

감자의 세척유무 및 저장온도에 따른 녹화 및 상품성 유지 기간 구명

김수정^{1,*} · 손황배^{1,*} · 홍수영¹ · 남정환¹ · 장동철¹ · 서종택¹ · 김윤희^{1,†}

Determination of Greening and Shelf Life of Potato Based on Washing and Storage Temperature Conditions

Su Jeong Kim^{1,*}, Hwang Bae Sohn^{1,*}, Su Young Hong¹, Jung Hwan Nam¹, Dong Chil Chang¹, Jong Taek Suh¹, and Yul Ho Kim^{1,†}

ABSTRACT Potato greening determines the shelf life and affects the marketability of this tuber. Various stresses during handling and storage interact to affect the tuber's physiological status and can affect the rate of greening. This study investigated the effects of storage temperature on tuber greening and shelf life in unwashed and washed potatoes of the cultivar Superior. Physiological and biochemical changes were examined during 15 days at room temperature ($23\pm 2^\circ\text{C}$) under cool-white fluorescent light after storage for 1 month at different temperatures (4°C , 20°C). Hunter a values were negative (-) for washed potatoes after 3 days (-0.8) and 15 days (-2.5) at room temperature following 1 month of storage at 4°C while positive (+) values were observed for unwashed potatoes after 15 days at room temperature. The Hunter ΔE values of washed potatoes previously stored at 4°C for 1 month increased after 3 days at room temperature compared with those of unwashed potatoes. The total chlorophyll content of washed potatoes was higher than that of unwashed potatoes. The highest correlation was observed between the Hunter ΔE value and Hunter a value (-0.93506), while a positive correlation coefficient (0.89806) was observed between greening criteria and Hunter ΔE value by using colorimetry. We conclude, therefore, that there is a biosynthetic link between temperature-induced chlorophyll accumulation and tuber greening in storage.

Keywords : chlorophyll, correlation, hunter values, shelf life

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 안데스가 원산지이며 세계 4대 작물 중의 하나로 비교적 장기간 저장이 가능하며 맛이 좋으면서 포만감을 주기 때문에 주식으로 세계 다양한 나라에서 이용되고 있다(Kolasa, 1993; Choi *et al.*, 2015).

감자는 국내에 1824년 도입된 이후 식량작물로 중요한 역할을 수행해 왔으며, 우리나라에 처음 도입된 납작(Irish Cobbler)을 포함하여 수미(Superior), 조풍(Jopung), 남서(Namsuh), 자심(Jasim), 대서(Atlantic), 셰풍(Shepody) 등의 다양한 품종이 있다(Cho *et al.*, 2003; Jeong *et al.*, 2003; Jeong *et al.*, 2015). 이중 미국에서 육성된 수미는 1961년 국내에 도입된 이후 국내 감자 보급종 공급량(808,200 kg)의 98.4%를 점유하고 있으며 감자 재배면적의

90%를 차지하고 있다(MFAFF, 2013). 수미는 국내에서 주로 조리용으로 사용되어왔으나, 최근 저온 진공 플라이어와 같은 가공기술의 발달로 수미는 감자 칩, 감자튀김, 감자 스낵 등 가공식품으로 다양하게 사용되고 있다.

최근 식품 소비 성향이 간편하고 편리함을 추구하는 방향으로 빠르게 변화하고 있으며, 특히, 흠이 묻어 있는 상태보다는 세척한 농산물에 대한 소비자 선호도가 급상승하고 있다(Kim *et al.*, 2009). 소비자가 편리하게 이용할 수 있다는 이점 때문에 단체급식, 백화점 및 할인마트 까지 유통의 폭이 넓어지고 있다(Kim *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2009).

그러나 세척감자는 수확 후 저장 및 유통과정에서 온도

¹Highland Agriculture Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Pyeongchang 25342, Korea
*These authors contributed equally to this work

[†]Corresponding author: Yul-Ho Kim; (Phone) +82-33-330-1840; (E-mail) kimyuh77@korea.kr

<Received 29 October, 2016; Revised 12 December, 2016; Accepted 28 December, 2016>

또는 빛에 노출되어 감자 표면에 녹화가 발생하여 상품성이 떨어지는 문제점이 발생한다(Park *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2016). 더욱이 대형마트 또는 할인매장에서 판매되는 감자의 경우 2-3 m 에서 형광등 빛에 직접적으로 조사되어 외피층이 녹화(greening)되는 현상이 발생한다(Park *et al.*, 2009).

