

홍삼 내공검출을 위한 X-선 영상처리기술 (I)

— 내공검출에 적합한 전처리기법 —

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

— Preprocessing technique for 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

Quality evaluation of red ginsengs is determined by outer shape and inner qualities. Especially, the inner qualities are main grading criteria. Currently, red ginsengs are classified into 3-grades; heaven, earth and good. The best heaven grade must not include inner holes and sponge tissues.

This study was conducted to develop a red ginseng sorting system using x-ray image processing technique. Because of lens characteristic, gray values of the central region in the x-ray image are higher and gradually decreased towards the edge regions. This difference of gray values gives trouble in segmentation and detection of inner holes in red ginseng image, so preprocessing technique is necessary. The preprocessing was done by subtracting source image from an empty background image. But, simple subtraction was not quite appropriate because of too small contrast between inner holes and sound part.

Scaled subtraction images were obtained by multiplying all gray values by some numbers. However this method could not help to set threshold value because the gray values of root part are generally lower than body part when red ginseng is exposed to the x-ray. To determine threshold value for detecting inner holes, an algorithm was developed by increasing overall gray values of less clear images.

Keywords : Quality Evaluation, X-ray, Inner Hole, Inner Sponge Tissue.

1. 서 론

국내 인삼산업은 지난 100여년 동안 홍삼의 제조·판매를 국가가 독점하는 전매제도로 운영되어 왔으나 '96년 7월 전매제가 폐지됨에 따라 개인이나 조합에서도 홍삼과 가공유통이 가능하게 되어

부가가치 증대를 위한 고품질의 홍삼 생산은 필수적이다. 이와 관련하여 농림부(Jang 등, 2001)와 영주시의 보고(Lee, 2001)에 따르면 농가단위에서 용이하게 홍삼을 제조할 수 있는 증삼기 및 건조기가 개발되었고, 또한 홍삼 제조전 수삼을 세척하기 위한 자동세척기 개발 연구가 수행(Song 등,

This article was submitted for publication in april 2002; reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in april 2002. The authors are S. K. Son, K. H. Choi, K. J. Lee, D. S. Choi, G. Y. Kim, Researcher, National Agricultural Mechanization Research Institute. The corresponding author is J. R. Son, Researcher, National Agricultural Mechanization Research Institute, Suwon, Korea, 441-100. E-mail: <son1892@rda.go.kr>.

2001)되는 등 홍삼제조와 관련된 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다.

최근 인삼제품의 수출실적은 전반적으로 수출물량과 수출액이 감소하는 추세에 있으며, 특히 백삼 관련 제품의 수출은 급격히 감소하였지만 홍삼의 수출비중이 점차 증가하여 전체의 50% 이상을 차지하고 있다.

홍삼은 품질등급에 따라 크게 천, 지, 양삼으로 구분하여 판매하고 있다. 이중 천삼은 내부조직이 치밀하고 내공의 직경이 0.5 mm 이하, 길이가 10 mm 이하의 조건을 충족해야 하며 양삼에 비해 3 배 이상의 고가로 거래되고 있다. 현재까지 내공 및 내백검출은 압실에서 백열구나 할로겐 램프 등의 back light 투시에 의한 육안검사로 행하여지고 있으며, 이것은 검사자의 주관과 피로도 등에 따라 판정기준이 변할 수 있으며, 특히 주근의 동체 부분은 빛의 투시가 어렵기 때문에 작업자가 표피의 일부를 깎아서 검사해야 하는 번거로움이 있으며, 특히 장시간 검사하면 눈의 피로가 증가하게 된다.

홍삼의 내부품질을 비파괴적으로 판정하기 위하여 Lee 등(2001)은 NMR spectrometer를 이용하여 T₁ 및 T₂의 값을 추정하여 홍삼 등급판정 가능성을 확인하였고, Lim 등(2002)은 MRI에서 획득된 홍삼의 단면영상을 이용하여 내부품질판정을 시도하였다. 농산물 내부품질판정의 또 다른 기법으로써 x-ray 영상을 이용하는 방법이 Schatzki(1997)에 의해 사과와 내부결합을 검출하기 위하여 수행되었다.

