

자기공명영상을 이용한 수삼의 내부 품질 및 연근 판정
Feasibility of Magnetic Resonance Imaging for Quality
and Age Identification of Fresh Ginseng(*Panax*
ginseng C.A. Meyer)

김성민* 임종국 김철수*
정회원 정회원
SM Kim JG Lim CS Kim

1. 서론

수삼(水蔘)은 인삼경작지에서 수확하여 가공하지 않은 인삼으로 70~80%내외의 수분을 함유하고 있으며 모든 인삼류의 원료가 된다. 보통 4-6년근을 8~10월 사이에 채굴한다. 특히, 6년근 수삼은 홍삼의 원료로서 사용되는데 고품질의 홍삼을 생산해 내기 위해서는 원재료인 수삼의 품질평가가 먼저 이루어져야 한다. 현행 홍삼제조용 수삼의 품질평가 및 등급판정은 인산산업법 시행규칙에 의거하여 관능적으로 수행되고 있는 실정이다. 이는 대부분 외부 평가요소로서 홍삼제조시 가장 문제가 되는 내백이나 내공등의 내부 품질요소 평가로는 적합하지 않다. 수삼의 등급판정에 관한 연구로는 강제용(1996)등이 Image Analyzer를 이용하여 수삼의 등급별 체형 및 중량분석을 하였으며, 박훈(1984)등은 연X선 및 요드 반응에 의한 수삼의 내부품질 평가에 관한 연구를 수행하였다.

또한 같은 중량의 인삼이라도 연근이 높을수록 가격이 높게 책정되기에 연근을 높여 판매하는 경우가 있으므로 수삼연근의 정확한 파악이 필요하다. 현행 인삼의 연근 판별은 인산산업법 시행규칙에 의거하여 사람의 오관에 의한 달관검사법으로 이루어지고 있다. 달관검사법은 수삼 뿌리의 크기, 동체와 지근의 발달 정도, 각 부위의 신체적인 균형성, 주름상태, 색택등이 주요한 판별인자로서 이용된다. 재배인삼의 연근판별에 관한 방법으로는 이장호(1996)등이 줄기흔적(경흔)을 관찰하는 방법에 관한 연구를 수행하였고, 이종철(1987)등은 나이테와 지근의 발달형태를 조사하여 판별하는 방법을 제시하였다.

의료용으로 사용되는 자기공명 영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI) 장치는 측정하고자 하는 대상체에 손상을 주지 않고 원하는 부분의 영상 및 정보를 얻을 수 있는 장점이 있다. 국외에서는 P.Chen(1989)등에 의해 MRI 기술을 이용하여 다양한 농산물을 대상으로 파괴적인 내부 품질 정보를 얻을 수 있음을 보여주었다. 국내에서는 농산물의 내부 품질 평가 기술에 관한 초기 단계의 연구가 수행되어 지고 있다.(김성민,1999a, 1999b, 1999c)

* 전북대학교 농과대학 생물자원시스템공학부 생물자원기계공학전공(농업과학기술연구소)

따라서 본 연구에서는 1.5 T의 MRI 장치를 이용하여 수삼의 내부품질 평가 및 연근판별에 MRI 영상의 영상농도(intensity) 변화를 이용하여 그 가능성을 검토해 보았다.

2. 재료 및 방법

가. 수삼 재료

본 실험에 쓰인 재료는 시중에서 구입한 4년근 수삼 2편과 부여 고려인삼창에서 불광수삼으로 분류해 준 6년근 수삼 4편 그리고 홍삼제조용으로 사용할 6년근 수삼 54편을 사용하였다. MRI 영상에서 내공 및 조직이상이 발견된 수삼은 별도로 분류하여 이상부분을 직접 절단하여 실제 단면 영상과 대조 비교하였다. 또한 4년근 및 6년근 수삼중에서 비교적 MRI영상이 양호한 것을 선별하여 연근 판별 자료로 사용하였다.

