

자기공명영상을 이용한 수삼의 내부 품질평가 및 연근판정

Internal Quality Evaluation and Age Identification of Fresh Korean Ginseng using Magnetic Resonance Imaging

임종국
정회원
J. G. Lim

김철수
정회원
C. S. Kim

이승조
S. J. Lee

김성민
정회원
S. M. Kim

ABSTRACT

The purpose of this study is to characterize the internal physical properties of fresh Korean ginsengs (*Panax ginseng* C.A. Meyer) through a magnetic resonance imaging (MRI) technique. Current external visual inspection cannot determine internal quality of ginsengs successfully. Relaxation time constants, T_1 and T_2^* , were obtained from a series of MR images. Calculated T_1 values were varied with different physiological states of ginseng tissues. Internal imaging information was obtained nondestructively from fresh ginsengs. One- and two-dimensional image analyses were performed. One-dimensional image analysis showed a potential of age identification of ginsengs rapidly. Internal quality of normal and abnormal ginsengs was evaluated using two-dimensional MR images. Various types of internal defects such as internal cavity and rotten spot were visualized clearly. The MRI technique had a feasibility to detect internal defects of fresh ginsengs effectively.

Keywords : Fresh Korean ginseng, Magnetic Resonance Imaging, Nondestructive, Relaxation time constant, Internal quality, Age identification.

1. 서 론

NMR(Nuclear Magnetic Resonance: 핵자기공명)은 외부의 강한 자기장하에서 물질을 구성하고 있는 원자들이 각 원자의 구조에 따라 서로 다른 공명신호를 발생시키는 현상으로 이를 이용하여 분자단위에서 모든 물질의 성분, 구조, 대사상태 등에 관한 정보를 알아내는 방법으로 이용되며, 농업, 화학, 생물 등의 분야에서 NMR을 이용한 연구가 50년 넘게 널리 이루어져 왔다. NMR의 가장 큰 장점으로는 대상물에 손상을 가하지 않고 화학적, 물리적

성분에 대한 정보를 정밀하고 정확하게 측정할 수 있으며, 시료에 특별한 제약이 없고, 생물체의 경우 거의 대부분에 활용이 가능하다. 또한 대상물의 특정 원소에 대한 정보를 선택적으로 얻을 수 있다는 것이다. MRI(Magnetic Resonance Image: 자기공명영상)는 2차원 MRS(Magnetic Resonance Spectroscopy: 자기공명분광)의 진보된 기술로 시료로부터 공간위치의 함수로서 NMR 특성을 측정하는 것을 말한다. 하지만, MRS에 비해 장비의 높은 가격과 사용의 어려움으로 인해 최근까지 의료 등 한정된 분야에 이용되어 왔으나, 컴퓨터 기술의 발달과 저가의 장

This Study was supported by Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Korea. The article was submitted for publication in February 2003, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in March 2003. The corresponding author is S. M. Kim, Assistant Professor, Division of Bioresource Systems Engineering, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea

비개발로 인해 점차 그 활용분야가 넓어지고 있으며, 농산물을 대상으로 한 연구 또한 활발히 이루어지고 있다.

MRI에서 이완 상수인 스픈-격자 이완시간(T_1)과 스픈-스핀 이완 시간(T_2) 그리고 프로톤밀도(ρ)는 대상물의 상태에 따라 변하는 중요한 영상농도변화 인자들로써 T_1 , T_2 의 측정은 NMR 연구에 기초가 되는 것이다. MRI 이용한 T_1 , T_2 의 계산에 대해서도 많은 연구가 이루어져왔으며, MRI를 이용할 경우 영상위치에 따라 선택적으로 T_1 , T_2 를 얻기가 용이하며, 공간적 변화에 따른 T_1 , T_2 의 변화를 파악하기 쉬운 장점이 있다. Kim(1999c)은 MRI를 이용 소고기의 각 부위에 따라 T_1 , T_2 를 계산하여 부위별로 T_2^* 값의 차이가 있음을 보여주었다 (여기서 T_2^* 는 시료내의 국소적 자기장의 변화에 의한 T_2 로 일반적으로 $T_2 > T_2^*$ 이다). 인삼류에 대해서도 NMR을 이용한 연구가 이루어지고 있어서 Jang과 Ruan(1998)은 MRS로 홍삼의 T_1 , T_2^* 를 측정하여 용적밀도와 상호관계를 규명하고, 불량홍삼과 정상홍삼의 MRI를 이용 내부 조직 등을 판별하였으나, 아직까지 인삼류를 대상으로 MRI를 이용한 연구는 초기 단계이다.

