

실시간 인삼 품질 평가 시스템의 개발

Development of Real-time Ginseng Quality Evaluation System

김성민* 김철수* 김명호* 이종호* 박승제*
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
S.M. Kim C.S. Kim M.H. Kim J.H. Lee S.J. Park

1. 서론

고려인삼은 전세계적으로 인정받고 있는 우리나라의 대표적인 작물이다. 또한 그 부가가치가 높기 때문에 중국, 미국, 캐나다, 일본 등에서는 최근 인삼생산량이 급속히 증가하고 있으며 고품질 가공을 위한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 이에 대비하여 우리나라도 약효성분이 월등히 뛰어난 고려인삼을 더욱 고품질화하여 외국산 인삼과 차별화를 꾀함으로써 인삼중주국이라는 자존심을 지켜나가야 할 것이다.

외국으로부터의 값싼 인삼의 수입을 억제하고 우리나라 인삼의 수출경쟁력을 제고시키기 위해서는 품질을 향상시키고 제조원가를 낮출 필요가 절실하다. 백삼의 품위결정은 전문가의 목시에 의하여 표본인삼과 비교, 평가되고 있는 실정이다. 따라서 백삼의 제조공정중품질의 신뢰성을 떨어뜨리고 전문노동력을 필요로 하는 품질판정 및 선별의 자동화에 관한 연구가 시급한 실정이다.

국내에서의 농산물 품질 평가 연구 분야에 대한 연구 동향을 분석하여 보면 노상하 등(1990)이 화상처리 시스템을 이용하여 과실의 기하학적 특성들을 측정하였고 노상하 등(1991)이 영상처리 장치를 이용하여 사과와 배의 색택을 판정하는 연구를 수행하였다. 노상하 등(1992)은 흑백영상처리장치를 이용하여 과실선별기 개발에 관한 연구를 수행하였고 조한근과 송현갑(1994)은 컴퓨터 시각을 이용하여 잎담배의 외형 및 색 특징을 추출하는 연구를 수행하였다. 이수희(1994)는 신경회로망을 이용한 과실 선별 알고리즘 개발에 관한 연구를 수행하였고 황현과 이충호(1996)는 영상정보처리기술과 신경회로망을 응용하여 표고버섯의 외관특징점을 영상정보로부터 자동추출하여 정량적인 측정을 위한 연구를 수행하였다. 김철수와 이종용(1997)은 홍삼의 등급을 판별할 수 있는 영상처리기법을 응용한 인공시각장치를 개발하였고 김철수 등(1999)은 인경신경망을 이용한 백삼의 등급 자동판정 알고리즘을 개발하였다. 국외에서의 이 분야에 대한 연구 동향을 분석하여 보면 Chen(1978)이 농산물의

* 이 연구는 농림수산부의 1996년도 현장애로기술사업개발 연구비 지원으로 수행되었음.

* 전북대학교 농과대학 농업기계공학과

로 정하였다. 컨베이어 벨트는 영상 획득시 빛의 반사를 최소화하기 위해 검은색 천으로 만들었으며 컨베이어의 이송 방향은 전진, 후진이 가능하도록 하였다.

기계시각 장치는 크게 조명장치, 영상처리장치, 시료검출장치, 컴퓨터 등으로 구성되어 있다 (그림 1 참조). 기계시각 장치는 다음과 같이 구성되어 있다.

