

Research Report

혈당측정기를 이용한 감자 괴경의 포도당 분포 분석과 이의 가공적성 평가에의 활용

권병훈¹, 김시연², 임수연¹, 남궁혜주³, 이홍진^{3*}

¹중앙대학교 식물시스템과학과

²한국외국어대학부속 용인외국어고등학교

³중앙대학교 식품공학과

Determination of Glucose Distribution of Potato Tuber Using Blood Glucose Meter and Its Application to Estimate Processing Quality

Byoung-Hoon Kwon¹, Si Un Kim², Soo Yeon Lim¹, Hyeju Namgung³, and Hong Jin Lee^{3*}

¹Department of Integrative Plant Science, Chung-Ang University, Anseong 456-756, Korea

²Hankook Academy of Foreign Studies, Yongin 449-854, Korea

³Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Anseong 456-756, Korea

Abstract: In an effort to investigate special distribution of glucose content of potato tuber of a cultivar 'Superior' after harvest, a whole tuber was longitudinally cut into halves and cut-surface was divided into 11 regions. Approximate glucose concentration of each section was determined using a commercial blood glucose meter. Higher level of glucose was detected in the outer layers of tissue than inner part of tuber although there were lower coefficients of variation value, 37.4% and 34.1% among individual tubers and among defined sections, respectively. A positive correlation between the whole tuber and individual section was existed in glucose content, where the central pith tissue gave the highest coefficient ($r = 0.921$) and bud end tissue did the lowest ($r = 0.544$). Glucose content of the tubers stored for 4 months at 2.0°C was 5.5 fold higher compared to the tubers kept in ambient temperature. The chip color of the former tubers was much brighter than those of the latter tubers. The result obtained in the present study suggests that the blood glucose meter can be used to a rapid and simple evaluation of glucose content and therein be applied to estimate the processing quality of potato tubers during postharvest handling.

Additional key words: color change, potato storage, postharvest handling

서 언

감자는 탄수화물뿐만 아니라 비타민 C 등 영양소가 풍부하여 세계적으로 밀, 쌀, 옥수수과 함께 4대 식량작물로 이용되고 있다. 국내에서는 주로 반찬이나 부식으로 이용해 왔지만, 최근에는 칩이나 프렌치프라이 등 스낵이나 간식으로 이용이 증가하고 있다. 그간 재배기술의 발달에 힘입어 감자는 연중 재배생산이 가능한 실정인데, 최근 10년간 국내 감자 재배면적은 연평균 24,000ha이며, 동기간 평균 생산

량은 63만 톤에 달한다(MAFRA, 2012). 이 중에서 '수미'는 전체 생산량의 80% 내외를 점유하는 주요 품종이며, '대서' 등 일부 가공용 품종이 재배되고 있다.

가공용 감자는 전분의 함량이 높아야 가공 후 제품의 품질이 우수하다고 알려져 있다. 감자 괴경의 전분 함량이 많으면 건물중이 높고, 비중이 커지는데, 건물 함량은 품종, 재배지역, 기후, 저장조건 등에 따라 달라진다(Cho et al., 2011; de Freitas et al., 2012; Mazza, 1983). 구미 등지에서는 'Russet Burbank'가 가공용 감자의 대표적인 품종으로 널

*Corresponding author: hongjin@cau.ac.kr

※ Received 21 August 2013; Revised 6 November 2013; Accepted 7 November 2013. 이 논문은 2011년도 중앙대학교 연구장학기금 지원에 의한 것임.

© 2014 Korean Society for Horticultural Science

리 이용되어 왔으며, 오늘날에도 이 품종에서 유래된 새로운 품종들이 대부분 가공용으로 이용되고 있다(Bohl and Johnson, 2010).

