

멜론 포장용 펄프몰드 난좌 개발

최승렬 · 정훈 · 최동수*

국립농업과학원

The Development of Pulp Mold Tray for Melon Packaging

Seung Ryul Choi, Hoon Jung and Dong Soo Choi*

National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 447-707, Korea

Abstract In order to protect agricultural products against damage by physical load, various shock absorbing materials is used. As the demands of environment protection increase, the use of plastic materials have been restricted. On the other hand, Pulp mold products have some benefits - easy manufacturing, superior shock absorbing and eco-friendly. In order to develop pulp mold tray for melon packaging as shock absorbing packaging material, we investigated physical properties and vibration transmission characters of 180, 200 and 220 g pulp mold tray for melon. As the weight of pulp increased, compression strength and shock absorbing performance increased, while vibration transmissibility decreased. Especially in case of 180g pulp mold tray, it is not suitable for melon packaging because the transmitted vibration acceleration was higher than the forced vibration acceleration. And 200g pulp mold tray is suitable for melon packaging because the vibration transmissibility was lowest in three trays. And the vibration acceleration transmitted to the melon in edge of pulp mold tray was higher than to the melon in center of pulp mold tray. As the result of the simulated transportation test, the firmness of melon packaging using pulp mold tray was higher than that of conventional packaging. Therefore, these results suggest that pulp mold tray packaging could be suitable for melon packaging.

Keywords Pulp mold tray, Vibration transmissibility, Packaging, Melon

서 론

수확 후 농산물은 선별, 포장, 수송, 하역 등의 유통과정을 거치면서 압축, 낙하, 충격, 진동과 같은 물리적 외력을 받게 된다. 물성이 취약한 농산물의 경우 유통 중 물리적 외력에 의해 상품성이 크게 저하하기 때문에 다양한 완충포장재가 활용되고 있으며, 그 재질은 주로 수지형, 스티로폼형 등 합성수지가 사용된다. 그러나 환경보호에 대한 필요성이 커지면서 합성수지 재질의 완충포장재는 사용에 규제를 받고 있는 실정이다^{1,2)}.

펄프몰드는 각종 제품의 용도에 따라 금형(mold)을 제작하여 고지를 2~0.5 중량% 정도로 고해시킨 펄프용액을 진

공으로 흡착하여 탈수성형 및 건조시켜서 만든 성형품을 말한다. 펄프몰드 제품은 성형이 용이한 특징이 있어 리브(rib) 구조에 의하여 우수한 완충성 및 내하중성을 갖으며, 신문고지나 골판지 등의 천연섬유를 원료로 하여 사용 후의 회수하여 재자원화가 가능하고 흙 속에 매립되면 시간 경과와 더불어 흙으로 환원되므로 친환경 소재 중 하나라고 할 수 있다³⁾.

Singh 등⁴⁾은 모의수송시험을 통해 스티로폼 난좌, 펄프몰드 난좌 및 종이 분할상자의 트럭 수송 중 사과의 손상을 연구하였으며, Nakahara 등⁵⁾은 소나무와 미송을 원료로 한 펄프를 제작하여 강도를 평가하기 위하여 굽힘시험을 실시하였다. Park 등¹⁾은 신문고지와 골판지고지와와의 배합비율별로 펄프몰드 난좌를 제작하여 온습도별로 물성을 측정할 결과, 골판지고지의 혼합비율이 높아질수록 수분흡수율이 증가했고, 신문고지와 골판지고지의 배합비율이 50:50일 때 펄프몰드 난좌의 강도특성이 우수하다고 보고하였다. Lee 등⁶⁾은 홍조류섬유가 펄프몰드에 강성을 부여한다고 보고하였다. 이

*Corresponding Author : Dong Soo Choi
Department of Agricultural Engineering, NAAS, RDA, 126 Suin-ro, Kweonseon-gu, Suwon 447-707, Korea
Tel : +82-31-290-1915, Fax : +82-31-290-1900
E-mail : choi0ds@korea.kr

상에서 보는 바와 같이 국외의 경우 인장압축시험 외에 진동이나 굽힘시험과 같은 다양한 시험을 통하여 펄프몰드 포장재의 물성을 연구하였으며, 국내의 경우는 주로 인장·압축시험을 통한 강도 분석은 실시하였으나 수송 중 진동을 고려한 연구는 이루어지지 않고 있다.

