

제 3차 년도  
최종 보고서

# 단마 무분기 양질 다수성 신품종 육성 및 저장·가공 이용법 개발

Breeding of Nondivergence, Good Quality and  
High Yield Variety and Development of Storage  
and Processing in Short-shaped Yam  
(*Dioscorea batatas* DECNE)

경 북 농 촌 진 흥 원  
북 부 시 험 장

농 림 부

# 제 출 문

## 농림부 장관 귀하

본 보고서를 “단마 무분기 양질 다수성 신품종 육성 및 저장·가공 이용법 개발” 과제의 3년차 완결 보고서로 제출합니다.

1997. 12. .

주관연구기관명 : 경북농촌진흥원  
총괄연구책임자 : 정 상 환  
연 구 원 : 이 승 필  
" : 김 칠 용  
" : 박 선 도  
" : 조 지 형  
" : 강 동 균  
" : 김 상 국  
" : 민 기 균  
" : 김 찬 용  
협동연구기관명 : 안동대학교  
협동연구책임자 : 오 세 명

# 여 백

# 요 약 문

## I. 제 목 :

단마 무분기 양질 다수성 신품종 육성 및 저장·가공이용법 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 목 적

국내에서 재배되고 있는 마는 우량품종이 없는 상태이며 수량성이 낮고 모양이 불균일하여 상품성이 낮으며, 저장 및 건조방법의 미개발로 인한 수급 불안정으로 가격폭락이 마 재배농가의 1차적인 애로사항으로 대두되고 있어 마의 품종을 조기에 개량하여 수량성을 높이고 모양이 균일한 양질다수성 신품종을 육성하는 동시에 장기저장방법을 개발하여 수급의 안정을 꾀하고 건조방법, 갈변억제 방법을 개량하여 양질 마를 생산함으로써 농가 소득을 향상시킬 목적의 일환으로 수행되었다.

### 2. 중 요 성

마는 마과에 속하는 덩굴성 다년생 식물로 우리나라 전역에 걸쳐 자생하며 마에 대한 기록이 고려시대의 삼국유사에 기록되어 있는 것을 미루어 보아 옛부터 민간에서 이용하였던 것으로 보여진다.

마는 자하부에 형성된 괴근을 주로 약용으로 쓰며 최근에는 건강식품으

로도 수요가 증가추세에 있어 재배가치가 매우 높은 작물중의 하나로 손꼽히고 있다. 그러나 우리나라에서 자연상태의 마를 본격적으로 재배한 역사는 길지 않으며 재배기술에 대한 연구도 1970년대 후반에 들어와서야 시작되었다.

마의 주성분은 품종과 재배적인 환경 등에 따라 다르지만 전분이 생체중의 15-20%, 단백질이 2-3%정도 함유되어 있고 비타민 C도 풍부하며 약용성분으로 아밀로스, 콜린, 사포닌, 알라기닌, 요노게닌, 크립토게닌, 다이오스게닌 등이 함유되어 있으며 특히 사포닌은 혈중 콜레스테롤 함량을 낮추어 동맥경화증에 대한 치료작용을 하며 혈압을 낮추고 신경장애를 없애주고 콩팥을 튼튼하게 하며, 당뇨병 치료에도 쓰인다. 다이오스게닌은 DHEA의 전구물질로 노화방지에 효과가 있는 것으로 보고되어 있다.

우리나라 마 재배면적과 생산량은 최근 급격히 증가하고 있는데 1986년의 재배면적의 22ha이던 것이 1994년에는 338ha로 증가하여 8년사이에 무려 15배나 증가하였다<sup>42)</sup>. 이렇게 재배면적이 증가한 원인은 1987년 한방의료보험이 실시되면서 생약수요의 급속한 증가와 건강식품으로의 소비가 늘고 있어 수요량이 급증하고 있는 실정이다.

마 재배 주산지는 경북의 안동, 영주지역과 경남의 진양등지로 전국 재배면적의 90%이상을 차지하고 있어 약용작물과 함께 이 지역은 1992년 8월 농림수산부 고시에 의해 주산지로 지정된 바 있다. 이처럼 특정지역에 특화작물로 발전시킴은 재배의 집단화에 따른 기술보급이나 생산물의 가공, 출하 등 여러면에서 유리한 위치에 있다고 할 수 있다.

그러나 마는 암수딴그루 식물이므로 자연상태에서 쉽게 잡종이 이루어지며 이들은 염색체의 자연배가에 의한 다양한 유전적인 변이가 생겨 마속에는 600여종의 변종이 있고 또한 장기간 재배로 인한 품종의 퇴화로 수량 감소와 상품성 저하가 문제시되어 양질다수성 품종육성이 선행되어야 하며

이와 함께 저장가공이용방법이 미진한 지금 상태로서는 안정적인 저장법의 확립과 아울러 건강식품으로서 상품을 개발하여 새로운 수요창출의 확대가 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 마의 양질다수성 신품종 육성과 새로운 장기 저장법, 건조 방법 및 가공식품의 개발을 통하여 수출 촉진과 농가 소득 증대에 기여코자 수행되었다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 품종육성분야

##### (1) 무분기 양질다수성 우량계통 육성

수집한 유전자원 총 10종 700여 개체에 대한 각 계통별 수집지역 및 괴근형태, 엽형태 및 엽색의 경우 계통번호 1번은 대만재배종으로 괴근은 구형이고 엽형은 넓은심장형이며 엽색은 연녹색이다. 계통번호 2, 3, 4번은 일본재배종이며 괴근은 각각 단마, 중마, 장마이며 엽형은 모두 좁은심장형이고 엽색은 2번 담록색 3, 4번이 녹색이었다. 계통번호 5번은 한국야생종으로 엽형은 좁은심장형이고 엽색은 연녹색이었다. 계통번호 6, 7, 8번은 국내 재래종으로 경북 안동 북후지역에서 수집하였으며, 괴근형태는 각각 단마, 병마, 장마이며 엽형은 6, 7번은 심장형, 8번은 좁은심장형이고 엽색은 모두 진녹색이다. 계통번호 9, 10번은 국내재래종으로 경북안동 풍산지역에서 수집하였으며, 괴근형태는 단마, 장마이고 엽형은 좁은심장형, 엽색은 녹색이었다. 지하부 생육특성에서 주당 괴근수는 일본재래종이 한국 재래종에 비해 적었고, 괴근장은 대만마 7.1cm에서 재래장마 65.5cm로 그폭이 매우 넓었으며 장마계통은 60cm내외 단마계통은 40cm내외였

으나, 재래단마는 27.5cm로 특히 작았다. 괴근폭은 단마계통이 40-50mm, 장마계통이 30-40mm, 대만의 경우 75mm로 특이하였다. 수량성은 일본장마가 3.083Kg/10a로 가장 높았고, 일본중마, 풍산장마도 높았으나 대만마, 산마는 2.000Kg미만으로 낮게 나타났다. 건물수량도 일본단마, 풍산장마, 풍산단마, 일본장마가 높은 편이었고 대만마, 야생마는 낮게 나타나 금후 정확한 식물형태학적인 분류체계를 위하여 분자 유전학 수준에서의 연구를 수행할 계획이다.

### (2) 무분기 양질다수성 신품종 육성

안동 1호는 영여자 착생기가 7월 18일로 재래장마와 유사하며 영여자 착생량이 월등히 많아 영여자 번식율이 높으므로 농가에 보급시 종자비용 절감 효과가 기대되었고 지하부 가변특성에서 출아기는 재래장마가 5월 8일로 가장 빠르고 수원 2호는 5월 16일로 가장 늦었으며 안동1호는 재래장마, 재래단마보다 늦으나 수원 2호 보다 빠른 5월 12일로 나타났다. 상품률도 안동 1호가 52.2%로 30%전후인 타계통보다 월등히 높았고 분지가 없고 괴근장이 짧고 수량성이 높은 형질을 대상으로 선발된 안동 1호는 수확노력절감 뿐 아니라 상품율도 높아 우량계통으로 유망시 되어 1997년 농촌진흥청 품종심의회에서 "마1호"로 명명되어 금후 지속적인 증식사업을 통해서 농가에 분양할 계획이다.

### (3) 돌연변이에 의한 우량계통 육성

방사선 조사를 통하여 우수한 돌연변이체를 유기하기 위한 시험에서 출현기는 30Gy처리에서 가장 빨랐고 수량성은 20Gy, 30Gy에서 각각 2.210kg, 2.230kg으로 가장 높게 나타나 가장 우수한 처리로 나타났다. 엽형태의 변이는 40과 50Gy에서 엽형의 변이가 뚜렷이 나타남을 알 수

있었으며 방사선의 효과가 어느정도 인정되는 것으로 나타났다. 괴근의 형태적인 변이율은 50과 60Gy에서 높게 나타남을 알 수 있었으며 변이폭은 일정하지 않았다. 2년차의 괴근특성을 보면 괴근수는 일정한 차이를 보이지 않았고 괴근장은 다른 처리에 비해 60Gy에서 33.5cm로 가장 긴 것으로 나타났다. 괴근중은 20Gy처리에서 주당 458.8g으로 가장 양호한 것으로 나타났으며 분기정도는 50Gy처리에서 가장 양호한 것으로 나타났다. 2년차의 방사선 처리에 따른 수량성은 50Gy처리에서 10a당 수량이 2,900kg으로 가장 우수한 것으로 나타나 금후 M<sub>3</sub> 세대에 재공시하여 불량 유전자 발현을 검토할 예정이다.

## 2. 생력재배기술 분야

### (1) 생력 지주설치방법

지주설치 방법별 지상부 생육특성에서 출현율은 95%이상으로 양호하였고 처리별 개화기, 영여자 착생기에 큰 차이가 나지않았으나 영여자 착생량은 단마는  $\cap$ 형 지주, 장마는 I형 지주에서 영여자 착생량이 많았다. 단마는 I, II형 지주가 관행지주 보다 12%증수되었고 장마는 II형 지주가 16% 증수되었으나 설치비를 고려할 때 단마 12%, 장마 7%의 증수를 보인 I형 지주가 가장 적합하다고 판단되었다.  $\cap$ 형 지주법은 설치하는 가장 쉬우나 수량, 상품성 측면에서 가장 낮게 나타나서 앞으로 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 사료되었고 이상의 결과를 종합해 볼 때 I형 지주가 가장 우수한 새로운 지주법을 판단되며  $\cap$ 형 지주의 경우 다른 경종적인 방법을 함께 고려하여 수량성을 개선한다면 가장 우수한 생력형 지주설치방법이 될 수 있을 것으로 생각되었다.

## (2) 생력기계화 일관작업체계

지상부 생육특성에서 개화기, 영여자착생기에서는 별 차이를 보이지 않았으나 단마의 경우 기계화 일관작업구에서 2.9배 많은 영여자착생량을 보였고 기계화 일관작업구가 단마, 장마 모두에서 각각 17%, 4%의 증수를 보였고 괴근중이 관행작업구 보다 높아 전체적으로 상품성이 증가하는 경향을 보였다. 기계수확시 생력효과는 단마의 경우 관행 10a당 93시간이 소요되나 굴삭기 수확시 23시간으로 75%의 생력효과를 보였고 또한 장마는 관행 10a당 427시간이나 기계수확시 53시간으로 88%의 생력효과를 보여 단마보다 장마 수확시 생력효과가 큼을 알 수 있었다.

## 3.가공이용 분야

### (1) 저장방법 개선

단마의 저장방법에 따른 저장기간별 품질변화는 상온저장이 저장기간이 경과할수록 수분함량이 73.6~62.0%로 크게 감소하나 저온저장시 저장고 1℃ 및 5℃에서 수분함량은 큰 변화가 없었으며, 움저장의 경우 오히려 수분함량이 10%정도 증가함을 알 수 있었다. 저장방법에 따른 감모율 및 부패율은 상온저장시 기간이 경과할수록 감모율은 증가하여 7개월 후 40.4%까지 증가하였으며 부패율도 43%까지 증가하였으나 3개월까지는 부패율이 3.3%로 낮아 3개월 단기 저장시 상온저장이 가능함을 알 수 있었다. 움저장의 경우 감모율은 적으나 부패율이 높았으며, 저장고 1℃, 습도 95%와 5℃, 습도 80% 저장시 모두 감모율 및 부패율이 낮아 양호하였고 이중 저장고 5℃, 습도 80% 조건이 더 양호함을 알 수 있었다.

장마의 품질변화는 전체적으로 단마의 경우와 큰 차이는 없었으며, 수분함량도 움저장을 제외하고 대체로 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향이

었고 움저장시 단마와 마찬가지로 생체중이 10%정도 증가하였다.

이상의 결과를 종합할 때 상온저장시 3개월까지는 대체로 상품성이 유지되나 이후로 부패율과 감모율이 증가하여 상품성이 급격히 떨어졌고 움저장시 감모율은 증가하지 않으나 부패율의 증가로 농가에서 실제 이용하기에 더 많은 연구가 필요했으며, 저온저장 1℃, 습도 95%와 5℃, 습도 80% 저장시는 감모율과 부패율이 감소하여 장기저장에 유리한 것으로 판단되었다.

## (2) 건조방법 개선

마의 효과적인 건조작업을 위한 건조조건을 구명하기 위해 관행 연탄화력건조를 비롯 진공동결건조, 적외선건조, 화력건조, 열풍건조 등 5가지 방법을 비교시험에서 건조소요시간을 보면 관행 연탄화력건조는 건조시간이 48시간 소요되나 적외선 건조는 18시간이 소요되었으며, 그외 화력건조, 열풍건조, 진공동결건조는 24시간 소요되어 연탄건조시 소요시간이 다른 건조방법에 비해 길어 짐을 알 수 있었다. 건조방법에 따른 투과율 및 건조율의 차이를 보면 건조율은 진공동결건조시 낮은 경향이었으나 건조방법간에 큰 차이가 없으며, 투과율은 화력건조 및 열풍건조시 90%미만으로 낮았고 그외에는 90%이상으로 나타났다. 건조방법에 따른 경도의 차이를 살펴보면 진공동결건조시 2.25(kg/Φ0.5cm)로 가장 적었고 적외선건조시 18.83(kg/Φ0.5cm)로 가장 커 진공동결건조시 가공이 가장 용이함을 알 수 있었다. 장마는 연탄화력건조 및 적외선건조시 경도가 높게 나타난 반면 진공동결건조시 1.31(kg/Φ0.5cm)로 경도가 낮아 진공동결건조시 가공이 용이함을 알 수 있었고 화력건조시 선택이 좋지않아 상품성이 저하됨을 알 수 있었다. 건조방법에 따른 무기성분함량은 N, P, K, Ca, Mg, S의 성분함량 차이는 크게 나타나지 않으나 연탄화력건조에서는 황성분이

허용규정치 0.2%보다 높은 0.21(단마), 0.25(장마)로 나타나 문제시되었으나 진공동결건조나 열풍건조에서는 황성분의 함량이 적었다. 관행 연탄 화력건조는 건조시간이 48시간 소요되고 선택은 좋으나 건조 후 황성분이 허용기준치 이상으로 나타나 문제점으로 드러난 반면 진공동결건조나 적외선건조시 건조시간이 짧고 건조 후 경도가 낮아 가공이 용이하며 유해성분 함량도 낮아 응용이 가능하리라 생각된다.

### (3) 과립차 개발

산약, 당귀 및 대추의 각 약재 2,500g에 물 7,500ml를 첨가하여 130℃ 조건에서 8시간 추출 하였을 때 총 추출, 여과된 수액량은 대추, 당귀, 산약의 순으로 총 추출 수액의 양이 많았으며 통계적으로 그 차이가 인정되는 수준이었고, 특히 산약의 총 추출 수액은 가장 낮아 평균값이 3,273ml였으며 장기간 방치하면 다시 침전물이 형성되는 것을 확인할 수 있었다.

약재의 Brix당도 및 엑스 함량은 Brix당도의 경우 산약이 4.7%로서 가장 낮았고 대추, 당귀의 순으로 높았으며, 엑스함량도 총 추출 수액 및 당 함량과 같은 경향을 보여 대추가 26.9%로 가장 높았고 당귀, 산약의 순으로 나타났다. 또한 Brix당도 및 엑스함량이 통계적으로 그 차이가 인정되는 것을 확인할 수 있어 당도 및 엑스의 함량이 극히 적은 산약을 단독으로 이용하는 것 보다 당 및 엑스의 함량이 높은 당귀와 대추를 혼용하여 이용하는 것이 총 추출 수액, 당 함량, 엑스함량의 유지·공급면에서 바람직하다는 결과를 얻었다.

