

# 영상처리를 이용한 홍삼의 외형선별 시스템 개발

## Development of a Korean Red-Ginseng's Shape Sorting System Using Image Processing

장동일*	방승훈*	장요한*	한원석*	송영호*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
D.I.Chang	S.H.Bhang	Y.H.Chang	W.S.Hahn	Y.H.Song

### 1. 서론

홍삼이란, 인삼을 장기간 저장할 목적으로 증숙(蒸熟) 또는 팽숙(烹熟)하거나 기타의 방법으로 인삼의 전분을 호화(糊化)시켜 건조, 제품화한 것을 말한다. 특히 홍삼은 외관체형이 중요시되므로 체형이 완성되는 6년근 수삼을 원료로 사용하며 원료수삼은 체형, 표피, 너두가 양호하고 조직이 치밀하여야된다.

경제적 측면에서도 홍삼은 농작물 중에서도 가장 고가인 특용작물로 최고급 홍삼인 천삼 600g이 280만원 정도의 고가로 판매되는 고부가가치의 제품이며, 홍삼은 약효뿐만 아니라 장기간 저장하여도 품질 면에서 대단히 안정적이어서 근래에 들어 홍삼제조의 자동화에 많은 관심이 집중되고 있다. 또한 1996년 인삼산업법의 개정으로 전국의 모든 민간제조 업체에서도 홍삼을 제조 할 수 있게 되었다. 그 결과 홍삼제조의 대부분 공정에서 자동화가 이루어졌고, 수율 향상을 위한 많은 연구가 진행 중에 있다. 그러나 홍삼제조공정 중 최종 단계인 선별공정은 아직도 인력에 의해 이루어지고 있어, 제조된 홍삼 품질의 균일하지 못하며 높은 생산원가로 인해 소비 촉진에 많은 지장을 초래하고 있다.

선별공정은 크게 2단계의 과정을 거쳐 이루어진다. 첫 번째 과정은 홍삼의 표면 색택과 체형 등을 검사하는 외관검사, 두 번째 과정은 홍삼 내부의 내공과 내백을 검사하는 내부검사로 이루어진다. 이 두 과정 모두 인력에 의해 이루어지고 있어서 검사원들의 주관과 감정이 개입될 수 있고, 정해진 등급기준의 객관성이 떨어져 홍삼제품의 품질이 균일하지 못한 실정이다. 또한 전문 인력을 양성하고, 양성 후 인력을 관리하는데도 많은 어려움이 따르며, 단순하면서도 집중력이 필요한 선별과정에서의 작업 여건이 열악하여 선별작업의 능률이 저하되는 문제점이 있어, 보다 과학적이고 능률적인 선별공정을 위한 자동화 시스템의 개발이

---

\* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

절실히 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 홍삼의 선별과정 중 첫 번째 단계인 외형선별을 자동화하기 위해 외형선별 시스템을 구성하고, 외형선별을 위한 영상처리 알고리즘을 개발하여, 과학적이고 신뢰성이 있는 홍삼의 외형선별 시스템을 개발하는 것이다.

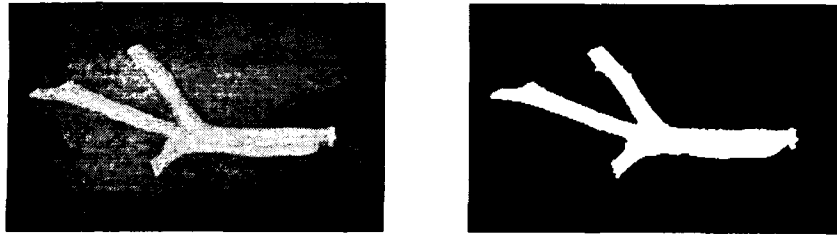
## 2. 재료 및 방법

공시재료는 부여 고려인삼창에서 제조된 홍삼중 1차 선별된 천삼, 지삼, 양삼, 잡삼 각 50지가 사용되었으며, 공시재료에 의해 홍삼 외형 선별 시스템이 초기화되었고, 외형 선별 전문가에 의해 1차 선별된 천삼, 지삼, 양삼, 잡삼 각 60지를 이용하여 다른 3명의 외형 선별 전문가와 홍삼 외형 선별 시스템과의 선별 성능이 비교되었으며, 홍삼의 외형선별 실험은 2000년 10월 4일부터 10월 10일까지 7일 동안 충남 부여군에 위치한 한국담배인삼공사 부여 고려인삼창에서 실시하였다.