따라서, 본 연구는 펄프몰드난좌의 물리적 특성 및 진동전달 특성을 분석하고, 모의 수송시험을 통해 멜론의 품질을 평가하여 멜론의 포장에 적합한 펄프몰드 난좌를 개발하는 것을 그 목적으로 한다.

재료 및 방법

1. 멜론 펄프몰드 난좌 모델링 및 제작

멜론용 펄프몰드 난좌를 모델링하기 위하여 멜론을 Fig. 1(a)와 같이 모델링하였다. 사용된 공시 멜론은 전라남도 나주에서 2008년에 구입한 머스크 품종 멜론으로 100개의 장경과 단경을 측정하고 평균하여 사용하였다. Table 1에서 보는 바와 같이 평균 장경은 0.161 m, 평균 단경은 0.148 m인 멜론의 장경을 가로방향 길이로, 단경의 절반을 세로방향 길이로 하는 타원 곡선을 회전시켜 멜론을 모델링하였다. 멜론용 펄프몰드 난좌는 모델링한 멜론을 이용하여 멜론 간 마찰이 생기지 않도록 배치하였으며, 크기 540×340×65 mm의 8 kg 5과용 난좌를 Fig. 1(b)와 같이 설계하였다. 외부 크기는 KS T 1002 수송포장계열치수⁷⁾의 11-25번 550×366 mm 상자에 포장하기 적합하도록 결정하였으며, 멜론을 펄프몰드 난좌에 포장하였을 때 흔들림에 의해 멜론이 난좌를 벗어나지 않도록 단경의 약 45%를 멜론 펄프몰드 난좌의 높이로 하였다. 또한 멜론의 중량을 견디기 위하여 멜론 주변을 6등분하여 십자 형태의 홈을 배치하였고 멜론 펄프몰드 난좌의 중간에도 홈을 배치하여 펄프몰드 난좌의 강도를 높

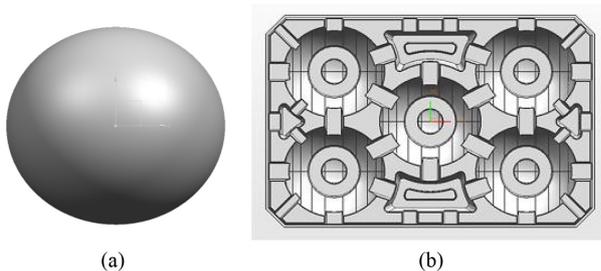


Fig. 1. The modeling of melon and tray for melon. (a) the modeling of melon, (b) the modeling of tray.

Table 1. Physical properties of melons

Cultivar	Major axis (m)	Minor axis (m)	Weight (kg)	Density (kg/m ³)
<i>Cucumismelo</i> L.	0.161±0.005 ¹⁾	0.148±0.003	1.763±0.110	955.1

¹⁾Average±standard deviation.

였다.

펄프몰드 난좌는 모델링한 난좌로 금형을 제작하여 성형 후 3차례의 고온압착을 통하여 건조시키는 건식펄프몰드난좌 제작법을 이용하여 제작하였다. 주원료는 골판지, 부원료는 신문고지를 사용하였으며, 골판지 180, 200, 220 g에 신문고지 50 g을 각각 배합하여 성형하였다.

2. 펄프몰드 난좌의 압축강도 측정

제작된 펄프몰드 난좌의 압축강도는 상자압축강도시험기 (KE-250, Kyung Do Precision Co., Gyeonggi, Korea)를 이용하여 조사하였으며, 하중재하속도 10 mm/min로 공시재료를 10회 압축한 결과를 평균하여 나타내었다. 실험에 사용된 펄프몰드 난좌의 함수율을 측정하기 위해서 KS M ISO 287 종이 및 판지 -함수율측정- 전진법에 따라 105°C로 5시간 동안 건조하여 함수율을 측정하였다⁸⁾.