- ① 조명장치는 조명상자와 조명으로 이루어져 있으며 조명상자는 외부로부터의 빛을 차단하고 균일한 광을 제공하기 위한 가로 40cm, 세로 40cm, 높이 80cm의 상자이며 이 내부에 있는 조명은 색상 왜곡이 최소화된 인삼의 영상을 획득하기 위하여, 시료로부터 약 70cm 위에 50Watt 삼파장 램프 8개를 설치하였다.
- ② 시료 검출장치는 인삼의 존재 유무를 검출하기 위해 적외선센서를 사용하였으며 이 센서와 컴퓨터간의 인터페이스를 제공하기 위해 입출력카드를 사용하였다 (그림 1 참조).
- ③ 영상처리장치는 영상의 입력을 위한 센서로서 해상도가 768(수평)x494(수직) 화소(Pixel)인 CCD 컬러 카메라(VK-C370, Hitachi, Japan)를 사용하였으며 영상처리장치(Meteor/RGB, Matrox, Canada)는 입력된 컬러 영상을 흑백 영상으로 변환하고 등급 판정에 필요한 특징들을 추출한다.
- ④ 주 컴퓨터로는 120MHz 펜티엄 프로세서를 장착한 데스크톱 PC를 이용하였다. 윈도우즈 95 (Windows 95)를 컴퓨터의 운영체제로 사용하였으며 모든 소프트웨어는 이 운영체제 하에서 구동되도록 하였다.

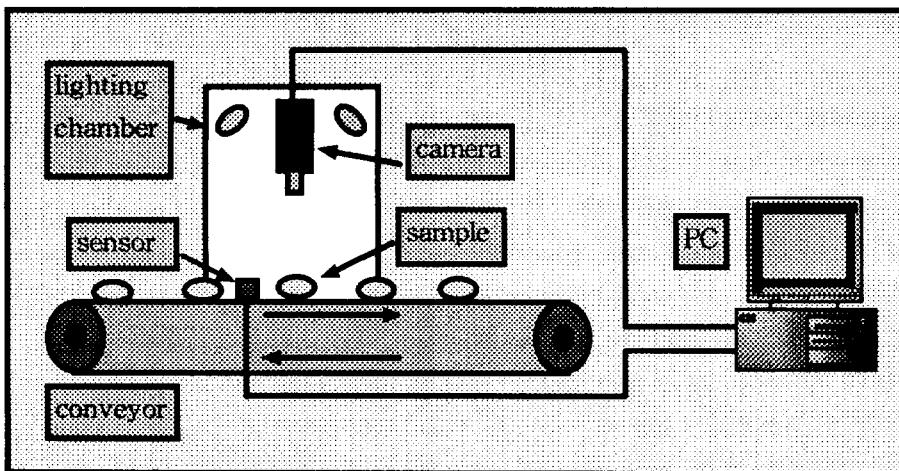


Figure 1. Schematic diagram of real-time ginseng quality evaluation system.

광학적 특성을 선별이나 품질평가에 이용한 연구들에 대한 많은 연구자료들을 조사하였고 Sarkar와 Wolfe(1985)는 토마토를 크기, 형상, 색상 및 표면결합등에 따라 분류하기 위하여 영상처리 및 형상인식기법을 이용하였다. Miller와 Delwiche(1989)는 칼라영상처리장치를 이용한 복숭아 선별기를 제작하고 실험한 결과 선별정도가 사람이 한것에 비해 54% 정도되는 것으로 분석했다. Ikeda와 Sawada(1993)는 신경 회로망을 이용한 칼라영상장치를 이용하여 꽃의 등급을 결정하는 연구를 수행하였는데 그 결과는 사람에 의한 판정에 일치률이 약 82%로 높음을 보여주었다.

본 연구의 목적은 실시간 인삼 품질평가시스템을 개발하고 개발된 시스템의 성능을 분석하는데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 재료

본 실험에 쓰인 재료는 1998년에 수확된 300편의 인삼을 사용하였다. 인삼 선별 전문가에 의해 선별된 각 등급별 100편의 직삼이 쓰였다. 선별된 직삼을 이용하여 개발된 품질 평가 시스템의 성능을 검사하였고 다시 다른 인삼 선별 전문가에 의해 선별하여 인삼 선별 전문가간의 등급 판정 일치률도 알아보았다.

