

633.883689

L 2932

19

GOVP1200201367

최 종
연구보고서

최고급 품질의 홍삼제조를 위한 공정 개발

Development of a Process for Manufacturing
the Best Quality Red Ginseng

주관연구기관
충남대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “최고급 품질의 홍삼제조를 위한 공정 개발” 과제 (세부과제 “홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발”, 세부과제 “홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발”)의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 10 월 13 일

주관연구기관명 : 충남대학교

총괄연구책임자 : 장 동 일

세부연구책임자 : 장 동 일

세부연구책임자 : 장 규 섭

연 구 원 : 강 호 양

연 구 원 : 전 병 선

연 구 원 : 방 승 훈

요 약 문

I. 제 목

최고급 품질의 홍삼제조를 위한 공정 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발의 목적

○ 최종목표

천지삼(홍삼)의 수율을 15%까지 향상

제 1 세부과제 : 홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발

1차년도 :

- 수삼선별을 위한 비파괴 검사 기술 개발
- 농가용 소형 증삼-건조기 개발
- 증삼 공정 자동제어 알고리즘 개발
- 건조 공정 자동제어 알고리즘 개발

2차년도 :

- 수삼 선별을 위한 적외선 Thermography 비파괴 검사기술 개발
- 온도, 습도 제어시스템 개발
- 증삼 및 건조 공정 스케줄 개발

3차년도 :

- 수삼 선별 자동제어 시스템 개발
 - (1) H/W
 - (2) S/W
- 건조 공정 자동제어 시스템 개발
 - (1) H/W
 - (2) S/W
- 특수 건조기술 개발(전건조 또는 건조 공정)
- 경제성 분석

제 2 세부과제 : 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발

1차년도 :

- 천지삼제조를 위한 성분상호 간의 교호작용 규명

2차년도 :

- 천지삼의 갈변, 내백, 내공 방지 모델개발

3차년도 :

- 홍삼 성분조성에 따른 품질예측 지표 개발, 홍삼 제조 공정별 최적조건 확립

2. 연구개발의 중요성

생활수준의 향상과 고령화에 따라 장수생활의 보조를 기대하는 건강식품의 요구가 급격히 증가하는 추세에 있어 장기간 영양으로 전해 내려온 인삼에 대한 관심과 수요가 계속 증가하고 있다.

수삼은 저장성이 없으므로 장기간 저장 유통시킬 목적으로 홍삼과 백삼

으로 가공하여 사용되어 왔으며 홍삼은 약효뿐만 아니라 장기간 저장하여도 품질 면에서 대단히 안정한 것으로 인정되어 왔다.

수삼은 8~10월에 채굴되어 단기간에 가공 처리되어야 하므로 원료처리량의 과다로 인한 제조공정상의 문제점을 수반하고 있다. 그러나 제조공정시의 처리조건 등이 복잡하여 우량홍삼을 제조하는데는 상당한 고난도의 공정이 요구되고 있다. 아울러 인삼은 모든 농작물 중에서 가장 고가의 작물이며 제조후의 홍삼에서도 균열, 체형, 내공, 내백 등 복잡한 품질인자에 의하여 가격이 10배 이상차이가 있기 때문에 과학적인 공정분석에 의한 자동화 시스템의 개발이 요구되고 있다. 아울러 96년 7월부터 전국의 모든 민간제조업체에서 홍삼을 제조할 수 있도록 허용되어 98년 3월 현재 전국에서 약 25개 업체에서 홍삼 및 홍삼제품을 생산 중에 있다. 해외에서도 고려홍삼의 성가에 힘입어 외국삼대비 약 3-5배의 비싼 값으로 유통이 되고 있는 바 고급 홍삼 제조수율을 증대시키기 위한 자동화 기술개발이 절실하다고 하겠다.

홍삼은 부가가치가 매우 큰 제품으로 국내보다 동남아 등 외국에서 호평을 받고 있으며 매우 비싼 가격(천삼 2,838,000원/600그램)에 판매되고 있다. 특히 상급인 천삼과 지삼은 공급이 수요를 따라가지 못하고 있다. 1994년도 통계에 따르면 천삼의 수율은 2.5%였으며 지삼을 합쳐도 7.5%에 지나지 않는다. 최상등급인 1등 수삼에서 얻은 천삼과 지삼의 수율은 각각 11.56%와 10.67%로 천지삼의 수율을 합해도 23%에 미치지 못한다. 게다가 수삼의 질이 점차 떨어지기 때문에 천지삼의 수율도 점점 낮아지고 있다.

천지삼 수율을 높이기 위한 연구가 한국인삼연초연구원을 중심으로 많이 수행되어 왔으나 별 효과를 얻지 못하고 있다. 그 동안 연구자들은 홍삼제조과정 중에 일어나는 물리적 변화를 간과한 채 화학적 분석 및 변화에만 관심을 집중해 왔다. 지금까지 증삼 중 삼의 물성변화와 수분이동원리에 대

한 연구가 미흡했으며 건조mechanism을 밝히기 위한 노력이 부족했다. 온도와 물성치, 온도와 갈변반응, 증삼과 건조 중 수삼 내 응력분포 등에 관한 기초자료가 전무한 형편이다.

홍삼의 품질은 화학적 성분에 의해 결정되는 것이 아니라 100% 물리적 외형에 의해 결정되기 때문에 증삼, 1차건조, 2차건조 과정에서 발생하는 물리적 결합을 예방할 수 있는 조건을 찾는 기술의 개발이 필요하다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구과제의 세부과제별 연구개발 내용 및 범위는 다음과 같다.

제1세부과제 : 홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발

1차 년도 :

◎ 초음파를 이용한 선별기술

- 수삼에 맞는 적정 주파수대역 조사
- 투과 초음파의 주파수 특성 조사
- 수삼 형태에 맞는 초음파 Transducer 모형 개발
- 자동기록 프로그램 개발

◎ 농가형 소형 증삼-건조 장치의 시제품을 개발, 제작하여 증삼 및 건조 모델 실험에 이용

- 증삼과 건조 동시 이용
- CRT(Continuous Rising Temperature) 건조장치
- 내부온도 150℃/상대습도 100%까지 급상승 기능

- 온도와 습도 정밀 조절 장치

2차년도

- ◎ 적외선 Thermography를 이용한 선별기술
 - 수삼의 열전달 계수 측정
 - 수삼을 위한 열분포도 측정
 - 함수율에 따른 열전달 효과
 - 밀도에 따른 열전달 효과
 - 적외선 가열장치 개발
 - 열전달 속도에 따른 수삼선별 방법 개발
- ◎ 속도에 따른 수삼선별 방법 개발
- ◎ 1차년도의 결과를 이용하여 초음파 또는 적외선을 이용한 선별장치의 시제품 제작
 - 초음파 전달시간 자동 측정 장치
 - 초음파 파형 측정 장치
 - 수삼의 직경 자동 측정 장치
- ◎ 선별자동화 Software 개발
 - 선별기준을 설정하여 상급, 중급, 저급으로 구분하여 작업자들이 간편하게 분류할 수 있는 프로그램 개발
- ◎ 온도, 습도 제어시스템 개발
- ◎ 증삼 및 건조 공정 스케줄 개발

3차년도

- ◎ 1, 2차년도의 결과를 이용하여 초음파 또는 적외선을 이용한 선별장치의 시제품 제작

- 초음파 전달시간 자동 측정 장치
- 초음파 파형 측정 장치
- 수삼의 직경 자동 측정 장치
- 적외선 Thermography conveyer system 개발

◎ 선별자동화 Software 개발

- 선별기준을 설정하여 상급, 중급, 저급으로 구분하여 작업자들이 간편하게 분류할 수 있는 프로그램 개발

◎ M/W 건조 기술 개발

- M/W 건조기를 이용하여 전건조 또는 건조의 효과를 조사
- 증삼 과정에서 M/W의 효과 조사

◎ 원적외선 건조기술 개발

- 천지삼의 수율을 높이기 위해 지금까지는 양건을 실시하였지만 시간이 오래 걸리는 단점이 있음
- 본 연구에서는 원적외선을 이용하여 수율을 높이면서 건조시간을 단축할 수 있는 방법을 개발

◎ 홍삼 제조 공정기술의 경제성분석

제 2 세부과제 : 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발

1차 년도 :

- ◎ 자료수집, texture에 영향을 미치는 성분 조합

2차 년도 :

◎ Amino acid와 Sugar종류별 갈변화 반응정도 및 촉진인자 검색.

3차 년도 :

◎ 자료수집, texture에 영향을 미치는 성분 조합

◎ Amino acid와 Sugar종류별 갈변화 반응 정도 및 촉진인자 검색.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

본 연구 과제를 수행하여 얻은 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

제 1 세부과제 : 홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발

가. 천지삼 제조용 수삼 선별 기술 개발

1) 수삼의 초음파 탐지에는 저주파 공진 탐촉자가 고주파 탐촉자보다 적당하며 그 중에도 37kHz 공진탐촉자가 54kHz 공진탐촉자보다 더 적합하다.

2) 기존의 초음파 탐촉자 단면적이 직경 50cm로 너무 커서 수삼표면에 밀착되지 못하는 단점을 가지고 있으므로 이를 보완하기 위해 고분자 압전 소자의 직경 38mm 탐촉자를 개발하였으나 아직도 수삼에 비해 크므로 더 작은 저주파 탐촉자의 개발이 필요하다.

3) 수신된 초음파 신호를 분석하여 수삼 선별에 사용할 수 있는 인자는 Peak-to peak voltage, 초음파전달속도, 탄성계수 등이 있으나 그중 초음파 전달속도가 수삼선별을 위해 가장 적합하다.

4) 수삼의 길이방향과 횡방향 초음파 전달속도는 419와 418m/s로 거의 같은 값을 나타냈다. 한편 원통형 수삼의 횡방향 초음파 전달속도는 공기중 소리전달속도 344m/s보다 약간 높은 369m/s였다.

5) 수삼의 길이방향과 횡방향 초음파 파형은 차이를 나타냈는데 횡방향의 초음파 파형은 고주파가 대부분을 차지하고 급격한 감쇠를 보이거나 길이방향은 저주파가 대부분을 차지하고 감쇠가 서서히 일어나는 모습을 보였다.

6) 적외선 열화상 장치로 측정된 수삼의 최대최저온도차는 함수율에 따라 변이를 나타내므로 함수율을 예측할 수 있으나, 밀도 등 물리적 성질과 무관하므로 수삼선별에 사용되기 어렵다.

7) 본 연구에서 개발된 자동 수삼 초음파 선별 장치와 응용프로그램은 수삼을 세 그룹으로 선별하여 증삼과 건조를 달리 적용하여 홍삼 수율을 높이는 데 유용하게 사용될 수 있다.

8) 자동 수삼 초음파 선별 장치의 특징은 초음파 투과거리를 자동으로 측정하며, 수삼에 가해지는 압력을 항상 일정하게 조절해주며, 초음파 투과 시간과 투과거리를 이용하여 자동적으로 초음파 전달속도를 계산해 줄뿐만 아니라 미리 정해진 기준에 따라 수삼의 등급을 판정해 준다.

9) 본 연구결과에서 얻어진 수삼의 선별 기준은 300-330m/s, 330-360m/s, 360-390m/s의 세 그룹과 300m/s이하나 390m/s이상은 번외로 분류한다.

10) 초음파 측정결과 신선한 수삼을 구입하여 처음 3일간에는 상온에서 보관하여도 초음파 전달속도의 변화가 없었으나, 냉장고에 9일간 보관한 후

에는 초음파전달속도가 현저히 낮아졌으며 이것을 또 상온에서 3일 보관한 후에는 매우 떨어졌다. 즉 수삼의 질변화를 초음파 전달속도를 측정함으로써 알 수 있었다.

나. 홍삼 최적 생산을 위한 건조 시스템 개발

1) 홍삼제조에 필요한 열량과 수분, 풍량에 대한 기초연구를 위한 증삼 및 건조기 시작기를 개발하였다.

2) 개발된 시작기를 작동한 결과 증삼구간에서 시작기는 보일러와 전열기에 의해 재료수삼을 성공적으로 증속하였고, 1차건조 구간과 2차 건조구간에서는 설정된 온도가 성공적으로 제어되었다.

3) 개발된 시작기를 이용하여 홍삼을 제조한 결과 이들의 외형 중 터지거나 백피가 생긴 것은 총 9지중 3지였으며 외관상 문제가 없는 6지중 4지는 내공과 내백이 발생하였다. 이러한 결과를 통하여 증삼시스템의 개선이 요구되었고 이에 오토클레이브에 의한 증삼실험을 수행하였다. 그 결과에 의하면 터짐 현상이나 백피현상이 현저히 줄어드는 것을 발견하였다. 한편 시작기에 의해 제조된 홍삼의 성분은 기존의 홍삼과 비교하여 성분에 문제가 없는 것으로 판단되었다.

4) 최적의 증삼조건으로는 오토클레이브를 이용하여 98℃에서 5시간 증자하는 것으로 판단되었다.

5) 최적의 1차건조 조건으로는 70-80℃의 온도에서 60-70%의 상대습도를 가진 공기로 2m/s의 풍속을 유지하며 건조하는 것으로 판단되었다.

6) 건조기 내부의 온도와 습도의 계측 및 제어시스템이 개발되었다.

7) 증삼 및 1차건조시 Microwave 조사의 효과를 알아보기 위하여 실험을 실시한 결과 기존의 관행법에 비하여 열등한 결과가 나왔다, 이로써

Microwave 조사방법은 최고급 품질의 홍삼제조공정에 도입하기 부적합한 것으로 판정되었다.

8) 1차 건조 직전 원적외선 건조 및 2차 건조시 원적외선 건조의 효과를 알아보기 위하여 실험을 실시한 결과 최고급 품질의 홍삼제조공정개발로의 도입은 부적합한 것으로 판정되었다.

9) 1차 년도와 2차 년도의 실험 결과를 토대로 하여 농가 보급형 홍삼제작용 건조기를 개발하였다. 본 연구에 의해 제작된 건조기는 6년근 수삼 30지를 동시에 홍삼으로 가공하여 홍삼제조에 필요한 물리적 조건을 규명할 목적으로 설계되었다.

10) 제작된 홍삼제조용 건조기의 성능 평가결과 설정된 온도와 습도를 우수하게 계측 및 제어하였고, 건조기 내부에서의 온도 분포와 풍속분포를 SAS통계 package를 이용하여 유의수준 5%의 범위에서 Student T-test를 한 결과, 계측지점간의 유의 차가 없어 온도와 풍속의 분포가 균일한 것으로 나타났다.

11) 본 연구에 의해 개발된 보급형 홍삼제조용 건조기를 각 세부과제의 결과에서 제시한 공정조건에 따라 작동하여 최고급 품질의 홍삼제조공정 개발을 위한 실험을 수행한 결과, 1차 건조시 최적의 상대습도 조건은 60-70%인 것으로 판단되었고, 초음파 속도 330-360m/s에서의 실험재료가 우수홍삼의 수율이 높고 내공과 내백 면에서도 우수한 것으로 판정되었다. 한편 저장기간별 우수 홍삼 제조결과로 미루어 볼 때 최고급 품질의 홍삼제조를 위해서는 수확 후 3일 이내에 제조작업을 수행하는 것이 적절할 것으로 판단되었다.

12) 본 연구에서 개발된 최고급품질의 홍삼제조공정의 천지삼 수율측정을 위해 실험을 수행한 결과 천지삼의 평균수율이 18.8%로 본 과제의 목표인 천지삼 수율 15%를 초과하는 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 본 결과를

통해 천지삼의 비율은 14.1%에서 23.7%사이 에 있다고 95% 신뢰할 수 있다. 또한 상기 결과를 비모수 χ^2 검증한 결과 모집단을 대표하고 있다고 할 수 있다. 그러므로 본 연구과제에 의해 개발된 최고급 품질의 홍삼제조공정 기술은 성공적으로 개발된 것으로 판단되었다.

13) 본 연구에 의해 개발된 최고급 품질의 홍삼제조공정의 총비용은 33,448,000원이다.

다. 홍삼의 외관상 품질 판정 자동화 알고리즘 개발

1) 홍삼의 외형 선별 시스템은 제어 컴퓨터, 영상처리를 위한 칼라 CCD 카메라(WV-CP4110) 1대, 영상처리 보드(DT3153), 영상획득장치로 구성되었다.

2) 관행의 홍삼 검사 기준과 인삼산업법 시행규칙 별표 6의 인삼류 및 인삼종자·종묘의 검사기준의 홍삼선별기준을 검토하여 홍삼의 외형 선별에 영향을 미치면서 정량화가 가능한 홍삼의 뇌두와 다리의 수, 섹택, 백피·황피등의 외부 결합등의 인자들을 선택하여 홍삼의 외형을 선별 할 수 있도록 알고리즘을 개발하였고, 프로그램은 LabWindows/CVI 5.5로 작성되었다.

3) 홍삼의 외형 선별 인자를 분석하기 위해 영상처리기법중 점처리 연산 및 색조분석(Sliding&Stretching)과 경계값처리, 이진화, 그리고 평균편차 기법을 사용하였다.

4) 홍삼 외형 선별 시스템의 조명조건을 규정하기 위하여, 조명상자는 외부로부터 빛을 차단하고 균일한 광을 제공하기 위해 8각형으로 제작했으며, 조명은 색상 왜곡이 최소화된 홍삼의 영상을 획득하기 위하여 적색 색지를 MINOLTA CR-300 Colorimeter로 L, a+, b+값을 측정 한 후, 영상획득장치에 적색 색지를 넣고 위의 조명조건으로 영상을 획득하고, Wilcoxon 2-sample

Test에 의해 L, a+, b+ 값을 비교한 결과, 각 각의 L, a+, b+값이 거의 일치하는 것으로 나타났다.

5) 뇌두 부분의 분석은 영상을 획득한 후, 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리하였고 슬라이딩과 스트레칭기법에 의해 콘트라스트를 개선하였다. 배경과 분리된 홍삼의 영상에서 몸통과 뇌두 부분의 경계의 선택의 차이를 이용하여 뇌두 부분만의 원형도를 계산하여 뇌두의 유무와 건실함을 분석하였다.

6) 다리 부분의 분석은 영상을 획득한 후, 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리하였고 슬라이딩과 스트레칭기법에 의해 콘트라스트를 개선하였다. 배경과 분리된 홍삼의 영상을 유클리디안법을 이용하여 홍삼의 골격선을 분석하여 다리의 개수를 파악하게 된다.

7) 표면의 선택 분석은 영상을 획득한 후, 슬라이딩과 스트레칭기법과 슬라이스기법에 의해 붉은색을 강조하여 콘트라스트를 개선하였으며 영상처리에 의해 면적과 D_f 를 계산하여 홍삼의 표면 선택 특성을 정량화하였고, 선택의 차이를 이용하여 표면의 흠집과 황피, 백피등을 고려하여 선택의 균일성을 정량화하였다.

8) 홍삼의 외형 선별 시스템의 선별 정확도는 74.7%로 나타났으며, 검사원들의 육안 판정의 평균값인 95.8%와 비교했을 경우에 21.1%의 선별을 차이를 보였다.

이러한 이유는 홍삼의 영상획득 범위가 한쪽 면에 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.

제 2 세부과제 : 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발

가. 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발

1) 홍삼의 품질을 좌우하는 많은 요인 중에 선택과 내공, 내백은 1차 선별과 2차 선별에 큰 영향을 미친다. 본 실험에서는 비 효소적 갈변 반응에 영향을 미치는 당-단백질의 함량을 홍삼의 조성구와 유사하게 제조하여 증자온도 98℃에서 증자하여 건조온도와 시간 별로 선택을 측정하였고, 홍삼창 홍삼과 유사한 선택을 띠는 건조조건을 택해서 초음파 측정기로 수삼의 초음파 속도를 측정한 후 상법에 따라 제조한 홍삼과 건조온도를 달리한 홍삼을 제조한 후 일반성분, 선택, 갈색도와 홍색도, 조사포닌, 총사포닌, 내공, 내백을 측정하였다.

2) 인삼 증의 성분이 갈변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 모형 식품을 제조하여 증심합성법에 의해 실험을 실시한 결과 환원당이 증가할수록 갈변화 경향이 좋아지는 것이 관찰되었고 특기 할 것은 수분이 70%부근에서 갈변이 잘 일어나는 것이 관찰되었다.

3) 아미노산이 증가할수록 갈변도가 좋았고 환원당과 마찬가지로 수분 70%정도에서 갈변도가 좋게 나타났다.

이로 미루어 볼 때 비효소적 갈변화과정의 주요인자인 아미노산과 환원당의 양이 증가할수록 갈변화 경향이 좋아지는 것을 관찰할 수 있었고 반대로 환원당과 아미노산 투입량이 최저치 일 때 갈변이 가장 적게 일어났다. Total regress 는 $P < 0.0005$ 수준으로 매우 높았으며 그 유의성이 매우 높다는 것을 관찰할 수 있었다.

또한 수분 70%에서 갈변이 잘 일어난다는 사실로 미루어보아 홍삼 제조시 수분의 조절을 통한 갈변화의 향상을 유도할 수 있을 개연성을 보여주고 있

다.

4) 수삼의 초음파속도를 이용한 실험결과 수삼의 초음파 속도는 최저 166.77m/s, 최고 542.86m/s이었으며 평균값은 294.45m/s이었고, 제조된 홍삼의 초음파 속도는 최저 1406.78m/s, 최고 1878.57m/s이었으며 평균값은 1304.34m/s이었다. 초음파 속도별로 홍삼을 제조한 경우 수삼의 초음파 속도와 제조된 후 홍삼의 초음파속도와는 높은 상관관계를 나타내었다.

5) 초음파 속도별 색도 측정에서 L-value는 4년근의 경우 초음파 속도와 건조온도에 상관없이 홍삼창의 홍삼보다 값이 낮았으며, 5년근의 경우 초음파 속도 제 2구역 55℃ 건조조건에서 홍삼과 유사한 값이 나타났다. 또한 75℃ 건조 조건에서는 홍삼창 홍삼보다 값이 낮았고, 6년근의 경우 55℃ 건조 조건에서 초음파 속도 제 2구역의 처리구가 홍삼창 홍삼과 유사한 값을 나타내었고 75℃ 건조 조건에서는 제 3구역에서 유사치를 나타내었다. a-value는 4년근의 경우 75℃ 건조조건 제 2, 3구간이 유사치를 나타내었고, 5년근의 경우 또한 75℃ 건조조건에서 제 2구간의 처리구가 유사치를 나타내었다. 6년근의 경우 75℃ 건조조건과 초음파 속도 제 3구간에서 홍삼과 유사한 값을 나타내었다. b-value는 모든 구역에서 고르게 유사한 값들을 나타내었고 특히 초음파 속도의 제 3, 4구간에서의 색도가 홍삼창 홍삼과 유사한 것으로 나타났다.

6) 내공측정에서 4년근 수삼은 55℃ 건조조건에서의 내공의 분포보다 75℃ 건조조건에서 적었으며, 초음파 속도가 증가함으로써 내공의 수가 감소하였고, 5년근 수삼은 건조 조건에 상관없이 초음파 속도 제 1구역, 2구역에서는 비슷한 분포를 나타냈으나, 초음파 속도가 증가함으로써 75℃ 건조조건에서의 내공의 분포가 55℃ 건조조건에서의 내공 분포보다 적은 것으로 측정되었다. 또한 6년근 수삼의 경우 전체적인 내공이 분포는 모두 0.5mm이하의 것으로 측정되었으며, 초음파 속도의 증가에 따라 내공의 분포 또한 적

은 것으로 나타났다.

7) 내백 측정에서 4년근 수삼은 55℃ 건조 조건과 75℃ 건조조건에서 초음파 속도가 증가함에 따라 내백삼의 분포가 적었으며, 5년근 수삼은 초음파 속도가 낮은 구간에서 내백삼의 확인이 되었으며 속도가 증가함에 따라 내백삼이 점차 감소하는 것으로 나타났다. 또한 건조조건에서 동일한 분포를 나타냈다. 6년근 수삼은 전체적으로 4년근, 5년근 수삼에 비하여 내백삼의 분포가 높았으나 75℃ 건조 조건, 초음파 속도 제 2구간에서는 내백삼이 확인되지 않았다.

2. 결과 활용에 대한 건의

최근 우리나라의 인삼산업은 중국과 미주대륙으로부터 커다란 도전을 받고 있다. 이들 나라에서는 저가의 인삼을 대량으로 생산 판매하여 우리나라 인삼의 위치가 점점 위태로운 현실이다. 이러한 현실에서 우리가 나아갈 길은 품질의 고급화와 가공을 통해 부가가치를 상승시키는 길뿐이다.

본 연구에서 개발된 최고급품질의 홍삼제조공정은 홍삼 제조 시 필요한 기초데이터를 제공하였을 뿐만 아니라 농가에서 용이하게 고급품질의 홍삼을 제조할 수 있는 홍삼제조기를 제작함으로써 농가소득향상에 기여할 것으로 사료된다.

한편 본 연구에 의해 개발된 홍삼제조용 건조기는 특허출원하여 산업재산권을 확보할 예정이다. 그리고 본 연구에서 개발된 홍삼제조기는 농산물 건조기전문제조업체인 (주)해륙과 협의하여 상품화를 시도할 계획이다. 또한 본 연구에 의해 개발된 최고급품질의 홍삼제조공정을 부여 홍삼창의 공정에 접목하기 위한 협의를 계획중이다.

SUMMARY

I. Title of Study

Development of a Process for Manufacturing the Best Quality Red Ginseng

II. Objectives and Importance of the Study

1. Objective of the Study

○ Final Objective

Improvement of the Heaven and Earth Grade red ginseng yield to 15%

Sub-project 1 : Development of processes of sorting and drying of fresh ginseng for optimum production of red ginseng

1st Year :

- Development of nondestructive inspection technology for fresh ginseng sorting
- Development of a pilot system for steaming and drying ginseng for farm use
- Development of an automatic control algorithm for process of steaming ginseng
- Development of an automatic control algorithm for process of

drying ginseng

2nd Year :

- Development of nondestructive inspection technology using infrared ray thermography for fresh ginseng sorting
- Development of control system for temperature and relative humidity
- Development of schedules for steaming and drying processes

3rd Year :

- Development of an automatic control system for fresh ginseng sorting
 - (1) H/W
 - (2) S/W
- Development of an automatic control system for drying process
 - (1) H/W
 - (2) S/W
- Development of special drying technology
- Economical analysis

Sub-project 2 : Study on the physical and chemical model development for red ginseng manufacturing process

1st Year

- Investigation of mutual interaction of component for

manufacturing of the Heaven and Earth Grade red ginseng

2nd Year :

- Model development for browning and preventing intend white spot and internal check
- Development of an index for quality forecasting by the ingredient composition
- Establishment of optimum conditions by the red ginseng manufacturing process

2. Importance of Study

Due to the improvement of living standard and the increasement of the aged, the demand on health food is increasing, which is assisting the lives of the aged. Consequently, the interest and demand on ginseng known as a miraculous medicine for a long time are increasing continuously.

Since the fresh ginseng does not have storability, the Korean red ginseng and White Ginseng were manufactured in order to store and distribute for a long period. It has been known that the Korean red ginseng has not only a good effect of a medicine but also a stable quality under the long term storage.

Because the fresh ginseng is harvested from August to October and processed within a short period, several manufacturing problems have been experienced for processing excess quantity. Moreover, the

manufacturing conditions for superior red ginseng production are very complex, a process of great difficulty is demanded for it.

In addition, ginseng is the most expensive crop among the agricultural crops. When it is processed to red ginseng, its price has ten times difference by the quality factors such as crack, shape, internal check, and intend white spot. Therefore, development of an automatic controlled manufacturing system is being demanded, based on the scientific process analysis.

Even more, since all private manufacturing company was permitted domestically to manufacture the Korean red ginseng from July 1996, by March 1998, around 25 companies were producing The Korean red ginseng and its related products in Korea. In abroad, owing to the reputation of the Korean red ginseng, it has been marketing with the price which are three to five times higher than those of foreign products. Consequently, an automatized technology development is necessary in order to increase the yield rate of the Korean red ginseng.

Because the Korean red ginseng is not only a highly value-added product, but also more popular in abroad than domestic, such as in South-East Asia, it is on the market with a very high price(ex. Heaven Grade: ₩2,838,000/600kg). Specially the supply of the Heaven and Earth Grade red ginseng can not keep up with the demand on those. According to the statistics of 1994, the yield rate of the Heaven Grade was 2.5% and it was 7.5% when the Earth Grade was included. When first grade fresh ginseng was used for manufacturing the Korean red ginseng, the yield rates of the Heaven Grade and the Earth Grade

were 11.56% and 10.67%, respectively. When total yield rate was considered for both grades, it could not reach to 23%. To make matters worse, since the quality of fresh ginseng is getting worse, the yield rates of both grades of red ginseng is decreasing.

Many research works have been conducted mainly by Korean Ginseng and Tobacco Research Institute to improve the yield rates of Heaven and Earth Grade. But, those results could not contribute significantly to improve those yield rates. In the past, most researchers concentrated their interests on chemical analysis and changes without considering the physical changes during the manufacturing process of the Korean red ginseng. Until now, research efforts to find the physical changes and mass transport principle of ginseng in steaming process and drying mechanism of ginseng were not sufficient. Therefore, the basic data is hardly available, that are for temperature vs properties, temperature vs browning, and strain distribution in fresh ginseng during steaming and drying processes.

Because the quality of red ginseng is graded not by the chemical composition but mainly by the physical shape, the development of a technology is necessary, which can prevent the physical defects occurred during the processes of steaming, first drying, and second drying.

III. Results of Study and Recommendations for Application

1. Results of Study

The results of this study could be summarized as the followings:

Sub-project 1 : Development of processes of sorting and drying of fresh ginseng for optimum production of red ginseng

A. Development of grading technology of fresh ginseng for Heaven and Earth Grade red ginseng manufacturing

1) A low frequency resonance transducer was more suitable for ultrasonic grading of fresh ginseng than a high frequency resonance one. Among the transducers used in this study the transducer of 37kHz worked better than that of 54kHz.

2) To increase the coupling ratio of transducer to the surface of ginseng a couple of small diameter transducers were developed. Though their diameter of 38mm were smaller than the old one's by 12mm we still need smaller than the newly developed to improve grading technology.

3) Among ultrasonic factors possibly used for grading fresh ginseng, such as peak-to-peak voltage, sound velocity and modulus of elasticity, sound velocity was found to be the best for the

industrial use.

4) The ultrasonic sound velocities transmitted along and across the grain of a fresh cube-shape cut ginseng were 419 and 418m/s, respectively, while that transmitted across the grain of a natural one was 369m/s.

5) The ultrasonic signal transmitted along the ginseng grain mostly consisted of low frequency components and attenuated rapidly while that across the ginseng grain mostly consisted of high frequency components and attenuated slowly.

6) Discrepancy between high and low temperatures of the fresh ginseng monitored by a Infrared Thermography device showed a good relationship with its moisture content, but not with its physical properties such as density. Thus this parameter could be used for predicting the moisture content of the fresh ginseng, but not for grading the fresh ginseng.

7) The newly developed Automatic Ultrasonic Grading System for Fresh Ginseng and computer programs are an useful tool to sort fresh ginsengs into three groups. Each group has to be steamed and dried with an individual schedule to increase the yield of Heaven and Earth Grade.

8) The Automatic Ultrasonic Grading System for Fresh Ginseng was designed to precisely measure the transmit distance, to control the pressure on a specimen, to calculate the ultrasonic sound velocity from the transit time and transmit distance, and to finally grade.

9) The ultrasonic velocity criteria for grading fresh ginseng

obtained in this study were 300-330m/s, 330-360m/s and 360-390m/s.

10) For the fresh ginsengs stored at a room temperature for 3 days the ultrasonic velocities didn't decrease, but for those stored in a refrigerator for 9days the sound velocities seriously decreased and for those stored at a room temperature for 3 more days they decreased much more. It revealed that the ginseng quality can be examined by measuring the ultrasonic velocity.

B. Development of a drying system for optimum production of red ginseng

1) A pilot system of steaming and drying ginseng was developed for basic study on the quantities of energy required, moisture, and airflow that are needed for manufacturing red ginseng.

2) When the pilot system was tested, it was found that the fresh ginseng could be steamed successfully by the boiler and heater during the steaming process, and the temperatures were controlled satisfactorily during the first and second drying processes.

3) Nine red ginseng were manufactured by the pilot system developed. Among them, three red ginseng had exterior defects that were crack or white rind. Among the rest, four red ginseng had interior defects such as internal check, and intend white spot. According to these results, it was found that the performance of steaming system should be improved. Therefore, an autoclave was used

for steaming experiments. When steaming process was carried by autoclave, exterior defects such as crack and white rind were decreased conspicuously. Components of the red ginseng manufactured by the pilot system were compared with the one manufactured by the conventional method, and it was found that there was no significant difference.

4) It was proven that the optimum conditions for steaming process were steamed at 98°C for five hours by an autoclave.

5) It was found that the optimum drying conditions of first drying of red ginseng were 70-80°C, 60-70% relative humidity, and airflow rate of 2m/s.

6) A measurement and control system, which is used for controlling the internal temperature and relative humidity of dryer, was developed.

7) An experiment result, which was conducted to find out the effect of microwave heating during steaming and first drying processes, showed that it produced inferior results compared with the conventional method. Consequently it was found that the microwave heating was not suitable for manufacturing process of best quality red ginseng.

8) An experiment result, which was conducted to find out the effect of far infrared ray drying just before the first drying process and after the second one, it was found that the far infrared drying was not suitable for manufacturing process of best quality red ginseng.

9) Based on the experimental results conducted on the first and the second year of study, a pilot dryer was developed for manufacturing red ginseng at farm level.

10) The performance of pilot dryer developed was tested. The test results showed that the designated temperature and relative humidity were measured and controlled satisfactorily. Using Student-t test of SAS statistical package, the distribution of inside temperature and relative humidity of dryer were tested at 5% significant level, and it was found that their distributions were uniform without any significant differences.

11) Applying the operational conditions studied by each sub-project, the pilot dryer developed for farm use was tested to find the optimum process conditions for the best quality red ginseng, and several conditions were found; optimum relative humidity is 60-70% for the first drying process; fresh ginsengs sorted at the ultrasonic velocity of 330-360m/s yield the best red ginseng most, which has the least internal check and intend white spot spot. According to the manufacturing tests by the storage period, manufacturing operation should be carried out within 3 days after harvesting fresh ginseng in order to produce the best quality red ginseng.

12) The experimental results showed that the average yield rate of Heaven and Earth Grade red ginseng manufactured by the processing system developed, was 18.8% which is relatively excellent and more than the project's target yield of 15%. Therefore, it would be

evaluated that the processing technology developed for the best quality red ginseng is a successful output.

13) The total costs of the processing system developed for manufacturing the best quality red ginseng was ₩33,448,000.

C. Development of an automation algorithm for red ginseng's shape sorting

1) The shape sorting system of Korean red ginseng consists of a control computer, a color CCD camera(WV-CP4110) for image processing, an image processing board(DT3153), and an image acquisition unit.

2) The algorithm which can sort the shape of the Korean red ginseng was developed after examining a practical inspection standard of the Korean red ginseng and Korean red ginseng sorting standard(Table 2.1) and choosing factors, such as the number of head and leg, color, white rind, yellow rind and external defects, which affect to shape sorting of Korean red ginseng and can be measured. Then the algorithm developed was programmed using LabWindows/CVI 5.5.

3) Many image processing skills, such as sliding, stretching, threshold, binary, and average deviation technique were used to analyzed the shape sorting factors of Korean red ginseng.

4) In order to find the illumination conditions for Korean red ginseng's shape sorting systems, illumination box was isolated from external light and was made in a octagon for providing uniform

illumination. L, a+, b+ values were measured in two different ways using MINOLTA CR-300 colorimeter and image acquisition unit in the same illumination condition. When both results were compared with by Wilcoxon 2-sample test, they were almost matched each other.

5) The first step for analyzing of the head part is to improve a contrast by the sliding and stretching method after acquiring an image and then the Korean red ginseng and its background is separated by the threshold. The existence and soundness were analyzed by means of calculating roundness of only head part using color difference between body and head in the image separated from the back ground.

6) The first step for analyzing the leg part is to improve a contrast by the sliding and stretching method after acquiring an image and then the Korean red ginseng and its background is separated by the threshold. The number of legs was counted by means of analyzing the Korean red ginseng centerline using Euclidean method with the image of Korean red ginseng separated from background.

7) For color analyzing of surface, the contrast emphasized red color was improved by sliding and stretching method after acquiring the image. The color characteristics of the Korean red ginseng's surface was quantified with area and D_t calculated by image processing and the uniformalization of the color was quantified with considering the factors, such as surface defects, white rind and yellow rind which are obtained by difference of color.

8) The sorting accuracy rate of the shape sorting system of the Korean red ginseng was 74.7%. Comparing with 95.8% which is sorting

average value examined with the naked eye, there was difference of 21.1%. The reason of showing this result is that because image acquisition range is limited in only one side. If a shape sorting system using two or more cameras are used, the result may be almost matched with verification result using naked-eye of inspector.

Sub-project 2 : Development of Physical and Chemical model for red ginseng manufacturing

1) Quality factors such as color, internal checks and white spots are known to influence the first and second sorting. For this study model compounds simulating a red ginseng were made of sugar and protein. They were steamed at 98°C, dried at various temperatures and times and their colorimetry were compared with a standard of Heaven and Earth Grade ginseng to find a few appropriate drying conditions. The analysis parameters for red ginseng quality were general ingredients, colorimetry, browning, redness, contents of general and assistant saponin, internal checks and white spots.

2) The browning of the model compounds increased with the content of reduction sugars and that a good result was obtained at the moisture contents of 70%.

3) The browning of the model compounds also increased with the content of amino acids and that a good result was obtained at the moisture contents of 70%.

4) The ultrasonic velocities of fresh ginsengs distributed from 166.77m/s to 543.86m/s with the average of 294.45m/s, while those of red ginsengs did from 1406.78m/s to 1878.57m/s with the average of 1304.34m/s. The relationship between the ultrasonic velocities of the two ginsengs showed a good linear agreement.

5) The fresh ginsengs were divided into four groups according to the ultrasonic velocities and two levels of drying temperatures of 55 and 75°C were applied. For L-value of colorimetry II and III groups of 5 and 6 year old ginsengs showed brightness as good as the standard. For a-value of colorimetry II and III groups of 4, 5, 6 year old ginsengs dried at 75°C showed redness as good as the standard. For b-value of colorimetry all ginsengs showed as good as the standard.

6) As the ultrasonic velocities increased the number of internal checks decreased for all specimens. For 4 year old ginsengs the drying temperature of 55°C was better than that of 75°C to reduce the number of internal checks. For 6 year old ginsengs the diameters of internal checks were smaller than 0.5mm.

7) As the ultrasonic velocities increased the distribution of white spots decreased for all specimens. For 4 and 5 year old ginsengs the drying temperatures didn't affect the distribution of white spots. The distribution of white spots for 6 year old ginsengs was higher than those for 4 and 5 year old. However the 6 year old ginseng ultrasonic graded as II group and dried at 75°C didn't include any white spots.

2. Recommendations for application of study results

Recently Korean Ginseng industry is receiving great challenge from China and American Continent. Since those countries are producing a large quantity of ginseng and marketing it with a cheap price, Korean ginseng industry is facing a precarious position. In this situation, the only way to overcome challenge is to upgrade ginseng quality and to ascend its value added through processing.

The red ginseng process system developed in this study not only provided the basic data for manufacturing the best quality red ginseng, but also developed a red ginseng manufacturing system which could be used easily at farm households for red ginseng production. Therefore, it may be expected that the study results will contribute a lot to increase the incomes of farm households.

In addition, the red ginseng process system developed will be applied for patent, then industrialized by transferring the technology to Hae-Ryuk Corp, that is a specialized agricultural crop dryer manufacturer. Also a consultation is under consideration to apply the technology developed to the red ginseng manufacturing process of The red ginseng Manufacturing Corporation in Buyuor, Chungnam Province.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction

Section 1. Objectives and scope of the study

Chapter 2. Development of a sorting technology for fresh ginseng used for manufacturing Heaven and Earth Grade

Section 1. Preface

Section 2. Ultrasonic detection technology for fresh ginseng

Section 3. Sorting technology utilizing thermography of infrared rays

Section 4. Manufacture and application of an automatic ultrasonic sorting equipment for fresh ginseng

Section 5. Results and Discussion

Section 6. Conclusions

Chapter 3. Development of a drying system for optimum production of red ginseng

Section 1. Preface

Section 2. Development of an algorithm for steaming and drying ginseng

Section 3. Development of a pilot system for steaming and drying ginseng

Section 4. Development of a processing schedule for steaming and

drying ginseng

- Section 5. Development of a measurement and control system for temperature and relative humidity
- Section 6. Development of a special drying technique(1st or 2nd drying process)
- Section 7. Development of a diffusing-type dryer used for manufacturing red ginseng
- Section 8. Performance test of a diffusing-type dryer for manufacturing red ginseng
- Section 9. Experiment result of manufacturing the best quality red ginseng by a diffusing-type dryer
- Section 10. Economical analysis
- Section 11. Conclusions

Chapter 4. Development of an automated quality assessment algorithm for shape sorting of red ginseng

- Section 1. Preface
- Section 2. Development of an algorithm for shape sorting of red ginseng using image processing
- Section 3. Constituting equipment for shape sorting of red ginseng
- Section 4. Performance test of shape sorting system developed for red ginseng
- Section 5. Results and Discussion
- Section 6. Conclusions

Chapter 5. Study on the physical and chemical model development for red ginseng manufacturing process

Section 1. Amino-carbonyl reaction of the model food

Section 2. Physical and chemical properties of fresh ginseng by age

Section 3. Relationship between ultrasonic velocity and physical and chemical properties for fresh ginseng

Section 4. Component analysis of fresh ginseng using near-infrared ray spectroscopy method

Section 5. Thermal characteristics of fresh ginseng

Section 6. Results and Discussion

Chapter 6. Comprehensive conclusions and application plans

Section 1. Comprehensive conclusions

Section 2. Expected effects

Section 3. Industrializing plans

References

목 차

제 1 장 서 론

제1절 연구개발의 목적과 범위

제 2 장 천지삼 제조용 수삼 선별 기술 개발

제1절 서 설

제2절 수삼 초음파 탐지 기술

제3절 적외선 열화상을 이용한 선별기술

제4절 자동 수삼 초음파 선별 장치의 제작 및 응용

제5절 결과 및 고찰

제6절 결론

제 3 장 홍삼 최적 생산을 위한 건조 시스템 개발

제1절 서 설

제2절 증삼 및 건조 알고리즘 개발

제3절 증삼-건조기 시작기 개발

제4절 증삼 및 건조 공정 스케줄 개발

제5절 온도, 습도 계측 및 제어시스템 개발

제6절 특수 건조기술 개발(전건조 또는 건조 공정)

제7절 보급형 홍삼제조용 건조기개발

제8절 보급형 홍삼제조용 건조기성능 평가

제9절 보급형 홍삼제조용 건조기를 통한 최고급품질의 홍삼제조공정실험

제10절 경제성 분석

제11절 결론

제 4 장 홍삼의 외관상 품질 판정 자동화 알고리즘 개발

제1절 서 설

제2절 영상처리에 의한 홍삼 외관선별 알고리즘 개발

제3절 홍삼의 외관선별을 위한 장치 구성

제4절 홍삼 외관선별 시스템 성능 실험

제5절 결과 및 고찰

제6절 결론

제 5 장 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발에 관한 연구

제1절 모형식품의 갈변화

제2절 수삼의 년근별 이화학적 특성

제3절 수삼의 초음파 속도와 홍삼의 이화학적 특성과의 관계

제4절 근적외선 분석법을 이용한 수삼의 성분분석

제5절 수삼의 열 특성

제6절 결과 및 고찰

제 6 장 종합결론

제1절 결론 요약

제2절 기대효과

제3절 산업화 방향

참고문헌

제 1 장 서 론

제1절 연구개발의 목표 및 내용

1. 연구개발의 필요성과 목적

생활수준의 향상과 고령화에 따라 장수생활의 보조를 기대하는 건강식품의 요구가 급격히 증가하는 추세에 있어 장기간 영약으로 전해 내려온 인삼에 대한 관심과 수요가 계속 증가하고 있다.

수삼은 저장성이 없으므로 장기간 저장 유통시킬 목적으로 홍삼과 백삼으로 가공하여 사용되어 왔으며 홍삼은 약효뿐만 아니라 장기간 저장하여도 품질 면에서 대단히 안정한 것으로 인정되어 왔다.

수삼은 8~10월에 채굴되어 단기간에 가공 처리되어야 하므로 원료처리량의 과다로 인한 제조공정상의 문제점을 수반하고 있다. 그러나 제조공정시의 처리조건 등이 복잡하여 우량홍삼을 제조하는데는 상당한 고난도의 공정이 요구되고 있다. 아울러 인삼은 모든 농작물 중에서 가장 고가의 작물이며 제조후의 홍삼에서도 균열, 체형, 내공, 내백 등 복잡한 품질인자에 의하여 가격이 10배 이상 차이가 있기 때문에 과학적인 공정분석에 의한 자동화 시스템의 개발이 요구되고 있다. 아울러 96년 7월부터 전국의 모든 민간제조업체에서 홍삼을 제조할 수 있도록 허용되어 98년 3월 현재 전국에서 약 25개 업체에서 홍삼 및 홍삼제품을 생산 중에 있다. 해외에서도 고려홍삼의 성가에 힘입어 외국삼 대비 약 3-5배의 비싼 값으로 유통이 되고 있는 바 고급 홍삼 제조 수율을 증대시키기 위한 자동화 기술개발이 절실하다고 하겠다.

천지삼 수율을 높이기 위한 연구가 한국인삼연초연구원을 중심으로 많이 수행되

어 왔으나 별 효과를 얻지 못하고 있다. 그 동안 연구자들은 홍삼제조과정 중에 일어나는 물리적 변화를 간과한 채 화학적 분석 및 변화에만 관심을 집중해 왔다. 지금까지 증삼 중 삼의 물성변화와 수분이동원리에 대한 연구가 미흡했으며 건조 mechanism을 밝히기 위한 노력이 부족했다. 온도와 물성치, 온도와 갈변반응, 증삼과 건조 중 수삼 내 응력분포 등에 관한 기초자료가 전무한 형편이다.

홍삼의 품질은 화학적 성분에 의해 결정되는 것이 아니라 100% 물리적 외형에 의해 결정되기 때문에 증삼, 1차건조, 2차건조 과정에서 발생하는 물리적 결합을 예방할 수 있는 조건을 찾는 기술의 개발이 필요하다.

이에 본 연구에서는 홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발과 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발을 통하여 천지삼(홍삼)의 수율을 15%까지 향상키는 데 그 연구의 목적이 있다.

2. 연구개발 내용

연차별 연구개발 목표와 내용은 다음과 같다.

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (1998년)	1) 홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수삼선별을 위한 비파괴 검사 기술 개발 - 농가용 소형 증삼-건조기 개발 - 증삼 공정 자동제어 알고리즘 개발 - 건조 공정 자동제어 알고리즘 개발 2) 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 천지삼제조를 위한 성분상호간의 교호작용 규명 	1) 초음파를 이용한 선별기술 <ul style="list-style-type: none"> - 수삼에 맞는 적정 주파수대역 조사 - 투과 초음파의 주파수 특성 조사 - 수삼 형태에 맞는 초음파 Transducer 모형 개발 - 자동기록 프로그램 개발 2) 농가형 소형 증삼-건조 장치의 시제품을 개발, 제작하여 증삼 및 건조 모델 실험에 이용 <ul style="list-style-type: none"> - 증삼과 건조 동시 이용 - CRT(Continuous Rising Temperature) 건조장치 - 내부온도 150℃/상대습도 100%까지 급상승 기능 - 온도와 습도 정밀 조절 장치 3) 자료수집, texture에 영향을 미치는 성분 조합

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
2차 년도 (1999년)	1) 홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발 - 수삼 선별을 위한 적외선 Thermography 비파괴 검사기술 개발 - 온도, 습도 제어시스템 개발 - 증삼 및 건조 공정 스케줄 개발 2) 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발 - 천지삼의 갈변, 내백, 내공 방지 모델개발	1) 적외선 Thermography를 이용한 선별기술 - 수삼의 열전달 계수 측정 - 수삼을 위한 열분포도 측정 - 함수율에 따른 열전달 효과 - 밀도에 따른 열전달 효과 - 적외선 가열장치 개발 - 열전달 속도에 따른 수삼선별 방법 개발 2) 1차년도의 결과를 이용하여 초음파 또는 적외선을 이용한 선별장치의 시제품 제작 - 초음파 전달시간 자동 측정 장치 - 초음파 파형 측정 장치 - 수삼의 직경 자동 측정 장치 3) 선별자동화 Software 개발 - 선별기준을 설정하여 상급, 중급, 저급으로 구분하여 작업자들이 간편하게 분류할 수 있는 프로그램 개발 4) Amino acid와 Sugar종류별 갈변화 반응 정도 및 촉진인자 검색.

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
3차 년도 (2000년)	<p>1) 홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수삼 선별 자동제어 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> (1) H/W (2) S/W - 건조 공정 자동제어 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> (1) H/W (2) S/W - 특수 건조기술 개발(전건조 또는 건조 공정) <p>2) 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 홍삼 성분조성에 따른 품질에 측 지표 개발 - 홍삼 제조 공정별 최적조건 확립 <p>3) 경제성 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 홍삼제조시설의 비용분석 - 제조된 홍삼의 부가가치를 포함한 경제성 분석 - 기존의 홍삼제조공정과 개발된 공정간의 비용비교분석 	<p>1) 1, 2차년도의 결과를 이용하여 초음파 또는 적외선을 이용한 선별장치의 시제품 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초음파 전달시간 자동 측정 장치 - 초음파 파형 측정 장치 - 수삼의 직경 자동 측정 장치 - 적외선 Thermography conveyer system 개발 <p>2) 선별자동화 Software 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 선별기준을 설정하여 상급, 중급, 저급으로 구분하여 작업자들이 간편하게 분류할 수 있는 프로그램 개발 <p>3) M/W 건조 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - M/W 건조기를 이용하여 전건조 또는 건조의 효과를 조사 - 증삼 과정에서 M/W의 효과 조사 <p>4) 원적외선 건조기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 천지삼의 수율을 높이기 위해 지금까지는 양건을 실시하였지만 시간이 오래 걸리는 단점이 있음 - 본 연구에서는 원적외선을 이용하여 수율을 높이면서 건조시간을 단축할 수 있는 방법을 개발 <p>5) 자료수집, texture에 영향을 미치는 성분 조합</p> <p>6) Amino acid와 Sugar종류별 갈변화 반응 정도 및 촉진인자 검색.</p> <p>7) 기존의 홍삼제조기술 대비 경제성 분석</p>

제 2 장 천지삼 제조용 수삼 선별 기술 개발

제1절 서 설

최상급 홍삼을 생산하기 위한 첫 단계는 수삼선별에서 시작되어야 한다. 효율적인 홍삼제조를 위해서는 먼저 과학적인 선별이 필요하나 현재는 외형과 중량으로만 선별하고 있다 (아래 수삼등급기준 참조). 수삼 중에는 이미 내공 등 결함을 가지고 있는 것이 있으나 지금의 방법으로는 구분해 낼 수 없다. 본 연구를 위한 예비실험 결과 초음파를 이용하여 수삼의 밀도를 비파괴적으로 측정할 수 있었으며 수삼의 내부상태를 예측하여 선별할 수 있는 가능성을 보였다.

Table 2-1 Fresh ginseng grading rule

등급	1등	2등	3등	등외
중량	75 g	40 g	30 g	
동체길이	6 cm	4 cm	3 cm	
체형계수	40 %	50 %	제한없음	
적 변 삼	얇은 적변이 몸통표면적의 20% 이하 일 것		- 얇은 적변이 몸통 표면적의 20% 이하 - 적변삼 50g 이상 대편급 수삼 단) 표피가 콜크화되어 원료가치가 없는 수삼과 다리가 극히 미약한 수삼은 제외	제한없음
체형불량			50g 이상 대편급	

홍삼의 주 결함에는 내백과 내공 그리고 표면균열 등이 있는데 증삼, 1차 건조, 2차 건조의 모든 공정에서 나타난다. 증삼과 건조과정의 온도를 낮추면 내공과 표면균열은 줄일 수 있으나 내백이 많이 발생하고 내백을 줄이기

위해 온도를 높이면 내공과 표면균열이 많이 발생한다. 이러한 상호 대립적인 결합발생 요인 때문에 문제해결이 어렵다.

본 연구에서는 수삼 선별 위해 초음파 기술과 적외선 화상 처리 기술을 응용하였다. 초음파 기술은 물질 내에 초음파 전달 속도와 파형변화를 측정하여 물질 밀도 및 내부결합을 조사하는 기술을 응용하여 수삼의 물성을 간접적으로 손쉽게 측정할 수 있기 때문에 이용하였다. 적외선 화상 처리 기술은 물질의 온도분포를 화상으로 분석하여 물질의 균질성, 함수율 등 물리적 성질을 복합적으로 판정할 수 있으며 빠르게 판정하기 때문에 이용하고자 하였다.

제2절 수삼 초음파 탐지 기술

1. 수삼모델의 적정 주파수 대역 조사

수삼은 오래 보관이 곤란하여 균일한 결과를 얻기 힘들므로 목재로 만든 수삼모델을 이용하여 본 실험을 수행하였다. 이들 탐촉자를 사용하여 측정 한 초음파 전달시간과 초음파 속도는 다음의 표2-2와 같다.

표 2-2 탐촉자 종류에 따른 수삼모델의 초음파 전달속도

송신탐촉자	수신탐촉자	투과시간(μs)	두께(mm)	전달속도(m/sec)
37kHz	37kHz	18	50.0	2,775
54kHz	54kHz	20.9	50.0	2,390
EXRX	54kHz	27.3	49.9	1,826
54kHz	EXRX	27.3	49.9	1,826
1MHZ	EXRX	35.3	49.4	1,399
EXRX	1MHZ	35.3	49.4	1,399

본 실험 결과 낮은 주파수 대의 탐촉자가 투과시간 지연없이 전달됨을 알 수 있었다.

2. 투과 초음파의 주파수 특성 조사

가. 목재로 만든 수삼모델의 주파수 특성

수삼모델을 투과한 초음파의 파형은 그림 2-1과 같다. X축은 시간, Y축은 초음파 신호의 전압크기를 나타낸 것으로 37kHz와 54kHz 탐촉자 파형은 최대전압 각각 약 0.3V와 약 0.1V로 어느 정도 큰 값을 나타내고 있으나 EXRX와 1MHz를 포함하고 있는 탐촉자 파형의 최대전압은 0.02V 이하를 나타내고 있다. 수신 초음파의 전압크기는 0.002V 이상이면 PUNDIT가 값을 읽을 수 있으나 충분히 크지 않으면 오차가 발생할 가능성이 높다. 따라서 수삼선별에는 37kHz와 54kHz 탐촉자를 사용하는 것이 좋을 것으로 생각되나 현재 사용하고 있는 37kHz와 54kHz 탐촉자는 접촉면이 평면으로 되어 있어 수삼의 둥근 표면에 밀착시키기 어렵다. 따라서 초음파를 한곳에 집중시킬 수 있는 음파집중 보조물을 탐촉자 표면에 부착하는 것이 필요하다.

EXRX와 1MHz 탐촉자는 접촉면이 작기 때문에 수삼의 표면에 밀착시키기 쉬우나 그림 2-3에 보인 바와 같이 수신 신호가 너무 작아 오차 가능성이 크다. 따라서 EXRX와 1MHz 탐촉자를 사용할 때는 preamplifier를 같이 사용하는 것이 좋을 것으로 사료되어 제작 중에 있다.