3. 펄프몰드 난좌의 완충성능 측정

제작된 펄프몰드 난좌의 완충성능을 조사하기 위하여 Fig. 2와 같은 포장완충시험기(D0300010, Da-Wha Testing machine, Gyeonggi, Korea)를 이용하였다. 완충성능 측정시험은 단축 가속도센서(353B32, PCB Piezotronics, NY, USA)가 부착된 9.8 N 무게추를 높이 0.5 m에서 공시재료에 자유낙하시킨 후 무게추에 전달되는 가속도를 계측하였다. 사용된 가속도센서의 제원은 Table 2에 나타내었다. 시편은 무게추 및 완충시험기의 시험부의 크기에 맞추기 위하여 Fig. 3와 같은 펄프몰드 난좌의 1/4 모형으로 제작하였다. 충격량은 물체의 운동량에 변화를 주는 물리량으로서 힘과 힘이 작용한 시간의 곱으로 나타낼 수 있으며, 펄프몰드 난좌에 가해

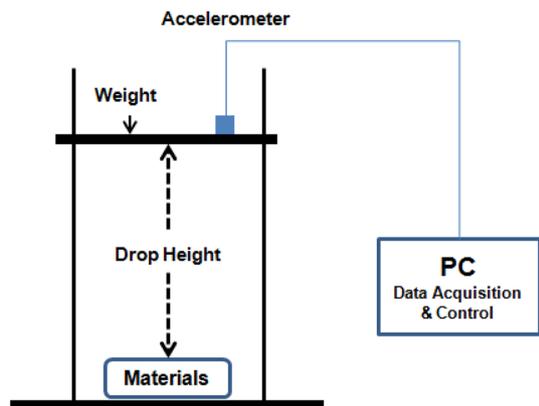


Fig. 2. Schematic diagram of shock absorbing test.

Table 2. Specification of the accelerometer

Item	Specifications
Measurement range	±981 m/s ² pk
Frequency range	1~5000 Hz
Resolution	0.01 m/s ² rms
Mass	20 g



Fig. 3. 1/4 sample for shock absorbing test.

지는 힘은 무게추의 동적하중이므로 식 (1)에서 보는 바와 같이 펄프몰드 난좌에 가해지는 충격량은 속도변화량으로 표현될 수 있다. 속도변화량은 가속도-시간 그래프의 면적으로 계산하였고 10회 시험한 결과를 평균하여 나타내었다.

$$I = \int Fdt = \int (ma)dt = m \int adt \quad (1)$$

여기서,

I : 충격량

F : 충격하중

a : 가속도

t : 시간

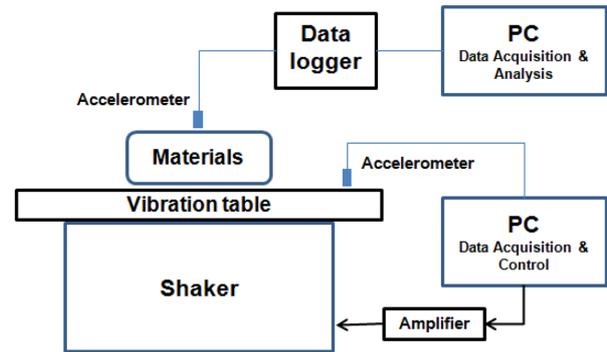


Fig. 4. Schematic diagram of vibration test.

4. 펄프몰드 난좌의 진동전달률 측정

제작된 펄프몰드 난좌의 진동전달특성을 조사하기 위하여 Fig. 4와 같은 진동시험기(V875-640 SP40K, LDS, Royston, England)를 이용하여 가변주파수 정현파 진동시험을 실시하였다. 개발 난좌를 이용한 포장과 기존 상자를 이용한 포장에 대하여 강제진동시켰을 때 멜론과 난좌에 전달되는 진동가속도를 진동전달률로 변환하여 분석하였다. 기계공학용어사전에 의하면 진동전달률은 피진력 진폭과 가진력 진폭의 비로 정의된다.

펄프몰드 난좌의 진동전달 시험은 B골 골판지상자에 제작된 펄프몰드 난좌와 멜론을 적재하여 포장하였고, 가진 가속도 1 G, 가진 주파수 5~200 Hz, sweep rate는 1 Octave/min로 설정하여 시험하였다. 펄프몰드 난좌에 전달되는 진동가속도를 계측하기 위하여 Fig. 5(a)에서 보는바와 같이 단축가속도센서를 진동테이블 바닥면, 난좌, 멜론에 각각 부착하였다. 진동시험기의 진동테이블에는 단축가속도센서(353B01, PCB Piezotronics), 펄프몰드 난좌에는 단축가속도센서(353B18, PCB Piezotronics)를 설치하였고, 멜론에는 소형 단축가속도 센서(352A24, PCB Piezotronics)를 설치하였으며 난좌의 중앙에 위치한 멜론과 난좌의 주변에 위치한 멜론에 가속도센서를 설치하였다.