수삼은 재배지에서 수확 후 가공하지 않은 것으로 약 70% 정도의 수분을 함유하고 있으며, 인삼제품(백삼, 홍삼, 태극삼)의 원료가 되거나, 직접 소비된다. 재배기간은 대략 4~6년이고, 특히 6년근 수삼은 대부분 홍삼의 원료가 되며, 홍삼으로 가공시 국내에서 재배되는 어느 농산물 보다 높은 부가가치를 가진다. 이러한 홍삼의 정밀하고, 정확한 품질 판정을 위하여 최신기술인 NMR을 이용 홍삼 품질 판정 기술의 개발을 최종목표로 하며, 본 연구에서는 홍삼의 원료인 6년근 수삼의 T_1 , T_2^* 를 계산하고, 수삼의 조직상태와 T_1 , T_2^* 의 연관성을 찾아 향후 홍삼 연구를 위한 기초자료를 얻고자 한다.

수삼의 등급판정에 관한 연구로는 Kang 등(1996)이 Image Analyzer를 이용하여 수삼의 등급별 체형 및 중량분석을 하였으며, Park 등(1984)은 연X선 및 요드 반응에 의한 수삼의 내부품질 평가에 관한 연구를 수행하였다. 또한 같은 중량의 인삼이라도 연근이 높을수록 가격이 높게 책정되기에 연근을 높

여 판매하는 경우가 있으므로 수삼연근의 정확한 판정이 필요하다. 현행 인삼의 연근 판별은 인삼산업법 시행규칙에 의거하여 사람의 오관에 의한 달관검사법으로 이루어지고 있다. 달관검사법은 수삼뿌리의 크기, 동체와 지근의 발달 정도, 각 부위의 신체적인 균형성, 주름상태, 색택 등이 주요한 판별 인자로서 이용된다. 재배인삼의 연근판별에 관한 방법으로는 Lee 등(1996)이 줄기흔적(경흔)을 관찰하는 방법에 관한 연구를 수행하였고, 이종철 등(1987)은 나이테와 지근의 발달형태를 조사하여 판별하는 방법을 제시하였다.

의료용으로 사용되는 자기 공명 영상 장치는 측정하고자 하는 대상체에 손상을 주지 않고 원하는 부분의 영상 및 정보를 얻을 수 있는 장점이 있다. 국외에서는 Chen 등(1989)에 의해 MRI 기술을 이용하여 다양한 농산물을 대상으로 비파괴적인 내부 품질 정보를 얻을 수 있음을 보여주었다. 국내에서는 농산물의 내부 품질 평가 기술에 관한 초기 단계의 연구가 수행되어지고 있다(Kim, 1999a, 1999b, 1999c).

따라서 본 연구에서는 MRI 장치를 이용하여 수삼의 자기공명영상을 획득하여 자기공명특성을 분석하였으며, 내부품질 평가 및 연근판별에 MRI 영상의 영상농도(intensity) 변화를 이용하여 그 가능성을 검토해 보았다.

2. 재료 및 방법

가. 수삼 재료

본 실험에 쓰인 시료는 시중에서 구입한 4년근 수삼 2편과 부여 고려인삼창에서 불량수삼을 포함한 6년근 수삼 4편을 제공받아 사용하였다. MRI에서 내공 및 조직이상이 발견된 수삼은 별도로 분류하여 이상부분을 직접 절단하여 실제 단면 영상과 대조 비교하였다. 또한 4년근 및 6년근 수삼 중에서 비교적 MRI가 양호한 것을 선별하여 연근 판별 자료로 사용하였다. 6년근 수삼 중에서 T_1 및 T_2^* 값을 계산하기 위해 사용된 수삼으로서는 불량수삼(내공 및 조직이상삼) 1편과 정상삼 3편이 사용되

었다.

나. MRI 장비

대덕에 위치한 의료용 MRI 및 NMR (핵자기공명분광기) 생산업체인 (주)카이에서 보유하고 있는 의료용 전신 촬영용 초전도 1.5 Tesla MRI(ISAAC 1.5T, CHI, korea) 시스템을 사용하였다. 사용된 코일(coil)로는 역시 의료용 코일로서, 6년근 수삼의 촬영시에는 무릎(knee) 코일이 사용되었으며, 4년근 수삼의 촬영시에는 팔목(wrist) 코일이 사용되었다. 시료대를 별도로 제작하여 수삼이 코일의 중앙에 위치하도록 했다.

다. MRI 펄스 및 변수

자기공명영상을 얻기 위해 스핀-에코 펄스열(spin-echo pulse sequence)을 사용하였으며, 영상영역(Field Of View, FOV)은 $70\text{ mm} \times 70\text{ mm}$, 슬라이스 두께(slice thickness, ST)는 5 mm, 영상면(image direction)은 횡단면(axial), 여기획수(image average)는 내공삼은 3회였으며, 정상삼의 경우는 6회였다. 이미지 크기(image size)는 256×256 픽셀(pixel), 해상도(resolution)는 0.27(mm/pixel)이었다. 그림 1에서 보듯이 슬라이스 위치는 뿌리로부터 약 15 mm 떨어진 지점부터 시작했으며, 슬라이스 간격(slice gap)은 5 mm로 하였다.

