



گروه‌بندی برخی ژنوتیپ‌های برتر زردآلوی بومی ایران بر اساس خواص فیزیکی و هندسی

فوزان بدیعی^{۱*}، ناصر بوذری^۲، فروغ شواخی^۳ و زهرا رفیعی درسنگی^۴

۱-استاد پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳-دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۴- کارشناس ارشد صنایع غذایی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

در این پژوهش ۱۱ ژنوتیپ برتر زردآلو از نظر برخی خواص فیزیکی و هندسی شامل سرعت تنفس، وزن، ابعاد میوه، محیط، سطح، حجم، شعاع متوسط هندسی، سطوح تصویر، فاکتور شکل، گردی، فاکتور فشردگی، نسبت طول به عرض (L/W)، نسبت طول به ضخامت (L/T) و نسبت طول به وزن (L/M) بررسی شدند. این ویژگی‌ها در مقدار رطوبت معین در زمان برداشت از ۷۵/۱۹ تا ۸۷/۶۷ درصد اندازه‌گیری شدند. در ادامه همبستگی بین صفات بررسی شد و ژنوتیپ‌ها براساس داده‌های به-دست آمده با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) گروه‌بندی شدند. نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های زردآلو از نظر ویژگی‌های فیزیکی و هندسی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ($P < 0.01$) داشتند. مطالعه همبستگی بین صفات نشان داد که در میوه‌هایی که طول بزرگتری داشتند، وزن میوه و رطوبت به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. فاکتور شکل و فاکتور فشردگی نیز همبستگی مستقیم و معنی‌داری با یکدیگر و رابطه عکس و معنی‌داری با گردی میوه داشتند. این تحقیق نشان داد که امکان گروه‌بندی ژنوتیپ‌های زردآلوی بومی ایران بر اساس ویژگی‌های فیزیکی و هندسی میوه وجود دارد. بر اساس تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌های زردآلو به پنج گروه متمایز تقسیم شدند و دو مؤلفه اول بیشترین واریانس (۹۱ درصد) را در داده‌های مورد بررسی توصیف کردند. نتایج این پژوهش می‌تواند در طراحی تجهیزات و ادوات برداشت، جابه‌جایی، جداسازی، بسته‌بندی و فرآوری میوه نقش مهمی داشته باشد.

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۰

کلمات کلیدی:

تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)،

خواص فیزیکی،

خواص هندسی،

زردآلو،

سرعت تنفس.

DOI: 10.22034/FSCT.20.137.74
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.137.6.6

* مسئول مکاتبات:

f.badii@areeo.ac.ir

۱- مقدمه

زردآلو *Prunus armeniaca* L. یکی از مهم‌ترین گونه‌های *Prunus* است که در دنیا کشت می‌شود. اقلیم قاره‌ای با تغییرات کم دما در طی فصل زمستان و تابستان‌های گرم شرایط مناسبی برای رشد این درخت فراهم می‌کند. در حال حاضر مهم‌ترین تولیدکنندگان زردآلو با بیش از ۸۰ درصد تولید جهانی، کشورهای ترکیه، ایران، ایتالیا، پاکستان، فرانسه، اسپانیا، آمریکا و مراکش هستند. تولید زردآلو در دنیا در سال ۲۰۲۱ میلادی حدود ۳۵۷۸۴۱۲ تن بوده‌است که در این میان ایران با تولید ۳۲۳۰۱۹ تن، حدود ۹ درصد تولید جهانی را به‌خود اختصاص داده‌است [۱]. پرثمرترین درختان زردآلو در سطح کشور که میوه آن‌ها علاوه بر مصارف داخلی جنبه صادراتی دارند به ترتیب در استان‌های آذربایجان شرقی، تهران، خراسان، آذربایجان غربی، سمنان، همدان، زنجان و مرکزی به‌عمل می‌آیند. زردآلو فصل برداشت کوتاهی دارد و زمان نگهداری آن حتی در بهترین شرایط محدود است. بنابراین میوه زردآلو فقط به‌صورت تازه مصرف نمی‌شود و برای تامین و رساندن این میوه به دست مصرف‌کنندگان در طول سال، صنایع تبدیلی مختلفی برای فرآوری آن توسعه زیادی یافته‌اند و این میوه به‌صورت خشک، منجمد، مربا، ژله، مارمالاد، پالپ و آب میوه استفاده می‌شود. علاوه بر این، از هسته زردآلو در تولید روغن‌ها، بنزالدئید، مواد آرایشی، کربن فعال و عطر خوشبو استفاده می‌شود زردآلو منبع خوبی برای پتاسیم، و بتاکاروتن است. بتاکاروتن یک رنگدانه گیاهی است که پیش‌ساز ویتامین A بوده و برای پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها و تقویت سیستم ایمنی بدن بسیار مفید است. در صنایع غذایی نیز از این رنگدانه به‌عنوان رنگ طبیعی و آنتی‌اکسیدان قوی استفاده می‌شود [۲].

بر اساس بسیاری از منابع موجود، کشور ایران یکی از خاستگاه‌های درختان میوه خصوصاً درختان هسته‌دار است. در حال حاضر در بسیاری از کشورها برای حفظ منابع ژنتیکی گیاهی برنامه‌های بسیار گسترده‌ای اجرا می‌شود زیرا در صورت عدم شناسایی و حفظ این منابع ژنتیکی به‌دلیل عدم آگاهی بشر بسیاری از آنها به‌دلایل مختلف از جمله جایگزینی ارقام جدید و یا تخریب منابع طبیعی و باغات از دسترس انسانها برای همیشه خارج خواهند شد. بر اساس اطلاعات به دست آمده در کشور ما نیز این روند به شکل گسترده‌ای توسط باغداران در حال اجرا است و بر این اساس تعداد قابل توجهی ژنوتیپ‌های با ارزش شناسایی و در یک مجموعه کم‌نظیر جمع‌آوری شده‌اند. ارزیابی این ژنوتیپ‌ها به‌منظور شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های امید بخش برای اهداف مختلف می‌تواند قدمی موثر برای حفظ این منابع ژنتیکی با ارزش باشد. از طرفی، به‌دلیل حساسیت و فسادپذیری میوه زردآلو و محدود بودن زمان برداشت آن، ضایعات این میوه در زمان تولید بالاست و به‌دلیل عدم آگاهی تولیدکنندگان و واحدهای فرآوری از ویژگی‌ها و تفاوت‌های ارقام مختلف آن، در اکثر مواقع رقم مناسبی برای فرآوری و یا تازه‌خوری انتخاب نمی‌شود و همین مسئله ضایعات محصول را افزایش می‌دهد. با شناسایی ارقام زردآلو کشور و مطالعه خواص فیزیکوشیمیایی، فیزیکی، تغذیه‌ای و حسی آنها می‌توان ارقام مناسب برای فرآوری، تازه‌خوری و نگهداری را شناسایی و معرفی کرد، بدین ترتیب می‌توان ضایعات پس از برداشت میوه را کاهش داده و راندمان تولید را در صنایع تبدیلی افزایش داد. در این میان خواص فیزیکی زردآلو برای طراحی تجهیزات و ادوات برداشت و پس از برداشت، انتقال، ذخیره سازی، تمیز کردن، جداسازی، مرتب سازی میوه و بسته‌بندی و فرآوری آن اهمیت به‌سزائی دارد.

احمدی و همکاران در سال ۲۰۰۸ برخی خواص فیزیکی و مکانیکی میوه، هسته و مغز زردآلو رقم تبرزه را در رطوبت-

پروفایل مواد آروماتیک، ابزاری کارآمد برای طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس فصل رسیدگی است و از ترکیبات فرار و مواد عامل بو به‌عنوان نشانگر کیفی برای انتخاب ارقام مناسب می‌توان استفاده کرد [۵].

