

가시광선 및 근적외선을 이용한 홍삼의 투과스펙트럼 특성

손재룡 이강진 최규홍 김기영 강석원 최동수 장익주

Characteristics of Transmittance Spectrum of Korean Red Ginseng Using VIS/NIR

J. R. Son K. J. Lee K. H. Choi G. Kim S. Kang D. S. Choi I. J. Jang

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the characteristics of transmittance spectrum of Korean red ginseng using VIS/NIR spectroscopy. The results of this study were as follows:

Light intensity affected the characteristics of the spectrum. For over 40% light intensity, the first and second peaks appeared at 700 nm and 1,100 nm, respectively. For the 20% light intensity, the first and second peaks appeared at 800 nm and 1,100 nm, respectively. Thus, the typical color characteristics of halogen lamp were similar to each other if over 40% of maximum light intensity power, otherwise it was not.

Transmittance spectrum showed different characteristics at different portions of red ginseng. Normal red ginseng showed strong intensity at the first peak around 700 nm because of reddish internal tissue. However, an internal white core red ginseng showed weak peak-intensity due to whitish internal tissue. There was no significant difference in the second peak at 800 nm for the different internal qualities. Third peak at 900 nm showed somewhat difference by internal qualities but it was difficult to find significant trend.

To separate the differences of the internal qualities, intensity differences between peaks were used. It was possible to classify normal red ginseng by the differences of "peak 1 - peak 2" and "peak 1 - peak 3". In addition, shift of the first and the third peaks in the spectrum could separate normal red ginseng from others.

Keywords : Red Ginseng, Quality Evaluation, NIR Spectroscopy, Transmittance spectrum.

1. 서 론

국내 인삼산업은 지난 100여년 동안 홍삼의 제조 및 판매를 국가가 독점하는 전매제도로 운영되어 왔으나 '96년 7월 전매제가 폐지됨에 따라 개인이나 조합에서도 홍삼의 가공유통이 가능하게 되어 부가가치 증대를 위한 고품질의 홍삼 생산은 필수적이다. 이와 관련하여 인삼이나 홍삼의 품질향상을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 특히 농가단위에서 용이하게 홍삼을 제조할 수 있는 증삼기나, 건조특성 구명에 관한 연구 및 양질의 홍삼을 생산하기 위한 건조기 등이 개발되었고(이 등, 1995; Jang 등, 2001), 또한 홍삼 제조 전 수삼을 세척하기 위한 자동세척기의 개발에 관한 연구가 수행되는 등(Song 등, 2001) 홍삼제조와 관련된 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다.

내공이나 내백 등과 같은 내부결함이 발생하는 근본

이유는 아직까지 명확하게 밝혀지지 않고 있으나, 기계적인 측면에서 보면 수삼에서 홍삼으로 제조되는 과정에서 증삼기의 온도에 따라 발생되기도 하고(Lee 등, 2001), 재배과정에서 토양의 비옥도나 기후, 영양부족 등 여러 가지 요인에 기인한다고 볼 수 있다.

홍삼의 갈변은 장기간 보관할 때 자연적으로 발생되는 경우가 있고, 또한 내부품질 검사가 완료된 후 제품판매를 위해서 사각통 안에 넣게 되는데 이때 압착성형이 용이하도록 스팀으로 재가열 할 때에도 갈변이 발생된다. 그러나 이와 같은 갈변된 홍삼은 품질에는 아무런 이상이 없고 색상만 검은 색을 띄는 특징이 있다.

홍삼은 품질등급에 따라 크게 천, 지, 양삼으로 구분하여 판매되고 있다. 이중 천삼은 내부조직이 치밀하고 내공의 직경이 0.5 mm 이하, 길이가 10 mm 이하의 조건을 충족해야 하는 것으로 양삼에 비해 3배 이상의 고가

The article was submitted for publication in June 2004; reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in July 2004. The authors are Jae-Ryong Son, Kang-Jin Lee, Kyu-Hong Choi, Giyoung Kim, Sukwon Kang and Dong-Soo Choi, KSAM member, Researcher, National Institute of Agricultural Engineering, RDA, Korea and Ik-Joo Jang, KSAM member, professor, Dept. of Bio-Industrial Machinery Engineering, Kyunypook National University
Corresponding author : Jae-Ryong Son, KSAM member, Researcher, National Institute of Agricultural Engineering, RDA, Suwon, 441-100, Korea, E-mail : <son1892@rda.go.kr>.

