

복숭아 ‘장호원황도’ 과실의 부위별 유리당 함량 및 관련 효소활성 비교

김성종¹ · 박혜영^{2*}

¹국립원예특작과학원, ²국립농업과학원

Comparison of Free Sugar Content and Related Enzyme Activities on Different Parts of ‘Changhowon Hwangdo’ Peach Fruit

Sung Jong Kim¹ and Hye Young Park^{2*}

¹National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Suwon 440-706, Korea

²National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-853, Korea

Abstract. The free sugar content and related enzymes of four different parts, inner, outer, styler end and stem end, of ‘Changhowon Hwangdo’ peach (*Prunus persica*, L. Batsch) fruit were compared from August to September in 2006, i.e., from 120 to 150 days after full bloom (DAFB). The soluble solids content (SSC) of styler end was the highest among the four fruit parts at 150 DAFB. Changes of free sugar content were similar to that of SSC in the four parts. The starch content at the styler end was the highest at 120 DAFB, while all the other parts showed low starch contents at 150 DAFB. The free sugar composition of peach changed during fruit development. The sucrose was low at 120 DAFB and increased gradually in all parts of peach fruit. On the contrary glucose, fructose and sorbitol decreased with fruit development. The free sugar contents and related enzymes activities were investigated during fruit development. The rapid increase of sucrose contents during fruit development was more affected by sucrose synthase than sucrose phosphate synthase. Activity of SS in the four fruit parts increased continuously over the fruit development period, but activity of acid invertase showed a downward trend. This study found that the free sugar content was affected by enzyme activity for the synthesis or the cleavage. However, it was very difficult to explain sugar accumulation of peach segments with related-enzymes.

Additional key words: acid invertase, soluble solids content, sucrose synthase, sugar composition

서 언

과실의 품질을 결정하는 요소는 외적인 특징과 내적인 특징이 있다. 외적인 특징은 크기, 색깔(과피 미려도), 모양 등과 같은 육안으로 평가할 수 있는 품질 요인을 말하고 내적인 특징은 맛, 향기, 육질감 등과 같은 관능적 평가에 의한 품질을 말한다. 복숭아도 다른 과종들과 마찬가지로 내·외적 특징을 종합해서 과실 품질을 판단하는 기준으로 활용하고 있으며, 특히 맛은 단맛, 신맛, 저작감 등에 좌우된다. 과실의 섭취부위에 따른 맛의 실질적인 차이는 과실에 있어서 가장 중요한 당 성분에 연유할 것으로 생각되며, 따라서 과실 부위별 유리당 조성 및 관련 효소활성의 변화를 살피는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다.

과실의 당 대사 연구는 사과(Kweon 등, 2005; Song 등, 2003; Yamaguchi 등, 1996; Yamaki와 Ishikawa, 1986), 배(Chen 등, 2007; Itai와 Tanahashi, 2008; Yamaki와 Moriguchi, 1989), 복숭아(Bianco와 Rieger, 2002; Kim과 Park, 2007; Kwon 등 2008), 감귤류(Barry 등, 2004; Brandon과 Etxeberria, 2001; Lowell 등, 1989; Song 등, 1998), 딸기(Moing 등, 2001) 등에서 많은 연구가 있었다. 특히 사과의 경우, 수확 시기별 품종에 대한 생육단계 및 부위별 당 조성 그리고 관련 효소활성의 변화에 대한 자세한 연구(Song, 1999) 결과가 보고된 바 있다.

반면, 복숭아의 경우는 ‘유명’ 품종의 생육단계별 과실 특성 변화(Cho, 2000)와 성숙기 당 조성 분석(Yoon 등, 2002) 그리고 일부 품종의 당 대사 관련 효소활성의 변화(Hubbard 등, 1991; Moriguchi 등, 1990; Vizzotto 등, 1996) 등의 연구가 있을 뿐이다. 또한 부위별 복숭아 과실의 당도는 정도와

*Corresponding author: phy0316@korea.kr

※ Received 6 August 2007; Accepted 24 February 2010.

생육단계에 따라 차이가 있다고(Horton, 1992) 하였지만 복숭아 과실의 부위별 유리당과 당 관련 효소 및 과실 특성에 대한 연구는 거의 이루어진 바 없어 부위에 따른 당 대사 관련 연구의 필요성이 대두되고 있다. 따라서 본 연구는 복숭아 ‘장호원황도’ 과실의 생육단계에 따른 당 대사 특성 변화를 살펴보고 과실의 부위별 당 조성 및 당 대사 관련 효소 활성의 변화를 조사하여 이들의 상관관계를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 시험에 사용된 재료는 수원 원예특작과학원의 핵과류 재배 시험포장에 재식되어 있는 ‘장호원황도’ 5년생이었으며 시료채취는 2006년 8월에서 9월에 이루어졌다. 부위별 절단이 가능한 크기로 자란 시료를 얻기 위하여 만개 후 120일부터 수확기인 만개 후 150일까지 10일 간격으로 4회에 걸쳐 시료를 채취하였다. 시료는 오전 9시에서 11시경에 채취하였으며, 시험수의 수관 외부 1.5m 높이에서 20개를 취하여 평균크기 15개를 실험에 사용하였다.

