

딸기 신제품 포장에 대한 유통시험 분석

馬場紀子·江嶋亞祐子·大石高也·折野太陽 / 오히시산업(주)
車政弘·安武正剛 / 규슈산업대학
宮崎良忠·樺島勝·渡邊健太郎 / 계측검사(주)
박인식 / (의역)연세대학교 패키징학과 교수

딸기 포장재용으로 새로이 개발된 공중부양형 구조의 용기를 가지고 딸기가 유통 중 발생할 수 있는 짓물림 방지효과가 있는지를 분석하기 위해 일본 후쿠오카 현 쓰꾸시 시에서 도쿄까지 트럭과 항공기에 의한 수송시험을 했다.

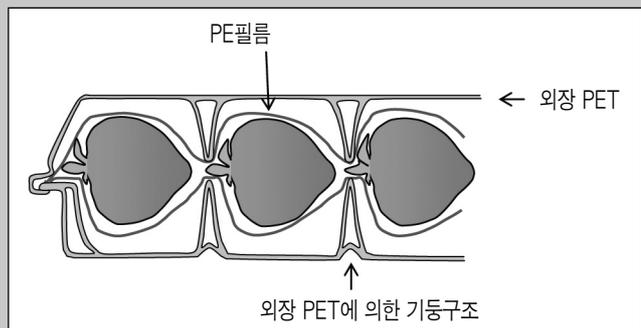
일반적으로 사용되는 EPS용기는 수송 중 딸기 간 포장면적이 많아 흠집 발생면적이 컸으며, PET 트레이 위에 딸기를 배열시키는 '보통들이형 용기'는 과일끼리의 접촉부분에서 짓물림 현상이 많이 발생했다. 개발된 '공중부양형 용기'는 과일끼리의 접촉 없이, 유연한 PE필름으로 포장돼 수송 중 발생하는 딸기의 흠집 발생이 가장 적었다.

또한 'EPS 용기' 및 'PET용기'에 25Hz의 정상 진동을 가한 결과, 용기 내부에 발생하는 진동의 주파수 종류에 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 'EPS용기'에서는 가진동의 25Hz보다도 큰 주파수의 진동을 많이 확인할 수 있었다(키워드 : 딸기, 운송 중의 흠집, 용기, 진동주파수).

1. 서론

후쿠오카 현의 딸기 '아마오우'의 출하량은 약 13,000톤으로 그중 약 1만 톤의 딸기가 도쿄와 요코하마 등 4대 시장으로 출하되고 있다(2010년도 JA전농 포함 판매실적). 그렇기 때문에 후쿠오카 현의 딸기 판매 활성화를 위해 과일에 대한 장거리 수송기술은 물론이고, 유통 중에 과일

[사진 1] 공중부양형 딸기용기의 구조



시리얼 리포트

에 발생하는 흠집(긁힘)을 방지할 수 있는 포장용기가 필요하다. 그러나 기존의 플라스틱제 트레이나 발포우레탄 트레이를 이용한 용기에서는 과일 상호간 접촉과 용기 내 개별 과일과 용기 간의 긁힘현상으로 과일에 흠집이 발생하기 쉽다.

최근 유통 중 진동에 따른 손상을 줄일 수 있도록 새로운 형태의 딸기 용기를 개발했다. 본 용기는 유연성이 있는 필름으로 과일 전체를 지지하면서 딸기를 공중에 부양해 수송할 수 있는 구조의 용기로, 강도나 저장성을 고려해 개발됐다.

본 연구에서는 새로이 개발된 공중부양형 딸기용기에 대한 흠집 방지효과를 확인하기 위해 도쿄까지의 실제 수송시험 및 시험실 내 진동시험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험용 용기

딸기의 포장용기로 다음의 3종류를 비교 검토했다. 시험을 할 때는 각 용기 모두 동일한 골판지상자를 사용했으며, 딸기와 용기 중량은 일반적인 유통규격에 기준했다.

(1) 공중부양형 용기

외장은 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)를 소재로 하고, 같은 소재로 용기 내부에 지지구조를 삽입했으며, 용기 내측에 딸기의 실제 모양으로 폴리에틸렌(PE)필름을 붙이고, PET의 기둥에서 PE필름을 지지함으로써 딸기를 허공에 매달 수 있게 했다.

이 용기는 상하로 나뉘어져 있고, 겹쳐 쌓여져 있을 때 PET의 지지구조에 의해 용기 전체의 강도가 확보되도록 설계됐다(〔사진 1〕,〔사진 2〕 참조).