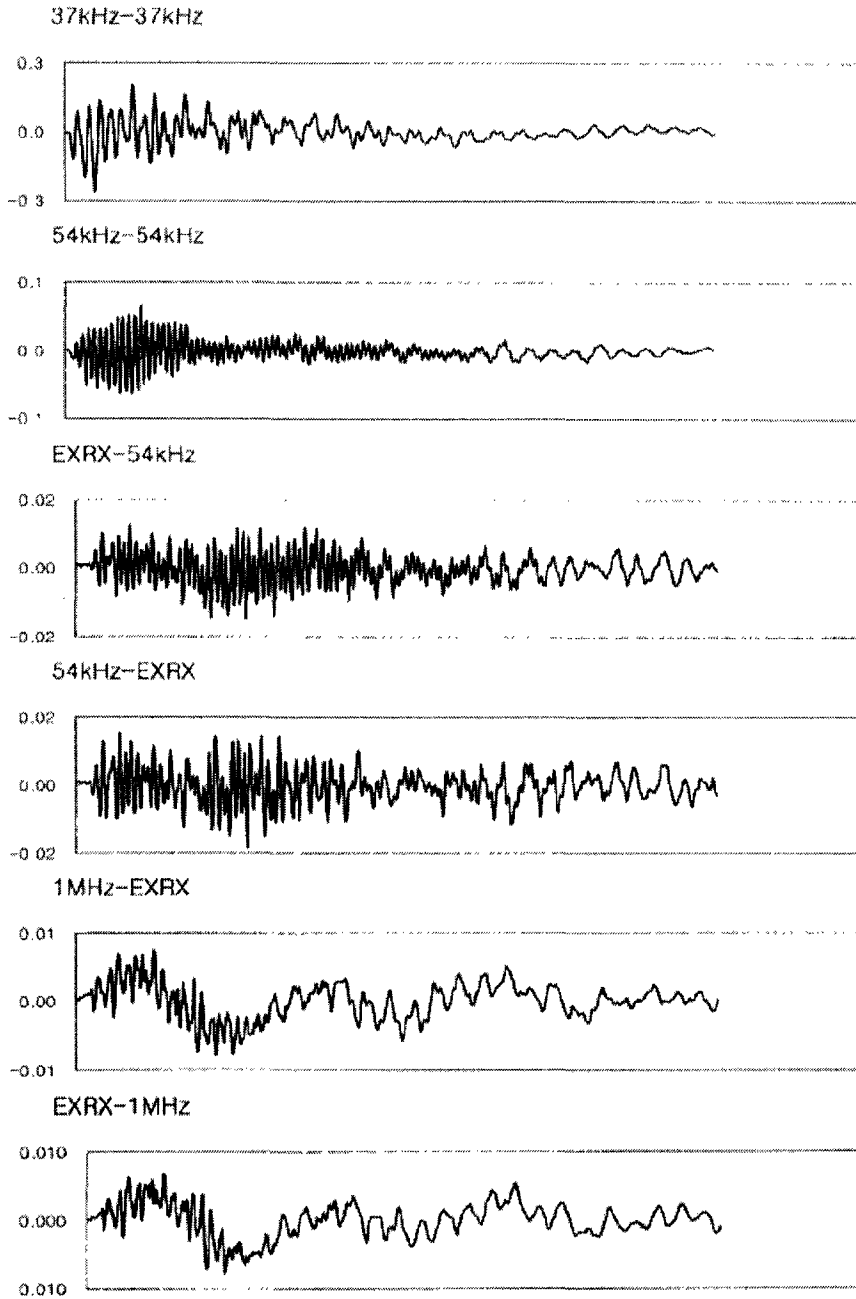


Fig. 2-1 Waveform obtained with various transmit and receive transducers.

나. 수삼의 주파수 특성

수삼을 투과한 초음파의 파형은 아래 그림 2-2와 같다. 목재 수삼모델에 비하여 투과한 파형의 크기가 감쇠에 의해 매우 작아졌다. 54kHz 탐촉자는 37kHz 탐촉자에 비해 감쇠가 심하고 distortion이 많이 일어났다. RXTX 탐촉자는 자체 저주파 노이즈가 있었으며 그위에 37kHz가 superimpose돼 있는 형태를 나타내고 있다.

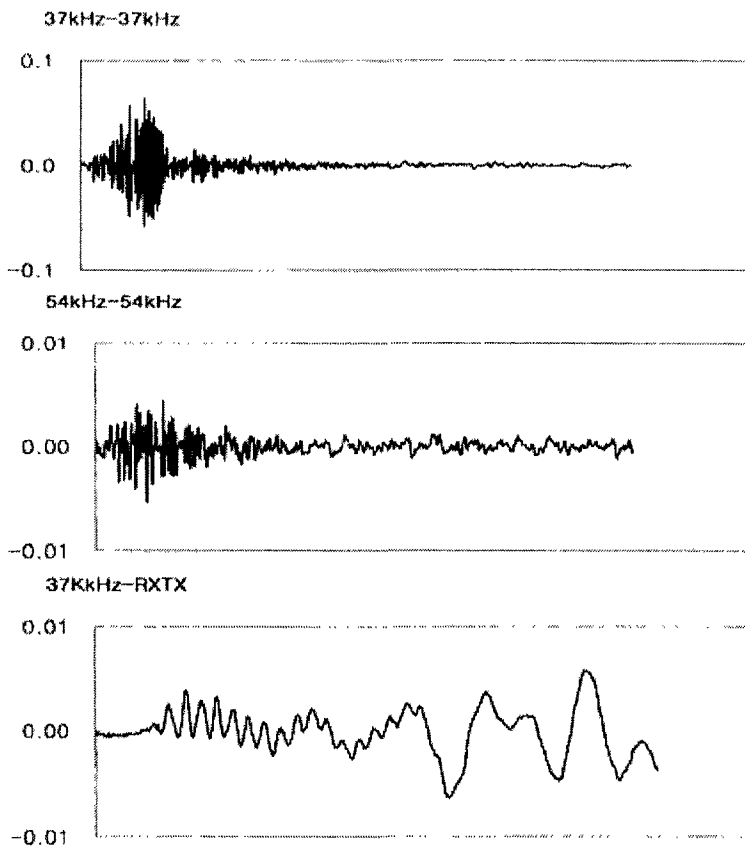


Fig. 2-2 Waveform obtained with various transmit and receive transducers.

파형의 크기를 측정한 값을 표 2-3에 나타냈다. 수신신호의 최대전압과 최소전압차를 Peak-to-peak voltage라고 표현하였다. 37-37kHz 탐촉자쌍이 가장 큰 값을 나타내고 있으며 나머지 두 쌍이 11-12mV로 비슷한 값을 보인다. 따라서 37-37kHz 탐촉자 쌍이 가장 뚜렷하고 정확한 초음파 특성을 나타내고 있으나 탐촉자의 단면적이 커서 수삼표면에 밀착되지 못하는 단점을 가지고 있으므로 표2-3에 보인 바와 같이 시료간 변이차가 크지 못하다.

Peak-to-peak voltage는 표2-2와 2-3의 초음파 전달속도와 탄성계수와 같이 시료간 변이를 뚜렷히 나타내 주고 있지 못하다. 따라서 Peak-to peak voltage는 수삼 선별에 사용하기 곤란한 것으로 밝혀졌다.

이러한 단점을 없애기 위해 초음파를 집중시켜줄 초점체를 아크릴로 만들어 사용해 보았으나 아크릴 자체의 감쇠가 심하여 수신신호가 미미하였다. 현재 고밀도 아크릴을 사용하여 초점체를 만드는 과정에 있으며 수신신호를 증폭하는 방법을 사용하였다.

표 2-3 탐촉자쌍에 따른 Peak-peak voltage (mV)

시편번호	37-37kHz	54-54kHz	37k-RXTX
1	30.1	11.8	11.7
2	50.1	11.5	11.8
3	30.2	11.0	12.8
4	52.1	12.4	13.7
5	34.4	10.3	12.0
6	61.2	10.7	15.2
7	46.4	9.9	15.0
8	43.4	17.0	12.2
9	28.7	9.3	12.1
10	47.0	13.6	12.4
11	45.2	12.5	10.8
12	47.5	13.3	11.7
평균	43.0	11.9	12.6
표준편차	10.1	2.1	1.4

다. 수삼에 맞는 적정 주파수 대역 조사

1) 초음파 주파수 탐촉자의 종류

본 연구에 사용된 초음파 탐촉자 모두 4가지 종류의 공진탐촉자로 공진주파수는 각각 37 kHz, 50 kHz(EXRX), 54 kHz, 1MHz 이다. 50kHz(EXRX) 탐촉자는 exponential probe라고도 하는데 음파가 탐촉자 끝에 모이도록 끝이 뾰족하게 되어있다.

2) 수삼의 적정 주파수 대역

직경 $37 \pm 1.3\text{mm}$ 의 수삼 12지를 금산에서 구입하여 사용하였다. 수삼의 수확 철이 아니기 때문에 봄에 저온 저장해두었던 6년근으로 시장에서 최상급으로 유통되고 있는 것이다.

37k-RXTX를 제외하고 동일한 주파수의 탐촉자를 송신과 수신에 사용하였다. 54kHz와 37kHz 탐촉자는 직경이 5cm나 되기 때문에 수삼의 몸통을 측정하는데 매우 불편하여 측정하지 못하였다. 그러나 1MHz 탐촉자와 RXTX 탐촉자는 접촉면적이 작기 때문에 원하는 위치를 정확히 측정할 수 있다. Couplant로는 그리스를 대신하여 물을 사용하였다.

표 2-4 탐촉자 종류에 따른 수삼의 초음파 전달속도 (m/sec)

시료번호	밀도 (g/cm ³)	탐촉자쌍				
		37-37kHz	54-54kHz	1MHz뇌두	1MHz몸통	37k-RXTX
1	1.02	339.8	351.8	322.2	320.6	267.7
2	1.01	344.9	362.2	342.1	300.6	328.1
3	1.01	344.8	353.7	336.7	326.1	266.9
4	1.00	342.1	359.3	319.8	315.2	303.4
5	1.00	346.7	365.1	353.8	342.4	375.6
6	1.00	348.9	356.9	370.3	333.8	346.1
7	1.00	345.9	360.0	342.7	323.9	372.2
8	0.99	342.9	359.4	321.1	300.1	325.5
9	0.98	340.1	355.2	323.1	307.4	322.3
10	0.96	346.8	352.4	305.8	286.5	302.8
11	0.96	344.8	356.9	326.2	317.6	308.2
12	0.96	337.3	357.3	319.5	312.1	313.4
평균	0.99	343.8	357.5	332.0	315.5	319.3
표준편차	0.02	3.4	4.0	17.8	15.5	34.2

37-37kHz와 54-54kHz 탐촉자로 측정된 초음파 전달속도는 시료간 별차이를 나타내고 있지 않다. 즉 표준편차가 각각 3.4와 4.0m/s로 변별력이 매우 낮다. 이에 반해 1MHz와 37k-RXTX는 공통적으로 시료 5, 6, 7의 값(어두운 부위)이 다른 시료에 비해 높았다. 시료 2의 뇌두 초음파 전달속도도 다른 시료에 비해 높았다. 즉 1MHz 탐촉자 또는 37k-RXTX 탐촉자 사용하여야만 시료간 차이를 찾아낼 수 있다.

사용한 탐촉자간 초음파 전달속도가 다르게 나타나는 것은 탐촉자에 따라 감쇠가 다르고 수신 음파의 감지능력이 달라지기 때문이다. 수삼의 초음파 전달속도는 260-380m/s으로 수삼모델로 사용된 목재의 1300-2800m/s 보다 훨씬 낮은 값을 나타내므로 초음파 신호가 전달될 때 감쇠가 크게 나타남을 알 수 있다.

초음파 전달속도로 계산한 수삼의 탄성계수는 표2-5와 같이 1,000-1,300 kgf/cm² 범위를 나타낸다.

표 2-5 탐촉자 종류에 따른 수삼의 탄성계수 (kg_f/cm^2)

시편번호	밀도(g/cm^3)	탐촉자쌍				
		37-37kHz	54-54kHz	1MHz되두	1MHz몸통	37k-RXTX
1	1.02	1,198	1,284	1,077	1,066	743
2	1.01	1,230	1,357	1,211	935	1,114
3	1.01	1,230	1,295	1,173	1,100	737
4	1.00	1,189	1,311	1,039	1,009	935
5	1.00	1,228	1,362	1,278	1,198	1,441
6	1.00	1,247	1,305	1,405	1,141	1,227
7	1.00	1,225	1,326	1,202	1,074	1,417
8	0.99	1,187	1,303	1,040	909	1,069
9	0.98	1,158	1,264	1,046	947	1,040
10	0.96	1,184	1,222	920	808	903
11	0.96	1,159	1,242	1,038	983	926
12	0.96	1,110	1,245	996	950	958
평균	0.99	1,195	1,293	1,119	1,010	1,043
표준편차	0.02	39.6	44.1	136.9	110.0	228.4

각 탐촉자쌍 별로 탄성계수가 제일 큰 순서로 4-5개 시료를 표 5에 어둡게 표시하였다. 큰 탄성계수를 나타내는 시료는 공통적으로 거의 모든 탐촉자쌍에 의해 표시되었다. 앞의 초음파 전달속도와 비교하면 탄성계수가 더 정확히 시편을 변별할 수 있는 계수임을 알 수 있다.

라. 수삼 방향에 따른 초음파 전달 속도

37kHz 탐촉자를 사용하여 수삼의 길이 방향과 횡방향의 초음파 전달 속도를 비교하였다. 원통형 수삼을 정육면체로 자르기 전에 원통 표면에서 횡방향의 초음파 전달 속도를 측정하고 정육면체로 자른 다음에 길이 방향과 횡방향의 초음파 전달 속도를 측정하였다. 또 수삼을 투과한 초음파의 전달 속도가 공기속 초음파 전달 속도와 비슷하기 때문에 비교하기 위해 공기속 초음파 전달 속도도 측정하였다.

공기속 초음파 전달 속도는 소리의 속도인 $344\text{m}/\text{s}$ 였으며 수삼(원통형)은

이보다 높은 369m/s였다. 한편 초음파 전달방향에 따라 길이방향과 횡방향은 419와 418m/s로 거의 같은 값을 나타냈다. 따라서 수삼은 방향에 따른 초음파 전달 속도 차이는 없으나 탐촉자 접촉면에 따른 초음파 전달 속도 차이를 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서 접촉면적이 적은 탐촉자의 개발이 필요하다.

표 2-6 매질 및 방향에 따른 초음파 전달 속도

매질	전달방향	전달길이(mm)	초음파전달속도(m/s)
공기		34.79	344
수삼(원통형)	횡방향	34.82	369
수삼(정육면체)	길이방향	65.00	419
	횡방향	23.25	418

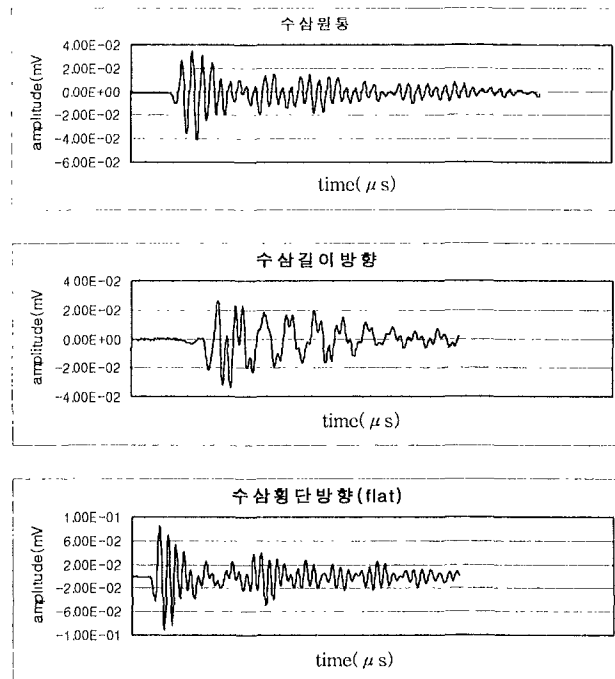


Fig. 2-3 Ultrasonic waveform transmitted through fresh ginseng.

마. proto-type 수동형 수삼 초음파 측정 장치 제작

수삼을 투과하는 초음파의 파형과 전달속도를 측정할 때 초음파 탐촉자와 수삼이 흔들리지 않고 정확히 측정될 수 있도록 측정장치(그림 2-4)를 설계하여 제작하였다. 이 장치는 추후에 제작되는 자동화 장치의 시제품으로 제작되었다. 초음파 탐촉자는 레일을 따라 움직이며 수삼에 균일하게 압력을 가할 수 있다. 탐촉자 반대편에 200mm 버니어 캘리퍼스를 부착시켜 초음파가 투과되는 거리를 정확히 측정할 수 있도록 하였다. 본 설계도에는 버니어 캘리퍼스가 표기되지 않았다.

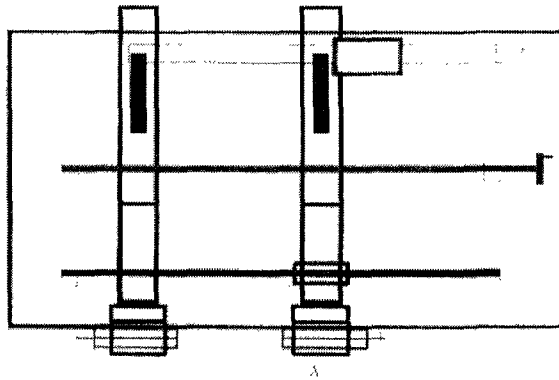


Fig. 2-4 Diagram of a manual ultrasonic velocity measuring device.

1) 실험장치의 설치

초음파 측정 장비의 설치는 그림 2-5와 같이 하였다. 초음파 신호를 송신하고 수신하는 장비인 PUNDIT와 탐촉자를 BNC 케이블로 연결하고 PUNDIT의 후면 단자에서 나오는 신호를 오실로스코프에 연결하여 파형을 읽고 디지털 신호로 변화하여 다시 오실로스코프에 저장하였다. 초음파 신호의 파워 스펙트럼은 오실로스코프의 FFT변환 기능을 이용하여 변환한 후 다시 오실로스코프에 저장하였다가 후에 PC로 이동하여 분석하였다.

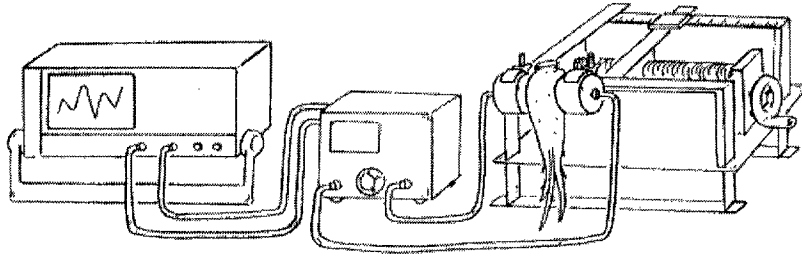


Fig. 2-5 Set-up for a ultrasonic velocity measuring system.



Fig. 2-6 Photo for measuring the ultrasonic velocity of a fresh ginseng.

바. 초음파 선별 예비실험

개발한 수동 초음파 측정장치 (그림 2-5)를 이용하여 수삼을 건조하기 전에 초음파 전달속도를 측정하였다. 탐촉자는 transmitter로 37kHz, receiver로 54kHz를 사용하였으며 54kHz탐촉자는 특정지점을 찍을 수 있게 exponential 형태로 되어있다.

8번 측정한 수삼의 평균 초음파전달속도는 표 2-7과 같다. 4년근 수삼은 한꺼번에 구입하여 건조할 때마다 초음파전달속도를 측정하였다. 건조할 때까지 냉장고에 보관하였는데 보관 중에도 수삼의 대사가 일어나 변형이 일어났기 때문에 측정번호가 낮을수록 평균 초음파전달속도가 낮어지고 표준편차가 커졌다.

표 2-7 실험에 사용한 수삼의 초음파전달속도

측정번호	측정일자	년수	뿌리수	초음파전달속도(m/sec)	
				평균	표준편차
4-1	19991021	4년근	12	319.5	12.1
4-2	19991103	4년근	12	345.4	16.8
4-3	19991127	4년근	12	307.7	29.9
4-4	19991204	4년근	12	270.3	26.3
6-1	20000210	6년근	7	345.9	20.4
6-2	20000213	6년근	7	343.9	22.8
6-3	20000219	6년근	5	308.1	26.0
6-4	20000222	6년근	5	206.4	52.5

6년근 수삼에도 같은 현상이 나타났다. 6년근 수삼은 모두 한꺼번에 구입하여 7뿌리(6-1과 6-2)만 먼저 사용하고, 나머지 5뿌리(6-3과 6-4)는 냉장고에 9일동안 보관하였다. 측정번호 6-1과 6-2, 6-3과 6-4는 같은 시편으로 6-2와 6-4은 6-1과 6-3의 초음파전달속도를 측정한 다음 상온에서 3일간 방치하였다가 다시 측정한 결과이다.

평균 초음파전달속도를 보면 측정번호 6-1과 6-2는 비슷하다. 신선한 수삼을 구입하여 처음 3일간에는 상온에서 보관하여도 품질변화가 거의 없음을 의미한다. 그러나 냉장고에 9일간 보관한 후에는 초음파전달속도가 현저히 낮아졌으며 이것을 상온에서 3일간 보관한 후에는 매우 떨어졌다. 6-4시편의 초음파전달속도를 측정할 때는 투과초음파 신호가 너무 작아 7배 amplifier를 사용했다.

2) 자동기록 프로그램 개발

수삼의 초음파 투과시간이 PUNDIT에 의해 측정되면 PC에 의해 자동적으로 초음파 전달시간이 계산되어 기록되는 프로그램을 Basic 언어로 작성하였

다. 수삼의 두께를 입력시키면 자동으로 초음파 전달속도를 계산하도록 만들어졌다.

제3절 적외선 열화상을 이용한 선별기술

수삼을 적외선으로 가열한 후 열분포 변화를 분석하여 수삼의 내부상태를 판정할 수 있는 기술을 개발하고자 하여 장비를 구입하여 측정시스템을 다음과 같이 구성하였다.

1. Hardware 설치

적외선램프로 수삼을 일정시간 가열한 다음 적외선램프를 끄고 적외선카메라로 수삼의 열화상을 찍는다. 열화상은 IR thermography의 모니터를 거쳐 RGB 화면에 확대되어 나타나고 같은 신호가 PC로 전달되어 열화상의 평균온도, 최고온도, 최저온도가 계산되어 시간에 따라 그래프로 그려진다. 시간에 따른 온도변화를 이용하여 수삼내부의 밀도, 결합여부를 판정한다.

2. software 개발

개발된 software 프로그램이 포함하고 있는 내용은 다음과 같다.

가. 인삼을 열처리한 후 카메라 앞에 놓고 시간대 온도의 변화를 측정한다.

나. 인삼을 영하(-)온도의 배경 앞에 놓고 측정한다.

다. 프로그램에서는 이 배경에 대한 캘리브레이션을 제공하여 배경값에 대한 정보를 가진다.

라. 캘리브레이션의 값 중에서 사용자가 값을 선택하도록 한다.

마. 영상입력증에서 배경을 뺀 전체 인삼에 대하여만 측정을 한다. 만일

사용자가 인삼의 일정부분을 선택하면 그 영역에 대하여서만 측정을 한다. 일정부분을 한번 선택한 후, 재선택하지 않으면 바로 전에 선택한 부분에 대해서 (default로) 측정한다.

바. 측정내용은 인삼의 전체 평균온도, 최대온도, 최소온도, 최대온도와 최소온도와의 차이다. 이때 화면에 평균온도, 최대온도, 최대온도와 최소온도와의 차등을 그래프로 나타내고, 시작후 경과시간 시간, 평균값, 최대온도, 최소온도, 최대온도와 최소온도와의 차를 순간적인 값으로 그래프옆에 나타낸다.

사. '시작' 버튼을 누르면 한번씩 데이터를 얻어서 표시한다.

아. '끝' 버튼을 누르거나 일정시간 경과후에, 영상 캡처는 멈추고, 데이터 얻는 것을 끝내고 이제까지 얻은 데이터를 파일에 저장하고, 화면은 정지된다. 다른 버튼을 눌러 화면을 삭제하던가, 시작버튼을 누르면 먼저화면은 삭제되고 새 데이터 캡처가 시작된다.

자. 데이터를 저장하는 파일은 하나의 인삼영상에 대하여 1개씩 만들며 파일명은 사용자가 주도록 한다. 주지 않으면 Default로 'RedImage'로 한다.

차. 주어진 파일명에 현재까지 측정한 1개의 인삼영상에 대하여 번호를 순차적으로 붙여간다. 이것은 프로그램을 시작할 때마다 무조건 1부터 시작한다.

카. 데이터 저장은 텍스트 형식으로 저장한다.

타. 그래프의 수평축은 데이터 얻은 횟수로 한다. 수직축은 온도의 크기

파. 데이터 측정 interval은 초단위로 입력할 수 있도록 한다. 한번 입력하면 수정하기 전까진 동일한 interval로 측정되도록 한다.

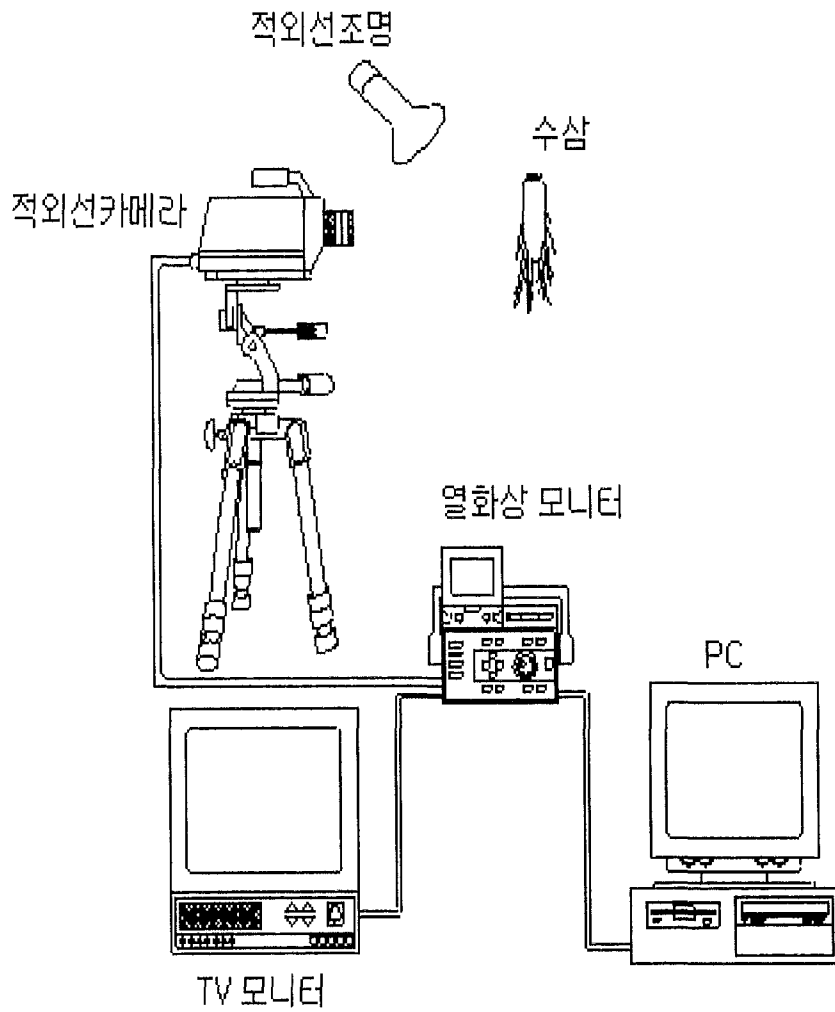


Fig. 2-7 Set-up for IR thermographical ginseng monitoring system

소프트웨어 흐름도

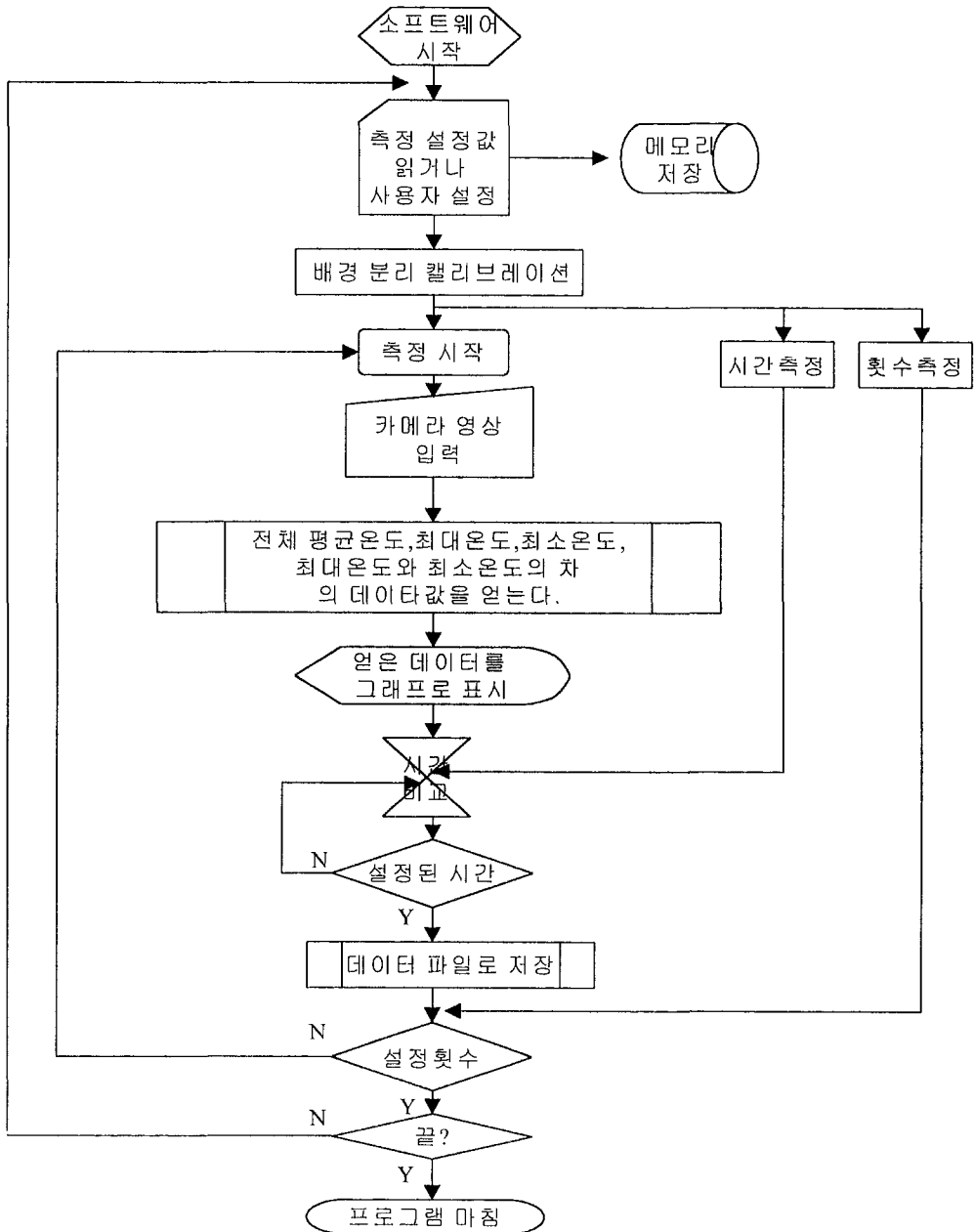


Fig. 2-8 적외선열화상 선별프로그램 Flowchart.

3. 수삼의 열분포도 측정

적외선열화상 선별장치를 아래 그림 2-9, 2-10과 같이 설치하여 수삼의 열분포도를 측정하였다. 배경에는 검은 페인트를 칠한 냉각판 (영하 3℃)를 설치하여 25~45℃인 수삼과 구분되도록 하였다.



Fig. 2-9 A photo of fresh ginseng grading system with an IR camera.

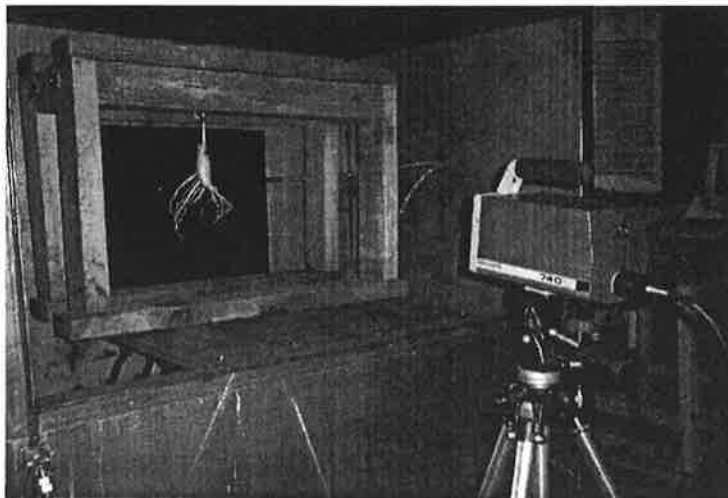


Fig. 2-10 A photo of an IR camera and a fresh ginseng.

수삼을 50℃오븐에 넣고 가열한 후 꺼내어 설치대에 매달아 온도 분포를 측정하였다 (그림 2-11, 2-12). 그림 2-11은 오븐에서 꺼낸 직후의 온도분포도로 중앙에 높은 온도 범위가 넓게 분포되어 있다. 그림 2-12는 일정시간 경과한 후의 온도분포도로 일정시간 경과 후 몸통부위의 온도가 낮아졌음을 보여주고 있다. 그러나 여러 시편을 가지고 분포도를 조사 분석하였지만 분포도만 가지고 수삼을 선별하기는 쉽지 않았다.



Fig 2-11 Temperature distribution of fresh ginseng heated in an oven.



Fig. 2-12 Temperature distribution of fresh ginseng after 15 minutes out of an oven.

4. 함수율에 따른 수삼의 온도 변화

수삼을 건조하면서 일정시간 간격으로 적외선열화상 장치를 이용하여 평균온도, 최대온도, 최저온도를 측정하였다. 최대온도와 최저온도의 차이도 계산하였다. 최대온도는 몸통의 각 화소(pixel)중 상위 10%의 평균을, 최저온도는 하위 10%의 평균온도로 각각 정의하였다.

전혀 건조되지 않는 수삼 상태일 때 무게는 82g 이었으며 건조가 진행됨에 따라 중량이 감소하였다. 감소된 중량을 함수율로 표기하는 것이 옳으나 정확한 전건중량을 얻기 힘들어 측정시 중량을 범례로 표기하였다. 60.8g을 측정할 때 적외선카메라에 문제가 생겨 측정치의 변이가 심하게 나타났다. 따라서 이 값들은 분석에서 제외하였다.

평균온도(그림 2-13), 최대온도(그림 2-14)는 중량변화와 상관없이 동일한 곡선을 그리며 온도가 감소함을 나타내고 있다. 이에 반해 최대최저온도차(그림 2-15)는 중량이 감소함에 따라 시간에 따른 온도가 점차 급하게 감소함을 나타낸다. 이는 물의 비열이 높아 함수율이 높으면 온도 상승과 하강이 느리게 진행되기 때문이다. 따라서 최대최저온도의 변화를 측정하므로 수삼의 함수율 상태를 알 수 있음이 밝혀졌다.

수삼의 함수율은 수삼의 질에 영향을 미치는 인자로 적당한 함수율을 가진 수삼을 선별하는데 적외선열화상 선별시스템이 이용될 수 있다.

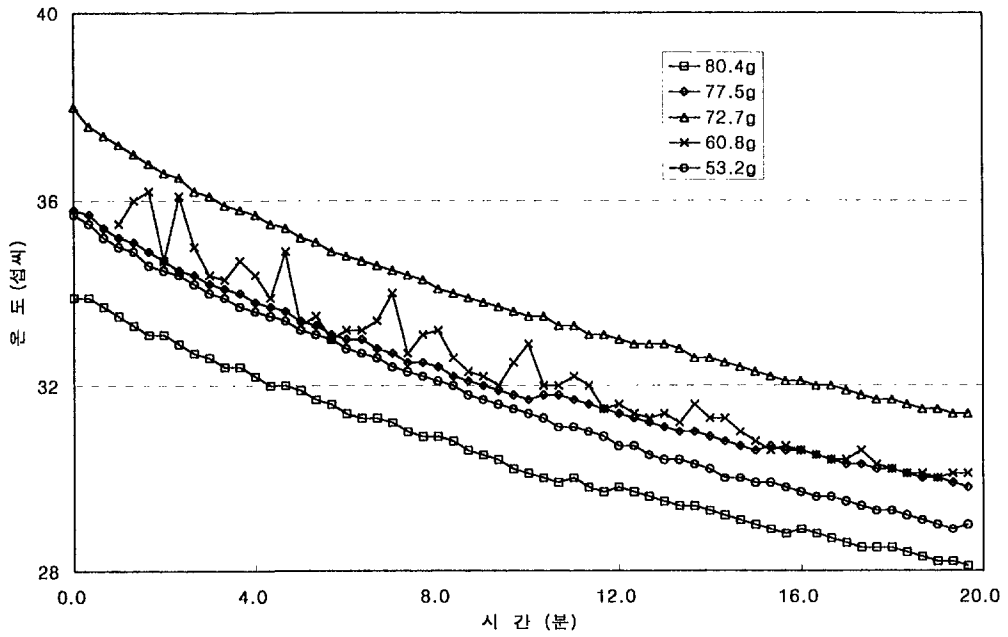


Fig. 2-13 Average temperature curves of heated fresh ginseng during cooling.

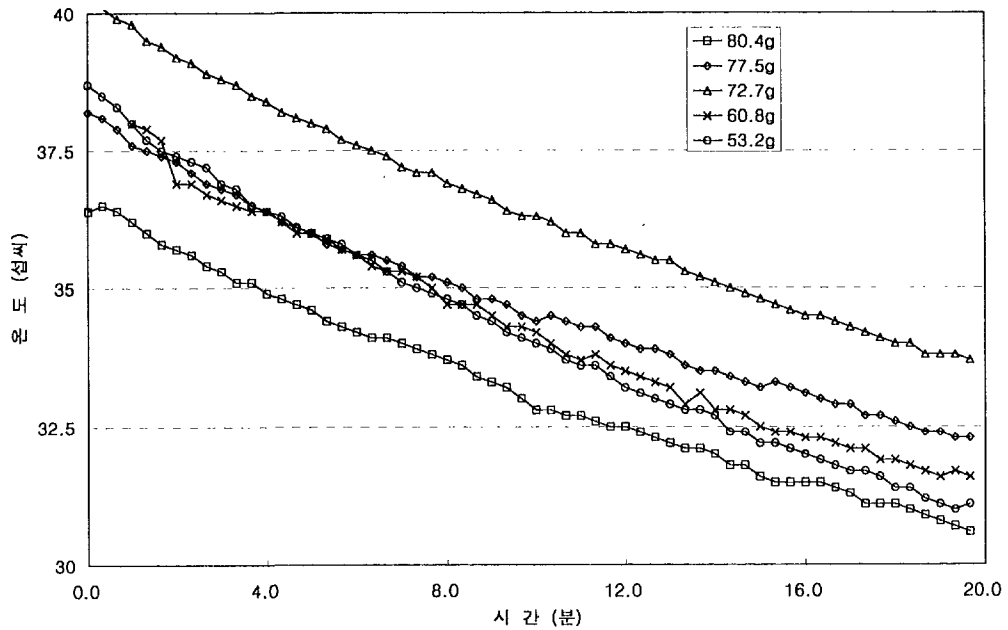


Fig. 2-14 Max temperature curves of heated fresh ginseng during cooling.

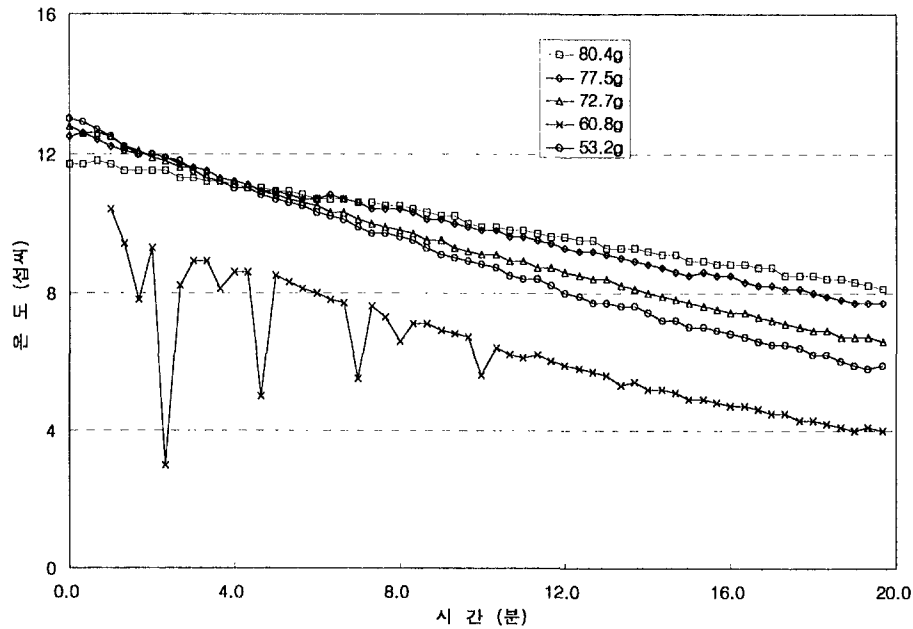


Fig. 2-15 Curves of maximum and minimum temperature difference of heated fresh ginseng during cooling.

제4절 자동 수삼 초음파 선별 장치의 제작 및 응용

수삼에 초음파 측정 기술과 적외선 화상 처리 기술을 적용하여 선별한 결과 선별능력과 현장 적용면에 있어 초음파 탐지 기술을 사용하는 것이 간편하고 효율이 높을 것으로 판단 되었다. proto-type 수동 초음파 측정 장비를 개선하여 수삼의 직경, 초음파 전달시간을 자동으로 측정하고 초음파 전달속도를 계산하여 3단계 등급을 판정해줄 수 있는 자동수삼선별장치를 개발하고 대학 실험실과 부여홍삼창에서 적용실험을 실시하였다.

1. 자동 수삼 초음파 선별 장치의 제작

가. 시스템의 구성

본 연구에 사용된 계측 시스템은 측정 대상물의 크기와 대상물을 누르는 압력, 초음파가 대상물 내부를 통과하는데 걸리는 시간을 자동으로 측정하여 초음파의 전달 속도를 구하고자 하였다. 그림 2-16은 설계 제작된 실험 장치의 블록다이어그램을 나타낸 것이다.

설계 제작된 실험장치는 시스템 전체를 작동시키기 위한 구동장치, 힘을 측정하기 위한 하중변환기, 초음파 관련장치와 전체 시스템을 제어하기 위한 컴퓨터로 구성되어 있다.

시스템 구동장치는 액츄에이터로 사용된 AC 서보모터, 서보모터에 펄스를 출력하는 서보모터 드라이버, 펄스를 생성하기 위한 모터 인터페이스 보드와 2개의 리미트 스위치 등으로 구성되어 있으며, 모터의 회전축에는 볼스크류가 커플링으로 연결되어 있다.

하중변환기로는 로드셀을 사용하였으며, 로드셀 위에 수신용 탐촉자를 부착하여 이동하는 송신용 탐촉자가 측정 대상물을 압축하는 힘을 측정할 수 있도록 하였으며, 초음파 장치는 RS232C로 컴퓨터와 통신할 수 있도록 하였다.

시스템의 작동은 다음과 같다. 제어장치인 컴퓨터에서 명령을 내리면 모터 인터페이스 보드에서 펄스신호를 생성하고 생성된 펄스신호는 모터 드라이버에서 증폭되어 모터에 전달되면 모터축이 회전하게 된다. 모터의 회전으로 모터의 회전축과 플렉시블 커플링으로 연결된 볼스크류 축이 회전하면 LM가이드와 연결되어 있는 이동평판이 움직이게 되어, 이동평판에 부착된 송신용 탐촉자가 로드셀 위에 부착된 수신용 탐촉자 방향으로 이동하여 측정 대상물을 압축한다. 측정 대상물에 일정한 압축력이 가해지면 모터의 작동을 멈추고 대상물의 크기를 측정하고, 컴퓨터와 RS232C 케이블로 연결된 초음파 장치(PUNDIT)로 초음파 전달속도를 측정하게 된다.

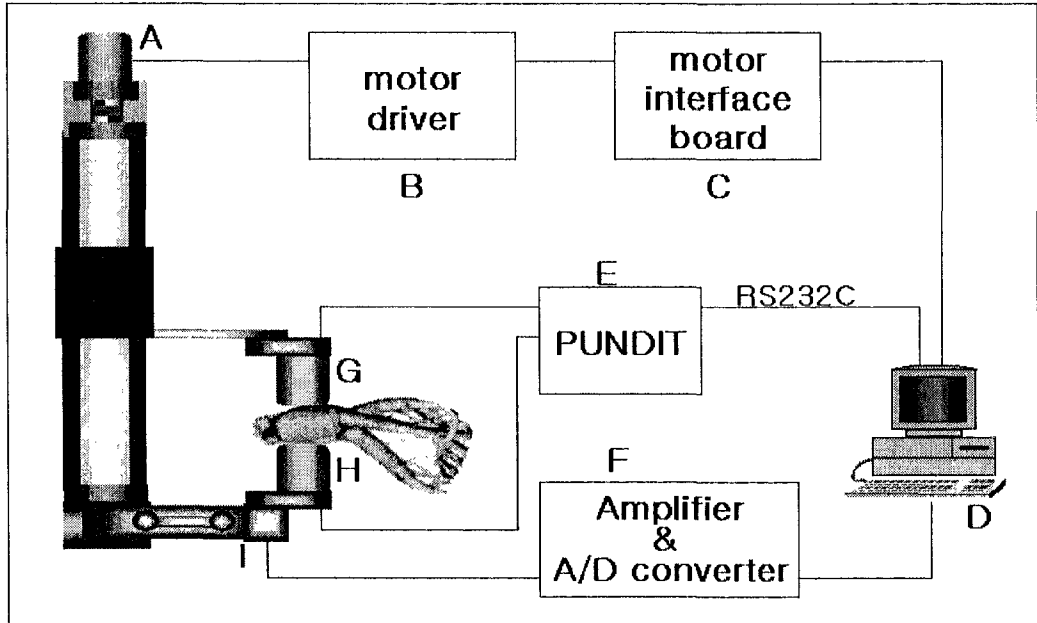


Fig. 2-16 Diagram of automatic ultrasonic measuring system for agricultural products.

그림 2-17는 실험 장치 시스템 전체의 사진이고, 그림 2-18은 설계 제작된 수삼 초음파 선별 장치의 사진이다.

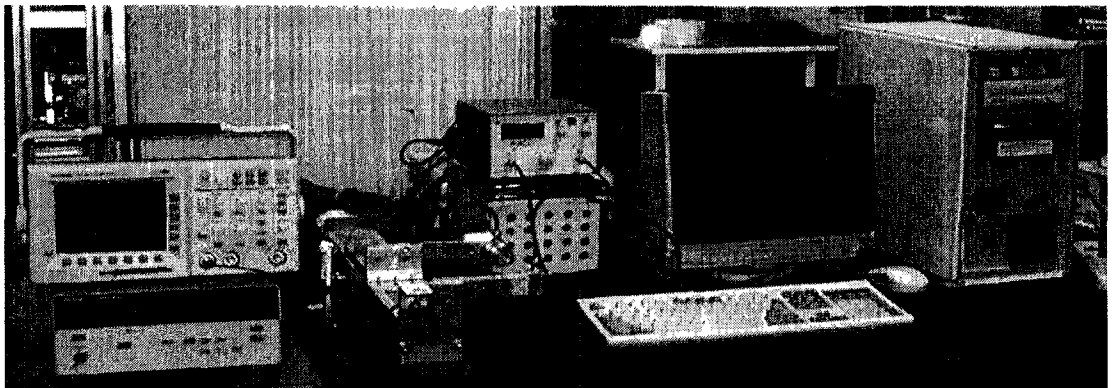


Fig. 2-17 Set-up for ultrasonic grading system.

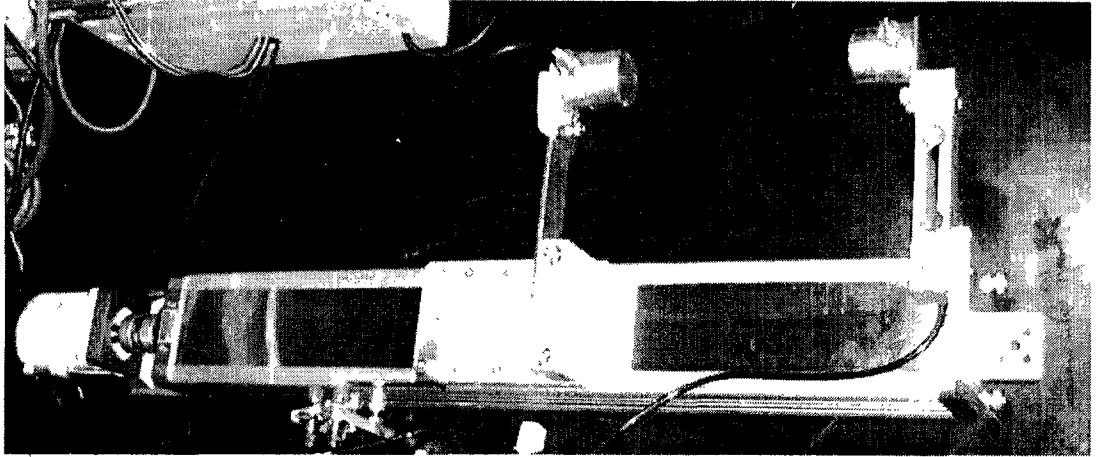


Fig. 2-18 A device for ultrasonic fresh ginseng grading.

나. 시스템 구동 및 탐촉자 이동 장치

본 연구에서 설계·제작된 실험장치는 하나의 축을 사용하였고, 축을 구동시키기 위한 액추에이터로는 출력이 200W인 AC서보모터를 사용하였다. AC서보모터에는 펄스를 출력하는 모터드라이버를 연결하였고, 모터 드라이버는 펄스신호를 생성하기 위한 모터 인터페이스 보드와 연결되어 컴퓨터로 제어가 가능하도록 하였다.

AC서보모터의 출력축에는 플렉시블커플링으로 볼스크류를 연결하여 모터의 회전운동에 의해 LM 가이드와 연결된 이동평판이 직선운동을 할 수 있도록 하였다. 그림 2-19는 시스템에 사용된 동력전달장치의 일부인 LM 가이드 시스템의 도면을 나타낸 것이다.

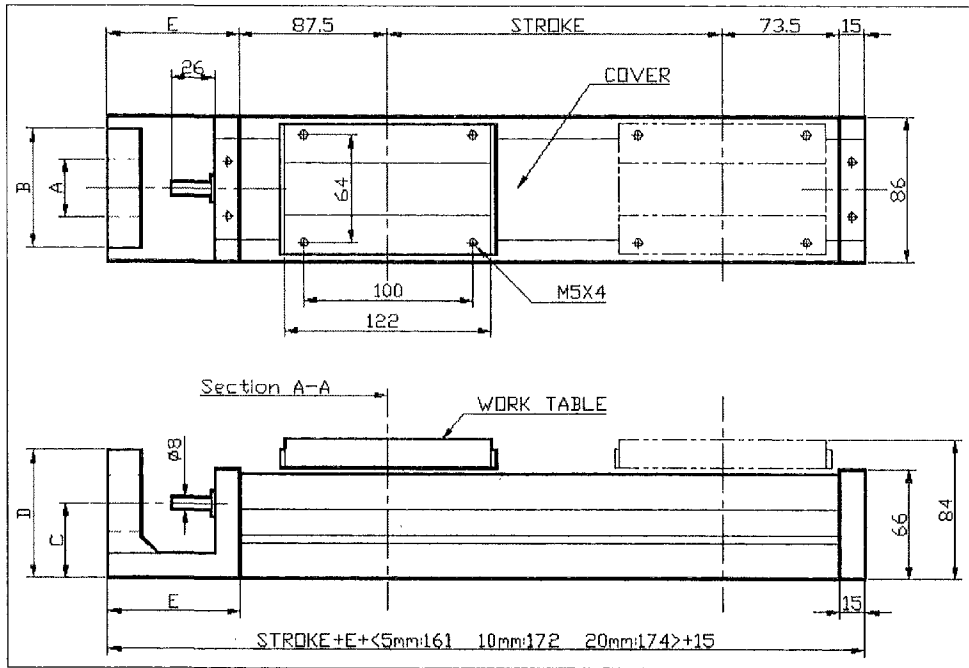


Fig. 2-19 Drawings of a dynamic transfer device for the ultrasonic grading system.

본 연구에 사용된 AC서보모터는 2500펄스로 1회전을 할 수 있도록 되어 있고, 모터와 연결된 볼스크류(ball screw)의 리드(lead)는 5mm이므로 이동 평판을 1mm이동시키는데 필요한 펄스수는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{평판의 } 1\text{mm} \text{ 이동에 필요한 펄스 수} \\
 & \quad (\text{pulse/mm}) \\
 = & \frac{\text{모터의 1회전에 필요한 펄스 수}(2500\text{pulse})}{\text{볼스크류의 리드}(5\text{mm})} \\
 & = 500 \text{ pulse/mm}
 \end{aligned}$$

축에 부착된 이동평판의 이동 경로에 SD(slow down)리미트 스위치와

ORG(orgin) 리미트 스위치를 부착하였다. ORG 리미트 스위치는 시스템을 초기화할 때 이동 평판의 원점 위치를 설정하는 역할을 하고 이동한 거리를 계산하기 위한 기준점이 되며, 또한 이 이동한 거리로부터 측정 대상물의 크기를 역으로 계산하여 측정할 수 있도록 하였다. SD 리미트 스위치는 시스템을 초기화 할 때 이동 평판의 속도를 줄여 좀 더 정확한 원점 설정을 하고자 부착하였다. 리미트 스위치로는 근접 스위치와 광센서를 사용하였는데, 광센서를 사용하였을 경우에는 밝은 곳에서 작업할 때 오작동하는 경우가 발생하여 근접 스위치만을 사용하였다. 그리고, 초음파 계측을 할 때 모터와 모터 드라이버의 전원이 켜져 있으면 초음파 신호에 많은 잡음이 발생하는 원인 되어 초음파 장치로 계측을 할 때에는 모터 인터페이스 보드에 있는 DO(digital output) 기능으로 릴레이를 작동시켜 모터 전원의 차단을 가능하게 하였다. 그림 2-20은 모터 컨트롤러의 블록 다이어그램을 나타낸 것이다.

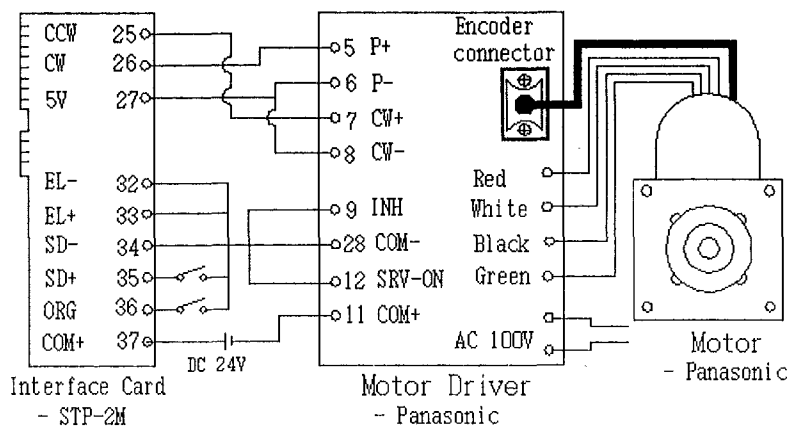


Fig. 2-20 Block diagram of a motor controller.

표 2-8는 AC서보모터, 모터 드라이버, 모터 인터페이스 보드, PC와 근접 스위치의 사양을 나타낸 것이다. AC서보모터는 PANASONIC사의 MSM021A1A를

사용하였고, 모터 드라이버 역시 같은 회사 제품인 MSD200을 사용하였다. 모터 인터페이스 보드는 CONTEC사의 STP-2M(PC) 보드를 사용하였고, 제어용 컴퓨터로는 IBM Pentium을 사용하였다.

표 2-8 구동장치의 사양

Item	Maker	Name
AC servomotor	PANASONIC	MSM021A1A
Motor driver	PANASONIC	MSD200
Motor interface card	CONTEC	STP-2M(PC)
PC	IBM	Pentium
Proximity switch	Autonics	PR12-4DP

다. 하중변환장치

초음파를 이용하여 농산물이나 목재 내부를 통과하는 초음파의 속도를 측정하고자할 경우 초음파의 전달 속도는 송·수신용 탐촉자로 측정 대상 물체를 압축하는 힘에 따라 큰 차이가 있었다. 모든 시편의 초음파 전달속도는 압축응력 $2\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이하에서는 압축응력이 증가함에 따라 초음파 전달속도 또한 증가하였으나 그 이상에서는 거의 균일한 전달속도를 나타냈다. 따라서, 탐촉자에 가해지는 힘이 최소한 $2\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이 되어야만 신뢰할만한 값을 얻을 수 있다(강, 1999). 이 때문에 측정 대상물의 내부를 통과하는 초음파의 전달 속도를 측정하고자할 경우에는 대상물을 압축하는 힘을 일정하게 할 필요가 있으며 압축력을 측정하기 위한 방법의 하나로 본 연구에서는 초음파 수신용 탐촉자를 로드셀 위에 부착하였다.

하중의 계측 방식은 다음과 같다. 축을 따라 이동하는 이동 평판 위의 압축용 평판에 부착된 송신용 탐촉자가 로드셀 위에 부착된 수신용 탐촉자 위

의 대상물을 압축하면 대상물에 가해지는 힘은 로드셀에 의하여 전기적인 신호로 바뀐다. 그 신호는 자체 제작한 증폭기(Amplifier)가 내장된 A/D보드를 통하여 컴퓨터로 전달되고, 전달된 신호값은 미리 계산해 놓은 변환식에 의해 하중으로 변환된다.

