

# 홍삼의 자기 공명 영상

## Magnetic Resonance Imaging of Red Ginsengs

임종국\*      김철수\*      김성민\*  
정회원      정회원      정회원  
J. G. Lim    C. S. Kim    S. M. Kim

### 1. 서론

수삼(水蔘)을 장기간 저장하기 위한 목적으로 제조된 홍삼(紅蔘)은 수분 함량이 14%이하로 가공하여 판매한다. 일반적으로 홍삼 제조용 인삼은 6연근 수삼을 사용하며, 국내에서 가장 큰 설비와 홍삼 제조 능력을 구비한 부여 고려 인삼제조창의 경우에 매년 2,800톤의 수삼을 가공하여 홍삼 제품으로 생산하고 있다. 홍삼의 원형은 품질에 따라 천삼(天蔘), 지삼(地蔘), 양삼(良蔘)의 3가지 등급으로 나뉘어 지는데, 이러한 직삼의 등급 선별의 기준은 머리, 몸통 및 다리의 체형을 보는 외관상의 분류와 조직의 치밀도, 섶택, 표피, 수분함량등도 기준으로 포함되어 있다.

지금까지 홍삼의 선별은 전문화된 인력에 의해서 외부 및 내부 품질을 평가하였는데, 내부 품질 평가에 있어서 관행의 방법은 빛이 차단된 암실에서 홍삼에 강한 빛을 비추어 투광되는 상태를 보고 판별하는 식으로 검사를 수행해 오고 있다. 이러한 방법은 객관적인 검사 기준이 있지만 검사원의 주관적인 성향에 따라 상이함이 존재할 것이다. 이에 보다 객관적이고 판별 기준을 제시할 수 있는 검사 방법의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 홍삼의 내부 품질 평가 요소에서 주요한 판별인자인 내공(內空)이나 내백(內白)과 같은 부분은 조직의 치밀도에 관련이 깊다고 할 수 있다. 지금까지 홍삼의 내부 품질에 관한 연구로는 박 (1988) 등은 주사전자현미경(scanning electron microscope)을 이용하여 정상 조직과 내백부 조직의 미세 구조를 비교 연구 하였으며, 장(1998) 등은 홍삼의 용적밀도 및 내부 조직특성을 분별하기 위하여 자기공명분광(nuclear magnetic resonance spectrometer, NMR)을 이용하였으며, 이(2001) 등은 홍삼의 NMR 특성인자와 함수 율을 측정하여 각 홍삼 등급의 차이점을 규명하고자 하였다.

따라서 본 논문에서는 최근 농산물의 품질 평가 기술로 각광받고 있는 자기 공명 영상(Magnetic Resonance Imaging, 이하 MR 영상) 기술을 홍삼의 내부 품질 평가에 적용해 보았다. 또한, 홍삼과 같이 수분 함량이 낮은 고체 상태의 식품은 매우 빠른 이완 시간(relaxation time)을 갖게 되어 새로운 영상기법의 도입이 시도되고 있다.(Cornillon et al., 1995). 이러한 영상 기법중의 하나인 single-point imaging(SPI, Alexon et al, 1995)을 적용하여 홍삼 내부의 3차원 영상을 비파괴적으로 획득하여 실제의 절단면 영상과 비교하여 내부 품질 평가 가능성을 제시하였다.

---

\* 전북대학교 농과대학 생물자원시스템공학부 생물자원기계공학전공(농업과학기술연구소)

## 2. 재료 및 방법

### 가. 홍삼 시료

자기 공명 영상을 획득하기 위해 사용된 홍삼 시료는 3편이 준비되어졌다. 시료는 부여 고려인삼장에서 제조하고 홍삼 선별 전문가에 의해서 천삼(heaven grade) 1편과 양삼(good grade) 2편의 홍삼을 사용하였다. 양삼의 경우 내부 조직 상태에 따라 내공(cavity inside)삼과 내백(white part inside)삼을 사용하였다.