〔사진 2〕 공중부양형 딸기용기의 단면 및 외관



(사진 3) 기존 용기에 담은 딸기의 출하모습



(왼쪽 : 구멍형 용기, 오른쪽 : 보통 담기형 용기)

- 1) 구멍형 용기 : 257×180×62mm, 450g용
- 2) 보통 담기형 용기 : 307×223×61mm, 320g용×2팩

도쿄까지의 수송시험에는 15개입 형태의 용기를 이용해 28g 전후의 딸기를 선별하여 전체용량이 420g정도 되도록 포장했다.

(2) 구멍형 용기(기존 용기)

이 용기는 현재 딸기 ‘아마오우’의 선물용에 사용되는 용기로, 딸기 모양의 틀이 있는 발포PE로 만든 소프트트레이에 딸기를 포장하는 타입이다. 현행 용기 중에서는 공중부양형 용기의 형태나 가격이 가장 비슷하기 때문에 본 연구의 비교용기로 이용했다.

소프트트레이는 전용 골판지상자에 넣은 후 딸기를 넣고, 상부에 폴리스틸렌(PS)필름을 얹은 다음 ([사진 3] 참조) 그 위에 기포완충지를 덮어 실험했다. 소프트트레이(12알 용)는 35g 전후의 딸기로 내용량은 420g정도로 조정했다.

(3) 보통 담기형 용기(기존 용기)

이 용기는 딸기 ‘아마오우’의 장거리 수송에서 가장 일반적으로 사용되어지고 있는 용기로, PET제 트레이용기에 두께 약 1mm의 완충용 발포우레탄 시트를 깔고 그 위에 딸기를 1단으로 담고, 위에서 PS필름을 덮는 것이다([사진 3] 참조). 본 실험에서는 29g 전후의 딸기 11알을 이용해 내용량을 약 320g정도로 조정했다.

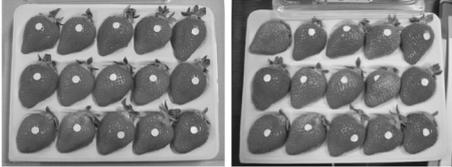
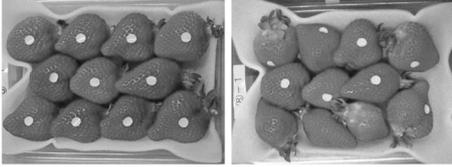
2. 실제 수송시험방법

2009년 1월, 2009년 3월, 2010년 1월에 후쿠오카 현 농업종합시험장에서 도쿄(도쿄도 중앙구 동일본교)까지 수송시험을 실시했다. 트럭 수송거리는 약 1,100Km, 수송시간(수하 등에 의한 정지시간 미포함, 이하 동일)은 약 14시간으로, 그 중 약 1,000km는 고속도로로 트럭 수송, 항공기에 의한 수송거리는 약 950km이며 이후 100km의 트럭수송을 포함하였다.

딸기 ‘아마오우’를 각 용기에 개별 포장한 후 골판지상자로 포장한 다음 택배편(트럭 또는 항공기

시리얼 리포트

(사진 4) 시험에 사용한 각 용기의 수송 전후 딸기의 모습 및 낱알 주위의 정도

		낱알 주위의 정도(점/개수)
공중부양형 용기		0.1
구멍형 용기		1.1
보통 담기형 용기		3.4

1) 2009년 3월 트럭 수송 전
2) 낱알 주위 정도 : 수송 전후의 사진보다 수평과 상하방향의 회전 각도를 점수화(1점/30°)해 1알당 평균값을 산출했다.

사용)으로 발송했다. 수송 중 골판지상자의 내부온도변화는 주식회사 티앤디디사의 온도계 'TR-71U' 로 측정했으며, 수송 중 진동은 스틱스사의 'G-MEN' 으로 측정했다. 화물 도착 후에 바로 골판지상자를 개봉해 딸기의 흠집 면적을 조사하고, 딸기의 전체면적을 100으로 했을 때의 비율(%)로 나타냈다.

