

내부품질 판정을 위한 수박의 음파특성

Acoustic Characteristics of Watermelon for Internal Quality Evaluation

최동수 김만수 최규홍 이강진 이영희
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
D. S. Choi M. S. Kim K. H. Choi K. J. Lee Y. H. Lee

ABSTRACT

The objectives of the study were to analyze the acoustic characteristics related to the internal quality factors of watermelon(*Citrus Vulgaris Schrad*). Among the various internal quality factors, only four factors such as ripeness, inside cavity, yellow belt and blood flesh were considered in this study. Relationships between the internal quality factors, the day after fruit set and the day after harvest were also investigated.

Test apparatus was the same as the apparatus described in the previous study(Choi et al., 2000). The selected sample was divided into four groups; 69 samples used for ripeness test, 56 samples for ripeness test along the day after fruit set and for yellow belt detection, 60 samples for ripeness along the day after harvest, 44 samples for blood flesh detection.

It was shown that the first peak frequencies shifted to the lower range and the energy ratios of the bandwidths between 0~550 Hz to the bandwidths between 850~2500 Hz increased as the day after fruit set elapsed. Since the acoustic responses of the watermelon such as frequency and magnitude began to change from 10 days after harvest, the storage period of watermelon in a normal temperature condition seemed to be approximately 10 days after harvest.

The ratios of the first peak amplitude to the maximum peak amplitude for the sound watermelon showed the higher value than that for watermelon with cavity inside, and the separation between the sound and cavity inside could be accomplished by the ratio value of 0.25. The energy ratios (0~550 Hz/850~2,500 Hz) for the watermelon with cavity inside showed the higher value than 2.3. The frequency characteristics of the yellow belt watermelon appeared mostly in the range of 600~900 Hz frequencies. The yellow belt watermelon showing the energy spectral density function at this frequency range to be over 70 seemed to be not a marketable commodity. The energy ratios(0~550 Hz/850~2,500 Hz) for the blood flesh watermelon showed the higher value than 3.5.

Keywords : Watermelon, Acoustic characteristics, Ripeness, Internal qualities.

1. 서 론

수박의 품질판정 요인은 외적인 요인과 내적인 요인으로 크게 구분할 수 있다. 외적인 요인으로

는 무게(크기, 체적), 과피색, 과형 등을 들 수 있으며, 내적인 요인으로는 당도, 속도(씹는 맛, 종자 착색도, 과육색), 공동, 황대, 피수박 등을 들 수가 있다.

This study was conducted by the research fund supported by Rural Development Administration(RDA). The article was submitted for review in October 2001, and approved for publication by the editorial board of KSAM in November 2001. The authors are D. S. Choi, K. H. Choi, Y. H. Lee and K. J. Lee in the Div. of Fundamental Engineering and Technology, National Agricultural Mechanization Research Institute; M. S. Kim in the Department of agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University

The corresponding author is D. S. Choi, Researcher, Div. of Fundamental Engineering and Technology, National Agricultural Mechanization Research Institute, 249 Seodun-dong, Kwonsun-ku, Suwon City, 441-100, Korea. E-mail: <choi0ds@rda.go.kr>

수박의 내부품질을 비파괴적으로 판정하기 위한 연구가 여러 연구자들에 의해 수행되어 왔다. Kawamura와 Nishimura(1988)는 수박을 공중에 매달고 진자로 타격하는 방법으로 수박의 음파특성을 구명하였다. 미숙한 수박의 경우 약 170 Hz에서 220 Hz 대역에서, 적숙의 경우 약 160 Hz 부근에서, 과숙된 수박의 경우 약 130 Hz에서 140 Hz 범위에 피크 주파수가 존재한다고 하였으며, 충격음파의 전달지연시간도 미숙 보다는 과숙상태에서 더 길어진다고 보고하였다.

Yamamoto 등(1980, 1981)은 사과와 수박의 내부 품질을 비파괴적으로 판정하기 위하여 나무공으로 된 진자로 타격한 음파특성에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구에서 사과와 수박의 공진주파수가 저장시간에 따라 감소함을 파악하였다. 그들은 또한 과실의 공진주파수, 질량, 밀도로 표현된 경도 지수와 공진주파수는 과일의 경도와 축감파 깊은 상관관계가 있음을 보고하였다. 경도지수(fm)는 Magness-Taylor 경도시험기로 측정된 경도와 질량 m과 높은 상관관계가 있었다고 하였다.