기존 골판지상자 포장의 진동전달 시험은 EPS 네트와 크기 366×275×160 mm, 중량 660 g의 5 kg 포장용 AB골 골판지상자로 멜론을 포장하고, 펄프몰드 난좌의 진동전달 시험과 같은 조건으로 설정하여 실험하였다. 진동가속도 계측

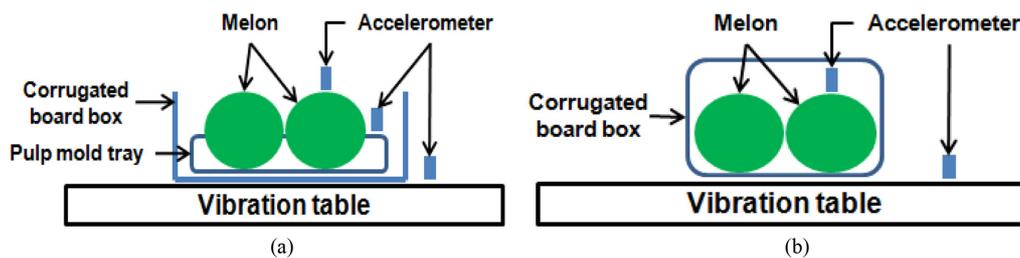


Fig. 5. Mounting of accelerometers for measuring vibration transmission. (a) tray packaging, (b) conventional packaging.

Table 3. Specification of the accelerometers used to measure vibration transmission

Item	Specifications		
Accelerometer type	353B01	353B18	352A24
Measurement range [m/s ² pk]	± 2453	±4905	±490
Frequency range [Hz]	1~7000	1~10000	1~8000
Resolution [m/s ² rms]	0.03	0.05	0.002
Mass [g]	10	1.8	0.8

Table 4. Physical properties of melons

Cultivar	Major axis (m)	Minor axis (m)	Weight (kg)	Firmness (N)
<i>Cucumismelo</i> L.	0.156±0.006 ¹⁾	0.155±0.006	1.830±0.161	5.0±2.0

¹⁾Average±standard deviation.

Table 5. Profile for Random vibration test

Vibration frequency (Hz)	PSD (G ² /Hz)	Vibration frequency (Hz)	PSD (G ² /Hz)
5	0.0005	38.75	0.000454
7.5	0.0005	48.75	0.000144
10	0.001	114.375	0.000668
12.5	0.0000853	128.75	0.000206
16.875	0.0004	142.5	0.00014
20.625	0.0006	177.5	0.0003
26.875	0.0002	215.625	0.0002
35.625	0.0000335	293.75	0.000131

을 위한 가속도센서의 위치는 Fig. 5(b)에 보는 바와 같이 진동 테이블과 멜론에 부착하였다. 진동가속도의 계측은 진동 데이터 수집장치(Liberty, LDS, Royston, England)를 이용하였으며, 사용된 가속도센서의 제원은 Table 3에 나타내었다.

5. 모의수송시험 및 멜론의 품질조사

펄프몰드 난좌의 성능을 평가하기 위하여 기존 상자포장 방법과 펄프몰드 난좌 포장방법 별 모의수송시험을 실시한 후 멜론의 품질을 조사하였다. 모의 수송시험에 사용된 멜론은 전라남도 나주에서 2009년 11월에 수확된 머스크 품종의 시료를 사용하였고, 산지에서 직접 구매하여 2°C 저온저장고에서 2일 저장 후에 모의수송시험을 실시하였으며, 공시 멜론의 물성은 Table 4에 나타내었다.

모의수송시험은 KS T ISO 13355 수송 포장화물과 단위 화물의 수직 랜덤 진동시험 방법에 따라 실시하였다⁹⁾. 가진 프로파일은 경부고속도로에서 계측된 진동데이터를 Table 5와 같이 PSD(Power Spectral Density)프로파일로 변환시켜 모의수송시험을 4시간동안 실시하였다.

멜론의 품질조사는 진동이나 충격과 같은 물리적인 외력에 대한 멜론의 변화를 나타내는데 적합하다고 생각되는 경도를 측정하였다. 모의수송시험 3일 경과 후 무가진 대비구, 기존 상자포장 가진 처리구와 난좌포장 처리구의 경도를 조

사하였으며, 경도의 측정은 멜론의 적도부위를 2 cm 두께로 자른 후 껍질에서 2 cm 안쪽 4부위를 Texture Analyzer(TA-XT2i, Stable Micro Sys., Surrey, England)로 6 mm 원형 실린더 프로브를 이용하여 ASAE Standard(S368.2)¹⁰⁾의 청과물에 대한 하중재하속도 범위인 24 mm/min로 압축시험을 실시하였다¹¹⁾.