감자의 녹화는 피경이 광에 노출되면 전분합성을 하는 백색체가 엽록체(chloroplast)로 전환되면서 엽록소가 생합성된다(Grunenfelder *et al.*, 2006; Pavlista, 2001). 적색 및 황색광이 엽록소 생성에 효과적인 반면 녹색광은 억제되며, 형광등이 백열등보다 녹화를 촉진한다고 하였다(Pavlista, 2001). 자연광에 노출된 감자는 3일 이상 경과되면서부터 육안으로 녹화가 관찰되었고(Chang *et al.*, 2003), 인공광에서 연구한 결과, 광 노출 1일부터 아미로프라스트(amyloplasts)가 아미로클로로프라스트(amylo-chloroplast)로 전환되며 2일만에 틸라코이드(thylakoids)가 출현하여 녹화가 시작되기 시작하였다고(Muraja-Fras, 1994) 보고하였다.

또한, 광조건 뿐만 아니라 온도 조건에 영향을 받아 피경 녹화가 이루어지기도 한다고 보고하였다(Gull, 1960; Reeves, 1988; Edwards and Cobb, 1997; Percival, 1999). 온도는 녹화의 효소적 반응과 효소활성과 관련된 주요한 인자이므로 냉장보관보다 실온보관에서 녹화가 빠르다고 하였다(Pavlista, 2001). 그러나 저온 또는 고온의 환경조건에서 보관한 감자를 광이 있는 실온상태에서 유통·판매시 녹화 및 상품성 변화에 관한 연구자료는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 우리나라 주요품종인 감자 ‘수미’를 대상으로 유통과정에서 감자 세척유무 및 보관온도 조건을 달리하였을 경우 실온유통 기간(shelf life) 중 중량감소, 녹색도 및 엽록소함량 변화를 비교평가하여 녹화 및 상품성에

대한 정보를 제공하고 유통기한 설정에 관한 지침을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

감자는 표준재배법(RDA, 2014)에 준하여 ‘수미’(*Solanum tuberosum* L. cv. Superior)를 농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구소 시험포장(해발 560 m)에서 2014년 4월부터 7월까지 재배하였다. 수확한 감자는 저장고(20°C, 80% RH, 암실)로 옮겨 10일간 큐어링한 후 선별하였다(Fig. 1). 세척하지 않은 감자는 큐어링 후 선별한 감자를 그대로 이용하였고, 세척감자는 자동통합세척기를 이용하여 차아염소산나트륨(pH 6.5-7.0, Sodium hypochlorite) 100 mg·L⁻¹에 5분간 소독하고 3회 세척한 후 건조하였다(MEST, 2010).

저장온도는 FDA의 Food Code(FDA, 2009)에서 권장하고 있는 냉장 보관 온도 4-7°C를 참고하여 권장 온도인 4°C와 국내 식품공전(KFDA, 2010)에서 실온 보관온도로 권장하는 온도인 15-25°C를 참고하여 평균 온도인 20°C로 설정하였다. 저장기간은 품질 변화 시점과 유지 기간을 알아보고자 선행연구(Hwang and Moon, 2006)를 참고하여 1개월로 하였다.

감자의 세척 여부와 저장온도 처리조건에 따른 실온 유통기간(shelf life) 동안 표피 녹화의 변화 양상을 구명하기 위해 1) 수확후 세척하지 않은 감자, 2) 세척하지 않은 감자를 저온(4°C)에서 1개월 보관, 3) 세척하지 않은 감자를 고온(20°C)에서 1개월 보관, 4) 수확후 세척한 감자, 5) 세척 감자를 저온(4°C)에서 1개월 보관, 6) 세척감자를 고온

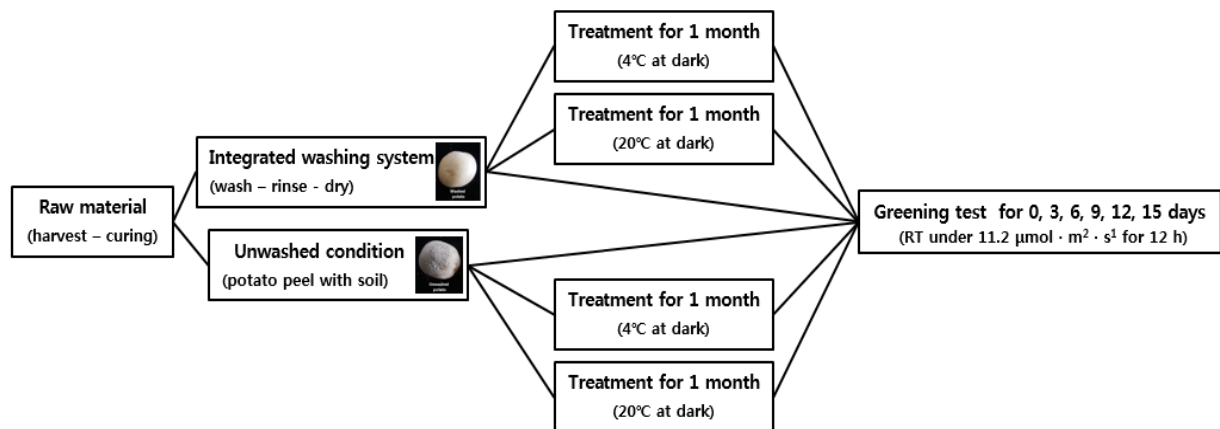


Fig. 1. Experimental workflow showing washing and storage temperatures used to assess the shelf life of potatoes of the cultivar Superior.