나. 실시간 품질평가시스템: 하드웨어 개발

인삼의 품질을 외형적인 측면만 고려하여 실시간으로 자동 평가하기 위하여 새로운 장치가 설계, 제작되었다. 그림 1은 실시간 인삼 품질판정시스템의 개략도를 나타내며 그림 2는 실시간 인삼의 품질판정을 위하여 실제와 동일한 개념으로 본 연구에서 제작한 장치이다. 이 연구에 사용된 실시간 인삼 품질 자동 평가 시스템은 그림 1에 나타낸 것과 같이 크게 시료를 이송하는 컨베이어 장치와 움직이는 시료로부터 영상을 획득, 분석하는 기계시각 장치로 구성된 하드웨어와 이를 구동하는 소프트웨어로 구성되어 있다.

이 시스템의 작동은 컨베이어 위에 일정한 간격으로 (약 25cm) 놓여진 인삼이 이동을 하고 컬러 CCD 카메라 아래에 위치한 물체 검출 센서가 인삼의 존재를 감지한다. 이때 컴퓨터는 대상 인삼의 동영상(시료가 이동 중에 획득한 영상)을 컬러 CCD 카메라를 이용하여 획득한다. 획득되어진 영상은 개발된 소프트웨어 의해 분석이 되고 이로부터 인삼의 등급이 결정된다. 이 모든 과정이 실시간적으로 자동으로 수행이 된다.

컨베이어 장치는 변속기가 붙어 있는 DC 모터(Wonill Industrial, Korea)에 의해 구동이 되며 0~50 cm/sec의 속도로 움직이도록 설계되었다. 이번 실험에서는 초당 25cm의 속도로 움직이도록 설정하였다. 컨베이어 벨트의 길이는 130cm, 폭은 33cm

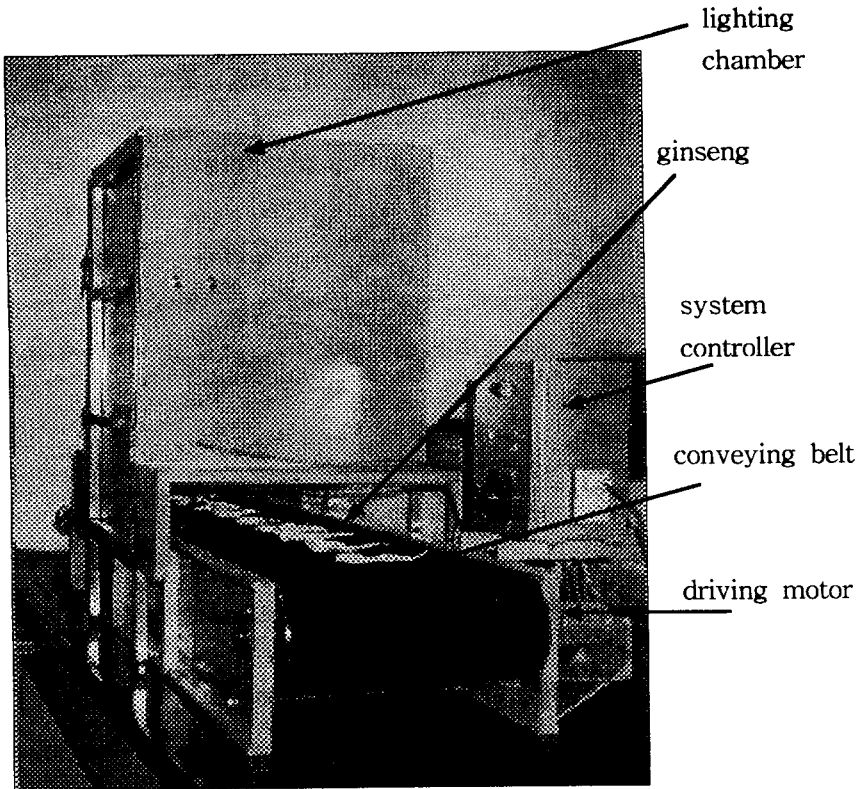


Figure 2. Ginseng quality evaluation system developed in this study.