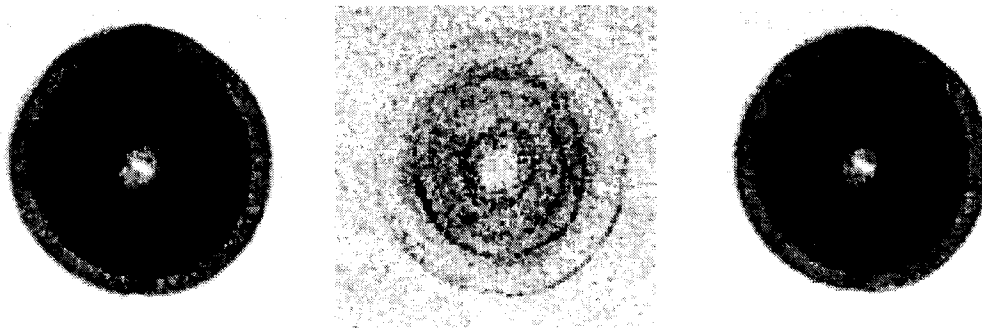
나. 자기공명영상

대덕에 위치한 의료용 MRI 및 NMR(핵자기공명분광기) 생산업체인 (주)카이에서 보유하고 있는 의료용 전신 촬영용 1.5 Tesla MRI(ISAAC 1.5T, CHI, korea)를 사용하였다. 본 실험장비는 농산물의 내부 품질 평가용 MRI 장비가 미비된 상태이기에 의료용 MRI 장비를 사용하였음을 밝혀둔다. 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.

MRI영상을 얻기 위해 spin-echo pulse sequence를 사용하였으며, 영상방향(image direction)은 횡단면(axial), 영상크기(image size)는 256×256 픽셀(pixel)이었으며 그 외의 변수(parameter)는 각 시료에 따라 상이하다. 슬라이스(slice) 위치는 뇌두로부터 약 1.5 cm 떨어진 부분으로부터 시작했다.

다. 인삼의 자기공명영

자기공명영상을 얻을 때 영상 변수인 repetition time(TR)과 echo time(TE)를 변화시켜 다양한 영상을 얻을 수 있다. Fig.1의 (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 T₂ 강조 영상이고 (c)는 TR=250 ms 그리고 TE=14 ms로 하여 얻은 인삼의 T₁ 강조 영상이다. Fig.1의 (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 영성함으로 인해 적은 신호가 발생함을 볼 수 있다.



(a) (b) (c)

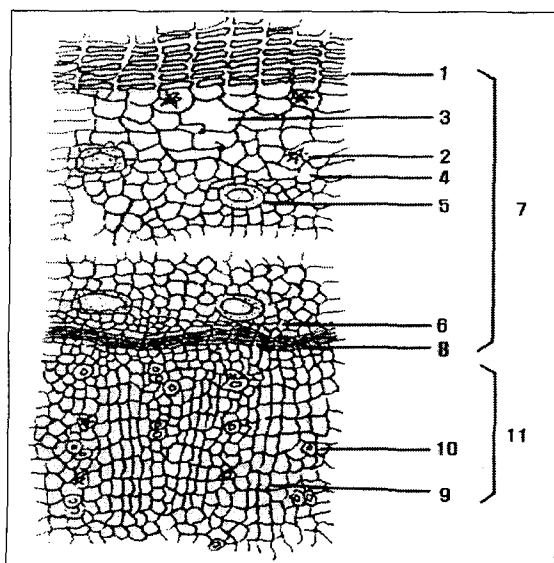
Fig.1 Magnetic resonance imaging of fresh ginseng. (a) proton density (TR/TE:860/12 ms) (b) T₂ weighted (TR/TE:860/75 ms) (c) T₁ weighted (TR/TE:250/14 ms), (Inverted)

Fig.1의 (b)에서 형성층이 다른 영상에 비해 강조되어 환상으로 나타남을 볼 수 있다.

참고로 본 문서에 삽입된 모든 MRI 영상은 흑백이 서로 반전된 것이며, 실제 MRI영상에서 어두운 부분이 약한 신호이고 밝은 부분은 강한 신호이나 반전된 영상에서는 그 반대로 인식하면 된다.