본 연구에 사용된 로드셀은 벤딩빔(bending beam)형의 스트레인 게이지식으로 4개의 스트레인 게이지가 부착된 풀브리지(full bridge) 방식의 로드셀로서 국내의 C사에서 제작된 것이다. 4개의 스트레인 게이지는 그림 2-21과 같은 휘스톤브리지(Wheatstone bridge) 회로로 구성되어 있으며, 입력 전압은 컴퓨터에서 나오는 5V 직류전압을 사용하였다. 표 2-9는 계측장치에 사용된 로드셀의 사양이다.

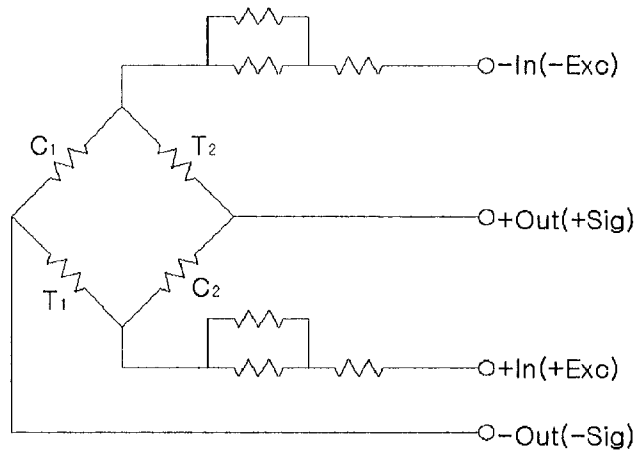


Fig. 2-21 Circuit of the load cell used for the ginseng grading system.

Table 2-9 Specifications of the load cell

Item	Specification
Maker	CAS(Korea)
Model	BCL-30L
Rated load(kg)	30
Rated output(mV/V)	2.0000 mV/V \pm 10%
Input resistance(Ω)	400 \pm 20
Output resistance(Ω)	350 \pm 3.5
Compensated temp. range($^{\circ}$ C)	-10 \sim 40
Operating temp. range($^{\circ}$ C)	-20 \sim 70

로드셀에서 나오는 출력 신호는 전압이 낮은 아날로그 신호이기 때문에 이를 증폭시킨 후 디지털 신호로 변환시킬 필요가 있다. 그러나, 보통의 증폭기(amplifier)나 A/D 보드를 사용할 경우 별도의 장치가 필요하거나 가격이 고가이기 때문에 본 연구에서는 증폭기를 내장한 A/D보드를 자체 제작하여 사용하였다. 장치의 특성상 한 쪽 방향의 힘만 계측하면 되므로 유니폴라(unipolar)방식을 채택하였고, 해상도(resolution)는 12비트(bit)이며, 사용 가능한 채널(channel)의 수는 1개이다.

라. 초음파 발생 및 송수신 장치

본 연구에서 청과물 시편에 대하여 초음파의 전파속도 및 감쇠 정도를 측정하기 위하여 구성된 초음파 발생 장치의 개략도는 그림 22와 같다. 사용된 초음파 발생장치는 PUNDIT(Potable Ultrasonic Non-destructive Digital Indicating Tester)이었으며, 조작이 편리하고, 휴대가 가능하며, 낮은 주파수의 초음파를 발생시킬 수 있을 뿐만 아니라 안정성이 있는 특징이 있다. 이 초음파 발생 장치는 펄스 발생기(pulse generator), 지연 시간 조절

기(set reference delay), 수신 증폭기(receiver amplifier), 시간 펄스 진동자(timing pulse oscillator) 및 게이트(gate)와 카운터(counter) 등 대략 4부분으로 구동된다. 각 부분의 기능 및 작동 원리는 다음과 같다.

펄스 발생기는 하나의 EHT power unit와 다이리스터(thermistor), UJT펄스 발생기를 포함하고 있으며, 500V 또는 1.2kV를 선택함에 따라 송신기의 정전 용량이 다르게 추가된다. 정전 용량이 추가되면서 송신기는 충격 진동이 가해지고, 자체의 고유 주파수에서 종적인 연속 진동이 생성된다. 센서와 센서가 접촉면을 맞대고 있을 때 송신자와 수신자 사이에 도달되는 펄스 출력 신호는 센싱하는 매질과 접촉제(그리스), 그리고 센서를 감싸고 있는 금속물질 때문에 대개 약 $2\mu\text{sec}$ 의 시간 지연이 발생되는데, 시간 지연 조절기는 이러한 시간 지연의 제거를 위해 펄스를 재조정하고, 그 동안 카운터를 억제하는 기능을 한다. 수신 증폭기는 초음파 펄스가 매질을 통과한 후 수신자 내에서 전기 신호로 변환시키는 역할을 하는데, 수신된 신호 파형을 정지 펄스의 형태로 만들어 준다. 또한, 10MHz의 수정결정판 진동자에서 발생된 시간 펄스는 $0.1\mu\text{sec}$ 단위 범위이고 시간 펄스 진동자는 10MHz의 펄스들을 10개로 나누어 1MHz에서 $1\mu\text{sec}$ 단위 범위를 측정할 수 있도록 시간 펄스를 생성하며, 2중 안정 회로는 게이트를 조절한다. 시간 조절 단계로부터 시작 펄스의 반복 상태에서 2원 변화 상태이고 게이트를 열 때, 시간 펄스들은 게이트를 통과하여 카운터로 가게 되고, 수신 증폭기에서 정지 펄스가 입력될 때, 게이트는 닫히면서 게이트 조절 2중 안정 회로가 작동한 뒤 정지 신호 카운터는 전파시간을 0.5초마다 읽을 수 있도록 LCD 표시계에 나타낸다.

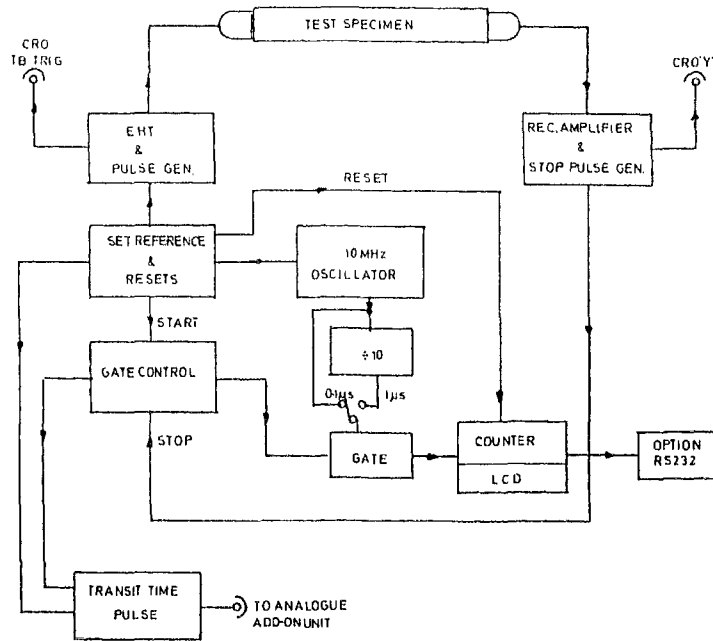


Fig 2-22 Block diagram of ultrasonic generation circuit.

Table 2-10 Specifications of the ultrasonic equipment

Item	Specification
Marker & Model	C. N. S. ELECTRONICS LTD, PUNDIT
Transit time measurement range	0.1 μ sec ~ 9999 μ sec
Accuracy	$\pm 0.1 \mu$ sec
Input sensitivity	250 μ volt between 5kHz and 1MHz

초음파 송신용 탐촉자는 X축을 따라서 이동하는 평판 위에 부착하였고, 초음파 수신용 탐촉자는 로드셀 위에 부착하여 송신용 탐촉자가 측정 대상 물을 압축하는 힘을 측정할 수 있도록 설계하였다. 그리고, 초음파 발생 및 송수신 장치는 RS232C를 통하여 컴퓨터와 통신할 수 있도록 하였다.

마. 소프트웨어 (계측방법)

1) 펄스 당 이동 거리

시스템에 사용된 서보모터는 2500 펄스에 1회전하도록 설정하였고, 모터의 회전축에 감속기 없이 피치가 5mm인 볼스크류를 플렉시블 커플링으로 직결하였으므로 이론적으로 제어가 가능한 최소거리는 0.002mm이며, 다음과 식과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{1펄스당 이동 거리} &= \frac{\text{모터 1회전당 이동 거리}}{\text{모터 1회전에 필요한 펄스 수}} \\ &= \frac{5 \text{ mm/rev}}{2500 \text{ pulse/rev}} = 0.002 \text{ mm/pulse} \end{aligned}$$

모터의 회전속도는 출력되는 펄스의 속도를 조절하여 제어하였다.

2) 측정 대상물의 크기 측정

측정 대상물의 크기를 계측하기 위해 다음과 같은 방법을 사용하였다. 우선 초음파 수신용 탐촉자로부터 원점까지의 거리 즉, 총 이동 가능 거리를 측정한 후 초음파 송신용 탐촉자를 이동시켜 측정 대상물과 접촉하여 일정한 힘이 가해지는 순간에 모터의 작동을 멈춘다. 이 상태에서 송신용 탐촉자가 이동한 거리를 계산하여 총 이동 가능 거리에서 감하는 방법이다.

초음파 수신용 탐촉자로부터 원점까지의 거리를 계산할 때는 초음파 송·수신용 탐촉자가 서로 맞닿아 있는 상태에서 초음파 수신용 탐촉자를 원점을 벗어나는 일정한 거리까지 이동하도록 하고, 이동 중 ORG 리미트 스위치의 위치에서 정지하였을 때 출력하고 남아 있는 펄스 수를 메모리에서 읽어온다. 남아 있는 펄스 수로부터 이동하지 못한 거리를 계산하여 처음에 지시 내린 이동거리에서 빼면 총 이동 가능 거리를 구할 수 있다. 원점에서부터 송신용 탐촉자가 멈췄을 때까지의 거리도 역시 출력한 펄스 수와 남아있

는 펄스수의 관계로부터 구하여 측정 대상물의 크기를 계산하였다.

3) 힘의 측정 및 제어

측정 대상물을 정해진 일정한 힘으로 압축하기 위해 로드셀을 사용하였고, 그 방법은 다음과 같다. 모터의 회전으로 송신용 탐촉자가 이동하여 로드셀에 힘이 감지되면 모터의 회전속도를 줄여 천천히 회전하도록 하고 압축하는 힘이 증가될수록 모터의 회전 속도는 더 줄어들도록 하였다. 압축력이 미리 정해진 힘과 같거나 커지는 순간 모터를 정지하고 힘을 계측하도록 하였다. 전기 신호의 샘플링 속도는 10kHz로 하였고, 100번의 입력값 평균으로 힘을 계산하였다.

4) 초음파 전달 시간의 측정

컴퓨터와 RS232C로 연결된 초음파 발생장치는 초음파의 전달 시간을 컴퓨터로 0.5초 단위로 송신한다. 송신된 시간 데이터는 6회 측정값이 컴퓨터에 저장되었고 그 평균값을 계산하여 초음파 전달 시간 분석에 이용하였다.

5) 알고리즘 및 프로그램

본 연구의 소프트웨어는 Microsoft社의 Windows용 언어인 Visual Basic 6.0으로 개발되었고, 모터 구동부와 A/D 변환에 관련된 입출력 포트는 Visual C++에서 DLL 파일로 작성하여 Visual Basic에서 사용할 수 있도록 하였다. 모터 구동, A/D 변환, RS232C 통신 등과 관련된 부분은 각각의 모듈화된 함수로서 구동하고자 하였다.

프로그램의 알고리즘은 다음과 같다. 먼저 시스템을 초기화한 후 시스템을 작동시키기 위한 파라미터를 입력하면 송신용 탐촉자는 지정된 위치까지 이동한 후 감속된 속도로 측정 대상을 압축한다. 압축하는 힘이 일정 수준

에 도달하면 모터의 작동을 멈춘 후 초음파 신호에 삽입되는 잡음을 감소시키기 위해 모터 및 모터 드라이버의 전원을 차단시킨 후 대상을 측정 한 후 모터와 모터 드라이버의 전원을 켜고 초기화를 한다.

그림 2-23은 작성된 컴퓨터 프로그램의 초기화면이고, 그림 2-24는 시스템 구동 및 제어 계측 프로그램의 흐름도를 나타낸 것이다.

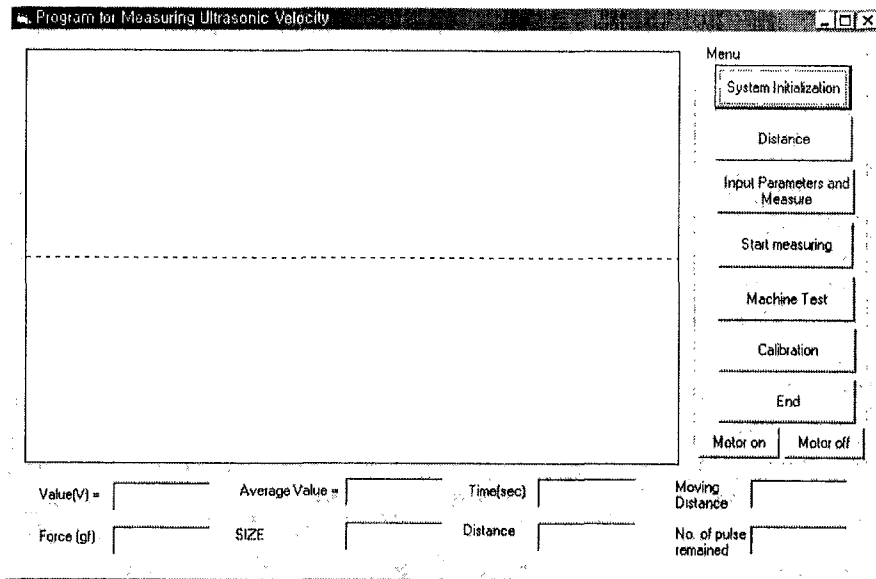


Fig. 2-23. The initial monitor frame of the ginseng grading computer program.

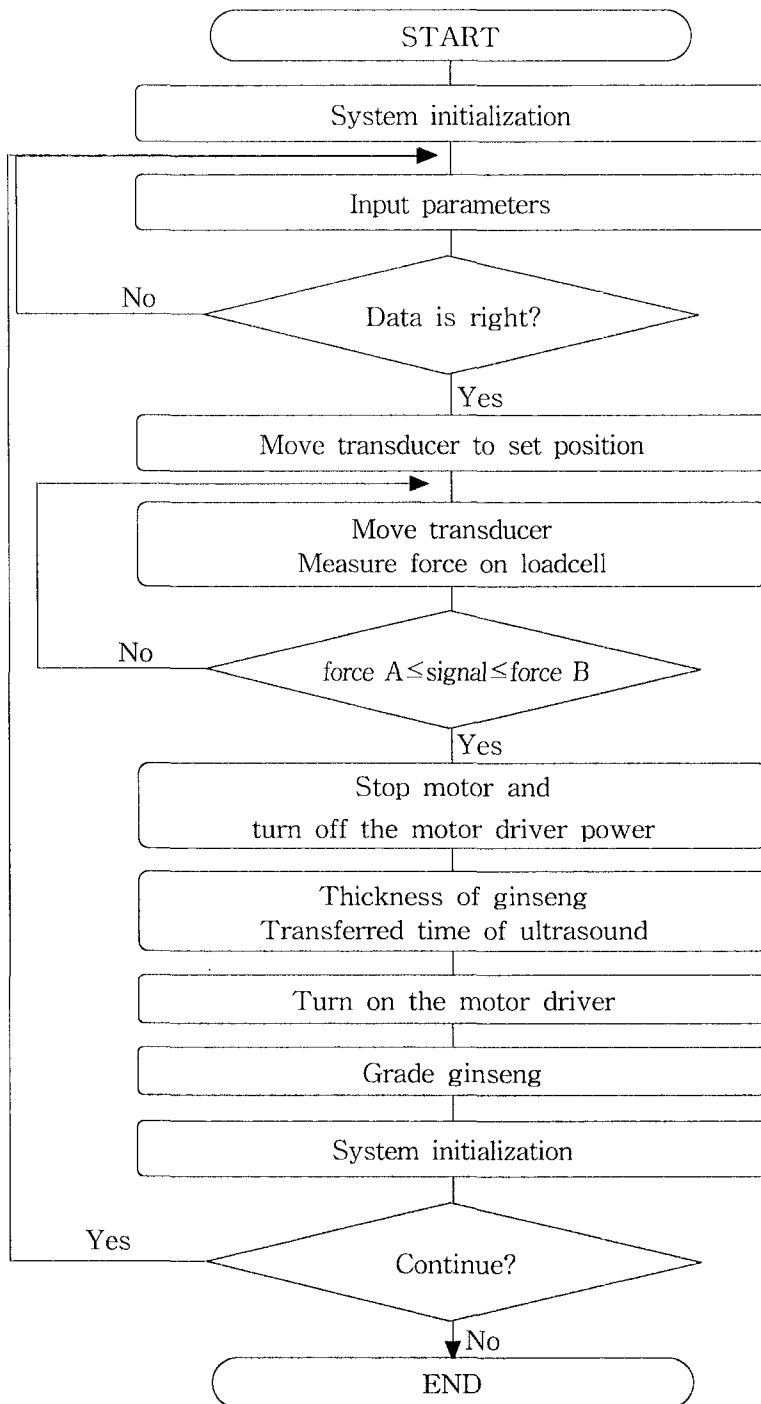


Fig. 2-24 Flow diagram of the ginseng grading computer program

2. 자동 수삼 초음파 선별 장치의 응용

가. 선별 실험

등급구분 기준을 만들기 위해 여러 곳에서 생산된 수삼의 초음파 전달 속도를 측정하였다. 4년근은 충남대학교 농장에서 재배한 것을 구입하여 사용하였으며 6년근은 화성장에서 수매한 것과 부여 홍삼창에서 계약재배하여 수매한 것을 사용하였다.

농장 4년근 수삼의 평균 초음파 전달 속도는 평균 347.8m/s로 화성6년근보다 낮은 값을 나타냈지만 홍삼창6년근보다는 높은 값을 나타냈다 (표 2-11). 이는 홍삼창6년근은 2, 3등급인데 비해 화성6년근은 1, 2등급으로 같은 6년근이라도 등급이 높을수록 높은 값을 나타낸 때문으로 볼 수 있다. 경험으로 보면 직경이 클수록 초음파 전달 속도가 낮게 나오는데 이는 초음파 투과거리가 길수록 감쇠가 커지기 때문이다. 그러나 본 실험에 사용된 6년근은 평균직경이 홍삼창6년근 중 3등급을 제외하고는 비슷하므로 직경에 따른 차이는 없다고 볼 수 있다. 그러나 농장4년근과 화성6년근을 볼 때 6년근 직경이 더 큰데도 불구하고 초음파 전달 속도가 높게 나타났으므로 6년근의 밀도가 더 높음을 알 수 있다.

표 2-11 산지별 수삼의 초음파 전달 속도의 평균과 표준편차

산지구분		농장4년근	화성6년근		홍삼창6년근	
			1등급	2등급	2등급	3등급
시편 수		222	44	106	103	21
직경(mm)	평균	23.4	31.8	29.2	31.6	37.4
	표준편차	3.5	2.9	3.2	2.9	2.5
초음파전달속도 (m/s)	평균	347.8	353.5	357.2	323.5	302.6
	표준편차	20.9	25.3	25.5	26.1	34.1

나. 선별기준

수삼의 초음파 전달 속도의 분포는 아래 그림 2-25와 같다. 계급 나비는 30m/s로 농장4년근과 화성6년근은 최빈값이 345m/s 인데 반해 홍삼창6년근은 315m/s였다. 홍삼창6년근이 2,3등급으로 질이 낮으므로 농장4년근과 화성6년근을 중심으로 선별기준을 정하는 것이 옳은 것으로 사료된다. 따라서 계급 330-360m/s의 초음파 전달 속도의 수삼이 가장 많은 도수를 차지하고 있다.

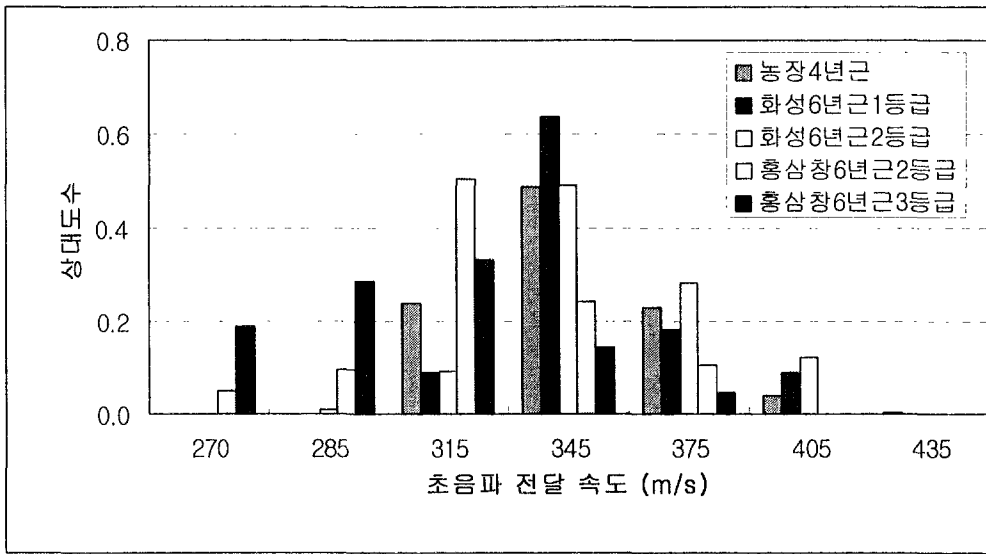


Fig. 2-25 Ultrasonic velocity distribution of fresh ginseng.

수삼의 초음파 전달 속도에 영향을 미치는 인자로 수삼의 밀도, 함수율, 성분 등이 있으나 이들 인자의 물리적 값을 측정하면 개체간 차이가 뚜렷하지 않다. 수삼의 밀도는 거의 0.99에서 1.00g/cm³ 범위이며 함수율 또한 큰 차이를 나타내지 않는다. 수삼의 함수율인 50-70%영역에서는 함수율에 따른 초음파 전달 속도 차이가 거의 없다. 또한 성분 역시 어떤 뚜렷한 효과를 찾을 수 없었다. 그럼에도 불구하고 초음파 전달 속도는 개체간에 차이를

보이기 때문에 초음파에 의한 선별이 다른 물리적 성질에 의한 선별보다 높은 정도를 나타낸다고 볼 수 있다.

본 보고서의 다른 부분에서 언급된 실험 결과에서 보이듯이 초음파 전달 속도가 낮은 시료에서 내공이 더 많이 발생하였다. 따라서 초음파 전달 속도에 따라 비슷한 값을 나타내는 수삼끼리 분류하여 증삼시간과 건조시간을 달리함으로써 수율을 높일 수 있다.

제5절 결과 및 고찰

1. 수삼 초음파 탐지 기술

가. 여러 가지 초음파 공진탐촉자의 비교

탐촉자의 공진주파수에 따라 투과된 초음파 특성이 달라지므로 공진주파수가 37k, 54k, 1MHz인 평면 탐촉자와 EXRX 콘타입 탐촉자를 사용하여 전달 속도를 측정한 결과 송신과 수신에 같은 공진탐촉자를 사용하는 것이 더 분명한 신호를 얻을 수 있는 것으로 판단되었다. 송신과 수신에 모두 37kHz를 사용하였을 때는 초음파 전달속도가 2,775m/s가 나왔으며 54kHz를 사용하였을 때는 2,390m/s가 나왔다. 이 값들은 목재로 만든 수삼모델을 사용하여 얻었기 때문에 수삼의 초음파 전달속도와는 다르나, 낮은 주파수 탐촉자의 값이 더 높은 속도를 나타냈다. 초음파 신호의 감쇠가 적을수록 초음파 전달속도가 높아지기 때문에 더 정확한 값이라고 할 수 있으므로 37kHz 공진탐촉자가 54kHz 공진탐촉자보다 더 적당함을 알 수 있다.

디지털 오실로스코프를 사용한 초음파 신호파형을 비교하면 감쇠정도를 알 수 있다. 그림 3에 나타난 바와 같이 37kHz와 54kHz 탐촉자 파형은 최대 전압이 각각 약 0.3V와 약 0.1V로 37kHz의 감쇠가 54kHz의 감쇠보다 적다.

그밖에 1MHz와 EXRX 탐촉자의 최대전압은 0.02V로 37kHz와 54kHz 탐촉자에 비해 매우 작았다. 만일 이 탐촉자를 사용한다면 Amplifier를 같이 사용하여야 하나 이 경우 noise가 발생할 가능성이 더 많아진다.

목재수삼모델에서 얻은 결과를 이용하여 54kHz와 37kHz 공진탐촉자를 수삼에 사용하였다. 목재 수삼모델에 비하여 투과한 파형의 크기가 감쇠에 의해 매우 작아졌다. 54kHz 탐촉자는 37kHz 탐촉자에 비해 감쇠가 심하고 distortion이 많이 일어났다. 수신신호의 최대전압은 37-37kHz 탐촉자쌍이 가장 큰 값을 나타냈으며 파형이 가장 뚜렷하고 정확한 초음파 특성을 나타내고 있으나 탐촉자의 단면적이 직경 50cm로 커서 수삼표면에 밀착되지 못하는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 새로 탐촉자를 개발하였다.

새로 개발된 탐촉자는 무게와 직경이 줄었다. 금속 압전소자 대신 고분자 압전소자를 사용하여 무게는 절반이하로, 직경은 38cm로 줄었다. 직경을 20cm 이하로 줄여야만 수삼과의 접촉면적비율을 높일 수 있으나 아직 기술이 뒷받침되지 못하고 있다.

나. 초음파 수신신호의 특성 분석

수신된 초음파 신호를 분석하여 수삼 선별에 사용할 수 있는 인자는 Peak-to-peak voltage, 초음파전달속도, 탄성계수이다. 먼저 수신신호의 최대-최저전압차를 말하는 Peak-to-peak voltage는 표2-3에 보인바와 같이 개체간 뚜렷한 변이를 나타내지 못하고 있다.

한편 표2-3과 2-4의 초음파 전달속도와 탄성계수는 시료간 변이를 뚜렷이 나타나고 있다. 초음파 전달속도와 비교하면 탄성계수가 더 정확히 시료를 변별할 수 있는 인자임을 알 수 있다. 그러나 초음파 전달속도는 시료의 직경과 투과시간만 알면 직접 쉽게 구할 수 있으나 (식[1]), 탄성계수는 초음

파 전달속도 이외에 수삼의 밀도를 알아야만 구할 수 있다(식[2]).

$$v = \frac{l}{t} \dots\dots\dots [1]$$

$$E = \rho v^2 \dots\dots\dots [2]$$

v =속도(m/s), l =거리(m), t =투과시간(s), E =탄성계수($\text{kg/m} \cdot \text{s}^4$), ρ =밀도(kg/m^3)

따라서 초음파 전달속도가 가장 간편한 인자로 선택될 수 있다.

다. 예비실험

1) 수삼의 초음파 전달속도와 탄성계수

사용한 탐촉자간 초음파 전달속도가 다르게 나타나는 것은 탐촉자에 따라 감쇠가 다르고 수신 음파의 감지능력이 달라지기 때문이다. 여러 가지 탐촉자쌍으로 예비실험한 수삼의 초음파 전달속도는 260-380m/s, 탄성계수는 1,000-1,300 kgf/cm^2 범위를 나타냈다.

2) 수삼 방향에 따른 초음파 전달 속도

수삼은 섬유질이 길이 방향으로 배열되어 있어 길이방향과 길이직각방향의 초음파 전달 특성이 다를 것으로 예상되었다. 그러나 길이방향과 횡방향은 419와 418m/s로 거의 같은 값을 나타냈다. 한편 원통형 수삼의 횡방향 초음파 전달속도는 공기중 소리전달속도 344m/s보다 약간 높은 369m/s였다. 따라서 수삼은 방향에 따른 초음파 전달 속도 차이는 없으나 탐촉자 접촉면에 따른 초음파 전달 속도 차이를 나타내는 것을 알 수 있다.

파형은 길이방향과 길이직각방향이 차이를 나타냈는데 길이직각방향의 초음파 파형은 고주파가 대부분을 차지하고 급격한 감쇠를 보이나 길이방향은

저주파가 대부분을 차지하고 감쇠가 서서히 일어나는 모습을 보인다.

2. 적외선 열화상을 이용한 선별기술

가. 시스템 hardware 및 software 개발

가열된 수삼에서 나타나는 열화상을 분석하여 수삼의 밀도, 함수율 등 물리적 성질을 종합적으로 판정하여 선별 기술을 개발하고자 적외선기술을 적용하였다. 시스템의 작동원리는 다음과 같다. 적외선램프로 수삼을 일정시간 가열한 다음 적외선램프를 끄고 적외선카메라로 수삼의 열화상을 찍는다. 열화상은 IR thermography의 모니터를 거쳐 RGB 화면에 확대되어 나타나고 같은 신호가 PC로 전달되어 열화상의 평균온도, 최고온도, 최저온도가 계산되어 시간에 따라 그래프로 그려진다. 시간에 따른 온도변화를 이용하여 수삼내부의 밀도, 결합여부를 판정한다. 이러한 목적을 위해 컴퓨터 프로그램도 동시에 개발하였다.

나. 수삼의 열분포도 측정

배경으로 사용한 검은 페인트를 칠한 냉각판 (영하 3℃)으로 인해 수삼과 배경이 완전히 구별되어 열화상을 선명하게 잡을 수 있었다. 가열 후 시간 경과에 따라 여러 시편의 분포도를 조사 분석하였지만 개체간 변이가 잘 나타나지 않았다.

다. 함수율에 따른 수삼의 온도 변화

함수율에 따라 수삼의 온도를 적외선 열화상장치로 측정하여 분석한 결과에 의하면 평균온도, 최대온도는 무게변화와 상관없이 동일한 곡선을 그리며 감소함을 나타내고 있으나 최대최저온도차는 무게가 감소함에 따라 시간

에 따른 점차 급하게 감소함을 나타낸다. 이는 물의 비열 때문에 함수율이 높으면 온도 상승과 하강이 느리게 진행되기 때문으로 이해할 수 있다. 따라서 최대최저온도의 변화를 측정하므로 수삼의 함수율 상태를 알 수 있음이 밝혀졌다. 수삼의 함수율은 수삼의 질에 영향을 미치는 인자로 적당한 함수율을 가진 수삼을 선별하는데 적외선 열화상 선별시스템이 이용될 수 있다.

3. 자동 수삼 초음파 선별 장치의 제작

지난 2년간 초음파와 적외선의 두 가지 방법으로 수삼의 특성을 조사한 결과 초음파가 개체특성을 잘 반영하기 때문에 초음파에 의한 선별이 가능하다는 결론에 도달하였다. 초음파의 파형, peak-to-peak voltage, 초음파 전달속도, 탄성계수 중 초음파 전달속도에 의한 선별이 탄성계수와 마찬가지로 가장 간편하고 변별력이 높다는 것을 찾아냈다.

본 연구의 최종목적은 자동으로 수삼을 선별할 수 있는 장치와 프로그램을 개발하는 것으로 완전 자동 장치를 만들기 전에 proto-type의 수동장치를 만들어 가동해본 결과 좋은 효과를 얻었다.

이러한 결과를 바탕으로 proto-type 수동 초음파 측정 장비를 개선하여 수삼의 직경, 초음파 전달시간을 자동으로 측정하고 초음파 전달속도를 계산하여 3단계 등급을 판정해줄 수 있는 자동수삼선별장치를 개발하였다.

가. 시스템의 구성

설계 제작된 실험장치는 시스템 전체를 작동시키기 위한 구동장치, 힘을 측정하기 위한 하중변환기, 초음파 관련장치와 전체 시스템을 제어하기 위한 컴퓨터로 구성되어 있다.

시스템 구동장치는 액츄에이터로 사용된 AC 서보모터, 서보모터에 펄스를

출력하는 서보모터 드라이버, 펄스를 생성하기 위한 모터 인터페이스 보드와 2개의 리미트 스위치 등으로 구성되어 있으며, 모터의 회전축에는 볼스크류가 커플링으로 연결되어 있다.

하중변환기로는 로드셀을 사용하였으며, 로드셀 위에 수신용 탐촉자를 부착하여 이동하는 송신용 탐촉자가 측정 대상물을 압축하는 힘을 측정할 수 있도록 하였으며, 초음파 장치는 RS232C로 컴퓨터와 통신할 수 있도록 하였다.

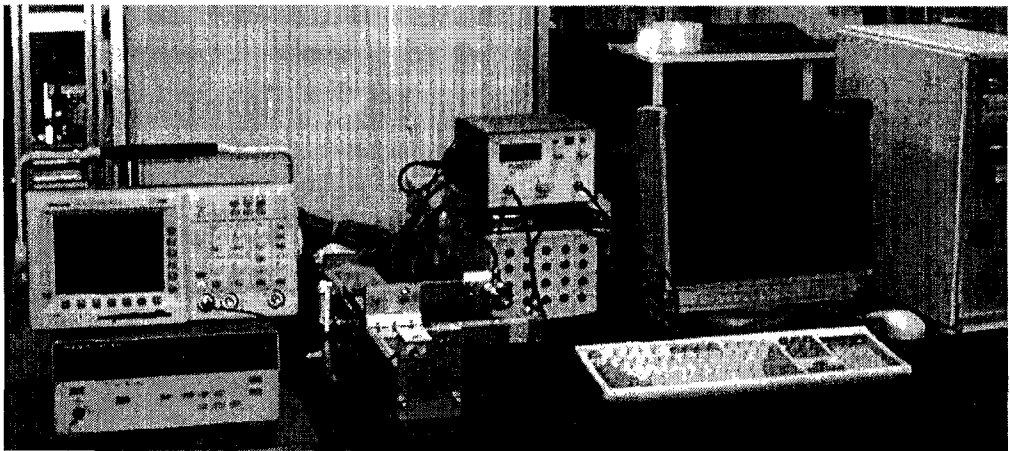


Fig. 2-26 Ultrasonic grading system for fresh ginseng.

나. 소프트웨어 특징

1) 측정 대상물의 크기 측정

초음파 수신용 탐촉자가 원점에서부터 측정 대상 물체까지 이동하여 물체에 가해지는 압력이 일정 압력이상일 때 탐촉자가 정지하며 이때 두 탐촉자 사이의 거리를 물체의 크기로 인식한다.

2) 힘의 측정 및 제어

송신탐촉자를 로드셀에 부착하여 송신탐촉자에 가해지는 힘을 물체가 가

해지는 힘으로 인식한다. 아래 그림과 같은 실험을 통해 수삼에 가해지는 1,500gr 이상이면 초음파 전달속도가 거의 일정하다는 사실을 알게되어 초음파 전달속도 측정시 수삼에 가해지는 압력을 2,000에서 2,500gr사이로 정하였다.

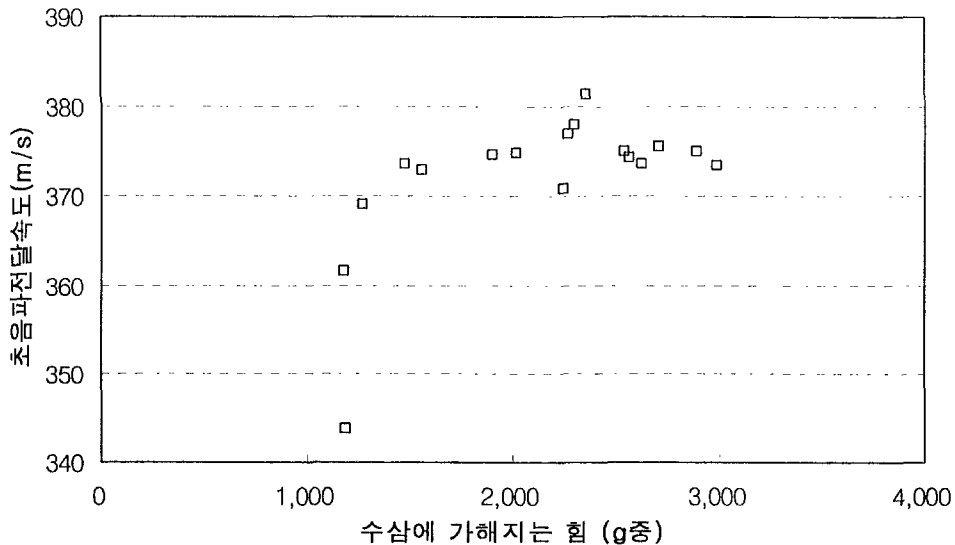


Fig. 2-27 Plot of the ultrasonic velocities vs. forces against fresh ginseng

4. 자동 수삼 초음파 선별 장치의 응용

가. 선별 실험

본 연구에서 개발한 자동 수삼 초음파 선별장치로 측정된 수삼의 초음파 전달속도는 등급에 따라 구분되었다. 4년근은 6년근 1,2등급보다 낮은 값을 나타냈지만, 6년근 3등급보다는 높았다. 경험으로 보면 직경이 클수록 초음파 전달 속도가 낮게 나오는데 이는 초음파 투과거리가 길수록 감쇠가 커지기 때문이다. 6년근 직경이 더 큰데도 불구하고 4년근보다 초음파 전달 속

도가 높게 나타났으므로 6년근의 밀도가 더 높음을 알 수 있다.

나. 선별기준

자동 수삼 초음파 선별 장치를 이용하여 400여개의 수삼의 초음파 전달속도를 측정하여 다음 도수분포하여 선별기준을 만들었다. 계급 나비는 30m/s로 하여 300-330m/s를 제1그룹, 330-360m/s를 제2그룹, 360-390m/s를 제3그룹으로 구분하고 300m/s이하나 390m/s이상은 번외로 분류한다. 대체로 제2그룹 수삼이 가장 많은 도수를 차지하는데 홍삼제조시 내공 내백등 결함도가 가장 적게 나타난다. 제3그룹은 제2그룹보다 높은 밀도를 가지므로 증삼과 건조시 온도를 조절하여 열전달이 원활하도록 할 필요가 있다. 제1그룹이나 그 이하에 속하는 수삼은 내공 내백이 가장 잘 발생하는 것으로 밝혀졌다. 따라서 증삼과 1차 건조 시 수삼을 그룹별로 구분하여 처리온도와 시간을 달리 처리할 필요가 있다.

다. 오래 보관된 수삼의 초음파 전달 속도

신선한 수삼을 구입하여 처음 3일간에는 상온에서 보관하여도 품질변화가 거의 없음을 의미한다. 그러나 냉장고에 9일간 보관한 후에는 초음파전달속도가 현저히 낮아졌으며 이것을 상온에서 3일 보관한 후에는 매우 떨어졌다.

5. 향후 과제

가. 초음파 전달속도에 영향을 미치는 수삼의 구성요소 비율을 규명할 필요가 있다.

나. 본 연구에서 개발된 초음파 탐촉자의 직경은 38mm로 아직도 수삼에 비해 크다. 직경 20mm이하의 탐촉자 개발이 필요하다.

제6절 결 론

홍삼제조의 최초단계에서 수삼을 선별하여 그룹별 적정 중삼과 건조 조건을 적용한다면 수율을 한층 높일 수 있다. 본 장에서는 수삼선별에 초음파 탐지와 적외선 화상 기술을 적용·검토하고 그중 초음파 탐지기술을 응용하여 자동 수삼 초음파 선별 장치를 개발하고 실제 적용실험을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 수삼의 초음파 탐지에는 저주파 공진 탐촉자가 고주파 탐촉자보다 적당하며 그 중에도 37kHz 공진탐촉자가 54kHz 공진탐촉자보다 더 적합하다.

2. 기존의 초음파 탐촉자 단면적이 직경 50cm로 너무 커서 수삼표면에 밀착되지 못하는 단점을 가지고 있으므로 이를 보완하기 위해 고분자 압전소자의 직경 38mm 탐촉자를 개발하였으나 아직도 수삼에 비해 크므로 더 작은 저주파 탐촉자의 개발이 필요하다.

3. 수신된 초음파 신호를 분석하여 수삼 선별에 사용할 수 있는 인자는 Peak-to peak voltage, 초음파전달속도, 탄성계수 등이 있으나 그중 초음파 전달속도가 수삼선별을 위해 가장 적합하다.

4. 수삼의 길이방향과 횡방향 초음파 전달속도는 419와 418m/s로 거의 같은 값을 나타냈다. 한편 원통형 수삼의 횡방향 초음파 전달속도는 공기중 소리전달속도 344m/s보다 약간 높은 369m/s였다.

5. 수삼의 길이방향과 횡방향 초음파 파형은 차이를 나타냈는데 횡방향의 초음파 파형은 고주파가 대부분을 차지하고 급격한 감쇠를 보이거나 길이방향은 저주파가 대부분을 차지하고 감쇠가 서서히 일어나는 모습을 보였다.

6. 적외선 열화상 장치로 측정된 수삼의 최대최저온도차는 함수율에 따라 변이를 나타내므로 함수율을 예측할 수 있으나, 밀도 등 물리적 성질과 무

관하므로 수삼선별에 사용되기 어렵다.

7. 본 연구에서 개발된 자동 수삼 초음파 선별 장치와 응용프로그램은 수삼을 세 그룹으로 선별하여 증삼과 건조를 달리 적용하여 홍삼 수율을 높이는 데 유용하게 사용될 수 있다.

8. 자동 수삼 초음파 선별 장치의 특징은 초음파 투과거리를 자동으로 측정하며, 수삼에 가해지는 압력을 항상 일정하게 조절해주며, 초음파 투과시간과 투과거리를 이용하여 자동적으로 초음파 전달속도를 계산해 줄뿐만 아니라 미리 정해진 기준에 따라 수삼의 등급을 판정해 준다.

9. 본 연구결과에서 얻어진 수삼의 선별 기준은 300-330m/s, 330-360m/s, 360-390m/s의 세 그룹과 300m/s이하나 390m/s이상은 번외로 분류한다.

10. 초음파 측정결과 신선한 수삼을 구입하여 처음 3일간에는 상온에서 보관하여도 초음파 전달속도의 변화가 없었으나, 냉장고에 9일간 보관한 후에는 초음파 전달속도가 현저히 낮아졌으며 이것을 또 상온에서 3일 보관한 후에는 매우 떨어졌다. 즉 수삼의 질변화를 초음파 전달속도를 측정함으로 알 수 있었다.

제3장 홍삼 최적 생산을 위한 건조시스템 개발

제1절 서 설

고려인삼은 한국의 대표적인 경제작물로 4-6년 간 그늘진 곳에서 재배되는 다년생 초본식물이다. 인삼은 예전에는 주로 약재로 사용되었으나 근래에는 생활수준의 향상과 고령화에 따라 건강식품의 요구가 급격히 증가하여 장기간 영양으로 전해 내려온 인삼에 대한 관심과 수요가 계속 증가하고 있다.

수삼은 보통 70%내외의 수분을 함유하고 있어서 저장이나 운반 시에 부패 및 손상이 쉽다. 따라서 일찍부터 수삼을 건조하여 세균과 곰팡이의 오염과 증식을 억제하는 동시에 용적과 중량을 감소시키거나 복용과 휴대가 간편하고 편리한 제품형태로 가공하여 소비되어왔다.

이렇게 수삼은 저장성이 없으므로 장기간 저장 유통시킬 목적으로 홍삼과 백삼으로 가공하여 사용되어 왔으며 특히 홍삼은 약효뿐만 아니라 장기간 저장하여도 품질 면에서 대단히 안정한 것으로 인정되어 왔다.

수삼은 8~11월에 채굴되어 단기간에 가공 처리되어야 하므로 원료처리량의 과다로 인한 제조공정상의 문제점을 수반하고 있다. 또한 홍삼의 경우 제조공정시의 처리 조건 등이 복잡하여 우량홍삼을 제조하는데는 상당한 고난도의 공정이 요구되고 있다. 아울러 인삼은 모든 농작물 중에서 가장 고가의 작물이며 제조후의 홍삼에서도 균열, 체형, 내공, 내백 등 복잡한 품질인자에 의하여 가격이 10배 이상 차이가 있기 때문에 과학적인 공정분석에 의한 자동화 시스템의 개발이 요구되고 있다.

홍삼은 농작물 중에서 가장 고가인 특용작물로서 참고로 같은 600g포장 10지(뿌리)의 경우 천삼은 2,512,400원 지삼은 1,255,100원, 양삼은

391,600원으로 가격비로 보면 100 : 50 : 13.6 정도로서 현저한 가격차가 발생한다.

홍삼의 제조 물량은 1980년대 이후로 급격히 증가하고 있으며 1996년 6월까지는 인삼산업법 제13조에 의해 한국담배인삼공사만이 제조할 수 있었으나 7월 1일 이후 홍삼이 전매품에서 제외됨에 따라 일정한 시설을 갖추고 시도지사에 등록을 필한 업체는 누구나 홍삼을 제조할 수 있게 됨으로써 전국에 소규모의 홍삼제조시설이 설립되었다.

문헌연구결과에 의하면 홍삼제조 표준공정은 그림 3-1과 같다.

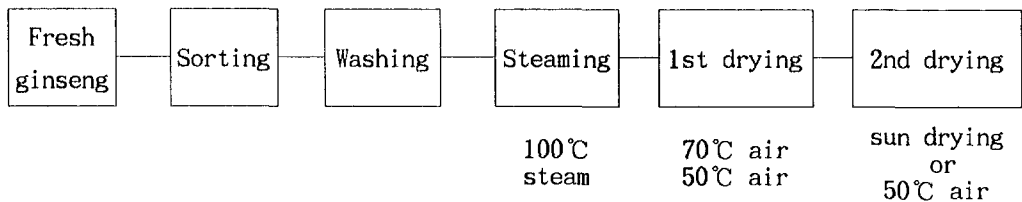


Fig. 3-1 Flow-diagram of standard process of red ginseng manufacturing.

이러한 현실 속에서 실제 홍삼제조 과정에서의 최고급 홍삼의 제조가 기술적인 문제로 인하여 어려운 현실이다. 이는 수삼을 홍삼으로 가공하는 과정 중에 일어나는 물리적 변화의 메커니즘이 확실하게 규명되지 않았기 때문이다. 이에 본 연구에서는 최고급 홍삼의 제조 공정 중 일어나는 물리적 변화 요건을 규명하고 이에 따른 제조공정을 개발하고 이에 적합한 건조시스템을 설계하고 제작하는데 목적이 있다.

제2절 중삼 및 건조 알고리즘 개발

최고급 품질의 홍삼제조시 수율의 향상을 위해서는 먼저 중삼과정과 건조 과정에서 온도, 습도, 풍량에 관한 정밀한 제어가 필요하다. 또한 원료 수

삼의 물리적 성질을 파악하여 홍삼제조에 필요한 열량과 수분, 풍량에 대한 기초연구가 필요하다. 이를 위한 연구 결과는 다음과 같다.

원료수삼의 초기 함수율은 70~80%이고 최종목표인 홍삼의 적정함수율은 12.5~13.5%이다. 한편 홍삼의 원료가 되는 6년근 1등급 수삼의 초기중량은 인삼산업법 시행규칙에 100g 이상으로 되어있으며 몸통의 길이는 10cm 이상, 직경/길이의 비율이 2/5이하이고 5cm 이상의 다리가 2개이상이고 직립인 것으로 명시되어 있다.

증삼 및 건조공정을 자동화하기 위해서는 증삼장치 및 건조장치가 전기적 신호에 의해 작동이 가능하고 컴퓨터와 연결되어야 한다.

한편 증삼 및 건조는 한 개의 챔버내에서 연속적으로 이루어질 수 있도록 하였고 이를 위해서 증삼에 필요한 수분공급은 전기순간온수기를 솔레노이드 밸브와 함께 사용하고, 건조에 필요한 송풍은 송풍기를 사용하며 송풍기는 적정풍속을 규명하기 위하여 rpm이 조절 가능한 모델을 적용하였다. 증삼과 건조에 필요한 히터는 전열히터를 사용하도록 하였다. 또한 증삼 및 건조의 조절을 위하여 송풍관에 온도센서, 습도센서, 풍속센서를 설치한 후 이를 컴퓨터와 연결하여 각각의 출력값을 통해 보다 세밀한 공기의 성질 제어가 되도록 알고리즘을 개발하였다. 그림3-2은 증삼 및 건조 장치의 개략도이다.

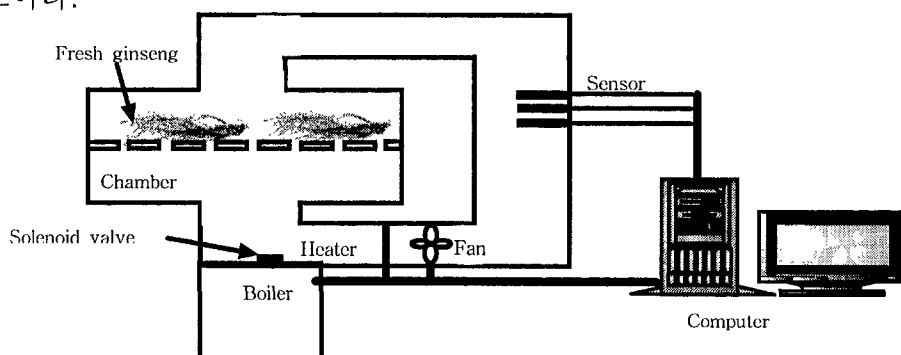


Fig. 3-2 Schematic diagram of steaming and drying system.

제3절 증삼-건조기 시작기 개발

본 연구에 의해 제작된 시작기는 6년근 수삼 3지를 홍삼으로 가공하여 홍삼제조에 필요한 물리적 조건을 규명할 목적으로 제조되었다.

1. 시작기의 설계 조건

가. 증삼 및 건조chamber 설계

증삼 및 건조기 시작기(그림 3-3)의 작업용량은 1회 3지가 되도록 설계하였다. 이를 위한 증삼 및 건조 chamber의 크기는 6년근 1등급 수삼의 크기를 고려하여 $350 \times 350 \times 350\text{mm}$ 로 결정하였고 증삼 및 건조과정중의 수삼의 상태변화를 알기 위하여 증삼 및 건조chamber 상단에 유리를 설치하여 육안 관찰 및 영상처리장치에 의한 모니터링이 가능하도록 하였다.

한편 증삼 및 건조는 한 개의 chamber내에서 연속적으로 이루어질 수 있도록 하였다.

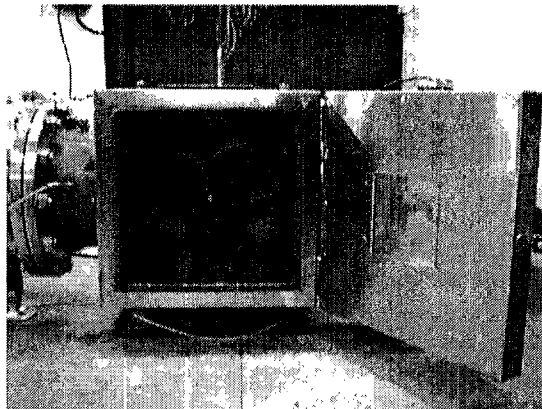


Fig. 3-3 Picture of chamber for steaming and drying.

나. 원통형 다공판 채반 설계

수삼의 균일한 증삼 및 건조를 도모하기 위하여 채반을 원통형 다공판(그림3-4)을 이용하고 chamber내에서 0~10rpm으로 회전되도록 설계하였다. 이

를 위하여 chamber의 뒤쪽에 회전속도가 조절 가능한 모터를 장착하였다(그림3-5). 원통형 다공판의 크기는 6년근 1등급 수삼의 크기를 고려하여 300×70(R)mm로 설계하였다.

또한 증삼 및 건조과정 중에 재료 수삼이 바닥에 붙는 것을 방지하기 위하여 Teflon 코팅처리를 하였다. 한편 원통형 다공판 채반이 회전할 경우 제조되는 홍삼의 모양불량과 품질의 저하를 막기 위하여 채반은 자전하지 않으며 공전만 하도록 설계하였다.

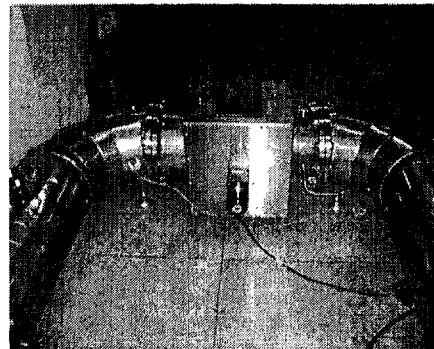
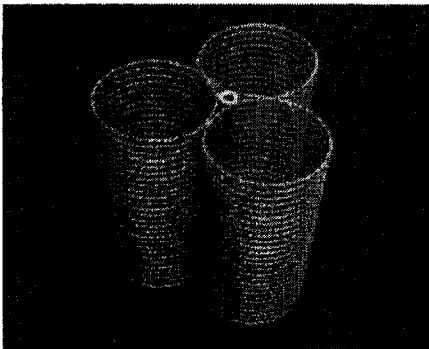


Fig. 3-4 Cylindrical porous tray . Fig. 3-5 The speed variable motor.

다. 전기보일러 설계(그림 3-6)

증삼에 필요한 수분공급은 전기보일러를 솔레노이드 밸브와 함께 사용하였다.

보일러는 증삼 및 건조과정중의 수분공급을 고려하여 10 l 로 설계하였다.

최대 7kg.f/cm² 까지 압력 발생이 가능하도록 하였으며 온도의 계측 및 제어가 가능하도록 설계하였다. 한편 열원은 10kW 전열히터를 사용하여 물의 온도를 상승시키도록 하였고 솔레노이드 밸브를 통한 증기배출구의

on/off 기능이 있도록 하여 컴퓨터와의 연결을 통해 제어가 가능하도록 설계하였다.

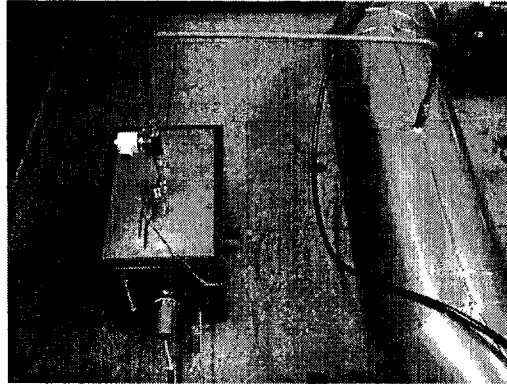


Fig. 3-6 Picture of electrical boiler.

라. 기타 장치의 설계

건조에 필요한 송풍은 송풍용 fan을 사용하며 fan은 rpm이 조절가능한 모델을 적용하였다. 증삼과 건조에 필요한 히터는 전열히터를 사용하도록 하였다. 전열히터의 용량은 16kWh 로 설계되었다.

한편 송풍관은 chamber 내에 필요한 송풍량을 계산하여 26cm 알루미늄 pipe를 사용하였고 단열처리를 하였다. 또한 증삼 및 건조의 조절을 위하여 송풍관에 온도센서, 습도센서, 풍속센서를 설치한 후 이를 컴퓨터와 연결하여 각각의 출력값을 통해 보다 세밀한 습공기의 성질 제어가 이루어지도록 알고리즘을 개발하였다.

2. 증삼-건조기 시작기 제작

증삼 및 건조 알고리즘을 기초로 증삼 및 건조기 시작기를 제작하였다. 시작기는 그림 3-7, 8, 9과 같이 설계, 제작되었다.

