

고구마의 수확 후 관리현황과 개선방안

안영섭, 정병춘, 이준설, 정미남, 김학신
작물과학원 목포시험장

Postharvest Procedures on Storage, Management and Utilization of Sweetpotato

Young-Sup Ahn*, BC Jeong, JS Lee, MN Chung and HS Kim
Mokpo Exp. Sta., National Institute of Crop Science, RDA, Muan 534-833 Korea

Abstract

Postharvest handling of sweetpotatoes is inevitable procedure for the maintenance, storage, management and utilization of high fresh quality of storage roots. It ranges in degree from simple lifting of roots, carrying them from field to storage house and immediate consumption after cooking, to sophisticated methods of curing, and storage under controlled conditions followed by processing into a high quality food products. Postharvest saleability, quality and nutritional value of roots and the presence or absence in roots of bitter, toxic furanoterpenoid phytoalexins or mycotoxins depends greatly on the degree and types of treatment to which produce is subjected. Climatic and soil conditions before harvest and contamination or attack by microorganisms or insect pests in the field may initiate or enhance subsequent postharvest deterioration. Careless postharvest handling can lead to both quantitative and qualitative losses which may be extremely high in some circumstances. Research has concentrated on the improvement of preharvest conditions to increase yield and lower decrease rates. However, such efforts are wasted unless they go hand in hand with others designed to reduce the high degree of loss associated with careless postharvest handling.

1. 머리말

행복한 삶과 건강을 추구하는 현대인들의 웰빙(well-being) 추세에는 필수적으로 농산물 및 식품의 소비에 있어서도 고품질, 안전성, 건강기능성 등을 추구하고 있다. 따라서 농산물을 생산하는 농민과 저장, 가공 및 유통 등의 관련업무 종사자들은 총체적으로 농산물이 최종 소비자에게 도착될 때까지 최고의 품질이 유지되도록 관리하여야 재값을 받고 이윤을 높일 수 있다. 그러나 일부 가공식품을 제외한 대부분의 농산물은 수확 후에도 살아있는 생명체에서 당연히 발생하는 호흡 등과 같은 생명현상에 의한 생리적 손실과 수확, 수송, 저장, 유통과정에서 불가피하게 초래되는 물리적 손실을 피할 수가 없다. 따라서 수확 직후부터 소비 될 때까지의 손실을 최소화하고 신선한 품질을 유지하기 위해서는 농산물의 생리적 현상, 특성과 원리, 외적환경의 영향, 손실요인에 대한 대책 등과 같은 수확 후 관리기술(postharvest technology)의 이해가 매우 중요하다. 또한 수확기의 홍수 출하나 과잉 생산을 조절하여 가격폭락을 방지하기 위해서는 저장, 가공기술이 지속적으로 개발되어야하고 고품질 농산물 생산을 위한 재배기술, 선도 유지 및 출하기술의 개선과 적극적인 실천이 매우 중요하다.

고구마는 수확후 관리가 다른 전분작물에 비해 까다로워 생산으로부터 소비단계까지의 관리기술에 있어서 다각도의 지속적 개선이 필요한 작물이다. 그 이유는 고구마의 괴근(塊根, 덩이뿌리, storage roots)은 수분함량이 많고 표피가 연하고 얇어 상처받기 쉬우며 수확 후 호흡열이 많아

저장을 위해서는 방열이 필요하다. 또한 9℃ 이하의 저온에 장시간 노출되면 냉해를 받아 부패하게 되며 포장재배 또는 저장 중에 발생하는 병에 의해 부패되기도 한다. 더욱이 괴근은 중량이 많이 나가므로 수송이 어렵고 저장조건도 까다로워 수확 후 관리가 매우 어렵다. 따라서 고품질의 고구마를 재배하였다하더라도 수확시기, 방법, 수집용기, 수송, 건조, 큐어링, 방열, 저장방법, 저장고관리, 포장, 출하방법 등과 같은 수확후 이어지는 재배과정에서의 관리방법에 따라 상품성과 손실률이 크게 좌우되므로 특히 관리에 주의를 기울여야 한다. 수확 후 관리기술은 상업농 시대의 농산물 품질향상을 위한 제2의 생산활동으로서 포장에서의 재배·생산과 같은 제1의 생산활동 못지않게 매우 중요하다.