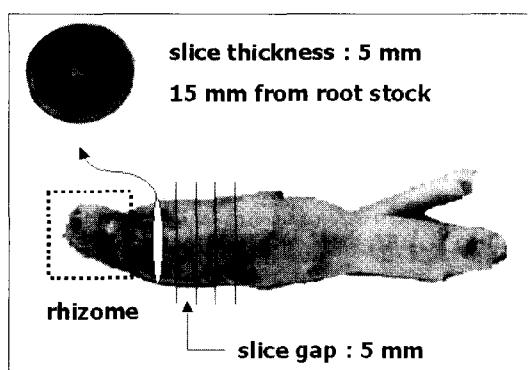


Fig. 1 Slice thickness and gap of ginseng with cavity.

라. 수삼의 연근 판별

인삼의 나이테에 해당하는 부분인 형성층이 사관부(phloem)에 분포되어 있다. 이 형성층은 계절의 변화 등 재배환경의 차이에 의하여 매년 형성층륜(形成層輪; cambium ring)을 형성하는데, 이는 일반 수목의 나이테와 같은 형상으로 인삼의 연령을 판별하는 기준이 되기도 한다. 인삼에 있어서 형성층은 매년 1개씩 생겨나는 것이지만 지상부가 6월 이전 즉 나이테 형성시기 이전에 고사할 경우 나이테 관찰이 어려우나 나이테수 더하기 1을 하면 연근수와 일치한다(박명규, 1996). 이에 착안하여 MRI의 환상배열수와 영상농도의 피크점과의 비교를 통해 형성층륜을 파악하였다.

수삼 단면은 약 3 mm 두께의 절편으로 잘랐으며 CCD color camera(SAC-410ND, Samsung, Korea)를 이용해 촬영하였다.

마. 수삼의 자기공명영상

자기공명영상을 얻을 때 영상 변수인 repetition time(TR)과 echo time(TE)를 변화시켜 다양한 영상을 얻을 수 있으며 그림 2는 그 예를 보여준다. 그림 2의 (a)는 TR=860 ms 그리고 TE=12 ms로 하여 얻은 인삼의 양성자 밀도(proton density)를 볼 수 있는 영상이며, (b)는 TR=860 ms 그리고 TE=75 ms로 하여 얻은 인삼의 T₂강조 영상이고 (c)는 TR=250 ms 그리고 TE=14 ms로 하여 얻은 인삼의 T₁강조 영상이다. 그림 2의 (a)와 (c)에서 맨 바깥층과 중심층에서 다른 곳에 비해 상대적으로 약한 신호가 발생함을 알 수 있다. 중심층의 내공을 볼 수 있으며 내공 주위에 조직의 엉성함으로 인해 적은 신호가 발생함을 볼 수 있다. 그림 2(b)에서 형성층이 다른 영상에 비해 강조되어 환상으로 나타남을 볼 수 있다. 참고로 본 문서에 삽입된 모든 MRI는 흑백이 서로 반전된 것이며, 실제 MRI에서는 어두운 부분이 약한 신호이고 밝은 부분은 강한 신호이나 반전된 영상에서는 그 반대로 인식하면 된다.

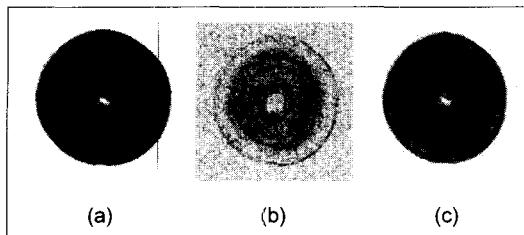


Fig. 2 Magnetic resonance imaging of fresh ginseng. (a) proton density (TR/TE: 860/12 ms) (b) T_2 weighted(TR/TE:860/75 ms) (c) T_1 weighted(TR/TE:250/14 ms), (Inverted).

바. T_1 , T_2^* 계산 방법

스핀-에코 펄스열을 이용하여 얻은 MRI 신호 $S(t)$ 는 T_1 , T_2^* 의 함수로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S(t) = \sum_i (\rho_i \exp(-\frac{TE}{T_{2i}^*}) (1 - \exp(-\frac{TR}{T_{1i}}))) \quad (1)$$

여기서 i 는 화학성분을 나타내는 지수이고, ρ_i 는 프로톤 밀도를 나타낸다. 또한, TE는 스피ن-에코 펄스열에서 90° 펄스의 중앙과 에코의 중앙 사이의 시간간격이고, TR은 특정 조직 부위에서 펄스 열의 시작에서 다음 펄스열의 시작까지의 기간으로 TR과 TE를 변경하여 MR 영상의 영상농도를 변화시킬 수 있다. $i=1$ 이라 하고 TE가 상수라고 하면 식 (1)을 식 (2)로 다시 나타낼 수 있으며, TR이 상수라고 하면 식 (3)을 얻을 수 있다.

$$S(t) = M_0(1 - \exp(-\frac{TR}{T_1})) \quad (2)$$

$$S(t) = M_0(\exp(-\frac{TE^*}{T_2^*})) \quad (3)$$

여기서 M_0 는 총자화를 나타내는 상수이다. TE, TR 변화에 따른 $S(t)$ 값을 이용, 곡선의 근사(curve fitting)를 통해 T_1 과 T_2^* 를 계산하였다.