일반적으로 수확된 감자는 가공용과 부식용, 그리고 종서로 사용하기 위하여 길게는 수개월간 저온에 저장된다. 이때 저장온도는 가공용 감자는 7-10°C에서, 부식용과 종자용 감자는 4-5°C가 가장 적합하다고 알려져 있다(RDA, 2012). 특히 감자를 장기간 저장하는 과정에서 부패나 저장장해의 발생으로 인하여 감모율이 30% 이상 달하고 있다. 한편, 감자는 저장 온도가 상대적으로 높으면 괴경에서 싹이 자라서 이용하기에 부적합하게 된다. 그리고 저온 하에서는 괴경 내부의 전분이 분해되어 자당, 포도당, 과당 등으로 축적되는데, 이 환원당은 고온에서 가공하면 아미노산과 반응하여 갈변이 진행된다(Kita, 2002; Pritchard and Adam, 1994; Shallenberger et al., 1959; Sowokinos, 2001). 그리하여 감자 칩이나 가공제품의 색깔이 진해져 상품성이 매우 나빠지게 된다. 또한 조직 내 chlorogenic acid와 같은 페놀물질의 함량이 높아도 가공 후 색깔이 검게 변한다(Wang-Pruski and Nowak, 2004). 즉 감자를 저장하는 동안 감모율을 줄이고, 가공제품의 품질이 우수하게 유지되는 저장기술의 개발은 산업현장에서 매우 중요한 과제가 되고 있다. 그러나 감자의 품질은 재배지역이나 수확시기 그리고 기후에 따라서 괴경의 품질은 크게 다르다(Driskill et al., 2007). 국내 감자 산지에서는 농가에서 수확한 감자를 톨백에 담아서 저장고나 가공공장으로 옮겨지게 되는데, 이때 감자의 저장력이나 가공적성을 신속하게 판정하여 이후의 품질관리 체계를 확립하는 과정이 매우 중요하다.

한편, 개인용 혈당측정기로서 감자의 포도당 함량을 평가하는 기술은 미국 등지에서 단편적으로 보고된 바가 있다(Bohl and Johnson, 2010). 그러나 혈당측정기로 당 함량을 측정하기 위해서는 감자 괴경의 가장 적합한 부위를 찾아내는 작업이 선결되어야 한다. 왜냐하면, 감자 괴경의 당 분포는 부위에 따라 매우 다르며, 품종에 따라 다르다고 보고된 바 있으며(Pritchard and Scanlon, 1997), 재배기술이나 저장 기간 및 저장온도에 따라 다르다. 또한 괴경의 부위에 따라 무기성분의 분포도 다르다고 하였다(Subramanian et al., 2011). 따라서 감자 괴경의 포도당 함량을 간편하고 신속하게 평가하는 기술은 재배지역이나 환경, 그리고 생산시기가 다르게 수확된 감자의 가공 후 제품의 품질을 예측하는데 매우 유용하게 활용할 수 있다.

본 연구의 목적은 국내 감자의 대표적인 품종인 ‘수미’

감자 괴경의 부위별 포도당 함량을 개인용 혈당측정기로서 신속하게 평가하여 어떤 부위가 괴경 전체의 당 함량을 대표할 수 있는가를 알아보기 위하여 수행되었다. 또한 이를 이용하여 수확 후 저온에 저장 중인 ‘수미’ 감자의 포도당 함량과 가공 후 칩의 색상을 비교하여 가공적성을 평가하고자 시도하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 감자는 우리나라에서 대표적인 품종인 ‘수미’를 사용하였으며, 2012년 7월에 충청남도 서산에서 수확된 것과 10월에 강원도 평창지역에서 수확된 감자를 이용하였다. 사용된 괴경의 무게는 $310.3 \pm 30.3\text{g}$ 이었다. 그리고 저장 중인 감자의 포도당 함량을 평가하는 실험에서는 충청남도 아산시의 (주)농심에서 저장중인 ‘수미’ 감자를 제공받아 이용하였다.

표준 포도당 용액을 이용한 혈당측정기의 성능검정

개인용 혈당측정기(글루코멘토, SD Biosensor, Inc.)는 시중의 약국에서 구입하였다. 우선 포도당 표준용액으로 0.0, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0, 24.0, 28.0, 32.0 mmol·L⁻¹을 조제하고, 각 용액의 당수치를 측정하여 포도당 용액과 글루코멘토 측정기로 기록되는 당수치와의 관계를 작성하였다(Fig. 1).

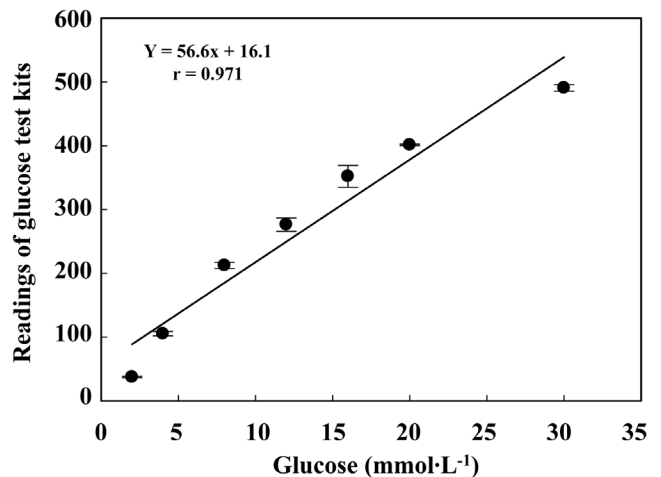


Fig. 1. The relationship between standard glucose solution and readings from the commercial blood glucose meter used in the experiment.