خواص فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای و هندسی ۶ رقم غالب زردآلو در مناطق شمال پاکستان بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین ارقام مختلف زردآلو بود. برخی از ارقام به‌دلیل بالاتر بودن میزان ماده‌خشک و قند و پایین‌بودن مقدار رطوبت مناسب برای فرآوری و خشک‌کردن و برعکس برخی از ارقام مناسب برای تازه‌خوری تشخیص‌داده شدند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص هندسی ارقام برای توسعه مکانیزاسیون پس از برداشت و صنایع تبدیلی میوه اهمیت به‌سزائی داشت. آنها نشان دادند که رقم میرمالیک^۱ بیشترین وزن متوسط، حجم و ابعاد هندسی را داشت و برای مصرف تازه‌خوری مناسب تشخیص داده‌شد. سایر ارقام بررسی شده به‌دلیل کوچک بودن وزن و حجم میوه‌هایشان برای خشک کردن انتخاب شدند. ارقام میرمالیک و نیلی^۲ به‌دلیل بزرگ‌بودن نسبت پالپ به هسته، برای فرآوری و تولید فرآورده‌هایی نظیر مربا، مارمالاد و آب‌میوه مناسب تشخیص داده شدند [۶].

بررسی و مقایسه خواص کیفی ۲۰ ژنوتیپ زردآلو در جمهوری چک نشان داد که همبستگی خوبی بین خواص شیمیایی و فیزیکی زردآلو وجود دارد. این ارتباط می‌تواند به انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب با کارایی مطلوب کمک کند. در ادامه ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۳ گروه‌بندی شدند و ژنوتیپ‌های هر گروه خواص فیزیکی و شیمیایی مشابهی داشتند [۷].

اثر دو سال زراعی ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ بر خواص کیفی و ترکیبات زیست‌فعال ارقام جدید زردآلو، ارقام هیبریدی بین ایران، قفقاز و اروپا و چند رقم مهم در نواحی مدیترانه‌ای

های مختلف بررسی کردند. نتایج اندازه‌گیری این صفات شامل، ابعاد، میانگین قطر هندسی، گردی، دانسیته فله‌ای، دانسیته واقعی، تخلخل و وزن در افزایش بازدهی و کاهش ضایعات پس از برداشت این میوه نقش دارد. آنها نشان دادند در رقم زردآلوی تبرزه، میوه نسبت به مغز و هسته آن، حجم، وزن و مساحت سطح بزرگتری داشت و میوه این رقم کروی شکل بود [۳].

مشخصات فیزیکی و شیمیایی شش نمونه میوه زردآلوی ترکیه در سال ۲۰۰۷ شامل طول و قطر میوه، جرم، حجم میوه، قطر متوسط هندسی، کروی بودن، جرم ظاهری، چگالی، تخلخل، سطح تصویر، ضریب اصطکاک استاتیکی و دینامیکی در رطوبت‌های مختلف مطالعه شد. محققین اظهار داشتند که داده‌های این تحقیق کاربرد بالقوه‌ای در برداشت، حمل و نقل، طبقه‌بندی، فرآوری، ذخیره‌سازی، بسته‌بندی و سایر فرآیندهای مربوط به میوه زردآلو دارد [۲].

خواص فیزیکی هسته و مغز زردآلو برای طراحی تجهیزات فرآوری، جابه‌جایی، سورتینگ، شکستن و جداسازی ضروری است. با افزایش رطوبت هسته و مغز زردآلو خواص فیزیکی نظیر ابعاد، گردی، دانسیته فله‌ای، حجم، وزن، سرعت حد و سطح تصویر به‌صورت تابعی از رطوبت تغییر کرد [۴]. گردی هسته زردآلو با افزایش رطوبت کمی کاهش یافت، درحالی‌که گردی مغز زردآلو با افزایش رطوبت، افزایش نشان داد. تغییرات درجه تخلخل هسته و مغز زردآلو نیز وابستگی مشابهی نسبت به رطوبت نشان داد. در تحقیقی خواص کیفی شامل خواص فیزیکی، شیمیایی و بویایی زردآلوهای زودرس، میان‌رس و دیررس بررسی شد و آنالیز آماری نتایج برای تشخیص و گروه‌بندی ارقام مشابه و ارتباط آن‌ها با زمان رسیدگی استفاده‌شد. نتایج نشان داد که بین ارقام از نظر خواص فیزیکی، شیمیایی و بویایی تفاوت زیادی وجود دارد و ارتباطی با فصل رسیدگی ندارند. در این تحقیق نتیجه‌گرفته‌شد که در مورد زردآلو، آنالیز دقیق

1-Mirmalik

2- Neeli

3- Principal Component Analysis (PCA)

ترکیه بررسی شد. نتایج نشان‌داد که نوع رقم، سال زراعی و اثر متقابل رقم در سال زراعی باعث ایجاد تغییرات قابل ملاحظه و معنی‌داری در خواص کیفی و ترکیبات زیست-فعال میوه می‌شود ولی به‌طورکلی ژنوتیپ از سایر عوامل بیشترین و معنی‌دارترین نقش را نشان‌داد. همچنین مشخص شد که همبستگی مثبت معنی‌داری بین میزان فروکتوز و ساکارز با مقدار فنل کل وجود دارد. این نتایج می‌تواند برای تولید ارقام زردآلو با خواص کیفی و تغذیه‌ای بالاتر استفاده شود [۸].

در سال ۲۰۱۸ در کشور ایتالیا ویژگی‌های میوه‌شناسی و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه‌های ارگانیک از ۷ رقم مختلف زردآلو بررسی شد. ویژگی‌های انبارمانی میوه‌ها نیز به مدت ۱۴ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد بررسی شد. به‌طورکلی افزایش ترکیبات فنلی میوه‌ها و سبزی‌ها از نظر تغذیه‌ای اهمیت زیادی دارد ولی در عین حال در مدت نگهداری باعث قهوه‌ای‌شدگی آنزیمی محصول و کاهش کیفیت آن می‌شود. در این تحقیق، در ارقام مختلف زردآلو با مقدار متفاوتی از ترکیبات فنلی، بروز قهوه‌ای‌شدگی آنزیمی در مدت نگهداری ناچیز بود که نیاز به مطالعه تکمیلی دارد. نتایج این تحقیق نشان‌داد برای به-حداکثر رساندن خواص کیفی محصول، انتخاب رقم مناسب از سایر عوامل اهمیت بیشتری دارد [۹].

باتوجه به اینکه خواص فیزیکی زردآلو برای درک بهتر رفتار محصول طی عملیات برداشت و پس از برداشت نظیر انتقال، سورتینگ، درجه‌بندی، بسته‌بندی و نگهداری در انبار سرد و در عملیات فرآوری نظیر خنک‌کردن، خشک‌کردن و فرآورده‌های انتقال جرم و حرارت نقش و اهمیت به‌سزایی دارد، هدف از اجرای این پژوهش بررسی و تعیین برخی خواص فیزیکی و هندسی مهم یازده ژنوتیپ زردآلوی بومی ایران و تهیه بانک اطلاعات این ژنوتیپ‌ها بود. در ادامه با استفاده از روش‌های آنالیز واریانس و شیمی‌آماري،

ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات گروه‌بندی شدند. در ایران، تاکنون تحقیقی در خصوص گروه‌بندی ژنوتیپ‌های زردآلو با استفاده از روش‌های آنالیز واریانس و کمومتریکس انجام نشده است.

۲- مواد و روش‌ها

۱۱ ژنوتیپ برتر زردآلو از کلکسیون باغ تحقیقاتی زردآلوی مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی کشور در ایستگاه تحقیقات مشکین‌دشت تهیه شدند. این ایستگاه با مساحت حدود ۱۰۰ هکتار در مشکین‌دشت کرج، بامشخصات جغرافیایی ۳۵،۷۴۵ شمالی و ۵۰،۹۵۵ شرقی و با ارتفاع ۱۵۶۰ متر از سطح دریا قرار دارد. بافت خاک این منطقه شنی-رسی است. فاصله کاشت درختان ۴×۵ متر و نوع پایه کلیه ارقام و ژنوتیپ‌ها بذری است. ژنوتیپ‌های استفاده شده در این تحقیق با کدهای B105, S111, S113, B114, B121, S134, B142, B209, S211, S217 و R126 مشخص شدند. میوه‌ها پس از برداشت بی‌درنگ به آزمایشگاه انتقال یافتند. برخی خواص فیزیکی و هندسی میوه زردآلو از ژنوتیپ‌های مختلف با رطوبت طبیعی میوه به‌شرح زیر اندازه‌گیری شدند.

وزن میوه: با استفاده از ترازوی حساس Sartorius مدل BP-120 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۱ میلی‌گرم اندازه‌گیری شد.

رطوبت نمونه‌ها: در آون Memert مدل ۶۰۰-UE ساخت کشور آلمان در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس مطابق روش استاندارد AOAC تعیین شد [۱۰].