따라서 본 연구에서는 고품질의 홍삼 선별 자동화장치를 개발하기 위한 연구의 일환으로 x-선 영상을 이용하여 내공판정에 적합한 전처리영상을 만드는 데 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

시중에 판매되는 홍삼은 일정 크기의 상자안에 압착되어 있기 때문에 원래의 형상을 갖추지 못하므로 충남 부여에 위치한 고려인삼장에서 내부품질 검사 전문가의 협조를 얻어 압착되기 전의 천, 지, 양삼으로 등급 판별된 홍삼시료를 구입하였다. 홍삼의 내부 품질판정은 비파괴로 이루어져야 하므로 x-선 투과 영상에서 나타나는 내부상태와 실

제 홍삼의 내부를 비교하기 위하여 쳐두를 절단하여 내부단면을 확인하였다.

나. 실험장치

이 연구에 사용된 x-선 투과영상처리시스템(TVX-1000, Techvalley Co.)은 x-선 발생장치에서 x-ray가 조사되면 형광판 위에 놓인 홍삼을 투과하게 되고, 이때 투과량이 많으면 형광물질에 많이 반응하므로 밝은 색으로 나타나게 된다. 형광판에 반응된 x-선 영상은 투과량의 크기에 따라 0~255의 gray 값을 갖게 되고 렌즈를 통하여 CCD소자에 촬상되어 영상이 생성된다.

사용된 공시기의 사양은 x-선관 source가 최대 150 kV/50 mA로써 전압 및 전류의 조정은 볼륨식으로 사용자가 임의로 미세하게 조절할 수 있다. Focal spot size는 0.3 mm이고 Image field size 300 mm, Limiting resolution 4.0 Lp/mm의 것을 사용하였다. 또한 영상처리를 위하여 Image board(Meteor 2/standard, Matrox 사)와 컴퓨터(Pentium II) 등을 이용하였다.

다. 영상처리 알고리즘

(1) 영상처리프로그램

영상처리프로그램은 windows 98 환경에서 Visual C++6.0과 영상처리보드와 함께 제공되는 라이브러리(MIL 6.0)를 이용하였고, 여기에서 제공되지 않는 함수는 직접 만들었다. 화면구성은 영상 입력을 위한 버퍼와 처리된 결과를 저장하고 시각적으로 나타내기 위한 버퍼로 구성하였으며, 그 외 영상처리를 위해 임시버퍼를 만들었다.

(2) 내공검출을 위한 전처리기법

X-선관에서 발생되어 조사되는 x-ray의 밝기 값을 x-선관의 위치와 조사강도별로 농담분포 특성을 조사하고, x-선관에 놓인 홍삼 위치에 따른 밝기 값의 편차를 동일한 조사강도에서 얻은 "[빈 영상 - 원 영상]"을 뺀 감산영상(Frame Subtraction)을 만들어 2치화 하는데 용이하도록 하였으며, 또한 동일 시료에 대해서 x-선 투과량을 크게 하면 대상체에 x-선이 많이 투과되어 영상의 밝기가 증가하기 때문에 gray 값이 높게 나타나게 된다. 이와 같이 x-선 투과량의 크기를 변화시키는 것은 x-선 발생장치의 전압과 전류를 조절함으로써 투

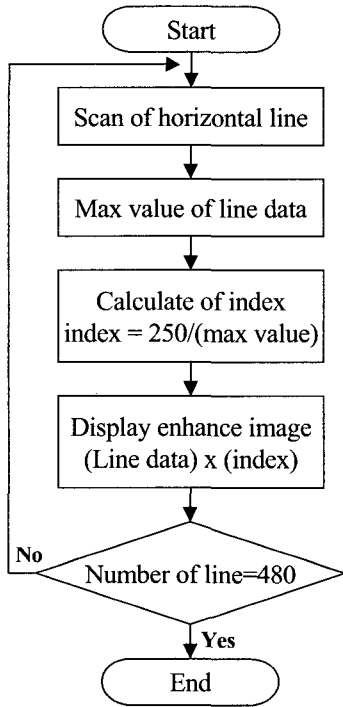


Fig. 1 Flowchart of partly correction image.