T_1 을 계산하기 위해 TE를 고정하고, TR을 변화시

켰으며, T_2^* 를 계산하기 위해 TR은 고정하고 TE를 변화시켜 값을 계산하였다. 그림 3은 정상삼의 TR, TE 변화에 따른 자기공명영상을 나타낸 것이다. TR이 증가함에 따라 노이즈는 점차 감소하고 영상 농도, 해상도가 증가하는 것을 볼 수 있다. 대상체의 모든 부분의 영상농도가 동일하게 증가하지 않고, 조직에 따라 영상농도 변화의 차이가 발생하며, TE변화의 경우 TR 변화와는 반대의 효과가 발생한다. 정상삼, 내공삼 슬라이스 2, 3은 인삼 내부의 자기공명영상을 명암의 차이가 보이는 세 그룹(중심층, 중간층, 표피층)으로 나누었고, 내공삼 슬라이스 1, 4, 5 경우 내공주위 조직이 다른 부위와 구분이 되어 네 그룹(내공주위 영역, 중심층, 중간층, 표피층)으로 나누었다. 각 그룹 별로 2~12개의 계산 영역을 설정하였다.

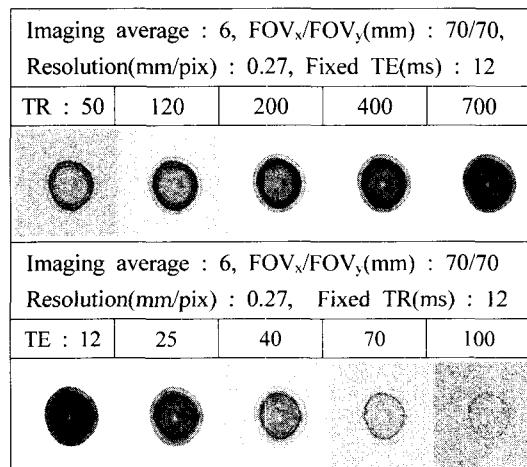


Fig. 3 MR images according to the change of TR and TE.

그림 4는 정상삼과 내공삼의 각 그룹과 그룹내 계산영역의 예를 보여주는 것이다. 이때 계산 영역은 9×9 픽셀로 하였으며, 이 계산 영역 내에서 3×3 이동평균법을 이용하여 49 세트(set)의 값을 얻었다. 1세트 당 TR 변화에 따른 영상농도 데이터(intensity data)와 TE 변화에 따른 영상농도 데이터를 이용하여 T_1 , T_2^* 를 계산하였으며, T_2^* 가 T_1 보다 큰 경우는 없으므로 계산된 T_2^* 가 T_1 보다 큰 경우를 제외한 값들의 평균값을 계산 영역의 T_1 , T_2^* 값

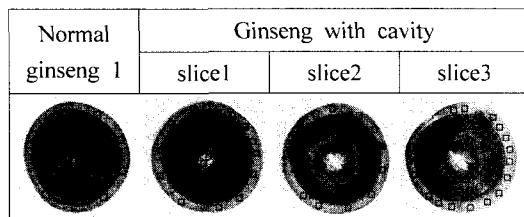


Fig. 4 Selection points for T_1 and T_2^* calculation of nomal ginseng and ginseng with cavity.

으로 하였다. 사용한 소프트웨어 (Matlab, version 5.0 for window, Mathworks, USA)를 이용하여 그림 5와 같이 T_1 과 T_2^* 를 계산하는 GUI (Graphical User Interface)를 개발하였다.

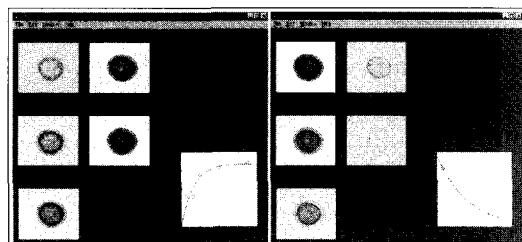


Fig. 5 GUI showing calculation of T_1 and T_2^* .

3. 결과 및 고찰

가. 수삼의 연근 판별

그림 6에서 보듯이 MRI 영상과 인삼 단면을 절

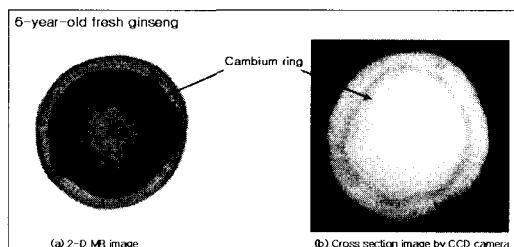


Fig. 6 Comparison of cambium ring of inverted MR image and cross section image.