시료 채취 및 보관

채취한 과실을 과경부(stem end), 과정부(stylar end), 과피부(outer), 핵주위(inner) 4개 부위로 나누어 분할하였다(Fig. 1). 절단과정에서 부가되는 효소반응을 최대한 지연시키기 위하여, 과실을 0.5×0.5×0.5cm 크기로 자른 즉시 액체 질소로 동결하였고 -80℃ 초저온 냉동고에 보관하면서 유리당 함량과 효소활성을 분석하였다.

당·산도 분석

과실의 과육을 각 부위별로 절단하여 분쇄한 후, 20×20cm

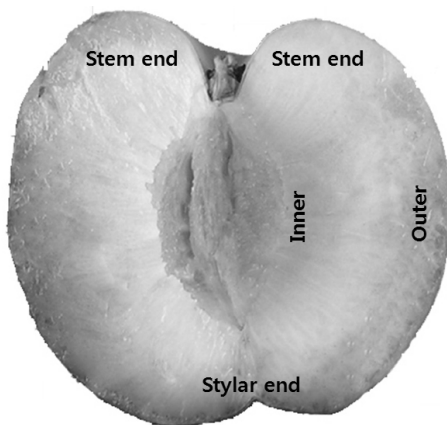


Fig. 1. Diagrammatic presentation for sampling sections of ‘Changhowon Hwangdo’ peach fruit.

크기의 거즈(0.1×0.1cm 구멍크기)에 여과하여 당도계(Refractometer PR-100, Atago, Japan)로 당도를 측정하였다. 적정산도는 착즙액 10mL을 취하여 자동 산도측정기(TitroLine Easy, Schott, U.S.A.)를 이용하여 malic acid로 환산하여 표시하였으며 3회 반복측정 하였다.

유리당(자당, 과당, 포도당 및 솔비톨) 분석

복숭아 과실의 주요 유리당으로 알려진 자당, 과당, 포도당 및 솔비톨을 분석하기 위하여(Genard와 Souty, 1996) 시료 5g에 10mL 증류수를 넣고 균질기(Ultra-Turrax T-25, IKA-Labortechnik, Germany)로 균질화한 후 증류수를 가해 최종 용량을 20mL로 맞추어 4℃, 16,000×g에서 30분간 원심 분리한 후 상징액을 Sep-Pak C18 cartridge(WAT023501, Waters, U.S.A.)와 0.45µm syringe filter(PVDF, Whatman, Japan)로 여과, 정제하였다. HPLC(Model 9300, Younglin, Korea) 분석에 이용된 칼럼은 Sugar-pak(6.5×300mm, Alltech, U.S.A.)이었고, 이동상은 HPLC용 증류수로 이동속도는 0.5mL·min⁻¹였으며 검출기는 굴절률검출기(Triathlon M730D, Younglin, Korea)를 이용하였다. 본 연구에서 총 유리당은 복숭아의 주요 4가지 유리당(자당, 과당, 포도당 및 솔비톨) 함량의 총합을 나타낸 것이며, 그 외 유리당 함량은 당 조성에서 극히 미량을 차지하여 그 함량을 무시하였다.

전분 분석

과육 부위별 전분함량은 total starch assays kit(K-TSTA, Megazyme, Ireland)를 이용하여 분석했다. 먼저 시료를 동결 건조하여 분쇄한 시료 분말 100mg을 10mL EtOH(80% v/v)로 유리당을 용출시켜 제거한 다음 thermostable α-amylase(300U, 50mM MOPS buffer, pH 7.0)을 3mL 가한 후 100℃에서 6분간 반응시켰다. 다시 sodium acetate buffer(4mL, 200mM, pH 4.5)와 amyloglucosidase(0.1mL, 20U)를 첨가하여 50℃에서 30분간 반응시킨 후 3000rpm에서 20분간 원심분리 후 상징액 200µL를 시험관에 옮겨 glucose determination reagent(glucose oxidase 12,000UL⁻¹, peroxidase 650U·L⁻¹, 4-aminoantipyrine 0.4mM) 3mL를 가한 후 50℃에서 20분간 반응시킨 후 510nm에서 흡광도를 측정하고 glucose를 표준물질로 대조시켜 전분의 농도를 환산하였다.

