

감자의 수확 후 관리 현황과 개선방안

정진철*, 김충국, 김승열
고령지농업연구소 작물과

I. 서론

최근 들어 작물에 대한 수확 후 관리의 중요성이 크게 부각되고 있다. 이는 최소의 자원을 투자하여 최대의 수량성과 최고의 품질을 지닌 작물을 생산하는 재배관리 (수확 전 관리) 못지않게 수확 후 양적, 질적 손실을 최소화 하는 것 또한 자원의 낭비를 최소화할 수 있다는 인식 때문일 것이다.

감자는 식물조직적인 특성상 엽채류나 과일 등에 비해서는 비교적 수확 후 손실이 적지만 곡물류에 비해서는 손실이 많은 작물이라 할 수 있다. 수확 후 손실은 수확과정에서부터 저장고에 입고되는 과정에서 발생하는 다양한 물리적 상처 또는 충격에 의해 가장 먼저 발생된다. 저장고에 입고된 이후에는 피경의 표피조직을 통한 증산작용과 휴면이 타파된 후 발생하는 썩으로 인해 중량이 감소하는 양적 손실을 입게 된다. 그 뿐만 아니라 병원균의 감염에 의한 부패는 저장중인 감자의 손실에 치명적인 영향을 주기도 한다.

우리나라의 감자 소비 형태는 일반식용(table food)과 주로 감자칩 원료로 이용되는 가공용으로 확연히 구분된다. 일반 식용감자는 봄 재배를 시작으로 겨울 시설재배에 이르기 까지 비교적 작형 분화가 잘 이루어져 있다. 이 경우 수확 후 곧바로 시장에 출하되어 소비되기 때문에 수확 후 관리의 중요성이 상대적으로 낮다고 할 수 있다.

그러나 10월초까지 고랭지 감자가 수확된 후 이듬해 5월말까지 장기간의 단경기가 지속되는 가공원료 감자의 경우 수확 후 관리는 산업적으로 매우 중요한 의미를 갖는다. 특히 가공원료 감자 저장온도 가공품질에 결정적으로 영향을 미치는 당함량 증가를 막기 위해 일반 식용감자 (4℃ 내외)와는 달리 상대적으로 고온 (10℃ 내외)에서 저장해야 하기 때문에 더욱 어려움이 따른다. 실제적으로 이와 같은 가공원료 수확 후 관리의 어려움으로 인해 국내 감자 가공업체에서는 국내산 단경기에 비싼 가격에도 불구하고 가공원료 감자를 외국에서 수입하고 있는 실정이다. 따라서 금후 우리나라의 감자산업은 수확 후 관리와 관련된 가공원료용 감자에 집중되어야 할 것으로 생각된다.

본고에서는 우리나라 감자산업의 수확 후 관리실태를 사례중심으로 모니터링하고, 그 문제점을 파악하여 기존의 감자산업 선진국들의 실태를 참고로 금후 개선방안을 제시코자 한다.

II. 감자의 수확 후 생리

일반적으로 감자의 저장수명은 감자가 부패되거나, 맹아가 출현하는 시점, 그리고 지나친 수분감소로 인해 고유의 형태를 잃는 시점을 기준으로 결정된다. 수확 후 여러 가지 요인으로 발생하는 손실들은 저장수명의 단축을 가져오며, 손실의 원인으로는 물리적 요인, 생리적 요인 및 병리적 요인을 들 수 있다. 그러나 이러한 손실 요인은 단독으로 영향을 미치기도 하지만 대부분 세 가지 요인들이 복합적으로 작용하는 것이 일반적이다 (Rastovski, 1981).

1. 물리적 요인에 의한 손실

물리적 요인에 의한 손실은 감자를 수확, 선별, 포장, 운송 및 적재하는 과정에서 발생하는 기계적 상처, 즉 찌히거나 껍질이 벗겨져 조직이 손상되는 경우, 일정 높이 이상에서 떨어질 때 받는 충격, 적재하중에 의한 압상 등이 있다. 특히 수확작업과 이후 일련의 과정들이 인력에 의해 이루어지던 과거의 경우 물리적 요인에 의한 손실은 매우 미미하였으나 이런 작업들이 기계에 의해 이루어지기 시작하면서 매우 중요한 부분으로 인식되고 있다. 감자의 수확후 손실중 약 20% 정도가 물리적 요인에 의한 손실이라고 보고(McGarry et al., 1996) 되었다.

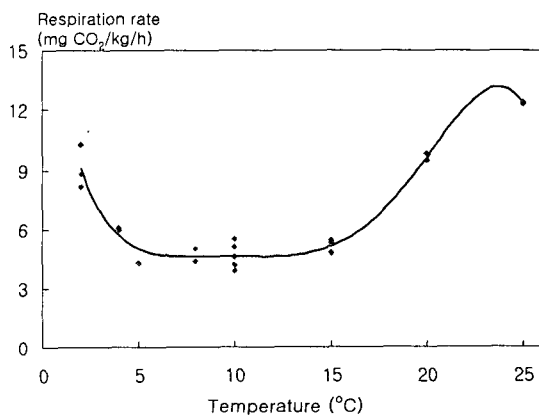
2. 증산에 의한 손실

모든 작물과 마찬가지로 감자도 수확 후에는 모식물로부터 양수분의 공급이 차단된다. 그러나 껍질 표피조직을 통한 증산작용은 지속되므로 껍질내 수분이 손실되어 증량감소의 원인이 된다. 껍질 표피 조직을 통한 증산작용은 두 가지 요인에 의해 영향을 받는다 (Gardar & Tanner, 1975).