홍삼 외형 선별 시스템은 영상처리 장치에 의하여 홍삼의 영상을 획득하고 컴퓨터의 연산 능력을 이용하여 영상정보를 분석하여 홍삼의 외형선별을 자동화할 수 있는 시스템을 개발할 수 있도록 구성하였으며 펜티엄Ⅱ PC, 영상처리 보드인 DT3153, 칼라용 CCD 카메라, 그리고 영상획득장치로 구성되었으며 홍삼 외형 선별 시스템의 주 프로그램은 National Instrument사의 Labwindows/CVI 5.5로 프로그래밍 되었다. 영상획득장치는 조명상자와 조명 그리고 칼라 CCD카메라로 이루어져 있으며 조명상자는 외부로부터 빛을 차단하고 균일한 광을 제공하기 위해 8각형으로 제작했으며 가로와 세로의 길이는 40cm이고 각 모서리의 길이는 15cm로 제작하였다. 조명은 색상 왜곡이 최소화된 홍삼의 영상을 획득하기 위하여, 시료로부터 50cm 위에 13W 삼파장램프 4개를 설치하였으며 조도는 50lx였다. 홍삼의 적색 영상을 획득하기 위하여 적색 색지를 MINOLTA CR-300 Colorimeter로 L, a', b' 값을 측정 한 후, 영상획득장치에 적색 색지를 넣고 위의 조명조건으로 영상을 획득하였고, Wilcoxon 2-sample Test에 의해 L, a', b' 값을 비교하였다. Wilcoxon 2-sample test는 종속적인 두 개의 표본이 유의적인 차이를 보이는지의 여부를 결정하기 위한 검증이며 L값의 경우 Wilcoxon 2-sample test에 의해 colorimeter로 측정된 L값과 영상획득장치로 측정된 L값을 비교한 결과값인 Prob가 0.0722로 T-Test 추정 신뢰값인 0.1321보다 작으므로 비교된 두 값에는 차이가 없는 것으로 검증되었다. a'의 각 각의 값을 비교한 결과값인 Prob가 0.6625로 T-Test 추정 신뢰값인 0.687과의 차이가 L값의 경우와 비교했을 때에는 작았지만 비교된 두 값에는 차이가 없는 것으로 검증되었으며, b'도 0.0809인 Prob값이 T-Test 추정 신뢰값인 0.1413보다 작으므로 비교된 두 값에는 차이가 없는 것으로 검증되었다. 따라서 영상획득장치의 조명조건은 실제의 영상과 차이가 거의 없는 것으로 규정할 수 있다.

홍삼의 외형을 선별하기 위한 인자들은 영상처리에 의해 정량화 할 수 있도록 홍삼의 머리부분(뇌두)과 다리의 개수와 표면의 색택으로 설정하였으며, 배경과 홍삼을 분리하기 위하

여 R, G, B 레벨 100에서 경계값처리를 하였다.



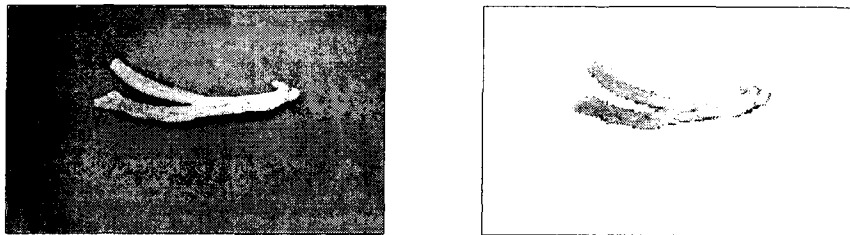
a) Original image

b) Threshold image

Fig. 1 Korean Red-Ginseng image and threshold image.

Fig. 1의 a)는 시스템에서 획득된 영상이며, b)는 R, G, B 레벨 100에서 경계값처리를 실행한 영상이다.

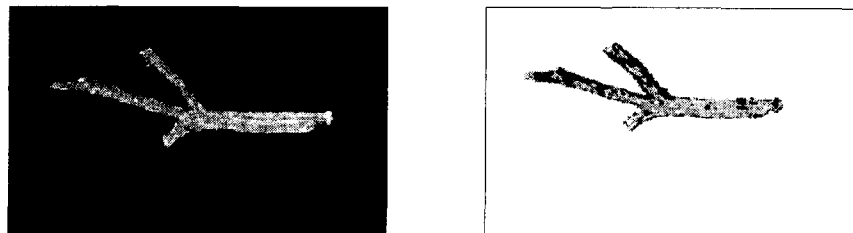
홍삼의 담적갈색을 나타내는 R, G, B 레벨 100부터 200까지를 슬라이딩과 스트레칭기법을 이용하여 콘트라스트를 개선하였으며, Fig. 2의 a)는 시스템에서 획득된 영상이며, b)는 경계값처리된 영상이 R, G, B 레벨 100에서 200까지 슬라이딩과 스트레칭된 영상이다.



a) Original image

b) Threshold image

Fig. 2 Korean Red-Ginseng image and sliding&stretching image.