당관련 효소 분석

Sucrose synthase(SS)와 sucrose phosphate synthase(SPS)의 추출은 과실 5g을 0.2M K-phosphate buffer(pH 7.8) 10mL에 10mM K-ascorbate, 5mM MgCl₂, 1mM dithiothreitol(DTT), 10% polyvinylpyrrolidone(PVPP)를 첨가하여 마쇄하였다. 마

쇄 후 11,000×g에서 30분간 원심분리한 상정액 2.5mL를 10mM Tri-HCl buffer(pH 7.2), 1mM DTT로 평형화한 sephadex G-25 column(PD-10 columns, Amersham Biosciences, Sweden)에 통과시킨 후, 다시 3.5mL의 buffer를 가하여 컬럼 통과액을 받아 조효소액으로 이용하였다. Acid invertase(AI)와 sorbitol oxidase(SOX) 추출도 SS추출과 동일한 방법으로 과실 5g을 0.1M K-phosphate buffer(pH 7.0) 10mL에 10mM K-ascorbate, 1mM DTT, 10% PVPP를 첨가하여 마쇄했으며 위와 동일한 방법으로 조효소 액을 얻었다(Moriguchi 등, 1991).

SS는 50mM Hepes-KOH(pH 8.5) 230μL, 100mM MgCl₂ 38μL, 100mM fructose 112μL, 10mM uridine diphosphoglucose (UDPG) 150μL, 조효소액 370μL의 혼합용액을 30°C에서 30분간 반응시킨 후 0.4N NaOH 300μL로 반응을 정지시켰다. 그 외 다른 효소들의 부 반응을 억제하고 반응에 참여하지 않은 과당을 파괴하기 위하여 100°C에서 20분간 반응액을 가열한 후 11,000 × g에서 원심 분리한 상정액 300μL에 75% H₂SO₄에 녹인 0.02% anthrone 3mL를 가하였다. 40°C에서 20분간 반응시킨 후 620nm에서 흡광도를 측정하였다. SPS는 50mM Hepes-KOH(pH 7.5) 230μL, 30mM NaF 38μL, 100mM fructose-6-phosphate 112μL, 10mM uridine diphosphoglucose(UDPG) 150μL, 조효소액 370μL의 혼합 용액을 SS 분석과 동일한 방법으로 반응시켜 분석하였다. SS와 SPS의 효소활성은 각 효소 1μg이 1분당 생산하는 sucrose의 양을 μmole단위로 나타내었다. AI는 250mM sodium acetate-HCl

buffer(pH 5.0) 300μL, 500mM sucrose 300μL, 조효소액 400μL의 혼합액을 30°C에서 30분간 반응시켰으며 100°C에서 10분간 효소를 불활성화 시킨 후 11,000×g에서 원심 분리하여 상정액 400μL에 glucose oxidase mixture 2mL를 가한 후 30°C에서 10분간 반응시킨 다음 6N HCl로 반응정지 시킨 후 450nm에서 흡광도를 측정하였다. SOX는 250mM sodium acetate-HCl buffer(pH 4.0) 300μL, 500mM sorbitol 300μL, 조효소액 400μL의 반응액 1,000μL를 AI분석과 동일한 방법으로 분석하였다(Moriguchi 등, 1991). 효소활성 측정의 모든 공시험은 조효소액 대신 증류수를 이용하였으며 AI와 SOX의 효소활성은 각 효소 1μg이 1분당 생산하는 glucose의 양을 μmole단위로 나타내었다. 또한 효소활성 계산은 각 효소반응에 의하여 생성된 sucrose와 glucose를 정량 분석한 후 일정 반응시간 동안 일정량의 효소가 생성하는 생성물의 양으로 나타냈다. 조효소액의 총 단백질 함량은 Bio-Rad protein assay(Bio-Rad, U.S.A.)을 이용하여 Bradford (1976)의 방법으로 측정하였으며 모든 분석은 3회 반복측정하였다.

결과 및 고찰

당도와 총 유리당의 변화

복숭아 생육과정 중 품종별 유리당 조성과 과실의 특성연구(Kim과 Park, 2007)에서 ‘장호원황도’는 ‘가남암백도’, ‘유명’과 함께 당도와 총 유리당 함량의 높은 상관을 나타냄