혈당측정기를 이용한 감자의 부위별 당 함량 비교

통감자를 대상으로 각 부위별로 조직의 당함량을 조사하고 이들의 평균값을 구하였다. 그리고 각 부위별 당함량과 대표치와의 상관관을 구하여 결정계수가 가장 높은 부위를 감자의 당함량을 측정하는 대표부위로 선정하였다. 즉 감자 ‘수미’의 줄기끝부분을 상부로 정하고, 괴경을 길게 수직방향으로 절단하여 상·중·하로 구분하였다. 동시에 좌우 수평방향으로 주변부 조직과 중앙부로 구획하여 총 11개 부위로 구분하였다. 각 부위의 중앙지점의 감자 조직에 혈당측정기의 칩을 삽입하여 포도당 수치를 구하였다(Fig. 1). 또한 동일한 부위에서 cork borer를 사용하여 직경 1.0cm, 깊이 1.0cm 크기의 원통형 조직을 절취한 후, 마늘다지기로 즙을 짜내어서 즙액의 당함량을 구하였다.

저장 중인 감자의 당 함량 측정

수확 후 3.0°C에서 4개월간 저장중인 ‘수미’ 감자 중, 건전하고 크기가 고른 30개를 선별하고, 괴경의 비중을 측정하였다. 이후 감자를 절단하여 절반은 감자칩을 제조하는 샘플로 이용하고, 나머지 절반은 혈당측정기를 사용하여 괴경의 중앙부위의 포도당 함량을 조사하였다. 또한 혈당수치가 높은 감자는 괴경의 정중앙부에서 직경 20mm, 높이 20mm 원통형 조직을 채취하고, 마늘다지기로 즙액을 얻어 혈당측정기를 이용하여 각각의 당 수치를 측정하였다.

감자의 비중 측정

당 수치를 평가하는 감자들은 공기 중에서 무게를 잰 후에 물속에서 다시 무게를 잰 다음 괴경의 비중을 구하였다. 비중을 구하는 계산식은 다음과 같다.

$$\text{감자의 비중} = \frac{\text{공기 중의 무게(g)}}{\text{공기 중의 무게(g)} - \text{물 속의 무게(g)}}$$

감자 칩의 제조 및 색상 측정

‘수미’ 감자를 시중에서 구입한 슬라이서(shred knife)를 이용하여 두께 1mm의 슬라이스를 조제하고, 이를 180°C의 식용유에서 3분간 튀겼다. 튀김 시간은 조직으로부터 기포가 더 이상 발생하지 않는 시점을 튀김이 완성된 것으로 간주하였다(Abong et al., 2011). 각 감자의 중앙부위에서 3개의 슬라이스를 취하고, 각 처리당 15개의 감자를 사용하였다. 튀긴 조직의 색상은 Hunter Color Difference Meter

(Minolta CR200)을 사용하여 L, a, b 값을 구하였다.

저장 감자의 갈변 능력 조사

감자 괴경의 양쪽 끝부분에서 조직 100g을 취하고, 50mM Na-Phosphate 완충액 100mL를 첨가하여 가정용 주스기로 1분간 갈았다. 용액을 삼각플라스크에 옮긴 다음 12시간 동안 상온에 정치시켜 산화반응을 진행시켰다. 갈변된 용액을 3,000×g에서 원심분리를 실시한 후 상등액을 취하여 spectrophotometer(Shimadzu, UV-1800)를 이용 475nm에서 흡광도를 측정하였다(Kim and Dean, 1998).

결과 및 고찰

본 연구는 우선 감자의 포도당 함량을 간편하고 신속하게 평가하기 위해서 개인용 혈당측정기(글루코멘토, SD Biosensor, Korea)를 사용하였다.

우선 혈당측정기의 정확도를 알아보기 위하여 포도당 표준용액을 조제하고, 이 용액을 혈당측정기로 분석하여 수치들간의 상관관계를 산출하였다. 그리고 감자 괴경의 부위별 혈당측정기의 측정수치, 그리고 ‘수미’ 감자의 저장기간 동안 혈당 측정기의 수치 및 비중의 변화를 살펴보았다.