سرعت تنفس میوه: برای اندازه‌گیری سرعت تنفس از یک سنسور حساس به CO₂ (دستگاه میکرو ۵ تستو، آلمان) که مجهز به یک کارت حافظه است، استفاده شد. در یک محفظه پلاستیکی (۱۰×۲۰×۲۰ سانتی‌متر) و کاملاً محصور به هوا میزان CO₂ تولید شده توسط وزن مشخصی از میوه در مدت یک ساعت اندازه‌گیری شد. سرعت تنفس با

فاکتور فشردگی میوه‌ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد [۱۳].

$$Compact\ Factor = \frac{(Perimeter)^2}{Area} \quad (4)$$

در اینجا Perimeter محیط جسم و Area مساحت جسم است.

شعاع میانگین^۴: میانگین تمام فواصل بین مرکز جسم و نقاط لبه‌های جسم است و از روابط زیر به دست می‌آید:

$$R_i = \sqrt{(x_i)^2 + (y_j)^2} \quad (5)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{num_p} R_i}{num_p} \quad (6)$$

Ri فاصله بین مرکز جسم تا پیکسل (i, j) ام و $\bar{R}$ شعاع میانگین جسم و num_p تعداد پیکسل‌های موجود در محیط جسم است.

در ادامه نسبت طول به عرض (L/W)، طول به ضخامت (L/T) و طول به وزن میوه (L/M) نیز تعیین و گزارش شد.

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. آزمایش‌های اندازه‌گیری وزن، رطوبت و تنفس میوه ژنوتیپ‌های زردآلو در سه تکرار و تمامی آزمون‌های هندسی در ۲۰ تکرار اندازه‌گیری شدند. داده‌های آزمایشی با تجزیه واریانس یک‌طرفه توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ آنالیز شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با حداکثر خطای قابل قبول ۱ درصد استفاده شد. همبستگی صفات مختلف با محاسبه ضریب تبیین پیرسون^۵

بررسی شد [۱۴]. تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای گروه‌بندی داده‌های فیزیکی ژنوتیپ‌های زردآلو با استفاده از نرم‌افزار Minitab (Minitab Inc., ۱۸ ویرایش Pennsylvania, USA) صورت گرفت [۱۵].

استفاده از خارج قسمت شیب منحنی CO₂ تولید شده در برابر زمان برحسب ml CO₂/ kg.hr محاسبه شد [۱۱].

برخی خواص فیزیکی و هندسی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری خواص فیزیکی مدل WinArea-UT-10 ساخت شرکت فن‌آوران البرز اندیشه مجهز به دوربین مداربسته آنالوگ سامسونگ 600 TVL مدل SCB-2000 اندازه‌گیری شدند.

ابعاد خطی میوه شامل طول (L)، عرض (W)، ضخامت (T) مساحت سطح (A)، محیط (P) و سطح تصویر در محورهای (P_{A1}, P_{A2}, P_{A3}) مختلف اندازه‌گیری شد. با فرض اینکه میوه زردآلو بیضی‌وار است، حجم آن مطابق فرمول زیر به دست آمد [۱۲].

$$V = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{L}{2} \right) \left(\frac{W}{2} \right) \left(\frac{T}{2} \right) \quad (1)$$

در ادامه با استفاده از روابط زیر سایر خواص فیزیکی میوه توسط دستگاه محاسبه شد.

فاکتور شکل^۱: به نسبت محیط واقعی به محیط دایره‌ای با مساحتی برابر با مساحت جسم واقعی گفته می‌شود و از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۱۳].

$$Shape\ Factor = \frac{P_{real}}{2(\pi A)^{0.5}} \quad (2)$$

در اینجا: P_{real} محیط دایره هم‌مساحت با جسم اصلی و A_{real} مساحت جسم اصلی است. گردی^۲:

با استفاده از رابطه زیر گردی میوه زردآلو اندازه‌گیری شد.

$$C = \sqrt{\frac{A}{A_p}} \quad (3)$$

در اینجا: A مساحت واقعی جسم و A_p مساحت دایره‌ای است که قطر آن برابر با قطر دایره محیطی جسم و یا بزرگترین طول جسم است [۱۳].

فاکتور فشردگی^۳:

3- Compact Factor

4- Average Radial

5- Pearson correlation coefficient

1-Shape Factor

2- Circularity

۳- نتایج و بحث

در شکل ۱ تصویر برخی ژنوتیپ‌های زردآلو نشان داده شده‌اند. تجزیه واریانس خواص هندسی و فیزیکی ژنوتیپ-های زردآلو شامل ابعاد هندسی، شعاع متوسط، محیط، سطح، حجم، سطح تصویر، فاکتور شکل، فاکتور فشردگی، گردی به‌همراه وزن، سرعت تنفس و رطوبت میوه در جدول ۱ نشان داده شده است. مطابق این جدول بین ژنوتیپ‌های مختلف زردآلو اختلاف معنی‌داری از نظر این خواص هندسی و فیزیکی مشاهده می‌شود. این ویژگی‌ها در مقدار رطوبت معین ژنوتیپ در زمان برداشت اندازه‌گیری شده‌اند. مطابق جدول ۲ مقدار رطوبت ژنوتیپ‌ها از ۷۵/۱۹ درصد در ژنوتیپ S113 تا مقدار ۸۷/۶۷ درصد در ژنوتیپ S111 تغییر می‌کند. این نتایج با مطالعات پیشین که مقدار رطوبت برخی ارقام زردآلوی ترکیه و پاکستان را گزارش کردند، مطابقت دارد [۲ و ۳]. بخش عمده میوه تازه را آب تشکیل می‌دهد که تأثیر مهمی بر ماندگاری میوه دارد، تعیین رطوبت و فعالیت آبی میوه تازه برای ارزیابی و پیش‌بینی پایداری آن در مدت نگهداری و در انتخاب روش مناسب فرآوری آن بسیار حائز اهمیت است. به‌ویژه آگاهی از مقدار رطوبت زردآلو نقش اصلی در مطالعه و آنالیز فرآیند خشک کردن میوه با استفاده از هوای گرم و بهبود شرایط خشک‌کردن میوه دارد.



Fig1. Images of apricot genotypes.

در جدول ۲، میانگین ابعاد هندسی ژنوتیپ‌های مختلف زردآلو مقایسه شده‌اند. مطابق این جدول طول ژنوتیپ‌ها از ۴۰/۴۹ میلیمتر (ژنوتیپ B121) تا ۵۳/۰۲ میلیمتر (ژنوتیپ

R126)، عرض آنها از ۳۶/۷۵ میلیمتر (ژنوتیپ S113) تا ۴۶/۴۰ میلیمتر (ژنوتیپ S134) و ضخامت میوه‌ها از ۳۳/۵۷ میلیمتر (ژنوتیپ S113) تا ۴۲/۲۷ میلیمتر (ژنوتیپ R126) به‌دست آمد. ابعاد هندسی ژنوتیپ‌های بررسی شده در محدوده ابعاد ارقام زردآلوی ایرانی است که در مطالعات پیشین گزارش شده‌اند [۳ و ۱۶]. ولی از برخی از ارقام نواحی شمالی پاکستان بزرگترند [۶]. ابعاد ارقام زردآلوی ترکیه، هیبرید زردآلوی ایران و منطقه قفقاز و برخی ارقام اروپایی نیز در محدوده ابعاد ژنوتیپ‌های بررسی شده بودند [۸]. تعیین ابعاد هندسی میوه برای محاسبه اندازه محفظه و اجزاء دستگاه‌های جداکننده و سورتینگ میوه استفاده می‌شود. یکی دیگر از خواص فیزیکی مهم شعاع هندسی متوسط میوه است که برای طراحی فرآیندهای درجه‌بندی میوه کاربرد دارد. شعاع متوسط هندسی ژنوتیپ‌های بررسی شده از ۱۹/۸۳ میلیمتر در ژنوتیپ S113 تا ۲۴/۹۸ میلیمتر در ژنوتیپ S217 تغییر می‌کند. قطر هندسی ژنوتیپ‌های زردآلو با نتایج به‌دست آمده برای ارقام تجاری زردآلو مطابقت دارد [۱۶]. براساس نتایج در جدول ۲ ژنوتیپ‌های S113 و R126 به‌ترتیب کوچکترین و بزرگترین سطوح تصویر عمود بر طول (P_{A1})، عرض (P_{A2}) و ضخامت (P_{A3}) را دارند که به‌دلیل کوچک بودن ابعاد میوه ژنوتیپ S113 و بزرگ بودن ابعاد در ژنوتیپ R126 است. با توجه به کوچک بودن ابعاد ژنوتیپ S113، میوه زردآلوی این ژنوتیپ کوچکترین محیط (132.21 mm)، سطح (1207.70 mm^2) و حجم ($270.56/0.4 \text{ mm}^3$) را دارد. درحالی‌که برای ژنوتیپ‌های R126 و S134 بیشترین مقدار محیط ($164-167 \text{ mm}$)، سطح ($1800-1950 \text{ mm}^2$) و حجم ($50000-52500 \text{ mm}^3$) به‌دست آمد. کوچک‌تر بودن حجم ژنوتیپ زردآلوی S113 نشان می‌دهد که در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها، می‌توان تعداد بیشتری از میوه این ژنوتیپ را در حجم مشخصی از بسته‌بندی قرار داد. اندازه‌گیری و تعیین این خواص فیزیکی برای فرآوری و نگهداری میوه

