تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۶ شماره ۴، زمستان ۹۲

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه برخی از ارقام تجاری هلو

میترا رحمتی*[۱]، غلامحسین داوری‌نژاد[۲]، عسگر غنی[۳]، شادی عطار[۴]، الهه میرابی[۵] و لیلا رازقی یدک[۶]

۱*- **نویسنده مسؤول:** دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (rahmati_m06@yahoo.com)

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳،۴و۶- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد سابق گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۴

چکیده

به منظور بررسی و مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه برخی از ارقام تجاری هلو (*Prunus persica* (L.) Basch) آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٦ تیمار و ٤ تکرار انجام شد. تیمارها شامل ٦ رقم هلو شامل ارقام هلوی سرخ مشهد، هلوی سفید مشهد، هلوی انجیری، هلوی سبز، آلبرتا، ردهیون و جی‌اچ هیل بود که از باغ تجاری شهد ایران در مشهد تهیه شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل وزن میوه و هسته، طول و عرض میوه، میزان مواد جامد محلول کل (بریکس)، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH آب میوه، خصوصیات رنگ شامل *L*، *a* و *b* پوست و گوشت، میزان ویتامین ث، میزان مواد فنلی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گوشت و پوست هلو بود. بر اساس نتایج این پژوهش بیشترین و کمترین وزن میوه به‌ترتیب در ارقام جی اچ هیل و آلبرتا به‌دست‌آمد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مواد فنلی کل گوشت ارقام تجاری مشهد به ترتیب، بین ۱۳ تا ٤٨ میلی‌گرم در میلی‌لیتر و ٤٧ تا ۲۰۹ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر گوشت متغیر بود. میزان مواد فنلی کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست هلو بیشتر از گوشت آن بود. با کیفیت‌ترین میوه از نظر داشتن بیشترین میزان ویتامین ث، مواد جامد محلول، مواد فنلی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، هلوی سبز مشهد بود. هلوی سرخ و سفید مشهد از لحاظ ویتامین ث، میزان مواد جامد محلول و وزن مناسب بود اما میزان مواد فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن از سایر ارقام پایین‌تر بود. بعضی شاخص‌های رنگ جهت گزینش میوه حاوی ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا قابل استفاده هستند.

کلید واژه ها: هلو، آسکوربیک اسید، شاخص‌های رنگ، ترکیبات فنلی

مقدمه

میوه‌های هسته‌دار از جمله هلو و آلو حاوی بخش بزرگی از مواد شیمیایی و رنگریزه‌ها (ترکیبات‌فنلی، اسید آسکوربیک، ویتامین E و کاروتنوئیدها) هستند که نقش مهمی در سلامت انسان بازی می‌کنند (سوالوس- کاسال و همکاران،[۱] ۲۰۰۶).

سالانه ۱۹ میلیون تن هلو/شلیل در سرتاسر دنیا تولید می‌شود (فائو[۲]، ۲۰۰۸). بزرگترین کشورهای تولیدکننده هلو به‌ترتیب عبارتند از چین، ایتالیا، آمریکا، یونان، فرانسه، ترکیه، شیلی، ایران و آرژانتین. بر اساس آمار سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، سطح زیر کشت هلو در این استان در سال زراعی ۱۳۹۰ برابر با ۲۴۰۴ هکتار بوده که ۲۰۲۴ هکتار آن سطح زیر کشت

1 - Cevallos-Casals *et al*.

2- FAO

درختان بارور می‌باشد. میزان تولید و عملکرد هلو در همین سال به‌ترتیب، معادل ۱۵۳۸۵ تن و ۷۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است.

میوه‌ها و سبزی‌ها منبع غنی از مواد طبیعی آنتی‌اکسیدانت هستند. مواد فنلی از نظر خواص آنتی‌اکسیدانی اهمیت بالاتری از ویتامین C، E و بتا کاروتن دارند. میزان ترکیبات‌فنلی‌کل با توجه به رقم و مرحله‌رشد تغییرمی‌کند و ممکن است همزمان با رسیدن میوه‌ها کمتر شود (سانچز مورنو و همکاران،[1] ۱۹۹۸). ویتامین‌ث به‌جهت فراوانی بالا در ترکیبات طبیعی به‌عنوان مهمترین آنتی‌اکسیدان محلول در آب درون سلول‌ها محسوب می‌شود (هالی ول،[2] ۱۹۹۶).

