نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۹-۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 28, No. 1, Spring 2014, P. 1-9
ISSN: 2008 - 4730

تغییرات کربوهیدرات برگ و میوه شلیل رقم رد گلد در طول فصل رشد در شرایط آب و هوایی گرگان

کامبیز مشایخی[۱]- حسین صادقی[۲]- وحید اکبرپور[۳*]- صادق آتشی[۴]- یوسف قاسمی[۵]- سیدجواد موسوی‌زاده[۶]

تاریخ دریافت:۱۳۸۸/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۷/۱۳

چکیده

چرخش کربوهیدرات بین بخش‌های رویشی و زایشی درختان میوه از عوامل تعیین کننده عملکرد و کیفیت میوه می‌باشد. به طوری که در زمان‌های مختلف فصل رشد دچار تغییرات می‌شود. ازاین‌رو هدف از تحقیق حاضر نیز بررسی نحوه تغییر کربوهیدرات در طول یک فصل رشد بین برگ و میوه شلیل است. بدین منظور ابتدا ۸ درخت شلیل رقم رد گولد بصورت تصادفی در باغ انتخاب گردید و پس از اتیکت گذاری، دو درخت دو به دو با هم ترکیب گردید تا نمونه‌برداری جهت انجام آزمایش‌ها با چهار تکرار انجام شود. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که بیشترین وزن تر و خشک برگ به ترتیب با ۹/۳ و ۳/۳ گرم در آخرین مرحله برداشت حاصل گردید. نسبت وزن تر به خشک برگ روند نزولی را طی می‌کند که می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که میزان بیوماس برگ در مراحل ابتدایی برداشت کم بوده و به تدریج افزایش می‌یابد. میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل ab در آخرین مرحله برداشت در حداکثر مقدار خود قرار داشت. میزان قند کل برگ در مرحله دوم و سوم برداشت روندی صعودی داشت و در مرحله پایانی مجدداً روند نزولی را نشان داد. مقدار کلروفیل میوه نیز همگام با بلوغ و رسیدن میوه کاهش یافته است و آنتوسیانین میوه نیز روند صعودی را نشان داد. قند کل میوه در مرحله سوم یا همان دو هفته بعد از سخت شدن هسته نسبت به مراحل قبل کاهش یافت اما مجددا در مرحله پایانی مقدار آن افزایش یافت. تغییرات میزان ساکارز نشان می‌دهد که در اوائل رشد میوه مقدار آن نسبت به مراحل بعدی بیشتر است و با نزدیک شدن به مراحل پایانی مقدار آن کاهش می‌یابد در حالی که میزان قند کل در مرحله چهارم نسبت به مرحله سوم برداشت افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: شلیل، کربوهیدرات، قند کل، کلروفیل، ساکاروز

مقدمه

برگها منبع اصلی تجمع و تثبیت دی اکسید کربن در گیاهان هستند سرعت فتوسنتز معمولاً در برگهای جوان پایین است و با افزایش سطح برگ افزایش می‌یابد (۲۴). در مراحل اولیه رشد برگ‌ها خودشان بعنوان یک مصرف کننده عمل می‌کنند و مقدار رشد آنها به ذخیره مواد وارد شده بستگی دارد و بعد از آن برگ‌ها به یک صادر کننده تبدیل می‌شوند. مصرف کنندگی برگ‌ها تا زمانی که به ۳۰ تا ۶۰ درصد اندازه نهایی برسند ادامه می‌یابد (۲۲). در مراحل اولیه رشد برگ‌ها میزان سنتز کلروفیل، پروتئین و ترکیبات ساختاری بالا بوده تا مقدار انرژی مورد نیاز برای فعالیت های متابولیکی بالا در اوائل فصل را تامین کند (۱۲). در اوائل فصل رشد قسمت‌های رویشی و زایشی گیاه تا تکامل سطح فتوسنتزی برگ‌ها با یکدیگر رقابت می‌کنند (۱۵). برگ‌های انتهایی با اندازه کامل کربوهیدراتها را به سمت جوان‌ترین برگ‌ها صادر می‌کنند وبرگ‌های پایین کربوهیدرات‌ها را به شاخه‌ها و ریشه‌ها می‌فرستند و برگهای میانی در هر دو جهت کربوهیدراتها را انتقال می‌دهند (۶). مقدار ساکارز در میوه هلو جوان کم است اما افزایش سریعی ۷۰ درصدی در مرحله بلوغ نسبت به قند محلول کل اتفاق می‌افتد (۱۶). از طرفی گزارش کردند که بیشترین تجمع ساکارز در طول مرحله بلوغ اتفاق می‌افتد در همه واریته‌ها در اوایل تا اواخر مرحله بلوغ و همچنین در بعضی واریته‌ها فروکتوز همراه با ساکارز تجمع می‌یابد (۱۷). در تحقیق حاضر به بررسی نحوه تغییر و چرخش

۱ و ۴- به ترتیب دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲ و ۳- به ترتیب استادیار و مربی گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: (Email: v_akbarpour@yahoo.com
۵- پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، ساری
۶- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

کربوهیدرات در طول یک فصل رشد بین اندامهای رویشی یا برگ و زایشی یا همان میوه گیاه پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و طول جغرافیایی ۵۳ درجه طی یکسال زراعی صورت گرفت. جهت انجام آزمایش ابتدا ۸ درخت شلیل رقم رد گولد بصورت تصادفی در باغ انتخاب گردید و اتیکت گذاری شد. سپس نمونه دو درخت دو به دو با هم ترکیب گردید تا مراحل آزمایشگاهی با چهار تکرار انجام شود. در هر مرحله از دو بخش میوه و برگ‌های قرار گرفته روی شاخه‌های یکساله نمونه گیری شد. جهت نمونه گیری میوه و برگ از چهار جهت گیاه و به طور تصادفی انجام شد.

