택배회사별 진동, 충격값 측정

- 배 택배제품의 산지별, 포장단위별, 택배회사별 진동, 충격값 측정
- 택배유통 과정중의 PSD(Power Spectral Density) 분석
- 택배제품에 사용되는 완충재의 특성분석

(3) 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질 개발 및 표준화

- 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 형태 설계(사과 6종, 배 6종)
- 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 재질 개발
- 물류 표준화를 감안한 포장단위별 난좌의 표준규격 개발
- 택배포장재(난좌, 완충재, 상자) 시제품 생산
- 택배포장 방법에 따른 경제성 분석

(4) 택배유통 시뮬레이션을 통한 문제점 분석 및 보완

- 택배유통 시뮬레이션을 통한 포장방법 개발
- 시뮬레이션을 통한 택배유통 클레임발생 원인 분석
- 사과 택배유통시험을 통한 문제점 분석 및 보완
- 배 택배유통시험을 통한 문제점 분석 및 보완

(5) 택배유통중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 사과, 배 택배포장재의 실용화

- 사과 난좌 금형제작 6종(2.5kg-3종, 5kg-3종)
- 사과 택배제품 포장재 제작 6종[2.5kg, 5kg(2종), 7.5kg, 10kg(2종)]
- 배 난좌 6종 금형제작(5kg-3종, 7.5kg-3종)
- 배 택배제품 포장재 제작 4종(5kg, 7.5kg, 10kg, 15kg)
- 배 택배제품 5kg, 7.5kg, 10kg, 15kg용 포장재 실용화

다. 최종목표

- 택배유통중 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 사과, 배 택배포장시스템 개발

제 4 절 연차별 연구개발의 목표 및 내용

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2013)	택배유통중 클레임발생 최소화를 위 한 사과, 배 택배포장시스 템 개발	○ 사과 배 택배제품 포 장의 문제점 분석 및 개선방안 도출	100	- 택배회사별 수집, 분류, 배송방법 조 사 및 유통경로 조사
			100	- 산지별, 포장단위별 사과, 배 택배제 품 포장형태 및 방법 분석
			100	- 사과, 배 택배제품의 산지별 크기, 중 량 및 포장개수 측정
			100	- 사과, 배 택배제품 포장방법별 경제성 분석
			100	- 사과, 배 택배제품 포장방법별 클레임 발생원인 분석
			100	- 사과, 배 택배제품 포장개선 방안 도 출
		○ 택배유통중 발생하는 진동, 충격값의 측정 및 완충재 특성분석	100	- 사과 택배제품의 산지별, 포장단위별, 택배회사별 진동, 충격값 측정
			100	- 배 택배제품의 산지별, 포장단위별, 택배회사별 진동, 충격값 측정
			100	- 택배유통 과정중의 PSD(Power Spectral Density) 분석
			100	- 택배제품에 사용되는 완충재의 특성 분석
		○ 택배유통에 적합한 난 좌형태, 난좌재질 개 발 및 표준화	100	- 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 형태 설계(사과 2.5kg - 3종)
			100	- 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 재질 개발

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구범위
2차 년도 (2014)	택배유통중 클레임발생 최소화를 위한 사과, 배 택배포장시스템 개발	○ 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질 개발 및 표준화	100	- 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 형태 설계(사과 3종, 배 6종)
			100	- 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 재질 개발
			100	- 물류 표준화를 감안한 포장단위별 난좌의 표준규격 개발
			100	- 택배포장재(난좌, 완충재, 상자) 시제품 생산
			100	- 택배포장 방법에 따른 경제성 분석
		○ 택배유통 시뮬레이션을 통한 문제점 분석 및 보완	100	- 택배유통 시뮬레이션을 통한 포장방법 개발
			100	- 시뮬레이션을 통한 택배유통 클레임발생 원인 분석
			100	- 사과 택배유통시험을 통한 문제점 분석 및 보완
			100	- 배 택배유통 시험을 통한 문제점 분석 및 보완
			100	- 실제 택배 유통시험 실시
		○ 택배 포장재 실용화	100	- 사과 2.5kg 난좌금형 개발 3종(7과, 8과, 9과)
			100	- 사과 택배제품 포장재 2종 개발(5kg, 10kg)
			100	- 배 택배제품 포장재 4종 개발(5kg, 10kg, 7.5kg, 15kg)
3차 년도 (2015)	택배유통중 클레임발생 최소화를 위한 사과, 배 택배포장시스템 개발	○택배유통중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 사과 택배 포장재 개발	100	- 사과 난좌 금형제작 6종(5kg-6종: 13과, 14과, 15과, 16과, 17과, 18과)
			100	- 사과 택배제품 포장재 제작 2종(5kg, 10kg)
			100	- 사과 택배유통용 골판지상자 최적화 재질구성 제시
		○택배유통중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 배 택배포장재 개발	100	- 배 난좌 6종 금형제작 (5kg-11종: 6과, 7과, 8과, 9과, 10과, 11과, 12과, 13과, 14과, 15과, 16과) (7.5kg-6종: 8과, 9과, 10과, 11과, 12과, 13과)
			100	- 배 택배제품 포장재 제작 4종(5kg, 7.5kg, 10kg, 15kg)
			100	- 배 택배유통용 골판지상자 최적화 재질구성 제시
		○택배포장재 현장 상용화	100	- 사과 배 생산농가에서 개발된 택배포장재를 구입하여 택배유통에 사용하도록 함
			100	- 사과 배 택배포장 시스템 사업화를 위한 로드맵 제시

제 2 장 국내외 택배산업 기술개발 현황

제 1 절 국내외 택배산업 현황

1. 택배시장 현황

가. 국내 택배산업 특징 및 현황

(1) 국내 택배업계 동향 및 전망

- 우리나라 택배사업의 1989년 정부가 업계의 건의를 받아들여 동년 12월 30일 법률 제 4190호에 의거 자동차운수사업법 제 16조 2항 “소화물일관수송” 업태가 만들어졌고, 한진택배가 1992년 6월에 택배사업을 개시하며 2003년 5월에는 99개 업체가 등장하기도 하였으며, 2006년에는 대형 4사, 중견규모 10개사, 우체국, 정기화물택배사 등 31개로 축소가 되었으며 현재는 대규모 택배회사 5곳과 중소규모의 택배회사들이 경쟁을 하고 있는 실정이다.
- 택배서비스는 국민 생활과 직접적으로 관련이 있으며 택배이용회수를 경제활동 인구 기준으로 보면 2000년에 14.3회에서 2007년에는 40회로 2.8배가 성장하였으며, 매출액은 2002년에 1조 2천억원, 2007년에 2조 2천억원, 2010년에 3조 3천억원 시장으로 급성장 하였으며, 향후에도 지속적인 성장이 예측되고 있다.

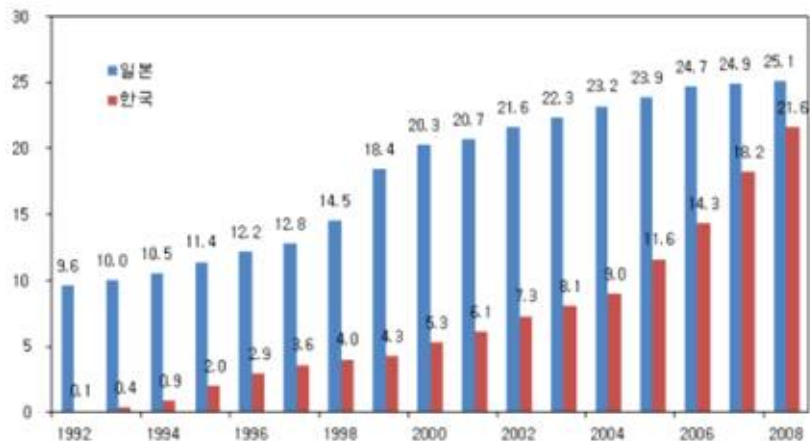


그림 2-1. 일본 및 한국의 1인당 택배이용 건수 비교(단위:박스)¹⁾

- CJ GLS는 2011년 2억 557만 개에서 2012년 2억 4,447만 개로 전년대비 18.9%가 증가하였고 CJ 대한통운은 2011년 2억 4,827만 개에서 2012년 2억 8,843개를 취급하여 전년대비 16.2%가 증가하였다. 한진택배는 2011년 1억 5,133만 개에서 저단가 영업을 자제한 영향의 여파로 2012년은 전년대비 4.7%가 증가한 1억 5,846만 개를 처리하였으며, 현대택배의 경우 2011년 1억 6,782만 개에서 2012년 1억 8,337만 개로 전년대비 9.3%가 증가하였다.

1) 우체국의 실버택배산업 도입에 관한 소고(안영옥, 2009)

- 우체국택배의 경우 전년대비 -3.4%로 마이너스 성장한 1억 2,518만개를 처리한 것으로 집계되었다. 우체국택배의 마이너스 성장의 배경은 감사원의 우정사업 경영실태 감사 결과에서 ‘규정상의 최저 요금보다 낮은 요금을 적용하거나 경쟁관계에 있는 민간 택배회사의 택배물량을 계약택배로 유치하는 등 수익성을 고려하지 않고 외형 성장에 지중하고 있다’는 지적과 함께 ‘우체국택배 손실을 가중시키지 않도록 사는 등 택배업무를 철저히 하도록 하는 주의 요구사항’을 받은 영향 때문인 것으로 판단된다.
- 현재 택배물량 기준 1위와 2위의 합병으로 양사의 지상 점유율은 40%를 넘어설 것으로 전망되며 통합 택배 서비스를 출범으로 Price Leadership 확보 및 규모의 경제 효과, 배송효율성 개선 등이 긍정적이 요소로 작용할 것으로 보여진다.
- 따라서 국내택배시장은 CJ GLS와 CJ 대한통운의 합병으로 당분간 한진택배, 현대택배, 우체국택배를 중심으로 하는 BIG4 체제를 형성해 나갈 것으로 전망되며 장기적으로 택배시장의 대형화 과정 속에서 일본의 2강 체제(야마토운수, 사가와큐빈)와 같은 승자독식 현상도 배제하기 어려운 시나리오라 할 수 있다.
- 향후 국내 택배시장은 상위 선두기업을 중심으로 재편되면서 수익 저점을 통과할 것으로 보여진다. 이 같은 전망은 택배업계에서는 이미 단가 인상에 대한 공감대가 형성되고 택배요금 현실화가 수면 위로 떠오르고 있기 때문이다. 특히 올해 초 현대택배의 택배단가 인상 조치는 앞으로 택배 단가의 현실화에 긍정적인 신호로 작용할 것으로 예상되지만 반면에 아직까지 국내 택배시장은 서비스 운임과 고품질 차별적 서비스와의 상관관계가 낮아 운임상승의 기대폭은 그리 크지 않을 것으로 판단된다.



그림 2-2. 국내 택배 시장규모 및 성장률 추이

표 2-1. 국내 상위 5개 택배사 실적추이(단위:만개, 억원)

연도	구분	한진택배	대한통운	현대택배	CJ GLS	우체국택배	5개사 합계
1992	물량	택배사업개시					
	매출						
1993	물량	170	택배사업개시				
	매출	57					
1994	물량	275	157	택배사업개시			
	매출	110	58				
1995	물량	409	335	300			
	매출	175	162	85			
1996	물량	661	699	570			
	매출	298	316	188			
1997	물량	836	1,054	700			
	매출	397	499	330			
1998	물량	1,113	1,195	1,084			
	매출	512	538	423			
1999	물량	1,557	1,790	1,870	택배사업개시	택배사업개시	
	매출	634	708	679			
2000	물량	2,430	2,349	2,644	430	271	8,124
	매출	893	856	921	187	112	2,969
2001	물량	2,904	2,850	3,550	1,815	1,271	12,390
	매출	1,064	1,014	1,449	593	388	4,508
2002	물량	3,635	3,947	4,780	5,013	2,213	19,588
	매출	1,351	1,362	1,846	1,625	618	6,802
2003	물량	4,079	4,278	5,221	6,232	2,561	22,371
	매출	1,491	1,491	2,004	2,003	756	7,745
2004	물량	4,283	4,824	6,350	7,159	3,502	26,118
	매출	1,558	1,607	2,241	2,183	1,019	8,608
2005	물량	6,105	5,837	7,650	10,175	4,959	34,726
	매출	1,813	1,756	2,472	2,832	1,429	10,302
2006	물량	8,490	8,365	8,880	10,601	6,850	43,186
	매출	2,264	2,223	2,693	2,890	1,911	11,981
2007	물량	9,541	12,240	12,468	12,152	8,334	54,734
	매출	2,375	2,930	2,859	3,120	2,247	13,531
2008	물량	10,618	15,788	13,806	13,731	9,942	63,884
	매출	2,572	3,655	3,551	3,160	2,601	15,539
2009	물량	13,631	18,900	15,221	17,652	11,113	76,507
	매출	3,265	4,243	3,770	3,790	2,853	17,925
2010	물량	14,989	22,602	15,189	18,408	12,119	83,150
	매출	3,576	4,957	3,577	3,995	3,075	19,160
2011	물량	15,133	24,828	16,782	20,557	12,958	90,403
	매출	3,669	5,536	3,901	4,499	3,284	20,903
2012	물량	15,846	28,843	18,337	24,447	12,518	99,991
	매출	3,850	6,250	4,168	5,297	3,231	22,796
증감률 (2012년 대비)	물량	4.7%	16.2%	9.3%	18.9%	-3.4%	10.6%
	매출	4.9%	13.1%	6.8%	17.7%	-1.6%	9.1%

(2) 택배시장 규모와 성장추이

- 국내 택배시장은 전자상거래와 TV홈쇼핑산업의 쌍두마차가 택배시장의 견인차 역할을 하면서 양적으로는 지속적인 성장세가 이어지고 있다. 최근 실시된 택배서비스 이용실태 조사(2013년 1월)에서 1인당 월평균 택배이용 건수는 10.1건으로 나타나 2011년 8월의 7.3건 보다 38.3%가 증가하는 등 국민생활의 필수 부분으로 자리매김하였다.
- 2012년 국내택배 취급실적은 전년대비 8.2%가 성장한 14억 60만개로 3조 5,200억 원의 시장규모를 형성한 것으로 나타났다. 백화점, 대형마트 등 대형유통업체도 온라인 판매비중을 늘리면서 2013년 택배물량은 더욱 증가할 것으로 전망되고 있다.

표 2-2. 국내택배 시장규모 성장 추이

연도	GDP 성장률(%)	물량 (백만개)	매출액 (백억원)	물량 증감률 (YoY, %)	물량 CAGR(%)	비고
2001	4.0	203	65	84.5	26.9	택배업체 신규진입 러시로 경쟁심화 카드대란(2003년)
2002	7.2	301	98	48.3		
2003	2.8	343	113	14.0		
2004	4.6	405	127	18.1		
2005	4.0	526	156	29.9		
2006	5.2	658	185	25.1	16.2	철도소화물 사업 폐지
2007	5.1	800	214	21.6		
2008	2.3	892	232	11.5		미국발 금융위기
2009	0.2	1,080	272	21.1		국내 GDP 성장률 0.3%
2010	6.2	1,198	299	10.9		
2011	3.8	1,299	329	8.4	8.2	경제성장률 둔화, CJ그룹- 대한통운 인수
2012	2.0	1,406	352	8.2		이노시스 도산

나. 해외 택배산업 특징 및 현황

(1) 일본

(가) 일본의 택배산업 현황

- 1976년부터 시작된 일본택배는 매년 물량증가로 1980~90년대의 성장시기를 거쳐 2000년대에는 성숙시장으로 진화하기 시작하면서 품질과 서비스의 질도 높아졌다.
- 2008년도 글로벌 금융위기 후에는 일본에서 택배 서비스를 시작한 이후에 처음으로 전년대비 물량감소로 인해 2007년도의 32억 3,246만개보다 7,472만 개 줄어들어 2009년에는 31억 3,694만 개를 달성하였다.
- 2010년부터 시작된 디플레이션으로 인한 저성장과 2011년 3월 11일 동일본대지진의 영향으로 택배 취급개수는 커다란 증가는 어렵게 되었다. 그러나 물류인프라의 구심

점이 되었던 편의점의 증가와 오프라인 유통인 백화점, 대형마트, 할인점 등의 매장이 포화상태가 되었고 소비자의 온라인 쇼핑과 인터넷·모바일 쇼핑의 안정적인 성장으로 인해 2011년에는 전년대비 2억 개의 증가를 보여 34억 96만 개를 달성하게 되었다. 1~2년 후에는 35억 개의 목표달성도 가능할 것으로 보인다.

- 택배시장 구도는 야마토, 사가와, 우편사업의 3강 체제에서 야마토, 사가와 2강 체제로 변하고 있다. 우편사업의 유팩이 일본통운의 페리칸편과 통합·인수되면서 거래처 기업의 이탈 및 물량감소로 3억 8,330만 개(점유율 11.4%)를 기록한 반면, 야마토는 전년대비 1억 개 이상이 증가한 14억 2,360만 개(점유율 42.3%), 사가와는 12억 9,954만 개(점유율 38.6%)를 기록하면서 야마토, 사가와 2개사를 합치면 80.9%의 시장 점유율을 보이고 있다.

표 2-3. 2011년 택배편 취급개수 (단위 : 만 개, %)

택배편명	취급기업명	택배편명	취급개수	전년대비증가율	시장점유율
트럭편	야마토운수	택배편	142,360	105.5	42.3
	사가와큐빈	비각택배편	129,954	108.8	38.6
	우편사업	유팩	38,330	110.5	11.4
	세이노운수	캥거루편	11,995	101.4	3.6
	후쿠야마통운	후쿠쓰택배편	12,035	98.1	3.6
	기타(18편)		1,625	103.0	0.5
	합계(23편)		336,300	105.3	100.0
항공이용편	합계(50편)		3,796	143.0	100.0
2011년 총합계			340,096	-	-

[자료 : 국토교통성 통계자료수집]

(나) 일본택배업계 전망

- 포화시장에 접어든 일본택배는 야마토와 사가와의 2강 체제로 재편됐으며, 국내에서 글로벌거점으로 사업영역을 성장시켜 가고 있는 중이다.
- 그 외에 홀딩스그룹은 3PL사업과 유통 및 제조, 물류의 관련기업 간에 자본 및 업무 통합을 통해 택배사업 영역을 확대해 가고 있다. 국내시장에서 상품배송의 안전성과 택배기업 배송사원의 도난과 현금도피 사건으로 인해 떨어진 기업이미지의 신뢰성 회복도 중요시 되고 있다.
- 야마토택배는 2011년부터 택배 취급개수 1개당 10 엔씩의 기부금을 지원해 왔으며 사회적 책임(CSR)을 통해 택배가 생활밀착형 기업으로 정착하는데 적극 참여하고 있다.
- 2011년도 취급개수는 최고치인 34억 개가 예상되어 매년 증가현상이 예상된다. 2015년에는 37~38억 개 시장까지 확대될 것으로 예상된다. 여기에 온라인시장과 모바일시장의 구매증가로 인해 택배물량은 지속적이고 안정적으로 늘어날 추세이다.

- 야마토와 사가와와의 2강 체제로 인해 일본의 택배도 가격경쟁이 단계적으로 치열해질 것으로 보인다. 사회적 책임과 윤리강령 준수로 선진국 수준의 물류혁신을 유지하려는 업계의 움직임이 주목된다.

(다) 한국과 일본 택배 발전과정의 차이

- 한국과 일본의 택배차이는 소비자의 라이프스타일, 소득수준, 서비스와 품질의 가치 등 다양한 요소에 따라 변화한다.
- 택배는 소득수준이 높은 나라 또는 지역에서 품질과 서비스에 대가를 지불하고 진행되는 사업이다.
- 한일 양국의 차이는 10~15년 정도 격차가 발생한다. 한국은 양적 성장에서 질적, 서비스 지향으로 전환 중이고 일본은 질적 성장에서 글로벌 지향으로 진행 중이다.

표 2-4. 한일택배시장의 발전과정별 키워드

연도	택배단계	주요키워드	한국택배예상
1976-1985	도입기	물량확대택배	1990년대(도입기)
1986-1995	성장기	스피드택배, 네트워크택배	2001-2010년(성장기)
1996-2005	성숙기	서비스와 품질, 상품개발력택배	2011-2015년(성숙기)
2006-현재	포화기	글로벌택배, 핵심역량강화택배, 환경대응택배, 사회적책임(CSR)	2016년- (포화기)

(2) 미국

- 1907년 미국 애틀랜타에서 설립된 UPS(United Parcel Service)는 1일 1300만 건의 화물을 처리하며, 200개국에 네트워크를 갖고 항공기 577대를 보유하고 있으며 56.2%의 점유율을 차지하고 있다.
- 미국의 택배시장은 UPS와 FedEx의 양강구도로 이들의 점유율은 90%를 상회하고 있으며 시장규모는 '08년 기준 매출액 841억 달러이며, ' 14년 986억 달러까지 성장할 것으로 예측된다.
- 테네시주 멤피스에 지주회사를 둔 FedEx는 2006년 미국 우편기관인 USPS와 협약을 체결해 2013년까지 미 우편 처리의 항공운송만을 전담하는 것으로 장기 계약했으며 35.6%의 점유율을 차지하고 있다.
- 상품별로는 육상 택배운송이 53.0%, 우편서비스가 29.0%, 국내항공운송이 12.0%, 국제항공운송이 6.0%를 차지하고 있으며 고객유형별로는 51.0%가 상업용, 29.0%가 미국정부 운영 우편 관련, 20.0%가 기타에 해당하며, 가정 고객은 최근 온라인쇼핑의 발달로 15%에 이르고 있다. (자료출처: KOTRA 2009년)

(3) 중국

- 중국 택배 기업은 국유(EMS, 민항CAE, 철도CRE), 대형민영, 소형민영, 외자(TNT, FEDEX, DHL등) 택배기업으로 나뉘지며 시장이 대규모화, 브랜드화 되고 있으며, 우편 시스템 개혁 이후 지난 5년간 택배시장은 빠른 속도로 발전하여 연평균 업무 증가율 27.2%이며 총 업무량은 지난 5년 전 대비 2배 이상 증가하여 택배 하루 처리량이 300만 건에서 1,300만 건으로 증가하였다.
- 현재 총 7500여 개 택배기업 중 규모가 큰 택배 서비스 기업의 2011년 총 업무량은 36억5000만 건에 달해 2010년 대비 56% 증가하였으며 2015년까지 중국 내 택배시장의 규모가 2배 이상 확대돼 연간 매출액이 1430억 위안에 달할 것이며 연간 처리 가능 택배 물량도 61억 건을 초과할 것으로 예상된다.
- 택배 기업의 낙후된 경영관리로 인한 경쟁력 부족. 특히 택배 불만 신고가 많으며(느린 배송, 분실, 파손, 서비스태도 불만 등) 불만에 대한 즉각적인 피드백이 되지 않고 있다.
- 열악한 정보화 기술 시스템으로 배송 추적 조회가 어려운 등 전반적인 시스템 문제가 존재한다. 그러나 시스템 개혁을 하지 않은 채 낮은 수준의 발전만을 이루어 수많은 택배업체가 가격 경쟁으로 승부를 하며 그로 인한 악순환이 계속되고 있다.



그림 2-3. 중국의 전자상거래 규모

- 비정규 택배사들 간에 무질서한 경쟁이 있으며 전자 상거래가 많아지면서 대형 택배 업체들은 업무량이 많아졌지만 소형 업체들은 네트워크 부족, 자본 부족 등의 제약이 있다. 이에 따라 몇몇 소형 업체는 저가에 물건을 접수하고 대형 택배업체를 통해 발송하는 등 중개상으로 전락하게 된다. (자료출처 : 百度, 中国国家邮政局, 道客巴巴 등)

2. 택배 유통과정 특성

가. 택배회사별 유통과정 특성

(1) 경동택배

- 전국에 터미널 7개, 영업소 825개를 운영하고 있으며 노선차량 610대, 화물용 차량 300대, 자사영업차량 4105대를 보유하고 있다. 고객의 편의를 위하여 정기화물이나 택배를 선택하여 보낼 수 있으며 익일 오전 7시부터 출고가 가능하며, 크기, 중량, 모양, 도착지역 관계없이 택배가 가능하다. 차량고장으로 배달지연 사고를 방지하기 위하여 운행차량의 95%를 신차로 운영하고 있다.

(2) CJ 대한통운 택배

- CJ 대한통운 택배는 국내 최대규모의 대전 문평동 메가 허브 터미널과 전국 주요 도시에 위치한 170여개의 서브 터미널 등 안정적인 운영 인프라를 보유하고 있으며 1,300여 대리점의 12,000여명의 SM(Service Master)들이 빠르고 정확한 택배서비스를 제공하고 있다.
- 전국의 특산물 택배를 강화해 산지와 소비자를 직접 연결하는 농, 수산물 유통구조 개선에 기여하며, 농어민과 소비자, 지자체, 기업이 모두 상생할 수 있는 서비스와 가구, 운동기구 등 크고 무거운 상품에 대해 기존 DOOR TO DOOR 서비스를 넘어 중량물 설치택배 서비스를 통해 고객의 Needs에 맞게 고객이 원하는 장소에 상품을 배송하고 설치까지 제공하는 맞춤형 서비스를 제공하고 있다.
- 이를 기반으로 홈쇼핑, 인터넷쇼핑몰, 제조판매업, 유통업 등 다양한 고객을 대상으로 창고 보관과 유통가공 서비스, 포장, 집하, 배송 등 기업형 택배 서비스를 제공하고 있으며, 지하철과 아파트 무인택배, 당일 집하 서비스, VIP택배 등 차별화된 서비스와 자동반품 예약시스템, 모바일 화물 위치정보 서비스 등 신개념 IT 시스템으로 고객이 더욱 편리하게 이용할 수 있도록 진화하고 있다.
- 업계 최초로 운송장 모바일 프린터를 도입하여 현장에서 직접 운송장을 출력할 수 있어 고객이 손으로 운송장을 작성하는 번거로움을 덜어주는 등 스마트 물류 리더로서 시장을 선도하고 있다. 또한 All IT 기반의 통합 콜센터를 운영하여 고객이 전화 한 통으로 모든 문의를 해결할 수 있는 원스톱 서비스를 제공하고 있으며, 이외에도 다양한 생활물류 서비스 상품을 지속적으로 개발하여 고객의 편의와 서비스 제공을 위해 노력하고 있다.

(3) 현대택배

- 현대택배는 빠르고 정확한 최고의 서비스로 국내 택배시장을 선도하고 있다. 전국 주요지역에 15개의 허브터미널과 65개 지점, 700여 대리점을 보유하며 국내 최대규모의

인프라를 운영하고 있다. 전국 5,000여 최정예 택배사원들은 매년 200시간의 강도 높은 친절 서비스교육을 받고 현장에 투입되어 고객 감동을 펼치는 것으로 정평이 나 있다.

- 오산물류센터는 첨단자동화 시스템을 탑재한 미래형 신개념 물류센터로서 단일물류센터로는 아시아 최대규모로 화물차 561대가 동시에 주차할 수 있으며, 국내 물류센터 최초로 컨테이너 수출용 차량이 물류센터 내 각 층으로 직접 진출입 할 수 있다. 택배, 3PL, 해운, 항공, 내륙운송, 항만 등으로 사업영역이 구분되어 있으며 자동화 및 최첨단 물류시스템으로 종합물류서비스를 제공하고 있다.

(4) 한진택배

- 한진택배는 대한민국의 택배역사, 한진택배의 역사이다. 1992년 국내최초로 택배서비스를 시작한 한진은 최강의 물류 네트워크 및 최첨단 택배정보시스템을 구축하여 고품질 서비스를 제공하고 있으며, 대한민국 생활물류의 종가로서 업계발전을 선도하고 있다.
- 최고의 서비스를 위해 첨단 택배로 진화하고 있다. 실시간 데이터 전송이 가능한 스마트폰 시스템을 도입하여 배송물품의 위치를 실시간으로 알 수 있으며, 위치정보/지리정보 시스템을 이용하여 차량별로 최적의 배송경로가 자동으로 설정되는 등 첨단 IT택배서비스를 제공하고 있다.

(5) 우체국택배

- 우체국택배는 25개 우편집중국, 3개 물류센터를 비롯해 전국 3천700여 개 우체국을 하나의 네트워크로 연결하는 첨단IT기반의 우편물류시스템(PostNet)과 실시간으로 우편물의 소통 현황을 점검하는 우편물류종합상황실을 효율적으로 운영하고 있으며 1만 7천여 모든 집배원들에게 보급된 PDA를 통한 배달업무의 디지털화도 폭주하는 우편물을 적기에 소통시키고 있다.

(6) 옐로우캡택배

- 옐로우캡택배는 국내 최장규모(240미터)의 이천터미널 등 부천, 대구, 광주, 논산에 위치한 전국 5개 물류기지는 하루 60만개의 물량처리가 가능하여 안정적인 물류 서비스를 제공하고 있다. 전국 161개 지점, 2,300여 영업소의 완벽한 물류 인프라 네트워크가 구축되어 있어 전국 어느 곳이나 빠르게 배송한다. 기업고객에게는 송장출력으로 부터 화물추적, 반품처리 등 일괄 처리가 가능한 종합 물류정보시스템을 통해 SOHO 사업자는 물론 대형 쇼핑몰에 이르기 까지 안정된 시스템을 제공한다.

나. 집하 및 배송 프로세스

- 고객으로부터 집하요청을 받거나 각종 요구사항을 듣고 해결해 주는 예약 및 접수 기

능, 택배사원이 고객을 방문하여 운송장을 발급하고 화물을 인수하는 집하기능, 집하한 화물을 터미널로 입고 후 도착지별로 분류하여 수송하는 기능, 도착한 화물을 배송하는 기능, 배송 후 고객 관리하는 서비스 기능으로 구별된다.

- 고객을 방문하여 고객이 작성한 운송장 내용과 화물을 확인한 후, 인수하여 집해차량 등 운송수단을 이용하여 영업소 또는 터미널로 입고시키는 과정을 집하라고 하고, 도착지 영업소 또는 터미널에서 배송구역별로 분류된 화물을 집배차량 등 운송수단에 적재하여 수하인에게 전달하는 과정을 배송이라 한다. 이 과정에서 예약접수, 집하, 터미널 입고, 도착화물 인수, 배송 후 고객 서명 등의 정보를 제공할 수 있다.

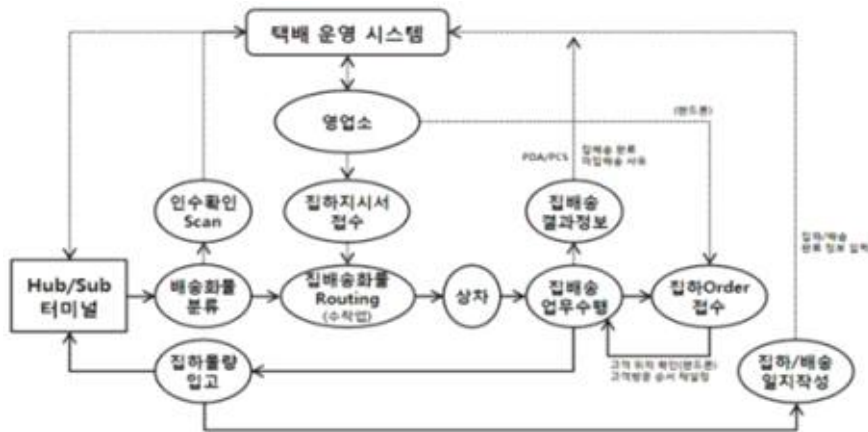


그림 2-4. 택배 집배송 프로세스

- 집하 및 배송 프로세스는 고객의 접점에서 고객에게 직접 서비스하는 것으로 택배사의 수익과 직결되는 아주 중요한 프로세스 중 하나이다. 그러나 집배송을 담당하는 택배사원은 표준작업 시간기준으로 일 12시간을 근무하며, 터미널에서 배송화물 분류, 집하지시 수령, 배송루트 편성, 고객을 방문하면서 일 80여 곳을 방문하면서 집하, 배송 실시, 터미널로 귀환하여 집하화물 입고, 집배송 일지 작성 등 정보입력 등 다양한 업무를 수행하여 현실적으로 양질의 서비스를 제공하는데 장애가 되고 있다.
- 집하, 배송 시 고객은 항상 대기하고 있는 상황이 아니어서 재방문하는 경우가 40%를 넘고 있어, 고객과 상의하여 이웃이나 경비실 등에 위탁 배송하는 경우가 비일비재하다.



그림 2-5. 택배사원 시간대별 작업내용



그림 2-6. 현대택배서비스 흐름도

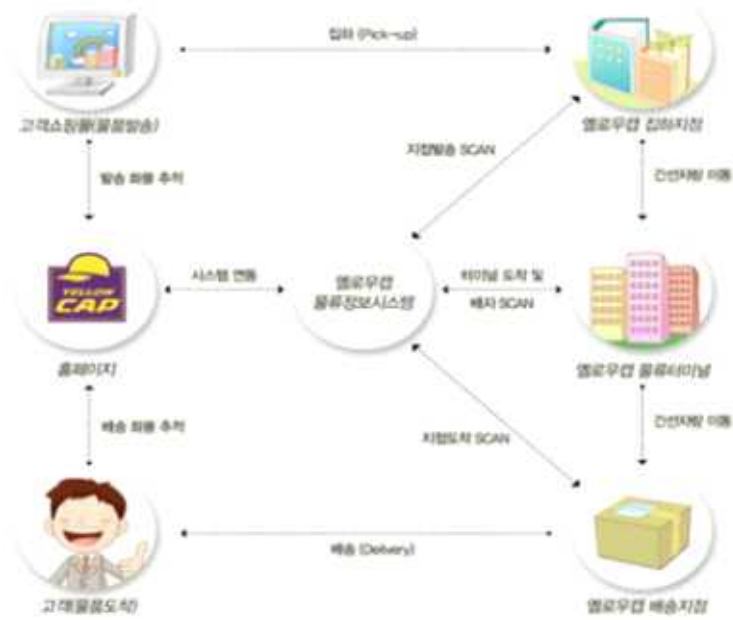


그림 2-7. 옐로우캡택배 배송흐름도

일반소량 택배접수방법

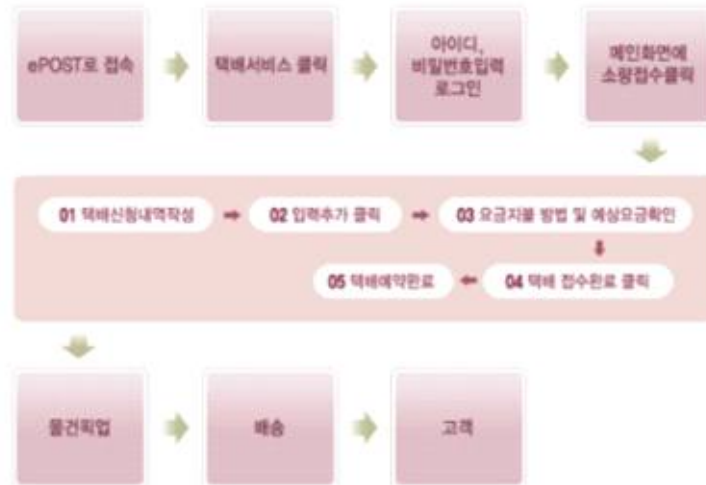


그림 2-8. 우체국택배 배송흐름도

다. 화물의 터미널 및 간선 운송과정

- 택배사원이 집하한 화물은 택배사원이 영업소 또는 터미널로 입고하면 영업소 또는 터미널에서는 화물이 안전하게 운송될 수 있는 상태로 포장되어 있는지, 지정된 규격 화물인지, 위험물, 장차물 등 취급 불가능한 품목은 아닌지, 각종 주의 부착물을 규정대로 부착되었는지 등을 확인하는 검품작업과 운송장상 수량을 확인하는 검수작업을 행한다.
- 검품과 검수가 끝난 화물은 목적지 별로 분류하여 목적지로 운송할 간선 차량 또는 대차, 컨테이너 등 ULD에 탑재한다. 분류는 취급 물량이 많은 수도권 터미널의 경우에는 자동분류기를 이용하여 분류하는 경우도 있으나 대부분 컨베이어를 이용하여 수동으로 분류한다.

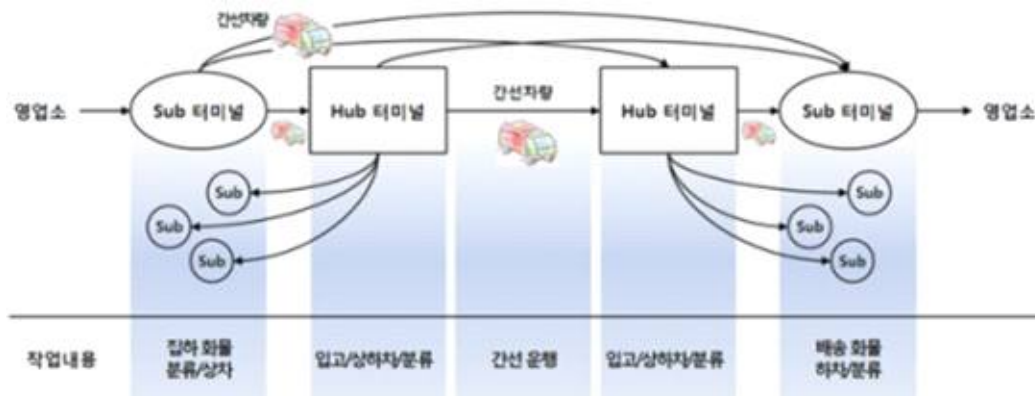


그림 2-9. 택배터미널 및 간선 프로세스

- 택배사원이 집하한 화물은 영업소로 입고하는 경우와 발지터미널로 입고하는 경우가 있는데 영업소로 입고하는 경우에는 다시 발지터미널로 이송하여야 하며 반대로 도착지 터미널에서는 영업소 단위로 분류하여 영업소로 이송하는 경우가 있다. 이를 셔틀(Shuttle) 또는 지선운송이라 한다.
- 반면 터미널에서 터미널로 운송하는 것인 라인홀(Line Haul) 또는 간선운송이라 한다. 지선차량은 5톤, 8톤, 11톤 차량이 주로 이용되고 있으며 간선차량으로는 8톤, 11톤, 40피트컨테이너 등 대형차량을 이용한다.
- 국내 터미널 작업은 표준적으로 집하 마감되는 18:00에 작업을 개시하여 도착화물 분류가 끝나는 07:00까지 야간에 이루어지고 있다. 허브터미널은 환적작업을 하여야 함으로 01:00 ~ 05:00사이의 심야작업이 발생하나 일반적인 서브터미널은 심야작업이 없다.

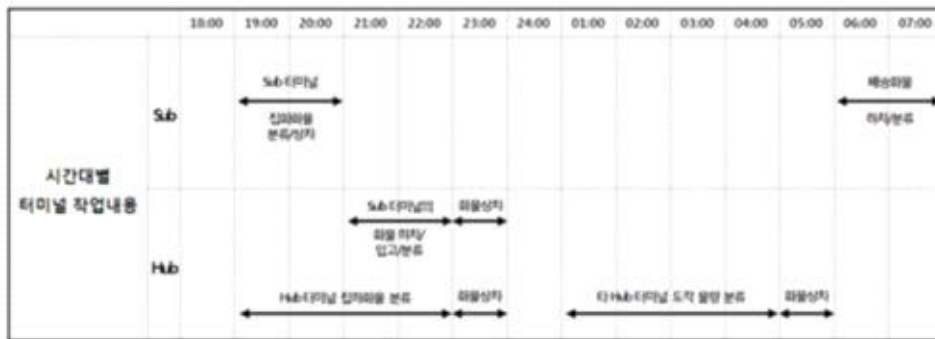


그림 2-10. 택배터미널 시간대별 작업내용

3. 택배터미널 현황 및 특성

가. 택배터미널 형태 및 기능에 의한 분류

(1) 택배터미널 형태

- 터미널은 소량의 화물을 한 곳에 집합하여 대형화시킨 후 다른 지역으로 운송을 하거나 대형차량으로 도착한 화물을 수하인별로 분류하여 배달 운송하거나, 도착지 구분 없이 집하된 화물을 도착지별로 분류하여 동일 도착지 화물만을 운송할 수 있도록 하여 주는 장소이다.

(가) 허브터미널

- 자전거의 중심축 같이 중심이 되는 터미널로 하위로 관할하는 서브터미널을 갖고 있다. 이에 따라 대량 물량을 분류하여야 함으로 자동분류기를 설치하거나 고속 동력 컨베이어를 설치하여 분류한다.

(나) 서브터미널

- 택배사원이 집하한 화물을 접수하고 도착한 화물을 택배사원에게 배송하도록 인계하여 주는 터미널로 전국에 산재되어 있으며, 택배회사에 따라 전국에 70개에서 100개

사이의 서브터미널을 운영하고 있다. 그러나 일부 택배회사에서는 서브터미널이라 명명하지 않고 영업소라 칭하며 간선만 투입하는 형태를 취하는 곳도 있다.

(2) 터미널 기능에 의한 분류

(가) 집하분류

- 집하가 마감되는 시점인 19:00~21:00 사이에 택배사원이 집하한 화물을 분류하는 것으로 터미널 시스템에 따라 분류목적지를 달리하게 된다.
- 허브 앤 스포크 시스템의 경우 관할 서브터미널의 화물과 허브터미널행 화물로 2원화 분류한다. 작업이 간단하여 택배사원이 집하화물을 입고하면서 간단히 할 수 있는 장점이 있다. 반면 포인트 투 포인트 시스템인 경우 관할 서브터미널 물량과 포인트별로 화물을 분류하여야 함으로 포인트 수만큼 분류하여야 함으로 택배사원이 직접분류하기에는 한계가 있어 별도의 분류 작업원을 두고 분류장비를 설치하여 분류한다.
- 분류장소에는 집배차량이 접안하여 하화하기 편리하게 트럭도크를 설치하여 작업의 편리성을 도모하는 것이 일반적이다. 경제적 여건으로 트럭도크 없이 택배사원이 집하차량에서 화물을 하화하거나 간선차량에 이적하는 경우도 있다.

(나) 환적분류

- 서브터미널에서 간성을 이용하여 허브터미널에 도착한 화물을 배송 터미널 단위로 분류하는 것으로 대부분 터미널에서 01:00~05:00에 작업하게 되며 대량물량을 분류하게 된다. 수작업분류는 현실적이지 못하여 자동분류기 또는 전동 수동분류기를 설치한다. 부분적으로 대차를 활용한다.
- 국내사례에서는 상위 4개사는 일평균 200,000~400,000박스를 분류할 수 있는 설비를, 중견 업체는 일평균 100,000~300,000박스를 분류할 수 있는 설비를 구비하고 있으며 분류는 모든 터미널이 별도로 분류 작업원을 아웃 소싱하여 수행한다. 분류장소는 간선차량이 접안하기 편리하도록 1.3m높이의 트럭도크를 설치하고 차량에 따라 트럭도크와 평행을 이루지 못하는 경우 이를 해결코자 도크 레벨러를 설치하여 평행을 이루도록 한다.

(다) 배송분류

- 집하분류와 반대되는 상황으로 택배사원에게 배송시킬 목적으로 도착화물을 분류하는 것으로 06:00~08:00 사이에 이루어지며, 설비는 집하분류설비와 동일하고 운영프로세스는 반대로 이뤄진다. 배송분류는 2단계로 시행된다. 도착지터미널에 도착한 화물은 분류 작업원에 의해 서브터미널(영업소)단위로 1차 분류하고, 동일 터미널에서 배송출발하는 화물은 택배사원에 의해서 택배사원별로 2차 분류가 이루어진 후 상차 후 배송된다.
- 도착지터미널과 서브터미널이 구별되는 경우 서브터미널로 지선 운송된 후 서브터미널에서 택배사원에 의해 택배사원별로 2차 분류 후 상차한 뒤 배송된다. 간선차량 1대는 통상 집배차량 10대 배송물량을 수송함으로 분류작업원이 필요하다. 국내에서는

택배사원이 배송분류에 참여하여 분류하고 있는 것이 일반적인 작업형태로 일본, 미국 등 선진국과 차별되는 분류방법이다.

나. 택배터미널 운송시스템의 종류 및 특징

- 터미널시스템은 간선운행방식에 따른 터미널 운영형태라 할 수 있으며 포인트 투 포인트 시스템(Point to Point System)과 허브 앤 스포크 시스템(Hub and Spokes System)이 대표적인 형태이고 양 시스템을 혼합하여 사용하는 절충형이 있다.

(1) 포인트 투 포인트 시스템

- 어느 한 터미널에서 다른 터미널로 수송될 화물을 각 개별 터미널별로 발송하는 방식이다. 이러한 시스템은 거점터미널에서 다른 거점터미널로 운송해야 할 화물이 일정 규모 이상일 경우에 효율을 올릴 수 있는 시스템이다. 따라서 이 시스템이 효과적으로 운영되기 위해서는 거점터미널을 중심으로 인근의 화물을 집중화하여야 한다.
- 이 시스템의 장점은 전국적으로 배송출발을 균일하게 설계할 수 있고, 지역별 물량이 많은 경우와 경유지가 없어 신속한 배송 시 유리하다. 단점으로는 간선차량이 많이 투입되어 비용발생이 크고 기사를 구득하는데 힘들다. 또한 지역 거점 터미널 확보도 어렵다.

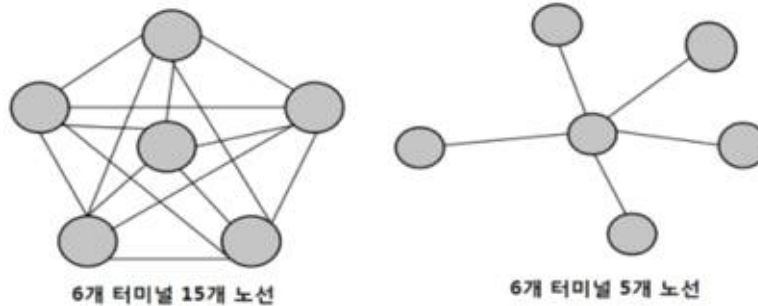


그림 2-11. 터미널 운영시스템 비교(좌: 허브앤 스포크, 우: 포인트 투 포인트)

(2) 허브 앤 스포크 시스템

- 모든 화물을 일단 어느 중요 거점에 집합시키고 이를 목적이별로 다시 분류하여 발송하는 시스템으로 미국의 F사에서 최초로 물류에 적용하여 기존의 요금의 1/2로 집하 후 익익일 배송에서 익일배송체제로 전환하는 획기적인 성과를 낸 이후 성공사례가 전파되어 오늘날 많이 이용되고 있다. 이 시스템의 장점은 적은 물량을 처리 시 효율적이고 초기 운영경비를 최소화 할 수 있다.
- 반면, 지역 간 집배송 시간 격차가 발생할 수 있고, 허브에 화물이 집적됨으로 노사문제 발생 시 해결하기 어려운 점이 있다.

(3) 절충형시스템

- 허브 앤 스포크 시스템과 포인트 투 포인트 시스템을 혼합한 형태로서 터미널과 터미널 간에 운반된 화물이 차량 1대분이 될 때는 직접 운송하고 1대 미만이 될 때는 허

브터미널로 운송, 집합시킨 후 이를 터미널별로 분류하여 분산 발송하는 시스템이다. 이 시스템의 장점은 지역거점에 어느 정도 적정 물량이 있는 경우 효율적으로 운영 가능하고 서브 터미널의 기능을 효율화 할 수 있는 반면 물량이 소량일 경우 적용하기 곤란한 모델이다.

표 2-5. 터미널 시스템의 장단점 비교

구분	포인트 투 포인트 시스템	허브 앤 스포크 시스템	절충형 시스템
장점	-지역별 물량이 많은 경우 -신속성의 배가 증진이 가능 -지역거점별 개별 수송 가능 -배송출발 균인	-기사 및 노무관리상 효율성 -적은 물량 처리 시에 효율적 이용가능 -운행경비의 최소화 및 운행 효율화 가능	-지역거점에 어느정도 적정물량이 있을시 효율적 운영 가능 -지역 거점에서 물량에 따라 능동대처 가능 -거점 허브의 기능 효율화
단점	-지역거점에 분류 기능 구비 -차량운행이 많고 비용발생 과다 -기사 및 노무관리상 과다비용 발생 -지역 거점 터미널 확보 곤란	-중심허브에 집적시간 상이 -심야 노무인력 확보 애로 -육상구간별 교통 상황에 능동적 대처 곤란 -대규모 부지확보 곤란	-소량물량 적용 애로 -노무인력 과다발생 -지역거점 터미널 확보 곤란 및 비용발생 과다

- 국내 택배회사의 터미널 운영현황을 보면 표 6에서 보는 바와 같이 각 회사의 경영자 원 및 환경에 맞게 3가지를 모두 적용하고 있는 것으로 파악된다.

표 2-6. 국내 택배회사 터미널 운영현황

구분	포인트 투 포인트 시스템	허브 앤 스포크 시스템	절충형 시스템
상위 4개사	현대택배	CJ택배	한진택배 대한통운
중소택배회사	로젠택배 엘로우캡 KGB택배	동부익스프레스 동원택배 세텍스택배	

다. 분류작업자에 의한 분류

(1) 분류작업원 분류방식

- 주어진 시간 내에 많은 물량을 분류하기 위하여 별도의 분류 작업원을 두고 분류작업을 수행하는 방식으로 환적분류의 경우 100% 분류 작업원을 투입하고 있으며, 집하분류와 배송분류 1차 분류(영업소 단위)에 분류 작업원을 투입하는 사례는 취급물량이 많은 택배회사에 한하고 중소택배회사는 설날과 추석 등 명절 때 일시적으로 대량물량을 분류하여야 하는 경우에 한하고 있다.

(2) 택배사원에 의한 분류방식

- 택배사원이 분류하는 방식으로 집하분류와 배송분류 2차 분류(택배사원 단위)의 경우

구내에서는 택배사원이 분류작업을 수행한다. 택배사원은 일평균 1시간 이상 분류작업에 투입됨으로써 집배송 생산성 저하 및 서비스 저하의 원인이 되고 있다.

라. 기계화 유무에 따른 분류

- 분류 작업 시 기계화 유무에 따라 수작업분류, 수동분류, 자동분류로 구분할 수 있으며 허브터미널 기계화 현황은 앞의 표 6과 같고 구체적인 자료 확보가 가능한 상위 4개 중 1개사와 중소택배회사 1개사의 전 터미널 기계화 현황을 조사한 결과 표 7과 같이 기계화 단계로 파악된다. 대기업택배회사 조차 6개 허브터미널 중 2개 터미널에만 자동분류기를 설치하고 있는 실정이며 분류물량이 많은 대부분의 터미널에서는 전동컨베이어를 이용한 수동분류를, 물량이 적은 곳은 무구동 컨테이어를 사용하고 있다. 중소택배회사의 경우 허브터미널 조차 아직 자동분류기 대신 전동컨베이어를 사용하고 있고 허브터미널에는 분류설비 일부가 설치된 것으로 보아 분류설비를 확충하는 단계로 판단된다.

표 2-7. 터미널 기계화 현황

구분	대기업택배			중소기업택배			계		
	허브	서브	계	허브	서브	계	허브	서브	계
자동분류기	2	-	2				2	-	2
수동분류기	4	15	19	1	20	21	5	35	40
무구동분류기	-	53	53		15	15		68	68
분류장비없음					38	38		38	38
계	6	68	74	1	73	74	7	141	148

마. 대차사용 유무에 의한 분류

- 대차사용 없이 날개 화물로 분류하는 벌크분류방식과 대차를 사용하는 방식이 있다.
 - (1) 벌크분류
 - 분류 작업 시 분류된 화물을 별도의 대차사용 없이 목적지 차량에 직접 상차하는 분류방식으로 미국이나 국내의 대부분 택배회사에서 사용하며 터미널에서 사전 분류작업을 하여도 환적분류의 경우 간선차량이 도착하지 않는 경우 분류된 화물을 트럭도크에 적재하였다가 다시 차량에 적재하는 이중 작업이 발생하는 점, 화물하화 및 적재 시 11톤 차량기준 40분의 소요시간이 소요되는 점, 이로 인한 간선차량의 가동회수 단축되는 단점이 있으나 간선차량의 적재효율을 높일 수 있는 장점이 있다.
 - (2) 대차분류
 - 분류된 화물을 1차로 대차에 적입하고 간선차량에는 대차단위로 상차하는 분류작업방식으로 간선차량이 트럭도크에 접안하는 시간을 11톤 기준 7분 이내로 최소화 할

수 있어 간선차량의 가동률을 증가할 수 있는 장점과 화물을 안전하게 취급하는 장점이 있는 반면 간선차량 적재효율이 떨어지는 단점이 있다.

표 2-8. 대차 사용 장단점

구분	장점	단점
집배송	-집하화물을 바로 대차 적입하여 입고 가능 -배송화물을 택배사원 1~3명 단위로 인수 가능하여 인수와 동시 배송상차 가능	-집하화물을 목적지별로 구분하여 입고
간선	-간선 적재, 하화시간 40분에서 7분으로 단축 -간선 2회전 가능	-간선적재율 저하 30% -간선차량에 리프트 게이트 장착
터미널	-간선 적재, 하화 시간 단축에 따른 터미널 가동률 증가 -서브터미널에 분류장비 설치 불필요	-대차 구입비 발생 -대차 관리수요 발생

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 연구 재료 및 방법

1. 재료 및 방법

가. 사과 배 택배제품 포장의 문제점 분석 및 개선방안 도출

- (1) 택배회사별 수집, 분류, 배송방법 조사 및 유통경로 조사
국내 택배시장 현황과 택배유통과정 특성, 수집, 분류, 배송방법 및 유통경로 등에 대하여 자료조사를 실시하였음
- (2) 산지별, 포장단위별 사과, 배 택배제품 포장형태 및 방법 분석
과일류 선물세트 및 일반농가에서 택배로 구입한 사과, 배 품목에 대하여 포장형태 및 포장방법 분석을 실시하였음
- (3) 사과, 배 택배제품의 산지별 크기, 중량 및 포장개수 측정
과일 선물세트를 과수별로 구입하여 과일의 크기 및 중량을 측정하였음
- (4) 사과, 배 택배제품 포장방법별 경제성 분석
기존 택배유통 중인 사과 배 포장방법별 재료비를 조사하여 분석하였음
- (5) 사과, 배 택배제품 포장방법별 클레임 발생원인 분석
택배유통에서 발생하는 클레임 원인과 사례에 대하여 자료조사 및 택배 구입한 사과, 배 샘플에 대하여 분석하였음
- (6) 사과, 배 택배제품 포장개선 방안 도출
택배유통 중 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 포장방법을 도출하여 사과 2.5kg 난좌 개발자료로 활용하였음

나. 택배유통중 발생하는 진동, 충격값의 측정 및 완충재 특성분석

- (1) 사과 택배제품의 산지별, 포장단위별, 택배회사별 진동, 충격값 측정
택배유통시 발생하는 진동, 충격값을 측정하기 위하여 데이터로거(SAVER)를 이용하여 택배회사별, 주요도시별로 택배운송실험을 실시하여 데이터를 수집하였음
- (2) 택배유통 과정중의 PSD(Power Spectral Density) 분석
수집된 데이터를 프로그램을 이용하여 PSD(Power Spectral Density) 분석을 실시하였음
- (3) 택배제품에 사용되는 완충재의 특성분석
택배유통에 사용되는 완충재 종류별 특성을 감안하여 사과 택배용으로 적합한 완충재를 선택하였음

다. 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질 개발 및 표준화

- (1) 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 형태 설계(사과 2.5kg - 3종)
택배용으로 판매가 활발한 7과, 8과, 9과 난좌를 설계하였으며 시제품 생산을 통한 택배유통을 실시하였음

- (2) 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 재질 개발
택배 유통중 클레임 발생 최소화가 가능한 완충재 선택 및 포장재질을 개발 하였음
- (3) 택배포장재의 표준화 설계
2.5kg 사과 택배용 골판지상자의 규격 및 재질 표준화 설계를 실시하였음
- (4) 개발제품의 진동 및 낙하시험 실시
기존 사과 포장재와 개발된 사과 포장재를 비교하기 위하여 낙하 및 진동 실험을 실시하였음

라. 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌 표준화

- (1) 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 형태 설계(사과 3종, 배 6종)
사과, 배 난좌에 대하여 유한요소해석을 통한 응력, 변위해석 및 유통중 발생하는 공진 및 공진주파수 대역에서 변형에너지에 대한 해석을 실시하였음
- (2) 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 재질 개발
난좌 재질을 완충효과 및 성형조건 등을 감안하여 힘해석을 통한 재질을 결정하였음
- (3) 물류 표준화를 감안한 포장단위별 난좌의 표준규격 개발
사과 배 과일의 규격을 조사하여 파렛트 적재효율을 감안한 난좌의 표준규격을 설계하였음
- (4) 택배포장재(난좌, 완충재, 상자) 시제품 생산
사과, 배 택배용 포장재 시제품을 제작하였음
- (5) 택배포장 방법에 따른 경제성 분석
사과, 배 택배포장 방법에 따른 포장재료비 및 인건비 절감 효과에 대하여 분석하였음

마. 택배유통 시뮬레이션을 통한 문제점 분석 및 보완

- (1) 택배유통 시뮬레이션을 통한 포장방법 개발
시뮬레이션을 통한 택배유통 중 발생할 수 있는 클레임 발생을 최소화 하기 위한 택배포장 시스템 개발
- (2) 시뮬레이션을 통한 택배유통 클레임발생 원인 분석
택배유통 중 발생할 수 있는 클레임을 시뮬레이션을 통해 분석하고 보완
- (3) 사과 택배유통시험을 통한 문제점 분석 및 보완
사과 택배유통시험을 통해 나타난 문제점을 분석하고 보완
- (4) 배 택배유통 시험을 통한 문제점 분석 및 보완
배 택배유통시험을 통해 나타난 문제점을 분석하고 보완
- (5) 실제 택배 유통시험 실시
문제점을 보완한 후 택배 유통 실험을 실시하여 클레임 발생이 낮은 택배포장 시스템 개발

바. 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질 개발 및 표준화

- (1) 사과 난좌 금형 개발 3종(2.5kg-3종)
2.5kg 사과 난좌 7과, 8과, 9과에 대하여 금형을 개발하였음

(2) 사과 택배제품 포장재 2종 개발(5kg, 10kg)

클레임 최소화를 위한 사과 5kg 난좌에 적합한 포장재 3종을 개발하였음

(3) 배 택배제품 포장재 4종 개발(5kg, 10kg, 7.5kg, 15kg)

클레임 최소화를 위한 배 7.5kg 난좌와 배 5kg 난좌에 적합한 포장재 6종을 개발하였음

제 2 절 과일 택배제품 포장의 문제점 분석 및 개선방안 도출

1. 과일 택배포장 사례 분석

가. 사과 택배포장 사례 분석

(1) 대형할인점 및 백화점 사과 택배포장 사례

○ 대형할인점 또는 백화점에서 명절에 판매되고 있는 사과 제품을 택배로 구입하여 포장상태 및 택배유통 중 클레임 발생사례를 조사하였다.

청송 꿀찬들사과			
			
포장단위	5kg, 14과	포장형태	0300
포장인쇄	웁셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, 골판지패드(2개), 발포PE패드(1개), PP난좌(1개), 팬캡(14개), 띠지(5개)		
클레임사례	사과의 배열리 흐트러지고 팬캡이 씌워지지 않은 부분이 난좌모서리에 찍힘		

아침마루 친환경사과			
			
포장단위	16과	포장형태	0300
포장인쇄	웁셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, 발포PE패드(2개), 종이칸막이(16개), 팬캡(16개), 띠지(16개)		
클레임사례	띠지를 붙인 부분이 물러지고 칸막이와 맞닿은 부분이 멍듦		

명품사과



포장단위	10kg, 44과	포장형태	0201
포장인쇄	읍셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	골판지상자, PSP난좌(2개), 그물망(44개), 골판지패드(2개)		
클레임사례	난좌가 깨지고 사과에도 멍이 들고 깨져 즙이 나옴		

용골진 예천사과



포장단위	5kg, 17과	포장형태	0300
포장인쇄	읍셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, PSP난좌(2개), 팬캡(17개), 발포PE패드(2개), 골판지패드(2개)		
클레임사례	한쪽으로 기울어져 사과 배열이 흐트러지도 멍이 심하게 듦		



아침마루 사과



포장단위	16과	포장형태	0300
포장인쇄	읍셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, 발포PE패드(2개), PSP난좌(1개)		
클레임사례	난좌가 깨지고 사과 배열이 흐트러지면서 사과끼리 부딪혀 멍듦		

(2) 일반 농가에서 판매한 사과 택배포장 사례

봉화사과			
			
포장단위	5kg, 14과	포장형태	0201
포장인쇄	오피셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, PSP난좌(1개), 팬캡(14개), 골판지패드(1개)		
클레임사례	난좌가 한쪽으로 치우쳐 깨지고 사과도 흔들려서 멍이 많이 듦		

장수 계북사과			
			
			
포장단위	15과	포장형태	0300
포장인쇄	오피셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, PSP난좌(1개), 그물망(15개), 발포PE그물망(1개)		
클레임사례	상자내 빈 공간이 많이 사과가 흔들리고 사과끼리 부딪혀 멍듦		

거창사과			
			
			
포장단위	5kg, 13과	포장형태	0201
포장인쇄	오피셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	골판지상자, 발포PE패드(2개), PSP난좌(1개), 팬캡(13개)		
클레임사례	사과의 아래, 위쪽보다 측면이 사과끼리 부딪혀 멍들고 깨짐		

애플시아



포장단위	10kg, 30과	포장형태	0201
포장인쇄	웁셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	골판지상자, PSP난좌(2개), 팬캡(30개), 발포PE패드(2개), 골판지패드(2개)		
클레임사례	난좌가 깨지고 사과가 흔들려 여러곳에 멍이 듦		

얼음골 사과



포장단위	10kg, 30과	포장형태	0201
포장인쇄	운전인쇄	코팅여부	광택코팅
포장방법	골판지상자, PSP난좌(2개), 골판지패드(1개), 비닐봉투(1개)		
클레임사례	사과가 난좌사이에서 부딪혀 멍이 들고 비닐봉투 내 습기 발생		

옥산농금





포장단위	10kg, 30과	포장형태	0201
포장인쇄	웁셋칼라	코팅여부	광택코팅
포장방법	골판지상자, PSP난좌, 골판지패드(3개)		
클레임사례	사과 아래쪽과 사과끼리 부딪히는 측면이 전체적으로 멍듦		

나. 배 택배포장 사례 분석

(1) 대형할인점 및 백화점 배 택배포장 사례

- 대형할인점 또는 백화점에서 명절에 판매되고 있는 배 제품을 택배로 구입하여 포장 상태 및 택배유통 중 클레임 발생사례를 조사하였다.

당도선별 배			
			
포장단위	7.5kg, 13과	포장형태	0300
포장인쇄	오피셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, ESP난좌(2개), 띠지(13개)		
클레임사례	띠지 부분의 겹질이 벗겨지고 팬캡없이 배끼리 맞닿은 부분이 짓무름		




올가			
			
포장단위	9과	포장형태	0300
포장인쇄	오피셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, 종이난좌(9개), 종이칸막이(9개), 스티커(3개), 발포PE패드(1개)		
클레임사례	종이난좌가 찢어지고 찢어진 부분에 배가 찍혀 상처가 생김		

앞맞춤			
			
포장단위	9과	포장형태	0300
포장인쇄	오피셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, 종이난좌(9개), 팬캡(9개), 띠지(9개), 발포PE패드(1개)		
클레임사례	띠지부분의 겹질이 벗겨지고 종이난좌의 홈부분에 배가 찍혀서 상처가 생김		

(2) 농가단위의 배 택배포장 사례분석

프리미엄 청미래 배			
			
포장단위	7.5kg, 6과	포장형태	0300
포장인쇄	읍셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, PSP난좌(1개), 그물망(6개), 골판지패드(1개), 발포PE그물망(1개)		
클레임사례	난좌가 깨지고 배가 흔들리면서 전체적으로 멍듬		

명품배			
			
포장단위	7.5kg, 10과	포장형태	0300
포장인쇄	읍셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, PSP난좌(2개), 그물망(10개), 띠지(10개), 골판지패드(1개), 발포PE그물망(1개)		
클레임사례	띠지부분의 겹질이 벗겨지고 배끼리 맞닿은 부분이 멍듬		

이화에 월백하고			
			
포장단위	7.5kg, 9과	포장형태	0300
포장인쇄	읍셋칼라	코팅여부	OPP라미네이팅
포장방법	상하상자, PSP난좌(2개), 팬캡(9개), 발포PE그물망(1개), 골판지패드(1개)		
클레임사례	배의 위쪽부분과 옆부분에 멍이 많이 생김		

2. 선물세트용 사과, 배 규격 조사

가. 사과 선물세트용 규격 조사

표 3-1. 사과 선물세트 과수별 크기

	18과			16과			15과			14과		
	직경 (mm)	높이 (mm)	중량(g)	직경 (mm)	높이 (mm)	중량(g)	직경 (mm)	높이 (mm)	중량(g)	직경 (mm)	높이 (mm)	중량(g)
1	87.0	84.0	257.4	98.0	86.0	309.3	99.0	90.0	321.5	97.0	93.0	345.7
2	88.0	85.0	256.2	90.0	85.0	301.3	95.0	88.0	320.5	92.0	94.0	334.8
3	90.0	82.0	269.3	93.0	86.0	306.9	94.0	86.0	316.7	98.0	88.0	330.4
4	88.0	84.0	260.2	93.0	85.0	310.8	95.0	83.0	329.8	98.0	93.0	357.5
5	92.0	81.0	257.1	95.0	88.0	319.0	90.0	85.0	325.6	95.0	90.0	334.8
6	89.0	81.0	273.9	91.0	84.0	308.0	95.0	84.0	309.1	95.0	93.0	343.7
7	90.0	81.0	272.2	93.0	83.0	303.8	89.0	87.0	320.0	97.0	90.0	337.8
8	88.0	83.0	264.3	96.0	83.0	304.8	92.0	80.0	319.8	98.0	95.0	347.6
9	86.0	80.0	270.5	98.0	83.0	313.0	93.0	91.0	332.6	97.0	90.0	353.7
10	91.0	86.0	254.9	96.0	84.0	288.6	90.0	84.0	315.6	98.0	98.0	373.6
11	89.0	84.0	265.3	93.0	85.0	295.2	94.0	83.0	311.1	96.0	89.0	341.8
12	88.0	84.0	260.6	96.0	84.0	293.0	96.0	85.0	325.7	95.0	90.0	335.4
13	87.0	85.0	258.8	94.0	85.0	296.2	92.0	86.0	328.7	93.0	89.0	324.4
14	85.0	79.0	274.3	93.0	85.0	297.5	93.0	80.0	327.6	95.0	94.0	336.8
15	87.0	76.0	258.2	90.0	83.0	290.5	94.0	83.0	349.4			
16	86.0	77.0	258.3	95.0	82.0	307.2						
17	85.0	74.0	264.9									
18	92.0	79.0	256.6									
포장중량 (kg)			4.7			4.8			4.8			4.8
최소값	85.0	74.0	254.9	90.0	82.0	288.6	89.0	80.0	309.1	92.0	88.0	324.4
최대값	92.0	86.0	274.3	98.0	88.0	319.0	99.0	91.0	349.4	98.0	98.0	373.6
평균	88.2	81.4	262.9	94.0	84.4	302.8	93.4	85.0	323.6	96.0	91.9	342.7

나. 배 선물세트용 규격 조사

표 3-2. 배 선물세트 과수별 크기

	12과			11과			10과			9과			8과		
	직경 (mm)	높이 (mm)	중량 (g)	직경 (mm)	높이 (mm)	중량 (g)	직경 (mm)	높이 (mm)	중량 (g)	직경 (mm)	높이 (mm)	중량 (g)	직경 (mm)	높이 (mm)	중량 (g)
1	112.0	98.0	633.3	112.0	101.0	701.6	115.0	94.0	756.7	124.0	100.0	782.8	127.0	105.0	934.1
2	114.0	104.0	663.1	116.0	98.0	745.4	116.0	96.0	724.0	120.0	106.0	855.4	126.0	104.0	967.8
3	106.0	98.0	662.5	115.0	101.0	724.8	114.0	101.0	730.4	118.0	100.0	773.2	125.0	103.0	895.3
4	112.0	91.0	664.5	117.0	99.0	689.3	113.0	101.0	758.0	115.0	97.0	825.0	130.0	105.0	940.4
5	107.0	98.0	632.4	114.0	98.0	726.2	117.0	98.0	728.9	126.0	103.0	861.7	126.0	100.0	905.4
6	109.0	99.0	627.5	113.0	99.0	697.8	115.0	100.0	739.7	118.0	113.0	783.1	124.0	109.0	940.0
7	105.0	100.0	622.8	115.0	99.0	691.1	117.0	95.0	729.0	116.0	105.0	779.6	125.0	107.0	912.4
8	110.0	95.0	620.7	111.0	99.0	708.4	115.0	103.0	706.4	121.0	104.0	797.6	124.0	108.0	920.1
9	113.0	100.0	626.4	115.0	101.0	731.7	111.0	107.0	721.3	120.0	100.0	781.3			
10	111.0	101.0	663.4	117.0	96.0	678.4	119.0	102.0	702.2						
11	114.0	102.0	670.3	113.0	100.0	688.0									
12	112.0	106.0	638.6												
포장중량 (kg)			7.7			7.8			7.3			7.2			7.4
최소값	105.0	91.0	620.7	111.0	96.0	678.4	111.0	94.0	702.2	115.0	97.0	773.2	124.0	100.0	895.3
최대값	114.0	106.0	670.3	117.0	101.0	745.4	119.0	107.0	758.0	126.0	113.0	861.7	130.0	109.0	967.8
평균	110.4	99.3	643.8	114.4	99.2	707.5	115.2	99.7	729.7	119.8	103.1	804.4	125.9	105.1	926.9

3. 사과, 배 택배포장재 경제성 분석

- 사과 5kg과 배 7.5kg 포장은 대부분 선물용으로 판매되고 있으며 판매장소는 백화점, 대형할인점, 농가 등 다양하였다. 판매장소에 따른 포장방법이 차이가 심하여 포장비용을 절대적으로 비교하기에는 다소 무리가 있겠지만 포장형태, 포장방법별로 재료비를 비교하였다.
- 백화점 및 대형할인점에서 판매되는 사과 5kg 포장재료비는 5,980원~6,840원으로 일반 농가에서 판매하는 5kg 사과 포장비 1,750원~2,550원보다 3배 이상 높게 나타났다.
- 백화점 및 대형할인점에서 판매되는 배 7.5kg 포장재료비는 7,210원~8,330원으로 일반 농가에서 판매하는 7.5kg 배 포장비 5,020원~6,440원보다 2,000원~3,000원 정도가 더 높게 나타났다.
- 일반 농가의 포장비용이 저렴한 것은 상품성이 떨어지는 문제도 있지만 택배유통과정에서 백화점 및 대형할인점에서 판매되는 선물세트 상품에 비해 클레임 발생율이 훨씬 더 높게 나오는 현상이 발생되어 택배유통에서는 포장비의 절감도 중요하지만 우선적으로 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 포장방법의 개발이 더욱 중요한 것으로 나타났다.