خصوصیات فیزیکوشیمیایی و فعالیت‌آنتی‌اکسیدانی برخی از ارقام زردآلوی ایرانی توسط داوری‌نژاد و همکاران[3] (۲۰۱۰) ارزیابی شده است. کالیونکو و همکاران[4] (۲۰۰۹) فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان ترکیبات فنلی کل را در ارقام تجاری زردآلو کشت شده در منطقه مالاتیای ترکیه مورد بررسی قراردادند. بر اساس نتایج آنها میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ارقام از ۹/۶ تا ۵۹/۴۷ درصد و میزان ترکیبات‌فنلی از ۵۸/۴ تا ۳۰۹/۵ میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰گرم وزن‌تر متغیر بود. جیل و همکاران[5] (۲۰۰۲) خاصیت آنتی‌اکسیدانی و میزان موادفنلی و ویتامین‌ث ارقام تجاری هلو، شلیل و آلوی کالیفرنیا را تعیین‌کردند. اسکالزو و همکاران[6] (۲۰۰۵) اثر معنی‌دار کولتیوار را بر ترکیبات‌فنلی‌کل و میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانت میوه هلو، زردآلو، سیب و توت‌فرنگی نشان‌دادند. بر اساس گزارش آنها انتخاب کولتیوار، ابزار مناسبی در جهت تعیین میزان موادفنلی و آنتی‌اکسیدانی خواهد بود که می‌تواند نقش مهمی در حفظ سلامت انسان داشته‌باشد. گزارش مشابهی توسط دی‌وایو و همکاران[7] (۲۰۰۸) مبنی بر اثر معنی‌دار کولتیوارهای مختلف هلو و شلیل بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مواد فنلی میوه به‌دست آمده است. حاجی‌لو و فخیم رضایی[8] (۲۰۱۱) برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی ۸ کولتیوار هلوی کشت‌شده در استان آذربایجان‌شرقی را بررسی کردند.

به دلیل افزایش روزافزون مصرف هلو به خاطر وجود ترکیبات زیست فعال فراوان، و تاثیر محیط و تفاوت‌های بین ارقام بر روی ارزش تغذیه‌ای میوه، مطالعات بیشتر در مورد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه هلو ضروری به‌نظرمی‌رسد. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی مهمترین خصوصیات فیزیکوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی از ارقام تجاری هلوی کشت شده در مشهد و همبستگی بین این خصوصیات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

انتخاب ارقام

ارقام مورد مطالعه در این تحقیق شامل ارقام تجاری ۶ رقم هلو به نام‌های هلوی سفید و سبز مشهد، هلوی انجیری، آلبرتا[9]، ردهیون[10] و جی- اچ هیل[11]بود که از باغ تجاری شهد ایران واقع در ۳۰ کیلومتری مشهد در مرحله بلوغ تجاری چیده و به آزمایشگاه منتقل شدند (ارقام مذکور در مرحله ای از بلوغ قرار داشتند که آماده برداشت جهت ارائه به بازار به عنوان میوه قابل عرضه به بازار بودند). فاصله کاشت درختان ۳×۴ متر و هرس آنها به فرم جامی بود. طرح آزمایشی مورد استفاده، طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار (ارقام هلو) و چهار تکرار بود. برای انجام آزمایش ۴ درخت هم‌سن (۷ ساله) پیوند شده روی پایه‌های بذری با فواصل کاشت ۴ × ۳ از هر رقم در نظر گرفته، و از هر پایه هشت میوه از جهات

1 - Sanchez-Moreno *et al*.
2 - Halliwell
3 - Davarynejad *et al.*
4 - Kalyoncu *et al*.
5 - Gil *et al*.
6 - Scalzo *et al*.
7 - Di Vaio *et al*.
8- Hajilou & Fakhimrezaei
9- Elberta
10- Red haven
11- GH Hale

مختلف تاج درخت برداشت شد، و در مجموع سی و دو میوه از هر رقم در چهار تکرار مورد آنالیز قرار گرفت.