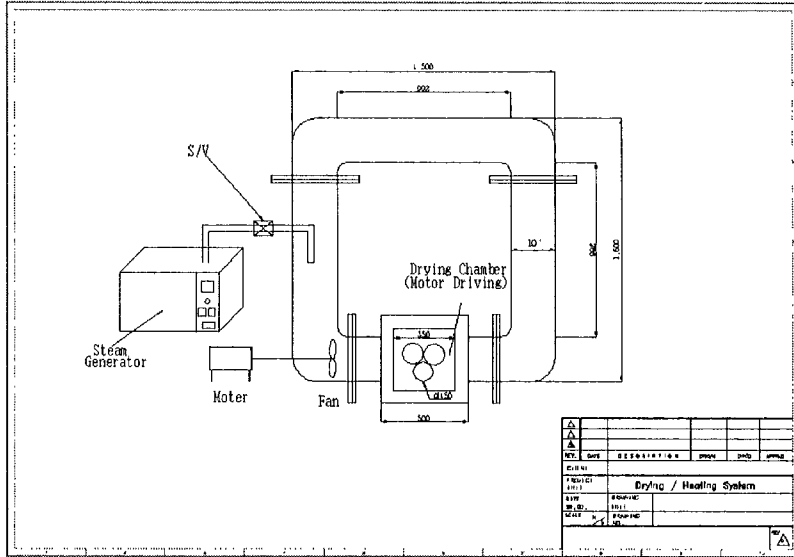


Fig. 3-7 A plane figure of steaming and drying system

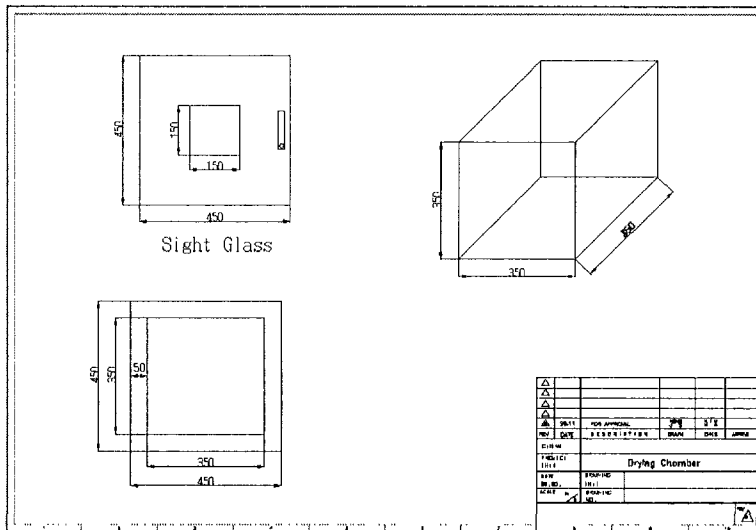


Fig. 3-8 A plane figure of steaming and drying chamber.

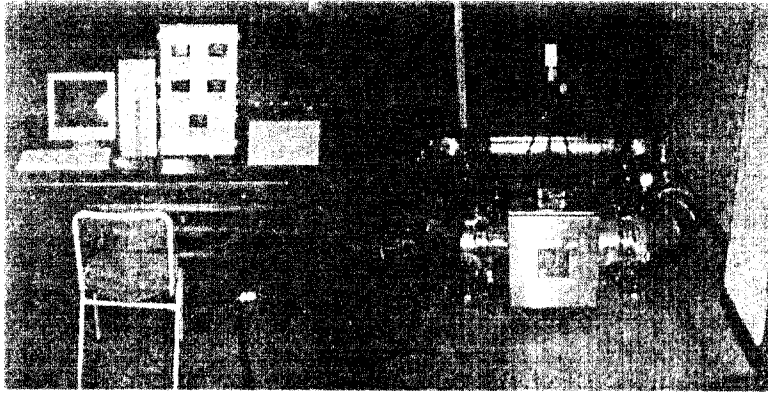
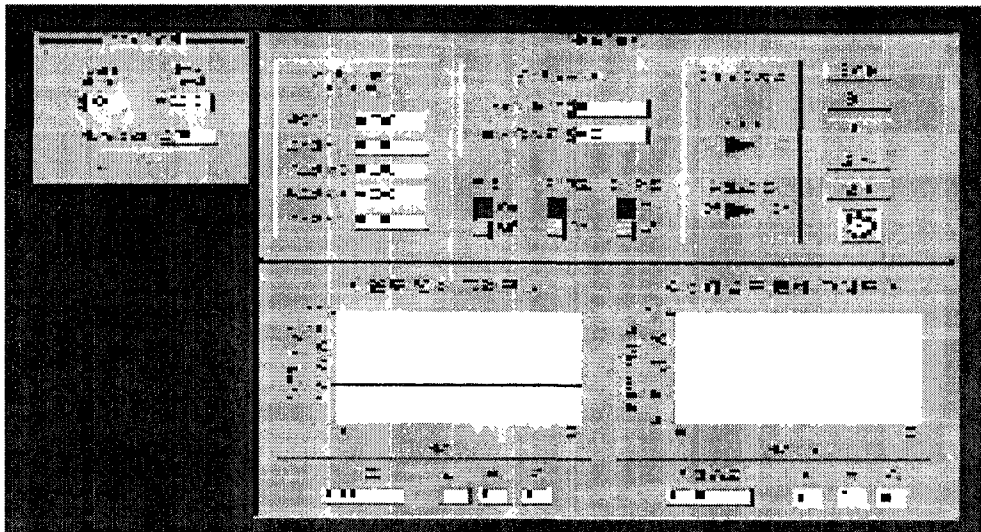


Fig. 3-9 Steaming and drying system.

3. 증삼 및 건조 제어용 프로그램 개발

보다 정밀한 증삼 및 건조제어를 위하여 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 LabWindows/CVI 언어(National Instrument Co.)로 작성되었으며, 프로그램의 주 화면은 그림 3-10과 같다.



.Fig. 3-10 A typical display of processing control program.

개발된 프로그램을 통하여 보일러와 전열기는 설정된 온.습도가 유지되게 자동으로 작동되어지도록 하였다. 또한 온도와 습도의 변화를 확인하기 쉽도록 그래프로 표현하였다.

온도 측정은 Thermocouple 2개를 시작기에 설치하여 측정하였고 습도는 Thermocouple 2개에 습구온도 측정장치를 설치하여 건습구온도와의 관계를 이용하여 측정하였다.

5. 시작기를 통한 홍삼제조

제작된 시작기의 성능평가를 위하여 홍삼제조실험을 수행하였다. 실험재료로 쓰인 원료수삼은 경기도 포천군에서 재배된 6년근을 사용하였고 수확 시기는 2000년 2월말이었다. 실험은 수확후 4일째, 10일째, 17일째에 3회 수행되었고 1회당 3지씩 수행되었다.

6. 시작기의 성능

개발된 시작기를 작동한 결과 10℃~120℃ 까지 온도상승에 10분의 시간이 소요되었고 상대습도 10%~97%까지는 3분의 시간이 소요되었다. 보일러는 물10리터를 18℃에서 99℃까지 상승시키는 데 12분 30초가 소요되었다. 이때 주위 온도는 18℃이었다.

증삼구간에서 시작기는 보일러와 전열기에 의해 재료수삼을 성공적으로 증숙하였고, 1차건조 구간과 2차 건조구간에서는 설정된 온도가 성공적으로 유지되었다.

7. 시작기를 이용한 홍삼제조결과

개발된 시작기를 이용하여 홍삼을 제조하였다. 이들의 외형중 터지거나 백피가 생긴 것은 총 9지중 3지 이었으며 외관상 문제가 없는 6지중 4지는

내공과 내백이 발생하였다.

한편 실험에서 제조한 홍삼을 분석용TLC(THIN LAYER CHROMATOGRAPHY, MERCK) Plate를 이용하여 조사포닌 성분을 분석하였다 (그림3-11).

분석에 쓰인 표준사포닌은 인삼연구소에서 구입한 것을 사용하였다. 인삼 사포닌 성분은 1964년도 일본의 시바다 박사가 인삼에 함유된 배당체란 뜻으로 ginsenoside라고 하였으며, 얇은막 크로마토그램(TLC)에서 분리된 이동거리의 차이에 따라 명명한다.

인삼 사포닌 성분에 대한 여러 학자들의 연구결과를 통하여 미량 사포닌 성분에 대한 전 화학구조도 규명되어 고려인삼에서는 총 26종의 구조가 규명되었으나, 인삼 및 인삼제품류의 품질관리는 주로 ginsenoside-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1 및 Rg2와 같은 주요 사포닌 성분을 얇은막 크로마토 그래프법으로 확인하고 고속액체 크로마토 그래프법으로 정량한다. 그림 3-11 에서는 보는 바와 같이 본 연구에서 시작기로 제조된 홍삼의 사포닌 성분은 표준품과 거의 동일하게 나타났다.

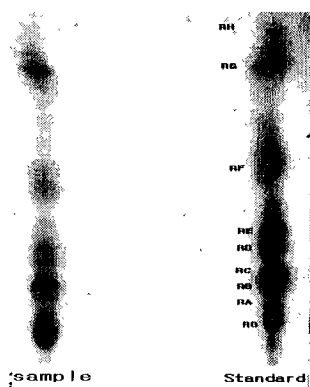


Fig. 3-11 Comparison of the test results of the constituents of crude saponin of red ginseng processed by the pilot system with the standard sample of saponin.

8. 결론

개발된 시작기를 이용하여 홍삼을 제조한 결과 이들의 외형 중 터지거나 백피가 생긴 것은 총 9지중 3지 이었으며 외관상 문제가 없는 6지중 4지는 내공과 내백이 발생하였다. 이러한 결과를 통하여 홍삼제조공정시 증삼이 불충분할 때 상기와 같은 현상이 발생됨을 발견하였다. 이것은 증삼시 충분한 수증기의 공급이 이루어지지 않았음을 의미한다. 이에 따라 증삼시스템의 개선이 요구되었고, 이에 오토클레이브(Autoclave)에 의한 증삼실험을 수행하였고 오토클레이브에 의한 증삼 실험결과 터짐 현상이나 백피현상이 현저히 줄어드는 것을 발견하였다.

한편 시작기에 의해 제조된 홍삼의 성분은 기존의 홍삼과 비교하여 성분에 문제가 없는 것으로 판단되었다.

제4절 증삼 및 건조 공정 스케줄 개발

제작된 시작기를 사용하여 홍삼제조실험의 수행함으로써 최고급품질의 홍삼제조공정을 위한 증삼 및 건조공정 스케줄을 개발하였다. 시험재료로는 2000년 9월 6일부터 11월 1일까지 경기도 포천에서 생산된 1등급 수삼을 사용하였으며, 1회 실험당 시료의 수는 3지로 하여 실험을 수행하였다.

1. 증삼공정 스케줄 개발

가. 증삼 최적온도 규명

먼저 증자조건을 알아보기 위한 실험을 수행하였는데 시작기의 성능 실험 결과 시작기에 의한 증삼은 증기량의 불충분과 풍속에 의한 건조현상 발생으로 인하여 증삼과정 중에 터짐현상과 백피현상이 발생되었다. 이에 오토클레이브에 의한 증삼실험을 수행하였고, 이 결과 터짐현상은 전혀 발생하지 않았고 백피현상도 현저하게 줄어드는 것으로 나타났다.

오토클레이브에 의한 증삼실험은 1회 실험 당 3지씩 수행하였고 3회 반복

실험하였다. 증삼시간은 각 실험별로 3시간씩 수행되었다.

증자된 삼은 70℃에서 20시간 1차 건조 한 후 일주일간 양건하였다. 증삼 시 온도별로 실험을 수행한 결과는 표 3-1과 같다.

Table 3-1 Results of red ginseng manufacturing different by steaming temperatures

Temp Result	95℃	98℃	100℃	102℃
1st & 2nd grade red ginseng	0	2	1	1
White rind	9	7	6	5
Crack	0	0	2	3

(where 1st & 2nd grade red ginseng means that there is no white rind or crack.)

상기의 결과에 따라 증삼조건이 95℃인 경우에는 모든 실험 결과에서 백피가 발생하였고 100℃이상에서는 터짐현상이 발견되었다. 그러나 98℃의 조건에서는 터짐현상이 없었고, 백피현상도 95℃에 비하여 줄어드는 것을 발견하였다.

나. 최적 증삼시간 규명

상기의 실험 결과를 토대로 98℃의 증삼조건에서 증삼시간대별 실험을 수행하였다. 증자시간별로 실험을 수행한 결과는 표 3-2과 같다.

Table 3-2 Results of red ginseng manufacturing by steaming times required

Time Result	3h	4h	5h	6h
1st & 2nd grade red ginseng	2	2	4	1
White rind	7	7	5	8
Crack	0	0	0	0

(where 1st & 2nd grade red ginseng means that there is no white rind or crack.)

상기의 결과를 토대로 1등급수삼의 경우 5시간의 증자시간에서 최적의 증자 결과를 나타내었다. 5시간을 초과하는 경우에는 과도한 증삼으로 인하여 조직이 파괴되어 우수홍삼제조에 나쁜 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

2. 건조 공정 스케줄 개발

홍삼의 품질기준 중에서 가장 큰 요인인 내공은 불량 홍삼 발생요인의 34%에 해당하며 이는 대부분 1차 건조과정 중에 발생하게 된다. 이에 따라 최적의 1차건조 조건을 규명함으로써 내공발생요인을 줄이고자 본 실험이 진행되었다.

최적의 건조공정 스케줄을 개발하기 위하여 1차건조의 온도별, 풍속별 실험을 수행하였다. 상대습도별 실험은 실험 기간이 한정되어 있어 3차년도 실험에서 규명하기로 하고 상대습도 50%에서 건조실험이 수행되었다.

가. 1차건조시 최적 풍속 규명

1차건조시 풍속별로 실험을 수행한 결과는 표 3-3과 같다.

Table 3-3 Results of red ginseng manufacturing by air velocity during the first drying

Result	Air velocity			
	1m/s	2m/s	3m/s	4m/s
No internal check	1	3	0	0
Internal check	8	6	9	9

상기의 실험결과 풍속 2m/s에서 내공의 발생이 줄어드는 것을 알 수 있다. 이에 따라 1차건조의 풍속을 2m/s로 결정하였다.

나. 1차건조시 최적 건조온도 규명

1차건조시 건조온도별로 실험을 수행한 결과는 표 3-4과 같다.

Table 3-4 Results of red ginseng manufacturing by air temperature during the first drying

Result		Air temperature			
		50℃	60℃	70℃	80℃
No internal check	Superior color	0	1	3	2
	Bad color	5	4	2	3

각 실험 조건별로 내공이 발생하지 않은 5지씩 색택을 검사한 결과 50℃와 60℃에서는 갈변화가 덜 이루어지다가 70℃부터 갈변화 반응이 충분히 발생하지만 80℃에서 1차 건조된 홍삼은 과도한 갈변화로 인하여 3지가 색택불량 판정을 받았다. 색택 판정은 충남 부여에 위치한 한국인삼공사 홍삼창에서 홍삼등급판정 전문가에 의하여 판정되었다.

상기의 결과를 토대로 하여 1차건조의 최적온도는 70℃-80℃로 규명되었다.

제5절 온도, 습도 계측 및 제어시스템 개발

최고급 품질의 홍삼제조를 위해서는 건조기내에서의 온도 및 습도가 정확하게 계측되고 설정된 온도 및 습도의 값을 일정하게 유지하여야만 한다. 또한 이러한 계측과 제어작업은 컴퓨터에 의해 수행되어야 한다. 이를 위하여 다음과 같이 온도와 습도의 계측 및 제어시스템이 개발되었다.

1. 온도 계측 및 제어시스템

건조기 내의 온도계측 및 제어를 위하여 그림 3-12와 같은 시스템을 개발하였다.

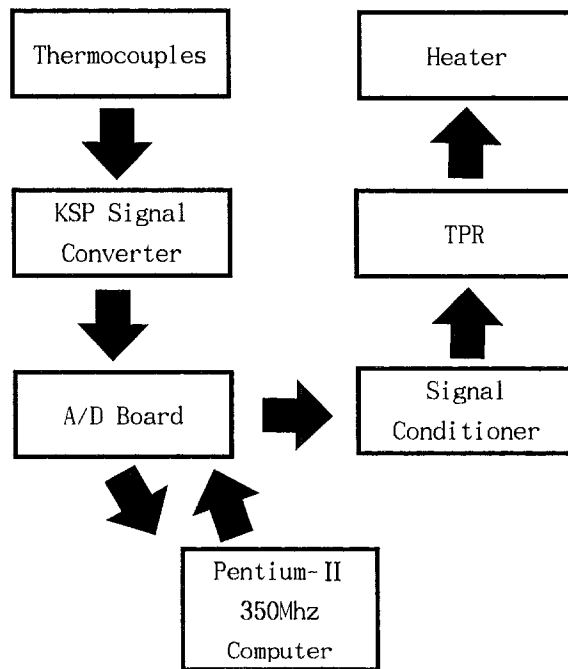


Fig. 3-12 Algorithm for measuring and controlling temperature.

Thermocouple로부터 나온 온도신호는 Signal Converter를 거쳐 A/D Board로 입력된다. 입력된 신호는 Pentium-II 350Mhz Computer에서 정해진 온도와 비교되어 입력값과 지정값이 서로 다르게 되면 A/D Board에서 Signal Conditioner로 전압값이 출력되고 Signal Conditioner에서 TPR로 전류값을 송출하여 Heater를 제어하게 된다. 이때 제어는 PID제어 방식이 사용되었다.

PID제어기는 기본식은

$$u(\tau) = K_c \left[e(\tau) + \frac{1}{T_I} \int_0^\tau e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(\tau)}{d\tau} \right]$$

로 주어지고 상기 식을 프로그램에 적용시켜 A/D Board에서 Signal Conditioner로 출력되는 전압값을 제어함으로써 온도제어에 사용하였다.

2. 습도 측정 및 제어시스템

건조기 내의 습도측정 및 제어를 위하여 그림 3-13과 같은 시스템을 개발하였다.

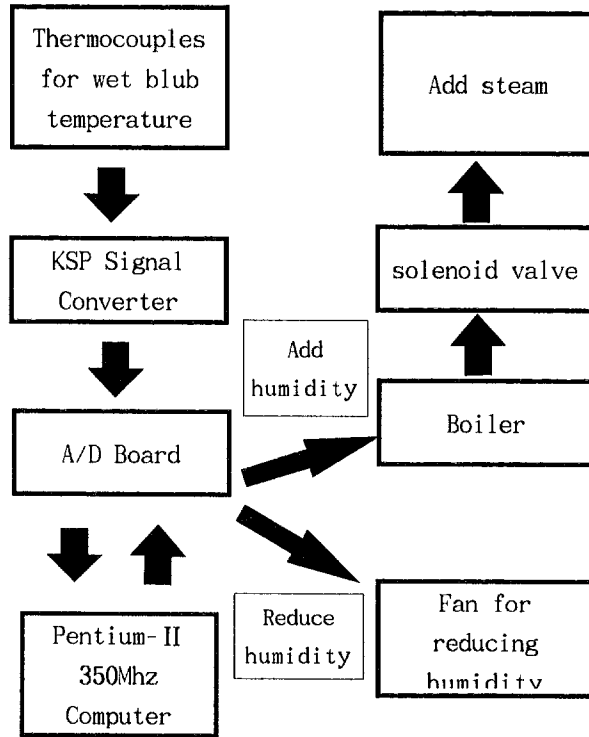


Fig. 3-13 Algorithm for measuring and controlling relative humidity.

습구온도 측정용 Thermocouple로부터 나온 온도신호는 Signal Converter를 거쳐 A/D Board로 입력된다. 입력된 신호는 Pentium-II 350Mhz Computer에서 건구온도와의 관계를 통하여 습도값을 계산하게 되고 이렇게 계산된 습도값은 정해진 습도와 비교되어 입력습도 값이 지정습도 값보다 작게 되면 A/D Board에서 solenoid valve로 전압값이 출력되고 solenoid valve의 on/off를 통해 Boiler에서 증기가 배출된다.

한편 입력습도 값이 지정습도 값보다 크게 되면 A/D Board에서 SSR로 전

압값을 출력하고 SSR이 제습용 Fan을 작동시킴으로써 제습을 한다.

건구 온도와 습구 온도와와의 관계를 이용한 습도계산식은 다음과 같다. (ASAE Standard)

$$P = 101.325 \exp(-0.0001184 E_{lv})$$

$$A = 0.00066(1.0 + 0.00115 T_{wb})$$

$$e_{swb} = \exp(16.78 T_{wb} - 116.9 / T_{wb} + 237.3)$$

$$e_d = e_{swb} - A P (T_{db} - T_{wb})$$

$$e_{sdb} = \exp(16.78 T_{db} - 116.9 / T_{db} + 237.3)$$

$$RH = 100(e_d / e_{sdb})$$

e_{swb} = wb에서 포화수증기압

e_{sdb} = db에서 포화수증기압

e_d = 증기압(kPa)

E_{lv} = 해발고도(m)

P = 공기압력(kPa)

T_{wb} = 습구온도(°C)

T_{db} = 건구온도(°C)

제6절 특수 건조기술 개발(전건조 또는 건조 공정)

기존의 홍삼건조는 열풍건조방식과 자연건조방식이 사용되었다. 이에 본 연구에서는 최근에 농산물 건조에서 다양하게 이용되고있는 Microwave 건조 기술과 원적외선 건조기술을 최고급 품질의 홍삼제조공정에 활용하고자 하였다.

1. Microwave 건조 기술 개발

Microwave 건조의 장점은 내부부터 가열되기 때문에 표면할열을 예방할 수 있으며 가열이 신속하다는 것이다. Microwave를 증삼 전처리와 1, 2 차

건조 공정에 사용할 수 있다.

이에 본 연구에서는 Microwave를 증삼시 증삼후 1차건조 직전에 시간대별로 실험하였다.

가. 증삼과정중 Microwave조사실험

실험은 2000년 11월에 경기도 포천에서 수확된 1등급 수삼으로 실행되었고 1회 실험당 3지씩 실험하였다. Microwave 장치는 300MHz의 Microwave를 조사하는 장치를 사용하였고 먼저 증삼전 과정에서 시간대별로 Microwave를 조사하였다. 그 결과는 표3-5와 같다.

Table 3-5 Results of microwave heating before steaming

Time Condition	1 min	2 min	3 min	4 min
Normal state	0	0	0	0
intend white spot	3	3	3	3
internal check	3	3	3	3

위 결과에서 나타난 바와 같이 증삼전 Microwave를 조사한 결과 실험재료 모든 삼에서 내백과 내공이 발견되었다. 특히 증삼 후에도 내부조직이 스폰지처럼 변하여 Microwave 조사는 증삼과정에 부적합한 것으로 판정되었다.

나. 1차 건조 직전 Microwave조사실험

실험은 1차 건조 직전에 Microwave를 증자삼에 시간대별로 조사한 후 1차 건조실험을 수행하였다. 그 결과는 표 3-6과 같다.

Table 3-6 Results of microwave heating before first drying

Time condition	1 min	2 min	3 min	4 min
Normal state	0	0	0	0
intend white spot	3	3	3	3
internal check	3	3	3	3

위 결과에서 나타난 바와 같이 1차 건조 직전 Microwave를 조사한 결과 실험재료 모든 삼에서 내백과 내공이 발견되었다. 특히 일반 건조시 보다 외부의 경화가 빨리 일어났고 내공의 크기도 일반건조 방식에 의한 내공삼의 내공 직경보다 크게 나타났다. 이러한 결과로 미루어 Microwave 조사는 건조과정에 부적합한 것으로 판정되었다.

다. 결론

증삼 및 1차건조시 Microwave 조사의 효과를 알아보기 위하여 실험을 실시하였다. Microwave를 증삼시 증삼후 1차건조 직전에 시간대별로 실험한 결과 모든 삼에서 내백과 내공이 발견되었고 이는 기존의 관행법에 비하여 나쁜 결과가 나왔다, 이로써 Microwave 조사방법은 최고급 품질의 홍삼제조 공정에 도입하기 부적합한 것으로 판정되었다.

2. 원적외선 건조기술 개발

천지삼의 수율을 높이기 위해 지금까지는 양건을 실시하였지만 시간이 오래 걸리는 단점이 있었다. 이에 본 연구에서는 원적외선을 이용하여 수율을 높이면서 건조시간을 단축할 수 있는 방법을 개발하고자 실험을 수행하였다.

원적외선 발생장치는 5 μm 파장대의 원적외선을 발생시키는 2kW 출력의

세라믹 코팅발열장치를 사용하였고 1차건조 직전과 1차건조 직후에 각각 시간대별로 실험을 수행하였다.

가. 1차 건조직전 원적외선 건조

실험은 2000년 11월에 경기도 포천에서 수확된 1등급 수삼으로 실행되었고 1회 실험당 3지씩 실험하였다. 먼저 1차 건조직전 과정에서 시간대별로 원적외선을 이용하여 건조하였다. 그 결과는 표3-7와 같다.

표 3-7 Results of far infrared ray drying before first drying

Time condition	0.5 h	1 h	1.5 h	2 h
Normal state	0	0	0	0
intend white spot	2	2	3	3
internal check	3	3	3	3

위 결과에서 나타난 바와 같이 1차 건조직전 원적외선을 이용하여 건조한 결과 실험재료 모든 삼에서 내공이 발견되었다. 특히 원적외선 건조 시 외부로부터 건조가 빠르게 발생되어 내공삼의 경우 내공의 크기가 관행적 방법에 의해 생긴 내공삼의 내공 크기보다 큰 내공이 발생하는 결과를 보였다. 이로써 1차 건조직전 원적외선 건조는 1차 건조 전 과정으로 부적합한 것으로 판정되었다.

나. 2차 건조시 원적외선 건조

동일 조건으로 증삼과정과 1차 건조과정을 거친 실험재료 6지를 각각 3지씩 양건과 열풍건조, 원적외선 건조기를 통한 건조방법으로 1차 건조직후 2차 건조과정을 수행하였다. 실험은 3회 반복되었다. 그 결과는 표3-8와 같다.

Table 3-8 Comparison results of the sun drying, heated-air drying, and far infrared ray drying during 2nd drying process

Drying method \ State	Normal state	Abnormal state			Bad color
		Inside white	Inside cavity	Inside white + Inside cavity	
Sun drying	2	0	1	4	5
Heated-air drying	0	1	3	5	8
Far infrared ray drying	0	1	3	5	7

위 결과에서 나타난 바와 같이 2차 건조에서 양건과 열풍, 원적외선을 이용한 건조 실험결과, 원적외선을 이용한 2차건조 과정 실험재료 모든 삼이 색택이 불량하였고 내공과 내백의 발생이 더 많아짐을 확인할 수 있었다. 다만 건조시간에서 양건의 경우 7-10일 가량 소요되는 반면 열풍건조의 경우는 40시간, 원적외선 건조의 경우 80시간의 시간이 소요되었다. 상기의 결과에서 보듯이 열풍에 의한 건조방법과 원적외선을 이용한 건조방법에서 결과적으로 별다른 차이를 발견할 수 없었다.

다. 결론

1차 건조직전 원적외선 건조 및 2차 건조시 원적외선 건조의 효과를 알아보기 위하여 실험을 실시하였다. 1차 건조직전 원적외선을 이용하여 건조한 결과 실험재료 모든 삼에서 내공이 발견되었다. 이로써 1차 건조직전 원적외선 건조는 1차 건조 전 과정으로 부적합한 것으로 판정되었다.

2차 건조에서 양건과 열풍, 원적외선을 이용한 건조 실험결과, 원적외선을 이용한 2차건조 과정 실험재료 모든 삼이 색택이 불량하였고 내공과 내백의 발생이 더 많아짐을 확인할 수 있었다.

제7절 보급형 홍삼제작용 건조기개발

1차 년도와 2차 년도의 실험 결과를 토대로 하여 농가 보급형 홍삼제작용 건조기를 개발하였다. 본 연구에 의해 제작된 건조기는 6년근 수삼 30지를 홍삼으로 가공하여 홍삼제조에 필요한 물리적 조건을 규명할 목적으로 제조되었다.

본 연구에서 개발된 건조기는 홍삼의 제조 특성에 따라 온도조절 뿐만 아니라 습도조절이 가능하게 하여 내공 및 내백의 발생요건을 감소하도록 설계하였다.

1. 건조기의 설계 조건

가. 채반 회전장치 설계

수삼의 균일한 건조를 도모하기 위하여 채반이 건조 chamber내에서 0~10rpm으로 회전되도록 설계하였다. 이를 위하여 chamber의 위쪽에 회전속도가 조절 가능한 모터를 장착하여 이를 체인으로 건조 채반과 연결하였다. 건조채반은 1채반 당 6년근 재료수삼 5지씩 작업이 가능하도록 설계하였고 크기는 6년근 1등급 수삼의 크기를 고려하여 300×500mm로 설계하였다. 또한 1차년도 연구에서 채반으로 설계된 Teflon 코팅처리채반의 경우 열흡수가 재료수삼과 상이하여 과건조가 일어나는 현상을 보여 재료수삼과 성질이 다소 비슷한 대나무를 재료로 한 채반을 설계하였다.

나. 건조 챔버의 설계

건조기의 작업용량은 1회 30지가 되도록 설계하였다. 이를 위한 건조 chamber의 크기는 6년근 1등급 수삼의 크기를 고려하여 700×700×1500mm로 결정하였고 건조과정중의 수삼의 상태변화를 알기 위하여 건조 챔버 전면부에 유리를 설치하여 육안 관찰 및 영상처리장치에 의한 모니터링이 가능하도록 하였다.

건조 챔버 내로의 공기유입은 음압식으로 이루어지도록 설계되었고, 균일한 공기유입을 위하여 공기 유입구로부터 챔버까지 가이드를 설치하여 공기

유입이 균일하도록 설계하였다. 또한 공기 유입구와 챔버사이에 다공판을 설치하여 유입공기의 속도를 줄이고 공기의 유입이 고르도록 설계하였다. (그림3-14)

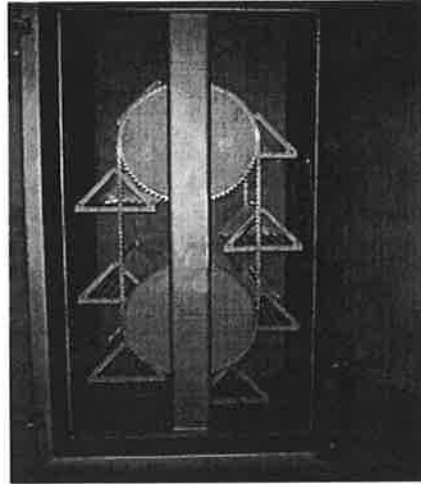


Fig. 3-14 Picture of drying chamber.

다. 전기보일러 설계

건조과정중 습도 조절을 위한 수분공급은 전기보일러를 솔레노이드 밸브와 함께 사용하였다.

보일러의 용량은 건조과정중의 원활한 습도 조절을 고려하여 20 l 로 설계하였다.

최대 981kPa 까지 압력 발생이 가능하도록 하였으며, 온도 계측 및 제어가 가능하도록 설계하였다. 한편 열원은 10kW 전열히터를 사용하여 물의 온도를 상승시키도록 하였고 솔레노이드 밸브를 통한 증기배출구의 on/off 기능이 있도록 하여 컴퓨터와의 연결을 통해 제어가 가능하도록 설계하였다.

한편 보일러로의 수분공급 및 보일러의 압력조절은 자동으로 이루어지도록 수량계와 압력밸브를 장착하였다.

라. 기타 장치의 설계

건조에 필요한 송풍은 송풍용 fan을 사용하며 지난해의 실험결과를 토대로 음압식 송풍이 되도록 fan을 설치하였다. 또한 챔버 내에서의 건조 풍속은 실험결과를 토대로 2m/s가 유지되도록 설계하였다.

건조에 필요한 열원으로 전열히터를 사용하였다. 전기히터의 용량은 10kWh로 설계되었고 보다 정밀한 온도 제어를 위하여 4kWh, 6kWh 용량의 전열히터를 함께 설치하였다.

한편 송풍관은 챔버 내에 필요한 송풍량을 계산하여 500mm 알루미늄 파이프를 사용하였고 단열처리를 하였다.

연구수행 2년차에 시작기를 통한 실험도중 제습과정에서 문제가 발생하여 금번 건조기에서는 제습을 위한 fan을 송풍관 상부에 설치하였다.

또한 건조과정의 세밀한 조절을 위하여 건조챔버내 공기 유입구와 공기 유출구에 온도센서, 습도센서를 설치한 후 이를 컴퓨터와 연결하여 각각의 출력값을 통해 보다 세밀한 습공기의 성질 제어가 이루어지도록 알고리즘을 개발하였다.

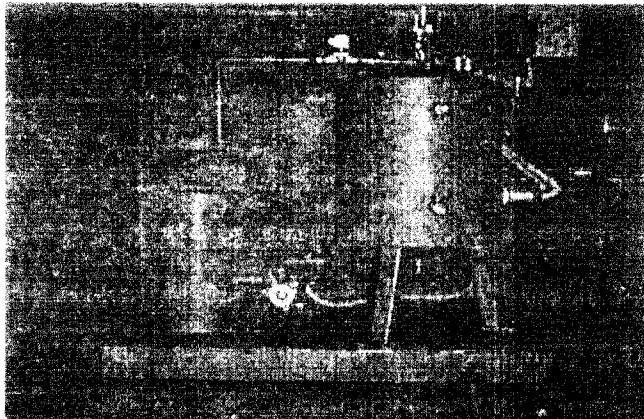


Fig. 3-15 Picture of boiler.

2. 증삼 및 건조 제어용 프로그램 개발

보다 정밀한 건조제어를 위하여 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 LabWindows/CVI 언어(National Instrument Co.)로 작성되었으며, 프로그램의 주 화면은 그림 3-16과 같다.

개발된 프로그램을 통하여 보일러와 전열기는 설정된 온·습도가 유지되며 자동으로 작동되어지도록 하였다. 또한 온도와 습도의 변화를 확인하기 쉽도록 그래프로 표현하였다.

온도 측정은 Thermocouple 2개를 건조기에 설치하여 계측하였고 습도는 Thermocouple 2개에 습구온도 측정장치를 설치하여 건·습구 온도와의 관계를 이용하여 측정하였다.

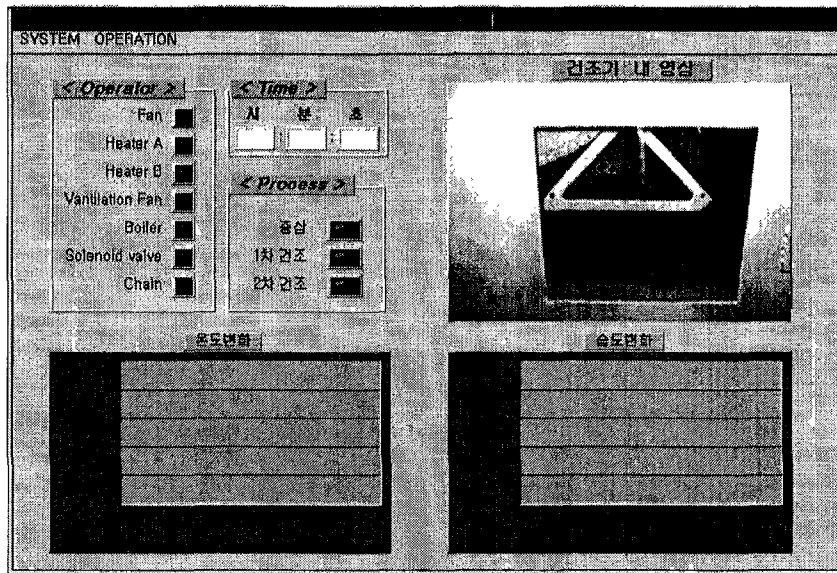


Fig. 3-16 Main display of measurement and control program for red ginseng manufacturing process.

3. 홍삼제조용 건조기 시스템

그림 3-17은 홍삼제조용 건조기 전체도면으로 시스템의 구성을 보여준다. 건조기내부의 온도센서로부터 정보를 받은 컴퓨터는 A/D board를 통해 컨트롤박스로 제어신호를 보내고 이를 통하여 건조기 내부의 온도와 습도, 송풍기의 on/off를 제어하게된다. 그림 3-18은 홍삼제조용 건조기의 세부도로 전체 공기의 흐름과 채반의 회전방향을 보여준다. 그림 3-19는 실제 제작된 홍삼제조용 건조기의 전체 외형이다.

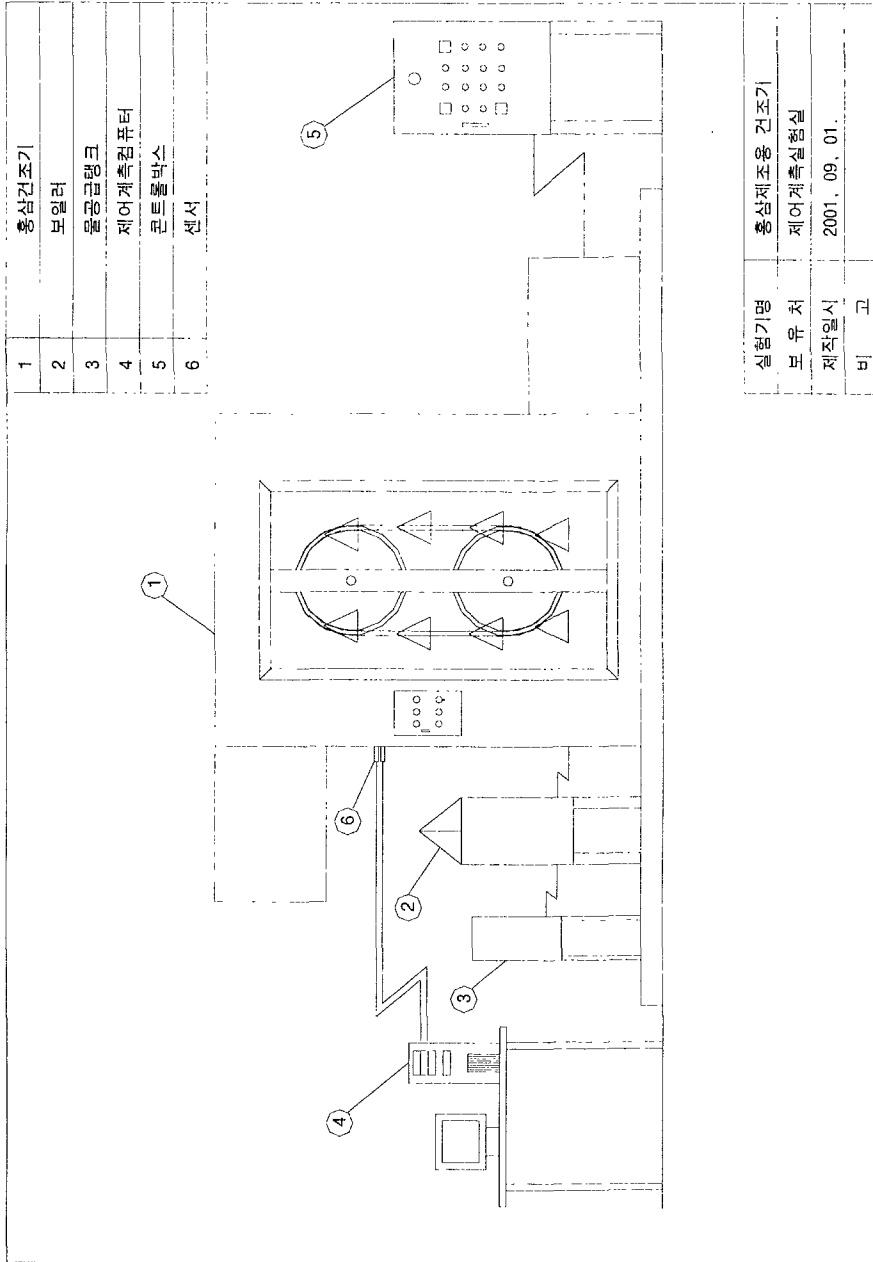


Fig. 3-17 A plane figure of drying system.

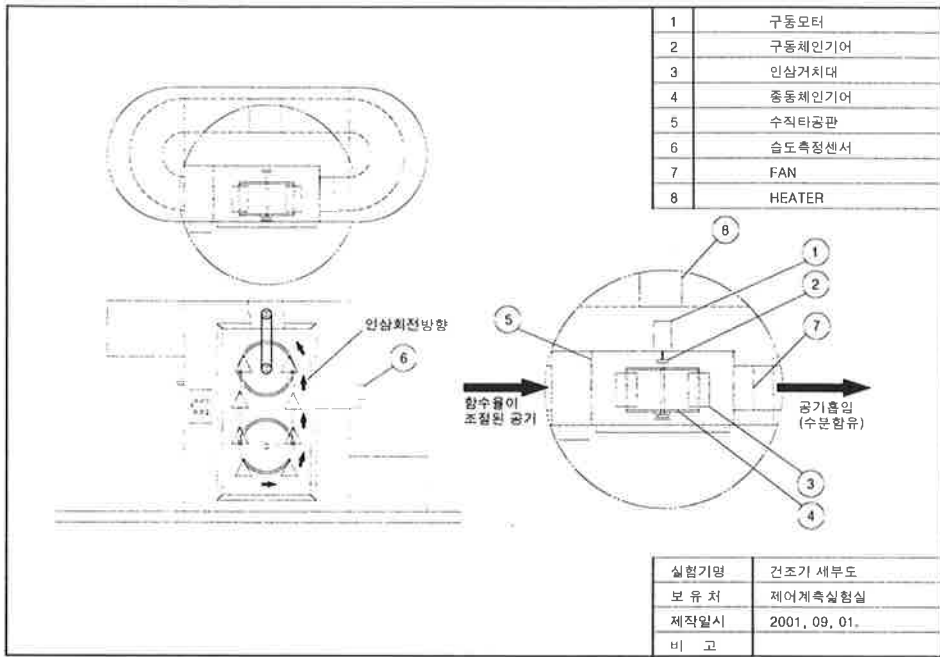


Fig. 3-18 A plane detailed figure of drying system.

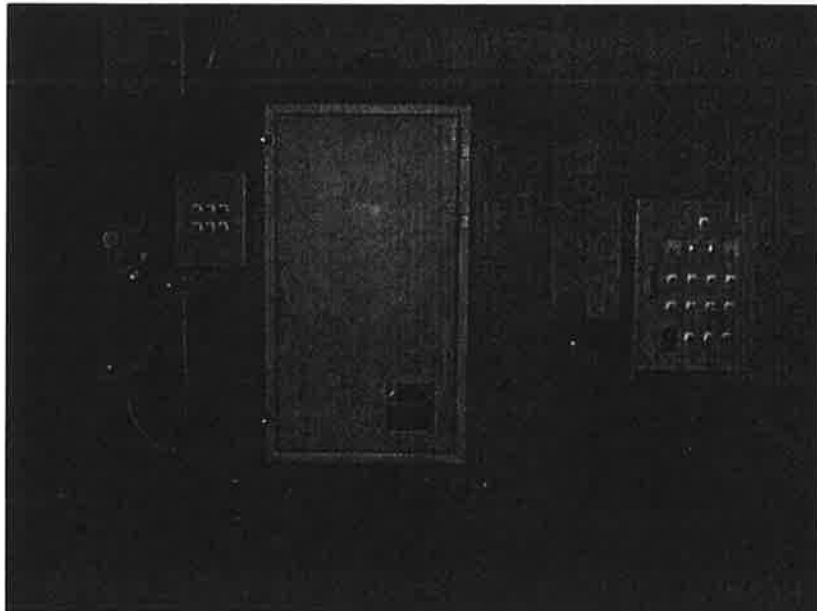


Fig. 3-19 Drying system for red ginseng manufacturing.

제8절 보급형 홍삼제작용 건조기성능 평가

1. 건조기의 성능

개발된 건조기를 작동한 결과 열풍온도를 20℃~120℃ 까지 상승시키는데 15분의 시간이 소요되었고 상대습도는 10%에서 97%까지 변화시키는데 25분의 시간이 소요되었다. 보일러는 물20리터의 온도를 20℃에서 99℃까지 상승시키는데 20분 30초가 소요되었다. 이때 주위 온도는 20℃이었다.

가. 건조기의 온도 및 상대습도 유지 성능

실제 1차 건조 시간인 22시간 동안 건조기의 온도와 습도를 계측하고 제어한 결과는 다음과 같다. 온도 및 습도 계측은 매 30초마다 수행하였고 데이터가 자동으로 저장되도록 프로그램하였다.

1) 온도 75℃, 상대습도 50%

상기 조건에서 실험한 건조기의 성능은 그림3-20과 같다. 이때 평균온도는 74.36℃이었고 최대온도는 76.38℃ 최저온도는 74.03℃ 표준편차는 0.54℃이었다 한편 상대습도의 경우 평균상대습도는 51.40%, 최대상대습도는 52.97% 최저습도는 48.70% 이었고 표준편차는 0.87%이었다.

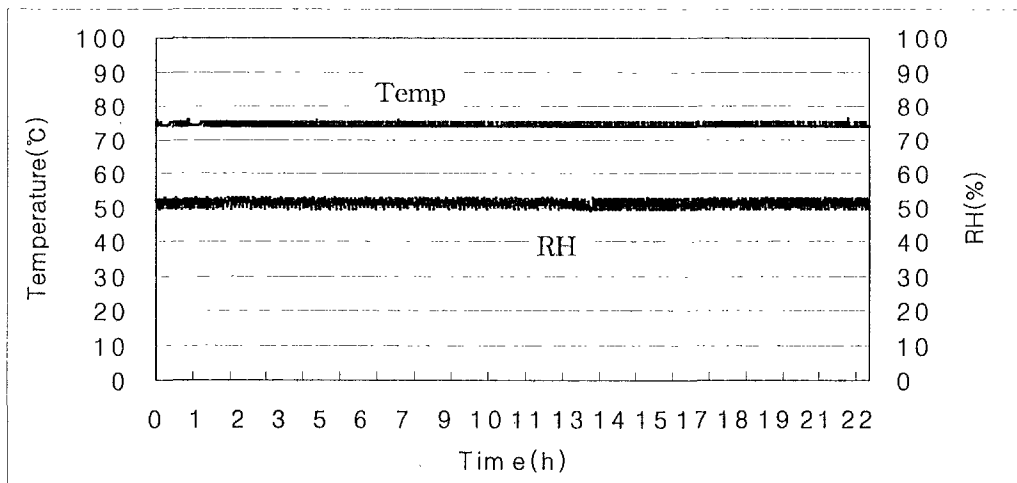


Fig. 3-20 Performance curves of drying system at temp of 75℃, RH of 50%.

2) 온도 75℃, 상대습도 60%

상기 조건에서 실험한 건조기의 성능은 그림3-21과 같다. 이때 평균온도는 74.30℃이었고 최대온도는 75.74℃ 최저온도는 74.03℃ 표준편차는 0.62℃이었다 한편 상대습도의 경우 평균상대습도는 61.30%, 최대상대습도는 62.89% 최저습도는 59.15% 이었고 표준편차는 1.07%이었다.

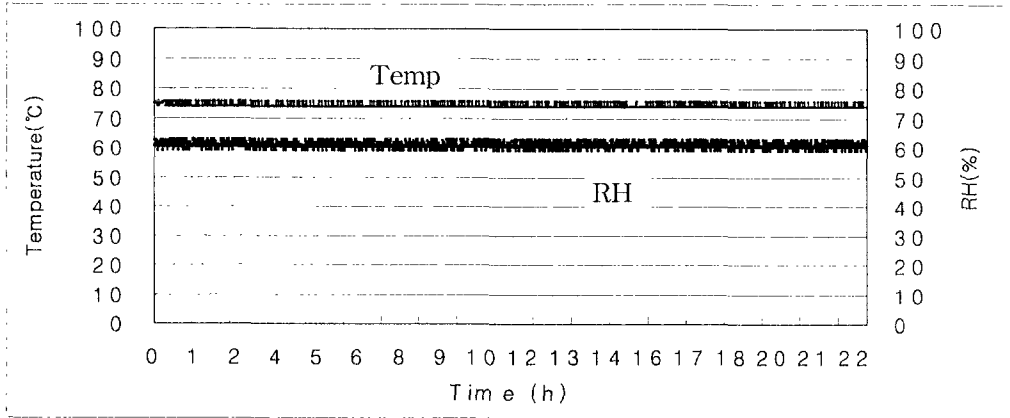


Fig. 3-21 Performance curves of drying system at temp of 75℃, RH of 60%.

3) 온도 75℃, 상대습도 70%

상기 조건에서 실험한 건조기의 성능은 Fig 3-22와 같다. 이때 평균온도는 74.45℃이었고 최대온도는 76.86℃ 최저온도는 74.03℃ 표준편차는 0.72℃이었다 한편 상대습도의 경우 평균상대습도는 71.18%, 최대상대습도는 72.84% 최저습도는 69.33% 이었고 표준편차는 0.93%이었다.

4) 온도 75℃, 상대습도 80%

상기 조건에서 실험한 건조기의 성능은 Fig 3-23과 같다. 이때 평균온도는 75.12℃이었고 최대온도는 77.56℃ 최저온도는 75.03℃ 표준편차는 0.38℃이었다 한편 상대습도의 경우 평균상대습도는 81.89%, 최대상대습도는 85.47% 최저습도는 78.79% 이었고 표준편차는 1.27%이었다.

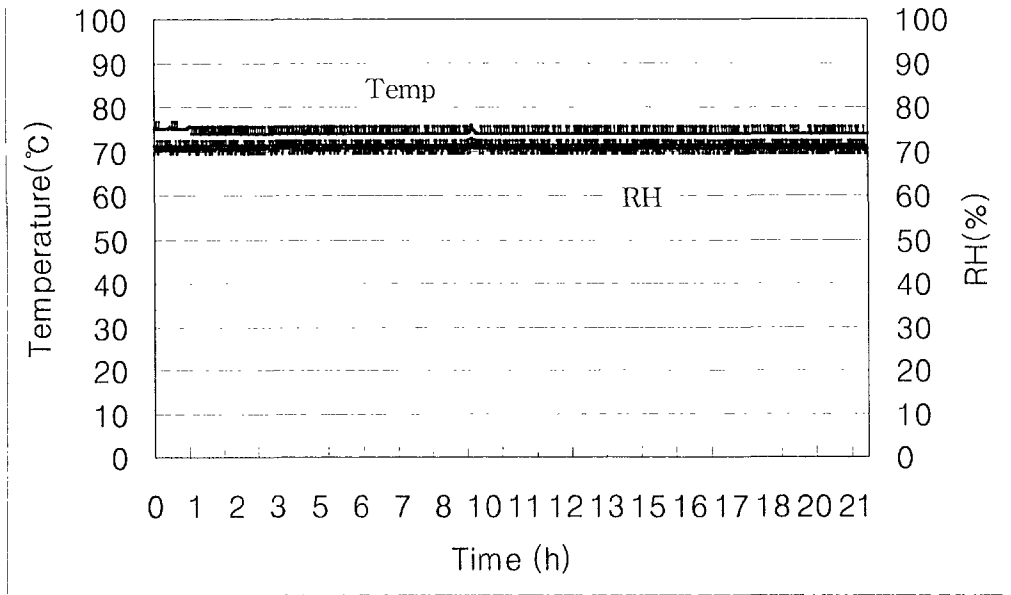


Fig. 3-22 Performance curves of drying system at temp of 75°C, RH of 70%.

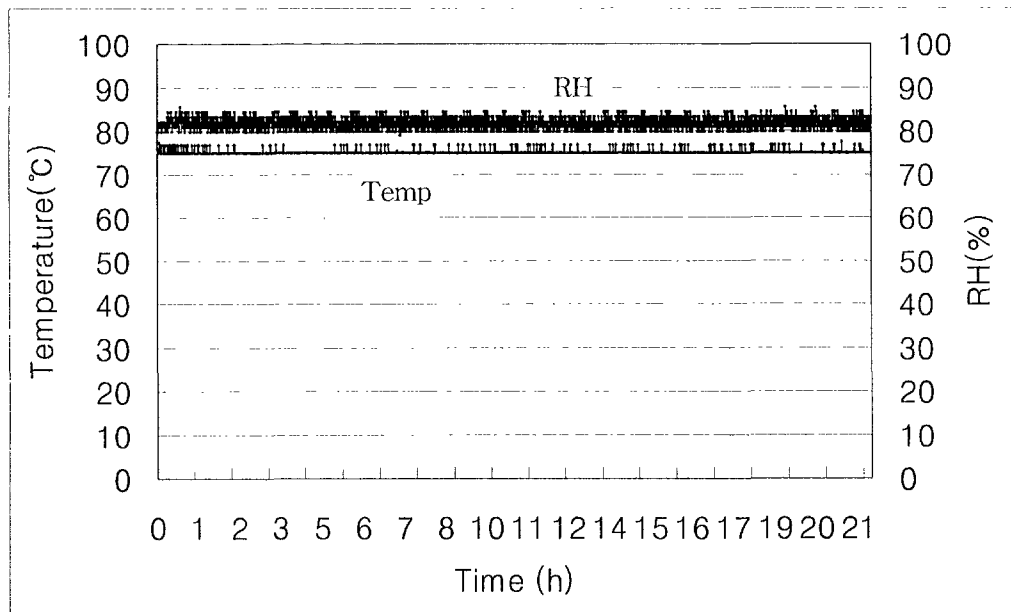


Fig. 3-23 Performance curves of drying system at temp of 75°C, RH of 80%.

5) 결론

제작된 홍삼제조용 건조기의 온도 및 습도계측 및 제어 성능을 요약하면 표 3-9와 같다.

Table 3-9 Performance of control system for temperature and relative humidity of drying system.

Division	Average temp	Maximum temp	Minimum temp	Standard deviation	Average RH	Maximum RH	Minimum RH	Standard deviation
75℃ 50%	74.36℃	76.38℃	74.03℃	0.54℃	51.40%	52.97%	48.70%	0.87%
75℃ 60%	74.30℃	75.74℃	74.03℃	0.62℃	61.30%	62.89%	59.15%	1.07%
75℃ 70%	74.45℃	76.86℃	74.03℃	0.72℃	71.18%	72.84%	69.33%	0.93%
75℃ 80%	75.12℃	77.56℃	75.03℃	0.38℃	81.89%	85.47%	78.79%	1.27%

나 건조기 내부의 온도 분포

건조기 내부의 온도 분포를 측정하기 위하여 그림3-24처럼 6개의 위치에 온도센서를 설치하고 각 지점의 온도를 측정하였다 그 결과는 표3-10와 같다.

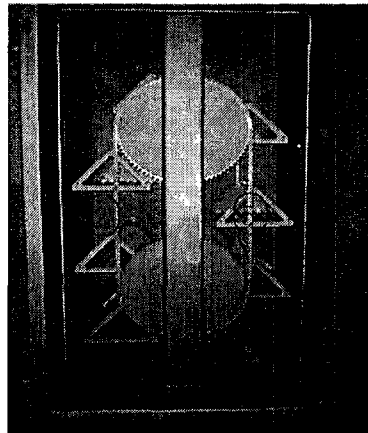


Fig. 3-24 Measurement points for temperature and air velocity in drying chamber.

Table 3-10 Results of temperature measurement in drying chamber

Measurement point Set point temperature	1	2	3	4	5	6
50℃	50.40℃	50.40℃	50.37℃	50.38℃	49.80℃	49.60℃
60℃	60.50℃	60.40℃	60.37℃	60.38℃	59.98℃	59.78℃
70℃	70.89℃	70.55℃	70.21℃	70.12℃	69.89℃	69.68℃

다. 건조기내의 풍속

건조기내의 풍속 분포를 측정하기 위하여 그림3-24 위치에 다점 풍속계를 설치하고 각 지점의 풍속을 측정하였다 그 결과는 표3-11와 같다.

Table 3-11 Results of air velocity measurement in drying chamber

Measurement point Set point air velocity	1	2	3	4	5	6
2 m/s	2.1 m/s	2.1 m/s	2.1 m/s	1.7 m/s	1.8 m/s	2.3 m/s

라. 결론

제작된 홍삼제조용 건조기의 성능 평가결과 설정된 온도와 습도를 우수하게 계측제어하 수 있었고, 유지하였고 건조기 내부에서의 온도 분포와 풍속 분포를 SAS통계 package GLM을 이용하여 유의수준 5%의 범위에서 Student T-test 를 한 결과, 계측지점간의 유의 차가 없어 온도와 풍속의 분포가 균일한 것으로 나타났다.

제9절 보급형 홍삼제조용 건조기를 통한 최고급품질의 홍삼제조공정 실험

본 연구에 의해 개발된 보급형 홍삼제조용 건조기를 이용하여 각 세부과제의 결과를 토대로 최고급 품질의 홍삼제조공정개발을 위한 실험을 다음과 같이 수행하였다.

1. 재료 및 방법

본 실험은 과제수행 3년차에 수행된 실험으로 실험재료는 경기도 안성에서 수확된 수삼을 사용하였다. 재료삼의 수확시기는 9월초부터 10월 초까지였다.

홍삼의 판정기준은 크게 외형과 선택, 내공과 내백의 유무, 병충해의 유무 등에 많은 영향을 받게 되는데 이중 외형과 병충해유무 등은 제배조건에서 개선되어야 할 문제이므로 본 연구결과 평가 시 고려하지 않았다. 이에 본 연구 결과에서는 터짐, 내공의 유무와 내백의 유무, 백피의 유무에 의해 홍삼의 등급판정을 실시하였다.

홍삼의 등급판정은 부여 홍삼창의 등급판정 전문가에게 의뢰하여 판정을 받았다.

1회 실험당 30지씩 실험을 하였고 재료수삼의 초음파 특성을 측정 한 후 1, 2차년도 연구를 통해 최적의 증삼조건으로 규명된 오토클레이브에서 98℃조건에서 5시간 증자한 후 제작된 홍삼제조용 건조기를 통해 1차 건조하였고, 2차 건조는 양건하였다.

1차건조시 풍속은 2m/s를 계속 유지하였고 상대습도별로 실험하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 상대습도별 실험결과

1, 2차년도 연구를 통해 최적의 증삼조건으로 규명된 오토클레이브에서

98℃조건에서 5시간 증자한 후 제작된 홍삼제조용 건조기를 통해 1차 건조 하였고 2차 건조는 양건하였다.