زمان نمونه گیری از مرحله تشکیل میوه (fruit set) شروع شد و بطور کلی از برگ‌ها در ۵ زمان مختلف و میوه نیز در ۴ زمان به صورت زیر برداشت شدند:

زمان نمونه گیری از برگ: ۱- اولین مرحله شروع تشکیل میوه ۲- مرحله دوم ۲ هفته بعد از تشکیل میوه ۳- مرحله سوم ۵ هفته بعد از تشکیل میوه یا درزمان سخت‌شدن هسته.[1] ۴- مرحله چهارم نیز ۳ هفته بعد از مرحله سخت شدن هسته. ۵- و در نهایت مرحله پایانی نیز ۶ هفته بعد از سخت شدن هسته میوه و زمانی که میوه به مرحله رسیدگی کامل رسید، انجام گردید.

زمان نمونه گیری از میوه: از آنجا که میوه در مرحله تشکیل میوه کوچک بوده و اندازه‌گیری صفات در این مرحله مقدور نبود بنابراین اولین مرحله برداشت میوه همزمان با مرحله دوم برگ آغاز شد و مراحل بعدی نیز به ترتیب همزمان با نمونه گیری از برگ بود.

اندازه گیری صفات

جهت اندازه گیری وزن تر و خشک از ۱۵ عدد برگ میانی هر شاخه و از میوه نیز ۱۰ عدد انتخاب شده و در نهایت میانگین هر برگ بدست آمد.

اندازه گیری کلروفیل و کاروتنوئید: بعد از خرد کردن نمونه‌ها با آسیاب ۱ گرم نمونه تازه را وزن کرده و با ۲۰سی سی استن ۸۰ درصد درهاون چینی له کرده سپس در سانتریوفیوژ در دور۵۰۰۰ به‌مدت ۵ دقیقه قرار گرفت. در ادامه عصاره الکلی صاف شده و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (2800uv/vis) در طول موجهای۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵، نانومتر۶۶۳ قرائت شدند. استن ۸۰ درصد به عنوان نمونه شاهد استفاده گردید.

اندازه گیری آنتوسیانین: ۱ گرم نمونه میوه با ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی در هاون ساییده شده و بعد از اینکه بمدت ۲۴ ساعت در یخچال در تاریکی قرار گرفت در دستگاه سانتریوفیوژ مدل (2800uv/vis) در دور ۴۰۰۰ بمدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. سپس نمونه در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد.

استخراج قندهای محلول: استخراج قندهای محلول با استفاده از روش اوموکولی (۲۷) انجام شد. در این روش ۴۰ میلی‌گرم از بقایای بافتی در لوله‌های پلی اتیلنی با ۵ میلی لیتر اتانول ۸۰٪ مخلوط و به مدت ده دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۷۰ °C قرار گرفت. عصاره‌های الکلی به دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰۰×g سانتریفیوژ گردید و محلول شفاف به دست آمده حاوی قندهای محلول به یک بشر منتقل شد و عمل فوق چهار مرتبه دیگر نیز بر روی بقایای بافتی به جا مانده تکرار گردید. در نهایت عصاره الکلی با در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد تغلیظ شده و حجم آن به یک پنجم حجم اولیه رسید و از آن برای اندازه‌گیری انواع قندهای محلول استفاده شد.

اندازه گیری قند کل: برای اندازه‌گیری قند کل ۰/۲ میلی لیتر از عصاره تغلیظ شده با ۳ میلی لیتر معرف آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای۱۰۰ درجه سانتیگراد قرارگرفت. میزان جذب نور هر یک از نمونه‌ها پس از سرد شدن در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه گیری شد.منحنی استاندارد با استفاده از گلوکز درغلظت‌های مختلف ساخته می‌شود. نمونه فاقد گلوکز به عنوان شاهد در نظر گرفته می‌شود. در نهایت مقدار آن به صورت میکروگرم بیان بدست می‌آید (۲۸).

اندازه‌گیری ساکارز: بدین منظور مقدار ۰/۱ میلی لیتر از عصاره الکلی تغلیظ شده با ۰/۱ میلی لیتر محلول هیدروکسید پتاسیم ۳۰ درصد مخلوط شده و به مدت ۱۰دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ °C قرار داده شد. پس از سرد شدن لوله‌ها ۳ میلی لیتر معرف آنترون به آن افزوده و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۴۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت. سپس جذب نور هر یک از محلول‌ها در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده شد (۲۹). منحنی استاندارد نیز بااستفاده از ساکارز به دست آمده و از نمونه فاقد ساکارز به عنوان نمونه شاهد استفاده گردید.

محتوای تام فنلی (فنل کل): محتوای تام فنلی با استفاده از واکنش‌گر فولین- سیوکالتیو اندازه گیری شد (۵). ۰/۵ میلی لیتر از هرعصاره (۱۰ میلی‌گرم / میلی لیتر) با ۰/۵ میلی لیتر محلول واکنش‌گر فولین-سیوکالتیو و ۰/۰۵ میلی لیتر از محلول ۱۰ ٪ کربنات سدیم مخلوط شده و سپس جذب آن در ۷۶۰ نانومتر پس از همزدن به مدت ۱ ساعت در مقابل بلانک قرائت شد. اسیدگالیک بعنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شده و محتوای تام فنلی بر اساس اکی والان گالیک اسید در یک گرم عصاره خشک بیان گردید.

1 - Pit hardening

اندازه گیری محتوای فلاونوئید: تهیه عصاره خشک به‌روش قبلی است. ۰/۵ سی سی از عصاره متانولی+ ۱/۵ سی سی متانول+ ۰/۱ سی سی آلومنیوم کلرید۱۰٪ در اتانول (۱۰ گرم آلومنیوم کلرید در ۱۰۰ سی سی اتانول و آب مقطر)+ ۰/۱ سی سی استات پتاسیم یک مولار (۲/۴۱ گرم در ۱۰ سی سی آب مقطر)+ ۲/۸ سی سی آب مقطر. برای تهیه شاهد نیز به‌جای عصاره متانولی متانول خالص ریخته شد. سپس مخلوط در نیم ساعت تاریکی قرار گرفته و در طول موج ۴۱۵ نانو متر خوانده می شود (۲۶).