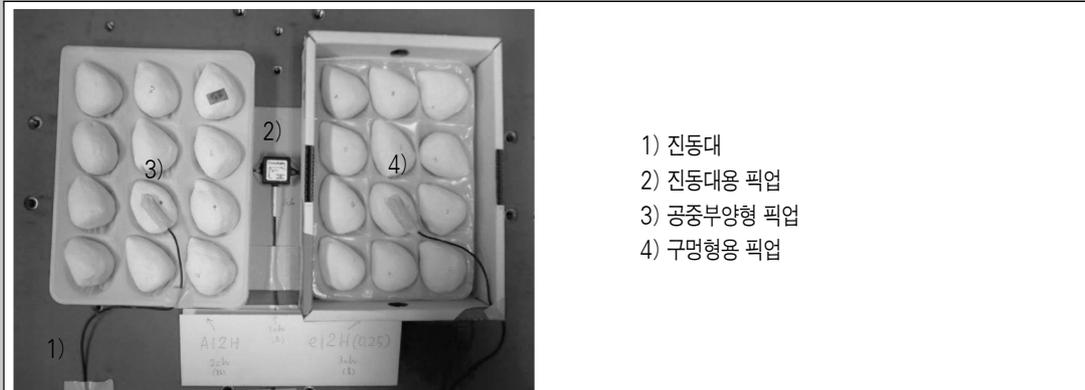
수송 중 딸기 낱알 주위의 정도에 대해서는 각 용기에 넣은 딸기 상부에 직경 8mm의 찢을 붙여((사진 4)의 노란색 찢 참조) 수송 전후의 사진을 비교했다. 과일 수평방향과 상하방향의 회전 각도를 점수화(1점/30°)하고, 그 합계치에서 한 알에 해당하는 평균치를 계산해 평가하였으며, 각 조사에 사용된 딸기는 24~30알을 사용하였다.

3. 공중부양형 용기와 구멍형 용기 내 진동 측정

용기 내 진동 측정은 딸기의 개별차이나 실험 중 과육 경도의 변화에 의한 영향을 피하기 위해 딸기 모형을 이용해 실험했다. 이용한 딸기 모형은 1알 중량 35g의 딸기 '아마오우' 를 측정해 과일과 동일한 형태나 비중이 되도록 발포스티롤과 지점토를 이용해 제작했다.

각 용기에 딸기 모형을 설치하고, 용기 중앙 부근에 설치한 모형 상부에 진동검지용 픽업을 부착

(사진 5) 진동측정의 모습



([사진 5] 참조), 아이텍스에서 만든 진동시험기(BF-50UT)를 이용해 정상진동을 부여한 후 가진대의 진동과 용기에 전해지는 진동을 측정했다.

나카무라(2007년)의 연구결과에서는 딸기의 진동전달율이 커서 손상에 큰 영향을 미치는 주파수대는 20~30Hz라고 하고 있으므로, 본 연구에서의 정상 진동 주파수는 25Hz로 하였다. 또한 진동 검지용 픽업과의 접촉에 의한 진동 데이터의 영향을 피하기 위해 시험은 모두 상부에 필름이나 덮개를 덮지 않고 하였다. 진동 데이터는 'FFT해석'을 이용하여 진동의 주파수를 분석하였다.

III. 결과

1. 실제 수송시험에 의한 흠집 방지 효과

(1) 수송 환경과 흠집 발생 면적

[표 1]에 수송 시의 온도와 진동환경을 나타냈다. 이번에 실시한 수송시험에서 온도환경은 거의 동일하다. 최고 온도는 모두 농업종합시험장에서 발송한 직후의 13~15℃이며, 그 후는 저온환경을 유지했다(데이터 생략). 또한 평균 온도는 3.0℃에서 5.6℃로 모두 딸기의 품질보존에 적절한 온도환경으로 유지했다. 수송 중 진동가속도(G)는 수송 수단이나 노면의 상황, 취급 시에 발생하는 충격의 지표 등으로 발생된다(오카모토 2011).

본 연구에서는 간이진동측정기 'G-MEN'을 이용하여 전 수송시험의 수송진동을 계측하였다.

딸기의 흠집은 진동가속도가 높을수록 크다고 보고되었기 때문에(코바야시 2011), 본 연구에서는 일반적으로 트럭 주행 시 발생하는 가속도(0.5~2G)를 초과하는 3G이상의 가속도 발생회수를 수송

시리얼 리포트

[표 1] 수송 중 수송환경

항목		2009년 1월	2009년 3월		2010년 1월
		트럭	트럭	항공기	트럭
온도	최고(℃)	15.0	13.0	14.1	14.0
	최저(℃)	0.0	2.2	0.0	3.0
	평균(℃)	4.6	5.5	3.0	5.6
진동	3G 이상 발생수(회)	4	6	17	11

1) 진동발생회수는 상하방향만의 발생수

[표 2] 실제 수송시험에서 착하 시의 흠집 발생 면적(%)

용기의 종류	2009년 1월	2009년 3월		2010년 1월
	트럭	트럭	항공기	트럭
공중부양형	6.5a	8.9a	11.3a	1.6a
구멍형	13.1b	33.1b	28.9b	7.1b
보통 담기형	29.5b	39.8b	44.3b	15.7b

1) 다른 영문자간 동일 수송에서 용기의 종류 간 1%수준으로 차이가 있다(Scheffe법).