표 3-3. 택배유통 중인 사과 5kg 선물세트 포장재 경제성 분석

포장방법	포장재료	포장재단가 (원)	소요량 (개)	금액 (원)	상자당 재료비 (원)
사과 5kg-14과 	골판지상자 PP 난좌 팬캡 띠지 골판지패드 발포PE패드	4,000 400 70 60 100 100	1 1 14 5 2 1	4,000 400 980 300 200 100	5,980
사과 5kg-16과 	골판지상자 칸막이 팬캡 띠지 발포PE	4,000 1,000 70 60 100	1 1 12 12 2	4,000 1,000 840 720 200	6,760
혼합-12과 	골판지상자 종이완충재 팬캡	4,000 2,000 70	1 1 12	4,000 2,000 840	6,840
사과 5kg-24과 	골판지상자 PSP난좌 그물망 골판지패드	1,500 100 30 100	1 2 24 1	1,500 200 720 100	2,520
사과 5kg-12과 	오픈형 상자 난좌 에어캡 골판지패드	1,500 100 50 100	1 1 1 1	1,500 100 50 100	1,750
사과 5kg-15과 	골판지상자 PSP난좌 팬캡-A 골판지 패드 발포PE	1,500 100 70 100 100	1 1 15 1 1	1,500 100 1,050 100 100	2,850
사과 5kg-15과 	골판지상자 PSP난좌 골판지패드	1,500 100 100	1 2 1	1,500 200 100	1,800

표 3-4. 택배유통 중인 배 7.5kg 선물세트 포장재 경제성 분석

포장방법	포장재료	포장재단가 (원)	소요량 (개)	금액 (원)	상자당 재료비 (원)
배 7.5kg-13과 	골판지상자 EPS 난좌 팬캡 띠지	4,000 500 90 80	1 2 13 13	4,000 1,000 1,170 1,040	7,210
배 7.5kg-8과 	골판지상자 PSP난좌 팬캡 발포PE그물망 골판지패드	4,000 100 90 100 100	1 1 8 1 1	4,000 100 720 100 100	5,020
배 7.5kg-12과 	골판지상자 PSP난좌 팬캡 띠지 발포PE그물망 골판지패드	4,000 100 90 80 100 100	1 2 12 12 1 1	4,000 200 1,080 960 100 100	6,440
배 7.5kg-9과 	골판지상자 골판지난좌 팬캡 띠지 발포PE	4,000 300 90 80 100	1 9 9 9 1	4,000 2,700 810 720 100	8,330
배 7.5kg-10과 	골판지상자 PSP난좌 팬캡 띠지 발포PE그물망	4,000 100 90 80 100	1 2 10 10 1	4,000 200 900 800 100	6,000
배 7.5kg-10과 	골판지상자 PSP난좌 팬캡 띠지 그물망 골판지 패드 발포PE그물망	4,000 100 90 80 40 100 100	1 1 10 10 10 1 1	4,000 100 900 800 400 100 100	6,400

제 3 절 택배유통중 발생하는 진동, 충격값 분석 및 완충재 특성 분석

1. 과실의 진동특성

가. 사과 및 배의 진동 특성

(1) 실험배경 및 목적

- 과실의 손상에 관련된 진동특성은 과실의 공진주파수와 진동으로 발생하는 가속도 수준이며, 이들 진동특성들은 과실의 기본물성과 매우 밀접한 관계가 있다. 이러한 과실의 진동특성을 진동조건에 따라 정립하게 된다면 택배 수송과정 중에 발생하게 되는 진동에 의한 과실의 손상을 줄이는데 크게 기여할 수 있을 것으로 기대한다.
- 본 1차년도 연구에서는 사과와 배의 수송 중 공진 주파수, 가속도수준의 진동특성을 분석하기 위하여 가변주파수 정현파 진동실험(sweep sinusoidal vibration test)을 수행하여 과실의 진동특성과 기본 물성인 질량, 체적 등과의 상관관계를 구명하고자 하였다.

(2) 실험재료 및 방법

- 본 실험에 사용된 과실은 사과(후지)와 배(신고)로서 2012년 10월말경에 일반농가에서 수확된 후 실험 사용되기 전까지 예냉 및 저온저장($2\pm 1^{\circ}\text{C}$, rh $85\pm 5\%$) 되었던 과실이였다. 시료들의 기본적인 물성들은 표 17과 같으며, 각각의 과실은 실험에 사용되기 전에 실험실의 환경조건(15°C , rh 75%)에서 약 10시간 이상 적응을 시킨 후 실험에 사용하였다. 진동실험에 사용된 사과와 배의 개수는 각각 20개이었다.

표 3-5. 실험용 샘플(사과, 배)의 수확시기 및 물리학적 특성

Cultivar	Date of harvest	Volume (10^{-4} m^3)	Mass (kg)	True density (kg/m^3)
Apple(Fuji)	2012. 10	3.619	0.30	830.75
Pear (Niitaka)	2012. 10	6.722	0.66	978.26

- 본 실험에서 사과 및 배의 진동특성을 측정하기 위해 구성된 실험장치는 그림 18에서 보는 바와 같으며, 그 제원은 표 18에서와 같다. 또한 진동시험에 사용된 가속도 센서는 경량으로 유연한 케이블을 가지고 있는 1축의 압전형 가속도 센서(KISTLER, 100 g)를 사용하였다. 그림 19에서 보는 바와 같이 하나의 가속도 센서는 피드백을 위해서 시료 고정 장치에 부착하였다.

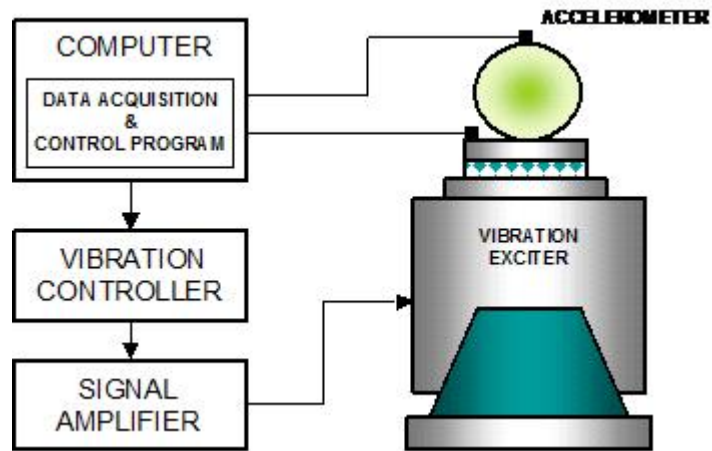


그림 3-1. 진동 측정 장치

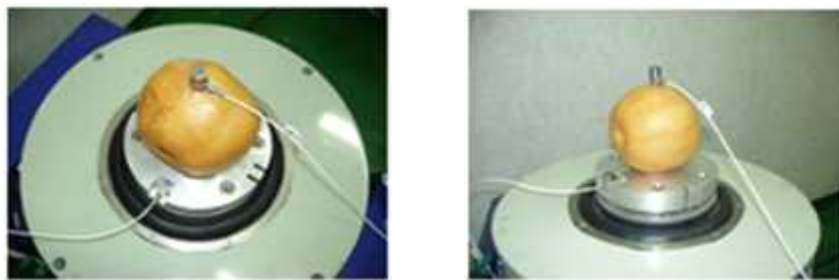


그림 3-2. 가속도 센서 부착 모습

표 3-6. 진동시험기 특성

Items	Specifications		Remarks
Electro-magnetic Shaker	Sine force(peak) Random force(rms) Shock force(peak) Useable Frequency Max. displacement(p-p) Max. velocity Max. acceleration Power supply requirement Armature related current Armature related voltage Armature diameter Vertical load support	150 kg _r 150 kg _r 300 kg _r 5 ~ 4,500 Hz 25 mm 120 cm/sec 60 G 220 V, 3 Phase, 4.5 KVA 25 A 85 V 150 mm 70 kg _r	EDS150-150, FAMTECH, KOREA
Power Amplifier	Rated output capacity Distortion(at rated output) Input power	1.5 kVA less than 1 % 220 V, 60 Hz, 3 Phase	DA1.5, FAMTECH, KOREA
Blower	Power(Full Load) Air flow rate Air pressure	0.75 kW(1 HP) 0.11 m ³ /s 0.0045 Mpa	B-200, FAMTECH, KOREA
Accelerometer	Range Sensitivity Frequency response	± 50 G 100 mv/v 1 ~ 10,000 Hz	8774A50, kistler, USA

- 과실(사과, 배)의 공진주파수를 계측하기 위한 가변주파수 정현파 진동실험의 경우 ASTM D3580과 KS A ISO 8318을 참조하였으며 표 19는 두 개의 규격서상에 명시되어 있는 실험방법을 비교한 것이다.

표 3-7. ASTM D3580과 KS A ISO 8318의 특성 비교

Items	Specifications	
	ASTM D 3580	KS A ISO 8318
Frequency range	3 ~ 100 Hz	3 ~ 100 Hz
Sweep rate	0.5 ~ 1.0 octave/min.	4 times/min.
Acceleration level	0.25 G, 0.5 G	0.25 ~ 0.5 G
Sweep mode	Logarithmic	Logarithmic

- 본 1차년도 연구에서는 가변주파수 정현파 진동실험의 경우 입력주파수의 범위를 10~200 Hz, 가속도 수준은 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 G의 네 가지로 적용하였으며, 스위프율 (sweep rate)은 1 octave/min, 스위프(sweep) 모드는 대수적인 가변주파수 정현파 진동으로 적용하여 과실의 공진주파수 및 정점가속도를 계측 및 분석하였다.

(3) 결과 및 고찰

- 가변주파수 정현파 진동시험에 의한 사과 및 배의 진동특성을 계측하기 위하여 입력 가속도 수준에 따른 진동실험을 하였으며, 표 20과 21에 계측된 과실의 진동 특성을 나타내었다.
- 그림 20과 21은 4개의 입력가속도수준 중에서 0.5 G와 1.0 G에서의 가변주파수 정현파 진동실험에 사과 및 배의 가속도 응답특성을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 실험주파수내에서 하나의 뚜렷한 공진주파수가 계측되었다.
- 공시된 사과의 공진주파수는 126.0~217.6 Hz, 정점가속도는 1.21~5.48 G 범위이었으며, 배의 공진주파수는 0.25~1.0 G의 입력가속도 범위에서 62.5~108.6 Hz, 정점가속도는 1.16~5.53 G 범위이었다. 일반적으로 국내의 공산품 및 농산물 수송 경로에서 발생하는 주파수 대역은 150 Hz 대역 이하이므로 택배 유통화물의 공진주파수 대역이 완충에 의해 유통 주파수 분포가 적은 대역에 오도록 해야 한다.
- 사과와 배의 공진주파수는 입력가속도 수준이 증가함에 따라 뚜렷하게 감소하는 경향을 보였으며, 공진주파수 대역에서의 정점가속도는 반대로 증가하는 경향을 보였다. 여기에서 제시된 과실의 공진주파수 및 정점가속도의 자료는 택배 수송 중 과실의 손상감소를 위한 택배용 과실의 완충 포장설계시에 기준이 되는 자료가 될 수 있다.
- 사과 및 배의 기본물성과 가변주파수 진동실험에 의한 진동특성간의 상호 관계를 분석하기 위하여 입력 가속도 수준에 따른 배와 사과의 상관관계를 분석하여 표 22과

23에 나타내었다. 10 ~ 200 Hz의 실험주파수내에서 입력가속도 수준에 따른 사과 및 배의 공진주파수는 기본물성인 질량 및 체적과 상관관계가 대체로 높게 나타났지만, 정점가속도와 기본물성과의 상관관계는 매우 낮았다.

표 3-8. 사과의 물리학적 특성 및 가변주파수 정현파진동의 결과

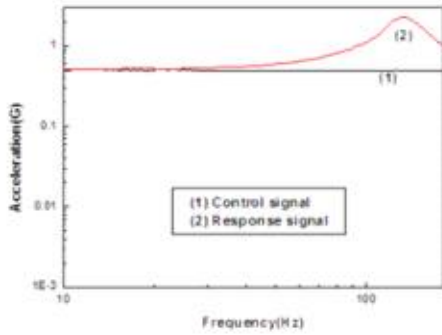
Sample No.	AD (mm)	HE (mm)	MA (kg)	VO (10 ⁻⁴ L)	RF(Hz)				PA(G)			
					0.25 G	0.5 G	0.75 G	1.0 G	0.25 G	0.5 G	0.75 G	1.0 G
1	88.96	77.11	0.312	3.71	177.4	172.3	170.8	167.6	1.74	3.11	4.40	5.48
2	85.92	76.97	0.273	3.26	196.4	191.2	184.4	176.8	1.59	2.88	4.02	5.02
3	91.39	81.49	0.329	3.98	164.1	156.4	149.3	142.5	1.46	2.61	3.83	4.54
4	89.15	77.66	0.310	3.67	177.5	172.6	169.1	163.8	1.43	2.82	3.69	4.70
5	88.24	79.35	0.306	3.67	146.0	140.2	134.2	131.2	1.52	2.72	3.75	4.78
6	90.66	77.61	0.321	3.83	172.2	167.8	164.1	160.5	1.93	3.33	4.55	5.57
7	85.02	71.93	0.261	3.14	183.3	178.2	174.7	169.8	1.69	3.09	4.24	5.23
8	82.60	69.13	0.235	2.80	208.5	202.3	198.7	193.6	1.96	3.54	4.86	5.94
9	89.00	75.06	0.295	3.54	192.4	187.8	182.9	178.3	1.76	3.23	4.48	5.43
10	81.12	71.53	0.226	2.74	217.6	211.9	206.0	197.9	1.43	2.88	3.79	4.82
11	90.89	80.55	0.314	3.86	164.4	158.3	150.8	144.8	1.53	2.89	3.67	4.51
12	81.92	73.25	0.251	2.30	150.8	142.8	138.8	136.3	1.29	2.46	3.62	4.59
13	94.10	82.72	0.343	4.19	178.6	175.0	171.2	166.4	1.88	3.10	4.25	5.14
14	86.45	74.22	0.275	3.36	176.4	166.8	160.8	154.8	1.59	2.89	4.00	4.89
15	91.61	79.21	0.336	4.02	142.2	138.3	135.5	131.2	1.36	2.57	3.54	4.21
16	83.00	76.26	0.257	3.13	192.4	187.4	178.6	172.6	1.34	2.45	3.46	4.43
17	91.21	80.43	0.323	3.96	181.5	175.0	170.8	165.1	1.58	2.88	3.98	4.85
18	90.87	81.10	0.363	4.28	143.1	132.5	128.6	126.0	1.21	2.30	3.40	4.37
19	94.06	73.34	0.332	3.98	133.1	129.1	126.0	120.3	1.29	2.37	3.25	4.06
20	92.09	81.47	0.352	4.29	144.8	140.2	137.2	129.9	1.25	3.32	3.27	4.14
AV	88.41	77.02	0.300	3.59	172.1	166.3	161.6	156.5	1.54	2.87	3.90	4.84
ST	3.994	3.855	0.040	0.548	23.397	23.688	23.258	22.654	0.227	0.344	0.448	0.510

* Note : AD = Average Diameter, HE = Height of the fruits, MA = Mass of the fruits,
VO = Volume of the fruits, RF = Resonance Frequency, PA = Peak Acceleration

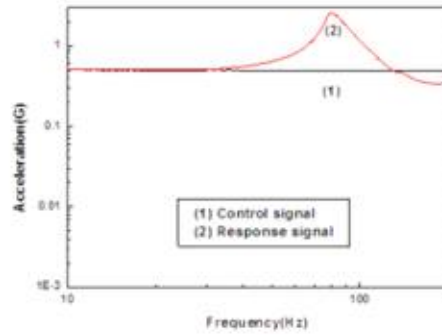
표 3-9. 배의 물리학적 특성 및 가변주파수 정현파진동의 결과

Sample No.	AD (mm)	HE (mm)	MA (kg)	VO (10^{-4}m^3)	RF(Hz)				PA(G)			
					0.25 G	0.5 G	0.75 G	1.0 G	0.25 G	0.5 G	0.75 G	1.0 G
1	111.31	98.40	0.678	6.86	76.0	70.5	65.8	62.6	1.39	2.52	3.54	4.50
2	108.79	103.56	0.647	7.32	76.1	72.4	69.9	67.4	1.73	3.09	4.35	5.53
3	113.80	106.87	0.751	7.99	94.1	91.7	88.1	84.0	1.38	2.55	3.58	4.63
4	103.96	99.31	0.620	6.04	101.0	91.7	83.6	76.9	1.16	2.09	2.84	3.60
5	111.60	99.30	0.687	7.06	108.6	103.0	96.3	91.0	1.47	2.49	3.33	4.13
6	111.55	102.95	0.751	7.55	103.3	99.9	95.7	92.3	1.63	2.83	3.90	4.96
7	104.82	109.02	0.672	7.42	83.5	79.5	75.9	73.1	1.63	2.90	4.05	5.18
8	109.21	103.61	0.689	7.10	81.6	77.2	72.9	69.9	1.51	2.69	3.79	4.87
9	108.86	98.92	0.694	6.79	99.9	92.9	90.8	88.7	1.62	2.86	3.92	4.77
10	109.18	91.48	0.562	6.13	112.2	108.2	105.0	101.1	1.34	2.49	3.57	4.59
11	107.44	94.66	0.643	6.72	105.7	101.9	97.1	92.7	1.51	2.64	3.66	4.67
12	104.42	93.05	0.591	5.75	107.2	102.3	98.1	92.3	1.64	2.83	3.81	4.73
13	111.95	98.95	0.672	6.87	82.8	77.6	73.8	69.6	1.38	2.53	3.67	4.86
14	103.09	102.63	0.605	6.00	112.9	108.5	103.3	99.3	1.70	2.86	3.81	4.64
15	106.97	91.75	0.573	5.95	94.2	90.3	87.4	84.1	1.61	2.90	4.00	5.07
16	109.19	98.49	0.663	6.48	87.1	80.8	76.7	71.2	1.45	2.47	3.37	4.21
17	108.81	105.84	0.731	7.18	76.9	70.3	64.0	58.9	1.29	2.24	3.11	4.15
18	106.37	93.40	0.621	6.26	106.1	100.3	93.6	90.2	1.57	2.64	3.60	4.54
19	108.11	98.35	0.628	6.42	93.2	89.6	83.6	80.0	1.37	2.49	3.56	4.65
20	107.17	104.28	0.657	6.56	80.7	74.9	70.5	67.0	1.36	2.38	3.37	4.32
AV	108.33	99.74	0.660	6.72	94.15	89.17	84.61	80.61	1.49	2.62	3.64	4.63
ST	2.883	5.093	0.053	0.603	12.734	12.888	12.758	12.618	0.152	0.247	0.343	0.422

* Note : AD = Average Diameter, HE = Height of the fruits, MA = Mass of the fruits,
 VO = Volume of the fruits, RF = Resonance Frequency, PA = Peak Acceleration

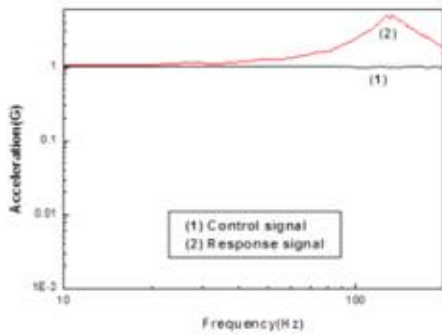


(a) 사과

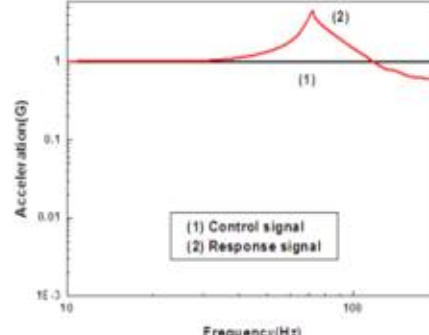


(b) 배

그림 3-3. 0.5G에서 사과와 배의 가속도 응답특성



(a) 사과



(b) 배

그림 3-4. 1.0G에서 사과와 배의 가속도 응답특성

- 본 실험에서 과실은 질량과 체적이 증가함에 따라 공진주파수 및 정점가속도 모두 감소하였다. 이와 같이 질량에 따라 이 모든 진동특성이 감소하는 경향은 Finney(1970) 및 정(2003)의 과실의 공진주파수는 질량과 상관관계가 높다는 연구결과와도 매우 유사하였으며, 사과와 배의 공진주파수가 배보다 약 2배정도 크게 측정된 이유도 질량에 의한 영향이 제일 큰 것으로 판단되었다.
- 차후 2차년도에서는 설계되는 완충재의 적용에 따른 과실(사과, 배)의 공진주파수 및 정점가속도를 측정하여 설계에 대한 보완자료로 활용할 계획이다.
- 본 실험의 사과 및 배의 진동특성을 고려한 택배 수송을 위한 최적의 적정 포장설계를 위해서는 유통중 측정되는 주파수 대역이 위에서 측정된 과실의 공진주파수와 일치하지 않도록 하는 것이 필요하다. 다음 장에서 측정 및 분석되는 사과 및 배의 택배 유통환경을 비교 분석함으로써 최적의 완충 포장설계가 가능하게 된다.

표 3-10. 사과 입력가속도 수준에 따른 진동특성간의 상호관계

Acceleration	Item	MA	VO	AD	HE	RF	PA
0.25 G	MA	1.0000					
	VO	0.9124	1.0000				
	AD	0.8916	0.8897	1.0000			
	HE	0.6820	0.6512	0.5366	1.0000		
	RF	0.8330	0.8210	0.7470	0.6870	1.0000	
	PA	0.0430	0.0110	0.0017	0.0380	0.3075	1.0000
0.5 G	MA	1.0000					
	VO	0.9124	1.0000				
	AD	0.8916	0.8897	1.0000			
	HE	0.6820	0.6512	0.5366	1.0000		
	RF	0.7820	0.7790	0.6180	0.6870	1.0000	
	PA	0.0270	0.0024	0.0028	0.0290	0.2711	1.0000
0.75 G	MA	1.0000					
	VO	0.9124	1.0000				
	AD	0.8916	0.8897	1.0000			
	HE	0.6820	0.6512	0.5366	1.0000		
	RF	0.7650	0.7690	0.7120	0.5740	1.0000	
	PA	0.1120	0.0667	0.0450	0.1100	0.4300	1.0000
1.0 G	MA	1.0000					
	VO	0.9124	1.0000				
	AD	0.8916	0.8897	1.0000			
	HE	0.6820	0.6512	0.5366	1.0000		
	RF	0.7700	0.7570	0.7180	0.7240	1.0000	
	PA	0.1660	0.1140	0.0986	0.1540	0.5229	1.0000

* Note : AD = Average Diameter, HE = Height of the fruits, MA = Mass of the fruits,
 VO = Volume of the fruits, RF = Resonance Frequency, PA = Peak Acceleration

표 3-11. 배의 입력가속도 수준에 따른 진동특성간의 상호관계

Acceleration	Item	MA	VO	AD	HE	RF	PA
0.25 G	MA	1.0000					
	VO	0.8766	1.0000				
	AD	0.6415	0.6577	1.0000			
	HE	0.6794	0.8191	0.0247	1.0000		
	RF	0.5473	0.6906	0.5810	0.5764	1.0000	
	PA	0.0086	0.0015	0.4439	0.0093	0.0306	1.0000
0.5 G	MA	1.0000					
	VO	0.8766	1.0000				
	AD	0.6415	0.6577	1.0000			
	HE	0.6794	0.8191	0.0247	1.0000		
	RF	0.6102	0.5969	0.5515	0.7030	1.0000	
	PA	0.0534	0.0274	0.1884	0.0139	0.0139	1.0000
0.75 G	MA	1.0000					
	VO	0.8766	1.0000				
	AD	0.6415	0.6577	1.0000			
	HE	0.6794	0.8191	0.0247	1.0000		
	RF	0.7492	0.5735	0.4013	0.7006	1.0000	
	PA	0.0470	0.0368	0.1143	0.0066	0.0125	1.0000
1.0 G	MA	1.0000					
	VO	0.8766	1.0000				
	AD	0.6415	0.6577	1.0000			
	HE	0.6794	0.8191	0.0247	1.0000		
	RF	0.7611	0.5020	0.0601	0.5775	1.0000	
	PA	0.0000	0.0081	0.0078	0.0085	0.0025	1.0000

* Note : AD = Average Diameter, HE = Height of the fruits, MA = Mass of the fruits,
 VO = Volume of the fruits, RF = Resonance Frequency, PA = Peak Acceleration

2. 과실의 충격특성

가. 사과 및 배의 바이오-G벡터

(1) 실험배경 및 목적

- 현재 국민생활수준의 향상과 소득의 증가로 인하여 과실에 대한 구매 패턴이 다양해지고 있다. 기존의 양적인 소비 패턴보다 품질의 중요성을 소비자들이 인식하고, 고품질의 제품을 선호하는 경향이 대두되고 있다. 또한 대외 시장의 개방화에 따라 수입 농산물이 증가하게 되었으며 이에 대한 경쟁력을 강화하기 위해 고품질 농산물의 생산과 생산된 농산물의 택배 유통중 손상을 최소화하여야 한다.
- 일반 공산품의 경우 택배 수송 중 심한 진동이나 충격에 의한 제품의 파손을 방지하기 위하여 허용 충격가속도(shock fragility)의 크기를 규정하고 있는데, 여기에 G-벡터를 사용하고 있으며, 그 정의는 충격으로 제품이 파손되지 않는 정점가속도를 표준 중력가속도(9.81 m/s^2)로 나눈 값으로 말하고 있다.
- 따라서 과실과 같은 생물체에서도 공산품의 G-벡터에 대응하는 개념으로 과실이 일정한 높이에서 낙하하여 손상을 입지 않을 허용 충격가속도의 기준을 정할 수 있을 것이다. 과실의 낙하 충격실험을 통하여 과실이 손상을 입지 않는 안전 낙하높이를 구하고 이 높이에서 과실을 낙하시켜 충격으로 발생하는 정점가속도를 구할 수 있으며, 이것이 허용충격가속도가 되는 것이다. 여기서의 과실의 안전 낙하높이에서 낙하시켜 충격으로 발생하는 정점가속도(peak acceleration)를 표준 중력가속도로 나눈 값을 바이오 G-벡터(Bio G-factor)로 정의하였다.
- 택배 수송과정 중에 과실은 많은 손상을 받을 수 있으며 손상의 주된 요인은 노면의 요철 또는 차량의 급정거 등에 의한 심한 진동이나 충격이다. 공산품의 G-벡터는 수십 G에서 수백 G의 값을 가지나 과실과 같이 조직이 연한 생물체의 바이오 G-벡터는 이보다 훨씬 작은 값일 것이다.
- 과실의 생산지에서 소비지까지 과실의 택배 수송 과정 동안 진동이나 충격으로 발생하는 가속도를 측정하여 과실의 바이오 G-벡터와 비교분석하여 택배 운송 중 과실의 손상을 줄이고 적정 포장설계를 통한 포장재 원가절감의 방안을 마련하는 것은 과실의 상품성 유지로 인해 결국 과수농가의 소득증대에도 크게 기여할 수 있는 매우 의미 있는 일일 것이다.
- 따라서, 본 연구에서는 한국의 대표적인 과실인 사과와 배를 공시하여 이 과실이 손상을 받지 않는 안전 낙하높이를 모델링하고 과실의 적정 포장설계를 위한 바이오 G-벡터(Bio G-factor)를 추정하고자 하였다.

(2) 실험재료 및 방법

- 본 실험에 사용된 과실은 사과(Fuji)와 배(Niitaka)로서 2012년 10월에 일반농가에서 수확된 후 실험에 사용되기 전까지 저온저장($3\pm 1^{\circ}\text{C}$, $\text{rh } 85\pm 5\%$) 되었던 과실이었다. 시료들의 기본적인 물성들은 표 24와 같으며, 각각의 과실은 실험에 사용되기 전에 실험실의 환경조건(15°C , $\text{rh } 75\%$)에서 약 5시간 동안 적응을 시킨 후 실험에 사용하였다. 낙하실험에 사용된 사과와 배의 개수는 각각 50개이었다.

표 3-12. 실험용 샘플(사과, 배)의 수확시기 및 물리학적 특성

Cultivar	Date of harvest	Volume (10^{-4} m^3)	Mass (kg)	True density (kg/m^3)
Apple(Fuji)	2012. 10	3.472	0.28	828.30
Pear (Niitaka)	2012. 10	6.318	0.64	969.15

- 과실의 충격력을 계측하고 정점 가속도를 추정하는 모델을 구하기 위해 그림 22와 같은 자유 낙하장치를 이용하였다. 자유 낙하장치는 진공펌프를 이용해 진공 흡입컵이 과실을 지지하고 있고, 컴퓨터에 의한 진공펌프의 전원을 차단함으로써 배가 자유 낙하하는 장치이며, 과실 위에는 경량이며, 유연성의 케이블을 가지는 가속도계를 부착하여 충격 가속도를 계측하고 충격시 로드셀(force transducer)에 의해 충격하중을 계측하였다.

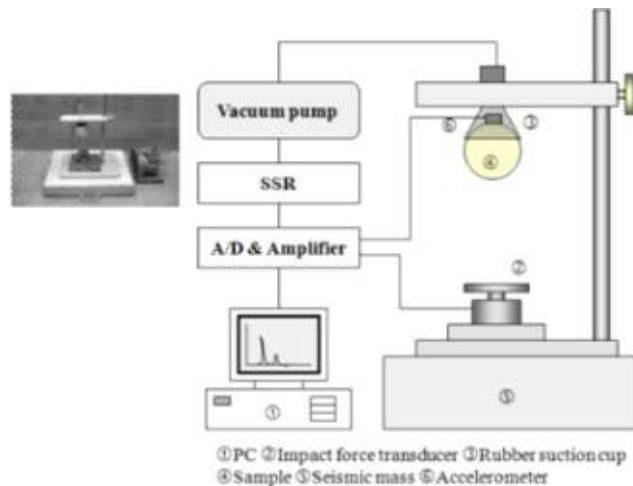


그림 3-5. 자유낙하 실험 장치

(3) 결과 및 고찰

(가) 과실의 안전 낙하높이 추정

- 과실의 바이오 허용 충격지수를 추정하기 위해서는 과실과 같은 점탄성체(viscoelastic material)의 안전 낙하높이 즉, 과실이 자유낙하 하여 충격에 의한 손상을 입지 않고 낙하할 수 있는 높이를 추정해야 하며, 과실의 안전 낙하높이는 다음과 같은 이론식과 실험을 통하여 추정 될 수 있다. 질량 m 인 과실이 강제로 가정될 수 있는 바닥에 충돌하여 충격이 일어났을 때 운동량(momentum)과 역적(impulse)의 관계는 다음과 같다.

$$mv_1 - mv_2 = \int F dt \quad \text{-----} \quad (1)$$

여기서, m : 물체의 질량(kg)

v2 : 충격이 끝나는 속도 (=0)(m/s)

v1 : 충격시작속도($v_0 = \sqrt{2gh}$)(m/s)

F: 충격력(N)

- 과실의 충격문제에서 충격력-시간 곡선은 과실이 점탄성체이기 때문에 최고 충격력을 중심으로 하여 좌우대칭으로 되지 않는다. 그러나 충격 접촉시간(tc)의 반(1/2)에서 최고 충격력이 발생되고 충격력은 시간에 대하여 곡선적인 관계이지만 직선적인 관계가 있다고 가정하면 식 (1)의 우변의 적분은 최고 충격력에 대하여 tc/2(time to peak force, t_{mf})까지만 하면 된다. 왜냐하면 충격력-시간 곡선에서 최고 충격력을 중심으로 하여 오른쪽은 압축 변형된 것이 회복되는 구간이므로 압축 변형량과는 관계가 없기 때문이다.

$$mv_0 = \int_0^{t_{mf}} F dt \quad \text{-----} \quad (2)$$

$$mv_0 = \int_0^{t_{mf}} F dt = \frac{1}{2} F_m t_{mf} \quad \text{-----} \quad (3)$$

$$F_m = \frac{2mv_0}{t_{mf}} = \frac{2m \sqrt{2gh}}{t_{mf}} \quad \text{-----} \quad (4)$$

여기서, F_m : 최고충격력(N)

t_{mf} : 최고충격력에 도달하는 시간(s)

h : 낙하높이(m)

- 또한, 최고 충격력(F_m)은 시간에 대해서 직선적으로 증가한다고 가정하면 식 (2)는 Fig. 2에서 보는바와 같이 삼각형 OF_mT_{mf}의 면적이므로 식 (3)과 같이 된다. 과실에 충격을 가하여 손상을 입지 않을 허용응력을 σ_p 라 하면 이 값은 다음 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

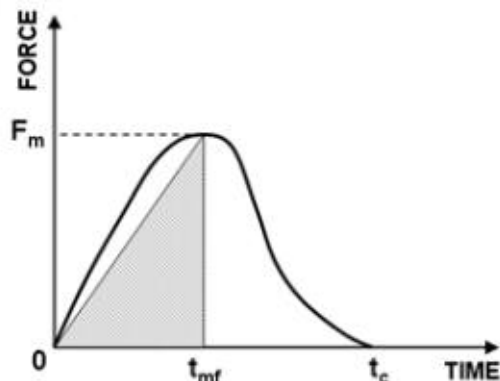


그림 3-6. 과일의 충격력-시간 그래프

$$\sigma_p \leq \frac{F_m}{A} \quad \text{-----} \quad (5)$$

여기서, σ_p : 과실이 충격으로 손상을 입지 않을 응력(Pa)

A : 충격으로 생기는 접촉면적(m²)

- 반경이 R인 과실이 수평면에 충돌하여 생기는 접촉면적은 Hertz의 접촉이론으로부터 다음과 같은 식이 된다.

$$\begin{aligned} A = \pi a^2 &= \pi \left[\frac{(3F_m K/2)}{(2/R)} \right]^{2/3} = 2.5933 (F_m K R)^{2/3} \\ &= 2.6 (F_m K R)^{2/3} = 2.6 \left[\frac{F_m (1-\mu^2) R}{E} \right]^{2/3} \quad \text{-----} \quad (6) \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } K = \frac{1-\mu^2}{E}$$

- 식 (4) 및 (6)을 식 (5)에 대입하고 낙하높이 h에 대하여 최고 충격력은 시간에 대하여 직선적으로 증가한다는 가정으로부터 이론적 안전 낙하높이의 식은 다음식과 같다.

$$h_t \leq \frac{0.9841 \sigma_p^6 (1-\mu^2)^4 R^4 t_c^2}{m^2 E^4} \quad \text{-----} \quad (7)$$

여기서, h_t : 이론 안전 낙하높이(m)

μ : 과실의 포아송비(무차원)

R : 과실의 등가반경(equilibrium radius)(m)

E : 과실의 탄성계수(Pa)

t_c : 충격접촉시간(s)

- 낙하실험을 통하여 얻어진 충격력-시간 곡선을 적분한 식 (2)를 식 (3)으로 나누어 준 값을 N1이라 하면 식 (7)은 다음과 같은 식이 되고 이 식으로 실제의 안전 낙하높이를 추정할 수 있다.

$$h_a \leq \frac{0.9841 N_1^2 \sigma_p^6 (1-\mu^2)^4 R^4 t_c^2}{m^2 E^4} \quad \text{-----} \quad (8)$$

여기서, h_a : 실제 안전 낙하높이(m)

(나) 과실의 정점 가속도 모델 개발

- 과실의 바이오 G-벡터를 구하기 위해서는 낙하충격으로 발생하는 정점가속도를 구해야 한다. 과실의 낙하 충격실험에서 발생하는 정점가속도에 영향을 미치는 주요인자로 낙하높이와 과실의 질량으로 알려져 있다(박, 2001). 따라서 크기가 다양한 과실에 대하여 낙하실험을 수행하여 정점가속도에 영향을 크게 미친다고 알려진 낙하높이와 과실의 질량을 변수로 하는 정점가속도 추정모델을 개발하였다.

- 모델개발에는 회귀분석용 패키지인 DataFit(Oakdale Engineering Co., ver. 8.0, USA)을

이용하였으며 여기서는 낙하높이와 과실의 질량을 변수로 하는 조합가능한 정점가속도에 대한 회귀식을 분석하였다. 정점가속도 모델의 각 계수를 나타낸 표 25와 26에서 보는바와 같이 사과와 배의 경우 0.9992이었고, 배의 경우 정점가속도 모델의 결정계수값(R²)이 0.9998로 매우 높게 나타났다. 또한 사과와 배의 정점가속도에 대한 반응표면을 그림 3-7에 도시하였다.

표 3-13. 사과와 배의 정점가속도 모델 계수

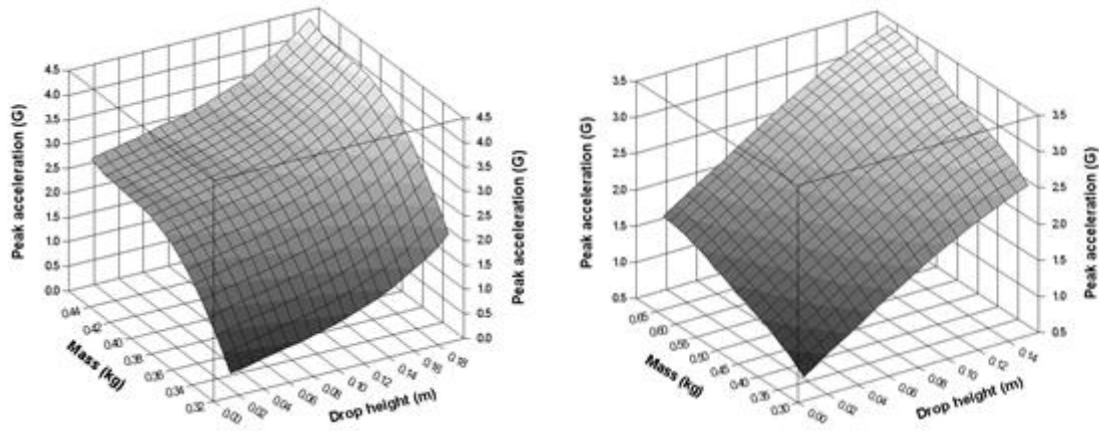
Variables	$a_m = a + b \times DH + c \times DH^2 + d \times DH^3 + e \times MA + f \times MA^2 + g \times MA^3 + h \times MA^4$				Coefficient of multiple determination (R ²)
	Coefficients	Standard error	t-ratio	Prob(t)	
<i>a</i>	196.0757	103.4196	1.8959	0.06733	0.9992
<i>b</i>	7.5355	4.2089	1.7903	0.08317	
<i>c</i>	-45.0258	56.0864	-0.8027	0.42821	
<i>d</i>	296.0075	194.3447	1.5231	0.13787	
<i>e</i>	-2373.1398	1051.7276	-2.2564	0.03124	
<i>f</i>	10289.8836	3992.9121	2.5770	0.01495	
<i>g</i>	-19112.6037	6715.4227	-2.8460	0.00778	
<i>h</i>	12978.5206	4223.5924	3.0728	0.00439	

* Note : am=peak acceleration(G), DH=drop height(m), MA=mass of apple(kg), a ~ h=constants

표 3-14. 배의 정점가속도 모델 계수

Variables	$a_m = a + b \times DH + c \times DH^2 + d \times DH^3 + e \times MA + f \times MA^2 + g \times MA^3 + h \times MA^4$				Coefficient of multiple determination (R ²)
	Coefficients	Standard error	t-ratio	Prob(t)	
<i>a</i>	-10.3680	9.0892	-1.1406	0.28058	0.9998
<i>b</i>	12.8005	11.2110	1.1417	0.28015	
<i>c</i>	16.4719	114.0288	0.1444	0.88801	
<i>d</i>	-149.1842	329.5512	-0.4526	0.66044	
<i>e</i>	85.4255	69.7225	1.2252	0.24857	
<i>f</i>	-250.5536	193.8672	-1.2923	0.22528	
<i>g</i>	335.4493	238.4736	1.4066	0.18984	
<i>h</i>	-167.4764	111.5187	-1.5017	0.16405	

* Note : am=peak acceleration(G), DH=drop height(m), MA=mass of Pear(kg), a ~ h=constants



(a) 사과

(b) 배

그림 3-7. 과일의 정점가속도에 대한 반응표면

- 다음으로 과실이 낙하하여 손상을 입지 않을 안전 낙하높이를 구하였다. 안전 낙하높이는 식 (8)에서 보는바와 같이 과실의 탄성계수(E), 포아송비(μ), 충격접촉시간(t_c), 과실의 등가직경(R) 및 질량(m)에 따라 다르기 때문에 본 연구에서는 이들의 각 물리량들을 실험 범위내의 최대, 최소 및 그 평균치로 구분하여 안전 낙하높이를 구하였다.
- 또한, 이때 손상은 생물체 항복강도(σ_p)를 기준(정, 1999)으로 하였으며, 이 값도 실험의 범위에서 위와 같이 3부류로 구분하였으며 충격량의 이론치에 대한 실측치의 비인 N1은 사과에서 1.165, 배에서 1.147로하여 안전 낙하높이를 추정하였다.
- 사과와 배에 대한 안전 낙하높이를 표 27과 28에 각각 나타내었다. 표에서 보는바와 같이 과실의 안전 낙하높이는 포와송비, 등가직경, 충격 접촉시간 및 질량이 증가함에 따라 증가하였고, 과실의 탄성계수와 생물체 항복강도가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향이였다. 이러한 현상은 이론적 분석과는 상반되는 결과로서 그 원인은 생물체 항복강도가 크거나 질량이 큰 과실의 경우는 충격 시 충격 접촉시간이 길어지기 때문인 것으로 판단되었다. 대체로 사과와 배의 안전낙하높이는 각각 30~80 mm와 10~50 mm범위로 나타났다.

표 3-15. 사과의 안전 낙하높이

		E_1			E_2			E_3		
		σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3	σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3	σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3
h_a (mm)	m_1, t_{c1}, R_1	56.40	52.13	45.93	51.00	47.14	41.53	42.98	39.73	34.99
	m_2, t_{c2}, R_2	69.56	64.29	56.64	62.90	58.14	51.22	53.00	48.99	43.16
	m_3, t_{c3}, R_3	81.12	74.99	66.06	73.36	67.81	59.73	61.82	57.14	50.34

Note : $E_1=1960.162(\text{kPa})$, $E_2=2010.141(\text{kPa})$, $E_3=2098.025(\text{kPa})$, $\sigma_{p1}=312.73(\text{kPa})$, $\sigma_{p2}=322.73(\text{kPa})$, $\sigma_{p3}=336.61(\text{kPa})$
 $\mu_1=0.25$, $\mu_2=0.35$, $\mu_3=0.45$, $m_1=0.323(\text{kg})$, $m_2=0.361(\text{kg})$, $m_3=0.458(\text{kg})$, $t_{c1}=4.701(\text{ms})$, $t_{c2}=5.260(\text{ms})$,
 $t_{c3}=6.158(\text{ms})$, $R_1=2.078(10\text{-}2\text{m})$, $R_2 = 2.514(10\text{-}2\text{m})$, $R_3=3.409(10\text{-}2\text{m})$

표 3-16. 배의 안전 낙하높이

		E_1			E_2			E_3		
		σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3	σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3	σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3
h_a (mm)	m_1, t_{c1}, R_1	23.14	24.52	22.71	16.78	18.01	16.76	12.59	13.54	12.68
	m_2, t_{c2}, R_2	35.09	37.69	35.42	25.98	27.91	26.18	20.04	20.96	19.78
	m_3, t_{c3}, R_3	52.79	56.80	53.28	38.97	41.95	39.61	30.02	31.84	29.91

Note : $E_1=1138.631(\text{kPa})$, $E_2=1240.693(\text{kPa})$, $E_3=1342.754(\text{kPa})$, $\sigma_{p1}=181.542(\text{kPa})$, $\sigma_{p2}=191.649(\text{kPa})$, $\sigma_{p3}=201.756(\text{kPa})$
 $\mu_1=0.25$, $\mu_2=0.35$, $\mu_3=0.45$, $m_1=0.325(\text{kg})$, $m_2=0.499(\text{kg})$, $m_3=0.672(\text{kg})$, $t_{c1}=6.980(\text{ms})$, $t_{c2}=7.725(\text{ms})$,
 $t_{c3}=8.470(\text{ms})$, $R_1=5.033(10\text{-}2\text{m})$, $R_2 = 5.423(10\text{-}2\text{m})$, $R_3=5.812(10\text{-}2\text{m})$

(다) 과실의 바이오 G-벡터 추정

- 과실의 바이오 허용 충격지수는 사과와 배의 정점가속도 모델에 이들 과실의 안전낙하높이와 질량을 각각 대입하여 추정하였으며, 그 결과를 표 29과 30에 각각 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 사과의 바이오 허용 충격지수는 약 0.51~2.98 G, 배의 바이오 허용 충격지수는 약 0.74~2.29 G 범위로 사과가 배보다 약간 높은 값을 나타내었다.
- 이러한 결과는 사과는 배보다 조직이 약간 단단하여 같은 충격에서 손상을 배보다는 적게 입는다는 일반적으로 알려진 사실과도 잘 일치하는 결과이었다. 이러한 결과치를 토대로 과실이 택배 유통중에 진동 및 충격에 의해 받는 손상의 기준을 제시함으로써 택배를 위한 과실의 적정 포장설계가 가능하게 될 것이다.

표 3-17. 사과의 바이오 허용 충격지수 추정값

		E_1			E_2			E_3		
		σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3	σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3	σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3
I_{bf}	m_1, t_{c1}, R_1	0.6234	0.6009	0.5683	0.5949	0.5746	0.5449	0.5527	0.5354	0.5097
	m_2, t_{c2}, R_2	2.0184	1.9895	1.9486	1.9819	1.9565	1.9200	1.9294	1.9084	1.8776
	m_3, t_{c3}, R_3	2.9805	2.9443	2.8942	2.9349	2.9038	2.8601	2.8712	2.8463	2.8105

Note : $E_1=1138.631(\text{kPa})$, $E_2=1240.693(\text{kPa})$, $E_3=1342.754(\text{kPa})$, $\sigma_{p1}=181.542(\text{kPa})$, $\sigma_{p2}=191.649(\text{kPa})$, $\sigma_{p3}=201.756(\text{kPa})$
 $\mu_1=0.25$, $\mu_2=0.35$, $\mu_3=0.45$, $m_1=0.325(\text{kg})$, $m_2=0.499(\text{kg})$, $m_3=0.672(\text{kg})$, $t_{c1}=6.980(\text{ms})$, $t_{c2}=7.725(\text{ms})$,
 $t_{c3}=8.470(\text{ms})$, $R_1=5.033(10\text{-}2\text{m})$, $R_2 = 5.423(10\text{-}2\text{m})$, $R_3=5.812(10\text{-}2\text{m})$, I_{bf} = allowable bio-shock fragility index(G)

표 3-18. 배의 바이오 허용 충격지수 추정값

		E_1			E_2			E_3		
		σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3	σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3	σ_{p1}, μ_1	σ_{p2}, μ_2	σ_{p3}, μ_3
I_{bf}	m_1, t_{c1}, R_1	0.8806	0.8989	0.8748	0.7961	0.8124	0.7958	0.7408	0.7533	0.7424
	m_2, t_{c2}, R_2	1.6305	1.6653	1.6349	1.5085	1.5343	1.5112	1.4294	1.4416	1.4259
	m_3, t_{c3}, R_3	2.2354	2.2886	2.2419	2.0507	2.0906	2.0593	1.9308	1.9551	1.9293

Note : $E_1=1138.631(\text{kPa})$, $E_2=1240.693(\text{kPa})$, $E_3=1342.754(\text{kPa})$, $\sigma_{p1}=181.542(\text{kPa})$, $\sigma_{p2}=191.649(\text{kPa})$, $\sigma_{p3}=201.756(\text{kPa})$
 $\mu_1=0.25$, $\mu_2=0.35$, $\mu_3=0.45$, $m_1=0.325(\text{kg})$, $m_2=0.499(\text{kg})$, $m_3=0.672(\text{kg})$, $t_{c1}=6.980(\text{ms})$, $t_{c2}=7.725(\text{ms})$,
 $t_{c3}=8.470(\text{ms})$, $R_1=5.033(10\text{-}2\text{m})$, $R_2 = 5.423(10\text{-}2\text{m})$, $R_3=5.812(10\text{-}2\text{m})$, I_{bf} = allowable bio-shock fragility index(G)

3. 과실 택배 포장화물의 충격특성

가. 사과 및 배 포장화물의 충격특성

(1) 실험배경 및 목적

- 현재 국민생활수준의 향상과 소득의 증가로 인하여 과실에 대한 구매 패턴이 다양해지고 있다. 기존의 양적인 소비 패턴보다 품질의 중요성을 소비자들이 인식하고, 고품질의 제품을 선호하는 경향이 대두되고 있다. 또한 대외 시장의 개방화에 따라 수입 농산물이 증가하게 되었으며 이에 대한 경쟁력을 강화하기 위해 고품질 농산물의 생산과 생산된 농산물의 택배 유통중 손상을 최소화하여야 한다.
- 본 연구에서는 사과 및 배의 택배용 포장화물 모형을 이용하여 각 높이별 자유낙하 실험을 통해 포장화물 내부에서 받게되는 충격량을 계측하여 적정 완충포장의 기준 데이터를 구축하고 충격에 의한 내부 과실의 손상을 최소화하기 위한 설계인자 도출을 구명하고자 하였다.

(2) 실험재료 및 방법

- 본 실험에 사용된 실험재료는 기존 사과 및 배의 포장단위(무게)인 15kgf를 기준으로 실험하고자 기존 이중양면골판지(double wall corrugated fiberboard) 과실 포장상자에 모래주머니를 담아 포장중량을 맞추고, 그림 25에서 보는 바와 같이 실험용 포장상자 내부 하단에 진동 및 충격력을 계측하기 위하여 유통중 진동 및 충격 계측을 위한 3축 데이터 레코더(Saver 3X90, Lansmont, USA)를 고정 부착하여 각 자유낙하 높이별 충격량을 계측하였으며, 내부에는 기존 사용되는 완충패드는 적용하지 않았다. 본 실험을 위한 이중양면 골판지 상자의 제원은 표 31과 같다.

표 3-19. 자유낙하 실험용 골판지상자 유형

Flute	Paper combination	Dimension (L×W×D, mm)	Packaging Weight (kgf)
DW(B/A)	KA ²¹⁰ /S ¹²⁰ /S ¹²⁰ /S ¹²⁰ /KA ²¹⁰	520×350×250	15



그림 3-8. 진동 및 충격력 계측용 상자

(3) 결과 및 고찰

- 본 실험에서는 100, 200, 300, 400 및 500 mm의 높이에서 모래주머니가 채워져 있는 15kgf의 실험용 이중골판지 포장화물에 대한 자유낙하 실험을 하였으며, 그림 3-9는 100 mm의 높이에서 자유낙하하는 포장화물의 충격가속도-시간의 곡선을 보여주고 있다.

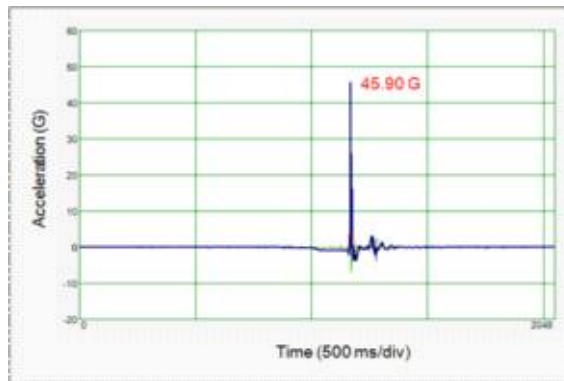


그림 3-9. 100 mm의 높이에서 자유낙하하는 포장화물의 충격가속도-시간의 곡선

- 그림에서 알 수 있듯이 매우 낮은 낙하높이에서도 최대 45.90 G의 충격가속도가 계측되었다. 여기서 계측된 충격가속도는 이전 장에서 계측된 사과 및 배의 바이오 G-벡터에 비해 최대 80배 이상의 충격가속도로 이러한 충격이라면 한번이라도 사과 및 배에 손상을 입히는 결과를 초래하게 된다.
- 그림 10, 11, 12 및 13은 200, 300, 400 및 500 mm의 높이에서 자유낙하하는 포장화물의 충격가속도-시간 곡선을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 낙하높이가 올라갈수록 계측되는 최대 충격가속도도 증가하는 것을 알 수가 있으며, 본 실험의 결과를 토

대로 과실의 포장화물에 완충패드 및 완충재를 적용하지 않게 되면 유통중 손상이 발생될 것으로 판단된다. 특히 국내의 택배 유통환경이 매우 열악하다는 것을 고려한다면 적정 완충포장을 위한 설계기법이 필요하다는 것을 알 수가 있다.

- 본 실험에서 적용하였던 500 mm의 높이에서 자유낙하 실험에 의한 최대 충격가속도는 150.65 G로써, 이전에 계측된 사과 및 배의 바이오 G-벡터를 적용한다면 최대 300배 이상의 충격량이 발생되는 것을 알 수가 있었다.

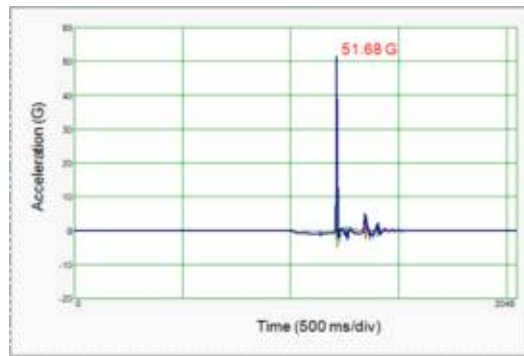


그림 3-10. 200 mm의 높이에서 자유낙하하는 포장화물의 충격가속도-시간의 곡선

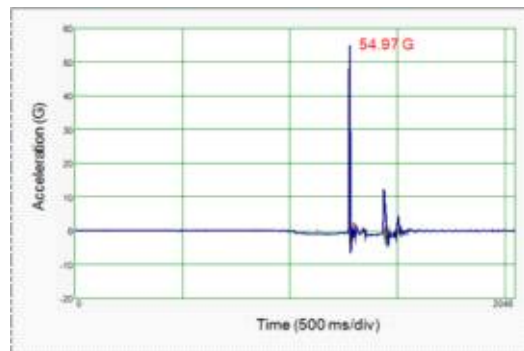


그림 3-11. 300 mm의 높이에서 자유낙하하는 포장화물의 충격가속도-시간의 곡선

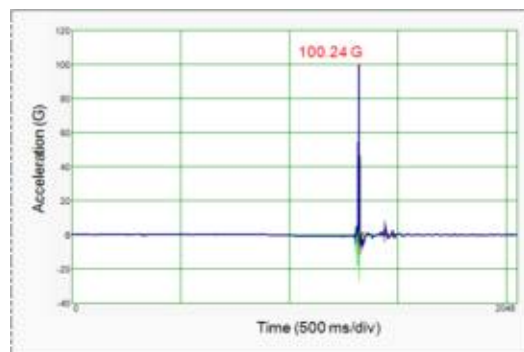


그림 3-12. 400 mm의 높이에서 자유낙하하는 포장화물의 충격가속도-시간의 곡선

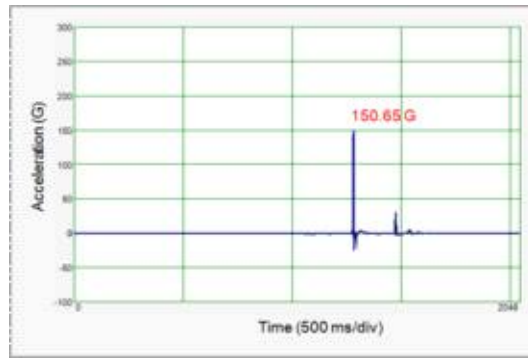


그림 3-13. 500 mm의 높이에서 자유낙하하는 포장화물의 충격가속도-시간의 곡선

4. 과실 택배 포장화물의 유통환경 계측

가. 과실 택배 포장화물의 유통환경

(1) 실험배경 및 목적

- 과실의 택배 수송방법으로는 화물차량을 이용하는 것이 가장 일반적이며, 수송중 화물차량에서 발생하는 진동 및 충격과 택배용 화물의 분류, 적재 및 하역 등의 작업에서 발생하는 충격 등은 과실의 손상과 직접적으로 연관되어 있다. 따라서 수송 중 적정 포장설계를 통한 과실의 손상을 줄이기 위해서는 작업환경, 주행도로, 도로 상태 등의 방법에 따라 차량에 작용하는 진동 및 충격 특성을 파악하고 자료화 하는 것은 매우 중요하다.
- 외국의 경우 과실의 수송경로 및 수송방법에 따른 차량내의 진동 및 충격 계측실험이 다양하게 수행되고 있으며, 이러한 실험 자료는 과실의 수송 중 손상을 예상할 수 있도록 수학적인 모델이 개발되어 과실 및 농산물의 적정수송방법을 제안하는 기술 수준에 와 있다. 이러한 기술들은 수송 시 발생하는 과실의 손상을 최소화하여 경제적인 손실을 줄이고 과실류 적정 포장설계의 개발에도 폭 넓게 활용되고 있다.
- 따라서, 본 연구에서는 국내의 과실용 택배화물의 택배원 수거에서 최종 목적지까지의 진동 및 충격의 유통환경을 계측 및 분석하고, 택배 발송지역별 가속도 수준과 PSD(power spectral density)를 분석하고 유통중 발생하는 충격의 사양을 분석하여 사과 및 배의 최적의 택배용 포장완충시스템을 설계하기 위한 기준 데이터로 활용하고자 수행되었다.

(2) 실험재료 및 방법

- 본 실험에 사용된 실험재료는 기존 사과 및 배의 포장단위(무게)인 15kgf를 기준으로 실험하고자 기존 이중양면골판지(double wall corrugated fiberboard) 과실 포장상자에 모래주머니를 담아 포장중량을 맞추고, 그림 31에서 보는 바와 같이 실험용 포장상자 내부 하단에 유통환경을 계측하기 위하여 유통 중 진동 및 충격 계측용 3축 데이터 레코더(Saver 3X90, Lansmont, USA) 및 이동경로의 분석을 위해 GPS(UT300, (주)유비

퍼스트)송수신기를 설치하였으며, 택배화물의 이동경로, 시간대역에 따른 위치를 계측 및 분석하였다. 그림 3-14는 실험용 포장화물내 부착된 유통환경 계측 센서 및 GPS 송수신기를 보여주고 있다. 본 실험을 위한 이중양면 골판지 상자의 제원은 이전의 표 3-10과 같다.



그림 3-14. 유통환경 계측센서 및 GPS 송수신기

- 본 실험에서는 실험용 과실용 택배 포장화물을 표 3-10에서 보는 바와 같이 전국 각 지역에서 각각의 택배회사를 이용하여 화성 본 업체까지 택배를 보내고 업체에 도착한 포장화물내 계측기를 수거하여 진동 및 충격의 유통환경을 분석하였다.

표 3-20. 과실 택배용 포장화물의 유통환경 계측을 위한 송부, 도착지역 및 택배회사 현황

	송부지역	도착지역	택배회사
1	김해	화성	경동택배
2	목포	화성	CJ 대한통운택배
3	제천	화성	한진택배
4	구미	화성	경동택배
5	음성	화성	경동택배
6	화성	안산	현대택배
7	화성	구미-안산	현대택배

(3) 결과 및 고찰

(가) 택배 수송 경로별 진동 및 충격특성

① 김해 - 화성 택배 유통환경

- 본 실험에서는 각 지역별 택배 수송환경을 계측하였으며, 결과치를 충격을 받은 영역과 급격한 속도변화(velocity change)가 생긴 영역, 이를 제외한 순수 진동영역으로 나누어 분석하였다. 그림 3-15는 경상남도 김해에서 경기도 화성까지의 택배 화물에 대한 진동 결과치를 보여주고 있다. 그림에서 충격(shock)영역에서는 사과의 최대 바이오 G-벡터인 2.8 G를 넘는 횟수가 15회 정도 발생하였으며, 10G 이상의 충격횟수도 약 5회 발생하였다.

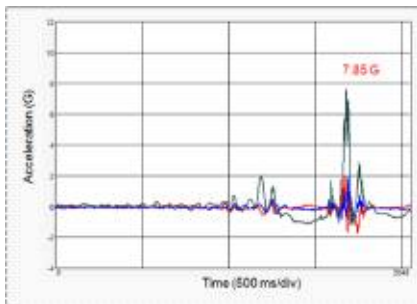
- 또한, 충격 분석에서 급격한 속도변화(Delta V)는 농산물의 손상에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며, 본 실험결과를 토대로 약 20회의 급격한 속도변화가 발생하는 것으로 분석되었으며, 약 300 및 500 mm에서 자유낙하의 충격도 발생되어 택배

유통환경의 열악함을 알 수 있었다.

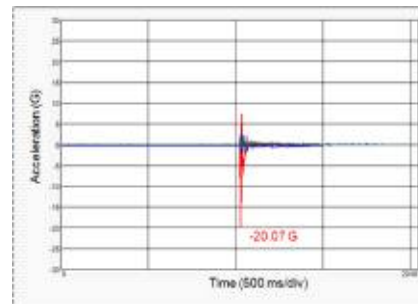


그림 3-15. 김해-화성구간의 택배 수송 환경

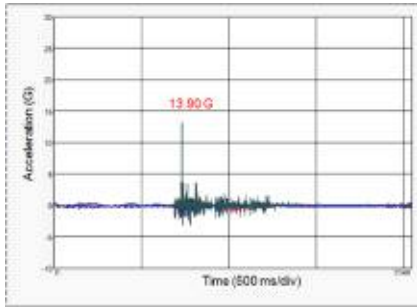
- 또한, 순수 진동영역(vibration)에서도 사과 및 배의 바이오 G-벡터의 최소값인 0.42 Grms 이상의 진동이 약 10회 이상 발생되어 택배 유통을 위해 과실의 적절한 완충포장이 이루어지지 않는다면 과실의 손상이 발생하게 된다.
- 그림 3-16은 택배 유통중 진동 충격력의 계측치가 큰 경우를 그래프로 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 매우 높은 충격력이 발생하는 경우에는 택배원에 의한 택배 포장화물의 취급 및 지역별 분류단계에서 발생하는 경우일 것으로 이동시간상 추정해 볼 수 있다.



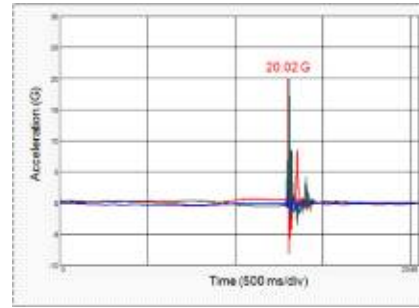
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3-16. 김해-화성구간 택배 수송 환경중 진동충격력

- 또한, 그림 3-16의 (b)와 (d)에서 보는 바와 같이 택배용 포장화물의 진동특성은 다른 유통환경과는 다르게 수직 충격외에도 측면(수평, 빨간선)의 진동 충격력도 크게 계측되는 경우가 있어 이에 대한 완충포장의 적용이 필요할 것으로 판단되었다.
- 그림 3-17는 김해-화성 구간의 PSD(power spectral density)를 보여주고 있으며, 그래프 상에서 검은선은 수직에 해당되는 진동에 대한 PSD를 보여주고 있으며, 파란선과 빨간선은 수평진동(진행방향, 진행방향 직각방향)에 대한 진동 PSD로 진행방향에 수직인 방향의 진동이 제일 크게 계측되며, 과실의 손상에도 수직에 의한 진동에 의한 것으로 판단되어 2차년도 연구진행중 진동 시뮬레이션은 수직진동의 PSD를 이용할 계획이다.

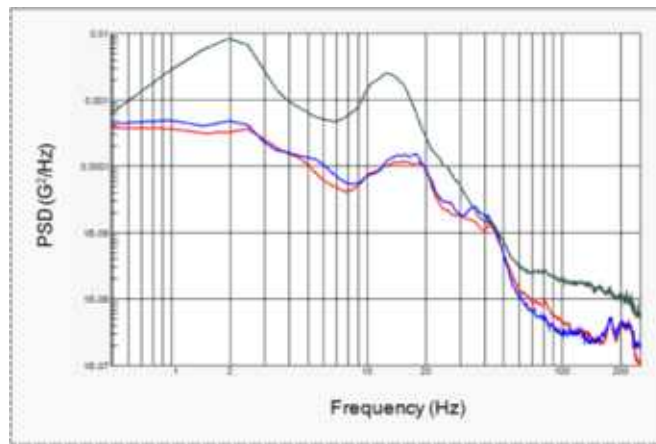


그림 3-17. 김해-화성구간의 택배 수송경로의 PSD

- 그림 3-18에서 보는 바와 같이 택배 유통의 진동 시뮬레이션을 위한 김해-화성 구간의 PSD 프로파일(평균 0.63 Grms)을 도시하였다. 그림상의 녹색 점선으로 표시된 부분이 PSD 프로파일이며, 전자기식 진동 시험기에 PSD 프로파일을 입력하여 택배 유통환경을 재현할 수 있어 실험실내에서 적정 완충포장 기법의 다양한 신뢰성을 구축할 수 있다.

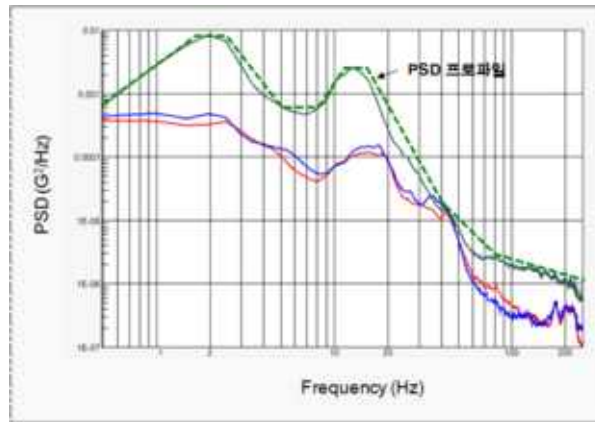


그림 3-18. 김해-화성구간의 택배 수송경로의 PSD프로파일

② 목포 - 화성 택배 유통환경

○ 본 실험에서는 각 지역별 택배 수송환경을 계측하였으며, 결과치를 충격(Shock)을 받은 영역과 급격한 속도변화(velocity change)가 생긴 영역, 이를 제외한 순수 진동영역으로 나누어 분석하였다. 그림 3-19은 전라남도 목포에서 경기도 화성까지의 택배 화물에 대한 진동 결과치를 보여주고 있다. 그림에서 충격(shock)영역에서는 사과의 최대 바이오 G-벡터인 2.8 G를 넘는 횟수가 약 15회 정도 발생하였으며, 10G 이상의 충격횟수도 6회 발생하였다.

○ 또한, 충격 분석에서 급격한 속도변화는 농산물의 손상에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며, 본 실험결과를 토대로 약 26회의 급격한 속도변화가 발생하는 것으로 분석되었으며, 약 600 mm에서 자유낙하의 충격도 발생되어 택배 유통환경의 열악함을 알 수 있었다.