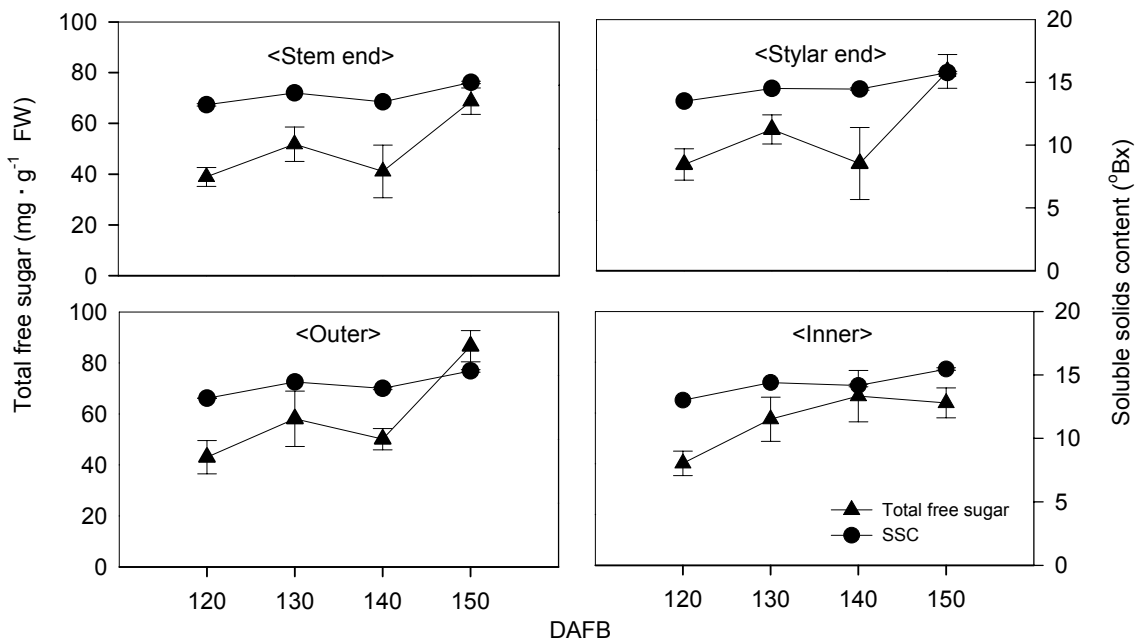


Fig. 2. Seasonal changes of soluble solids content and total free sugar contents in stem end (a), stylar end (b), outer (c), inner (d) parts of 'Changhowon Hwangdo' peach fruit during development. Vertical bars represent SE (n=3).

으로써 수확기 과실의 품질평가에 당도뿐 아니라 총 유리당 함량도 중요한 평가항목이 될 수 있음을 보였다. 그 외 멜론 과실의 당 특성 및 감미에 영향을 미치는 주요 형질의 경로 계수 분석에서도 당도와 총 유리당 함량은 $r=0.84$ 의 높은 상관을 보여(Lee와 Kim, 2003), 복숭아의 각 부위별 당도의 변화를 총 유리당 함량과 함께 살펴 부위별 조사에서도 동일한 경향을 나타내는지 알아보려고 하였다(Fig. 2).

시기별 당도의 변화를 살펴본 결과, 당도는 수확기에 가장 높게 나타났으며 이는 과실의 성장에 따른 과육내의 유리당의 축적에 의한 것으로 생각된다. 핵부위를 제외한 과정부, 과정부와 과피부에서 당도와 총 유리당 함량의 변화는 매우 유사했다. Kim과 Park(2007)의 연구에서 ‘장호원황도’의 당도는 총 유리당 함량과 $r=0.77$ 의 상관을 보인 것과 같이 본 연구에서도 당도와 총 유리당 함량의 변화가 매우 유사하게 나타났다.

같은 시기의 각 부위별 당도 차이를 보면 만개 140일 이후 과정부가 과정부 보다 당도가 높았다. 이러한 결과는 오렌지(Song, 1998) 과실에서 과정부보다는 과정부에서 총 유리당 함량 및 당 대사관련 효소(SS, SPS)의 활성이 높고, 두 부위의 이러한 차이는 수확기에 가까워질수록 더 크게 나타난다고 보고한 연구결과와 일치하였다. 그 외 복숭아 과실의 부위에 따라서 경도와 당도에 차이를 나타낸다는 보고(Horton, 1992)에서 볼 수 있듯이 각 부위마다 고유한 유리당 조성을 갖는다. 한편, 이런 당 조성의 차이는 당 대사 관련 효소 활성의 차이에 의하여 연유된 것으로 예상된다.

전분과 유리당 조성의 변화

과실 전분함량의 생육단계별 변화(Fig. 3)는 만개 후 120일에서 수확기까지 모든 부위에서 동일하게 감소하는 경향을 나타냈으며, Fig. 2에 나타난 총 유리당 함량의 변화와

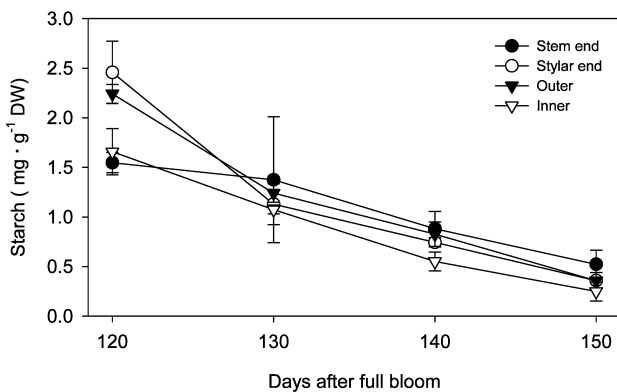


Fig. 3. Seasonal changes of starch content in stem end, stylar end, outer and inner parts of 'Changhowon Hwangdo' peach fruit during development. Vertical bars represent SE (n=3).