포도당 함량과 혈당 측정기 측정치의 상관관계

본 실험에 사용된 혈당 측정기는 시중의 약국에서 구입하였는데, 측정범위는 포도당 농도가 33.0-600mg·dL⁻¹ 범위였다. 우선 표준 포도당 용액 0.0mmol·L⁻¹와 1.0mmol·L⁻¹는 혈당측정기의 측정 범위를 벗어났고, 한편 30.0mmol·L⁻¹보다 고농도에서도 한계를 벗어났다. 그리고 2.0, 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0, 30.0mmol·L⁻¹(이들의 기대치는 각각 36, 72, 144, 216, 288, 360, 540mg·dL⁻¹이 됨)는 혈당 측정기에서 각각 3반복으로 측정한 결과, 평균값이 37.3, 105.3, 212.3, 276.3, 352, 401.3, 490.7mg·dL⁻¹으로 기록되었다. 이들의 관계식은 Y = 56.6X + 16.1이었다(Fig. 3). 그리고 X(포도당 표준농도)와 Y(혈당측정기의 측정수치)간의 상관계수는 0.971로 매우 높은 값을 보여 포도당 함량과 혈당 측정기 수치는 2.0-30.0mmol·L⁻¹ 범위에서 고도의 정의 상관관계가 있었다.

이는 본 실험에 사용된 혈당측정기는 감자의 착즙 용액과 같이 용액 속의 포도당의 함량을 정확하게 평가할 수 있음을 시사한다. 한편, 저온에 저장한 ‘수미’ 감자에서는 종종 600mg·dL⁻¹보다 높은 수치가 관찰되었는데, 이런 고농도의

포도당을 측정할 수 있는 혈당기는 시중에 판매되고 있지 않았기 때문에 즙액을 추출하여 2배 희석한 후 측정하였다.

감자 괴경의 부위별 혈당 측정기에 의한 포도당 함량 측정

‘수미’ 감자를 각각 상·중·하를 A, B, C, D, E 로 구분하고 내부는 I로, 외각부는 O로 나누어 총 11 구역으로 나누었고, 이들 중에서 좌우 대칭을 고려하여 8개 부위만 선택하여 당함량을 측정하였다(Fig. 2). 즉 개인용 혈당 측정기의 검사지를 감자절단면에 직접 삽입하여 당의 수치를 측정하고(삽입 측정), 그 평균치와 각각 비교한 결과를 Fig. 3에 표시하였다.

한편, 저온에서 저장중인 감자는 혈당측정기의 관측치가 측정범위를 초과하는 경우가 빈번하였다. 따라서 저온에 장기간 저장중인 괴경의 당함량을 측정하기 위해서는 조직을 착즙한 용액을 2배로 희석하여 측정하였다(착즙측정). 본 실험에서는 혈당 검사지를 삽입측정한 부위에서 직경과 높이 각 1cm의 원통형 시료를 채취하고, 착즙한 용액의 당 수치를 분석한 결과를 Fig. 3에 나타냈다.

‘수미’ 감자의 당 분포

‘수미’ 감자 절단면의 11군데를 구획하여 혈당측정 검사지를 절단면에 직접 주입하여 당 함량을 측정한 결과를 Fig. 3에 정리하였다. 혈당 측정기에서의 당 수치는 최저 50mg·dL⁻¹

에서부터 최고 400mg·dL⁻¹이 넘는 값을 보였고, 부위에 따라 당 함량의 분포가 매우 상이함을 알 수 있었다. 그리고 11개 부위의 수치와 괴경의 평균값과의 관계를 1차 방정식으로 구하여 Table 1에 나타냈다. 이들 부위들의 평균 당 함량은 적게는 132mg·dL⁻¹에서 많게는 201mg·dL⁻¹이었으며, 내부 조직보다 외각부위의 당 함량이 상대적으로 높은 경향이 있었다(Table 1). 각 부위별 결정계수는 감자 30개의 측정치로부터 산출하였다. 각 부위 중에서 내부 중앙부(CI)가 가장 높은 값인 0.921을 나타냈다. 그리하여 감자를 절단하여 중앙부의 당 함량을 측정하여 수치를 구하고, 이를 함수 방정식에 대입하면 전체 괴경의 평균 당 함량을 평가할 수 있게 되었다(Table 1).

감자들 개체간의 평균 당 함량과 감자 개체 내 각 부위별 당 함량간에도 변이의 폭이 상당히 컸다. Table 1에 의하면, ‘수미’ 감자는 괴경마다 부위별 변이계수가 39.0%~89.1%나 되었다. 그리고 감자 30개의 당 함량의 변이는 평균 34.3%이었다. 이와 같이 감자 개체간 당함량의 차이가 매우 크기 때문에 저장이나 가공 현장에서는 일정 수 이상의 감자를 대상으로 당함량을 구하여 가공적성을 정확하게 예측할 수 있다. 따라서 현장에서 통용될 수 있는 간편하고도 신속하게 감자의 당 함량을 평가하는 방법을 개발하면 감자산업 현장에서 매우 긴요하게 활용될 것으로 판단된다.

