

홍삼 내공검출을 위한 X-선 영상처리기술 (Ⅱ)

— 내공검출결과 —

X-ray Image Processing for the Korea Red Ginseng Inner Hole Detection (Ⅱ)

— Results of inner hole detection —

손재룡	최규홍	이강진	최동수	김기영
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
J. R. Son	K. H. Choi	K. J. Lee	D. S. Choi	G. Y. Kim

ABSTRACT

Red ginsengs are inspected manually by examining those in the dark room with back light illumination. Manual inspection is often influenced by physical condition of inspectors. Sometimes, the best grade, heaven, has some inner holes though it was inspected by a specialist. In order to resolve this problem, this study was performed to develop image processing algorithm to detect the inner holes in the x-ray image of ginseng.

Because of little gray value difference between background and ginseng in the image, simple thresholding method was not appropriate.

Modified watershed algorithm was used to differentiate the inner holes from background and normal ginseng body. Inner hole edge region detected by watershed algorithm consists of many number of blobs including normal portions. With line profile analysis with scanning one line at a time beginning the starting point, it showed two peaks both ends representing extracting each blobs. In which setting threshold value as of lower peak value enabled us to obtain inner hole image. Once this procedure has to be done till the finishing point it is completing inner hole detection for one blob. Thus, conducting all blobs by this procedure is completing inner detection of one whole ginseng.

Detection results of the inner holes for various size of red ginsengs were good even though there was small detection variation, 6.2%, according to position of x-ray tube.

Keywords : Red ginseng, Quality evaluation, X-ray, Inner hole, Inner white core.

1. 서 론

인삼의 소비형태는 수삼, 백삼(원형 삼과 가공

제품), 홍삼(원형 삼과 가공제품) 등으로 나눌 수 있다. 농림부에 따르면 최근 5개년간 원료 삼의 소비는 수삼 50%, 백삼과 홍삼이 각각 35%와

This article was submitted for publication in september 2002, reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in February 2003.

The corresponding author is J. R. Son, Researcher, Div of Fundamental Engineering and Technology, National Agricultural Mechanization Research Institute, 249 Seodun-dong, Kwonsun-ku, Suwon City, 441-100, Korea. e-mail : son1892@rda.go.kr

15% 수준이었고, 수삼은 전량 국내에서 소비되지
만 홍삼은 약 80%를 수출함으로써 외화획득에도
도움이 되는 고소득 작목으로 자리잡았다. 특히
고려인삼의 약리작용, 효능 등은 전세계에서 생산
되는 다양한 인삼 중에서 최고의 품질로 평가받고
있으며 우리나라 고유한 브랜드로서 자리 매김 되
고 있다.

홍삼은 6년 근 수삼을 증숙 또는 팽숙하거나 기
타의 방법으로 전분을 호화(湖化)시켜 건조한 후
제품화한 것이다. 또한 홍삼은 등급에 따라 가격
차이가 크고 등급별 판매를 하고 있어 고품질의
홍삼 등급관정을 위한 자동화시스템 연구는 필수
적이라고 볼 수 있다.

홍삼의 품질판정 자동화를 위한 대표적인 연구
로서 우선 외관품질관정을 들 수 있는데 현재 인
력에 의해 관행적으로 선별되고 있는 홍삼의 1차
등급판정과정을 영상처리에 의해 형상, 주근 및
지근의 치수, 지근의 개수 등을 판정하는 연구가
수행되었으며(Kim 등, '97, '98), Jang 등(2000)은
부가적으로 표면 거칠기 등도 포함된 외형특성을
정량화 하는 연구를 수행하였다.

내공이나 내백 등 내부결함이 발생하는 근본 이
유는 아직까지 명확하게 밝혀지지 않고 있으나 기
계적인 측면에서 보면 수삼에서 홍삼으로 제조되
는 과정에서 증삼기의 온도에 영향을 미치기도 하
고 또한 재배과정에서 토양의 비옥도나 기후, 영양
부족 등 여러 가지 요인에 기인한다고 볼 수 있다.

