

# 홍삼 내부 분석을 위한 적외선 영상 측정기기 개발

박재영\*, 김태훈\*, 정석훈\*, 김동근\*, 조세형\*, 한창호\*, 이상준\*\*, 이지연\*\*,  
고국원\*\*

\*선문대학교 기계ICT융합공학부

\*\*선문대학교 스마트자동차공학부

e-mail: vwestlifev@naver.com

## Development of Infrared Imaging Measurement Device for Internal Red Ginseng Analysis.

Jaeyoung Park\*, Taehoon Kim\*, Seokhoon Jung\*, Donggeun Kim\*,  
Se-Hyoung Cho\*, Chang Ho Han\*, Sangjoon Lee\*\*, Ji Yeon Lee\*\*,  
Kuk Won Ko\*\*

\*School of Mechanical and ICT Convergence Engineering, Sunmoon  
University

\*\*Division of Smart Automotive Engineering, Sunmoon University

### 요 약

본 연구는 홍삼 등급판정 과정에서 내부 조직 치밀도 분석을 위해 의료 영상 분석 방법을 이용하여 적외선 영상 측정기기를 개발하였다. 기존 홍삼 내부분석방법은 수동으로 암실환경에서 강한 조명을 홍삼에 투과하여 사람 눈으로 직접 판별하는 과정을 거친다. 이러한 기존 검사 과정은 작업 비효율성과 불균일한 검사기준으로 제품 품질 신뢰도 저하의 단점을 가져온다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구는 적외선 조명환경에서 자동 측정이 가능한 홍삼 내부 측정기기를 개발하였다. 개발된 장치는 홍삼의 빛 투과 특성을 응용한 920nm 파장대역의 적외선 조명기구, 조명 제어회로, 적외선 대역 촬영이 가능한 영상 측정 카메라 장치, 0.9°의 간격으로 360° 홍삼 영상취득이 가능한 회전 액츄에이터로 구성이 된다. 본 연구에서 제안 하는 홍삼 단층 영상분석 방법은, 홍삼을 0.9° 간격으로 회전시켜 360° 홍삼 내부영상을 취득하여 라돈 변환(Radon transform)을 통해 사이노그램(Sinogram)으로 재구성 하였으며, 역 라돈 변환(Inverse Radon transform)을 통해 단층 영상복원(Back-projection)알고리즘을 구현하였다. 이 결과 홍삼을 절단하지 않고 홍삼 내부 단면영상 획득이 가능하였으며 내공(內空), 내백(內白)의 유무를 판단하고 직경을 파악할 수 있었다. 이를 토대로 등급 판별 공식을 산출하면 신뢰성 있는 홍삼 등급 자동화 측정기기를 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드: 홍삼 내부 분석, 의료 단층 영상 복원 알고리즘

### 1. 서론

6년근 수삼을 홍삼으로 제조 시 내부조직의 치밀도에 따라 천, 지, 양의 등급으로 나뉘고, 3등급 이하의 홍삼은 본삼으로 판매하지 않는다. 또한 등급에 따라 가격차이가 매우 큼으로 저급홍삼에 고급홍삼이 혼입되면 경제적 손실이 발생하고, 고급 등급의 홍삼에 하위 등급의 홍삼이 혼입되면 클레임이 발생된다. 최고등급으로 평가 받는 천삼의 경우에는 전체 1~2%로 생산량이 매우 적은 것으로 평가받는데 그에 따라서 홍삼 등급을 판별하는 기준 또한 매우 까다롭다. 특히, 균열한 정도와 흠집 유무, 내부 조직의 치밀성까지 파악하여야 하기 때문에 지금까지 홍삼 내부를 분석하기 위해서 종래 내부조직의 치밀도를 홍삼을 절단한 후, 사람 눈으로 강한 불빛을 투과하여 캄캄한 암실에서 분류 작업을 진행하였다. 이러한 육안검사는 검사자에 따라 기준이 통일되기 어렵고, 오차를 일으킬 가능성

이 있으며 생산량의 한계, 작업환경의 열악함, 작업자의 피로도, 분류 작업의 비용 상승 등 생산 효율의 저하 요인으로 판단되고 있다.[1]