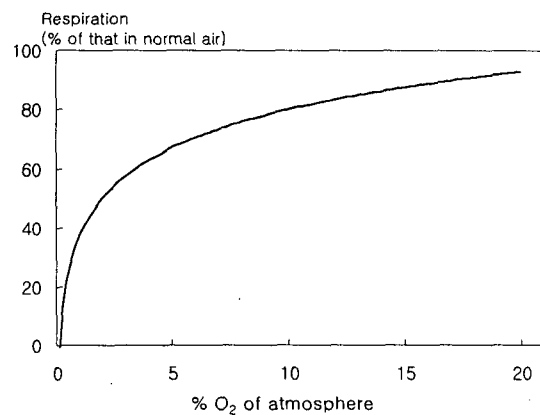
먼저 껍질 표피조직을 중심으로 내외부의 상대습도의 차이, 즉 내외부의 수분포텐셜의 차이에 의해 증산작용의 정도가 결정된다. 따라서 증산작용에 의한 손실 방지를 위해서는 저장고내의 상대습도 조절이 필수적이다. 또 다른 요인은 표피조직의 투과성이다. 감자 껍질의 표피조직은 유전형질이나 성숙정도 등 수확전 요인에 따라 수분에 대한 투과성에 많은 차이를 보인다. 뿐만 아니라 일정한 성숙정도에 이른 껍질의 표피조직은 수확후 수분의 투과를 억제하고 외부 병원균의 감염을 방지하기 위한 경화(suberization)가 이루어진다. 유전형질, 껍질의 상태 또는 환경조건에 따라 다르지만 일반적으로 수확 1개월 후에 경화가 완성되므로 이 시기까지의 증산작용 억제를 위한 조치가 매우 중요하다.

3. 호흡에 의한 손실

호흡은 수확후 껍질의 계속적인 에너지를 공급하는 역할을 한다. 외부 대기중의 산소를 흡수해 당을 분해하고 이때 발생하는 에너지를 자신의 생명활동에 이용하는 것이다. 감자 껍질에 있어 호흡에 이용되는 당은 감자의 고형물질의 대부분을 차지하는 전분에서 유래되므로 호흡은 궁극적으로 증량감소의 원인이 된다. 감자 껍질의 호흡률에 가장 큰 영향을 미치는 환경요인은 온도와 대기중의 산소의 농도이다. 일반적으로 온도가 높을수록 호흡률이 증가되는데 특히 15℃ 이상의 온도에서는 증가속도가 더욱 빠르다. 그러나 0~5℃까지는 오히려 온도가 낮아질수록 호흡률이 높아진다 (그림1). 또한 대기중 산소는 0~3% 범위에서 농도가 증가할수록 호흡률의 급격한 증가를 보이나 이후 그 이상 산소농도가 높아지는 경우 호흡률이 완만하게 증가한다 (그림2).



<그림1> 감자껍질 저장온도와 호흡률 (Burton, 1964)



<그림2> 대기중 산소농도와 껍질 호흡률 (Burton, 1974)

4. 맹아(sprouting)에 의한 손실

일반적으로 수확직후 감자 괴경은 휴면상태에 놓여 싹이 자랄 수 없다. 그러나 일정기간이 경과한 후에는 싹이 나오면서 외관상 품질저하의 원인이 될 뿐 아니라 싹을 통한 급격한 수분손실로 인해 저장수명이 한계에 이르게 된다. 이러한 맹아에 의한 손실은 감자 수확 후 관리에 있어 가장 제한적인 요인으로 작용한다. 즉, 감자 괴경의 수확 후 관리와 관련하여 맹아의 적절한 관리 문제는 가장 어려우면서도 중요한 분야라 할 수 있다.

감자 괴경에서 맹아가 발생하는 것은 유전적인 요인에 의해 가장 커다란 영향을 받으며, 동일한 품종의 경우 저장온도가 가장 중요한 요인이 된다. 표1과 같이 우리나라에서 재배되고 있는 품종 중 유전적 특성인 휴면정도와 저장온도에 따라 맹아의 정도에 현저한 차이를 보인다(Park, 1998).

<표1> 저장 200일 후 저장온도와 품종에 따른 맹아 생육 차이

Storage Temp (°C)	Cultivar	No. of sprout per tuber	FW. of sprouts (g/tuber)	Length of the longest sprout(cm)	DM. content of sprout (%)
4	Atlantic	5.0	0.10	0.3	13.0
	Dejima	5.7	0.16	0.8	12.5
8	Atlantic	7.7	1.29	2.0	13.4
	Dejima	10.7	4.70	4.8	12.3
12	Atlantic	18.7	7.01	11.5	14.1
	Dejima	34.0	27.02	19.0	17.1

※ Park (1998)

일반 식용감자나 씨감자의 경우 저장온도는 4°C가 적당하다. 그러나 저온에서는 저온당화(low temperature sweetening)로 인한 당함량 증가로 품질이 저하되는 가공원료용 감자의 경우 비교적 고온인 10°C에서 저장하기 때문에 휴면 타파시기가 빨라진다. 따라서 이와 같은 가공원료 저장시 맹아로 인한 손실이 크게되며 일반적으로 CIPC (chloropham)과 같은 화학물질을 처리해 인위적으로 맹아의 발생을 억제시키게 된다. 그러나 최근들어 이들 약제에 대한 인체독성 문제가 제기되면서 이를 대체할 수 있는 방법을 개발하기 위한 시도가 광범위하게 이루어지고 있다.