### (4) 장기저장 포장재료 선발

저장기간에 따른 마의 중량감소율은 무처리를 제외한 다른 필름포장에서는 저장 기간 동안 4%미만의 적은 중량감소율을 보였으며, 포장필름의

두께가 두꺼울수록 낮은 중량감소율을 보여 PE필름의 두께에 따른 필름의 기체 및 수증기 투과성에 의한 저장 농산물의 호흡작용과 증산작용에 기인한 포장필름의 MA효과로 사료된다. 경도의 변화는 저장기간이 경과함에 따라 경도가 약간 감소 했으며, 포장지별로는 저장이 양호한 처리에서 높은 경도를 보였는데 이것은 저장이 잘된 과채류가 경도에 상당한 효과가 있다는 여러 가지 연구보고와 유사한 경향을 나타내었다. 갈변효소(PPO)활성 변화 및 색도변화는 두꺼운 필름포장이 무처리 및 다른 포장보다 L값이 높아 선도가 잘 유지되었다. 따라서 처리별로 PPO의 활성을 알아본 결과 두꺼운 필름포장이 무처리 및 다른 포장 보다 효소활성이 낮게 나타나 효소적 갈변은 효소, 기질, 산소의 3가지 요인중 어느 하나만 배제하면 갈변을 억제할 수가 있다는 결과와 일치하였다.

#### (5) 마의 PPO관련물질 갈변억제 방법

장마의 갈변지수변화에서 15시간까지 급격히 증가하여 전체 갈변지수의 83%에 도달하였고 60, 70℃ 온탕처리시 무처리구와 비슷하게 갈변이 진행되나 70℃ 처리는 39시간까지, 60℃ 처리는 24시간까지 각각 14%, 17%의 저해율을 보였다. 그러나 80℃ 온탕처리시 24시간까지 71%의 양호한 저해율을 보였으나 이후 갈변지수가 급격히 증가하는 경향을 보였는데 이는 24시간까지는 효소의 실활과 세포자체의 열변성으로 갈변현상이 지체되었으나 24시간 이후 세포의 회복체계가 작용하여 PPO관련 물질을 유도함으로써 빠르게 갈변이 일어난 것으로 사료된다. NaCl 2M 처리시 48시간까지 48%의 저해율을 보여 가장 양호하였고 다음이 1M, 0.5M로 각각 35%, 26%의 저해율을 보였다. NaCl 처리는 온탕 처리의 저해양상과는 달리 초기 장마의 급격한 갈변현상을 방지하였고 또한 지속적인 저해활성을 나타내었다.

단마의 갈변지수변화는 장마보다 천천히 점진적으로 증가하여 48시간 후 갈변지수 35에 도달했는데 이는 단마에 장마와 특이성이 다른 PPO관련 갈변물질이 존재함을 암시한다. 70℃온탕처리가 다른 온도의 온탕처리보다 우수하였고 저해율은 23%였다. 그러나 60℃처리시 무처리 보다 오히려 갈변지수가 높게 나타났다. 1M NaCl처리는 43%의 저해율을 보여 가장 높은 갈변저해율을 보였고 다음이 0.5M, 2M 순이었다. 이상의 결과로서 NaCl농도를 1M이하로 유지시켜 처리함이 단마의 경우 유리함을 알 수 있었다.

#### **IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의**

##### **1. 양질다수성 우량계통 육성 교배모본으로 활용**

우리 나라 전국에 걸쳐 자생하는 산마는 내동성이 강하여 출아가 빠르고 지상부 생육이 왕성하여 내병성이 강하며 자웅이주이면서 교잡친화성이 강하여 종자의 결실이 양호하면서 영여자의 착생량이 많아 영양번식력도 강하여 우수한 교배모본으로 평가되었다.

##### **2. 양질다수성 신품종 육성 우량계통으로 활용**

수집 유전자원중 풍산단마, 풍산장마, 일본장마, 일본중마 등은 지상부 생육이 왕성하며 내병성이 강하며 분기가 없고 수량성이 높아 양질다수성 우량품종 육성용 우량계통으로 평가되었다.

##### **3. 마 장기저장법 개발로 상업적 활용**

마는 1년중 6월에서 9월 사이에 가장 높은 가격을 유지하는데 이때 출

하하기 위해서는 7개월 이상 장기저장법의 개발이 필요하다. 일반 농가에서 저장하는 방법인 움저장법은 저장기간이 4개월 정도밖에 되지않으나 저온저장고를 이용한 저온저장법은 저장후 7개월까지 수분함량의 변화가 적고 감모율도 비교적 낮으며 경도의 변화도 적을뿐 아니라 건조가공시 갈변이 적어 상품성을 높일 수 있어 저온저장고를 이용한 상업적 활용도가 높을 것으로 평가되었다.

#### 4. 양질 마 건조방법 개발로 농가활용도 제고

마는 수확후 생식용으로 판매되기도 하지만 농한기 유휴노동력을 활용하여 농가소득을 올리기 위하여 많은 농가에서 간이가공을 위하여 연탄화력을 이용하여 건조하는 경우가 많은데 이렇게 건조시킨 마는 아황산가스가 Polypheyl oxidase의 활성을 억제하여 표면이 백색을 나타내어 상품으로 가치가 높지만 인체에 유해한 유황함량이 0.25%로 높아 식품위생법에 불합격 판정되므로 건조시 문제가 되고 있다. 그러나 적외선 건조법은 건조시간이 절반으로 단축되고 색택이 양호하며 경도가 낮아 가공이 용이하며 소형적외선 건조기가 개발되면 농가의 건조노력 절감과 상품성 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다.

#### 5. 마 과립차 개발로 마의 부가가치 증대

산약, 당귀 및 대추를 이용한 과립차 개발에서는 당도 및 엑스의 함량이 극히 적은 산약을 단독으로 이용하는 것 보다 당 및 엑스의 함량이 높은 당귀와 대추를 혼용하여 이용하는 것이 총 추출 수액, 당 함량, 엑스함량의 유지·공급면에서 유리하여 금후 대량생산체계시설이 갖추어지면 마 재배 농가의 농가소득증대에 크게 기여하리라 판단된다.

## 6. 생력지주 및 기계화 일관작업으로 수확시간 단축효과

지주설치방법에서 단마는 I, II형 지주가 관행지주 보다 12%증수되었고 장마는 II형 지주가 16%증수되었으나 설치비를 고려할 때 단마 12%, 장마 7%의 증수를 보인 I형 지주가 가장 적합하다고 판단되었고 기계화 일관작업은 단마, 장마 모두에서 각각 17%, 4%의 증수를 보였고 피근중이 관행작업구 보다 높아 전체적으로 상품성이 증가하는 경향을 보였으며 기계수확시 생력효과는 단마의 경우 관행 10a당 93시간이 소요되나 굴삭기 수확시 23시간으로 75%의 생력효과, 장마는 관행 10a당 427시간이나 기계수확시 53시간으로 88%의 생력효과를 보여 단마보다 장마 수확시 생력효과가 매우 커 농가의 마수확을 위한 노동력 절감에 큰 효과가 있을 것으로 판단된다.

# Summary

1. Total 700 individuals from the ten yam genetic resources, including 5 Korea, 4 Japanese, and 1 Taiwan were collected
2. Collected wild yam lines that have widely grown in Korea have cold and disease resistance, early emergence, excellent fruit setting, strong vegetative propagation due to plentiful aerial tuber, high cross-fertility. Therefore we expect it to be a good gene source for yam breeding
3. Pungsan short shaped yam, Japanese long shaped yam and Japanese medium shaped yam have shown vigorous growth habit in above ground parts, and they showed high yielding, high resistance to disease, and non divergence. Thus they were regarded as promising lines.
4. New breeding, short shaped line, "Andong #1", that get a good quality and a high yield has vigorous growth habit, tolerance to disease, strong vegetative propagation due to plentiful aerial tuber, in addition as it is nondivergence, short tuber, it is machine harvestable. Now we will recommend this line as a good variety in view of 1996 year's agricultural executive policy and disseminate to Kyungpook northern region.

5. Cellar storage that is commonly used by farmer for yam storage is of limit storage method at most for four months. But with cold storage (5°C, 80%RH) we could preserve fresh yam at least for seven month with low weight loss, an uniform hardness, less water loss, and less color change. Thus this method is expected to be applied to a industrial utilization.
  
6. Briquet-heated dry method that is easily used by famer as tam dry method has some problem such as long time consuming as 48houes, high labor, high sulfur content about 0.25%. Especially highly accumulated sulfur content led to fail to pass the Food Hygienics. But infrared dry method has shown a short consuming time as 15 hours, good colcr with clean gloss and low sulfur content below 0.15%. So it can be used by farmer extensively with manufacturing small-sized infrared dry machine.
  
7. To reduce over-input of manpower in harvesting yam, it was considered that I type prop cultivation showed the excellent labor-saving effect, and excavator.
  
9. Because manufacturing granule tea with yam powder only had bad texture, it was recommended that mixture with yam, danggi and junube was very effective to increase good processing, high extract.

# Contents

I . Preface-----	21
II. Division of variety breeding-----	25
1. Material and methods-----	25
(1) Improvement of lines-----	25
(2) Improvement of variety-----	25
(3) Improvement of lines by mutation -----	26
III. Division of labor-saving cultivation-----	27
1. Material and methods-----	27
(1) Prop set method-----	27
(2) Integrated mechnization-----	27
IV. Division of processing-----	28
1. Material and methods-----	28
(1) Improvement of storage methods-----	28
(2) Improvement of dry methods-----	29
(3) Development of granule tea-----	30
(4) Packing material selection for storage-----	30
(5) Inhibition method against browning -----	31

V.Results-----	32
1. Division of variety breeding -----	32
(1) Improvement of lines-----	32
(2) Improvement of variety-----	36
(3) Improvement of lines by mutation-----	40
2. Division of labor-saving cultivation -----	45
(1) Prop set method-----	45
(2) Integrated mechanization-----	47
3. Division of processing-----	49
(1) Improvement of storage methods-----	49
(2) Improvement of dry methods-----	51
(3) Development of granule tea-----	54
(4) Packing material selection for storage-----	61
(5) Inhibition method against browning -----	63
VI.Discussions -----	66
VII.Abstract -----	76
VIII.References -----	79

# 목 차

제 1장 서 론	21
제 2장 품종육성 분야	25
제 1절 재료 및 방법	25
1. 무분기 양질다수성 우량계통육성	25
2. 무분기 양질다수성 신품종 육성	25
3. 돌연변이에 의한 우량계통 육성	26
제 3 장 생력재배기술 분야	27
제 1절 재료 및 방법	27
1. 생력지주 설치방법	27
2. 생력 기계화 일관작업 체계	27
제 4 장 가공이용 분야	28
제 1절 재료 및 방법	28
1. 저장방법 개선	28
2. 건조방법 개선	29
3. 과립차 개발	30
4. 장기저장 포장재료 선발	30
5. 마의 PPO 관련물질 갈변억제 방법	31

<b>제 5 장 결과 및 고찰</b>	32
제 1절 품종육성 분야	32
1. 무분기 양질다수성 우량계통 육성	32
2. 무분기 양질다수성 신품종 육성	36
3. 돌연변이에 의한 우량계통 육성	40
제 2절 생력재배기술 분야	45
1. 생력지주설치방법	45
2. 생력 기계화 일관작업 체계	47
제 3절 가공이용 분야	49
1. 저장방법 개선	49
2. 건조방법 개선	51
3. 과립차 개발	54
4. 장기저장 포장재료 선발	61
5. 마의 PPO 관련물질 갈변억제 방법	63
 <b>제 6 장 종합 결과</b>	 66
 <b>제 7 장 적 요</b>	 76
 <b>제 8 장 인용 문헌</b>	 79

# 제 1 장 서 론

마는 백합목 마과 마속에 속하는 덩굴성 다년생 초본으로 10속 650여종의 전세계의 열대 및 아열대 지역에 널리 분포하며 전세계 생산량의 70%가 아프리카의 YAM BELT에서 생산되고 있으며 우리 나라에서는 주로 경북 북부지역에서 생산되고 있다<sup>32)</sup>.

우리 나라에 분포되어 있는 마는 열대지방의 마에 비해 저온에 잘 견디도록 자생된 것들이며 식물학상으로 보면 참마(*D. japonica* Thunb), 마(*D. batatas* Decene), 둥근마(*D. bulbifera* L.), 도꼬로마(*D. tokoro* Makwo), 부채마(*D. nipponica* Makwo), 각시마(*D. septemlota*)로 분류된다<sup>19,22)</sup>.

참마와 마는 한국, 중국 및 일본 등지에 분포하는 재배마로서 한방에서는 마와 참마를 산약이라 부르며 약리적인 효과가 뛰어나 신체허약, 정력부족, 당뇨병 등을 치료하는데 이용된다<sup>30)</sup>.

마의 성분을 살펴보면 괴근에 diosgenin, saponin, starch 등<sup>25)</sup>이 있고 영여자에는 abscisin I, 휴면유발물질인 batasin I, II, III이 있는 것으로 알려져 있어 서류중 단백질의 양과 조성 및 필수 지방산 함량이 우수한 것으로 나타나 있다<sup>4,24)</sup>.

이 등은 열대마와 국내 산마의 성분비교에서 아프리카 마는 국내 마에 비해 조지질의 함량이 약간 높았고 나머지는 큰차이가 없었으나 조사포닌 함량은 아프리카마가 4-5배 강했으며 쓴맛에 대한 성분 분석결과 glucose, carbonyl ketone, three methyl carbon을 가지는 aromatic compound로 추정하였다.

마는 형태에 따라 장형종을 장마, 괴형종을 환마 등으로 부르고 특히 괴형종에는 단마, 이세마 등의 이름을 가진 변형종이 있다<sup>9)</sup>. 우리 나라에

서 재배되고 있는 식용 마는 덩이뿌리 모양에 따라 장마와 단마로 나누며, 가식부는 뿌리가 원추상의 비대한 피근이며 생근의 내부는 백색, 외부는 다갈색으로 여러 곳에서 세모근 및 소공이 있는 숙근성 덩굴초본이다.

마는 자웅이주식물로 자연상태에서 중간잡종이 가능하며 자연상태에서 염색체 변이에 의해 유전변이가 일어나 600여종의 변종이 있다. 그러나 장기간 영양번식으로 인한 종자퇴화와 암수 개화 불일치 및 개체 불균일성은 신품종 육성의 장애로 지적되고 있다<sup>26)</sup>. 또한 마는 자웅이주식물로서 일반적으로 웅주가 많고 개화 개체비율이 낮고 총매화인 특성이외에 마의 중간잡종이 실패하는 원인은 염색체 조합 불일치, 배와 배유조직의 불화합, 그외 유전적 장벽 등으로 볼 수 있다<sup>14)</sup>.

현재 마의 유전육종에 대한 연구는 IITA(국제농업열대연구소)를 중심으로 이루어지고 있으며 우리 나라에서 본격적인 육종이 이루어지지 않고 있다<sup>29)</sup>. 일본의 경우 1976년 무병주 육묘생산사업에 착수 1984년부터 주아를 생산 농가에 보급하고 있으며, 배양조직인 경정에 변이 유기체인 EMS, MNNG를 집적하여 유전적 변이를 유발 후 후대 특성조사를 실시하여 우량개체를 선발하고 있다<sup>5)</sup>.

우리 나라의 마 재배 주산지를 보면 경북의 안동, 영풍지역과 경남의 진양 등지에서 전국 재배면적의 90%이상을 차지하고 있으며 1992년 8월 농림수산부 고시에 의해 주산지로 지정된 바 있다. 우리나라에서 마에 대한 연구는 1970년대에 들어와 일부 재배기술에 대한 연구가 시작되었을 뿐 품종육성에 대한 연구는 1990년대 이후 농촌진흥청산하 작물시험장에서 일부 도입육종이 시도되어 현재 육성된 수원 1, 2호에 지역적응 시험이 실시되고 있다. 또한 식용마 인공교배에 의한 신품종 육성 가공성 검토 결과 개화기 불일치 및 교종불친화성으로 종자채종이 곤란하였고 채종된 F1 종자도 발아율이 5%로 저조하였다고 보고하였다.

경북 북부지방은 전국 마 재배면적 340ha 중 290ha로 86%를 점유하고 있어 농가의 소득작물로 중요한 위치를 차지하고 있다<sup>31)</sup>. 그러나 장기간의 영양번식으로 인한 유전적 퇴화로 우량품종육성이 시급하며 또한 농촌 노동력 감소로 기계화가 가능한 생력형 품종의 개발이 절실히 요망되고 있다. 작물시험장에서 마 우량품종을 선별하기 위하여 시험한 결과를 보면 단마는 괴근의 길이가 짧아 수확이 쉽고 수량성이 좋아 식용마 재배품종으로 선발하여 보급 가능한 것으로 나타났으며, 또한 단마재배는 장마재배에 비해 수량이 26-35% 많고 수확작업에 잇점이 있음이 보고 되었다<sup>21)</sup>.

마저장에 관한 문헌을 살펴보면 열대마에 있어서 저장에 관한 연구는 많이 이루어져 있는데, 괴근을 plastic bag에 밀봉 저장시 3%의 무게 감소가 나타났으며, 이를 12℃ 이하에서 보관시 저온장해발생을 보고하였고, 12℃ 이하에서 보관시 최소 8일간부터 저온장해가 발생한 것으로 보고하였다<sup>31)</sup>. *D. alata*에서 32℃, 습도 90%에서 4일간 치유(curing)16℃에 저장시 효과적이었다는 보고도 있다<sup>28)</sup>.

국내에서 김 등<sup>6)</sup>에 의하면 수확시기별 저장성 시험 결과 11월 5일 수확시 괴근 수량이 가장 높았고 동계저장시 조기수확구가 부패율이 가장 높았으며 소득면에서 볼 때 가능하다면 익년 3월 수확시 소득이 가장 높았다고 보고하였다<sup>33)</sup>.