홍삼 내부 품질의 판정 기준은 내부에 존재하는 색택과 내공, 내백의 유무이다. 내공(內空)은 홍삼 내부가 비어 구멍이 형성되어 있는 것을 말하며 내백(內白)은 홍삼 제조 과정에서 중심부 조직이 갈변되지 않고 백색으로 남아있는 것을 일컫는다. 수삼에서 홍삼을 만드는 과정 중 수증기로 수삼을 찌는 증삼 공정에서 동체균열, 내공, 내백 등이 발생하는데 이는 홍삼의 품질을 저하시키는 원인이 된다. 가장 귀한 천삼(天蔘)은 ‘하늘이 준 삼’이란 뜻으로 내부조직이 치밀하고 내백이 없어야 하며, 내공은 직경이 0.5mm 이하로서 그 길이가 10mm 이하의 조건을 충족해야 하는 한편 충실하게 발달된 2개 이상의 다리가 있어야 한다. 따라서 홍삼 등급을 판별하기 위해서는 다양한 홍삼

모양을 분류하고 몸통과 다리길이를 파악한 후, 내부조직의 치밀도를 분석하여 내공, 내백, 정상 유무를 정확히 파악하는 것이 중요하다. [2,3]

본 연구의 목적은 홍삼 내부(내공, 내백) 분석 작업 환경을 개선시키고자, 홍삼 투과율은 높지만 무해하고 사람 눈에 보이지 않는 조명 파장대역을 조사한 후, 이에 따른 영상 분석 시스템과 객체 내부 분석 및 측정 시스템을 연구하고자 한다.

## 2. 재료 및 실험

### 2.1 영상 취득 장치

홍삼 영상을 취득하기 전에 단층 영상 복원 방식을 이용하여 홍삼 내부 이미지를 검출하기 위해서는 홍삼을 0.9° 간격으로 360°까지 일정하게 회전하며 400개의 이미지를 획득할 수 있도록 회전 액츄레이터가 필요하다. 홍삼 영상 취득 시 고려해야 할 점은 객체의 모든 부분을 검출할 수 있는 카메라 위치와 각도, 취득된 영상의 균일한 품질과 영상인식결과를 얻기 위한 일정한 조명이 필요하다. 이를 위해 그림 1의 (a)에서 보는 것처럼 외부 조명 및 자외선을 완벽하게 차단할 수 있는 폐쇄형 영상 취득 장치를 개발하였다. 개발한 장치는 총 720개의 적외선 LED 조명(그림 1의 (c))과 조명 밝기를 조절하는 제어 보드(그림 1의 (d)), 회전 액츄레이터(그림 1의 (b)), Full HD급 카메라를 장착하였다.

영상 취득과 내부 분석 알고리즘에 사용된 프로그램은 C언어 기반의 LabWindow/CVI 2013, CodeWarrior for arm developer 개발 툴을 사용하였다. 먼저, CVI Program은 영상 촬영과 단층 영상 복원 알고리즘을 구현하는데 사용하였고, CodeWarrior Program은 회전 액츄레이터를 제어하는데 사용하였다.

그림 2는 영상 취득 장치 구성도이다. 회전 액츄레이터는 Arm Target Board에 모터를 부착하여 제작하였으며, LED 조명은 PWM(Pulse With Modulation) 제어를 통하여 밝기를 조절하고, Personal Computer와 Arm Target Board(Micro-Controller), Light Controller, Camera는 직렬접속 통신으로 연동하여 제어할 수 있도록 설계하였다.