2. 고구마 塊根의 肥大生理 특성

괴근의 경우에는 찐고구마(煮薯) 또는 군고구마와 같은 간식용, 생식용, 가공용, 전분용, 색소용, 사료용, 알콜·주정용 등 그리고 지상부의 경우에는 엽병 및 끝순 채소용, 사료용 등 다양한 용도로 이용되는 고구마에 있어서, 괴근은 식물의 뿌리가 비대된 부분이다.

따라서 고구마의 괴근은 줄기가 비대된 감자나, 종자가 비대된 과실 및 쌀, 보리, 콩, 옥수수 등과 같은 곡실류, 잎을 이용하는 채소 등과는 식물의 생명유지를 위한 기능 면에서 완전히 다른 부분이다. 즉, 식물체는 보통 ① 잎과 줄기, ② 꽃과 종자 및 ③ 뿌리 등 크게 세부위로 나눌 수 있는데 잎과 줄기는 광합성을 하여 물질을 생산하거나 양분의 이동경로 기능을 하고, 꽃과 종자는 번식기능, 뿌리는 식물체가 토양에 정착하여 수분·양분을 흡수하는 기능을 한다. 그러므로 작물의 종류 및 이용부위에 따라 재배 및 수확후 관리기술이 각기 다르게 적용되는 것이 안전재배, 다수확 및 고품질 농산물 생산을 위한 최선의 방법이다.

고구마 괴근의 품질 및 수량에 영향을 미치는 가장 중요한 요인은 품종이다. 그러나 흔히 고구마는 토양에 따라 맛, 모양, 색깔, 전분함량, 수량 등에 차이가 있다는 이야기들을 하는데 이는 우리가 이용하는 고구마의 괴근은 뿌리가 비대된 부분이므로 자연스럽게 토양의 특성에 따라 괴근 특성이 달라지기도 한다.

고구마 괴근비대 생리의 예를 들면 고구마묘를 잘라 유리컵에 담그고 물을 부어 놓으면 일주일 이내에 마디로부터 하얀 뿌리가 아주 많이 나와 있음을 관찰할 수 있다. 고구마는 이런 뿌리들이 비대되어, 일반적으로 본밭 삽식후 70일에서 120일 정도에 괴근을 수확하게 되는데, 물이담긴 컵에서는 석달 이상을 놔두어도 뿌리가 비대되지 않고 싹뿌리(細根, fibrous roots)나 약간 굵어진 상태(梗根, pencil roots)로 남아 있게 된다. 따라서 이러한 실험으로부터 고구마의 괴근이 비대되기 위해서는 다음과 같은 조건이 필요함을 알 수 있다.

첫째, 고구마의 괴근비대에는 통기(通氣)가 필수적이다. 즉 고구마 재배토양은 물빠짐이 양호하도록 약간 경사진 것이 중요하고, 토질은 통기가 비교적 잘되는 사질양토(모래함량이 많은 토양)가 좋다. 고구마를 논에서 재배하기 어려운 이유도 여기에 있다.

둘째, 암상태와 압력이 있어야한다. 즉 토양속에 뿌리가 존재하므로 어두운상태가 되어 뿌리에서 광합성이 이루어지지 못하도록 하는 것과, 토양에 의한 약간의 압력은 뿌리의 길이 신장을 억제하고 둥글게 비대되도록 하는데 중요하다.

토양에 따른 괴근특성의 예를 들면, 수분함량이 너무 많거나 너무 적은 토양에서는 괴근이 길어져 굵고 둥근 괴근을 얻기 어렵고, 비가 온 뒤에 수확된 괴근은 뿌리에서 수분흡수량이 많아짐으로서 당도가 떨어지게 되며, 황토색의 토양은 모래땅에 비해 양분이 많으므로 괴근의 껍질색이 더욱 붉어지거나 전분함량이 많아져 밤고구마가 되기도 하고, 모래땅이나 지나치게 척박한 땅, 또는 토양의 물리성이 상당히 파괴된 땅(롤러로 다진 땅)에서는 뿌리가 제대로 신장하지 못한 상태에서 비대가 이루어지므로 모양이 동글동글해지는 경우 등이다.