5. 병리적 요인에 의한 손실

저장중 각종 병리적인 요인에 의한 감자의 부패는 저장수명에 가장 큰 영향을 미치는 것 중의 하나이다. 특히 병리적 요인은 물리적 요인, 혹은 생리적 손실 요인과 밀접한 관련이 있기 때문에 이들에 대한 전반적인 동시 검토가 필요하다.

즉 기계적 상처를 입은 감자는 상처조직을 통하여 저장중 각종 병원균의 감염이 용이하게 되며, 저온 혹은 고온에 의해 생리적인 장애를 입은 감자 또한 병원균의 침입을 용이하게 한다. 저장중 병원균에 의해 나타나는 병들은 1차 감염 후에 2차 세균의 감염이 나타나 급속한 부패를 조장하며 양적 또는 질적 손실의 원인이 된다.

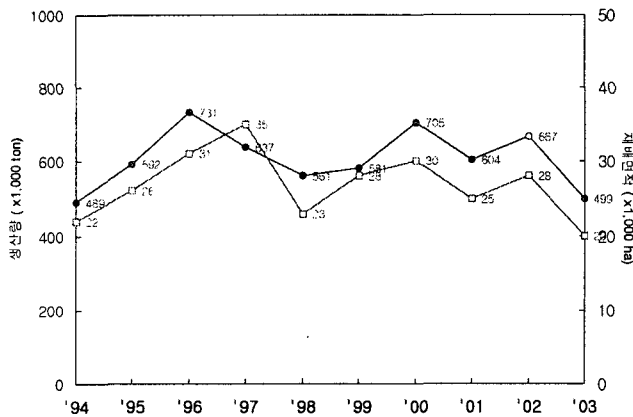
Ⅲ. 우리나라의 감자 수확후 관리실태 (사례를 중심으로)

1. 감자산업 일반현황

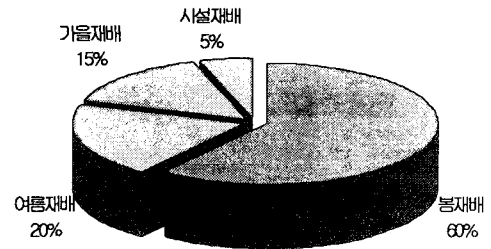
감자의 원산지는 남미 안데스산맥 지역으로 이들 지역의 원주민들에게 오래전부터 주식작물로

재배되고 있었다. 이후 이곳을 점령한 스페인 사람들에 의해 16세기 중엽 유럽으로 전파된 것으로 전해지고 있다. 이후 세계 각국으로 전파되어 1999년 기준 총 305.1백만 톤이 생산되어 생산량 기준으로 세계 3대 작물로 자리 잡고 있으며, 세계 주요 생산국은 중국, 러시아, 인도, 미국, 폴란드 등이다.

한편 우리나라에는 조선 순조 24년 (1824년) 만주지방으로부터 도입된 것으로 전해지고 있다. 이후 감자는 부족한 식량을 보완하는 구황작물로 급속히 재배면적이 증가하였으나 쌀 생산량이 증가되어 자급이 되면서 재배면적 감소와 함께 부식작물로 기능이 전환되었으며, 최근 10년간은 재배면적 30천 ha 내외, 생산량은 600천톤 내외를 중심으로 안정되어 있는 상태이다 (그림3).



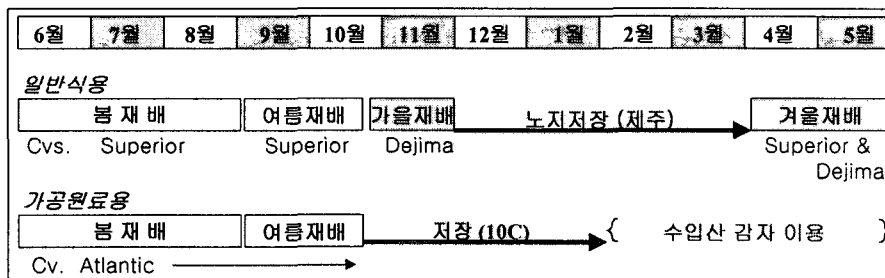
<그림3> 국내 감자 재배면적 및 생산량 (농림통계연보, 2003)



<그림4> 국내 감자 재배작형 면적비율 (농림통계연보, 2003)

재배 작형은 중부와 남부지방을 중심으로 한 봄재배 작형 재배면적이 60%로 가장 많고, 대관령을 중심으로 한 여름재배 작형 면적이 20%, 남부와 제주 지역의 가을재배가 15%, 일부 무가운 시설재배 면적이 5%를 차지하고 있다. 일반 식용에 관한 한 연중 계속적으로 신선한 감자가 공급될 정도로 작형이 잘 발달되어 있다(그림4). 따라서 일반 식용감자의 경우 대부분 수확즉시 시장에 출하되어 소비자들에게 공급되는 유통 시스템을 지니고 있기 때문에 상대적으로 수확후 관리가 주요 관심의 대상이 되지 못하고 있는 실정이다.