결과 및 고찰

1. 펄프몰드 난좌의 규격 정합성 및 압축강도

Fig. 6에서 보는 바와 같이 멜론 펄프몰드 난좌의 1/4 모형으로 멜론과 펄프몰드난좌의 규격 정합성을 확인하였다. 멜론을 모형에 올려놓았을 때 멜론과 난좌의 간극이 1 mm 이내로 제작된 펄프몰드 난좌에 멜론이 흔들림 없이 안착되는 것을 알 수 있었다. 또한, Fig. 7에서 보는 바와 같이 제작된 펄프몰드 난좌에 멜론을 포장하였을 때 멜론 간 간섭이 발생하지 않아 유통 중에 멜론 간 마찰이나 충돌이 발생하지 않을 것으로 판단되었다.

Table 6에 펄프몰드 난좌의 압축강도를 나타내었다. 180, 200, 220 g의 펄프몰드 난좌의 압축강도는 각각 1827.4, 2464.5, 2659.3 N을 나타내어 펄프양이 증가할수록 압축강도가 상승하는 것으로 나타났으며, 180과 200 g 펄프몰드 난좌의 압축강도차이는 637.1 N으로 200과 220 g 펄프몰드



Fig. 6. 1/4 pulp mold tray model.



Fig. 7. Conformity between melons and tray.

난좌의 압축강도 차이 194.8N보다 약 3.3배의 차이가 나는 것으로 나타났다.

2. 펄프몰드 난좌 완충성능 특성

펄프몰드 난좌의 완충특성을 Table 7에 나타내었다. 총 속도변화를 살펴보면 180, 200, 220 g 펄프몰드 난좌 각각 0.182, 0.163, 0.146 m/s²·s으로 나타나 펄프몰드 난좌의 펄프양이 증가할수록 무게추의 총 속도변화량이 감소하는 것으로 나타나 무게추가 받는 충격량도 펄프몰드 난좌의 펄프양이 증가할수록 감소할 것으로 판단된다. 지속시간은 180, 200, 220 g 펄프몰드 난좌는 0.202, 0.208, 0.184 s로 각각 나타났으며, 정점 가속도는 180, 200, 220 g 펄프몰드 난좌는 1.285, 1.055, 1.020 G로 각각 나타나 펄프몰드 난좌의 펄프양이 증가할수록 완충성능이 증가하는 것으로 판단된다.

3. 펄프몰드 난좌 진동전달 특성

Fig. 8에 진동테이블에서 난좌에 전달되는 진동의 RMS (Root Mean Square) 평균 가속도의 진동전달률을 나타내었다. 180, 200, 220 g 펄프몰드 난좌의 진동전달률은 각각 1.267, 1.056, 0.934로 나타나 난좌의 중량이 증가할수록 진

동 전달률이 감소하는 경향을 보였다. 한편 180 g 펄프몰드 난좌의 경우 가진되는 진동가속도보다 큰 진동가속도가 전달되는 것으로 나타나 멜론포장에 적합하지 않은 것으로 나타났다.

또한 Fig. 8(b)의 진동테이블에서 난좌의 중앙에 위치한 멜론에 전달되는 진동전달률은 180, 200 220 g 펄프몰드 난좌에서 각각 0.904, 0.807, 0.855로 나타났고, Fig. 8(c)의 진동테이블에서 난좌의 주변부에 위치한 멜론에 전달되는 진동전달률은 180, 200, 220 g 펄프몰드 난좌에서 각각 0.944, 0.846, 0.869로 나타난데 비해, 기존 상자포장에서 멜론에 전달되는 진동전달률은 1.171로 나타나 기존 상자포장보다 난좌포장 시 진동의 전달이 작은 것을 알 수 있었다(Fig. 8). 본 실험의 결과, 펄프몰드난좌의 펄프양이 증가할수록 진동 및 충격에 대한 펄프몰드난좌의 완충성능은 향상되지만 멜론에 전달되는 진동전달률을 살펴보면 한편 200 g 펄프몰드 난좌의 진동전달률이 가장 작게 나타나 멜론의 포장에 가장 적합하다고 판단된다.