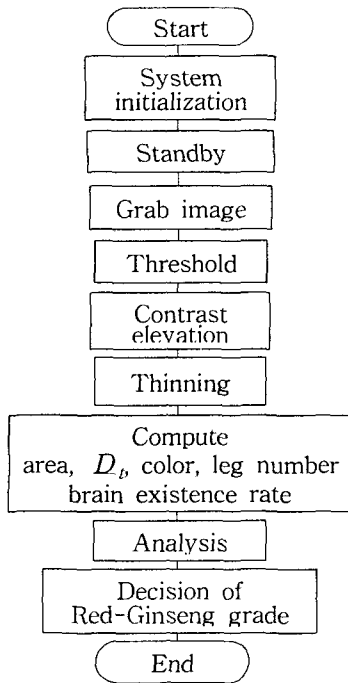
a) Original image

b) slice image

Fig. 3 Korean Red-Ginseng image and slice image.

또한 개선된 영상에서 R 레벨이 125에서 190인 픽셀값을 슬라이스기법을 이용하여 담적갈색으로 규정하였고 나머지 픽셀은 결점으로 인식하도록 하였다. Fig. 3은 슬라이스기법이 이용된 영상으로 R레벨 125~190가 슬라이스되었다.

Fig. 4는 홍삼 외형선별 알고리즘이며 영상을 획득한 후, 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분



리해 내고, 슬라이딩과 스트레칭기법에 의해 콘트라스트를 개선하였다. 몸통과 뇌두 부분의 경계의 색택의 차이를 이용하여 뇌두 부분만의 원형도를 계산하여 뇌두의 유무와 건실함을 분석하였고, 유클리디안법을 이용하여 홍삼의 골격선을 분석하여 다리의 개수를 파악하였으며, 슬라이스기법에 의해 붉은색을 강조하여 콘트라스트를 개선하였고 면적과  $D_i$ 를 계산하여 홍삼 색택의 균일성과 색택의 특성을 파악하였다.  $D_i$ 는 개선되어진 특정값을 갖는 R값 픽셀들의 분포와 색택정보를 수치화하여 분석한 값이며, 분석된 표면의 색택 정보는 데이터로 저장되어 외형 선별인자의 데이터를 종합하여 등급을 결정할 때 사용할 수 있도록 하였다.

Fig. 4 Flow-chart of algorithm for decision of Korean Red-Ginseng's shape grade.

외형 선별은 하나의 인자에 의해서가 아니라 각각의 인자들이 복합적으로 영향을 끼쳐서 이루어지게 된다. 한국담배인삼공사의 부여 고려인삼창에서 행해지고 있는 외형 선별의 관행 검사기준을 검토하여 Table 1과 같이 홍삼의 외형선별에 큰 영향을 미치는 인자로 설정된 뇌두, 다리, 색택등을 종합한 합을 100점을 만점으로 하여 뇌두의 존재율에 30점을, 다리의 개수에 15점을, 색택의 균일도에 15점을, 표면의 상태에 40점으로 가중치를 주어 정량화하였다.

Table 1 Quantification of shape sorting factors

Sorting factors Range of grade	$D_i$ /area(A) [ 1 5 ]	Defects/area(B) [ 4 0 ]	Existence rate of the head(C%) [ 3 0 ]	Leg number(D) [ 1 5 ]
[*X=A+B+C+D]	$0.03 \leq A < 0.04$ : 1 5	$0.04 \leq B < 0.06$ : 4 0	$C \geq 90$ : 3 0	$D \geq 4$ : 0
· Heaven grade ginseng : X ≥ 85	$0.04 \leq A < 0.05$ : 1 0	$0.03 \leq B < 0.04$ : 3 0	$80 \leq C < 90$ : 2 5	· D = 3 : 15
· Earth grade ginseng : X ≥ 70	$0.02 \leq A < 0.03$ : 1 0	$0.06 \leq B < 0.08$ : 3 0	$70 \leq C < 80$ : 2 0	· D = 2 : 15
· Good grade ginseng : X ≥ 60	$0.05 \leq A < 0.06$ : 5	$0.02 \leq B < 0.03$ : 1 0	$60 \leq C < 70$ : 1 5	· D = 1 : 5
· Under grade ginseng : X < 60	$A \geq 0.06$ : 0	$0.08 \leq B < 0.10$ : 1 0	$50 \leq C < 60$ : 1 0	· D = 0 : 0
	$A < 0.02$ : 0	$B < 0.02, B \geq 0.1$ : 0	$C < 50$ : 0	