(20°C)에서 1개월 보관한 감자로 하였다.

중량감소율 측정

감자의 세척유무 및 저장온도에 따른 실온저장 중 중량 감소율을 측정하였다. 형광등 ($11.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 아래 실온 ($23\pm 2^\circ\text{C}$)에서 12시간 광조건으로 실온에 보관하면서 3일 간격으로 최종 15일까지 중량을 측정하였으며, 초기의 중량에 대한 감소를 백분율(%)로 나타내었다.

색도 측정

녹화의 측정방법으로 육안평가와 색도색차계 측정을 병행하였다. 감자의 녹화정도를 육안으로 10단계로 구분(0 = 없음; 3 = 약함; 5 = 보통; 7 = 심함; 9 = 매우 심함)하였으며, 5단계 초과인 경우 상품성이 없는 것으로 간주하였다 (Grunenfelder *et al.*, 2006). 색도색차계를 이용하여 녹화를 조사하기 위해 색차계(Chroma Meter Model CR-300, Minolta Corp., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 감자 껍질의 Hunter L(lightness), a(redness-greenness), b(yellowness-blueness) 값을 측정하여 밝기(L)값, 녹색(-a)값, 황색(+b)값으로 표기하였다. 저장기간 중 괴경의 껍질색 변화는 Hunter L, a, b값을 초기의 L_0 , a_0 , b_0 값과 비교하여 색차값(ΔE)으로 계산하였다(Kim *et al.*, 2016).

엽록소 분석

괴경의 엽록소 함량을 분석하여 녹화를 평가하였다(Kim *et al.*, 2016). 괴경 껍질을 2 mm 두께로 채취한 후 30 g을 동결건조기(EYELA FDU-2100, EYELA Corp., Tokyo, Japan)로 건조하였다. 동결건조한 샘플은 믹서기(Mini multi deluxe BL126DK blender, Tefal Co., Kaleo, France)로 분쇄하여 1 g을 원심분리용 튜브에 넣고, 80% 아세톤을 첨가하여 암상태의 4°C 저온에 24시간 동안 보관한 후 원심분리(10,000 rpm, 10 min, 4°C)를 2회 하여 상등액을 취해 분광광도계(UV-vis spectrophotometer X-ma 2000, Human Corp. Human, Seoul, Korea) 663 nm와 645 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총엽록소 함량은 Kim 등(2016)의 방법에 따라 계산하였다.

통계처리

각 실험은 4회 반복하여 SAS(Statistical Analysis System, ver. 9.2) 프로그램을 이용하여 유의성을 검증하였다. 또한 녹화와 각 품질간의 상관관계는 피어슨(Pearson) 상관계수로 분석하였다.

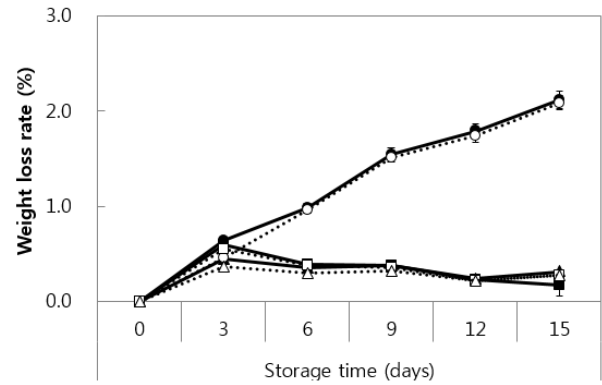


Fig. 2. Weight loss rates of unwashed and washed potatoes of the cultivar Superior at room temperature ($23\pm 2^\circ\text{C}$) under cool white fluorescent light ($11.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) for 12 h light/dark cycles following different storage temperature conditions. ●, Unwashed potatoes after harvest; ■, unwashed potatoes stored at 4°C for 1 month; ▲, unwashed potatoes stored at 20°C for 1 month; ○, washed potatoes after harvest; □, washed potatoes stored at 4°C for 1 month; △, washed potatoes stored at 20°C for 1 month. Error bars represent the standard deviation of the mean ($n = 4$).