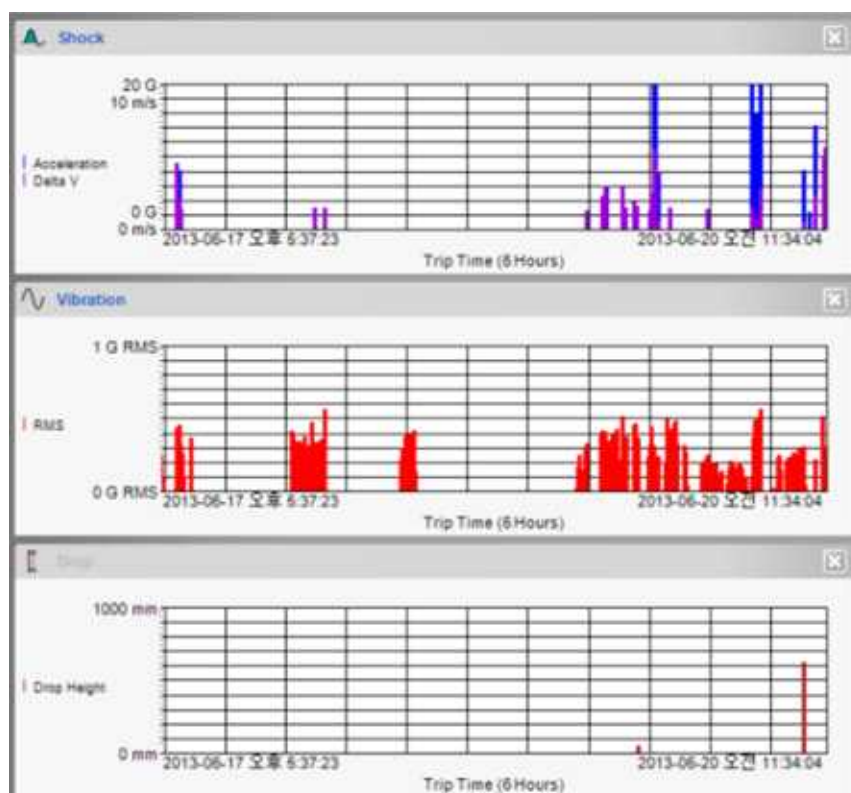
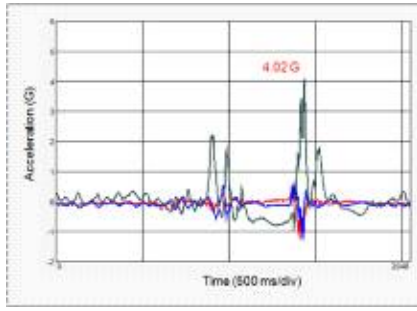
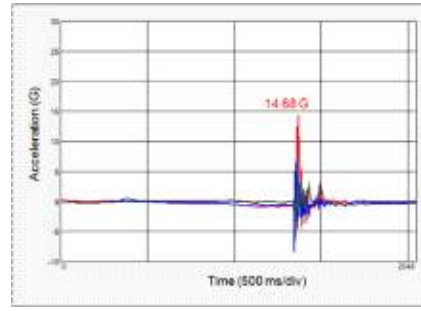


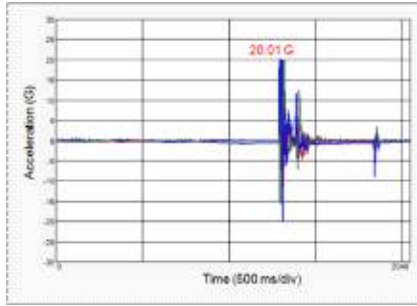
그림 3-19. 목포-화성구간 택배 수송 환경



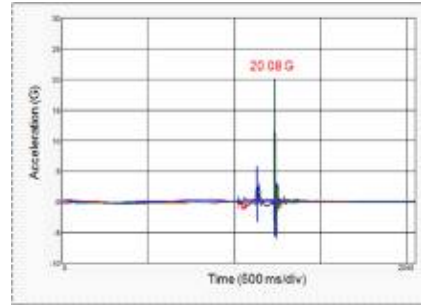
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3-20. 목포-화성구간 택배 수송 환경중 진동충격력

- 또한, 순수 진동영역에서도 사과 및 배의 바이오 G-벡터의 최소값인 0.42 Grms 이상의 진동이 약 15회 정도 발생되어 택배 유통을 위해 과실의 적절한 완충포장이 이루어지지 않는다면 과실의 손상이 발생하게 된다.
- 그림 3-20는 택배 유통중 진동 충격력의 계측치가 큰 경우를 그래프로 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 매우 높은 충격력이 발생하는 경우에는 택배원에 의한 택배 포장화물의 취급 및 지역별 분류단계에서 발생하는 경우일 것으로 이동시간상 추정해 볼 수 있다.
- 또한, 그림 3-20의 (b)와 (c)에서 보는 바와 같이 택배용 포장화물의 진동특성은 다른 유통환경과는 다르게 수직 충격외에도 측면(수평, 빨간선, 파란선)의 진동 충격력도 크게 계측되는 경우가 있어 수직 및 수평 진동의 완충포장 적용이 필요할 것으로 판단되었다.
- 그림 3-21은 목포-화성 구간의 PSD(power spectral density)를 보여주고 있으며, 그래프상에서 검은 선은 수직에 해당되는 진동에 대한 PSD를 보여주고 있으며, 파란선과 빨간선은 수평진동(진행방향, 진행방향 직각방향)에 대한 진동 PSD로 진행방향에 수직인 방향의 진동이 제일 크게 계측되며, 과실의 손상에도 수직에 의한 진동에 의한 것으로 판단되어 2차년도 연구진행중 진동 시뮬레이션은 수직진동의 PSD를 이용할 계획이다.

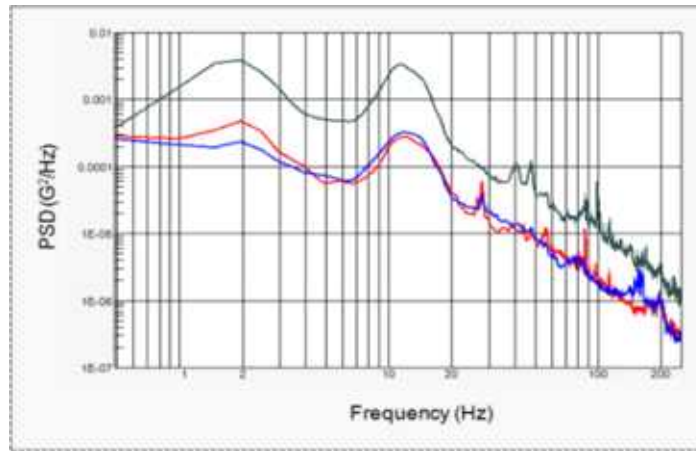


그림 3-21. 목포-화성구간 택배 수송경로의 PSD

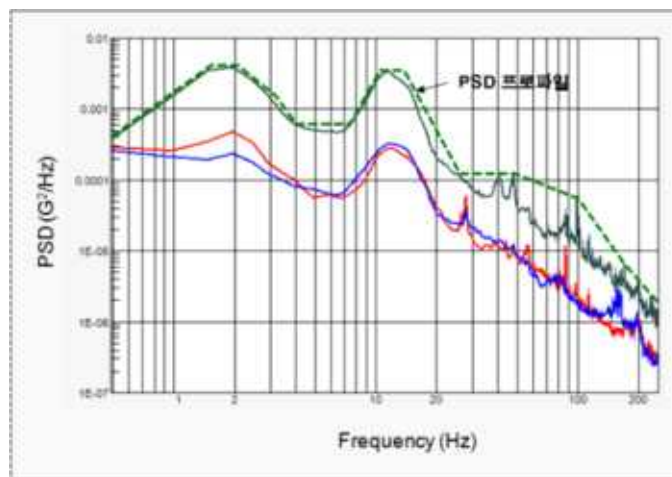


그림 3-22. 목포-화성구간의 택배 수송경로의 PSD프로파일

○ 그림 3-22에서 보는 바와 같이 택배 유통의 진동 시뮬레이션을 위한 목포-화성 구간의 PSD 프로파일(평균 0.52 Grms)을 도시하였다. 그림상의 녹색 점선으로 표시된 부분이 PSD 프로파일이며, 전자기식 진동 시험기에 PSD 프로파일을 입력하여 택배 유통환경을 재현할 수 있어 실험실내에서 적정 완충포장 기법의 다양한 신뢰성을 구축할 수 있다.

③ 제천 - 화성

○ 본 실험에서는 각 지역별 택배 수송환경을 계측하였으며, 결과치를 충격 받은 영역과 급격한 속도변화(velocity change)가 생긴 영역, 이를 제외한 순수 진동영역으로 나누어 분석하였다. 그림 3-23은 충북 제천에서 경기도 화성까지의 택배 화물에 대한 진동 결과치를 보여주고 있다. 그림에서 충격(shock)영역에서는 사과 최대 바이오 G-벡터인 2.8 G를 넘는 횟수가 약 14회 정도 발생하였으며, 10G 이상의 충격횟수도 7회 발생하였다.

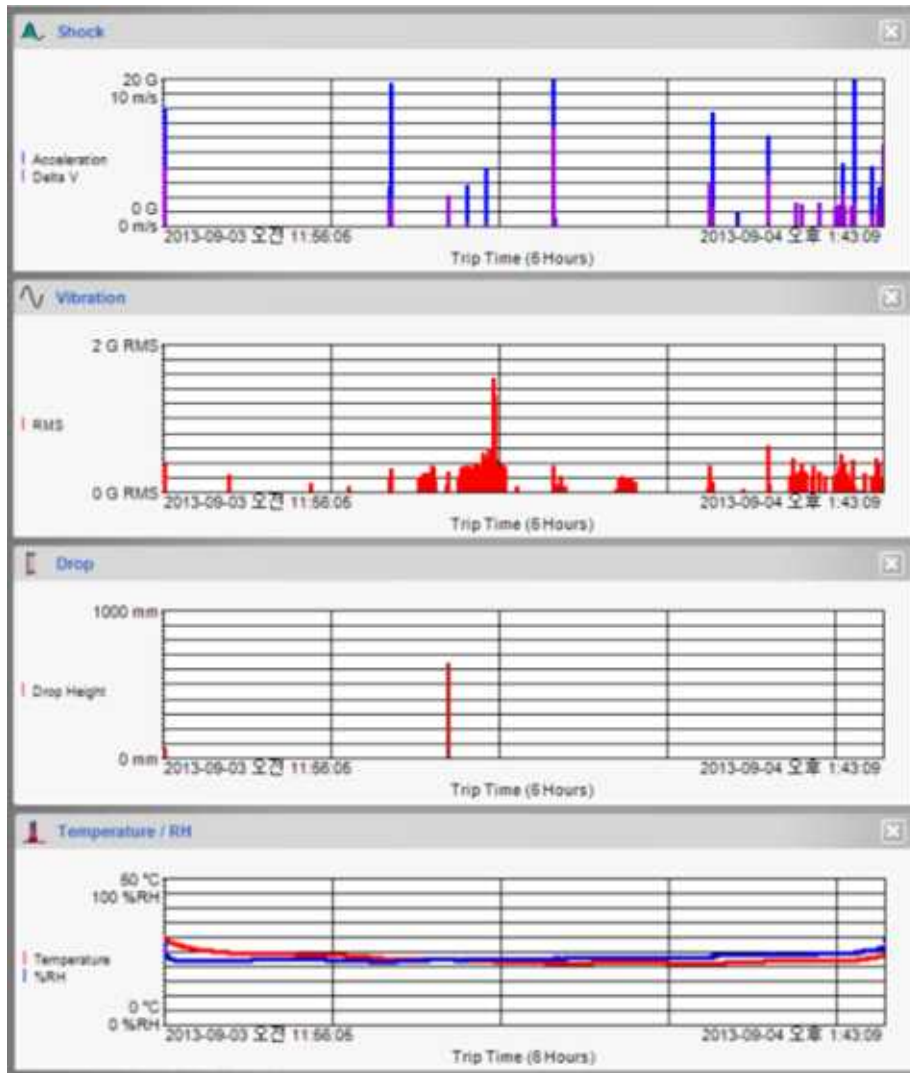


그림 3-23. 제천-화성구간 택배 수송 환경

- 또한, 충격 분석에서 급격한 속도변화는 농산물의 손상에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며, 본 실험결과를 토대로 약 23회의 급격한 속도변화가 발생하는 것으로 분석되었으며, 약 650 mm에서 자유낙하의 충격도 발생되어 택배 유통환경의 열악함을 알 수 있었다.
- 또한, 순수 진동영역에서도 사과 및 배의 바이오 G-벡터의 최소값인 0.42 Grms 이상의 진동이 약 11회 정도 발생되어 택배 유통을 위해 과실의 적절한 완충포장이 이루어지지 않는다면 과실의 손상이 발생하게 된다.
- 택배 유통중 큰 온도와 습도의 큰 변화는 없었으며, 온도는 발송지에서 최종목적지까지 20 ~ 30°C의 범위내에서 분포하였으며, 습도는 42 ~ 52%의 범위내에서 분포하였다. 이러한 온도와 습도의 변화가 과실 포장화물의 진동충격에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 만약 습도의 변화 범위가 크다는 것은 종이재질의 포장상자 물성에 영향을 미치게 되어 진동 충격력이 일부 변화가 있었을 것으로 판단된다.
- 그림 3-24은 택배 유통중 진동 충격력의 계측치가 큰 경우를 그래프로 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 매우 높은 충격력이 발생하는 경우에는 택배원에 의한 택배

포장화물의 취급 및 지역별 분류단계에서 발생하는 경우일 것으로 이동시간상 추정해 볼 수 있다.

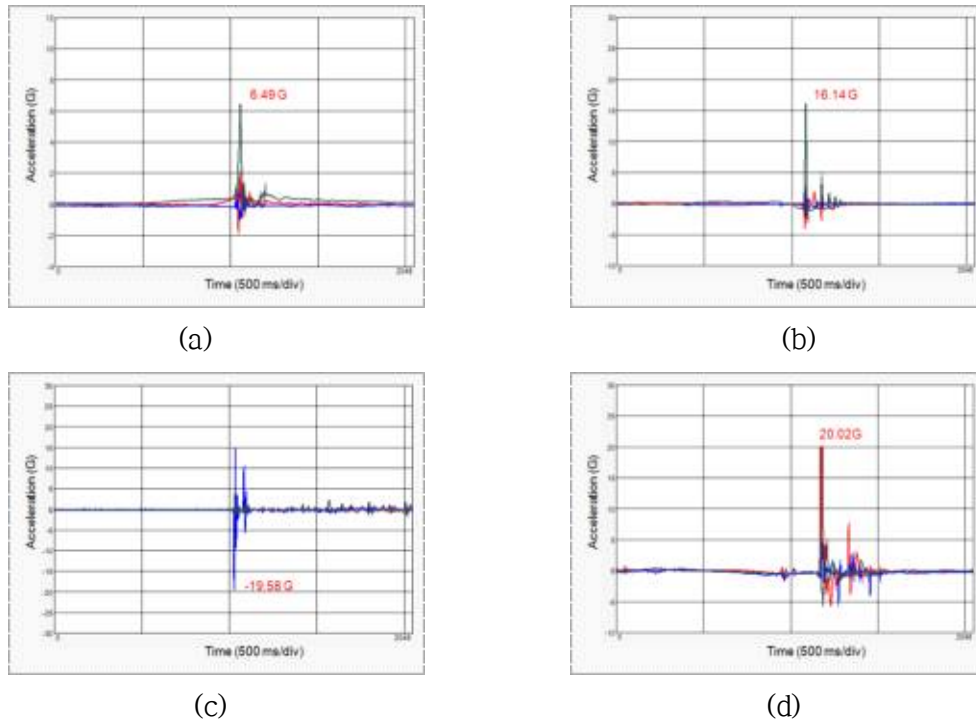


그림 3-24. 제천-화성구간 택배 수송 환경중 진동충격력

- 또한, 그림 3-24의 (b)와 (d)에서 보는 바와 같이 택배용 포장화물의 진동특성은 다른 유통환경과는 다르게 수직 충격외에도 측면(수평, 빨간선, 파란선)의 진동 충격력도 크게 계측되는 경우가 있어 수직 및 수평 진동의 완충포장 적용이 필요할 것으로 판단되었다.
- 그림 3-25는 제천-화성 구간의 PSD(power spectral density)를 보여주고 있으며, 그래프상에서 검은 선은 수직에 해당되는 진동에 대한 PSD를 보여주고 있으며, 파란선과 빨간선은 수평진동(진행방향, 진행방향 직각방향)에 대한 진동 PSD로 주파수 범위에 따라서 PSD가 크게 계측되는 방향이 달라지는 경향을 보였다. 이처럼 택배 유통환경에서는 수직에 대한 완충포장과 측면에 대한 완충포장 기법이 함께 적용되어야 할 것으로 판단되어 2차년도 연구진행중 이 구간에 대한 시뮬레이션은 수직 및 수평진동의 PSD를 이용할 계획이다.
- 그림 3-26에서 보는 바와 같이 택배 유통의 진동 시뮬레이션을 위한 제천-화성 구간의 PSD 프로파일(평균 0.53 Grms)을 도시하였다. 그림상의 녹색 점선으로 표시된 부분이 PSD 프로파일이며, 전자기식 진동 시험기에 PSD 프로파일을 입력하여 택배 유통환경을 재현할 수 있어 실험실내에서 적정 완충포장 기법의 다양한 신뢰성을 구축할 수 있다.

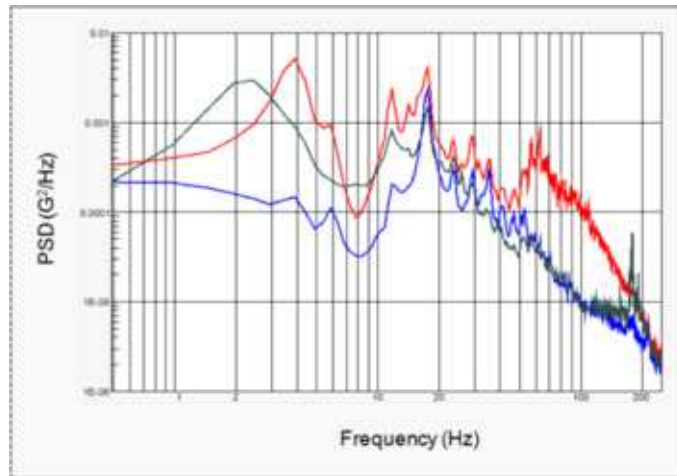


그림 3-25. 제천-화성구간 택배 수송경로의 PSD

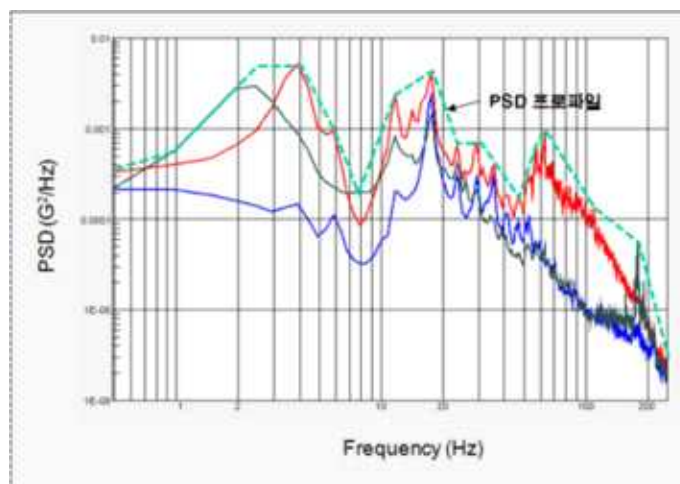


그림 3-26. 제천-화성구간의 택배 수송경로의 PSD프로파일

④ 기타 지역의 택배 유통환경

○ 타 지역의 택배 유통환경은 위 택배 경로와 유사한 경향을 보여주고 있으며, 구미-화성 구간의 유통환경은 김해-화성 구간의 특성과 유사하나 PSD의 평균 Grms은 작게 측정되었으며, 음성-화성 구간의 유통특성은 제천-화성 구간의 특성과 유사하며 PSD 수준도 거의 비슷하게 측정되었다.

○ 화성-안산 구간의 택배 유통특성은 제천-화성 구간의 특성과 유사하나 PSD의 평균 Grms은 작게 측정되었으며, 화성-구미-안산 구간의 택배 유통환경은 김해-화성 구간의 특성과 유사하였으나, PSD의 평균 Grms은 작게 측정되었다. 따라서, 2차년도 택배 수송 진동 시뮬레이션은 PSD 수준이 제일 크게 측정된 경남 김해에서 경기도 화성 구간의 PSD(평균 0.63 Grms)를 적용하여 실험을 수행 할 계획이다.

⑤ 택배 유통환경에 따른 충격 프로파일(shock profile)

○ 포장완충재에 따른 과실의 충격특성을 분석하기 위하여 택배 유통 중 받게 되는 충격 가속도를 이용한 충격실험을 실시할 계획이다. 택배 유통 중 발생하는 단순 진동에 비해 택배화물이 손상을 받게 되는 경향은 유통 중 충격(shock)에 의한 것이 더 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

- 일반적인 전자식 가진기를 이용한 충격시험 방법은 전자식 가진기를 제어하는 신호의 유형에 따라 단일파형을 이용하는 고전적인 충격시험(Classical Shock Test)과 SRS(Shock Response Spectrum)를 이용하는 충격시험, Wavelet Modification을 이용한 충격시험법이 있으나 본 2차년도 연구에서는 단일파형을 이용한 충격시험을 적용할 계획이다.
- 단일파형 시험방법은 주로 half-sine, saw-tooth, rectangular, trapezoidal 등의 단일 시간파형을 부과하게 되는데, 가진기 시스템의 최대전류(peak force level)와 최대전압(peak velocity level), 행정에 의해 제한을 받으며 주파형의 전후로 반대방향의 펄스를 가하여 가진기에 부과되는 충격량을 극대화시킬 수 있으며 이러한 전후 펄스파형은 최대 충격가속도의 10%를 넘지 않도록 해야 한다.
- 연구에서는 MIL-STD-810F의 충격시험의 경우 half-sine과 trapezoid의 단일파형을 이용한 충격시험을 수행할 계획이며, 충격 가속도는 택배 유통 중 계측된 약 10-20 G 그리고 충격 접촉시간(time duration)은 7 ms 그리고 완충포장 재료를 적용한 실험도 실시할 계획이다. 그림 3-27와 3-28는 차후 실험에 적용할 충격 단일파형의 프로파일을 보여주고 있다.

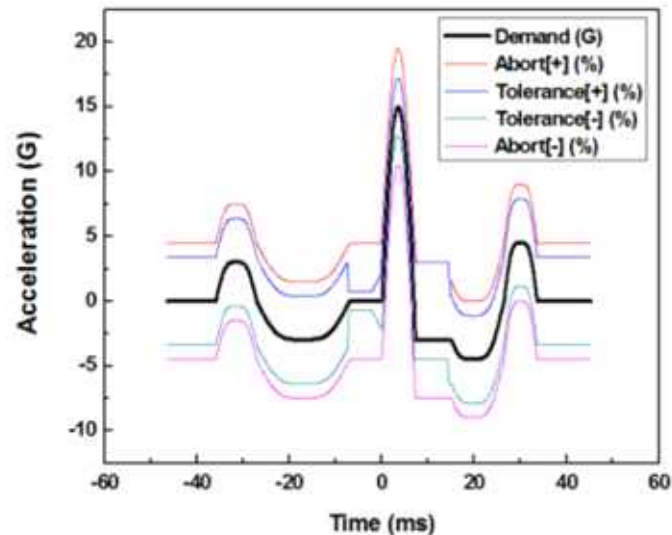


그림 3-27. 충격시험에 적용될 반정현과 충격 프로파일

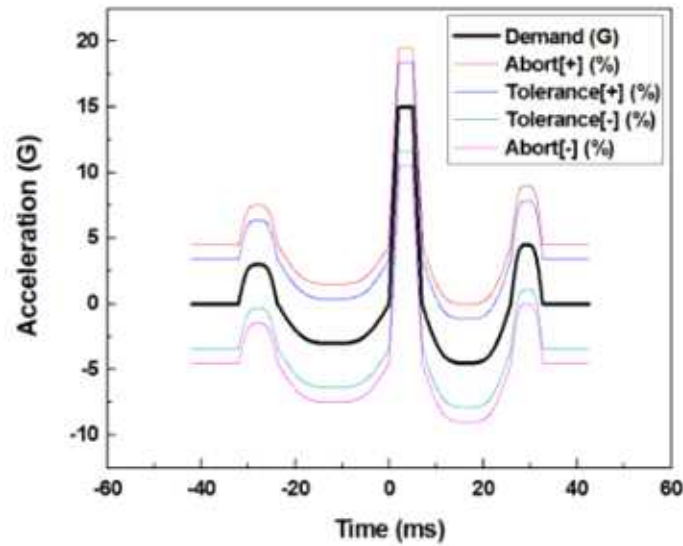


그림 3-28. 충격실험에 적용될 사다리꼴과형 충격 프로파일

5. 택배용 완충재 선택

- 사과 배 택배용으로 사용되고 있는 완충재의 종류는 골판지, 발포PE 그물망, 발포PE 패드, 스티로폼 난좌, 종이발포완충재, PSP 난좌 등이 주로 사용되고 있었다.
- 골판지 패드는 대부분 SW(A골) 재질은 S120/S120/S120을 사용하고 있었으며 간혹 DW(BA골) 재질은 S120/S120/S12/S120/S120으로 최저급 원지를 사용하고 있었다. 골판지 패드는 사과와 배의 경우 위쪽 완충재로 사용되고 있었으며 배는 난좌 밑에 투입하거나 맨 상부에 투입하고 있었다.
- 발포PE는 완충재로 그물망 형태와 패드 형태를 사용하고 있었으며 두께는 대부분 10 mm 정도이었으며 일부 그물망은 3~5mm를 사용하고 있어서 완충효과가 낮아 유통중 파손에 따른 클레임 발생율이 높게 나타났다.
- 스티로폼 난좌는 롯데마트에서 판매되는 배에 적용되었으며 완충성이 부족하여 비용 대비 효과가 미흡했던 것으로 나타났다. 또는 과대포장 단속시 공간비율 초과가 우려되는 등 세심한 검토가 필요하였다.
- 종이발포 완충재는 완충성과 가공성은 우수하였으나 단가가 일반 완충재보다 20배 정도 비싸서 백화점 판매용 고급 선물세트에 일부 적용되기도 하였다.
- PSP난좌는 현재 과일류 택배포장시 고정, 완충용으로 농가에서 클레임 발생을 최소화하기 위해 선택할 수 있는 유일한 방법이지만 겨울철 택배유통중 파손되는 경우가 많고 상자 내부의 공간이 있을 때에는 효과가 떨어지는 것이 단점으로 보완이 필요하였다.
- 2.5kg 사과 택배용 완충재로는 사과에 대한 완충특성이 우수한 발포PE 그물망과 패드를 검토하였으며 그물망은 구멍사이로 사과와 사과가 부딪칠때 완충효과가 부족하여

사과가 멍이드는 현상이 발생하기도 하였다.

- 발포PE패드 형태의 완충재의 두께는 1~5mm 제품이 시판되고 있었으며 이 중에서 5mm 패드를 사용하여 낙하실험을 실시한 결과 완충력이 약하였다. 이를 보완하기 위하여 5mm 발포PE 패드를 2장 붙여서 사용하든지 5mm 발포PE 완충재 2장 사이에 골판지 패드를 삽입하여 사용할 경우 완충력이 완벽하였다.

제 4 절 택배용 난좌 개발을 위한 낙하시험

1. 사과 택배용 난좌 개발

가. 사과 택배용 2.5kg 난좌개발

(1) 기존 사과 난좌의 문제점

- 아래와 같은 문제점으로 인하여 도매시장 유통에서는 난좌의 역할이 문제가 되지 않았지만 택배유통에 있어서는 사과끼리 부딪혀 멍이 들거나 외부의 심한 충격에 의해 멍이 드는 경우가 많이 발생되고 있다.
- 사과 난좌의 규격은 5kg을 포장할 수 있게 조정되어 있지만 오픈형 상자는 택배유통시 외부 충격에 취약한 구조로 되어 있으며 택배유통시 외부충격을 완화하기 위하여 상단부에 골판지패드로 덮은 후 택배를 발송하고 있지만 택배과정 중에 사과가 압상을 받는 경우가 많이 발생되고 있다.
- 사과 택배판매단위는 5kg, 10kg, 15kg으로 소포장에 대한 요구에 대응을 하지 못하고 있으며 소비자는 2.5kg, 5kg, 7.5kg에 대한 요구가 높지만 구입을 할 수 없는 실정이다. 또한 택배로 받은 후 소비자가 냉장고에 보관할 경우 다른 용기에 옮겨 담아야 하는데 마땅한 용기가 없는 것이 현실이며 상당한 번거로움이 발생되고 있다.

표 3-21.기존 사과 난좌의 문제점

	특 성
재질	PSP(Polystyrene Paper)여서 겨울철에 난좌가 파손이 쉽게 일어나 택배유통과정에서 사과의 고정, 완충효과가 저하되게 한다.
형상	PSP 재질은 완충성능은 우수하지만 홈 성형성이 나쁘기 때문에 홈의 깊이를 깊게 성형할 수 없다.
부피	난좌의 두께가 약 5mm로서 포장재 보관시 부피를 많이 차지하게 된다.
작업성	겨울철 포장작업시 취급부주의에 따른 난좌파손으로 포장재 관리에 주의가 요구된다.
경제성	사과 5kg 난좌의 개당 단가는 약 70~90원으로 거래되고 있다.
완충성	PSP는 EPS에 비해 완충성은 떨어지지만 펄프몰드보다는 우수하다.

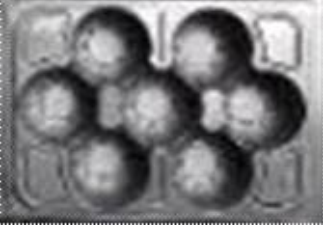



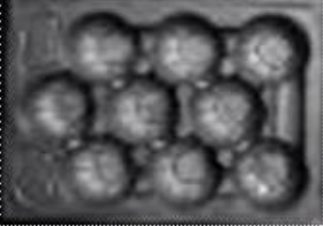

(2) 택배클레임 발생 억제를 위한 난좌개발 아이디어 도출과정

- 난좌의 홈을 깊게 파서 사과와 고정효과를 극대화 하고, PSP 재질의 파손을 개선하기 위해 내한성과 성형성이 우수한 PP 재질을 사용하였으며, 냉장고 보관적성을 감안하여 김치냉장고에 난좌채로 보관할 수 있도록 난좌를 개발하였다.
- 포장단위를 2.5kg으로 소포장화 하여 정사각형 난좌를 샘플제작하여 검토한 결과 택배과정 중에 사과끼리 부딪히는 것은 해결이 되었지만 김치냉장고 보관성은 문제가 있었다. 또한 사과의 크기에 따라 사과의 개수가 달라져야 하기 때문에 이에 적용이 가능한 2차 난좌 개발이 필요하였다.



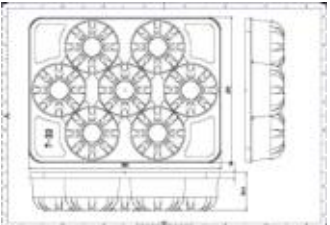

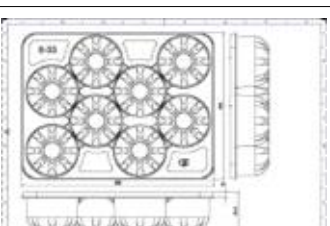

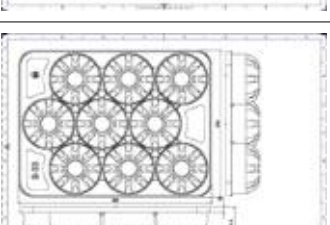

(3) 1차 시제품 개발

- 난좌의 형태를 직사각형으로 하고 파렛트 적재효율 등을 감안한 규격으로 난좌를 개발하였으며, 동일 중량하면서도 크기가 다른 사과의 고정효과를 감안하여 사과를 포장하는 홈에서 돌출구를 여러개 형성되도록 샘플금형을 제작하였다.
- 난좌의 과수는 선물용으로 가장 인기가 좋은 5kg 기준 14과, 15과, 16과를 감안하고 가정용으로 인기가 좋은 18과~20과를 감안하여 2.5kg 난좌를 7과, 8과, 9과를 제작하기로 결정하였다.

과수	1차 난좌 개발 금형 도면	시제품 사진
7과		
8과		
9과		

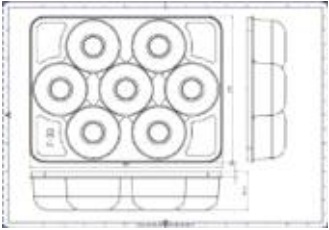

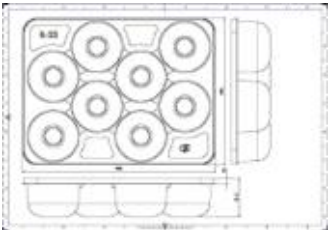

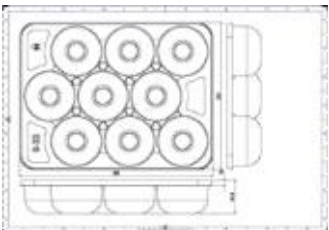

(4) 2차 시제품 개발

- 시제품을 제작하여 택배유통실험을 실시한 결과 사과와 고정효과는 향상되었는데 돌출구 부분이 강도가 강하여 택배과정 중에 발생하는 충격에 의해 사과가 멍이 드는 현상이 발생되어 이를 해결하기 위한 3차 난좌 개발이 필요하였다.

과수	2차 난좌 개발 금형 도면	시제품 사진
7과		
8과		
9과		

5) 3차 개발

- 2차 개발된 난좌에서 내부의 돌출부위를 없애는 대신에 아랫부분에 있는 돌출부위는 완충효과를 위해 2차 샘플과 동일하게 유지하였다. 그리고 PP재질의 두께를 0.45T로 성형을 한 결과 1차, 2차에서 제기되었던 문제점을 대부분 해결할 수 있었다.

과수	3차 난좌 개발 금형 도면	시제품 사진
7과		
8과		
9과		

나. 난좌의 재질 개발

(1) Tray 진공성형

- 난좌의 제조방법은 열가소성 플라스틱시트 또는 필름을 연화점 근처까지 가열하여 금형과 접촉시키는 동시에 금형의 하부에서 감압하여 주면 시트와 금형 사이 공간의 공기가 빠져나가면서 진공상태가 되어 시트가 금형에 밀착되어 성형이 되는 진공성형방법을 이용하고 있다. 이 방법은 쉽고 값이 싸기 때문에 여러 가지 방면에서 이용되고 있다. 그러나 결점으로는 용기의 밑바닥 부분의 각진 부분이 늘어나기 때문에 얇아지는 경향이 있다.

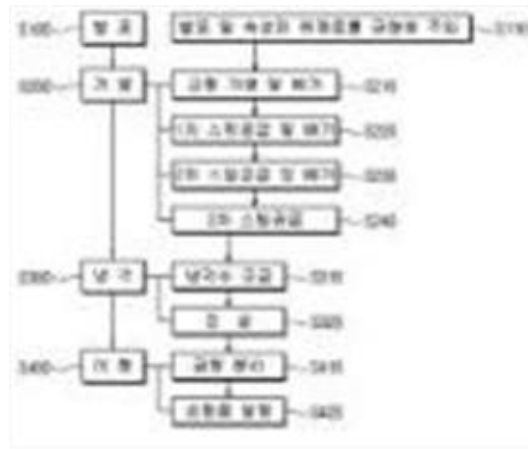


그림 3-29. PET Tray 제조 공정

2) 사과 난좌용 재질 선택

- 사용중인 사과 난좌의 재질은 PSP를 사용하고 있으며 도매시장 유통에서는 완충성도 우수하고 가격적인 측면에서도 큰 문제점이 없는 실정이다. 그러나 택배유통과정은 수집, 분류, 배송 등의 복잡한 과정속에서 화물의 환적회수가 20회 이상이 되기 때문에 외부 충격에 따른 파손, 완충 및 고정성이 부족하여 택배유통중 클레임 발생이 많은 것이 단점이다.
- PSP 난좌의 문제점을 해결하기 위해 펄프몰드 난좌를 검토한 결과 재활용성은 우수하지만 단가가 개당 400원 정도로 높고 난좌 생산업체가 제한적이어서 대량공급에도 차질을 빚을 수가 있었다. 특히 펄프몰드의 표면은 PSP에 비해 완충성이 부족하고 성형부위 모서리가 딱딱하여 외부 충격을 받으면 그 부분에 멍이 발생하는 등 완충성에도 상당한 문제가 발생하여 택배용 난좌로서는 적합하지 않았다.
- PET 난좌는 투명하여 사과를 보여줄수 있다는 장점은 있지만 단가가 비싸고 특히 성형시 재질의 유연성이 부족하여 완충성이 부족한 것이 문제가 되었다. 또한 저온 내충격성이 PP에 비해 낮기 때문에 겨울철 택배과정 중에 난좌의 파손에 따른 2차 피해가 우려되어 사과 택배용 난좌로서는 적합하지 않았다.
- HIPS는 PS의 조온 충격성을 보완하기 위해 PS재질에 RUBBER를 첨가하여 물성을 보완하였지만 그 본적인 물성이 PET 보다도 저온 내충격성이 부족하여 난좌의 파손이 우려되고 있으며 완충성도 PP에 비해 못하고 단가적인 측면에서도 잇점이 없어 사과 택배용 난좌로 적합하지 않았다.
- 종이발포 완충재는 친환경성과 가공적성, 작업성, 완충성은 검토했던 재질 중에서 가장 우수하였지만 단가가 너무 높아 고급 제품 외에는 적용할 수가 없었다.
- 내한성, 완충성, 유연성, 경제성이 우수한 PP재질을 사용하여 난좌를 개발하였다. PP의 물성을 부드럽게 하기 위하여 RUBBER를 첨가하여 샘플을 제조하였으나 실제 제품에서 느껴지는 유연성과 완충성에는 거의 변화가 없었으며 오히려 진공성형시 작업효

율이 떨어지는 문제점이 발생되었다.

- 따라서 난좌는 내한성과 유연성을 유지할 수 있는 PP 0.4T로 재질을 결정하였으며 부족한 완충성은 난좌 아래위에 사용하는 완충재로 보완하기로 하였다.

다. 시제품 개발

(1) 난좌

- PP 0.4T를 사용하여 2.5kg 난좌 7구, 8구, 9구를 시험생산하였으며, 부사가 본격적으로 출하되는 10월 하순부터 시제품 난좌와 상자를 이용하여 택배유통실험을 본격적으로 실시할 계획이다.



7구 난좌



8구 난좌



9구 난좌

그림 3-30. 개발된 난좌 시제품

(2) 골판지상자

- 사과 2.5kg, 5kg, 7.5kg, 10kg용 골판지상자를 시제품으로 제작하였으며 재질과 규격은 다음과 같다.

표 3-22. 사과 택배유통용 골판지상자 시제품 제작 현황

품명	규격(mm)	원지배합
택배 2.5kg	355×275×115	백K180/CK180/SK180 (A골)
택배 5kg	355×275×205	백K180/CK180/SK180 (A골)
택배 7.5kg	355×275×309	백K180/K180/K180/K180/SK180 (EB골)
택배 10kg	355×275×400	백K180/K180/K180/K180/SK180 (EB골)

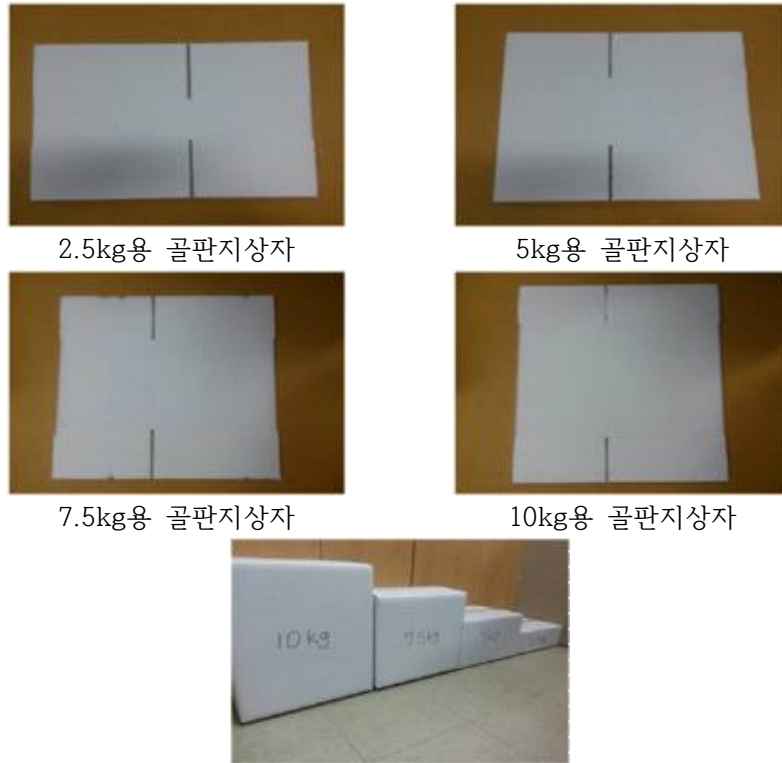


그림 3-31. 개발된 골판지상자 시제품

(3) 완충재

- 두께 10mm의 발포PE 완충재를 제작하기 위하여 발포PE 완충재 2장을 접착하여 335mm × 260mm로 시제품을 제작하였으며 10월 하순부터 본격적인 사과 택배실험에 사용할 계획이다.

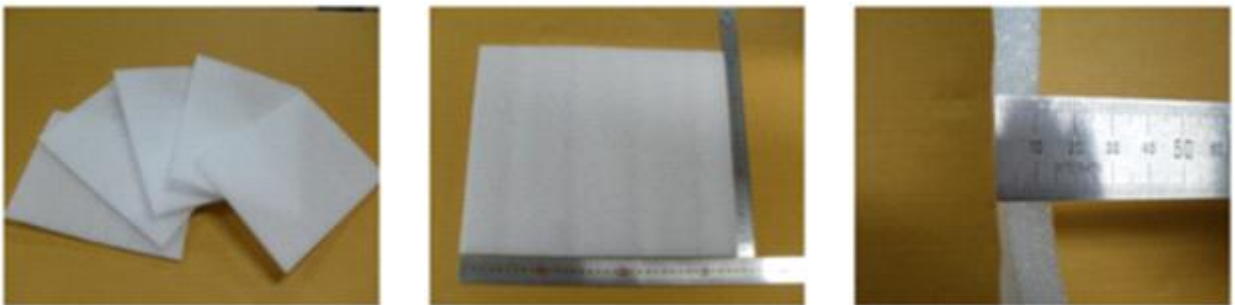


그림 3-32. 개발된 완충재 시제품

2. 개발된 난좌의 낙하충격 및 진동시험

가. 실험 개요

(1) 실험배경 및 목적

- 개발된 난좌를 사과 택배포장에 적용시키기 위하여 사과상자의 규격과 재질을 새롭게

구성하여 현장적용성 검토를 위해 낙하시험, 진동시험을 통하여 기존상자와의 비교를 실시하였다.

- 먼저 낙하시험에서는 낙하충격시험기(유압 type)를 이용하여 그물망으로 날개포장만 했을 때, 기존 상자로 포장했을 때, 개발된 상자로 포장했을 때로 구분하여 각 포장방법 별로 낙하시 파손이 일어날 때 까지 일정 높이를 상승시키면서 시험을 진행하였다. 각 포장방법에 따라 사과가 파손(멍뜸) 되는 적정 높이를 분석하고 각 낙하 높이별로 완충제의 변형 여부를 확인하고자 하였다. 또 진동시험에서는 진동시험기(BF-50UT)를 이용하여 기존 상자와 개발된 상자를 진동조건에 따라 사과의 파손(멍뜸) 여부, 배열 상태, 난좌 파손여부 등을 관찰하여 진동충격에 대한 영향을 분석하고자 하였다.

(2) 실험재료 및 조건

(가) 실험재료

- 과일(사과), 개선 전·후 박스, 완충패드, 난좌, EPS트레이, PP트레이

(나) 실험조건

- 시료 규격 : 사과직경(평균 8.3cm), 중량 300~330g
- 낙하(개선 전·후 박스를 최소 600mm부터 최대 1,500mm까지 단계적 상승)
- 진동(최저 5Hz부터 최대 50Hz까지 일정 시간동안 측정)

(다) 실험방법 및 실험장비

구 분	낙하시험		진동시험	
사용설비	낙하충격 시험기(유압type)		BF-50UT	
시험조건	시료규격	510×340×120 355×275×210	진동조건	최저 5Hz 최대 50Hz
	높이조건	최소 600mm 최대 1,500mm		



그림 3-33. 낙하충격시험기(좌)와 진동시험기(우)

나. 실험 방법 및 결과

(1) 낙하시험

- 포장 전 사과를 확인하여 파손(멍듦, 즙 등)이 발견되지 않은 것으로 골라 그물망만으로 포장한 날개포장, 기존에 가장 흔하게 이용되는 택배포장, 개발된 난좌를 적용시킨 포장으로 구분하여 포장하였다. 날개 포장의 경우 낙하 높이를 600mm, 700mm, 800mm까지 설정하여 진행하였고 골판지상자 포장의 경우 기존 상자의 크기는 510×340×120mm, 개발된 상자의 크기는 355×275×210mm로 800mm의 높이를 시작으로 일정높이씩 상승시키며 사과 파손이 발견되는 높이를 측정하였다.



그림 3-34. 골판지상자에 포장된 사과의 낙하시험

(가) 기존제품

① 날개포장

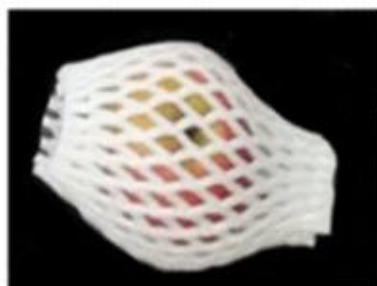







그림 3-35. 날개포장 사과



그림 3-36. 날개포장 사과의 낙하시험

표 3-23. 날개포장 사과의 낙하시험 결과

낙하높이	600mm	700mm		800mm	
결과					
비고	- 1곳 멍듦 - 15×14mm	- 2곳 멍듦 - 17×10mm - 37×28mm	- 1곳 멍듦 - 25×25mm	- 1곳 멍듦 - 55×42mm	- 2곳 멍듦 - 54×40mm - 45×43mm

○ 날개 포장된 사과 of 낙하시험에서는 600mm의 높이에서 낙하시켰을 때 1개의 멍이 발견되었고 낙하높이가 상승할수록 멍의 수도 많아지고 멍의 크기도 커져서 상품성이 현저히 저하됨을 확인할 수 있었다.

② 2.5kg 그물망

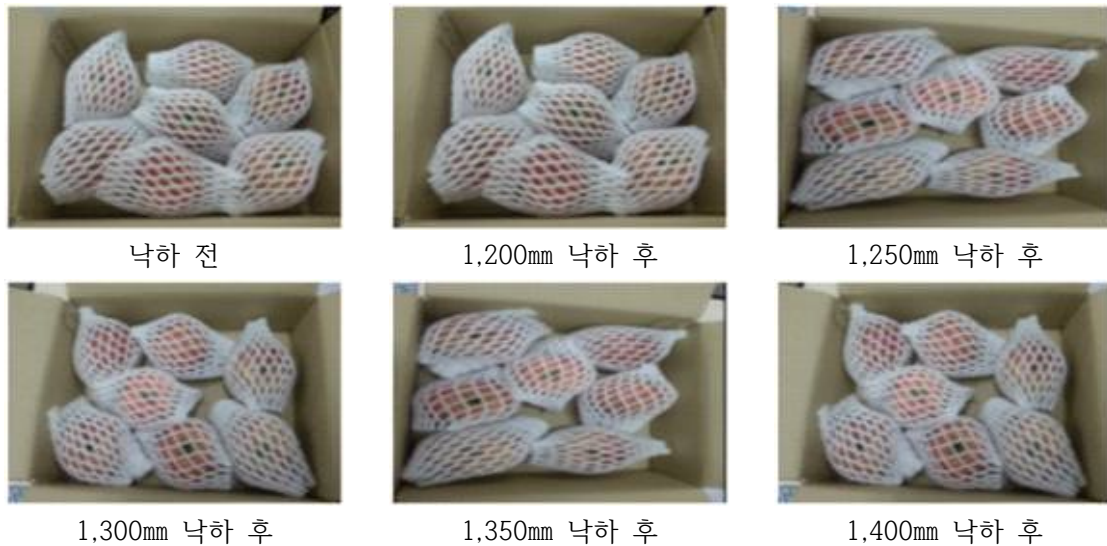


그림 3-37. 낙하 전후의 사과 모습

○ 사과 of 완충재로 그물망을 씌운 후 2.5kg으로 박스 포장하여 실험한 처리구의 경우 모든 높이에서 낙하 후에 사과 of 배열이 심하게 흐트러짐을 확인할 수 있었다. 상자 내부에서 사과 of 유동성이 크다보니 낙하 시에 상자가 기울어져 낙하하고 이로 인해 상자 of 모서리 부분 파손이 발생하였다.

○ 또한 이로 인해 충격이 전달되는 방향 of 사과에서 모두 멍이 발생하였으며 이는 전체 7개의 사과 중 5개에 해당하였다. 실험 중 완충재(그물망) of 파손은 없었으며 1,400mm 보다 낮은 높이에서는 반복실험을 하여도 사과 of 파손이 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

표 3-24. 2.5kg 상자(그물망)의 낙하높이에 따른 사과 파손 여부

	낙하 높이	낙하 방향	난좌 상태	박스 상태	사과 상태	비고
1	1,200mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
2	1,250mm	밑면	손상 없음	모서리 찌그러짐	변화 없음	박스가 기울어져 낙하
3	1,300mm	밑면	손상 없음	모서리 찌그러짐	변화 없음	
4	1,350mm	밑면	손상 없음	모서리 찌그러짐	변화 없음	
5	1,400mm	밑면	손상 없음	모서리 찌그러짐	5곳 멍듦; 40×10mm 30×10mm 25×13mm 30×25mm 20×10mm	

③ 5kg 일반

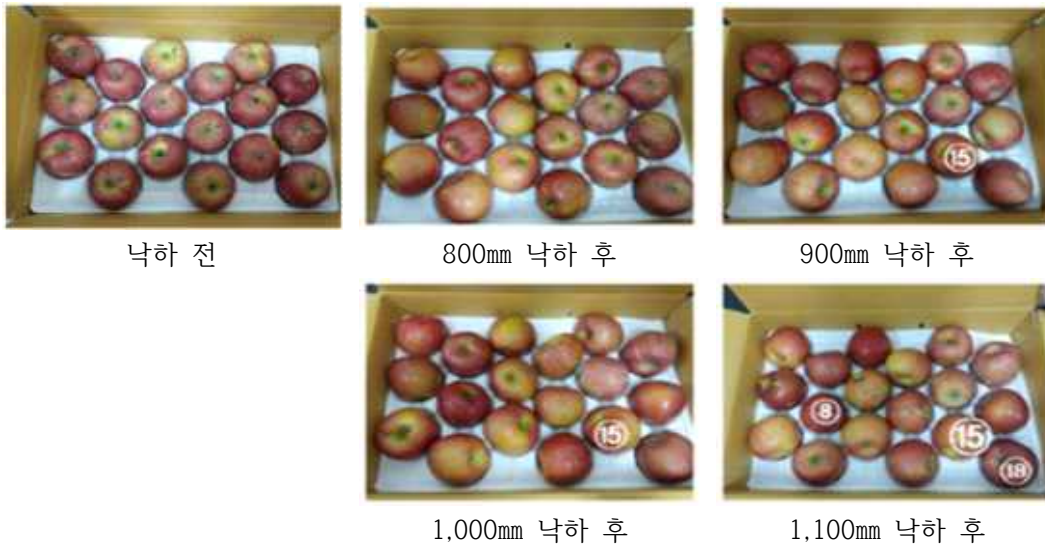


그림 3-38. 5kg 일반상자의 낙하 전후 모습

표 3-25. 5kg 일반상자의 낙하 후의 사과 파손 여부

낙하높이	1,000mm	1,100mm		
결과				
비고	- 8번 - 1곳 멍듦 - 38×15mm	- 8번 - 1곳 멍듦(추가) - 17×24mm	- 15번 - 3곳 멍듦 - 13×11mm - 19×10mm - 20×12mm	- 18번 - 2곳 멍듦 - 17×23mm - 40×18mm



1,100mm 낙하 후 난좌파손(금)



1,100mm 낙하 후 난좌파손 (기울어짐)

그림 3-39. 낙하 후의 난좌 상태

표 3-26. 5kg 일반상자의 낙하높이에 따른 사과 파손 여부

	낙하 높이	낙하 방향	난좌 상태	박스 상태	사과 상태	비고
1	800mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
2	900mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
3	1,000mm	밑면	손상 없음	손상 없음	1곳 멍듦; 38×15mm	
4	1,100mm	밑면	파손	손상 없음	6곳 멍듦; 17×23mm 17×24mm 40×18mm 13×11mm 19×10mm 20×12mm	

④ 5kg 그물망



그림 3-40. 기존 상자에 포장된 사과(낙하 전)



1,000mm 낙하 전 배열상태



1,000mm 낙하 후 배열상태



1,000mm 낙하 후 파손(터짐)



1,000mm 낙하 후 난좌 상태

그림 3-41. 5kg 일반상자(그물망)의 낙하 전후의 모습

- 기존 5kg상자에 완충재 없이 포장하여 실험한 처리구의 경우 낙하높이가 800mm, 900mm 일 때에는 난좌, 박스, 사과 모두에서 어떠한 손상도 발견되지 않았으며 1,000mm에서 낙하시켰을 경우 난좌와 박스에서는 손상이 발견되지 않았으나 사과에서 멍이 발생했으며 1,100mm에서 낙하시켰을 경우 멍든 곳이 6군데나 발생하였다. 이는 전체 사과의 약 33%에 해당하는 양으로 상품의 가치가 현저히 떨어졌음을 의미하는 것으로 판단된다.
- 5kg 일반상자에 그물망을 씌어 포장한 처리구의 경우 상자내의 공간에 여유가 있어 낙하 시 사과의 배열이 흐트러짐을 확인할 수 있었다. 1,000mm의 높이에서 낙하했을 때 사과의 파손(터짐)이 발생하였으며 난좌의 찌그러짐 정도도 심하였다.

표 3-27. 5kg 일반상자(그물망)의 낙하높이에 따른 사과 파손 여부

	낙하 높이	낙하 방향	난좌 상태	박스 상태	사과 상태	비고
1	800mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
2	900mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
3	1,000mm	밑면	손상 없음	손상 없음	사과 파손(터짐)	1개

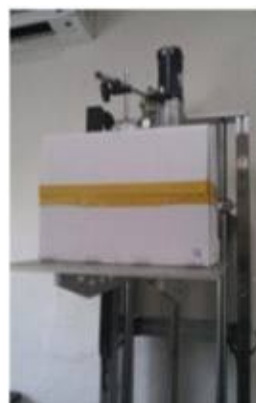
(나) 개발제품

① 2.5kg

- 개발제품의 2.5kg 상자의 경우 상하에 발포PE재질의 완충재를 한 장씩 깔고 골판지상자에 개발된 난좌를 두고 사과를 넣은 후 포장하여 실험하였다. 낙하방향을 밑면으로 하였을 때는 낙하기기의 최고 높이인 1,500mm에서도 사과의 배열만 달라질 뿐 사과의 파손이 발생하지 하였다.



밑면 낙하 시험 사진



측면 낙하 시험 사진

그림 3-42. 낙하 시험

- 낙하방향을 옆면으로 바꾸어 실험하였을 때는 1,300mm에서 박스가 약간 찌그러졌지만 사과에는 파손을 입지 않았음을 확인할 수 있었고 1,350mm에서는 난좌와 박스가 모두 찌그러졌고 멍이 들고 터지는 등의 파손이 포장된 사과의 대부분에서 발견되었다.

표 3-28. 2.5kg 개발제품의 밑면 낙하시 낙하높이에 따른 사과 파손 여부

	낙하 높이	낙하 방향	난좌 상태	박스 상태	사과 상태	비고
1	1,200mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
2	1,250mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
3	1,300mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
4	1,350mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
5	1,400mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
6	1,450mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
7	1,500mm	밑면	손상 없음	약간 찌그러짐	변화 없음	내용물은 이상 없음

표 3-29. 2.5kg 개발제품의 옆면 낙하 시 사과 파손






낙하높이	1,350mm				
결과					
비고	- 1곳 멍듦 - 40×10mm	- 1곳 멍듦 - 30×10mm	- 1곳 멍듦 - 25×13mm	- 1곳 멍듦 - 30×125m	- 1곳 멍듦 - 20×10mm

표 3-30. 2.5kg 개발제품의 옆면 낙하시 낙하높이에 따른 사과 파손 여부

	낙하 높이	낙하 방향	난좌 상태	박스 상태	사과 상태	비고
1	1,200mm	측면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
2	1,250mm	측면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
3	1,300mm	측면	손상 없음	약간 찌그러짐	변화 없음	
4	1,350mm	측면	찌그러짐	약간 찌그러짐	대부분 손상	

② 5kg(완충패드 상, 중, 하 ; 3장)



그림 3-43. 개발된 상자에 포장된 사과(낙하 전)

- 개발된 제품의 5kg상자는 상자 제일 아래쪽에 10mm 두께의 발포PE재질의 완충패드를 1장 깔고 그 위에 사과를 담은 난좌, 완충패드 1장, 사과를 담은 난좌를 순서대로 넣고 제일 상단에 완충패드를 1장 더 올린 후 봉인하여 포장하였다.



그림 3-44. 상자 아래층의 낙하 전후 모습 비교

- 완충재 3장을 넣고 포장한 5kg 개발제품에서는 1,400mm의 높이에서 낙하하였을 때까지 난좌, 박스, 사과 모두에서 어떠한 파손도 발견되지 않았다. 1,500mm에서 낙하하였을 때, 난좌와 박스는 파손되지 않았지만 하단에 위치한 난좌의 사과 1개에서 1개의 멍이 발생함을 확인할 수 있었다.

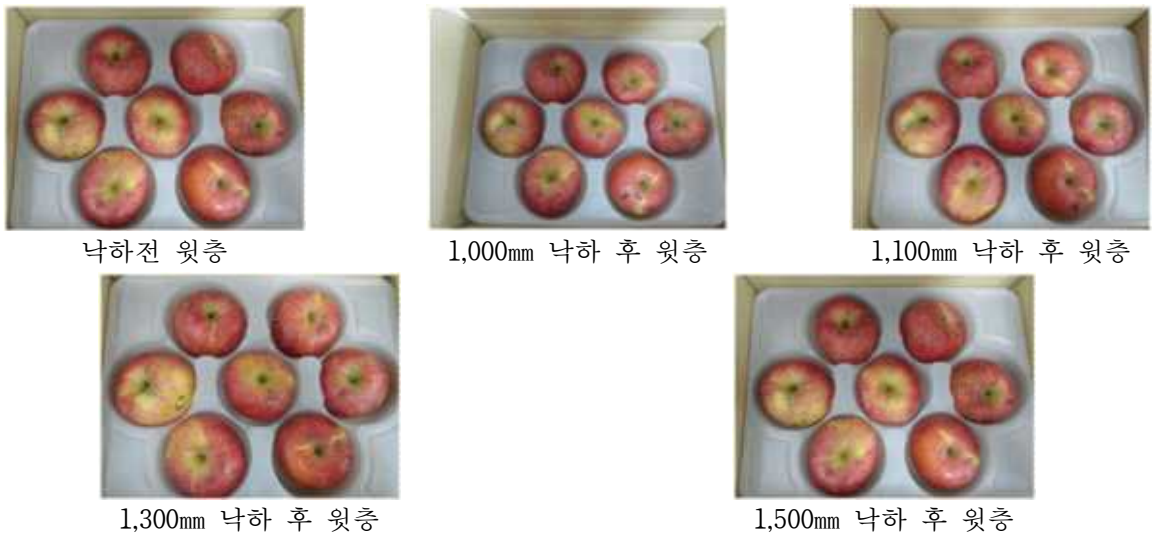


그림 3-45. 상자 윗층의 낙하 전후 모습 비교

표 3-31. 5kg 개발제품(완충재 3장)의 낙하높이에 따른 사과 파손 여부

	낙하 높이	낙하 방향	난좌 상태	박스 상태	사과 상태	비고
1	1,000mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
2	1,100mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
3	1,200mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
4	1,300mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
5	1,400mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
6	1,500mm	밑면	손상 없음	손상 없음	1곳 멍듦; 45×15mm	아랫층

③ 5kg(완충패드 상, 하 ; 2장)

- 완충재를 3장 넣고 포장한 제품에서의 낙하실험 결과를 보충하기 위하여 중간의 완충재 1장을 빼고 포장하여 총 2장의 완충재를 상, 하에 넣은 후 봉인하여 포장한 제품으로 낙하실험을 진행하였다.

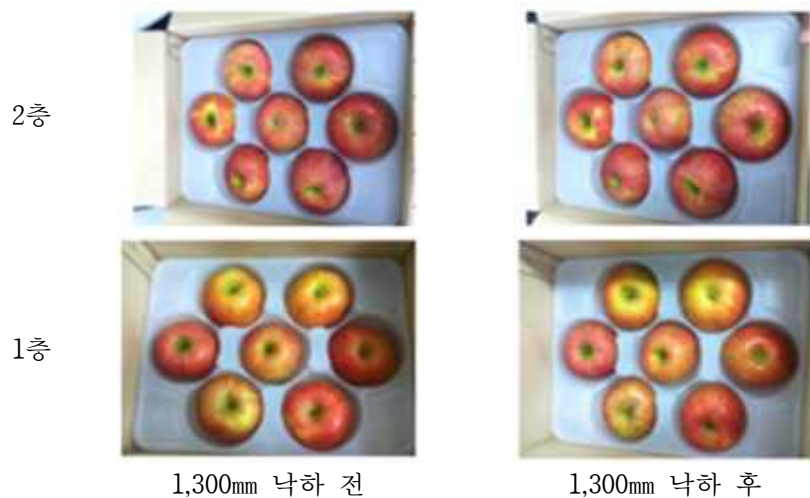


그림 3-46. 5kg 개발제품(완충재 2장)의 낙하 전후 모습 비교



1,300mm 낙하 후 파손(터짐)



1,300mm 낙하 후 파손(터짐)

그림 3-47. 5kg 개발제품(완충재 2장)의 낙하 후 파손된 사과

- 중간의 완충재를 제거한 포장의 경우 1,300mm의 높이에서 낙하시켰을 때 사과에서 파손이 발생하였다. 하단의 난좌에 들어있던 사과 2개가 파손이 되었으며 이는 완충재가 없이 하단, 상단의 사과가 부딪혀 발생한 파손으로 간주된다.

표 3-32. 5kg 개발제품(완충재 2장)의 낙하높이에 따른 사과 파손 여부

	낙하 높이	낙하 방향	난좌 상태	박스 상태	사과 상태	비고
1	800mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
2	900mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
3	1,000mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
4	1,100mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
5	1,200mm	밑면	손상 없음	손상 없음	변화 없음	
6	1,300mm	밑면	손상 없음	손상 없음	사과 파손(터짐)	2개

(2) 진동시험

- 기존 상자와 개발된 상자의 진동충격에 대한 영향 분석을 위하여 진동조건에 따른 사과의 파손여부를 관찰하였다. 이때 사과의 배열상태, 그물망이나 완충재의 상태, 난좌의 파손 여부 등을 육안으로 관찰하였다.



그림 3-48. 진동시험기에 올려진 골판지 상자

(가) 기존제품

① 2.5kg 그물망

- 사과에 그물망을 씌워 2.5kg으로 박스포장하여 진동실험을 하였다. 최저 진동 5Hz에서 최고 진동 50Hz까지 Sweep time은 2분으로 설정하여 10회 반복 진동 후 개봉하여 확인한 결과 7개 중 2개의 사과에서 3개의 멍이 발생하였다.
- 멍의 크기는 각각 $40 \times 10\text{mm}$, $20 \times 10\text{mm}$, $15 \times 15\text{mm}$ 로 이는 진동 시 사과끼리 충돌에 의해 발생한 것으로 간주되며 그물망이 충돌시 발생하는 힘을 보완하는 데에는 한계가 있는 것으로 판단된다. 또한 7개의 사과 중 1개의 사과가 진동 시 흔들림으로 인해 그물망 밖으로 빠져나온 것을 확인할 수 있었다.

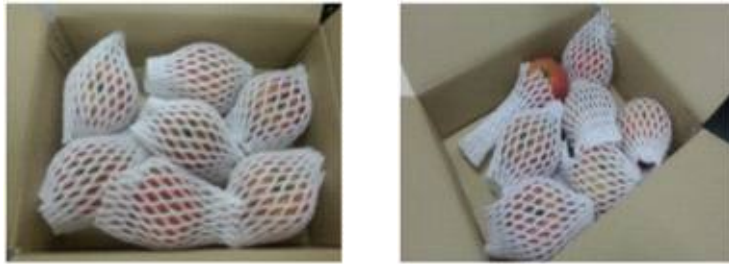


그림 3-49. 진동 전(좌)과 후(우)의 배열상태



그림 3-50. 진동 후 멍든 사과

② 5kg 일반



그림 3-51. 진동 전(좌)과 후(우)의 배열상태



그림 3-52. 진동 후의 난좌 상태

○ 최저 진동 35Hz에서 최고 진동 35Hz까지 Sweep time은 20분으로 설정하여 1회 반복 하였을 때 5kg 사과와 일반포장의 경우 진동시험에서 사과와 배열이 심하게 흐트러지고 진동시 발생하는 사과와 흔들림으로 인해 사과가 맞닿아 있는 부분에서는 모두 멍이 들어 사과와 상품성을 떨어뜨리는 결과를 초래했다.

③ 5kg 그물망



그림 3-53. 진동 전(좌)과 후(우)의 배열상태



그림3-54. 진동 후의 사과 상태



그림 3-55. 진동 전(좌), 후(우)의 난좌 상태

○ 기존 상자는 진동 시험 전과 후의 사과 배열상태를 살펴보면 사과가 움직일 수 있는 공간이 많아 실험 동안 각각 제자리에서 좌우로 방향이 바뀌었을 뿐만 아니라 상하가 뒤바뀌는 등 실험 후의 사과 배열상태가 불량하였다. 또한 난좌는 부분적으로 찌그러진 흔적은 있으나 파손되지는 않은 것으로 관찰되었고 진동 실험 후 사과의 멍은 곳이 4곳이 발견되었다.

나) 개발제품

① 2.5kg



그림 3-56. 진동시험 후의 배열상태

- 최저 진동 5Hz에서 최고 진동 50Hz까지 Sweep time은 2분으로 설정하여 10회 반복하였을 때 실험의 종료 후에 사과에서 어떠한 파손도 발견되지 않았다. 하지만 사과의 배열상태가 난좌의 구멍 안에서 중간에 위치한 사과 1개가 방향이 틀어졌음을 확인할 수 있었다.
- 이는 난좌 구멍의 사이즈에 잘 맞는 크기의 사과를 선택하지 못한 때문으로 간주되며 구멍에 잘 맞는 크기의 사과를 선별하여 포장한다면 해결할 수 있는 문제로 생각된다. 또한 난좌와 상자의 찌그러짐 등의 파손을 발견되지 않았다.

② 5kg(완충패드 상, 중, 하 ; 3장)



그림 3-57. 진동 전(좌)과 후(우)의 배열상태

- 최저 진동 35Hz에서 최고 진동 35Hz까지 Sweep time은 20분으로 설정하여 1회 반복 후 상자를 열어 상자, 난좌 및 사과의 상태를 확인하였다. 그 결과 상자과 난좌에서는 어떠한 파손도 확인되지 않았으며 사과는 좌우로 방향이 조금 바뀐 것 이외에 배열이 크게 달라지지 않음을 확인할 수 있었으며 멍이나 짓물림 등의 파손도 전혀 발생하지 않았다.

③ 5kg(완충패드 상, 하 ; 2장)

- 20Hz로 30분간 진동 후 개발된 상자의 진동 실험 전과 후를 살펴보면 사과가 좌우로 조금씩 방향을 바꾼 경우는 있으나 전체적으로 실험 전의 배열과 같은 모습이었고 난좌도 전혀 찌그러짐이 없었다. 다만 사과의 크기가 커서 난좌의 구멍에 딱 맞은 경우에는 짓물림이나 멍드는 현상이 발생할 수 있을 것으로 판단된다.



그림3-58. 진동 전(좌)과 후(우)의 배열상태



짓물림 1곳

짓물림 1곳

멍뚫 1곳(8*5mm)

멍뚫 1곳(10*5mm)

그림 3-59. 진동 후의 사과 상태



그림 3-60. 진동 후의 난좌 상태

제 5 절 택배유통에 적합한 난좌형태 및 난좌 재질 개발 및 표준화

1. 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 형태 설계

가. 난좌 형태 설계

- 본 연구에서는 택배용 사과 및 배의 고정 및 완충효과를 고려한 난좌(tray)의 개발을 위해 그림 (3-61) ~ (3-64)에서 보는 바와 같이 7과, 8과 및 9과를 적입할 수 있는 난좌의 형태를 설계하였다.
- 그림 (1-1) 및 (1-3)은 택배용 과실 7개를 적입할 수 있도록 설계된 난좌를 보여주고 있으며, 그림 (1-2) 및 (1-4)는 작업성 향상을 위한 손잡이 홈이 가공된 7과 택배용 난좌의 3D 설계도면이다. 본 연구에서는 택배용 과실이 난좌의 홈에 2/3이상이 적입되어 고정이 될수 있도록 설계하였으며, 과실 상호간의 접촉에 의한 손상응력이 발생하지 않도록 설계하였다.



