مقایسه کمی و کیفی برخی آنتی اکسیدان های غیرآنزیمی در پنج رقم از مرکبات شمال کشور در تیمار دمای پایین

زینب مبرمی

یکی از اثرات بارز سرمازدگی و یخ زدگی در گیاهان تولید گونه های اکسیژن فعال (ROS) و ایجاد استرس اکسیداتیو است. پاسخ فیزیولوژیکی گیاه برای حفاظت از سلول ها و بافت های خود از آسیب اکسیداتیو، فعال شدن آنتی اکسیدان های آنزیمی و غیر آنزیمی مختلف است. از این رو تحمل سرمایی مرتبط با سیستم جمع آوری موثر ROS برای مقابله با استرس اکسیداتیو است. بافت های مختلف میوه مرکبات شامل فلاودو، آلبدو و گوشت پنج رقم برای مقدار آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی شامل بتا-کاروتن، فلاونوئید تام، فنول تام و همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (TAC) در تیمارهای دمایی کنترلی (15 ~)، 3، 0، 3- و 6- درجه سانتی گراد در دو مرحله قبل از رسیدگی و رسیدگی کامل مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار فنولیک ها و فلاونوئید تام در فلاودوی ارقام رسیده بیشتر از مقدار آن در ارقام نارس بود. در فلاودوی همه ارقام انتخاب شده مقدار ترکیبات فنولی و TAC بطور مشخصی بالاتر از گوشت و آلبدو بود و بیشترین مقدار آن در مرحله رسیدگی در تیمار صفر درجه سانتی گراد بود. میزان فنول تام فلاودوی ارقام والنسیا و لیمو ترش در مراحل قبل از رسیدگی و رسیدگی کامل، با کاهش دما از 3 تا 6- درجه سانتی گراد به طور معنی داری افزایش یافت. بالاترین مقدار فلاونوئید در همه تیمارها، در بخش فلاودوی انشو و آلبدوی لیمو ترش دیده شد. همچنین میزان فلاونوئید در بخش فلاودو و آلبدوی ارقام مختلف در مرحله رسیدگی کامل در تیمارهای دمایی 3- و 6- درجه سانتی گراد افزایش معنی داری داشت. بیشترین مقدار بتا-کاروتن نیز در بخش فلاودوی انشو و پایین ترین مقدار آن در هر سه بخش لیمو ترش دیده شد. همچنین در فلاودوی ارقام مختلف، میزان بتا-کاروتن در مرحله قبل از رسیدگی و رسیدگی کامل با اعمال تیمار سرمایی از 3 تا صفر درجه سانتی گراد روند افزایشی و سپس از صفر تا 6- درجه سانتی گراد روند کاهشی را نشان داد.

کلمات کلیدی: مرکبات، گونه های اکسیژن آزاد، سرمازدگی و یخ زدگی، بتا-کاروتن، فنول، فلاونوئید، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل.

1-1- تاریخچه مرکبات

منشا مرکبات به نظر بسیاری از پژوهشگران، جنوب شرقی آسیا و همچنین از جنوب هیمالیا تا اندونزی بوده است. در بین این مناطق وسیع، احتمالا شمال شرقی هند و نواحی شمال برمه موطن و مرکز اصلی مرکبات محسوب می شوند. یکی از انواع مرکبات بالنگ یا بادرنگ[1] می باشد که منشا آن از مناطق جنوبی چین تا هند بوده است. تایزوبر و تانکا[2] مطالعات وسیعی در گیاهشناسی مرکبات داشته در بیان و معرفی منشا مرکبات، خطی را به طور فرضی از جنوب شرقی آسیا به سمت شمال شرقی آسیا پیشنهاد نمود. وی پراکندگی مرکبات ترش و شیرین را روی این خط در جنوب دانسته که سپس به سایر نقاط دنیا پخش شده است. منشا نارنگی[3] در قسمت شمالی روی این خط فرضی و جنس پونسیروس[4] در 1/3 خطی که از جنوب مرکزی چین عبور می کند در امتداد خط غربی- شرقی گزارش شده است [162]. موطن لایم[5] از جزایر شرق هند بوده است [33]. منشا لیمو[6] به خوبی شناخته شده نیست. احتمالا لیمو گونه ای باشد که از تلاقی بالنگ و لایم حاصل شده است [13و19]. به نظر متخصصین گیاه شناسی مرکبات، بالنگ و لایم هر دو گونه از مرکبات اولیه هستند و لیموها هم از نظر زمان پیدایش به دو گونه قبلی نزدیک می باشد [13]. بذور مربوط به بالنگ و بادرنگ در حفاری های مربوط به جنوب بابل حکایت از قدمت 4000 سال قبل از میلاد آن در این مناطق دارد [63]. نارنج[7] از آسیای جنوب شرقی و احتمالا هند منشا گرفته و سپس به شمال آفریقا و اروپا انتقال یافته است [162]. پرتقال[8] از مناطق جنوبی چین منشا گرفته و سپس به اروپا رفته است. گروه پوملو[9] از جزایر هند و مالزی منشا گرفت و سپس در جزایر فی جی پخش شد. دورگهای پوملو یا شدک[10] در فلسطین حدود 900 سال بعد از میلاد شناخته شد و سپس به اروپا انتقال یافت. گریپ فروت[11] از یک جهش یا دورگ شدک در غرب هند حاصل شده است [4]. موطن نارنگی جنوب چین گزارش شده که سپس در مناطق شرقی هند گسترش یافت [33]. ورود مرکبات در ایران بجز گونه بالنگ، سابقه ای حدود 400 ساله دارد. به استناد مدارک تاریخی، ایران دروازه خروج مرکبات از آسیا به سایر مناطق دنیا بوده و به عبارت دیگر مرکبات از موطن اصلی آن به سایر کشورهای جهان از ایران و سپس به فلسطین و بالاخره به اروپای جنوبی وآمریکا انتقال یافته است[4] .

---

[1] Citron(Citrus medica L.)
[2] Tisobr ro Tanaka
[3] *Citrus reticulata*
[4] Poncirus
[5] *Citrus aurantifolia*
[6] Lemon (*C.lemon*)
[7] *Citrus aurantium*
[8] *Citrus sinensis*
[9] Pummelo (*C.grandis*)
[10] Sheddock
[11] *Citrus paradisi*

1-2- مناطق تولید مرکبات

مرکبات بین عرض های جغرافیایی 40 درجه شمالی و جنوبی از خط استوا با خاک مناسب، رطوبت کافی و در صورت عدم یخبندان تولید می شود. ولی به نظر می رسد مناطق عمده تولید مرکبات در سطوح تجاری در نواحی نیمه گرمسیر بالاتر از 20 درجه شمالی یا جنوبی قرار دارد [4]. ایران یکی از 50 کشور تولیدکننده مرکبات است که انواع مرکبات را در مناطق مختلف شمال و جنوب کشور تولید می نماید [3].

1-3- مناطق مستعد کشت مرکبات در ایران

میزان محصول مرکبات در واحد سطح به علل و عوامل مختلفی بستگی دارد. آب و هوا، نوع خاک، مواظبت زراعی خصوصا استفاده از پایه های سالم و عاری از ویروس، همچنین نوع پایه و پیوندک و سازگاری آن با محل کشت، که هریک تاثیر قابل ملاحظه ای در میزان محصول و کیفیت مرکبات دارد. امروزه در دنیا با افزایش تعداد درخت در هکتار، استفاده از ارقام تجارتی پر محصول و پیوند آنها روی پایه های مقاوم به امراض قارچی و ویروسی و شرایط نامساعد محیطی، میزان محصول مرکبات را تا میزان قابل توجهی در هکتار بالا برده اند. با توجه به استعدادهای بالقوه کشت مرکبات و شرایط اقلیمی، مناطق مرکبات خیز کشور به سه گروه تقسیم می شوند:

1-3-1- ناحیه شمالی

سواحل دریای خزر از آستارا تا گرگان ارقام مختلفی از مرکبات کشت می شود که شامل پرتقال تخمی، درختان پرتقال پیوندی روی پایه نارنج، نارنگی محلی، انشو[1]، کلمانتین[2] و سایر ارقام نارنگی، لیمو ترش و گریپ فروت می باشد [5].