로 거래되고 있다. 현재까지 내공과 내백의 검출은 암실에서 백열구나 할로겐램프 등의 backlight 투시에 의한 육안검사로 행하여지고 있다. 이것은 검사자의 주관과 피로도 등에 따라 판정기준이 변할 수 있고, 장시간 검사하면 눈의 피로가 증가하게 된다. 특히 주근의 동체부분은 빛의 투시가 어렵기 때문에 작업자가 표피의 일부를 깎아서 검사해야 하는 번거로움이 있다.

홍삼의 내부품질을 비파괴적으로 판정하기 위하여 Lee 등(2001)은 NMR 장비를 이용하여 T_1 및 T_2 의 값을 추정하여 홍삼의 등급판정 가능성을 확인하였고, Lim 등(2002)은 MRI에서 획득된 홍삼의 단면영상을 이용하여 내부품질을 판정하고자 하였다. 또한 손 등(2002; 2003)은 X선투과 영상을 분석하여 영상전처리 및 영상보정 알고리즘을 개발하였고, 홍삼이 X선관 내부에 놓는 위치에 관계없이 내공 검출오차는 3~6.2%로 양호하다 보고하였다.

이 연구에서는 홍삼 내부품질판정의 자동화를 위해서 가시광선 및 근적외선 분광분석법을 이용하였다. 투과스펙트럼의 형상에 따른 품질판정의 가능성을 조사하기 위하여 전형적인 홍삼 투과스펙트럼에서 나타나는 피크 값들을 이용하여 이들에 대한 상호 차를 구하여 등급간 분리정도를 조사하고, 피크이동 특성을 조사하기 위하여 내부품질에 따라 피크가 발생하는 위치를 찾아 등급간 분리정도를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

이 연구에 사용된 홍삼은 6년 근으로서 충남 부여에 소재한 고려인삼장에서 내부품질 검사 전문가에 의해 등급 선별된 것을 구입하여 사용하였다.

Fig. 1은 내부품질에 따라 분류된 정상삼(a, b), 내공삼(c, d), 내백삼(e, f, g, h)으로서 육안으로 확인하기 위하여 절단한 후 단면영상을 나타낸 것이다. 이 부분은 현재 홍삼의 내부품질을 판정할 때 검사하는 부위인 뇌두로부터 1.5~2.0 cm 부분으로서 투과스펙트럼을 획득할 때도 이 곳을 투과한 광을 이용하였다.

나. 투과스펙트럼 측정 시스템

홍삼의 투과스펙트럼을 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 측정하고자 하는 홍삼을 투과광 검출부에 올려놓으면 실시간으로 투과스펙트럼을 획득할 수 있는 가시광선 및 근적외선 시스템을 구성하였다. 광원은 홍삼의 치밀하고 단단한 조직을 투과할 수 있도록 최대 출력이 150 W인 할로겐램프(Oslam co, Germany)를 선정하였고, 광섬유 프로브는 램프에서 나오는 빛을 집광하여 홍삼에 조사하는 다발형 광섬유와 홍삼 내부를 투과한 빛을 분광광도