결과 및 고찰

중량감소율 변화

감자의 세척유무 및 보관온도를 달리한 후 실온(광량 $11.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 12시간, 온도 $23\pm 2^\circ\text{C}$)에 저장하였을 때 중량감소율 변화는 다음과 같다(Fig. 2). 감자를 세척유무와 상관없이 바로 실온에 저장하였을 경우 중량감소율이 저장 15일에 2.1%로 크게 감소하였으나, 저온(4°C) 또는 고온(20°C)에 보관한 후 실온에 저장하였을 경우 중량감소율이 0.2-0.3%로 거의 변화가 없었다. 즉, 감자의 세척 유무보다는 보관기간에 따라 중량감소의 차이를 확연하게 나타내었다.

감자의 괴경은 장기 보관함에 따라 표피를 통한 증산작용과 호흡작용에 의해 수분함량이 감소하는 시듦현상이 나타낸다고 하였다(Ha *et al.*, 2007). 이러한 결과를 고려할 때 바로 수확한 감자에서 중량 감소가 2.1% 유의적인 차이를 보였으나, 1개월 보관해 둔 감자의 경우 이미 중량감소 과정을 거쳤기 때문에 이후 중량 감소 변화가 거의 없는 것으로 판단된다.

색도 변화

감자에서 변색은 매우 중요한 품질변화 요인으로 특히 괴경 표면의 녹화는 상품성을 좌우한다(Kim *et al.*, 2016). 감자의 세척유무 및 보관온도에 따른 실온저장 중 괴경 껍

질색 변화를 Hunter L(명도) 값, a(적색도/녹색도) 값, b(황색도/청색도) 값으로 나타내었다(Fig. 3). 모든 처리에서 Hunter L값은 저장기간이 길어짐에 따라 지속적으로 감소하였다. 특히, 세척하지 않은 감자(대조구)보다 세척감자에서 Hunter L값이 4.3-6.8 범위로 큰 폭으로 감소하였다. 이

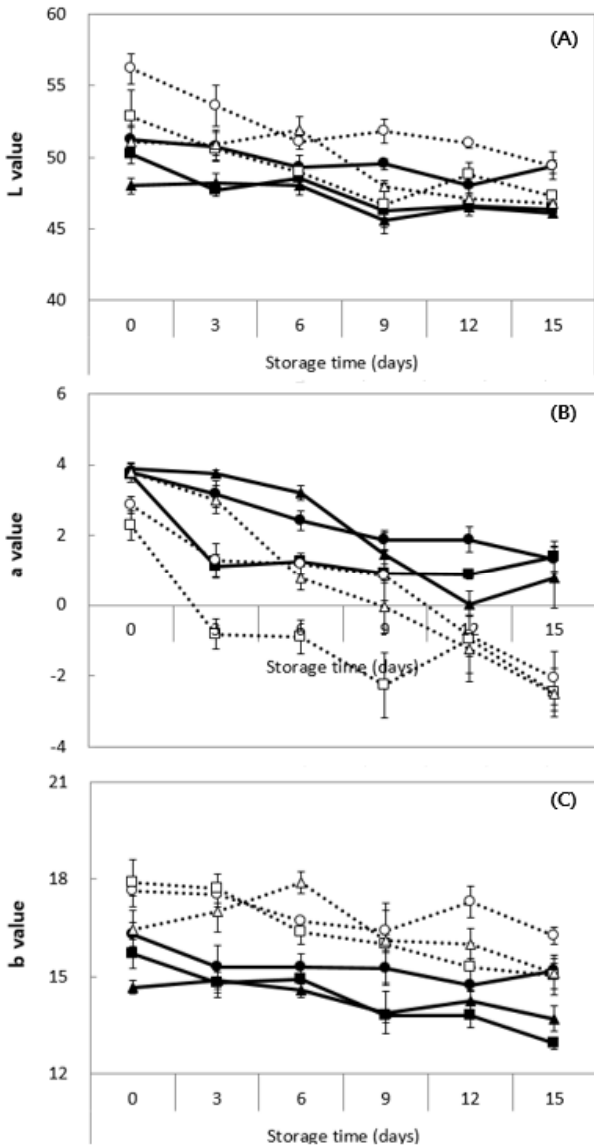


Fig. 3. Hunter L values (A), a values (B), and b values (C) in unwashed and washed potatoes of the cultivar Superior at room temperature ($23\pm 2^\circ\text{C}$) under cool white fluorescent light ($11.2\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) for 12 h light/dark cycles following different storage temperature conditions. ●, Unwashed potatoes after harvest; ■, unwashed potatoes stored at 4°C for 1 month; ▲, unwashed potatoes stored at 20°C for 1 month; ○, washed potatoes after harvest; □, washed potatoes stored at 4°C for 1 month; △, washed potatoes stored at 20°C for 1 month. Error bars represent the standard deviation of the mean ($n = 4$).