다. 실시간 품질평가시스템: 소프트웨어 개발

(1) 연속적으로 공급되는 인삼의 실시간 품질평가시스템의 알고리즘 완성

총 120개의 인삼으로부터 얻은 360개의 인삼 영상을 이용한 기초 실험에서는 인삼의 품질을 정량화 할 수 있는 방법을 찾아 영상처리 장치를 구성하여 실험한 결과를 분석하여 실시간 품질 판정 시스템을 구성할 수 있는 정보를 얻었다.

실시간 품질판정 알고리즘을 완성하기 위하여 실제와 꼭 같은 개념의 실시간 품질판정 시스템을 제작하고 이에 적합하게 프로그램을 전환함과 동시에 정확도를 향상시키기 위하여 김철수 등(1998)에 의해 개발된 알고리즘을 일부 변화시켰다. 품질판정인자로 인삼의 증광을 이용하는 대신에 인삼의 투영면적을 이용하였다. 인삼은 컨베이어 위에 약 20cm의 간격으로 공급되도록 하였다.

(2) 자동 등급 판정 프로그램의 개발

영상입력 및 영상처리 프로그램은 윈도우즈 95하에서 실행되도록 C++ 언어를 사용하여 개발하였으며 인삼등급 판정은 인공신경망회로를 이용하여 수행하였다. 등

급 판정 프로그램의 개발에 Microsoft Visual C++ compiler (version 5.0)와 Matrox Imaging Library (version 4.0)가 활용되었다.

3. 결과 및 고찰

가. 실시간 인삼 품질 자동 평가 시스템의 기계적 성능

컨베이어 장치는 컨트롤러에 의해 0~50cm/sec의 속도로 움직이도록 설계되었고 이번 실험에서는 초당 25cm의 속도로 움직이도록 설정하였다. 이 속도로 움직였을 때 입력된 인삼의 영상에 약간의 blurring이 발생하였으나 결과에는 큰 영향을 미치지 않았으며 초당 1 개의 인삼을 처리할 수 있었다.

나. 인삼 선별 전문가와 실시간 인삼 품질 자동 평가 시스템의 판정 일치률

인삼 선별 전문가(전문가 그룹 A)에 의해 분류된 300편의 인삼(1 등급: 100편, 2 등급: 100편, 등외(3등급): 100편)을 이용하여 실시간 인삼 품질 자동 평가 시스템의 성능을 검사하였다. 전문가 그룹 A는 2명의 인삼 선별 전문가로 구성되어 있다. 각 등급별 30편, 총 90편의 시료를 임의로 선택하여 인공신경망회로를 학습시키고 나머지 210편(각 등급별 70편씩)을 검정용으로 이용하였다.

영상 분석시 시료의 정영상(시료가 움직이지 않을 때 얻은 영상)을 이용하지 않고 실시간 품질평가 시스템은 동영상(시료가 움직이고 있을 때 얻은 영상)을 이용하기 때문에 영상의 히스토그램에 변형이 올 수 있어 히스토그램의 편향률(skewness) 정보의 숫자를 변화시키며 실험을 해보았다. 첫째 편향률 정보를 이용하지 않고 3회 반복하여 시험하였으며, 둘째 인삼 전체 영상으로부터 1개의 편향률 정보를 얻어 3회 반복하여 실험하였고, 마지막으로 인삼의 5개 소영역으로부터 5개의 편향률 정보를 얻어 반복하여 3회 실험하였다.

표 1은 인삼 선별 전문가(전문가 그룹 A)에 의해 분류된 인삼 시료에 대한 실시간 등급판정 시스템의 판정 결과의 일치률을 나타내며, 괄호 안의 수는 학습용 패턴을 대상으로 했을 경우의 일치률은 나타낸다. 표 1에 나타낸 바와 같이 학습용 시료를 이용했을 때는 한 개의 편향률 정보를 이용하였을 때 가장 좋은 결과가 나왔고 편향률 정보를 이용하지 않았을 때 가장 나쁜 결과가 나왔으나 그 차이는 그리 크지 않았다. 검정용 시료를 이용했을 때는 다섯 개의 편향률 정보를 이용하였을 때 가장 좋은 결과가 나왔고 한 개의 편향률 정보를 이용하였을 때 가장 나쁜 결과가 나왔으나 학습용 시료를 이용했을 때와 같이 그 차이는 그리 크지 않았다. 실험 결과 빠른 자료 처리 시간을 요하는 실시간 시스템에서는 편향률 정보를 이용하지 않는 것이 더 적합한 것 같다.