اندازه‌گیری صفات کیفی

وزن میوه و هسته با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و قطر و طول میوه و هسته میوه با کولیس اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان مواد جامد محلول، پوست میوه خراشیده و بلافاصله بریکس آب میوه با استفاده از رفرکتومتر دیجیتال مدل ۳۳۰ ساخت شرکت Bellingham Stanley انگلستان اندازه‌گیری شد. درجه اسیدیته (pH) توسط pH متر (Model Metrohm 601) ثبت‌شد. میزان اسیدیته‌کل آب میوه از طریق تیترکردن با سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری و به صورت میزان اسیدمالیک (گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) بیان شد (ینگ و همکاران،[1] ۲۰۰۵).

میزان ویتامین‌ث با روش تیتراسیون و باکمک یدور پتاسیم و معرف نشاسته صورت‌گرفت (گوئبنت و همکاران،[2] ۱۹۳۴). به ۵ میلی‌لیتر آب‌میوه صاف‌شده، ۲۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر و ۲ میلی‌لیتر معرف نشاسته ۱ درصد اضافه شد. محلول حاصل با یدورپتاسیم (۱۶ گرم یدور پتاسیم به علاوه ۱/۲۷ گرم کریستال ید در لیتر) تیتر شد و میزان ویتامین‌ث بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر به‌دست‌آمد. رنگ‌زمینه‌ای پوست و گوشت ارقام‌هلو بااستفاده از رنگ‌سنج‌مینولتا مدل CM-2500d ساخت‌ژاپن، شامل پارامترهای L (درخشندگی)، a (سبز- قرمز) و b (آبی– زرد) اندازه-گیری شد.

عصاره‌گیری و اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

۱۰ گرم گوشت یا ۵ گرم پوست از هر رقم هلو با ۱۰ میلی‌لیتر متانول به طور یکنواخت به مدت ۲۴ ساعت در یک شیکر هم زده شد. عصاره متانولی حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و بخش شناور جدا شد. به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره گیاهی، ۶ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر و ۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو[3] اضافه شد. بعد از ۸ ثانیه در دمای اتاق، ۱/۵ میکرولیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه جذب محلول در طول موج ۷۶۵ نانومتر در اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و نتایج با بلانک (۱۰۰ میکرولیتر آب دوبارتقطیر به جای عصاره گیاهی اضافه شد) مقایسه شدند. میزان کل ترکیبات فنلی بر حسب میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن‌تر بیان شد (ارازم و همکاران[4]، ۲۰۱۰).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

تهیه عصاره متانولی بافت پوست و گوشت هلو برای سنجش آنتی‌اکسیدان‌های کل بر اساس روشی که در قبل برای اندازه‌گیری ترکیبات فنلی شرح داده شد، صورت گرفت. اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل بر اساس روش لئونگ و شوی[5] (۲۰۰۲) و میلیوسکاس و ون بیک[6] (۲۰۰۴) از طریق غیرفعال‌کردن رادیکال‌های آزاد آزاد تولیدشده توسط ماده ۲، ۲ – دی فنیل - ۱ - پیکریل هیدرازیل[7] (DPPH) و بی‌رنگ‌کردن رنگ بنفش تیره این ماده انجام شد. به ۱ میلی‌لیتر عصاره متانولی، به ترتیب، ۱ و ۲ میلی لیتر DPPH ۰/۱۵ میلی‌مولار اضافه شد تا بتوان میزان غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد را به صورت میلی‌گرم در میلی‌لیتر بیان کرد. برای تهیه بلانک هر دو دسته، به ۱ سی سی متانول به ترتیب، ۱ و ۲ میلی‌لیتر DPPH اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه جذب محلول در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (کالیونکو و همکاران، ۲۰۰۹).