2) 흠집 발생정도 : 발생한 흠집면적을 눈으로 확인하고, 과일의 전체 표면적을 100으로 해 그 비율을 나타냈다.

시 취급 지표로서 이용했다.

그 결과, 2009년 3월에 실시한 항공기에 의한 수송에서 가장 발생회수가 많았다. 또한 [표 2]에 나타난 것처럼 흠집의 발생 비율도 전체적으로 높았다.

한편 2010년 1월에 실시한 트럭 수송에서는 3G이상의 가속도가 발생한 횟수가 11회로 많았지만, 전체적으로 흠집의 발생은 적었다. 2009년 3월의 트럭 수송시험에서는 2009년 1월과 2010년 1월의 트럭 수송 경우보다도 전체적으로 흠집 면적이 컸다.

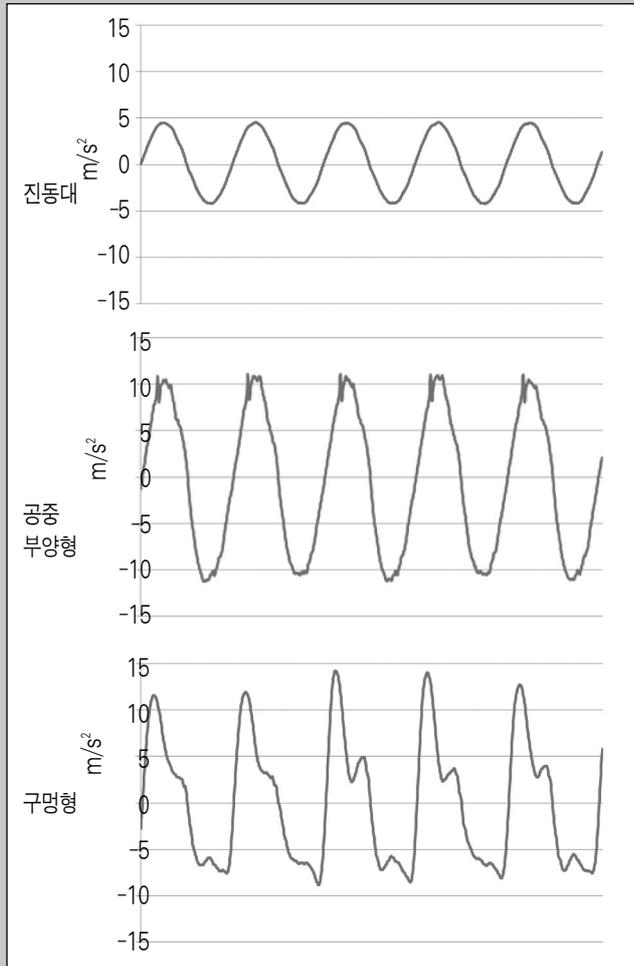
이것은 재배 시의 외기 온도 상승에 따른 딸기의 과육 경도가 저하돼(쯔쯔미라 2005) 딸기 전체가 흠집이 나기 쉬웠기 때문이라고 생각된다.

(2) 용기별 흠집 발생 상황과 공중부양형 용기의 흠집 방지 효과

용기별 흠집 발생 면적을 [표 2]에 나타냈다. 공중부양형 용기는 수송일과 수송수단에 관계없이 기존의 구멍형 용기와 보통 담기형 용기에 비해 흠집이 발생하는 면적이 확실히 작았다. 구멍형 용기와 보통 담기형 용기를 비교하면 2009년 1월의 수송시험과 큰 차이가 없었다.

각 용기의 수송 전후 회전상태를 비교해 보면 어느 쪽 수송시험에서도 비슷한 경향을 확인할 수 있었다. 공중부양형 용기에서는 다른 용기에 비해 딸기의 개별 회전이 현저하게 적었다. 이것은 딸기 모양을 본 뜬 PE필름이 과일을 상하로 싸고 있기 때문에, 개별 회전을 억제하였을 것으로 판단된다.