라. 수삼의 연륜 판별

Fig.2에서 보듯이 인삼의 나이테에 해당하는 부분인 형성층이 사관부에 분포되어 있다. 이 형성층은 계절의 변화등 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 연륜수와 일치한다. (한국인삼연초연구원,1996) 이에 착안하여 MRI 영상의 환상배열수와 영상농도의 피크점과의 비교를 통해 형성층륜을 파악하였다.



1. 표피(表皮;epidermis)
2. 수산화칼슘축정
(Ca-oxalate族晶;rosette crystal)
3. 열극(裂隙)
4. 피층박막유조직
(皮層薄膜柔組織;parenchyma)
5. 수지관(樹脂管;resin duct)
6. 사관부유조직
(篩管部柔組織;phloem parenchyma)
7. 사관부(篩管部;phloem)
8. 형성층(形成層;cambium)
9. 방사조직(放射組織;medullary ray)
10. 도관(導管;vessel)
11. 목질부(木質部;xylem)

Fig.2 Cross sectional structure of ginseng root

수삼단면은 약 3mm두께의 절편으로 잘랐으며 CCD color camera(SAC-410ND,samsung, korea)를 이용해 촬영하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 수삼의 연륜 판별

Fig.3에서 보듯이 MRI 영상과 인삼 단면을 절단한 후 CCD 카메라를 이용하여 얻은 영상을 비교하여 보면 실제 단면 영상에서는 그 형성층륜의 구분이 불확실하나 MRI 영상에서는 몇 개의 환상이 관찰되기에 연륜판정에 있어서 보다 유리하다고 볼 수 있다. 또한 형성층륜은 그 부분의 영상 농도가 다른 부분보다 신호가 강하게 나오는 점을 이용하여 영상단면의 중심축을 지나는 선을 그어 그 부분의 농도를 그래프(graph)화하여 x축의 영상농도가 강한 부분이 형성층과 대부분 일치하였다. Fig.4와 Fig.5는 각각 TR 및 TE를 변화시킨 4년근 수삼과 6년근 수삼에 대하여 MRI 영상을 이용하여 연륜판별을 실시한 것이다. 여기에서 상단부는 반전된 MRI 영상이며 하단부는 수삼 단면의 중심부를 지나는 부분에 대한 영상농도를 그래프화(1D profile)한 것이다.

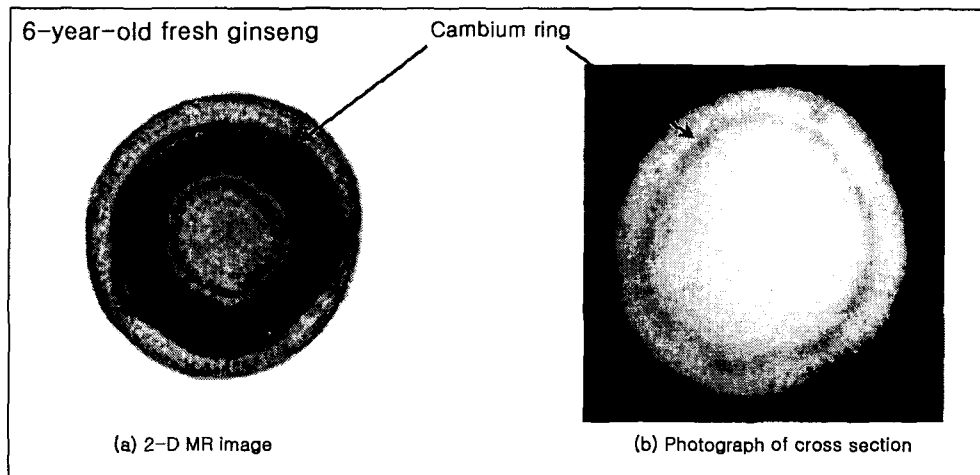


Fig.3 Comparison of cambium ring of inverted MR image and cross section image (MRI parameter TR=600 ms, TE=12 ms, image average:3, FOV_x=100 mm, FOV_y=100 mm, image thickness=5 mm)

Fig4와 Fig.5에서 보듯이 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 형성층륜 즉, 연륜으로 추정할 수 있으며 이를 분석하여 이용하면 연륜 판별에 있어서 주요한 자료로 활용될 것이다.