단한 후 CCD 카메라를 이용하여 얻은 영상을 비교하여 보면 실제 단면 영상에서는 그 형성층의 구분이 불확실하나 MRI 영상에서는 몇 개의 환상이 관찰되기에 연근판정에 있어서 보다 유리하다고 볼 수 있다. 또한 형성층은 그 부분의 영상 농도가 다른 부분보다 신호가 강하게 나오는 점을 이용하여 영상단면의 중심축을 지나는 선을 그어 그 부분의 농도를 그래프(graph)화 하였으며 그래프와 x축의 영상농도가 강한 부분을 비교해 볼 때 형성층과 대부분 일치하였다. 그림 7과 그림 8은 각각 TR 및 TE를 변화시킨 4년근 수삼과 6년근 수삼에 대하여 MRI 영상을 이용하여 연근판별을 실시한 것이다. 여기에서 상단부는 반전된 MRI 영상이며 하단부는 수삼 단면의 중심부를 지나는 부분에 대한 영상농도를 그래프화(1D profile)한 것이다. 4년근 수삼의 경우에는 영상농도의 강도가 강한 부분에서 형성층이 관찰되었으며 6년근 수삼의 경우에도 형성층과 영상의 피크(peak)점이 나타남을 볼 수 있다. 이렇듯 MRI 영상에서 관찰되는 다수의 환상은 형성층 즉, 연근으로 추정할 수 있으며 이를 분석하여 이용하면 연근 판별에 있어서 주요한 자료로 활용

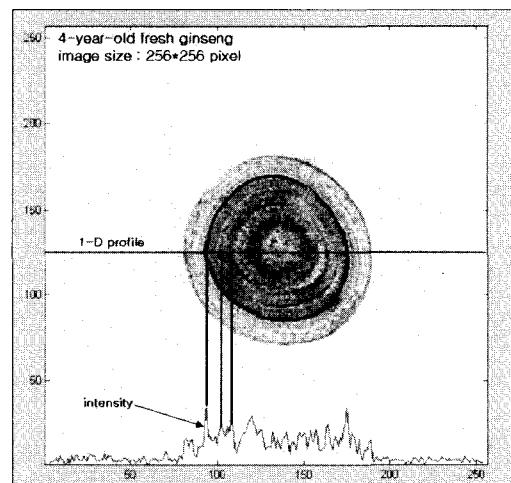


Fig. 7 Age identification of 4-year-old fresh ginseng using MR image(MRI parameters: TR = 860 ms, TE = 50 ms, image average = 1, FOV_x = 70 mm, FOV_y = 70 mm, ST = 5 mm), (Inverted).

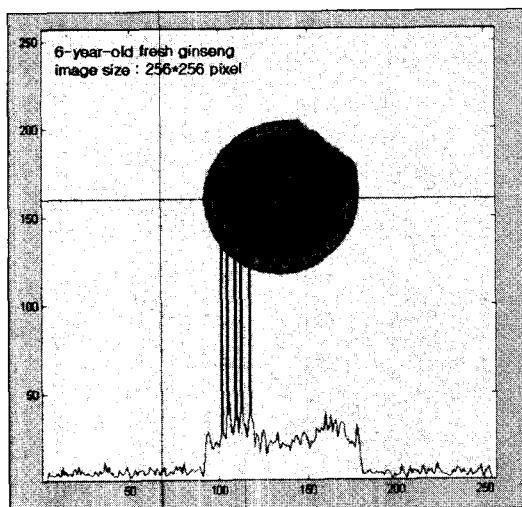


Fig. 8 Age identification of 6-year-old fresh ginseng using MR image(MRI parameters: TR = 600 ms, TE = 14 ms, image average : 3, FOV_x = 70 mm, FOV_y = 70 mm, ST = 5 mm), (Inverted).

될 것으로 판단된다.

나. 수삼 내부 조직 판별

모든 수삼 시료들의 MRI 영상을 획득한 후 내공

이나 조직이상이 발견된 수삼은 촬영 후 그 부위를 직접 절단하여 그 단면을 영상과 비교 검토하여 보았다. 그림 9, 그림 10과 그림 11은 내공 및 조직이상이 발견된 6년근 수삼의 MRI 영상과 실제 단면 영상을 비교해 놓은 것이다. 그림 11은 다수의 조직이상이 발견된 수삼이다. 내공이 발생된 부분은 반전된 영상에서 농도가 열게 나타나 육안으로도 쉽게 구별할 수 있었다. 그림 9에서와 같이 수삼의 내부에 발생한 내공은 영상의 대조도가 확연히 관찰되었으며, 좌측 하단부에 있는 조직이상이 있는 부분도 타 조직과의 영상이 차이를 보였다. 이것은 실제 수삼의 단면에서도 관찰되어졌다. 또한 조직에 이상이 발생한 수삼의 경우에도 그 부분의 영상이 다른 조직과의 차이를 보여 이상유무를 판별할 수 있었다. 그림 11의 MRI 영상에서 보듯이 세 부분의 영상의 농도가 타 부분과의 차이를 보였으며 실제 단면을 절단하여 관찰하여 본 결과 조직 내부에 썩음이 발견되었다. 따라서 수삼에 있어 MRI 영상은 타 부분과의 영상농도의 차이로 내공이나 조직이상의 효과적인 판별 가능성이 구명되었다.