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار Minitab 13، آنالیز واریانس یک–طرفه داده‌ها با متغیر رقم،

1- Ying *et al.*
2- Guebeant *et al.*
3- Folin – Ciocalteu
4- Orazem *et al.*
5- Leong and Shui
6- Miliauskas and Van Beek
7- (2.2 -Diphenyl-1-picrylhydrazyl)

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (p <۰/۰۵) انجام شد و نمودارها با نرم افزار Sigma Plot رسم شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

ارقام مختلف هلو از نظر وزن میوه و هسته، طول و عرض میوه، نسبت طول به عرض میوه، میزان مواد جامد محلول، pH، اسید قابل تیتراسیون و ویتامین ث اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۱). بیشترین وزن میوه در رقم جی اچ هیل مشاهده شد (۲۳۹ گرم) و سایر ارقام روند نزولی به ترتیب ذیل طی کردند: سرخ و سفید (۱۷۶ گرم) > ردهیون (۱۶۶ گرم) > سبز (۱۳۲ گرم) > انجیری (۵۸ گرم) و آلبرتا (۵۵ گرم). بیشترین وزن هسته مربوط به ارقام سبز و سرخ و سفید و کمترین آن در رقم انجیری به دست آمد. شکل میوه هلو تحت تاثیر ارقام مختلف قرار گرفت. به طوری که با توجه به جدول ۱، شکل میوه رقم سبز مشهد و رقم آلبرتا نزدیک به کروی بود (نسبت طول به عرض به ترتیب برابر با ۰/۹۷ و ۱/۰۶). هلوی انجیری تخت‌ترین میوه را تولید کرد (کمترین نسبت طول به عرض برابر با ۰/۴۴) و میوه های سایر ارقام کشیده‌تر بودند. با توجه به جدول ۱، بالاترین میزان مواد جامد محلول بر اساس درجه بریکس در رقم جی اچ هیل و سبز مشهد برابر با ۱۶ و رقم سرخ و سفید برابر با ۱۵/۳ و کمترین میزان آن در رقم ردهیون برابر با ۱۲ به دست آمد. بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون برابر با ۰/۷۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه در رقم جی اچ هیل و کمترین میزان آن در رقم انجیری و برابر با ۰/۲۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه به دست آمد. بالاترین pH آب میوه برابر ۴ در ارقام انجیری و سبز مشهد حاصل شد. pH آب میوه سایر ارقام اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. با توجه به شکل ۱، بالاترین میزان ویتامین ث (۱۰/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر) در رقم سبز مشهد دیده شد. میزان ویتامین ث سایر ارقام به صورت ذیل کمتر از رقم سبز مشهد بود: سفید مشهد و جی اچ هیل ≤ انجیری، آلبرتا و ردهیون. به طور کلی میزان ویتامین ث بین ۴/۵۰ تا ۱۰/۸۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر هلو متغیر بود.

پارامترهای رنگ گوشت و پوست هلو

با توجه به جدول ۲، روشن‌ترین رنگ پوست (بالاترین مقدار L) در هلوی سبز و سفید مشهد و تیره‌ترین رنگ پوست (کمترین مقدار L) در هلوهای آلبرتا، جی اچ هیل و ردهیون دیده شد. پوست سایر ارقام درخشندگی متوسط داشتند. بالاترین میزان a در پوست رقم آلبرتا، جی اچ و ردهیون به‌دست‌آمد و کمترین میزان آن در رقم سرخ و سفید و سبز مشهد و رقم انجیری بود. رقم‌های جی اچ هیل و ردهیون با دارا بودن بالاترین شاخص a به ترتیب برابر با ۲۱ و ۱۸ و کمترین شاخص b به‌ترتیب برابر با ۱۶/۵ و ۱۳، رنگ پوست قرمزتری داشتند. رقم‌های سبز و سرخ و سفید مشهد برعکس به دلیل داشتن کمترین شاخص a و بیشترین شاخص b پوست زردتری داشتند که این خصوصیات رنگ در واقع به ویژگی‌های ژنتیکی ارقام مربوط می‌باشد. شاخص درخشندگی (L) گوشت ارقام مختلف هلو اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). شاخص b و a گوشت رقم‌های جی‌اچ هیل، ردهیون و آلبرتا به‌صورت معنی-داری بالاتر از ارقام دیگر بود و در نتیجه گوشت آنها به رنگ زرد- قرمز دیده می‌شود. رقم سبز مشهد کمترین میزان a و b را نشان داد و دارای گوشت به رنگ سبز-آبی بود.