한편, ‘수미’ 감자의 절단면에서 부위별로 채취한 조직을 착즙한 용액의 당 함량 측정치를 Fig. 4에 나타냈다. 그리고 각 부위별 측정치와 괴경의 평균치를 함수로 나타낸 결과를

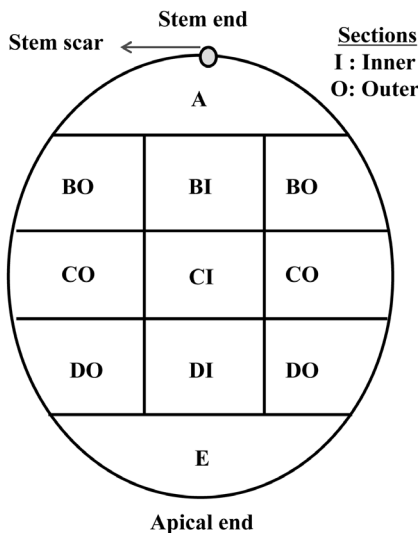


Fig. 2. A cross section of tuber longitudinally cut into halves and divided into 11 regions. Among these sectors, only A, BI, BO, CI, CO, DI, DO, and E sectors were sampled for determining glucose content using a blood glucose meter.

Table 1. Correlation between readings of blood glucose meter from different regions and their mean values from ‘Superior’ potato tuber^z.

Section ^y	Y = aX + b		r	Mean (mg·dL ⁻¹)	CV (%)
	a	b			
A	0.448	108.3	0.782	132.3	89.1
BO	0.728	33.7	0.853	183.8	43.0
CO	0.709	24.3	0.852	201.9	40.2
DO	0.714	36.0	0.760	184.0	39.0
BI	0.489	93.6	0.828	151.0	75.6
CI	0.755	42.2	0.921	166.0	49.6
DI	0.628	56.1	0.672	177.5	40.7
E	0.530	91.6	0.544	143.3	48.4

^zTotal 30 tubers were used for measurement.

^yA whole tuber was longitudinally cut into halves and divided into 11 regions. See Fig. 2 for details.

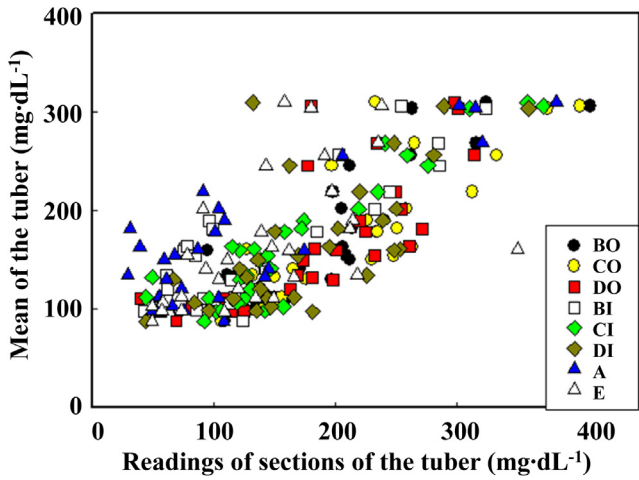


Fig. 3. Distribution of readings obtained by the blood glucose meter from ‘Superior’ potato tuber. A whole tuber was longitudinally cut into halves and divided into 11 regions. Total 30 tubers were used for measurement.

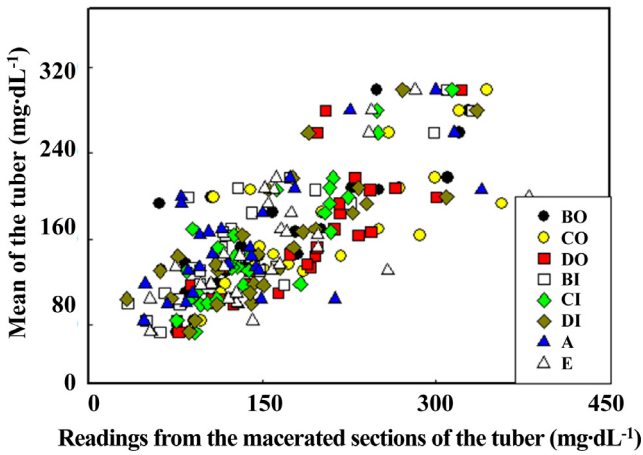


Fig. 4. Distribution of readings obtained by the blood glucose meter from the macerated tissue of ‘Superior’ potato tuber. A whole tuber was longitudinally cut into halves and divided into 11 regions and then 2 × 2 cm tissue fragment from each region was macerated with a commercial extractor. Total 30 tubers were used for measurement.