1-3-2- ناحیه مرکزی

این ناحیه شامل بلوچستان، خوزستان، فارس، کرمان و باختران می باشد. در این ناحیه شرایط اقلیمی متفاوت دیده می شود. عرض جغرافیایی پایین تر از 33 درجه شمالی بوده و بیشتر روزها آفتابی بوده و رطوبت نسبی محیط پایین می باشد.متوسط بارندگی این مناطق 300-100 میلی متر بوده است و بنابراین در تابستان به 5-4 نوبت آبیاری نیاز دارند [5].

[1] *(C.unshiu)* Satsuma
[2] Clemantin

1-3-3- ناحیه جنوبی

در حاشیه خلیج فارس و دریای عمان در عرض جغرافیایی حدود 23 درجه قرار دارد. این منطقه عاری از یخبندان، با رطوبت نسبی بالا حدود (53-86 درصد) و گرمای زیاد در تابستان می باشد. دمای مناسب از مهر ماه تا اوایل فروردین سال بعد برای رشد و نمو مرکبات مناسب است، ولی شرایط نامطلوب تابستان و یا بهار از کیفیت پرتقال و نارنگی می کاهد. در این منطقه لیمو شیرین و لیمو ترش از کیفیت خوبی برخوردار است [5].

1-4- اهمیت مرکبات

تولید مرکبات در جهان امروز از اهمیت بسزایی برخوردار بوده که در این میان می توان به اهمیت اقتصادی، غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی آن اشاره کرد. مرکبات حاوی املاح و سرشار از ویتامین های A, B و C بوده که جنبه غذایی و دارویی دارد. نزدیک به یکصد صنعت، از مرکبات در تولید فرآورده خود استفاده می کنند [26]. تامین غذای دام از مخلوط تفاله مرکبات و ملاس چغندر، استفاده از آب میوه آن در صنایع غذایی و بهره گیری از اسانس و اتر های چرب آن در صنایع آرایشی حائز اهمیت بسیار است. از تفاله مرکبات به میزان قابل توجهی پکتین استخراج می گردد و از اسید سیتریک مرکبات در صنایع غذایی، فلزی، نساجی، داروسازی و بالاخره برای تهیه صمغ های مصنوعی استفاده می شود [33]. گونه های اقتصادی آن پرتقال، نارنگی، گریپ فروت، لیمو و لایم است که علاوه بر استفاده از میوه تازه آنها، صنایع غذایی وسیعی وابسته به آن هستند [3].

1-5- مشخصات گیاهشناسی مرکبات

مرکبات گیاهانی بوته ای، درختچه ای با شاخ و برگ متراکم و یا درختی با گل های سفید مایل به ارغوانی می باشد. گل ها با داشتن 4-8 گلبرگ کلفت سفید، قرمز یا ارغوانی و 4-5 کاسبرگ و 16-32 پرچم و بوی عطر و شهد فراوان، توجه حشرات بویژه زنبور عسل را به خود جلب می نماید. مرکبات از خانواده سداب[1] و زیرخانواده Aurantioideae است. این زیرتیره دارای 33 جنس مختلف است که فقط سه جنس آن یعنی پونسیروس، فورچونلا[2] و سیتروس[3] جنبه اقتصادی داشته و در

[1] Rutaceae
[2] Fortunella
[3] Citrus

کشورهای تولیدکننده مرکبات از اهمیت ویژه ای برخوردارند. طبقه بندی گیاهان این خانواده بر اساس سیستم های متفاوتی از حدود یک صد سال قبل تاکنون انجام شده است [145،129].

1-5-1- پونسیروس

جنس پونسیروس فقط دارای یک گونه به نام نارنج سه برگ[1] [4] است که درختچه ایست به ارتفاع 5- 3 متر، خیلی پرتیغ و تنها نوعی از مرکبات که برگ های آن در فصل زمستان خزان کرده و در سرمای 20- درجه سانتیگراد نیز مقاومت می کند. برگ ها در این جنس به جای آن که مانند سایر انواع مرکبات ساده باشد از سه برگچه تشکیل شده و میوه آن کوچک، تلخ و غیر قابل استفاده است. تعداد دانه یا بذر در میوه خیلی زیاد است. از این گیاه به عنوان پایه برای انواع سیتروس مخصوصا انواع کم رشد ژاپنی و یا برای چپر کردن اطراف باغات و ایجاد دورگها استفاده می کنند. از ترکیب نارنج سه برگ و ارقام مختلف سیتروس دورگهای متعددی بوجود آمده که دو نوع آن بنام سیترنج[2] و سیترواملو[3] به عنوان پایه بکار می رود [3].

1-5-2- فورچونلا

جنس فورچونلا نیز درختچه ایست با برگهای ریز، میوه کشیده و یا گرد و ریز که بنام کومکوات[4] معروف است. پوست میوه کومکوات مانند پوست انواع مرکبات تلخ نیست بلکه کمی ترش مزه و دارای طعم مطبوعی است. از این میوه در تهیه مربا و یا به صورت تازه و با پوست استفاده می شود [3].

1-5-3- سیتروس

جنس سیتروس شامل کلیه مرکباتی است که ما در ایران می شناسیم. در واقع کلمه مرکبات یک لفظ عربی است که بجای کلمه سیتروس که نام علمی مرکبات است در زبان فارسی مورد استفاده قرار می گیرد. کلیه ارقام کنونی از یک یا چند جنس محدود اولیه بوسیله دورگ طبیعی و یا جهش(موتاسیون) بوجود آمده اند. این جنس دارای گونه هایی به شرح زیر است [3]:

1-5-3-1- پرتقال

[1] *Poncirus trifoliata*
[2] Citrange
[3] Citromello
[4] Kumquate (*Fortunella margarita Lour*)

پرتقال بعد از سیب، دومین میوه ای است که در جهان مورد مصرف عموم مردم می باشد. این گیاه بومی شمال شرقی هند و نواحی مرکزی چین بوده و شکل عمومی درختان آنها بزرگ و عمودی با شاخه های افقی است. پرتقال از نظر مقاومت به سرما نسبت به گونه های دیگر متوسط بوده و با داشتن ارقام متعدد، در مناطق زیادی از دنیا پراکنده شده است. ارقام پرتقال برحسب مشخصات ظاهری و ترکیبات شیمیایی به چهار دسته پرتقال های گرد، پرتقال های نافدار، پرتقال های رنگدانه دار (خونی)[2] و پرتقال های غیر اسیدی تقسیم می شوند. از بین چهار گروه نام برده، پرتقال های گرد اهمیت تجارتی بیشتر دارند و سطح کشت قابل ملاحظه ای را در جهان به خود اختصاص داده اند. پرتقال های نافدار در مرتبه دوم اهمیت هستند. در حالیکه پرتقال های خونی فقط در آب و هوای مدیترانه ای کشت می شوند [33]. ارقام پرتقال برحسب زمان رسیدن نیز به سه گروه زودرس، میان رس و دیررس طبقه بندی می شوند. در مناطق نیمه گرمسیری ارقام زودرس بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند و دوره رسیدن میوه آنها بین 9-6 ماه بوده در حالیکه دوره رسیدن ارقام میان رس 12-9 ماه و ارقام دیررس بیش از 12 ماه از زمان شکوفا شدن گلها می باشد. همچنین ارقام پرتقال برحسب تعداد بذر آنها نیز دسته بندی شده است [4]. ارقام پرتقال محلی[3] عبارت اند از پرتقال های شهسواری، آملی و بهشهری که بومی شمال ایران هستند و بکرائی که دورگی است بین لیموشیرین و نارنگی، همچنین لیمو شیرازی از رقم های محلی مناطق مرکبات کاری جنوب کشورند. از ارقام پرتقال خارجی که کشت آنها در نواحی مرکبات خیز کشور متداول است می توان پرتقال خونی و والنسیا[1] را نام برد [3].