باشد، قابلیت نگهداری آن به صورت تازه بیشتر می شود. بنابراین براساس رفتار تنفسی میوه، انتظار می رود ژنوتیپ های B114 و B121 قابلیت نگهداری کمتری داشته و فسادپذیرتر باشند.

از نظر وزن میوه بین ژنوتیپ های بررسی شده اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۲). کمترین مقدار وزن میوه ۲۷/۳۱ گرم (ژنوتیپ S113) و بیشترین مقدار وزن میوه ۵۱/۹۶ گرم (ژنوتیپ S217) است. وزن میوه یکی از مهمترین صفات کیفی زردآلوی تازه است [۱۷]. مطالعات پیشین نیز نشان دادند که ارقام مختلف زردآلو از نظر اندازه و وزن میوه بسیار متغیرند [۱۷ و ۱۸]. آزما و ازترک^۱ (۲۰۰۵) نشان دادند که ژنوتیپ های منطقه جغرافیایی ایران- قفقاز وزن کمتری نسبت به ژنوتیپ های اروپایی دارند [۱۹].

بسیار اهمیت دارد، به ویژه مساحت سطح برای تعیین سرعت خشک کردن و در نتیجه برآورد زمان خشک کردن به کار می رود. از نظر گردی نیز بین ژنوتیپ های مختلف اختلاف معنی داری مشاهده شد. ژنوتیپ S111 با ۰/۸۷ و ژنوتیپ های B121 و S211 با ۰/۹۶ به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار گردی را داشتند.

جدول ۲ نشان می دهد که فاکتور شکل ژنوتیپ های زردآلو با یکدیگر اختلاف معنی داری دارند. بیشترین مقدار فاکتور شکل در ژنوتیپ S111 (۱/۰۹) مشاهده شد ولی سایر ژنوتیپ ها از نظر این ویژگی اختلاف معنی داری ندارند. فاکتور شکل یک اصطلاح مهندسی علم مواد است که ارتباط بین فشردگی یا خمیدگی ماده ای در هنگام اعمال بار بر آن با شکل آن جسم را نشان می دهد. فاکتور شکل اساساً نشان می دهد که شکل یک جسم چه تأثیری بر میزان تغییر شکل جسم هنگام اعمال فشار به آن دارد. فاکتور شکل برای مقایسه تراکم پذیری دو شکل مختلف از یک ماده استفاده می شود. در مورد فاکتور فشردگی نیز نتایج مشابه با فاکتور شکل به دست آمد. بدین ترتیب که ژنوتیپ S111 با فاکتور فشردگی ۱۴/۸۱ بیشترین مقدار فاکتور فشردگی را در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها داشت و با سایر ژنوتیپ ها از نظر این ویژگی اختلاف معنی دار نشان داد. فاکتور فشردگی سایر ژنوتیپ ها از نظر آماری اختلاف معنی داری نداشتند.

از نظر سرعت تنفس اختلاف معنی داری بین ژنوتیپ های زردآلو مشاهده می شود. بیشترین سرعت تنفس در ژنوتیپ های B121 ($1/64 \text{ ml CO}_2/\text{Kg.hr}$) و B114 ($\text{ml CO}_2/\text{Kg.hr}$) و کمترین سرعت تنفس در ژنوتیپ های S211 ($1/01 \text{ ml CO}_2/\text{Kg.hr}$) و B142 ($1/03 \text{ ml CO}_2/\text{Kg.hr}$) به دست آمد. براساس رفتار تنفسی، زردآلو همانند سایر میوه های هسته دار میوه ای فرازگرا است. بدین معنی که فعالیت های متابولیکی و فرآیند رسیدگی میوه پس از برداشت نیز ادامه می یابد. بنابراین زردآلو میوه ای حساس و فسادپذیر است. به طور کلی هرچه سرعت تنفس میوه کمتر

Table 1 Variance analysis of some physical and geometrical characteristics of apricot

Source	Mean Square									
	df	Length	Width	Thickness	Elongation	Average R	Perimeter	Area	Volume	Mass
Model	10	214.9**	112.3**	89.4**	0.1**	34.3**	1532.1**	668027.5**	843090060.3**	6565688.4 ^{ns}
Intercept	1	250950.1**	193108.7**	165082.8**	143.4**	56306.1**	2515181.8**	277838883.1**	188186494796.5**	9123267.8 ^{ns}
Genotype	10	214.9**	112.3**	89.4**	0.1**	34.3**	1532.1**	668027.5**	843090060.3**	6565688.4 ^{ns}
Error	99	6.5	4.3	3.9	0.1	1.1	50.6	21936.5	34185984.7	6647484.3
Total	110									

Table 1 Continued variance analysis of some physical and geometrical characteristics of apricot

Source	Mean Square								
	df	Shape Factor	Compact Factor	Circularity	P(a)	P(b)	P(c)	Moisture	Respiration
Model	10	0.0**	0.2**	0.0**	322655.1**	485349.6**	666990.9**	120.2**	0.6**
Intercept	1	126.9**	23146.1**	93.0**	176517254.9**	233278172.9**	277866632.8**	767580.6**	190.9**
Genotype	10	0.0**	0.2**	0.0**	322655.1**	485349.6**	666990.9**	120.2**	0.6**
Error	99	0.1	0.1	0.0	12153.8	17164.0	22228.4	0.2	0.0
Total	110								

** : Significant at 0.01 level ns: not significant

نسبت ابعاد (L/W , L/T , L/M) میوه ژنوتیپ‌های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. ژنوتیپ‌ها از نظر این ویژگی‌ها در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. کمترین و بیشترین مقدار L/W به ترتیب در ژنوتیپ‌های B121 و S111 با میانگین ۰/۹۶ و ۱/۳۱ مشاهده شد. در مورد مقدار نسبت L/T ، ژنوتیپ B121 با میانگین ۱/۰۵ کمترین و ژنوتیپ S217 با میانگین ۱/۳۵ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ S111 با میانگین ۱/۲۴ بیشترین مقدار نسبت L/M را داشت و با سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد، در حالی‌که ژنوتیپ‌های B105، B121، R126، S134، B142 و S217 با میانگین ۱-۱/۱۴ کمترین مقدار L/M را داشتند. نسبت ابعاد در ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده مشابهت زیادی با مقادیر آن در ارقام تجاری کشور داشت. مقدار L/W در ژنوتیپ‌های S111 و S217 بیشتر از مقادیر گزارش‌شده برای برخی از ارقام تجاری است [۱۶]. همبستگی بین صفات مختلف هندسی، سرعت تنفس، وزن و رطوبت ژنوتیپ‌های مختلف زردآلو در جدول ۴ نشان داده شده‌است. مطابق این جدول ابعاد (طول، عرض و ضخامت) میوه همبستگی معنی‌دار مثبت و بزرگی با یکدیگر و با مساحت سطح، محیط و حجم میوه داشتند. شعاع متوسط هندسی میوه نیز همبستگی بسیار بزرگ و معنی‌داری با ابعاد میوه نشان داد. فاکتور شکل همبستگی مثبت و بزرگی با فاکتور فشردگی ($r=0.96$)، و همبستگی منفی و معنی‌داری با گردی ($r=-0.49$) میوه داشت. فاکتور شکل همبستگی معنی‌داری نیز با نسبت ابعاد میوه (L/W , L/T , L/M) نشان داد. در مورد میوه انگور نشان داده‌شد که فاکتور شکل همبستگی منفی با درازا (L/W) و فاکتور فشردگی میوه دارد [۱۳]. از طرفی فاکتور فشردگی میوه نیز رابطه منفی و معنی‌داری با گردی میوه نشان داد ($r=-0.49$). وزن میوه رابطه مثبت و معنی‌داری با ابعاد میوه، مساحت و حجم میوه داشت ولی رابطه مشخص و معنی‌داری بین وزن میوه و سرعت تنفس آن