تجزیه و تحلیل آماری

نوع طرح بکار رفته در این تحقیق طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. همبستگی‌ها با استفاده از رویه corr و رگرسیون ساده خطی با استفاده از رویه Reg انجام شد. نمودارها در برنامه اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

زمان‌های برداشت بر تمامی صفات مورد بررسی برگ دارای اثر معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ بود (جدول ۱). بیشترین وزن تر و خشک برگ به ترتیب با ۹/۳ و ۳/۳ گرم در آخرین مرحله برداشت حاصل گردید (شکل ۱). بدیهی است همزمان با رشد گیاه در طول فصل رشد، برگ‌ها به عنوان یک منبع فتوسنتزی به عنوان تأمین کننده انرژی برای رشد بخش‌های رویشی گیاه و بخش‌های زایشی ضروری می‌باشند. نسبت وزن تر به خشک برگ روند نزولی را طی می‌کند که می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که میزان بیوماس برگ در مراحل ابتدایی برداشت کم بوده و به تدریج افزایش می‌یابد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده برگ شلیل

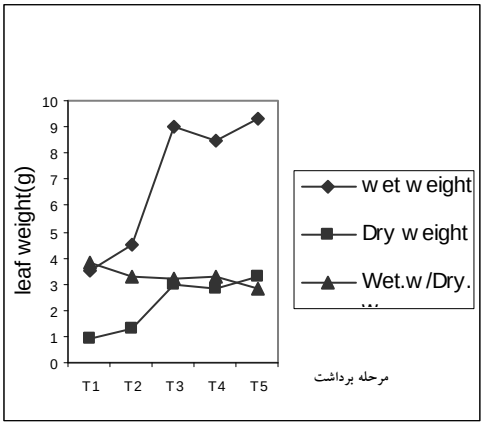
منبع تغییرات	df	وزن تر	وزن خشک	وزن تر/ خشک	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a.b	کاروتنوئید	قند کل	ساکارز	فنل	فلاونوئید
تیمار	۴	۳۰/۷**	۴/۳**	۰/۵۳**	۰/۱۷**	۰/۲۱**	۰/۸**	۰/۳۷**	۵۳۷۳**	۱۱۹۰**	۱۴۲/۱**	۱۳۱/۳**
خطا	۱۵	۰/۲۷	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۳۴	۲۳	۱۲/۶	۱۸/۶
cv		۷/۴	۱۴/۳	۶/۲	۱۷/۸	۱۲/۵	۹/۳	۳	۷/۷	۴/۳	۵/۶	۶

**- معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد.

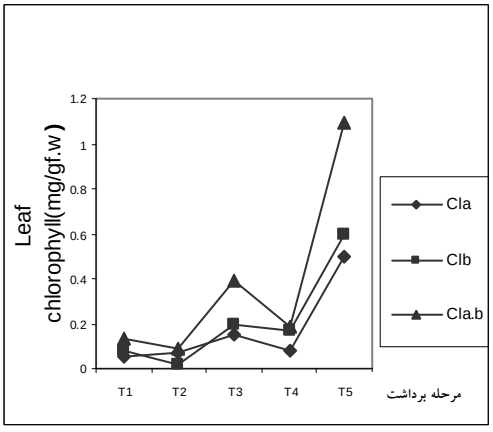
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده میوه شلیل

منبع تغییرات	df	وزن تر	وزن خشک	وزن تر/ خشک	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a.b	کاروتنوئید	آنتوسیانین	قند کل	ساکارز	فنل	فلاونئوید
تیمار	۳	۱۸/۱**	۳۸۴۴**	۱۵/۸**	۰/۰۱**	۰/۰۵**	۰/۱**	۰/۰۲**	۰/۳^{ns}	۱۴۶۴**	۱۷۴۷**	۲۶۴**	۱۲۲**
خطا	۱۲	۲۳۱۴	۳۳/۳	۱/۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۹	۱۷/۱	۱۱/۸	۲/۴	۲/۸
CV		۱۶/۹	۱۴	۱۲	۱۰	۶	۱۱	۸/۴	۲۴	۶	۷/۵	۶/۱	۱۶

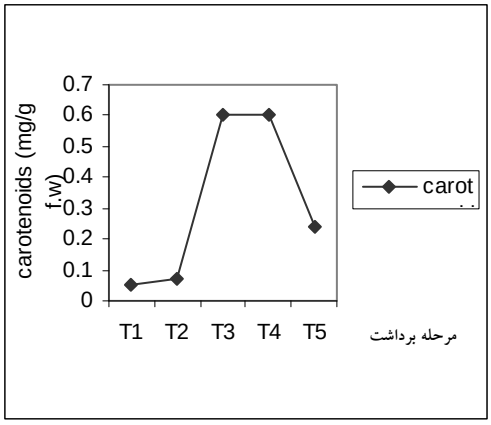
ns و **- به ترتیب بدون معنی داری و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد.