마 호화전분 특성에 관한 연구에서 호화개시 온도는 재배토양 온도에 따라 다소 차이가 나타나 다른 괴근류 전분보다 높은 호화 개시온도를 보여 제빵시 빵겉질 형성에 바람직하며, 점도에서는 breakdown 현상을 보이지 않는 것으로 나타났다.

마 가공이용에 관한 연구를 살펴보면 최 등<sup>21)</sup>은 산마로 만든 술은 제품 가치가 없고 반면 산마와 쌀을 혼합한 산마 백미주는 쌀로 만든 백미주보다 외관 및 풍미가 좋았고 alcohol 농도가 높게 나타난 반면 간장과 된장

제조사에는 제품의 질을 높여주지 못하였다고 하였다. 박<sup>15)</sup>은 생마, 100℃ 증기로 30분간 처리한 마 그리고 180℃의 건조기에 30분간 처리한 마를 비교한 결과 지방, 단백질 및 유리아미노산은 시료 처리에 관계없이 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 유리당은 100℃의 증기로 30분간 처리한 것과 180℃의 건조기에서 30분간 처리한 것이 생마에 비해 glucose 함량이 약 2배 정도 증가한 반면 fructose 와 galactose 의 양은 감소됨을 보고하였다. 1992년 한국식품 개발연구소에서 마를 이용한 스프, 차, 스넥, 병조림 제품 성분에 관한 다양한 연구가 시도되어 그 가능성이 높게 평가되었다. 한편 미국에서는 마의 주성분인 점분을 이용하여 소화율 높은 칼리 공급원으로서 어린이나 노약자를 위한 제빵, 비스킷, 소스, 스프 등의 원료로 쓰이고 있다<sup>27)</sup>.

이제까지 우리 나라에서 마는 주로 약제용으로 용도가 제한되었으나 국민소득 증대와 아울러 건강식품에 대한 수요증가로 기존의 약제용 외에 건강식품으로 수요가 점차 증가하는 추세에 있다. 또한 최근 WTO체계에 따른 농산물 개방에 대응할 소득작물로서 재배 면적은 점차 확대되고 있다.

그러나 기존의 재래종은 장기간 재배로 인한 유전적인 퇴화가 우려되고 농촌의 사회적, 문화적 여건변화로 인해 노동인구의 노령화는 점차 가속화되고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 기존의 재래 및 외국 도입종을 대상으로 유전자원을 수집하여 양질 다수성이며 생력화가능한 무분기 기계수확형 품종을 육성코자 하며, 아울러 수급 원활화 및 새로운 수요창출을 위한 안정적인 저장, 건조방법을 개발하여 농가소득증대와 국민건강증진에도 기여코자 한다.

## 제 2 장 품종육성 분야

### 제 1절 재료 및 방법

#### 1. 단마 무분기 양질다수성 우량계통 육성

마 우량계통 육성을 위해 1994년 지방재래종 및 외국종에 대한 유전자원 10종 700여개체(대만마, 일본장마, 일본중마, 야생산마, 재래단마, 재래병마, 재래장마, 풍산단마, 풍산장마)를 수집 후 1995년 경상북도 농촌진흥원 북부시험장 포장에 공시하여 각 계통별 지상부, 지하부 생육특성, 내병충성 및 수량성을 조사하였다. 재배법은 관행재배에 준하였고<sup>14)</sup> 재식거리는 60×20cm로 하였으며 조사방법은 농진청 농업연구조사기준에 따랐다<sup>10)</sup>.

#### 2. 단마 무분기 양질 다수성 신품종 육성

지하부 생육이 왕성하면서도 분기가 형성되지 않고 괴근장이 짧으며 병해에도 강한 무분기 양질 다수성 마품종을 육성하기 위해 1990년 전국 마 생산지에서 지방 재래종 및 야생종을 수집하여 경상북도 안동시 북후면 소재 경상북도 농촌진흥원 북부시험장 마육종포장에 공시하였으며 지상부, 지하부 생육특성, 내병성 및 수량성을 조사한 후 1990년 ~ 1991년 2년간 우량계통분리를 실시 이중 안동시 북후면에서 수집된 단마 계통이 무분기 양질 다수계통으로 유망시되어 안동1호라는 계통명을 부여하고 1992년부터 1993년까지 2년간 북부시험장 포장에서 생산력 검정을 실시한 결과 그 우수성이 인정되어 1994~1995년 2년간 안동, 진주, 수원 3개 포장에서 지역적응시험과 1995년 경북 안동시 서후 농가에서 농가실증시험을 하였다.

### 3. 돌연변이에 의한 우량계통 선발

유전적으로 고정되면서 양질다수성인 마 품종육성을 위하여 재배단마를 약 50g정도로 절단하여 베노람 수화제를 사용하여 분의소독한 다음 2월 중순에 온도 25℃가 유지되는 전열 온상에 치상하였다. 20일정도 최아시킨 후  $^{60}\text{Co}$ 감마선을 10, 20, 30, 40, 50 및 60Gy 조사하여 4월 상순에 본포에 재식거리 60×40cm로 정식하였다.

시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 56-56-64Kg/10a로 하였고 시험구 배치는 난괴법 2반복으로 하였다.

# 제 3 장 생력재배기술 분야

## 제 1절 재료 및 방법

### 1. 생력지주설치방법

생력화를 위한 지주설치방법을 구명하여 노동력 절감 및 상품성을 높이기 위하여 단마와 장마 절편을 실험재료로하여 4월 8일에 본포에 재식거리를  $60 \times 20\text{cm}$ 로 정식하였다.

시비량은 N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ -퇴비 = 56-56-64-7,200Kg/10a로 하였으며 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였고 지주설치형태는 I, A, X, II, O의 5처리로 하였다.

### 2. 생력기계화 일관작업체계

기계화 작업으로 생기는 생력효과와 관행재배를 상호비교하여 실질소득에 미치는 영향을 구명하기 위하여 단마와 장마 절편을 실험재료로하여 관행작업을 대비구로하여 트랜처+방제기+굴취기를 이용한 일관작업을 처리구로하여 실시하였으며 주요조사항목은 수량성, 노동시간 및 소득분석을 조사하였다.

# 제 4 장 가공이용 분야

## 제 1절 재료 및 방법

### 1. 저장방법개선

본 실험에 사용된 공시재료는 1994년 경상북도 농촌진흥원 북부시험장에서 재배한 재래종 장마, 단마를 사용하였으며 각 저장방법을 보면 상온저장은 플라스틱상자(45×35×35cm)에 단마 및 장마를 각각 25Kg씩 넣어 온도 20±1℃가 유지되는 chamber에 3, 5, 7개월 저장하였고, 움저장은 일반노지에서 150×150×150cm로 지하구덩이를 만든 다음 플라스틱 상자(45×35×35cm)에 단마 및 장마를 각각 25Kg씩 3반복으로하여 지하저장을 한 다음 측면사방은 짚으로하여 상판은 나무토막을 이용하여 덮은 후 흙높이를 원추형으로 100cm되게 한 다음 3, 5, 7개월 저장하였고, 저온저장은 처리를 온도와 습도 2가지로 나누어 실시하였는데 온도 1℃, 상대습도 95%가 유지되는 저온chamber에서 플라스틱 상자(45×35×35cm)에 단마 및 장마를 각각 25Kg씩 넣은 다음 3, 5, 7개월 저장한 것과 온도 5℃, 상대습도 80%가 유지되는 저온chamber에서 첫 번째 순서와 동일한 방법으로 저장을 실시하였다.

주요 조사항목은 저장기간별 수분함량, 발아율, 부패율, 순도, 선택 등을 조사하였다. 무기성분 함량측정은 저장된 단마와 장마를 흐르는 물에 깨끗이 씻은 다음 세절하여 온도 60℃가 유지되는 건조기에 24시간 동안 건조한 후 분쇄기로 200mesh되게 갈아 건조분말 10g을 식물체 분석액(Perchloric acid 90ml, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5ml, H<sub>2</sub>O 55ml) 10ml을 첨가하여 분해한 후, N 정량은 micro kjeldahi법, P정량은 UV/VIS

spectrophotometer(Varian Tehtron Model Cary 1), K, Ca, Mg 정량은 Atomic Absorbance Spectrophotometer(Perkin Elmer Model 3100)로 측정하였고, S정량은 AOAC법에 의한 Magnesium Nitrate법에 따라 실시하였는데 건조분말시료 100g을 95% 질산마그네슘 용액에 넣은 다음 열을 가하여 끓인 다음 분적하여 10ml을 취한 다음 비색 계로 정량하였다.

## 2. 건조방법 개선

본 실험에 사용된 실험재료는 재래종 장마, 단마를 사용하였으며 건조방법을 보면 연탄화력건조는 200×150×150cm로 만든 비닐하우스에 연탄 화덕을 설치하여 48시간동안 연탄 18장 정도를 연소시킬 수 있도록 배기구를 설치한 다음 화덕 상판 높이 50cm에 철망을 설치하여 단마와 장마를 각각 1Kg씩 넣어 건조하였다.

진공동결건조는 VD-8900장치를 이용하여 제피한 마 1Kg을 11용량의 유리관에 넣은후 진공상태를 유지하면서 -20℃로 약 24시간 동안  $3 \times 10^3$  Torr.를 유지하면서 동결건조시켰고, 적외선건조는 온도 50℃가 유지되는 건조기에 적외선 등을 장치하여 18시간동안 건조시켰으며, 화력건조는 Bulk장치(동남 주식회사)에 시료를 넣어 온도 60℃가 유지되게 한 다음 24시간 동안 건조시켰고, 열풍건조는 Dry oven설치(버전과학)에 열풍순환장치를 설치하여 온도 50℃가 유지되게 한 다음 34시간 동안 건조시켜 조사시료로 사용하였다. 갈변도는 시료를 200mesh되게 건조분말을 만든 다음 삼각플라스크 500ml에 50% EtOH 400ml을 넣은 다음 24시간동안 실온도에 방치시킨 후 여과지 Whatman No. 6으로 여과 후 420nm에서 흡광도를 측정하여 조사하였다.

### 3. 과립차 개발

마의 부가가치를 높이기 위하여 산약, 당귀 및 대추를 실험재료로 하였고, 혼합비율은 산약:당귀:대추를 각각 35:35:30, 40:30:30, 30:40:30의 3처리로 실시하였다. 과립차 제조는 산약, 당귀, 대추를 60℃가 유지되는 건조기에 24시간 동안 건조시킨다음 세절하여 농추출기에 넣은 다음 130℃에서 12시간동안 추출하였다. 추출된 엑스를 35:35:30, 40:30:30, 30:40:30의 혼합비율로하여 조제하였다. 주요조사항목은 총 추출수액량, 당도, 엑스함량 등을 실시하였다.

### 4. 장기저장 포장재료 선발

마의 안전 저장을 위한 MA의 효과를 구명하기 위하여 안동에서 1996년 11월에 수확하여 지하음 저장하였던 장마를 실험재료로 사용하였다. 포장 방법은 무포장 및 0.03mmPE, 0.05mmPE, 0.1mmPVC, 0.03mmPP, 0.05mmPP의 밀봉포장과, 0.08mmLDPE를 이용한 질소치환(VACUUM)포장을 완전임의배치 3반복하여 2개월간격으로 조사를 실시하였다<sup>45)</sup>. 저장장소는 저온저장고를 이용하였고, 온도와 습도는 각각 4℃, 80%로 하였다. 부패율은 마의 절단면을 4등분으로 나누어 부패등분수를 전체등분수에 대한 백분율로 나타내었고, 중량감소율은 저장 전 마의 중량에서 조사시 중량을 뺀 값을 초기중량에 대한 총감소중량으로하고 이를 백분율로 나타내었으며, 경도는 마의 절단면을 과실경도계(FHM-5型)로 측정하값을 Kg/∅ 12mm로 나타내었다<sup>44)</sup>. 갈변효소인(PPO)의 활성은 PPO(Polyphenol oxidase)추출 조효소를 Wong등과 Zenin등의 방법에 따라 10mM Catechol 기질에 작용하여 형성된 quinone류를 420nm 파장의 비색계로 측정하여 흡광도로 표시하였고<sup>37,38,39,40,41,45,46)</sup>, 색도는 마의 절단면을 색차계(Minolta Colormeter CM-1000)로 측정하였다.

## 5. 마의 PPO 관련물질 갈변억제 방법

실험재료는 장마와 단마를 수확하여 옮겨장한 것을 선별하여 사용하였다. 시간경과에 따른 마의 갈변도 측정을 위하여 homogenizer로 마쇄한 다음 10ml을 시료사양으로 사용하였고 처리는 NaCl 0.5, 1M, 온탕처리 70, 80℃로 처리하였다.

시간대별 갈변도는 20ml의 메탄올을 첨가한 후 sonicator로 30분간 추출한 다음 상등액을 취하여 420nm에서 측정하였고, 갈변지수는 무처리와 비교하여 420nm에서 0.01의 흡광도 차를 1단위로 표시하였다<sup>36,39)</sup>.

# 제 5 장      결과 및 고찰

## 제 1절 품종육성분야

### 1. 무분기 양질다수성 우량계통 육성

#### 가. 마 유전자원수집

수집한 유전자원 총 10종 700여 개체에 대한 각 계통별 수집지역 및 괴근형태, 엽형태 및 엽색은 표 1과 같다.

Table 1. The source of collected yam germplasm and leaf characteristics

Line no.	Variety	Collected site	Tuber type	Leaf type	Leaf color
1	cultiver	taiwan	sphrical-shape	broad heart	light-green
2	cultiver	japan	short-shape	narrow heart	thin-green
3	cultiver	japan	middle-shape	narrow heart	purplish-green
4	cultiver	japan	long-shape	narrow heart	purplish-green
5	wild species	korea	wild	small heart	light-green
6	landlace	pookhoo*	short-shape	heart	dark-green
7	landlace	pookhoo*	bottle-shape	heart	dark-green
8	landlace	pookhoo*	long-shape	narrow heart	dark-green
9	cultiver	pyungsan*	short-shape	narrow heart	purplish-green
10	cultiver	pyungsan*	long-shape	narrow heart	purplish-green

\*: korea

계통번호 1번은 대만재배종으로 괴근은 구형이고 엽형은 넓은심장형이며 엽색은 연녹색이다. 계통번호 2, 3, 4번은 일본재배종이며 괴근은 각각 단마, 중마, 장마이며 엽형은 모두 좁은심장형이고 엽색은 2번 담록색 3, 4번이 녹색이었다. 계통번호 5번은 한국야생종으로 엽형은 좁은심장형이고 엽색은 연녹색이었다. 계통번호 6, 7, 8번은 국내 재래종으로 경북 안동 북후지역에서 수집하였으며, 괴근형태는 각각 단마, 병마, 장마이며 엽형은

6. 7번은 심장형, 8번은 좁은심장형이고 엽색은 모두 진녹색이다. 계통번호 9, 10번은 국내재래종으로 경북안동 풍산지역에서 수집하였으며, 괴근 형태는 단마, 장마이고 엽형은 좁은심장형, 엽색은 녹색이었다.

#### 나. 지상부 생육특성

표 2는 지상부 생육특성을 나타낸 것으로 각 계통별 영여자 착생기는 재래단마 7월 22일부터 대만마 8월 6일까지 나타났으며, 우리나라 재래종은 대부분 7월 31일 이전에 영여자 착생이 시작되었다. 구당 영여자 착생량은 야생산마 226g서부터 재래장마 1,532g까지 광범위하게 나타났으며, 전체적으로 우리나라 재래종이 일본종보다 다소 많은 경향을 나타내었다. 영여자 무게는 야생산마 0.1g 대만마 10.1g을 제외하고는 대부분 1.0g전후로 나타났다. 출아기는 대부분 5월 25일 전후로 나타났으나, 대체로 우리나라 재래종이 빠르고 외국종은 늦은 경향이었고, 출아율은 야생산마가 98%로 가장 높고 일본장마가 77%로 가장 낮게 나타났다.

Table 2. Morphological characteristics of ground parts in the collected yam germplasm

Line No.	Days to emergence	Emergence rate (%)	Flowering date	Fresh wt. (g/plant)	Dry wt. (g/plant)	Aerial tuber		
						Days to emergence	Amount (No./plot)	Fresh wt.
1	6.11	87	.	553	120.7	8.6	361	10.1
2	6.5	80	7.25	117	30.2	7.28	470	0.9
3	5.25	92	7.25	152	38.3	7.31	557	0.9
4	6.3	77	7.21	175	41.5	7.26	437	1.0
5	5.21	98	7.20	134	32.6	7.27	226	0.3
6	5.21	95	7.21	154	36.7	7.22	569	0.9
7	5.26	81	7.20	148	36.1	7.24	642	1.0
8	5.22	93	7.20	137	33.1	7.26	1,532	0.9
9	6.10	84	7.29	164	41.9	7.31	234	0.9
10	5.25	94	7.20	136	33.4	7.24	287	0.9

개화기는 대만마가 열대마로서 기상상태상 개화하지 않은 것을 제외하고는 대부분 7월 25일 전후로 개화하였고, 주당 지하부 생체량은 대만마가 553g으로 가장 높았고, 우리나라 재래종은 140g에서 150g으로 나타난 반면 일본종은 117g에서 175g까지 광범위하게 나타났다. 주당 지하부 건물량은 대만종이 월등히 높음을 제외하고는 30g에서 40g으로 큰 차이가 나타나지 않았다.