Chen 등(1993a, 1993b)은 수박을 진자로 타격하여 질량, 주파수, 전파속도와 탄성계수의 관계를 분석하고, 내부품질판정 지표($F=f \cdot (1.02 - 4.22V/f)^{0.6}$)를 유도하였다. 이 지표를 적용하여 적숙, 미숙, 과숙의 상태를 판별할 수 있었고, d값($d=2.728m^{-0.1054}$)에 의해 공동 수박 검출이 가능하다고 하였으며, 또한 수박의 내부공동의 크기까지 어느 정도 추정할 수 있다고 보고하였다.

Kouno 등(1993)은 수박의 속도와 공동과를 선별할 수 있는 장치를 개발하였다. 이들은 수박을 타격하여 수박 과육을 투과한 음파를 분석하여 품질을 평가하는 것으로 처음에는 하나의 센서로 음파를 계측하였으나 공동과의 선별에는 어려움이 있어 최소한 3개의 센서를 사용해야만 보다 정확한 수박의 내부품질을 판정할 수 있었다고 하였다. 또한 이들은 수박의 크기 및 속도에 따라 피크주파수가 변하므로 속도 판정시에는 스펙트럼의 피크주파수를 수박의 크기로 보정해 주어야만 한다고 보고하였다.

Kim 등(1997)이 수박에 타격을 하였을 때 외부 충격에 대한 반발력의 형상, 음향반응, 감쇄변화 등을 측정분석하여 속도를 판정할 수 있는 속도판별 센서를 개발하였다. 또한 Kim 등(1998)은 등숙 정도가 미숙에서 적숙으로 진행될수록 시간영역에서 파형의 형태가 복잡해지고 저주파 성분이 강하게 나타나며, 주파수 성분은 무게, 밀도 등에 영향을 받는다고 하였다.

Jhang 등(1998)은 수박의 내부품질을 판별하기 위하여 초음파를 이용하였으며 수박과육을 직접 투과한 투과파의 진폭은 수박내부의 공동유무 판별에 효과적인 파라미터가 될 수 있을 것이라고 보고하였다.

본 연구에서는 수박의 내부품질을 타격음을 이용하여 비파괴적으로 판별할 수 있는 기술을 개발하기 위해서 수박의 품질인자(숙도, 공동, 황대, 피수박)에 따른 음파특성을 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

수확 후 경과일수별(후숙정도), 수박 무게별 음파특성을 분석하기 위하여 사용된 시료는 1998년 8월 20일에 경기도 남양에서 수확된 '금천(*Citrus Vulgaris Schrad*)'이었으며 미숙과와 적숙과를 구분하여 총 60개를 구입하여 실험에 사용하였다.

등숙정도(미숙, 적숙, 과숙)별 음파특성의 변화를 조사하기 위하여 사용된 공시재료는 충남 부여 및 예산지방의 하우스내에서 생산된 수박을 공시재료로 사용하였다. 1997년 6월 25일 부여에서 생산된 수박의 품종은 '금천'이었으며 미숙과(착과후 25일 경과)와 적숙과(착과후 45일 경과)를 각각 10개씩 구입하였고, 1998년 9월 중순에 예산에서 생산된 품종은 '하나로(*Citrus Vulgaris Schrad*)'이었으며 미숙과와 적숙과를 각각 29개 및 20개 구입하여 실험에 사용하였다. 또한 전북 고창수박시험장에서 도지재배한 것을 공시재료로 사용하였다. 이 공시재료의 품종은 '금천'이었으며 1999년 7월 16(착과 후 22일 경과)일부터 8월 12일까지 생육 중 착과 경과일별 5단계로 수확한 수박을 사용하였다.

황대 조사에 사용된 시료는 생육중 착과 경과일별 5단계로 수확된 모든 수박을 대상으로 하였으며, 사용된 시료수는 56개이었다. 피수박 시료는 착과후 수확적기인 착과 후 35~40일된 시료를 사용하였으며, 사용된 시료는 피수박 21개 및 정상과 23개이었다.

나. 실험장치

진자에 의한 타격력이 수박에 가해졌을 때 발생하는 음에 대한 신호를 계측하기 위하여 구성된 시스템은 Choi 등(2000)이 구성한 시스템과 같이 타격장치, 음파센서인 마이크로폰과 앰프, 디지털

오실로스코프 그리고 노트북으로 구성하였다. 여기서 타격구는 아크릴 구를 사용하였다.

다. 실험방법

(1) 음파신호 데이터 수집

공시재료에 전달된 임펄스(impulse)를 마이크로폰(microphone)을 통하여 검출해서 프리앰프(pre-amplifier)에서 50 dB로 증폭시킨 다음 디지털 오실로스코프(digital oscilloscope)에서 5 kHz로 샘플링(sampling) 하였다. 샘플링 된 데이터는 1,000점이었으며 RS232C 통신포트를 통해 컴퓨터의 하드디스크(hard disk)에 저장을 시켰다.