또한 펄프몰드난좌의 중앙에 위치한 멜론과 주변에 위치한 멜론에 전달되는 진동가속도를 비교하여 보면 주변에 위치한 멜론에 전달되는 가속도가 큰 것을 알 수 있었다. 이는

Table 6. Compression strength of pulp mould tray

	180g	200g	220g
Compression strength (N)	1827.4±148.2 ¹⁾	2464.5±153.8	2659.3±176.1

The moisture content of pulp mold tray was 5%.

¹⁾Average±standard deviation.

Table 7. Shock absorbing characteristics of pulp mould tray

	180g	200g	220g
Total velocity change (m/s ² ·s)	0.182±0.019 ¹⁾	0.163±0.042	0.146±0.059
Duration time (s)	0.202±0.001	0.208±0.033	0.184±0.064
Peak acceleration (G)	1.285±0.236	1.055±0.308	1.020±0.403

The moisture content of pulp mold tray was 5%.

¹⁾Average±standard deviation.

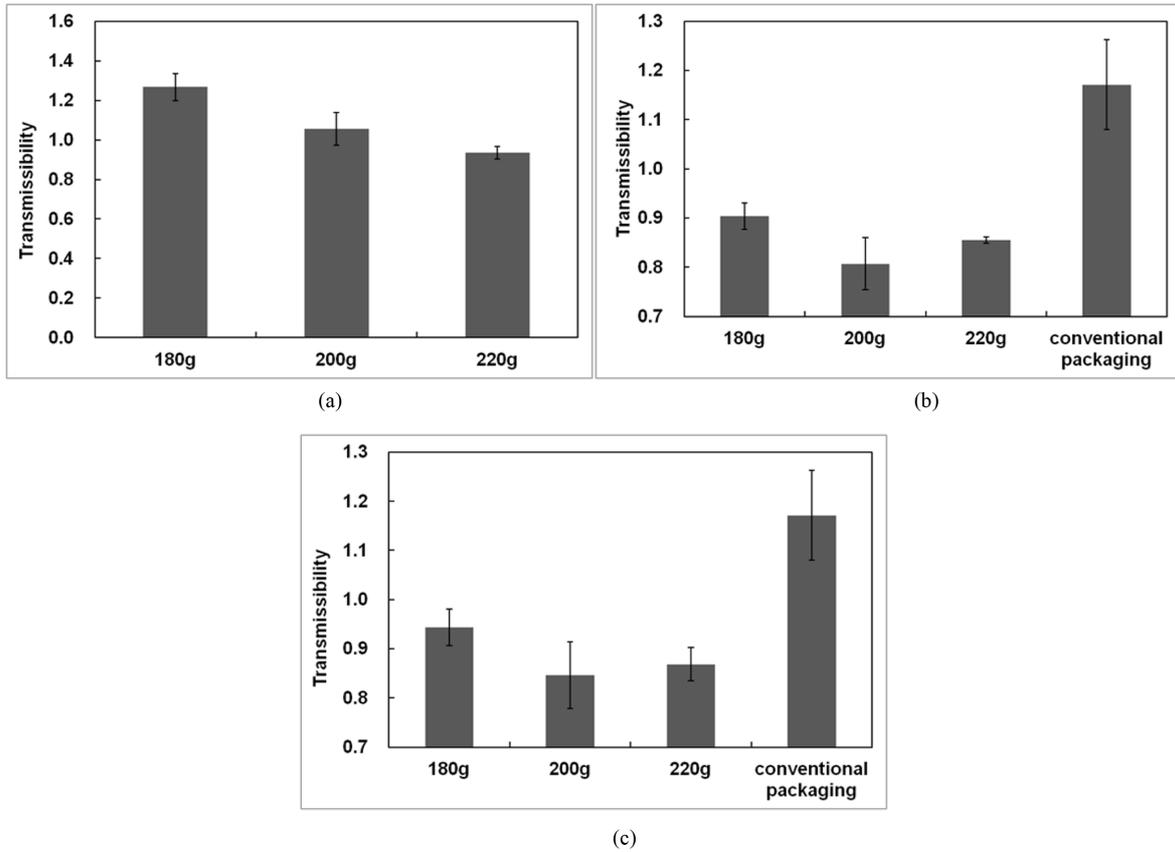


Fig. 8. Vibration transmissibility of pulp mold tray and melons. (a) pulp mold tray, (b) the melon in center of pulp mold tray, (c) the melon in edge of pulp mold tray.