#### 다. 내병충성

각 수집종들의 내병충성을 조사한 결과는 표 3과 같다. 전체적으로 외국종들은 내병충성이 높은 계통이었으나 우리나라 재래종들은 모두 내병충성이 낮은 계통으로 나타났다. 특히, 재래장마는 내병성이 낮은 특성을 보였고, 대만마, 일본장마, 풍산장마는 내병성이 상당히 높은 계통으로 평가되었다.

Table 3. The response of the collected yam germplasm to disease

Line no.	Anthraxnose (0-9)	Powdery mildew (0-9)	Fusarium wilt (0-9)
1	0	0	0
2	1	3	3
3	3	3	32
4	1	1	1
5	1	3	3
6	3	3	3
7	3	3	3
8	5	5	3
9	1	1	1
10	3	3	3

#### 라. 지하부 생육특성

수집유전자원의 계통별 지하부 생육특성은 표 4와 같다. 주당 괴근수는 일본재래종이 한국 재래종에 비해 적었고, 괴근장은 대만마 7.1cm에서 재래장마 65.5cm로 그폭이 매우 넓었으며 장마계통은 60cm내외 단마계통

은 40cm내외였으나, 재래단마는 27.5cm로 특히 작았다. 괴근폭은 단마계통이 40-50mm, 장마계통이 30-40mm, 대만의 경우 75mm로 특이하였다. 주당 괴근중은 재래장마 199.2g에서 일본장마 489.1g까지 다양한 폭을 보였고, 전체적으로 일본종의 괴근중이 한국종보다 높게 나타났다. 분기 정도는 산마와 재래단마가 가장 높았고 재래장마, 재래병마도 높은 편이었으나, 일본재배종 및 풍산재배종은 낮았다. 상품률은 일본장마, 풍산장마가 높았고 대만마, 산마는 낮았으며 국내 재래단마는 25%로 일본단마와 비슷하였다.

Table 4. Characteristics of underground part in the collected yam germplasm

Line	No.tuber (no./plant)	tuber length (cm/plant)	tuber width (cm/plant)	tuber wt (g)	divergence degree (0-9)	marketable ratio (%)	water content (%)
1	1.1	7.1	75	252.3	0	0	84.8
2	1.0	43.1	44	315.3	1	25.0	76.6
3	1.0	52.5	43	338.8	1	41.7	81.5
4	1.1	57.9	47	489.1	1	53.1	80.9
5	1.4	45.2	28	208.1	5	11.5	84.8
6	1.4	27.5	58	282.1	5	25.0	83.2
7	1.2	25.5	54	277.7	3	12.5	78.4
8	1.2	65.5	30	199.2	3	14.6	79.4
9	1.0	38.9	38	226.9	1	26.1	78.7
10	1.1	62.7	38	426.9	1	64.6	76.7

#### 마. 수량성

표 5는 유전자원의 수량을 비교한 것으로 생체수량은 일본장마가 3.083Kg/10a로 가장 높았고, 일본중마, 풍산장마도 높았으나 대만마, 산마는 2.000Kg미만으로 낮게 나타났다. 건물수량도 일본단마, 풍산장마, 풍산단마, 일본장마가 높은 편이었고 대만마, 야생마는 낮게 나타났다.

Table 5. Tuber yield and its index of the collected yam germplasm

Line No.	Yield(Kg/10a)			
	Fresh wt.	Index	Dry wt.	Index
1	1,951 d	84	297	76
2	2,332 a-d	101	547	140
3	2,882 abc	125	533	136
4	3,083 ab	133	588	150
5	1,876 d	81	284	73
6	2,311 bcd	100	391	100
7	2,049 d	89	442	113
8	2,115 cd	92	430	110
9	2,419 a-d	105	516	132
10	3,113 a	135	726	186

Same characters within a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

## 2. 무분기 양질다수성 신품종 육성

### 가. 지상부 고유 특성

안동 1호는 표 6에서 보는 바와 같이 영여자 착생기는 7월 18일로 재래장마와 유사하며 영여자 착생량은 주당 104개로 재래단마, 재래장마, 수원2호와 비교할 때 영여자 착생량이 많고 영여자 무게는 개당 0.94g으로 재래단마보다 다소 무겁고 재래장마보다는 가벼웠으며 엽형은 심장형으로 재래단마와 같고, 엽색은 진녹색이다. 특히, 안동1호는 영여자 착생량이 월등히 많아 영여자 번식율이 높으므로 농가에 보급시 종자비용 절감 효과가 기대된다.

Table 6. Morphological characteristics of ground parts in Andong #1

Line	Aerial tuber			Leaf	
	Days to emergence	Amount (No./plant)	Fresh wt. (g)	Shape	Color
Andong #1	7.18	104	0.94	heart	dark green
Short-shaped yam	7.19	84	0.89	heart	dark green
Long-shaped yam	7.18	82	1.19	nerrow-heart	greenish purple
Suwon #2	7.20	.	0.14	nerrow-heart	light green

#### 나. 지상부 가변특성

공시계통의 지상부 가변특성은 표 7과 같다. 출아기는 재래장마가 5월 8일로 가장 빠르고 수원 2호는 5월 16일로 가장 늦었으며 안동1호는 재래장마, 재래단마보다 늦으나 수원 2호 보다 빠른 5월 12일로 나타났다. 출아율은 공시계통 모두 90%이상이었고, 특히 재래장마는 99%의 높은 출아율을 보였다. 개화기는 큰 차이가 없었고, 지상부 생체중은 안동1호가 주당 279g으로 가장 높은 반면 수원2호는 주당 173g으로 생육이 저조하였다. 지상부 건물중은 수원2호를 제외하고는 공시계통간 큰 차이는 없었다.

Table 7. Variable characteristics of ground parts in Andong #1

Line	Days to emergence	Amount (No./plant)	Floewering stage	Fresh wt. (g/No.)	Dry wt. (g/plant)
Andong #1	5.12	95	7.17	279	66.7
Short-shaped yam	5.10	97	7.18	275	69.0
Long-shaped yam	5.8	99	7.18	231	65.3
Suwon #2	5.16	90	7.18	173	51.8

#### 다. 내병충성

공시계통의 내병충성에 대한 실험결과는 표8과 같다. 안동1호 및 재래단마는 탄저병에 대해 내병성을 보였고, 수원2호는 흰가루병에 대해 강한

내병성을 보였으며 시들음병에 대한 내병성은 공시계통간 큰 차이가 없었다. 전체적으로 안동1호와 재래단마는 다른 계통에 비해 내병성이 강함을 알 수 있었다.

Table 8. The response of Andong #1 to disease

Line	Anthrachnose (0-9)	Powdery mildew (0-9)	Fusarium wilt (0-9)
Andong # 1	1	3	2
Short-shaped yam	1	3	2
Long-shaped yam	3	5	3
Suwon #2	3	1	2

라. 지하부 생육특성

Table 9. Characteristics of underground part in Andong #1

Line	No.tuber (no./plant)	Tuber length (cm/plant)	Tuber width (cm/plant)	Tuber wt. (g/plant)	Divergence degree (0-9)	Market ability (%)	Water content (%)
Andong # 1	1.1	26.3	57.5	424	0	52	78
Short-shaped yam	1.4	25.8	53.7	315	3	27	79
Long-shaped yam	1.3	56.1	34.4	254	3	38	78
Suwon #2	1.0	9.5	73.1	268	1	33	70

공시계통의 지하부 생육특성을 비교한 결과는 표 9와 같다. 괴근수는 안동1호와 수원2호가 적었고, 괴근장 및 괴근폭은 안동 1호와 재래단마가 유사하였고 수원2호는 괴근장은 짧고 괴근폭은 커 재래장마와 다른 형태를 보였다. 주당 괴근중은 안동 1호가 다른 계통보다 월등히 높은 주당

424g으로 나타났고, 분기정도는 안동1호와 수원 2호가 분지가 거의 없었다. 상품률도 안동 1호가 52.2%로 30%전후인 타계통보다 월등히 높음을 알 수 있었다. 분지가 없고 괴근장이 짧고 수량성이 높은 형질을 대상으로 선발된 안동 1호는 수확노력절감 뿐 아니라 상품율도 높아 우량계통으로 유망시 되었다.

Table 10. Yield changes of regional testing and yield test on farmer's field

Experiment	Line	Yield(kg/10a)			
		Fresh wt.	Index	Dry wt.	Index
Regional testing	Andong # 1	2,946	112	695	114
	Short-shaped yam	2,638	100	608	100
	Long-shaped yam	2,340	89	528	87
	Suwon #2	1,960	74	633	104
Yield test on farmer's field	Andong # 1	2,792	124	606	127
	Short-shaped yam	2,255	100	476	100
	Long-shaped yam	2,020	90	436	92
	Suwon #2	1,784	79	503	106

지역적응성시험 및 농가실증검정 결과 나타난 공시계통별 괴근수량 및 수량계수는 표 10과 같다. 안동, 수원, 진주에서 실시한 지역적응성시험 결과 생체중은 안동 1호가 10a당 2,946Kg으로 가장 높아 단마 대비 12%증수 되었고 수원 2호는 1,960Kg으로 가장 낮았다. 한편 건물중에서는 안동 1호가 695Kg으로 가장 높아 단마 대비 4%증수효과가 있었다. 안동에서 실시한 농가검증시험에서도 안동 1호는 생체수량에서 단마 대비 24%의 증수효과가 있었고, 수원 2호는 6%증수 되었다.

이상의 결과로 볼 때 안동1호는 다른 공시계통에 비해 수량성이 높았으며, 수원 2호는 수분함량이 낮아 건조비율이 높게 나타났다.

### 3. 돌연변이에 의한 우량계통 육성

방사선 조사를 통하여 우수한 돌연변이체를 유기하기 위하여 시험한 결과는 표 11과 같다. 출현기는 30Gy처리에서 가장 빨랐으며 개화기는 20Gy에서 가장 빨랐고 영여자 수량은 40Gy에서 가장 높은 경향을 보였다.

Table 11. Growth characteristics as affected by different gamma ray

Treatment	Appearance time(date)	Appearance rate(%)	Flowering time(date)	Bulbil set (date)	Bulbil yield (g/plant)
10 Gy	6. 13	98	7. 24	7. 29	3.4
20 Gy	6. 14	100	7. 23	7. 26	6.2
30 Gy	6. 12	94	7. 26	7. 26	14.2
40 Gy	6. 25	76	-	7. 29	16.1
50 Gy	6. 27	72	-	7. 27	15.2
60 Gy	-	16	-	7. 27	13.6

표 12는 방사선 처리에 따른 괴근의 특성을 나타낸 것으로 괴근수는 60Gy를 제외하면 평균적으로 3개정도였으며 괴근장은 40Gy에서 42cm로 가장 긴 것으로 나타났다. 괴근폭은 10Gy, 30Gy, 40Gy에서 가장 높게 나타났으며 괴근중은 40Gy에서 주당 394g으로 가장 높은 경향을 보였으나 분기정도는 60Gy가 가장 낮은 것으로 나타났다.

Table 12. Tuber characteristics as affected by different gamma ray

Treatment	Tuber			Divergence (0~9)	
	no.	length(cm)	width(mm)		wt.(g/plant)
10 Gy	2.0	23.4	107.1	375	1.4
20 Gy	3.0	22.9	95.0	375	1.3
30 Gy	2.7	21.6	107.8	338	1.2
40 Gy	2.7	42.0	106.2	394	1.4
50 Gy	3.0	20.5	90.4	291	0.9
60 Gy	1.3	33.0	64.0	272	0.7

표 13은 방사선 처리에 따른 수량성을 비교한 것으로 20Gy, 30Gy에서 각각 2,210kg, 2,230kg으로 가장 높게 나타나 우수한 처리로 나타났다.

Table 13. Yield changes as affected by different gamma ray

Treatment	Fresh wt. (kg/10a)		Dry wt. (kg/10a)	
	yield	index	yield	index
10 Gy	2,030 b	100	508	100
20 Gy	2,210 a	109	597	118
30 Gy	2,230 a	110	558	110
40 Gy	1,630 c	80	375	74
50 Gy	1,210 d	60	266	52
60 Gy	120 e	6	22	4

The same letters in each column are not significantly at the 5% level by DMRT.

표 14는 방사선 처리에 따른 엽형태의 변이를 나타낸 것으로 40과 50Gy에서 엽형의 변이가 뚜렷이 나타남을 알 수 있었으며 방사선의 효과가 어느정도 인정되는 것으로 나타났다.

Table 14. Morphologically variational characteristics as affected by different gamma ray

Treatment	Morphological characteristics						stem width (mm)	Expressing plant	Variation degree (%)
	leaf length (cm)			leaf width (cm)					
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd			
10 Gy	8.2	8.7	7.7	10.8	6.8	6.5	1.3	18	37
20 Gy	9.2	9.4	10.1	9.6	9.2	9.6	1.8	18	36
30 Gy	8.7	8.6	8.2	12.2	8.2	7.9	1.8	16	34
40 Gy	9.2	8.5	8.6	12.0	8.5	8.3	1.7	16	42
50 Gy	7.5	10.0	9.2	11.0	9.8	8.9	1.4	16	44
60 Gy	6.5	6.5	6.4	7.2	6.0	6.0	1.0	1	13

표 15는 방사선 처리에 따른 괴근의 형태적인 변이를 나타낸 것으로 지하부 변이율은 50과 60Gy에서 높게 나타남을 알 수 있었으며 변이폭은 일정하지 않았다.

Table 15. Tuber variational characteristics as affected by different gamma ray

Treatment \ Characteristics	10 Gy	20 Gy	30 Gy	40 Gy	50 Gy	60 Gy
Divergence (%)	-47	-51	-55	-47	-66	-75
Ttuber length (%)	+4	+6	-4	+6	-9	+46
Tuber width (%)	-23	-31	-22	-23	-35	-54
Tuber wt. (%)	+10	+10	-1	+16	-15	-20

표 16은 2년차의 방사선 처리에 따른 지상부 생육특성을 나타낸 것으로 출현기는 60Gy에서 가장 빠른 경향을 보였으며 개화기는 이와는 달리 일정한 경향을 보이지 않았으며 영여자 수량은 20Gy에서 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 16. Growth characteristics as affected by different gamma ray

Treatment	Appearance time (date)	Appearance rate (%)	Flowering time(date)	Bulbil set (date)	Bulbil yjeld (g/3m <sup>2</sup> )
10 Gy	5. 26	78	7. 9	7. 11	2,543
20 "	5. 21	82	7. 9	7. 10	3,165
30 "	5. 28	78	7. 10	7. 11	2,063
40 "	6. 10	62	7. 12	7. 15	1,605
50 "	6. 2	90	7. 9	7. 13	1,686
60 "	5. 19	88	7. 10	7. 11	943

표 17은 2년차의 괴근특성을 나타낸 것으로 괴근수는 일정한 차이를 보이지 않았고 괴근장은 다른 처리에 비해 60Gy에서 33.5cm로 가장 긴 것으로 나타났다. 괴근중은 20Gy처리에서 주당 458.8g으로 가장 양호한 것으로 나타났으며 분기정도는 50Gy처리에서 가장 양호한 것으로 나타났다.

Table 17. Tuber characteristics as affected by different gamma ray

Treatment	Tuber				Divergence (0~9)
	no.	length(cm)	width(mm)	wt.(g/plant)	
10 Gy	1.5	25.8	105.6	357.1	3
20 "	1.5	26.2	116.9	458.8	5
30 "	1.1	32.3	94.4	448.1	3
40 "	1.8	27.1	96.4	458.5	3
50 "	1.3	23.3	108.4	306.4	1
60 "	1.3	33.5	70.3	450.6	3

Table 18. Yield changes as affected by different gamma ray

Treatment	Fresh wt. (kg/10a)		Dry wt. (Kg/10a)	
	yield	index	yield	index
10 Gy	2,350c	100	595	100
20 Gy	2,620b	111	768	129
30 Gy	2,650b	113	660	111
40 Gy	2,590b	110	627	105
50 Gy	2,900a	123	995	167
60 Gy	850d	36	188	32

The same letters within a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

표 18은 2년차의 방사선 처리에 따른 수량성을 비교한 것으로 다른 처리에 비해 50Gy처리에서 10a당 수량이 2,900kg으로 가장 우수한 것으로 나타나 '98년도 M<sub>3</sub> 세대에 재공시하여 불량 유전자 발현을 검토하고자 한다.