여기서 반드시 주목해야할 사항은 최근 고구마 재배시에 고구마의 모양을 둥글게 하기위해 토양의 물리성을 파괴시키는 즉 대형롤러로 토양을 다지는 “억제농업”이다. 인간은 그들의 욕망을

충족시키기 위해 흔히 자연의 생리를 거역하고 파괴시키기도 한다. 이러한 성향은 농업에서도 흔히 이루어지고 있는데 논농사나 밭농사 모두 농사는 토양을 대상으로 하여 생산물을 얻는다. 따라서 토양이 망가지면 농사는 이루어질 수 없다. 소형의 둥근 고구마를 생산하기 위하여 토양의 생명인 3상 즉 화학성(영양 등), 물리성(통기성 등), 생물성(미생물 등) 중에서 물리성을 훼손하면 도미노현상에 의해 생물성과 화학성이 훼손되게 되고, 한번 훼손되어 생명력이 손상된 토양의 복구에는 數年의 시간이 소요된다. 또한 최근 고구마재배포장 중에서 온대지역의 부영양화 및 척박지 토양에서 토양전염성 *Fusarium oxysporum* f. sp. *batatas* 균에 의해 발병되는 “덩굴쫄김병”은 특히 상기와 같이 롤러 등에 의해 토양이 다져진 “억제재배” 포장에서 많이 발생되는데 이 또한 토양과피로부터 얻어진 人災라 해도 과언은 아닐 것이다. 따라서 고구마는 땅을 귀하게 여기는 농법이 매우 중요한 작물이니 이를 절대로 잊지 말아야 한다.

3. 고구마 관련용어의 정확한 표현

고구마의 괴근을 영어로는 **storage roots**로 표현한다. 여기서 storage의 의미는 광합성에 의해 생성된 물질이 뿌리에 저장됨을 의미한다. 국내 일부 논문이나 자료에서 고구마의 괴근을 **tuberous root**로 표현하는 경우가 있는데 이는 줄기가 비대되는 감자의 경우에 줄기의 양분 이동 경로를 뜻하는 tube의 의미가 내포된 경우에 사용되는 용어이므로 고구마에 적용하는 것은 옳지 않다.

또한 고구마의 영어표현을 대부분의 영한사전 상으로는 **sweet potato**로 띄어 쓰는 것이 옳은 표현으로 되어있으나 **sweet potato**라는 용어표현의 기원은 **spanish potato**에서 유래한 것이므로 고구마연구자들의 종합적인 의견에 따라 **sweetpotato**로 붙여서 쓰는 것이 옳은 표현이다.

4. 고구마 괴근의 수확

고구마의 괴근은 품종에 따라 차이는 많지만 보통 본밭 삼식후 70일 이후부터는 소형괴근의 수확이 가능하고 태양빛과 직접 접하면서 비대되는 과실과 달리 소형크기로부터 대형크기까지 당도에 차이가 없다. 따라서 고구마 수확시기는 괴근의 비대정도 및 시장 가격에 따라 본밭 삼식후 70일부터 첫서리가 내리기 전까지 어느 시기에도 가능하다. 특히 비닐멀칭재배에 의한 조기재배 기술의 발달과 더불어 생육적온보다 매우 낮은 4월 초순(남부의 경우에는 3월 하순)부터 이른 여름 7월 초순(중북부의 경우에는 6월 하순)까지 약 3개월간 본밭 삼식이 가능하고, 3월 하순~4월 초순 삼식의 경우에는 6월 하순부터 수확이 가능하다. 일반적으로 남부지역의 경우에는 10월 하순의 첫서리에도 불구하고 땅속작물의 특성상 11월 상순까지도 수확 및 출하가 이루어지므로 초여름부터 초겨울까지 4개월간은 밭에서 생산된 고구마를 직접 이용할 수 있다. 그러나 고구마의 괴근은 온도에 매우 민감하므로 겨울철 동안의 저장을 위해서는 서리를 맞지 않고 수확 및 저장을 하는 것이 안전저장을 위해 중요하다.