1차건조시 풍속은 2m/s를 계속 유지하였고, 상대습도별로 실험하였다. 그 결과는 그림 3-25과 같다.

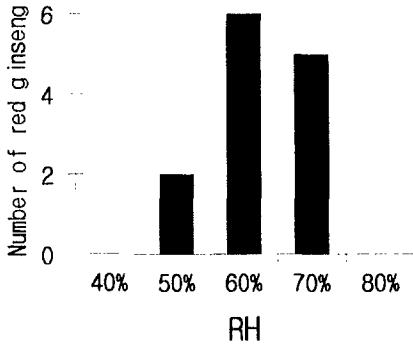


Fig. 3-25 Number of the Heaven and Earth Grade red ginseng manufactured by relative humidity.

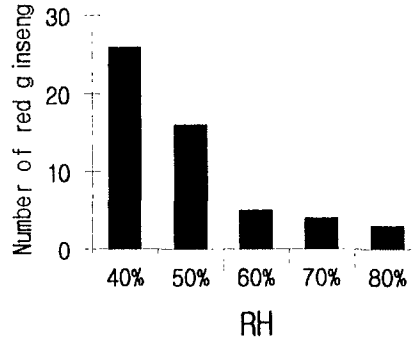


Fig. 3-26 Number of red ginseng having internal check manufactured by relative humidity.

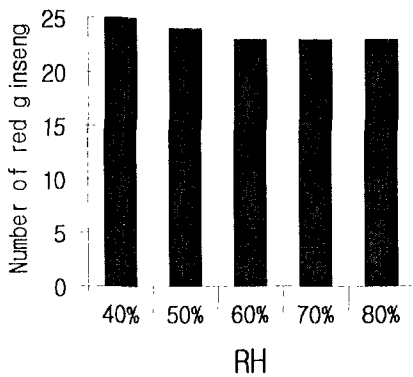


Fig. 3-26 Number of red ginseng having intend white spot manufactured by relative humidity.

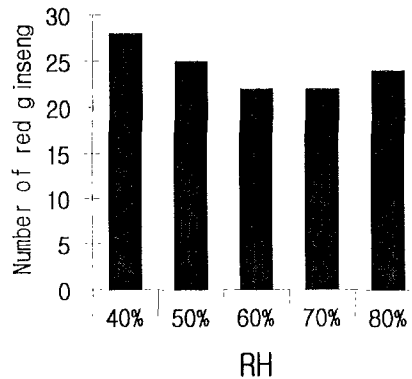


Fig. 3-26 Number of red ginseng having white rind manufactured by relative humidity.

상기 결과를 통해 알 수 있듯이 상대습도 60%-70%사이에서 우수홍삼이 가장 많이 제조될 수 있었다.

불량삼인 내공삼의 경우(그림3-26) 상대습도가 가장 낮은 40%에서 가장 많았고 상대습도 60%이상에서는 거의 같은 수준의 내공삼이 제조되었다. 이와같은 결과로 미루어 볼 때 상대습도 60%이상으로 1차건조를 하는 것이 내공삼의 수를 줄이는데 적합한 것으로 판단되었다.

내백삼의 경우(그림3-27) 모든 상대습도에서 고르게 발생하였는데 이는 도재호등(1985)이 발표한 불량홍삼(내백삼)의 생화학 및 조직학적 특성에서 밝힌 바와같이 재배환경에서의 영양분 결핍에 의한 결과로 추정된다.

백피삼의 경우(그림3-28) 상대습도 60%-70%사이에서 가장 적은 수의 백피삼이 발생되었다.

한편 상대습도 80%에서는 재료삼의 건조상태가 1차건조과정 직후의 제조공정인 치미과정에 부적합하였다.

이러한 결과로 미루어 1차건조시 최적의 상대습도 조건은 60-70%인 것으로 판단되었다.

나. 초음파 속도별 실험결과

홍삼제조 실험후 초음파 속도별 실험결과를 정리하였다. 그 결과는 다음과 같다.

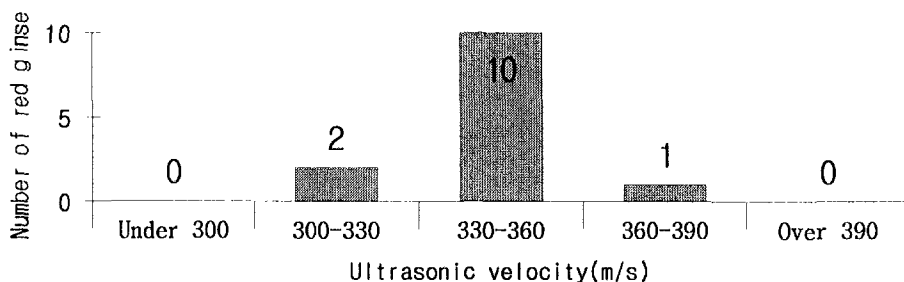


Fig. 3-29 Number of Heaven and Earth Grade red ginseng manufactured by ultrasonic velocity.

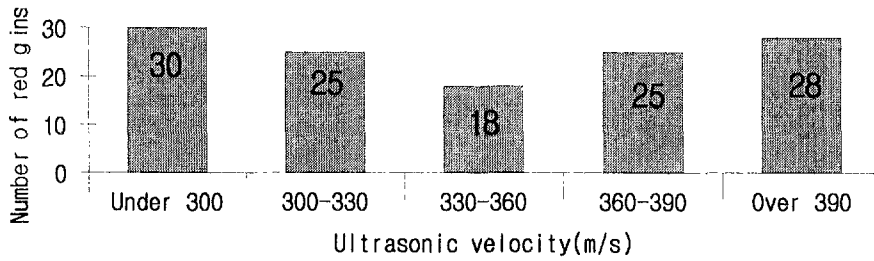


Fig. 3-30 Number of red ginseng having internal check manufactured by ultrasonic velocity.

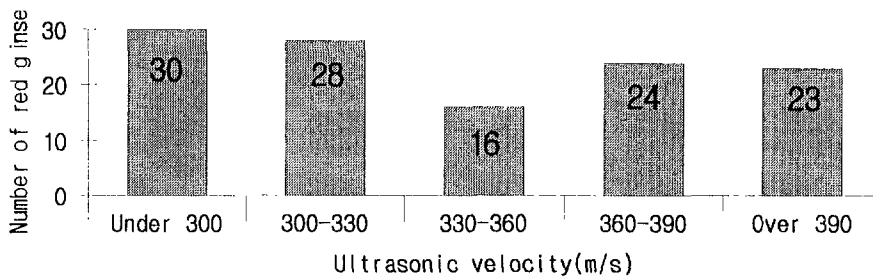


Fig. 3-31 Number of red ginseng having intend white spot manufactured by ultrasonic velocity.

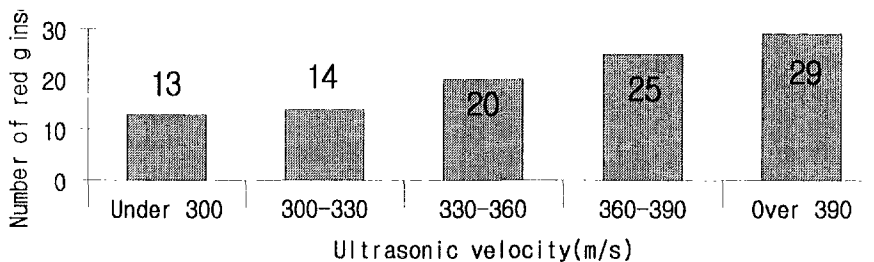


Fig. 3-32 Number of red ginseng having white rind manufactured by ultrasonic velocity.

그림 3-29, 30, 31, 32에서 보는바와 같이 초음파 속도 330-360m/s에서의 실험재료가 우수홍삼의 수율이 높고 내공과 내백면에서도 우수하게 판정되었다. 한편 백피삼의 경우 초음파 속도가 빠를수록 많이 나타나는 경향을 보였는데 이는 증자의 불충분에서 기인한 것으로 사료된다. 그러므로 초음파 속도와 직경간의 함수도출과 이에 비례하는 증자시간이 필요한 것으로 판단되었다.

다. 저장기간별 실험결과

재료수삼을 구입한 후 각 10지씩 기간별로 저장한 후 홍삼제조실험을 수행하였다. 이 때 저장은 4℃ 냉장 보관하였다.

저장기간별 우수 홍삼제조 결과는 그림 3-33과 같다.

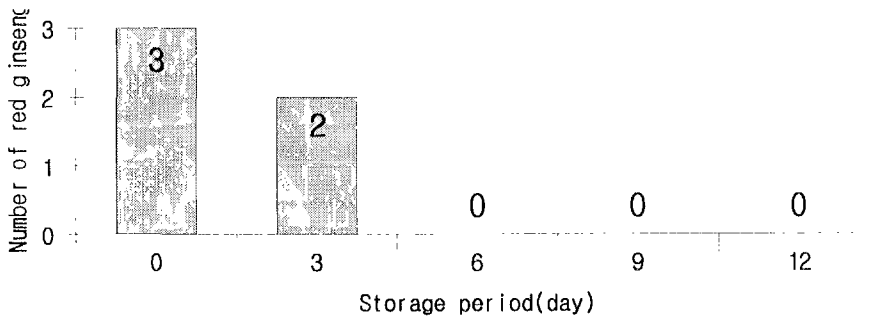


Fig. 3-33 Number of the Heaven and Earth Grade red ginseng manufactured by storage period.

상기 결과에서 알 수 있듯이 홍삼제조결과는 저장기간이 짧을수록 우수홍삼의 개수가 많았고 6일째부터는 우수홍삼이 나타나지 않았다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 최고급 품질의 홍삼제조를 위해서는 수확 후 3일 이내에 홍삼제조작업을 수행하는 것이 적절할 것으로 판단되었다.

라. 천지삼수율 측정을 위한 실험

본 연구에서 개발된 최고급품질의 홍삼제조공정의 천지삼 수율측정을 위해 실험이 수행되었다. 실험재료는 경기도 안성에서 구입된 1등급, 2등급삼

30지와 경기도 포천에서 구입한 1등급, 2등급삼 30지로 실험하였다.

증삼은 오토클레이브에 의해 5시간 증자되었고 그 후 온도 75℃, 상대습도 65%, 풍속 2m/s의 조건으로 열풍건조하였고, 2차건조는 2주간 양건하였다. 그 결과는 다음과 같다.

Table 3-12 Results of grading red ginseng manufactured by the process developed

Grade Test	Heaven Grade red ginseng	Earth Grade red ginseng	Good Grade red ginseng	Under Grade red ginseng	Total	Yield of the Heaven and Earth Grade red ginseng
1st experiment	2(6.6%)	3(10.0%)	8(26.6%)	17(56.6%)	30(100.0%)	16.6%
2nd experiment	1(3.3%)	5(16.6%)	9(23.3%)	15(50.0%)	30(100.0%)	20.0%
3rd experiment	2(6.6%)	4(13.3%)	8(26.7%)	16(53.3%)	30(100.0%)	20.0%
Total	5(5.5%)	12(13.3%)	25(27.7%)	48(53.3%)	90(100.0%)	18.8%

상기의 결과에서 보듯이 천지삼의 평균수율이 18.8%로 본 과제의 목표인 천지삼수율 15%를 상회하는 우수한 결과를 나타내었다. 본 결과를 통해 천지삼의 비율은 14.1%에서 23.7%사이에 있다고 95% 신뢰할 수 있다. 또한 상기 결과를 비모수 χ^2 검정한 결과 모집단을 대표하고 있다고 할 수 있다.

이로 미루어보아 본 연구과제에 의해 개발된 최고급 품질의 홍삼제조 공정 기술은 성공적으로 개발된 것으로 판단되었다.

제10절 경제성 분석

본 연구에 의해 개발된 최고급 품질의 홍삼제조공정의 비용을 분석하였다. 오토클레이브와 제작된 농가보급용 소형 홍삼제조용 건조기를 통해 수삼의 수확시기인 8월 중순으로부터 10월 말일까지 작업을 수행하는 것으로

가정하고 최대 작업일수를 76일로 하여 그 소요비용을 분석하였다.

총비용은 고정비와 변동비의 합으로 홍삼제조공정의 총비용은 33,448,360원이다. 홍삼제조공정을 제작 설치하는데 소요되는 초기투자비용은 표 3-12와 같았다.

Table 3-13 Total costs of red ginseng manufacturing equipment

(units : won)

Division	Item	Price	Subtotal	Total
Control PC	Control PC	1,000,000	2,000,000	10,500,000
	A/D Board	1,000,000		
Steaming and drying equipment	Autoclave	1,500,000	8,500,000	
	Boiler for steaming	1,350,000		
	Dryer	5,650,000		

초기투자비용을 기초로 고정비는 감가상각비를 포함하여 초기투자비용의 23%로 하였으며, 변동비는 홍삼제조공정을 수행하는데 필요한 재료비, 전기비, 유지보수비, 인건비의 합으로 자세한 내용은 표 3-14와 같다.

여기서 재료삼의 가격은 한국인삼공사의 1등급 수매가인 1kg당 78,000원이라 하고 1지당 무게를 150g이라 가정하면 30지당 가격은 351,000원이 된다.

Table 3-14 Total costs of red ginseng manufacturing process

(units : won)

Content		Calculation basis	Total	
Fixed cost		Initial investment × 23% = 10,500,000won × 0.23 = 2,415,000won	2,415,000	33,448,360
Variable cost	Purchase cost for fresh ginseng	30 × 76days = 26,676,000won	31,033,360	
	Electric costs	347,360won Refer to Table 3-15		
	Maintenance costs	Initial investment × 2% = 10,500,000won × 0.02 = 210,000won		
	Hired labor costs	Labor costs = 50,000won/day × 76days = 3,800,000won		

Table 3-15 Electric costs of red ginseng manufacturing process

Power consumption per day	65kW/day
Costs of total consumption	65kW × 15day × electricity rates of August (65.10won/kW) + basic rates = 88,220won 65kW × 30day × electricity rates of September (49.10won/kW) + basic rates = 123,620won 65kW × 31day × electricity rates of October (49.10won/kW) + basic rates = 135,520won total : 347,360won

제11절 결론

본 연구 과제에 의하여 홍삼 최적 생산을 위한 건조시스템이 개발되고 성능 평가되었다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 홍삼제조에 필요한 열량과 수분, 풍량에 대한 기초연구를 위한 증삼 및 건조기 시작기를 개발하였다.

2) 개발된 시작기를 작동한 결과 증삼구간에서 시작기는 보일러와 전열기에 의해 재료수삼을 성공적으로 증속하였고 1차건조 구간과 2차 건조구간에 서는 설정된 온도가 성공적으로 제어되었다.

3) 개발된 시작기를 이용하여 홍삼을 제조한 결과 이들의 외형 중 터지거나 백피가 생긴 것은 총 9지중 3지였으며 외관상 문제가 없는 6지중 4지는 내공과 내백이 발생하였다. 이러한 결과를 통하여 증삼시스템의 개선이 요구되었고 이에 오토클레이브에 의한 증삼실험을 수행하였다. 그 결과에 의하면 터짐 현상이나 백피현상이 현저히 줄어드는 것을 발견하였다. 한편 시작기에 의해 제조된 홍삼의 성분은 기존의 홍삼과 비교하여 성분에 문제가 없는 것으로 판단되었다.

4) 최적의 증삼조건으로는 오토클레이브를 이용하여 98℃에서 5시간 증자 하는 것으로 판단되었다.

5) 최적의 1차건조 조건으로는 70-80℃의 온도에서 60-70%의 상대습도를 가진 공기로 2m/s의 풍속을 유지하며 건조하는 것으로 판단되었다.

6) 건조기 내부의 온도와 습도의 계측 및 제어시스템이 개발되었다.

7) 증삼 및 1차건조시 Microwave 조사의 효과를 알아보기 위하여 실험을 실시한결과 기존의 관행법에 비하여 열동한 결과가 나왔다, 이로써 Microwave 조사방법은 최고급 품질의 홍삼제조공정에 도입하기 부적합한 것으로 판정되었다.

8) 1차 건조 직전 원적외선 건조 및 2차 건조시 원적외선 건조의 효과를 알아보기 위하여 실험을 실시한 결과 최고급 품질의 홍삼제조공정개발로의 도입은 부적합한 것으로 판정되었다.

9) 1차 년도와 2차 년도의 실험 결과를 토대로 하여 농가 보급형 홍삼제

작용 건조기를 개발하였다. 본 연구에 의해 제작된 건조기는 6년근 수삼 30지를 동시에 홍삼으로 가공하여 홍삼제조에 필요한 물리적 조건을 규명할 목적으로 설계되었다.

10) 제작된 홍삼제조용 건조기의 성능 평가결과 설정된 온도와 습도를 우수하게 계측 및 제어하였고 건조기 내부에서의 온도 분포와 풍속분포를 SAS 통계 package GLM을 이용하여 유의수준 5%의 범위에서 Student T-test를 한 결과, 계측지점간의 유의 차가 없어 온도와 풍속의 분포가 균일한 것으로 나타났다.

11) 본 연구에 의해 개발된 보급형 홍삼제조용 건조기를 각 세부과제의 결과에서 제시한 공정조건에 따라 작동하여 최고급 품질의 홍삼제조공정 개발을 위한 실험을 수행한 결과, 1차 건조시 최적의 상대습도 조건은 60-70%인 것으로 판단되었고, 초음파 속도 330-360m/s에서의 실험재료가 우수홍삼의 수율이 높고 내공과 내백면에서도 우수한 것으로 판정되었다. 한편 저장기간별 우수 홍삼 제조결과로 미루어 볼 때 최고급 품질의 홍삼제조를 위해서는 수확 후 3일 이내에 제조작업을 수행하는 것이 적절할 것으로 판단되었다.

12) 본 연구에서 개발된 최고급품질의 홍삼제조공정의 천지삼 수율측정을 위해 실험을 수행한 결과 천지삼의 평균수율이 18.8%로 본 과제의 목표인 천지삼 수율 15%를 상회하는 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 본 결과를 통해 천지삼의 비율은 14.1%에서 23.7%사이에 있다고 95% 신뢰할 수 있다. 또한 상기 결과를 비모수 χ^2 검증한 결과 모집단을 대표하고 있다고 할 수 있다. 그러므로 본 연구과제에 의해 개발된 최고급 품질의 홍삼제조공정기술은 성공적으로 개발된 것으로 판단되었다.

13) 본 연구에 의해 개발된 최고급 품질의 홍삼제조공정의 총비용은 33,448,360원이다.

제 4 장 홍삼의 외관상 품질 판정 자동화 알고리즘 개발

제1절 서 설

홍삼의 선별은 2단계의 과정을 거쳐 이루어진다.

첫 번째 과정은 홍삼의 표면 색택과 체형 등을 검사하는 외관검사, 두 번째 과정은 홍삼 내부의 내공과 내백을 검사하는 내부검사로 이루어진다.

우선 외관검사는 뇌두, 몸통, 다리의 형태, 전체적인 색택, 표피의 상태 등에 따라 천, 지, 양 후보삼과 등외삼(잡삼)으로 선별을 한다. 외관검사에 의해 1차 선별되어진 천, 지, 양 후보삼은 다시 내부검사를 통해 내백, 내공의 상태에 따라 천, 지, 양삼으로 선별이 되어진다. 본 연구에서 사용되어진 홍삼은 부여 홍삼장에서 제공하였으며 천삼 50지, 지삼 50지, 양삼 50지, 잡삼 50지로 총 200지를 분석 선별하였다.

본 연구단계에서는 영상처리 장치를 통하여 홍삼의 외관선별을 위해 영상처리 알고리즘을 설정하고, 그에 따른 영상처리에 의한 홍삼 선별 장치를 구성하여 실제 홍삼을 통해 시스템의 성능을 분석하는 것을 연구목적으로 하였다.

제2절 영상처리에 의한 홍삼 외관선별 알고리즘 개발

홍삼의 외관선별은 뇌두의 유무, 몸통의 길이 및 균열, 흠집, 다리의 유무나 형태, 전체적인 색의 균일성, 표피의 상태에 따라 선별되어진다.

1. 홍삼의 획득영상 분석 방법

홍삼의 획득영상에서 뇌두, 몸통, 다리를 각각 분석하기 위하여 홍삼을

길이에 대해 6등분으로 나누어 1, 2, 3 부분은 다리부분으로, 4, 5 부분은 몸통부분으로, 6 부분은 뇌두부분으로 하여 분석하였다.

2. 홍삼의 인식

홍삼과 바닥 면을 구분하기 위하여 식 (1)과 같은 히스토그램 슬라이딩과 스트레칭을 통하여 영상의 콘트라스트를 개선시킨 후 경계값 처리를 통하여 바닥면을 분리했다. 이때, 최소 픽셀값은 73으로, 최대 픽셀값은 197로 하였고, 경계값은 125로 하였다. 분리된 영상은 노이즈를 제거하여 영상의 질을 개선하였다.

$$P_n = \frac{P_o - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \times 255 \quad (1)$$

여기서, P_n = 새로운 픽셀값. (0~255)

P_o = 이전의 픽셀값. (0~255)

P_{\min} = 최소 픽셀값.

P_{\max} = 최대 픽셀값.

3. 뇌두부분의 분석

뇌두의 유무는 R, G, B 색상의 분포를 통하여 분석하였고, 뇌두의 상태를 파악하기 위하여 원형도와 뇌두부분의 색상을 분석하였다.

4. 몸통부분의 분석

몸통 부분은 획득된 영상을 통하여 길이를 분석하였고, 색상 분석을 통하여 손상 정도를 분석하였다.

5. 다리부분의 분석

다리의 개수를 분석하기 위하여 다리 부분을 유클리디안 법에 의한 골격선을 추출하여 골격선의 개수로서 분석하였고, 색상 분석을 통하여 다리부분의 손상 정보를 분석하였다.

6. 홍삼의 전체적인 형태 분석

홍삼의 외형적인 형태는 다음의 순서에 따라 홍삼에 해당하는 픽셀의 평균편차를 이용하여 분석하였다.

- 1) 홍삼에 해당하는 각 pixel의 좌표를 구한다.
- 2) 각 행별로 x좌표에 대하여 평균편차를 각각 구한다.
- 3) 각 행별로 x좌표에 대하여 구한 평균편차 값을 모두 더한 후 행의 총수로 나눈다.
- 4) 각 열별로 y좌표에 대하여 평균편차를 각각 구한다.
- 5) 각 열별로 y좌표에 대하여 구한 평균편차 값을 모두 더한 후 열의 총수로 나눈다.
- 6) 3)항과 5)항의 값을 곱한다.

2)항과 3)항의 계산은 식(2)로 하였으며, 3)항과 5)항의 계산은 식(3)으로 하였다. 6)항의 계산은 식(4)로 하였으며, 이것의 결과 값이 바로 홍삼의 외형적 형태 특성을 수치화한 값(D_x)이다. 특별히 6)항에서 3)항과 5)항의 값을 곱하여 수치화한 이유는 홍삼 영상의 위치와 방향에 관계 없이 형태에 따라서만 수치가 변하도록 하기 위함이었다.

$$D_x = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} \left[\frac{1}{p} \sum_{i=0}^{p-1} |x_{i,j} - \bar{x}_j| \right] \quad (2)$$

여기서, D_x = 홍삼에 해당하는 pixel들의 x좌표에 대한 평균편차

p = j 행의 pixel들 중에서 홍삼에 해당하는 pixel의 수

n = 이진 이미지의 행의 총수

$x_{i,j}$ = 홍삼에 해당하는 i 열 j 행 pixel의 x좌표

\bar{x}_j = j 행의 pixel들 중에서 홍삼에 해당하는 pixel들의 x좌표 평균

$$D_y = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \left[\frac{1}{q} \sum_{j=0}^{q-1} |y_{i,j} - \bar{y}_i| \right] \quad (3)$$

여기서, D_y = 홍삼에 해당하는 pixel들의 y좌표에 대한 평균편차

q = i 열의 pixel들 중에서 홍삼에 해당하는 pixel의 수

n = 이진 이미지의 열의 총수

$y_{i,j}$ = 홍삼에 해당하는 i 열 j 행 pixel의 y좌표

\bar{y}_i = i 열의 pixel들 중에서 홍삼에 해당하는 pixel들의 y좌표 평균

$$D_t = D_x \times D_y \quad (4)$$

여기서, D_t = 수치화된 값

D_x = 홍삼에 해당하는 pixel들의 x좌표에 대한 평균편차

D_y = 홍삼에 해당하는 pixel들의 y좌표에 대한 평균편차

제3절 홍삼의 외관선별을 위한 장치 구성

1. 하드웨어

홍삼의 외관선별 시스템은 PC, 영상 처리 보드인 DT3153, 칼라용 CCD 카메라, 적외선 등으로 구성되었다.

가. 컴퓨터

컴퓨터는 133Hz, 64MB 586 Pentium을 사용하였다.

나. 영상 처리 보드 및 CCD 카메라

영상 처리 보드는 DT3153 모델을 사용하였으며, CCD 카메라는 칼라용 WV-CBP410 모델을 사용하였다.

Table 4-1 Specifications of CCD camera

Model	Specification	
WV-CBP410	Picture elements	768(H)×494(V) pixels
	Scanning system	2:1 interface
	Horizontal resolution	480 lines
	S/N ratio	50 dB
	Horizontal frequency	15.734 kHz
	Vertical frequency	59.94 Hz
	Electronic shutter	1/15,700 sec
	Minimum illumination	0.9 lux
	Scanning area	4.9(H)×3.7(V) mm

Table 4-2 Specifications of image processing board

Model	Specification	
DT3153	Video input	3 x NTSC/RS-170
	Spatial resolution	640 × 480
	Resolution	24-bit color
	Pixel jitter	± 6ns typical
	Digital I/O	4 bi-directional I/O
	Frame buffers	PC Memory 사용
	Image display	PC VGA Card 사용

2. 소프트웨어

프로그램은 LabWindows/CVI 언어(National Instruments Co.)로 작성되었으며, 프로그램의 주 화면은 그림 4-1과 같다.

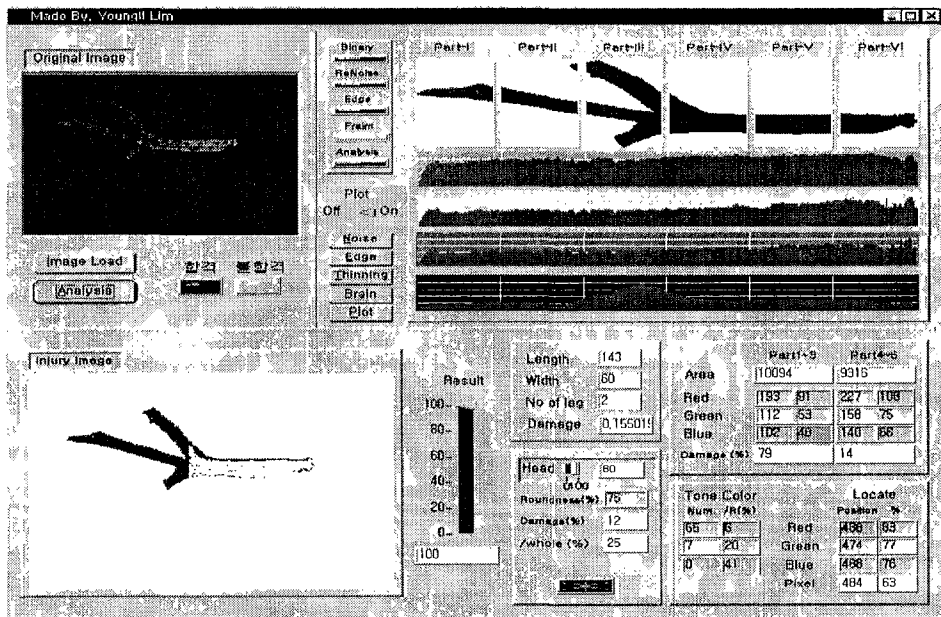


Fig. 4-1 Main menu of the program for the sorting system.

가. 프로그램의 구성

프로그램은 영상 입력 후 색조 분포 및 뇌두의 유무, 다리 상태의 그래픽 분석 부분과 색의 분포 및 색상에 의한 표면 상태 분석 부분, 뇌두의 유무 및 상태를 분석하기 위한 뇌두 분석 부분, 전체적인 길이, 다리의 수, 표면 손상정도를 분석하는 부분으로 구성되어 있다.

나. 홍삼의 외관 선별

위의 여러 분석 결과들을 종합하여 판정되어진 결과는 천, 지, 양 후보삼과 잡삼을 선별하기 위해 합격과 불합격으로 나타나도록 하였다.

제4절 홍삼 외관선별 시스템 성능 실험

1. 실험 재료 및 방법

가. 공시재료

부여 홍삼장의 홍삼중 천, 지, 양, 잡삼 각각 50지를 사용하여 선별 실험을 하였다.

나. 실험 장치

홍삼 외관선별 장치는 그림 4-2와 같이 선별 효율을 높이기 위해 사방의 벽을 차단하여 외부의 빛에 의한 영향을 배제하였고, 상부에 영상 획득을 위한 CCD camera를 설치하였다. 또 색조 분석을 용이하게 하기 위하여 적외선 등을 4개 설치하였으며, camera는 바닥 면으로부터 30cm 높이에 설치하였다.

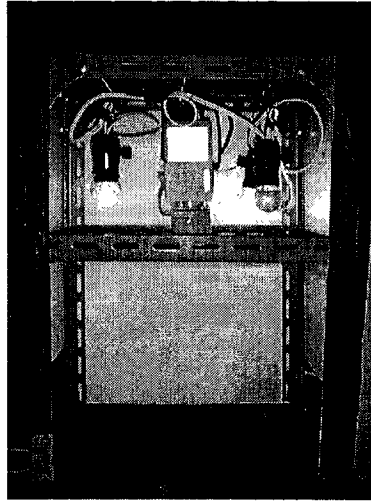


Fig. 4-2 Interior construction of the sorting system.

다. 시스템 성능 실험 방법

실험장치안에 홍삼을 넣은 후 영상을 획득하고, 획득된 영상은 작성된 프로그램에 의해 분석하였다. 시스템의 성능은 실험에 의해 분석된 결과와 실제 외관에 의해 분석된 결과를 비교하여 분석하였다.

라. 홍삼의 형태 분석 결과

식 (2), (3), (4)에 의해 분석한 결과 D_t 의 값이 1,000 이상일 경우에는 외관상 좋지 않은 형태(다리가 많고 서로 꼬여 있는 형태)였고, 150이하일 경우에는 다리가 없거나 몸통의 길이가 작고, 상처등에 의해 몸이 이상하게 변형된 형태를 나타냈다.

그림 4-3은 천, 지, 양 후보삼 50 지를 분석한 결과이고, 그림 4-4은 잡삼 50지를 분석한 결과이다.

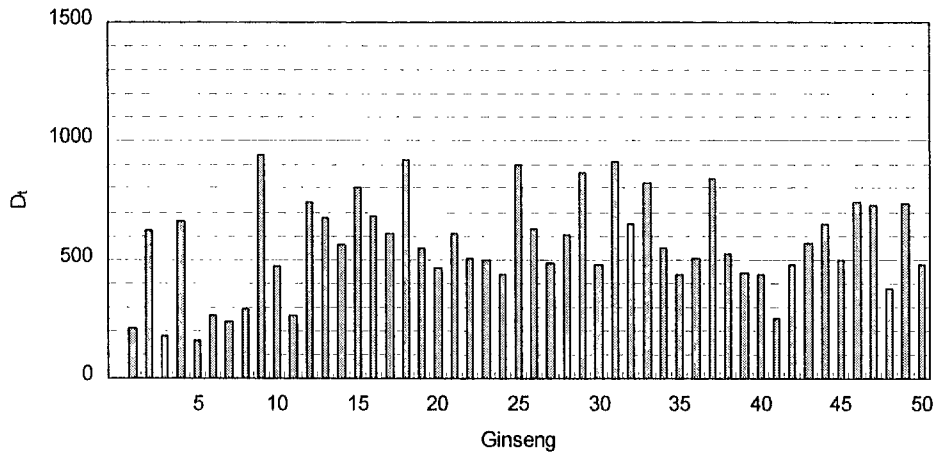


Fig. 4-3 D_t values of the good red ginseng.

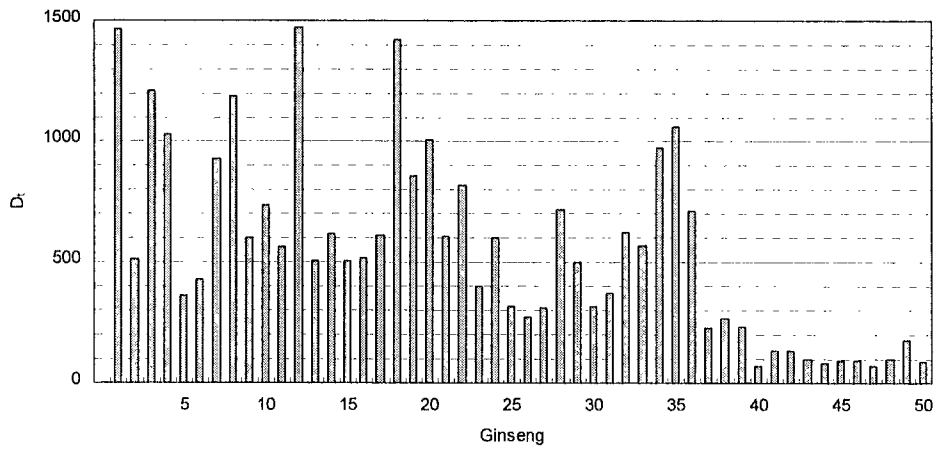
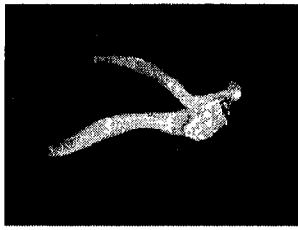
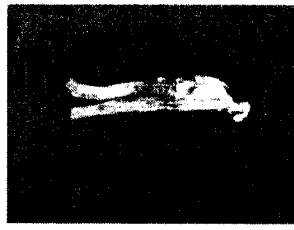


Fig. 4-4 D_t values of the poor red ginseng.

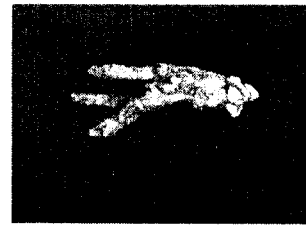
그림 4-3과 그림 4-4에서 나타난 1,000 이상의 홍삼은 그림 4-5에서 나타난 것과 같이 외관상 보기 좋지 않거나 표피의 상처에 의해 표면의 형태가 변형되어 있었고, 150 이하의 홍삼에서는 다리가 없거나 전체적인 길이가 짧았다.



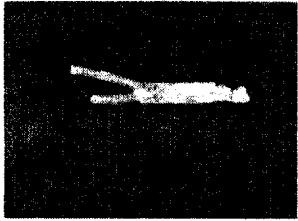
$D_t = 1467.71$



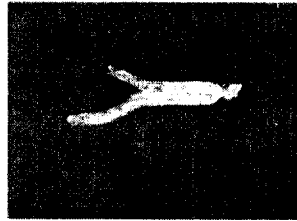
$D_t = 1471.58$



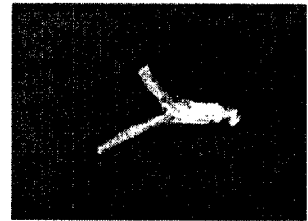
$D_t = 1424.25$



$D_t = 160.27$



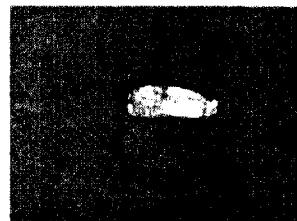
$D_t = 469.36$



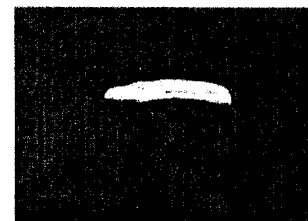
$D_t = 263.53$



$D_t = 135.23$



$D_t = 134.36$

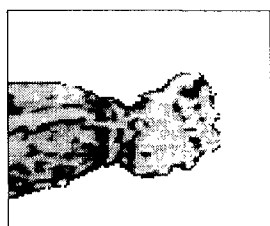


$D_t = 96.53$

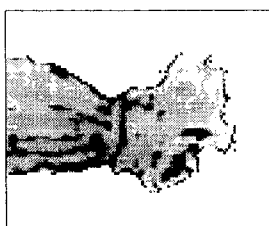
Fig. 4-5 Effects of form of red ginseng images on D_t .

제5절 결과 및 고찰

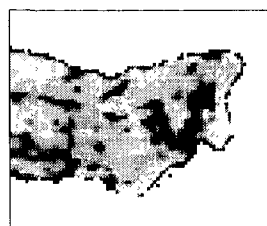
1. 뇌두분석



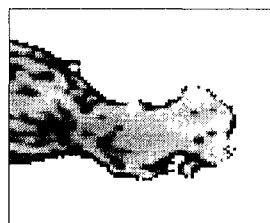
a) 93%



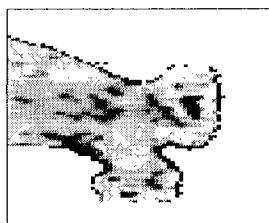
b) 82%



c) 73%



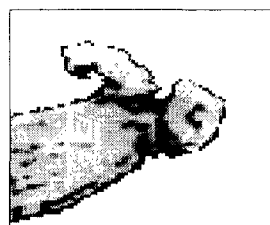
d) 68%



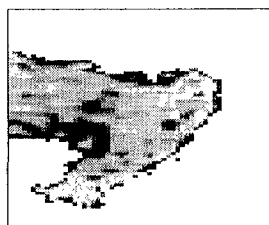
e) 56%



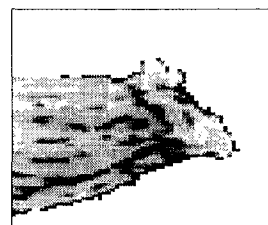
f) 43%



g) 37%



h) 28%



i) 7%

Fig. 4-6 The images of the head part analyzed using image processing

영상을 획득한 후, 슬라이딩과 스트레칭기법에 의해 콘트라스트를 개선하여 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리해 낸다. 몸통과 뇌두 부분의 경계의 선택의 차이를 이용하여 뇌두 부분만의 원형도를 계산하여 뇌두의 유무와 건실함을 분석하였다.

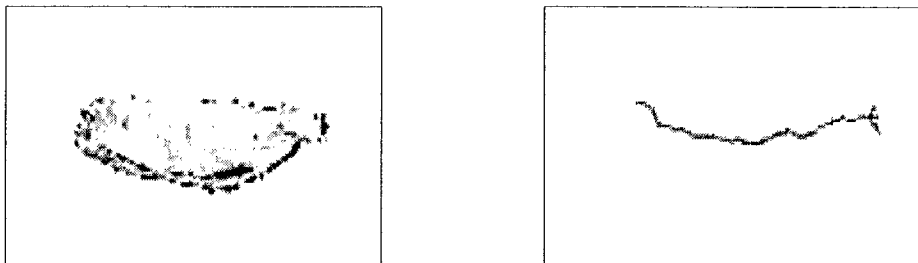
분석된 홍삼의 뇌두는 그림 4-6과 같으며, 그 때의 뇌두의 존재율을 백분율로 표시하였다.

그림 4-6에서 알 수 있듯이 몸통과 뇌두 부분에 굴곡에 의해 선택의 차이가 있음을 알 수 있었고, 그러한 특징을 이용하여 선택의 분포가 급격히 변화하는 부분부터 뇌두 부분으로 인식하였다.

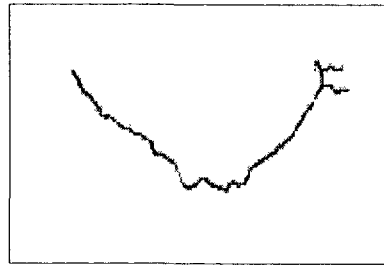
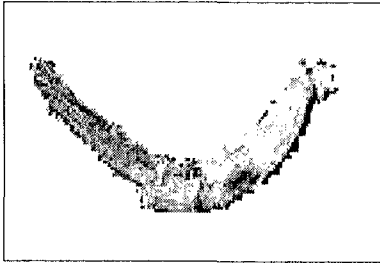
2. 다리분석

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.

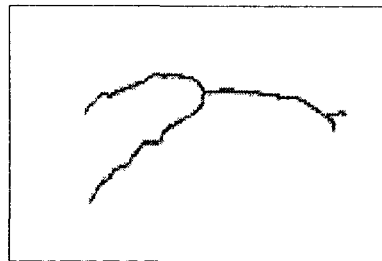
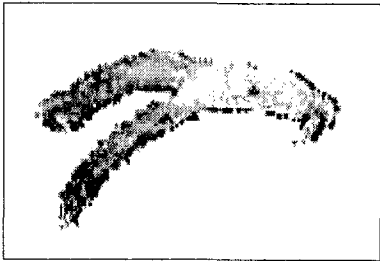
그림 4-7 는 배경과 분리된 홍삼의 영상과 유클리디안법에 의해 추출된 골격선의 영상이다.



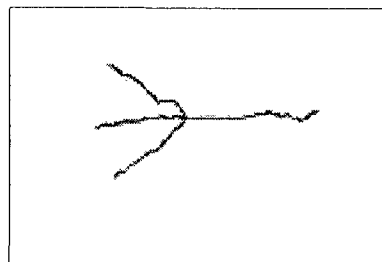
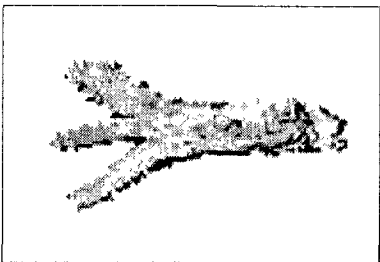
a) Number of leg : 0



b) Number of leg : 1



c) Number of leg : 2



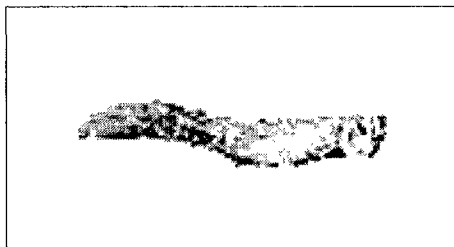
d) Number of leg : 3

Fig. 4-7 The images of Korean red ginseng and its centerline.

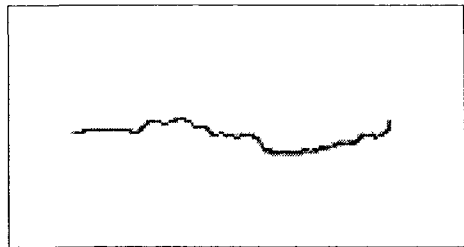
그림에서 다리가 없는 것과 다리가 1개인 것과의 구분은 홍삼의 다리의

특성이 몸통부분과는 다르게 갈변화가 잘 발생한다는 성질을 이용하여, 다리가 나뉘어지지 않는다면 선택 정보를 이용하여 구분하도록 하였다.

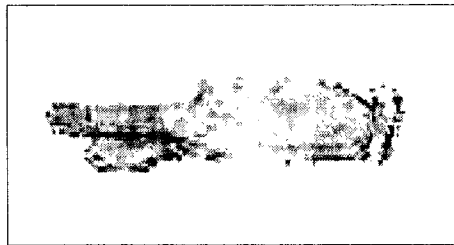
그러나 그림 4-8에서 보면 다리의 개수가 홍삼의 다리 수와 맞지 않는 것을 볼 수 있다.



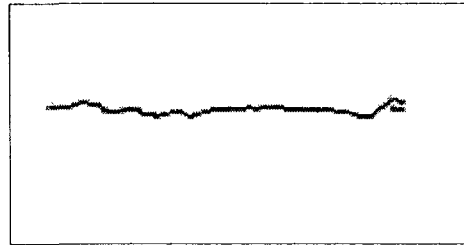
a) Leg No. : 0



a') Leg No. : 1



b) Leg No. : 2



b') Leg No. : 1

Fig. 4-8 The images of Korean red ginseng showing wrong number of their legs.

a) 그림은 다리가 없는 홍삼의 영상이 획득되었을 때의 영상이다. 왼쪽부분은 다리가 아니라 몸통 부분인데 몸통 부분이 길고 갈변화하여 프로그래밍 오류에 의해 a')에서 다리가 하나가 있는 것으로 판정되었다. b)그림은 다리가 두 개인 홍삼이 영상을 획득했을 때의 영상이다. 왼쪽 부분의 다리가 겹쳐져 있어 다리의 구분을 짓는 부분을 균열로 인식하여 b')에서 다리

가 한 개가 있는 것으로 판정된 것으로 생각된다.

3. 표면 색택 분석

영상을 획득한 후, 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리해 낸 후, 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.

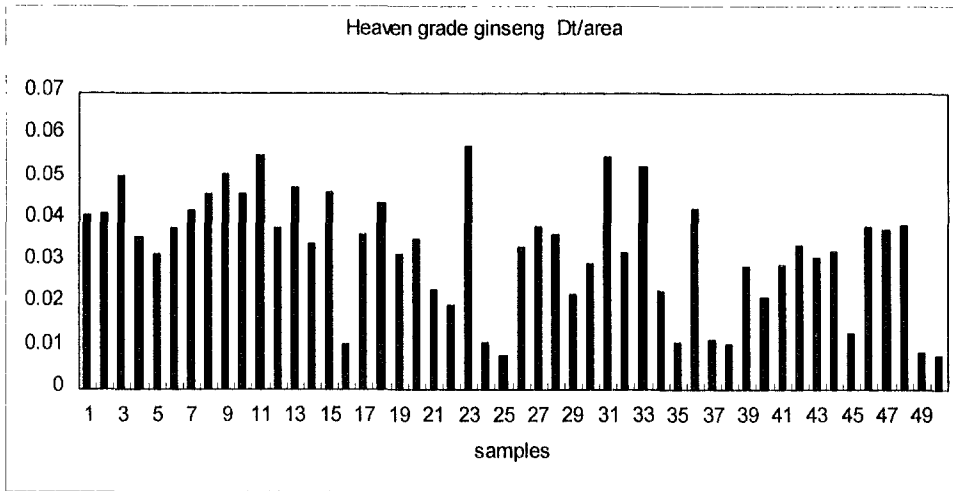


Fig. 4-9 The D_t /area values of the Heaven Grade Ginseng images.

Fig. 4-9는 1차 외형 선별된 천삼의 D_t 값을 면적값으로 나눈 그래프이다. 대체적으로 고른 분포를 하고 있지는 않지만 주로 0.03에서 0.04의 범위에 데이터가 정렬해 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과의 이유는 몸통부

분의 황피에 의한 것으로 생각되어진다. 현행의 외형 선별 공정시 천삼의 수율을 향상시키기 위하여 어느 정도의 황피를 허용하고 있기 때문에 황피가 거의 없는 다른 데이터들과 차이가 생기는 것으로 사료된다.

Fig. 4-10는 1차 외형 선별된 천삼의 표면상태값을 면적값으로 나눈 그래프이다. 주로 0.04에서 0.06의 범위에 데이터가 고르게 정렬해 있음을 알 수 있었다.

몇 개의 범위를 넘는 데이터들은 영상 획득시 다리부분이 겹쳐져서 다리 경계부분을 균열로 파악하여 표면의 색택값이 높게 측정된 것으로 사료되어진다.

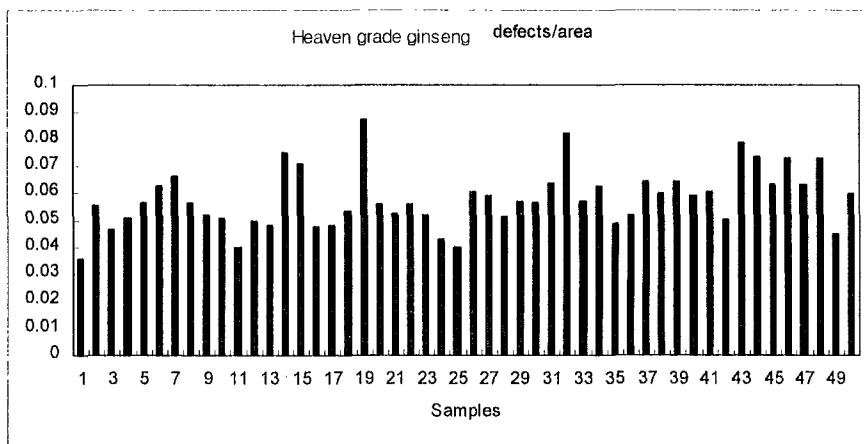


Fig. 4-10 The defects/area values of the Heaven Grade Ginseng images.

Fig. 4-11은 1차 외형 선별된 지삼의 D_f 값을 면적값으로 나눈 그래프이다. 대체적으로 고른 분포를 하고 있지는 않지만 주로 0.02에서 0.04의 범위에 데이터가 정렬해 있음을 알 수 있었다. 범위를 벗어나는 결과의 이유도 천삼과 같이 몸통부분의 황피에 의한 것으로 생각되어지며 지삼은 천삼의 형태와 거의 유사하나 다리가 1개인 경우가 대부분이므로 0.02에서 0.03

부분에도 값이 분포하는 것으로 사료된다.

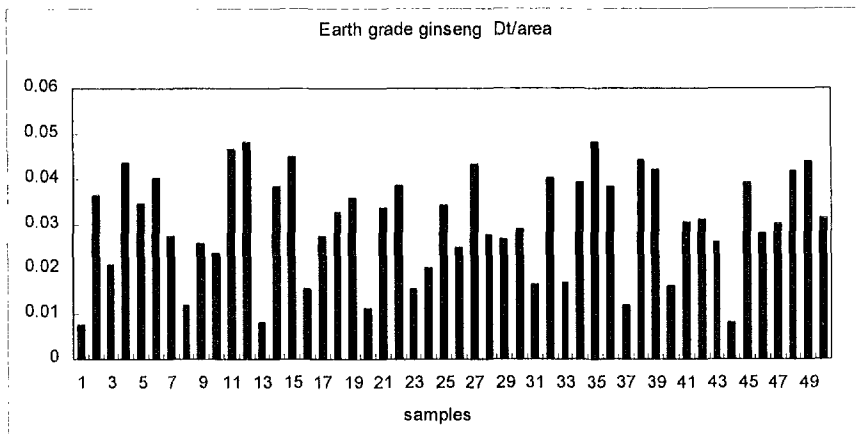


Fig. 4-11 The D_t /area values of the Earth Grade Ginseng images.

Fig. 4-12은 1차 외형 선별된 지삼의 표면상태값을 면적값으로 나눈 그래프이다. 천삼의 경우와 마찬가지로 0.04에서 0.06의 범위에 데이터가 고르게 정렬해 있음을 알 수 있었다. 몇 개의 범위를 넘는 데이터들은 약간의 황피 때문에 선택값이 높게 측정된 것으로 사료된다.

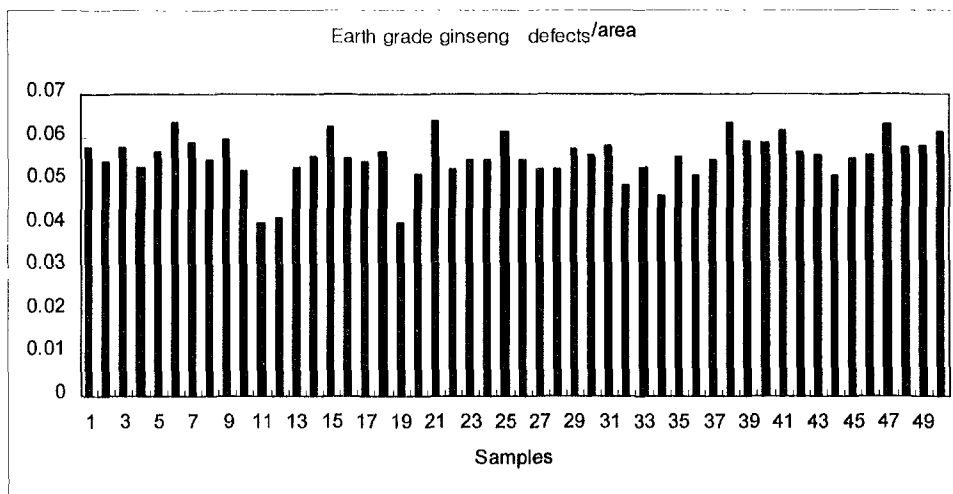


Fig. 4-12 The defects/area values of the Earth Grade Ginseng images.

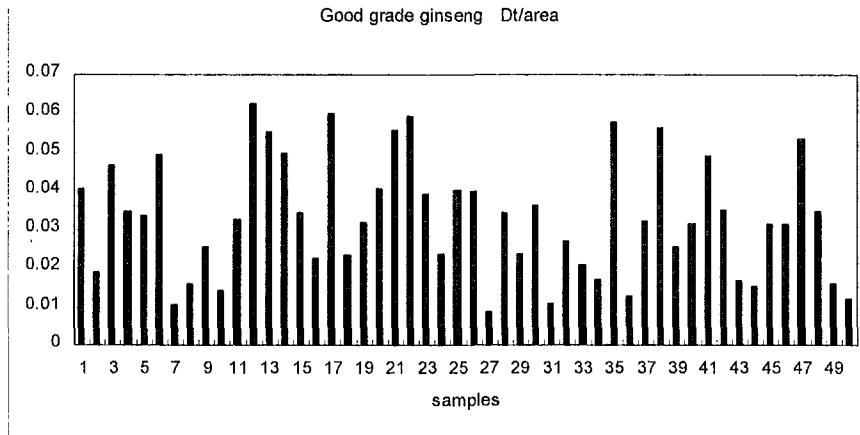


Fig. 4-13 The D_t /area values of the Good Grade Ginseng images.

Fig. 4-13은 1차 외형 선별된 양삼의 D_t 값을 면적값으로 나눈 그래프이다. 대체적으로 0.02이하이거나 0.04이상의 범위에 데이터가 정렬해 있음을 알 수 있었다. 천삼의 주범위인 0.03에서 0.04범위안에 양삼의 데이터가 존재하는 이유는 예를 들면 영상으로 획득되지 못한 반대편 부분에 있는 결점 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 4-15는 1차 외형 선별된 양삼의 표면상태값을 면적값으로 나눈 그래프이다. 대체적으로 0.06에서 0.08의 범위에 데이터가 고르게 정렬해 있음을 알 수 있었다. 몇 개의 0.08범위 이상인 데이터의 경우는 백피와 황피가 많아 지삼에서 등급이 양삼으로 떨어진 경우로 사료된다.

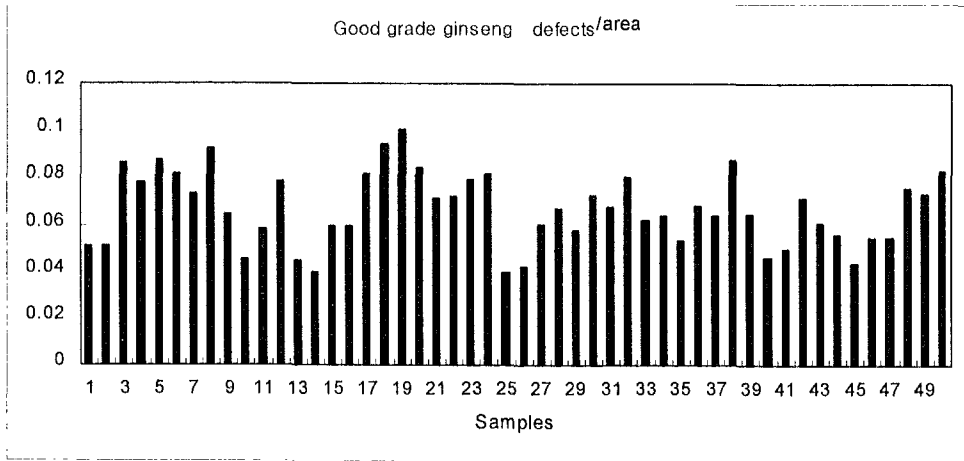


Fig. 4-15 The defects/area values of the Good Grade Ginseng images.

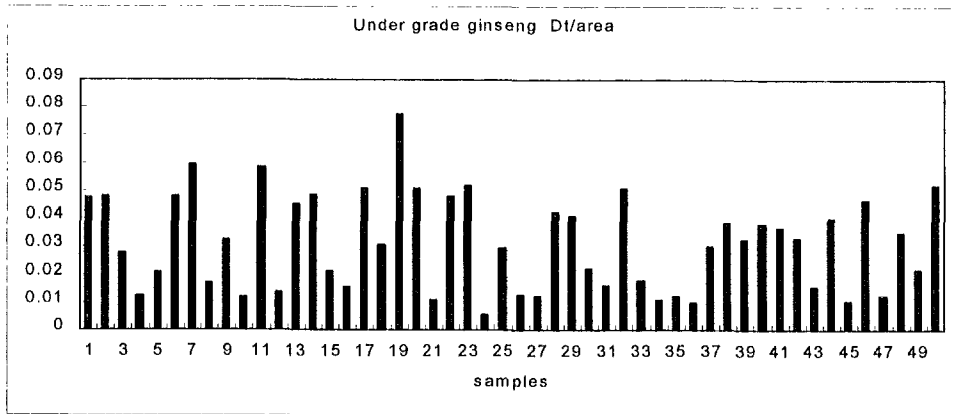


Fig. 4-16 The D_1 /area values of the Under Grade Ginseng images.