## 제 2절 생력재배기술분야

### 1. 생력 지주설치방법

Table 19. Growth characteristics as affected by different prop

Cultivar	prop	Appearance	Appearance	Flowering	Bulbil	
		time (date)	rate (%)	time (date)	time (date)	amount (g/3m <sup>2</sup> )
Dan-ma	I	5. 7	95	7. 8	7. 9	198
	A	5. 9	95	7. 8	7.10	218
	X	5. 6	95	7. 8	7. 8	182
	II	5. 6	97	7. 8	7. 9	145
	∩	5. 7	98	7. 9	7. 8	357
Jang-ma	I	5. 7	95	7. 8	7. 9	364
	A	5. 8	97	7. 8	7. 9	196
	X	5. 8	95	7. 8	7. 9	174
	II	5. 7	95	7. 8	7.10	141
	∩	5. 8	97	7. 9	7.10	274

지주설치방법별 지상부 생육특성을 살펴보면 표 19에서와 같이 출현율은 95%이상으로 양호하였고 처리별 개화기, 영여자착생기에 큰 차이가 나지 않았으나 영여자 착생량은 단마는 ∩형지주, 장마는 I형지주에서 영여자 착생량이 많았다.

Table 20. Growth and yield as affected by different prop methods

Line	prop	Appearance	Appearance	Tuber			Divergence (0-9)	Yield (kg/10a)
		time (date)	rate (%)	wt. (g/plant)	length (cm)	width (mm)		
Dan-ma	I	5.7	95	370	313	50.8	0.7	2,701a
	Λ	5.9	95	379	318	53.5	0.8	2,553b
	X	5.6	95	368	301	54.5	1.0	2,405c
	Π	5.6	97	340	311	54.0	0.9	2,701a
	∩	5.7	98	355	305	50.7	0.8	2,072d
Jang-ma	I	5.7	95	355	578	35.6	0	2,886b
	Λ	5.8	97	311	553	38.5	0	2,597d
	X	5.8	95	294	541	36.2	0.1	2,708c
	Π	5.7	95	333	560	37.3	0	3,152a
	∩	5.8	97	299	559	32.7	0	2,042e

The same letters within a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

표 20은 생력형이면서 수량증대에도 적합한 지주설치방법을 확립코자 관행인 X형 지주와 I, Λ, Π, ∩형 지주를 비교한 결과로 단마는 I, Π형 지주가 관행지주 보다 12%증수효과를 보였으며 장마는 Π형 지주가 16%증수효과를 나타내었으나 마의 모양과 설치비를 고려할 때 단마 12%, 장마 7%의 증수를 보인 I형 지주가 가장 적합하다고 판단되었다. ∩형 지주법은 설치하는 가장 쉬우나 수량, 상품성 측면에서 가장 낮게 나타나서 앞으로 더 많은 연구를 필요로 하였다.

Table 21. Analysis of net income as affected by different prop

Prop method	Fresh wt. (kg/10a)	Income (won/10a)	Cost (Won/10a)	Net income (won/10a)	Index
I	2,652	3,235,440	1,229,467	2,005,973	111
Λ	2,496	3,045,120	1,248,499	1,796,621	100
×	2,509	2,910,440	1,105,967	1,804,473	100
Π	2,697	3,371,250	1,517,063	1,854,189	103

표 21은 지주설치방법별 경제성을 분석한 자료로 수량은 Π형 지주가

표 21은 지주설치방법별 경제성을 분석한 자료로 수량은 II형 지주가 가장 우수하였으나 설치비에 따른 경영비를 고려할 때 순소득은 I형 지주에서 가장 높아 관행 ×형 지주 보다 11%의 소득증대를 보였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 I형 지주가 가장 우수한 새로운 지주법을 판단되며 II형 지주의 경우 다른 경종적인 방법을 함께 고려하여 수량성을 개선한다면 가장 우수한 생력형 지주법이 될 수 있을 것으로 생각되었다.

## 2. 생력기계화 일관작업체계

Table 22. Growth characteristics as affected by conventional and machine

Cultivar	Treatment	Appearance	Appearance	Flowering	Bulbil	
		time (date)	rate (%)	time (date)	time (date)	amount (g/3m <sup>2</sup> )
Dan-ma	Conventional	5. 9	95	7. 8	7. 8	2439
	Machine system	5. 12	92	7. 8	7. 8	6953
Jang-ma	Conventional	5. 8	96	7. 8	7. 9	4839
	Machine system	5. 10	95	7. 8	7. 8	4747

표 22는 지상부 생육특성을 살펴본 결과로 개화기, 영여자착생기에서는 별 차이를 보이지 않았으나 단마의 경우 기계화 일관작업구에서 2.9배 많은 영여자착생량을 보였다.

Table 23. Tuber characteristics as affected by conventional and machine

Cultivar	Treatment	Divergence (0~9)	Tuber length (mm)	Tuber width (mm)	Tuber wt. (g)	Market ability (%)	Water content (%)	Yield (kg/10a)
Dan-ma	Conventional	0.4	264	54.0	265	36	78	1,980b
	Machine system	0.4	303	54.6	277	45	73	2,310a
Jang-ma	Conventional	0	472	39.8	293	60	81	2,460b
	Machine system	0	444	40.6	302	70	84	2,560a

The same letters within a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

표 23에서와 같이 기계화 일관작업구가 단마, 장마 모두에서 각각 17%, 4%의 증수를 보였고 괴근중이 관행작업구 보다 높아 전체적으로 상품성이 증가하는 경향을 보였다.

Table 24. Comparison of labor power for bamboo and net prop methods

Prop method	Setting time	Material cost	Total cost
	(hr/10a, two men )	(thousand won/10a)	(thousand won/10a)
Bamboo	15	650	741
Net	14	260	345

생력형 지주설치시 발생하는 생력효과 및 비용을 비교한 결과 표 24와 같이 생력형 지주와 관행 대나무지주법 간의 생력시간이 10a당 1시간 정도밖에 되지 않았으나 자재비면에서 보면 당년에는 대나무 지주보다 10a당 396,000원이 절감되고 이듬해에는 추가적으로 10a당 22만원 정도가 더 절약되는 것으로 나타났다.

Table 25. Labor-saving effect by excavator with net prop cultivation

Cultivar	Consuming time(hr/10a · five men)		Labor-saving effect (%)
	Conventional	Machine	
Dan-ma	93	23	75
Jang-ma	427	53	88

기계수확시 생력효과를 단마, 장마로 나누어 살펴본 결과 표 25에서와 같이 단마의 경우 관행 10a당 93시간이 소요되나 굴삭기 수확시 23시간으로 75%의 생력효과를 보였고 또한 장마는 관행 10a당 427시간이나 기계수확시 53시간으로 88%의 생력효과를 보여 단마보다 장마 수확시 생력효과가 큼을 알 수 있었다.

## 제 3절 가공이용 분야

### 1. 저장방법 개선

마의 저장방법이 품질에 미치는 영향을 구명함으로서 출하시기를 조절하여 농가소득 증대에 기여코자 실시한 마 저장방법개량 시험에 대한 결과는 다음과 같다. 국내에서 마의 월별 가격동향은 마 수확기인 10월 이후부터 가격이 서서히 줄어들다가 6월부터 상승하여 7, 8, 9월에는 최대로 높아지는 경향을 알 수 있다. 이와 같은 사실로 미루어 농가소득 증대를 위해서는 7-9월사이에 출하하는 것이 바람직하며, 이를 위해서는 약 6~7개월의 저장기간이 필요함을 알 수 있었다. 마저장성을 높이기 위해 장마, 단마 두 품종에 대하여 상온저장, 움저장, 저장고 1℃ 습도 95%저장, 저장고 5℃ 습도 80%저장 등 4가지 저장방법에 대해 저장기간에 따른 품질변화를 살펴본 결과는 다음과 같다.

Table 26. Qualitative changes as affected by different storage condition in short-shaped yam

Storage condition	Period (month)	Water content (%)	Loss rate (%)	Rot rate (%)	Hardness (kg/φ 0.5cm)	Color and gloss		
						L	a	b
Pre-storage	-	76	-	-	2.89	85	1.9	6.3
Room temp. storage	3	74	14.2	3.3	4.08	86	1.5	5.9
	5	65	26.5	30.0	3.93	86	1.4	6.1
	7	62	40.4	43.3	4.88	89	1.6	5.9
Cellar storage	3	73	0.7	16.7	3.48	84	1.7	5.9
	5	79	1.5	21.4	4.16	85	1.5	6.0
	7	84	11.4	30.6	3.84	88	1.9	6.5
Cold storage (1℃,RH95%)	3	73	1.6	3.3	3.70	80	3.4	10.2
	5	70	3.9	5.7	4.09	88	1.2	5.3
	7	72	12.0	4.7	4.03	89	1.6	6.7
Cold storage (5℃,RH80%)	3	73	2.9	0.3	3.70	84	1.6	5.7
	5	75	6.1	1.7	4.11	87	1.0	4.8
	7	75	8.8	1.3	3.82	87	7.8	6.4

표 26은 단마에 있어서 저장방법에 따른 저장기간별 품질변화를 나타낸 것으로 수분함량이 변화를 살펴보면 상온저장이 저장기간이 경과할수록 수

분함량이 73.6~62.0%로 크게 감소하나 저온저장시 저장고 1℃ 및 5℃에서 수분함량은 큰 변화가 없었으며, 움저장의 경우 오히려 수분함량이 10%정도 증가함을 알 수 있었다. 저장방법에 따른 감모율 및 부패율은 상온저장시 기간이 경과할수록 감모율은 증가하여 7개월 후 40.4%까지 증가하였으며 부패율도 43%까지 증가하였으나 3개월까지는 부패율이 3.3%로 낮아 3개월 단기 저장시 상온저장이 가능함을 알 수 있었다. 움저장의 경우 감모율은 적으나 부패율이 높았으며, 저장고 1℃, 습도 95%와 5℃, 습도 80% 저장시 모두 감모율 및 부패율이 낮아 양호하였고 이중 저장고 5℃, 습도 80% 조건이 더 양호함을 알 수 있었다.

저장방법 및 기간의 경과에 따른 경도 및 색택의 변화를 살펴보면 마의 경도는 저장방법의 차이에 따른 큰 차이가 나지 않았음을 알 수 있었고 색택의 차이를 보면 명도가 전체적으로 저장기간이 경과할수록 커지는 경향이었을 뿐 저장방법간 큰 차이를 나타나지 않았다..

Table 27. Qualitative changes as affected by different storage condition in long-shaped yam

Storage condition	Period (month)	Water content (%)	Loss rate (%)	Rot rate (%)	Hardness (kg/φ0.5cm)	Color and gloss		
						L	a	b
Pre-storage	-	78	-	-	2.66	85	1.4	6.5
Room temp. storage	3	74	13.3	8.7	3.39	84	1.3	7.0
	5	69	30.2	24.0	4.22	84	1.2	6.6
	7	64	52.5	40.7	2.85	86	1.3	6.7
Cellar storage	3	77	0.3	17.7	3.94	84	1.3	6.6
	5	77	1.6	25.4	3.92	83	1.4	7.0
	7	88	29.9	31.9	4.72	83	2.5	8.0
Cold storage (1℃,RH95%)	3	78	1.6	1.3	2.90	65	6.0	14.7
	5	78	9.0	3.0	3.24	78	2.7	8.5
	7	81	20.1	8.3	3.59	85	1.9	9.8
Cold storage (5℃,RH80%)	3	76	5.6	0.3	3.45	82	2.8	9.7
	5	75	10.8	1.0	3.78	81	2.0	7.9
	7	77	15.8	2.3	3.63	89	1.3	7.0

표 27은 장마에 있어서 저장방법에 따른 품질변화를 나타내고 있다. 전체적으로 단마의 경우와 큰 차이는 없었으며, 수분함량도 움저장을 제외하고 대체로 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향이었고 움저장시 단마와 마찬가지로 생체중이 10%정도 증가하였다. 저장방법 및 저장기간에 따른 감모율 및 부패율의 변화도 단마와 유사하게 나타났고 경도의 변화도 저장방법 및 시기별로 큰 차이가 없었으며 선택에서는 저온저장시 저장기간이 길어질수록 명도가 높아짐을 알 수 있었다.

이상의 결과를 종합할 때 상온저장시 3개월까지는 대체로 상품성이 유지되나 이후로 부패율과 감모율이 증가하여 상품성이 급격히 떨어졌고 움저장시 감모율은 증가하지 않으나 부패율의 증가로 농가에서 실제 이용하기에 더 많은 연구가 필요했으며, 저온저장 1℃, 습도 95%와 5℃, 습도 80% 저장시는 감모율과 부패율이 감소하여 장기저장에 유리한 것으로 판단되었다. 시험 중 움저장시 발근 및 çıkar되는 개체가 많았고 갈변되는 개체도 많아 문제시 되었다.

## 2. 건조방법 개선

### 가. 건조방법별 특성변화

마의 효과적인 건조작업을 위한 건조조건을 구명하기 위해 관행 연탄화력건조를 비롯 진공동결건조, 적외선건조, 화력건조, 열풍건조 등 5가지 방법을 비교시험하였다. 단마에서 5가지 건조방법에 따른 특성변화를 살펴보면 다음과 같다.

Table 28. Qualitative changes as affected by different dry method in short-shaped yam

Dry method	Dry condition	Dry rate (%)	Transmittance rate (%)	Hardness (kg/φ0.5cm)	Color and gloss		
					L	a	b
Briquet	48hr	73	92	14.6	95	0.2	4.6
Vacuum freeze	-20°C/24hr	66	93	2.3	90	1.4	5.4
Infrared-heated	50°C/18hr	73	93	18.8	86	2.0	8.1
Heat	60°C/24hr	70	87	12.0	89	1.3	5.3
Heat wind	50°C/34hr	73	87	14.9	93	0.4	4.9

표 28은 단마에 있어서 건조방법별 특성변화를 나타낸 표로서 건조소요 시간을 보면 관행 연탄화력건조는 건조시간이 48시간 소요되나 적외선 건조는 18시간이 소요되었으며, 그외 화력건조, 열풍건조, 진공동결건조는 24시간 소요되어 연탄건조시 소요시간이 다른 건조방법에 비해 길어 짐을 알 수 있었다. 건조방법에 따른 투과율 및 건조율의 차이를 보면 건조율은 진공동결건조시 낮은 경향이었으나 건조방법간에 큰 차이가 없으며, 투과율은 화력건조 및 열풍건조시 90%미만으로 낮았고 그외에는 90%이상으로 나타났다. 건조방법에 따른 경도의 차이를 살펴보면 진공동결건조시 2.25(kg/φ0.5cm)로 가장 적었고 적외선건조시 18.83(kg/φ0.5cm)로 가장 커 진공동결건조시 가공이 가장 용이함을 알 수 있었다. 건조방법에 따른 색택의 차이를 보면 연탄화력건조시 색택이 가장 좋았고 적외선건조 및 화력건조시 대체로 갈변되어 상품성이 떨어졌다.

Table 29. Qualitative changes as affected by different dry method in long-shaped yam

Dry method	Dry condition	Dry rate (%)	Transmittance rate (%)	Hardness (kg/φ 0.5cm)	Color and gloss		
					L	a	b
Briquet	48hr	76	95	15.1	94	0.2	5.0
Vacuum freeze	-20°C/24hr	72	93	1.3	92	0.2	5.3
Infrared-heated	50°C/18hr	76	91	22.2	81	2.8	10.8
Heat	60°C/24hr	76	87	9.5	89	1.2	6.6
Heat wind	50°C/34hr	75	93	10.9	90	0.5	4.7

표 29는 장마에 있어서 건조방법에 따른 특성변화를 나타낸 표로서 단마의 경우와 큰 차이는 없으나 연탄화력건조 및 적외선건조시 경도가 높게 나타난 반면 진공동결건조시 1.31(kg/Φ 0.5cm)로 경도가 낮아 진공동결건조시 가공이 용이함을 알 수 있었고 화력건조시 색택이 좋지않아 상품성이 저하됨을 알 수 있었다.

#### 나. 건조방법별 무기성분의 변화

Table 30. Changes of inorganic elements as affected by different dry method in short-shaped yam

Dry method	Dry condition	Inorganic element(%)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Briquet	48hr	1.44	0.48	2.58	0.18	0.19	0.21
Vacuum freeze	-20°C/24hr	1.68	0.60	3.36	0.15	0.17	0.20
Infrared-heated	50°C/18hr	1.83	0.58	3.03	0.18	0.19	0.17
Heat	60°C/24hr	1.47	0.49	3.48	0.18	0.21	0.13
Heat wind	50°C/34hr	1.21	0.52	2.54	0.14	0.15	0.10

Table 31. Changes of inorganic elements as affected by different dry method in long-shaped yam

Dry method	Dry condition	Inorganic element(%)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Briquet	48hr	1.83	0.53	2.56	0.26	0.23	0.25
Vacuum freeze	-20℃/24hr	1.83	0.53	2.78	0.26	0.23	0.15
Infrared-heated	50℃/18hr	1.88	0.51	2.52	0.21	0.21	0.12
Heat	60℃/24hr	1.61	0.53	2.69	0.25	0.21	0.14
Heat wind	50℃/34hr	1.85	0.50	2.52	0.33	0.23	0.12

표 30, 31은 단마와 장마에 있어서 건조방법에 따른 무기성분함량의 변화를 나타낸 것으로 건조방법에 따른 N, P, K, Ca, Mg, S의 성분함량 차이는 크게 나타나지 않으나 연탄화력건조에서는 황성분이 허용규정치 0.2%보다 높은 0.21(단마), 0.25(장마)로 나타나 문제시되었으나 진공동결건조나 열풍건조에서는 황성분의 함량이 적었다.