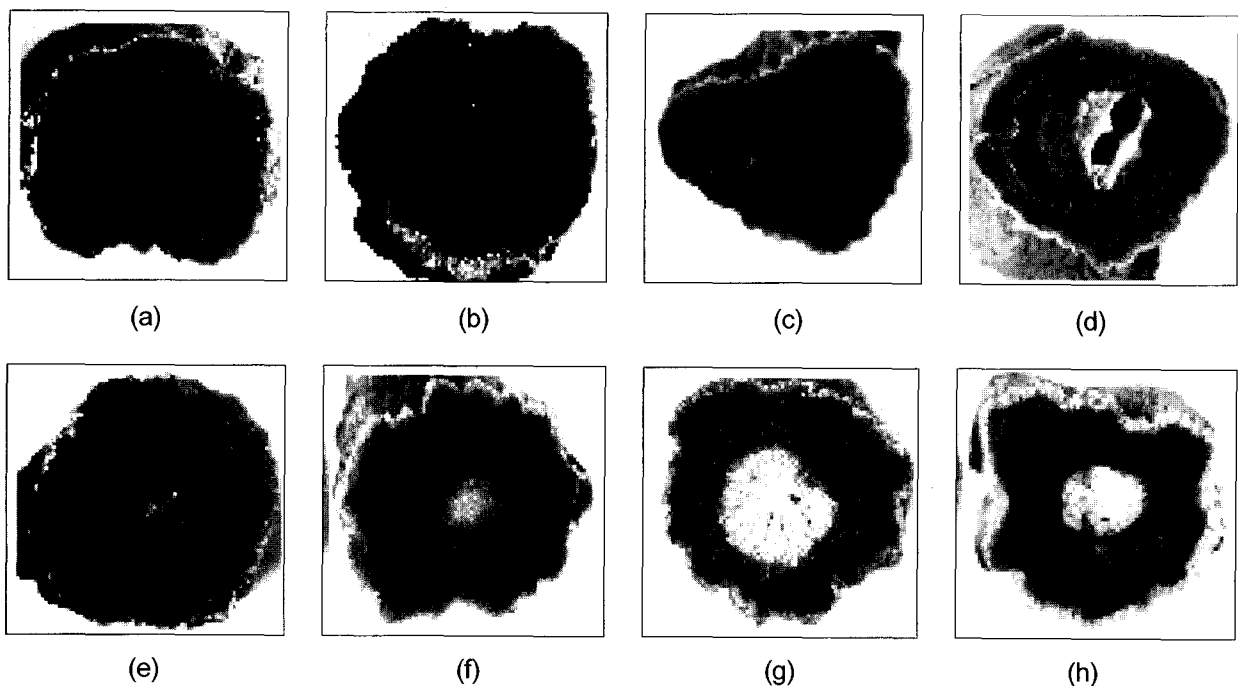


Fig. 1 Cross sections of experimental samples of red ginseng; (a, b) normal ginseng; (c, d) internal hollowed ginseng; (e, f) internal half white core ginseng; (g, h) internal white core ginseng.

계로 전달하기 위한 광섬유 프로브(single type)로 구성하였다. 또한, 분광광도계(USB2000, Ocean optics co., USA)는 홍삼에 투과된 빛을 530~1,180 nm 대역의 스펙트럼을 나타낼 수 있으며, 이 파장대역은 가시광선에서 근적외선 대역까지이다. 내부품질에 따라 획득된 홍삼의 투과 스펙트럼은 컴퓨터(Pentium IV)를 통하여 분석된다.

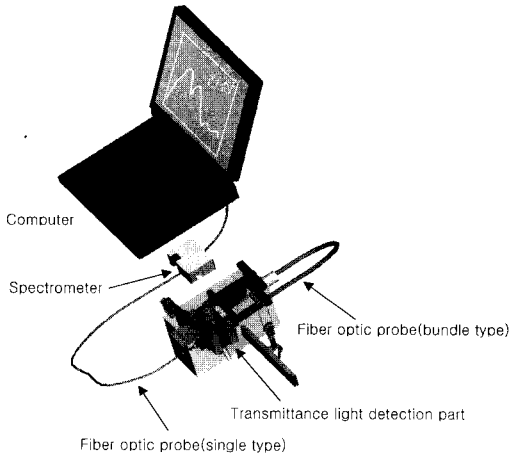


Fig. 2 Experimental apparatus of the NIR spectrometer acquiring the transmittance through red ginseng.

다. 광량에 따른 투과스펙트럼 측정

할로겐램프는 종류에 따라 고유한 분광특성을 갖고 있으며, 동일한 램프에서 출력되는 빛도 광원의 세기에 따라 그 특성이 조금씩 다르게 나타난다. 따라서 홍삼에 빛을 투과하여 스펙트럼을 측정할 때 광원의 세기에 따라 분광특성이 바뀌면 스펙트럼 해석에 의한 홍삼의 내부품질은 정밀도가 떨어지게 된다.

이 연구에서는 광원의 세기에 따른 스펙트럼의 변화를 조사하기 위하여 Fig. 3과 같은 광원장치를 이용하였고, 광량의 세기조절은 볼륨에 의해 최대출력인 100%에서 20%까지 20% 간격으로 총 5단계에서 광원의 스펙트럼 특성을 조사하였다.