1-5-3-1-1- پرتقال محلی

این رقم قدیمی ترین پرتقال کاشته شده در شمال می باشد. این پرتقال به نام سیاه ورزی نیز مشهور است. سیاه ورز اسم محلی در نزدیکی تنکابن (شهسوار) می باشد. بیش از 90% کل مرکبات کاشته شده در شمال از همین رقم محلی است. تکثیر این پرتقال در سابق بیشتر بوسیله بذر به عمل می آمد ولی امروزه باغداران سعی می کنند که آن را روی نارنج پیوند بزنند. در صورتی که درخت از بذر بعمل آمده باشد آن را تخمی می نامند. پرتقال محلی رقمی است بسیار قوی و ارتفاع آن در شرایط خوب به 10-9 متر هم می رسد. میوه هسته دار و بزرگی آن متوسط است. شکل میوه کروی است و به طور معمول متوسط رس است. در اواخر آذر ماه خوب رنگ پیدا می کند ولی طعم آن کم و بیش ترش است و برای اینکه خوب برسد و طعم آن

[1] Valencia
[2] Blood orange
[3] Local orange

شیرین و مطبوع شود بایستی تا آخر دی ماه روی درخت بماند. با توجه به اینکه میوه را بیشتر در آذر ماه می چینند و به بازار می فروشند یا در انبار نگه می دارند به همین جهت عده ای خیال می کنند که شمال ایران برای پرتقال مناسب نیست و پرتقال شمال ترش مزه است. ازآن جاییکه این پرتقال مدت هاست که در شمال کاشته می شود لذا تغییرات زیادی در داخل رقم چه از لحاظ طعم و چه زودرسی و چه کلفتی و نازکی پوست و چه سایر مشخصات می توان پیدا کرد. پرتقال محلی یکسال میوه زیاد و یکسال کم میوه می دهد و به قول معروف یکسال در میان بارور است. معمولا در سال هایی که میوه کم باشد آنها درشت تر می شوند. میوه درخت بیشتر در طرف جنوب قرار دارد. درخت تخمی قوی تر و پربارتر از درخت پیوندی به بار می نشیند و بعضی عقیده دارند که پوست میوه آن صاف تر و خود میوه مرغوب تر است [5].

1-5-3-1-2- پرتقال والنسیا

این رقم از ارقام پرمحصول، دیررس و همه سال آور است. میوه خوب به درخت می ماند و حتی پس از رسیدن نیز ریزش نمی کند. پرتقال والنسیا طی دوران زمستان با تقلیل دمای هوا به رنگ زرد گرایش می یابد و مجددا در خرداد از زردی به سبزی می گراید. میوه آن بدون هسته و بدلیل داشتن آب فراوان، بوی مطبوع و اسید کم، مورد علاقه بسیاری از ایرانیان می باشد [4].

1-5-3-1-3- پرتقال خونی

پرتقال خونی، شایعترین پرتقال در شمال پس از پرتقال محلی می باشد. دو نوع از این پرتقال یکی کوچک و دیگری بزرگ وجود دارد [5]. این رقم دارای انواع متعددی است که معروفترین آن عبارت اند از سانگینلی، تاراکو، مورو که رنگ میوه در آنها نیز به ترتیب کم رنگ، متوسط و پررنگ می شود. دقیقا دلیل گسترش رنگ قرمز در این میوه شناخته شده نیست، ولی شدت رنگ به نور، درجه حرارت و واریته بستگی دارد [3]. شرایط مورد نیاز برای گسترش رنگدانه ها نیز در پوست و گوشت یکسان نیست. در مناطق مرطوب توسعه رنگدانه ها درگوشت کمتر بوده ولی در مناطق نیمه گرمسیری و خشک رنگ خونی بهتر ظاهر می شود. در شرایط خنک رنگ پوست قرمزتر می شود [4].

1-5-3-2- نارنگی

در سال 1837 بلانکو[1] به کلیه مرکبات با میوه های کوچکتر از پرتقال، به سهولت قابل جداشدن پوست از گوشت و دارای لپه های سبز رنگ در بذر، نارنگی اطلاق نمود. درختان ارقام این گونه عموما دارای جثه کوچک با شاخه های باریک، برگهای پهن یا باریک نیزه ای و گلهای منفرد یا خوشه ای می باشد. از حیث پوست و صافی، کیفیت گوشت میوه و آب، رشد عمومی درخت به دو گروه ماندارین[2] و تانجرین[3] که تقریبا مشابه هم هستند تقسیم می شوند. گروه ماندارین به نارنگی های متداول در ژاپن، چین، اسپانیا، ایتالیا و آفریقای جنوبی اطلاق می شود. در حالیکه نارنگی های آمریکا و همچنین استرالیا یا چین که دارای مواد رنگی بالایی هستند اصطلاحا تانجرین نامیده می شود. بعلاوه برای آن دسته از دورگ های بین گونه ای یا بین جنسی که نارنگی یکی از والدین است و برخی مشخصات نارنگی ها را دارد اصطلاح ماندارین بکار برده می شود [33]. میوه ارقام نارنگی با توجه به ویژگی های رقم و شرایط محیطی از اواخر پاییز تا اوایل بهار می رسد. درختان آنها هم به سرما مقاوم هستند و در مناطق سردسیر قابل کشت می باشند و هم به گرما، اما میوه آنها بدلیل کوچک بودن و نازکی پوست به سرعت از سرما آسیب می بیند. بهترین عطر میوه از درختانی که در مناطق با گرمای کافی و رطوبت مناسب در زمان رسیدن رشد کرده اند مشاهده می شود. به همین جهت کشت نارنگی ها را در مناطق سردتر توصیه نمی کنند [43].

1-5-3-2-1- نارنگی ساتسوما یا انشو

از معروفترین ارقام نارنگی زودرس و مقاوم به سرما در دنیا است [3]. خصوصا اگر این رقم را روی پونسیروس پیوند بزنند تا ده درجه زیر صفر هم مقاومت می کند [5]. میوه ایست پهن، گرد، کوچک تا متوسط در ارقام مختلف، کاملا پرتقالی رنگ، پوست آن نازک که به راحتی از گوشت جدا می شود. این نارنگی دارای دو گروه وازه و اواری است که گروه وازه زودرس تر از گروه اواری می باشد [3و4]. از گروه وازه رقم های میاگاوا، ایشی کاوا و سوجی یاما دارای میوه های درشت، پوست نازک و صاف، بسیار زودرس، پرآب با میزان قند و اسید مناسب هستند [3]. درخت انشو کوتاه می باشد خصوصا اگر آن را روی پونسیروس پیوند بزنند خیلی کوتاه می شود و در این موقع می توان درختان را به فاصله 5-4 متر کاشت [5].