그림 3-61. 7과 전용 택배용 난좌 3D 설계



그림 3-62 손잡이 홈이 가공된 7과 전용 택배용 난좌 3D 설계

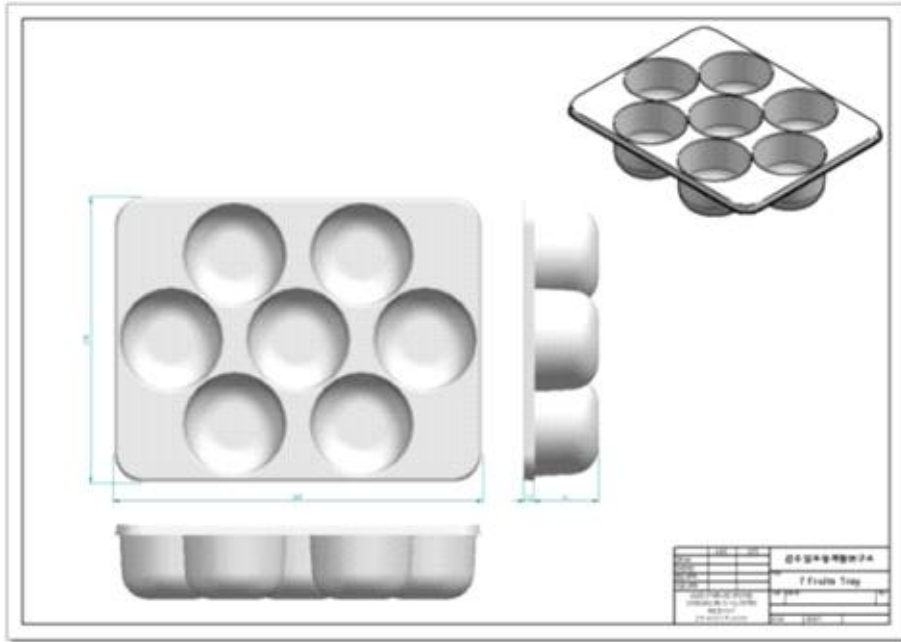


그림 3-63 . 7과 전용 택배용 난좌 설계도면

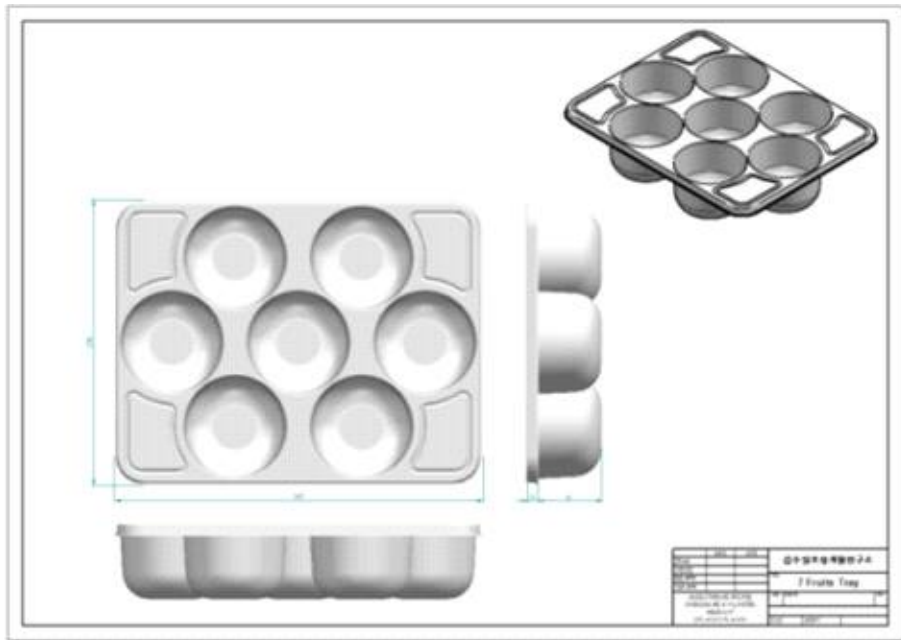


그림 3-64. 손잡이 홈이 가공된 7과 전용 택배용 난좌 설계도면

- 또한, 그림 (3-63) 및 (3-64)에서 보는 바와 같이 사과 및 배의 밑면에 접촉하는 부분을 일부(3mm) 원형으로 도출되도록 설계하여 택배용 과실이 안정적으로 난좌에 적입되도록 설계하였다. 설계된 7과 전용 택배용 난좌는 그림에서 보는 바와 같이 과실의 택배유통중 무게중심이 한쪽 방향으로 기울지 않도록 모든 난좌의 홈이 상/하/좌/우 대칭이 되도록 설계하였다.
- 그림 (3-65) 및 (3-68)는 택배용 과실 8개를 적입할 수 있도록 설계된 난좌를 보여주고 있으며, 그림 (3-66) 및 (3-69)는 손잡이 홈이 가공된 8과 택배용 난좌의 3D 설계도면이다. 8과 전용 난좌도 택배용 과실이 난좌의 홈에 2/3이상만 적입되어 고정되

도록 형태설계를 하였으며, 과실 상호간의 접촉에 의한 손상응력이 발생하지 않도록 설계하였다.



그림 3-65. 8과 전용 택배용 난좌 3D 설계



그림 3-66. 손잡이 홈이 가공된 8과 전용 택배용 난좌 3D 설계

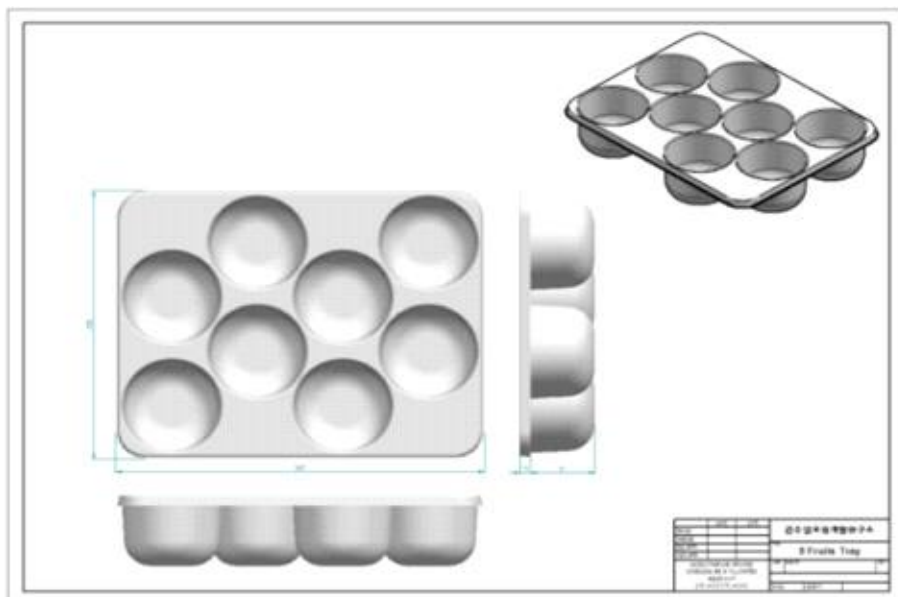


그림 3-67. 8과 전용 택배용 난좌 설계도면

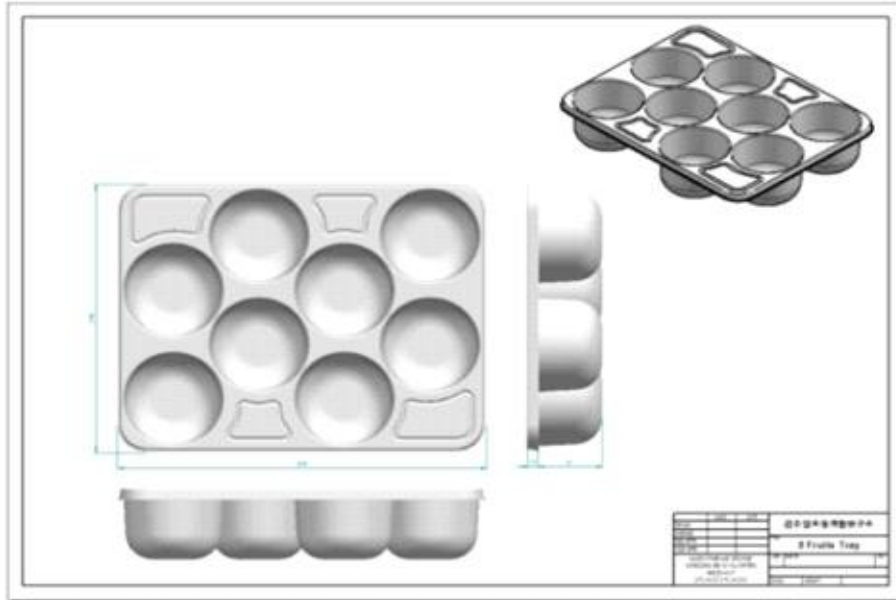


그림 3-68. 손잡이 홈이 가공된 8과 전용 택배용 난좌 설계도면

- 8과 택배용 난좌의 설계시 7과 전용 난좌와 같이 홈의 밑면이 원형으로 도출되어 과실이 안정적으로 난좌와 접촉하도록 설계하였으며, 난좌의 홈이 상/하/좌/우 대칭이 되도록 설계하여 무게중심이 한쪽으로 기울어지지 않도록 설계하였다.

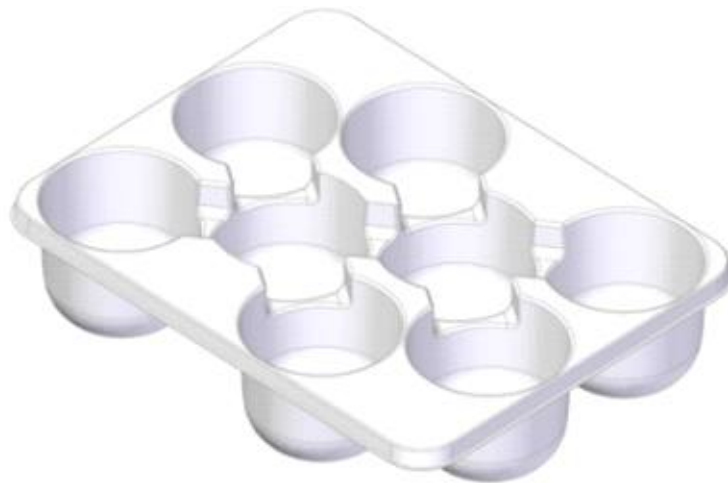


그림 3-69. 기존 과일포장 난좌설계를 적용한 8과 전용 택배용 난좌 3D 설계

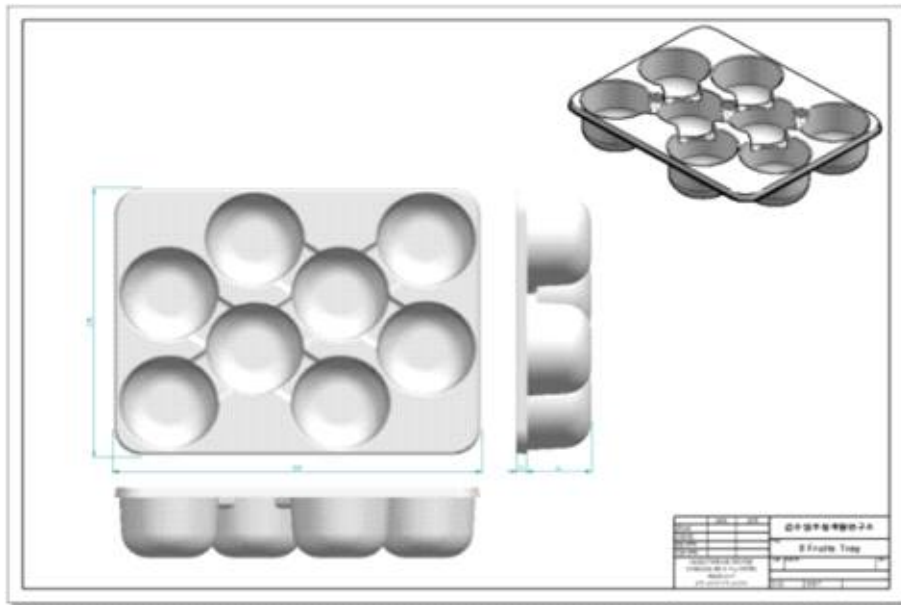


그림 3-70. 기존 과실포장 난좌설계를 적용한 8과 전용 택배용 난좌 3D 설계

- 기존의 과실포장용 난좌의 경우에는 과실이 적입되는 높이가 낮아 진동 등의 유통환경에 매우 열악하며, 다양한 포장용 난좌가 유통되고 있다. 본 연구에서는 기존의 난좌의 설계인자중에 그림 (3-69) 및 (3-70)과 같이 난좌의 적입홈간에 일정폭의 홈을 두게 되는 설계인자를 적용한 형태설계를 하였으며, 유한요소해석(Finite Element Analysis, FEA)를 통해 응력/변위/진동에 대한 최적화 형태 설계인자를 도출하고자 하였다.



그림 3-71. 9과 전용 택배용 난좌 3D 설계



그림 3-72. 손잡이 홈이 가공된 9과 전용 택배용 난좌 3D 설계

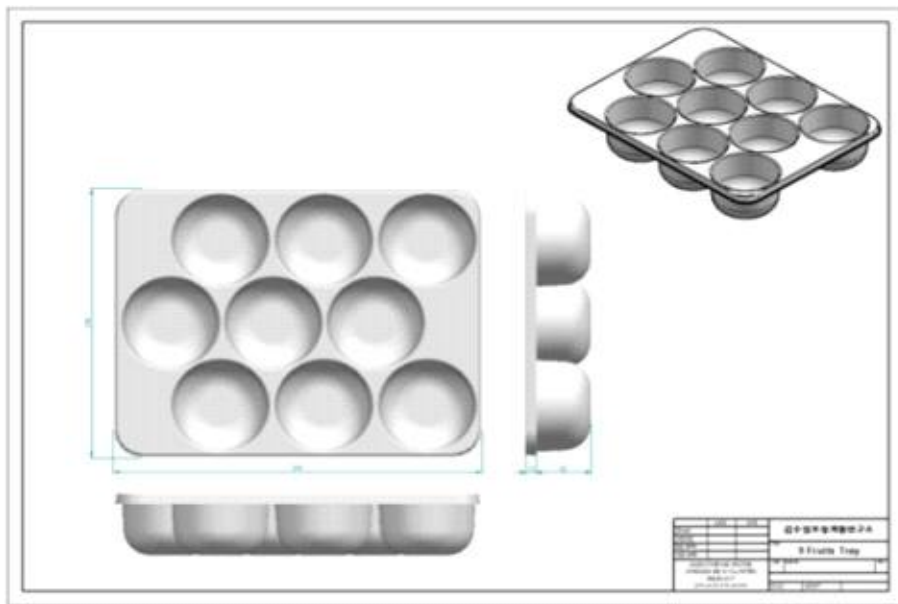


그림 3-73. 9과 전용 택배용 난좌 설계도면

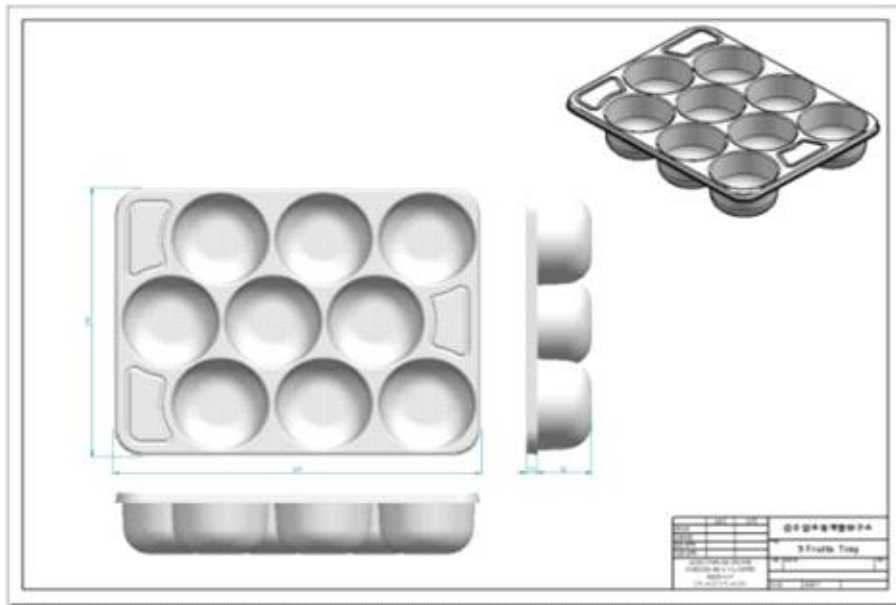


그림 3-74. 손잡이 홈이 가공된 9과 전용 택배용 난좌 설계도면

- 그림 (3-71) 및 (3-73)는 택배용 과일 9개를 적입할 수 있도록 설계된 난좌를 보여주고 있으며, 그림 (3-72) 및 (3-74)는 손잡이 홈이 가공된 9과 택배용 난좌의 3D 설계도면이다. 9과 전용 난좌도 택배용 과실이 난좌의 홈에 2/3이상만 적입되어 고정이 되도록 형태설계를 하였으며, 과일 상호간의 접촉에 의한 손상응력이 발생하지 않도록 설계하였다.
- 9과 택배용 난좌의 설계시 7과 및 8과 전용 난좌와 같이 홈의 밑면이 원형으로 도출되어 과실이 안정적으로 난좌와 접촉하도록 설계하였으며, 난좌의 홈이 상/하/좌/우 대칭이 되도록 설계하여 무게중심이 한쪽으로 기울어지지 않도록 설계하였다.
- 본 연구에서 개발되는 택배용 포장시스템은 택배용 난좌의 상하면에 완충재가 삽입되어 포장되는 방식이며, 본 연구에서는 설계된 택배용 난좌의 고정 및 완충의 효과를 극대화하기 위한 포장용 난좌의 형태설계를 진행하였다.

나. 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 유한요소해석

- 설계된 택배용 난좌의 유한요소해석(Finite Element Analysis, FEA)을 통해 응력(stress), 변위(deformation) 해석 및 유통중 발생하는 공진(resonance) 및 공진주파수(resonance frequency) 대역에서의 변형에너지(strain energy)에 대한 해석을 통해 난좌의 형태 수정인자를 적용하고자 하였으며, 1차년도에 측정된 사과 및 배의 생물체항복강도(Bioyield Strength), 바이오 G-벡터 및 공진주파수에 대한 설계인자를 적용하였다.

(1) 사과의 7과 전용 택배 난좌의 유한요소해석

- 그림 (3-75)는 7과 전용 택배용 난좌에 약 0.5kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌와 적입 과일간의 접촉응력에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 최대 접촉응력은 약 384 Pa로 1차년도에 측정된

사과 생물체항복강도(Bioyield Strength) 312.73~336.61 kPa 및 배의 생물체항복강도 181.54~201.76 kPa에 비해 현저히 낮은 결과를 보였다.

- 그림 (3-76)은 7과 전용 택배용 난좌에 약 0.5kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌의 접촉변위에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 과실과 난좌의 접촉부분에 대한 변위는 해석결과 약 0.0392 mm로 난좌의 두께 약 0.5 mm에 비해 현저히 낮은 결과를 보였다. 이것은 난좌의 두께가 적용 과실(사과 및 배)에 충분히 사용할 수 있다고 판단되었다.

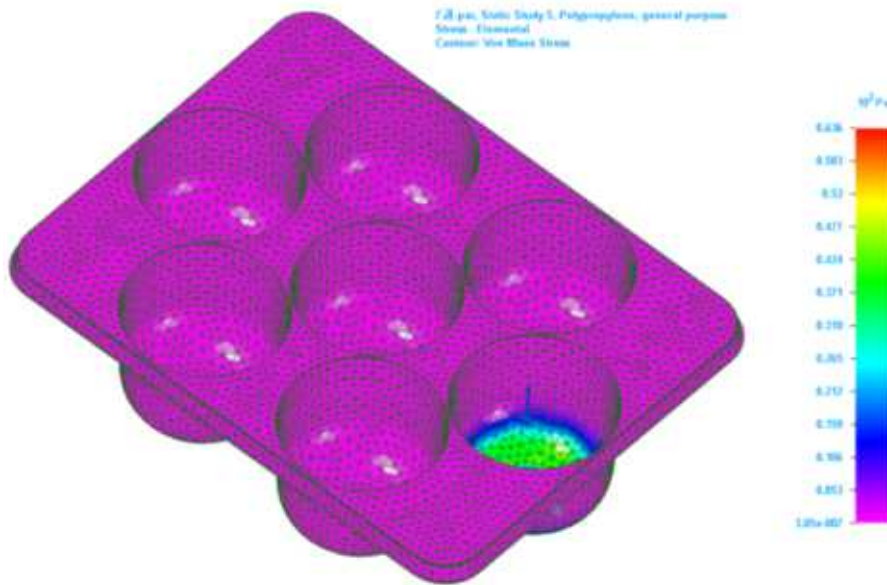


그림 3-75. 7과 전용 택배용 난좌의 FEA 응력해석

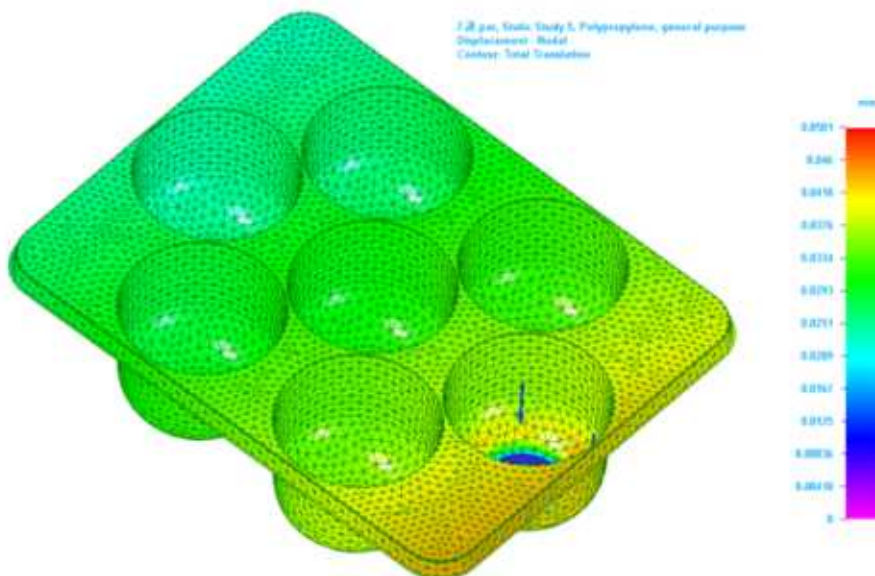


그림 3-76. 7과 전용 택배용 난좌의 FEA 변위해석

- 그림 (3-77), (3-78), (3-79) 및 (3-80)은 7과 전용 택배용 난좌에 약 0.5 kg의 사과 또

는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌의 공진점 및 변형에너지에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 해석결과 7과용 난좌의 경우에는 5~150 Hz의 주파수 범위에서 4개의 공진점(9,228, 26.81, 30.77, 36.81 Hz)이 발생하였다. 이는 1차년도에 계측되었던 사과와 공진주파수 대역인 126.0~217.6 Hz 및 배의 공진주파수 대역인 62.5~108.6 Hz의 범위를 크게 벗어나는 주파수 대역으로 택배용 난좌로 적합한 것으로 판단되었다.

- 일반적으로 포장용 난좌의 공진주파수와 난좌에 적입되는 과실의 공진주파수가 같은 대역에 존재하게 되면, 유통중 발생하는 진동에 의해 공진이 발생되어 더 큰 진동 진폭이 발생하게 되며, 이에 따라 과실의 손상이 발생할 수 있는 확률이 커지게 되므로 플라스틱 계열 과실 포장재는 공진에 대한 설계인자가 반드시 적용되어야 한다.
- 그림 (3-77)은 7과 전용 택배용 난좌의 첫 번째(Mode 1) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 변형에너지는 공진에 의한 변형률(mm/mm)이 발생하는 힘에 대한 지표로 변형에너지가 크다는 것은 공진에 의한 변형(찌그러짐)이 크게 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 그림에서 알 수 있듯이 첫 번째 공진점 9.228 Hz에서의 최대 변형에너지는 1.89 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분에서 발생하게 된다. 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.

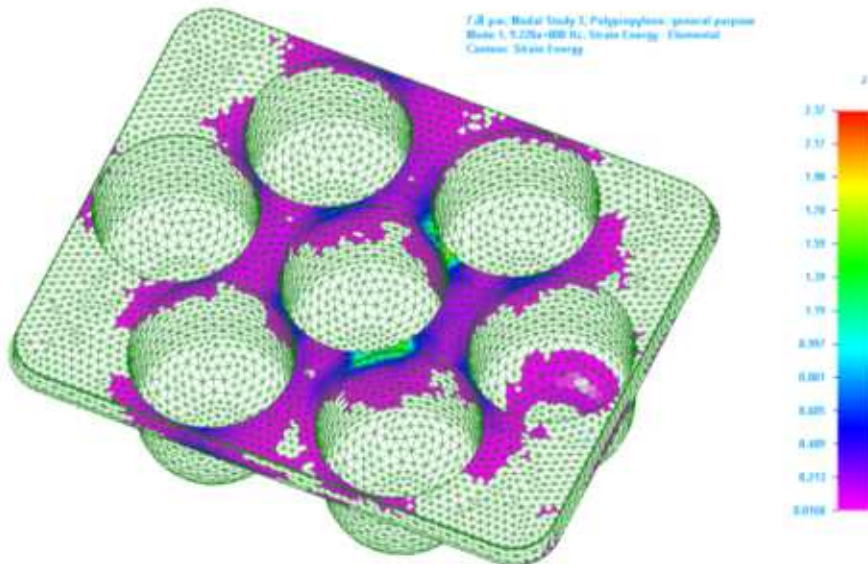


그림 3-77. 7과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode1-9.228 Hz)에서의 변형에너지

- 그림 (3-78)은 7과 전용 택배용 난좌의 두 번째(Mode 2) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 두번째 공진점 26.81 Hz에서의 최대 변형에너지는 8.61 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분 및 홈 바깥쪽 테두리에서 발생하게 된다. 첫 번째 공진점과 마찬가지로 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.
- 그림 (3-79)는 7과 전용 택배용 난좌의 세 번째(Mode 3) 공진점에서의 변형에너지에

대한 해석결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 두번째 공진점 30.77 Hz에서의 최대 변형 에너지는 10.3 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분에서 발생하게 되었다. 첫 번째 및 두 번째 공진점에서와 마찬가지로 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.

- 그림 (3-80)은 7과 전용 택배용 난좌의 네 번째(Mode 4) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 두번째 공진점 36.81 Hz에서의 최대 변형 에너지는 12.2 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분에서 발생하게 된다. 이전의 공진점에서와 마찬가지로 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.

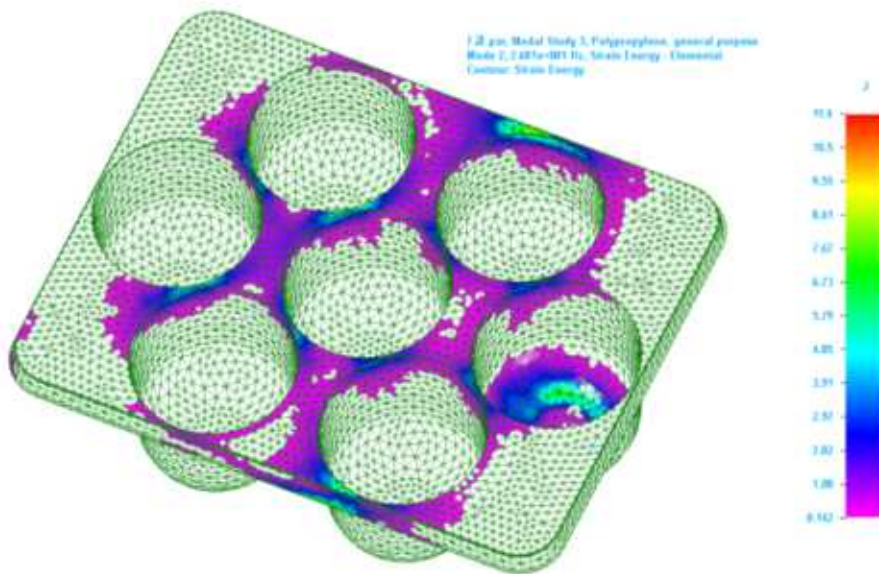


그림 3-78. 7과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode2-26.81Hz)에서의 변형에너지

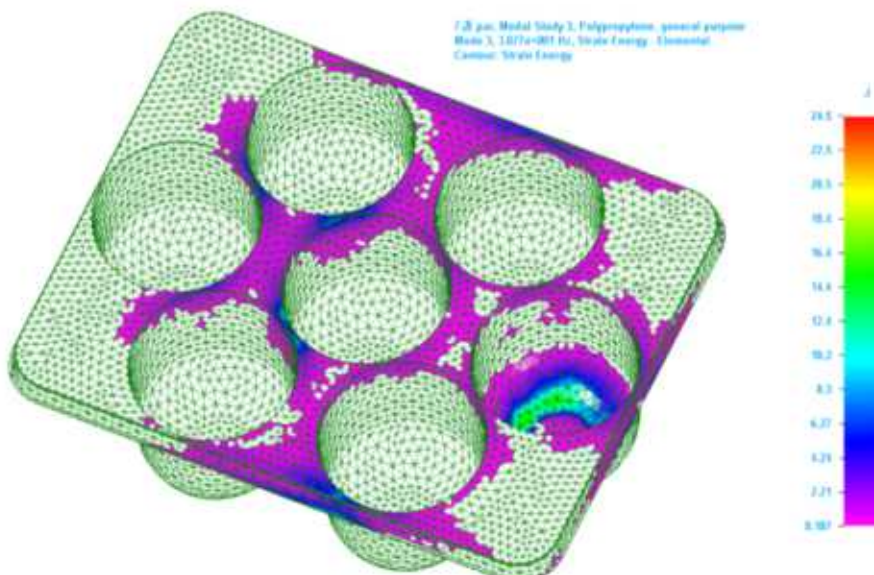


그림 3-79. 7과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode3-30.77Hz)에서의 변형에너지

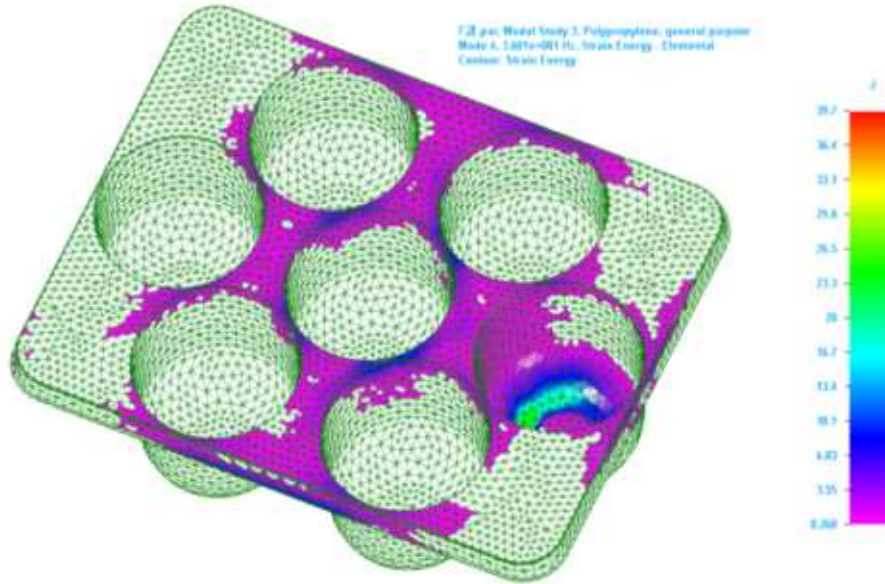


그림 3-80. 7과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode4-36.81Hz)에서의 변형에너지

- 해석결과 공진점이 커지면서 설계 난좌의 변형에너지(strain energy)도 함께 증가하는 결과를 보였다. 이는 같은 가속도 수준에서 주파수가 커지게 되면 진동을 받게 되는 과실은 더 큰 충격가속도를 받게 되므로 변형에너지가 크게 계측되었으며, 그림 (3-78), (3-79) 및 (3-80)에서 바닥면의 큰 충격에너지는 FEA해석시 고정에 대한 결과치로 본 연구에서는 고려하지 않았다.

(2) 과실의 8과 전용 택배 난좌의 유한요소해석

- 그림 (3-81)는 8과 전용 택배용 난좌에 약 0.5kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌와 적입 과실간의 접촉응력에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 최대 접촉응력은 약 398 Pa로 1차년도에 계측된 사과 생물체항복강도(Bioyield Strength) 312.73~336.61 kPa 및 배의 생물체항복강도 181.54~201.76 kPa에 비해 현저히 낮은 결과를 보였다.
- 그림 (3-82)은 8과 전용 택배용 난좌에 약 0.5kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌의 접촉변위에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 과실과 난좌의 접촉부분에 대한 변위는 해석결과 약 0.0463 mm로 난좌의 두께 약 0.5 mm에 비해 현저히 낮은 결과를 보였다. 이것은 난좌의 두께가 적용 과실(사과 및 배)에 충분히 사용할 수 있다고 판단되었다.
- 그림 (3-83), (3-84), (3-85) 및 (3-86)은 8과 전용 택배용 난좌에 약 0.5 kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌의 공진점 및 변형에너지에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 해석결과 8과용 난좌의 경우에는 5~150 Hz의 주파수 범위에서 4개의 공진점(7.138, 19.24, 22.31, 27.00 Hz)이 발생하였다. 이는 1차년도에 계측되었던 사과의 공진주파수 대역인 126.0~217.6 Hz 및 배의 공진주파수 대

역인 62.5~108.6 Hz의 범위를 크게 벗어나는 주파수 대역으로 택배용 난좌로 적합한 것으로 판단되었다.

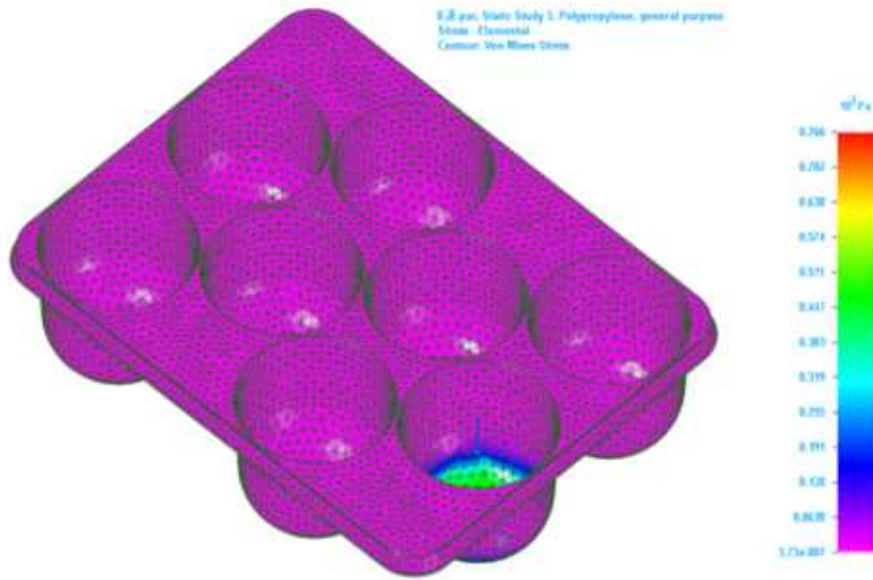


그림 3-81. 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 응력해석

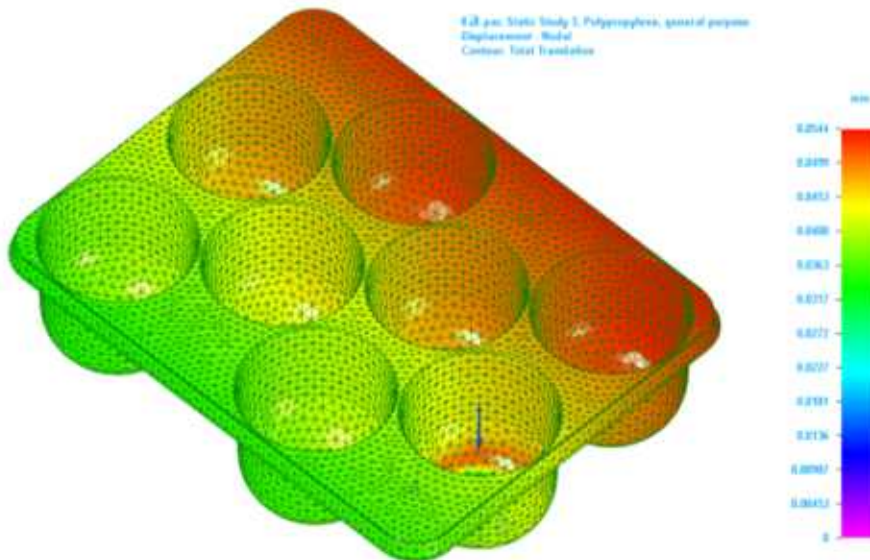


그림 3-82. 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 변위해석

○ 그림 (3-83)은 8과 전용 택배용 난좌의 첫 번째(Mode 1) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 첫 번째 공진점 7.138 Hz에서의 최대 변형 에너지는 0.498 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분에 집중적으로 발생하게 된다. 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통 중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.

○ 그림 (3-84)는 8과 전용 택배용 난좌의 두 번째(Mode 2) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 두번째 공진점 19.24 Hz에서의 최대 변형

에너지는 2.67 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분 및 홈 바깥쪽 테두리에서 발생하게 된다. 첫 번째 공진점에서와 마찬가지로 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.

- 그림 (3-85)는 8과 전용 택배용 난좌의 세 번째(Mode 3) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 세 번째 공진점 22.31 Hz에서의 최대 변형에너지는 5.82 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분에서 발생하게 되었다. 첫 번째 및 두 번째 공진점에서와 마찬가지로 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.

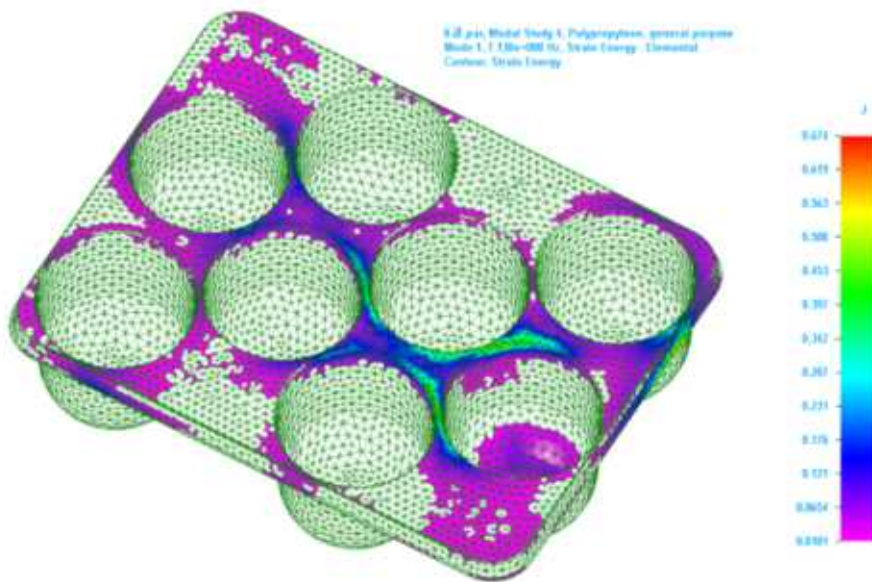


그림 3-83. 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode1-7.138 Hz)에서의 변형에너지

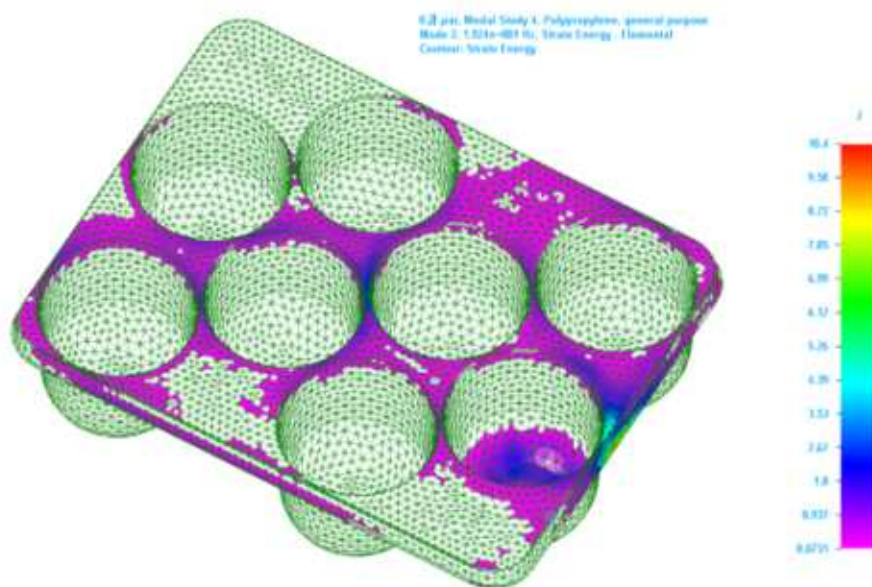


그림 3-84. 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode2-19.24Hz)에서의 변형에너지

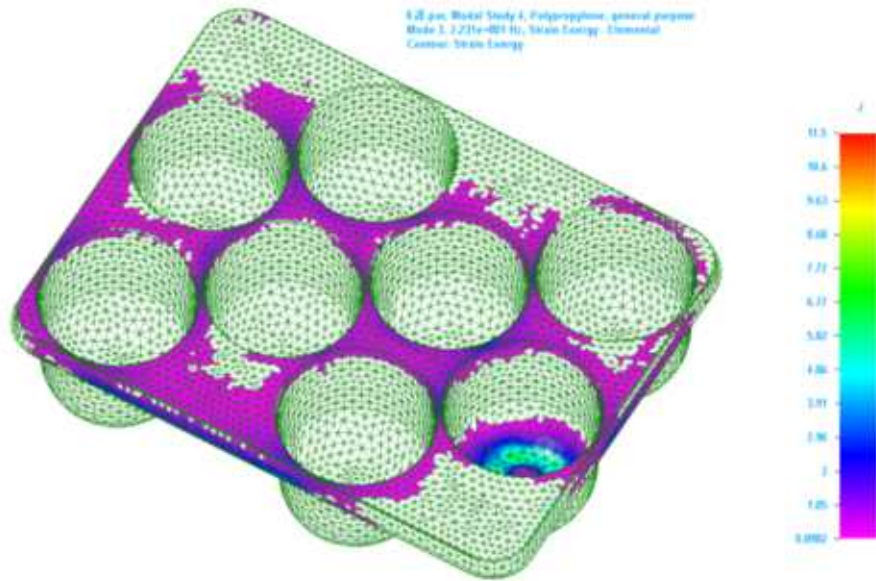


그림 3-85. 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode3-22.31Hz)에서의 변형에너지

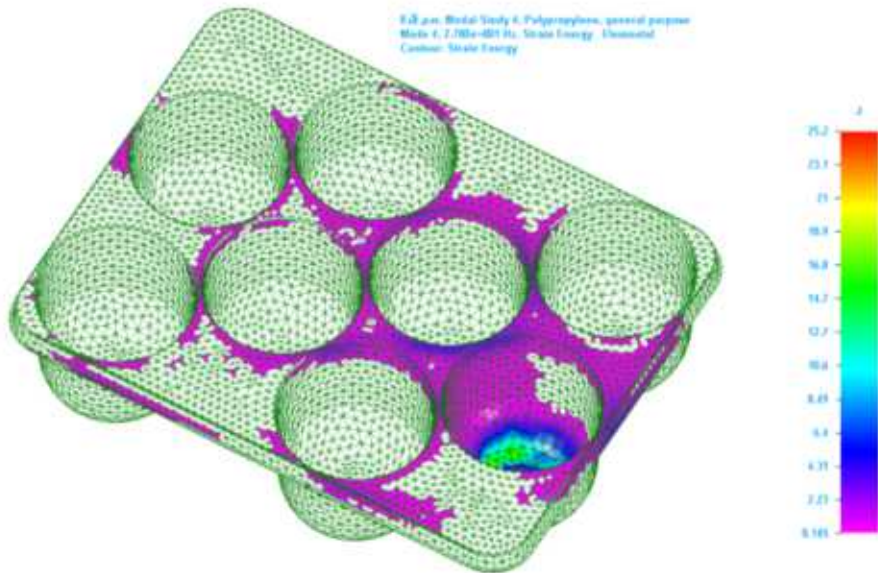


그림 3-86. 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode4-27.00Hz)에서의 변형에너지

- 그림 (3-86)는 8과 전용 택배용 난좌의 네 번째(Mode 4) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 네 번째 공진점 27.00 Hz에서의 최대 변형 에너지는 7.82 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분에서 발생하게 되었다. 첫 번째 및 두 번째 공진점에서와 마찬가지로 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.
- 해석결과 공진점이 커지면서 설계 난좌의 변형에너지(strain energy)도 함께 증가하는 결과를 보였다. 이는 같은 가속도 수준에서 주파수가 커지게 되면 진동을 받게 되는 과실은 더 큰 충격가속도를 받게 되므로 변형에너지가 크게 계측되었으며, 그림 (3-85)

및 (3-86)에서 바닥면의 큰 충격에너지는 FEA해석시 고정에 대한 결과치로 본 연구에서 고려하지 않았다.

(3) 과실의 9과 전용 택배 난좌의 유한요소해석

- 그림 (3-87)는 9과 전용 택배용 난좌에 약 0.5kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌와 적입 과실간의 접촉응력에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 최대 접촉응력은 약 413 Pa로 1차년도에 계측된 사과 생물체항복강도(Bioyield Strength) 312.73~336.61 kPa 및 배의 생물체항복강도 181.54~201.76 kPa에 비해 현저히 낮은 결과를 보였으며, 접촉하는 밑면의 곡률의 결정에 기준이 된다.

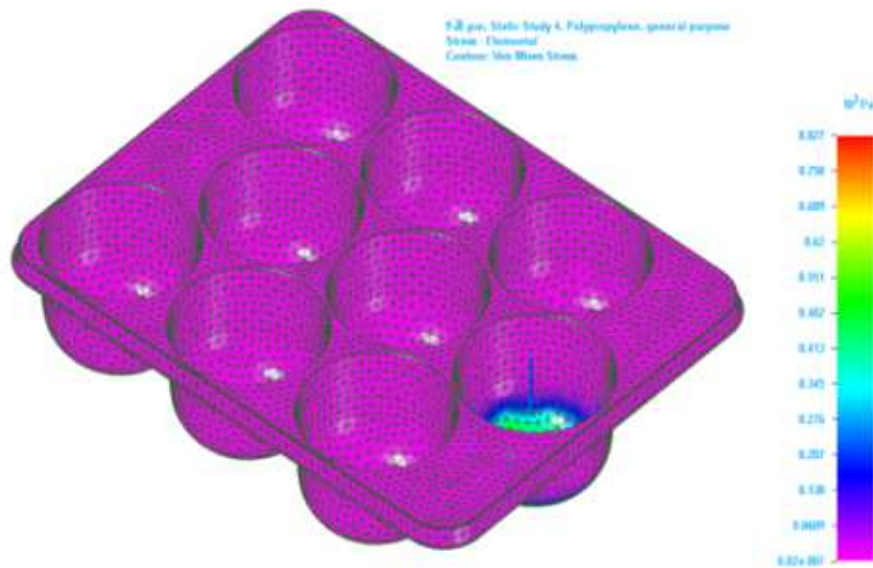


그림 3-87. 9과 전용 택배용 난좌의 FEA 응력해석

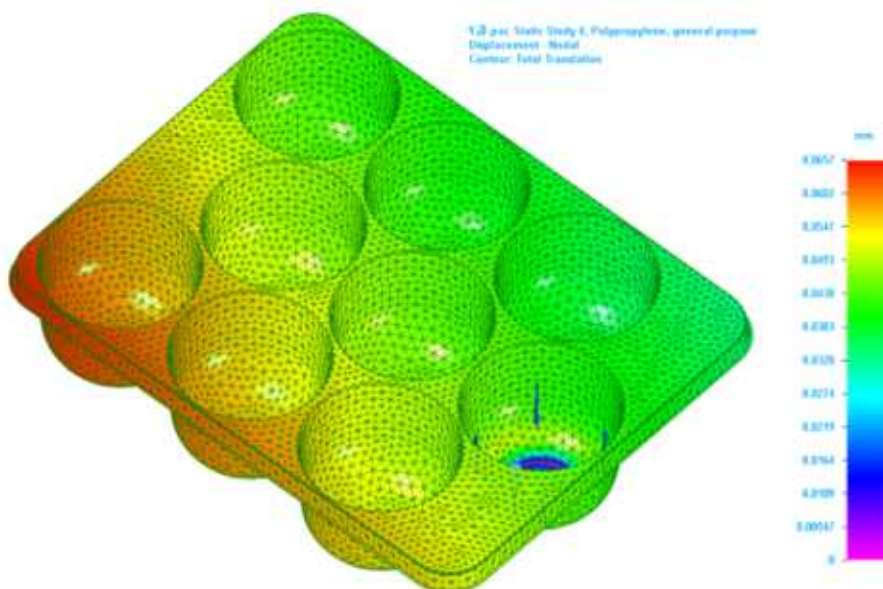


그림 3-88. 1-28. 9과 전용 택배용 난좌의 FEA 변위해석

- 그림 (3-88)은 9과 전용 택배용 난좌에 약 0.5kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌의 접촉변위에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 과실과 난좌의 접촉부분에 대한 변위는 해석결과 약 0.0547 mm로 난좌의 두께 약 0.5 mm에 비해 현저히 낮은 결과를 보였다. 이것은 난좌의 두께가 적용 과실(사과 및 배)에 충분히 사용할 수 있으며, 구형(복숭아 등)의 다른 과실에도 적용이 가능할 것으로 판단되었다.
- 그림 (3-89), (3-80, (3-81) 및 (3-82)은 9과 전용 택배용 난좌에 약 0.5 kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP재질의 난좌의 공진점 및 변형에너지에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 해석결과 9과용 난좌의 경우에는 5~150 Hz의 주파수 범위에서 4개의 공진점(9.08, 27.57, 28.18, 32.16 Hz)이 발생하였다. 이는 1차년도에 계측되었던 사과의 공진주파수 대역인 126.0~217.6 Hz 및 배의 공진주파수 대역인 62.5~108.6 Hz의 범위를 크게 벗어나는 주파수 대역으로 공진에 의한 손상방지용 택배용 난좌로 적합한 것으로 판단되었다.
- 그림 (3-89)은 9과 전용 택배용 난좌의 첫 번째(Mode 1) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 첫 번째 공진점 9.08 Hz에서의 최대 변형에너지는 0.78 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분에 집중적으로 발생하게 된다. 이전의 7/8과의 난좌와 같이 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다. 과실은 측면부위의 생물체항복강도가 제일 작아서 변형에너지가 제일 큰 난좌의 상단 모서리에 접촉하게 되면 손상을 입게 된다.

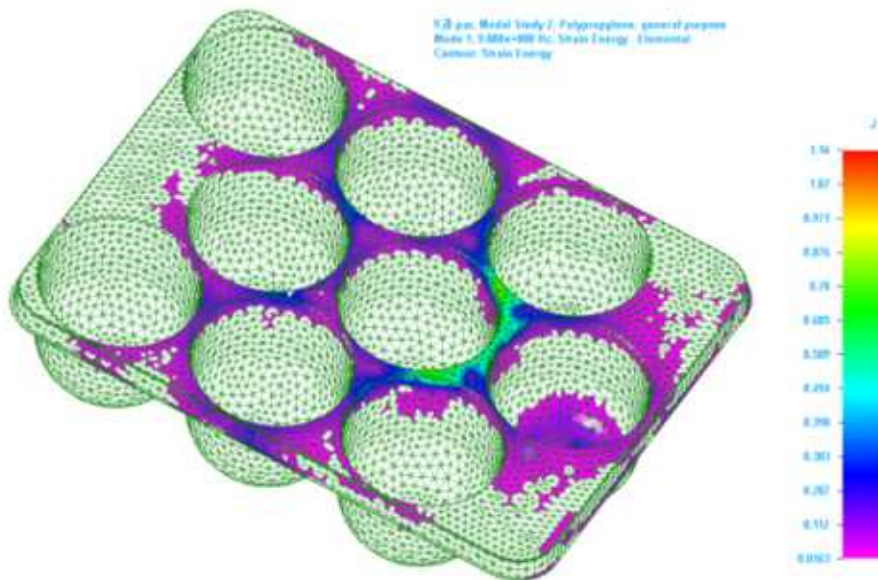


그림 3-89. 9과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode1-9.08 Hz)에서의 변형에너지

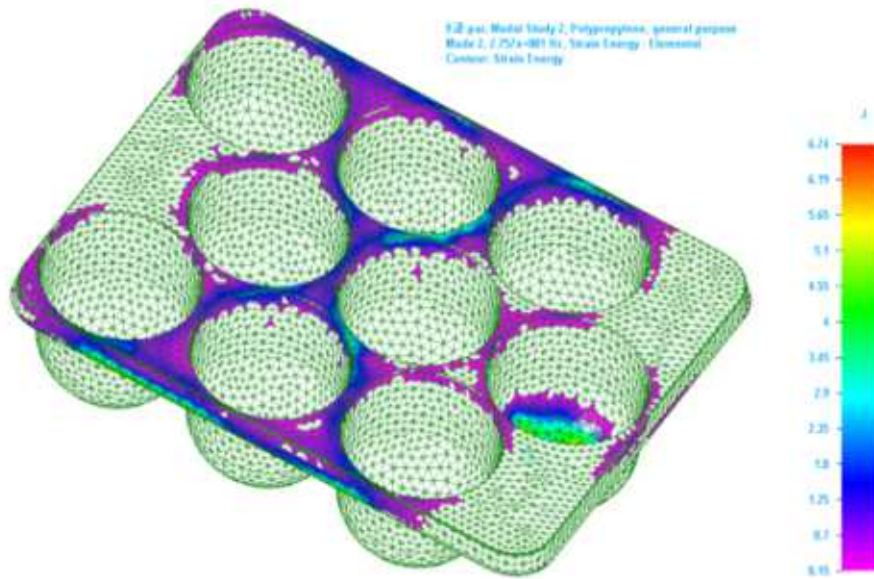


그림 3-90. 9과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode2-27.57Hz)에서의 변형에너지

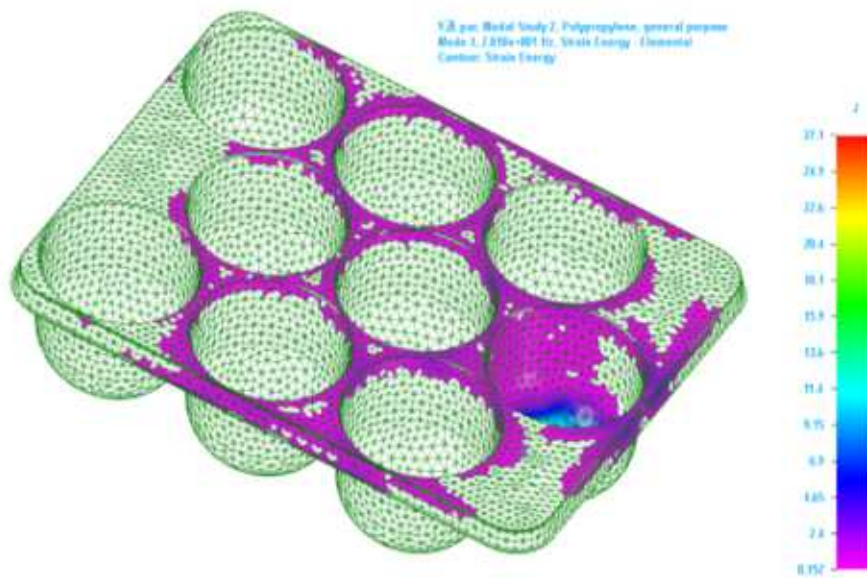


그림 3-91. 9과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode3-28.18Hz)에서의 변형에너지

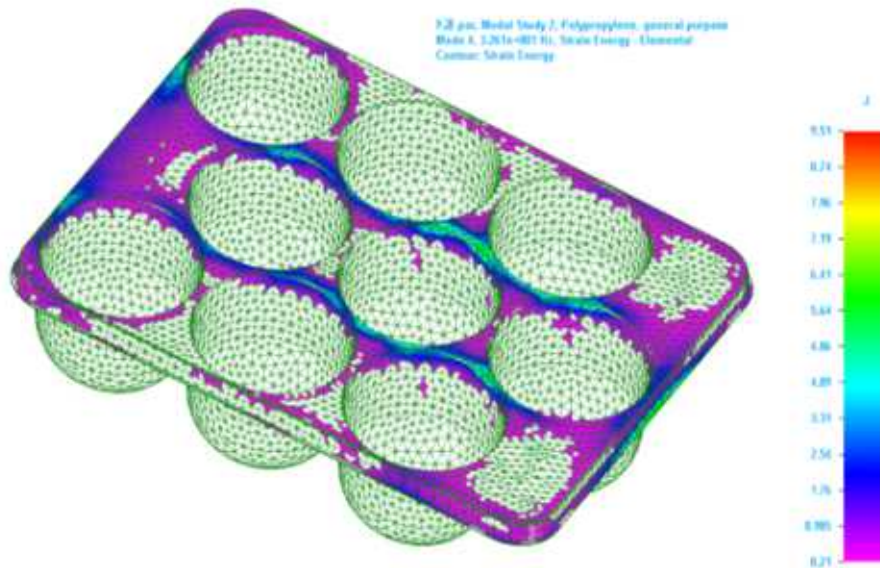


그림 3-92. 9과 전용 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode4-32.61Hz)에서의 변형에너지

- 그림 (3-90)은 9과 전용 택배용 난좌의 두 번째(Mode 2) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 두번째 공진점 27.57 Hz에서의 최대 변형에너지는 4.08 J로 7/8과 용 난좌와 같이 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분 및 홈 바깥쪽 테두리에서 발생하게 된다. 첫 번째 공진점에서와 마찬가지로 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.
- 그림 (3-91)는 8과 전용 택배용 난좌의 세 번째(Mode 3) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 세번째 공진점 28.18 Hz에서의 최대 변형에너지는 5.92 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분에서 발생하게 되었다. 첫 번째 및 두 번째 공진점에서와 마찬가지로 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.
- 그림 (3-92)는 8과 전용 택배용 난좌의 네 번째(Mode 4) 공진점에서의 변형에너지에 대한 해석결과이다. 네번째 공진점 32.16 Hz에서의 최대 변형에너지는 6.52 J로 난좌의 적입홈 사이의 상단 부분에서 발생하게 되었다. 첫 번째 및 두 번째 공진점에서와 마찬가지로 만약 난좌의 높이를 낮게 설계하게 되면 홈 모서리에 축적되는 변형에너지가 택배 유통중 과실에 전달되어 손상을 주게 된다.
- 해석결과 공진점이 커지면서 설계 난좌의 변형에너지(strain energy)도 함께 증가하는 결과를 보였다. 이는 같은 가속도 수준에서 주파수가 커지게 되면 진동을 받게 되는 과실은 더 큰 충격가속도를 받게 되므로 변형에너지가 크게 계측되었으며, 그림 (1-31) 및 (1-32)에서 바닥면의 큰 충격에너지는 FEA해석시 고정에 대한 결과치로 본 연구에서는 고려하지 않았다.
- 표 (3-22)는 사과용 7/8/9과 난좌에 대한 접촉응력 및 접촉변위에 대한 해석 결과치를 나타내었다. 적입되는 과실의 수가 많을수록 접촉응력은 증가하고, 접촉변위도 증가하

는 경향을 보였다. 접촉응력이 작다는 것은 과실과 난좌가 더 넓은 면적으로 접촉하고 있다는 것을 의미하며, 접촉면적이 크게 되면 접촉 변위는 감소하는 경향과 일치되는 결과이었다.

표 3-33. 사과용 7/8/9과 난좌에 대한 접촉응력 및 변위 해석결과

	7 Fruits Tray	8 Fruits Tray	9 Fruits Tray
Contact Stress (Pa)	384	398	413
Contact Displacement (mm)	0.0392	0.0463	0.0547

- 표 (3-23)은 사과용 난좌에 대한 공진점(resonance frequency) 및 변형에너지(strain energy)에 대한 결과치를 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 공진점에서의 변형에너지는 과실의 적입개수가 많을수록 감소하는 경향을 보였다. 일반적으로 공진은 난좌의 수평부분을 차지하는 면적이 많을수록 변형에너지가 크게 계측되는 경향과 일치하였다. 또한 공진주파수가 증가할수록 변형에너지도 증가하는 경향을 보였다. 이 결과는 같은 가속도 수준에서 주파수가 커지게 되면 진동을 받게 되는 과실은 더 큰 충격가속도를 받게 되므로 변형에너지는 크게 계측된다.

표 3-34. 사과용 7/8/9과 난좌에 대한 공진점 및 변형에너지 해석결과

No.	7 Fruits Tray		8 Fruits Tray		9 Fruits Tray	
	Resonance Frequency (Hz)	Strain Energy (J)	Resonance Frequency (Hz)	Strain Energy (J)	Resonance Frequency (Hz)	Strain Energy (J)
1	9.23	1.89	7.14	0.49	9.08	0.78
2	26.81	8.61	19.24	2.67	27.57	4.08
3	30.77	10.30	22.31	5.82	28.18	5.92
4	36.81	12.20	27.00	7.82	32.16	6.52

- 그림 (3-93) 및 (3-94)에서 보는 바와 같이 손잡이 홈의 영향을 분석하기 위하여 손잡이 홈이 가공된 7과 난좌에 대한 유한요소해석을 하였다. 그 결과, 사과용 난좌의 경우 접촉응력(410 Pa) 및 변위(0.0385 mm)는 손잡이 홈이 없는 난좌(413 Pa, 0.0392 mm)와 같은 결과를 보였으며, 공진점 및 변형에너지의 결과치도 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서, 손잡이 홈 가공여부에 따른 결과치의 영향은 매우 작았다.

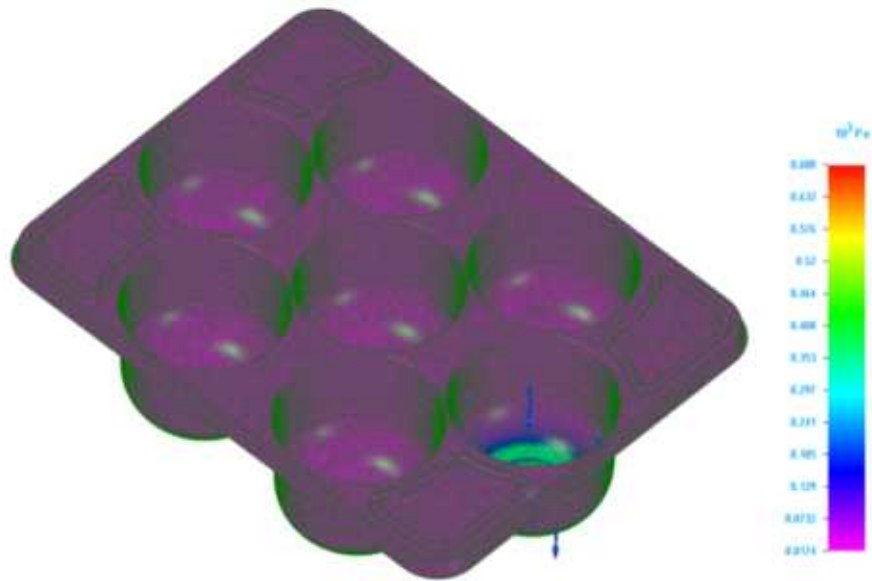


그림 3-93. 손잡이 홈이 가공된 7과 전용 택배용 난좌의 FEA 응력해석

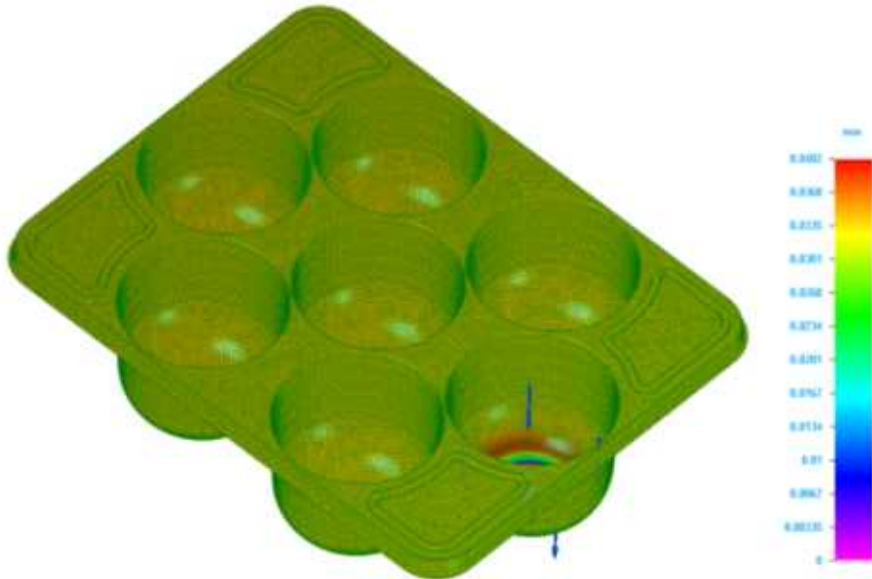


그림 3-94. 손잡이 홈이 가공된 7과 전용 택배용 난좌의 FEA 접촉 변위해석

(4) 기존 난좌 설계인자 적용 택배 난좌의 유한요소해석

- 그림 (3-95) 및 (3-96)는 기존 과실의 난좌에 적용되고 있는 적입홈간에 일정폭의 홈을 두게 되는 설계인자를 적용한 8과 전용 택배용 난좌에 약 0.5kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PP(Polypropylene) 재질의 난좌와 적입 과실간의 접촉응력 및 변위에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다.

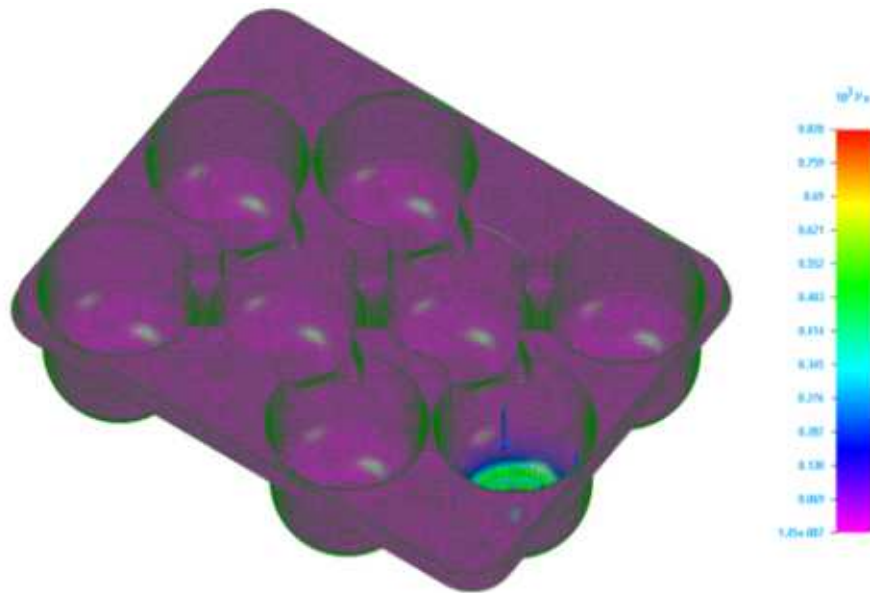


그림 3-95. 기존 과실 난좌 설계인자 적용 8과 택배난좌의 FEA 응력해석

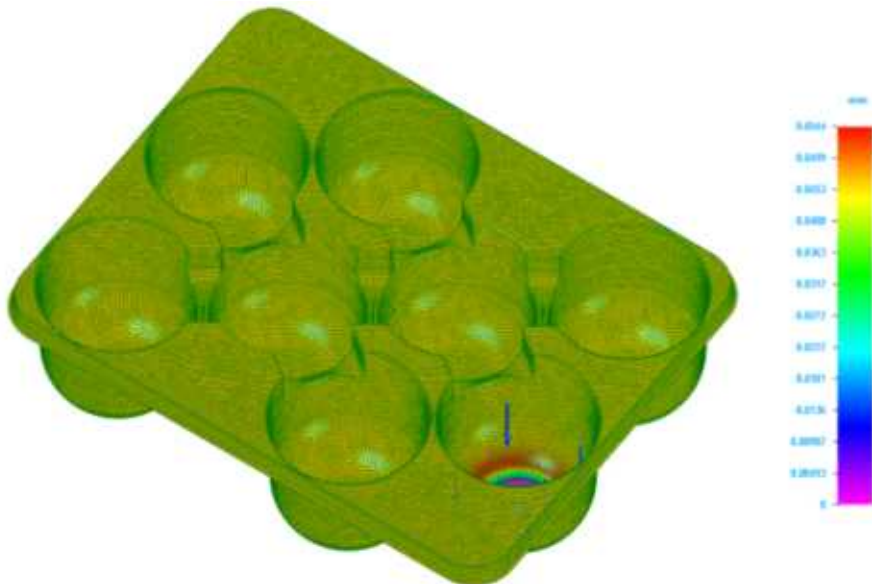


그림 3-96. 기존 과실 난좌 설계인자 적용 8과 택배난좌의 FEA 변위해석

- 기존 과실의 난좌에 적용되고 있는 적입홈간에 일정폭의 홈을 두게 되는 8과 전용 난좌의 해석결과 접촉응력(402 Pa) 및 변위(0.0457 mm)는 개발 8과 난좌(398 Pa, 0.0463 mm)와 같은 거의 결과를 보였다. 그림 (3-97)은 공진점에서의 변형에너지 해석결과를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 적입홈간 일정폭의 홈 모서리에서 변형에너지가 분포하고 있으며, 이부분은 적입된 사과/배의 측면부분과 접촉되는 부분으로 과실에 손상을 줄 수 있는 구조이다.