라. 홍삼의 부위별 투과스펙트럼 특성

정상삼과 내백삼의 부위별 투과스펙트럼 특성을 조사하기 위하여 시료를 가공하여 투과스펙트럼을 측정하였다. 정상삼은 갈변이 없는 홍삼과 갈변이 심한 홍삼을 대상으로 하였으며, 껍질을 제거하지 않은 원형삼과 껍질을 제거한 후 내부조직만을 대상으로 측정하였다. 내백삼은 껍질을 제거하지 않은 원형삼과 순수한 내백 조직만을 대상으로 하였다.

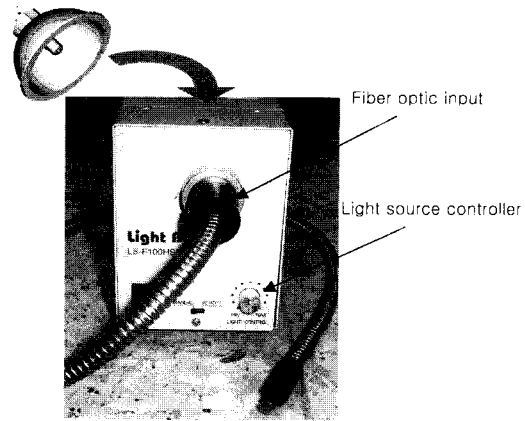


Fig. 3 A light source device of the fiber optic input for the inspection.

마. 내부품질에 따른 투과스펙트럼 특성

정상삼, 생내백삼 및 내백삼 등과 같이 내부품질에 따라 분류된 홍삼을 등급별로 판정하기 위한 알고리즘 개발을 위하여 각각에 대해서 투과스펙트럼을 측정하였다. 사용된 홍삼의 시료 수는 150편 이었다. 획득된 스펙트럼은 크게 3곳의 파장대역에서 강한 피크가 발생된다. 이들 피크를 이용하여 상호 차에 의한 피크 차 분석과 피크이동 특성을 이용하여 내부품질에 따른 분리정도를 조사하였다.

피크 차 분석은 최대 피크가 발생하는 파장 대역에서의 최대 값을 구하여 상호 차이 즉, “제 1피크 - 제 2피크”, “제 1피크 - 제 3피크”, “제 2피크 - 제 3피크” 등에 의해 내부품질에 따른 분리정도를 조사하였다.

피크이동 특성을 조사하기 위하여 최대 피크가 발생하는 위치에서의 파장대역을 찾아 그 값을 그래프로 나타낸 후 분포도를 이용하여 내부품질에 따른 분리정도를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 광량에 따른 스펙트럼 특성

광원의 세기에 따른 램프의 스펙트럼 특성을 파장과 강도 값과의 관계로 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 광원의 세기가 20%일 때의 스펙트럼 특성은 40% 이상의 조건에서 획득된 스펙트럼 형태와 비교할 때 다소 다르게 나타났다. 즉, 광원의 세기가 40% 이상에서는 700 nm 부근에서 제 1 피크가 형성되는 반면 20 %에서는 800 nm 부근에서 피크가 형성되었다. 그러나 제 2 피크의 형성은 모든 조건에서 1,100 nm 부근에서 피크가 형성되었다.

가시광선 및 근적외선을 홍삼에 조사하여 투과된 스펙트럼의 차이를 분석하여 내부품질을 판정하고자 할 때

고려하여야 할 사항으로는 다음과 같다.

동일한 광량에서도 홍삼의 직경에 따라 빛의 투과도에서 차이가 나타난다. 또한 동일한 직경의 홍삼일지라도 내백이 심한 홍삼은 정상삼에 비해 빛의 투과가 급격하게 떨어지게 된다. 이런 경우, 광원의 세기를 내백이 심한 홍삼을 투과할 수 있게 맞춰 놓을 경우 정상삼을 투과한 스펙트럼의 형상은 포화가 될 수 있고, 반대로 광원의 세기를 정상삼을 기준으로 맞춰 놓을 경우에 내백이 심한 홍삼에 적용하면 투과도가 너무 미약하여 스펙트럼이 나타나지 않을 수 있다. 따라서 이와 같은 경우 광원의 세기를 조절함으로써 전형적인 홍삼의 투과스펙트럼을 획득 할 수 있다.

이 연구에서 사용된 할로겐램프의 고유한 분광 특성은 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 최대 출력을 기준으로 40% 이상이 되면 거의 유사한 것으로 판단되었으나, 그 이하에서는 그렇지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 홍삼 내부조직의 차이에 따라 광원의 세기를 조절 할 필요가 있는 경우 램프의 최대출력을 기준으로 40% 이상에서 광원을 조사하면 스펙트럼 해석에 의한 품질판정은 문제가 없는 것으로 판단되었다.