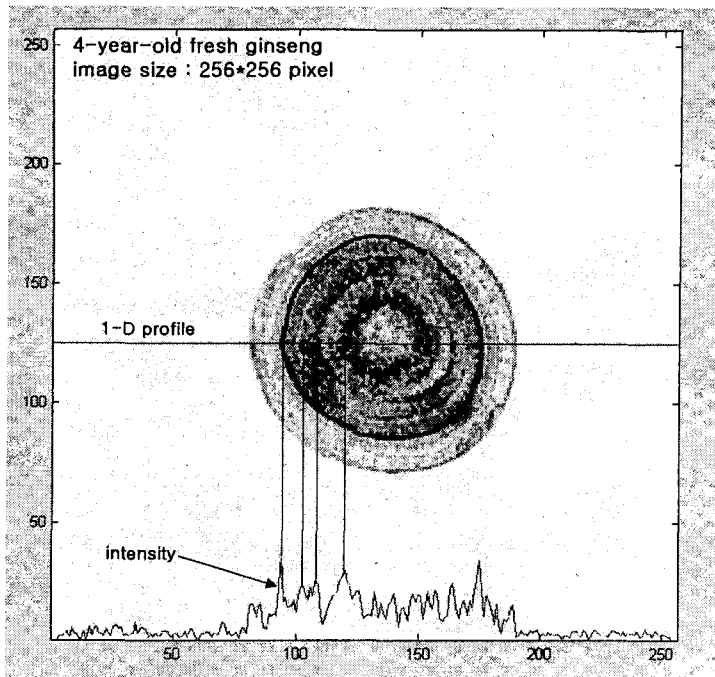


Fig.4 Age identification of 4-year-old fresh ginseng using MR image(MRI parameter TR=860 ms, TE=50 ms, image average:1, FOV_x=70 mm, FOV_y=70 mm, image thickness=5 mm), (Inverted)

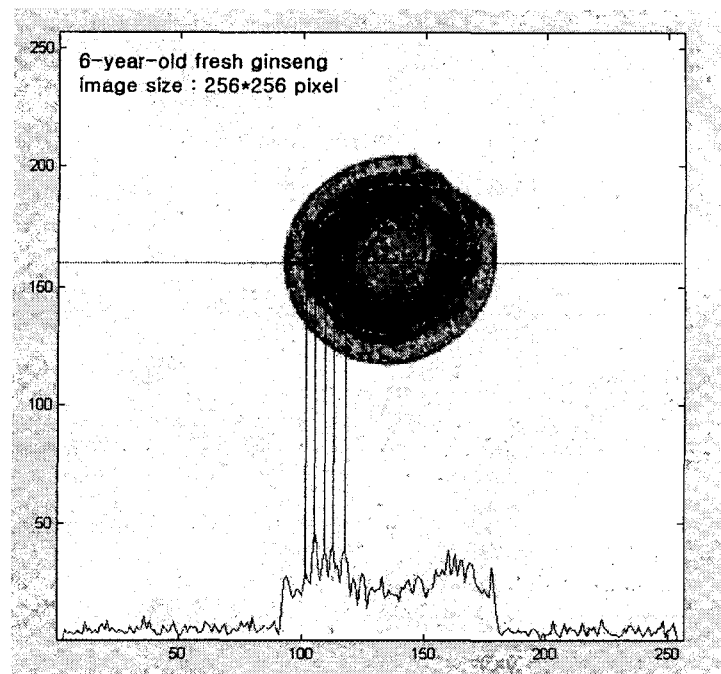


Fig.5 Age identification of 6-year-old fresh ginseng using MR image(MRI parameter TR=600 ms, TE=14 ms, image average:3, FOV_x=70 mm, FOV_y=70 mm, image thickness=5 mm), (Inverted)