1-5-3-3-1- لیمو ترش

[1] Blanco
[2] Mandarin
[3] Tangerin

درختان لیمو بومی شرق هیمالیا و هند هستند و عقیده بر این است که لیمو دو رگی ناشی از تلاقی لایم و گونه بالنگ است [13] و شباهت نزدیک به گونه بالنگ و بادرنگ دارد. پراکندگی این گونه در مناطق خشک و نیمه خشک در نواحی نیمه گرمسیری با دمای زمستان بالاتر از 4- درجه سانتی گراد مشاهده می شود. درختان این گونه نسبت به سایر گونه های مرکبات بسیار حساس تر به دمای پایین می باشند [167] و به لحاظ حساسیتی که به امراض قارچی و بیماری های جلبکی دارند، در مناطق نیمه گرمسیری و یا گرمسیری مرطوب رشد خوبی ندارد. به علاوه کیفیت میوه خصوصا بافت داخلی پوست در مناطق مرطوب ضعیف می باشد. درختان این گونه قوی، در مناطق گرمسیر دارای رشد عمودی خصوصا در دوران جوانی هستند و شاخه ها نیز اغلب پر تیغ و دارای گل های قرمز است. پر تیغی به نوع رقم، شرایط رشد و سن درخت بستگی دارد. میوه در سراسر سال در بیشتر مناطقی که لیمو کشت می شود مشاهده می شود که البته این باردهی بستگی به رقم و عوامل محیطی دارد. میوه بیشتر لیمو ها هم در تابستان و هم پاییز یا زمستان قابل برداشت است [33]. بعضی از ارقام لیمو بذر دار و برخی بی بذر بوده و در صد چند جنینی بین 100-0 درصد متغیر است [145].

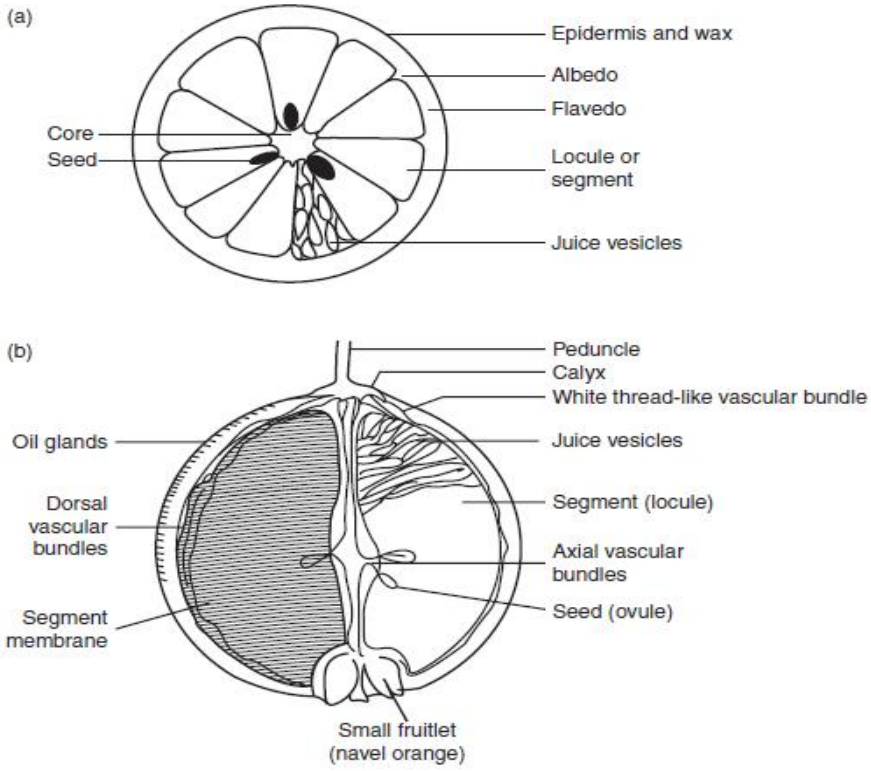
1-6- میوه مرکبات

1-6-1- مورفولوژی و آناتومی میوه

میوه های مرکبات سته تغییر یافته هستند که به عنوان هسپریدیوم[1] شناخته می شود. این میوه ها کروی بوده اگرچه بسته به نوع گونه می تواند پهن شده در قطبین مانند گریپ فروت، ماندارین و تانجرین ها، کروی تا تخم مرغی در پرتقال ، کروی در لایم ها و دوکی در لیمو ها باشد. اندازه میوه از حدود 2/25 سانتی متر قطر در کامکوات تا بیش از 20 سانتی متر در پوملو متغیر است [107]. میوه های مرکبات از نظر مورفولوژیکی به دو بخش مشخص پریکارپ[2](پوست) و اندوکارپ[3] (گوشت) تقسیم می شوند. پریکارپ به دو بخش تقسیم می شود. بخش بیرونی پوست (اگزوکارپ[4]) نسبتا باریک با رنگ نارنجی پررنگ یا مایل به قرمز تا نارنجی روشن، زرد یا متمایل به سبز که بسته به گونه یا واریته متفاوت است (شکل1-1) که به دلیل وجود ترکیبات فلاونوئیدی[5]، فلاودو[6] نامیده می شود. در فلاودو غده های روغنی[4] به شکل کروی و با اندازه متفاوت به فراوانی یافت می شوند که می تواند در پوملو، پرتقال و گریپ فروت برجسته و یا در نارنج یا ماندارین فرورفته باشد. بخش

[1] Hesperidium
[2] Pericarp
[3] Endocarp
[4] Exocarp
[5] Flavonoid compounds
[6] Flavedo
[7] Essential oil glands

درونی پوست (مزوکارپ[1]) آلبدو[2] نامیده می شود که از کلمه لاتین albus به معنی سفید می آید که لایه سفید پوست را تشکیل می دهد و بافت اسفنجی دارد. ضخامت و استحکام آلبدو در گونه های مختلف فرق می کند. ماندارین ها دارای آلبدو نازک،گریپ فروت متوسط تا ضخیم و در سداب و بادرنگ ضخیم است. فلاودو و آلبدو پوست میوه را تشکیل می دهند که معمولا بخش غیر خوراکی میوه است. اندوکارپ بخش خوراکی میوه را تشکیل می دهد و از بخش ها یا حفراتی تشکیل شده که اغلب حدود 12-8 عدد در اغلب مرکبات هستند و معادل تعداد برچه[3] های تخمدان است. هر حفره توسط یک غشا و دسته های آوندی برای انتقال مواد غذایی پوشیده می شود. داخل غشاها وزیکول های آب میوه به تعداد زیاد وجود دارند که حاوی آب میوه در واکوئل سلول هستند. محورمرکزی میوه کلوملا[4] نامیده می شود که استحکام و بافت آن مشابه آلبدو است. در برخی موارد تغییر و تبدیل میوه صورت می گیرد که navelisation یا تشکیل ناف نامیده می شود که مانند یک میوه کوچک ثانویه است که در بخش بالایی میوه اصلی نمو می یابد [43].

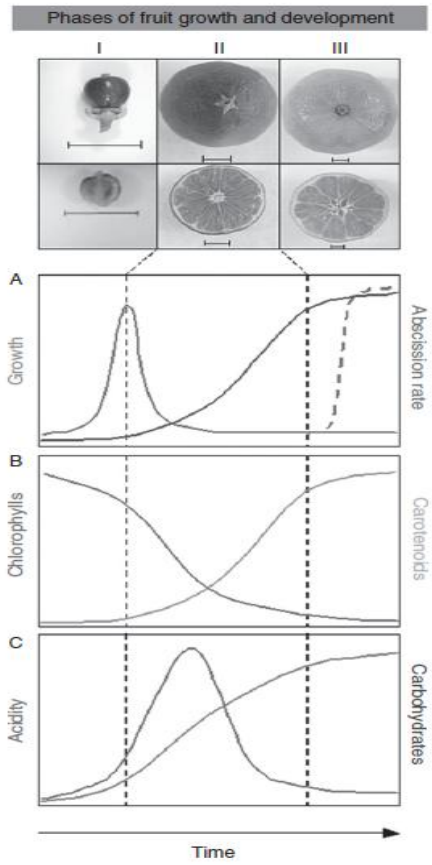


شکل 1- 1. (a). بخش های مختلف آناتومیکی میوه مرکبات در برش عرضی، (b). دسته های آوندی و برچه های ناف میوه در برش طولی