이상에서 본 바와 같이 기존의 관행연탄화력건조는 건조시간이 48시간 소요되고 선택은 좋으나 건조 후 황성분이 허용기준치 이상으로 나타나 문제점으로 드러난 반면 진공동결건조나 적외선건조시 건조시간이 짧고 건조 후 경도가 낮아 가공이 용이하며 유해성분함량도 낮아 응용이 가능하리라 생각된다.

### 3. 과립차 개발

표 32는 산약, 당귀 및 대추의 각 약재 2,500g에 물 7,500ml를 첨가하여 130℃조건에서 8시간 추출 하였을 때의 총 추출, 여과된 수액의 양을 나타낸 것이다.

Table 32. Total extract content of yam, danggi, and jujube

Item	Extraction (time/temp.)	Total extract(ml)			Mean (ml)
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
Yam	8hr/130℃	3,320	3,200	3,300	3,273 c
Danggi	8hr/130℃	5,360	5,290	5,300	5,317 b
Jujube	8hr/130℃	6,400	6,300	6,350	6,350 a

The same letters in a column means are not significantly different at 5% level by DMRT.

그 결과 대추, 당귀, 산약의 순으로 총 추출 수액의 량이 많았으며 통계적으로 그 차이가 인정되는 수준이었고, 특히 산약의 총 추출 수액은 가장 낮아 평균값이 3.273ml였으며 장기간 방치하면 다시 침전물이 형성되는 것을 확인 할 수 있었다.

Table 33. Brix index and extract content of yam, danggi and jujube

Item	Extraction (time/temp.)	Brix index(%)	Extract content(%)
Yam	8hr/130℃	4.7 c	3.86 c
Danggi	8hr/130℃	11.1 b	19.14 b
Jujube	8hr/130℃	14.2 a	26.91 a

The same letters in a column means are not significantly different at 5% level by DMRT.

표 33은 각 약재의 Brix당도 및 엑스 함량을 조사한 결과로서 각각 변이계수가 0.82%, 1.12%로서 반복간에 차이없이 정밀하게 실험이 실시되었다고 할 수 있다. Brix당도는 산약이 4.7%로서 가장 낮았고 대추, 당귀의 순으로 높았으며, 엑스함량도 총 추출 수액 및 당 함량과 같은 경향을 보여 대추가 26.9%로 가장 높았고 당귀, 산약의 순으로 나타났다. 또한

Brix당도 및 엑스함량이 통계적으로 그 차이가 인정되는 것을 확인 할 수 있어 당도 및 엑스의 함량이 극히 적은 산약을 단독으로 이용하는 것 보다 당 및 엑스의 함량이 높은 당귀와 대추를 혼용하여 이용하는 것이 총 추출 수액, 당함량, 엑스함량의 유지·공급면에서 바람직하다는 결과를 얻었다.

#### 나. 추출시간별 총 추출 수액, Brix당도 및 엑스 함량

상기 결과에서 산약을 단독으로 이용하는 것 보다 혼용하는 것이 바람직하다는 결과를 얻어 산약, 당귀, 대추를 각 850g(34%), 850g(34%), 800g(32%)으로 혼용하였을 때 추출시간의 변화에 따른 총 추출 수액, Brix당도 및 엑스의 함량을 조사하였다. 그 결과 총 추출 수액의 양은 8시간의 추출이 23ml가 더 많은 것을 확인 할 수 있었으나 통계적인 차이는 인정되지 않았다.

Table 34. Difference of total extract, brix index and ex content by different extraction

Extraction(time/temp.)	Total extract(ml)	Brix index(%)	Ex content(%)
8hr/130℃	5,433	13.97	26.10
12hr/130℃	5,410	15.14	27.90
Difference	23 <sup>ns</sup>	1.17 <sup>**</sup>	1.80 <sup>**</sup>

\*\* : Significant at the 1% probability level

표 34에서 Brix당도 및 엑스함량은 총 추출 수액의 양과는 상반된 양상을 나타내어 12시간 추출이 Brix당도의 경우 1.17%, 엑스함량의 경우는 1.80% 더 높은 양상을 나타내었고, 통계적으로도 고도의 유의성이 인정되었다. 추후 추출시간 및 온도에 대한 체계적인 실험을 실시하여 가장 효과적인 추출시간 및 온도조건을 확립하여야 할 것으로 평가된다.

다. 약재 혼합비율별 총 추출 수액, Brix당도 및 엑스함량

상기 결과에서 산약, 당귀, 대추의 혼합이용이 적절하였고, 관행의 8시간 추출보다 12시간의 130℃ 추출이 더 효과적이라는 결과를 바탕으로 약재를 혼합비율에 따라 총 추출수액, Brix당도 및 엑스함량을 조사하였다

Table 35. Total extract amount by different mixing ratio

Mixing ratio (yam:danggi:jujube)	Extraction (time/temp.)	Total extract(ml)			Mean (ml)
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
35 : 35 : 30	12hr/130℃	5,200	5,250	5,210	5,220 b
40 : 30 : 30	12hr/130℃	5,150	5,100	5,180	5,143 b
30 : 40 : 30	12hr/130℃	5,400	5,350	5,380	5,376 a

The same letters in a column means are not significantly different at 5% level by DMRT.

표 35에서 산약, 당귀 및 대추의 각 약재를 혼합비율에 따라 달리 혼합하였을 때 추출 수액의 양은 산약 : 당귀 : 대추가 30 : 40 : 30 으로 혼합 되었을 때 5,376ml로 가장 높은 추출수액량을 나타내었고, 35 : 35 : 30 및 40 : 30 : 30의 순으로 나타났으며, 이들은 통계적으로 같은 수준의 추출 수액량을 나타내었다.

약재의 혼합비율별 Brix당도 및 엑스함량을 조사한 결과는 표 36과 같다. Brix 당도는 30 : 40 : 30의 혼합비율이 16.6%로 가장 높았고, 35 : 35 : 30과 40 : 30 : 30의 순으로 나타났다. 엑스의 함량은 Brix 당도와 같은 경향을 나타내어 30 : 40 : 30의 비율이 30.67%로 가장 높았고 40 : 30 : 30이 가장 낮은 양상을 나타내었다.

Table 36. Brix index and ex content by different mixing ratio

Mixing ratio (yam:danggi:jujube)	Extraction (time/temp.)	Brix index(%)	Ex content(%)
35 : 35 : 30	12hr/130℃	15.4 b	27.49 b
40 : 30 : 30	12hr/130℃	12.0 c	14.97 c
30 : 40 : 30	12hr/130℃	16.6 a	30.67 a

The same letters in a column means are not significantly different at 5% level by DMRT.

이 결과로 볼 때 약재의 혼합비율에 따른 총 추출 수액, Brix당도, 엑스함량 모두 산약 : 당귀 : 대추가 30 : 40 : 30의 비율로 혼합되었을 때 가장 높았고, 40 : 30 : 30의 비율로 혼합된 약재가 가장 낮은 결과를 보였으며 또한 통계적으로 분명한 차이를 확인 할 수 있었다. 그러므로 산약을 이용한 과립차 제조용 엑스 추출시 산약, 당귀, 대추의 혼합약재를 이용할 경우 30 : 40 : 30(750g : 1000g : 750g)의 비율로 혼합하는 것이 가장 바람직하다는 결과를 얻었다.

#### 라. 물엑스 적정 농축기 선별

과립화 산약차 제조 약재 배합은 산약 30%, 당귀 40%, 대추 30%의 배합비율이 Brix당도, 엑스함량이 가장 높았으므로 이들 배합비율의 약재를 물추출하여 농축시켜 부가제를 첨가하여 과립차를 만들기 위해 우선 물엑스를 농축할 적정 농축기를 선발코져 시험한 결과는 표 37과 같다.

Table 37. Selection of concentrating machine

Machine	Baking degree	Concentrating time(hr)	Smell and taste
1-concentrator	bake	8	sour
2-concentrator	nonbake	10	sweet
5-concentrator	nonbake	8	sweet

한약전재를 물로 추출하여 과립화하기 위한 적정 농축기선별은 Brix당도  $60 \pm 2\%$  정도 시 1제 전열탕기는 엑스의 농축시간은 8시간으로써 단축되었으나 엑스가 늘어서 탄냄새가 나며 쓴맛이 나서 한약재의 맛을 느낄수 없었으며 2제 중탕기 및 5제 중탕기는 엑스는 냄새와 맛은 탄냄새가 없고 쓰며 달콤한 맛을 보였으나 제 2제탕기는 농축시간이 5제 중탕기보다 2시간이 더 걸렸다. 이 결과로 볼 때 한약재를 이용한 엑스의 농축기는 5제 중탕기기가 농축시간 단축과 엑스가 늘지않으며 맛과 냄새도 한약고유의 맛을 낼 수 있어서 가장 효과적인 기기였다.

마. Brix당도  $60 \pm 2\%$ 의 엑스 배합비율

산약, 당귀, 대추의 한약재의 엑스를 이용한 과립화 산약차를 제조하기 위해서 부가제를 첨가한 배합비율은 표 38과 같다.

Table 38. Extract mixing ration of Brix index  $60 \pm 2\%$

Item	Mixing ratio (%)		
	A	B	C
Extract	10	15	20
Dextrose	80	75	70
Lactose	10	10	10
Total	100	100	100

엑스첨가를 10, 15, 20%로 설정하고 부가제로 포도당 80, 75, 70%와 유당은 공히 10%씩 배합하고 혼합반죽하여 과립기에 넣어 과립을 제조한 시험결과는 표 39와 같다.

Table 39. Characteristics and sticky degree as affected by extract and added material

Mixing ratio(%)	Mixing amount(kg)	Sticky degree	Color of cutt granule
10 - 80 - 10	30	low	yellow/white
15 - 75 - 10	30	medium	yellow/brown
20 - 70 - 10	30	medium	black/brown

엑스와 포도당, 유당을 첨가한 배합비율별 제조시간과 외관특성상의 적정 엑스 배합비율은 엑스가 10, 15, 20%로 첨가량이 증가할수록 점성도와 한약고유의 색택이 나타나 산약 엑스 : 포도당 : 유당 = 20 : 70 : 10% 배합한 것이 점성도 좋고 외관적인 색택도 흑갈색으로 한약차의 고유특성을 나타내어 가장 좋은 양상을 보여주었다.

#### 바. 과립 굵기별 제조시간과 건조시간 차이

산약 엑스와 부가제가 배합된 반죽시료를 국수과립기의 구멍직경 크기별 과립국수 제조시간과 건조시간 차이를 시험한 결과는 표 40과 같다.

Table 40. Making and dry time as affected by different granule size

Granule size	Mixing amount (kg)	Making time (hr)	Cutting granule (degree)	Dry time	
				cutting <sup>a)</sup>	small package <sup>b)</sup>
1.0mm	30	5.5	Difficult	13.5	48.5
1.5mm	30	4.0	Medium	13.5	50.0
2.0mm	30	3.8	Medium	14.5	56.5
4.0mm	30	3.5	Medium	15.5	60.5

a) dry time : 30°C ± 2°C, b) dry time : 25°C ± 2°C

과립 굵기별 제조시간과 제조 난이도 및 세절된 과립건조시간을 비교 시험한 결과 총배합량 30kg을 직경 1.0mm로 국수 과립으로 분출시켰을 때 제조시간은 5.5시간, 제조난이도는 어렵고, 건조시간은 빨랐고 이보다 굵을수록 제조시간과 제조난이도는 쉬웠으나 건조시간이 길었다. 그러나 1.5mm의 굵기는 제조시간도 짧고 제조 난이도도 보통이며 건조시간도 1.0mm 굵기와 대등하고 2.0, 4.0mm보다는 짧았다. 이 시험결과는 직경 1.5mm 크기의 국수과립제조가 과립난이도 및 제조시간은 보통이며 제조시료의 건조시간도 비교적 짧아서 마를 배합한 국수형과립제조시의 과립굵기는 1.5mm가 적당한 것으로 나타났다.

사. 마를 배합한 국수형과립 소포장 난이도 차이

디지털 감지형 소포장기가 아닌 일반약제 소포장형 자동 과립포장기로 포장 용량과 굵기별 포장 난이도를 시험한 결과는 표 41과 같다.

Table 41. Packing degree by small package and granule size

Ex content (%)	Small package(g)			granule(mm)			
	6	10	15	1.0	1.5	2.0	4.0
10	A	C	D	A	A	C	D
15	A	C	D	A	A	C	D
20	A	C	D	A	A	C	D

A: Good, B: Medium, C: Difficult, D: Bad.

국내에서 일반적으로 시판되는 소포장기는 사면포장기와 삼면포장기 등인데 사면포장기는 물엑스 및 액체 포장기이고 삼면포장기는 일반 약국에서 주로 사용하는 기기로서 환약과 가루약을 소량으로 포장하는데 사용하고 있다.

본 시험은 삼면포장기로 국수형 과립 소포장은 국내에서 처음 시도하는 것으로서 소포장 용량과 굵기별 포장 난이도를 시험한 결과는 표 41에서 보는 바와 같이 한포의 소포장 용량은 엑스 배합비율 10, 15, 20% 모두 6g으로 포장하는 것이 가장 양호하였고 그이상은 부적합하였다. 결과적으로 마를 배합한 환약차의 소포장 용량과 굵기는 1.0-1.5mm의 굵기에 한포에 6g씩 넣어 포장하는 것이 가장 능률적이었다.

#### 4. 장기저장 포장재료 선발

가. 중량감소율의 변화

저장기간에 따른 마의 중량감소율을 조사한 결과는 표 42와 같다. 무처리를 제외한 다른 필름포장에서는 저장 기간 동안 4%미만의 적은 중량

감소율을 보였으며, 포장필름의 두께가 두꺼울수록 낮은 중량감소율을 보였다. 이러한 결과는 PE필름의 두께에 따른 필름의 기체 및 수증기 투과성에 의한 저장 농산물의 호흡작용과 증산작용에 기인한 포장필름의 MA효과로 사료된다.

Table 42. Changes in quality of yam at different packaging methods during storage

Treatment	Storage (months)	Weight loss(%)	Firmness (kg/∅ 12m m)	PPO activity (Abs.420nm)	Hunter's value <sup>1)</sup>		
					L	a	b
Before Treat.	-	-	2.98	0.35	69.25	-0.27	5.58
0.03mmPE	2	0.27	3.03	0.99	36.31	7.20	16.30
"	4	0.59	3.08	1.02	32.80	8.68	17.85
"	6	1.51	2.9	1.05	37.53	11.16	22.94
"	8	2.19	2.93	1.05	33.82	11.14	19.18
0.05mmPE	2	0.22	3.14	0.67	47.80	6.04	16.74
"	4	0.44	3.22	0.77	43.60	5.65	21.02
"	6	0.18	3.20	0.71	39.19	9.04	21.55
"	8	0.84	3.1	0.72	43.43	7.81	21.94
0.1mmPVC	2	0.61	3.16	0.70	44.85	6.51	18.10
"	4	1.30	3.24	0.70	42.15	6.88	21.68
"	6	2.13	3.31	0.86	42.88	7.76	22.25
"	8	3.01	3.07	0.92	46.33	6.84	21.88
VACUMM	2	0.14	3.30	0.48	57.62	2.62	7.81
"	4	0.32	3.31	0.52	57.24	4.40	7.56
"	6	0.79	2.86	0.90	48.28	5.85	7.51
"	8	2.39	2.26	0.95	47.92	7.46	2.99
0.03mmPP	2	0.2	3.17	0.73	49.22	3.98	14.78
"	4	0.39	3.21	0.75	46.87	3.91	17.62
"	6	0.71	3.14	0.86	43.21	7.61	24.64
"	8	3.67	2.97	0.90	36.78	9.83	21.54
0.05mmPP	2	0.09	3.11	0.59	50.79	4.83	19.17
"	4	0.24	3.25	0.66	48.90	3.93	15.43
"	6	0.34	3.20	0.80	45.78	7.27	22.27
"	8	0.51	3.19	0.87	48.60	6.85	26.42
Control	2	7.62	3.06	0.94	29.19	8.99	14.97
"	4	15.63	3.09	1.09	20.73	8.24	8.58
"	6	24.76	3.03	1.25	24.29	4.07	6.94
"	8	41.04	2.78	1.32	27.51	7.77	11.29

#### 나. 경도의 변화

마의 저장 기간 동안 경도의 측정결과는 표 42와 같다. 저장기간이 경과함에 따라 경도가 약간 감소 했으며, 포장지로는 저장이 양호한 처리에서

높은 경도를 보였는데 이것은 저장이 잘된 과채류가 경도에 상당한 효과가 있다는 여러 가지 연구보고와 유사한 경향을 나타내었다.

#### 다. 갈변효소(PPO)활성변화 및 색도변화

저장 기간 동안 마의 포장방법에 따른 갈변효소인 PPO(polyphenol oxidase)의 활성을 측정한것과 처리별 색도변화를 L, a, b 값으로 나타낸 결과는 표 42와 같다. 마의 선도 판정에 지표가되는 L값을 비교한 결과 두꺼운 필름포장이 무처리 및 다른 포장보다 L값이 높아 선도가 잘 유지되었다. 이러한 마의 L값 차이는 갈변효소인 PPO의 활성차이에 의한 것이며, 여기에 대한 갈변억제 방안에 관한 연구가 계속 이루어 지고 있다.