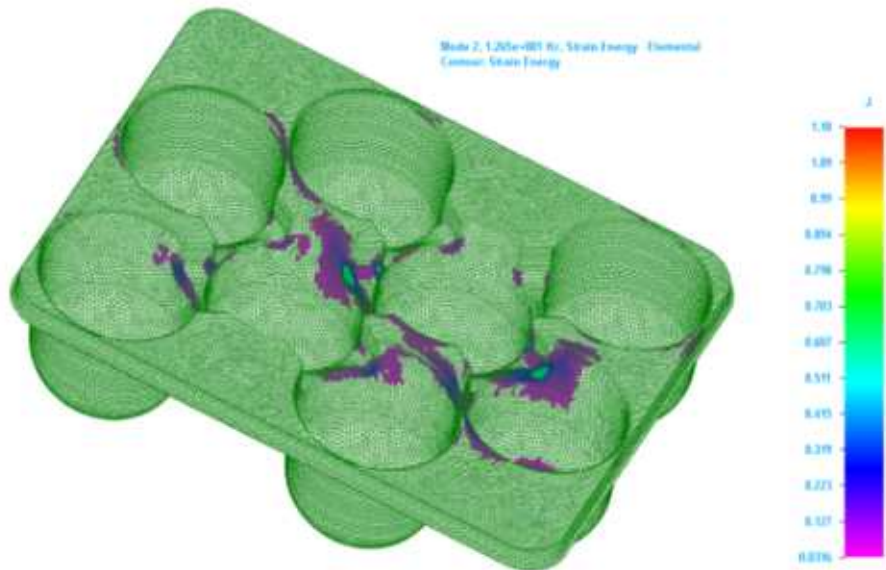


그림 3-97. 기존 난좌 설계인자 적용 8과 택배난좌의 공진점(Mode2)에서의 변형에너지

2. 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 재질 개발

가. 난좌 재질 개발

- 본 연구에서는 설계된 택배용 난좌에 대한 유한요소해석(FEA)을 통해 응력(stress), 변위(deformation) 해석 및 유통중 발생하는 공진(resonance) 및 공진주파수(resonance frequency) 대역에서의 변형에너지(strain energy)에 대한 해석을 통해 재질에 따른 특성을 분석하였다. 일반적으로 과실용 난좌개발시 금형사출에 많은 비용이 투입되므로 사전에 다양한 해석을 통해 최적의 형태 및 재질 선정을 위해 대한 해석을 하였다.
- 기존의 사과/배 난좌 해석은 PP(Polypropylene) 재질로 설계된 택배용 난좌에 대한 유한요소해석(FEA)을 하였으며, PE(Polyethylene) 재질로 설계된 택배용 난좌에 대한 해석 결과치와 비교 및 분석하기 위해 8과의 난좌에 대하여 재질별 유한요소해석의 영향을 분석하였다.
- 그림 (3-98)은 PE재질의 8과 난좌에 대한 접촉응력에 대한 해석결과이다. 해석결과 접촉응력은 532 Pa로 PP재질의 접촉응력(398 Pa)에 비하여 약 26% 크게 계측되었다. 이러한 결과는 유한요소해석시 입력되는 재질의 특성에 따라 달라지는 것으로 재질별 탄성계수(Elastic modulus), 항복강도(Yield strength) 및 프와송비(Poisson's ratio)의 차이에서 기인되는 결과치이다.

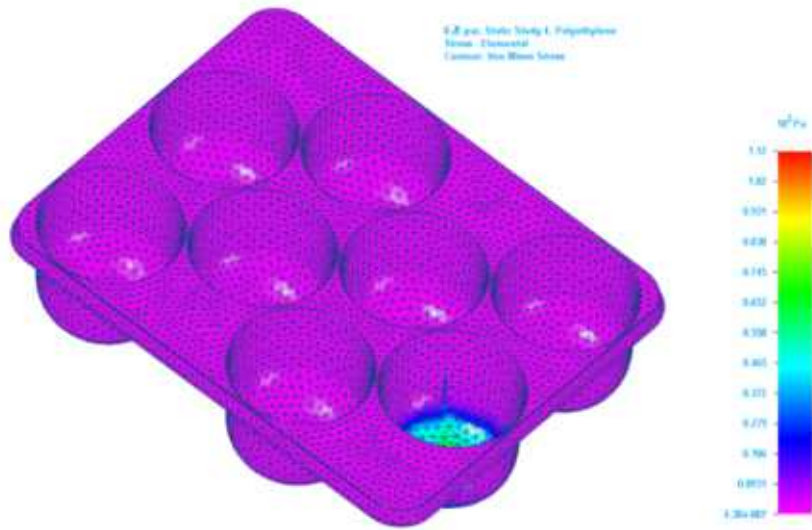


그림 3-98. PE 재질의 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 응력해석

- 해석된 PE재질의 접촉응력도 1차년도 사과 및 배의 생물체항복강도에 비해 작은 결과 치로 PP 및 PE 재질의 난좌 모두 적용이 가능한 것으로 판단되었다. 따라서, 가공성, 작업성 및 재료의 가격에 따른 선정이 필요할 것으로 판단된다.
- 그림 (3-99)는 PE재질의 8과 난좌의 접촉변위에 대한 유한요소해석(FEA)에 대한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 해석에 의한 접촉변위는 0.512 mm로 설계 난좌의 두께 0.5 mm 기준을 초과하는 변위로 PE재질을 이용하여 난좌 설계를 위해서는 최소 0.512 mm 이상의 두께를 적용하여 설계하여야 한다.

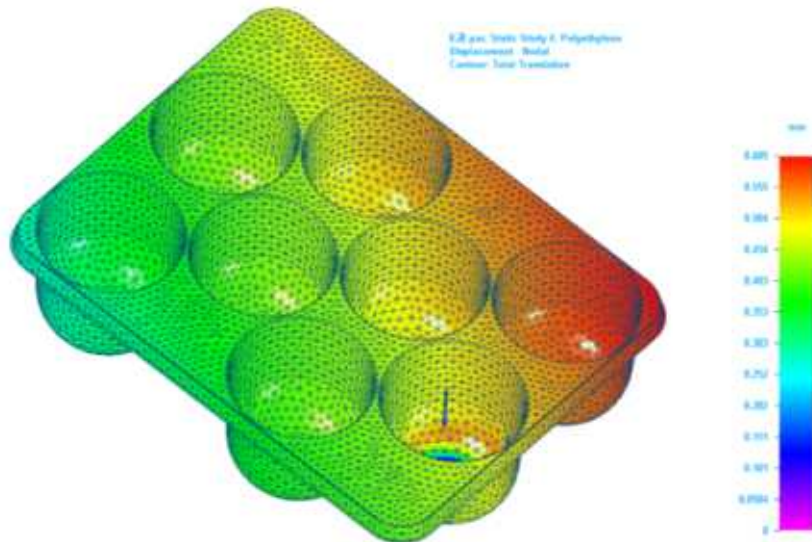


그림 3-99. PE 재질의 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 변위해석

- 그림 (3-10), (3-101), (3-102) 및 (3-103)은 8과 전용 택배용 난좌에 약 0.5 kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PE재질의 난좌의 공진점 및 변형에너지에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 해석결과 8과용 난좌의 경우에는 5~150 Hz의 주파수 범위에서 4개의 공진점(7.19, 8.50, 10.68 및 12.33 Hz)이 발생하였다. 이는 1차년도에 측정되었던 사과 및 배의 공진주파수 대역을 크게 벗어나는 주파수 대역으로 공진에 의한

손상방지용 택배용 난좌로 적합한 것으로 판단되었다.

- 그림 (3-100)은 PE재질의 8과 전용 택배용 난좌의 공진점 및 변형에너지에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 해석결과 PE재질 8과용 난좌의 경우에는 첫 번째 공진점이 7.195 Hz에서 발생되었으며, 변형에너지(strain energy)는 1.46 J로 해석되었다. 같은 형태의 PP재질의 경우 공진점이 7.138 Hz로 유사하게 해석되었으나, 변형에너지의 경우 PP재질의 경우 0.498 J로 PE재질에서 크게 해석되었다.
- 그림 (3-101)은 PE재질 8과용 난좌의 두 번째 공진점은 8.50 Hz에서 발생되었으며, 변형에너지(strain energy)는 0.452 J로 해석되었다. 같은 형태의 PP재질의 경우 공진점이 19.24 Hz로 PE재질에서 작게 해석되었으며, 변형에너지의 경우 PP재질의 경우 2.67 J로 PE재질에서 작게 해석되었다.

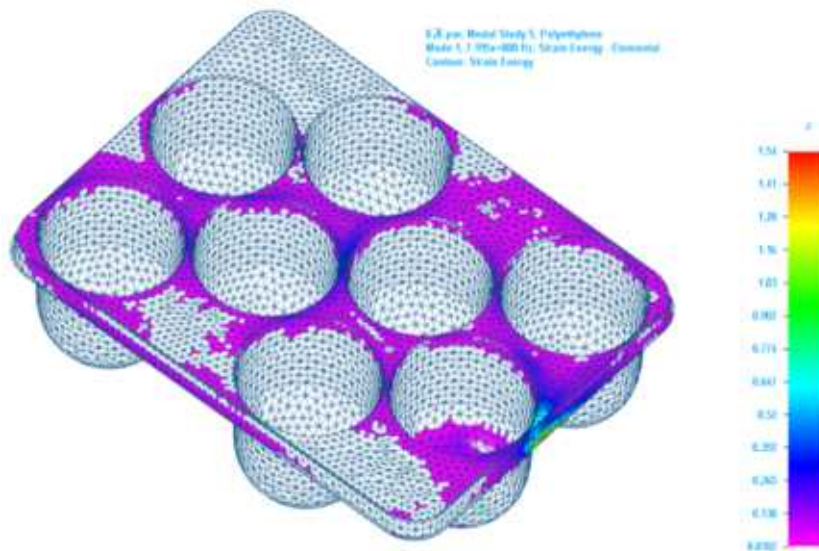


그림 3-100. PE재질 8과 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode1-7.19Hz)에서의 변형에너지

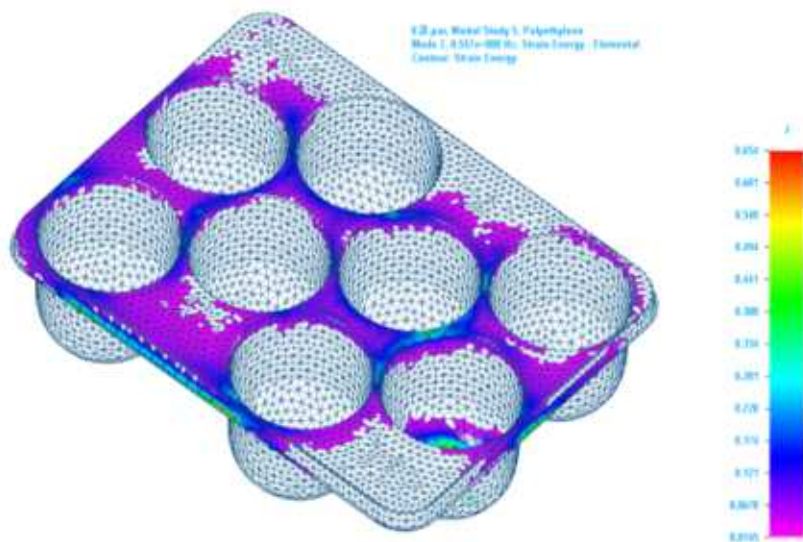


그림 3-101. PE재질 8과 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode2-8.50Hz)에서의 변형에너지

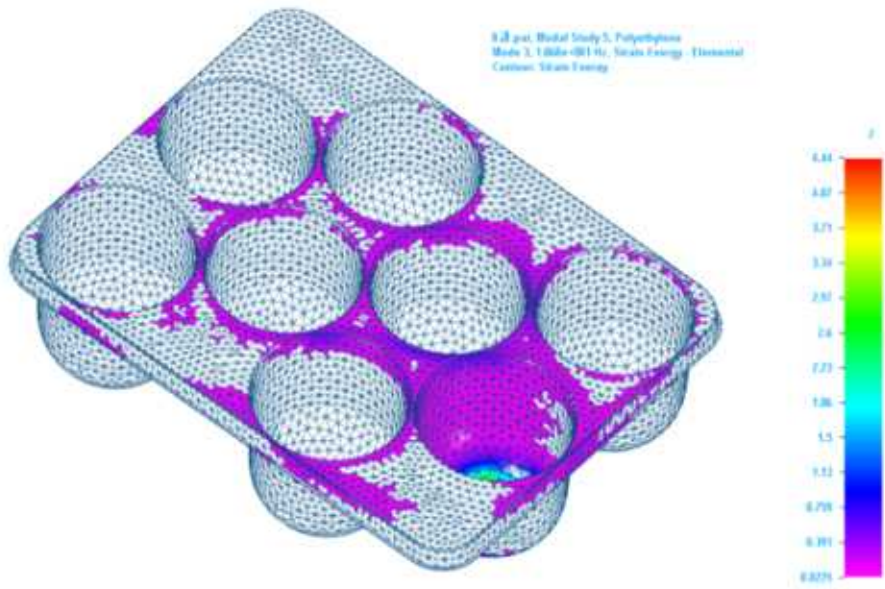


그림 3-102. PE재질 8과 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode3-10.68Hz)에서의 변형에너지

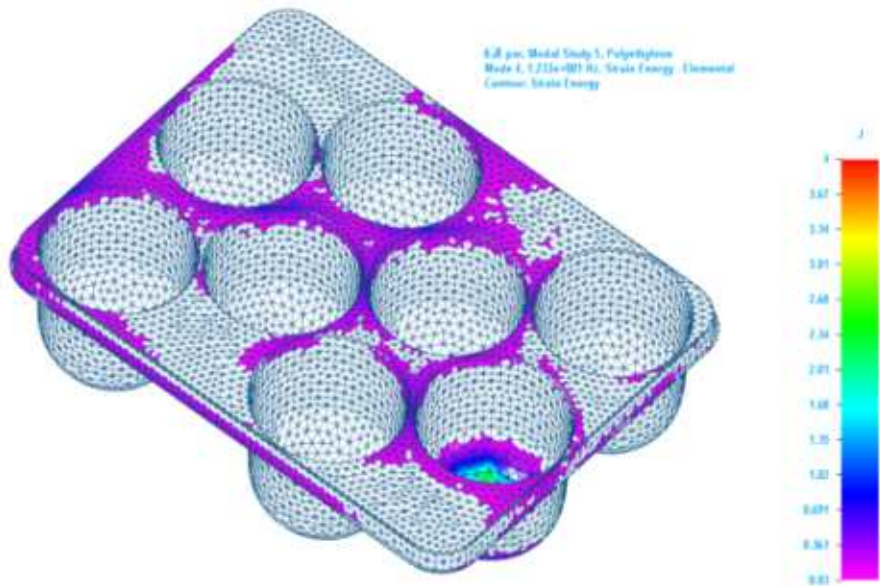


그림 3-103. PE재질 8과 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode4-12.33Hz)에서의 변형에너지

- 그림 (3-102)은 PE재질 8과용 난좌의 세 번째 공진점은 10.68 Hz에서 발생되었으며, 변형에너지(strain energy)는 1.02 J로 해석되었다. 같은 형태의 PP재질의 경우 공진점이 22.31 Hz로 PE재질에서 작게 해석되었으며, 변형에너지의 경우 PP재질의 경우 5.82 J로 PE재질에서 작게 해석되었다.

- 그림 (3-103)은 PE재질 8과용 난좌의 네 번째 공진점은 12.33 Hz에서 발생되었으며, 변형에너지(strain energy)는 0.98 J로 해석되었다. 같은 형태의 PP재질의 경우 공진점이 27 Hz로 PE재질에서 작게 해석되었으며, 변형에너지의 경우 PP재질의 경우 7.82 J로 PE재질에서 작게 해석되었다.
- PE재질 8과용 난좌의 공진에 대한 해석결과 탄성계수(Elastic modulus), 항복강도(Yield strength) 재료특성이 좋은 PP재질에서 공진점에서의 변형에너지가 크게 계측되었다. 이 결과는 탄성계수 및 항복강도 특성이 좋은 재료가 접촉하는 과실에 충격력을 더 크게 작용한다는 것을 의미한다. 따라서, 기존의 과실 난좌의 경우 설계 높이가 낮아 변형에너지가 집중되는 상단 홈 모서리 부분에 접촉하게 되어 과실이 택배유통중에 손상을 입을 수 있다. 따라서, 과실이 측면부위가 난좌의 상단 홈 모서리에 접촉하지 않도록 설계해야 한다.
- 그림 (3-104)은 PS(Polystyrene) 재질의 8과 난좌에 대한 접촉응력에 대한 해석결과이다. 해석결과 접촉응력은 512 Pa로 PP재질의 접촉응력(398 Pa)에 비하여 약 23% 크게 계측되었다. 접촉응력을 크게 받는다는 것은 정적인 상태의 접촉에서는 문제가 없지만 유통중의 진동이 수반된다면 손상의 위험성이 더 크다는 것을 의미한다.

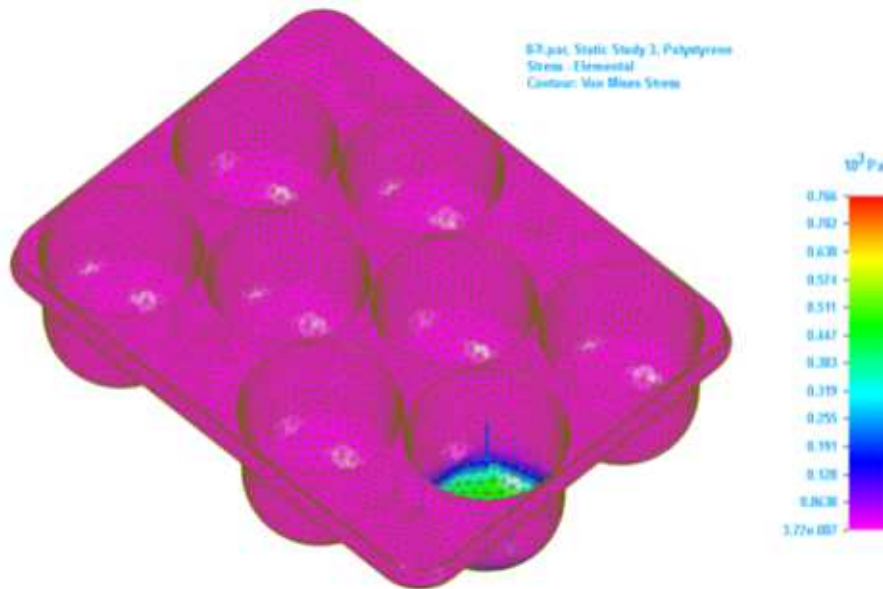


그림 3-104. PS 재질의 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 응력해석

- 그림 (3-105)는 PS 재질의 8과 난좌의 접촉변위에 대한 유한요소해석(FEA)에 대한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 해석에 의한 접촉변위는 0.0623 mm로 설계난좌의 두께 0.5 mm 기준으로 매우 작은 변위로 설계 적용이 가능한 것으로 판단된다.

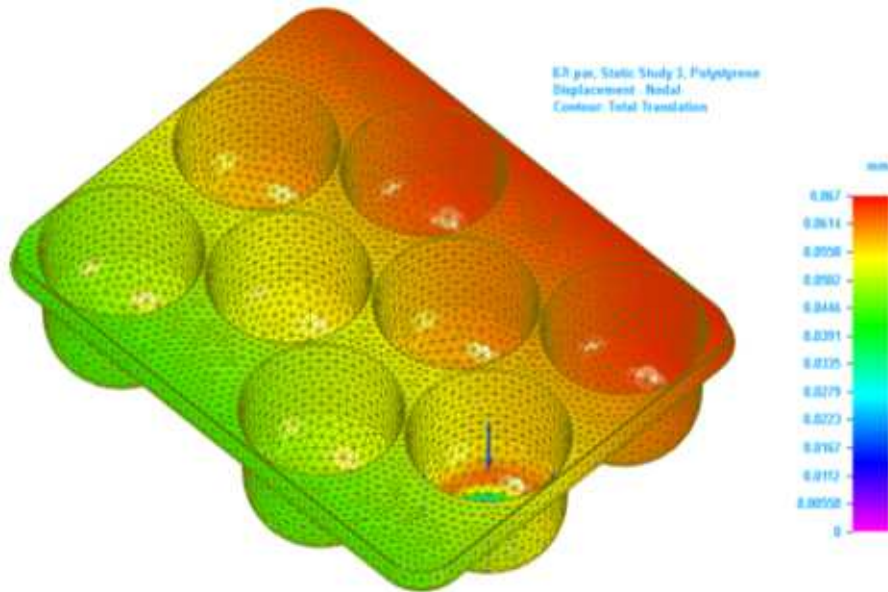


그림 3-105. PS 재질의 8과 전용 택배용 난좌의 FEA 변위해석

- 그림 (3-106), (3-107), (3-108) 및 (3-109)은 8과 전용 택배용 난좌에 약 0.5 kg의 사과 또는 배가 홈에 적입되었을 때 PS 재질의 난좌의 공진점 및 변형에너지에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 해석결과 8과용 난좌의 경우에는 5~150 Hz의 주파수 범위에서 4개의 공진점(6.43, 17.35, 20.11 및 23.34 Hz)이 발생하였다. 이는 1차년도에 계측되었던 사과 및 배의 공진주파수 대역을 크게 벗어나는 주파수 대역으로 공진에 의한 손상방지용 택배용 난좌로 적합한 것으로 판단되었다.
- 그림 (3-106)은 PS 재질의 8과 전용 택배용 난좌의 공진점 및 변형에너지에 대한 FEA 해석결과를 나타내었다. 해석결과 PE재질 8과용 난좌의 경우에는 첫 번째 공진점이 6.43 Hz에서 발생되었으며, 변형에너지(strain energy)는 0.372 J로 해석되었다. 같은 형태의 PP 재질의 경우 공진점이 7.138 Hz로 유사하게 해석되었으나, 변형에너지의 경우 PP 재질의 경우 0.498 J로 PS 재질에서 크게 해석되었다.
- 그림 (3-107)은 PS 재질 8과용 난좌의 두 번째 공진점은 17.35 Hz에서 발생되었으며, 변형에너지(strain energy)는 7.08 J로 해석되었다. 같은 형태의 PP재질의 경우 공진점이 19.24 Hz로 PS 재질에서 작게 해석되었으며, 변형에너지의 경우 PP재질의 경우 2.67 J로 PS재질에서 크게 해석되었다.

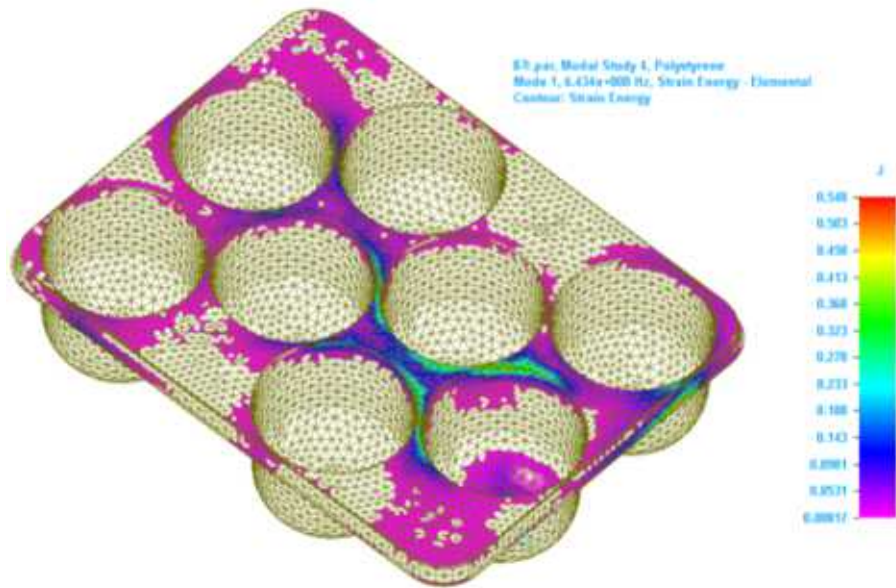


그림 3-106. PS 재질 8과 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode1-6.43Hz)에서의 변형에너지

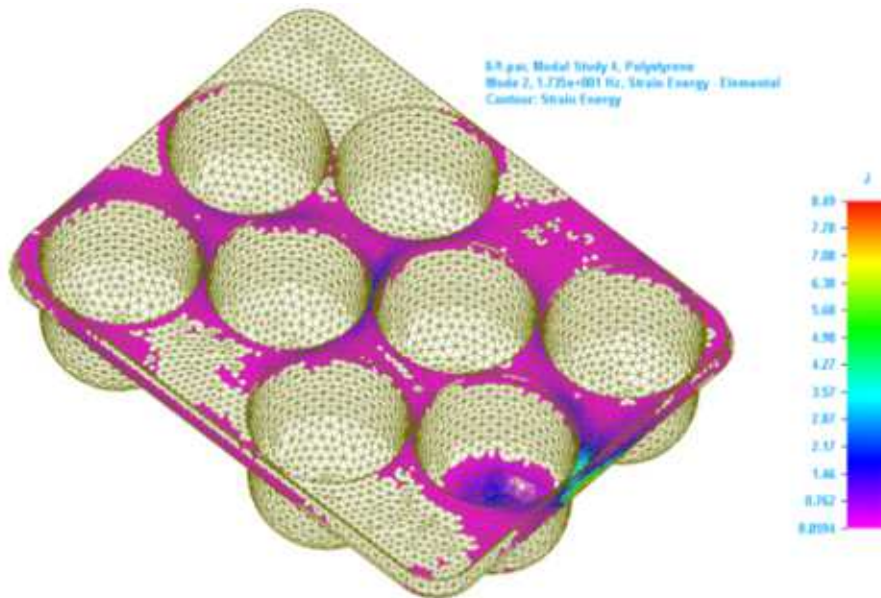


그림 3-107. PS 재질 8과 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode2-17.35Hz)에서의 변형에너지

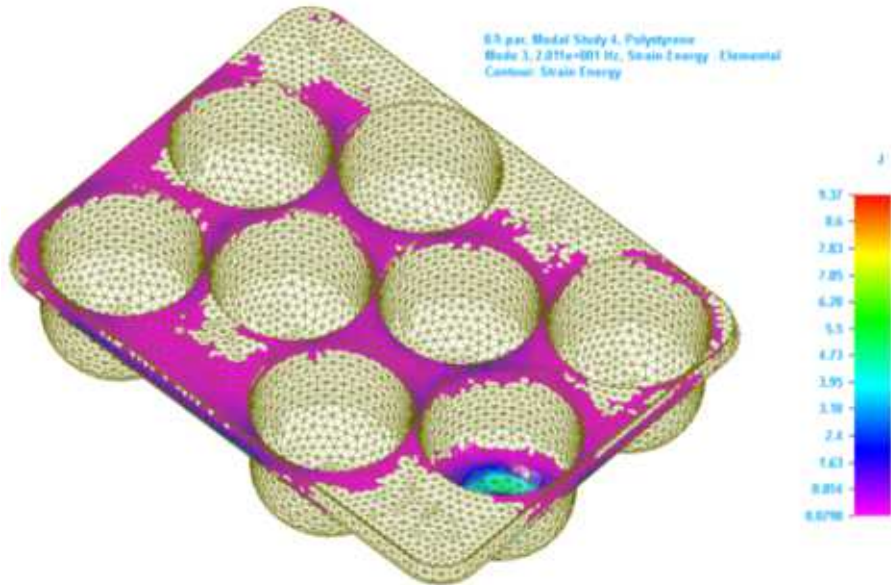


그림 3-108. PS 재질 8과 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode3-20.11Hz)에서의 변형에너지

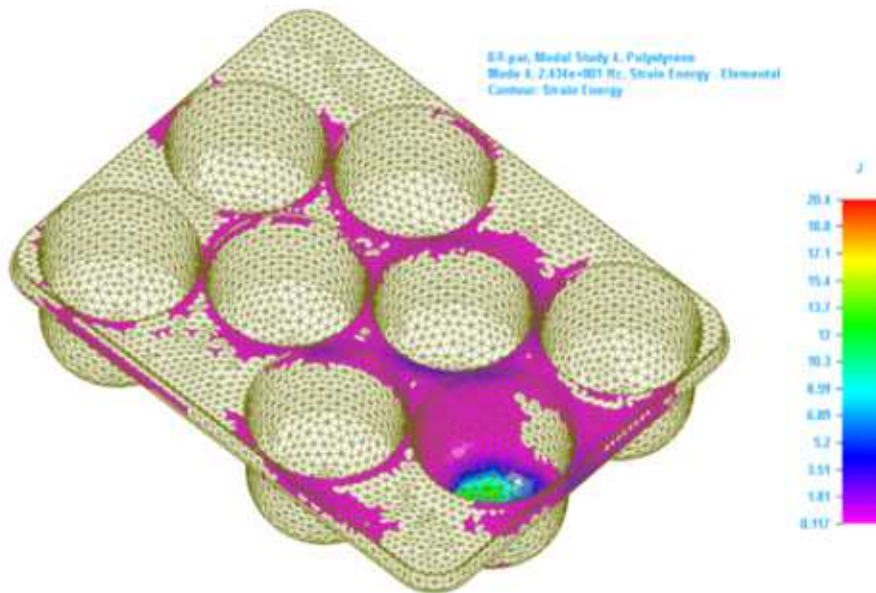


그림 3-109. PS 재질 8과 택배용 난좌의 FEA 공진점(Mode4-23.34Hz)에서의 변형에너지

- 그림 (3-108)은 PS 재질 8과용 난좌의 세 번째 공진점은 20.11 Hz에서 발생되었으며, 변형에너지(strain energy)는 6.81 J로 해석되었다. 같은 형태의 PP 재질의 경우 공진점이 22.31 Hz로 PS 재질에서 작게 해석되었으며, 변형에너지의 경우 P P재질의 경우 5.82 J로 PS 재질에서 크게 해석되었다.
- 그림 (3-109)은 PS 재질 8과용 난좌의 네 번째 공진점은 23.34 Hz에서 발생되었으며, 변형에너지(strain energy)는 3.94 J로 해석되었다. 같은 형태의 PP재질의 경우 공진점이 27 Hz로 PS 재질에서 작게 해석되었으며, 변형에너지의 경우 PP재질의 경우 7.82 J

로 PS 재질에서 작게 해석되었다.

- 위의 결과를 요약하면 탄성계수 및 항복강도 특성이 좋은 완충재료가 접촉하는 과실에 충격력을 더 크게 작용하게 되며, 손상을 줄 수 있는 확률도 커지게 된다는 것을 의미한다. 또한, 유통환경의 저주파수 대역의 진동에 의한 과실의 손상이 발생하게 되어 포장설계시 공진주파수 대역이 다른 완충재의 공진주파수보다 크게 설계하는 것이 적정 포장설계의 원칙이다. 따라서, 본 연구를 통해 PP, PE 및 PS 재질중에 사과 및 배의 택배 전용 난좌로 PP 재질이 제일 우수한 것으로 예측되어 난좌개발 재료로 선정하였다.

3. 물류표준화를 감안한 포장단위별 난좌의 표준규격 개발

가. 사과, 배 택배 판매용 포장 현황

(1) 사과 택배 판매용 포장 현황

- 사과는 7월부터 이듬해 3월까지 꾸준히 택배판매가 이뤄지고 있으며 사과 품종은 수확시기 및 지역에 따라 매우 다양하였음. 아오리를 시작으로 추석에는 홍로 구정에는 부사품종이 주로 판매되고 있었다.
- 판매단위는 가정용과 선물용으로 구분되며 선물용은 5kg 대과 위주(14과, 15과, 16과)로 판매되고 있었음. 가정용은 5kg, 10kg, 15kg 모두 판매되고 있었으며 가장 많이 판매되는 포장단위는 10kg이었음. 또한 정부에서 사과 소포장화를 추진하고 있어 15kg 포장을 10kg포장으로 대체하고 있다.
- 오픈마켓 또는 일부 농가에서 소포장 단위인 2.5kg, 3kg, 4kg을 판매하고 있으며 난좌를 사용하지 않는 포장으로 6kg, 7kg, 9kg, 13kg 등 다양한 포장단위로 택배판매를 하고 있었다.
- 포장방법은 선물용은 내용물 보다는 고급스런 포장형태를 선호하고 있었으며, 개별 포장으로 그물망 보다는 팬캡을 주로 이용하고 있었음. 가정용은 포장단가가 저렴한 그물망 포장을 선호하고 있었으며 난좌에 사과를 담고 그 위에 다시 난좌를 덮어 택배유통 중의 파손을 최소화하였다.
- 택배유통 중 파손율은 30~70%로 파손율이 높지만 실제로 클레임을 제기하는 경우는 그리 많지 않은 실정이다. 과일 택배는 약간의 파손은 일어날 수 있다고 소비자들이 생각하고 있어 어느 정도까지의 파손에는 무덤덤하게 대응하고 있는 경우가 많았다.
- 특히 생산농가들은 아오리, 홍로 등 상대적으로 과육이 연한 품종에서는 멍이 들 수 있다고 생각하지만 부사는 택배유통 중에 멍이 발생하지 않는다고 판단하고 있어 고객들의 클레임 제기에 관심이 낮은 편이며 고객 불만을 제기하더라도 적극적인 대응을 하지 않고 있어 향후 차별화 전략에서 우려되는 부분이다.

(2) 배 택배판매용 포장 현황

- 배는 9월부터 이듬해 3월까지 꾸준하게 택배판매가 이뤄지고 있으며 주로 저장성이 우수한 신고 품종을 판매하고 있었음. 선물용 배는 제수용으로 햇과일 수요가 집중되는 추석에 더 많이 판매되고 있으며 구정때도 많이 판매되고 있었다.
- 판매단위는 선물용으로 7.5kg 대과 위주(9과, 10과, 11과, 12과)로 판매되고 있었음. 가정용은 5kg, 10kg, 15kg 모두 판매되고 있었으나 주로 15kg 포장이 조금 더 많이 판매되고 있었음. 또한 정부에서 사과 소포장화를 추진하고 있어 15kg 포장을 10kg포장으로 대체하고 있다.
- 개별 포장으로 그물망과 팬캡을 사용하고 있으며 그물망은 가정용(저급품), 팬캡은 선물용(고급품)으로 평가하는 관행이 있어서 대부분 비싼 팬캡을 사용하고 있으나 택배유통 중 완충특성은 그물망에 비해 떨어지고 있다. 택배유통 중 파손율은 40~70%로 파손율이 높지만 실제로 클레임도 많이 발생되고 있는 실정임. 또한 날씨가 추울 때는 배가 동결되어 발생하는 클레임도 많은 실정이다.
- 또한 선물세트는 7.5kg으로 사과와 비슷한 완충포장을 실시하고 있어 개선이 요구되고 있으며 상자 내에서 배가 고정되지 않아 파손의 원인으로 지적되고 있으며 이를 보완하기 위해 스티로폼 난좌가 개발되어 사용되고 있으나 과대포장 위험이 있어 조심스런 접근이 필요한 실정이다.
- 최근들어 사과+배 혼합세트가 선물세트로 인기를 끌면서 혼합세트용 난좌도 개발되고 있으며 기존 PSP난좌를 이용한 혼합세트 포장에서는 고정효과가 부족하여 파손율이 높은 실정임. 과대포장 방지 캠페인으로 과일에 띠지를 하지 않은 선물세트 판매가 어느정도 정착이 되고 있으며 2015년까지 띠지를 하지 않은 과일 선물세트를 60% 이상 판매하기로 MOU체결을 한바 있다.

나. 난좌 개발을 위한 사과, 배 규격 측정

(1) 사과용 난좌 개발을 위한 규격 측정

- 사과는 5kg, 10kg, 15kg으로 판매단위가 정해져 있어서 유통현장에서는 개당 중량단위 보다는 15kg 상자에 포장되는 사과 과수를 단위로 “3다이”, “4다이”, “5다이”, “6다이”로 통용되고 있다.
- 예를들면 “4다이”란 15kg에 41~50개 까지 포장할 수 있는 사과의 중량으로 300g~366g 범위내의 사과를 포장할 수 있도록 상자를 만들어야 한다는 의미이다.
- 우리나라 대표적인 사과 품종은 부사이며 전체의 약 70%를 차지하고 있다. 최근들어 품종개량이 활발히 진행되고 있으며 “홍로”가 대표적이다. 홍로는 추석 선물용으로

수확시기를 조절하여 생산하고 있으며 사과 모양이 속성재배 부작용으로 부정형과가 많은 것이 특징이다. 시나노화이트, 쓰가루 등도 많이 재배되고 있는 품종이다.

- 후지품종은 수확시기는 10월 하순 경이며, 과실크기는 300g이나 재배조건에 따라 400g 이상 대과생산도 가능하다. 과형은 원~장원형이고 과피색은 선홍색으로 줄무늬가 선명하며 바탕색은 황색이다.
- 홍로 품종은 수확기는 9월 상·중순이나 8월 하순부터 수확이 가능하다. 과실크기는 300g, 과형은 장원형이며 과피색은 농홍색으로 줄무늬는 거의 없는 것이 특징임. 쓰가루 품종은 수확기는 8월 중·하순경이고 과실크기는 300g, 과형은 원형~장원형으로 균일하며, 과피색은 홍색이며 줄무늬가 발견되는 것이 특징이다.
- 대표적인 부사품종 사과(부사) 5kg 14과(4다이 전반)의 중량, 직경, 높이 측정 결과로서 중량은 324g~373g(평균 342g), 직경은 92mm~98mm(평균 96mm), 높이는 88mm~98mm(평균 92mm)이었다.



그림 3-110. 택배판매용 사과 포장 현황



그림 3-111. 택배판매용 사과 포장 현황

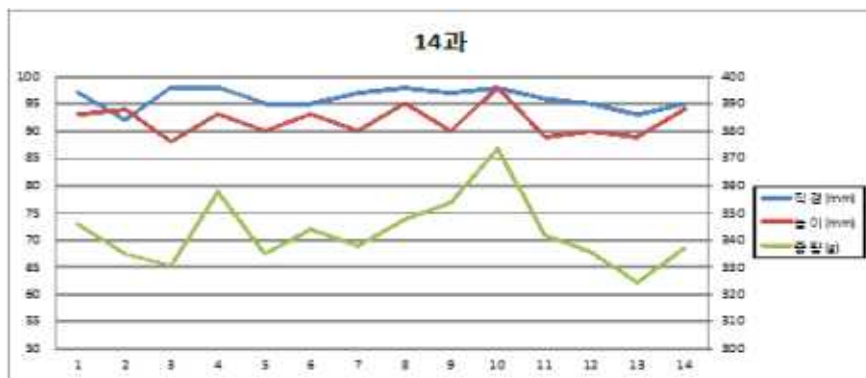


그림 3-112. 사과 5kg - 14개입 중량, 직경, 높이 측정 결과

○ 대표적인 부사품종 사과(부사) 5kg 15과(4다이 중반)의 중량, 직경, 높이 측정 결과로서 중량은 309g~349g(평균 323g), 직경은 89mm~99mm(평균 93mm), 높이는 80mm~91mm(평균 85mm)이었다.

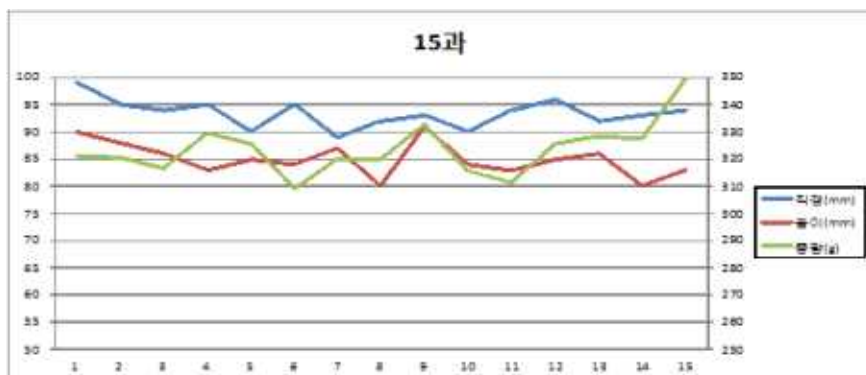


그림 3-113. 사과 5kg - 15개입 중량, 직경, 높이 측정 결과

- 대표적인 부사품종 사과(부사) 5kg 16과 (4다이 후반)의 중량, 직경, 높이 측정 결과로서 중량은 289g~319g(평균 302g), 직경은 90mm~98mm(평균 94mm), 높이는 82mm~88mm(평균 84mm)이었다.

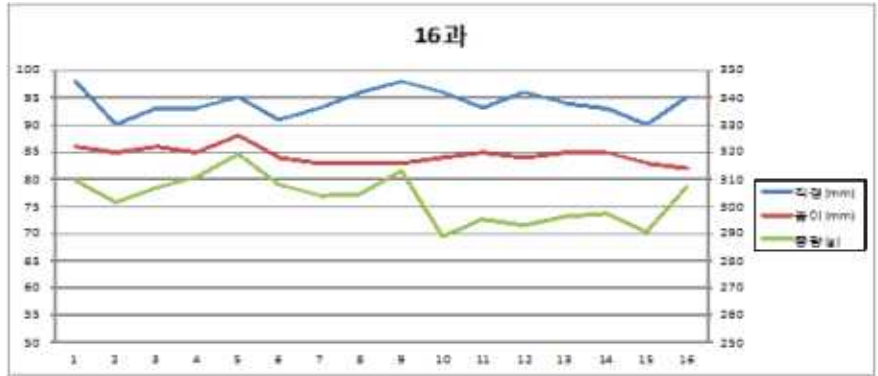


그림 3-114. 사과 5kg - 16개입 중량, 직경, 높이 측정 결과

- 대표적인 부사품종 사과(부사) 5kg 18과(5다이 전반)의 중량, 직경, 높이 측정 결과로서 중량은 255g~274g(평균 263g), 직경은 85mm~92mm(평균 88mm), 높이는 74mm~86mm(평균 81mm)이었다.

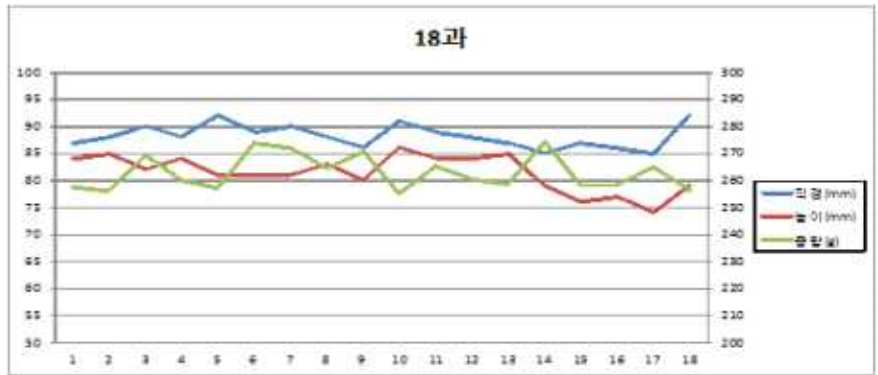


그림 3-115. 사과 5kg - 18개입 중량, 직경, 높이 측정 결과

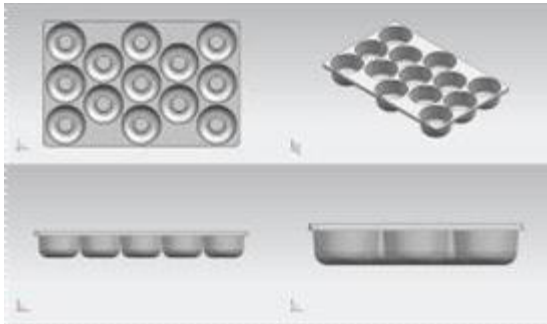
(2) 사과 택배용 5kg 난좌 규격 개발

- 농산물 표준 출하 규격서 상의 사과 표준 출하규격 포장단위는 3kg, 5kg, 10kg, 15kg이며 포장재 규격은 표와 같다. 일반적으로 도매시장용에 적합하도록 표준규격은 개발되어 있지만 택배유통은 수집, 분류, 배송 등 과정이 복잡하여 별도의 포장규격이 마련되어야 할 필요성이 있다. 하지만 현재로서는 별도의 규격보다는 도매시장용 규격에 적합하도록 표준화를 할 수 밖에 없다.
- 기존 사과 난좌는 500mm×350mm로 제작되어 있으나 택배용은 난좌의 깊이가 깊어지는 구조로서 난좌의 규격이 커져야 하는데 파렛트 적재효율을 감안하여 530mm×340mm로 결정을 하였다.
- 사과 품종은 부사를 기준으로 과수별 난좌 홈의 직경과 높이는 14과는 Ø96mm 높이는

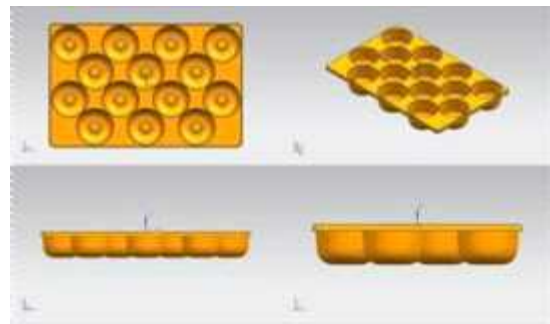
72mm, 16과는 Ø94mm 높이는 72mm, 18과는 Ø88mm, 높이 62mm로 금형을 설계하였다.

표 3-35. 사과 표준 출하 규격

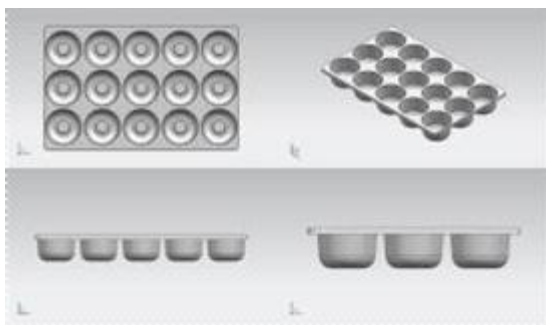
거래단위	포장재종류	포장치수(mm)		
		길이	너비	높이
3kg	골판지(산물용)	366	275	110
5kg	골판지(산물용)	314	235	170
	골판지(숙받침 틀용)	550	366	110
10kg	골판지(숙받침 틀용)	510	360	190
15kg	골판지(숙받침 틀용)	510	360	280
	골판지(산물용)	440	330	270



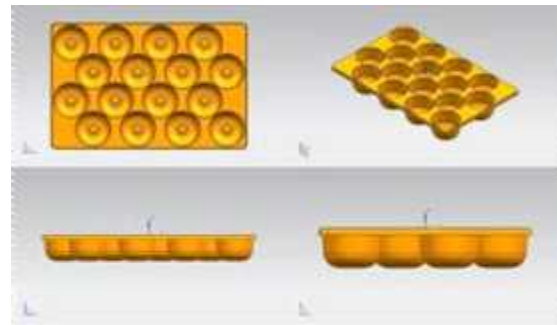
13과



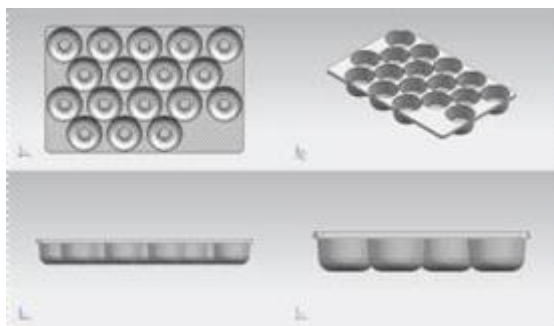
14과



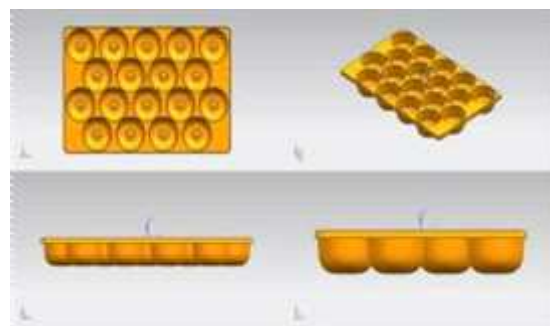
15과



16과



17과



18과

그림 3-116. 사과 5kg 난좌(8과~13과) 금형 도면

- 따라서 상자의 규격은 550mm×360mm로 파렛트 적재효율을 극대화 하였으며 상자의 높이는 표준규격과 동일하게 높이를 조절하였다.
- 사과 택배 5kg 포장은 난좌를 1단 투입하고 10kg일 경우 난좌 2단 투입, 15kg일때는 난좌 3단 투입하여 기존의 사과 포장방식과 동일하게 설계하였다.
- 사과 난좌는 5kg 상자 기준 과수는 14과, 16과 18과에 대하여 샘플을 개발 하였으며 그림 과 같다.

(3) 배용 난좌 개발을 위한 규격 측정

- 배는 7.5kg, 15kg으로 판매단위가 정해져 있어서 유통현장에서는 개당 중량단위 보다는 15kg 상자에 포장되는 배 과수를 단위로 통용되고 있었다. 배 품종별 선별기준은 표 00과 같으며 품종에 따라 중량과 크기가 차이가 있어 상자당 과수가 차이가 발생할 수 있다.
- 우리나라 대표적인 배 품종은 신고이며 전체의 약 75%를 차지하고 있다. 수확시기는 9월 초순부터 가능하며 과실의 크기는 450~500g으로 대과이며, 과형은 원형으로 좌우 대칭이고 반듯하다. 과피는 밝은 황갈색으로 착색되며 과면이 매끄럽고 곱다. 과육은 다소 단단한 편으로 유연하고 과즙이 많다.
- 황금배는 수확시기는 9월 하순으로. 과실의 크기는 400~450g으로 비교적 대과에 속하지만 신고배보다 약간 작으며 과형은 원형으로 균일하다. 과피는 황금색으로 착색되며 동녹이 발생하는 품종으로 동록 발생 정도는 지역 및 해에 따라서 차이가 있다. 일부 농가에서는 황금배를 수출용으로 재배하기도 하였다.
- 국내 배 품종으로는 추황배, 영산배, 화산배, 감천배, 수황배, 수정배, 단배, 풍수, 행수, 장십량, 만삼길, 금춘추, 골드이십세기, 신수 등이 있으며 신고배와 중량이 비슷한 것은 수정배, 수황배이며 영산배, 화산배, 감천배는 중량이 더 높아 선물세트용 배로 선호하고 있다.

표 3-36. 배 품종별 무게 등급 규격

구분 \ 호칭	특대	대	중	소
1개의 기준 무게(g)	이상	이상	이상	이상
신고	750	600	500	750
장십량	600	500	375	300
추황배	600	500	375	300
황금배	600	500	375	300
만삼길	750	600	500	375

- 대표적인 신고품종 배 7.5kg 8과의 중량, 직경, 높이 측정 결과로서 중량은 895g~967g (평균 923g), 직경은 124mm~130mm(평균 126mm), 높이는 100mm~109mm(평균 105mm)이었다.

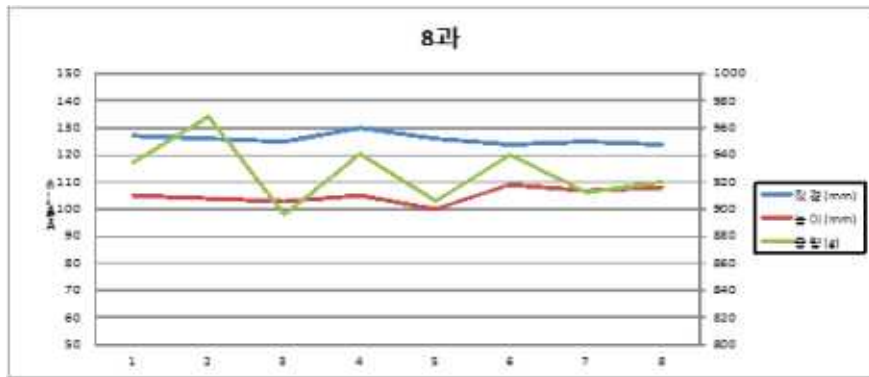


그림 3-117. 배 7.5kg - 8개입 중량, 직경, 높이 측정 결과

- 대표적인 신고품종 배 7.5kg 9과의 중량, 직경, 높이 측정 결과로서 중량은 773g~862g (평균 804g), 직경은 115mm~126mm(평균 120mm), 높이는 97mm~113mm(평균 103mm)이었다.

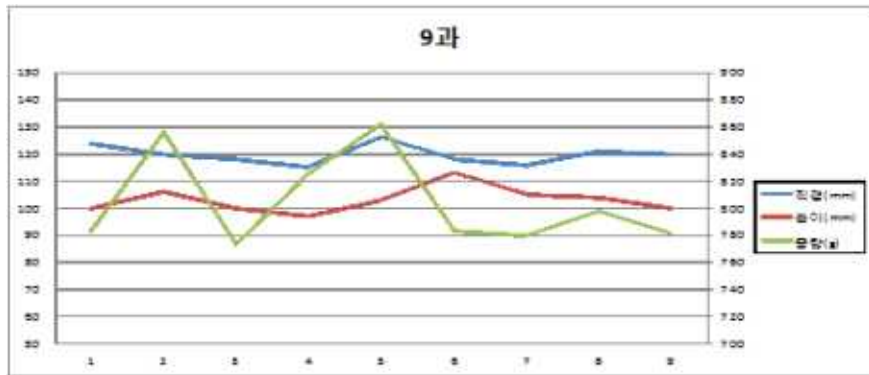


그림 3-118. 배 7.5kg - 9개입 중량, 직경, 높이 측정 결과

- 대표적인 신고품종 배 7.5kg 10과의 중량, 직경, 높이 측정 결과로서 중량은 702g~758g(평균 728g), 직경은 111mm~119mm(평균 115mm), 높이는 94mm~107mm(평균 100mm)이었다.

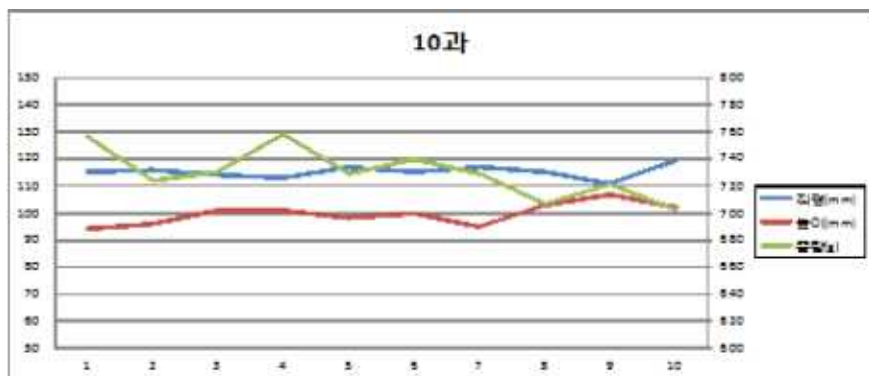


그림 3-119. 배 7.5kg - 10개입 중량, 직경, 높이 측정 결과

- 대표적인 신고품종 배 7.5kg 11과의 중량, 직경, 높이 측정 결과로서 중량은 678g~745g(평균 707g), 직경은 111mm~117mm(평균 114mm), 높이는 96mm~101mm(평균 99mm)이었다.

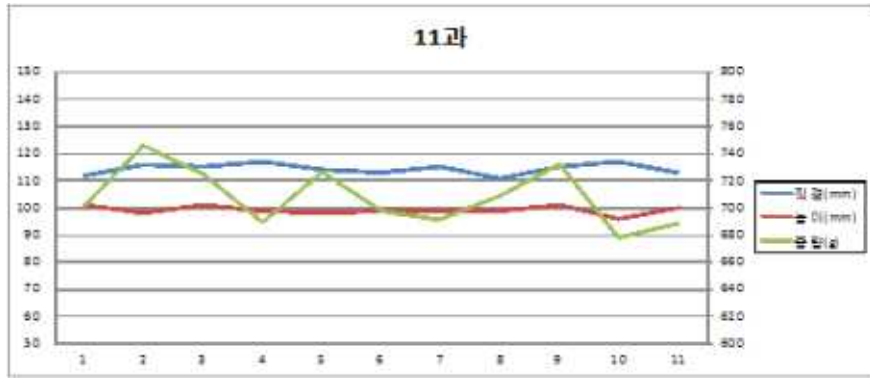


그림 3-120. 배 7.5kg - 11개입 중량, 직경, 높이 측정 결과

- 대표적인 신고품종 배 7.5kg 12과의 중량, 직경, 높이 측정 결과로서 중량은 620g~670g(평균 644g), 직경은 105mm~114mm(평균 110mm), 높이는 91mm~106mm(평균 99mm)이었다.

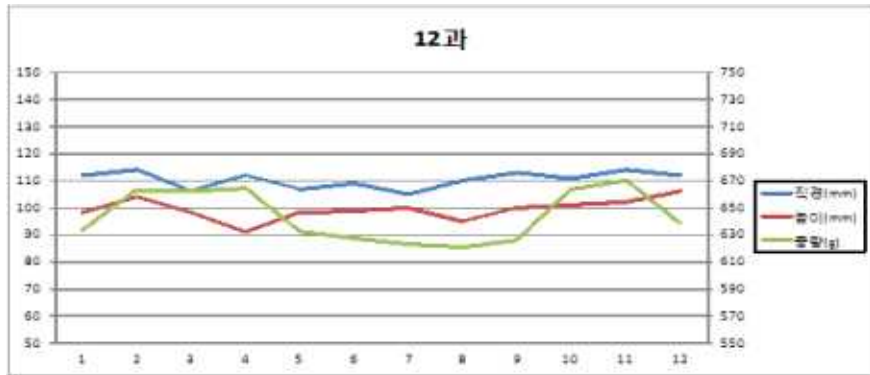


그림 3-121. 배 7.5kg - 12개입 중량, 직경, 높이 측정 결과

(4) 배 택배용 7.5kg 난좌 규격 개발

- 농산물 표준 출하 규격서 상의 배 표준 출하규격 포장단위는 5kg, 7.5kg, 10kg, 15kg이며 포장재 규격은 표 00와 같다.

표 3-37. 배 표준 출하 규격

거래단위	포장재종류	포장치수(mm)		
		길이	너비	높이
5kg	골판지(산물용)	314	235	230
	골판지(1단 속받침틀용)	440	330	130
7.5kg	골판지(1단 속받침틀용)	510	360	130
10kg	골판지(2단 속받침틀용)	440	330	240
15kg	골판지(2단 속받침틀용)	550	366	240
	골판지(2단 속받침틀용)	510	360	240

- 기존 배 난좌는 500mm×350mm로 제작되어 있으나 택배용은 난좌의 깊이가 깊어지는 구조로서 난좌의 규격이 커져야 하는데 파렛트 적재효율을 감안하여 사과와 마찬가지로

인 530mm×340mm로 결정을 하였다.

- 배 품종은 신고를 기준으로 과수별 난좌 홈의 직경과 높이는 9과는 $\varnothing 120\text{mm}$ 높이는 80mm, 10과는 $\varnothing 115\text{mm}$ 높이는 80mm, 11과는 $\varnothing 112\text{mm}$, 높이 80mm로 금형을 설계하였다.
- 따라서 상자의 규격은 550mm×360mm로 파렛트 적재효율을 극대화 하였으며 상자의 높이는 표준규격과 동일하게 높이를 조절하였으며 배 택배 7.5kg 포장은 난좌를 1단 투입하고 15kg일 경우 난좌 2단 투입하여 기존의 배 포장방식과 동일하게 설계하였다.
- 배 난좌는 7.5kg 상자 기준 과수는 8과~13과에 대하여 개발 하였으며 그림 과 같다.

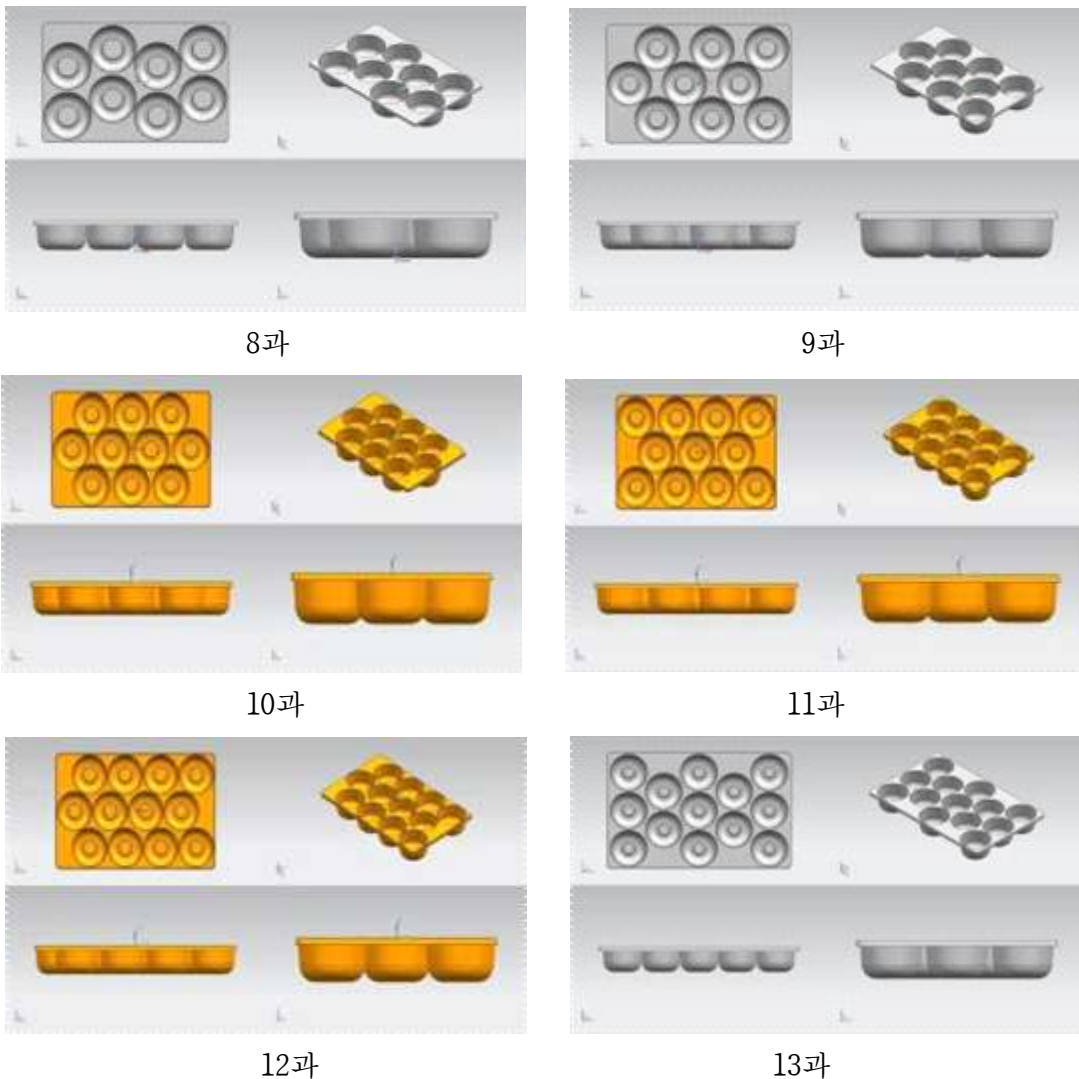


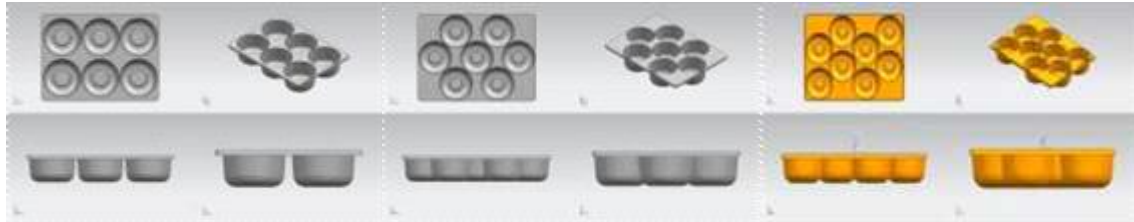
그림 3-122.배 7.5kg 난좌(8과~13과) 금형 도면

(5) 배 택배용 5kg 난좌 규격 개발

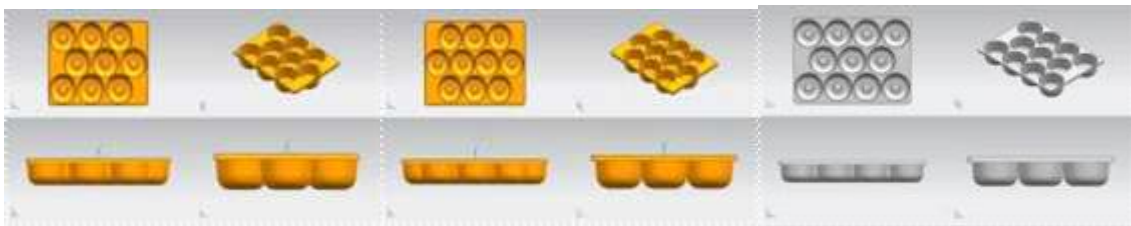
- 기존 배 난좌와 동일한 규격인 420mm×310mm로 개발하였으며 과수는 8과, 9과, 10과에 대하여 택배용 난좌 샘플을 개발하였다.
- 배 품종은 신고를 기준으로 과수별 난좌 홈의 직경과 높이는 8과는 $\varnothing 120\text{mm}$ 높이는

80mm, 9과는 $\varnothing 115\text{mm}$ 높이는 80mm, 10과는 $\varnothing 112\text{mm}$, 높이 80mm로 금형을 설계하였다.

- 배 택배 5kg 포장은 난좌를 1단 투입하고 10kg일 경우 난좌 2단 투입하여 기존의 배 포장방식과 동일하게 설계하였다. 따라서 상자의 규격은 $440\text{mm} \times 330\text{mm}$ 로 파렛트 적재 효율을 극대화 하였으며 상자의 높이는 표준규격과 동일하게 높이를 조절하였다.



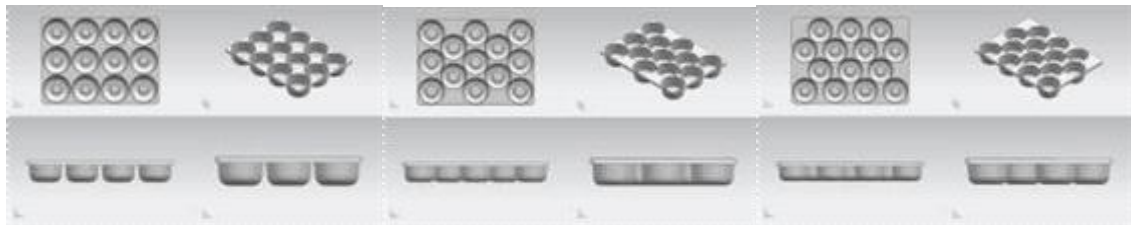
6과, 7과, 8과



9과,

10과,

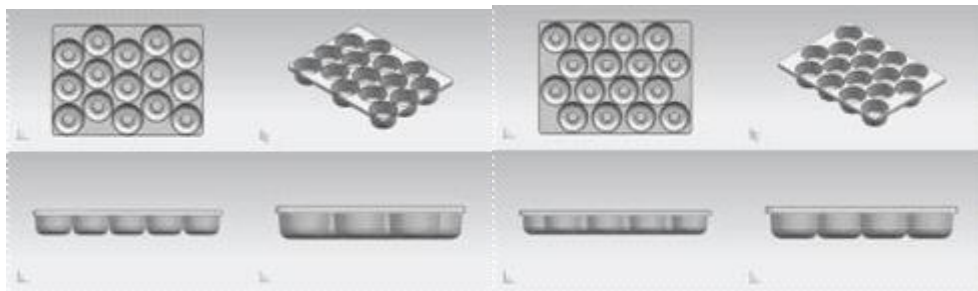
11과



12과,

13과,

14과



15과

16과

그림 3-123. 배 5kg 난좌(6과~16과) 금형 도면

4. 택배용 포장재 시제품 생산

가. 난좌 시제품 생산

(1) 사과 5kg용 난좌 3종 시제품 생산

- 사과 5kg을 포장할 수 있는 14과 난좌, 16과 난좌, 18과 난좌의 시제품을 그림 00과 같이 생산하였다. 파렛트 적재효율을 감안하여 규격은 $530\text{mm} \times 330\text{mm}$ 로 설계하였다. 농

가입장에서는 선물용으로 판매가 가능한 과수(13과~16과)에 포장재료비를 투자하여 부가가치를 향상시키고 있지만 과수가 작은 경우에는 별도의 난좌와 완충포장 없이 사과를 판매하기도 하고 있다.



그림 3-124. 사과 5kg용 14과 난좌 시제품



그림 3-125. 사과 5kg용 16과 난좌 시제품



그림 3-126. 사과 5kg용 18과 난좌 시제품

(2) 배 7.5kg용 난좌 3종 시제품 생산

○ 배 7.5kg을 포장할 수 있는 10과 난좌, 11과 난좌, 12과 난좌의 시제품을 그림 00과 같이 생산하였다. 파렛트 적재효율을 감안하여 규격은 530mm×330mm로 설계하였다. 배는 명절에 선물용으로 판매가 많은 것을 감안하여 소비자가 선호하는 10과, 11과, 12과에 대하여 난좌 시제품을 제작하였다.



그림 3-127. 배 7.5kg용 10과 난좌 시제품



그림 3-128. 배 7.5kg용 11과 난좌 시제품



그림 3-129. 배 7.5kg용 12과 난좌 시제품

(3) 배 5kg용 난좌 3종 시제품 생산

○ 배 5kg을 포장할 수 있는 8과 난좌, 9과 난좌, 10과 난좌의 시제품을 그림 00과 같이 생산하였다. 파렛트 적재효율을 감안하여 규격은 420mm×310mm로 설계하였다.