다. 수삼 내부 조직 판별

모든 수삼 시료들의 MRI 영상을 획득한 후 내공이나 조직이상이 발견된 수삼은 촬영 후 그 부위를 직접 절단하여 그 단면을 영상과 비교 검토하여 보았다. Fig.6과 Fig7은 내공 및 조직이상이 발견된 6년근 수삼의 MRI 영상과 실제 단면 영상과를 비교해 놓은 것이고, Fig.8은 조직이상이 발견된 수삼이다. 내공이 발생된 부분은 반전된 영상에서 농도가 열게 나타나 육안으로도 쉽게 구별할 수 있었다. Fig.6에서와 같이 수삼의 내부에 발생한 내공은 영상의 대조도가 확연히 관찰되었으며, 좌측 하단부에 있는 조직이상이 있는 부분도 타 조직과의 영상이 차이를 보였다. 이것은 실제 수삼의 단면에서도 관찰되어 졌다. 이로서 실제 수삼의 단면을 절단하지 않고 MRI 영상으로도 내공이 발생된 수삼을 선별할 수 있다.

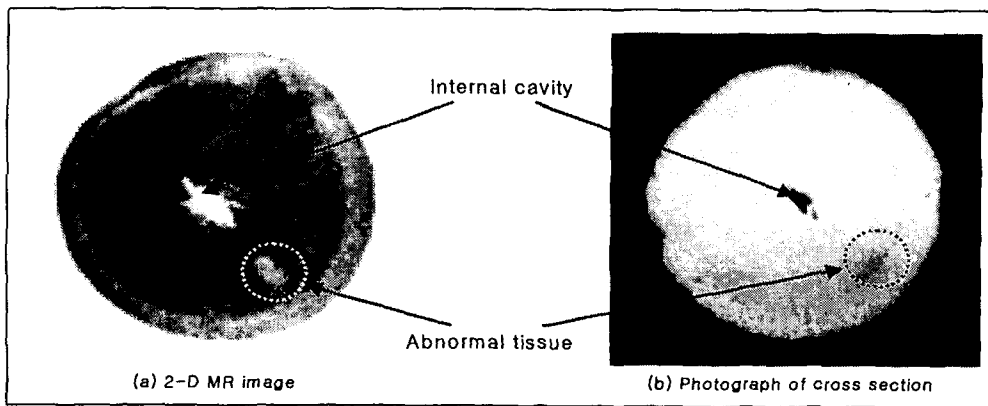


Fig.6 Comparison of inverted MR image and cross section image of 6-year-old fresh ginseng with an internal cavity and abnormal tissue(MRI parameter TR=860 ms, TE=12 ms, image average:3, FOV_x=70 mm, image thickness=5 mm)

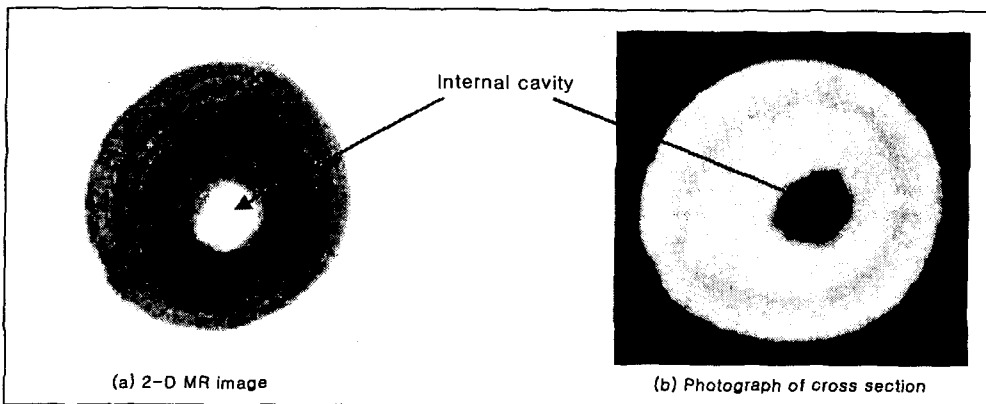


Fig.7 Comparison of inverted MR image and cross section image of 6-year-old fresh ginseng with an internal cavity(MRI parameter TR=600 ms, TE=14 ms, image average:3, FOV_x=100 mm, FOV_y=100 mm, image thickness=5 mm)