(그림 1) 공중부양형과 구멍형 용기의 전달진동파형



1) 25Hz 가진 시의 z축 파형

2. 진동시험에 의한 용기 내 진동의 측정과 평가

(1) 진동파형에 의한 진동완충성의 평가

수송 진동은 청과물에 손상을 줄 뿐만 아니라 호흡속도의 상승이나 유기산함량의 감소 등 청과물의 선도에 영향을 미치는 것을 알 수 있다(오오타로 1999, 나카무라 1986). 본 연구에 사용된 용기는 딸기를 유연한 PE필름으로 공중에 부양하였기 때문에 외부에서 가해지는 진동이나 충격에 대한

또한 공중부양형 용기에서 딸기 흠집이 일부 발생하였는데, 과일 끝부분과 용기 내부의 PET 지지구조와의 접촉이나 PE필름과의 마찰에 의한 것이라고 생각된다.

구멍형 용기에서는 딸기의 개별 회전이 심하였고, EPE제 소프트트레이와의 접촉에 의한 흠집이 발생하였으나 흠집면적이 크지 않았다.

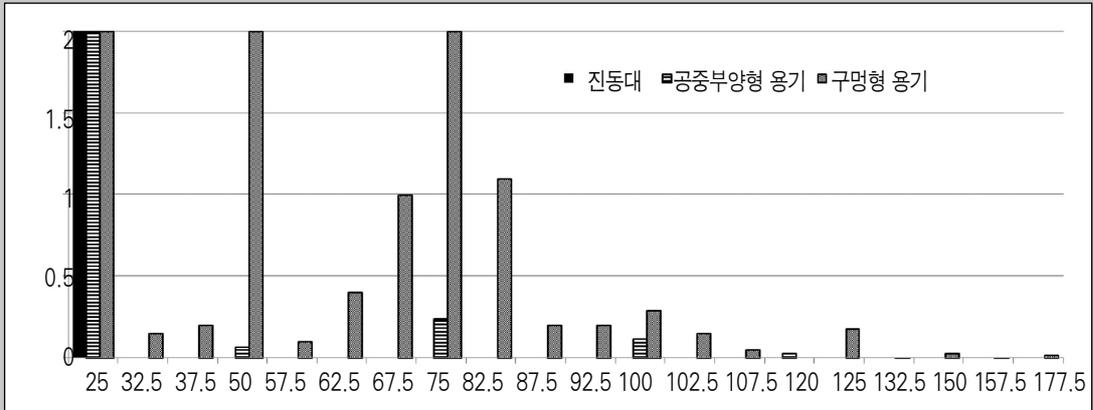
보통 담기형 용기는 인접하는 과일끼리 접촉하는 부분이 많아 접촉 부분의 대부분에서 눌린 흠집이 발생했다.

또한 개별 회전이 발생하면서 딱딱한 PET트레이나 하부의 우레탄시트와의 접촉에 의한 흠집이 발생하여 흠집면적이 많은 것으로 관찰되었다.

따라서 본 연구 결과, 수송에서 발생하는 과일의 흠집은 과일끼리의 접촉이나 과일의 개별 회전에 기인하는 것이 많고, 구조적으로 이러한 요인을 피할 수 있는 공중부양형 용기가 효과적이라 판단되었다.

시리얼 리포트

(그림 2) FFT 해석에 따른 발생진동주파수와 진동가속도



1) 25Hz 가진 시의 z축 파형

완충성이 높을 것으로 기대되었다. 용기에 부가되는 진동 특성을 평가하기 위해 25Hz의 정상 진동 (이하 '기본 진동')으로 가진해 공중부양형 용기와 구멍형 용기에 발생한 진동을 측정, 그 파형을 비교했다(그림 1)).

공중부양형 용기와 구멍형 용기 모두 진동대의 약 2배의 최대 가속도를 보이고, 용기 내부에서 발생한 진동은 기본 진동보다도 강도가 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 구멍형 용기에서는 공중부양형 용기에 비교하여 진동파형이 복잡하고 기본 진동 이외의 진동파형이 다수 겹쳐져 있는 것을 알 수 있었다.

(2) FFT해석에 따른 발생진동 주파수의 차이

25Hz로 가진한 경우 공중부양형 용기와 구멍형 용기 내부에 발생한 진동의 FFT해석 결과를 [그림 2]에 나타냈다.