고구마의 수확은 기계화가 일반화되지 않아 보통 인력에 의해 호미 또는 쟁이 등을 이용하여 이루어지고 있으므로 많은 노동력이 필요하다. 따라서 앞으로 다가올 노동력 부족에 대비하여 최근 개발된 땅속작물 수확기가 이용되는 경우도 있으나, 수확된 괴근에 상처나 부러짐이 많아 3~5만평 이상을 재배하는 大農의 경우에는 트랙터에 자체 개발한 쟁기를 부착하여 수확하는 경우가 있는데 이 또한 괴근의 외관품질에 불리한 껍질 벗겨짐, 부러진 괴근의 수확과 같은 단점이 많아 지속적인 개선이 필요하다.

일본의 경우에는 고구마 수확기가 개발되어 일부 고구마생산 단체에서는 이의 도입이 추진되고 있는데, 본 기기는 일본의 전형적인 화산회토 즉 토성이 부드러운 토양의 경우에는 토양으로부터 고구마 괴근의 뽕힘 상태가 양호하여 큰 문제가 없으나 우리나라 토양의 경우는 황토 즉 점성이 높은 사질양토에서는 적용에 어려움이 있을 수 있으므로 도입에 신중을 기하여야 한다.

5. 고구마 괴근의 품질평가 요인 및 영향 인자

고구마의 품질평가는 일반 작물의 품질평가와 큰 차이는 없으나 다음과 같이 크게 다섯가지 정도로 나눌 수 있다.

첫째, 외관 : 괴근의 크기(소형~대형), 모양(구형~장방추형), 껍질색(皮色, 백색, 황색, 홍색, 자색 등), 껍질의 광택, 물리적 또는 생리적으로 발생하는 상처의 유무 등

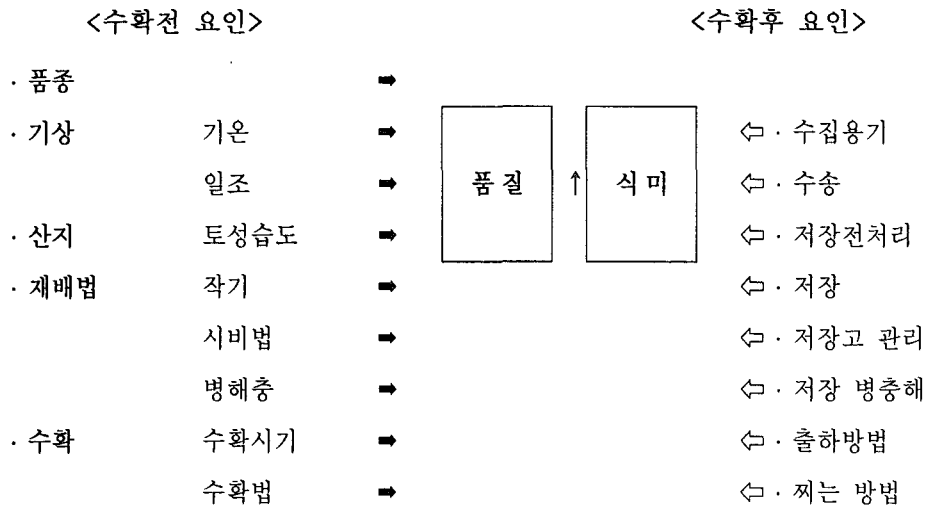
둘째, 조직감 : 밤고구마(분질)~물고구마(점질)

셋째, 식미 : 당도 및 향기

넷째, 영양 및 기능성분

다섯째, 안전성 : 농약 등의 오염 및 친환경성 등

여기서 고구마에 적용되는 이들 품질평가요인들은 그림1에서 보는바와 같은 많은 수확전 요인(품종, 성숙도, 기상, 시비조건, 토성, 재식밀도, 수확시기, 수확방법 등) 및 수확후 요인(수집 및 수송, 큐어링 여부, 소비방법 등)에 의해 품질 및 식미가 크게 영향을 받게 된다. 따라서 이들 인자에 대한 영향 정도를 분석하여 생산으로부터 출하까지의 각 과정에 적절한 관리기술을 적용하는 것이 고품질 고구마 생산 및 출하, 이용에 필수적이다.