상반된 결과를 보였다. 이러한 이유는 앞에서 광합성에 의해 생성된 trios phosphate가 솔비톨의 형태로 과실내로 전류되어 과실의 생육초기에는 전분의 형태로 저장되지만 점차 과실이 성숙되면서 과실내의 에너지원 혹은 다른 단당류의 형태로 전환되기 때문이다(Yamaki, 1995).

조사시기에 따른 각 부위별 총 전분함량의 차이를 살펴보면, 전분함량의 가장 큰 감소는 과정부에서 이루어졌으며 과정부나 핵주위는 과정부와 비교하여 완만한 감소를 보였다. 조사초기(만개 후 120일) 과정부의 전분함량을 100으로 보았을 때 과피부(91.2%) 핵주위(67.4%), 과정부(59.3%)로 각 부위별로 큰 차이를 보였으나, 수확기(만개 후 150 일)에는 각 부위별 차이가 작았다. 사과(Ohmiya와 Kakiuchi, 1990)에서도 이러한 부위별 전분함량의 차이를 볼 수 있었으며 과피부에서 높은 전분함량을 보였다.

각 부위별 유리당 조성을 복숭아 과실 생육 단계별로 살펴 보았다(Fig. 4). 만개 후 120일과 만개 후 150일의 시기별 유리당 조성을 비교하면 만개 후 120일에는 자당 > 포도당 > 과당 > 솔비톨의 조성을 나타냈으나 만개 후 150일에는 자당 >> 과당 > 포도당 > 솔비톨의 조성을 나타냈다. 만개 후 150일의 자당은 유리당 조성의 60% 이상을 차지하여 수확기의 당도에 가장 큰 영향을 주는 유리당으로 생각되며, Kim과 Park(2007) 또한 수확기 복숭아 과실의 당도와 자당의 높은 상관관계를 보고한 바 있다. 부위별 유리당 조성의 변화를 살펴보면 자당의 경우 과정부와 과정부는 만개 후 140일까지 완만한 변화를 보였으나 140일에서 150일 사이 급격한 변화를 나타냈다. 그러나 과피부나 핵주위의 자당 조성은 130일부터 증가함을 보여 과정부나 과정부와 비교했을 때 자당의 당조성이 10일정도 빨리 증가하기 시작했다.

유리당과 당 대사 관련 효소활성의 변화

수확기 복숭아의 유리당 조성 중 가장 주요한 자당의 생성과 분해에 관련된 4가지 효소 변화를 생육 단계별로 살펴 보았으며 각 부위별로 비교하여 나타냈다(Fig. 5). 먼저 각 부위별 SS와 SPS 효소활성의 변화를 Fig. 4의 당조성과 함께 살펴보면, 복숭아 과실의 자당축적을 이루는 주요한 효소는 SS로 생각되며 모든 부위에서 활성이 증가하는 경향을 보였다. 반면, 과피부와 핵주위의 SPS는 자당의 축적과는 다르게 만개 후 150일에 감소하는 경향을 보임으로써 이 부위에서 자당 축적은 주로 SS에 의해서 이루어진다고 볼 수 있다. 한편, 각 부위별 효소활성의 절대치 비교에서 효소활성이 더 높게 나타난 부위에서 반드시 높은 유리당 함량을 보이지는 않았으나 효소활성과 자당 함량의 변화는 모든 부위에서 유사한 경향을 나타냈다. 오렌지의 당 함량과 SS활

성 및 당도를 살펴본 연구(Song과 Ko, 1997)에서도 총 유리당 함량과 당도는 정의 상관관계를 보임으로써 본 연구 결과와 일치함을 보였고, SS활성과 자당 함량 변화가 상관관계를 보이지 않음으로 효소활성의 변화가 반드시 당 함량의 변화를 가져오는 것이 아님을 시사했다.

자당의 분해에 관여하는 AI는 모든 부위에서 자당축적과 부의 상관관계를 나타냈으며, 만개 후 150일의 AI활성이 핵주위 0.031, 과경부 0.029, 과정부 0.021로 이와 비교하여 상대적으로 약간 낮은 0.015의 활성을 나타낸 과피부에서 자당의 함량이 높았다. 핵주위는 다른 부위와 비교하여 비교적 높은 AI활성과 함께 낮은 자당 함량을 나타냄으로써 복숭아

자당의 함량은 SS와 함께 AI의 활성도 높은 상관관계를 가지는 것으로 생각된다. 그러나 과실 부위 및 생육기별 비교에서 과실 내에 축적되는 유리당 함량이 관련 효소활성에 따라서 비례적으로 나타나는 것은 아니어서 유리당 함량과 효소활성의 차이를 이 두 가지만으로 설명할 수는 없었다. 이것은 품종 및 부위에 따라서 생성되는 효소는 같지만 각각 고유한 효소 특성을 갖기 때문이 아닐까 생각된다. Moriguchi 등(1992)은 두 개의 배 품종에 대한 유리당 관련 효소활성의 변화를 살펴본 연구에서, 유리당 함량과 관련한 효소활성이 각 품종별로 정비례하지 않음을 보고했으며, 이러한 예는 여러 연구(Lowell 등, 1989; Obidalla-Ali 등, 2004; Zhou와 Paull,