이와 같은 내부품질은 홍삼의 등급판정에 가장
큰 영향을 미치고 힘든 작업으로서 현재까지 내부
품질판정을 위한 자동화시스템은 전무한 실정이다.
그러나 최근 NMR, MRI, x-선 등 전자파의 기
술이 매우 발전되어 이들을 이용하여 내부품질을
검출하는 보다 진보된 연구가 수행되고 있다. 자
기공명영상을 이용하여 내공수삼 및 정상수삼의
내부를 촬영하여 T_1 , T_2 의 값을 측정하여 내부조
직의 이상유무를 추정하였다(Kim, 2001). 또한
Kim 등(2001)은 MRI에 의해 수삼의 내부품질 뿐
만 아니라 연근 판정 가능성을 검토하는 등 많은
연구가 수행되었다.

이 연구에서는 고품질의 홍삼선별 자동화시스템
을 개발하기 위한 것으로서 x-선 영상을 이용하여
내공판정 알고리즘을 개발하고 다양한 조건에서 내
공검출 가능성에 대한 검토를 실시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료 및 실험장치

이 연구에 사용된 홍삼은 6년 근을 대상으로 하
였으며 고려인삼창에서 전문가에 의해 엄선된 천,
지, 양삼을 구입하였다. 천삼은 내공 및 내백이 포
함되지 않은 것이고, 지삼은 내공 및 내백의 포함
이 미미한 것이며, 양삼은 내공, 내백 등이 다수
포함된 것이다.

실험장치는 기존의 연구(Son 등(2002))에서 수행
한 것과 동일한 장치를 사용하여 홍삼의 내공검출
에 이용하였다.

나. 내공검출알고리즘

물체와 배경을 분리하는 일반적인 방법은 분리
하고자 하는 경계에서의 뚜렷한 gray 값 차이가
발생 되도록 전처리 영상을 만들어 줌으로서 적정
문턱 값에 의해 원하는 물체를 검출하는 것이다.
그러나 두 물체의 경계가 불분명한 경우에 있어서
는 이와 같은 고전적인 방법으로는 에지를 검출할
수 없게 된다. 특히 홍삼의 내부를 투시하여 내공
을 검출하고자 할 때는 이와 같은 문제에 직면하
게 된다.

X-선으로 조직 밀도가 단단한 홍삼을 투시하면
내공이 있는 주변은 정상조직 부위보다 밝은 색으
로 나타나지만 이 값은 정상부위의 값과 큰 차이
를 나타내지 않기 때문에 단순한 문턱값 처리로
내공을 검출한다는 것은 불가능한 일이다. 따라서
이 연구에서는 영상내의 물체간 에지를 향상시키
는 방법으로서 분기점 에지 검출(Watershed edge
detection) 알고리즘(권준식, 2000)을 적용하여 내공
을 검출하고자 시도하였다. Watershed 알고리즘은
물체가 서로 맞닿아 있거나 서로 다른 물체간 또
는 한 물체와 그 배경 사이에 약간의 명암단계가
있는 곳에 생성된 분기점 에지의 경계선을 검출하
는 기술이다. 다시 말해서 두 물체가 매우 가까우
면서 명암 값들의 차이는 크지 않은 경우에 그 물
체들을 분리하는 방법으로서 여기에서의 두 물체
는 홍삼의 정상부분과 내공부분을 가리킨다.