는 Park *et al.*(2007)이 보고한 저장기간에 따른 박피감자의 Hunter L값 변화와 유사하였다. 세척감자를 고온(20°C)보다 저온(4°C)에 보관하였을 때 적색도/녹색도를 나타내는 Hunter a값이 급격한 감소를 보였으며, 저온(4°C)에 1개월 보관하고 실온에 저장한 경우 3일부터 -0.8으로 바뀌기 시작하여 저장 15일에 -2.5로 녹화 현상이 심하였다. 황색도를 나타내는 Hunter b값은 저장기간에 따라 Hunter L값이나 Hunter a값보다 상대적으로 변화폭이 적었으며 저장 초기 16.5-17.9에서 저장 15일에 16.1-16.3 범위를 나타냈다.

감자의 세척유무 및 보관온도에 따른 실온저장 중 색의 변화를 나타내는 색차값은 다음과 같다(Fig. 4). 세척감자의 색차값은 7.8-8.5로 세척하지 않은 감자(대조구)의 3.3-5.3보다 높았다. 색차값은 3.0 이상일 때 색의 변화를 인식할 수 있기 때문에 이는 주요한 판단기준이 되고 있다 (Kim *et al.*, 2009). 세척하지 않은 감자는 바로 실온에 저장한 경우 12일, 저온보관한 경우 6일, 고온보관한 경우 9일에 색차값이 3.0이상으로 바뀌었다. 세척한 감자는 바로 실온에 저장한 경우 3일, 저온보관한 경우 3일, 고온보관한 경우 6일에 색차값이 3.0이상을 나타내었다. 또한, 세척감자가 세척하지 않은 감자보다 색차값이 높았고, 저온보관이 고온보관보다 색차값이 높게 나타났다. 이전의 연구에서는 보관기간 중 녹화를 비교한 경우 저온보관보다 고온보관에서 녹화와 관련된 효소의 활성화로 녹화가 빨리 진

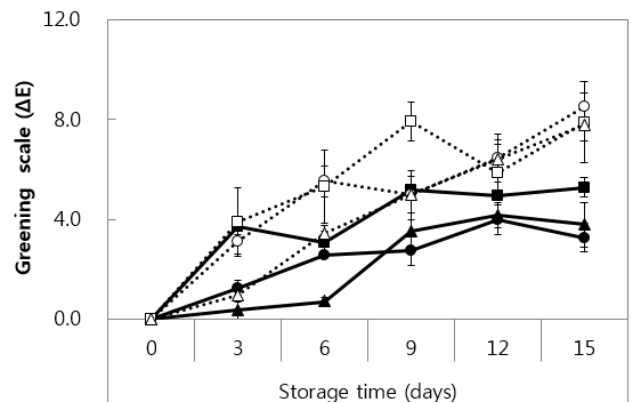


Fig. 4. Hunter ΔE values of unwashed and washed potatoes of the cultivar Superior at room temperature ($23\pm 2^\circ\text{C}$) under cool white fluorescent light ($11.2\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) for 12 h light/dark cycles following different storage temperature conditions. ●, Unwashed potatoes after harvest; ■, unwashed potatoes stored at 4°C for 1 month; ▲, unwashed potatoes stored at 20°C for 1 month; ○, washed potatoes after harvest; □, washed potatoes stored at 4°C for 1 month; △, washed potatoes stored at 20°C for 1 month. Error bars represent the standard deviation of the mean ($n = 4$).

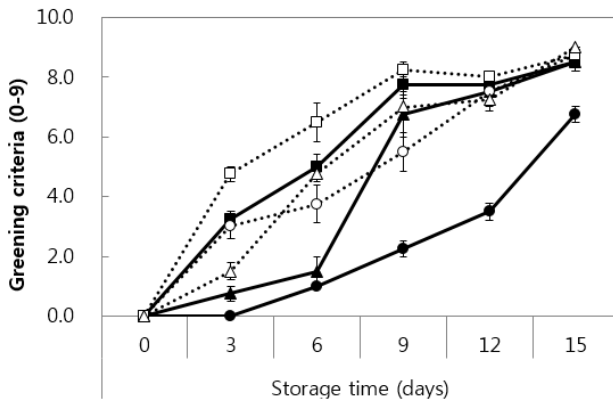


Fig. 5. Greening criteria of unwashed and washed potatoes of the cultivar Superior at room temperature ($23\pm 2^\circ\text{C}$) under cool white fluorescent light ($11.2\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) for 12 h light/dark cycles following different storage temperature conditions. ●, Unwashed potatoes after harvest; ■, unwashed potatoes stored at 4°C for 1 month; ▲, unwashed potatoes stored at 20°C for 1 month; ○, washed potatoes after harvest; □, washed potatoes stored at 4°C for 1 month; △, washed potatoes stored at 20°C for 1 month. Error bars represent the standard deviation of the mean ($n = 4$).