1-6-2- رشد میوه

[1] Mesocarp
[2] Albedo
[3] Carpel
[4] Columnella

طول این دوره در گونه ها و واریته های مختلف متفاوت است. در برخی ماندارین ها (ساتسوما،زودرس) که از گل دهی تا بلوغ کمتر از 5 ماه طول می کشد و در برخی پرتقال ها مانند والنسیا (دیررس) که نیاز به یک دوره یکساله دارد. در طی این دوره تقسیم و طویل شدن سلولی دو فرآیند فیزیولوژیکی مهم هستند. رشد میوه شامل دو مرحله اصلی 1و 2 است [12]. مرحله 1 شامل رشد آهسته میوه با تقسیم سریع سلولی در همه بافت ها است. غده های روغنی در شکوفه بالغ بزرگ شده و شکوفه های جدید ظاهر می شوند. کیسه های آب[1] همچنین به طور پیوسته تشکیل می شوند. اغلب رشد در این مرحله ناشی از پوست است. مرحله 2 شامل رشد بسیار سریع میوه است که در این مرحله بزرگ شدن سلولی و تمایز غالب است. ضخامت پوست به دلیل توسعه سلول های آلبدو افرایش یافته و بافت اسفنجی تشکیل می شود و در انتهای دوره، افزایش اندازه میوه باعث کاهش ضخامت پوست می شود و اندوکارپ جز اصلی میوه می شود [43].



شکل 1-2. وقایع بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی اصلی طی رشدو نمو میوه مرکبات شامل سه مرحله اصلی است.A) سرعت رشدو ریزش میوه. B) رنگدانه ها (کلروفیل و کاروتنوئید) در گوشت میوه. C) مقدار کربوهیدرات و اسیدیته در گوشت میوه. مقیاس= 1cm

1-6-3- بلوغ میوه

[1] Juice sacs

در مرحله 3 رشد عمدتا متوقف شده و میوه یک فرآیند رسیدگی غیر کلیماکتریک را پشت سر می گذارد. در واقع این مرحله شامل همه تغییراتی است که میوه پس از طی دوره رشد و رسیدن به اندازه نهایی تا رسیدن به پیری کامل پیدا می کند می باشد. این تغییرات شامل دو گروه است [43].

1-6-3-1- تغییرات خارجی

تغیر در رنگ پوست به طور عمده ناشی از تجزیه کلروفیل و افزایش کاروتنوئید است و در نهایت رنگ نهایی پوست مشاهده می شود. کاروتن ها و زانتوفیل ها پیگمان های اصلی مسئول رنگ زرد با مقدار غالب فلاونوئید در لیمو ها و گریپ فروت و کاروتن ها در پرتقال ها یا ماندارین ها هستند، لکه های تیره معمولا ناشی از حضور آنتوسیانین است که در دمای پایین تجمع می یابد. در پاییز زمانی که اختلاف دما بین روز و شب به طور مشخصی افزایش می یابد شکست رنگی اتفاق می افتد. تغییرات بافتی به طور عمده ناشی از تغییرات شیمیایی در آلبدو است که نرم تر شده و به آسانی از بخش های دیگر جدا می شود [43].

1-6-3-2- تغییرات داخلی

بیشتر این تغییرات در وزیکول های آب میوه اتفاق می افتد که کیفیت نهایی آب میوه را تحت تاثیر قرار می دهد. تغییرات عمده مربوط به افزایش در مقدار قند موازی با کاهش مقدار اسید های آلی است. نسبت بین قند و اسیدیته کلی شاخص بلوغ نامیده می شود که برای کنترل بلوغ در مرکبات به ویژه پرتقال ها و ماندارین ها کاربردی است، علاوه بر این تغییرات پیگمانتاسیون آب میوه نیز تغییر می کند. دو پیگمان به طور عمده مسئول رنگ نهایی در برخی میوه های مرکبات هستند. آنتوسیانین که رنگ قرمز در پرتقال خونی را باعث می شود و لیکوپن که باعث رنگ صورتی گریپ فروت می شود. پیگمان های دیگر نیز وجود دارند که در رنگ نهایی آب میوه های مرکبات اثر دارند. ترکیبات عطری رایحه نهایی گوشت و آب میوه را فراهم می کنند که بیشتر آن ها طی دوره بلوغ تجمع می یابند. مرکبات میوه های غیر کلیماتریک هستند. از این رو پس از جدا شدن از درخت، فرآیند بلوغ متوقف می شود. در نتیجه فقط زمانی که میوه ها به بلوغ مناسب می رسند تجاری و قابل برداشت هستند [43].

1-6-4- پیری میوه

زمانی که میوه به بلوغ نهایی می رسد فرآیند پیری شروع و تا جدا شدن میوه از درخت ادامه می یابد. طی این دوره دو تغییر عمده اتفاق می افتد. خشک شدگی از طریق از دست دادن آب داخل و بین سلولی و فرآیند های اکسیداسیون که باعث ایجاد رنگ قهوه ای یا مایل به قهوه ای در میوه می شود. مرکبات زمانی که بالغ می شوند می توانند برای مدت نسبتا طولانی تا پیری روی درخت باقی بمانند و در نهایت ریزش میوه اتفاق می افتد [43].

1-6-5- ترکیبات شیمیایی میوه مرکبات

1-6-5-1- کربوهیدرات ها

کربوهیدرات ها نقش مهمی در فیزیولوژی گیاه زمانی که گیاه روی درخت است یا پس از برداشت بازی می کند. میوه های مرکبات دارای رنگ، بافت و طعم جاذب هستند. در همه این ویژگی ها کربوهیدرات ها به ویژه قند ها به شکل آزاد یا مشتقات آن نقش بسیار مهمی بازی می کنند. توازن مناسبی از قند و اسید در میوه مرکبات ، طعم مطبوع آن را باعث می شود. طعم ویژه مرکبات مختلف اغلب ناشی از گلیکوزیدهای آن است. رنگ جذاب بسیاری از میوه های مرکبات ناشی از مشتقات قندی آنتوسیانیدین هاست.آسکوربیک اسید به عنوان یک مشتق قندی شناخته شده به وفور در میوه های مرکبات یافت می شود. مقدار کل قند در میوه های مرکبات مختلف متفاوت است و در آب میوه به فرم آزاد اغلب به شکل مونو و دی ساکارید یافت می شود [107].

1-6-5-1-1- مونوساکارید ها

دی- گلوکز و دی- فروکتوز قند های احیا کننده مهم در مرکبات هستند. هگزوزهای دیگر به ندرت یافت می شوند. قند های آزاد در آب میوه های مرکبات غالبا گلوکز، فروکتوز و ساکارز است. زایلوز نیز به مقدار ناچیزی وجود دارد [123]. ساکارز، گلوکز و فروکتوز به نسبت 2:1:1 در ماندارین ها وجود دارند [76]. مانوز همچنین در پرتقال یافت می شود. در میان پنتوزها آرابینوز در لایم و گریپ فروت یافت شده است [160]. زایلوز قند پنتوز دیگری است که به مقدار ناچیزی در مرکبات یافت می شود. هپتولوز همچنین از پوست پرتقال و گریپ فروت گزارش شده است [163].

1-6-5-1-2- الیگوساکاریدها

ساکارز یک دی ساکارید و قند غیر احیایی در میوه های مرکبات است. غلظت ساکارز در پرتقال ها نسبت به گلوکز در تانجرین ها و ماندارین ها کمتراست. لایم ها و لیمو ها مقدارخیلی کمی ساکارز دارند. مالتوز و لاکتوز قند اصلی در مرکبات نیستند.