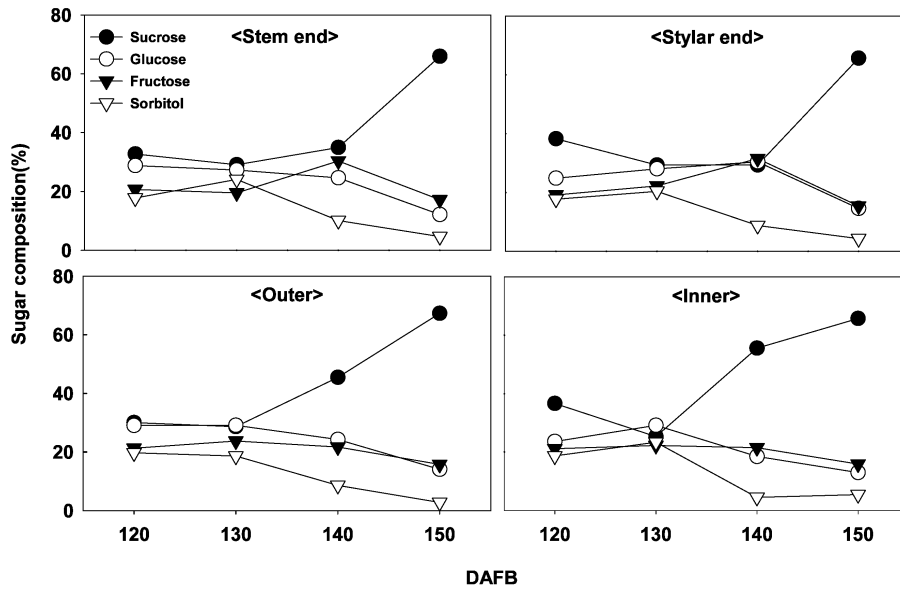


Fig. 4. Seasonal changes of free sugar composition in stem end, stylar end, outer and inner parts of 'Changhowon Hwangdo' peach fruit during development (n=3).

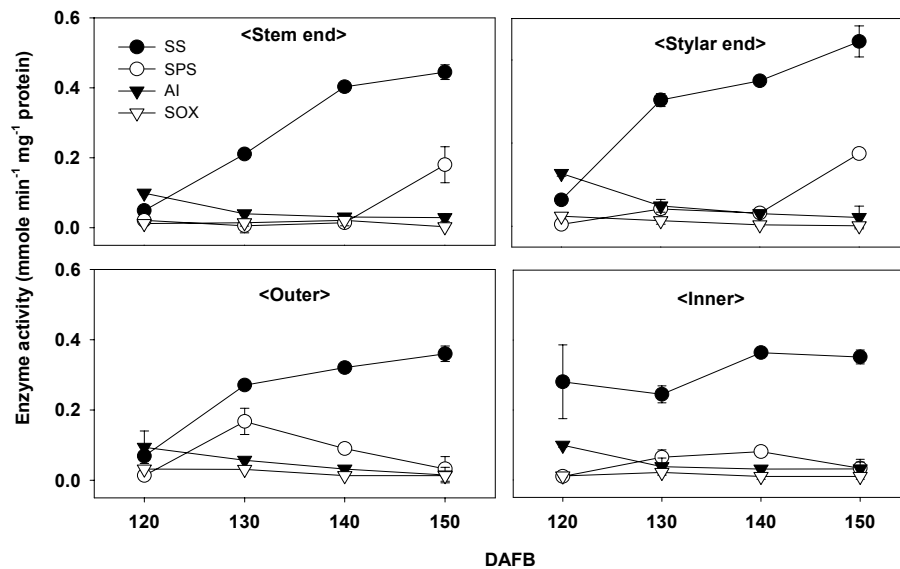


Fig. 5. Seasonal changes of activities of SS, SPS, AI and SOX on different parts of 'Changhowon Hwangdo' peach fruit during development. Vertical bars represent SE (n=3).

2001)에서 살펴볼 수 있었다. 이것은 품종에 따른 고유한 당 대사체계의 차이 때문인 것으로 생각된다.

AI활성이 높았던 시기와 부위에 따라서 높은 포도당과 과당 함량을 나타낸 경향을 볼 수 있었으나(Fig. 4) 활성의 크기에 따라서 비례적으로 변화하지는 않았다. 이것은 AI에 의하여 자당으로부터 포도당과 과당이 생성되지만 생성된 포도당과 과당이 SS에 의해 다시 자당으로 전환되는 끊임없는 당 대사의 순환 속에서 특정시기에 어떤 한가지 효소와 생성물로만 설명하기는 어려울 것으로 생각된다. 그 외에 복숭아에 함유된 주요 당 알코올인 솔비톨을 포도당으로 전환시키는 SOX의 활성과 이 효소의 생성물인 포도당 조성과 함께 살펴보았다(Figs. 4, 5). 각 부위별 SOX활성이 매우 높게 나타났던 시기와 포도당 함량이 매우 높게 나타난 시기가 정확하게 일치하지 않았으나 수확기에 가까워지면서 SOX의 활성감소와 포도당 함량의 감소가 함께 나타났고 각 부위별로 유사한 경향을 보였다.

