

영상처리를 이용한 홍삼의 가지검출 알고리즘 개발

손재룡

농업공학연구소 수확후처리공학과

Development of Roots Counting Algorithm to Evaluate the External Appearance Quality of Red Ginseng by Image Processing

Jae-Ryong Son

National Institute of Agricultural Engineering

Abstract

Grading of red ginseng is determined by evaluating internal and external appearance quality. Both good internal quality and good external appearance of red ginseng is important criteria to get better grade. The factors of external appearance evaluation are color, diameter, length, length ratio of body over root and number of root. This study was conducted to develop an algorithm for determining number of root, that is one of the external appearance factors characterizing Korean red ginseng with using image processing. The image processing program was developed in order to determine number of roots from various input images of red ginseng. Counting number of root with skeleton processing algorithm can be influenced by the result of binary image and unevenness of shape of red ginseng. If the binary images have holes or surface of red ginseng is not smooth, it is hard to count number of root. To remove holes in the binary image we adopted a morphology operation in the specified area. An algorithm for detection of only main body of red ginseng was developed to eliminate extrusions of small roots in the image. Performance test results show that the image processing system could successfully count the number of Ginseng root with 5.3% and 4.3% of detection error for one-root and two-root Ginseng, respectively.

Key words: red ginseng, quality evaluation, root detection, image processing

서론

국내 인삼산업은 '96년 7월 전매제가 폐지됨에 따라 개인이나 조합에서도 홍삼과 가공유통이 가능하게 되어 고부가가치 창출을 위한 많은 노력이 이루어지고 있다. 이와 관련하여 농림부(장동일 등, 2001)와 영주시의 보고(이기명 등, 2001)에 따르면 농가 단위에서 용이하게 홍삼을 제조할 수 있는 증삼기 및 건조기를 개발하였고, 또한 홍삼 제조전 수삼을 세척하기 위한 자동세척기 개발 연구를 수행(송치

성 등, 2001)하는 등 홍삼제조와 관련된 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다.

홍삼의 등급판정은 외관과 내부품질을 동시에 판정하여 등급을 결정한다. 외관 판정요인은 선택, 굵기, 전체 길이 및 주근과 지근의 길이 비, 지근의 개수 등이고, 내부품질은 내부에 존재하는 내공이나, 내백 등의 유무와 크기에 따라 판정된다. 홍삼은 고가에 거래되고 있는 품목으로서 객관화된 품질판정은 매우 중요한 인자이지만 현재까지 기계화된 자동품질판정장치는 전무한 실정이다. 최근 NMR, MRI, x-선 등 전자파의 기술이 매우 발전되어 이들을 이용하여 내부품을 검출하는 보다 진보된 연구가 수행되고 있다. 자기공명영상을 이용하여 내공수삼 및 정상수삼의 내부를 촬영하여 T_1 , T_2 의 값을 측정하여 내부조직의 이상유무를 추정할 수 있

Corresponding author: Jae-Ryong Son, National Institute of Agricultural Engineering, Suwon 441-100, Suwon, Kyeonggi-do, Republic of Korea.
Phone: +82-31-290-1892, Fax: +82-31-290-1930
E-mail: son1892@rda.go.kr

는 연구를 수행하였으며(Kim *et al.*, 2001a), Kim *et al.*(2001)은 MRI에 의해 수삼의 내부품질 뿐만 아니라 연근 판정 가능성을 검토하였고, x-선 영상을 이용하여 내부품질판정을 위한 알고리즘 개발에 관한 연구를 수행한바 있다(Son *et al.*, 2002, 2003). 또한, 외관품질판정을 위한 연구로서는 현재 인력에 의해 관행적으로 선별되고 있는 홍삼의 1차 등급판정 과정을 기계화하기 위하여 영상처리를 이용하여 형상, 주근 및 지근의 치수, 지근의 개수 등을 판정하는 연구로서, Kim *et al.*(1997)은 분광특성과 영상처리를 이용한 외형의 정량화를 위하여 대표성을 갖는 4개의 홍삼을 사용하여 시험한 결과 정확하게 판정하였고, Kim *et al.*(1998)은 백삼 등급 자동판정 알고리즘을 개발하기 위하여 등급판정에 필요한 수학적 특징을 추출하고 인공신경망에 의한 등급판정결과 약 74%의 등급판정 성공률을 나타내었다. 또한, Chang *et al.*(2001)은 부가적으로 표면 거칠기 등도 포함된 외형특성을 정량화 하는 연구를 수행한바 있으나, 외형 판정정밀도는 약 75%의 결과가 나타났다고 보고하였다.