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 뇌두분석

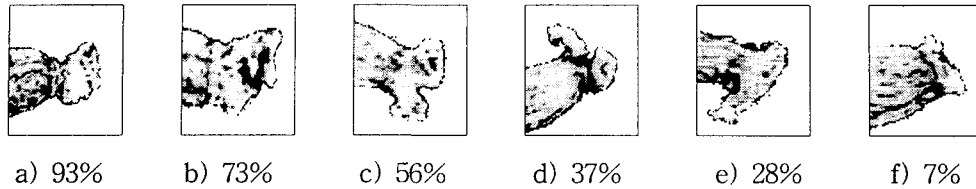


Fig. 5 The images of the head part analyzed using image processing.

분석된 홍삼의 뇌두는 Fig. 5와 같으며, 그 때의 뇌두의 존재율을 백분율로 표시하였다. 몸통과 뇌두 부분에 굴곡에 의해 색택의 차이가 있음을 알 수 있었고, 그러한 특징을 이용하여 색택의 분포가 급격히 변화하는 부분부터 뇌두 부분으로 인식하였다.

#### 3.2 다리분석

영상을 획득한 후, 슬라이딩과 스트레칭기법에 의해 콘트라스트를 개선하여 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리해 낸다. 배경과 분리된 홍삼의 영상을 유클리디안법을 이용하여 홍삼의 골격선을 분석하여 다리의 개수를 파악하게 된다.

Fig. 6은 배경과 분리된 홍삼의 영상과 유클리디안법에 의해 추출된 골격선의 영상이다.

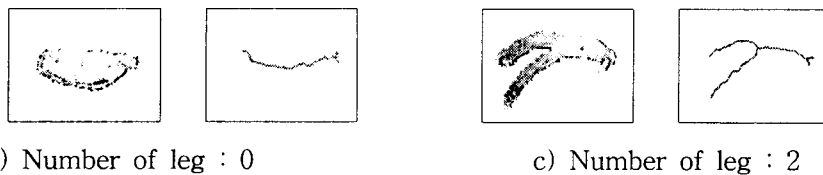


Fig. 6 The images of Korean Red-Ginseng and their centerline.

그림에서 다리가 없는 것과 다리가 1개인 것과의 구분은 홍삼의 다리의 특성이 몸통부분과는 다르게 갈변화가 잘 발생한다는 성질을 이용하여, 다리가 나뉘어지지 않는다면 색택 정보를 이용하여 구분하도록 하였다.

#### 3.3 표면 색택 분석

영상을 획득한 후, 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리해 낸후, 슬라이딩과 스트레칭기법과 슬라이스기법에 의해 붉은색을 강조하여 콘트라스트를 개선하였다. 면적과  $D_i$ 를 계산하여 홍삼의 색택 특성을 정량화하였고, 색택의 차이를 이용하여 표면의 흠집과 황피, 백피등을 고려하여 색택의 균일성을 정량화하였다.

#### 3.4 홍삼 외형 선별 성공률

외형 선별 성공률을 확인하기 위하여 홍삼 외형 선별 전문가에 의해 분류된 천삼, 지삼, 양삼, 잡삼 각 60지가 이용되었다. 다른 3명의 외형 선별 전문가들에 의해 샘플을 선별한 결과와 개발된 외형 선별 시스템에 의해 샘플을 선별한 결과가 비교되었으며, 이 방법의 비교

결과를 토대로 시스템의 선별 성능을 비교하였고 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Comparison of manual sorting and mechanical sorting for Korean Red-Gingeng

Grade Sorting system	Heaven grade ( 6 0 )	Earth grade ( 6 0 )	Good grade ( 6 0 )	Under grade ( 6 0 )
Expert A	96.7%( 58 )	98.3%( 59 )	90.0%( 54 )	100.0%( 60 )
Expert B	90.0%( 54 )	96.7%( 58 )	91.7%( 55 )	100.0%( 60 )
Expert C	91.7%( 55 )	100.0%( 60 )	95.0%( 57 )	100.0%( 60 )
Shape sorting system	71.7%( 43 )	88.3%( 53 )	63.3%( 38 )	75.0%( 45 )