그림 1은 Watershed 알고리즘에 의한 에지를 검
출하는 방법을 나타낸 것이다. (a)는 입력영상에

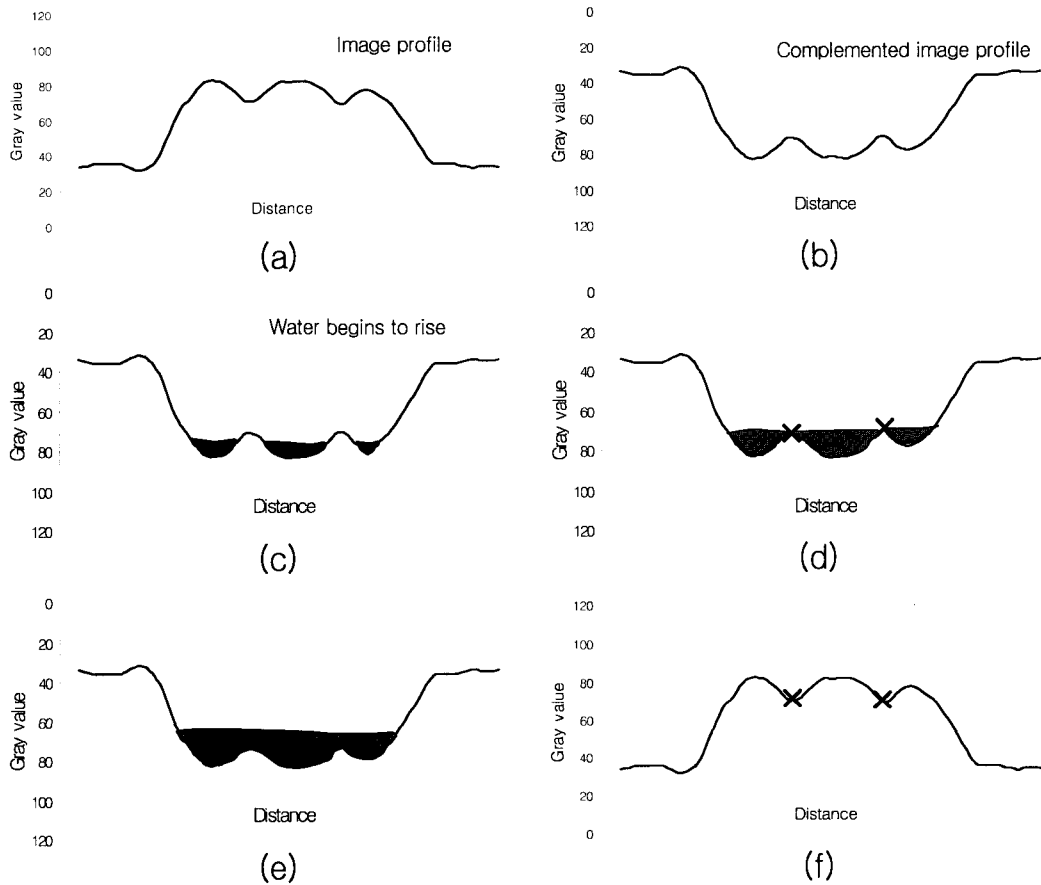


Fig. 1 Principle of watershed algorithm.

대한 강도를 나타낸 것이고 (b)는 이것의 역 영상을 구한 결과이다. 이런 경우 밝은 물체는 영상 내에서 화소 구덩이를 형성하게 되는데 가령 이 영상에 물을 퍼붓는다고 생각하면 (c)와 같이 화소 구덩이에 물이 채워질 것이다. 수위가 높아지면서 인접한 물체들은 각각 독립적으로 물이 고이게 되고 (d)와 같이 두 물웅덩이를 분리하는 경계 지점에서 새로운 표식을 시작하게 된다. (e)와 같이 수위를 더 높이면 더 이상의 경계지점은 나타나지 않게 되고 (f)와 같이 원 영상에서의 경계화소가 표시된다.

이와 같이 검출된 내공의 에지 영상은 blob의 형태로 여러 개 나누어 검출되고, 특히 내공뿐만 아니라 주위의 정상부분까지도 일부 포함되기 때문에 이를 보정하기 위한 방법으로 line profile에

의한 골짜기를 검출하였다. 검출된 에지 영상의 각 blob에 대해서 한 라인씩 스캔하면서 각 라인의 골짜기를 찾아 피크 점에서의 gray 값보다 10이 적은 값을 문턱 값으로 하여 내공을 판정하였다.