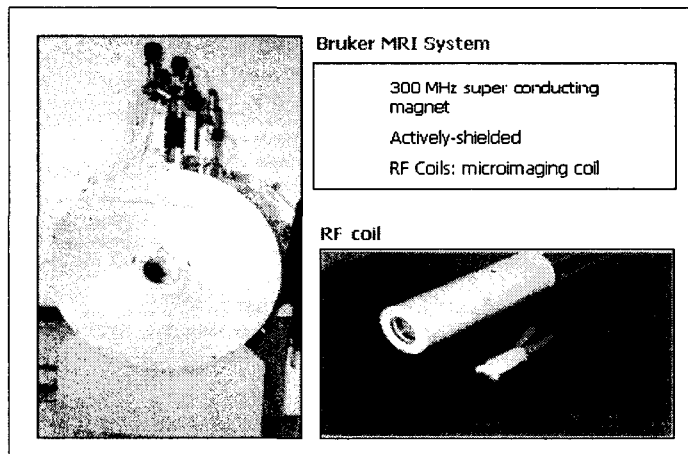


Fig. 1 Horizontal bore superconducting MRI system and RF microimaging coil

### 나. MRI 장비

본 실험에서는 University of California, Davis의 NMR Facility에서 보유하고 있는 7 T 초전도 자기 공명 영상 시스템 (superconducting MRI system, 이하 MRI)을 사용하였다. 자기 공명영상을 얻기 위해 사용한 코일은 직경이 35 mm인 microimaging용 코일을 사용하였다. (Fig. 1 참조)

### 다. 영상관련 인자

3차원 영상 획득에 사용된 펄스 열은 single-point imaging pulse sequence를 이용하였으며, 영상 범위(Field of View, FOV)는  $40 \times 40 \times 80$  mm로 하였다. 데이터 포인트 수는  $128 \times 128 \times 32$  voxel(volume element)로, 홍삼의 길이 방향을 기준으로 영상 두께(slice thickness)는 0.25mm라 할 수 있다.

### 라. 영상분석 프로그램

MRI로부터 획득되어져서 MRI console에 저장된 데이터는 PC로 옮겨져 high level programing 언어인 MATLAB (version 6.1 for Windows, Mathworks社)을 이용하여 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 홍삼의 실제 단면 영상과 MR 영상과의 비교

Fig. 2, Fig. 3 및 Fig. 4는 MR 영상을 획득하기 위해 사용되어진 홍삼의 외형, 절단면의 실제 영상 및 MR 영상을 비교해 놓은 것이다. 여기에서 MR 영상은 실제 영상에 대하여 시각적으로 선명한 영상을 획득하기 위하여 흑백이 서로 반전되어 있음을 밝혀둔다. 각각의

그림에서 보듯이 상단에는 홍삼 전체의 외형의 모습이며 하단에는 MR 측정이 완료된 홍삼을 직접 절단하여 실제 영상을 CCD camera로 촬영한 것과 그 부위에 해당하는 MR 영상을 배치해 놓은 것이다. 각각의 실제 단면 영상과 MR 영상에서 관찰할 수 있듯이 측정된 홍삼의 뇌두 부근에서는 조직이 치밀하지 못하였으며, 하단 부로 내려갈수록 상태가 호전됨을 알 수 있다.

Fig. 2는 천삼의 단면 영상으로서 실제 내부 품질 검사가 이루어지는 (b) 및 (c)부분의 내공 및 내백부가 점차 사라짐을 관찰할 수 있었다. 이는 MR 영상에서도 보듯이 (a) 및 (b) 단면의 영상에서는 정상적인 조직의 중심부가 같은 세기의 MR 신호를 발생하여 농도가 일정함을 알 수 있다.

Fig. 3은 내공이 존재하는 양삼의 단면 영상으로서 (c)부분의 실제 단면 영상과 MR 영상에서 내공이 존재함을 발견할 수 있었다. 특히, (C)부분의 MR 영상에 있어서 내공으로 판단되는 부분의 영상 농도가 정상 조직과 상이함을 관찰할 수 있는데 이러한 영상농도의 차이는 등급 선별의 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

Fig. 4는 내백이 존재하는 양삼의 단면 영상으로서 (a),(b) 및 (c)의 MR 영상 단면의 중심부에서 신호의 세기가 약하여 농도의 변화가 있는 부분이 내백으로 추정되며 실제 단면에서도 조직이 치밀하지 못함을 관찰할 수 있었다. 내백 부는 내공부분과 달리 기존의 등급 선별 과정에서 난해한 과정으로서 실제 단면 영상에서도 보듯이 중심부의 색상이 타 부분에 비해서 희미한 것을 알 수 있다. 즉, 기존의 검사 방법인 빛의 투광으로서 홍삼을 절단하지 않은 채로, 이러한 내부의 상태를 짐작하여 판별하기에는 무리가 있다고 생각되어진다. 반면에 MR 영상을 이용하였을 경우에는, MR 신호와 조직 치밀도와와의 연관성을 도출하여 내백과 같은 이상조직을 검출하는 데 있어서 이상적이라고 할 수 있을 것이다. 즉, 홍삼 제품에 외상을 가하지 않은 채로 내부 상태를 관찰할 수 있음을 시사하고 있는 것이다.