1-6-5-1-3- مشتقات قندی

D– گالاکتورونیک اسید، D- گلوکورونیک اسید، D– گلوکونیک اسید، L–آسکوربیک اسید و دهیدرو آسکوربیک اسید قند اسید های یافت شده در مرکبات هستند. مشتقات معمولا به فرم آزاد یافت نمی شوند. L – اسکوربیک اسید به فرم آزاد در آب میوه های مرکبات یافت می شوند. قند الکل ها مانند میواینوزیتول در پرتقال وگریپ فروت و همچنین لیمو ها گزارش شده اند [80 و153].گلیکوزیدها ترکیباتی هستند که مولکول های قندی به مولکول های غیر قندی (اگلیکون) مانند الکل یا فنول متصل می شوند. واژه گلیکوزید به ترکیباتی اطلاق می شود که N به جای O به قند یا الکل متصل می شود. رامنوز و گلوکز به فرم روتینوز در مرکبات یافت می شود. هسپریدین همچنین در ماندارین، لیمو، لایم و هیبرید های آن یافت می شود. تیرگی آب میوه و مارمالات ساخته شده از پرتقال مربوط به حضور هسپریدین است که بسیار در آب کم محلول است. هسپریدین در غشا به شکل نقاط کریستالی سفید رنگ در پرتقال های منجمد شده وجود دارد. ترکیب فلاونوئید اصلی گریپ فروت و سداب نارنجین است که دارای مزه بهتر و محلول در آب است [107].

1-6-5-1-4- تغییر در قندها طی رشد و نمو میوه

نزدیک 85-75 درصد جامدات محلول کل آب پرتقال، قند ها هستند. قند های احیایی، غیر احیایی و قندهای کلی همچنان که میوه روی درخت می رسد افزایش می یابد. این روند در اکثر میوه های مرکبات بجز میوه های اسیدی مشاهده می شود. منبع اصلی تغذیه برگ ها هستند. به طور کلی عقیده بر این است که قند اصلی انتقالی از برگ به میوه، ساکارز است. پرتقال های نابالغ دارای مقدار ساکارز بالا هستند که طی بلوغ به مقدار کمی کاهش می یابد [137]. آلفا و بتا گلوکز، فروکتوز، ساکارز و مقدار کمی گالاکتوز در آب پرتقال والنسیا گزارش شده اند [9]. همچنان که پرتقال های ابتدا و میانه فصل و تانجرین ها روی درخت می رسند میزان قند کلی در آب میوه به دلیل تجمع ساکارز به سرعت افرایش می یابد. با استفاده از ترکیبات نشاندار با کربن 14 مشخص شد که انتقال قندها از برگ به میوه به فرم گلوکز و فروکتوز است که در میوه به ساکارز تبدیل می شود [136]. قند های پوست نیز مانند قندهای آب میوه با بلوغ تجمع می یابند. به طور کلی این افزایش ناشی از قندهای احیاکننده

است. در پوست گریپ فروت ساکارز در مراحل ابتدایی دوره رسیدگی افزایش می یابد اما طی مراحل بعدی رسیدگی کاهش نشان می دهد. ساکارز در فلاودو (*Fortune mandarin (citrus reticulate*) طی فصل رشد تغییر کمی داشته ولی فروکتوز و گلوکز به میزان تقریبا برابر در سراسر پاییز و زمستان افزایش می یابد. نشاسته نسبت به کربوهیدرات های محلول دیگر فراوانی کمتری دارد [60]. تغییر در مقدار قند بافت فلاودو *S.mandarin* رشدیافته در ژاپن مطالعه و غلظت ساکارز علاوه بر قند های احیاکننده و کلی طی اگوست تا سپتامبر کاهش اما سریعا در اکتبر افزایش یافت. قندهای احیا کننده در زمان برداشت 22/7 درصد و قندهای غیر احیایی 11/4 درصد بود. در بافت های آلبدو قندهای احیاکننده 19/3 درصد و قندهای غیراحیایی 7/5 درصد بودند [83]. میوه بادکرده دارای مقدار قند بالاتر در فلاودو و آلبدو نسبت به میوه غیر باد کرده است [31]. ساکارز و گلوکز قند های غالب در مراحل اولیه بلوغ پوست هستند و هر سه قند اصلی به تدریج در مراحل بعدی افزایش می یابند. نسبت فروکتوز : گلوکز: ساکاروز در پرتقال والنسیا 2:1:1 گزارش شد [155].

1-6-5-1-5- تغییر در پلی ساکاریدها طی رشد و بلوغ میوه

با تغییر در پلی ساکاریدها، فیزیولوژی میوه نیز تغییر می کند که شامل تغییر در مقدار پکتین، درجه حلالیت و ساختارآن است. تغییرات در اصل آنزیمی و شیمیایی هستند و بافت میوه را تحت تأثیر قرار می دهد. طی دوره نمو میوه پرتقال، نشاسته در همه اجزای میوه شامل وزیکول های آب میوه یافت شدند [161]. نشاسته به طور ویژه در آلبدو فراوان اما همچنین در فلاودو زمانیکه سبز است یافت می شود همانطور که میوه بالغ می شود. نشاسته به تدریج ناپدید می شود. هیچ روند مشخصی در تغییر غلظت پلی ساکارید های بافت پوست طی بلوغ پرتقال مشاهده نشده است [156]. همانطور که پرتقال والنسیا می رسد، پکتین محلول در آب در آلبدو و گوشت تا یک حد ماکزیمم افزایش و سپس کاهش می یابد. پکتین کلی زمانی که میوه کاملا رسیده است کاهش اندکی نشان می دهد. پکتین کلی آب میوه روند مشابه آلبدو و گوشت نشان می دهد. افزایش سریع اولیه در پکتین های کلی و محلول در آب در گوشت و پوست طی رشد سریع میوه والنسیا گزارش شده است [140]. در پرتقال های در حال بالغ شدن پکتین کلی و پکتین محلول در آب در پوست و گوشت مشاهده شده است. پلی ساکاریدها تشکیل فیبرهای نامحلول در بافت های میوه های مرکبات می دهند و چون این مواد فیبری ظرفیت خوبی برای نگهداری آب دارند نقش مهمی در تغذیه انسان و جلوگیری از بیماری های گوارشی ایفا می کنند. مقدار فیبر تغذیه ای در میوه با بلوغ تغییر می یابد [84]. در گریپ فروت مرداب مقدار فیبر تغذیه ای در سپتامبر بالاتر از ژانویه بود. اجزای فیبر محلول، اورونیک اسید، آرابینوز، گالاکتوز، گلوکز و زایلوز و اجزای اصلی فیبر تغذیه ای، لیگنین، اورونیک اسید و قند های خنثی است. این یافته ها

نشان می دهد که گریپ فروت در اوایل فصل برداشت، فیبر تغذیه ای بیشتر دارد. پلی ساکارید های دیواره سلولی و وضعیت آنها در استحکام میوه نقش دارند. غلظت قند ساکارز در یک میوه پوست نرم (Satsuma cv Aoshima) کمتر از یک میوه پوست سخت (*Citrus hassaku*) است. در بافت فلاودو غلظت قند سلولز بالاتر است [111].