(2) 품질인자별 시험

착과 후 경과일별 수박의 등숙정도(미숙, 적숙, 과숙)에 따른 음파특성 변화를 조사하기 위하여 고창 수박시험장 시험포장에서 70주의 수박을 착과 후 22일에서 56일까지 생육시켜가며 3~4일 간격 7수준으로 10통씩 음파신호를 계측하였으며, 또한 수확한 후 물성 측정을 하였다. 충남 예산, 부여에서 생산된 수박은 착과 경과일에 따라 미숙과와 적숙과로 구분하여 구입한 후 각 시료의 음파신호를 계측하였다.

수확 후 경과일별 실험은 수확 후 상온(25℃)상태에서 시간 경과에 따른 음파특성을 살펴보기 위해 40통의 수박을 수확일부터 15일까지 5일 간격 4수준으로 수행되었다. 이 실험에 사용된 공시재료는 6월 초순에 수확하는 시설재배와 7월 중순에서 하순에 수확되는 노지재배에 의해 수확된 시료이었다. 내부품질이 공동, 황대 그리고 피수박인 수박의 음파신호는 계측 후 절개된 단면을 보고 각 품질인자의 음파신호로 분류하였다.

(3) 물성측정 및 품질평가 기준설정

시험포장에서 음파신호를 계측한 시료 중 일부를 수확하여 품질에 관련이 있는 물성(무게, 밀도, 당도)을 측정하였고, 당도측정은 절단면 5개 부위(적도 1, 적도 2, 구심, 꼭지, 바닥)를 굴절당도계(DBX-55 ATAGO, Japan)로 측정하였다. 속도, 공동, 황대, 피수박, 세포분리 등의 내부 품질평가는 경험이 풍부한 전문가에 의하여 육안으로 평가되었다.

공시재료 개체에 대한 품질평가는 내부 품질판정 모델을 개발하는데 매우 중요한 지표가 된다. 하지만 품질평가에 대한 객관적인 기준이 아직 확립이 되어 있지 않아 수박시험장 전문가의 의견과

문헌을 참고로 하여 품질평가의 기준을 설정하였다. 일반적으로 행해지는 내부 품질평가 지수는 과육색: 열음 1, 질음 3, 황대: 심함 5, 없음 0, 섬유: 적음 1, 많음 3, 경도(씹는 맛): 연함 1, 강함 3으로 평가하나 객관적 기준은 미흡하였다(정범윤, 1990). 본 연구에서는 황대과를 0~5 수준으로 평가하였으며, 피수박의 경우는 유무로 판정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 공시재료의 물성

실험에 사용된 공시재료의 기본 물성들을 측정하여 표 1에 나타내었다. 부여, 남양, 고창에서 생산된 수박은 품종이 '금천'이었으며, 예산은 '하나로'이었다. 표 1에 등급은 착과 후 경과된 날을 기준으로 하여 35일 이전은 미숙과, 35일에서 45일은 적숙과, 45일 이후는 과숙과로 구분하였다. 미숙과와 적숙과를 비교할 때 직경과 질량은 개체간에 차이가 크기 때문에 일률적인 경향이 없으며, 밀도의 경우도 미숙과가 적숙과보다 약간 큰 경향을 보이긴 하였으나 전체적으로 상관계수가 높지 않을 것으로 생각된다. 당도는 적도부위의 당도이며, 미숙과의 당도가 적숙과의 당도보다 낮은 것은 당연한 결과라 할 수 있다. 공동과의 밀도는 다른 등급에서의 밀도보다 약간 낮은 값을 보이고 있으며 피수박의 밀도는 약간 큰 값을 보이고 있으나 밀도의 차이로 수박의 등급을 판별할 수 있을 정도의 유의성은 없는 것으로 판단된다.

나. 착과 후 경과일수 및 품질인자에 따른 음파특성

등숙과정이 진행됨에 따라 첫 번째 피크주파수가 저주파 쪽으로 이동하고 그림 1에서 보이는 것과 같이 500~600 Hz부근의 파형면적, 즉 에너지 스펙트럼 밀도함수(energy spectral density function, 아허 줄여서 에너지로 표현하였음)가 다소 높게 나타나는 경향을 보였다.