과량의 크기가 바뀌게 된다. 여기서는 조사강도의 크기에 따라 홍삼의 내공 검출에 미치는 영향을 분석하기 위하여 34 kV/(2.2 5mA, 3.45 mA, 4.15 mA), 36 kV/(2.25 mA, 3.45 mA, 4.15 mA), 39 kV/(2.2 mA, 3.45 mA, 4.15 mA)으로써 각 전압에 대하여 전류를 3수준으로 하는 총 9수준으로 측정하였다.

단순히 “[빈 영상-원 영상]을 빼 감산영상은 내공이 존재하는 부분과 없는 부분의 gray 값 차이가 뚜렷하게 구분이 안되기 때문에 일정한 상수 값을 곱하여 줌으로써 내공과 정상부분의 gray 값 편차를 더욱 크게 하기 위함이고, 또한 영상의 최대 화소 값은 255의 값을 가지는데 곱해서 나타나는 영상의 최대 값이 255를 넘지 않도록 하기 위하여 상수 4를 선택하였다. 따라서 내공과 정상부분의 구분을 쉽게 하는 전처리 영상을 “[빈 영상-원 영상] × 4”로 하는 scaled 감산영상을 새로이 만들었다.

그러나 CCD 카메라에 입력되는 홍삼은 x-선관의 중심뿐만 아니라 가장자리까지 놓이게 되므로 중심에 위치한 홍삼에 비해 가장자리에 있을 때 동일한 부위에 대해서 gray 값이 낮게 나타나기

때문에 그림 1과 같이 이를 보정할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 그림에서와 같이 한 라인씩 스캔해 가면서 각 라인에서의 최대가 되는 gray 값을 찾아 그 값을 250으로 나누어 생성되는 실수 값을 구한다. 한 라인에서 생성된 실수 값은 그 라인에 존재하는 모든 화소 값에 곱하여 줌으로써 새로운 영상이 생성되며 이 영상에서 밝기 값의 최대 값은 250을 넘지 못한다. 또한 이 연구에 사용된 영상버퍼는 640×480 pixel 이므로 이 같은 과정은 480 라인이 될 때까지 반복하여 수행하게 되고 480 이상이면 종료하게 된다.

3. 결과 및 고찰

가. X-선관의 조사 강도별 밝기 값의 농담 분포 특성

그림 2는 x-선관에서 조사되어 CCD 카메라에 입력된 x-선 영상이고, 그림 3은 x-선관의 중심을 가로지르는 선 위의 각 위치에 대한 화소 값의 농담분포를 나타낸 것이다. 모든 경우에 대해서 가장자리에 비해 중심으로 갈수록 화소 값이 높게 나타나는 경향이었고, 조사강도별 gray 값 분포 형태는 비슷한 경향으로 나타났으며 gray 값들의 차이만 발생하였다. 또한 동일한 전압에서 전류가 높을수록 화소 값은 높게 나타났으며, 전압/전류의 값이 일정 값(39 kV/3.45 mA, 4.15 mA) 이상이면 더 이상의 피크는 올라가지 않았다.

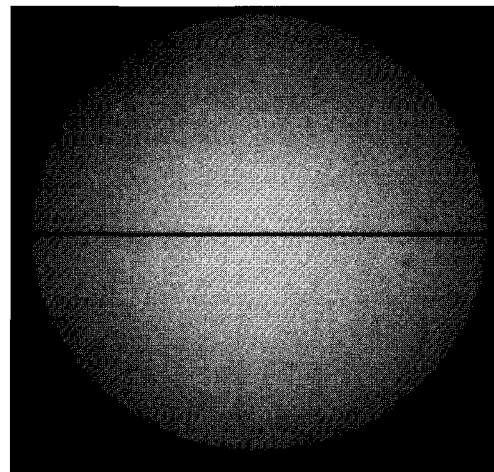


Fig. 2 Picture of empty image.

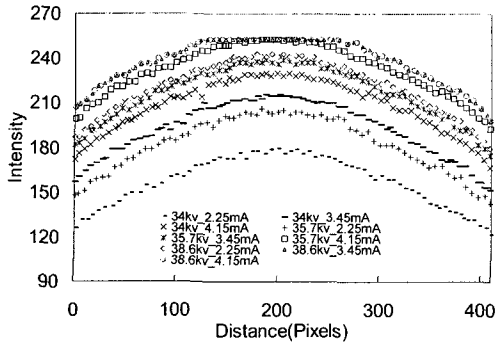


Fig. 3 Distribution of gray values in 9 conditions.