이 연구에서는 홍삼선별의 객관화와 자동화를 위한 영상처리시스템을 개발하기 위한 것으로서 외관 품질판정의 주된 인자의 하나인 가지검출기술을 개발하고 판정성능을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

이 연구에 사용된 홍삼시료는 총 94지 이었으며 형상이 워낙 다양하여 외형적으로 대표성을 띄는 몇 가지 그룹으로 나누기가 사실상 어려운 실정이다. Fig. 1은 이 연구에서 수행하고자 하는 가지검출기술 개발에 있어서 총 94개의 홍삼 중에서 문제가 발생될 소지가 많은 홍삼의 일부분을 나타낸 것

이다. 시료구입은 충남 부여에 소재하고 있는 고려인삼장과 경기도 포천시에 소재하고 있는 개성인삼 조합에서 각각 생산된 홍삼을 구입하였다. (a)와 (b)의 경우는 뇌두부분 혹은 몸통의 일부분에서 흰색 성분이 강하게 포함되어 있기 때문에 이치화 할 경우 이 부분에서 구멍이 발생될 우려가 있는 시료이고, (c)의 경우는 이치화가 완전하다 할지라도 다듬기 작업에서 잔가지가 잔재가 미약하나마 존재하는 홍삼의 시료로서 이 경우 세선화 하는데 영향을 미칠 수 있고, (d)의 경우는 가지는 하나이지만 홍삼의 특성상 불규칙한 형상으로 인해 세선화 할 때 두 갈래로 판정될 수 있는 시료이다. 또한 (e)와 (f)는 가지가 서로 붙어 있는 홍삼이고, (g)와 (h)는 외곽에 매우 거친 잔가지가 존재하는 시료로서 가지를 검출함에 있어서 오류를 범할 소지가 매우 높은 홍삼시료이다.

영상처리시스템

이 연구에서 사용된 영상처리시스템으로서 영상 획득은 시판되고 있는 디지털 카메라(DX3600, Kodak Co., Japan)를 사용하였고, 영상처리 프로그램은 MIL라이브러리(MIL 6.0, Matrox Co., Canada)와 Visual C++ 6.0(Microsoft Co., USA)을 이용하여 디지털 카메라로부터 입력된 다양한 홍삼 영상을 그림 파일로 불러들여 작성하였다. 사용된 컴퓨터는 Pentium 4(CPU: 3.0 GHz, RAM: 512 MB, IBM Co., USA)를 이용하였다.

가지검출 알고리즘

가지검출을 위하여 이 연구에서는 세선화를 이용하였고 이를 위해 세선화 영상의 분기점 및 시작점 끝점 등을 이용하였다. 수삼으로부터 홍삼을 제조할 때 잔가지를 절단하지 않은 원형삼 그대로 사용하기 때문에 홍삼으로 제조된 후에도 많은 잔가지

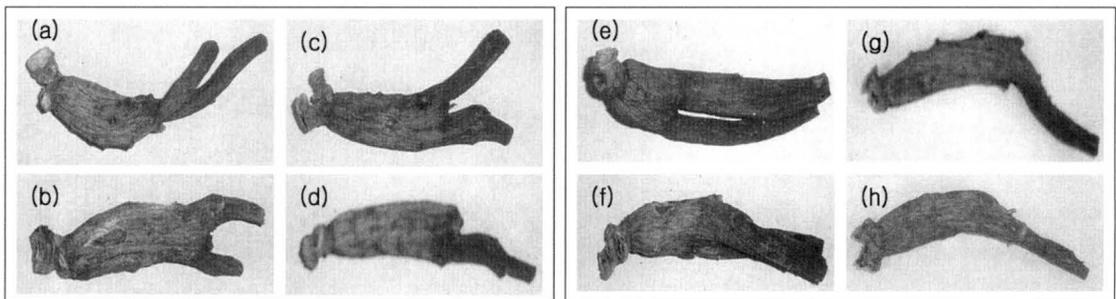


Fig. 1. Experimental samples.