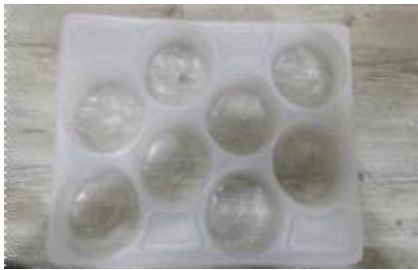


그림 3-130. 배 5kg용 8과 난좌 시제품



그림 3-131. 배 5kg용 9과 난좌 시제품

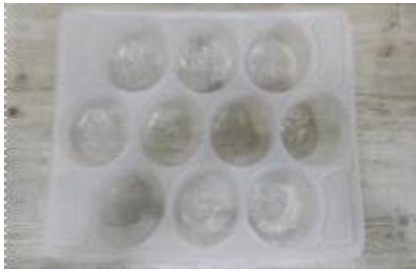


그림 3-132. 배 5kg용 10과 난좌 시제품

나. 골판지상자 샘플 제작

(1) 사과 택배용 골판지상자 3종 개발

- 사과 5kg 포장용은 5kg 난좌 1단을 포장하기 위해 550mm×360mm×110mm DW재질의 샘플 상자를 제작하였다. 10kg 포장용은 5kg 난좌 2단을 포장하기 위해 550mm×360mm×210mm DW재질의 샘플상자를 제작하였다. 15kg 포장용은 5kg 난좌 3단을 포장하기 위해 550mm×360mm×280mm SW재질(SK180/CK180/SK180, A골)의 샘플상자를 제작하였다.



그림 3-133. 사과 5kg용, 10kg용, 15kg용 골판지상자 샘플 제작

(2) 배 7.5kg 택배용 골판지상자 3종 개발

- 배 7.5kg 포장용은 7.5kg 난좌 1단을 포장하기 위해 550mm×360mm×120mm DW재질 (SK180/S120/K180/K180/SK180, E/B골)의 샘플상자를 제작하였다. 15kg 포장용은 7.5kg 난좌 2단을 포장하기 위해 550mm×360mm×240mm DW재질(SK180/CK180/K180/CK180/SK180, B/A골)의 샘플상자를 제작하였다. 15kg 포장용은 5kg 난좌 3단을 포장하기 위해 550mm×360mm×280mm DW재질(SK180/CK180/K180/CK180/SK180, B/A골)의 샘플상자를 제작하였다.



그림 3-134. 배 7.5kg용, 15kg용 골판지상자 샘플 제작

(2) 배 5kg 택배용 골판지상자 3종 개발

- 배 5kg 포장용은 5kg 난좌 1단을 포장하기 위해 440mm×330mm×110mm DW재질(SK180/S120/K180/K180/SK180, E/B골)의 샘플상자를 제작하였다. 10kg 포장용은 5kg 난좌 2단을 포장하기 위해 440mm×330mm×220mm DW재질(SK180/CK180/K180/CK180/SK180, B/A골)의 샘플상자를 제작하였다. 15kg 포장용은 5kg 난좌 3단을 포장하기 위해 440mm×330mm×280mm DW재질(SK180/CK180/K180/CK180/SK180, B/A골)의 샘플상자를 제작하였다.



그림 3-135. 배 5kg용, 10kg용, 15kg용 골판지상자 샘플 제작

(2) 사과 및 배 택배용 완충재 시제품 개발

- 농가에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 그물망을 골판지상자 바닥과 윗면에 2~3장씩 투입하는 방법으로 완충포장 설계를 실시하였다. 발포PE 쉬트를 검토하였으나 농가입장에서 별도로 구입을 하여야 하는 번거로움과 비용상승 및 재고관리 어려움 등으로 농가에서는 기존에 사용하던 포장재 사용을 더욱 선호하고 있었다.
- 다만 5kg 포장 시에는 2장씩 그물망을 투입하여도 되지만 10kg, 15kg 포장 시에는 골판지상자 바닥과 윗면에 3장씩 투입하는 것이 택배유통에서 파손을 최소화 할 수 있었다.



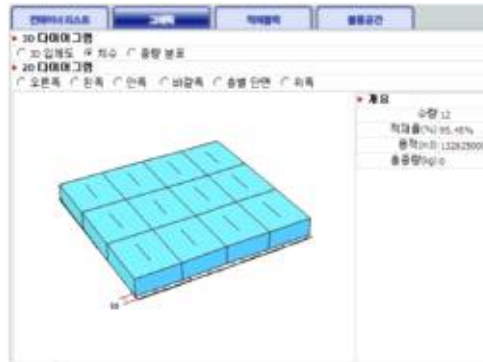
그림 3-136. 완충재로 사용되는 그물망 사진

5. 개발된 택배상자의 규격 표준화

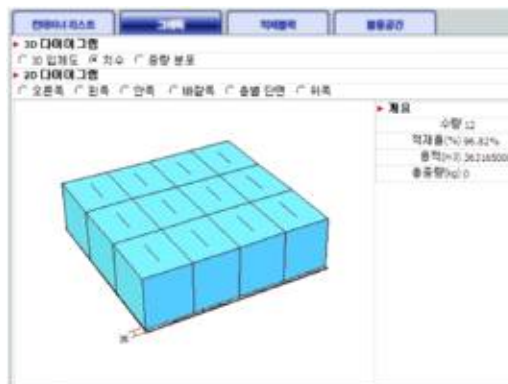
- 사과 택배제품의 파렛트 적재효율을 감안하여 난좌의 규격을 340mm×260mm로 결정하였으며 골판지상자의 규격을 2.5kg과 5kg은 SW(A골)을 사용하였으며, 7.5kg과 10kg은 상자의 압축강도를 감안하여 DW로 제작을 하였다.

○ 2.5kg과 5kg은 골판지상자의 외치수는 350mm×275mm로 1단 적재개수는 12개이며, 평면 적재효율 95.5%, 7.5kg과 10kg은 355mm×275mm로 1단 적재개수는 12개로 평면 적재효율 96.8%를 충족시켰다.

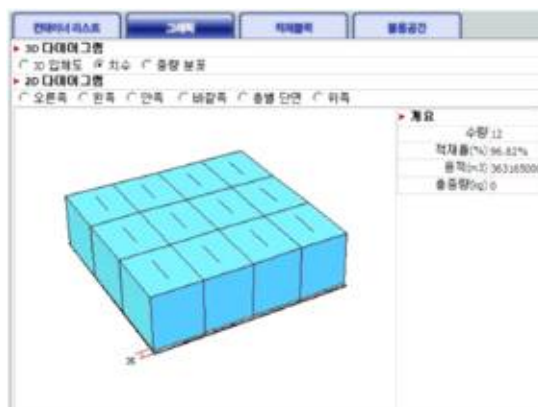
○ 사과 2.5kg(350×275×115mm, A골) 골판지상자의 적재효율-95.4%



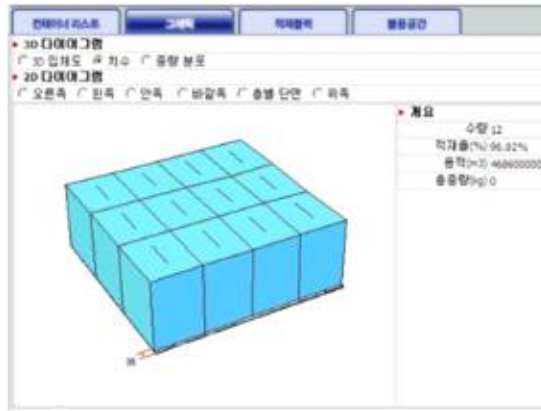
○ 사과 5kg(2.5kg×2단) (350mm×275mm×205mm, A골) 골판지상자의 적재효율-95.4%



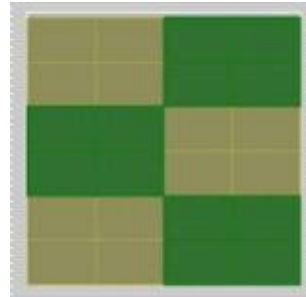
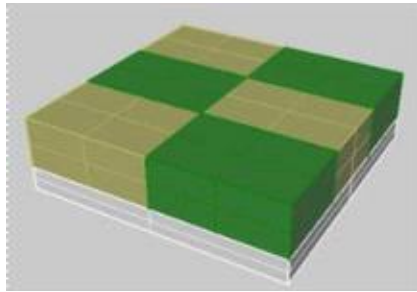
○ 사과 7.5kg(2.5kg×3단)(355×275×310mm, E/B골) 골판지상자의 적재효율-96.8%



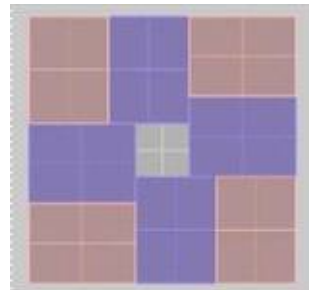
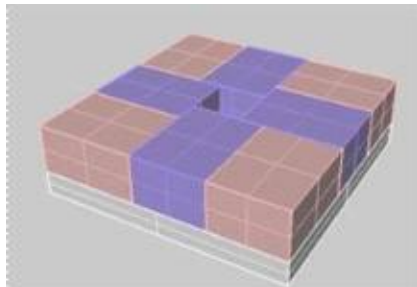
○ 사과 10kg(2.5kg×4단)(361×281×409mm, B/A골) 골판지상자의 적재효율-96.8%



- 배 7.5kg(550mm × 365mm × 140mm, E/B골) 골판지상자의 적재효율-99.5%
- 사과 5kg(5kg × 1단)(550mm × 365mm × 140mm, E/B골) 골판지상자의 적재효율-99.5%



- 배 5kg(440mm × 330mm × 140mm, E/B골) 골판지상자의 적재효율-96.0%



제 6 절 택배유통 시뮬레이션을 통한 문제점 분석 및 보완

1. 택배유통 시뮬레이션을 통한 포장방법 개발

- 본 연구에서는 1차년도에 측정된 그림 (3-137)과 같이 택배유통 진동수준인 PSD(Power Spectral Density)와 그림 (3-139) 및 그림 (3-140)과 같이 유통 중 발생하는 충격(shock) 프로파일(반사인파, 사다리꼴파)을 이용하여 택배 완충포장의 적정 방법을 개발하고자 하였다.

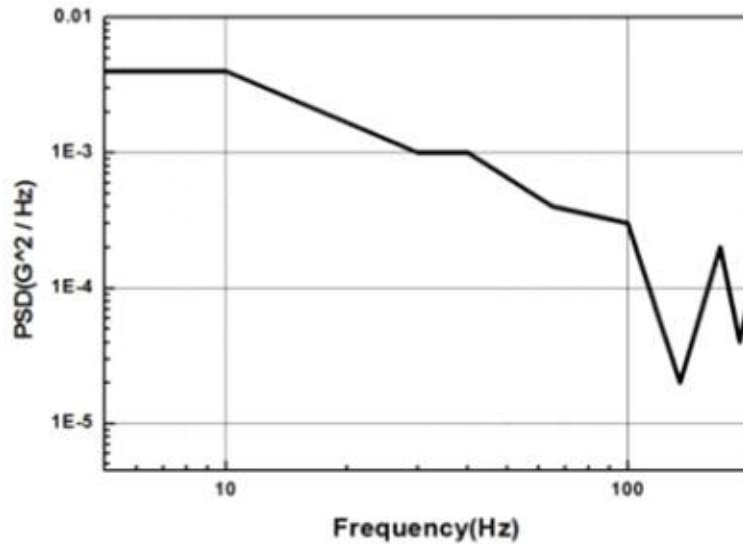


그림 3-137. 국내 택배 유통환경에 대한 PSD 프로파일

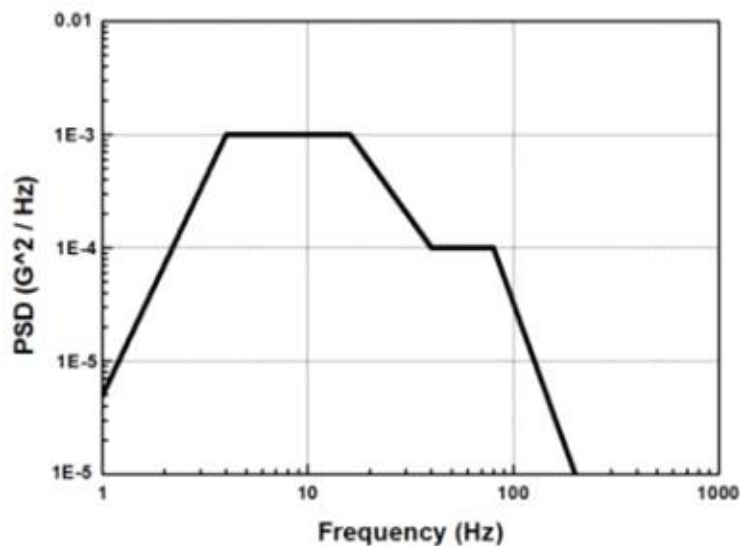


그림 3-138. ASTM D4728 시험규정 PSD 프로파일

- 일반적인 ASTM (American Society for Testing Materials) D4728 시험규정에서 제시하고 있는 수송경로에 대한 PSD(0.52 Grms)는 그림 (3-138)과 같으며, 국내 택배 유통환경의 PSD(0.63 Grms)에 비해 작은 밀도로 구성되어 국내 택배 유통환경이 매우 열악한 것을 알 수 있었으며, 본 연구에서는 실제 측정된 택배 유통환경에 대한 PSD를 직접 진동시험기에 입력하여 실험하였다.

- 본 연구에서는 충격시험의 경우 MIL-STD-810F에서 규정하고 있는 half-sine의 단일파형을 이용한 충격시험을 수행하였으며 충격 가속도는 16 G 그리고 충격 접촉시간 (time duration)은 7 ms 그리고 완충포장 재료를 각각 달리하여 실험을 실시하였다.

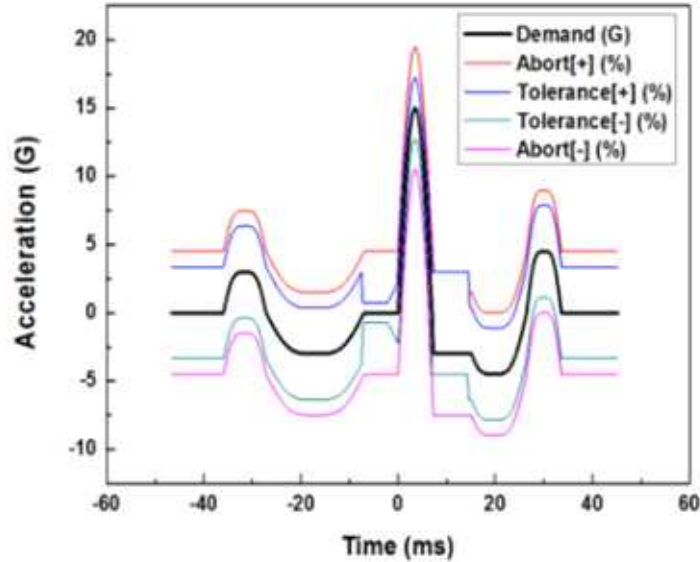


그림 3-139. 충격시험에 적용된 반사인파(half sine) 충격 프로파일

- 본 연구에서는 택배유통 시뮬레이션을 위한 랜덤진동 및 충격시험에 대한 실험구성을 그림 (3-140)에서 보는 바와 같이 전자식 가진기(ETS-150, ETS solution사, USA), 입력되는 진동 및 충격 프로파일을 제어하기 위한 4채널 A/D보드가 내장된 컨트롤러, 배의 진동 및 충격 신호를 계측하기 위한 가속도 센서 그리고 컴퓨터로 구성하였다.
- 또한, 진동 및 충격시험에 사용된 가속도 센서는 경량으로 유연한 케이블을 가지고 있는 1축의 압전형 가속도 센서(KISTLER, 100 g)를 사용하였으며 과실 시편의 위쪽 중앙 부위와 가진기에 가속도 센서를 부착하여 과실시편과 가진기의 가속도를 계측하였다. 또한 진동 및 충격 실험 시, 과실시편의 상대적인 변위를 억제하기 위해 양면테이프 및 종이테이프를 사용하여 고정하였다.

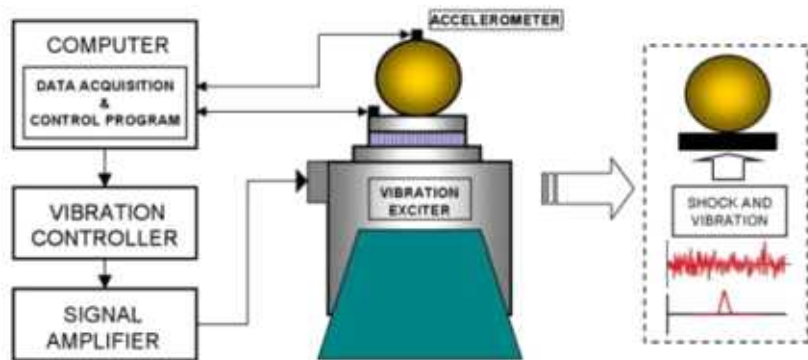


그림 3-140. 택배유통 시뮬레이션을 위한 랜덤진동 및 충격시험 구성도

- 실험에 사용된 포장완충용 골판지의 물성은 표 (3-27)에서 보는바와 같이 국내에서 보편적으로 사용되고 있는 이중양면 골판지(double-wall corrugated fiberboard)로 AB골로

서 사용된 골심지는 S120 원지를 사용하였으며, 본 실험을 위하여 골판지를 10×10 mm 로 잘라서 실험재료로 사용하였다.

표 3-38. 골판지 포장 완충 재료의 원지구성

Items	Composition and size properties	
Corrugated Fiberboard	SW ^a	SK180/S150/K180
	DW ^b	SK180/S120/S120/K180/K190

(a) Single wall corrugated fiberboard, (b) Double wall corrugated fiberboard

- 표 (3-28)은 플라스틱 계열의 포장완충 재료를 보여주고 있다. 포장용기 내부의 완충 패드로 사용한 재료는 발포폴리에틸렌(Extended Polyurethane)으로서 모양에 따라서 Cushion Pad와 Cushion Net으로 구분하였다.

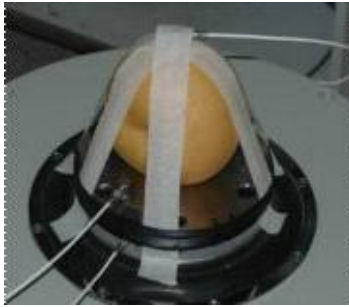
표 3-39. 플라스틱 계열의 완충포장 재료의 물성

Items	Composition and size properties		Density [kg/m ³]
Cushion Pad	EPE ^c	thickness, 10 mm	480
Cushion Net	AB ^d	cap radius, 3 mm	940

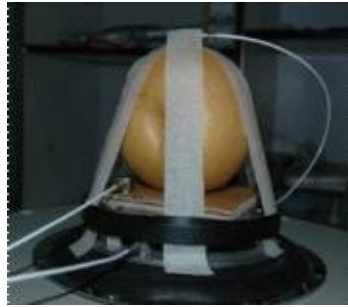
(c) Extended Polyurethane, (d) Net with big radius, polyethylen

- 본 연구에서는 그림 (3-141)과 같이 사과에 비해 충격에 민감한 배(신고품종)에 골판지 완충패드, 플라스틱 완충 패드(pad, cup) 및 넷(net)를 구성하여 완충재에 따른 랜덤 및 충격실험을 통한 배의 완충효과를 평가하여, 최적의 포장방법을 제시하고자 하였다.
- 국내 택배 유통환경의 PSD 프로파일을 이용하여 랜덤 진동실험을 수행하여 포장완충재의 종류 및 조합에 따른 배의 진동 및 충격특성을 그림 (3-142) 및 그림 (3-143)에 나타내었다.
- 각각의 완충재에 놓여진 단일 배에 대한 유통 시뮬레이션 PSD 결과는 그림 (3-142)와 같이 단일배의 경우에는 0.0212~0.0481 G²/Hz, AB골 골판지만 적용하였을 시에 0.0197~0.0426 G²/Hz, AB골 골판지와 cup 완충재를 적용했을 시 0.0079~0.0328 G²/Hz, AB골 골판지와 net 완충재를 적용했을 시 0.0060~0.0154G²/Hz 범위로 계측 되었으며, A골 골판지 적용하였을 때는 AB골 골판지 적용한 것과 큰 차이는 나타나지 않았다.
- 충격(shock)시험 결과는 그림 (3-143)와 같이 입력가속도(16G)에 대하여 단일배의 경우에는 23.1~24.3 G, AB골 골판지만 적용하였을 시에 19.2~22.4 G, AB골 골판지와 cup 완충재를 적용했을 시 14.7~17.4 G²/Hz, AB골 골판지와 net 완충재를 적용했을 시 12.3~14.1 G 범위로 계측 되었다. A골 골판지 적용하였을 때는 AB골 골판지 적용한 것과 큰 차이는 나타나지 않았다.

○ 본 실험을 통해 골판지를 완충패드로 사용할 경우 두께에 따른 큰 차이는 발생하지 않으며, 플라스틱 재료는 완충컵(cushion cup) 보다는 완충망(cushion net)을 사용하는 것이 유통 중 발생하는 충격감소에 유리한 것을 알 수가 있었다.



(a) 단일배



(b) 단일배 + AB골



(c) 단일배 + AB골 + 완충패드



(d) 단일배 + AB골 + 완충넛



(e) 단일배 + A골

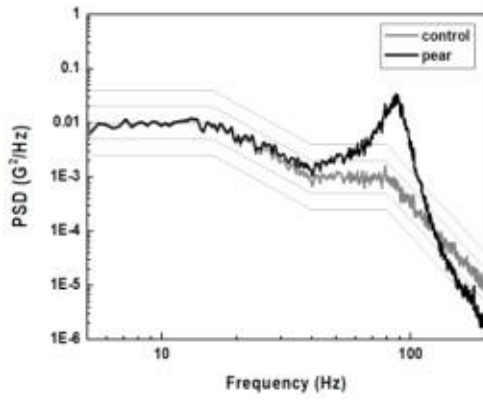


(f) 단일배 + A골 + 완충패드

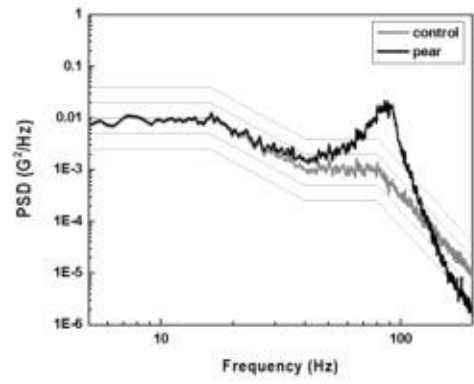


(g) 단일배 + A골 + 완충넛

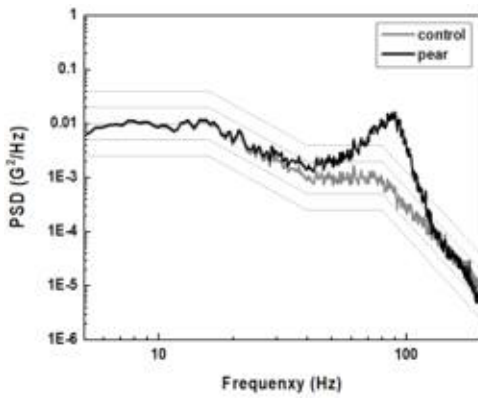
그림 3-141. 전자식 진동시험기를 이용한 배의 진동 및 충격시험



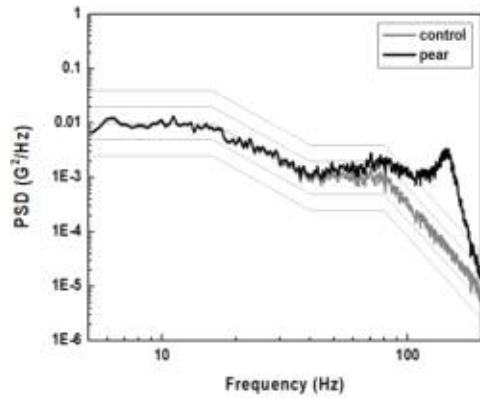
(a) 단일배



(b) 단일배+골판지(DW)

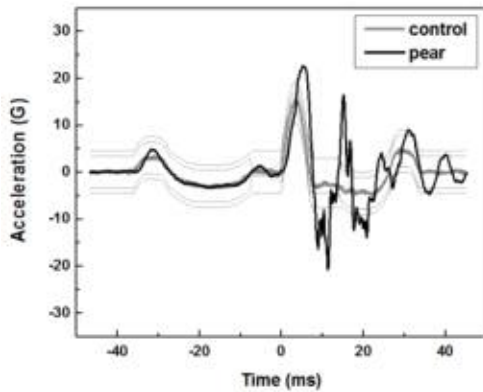


(c) 단일배+AB골+완충칩

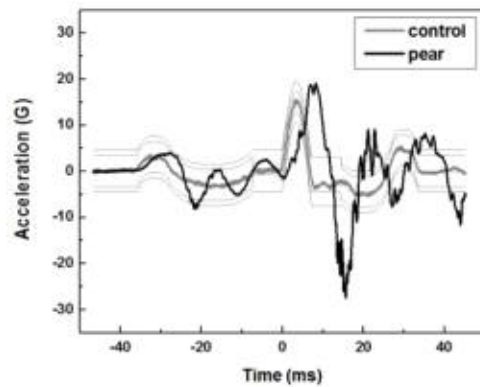


(d) 단일배+AB골+완충망

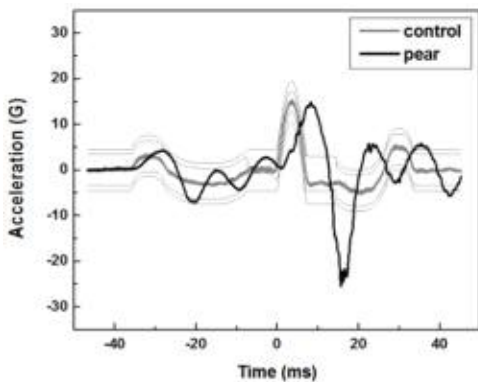
그림 3-142. 전자식 진동시험기를 완충재 적용별 단일배의 랜덤 진동시험 결과



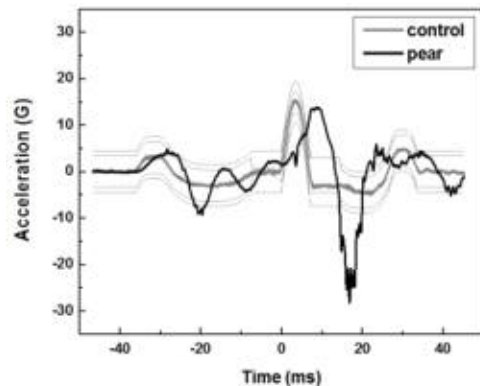
(a) 단일배



(b) 단일배+골판지(DW)



(c) 단일배+AB골+완충칩



(d) 단일배+AB골+완충망

그림 3-143. 전자식 진동시험기를 완충재 적용별 단일배의 충격시험 결과

- 완충재 적용별 배의 랜덤 진동 및 충격에 의한 반응을 계측 및 분석하기 위하여 적용되었던 방법을 이용하여 기존에 사용되고 있는 사과 및 배 포장 전체 시스템에 대한 유통 시뮬레이션 실험(진동, 충격)을 그림 (3-144), (3-145) 및 (3-146)과 같이 실시하였다.



그림 3-144. 전자식 진동시험기를 이용한 사과 포장화물의 진동 및 충격시험



그림 3-145. 전자식 진동시험기를 이용한 배 포장화물의 진동 및 충격시험 1



그림 3-146. 전자식 진동시험기를 이용한 배 포장화물의 진동 및 충격시험 2

- 그림과 같이 유연한 케이블을 가진 충격센서인 1축의 압전형 가속도 센서(KISTLER, 100 g)를 사과 및 배의 상단에 접촉하여 단일 포장상자에 대한 랜덤진동 및 충격시험을 실시하였으며, 시험시 포장상자가 움직이는 것을 방지하기 위해 강성이 좋은 고무줄을 이용하여 고정하였다.
- 그림 (3-147) 및 (3-148)은 1차년도에 계측된 택배 유통환경 PSD 프로파일을 이용하여 전자식 진동시험기로 시험된 포장상자내 사과의 반응 PSD 및 충격결과를 나타낸 것이다. 그림을 통해서 사과의 공진주파수 대역에서 PSD가 급격히 증가 되며, 충격시험결과 입력 충격가속도(16 G)에 비해 38% 증가된 가속도(22 G)가 출력되었다. 즉 현재 유통되고 있는 사과 포장시스템(골판지패드/PS난좌/PS패드(cup))을 실제적으로 택배 유통용을 사용하게 되면 유통과정 중에 급격한 PSD의 증가가 발생하게 되고, 이는 곧 사과가 받게 되는 충격가속도가 증가하게 되어 사과의 손상이 발생할 확률이 매우 높게 되는 것이다.
- 그림 (3-149) 및 (3-150)은 택배 유통환경 PSD 프로파일을 이용하여 전자식 진동시험기로 시험된 포장상자내 배의 반응 PSD 및 충격결과를 나타낸 것이다. 그림을 통해서 배의 공진주파수 대역에서 PSD가 급격히 증가하며, 사과에 비해 약간 작은 PSD가 계측되었고, 충격시험결과 입력 충격가속도(16 G)에 비해 7% 감소된 가속도(15 G)가 출력되었다. 즉 현재 유통되고 있는 배 포장시스템(골판지패드/PS난좌/PS망(net))을 실제적으로 택배 유통용을 사용하게 되면 유통과정 중에 급격한 PSD의 증가가 발생하게 되고, 이는 곧 배가 받게 되는 충격가속도가 증가하지만 다른 포장완충재에 비해서 배의 손상이 발생할 확률이 낮다.

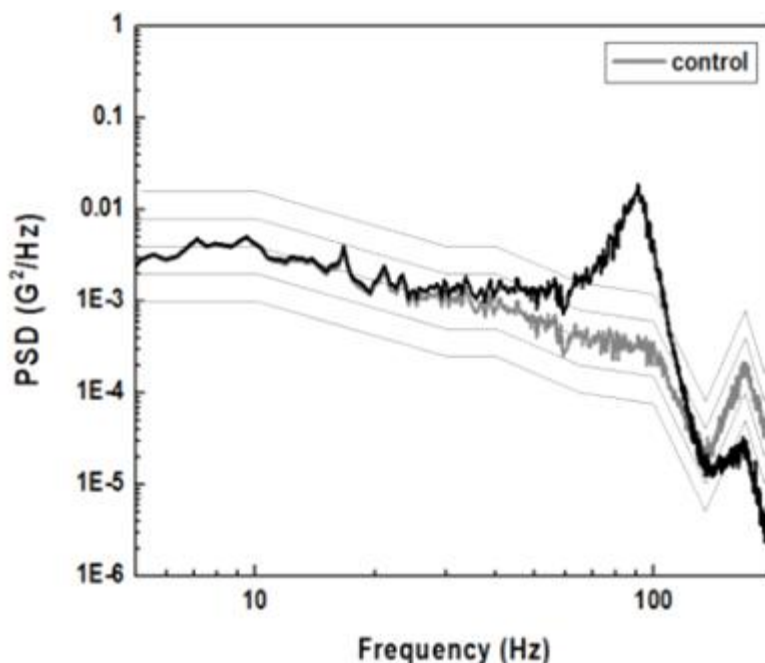


그림 3-147. 전자식 진동시험기를 이용한 사과 포장화물의 랜덤 진동 시험결과

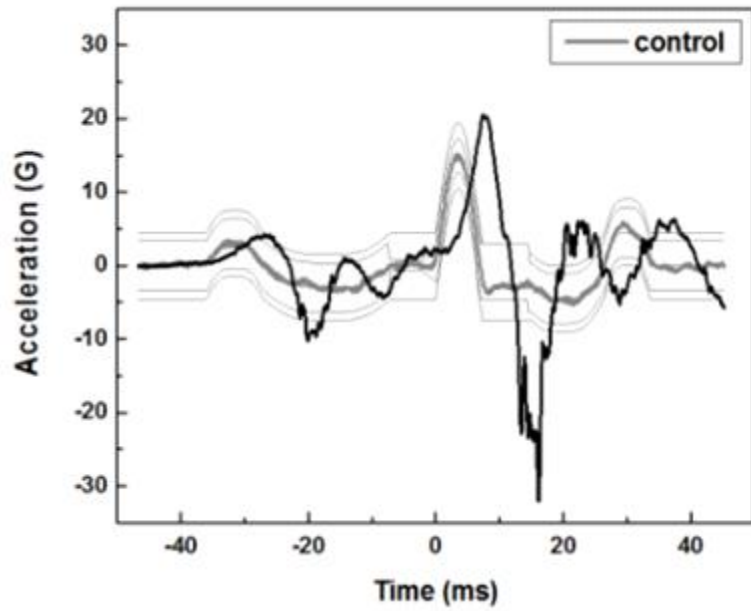


그림 3-148. 전자식 충격시험기를 이용한 사과 포장화물의 충격(shock) 시험결과

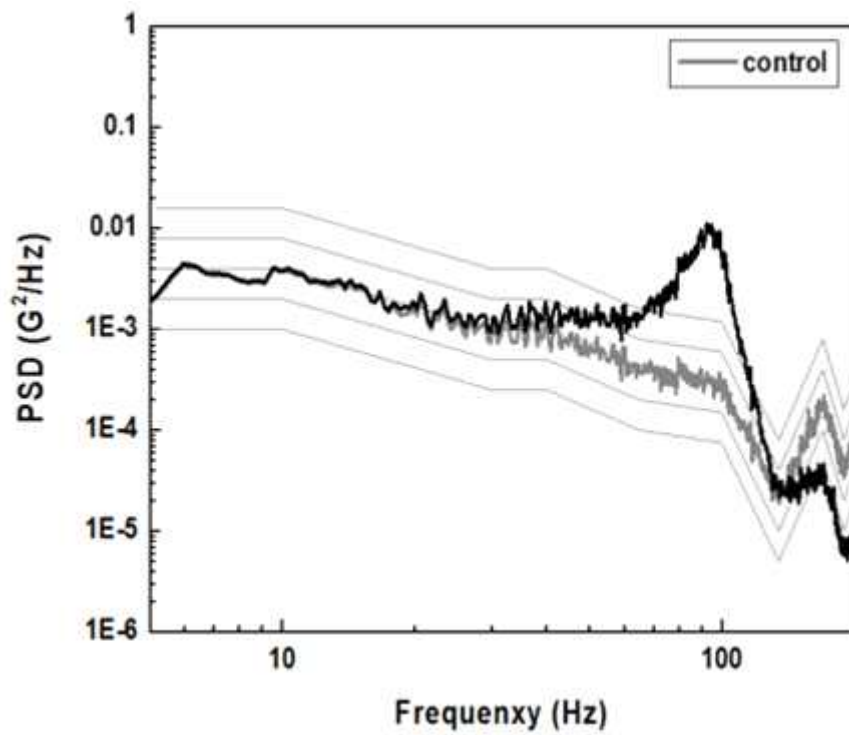


그림 3-149. 전자식 진동시험기를 이용한 배 포장화물의 랜덤 진동 시험결과

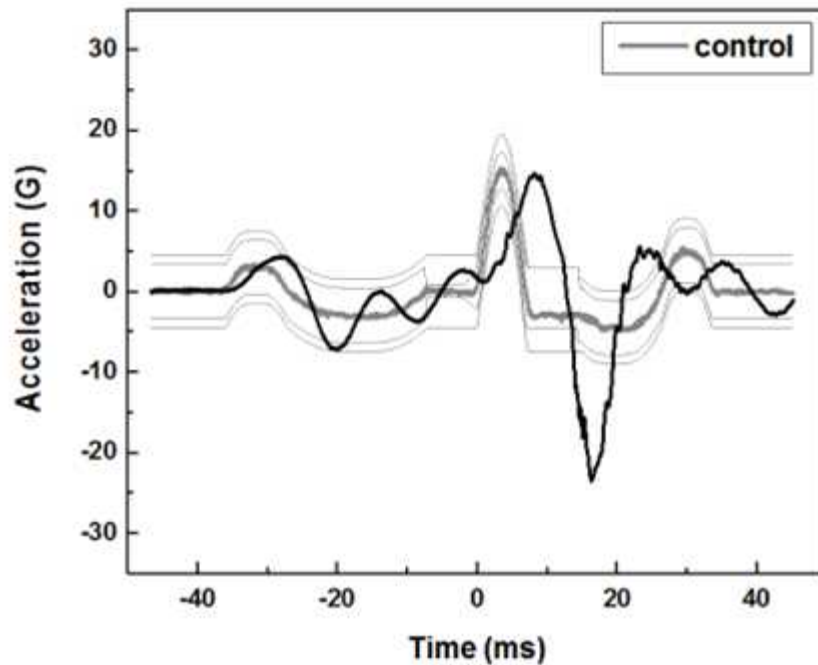


그림 3-150. 전자식 충격시험기를 이용한 배 포장화물의 충격(shock) 시험결과

- 위의 결과를 토대로, 사과 및 배의 완충재는 완충패드보다는 완충망을 사용하는 것이 더 효율적이라는 것을 알게 되었다. 따라서 본 연구에서는 사과, 배의 유통과정 중 움직임에 의한 손상방지 및 고정용 난좌를 개발하고, 난좌에 고정된 사과 및 배의 완충 효과를 극대화하기 위해 난좌 상단 및 하단에 완충망(PS cushion net)을 펼쳐 적입하는 포장 완충시스템을 도출하였다.

2. 시뮬레이션을 통한 택배유통 클레임발생 원인 분석

- 일반적으로 소비자의 과실의 택배 유통 중 클레임이 발생하는 것은 두 가지로 구분하여 분석할 수 있다. 첫 번째는 저품질 제품으로 인한 클레임, 두 번째는 택배 유통 과정 중 제품의 손상에 의한 클레임이다. 본 연구는 두 번째인 유통 과정 중 과실의 손상 억제를 통해 소비자의 클레임이 발생하지 않도록 하는 것이며, 과실이 택배 유통 중 손상될 수 있는 원인을 분석하고자 하였다.
- 따라서, 2차년도에 계측 및 분석된 택배 유통환경 프로파일 분석을 통해 택배 유통 중에 발생된 과실의 손상을 제공하는 환경을 예측할 수 있으며, 그림 (2-15)는 목포-화성 구간의 택배 유통환경에 대한 프로파일 (충격가속도, 진동충격, 낙하충격)을 보여주고 있다.
- 그림 (3-151)와 같이 택배 유통환경 프로파일을 분석해보면 충격가속도, 진동수준 및 낙하충격 발생이 몇 구간에서 집중적으로 발생하는 것을 알 수가 있다. 그 첫 번째는 택배회사의 택배 수령 후 물품을 각 지역별 분류센터로 이송 후 상/하차 작업 및 분류 작업에 대한 시간대에서 집중적으로 발생되며, 다음으로는 지역별로 분류된 택배물품을 지역별 운송 차량에 싣는 과정에서 발생하게 된다. 또한, 각 지역 내 위치한 중간 분류센터에서의 상/하차 작업과 택배원의 택배 상/하차 과정에서 집중적으로 발생되게

된다. 그림 (3-151)에서 이 과정 중에 600mm 이상의 높이에서 낙하되는 충격을 받기도 한다.

- 이처럼 실제적인 급격한 충격가속도의 변화는 차량의 이동시에는 거의 발생되지 않으며, 인력에 의한 상/하차 및 운반 등의 작업시에 대부분 발생하는 것을 알 수가 있었다. 따라서, 과실의 경우 택배 유통과정 중에 손상이 발생하는 환경은 인력에 의한 작업시에 발생될 수 있다는 것이다.
- 이러한 손상에 의한 클레임을 방지하기 위해서는 인력에 의한 작업시 발생하는 환경을 없애는 것이 제일 좋지만, 현재로서는 인력 작업 중에 발생하는 충격력을 견딜 수 있는 완충포장을 설계하는 것이 제일 용이하며, 본 연구에서도 모든 과정의 유통환경을 분석하여 사과, 배 택배 전용 완충포장시스템을 개발하였다.

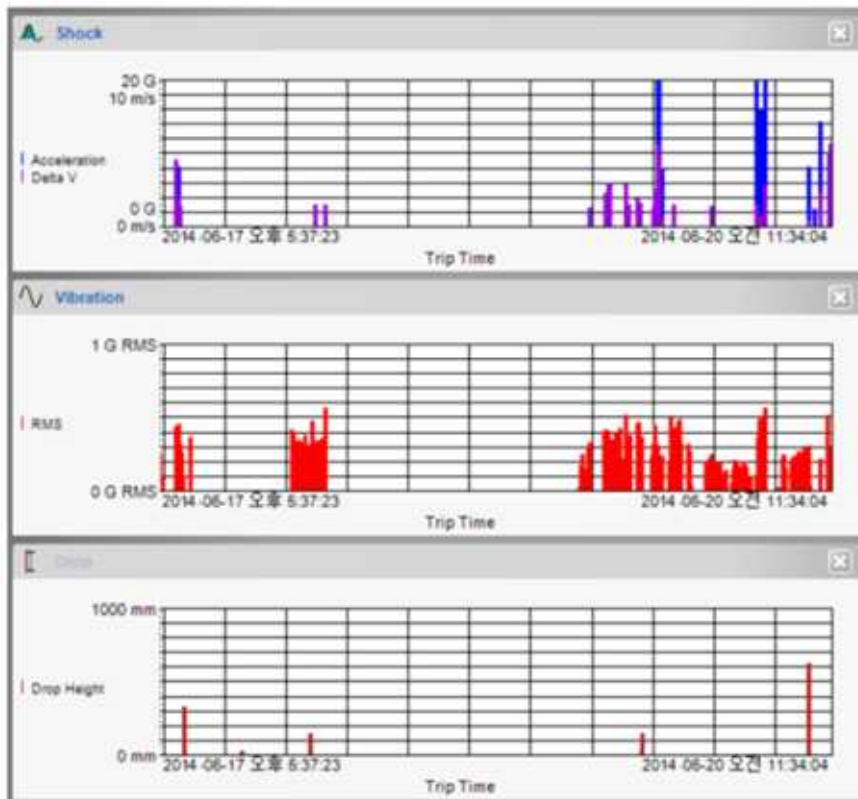


그림 3-151. 목포-화성구간 택배유통 프로파일 (Shock, Vibration, Drop)

3. 사과 및 배 택배유통 시험을 통한 문제점 분석 및 보완

- 본 연구에서는 그림 (3-152), (3-153), (3-154) 및 (3-155)와 같이 사과 및 배 택배유통 시험을 통해 2차년도 개발 시제품에 대한 문제점 분석하고 보완하고자 하였다. 그림에서 보는 바와 같이 충격가속도 센서를 택배용 포장상자내 사과 및 배의 상단부위에 접착한 후 난좌 상/하단에 PE 완충망을 깔고 덮은 후에 상자를 밀봉한 후에 전자식 진동시험기에 고정한 후 1차년도에 계측된 택배 유통환경 PSD를 이용하여 진동시험을 실시하였다.



그림 3-152. 사과 택배유통 시험 샘플



그림 3-153. 사과 택배유통 진동시험



그림 3-154. 배 택배유통 시험 샘플



그림 3-155. 배 택배유통 진동시험

- 그림 (3-156) 및 (3-157)는 전자식 진동시험기를 이용하여 사과 및 배의 택배 유통 시험을 통해 계측된 PSD를 보여주고 있다. 일반적으로 사과와 배의 유통 중 발생하는 공진주파수는 62 ~ 220 Hz의 대역이다. 하지만 개발 시제품 및 완충포장방법이 과실의 충격가속도의 감소효과면에서는 충분한 가능성은 있지만 사과 및 배의 공진주파수 대역에서의 충격가속도의 증가에 대한 보완이 필요한 것으로 판단되었다.
- 그 이유는 2차년도에서 개발된 PP 난좌가 사과 및 배를 일정부분 고정시켜 주지만 진동 및 충격이 심한 경우 즉, 사과 및 배의 공진주파수 대역의 유통환경이 발생하게 되면 공진에 의한 충격가속도가 갑자기 증가하는 현상이 발생되게 되므로 고정이 어려워 충격가속도가 증가하는 것으로 판단되었다.

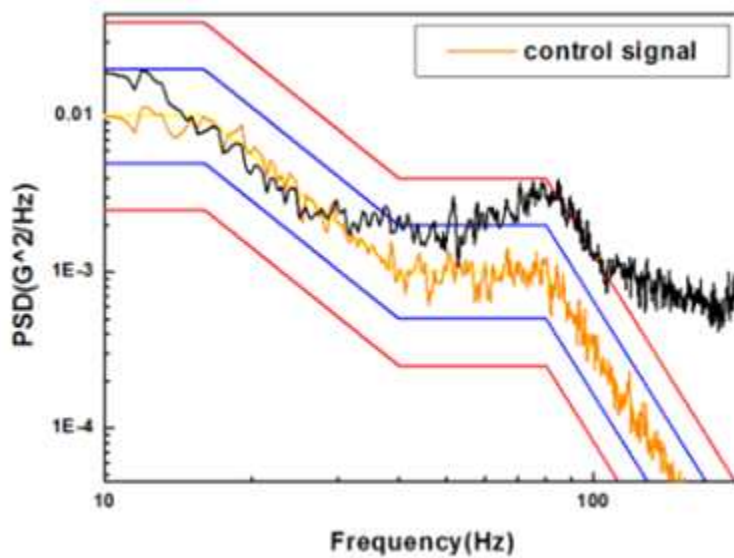


그림 3-156. 사과의 택배유통 진동시험 결과

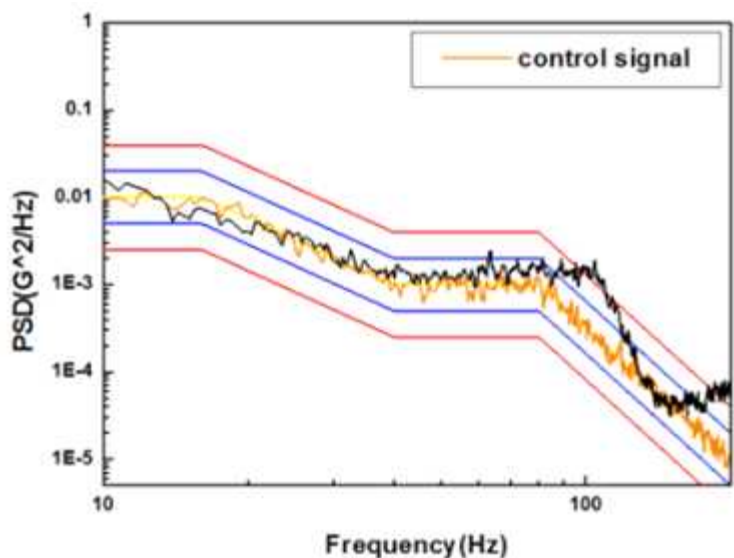


그림 3-157. 배의 택배유통 진동시험 결과

- 이러한 문제점을 고려하여 난좌 설계시 사과 및 배를 좀 더 고정할 수 있는 방법들을 적용한다면 공진주파수 대역에서의 충격가속도 증가현상을 방지할 수 있을 것으로 판단되었다.

4. 실제 택배 유통시험 실시

- 본 연구에서 1/2차 개발된 시제품 난좌 및 포장완충재(cushion net)를 이용한 택배용 포장시스템을 이용하여 택배 유통시험을 1차에 걸쳐 실시하였다. 그림 (2-22) 및 (2-23)은 개발된 사과 및 배의 택배용 포장시스템 내부에 충격가속도, 온도 및 습도를 측정할 수 있는 무선 충전용 데이터로거 SAVER (3X90, Lansmont Co., USA)를 장착하여 1차년도와 같은 경로인 화성-김해 (사과, 배 - 경동택배) 구간에 대한 택배 유통시험을 실시하였다.



그림 3-158. 배 택배포장 개발 시제품에 대한 택배 시험 샘플



그림 3-159. 사과 택배포장 개발 시제품에 대한 택배 시험 샘플

- 그림 (3-161) 및 (3-162)은 김해-화성구간에 대한 사과 및 배의 전체 택배 유통시간에 대한 충격가속도 분포를 나타낸 것으로 2차년도 시제품 1/2차 개발품에 대한 택배 유통경로의 충격가속도 분포도이며, 그림 (3-160)은 1차년도에 계측된 충격가속도 분포도이다.
- 그림 (3-160)에서 알 수 있듯이 1차년도 유통 충격가속도 분포도에는 10 G이상의 충격가속도가 계측되어 택배유통의 열악함을 알 수 있었으며, 그림 (3-161) 및 (162)와 같이 사과 및 배의 시제품에 대한 택배 유통시험을 통해 10 G 이상의 충격가속도는 발생하지 않았으며, 과실의 손상에 영향을 미치는 급격한 가속도의 속도변화는 발생하지 않았다.

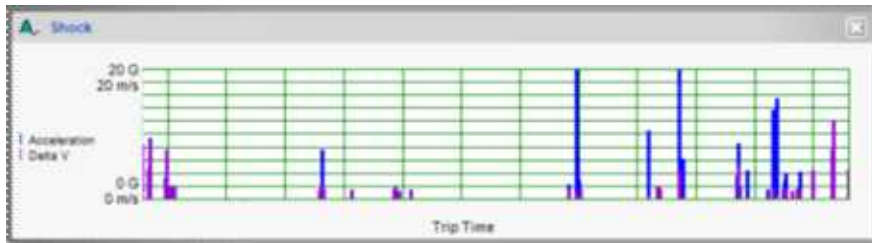


그림 3-160. 1차년도 김해-화성구간 택배 유통 충격가속도 분포도

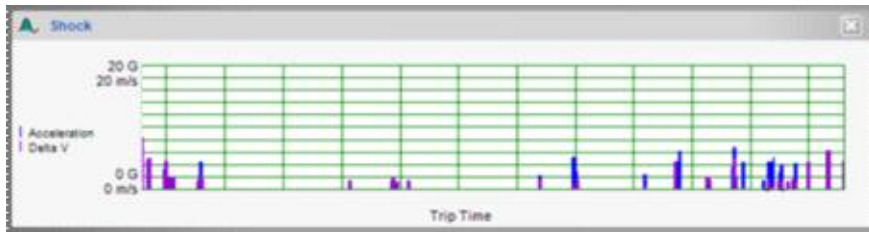


그림 3-161. 2차년도 개발 시제품 김해-화성구간 택배 유통 충격가속도 분포도 (사과)



그림 3-162. 2차년도 개발 시제품 김해-화성구간 택배 유통 충격가속도 분포도 (배)

- 또한, 사과 및 배의 손상은 발생하지 않았으며, 택배용으로 충분히 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 이처럼 2차년도 택배 유통 실험을 통해 시제품에 대한 성능을 계측 및 분석하였으며, 택배 유통 중 발생하는 충격가속도의 감소 효과를 확인 할 수 있었다. 이러한 결과를 토대로 최종 개발품 및 택배 유통에 적용에 따른 다양한 제품들을 개발할 계획이다.

제 7 절 사과, 배 택배포장재 실용화

1. 택배용 난좌 금형 개발

가. 사과 2.5kg 난좌 금형 개발(3종)

- 1년차에 개발된 난좌는 과일을 꺼내기 쉽도록 홈이 있었는데 이 부분이 택배유통 중에 외부 충격을 받았을 때 사과의 중앙부가 찍혀 멍이 드는 문제가 발생하였다 이를 보완하기 위해서 2차년도 난좌 금형 개발 시에는 규격은 변경하지 않고 홈을 없애서 금형을 개발하였다.
- 경기도 포천시 일신농원에서 시나노화이트 품종에 대하여 택배실험을 실시하였다. 시나노화이트는 9월 말부터 수확이 시작되며 맛이 아삭거리고 당도가 높아 인기가 있는 신품종이지만 택배배송 중에 파손에 따른 클레임이 많이 발생하는 품목으로 농가에서 택배포장 개발요구가 상당히 높은 품종이다.
- 시나노화이트 10kg 택배판매용 포장 방식은 사과에 완충재를 사진과 같이 씌워서 5kg 난좌에 포장하고 가운데 골판지 패드를 투입하고 다시 5kg 난좌에 사과를 포장하여 택배판매를 하고 있었다.
- 택배로 구입한 후 상자를 개봉하였을 때 사과의 상태는 오른쪽 그림과 같은 상태로 파손율은 78%로 대부분이 멍이 들거나 누르면 사과 과즙이 나올 만큼 심하게 외상을 받은 상태이었다. 이런 현상의 원인으로는 난좌가 파손되어 사과의 고정작용이 효과적으로 이루어지지 않았고 완충재로 사용된 팬캡이 택배과정 중에 외부 충격과 진동을 받아 벗겨지는 현상이 발생되어 완충재의 역할을 하지 못하였기 때문으로 판단되었다.



택배발송전 포장상태



택배 받은 후 포장상태

그림 3-163. 택배 발송전 포장상태와 받은 후 포장상태 비교

- 개발된 사과 택배전용 포장재를 이용하여 사과에 별도의 완충재를 사용하지 않고 난좌와 완충패드만을 사용하여 택배실험을 실시한 결과 파손율은 20% 이내로 나타나 기존방법 78% 파손율에 비해 현저히 낮은 결과를 얻었으며 농가와 협의한 결과 충분히 사용할 가치가 있는 포장재라는 것을 검증 받았다.



그림 3-164. 시나노화이트 택배유통 실험 결과

- 택배로 배송된 사과 품질을 확인한 결과 사과끼리 부딪쳐서 발생하는 멍은 거의 없었지만 외부 충격을 강하게 받을 경우 난좌에서 사과를 쉽게 꺼낼 수 있는 기능을 주기 위해 설계된 홈 부분에 사과가 찍혀서 멍이 드는 현상이 발생하였다.



그림 3-165. 손잡이 홈에 찍혀서 생긴 멍

- 따라서 난좌의 형태를 손잡이 홈이 있는 상태에서 용기 성형성은 다소 떨어지지만 동일한 규격에서 손잡이 홈을 없앤 형태로 변경하여 금형을 개발하였다.



개선 전



개선 후

그림 3-166. 난좌의 손잡이 형태가 개선된 2.5kg 8과 난좌

- 사과 2.5kg 7과, 8과, 9과 난좌의 문제점을 보완하여 금형 개발을 개발하였으며, 생산된 난좌를 활용한 택배 실험을 실시한 결과 유통 중에 클레임 발생이 거의 발생되지 않았다.



그림 3-167. 2년차 개발된 2.5kg 난좌로 택배유통 실험한 결과



그림 3-168. 사과 2.5kg 7과, 8과, 9과 난좌 금형

나. 사과 5kg 난좌 금형 개발(6종)

- 사과 5kg용 난좌를 당초 계획은 3종(14과, 16과, 18과)를 개발하고자 계획하였으나 사과재배 농가 및 유통종사자들과의 면담 결과 13과, 14과, 15과, 16과, 17과, 18과에 대한 금형 개발이 모두 필요하다는 결론을 얻었다. 그래서 추가로 금형을 제작하였으며 그 결과물은 그림과 같다.
- 금형의 규격은 530mm×340mm로 동일하게 설계하였으며 높이는 과수의 크기에 따라 임의 조정하여 제작하였다.



13과



14과



15과



16과



17과



18과

그림 3-169. 사과 5kg 난좌 금형제작 사진

다. 배 5kg 난좌개발

- 배 5kg용 난좌를 당초 계획은 3종(14과, 16과, 18과)를 개발하고자 계획하였으나 사과 재배 농가 및 유통종사자들과의 면담 결과 13과, 14과, 15과, 16과, 17과, 18과에 대한 금형 개발이 모두 필요하다는 결론을 얻었다. 그래서 추가로 금형을 제작하였으며 그 결과물은 그림과 같다.
- 금형의 규격은 420mm×310mm로 동일하게 설계하였으며 높이는 과수의 크기에 따라 임의 조정하여 제작하였다.



6과



7과



8과



9과



10과



11과



12과



13과



14과



15과



16과

그림 3-170.배 5kg 난좌 금형제작 사진

라. 배 7.5kg 난좌 개발

- 금형의 규격은 420mm×310mm로 동일하게 설계하였으며 높이는 과수의 크기에 따라 임의 조정하여 제작하였다. 배 7.5kg용 난좌를 당초 계획은 3종(10과, 11과, 12과)를 개발하고자 계획하였으나 배 재배 농가 및 유통종사자들과의 면담 결과 8과, 9과, 10과, 11과, 12과, 13과 대한 금형 개발이 모두 필요하다는 결론을 얻었다. 그래서 추가로 금형을 제작하였으며 그 결과물은 그림과 같다.
- 금형의 규격은 420mm×310mm로 동일하게 설계하였으며 높이는 과수의 크기에 따라 임의 조정하여 제작하였다. 배 7.5kg 난좌 금형의 규격은 530mm×340mm로 동일하게 설계하였으며 높이는 과수의 크기에 따라 임의 조정하여 제작하였다.



8과



9과



10과



11과



12과



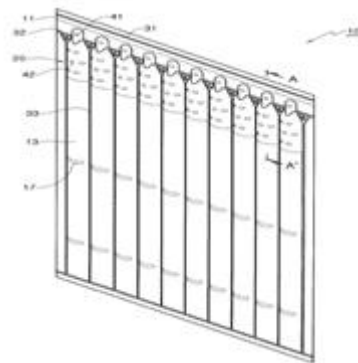
13과

그림 3-171. 배 7.5kg 난좌 금형설계도면 및 금형 제작 사진

2. 에어백을 이용한 택배포장재 개발

가. 관련된 특허기술 내용 및 기술공유 전략

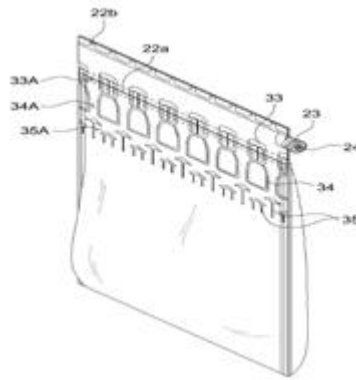
- 에어백 제조기술에 대한 특허는 인디스에어(정지영)에서 확보하고 있는 기술로서 사과, 배 택배포장재로 활용하기 위하여 김수일포장개발연구소와 대리점 계약을 체결하였다. 따라서 택배용 포장재를 판매함에 있어 난좌는 김수일포장개발연구소에서 생산 공급하고 에어백은 인디스에어에서 생산하여 김수일포장개발연구소로 납품하는 것으로 과일 택배포장재와 관련된 에어백 제조기술은 김수일포장개발연구소에서 우선 사용할 수 있도록 협의가 되어 있다.
- 연속형 내열부재가 형성된 완충포장 주머니(특허 10-2010-0024349), 본 발명은 완충포장 주머니에 관한 것으로서, 연속형 내열링크를 형성한 완충 포장 주머니를 제공하는데 그 목적이 있다.
- 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 완충 포장 주머니는 마주하게 위치한 2장의 내부시트와, 상기 2장의 내부시트 안쪽에 위치하며 어느 한 쪽의 내부시트에 길이방향으로 도포된 내열부재와 상기 2장의 내부시트의 바깥쪽에 각각 위치한 2장의 외부시트와, 상기 내열부재를 따라 내부시트와 외부시트 끼리 열접합하는 제2열접합선과, 공기주입관로를 형성하기 위해 상기 제2열접합선과 간격을 두고 상기 2장의 외부시트를 열접합한 제1열접합선과, 상기 공기주입관로의 반대편으로 상기 제2열접합선에서 연장되어 공기 기둥을 형성하는 제3열접합선들을 포함하며, 상기 내열부재는 적어도 2개의 상기 공기 기둥에 걸쳐 연속적으로 형성되고, 상기 공기주입관로로 주입된 공기는 2장의 내부시트 사이를 통해 상기 공기 기둥 내부로 유입되고, 상기 공기 기둥의 내부압력에 의해 상기 공기 기둥 안쪽에 위치한 상기 2장의 내부시트가 어느 한 쪽의 외부시트로 밀착 가압하는 것을 기술적 특징으로 한다.



- 포장대상체의 형상에 구애받지 않는 완충 포장백 및 이를 이용한 포장방법(특허 10-2012- 0138890), 본 발명은 포장대상체의 형상에 구애받지 않는 완충 포장백 및 이를 이용한 포장방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 포장대상체를 포장하는 포장백에 있어서 포장대상체의 파손 등을 방지하기 위하여 외부의 충격으로부터 포장대상체를 보호할 수 있는 공기충진부를 구비하고, 다양한 크기와 형상을 갖는 포장대상체를 별도의 제단 없이 모두 수용할 수 있도록 공기 충전 시 내피가 포장대상체에 밀착되

면서 공기 충전이 완료되는 포장대상체의 형상에 구애받지 않는 완충 포장백 및 이를 이용한 포장방법에 관한 것이다.

- 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 포장대상체의 형상에 구애받지 않는 완충 포장백은 개구된 형태의 투입부와 포장대상체가 수용되는 수용부를 갖는 내피; 상기 내피 외측을 둘러싸서 상기 내피와의 사이에 공기가 충전될 수 있는 공기 충전부와, 상기 투입부의 일측에서 상기 내피와 함께 연장 형성되어 공기 주입을 위한 공기주입구를 구비한 공기주입부를 형성하는 외피; 및 상기 내피와 외피사이에 게재되어 상기 공기주입부와 연통되는 공기공급밸브를 형성하고, 상기 내피와 접하는 접면 단부에 내열부재가 도포되는 내부시트;를 포함하여 이루어지되 상기 공기주입구로 주입되는 공기가 상기 공기공급밸브를 통해 상기 공기충진부로 충전 시 상기 내피가 상기 수용부의 포장대상체에 밀착되면서 상기 공기 충전부의 공기충진이 완료되는 것을 특징으로 한다.



나. 에어백 포장 시스템

- 특징: 진공포장재 재질(Ny15/LDPE65)을 사용하여 2중 봉지 형태를 만들고 외부에서 공기를 주입하면 봉지가 팽창하면서 내부의 포장재가 내용물을 밀착시키고 외부의 포장재는 공기층을 형성하도록 하여 완충성능을 발휘할 수 있도록 고안된 형태이다.

○ 장점

- 완충효과가 우수하며 파손이나 과일이 멎드는 현상을 방지할 수 있다.
- 공기 주입시간이 장비를 이용할 경우 20초 이내로 포장시간이 짧다.
- 외부에 별도의 골판지상자를 사용하지 않더라도 택배유통이 가능하다

○ 단점

- 공기 주입을 위한 장비(컴프레서)가 필요하며, 수동으로 공기를 주입하는 것은 몇 개는 가능하나 연속작업은 불가능하다(수동으로 공기 주입시 약 40초가 소요)
- 과일 선물세트 포장시 포장작업성, 완충성은 우수하지만 상품성에 한계가 있다.

다. 에어백 포장재 규격

- (1) 사과 2.5kg 포장용 에어백 규격

- 사과 2.5kg 포장용 에어백 재질은 Ny(15)/LDPE(65) 재질로서 펼친 규격은 515mm×465mm, 에어를 주입하여 완성시 규격은 430mm×300mm×140mm이다.

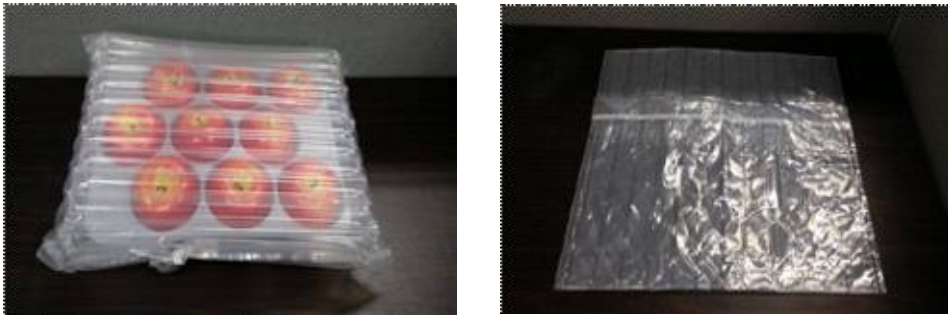


그림 3-172. 사과 2.5kg 에어백 포장

(2) 배 5kg 또는 사과 4kg 포장용 에어백 규격

- 배 5kg을 포장할 수 있는 에어백 포장재 재질은 Ny/LDPE 재질로서 펼친 규격은 600mm×535mm, 에어를 주입하여 완성시 규격은 480mm×380mm×140mm이다. 또한 사과 4kg을 포장할 수 있는 에어백 재질과 규격도 동일하게 사용할 수 있다.



그림 3-173. 배 5kg(사과 4kg) 에어백 포장

(3) 사과 5kg 또는 배 7.5kg 포장용 에어백 규격

- 에어백 재질은 Ny/LDPE 재질로서 펼친 규격은 880mm×465mm, 에어를 주입하여 완성시 규격은 550mm×410mm×140mm로서 배 7.5kg용 에어백과 동일한 규격을 사용하고 있어 난좌와 에어백을 호환하여 사용할 수 있다.



그림 3-174. 사과 5kg, 배 7.5kg 에어백 포장

라. 에어백 사용방법

- 에어백에 공기를 주입할 때에는 뒷면에 흰색으로 인쇄되어 있는 부분을 보면서 오른쪽(열접착이 안 되어 있는 곳, 참고로 왼쪽에는 열접착이 되어 있음) 부분을 손으로 잡고 그림과 같이 비틀면 에어를 주입할 수 있는 구멍이 생긴다.



에어백 포장재



왼쪽부분(주입구 X)



오른쪽 부분(주입구 O)



에어백 포장재를 손으로 잡고 비틀면...에어 주입구 구멍이 생긴다.

- 이곳에 콤푸레셔 노즐을 넣고 바람이 새지 않도록 에어백 입구를 손으로 막으면 에어가 셀 안쪽으로 들어가서 완성이 됩니다. 주입구에 콤푸레셔로 에어를 주입하면 된다. 콤푸레셔가 없는 경우 에어펌프(문방구에서 판매 약 3,000원)를 이용하여 에어를 주입하면 된다.
- 에어 주입이 완성되면 뒷면 마감방법은 윗날개(날개길이가 짧은 쪽)가 바깥쪽으로 나오도록 마감을 하고 박스 테이프로 2줄~3줄을 붙이면 택배유통에서 문제가 없다.(테이핑할 때 주의사항은 테이프 카터기가 에어백을 구멍을 내어 에어가 새 나오지 않도록 각별한 주의가 요구된다.)



- 에어백 포장기법을 응용한 택배포장재로는 포도, 수박, 단감, 대봉감, 한라봉, 감귤, 복숭아, 자두 등 매우 다양한 분야에 적용할 수 있다.



그림 3-175. 에어백 포장을 응용한 대봉감 택배포장 사례



그림 3-176. 에어백 포장기법을 활용한 배 택배용 포장



그림 3-177. 에어백 포장기법을 활용한 사과 택배용 포장

3. 에어백을 이용한 택배포장 시스템 성능시험

가. 사과, 배 에어백 택배 포장시스템 랜덤 진동시험

- 에어백으로 포장된 사과, 배 택배포장을 랜덤진동시험을 실시하였으며 그림과 같은 PSD커브를 얻었다. 실험결과 기존사과 포장에서 100Hz대에서 피크가 나타났었는데 에어백 완충포장을 실시한 사과에서는 피크가 나타나지 않았으며 에어백 포장에서는 0.08Grms를 나타내었으며 에어백+골판지상자로 포장한 경우 0.12Grms를 나타내었다. 한편 배에서도 마찬가지로 피크가 나타나지 않았으며 에어백 포장에서는 0.09Grms를 나타내었으며 에어백+골판지상자로 포장한 경우 0.07Grms를 나타내었다.



그림 3-178. 사과 배 에어백 택배포장시스템 랜덤 진동시험

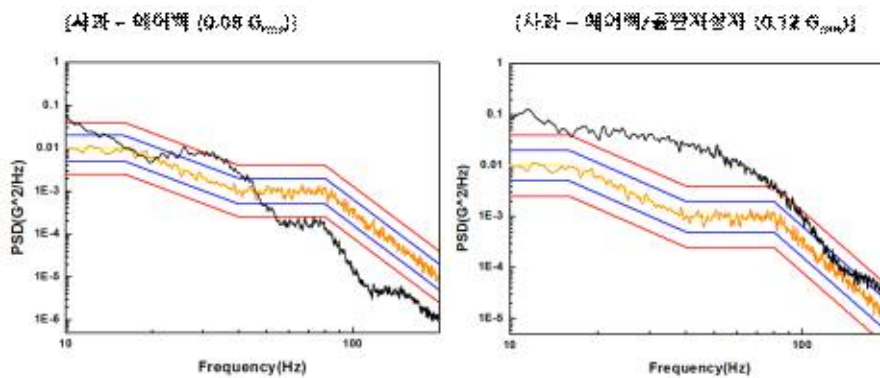


그림 3-179. 사과 에어백 택배포장시스템 랜덤 진동시험 결과

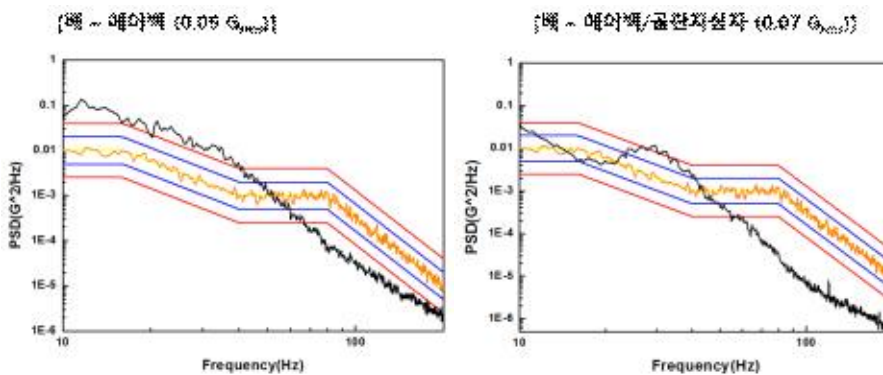


그림 3-180. 배 에어백 택배포장시스템 랜덤 진동시험 결과

나. 사과, 배 에어백 택배포장시스템의 낙하충격 시험

- 에어백으로 포장된 사과, 배 택배포장에 대하여 낙하시험을 실시하였다. 1.2m에서 5회 낙하시험을 실시하였으며, 결과는 사과, 배 모두 에어백 포장과 에어백+골판지상자 포장에서 파손이 일어나지 않았다.