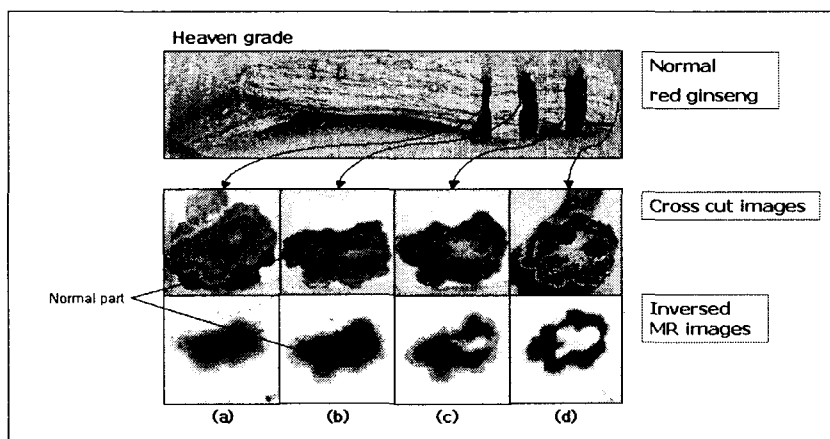


Fig. 2 Comparison of cross cut images and MR images of heaven grade red ginseng

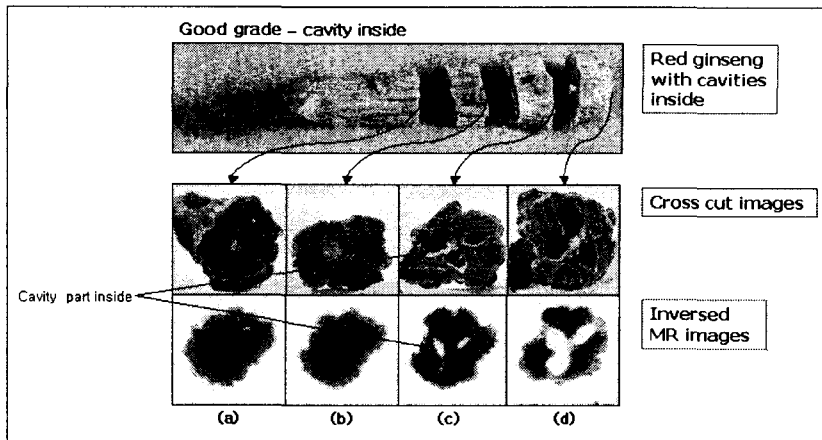


Fig. 3 Comparison of cross cut images and MR images of good grade red ginseng with cavity inside

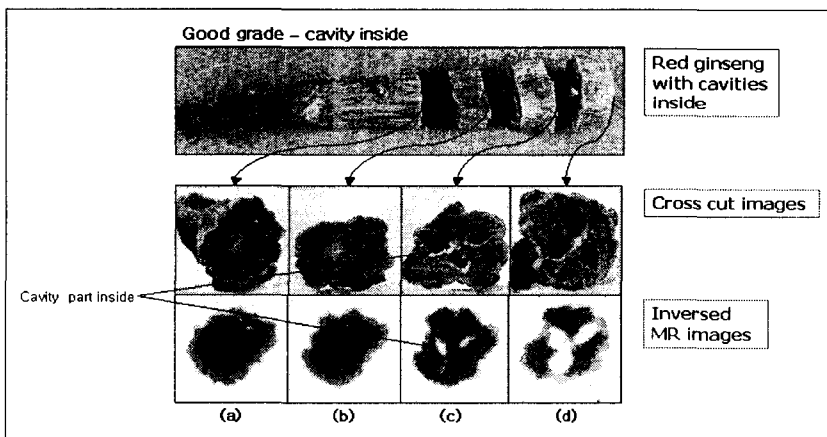


Fig. 4 Comparison of cross cut images and MR images of good grade red ginseng with white part inside

#### 나. 홍삼 MR 영상에 대한 영상 농도 그래프

Fig. 5, Fig. 6 및 Fig. 7은 측정된 홍삼의 MR 영상에 대하여 홍삼의 중심부를 지나는 x 축과 y 축의 한 라인을 영상농도 그래프(one dimensional profile, 이하 1D profile)로 나타낸 것이다. Fig.5는 천삼, Fig. 6는 내공이 포함된 양삼, Fig. 7은 내백이 포함된 양삼으로서 각 그림에서 좌측의 MR 영상은  $128 \times 128 \times 32$  화소(pixels)의 데이터 포인트로 획득되었으며 화면 중심부의 밝은 부분이 촬영된 홍삼의 MR 영상이다. 또한 각각의 그림에서 우측 상단은 y 축에 대한 x 값의 1D profile이며 하단은 x 축에 대한 y 값의 1D profile을 표현한 것