다. 내공판정정도

홍삼의 굵기에 따라 내공판정에 미치는 영향을 조사하기 위하여 그림 2와 같이 주근의 몸통부분과 지근의 다리부분을 절단하여 각 시료를 x-선관의 중심에 위치시켜 내공검출 시험을 실시하였고, x-선관에 놓인 위치에 따른 내공판정정도를 조사하기 위해서는 동일 시료에 대해서 중심부분과 가장자리부분에 위치시켜 각각의 위치에서 검출된 내공의 면적(내공의 총 화소 수)을 비교하여 그 차

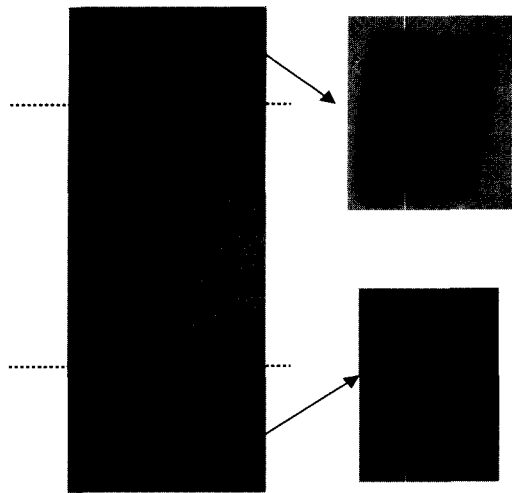


Fig. 2 Sample images of body and root region.

이를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 육안 선별된 홍삼의 내부품질 단면영상

홍삼은 크게 천, 지, 양삼으로 선별되어 판매되는데 지금까지의 선별은 모두 전문가에 의한 육안 선별로 행해지고 있다. 이 중 천삼은 최상의 등급이고 양삼은 가장 낮은 등급이다. 그림 3은 제품 판매를 위해 등급 선별된 홍삼의 단면영상을 나타낸 것으로서 (a)의 천삼은 내공이나 내백이 포함

되지 않아야 하지만, 육안선별에 따른 오차로 인하여 약간의 내공이 존재하고 있음을 알 수 있으며 (b)의 지삼에서도 내공이 일부 존재하고 있다. (c)는 내공과 내백이 포함된 양삼의 단면영상을 나타낸 것이다.

나. 내공검출을 위한 영상분할

(1) 단순 문턱 값 처리에 의한 내공검출

그림 4는 단순 문턱 값 처리에 의해 내공검출 결과를 나타낸 것이다. (a)는 내공이 포함된 홍삼으로써 원 영상에서 빈 영상을 뺀 감산영상을 만들고 여기에 상수 4를 곱하여 내공과 정상부분의 대조도를 크게 한다.

또한 한 라인씩 스캔해가면서 각 라인의 최대 값에서 250을 나누어 떨어지는 실수 값을 그 라인의 영상에 모두 곱하여 새로운 영상을 얻는 위치별 부분 보정된 감산영상이다. (b)는 이 영상의 히스토그램 분포를 나타낸 것으로서 내공을 검출하기 위한 뚜렷한 문턱 값이 나타나지 않았으며, (c)는 문턱 값 186 이상에서 내공을 검출한 결과를 나타낸 것으로서 검정 색으로 표시된 부분이 홍삼의 정상부분이고 밝은 색상으로 표시된 부분은 내공 영역이다. 홍삼과 배경이 접한 경계에서 정상부분이 내공으로 잘못 검출되고 또한, 내공 주위의 정상부분에서도 두 영역의 밝기 값 차이가 크지 않기 때문에 정상부분이지만 내공으로 잘못 검출되는 경우가 발생하여 내공만 검출하기 위해서는 적합하지 않았다.