Table 1. Successful grading rate of grading system

(%)

Repetition	No skewness			1 skewness data			5 skewness data		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Successful grading rate	76.1 (87.8)	73.0 (84.4)	73.8 (83.3)	70.5 (88.9)	69.1 (86.7)	73.3 (85.6)	75.0 (86.7)	72.8 (80.0)	76.7 (90.0)
Average successful grading rate	74.2 (85.2)			71.0 (87.1)			74.8 (85.6)		

* () contains the successful grading rate using a training data set.

다. 두 인삼 선별 전문가 그룹간의 판정 일치률

인삼 선별 전문가 그룹간의 판정 일치률을 알아 보기 위하여 비교 실험을 하였다. 표 2는 두 인삼 선별 전문가 그룹(전문가 그룹 A와 전문가 그룹 B)간의 판정 일치률과 불일치률을 나타내었다. 전문가 그룹 B는 2명의 인삼 선별 전문가와 10년 이상의 인삼 선별 경력을 가진 4명의 숙달된 검사자로 이루어져 있으며 전문가 그룹 A와 B의 전문가들은 서로 일치하지 않는다.

표 2에 의하면 총 90개의 학습용 시료에 대해서는 74.4%의 일치률을 보였으며 나머지 210개의 검정용 시료에 대해서는 69.1%의 일치률을 보여 학습용 시료에 대하여 일치률이 높음을 알 수 있었다. 1 등급 검정용 시료 선별시 일치률이 가장 높았으며 2 등급 검정용 시료 선별시 불일치률이 가장 높았다. 이 결과로부터 전문가 그룹 B는 2 등급 시료 판별시 1 등급으로 상향 평가하는 경향이 높음을 알 수 있었다.

Table 2. Successful grading rate of expert groups B against group A (%)

		Expert group B		
		1 grade	2 grade	3 grade
Expert group A	1 grade	80.0 (83.3)	20.0 (16.7)	0.0 (0.0)
	2 grade	42.9 (26.7)	50.0 (66.7)	7.1 (6.6)
	3 grade	0.0 (0.0)	22.9 (26.7)	77.1 (73.3)

* () contains the successful grading rate using a training data set.

라. 실시간 인삼 품질 자동 평가 시스템의 성능

인삼의 외형은 매우 불규칙적이어서 이번 연구에서는 인삼 선별 전문가간에도 약 30%의 판정 오차를 나타내었다. 이번 연구에서 개발된 실시간 인삼 품질 자동 평가 시스템은 초당 한 개의 인삼을 선별할 수 있으며 인삼 선별 전문가와의 판정 일치률도 74%로 인삼 선별 전문가간의 판정 오차를 70% 보다도 높아 초당 처리 속도를 증가시키면 실용적인 품질 자동 평가 시스템의 개발을 가능하게 하리라 사료된다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 현재 인삼 검사장에서 실시되고 있는 중량측정 및 외관검사에 의한 선별방법을 대체할 실용적인 품질평가시스템의 핵심 기술인 등급 자동판정기술을 개발하기 위하여 수행되었다. 그 결과 입력영상으로부터 수학적인 특징들을 추출한 후, 인공신경망을 이용하여 실시간으로 인삼 등급을 판정하는 방법을 개발하였다.