مشاهده نشد. سرعت تنفس میوه رابطه معنی‌داری با طول میوه نداشت ولی با قطر متوسط هندسی ($r=0.28$)، سطح ($r=0.26$) و حجم ($r=0.26$) میوه رابطه مثبت و معنی‌داری نشان داد، بدین ترتیب که سرعت تنفس در میوه بزرگتر بیشتر بود. ولی سرعت تنفس با فاکتور فشردگی همبستگی کوچک و معنی‌داری نشان داد ($r=0.19$, $P<0.05$). طول میوه همبستگی بسیار معنی‌دار و منفی با گردی میوه داشت و هرچه میوه بلندتر بود، گردی آن به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد. همانطور که قابل پیش‌بینی است طول میوه همبستگی بسیار بزرگ و معنی‌داری با سه سطح تصویر میوه داشت. سرعت تنفس میوه و طول میوه رابطه مشخصی نشان ندادند ولی وزن میوه و رطوبت آن همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با طول میوه داشتند. در میوه‌هایی که طول بزرگتری داشتند، وزن میوه و رطوبت آن به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. عرض میوه رابطه مستقیم و بسیار معنی‌داری با ضخامت، شعاع متوسط هندسی، محیط، مساحت و حجم میوه نشان داد. با افزایش رطوبت میوه سطوح تصویر میوه افزایش معنی‌داری نشان داد، به‌طوری‌که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین رطوبت و سطوح تصویر P_{A1} ($r=0.35$, $p<0.01$) و P_{A2} ($r=0.25$, $p<0.01$) و P_{A3} ($r=0.26$, $p<0.01$) مشاهده شد. نتایج مشابهی نیز برای هسته و مغز زردآلو گزارش شده‌است [۴]. برخلاف طول میوه، عرض آن رابطه عکس با فاکتور شکل و رابطه مستقیم با گردی میوه نشان داد. عرض میوه اثر معنی‌داری بر فاکتور فشردگی نداشت. عرض میوه همبستگی معنی‌دار و بزرگی با سطوح تصویر داشت. رابطه مثبت و معنی‌داری بین عرض میوه و ضخامت میوه با سرعت تنفس مشاهده شد. مشابه با طول میوه، عرض و ضخامت نیز رابطه مثبت و معنی‌داری با وزن و رطوبت میوه نشان دادند. در خصوص ضخامت میوه، رابطه معنی‌داری با فاکتور شکل، گردی و فاکتور فشردگی میوه مشاهده نشد. همبستگی معنی‌داری بین تنفس با فاکتور شکل، فاکتور فشردگی و گردی نیز مشاهده نشد. در مورد وزن میوه نیز با این خواص فیزیکی همبستگی دیده‌نشد.

Table 2 Some geometrical and physical characteristics of apricot

Genotype	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Perimeter (mm)	Average Radial (mm)	Volume (mm ³)	Area (mm ²)
B105	41.56±1.49 ^a	37.22±1.63 ^c	34.96±1.04 ^a	133.69±5.40 ^{ab}	20.09±0.70 ^{ab}	28368.43±2777.85 ^{ab}	1241.29±87.59 ^{ab}
S111	48.66±3.06 ^c	37.14±1.15 ^b	34.89±0.89 ^a	144.13±6.54 ^{cd}	21.36±0.92 ^c	33067.07±3273.04 ^{bc}	1404.35±118.41 ^c
S113	41.82±1.55 ^a	36.75±1.31 ^a	33.57±1.16 ^a	132.21±4.16 ^a	19.83±0.59 ^a	27056.04±2482.40 ^a	1207.70±72.63 ^a
B114	50.62±3.63 ^{cde}	44.22±2.93 ^e	42.20±2.64 ^d	160.39±10.46 ^{fg}	24.01±1.53 ^{ef}	49908.72±9027.53 ^{fg}	1782.89±225.00 ^{ef}
B121	40.49±2.81 ^a	42.09±2.13 ^d	38.40±2.22 ^b	139.55±8.27 ^{bc}	20.95±1.18 ^{bc}	34530.74±6072.85 ^c	1355.16±157.44 ^{bc}
R126	53.02±2.79 ^e	44.58±1.40 ^{ef}	42.27±0.73 ^d	164.57±5.51 ^g	24.64±0.69 ^f	52350.34±4233.95 ^g	1871.80±103.79 ^{fg}
S134	51.69±2.28 ^{de}	46.4±2.49 ^f	40.15±1.91 ^{bc}	166.27±8.39 ^g	24.98±1.21 ^f	50686.93±7114.82 ^g	1931.40±187.81 ^g
B142	50.03±1.89 ^{cd}	42.1±1.24 ^d	39.80±0.78 ^{bc}	155.03±4.36 ^{ef}	23.19±0.57 ^{de}	43917.04±2996.17 ^{de}	1656.41±78.89 ^{de}
B209	48.51±3.24 ^c	42.79±2.38 ^{de}	40.94±3.10 ^{cd}	153.65±8.83 ^e	22.99±1.28 ^d	44831.72±7507.64 ^{def}	1632.35±182.46 ^d
S211	46.00±2.90 ^b	43.4±2.37 ^{de}	39.42±1.90 ^{bc}	149.76±7.33 ^{de}	22.31±1.20 ^d	41496.80±6708.64 ^d	1545.45±167.80 ^d
S217	53.00±1.27 ^e	44.2±2.82 ^e	39.53±3.10 ^{bc}	164.09±6.19 ^g	24.52±1.03 ^f	48764.34±7360.97 ^{efg}	1853.26±158.77 ^{fg}

Values with different letters in column are significantly different in Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 2 Continued: Some geometrical and physical characteristics of apricot

Genotype	Shape factor	Compact factor	Circularity	P _{A1} (mm ²)	P _{A2} (mm ²)	P _{A3} (mm ²)	Respiration (mLCO ₂ /Kg.hr)	Moisture Content(%)	Mass (g)
B105	1.07±0.01 ^a	14.41±0.28 ^a	0.94±0.02 ^e	1134.52±71.20 ^b	1135.32±65.43 ^a	1239.96±88.94 ^{ab}	1.15±0.25 ^{cd}	85.57±0.11 ^{de}	38.75±3.63 ^a
S111	1.09±0.01 ^b	14.81±0.21 ^b	0.87±0.02 ^a	1044.82±58.11 ^b	1305.75±104.89 ^{bc}	1404.35±118.41 ^c	1.26±0.24 ^{de}	87.67±0.38 ^f	32.64±2.57 ^a
S113	1.07±0.01 ^a	14.49±0.20 ^a	0.92±0.02 ^{cd}	937.40±59.26 ^a	1118.09±60.08 ^a	1207.70±72.63 ^a	1.14±0.20 ^{bc}	75.19±1.47 ^a	27.01±2.96 ^a
B114	1.07±0.01 ^a	14.48±0.17 ^a	0.92±0.02 ^{cd}	1430.82±169.17 ^d	1659.17±188.39 ^{de}	1775.24±236.15 ^{ef}	1.72±0.19 ^g	85.12±0.43 ^d	43.87±7.67 ^a
B121	1.07±0.01 ^a	14.41±0.25 ^a	0.96±0.02 ^f	1133.00±123.10 ^b	1267.21±152.26 ^b	1355.16±157.44 ^{bc}	1.64±0.02 ^g	81.37±0.71 ^b	38.53±4.80 ^a
R126	1.07±0.01 ^a	14.48±0.26 ^a	0.90±0.02 ^{bc}	1532.20±59.95 ^e	1748.22±70.27 ^e	1871.80±103.79 ^{fg}	1.45±0.24 ^f	85.18±1.63 ^d	46.81±2.82 ^a
S134	1.07±0.01 ^a	14.34±0.18 ^a	0.94±0.01 ^e	1378.94±130.07 ^{cd}	1616.83±157.13 ^d	1931.40±187.81 ^g	1.50±0.62 ^f	84.94±0.36 ^d	50.61±5.96 ^a
B142	1.08±0.01 ^a	14.52±0.22 ^a	0.91±0.03 ^{bcd}	1340.40±62.03 ^{cd}	1582.85±69.15 ^d	1656.41±78.89 ^{de}	1.03±0.11 ^{ab}	81.85±0.38 ^{bc}	48.90±4.27 ^a
B209	1.07±0.01 ^a	14.51±0.19 ^a	0.93±0.02 ^{de}	1339.78±128.98 ^{cd}	1577.36±180.13 ^d	1642.21±176.41 ^{de}	1.30±0.19 ^e	83.17±0.99 ^c	49.64±8.17 ^a
S211	1.08±0.01 ^a	14.56±0.21 ^a	0.96±0.02 ^f	1315.46±123.14 ^c	1398.85±129.20 ^c	1545.45±167.80 ^d	1.01±0.19 ^a	86.95±0.83 ^{ef}	37.79±5.31 ^a
S217	1.08±0.01 ^a	14.56±0.23 ^a	0.90±0.03 ^b	1347.12±147.66 ^{cd}	1609.28±166.41 ^d	1853.26±158.77 ^{fg}	1.29±0.30 ^e	81.87±0.78 ^{bc}	51.96±5.39 ^a