#### 4. 요약 및 결론

현재 홍삼제조的大部分 공정에서는 자동화가 이루어진 실정이며, 수율 향상을 위한 많은 연구가 진행 중에 있다. 그러나 홍삼제조공정 중 최종 단계인 선별공정은 아직도 인력에 의해 이루어지고 있어, 제조된 홍삼 품질의 균일화와 높은 생산원가로 인해 소비량 촉진에 많은 지장을 초래하고 있다. 또한 전문 인력을 양성하고, 양성 후 인력을 관리하는데도 많은 어려움이 따르며, 단순하면서도 집중력이 필요한 선별과정에서의 작업 여건이 열악하여 선별의 능률이 저하될 수 있는 문제점이 있어, 보다 과학적이고 개관적인 선별공정을 위한 자동화 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 외형선별을 자동화하기 위해 외형선별 시스템을 구성하고, 이를 위한 영상처리 알고리즘 개발하여 과학적이고 객관성이 있는 홍삼의 외형선별 시스템을 개발하는 것을 목적으로 하였고, 홍삼의 외형 선별 시스템의 선별 정확도는 74.7%로 나타났으며, 검사원들의 육안 판정의 평균값인 95.8%와 비교했을 경우에 21.1%의 선별율 차이를 보였다.

이러한 이유는 홍삼의 영상획득 범위가 한쪽면에 국한되었기 때문에 전체적인 홍삼의 외형정보를 분석하지 못했기 때문이라고 생각되어지며 2대 이상의 카메라를 이용하여 홍삼의 전체적인 외형을 분석할 수 있는 외형 선별 시스템을 이용한다면 검사원의 육안판별 결과와 거의 일치할 것으로 생각되어진다.

#### 5. 참고문헌

1. Sarkar, N. and R. R. Wolfe. 1985. Feature extraction technique for sorting tomatoes by computer vision. Transactions of the ASAE 28(3) : 970-979.
2. Miller, B. K. and M. J. Delwiche. 1989. A Color vision system for peach grading. Transactions of the ASAE 32(4) : 1484-1490.
3. Zion, B. and M. Lev. 1996. Weighing flowers as an alternative method for sorting by visual appearance. Journal of Agricultural Engineering Research 65(4) 325-334.

4. 김만수의 8인. 1998. 생물자원의 비파괴 물성측정. 문운당.
5. 남궁재찬. 1989. 화상공학의 기초. 기전연구사.
6. 노상하, 류관희, 김일웅. 1990. 화상처리 시스템을 이용한 과일의 기하학적 특성 측정. 한국농업기계학회지 15(1) : 23-27.
7. 노상하, 류관희, 김성민. 1991. 영상처리 장치를 이용한 사과색의 선택 판정. 한국농업기계학회지 16(3) : 272-280.
8. 박승제의 4인. 1998. 인삼의 최적 건조 및 품질 자동평가 시스템 개발. 농림부.
9. 이문호, 염재훈. 1994. C언어를 이용한 영상신호처리. 대영사
10. 이양범, 강경일, 이용중. 1995. 화상처리응용기술. 기문사.
11. 장동일, 강호양, 성창근. 1999. 최고급 품질의 홍삼제조를 위한 공정개발. 연차연구보고서. 농림기술관리센터.
12. 장동일, 장홍희, 임영일. 1997. 이미지 처리를 이용한 돼지의 체온 조절 행동 분류(I). 한국축산시설환경학회지 3(2) : 105-113.
13. 장동일, 임영일, 임정택, 장요한, 장홍희. 1999. 영상정보를 이용한 돼지의 비접촉 체중 측정시스템 인자 구명. 한국축산시설환경학회지 5(2) : 93-100.
14. 조재성의 2인. 1998. 최신 인삼재배. 선진문화사.
15. 조한근, 송현갑. 1994. 컴퓨터 시각에 의한 잎담배의 외형 및 색 특징추출. 한국농업기계학회지 19(4) : 380-396.
16. 천인국, 윤영택. 1998. 영상처리 기초편. 기한재.
17. 황현, 이충호. 1996. 건표고 자동선별을 위한 시각 시스템 개발. 한국농업기계학회지 21(4) : 414-421.