멜론 주변의 지지부를 사각형으로 보았을 때, 중앙부의 난좌는 4면을 모두 고정시켜주지만 주변부의 난좌는 2면을 고정시켜 주기 때문에 진동의 전달이 큰 것으로 판단된다.

Fig. 8에서 난좌로 전달되는 가속도가 멜론으로 전달되는 가속도보다 큰 것으로 계측되었는데, 그 이유는 Fig. 9(b)에 나타난 바와 같이 펄프몰드 난좌에 포장된 멜론의 영향으로

펄프몰드난좌가 받는 아랫방향의 가속도가 크기 때문에 난좌에 전달되는 RMS 평균가속도가 멜론의 RMS 평균가속도보다 크게 계측되었다고 판단된다.

Fig. 9의 (a)와 (b)에 진동테이블에서 펄프몰드난좌에 전달되는 진동의 최대 정점 가속도와 최소 정점가속도의 진동전달률을 나타내었다. 펄프몰드난좌에 전달되는 진동가속도는

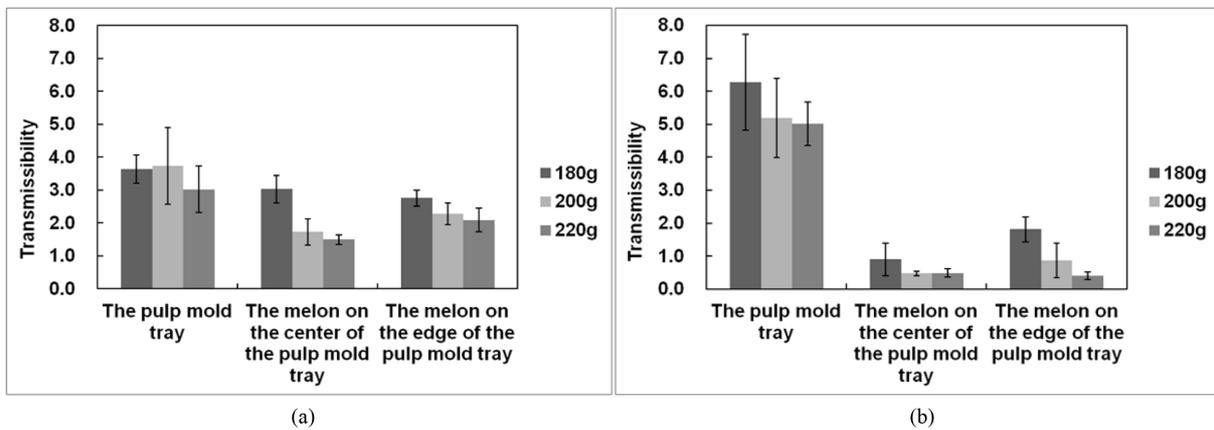


Fig. 9. Vibration transmissibility of pulp mold tray and melons. (a) maximum acceleration, (b) minimum acceleration.

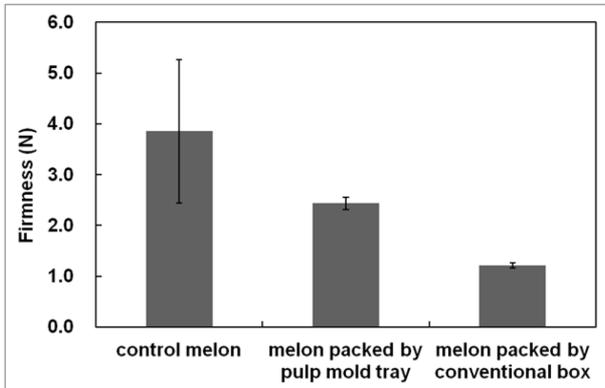


Fig. 10. Firmness of melon after transportation simulation.

최대 정점가속도보다 최소 정점가속도가 큰 것으로 나타났으며, 이는 진동 중에 멜론이 아랫방향으로 충격을 가하기 때문이라고 판단된다. 멜론의 경우 멜론자체의 거동에 의한 가속도변화가 계속되며, 펄프몰드 난좌에 의한 완충효과 때문에 최대정점가속도보다 최소 정점가속도의 진동전달률이 작게 나타났다고 판단된다.