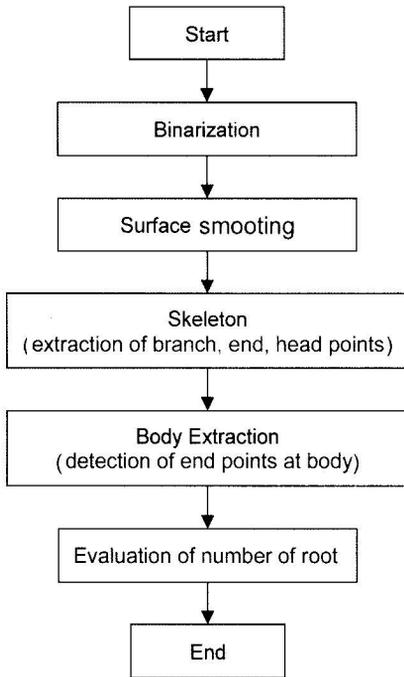


Fig. 2. Flowchart of root detection algorithm.

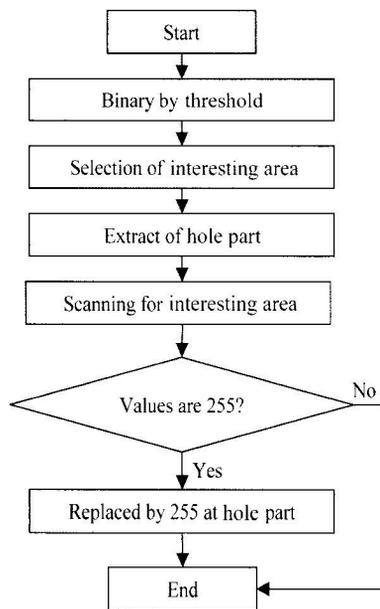
들이 남아있으며, 반드시 이들을 절단하는 작업이 뒤따른다. 따라서 표면이 매끄럽지 못한 홍삼이 나타나기 마련이고, 이런 경우 영상처리에 의한 가지

를 검출하고자 한다면 이치화가 완전하다 할지라도 가지 사이에 요철이 생성된 경우나, 매끄럽게 제거되지 못한 잔가지가 표면에 남아 있으면 이런 부분에서 세션화에 영향을 미치게 된다. Fig. 2는 영상처리에 의한 가지검출 알고리즘의 메인 프로그램을 도식화 한 것이다. 먼저 입력된 영상을 이치화 하고 세션화 향상을 위하여 거친 표면을 부드럽게 만들어주는 전처리작업을 수행하고 난 후 특징점들을 추출하기 위한 세션화 작업을 수행한다. 이때 시작점, 분기점(몸통과 가지가 만나는 지점) 및 끝점(가지의 끝) 등의 특징점들은 세션화 영상으로부터 영상처리 전용 라이브러리인 MIL 6.0의 Blob 처리 함수를 이용하였으며 이들 영상정보는 임시버퍼에 저장시켰다. 또한, 전처리가 아무리 완벽하다 하더라도 몸통부분의 돌출부가 발생할 수 있는데 몸통부분에 검출되는 불필요한 가지를 제거하기 위하여 몸통부분만 추출하여 그 영역 내에서 검출되는 끝점은 가지에서 제외함으로써 원하는 가지의 개수를 검출하고자 하였다.

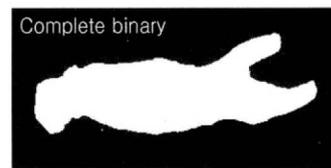
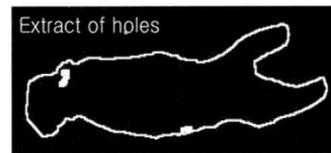
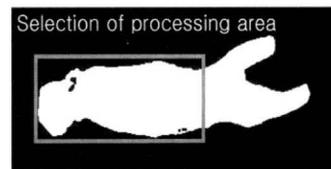
결과 및 고찰

세션화 향상을 위한 이치화 알고리즘

홍삼은 다듬기 작업시에 잔가지를 잘라내는 작업



(A)



(B)

Fig. 3. Flowchart of binarization algorithm for filling holes.