행한다고 하였는데, 본 연구에서는 저온보관에서는 녹화가 진행이 거의 이루어지지 않았지만 저온보관 후 빛이 있는 실온으로 환경조건이 바뀌면서 효소 활성이 활발이 이루어져 녹화가 빨라진 것으로 판단된다(Pavlista, 2001).

감자의 세척유무 및 저장온도에 따른 실온저장 중 녹색도를 육안평가한 결과는 다음과 같다(Fig. 5). 세척하지 않은 감자(대조구)의 경우 가장 늦게(15일) 녹화되었으며, 저온(4°C)에서 1개월 동안 보관한 세척감자는 가장 빨리(6일) 녹화되었다. 상품성을 상실하는 녹색도 5를 평가기준으로 볼 때(Kim *et al.*, 2016), 세척하지 않은 감자는 바로 실온에 저장한 경우 15일, 저온보관한 경우 6일, 고온보관한 경우 9일에 녹색도가 5이상으로 바뀌었다. 세척한 감자는 바로 실온에 저장한 경우 9일, 저온보관한 경우 6일, 고온보관한 경우 9일에 녹색도가 5이상을 나타내었다. 또한, 세척감자가 세척하지 않은 감자보다 녹색도가 빨리 진행되었고, 저온보관이 고온보관보다 녹색도가 빨리 나타났다.

진열대의 감자 유효기간은 품종, 생리적인 상태, 적재량 등에 따라 달라질 수 있다. 진열대에서 감자 품종에 따라 녹화정도를 추정하는 동안, 감자의 적재 규모를 포함한 생리적인 상태는 녹화에 영향을 줄 것이고, 결국 상품성에 영향을 줄 것이라고 하였다(Grunenfelder *et al.*, 2006).

이상의 결과, 세척하지 않은 감자(대조구)의 경우 바로 유통할 경우 15일, 저온에 보관할 경우 6일, 고온에 보관할

경우 9일 이내가 상품성 유지기간으로 판단되었으며, 세척감자의 경우 바로 유통할 경우 9일, 저온에 보관할 경우 6일, 고온에 보관할 경우 9일 이내가 상품성 유지기간으로 판단되었다.

엽록소 함량 변화

감자의 껍질 색깔 변화는 주로 엽록소의 생합성과 관련이 있다(Grunenfelder *et al.*, 2006). 감자의 세척유무 및 저장온도에 따른 실온저장 중 감자껍질의 엽록소 함량 변화는 다음과 같다(Fig. 6). 모든 처리의 감자에서 저장기간이 길어짐에 따라 엽록소 함량이 증가하였다. 특히, 세척감자를 저온(4°C)에서 1개월 보관한 경우 총 엽록소 함량은 저장 초기 $14.2\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 에서 12일째에 $26.7\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 로 가장 큰 폭의 증가를 보였다. 세척하지 않은 감자는 실온저장 초기 1.4에서 12일째 $6.0\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 로 변화가 가장 적었다. 보관온도별 보면, 고온보다 저온보관 후 실온저장이 엽록소의 함량을 증가시켰다. 이는 고온(20°C) 보관시 큐어링(curing) 작용으로 표피가 단단하고 견고해지는 과정을 거쳤지만, 저온보관시 효소활성이 거의 일어나지 않다가 실온으로 바뀌면서 엽록소 관련 효소활성이 활발해 진 것으로 판단된다(Pavlista, 2001).

특히, 저온(4°C)보관 후 실온저장한 감자는 초기부터 엽록소함량이 급격하게 증가하였는데, 이러한 결과는 감자를 유통·판매할 때 괴경 녹화는 광과 온도에 의해 영향을 받고, 엽록소 함량이 6일 이내에 급격히 증가한다는 연구결과

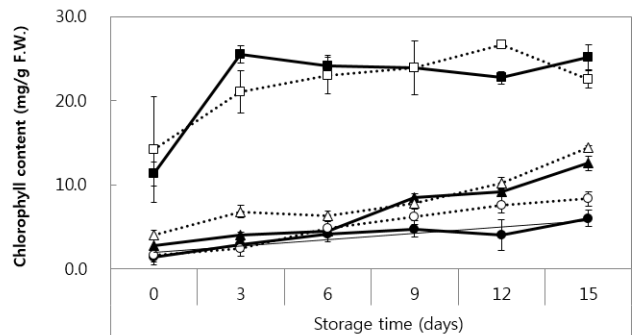


Fig. 6. Total chlorophyll content of unwashed and washed potatoes of the cultivar Superior potatoes at room temperature ($23\pm 2^\circ\text{C}$) under cool white fluorescent light ($11.2\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) for 12 h light/dark cycles following different storage temperature conditions. ●, Unwashed potatoes after harvest; ■, unwashed potatoes stored at 4°C for 1 month; ▲, unwashed potatoes stored at 20°C for 1 month; ○, washed potatoes after harvest; □, washed potatoes stored at 4°C for 1 month; △, washed potatoes stored at 20°C for 1 month. Error bars represent the standard deviation of the mean ($n = 4$). F.W. = fresh weight.