나. 내공검출에 적합한 전처리기법

(1) 2치화 영상

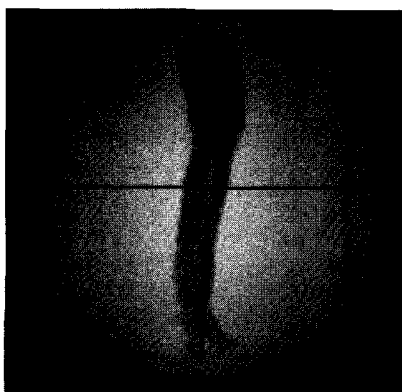
그림 4의 (a)는 카메라에 입력된 홍삼의 x-선 영상을 나타낸 것이고 (b)는 이 영상의 중심을 가로지르는 선 위의 모든 지점에서 밝기 값을 나타낸 것이다. (b)에서 ΔX 는 홍삼 내공이 위치한 부분이고 ΔY 는 가장자리 끝 부분의 밝기 값과 홍삼의 밝기 값 차이를 나타낸 것이다. 이와 같이 홍삼이 위치한 부분의 값 보다 가장자리 부분이 오히려 더 낮게 나타나기 때문에 홍삼에 대한 2치화가 불가능하였다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 동일한 조사강도에서 홍삼이 포함된 영상과 빈 영상을 얻어

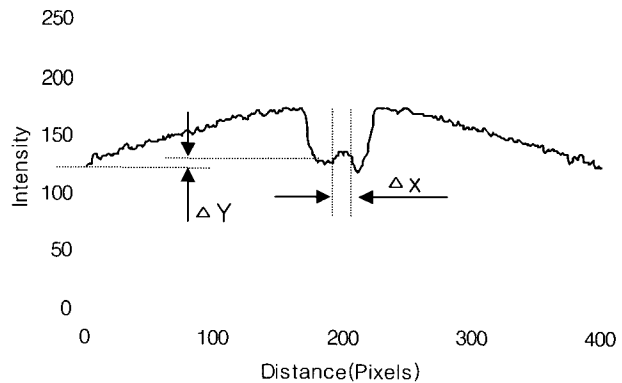
두 영상의 뺀 감산영상을 이용하였다. 그림 5의 (a)는 “[빈 영상 - 원 영상] × 4”를 이용한 scaled 감산영상이고 (b)는 중심을 가로지르는 선 위의 모든 부분에서의 밝기 값을 나타낸 것이다. 배경과 홍삼 부분의 값 차이가 뚜렷이 나타났으며 문턱 값 50 이상에서 (c)와 같은 2치화 영상을 얻을 수 있었다.

(2) 조사강도에 따른 영향

그림 6은 x-선 조사 강도별 감산영상처리 결과를 나타낸 것으로써 전압/전류의 값이 34 kV/(2.25 mA, 3.45 mA, 4.15 mA), 36 kV/(2.25 mA, 3.45 mA, 4.15 mA), 39 kV/(2.25 mA)에서는 영상의 손실 없이 감산영상처리가 가능하였으나, 39 kV/(3.45 mA, 4.15 mA) 등의 과도한 조사강도에서는 홍삼의 굵기가 작은 지근 일부분에서 배경과 동일한 “255”의 gray 값으로 나타나 영상의 일부가 손실되는 경우가 발생하였다. 또한, 이 경우에 있어서 손실되는 영상의 양을 분석하기 위하여 각 조건에서 2치화한 영상의 면적 비교를 통하여 손실량을 조사하였다. 조사강도가 34 kV/(2.25 mA, 3.45 mA, 4.15 mA), 36 kV/(2.25 mA, 3.45 mA, 4.15 mA), 39 kV/2.25 mA에서 2치화한 홍삼 면적의 평균한 값을 100%로 했을 때 39 kV/(3.45 mA, 4.15 mA)에서의 면적에 대한 상대비율을 분석한 결과 각각 11.2%와 14.2%의 면적이 감소하는 것으로 나타났다.



(a) Original image



(b) Line profile data

Fig. 4 Distribution of gray value in red ginseng.