을 하는데 이때 Fig. 1의 (b)와 같이 잘려진 부위의 색상이 흰색에 가까운 성분을 갖게 되며, 이 경우 이치화를 수행하게 되면 이 부분에서 Fig. 3의 (B)에서와 같이 홍삼 내부에 구멍이 존재하게 된다. 따라서 이를 막아주는 알고리즘이 요구되는데 우선 자동문턱값 설정 알고리즘의 하나인 Otsu's 알고리즘에 의한 이치화를 수행하여 홍삼영역만 추출한 후(Fig. 3의 (B)의 맨 위) 다시 이를 반전시킴으로서 구멍을 추출하였다(Fig. 3의 (B)의 두 번째). 이때 처리영역은 홍삼 전체면적의 1/2로 설정하였다. 추출된 구멍의 그레이 값은 255이고 나머지 영역은 0의 값을 가진다. 마지막으로 홍삼 영역 내에서 한 라인씩 스캔 하면서 그 값이 255인지의 여부를 판단하여 255의 값을 가지면 그 부분에서 원래의 값인 0 대신에 255의 값을 대체함으로써 구멍을 막아주게 된다(Fig. 3의 (B)의 세 번째). 여기서 처리영역을 전체면적의 1/2로 한 것은 Fig. 1의 (e)와 같은 홍삼에 있어서 전체영역을 설정하면 실제 가지가 2개인 홍삼이지만 구멍으로 잘못 인식하는 것을 막기 위함이다.

Fig. 4는 원 영상으로부터 이치화에 따른 세선화 결과를 나타낸 것이다. (A)는 2치화 한 영상만으로 세선화 한 결과로서 잔가지를 제거할 때 표피의 일부가 벗겨져 이 부분의 값이 255를 가지게 되고 이로 인해 노이즈로 인식되어 실제로는 2개의 가지이

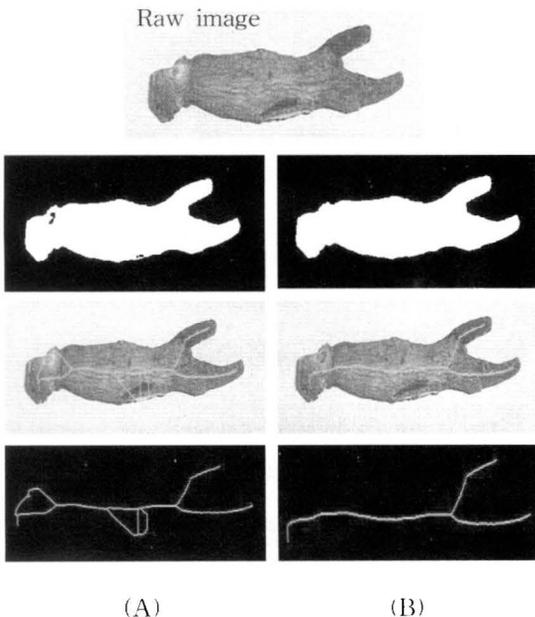


Fig. 4. Results of thinning image difference between binary images.

지만 불완전한 세선화로 인해 여러 개의 가지가 검출되는 결과를 초래하게 되었다. (B)는 2치화 후 뇌두와 몸통부분에 구멍을 막아주는 전처리 알고리즘을 적용한 후 세선화 결과를 나타낸 것으로서 불필요한 잔가지가 제거되는 등 원하는 2개의 가지가 완전하게 검출되었다.

거친 표면 완화 알고리즘

홍삼은 그 특성상 표면이 거친 경우가 많은데 이런 경우 이치화 후 세선화 할 때 불필요한 가지로 인식될 수 있다. 그림 5는 홍삼의 거친 표면을 부드럽게 만들어 주는 알고리즘을 나타낸 것이다. 우선 이치화된 영상을 이용하여 형태학적인 챔퍼(chamfer)(3,4) 거리변환을 이용하여 가장자리로부터 최대거리 값을 구한 다음 최대거리의 1/4.5 미만의 두께 영역을 세선화 하여 경계선 영상을 추출한다. 그리고 Labeling을 수행하여 경계선 영상과 그 안쪽 영상을 분리해 낸 후 경계선 영상을 제거하고 안쪽 영상을 추출함으로써 거친 표면이 완화된 영상을 획득하게 된다. 여기서 챔퍼 함수 안에 사용된 인자들과 경계선 추출을 위해 사용된 수치들은 홍삼 고유의 외형을 부드럽게 해줄 수 있도록 시행착오에 의해 최적화 된 수치이다.