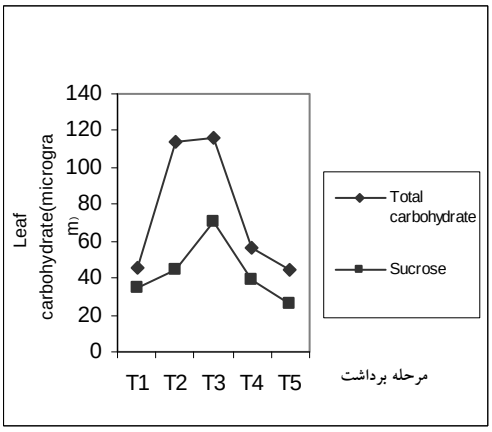
شکل۱- تغییرات وزن تر، خشک و نسبت وزن تر به خشک برگ



شکل۲- تغییرات کلروفیلa، کلروفیلb، کلروفیلa.b برگ



شکل۳- تغییرات کاروتنوئید برگ در طول فصل رشد



شکل٤- تغییرات قند کل و ساکارز برگ در طول فصل رشد

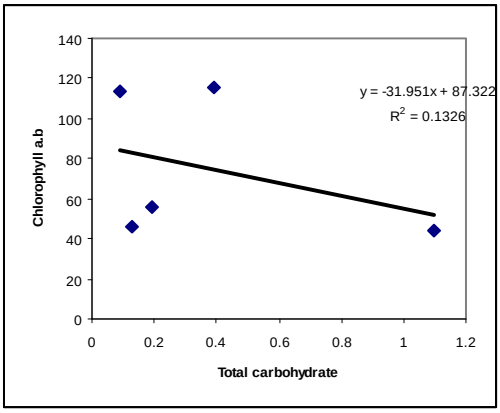
تروگن (۲۲) بیان کرد که در مراحل اولیه رشد، برگ‌ها بعنوان یک مصرف کننده عمل می‌کنند و مقدار رشد آنها به ذخیره مواد وارد شده بستگی دارد و بعد از آن برگ‌ها به یک صادر کننده کربوهیدرات تبدیل می شوند. و این حالت مصرف کنندگی آنها تا زمانی که برگها به ۳۰-۶۰ درصد اندازه نهایی برسند، ادامه دارد. به عبارت دیگر برگها با طی شدن فصل رشد علاوه بر تامین مواد و انرژی مورد نیاز خود با افزایش رشد میوه باید انرژی لازم برای میوه‌ها را نیز برطرف نمایند، به همین منظور نسبت وزن خشک برگها در اواخر فصل رشد افزایش می یابد. میزان کلروفیل a، b و کلروفیل ab در آخرین مرحله برداشت در حداکثر مقدار خود قرار داشت و با مراحل قبلی از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری بود (شکل ۲). برگ‌ها منبع اصلی تجمع و تثبیت دی اکسید کربن هستند و مقدار فعالیت آنها به نیاز گیاه بستگی دارد. از آنجایی که نیاز گیاه به دلیل افزایش بخش زایشی[1] افزایش یافته برگها نیز میزان کلروفیل بیشتری را جهت سنتز بیشتر کربوهیدرات تولید می کنند. سرعت فتوسنتز یا نرخ فتوسنتز[2] در برگ‌های جوان پایین بوده و با افزایش سطح برگ افزایش می یابد (۲۴). از آنجایی‌که با نزدیک شدن به مراحل پایانی برداشت وزن برگ افزایش می‌یابد، می‌تواند بیانگر افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل گردد. حسن و لیچ (۱۱) بیان کردند که وزن خشک و سطح برگ ارتباط مستقیمی با هم دارند. مقدار کاروتنوئید برگ در هر دو مرحله سوم و چهارم برداشت حداکثر (۰/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود و در آخرین مرحله برداشت مجدداً میزان آن کاهش یافت (شکل۳).

ممکن است تبدیل کاروتنوئید به سایر رنگ‌دانه‌ها در مراحل پایانی اتفاق بیافتد. میزان قند کل برگ در مرحله دوم و سوم برداشت روندی صعودی داشت و در مرحله پایانی مجدداً روند نزولی را نشان داد (شکل ۴). علت وقوع این روند می‌تواند به دلیل افزایش رشد میوه و یا به عبارتی افزایش محل مصرف یا قدرت سینک نسبت به محل تولید[3] باشد. از آنجا که در اوایل فصل رشد به دلیل بیشتر بودن نسبت بخش رویشی گیاه به میوه کلیه مواد سنتز شده توسط برگ در اختیار خود برگ‌ها و اندام‌های رویشی قرار می‌گیرند. ولی در ادامه با افزایش مقدار میوه و یا به عبارتی بخش زایشی گیاه این مواد ساخته شده به سمت میوه‌ها حرکت می‌کنند.

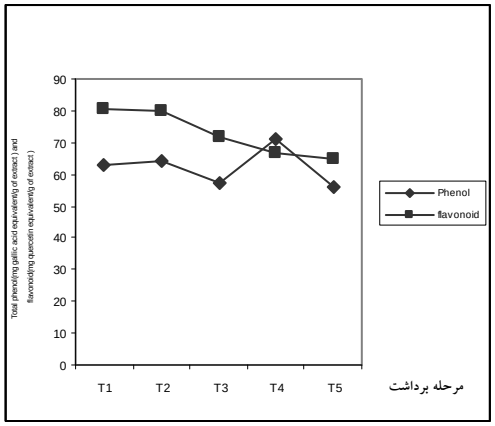
همبستگی گرفته شده بین میزان قند کل و میزان کلروفیل a.b نشان می دهد که بین آنها رابطه یا همبستگی معکوس وجود دارد (شکل ۵). یعنی با وجود افزایش کلروفیل و تاثیر مستقیم آن بر میزان کربوهیدرات مقدار قند کل برگ کاهش یافته است. این کاهش در میزان کربوهیدرات برگ به علت کاهش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی برگ نیست زیرا همان طور که بیان شد مقدار کلروفیل نیز در مرحله پایانی برداشت در بیشترین مقدار خود بود. بنابراین در اثر افزایش قدرت جذب میوه، محصولات فتوسنتزی و یا کربوهیدرات با شدت بیشتری از برگ تخلیه می‌گردند و مقدار آنها در برگ کاهش یافته است و نه بدلیل کاهش میزان فتوسنتز برگ. در واقع میزان کربوهیدرات گیاه تحت تاثیر سیستم منبع و مقصد گیاه قرار می‌گیرد (۲۵).