이다. 1D profile의 그래프에서 y축의 영상 농도의 값은 0에서 1사이의 값으로 표준화(normalization)된 것이다. 즉, y축에 있어서 최솟값 0은 MR 영상에 있어서 아무런 신호가 나오지 않는 부분으로서 보이는 영상에서는 흑색으로 나타나있으며, 최댓값 1은 MR 신호가 가장 높은 부분으로서 신호가 강할수록 백색에 가까워짐을 알 수 있다. 즉 홍삼에 있어서 조직의 치밀도가 높고 정상 조직인 경우에는 각각의 x축 및 y축의 1D profile의 값이 1에 가깝다고 말할 수 있다.

Fig. 5는 천삼에 대한 1D profile을 분석한 것이다. 천삼의 MR 영상 중심부를 지나는 1D profile의 경우에 조직이 전체적으로 치밀하여 영상 농도의 변화가 완만함을 관찰할 수 있다. 이는 내부 조직에 있어서 정상적으로 제조된 홍삼이며 천삼으로서의 가치가 있다고 예측하는데 중요한 근거 자료가 될 수 있을 것이다.

Fig. 6은 내공이 존재하는 양삼의 1D profile을 나타낸 것으로서 우하단의 x축과 y축에 대한 1D profile에서 보듯이 내공이 존재하는 부분에서의 값이 거의 0에 근접함을 알 수 있다. 또한 Fig.5의 천삼의 완만한 1D profile과 달리 내공이 존재하는 양삼의 경우에는 그래프의 형태가 내공부분에서 급격히 하락함을 관찰할 수 있다.

Fig. 7은 내백이 존재하는 양삼의 1D profile로서, 좌상단의 MR 영상은 내백으로 판단할 수 있는 영상이고 좌하단의 MR 영상은 내공이 존재하는 것으로 판단할 수 있는 영상이다. 즉, 내백이 존재하는 부분에서의 영상 농도는 정상 조직에 비하여 낮으며, 완만한 곡선의 천삼에 비하여 1D profile 자체가 불규칙함을 관찰할 수 있었다.

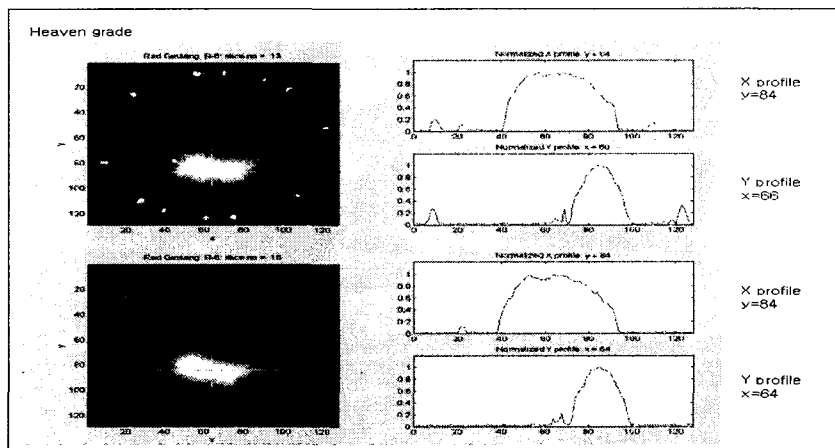


Fig. 5 2D images and their selected 1D profiles of heaven grade red ginseng

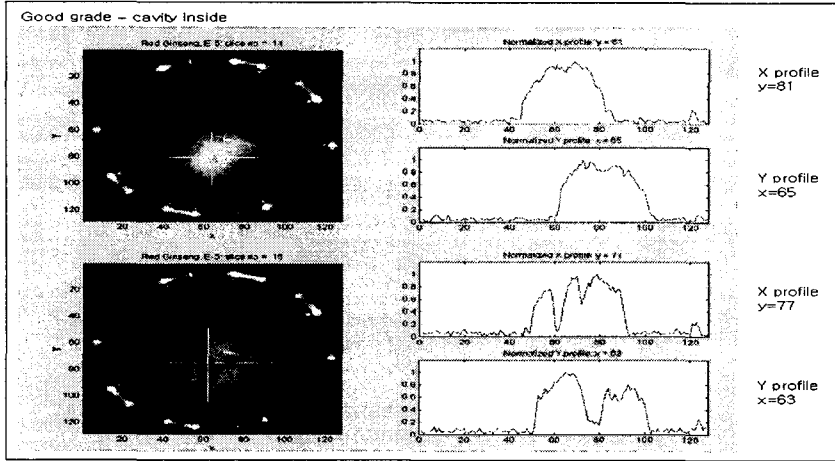


Fig. 6 2D images and their selected 1D profiles of good grade red ginseng with cavity inside