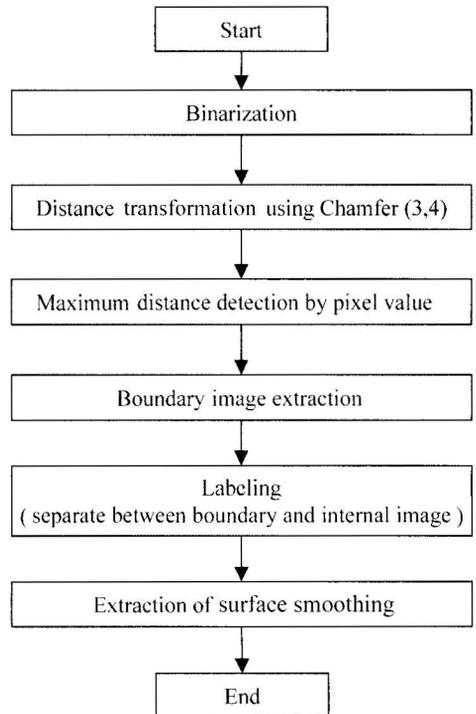


Fig. 5. Flowchart of surface smoothing algorithm.

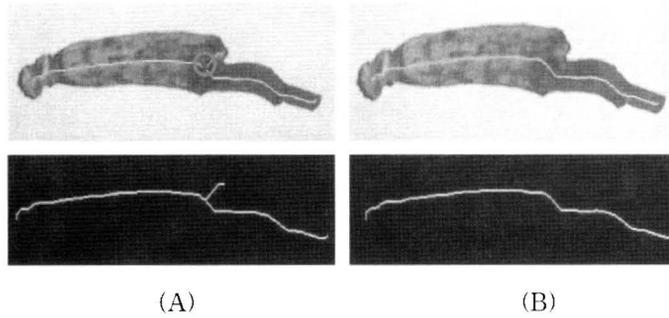


Fig. 6. Results of thinning image difference between surface smoothing or not.

Fig. 6의 (A)는 잔가지를 제거한 부위에서 세선화할 때 분기점이 발생되지만, Fig. 5와 같이 거친 표면 완화 알고리즘을 적용한 후 세선화를 수행하면, (B)와 같이 다듬기 작업후 발생하는 돌출부로 인한 불필요한 잔가지가 제거된 결과가 나타났다.

몸통내부의 끝점 제거 알고리즘

거친 표면을 부드럽게 만들어주더라도 경우에 따라서는 예외의 홍삼이 나타날 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다. 따라서 몸통부분에서 발생하는 끝점(세선화 후 추출되는 특징점들 중의 하나로써 가지의 끝점에 해당됨)을 제거하고자 하였으며

이를 위해서는 몸통부분만 찾는 알고리즘 개발과 이를 이용한 몸통내부에 존재하는 끝점을 제거하고자 하였다.

Fig. 7의 (A)는 완전하게 제거되지 않은 홍삼의 불필요한 잔가지를 제거하기 위하여 우선적으로 몸통을 찾는 알고리즘을 나타낸 것이고, (B)는 알고리즘 적용결과를 나타낸 것이다. 우선, 표면 거칠기가 완화된 영상이 입력되면 opening을 수행하는데, 이때 opening 내의 연산 반복수를 자동으로 설정해 주기 위하여 형태학적 거리변환으로부터 얻어진 영상 (B)으로부터 최대 값을 찾아 그 값의 1/2을 이용함으로써 몸통부위만을 획득할 수 있었다. 그러나 (B)