میزان ساکاروز نیز در مراحل ابتدایی برداشت نسبت به مرحله دوم و سوم در سطح پایین‌تری (۳۵ میکروگرم) قرار داشت در حالی‌که در مرحله سوم (۷۲ میکروگرم) به حداکثر میزان خود رسیده و در مرحله پایانی مجدداً کاهش یافته است. می‌توان چنین استنباط نمود که میزان ساکاروز حاصل از فتوسنتز در مرحله سوم که همان مرحله سفت شدن هسته است در برگ تجمع یافته و یا به عبارت دیگر به دلیل عدم نیاز میوه به ترکیبات قندی در این مرحله، کربوهیدرات با سرعت کمتری به سمت میوه انتقال می‌یابد.

1 - Sink
2 - Photosynthesis rate
3- Sink to source



شکل۵- همبستگی بین میزان کلروفیلa.b و قند کل برگ



شکل٦- تغییرات میزان فنل و فلاونوئید برگ در طول فصل رشد

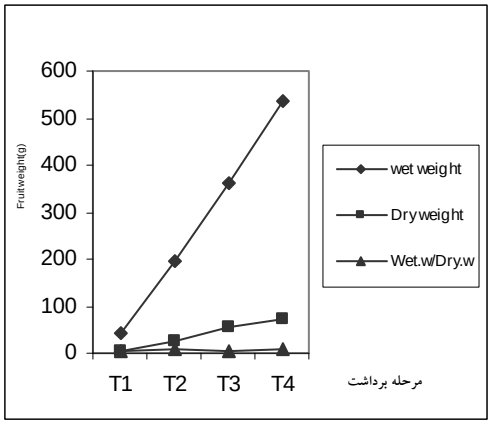
به دلیل وجود منحنی رشد سیگموئید مضاعف[1] میوه شلیل در این مرحله ترکیباتی نظیر پکتین، کلسیم، ترکیبات سلولوزی و لیگنینی که بیشتر در ساختار هسته به کار می‌روند از برگ‌ها به سمت میوه انتقال می‌یابند و سبب می‌شود که ترکیبات قندی در برگ تجمع یابند. مقدار ترکیبات تام فنلی نیز در مرحله چهارم برداشت با ۷۱/۱ اکی‌والان گالیک اسید بر گرم ماده خشک در برگ بیشتر از سایر زمان‌ها بود و در مرحله نهایی برداشت نیز در کمترین مقدار خود قرار داشت. همچنین مقدار فلاونوئید نیز با رسیدن به مراحل پایانی برداشت روند کاهشی رانشان می‌دهد و در اولین مرحله در بالاترین مقدار خود قرار دارد (شکل ۶).

زمان‌های برداشت در مورد تمامی صفات مورد بررسی در میوه دارای اثر معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ بود (جدول ۲). همان‌گونه که در (شکل ۷) نشان داده شده وزن تر و خشک میوه نیز به مرور زمان افزایش یافته و در مرحله برداشت نهایی، میوه‌ها به ترتیب با وزن ۵۳۶ گرم و ۷۴ گرم حداکثر وزن را به خود اختصاص دادند. نسبت وزن تر به خشک میوه در اولین مرحله برداشت (۲ هفته بعد از میوه بستن[2]) کمتر از سه مرحله دیگر بود که نشان می‌دهد میوه در اوایل فصل برخلاف برگ میزان مواد جامد محلول بیشتری داشته و مقدار آب میوه کم است. مقدار کلروفیل میوه نیز همگام با بلوغ و رسیدن میوه کاهش یافته است و آنتوسیانین میوه نیز روند صعودی را نشان داد. معمولا در مراحل انتهایی آنزیم‌های تجزیه کننده کلروفیل فعال شده و برای افزایش کیفیت میوه مقدار کلروفیل را کاهش می دهند (شکل ۸). بیشترین میزان کاروتنوئید (۰/۱۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و آنتوسیانین (۰/۳۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) در مرحله آخر برداشت میوه مشاهده گردید. با توجه به روند تغییرات میزان آنتوسیانین میوه، نشان می‌دهد که مقدار این رنگیزه ابتدا با ۰/۲۷ میکرومول بالا بوده و در مرحله دوم و سوم روندی نزولی را طی می‌کند و در نهایت با ۰/۳۷ میکرومول افزایش می‌یابد (شکل ۹).

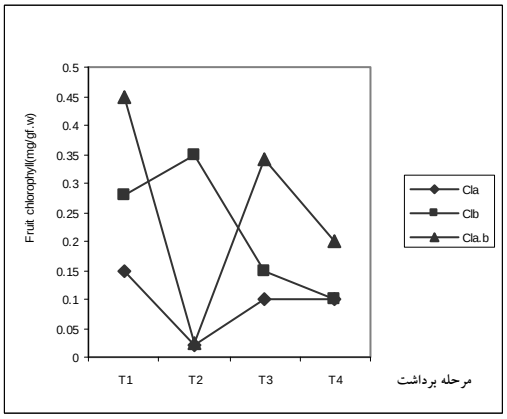
بالا بودن مقدار آنتوسیانین در مرحله اول ممکن است به دلیل اندازه کوچک میوه و گسیل کربوهیدرات‌ها به سمت میوه باشد و وجود این مازاد کربوهیدرات برای میوه سبب شده که ترکیبات قندی در مسیر سنتز رنگیزه آنتوسیانین مورد استفاده قرار گیرند.