이러한 경향을 자세히 살펴보기 위하여 착과 후 경과일별 10개 시료의 에너지비(0~550 Hz 대역 에너지 / 850~2,500 Hz 대역 에너지)를 평균하여 그림 2에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 착과 경과일수에 따라 에너지비가 증가하였으며 이들간에는 매우 높은 상관관계가 있는 것으로 볼 때 음파를 측정하여 이들 두 주파수대역의 에너지

Table 1. Physical properties of watermelons used in the study

Producing district	Grade	Date		Diameter (m)	Mass (kg)	Density ($\times 10^3 \text{kg/m}^3$)	Volume ($\times 10^{-3} \text{m}^3$)	Sugar content (Brix %)
		full bloom	harvest					
Buyo	unripe	97.5.22	97.6.5	0.147~0.194	1.64~3.88	1.102~1.491	1.10~3.52	4.5~7.3
	ripe	97.4.20	97.6.5	0.193~0.258	3.91~8.12	0.909~1.076	3.70~8.93	7.8~11.1
Yeosan	unripe	98.8.24	98.9.26	0.194~0.225	4.35~7.70	0.918~1.232	4.10~8.05	8.3~10.4
	ripe	98.8.13	98.8.13	0.210~0.275	5.95~8.80	0.870~0.993	6.10~9.25	9.8~12.7
	inside-cavity	98.8.13	98.9.26	0.210~0.228	5.90~6.75	0.862~0.915	6.45~7.60	9.8~10.6
Namyang	unripe	98.7.24	98.8.20	0.153~0.210	2.05~5.55	0.803~0.965	2.25~6.60	4.4~10.6
	ripe	98.7.11	98.8.20	0.213~0.250	5.70~9.30	0.899~0.952	6.05~10.05	8.6~11.2
	inside-cavity	98.7.11	98.8.20	0.210~0.228	5.90~6.75	0.862~0.915	6.45~7.60	9.9~10.6
Gochang	unripe	99.6.25	99.9.26	0.213~0.268	4.42~11.3	0.918~0.994	4.55~12.3	7.6~12.0
	ripe	99.6.25	99.8.7	0.234~0.291	6.00~12.0	0.945~0.967	6.15~12.5	9.6~13.0
	overripe	99.6.25	99.8.12	0.220~0.279	6.35~12.9	0.941~0.985	6.60~13.3	9.2~13.4
	blood flesh	99.7. 2	99.8.12	0.211~0.270	6.20~11.5	0.935~1.024	6.30~12.4	9.6~12.4
	inside-cavity	99.6.25	99.8.12	0.229~0.279	6.90~11.7	0.908~0.963	7.50~13.5	10.6~13.8

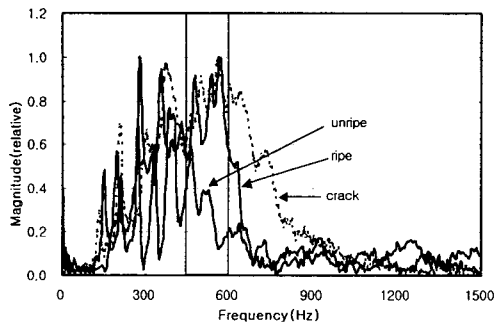


Fig. 1 Frequency characteristics according to degree of ripeness.

비로서 착과 경과일수를 추정할 수 있을 것이고 따라서 수박의 수확적기도 어느 정도 추정할 수 있을 것으로 판단되었다.

다. 수확 후 경과일수에 따른 후숙과정의 음파특성

수확 후 수박의 과육상태의 변화를 조사하기 위하여 수확 당일부터 5일 간격으로 수확 후 15일까지 상온(25℃)에 놓아두면서 수박의 음파를 측정하였다.

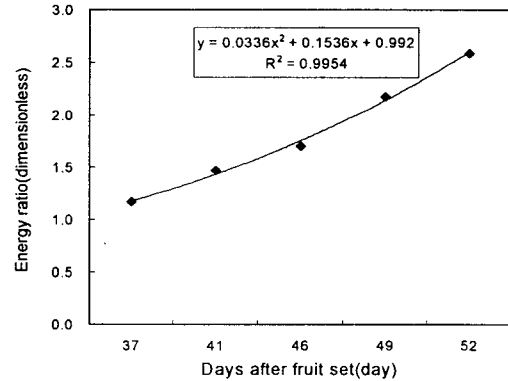


Fig. 2 Change of energy ratio of the frequency bandwidths 0~550Hz to the widths 850~2,500Hz with the lapse of days after fruit set.

공시재료들의 수확 후 경과일에 따른 피크 주파수 및 피크 주파수의 매그니튜드 값 변화를 표 2에 나타내었다. 수박이 등숙과정동안 미숙에서 적숙으로 진행됨에 따라 첫 번째 두 번째 피크 주파수가 저주파 쪽으로 이동되는 현상이 나타나는데 수확 후 후숙과정에서도 표 2에서 보는바와 같이 수확 후 경과일수에 따라 저주파쪽으로 이동하고 있었으나 수확 후 10일째는 고주파쪽으로 약간 이