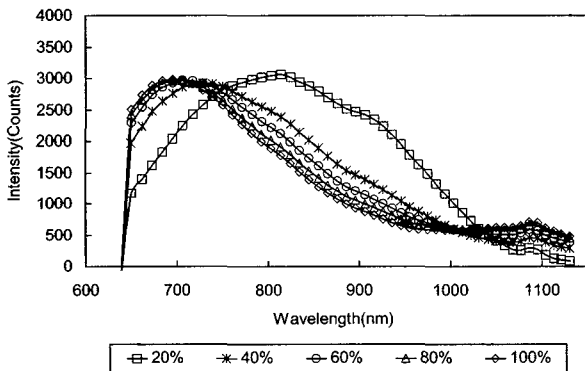


Fig. 4 Spectral responses to the light intensities.

나. 홍삼의 부위별 투과스펙트럼 특성

이 연구에서는 정상삼을 갈변이 없는 것과 심한 것으로 나누고, 정상삼과 내백삼에 대해서 껍질을 제거하기 전과 껍질을 제거한 후의 투과스펙트럼의 변화를 측정하였다.

먼저 정상삼에 대하여 측정한 결과는 Fig. 5에 나타낸 바와 같다. 갈변이 없는 홍삼 중에서 껍질을 제거하지 않은 원형삼에 대한 투과스펙트럼은 『■』로 나타내었고, 껍질을 제거한 정상 조직만을 대상으로 한 투과스펙트럼은 『□』로 나타내었다. 또한 갈변이 심한 홍삼 중에서 껍질을 제거하지 않은 원형삼에 대한 투과스펙트럼

은 『▲』로 나타내었고, 껍질을 제거한 정상 조직만을 대상으로 한 홍삼의 투과스펙트럼은 『△』로 나타내었다. 갈변이 없는 홍삼의 내부조직은 붉은색 계열이 강하기 때문에 700 nm 부근에서 강한 피크가 발생하였다. 반면, 갈변이 심한 홍삼은 검정색 계열이 많이 포함되어 있어서 붉은 색 계열에 가까운 700 nm 부근의 파장에서 강도가 약하게 나타나는 특징이 있었다. 껍질의 색상 또한 내부조직의 색상과 유사하므로 껍질의 유무에 관계없이 동일 시료에 대해서는 유사한 형태의 스펙트럼이 나타났다.

Fig. 6은 내백삼의 부위별 투과스펙트럼 측정한 결과이다. 껍질을 제거하지 않은 상태의 원형삼과 껍질제거 뿐만 아니라 내백삼에는 정상조직도 포함되어 있기 때문에 이 부분도 제거한 상태의 순수한 내백조직만 추출하여 투과스펙트럼을 측정하였다. 그림에서와 같이 『■』와 『▲』로 나타낸 표식들은 원형삼에 대한 투과스펙트럼을 나타낸 것이고, 『□』와 『△』의 표식들로 나타낸 것은 내백부분만 추출하여 투과스펙트럼을 나타낸 것이다. 내부에 흰색성분이 많이 포함되어 있기 때문에 모든 경우에 대해서 붉은 색 계열의 파장대역에 가까운 700 nm 부근에서 피크가 약하게 나타났다.

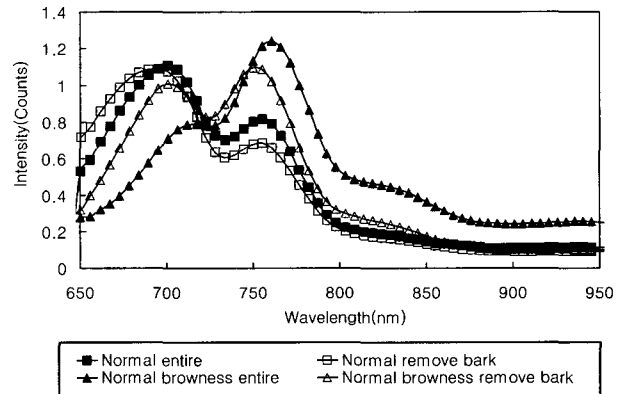


Fig. 5 Transmittance spectral responses for the various areas of normal red ginseng.