قند کل میوه در مرحله سوم یا دو هفته بعد از سخت شدن هسته نسبت به مراحل قبل کاهش یافت اما مجددا در مرحله پایانی مقدار آن افزایش یافت (شکل ۱۰). از طرفی کاهش میزان قند میوه با نزدیک شدن به مراحل پایانی رسیدگی می‌تواند مربوط به افزایش حجم میوه و وقوع پدیده رقت[3] بوده و از طرف دیگر ممکن است همان‌گونه که بیان شد مربوط به تبدیل آن به رنگیزه آنتوسیانین باشد. زیرا آنتوسیانین‌ها از یک بخش قندی و یک ترکیب حلقوی که آنتوسیانیدین است تشکیل شده است و وجود قند بعنوان یک پیش ماده جهت سنتز آنها ضروری است. عواملی که سبب افزایش محتویات قند در یک بافت گیاهی می‌شوند اغلب ساخته شدن آنتوسیانین‌ها در آن بافت را افزایش می‌دهند (۱۰). سولفنالی و همکاران (۲۰) بیان کردند که کربوهیدرات تاثیر بسزایی در بیوسنتز آنتوسیانین از طریق فعال کردن ژن‌های تولیدکننده آنتوسیانی (PAP1) در گیاه آرابیدوپسیس گردید. تغییرات میزان ساکارز نشان می‌دهد که در اوائل رشد میوه مقدار آن نسبت به مراحل بعدی بیشتر است و با نزدیک شدن به مراحل پایانی مقدار آن کاهش می‌یابد در حالی که میزان قند کل در مرحله چهارم نسبت به مرحله سوم برداشت افزایش یافته است.

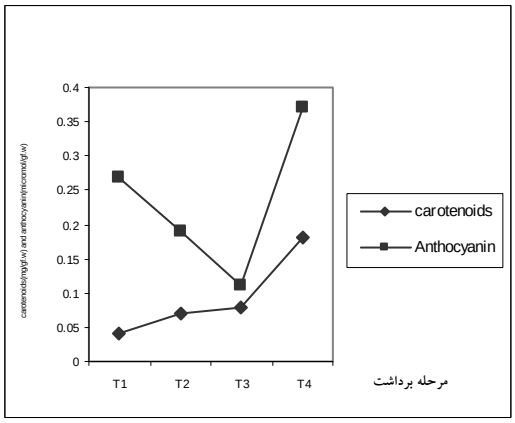
1 -Double sigmoid
2- Fruit set
3- Dillution



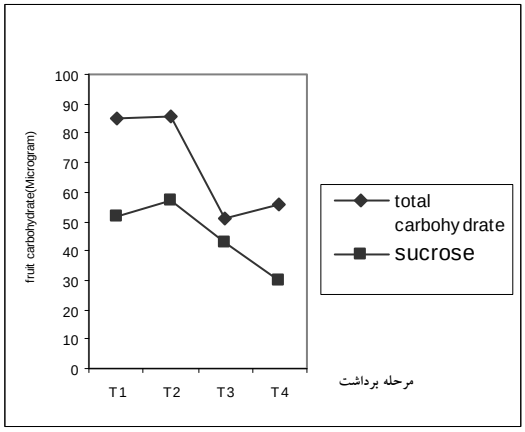
شکل ۷- تغییرات وزن تر، خشک و نسبت وزن تر به خشک میوه



شکل۸- تغییرات کلروفیلa، کلروفیلb، کلروفیلa.b میوه



شکل-۹ تغییرات کاروتنوئید و آنتوسیانین میوه در طول فصل رشد

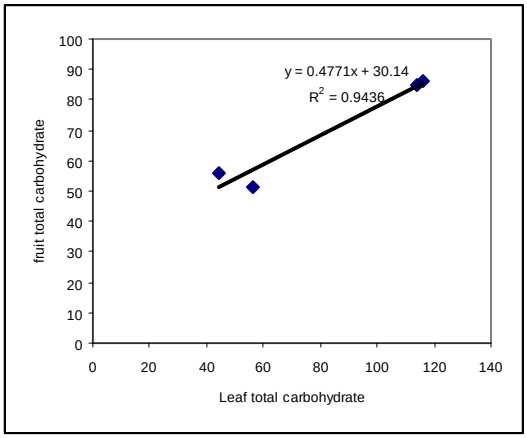


شکل ۱۰- تغییرات قند کل و ساکارز میوه در طول فصل رشد

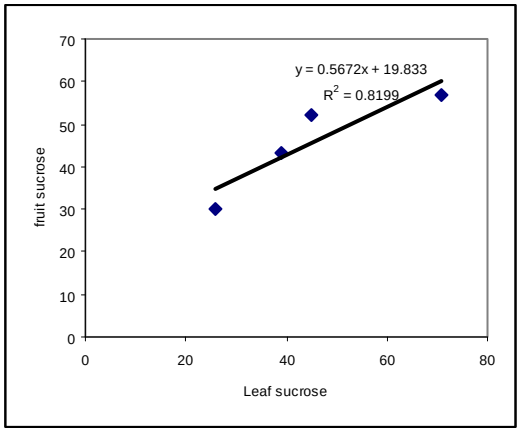
بنابراین می‌توان چنین بیان داشت که در این مرحله قندهای دیگری مانند گلوکز فروکتوز وغیره به غیر از ساکارز افزایش یافته‌اند. از طرفی رابطه مستقیمی بین مقدار قند کل برگ و میوه و همچنین ساکارز برگ و میوه وجود دارد (شکل ۱۱ و۱۲). می توان چنین استنباط کرد که همگام با نیاز میوه، برگ‌ها در جهت رفع نیاز میوه به قند عمل کرده و فعالیت فتوسنتزی خود را افزایش می دهند. یعنی تا زمانی که درخواست کربوهیدرات وجود داشته باشد سنتز آن نیز در برگ ادامه خواهد یافت. به عبارتی فعالیت بخش منبع به میزان تقاضای مقصد بستگی دارد.