그러나 가공원료용 감자의 경우 특정 단일 품종만이 활용되고 있고, 이 품종의 특성상 작형 분화가 어려워 9월 하순 이후부터 이듬해 5월 말까지 장기간의 단경기가 형성된다 (그림5).



<그림5> 국내 감자 생산 및 소비 체계도

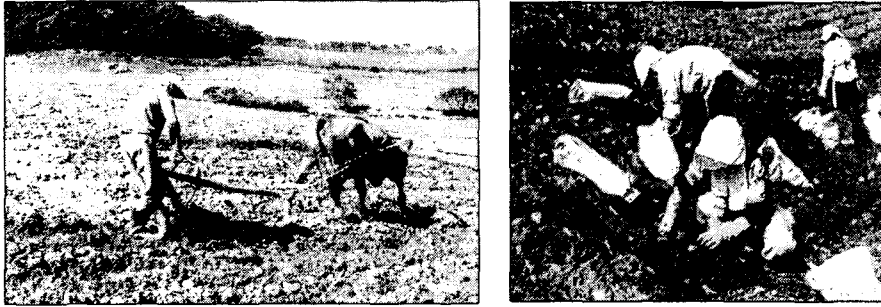
따라서 여름재배산 저장기간이 끝나는 2월초부터 5월말까지는 원료공급이 불가능해 비싼 가격에도 불구하고 외국산 원료가 수입되고 있는 실정이다. 이와 같은 실정과 최근 들어 일반식용의 경우 소비량 감소 경향이 뚜렷한 반면 가공원료용 감자 수요는 현저하게 증가되고 있는 점을 감안 할때 금후 국내 감자산업에 있어 수확후 관리 기술개발은 가공원료용을 중심으로 진행되어야

할 것으로 생각된다.

2. 수확작업

감자 재배에 있어 수확작업은 전체 노동투하 시간의 약 30%를 차지할 정도로 높은 비중을 차지한다(고농시, 1995). 최근의 인력난과 인건비 상승 추세에 따라 감자의 수확작업 또한 점차 기계화가 진행되고 있는데, 특히 중남부 재배지대의 경우 일정 규모 이상의 전업농가에서는 거의 대부분 트랙터 부착용 수확기를 이용한 수확이 이루어지고 있다.

그러나 대관령 지역을 중심으로 한 농경지는 경사가 심해 트랙터 운행이 어려운 여름재배 지역의 경우 여전히 인력 혹은 축력을 이용한 굴취와 수집작업이 이루어지고 있다(그림6).



<그림6> 고랭지 씨감자 생산단지외 축력 굴취와 인력 수집작업 전경

3. 선별 및 포장작업

수확작업과 아울러 시장출하를 위한 선별 및 포장작업도 전체 감자재배 노동투하 량의 11.6%에 이를 정도로 많은 인력을 필요로 한다(고농시, 1995). 그러나 형상선별기를 이용할 경우 인력 작업에 비해 70% 정도 까지 작업시간을 단축할 수 있음에도 불구하고 일부를 제외하곤 거의 대부분 재배포장 현지에서 인력에 의한 선별이 관행처럼 행해지고 있는 실정이다(그림7).

이는 현재 우리나라 감자 수확기가 수집기가 부착되지 않아 굴취만을 수행하고 있고 이후 작업은 인력에 의존하고 있으며, 일반 식용감자 유통시스템이 20kg 골판지 박스의 포장형태 중심으로 유통되고 있는 있다는 점도 선별기의 도입이 지연되는 주요 요인으로 작용하고 있다.



<그림7> '70년대 감자 선별 장면(좌)과 감자 20kg 박스 포장(우)

4. 저장고 형태 및 저장방법

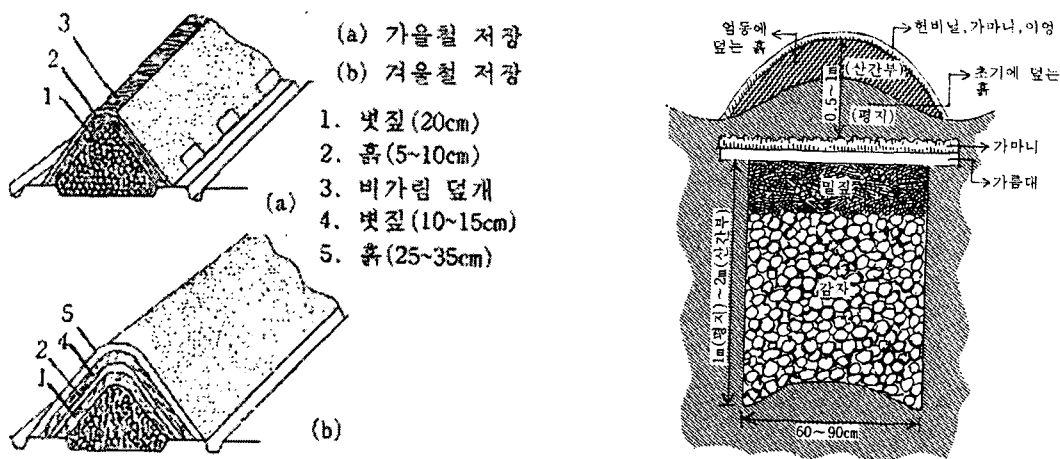
4.1. 노지저장

감자 저장 방법중 가장 용이한 것은 노지저장이라 할 수 있다. 감자는 지상부가 고사된 후 피

경은 휴면상태가 되기 때문에 자신의 생명활동을 최소화 하려는 경향이 있으며 적절한 수분조건만 유지되어 감량을 막을 수 있다. 따라서 온도가 영하로 내려가지 않는다면 적당한 수분이 함유된 지중에 방치하는 것만으로도 상당기간 저장기간을 확보 할 수 있다. 실제로 제주도에서 재배되는 가을감자의 경우 11월 말 지상부가 고사된 이후에도 그대로 포장에 방치하다 이듬해 2월 이후 수확하여 출하하는 노지저장 방식을 따르고 있다.