본 연구에서는 생육단계와 부위별 변화를 통하여 복숭아의 당도, 유리당 함량 및 관련 효소활성의 관계를 살펴보고자 하였다. 모든 당 대사관련 효소나 유리당 함량의 변화양식은 부위별로 유사하게 나타났다. 만개 후 150일의 총 유리당 함량은 과실 부위별로 차이를 나타냈으나 유리당 조성의 차이는 거의 없었고, 각 유리당 함량과 효소활성의 상관관계는 Kim과 Park(2007)의 연구에서와는 다른 결과를 보였다. 그 외 궤의 부위별 당 관련 효소와 당 함량을 시기별로 살펴본 Lowell 등(1989)의 연구에서 수확기 자당 축적이 급격하게 증가한 반면 SS활성은 전반적으로 낮은 수준을 보여 당 축적을 관련 효소만으로 설명하기 어려웠으며, Yelle 등(1988)의 연구에서도 토마토 *L. chmielewskii*의 수확기에 발생한 급격한 자당 축적을 설명하기 힘들었다. 따라서 품종이나 과실 부위에 따라 당 대사에도 차이를 보이는 것으로 생각된다. 다만, 과실 각 부위별 효소활성이나 유리당 함량의 시기에 따른 변화는 모든 부위에서 비슷하게 나타났으며 부위별로 축적되는 유리당 함량의 차이를 설명하기 위해서는 좀 더 많은 당 대사 관련 인자들에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

초 록

복숭아 과실 부위별 유리당 축적과 효소와의 관계를 살펴보고자 2006년 8월에서 9월까지 '장호원황도' 복숭아의 과정부, 과정부, 과피부, 핵주위의 유리당 함량과 당 관련 효소활성 변화를 살펴보았다. 당도는 만개 후 150일까지 증가하는 경향을 나타냈고 과정부에서 가장 높은 당도를 보였으며, 모

든 부위에서 총 유리당 함량은 당도 변화와 매우 유사하게 나타났다. 비교적 전분의 함량이 높았던 만개 후 120일에 과정부에서 높은 전분 함량을 보였으나 만개 후 150일에는 부위별로 함량 차이가 작게 나타났다. 부위별 유리당 조성의 변화는 시기에 따라서 차이를 보였으며 자당 함량은 만개 후 150일까지 점차 증가하였으나 솔비톨은 만개 후 130일 이후에 점차 감소하였다. 만개 후 150일까지 모든 부위에서 자당은 증가하고 반대로 포도당, 과당, 솔비톨은 감소하는 경향을 보였다. 또한, 과실 발육 동안 자당 함량의 증가는 sucrose phosphate synthase(PS) 활성보다는 sucrose synthase(SS)활성에 의하여 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. SS효소활성은 만개 후 120일에는 낮게 나타났으나 acid invertase(AI) 활성은 높았으며, 만개 후 150일에는 반대의 경향을 나타냈다. 따라서 유리당을 합성하거나 분해하는 효소의 활성에 따라서 복숭아 과실 생육시기별 축적되는 유리당 함량이 영향을 받았으나, 과실의 각 부위에 따라서 모든 유리당 함량을 관련 효소활성으로만 설명하기는 어려웠다.

추가 주요어 : 자당 분해효소, 당도, 자당 생성효소, 당조성

인용문헌

- Barry, G.H., W.S. Castle, and F.S. Davies. 2004. Rootstocks and plant water relations affect sugar accumulation of citrus fruit via osmotic adjustment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129:881-889.
- Bianco, R. L. and M. Rieger. 2002. Partitioning of sorbitol and sucrose catabolism within peach fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:115-121.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254.
- Brandon, R.H. and E. Etxeberria. 2001. Metabolic contributors drought-enhanced accumulation of sugars and acids in oranges. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:599-605.
- Chen, J., Z. Wang, J. Wu, Q. Wang, and X. Hu. 2007. Chemical compositional characterization of eight pear cultivars grown in China. *Food Chemistry* 104:268-275.
- Cho, M.D. 2000. Characteristics of fruit tissue development and flesh pithiness symptoms in 'Yumyeong' peach. Ph.D. Thesis. Kyung Hee Univ., Suwon, Korea.
- Genard, M. and M. Souty. 1996. Modeling the peach sugar contents in relation to fruit growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:1122-1131.
- Horton, B.D. 1992. Ripening patterns within a peach as indicated by force and soluble solids concentration. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:784-787.
- Hubbard, N.L., D.M. Pharr, and S.C. Huber. 1991. Sucrose phosphate synthase and other sucrose metabolizing enzymes in fruits of various species. *Physiol. Plant.* 82:191-196.
- Itai, A. and T. Tanahashi. 2008. Inhibition of sucrose loss during