다. 수삼의 자기 공명 특성

표 1에서 보듯이 내공삼의 T₁ 값은 내공주위 영역 > 표피층 > 중심층 > 중간층 순으로 높았으며

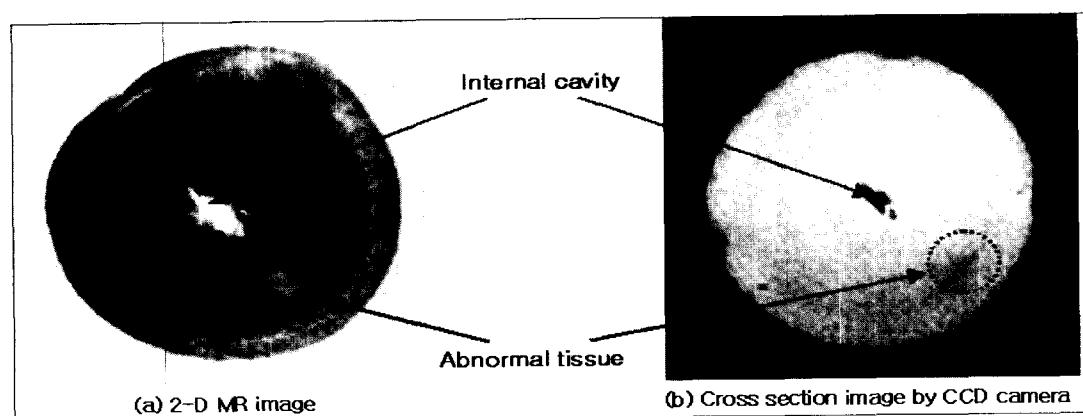


Fig. 9 Comparison of inverted MR image and cross section CCD image of 6-year-old fresh ginseng with an internal cavity and abnormal tissue(MRI parameters: TR = 860 ms, TE = 12 ms, image average = 3, FOV_x = 70 mm, FOV_y = 70 mm, ST = 5 mm).

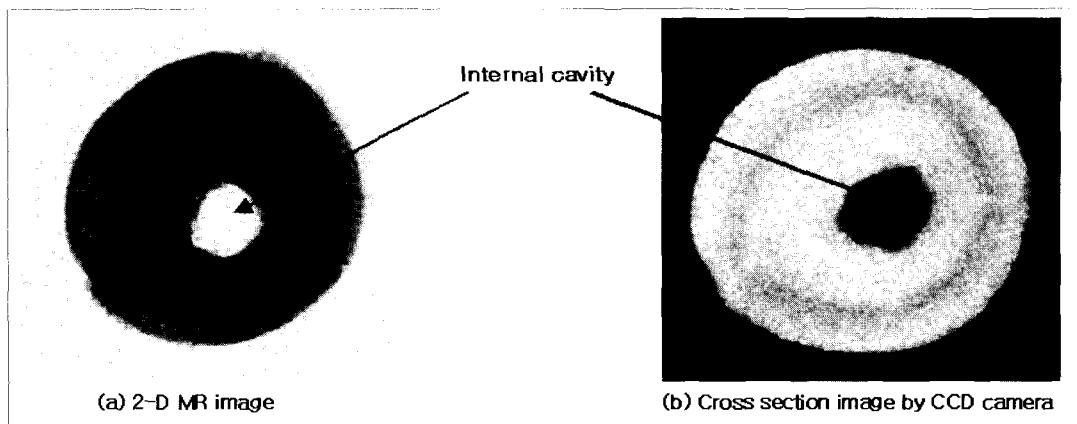


Fig. 10 Comparison of inverted MR image and cross section CCD image of 6-year-old fresh ginseng with an internal cavity(MRI parameters: TR = 600 ms, TE = 14 ms, image average = 3, FOV_x = 100 mm, FOV_y = 100 mm, ST = 5 mm).