4.2. 움저장고

노지저장에서 다소 진전된 형태는 퇴적저장과 움저장 방식이다 (그림8). 퇴적저장 방식은 수확 직후 곧바로 감자를 쌓은 후 벚집, 흙 등으로 덮어 수분 및 온도를 보존하는 방식이며, 움저장 방식은 좀더 적극적으로 땅을 지하로 파서 움을 만들고 감자를 넣은 다음 덮는 방식이다.



<그림8> 감자 움저장 방식

4.3. 반지하 저장고

현대식 저장고 건축이 본격화되기 전인 70~80년대에 고랭지 지역으로 중심으로 주로 마을단위로 건축되어 감자의 수확후 손실을 방지하는데 많은 기여를 한 저장고 형태이다. 반지하 형태의 건축에 적당한 지역을 선정하여 콘크리트로 저장고를 건축한 후 건축물을 다시 흙으로 덮어 반지하 형태를 만든 것으로 건물 내부외부의 환경변화를 최소화하기 위한 방식이다. 특별한 온도 조절 장치를 설치하지 않아도 동절기 내내 저장고내 기온이 4℃ 내외로 유지되는 장점을 가지고 있다 (그림9).

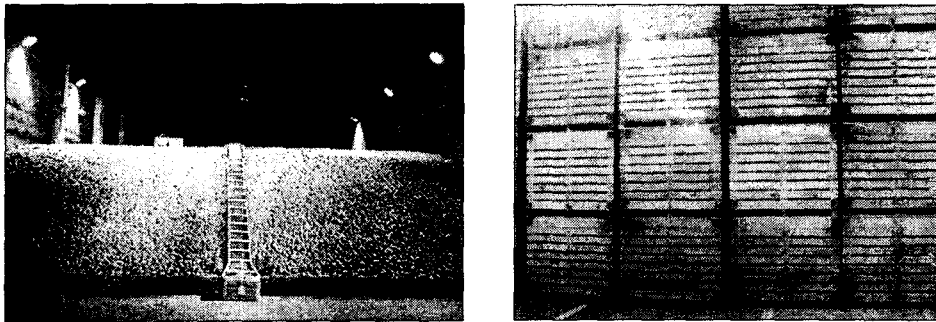


<그림9> 반지하 저장고

4.4. 현대식 저장고

'90년대에 들어서면서 규모가 크고 환경조절 장치를 부착한 다양한 형태의 감자 전용 저장고들이 건축되기 시작하였다. 그러나 이들 저장고들은 대부분 일부 감자 가공업체나 씨감자 생산기관 등 특수한 용도로 건축되었을 뿐 국내 소비의 대부분을 차지하는 일반식용 감자의 수확후 관리를 위한 전용 저장고는 전무하다 하여도 과언이 아니다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 국내 감자 재배 작형이 연중 생산 공급이 가능하게 잘 발달되어 있다는 점과 밀접한 관련이 있다.

현대식 저장고들은 최초 더미(bulk) 방식이 주로 이용되었으나 최근에는 더미 하단에 위치한 감자들의 압상피해를 방지하기 위한 상자(box) 방식으로 전환되고 있다 (그림10).



<그림10> 현대식 감자 저장고 : 더미방식(좌)과 상자방식(우)

IV. 감자 수확후 관리의 문제점 및 개선방안

1. 기술개발 측면

1.1. 멍아 억제

감자 수확 후 관리에 있어 멍아의 문제는 가장 해결하기 어려운 과제중의 하나이다. 특히 상대적으로 고온(10℃내외)에서 저장온도를 유지해야 하는 가공원료 감자의 경우 더욱 그러하다. 따라서 저장 중 멍아를 억제하기 위한 기술개발은 감자 수확 후 관리기술의 핵심이라 할 수 있다.

그동안은 감자 멍아억제 효과가 탁월한 CIPC 약제 처리를 통해 커다란 어려움 없이 이러한 문제점을 해결해 왔으나, 최근 들어 CIPC의 인체독성 문제가 제기되고 각국에서 이의 사용을 제한하기 시작하면서 이에 대한 대체기술 개발이 우리나라 뿐 아니라 전 세계적으로 감자 수확 후 관리 분야의 최대 관심사로 부각되고 있다.

CIPC 대체기술 개발은 주로 이미 독성문제가 검증된 천연물질 추출물을 이용하려는 노력 (Vaughan & Spencer, 1991), ethylene과 같은 식물호르몬 처리에 의한 방법 (Prange et al., 1998), 저에너지 전자파 이용 방법 (Todoriki and Hayashi, 2000) 등을 중심으로 이루어져 왔다. 그러나 아직은 CIPC의 효과에 버금가는 기술 수준에 다다르지 못하고 있어 금후 멍아억제 기술 개발은 우리나라 뿐 아니라 전 세계적으로도 가장 시급히 기술적인 해결이 필요한 분야라 할 수 있다.

