

## 유통중 배의 기계적 충격 특성

### Mechanical Shock Characteristics of the Pears in Transportation

정현모\* 김만수\*\* 박종민\*\*\* 김기복\*\*\*\* 김기석\*\* 박정길\*\* 김동진\*\* 김대용\* 박은주\*  
H. M. Jung M. S. Kim J. M. Park K. B. Kim G. S. Kim J. K. Park D. J. Kim D. Y. Kim E. J. Park

#### 1. 서론

유통시장 및 농산물 시장의 개방으로 우리나라의 유통여건은 급변하고 있으며, 소비자의 구매패턴은 고급화, 다양화되어 농산물의 품질과 안전성에 대한 소비자의 요구가 높아지고 있다. 특히, 농산물은 불균일하고, 가변성이 있으며, 더구나 가격에 비하여 부피가 크고 유통과정중 본래의 특성이 지속적으로 변하는 것으로 공산품에 비하여 물류 측면에서 취급하기 어려운 점이 많다.

농산물 포장은 일반 공산품 포장과는 달리 독특한 특성을 가지고 있다. 우선 농산물은 포장후에도 살아있는 생명체이기 때문에 기능성이 중요시된다는 점이고, 또한 공산품의 경우(특히, 가전제품)는 제품설계와 포장설계와는 상호 보완적인 관계가 있으나, 농산물의 경우는 있는 그대로의 상태에서 적정포장을 해야된다는 것이다. 따라서 농산물의 포장은 그 만큼 까다로운 문제이지만, 단지 부가가치가 낮다는 이유로 쉽게 처리되는 경우가 많았다. 그러나 농산물의 경우도 세계가 커다란 하나의 시장이 되면서 농산물의 포장도 품질과 함께 중요한 경쟁요소로 자리잡고 있는 상황으로, 그 중요성은 날로 높아질 전망이다.

이처럼 과실의 품질에 대한 중요성이 대두되면서 유통중 기계적 외력을 받아 과실의 손상으로 인한 경제적 손실이 매우 크므로 진동 및 충격 등에 의한 기계적 손상을 줄이는 것은 생산자에게 매우 중요한 관심사가 되고 있다. 또한 기계화가 이루어질수록 유통단계에서는 더욱더 많은 외력을 받게 되고, 진동 및 충격에 의한 기계적 손상에 대한 문제가 더욱 심각하게 대두될 뿐만아니라 운송환경에서의 과실의 손상을 최소화하기 위한 기술의 개발에 많은 관심을 가지게 되었다.

농산물 포장에 관련하여 국내·외적으로 많이 연구되어 왔는데, 대부분의 연구가 과실 개체에 대한 손상 문제, 농산물의 신선도 유지와 기능성 포장재에 관한 것들이었다. 그러나 포장은 과실, 완충재 및 포장상자가 하나의 시스템화되는 것으로써, 이러한 시스템 즉, 포장화물(packaged freight)이 유통과정중에 받을 수 있는 다양한 환경중 기계적 충격에 대한 상호역학적 관계를 다룬 논문은 국내의 경우는 전무하고, 외국의 경우도 매우 빈약한 형편이다.

과실에 대한 유통중 손상에 대한 해석은 Schulte 등(1990)이 'Golden Delicious' 사과품종의 손상에 대한 유통중의 영향 및 포장센터에서 유통센터까지의 유통중 발생할 수 있는 사과 손상에 대하여 연구가 있으며 그 결론은 사과의 멍 손상은 도로표면의 거칠기, 유통기

\* 경북과학대학 패키징매니지먼트과  
\*\* 충남대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부  
\*\*\* 부산대학교 생명자원과학대학 바이오시스템공학부  
\*\*\*\* 한국표준과학연구원 삶의질표준부 안전그룹

간 및 사과 포장시스템의 형태에 따라서 크게 영향을 받는다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 농산물의 유통경로에 대한 가속도 수준을 계측하고 이를 기준으로 기계적 충격에 대한 실험 조건을 설정한 후에 국내의 대표적인 과실인 배에 대한 충격실험을 통해 유통중 배의 충격특성을 계측 및 분석하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시재료

본 실험에 사용된 배는 신고(Nitaka) 품종으로 경북 성주 지방의 과수원에서 재배된 것으로, 2005년 10월에 일반농가에서 수확된 후 시험에 사용되기전까지 저온 및 CA저장되었으며, 시험에 사용되기전 실험실의 환경조건에서 약 6시간동안 적응을 시킨 후 실험에 사용하였다.