Table 2. Change of peak frequencies and its magnitude after harvest

Material	Peak frequency	Frequency(Hz) at the days after harvest				Magnitude of peak frequencies at the days after harvest			
		1	5	10	15	1	5	10	15
A	f ₁	146.48	141.60	136.72	136.72	0.00541	0.00515	0.00348	0.00092
	f ₂	205.08	200.20	200.20	195.31	0.02731	0.01959	0.02665	0.00275
	f ₃	258.79	253.91	258.79	253.91	0.06397	0.04722	0.05295	0.00548
	f ₄	317.38	307.62	321.50	302.73	0.02871	0.02527	0.03770	0.00170
	f ₅	380.86	375.98	385.74	380.86	0.05804	0.03633	0.08132	0.00585
B	f ₁	146.48	136.72	131.84	117.19	0.00661	0.00226	0.00416	0.00087
	f ₂	205.08	200.20	195.31	190.43	0.02323	0.01219	0.02460	0.00295
	f ₃	253.91	249.02	249.02	249.02	0.06384	0.03874	0.05611	0.00897
	f ₄	312.50	307.62	307.62	307.62	0.08642	0.04606	0.06423	0.00808
	f ₅	380.86	371.09	371.09	366.21	0.11279	0.05336	0.10738	0.01098
C	f ₁	141.60	141.60	141.60	122.07	0.00906	0.00379	0.00759	0.00112
	f ₂	205.08	200.20	205.08	200.20	0.01770	0.02448	0.04830	0.00526
	f ₃	268.56	268.56	263.67	263.67	0.05422	0.06460	0.16268	0.01142
	f ₄	327.15	332.03	327.15	322.27	0.04183	0.05721	0.10922	0.01048
	f ₅	415.04	410.16	410.16	400.39	0.01374	0.01815	0.06252	0.00468
Average	f ₁	144.85	139.97	136.72	125.33	0.00703	0.00373	0.00508	0.00097
	f ₂	205.08	200.20	200.20	195.31	0.02275	0.01875	0.03318	0.00365
	f ₃	260.42	257.16	257.16	255.53	0.06068	0.05019	0.05725	0.00833
	f ₄	319.01	315.76	318.56	310.87	0.05232	0.04285	0.07038	0.00675
	f ₅	392.25	385.74	389.00	382.49	0.06152	0.03595	0.08374	0.00717

동했다가 그 이후에는 다시 저주파 쪽으로 이동하는 것으로 나타났다.

피크주파수의 최대 매그니튜드 값은 대체로 수확 후 경과일수에 따라 감소하는 경향이었으나 표 2에서 보는 바와 같이 수확 후 10일째의 매그니튜드 값은 피크주파수 모두에서 증가하다가 15일째에는 다시 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같이 매그니튜드 값이 감소하는 경향은 후숙되는 동안 과육의 경도가 낮아짐으로써 음파신호의 감쇠가 증가하는 것으로 판단되었으며 수확 후 10일째의 주파수 및 매그니튜드 값의 변화경향이 달라지는 것은 여름철 상온에서 유통되는 경우 약 10일 정도가 수박의 품질에 큰 변화없이 유통시킬 수 있는 기간이라고 사료된다. 이러한 경향은 그림 3의 매그니튜드 값의 변화를 살펴보면 보다 뚜렷하게 나타남을 알 수 있었다.

라. 공동과의 음파특성

공동과의 유형별 시간파형 및 주파수 스펙트럼

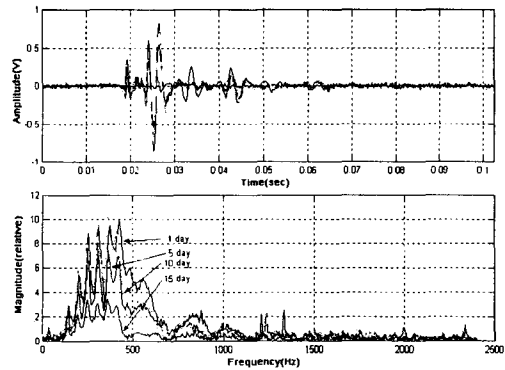
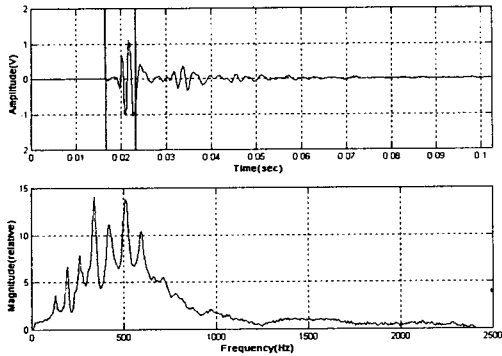
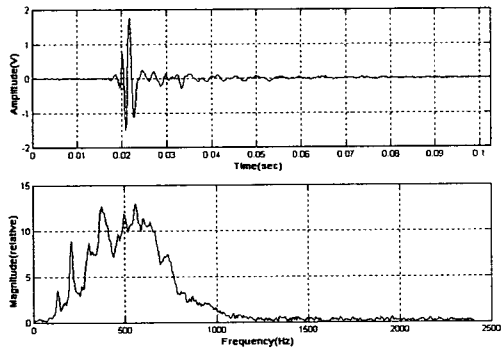


Fig. 3 The acoustic signals and their frequency spectra with the lapse of days after harvest.