1-6-5-2- ارگانیک اسیدها

در پرتقال و گریپ فروت، اسید آزاد میوه در مراحل رشد اولیه افزایش و سپس کم و بیش ثابت می شود [141]. به نظر می رسد کاهش اسیدیته اندازه گیری شده ناشی از ترقیق میوه همزمان با افزایش اندازه میوه و مقدار آب میوه باشد. کاهش غلظت اسید با افزایش تدریجی در نسبت جامدات محلول کلی به اسیدیته بلوغ و دلپذیری آن را تعیین می کند. اسید عمده در پرتقال والنسیا سیتریک اسید است. اگزالات در پوست میوه های مرکبات غالب و مالونیک اسید و مالات با غلظت قابل ملاحظه ای پایین تر است. تنها سیتریک و مالیک اسید در آب میوه یافت شده و هیچ مالونیک اسیدی مشخص نشده است [28، 29]. در فلاودو و آلبدو Navel oranges اگزالات با پیشروی بلوغ کاهش و مالونات افزایش می یابد. در پرتقال های کاملا رسیده غلظت مالونات فلاودو حدود 4 برابر آلبدو است، در حالی که غلظت اگزالات در هر دو بخش کاهش می یابد. غلظت کوئینیک اسید در میوه جوان به ویژه در وزیکول های آب میوه زیاد است. همان طور که غلظت سیتریک اسید افزایش می یابد مالیک و کوئینیک اسید به سرعت کاهش می یابد. غلظت مالیک اسید دوباره در انتهای دوره بلوغ میوه افزایش نشان می دهد. به نظر می رسد کوئینیک اسید پیش ساز سنتز برخی ترکیبات آروماتیک در گیاهان باشد که ظاهرا در بافت های در حال رشد میوه جوان فراوان بوده و به نظر می رسد روند مشابه با فلاونوئیدها را در میوه دنبال می کند [79]. در پرتقال شاموتی[1] اسید اصلی در آب میوه، سیتریک اسید و در بافت پوست مالیک اسید است. با پیر شدن بافت، غلظت مانولیک، سوکسینیک و آدیپک اسید در پوست و آب میوه افزایش می یابد، در حالیکه سیتریک و مالیک اسید در آب میوه کاهش نشان می دهد. مانولیک اسید(ممانعت کننده رقابتی تنفس اسیدی) به عنوان یک آشکارساز پیری بافت میوه پیشنهاد شده است به این دلیل که در پوست میوه بالغ تجمع یافته و بعد از برداشت در انبار چندین برابر افزایش می یابد. این ترکیب اسیدی ارتباط بسیار نزدیکی با سن بافت های میوه که توسط نرمی و تغییر شکل تعیین می شود، دارد. در آب میوه پرتقال والنسیا و برخی گریپ فروت ها، مالیک اسید با بلوغ میوه ثابت می ماند در حالیکه سیتریک اسید به طور تدریجی کاهش می یابد [138]. سطح

[1] Shamouti sweet orange

سوکسینیک اسید در برخی از این میوه ها کمتر از 0/01 درصد بود. سیتریک اسید در *Okitsu Wase* (زودرس) و *Silverhill satsumas* طی بلوغ کاهش می یابد. مالیک و ایزوسیتریک هم به طور چشمگیری کاهش نشان می دهند.

1-6-5-3- ترکیبات نیتروژنی

ترکیبات نیتروژنی عمده آمینواسیدها، آمین ها، پپتیدها، پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک هستند. این ترکیبات در میوه های مرکبات به طور عمده به شکل آمینواسیدهای آزاد هستند. این ترکیبات نقش بسیار مهمی در رشد محصول درختان و کیفیت تغذیه ای میوه ایفا می کنند. مقدار نیتروژن میوه با بلوغ تغییر می کند. در مراحل اولیه رشد و نمو میوه نیتروژن پروتئین غالب و همان طور که میوه بالغ می شود نیتروژن محلول (به طور عمده امینواسیدهای آزاد محلول) افزایش و تقریبا مساوی با نیتروژن پروتئین می شود. میزان نیتروژن میوه و رشد درخت وابسته به وضعیت نیتروژن درخت است. حدود 70 درصد نیتروژن کلی در آب میوه های مرکبات به شکل امینو اسید هستند [27]. در پرتقال های واشنگتن ناول[1] مقدار نیتروژن کلی در آب میوه، طی فصل رشد افزایش می یابد. مقدار نیتروژن کلی در پوست، متناظر با نیتروژن پروتئین با گذشت زمان کاهش می یابد.

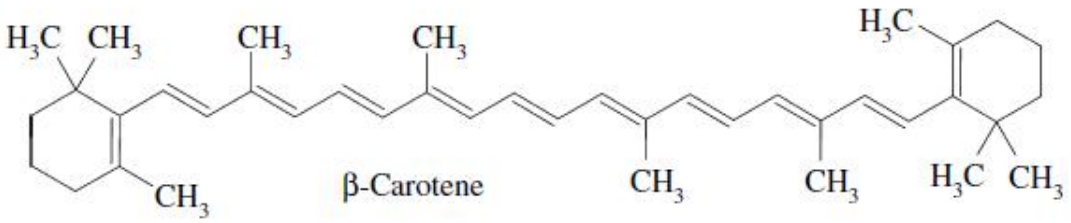
1-6-5-4- رنگدانه ها

پیگمان های مهمی که به میوه های مرکبات رنگ می دهند کلروفیل (سبز)، کاروتنوئید (زرد، نارنجی و نارنجی تیره)، آنتوسیانین (قرمز خونی) و لیکوپن (صورتی تا قرمز) هستند. طی رشد و بلوغ، بویژه در مرحله نارس، کلروفیل در پوست همه میوه های مرکبات غالب است. بدلیل حضور کلروفیل، میوه نارس توانایی فتوسنتز دارد، اما نقش مهمی در تغذیه خود ندارد [125]. کلروفیل در مرکبات بطور عمده شامل دو پیگمان است: کلروفیل a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) و کلروفیل b $H_{70}O_6$ ($C_{55}N_4Mg$).کلروفیل c ،d و e در مرکبات گزارش نشده اند و عمدتا در برخی جلبک های دریایی یافت می شوند. کلروفیل a وb به نسبت 1:2 وجود دارند. طی رسیدگی، سنتز سریع کاروتنوئید در کروموپلاست دیده می شود که همراه با کاهش همزمان کلروفیل است. کلروپلاست به کروموپلاست تبدیل می شود.کاهش غلظت کلروفیل a از 4/1 به 1 مایکروگرم بر سانتی متر مربع و کلروفیل b از 1/2 به 0/3 مایکروگرم بر سانتی متر مربع در فلاودو پرتقال نافدار دو ماه بعد از شکست رنگی مشاهده شد [86].

[1] Washington navel

1-6-5-4-1- کاروتنوئیدها

کاروتنوئیدها ترکیبات بلند زنجیره (تتراترپن) و شامل کاروتن ها (α ,β و غیره) و زانتوفیل ها (لوتئین، فلاوزانتین، لوتئوزانتین، زئازانتین، ویولازانتین و غیره) و لیکوپن هستند [107] که توسط گیاهان، موجودات فتوسنتزی، برخی باکتری های غیر فتوسنتزی، مخمرها و قارچ های انگلی سنتز می شوند و می توانند به صورت رنگدانه در میوه ها، گل ها و برخی حیوانات (پرنده ها، حشرات، ماهی و خرچنگ ها) یافت شوند و نقش مهمی در حفاظت در برابر آسیب اکسیداتیو بازی می کنند.کاروتنوئید ها به طور وسیعی در طبیعت توزیع شده اند و دارای اعمال مختلفی هستند. برای مثال می توان از برداشت نور و حفاظت نوری در فتوسنتز تا حفاظت از چشم و جاذبه جنسی مرتبط با بیان رنگ در بال و پر پرندگان نام برد. از حدود 600 کاروتنوئید تشخیص داده شده تا به امروز فقط تعداد کمی (حدود 19 تا) در بافت های انسان یافت شده اند که شامل کاروتنوئیدهای تغذیه ای مهم و متابولیت های آنهاست. شواهد اپیدمیولوژیکی ثابت کرده است که جیره غذایی غنی با میوه و سبزیجات با بروز برخی سرطان ها رابطه عکس دارد. استرس اکسیداتیو و حمله رادیکال ها عوامل اصلی ایجاد و گسترش چنین بیماری هایی هستند. فاکتور های تغذیه ای که در این مورد اثرات حفاظتی دارند شامل مواد معدنی مانند سلنیوم، ویتامین C، D و E، پلی فنول و کاروتنوئیدهای تغذیه ای است [37]. بتاکاروتن ها از نظر تغذیه ای مهم هستند زیرا پیش ماده ویتامین A هستند (شکل 3-1). زانتوفیل ها ترکیبات اکسیژن دار و محلول در متانول هستند در حالیکه هیدروکربن ها، مانول ها و استرها ترکیبات نفتی محلول در اتر هستند. زانتوفیل ها با اسیدهای چرب استریفیه شده و بصورت وزیکول های لیپیدی در کروموپلاست پوست تجمع می یابند [36].