따라서 처리별로 PPO의 활성을 알아본 결과 두꺼운 필름포장이 무처리 및 다른 포장 보다 효소활성이 낮게 나타났다. 이와같은 결과는 효소적 갈변은 효소, 기질, 산소의 3가지 요인중 어느 하나만 배제하면 갈변을 억제할 수 있다는 결과와 일치한다.

### 5. 마의 PPO관련물질 갈변억제 방법

#### 가. 장마의 갈변지수변화

Table 43. Browning changes of Jang-ma as affected by materials

Treatment \ Time(hr)	15	24	39	48
Control	38	41	43	46
NaCl 0.5M	11	20	28	34
NaCl 1.0M	6	10	20	28
NaCl 2.0M	5	8	18	24
Warm water 60℃	29	34	43	45
Warm water 70℃	31	36	37	46
Warm water 80℃	9	12	30	45

장마의 갈변지수변화를 표 43에서 살펴보면 15시간까지 급격히 증가하여 전체 갈변지수의 83%에 도달하였다. 60, 70℃ 온탕처리시 무처리구와 비슷하게 갈변이 진행되나 70℃ 처리는 39시간까지, 60℃ 처리는 24시간까지 각각 14%, 17%의 저해율을 보였다. 그러나 80℃ 온탕처리시 24시간까지 71%의 양호한 저해율을 보였으나 이후 갈변지수가 급격히 증가하는 경향을 보였는데 이는 24시간까지는 효소의 실활과 세포자체의 열변성으로 갈변현상이 지체되었으나 24시간 이후 세포의 회복체계가 작용하여 PPO 관련 물질을 유도함으로써 빠르게 갈변이 일어난 것으로 사료된다. NaCl 2M 처리시 48시간까지 48%의 저해율을 보여 가장 양호하였고 다음이 1M, 0.5M로 각각 35%, 26%의 저해율을 보였다. NaCl 처리는 온탕 처리의 저해양상과는 달리 초기 장마의 급격한 갈변현상을 방지하였고 또한 지속적인 저해활성을 나타내었다.

#### 나. 단마의 갈변지수변화

Table 44. Browning changes of Jang-ma as affected by materials

Treatment \ Time(hr)	15	24	39	48
Control	13	19	28	35
NaCl 0.5M	3	13	20	26
NaCl 1.0M	2	9	17	20
NaCl 2.0M	3	15	23	34
Warm water 60℃	14	18	27	36
Warm water 70℃	3	10	19	27
Warm water 80℃	17	20	25	30

단마의 갈변지수를 표 44에서 보면 장마에 비해 천천히 점진적으로 증가하여 48시간 후 갈변지수 35에 도달했다. 이런 갈변지수의 차이는 단마

에 장마와 특이성이 다른 PPO 관련 갈변물질이 존재함을 암시한다. 70℃ 온탕처리가 다른 온도의 온탕처리 보다 우수하였고 저해율은 23%였다. 그러나 60℃처리시 무처리 보다 오히려 갈변지수가 높게 나타났다. 1M NaCl처리는 43%의 저해율을 보여 가장 높은 갈변지수 저해율을 보였고 다음이 0.5M, 2M 순이었다. 이상의 결과로서 NaCl농도를 1M이하로 유지시켜 처리함이 단마의 경우 유리함을 알 수 있었다.

# 제 6 장    종합 결과

## 제 1절 품종 육성분야

### 1. 무분기 양질다수성 우량계통 육성

수집한 유전자원 총 10종 700여 개체에 대한 각 계통별 수집지역 및 괴근형태, 엽형태 및 엽색의 경우 계통번호 1번은 대만재배종으로 괴근은 구형이고 엽형은 넓은심장형이며 엽색은 연녹색이다. 계통번호 2, 3, 4번은 일본재배종이며 괴근은 각각 단마, 중마, 장마이며 엽형은 모두 좁은심장형이고 엽색은 2번 담록색 3, 4번이 녹색이었다. 계통번호 5번은 한국야생종으로 엽형은 좁은심장형이고 엽색은 연녹색이었다. 계통번호 6, 7, 8번은 국내 재래종으로 경북 안동 북후지역에서 수집하였으며, 괴근형태는 각각 단마, 병마, 장마이며 엽형은 6, 7번은 심장형, 8번은 좁은심장형이고 엽색은 모두 진녹색이다. 계통번호 9, 10번은 국내재래종으로 경북안동 풍산지역에서 수집하였으며, 괴근형태는 단마, 장마이고 엽형은 좁은심장형, 엽색은 녹색이었다.

지상부 생육특성은 각 계통별 영여자 착생기가 재래단마 7월 22일부터 대만마 8월 6일까지 나타났으며 전체적으로 우리나라 재래종이 일본종보다 다소 많은 경향을 나타내었다. 개화기는 대만마가 열대마로서 기상상태상 개화하지 않은 것을 제외하고는 대부분 7월 25일 전후로 개화하였고, 주당 지하부 생체량은 대만마가 553g으로 가장 높았고, 우리나라 재래종은 140g에서 150g으로 나타난 반면 일본종은 117g에서 175g까지 광범위하게 나타났다. 내병충성은 전체적으로 외국종들은 내병충성이 높은 계통이었으나 우리나라 재래종들은 모두 내병충성이 낮은 계통으로 나타났다

지하부 생육특성을 보면 주당 괴근수는 일본재래종이 한국 재래종에 비해 적었고, 괴근장은 대만마 7.1cm에서 재래장마 65.5cm로 그폭이 매우 넓었으며 장마계통은 60cm내외 단마계통은 40cm내외였으나, 재래단마는 27.5cm로 특히 작았다. 괴근폭은 단마계통이 40-50mm, 장마계통이 30-40mm, 대만의 경우 75mm로 특이하였다. 수량성은 일본장마가 3.083Kg/10a로 가장 높았고, 일본중마, 풍산장마도 높았으나 대만마, 산마는 2.000Kg미만으로 낮게 나타났다. 건물수량도 일본단마, 풍산장마, 풍산단마, 일본장마가 높은 편이었고 대만마, 야생마는 낮게 나타났다.

## 2. 무분기 양질다수성 신품종 육성

안동 1호는 영여자 착생기가 7월 18일로 재래장마와 유사하며 영여자 착생량이 월등히 많아 영여자 번식율이 높으므로 농가에 보급시 종자비용 절감 효과가 기대되었고 지하부 가변특성에서 출아기는 재래장마가 5월 8일로 가장 빠르고 수원 2호는 5월 16일로 가장 늦었으며 안동1호는 재래장마, 재래단마보다 늦으나 수원 2호 보다 빠른 5월 12일로 나타났다. 지상부 생체중은 안동1호가 주당 279g으로 가장 높은 반면 수원2호는 주당 173g으로 생육이 저조하였다. 내병충성을 보면 안동1호 및 재래단마는 탄저병에 대해 내병성을 보였고, 수원2호는 흰가루병에 대해 강한 내병성을 보였으며 시들음병에 대한 내병성은 공시계통간 큰 차이가 없었다. 지하부 생육특성을 보면 괴근수는 안동1호와 수원2호가 적었고, 괴근장 및 괴근폭은 안동 1호와 재래단마가 유사하였고 수원2호는 괴근장은 짧고 괴근폭은 커 재래장마와 다른 형태를 보였다. 상품률도 안동 1호가 52.2%로 30%전후인 타계통보다 월등히 높았고 분지가 없고 괴근장이 짧고 수량성이 높은 형질을 대상으로 선발된 안동 1호는 수확노력절감 뿐 아니라 상품율도 높아 우량계통으로 유망시 되어 1997년 농촌진흥청 품종심의회에서 "마1호"로 명명되었다.

### 3. 돌연변이에 의한 우량계통 육성

방사선 조사를 통하여 우수한 돌연변이체를 유기하기 위한 시험에서 출현기는 30Gy처리에서 가장 빨랐고 개화기는 20Gy에서 가장 빨랐고 영여자 수량은 40Gy에서 가장 높은 경향을 보였으며 괴근수는 60Gy를 제외하면 평균적으로 3개 정도였으며 괴근장은 40Gy에서 42cm로 가장 긴 것으로 나타났고 괴근폭은 10Gy, 30Gy, 40Gy에서 가장 높게 나타났으며 괴근중은 40Gy에서 주당 394g으로 가장 높은 경향을 보였으나 분기정도는 60Gy가 가장 낮은 것으로 나타났다.

방사선 처리에 따른 수량성은 20Gy, 30Gy에서 각각 2.210kg, 2.230kg으로 가장 높게 나타나 가장 우수한 처리로 나타났다. 엽형태의 변이는 40과 50Gy에서 엽형의 변이가 뚜렷이 나타남을 알 수 있었으며 방사선의 효과가 어느정도 인정되는 것으로 나타났다. 괴근의 형태적인 변이율은 50과 60Gy에서 높게 나타남을 알 수 있었으며 변이폭은 일정하지 않았다. 2년차의 괴근특성을 보면 괴근수는 일정한 차이를 보이지 않았고 괴근장은 다른 처리에 비해 60Gy에서 33.5cm로 가장 긴 것으로 나타났다. 괴근중은 20Gy처리에서 주당 458.8g으로 가장 양호한 것으로 나타났으며 분기정도는 50Gy처리에서 가장 양호한 것으로 나타났다. 2년차의 방사선 처리에 따른 수량성은 50Gy처리에서 10a당 수량이 2.900kg으로 가장 우수한 것으로 나타나 '98년도 M<sub>3</sub> 세대에 재공시하여 불량 유전자 발현을 검토해야 할 것으로 판단되었다.

## 제 2절 생력재배기술분야

### 1. 생력 지주설치방법

지주설치방법별 지상부 생육특성에서 출현율은 95%이상으로 양호하였

고 처리별 개화기, 영여자착생기에 큰 차이가 나지않았으나 영여자 착생량은 단마는  $\cap$ 형지주, 장마는 I형지주에서 영자자착생량이 많았다. 단마는 I, II형 지주가 관행지주 보다 12%증수되었고 장마는 II형 지주가 16%증수되었으나 설치비를 고려할 때 단마 12%, 장마 7%의 증수를 보인 I형 지주가 가장 적합하다고 판단되었다.  $\cap$ 형 지주법은 설치하는 가장 쉬우나 수량, 상품성 측면에서 가장 낮게 나타나서 앞으로 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 사료되었고 이상의 결과를 종합해 볼 때 I형 지주가 가장 우수한 새로운 지주법을 판단되며  $\cap$ 형 지주의 경우 다른 경종적인 방법을 함께 고려하여 수량성을 개선한다면 가장 우수한 생력형 지주법이 될 수 있을 것으로 생각되었다.

## 2. 생력기계화 일관작업체계

· 지상부 생육특성에서 개화기, 영여자착생기에서는 별 차이를 보이지 않았으나 단마의 경우 기계화 일관작업구에서 2.9배 많은 영여자착생량을 보였고 기계화 일관작업구가 단마, 장마 모두에서 각각 17%, 4%의 증수를 보였고 피근중이 관행작업구 보다 높아 전체적으로 상품성이 증가하는 경향을 보였다. 생력형 지주설치시 발생하는 생력효과 및 비용에서는 생력형 지주와 관행 대나무지주법 간의 생력시간이 10a당 1시간 정도밖에 되지 않았으나 자재비면에서 보면 당년에는 대나무 지주보다 10a당 396,000원이 절감되고 이듬해에는 추가적으로 10a당 22만원 정도가 더 절약되는 것으로 나타났다.

기계수확시 생력효과는 단마의 경우 관행 10a당 93시간이 소요되나 굴삭기 수확시 23시간으로 75%의 생력효과를 보였고 또한 장마는 관행 10a당 427시간이나 기계수확시 53시간으로 88%의 생력효과를 보여 단마보다 장마 수확시 생력효과가 큼을 알 수 있었다.

## 제 3 절 가공이용 분야

### 1. 저장방법 개선

단마의 저장방법에 따른 저장기간별 품질변화는 상온저장이 저장기간이 경과할수록 수분함량이 73.6~62.0%로 크게 감소하나 저온저장시 저장고 1℃ 및 5℃에서 수분함량은 큰 변화가 없었으며, 움저장의 경우 오히려 수분함량이 10%정도 증가함을 알 수 있었다. 저장방법에 따른 감모율 및 부패율은 상온저장시 기간이 경과할수록 감모율은 증가하여 7개월 후 40.4%까지 증가하였으며 부패율도 43%까지 증가하였으나 3개월까지는 부패율이 3.3%로 낮아 3개월 단기 저장시 상온저장이 가능함을 알 수 있었다. 움저장의 경우 감모율은 적으나 부패율이 높았으며, 저장고 1℃, 습도 95%와 5℃, 습도 80% 저장시 모두 감모율 및 부패율이 낮아 양호하였고 이중 저장고 5℃, 습도 80% 조건이 더 양호함을 알 수 있었다.

장마의 품질변화는 전체적으로 단마의 경우와 큰 차이는 없었으며, 수분함량도 움저장을 제외하고 대체로 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향이었고 움저장시 단마와 마찬가지로 생체중이 10%정도 증가하였다.

이상의 결과를 종합할 때 상온저장시 3개월까지는 대체로 상품성이 유지되나 이후로 부패율과 감모율이 증가하여 상품성이 급격히 떨어졌고 움저장시 감모율은 증가하지 않으나 부패율의 증가로 농가에서 실제 이용하기에 더 많은 연구가 필요했으며, 저온저장 1℃, 습도 95%와 5℃, 습도 80% 저장시는 감모율과 부패율이 감소하여 장기저장에 유리한 것으로 판단되었다. 시험 중 움저장시 발근 및 출아되는 개체가 많았고 갈변되는 개체도 많아 문제시 되었다.

## 2. 건조방법 개선

마의 효과적인 건조작업을 위한 건조조건을 구명하기 위해 관행 연탄화력건조를 비롯 진공동결건조, 적외선건조, 화력건조, 열풍건조 등 5가지 방법을 비교시험에서 건조소요시간을 보면 관행 연탄화력건조는 건조시간이 48시간 소요되나 적외선 건조는 18시간이 소요되었으며, 그외 화력건조, 열풍건조, 진공동결건조는 24시간 소요되어 연탄건조시 소요시간이 다른 건조방법에 비해 길어 짐을 알 수 있었다. 건조방법에 따른 투과율 및 건조율의 차이를 보면 건조율은 진공동결건조시 낮은 경향이었으나 건조방법간에 큰 차이가 없으며, 투과율은 화력건조 및 열풍건조시 90%미만으로 낮았고 그외에는 90%이상으로 나타났다. 건조방법에 따른 경도의 차이를 살펴보면 진공동결건조시  $2.25(\text{kg}/\Phi 0.5\text{cm})$ 로 가장 적었고 적외선건조시  $18.83(\text{kg}/\Phi 0.5\text{cm})$ 로 가장 커 진공동결건조시 가공이 가장 용이함을 알 수 있었다. 건조방법에 따른 선택의 차이를 보면 연탄화력건조시 선택이 가장 좋았고 적외선건조 및 화력건조시 대체로 갈변되어 상품성이 떨어졌다.

장마는 연탄화력건조 및 적외선건조시 경도가 높게 나타난 반면 진공동결건조시  $1.31(\text{kg}/\Phi 0.5\text{cm})$ 로 경도가 낮아 진공동결건조시 가공이 용이함을 알 수 있었고 화력건조시 선택이 좋지않아 상품성이 저하됨을 알 수 있었다. 건조방법에 따른 무기성분함량은 N, P, K, Ca, Mg, S의 성분함량 차이는 크게 나타나지 않으나 연탄화력건조에서는 황성분이 허용규정치 0.2%보다 높은 0.21(단마), 0.25(장마)로 나타나 문제시되었으나 진공동결건조나 열풍건조에서는 황성분의 함량이 적었다.

이상에서 본 바와 같이 기존의 관행연탄화력건조는 건조시간이 48시간 소요되고 선택은 좋으나 건조 후 황성분이 허용기준치 이상으로 나타나 문제점으로 드러난 반면 진공동결건조나 적외선건조시 건조시간이 짧고 건조

후 경도가 낮아 가공이 용이하며 유해성분함량도 낮아 응용이 가능하리라 생각된다.