1.2. 저온당화 (low-temperature sweetening) 최소화

감자 괴경은 일정 온도 (10℃) 이하에 노출될 경우 전분이 분해되어 당 함량이 증가된다. 감자

칩이나 프렌치프라이 같은 감자 가공제품 제조시 고온의 기름에서 튀길 경우 조직내 환원당은 아미노산과 결합 (Maillard reaction)하여 갈색의 색소를 형성하여 가공제품의 품질을 저하시키는 주요 요인으로 작용한다 (Hodge, 1953).

감자 괴경내 당함량이 감자 가공제품의 품질에 결정적인 영향을 미침에도 불구하고 이를 제어하기 위한 수확후 관리기술 개발은 매우 미흡한 실정이다. 이는 수확직후 당함량이나 저중중 당함량 변화가 유전적인 요인에 의해 크게 영향을 받기 때문이다. 다만, 저온과 조우되어 증가된 당은 온도를 높여주면 다시 전분으로 전환된다는 원리를 이용하여 저장중인 감자를 이용하기 전에 일정기간 온도를 상승시켜 주는 reconditioning 처리 기술 등이 개발되어 있을 뿐이며, 국내 품종을 대상으로도 효과가 검토 (Jeong, 1995) 된 바 있다.

이 분야 또한 다양한 방법들을 동원한 기술개발 여지가 매우 높은 분야이며, 기술개발 시 활용도가 매우 높은 분야라 할 수 있다.

1.3. 생리장해 (내부갈색반점) 경감

감자 '대서(Atlantic)' 품종은 뛰어난 가공적성으로 인해 현재 국내 가공원료의 대부분을 차지하고 있다. 그러나 최근 들어 내부에 생리장해 일종인 갈변증상 (internal brown spot)의 발생률이 높아져 가공제품 제조 시 품질관리를 어렵게 하는 요인으로 작용하고 있다. 이는 괴경의 외관상으로는 전혀 발생여부를 판별할 수 없어 장해를 받은 괴경이 가공에 이용될 경우 제품 제조 후 별도의 선별과정을 거쳐야 하기 때문이다.

근본적으로는 수확 전 재배과정 중 이의 발생을 막는 기술개발이 필요한 실정이지만 아직까지 정확한 발생 원인조차 구명되지 못한 상태이기 때문에 수확 후 선별과정에서 발생 괴경을 선별해내는 기술개발의 필요성이 절실한 상황이다. 그러나 외관상 전혀 판별할 수 없는 내부 장해이기 때문에 선별기 개발은 비파괴 선별기법이 도입되어야 한다는 점이 기술개발의 어려움으로 작용하고 있다.

음파 이용법, X-ray 투시법, 자기공명 이용법 등이 가능성 있는 기술로 검토될 수 있을 것으로 생각되며, 특히 최근 들어 다양한 작물을 대상으로 비파괴 성분분석 도구로 이용되고 있는 근적외선 분광광도법을 활용한 기술이 감자 괴경의 내부 생리장해 판별 수단으로 검토되고 있다 (고시 보고서, 2002).

1.4. 아크릴아마이드(Acrylamde) 함량 최소화

2002년 4월 the Swedish National Food Administration (NFA)에서는 감자 등 전분을 함유하고 있는 농산물을 고온에서 튀긴 가공품에서 다량의 아크릴아마이드가 발견된다고 발표하였다. 아크릴아마이드는 인간이나 동물에 신경질환을 유발한다고 보고되어 왔으며 (Madrid et al., 1993), 암연구 관련 국제기구인 International Agency for Research on Cancer (IARC)에서도 아크릴아마이드를 "암유발 가능물질"(Group 2A)로 분류하고 있다 (IARC, 1997).

식품에 아크릴아마이드가 생성되는 기작에 관해서 많은 연구들이 진행되어 왔지만 아직은 정확한 기작이 구명되지 못하고 있다. 다만 최근의 연구 결과들은 식품에 아미노산과 당이 포함되어 있을 경우 120℃ 이상의 고온에서 튀길 때 생성된다고 보고되어 있다 (Stadler et al., 2002).

따라서 아크릴아마이드의 생성을 막거나 최소화하는 기술개발은 국내 감자 가공제품의 수요를 지속적으로 유지하기 위해서도 매우 시급한 과제라 할 수 있을 것이다. 특히, 감자 가공 중 생성되는 아크릴아마이드는 원료 감자의 성분함량과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있기 때문에 수확 후 관리과정에서 이를 모니터링하고 제어하기 위한 기술개발이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

1.5. 최소가공(minimal processing)

앞서의 3가지 기술적인 문제점들은 가공원료 감자와 관련된 것이라면 최소가공 분야는 일반 식용감자의 수확 후 관리에 해당된다. 감자에 있어 최소가공이라 함은 박피 (pre-peeled), 절편(sliced), 그리고 깎두기 형태로 자르는 것(cut)이라 할 수 있다. 이 경우 감자 피경이 상처를 입게 되는데, 세포벽에 존재하던 polyphenol oxidase (PPO)의 반응에 의해 세포내 액포에 존재하다가 세포가 파괴되면서 노출된 페놀물질이 quinone으로 산화되면서 암적색의 색소를 형성하게 되고 (Saper and Miller, 1992), 이는 결과적으로 최소가공 제품의 품질저하의 원인으로 작용한다.