- cold storage in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) by 1-MCP. *Postharvest Biol. Technol.* 48:355-363.
- Kim, S.J. and H.Y. Park. 2007. Changes in sugar composition and related enzyme activities during fruit development in peach cultivars. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:204-211.
- Kweon, H.J., W.J. Yoo, M.J. Kim, B.Y. Baek, and J.C. Nam. 2005. Distribution of soluble solids content in the parts of the apple. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23 (Suppl. I):91. (Abstr.)
- Kwon, J.H., H.Y. Park, J.H. Jun, and H.J. Lee. 2008. Changes of sugar composition and related enzyme activities of 'Kansuke Hakuto' and 'Kurakatawase' peach fruit after rainfall. *Hort. Environ. Biotechnol.* 49:85-89.
- Lee, S.W. and Z.H. Kim. 2003. Path-coefficient analysis of some characters affecting fruit sweetness in melon (*Cucumis melo* ssp.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:661-665.
- Lowell, C.A., P.T. Tomlinson, and K.E. Koch. 1989. Sucrose-metabolizing enzymes in transport tissues and adjacent sink structures in developing citrus fruit. *Plant Physiol.* 90:1394-1402.
- Moing, A., C. Renaud, M. Gaudillere, P. Raymond, P. Roudeillac, and B. Denoyes-Rothan. 2001. Biochemical changes during fruit development of four strawberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:394-403.
- Moriguchi, T., T. Sanada, and S. Yamaki. 1990. Seasonal fluctuations of some enzymes relating sucrose and sorbitol metabolism in peach fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:278-281.
- Moriguchi, T., T. Sanada, and S. Yamaki. 1991. Properties of acid invertase purified from peach fruit. *Phytochemistry* 30:95-97.
- Moriguchi, T., K. Abe, T. Sanada, and S. Yamaki. 1992. Levels and role of sucrose synthase, sucrose-phosphate synthase, and acid invertase in sucrose accumulation in fruit of Asian pear. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:274-278.
- Obiadalla-Ali, H. A.R. Fernie, J. Kossmann, and J. R. Lloyd. 2004. Developmental analysis of carbohydrate metabolism in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Micro-Tom) fruits. *Physiol. Plant.* 120:196-204.
- Ohmiya, A. and N. Kakiuchi. 1990. Quantitative and morphological studies on starch of apple fruit during development. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 59:417-423.
- Song, K.J. 1999. Changes of sugar composition and the activities of related enzyme in apple fruits. PhD. Thesis, Seoul Nat'l. Univ., Seoul, Korea.
- Song, K.J., J.H. Hwang, and H.K. Yun. 2003. Changes of soluble sugar and starch concentrations in fruits of apple cultivars differing in maturity. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:207-210.
- Song, K.J. and K.C. Ko. 1997. Relationship between sugar content and sucrose synthase activity in orange fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:242-245.
- Song, K.J., E. Echeverria, and H.S. Lee. 1998. Distribution of sugars and related enzymes in the stem and blossom halves of 'Valencia' oranges. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:416-420.
- Vizzotto, G., R. Pinton, Z. Varanini, and G. Costa. 1996. Sucrose accumulation in developing peach fruit. *Physiol. Plant.* 96: 225-230.
- Yamaguchi, H., Y. Kanayama, J. Soejima, and S. Yamaki. 1996. Changes in the amounts of the NAD-dependent sorbitol dehydrogenase and its involvement in the development of apple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:845-852.
- Yamaki, S. and K. Ishikawa. 1986. Roles of four sorbitol related enzymes and invertase in the seasonal alteration of sugar metabolism in apple tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 134-137.
- Yamaki, S. and T. Moriguchi. 1989. Seasonal fluctuation of sorbitol-related enzymes and invertase activities accompanying maturation of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder) fruit. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 57:602-607.
- Yamaki, S. 1995. Physiology and metabolism of fruit development: Biochemistry of sugar metabolism and compartmentation in fruits. *Acta Hort.* 398:109-120.
- Yelle, S., J.D. Hewitt, N.L. Robinson, S. Damon, and A. B. Bennett. 1988. Sink metabolism in tomato fruit. *Plant Physiol.* III. Analysis of carbohydrate assimilation in a wild species. 87:737-740.
- Yoon, I.K., J.K. Kim, and H.C. Lee. 2002. Study on the change of quality in peach fruit. *Ann. Rep. Nat. Hort. Re. Ins.* 163-172.
- Zhou, L., and R.E. Paull. 2001. Sucrose metabolism during papaya (*Carica papaya*) fruit growth and ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:351-357.