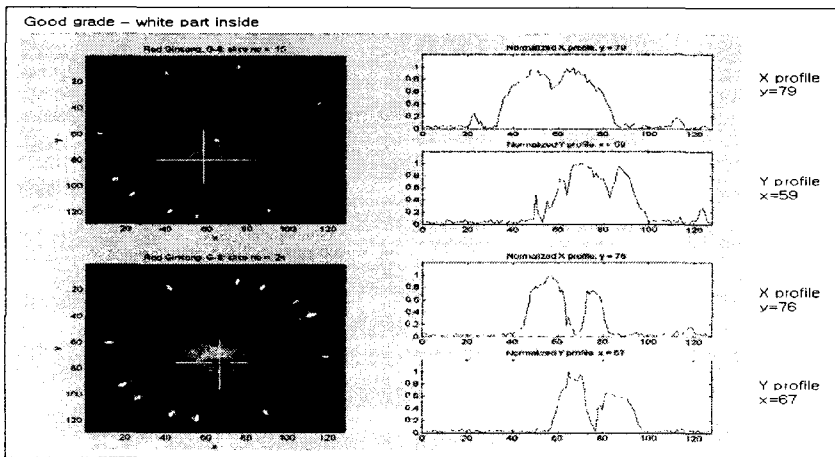


Fig. 7 2D images and their selected 1D profiles of good grade red ginseng with white part inside

#### 4. 요약 및 결론

MRI 시스템을 이용하여 홍삼의 MR 영상을 획득하여 내부 품질 평가 가능성을 검토해 보았다. 천삼, 내공이 존재하는 양삼 및 내백이 존재하는 양삼에 대하여 실제 단면 영상과 MR 영상과를 비교 검토해 본 결과, 비파괴적으로 홍삼 내부의 영상을 확인할 수 있었으며 내부 품질 평가에 있어서 주요한 판별인자가 될 것으로 사료된다. 또한 획득된 MR 영상의 중심부를 지나는 부분에 대하여 1D profile을 실시하여 분석해 본 결과에서 알 수 있듯이 정상 조직과 비정상 조직인 내공이나 내백 부의 구분이 용이하게 관찰됨을 관찰할 수 있었다. 즉, 홍삼의 내부 품질 평가에 있어서 비교적 용이하게 진행될 수 있는 1D profile을 적

용한다면, 전체의 MR 영상을 획득하는데 있어 소요되는 시간 및 절차를 줄이고 효과적인 판별 가능성을 제시할 수 있었다.

## 5. 참고문헌

1. Axelsson D.E., A. Kantzas and T. Eads. 1995. Single point  $^1\text{H}$  magnetic resonance imaging of rigid solids. *Can J Appl Spec.* Vol.40:16~26.
2. Cornillon, P. and L.C. Salim. 2000. Characterization of water mobility and distribution in low- and intermediate-moisture food systems. *Magnetic Resonance Imaging.* Vol.18: 335~341
3. Jang, G.C., R. Ruan. 1998. Determination of Bulk Density and Internal Structure of Red Ginseng Root Using NMR. *Korean J. Ginseng Sci.* Vol.22(2):96~101
4. Lee, S.J., J.G. Lim, S.M. Kim and C.S. Kim. 2001. Nuclear Magnetic Resonance Characteristics of Korean Red Ginsengs. *Proceedings of the KSAM 2001 Summer Conference.* Vol.6(2):255~260
5. Park, H., B.G. Cho, and J.S. Lee. 1988. Ultrastructure of Normal and Inside White Part in Korea Red Ginseng. *Korean J. Ginseng Sci.* Vol.12(2):153~157
6. Prado. P.J., J.B. Balcom, and M. Jama. 1999. Single-Point Magnetic Resonance Imaging Study of Water Adsorption in Pellets of Zeolite 4A. *Journal of Magnetic Resonance.* Vol.137: 59~66
7. Prado. P.J., B.J. S.D. Balcom, R.L. Armstrong, and T.W. Bremner. 1997. Concrete thawing studied by single-point ramped imaging. *Solid State Nucl Magn Reson.* Vol.10: 1~8.