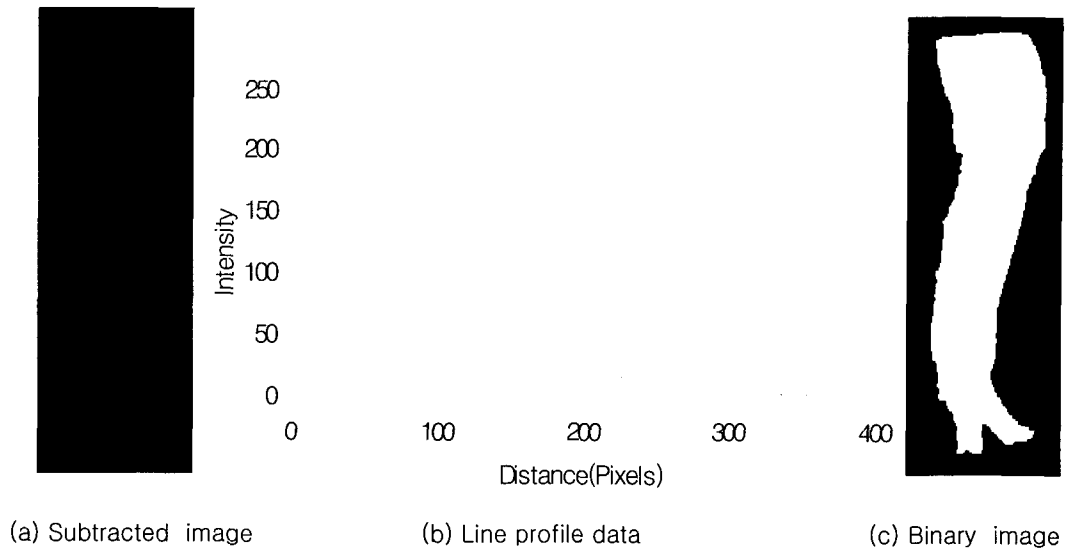


Fig. 5 Results of the binary image.

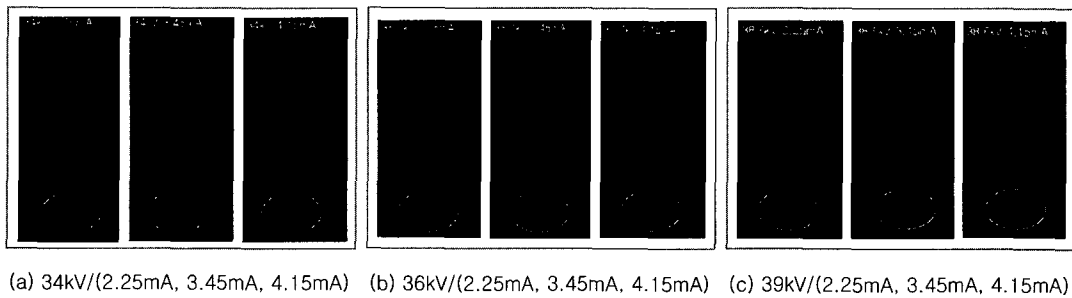


Fig. 6 Subtracted images by intensity of x-ray.

(3) 감산 영상별 gray값의 농담분포 특성

(가) 단순 감산영상

그림 7은 “[빈 영상 - 원 영상]을 뺀 후 모든 데이터에 “100”을 더하는 단순 감산영상에서 주근과 지근에 대한 line profile 분석 결과이다. 정상부분과 내공부분의 뚜렷한 밝기 차이가 나타나지 않았으며, 특히 지근에 있어서 정상부분의 밝기 값 피크가 주근의 내공부분에 위치한 값보다 오히려 더 낮게 나타나기 때문에 내공을 검출하는데 적합하지 않는 것으로 나타났다.