그림 3-181. 사과, 배 에어백 택배포장시스템에 대한 낙하시험

표 3-40. 사과, 배 에어백 택배포장시스템에 대한 낙하시험 결과

[1.2 m, 5회 반복 낙하시험]

	Apple (Air bag)	Pear (Air bag)	Apple (Air bag + CF)	Pear (Air bag + CF)
Damage	×	×	×	×

제 8 절 택배포장 시스템 개발에 따른 효과 분석

1. 택배유통 중 파손율 감소 효과

- 사과 택배구입 시 파손율은 포장방법에 따라 차이가 있지만 관행적인 포장방법을 사용할 경우 50~60%에 달하고 있다. 파손율이 높은 이유로는 택배배송과정에서 최소 17회에서 27회 가량의 진동, 충격, 낙하가 발생되고 있으며 이때 포장재들이 과일의 흔들림 방지와 완충작용을 해 주지 못하기 때문이다.
- 일부 농가에서는 과일을 팬캡 또는 그물망으로 포장한 후 난좌에 담고 완충과 고정효과를 높이기 위해 과일 위에 난좌를 덮어서 포장을 하고 있다. 겨울철이 아니 경우에는 고정효과가 다소 있지만 겨울철에는 외부 충격에 난좌가 파손되기 쉬워 고정효과는 그다지 높지 못하는 실정이다.
- 따라서 이를 해결하기 위해 난좌의 깊이를 과일의 2/3만큼 깊게 성형하고 난좌의 재질을 PSP에서 PP로 개선하여 겨울철 파손을 방지하도록 하였다. 이렇게 개발된 난좌를 골판지상자에 포장하여 유통실험을 실시한 결과 택배유통에서 파손율이 현저하게 줄어들었다.
- 하지만 개발된 난좌는 기존에 사용하던 난좌규격보다 약 20mm가 커서 골판지상자에 적용할 수 가 없는 것이 단점이었다. 일부 선형농가에서 파손방지를 위해 개선된 난좌를 사용할 의사가 있었지만 골판지상자와의 호환성이 부족하여 현재 확산이 되지 못하고 있는 실정이다.
- 이를 개선하기 위해 에어백 포장기술을 도입한 결과 파손율을 0%로 떨어뜨릴 수 있었고, 에어백 및 난좌의 판매방식을 100개 단위로 한 결과 사과농가와 배 농가에서 상당한 관심을 가지고 현재 적용시험을 하고 있는 단계이다.
- 평택성환에 있는 배 농가(이상열)에서는 추석때 일부 제품을 테스트 한 결과 만족스런 결과를 얻었다. 하지만 에어백 한가지로만 포장을 하였을 때 상품성이 저하되는 것을 만회할 수 가 없어서 구성선물세트로 외부 포장용 골판지상자를 개발하려고 하였지만 포장상자 재고가 남아있어 2016년 추석때 본격적으로 사용을 하기로 하였다.
- 택배포장 방법별로 과도진동시험(2G)을 통해 사과, 배의 손상정도를 파악하고자 대략 5분간의 랜덤 진동시험을 실시한 후에 품질 손상여부를 검토하였다. 사과는 5kg 선물세트 포장, 배는 7.5kg 선물세트 포장을 이용하였으며 에어백 택배포장과 비교 검토하였다.
- 사과 5kg(15과) 및 배 7.5kg(12과) 선물세트 포장방법은 골판지상자+PSP난좌+팬캡+골판지패드+발포PE그물망 패드를 사용하여 포장을 실시하였으며 상자의 형태는 상자조립형을 사용하고 있었다.

- 시험결과 사과와 배 모두 팬캡이 벗겨지고 과일끼리 부딪혀 멍이 심하게 든 것과 약하게 든 것이 섞여 있었으며 사과는 15개 중 8개가 멍이 들어 53.3%, 배는 12개 중 9개가 멍이 들어 75% 파손율을 나타내었다. 하지만 에어백으로 포장된 사과는 멍이 발생하지 않았으며, 배는 멍이 발생하지 않았지만 껍질이 약간 벗겨진 것이 1개가 발생되었다.
- 사과, 배 선물세트를 1.2m 높이에서 1번 낙하시험을 실시한 결과 사과는 15개 중에서 바닥부분에 6개가 약간의 멍이 발생하여 40%의 파손율을 나타내었으며, 배는 12개 중에서 8개가 바닥에 멍이 들어 66%의 파손율을 나타내었다. 한편 에어백 포장에서는 사과, 배 모두에서 파손이 나타나지 않았다.

2. 포장재료비 절감효과 분석

가. 사과 택배 포장재료비 절감효과 분석

(1) 사과 5kg(16과) 기준 재료비 절감효과 분석

- 사과 택배 판매시 5kg은 선물용, 10~15kg은 자가 소비용이 대부분이다. 포장방식도 5kg은 고급 선물용 상자(상하 조립형 상자)를 사용하고 10~15kg은 도매시장 출하용인 일반형 상자(0201형)를 사용하여 택배판매를 실시하고 있다.
- 5kg 선물용 상자를 기준으로 기존 난좌와 팬캡을 사용한 선물용 포장상자에 비해 개발된 난좌를 사용할 경우 비용절감 효과는 20.34%로 나타났으며 에어백을 사용할 경우 40.35%의 비용절감 효과가 있었다.

표 3-41. 5kg 사과(16과 기준) 기존제품과 개발제품과의 포장재료비 비교

포장재 종류	기존 제품(팬캡)	개발 제품(난좌)	개발제품(에어백)
선물용 상자	4,000	4,000	1,500
에어백	-	-	1,500
PP 난좌	400	400	400
팬캡	1,120 (70원×16개)	-	-
골판지 패드	100	-	-
PE 그물망 패드	80 (80원×1장)	320 (80원×4장)	-
합 계	5,700	4,720	3,400
비용절감(%)	-	20.34%	40.35%

(2) 사과 10kg(32과) 기준 재료비 절감효과 분석

표 3-42. 10kg 사과(32과 기준) 기존(팬캡)제품과 개발제품과의 포장재료비 비교

포장재 종류	기존 제품(원)	개발 제품(원)	비고
선물용 상자	2,000	2,000	0201형
PP 난좌	800 (400원×2개)	800 (400원×2개)	선물용 PP난좌
팬캡	2,240 (70원×32개)	-	완충포장재
골판지 패드	200 (100원×2개)	100	완충포장재
PE 그물망 패드	80 (80원×1장)	480 (80원×6장)	완충포장재
합계	5,320	3,380	비용절감효과: 36.47%

- 10kg 택배용 포장재는 가정용과 선물용으로 구분할 수 있으며 가정용은 PSP난좌에 그물망을 씌워 판매를 하고 있어 포장재 비용은 낮지만 파손이 많이 발생하는 단점이 있다. 선물용은 PP난좌에 팬캡을 사용하고 있어 상품성 향상에 신경을 쓰고 있지만 택배 배송중 파손이 많이 발생되고 있다.
- 10kg 사과에서는 기존 난좌와 팬캡을 사용한 선물용 포장상자에 비해 개발된 난좌를 사용할 경우 5kg 상자보다 더 높은 36.47%의 비용절감 효과가 있었다.

나. 배 택배 포장재료비 절감효과 분석

(1) 배 7.5kg(11과) 기준 재료비 절감효과 분석

- 배는 주로 선물세트에 많이 유통이 되고 있으며 거의 대부분이 7.5kg으로 판매되고 있으며, 간혹 15kg을 선물세트에 판매되는 경우도 있다. 포장방식도 7.5kg은 고급 선물용 상자(상하 조립형 상자)를 사용하고 15kg은 도매시장 출하용인 일반형 상자(0201형)를 사용하여 택배판매를 실시하고 있다.
- 배 7.5kg 포장에서는 기존 난좌와 팬캡을 사용한 선물용 포장상자에 비해 개발된 난좌를 사용할 경우 13.39%의 비용절감 효과가 있었으며 에어백을 사용한 선물세트 포장에서는 39.13%의 비용을 절감할 수 있었다.

표 3-43. 7.5kg 배(11과 기준) 기존제품과 개발제품과의 포장재료비 비교

포장재 종류	기존 제품(팬캡)	개발 제품(난좌)	개발제품(에어백)
선물용 상자	4,000	4,000	1,500
에어백	-	-	1,500
PP 난좌	500	500	500
팬캡	990 (90원×11개)	-	-
골판지 패드	100	-	-
PE 그물망 패드	160 (80원×2개)	480 (80원×6장)	-
합계	5,750	4,980	3,500
비용절감(%)	-	13.39	39.13

2) 배 15kg(22과) 기준 재료비 절감효과 분석

표 3-44. 15kg 배(22과 기준) 기존제품과 개발제품과의 포장재료비 비교

포장재 종류	기존 제품(원)	개발 제품(원)	비고
선물용 상자	2,000	2,000	0201형
PP 난좌	1,000 (500원×2개)	1,000 (500원×2개)	선물용 PP난좌
팬캡	1,980 (90원×22개)	-	완충포장재
골판지 패드	200 (100원×2개)	200 (100원×2개)	완충포장재
PE 그물망 패드	160 (80원×2개)	720 (80원×9장)	완충포장재
합계	5,340	3,920	절감효과: 26.59%

- 15kg 배에서는 기존 난좌와 팬캡을 사용한 선물용 포장상자에 비해 개발된 난좌를 사용할 경우 7.5kg 상자보다 더 높은 26.59%의 비용절감 효과가 있었다.

3. 포장작업 효율성 향상효과 분석

가. 사과 택배 포장작업 효율성 향상효과 분석

(1) 사과 5kg(16과) 기준 포장작업 효율성 향상효과 분석

- 사과 5kg 포장 작업시 기존의 팬캡방식은 149초가 소요되었지만 개발된 난좌를 사용할 경우 44초가 단축된 105초로 작업효율성은 29.53%가 향상되었다. 또한 팬캡작업 방식에 비해 에어백 포장방식을 사용할 경우 작업시간이 54초가 단축된 95초로서 작업 효율성은 36.24%가 향상될 수 있었다.
- 1인당 1일 포장개수로 환산하면 기존방식은 193박스, 개발된 난좌를 사용하여 포장하면 274박스, 에어백으로 포장하면 303박스를 생산할 수 있었다.

표 3-45. 5kg 사과(16과 기준) 기존제품과 개발제품과의 포장작업성 비교

작업구분	기존 제품(팬캡)	개발 제품(난좌)	개발제품(에어백)
상자조립	60초	60초	30초
에어주입	-	-	30초
난좌투입	3초	3초	3초
팬캡작업	48초 (3초×16개)	-	-
사과 투입	32초 (2초×16개)	32초 (2초×16개)	32초 (2초×16개)
그물망패드	3초	10초 (5초×2회)	-
골판지패드	3초	-	-
합계	149초	105초	95초
작업성 향상(%)	-	29.53	36.24

○ 1상자 당 포장작업비 환산하면 팬캡 포장시 414.22원, 개발된 난좌로 포장시 291.90원, 에어백 포장시 264.10원으로 나타나 농촌의 일손 부족현상의 완화와 포장인건비 절감에 따른 소득증대를 기대할 수 있었다.

○ 인건비는 남자 120,000원 여자 70,000원으로 선별 포장작업시 남자 3명과 여자 10명이 1조가 되어 작업을 하고 있다. 따라서 전체 인건비를 평균 80,000원을 기준으로 산출하였으며 1초당 2.78원(80,000원÷60초×60분×8시간)으로 산출되었다.

(2) 사과 10kg(32과) 기준 포장작업 효율성 향상효과 분석

○ 사과 10kg 포장 작업시 소요시간은 44초가 단축되어 42.45%의 작업효율성이 향상되었다.

표 3-46. 10kg 사과(32과 기준) 기존제품과 개발제품과의 포장작업성 비교

작업구분	기존 제품(팬캡)	개발 제품(난좌)	비고
상자조립	40초	40초	0201형 상자
난좌투입	3초	3초	PP 난좌
팬캡작업	96초 (3초×32개)	-	사과 1개씩 완충포장
사과 투입	64초 (2초×32개)	64초 (2초×32개)	난좌에 사과 투입
그물망 패드	3초 (3초×1회)	15초 (5초×3회)	그물망 2장씩 3회 투입
골판지패드	6초 (3초×2개)	-	
합계	212초	122초	42.45% 작업효율성 향상

나. 배 택배 포장작업 효율성 향상효과 분석

(1) 배 7.5kg(11과) 기준 포장작업 효율성 향상효과 분석

- 사과 5kg 포장 작업시 기존의 팬캡방식은 124초가 소요되었지만 개발된 난좌를 사용할 경우 29초가 단축된 95초로 작업효율성은 23.38%가 향상되었다. 또한 팬캡작업 방식에 비해 에어백 포장방식을 사용할 경우 작업시간이 39초가 단축된 85초로서 작업 효율성은 31.45%가 향상될 수 있었다.

표 3-47. 7.5kg 배(11과 기준) 기존제품과 개발제품과의 포장작업성 비교

작업구분	기존 제품(팬캡)	개발 제품(난좌)	개발제품(에어백)
상자조립	60초	60초	30초
에어주입	-	-	30초
난좌투입	3초	3초	3초
팬캡작업	33초 (3초×11개)	-	-
배 투입	22초 (2초×11개)	22초 (2초×11개)	22초 (2초×11개)
그물망	3초 (3초×1회)	10초 (5초×2회)	-
골판지패드	3초	-	-
합계	124초	95초	85초
작업성 향상(%)	-	23.38	31.45

- 1인당 1일 포장개수로 환산하면 기존방식은 283박스, 개발된 난좌를 사용하여 포장하면 303박스, 에어백으로 포장하면 338박스를 생산할 수 있었다.
- 1상자 당 포장작업비 환산하면 팬캡 포장시 282.68원, 개발된 난좌로 포장시 264.02원, 에어백 포장시 236.68원으로 나타나 농촌의 일손 부족현상의 완화와 포장인건비 절감에 따른 소득증대를 기대할 수 있었다.
- 인건비는 남자 120,000원 여자 70,000원으로 선별 포장작업시 남자 3명과 여자 10명이 1조가 되어 작업을 하고 있다. 따라서 전체 인건비를 평균 80,000원을 기준으로 산출하였으며 1초당 2.78원(80,000원÷60초×60분×8시간)으로 산출되었다.

(2) 배 15kg(22과) 기준 포장작업 효율성 향상효과 분석

- 15kg 배에서는 기존 난좌와 팬캡을 사용한 선물용 포장상자에 비해 개발된 난좌를 사용할 경우 7.5kg 상자보다 더 높은 37.03%의 작업효율성이 향상되었다.

표 3-48. 15kg 배(22과 기준) 기존제품과 개발제품과의 포장작업성 비교

작업구분	기존 제품(초)	개발 제품(초)	비고
상자조립	40초	40초	0201형 상자
난좌투입	3초	3초	PP 난좌
팬캡작업	66초 (3초×22개)	-	배 1개씩 완충포장
배 투입	44초 (2초×22개)	44초 (2초×22개)	난좌에 배 투입
그물망패드	3초	15초 (5초×3회)	
골판지패드	6초 (3초×2개)	-	
합계	162초	102초	37.03% 작업효율성 향상

4. 물류비 절감 효과 분석

- 현재 사용중인 PSP 난좌는 두께가 4~5mm이지만 개발된 PP난좌의 두께는 0.45mm로 10% 두께에 불과하다. 5kg 포장용 PSP 난좌 100개를 포장하였을 때 규격은 540mm×340mm×700mm 정도인 것에 비하면 PP 난좌는 540mm×340mm×450mm으로 약 35.8%의 체적이 줄어드는 효과가 있어 운송 또는 보관시 물류효율이 향상되는 효과가 있다.

5. 택배 클레임 발생에 따른 농가 손익 계산

가. 사과 택배 클레임 발생시 농가 손익 계산

- 명절 택배 판매시 클레임이 자주 발생되고 있으며 농가들의 대처방법은 구입비용을 환불해주는 방식과 동일한 제품으로 재 발송을 하는 방법이 있다.
- 사과 5kg(16과 기준) 판매가격이 35,000원일 때 원가 구조는 사과원물 10,000원, 택배 포장재 비용 5,700원, 택배 발송비 5,000원으로 원가는 20,700원이며 수익은 14,300원으로 분석되고 있다. 이런 수익 구조는 택배판매후 클레임 발생이 되지 않았을 때이다. 하지만 클레임이 발생되면 오히려 손해를 보게 되어 클레임 발생을 억제하여야 한다.
- 클레임 발생시 환불을 해 주는 경우 농가에서 부담해야 하는 손해는 20,700원이다. 환불을 해 주는 경우 과일을 돌려 받는 것이 아니고 비용만 환불을 해주고 있기 때문이다. 따라서 구입비용(35,000원)을 환불해주는 것으로 끝나는 것이 아니고 농가에서는 20,700원[사과원물대(10,000원)+택배포장재 비용(5,700원)+택배비용(5,000원)=20,700원]을 더 손해 보게 되어 택배 유통시 클레임 발생에 따른 피해는 상상을 초월하고 있다.
- 클레임 발생시 대체품을 발송하는 경우에는 농가 손해는 6,400원이다. 따라서 재 발송

시 동일한 품목을 보내주는 경우 1차 판매시 발생된 수익금이 14,300원이 있기 때문에 추가 발송에 따른 비용 20,700원이 발생하더라도 전체적으로는 6,400원[14,300원-20,700원= -6,400원]을 손해보게 되는 셈이다. 그래서 택배 판매시에는 클레임이 발생하게 되면 무조건 농가들이 손해를 보게 되어 있어 택배 유통중 파손발생을 최소화 할 수 있는 택배포장시스템 개발이 중요한 이유이다.

나. 배 택배 클레임 발생시 농가 손익 계산

- 배는 사과보다 과육이 연하여 택배판매 시 클레임 발생이 더 많이 발생하고 있어 명절에 택배 주문이 들어오면 농가들이 많이 긴장을 하여 완충포장에 신경을 많이 쓰지만 그래도 많이 발생되고 있는 실정이다.
- 배 7.5kg(16과 기준) 판매가격이 40,000원일 때 원가 구조는 배 원물대 15,000원, 택배포장재 비용 5,750원, 택배 발송비 5,000원으로 원가는 25,750원이며 수익은 14,250원으로 분석되고 있다. 이런 수익 구조는 택배판매후 클레임 발생이 되지 않았을 때이다. 하지만 클레임이 발생되면 오히려 손해를 보게 되어 클레임 발생을 억제하여야 한다.
- 클레임 발생시 환불을 해 주는 경우 농가에서 부담해야 하는 손해는 25,750원이다. 따라서 구입비용(40,000원)을 환불해주는 것으로 끝나는 것이 아니고 농가에서는 25,750원[배 원물대(15,000원)+택배포장재 비용(5,750원)+택배비용(5,000원)=25,750원]을 더 손해 보게 되어 택배 유통시 클레임 발생에 따른 피해는 상상을 초월하고 있다.
- 클레임 발생시 대체품을 발송하는 경우에는 농가 손해는 11,500원이다. 따라서 재 발송시 동일한 품목을 보내주는 경우 1차 판매시 발생된 수익금이 14,250원이 있기 때문에 추가 발송에 따른 비용 25,750원이 발생하더라도 전체적으로는 14,250원[14,250원-25,750원= -11,500원]을 손해보게 되는 셈이다. 그래서 택배 판매시에는 클레임이 발생하게 되면 무조건 농가들이 손해를 보게 되어 있어 택배 유통중 파손발생을 최소화 할 수 있는 택배포장시스템 개발이 중요한 이유이다.
- 따라서 개발된 에어백 택배포장시스템을 사용하여 클레임 발생을 0%로 할 경우 실제로 사과는 20,700원~35,000원의 소득증대 효과(농가수익금+클레임 손실금액)가 있으며, 배는 25,750원~40,000원의 소득증대 효과가 있다.
- 뿐만 아니라 고객 이동이 없어지기 때문에 지속적인 마케팅이 가능해지고 품질의 우수성이 입소문을 통해 홍보되면 판매가 증대되기 때문에 마케팅 측면에서는 엄청난 메리트가 발생되기 때문에 택배 판매시 클레임 발생이 되지 않도록 포장방법을 개선하는 것은 엄청난 경쟁력을 확보하는 것이다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표 달성도

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2013)	○ 사과 배 택배제품 포장의 문제점 분석 및 개선방안 도출	100	- 택배회사별 분류, 배송방법 조사 및 유통경로 조사 - 산지별, 포장단위별 택배제품 포장형태 및 방법 분석 - 사과, 배 산지별 크기, 중량 및 포장개수 측정 - 택배제품 포장방법별 클레임 발생원인 분석 및 개선방안 도출
		100	
		100	
100			
	○ 택배유통중 발생하는 진동, 충격값의 측정 및 완충재 특성분석	100	- 택배제품의 산지별, 포장단위별, 택배회사별 진동, 충격값 측정 - 택배유통 과정중 PSD(Power Spectral Density) 분석 - 택배제품에 사용되는 완충재의 특성분석
		100	
	○ 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질 개발 및 표준화	100	- 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 형태 설계 (사과 2.5kg - 3종) - 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 재질 개발
		100	
2차 년도 (2014)	○ 택배유통에 적합한 난좌형태, 난좌재질 개발 및 표준화	100	- 고정 및 완충효과를 감안한 택배용 난좌의 형태 및 재질 개발 - 물류 표준화를 감안한 포장단위별 난좌의 표준규격 개발 - 택배용 포장재(난좌 등) 시제품 생산 - 택배포장 방법에 따른 경제성 분석
		100	
		100	
		100	
	○ 택배유통 시뮬레이션을 통한 문제점 분석 및 보완	100	- 택배유통 시뮬레이션을 통한 포장방법 개발 - 시뮬레이션을 통한 택배유통 클레임발생 원인 분석 - 사과 배 택배유통시험을 통한 문제점 분석 및 보완 - 배 택배유통 시험을 통한 문제점 분석 및 보완 - 실제 택배 유통시험 실시
100			
100			
○ 택배 포장재 실용화	100	- 사과 난좌 금형 개발 3종(2.5kg-3종) - 사과 택배제품 포장재 3종 개발(2.5kg, 5kg, 7.5kg) - 배 택배제품 포장재 4종 개발(5kg, 10kg, 7.5kg, 15kg)	
	100		
	100		

구분 (연도)	세부연구내용	달성도 (%)	연구범위
3차 년도 (2015)	○택배유통중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 사과 택배포장재 개발	100	- 5kg 난좌 금형제작 6종 제작(13과, 14과, 15과, 16과, 17과, 18과)
		100	- 택배제품 포장재 3종 개발 (2.5kg, 5kg(2종), 10kg)
		100	- 택배유통용 골판지상자 최적화 재질구성 제시
	○택배유통중 클레임발생을 최소화 할 수 있는 배 택배포장재 개발	100	- 5kg 난좌 금형 11종 제작(6과, 7과, 8과, 9과, 10과, 11과, 12과, 13과, 14과, 15과, 16과)
		100	- 7.5kg 난좌 금형 6종 제작(8과, 9과, 10과, 11과, 12과, 13과)
		100	- 택배제품 포장재 제작 4종(5kg(2종), 7.5kg, 10kg)
		100	- 배 택배유통용 골판지상자 최적화 재질구성 제시
	○택배포장재 현장 상용화	100	- 사과 배 택배용 포장재 현장 상용화
		100	- 사과 배 생산농가에게 개발된 택배포장재를 판매 - 사과 배 택배포장 시스템 사업화를 위한 로드맵 제시

2. 관련분야 기여도

- 과일류 택배과정에서 발생하는 파손의 원인은 배송과정에서 발생하는 진동, 충격, 낙하에 의해 발생되며 구체적으로 배송과정 중에 17~27회 발생된다는 실험을 통하여 측정하고 충격값을 계량화하여 택배유통중 클레임 발생원인을 규명하는데 도움을 주었음
- 농산물 택배배송 과정에서 발생하는 진동, 충격, 낙하 시 발생하는 충격값에 대한 데이터를 측정하여 PSD분석을 실시하였으며, 이를 이용할 경우 과학적인 택배포장 설계가 가능하도록 데이터 베이스화 하였음
- 2015 국제농업박람회 및 국제 제주감귤박람회에 참가하여 택배포장재 연구개발 내용을 홍보하였으며, 그 결과 에어백 택배용 사과포장재는 일부 판매를 실시하였으며, 배 포장재도 추석때 유통실험을 거친바 있음
- 과일류 택배포장에 에어백 포장기술을 접목하여 사과, 배 뿐만 아니라 수박, 참외, 자두, 단감, 대봉감, 한라봉 등 다양한 농산물 택배포장에 적용 가능하도록 기술을 개발하여 보급하였음
- 에어백 포장기술을 응용하여 거봉포도 택배포장재를 개발하여 김천시 거봉포도 생산농가에 보급하였으며 2016년에는 캠벨포도 에어백 포장재를 개발하여 전국적으로 보급할 계획임

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 연구개발 성과

◎ 연구성과 요약

내용		목표	실적	비 고	
사업화	매출액	-	27,985,575원	택배포장재 매출액 발생(2012. 2. 17일 기준)	
	기술이전	1	1	2015.5.22. 기술실시보고 기술료 2,100,000원 납부	
	샘플제공	-	21건	택배농가로부터 샘플요청이 있어 택배포장재를 제공하였음	
100대 연구과제 선정		-	선정	2014년 농기평 100대 연구과제로 선정	
고용창출		0	1	1명(김예지) 고용 (2015년 1월 1일 고용)	
개발제품의 상품화		10건	13건	30% 초과 달성 (골판지상자 택배 9건, 에어백포장 택배 4건)	
사과, 배 난좌 금형개발		12건	26건	116% 초과달성 (사과 난좌 금형 9건, 배 난좌 금형 17건)	
언론보도 및 홍보		6건	7건	16% 초과달성 (언론보도 5건, 박람회 2건)	
연구 논문		2건	2건	목표달성 국내학회지(한국포장학회지)	
교육 지도		50	73	46% 초과 달성(택배포장재 개발제품 홍보)	
평가 지표	파손 발생율	사과	20%	0%	20% 초과 달성(에어백 포장 기준)
		배	30%	16%	14% 초과 달성(에어백 포장 기준)
	재료비 절감	사과	25%	40%	15% 초과 달성(사과 5kg 기준)
		배	25%	39%	14% 초과 달성(배 7.5kg 기준)
	생산성 향상	사과	100%	42%	-58% 목표 미달 사과 5kg 기준, (산정기준 설정 착오)
		배	100%	37%	-63% 목표 미달 배 7.5kg 기준, (산정기준 설정 착오)
	물류비 절감	사과	30%	36%	6% 초과 달성 (포장재 체적 기준)
		배	30%	36%	6% 초과 달성 (포장재 체적 기준)

1. 사업화 실적

가. 판매실적(6건)

번호	판매처	판매 품목	판매일시	판매금액	비고
1	다락골농원	사과택배 2.5kg	2013.10.04	1,826,000	
2	다락골농원	사과택배 5kg	2013.10.04	1,210,000	
3	다락골농원	사과택배포장재	2014.10.06	10,800,000	5kg, 7.5kg, 10kg
4	(주)진원무역	석류난좌	2014.11.26	5,433,175	2.5kg
5	밀양농협	사과난좌	2014.12.22	1,016,400	
6	대영농원	사과택배	2015.11.25	2,200,000	
7	(주)더자람	사과, 배 에어백	2015.02.11	5,500,000	
합계				27,985,575	



골판지상자를 이용한 사과, 배 택배포장재



에어백 포장재를 이용한 사과, 배 택배포장재

나. 사업화를 이한 샘플 제공 실적(21건)

○ 농업인을 대상으로 택배포장 개발기법 관련 강의시간과 블로그 및 홈페이지를 통하여 홍보한 결과 21건의 사과, 배 택배포장재 관련 샘플을 제공하였음

번호	성명	주소	샘플제공 내용
1	봉담용인농원	전북 김제시 봉남면 회성리 297	-난좌 7과, 8과, 9과, 완충패드 -골판지상자(2.5kg, 5kg, 7.5kg, 10kg)
2	일신농원 (장혜연)	경기 포천시 관인면 사정리 9-1	-난좌 7과, 8과, 9과, 완충패드 -골판지상자(2.5kg, 5kg, 7.5kg, 10kg)
3	신수근	경남 함양군 서하면 운곡리 763	-난좌 7과, 8과, 9과, 완충패드 -골판지상자(2.5kg, 5kg, 7.5kg, 10kg)
4	합동청과 (박만호)	강원도 원주시 단계동 592	-난좌 7과, 8과, 9과, 완충패드 -골판지상자(2.5kg, 5kg, 7.5kg)
5	정은중	경남 거창군 북상면 농산리 451	-난좌 7과, 8과, 9과, 완충패드 -골판지상자(2.5kg, 5kg, 7.5kg, 10kg)
6	전영창	강원도 정선군 정선읍 봉양7리 398-5	-난좌 7과, 8과, 9과, 완충패드 -골판지상자(2.5kg, 5kg, 7.5kg, 10kg)
7	산들꾸러미 (황린혜)	대구광역시 동구 숙천동 85-4	-난좌 7과, 8과, 9과, 완충패드 -골판지상자(2.5kg, 5kg, 7.5kg)
8	최병철	경북 청송군 진보면 괴정길 37	-난좌 7과, 8과, 9과, 완충패드 -골판지상자(2.5kg, 5kg)
9	박근수	전남 나주시 왕곡면 덕산리 589-11	-택배용 배 난좌, 에어백 포장재 제공
10	(사)한국배연합회	충남 천안시 동남구 청수5로 10	-배 난좌 및 에어백 샘플 제공
11	김용태	충북 제천시 고명동 251-6	-사과 택배용 난좌 및 에어백
12	윤춘근	충북 증평군 증평읍 중부로 2459 충북인삼농협1층 여신과	-사과 택배용 난좌 및 에어백
13	이영호	포항시 북구 신광면 사정안길58 16-5 샘이농원	-사과 택배용 난좌 및 에어백
14	노승욱	경기도 포천시 신북면 만세교리 36-2	-사과 택배용 난좌 및 에어백
15	박명선	문경시 문경읍 오서길 97번지	-사과 택배용 난좌 및 에어백
16	문성환	제주 서귀포시 남원읍 하례리 1558	-사과 및 배 포장용 난좌 및 에어백
17	김완섭	경북 안동시 임동면 중평리 919	-사과 택배용 난좌 및 에어백
18	안효주	충북 영동군 추풍령면 지봉길 51-1	-사과 택배용 난좌 및 에어백
19	황은철	충북 제천시 내토로43안길 33 신선한 아침	-사과 택배용 난좌 및 에어백
20	이상열	충남 천안시 서북구 성환읍 어룡리 349-2	-배 택배용 난좌 및 에어백
21	한신미	농식품여성CEO 사무국장	-배 택배용 난좌 및 에어백

2. 언론 홍보 및 박람회 참가 실적(목표 6건 / 달성 7건)

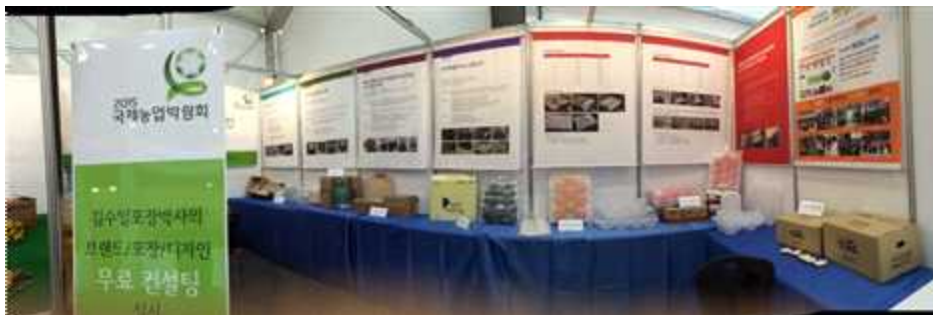
가. 언론홍보 (5건)

구분	게재일자	신문사	취재기자	기사제목
가	2014.09.15	더바이어	임동준	택배유통 과일 충격도 최초 측정했더니
나	2014.08.29	한국농촌경제신문	나남길	택배포장 파손분쟁 끝까지
다	2014.09.12	농수축산신문	신재호	택배포장법 기준제시 기대
라	2015.12	디지털농업	김산들	완충재 활용, 파손 포장비 줄이자
마	2016.01	디지털농업	이진량	파손은 줄이고 상품성 높이는 포장 기술

나. 박람회 참가 (2건)

번호	박람회명	홍보기간	장소
1	2015국제농업박람회	2015.10.15.~10.22(8일간)	전남 나주
2	2015제주국제감귤박람회	2015.11.06.~11.15(10일간)	제주특별자치도

2015국제농업박람회



2015제주국제감귤박람회

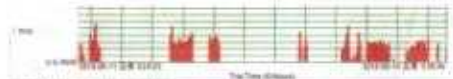


택배유통 과일 충격도, 최초 측정했더니... '도매시장용 포장'과 '택배용 포장' 방식 달라야 한다



사과, 배 선물세트의 택배 유통 중 발생하는 충격으로 과일이 파손되는 사례가 늘고 있다. 판매능가들은 과일 파손의 책임성을 두고 택배회사와 실용이를 벌이곤 한다. 이를 해결하기 위한 최선의 방법은 파손율을 최소화하는 것. 과일 택배유통 중 최음이 받는 충격·진동값을 측정할 흥미로운 결과가 등장했다.

택배 중 과일 파손 책임 어디에 있을까?



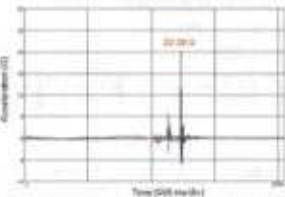
택배를 이용한 농특산물 판매가 급증하고 무거운 배송량도 계속 증가하고 있다. 이 과정에서 선진국과의 파손에 따른 초기가 급해짐으로 파손은 의외가 많이 나고 있다. 김수일포장연구소는 최근 사과, 배 택배유통 파손 중 최음이 받는 충격·진동값을 측정했다. 농림수산식품기술기획기반의 지원에 따른 택배 포장시스템을 연구로 대상으로는 최초로 이루어진 실험이다.

김수일포장연구소는 진동·충격 측정장치인 실험용 상자에 넣고 길남 길때, 전남 목포, 충북 음성, 충북 제천, 경북 구미 등에서 택배유통 중 발생하는 충격 진동값을 측정했다고 밝혔다. 이에 따르면 택배 발송 후 이동하는 2~3일 동안, 최소 10번에서 최고 20번의 충격을 받은 것으로 나타났다.

사과의 충격값은 최대 1.5G(1-백터값)가 매우 충격에 버틸 수 있는 과일이었으나 2시간에 이를 초과할 경우가 20% 이상으로 나타났다. 또다른 배의 1.5-백터의 파손값 기준에서 견딜 수 있는 파손값인 0.4G를 초과하는 경우가 10%에 이르렀다.

김수일 연구소장은 "택배 포장을 할 때 완충재를 충분히 사용하지 않았을 경우 과일이 파손될 수밖에 없다는 결론이 나왔다"고 설명했다.

"그 동안 제품을 수질, 맛, 배송하는 과정에서 때때 운송원의 취급 부주의에 따른 파손이 많이 발생할 것이란 상상을 할지, 근대적으로 몇 번의 충격과 어느 정도의 힘이 가해진다는 데 대한 구체적인 데이터는 없었습니다."



배와 사과를 싣은 트럭에서 2시간 동안의 1.5-백터 값

난파를 더 깊게 하고 재질 바꿔 과일 보호해야

또한 현재 사용하고 있는 스티로폼(PS), Polyethylene Sheet 난파는 완충성이 우수하고 가격이 저렴한 도매시장 등에서는 적합하지만 충격과 진동을 많이 받는 택배유통에서는 난파의 물리적 충격과 진동이 충격을 더 깊다고 밝혔다. 내안성이 무



척해 겨울철에 난파가 두터워지는 등 택배용으로 쓰는 부적합한 재질이라고 지적했다.

김수일 소장은 측정된 데이터를 기반으로 어떤 완충재를 사용하면 좋을지, 몇 겹을 사용해야 할지에 대한 연구를 계속 진행해 과일 택배포장 방법에 대한 구체적인 기준을 제시할 계획이라고 밝혔다. 또 난파의 물리적 충격에 대한 데이터가 나온 후 재질의 난파가 대안이 될 것이라고 말했다.



택배 유통과 관련된 완충재는 충격·진동 측정하는 것이

포장의 진화, '고급화가 아니라 기능화'로

농산물 유통 시스템이 비워면서 포장업체 변화가 불가피하다는 전망은 4~5년 전부터 꾸준히 제기해 왔다. 농산물 포장도 가치제를 포함한 제품 특성 등에 맞게 기능화해야 한다는 주장이다.

김대수 농산물유통연구원 사무국장은 "포장의 효율화, 기능화가 필요한 시점에 맞춰져 디자인 고급화로 치닫는 것은 난항"이며 "공학적 차원에서 포장기술의 발전을 주도해야 한다"고 주장했다. 김 사무국장은 농산물 포장의 진화가 다음 세 가지 발전에서 일어나고 있다고 전망했다.

첫째, 차량용 포장에서 기능성 포장으로, 상온보관과 냉장보관을 포장의 근본적 기능에 대한 관심 상승.

둘째, 택배용 포장재의 직면화, 택배에 적합한 저가 포장재 개발.

셋째, 포장기술과 포장소재에 대한 관심도 급증. 식물 판매가에서 차지하는 포장재 비율은 어떻게 나올 것인가에 대한 관심.

이런 관점에서 볼 때 '택배유통 과일 충격도' 조사는 골라먹고 구매할 때를 통해 새로운 해결을 찾는 유통업체에 흥미로운 단서를 제공한다. ●

김수일 포장연구소 popa332@naver.com

택배포장 '파손분쟁' 깔끔하게...

김수일포장개발연구소, 충격값 포장설계 국내 최초



사과, 배 선물세트의 택배유통 중 발생하는 충격으로 과일이 파손되는 민원이 계속 늘어나고 있는 실정이다.

특히 판매농가들은 파손원인 규명을 두고 택배회사와 실경이를 벌여 보지만 택배유통 중에 파손이 잦다는 입증할 수 없어 속앓이를 겪어 왔던 것이 현실이었다.

택배를 이용한 농특산물 판매가 급증하고 특히 꾸러미 판매에서 택배포장 설계 미흡으로 발생될 수 있는 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 길이 열렸다.

김수일포장개발연구소소장 김수일·사장은 동원수산식품기술기획개발원의 연구비 지원으로 수행된 사과, 배 택배포장시스템에 대한 연구에서 택배유통 과정 중여과물이 받는 충격·진동값을 측정해 최적화 방안을 모색하고 있다.

국내 최초로 진동·충격 측정장

최초 택배유통 충격·진동값 측정 택배포장 클레임 발생 억제

치를 실험용 상자에 넣고 경남 김해, 전남 목포 총파출소, 총파출소, 경북 구미 등에서 택배유통 중 발생하는 충격·진동값을 측정했다. 택배를 발송해 받은 1박 2일 동안에 최소한 17번에서 최고 27번의 충격을 받는 것으로 나타났다.

사과의 충격값은 최대 바이오 G-미터 값(사과가 외부 충격에 버틸 수 있는 최대 값)이 2.8 G인데 이를 초과한 경우가 15회 이상으로

나타났으며, 진동은 바이오 G-미터의 최소값(진동에서 견딜 수 있는 최소값)인 0.42 G를 초과하는 경우가 10~15회도 나타나 택배포장을 할 때 완충재를 충분히 사용하지 않았을 경우 19일이 파손될 수밖에 없다는 결론을 도출했다. 그 동안 저

품질 수집, 분류, 배송과정에서 택배회사원의 취급부주의에 따른 파손이 많이 발생할 것이라는 실증만 있었지 구체적으로 몇 번의 충격과 어느 정도의 힘이 가해진다는 것에 대한 구체적인 데이터는 최초로 측정된 것이다.

또한 현재 사용하고 있는 스티로폼(PS, Poly Styrene Paper) 난좌는 완충성이 우수하고 가격이 저렴한 도매시장 유통에서는 적합하지만 충격과 진동을 많이 받는 택배 유통에서는 난좌의 깊이가 낮아 과일이 흔들리기 쉽고, 내한성이 부족해 겨울철에 난좌가 부러지는 등 택배용으로는 부적합하다고 지적됐다. 난좌의 깊이가 깊게 설계된 내한성이 우수한 PS 저질 난좌를 대안으로 제시했다.

김수일 소장은 향후 연구계획을 묻는 질문에 "측정된 데이터를 기본으로 '어떤 완충재를 사용하면 좋을지, 몇 장을 사용해야 할지'에 대한 연구를 계속 수행해 사과 택배포장 방법에 대한 구체적인 기준을 제시할 계획"이라고 밝혔다.

농자재팀 kenews.co.kr



택배포장법 · 기준제시 기대



-농산물 유통과정 충격 · 진동값 측정기기 개발

농산물 택배유통 과정 중 발생하는 충격 및 진동 값을 측정해 포장 설계 자료로 활용할 수 있는 기기가 개발됐다.

김수일포장개발연구소(소장 김수일)는 농림수산물기술기획평가원의 연구비 지원으로 수행된 사과, 배 택배포장시스템에 대한 연구에서 택배유통 과정 중에 화물이 받는 충격·진동값을 측정하는데 성공했다.

최근 택배를 이용한 농특산물 판매가 급증함에 따라 택배유통 중 발생하는 충격으로 파손되는 민원 역시 늘고 있다. 판매농가들은 파손원인 규명을 두고 택배회사와 실랑이를 벌이지만 택배유통 중 파손이 됐다는 입증할 수 없어 속앓이를 하고 있는 상황이다.

이에 김수일포장개발연구소는 국내 최초로 진동·충격 측정장치를 실험용 상자에 넣고 경남 김해, 전남 목포, 충북 음성, 충북 제천, 경북 구미 등에서 택배유통 중 발생하는 충격 진동을 측정했다. 택배를 발송해 받는 1박 2일 동안에 최소한 17회에서 최고 27번의 충격을 받는 것으로 조사됐다.

사과의 충격값은 최대 바이오 G-벡터 값(사과가 외부 충격에 버틸 수 있는 최대 값)이 2.8Grms 인데 이를 초과한 경우가 15회 이상으로 나타났다. 진동은 바이오 G-벡터의 최소값(진동에서 견딜 수 있는 최소값)인 0.42Grms을 초과하는 경우가 10~15회로 나타나 택배 포장을 할 때 완충재를 충분히 사용하지 않았을 경우, 과일이 파손될 수밖에 없다는 결론을 도출했다.

그 동안 배송과정에서 택배종사원의 취급부주의로 파손이 많이 발생할 것이라는 심증만 있었지만 구체적으로 몇 번의 충격과 어느 정도의 힘이 가해진다는 것에 대한 구체적인 데이터는 최초로 측정된 것이다.

김수일 소장은 “측정된 데이터를 기본으로 효과적인 완충재 종류와 사용 개수를 파악하는 연구를 계속 수행하겠다”며 “이를 통해 농산물 택배포장 방법에 대한 구체적인 기준을 제시할 계획”이라고 밝혔다.

신재호 기자(jhshin@afnews.co.kr)

디지털농업

특별기획
현황정보
농업정보
유통·가공·식품
친환경·에너지농업
관심기사

I 특별기획

성공농업을 일구어가는 농업경영기술훈련소지



HOME > 특별기획

● 완송재 활용, 파손·포장비 줄어다

농가와 소비자 간 격차로 늘면서 농산물 택배가 크게 늘고 있다. 택배를 통해 농산물을 구입하는 소비자의 가장 큰 불만은 운송 과정에서 발생하는 상품 파손이다. 격차로 유통 비용을 줄인 만큼 농가 수익률이 높지만 포장과 운송 비용을 줄여야 하는 농가로서 고민이 많다. 국립산물자료제공 김수일포장개발연구소

완송재 활용, 파손·포장비 줄어다

“택배 상자는 무게 관계없이 일체형 상자가 안전” “요즘은 소량 구매가 대세이고 7.5kg 이하의 소포장이 대부분입니다. 그만큼 농가 부담도 늘었고요. 에어백 포장은 난좌와 에어백 비닐만 있으면 되기 때문에 3000원 정도면 충분히 사용할 수 있지요. 종이 상자를 추가한다 해도 일반 골판지상자면 되기 때문에 비용은 5000원 이하입니다.” 택배 전용 포장을 위해?는 상자나 완송재를 선택할 때 작물 특성에 맞춤 것을 권장했다.

“현재 사용되는 알기 포장을 난좌는 소재가 딱딱해 충격을 완화하는 데 부족해요. 부드러운 소재의 난좌로 바꾸면 충격에 의한 알기 과육 무름이나 상처를 줄일 수 있습니다.” 또 농산물이 보이도록 뒷부분이 튼튼 상자를 많이 사용하는데, 이는 택배용으로 맞지 않는다고 지적했다.

“완송재를 아무리 많이 넣고 테이프로 여러 번 감아도, 우경이 없는 상자는 충격을 많이 받습니다. 또 7.5kg용 상자도 과일을 담은 부분과 우경이 따로 있는 것보다는 일체형 상자(10-15kg용 쓰는 상자 형태)가 더 안전합니다.” 김수일포장개발연구소 김수일 소장 완송재 이용해도 택배 농산물 손상 방지 한계 농산물이 운송되는 동안 얼마나 많은 충격을 받을까. 택배용 상자 안에 농산물과 진동·충격 측정기를 넣고, 경남 김해·전남 목포·충북 음성 등에서 운송 실험을 해왔다. 그 결과, 농산물이 받는 충격은 1박 2일 동안 최소 17번에서 최고 27번이었다(농림수산식품기술기획평가원 연구과제로 김수일포장개발연구소에서 실험). 이 정도면 알기·복숭아 같이 무른 농산물은 물론 사과·배도 품질 저하가 나타? 난하다.

과월호 보기

2016년 1 ▼ [검색]



과월호 전체보기

이력기시 ▶

충격의 원인은 크게 두 가지다. 단시간에 엄청난 물량을 처리해야 하는 택배 처리시스템 그리고 농가가 완충 포장에 충분히 하지 않아서다. 현실적으로 개선 가능한 부분은 완충재를 강화하는 일이다. 난좌 포장재보다 부드러운 소재로 만드는 방법이 제시됐다. 현재 사용하는 스티로폼(PS) 난좌는 도매시장 유통에서는 적합하지만, 충격과 진동을 많이 받는 택배 유통에서는 과일이 흔들리기 쉽다. 겨울에는 난좌가 부러지는 일도 발생한다. 하지만 이 방법은 완충재를 보완하는 수준이다. 김수일포장개발연구소 김수일 소장은 "낙해 운송 과정에서 농산물이 충격을 거의 받지 않으면서 경제적인 포장 방법이 개발돼야 한다"면서 "현재 과일 포장 시 편엽·난좌·덜개·상자 등을 쓰면 7.5kg들이 1상자당 비용이 1만 원 가까이 드는데, 이를 줄이는 것도 중요하다"고 강조했다.

새로운 시도, 공기를 완충재로 활용한 '에어백' 연구 끝에 지난해 완충재로만 포장하는 방법이 개발됐다. 공판지 상자 대신 에어백을 활용하는 방법이다. 공기가 완충재 역할을 하고, 공기를 담은 비닐이 상자 역할을 하는 것이다.

김 소장은 "난좌에 농산물을 올리고 나서 비닐봉지처럼 에어백 포장재에 넣는 방법"이라며 "에어백에 있는 공기 주입구에 공기압축기를 이용해 공기를 주입하면 포장이 완성된다"고 설명했다. 김 소장은 "에어백에 공기를 주입할 때는 공기압을 적당히 조절하는 것이 중요하다"면서 "공기압이 너무 강하면 상자 규격과 맞지 않고 오히려 농산물에 압박을 줄 수 있기 때문"이라고 덧붙였다.

에어백 포장을 마친 뒤에는 일반 접착테이프로 한 두 바퀴 정도 돌려서 입구를 밀봉하면 된다. 5kg 이하 포장이라면 이 상태만으로 택배 운송이 가능하다. 7.5kg 이상에서는 종이 상자에 한 번 더 넣으면 된다. 여기에 필요한 장비는 에어백과 접착테이프, 공기압축기 정도다. 공기압축기는 농가에서 먼지를 털어 낼 때 이용하는 것을 활용하면 된다.

김 소장은 "공기압축기로 공기를 넣으면 에어백이 부풀면서 내부적으로는 농산물을 고정하고, 외부에는 공기층을 만든다"면서 "완충 작용은 물론이고, 농산물이라는 것이 겉으로 드러나기 때문에 택배 기사가 공산물처럼 막 던지거나 하는 일도 줄어들 것"이라고 말했다.

포도에 첫 적용, 농가·소비자 모두 만족 에어백 택배 포장은 지난해 경북 김천 포도에 처음 적용됐다. 경북 김천시 농업기술센터의 연구용역을 받아 김수일포장개발연구소가 진행한 것. 전자상거래로 10년째 포도를 판매하는 경북 김천의 시골포도원 경창화 대표는 "에어백 포장이 현장에 활용되면 예전보다 훨씬 안전하게 포도를 택배를 통해 판매할 수 있을 것"이라고 밝혔다.

포도 택배 전용 에어백 포장은 전자상거래를 위한 4kg 규격과 체험농장 방문객을 위한 2kg소포장 등 두 가지. 이 방법을 활용하면 포장 시간은 기존 방식과 비교하면 50% 단축되고 일 터짐 현상은 60% 줄어든다. 정 대표는 "새 포장재는 비용과 노동력 절감 효과가 크다"면서 "포도일 터짐 걱정 없이 택배 배송을 할 수 있어, 김천 포도 전자상거래 활성화로 농가 소득에 도움될 거라 기대한다"고 말했다.

사과 배 수박에서 농산물 보호 효과 확인 을 추적 해 2농가가 에어백 포장된 배를 택배 로 보냈지만 소비자 불만이 거의 없었다. 또 포장 작업 속도가 기존보다 2배 정도 빨라 일손이 바쁜 명절 출하에 안성맞춤이다. 포장재 비용도 절반 이하로 줄었다.

김 소장은 "에어백 포장은 고급스럽지 않은 것이 사실"이라며 "7.5kg 이상은 중량을 견딜 수 있도록 골판지상자에 에어백을 담으면 보완할 수 있다"고 설명했다.

에어백 포장은 사과에도 적용할 수 있다. 수박도 에어백 포장이 가능하다. 수박은 다른 과일에 비해 무겁고 외부충격에 깨어지기가 쉬워 포장이 어려운 농산물이다. 이미 널리 사용되는 뽁뽁이·그물망·스티로폼 등으로는 역부족인데, 공기를 많이 넣은 에어백을 이용하면 완충효과를 높일 수 있다. 수박의 크기와 중량에 따라 포장재 재질 등을 선택하면 된다.

[과일호 택배하기](#)

[목 차](#)

[기사 전문보기 서비스 >](#)

[기사 전문 PDF보기 >](#)

디지털농업

이메일: 비밀번호:

회원가입

특정기획 | 한걸음정보 | 농업정보 | 유통·가공·식품 | 친화적·재미농업 | 관심기사

유통·가공·식품 성공농업을 일구어주는 농업경영기술정보지



HOME > 유통·가공·식품

과일도 곱고 상품성 높이는 포장 기술

명절에 과일 등 선물세트용 택배 배송하는 일이 잦다. 선물세트용 택배로 받는 소비자의 가장 큰 불만은 운송 중에 발생하는 상품 파손이다. 운송 중의 충격과 진동을 줄여주는 완충재를 강화하고, 안전성을 개선하는 포장재 개발이 절실하다. 외부 충격에도 끄떡없고 경제적인 선물세트용 명절 과일 택배 포장법을 소개한다. 국립과채 작물·자료제공 김수일포장개발연구소

난좌 깊이와 재질 등 포장 개선 필요 김수일포장개발연구소 김수일 소장은 "농산물 택배 운송 실험 결과 운송 중 포장 상자가 최소 17번에서 최고 27번까지 충격을 받는 것으로 나타났다"면서 "명절에 엄청난 물량을 처리해야 하는 택배 시스템을 고려하면 운송 과정에서 농산물이 충격을 받지 않고 포장 비용이 적게 드는 포장법을 개발해야 한다"고 강조했다.

현재 사용하는 난좌의 깊이와 재질만 개선해도 과일의 손상이 눈에 띄게 감소한다는 것. 그동안 흰색 스티로폼 재질의 두께 5mm 안팎인 압력PSP(폴리스틸렌폼이피) 난좌가 주로 쓰였는데, 이는 추위에 약해 설날같은 겨울철엔 쉽게 부서지는 단점이 있다. 이 때문에 4~5천부터 일부 백화점과 대형 마트에선 고급화 전략의 하나로 명절용 선물세트 포장 상자에 검은색 PP(폴리프로필렌) 재질을 도입한 덕분에 과일의 손상이 줄어들었다.

김수일포장개발연구소는 지난해 '농림수산식품기술 기획평가원'의 연구 과제(택배 유통 중 클레임 발생 최소화를 위한 사과-배 택배 포장 시스템)로 PP 재질 난좌(트레이 형태)를 개발했다. 겨울철에도 파손되지 않는 PP 재질 난좌는 배·사과·대봉감 등 과일의 크기와 중량에 따라 6~16과용까지 활용할 수 있다. 이는 제작 단가가 5kg들이 선물세트용 기준 450~500원으로 PSP 난좌(70~80원)에 비해 6배 이상 비싸지만, 배송에서 발생하는 만원어 많이 줄어든다는 것이 이점이다.

김 소장은 "과일의 안전성을 높이는 데는 난좌 재질 못지않게 깊이도 중요하다. 난좌 깊이는 깊게 할수록 보호 강도가 세지기 때문이다"고 강조했다.

현재 사용되는 난좌의 깊이는 과일의 2분의 1 또는 5분의 2을 감싸는 형태로 대형 마트나 도매시장 유통에서는 적합하지만 충격과 진동이 많이 발생하는 택배 유통에서는 과일이 흔들려 손상률이 높다.

과월호 보기

2016년 1월

이 때문에 난좌 깊이를 과일의 3분의 2이나 4분의 3까지 감싸는 형태로 제작할 필요가 있다는 게 김 소장의 주장이다.

에어백 포장으로 비운 줄갑과 파손 플레임 해결 연구소는 지난해 추석 선물을 배를 PP 난좌와 에어백만으로 포장한 일명 '누드 택배용 포장재'를 택배포장에 적용했는데, 과일이 하나도 멍들지 않았다.

김 소장은 "현재 과일 포장 시 그물망·편경·난좌·망패드·덜개·상자 등을 쓰면 상자 1개 당 포장 비용이 1만 원 넘게 든다. 이처럼 여러 가지 완충재를 쳐도 과일이 손상되긴 마찬가지이므로 이를 줄여 포장비를 줄이는 것도 중요하다"고 지적했다.

이 같은 문제점을 풀이려고 연구소는 지난해 PP 난좌에 농산물을 올리고 에어백 포장재에 넣는 방법을 개발했다. 공기가 완충재 역할을 하고 공기를 담은 비닐 에어백이 상자 역할을 하는 것이다. 에어백 포장은 난좌와 에어백 비닐만 있으면 할 수 있기 때문에 포장비는 2200~3000원에 불과하다.

에어백 포장은 외견상 고급스럽지 않은 것? 단점으로 꼽힌다.

이와 관련해서 김 소장은 "기존 골판지 상자에 에어백을 담은 방식으로 단점을 보완할 수 있다. 앞으로 5가지 유형의 에어백 포장용 선물 상자를 만들 계획"이라면서 "스티커 등을 활용해 선물세트용 상자에 생산자 이름이나 브랜드 등을 별도로 표기할 수 있도록 하면 실용성과 세련미가 높아질 것"이라고 말했다.

tip) 효율적인 과일 선물세트용 포장법 포장재와 택배 운송 비용을 줄이는 것이 농가의 과제이다. 김수일포장개발연구소는 기존 선물세트용 포장재보다 비용과 운송 중 파손율을 줄이는 포장법을 ?말했다. 명절용 고급 선물세트는 1번(선물세트 택배용), 일반 선물세트는 2번(일반 상자 택배용)을 활용하면 좋다.

1) 상하 조립형 선물세트 택배용 포장 중량 사과 3.0~4.5kg, 배 4.2~4.8kg 골판지 상자 규격 490mm×380mm×140~145mm 골판지 상자 재질 SW(양면골판지), B골, SC220-S120/K180/SK180 2) 일반 상자 택배용 포장 중량 사과 3.0~4.5kg, 배 4.2~4.8kg 골판지 상자 규격 490mm×380mm×140~145mm 골판지 상자 재질 SW(양면골판지), B골, SK180/K180/SK180 참고 에어백 단가는 약 2200원(PP 난좌+에어백·100개 기준)이며, 택배용 상자(골판지 상자)는 제작 수량, 상자 형태와 규격, 인쇄 방법 등의 조건에 따라 차이가 있다. 2000개 제작기준 1번 상자는 2000~2500원, 2번 상자로 1300~1800원 선이다.(개발비·운송비 별도)

과일용 선배내기

목 차

3. 연구 논문 (목표 2건 / 달성 2건)

가. 국내 과실의 택배 유통환경 특성

KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 21, No. 2 61-65 (2015)

국내 과실의 택배 유통환경 특성

정현모^{1,*} · 김수일²

¹경북과학대학교 디지털컨텐츠디자인과 ²김수일포장개발연구소

Characteristics of Domestic Distribution Environment for Parcel Delivery Service of Fruits

Hyun Mo Jung^{1,*} and Su Il Kim²

¹*Dept. of Digital Contents Design, Kyongbuk Science College, Chilgok 718-851, Korea*

²*Kim Su Il Packaging Development Institute, Choenan 331-961, Korea*

Abstract Agricultural products packaged for transportation are put in the various dangerous environments owing to the damage factors like vibration, shock, compression, climate etc. under the distribution process. On fruits packaging for transportation, especially, the shock and vibration is considered as the most important damage factors. A major cause of shock damage to fruits is drops during manual handling. Especially, the damages of fruits during the parcel delivery service are very serious. The parcel delivery services of fruits are increasing and contribute to increasing of farm house earning. Also, the freight vehicle is mostly used to transport the fruits. Shock and impact generated by the freight vehicle may give serious damage to fruits. The optimum packaging design of parcel delivery service of fruits during transportation is required to reduce the fruits damages. In order to design the packaging system for parcel delivery service of fruits considering the transportation environment, the comprehension of characteristics for vibration and shock generated by manual handling and acting on transportation vehicles under various road conditions and loading methods is required. This research was performed to analyze the shock characteristics, acceleration level and power spectral density (PSD) during the parcel delivery service of fruits. The overall level of recommended PSD profile in a specific transportation of parcel delivery service for fruits was 0.63 Grms.

Keywords Parcel delivery service, Vibration, Shock, PSD, Apple

*Corresponding Author : Hyun Mo Jung Dept. of Digital Contents Design, Kyongbuk Science College, Chilgok 718-851, Korea Tel : +82-54-979-9558, Fax : +82-54-972-9733
E-mail : hmjung@kbsc.ac.kr

서론

과실류 및 청과물은 수확 후 소비자에게 전달되기 전까지 저장, 선별, 포장 및 수송의 과정 중에 유통환경의 변화에 따라 손상이 발생할 수 있다. 특히 수송과정 중 발생할 수 있는 다양한 진동 및 충격현상은 과실 및 과실 포장화물이 갖는 자체의 공진주파수 구간에서 가장 큰 손상을 유발하므로 수송과정에서 제품의 손상을 최소화시키는 방안이 강구되어야 한다.

일반적으로 수확된 농산물의 유통과정 중에 발생하는 기계적인 손상으로 인한 손실률은 약 30~40%에 이르는 것으로 알려져 있으며 이중 상당부분을 차지하고 있는 수확 후 수송과정 중에 발생하는 기계적인 영향으로 인한 손상을 줄이는 것은 더욱 중요한 부분으로 인식되고 있다.

특히, 근래에 국내 과실의 택배 유통이 증가하면서 유통 중 발생하는 충격 손상을 줄이는 것이 농가의 유통판매 활로의 개척과 농가소득의 증대에 큰 역할을 할 것으로 기대되고 있다. 과실의 택배 수송방법으로는 화물차량을 이용하는 것이 가장 일반적이며, 수송 중 화물차량에서 발생하는 진동 및 충격과 택배용 화물의 분류, 적재 및 하역 등의 작업에서 발생하는 충격 등은 과실의 손상과 직접적으로 연관되어 있다.

따라서 수송 중 적정 포장설계를 통한 과실의 손상을 줄이기 위해서는 작업환경, 주행도로, 도로 상태 등의 방법에 따라 차량에 작용하는 진동 및 충격 특성을 파악하고 자료화 하는 것은 매우 중요하다. 외국의 경우 과실의 수송경로 및 수송방법에 따른 차량 내의 진동 및 충격 계측실험이 다양하게 수행되고 있으며, 이러한 실험 자료는 과실의 수송 중 손상을 예상할 수 있도록 수학적 모델이 개발되어 과실 및 농산물의 적정 수송방법을 제안하는 기술 수준에 와 있다.

이러한 기술들은 수송 시 발생하는 과실의 손상을 최소화하여 경제적인 손실을 줄이고 과실류 적정 포장설계의 개발에 도 폭 넓게 활용되고 있다.

Hinsch 등3)은 스프링 현가장치로 되어 있는 대형화물차를 이용하여 체리, 복숭아, 배를 수송하는 과정 중에 발생하는 진동신호를 계측하여 PSD를 분석하였다. PSD(power spectral density)는 3.5 Hz구간에서 가장 크게 나타났으며 9 Hz, 18 Hz, 25 Hz구간에서도 높게 나타났다고 하였다.

Chesson 등2)은 PSD는 대형화물차 바닥의 뒷부분에서 가장 크게 나타났고 수직방향의 가속도에 비해 수평방향의 가속도는 작게 나타났다고 보고하였다. Jarimopas 등4) 및 Singh 등7)은 수송차량의 현가장치에 따른 PSD를 측정된 결과 실험 주행 하였던 도로 전체 평균은 스프링 현가장치에서 0.89 Grms, 공기식 현가장치에서 0.5 Grms로 나타났으며 이를 근거로 하여 랜덤 진동실험방법을 제시하였다. 이상의 연구에서는 수송차량의 진동 및 충격수준을 계측하는 것이 대부분이다.

하지만, 택배의 유통환경은 일반 제품 및 농산물과는 상이한 부분이 많다. 특히, 택배 화물의 분류작업시 사람의 작업에 의해서 낙하 등의 충격을 많이 받게 되는 유통환경을 가지고 있으며, 택배화물의 특성상 파렛트 적재에 의한 지게차의 사용이 되지 못하고 있어 수송차량에 적재 및 하역시 인력에 의존하게 되며 이에 따른 충격손상을 많이 받게 된다.

따라서, 본 연구에서는 국내의 대표 과실인 사과 포장 택배화물의 택배원 수거에서 최종 목적지까지의 진동 및 충격의 유통환경을 계측 및 분석하고, 택배 유통환경의 가속도 수준과 PSD(power spectral density)를 분석하고 유통중 발생하는 충격의 사양을 분

석하여 사과와 최적의 택배용 포장 완충시스템을 설계하기 위한 기준 데이터로 활용하고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 과실 샘플은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 후지품종의 사과로 포장단위(무게)인 5 kgf를 기준으로 한 택배용 포장샘플이었다. 골판지는 이중양면골판지(SK210/K180/K180/ K180/K180)를 사용하였으며, 택배용으로 개발된 과실용 16개구 PP 재질의 난좌(tray cup)가 사용되었고 택배용 사과의 순수 진동 및 충격을 계측하기 위하여 완충재를 따로 적용하지 않았다.



Fig. 1. Apples and data recorder in packaging box for parcel delivery service.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 실험용 택배 포장상자 내부 트레이컵에 유통환경을 계측하기 위하여 자체 전원으로 최대 90일까지 작동되는 유통 중 진동 및 충격 계측용 무선 3축 데이터 레코더(Saver 3X90, Lansmont, USA)를 설치하였다.

본 연구에서는 경남 김해에서 경기도 화성까지의 택배 유통환경을 계측하였으며, 국내의 농산물 택배에 주로 이용되고 있는 우체국 택배를 이용하여 택배 유통환경을 계측하였다.

결과 및 고찰

1. 택배 유통환경의 진동 및 충격특성

본 실험에서는 국내의 대표적인 과실인 사과의 택배포장 유통환경을 계측하였으며, 결과치를 충격을 받은 영역과 급격한 속도변화(velocity change)가 생긴 영역, 이를 제외한 순수 진동영역으로 나누어 분석하였다.

Fig. 2는 경상남도 김해에서 경기도 화성까지의 택배 화물에 대한 진동 결과치를 보여주고 있다. 그림의 충격(shock)영역에서는 Kim 등5)이 제시하였던 사과의 손상기준이 되는 바이오 G-벡터의 최대치인 2.8 G를 넘는 횟수가 약 15회 정도 발생하였으며, 10 G 이상의 충격횟수도 약 5회 발생하였다.

또한, 충격 분석에서 급격한 속도변화(Delta V)는 과실의 손상에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 이러한 급격한 속도변화는 충격에 의한 낙하방향이 변경되는 것으로 낙하충격을 받게 되는 환경을 의미하게 된다.

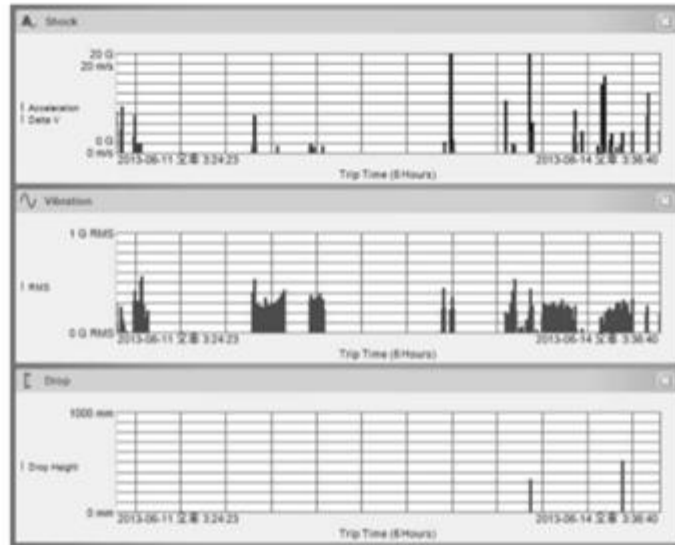


Fig. 2. Distribution environment analysis between Gimhae and Hwasong.

본 실험 결과를 토대로 약 20회의 급격한 속도변화가 발생하는 것으로 분석되었으며, 약 300 및 500 mm에서 자유낙하의 충격도 발생되어 택배 유통환경의 열악함을 알 수 있었다.

또한, 순수 진동영역(vibration)에서도 Kim 등5)이 제시하였던 사과와의 바이오 G-벡터의 최소값인 0.42 Grms 이상의 진동이 약 10회 이상 발생되어 택배 유통을 위해 과실의 적절한 완충포장이 이루어지지 않는다면 과실의 손상이 발생하게 될 것으로 판단되었다.

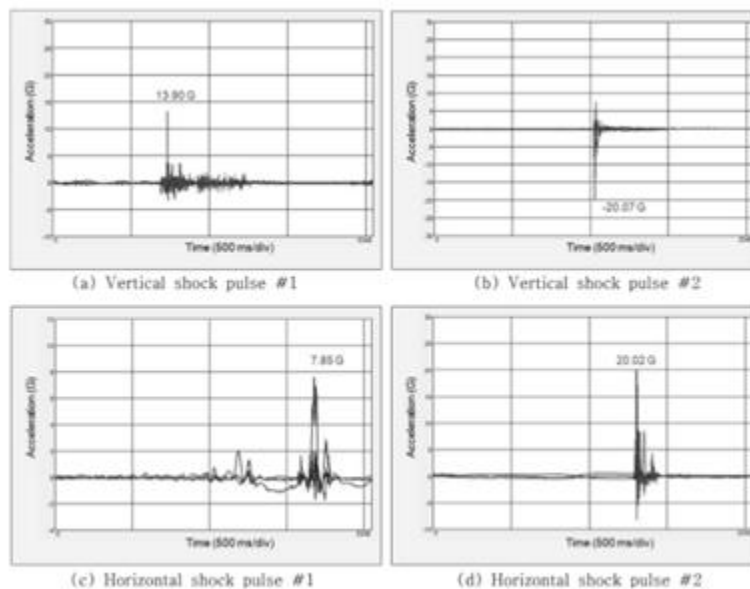


Fig. 3. Peak accelerations among distribution environment between Gimhae and Hwasong.