Fig. 4-16 은 1차 외형 선별된 잡삼의 D_1 값을 면적값으로 나눈 그래프이다. 대체적으로 0.02이하이거나 0.05이상의 범위에 데이터가 정렬해 있음을 알 수 있었다. 천삼의 주범위인 0.03에서 0.04범위에 양삼의 값이 존재하는 이유 역시 양삼과 동일한 경우라고 사료되어진다.

Fig. 4-17은 1차 외형 선별된 잡삼의 표면 상태값을 면적값으로 나눈 그래프이다. 주로 0.06 이상에서 0.1의 범위에 데이터가 분포해 있음을 알

수 있었다. 몇 개의 0.06 근처의 값들이 나온 이유는 표면 색택이 좋은 면의 영상으로 반대편에 백피와 황피가 많이 분포하고 있을 것으로 사료된다.

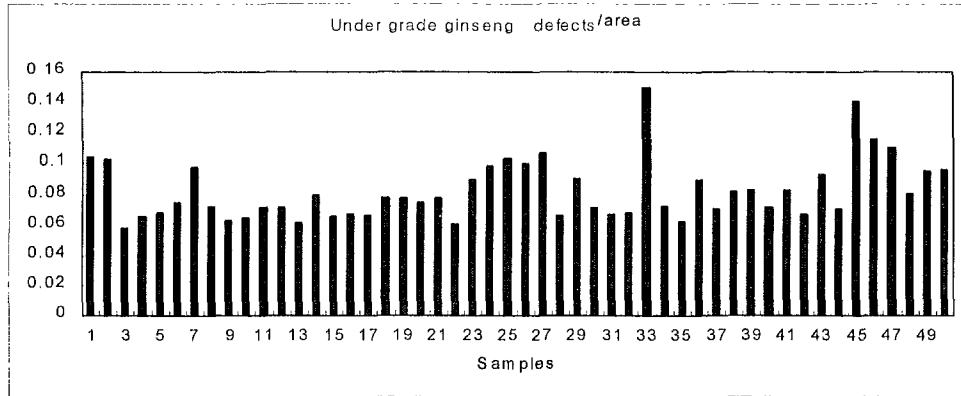


Fig. 5.11 The defects/area values of the under Grade ginseng images.

4. 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 비교하였다.

Table 4-3 Comparison of manual sorting and machine 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)

Table 4-3에서 알 수 있듯이 각 각의 검사원들의 선별의 기준이 약간씩 차이가 있어 천삼의 경우 2~6지의 차이가 있었다. 홍삼의 다리 부분의 균열을 약간은 인정하는 검사원도 있었으며 몸통부분의 황피의 정도에도 검사원들 간에 차이가 있었다. 지삼의 경우에는 2지 정도 차이가 있었으며 주로 황피로 인해 양삼이라고 판정되었다. 몸통 부분에 분포한 황피와 백피의 정도의 판정이 매우 애매하여 3~6지 정도의 차이를 나타내었다.

하지만 홍삼 외형 시스템에서 판정한 홍삼의 등급과는 많은 차이가 있었는데 그 이유는 영상의 획득을 한쪽 면에만 국한되어 획득하기 때문에 다른 면과 양 쪽 측면의 결점에 대해 분석하지 못하기 때문으로 생각되어진다.

Table 4-4 Comparison results of sorting rate by sorting method

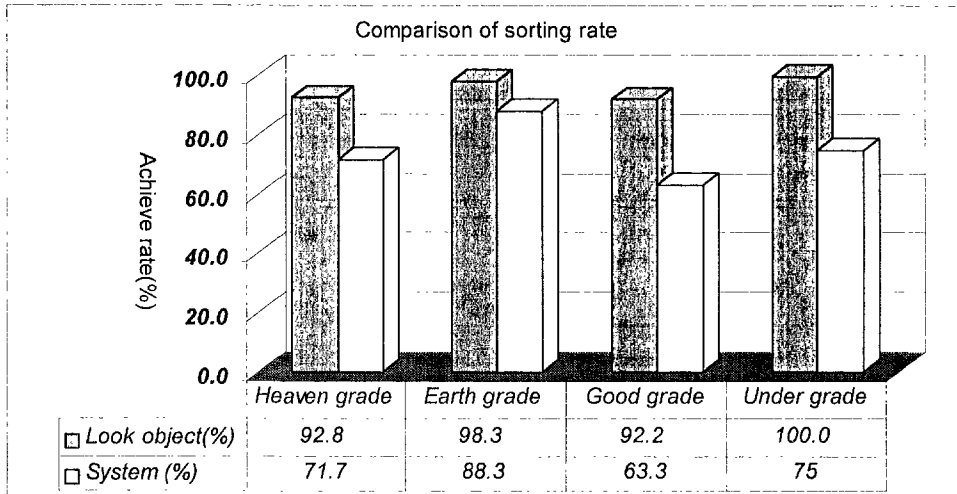


Table 4-4에 검사원이 실물을 보고 선별한 결과와 시스템에서 선별된 결과와 검사원이 시스템에서 획득된 영상을 보고 선별한 결과가 표시되었다. 영상처리를 이용한 홍삼의 외형 선별 시스템의 선별 정확도는 총 74.7%의 정확도를 나타내었으며, 검사원들의 육안 판정의 평균인 95.8%와 비교했을 경우에 21.1%의 차이가 있었다.

이렇게 선별의 정확도가 낮은 이유는 검사원의 육안 판정시에는 홍삼의 전체적인 외형과 색택과 흠집을 모두 검사하여 등급을 판정할 수 있어 거의 정확한 선별을 할 수 있었다. 하지만 1대의 CCD카메라를 이용하여 한쪽면만의 국한된 영상을 획득하였기 때문에 즉 홍삼의 전체적인 영상정보를 획득하지 못했기 때문에 홍삼의 등급 판정의 정확도가 검사원에 의한 등급 판정과 비교하였을 때보다 낮은 것으로 사료된다.

제6절 결론

현재 홍삼제조업의 대부분 공정에서는 자동화가 거의 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 객관적인 선별공정을 위한 자동화 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 외형선별을 자동화하기 위해 외형선별 시스템을 구성하고, 외형선별을 위한 영상처리 알고리즘 개발하여 과학적이고 객관성이 있는 홍삼의 외형선별 시스템을 개발하는 것을 목적으로 하였고, 그 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 홍삼의 외형 선별 시스템은 제어 컴퓨터, 영상처리를 위한 칼라 CCD 카메라(WV-CP4110) 1대, 영상처리 보드(DT3153), 영상획득장치로 구성되었다.

2. 관행의 홍삼 검사 기준과 인삼산업법 시행규칙 별표 6의 인삼류 및 인삼종자·종묘의 검사기준의 홍삼선별기준을 검토하여 홍삼의 외형 선별에 영향을 미치면서 정량화가 가능한 홍삼의 뇌두와 다리의 수, 섹택, 백피·황피등의 외부 결함등의 인자들을 선택하여 홍삼의 외형을 선별 할 수 있도록 알고리즘을 개발하였고, 프로그램은 LabWindows/CVI 5.5(National Instruments Co.)로 작성되었다.

3. 홍삼의 외형 선별 인자를 분석하기 위해 영상처리기법중 절처리 연산 및 색조분석(Sliding&Stretching)과 경계값처리, 이진화, 그리고 평균편차 기법을 사용하였다.

4. 홍삼 외형 선별 시스템의 조명조건을 규정하기 위하여, 조명상자는 외부로부터 빛을 차단하고 균일한 광을 제공하기 위해 8각형으로 제작했으며, 조명은 색상 왜곡이 최소화된 홍삼의 영상을 획득하기 위하여 적색 색지를 MINOLTA CR-300 Colorimeter로 L, a+, b+값을 측정한 후, 영상획득장치에 적색 색지를 넣고 위의 조명조건으로 영상을 획득하고, Wilcoxon 2-sample Test에 의해 L, a+, b+ 값을 비교한 결과, 각 각의 L, a+, b+값이 거의 일치하는 것으로 나타났다.

5. 뇌두 부분의 분석은 영상을 획득한 후, 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리하였고 슬라이딩과 스트레칭기법에 의해 콘트라스트를 개선하였다 . 배경과 분리된 홍삼의 영상에서 몸통과 뇌두 부분의 경계의 선택의 차이를 이용하여 뇌두 부분만의 원형도를 계산하여 뇌두의 유무와 건설함을 분석하였다.

6. 다리 부분의 분석은 영상을 획득한 후, 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리하였고 슬라이딩과 스트레칭기법에 의해 콘트라스트를 개선하였다. 배경과 분리된 홍삼의 영상을 유클리디안법을 이용하여 홍삼의 골격선을 분석하여 다리의 개수를 파악하게 된다.

7. 표면의 선택 분석은 영상을 획득한 후, 슬라이딩과 스트레칭기법과 슬

라이스기법에 의해 붉은색을 강조하여 콘트라스트를 개선하였으며 영상처리에 의해 면적과 D_f 를 계산하여 홍삼의 표면 색택 특성을 정량화하였고, 색택의 차이를 이용하여 표면의 흠집과 황피, 백피등을 고려하여 색택의 균일성을 정량화하였다.

8. 홍삼의 외형 선별 시스템의 선별 정확도는 74.7%로 나타났으며, 검사원들의 육안 판정의 평균값인 95.8%와 비교했을 경우에 21.1%의 선별을 차이를 보였다.

이러한 이유는 홍삼의 영상획득 범위가 한쪽 면에 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.

제5장 최고급 홍삼제조를 위한 이화학적 모델의 개발

제1절 모형식품의 갈변화

1. 서 론

홍삼의 갈변반응은 polyphenol oxidase에 의한 효소적 갈변반응과 당-단백질에 의한 비 효소적 갈변반응, 지방의 자동산화에 의한 갈변반응 등 상기 3가지의 갈변반응이 주를 이루게 되지만, 홍삼제조 공정 중 증자공정에 의하여 증자초기(80℃이전)까지는 효소적 갈변이 형성되나 80℃이후에는 모든 효소의 실활에 의해 효소적 갈변반응은 홍삼의 갈변에 관여하지 않고, 수삼내의 성분 즉, 탄수화물과 단백질의 상호 작용에 의한 비 효소적 갈변반응이 홍삼의 갈변에 가장 큰 영향을 미치게 된다. 이러한 비 효소적 갈변반응은 탄수화물이나 기타 단백질의 반응으로 일어나는 것이므로 갈변현상의 객관적인 이해를 위해서는 갈변화도에 미치는 성분상호간의 작용을 이해하는 것이 중요할 것이다. 따라서 수삼이 홍삼이 되기까지의 과정을 이해하기 위해 모형식품을 만들어 탄수화물이나 단백질 등의 물질이 갈변과정 중 어떠한 영향을 미치는가를 알아보았다.

2. 재료 및 방법

가. 재 료

본 실험에 사용한 모형식품의 전분은 6년근 인삼을 NaOH 0.1%용액으로 추출한 전분을 사용하였으며, 단백질은 (주)광일에서 수입, 판매하는 분리대두단백을, 섬유소는 SIGMA社 제품인 cellulose를 사용하였다. 시료의 일반 성분은 표 5-1과 같았고, 성분 함량에 따른 시료의 색도를 알아보기 위하여 인삼전분과 분리대두단백의 비율을 표 5-2와 같은 성분비율로 혼합하였고

성분 함량은 표 5-3과 같이 제조하였다.

또한 제조한 모형식품을 증자 온도($98 \pm 1^\circ\text{C}$)에서 증자시간(1, 2h)과 건조 온도(60, 70°C)별로 시료의 formula를 표 5-4와 같이 표시하였다.

나. 방 법

1) 시판(정관장) 홍삼인 천, 지, 양삼과 모형홍삼의 색도 측정

부여 홍삼장의 홍삼 중 천, 지, 양삼 각각 50지를 spectro - colorimeter (color techno system corp., JX-777, Japan)를 사용하여 L, a, b 값을 측정하였다.

2) 통계처리

통계처리는 SAS를 이용한 ANOVA분석을 통하여 T-test를 실시하였다.

Table 5-1 Proximate composition of powders for model ginseng

Food	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Carbohydrate (%)	Ash (%)
Corn Starch	11.7	1.1	0.2	86.7	0.3
Soy protein isolate	5.2	86.8	2.4	2.7	2.9

Table 5-2 Formula of powders for model ginseng

formula	Mixed Ratio(w/w%)		
	Corn starch	Soy protein isolate	Cellulose
S15P5.5(1)	15	5.5	1.5
S20P4.5(2)	20	4.5	1.5
S25P3.5(3)	25	3.5	1.5

Table 5-3 Contents of powders and water for model ginseng

formula	Contents(g)			
	Distillized water(ml)	Corn Starch	Soy protein isolate	Cellulose
S15P5.5	233	68.2	25.0	6.8
S20P4.5	233	76.9	17.3	5.8
S25P3.5	233	83.3	11.6	5.0

Table 5-4 Formula of model ginseng powders at different steaming and drying conditions

Formula	Steaming Time(h)	Dehydration temperature(℃)	
		60	70
		1	S15P5.5_60_1
S20P4.5_60_1			S20P4.5_70_1
S25P3.5_60_1			S25P3.5_70_1
2		S15P5.5_60_2	S15P5.5_70_2
		S20P4.5_60_2	S20P4.5_70_2
		S25P3.5_60_2	S25P3.5_70_2

3. 결론

가. 시판(정관장) 홍삼인 천, 지, 양삼의 색도 측정

부여 홍삼창의 선별 요인인 체형, 조직, 선택, 표피, 수분함량 등에 의해 분류된 부여 홍삼창에서 제조된 홍삼 중 천삼, 지삼, 양삼의 색도를 측정한 결과 표 5-5에서 보는 바와 같이 밝기를 나타내는 L-value의 경우에는 천삼

과 지삼의 값은 유의적인 차이가 없었으나 ($p>0.05$), 천삼과 양삼은 유의적인 차이가 있었다 ($p<0.05$). a-value의 경우에서도 천삼과 지삼은 유의적인 차이가 없었으나 ($p>0.05$), 천삼과 양삼은 유의적인 차이가 있었다 ($p<0.05$). b-value에서도 마찬가지로 천삼과 지삼의 값은 유의적인 차이가 없었으나 ($p>0.05$), 천삼과 양삼은 유의적인 차이가 있었다 ($p<0.05$). 본 실험에서 선택에 있어서의 천·지삼과 양삼은 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다 ($p<0.05$).

나. 모형홍삼의 증자, 건조 조건별 색도 측정

표 5-6과 표 5-7, 표 5-8은 각각 색도 중 L값, a값, b값을 측정한 것으로 홍삼 모형의 lightness의 경우 단백질 함량이 많으며 70℃ 건조 조건에서 60시간 건조후의 값이 홍삼과 근사치를 나타내었으며, 홍삼 모형의 redness의 경우 전체적으로 건조 후 48시간 이후에는 그 값이 일정하였다. 홍삼 모형의 yellowness의 경우 단백질 함량이 많으며 2시간 증자조건과 70℃ 건조조건에서 60시간 건조 후 가장 큰 값을 나타내었다.

건조 시간이 경과함에 따라 색상은 유의적인 차이를 보였는데($P<0.05$) 모형 홍삼의 색상의 밝기(L-value)는 건조 시간 24~36시간에 이르면 가장 어두운 값을 보이며 건조시간이 36시간 이후로 갈수록 점차 밝기가 증가하는 것으로 나타났다 ($p<0.05$). 황색(b-value)정도는 건조 시간이 경과함에 따라 점차 높아져 건조 말기까지 값이 증가하는 것으로 나타났다 ($p<0.05$). 또한 적색(a-value)정도는 건조가 진행됨에 있어 그 값의 변화가 근소한 차이에서 일어남을 알 수 있다 ($p<0.05$).

Table 5-5 Hunter value of commercial Heaven, Earth and Good red ginseng

	Hunter value		
	L	a	b
Heaven red ginsegn	33.70 ^a	10.83 ^a	41.05 ^a
Earth red ginseng	30.10 ^{ab}	12.22 ^{ab}	40.58 ^{ab}
Good red ginsegn	34.96 ^b	12.04 ^b	42.03 ^b
LSD	3.8385	1.3577	2.3119

Mean value from 50 replications

a-c, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different(P<0.05)

LSD: Least Significant Difference

Table 5-6 Difference of Hunter L-values in formulated model ginseng on various steaming time, dehydration temperature and dehydration time at 100°C of steaming temperature

Dehydration temp. (°C)	Steam time (h)	Dehydration time (h)	Model foods		
			S15P5.5	S20P4.5	S25P3.5
60	1	0	48.96 ^a	47.02 ^a	45.59 ^{ab}
		12	33.15 ^{cd}	35.95 ^{cd}	35.96 ^{ef}
		24	30.64 ^{ef}	34.34 ^{ef}	36.31 ^{ef}
		36	20.18 ⁱ	32.40 ^{gh}	30.47 ^k
		48	32.14 ^{de}	35.44 ^e	30.40 ^k
		60	33.37 ^{cd}	35.00 ^{ef}	37.20 ^e
	2	0	49.59 ^a	47.44 ^a	45.36 ^{ab}
		12	32.87 ^{cde}	35.59 ^{de}	36.31 ^{ef}
		24	21.48 ⁱ	34.29 ^{efg}	32.09 ^j
		36	27.82 ^g	31.86 ^{hij}	32.56 ^{ij}
		48	34.38 ^{bcd}	30.13 ^j	33.70 ^{hi}
		60	24.09 ^h	33.15 ^{igh}	35.75 ^{fg}
70	1	0	48.64 ^a	48.59 ^a	45.76 ^a
		12	29.24 ^{fg}	37.50 ^{cd}	33.78 ^{hi}
		24	12.15 ^k	33.17 ^{igh}	32.35 ^j
		36	11.97 ^k	35.37 ^e	25.20 ⁱ
		48	21.47 ⁱ	27.05 ^k	32.02 ^j
		60	35.13 ^{bc}	40.37 ^b	44.30 ^{bc}
	2	0	49.47 ^a	47.43 ^a	43.20 ^{cd}
		12	34.71 ^{bc}	39.31 ^{bc}	35.37 ^{fg}
		24	16.27 ^j	35.40 ^e	34.42 ^{gh}
		36	24.38 ^h	30.83 ^{ij}	33.09 ^{hij}
		48	28.54 ^{fg}	30.88 ^{ij}	35.62 ^{fg}
		60	35.75 ^b	38.09 ^c	35.37 ^d
LSD			2.3477	1.9238	1.3354

Mean value from 3 replications

Means, a-k in the same column not followed by the same letter are significantly different (P<0.05)

LSD; Least Significant Difference

Table 5-7 Difference of Hunter a-values in formulated model ginseng on various steaming time, dehydration temperature and dehydration time at 100°C of steaming temperature

Dehydration temp. (°C)	Steam time (h)	Dehydration time (h)	Model foods		
			S15P5.5	S20P4.5	S25P3.5
60	1	0	-1.49 ^a	-1.69 ^{1gh1}	-1.31 ^{de1gh}
		12	-1.25 ^a	-2.14 ^{h1}	-2.27 ^{jk}
		24	-2.53 ^a	-1.44 ^{e1g}	-1.17 ^{de1g}
		36	0.09 ^a	-0.53 ^{abc}	-0.81 ^{abcde}
		48	-0.01 ^a	-0.28 ^a	-0.53 ^{abc}
		60	-0.07 ^a	-0.76 ^{abcd}	-1.21 ^{de1g}
	2	0	-1.79 ^a	-1.51 ^{1gh1}	-1.15 ^{cde1g}
		12	-1.11 ^a	-2.10 ^{h1}	-1.89 ^{h1jk}
		24	0.40 ^a	-2.49 ^{e1g}	-1.65 ^{gh1j}
		36	0.44 ^a	-0.38 ^{ab}	-0.44 ^{ab}
		48	-0.07 ^a	-0.24 ^a	-0.51 ^{abc}
		60	0.07 ^a	-0.68 ^{abcd}	-1.2 ^{de1g}
70	1	0	-2.20 ^a	-2.01 ^{gh1}	-1.53 ^{1gh1}
		12	-1.46 ^a	-2.16 ¹	-2.16 ^{1jk}
		24	-0.21 ^a	-1.17 ^{de1}	-1.45 ^{e1gh}
		36	0.67 ^a	-0.69 ^{abcd}	-0.81 ^{abcde}
		48	-0.21 ^a	-0.56 ^{abc}	-0.78 ^{abcd}
		60	0.15 ^a	-0.54 ^{abc}	-1.17 ^{de1g}
	2	0	-2.03 ^a	-1.99 ^{gh1}	-1.41 ^{de1gh}
		12	-1.31 ^a	-2.17 ¹	-2.48 ^k
		24	0.01 ^a	-1.12 ^{cde1}	-1.63 ^{gh1}
		36	-0.50 ^a	-0.53 ^{abc}	-0.98 ^{bcde1}
		48	0.51 ^a	-0.33 ^a	-0.29 ^a
		60	0.13 ^a	-0.95 ^{bcde}	-1.21 ^{de1g}
LSD			12.346	0.5892	0.634

Mean value from 3 replications

Means, a-k in the same column not followed by the same letter are significantly different (P<0.05)

LSD: Least Significant Difference

Table 5-8 Difference of Hunter b-values in formulated model ginseng on various steaming time, Dehydration temperature and dehydration time at 100°C of steaming temperature

Dehydration temp. (0°C)	Steam time (h)	Dehydration time (h)	Model food		
			S15P5.5	S20P4.5	S25P3.5
60	1	0	0.71 ^{1j}	-3.33 ^j	4.62 ^k
		12	4.85 ^{1gh}	4.57 ^{cd}	3.93 ^{de1g}
		24	4.75 ^{1gh}	4.27 ^{cde1}	3.54 ^{de1gh}
		36	3.03 ^{h1}	3.33 ^{e1g}	4.41 ^{de}
		48	6.38 ^{cde1g}	3.55 ^{de1g}	4.05 ^{de1g}
		60	8.20 ^{bcd}	5.13 ^c	7.07 ^b
	2	0	-1.72 ^k	-3.81 ^j	-4.32 ^k
		12	5.84 ^{de1g}	4.45 ^{cde}	2.48 ^{gh1}
		24	4.43 ^{gh}	4.49 ^{cd}	2.68 ^{1gh1}
		36	6.19 ^{cde1g}	3.31 ^{1g}	2.75 ^{1gh1}
		48	10.10 ^{ab}	3.04 ^{gh}	3.94 ^{de1g}
		60	10.41 ^{ab}	4.49 ^{cd}	5.04 ^{cd}
70	1	0	0.77 ^{1j}	-1.59 ^j	-2.32 ^j
		12	5.58 ^{e1g}	3.63 ^{de1g}	3.03 ^{e1gh}
		24	5.09 ^{e1gh}	4.01 ^{de1g}	4.14 ^{de1}
		36	4.32 ^{gh}	4.43 ^{cde}	3.66 ^{de1gh}
		48	7.26 ^{cde}	2.03 ^h	6.44 ^{bc}
		60	11.07 ^a	9.44 ^a	8.81 ^a
	2	0	-0.02 ^{jk}	-1.68 ^j	-4.00 ^k
		12	6.37 ^{cde1g}	3.62 ^{de1g}	1.29 ⁱ
		24	7.01 ^{cde1}	4.39 ^{cde1}	2.32 ^{gh1}
		36	8.30 ^{bc}	3.68 ^{de1g}	3.11 ^{e1gh}
		48	12.26 ^a	4.02 ^{cde1g}	5.01 ^{cd}
		60	11.43 ^a	7.27 ^b	6.78 ^b
LSD			2.3976	1.1182	1.5771

Mean value from 3 replications

Means, a-k in the same column not followed by the same letter are significantly different(P<0.05)

LSD: Least Significant Difference

다. 다중회귀 분석 및 반응표면 분석에 의한 모형식품의 갈변화 비 효소적 갈변반응의 주요 요소인 아미노산, 당, 수분의 갈변화도를 알아보기 위해 중심합성법에 의한 모형삼의 갈변화도를 색차계를 통하여 알아 보았다. 모형 식품의 성분조성은 표5-9와 같으며 아미노산은 수삼 중 가장 많이 분포하는 arginine을 사용하였고 환원당은 fructose를 사용하였다.

중심합성법에 의한 모형삼의 갈변화도 측정결과 그림5-1과 같이 환원당이 증가할수록 갈변화 경향이 좋아지는 것이 관찰되었고 특기 할 것은 수분이 70%부근에서 갈변이 잘 일어나는 것이 관찰되었다.

그림5-2는 아미노산이 증가할수록 갈변도가 좋았고 환원당과 마찬가지로 수분 70%정도에서 갈변도가 좋게 나타났다.

역시 갈변 과정에 중요영향인 아미노산과 환원당의 양이 증가할수록 갈변화 경향이 좋아지는 것을 관찰할 수 있었고 반대로 환원당과 아미노산 투입량이 최저치 일 때 갈변이 가장 적게 일어났다. Total regress 는 $P < 0.0005$ 수준으로 매우 높았다. 또한 수분 70%에서 갈변이 잘 일어난다는 사실로 미루어보아 홍삼제조시 수분의 조절을 통한 갈변화의 향상을 유도할 수 있을 개연성을 보여주고 있다.

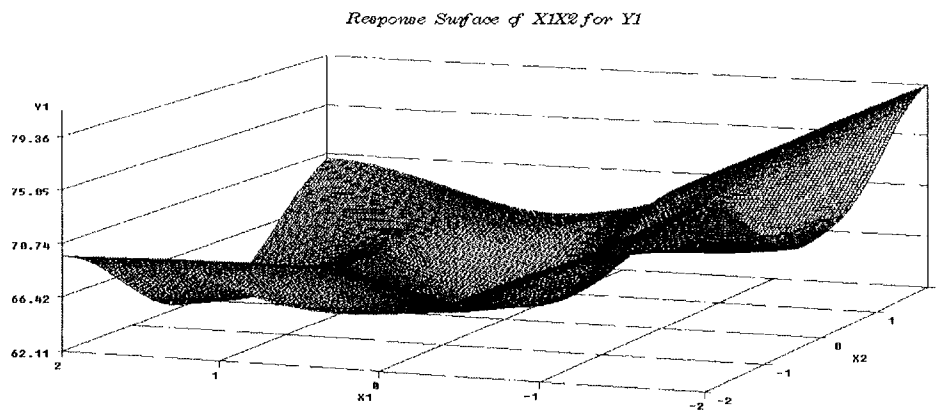


Fig. 5-1 X₁=환원당 X₂=수분 Y₁=Brightness.

Response Surface of X₂X₃ for Y₂

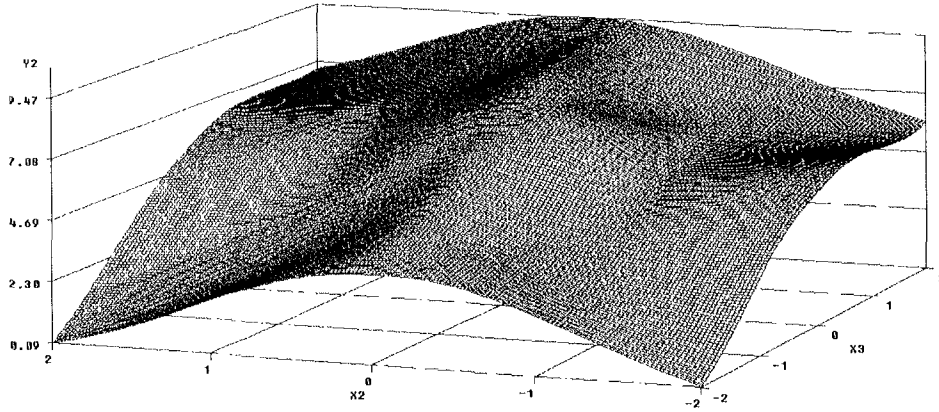


Fig. 5-2 X₂=수분 X₃=아미노산 Y₂=갈색도

Response Surface of X₁X₃ for Y₂

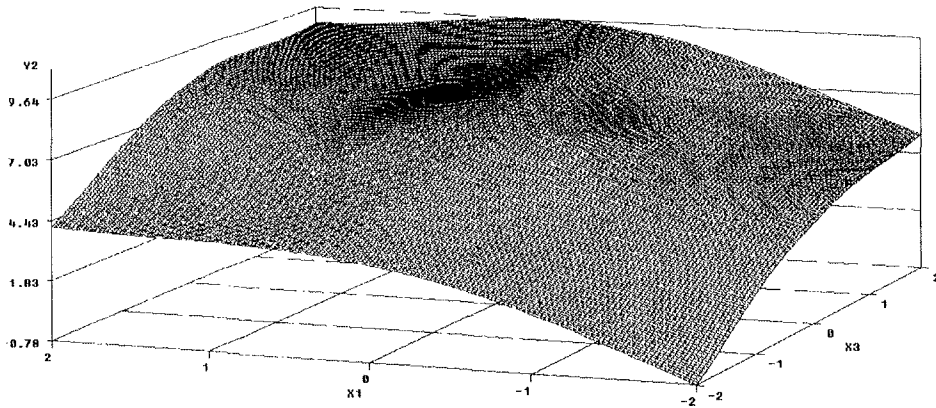


Fig. 5-3 X₁=환원당 X₃=아미노산 Y₂=갈색도

Table 5-9 Coded levels of ingredient ratios for experimental treatment and their responses

Treatment	R(g)	M(ml)	amino acid	Actual parameters		
	X ₁	X ₂	X ₃	환원당(g)	수 분(ml)	아미노산(g)
1	-1	-1	-1	0.5	65	1
2	-1	-1	1	0.5	65	2
3	-1	1	-1	0.5	75	1
4	-1	1	1	0.5	75	2
5	1	-1	-1	2	65	1
6	1	-1	1	2	65	2
7	1	1	-1	2	75	1
8	1	1	1	2	75	2
9	0	0	0	1	70	1.5
10	2	0	0	3	70	1.5
11	-2	0	0	0.1	70	1.5
12	0	2	0	1	80	1.5
13	0	-2	0	1	60	1.5
14	0	0	2	1	70	4.0
15	0	0	-2	1	70	0.5
16	0	0	0	1	70	1.5

Table 5-10 Statistical model parameter of Hunter L value

Regression	DF	type of I sum of squares	R-square	F-Ratio	Prob-F
Linear	3	268.485930	0.9314	68.360	0.0000
Quadratic	3	4.622813	0.0160	1.177	0.3940
Crossproduct	3	7.296009	0.0253	1.858	0.2375
Total Regress	9	280.404752	0.9727	23.798	0.0005

Table 5-11 Estimated regression coefficient for Hunter L value

Parameter	DF	Parameter estimate	Standard error	T for H0: parameter	Prob> T
INTERCEPT	1	64.933438	0.756814	85.798	0.0000
X1	1	-1.928438	0.286049	-6.742	0.0005
X2	1	0.007187	0.286049	0.0251	0.9808
X3	1	-3.614063	0.286049	-12.634	0.0000
X1*X1	1	0.319375	0.286049	1.117	0.3069
X2*X1	1	0.696875	0.404534	-1.723	0.1357
X2*X2	1	0.495000	0.286049	1.730	0.1343
X3*X1	1	0.079375	0.404534	0.196	0.8509
X3*X2	1	-0.648125	0.404534	-1.602	0.1602
X3*X3	1	0.114375	0.286049	0.400	0.7031

제2절 수삼의 년근별 이화학적 특성

1. 재료 및 방법

가. 재 료

한국 인삼은 충청북도 증평에서 직접 채굴한 것으로 4년근, 5년근, 6년근을 사용하였다. 성분분석에 필요한 시약은 1급 시약을 사용하였다.

나. 방 법

1) 일반 성분 분석

년근 별, 증자조건 별, 건조조건 별로 각각의 시료에 대한 수분함량, 전분함량, 단백질함량을 한국인삼 연구원에서 발행한 인삼성분분석법을 기초로 수분함량은 105℃ 상압가열 건조법, 전분함량은 과염소산 추출법, 단백질 함량은 마이크로 Kjeldhal 법을 사용하였다.

2) 수삼의 건조곡선

건조 특성은 55℃, 75℃에서 평형수분함량 10%에 도달할 때까지 건조시키면서 경시적인 수분함량의 변화를 건조시간에 대한 건물기준 수분함량(M)과 $M-M_i/Me-M_i$ 의 값을 구하여 나타내었다.

M : 건조시간 θ 에서의 수분함량 (% , Dry Base)

M_i : 초기 수분함량 (% , Dry Base)

Me : 평형수분함량 (% , Dry Base)

3) 년근별 홍삼의 색도 측정

조건별 시료의 색도 측정은 시료를 80mesh의 분말로 한 후 Spectro-colorimeter (JX-777, Color Techno System Corp., Japan)를 이용하여 Hunter L, a, b를 3회 반복하여 평균치를 값으로 하였다.

4) 년근별 홍삼의 홍색도, 갈색도 측정

홍삼의 갈변도는 갈색도와 홍색도로 표시되며 건조된 분말 5g에 75% ethyl alcohol 30ml을 가하여 70℃에서 30분간 추출한 후 1,970g에서 30분간 원심분리하여 spectrophotometer로써 갈색도는 440nm에서 홍색도는 520nm에서 흡광도를 3회 반복하여 평균치를 값으로 하였다.

5) 년근별 홍삼의 조사포닌, 측정

건조분말 시료 2g을 취해 물포화(water-saturated) 부탄올 용액 50ml로 80℃에서 1시간씩 3회 추출하고 분액여두에서 증류수 10ml로 2회 씻어 당을 제거한 후, 부탄올층을 감압 농축하여 에테르 50ml로 36℃에서 30분간 탈지(defatting)한 후 105℃에서 약 2시간 건조시켜 %dry weight로 나타내었다.

6) Total saponin 측정 측정

시료 1g을 정확히 취해 80% methanol용액을 30ml 가한 후 물증탕에서 1시간씩 추출한 후 잔유물에 80% methanol 용액 20ml을 가하여 환류 추출하고 여과하며 이 반복을 1회 더 반복한다. 여액을 농축한 후 3차 증류수 10 ml에 녹여 24시간 방치한 후 분액 여두에 넣어 지방을 제거하기 위하여 에테르로 10 ml씩 2회 반복한 후 물 층을 물포화 부탄올로 4회 반복하여 Ginsenoside-Re 계열을 추출하여 농축한후 50ml로 정용하여 사포닌 추출액으로 한다. Ginsenoside-Re 표준품으로 검량선을 작성한 후 사포닌 추출액 100 μ l를 정확히 취하여 시험관에 넣고 얼음물 속에서 8% 바닐린-에탄올 용액 0.3 ml와 72% 황산 용액 4 ml을 가하여 60℃의 물증탕에서 10분간 가온하여 내용액을 발색시키고 545nm에서 분광도를 측정하였다.

7) 검량선

$$Y = aX + b$$

X : 각 표준용액의 분광도

Y : 각 표준용액 중 *ginsenoside-Re*의 양(mg)

8) 시료중 총 사포닌의 함량

$$\text{시료중 총 사포닌 함량(\%)} = Y \times \frac{T}{I} \times \frac{1}{W} \times 100$$

Y : 시료용액의 분광도를 검량선에 대입하여 얻은 Y값(μg)

T : 사포닌 추출액을 정용한 부피(ml)

I : 비색측정시 취한 부피(μl)

W : 시료의 사용량(g)

2. 결론 및 고찰

가. 일반성분 분석

원료 수삼의 일반성분과 증자, 건조후의 일반성분은 표 5-12와 같이 증자 과정 중 수분함량은 다소 증가하였으며, 조단백질, 전분의 함량은 감소하였다.

나. 수삼의 건조곡선

그림 5-4와 그림 5-5는 증삼의 건조온도에 따른 건조곡선으로써 그림 5-5는 24시간까지는 75℃ 건조온도에서 건조하다가 24시간 이후에 55℃ 건조온도의 곡선을 나타낸 것이다. 이유는 기존 홍삼제조 방법이 1차 건조에서 75℃, 24시간 건조 후 2차 건조 시에는 55℃에서 수분함량 10%내외가 될 때까지 건조하기 때문이다. 그림에서 보는 것과 같이 24시간 이후의 건조 곡선에는 변화가 없는 것으로 나타났다.

다. 년근별 수삼의 색택측정(표 5-13)

제조된 홍삼의 색택은 55℃ 건조와 75℃ 건조에서 완전한 차이를 보였으며 특히 색택중 밝기(Lightness, L value)에 있어서는 4년근, 5년근이 건조조건에 차이를 보였으며($p < 0.05$), 적색(Redness, a value)의 경우에는 4년근, 5년근, 6년근 모두 건조조건에 따라 전혀다른 색상임을 알 수 있다($p < 0.05$). 또한 노란색(yellowness, b value)에서는 5년근, 6년근에서 차이가 남을 알 수 있다($p < 0.05$). 년근별로는 건조조건 55℃에서 4년근, 5년근, 6년근에서 lightness와 redness가 모두 같은 값으로 나타났고, yellowness만이 4년근과 5년근과는 같지만 4년근과 6년근은 다른 값을 보였다. 또한 75℃ 건조 조건은 4, 5, 6년근 모두 lightness, redness, yellowness의 값들이 차이가 없는 것으로 나타났다.

라. 년근별 홍삼의 갈색도, 홍색도 측정(표 5-14)

홍삼의 유효성분이라고 할 수 있는 갈색물질의 농도를 말할 수 있는 brownness, redness의 실험에서는 건조온도의 조건에 따라 뚜렷이 구분되었으며 갈색도의 경우에는 75℃ 건조조건에서 55℃ 건조조건 보다는 2~3배 이상의 값들을 보였고, glucose, lactose, maltose를 갈색물질에 첨가하여 갈색도를 2배로 향상시킨 값보다 더 큰 값이라 할 수 있다. 갈색도의 경우 6년근의 75℃ 건조조건에서 2.1065로써 가장 큰 값을 나타냈고, 또한 홍색도의 경우에서도 6년근의 75℃ 건조조건에 0.53678의 값을 나타내었다.

마. 년근별 홍삼의 조 사포닌, 총 사포닌 함량 측정(표 5-15)

조 사포닌함량의 측정에서는 년근이 커짐으로써 점차 조 사포닌의 함량이 증가됨을 알 수 있었으며, 특히 6년근의 55℃ 건조 조건에서 5.8213으로 그 함량이 가장 많은 것으로 측정됐다. 또한 4년근을 75℃로 건조하였을 경우에는 5.4050으로 함량이 전체적으로 보았을 때 가장 적었는데 그 이유는 건

조과정 중 saponin의 손실에 의한 것으로 사료된다.

총 사포닌의 함에서는 4년근이 가장 높은 수치를 나타내었으며 이는 실험 중 fine root의 첨가가 총 사포닌의 함량을 증가시킨 것으로 사료되어 역시 6년근 75℃에서 3.1976으로 높은 값을 나타내었다.

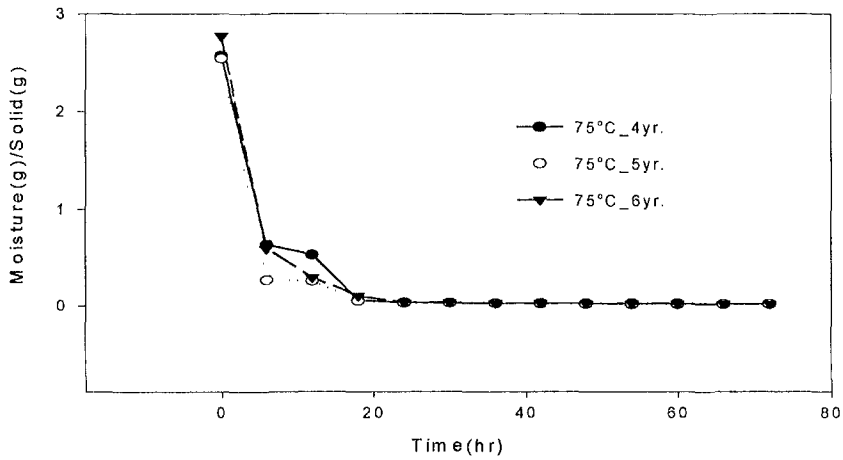


Fig. 5-4 Dehydration curve of the different age of steamed ginseng at 75℃.

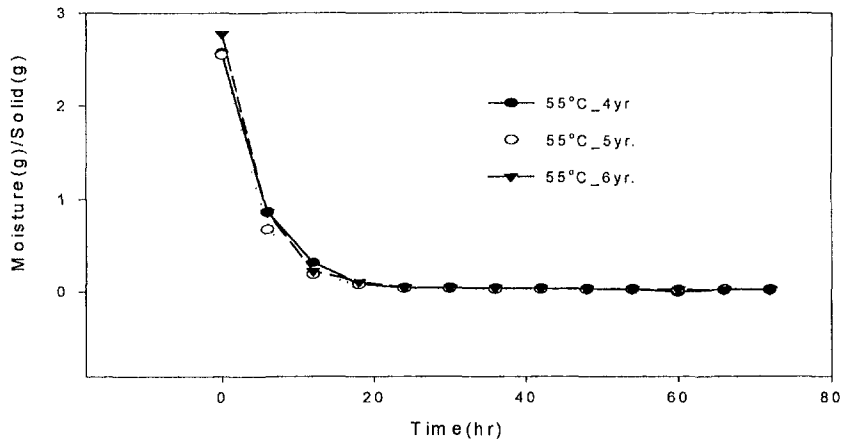


Fig. 5-5 Dehydration curve of the different age of steamed ginseng at 55℃ after dried at 75℃ for 24hours.

Table 5-12 Proximate composition of lab-made raw, steamed and red ginseng

Food Proximate composition(%)					
	Age (year)	Moisture	Protein	Starch	Cellulose
Raw ginseng	4	71.7	4.9	20.5	1.2
	5	72.7	4.5	20.6	1.3
	6	71.8	4.4	20.2	1.5
Steamed ginseng	4	73.06	4.3	18.9	1.1
	5	73.76	4.2	19.2	1.2
	6	74.02	4.1	18.3	1.3
Red ginseng_55	4	9.8	11.5	67.3	4.6
	5	10.2	11.2	65.2	4.5
	6	11.0	10.9	68.9	4.0
Red ginseng_75	4	7.5	10.9	66.9	5.3
	5	8.5	10.5	65.0	4.2
	6	9.1	10.5	67.1	4.3

Table 5-13 Hunter L, a, b value of red ginseng with various age, dehydration temperature

Age (Year)	Dehydration temp. (°C)	Hunter value		
		L	a	b
4	55	22.595 ^{ab}	10.533 ^{bc}	42.535 ^{ab}
	75	16.620 ^b	15.310 ^a	42.585 ^{ab}
5	55	28.985 ^a	7.293 ^c	34.038 ^c
	75	18.805 ^b	14.088 ^{ab}	47.095 ^a
6	55	27.800 ^a	7.655 ^c	34.635 ^{bc}
	75	22.830 ^{ab}	12.523 ^{ab}	46.625 ^a
LSD		7.4632	3.7129	6.4388

Mean value from 4 replications

a~c, means in the same column not followed by the same letter are significantly different(P<0.05)

LSD: Least Significant Difference

Table 5-14 Brownness(440nm) and Redness(520nm) of red ginseng with various age, dehydration temperature

Age (Year)	Dehydration temp. (°C)	Absorbance	
		440nm	520nm
4	55	0.7780 ^b	0.21025 ^b
	75	1.8540 ^a	0.49075 ^a
5	55	0.6193 ^b	0.154255 ^b
	75	1.8693 ^a	0.51975 ^a
6	55	0.6108 ^b	0.15975 ^b
	75	2.1065 ^a	0.53675 ^a
LSD		0.4504	0.1227

Mean value from 4 replications

a~b, means in the same column not followed by the same letter are significantly different(P<0.05)

LSD: Least Significant Difference

Table 5-15 Contents of crude saponin and total saponin of red ginseng with various age, dehydration temperature and ultrasonic velocity

Age (year)	Dehydration temp. (°C)	Saponin	
		Crude saponin(%)	Total saponin(%)
4	55	5.8200 ^{bc}	3.4452 ^a
	75	5.4050 ^c	3.1697 ^{ab}
5	55	6.8550 ^{abc}	2.8679 ^{bc}
	75	7.1963 ^{ab}	2.9778 ^{bcd}
6	55	7.8213 ^a	2.7191 ^d
	75	7.5238 ^a	3.1976 ^{ab}
L S D		1.525	0.3231

Mean value from 4 replications

a~d, means in the

same column not followed by the same letter are significantly different(P<0.05)

LSD: Least Significant Difference

제3절 수삼의 초음파 속도와 홍삼의 이화학적 특성과 의 관계

1. 서론

수삼의 품질은 홍삼을 제조하는데 있어 가장 큰 영향을 미치며, 수삼의 품질 저해 요인으로는 내공, 내백, 등이 크게 좌우하게 된다. 그중 내백이 가장 큰 요인으로 나타났으며, 이러한 내백 수삼은 수삼 상태에서는 육안으로 구별이 거의 불가능하지만 홍삼으로 제조하고 난 뒤 횡단면을 절단하였을 때 일부분이 갈변이 일어나지 않고 유백색으로 남아 있게 되는데, 이러한 부분을 내백(Inside-white)부분이라고 하고 내백이 존재하는 홍삼을 내백 홍삼이라고 한다. 이러한 내백 홍삼은 천삼의 生出率을 저하시키는 가장 큰 요인이 된다. 내백의 원인으로 수삼의 막 물질의 결손에 의한 막의 부실로 보았으며 이러한 막의 부실은 홍삼을 제조하였을 때 홍삼 특유의 필수 구조를 형성하지 못하여 생성하는 것으로 보고하였다.

홍삼 내부의 내공(Inside-cavity) 형성은 홍삼특유의 담황갈색을 저해하며, 절삼(切蓼)으로 제품을 만들었을 때 상품가치를 낮게 만드는 또 다른 요인이라 할 수 있다. 내공은 홍삼의 내부에 크기가 일정하지 않은 빈 공간이 있는 것을 말하는데 주로 동체의 굵기가 큰 대편삼(6년근 上品)에서 많이 나타나고 있다. 내공 또한 수삼에서는 육안으로는 발견되지 않으나 증자 후 건조과정에서 증삼(蒸蓼)의 내부 조직에 있던 수분이 건조되는 과정 중에 발생하는 것으로 추정되고 있다. 내공의 감소는 천삼의 수율을 높일 수 있기 때문에 봉대로 감은 상태로 증삼, 압착건조, 중간 수분까지 건조시켜 주무르는 방법 등 여러 가지 방법을 시도하였지만 실험적으로는 가능하나 공장적용에는 미비한 방법으로써 큰 효과가 없었다고 보고되었다.

초음파란 인간의 귀로 들을 수 있는 소리의 주파수(20~20,000Hz) 이상의

높은 주파수를 가진 음파를 말하며, 점성이 높은 매질(습, 고무)은 음의 흡수가 크며 음의 흡수는 주파수에도 영향을 미치고 소리의 주파수가 클수록 흡수정도는 그만큼 커지게 된다. 현재 초음파는 의료, 건축, 토목 등 각 분야에 응용되고 있으며, 식품 산업에서 사용되고 있는 초음파는 저출력 초음파, 고출력 초음파로 분류되고 있다. 본 실험은 저출력 초음파를 사용하였으며, 저출력 초음파는 초음파가 통과하는 물질에 물리, 화학적인 변화를 주지않는 $1W/cm^2$ 이하의 동력을 이용하는 범위이기 때문에 비 파괴적이며 이 초음파는 수삼의 조성, 구조, 물리적인 상태 등과 같은 수삼의 물리·화학적 특성에 대한 정보를 얻을 수 있는 분석 수단으로 사용할 수 있다.

따라서 본 연구는 수삼의 단백질, 전분의 함량이 고급 홍삼의 형성과 같 변도에 미치는 성분 상호간의 교호작용을 규명하고자 하였고, 비용절감을 위하여 수분, 단백질, 전분의 함량을 다르게 하여 70%의 수분함량을 기준으로 한 모형홍삼을 제조한 후 증자, 건조 중에 일어나는 색도의 변화를 측정하였다. 상기 결과를 토대로 하여 실제 홍삼을 제조하였는데 내공과 내백은 뇌두(腦頭, 地下莖)로부터 50mm부근에서 가장 많이 발견되어 이 부분을 초음파를 이용하여 수삼 내부 조직의 견고성을 측정하였다. 홍삼을 제조하는 필수 조건인 증자공정과 건조공정 중 수삼내부의 전분과 단백질의 완전한 호화와 변성을 위하여 기존의 $98\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 증자조건을 선택했으며, 건조공정에서 건조온도의 변화에 따른 수삼의 물리, 화학적인 특성과 수삼을 초음파 측정기를 이용하여 속도를 측정한 후 각각의 초음파 속도별로 홍삼을 제조하였을 때 생성되는 내공, 내백을 측정하여 이것들을 최소화하는데 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

가. 재료

한국 인삼은 충청북도 증평에서 직접 채굴한 것으로 4년근, 5년근, 6년근

각 2kg을 사용하였다. 성분분석에 필요한 시약은 1급 시약을 사용하였다.

나. 방법

1) 시료의 전처리

4년근, 5년근, 6년근의 수삼을 저출력 초음파 측정기로 각각 60지씩을 측정하여 형집에 기입한 후 Pin으로 뿌리에 고정을 시켜 98℃에서 3시간 증자를 하였다.

2) 초음파 속도 측정 및 Data nomalization

실험에 사용한 4년근, 5년근, 6년근의 수삼을 각각 60지씩 초음파 속도를 Fundit(C. N. S. Electronics LTD)를 이용하여 측정하였으며, 수치들의 Data Normalization을 통해 최소값을 0으로 하고 최대값을 1로하여 0과 1사이를 4등분하여 등급간의 내공, 내백을 측정하였다.

Data nomalization(Min: 0, Max: 1)

$$= 0 + \{(x - \text{Min}) / (\text{Max} - \text{Min}) \times 1$$

3) 색도 측정

조건별 시료의 색도 측정은 시료를 80mesh의 분말로 한 후 Spectro-colorimeter (JX-777, Color Techno System Corp., Japan)를 이용하여 Hunter L, a, b값으로 측정하였다.

4) 갈색도 및 홍색도 측정

홍삼의 갈변도는 갈색도와 홍색도로 표시되며 건조된 분말 5g에 75% ethyl alcohol 30ml을 가하여 70℃에서 30분간 추출한 후 1,970g에서 30분간 원심분리하여 spectrophotometer로써 갈색도는 440nm에서 홍색도는 520nm에서 흡광도를 측정하였다.

5) 조 사포닌 측정

건조분말 시료 2g을 취해 물포화(water-saturated) 부탄올 용액 50ml로 80℃에서 1시간씩 3회 추출하고 분액여두에서 증류수 10ml로 2회 씻어 당을 제거한 후, 부탄올층을 감압 농축하여 에테르 50ml로 36℃에서 30분간 탈지(defatting)한 후 105℃에서 약 2시간 건조시켜 %dry weight로 나타내었다 (39).

6) Total saponin 측정

시료 1g을 정확히 취해 80% methanol용액을 30ml 가한 후 물증탕에서 1시간씩 추출한 후 잔유물에 80% methanol 용액 20ml을 가하여 환류 추출하고 여과하며 이 반복을 1회 더 반복한다. 여액을 농축한 후 3차 증류수 10 ml에 녹여 24시간 방치한 후 분액 여두에 넣어 지방을 제거하기 위하여 에테르로 10 ml씩 2회 반복한 후 물 층을 물포화 부탄올로 4회 반복하여 Ginsenoside-Re 계열을 추출하여 농축한후 50ml로 정용하여 사포닌 추출액으로 한다. Ginsenoside-Re 표준품으로 검량선을 작성한 후 사포닌 추출액 100 μ l를 정확히 취하여 시험관에 넣고 얼음물 속에서 8% 바닐린-에탄올 용액 0.3 ml와 72% 황산 용액 4 ml을 가하여 60℃의 물증탕에서 10분간 가온하여 내용액을 발색시키고 545nm에서 분광도를 측정하였다.

7) 검량선

$$Y = aX + b$$

X : 각 표준용액의 분광도

Y : 각 표준용액 중 *ginsenoside-Re*의 양(mg)

8) 시료중 총 사포닌의 함량

$$\text{시료중 총 사포닌 함량(\%)} = Y' \times \frac{T}{I} \times \frac{1}{W} \times 100$$

Y' : 시료용액의 분광도를 검량선에 대입하여 얻은 Y 값(μg)

T : 사포닌 추출액을 정용한 부피(ml)

I : 비색측정시 취한 부피(μl)

W : 시료의 사용양(g)

9) 내공 측정

조건별 홍삼의 내공은 머리 밑부분을 사선으로 절단하여 내공의 직경과 그 수를 측정하였다.

10) 내백 측정

내백은 머리 밑부분을 사선으로 절단하여 내백 부분의 직경을 측정하였다

11) 품질 측정기준간의 상관관계

품질측정기준간의 상관관계는 SAS program을 이용하여 correlation coefficient를 알아보았다.

12) 통계처리

SAS program을 이용하여 T-Test(ANOVA, Analysis of variance)검증하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 수삼의 초음파 속도와 홍삼의 초음파 속도의 관계

본 실험에 사용된 저출력 초음파 측정의 개략도는 그림 5-6과 같고, 수삼의 초음파속도의 계산은 직경(L)에 대한 초음파 시간(s)으로 계산하였다(그림 5-7). 측정된 수삼의 초음파 속도는 최저 166.77m/s에서 최고 542.86m/s이었으며, 평균값은 294.45m/s이다. 제조된 홍삼의 초음파 속도는 최저

1406.78m/s에서 최고 1878.57m/s이었으며, 평균값은 1304.34m/s이다. 이러한 초음파 속도별로 홍삼을 제조한 경우 SAS program을 사용하여 상관관계 (Correlation)을 본 결과 피어슨 상관 계수(Pearson Correlation Coefficients)는 0.324로써 매우 상관관계가 있었다 ($p < 0.001$).

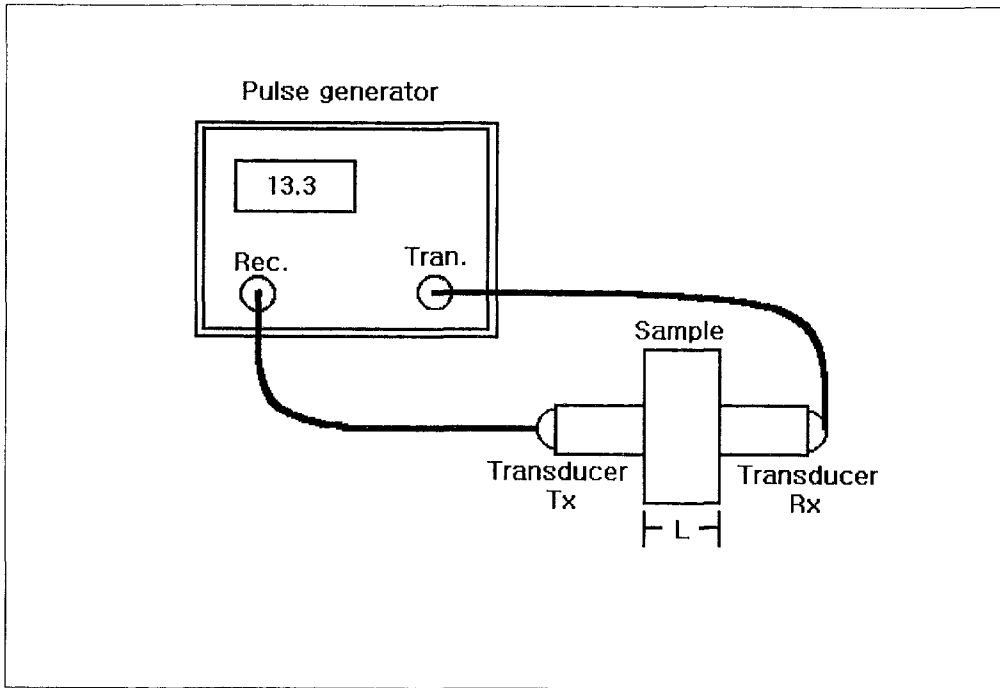


Fig. 5-6 Schematic diagram of the experimental configuration used to conduct to measure ultrasonic velocity of ginseng.