<그림 1> 고구마 품질과 식미의 변동요인

6. 안전 저장기술

고구마 괴근의 안전저장을 위해서는 수확된 괴근의 머리와 꼬리를 너무 바짝 자르지 않고 가급적 상처가 없어야 한다. 저장고의 형태는 과거에는 땅굴, 온돌방, 창고 등이 이용되었으나 최근에는 온도와 습도 등이 자동 조절되는 대형저장고가 주로 이용되고 있다.

괴근의 저장 적온은 12℃, 상대습도는 90%가 적당하나, 일반적으로 11~14℃의 온도와 80~95%의 습도 범위에서 저장되는데, 전문 농가의 경우에는 저장전에 큐어링처리를 하기도 한다. 큐어링처리 즉 저장전처리 방법은 수확된 괴근을 30~33℃의 온도와 90~95%의 상대습도 조건을 가진 큐어링실에 3~4일간 두었다가 괴근의 체온을 12℃정도까지 내려가게 방열한 후 본저장고에 저장하는 방법이다.

저장고에 사용되는 저장용기로 쥐(鼠) 피해를 줄이기 위해 사료용 종이포대 또는 PE포대가 사용되는 경우가 있는데 고구마의 괴근은 살아있는 생물체로서 저장중에도 호흡이 필요하고 무게에 의한 눌림 현상이 적은 것이 좋으므로 이들 용기는 가급적 사용하지 않는 것이 좋다. 고구마 저장

시에 최근 많이 되는 플라스틱 사각용기는 종이포대 또는 PE포대의 대응으로 적당하다.

7. 고구마 수확 후 관리단계별 문제점과 개선 방안

가. 수확시기 지연 및 손상저(損傷諸) 발생

여름이나 가을에 수확되어 소비되는 고구마는 저장할 필요가 없으나 종자용이나 다음해에 판매할 고구마는 저장해야하므로 10℃이하의 온도에 노출되거나 서리 또는 저온피해(냉해)를 입지 않도록 수확시기의 적절한 조절이 중요하다.

피근을 캐 때는 손상되지 않도록 세심한 주의를 하여야 한다. 호미나 팽이 또는 쇠스랑을 이용하여 인력으로 캐거나 경운기 또는 트랙터에 굴취기를 부착하여 수확하는 경우에 토양조건에 따라 손상저의 발생이 달라지므로 적당한 방법을 선택한다.

나. 수집 및 수송시 사료용 종이포대나 PE포대 이용 및 야간 방치

수확한 고구마를 밭에 방치하면 야간저온에 노출되어 냉해를 받게되므로 바람이 잘 통하는 옥내로 옮겨 예비저장단계(건조)를 거치거나 큐어링하여야 한다. 종이포대나 자루 등은 수송도중 서로 부딪혀서 상처가 나기 쉽고 호흡열로 고온이 되기 쉬우므로 공기가 통하는 플라스틱 컨테이너박스를 이용하는 것이 유리하다.

다. 저장 전 처리 미흡

저장전처리로 예비저장이나 큐어링이 필요하다. 그러나 고구마는 중량이 많이 나가는 작물이므로 수십톤 이상의 대응량을 다루게 될 때에는 전문적인 큐어링시설이 필요하다. 외국의 사례를 보면 큐어링을 실시하였을 경우 감량률이 17% 정도이나 무처리의 경우 32%내외로 보고되어있다. 또 큐어링을 실시할 때 습도를 50%로 맞추었을 경우에는 부패율이 13%, 감량률이 17%, 총감량률 30%이나 습도를 82%로 조절하였을 경우 부패율 5%, 감량률 12%, 총감량률 17%이었다. 따라서 반드시 고습조건에서 큐어링이 실시되어야하고 큐어링 실시 후에는 환기를 실시하여 고구마 체온을 12~14℃로 낮추어주는 방열과장이 반드시 있어야 한다.

라. 저장 및 저장고 관리시 온도, 습도 환기관리의 부적절

고구마 저장의 3대 조건은 온도, 습도, 환기이다. 따라서 고구마의 저장을 잘하려면 이러한 조건을 유지할 수 있는 좋은 저장시설이 필요하게 된다. 단열이 잘되는 자재를 이용하되 비용과 효율성 등을 감안하여야 한다. 저장 전에 반드시 저장용기나 저장고 내부를 소독하여야 하며 상처나 병든 피근 등은 저장하지 않아야 한다.