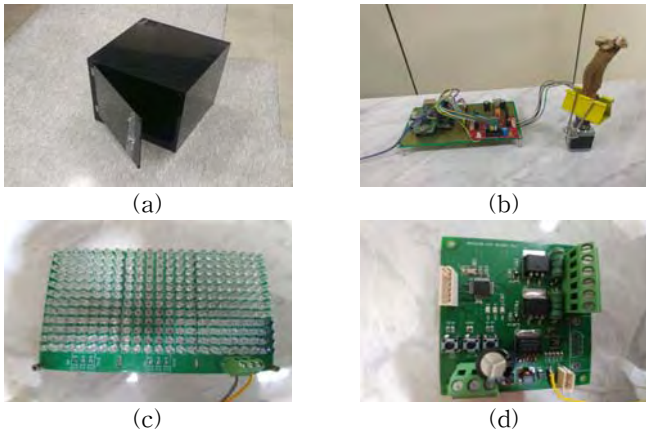


Fig 1. 개발된 영상 취득 장치  
(a) 이미지 획득 장치 (b) 회전 액츄레이터  
(c) IR(Infra-Red) LED 조명 (d) 조명 제어 보드

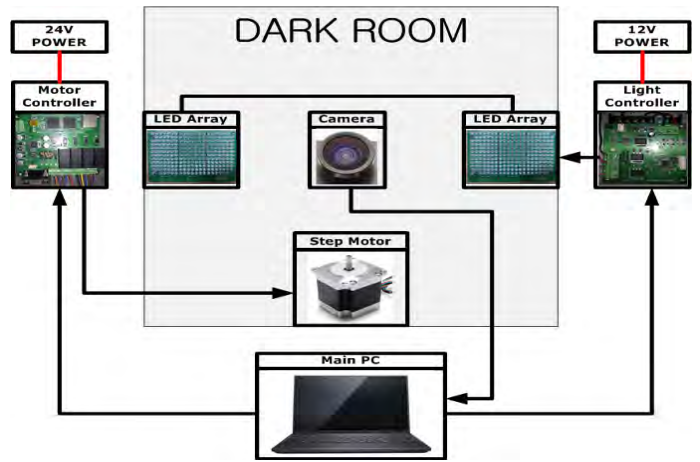


Fig 2. 영상 취득 장치 구성도

### 2.2 홍삼 내부 측정

이미지 촬영에 앞서 홍삼 내부 이미지를 선명하게 획득하기 위해 홍삼 내부 투과율이 높은 적외선 빛의 파장대역을 파악하기 위한 실험을 진행한 후, 홍삼을 촬영하여 내공, 내백, 정상의 유무를 판별한다. 이후 홍삼의 내부조직의 치밀도에 따른 천, 지, 양 등급을 판별하기 위하여 홍삼 내부 분석을 위해 객체 단층 영상 복원 알고리즘을 이용한다. 단층 분석을 위하여 회전 액츄레이터에 홍삼을 부착하여 1 step당 0.9°간격으로 이동하며 360°까지 총 400장의 이미지를 촬영하여 획득한다. 촬영된 이미지를 라돈변환(Radon-transform)하여 사이노그램(Sinogram)으로 재구성하고, 역 라돈 변환하여 복원(Back-Projection)하면 객체 내부 단층을 파악할 수 있다. 이미지 단층 복원 결과 내공, 내백의 직경 데이터를 구하여 홍삼 등급을 판별한다. 이 실험을 통하여 단층 영상 복원의 원리를 이용하면 홍삼을 수동으로 판별하지 않고, 자동화 기계 시스템으로 천, 지, 양 등급을 판별할 수 있을 것을 기대한다.

#### 2.2.1 내부 투과율

홍삼 내부를 관찰하기 위해 홍삼 투과율이 높은 적외선 빛의 파장대역을 확인하는 실험을 진행하였다. 그림 1의 암실 환경 이미지 측정 장치 내부에서 LED 조명 제어 보드는 일정한 빛의 세기로 고정하였고, 4가지의 빛의 파장대역(620, 713, 820, 950nm)에서 홍삼 투과량 변화를 측정하였다.

그림 3은 4가지 파장대역의 홍삼 투과율을 보여준다. 이를 통해 같은 빛의 세기일 때 파장대역이 클수록 홍삼 투과율이 높고 내부가 잘 관찰되는 것을 확인할 수가 있었다.