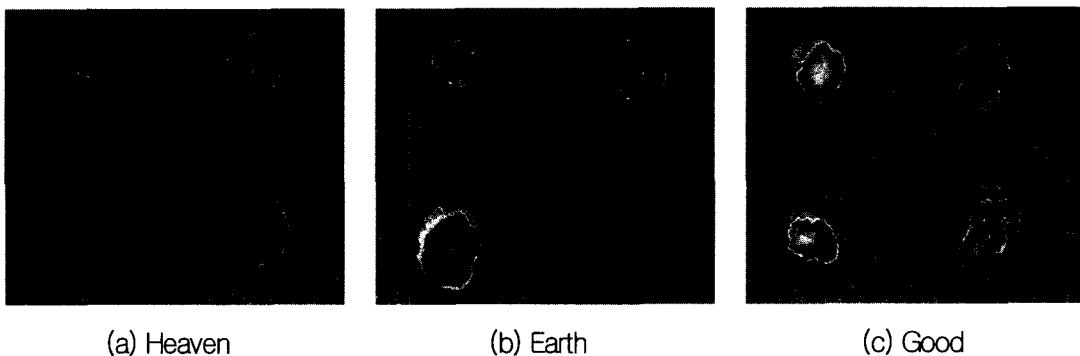


Fig. 3 Cross-section images of Korea Red Ginseng inspected by specialist.

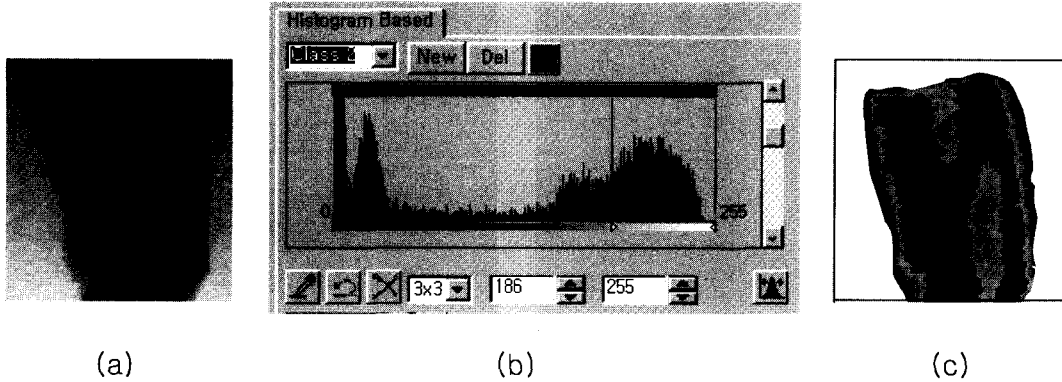


Fig. 4 Inner hole detection by simple threshold value.

(2) Watershed 알고리즘에 의한 내공 윤곽추출
 두 물체의 밝기 값 편차가 크지 않아 검출하고자 하는 물체의 적정한 문턱 값을 찾기 어려운 경우에 유용한 알고리즘으로는 watershed 알고리즘이 있다. 그림 5의 (a)는 내공과 정상부분의 밝기 값 차이가 뚜렷하게 구분되지 않는 홍삼의 x-선 영상을 나타낸 것이고 (b)는 이 영상의 내공부분 경계를 찾기 위해서 watershed 알고리즘을 적용한 결과를 Matlab(ver. 6.0)을 이용하여 3차원으로 나타낸 것이다. 내공 경계부분에서 산으로 표시되고 그 외 밝기 값의 크기에 따라 계곡 및 골짜기 등으로 표시된다. (c)는 내공의 에지 검출 결과를 나타낸 것으로서 배경과 홍삼이 인접한 경계에서는 정상

부분과 내공의 분리가 뚜렷이 구분되었으나, 내공 부분에서는 내공뿐만 아니라 정상부분도 일부 포함되고 있음을 알 수 있다.

(3) Line profile에 의한 내공검출
 분할하고자 하는 두 영상 영역의 낮은 명암 단계에 있는 분기점을 찾아 에지를 검출할 때 경계 주위의 배경도 일부 포함되기 때문에 불가피하게 이에 대한 보정이 필요하게 된다. 그림 6에서는 보다 정확하게 내공을 검출하는 알고리즘을 나타낸 것이다. 원 영상 (a)에서 watershed 알고리즘으로 검출된 내공의 에지 검출은 (b)와 같이 여러 개의 blob으로 검출되며 이 때 내공으로 판정된