을 그림 4에 나타내었다. 공동과와 정상과의 큰 차이는 그림 4의 시간 파형에서 사각형틀 안 0.02 sec지점을 보면 첫 번째 피크가 최대 피크에 비해서 상당히 감쇠가 되어 있는 것을 볼 수 있었다.



(a) small inside-cavity



(b) middle inside-cavity

Fig. 4 The acoustic signals and their frequency spectra of the watermelon with inside-cavity.

이것은 과실 안에 공동이 있을 경우 타격순간 음파의 진동이 잘 전파되지 않기 때문인 것으로 사료된다. 공시재료의 시간 파형에서 첫 번째 피크와 최대 피크의 비를 구하여 그림 5에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 비가 0.25정도에서 정상과와 공동과의 구별이 되었다.

공동과의 주파수 특성은 파형이 종모양으로 주파수 1,000 Hz 이상까지 넓게 퍼지는 특징을 가지며, 정상과와 공동과의 차이를 나타낸 주파수 특성은 앞 그림 1에서도 이러한 특성이 잘 나타나 있다. 공시재료의 주파수 스펙트럼에서 주파수 850~2,500 Hz 대역에 대한 0~550 Hz 대역의 에너지비를 그림 6에 나타내었다.

공동과의 에너지비는 2.3이상이었으며, 정상과는 대부분이 값 이하였으나 착과 후 49일부터는 총시료 80개중 9개가 2.3이상의 높은 값을 갖는 것을 알 수 있었다. 이러한 원인은 수박이 과숙됨에 따

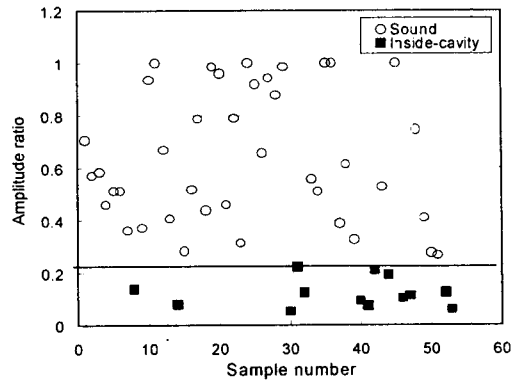


Fig. 5 The ratio of first peak amplitude to maximum peak amplitude in time domain for the sound watermelon and watermelon with inside-cavity.

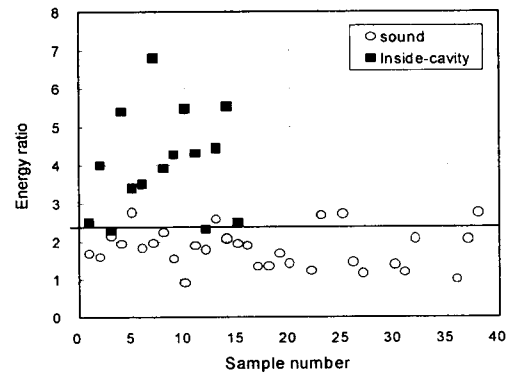


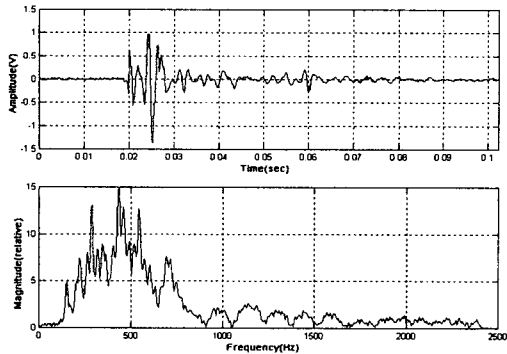
Fig. 6 The energy ratio of spectrum in frequency domain for the sound watermelon and watermelon with inside-cavity.

라 과육의 경도가 낮아지고 따라서 수박 과육의 진동이 저주파 대역에서 크게 나타나는 음파특성을 갖기 때문인 것으로 사료되었다.