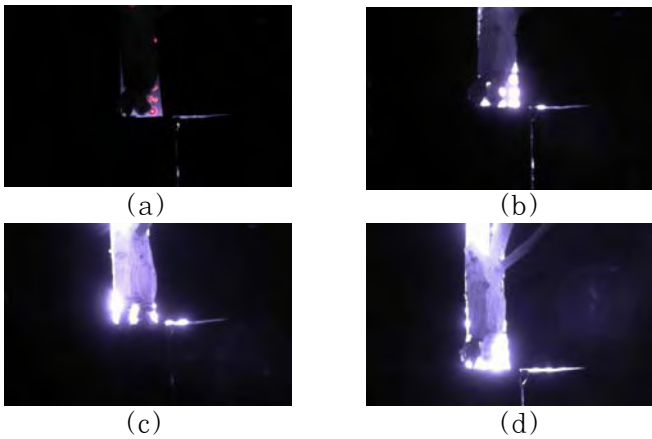


Fig 3. 파장 대역 변환에 따른 객체의 밝기 변화  
(a) 620nm (b) 713 nm (c) 820nm (d) 950nm

### 2.2.2 내부 판단(내공, 내백, 정상 유무 판별)

홍삼 등급을 판별하기 위해 내부를 상세히 관찰하여 내부 조직의 치밀도와 색깔, 모양을 파악하고 내공, 내백, 정상 여부를 먼저 판단한 후, 내공이나 내백이 있을 시에는 홍삼 내부의 내공, 내백 직경 길이를 구하는 것이 순서이다. 따라서 내공, 내백, 정상의 유무를 정확히 판별할 수 있어야 한다.

앞의 투과율 실험 결과 홍삼 내부 투과율이 가장 좋은 950nm 파장 대역 적외선 LED의 환경에서 샘플 홍삼을 촬영하여 내공, 내백, 정상 투과 실험을 진행하였다.

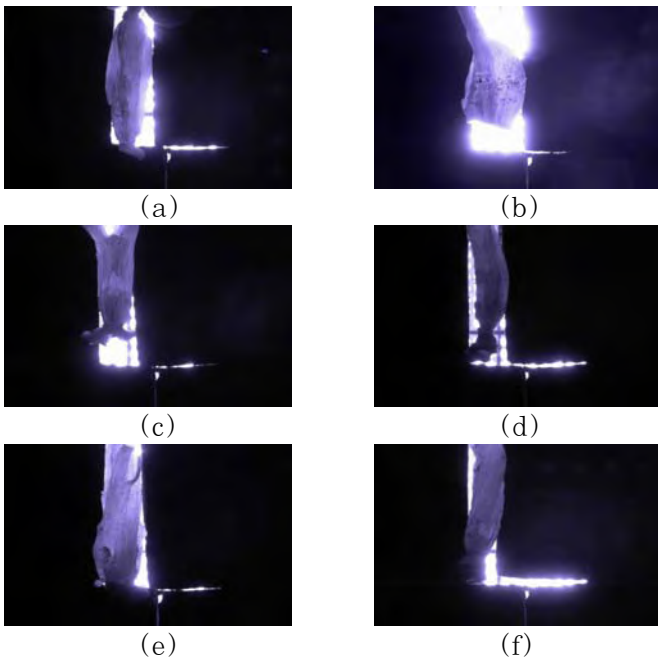


Fig 4. 각 증상에 대한 홍삼 이미지  
(a)내공(小) (b)내공(大) (c)내백(小) (d)내백(大)  
(e) 정상 (f) 정상

그림 4는 950nm 파장대역에서 홍삼 내부를 관찰한 이미지이다. (a)~(f)까지 살펴보면 내공, 내백, 정상의 유무는 확연히 구분이 가능 한 것을 보여준다.

### 2.2.3 라돈 변환(Radon-Transform)

라돈 변환은 x와 y로 구성된 2차원 좌표계의 영상을 선적분하여 (x,y)로 표현되는 라돈 공간에 누적시킨 다음, 라돈 공간에서 지역 극값을 검출하는 방법이다.