4. 모의수송 멜론의 품질

기존 상자와 펄프몰드난좌를 이용해 포장된 멜론의 모의 수송시험 후 멜론의 경도를 측정된 결과를 Fig. 10에 나타내었다. 무가진 멜론, 난좌포장 멜론, 기존 상자포장 멜론의 경도는 3.9, 2.4, 1.2 N으로 각각 나타나, 펄프몰드난좌를 이용하여 멜론을 포장하였을 때 진동을 가하지 않은 대비구에 비해 경도저하가 나타났지만 기존 상자포장에 비하여 경도 유지 효과가 우수함을 알 수 있었다.

요 약

본 연구에서 개발된 멜론용 펄프몰드난좌의 진동전달특성을 구명하고 모의수송시험을 통해 적합성을 분석하였다. 멜론 펄프몰드 난좌의 중량이 증가할수록 압축강도는 상승하였고, 완충성능이 증가하는 것으로 나타났다. RMS 평균 가속도의 진동전달률을 살펴보면 펄프몰드 난좌의 중량이 증가할수록 진동전달률이 감소하는 경향을 보였다. 골판지 180 g 신문고지 50 g을 배합한 펄프몰드난좌의 경우 가진되는 진동가속도보다 큰 진동가속도가 전달되는 것으로 나타나 멜론의 포장에 적합하지 않은 것으로 나타났고, 골판지 200 g 신문고지 50 g을 배합한 펄프몰드난좌의 진동전달률이 가장 작게 나타나 멜론의 포장에 가장 적합한 것으로 나타났다. 또한, 기존 상자포장보다는 펄프몰드난좌 포장 시 진동의 전달이 작은 것을 알 수 있었으며, 펄프몰드 난좌의 중앙에 위치한 멜론과 비교하여 주변에 위치한 멜론에 전달되는 진동가속도가 큰 것을 알 수 있었다. 기존 상자포장과 펄

프몰드난좌 포장의 모의 수송시험을 실시하여 경도를 측정된 결과, 무가진 멜론에 비하여 경도저하가 나타났지만, 난좌를 이용하여 포장하였을 때 기존 상자포장에 비하여 멜론의 경도 유지 효과가 우수함을 알 수 있었다. 따라서 본 연구결과 펄프몰드 난좌를 이용한 멜론포장은 수송 중 진동에 의한 품질저하 요인을 감소시켜 상품성 유지에 효과적인 방법이라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ009585/PJ006829)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

1. Park, I.S., Kim, J.N., Kim, D.Y. and Lee, Y.S. 2008. Effects of mixing ratio of ONP and OCC on physical properties of pulp molds for cushion packaging materials. *J. Korea Soc. Packag. Sci. & Tech.* 40(1): 47-54.
2. You, S.R., Han, M.S., Kim, S.Y., Kim, T.H. and Jeon, E.C. 2006. The study on the design of soju tray using the pulp mold. *Proceeding of 2006 Korean Society of Manufacturing Technology Engineers.* pp. 376-379.
3. Lee, K.M. 1994. About pulp mould packaging material and design method. *Packaging Information.* pp. 42-47.
4. S. Paul Singh, Gary Burgess, Ming Xu. 1992. Bruising of apples in four different packages using simulated truck vibration. *Packag. Technol. Sc.* 5(3):145-150.
5. Nakahara, S., Yano, H. and Kawai, S. 2002. Development of environmentally-friendly and high-strength kraft pulp fiber based materials. *J. Wood Res.* 89: 35-36.
6. Lee, M.W., Seo, Y.B. and Lee, Y.H. 2011. The property and characteristic of pulp mould for food packaging using *geli-dium amansii*. 2011 Proceeding KTAPP, Gyeonggi, Korea. pp. 301-307.
7. Korea Standards Association. KS T 1002 Transport package sizes by modular coordination.
8. Korea Standards Association. KS M ISO 287 Paper and board - Determination of moisture content - Oven-drying method.
9. Korea Standards Association. KS T ISO 13355 Packaging-Complete, filled transport packages and unit loads.
10. ASAE Standard. 1998. S368.2: Compression test of food materials of convex shape. 44th Edition. American Society for Agricultural Engineering. St. Joseph.
11. Lee, Y.H., Choi, D.S., Choi, S.R., Kim, M.S. and Kim, K.S.. 2008. Firmness measurement of melon by characteristics of impact signal(1)-Characteristics of impact signal of melon-. *J. Biosystem Eng.* 33(4): 239-247.