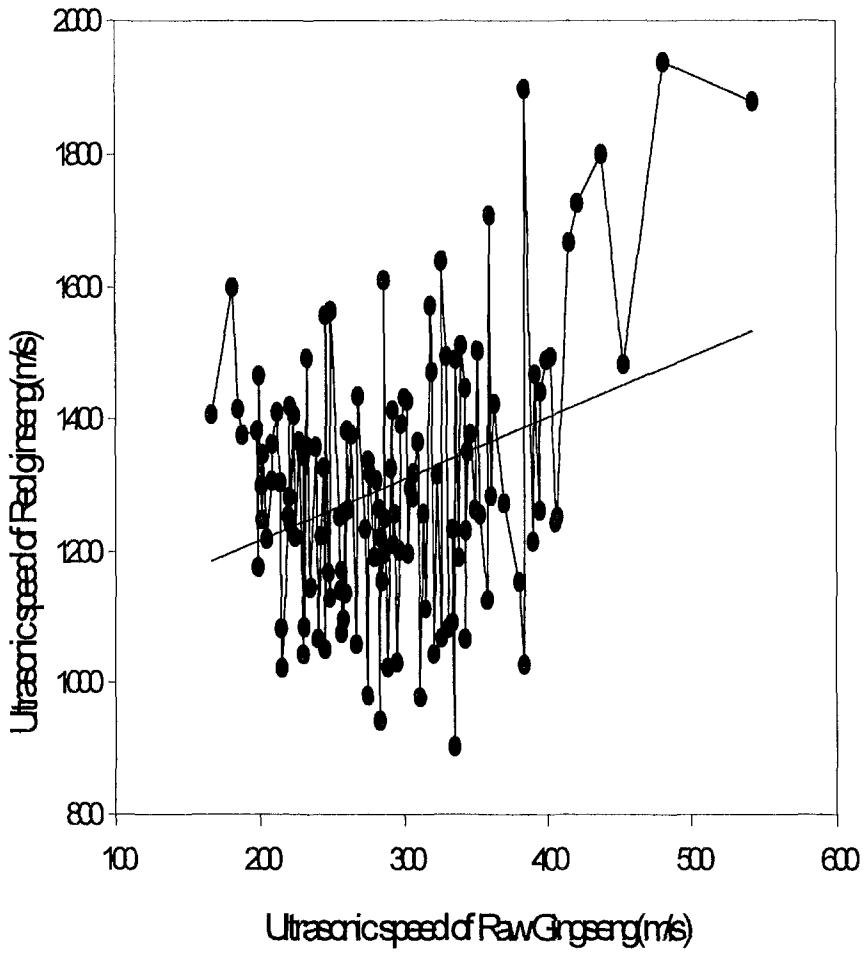


Fig. 5-7 Correlation of ultrasonic velocity between fresh and red ginseng.

나. 색도 측정

홍삼의 lightness의 경우 표 5-16에서 보는바와 같이 4년근의 경우 초음파 속도와 건조온도에 상관없이 홍삼창의 홍삼보다 어두운 값들이 측정되었으며, 5년근의 경우 초음파 속도 제 2구역 55℃ 건조조건에서 홍삼과 유사한 값이 나타났다. 또한 75℃ 건조 조건에서는 홍삼창 홍삼보다 어두운 값들이 측정되었다. 6년근의 경우 55℃ 건조조건에서 초음파 속도 제 2구역의 처리구가 홍삼창 홍삼과 유사한 값을 나타내었고 75℃ 건조 조건에서는 제 3구역에서 유사치를 나타내었다.

홍삼의 yellowness의 경우 4년근의 경우 75℃ 건조조건 제 2, 3구간이 유사치를 나타내었고 5년근의 경우 또한 75℃ 건조조건에서 제 2구간의 처리구가 유사치를 나타내었다. 6년근의 경우 75℃ 건조조건과 초음파 속도 제 3구간에서 홍삼과 유사한 값을 나타내었다.

홍삼의 redness의 경우 전 구역에서 고르게 유사한 값들을 나타내었고 특히 초음파 속도의 제 3, 4구간에서의 색도가 홍삼창 홍삼과 유사한 것으로 나타났다.

다. 갈색도, 홍색도 측정

홍삼의 갈색도, 홍색도는 당-단백질의 maillard reaction에 의한 갈색물질의 생성을 측정하는 것이다. 표 5-17에서와 같이 갈색도, 홍색도의 경우 기존의 55℃ 건조 조건보다 75℃ 건조 조건에서 2-3배 이상의 값들이 나타났다.

라. 조 사포닌 함량분석

본 실험에서는 4년근, 5년근, 6년근의 crude saponin의 함량이 수삼의 초음파 속도와 갖는 상관관계를 규명하고자 하였으며, 건조조건을 달리하여 또한 crude saponin의 함량을 구하였다.

표 5-18은 수삼의 초음파속도와, 년근별, 건조조건별 crude saponin의 함량을 구한 것으로 건조 조건에 상관없이 연근이 증가할수록 점차 증가하였다.

수삼의 초음파 속도와 조사포닌의 관계는 표5-18에서 보는 바와 같이 초음파속도와는 유의성을 찾지 못하였다.

5) Total Saponin함량분석(표 5-19)

검량선의 추세선은 $Y = 0.0077X$ 이었으며 $R^2=0.9963$ 으로 매우 정확한 추세를 이루었다. 4년근에서 가장 높은 값이 측정됨은 fine root의 첨가에 의한 것으로 사료된다. 조사포닌과 같이 연근이 증가할수록 함량이 높은 것으로 나타났으며 건조조건간의 초음파 속도별 구간에서는 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 5-16 Hunter L, a, b value of Red ginseng with various age, dehydration temperature and ultrasonic velocity

Age (year)	Dehydration temp. (°C)	Normalization (ultrasonic speed)	Hunter value		
			L	a	b
4	55	0.00~0.25	19.06 ^{1gh1}	13.15 ^{det}	48.47 ^{abc}
		0.25~0.50	24.11 ^{de}	7.95 ^{1jk}	39.92 ^{gh1}
		0.50~0.75	28.62 ^c	7.18 ^{jk}	34.52 ^{jk}
		0.75~1.00	18.59 ^{1gh1}	13.85 ^{cde}	47.23 ^{abc}
	75	0.00~0.25	9.48 ^k	17.52 ^b	38.39 ^{hiJ}
		0.25~0.50	20.63 ^{e1g}	12.35 ^{e1g}	44.88 ^{cde1}
		0.50~0.75	24.32 ^{de}	11.64 ^{1g}	45.00 ^{bcde1}
		0.75~1.00	12.05 ^{jk}	19.73 ^a	42.07 ^{e1gh}
5	55	0.00~0.25	30.54 ^{abc}	6.40 ^k	31.77 ^{k1}
		0.25~0.50	34.08 ^a	7.69 ^{1jk}	31.32 ^{k1}
		0.50~0.75	22.37 ^{e1}	7.54 ^{1jk}	41.29 ^{1gh}
		0.75~1.00	-	-	-
	75	0.00~0.25	16.40 ^{hi1}	15.69 ^{bc}	47.59 ^{abc}
		0.25~0.50	24.28 ^{de}	11.00 ^{gh}	46.15 ^{abcd}
		0.50~0.75	19.45 ^{1gh}	14.33 ^{cde}	48.85 ^{ab}
		0.75~1.00	15.09 ^{1j}	15.33 ^c	45.79 ^{abcde}
6	55	0.00~0.25	29.28 ^{bc}	7.68 ^{1jk}	36.86 ^{1j}
		0.25~0.50	32.99 ^{ab}	6.70 ^{jk}	30.37 ¹
		0.50~0.75	22.65 ^{e1}	8.56 ^{1j}	42.45 ^{de1g}
		0.75~1.00	-	-	-
	75	0.00~0.25	18.02 ^{gh1}	14.47 ^{cd}	49.40 ^a
		0.25~0.50	20.49 ^{e1gh}	13.06 ^{de1}	47.58 ^{abc}
		0.50~0.75	28.09 ^{cd}	9.50 ^{hi}	41.94 ^{e1gh}
		0.75~1.00	-	-	-
L S D			4.1377	2.0207	3.8662

Mean value from 3 replications

a~1, means in the same column not followed by the same letter are significantly different(P<0.05), LSD: Least Significant Difference

Table 5-17 Brownness(440nm) and Redness(520nm) of Red ginseng with various Age, Dehydration temperature, Ultrasonic velocity

Age (year)	Dehydration temp. (℃)	Normalization (Ultrasonic velocity)	Absorbance	
			440nm	520nm
4	55	0.00~0.25	0.780 ^{de}	0.215 ^{1g}
		0.25~0.50	0.915 ^c	0.255 ^{e1}
		0.50~0.75	0.67 ^{e1}	0.187 ^{1g}
		0.75~1.00	0.747 ^{de1}	0.184 ^{1g}
	75	0.00~0.25	2.29 ^a	0.617 ^a
		0.25~0.50	1.650 ^b	0.405 ^{bcd}
		0.50~0.75	1.787 ^b	0.483 ^b
		0.75~1.00	1.750 ^b	0.453 ^b
5	55	0.00~0.25	0.620 ^{e1}	0.152 ^g
		0.25~0.50	0.647 ^{e1}	0.166 ^{1g}
		0.50~0.75	0.59 ^{z1}	0.147 ^g
		0.75~1.00	-	-
	75	0.00~0.25	2.217 ^a	0.593 ^a
		0.25~0.50	2.300 ^a	0.617 ^a
		0.50~0.75	1.707 ^b	0.492 ^b
		0.75~1.00	1.253 ^c	0.377 ^{cd}
6	55	0.00~0.25	0.611 ^{e1}	0.154 ^g
		0.25~0.50	0.595 ^{e1}	0.157 ^g
		0.50~0.75	0.590 ¹	0.174 ^{1g}
		0.75~1.00	-	-
		0.00~0.25	2.333 ^a	0.600 ^a
		0.25~0.50	2.383 ^a	0.619 ^a
		0.50~0.75	1.377 ^c	0.328 ^{de}
		0.75~1.00	-	-
L S D			0.1875	0.0963

Mean value from 3 replications

a~g, means in the same column not followed by the same letter are significantly different(P<0.05), LSD: Least Significant Difference

Table 5-18 Contents of crude saponin of red ginseng with various age, dehydration temperature and ultrasonic velocity

Age (year)	Dehydration temp. (℃)	Normalization	
		data (Ultrasonic velocity)	Crude saponin(%)
4	55	0.00~0.25	4.56
		0.25~0.50	3.58
		0.50~0.75	7.19
		0.75~1.00	7.95
	75	0.00~0.25	5.03
		0.25~0.50	5.86
		0.50~0.75	5.84
		0.75~1.00	4.9
5	55	0.00~0.25	6.98
		0.25~0.50	6.01
		0.50~0.75	7.45
		0.75~1.00	-
	75	0.00~0.25	7.02
		0.25~0.50	7.93
		0.50~0.75	7.19
		0.75~1.00	6.645
6	55	0.00~0.25	7.13
		0.25~0.50	8.25
		0.50~0.75	8.775
		0.75~1.00	-
	75	0.00~0.25	7.21
		0.25~0.50	7.225
		0.50~0.75	8.45
		0.75~1.00	-

Table 5-19 Contents of Total saponin of Red ginseng with various age, dehydration temperature and ultrasonic velocity

Age (year)	Dehydration temp. (°C)	Normalization (Ultrasonic velocity)	Total saponin(%)
4	55	0.00~0.25	3.5333 ^{ab}
		0.25~0.50	3.4857 ^{abc}
		0.50~0.75	3.0286 ^{bcde†}
		0.75~1.00	3.7333 ^a
	75	0.00~0.25	2.5476 [†]
		0.25~0.50	3.3167 ^{abcde}
		0.50~0.75	2.9333 ^{cde†}
		0.75~1.00	2.8812 ^{de†}
5	55	0.00~0.25	2.8833 ^{de†}
		0.25~0.50	2.7167 [†]
		0.50~0.75	2.9881 ^{bcde†}
		0.75~1.00	-
	75	0.00~0.25	2.9427 ^{bcde†}
		0.25~0.50	2.9476 ^{bcde†}
		0.50~0.75	3.0119 ^{bcde†}
		0.75~1.00	3.0091 ^{bcde†}
6	55	0.00~0.25	2.6143 [†]
		0.25~0.50	2.8857 ^{de†}
		0.50~0.75	2.7619 ^{e†}
		0.75~1.00	-
	75	0.00~0.25	3.4143 ^{abcd}
		0.25~0.50	2.9976 ^{bcde†}
		0.50~0.75	2.9643 ^{bcde†}
		0.75~1.00	-
L S D			0.5948

Mean value from 3 replications

a~f, means in the same column not followed by the same letter are significantly different(P<0.05)

LSD: Least Significant Difference

바. 내공 측정

홍삼 내부의 내공을 측정하는 이유는 내부 조직을 판단하는 중요한 척도로써 조직이 치밀하고 견고하되, 머리밑 부분을 사선으로 절단하였을 때 내공의 직경을 측정하여 0.5mm이하의 직경과 10mm이하의 길이를 가진 것을 홍삼 중 천삼이라 하며, 2.0mm이하의 직경과 몸통의 1/4이하의 길이를 가진 것을 지삼이라 한다. 또한 양삼은 내공이 몸통길이의 1/2이하인 것을 칭한다. 본 실험에서는 제조된 홍삼의 뇌두에서 50mm이하인 곳을 저출력 초음파를 측정하여 초음파 속도에 따른 내공의 직경과 길이를 측정한 결과 표 5-20에서와 같이 4년근 수삼의 경우 55℃건조조건에서의 내공의 분포보다 75℃건조조건에서 적은 것으로 나왔으며, 초음파 속도가 증가함으로써 내공의 수가 감소하는 것으로 측정되었다. 5년근 수삼의 경우 건조 조건에 상관없이 초음파 속도 제 1구역, 2구역에서는 비슷한 분포를 나타냈으나, 초음파 속도가 증가함으로써 75℃건조조건에서의 내공의 분포가 55℃건조조건에서의 내공 분포보다 적은 것으로 측정되었다. 6년근 수삼의 경우 전체적인 내공이 분포는 모두 0.5mm이하의 것으로 측정되었으며, 초음파 속도의 증가에 따라 내공의 분포 또한 적은 것으로 나타났다.

Table 5-20 Average of inside-cavity red ginseng with various age, dehydration temperature and ultrasonic velocity

Age (year)	Dehydration temp. (°C)	Normalization (ultrasonic speed)	Inside-cavity			
			0.5mm 0.5mm	0.5mm	1mm	2mm
4	55	0.00~0.25	0.89	0.79	0.22	0.00
		0.25~0.50	1.34	0.59	0.34	0.10
		0.50~0.75	0.59	0.06	0.29	0.35
		0.75~1.00	-	-	-	-
	75	0.00~0.25	0.00	0.00	0.33	0.00
		0.25~0.50	0.25	0.35	0.05	0.00
		0.50~0.75	0.20	0.20	0.20	0.00
		0.75~1.00	-	-	-	-
5	55	0.00~0.25	2.5	0.33	0.42	0.33
		0.25~0.50	0.92	0.5	0.42	0.00
		0.50~0.75	0.75	0.00	0.17	0.00
		0.75~1.00	-	-	-	-
	75	0.00~0.25	1.38	0.54	0.23	0.23
		0.25~0.50	1.7	0.9	0.6	0.1
		0.50~0.75	0.00	0.00	0.33	0.00
		0.75~1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	55	0.00~0.25	0.89	0.78	0.22	0.00
		0.25~0.50	0.6	0.20	0.20	0.00
		0.50~0.75	1.43	0.29	0.00	0.00
		0.75~1.00	-	-	-	-
	75	0.00~0.25	2.29	0.71	0.00	0.21
		0.25~0.50	1.71	0.86	0.29	0.14
		0.50~0.75	1.2	0.00	0.2	0.1
		0.75~1.00	-	-	-	-

사. 내백 측정

홍삼의 내부 조직을 판단하는 중요한 척도로써 조직이 치밀하고 견고하
되, 머리밑 부분을 사선으로 절단하였을 때 내백의 직경과 길이를 측정하여
0.5mm이하의 직경과 10mm이하의 길이를 가진 것을 홍삼 중 천삼이라 하며,
2.0mm이하의 직경과 몸통의 1/4이하의 길이를 가진 것을 지삼이라 한다. 또
한 양삼은 내공이 몸통길이의 1/2이하이것을 칭한다. 본 실험에서는 제조된
홍삼의 뇌두에서 50mm이하인 곳을 저출력 초음파를 측정하여 초음파 속도에
따른 내백의 직경과 길이를 측정한 결과 표 5-21에서와 같이 나타났으며,
직경 2mm이상의 삼을 내백삼으로 규정하였다.

4년근 수삼의 경우 55℃ 건조 조건과 75℃ 건조조건에서 초음파 속도가 증
가함에 따라 내백삼의 분포가 적었으며, 특히 초음파 속도의 전 구간을 통
해서 내백삼이 적은 분포로 나타났다.

5년근 수삼의 경우 초음파 속도가 낮은 구간에서 내백삼의 확인이 됐으며
속도가 증가함에 따라 내백삼이 점차 감소하는 것으로 나타났다. 또한 건조
조건에서 동일한 분포를 보여 주었다.

6년근 수삼의 경우 전체적으로 4년근, 5년근 수삼에 비하여 내백삼의 분
포가 높았으나 75℃ 건조 조건, 초음파 속도 제 2구간에서는 내백삼이 확인
되지 않았다.

Table 5-21 Average of inside-white of Red ginseng with various age, dehydration temperature and ultrasonic velocity

Age (year)	Dehydration temp. (°C)	Normalization (ultrasonic speed)	Inside-white			
			0.5mm 이하	0.5mm	1mm	2mm
4	55	0.00~0.25	0.00	0.00	0.22	0.22
		0.25~0.50	0.00	0.07	0.31	0.24
		0.50~0.75	0.00	0.00	0.18	0.18
		0.75~1.00	-	-	-	-
	75	0.00~0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.25~0.50	0.00	0.00	0.05	0.20
		0.50~0.75	0.00	0.00	0.20	0.00
		0.75~1.00	-	-	-	-
5	55	0.00~0.25	0.00	0.17	0.25	0.42
		0.25~0.50	0.00	0.00	0.17	0.08
		0.50~0.75	0.00	0.00	0.4	0.00
		0.75~1.00	-	-	-	-
	75	0.00~0.25	0.00	0.00	0.15	0.23
		0.25~0.50	0.00	0.00	0.10	0.10
		0.50~0.75	0.00	0.00	0.00	0.10
		0.75~1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	55	0.00~0.25	0.22	0.44	0.11	0.33
		0.25~0.50	0.00	0.00	1.6	0.00
		0.50~0.75	0.00	0.00	0.71	0.57
		0.75~1.00	0.00	0.00	0.14	0.00
	75	0.00~0.25	0.00	0.00	0.21	0.14
		0.25~0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.50~0.75	0.00	0.00	0.00	0.20
		0.75~1.00	-	-	-	-

아. 품질 측정기준간의 상관관계

1) 4년근 55℃ 건조조건(표 5-22)

4년근을 55℃ 건조온도에서 건조하여 성분분석을 하고 이들 성분간의 상관관계를 본 결과 L-value와 a-value는 상관계수 -0.912로써 높은 상관관계를 보였으며($p < 0.0001$) brownness의 경우 redness와는 상관계수 0.765에서 조사포닌과는 -0.749에서 상관관계를 보였다 ($p < 0.01$). redness는 조사포닌과 상관계수 -0.671에서 상관관계를 보였다 ($P < 0.01$). Correlation을 본 결과 피어슨 상관 계수(Pearson Correlation Coefficients)는 0.324로써 매우 상관관계가 있었다 ($p < 0.001$).

2) 4년근 75℃ 건조조건

75℃ 건조조건에서는 표 5-23에서 보는바와 같이 55℃ 건조조건 보다 성분 상호간의 높은 상관관계를 보였으며 L-value의 경우 a-value와는 상관계수 -0.901 ($p < 0.001$), b-value와는 상관계수 -0.992 ($p < 0.0001$), 조사포닌과는 상관계수 0.739 ($p < 0.05$)의 상관관계를 보였다. a-value에서도 b-value와는 상관계수 0.945 ($p < 0.0001$), brownness와는 상관계수 0.865 ($p < 0.01$), redness와는 상관계수 0.719 ($p < 0.05$), crude saponin와는 상관계수 -0.936 ($p < 0.001$)에서 상관관계를 보였다. b-value에서는 brownness와 0.7611 ($p < 0.05$), 조사포닌과 -0.801 ($p < 0.01$)에서 상관관계를 나타내었다. Brownness의 경우 redness와 상관계수 0.943에서 높은 상관관계를 보였으며 ($p < 0.0001$), 조사포닌과는 상관계수 -0.825에서 상관관계를 보였다 ($p < 0.01$). Redness는 조사포닌과 상관계수 -0.741에서 상관관계를 보였다 ($p < 0.05$).

3) 5년근 55℃ 건조 조건(표 5-24)

5년근을 55℃에서 건조시킨 제품의 L-value는 b-value와 상관계수 -0.952

에서 높은 상관관계를 나타내었으며 ($p < 0.0001$), 조사포닌과 상관계수 -0.671 에서 상관관계를 보였다 ($p < 0.05$). Redness에서 조사포닌과 상관계수 -0.688 로 상관관계를 보였다 ($p < 0.05$)

4) 5년근 75℃ 건조조건(표 5-25)

5년근의 75℃ 건조조건에서는 L-value와 a-value와는 상관계수 -0.926 에서 상관관계를 보였으며 ($p < 0.001$), a-value와 조사포닌과는 상관계수 -0.725 에서 상관관계를 보였다 ($p < 0.05$). Brownness와 redness와는 상관계수 0.871 에서 상관관계를 보였다 ($p < 0.01$)

5) 6년근 55℃ 건조조건(표 5-26)

6년근의 55℃ 건조 조건에서는 L-value와 a-value와는 상관계수 -0.922 에서 상관관계를 보였으며 ($p < 0.001$), b-value와는 상관계수 -0.975 에서 높은 상관관계를 나타내었고 ($p < 0.0001$), redness와는 -0.637 에서 상관관계를 나타내었다 ($p < 0.05$).

6) 6년근 75℃ 건조조건(표 5-27)

6년근을 75℃ 건조조건에서 제조하여 성분분석을 한 후 성분 상호간의 상관관계를 조사해 본 결과 총사포닌을 제외한 거의 모든 품질측정요소들과 상관관계를 나타내었다. L-value는 a-value와 상관계수 -0.978 ($p < 0.0001$), b-value와는 상관계수 -0.912 ($p < 0.001$), brownness와는 상관계수 -0.847 ($p < 0.01$), redness와는 상관계수 -0.913 ($p < 0.001$), 조사포닌과는 상관계수 0.961 ($p < 0.0001$)에서 상관관계를 나타내었다. a-value는 b-value와 상관계수 0.953 ($p < 0.0001$), brownness와는 상관계수 0.817 ($p < 0.01$), redness와는 상관계수 0.901 ($p < 0.001$), 조사포닌과는 상관계수 -0.971

($p < 0.0001$)에서 상관관계를 나타내었다. b-value에서는 brownness와는 상관 계수 0.859 ($p < 0.01$), redness와는 상관계수 0.929 ($p < 0.001$), 조사포닌과는 상관계수 -0.934 ($p < 0.001$)에서 상관관계를 나타내었다. Brownness에서는 redness와 상관계수 0.952 ($p < 0.0001$), redness와는 상관계수 -0.849 ($p < 0.01$)에서 상관관계를 나타내었다. Redness는 조사포닌과 상관계수 -0.982에서 상관관계를 나타내었다 ($p < 0.01$).

Table 5-22 Correlation coefficients among color intensity, absorbance and contents of crude and total saponins of 4-year-old red ginseng at 55°C drying condition

QP ^a	L	a	b	BR	RD	CS	TS
L	1	-0.912****	0.408	-0.085	-0.066	0.072	-0.582
a		1	-0.281	-0.076	-0.111	0.232	0.524
b			1	0.103	0.259	0.115	0.131
BR				1	0.765**	-0.749**	0.344
RD					1	-0.671**	0.471
CS						1	-0.141
TS							1

n = 12

*Correlations are significant at $P < 0.05$

**Correlations are significant at $P < 0.01$

***Correlations are significant at $P < 0.001$

****Correlations are significant at $P < 0.0001$

^aQP(Quality Parameter) : Hunter "L", "a", "b"; Brownness(440nm, BR); Redness(520nm, RD); Crude saponin(CS); Total saponin(TS)

Table 5-23 Correlation coefficients among color intensity, absorbance and contents of crude and total saponins of 4-year-old red ginseng at 75°C drying condition

QP ^a	L	a	b	BR	RD	CS	TS
L	1	-0.901***	-0.992****	-0.699	-0.531	0.739*	0.149
a		1	0.945****	0.865**	0.719*	-0.936***	-0.303
b			1	0.7611*	0.589	-0.801**	-0.193
BR				1	0.943****	-0.825**	-0.366
RD					1	-0.741*	-0.435
CS						1	0.459
TS							1

n = 9

*Correlations are significant at P<0.05

**Correlations are significant at P<0.01

***Correlations are significant at P<0.001

****Correlations are significant at P<0.0001

^aQP(Quality Parameter) : Hunter "L", "a", "b"; Brownness(440nm, BR); Redness(520nm, RD); Crude saponin(CS); Total saponin(TS)

Table 5-24 Correlation coefficients among color intensity, absorbance and contents of crude and total saponins of 5-year-old red ginseng at 55°C drying condition

QP ^a	L	a	b	BR	RD	CS	TS
L	1	-0.198	-0.952****	0.449	0.524	-0.671*	-0.055
a		1	0.427	-0.226	0.188	-0.127	-0.296
b			1	-0.464	-0.518	0.612	-0.055
BR				1	0.55	-0.688*	-0.27
RD					1	-0.571	0.112
CS						1	0.511
TS							1

n = 9

*Correlations are significant at P<0.05

**Correlations are significant at P<0.01

***Correlations are significant at P<0.001

****Correlations are significant at P<0.0001

^aQP(Quality Parameter) : Hunter "L", "a", "b"; Brownness(440nm, BR); Redness(520nm, RD); Crude saponin(CS); Total saponin(TS)

Table 5-25 Correlation coefficients among color intensity, absorbance and contents of crude and total saponins of 5-year-old red ginseng at 75°C drying condition

QP ^a	L	a	b	BR	RD	CS	TS
L	1	-0.926***	-0.461	0.203	0.14	0.613	0.137
a		1	0.478	-0.314	-0.372	-0.725*	0.208
b			1	-0.608	-0.462	-0.136	0.037
BR				1	0.871**	0.191	0.375
RD					1	0.444	-0.533
CS						1	-0.257
TS							1

n=9

*Correlations are significant at $P < 0.05$

**Correlations are significant at $P < 0.01$

***Correlations are significant at $P < 0.001$

****Correlations are significant at $P < 0.0001$

^aQP(Quality Parameter) : Hunter "L", "a", "b"; Brownness(440nm, BR); Redness(520nm, RD); Crude saponin(CS); Total saponin(TS)

Table 5-26 Correlation coefficients among color intensity, absorbance and contents of crude and total saponins of 6-year-old red ginseng at 55°C drying condition

QP ^a	L	a	b	BR	RD	CS	TS
L	1	-0.922***	-0.975****	0.187	-0.637*	-0.378	0.125
a		1	0.939***	-0.175	0.626	0.265	-0.148
b			1	-0.158	0.569	0.228	-0.164
BR				1	0.158	-0.279	-0.357
RD					1	0.473	0.203
CS						1	0.258
TS							1

n = 9

*Correlations are significant at P<0.05

**Correlations are significant at P<0.01

***Correlations are significant at P<0.001

****Correlations are significant at P<0.0001

^aQP(Quality Parameter) : Hunter "L", "a", "b"; Brownness(440nm, BR); Redness(520nm, RD); Crude saponin(CS); Total saponin(TS)

Table 5-27 Correlation coefficients among color intensity, absorbance and contents of crude and total saponins of 6-year-old red ginseng at 75°C drying condition

QP ^a	L	a	b	BR	RD	CS	TS
L	1	-0.978****	-0.912***	-0.847**	-0.913***	0.961****	-0.324
a		1	0.953****	0.817**	0.901***	-0.971****	0.411
b			1	0.859**	0.929***	-0.934***	0.554
BR				1	0.952****	-0.849**	0.346
RD					1	-0.892**	0.314
CS						1	-0.428
TS							1

n = 9

*Correlations are significant at P<0.05

**Correlations are significant at P<0.01

***Correlations are significant at P<0.001

****Correlations are significant at P<0.0001

^aQP(Quality Parameter) : Hunter "L", "a", "b"; Brownness(440nm, BR); Redness(520nm, RD); Crude saponin(CS); Total saponin(TS)

제4절 근적외선 분석법을 이용한 수삼의 성분분석

1. 서론

수삼은 8 -10월에 채굴되어 단기간에 가공처리 되어야 하므로 원료 처리량의 과다로 인한 제조공정상의 문제점을 수반하고 있다. 그러나, 제조공정시의 처리조건 등이 복잡하여 우량홍삼을 제조하는데는 상당한 고난도의 고정이 요구되고 있다. 아울러 인삼은 모든 농작물 중에서 가장 고가의 작물이며 제조후의 홍삼에서도 균열, 체형, 내공, 내백 등 복잡한 품질인자에 의하여 가격이 10배 이상 차이가 있고 제조전 원료의 파괴가 실질적으로 불가능하기 때문에 과학적인 공정분석에 의한 자동화 시스템의 개발이 요구되는 실정이다.

근적외선은 가시광선과 중적외선(mid-infrared)사이에 존재하는 빛으로 800 ~ 2500 nm($12,000 \sim 4,000 \text{cm}^{-1}$)사이에 존재한다. 결국 가시광선보다는 에너지가 낮고 중적외선 보다는 에너지가 높다. 근적외선에서의 흡수는 주로 중적외선에서 유래되는 -CH, -OH, -NH작용기 분자진동의 결합대(combination band)와 배음대(overtone band)로 나타난다. 결합대와 배음대로 나타나는 근적외선에서의 흡수는 흡광도가 많이 약해지기 때문에 중적외선에 흡수가 강한 -CH, -OH, -NH작용기의 정보가 주로 나타나게 된다.

근적외선 지역에서 파장이 낮은 지역을(1100~1650 nm) 사용할 경우 보통 경로길이가 10~20 mm 정도가 가능하며, 반대로 파장이 긴 지역을(1650 ~ 2500 nm) 사용할 경우 경로 길이를 1~4 mm 정도로 사용하여야 한다. 2차 배음대 흡수 위치의 계산은 이론적으로 약간 다르게 나타나게 되며, 이는 배음대로 갈수록 분자운동의 비대칭성이(anharmonicity)증가되기 때문이다.

흡광도의 크기가 중적외선과 비교해 보면 10~1000배까지 낮다. 이런 낮은 흡광도로 정량적인 분석이 어려웠다. 그리하여 1980년대 이전에는 근적

외선 분광법에 대한 연구가 활발히 진행되지 않았으며, 제한된 분야에서 미국과 캐나다를 중심으로 대두종의 수분, 소맥의 수분 단백질 함량분석 등 주로 농업분야에서 한정적으로 사용되고 있다.

최근 식품분야에서는 조등(1998)이 근적외 분광분석법에 의한 백삼, 인삼 엑기스, 분말인삼차의 품질측정 및 사과와 비파의 품질 측정 가능성 조사, 후지사과의 사과산 함량 측정, 참깨 원산지 판별, 잎담배의 품질측정 자동화에 관한 연구가 있으며, 차등(1996)은 근적외 분광분석법을 이용한 마요네즈의 식염농도, 조등(1998) 밥의 노화도측정, 전등(1996)은 감자칩의 지방함량 측정, 이등은 콩기름의 산패도 측정, Yasumoto등(1996)은 쇠고기의 heme과 nonheme분석, S.R. Delwiche(1998)는 밀알의 단백질 함량 측정등 다양하게 이용하는 추세이다.

따라서, 본 연구는 수삼에서 근적외분광분석법을 이용하여 홍삼의 품질에 영향을 미치는 일반성분을 미리 예측하여 좀 더 고품질 홍삼이 될 것을 선별하는데 있으며, 간편하고 보다 객관적인 품질선별법을 개발하기 위해 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 재료

본 실험에 사용한 수삼은 2000년 9월 경기도 화성에서 채굴한 것으로 6년 근 각각 30지씩, 특히 시료 개체간의 차이를 줄이기 위하여 크기와 굵기가 비슷한 것을 선별하여 사용하였다.

나. 방법

1) 일반성분 분석

A.O.A.C 방법에 준하여 수분은 105℃상압가열 건조법, 조회분은 전기회화

로(Fisher Furnace Model 184A)에서 500℃로 24시간 직접 회화법으로, 조섬유는 산-알칼리 분해법으로 각각 정량하였다.

2) 전분함량 측정

전분함량 측정은 A. J. SENSABAUGH(1992)의 방법에 따라 이용한 것으로 분쇄하여 150 mesh sieve로 시료 100~500mg을 넣고 color removing soln.(NaCl:D.W=80g:250 용해 후 MeOH 750ml을 첨가하여 방치 후 여과한다.) 25ml을 첨가한다.

72℃ 항온수조에서 10분 가열, 냉각 후 2000rpm에서 10분 원심분리한 다음, ppt에 Perchloric acid(75%-HClO₄:D.W=300:224(V/V)) 10ml가하여 10분 방치한다. 물을 10ml을 넣고 15,000rpm에서 15분간 원심분리한 후 2개의 시험관에 상징액 1ml씩 분취한다(A, B)

A에 물 9.5ml을 넣고 물을 대조구로 600nm에서 흡광도를 측정하고(Aa), B에 물 9ml을 넣고 Iodine soln. 0.5ml을 넣은 용액을 대조구로 흡광도를 측정한다(Ab).

표준곡선은 수분을 정확히 알고 있는 Soluble Starch 0.1g을 달아 perchloric acid 10ml을 첨가하여 용해한후 10분간 방치한다. 증류수로 100ml로 정용한후 100ml메스플라스크 5개 각각에 상기액을 1, 2, 3, 4, 5ml 및 perchloric acid 5ml을 첨가한 다음 증류수로 100ml로 정용한다. 각각에서 10ml씩 분취하여 KI-I용액 0.5ml를 첨가한 후 잘 흔들어준 다음 600nm에서 흡광도를 측정한다.

$$\text{전분함량(\%)} = \frac{\text{검량선에서구한전분함량(mg)}}{\text{시료무게(mg)}} \times 100$$

3) 무기성분 분석

시료 5g을 550℃의 회화로에서 회화시켜 냉각한 다음 HCl(1:4) 5ml에 용해하여, Millipore Q system(Waters, USA)에 통과시키고서, 물을 가하여 50ml로 한 다음 여과지 (Toyo Filter No.2)로 여과한 후, 원자흡광 분광광도계(Varian Spectra Model AA-30, Germany)로 각 성분을 표5-28의 조건 하에서 무기성분을 정량하였다.

Table 5-28 Operating conditions of each elements in atomic absorption spectro - photometer

Item \ Elements	Ca	Mg
Wave length (nm)	422.7	285.2
Lamp current (mA)	6.0	3.0
Fuel rate (ℓ \ min)	4.1	0.8
Analysis time (sec)	4.0	4.0
Band pass (nm)	0.5	0.5
Fuel	N ₂ O-C ₂ H ₂	N ₂ O-C ₂ H ₂
Working range(ppm)	1	1
	10	10
	100	100

4) 근적외분광분석

모든 시료는 근적외선 분광광도계 (FOSS NIR Systems社 Model 6500 spectrophoto-meter U.S.A)로 측정하였고, 근적외분광분석 스펙트럼 측정은 400~2500nm범위에서 수삼 자체를 실온에서 scanning 한 후 얻은 스펙트럼을 Standard Normal Variance와 Detrend로 입도 차이에서 오는 산란을 보정

하였으며 각 성분으로부터의 중첩에서 기인하는 오차를 최소화하기 위해 1차 미분 (1st derivative) 후 다시 2차 미분(2nd derivative)으로 스펙트럼을 처리하여 데이터 분석 및 각각의 성분에 대한 검량식을 작성하고 이를 미지의 시료에 적용하여 그 결과를 얻었다.

5) 통계 처리 및 검량식 유도

실험치와 NIR 데이터의 통계적인 모집단 분포의 해석과 그 상관관계에 의한 통계분석은 Infracsoft International Software WINISI로 사용 계산하였다.

근적외선 분광분석법에 의한 수삼의 일반성분을 분석하기 위해 각 성분별의 모집단 분포를 해석하여 향후 미지시료 분석의 가부를 판단하는 주요 좌표를 삼을 수 있을 뿐 아니라 검량식을 확장하는데 이를 보충자료로서 활용할 수 있으므로 상당히 중요한 역할을 수행한다. 이를 위해 각시료의 얻어진 스펙트럼으로부터 주요 인자를 분석(Principal Component Analysis) 한 후 시료군 $X = (PCA1+y1)+(PCA2+y2)+(PCA3+y3)\dots\dots(PCAn+yn)$ 이 PCA의 축으로부터의 거리 (Mahalanobis Distance)를 평가하여 모집단 분포를 해석할 수 있다.

이때 판별변수 $XT = [x1, x2, \dots, xn]$ 가 다변량정규분포를 따른다는 가정하에 미지의 개체와 각 클래스(class) 평균과의 Mahalanobis 거리를 계산하여 가장 가까운 클래스에 귀속시키는 것이다(Mark and Tunnell, 1985; Mark, 1992). 미지의 개체와 i번째 클래스 평균과의 Mahalanobis 거리 D^2 은 다음 식(2-1)과 같이 정의된다.

$$D^2 = (x - \mu_i)^T \Sigma^{-1} (x - \mu_i) \quad (2-1)$$

여기서, x = 미지의 개체 x 의 위치 벡터

x_i = i번째 클래스의 평균의 위치 벡터
 Σ = i번째 클래스의 분산-공분산 행렬

판별에 가장 유의한 PCA를 선택할 때 판별하고자 하는 클래스가 소수라면 클래스 평균간의 Mahalanobis 거리를 직접 비교하여 선택할 수 있지만, 클래스가 다수인 경우에는 Mahalanobis 거리의 합이 최대가 되는 PCA를 선택하거나 식 (2-1)과 같이 Mahalanobis 거리의 역수의 합이 최소가 되는 PCA를 선택한다. Mahalanobis 거리의 합은 주로 Mahalanobis 거리가 큰 값, 즉 판별이 잘되는 클래스의 영향을 많이 받는 반면, Mahalanobis 거리의 역수의 합은 작은 값의 영향을 많이 받는다. 판별분석에서 문제가 되는 것은 판별이 쉽게 되지 않는 클래스들 즉, Mahalanobis 거리가 작은 클래스간의 판별이기 때문에 식 (2-2)과 같은 거리의 역수의 합을 PCA선택 판별기준 (Criterion) 으로 사용하여 판별기준 값이 최소가 되는 PCA를 선택하였다.

$$\text{Criterion}(P) = \sum_{i=1}^C \sum_{j \neq 1}^C \frac{1}{D_{ij}^2(P)} \quad (2-2)$$

여기서, $D_{ij}(P)$ = 특정 PCA에서 I번째 클래스 평균간의 Mahalanobis 거리
 C = 판별하고자 하는 클래스의 수

만약 판별하고자 하는 두 클래스가 정규분포를 따르고 분산-공분산 행렬이 같다면 Mahalanobis 거리를 이용한 판별분석은 Bayes의 선형판별함수와 같은 결과를 얻는다.

근적외선 분광분석법에 의한 수삼의 일반성분의 측정은 이 실험치와 스펙

트럼과의 상관 관계를 유도하는 것인데 이러한 성분의 변위가 스펙트럼에 미치는 영향은 상당히 미미할 뿐 아니라 상호작용에 의한 간섭현상이 심해 일반적으로 단변량 검량식(Univariate calibration) 보다 다변량 검량식(Multivariate calibration)이 훨씬 잘 맞는 결과를 얻을 수 있고 이의 경우 크게 검량식의 작성(calibration)과 검증(prediction)으로 나뉘볼 수 있으며 calibration에서는 그 유도방법에 따라 다중선형회귀분석(Multiple Linear Regression:MLR) 과 기본요소회귀분석(Principal Component Regression:PCR), 부분최소제곱분석(Partial Least Square Regression : PLSR) 등으로 대별하고 있으며 이중에서 특히 PLSR 방법의 결과가 우수하기 때문에 많이 사용하고 있다. 이 방법은 일반적으로 다음과 같이 계산된다.

$$x_i = b_0 + b_1 * t_{i1} + b_2 * t_{i2} + \dots + b_h * t_{ih} + e_i \quad (2-3)$$

여기서 t_{ik} 는 i 에 관련된 k score이다. 각 점수는 다음과 같이 구성된다.

$$t_{ik} = r_{k1} * y_{i1} + r_{k2} * y_{i2} + \dots + r_{kq} * y_{iq} \quad (2-4)$$

$$x = b_0 + b_1 * t_1 + b_2 * t_2 + \dots + b_n * t_n \quad (2-5)$$

여기서 $t_k = r_{k1} * y_1 + r_{k2} * y_2 + \dots + r_{kq} * y_q$ 이다. x 는 새로운 종에 연관된 기기의 측정치의 linear combination이다. (예를 들면, $x = a_0 + a_1 * y_1 + a_2 * y_2 + a_q * y_q$) 각 방법의 차이는 $\{a_j\}$ 의 coefficient set와 이것을 얻는 방법에 의해 정해진다.

PLSR 방법은 스펙트럼 행렬을 고유벡터 집합과 스코어로 분해하고 회귀시키기 전, 분해과정시에 농도정보를 사용한다. 이런 이유로 고농도의 스펙트럼은 저 농도의 스펙트럼보다 더 많은 가중치를 가진다. PLSR는 기존에 존

재하는 스펙트럼 데이터와 구성 농도사이의 상호관계를 이용하는 것에 불과하다. 스펙트럼 데이터는 가장 일반적인 변형 형태별로 분해 될 수 있으므로 농도 데이터 또한 분해가 가능하다. 따라서 두 개의 벡터 집합과 그에 상응하는 두 개의 스코어 집합이 생성된다. 그중 하나는 스펙트럼 데이터 다른 하나는 구성농도를 위한 것이다. 추측컨대 두 개의 스코어 집합은 회귀모델을 통해 서로 연관되므로 보정이 가능하다.

PLSR은 단일단계 공정으로서 분리된 회귀 단계가 없는 대신 스펙트럼 데이터와 농도 데이터에 대한 분석을 동시에 실시한다. 모델에 대한 각각의 새로운 인자가 계산되면 그 인자의 기여도가 초기 데이터에서 제거되기 전에 스코어는 변환되어 새롭게 형성된 데이터 행렬은 다음 인자를 계산하는데 쓰이고 그 과정은 설정된 인자수에 도달할 때까지 반복되어 최종의 스펙트럼 데이터가 관심 있는 구성요소에 직접 관계를 갖는 것이다.

PLSR와 PCR의 가장 큰 차이점은 농도 정보가 스펙트럼 분해시 계산 과정에 포함된다는 것이 큰 특징이다. PLSR 모델은 스펙트럼 행렬을 고유벡터 집합과 스코어로 분해하는데 이 때 농도 정보를 이용한다. 일반적인 스펙트럼 분석에 필요한 요인 수를 증가시키면서 PRESS(Prediction Residual Error Sum of Square)의 변화를 관찰하여 그 값이 수렴될 때의 요인 수를 최적의 요인수로 보고 이를 이용한 모델을 미지 시료의 예측에 이용한다.

$$PRESS = \sum_{i=1}^n (y - y_n)^2$$

여기서 n=시료의 수

y= PLS 회귀 분석에 의한 예측값

y_n= 실험에 의한 측정값

SEC(Standard Error of Calibration)는 검량식의 오차로 정확도의 상한선

을 나타내는 통계적 변수이다. 즉, calibration set를 이용하여 각성분 측정 검량식을 작성시 발생하는 오차이다. 검량식이 모델자체에 적용되었을 때 그 SEC는 다음과 같이 계산된다.

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum f_i^2}{N-K-1}} \quad (2-7)$$

이 때 N은 검체의 개수이고 K는 factor의 개수이다. PLSR은 standard regression과 같이 사용자 간의 교환이 가능하지 않기 때문에 가장 좋은 정량성을 가지는 factor 개수를 결정하는 수단이 필요하게 되어 internal cross validation을 이용하여 검증하였다.

SEP(Standard Error of Prediction)는 검량식의 검증시 발생하는 검량식 검증오차이며 다음과 같이 계산된다.

$$SEP = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(C_{actual} - C_{estimated})^2}{n}} \quad (2-8)$$

C actual은 조제한 실험실 표준품의 농도이고, C estimated는 NIR로 계산된 농도이다. n은 검증 set에서의 검체수이다. SEP는 이미 작성된 검량식을 검증하기 위하여 미지의 시료(unknown sample) validation 검증 시 발생하는 오차이다.

3. 결과 및 고찰

가. 일반성분

수삼의 일반성분은 표 5-29와 같다. 수분은 78.77%, 전분은 13.12%, 조섬유는 7.33%, 회분은 5.26%, Ca과 Mg은 399.66, 106.50mg/100g으로 나타났다.

Table 5-29 The proximate composition of Fresh ginseng at cultivated 6years

Proximate composition						
	Moisture	Crude starch	Crude fiber	Ash	Ca	Mg
1	61.67	19.50	6.45	3.81	225.25	90.02
2	78.62	13.89	10.50	5.79	358.70	131.67
3	73.98	13.27	5.01	6.77	475.15	116.37
4	78.35	10.82	5.99	6.65	583.95	104.89
5	63.64	19.01	3.58	4.13	146.20	63.16
6	59.18	15.30	6.50	5.81	215.90	40.72
7	63.80	17.64	4.82	5.58	424.15	118.32
8	80.39	14.60	5.17	5.73	377.40	128.38
9	82.92	11.92	5.82	5.49	561.85	94.10
10	77.25	16.91	5.50	5.84	463.25	86.45
11	81.30	13.07	6.32	5.65	413.10	117.47
12	74.72	17.13	6.63	4.39	331.50	126.40
13	79.28	17.49	7.47	4.22	318.75	105.91
14	63.16	17.18	4.75	3.62	278.80	102.51
15	81.01	12.69	7.90	4.28	357.00	95.20
16	70.32	19.93	4.43	4.57	336.60	106.59
17	74.79	17.39	6.03	5.26	448.80	96.56
18	72.03	13.61	6.01	4.94	447.10	91.46
19	72.73	7.08	5.23	4.73	338.30	134.64
20	73.33	13.21	6.03	4.62	307.70	127.76
21	67.58	14.55	20.20	4.40	377.40	109.23
22	78.74	14.52	2.34	3.85	379.10	115.60
23	73.09	6.58	6.25	5.45	475.15	107.78
24	75.28	18.44	4.95	4.19	286.45	108.78
25	65.56	13.15	5.42	5.47	512.55	125.89
26	74.51	12.19	7.96	6.60	490.45	127.93
27	75.00	8.15	5.98	5.83	371.45	117.43
28	71.96	10.30	4.82	4.57	352.75	103.11
29	77.72	8.06	32.66	7.53	606.05	125.80
30	75.30	12.84	7.98	5.92	512.55	127.69

나. 수삼의 NIR 스펙트럼

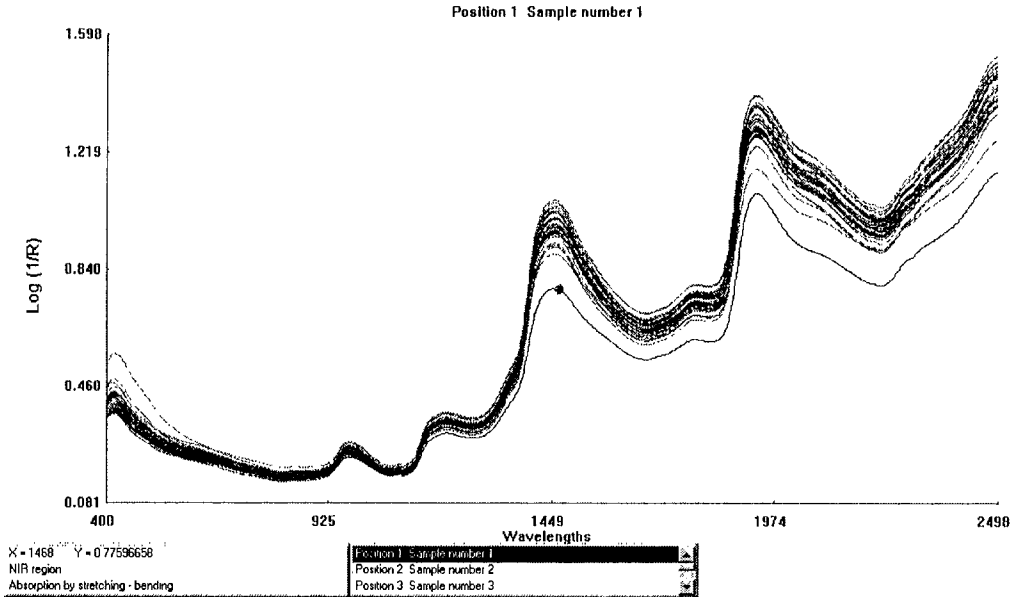


Fig. 5-8 Absorbance spectra of Fresh ginseng at cultivated 6 years.

그림 5-8에서 보는 바와 같이 400 nm에서 2500 nm 대역에서 스펙트럼을 얻었다. 가시광대역인 400nm에서 700nm는 주로 색도와 관련된 영역으로 향후 색차계에 의해 brightness L, green/brown a, yellow/blue b값과 연관지어 색도를 분석하는데 유용할 것이다.

700nm에서 2500nm의 대역은 근적외 영역으로서 흡광도의 차이가 큰 것은 일반 화학성분의 변위 보다도 입도 및 물성의 변위에 기인하는 기준선의 변동이 더 심하기 때문에 2500 nm대역으로 갈수록 이 변위가 심화되는 것은 다중산란(multiplicative scatter)현상에 의해 흡광도가 증가하기 때문이다. 1900 nm의 대역 이상에서는 1940 nm에서 수분에 의한 O-H band peak가

나타나고, 2040 nm에서 주로 질소에 기인하는 N-H band가 그리고 2300 nm의 대역에 지방에 기인하는 C-H band peak가 크게 보이며, 1900 nm 이하에는 이주된 3개의 peak가 연속적으로 나타나며 가시광으로 갈수록 흡광도가 적어지며 또한 중첩되면서 소멸되는 양상의 스펙트럼을 얻을 수가 있었다.

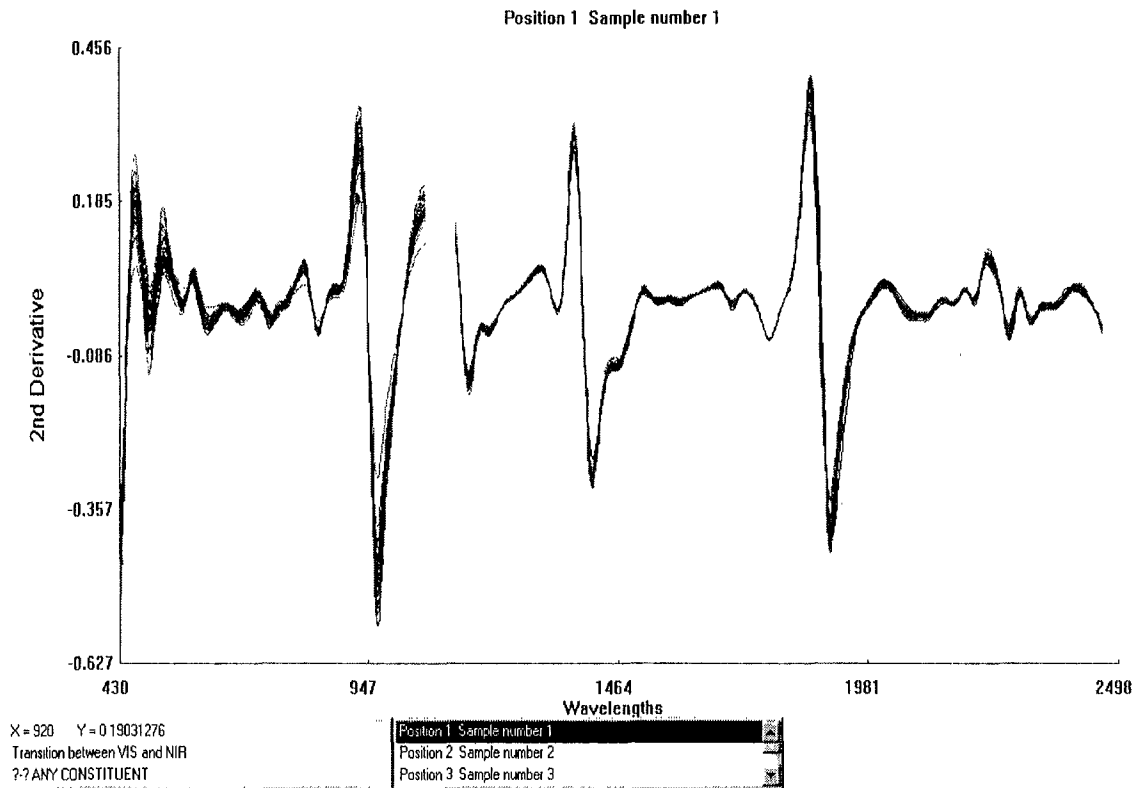


Fig. 5-9 Second derivative absorbance spectra of Fresh ginseng at cultivated 6years

근적외분광 분석법을 이용하여 일반적으로 스펙트럼을 얻게되면 입도 등 물성에 의한 차이의 흡광도 변위가 크므로 우리가 얻고자 하는 화학 성분의

변위를 잘 파악 할 수가 없다. 이를 위해 그림 5-9와 같이 산란 보정 및 수 처리를 하게 되면 더 확연한 분리로 원치 않은 기준선의 변위를 최소화함으로써 데이터 해석에 정확도를 기할 수가 있다.

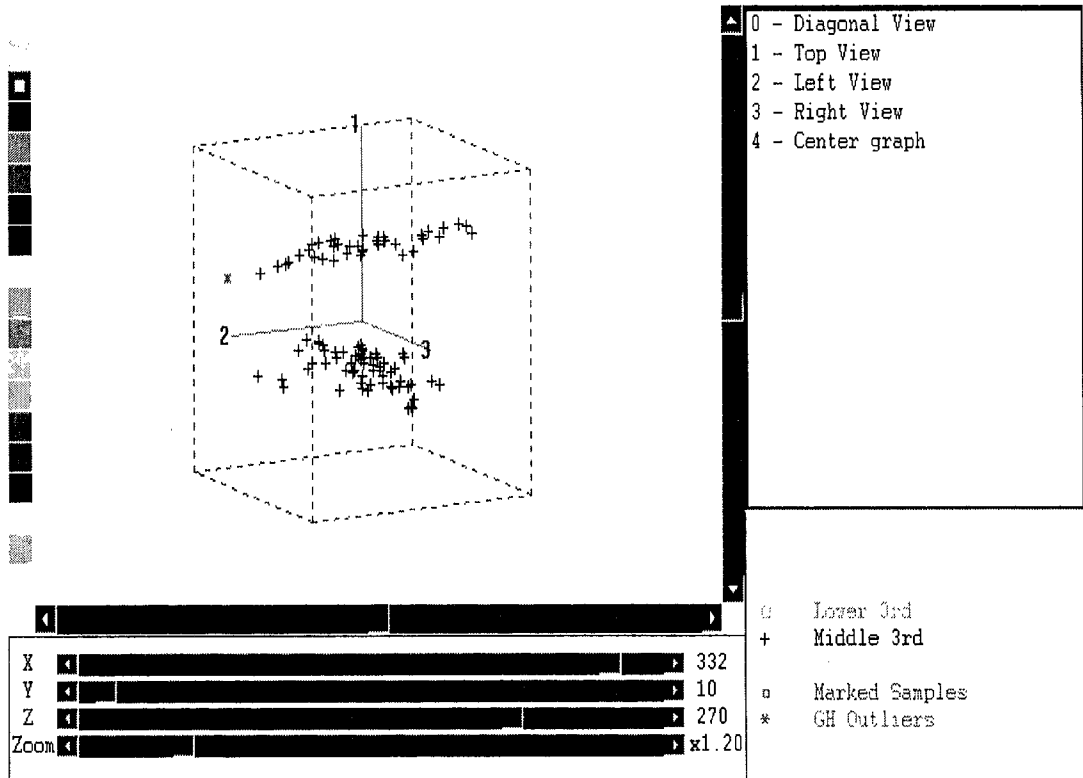


Fig. 5-10 Three dimensional display of tea sample from 3 major principal component analysis axis in Fresh ginseng.

위에서 얻어진 스펙트럼을 이용하여 39점의 시료를 기본요소분석 (principal component analysis)을 수행하여 각 기본요소를 중심으로의 거리(Maharanobis Distance)를 구해 모집단 분석해본 결과 그림 5-10과 같은 모집단 분포의 3차원 도식을 얻을 수 있었다.