### 나. 실험장치

본 연구에서 배의 기계적 충격 특성을 계측 및 분석하기 위해 구성된 실험 장치는 그림 1 및 2에서 보는 바와 같이 미국의 ETS-solution(ETS-100)사의 전자식 가진기, 입력되는 충격 프로파일을 제어하기 위한 콘트롤러, 배의 충격 신호를 계측하기 위한 가속도 센서와 8 채널 고속 A/D보다가 내장된 컴퓨터로 구성되었다.

또한 충격(shock) 시험에 사용된 가속도 센서는 아주 경량이고, 유연한 케이블을 가지고 있는 1축의 압전형 가속도 센서(1000 G)이었으며, 배의 진동특성을 계측하기 위하여 위쪽 중앙 부위 및 가진기에 가속도 센서를 부착하여 충격에 따른 배 및 가진기의 충격 가속도를 계측하였다. 또한 배의 상대적인 변위를 억제하기 위해 양면 테이프를 적용하여 고정하였다 (Jung, 2000).

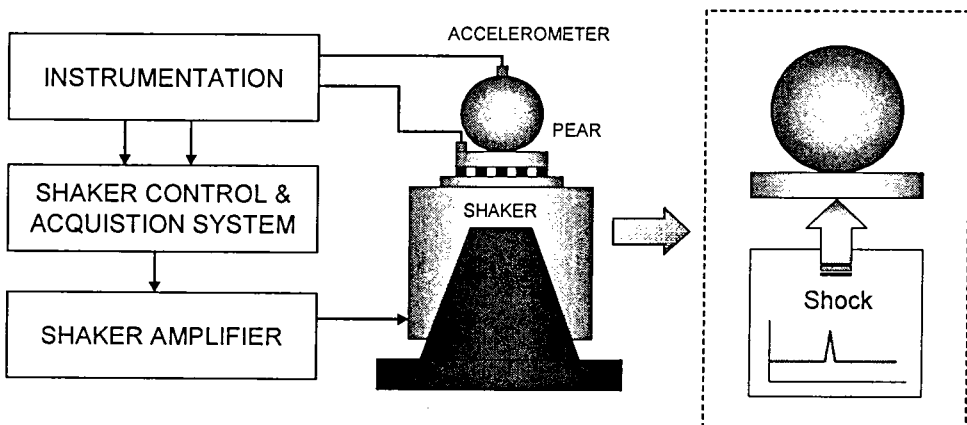


Fig. 1 Schematic diagram of the shock test apparatus for the pears.

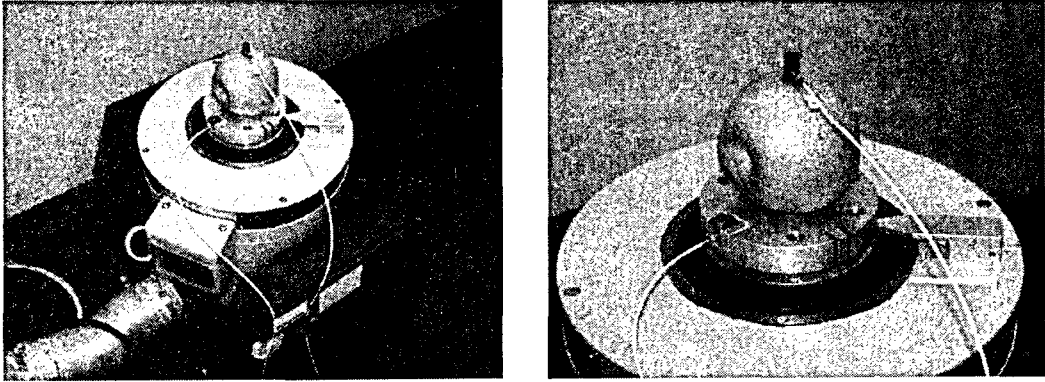
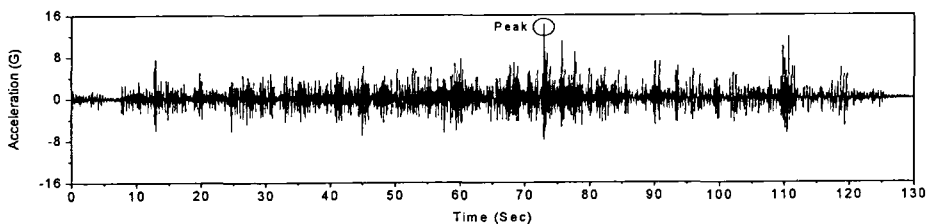