8. 출하의 문제점과 개선방안

가. 포장 출하상자의 크기 및 세척

고구마 피근은 시장수요에 따라 최근까지도 일반적으로 골판지 상자에 10~15kg씩 넣어 공판장이나 시장에 출하되어 왔으나 최근에 5kg 또는 1kg씩 필름으로 포장하여 출하되기도 한다. 10~15kg 상자에 의한 출하는 공판장으로 출하하거나 가공공장으로 수송할 때는 별문제가 없으나 최종소비자에게는 한 가족이 한두번에 소비할 수 있는 5kg이나 1kg정도의 소포장이 유리하다.

지금까지 저장고구마는 세척하지 않고 대형포장으로 출하되어 왔으나 최근에는 우리나라에서도 세척 건조하여 대포장이나 소포장으로 출하하고 있다. 세척 건조하여 포장할 때는 철저히 선별하여야한다. 저장중에 부패우려의 문제가 있었던 고구마는 판매도중 부패하게 되므로 철저히 선별하는 것이 중요하다. 상품성을 높이고 병균감염방지를 위해 표피를 도포 하거나 생물농약을 투입하기도 하나 앞으로 더 연구 검토되어야 할 과제이다. 포장 겉면에는 중량, 생산자 주소성명 등을

기록하여 얼굴 있는 상품으로 출하하고 품질에 대해 보장해야 한다.

<표> 고구마 표준 출하규격 (국립농산물품질관리원)

[규격번호 : 4021] 제정 : 1988 전문개정 : 1999. 11. 29

항목	등급	특	상	보통	
날개의 고르기		별도로 정하는 크기 구분표상 크기가 다른 것의 혼입이 5%이하인 것	별도로 정하는 크기 구분표상 크기가 다른 것의 혼입이 10%이하인 것	"특상"에 미달 하는 것	
색	갈	품종 고유의 색깔을 갖춘 것	품종 고유의 색깔을 갖춘 것		
육	질	육질이 분질로서 단맛이 양호한 것	육질이 분질로서 단맛이 양호한 것		
형	상	품종 고유의 모양으로 골이 없고 표면이 매끈한 것	품종 고유의 모양으로 골이 대체로 없는 것		
손	질	흙, 잔뿌리 제거상태가 뛰어나며 적당하게 건조된 것	흙, 잔뿌리 제거상태가 양호하며 적당하게 건조된 것		
중	결	점 구	없는 것		없는 것
경	결	점 구	없는 것		거의 없는 것
이	물	없는 것	없는 것		없는 것

나. 판매전략 부재 및 유통정보 조사분석 미흡

산업농 시대에서는 모든 생산활동이 판매전략에 따라 이루어져야 한다. 국내 시장정보를 조사 분석하여 출하량, 출하시기, 출하지 등을 결정하여야 한다. 인터넷 등을 이용하여 국내 지역별 시장정보를 조사분석하고 매년 분석치나 판매일지를 모아 두었다가 다음해 활용한다. 고구마의 피근은 유통중에도 계속 감량이 되고 있다는 것을 유의하여 출하 계획을 세워야 한다.

7. 참고자료

- 농촌진흥청. 1996. 고구마재배 표준영농교본.
 작물과학원 목포시험장. 2004. 목포시험장 농업연구 100년. 제5장 고구마연구. 177~227.
 작물과학원 목포시험장. 2004. Proceedings of the international workshop on production and utilization and development of sweetpotato.
 조재영 등. 1990. 田作. 고구마편.
 Jeniffer A. Woolfe. 1992. Sweetpotato, an untapped food resource.
 안영섭. 2004. 고구마 수확과 안전한 저장기술. 농촌진흥청 농업기술 10월호. 4~5.
 일본 구주농업시험장. 1997. Proceedings of the international workshop on sweetpotato production system toward the 21st century.
 호남농업시험장 목포시험장. 2002. 고구마 생산과 이용. 153~181.
 호남농업시험장 목포시험장. 2001. Proceedings of the international seminar on sweet potato breeding and biotechnological application.