(나) Scaled 감산영상

내공부분의 영상과 정상부분의 밝기값 차이를 크게 하기 위하여 원 영상에서 빈 영상을 뺀 후

모든 영상평면의 화소에 대하여 4를 곱하는 multiple 감산영상을 만들어 홍삼의 주근과 지근에 대해서 line profile 분석을 실시하였다. 그림 8은 scaled 감산영상에 대해서 주근 및 지근에 대한 밝기값 분석결과를 나타낸 것이다. Line 위에 존재하는 각 지점에서의 밝기 값은 주근 및 지근 모두 내공부분과 정상부분의 밝기값 차이가 뚜렷이 나타났다으나, 지근 부분의 영상이 주근에 비해 전체적으로 희미하기 때문에 이 부분에서의 밝기값 피크는 주근 부분의 내공에 위치한 값 보다 오히려 더 낮게 나타나 내공판정에 어려움이 있기 때문에 전처리 영상에 대한 개선의 여지가 있었다.

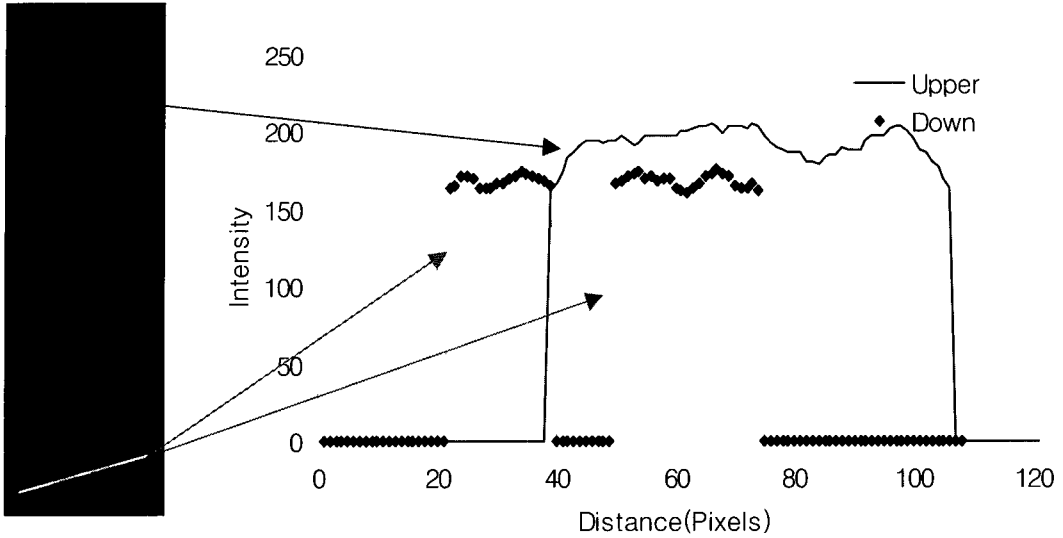


Fig. 7 Characteristic of gray value in simple subtraction image.

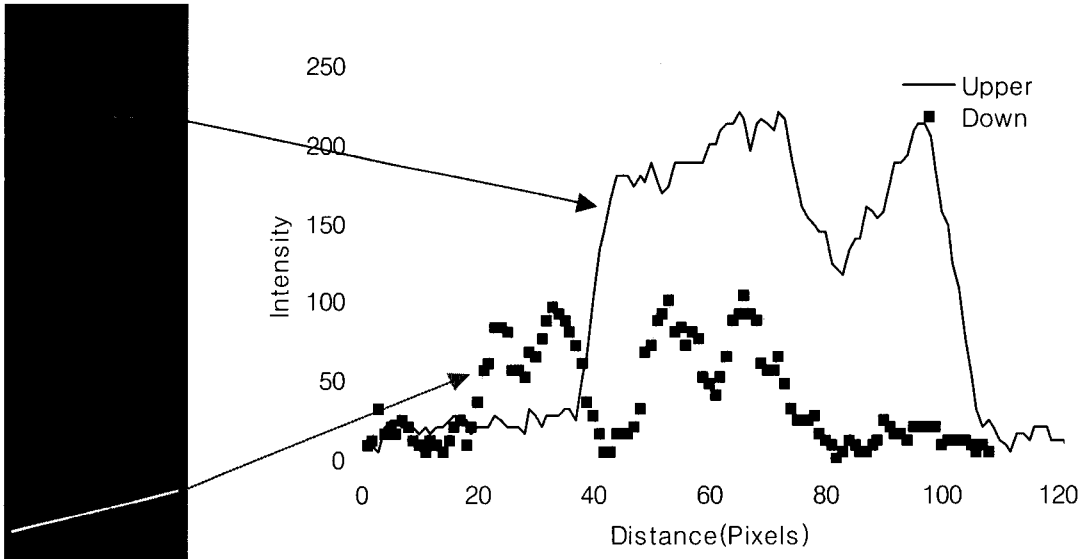


Fig. 8 Characteristic of gray value in scaled subtraction image.