Table 1. Pearson's correlation coefficients with greening factor for unwashed and washed potatoes of the cultivar Superior at different storage temperature conditions.

Greening	Hunter L value	Hunter a value	Hunter b value	Hunter ΔE value	Greening criteria	Chlorophyll content
Hunter L value	1	0.34059*	0.82979***	-0.44526**	-0.58868***	0.47741**
Hunter a value		1	-0.04283 ^{NS}	-0.93506***	-0.85879***	-0.54140***
Hunter b value			1	-0.13333 ^{NS}	-0.32850 ^{NS}	-0.30873 ^{NS}
Hunter ΔE value				1	0.89806***	0.50131**
Greening criteria					1	0.57075**
Chlorophyll content						1

^{NS}, *, **, *** Nonsignificant or highly significant at $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$, respectively.

(Grunenfeder *et al.*, 2006)와 일치하는 경향이였다.

녹화와 상관성

감자의 세척유무 및 보관온도에 따른 실온저장 중 녹화와 각 녹화평가 요인의 상관성을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 녹색도 육안평가는 Hunter L값(-0.58868) 및 Hunter a값(-0.85879)과 높은 부의 상관관계를 보였지만 색차값(0.89806)과는 높은 정의 상관관계를 보였다. 엽록소 함량은 Hunter a값(-0.54140)과는 높은 부의 상관관계를 보였고, Hunter L값(0.47741), 색차값(0.50131), 육안평가(0.57075)와는 높은 정의 상관관계를 보였다. 이러한 결과는, 감자 괴경의 녹화는 온도조건에 따라 엽록소 함량 변화가 관련있다는 연구결과(Grunenfelder *et al.*, 2006)와 일치하는 경향이였다. 결론적으로 감자 녹화평가 기준설정시 Hunter a값이 마이너스(-)로 떨어지고, 색차값이 3.0이상으로 커지고, 녹색도가 5단계 이상일 경우 엽록소 함량이 많아 녹화가 진전되었다고 판단 할 수 있다.

적 요

감자에서 녹화는 유통과정에서 괴경의 상품성을 좌우하는 매우 중요한 품질 지표이다. 본 연구는 우리나라 대표 감자 품종인 '수미'의 수확후 세척유무 및 보관온도에 따른 녹화와의 관련성을 비교 분석하고자 수행되었다. Hunter a 값은 세척하지 않은 감자(대조구)에 비해 세척한 감자가 a 값의 변화가 심하였으며, 특히 세척감자의 경우 고온(20°C) 보다 저온(4°C) 보관할 경우 실온저장 3일부터 -0.8로 시작하여 15일에 -2.5로 떨어져 녹화가 심하였다. 색차값 역시 세척하지 않은 감자(대조구)보다 세척감자에서 실온저장 3일부터 급격히 증가하였다. 저장기간이 길어짐에 따라 엽

록소 함량이 모든 처리구에서 증가하였는데, 저온(4°C)에서 1개월 보관한 후 실온에 저장한 세척감자에서 저장 12일에 26.7 mg·g⁻¹로 가장 함량이 많았다. 괴경녹화와 각 녹화평가 요인의 상관성을 피어슨 상관분석한 결과, 엽록소 함량은 Hunter a값과 b값과는 부의 상관관계를 보였고, 색차값과는 정의 상관관계를 보였다. 따라서, 색도, 색차 및 엽록소 함량 등의 결과를 바탕으로 녹화는 세척유무 및 보관온도에 영향을 받는 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 국립식량과학원 시험연구사업(과제번호: PJ10124002과 PJ00876405)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Chang, D. C., J. C. Jeong, C. S. Park, Y. H. Yun, and S. Y. Kim. 2003. Determination of greening in potato tubers using a chlorophyll analysis. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21:42.
- Cho, H. M., Y. E. Park, J. H. Cho, and S. Y. Kim. 2003. Historical review of land race potatoes in Korea. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:838-845.
- Choi, W. Y., K. M. Cho, S. Kim, J. H. Jeong, S. H. Lee, K.B. Lee, G.H. Lee, and K.H. Park. 2015. Effect of PE film mulching and irrigation method on the growth, yield and antioxidant activity for potatoes grown in winter season at saemangeum reclaimed land. *Kor. J. Crop Sci.* 60:63-69.
- Edwards, E. J. and A. H. Cobb. 1997. Effect of temperature on glycoalkaloid and chlorophyll accumulation in potatoes (*Solanum tuberosum* L. cv. King Edward) stored at low