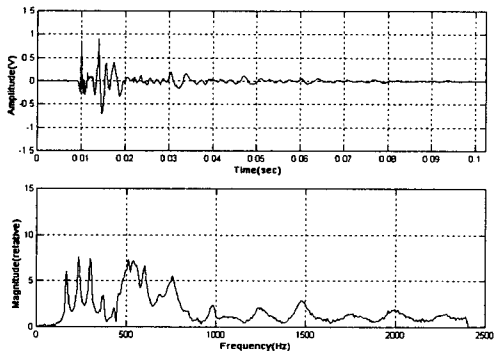
마. 황대과의 음파특성

그림 7에 황대정도가 보통인 것으로 황대지수 3, 황대정도가 심한 것으로 황대지수 5인 수박의 음파 스펙트럼을 나타내었다. 황대의 영향으로 정상과와 다른 특징이 나타나는 유효한 주파수대역은 600~900 Hz이지만 때로는 1,000 Hz 이후의 고주파영역에서도 에너지가 정상과에 비해 크게 나타나는 경우가 있었으며, 미숙과와 비슷한 파형

내부품질 판정을 위한 수박의 음파특성



(a) small yellow belt



(b) big yellow belt

Fig. 7 The acoustic signals and their frequency spectra of watermelons with small yellow belt(a) and big yellow belt(b).

의 모양을 나타내기도 하였다.

그림 8은 시료 30개에 대하여 절단 후 황대의 정도에 따른 황대지수와 주파수 600~900 Hz 대역에너지와의 관계를 나타낸 것으로 황대지수가 2~3인 경우 B급이며, 4이상인 경우 상품성이 없는 것으로 판단되었다. 이때 에너지는 70이상으로 나타났다.

바. 피수박의 음파특성

그림 9에는 전문가에 의해 피수박으로 분류된 시료 중에서 각 시료의 여러 부위를 타격한 후 주파수 영역에서 에너지비(0~550/850~2,500 Hz)가 가장 높게 나타나는 부위의 에너지비를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 피수박의 가벼운 증상인 세포분리수박과 피수박의 경우 에너지비가 약 3.5이상인 것으로 나타났다.

피수박에 대한 음파특성을 살펴보면 그림 10의

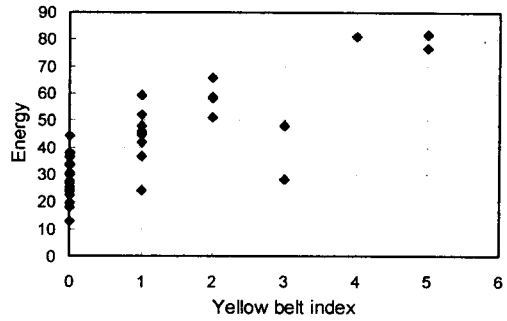


Fig. 8. Relationship between energy and yellow belt index.

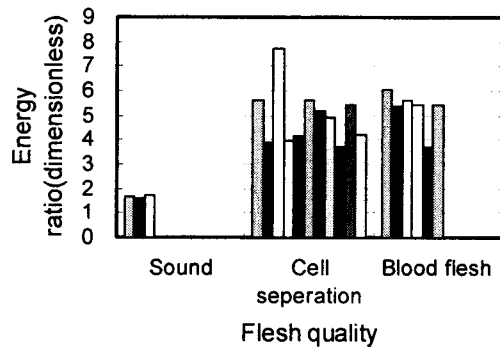


Fig. 9 Relationship between energy ratio and flesh quality.

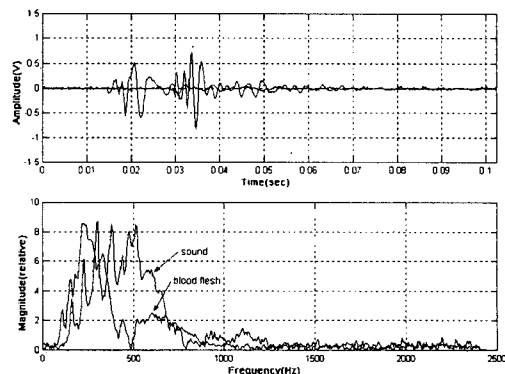


Fig. 10 The acoustic signals and their frequency spectra in a watermelon with blood flesh.

시간파형에서 보는바와 같이 피크점과 피크점 간의 간격이 약간 넓어짐, 즉 진동시간이 길어짐을 알 수 있었으며, 주파수영역의 파형을 살펴보면

500 Hz안쪽의 에너지가 850 Hz 이후의 에너지에 비해 크게 나타나는 경향을 보였다.

시료내부에 나타나는 피수박현상은 과육 전체에 나타나는 경우도 있지만 거의 대부분 부분적으로 발생된다. 따라서 피수박을 판별하기 위해서는 여러 부위를 타격을 하여야만 선별이 가능할 것으로 판단되었다.