Table 2에 정리하였다. 우선 11군데 중 가장 높은 결정계수를 보인 부위는 직접 삽입한 방법과 마찬가지로 CI(내부중 앙부위)이었다. 결정계수는 0.907로서 고도의 유의성이 있었다. 그러므로 ‘수미’ 감자 전체 당 함량을 대표하는 부위는 CI로 결정되었고, 혈당측정기를 이용하여 직접 분석하거나 마쇄 후 착즙의 당함량을 분석하여도 거의 비슷한 결과가 나타났다.

감자 괴경의 부위별 당 함량의 분포는 품종에 따라 다르

Table 2. Correlation between readings of blood glucose meter from different regions and their mean using the macerated tissue ‘Superior’ potato tuber^z.

Section ^y	Y = aX + b		r	Mean (mg·dL ⁻¹)	CV (%)
	a	b			
A	0.429	96.9	0.760	152.9	73.1
BO	0.642	62.0	0.837	156.7	52.5
CO	0.562	60.2	0.727	182.3	44.7
DO	0.771	21.8	0.795	182.5	35.6
BI	0.538	81.9	0.868	149.8	67.9
CI	0.857	27.7	0.907	157.2	42.4
DI	0.599	68.4	0.676	157.3	45.3
E	0.567	71.0	0.618	161.5	42.5

^zA total of 30 tubers were used for measurement.

^yA whole tuber was longitudinally cut into halves and divided into 11 regions. See Fig. 2 for details.

다고 보고된 바가 있다(Pritchard and Scanlon, 1997). ‘Russet Burbank’는 괴경의 내부가 외부보다 함량이 높았고, 줄기선 단부가 높았다. 그리고 ‘Shepody’에서는 포도당과 과당은 괴경 내부가, 자당은 외부가 함량이 높았다. 즉 감자의 품종에 따라라도 조직 내의 당 함량의 분포가 달랐다. ‘수미’ 괴경은 포도당의 측정치가 내부가 외부보다 약간 높은 것으로 나타났다(Tables 1 and 2).

‘수미’ 감자의 저장 중 당 함량과 감자칩 색상의 변화

수확 후 4개월간 2°C에 저장중인 ‘수미’ 감자로부터 혈당 측정기의 당 수치와 괴경 비중의 변화를 비교하였다(Table 3). 우선 상온에서 4개월 저장한 ‘수미’ 감자의 비중은 1.08 이었고, 반면에 3°C에서 1개월간 저장한 감자의 비중이 1.06을, 4개월 저장된 감자에서는 1.09이었다.

혈당측정기로 측정한 포도당 함량은 상온저장이 172.3 mg·dL⁻¹, 저온저장 1개월에는 평균 456.6mg·dL⁻¹을 보였고, 저온에서 4개월 경과한 괴경에서는 945.7mg·dL⁻¹로 나타났다(Table 3). 저온저장 4개월의 ‘수미’ 괴경의 포도당 함량은 동기간 상온에서 저장한 괴경의 당 함량에 비해 5.5배나 높았다.

한편, 저장중인 ‘수미’ 감자를 가공하여 만든 감자칩의 색깔은 저온에서 저장한 감자는 색상이 L값이 매우 낮게 나타났다(각각 저장 1개월, 33.6; 4개월, 37.3), 상온에서 저장한 감자에서는 L값이 53.1로서 상대적으로 높게 나타났다. L값은 그 수치가 높을수록 색상이 밝은 것을 의미하므로 상온

Table 3. Comparison of quality parameters in processing potato tuber (cv. Superior) during storage^z.

Quality parameter	Ambient temperature (4 month)	Low temperature (2°C)	
		1 month	4 month
Specific gravity	1.08 ± 0.00	1.06 ± 0.01	1.09 ± 0.01
Glucose (mg·dL ⁻¹)	172.3 ± 87.6	456.6 ± 86.2	945.7 ± 120
Color (Hunter 'L')	53.1 ± 4.7	33.6 ± 2.7	37.3 ± 3.5
Oxidation potential (O.D. 475 nm)	1.47 ± 0.24	1.15 ± 0.22	0.90 ± 0.08

^zSpecific gravity of individual tubers from storage was determined and then tubers was dissected as described in materials and method (n = 30). For the chip color evaluation, 1 mm thick slices was cut using a commercial slicer, and then fried at 180°C for 3 min.