(다) 홍삼 위치별 부분 보정된 감산영상

X-선관에서 조사되는 x-선 양은 가운데에서 가장자리로 갈수록 조사량이 감소하기 때문에 영상으로 생성 될 때 가장자리 부분에서 희미하게 나타나는 원인이 된다. 따라서 scaled 감산영상을 만들어도 가장자리의 밝기 값은 전체적으로 낮게 나

타나게 된다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 x-선관의 위치에 관계없이 가장자리 부분의 희미한 영상을 가운데 부분과 비슷한 수준으로 값을 올려주는 보정 알고리즘을 개발하였다.

그림 9는 홍삼 위치별 부분 보정된 알고리즘에

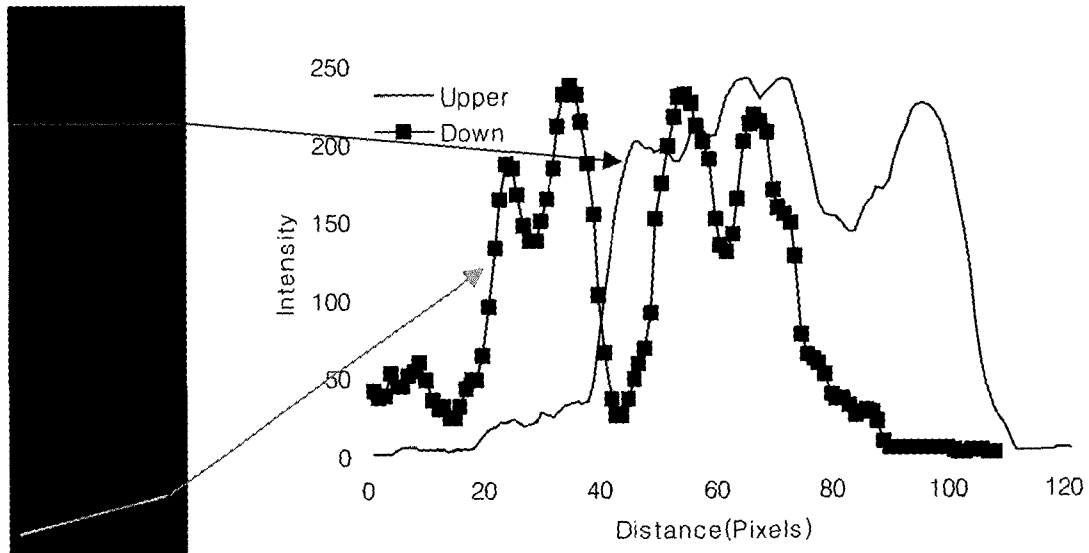


Fig. 9 Characteristic of gray value in partly corrected subtraction image.

의해 생성된 감산영상에 대해서 주근 및 지근에 대한 line profile 분석결과를 나타낸 것이다. 내공 부분과 정상부분의 밝기 값 차이는 크게 유지되고 지근의 희미한 영상을 주근과 전체적으로 비슷한 수준으로 만들어 줌으로써 내공을 판정을 위한 문턱값을 찾는 데 용이한 전처리 영상을 만들었다.

4. 요약 및 결론

홍삼의 가격을 결정하는 요인으로는 크게 외관과 내부품질이 있다. 이 중 외관은 인간의 형상을 닮은 것, 전체 길이에 대한 주근 및 지근의 길이비, 색택, 주름 등이 있고, 내부품질은 내공 및 내백 유무 등이 있다. 외관 판별의 경우는 영상처리 등을 이용하여 기계화가 가능한 부분이 있지만 내부품질은 비파괴적으로 해야하므로 내부 상태를 투시할 수 있는 적정 전자파 응용기술의 도입이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 고품질의 홍삼 선별 자동화장치를 개발하기 위한 연구의 일환으로써 내부품질판정 인자 중 내공을 검출하기 위하여 x-선 투과영상을 이용하여 내공판정에 적합한 전처리영상을 만드는 데 목적이 있다. 주요연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 홍삼 내공검출을 위한 x-선 투과영상처리시

스템은 x-선관 source가 최대 150 kV/50 mA, Focal spot size는 0.3 mm이고 Image field size 300 mm, Limiting resolution 4.0 Lp/mm 등으로 구성되었다.