Fig. 2 General view of the shock test using the electro-magnetic vibration exciter.

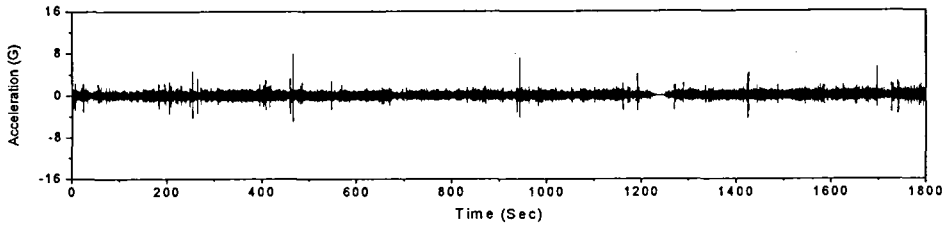
#### 다. 실험방법

본 연구에서는 유통중 배가 받을 수 있는 충격 가속도를 계측하여 최대 가속도를 나타내는 수준을 가진기에 입력하여 충격을 가하였다. 가진기에 입력되는 충격 프로파일을 생성하기 위해 과실의 운송수단인 트럭에 센서(accelerometer)를 부착하여 유통경로에 따른 충격 가속도를 계측하였다.

그림 3의 (a)는 계측된 포장이 이루어지지 않은 흙길에서의 충격 가속도 수준을 보여주고 있으며, 그림 3의 (b)는 포장된 일반 국도에서의 계측된 충격 가속도 수준을 보여주고 있다. 최대 충격 가속도 수준이 발생하는 비포장 흙길에서의 최대 충격 가속도를 나타내는 시간대를 확대하여 나타낸 것이 그림 4의 (a)이다. 그림들에서 알 수 있듯이 본 연구에서는 유통 경로에서 발생할 수 있는 최대 가속도는 비포장된 경로에서 계측된 충격으로 약 14.1618 G 이었으며, 충격 지속시간(time duration)은 약 0.007초(7 msec)로 계측되었다. 계측 결과에 따르면 유통중에 받게 되는 충격은 짧은 시간동안 발생하는 가속도라는 것을 알수가 있었다. 본 실험에서는 그림 4의 (b)와 같이 충격 가진기에 입력되는 충격 최대 가속도와 지속 시간을 기준으로 설정한 충격 프로파일을 생성하였다.

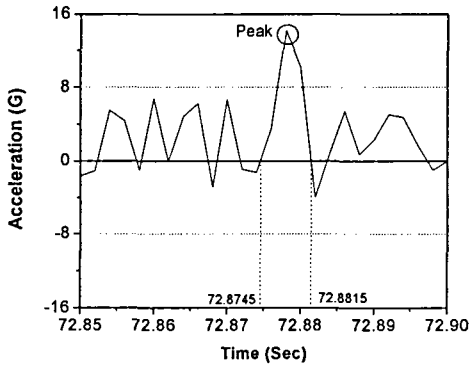


(a) Non-paved road (original ground)

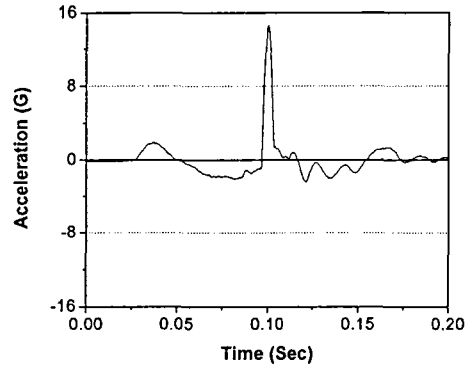


(b) Paved road (national highway)

Fig. 3 Shock acceleration level be measured according to the transportation road.