Table 3 Pearson coefficients of different geometrical and physical characteristics of apricot

	Length	Width	Thickness	Perimeter	Area	Volume	L/W	L/T	L/M	Average R	Shape Factor	Compact Factor	Circularity	P _{A1}	P _{A2}	P _{A3}	Respiration	Mass	Moisture
Length	1																		
Width	0.66**	1																	
Thickness	0.67**	0.88**	1																
Perimeter	0.93**	0.89**	0.83**	1															
Area	0.91**	0.90**	0.84**	0.99**	1														
Volume	0.87**	0.92**	0.92**	0.97**	0.98**	1													
L/W	0.56**	-0.24*	-0.11	0.22*	0.18	0.11	1												
L/T	0.57**	-0.11	-0.22	0.30**	0.26**	0.12	0.87	1											
L/M	-0.14	-0.41**	-0.40**	-0.30**	-0.32**	-0.33**	0.29*	0.26**	1										
Average R	0.92**	0.90**	0.84**	0.99**	0.99**	0.98**	0.19*	0.27**	-0.32**	1									
Shape Factor	0.17	-0.20*	-0.14	0.02	-0.075	-0.068	0.45**	0.40**	0.26**	-0.06	1								
Compact Factor	0.19*	-0.18	-0.12	0.05	-0.05	-0.04	0.45**	0.40**	0.24*	-0.04	0.96**	1							
Circularity	-0.50**	0.24*	0.10	-0.19	-0.14	-0.09	-0.91**	-0.78**	-0.33**	-0.15	-0.49**	-0.49**	1						
P _{A1}	0.77**	0.89**	0.94**	0.90**	0.91**	0.95**	.01	-0.03	-0.41**	0.91**	-0.14	-0.12	0.04	1					
P _{A2}	0.90**	0.85**	0.91**	0.96**	0.96**	0.98**	0.22*	0.17	-0.32**	0.96**	-0.03	-0.01	-0.19*	0.94**	1				
P _{A3}	0.91**	0.90**	0.84**	0.99**	0.99**	0.98**	0.18	0.26**	-0.32**	0.99**	-0.08	-0.05	-0.14	0.91**	0.96**	1			
Respiration	0.15	0.34**	0.30**	0.27**	0.28**	0.28**	-0.18	-0.14	-0.16	0.28**	-0.09	-0.08	0.07	0.23*	0.26**	0.27**	1		
Mass	0.56**	0.56**	0.58**	0.62**	0.62**	0.61**	0.08	0.08	-0.83**	0.63**	-0.14	-0.12	-0.01	0.62**	0.63**	0.62**	0.08	1	
Moisture	0.30**	0.20*	0.25**	0.28**	0.26**	0.26**	0.19	0.13	-0.15	0.27**	0.10	0.13	-0.06	0.35**	0.25**	0.26**	0.08	0.17	1

** Correlation is significant at the 0.01, * Correlation is significant at the 0.05 level

Table 4 Dimensional characteristics ratio of different apricot genotypes

Genotypes	L/W	L/T	L/M
B105	1.12±0.04 ^c	1.19±0.02 ^b	1.08±0.09 ^{ab}
S111	1.31±0.07 ^e	1.39±0.08 ^f	1.50±0.17 ^d
S113	1.14±0.04 ^c	1.25±0.05 ^{cd}	1.56±0.16 ^d
B114	1.15±0.05 ^c	1.20±0.04 ^{bc}	1.18±0.18 ^{bc}
B121	0.96±0.03 ^a	1.05±0.04 ^a	1.06±0.12 ^{ab}
R126	1.19±0.06 ^d	1.25±0.06 ^d	1.14±0.08 ^{abc}
S134	1.11±0.02 ^c	1.29±0.02 ^d	1.03±0.11 ^a
B142	1.19±0.05 ^d	1.26±0.04 ^d	1.03±0.08 ^a
B209	1.13±0.06 ^c	1.19±0.08 ^b	1.00±0.14 ^a
S211	1.06±0.03 ^b	1.17±0.03 ^b	1.24±0.21 ^e
S217	1.20±0.06 ^d	1.35±0.09 ^e	1.03±0.12 ^a

B209, B114, S217, R126 و S134 در کنار همدیگر و در گروه یک، ژنوتیپ‌های B121 و S211 در گروه دوم و ژنوتیپ‌های B105, S113, و S111 به ترتیب در گروه سوم، چهارم و پنجم قرار گرفتند. گروه یک در مقادیر مثبت PC_1 و گروه دو تا پنج در مقادیر منفی PC_1 و کاملاً متمایز از همدیگر قرار داشتند. نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی صفات مرفولوژیکی ۲۷ رقم زردآلوی ایرانی نشان داده که نمونه‌ها در سه گروه طبقه‌بندی شدند. مجموع واریانس مؤلفه‌های اول و دوم ۹۱/۲۳ درصد بود و تنها یک رقم بالاترین درجه کیفیت را داشت [۲۲].

همچنین گروه بندی ۱۱ رقم زردآلوی رومانیایی با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و متغیرهای مقدار کارتنوئید، اسیدهای چرب و ترکیبات فرار با توصیف ۷۶ درصد و پس از حذف ترکیبات فرار با توصیف ۸۳ درصد واریانس مجموع دو مؤلفه اصلی، موفقیت آمیز بوده است [۲۳]. تجزیه و تحلیل چند متغیره و خوشه‌بندی ویژگی‌های هندسی شامل ابعاد و شکل برای گروه‌بندی ارقام مختلف انگور نیز استفاده شده است [۲۴].

نمودار بارگذاری صفات، نشان‌دهنده ضرایب همبستگی بین مؤلفه‌های اصلی و متغیرهای ویژگی‌های هندسی و وزن است. این نمودار انتخاب مهمترین متغیرها را امکان‌پذیر می‌کند. متغیرهای با بردار بزرگتر و دورتر از مبدأ، اهمیت بیشتری در طبقه‌بندی مورد بررسی دارند [۲۵]. این نمودار نشان می‌دهد که بیشترین متغیرها در قسمت مثبت مؤلفه اول قرار گرفته‌اند.