- photon flux density, including preliminary modeling using an artificial neural network. *J. Agric. Food Chem.* 45: 1032-1038.
- Food and Drug Administration (FDA). 2009. Food code, U.S. public health service. U.S. Department of Health and Human Services, VA, USA.
- Grunenfelder, L., L. K. Hiller, and N. R. Knowles. 2006. Color indices for the assessment of chlorophyll development and greening of fresh market potatoes. *Postharvest Biol. Tech.* 40:73-81.
- Gull, D. D. 1960. Chlorophyll and solanine changes in tubers of *Solanum tuberosum* induced by fluorescent light, and a study of solanine toxicology by bioassay. Ph.D., Cornell University of Food Technology, Ithaca, NY.
- Ha, J. H., S. D. Ha, Y. S. Kang, K. P. Hong, and D. H. Bae. 2007. Microbiological, nutritional, and rheological quality changes in frozen potatoes during storage. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 39:663-668.
- Hwang, T. Y. and K. D. Moon. 2006. Quality characteristics of fresh-cut potatoes with natural antibrowning treatment during storage. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 38:183 -187.
- Jeong, J. C., S. J. Kim, S. Y. Hong, J. H. Nam, H. B. Sohn, Y. H. Kim, and M. Mekapogu. 2015. Growing environment influence the anthocyanin content in purple and red-fleshed potatoes during tuber development. *Kor. J. Environ. Agric.* 60:231-238.
- Jeong, J. C., Y. H. Yun, D. C. Chang, C. S. Park, and S. Y. Kim. 2003. Processing quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers as influenced by soil and climatic conditions. *Kor. J. Environ. Agric.* 22:261-265.
- Korea Food service & Drug Administration (KFDA). 2010. Code of Food. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea.
- Kolasa, K. M. 1993. The potato and human nutrition. *Am. Potato J.* 70:375-384.
- Kim, J. G., S. T. Choi, and D. H. Bae. 2009. Effect of heat treatment and dipping solution combination on the quality of peeled potato 'Jopung'. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27:256-262.
- Kim, S. J., H. B. Sohn, M. Mekapogu, O. K. Kwon, S. Y. Hong, J. H. Nam, Y. I. Jin, D. C. Chang, J. T. Suh, J. C. Jeong, and Y. H. Kim. 2016. Quality characteristics influenced by different packaging materials in washed potatoes through an integrated washing system. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 48:247-255.
- Kwon, O. Y., M. Y. Kim, C. W. Son, X. W. Liu, H. C. Kim, W. K. Yoon, H. M. Kim, and M. R. Kim. 2008. Protein and amino acid composition of domestic potato cultivars. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 117-123.
- Lee, Y. J., J. C. Jeong, Y. H. Yoon, S. Y. Hong, S. J. Kim, Y. I. Jin, J. H. Nam, and O. K. Kwon. 2012. Evaluation of quality characteristics and definition of utilization category in Korean potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Kor. J. Crop Sci.* 57:271-279.
- Ministry of Education, Science and Technology (MEST). 2010. Guideline of school food service sanitation. Ministry of Education, Science and Technology, Seoul, Korea. p. 39.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2013. Production and supply plan of major crop seeds in Summer for 2013. Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries. p. 57.
- Muraja-Fras, J., M. Krsnik-Rasol, and M. Wrisher. 1994. Plastid transformation in greening potato tuber tissue. *J. Plant Physiol.* 114:58-63.
- Park, K. J., J. W. Jeong, D. S. Kim, and S.W. Jeong. 2007. Quality changes of peeled potato and sweet potato stored in various immersed liquids. *Kor. J. Food Preserv.* 14:8-17.
- Park, W. H., J. A. Song, J. S. Lee, and S. U. Lee. 2009. Effect of different light exposure on the development of chlorophylls and glycoalkaloids in potato tubers. *Kor. Food. Service Asso.* 3:61-72.
- Pavlista, A. 2001. Green potatoes: The poroblem and the solution. NebGuide online, G01-1437-A.
- Percival, G. C. 1999. The influence of light upon glycoalkaloid and chlorophyll accumulation in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Sci.* 145:99-107.
- Reeves, A. 1988. Varietal differences in potato tuber greening. *Am. Potato J.* 65:651-658.
- Rural Development Administratin (RDA). 2014. The Potato: Guidance of agricultural technology-31. Rural Development Administration, Suwon, Korea. pp. 24-120.