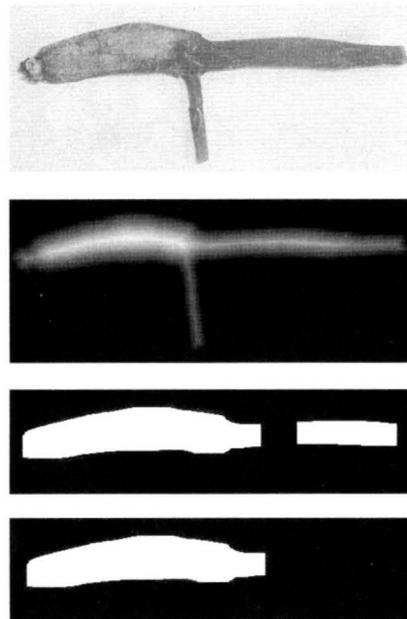
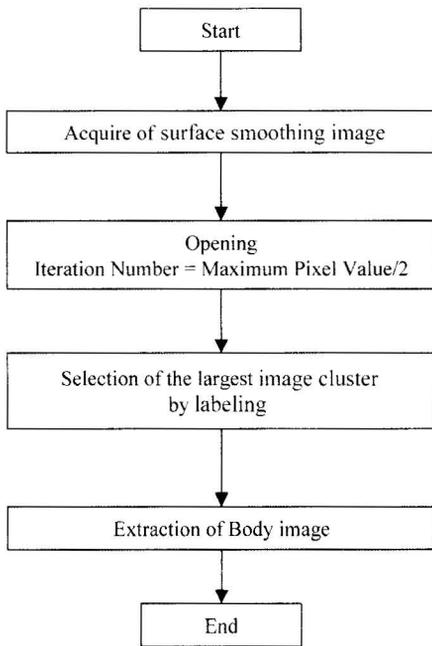


Fig. 7. Algorithm of body extraction.

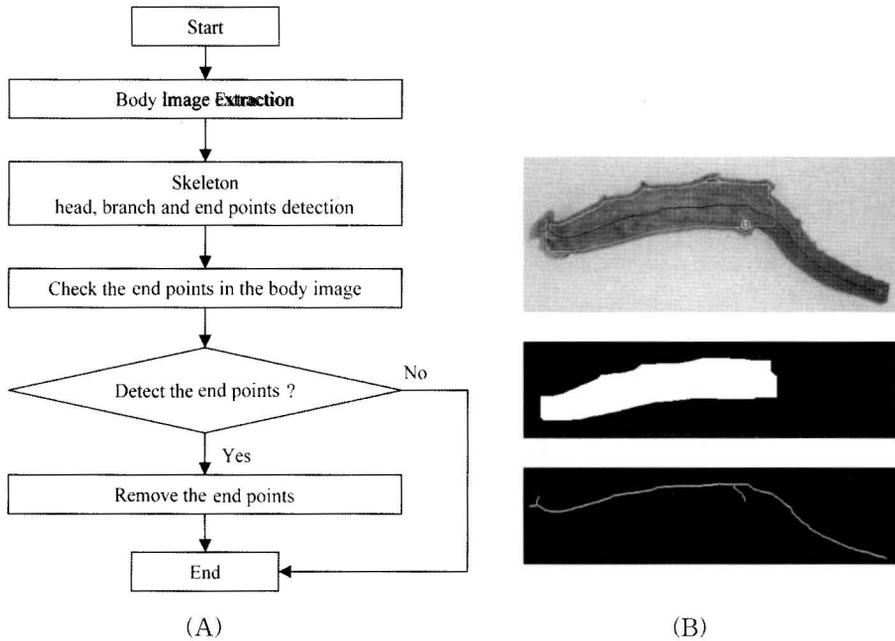


Fig. 8. Algorithm of end points detection in body image.

와 같이 지근의 형상이 불룩한 경우 몸통부분 이외에 지근의 일부분도 포함되어 나타나게 된다(B의 세 번째). 이것은 지근의 불룩한 부분에서의 챔퍼 변환 값이 커서 나타나는 현상으로 이를 제거하여야 한다. 따라서 Labeling을 수행함으로써 상대적으로 작은 덩어리인 지근 부위는 제거되고 원하는 몸통 부위만 검출할 수 있었다(B의 네 번째).