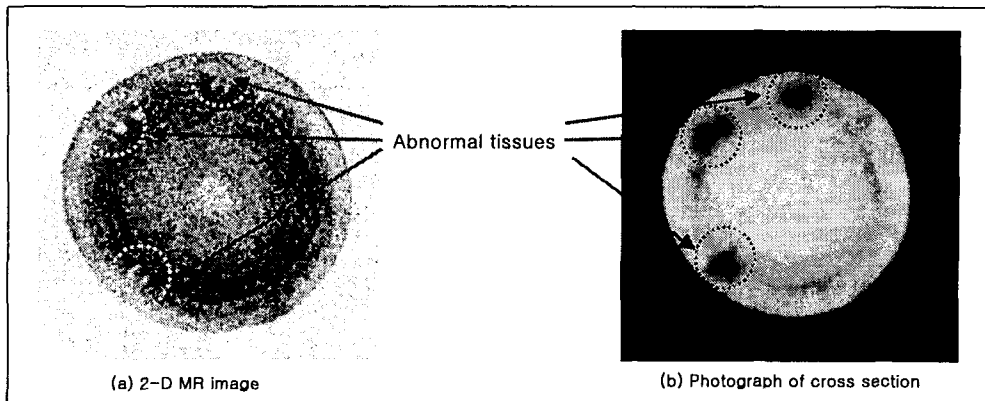


Fig.8 Comparison of inverted MR image and cross section image of 6-year-old fresh ginseng with abnormal tissues(MRI parameter TR=600 ms, TE=14 ms, image average:3, FOV_x=70 mm, FOV_y=70 mm, image thickness=5 mm)

또한 조직에 이상이 발생한 수삼의 경우에도 그 부분의 영상이 다른 조직과의 차이를 보여 이상유무를 판별할 수 있었다. Fig.8의 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 인해 내공이나 조직이상을 판별해 낼 수 있는 근거자료가 될 수 있다.

4. 결론

지금까지 MRI 영상을 이용하여 수삼의 내부품질 및 연근 판별에 대해 그 가능성을 검토해 보았다. 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 형성층과 일치하지 않았기에 연근판별에 있어서 절대적일 수는 없으나 비파괴적인 방법인 MRI 영상을 이용하였기에 앞으로 자기공명기술을 이용한 수삼의 연구가 보다 점진적으로 진행된다면 그 실용가능성이 있다고 사료된다. 수삼의 내부조직 판별에 있어서 획득된 영상과 데이터에 대한 단면 영상에 있어서 내공은 그 신호세기의 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.

5. 참고문헌

1. 박명규. 1996. 최신고려인삼(재배편). 한국인삼연초연구원 33~40
2. 법제처. 1992. 인삼산업법. 대한민국 현행법령집 제24권, 관세·담배·인삼 한국법제연구원.
3. 강제용, 이명구, 김요태. 1996. Image Analyzer를 이용한 수삼등급의 자동판정-I.수삼등급별 체형과 중량분석. 고려인삼학회지 20(6):65-71.
4. 박훈, 조병구, 이미경. 1984. 연X선 및 요드반응에 의한 수삼의 품질평가. 고려인삼학회지 8(2):167-171.
5. 이장호, 이명구, 최광태, 이성식. 1996. 경(줄기)혼을 중심으로 한 재배인삼의 연근판별. 고려인삼학회지 20(1):72-77.
6. 이종철, 안대진, 변정수. 1987. 인삼연구보고서(재배분야, 재배편), 한국인삼연초연구원
7. 김성민. 1999a. 농업분야의 자기공명기술 활용. 한국농업기계학회지 24(3):275-288.
8. 김성민. 1999b. 자기공명영상을 이용한 농축산물의 비파괴 내부품질 평가. 한국농업기계학회지 24(6):523-530.
9. 김성민. 1999c. 자기공명영상을 이용한 소고기의 내부 구조 평가. 한국농업기계학회지 24(6):531-538.
10. P.Chen, M.J.McCarthy, R.Kauten. 1989. NMR for Internal Quality Evaluation of Fruits and Vegetables. American Society of Agricultural Engineers 32(5):1747-1753.