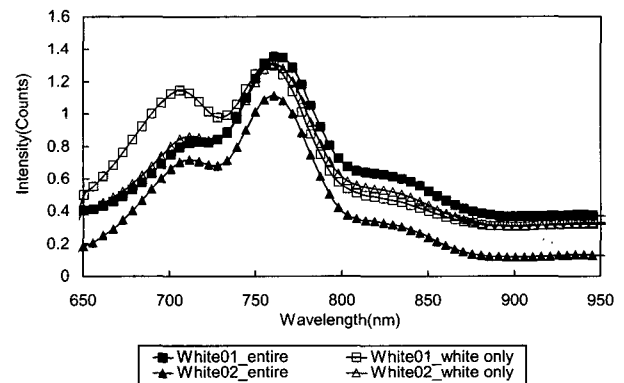


Fig. 6 Transmittance spectral responses for the various areas of internal white core red ginseng.

다. 피크 값의 차 및 피크 이동 특성

홍삼을 투과한 스펙트럼은 내부품질에 따라 특징있게 나타나는데, 정상삼은 700~750 nm 부근의 가시광선에 가까운 파장대역에서 강한 피크가 발생하며 생내백삼에서 내백삼으로 갈수록 이 부분에서의 피크 높이는 점차 약해지는 경향을 띤다. 또한, 피크의 최대값을 기준으로 했을 때 내부품질에 따른 피크 이동이 발생한다.

1) 최대 피크 값의 차

Fig. 7과 8은 내부품질과 피크 값의 차와의 관계를 나타낸 것이다. 정상삼, 생내백삼 그리고 내백삼에 대해서 각각 “제 1피크 - 제 2피크”, “제 1피크 - 제 3피크”에 대한 최대 피크 값의 차를 구한 결과이다. 정상삼과 내백삼의 구분은 -0.35에서 뚜렷하게 나타났고, 정상삼과 생내백삼은 일부 중첩되기도 하였으나 많은 부분에서 분리가 되었으며, 내백삼과 생내백삼을 분리하기 위한 문턱 값은 찾을 수 없었다. “제 2피크 - 제 3피크”에 대해서는 모든 등급에서 구분이 불가능하였으며, 여기서는 나타내지 않았다.

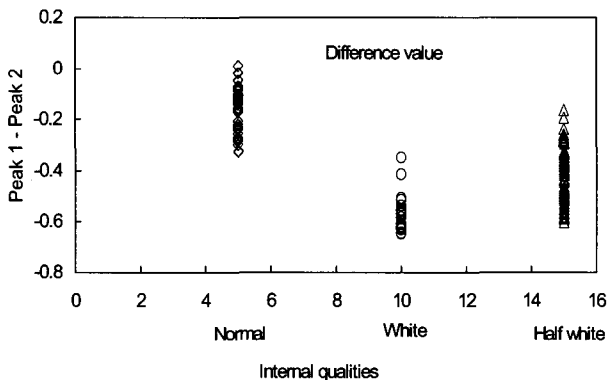


Fig. 7 Difference between peak 1 and peak 2 of raw data for the three different qualities.

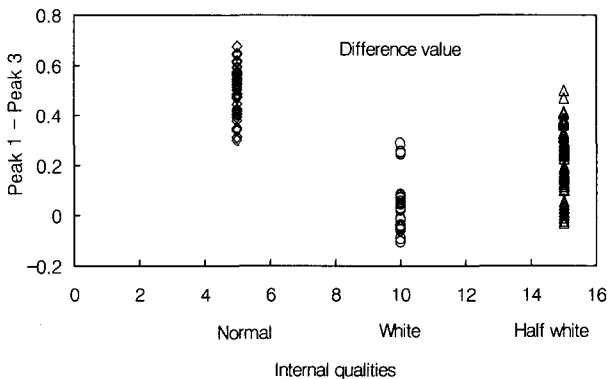


Fig. 8 Difference between peak 1 and peak 3 of raw data for the three different qualities..

2) 최대 피크 값의 이동

Fig. 9, 10 및 11은 내부품질에 따른 피크 값의 이동을 나타낸 것으로서, 내부품질에 따른 피크가 나타나는 지점에서의 파장대역을 나타낸 것이다.