라돈 변환은 CT(Computed Tomography)단층 영상 복원의 원리가 된다. 단층 영상 복원이란 X선 촬영을 하여 가로로 자른 횡단면상을 획득하는 과정이다. 즉, 물체를 자르지 않고 내부를 상세히 관찰할 수 있는 것이다. 객체의 내부를 영상화하기 위해 물체를 0°~360°까지 회전하며 X선 사진을 찍는다. 이렇게 여러 각도로 X선 사진을 찍어 얻은 그래프에서 X선이 흡수된 양을 XY평면에 도시화한 것을 사이노그램(Sinogram)이라 한다. 사이노그램 이미지를 다시 역 라돈 변환(Inverse Radon transform)하면 블러링(blurring)된 객체의 원본 이미지를 복원하여 내부영상을 획득할 수 있게 된다. 이 실험 과정으로 획득한 내부영상을 Back-Projection이라 한다.[4]

이 원리를 이용하여 홍삼을 절단하지 않고 0.9°간격으로 360°까지 회전시키며 400장의 X선 이미지를 촬영하여 XY 좌표에 홍삼 내부 이미지를 생성한 후 복원하여 내공, 내백의 직경을 측정하는 것이 실험 목표이다.

먼저, 회전 액츄레이터에 홍삼을 부착하여 1 step당 0.9°간격으로 360°까지 총 400 step을 이동하여 400개의 이미지를 획득하게 된다. 획득한 홍삼 이미지들을 순서대로 라돈 변환(Radon transform)하여 사이노그램(Sinogram) 이미지로 재구성한다. 그 결과를 다시 역 라돈 변환하여 단층 영상 복원(Back-Projection)하게 되면 홍삼 내부 단면 영상을 획득하게 된다. 복원된 단면 영상을 통해 홍삼 내공, 내백의 직경을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

홍삼 내부를 세밀히 관찰하기 위하여 암실 환경에서 적외선 조명으로 홍삼을 투과시켰다. 그 결과 950nm의 파장대역으로 투과 시 홍삼 내부가 잘 관찰되는 것을 확인할 수 있었으며, 홍삼 내부의 상태를 보고 내공인지 내백인지 정상인지 판별할 수 있었다. 실험 결과를 토대로 내공, 내백, 정상의 차이점에 대하여 판별 기준을 구축할 수 있었다. 내공의 판단은 홍삼 전체 영상에서 빛샘 효과가 나타남을 알 수 있으며, 내백은 전체적으로 빛의 투과율이 낮으므로 내백이 있는 영역에서 전반적으로 빛의 투과율이 낮음을 알 수 있었다. 정상 홍삼의 경우에는 빛의 투과가 고르게 분포되므로 쉽게 판단할 수 있는 근거가 된다.

홍삼 내부 조직의 치밀도와 내공, 내백의 직경을 객체를 절단하지 않고 영상 분석으로 측정하기 위해 CT 촬영 기술 원리인 단층 영상 복원 기술을 도입하여 내부 단층 이

미지를 획득하였다. 복원된 단층 이미지를 분석하여 결과 그래프를 산출하였으며 내공, 내백의 직경을 파악할 수 있었다.

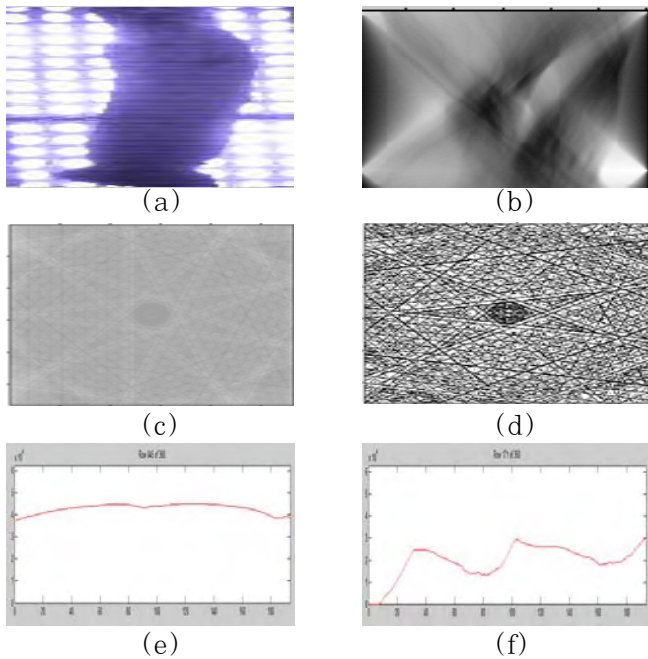


Fig 5. 라돈 변환(Radon Transform)