محتوای تام فنلی نیز در اولین مرحله برداشت میوه با ۳۷ اکی‌والان گالیک اسید بر گرم ماده خشک بیشتر ار سایر زمان‌های برداشت بود و با رسیدن میوه به مراحل نهایی برداشت یک روند نزولی را طی نمود (شکل ۱۳). نتایج این بخش از تحقیق با نتایج رومرینی و همکاران (۱۹) مطابقت دارد. آنها دریافتند که همزمان با نزدیک شدن به مراحل پایانی برداشت مقدار مواد تام فنلی در بخش گوشت میوه هلو کاهش یافت. آنها بیان کردند که علت این کاهش می‌تواند مربوط به یک سری از تغییرات شیمیایی و آنزیمی مانند تجزیه گلیکوزیدها بوسیله گلیکوزیدازها، اکسید شدن ترکیبات فنلی توسط فنل اکسیدازها و پلیمریزه شدن ترکیبات فنلی آزاد باشد. فلاونوئیدها که خود جزء مواد فنلی دسته‌بندی می‌شوند (۲). همانند مواد فنلی مقدار آنها در طول مرحله رسیدگی میوه کاهش می‌یابد. در مقاله منتشر نشده از محقق مشخص شد که مقدار مواد تام فنلی و فلاونوئید در پوست سبز گردو[1] با افزایش ارتفاع و کاهش میانگین دمای روزانه کاهش یافت. به عبارتی کاهش دما با افزایش این ترکیبات رابطه مستقیمی دارد. بنابراین شاید بتوان بیان داشت که در اوائل مرحله برداشت میوه (اوائل بهار) میانگین دمای روزانه پایین‌تر ویا هوای خنک‌تر، میزان این ترکیبات بیشتر بوده و با رسیدن میوه و افزایش دمای هوا مقدار این مواد کاهش یافته است. بخشی و همکاران (۱) بیان کردند که بیوسنتز فنل‌ها با زمینه ژنتیکی و محیطی تعیین می‌شود.

1 - Green husk

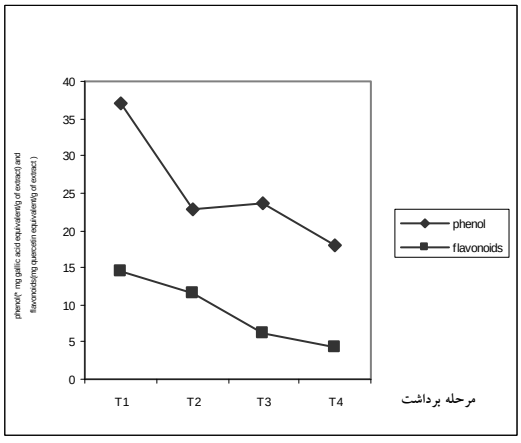


شکل۱۱- همبستگی بین میزان قند کل برگ و میوه

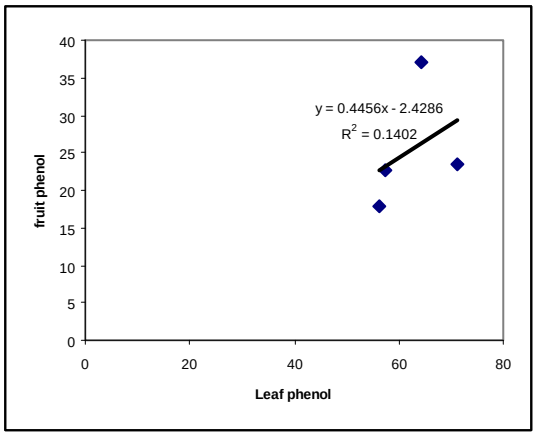


شکل ۱۲- همبستگی بین ساکارز برگ و میوه

از نظر محیطی تأثیر دما بر سنتز برخی از فلاونوئیدها غیرمستقیم است، زیرا سبب افزایش قطر میوه و درون بر میوه و کاهش فلاونوئیدها در اثر رقیق شدن محتویات آن می‌شود (۴). بر این اساس در مناطق گرم و خشک رشد میوه از نظر وزن، حجم و محیط سریع تر انجام می‌گیرد در صورتی که از نظر ضخامت پوست و میزان نیتروژن متفاوت می‌باشد. همچنین میزان برخی فلاونوئیدها در تیرماه در مقایسه با درختان کشت شده در مناطق سردتر و مرطوب تر به عنوان مثال مناطق ساحلی پایین‌تر است (۲۱). در همین رابطه تحقیقات انجام شده روی برخی فلاونوئیدهای مرکبات نشان داد که تولید آن‌ها در مناطقی با آب و هوای خنک بیشتر از مناطق گرم می‌باشد زیرا طول دوره تقسیم سلولی بیشتر می‌شود و در این مرحله عوامل تولید برخی فلاونوئیدها بیشتر می‌شود (۴). همچنین همبستگی گرفته شده بین میزان مواد تام فنلی بین برگ و میوه نشان داد که همبستگی مستقیمی بین آنها وجود دارد (شکل ۱۴). یعنی با کاهش مواد فنلی برگ مواد تام فنلی میوه نیز کاهش می‌یابد. احتمالا مواد فنلی تمایل به تجمع در بافت‌های اپیدرمی گیاه دارند زیرا که وظایف اصلی این ترکیبات حفاظت از گیاه در برابر اشعه ماورا بنفش، حشرات و بیماری‌ها می‌باشد وهمین می‌تواند عاملی برای بیشتر بودن مقدار این ترکیبات در بخش پوست میوه باشد (۶). گزارش شده است که میزان فلاونوئید در پوست، غنی تر از عصاره میوه پرتقال و نارنگی است. از آنجائیکه نور در بیوسنتز ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی تأثیر دارد و در واقع این مواد نقش محافظتی در برابر نور به ویژه طول موج کوتاه دارند، این ترکیبات در قسمت پوست بیشتر هستند (۱۸).