(a) Peak shock acceleration



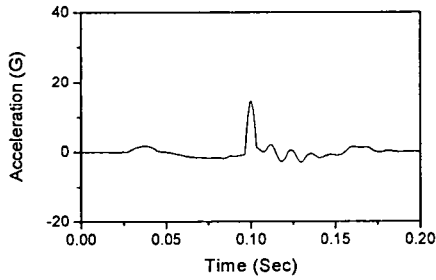
(b) Shock control profile

Fig. 4 Extended peak shock acceleration section in non-paved road and shock control profile.

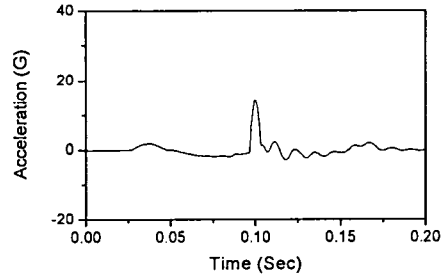
### 3. 결과 및 고찰

본 실험에서는 계측된 유통경로의 충격 가속도 수준을 고려하여 비포장된 경로에 대한 최대 충격 가속도를 기준으로 배에 그에 준하는 충격을 가하게 되며, 이에 따른 배의 충격특성을 계측 및 분석하고자 하였다.

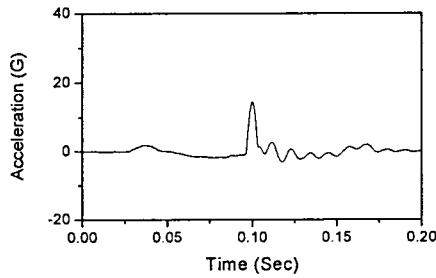
그림 5는 배가 놓여져 있는 가진기에 그림 4-(b)의 충격 프로파일에 해당하는 충격을 가했을 때 계측된 가진기의 가속도 수준을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 질량에 따라서 모든 충격에 해당되는 가속도는 모두 같다는 것을 알 수가 있었으며, 충격후 배 자체 진동에 의해서 계측되는 진동신호를 볼수가 있었다. 이 신호들은 배의 질량에 따른 자체 진동과 관련된 것들이며, 본 연구에서는 분석이 제외되었다.



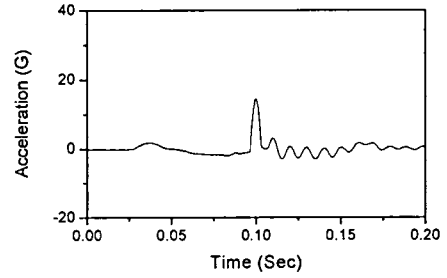
(a) sample #1 (758.4 g)



(b) sample #2 (773.3 g)



(c) sample #3 (880.2 g)



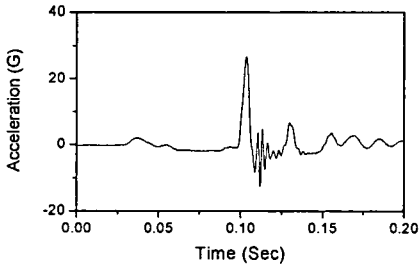
(d) sample #4 (929.2 g)

**Fig. 5** Exciter shock acceleration in shock profile input according to the mass of the pears.

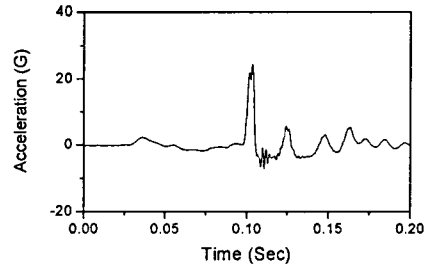
그림 6은 가진기 위에 놓여진 배에 충격을 가하였을 때의 충격 가속도 수준을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 가진기에 입력된 충격 가속도(14.1618 G)에 대하여 배에서 발생되는 충격 가속도는 25~30 G로 매우 높게 나타났다. 이것은 유통 중 과실 자체에 일정 충격 가속도가 입력되면 최대 두배 이상의 충격 가속도를 받게되어 이에 따른 손상이 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 배의 질량에 따라서 뚜렷한 경향을 보이지 않고 있으나 배의 저장기간이 길어 배의 물성이 같아지면서 나타난 결과로 생각되며, 차후 배의 수확시기에 시편을 구입하여 추가 실험이 이루어지도록 할 것이다.