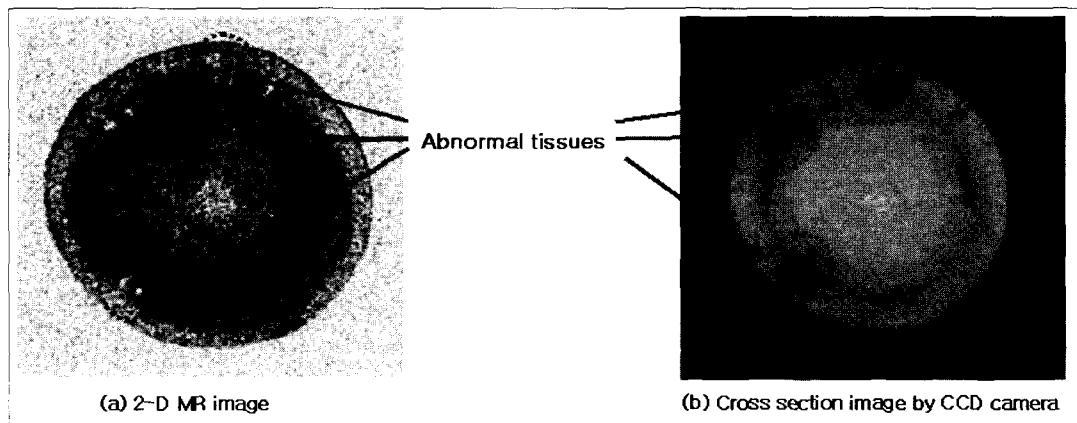


Fig. 11 Comparison of inverted MR image and cross section CCD image of 6-year-old fresh ginseng with abnormal tissues(MRI parameters: TR = 600 ms, TE = 14 ms, image average = 3, FOV_x = 70 mm, FOV_y = 70 mm, ST = 5 mm).

T_2^* 값의 경우 그룹간의 경향을 파악하기 어려우나, 주위의 영역의 T_2^* 는 T_1 과 동일하게 다른 그룹들에 비해 가장 높았다. 본 실험에 사용된 내공삼의 내공 주위 영역은 육안확인 결과 멍(bruise)은 확인되지 않았으나, 내공 주위로 조직이 스펀지 같았다. 내공삼 슬라이스 3의 조직이상이 뚜렷이 보이는 부분(그림 5의 슬라이스의 3 실선부분)의 T_1 값은 143.83 ms(± 13.39 ms), T_2^* 값은 132.16 ms(± 9.68 ms)으로 나타났으나, T_1 , T_2^* 계산시 49개의 데이터 중 유효한 데이터가 2개에 불과하여 T_1 , T_2^* 을 다른

그룹과 비교하여 특성을 결론 내리기는 어렵다. 그러나, 정상조직에 비하여 유효한 데이터가 적다는 것은 영상농도의 변화가 비정상적인 것으로 생각할 수 있으며, 향후 다른 샘플을 대상으로 유사한 조직상태에서 이와 동일한 결과를 나타내는지에 대해서는 앞으로 연구를 계속 하자 한다. 표 2는 정상삼 1~정상삼 3의 T_1 , T_2^* 를 나타낸 것으로 T_2^* 의 경우 내공삼과 유사하게 각 그룹 별로 경향을 파악하기는 힘드며, T_1 값은 내공삼과 마찬가지로 중간 층의 경우 중심층과 표피층에 비해 작은 값을 가지

Table 1 Calculated values of T_1 and T_2^* of a ginseng with cavity (msec)

		Around cavity		Core		Middle layer		Epidermis	
		Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.
Slice 1	T_2^*	149.71	4.54	135.43	7.83	109.17	9.05	108.87	6.54
	T_1	229.08	1.08	168.89	12.86	122.99	8.24	177.96	16.34
Slice 2	T_2^*	-	-	136.69	8.59	109.54	5.60	117.14	13.46
	T_1	-	-	168.74	14.66	122.66	6.34	185.13	14.38
Slice 3	T_2^*	-	-	117.15	9.83	112.23	10.92	135.62	23.29
	T_1	-	-	155.77	17.69	132.85	13.14	177.09	21.68
Slice 4	T_2^*	168.08	9.14	118.80	5.73	115.23	5.51	112.99	8.56
	T_1	221.76	0.27	159.78	8.61	127.39	8.03	170.30	24.74
Slice 5	T_2^*	160.63	21.93	120.72	3.27	114.39	9.86	114.41	7.78
	T_1	218.61	31.56	165.52	10.89	129.77	14.46	172.01	22.65
Total	T_2^*	159.47	9.23	125.75	9.49	112.11	2.74	117.80	10.39
	T_1	223.14	5.37	163.74	5.78	127.13	4.38	176.49	5.82

Table 2 Calculated values of T_1 and T_2^* of a normal ginseng (msec)

		Core		Middle layer		Epidermis	
		Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.
Normal ginseng 1	T_2^*	74.10	4.53	64.89	4.10	81.35	9.79
	T_1	117.05	16.18	93.52	10.48	128.21	12.52
Normal ginseng 2	T_2^*	75.14	3.33	73.12	4.34	71.72	5.30
	T_1	129.75	7.54	94.11	7.41	120.18	12.33
Normal ginseng 3	T_2^*	77.64	6.19	72.98	2.32	74.37	4.90
	T_1	126.93	18.81	107.83	17.58	109.45	17.72
Total	T_2^*	75.62	1.81	70.33	4.71	75.81	4.97
	T_1	124.57	6.66	98.48	8.09	119.28	9.41

나 그 차이는 내공삼에 비해 적었다. 조직상태와 T_1 , T_{2^*} 와의 관계는 조직이 치밀할수록 T_1 값은 증가하고 T_{2^*} 값은 감소하게 된다. 그러므로, 실험 결과에 따르면 내공삼, 정상삼 모두 표피층과 중심층 보다 중간층의 조직이 치밀하며, 각 그룹간 치밀한 정도의 차이는 정상삼에 비해 내공삼이 큰 것으로 생각된다. 또한, 내공삼의 내공 주위 영역에서 높은 T_1 값을 가지는 것으로 보아 이 부분의 조직은 특히 치밀하지 못한 것으로 생각된다.