각 등급별 100개씩 총 300개의 인삼영상 중에서 90개를 이용하여 개발된 실시간 품질 판정 시스템을 학습시키고 210개를 활용하여 시스템을 검정한 결과, 등급판정 성공률은 약 74%정도였다. 학습에 사용된 시료의 제약에도 불구하고, 이는 실제 현장에서 등급판정을 담당하는 실무자들의 오차 (약 30%)를 감안할 때 매우 높은 성공률로서 등급 자동판정시스템의 실용화를 위하여 매우 고무적인 결과라 사료된다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 인삼의 중량대신 인삼영상의 투영면적을 이용한 연속적으로 공급되는 인삼의 실시간 품질평가 시스템의 알고리즘을 완성하였다.
2. 시료를 이송하는 컨베이어 장치와 움직이는 시료로부터 영상을 획득, 분석하는 기계시각 장치, 그리고 이를 구동하는 소프트웨어로 구성된 실시간 인삼 품질 평가 시스템을 개발하였다.
3. 개발된 실시간 인삼 품질 평가 시스템은 초당 한 개의 인삼을 처리할 수 있었으며 인삼 선별 전문가와의 판정 일치률은 약 74%로 시스템의 성능은 고무적이다.
4. 이 연구에서 두 인삼 선별 전문가 그룹간의 판정 일치률은 약 70%로 인삼 선별 전문가간에도 오차가 많음을 알 수 있었다.
5. 이번 연구에서 개발된 실시간 인삼 품질 자동 평가 시스템은 인삼 선별 전문가와의 판정 일치율이 74%로 인삼 선별 전문가간의 판정 일치율 70% 보다도 높아 초당 처리 속도를 증가시키면 실용적인 품질 자동 평가 시스템의 개발을 가능하게 하리라 사료된다.

5. 참고문헌

1. 김철수, 이종용. 1997. 인삼선별의 자동화를 위한 컴퓨터 시각장치-등급 자동판정을 위한 영상처리 알고리즘 개발. 한국농업기계학회. 22(2): 227-236.
2. 김철수, 이종호, 박승제, 김명호. 1999. 백삼 등급 자동판정 알고리즘 개발. 한국농업기계학회. 게재예정.
3. 노상하, 류관희, 김일웅. 1990. 화상처리 시스템을 이용한 과실의 기하학적 특성 측정. 한국농업기계학회. 15(1): 23-32.
4. 노상하, 류관희, 김성민. 1991. 영상처리 장치를 이용한 사과의 선택 판정. 한국농업기계학회. 16(3): 272-280.
5. 노상하, 이종환, 이승훈. 1992. 흑백영상처리장치를 이용한 과실 선별기 개발에 관한 연구(I). 한국농업기계학회. 17(4): 303-311.
6. 노상하, 이종환, 이승훈. 1992. 흑백영상처리장치를 이용한 과실 선별기 개발에 관한 연구(II). 한국농업기계학회. 17(4): 321-327.
7. 이수희. 1994. 신경회로망을 이용한 과실 선별 알고리즘 개발에 관한 연구. 석사학위논문. 서울대학교 대학원.
8. 조한근, 송현갑. 1994. 컴퓨터 시각에 의한 잎담배의 외형 및 색 특징 추출. 한국농업기계학회. 19(4): 380-396.
9. 황헌, 이충호. 1996. 건포고 자동선별을 위한 시각시스템 개발. 한국농업기계학회. 21(4): 414-421.
10. Chen, P. 1978. Use of Optical Properties of Food Materials in Quality Evaluation and Materials Sorting. J. of Food Process Engineering 2:307-322.
11. Ikeda, I. and T. Sawada. 1993. Evaluation of flower by neural network. ICAMPE '93. Vol. 5: 1282-1291.
12. Miller, B. K. and M. J. Delwiche. 1989. A Color Vision System for Peach Grading . Trans. of the ASAE. 32(4): 1484-1490.
13. Sarkar, N. and R. R. Wolfe. 1985. Feature Extraction Technique for Sorting Tomatoes by Computer Vision. Trans. of the ASAE. 28(3): 970-979.