Fig. 5. Comparison of chip color obtained from potato tubers kept under 2°C and ambient temperature for 4 month. Tissue slices were made using a commercial slicer with 1.0 mm thick and then fried at 180°C for 3 min. A, 2°C for 1 month; B, 2°C for 4 month; C, ambient temperature 4 month.

에 저장한 감자의 칩이 저온저장 감자보다 미색을 띄면서 색상이 우수하였다(Fig. 5).

본 실험에는 저온에서 1-4개월간 저장된 ‘수미’ 감자를 사용하였는데, 조제된 감자칩은 진한 황갈색을 띠고 있어 품질이 매우 나빴다. ‘수미’ 감자는 가공적합성이 다른 품종보다 낮아서 미국과 유럽 등지에서는 최근에는 생산하지 않지만, 국내에서는 아직도 대표적인 품종으로 재배되고 있다. 그 이유는 ‘Russet Burbank’ 계통의 감자는 전분함량이 높고, 비중이 다른 품종에 비하여 높아서 가공용 감자로서 널리 이용되고 있지만, 우리나라 기후는 가공용 감자를 재배하기에는 환경조건이 불리하기 때문이다. 그래서 아직도 ‘수미’가 국내 재배 감자의 주종을 이루고 있으며, 그 외 ‘대서’가 다소 많이 생산되고 있다.

‘수미’ 감자의 저장 후 괴경의 갈변 능력을 비교한 결과,

상온에서 가장 높게 나타났다(Table 3). 갈변 능력은 감자 조직 내부에 들어있는 펙놀 물질이 공기중의 산소와 반응하여 산화되는 정도를 나타내는 것이다. 일반적으로 감자는 저온에서 장기간 저장하는 경우에 갈변 능력이 상승한다고 알려져 있으며, 품종간에도 갈변 능력의 차이가 크다고 알려져 있다(Mazza, 1983).

감자는 저온에 저장하면서 전분이 당으로 분해되어 비중도 서서히 감소한다고 알려져 있다(Cho et al., 2011). 본 실험에서는 약간 상반되는 경향을 나타냈는데, 이는 감자의 재배 생산 지역이 다르거나, 재배기간 중의 환경에 의해 다소 차이가 나는 것으로 생각된다. 특히 감자의 재배기술에 의해 수확한 감자 괴경의 비중이나 건물함량 등 가공형질이 영향을 받는다고 알려져 있다(Kita, 2002; Bohl and Johnson, 2010; de Freitas et al., 2012). 또는 장기 저장기간 중에 감자의 표면을 통하여 수분손실이 계속 일어나 건물중이 오히려 증가하는 가능성도 배제할 수는 없다.

본 연구에서는 국내에서 식용 및 가공용으로 가장 많이 이용되고 있는 감자 ‘수미’를 대상으로 수확 직후, 그리고 저장 중에 괴경의 포도당 함량을 신속하게 평가하는 기술을 제시하였다. 즉 시중에서 판매되고 있는 혈당측정기를 사용하여 감자 조직의 포도당을 측정함으로써 괴경의 당 함량을 신속하고 저렴하게 분석할 수 있었다. 특히 감자를 11개 부위별로 나누어 각 부위마다 혈당측정 검사지를 조직에 직접 삽입하거나 조직을 착즙하여 당 함량을 구하였다. 그 결과 ‘수미’ 감자는 괴경의 절단면 정중앙부가 괴경전체를 대표할 수 있는 부위로 선정되었다. 장기간 저온 저장 중인 ‘수미’ 감자는 중앙부의 조직을 절취하여 착즙하여 2-3배로 희석하여 혈당측정기로 간편하게 측정할 수 있었다.

따라서 본 연구에서 개발된 ‘수미’ 감자의 당 함량 신속 평가 기술은 감자를 가공하여 감자칩이나 후렌치 프라이 등

감자 튀김류, 감자를 이용한 다양한 스낵식품 등의 가공 산업이나 감자전분을 추출하는 분야, 또는 감자를 이용한 각종 확장품 산업 등에서 감자의 가공적성이나 가공형질을 미리 예측하는데 매우 중요하게 활용될 것으로 기대된다. 예를 들면, 감자칩을 제조하는 공장의 경우, 전국에서 수시로 수확 및 수송되어 공장으로 반입되는 감자들의 - 농가단위, 재배지역, 수확시기, 품종간 비교 등 - 가공적성을 미리 간편하게 판정하는데 사용될 수 있다. 혈당측정기의 검사용 칩은 개당 400원 수준으로서 매우 저렴하게 ‘수미’의 당 함량을 평가할 수 있었다.