여기에서 각 축 1, 2, 3 은 주성분을 나타내 크게 두 부분으로 분류되는

모집단 분포를 보여주는데 이러한 분포의 특이성은 수삼의 성장별에서 유래되는 차이 및 여러 가지 다양한 가능성을 시사하고 있다. 각 집단별로 살펴보면 중앙에 군집이 형성된 것을 알 수가 있고 이러한 정규분포의 양상은 자연계에서 흔하게 나타나는 대표적인 시료군의 형태로서 스펙트럼의 차이만을 가지고 모집단의 분포를 나타낸 것이 기존 분석 방법으로 분석한 결과의 실험치 분포 그림과 비교할 때 거의 일치함을 볼 수가 있다.

다. 수삼 성분분석 및 근적외분광분석

근적외분광분석법을 이용 검량선을 작성하기 위해서는 고른 분포를 갖는 시료 군이 필요하나 자연에 존재하는 시료는 이를 인위적으로 조작 할 수가 없어 장기간에 걸쳐 꾸준히 다양한 표본을 확보해야 할 필요성이 있으며 이렇게 되면 넓은 범위의 검량선을 작성 할 수 있으며 그동안 주성분 분석을 이용 분석의 안전성을 도모할 수 있을 뿐 아니라 빈 공간의 확보에도 유용한 결과를 얻을 수 있다.

각 성분별 작성된 검량식을 살펴보면 대체로 기존의 분석 방법에 의존하여 유도되므로 그 정확도 및 오차도 이에 준하여 결과를 얻었다.

1) 수 분 (Moisture)

수분은 홍삼 제조시 갈변에 지대한 영향이 미치며, 홍삼의 품질 및 저장성과도 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다.

수분 함량의 범위가 65.56~82.92%이고, 평균 75.57%였다.(표 5-29)

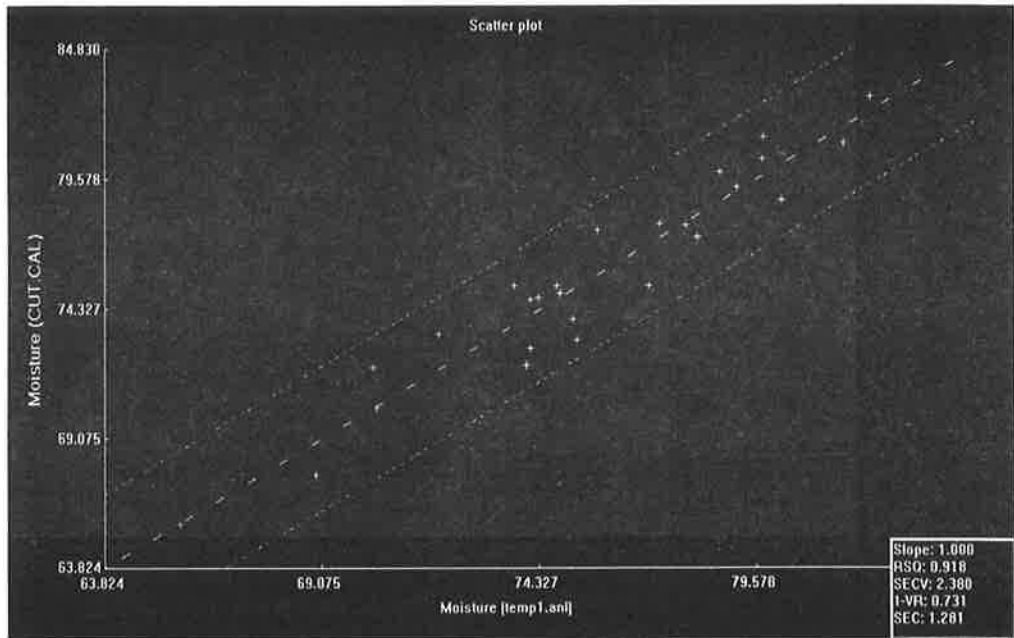


Fig. 5-11 Relationship between predicted moisture contents acquired by NIR and lab. analyses in Fresh ginseng at cultivated 6 years.

그림 5-11는 검량선 작성시 수분 함량의 일반분석법에 의한 분석치와 NIR에서 도출 해낸 분석치와의 상관관계를 나타낸 것이다.

두 분석치 간의 결정계수(R^2)가 0.918로 검량식 작성이 매우 적당하였다. (표 5-30)

2) Crude starch

전분함량은 홍삼을 제조 시 선택 및 내공, 내백에 영향을 미치는 성분으로, 매우 유의한 상관 관계를 가지고 있는데 전분함량은 7.08 ~ 19.93%이고, 평균 13.84%였다.

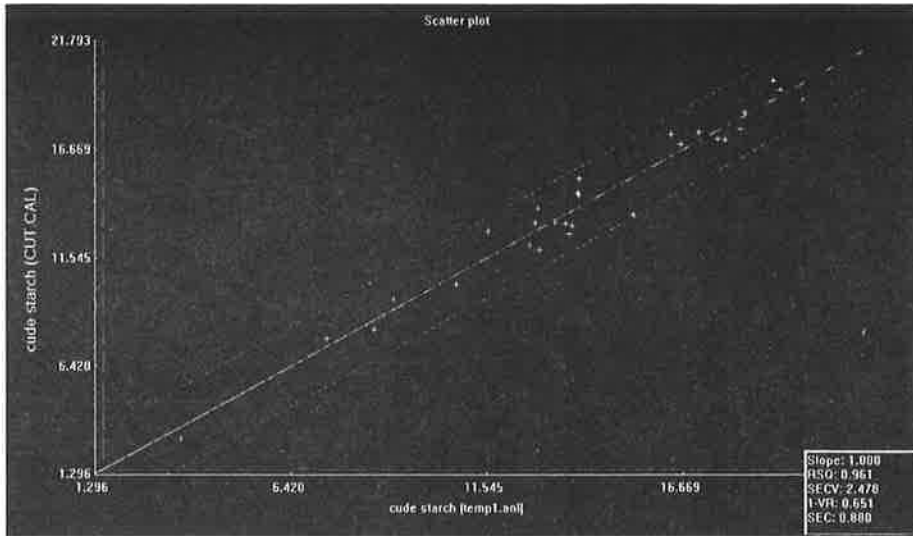


Fig. 5-12 Relationship between predicted crude starch contents acquired by NIR and lab. analyses in Fresh ginseng at cultivated 6 years.

그림 5-12는 검량선 작성시 전분함량의 일반분석치와 NIR분석치와의 상관 관계를 나타낸 것이다. 두 분석치 간의 결정계수(R^2)가 0.951로 검량식 작성이 매우 적당하였다. (표 5-30)

3) Crude Ash

회분은 홍삼의 품질의 지표가 되고 있는 내백에 영향을 많이 미치는 것으로 알려져 있다. 내백수삼이 정상수삼의 중심부보다 회분함량이 높다고 보고 되어있다. 표 5-29에서 보는 바와 같이 회분함량은 3.62~6.77%이고 평균 5.35%였다.

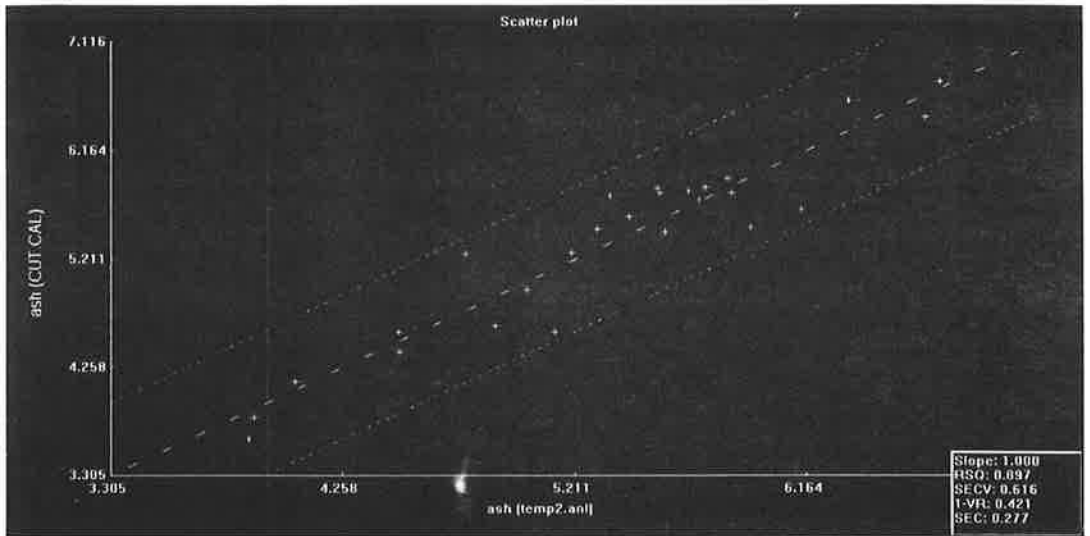


Fig. 5-13 Relationship between predicted crude ash contents acquired by NIR and lab. analyses in Fresh ginseng at cultivated 6 years.

그림 5-13은 검량선 작성시 조회분 함량의 일반분석법에 의한 분석치와 NIR에서 도출 해낸 분석치와의 상관관계를 나타낸 것이다.

두 분석치 간의 결정계수(R^2)가 0.897로 검량식 작성이 적당하였다.(표 5-30)

4) Crude Fiber

조섬유는 일반수삼에는 낮은 함량을 나타낸 반면에 내백이 있는 인삼에서는 거의 3배정도 높게 내고 있다. 조섬유 함량은 4.43 ~ 7.96%이고, 평균 6.112%였다.

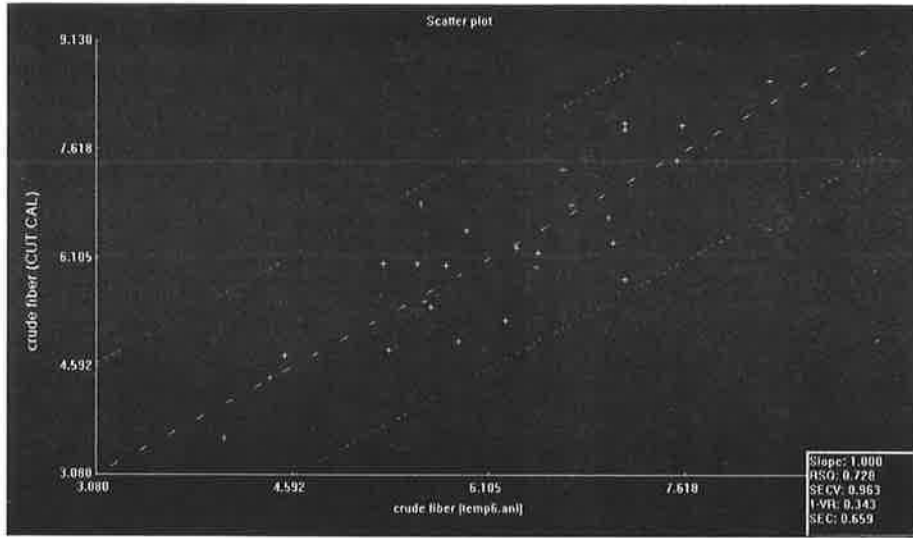


Fig. 5-14 Relationship between predicted crude fiber contents acquired by NIR and lab. analyses in Fresh ginseng at cultivated 6 years.

그림 5-14는 검량선 작성시 조섬유 함량의 일반분석법에 의한 분석치와 NIR에서 도출 해낸 분석치와의 상관관계를 나타낸 것이다.

두 분석치 간의 결정계수(R^2)가 0.728로 검량식 작성이 적당하였다.(표 5-30)

5) 칼슘

칼슘은 인삼의 무기성분으로 칼슘이 많을수록 인삼 표피의 수용성 단백질 양을 감소시켜 내백 생성을 증가시키므로 홍삼의 품질에 영향을 미치는 성분이다.

칼슘함량은 146.2 ~ 606.05mg/100g이고 평균 409.937mg/100g 이었다.

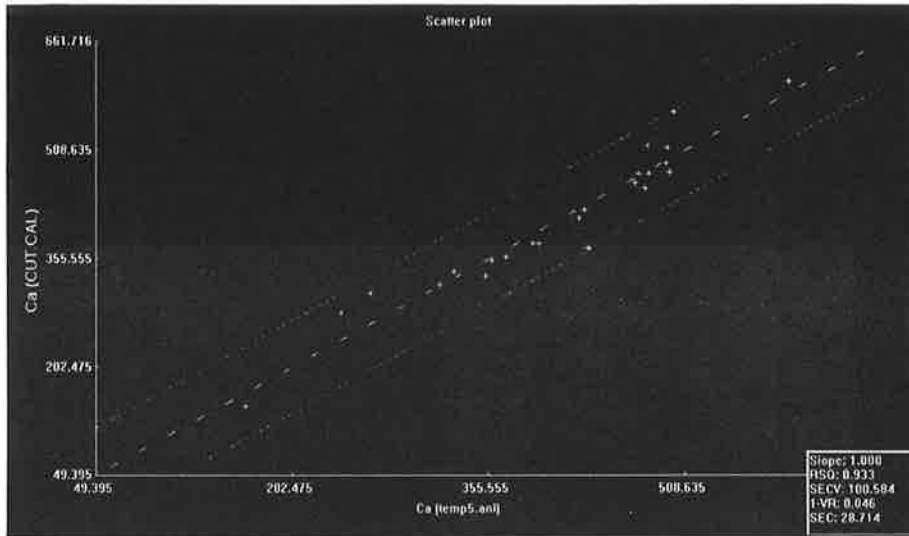


Fig. 5-15 Relationship between predicted calcium(Ca) contents acquired by NIR and lab. analyses in Fresh ginseng at cultivated 6 years.

그림 5-15은 검량선 작성시 칼슘 함량의 일반분석법에 의한 분석치와 NIR에서 도출 해낸 분석치와의 상관관계를 나타낸 것이다.

두 분석치 간의 결정계수(R^2)가 0.933로 검량식 작성이 매우 적당하였다. (표 5-30)

6) 마그네슘

마그네슘은 칼슘과는 반대로 마그네슘이 많을수록 인삼 표피의 수용성 단백질과 유리아미노산이 증가하여 내백 생성이 억제된다고 보고되었다.

마그네슘함량은 90.78 ~ 131.67mg/100g이고 평균 112.56mg/100g 이었다.

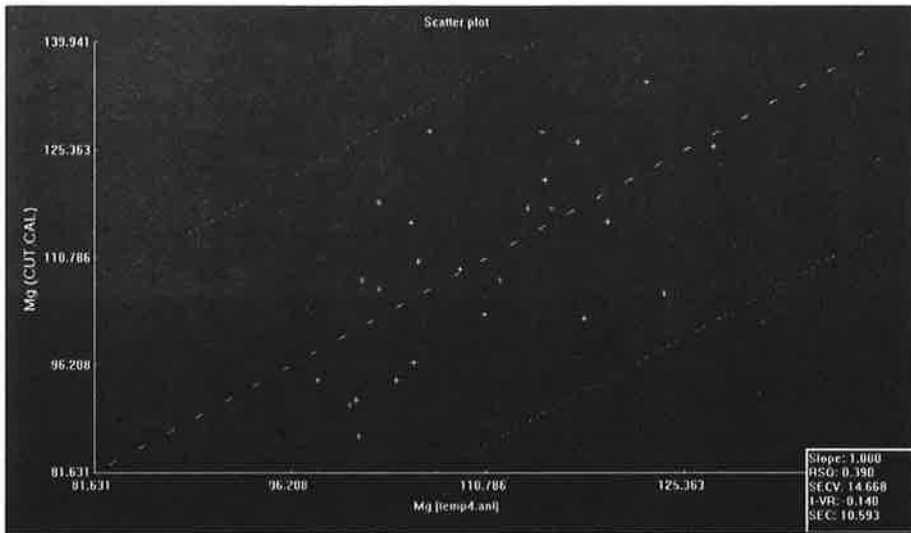


Fig. 5-16 Relationship between predicted magnesium(Mg) contents acquired by NIR and lab. analyses in Fresh ginseng at cultivated 6 years.

그림 5-16은 검량선 작성시 마그네슘 함량의 일반분석법에 의한 분석치와 NIR에서 도출 해낸 분석치와의 상관관계를 나타낸 것이다.

두 분석치 간의 결정계수(R^2)가 0.390로 검량식 작성이 적당하였다.(표 5-30)

다른 성분에 비해서 변이가 다소 크게 나타났는데 시료간의 체형의 차이로 알 수 있었으며 시료간 변이의 폭이 매우 적었다. 앞으로 칼슘함량이 높은 시료를 채취하여 보완하면 R^2 를 크게 높일 수가 있을 것이다.

Table 5-30 Comparison of equation statistics for the prediction of six variables in Fresh ginseng at cultivated 6 years using ISI program.

Variable	n	Mean	SEC	R ²	SECV	1-VR	Math Treatment
Moisture (%)	26	75.566	1.281	0.918	2.380	0.731	2,10,10,1
Crude starch (%)	28	14.061	0.880	0.951	2.478	0.651	"
Ash (%)	26	5.351	0.277	0.897	0.616	0.421	"
Crude Fiber (%)	26	6.208	0.659	0.728	0.963	0.343	"
Ca(mg/100g)	23	409.937	28.714	0.933	100.584	0.046	"
Mg(mg/100g)	25	112.329	10.329	0.390	17.596	0.579	"

n: Sample numbers

Mean: Average of samples

R²: coefficient of determination of calibration

SEC: Standard error of calibration

SECV: Standard error of cross validation

1-VR: Percentage of variation in the reference method values explained by NIRS.

라. 고 찰

종래의 화학적 방법에 의한 일반분석으로 수분, 전분, 회분, 조섬유, 칼슘, 마그네슘 등의 성분분석결과 수치와 근적외분광분석기를 이용하여 검량선을 작성한 결과 결정계수(R^2)는 전분(0.951), 칼슘(0.933), 수분(0.918), 회분(0.897), 조섬유(0.728), 마그네슘(0.390)의 순으로 높았고, 조섬유와 마그네슘의 경우는 결정계수 값이 다소 떨어지는 경향이 있었지만, 기존의 분석 방법과 유사한 경우를 얻었으나 향후 지속적인 시료의 보강과 모집단 분석을 이용한 체계적인 시료의 확충을 통해 얻어진 보강된 검량식을 사용하게 된다면 향후 효과적인 분석을 수행할 수 있어 이에 대한 여러 기대효과가 예상되어진다.

제5절 수삼의 열 특성

1. 재료 및 방법

가. 재료

본 실험에 사용한 수삼은 2001년 9월 경기도 화성에서 채굴한 것으로 6년 근 각각 30지씩, 특히 시료 개체간의 차이를 줄이기 위하여 크기와 굵기가 비슷한 것을 선별하여 사용하였다.

나. 방 법

1) 년근별 수삼의 열전도도 측정

년근별 수삼의 두께(Thickness)는 20mm 정도 일정한 수삼을 선택하여 반으로 전단하여 Quick Thermal Conductivity meter [京都 電子工業(株), Model: QTM -500, Japan)을 이용하여 25℃에서 3회이상 측정하였다.

열전도도 측정 원리는 비정상 상태에서의 열이동을 이용한 것인데, Vos가

확립한 비정상 상태 방법을 약간 수정한 방법은 온도가 균일한 시료에 일정량의 열을 가하면 시간에 따라 온도가 상승하는 것을 측정하는 방법이다. 이 방법을 Hot wire method 또는 Probe method라 한다. Heater wire가 끝없는 실린더 모양의 균일한 시료의 중앙을 일정한 열(에너지)로 통과할 때 Thermocouple로 측정되는 열은 시간에 따라 지수적으로 증가한다. 따라서, 다음 식에 따라 시료의 열전도도를 구할 수 있다.

$$\lambda = q \cdot \frac{\ln(t_2/t_1)}{4\pi(T_2 - T_1)}$$

λ : 시료의 열전도도 (W/m · K)

q : 단위길이당 전열량 (W)

t_1, t_2 : 가열시간 (S)

T_1, T_2 : t_1, t_2 에서의 온도 (K)

2) 년근별 수삼의 열확산도 측정

Morita 等(1979)과 같이 비열(Specific heat), 밀도(Bulk density), 열전도도(Thermal conductivity) 等으로 아래 식에 의해 열확산도(Thermal diffusivity)를 산출하였다.

$$\alpha = \frac{k}{\rho} \cdot \frac{1}{C_p}$$

α : Thermal diffusivity

k : Thermal conductivity

ρ : Bulk density

C_p : Specific heat at constant pressure(Kcal/kg · °C)

3) 년근별 수삼의 비열 측정

각 시료를 cutting mill로 분쇄한 후 180mesh sieve를 이용하여 통과 시켜 시료로 이용하였다. 비열은 장 등(1980)의 방법에 따라 측정하였으며, 보온병 내에서 먼저 15°C의 물 200ml를 넣는다. 다음 45g 정도 시료를 정확히 칭량하여 50°C의 항온 수조에서 가열하여 평형에 도달한 다음 신속히 보온병에 넣고 혼합한 후 온도가 평형에 도달하면 시료에 의해 가열된 물의 온도 상승으로부터 다음 식에 의하여 비열을 산출하였다.

$$C_p = \frac{C_c \cdot W_c \cdot (T_m - T_i)}{W_p \cdot (T_p - T_m)}$$

C_p : Specific heat at constant pressure, (Kcal/kg°C)

C_c : Specific heat of water, (°C)

W_c : Weight of water, (g)

W_p : Weight of ginseng powder

T_m : Temperature of mixture

T_i : Initial Temperature of water (°C)

T_p : Initial Temperature of sample (°C)

4) 년근별 수삼의 밀도(密度: Density) 측정

500ml 메스실린더에 증류수 100ml를 채우고 시료를 넣어 측정한 후, 시료

의 무게를 부피로 나누어 나타냈으며, 다음과 같이 계산하였다.

$$\rho = \frac{W}{V}$$

ρ : 밀도 (g / cm³)

W : 무게 (g)

V : 부피 (cm³)

다. 결과 및 고찰

1) 열전도도

수삼의 열전도도는 표 5-31과 같다. 4년근과 5년근에서는 별 차이를 느낄 수 없었으며, 6년근은 많은 차이를 보였다. 4년근이 5년근에 비하여 약간 높은 것으로 나타났는데 이 정도 차이는 거의 비슷하다고 사료된다. M.K.Krokida 等(2000)은 마늘, 양파, 감자의 경우 0.36, 0.42, 0.35~0.54 의로 보고하고 있는데, 감자의 경우의 비슷한 경향을 나타내고 있다.

2) 열확산도

수삼의 열확산도는 표 5-32와 같다. 열확산도의 경우 6년근이 가장 높게 나타냈으며, 5년근, 4년근 순이다. 유의성 수준이 0.0001로 년근별 차이를 많이 나타내고 있다.

3) 비열

수삼의 비열은 표 5-33과 같다. 6년근 수삼은 0.751로 가장 높게 나타냈으며, 5년근, 4년근 순으로 나타냈다. 이때 유의성은 0.0001을 나타냈으며, 3가지 시료구에서 차이를 나타내고 있다.

4) 밀 도

수삼의 밀도는 표 5-34와 같이 나타냈다. 수삼의 밀도는 다른 열특성과 마찬가지로 6년근 수삼의 경우 가장 높게 나타났으며, 비열과 같이 5년근, 4년근 순으로 낮아졌다. 5년근과 6년근의 경우는 거의 비슷함을 나타냈으며, 4년근의 경우 특히 5, 6년근에 비해 약간의 차이를 보였다.

Table 5-31 Thermal conductivity in fresh ginseng root at various cultivated years at room temperature(25℃)

unit: W/m·K

Year	Thermal conductivity
4	0.47869 ^b
5	0.46036 ^b
6	0.53977 ^a
LSD	0.0268

Mean value from 30 replications

a-b, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different (P< 0.0001)

LSD: Least Significant Difference

Table 5-32 Thermal diffusivity in fresh ginseng root at various cultivated years

unit: $10^{-7} \text{cm}^2/\text{sec}$

Cultivated years	Thermal diffusivity
4	1.411 ^c
5	1.439 ^b
6	1.474 ^a
L.S.D	0.0168

Mean value from 30 replications

a-b, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P < 0.0001$)

LSD: Least Significant Difference

Table 5-33 Specific heat in fresh ginseng root at various cultivated years at room temperature. (25°C)

unit: kcal/kg · °C

Cultivated years	Specific heat
4	0.624 ^c
5	0.677 ^b
6	0.751 ^a
L.S.D	0.0191

Mean value from 30 replications

a-c, Means in the same column not followed by the same letter

are significantly different ($P < 0.0001$)

LSD: Least Significant Difference

Table 5-34 The density in fresh ginseng root at various cultivated years at room temperature(25°C).

unit: kg/m³

Cultivated years	Density
4	0.808 ^a
5	1.026 ^b
6	1.092 ^b
L.S.D	1.9771

Mean value from 30 replications

a-b, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P < 0.0001$)

LSD: Least Significant Difference

제6절 결과 및 고찰

홍삼의 품질을 좌우하는 많은 요인 중에 선택과 내공, 내백은 1차 선별과 2차 선별에 큰 영향을 미친다. 본 실험에서는 비 효소적 갈변 반응에 영향을 미치는 당-단백질의 함량을 홍삼의 조성과 유사하게 제조하여 증자온도 98℃에서 증자하여 건조온도와 시간 별로 선택을 측정하였고, 홍삼창 홍삼과 유사한 선택을 띠는 건조조건을 택해서 초음파 측정기로 수삼의 초음파 속도를 측정한 후 상법에 따라 제조한 홍삼과 건조온도를 달리한 홍삼을 제조한 후 일반성분, 선택, 갈색도와 홍색도, 조사포닌, 총사포닌, 내공, 내백을 측정하였다.

인삼 중의 성분이 갈변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 모형 식품을 제조하여 중심합성법에 의해 실험을 실시한 결과 환원당이 증가할수록 갈변화 경향이 좋아지는 것이 관찰되었고 특기 할 것은 수분이 70%부근에서 갈변이 잘 일어나는 것이 관찰되었다.

또한 아미노산이 증가할수록 갈변도가 좋았고 환원당과 마찬가지로 수분 70%정도에서 갈변도가 좋게 나타났다. 이로 미루어 볼 때 비효소적 갈변화 과정의 주요인자인 아미노산과 환원당의 양이 증가할수록 갈변화 경향이 좋아지는 것을 관찰할 수 있었고 반대로 환원당과 아미노산 투입량이 최저치 일 때 갈변이 가장 적게 일어났다. Total regress 는 $P < 0.0005$ 수준으로 매우 높았으며 그 유의성이 매우 높다는 것을 관찰할 수 있었다.

또한 수분 70%에서 갈변이 잘 일어난다는 사실로 미루어보아 홍삼제조시 수분의 조절을 통한 갈변화의 향상을 유도할 수 있을 개연성을 보여주고 있다.

수삼의 초음파속도를 이용한 실험결과 수삼의 초음파 속도는 최저 166.77m/s, 최고 542.86m/s이었으며 평균값은 294.45m/s이었고, 제조된 홍삼의 초음파 속도는 최저 1406.78m/s, 최고 1878.57m/s이었으며 평균값은

1304.34m/s이었다. 초음파 속도별로 홍삼을 제조한 경우 수삼의 초음파 속도와 제조된 후 홍삼의 초음파속도와는 높은 상관관계를 나타내었다.

초음파 속도별 색도 측정에서 L-value는 4년근의 경우 초음파 속도와 건조온도에 상관없이 홍삼창의 홍삼보다 값이 낮았으며, 5년근의 경우 초음파 속도 제 2구역 55℃ 건조조건에서 홍삼과 유사한 값이 나타났다. 또한 75℃ 건조 조건에서는 홍삼창 홍삼보다 값이 낮았고, 6년근의 경우 55℃ 건조조건에서 초음파 속도 제 2구역의 처리구가 홍삼창 홍삼과 유사한 값을 나타내었고 75℃ 건조 조건에서는 제 3구역에서 유사치를 나타내었다. a-value는 4년근의 경우 75℃ 건조조건 제 2, 3구간이 유사치를 나타내었고, 5년근의 경우 또한 75℃ 건조조건에서 제 2구간의 처리구가 유사치를 나타내었다. 6년근의 경우 75℃ 건조조건과 초음파 속도 제 3구간에서 홍삼과 유사한 값을 나타내었다. b-value는 모든 구역에서 고르게 유사한 값들을 나타내었고 특히 초음파 속도의 제 3, 4구간에서의 색도가 홍삼창 홍삼과 유사한 것으로 나타났다.

내공측정에서 4년근 수삼은 55℃ 건조조건에서의 내공의 분포보다 75℃ 건조조건에서 적었으며, 초음파 속도가 증가함으로써 내공의 수가 감소하였고, 5년근 수삼은 건조 조건에 상관없이 초음파 속도 제 1구역, 2구역에서는 비슷한 분포를 나타냈으나, 초음파 속도가 증가함으로써 75℃ 건조조건에서의 내공의 분포가 55℃ 건조조건에서의 내공 분포보다 적은 것으로 측정되었다. 또한 6년근 수삼의 경우 전체적인 내공이 분포는 모두 0.5mm이하의 것으로 측정되었으며, 초음파 속도의 증가에 따라 내공의 분포 또한 적은 것으로 나타났다.

내백 측정에서 4년근 수삼은 55℃ 건조 조건과 75℃ 건조조건에서 초음파 속도가 증가함에 따라 내백삼의 분포가 적었으며, 5년근 수삼은 초음파 속도가 낮은 구간에서 내백삼의 확인이 됐으며 속도가 증가함에 따라 내백삼

이 점차 감소하는 것으로 나타났다. 또한 건조조건에서 동일한 분포를 나타냈다. 6년근 수삼은 전체적으로 4년근, 5년근 수삼에 비하여 내백삼의 분포가 높았으나 75℃ 건조 조건, 초음파 속도 제 2구간에서는 내백삼이 확인되지 않았다.

제 6 장 종합결론 및 활용계획

천지삼의 판단기준으로는 먼저 외형, 선택, 내공과 내백의 유무 등이 있는데, 외형의 경우 본 연구과제에서 해결할 수 있는 사안이 아니므로 판단기준에서 제외 시켰다. 기존의 홍삼제조과정에서 수매된 1등급 삼중 천지삼의 수율은 96년의 경우 5.6% 내외이고 대부분 7%내외로 매우 부진하다. 그러나 그 동안 연구자들은 홍삼제조과정 중에 일어나는 물리적 변화를 간과한 채 화학적 분석 및 변화에만 관심을 집중해 왔다. 지금까지 증삼 중삼의 물성변화와 수분이동원리에 대한 연구가 미흡했으며 건조mechanism을 밝히기 위한 노력이 부족했다. 온도와 물성치, 온도와 갈변반응, 증삼과 건조 중 수삼 내 응력분포 등에 관한 기초자료가 전무한 형편이다.

홍삼의 품질은 화학적 성분에 의해 결정되는 것이 아니라 100% 물리적 외형에 의해 결정되기 때문에 증삼, 1차건조, 2차건조 과정에서 발생하는 물리적 결함을 예방할 수 있는 조건을 찾는 기술의 개발이 필요하다. 이에 본 연구에서는 홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발과 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발를 통하여 천지삼(홍삼)의 수율을 15% 까지 향상시키고자 함을 연구목적으로 하였다.

제1절 결론 요약

본 연구 과제를 수행하여 얻은 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

제 1 세부과제 : 홍삼 최적 생산을 위한 수삼 선별 및 건조 제어공정 개발

가. 천지삼 제조용 수삼 선별 기술 개발

1) 수삼의 초음파 탐지에는 저주파 공진 탐촉자가 고주파 탐촉자보다 적당하며 그 중에도 37kHz 공진탐촉자가 54kHz 공진탐촉자보다 더 적합하다.

2) 기존의 초음파 탐촉자 단면적이 직경 50cm로 너무 커서 수삼표면에 밀착되지 못하는 단점을 가지고 있으므로 이를 보완하기 위해 고분자 압전 소자의 직경 38mm 탐촉자를 개발하였으나 아직도 수삼에 비해 크므로 더 작은 저주파 탐촉자의 개발이 필요하다.

3) 수신된 초음파 신호를 분석하여 수삼 선별에 사용할 수 있는 인자는 Peak-to peak voltage, 초음파전달속도, 탄성계수 등이 있으나 그중 초음파 전달속도가 수삼선별을 위해 가장 적합하다.

4) 수삼의 길이방향과 횡방향 초음파 전달속도는 419와 418m/s로 거의 같은 값을 나타냈다. 한편 원통형 수삼의 횡방향 초음파 전달속도는 공기중 소리전달속도 344m/s보다 약간 높은 369m/s였다.

5) 수삼의 길이방향과 횡방향 초음파 파형은 차이를 나타냈는데 횡방향의 초음파 파형은 고주파가 대부분을 차지하고 급격한 감쇠를 보이거나 길이 방향은 저주파가 대부분을 차지하고 감쇠가 서서히 일어나는 모습을 보였다.

6) 적외선 열화상 장치로 측정된 수삼의 최대최저온도차는 함수율에 따라 변이를 나타내므로 함수율을 예측할 수 있으나, 밀도 등 물리적 성질과 무관하므로 수삼선별에 사용되기 어렵다.

7) 본 연구에서 개발된 자동 수삼 초음파 선별 장치와 응용프로그램은 수삼을 세 그룹으로 선별하여 증삼과 건조를 달리 적용하여 홍삼 수율을 높이는데 유용하게 사용될 수 있다.

8) 자동 수삼 초음파 선별 장치의 특징은 초음파 투과거리를 자동으로 측정하며, 수삼에 가해지는 압력을 항상 일정하게 조절해주며, 초음파 투과 시간과 투과거리를 이용하여 자동적으로 초음파 전달속도를 계산해 줄뿐만 아니라 미리 정해진 기준에 따라 수삼의 등급을 판정해 준다.

9) 본 연구결과에서 얻어진 수삼의 선별 기준은 300-330m/s, 330-360m/s, 360-390m/s의 세 그룹과 300m/s이하나 390m/s이상은 변외로 분류한다.

10) 초음파 측정결과 신선한 수삼을 구입하여 처음 3일간에는 상온에서 보관하여도 초음파 전달속도의 변화가 없었으나, 냉장고에 9일간 보관한 후에는 초음파전달속도가 현저히 낮아졌으며 이것을 또 상온에서 3일 보관한 후에는 매우 떨어졌다. 즉 수삼의 질변화를 초음파 전달속도를 측정함으로써 알 수 있었다.

나. 홍삼 최적 생산을 위한 건조 시스템 개발

1) 홍삼제조에 필요한 열량과 수분, 풍량에 대한 기초연구를 위한 증삼 및 건조기 시작기를 개발하였다.

2) 개발된 시작기를 작동한 결과 증삼구간에서 시작기는 보일러와 전열기에 의해 재료수삼을 성공적으로 증숙하였고, 1차건조 구간과 2차 건조구간에서는 설정된 온도가 성공적으로 제어되었다.

3) 개발된 시작기를 이용하여 홍삼을 제조한 결과 이들의 외형 중 터지거나 백피가 생긴 것은 총 9지중 3지였으며 외관상 문제가 없는 6지중 4지는 내공과 내백이 발생하였다. 이러한 결과를 통하여 증삼시스템의 개선이 요구되었고 이에 오토클레이브에 의한 증삼실험을 수행하였다. 그 결과에 의하면 터짐 현상이나 백피현상이 현저히 줄어드는 것을 발견하였다. 한편

시작기에 의해 제조된 홍삼의 성분은 기존의 홍삼과 비교하여 성분에 문제가 없는 것으로 판단되었다.

4) 최적의 증삼조건으로는 오토클레이브를 이용하여 98℃에서 5시간 증자하는 것으로 판단되었다.

5) 최적의 1차건조 조건으로는 70-80℃의 온도에서 60-70%의 상대습도를 가진 공기로 2m/s의 풍속을 유지하며 건조하는 것으로 판단되었다.

6) 건조기 내부의 온도와 습도의 계측 및 제어시스템이 개발되었다.

7) 증삼 및 1차건조시 Microwave 조사의 효과를 알아보기 위하여 실험을 실시한 결과 기존의 관행법에 비하여 열등한 결과가 나왔다. 이로써 Microwave 조사방법은 최고급 품질의 홍삼제조공정에 도입하기 부적합한 것으로 판정되었다.

8) 1차 건조 직전 원적외선 건조 및 2차 건조시 원적외선 건조의 효과를 알아보기 위하여 실험을 실시한 결과 최고급 품질의 홍삼제조공정개발로의 도입은 부적합한 것으로 판정되었다.

9) 1차 년도와 2차 년도의 실험 결과를 토대로 하여 농가 보급형 홍삼제조용 건조기를 개발하였다. 본 연구에 의해 제작된 건조기는 6년근 수삼 30지를 동시에 홍삼으로 가공하여 홍삼제조에 필요한 물리적 조건을 규명할 목적으로 설계되었다.

10) 제작된 홍삼제조용 건조기의 성능 평가결과 설정된 온도와 습도를 우수하게 계측 및 제어하였고, 건조기 내부에서의 온도 분포와 풍속분포를 SAS통계 package를 이용하여 유의수준 5%의 범위에서 Student T-test를 한 결과, 계측지점간의 유의 차가 없어 온도와 풍속의 분포가 균일한 것으로 나타났다.

11) 본 연구에 의해 개발된 보급형 홍삼제조용 건조기를 각 세부과제의 결과에서 제시한 공정조건에 따라 작동하여 최고급 품질의 홍삼제조공정 개

발을 위한 실험을 수행한 결과, 1차 건조시 최적의 상대습도 조건은 60-70% 인 것으로 판단되었고, 초음파 속도 330-360m/s에서의 실험재료가 우수홍삼의 수율이 높고 내공과 내백 면에서도 우수한 것으로 판정되었다. 한편 저장기간별 우수 홍삼 제조결과로 미루어 볼 때 최고급 품질의 홍삼제조를 위해서는 수확 후 3일 이내에 제조작업을 수행하는 것이 적절할 것으로 판단되었다.

12) 본 연구에서 개발된 최고급품질의 홍삼제조공정의 천지삼 수율측정을 위해 실험을 수행한 결과 천지삼의 평균수율이 18.8%로 본 과제의 목표인 천지삼 수율 15%를 초과하는 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 본 결과를 통해 천지삼의 비율은 14.1%에서 23.7%사이에 있다고 95% 신뢰할 수 있다. 또한 상기 결과를 비모수 χ^2 검증한 결과 모집단을 대표하고 있다고 할 수 있다. 그러므로 본 연구과제에 의해 개발된 최고급 품질의 홍삼제조공정 기술은 성공적으로 개발된 것으로 판단되었다.

13) 본 연구에 의해 개발된 최고급 품질의 홍삼제조공정의 총비용은 33,448,000원이다.

다. 홍삼의 외관상 품질 판정 자동화 알고리즘 개발

1) 홍삼의 외형 선별 시스템은 제어 컴퓨터, 영상처리를 위한 칼라 CCD 카메라(WV-CP4110) 1대, 영상처리 보드(DT3153), 영상획득장치로 구성되었다.

2) 관행의 홍삼 검사 기준과 인삼산업법 시행규칙 별표 6의 인삼류 및 인삼종자·종묘의 검사기준의 홍삼선별기준을 검토하여 홍삼의 외형 선별에 영향을 미치면서 정량화가 가능한 홍삼의 뇌두와 다리의 수, 섹텍, 백피·황피등의 외부 결함등의 인자들을 선택하여 홍삼의 외형을 선별 할 수 있도록

록 알고리즘을 개발하였고, 프로그램은 LabWindows/CVI 5.5로 작성되었다.

3) 홍삼의 외형 선별 인자를 분석하기 위해 영상처리기법중 접처리 연산 및 색조분석(Sliding&Stretching)과 경계값처리, 이진화, 그리고 평균편차 기법을 사용하였다.

4) 홍삼 외형 선별 시스템의 조명조건을 규정하기 위하여, 조명상자는 외부로부터 빛을 차단하고 균일한 광을 제공하기 위해 8각형으로 제작했으며, 조명은 색상 왜곡이 최소화된 홍삼의 영상을 획득하기 위하여 적색 색지를 MINOLTA CR-300 Colorimeter로 L, a+, b+값을 측정한 후, 영상획득장치에 적색 색지를 넣고 위의 조명조건으로 영상을 획득하고, Wilcoxon 2-sample Test에 의해 L, a+, b+ 값을 비교한 결과, 각 각의 L, a+, b+값이 거의 일치하는 것으로 나타났다.

5) 뇌두 부분의 분석은 영상을 획득한 후, 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리하였고 슬라이딩과 스트레칭기법에 의해 콘트라스트를 개선하였다. 배경과 분리된 홍삼의 영상에서 몸통과 뇌두 부분의 경계의 색택의 차이를 이용하여 뇌두 부분만의 원형도를 계산하여 뇌두의 유무와 건실함을 분석하였다.

6) 다리 부분의 분석은 영상을 획득한 후, 경계값 처리로 배경과 홍삼을 분리하였고 슬라이딩과 스트레칭기법에 의해 콘트라스트를 개선하였다. 배경과 분리된 홍삼의 영상을 유클리디안법을 이용하여 홍삼의 골격선을 분석하여 다리의 개수를 파악하게 된다.

7) 표면의 색택 분석은 영상을 획득한 후, 슬라이딩과 스트레칭기법과 슬라이스기법에 의해 붉은색을 강조하여 콘트라스트를 개선하였으며 영상처리에 의해 면적과 D_f 를 계산하여 홍삼의 표면 색택 특성을 정량화하였고, 색택의 차이를 이용하여 표면의 흠집과 황피, 백피등을 고려하여 색택의 균일성을 정량화하였다.

8) 홍삼의 외형 선별 시스템의 선별 정확도는 74.7%로 나타났으며, 검사원들의 육안 판정의 평균값인 95.8%와 비교했을 경우에 21.1%의 선별을 차이를 보였다.

이러한 이유는 홍삼의 영상획득 범위가 한쪽 면에 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.

제 2 세부과제 : 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발

가. 홍삼 제조공정의 이화학적 모델 개발

1) 홍삼의 품질을 좌우하는 많은 요인 중에 선택과 내공, 내백은 1차 선별과 2차 선별에 큰 영향을 미친다. 본 실험에서는 비 효소적 갈변 반응에 영향을 미치는 당-단백질의 함량을 홍삼의 조성구와 유사하게 제조하여 증자온도 98℃에서 증자하여 건조온도와 시간 별로 선택을 측정하였고, 홍삼창 홍삼과 유사한 선택을 띠는 건조조건을 택해서 초음파 측정기로 수삼의 초음파 속도를 측정 후 상법에 따라 제조한 홍삼과 건조온도를 달리한 홍삼을 제조한 후 일반성분, 선택, 갈색도와 홍색도, 조사포닌, 총사포닌, 내공, 내백을 측정하였다.

2) 인삼 증의 성분이 갈변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 모형 식품을 제조하여 중심합성법에 의해 실험을 실시한 결과 환원당이 증가할수록 갈변화 경향이 좋아지는 것이 관찰되었고 특기 할 것은 수분이 70%부근에서 갈변이 잘 일어나는 것이 관찰되었다.

3) 아미노산이 증가할수록 갈변도가 좋았고 환원당과 마찬가지로 수분 70%정도에서 갈변도가 좋게 나타났다.

이로 미루어 볼 때 비효소적 갈변화과정의 주요인자인 아미노산과 환원당의 양이 증가할수록 갈변화 경향이 좋아지는 것을 관찰할 수 있었고 반대로 환원당과 아미노산 투입량이 최저치 일 때 갈변이 가장 적게 일어났다. Total regress 는 $P < 0.0005$ 수준으로 매우 높았으며 그 유의성이 매우 높다는 것을 관찰할 수 있었다.

또한 수분 70%에서 갈변이 잘 일어난다는 사실로 미루어보아 홍삼 제조시 수분의 조절을 통한 갈변화의 향상을 유도할 수 있을 개연성을 보여주고 있

다.

4) 수삼의 초음파속도를 이용한 실험결과 수삼의 초음파 속도는 최저 166.77m/s, 최고 542.86m/s이었으며 평균값은 294.45m/s이었고, 제조된 홍삼의 초음파 속도는 최저 1406.78m/s, 최고 1878.57m/s이었으며 평균값은 1304.34m/s이었다. 초음파 속도별로 홍삼을 제조한 경우 수삼의 초음파 속도와 제조된 후 홍삼의 초음파속도와는 높은 상관관계를 나타내었다.

5) 초음파 속도별 색도 측정에서 L-value는 4년근의 경우 초음파 속도와 건조온도에 상관없이 홍삼창의 홍삼보다 값이 낮았으며, 5년근의 경우 초음파 속도 제 2구역 55℃ 건조조건에서 홍삼과 유사한 값이 나타났다. 또한 75℃ 건조 조건에서는 홍삼창 홍삼보다 값이 낮았고, 6년근의 경우 55℃ 건조 조건에서 초음파 속도 제 2구역의 처리구가 홍삼창 홍삼과 유사한 값을 나타내었고 75℃ 건조 조건에서는 제 3구역에서 유사치를 나타내었다. a-value는 4년근의 경우 75℃ 건조조건 제 2, 3구간이 유사치를 나타내었고, 5년근의 경우 또한 75℃ 건조조건에서 제 2구간의 처리구가 유사치를 나타내었다. 6년근의 경우 75℃ 건조조건과 초음파 속도 제 3구간에서 홍삼과 유사한 값을 나타내었다. b-value는 모든 구역에서 고르게 유사한 값들을 나타내었고 특히 초음파 속도의 제 3, 4구간에서의 색도가 홍삼창 홍삼과 유사한 것으로 나타났다.

6) 내공측정에서 4년근 수삼은 55℃ 건조조건에서의 내공의 분포보다 75℃ 건조조건에서 적었으며, 초음파 속도가 증가함으로써 내공의 수가 감소하였고, 5년근 수삼은 건조 조건에 상관없이 초음파 속도 제 1구역, 2구역에서는 비슷한 분포를 나타냈으나, 초음파 속도가 증가함으로써 75℃ 건조조건에서의 내공의 분포가 55℃ 건조조건에서의 내공 분포보다 적은 것으로 측정되었다. 또한 6년근 수삼의 경우 전체적인 내공이 분포는 모두 0.5mm이하의 것으로 측정되었으며, 초음파 속도의 증가에 따라 내공의 분포 또한 적

은 것으로 나타났다.

7) 내백 측정에서 4년근 수삼은 55℃ 건조 조건과 75℃ 건조조건에서 초음파 속도가 증가함에 따라 내백삼의 분포가 적었으며, 5년근 수삼은 초음파 속도가 낮은 구간에서 내백삼의 확인이 됐으며 속도가 증가함에 따라 내백삼이 점차 감소하는 것으로 나타났다. 또한 건조조건에서 동일한 분포를 나타냈다. 6년근 수삼은 전체적으로 4년근, 5년근 수삼에 비하여 내백삼의 분포가 높았으나 75℃ 건조 조건, 초음파 속도 제 2구간에서는 내백삼이 확인되지 않았다.

제2절 기대효과

최근 우리나라의 인삼산업은 중국과 미주대륙으로부터 커다란 도전을 받고 있다. 이들 나라에서는 저가의 인삼을 대량으로 생산 판매하여 우리나라 인삼의 위치가 점점 위태로운 현실이다. 이러한 현실에서 우리가 나아갈 길은 품질의 고급화와 가공을 통해 부가가치를 상승시키는 길뿐이다.

본 연구에서 개발된 최고급 품질의 홍삼제조공정은 홍삼 제조 시 필요한 기초데이터를 제공하였을 뿐만 아니라 농가에서 용이하게 고급품질의 홍삼을 제조할 수 있는 홍삼제조기를 개발함으로써 농가소득향상에 기여할 것으로 사료된다.

또한 현재 전국의 약 25개 업체에서 제조되고있는 홍삼 중 1등급수삼에서 천지삼으로의 수율이 7%내외 인 것을 본 연구에 의해 개발된 홍삼제조공정을 이용하여 수율이 15%로 상승하였을 때 연간 100억원의 순이익이 증대될 것으로 기대된다.

제3절 산업화 방향

1) 본 연구에 의해 개발된 홍삼제조용 건조기는 특허출원하여 산업재산권을 확보할 예정이다.

2) 그리고 본 연구에서 개발된 홍삼제조기는 농산물건조기전문제조업체인 (주)해륙과 협의하여 산업화를 시도할 계획이다. 또한 본 연구에 의해 개발된 최고급품질의 홍삼제조공정을 부여 홍삼창의 공정에 접목하기 위한 협의를 계획중이다.

참고문헌

1. Booker R.E. 1989. Non destructive acoustic testing of strandboard and triboard. Project record 2252, Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand
2. Booker R.E., J.Froneberg and F.Collins. 1996. Variation of sound velocity and dynamic Young's modulus with moisture content in the three principal directions. Proceedings 10th International Symposium on Non-Destructive Testing of Wood, Lausanne, Switzerland, 26-28 August 1996, 279-295
3. Gerhards, C.C. 1975. Stress wave speed and MOE of sweetgum ranging from 150 to 15 percent MC. Forest Prod. J. 25(4):51-57
4. Gerhards, C.C. 1982. Longitudinal stress waves for lumber stress grading: factors affecting applications: state of the art. Forest Prod. J. 32(2):20-25
5. Iijima, M, Higashi T., Sanada S. and Shoji T. 1976. Effect of ginseng saponins on unclear ribonucleic acid(RNA) metabolism. I. RNA synthesis in rats treated with ginsenosides, Chem. Pharm. Bull. Vol. 24 p2400.
6. James, W.L, R.S.Boone and W.L.Galligan. 1982. Using speed of sound in wood to monitor drying in a kiln. Forest Prod. J. 32(9):27-34
7. James, W.L. 1961. Internal friction and speed of sound in Douglas-fir. Forest Prod. J. 11(9):383-390
8. Kyoden Yasumoto and Jin-Hwan Hong . 1996. Near-Infrared Spectroscopic Analysis of Heme and Nonheme Iron in Raw Meats. J. of Food composition and analysis. vol 9 : 127~134.

9. M. K. Krokida, N. M. Panagiotou, Z. B. Maroulis & G. D. Saravacos . 2000. Thermal conductivity. International J. of food properties 4(1) : 111~137.
10. Miller, B. K. and M. J. Delwiche. 1989. A Color vision system for peach grading. Transactions of the ASAE 32(4) : 1484-1490.
11. Morita, T. and R. P. Singh. 1979. physical and thermal properties of short-grain rough rice. Trans. of the ASAE 22(3) : 630-636.
12. Ross, R.J. and R.F. Pellerin. 1991. NDE of green material with stress wave: preliminary results using dimension lumber. Forest Prod. J. 41(6): 57-59
13. S.R. Delwiche. 1998. Protein content of single kernels of wheat by Near Infrared Reflectance spectroscopy. J. of Cereal Science. 27. 241-254
14. Saito H., Yoshida Y. and Takagi K. 1974. Effect of Panax ginseng root on exhaustive exercise in mice, Japan. J. Pharmacol., Vol. 24 p119 .
15. Saito, H. and Lee Y. M. 1978. Pharmacological properties of Panax
- Sarkar, N. and R. R. Wolfe. 1985. Feature extraction technique for sorting tomatoes by computer vision. Transactions of the ASAE 28(3) : 970-979.
16. Sakai, H., A.Minamisawa and K.Takagi. 1990. Effect of moisture content on ultrasonic velocity and attenuation in woods. Ultrasonics 28 November: 382-385
17. Sandoz, J.L. 1989. Grading of construction timber by ultrasound. Wood Sci. Technol. 23:95-108

18. Sandoz, J.L. 1993. Moisture content and temperature effect on ultrasound timber grading. *Wood Sci. Technol.* 27:373-380
19. Simpson, W.T. 1998. Relationship between speed of sound and moisture content of red oak and hard maple during drying. *Wood Fiber Sci.* 30(4):405-413
20. Smulski, S.J. 1991. Relationship of stress wave- and static bending- determined properties of four Northeastern hardwoods. *Wood Fiber Sci.* 23(1):44-57
21. 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.
22. 강현아, 장규섭, 장동일. 1993. 인삼의 자동건조시스템 개발에 관한 연구. *한국식품과학회지* 25(6): 764-768. 한국식품과학회.
23. 고태균 외. 1994. 미곡종합처리시설. 문운당
24. 김만수의 8인. 1998. 생물자원의 비파괴 물성측정. 문운당.
25. 김명호, 김철수, 박승제, 이종호. 1998. 인삼 열풍건조의 수분확산에 관한 수치해석적 연구. 1998년 동계학술대회 논문집 3(1) : 297-301. 한국농업기계학회
26. 김병순. 1992. 컴퓨터 시각 영상의 크기와 색도 분석에 의한 사과 선별. 전남대학교.
27. 남궁재찬. 1989. 화상공학의 기초. 기전연구사.
28. 노상하, 류관희, 김성민. 1991. 영상처리 장치를 이용한 사과의 선택 판정. *한국농업기계학회지* 16(3) : 272-280.
29. 노상하, 류관희, 김일웅. 1990. 화상처리 시스템을 이용한 과일의 기하학적 특성 측정. *한국농업기계학회지* 15(1) : 23-27.

30. 랜디 크레인(Randy Crane) 저. 1997. 영상처리 이론과 실제. 흥릉과학 출판사.
31. 바우틴. 1990. 흥미있는 초음파 이야기(초음파 응용학 입문). 이성과 현실. p. 30-33.
32. 박승제의 4인. 1998. 인삼의 최적 건조 및 품질 자동평가 시스템 개발. 농림부.
33. 방승훈, 장동일, 임영일, 장요한, 임정택. 2000. 최고급 홍삼의 고수율을 위한 신개념의 건조기 개발(I)-시작기개발-. 2000년 동계학술대회 논문집 5(1) : 382-388. 한국농업기계학회
34. 손미령, 조래광. 1999. 후지사과의 사과산 함량 측정을 위한 근적외 분광분석법의 응용, 한국원예학회지 40(1) 45~50.
35. 송문섭, 조진섭. 1998. Window용 SAS를 이용한 통계자료 분석, 자유아카데미.
36. 송한덕. 1995. 초음파 진단의 이해, 군자출판사.
37. 이문호, 염재훈. 1994. C언어를 이용한 영상신호처리. 대영사.
38. 이양범, 강경일, 이용중. 1995. 화상처리응용기술. 기문사.
39. 이종원의 4인. 1995. 가열온도에 따른 수삼의 갈변반응. 인삼연구논문집 19(3) 249-253.
40. 이창복. 1964. 식물분류학, 향문사.
41. 일본국립 방송기술 연구소화상연구부 저. 1983. C언어에 의한 화상처리 실무. 국제테크노정보연구소.
42. 장규섭, 목철균, 전재근. 1979. 고추장의 열특성 측정에 관한 연구. 한국식품과학회지 11(3) : 1573~161
43. 장동일, 임영일, 임정택, 장요한, 장홍희. 1999. 영상정보를 이용한 돼지의 비접촉 체중계측시스템 인자 구명. 한국축산시설환경학회지 5(2)

: 93-100.

44. 장동일, 장홍희, 임영일. 1997. 이미지 처리를 이용한 돼지의 체온 조절 행동 분류(I). 한국축산시설환경학회지 3(2) : 105-113.
45. 전재근, 박훈, 서정식. 1985. 증자인삼의 건조특성과 건조에 수반하는 삼근의 수축. 한국농화학회지. 28(3) : 167-173.
46. 전재근, 배영민, 조성인 . 1996. 근적외선 분광 분석법에 의한 감자칩의 지방함량 측정 한국식품과학회지 28(5) : 916~921
47. 조래광, 권영길. 1998. 근적외 분석법에 의한 참깨의 원산지 판별, 한국농화학회지 41(3) : 240~246
48. 조래광, 손미령, 권영길, 이경희, 박우철. 1998. 근적외 분광분석법을 응용한 사과와 비 파괴 품질의 측정 가능성 조사, 한국농화학회지 41(2) : 153~159
49. 조래광, 이경희, 천석조, 유의형. 1997. 근적외 분광분석법에 의한 백삼, 인삼엑기스, 분말인삼차의 품질 측정,
50. 조승용, 최성길, 이철. 1994. 근적외 분광분석법에 의한 밥의 노화도 측정, 한국식품과학회지 26(5) : 579~584
51. 조재성외 2인. 1998. 최신 인삼재배. 선진문화사.
52. 조한근, 송현갑. 1994. 컴퓨터 시각에 의한 잎담배의 외형 및 색 특징 추출. 한국농업기계학회지 19(4) : 380-396.
53. 차익수, 김진호외 5명. 1996. 근적외 분광분석법을 응용한 마요네즈의 식염 농도측정, 한국식품과학회지 28(1) : 40~43
54. 천인국, 윤영택. 1998. 영상처리 기초편. 기한재.
55. 최병욱외 4인. 1992. 3차원 영상처리 및 인식의 기초연구. 한국과학재단.
56. 최진호, 김우민, 박길동, 성현순. 1980. 열처리가 홍삼엑기스의 색상변

- 화에 미치는 영향. 고려인삼학회지 4(2). 고려인삼학회
57. 하영호외 3인. 1998. 디지털 영상처리. 도서출판 그린.
58. 황헌, 이충호. 1996. 건포고 자동선별을 위한 시작 시스템 개발. 한국
농업기계학회지 21(4) : 414-421.