또한, 과실의 손상을 줄이기 위해서는 우선적으로 수확후 포장(packaging) 이전까지 포장(pavement)된 경로로 수송중이라도 산물형태의 적재 및 수송이 이루어지지 않도록 하여야 한다. 산물형태로 적재할 경우에는 충격 흡수를 과실이 하게 되어 손상을 쉽게 입게 된다.

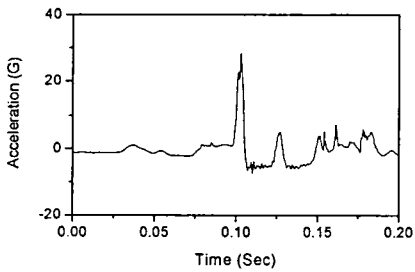
이처럼 수송중의 과실의 손상을 줄이기 위해서는 완충재(EPE, EPS, EPU, 골판지 등)가 주로 사용되는데 이러한 결과를 토대로 유통중 완충재의 충격 흡수 효율에 대한 분석을 통해 완충재의 두께 및 사용량을 추정하여 과실의 적정포장이 가능하게 된다.



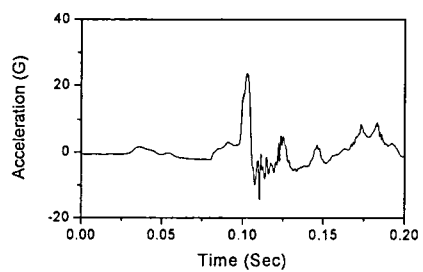
(a) sample #1 (758.4 g)



(b) sample #2 (773.3 g)



(c) sample #3 (880.2 g)



(d) sample #4 (929.2 g)

Fig. 6 Shock acceleration of the pears in shock profile input according to the mass.

#### 4. 요약 및 결론

농산물의 유통경로에 대한 가속도 수준을 계측하고 이를 기준으로 기계적 충격에 대한 실험 조건을 설정한 후에 국내의 대표적인 과실인 배에 대한 충격실험을 통해 유통중 배의 충격특성을 계측하였으며, 그 결론은 다음과 같다.

1. 농산물의 유통중 받게 되는 충격은 비포장 경로에서 최대로 발생되며 그 충격은 매우 짧은 시간동안 발생하는 가속도라는 것을 알수 가 있었다.
2. 농산물의 유통경로에서 발생하는 충격 최대 가속도(14.1618 G)를 가진기에 입력한 후 배의 충격 가속도를 계측한 결과 약 25~30 G로 매우 높게 나타났다. 이것은 유통 중 과실 자체에 일정 충격 가속도가 입력되면 최대 두배 이상의 충격 가속도를 받게되어 이에 따른 손상이 발생할 수 있다는 것을 의미한다.
3. 이러한 결과를 토대로 유통중 완충재의 충격 흡수 효율에 대한 분석을 통해 완충재의 두께 및 사용량을 추정하여 과실의 적정포장이 가능하게 된다.

## 5. 참고문헌

1. Chen. P. and S. Chen. 1986. Stress-relaxation functions of apples under high loading rates. Transaction of ASAE 35(6):1915~1920.
2. Jung, H. M., M. S. Kim, K. B. Kim, G. S. Kim and J. G. Park. 2005. Vibration Characteristics of the Watermelon at Simulated Transportation Environment. Proceedings of the KSAM 2005 Summer Conference 10(2):158~164. (In Korean)
3. Marcondes, J. Waldeck, G. Burgass and S. P. Singh. 1990. Application of high-speed motion analysis to measure shock in cushioned drops. Packaging Technology and Science 3:51~55.
4. Peleg, K. 1985. Produce handling packaging and distribution(Book). AVI.
5. Schulte, N. L., E. J. Timm, G. K. Brown and D. E. Marshall. 1990. Apple damage assessment during intrastate transportation. Applied Engineering in Agriculture 6(6):753~758.