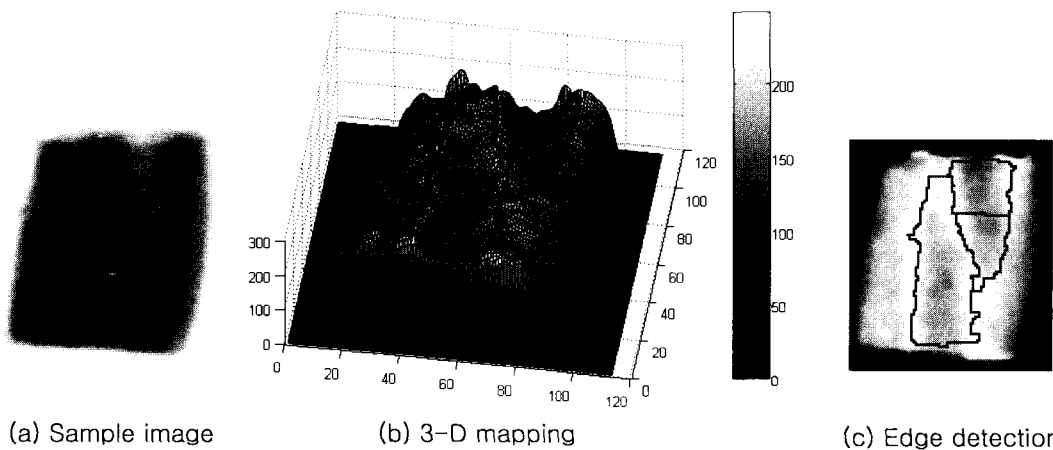


Fig. 5 Inner hole edge detection by watershed algorithm.

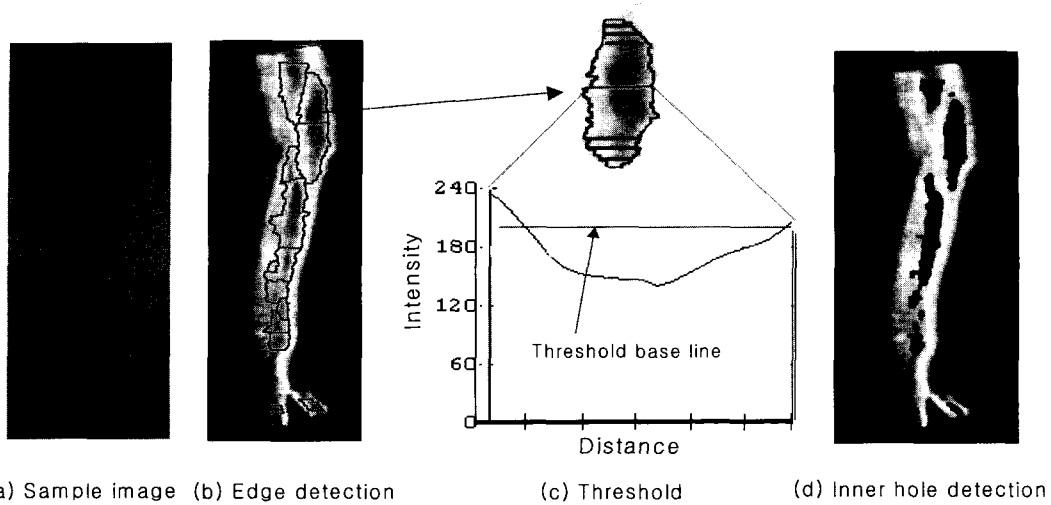


Fig. 6 Results of inner hole detection.

blob 들은 주위의 배경도 일부 포함하고 있기 때문에 이를 제거해야만 한다. 따라서 (c)와 같이 내공으로 검출된 각 blob 들을 추출하여 재차 문턱값을 설정함으로써 보다 정확한 내공의 영역만을 검출할 수 있으며, 이 알고리즘으로는 각 blob에 대해서 한 라인씩 스캔해 가면서 line profile 분석을 실시하면 내공 주위의 영상은 밝은 값으로 나타나 피크를 형성하고 내공은 어두운 값으로써 골을 형성하게 된다. 이때 양쪽의 피크 중 낮은 쪽 피크를 기준으로 문턱 값을 설정한다. 이와 같은 과정을 각 blob 내의 시작점과 끝 지점까지 모든 라인에 대해서 수행하면 (d)와 같이 보다 개선된 내공이 검출된다.