이와 같이 찾아진 몸통영상으로부터 완전하게 제거되지 못한 불필요한 잔가지를 제거하기 위한 알

고리즘은 Fig. 8의 (A)와 같으며, 이것은 몸통영상을 획득하고 끝점의 좌표가 포함된 세션화 영상을 획득하여 몸통 내부에 끝점이 존재하는지를 검사한다. 이때 끝점이 없으면 불필요한 잔가지는 존재하지 않는 것으로 판단하고, 끝점이 존재하면 불필요한 가지로 판단하여 가지를 계수하는데서 제외하도록 하였다. (B)는 몸통내부의 끝점제거 결과를 나타낸 것으로서 몸통 영상내부에 존재하는 끝점의 유무를 탐색함으로써 불필요한 잔가지를 제거할 수

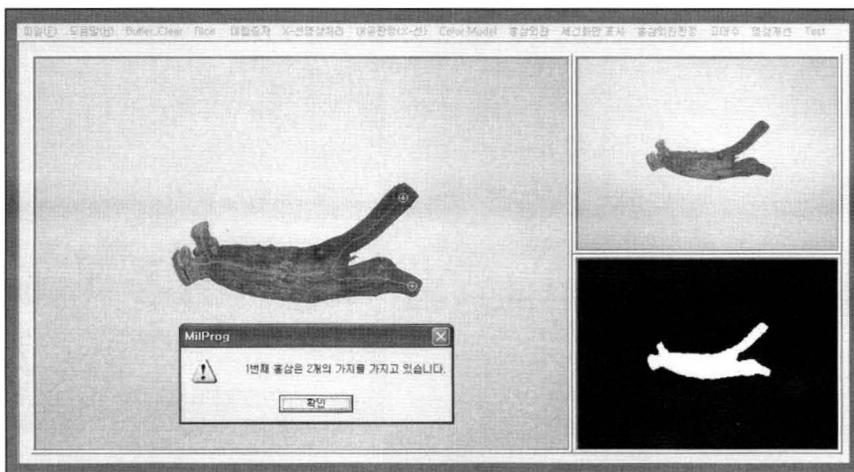


Fig. 9. Image processing program and display the result of roots detection.

있었다.

가지검출 결과

홍삼의 가지검출은 세션화에 따른 분기점과 끝점을 이용하였으며 이를 위해 이치화 개선 알고리즘, 거친표면 완화 알고리즘, 몸통추출 및 몸통내부의 끝점제거 알고리즘 등의 영상처리 알고리즘을 개발하여 가지검출을 시도하였다. Fig. 9는 가지검출을 위한 영상처리프로그램을 나타낸 것으로서 전처리 결과를 표시해주는 부분과 가지검출을 위한 세션화 결과가 원 영상위에 그려주도록 하였으며, 별도의 팝업 창을 만들어 최종적인 가지 개수가 표시되도록 하였다.

실험에 사용된 시료는 가지의 형상이 다양하게 형성된 총 94지의 홍삼을 이용하였으며 Table 1은 가지검출 결과를 나타낸 것이다. 실험은 실제 홍삼의 가지는 육안으로 관찰하여 개수를 측정하고 이를 영상처리 결과와 비교하였다. 실험결과 실제로는 하나의 가지를 가진 홍삼이지만 2개 이상의 가지가 존재한다고 잘못 판정한 경우는 총 94지 중 3지로 나타났으며 판정오차는 5.3%이었다. 이런 경우는 주로 가지의 끝부분에서 뾰족한 형상이 형성되어 있을 때 이 부분에서 분기점으로 검출되는 경우이었다. 또한 실제로는 2개 이상의 가지가 존재한 홍삼이 영상처리로는 한 개의 가지가 존재한다고 잘못 판정한 경우는 4지가 나타나 4.3%의 판정오차가 나타났다. 이 경우는 대부분 두 가지의 끝이 붙어 있는 경우와 가지와 가지 사이의 간격이 매우 좁아서 이치화 할 때 두 가지가 붙어서 하나의 가지로 잘못 인식되는 경우이며, 또한 두 가지가 붙어 있으면서 가지와 가지사이의 간격이 다소 넓어 이치화시 이부분의 영상은 구멍이 생성되어 가지로 인식할 수 있지만, 구멍의 위치가 너두로부터 전체길이의 1/2을 넘지 않는 위치에 있으면 구멍이 매워짐으로 인해 두 가지가 붙어 하나의 가지로 잘못 인식되는 결과를 초래하게 된다. 그러나 시험결과에서 보듯이 가지의 끝이 서로 붙어있는 홍

삼을 포함한 실제 가지가 2개 이상인 것이 하나로 잘못 판정한 경우는 우려할만한 수준이 아니므로 선별시스템의 기계시각으로서 활용 가능성이 높은 기술이라고 판단되었다.