25Hz의 기본 진동을 가진한 결과 공중부양형 용기에서는 25Hz이외에 50Hz, 75Hz, 100Hz의 진동이 확인되었다. 한편, 구멍형 용기에서는 50Hz와 75Hz의 $2m/s^2$ 이상의 진동이 확인되었으며 그 이외에도 32.5Hz부터 177.5Hz까지 16종류의 진동 발생이 확인되었다.

IV. 고찰

본 연구에서는 장거리 수송용으로 고안한 공중부양형 딸기용기에 대해 실제 수송시험과 실험실 내 진동시험을 실시해 각 딸기 포장용기별 흠집에 대한 방지효과를 분석하였다. 최근 수출이나 인터넷

판매 등 다양한 판매형태로 인해 수송환경을 배려할 필요가 있어 본 연구에서는 택배편에 의한 수송 실험을 실시했다.

본 연구의 결과, 공중부양형 용기는 기존 사용하고 있는 두 종류 용기(구멍형 용기 및 보통 담기형 용기)보다 흠집 방지에 대한 효과가 크고, 그 요인으로 2가지가 있음을 확인할 수 있었다.

첫 번째는 과일이 구멍 안에 떨어져 인접하는 과일과의 접촉을 피할 수 있다. 두 번째는 과일 모양을 본뜬 유연한 PE필름으로 과일을 전체적으로 공중에 띄움으로써 딸기가 개별 회전하는 것을 억제해 과일과 용기 간 접촉하여 발생하는 흠집을 억제할 수 있는 것이다.

그리고 공중부양형 용기와 구멍형 용기 내부에 발생하는 진동특성이 다른 경향을 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 나카무라(2008)는 주파수 별로 딸기트레이의 진동전달율을 조사해 20Hz 근방에서 최대치(4.2)를 나타내고, 30Hz에서는 2.6임을 연구·보고하였다. 나카무라가 이용한 용기와 본 연구에서 이용한 용기는 다르지만 본 연구 결과에서도 공중부양형 용기와 구멍형 용기 모두 기본 진동의 약 2배의 가속도를 나타내고, 가속도전달율의 증가에 대해 나카무라의 결과와 거의 일치하는 것을 확인하였다. 또한 나카무라(2007)는 17~24Hz 주파수 대역에서 딸기가 플라스틱트레이 내에서 튀어 오르는 것을 손상 원인이 되는 것으로 보고하고 있다.

본 연구에 있어서 진동시험 중 딸기(모형)의 형태를 관찰한 결과, 딸기(모형)의 튀어 오름이 구멍형 용기에서만 확인되어져 딸기 수송에서의 손상발생 요인이라고 생각되어졌다. 또한 구멍형 용기와 공중부양형 용기 내부에서 발생한 진동의 특성에서도 확실한 차이를 보이고 있고, 딸기에 튀어 오름과 관련이 있음이 시사되었다. 용기 내에서의 딸기 튀어오름 현상에 대해 나카무라는 공진현상에 의한 것이라고 서술하고 있다. 하지만 딸기와 용기는 형태가 불균일하기 때문에 공진에 관여하는 진동 주파수를 특정하기에는 무리가 있으며, 진동주파수 및 가속도와 공진과의 관련에 대해서는 이후 더욱 상세한 검토가 필요하다고 판단된다.

첨가물의 손상특성이나 용기의 완충성을 분명히 하기 위한 실제 수송시험 및 진동시험은 막대한 시험자료와 시간을 필요로 하는 경우가 많다. 본 연구에서는 딸기의 흠집발생 요인으로서 낱알 회전과 용기 내에 발생하는 진동특성에 주목하여 연구를 실시하였다. 또한 용기 내 발생진동의 측정은 딸기모형을 이용하여 간편하고 재현성이 있는 데이터를 쉽게 얻을 수 있어 시험용 용기에 특유의 진동 특성을 파악하는 방법으로서 효율적이었다고 생각된다.

향후 본 연구에서 얻은 결과를 활용하여 내장 PE필름 설계나 외장 PET의 감량에 대한 연구를 실시하여 환경부하 경감형 용기의 개발에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

덧붙여 본 연구는 2008~2009년도 후쿠오카 IST 산학관실용기술개발사업에 의한 것으로, 공중부양형 딸기용기는 공동연구기관인 오히시산업 주식회사에서 상품명 '유리카고'로 판매되고 있다. [ko]