초 록

감자(‘수미’) 괴경을 종단으로 절단하고, 상·중·하 및 주변부와 중심조직으로 구분하여 합계 11개 부위를 혈당측정기로 포도당 수치를 구하였다. ‘수미’ 감자는 개체간(변이계수 = 37.4%) 및 부위별(변이계수 = 34.1%)로 포도당 수치가 달랐으나, 주변부의 포도당 농도가 중심부보다 높게 측정되었다. 괴경 전체와 각 부위 사이의 포도당 농도 상관관계는 중앙부위에서 높게 측정되어($r = 0.921$), 중앙 부위의 당 수치가 괴경 전체를 대표할 수 있었다. 수확 후 $2.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 에서 4개월간 저장한 감자의 포도당 함량은 상온에서 저장한 감자의 당 함량보다 5.5배나 높았다. 저온에 저장한 감자의 칩 색깔은 진한 갈색이었고, 상온 저장 감자의 칩은 밝은 미색이었다. 이러한 결과는 혈당측정기로 감자 중심부 조직의 포도당 함량을 측정하여 수확 당시 및 저장 중인 감자의 가공적합성을 신속하게 판정하는 기술로서 그 활용가치가 크다고 판단되었다.

추가 주요어 : 가공 후 변색, 감자 저장, 수확 후 조절

인용문헌

- Abong, G.O., M.W. Okoth, J.K. Imungi, and J.N. Kabira. 2011. Effect of slice thickness and frying temperature on color, texture and sensory properties of crisps made from four Kenyan potato cultivars. *Am. J. Food Technol.* 6:753-762.
- Bohl, W.H. and S.B. Johnson. 2010. Commercial potato production in North America. U.S. Dept. Agr., Washington, D.C. p. 1-90.
- Cho, J.H., H.B. Son, D.C. Chang, J.S. Im, and H.J. Kim. 2011. Rediscovery of potatoes: From hardy crops to food for world people. *RDA Interrobang* 29:1-20.
- Driskill, E.P., Jr., L.O. Knowles, and N.R. Knowles. 2007. Temperature-induced changes in potato processing quality during storage are modulated by tuber maturity. *Am. J. Potato Res.* 84:367-383.
- de Freitas S.T., E.I.P. Pereira, A.C.S. Gomez, A. Brackmann, F. Nicoloso, and D.A. Bisognin. 2012. Processing quality of potato tubers produced during autumn and spring and stored at different temperatures. *Hortic. Bras.* 30:91-98.
- Kim, J. and B.D. Dean. 1998. Changes in blackspot bruise susceptibility of potato tubers in relation to their proteinase activity, soluble protein, and tyrosine content during cold storage. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:522-527.
- Kita, A. 2002. The influence of potato chemical composition on crisp texture. *Food Chem.* 76:173-179.
- Mazza, G. 1983. Correlations between quality parameters of potatoes during growth and long-term storage. *Amer. Potato J.* 60:145-159.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2012. Statistics of agriculture, forestry, fisheries and food. MAFRA, Sejong, Korea p. 291.
- Pritchard, M.K. and M.G. Scanlon. 1997. Mapping dry matter and sugars in potato tubers for prediction of whole tuber process quality. *Can. J. of Plant Sci.* 77:461-467.
- Pritchard, M.K. and L.R. Adam. 1994. Relationships between fry color and sugar concentration in stored Russet Burbank and Shepody potatoes. *Amer. Potato J.* 71:59-68.
- Rural Development Administration (RDA). 2013. Portal information of agricultural technology. http://www.rda.go.kr/board/board.do?mode=html&prgId=arg_cropfarmskillEntry#ac_con_view.
- Sapers, G.M., F.W. Douglas, Jr., A. Bilyk, A.F. Hsu, H.W. Dower, L. Garzarella, and M. Kozempel. 1989. Enzymatic browning in Atlantic potatoes and related cultivars. *J. Food Sci.* 54:362-365.
- Shallenberger, R.S., O. Smith, and R.H. Treadway. 1959. Role of the sugars in the browning reaction in potato chips. *J. Agric. Food Chem.* 7:274-277.
- Sowokinos, J.R. 2001. Biochemical and molecular control of cold-induced sweetening in potatoes. *Am. J. Potato Res.* 78:221-236.
- Subramanian, N.K., P.J. White, M.R. Broadley, and G. Ramsay. 2011. The three-dimensional distribution of minerals in potato tubers. *Ann. Bot.* 107:681-691.
- Wang-Pruski, G. and J. Nowak. 2004. Potato after-cooking darkening. *Am. J. Potato Res.* 81:7-16.