이러한 갈변현상을 방지하기 위하여 기존에는 다양한 형태의 화학물질들이 처리되어 왔으나, 최근 들어 이들 물질들의 인체독성 문제가 제기되면서 이를 대체할 기술개발이 활발하게 진행되고 있다. 가장 대표적인 방법은 식용 코팅제를 처리하여 산소의 접근을 제어하는 기술 (Baldwin et al., 1996) 과 이미 독성문제가 검증된 다양한 천연물질 처리기술이 개발되고 있다.

최근 국민들의 식생활 패턴이 변화되면서 일반 식용감자의 소비가 점차 줄어들고 있는 추세에서 이용의 편리성을 더해 감자 소비를 촉진하기 위한 최소가공 기술은 매우 유용한 수단이라 생각된다. 다만 다양한 최소가공 제품을 생산하여 유통량을 증가시키기 위해서는 최소가공 후 갈변현상을 방지하기 위한 기술개발이 선행되어야 할 것이다.

2. 체계 개선 측면

감자 수확 후 관리기술과 관련하여 아무리 뛰어난 기술개발이 이루어진다 하여도 그 기술을 적용하기 위한 적정규모가 갖추어지지 못할 경우 실제 적용은 거의 불가능할 것이다. 대부분의 수확 후 관리와 관련된 시설이나 장비들이 상대적으로 가격이 높아 일정규모 이하에서는 채산성을 확보하기가 곤란하기 때문이다.

따라서 우리나라 감자산업에 있어 체계화된 수확 후 관리를 위해서는 가능한 농가별 재배면적의 대규모화나 혹은 몇몇 농가가 시설이나 장비를 공동 활용할 수 있는 집단화가 전제되어야 할 것이다.

2.1. 수확 전 품질관리

모든 작물이 마찬가지겠지만 감자는 특히 수확 전에 형성된 품질요인이 이후 수확 후 관리 과정에서 품질변화에 결정적으로 영향을 미친다. 일반적으로 피경의 성숙정도는 피경의 건물율과 밀접한 관련이 있는데 동일한 품종의 동일한 크기의 피경일지라도 건물율에 따라 저장수명에 커다란 차이를 보이곤 한다 (Jeong, 1995).

따라서 특히 장기간 저장을 목적으로 하는 감자를 재배할 때, 일반 감자재배 시와는 다른 별도의 수확 전 관리가 필요하다. 즉, 질소질 비료를 감량하는 시비관리, 적절한 수분관리, 적절한 수확시기 결정 등의 조치가 이루어져야 한다.

2.2. 수확작업

인력에 의존하던 수확작업 방식은 최근 들어 트랙터 부착용 수확기가 보급되면서 대부분 기계화되어 가고 있는 상황이다. 그러나 현재 보급되고 있는 감자 수확기는 굴취기능만을 가지고 있는 경우가 대부분이기 때문에 굴취된 감자를 수집하고 운반하는데 별도의 노동력이 과다하게 투입되고 있는 실정이다.

이는 인력투입에 의한 작업효율 저하 이외에도 수집, 상·하차 등 수확작업의 단계가 증가하는 원인으로 작용하는데, 이는 결국 수확된 감자가 물리적인 상처를 받을 기회가 많아진다는 점에서 수확 후 품질관리에 부정적인 요인으로 작용하고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 외국에서 이

용되고 있는 굴취와 수집 및 운반의 일관작업 시스템 도입이 필요하다.

2.3. 선별 및 포장작업

수확작업 시 수집단계에 인력이 투입되는 시스템과 관련하여 현재 우리나라에서는 대부분 수확된 감자를 현장에서 선별하고 20kg 박스에 포장하여 곧바로 시장에 유통되고 있는 실정이다. 이는 감자의 저장수명에 결정적인 영향을 미치는 상처치유(curing) 과정이 생략된 채 유통됨을 의미하며 다소 유통기간이 장기화 될 경우 유통 중 병원균 감염에 의한 감모량 증가의 주요 원인이 된다. 특히, 장기간 저장이 필요한 가공원료 감자 유통 시 이와 같은 체계는 저장수명을 단축시키는 치명적인 원인으로 작용될 수도 있다.

따라서 일단 수확된 감자는 환경조건 조절이 가능한 공간에서 일정기간 상처치유 과정을 경과한 후 선별 포장되어 유통시키는 체계의 도입이 필요하다. 이 경우 일정 규모의 시설(packing house)이 필수적인데, 이를 위한 정책적 뒷받침이 검토되어야 할 것으로 생각된다.

또한, 현재 일반 식용감자의 유통은 대부분이 관행적으로 20kg 단위로 이루어지고 있으나 이는 운반하는데 어려움으로 작용하며, 소가족 중심의 소비자들의 입장에서는 과다하게 많은 양이기 때문에 소비하고 남은 상당량의 감자들이 폐기되는 원인이 되고 있다. 따라서 포장규모를 5~10kg 내외로 축소하여 유통시키는 것도 소비를 증가시킬 수 있는 하나의 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

2.4. 저장고 관리

저장 전 수확과정 중에 발생된 각종 물리적인 상처를 치유하는 과정은 감자의 저장수명을 연장하는데 반드시 필요한 과정이다. 일반적으로 상대 습도 80~85%, 온도 12~18℃ 조건에서 10~15일 방치하는 것이 효과적이다.