다. X-선관에 놓인 위치 및 굵기에 따른 내공판정 정도

X-선관에 조사되는 x-ray 양은 중심에서 가장 많고 가장자리로 갈수록 줄어들기 때문에 홍삼의 굵기나 놓인 위치에 따라 내공판정에 영향을 미칠 수 있다. 그림 7은 동일한 조사강도와 위치에서 굵기가 다른 홍삼을 대상으로 내공판정에 미치는 영향을 분석한 결과 모두 양호하게 검출되었고, 동일한 굵기의 홍삼에 대해서 x-선관의 중심과 가장자리에 위치시켰을 때에는 위치에 따라서 내공

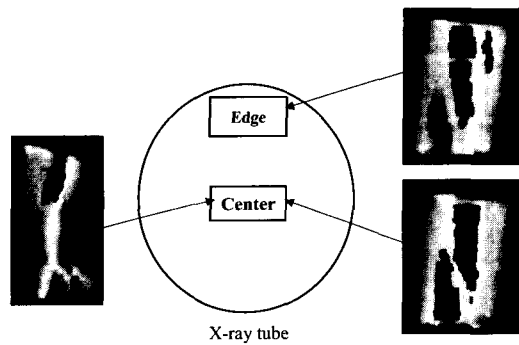


Fig. 7 Results of inner hole detection by position of x-ray tube.

검출 면적이 조금 차이가 났으나 그 양은 크지 않았다. 즉 놓인 위치에 따른 내공검출 정도의 실험 데이터는 표 1과 같이 중심 위치와 가장자리 위치에 대해서 전체 면적에 대한 내공이 차지하는 면적을 백분율로 산출하여 비교하였다. 총 5개의 시료에 대해서 내공이 포함된 홍삼을 대상으로 하였으며, 동일한 시료에 있어서 중심에 놓인 홍삼의 내공이 차지하는 비율과 가장자리에 놓인 홍삼의 내공이 차지하는 비율을 뺀 값을 내공검출오차라고 하였다. 이때 최대오차는 6.2%이었으나 전체적으로 3% 이하로써 오차정도는 별로 크지 않은 것으로 나타났다.

Table 1 Results of inner hole detection by position of x-ray tube

Sample No.	Center position			Edge position			Detection errors(%)
	Total (pixels)	Inner hole (pixels)	Inner hole ratio	Total (pixels)	Inner hole (pixels)	Inner hole ratio	
1	5999	177	2.9%	5481	43	0.9%	1.0
2	3463	384	11.1%	3169	354	11.2%	0.1
3	8083	2177	26.9%	7092	1691	23.8%	3.1
4	5019	1361	27.1%	4500	1118	24.8%	2.3
5	5944	968	16.3%	5340	541	10.1%	6.2

4. 요약 및 결론

홍삼의 품위검사 중 내부품질을 기준으로 등급을 결정하는 것은 인삼산업법시행규칙에 준하여 실시하고 있다. 천삼의 경우는 내부조직이 치밀하고 견고하되 머리 밑 부분의 내공 직경이 0.5mm 이하이고 길이가 10mm 이하인 것을 기준으로 하고 있고, 지삼의 경우는 천삼과 동일하나 내공의 직경이 2.0mm 이하이고 내백은 몸통 길이의 1/4 이하이어야 한다. 그리고 양삼은 내백이 몸통길이의 1/3 이하이거나 내공이 몸통길이의 1/2 이하인 것을 기준으로 하고 있다. 그러나 현재 검사되어 판매되고 있는 홍삼은 암실에서 back light 투시에 의한 육안검사로 행하여지고 있어 이와 같은 기준의 객관성을 유지하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 홍삼의 내부품질인자 중 내공검출을 위한 x-선 투과영상처리 알고리즘을 개발하였으며 주요연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 숙련된 전문가에 의해 내부품질의 등급 판정된 홍삼에 대해서 뇌두 바로 아래를 절단하여 실제 등급기준과 비교한 결과 천삼에 있어서 내공의 직경이 기준치를 초과하는 것으로 나타났다.