Fig. 3은 택배 유통중 진동 충격 가속도의 계측치가 큰 경우를 그래프로 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 충격에 의한 사과와의 손상기준이 되는 바이오 G-벡터에 비해 매우 높은 충격가속도(7.85G, 13.09G, 20.02G 및 20.07G)이 발생되었다.

이러한 경우는 인력에 의한 택배 포장화물의 취급 및 지역별 분류단계에서 발생하는 것으로 이동 시간상 추정해 볼 수 있었으며, 인력에 의한 분류작업, 수송차량의 적재 및 하역작업 시에 택배화물이 받는 충격력이 다른 작업에 비해 크게 계측되었다.

또한, 택배용 포장화물의 진동 및 충격특성은 다른 유통환경과는 다르게 Fig. 3(a) 및 3(b)와 같이 수직(vertical) 충격 외에도 Fig. 3(c) 및 3(d)와 같이 측면(horizontal) 방향의

진 동 충격가속도도 크게 계측되는 경우가 있어 이에 대한 완충포장의 적용이 필요할 것으로 판단되었다.

이러한 결과는 이전 연구자들에 의해 계측되었던 수송트럭에 적재된 제품의 진동특성과 차이가 있었다. 이처럼 인력에 의한 작업이 이루어지는 환경에서는 다양한 측면에서의 충격이 발생한다는 것을 알 수가 있었다.

2. 택배 유통환경의 PSD 특성

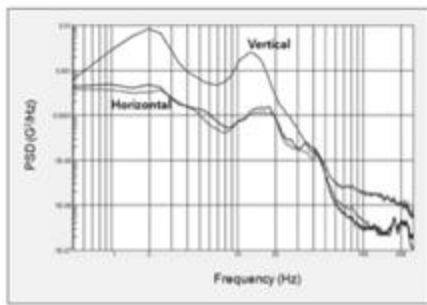


Fig. 4. PSD of distribution environment between Gimhae and Hwasong.

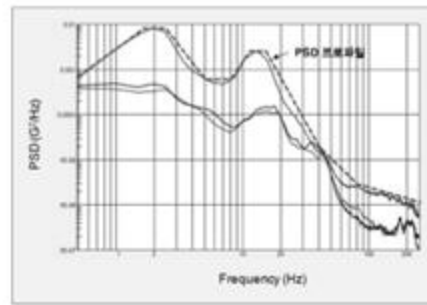


Fig. 5. Recommended PSD profile of distribution environment of Parcel delivery service.

Fig. 4은 김해-화성 구간의 PSD(power spectral density) 프로파일을 보여주고 있으며, 그래프 상에서 상단부분에 위치하고 있는 PSD는 수직(vertical)방향에 해당되는 진동결과의 PSD를 보여주고 있으며, 하단부분에 위치하고 있는 PSD는 수평진동(진행방향, 진행방향 직각방향, horizontal)방향에 대한 진동 PSD를 보여주고 있다.

그림에서 알 수 있듯이 진행방향에 수직인 상단/하단 방향(vertical)의 진동이 제일 크게 계측되며, 과실의 손상에도 수직에 의한 진동 및 충격에 의한 것이 제일 클 것으로 판단되었다.

또한, 모든 PSD가 크게 나타나는 주파수 대역은 1-20 Hz 대역이었고 주파수가 높아질수록 PSD는 감소하였다. 이러한 결과는 이전 연구자들에 의해 제시되었던 것과 유사한 결과를 나타내었다.

즉, 일반적인 과실의 수송환경에서 가장 문제가 되는 것은 낮은 주파수 대역에서의 진동 및 충격력이다. 그 이유는 낮은 주파수 대역에서는 같은 충격가속도 수준에서 진동 및 충격의 변위가 크기 때문에 포장된 과실이 손상될 수 있는 확률이 높아지기 때문이다.

따라서, 적정 완충포장은 과실의 공진주파수 대역을 변경하는 포장설계와 수송 중 받게 되는 충격력을 감쇠하는 포장설계 기법이 동시에 적용되어야 한다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 김해-화성 구간의 택배 유통의 PSD 프로파일(평균 0.63 Grms)을 도시하였다. 그림상의 점선으로 표시된 부분이 수직방향의 PSD를 평균화하여 도시된 PSD 프로파일이며, 전자기식 진동 시험기에 PSD 프로파일을 입력하여 택배 유통환경을 재현할 수 있어 실험실내에서 적정 완충포장 기법의 다양한 신뢰성을 구축할 수 있다.

또한, 택배 유통환경의 PSD 평균 충격가속도가 0.63 Grms으로써, KS에서 제시하고 있는 수송트럭의 일반적인 평균 PSD 가속도수준인 0.5 Grms에 비해서 크게 계측되었다. 또한, ASTM (American Society for Testing Materials) 및 ISO(International Organization for Standardization)에서 제시하는 평균 PSD 가속도 수준인 0.52 Grms와 0.59 Grms에 비하여

크게 계측되었다.

즉, 택배환경은 수송트럭에 의해 운반되며 지게차 등의 장비를 사용하지 않고 인력에 의해 작업이 이루어지는 과정에서 큰 충격력을 받게 되는 환경을 가지게 된다. 여기에서 제시하는 이 결과는 본 실험을 통해 제안하고자 하는 택배 유통환경에 대한 복합적인 PSD이며, 이 PSD프로파일을 이용하여 실험실 내에서 시뮬레이션이 가능하게 된다.

결론

본 연구에서는 국내의 대표 과실인 사과 포장 택배화물 의 택배원 수거에서 최종 목적지까지의 진동 및 충격의 유통환경을 계측 및 분석하고, 택배 유통과정중의 가속도 수준과 PSD(power spectral density)를 분석하고 유통중 발생하는 충격의 사양을 분석하여 사과의 최적의 택배용 포장 완충시스템을 설계하기 위한 기준 데이터로 활용하고자 수행되었다.

그 결과, 택배 유통환경중 진동 및 충격력이 제일 크게 계측된 부분은 인력에 의한 작업이 이루어지는 분류, 적재 및 하역 작업과정에서 발생된다는 것을 알 수가 있었으며, PSD 수준이 수직방향에서 제일 크게 계측되었으며, 측면방향의 PSD는 수직방향에 비해 작게 계측되었지만, 과실에 손상을 입힐 수 있는 측면방향의 충격력이 택배 유통환경중에 발생되고 있음을 알 수가 있었다.

또한, 일반 수송트럭에 비해 PSD프로파일 평균 수준이 높게 계측됨을 알 수가 있었고, PSD가 크게 계측되는 주파수 대역은 120 Hz이었다. 이러한 결과를 토대로 과실의 택배 포장시에 과실이 받는 충격력을 최소화 할 수 있는 적정 포장기법의 도입함으로써, 택배 유통중 과실의 손상을 최소화 할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 고부가가치식품 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(112107-3).

참고문헌

1. ASTM D4728-06. 2012. Standard test method for random vibration testing of shipping containers. American Society for Testing Materials.
2. Chesson, J. H. and O'Brien. M. 1971. Analysis of mechanical vibration of fruit during transportation. Trans. of the ASABE 14(2): 222~224.
3. Hinsch, R. T., Slaughter, D. C., Craig, W. L. and Thompson, J. F. 1993. Vibration of fresh fruits and vegetables during refrigerated truck transport. Trans. of ASABE 36(4): 1039~ 1042.
4. Jarimopas, B., Singh, S. P. and Saengnil, W. 2005. Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transit. Packaging Technol. Sci. 18: 179~188.
5. Kim, G. S., Jung, H. M., Kim, K. B. and Kim, M. S. 2007. Estimation of the allowable bio-shock fragility index of fruits for optimum packaging design. J. Biosyst. Eng.

32(6): 416~ 421.

6. Singh, S. P. and Marcondes, J. 1992. Vibration levels in commercial truck shipments as a function of suspension and payload. *Journal of Testing and Evaluation* 20(6): 466~469.
7. Singh, S. P., Antle, J. R., and Burgess, G. 1992. Comparison between lateral, longitudinal, and vertical vibration levels in commercial truck shipments. *Packaging Technol. Sci.* 5(2): 71~75.

나. 택배용 포장시스템이 적용된 과실의 랜덤 진동 특성

KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY

Vol. 21, No. 2 67~71 (2015)

택배용 포장시스템이 적용된 과실의 랜덤 진동특성

정현모^{1,*} · 김수일²

¹경북과학대학교 디지털컨텐츠디자인과 ²김수일포장개발연구소

Characteristics of Domestic Distribution Environment for Parcel Delivery Service of Fruits

Hyun Mo Jung^{1,*} and Su Il Kim²

¹*Dept. of Digital Contents Design, Kyongbuk Science College, Chilgok 718-851, Korea*

²*Kim Su Il Packaging Development Institute, Choenan 331-961, Korea*

Abstract Shock and vibration inputs are transmitted from the transporting vehicle through the packaging to the fruit during the parcel delivery service. The vibration causes sustained bouncing of fruits against each other and the container wall. The steady state vibration input may cause serious fruit injury, and the damage is particularly severe if the fruits are bounced at its resonance frequency. The determination of the resonance frequencies of the fruits and vegetables may help the packaging designer to determine the proper packaging system providing adequate protection for the fruits, and to understand the complex interaction between the components of the fruits when they relate to expected transportation vibration inputs. To analyze the vibration properties of the apples for optimum packaging design during transportation for parcel delivery service, random vibration tests were carried out. In the random vibration test, the resonance frequency and PSD of the apples in packaging system for parcel delivery service in the test were in the range of 13 to 99 Hz and 0.0143~0.0923 G²/Hz.

Keywords Apples, PSD, Packaged freight, Resonance frequency, Parcel delivery service

*Corresponding Author : Su Il Kim Kim Su Il Packaging Development Institute, Choenan 331-961, Korea Tel : +82-41-556-4688, Fax : +82-41-556-4689 E-mail : suilssi@naver.com

서론

농산물과 과실에 대한 소비자의 구매 패턴은 갈수록 고급화되고 있으며 품질이 우수하고 안전한 농산물 및 과실을 구매하려는 소비자의 요구를 충족시키기 위해서는 합리적이고 실질적인 수확 후 품질관리기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.

농산물 특히 청과물은 수송 중에 수확 시의 본래 품질 과 생리적, 물리적 특성이 빠른 속도로 변하기 때문에 일반 공산품에 비하여 품질 관리에 많은 어려움이 있다. 뿐만 아

나라 향후 농산물 시장의 개방으로 인해 외국 농산물과 경쟁하여야 하고 외국산 농산물과의 차별성을 위해서는 무엇보다도 국내산 농산물에 대한 철저한 품질관리가 이루어져야 할 것이다.

따라서 농산물의 품질을 판정할 수 있는 기술도 반드시 선진국 못지않은 기술로 발전되어야 할 것이다. 과실의 경우 수확 후 선별, 포장, 저장 및 수송 등의 유통 과정을 거치는 동안 진동 및 충격에 의한 외력을 받을 수 있는 경우가 다른 농산물에 비하여 상대적으로 많을 뿐만 아니라 과실의 조직도 매우 연약하여 손상을 입기가 쉽다.

이와 같이 과실이 받은 크고 작은 손상은 유통과정이 길어짐에 따라 곧바로 변질되고 부패하여 생산자에게 큰 경제적인 손실을 가져다주게 된다. 유통과정 중에 과실이 받는 기계적 손상은 주로 진동과 충격에 의한 요인이나 최근에 와서 과실의 유통체계가 기계화됨에 따라 충격에 의한 손상은 점차 감소되고 주로 진동에 의한 손상이 대부분을 차지하고 있는 것으로 알려져 있다.

과실이 유통과정 중에 받는 진동에 의한 손상을 줄이기 위해서는 과실 자체의 진동특성과 기계적 특성 등이 철저히 구명되어야 할 것이다.

이처럼 농산물은 유통 시에 매우 다양한 주파수의 랜덤(random) 진동을 받게 되며 만약 이 주파수가 그 농산물의 공진 주파수 범위에 있다면 농산물과 포장 완충재의 상호관계를 이용하여 공진점을 피하도록 적정 포장해야 할 것이다.

농산물 자체의 공진 주파수를 파악하는 것은 농산물의 포장설계와 유통과정 중에 발생할 수 있는 진동에 의한 과실의 손상 메커니즘을 이해하는데 매우 중요하다. 또한, 랜덤 진동을 진동실험기에 입력하기 위해서는 특정 랜덤 진동 주파수 대역의 순간 최대 가속도 진폭을 나타내는 PSD (power spectral density)을 이용하게 된다.

Hinsch 등²⁾은 스프링 현가장치로 되어있는 대형화물차를 이용하여 체리, 복숭아, 배를 수송하는 과정 중에 발생하는 진동신호를 측정하여 PSD를 분석하였다. PSD는 3.5 Hz구간에서 가장 크게 나타났으며 9 Hz, 18 Hz, 25 Hz구간에서도 높은 값이 나타났었다고 하였다. PSD는 대형화물차 바닥의 뒷부분에서 가장 크게 나타났고 수직방향의 가속도에 비해 수평방향의 가속도는 작게 측정되었다고 보고하였다.

Peleg와 Hinga⁶⁾는 수송 중 과실의 진동손상을 추정하기 위한 모의실험을 수행하였다. 이를 위하여 도로의 상태 및 해상수송의 경우 발생하는 정점가속도를 측정하였던 결과, 도로의 노면상태가 매우 불균일하였던 도로에서 2.2 Grms, 아스팔트로 잘 포장된 도로에서 0.5 Grms, 해상에서 0.2 Grms 로 측정되었다고 보고하였다.

Singh 등⁷⁾은 수송차량의 현가장치에 따른 PSD를 측정하였던 결과 실험 주행하였던 도로 전체 평균은 스프링 현가장치에서 0.89 Grms, 에어 현가장치에서 0.5 Grms로 나타난 것으로 보고하였으며 이를 근거로 하여 랜덤 진동실험방법을 제시하였다. 하지만, ASTM과 KS에서 제시하는 유통중 랜덤 PSD 프로파일의 수준이 기존 연구자에 의해 제시된 것보다 크므로 본 연구에서는 기존 표준 PSD 프로파일을 적용하였다.

따라서 본 연구에서는 유통을 위한 과실의 적정 포장설계 시 중요한 자료가 되는 진동특성을 분석하기 위하여 실험적 방법으로 사과를 공시하였으며, 택배용 완충포장시스템이 적용된 공시된 사과에 대한 랜덤 진동실험을 통한 진동특성을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 과실은 후지 품종의 국내산 사과이었으며, 실험용 시료는 2013년 10월에 일반농가에서 수확된 후 시험에 사용되기 전까지 약 2개월 정도 CA저장 컨테이너에 저온저장($0 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $85 \pm 5\%$ rh) 되었다. 시료들의 기본적인 물성들은 Table 1과 같으며, 시험에 사용되기 전 실험실의 환 경조건(15°C , 75% rh)에서 약 4시간 동안 적응을 시킨 후 시험에 사용하였다.

또한, 포장시스템은 Fig. 1에서 보는 바 와 같이 포장단위(무게)인 5 kgf를 기준으로 한 사과 택배용 포장샘플이었다. 골판지는 이중양면골판지(SK210/K180/K180/K180/K180)를 사용하였으며, 택배용으로 개발된 과실용 16개구 PP 재질의 난좌(tray cup)가 사용되었고 택배용 배의 진동 및 충격을 계측하기 위하여 EPS재질의 망(net)구조 완 충재를 바닥에 적용하였다.

2. 실험장치

본 연구에서 사과의 랜덤 진동 입력에 따른 특성을 계측하기 위해 구성된 실험 장치는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 전자식 가진기(ETS-150, ETS-Solution, USA), 입력된 PSD (power spectral density)로 일정 범위의 주파수를 제어하기 위한 콘트롤러, 포장화물 및 포장된 사과의 진동 신호를 계측하기 위한 가속도 센서(KISTLER, 100 g)와 고속 A/D보드가 내장된 컴퓨터로 구성되었다.

본 연구에 사용된 진동 실험기는 피드백을 통해 일정한 가속도 수준을 유지해주는 시스템으로 각 가속도 수준별 입력전압을 조절하여 진동 변위를 자동 제어하는 시스템이다.

3. 실험방법

본 랜덤 진동실험의 경우는 ASTM D47281)과 KS T ISO 133559)를 참조하였으며 Figs. 3과 4는 각각의 규격에 명시 되어있는 주파수별 PSD 파일을 도식화한 것이다.

Table 1. Harvesting date and physical characteristics of the fruits used in tests

Cultivar	Date of harvest	Volume (10^{-4} m^3)	Mass (kg)	True density (kg/m^3)
Apple (Fuji)	2013. 10	3.812	0.32	832.74

랜덤진동 실험의 경우 초기 입력값은 전체 수준보다 최소 6 dB 낮은 값으로 시작하여 입력값이 한 단계씩 증가될 수 있도록 설정하였으며, 실험주파수범위는 3~100 Hz, 스펙트럼의 진폭 값은 최소 0.5 G가 되도록 하였고, 실험 주파수구간에 대해 PSD값의 변화폭은 30 dB 이하를 유지하도록 하였다.

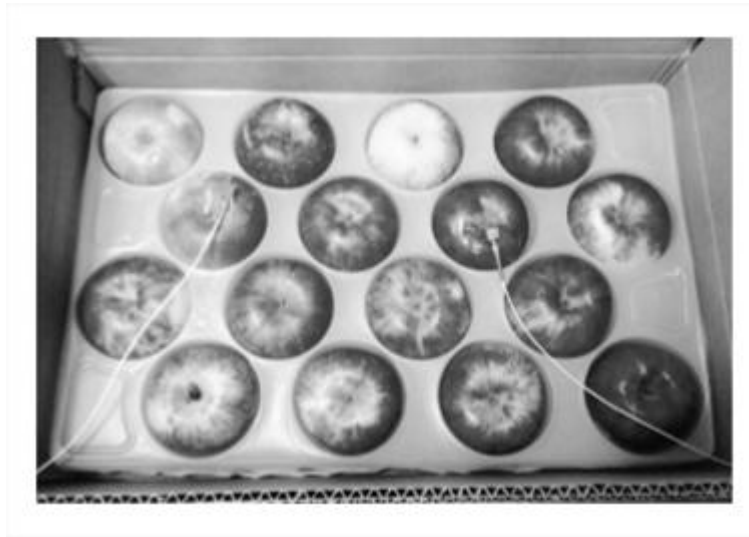


Fig. 1. Sample for parcel delivery service of apples used in random vibration tests.

결과 및 고찰

사과의 택배용 포장시스템에 대한 랜덤 진동실험 결과를 Fig. 5(a)~5(c) 및 Table 1에 나타내었다. Fig. 5의 결과는 상 자 내 가운데에 위치하고 있는 3개의 사과 샘플에 대한 결과치이다. 랜덤진동에 의한 택배용 포장시스템내 사과의 공진주파수는 Kim5이 제시하였던 가변주파수 정현파 진동실험에서와 마찬가지로 80~90 Hz 대역에서 공진이 발생하였다.

이러한 현상은 과실을 트럭으로 수송할 때 발생하는 주파수대역이 200 Hz 이하의 낮은 주파수(Jung3)이기 때문에 일반 공산품의 넓은 주파수에서와는 달리 가변주파수 정현 파 진동실험이나 랜덤 진동실험에서 큰 차이가 없는 것으로 판단되었다.

Fig. 5(d)~5(f)에서 보는 바와 같이 택배용 포장시스템이 적용된 사과의 랜덤 진동응답은 주파수대역이 20~100 Hz로 넓게 분포되어 Kim5이 제시하였던 가변주파수 정현파 진동 실험의 공진주파수 결과치와 일부 다른 양상이었다. 이러한 현상은 난좌에 적입된 사과가 크기가 작아 진동중 고정효과를 발휘하지 못해 이러한 결과가 나타났다.

본 실험결과를 통해 택배를 위한 과실의 적정 포장방법은 난좌에 적입될 때 어느 정도의 고정이 되어야 한다는 것을 알 수가 있었다. Fig. 5(a)~5(c)는 사과는 주파수 대역에서 공진이 발생되어 가변주파수 정현파 진동실험과 유사한 결과를 나타내었다.

가변주파수 정현파 진동실험(sweep test)와 랜덤실험을 통해 발생하는 공진주파수 대역은 대부분 일치한다는 것을 알 수 가 있었다. 포장중량 5 kgf인 택배용 포장화물에 적입된 사과에 대한 랜덤진동 실험결과를 Table 2에 나타내었다.

이 결과는 각 3개의 택배용 포장박스 샘플당 16개 사과샘플에 대한 평균 치이며, 택배용 포장시스템 내 평균 공진주파수는 60~72 Hz 이었으며, 평균 정점 PSD는 0.06~0.072 G²/Hz이었다. 전반 적인 택배용 포장시스템내 사과의 공진주파수는 13~99 Hz의 넓은 주파수대역으로 분포되었으며, PSD는 0.0143~0.0923 G²/Hz 범위로 분포되었다. 이는 날개의 과실을 대상으로 랜 덤 진동신호에 의한 공진주파수를 계측한 결과인 날개의 사 과 공진 주파수 대역인 120 Hz (Jung3) 부근과는 큰 차이를 보이고 있다.

이러한 차이는 골판지 상자 자체와 포장상자 내의 완충재의 완충효과에 의한 것으로 판단되었다. 이러한 결과를 토대로 과실의 택배용 포장을 위해서는 난좌에 적입 된 상태

에서 고정이 되지 않고 유통 중 진동을 받게 된다면 공진주파수 대역이 저주파수 대역에서 발생되어 수송 유통환경에서 과실의 손상과 관련이 깊은 저주파수 대역과 일치하게 되어 진동에 의한 손상을 받을 수 있게 된다.

따라서, 과실의 택배용이나 일반포장용으로 적정포장을 위해서는 포장된 과실의 손상을 방지하기 위하여 진동에 의한 가변이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.



Fig. 2. Random vibration test apparatus for the pear.

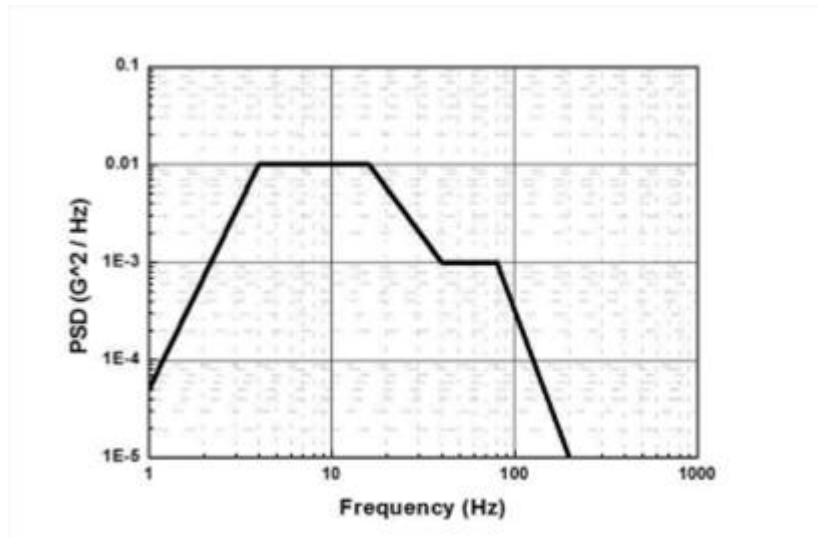


Fig. 3. PSD profile of the ASTM D4728.

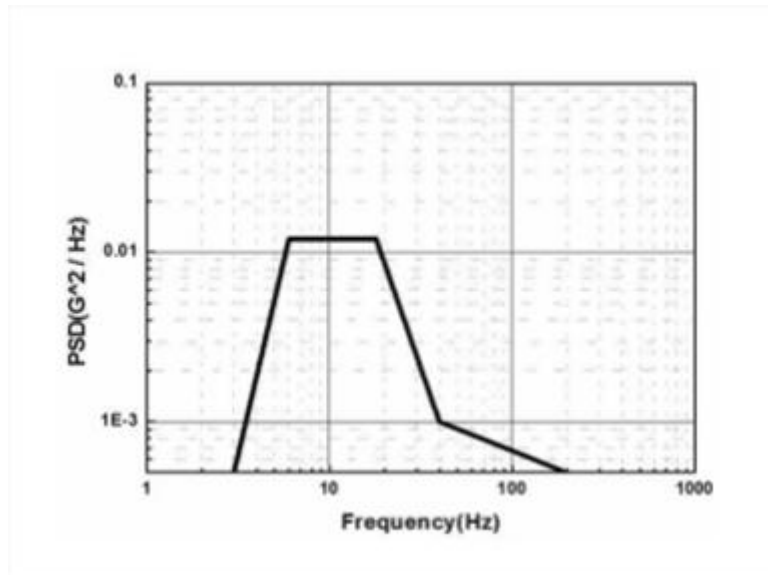


Fig. 4. PSD profile of the KS A ISO 13355.

Table 2의 평균 공진주파수의 범위는 수송 유통환경에서 제품의 손상과 관련있는 주파수 대역인 45 Hz 이하의 주파수 대역(Hinsch2))과 일치하지 않아 사과용 택배 포장시스템으로 충분한 가능성이 있을 것으로 판단되었다. 다만, 일부 작은 사과에 대한 저주파수 대역 공진이 발생하는 것을 방지하는 완충재 적용이 필요할 것으로 판단되었다.

Table 2. Averaged resonance frequency and peak PSD of apples in Packaging System for Parcel Delivery Service by ASTM random vibration test

Item	Resonance frequency (Hz)	Peak PSD (G ² /Hz)
Sample Box #1	61.1273	0.064288
Sample Box #2	72.7124	0.072263
Sample Box #3	68.9443	0.060327

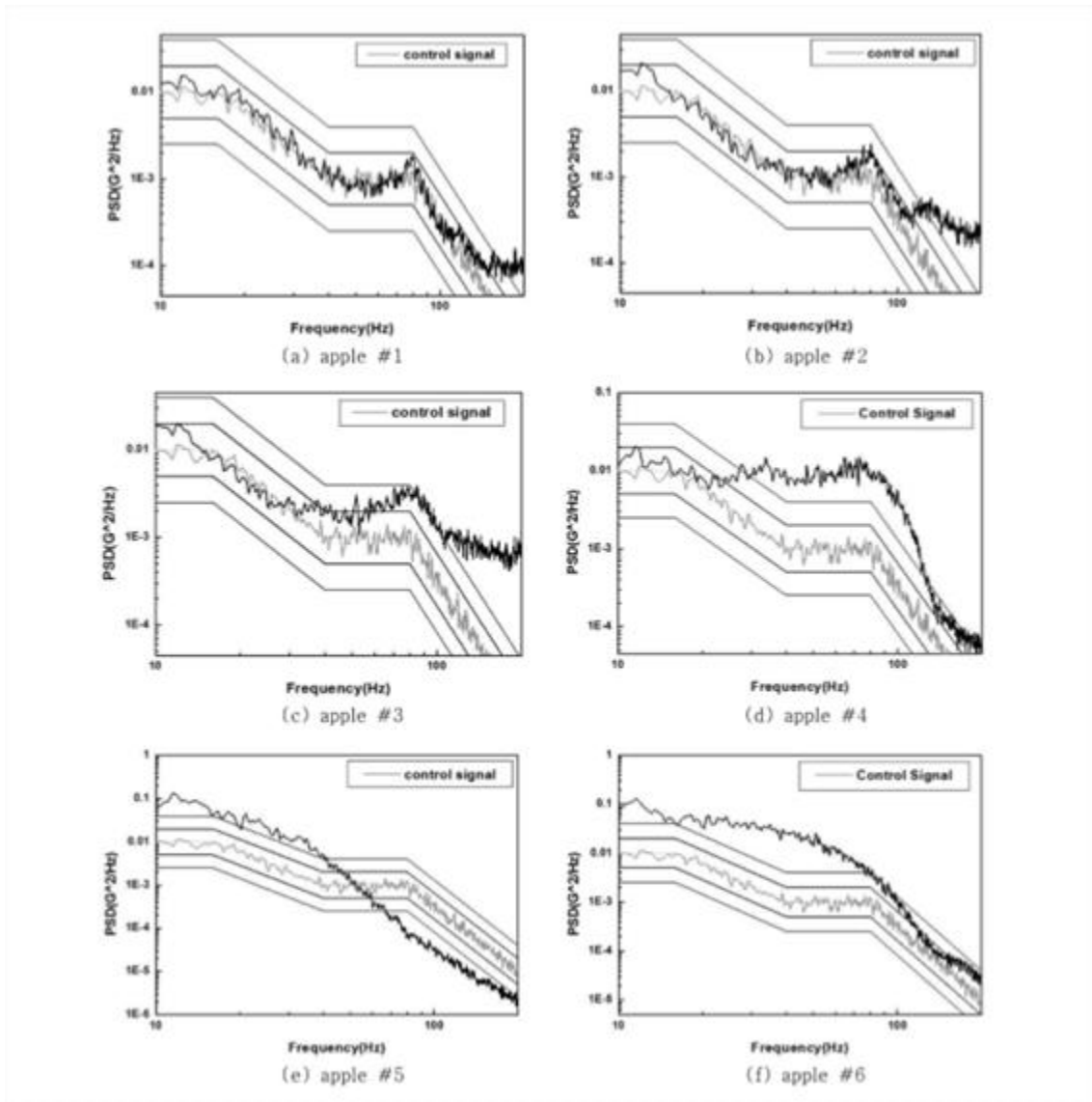


Fig. 5. PSD of the apples packaged for parcel delivery service by the random vibration test.

결론

본 연구에서는 농산물의 포장설계 시 중요한 변수가 되는 랜덤 진동 입력에 의한 택배용으로 포장된 사과와 공진 주파수 및 PSD의 진동특성을 분석하기 위하여 랜덤 진동실험을 적용하였다.

그 결과, 랜덤 진동실험에 의한 택배포장된 사과와 공진주파수는 13~99 Hz 대역이었고 PSD는 0.0143 ~0.0923 G²/Hz 범위이었다. 또한, 랜덤 진동실험에 의한 사과 포장과실의 공진주파수 대역에서의 PSD는 난좌의 크기에 비해 작은 사과의 경우 낮은 주파수 대역에서 공진주파수가 발생되었다.

낮은 주파수 대역은 수송 유통환경에서 문제가 되는 저주파수 대역과 일치되는 것으로 택배용으로 포장시 사과와 고정시 필요하다는 것을 본 랜덤진동 실험을 통해 알 수가 있었으며, 본 사과용 택배용 포장시스템이 충분히 가능성이 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(112107-3).

참고문헌

1. ASTM D4728. 2012. Standard Test Method for Random Vibration Testing of Shipping Containers. American Society for Testing Materials.
2. Hinsch, R. T., Slaughter, D. C., Craig, W. L. and Thompson, J. F. 1993. Vibration of fresh fruits and vegetables during refrigerated truck transport. Transactions of ASABE, 36(4): 1039~1042.
3. Jung, H. M. 2003. Vibration Behavior of the Fruits and Vegetables Packaged Freight and Durability of Corrugated Fiberboard Container. Chungnam National University Doctor Thesis.
4. Jarimopas, B., Singh, S. P. and Saengnil, W. 2005. Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transit. Packaging Technology and Science 18: 179~188.
5. Kim, G. S. 2007. Vibration Behavior of the Fruits and the Packaged Freight and their Quality Changes at Simulated Transportation Environment. Chungnam National University Doctor Thesis.
6. Peleg, K. and Hinga, S. 1986. Simulation of Vibration Damage in Produce Transportation. Transactions of the ASABE 29(2): 633~641.
7. Singh, J., Singh, S. P. and Joneson, E. 2006. Measurement and Analysis of US Truck Vibration for Leaf Spring and Air Ride Suspensions, and Development of Tests to Simulate these Conditions. Packaging Technology and Science (in press). DOI:10.1002/pts.732.
8. Singh, S. P. and Marcondes, J. 1992. Vibration levels in commercial truck shipments as a function of suspension and payload. Journal of Testing and Evaluation 20(6): 466~469.
9. 국가기술표준원. 2014. 수송 포장 화물과 단위 화물의 수직 랜덤진동 시험 방법. KS T ISO 13355.

4. 교육지도실적 (목표 50건 / 달성 73건)

번호	발표일	제 목	발표기관	비 고
1	2013.01.24	농식품 포장디자인 개발 기법	무안군농업기술센터	
2	2013.01.31	농산물포장디자인개발성공전략	인제군농업기술센터	
3	2013.02.19	농산물 포장디자인의 현황과 발전방안	농촌진흥청	
4	2013.03.07	농식품 포장디자인 개발 기법	경북테크노파크	
5	2013.03.15	농식품 포장디자인 개발	강소농-호현F&C	
6	2013.03.21	농식품 포장디자인 개발 기법	유통교육원	
7	2013.04.17	택배포장 개발기법	유통교육원	
8	2013.04.19	전자상거래용 포장개발 기법	금산군농업기술센터	
9	2013.05.02	감 가공상품 포장디자인 개발	경북농민사관학교	
10	2013.05.27	전자상거래용 포장 컨설팅	음성군농업기술센터	
11	2013.06.03	농산물 택배포장 개발 기법	김천시농업기술센터	
12	2013.07.10	농산물 포장 컨설팅	음성군농업기술센터	
13	2013.07.11	농산물 포장디자인 개발 전략	중앙대학교	
14	2013.07.12	기능성식품의 경쟁우위 포장개발	유통교육원	
15	2013.07.16	농산물 포장디자인 및 포장재 개발 전략	유통교육원	
16	2013.07.17	농산물 포장기법	농협대학교	
17	2013.07.19	감 가공상품 포장디자인 개발	구미시농업기술센터	
18	2013.07.30	품목별 택배포장 개발 기법	남양주시농업기술센터	
19	2013.08.02	농산물 포장디자인 개발 기법	나주시농업기술센터	
20	2013.08.05	가공식품의 포장디자인 전략	청원군농업기술센터	
21	2013.08.19	택배포장재 개발 요령	김제시농업기술센터	
22	2013.08.22	식품포장기술	유통교육원	
23	2013.08.27	가공품의 포장방법	농협대학교	
24	2013.09.02	농산물 포장디자인 개발 기법	대구시농업기술센터	
25	2013.09.03	소비자가 원하는 상품포장	영월군농업기술센터	
26	2013.09.06	농식품 포장개발 성공 전략	함양군농업기술센터	
27	2013.09.10	제품포장기술 개발과 성공전략	미래창업경영연구원	
28	2013.09.25	농식품 포장디자인 개발기법	함양군농업기술센터	
29	2013.09.27	농산물 상품포장 개발 기법	강화군농업기술센터	
30	2013.10.15	농산물 포장디자인 개발전략	상주시농업기술센터	
31	2013.10.18	마을기업 맞춤형 포장재 개발 요령	충북지방기업진흥원	
32	2014.01.16	농식품 포장디자인 개발 기법	전남생물방제센터	
33	2014.02.03	농산물포장현황과 개선방안	동국대학교식물공장	
34	2014.02.04	농식품포장디자인개발기법	전남농업마이스터대학	
35	2014.02.11	농산물포장현황과 개선방안	동국대학교식물공장	
36	2014.03.18	품목별 농산물 포장기술 및 실습	공주시농업기술센터	
37	2014.03.28	안전한 택배유통용 포장재 개발 기법	청원군농업기술센터	

번호	발표일	제 목	발표기관	비 고
38	2014.04.26	택배포장재 개발	aT농식품유통교육원	
39	2014.05.09	가공식품 포장디자인 전략	상지대학교	
40	2014.05.13	안전한 택배유통용 포장재 개발 기법	금산군농업기술센터.	
41	2014.05.28	식품포장의 이해와 설계	대구테크노파크	
42	2014.06.12	식품포장의 이해와 설계	대구테크노파크	
43	2014.06.18	택배포장 개발 기법 및 포장기법	전북농식품인력개발원	
44	2014.07.10	농식품포장-디자인 개발 기법	농협대학교 ML	
45	2014.07.30	농산업e-비즈 포장디자인 및 상품활성화 전략	아산시농업기술센터	
46	2014.08.04	옷제품 부가가치향상 포장기법	옥천군농업기술센터	
47	2014.08.13	기능성 식품포장재(포장기술) 및 현장컨설팅	전북테크노파크	
48	2014.08.27	택배포장재 개발	aT농식품유통교육원	
49	2014.08.28	농식품 포장 디자인 기법	의성군농업기술센터	
50	2014.09.01	로컬푸드포장및디자인전략	광양원예농협	
51	2014.09.05	농식품 포장재 개발 성공 전략	함양군농업기술센터	
52	2014.09.18	직거래 포장개발 및 포장재 구입 요령	전북농식품인력개발원	
53	2014.10.01	농산가공품 포장디자인 개발 기법	의성명품마늘사업단	
54	2014.10.02	기능성 식품의 경쟁우위 포장개발 실무	NPD	
55	2014.10.07	가공식품의 포장관리기술 및 포장법	농협대학	
56	2015.02.04	농산물 포장재 및 포장기술 실제	대구카톨릭대학교	
57	2015.03.10	전자상거래용 포장재 개발 전략	전남농업기술원	
58	2015.05.20	고객의 마음을 사로잡는 포장디자인	거창군농업기술센터	
59	2015.06.11	전자상거래를 위한 농산물 포장전략	이천시농업기술센터	
60	2015.06.15	농가맞춤형 포장재 제작 요령	보령시농업기술센터	
61	2015.06.11	전자상거래를 위한 농산물 포장전략	이천시농업기술센터	
62	2015.06.15	농가맞춤형 포장재 제작 요령	보령시농업기술센터	
63	2015.06.23	맞춤형 농산물 포장디자인 개발-	상주시농업기술센터	
64	2015.07.08	농가맞춤형 포장 및 디자인 개발	홍천군농업기술센터	
65	2015.08.17	식품포장 디자인 마케팅 전략	경남농업기술원	
66	2015.08.21	택배포장재 개발기법 및 포장법규	전북농식품인력개발원	
67	2015.09.01	가공식품 포장재 개발 기법	장수군농업기술센터	
68	2015.09.03	농식품포장재개발 성공 전략	함양군농업기술센터	
69	2015.09.10	농가맞춤형 포장재 개발 요령	남원시농업기술센터	
70	2015.10.22	소비자가 원하는 상품포장법	함양군농업기술센터	
71	2015.11.17	식품포장 디자인 마케팅 전략	경남농업기술원	
72	2015.11.19	농식품 포장재 제작 및 개발 기법	안동대학교	
73	2015.12.18	농가맞춤형 농산물 포장디자인 개발 기법	농촌관광대학	

제 2절 연구개발성과 활용 계획

1. 사과, 배 택배포장재 사업화 계획서

가. 생산 및 시장현황

(1) 국내 제품생산 및 시장 현황

- 농산물 택배유통의 문제점에 대해 관심이 없었고 일부 선도 농가에서는 관심이 있지만 택배포장재를 개발하기 위해서는 개발비용과 완충포장설계 전문성을 요구하고 있어서 개발 엄두를 내지 못하고 있는 실정임
- 택배용 포장과 관련하여 개발된 기술은 경우 포도(화성(특허출원 10-2008-0088043호), 영동(특허등록 10-0834268호), 영천(특허출원 10-2007-0033480호) 등에서 개발을 하였으나 실용화에는 한계가 있는 실정임
- 과일류 난좌의 경우 실용신안 및 특허출원이 많았으나 택배유통을 감안한 포장개발이 아니고 일반 유통용 난좌 포장에 대한 개발이 대부분을 차지하고 있으며 명절 과일선물세트에 사용하는 PP난좌는 기존의 PSP난좌보다 고정방법은 개선되었으나 난좌의 높이가 과일의 1/2 정도로 낮아 유통중에 과일을 완전히 고정시키지는 못하고 있음
- 향후 택배와 관련된 시장은 매년 20%정도 신장을 해 왔지만 농산물 특성과 정부의 직거래 활성화에 따른 택배비 지원책 등으로 농산물 분야 택배시장은 엄청난 발전속도로 시장이 확대될 것으로 기대됨
- 명절 선물용으로 판매되는 과일세트는 약 600만개로서 PSP재질 난좌는 30%, PP재질 난좌는 70%로 과거의 PSP재질에서 PP 재질로 변경이 되었다. 이러한 이유는 선물세트의 배송이 대부분 택배유통을 이용하고 있기 때문이며 겨울철 난좌가 파손되어 발생하는 클레임을 억제하려면 내한성이 우수한 PP 재질을 선호하기 때문임
- PP 재질의 난좌를 판매하고 있는 회사는 전국에 3곳으로 알려져 있으며 경기도 화성시에 있는 태방파텍에서 약 60%인 약 250만개를 판매하고 있으며 개당 단가는 350~380원에 판매를 하고 있음
- 동종업계에서 난좌시장에 쉽게 진입하지 못하는 이유는 금형의 종류가 매우 다양하기 때문에 초기의 투자비용이 부담스럽고 대형할인점, 백화점에 대한 난좌 영업시 기득권을 무시할 수 없는 시장구조 때문으로 현재는 영업권이 인정되지만 향후 업체간의 경쟁이 치열해 질 것으로 판단됨

(2) 택배포장재 개발전략

- 택배포장재 시장은 골판지상자와 포장부자재(완충재)에 대하여 일부 형성되고 있는 단계이나 택배용 과일 난좌의 경우 금형개발비 투자에 대한 부담으로 엄두를 못 내고 있는

실정임

- 사과, 배의 경우 스티로폼난좌 생산업체는 10여 곳이 권역별로 영업을 하고 있으나 택배전용 난좌를 생산해서 판매하는 업체는 전무한 실정임
- “과일 포장용 수지트레이” 제조방법에 대한 특허기술을 활용하여 사과 2.5kg용 난좌 3종, 사과 5kg용 난좌 3종, 배 7.5kg용 난좌 3종, 배 5kg용 난좌 3종을 상용화를 추진하고자 함

표 5-1. 택배포장재 판매를 위한 SWOT 분석>

<p>과일용 택배포장재 판매</p>	<p>○ Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> - 택배포장재 원천기술 확보 - 외부강의를 통한 홍보용이 - 연구개발비 수주를 통한 금형 개발 용이 	<p>○ Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제조설비 미비에 따른 OEM 생산 - 급한 발주에 대응력 약화 - 포장재 납품에 대한 경험부족 - 운영자금의 부족
<p>○ Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> - 택배제품 품질열화방지 요구 증가 - 직거래 활성화 정책추진 - 원가절감에 대한 요구 증가 	<ul style="list-style-type: none"> - 원천기술을 활용한 다양한 품목의 택배포장재 개발 - 연구비 수주 활성화를 통한 금형개발로 경쟁력 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 투자유치를 통한 제품개발 확대 - 생산공장 확보를 통한 경쟁력 강화
<p>○ Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> - 외상거래에 대한 부도위험 증가 - 소량판매에 대한 재고부담 증가 - 후발업체의 개발 경쟁 	<ul style="list-style-type: none"> - 현금거래와 소량판매 활성화 - 방어특허 출원 활성화를 통한 후발업체와의 경쟁력 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 최소한의 생산설비 투자로 급발주 대응 능력 향상

(3) 마케팅 믹스 전략

○ Product

- 택배전용 포장재의 생산은 OEM 생산을 원칙으로 함
- 난좌: 태방과텍(경기 화성-농산물 포장용기 전문업체)에서 OEM 실시
- 골판지상자: 운반비를 감안하여 권역별로 협력사와 OEM생산에 관한 MOU 체결 준비 중
- 에어백 포장재: 에어백 제조기술에 대한 특허는 인디스에어(정지영)에서 확보하고 있는 기술로서 사과, 배 택배포장재로 활용하기 위하여 김수일포장개발연구소와 대리점 계약을 체결하였다. 따라서 택배용 포장재를 판매함에 있어 난좌는 김수일포장개발연구소에서 생산 공급하고 에어백은 인디스에어에서 생산하여 김수일포장개발연구소로 납품하는 것으로 과일 택배포장재와 관련된 에어백 제조기술은 김수일포장개발연구소에서 우선 사용할 수 있도록 협의가 되어 있음

- 기타 포장부자재: 별도의 창고에서 보관하면서 발주량에 따라 직배 또는 택배배송을 실시

○ Price

- 택배포장재의 가격은 개발제품인 관계로 개발 투자비의 회수 기간을 최대한 짧게 가져가기 위하여 초기 판매 제품의 마진을 최소 20~30%를 유지함
- 5,000개 이하 단위로 판매시 택배비는 착불, 선 입금을 원칙으로 함
- 최소 판매단위는 100개, 소량판매(500~3,000개)시 마진 30%, 택배비 별도, 3,001~9,999개 까지는 마진을 25%, 10,000개 이상일 때는 마진을 20%를 유지하도록 함
- 에어백 5kg용 택배포장재 판매단가는 2,200원, 2.5kg은 2,000원, 사과 5kg, 배 7.5kg은 2,500원에 판매할 계획임

○ Place

- 판매 유통라인은 온라인과 오프라인에서 판매할 계획이며 판매가 정상화 될 때까지 (시장 점유율 10%)는 온라인에서 판매사이트 온팩에 대한 도메인(www.onpack.co.kr)을 확보하였으며 홈페이지 제작을 위한 디자인 중에 있으며, 시장 점유율이 10% 이상이면 오프라인으로 판매를 병행하기로 함
- 오프라인의 경우 권역별 농자재판매소, 농협 등에 판매 대행을 하고자 함
- 판매단위는 모든 제품에서 1상자당 100개씩 포장하여 유통하기로 함

표 5-2. 택배포장재 판매계획

구분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년	
	매출액 (백만원)	판매량 (천개)	매출액 (백만원)	판매량 (천개)	매출액 (백만원)	판매량 (천개)	매출액 (백만원)	판매량 (천개)	매출액 (백만원)	판매량 (천개)
사과	20	100	100	500	300	1,500	600	3,000	1,000	5,000
배	-	-	20	50	60	150	160	400	360	900
계	20	-	120	-	360	-	794	-	1,480	-

○ Promotion

- 택배용 포장재 판매사업의 성패는 사용자(생산농가)에 대한 홍보가 아주 중요하며 온라인과 오프라인을 활용하며 실시하고자 함
- 온라인 홍보수단으로는 연구책임자가 운영하는 ‘김수일포장박사블로그’ 운영(1일 방문자 100명), 김수일포장개발연구소 홈페이지(<http://www.suilssi.co.kr>), 한국명품농수산물마케팅카페(회원수 11,600명), 한국사이버연합회 등 농산물생산, 유통관련된 중사자들에게 홍보를 하고 있음
- 오프라인 홍보수단은 농업인들을 대상으로 농산물 택배포장 관련 강의를 연간 100회 이상 실시하고 있으며, 생산자와의 직접 홍보 또는 언론(신문, 동영상)등에도 다수가 노출되어 홍보효과를 극대화 하고 있음

나. 개발기술의 산업화 방향 및 기대효과

1) 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

- 택배유통중 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 택배전용 포장재의 개발 품목은 명절선물세트로 판매량이 가장 많은 사과와 배를 선택하였으며 택배포장재를 개발할 경우 파급효과가 클 것으로 기대하고 있음
- 택배전용 포장재의 개발 기술은 난좌개발에서 어려운 점은 품목별, 포장단위별, 포장과수에 따른 금형을 모두 제작하여야 하는 것과 과일의 크기와 중량이 차이가 심하여 표준모델의 개발이 상당히 어렵다는 것임.
- 따라서 사과는 2.5kg은 난좌 3종 개발 완료, 5kg용 난좌 6종 개발 완료, 사과 4kg용 난좌도 6종 개발 완료된 상태이며, 배는 7.5kg 난좌 6종 개발 완료, 5kg 난좌는 8종 개발 완료되어 상용화 대기중임
- 에어백 포장기술을 접목하여 택배포장재의 소량 판매가 가능해진만큼 경쟁력을 확보하였으며 에어백+골판지상자 포장방법으로 명절 선물세트 택배포장재로 판매영역을확대하고자 함

2) 산업화를 통한 기대효과

- 산업화에 따른 기대효과는 택배전용 포장재 판매를 통한 매출향상은 1년차에는 없지만 2년차에 20백만원을 시작으로 5년차에는 1,480백만원의 매출이 발생되어 6년간 누계로 2,774백만원에 이를 것으로 예측되며 마진율을 20%로 계산하면 550백만원의 영업이익이 발생할 것으로 예측됨

표 5-3. 택배포장재 판매에 따른 파급효과 분석

(단위 : 백만원)

항 목 \ 산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	계
직접 경제효과	-	20	120	360	794	1,480	2,774
경제적 파급효과	-	-	18	54	119	222	413
부가가치 창출액	-	-	12	36	79	148	275
합 계	0	20	150	450	992	1,850	3,462

- 경제적 파급효과는 비용절감 측면에서 살펴보면 재료비에서 최소 10%의 원가절감과 인건비 및 물류비에서 절감이 발생하여 모두 15%이상 원가절감이 발생되어 6차년도까지 413백만원의 효과가 나타날 것으로 예측되었음
- 부가가치 창출액은 현지에 도착한 수출 과일의 문제점은 운송과정 중에 과일끼리 부

덜혀 압상을 입거나 멍이들어 품질이 떨어지는 경우가 발생하고 있어 난좌를 개선할 경우 문제점을 해결할 수 있어 수출과일의 품질향상과 브랜드 가치가 향상되어 부가가치가 창출되는 효과는 매출액의 10%로 볼 때 6차년도 누계 값은 277백만원의 효과가 있는 것으로 예측되었음

참고문헌

1. ASTM D4728-06. 2012. Standard test method for random vibration testing of shipping containers. American Society for Testing Materials.
2. Chesson, J. H. and O'Brien. M. 1971. Analysis of mechanical vibration of fruit during transportation. Trans. of the ASABE 14(2): 222~224.
3. Hinsch, R. T., Slaughter, D. C., Craig, W. L. and Thompson, J. F. 1993. Vibration of fresh fruits and vegetables during refrigerated truck transport. Trans. of ASABE 36(4): 1039~ 1042.
4. Jarimopas, B., Singh, S. P. and Saengnil, W. 2005. Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transit. Packaging Technol. Sci. 18: 179~188.
5. Kim, G. S., Jung, H. M., Kim, K. B. and Kim, M. S. 2007. Estimation of the allowable bio-shock fragility index of fruits for optimum packaging design. J. Biosyst. Eng. 32(6): 416~ 421.
6. Singh, S. P. and Marcondes, J. 1992. Vibration levels in commercial truck shipments as a function of suspension and payload. Journal of Testing and Evaluation 20(6): 466~469.
7. Singh, S. P., Antle, J. R., and Burgess, G. 1992. Comparison between lateral, longitudinal, and vertical vibration levels in commercial truck shipments. Packaging Technol. Sci. 5(2): 71~75.
8. Jung, H. M. 2003. Vibration Behavior of the Fruits and Vegetables Packaged Freight and Durability of Corrugated Fiberboard Container. Chungnam National University Doctor Thesis.
9. Kim, G. S. 2007. Vibration Behavior of the Fruits and the Packaged Freight and their Quality Changes at Simulated Transportation Environment. Chungnam National University Doctor Thesis.
10. Peleg, K. and Hinga, S. 1986. Simulation of Vibration Damage in Produce Transportation. Transactions of the ASABE 29(2): 633~641.
11. Singh, J., Singh, S. P. and Joneson, E. 2006. Measurement and Analysis of US Truck Vibration for Leaf Spring and Air Ride Suspensions, and Development of Tests to Simulate these Conditions. Packaging Technology and Science (in press). DOI:10.1002/pts.732.
12. 국가기술표준원. 2014. 수송 포장 화물과 단위 화물의 수직 랜덤진동 시험 방법. KS T ISO 13355.
13. 김수일. 농산물 전자상거래 활성화를 위한 포장개발 전략(2009). 포장연구개발보고서
14. 김수일. 농식품의 환경친화형 포장설계 기법(2010). 포장연구개발보고서
15. 2013 물류산업편람(2013, 물류신문사)
16. 최시영. 택배터미널의 효율적 분류체계에 관한 연구(2009)
17. 김기봉. 택배화물 포장개선 연구(2009)
18. 박경서. 한국택배산업 현황 및 발전방향에 대한 연구(2011)
19. 고동주. 택배산업의 발전 방향에 관한 연구(2003)

20. 권재현. 택배기업의 핵심성과지표결정요인(2004)
21. 택배이야기(2001, 택배이야기)
22. 노성현. 우리나라 택배발전 방안에 관한 연구(2000)
23. 대한상공회의소. 택배산업현황과 전망조사(2009)
24. 박승진. 택배산업에 있어 Hub수와 Capacity 결정에 관한 연구(2001)
25. 오병근. 택배산업의 전략방향에 관한 연구(2002)
26. 유용택. 택배회사 현장조사보고(2008)
27. 임재국. 택배터미널 생산성 향상에 관한 연구(2008)
28. 조경철. 택배의 이해와 운영(2000)
29. 한국소비자보호원. 택배서비스 이용 및 피해실태조사(2000)

별첨

< 특허, 논문 및 시장분석 >

1. 본 연구와 관련된 기술의 국내외 수준 비교

기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라 관련기술수준	연구사업단 보유기술수준		
과일 택배포장 난좌개발 기술	일본	70	60	70	친환경소재 대체기술이 필요함
에어백 이용 과일포장	한국	100	90	100	한국의 택배유통환경이 열악하여 에어백을 활용하고 있음

2. 특허조사분석

가. 특허조사분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국, 일본, 유럽)
특허DB	특허정보원(www.kipris.or.k), 국제특허청(www.wipo.int), 미국특허청(www.uspto.gov)등
검색기간	2006.3.1~2016. 2. 29
검색범위	제목 및 초록

나. 특허 조사.분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

기술명		(기술 1)	(기술 2)	(기술 3)
Keyword		택배포장	사과택배, 배택배	과일난좌
검색건수		751	116	1425
유효특허건수		8	1	1
핵심특허 및 관련성	특허명	택배용 포장상자	과일포장박스	에어 쿠션부를 구비한 과일 난좌
	보유국	한국	한국	한국
	등록년도	2013	2012	2012
	관련성(%)			
	유사점		난좌(상하)를 통한 완충포장	에어쿠션을 포함하는 형태의 난좌로 외부 충격으로부터 과 일을 보호함
	차이점	구조적 특성에 따른 자체적 으로 완충기능을 가지는 택 배용 박스		
핵심특허 및 관련성	특허명	포도를 택배가능하게 보호하는 방법		
	보유국	한국		
	등록년도	2009		
	관련성(%)			
	유사점	제품의 파손을 최소화한 포 장구조		
	차이점	백 안에 별도의 완충제를 넣 어 포장하여 포도가 터지지 않도록 수축포장하는 방법		
핵심특허 및 관련성	특허명	내피와 외피 사이에 공기 기둥을 갖는 포장봉투		
	보유국	한국		
	등록년도	2012		
	관련성(%)			
	유사점			
	차이점	에어백을 이용한 완충포장		

- 택배관련 포장재 개발기술로서 외국의 경우 우리나라 택배시스템과 유통특성 등이 차
이가 있으므로 국내 관련 기술에 관련하여 조사를 실시하였다.
- 택배포장 관련 특허의 경우 농산물(과일류)과 관련이 없는 일반 공산품에 대한 내용이
대부분이다.
- 택배용 포장과 관련하여 개발된 기술의 경우 포도(화성(특허출원 10-2008-0088043호), 영
동(특허등록 10-0834268호), 영천(특허출원 10-2007-0033480호) 등에서 개발을 하였다.
- 본 과제의 책임자가 특허등록한 과일포장용 수지트레이(특허 10-1134298호)는 택배유통중
클레임발생 최소화를 위한 택배포장재 개발 과제의 핵심기술로 활용될 것이다.
- 과일류 난좌의 경우 실용신안 및 특허출원이 많았으나 택배유통을 감안한 포장개발이
아니고 일반 유통용 난좌 포장에 대한 개발이 대부분이다.

3. 논문분석

가. 논문분석 범위

대상국가	한국, 미국, 일본, 유럽
논문 DB	국회도서관(www.nanet.go.kr), Pubmed(www.pubmed.gov)등 논문DB
검색기간	2006.3.1~2016. 2. 29
검색범위	제목, 초록 및 키워드

나. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

기술명		(기술 1)	(기술 2)	(기술 3)
Keyword		택배포장	사과택배, 배택배	택배포장표준화
검색건수		10	98	2
유효논문건수		0	0	1
핵심논문 및 관련성	논문명	청과물 택배포장 실태조사 연구		택배포장표준화 추진사례
	학술지명	농업공학연구소(농촌진흥청)		한국물류협회
	저 자	최승렬, 이영희, 최동수, 김재규		이명훈
	게재년도	2008		2005
	관련성(%)	20		
	유사점	청과물의 택배유통 현황		
	차이점	청과물의 일반적인 택배경로에서 발생할 수 있는 문제점만 제시함		표준포장규격설정 및 파렛트 적재방법, 적재효율 분석

4. 제품 및 시장 분석

가. 생산 및 시장현황

1) 국내 관련(유사)제품의 생산 및 시장 현황

- 농산물 택배유통의 문제점에 대해 관심이 없었고 일부 선도 농가에서는 관심이 있지만 택배포장재를 개발하기 위해서는 개발비용과 완충포장설계 전문성을 요구하고 있어서 개발 엄두를 내지 못하고 있는 실정임
- 택배용 포장과 관련하여 개발된 기술은 경우 포도(화성(특허출원 10-2008-0088043호), 영동(특허등록 10-0834268호), 영천(특허출원 10-2007-0033480호) 등에서 개발을 하였으나 실용화에는 한계가 있는 실정임
- 과일류 난좌의 경우 실용신안 및 특허출원이 많았으나 택배유통을 감안한 포장개발이 아니고 일반 유통용 난좌 포장에 대한 개발이 대부분을 차지하고 있으며 명절 과일선물세트에 사용하는 PP난좌는 기존의 PSP난좌보다 고정방법은 개선되었으나

난좌의 높이가 과일의 1/2 정도로 낮아 유통중에 과일을 완전히 고정시키지는 못하고 있음

- 향후 택배와 관련된 시장은 매년 20%정도 신장을 해 왔지만 농산물 특성과 정부의 직거래 활성화에 따른 택배비 지원책 등으로 농산물 분야 택배시장은 엄청난 발전 속도로 시장이 확대될 것으로 기대됨
- 명절 선물용으로 판매되는 과일세트는 약 600만개로서 PSP재질 난좌는 30%, PP재질 난좌는 70%로 과거의 PSP재질에서 PP 재질로 변경이 되었다. 이러한 이유는 선물세트의 배송이 대부분 택배유통을 이용하고 있기 때문이며 겨울철 난좌가 파손되어 발생하는 클레임을 억제하려면 내한성이 우수한 PP 재질을 선호하기 때문임
- PP 재질의 난좌를 판매하고 있는 회사는 전국에 3곳으로 알려져 있으며 경기도 화성시에 있는 태방파텍에서 약 60%인 약 250만개를 판매하고 있으며 개당 단가는 350~380원에 판매를 하고 있음
- 동종업계에서 난좌시장에 쉽게 진입하지 못하는 이유는 금형의 종류가 매우 다양하기 때문에 초기의 투자비용이 부담스럽고 대형할인점, 백화점에 대한 난좌 영업시 기득권을 무시할 수 없는 시장구조 때문으로 현재는 영업권이 인정되지만 향후 업체간의 경쟁이 치열해질 것으로 판단됨.

2) 국외 관련(유사)제품의 생산 및 시장 현황

- 외국에서 택배유통 환경은 우리나라처럼 열악한 수준이 아니고 과일을 구입하는 방법도 로컬푸드매장, 친환경매장, 대형할인마트 등에서 직접 구입하고 있는 실정이다. 우리와 비슷한 유통환경을 가진 일본에서는 우리나라처럼 포장단위가 중량물이 아니고 경량물이어서 택배유통중 파손에 의한 클레임 발생 빈도가 훨씬 낮은 편이다.
- 뿐만 아니라 택배유통 시스템이 선진화되어 있으며 종사자들도 교육이 잘 되어 있어서 화물 취급시 파손이 발생되지 않도록 잘 하고 있어 택배전용 과일 포장재에 대한 수요는 그다지 많지 않은 편이다.
- 향후 중국시장에서는 우리나라와 비슷한 현상이 발생할 수 있어 택배포장시스템의 중국 수출도 고려할 만 하다고 판단된다. 하지만 당분간은 택배전용 포장재 수요는 없을 것으로 판단된다.

3) 택배포장재 개발전략

- 택배포장재 시장은 골판지상자와 포장부자재(완충재)에 대하여 일부 형성되고 있는 단계이나 택배용 과일 난좌의 경우 금형개발비 투자에 대한 부담으로 엄두를 못 내고 있는 실정임
- 사과, 배의 경우 스티로폼난좌 생산업체는 10여 곳이 권역별로 영업을 하고 있으나 택배전용 난좌를 생산해서 판매하는 업체는 전무한 실정임

- “과일 포장용 수지트레이” 제조방법에 대한 특허기술을 활용하여 사과 2.5kg용 난좌 3중, 사과 5kg용 난좌 3중, 배 7.5kg용 난좌 3중, 배 5kg용 난좌 3중을 상용화를 추진하고자 함

표 택배포장재 판매를 위한 SWOT 분석>

<p>과일용 택배포장재 판매</p>	<p>○ Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> - 택배포장재 원천기술 확보 - 외부강의를 통한 홍보용이 - 연구개발비 수주를 통한 금형 개발 용이 	<p>○ Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제조설비 미비에 따른 OEM 생산 - 급한 발주에 대응력 약화 - 포장재 납품에 대한 경험부족 - 운영자금의 부족
<p>○ Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> - 택배제품 품질열화방지 요구 증가 - 직거래 활성화 정책추진 - 원가절감에 대한 요구 증가 	<ul style="list-style-type: none"> - 원천기술을 활용한 다양한 품목의 택배포장재 개발 - 연구비 수주 활성화를 통한 금형개발로 경쟁력 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 투자유치를 통한 제품개발 확대 - 생산공장 확보를 통한 경쟁력 강화
<p>○ Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> - 외상거래에 대한 부도위험 증가 - 소량판매에 대한 재고부담 증가 - 후발업체의 개발 경쟁 	<ul style="list-style-type: none"> - 현금거래와 소량판매 활성화 - 방어특허 출원 활성화를 통한 후발업체와의 경쟁력 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 최소한의 생산설비 투자로 급발주 대응 능력 향상

4) 마케팅 믹스 전략

○ Product

- 택배전용 포장재의 생산은 OEM 생산을 원칙으로 함
- 난좌: 태방파텍(경기 화성-농산물 포장용기 전문업체)에서 OEM 실시
- 골판지상자: 운반비를 감안하여 권역별로 협력사와 OEM생산에 관한 MOU 체결 준비 중
- 에어백 포장재: 에어백 제조기술에 대한 특허는 인디스에어(정지영)에서 확보하고 있는 기술로서 사과, 배 택배포장재로 활용하기 위하여 김수일포장개발연구소와 대리점 계약을 체결하였다. 따라서 택배용 포장재를 판매함에 있어 난좌는 김수일포장개발연구소에서 생산 공급하고 에어백은 인디스에어에서 생산하여 김수일포장개발연구소로 납품하는 것으로 과일 택배포장재와 관련된 에어백 제조기술은 김수일포장개발연구소에서 우선 사용할 수 있도록 협의가 되어 있음
- 기타 포장부자재: 별도의 창고에서 보관하면서 발주량에 따라 직배 또는 택배배송을 실시

○ Price

- 택배포장재의 가격은 개발제품인 관계로 개발 투자비의 회수 기간을 최대한 짧게 가져가기 위하여 초기 판매 제품의 마진을 최소 20~30%를 유지함

- 5,000개 이하 단위로 판매시 택배비는 착불, 선 입금을 원칙으로 함
- 최소 판매단위는 100개, 소량판매(500~3,000개)시 마진 30%, 택배비 별도, 3,001~9,999개 까지는 마진을 25%, 10,000개 이상일 때는 마진을 20%를 유지하도록 함
- 에어백 5kg용 택배포장재 판매단가는 2,200원, 2.5kg은 2,000원, 사과 5kg, 배 7.5kg은 2,500원에 판매할 계획임

○ Place

- 판매 유통라인은 온라인과 오프라인에서 판매할 계획이며 판매가 정상화 될 때까지 (시장 점유율 10%)는 온라인에서 판매사이트 온팩에 대한 도메인(www.onpack.co.kr)을 확보하였으며 홈페이지 제작을 위한 디자인 중에 있으며, 시장 점유율이 10% 이상이면 오프라인으로 판매를 병행하기로 함
- 오프라인의 경우 권역별 농자재판매소, 농협 등에 판매 대행을 하고자 함
- 판매단위는 모든 제품에서 1상자 당 100개씩 포장하여 유통하기로 함

포 택배포장재 판매계획

구분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년	
	매출액 (백만원)	판매량 (천개)	매출액 (백만원)	판매량 (천개)	매출액 (백만원)	판매량 (천개)	매출액 (백만원)	판매량 (천개)	매출액 (백만원)	판매량 (천개)
사과	20	100	100	500	300	1,500	600	3,000	1,000	5,000
배	-	-	20	50	60	150	160	400	360	900
계	20	-	120	-	360	-	794	-	1,480	-

○ Promotion

- 택배용 포장재 판매사업의 성패는 사용자(생산농가)에 대한 홍보가 아주 중요하며 온라인과 오프라인을 활용하며 실시하고자 함
- 온라인 홍보수단으로는 연구책임자가 운영하는 ‘김수일포장박사블로그’ 운영(1일 방문자 100명), 김수일포장개발연구소 홈페이지(<http://www.suilssi.co.kr>), 한국명품농수산물마케팅카페(회원수 11,600명), 한국사이버농업인연합회 등 농산물생산, 유통관련된 종사자들에게 홍보를 하고 있음
- 오프라인 홍보수단은 농업인들을 대상으로 농산물 택배포장 관련 강의를 연간 100회 이상 실시하고 있으며, 생산자와의 직접 홍보 또는 언론(신문, 동영상)등에도 다수가 노출되어 홍보효과를 극대화 하고 있음

나. 연구사업단 보유(활용)기술의 산업화 계획 및 기대효과

1) 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

- 택배유통중 클레임 발생을 최소화 할 수 있는 택배전용 포장재의 개발 품목은 명절 선물세트로 판매량이 가장 많은 사과와 배를 선택하였으며 택배포장재를 개발할 경우 파급효과가 클 것으로 기대하고 있음

- 택배전용 포장재의 개발 기술은 난좌개발에서 어려운 점은 품목별, 포장단위별, 포장 과수에 따른 금형을 모두 제작하여야 하는 것과 과일의 크기와 중량이 차이가 심하여 표준모델의 개발이 상당히 어렵다는 것임.
- 따라서 사과는 2.5kg은 난좌 3종 개발 완료, 5kg용 난좌 6종 개발 완료, 사과 4kg용 난좌도 6종 개발 완료된 상태이며, 배는 7.5kg 난좌 6종 개발 완료, 5kg 난좌는 8종 개발 완료되어 상용화 대기중임
- 에어백 포장기술을 접목하여 택배포장재의 소량 판매가 가능해진만큼 경쟁력을 확보하였으며 에어백+골판지상자 포장방법으로 명절 선물세트 택배포장재로 판매영역을 확대하고자 함

2) 산업화를 통한 기대효과

- 산업화에 따른 기대효과는 택배전용 포장재 판매를 통한 매출향상은 1년차에는 없지만 2년차에 20백만원을 시작으로 5년차에는 1,480백만원의 매출이 발생되어 6년간 누계로 2,774백만원에 이를 것으로 예측되며 마진율을 20%로 계산하면 550백만원의 영업이익이 발생할 것으로 예측됨

표 택배포장재 판매에 따른 파급효과 분석

(단위 : 백만원)

항 목 \ 산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	계
직접 경제효과	-	20	120	360	794	1,480	2,774
경제적 파급효과	-	-	18	54	119	222	413
부가가치 창출액	-	-	12	36	79	148	275
합 계	0	20	150	450	992	1,850	3,462

- 경제적 파급효과는 비용절감 측면에서 살펴보면 재료비에서 최소 10%의 원가절감과 인건비 및 물류비에서 절감이 발생하여 모두 15%이상 원가절감이 발생되어 6차년도까지 413백만원의 효과가 나타날 것으로 예측되었음
- 부가가치 창출액은 현지에 도착한 수출 과일의 문제점은 운송과정 중에 과일끼리 부딪혀 압상을 입거나 멍이들어 품질이 떨어지는 경우가 발생하고 있어 난좌를 개선할 경우 문제점을 해결할 수 있어 수출과일의 품질향상과 브랜드 가치가 향상되어 부가가치가 창출되는 효과는 매출액의 10%로 볼 때 6차년도 누계 값은 277백만원의 효과가 있는 것으로 예측되었음

5. 3P(특허,논문,제품)분석결과 및 연구사업단 사업내에서의 활용

가. 특허분석 및 향후 활용(연계 및 추가연구 등)

- 택배용 과일 포장재에 대한 특허는 부분적으로 출원되고 있으나 활용성 및 시장성을 고려할 때 기술개발에 한계가 있다. 원천기술을 활용한 품목별 택배포장기술을 접목한 실용신안 출원이 예상되고 있다. 따라서 기타 농산물에 대한 택배 포장재를 연구하여 기술개발이 될 경우 특허 또는 실용신안을 출원할 계획임

나. 논문분석 및 향후 활용(연계 및 추가연구 등)

- 현재까지 연구된 내용을 정리하여 택배포장 설계에 관한 연구논문을 포장학회지 등에 1~2편 게재할 계획임

다. 제품.시장분석 및 향후 활용(연계 및 추가연구 등)

- 사과, 배 택배용 포장재 뿐만 아니라 기타 농산물(자두, 대봉감, 한라봉 등)에 대한 택배용 포장재를 개발하여 택배포장재 판매 사이트를 통하여 판매할 계획임

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.