2) X-선관에 조사되는 x-ray량은 중심에서 최대가 되며 가장자리로 갈수록 감소하게 되는데, 이것은 x-선관의 위치에 따라 밝기 값의 분포가 달라지게 되는 원인이 되었다.

3) X-선관의 위치에 따른 밝기값 차이로 인하여 CCD 카메라에 입력된 x-선 원시 영상으로는 2차화가 불가능하기 때문에 동일한 x-선 조사강도에서 입력된 빈 영상에서 원 영상을 뺀 감산영상을 만들어 줌으로써 2차화가 가능하였다.

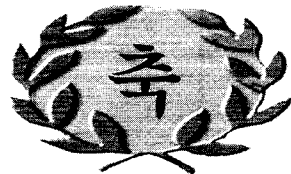
4) 총 9수준의 전압/전류비에 의해 감산영상처리 결과 39 kV(3.45 mA, 4.15 mA)에서는 x-선 조사량이 많기 때문에 주근에 비해 굵기가 상대적으로 작은 홍삼 지근 부분의 영상이 일부 손실되는 경우가 발생하였다.

5) 홍삼의 내공검출을 위해서는 정상부분과 내공부분의 밝기값 차이를 크게 하는 전처리 영상을 만들 필요가 있었다. Scaled 감산영상에서 내공판정에 적합한 뚜렷한 골짜기가 나타났으나, 주근에 있는 내공부분의 밝기값 보다 지근에 있는 정상부분의 밝기 값이 더 낮게 나타났기 때문에 이에 대한 보정 알고리즘으로써 내공과 정상부분의 밝기

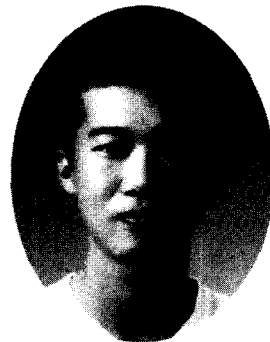
값 차이는 뚜렷이 차이나게 유지하면서 지근의 희미한 영상을 주근과 비슷한 수준으로 값을 끌어올리는 홍삼 위치별 부분 보정된 알고리즘을 개발하였다.

참 고 문 헌

1. Schatzki, T. F., R. P. Haff, R. Young, I. Can, L. C. Le and N. Toyofuku. 1997. Defect Detection in Apples by Means of X-ray Imaging. Transactions of the ASAE 40(5):1407-1415.
2. Lee, K. M. 2001. Development of a Steamer for Red Ginseng Processing. Youngju city Fnal Report.
3. Song, C. S., E. S. Na, B. D. Kim, N. S. Hwang, K. S. No, Y. S. Back and S. C. Kim. 2001. Development of Automatic Washing Machine in Manufacture Process of Red Ginseng. Ministry of Agriculture & Forestry Final Report.
4. Jang, D. I., K. S. Jang, H. Y. Kang, B. S. Jun and S. H. Bang. 2001. Development of a Process for Manufacturing the Best Quality Red Ginseng. Ministry of Agriculture & Forestry Final Report.
5. Lee, S. J., J. G. Lim, S. M. Kim and C. S. Kim. 2001. Nuclear Magnetic Resonance Characteristics of Korean Red Ginsengs. Proceeding of the KSAM 2001 Summer Conference 6(2):255-260.
6. Lim, J. G., C. S. Kim and S. M. Kim. 2002. Magnetic Resonance Imaging of Red Ginsengs. Proceeding of the KSAM 2002 Winter Conference 7(1):450-456.



학 위 취 득



성 명 : 방 승 훈
 생 년 월 일 : 1972년 8월 6일
 취 득 학 위 명 : 공 학 박 사
 학 위 수 여 대 학 : 충 남 대 학 교
 학 위 취 득 년 월 일 : 2002년 8월 23일
 학 위 논 문 : 홍삼 제조용 건조시스템 개발