그러나, T_{2^*} 의 경우 그룹간의 뚜렷한 경향이 없고, 특히 내공삼의 내공주위영역의 T_{2^*} 값은 다른 그룹에 비해 큰 것으로 나타나 다른 결과를 얻었다. 이것이 수삼의 조직인자, MRI 촬영인자 혹은 노이즈에 의한 오류에 의한 결과인지에 대해서는 밝혀내지 못했으며 앞으로 이에 대한 연구 또한 계속 하고자 한다.

4. 요약 및 결론

MRI 영상을 이용하여 수삼의 내부품질 및 연근판별에 대해 그 가능성을 검토하였다. 선명한 MRI 영상의 중심축을 지나는 부분에 대해 영상농도를 그래프로 나타내어 연근판별의 자료로 이용하였다. 수삼의 연근 판별에 있어서도 실제 단면 영상에서는 볼 수 없었던 환상의 형성층이 MRI 영상에서는 그 형상이 뚜렷이 보였고 형성층부분에서의 영상농도의 강도가 피크로 나타남을 알 수 있었다. 이는 형성층 부분의 조직 치밀도 및 화학적 성분이 타 조직과의 차이를 보임으로써 환상의 층이 뚜렷한 MRI 영상을 생성할 수 있었다. 그러나 모든 MRI 영상의 피크점이 형성층률과 일치하지 않았기에 연근판별에 있어서 절대적일 수는 없으나 비파괴적인 방법인 MRI 영상을 이용하였기에 앞으로 자기공명 기술을 이용한 수삼의 연구가 보다 점진적으로 진행된다면 그 실용가능성이 있다고 사료된다.

수삼의 내부조직 판별에 있어서 내공은 그 신호 세기의 강도가 약하게 나왔으며 조직이상인 부분 또한 다른 부분과의 차이를 보여 MRI 영상으로 판별이 가능하였다. 앞으로 농산물 내부 품질 평가용

MRI 장비의 개발이 이루어지고 영상 획득 시간의 감소가 해결된다면 비파괴적으로 수삼의 내부 품질 평가가 이루어지리라 사료된다.

1.5T의 자기공명 영상 장치를 이용하여 6년근 내공수삼, 정상수삼의 내부 조직을 촬영하였다. TR, TE 값을 변화시켜 얻은 영상을 이용하여, 각 그룹 별로 수삼의 T_1 , T_{2^*} 을 계산하였다. 각 그룹별로 T_{2^*} 값은 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. T_1 의 경우 중간층의 T_1 값은 중심층과 표피층보다 작은 값을 가졌다. T_1 을 이용하여 수삼을 그룹별로 비교가 가능하였으며, 조직상태 또한 추정할 수 있었다. 내공 주위와 정상부위와의 T_1 값은 서로 큰 차이를 보여 T_1 을 이용하여 조직 이상유무를 찾아낼 수 있는 가능성도 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 박명규. 1996. 최신고려인삼(재배편), 한국인삼연초연구원:33-40.
2. 이종철, 안대진, 변정수. 1987. 인삼연구보고서(재배분야, 재배편), 한국인삼연초연구원.
3. Chen, P., M. J. McCarthy and R. Kauten. 1989. NMR for Internal Quality Evaluation of Fruits and Vegetables. Trans. of the ASAE 32(5): 1747-1753.
4. Jang, G. C. and R. Ruan. 1998. Determination of Bulk Density and Internal Structure of Red Ginseng Root Using NMR, J. Ginseng Res. 22(2):96-101.
5. Kim, S. M. 1999a. Applications of Magnetic Resonance Techniques in Agriculture. J. of KSAM 24(3):275-288.
6. Kim, S. M. 1999b. Nondestructive Internal Quality Evaluation of Agricultural Products Using Magnetic Resonance Imaging. J. of KSAM 24(6): 523-530.
7. Kim, S. M. 1999c. Evaluation of Internal Structure of Beef Using Magnetic Resonance

- Imaging. J. of KSAM 24(6):531-538.
8. Kang, J. Y., M. G. Lee and Y. T Kim. 1996. Automatic Decision-Making on the Grade of 6-Year-Old Fresh Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by an Image Analyzer, I. Shape and Weight Analyses according to the Grade of Fresh Ginseng, Korean J. Ginseng Sci. 20(6):65-71.
9. Lee, J. H., M. G. Lee, K. T. Choi and S. S. Lee. 1996. Identification of Age of Cultivated Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) based on Stem Vestige of Rhizome, Korean J. Ginseng Sci. 20(1):72-77.
10. Park, H., B. G. Cho and M. K. Lee. 1984. Quality Evaluation of Fresh ginseng by Soft X-ray and Iodine Test, Korean J. Ginseng Sci. 8(2):167-171.