شکل(3-1)

مقدار کاروتنوئید، کلروفیل و لیکوپن عمدتا در پوست و گوشت میوه های مرکبات مختلف متفاوت است. با رسیدگی، کاروتنوئیدهای کلی در پوست علاوه بر گوشت افزایش می یابد. پوست میوه دارای غلظت بالای کاروتنوئید است. 75-50

درصد از کاروتنوئید کل پرتقال در پوست وجود دارد. در میوه های پرتقال والنسیا نوع زودرس[1] تفاوت کیفی بین کاروتنوئیدهای پوست و گوشت وجود دارد و نوع دیررس[2] حاوی ویولازانتین نسبتا بیشتری است [30]. از بین رفتن کلروفیل برای نموکروموپلاست و سنتز کاروتنوئیدهای بیشتر ضروری نیست. در گریپ فروت سنتز کاروتنوئید فعال قبل از از بین رفتن کلروفیل اتفاق می افتد [169]. پیگمان های کاروتنوئید پوست گریپ فروت رنگدار عمدتا لیکوپن و β- کاروتن هستند. چندین عامل در تشکیل کاروتنوئیدها در میوه های مرکبات رسیده دخالت دارد. سنتز زانتوفیل (نارنجی روشن تا نارنجی) توسط دمای پایین روز (20 درجه سانتی گراد) همراه با شب های سرد و دمای خاک 12 درجه سانتی گراد تقویت می شود. در حالیکه سنتز پیگمان های کاروتنوئید دیگر تحت تاثیر قرار نمی گیرند [172]. پایه همچنین پیگمانهای پوست میوه مرکبات را تحت تاثیر قرار می دهد. پرتقال های والنسیا و یافا[3] روی پایه پرتقال و نارنج سه برگ بطور چشمگیری دارای غلظت بیشتر کاروتنوئید کل در آب میوه نسبت به پایه لیمو هستند. غیاب اکسیژن و حضور نیتروژن، دی اکسید کربن یا اتیلن از تشکیل پیگمان در میوه های مرکبات مختلف جلوگیری می کند. تولید کاروتن[4] یک فرآیند انرژی خواه[5] است و در مراحل نهایی یک فرآیند اکسیداسیون است. اگرچه اتیلن در غلظت بسیار پایین، مانند افزایش غلظت اکسیژن اتمسفر سنتز کاروتن را تحریک می کند. نور برای سنتز کاروتن ضروری نیست و اکثر پیگمان ها در تاریکی سنتز می شوند. بهترین دما برای سنتز کاروتن ها بطور طبیعی 15-10 درجه سانتی گراد است [107].

1-6-5-4-2- لیکوپن

در واریته های گریپ فروت قرمز، گوشت قرمز ناشی از پیگمان لیکوپن است. شدت رنگ پایین تر لیکوپن باعث رنگ صورتی واریته تامسون[6] گریپ فروت می شود. دمای بالای 30 درجه سانتی گراد از سنتز لیکوپن ممانعت می کند اما برعکس سنتز کاروتن را تحریک می کند [157]. اپتیمم دمایی برای سنتز لیکوپن 21-16 درجه سانتی گراد است. در معرض قرار گرفتن میوه با دمای بالا برای یک مدت کوتاه هیچ اثر مخرب دائمی روی سنتز لیکوپن ندارد، زیرا میوه ها در دمای بالا نگهداری شده و سپس با انتقال به دمای پایین سریعا شروع به سنتز پیگمان می کنند [107].

1-6-5-4-3- آنتوسیانین ها

[1] Early season
[2] Later season
[3] Joppa(Jaffa)
[4] Carotenogenesis
[5] Endergonic
[6] Thompson

آنتوسیانین ها به عنوان یک زیر گروه مهم از فلاونوئیدها مسئول رنگ گلها و میوه ها هستند. سیانیدین- 3- گلوکوزید[1] و دلفی نیدین-3 - گلوکوزید[2] آنتوسیانین های مهم هستند. از تکنیک کروماتوگرافی مایع با قدرت بالا[3] (HPLC) برای جداسازی ده نوع آنتوسیانین در پرتقال خونی سانگین[4]، تاراکو و مارو در ایتالیا استفاده شد [52،93،97،18]. بیشترین مقدار آنتوسیانین در پرتقال مارو و سپس سانگین و تاراکو با درجه بلوغ مشخص گزارش شده است. ارتباط مستقیمی بین آنتوسیانین و نسبت جامدات کلی محلول[5] (TSS) به اسیدیته یافت شده است. آنتوسیانین ها به مقدار کمی تحت تاثیر پایه قرار دارند. نمو پیگمان ها بطور عمده وابسته به شرایط آب و هوایی و واریته مرکبات است. ثابت شده که دمای پایین بیان ژنهای بیوسنتزی آنتوسیانین مانند PAL CHS, DFR و UFGT را تنظیم می کند و بطور همزمان تجمع آنتوسیانین ها را در پرتقال خونی القا می کند. تنظیم بالای این ژنها جز برای PAL می تواند بعد از انتقال پرتقالها به شرایط اصلی به حالت نرمال برگردند. بنابراین پیشنهاد شده است که کاهش بیان ژن DFR درارقام پرتقال غیرخونی مانند ناول در مقایسه با پرتقال خونی ممکن است مرتبط با غیاب آنتوسیانین در پرتقالهای غیر خونی باشد. در مناطق گرم و مرطوب آنتوسیانین های قرمز فراوان، در حالیکه در مناطق خشک شدت رنگ کمتر است. غلظت آنتوسیانین در میوه سریعا با بلوغ افزایش می یابد [107].

1-6-5-5- فنولیک ها

فنولیک ها به طور وسیعی در گیاهان توزیع شده اند. آن ها دسته ای از ترکیبات آروماتیک آلی دارای یک یا تعداد بیشتری گروه هیدروکسیل متصل به حلقه بنزن هستند که محصولات متابولیکی ثانویه نامیده می شوند و ظاهرا بطور اولیه برای رشد و نمو سلول گیاهی مانند محصولات متابولیکی ضروری دیگر از قبیل کربوهیدراتها، پروتئین ها، لیپیدها و نوکلئیک اسید تولید نمی شوند. با این وجود فنولیک ها نقش مهمی در دفاع گیاه، رنگ گل و میوه، طعم و توازن هورمونهای ترپنوئیدی از قبیل جیبرلیک اسید و آبسزیک اسید دارند. در مقیاس زمانی طولانی تر فنولیک ها سرعت تجزیه مواد زائد و حفظ مواد معدنی را در خاک تحت تاثیر قرار می دهند. بنابراین در بر هم کنش های اکوسیستم نقش دارند [76]. فنولیک ها از طریق تولید برخی آمینواسیدهای آروماتیک مانند تریپتوفان، تیروزین و فنیل آلانین و محصولات جانبی متابولیسم ثانویه تولید می شوند [115]. حلالیت فنولیک ها وابسته به حضور بخش قطبی یا گروه هیدروفوبی است. حلالیت با افزایش گروه های هیدروکسیل و

[1] Cyanindin-3-glucoside
[2] Delphinidin-3-glucoside
[3] High performance liquid chromatography
[4] Sanguinello blood orange
[5] Total soluble solids