요 약

홍삼의 등급은 내부품질 뿐만 아니라 외관품질에 따라서도 판정등급이 다르게 나타난다. 외관품질판정 요인으로는 여러 가지가 있지만, 이 연구에서는 영상처리에 의한 가지를 검출하는 알고리즘을 개발하기 위하여 수행되었다. 주요연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 다양한 홍삼을 카메라로부터 입력한 후 가지를 검출하기 위한 영상처리프로그램과 가지검출을 위한 알고리즘을 개발하였다.
- 2) 가지의 개수를 찾기 위한 방법으로 세션화 알고리즘을 개발하였으며, 이는 홍삼의 특성상 완전한 이치화가 안되는 경우가 발생되었다. 즉 이치화된 영상내부에 구멍이 잔재하는 경우가 발생하기도 함으로서 세션화에 의한 가지 검출시 불필요한 가지가 검출되어 이를 보정해주는 이치화 알고리즘을 개발하였다.
- 3) 이치화가 완전하다 할지라도 가지 사이에 요철이 있는 경우 이 부분에서 세션화에 영향을 미치게 되므로 이를 제거함으로써 향상된 세션화 결과를 나타내었다.
- 4) 또한 홍삼의 외관 특성상 잔가지의 제거가 완벽하지 못하여 표면이 매끄럽지 못함으로 인해 불필요한 가지가 검출되는 경우도 나타나 이를 위해서 몸통 부위만 추출하는 알고리즘을 개발하였고, 또한 몸통 내에서의 불필요한 잔가지를 검출하여 제거하는 알고리즘을 개발하였다.
- 5) 이와 같이 보정된 알고리즘을 이용하여 총 94지의 홍삼을 이용하여 가지검출성능을 조사한 결과 실제로는 하나의 가지를 갖는 홍삼이지만 2개 이상의 가지로 검출되는 경우는 5.3%이었고, 2개 이상의 가지를 갖는 홍삼이 1개의 가지로 판정된 경우는 4.3%로서 양호한 성능이 나타났다.

Table 1. Result of root detection between actual and measured root by image processing

Measurement number of roots		2 or more	1
Actual number of roots			
1	2 or more	3 (5.3%)*	-
2 or more	1	-	4 (4.3%)

(*) : Error

참고문헌

Chang, Y.H., D.I. Chang and S.H. Bhang. 2001. Development of a Korean red-ginseng's shape sorting system using image processing. *J. of the Korean Society for Agri-*

- cultural Machinery* **26**(3): 279-286
- Kim, C.S. and J.Y. Lee. 1997. Computer vision system for automatic grading of ginseng, -development of image Processing Algorithms-. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery* **22**(2): 227-236
- Kim, C.S., J.H. Lee, S.J. Park and M.H. Kim. 1998. Automatic grading algorithm for white ginseng. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery* **23**(6): 607-614
- Kim, C.S., S.J. Lee and S.M. Kim. 2001a. 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
- 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
- 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). -Preprocessing technique for inner hole detection-. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery* **27**(4): 341-348
- Son, J.R., K.H. Choi, K.J. Lee, D.S. Choi and G.Y. Kim. 2003. X-ray Image Processing for the korea red ginseng inner hole detection(II). -results of inner hole detection-. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery* **28**(1): 45-52
- 송치성, 나은수, 김병덕, 황낙순, 노규석, 백영수, 김성철. 2001. 홍삼가공공정의 자동세척기 개발. 농림부 최종연구보고서
- 이기명. 2001. 농가단위 홍삼가공용 증삼기 개발. 영주시 최종연구보고서
- 장동일, 장규섭, 강호양, 전병선, 방승훈. 2001. 최고급 품질의 홍삼제조를 위한 공정 개발. 농림부 최종연구보고서