이와 같은 과정을 거친 후 감자가 저장고에 입고된 후에는 앞서 여러 차례 언급한 바와 같이 감자의 저장조건은 저장 후 이용목적에 따라 각기 다르게 설정되어야 한다. 일반 식용감자의 경우 피경의 생명활동이 가장 낮게 유지되는 4℃ 내외로 유지하고, 가공용 감자의 경우 7~8℃로 유지하다 제품 생산예정 시점을 기준으로 20일 전부터 서서히 온도를 상승시켜 출고 시점에는 20℃ 내외로 유지하는 것이 좋다. 씨감자의 경우 식용감자와 동일하게 4℃ 내외로 유지하는 것이 일반적이나 파종시기가 다가오면 싹의 자람 정도 등을 고려하여 유동적으로 온도를 조절해 주는 것이 바람직하다.

V. 결론

인간의 소비목적으로 자원을 투자하여 생산한 농산물을 제대로 소비하지 못하고 다시 자연에 환원하는 것은 소중한 자원낭비라 할 수 있다. 따라서 수확 후 손실방지를 위한 관리는 최대의 생산성을 확보하기 위한 수확 전 관리 못지않게 중요한 분야라 할 수 있다.

우리나라에 있어 감자는 비교적 비중이 낮은 작물임에도 불구하고 유사시 유용한 식량자원으로 활용될 수 있다는 점에서 지속적인 관리가 필요한 작물로 인정받고 있다. 특히, 농산물 시장의 개방화 추세에도 불구하고 국내산 생감자는 외국산 감자 수입과정에서 수송의 어려움으로 인해 여전히 경쟁력을 유지하고 있다.

최근 들어 일부 수입이 증가하고 있는 것은 외국산 감자의 가격 경쟁력에 의한 것이라기보다 국내 감자재배 작형 특성상 어쩔 수 없는 단경기 때문으로 분석되고 있다. 또한 이러한 현상들은 금후 적절한 수확 후 관리기법이 도입될 경우 상당부분 해결될 수 있어 금후 감자의 수확 후 관

리기술 개발 및 체계 개선은 우리나라 감자산업 경쟁력의 유지에 필수적이라 생각된다.

이를 위해서는 수확 후 관리와 관련하여 우리나라 감자산업이 안고 있는 기술적인 문제점들은 연구개발을 통해 극복하고, 이를 바탕으로 적절한 규모화를 통한 수확 후 관리체계의 구축 노력이 병행되어야 할 것이다.

참고문헌

- Baldwin, E.A., M.O. Nisperos, X. Chen and R.D. Hagenmaier. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biol and Technol.* 9:151-163.
- Burton, W.G. 1964. The respiration rate of developing potato tubers. *Eur. Potato J.* 7:90-101.
- Burton, W.G. 1974. The oxygen uptake, in air and in 5% O₂, and the carbondioxide output of stored potato tubers. *Potato Res.* 17:113-137.
- Gandar, P.W. and C.B. Tanner. 1975. Comparison of methods for measuring leaf and tuber water potentials in potatoes. *Amer. Potato J.* 52:387-397.
- Hodge, J.E. 1953. Chemistry of browning reactions in model systems. *Agr. Food Chem.* 1:928-943.
- IARC. 1994. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, some industrial chemicals. International Agency for Research on Cancer, Lyon 60:389-433.
- Jeong, J.C. 1995. Studies on the effect of pre- and post-harvest factors on the processing quality of potato tubers. Thesis for the Degree of Doctor. Korea University.
- Madrid, R.G., A. Ohnishi, K. Hachisuka & Y. Murai. 1993. Axonal sprouting of motor nerve in acrylamide-intoxicated rats with progressive weakness. *Environ. Res.* 60:233-241.
- McGarry, A., CC. Hole, R.L.K. Drew and N. Parsons. 1996. Internal damage in potato tubers: a critical review. *Postharvest Bio. & Tech.* 8 : 239-258.
- Park, C.S. 1998. Effect of storage temperature, light pre-sprouting and chemical substance on sprouting, growth and yield in potato (*Solanum tuberosum* L.), A thesis for the degree of Dortor, Chungbuk National Univ., Cheonju, Korea.
- Prange, R.K., W. Kalt, B. Daniel-Lake, C.L. Liew, R.T. Page, J.R. Walsh, P. Dean and R. Coffin. 1998. Using ethylene as a sprout control agent in stored 'Russet Burbank' potatoes. *J. Amer. Hort. Sci.* 123:463-469.
- Rastovski, A. 1981. Storage losses. In:Rastovsky, A et al. (Ed). *Storage of potatoes*, Centre for Agri. Pub. and Document, The Netherlands. pp. 169-173.
- Saper, G.M. and R.L. Miller. 1992. Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. *J. Food Sci.* 57:1132-1135.
- Stadler, R.H., I. Blank, N. Varga, F. Robert, J. Hau, P.A. Guy, M.C. Robert & S. Riediker. 2002. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419:449-450.
- Todoriki, S. and T. Hayashi. 2000. Disinfection of seeds and sprout inhibition of potatoes with low energy electrons. *Radiation Physic. and Chem.* 57:253-255.
- Vaughan, S.F. and G.F. Spencer. 1991. Volatile monoterpenes inhibit potato tuber sprouting. *Am. Potato J.* 68:821-831.