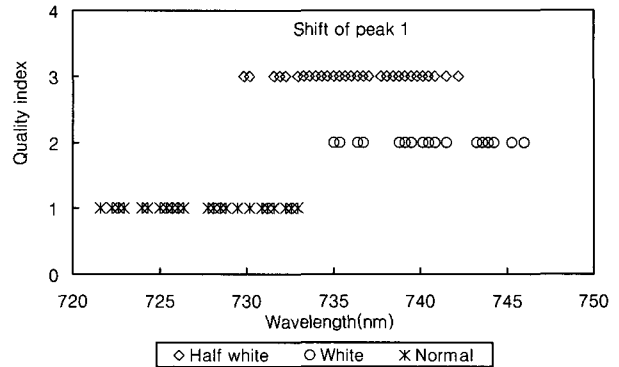


Fig. 9 Shift characteristics of the first peaks for the various internal qualities.

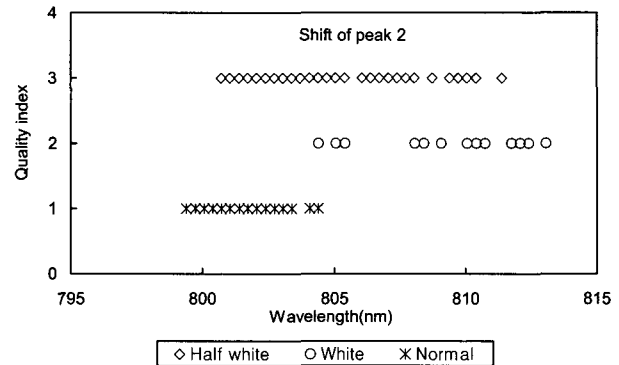


Fig. 10 Shift characteristics of the second peaks for the various internal qualities.

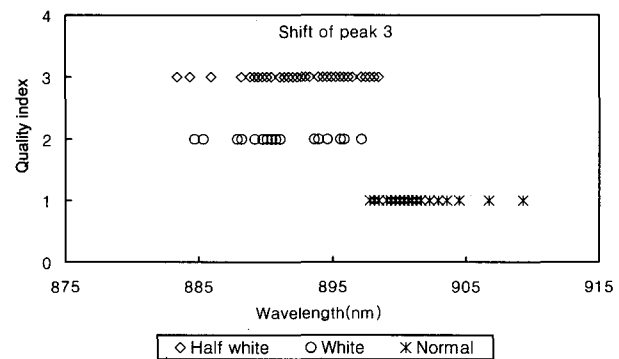


Fig. 11 Shift characteristics of the third peaks for the various internal qualities.

Fig. 9에 나타낸 바와 같이 제 1피크의 발생은 정상삼은 735 nm 이하에서, 내백삼은 그 이상에서, 생내백삼은 730 nm 이상에서 발생되었다. 따라서 정상삼과 내백삼의 구분은 뚜렷하였고, 정상삼과 생내백삼은 약 5 nm의 파장대역에서 중첩되었으며, 내백삼과 생내백삼과의

구분은 불가능 하였다. Fig. 10과 같이 제 2피크의 발생은 804 nm를 기준으로 정상삼과 내백삼의 분리가 가능하지만, 정상삼과 생내백삼의 분리와 내백삼과 생내백삼의 분리는 불가능 하였다. 제 3피크의 이동은 Fig. 11에 나타냈으며 900 nm 근방에서 정상삼과 내백삼의 분리 그리고 정상삼과 생내백삼의 분리가 가능하였으나, 내백삼과 생내백삼은 모든 구간에서 중첩되어 분리가 불가능 하였다.

4. 요약 및 결론

이 연구에서는 가시광선 및 근적외선 시스템을 이용하여 홍삼의 광학적 특성을 조사하였다. 홍삼 고유의 투과스펙트럼에서 나타나는 피크 값들을 이용하여 피크 간의 상호 차로서 등급간 분리정도를 조사하였고, 내부품질에 따라 피크가 발생하는 파장대역을 이용하여 등급분류의 가능성을 조사하고자 하였다.

(1) 광량의 세기에 따른 스펙트럼 특성을 조사한 결과 광원의 세기가 40% 이상일 때에는 700 nm 부근에서 제 1피크가 형성되는 반면 20%에서는 800 nm 부근에서 피크의 형성이 시작되고, 제 2피크는 모든 조건에서 1,100 nm 부근에서 피크가 형성되었다. 이 연구에서 사용된 할로겐램프의 고유한 색상 특성은 최대 출력을 기준으로 40% 이상이 되면 거의 유사한 것으로 판단되나, 그 이하에서는 그렇지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 이 시스템으로 홍삼의 투과스펙트럼 분석에 의한 내부품질을 판정할 경우 광원의 세기를 40% 이상으로 사용한다면 문제가 없는 것으로 판단되었다.