### 3. 과립차 개발

산약, 당귀 및 대추의 각 약재 2,500g에 물 7,500ml를 첨가하여 130℃ 조건에서 8시간 추출 하였을 때의 총 추출, 여과된 수액량은 대추, 당귀, 산약의 순으로 총 추출 수액의 양이 많았으며 통계적으로 그 차이가 인정되는 수준이었고, 특히 산약의 총 추출 수액은 가장 낮아 평균값이 3,273ml였으며 장기간 방치하면 다시 침전물이 형성되는 것을 확인 할 수 있었다. 약재의 Brix당도 및 엑스 함량은 Brix당도의 경우 산약이 4.7%로서 가장 낮았고 대추, 당귀의 순으로 높았으며, 엑스함량도 총 추출 수액 및 당 함량과 같은 경향을 보여 대추가 26.9%로 가장 높았고 당귀, 산약의 순으로 나타났다. 또한 Brix당도 및 엑스함량이 통계적으로 그 차이가 인정되는 것을 확인 할 수 있어 당도 및 엑스의 함량이 극히 적은 산약을 단독으로 이용하는 것 보다 당 및 엑스의 함량이 높은 당귀와 대추를 혼용하여 이용하는 것이 총 추출 수액, 당 함량, 엑스함량의 유지·공급면에서 바람직하다는 결과를 얻었다. 추출시간별 총 추출 수액, Brix당도 및 엑스 함량은 총 추출 수액의 양은 8시간의 추출이 23ml가 더 많은 것을 확인 할수 있었으나 통계적인 차이는 인정되지 않았다. Brix당도 및 엑스함량은 총 추출 수액의 양과는 상반된 양상을 나타내어 12시간 추출이 Brix당도의 경우 1.17%, 엑스함량의 경우는 1.80% 더 높은 양상을 나타내었고 추후 추출시간 및 온도에 대한 체계적인 실험을 실시하여 가장 효과적인 추출시간 및 온도조건을 확립하여야 할 것으로 평가된다.

과립 굵기별 제조시간과 제조 난이도 및 세질된 과립건조시간을 비교 시험한 결과 총배합량 30kg을 직경 1.0mm로 국수 과립으로 분출시켰을

때 제조시간은 5.5시간, 제조난이도는 어렵고, 건조시간은 빨랐고 이보다 굵을수록 제조시간과 제조난이도는 쉬웠으나 건조시간이 길었다. 그러나 1.5mm의 굵기는 제조시간도 짧고 제조 난이도도 보통이며 건조시간도 1.0mm 굵기와 대등하고 2.0, 4.0mm보다는 짧았다. 이 시험결과는 직경 1.5mm 크기의 국수과립제조가 과립난이도 및 제조시간은 보통이며 제조시료의 건조시간도 비교적 짧아서 마를 배합한 국수형과립제조시의 과립 굵기는 1.5mm가 적당한 것으로 나타났다. 디지털 감지형 소포장기가 아닌 일반약제 소포장형 자동 과립포장기로 포장 용량과 굵기별 포장 난이도의 경우 국내에서 일반적으로 시판되는 소포장기는 사면포장기와 삼면포장기 등인데 사면포장기는 물엑스 및 액체 포장기이고 삼면포장기는 일반약국에서 주로 사용하는 기기로서 환약과 가루약을 소량으로 포장하는데 사용하고 있는데 본 연구결과에서는 삼면포장기로 국수형 과립 소포장은 국내에서 처음 시도하는 것으로서 소포장 용량과 굵기별 포장 난이도를 시험한 결과 한포의 소포장 용량은 엑스 배합비율 10, 15, 20% 모두 6g으로 포장하는 것이 가장 양호하였고 그이상은 부적합하였다. 결과적으로 마를 배합한 한약차의 소포장 용량과 굵기는 1.0-1.5mm의 굵기에 한포에 6g씩 넣어 포장하는 것이 가장 능률적이었다.

#### 4. 장기저장 포장재료 선발

저장기간에 따른 마의 중량감소율은 무처리를 제외한 다른 필름포장에서는 저장 기간 동안 4%미만의 적은 중량감소율을 보였으며, 포장필름의 두께가 두꺼울수록 낮은 중량감소율을 보여 PE필름의 두께에 따른 필름의 기체 및 수증기 투과성에 의한 저장 농산물의 호흡작용과 증산작용에 기인한 포장필름의 MA효과로 사료된다. 경도의 변화는 저장기간이 경과함에 따라 경도가 약간 감소 했으며, 포장지별로는 저장이 양호한 처리에서 높은

경도를 보였는데 이것은 저장이 잘된 과채류가 경도에 상당한 효과가 있다는 여러 가지 연구보고와 유사한 경향을 나타내었다. 갈변효소(PPO)활성 변화 및 색도변화는 두꺼운 필름포장이 무처리 및 다른 포장보다 L값이 높아 선도가 잘 유지되었다. 이러한 마의 L값 차이는 갈변효소인 PPO의 활성차이에 의한 것이며, 여기에 대한 갈변억제 방안에 관한 연구가 계속 이루어지고 있다. 따라서 처리별로 PPO의 활성을 알아본 결과 두꺼운 필름포장이 무처리 및 다른 포장 보다 효소활성이 낮게 나타나 효소적 갈변은 효소, 기질, 산소의 3가지 요인중 어느 하나만 배제하면 갈변을 억제할수가 있다는 결과와 일치한다.

## 5. 마의 PPO관련물질 갈변억제 방법

장마의 갈변지수변화에서 15시간까지 급격히 증가하여 전체 갈변지수의 83%에 도달하였고 60, 70℃ 온탕처리시 무처리구와 비슷하게 갈변이 진행되나 70℃처리는 39시간까지, 60℃처리는 24시간까지 각각 14%, 17%의 저해율을 보였다. 그러나 80℃온탕처리시 24시간까지 71%의 양호한 저해율을 보였으나 이후 갈변지수가 급격히 증가하는 경향을 보였는데 이는 24시간까지는 효소의 실활과 세포자체의 열변성으로 갈변현상이 지체되었으나 24시간 이후 세포의 회복체계가 작용하여 PPO관련 물질을 유도함으로써 빠르게 갈변이 일어난 것으로 사료된다. NaCl 2M처리시 48시간까지 48%의 저해율을 보여 가장 양호하였고 다음이 1M, 0.5M로 각각 35%, 26%의 저해율을 보였다. NaCl처리는 온탕처리의 저해양상과는 달리 초기 장마의 급격한 갈변현상을 방지하였고 또한 지속적인 저해활성을 나타내었다.

단마의 갈변지수변화는 장마보다 천천히 점진적으로 증가하여 48시간 후 갈변지수 35에 도달하였고 70℃온탕처리가 다른 온도의 온탕처리 보다

우수하였고 저해율은 23%였다. 그러나 60℃처리시 무처리 보다 오히려 갈변지수가 높게 나타났다. 1M NaCl처리는 43%의 저해율을 보여 가장 높은 갈변지수 저해율을 보였고 다음이 0.5M, 2M 순으로 NaCl농도를 1M이하로 유지시켜 처리함이 단마의 경우 유리함을 알 수 있었다.

## 제 7 장 적 요

1. 수집한 유전자원 총 10종 700여 개체에서 수량성은 일본장마가 3.083Kg/10a로 가장 높았고, 일본중마, 풍산장마도 높았으나 대만마, 산마는 2.000Kg미만으로 낮게 나타났다.
2. 안동 1호의 지상부 생체중은 안동1호가 주당 279g으로 양호하였고 내병충성은 안동1호 및 재래단마는 탄저병에 대해 내병성을 보였고 괴근수는 안동1호와 수원2호가 적었고 상품률은 안동 1호가 52.2%로 30%전후인 타계통보다 월등히 높았고 분지가 없고 괴근장이 짧고 수량성이 높은 형질을 대상으로 선발된 안동1호는 수확노력절감 뿐 아니라 상품률도 높아 우량계통으로 유망시 되어 1997년 농촌진흥청 품종심의회에서 "마1호"로 명명되었다.
3. 방사선 조사에서 출현기는 30Gy처리에서 가장 빨랐고 개화기는 20Gy에서 가장 빨랐고 영여자 수량은 40Gy에서 가장 높은 경향을 보였으며 괴근수는 60Gy를 제외하면 평균적으로 3개 정도였으며 괴근장은 40Gy에서 42cm로 가장 긴 것으로 나타났고 수량성은 20Gy, 30Gy에서 각각 2.210kg, 2.230kg으로 가장 높게 나타나 가장 우수한 처리로 나타났다. 2년차에서는 50Gy처리에서 10a당 수량이 2.900kg으로 가장 우수한 것으로 나타나 '98년도 M<sub>3</sub> 세대에 재공시하여 불량 유전자 발현을 검토해야 할 것으로 판단되었다.
4. 지주설치방법에서 영여자 착생량은 단마는  $\cap$ 형지주, 장마는 I형지주에서 영자자 착생량이 많았고 단마는 I, II형 지주가 관행지주보다 12%

증수되었고 장마는 II형 지주가 16%증수되었으나 설치비를 고려할 때 단마 12%, 장마 7%의 증수를 보인 I형 지주가 가장 적합하다고 판단되었다.

5. 기계화 일관작업에서 단마의 경우 기계화 일관작업구에서 2.9배 많은 영여자 착생량을 보였고 기계화 일관작업구가 단마, 장마 모두에서 각각 17%, 4%의 증수를 보였고 생력형 지주설치시 발생하는 생력효과 및 비용에서는 생력형 지주와 관행 대나무지주법 간의 생력시간이 10a당 1시간 정도밖에 되지 않았으나 자재비면에서 보면 당년에는 대나무 지주보다 10a당 396,000원이 절감되고 이듬해에는 추가적으로 10a당 22만원 정도가 더 절약되는 것으로 나타났다.

6. 상온저장시 3개월까지는 상품성이 유지되나 이후 부패율과 감모율이 증가하여 상품성이 급격히 떨어졌고 움저장시 감모율은 증가하지 않으나 부패율의 증가로 농가에서 실제 사용하기에는 더 많은 연구가 필요하다고 생각되며 저온저장 1℃, 습도 95%와 5℃, 습도 80% 저장시 감모율과 부패율이 감소하여 장기저장에 유리한 것으로 판단되었다.

7. 건조조건에서 관행 연탄화력건조는 건조시간이 48시간 소요되나 적외선 건조는 18시간이 소요되었고 건조율은 진공동결건조시 낮은 경향이었으나 건조방법간에 큰 차이가 없으며, 투과율은 화력건조 및 열풍건조시 90%미만으로 낮았고 진공동결건조시 2.25(kg/Φ0.5cm)로 가장 적었고 적외선건조시 18.83(kg/Φ0.5cm)로 가장 커 진공동결건조시 가공이 가장 용이함을 알 수 있었다.

8. 과립차제조에서 산약의 총 추출 수액은 가장 낮아 장기간 방치하면 다시 침전물이 형성되었고 약제의 Brix당도 및 엑스 함량은 Brix당도의 경우 산약이 4.7%로서 가장 낮았고 대추, 당귀의 순으로 높았고 엑스함량도 총 추출 수액 및 당함량과 같은 경향을 보였다.
  
9. 저장기간에 따른 마의 중량감소율은 필름포장에서 저장 기간 동안 4%미만으로 적었고 포장필름의 두께가 두꺼울수록 낮은 중량감소율을 보여 PE필름의 두께에 따른 필름의 기체 및 수증기 투과성에 의한 저장 농산물의 호흡작용과 증산작용에 기인한 포장필름의 MA효과로 판단되었다.
  
10. 장마의 갈변지수변화에서 15시간까지 급격히 증가하여 전체 갈변지수의 83%에 도달하였고 NaCl 2M처리시 48시간까지 48%의 저해율을 보여 가장 양호하였고 다음이 1M, 0.5M로 각각 35%, 26%의 저해율을 보였고 단마는 70℃ 온탕처리가 다른 온도의 온탕처리 보다 우수하였고 저해율은 23%였으며 1M NaCl처리는 43%의 저해율을 보여 가장 높은 갈변지수 저해율을 보였다.

## 제 8 장 인 용 문 헌

1. 경남농촌진흥원. 1983. 마재배법개선에 관한 시험. 경남농진원 농시년보.
2. 경북농촌진흥원. 1983~4. 농사시험 연구보고서.
3. 경북농촌진흥원. 1993. 약용작물 재배현황.
4. 高木敬次郎外. 1982. 화한 약물학. 남산당. p.106.
5. 권준국, 김영상. 1995. 일본의 마 생력기계화 생산기술. 농촌진흥청.
6. 김영광, 한종한, 강동주, 이상대. 1993. 특용작물재배법 개선연구. 경남농시연보.
7. 김정수. 1975. 본초학. 진명출판사. 서울.
8. 김화선, 김상순. 1991. 한국산 마전분의 이화학적 특성. Korea J. Food Sci Technol. 23(5):554-560.
9. 농업기술대계. 야채편. 10권 농산어촌문화학회.
10. 농촌진흥청. 농사시험연구조사기준.
11. 농촌진흥청. 1980. 신작물 개발에 대한 연구. 작물시험장 농사연보.
12. 농촌진흥청. 1991. 열대작물 개발에 관한 연구. 국제 농업기술 협력사업보고서 58-64.
13. 농촌진흥청. 1994. 식용마 우량품종육성연구. 작물시험장 농시연보.
14. 농촌진흥청. 표준연농교본개정판(7) 약초재배.
15. 박부길. 1972. Dioscorea batatas Decne성분에 관한 연구. 강원대학교 연구논문집. p.89.
16. 약초의 성분과 이용. 1991. 일월서각. v17. p690 서울.
17. 오용자, 이창숙, 이희정. 1995. 한국산 마속(Dioscorea) 마절과 부채마절에 식물의 분류학적 연구. 강원대학교 연구논문집. p.89.

18. 이만정, 박훈, 김영희. 1994. 마의 성분, 특히 고미성분에 관한 연구. 농업논문집. 36:11-19.
19. 이창복. 1989. 대한식물도감. 향문사. p.225. 서울.
20. 차연수. 참마(Dioscorea Japonica Thunb)전분의 이화학적 특성에 관한연구. 숙명여자대학교 대학원 석사학위 논문.
21. 최국지, 함승시. 1973. Dioscorea batatas Decne.를 이용한 발효 식품에 관한 연구. 강원대학교 연구 논문집 7. p59.
22. 한국식물도감(하). 1956. 신진사. 서울. p.980.
23. 한국식품 개발 연구원. 1992. 대추, 마(산약) 가공식품개발 연구 용역 보고서. p.107-162.
24. 한 대석. 1988. 생약학. 동명사 p.159.
25. 한용한, 한승혜, 이인란. 1990. 산약점액성분의 정제와 함량분석에 관한 연구. 한국생약학회지. 21(4):274-283.
26. Akoroda, M. O. 1985a. Sexual seed production in white yam. Seed science & Technology. 13:571-581.
27. Ciacco, C. F. & D'applonia, B. L. 1978. Baking studies with cassava & yam flour. Cereal chem. 55(3):402.
28. Ciacco, C. F. & D'applonia, B. L. 1977. Characterization of starches from various tubers & their use in bread-baking. Cereal chem.55(5):1095.
29. Hahn, S. K. et l. 1989. Resistant breeding in root and tuber crops at the IITA nigeria. Crop protectin. 8:147-168.
30. Rasper,V.and Coursey, D.G.1967. properties of sterches of some west African yams.J.Sci.Food Agric. 18,240.
31. Moisie.O.1984. Influence of Ventilation and humidity during storage

- on weight and quality change of white yam tubers. *J. of Agriculture* 68 : 341-348.
32. Ohwi, J. 1984. *Flora of Japan*, Smithsonian Institution, Washington, D.C.
  33. R.D Cooke et al. 1988. *Exp. Agric.* Vol.24, 457-470.
  34. Suzuki, A.; Kanayama, M., Takeda, Y. and Hizukuri, S., 1986. Physicochemical properties of nagaimo (yam) starch. *J. Jpn. Soc. starch Sci.*, 33(3).191.
  35. V. Ramma, Rao 1973. Interspecific hybridization in the genus *Dioscorea* *Ann. Bot.* 37:395-401.
  36. Olusesan Omidiji and Joy Okpuzor. 1986. Time course of PPO-related browning of yams. *J. Sci. Food Agri.* 70:190-196.
  37. S. J. Sheen and J. Calvert. 1968. studies on polyphenol content, activities and isozymes of polyphenol oxidase and peroxidase during air-curing in three tobacco types. *Plant Physiol.* 44:199-204.
  38. V. P. Almenteros-alcantara and R. R. Del rosario. 1989. Purification and properties of polyphenoloxidase in yam. *T. Philippine Agriculturist.* 72(4):496-506.
  39. Franklin W. Martin and Ruth Ruberte. 1976. The polyphenol of *Dioscorea alata* tubers associated with oxidative. *J. Agric. Food Chem.* 24(1):67-70.
  40. Chang Y. Lee, Veronique Kagan. 1990. Enzymatic browning in relation to phenolic compounds and polyphenoloxidase activity among various peach cultivars. 38:99-101.
  41. Ishola Adamson and Roland Abigor. 1980. Transformation associated with catecholase in *Dioscorea alata* during storage. 19:1593-1595.

42. '95특용작물 생산실적(농림부'96).
43. 약품식물학연구회. 1993. 신약품식물학, p.228-229. 학연사. 서울.
44. 양용준. 정진철. 장탁중. 이시열. 백운화.1993. 온도 및 포장방법에 따른 저온저장 봄배추의 호흡량 및 감모율. 한국원예학회지. 34(4). 267-272.
45. Geeson J. M., Judith S. and Francesca G. 1985. Modified atmosphere packing to extend the shelf-life of tomatoes. J. Food Technol., 20, 339-345.
46. Wong, T. C., Luh, B. S. and J. R. Whitatar. 1971. Isolation and characterization of polyphenol oxidase isozymes of chingstone pesch. Plant Physiol., 48:19-23.