متغیرهای تنفس و رطوبت با بردارهای کوچک‌تر، اهمیت کمتری در طبقه‌بندی داشتند و حذف شده‌اند و مقدار متغیرها از ۱۷ به ۱۵ کاهش یافت (شکل ۳ و جدول ۶). این متغیرهای باقیمانده تاثیر زیادی بر طبقه‌بندی ژنوتیپ‌های زردآلو بر اساس ویژگی‌های مورد بررسی داشتند و بدین ترتیب واریانس مؤلفه‌های اول و دوم از ۸۲/۹ به ۹۱ درصد رسید (جدول ۵). در عامل اول متغیرهای حجم (۰/۳۱۴)،

روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) یکی از روش‌های طبقه‌بندی کمومتریکس شناخت الگو^۱ است که برای تجزیه و تحلیل، گروه‌بندی و کاهش تعداد ابعاد در سری داده‌ها بدون از دست دادن اطلاعات توسط بسیاری از محققان برای طبقه‌بندی فرآورده‌های غذایی مختلف استفاده شده است [۱۵]. در این روش، کاهش ابعاد داده‌ها با استفاده از تعداد کمتری از اجزای اصلی در مقایسه با متغیرهای اولیه مورد استفاده به دست می‌آید. صفحه امتیازدهی^۲ شامل اطلاعات متغیرهاست که برای تعداد کمتری از متغیرهای زمینه‌ای با نام اجزاء اصلی، رسم می‌شود. اولین جزء اصلی (PC_1) تغییرات داده‌ها را تا جایی که ممکن است پوشش می‌دهد. دومین جزء اصلی (PC_2) که بر اولین جزء اصلی عمود است، تغییرات باقیمانده در داده‌ها را تا حد ممکن، پوشش می‌دهد. با رسم اجزاء اصلی، مشاهده روابط متقابل، تشخیص و تفسیر الگوهای نمونه، گروه بندی، ارزیابی شباهت‌ها و تفاوت‌ها امکان‌پذیر می‌شود [۲۰ و ۲۱].

صفحه امتیازدهی^۳ جزء دوم (PC_2) بر جزء اول (PC_1) مؤلفه‌های اصلی (شکل ۲) که بر اساس بردارهای ویژه برای هر مؤلفه به دست آمده است، پنج گروه متمایز از ژنوتیپ‌های زردآلو را نشان داد به طوری که شش ژنوتیپ B142،

1- Pattern Recognition Technique

2- Score plot

3- Score plot

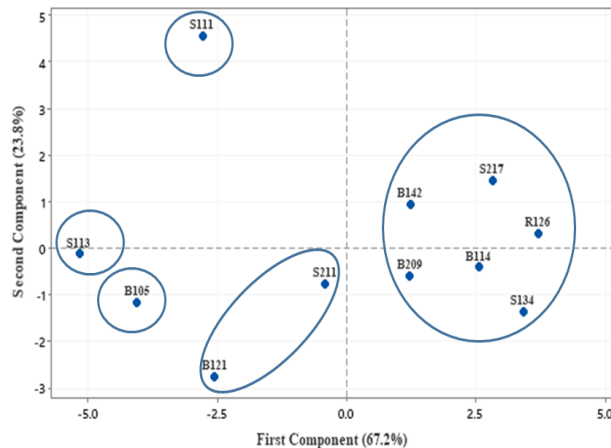


Fig 2 Score plot of Iranian apricot genotypes scattered in principle components area base on the geometrical characteristics

صفحه بارگذاری' جزء دوم (PC₂) بر جزء اول (PC₁) متغیرهای مورد بررسی با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه-های اصلی همبستگی بالایی بین تمامی متغیرهای مورد بررسی به غیر از درازا، فاکتور شکل، فاکتور فشردگی و گردی نشان داد (شکل ۳). این نتایج با نتایج به دست آمده از ضرایب همبستگی پیرسون (جدول ۳) مطابقت داشتند. همبستگی بالای یک متغیر با مؤلفه اصلی اول نشان دهنده این است که این متغیر در جهت حداکثر پراکندگی مجموعه داده‌ها است. همبستگی بسیار بالای یک متغیر با مؤلفه اصلی دوم (PC₂)، نشان دهنده این است که این متغیر در پراکندگی باقی مانده از مجموعه داده‌های اصلی که مؤلفه اول آن را در نظر نگرفته است، نقش اساسی دارد [۲۵]. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌تواند عوامل ایجاد تفاوت اصلی بین نمونه‌ها را مشخص کند.

مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس ده عامل اصلی و مستقل، در جدول شماره ۵ آمده است. در عامل اول، فاکتور شکل، فاکتور فشردگی و گردی با ضرایب منفی و سایر متغیرها با مقادیر ویژه مثبت قرار داشتند که ۶۷/۲ درصد از سهم کل واریانس را توجیه کردند. در عامل دوم عرض، ضخامت، حجم، گردی، P_{A1} و وزن منفی و

سطح (۰/۳۱۲)، میانگین شعاع (۰/۳۱۲) و P_{A3} (۰/۳۱۲) با بزرگترین ضرایب مثبت بر گروه‌بندی متغیرها بیشترین تأثیر را داشتند (جدول ۶). در عامل دوم، متغیرهای درازا (۰/۴۹۰)، فاکتور شکل (۰/۴۳۵)، فاکتور فشردگی (۰/۴۷۲) و طول (۰/۲۲۸)، با مقادیر مثبت و گردی با مقدار منفی (۰/۴۸۳) بیشترین تأثیر را در گروه بندی متغیرها نشان داده‌اند (جدول ۶).

Table 5 Eigenanalysis of the Correlation matrix and their cumulative variances for main components

Component	Eigen value	Proportion	Cumulative value
1	10.075	0.672	0.672
2	3.574	0.238	0.910
3	0.663	0.044	0.954
4	0.305	0.020	0.974
5	0.233	0.016	0.990
6	0.092	0.006	0.996
7	0.040	0.003	0.999
8	0.016	0.001	1.000
9	0.002	0.000	1.000
10	0.001	0.000	1.000

Table 6 Eigenvectors of different variables in first four components and their coefficients

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
Length	0.282	0.228	-0.106	0.061
Width	0.287	-0.171	0.255	0.060
Thickness	0.287	-0.126	0.175	-0.480
Volume	0.314	-0.012	0.045	-0.123
Perimeter	0.311	0.055	0.017	0.096
Area	0.312	0.027	-0.028	0.126
L/W	0.049	0.490	-0.381	0.059
Shape Factor	-0.028	0.435	0.633	0.352
Average Radial	0.312	0.035	-0.014	0.114
Compact Factor	-0.058	0.472	0.418	-0.338
Circularity Factor	-0.045	-0.483	0.402	0.166
P _{A1}	0.297	-0.075	0.042	-0.281
P _{A2}	0.309	0.045	-0.028	-0.238
P _{A3}	0.312	0.027	-0.027	0.130
Mass	0.276	-0.065	-0.060	0.537

معنی‌داری دارند. همبستگی بالایی بین برخی صفات زردآلو مشاهده شد که می‌توان از آن برای کاهش تعداد صفات اندازه‌گیری شده در مطالعات بعدی ژرم پلاسما زردآلو استفاده کرد. در ادامه نشان داده‌شد که امکان گروه‌بندی ژنوتیپ‌های زردآلوی بومی ایران بر اساس ویژگی‌های فیزیکی و هندسی میوه وجود دارد. تجزیه و تحلیل مؤلفه-های اصلی توانست ژنوتیپ‌های زردآلو را به پنج گروه متمایز تقسیم کند. بر این اساس، دو مؤلفه اول بیشترین واریانس (۹۱ درصد) را در داده‌های مورد بررسی توصیف کردند. از نظر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده ۶ ژنوتیپ B114, R126, S134, B142, B209, S217 در یک گروه، ژنوتیپ‌های B211 و B121 در یک گروه و ژنوتیپ‌های S111, S113 و B105 هرکدام در گروه‌های جداگانه‌ای قرار گرفتند. نتایج این تحقیق در خصوص اندازه‌گیری ویژگی‌های هندسی ژنوتیپ‌های زردآلو می‌تواند برای طراحی و ساخت ادوات برداشت، حمل و نقل، درجه‌بندی، بسته‌بندی، فرآوری و سایر فرآیندهای مرتبط با میوه زردآلو کاربرد و اهمیت به‌سزائی داشته باشد.

سایر متغیرها با مقادیر مثبت بودند که ۲۳/۸ درصد از کل واریانس را توجیه کردند. با توجه به نتایج جدول ۵، بیشترین تفاوت را عوامل اول و دوم با مجموع واریانس ۹۱ درصد بین نمونه‌ها ایجاد کرده است.