(2) 홍삼 부위별 투과스펙트럼 특성을 측정하기 위하여 정상삼은 원형삼과 껍질을 제거한 상태에서 각각 측정하였고, 내백삼은 껍질이 포함된 원형삼과 내백부분만 추출하여 투과스펙트럼 특성을 각각 측정하여 조사하였다. 시험결과 정상삼의 내부는 붉은 색 계열이기 때문에 700 nm 부근에서 강한 피크가 형성되지만 내백삼에서는 상대적으로 흰색 성분이 많아 700 nm 부근에서 피크가 약하게 나타나는 것으로 판단되었다.

(3) 내부품질에 따라 홍삼의 투과스펙트럼을 획득했을 때, 정상삼은 700~750 nm 부근의 가시광선 영역에서 강한 피크가 발생하며, 생내백삼에서 내백삼으로 갈수록 이 부분에서의 피크 높이는 점차 약해지는 경향이 나타났다.

(4) 내부품질별 투과스펙트럼의 최대 피크 값을 찾아 피크간 상호 차를 구하였고, 등급간 분포도를 조사한 결과 “제 1피크 - 제 2피크”와 “제 1피크 - 제 3피크”에서 정상삼의 구분이 가능하였다. 또한, 내부품질에 따라 피크 이동을 분석한 결과, 제 1피크의 발생은 735 nm를 기

준으로 정상삼과 내백삼의 구분이 가능하였고, 생내백삼은 730 nm 이상에서 발생되어 정상삼과 생내백삼은 약 5 nm의 파장대역에서 중첩되었다. 그러나 내백삼과 생내백삼의 구분은 불가능 하였다. 제 2피크의 발생은 804 nm를 기준으로 정상삼과 내백삼의 분리가 가능하지만, 정상삼과 생내백삼의 분리와 내백삼과 생내백삼의 분리는 불가능 하였다. 제 3피크의 이동은 900 nm 근방에서 정상삼과 내백삼의 분리 그리고 정상삼과 생내백삼의 분리가 가능하였으나, 내백삼과 생내백삼은 모든 구간에서 중첩되어 분리가 불가능 하였다.

참 고 문 헌

1. 이종원외 4인. 1995. 가열온도에 따른 수삼의 갈변반응, 인삼연구논문집. 19(3). pp. 249-253.
2. Jang, D. I., K. S. Jang, H. Y. Kang, B. S. Jun and S. H. Bang. 2001. Development of a Process for Manufacturing the Best Quality Red Ginseng. Ministry of Agriculture & Forestry Final Report.
3. Lee, K. M. 2001. Development of a Steamer for Red Ginseng Processing. Youngju city Final Report.
4. Lee, S. J., J. G. Lim, S. M. Kim and C. S. Kim. 2001. Nuclear Magnetic Resonance Characteristics of Korean Red Ginsengs. Proceeding of the KSAM Summer Conference. pp. 255-260.
5. Lim, J. G., C. S. Kim and S. M. Kim. 2002. Magnetic Resonance Imaging of Red Ginsengs. Proceeding of the KSAM Winter Conference. pp. 450-456.
6. Son, J. R., K. H. Choi, K. J. Lee, D. S. Choi and G. Kim. 2002. X-ray Image Processing for the Korea Red Ginseng Inner Hole Detection(I) - Preprocessing technique for inner hole detection -. Journal of the Korean society for Agricultural Machinery 27(4):341-348.(in Korean).
7. Son, J. R., K. H. Choi, K. J. Lee, D. S. Choi and G. Kim. 2003. X-ray Image Processing for the Korea Red Ginseng Inner Hole Detection(II) - Results of inner hole detection -. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 28(1):45-52.(in Korean)
8. Song, C. S., E. S. Na, B. D. Kim, N. S. Hwang, K. S. No, Y. S. Back and S. C. Kim. 2001. Development of Automatic Washing Machine in Manufacture Process of Red Ginseng. Ministry of Agriculture & Forestry Final Report.