(a) 원본 이미지 (b) 사이노그램(Sinogram)  
(c,d) 복원(Back Projection) (e,f) 결과 그래프

그림 5는 샘플 홍삼을 단층 영상 복원한 결과 이미지를 나타낸다. 원본 이미지 (a)의 0°~360°까지의 X선 흡수량을 라돈 변환(Radon Transform)하여 XY 평면에 재구성한 사이노그램(sinogram)이 (b)에 나타나 있다. (b)의 역 라돈 변환 결과 복원(Back-Projection)된 이미지는 (c)와 (d)에 나타나 있다. (c)는 필터링이 되지 않은 복원(Back-Projection) 결과를 나타내며 (d)는 필터링 된 복원(Back-Projection) 결과 이미지를 나타낸다. (c)의 결과 이미지의 내부 분석 데이터를 (e)와 (f)의 결과 그래프를 통하여 각각 x선이 45°와 172°일 경우의 내부 길이를 나타내었고, 0°~360°그래프를 총합하여 산출하면 객체 내부 두께와 내부(내공, 내백)의 직경을 측정할 수 있을 것이다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 홍삼등급 판정기준 중 사람이 수작업으로 진행하기 힘든 홍삼 내부(내공, 내백) 직경 정보를 영상 분석으로 측정하기 위해 내부 촬영에 최적화된 적외선 빛의 파장대역을 설정하였다. 설정된 파장대역(950nm)으로 이미지 촬영 후, 단층 영상 복원 알고리즘을 적용하여 내부 직경을 파악하여 그래프로 산출하였으며 내공, 내백의 직경을 측정할 수 있었다. 이 실험을 통해 기존의 홍삼 판별은 다양한 직경과 내공, 내백 등이 복잡하게 결합되어

시료의 상태에 따라 등급을 판별하는 어려움이 있던 것을 단층 영상 복원을 이용하여 내부(내공, 내백) 직경 자동 측정 시스템을 구현 할 수 있었다.

향후 그림4의 결과 그래프를 토대로 홍삼 내부의 내공, 내백 직경을 정확하게 집계하고 홍삼 등급을 정확히 판별할 수 있는 있는 공식을 산출할 계획이다. 또한 더 다양한 홍삼에 대한 등급 판별 기준을 추가하고 몸체와 세근을 좀 더 세밀하게 분류하여 정밀도를 높이고, 내부 이물질이나 흠집을 자세하게 파악할 수 있도록 개선한다면 신뢰성 있는 자동 판별 시스템으로 사용이 가능할 것이며 생산성 증대효과를 가져올 수 있을 것이라 판단된다.

#### Acknowledgements

이 논문은 2014년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2014H1C1A1066998).

이 논문은 KGC 인삼공사 인삼연구원의 지원을 받아 수행된 연구임.

#### 참고문헌

- [1] Cheon Seok Kim, Sae Bong Kim, "Distinction of Internal Tissue of Red Ginseng Using Magnetic Resonance Image", The Korean Society of Ginseng, Vol.32, No.4, pp.332-336, 2008
- [2] Sin Kim, Young Hoon N, Jie Tae Lee and Won Hui Cho, "Control Of Streaming Process for the Production of High Quality Red Ginseng", Korean Chem.Eng.Res, Vol.52, No.5, pp.587-591, 2014
- [3] Cheol Soo Kim, "Quantification of Sensory Color Quality of Red Ginseng", Collection of Dissertations , Vol.42, No.-, pp.173~178, 1996
- [4] Dong Geun Kim, Chi Jeong Hwang, "Out-Boundary Rectangle Detection in Comic Images Using the Gradient Radon Transform", Journal of Korea Multimedia Society, Vol.14, No.4, pp.538~545, 2011