2) 내공과 정상부분의 밝기 값 차이를 크게 하여 대조도를 높이고 x-선관의 놓인 위치에 따라 가장자리로 갈수록 상대적으로 작아지는 밝기 값을 올려주는 전처리영상에 의해 단순 문턱 값 처리로 내공을 검출한 결과 내공뿐만 아니라 배경과 인접한 경계 주변에서 내공으로 같이 검출되었고,

내공의 일부는 정상부분의 밝기 값과 비슷하여 내공만 검출하는 적정 문턱 값을 찾을 수 없었다.

3) 두 물체의 밝기 값 편차가 크지 않아 적정 문턱 값을 찾기 어려운 경우에 사용되는 watershed 알고리즘으로 내공검출시험 결과 내공이 존재하는 주변에서 에지가 검출되었으나 내공뿐만 아니라 주변의 정상부분까지도 일부 포함되어 검출되었다.

4) Watershed에 의해 검출된 에지 영상은 blob 형태로 나타나기 때문에 각 blob에 대해서 한 라인씩 스캔해 가면서 각 라인에 대한 line profile 분석을 실시하면 양쪽에 두 개의 피크가 나타나고 이 중 낮은 쪽의 피크를 기준으로 문턱 값을 설정하면 한 라인에 대한 내공의 영상이 만들어지게 된다. 이것을 blob의 끝나는 지점까지 계속 수행하면 한 개체에 대해서 내공이 검출된다.

5) X-선관에 홍삼의 놓인 위치와 굵기에 따른 내공판정정도를 조사하기 위하여 동일 시료를 대상으로 중심부분과 가장자리부분에 위치시켜 내공 판정에 미치는 영향을 분석하였고, 또한 굵기가 다른 주근과 지근을 대상으로 중심부분에 위치시켜 내공판정정도를 조사하였다. 굵기에 따른 내공 판정정도는 양호하였고 놓인 위치에 따라서는 중심부분에 놓인 홍삼의 내공검출율에 대한 가장자리부분에 놓인 홍삼의 내공검출율 차이는 최대 6.2% 정도였으나 전체적으로 3% 이하로 나타나 위치에 따른 내공검출 오차는 큰 차이를 보이지 않았다.

참 고 문 헌

1. Kim, C. S. and J. Y. Lee. 1997. Computer Vision System for Automatic Grading of Ginseng. Proceedings of the KSAM 1997 Winter Conference 2(1):401-408.
2. Kim, C. S., J. H. Lee, S. J. Park and M. H. Kim. 1998. Automatic Grading Algorithm for White Ginseng. Proceedings of the KSAM 1998 Winter Conference 3(1):450-457.
3. Jang, Y. H., D. I. Jang, S. H. Bang and Y. I. Lim. 2000. Development of an Algorithm of Image Processing for the Shape Sorting System of Red-Ginseng. Proceedings of the KSAM 2000 Winter Conference 5(1):430-435.
4. Kim, C. S., S. J. Lee and S. M. Kim. 2001. Relaxation Time Constant(T_1 , T_2^*) Calculation of Fresh Ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer) using Magnetic Resonance Imaging. Proceedings of the KSAM 2001 Winter Conference 6(1):371-378.
5. Kim, S. M., J. K. Lim and C. S. Kim. 2001. Feasibility of Resonance Imaging for Quality and Age Identification of Fresh Ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Proceedings of the KSAM 2001 Winter Conference 6(1):379-386.
6. Son, J. R., K. H. Choi, K. J. Lee, D. S. Choi and G. Y. Kim. 2002. X-ray Image Processing for the Korea Red Ginseng Inner Hole Detection (I). J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 27(4):341-348.
7. 권준식. 2000. 디지털 영상처리 이론 및 응용. 에드텍. pp. 152-156.