شکل۱۳ - تغییرات میزان فنل وفلاونوئید میوه در طول فصل رشد



شکل۱٤- همبستگی بین میزان مواد فنلی برگ و میوه

نتیجه گیری

در طول روند رسیدگی میوه و رشد رویشی درخت تغییرات محسوسی در وزن آنها و همچنین میزان مواد قندی مشاهده می‌شود. همچنین ارتباط مستقیمی بین تغییرات صورت گرفته در برگ و میوه شلیل دیده می‌شود. زیرا همان طور که گفته شد تغییرات صورت گرفته در برگ برای مثال میزان کلروفیل و به دنبال آن میزان تولید قند به مقدار مورد نیاز بخش زایشی و یا میوه بستگی دارد. همان طور که مشاهده شد مقدار قند کل در دو هفته بعد از مرحله سخت شدن هسته کاهش چشمگیری داشت ولی مجددا افزایش پیدا کرد. این در حالی است که مقدار ساکارز میوه همچنان تا مرحله پایانی کاهش می‌یابد. این نتیجه دال بر افزایش انواع دیگری از قند به غیر از ساکارز در این مرحله می‌باشد. ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی میوه نیز در مراحل اولیه رشد آن بالا بوده و با رسیدن میوه کاهش می‌یابد. شاید بتوان چنین بیان کرد که یکی از عوامل حساسیت میوه به عوامل بیماری‌زا و یا تنش‌ها در میوه‌های کاملا رسیده کاهش مقدار این این دو ترکیب باشد.

منابع

۱- بخشی د.، فتح اللهی س. و آراکاوا ا. ۱۳۸۹. بررسی ارتباط بین ترکیبات فنلی و رنگ پوست در ۳ رقم سیب قرمز در ژاپن. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴. ۲: ۲۵۸-۲۵۱.

2- Calabro M.L., Galtieri V., Cutroneo P., Tommasini S., Ficarra P., and Ficarra R. 2004. Study of the extraction procedure by experimental design and validation of a LC method for determination of flavonoids in Citrus bergamia juice. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 35: 349-363.

3- Daie J. 1985. Carbohydrate partitioning and metabolism in corps. Hort. Review. 7: 69-108.

4- Davise F.S., and Albrigo L.G. 1994. Citrus . CAB international press, wallington , UK . P .9814 .

5- Dewanto V., Wu X., Adom K.K., and Liu R.H. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50 pp. 3010–3014

6- Dickson R.E. and Isebrand J.G. 1991. Leaves as regulators of stress responses, p. 3–34. In: H.A. Mooney, W.E. Winner, and E.J. Pell (eds.). Response of plants to multiple stresses. Academic Press, San Diego. complay lunhknow, pp.1-2, 6-15.

7- Dixon R.A., and Paiva N.I. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. Plant Cell. 7: 1085-1097.

8- Ericsson A. 1979. Effect of fertilization and irrigation on the seasonal change of carbohydrate reserves in different age-classes of needle on 20-year old Scot tree (*Pinus silvestris*). Journal of Plant Physiology. 45:270-280.

9- Gifford R.M., Evans L.T. 1981. Photosynthesis, Carbon partitioning, and yield. Annual Review of Plant Physiology. 32:485-509.

10- Hapkins W.G. 1999. Introductin to Plant Physiology. vol 1 and 2, John Wiley and Sons, New York.

11- Hassan F.U., and Leitch M.H. 2001. Dry matter accumulation in Lineseed (*Linum usitatissimum* L.). Journal of agronomy and crop science. 187. (2): 83-87.

12- Kozlowski T.T. 1992. Carbohydrate sources and sinks in woody plants. Journal of Botany Revue. 58:107–222.

13- Kramer P., and Kozlowski T. 1979. Physiology of Woody Plants.Academic Press Inc., New York, NY, USA. 811 pp.

14- Lloyd D.G. 1980. Sexual strategies in plants. An hypothesis of serial adjustment of maternal investment during one reproductive session. New Phytologist. 86: 69-79.

15- Marchi S., Sebastiani L., Gucci R., and Tognetti R. 2005. Changes in sink–source relationships during shoot development in olive. Journal of American Society of Horticultural Sciences. 130: 631–637.

16- Moriguchi T., Sanada T. and Yamaki S. 1990. Seasonal fluctuations of some enzymes relating to sucrose and sorbitol metabolism in peach fruit. Journal of American Society of Horticultural Sciences.115: 278-281.

17- Moriguchi T., Ishizawa Y. and Sanada T. 1990. Differences in sugar composition in prunus persica fruit and the classification by the principa component analysis. Journal of Japanese Society of Horticultural Sciences. 59: 307-312.

18- Oogheh W.C., Oogheh S.J., Detavernier C.M., and Huygebaert A. 1994. Characterization of Orange juice (*Citrus sinensis*) by flavanone glucoside. Journal of Agricultural Food Chemistry. 42: 2183-2190.

19- Remorini D., Tavarini S., Degl E., Loreti F., Massai R., Guidi L. 2008. Effect of root stock and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. Food chemistry. 110. 2: 361-367.

20- Solfenalli C., Poggi A., Loreti E., Alpi A., and Perata P. 2006. Sucrose specific induction of the anthocyanin biosynthesis pathway in Arabidopsis. Plant Physiology. 140: 637-646.

21- Srivastava A.W., and Shym S. 2002 Citrus: climate and soil. International book distributing

22- Turgeon R. 1989. The sink–source transition in leaves. Annual Rewiev. Journals of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 40:119–138.

23- Turgeon R. and Webb J.A. 1973. Leaf development and phloemtransport in *Cucurbita pepo*: Transition from

import to export. Planta.113: 179–191.
24- Turgeon R., and Webb J.A. 1975. Leaf development and phloem transport in *Cucurbita pepo*: Carbon economy. Planta 123: 53–62.
25- Wareing P.F., Patrick J. 1975. Source- sink relation and partition of assimilates in the plant. In Photosynthesis and productivity in different Environments, IBP 3. Ed.J.P Cooper. Cambridge University Press. Pp 481-499.
26- Chang C.C., Yang M.H., Wen H.M., and Chern J.C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis. 10: 178 – 82
27- Omokolo N.D., Tsala N.G., and Djocgoue P.F. 1996. Changes in carbohydrate, amino acid and phenol content in cocoa pods from three clones after infection with *Phythphthora megakarya* Bra. and Grif. Annals of Botany. 77:153 – 158.
28- Sadasivam S., and Manickam A. 1992. In: Biochemical Methods for Agricultural Sciences, Wiley Eastern Ltd., New Delhi, pp.184-185.
29- Somogyi M. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry. 194: 19-23.