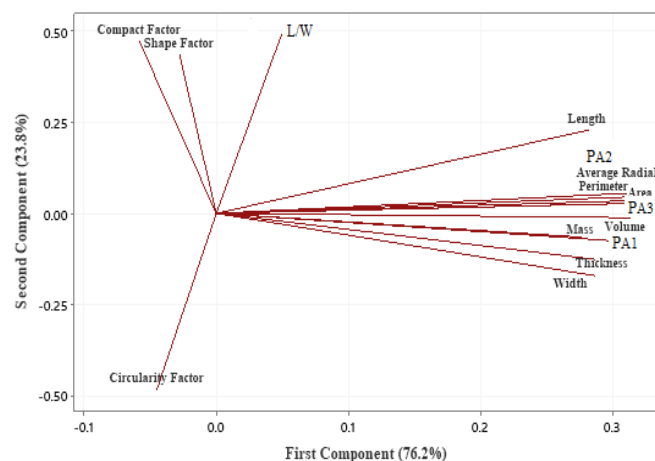


Fig 3 Loading plot of different variables in first two principal components PC1 and PC2

۴- نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق، برخی خواص هندسی و فیزیکی ۱۱ ژنوتیپ برتر زردآلوی ایران بررسی و با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد ژنوتیپ‌ها از نظر این ویژگی‌ها با یکدیگر اختلاف

۵- منابع

intermediate and late apricot cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90: 1008–1019.
[6] Ali, S., Masud, T. and Abbasi, K. S., 2011. Physico-chemical characteristics of apricot (*Prunus armeniaca* L.) grown in Northern Areas of Pakistan. Scientia Horticulturae, 130: 386-392.
[7] Mratinić, E., Popovski, B., Milošević, T. and Popovska, M., 2011. Evaluation of apricot fruit quality and correlations between physical and chemical attributes. Czech Journal Food Science, 29(2): 161–170.
[8] Caliskan, O., Bayazit, S. and Sumbul, A., 2012. Fruit quality and phytochemical attributes of some apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars as affected by genotypes and seasons. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici. 40(2): 284-294.
[9] Bartolini, S., Leccese, A., Remorini D., Iacona, C. and Viti, R., 2018. Quality and antioxidant traits of organic apricots (*Prunus armeniaca* L.) at harvest and after storage. European Journal of Horticultural Science. 83(1): 12–17.

[1] FAOSTAT. 2022. Production Quantity, Apricot. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>.
[2] Haciseferogulları, H., Gezer I., Ozcan, M.M. and MuratAsma, B., 2007. Postharvest chemical and physical-mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey. Journal of Food Engineering, 79: 364–373.
[3] Ahmadi, H., Fathollahzadeh, H. and Mobli, H., 2008. Some physical and mechanical properties of apricot fruits, pits and kernels (C. V. Tabarzeh). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 3 (5): 703–707.
[4] Gezer I, Haciseferogulları, H. and Demir, F., 2002. Some physical properties of Hachaliloglu apricot pit and its kernel. Journal of Food Engineering, 56: 49–57.
[5] Lo Bianco, R., Farina, V. Indelicato, S.G., Filizzola, F. and Agozzino, P., 2010. Fruit physical, chemical and aromatic attributes of early,

apricot (*Prunus armeniaca* L.) germplasm. *Euphytica*, 163(1): 143–158.

[19] Asma B. M. and Ozturk, K., 2005. Analysis of morphological, pomological and yield characteristics of some apricot germplasm in Turkey, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52: 305-313.

[20] Shavakhi, F., Boo, H.C., Osman, A. and Ghazali, H.M., 2011. Application of zNose for classification of enzymatically-macerated and steamed pumpkin using principal component analysis. *International Food Research Journal*, 18(1): 311-318.

[21] Bouzari, N., Khabbaz Jolfaee, H., Ahmadzadeh, S., Sadeghi Garmaroodi, H. and Hosseini, S.S., 2021. Exploitation of Plum Genetic Diversity to Identify Soil-Borne Fungi Resistance Rootstocks. *International Journal of Fruit Science*, 21(1): 681-692.

[22] Nazemi, Z., Zeinolabedini, M., Hallajian, M.T., Bouzari, N., Majidian, P. and Ebrahimi, M.A., 2016. Assessment of Iranian apricot cultivars resistant, susceptible and mutant to late spring frost. *Journal of Plant Molecular Breeding*, 4(2): 9-16.

[23] Pintea, A., Dulf, F.V., Bunea, A., Socaci, S.A., Pop, E.A., Opriță, V.A., Giuffrida, D., Cacciola, F., Bartolomeo, G. and Mondello, L., 2020. Carotenoids, Fatty Acids, and Volatile Compounds in Apricot Cultivars from Romania—A Chemometric Approach. *Antioxidants*, 9(7): 562.

[24] Kupe, M., Sayinci, B., Demir, B., Ercisli, S., Aslan, K.A., Gundesli, M.A., Baron, M. and Sochor, J., 2021. Multivariate Analysis Approaches for Dimension and Shape Discrimination of Vitis vinifera Varieties. *Plants*, 10(8): 1528.

[25] Shavakhi, F., Rahmani, A. and Moradi, P., 2021. Characterization of Iranian olive oils based on biophenolic minor polar compounds and their contribution to organoleptic properties. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(2): 365-376.

[10] Association of Analytical Communities. (2005). Official methods of analysis of AOAC international (18th ed.). Gaithersburg: Association of Analytical Communities.

[11] Sahraei KhoshGardesh, A., Badii, F., Hashemi, M., Yasini Ardakani, A., Maftoonazad, N. and Mousapour Gorji, A., 2016. Effect of nanochitosan-based coating on climacteric behavior and postharvest shelf-life extension of Apple cv. Golab Kohanz. *LWT Food Science and Technology*, 70: 33-40.

[12] Khojastehnazhanda, M., Mohammadi, V. and Minaei, S., 2019. Maturity detection and volume estimation of apricot using image processing technique. *Scientia Horticulturae*, 251: 247–251.

[13] Wycislo, A.P., Clark, J.R. and Karcher, E., 2008. Fruit shape analysis of vitis using digital photography. *Hortscience*, 43(3): 677–680.

[14] Shavakhi, F., Bouzari, N., Badii, F. and Darsangi, R., 2022. Selection of superior local sour cherry (*Prunus cerasus* L.) genotypes of Iran for different applications of fresh consumption and processing. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 19(123): 119-132.

[15] Shavakhi, F., Moradi, P. and Rahmani, A., 2020. Quality classification of olive oil produced in some of the provinces of Iran using chemometric tools. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 51 (2): 419-431.

[16] Jannatizadeh, A., Naderi Boldaji, M., Fatahi, R., Ghasemi Varnamkhasti, M. and Tabatabaefar, A., 2008. Some postharvest physical properties of Iranian apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit. *International Agrophysics*, 22: 125-131.

[17] Badenes, M.L., Martínez-Calvo, J. and Llácer, G., 1998. Analysis of apricot germplasm from the European ecogeographical group. *Euphytica*, 102: 93–99.

[18] Ruiz, D. and Egea, J., 2008. Phenotypic diversity and relationships of fruit quality traits in



Scientific Research

Classification of some superior local apricot genotypes of Iran based on physical and geometrical attributes

Fojan Badii^{1*}, Naser Bouzari², Forough Shavakhi³ and Zahra Rafiee Darsangi⁴

1. Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Associate Professor, Horticultural Science Research Institute, Temperate Fruits Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4. Master of Food Technology, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

ABSTRACT

In this study some physical and geometrical properties of 11 superior apricot genotypes were determined. These properties such as respiration rate, Mass, fruit dimensions, perimeter, surface area, volume, geometric mean diameter, projected area, shape factor, circularity, compact factor, length to width ratio, length to thickness ratio, and length to mass ratio were measured at harvesting moisture content ranging from 75.19 to 87.67 %. Then the correlation among average values of the attributes was performed and the genotypes were classified using principal component analysis (PCA). The results showed that all the genotypes had significant differences in terms of all the studied attributes ($P < 0.01$). There was a significant and positive correlation between fruit length and weight and fruit length and moisture content. Fruit shape factor and compression factor showed a positive and significant correlation, while these attributes had negative and significant correlations with circularity. This study showed that Iranian apricot genotypes could be discriminated by differences in their geometrical characteristics using principal component analysis. Based on the PCA results, the first two components account for the most of the variation in the data (91%) and five distinct groups were observed. Overall, the results of this study can be beneficial for the design of equipment for harvesting, transportation, separating, packaging, and processing of apricot fruit.

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 2023/1/28
Accepted : 2023/5/31

Keywords:

Apricot,
Geometrical attributes,
Physical attributes,
Principal Component Analysis (PCA),
Respiration rate

DOI: 10.22034/FSCT.20.137.74
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.137.6.6

*Corresponding Author E-Mail:
f.badii@areeo.ac.ir