4. 결 론

수박의 음파특성을 구명하기 위하여 타격조건에 따른 수박의 음파특성에 미치는 영향을 분석하였으며, 이에 따른 공시재료의 품질인자별 음파특성을 구명하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 착과후 경과일에 따른 수박의 음파특성을 조사한 결과, 등숙과정이 진행됨에 따라 첫 번째 피크 주파수가 저주파쪽으로 이동하고 500~600 Hz 부근의 에너지가 다소 높게 나타나는 경향을 보였다. 850~2,500 Hz 대역의 에너지에 대한 0~550 Hz 에너지비는 착과 경과일수에 따라 증가하였으며 이를 이용하면 착과 경과일수 또는 수박의 수확적기를 추정할 수 있을 것으로 판단되었다.

2) 수확 후 상온에서의 과육상태 변화는 10일째에 주파수 및 진폭값의 변화경향이 다르게 나타나는 것으로 볼 때 대체로 수박의 상온에서의 유통기간은 수확 후 약 10일이라고 사료되었다.

3) 공동과는 시간영역에서 첫 번째 피크가 최대 피크에 비해 상당히 감소되는 특징이 있었으며, 첫 번째 피크와 최대 피크의 비를 구한 결과 0.25에서 공동과와 정상과를 구별할 수 있었다. 또한 공동과는 주파수영역에서의 파형이 종모양으로 0~1,000 Hz까지 넓게 퍼지는 경향을 보였으며, 850~2,500 Hz 대역의 에너지에 대한 0~550 Hz 대역의 에너지비를 구한 결과 2.3이상 높은 값으로 나타났다.

4) 황대과의 주파수특성은 600~900 Hz 대역에서 주로 나타났으며, 미숙과처럼 1,000 Hz 이후에서 에너지가 높게 나타나는 경우도 있었다. 600~900 Hz 대역에서 에너지가 70이상일 때 상품성이 없는 것으로 판단되었다.

5) 피수박은 시간과형에서 피크점과 피크점 간의 간격이 약간 넓어짐, 즉 진동시간이 길어지고, 주파수 영역에서는 500 Hz 안쪽의 에너지가 850 Hz 이후의 에너지에 비해 크게 나타나는 경향을 보였다. 850~2,500 Hz 대역의 에너지에 대한 0~550 Hz 대역의 에너지 비를 구한 결과 세포분리 수박과 함께 에너지비가 3.5이상으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Chen, J. Y., M. Miyazato and E. Ishiguro. 1993a. Discrimination of internal quality of agricultural products using response properties for vibration (I). JSAM 55(3):65-72.
2. Chen, J. Y., M. Miyazato and E. Ishiguro. 1993b. Discrimination of internal quality of agricultural products using response properties for vibration (II). JSAM 56(6):43-48.
3. Choi, D. S., K. H. Choi, K. J. Lee, W. K. Park, M. S. Kim, D. C. Choi and Y. Hwang. 2000. Acoustic Characteristics of the Watermelon using Neural Network(Ⅱ)-Yellow belt and Blood flesh. Proceedings of the KSAM 2000 Winter Conference 5(1):422-429. (In Korean)
4. Jhang, K. Y., M. S. Kim and H. K. Cho. 1998. An Experimental Study on the Propagation Characteristics of Ultrasonic Wave in Watermelon. The Korean Society for Agricultural Machinery 23(6):615-620. (In Korean)
5. Kawamura, T. and I. Nishimura. 1988. Studies on the physical property of watermelon (I). JSAM 50(2):85-92.
6. Kim, C. S. and B. S. Myung. 1997. Development of Measuring Sensor for Discriminating Maturity of Watermelon on Repulsion Characteristics. The Korean Society for Agricultural Machinery 22(1):49-58. (In Korean)
7. Kim, M. S., D. S. Choi, Y. H. Lee and Y. K. Cho. 1998. Study on Acoustic Characteristics of the Watermelon. The Korean Society for Agricultural Machinery 23(1):57-66. (In Korean)
8. Kouno Y., T. Mizuno, H. Maeda, T. Akinaga and Y. Kohda. 1993. The Development of A Device to Measure The Ripeness and Internal Quality of Watermelons. Proceedings of the International Conference for Agricultural Machinery Engineering October 19-22, 1993, Seoul, Korea.
9. Yamamoto, H., M. Iwamoto and S. Haginuma. 1980. Acoustic impulse response method for natural frequency of intact fruits and preliminary applications to internal quality evaluation of apples and watermelons. J. of Texture studies 11:117-136.
10. Yamamoto, H., M. Iwamoto and S. Haginuma. 1981. Nondestructive acoustic impulse response method for measuring internal quality of apples and watermelons. J. of Japanese Society of Horticultural Science 50(2):247-261.
11. 정범윤. 1990. 수박의 생육진단과 재배기술. 한국원예정보기술센터.