میزان مواد فنلی کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست هلو

ارقام مختلف از نظر مواد فنلی کل پوست و گوشت اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). بالاترین میزان مواد فنلی کل در گوشت هلوی سبز (۲۰۹/۱۸ میلی گرم) و ردهیون دیده شد و سپس روند نزولی به صورت زیر در ارقام مورد تحقیق مشاهده می‌شود: آلبرتا > سفید، انجیری و جی اچ هیل (۴۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه ارقام تجاری هلوی مشهد

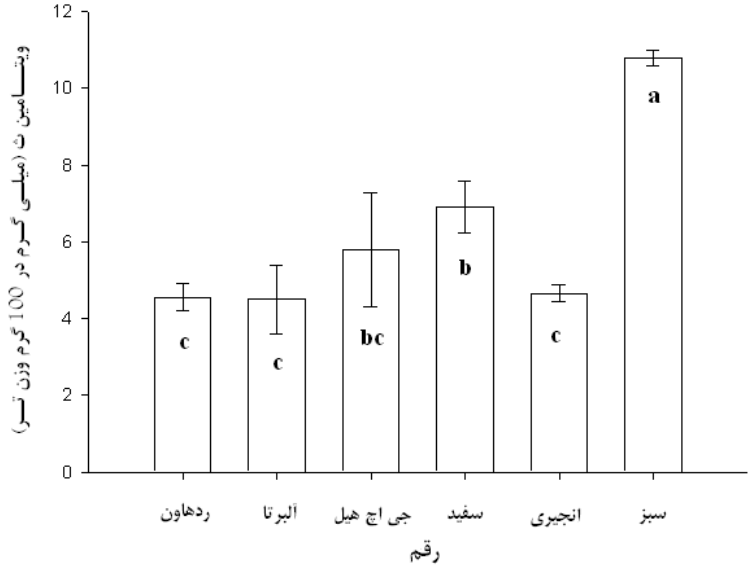
رقم	وزن میوه (گرم)	وزن هسته (گرم)	طول‌میوه (سانتیمتر)	عرض‌میوه (سانتیمتر)	طول / عرض	میزان مواد جامد محلول (درجه بریکس)	اسید قابل تیتر (میلی‌گرم اسیدمالیک در ۱۰۰ میلی-لیتر)	pH
ردهیون	۱۶۶/۳۳ ± ۱/۵۳c*	۵/۵۳ ± ۰/۳۸b	۵/۰۸ ± ۰/۲۱bc	۵/۴۵ ± ۰/۲۲bc	۰/۹۳ ± ۰/۰۲b	۱۲/۵۰ ± ۱/۶۰c	۰/۵۱ ± ۰/۰۶d	۳/۴۸ ± ۰/۱۲b
آلبرتا	۵۴/۷۶ ± ۵/۶۵e	۵/۶۰ ± ۰/۲۱b	۴/۱۶ ± ۰/۲۸d	۳/۹۳ ± ۰/۳۷d	۱/۰۶ ± ۰/۰۹a	۱۴/۰۵ ± ۰/۵۵bc	۰/۶۰ ± ۰/۰۱c	۳/۵۲ ± ۰/۰۳b
جی اچ هیل	۲۳۹/۰ ± ۱۰/۱۵a	۶/۳۶ ± ۰/۵۴b	۵/۸۰ ± ۰/۴۳a	۶/۴۶ ± ۰/۱۱a	۰/۸۹ ± ۰/۰۵b	۱۶/۰۰ ± ۰/۸۰a	۰/۷۷ ± ۰/۰۰a	۳/۲۵ ± ۰/۱۵c
سفید	۱۷۶/۰ ± ۱/۰۰b	۸/۰۱ ± ۰/۴۰a	۵/۲۹ ± ۰/۲۰b	۵/۷۴ ± ۰/۱۳b	۰/۹۲ ± ۰/۰۳b	۱۵/۳۰ ± ۰/۷۰ab	۰/۷۱ ± ۰/۰۱b	۳/۴۰± ۰/۰۱bc
انجیری	۵۸/۲۷ ± ۲/۵۴e	۳/۳۹ ± ۰/۶۱c	۲/۵۰ ± ۰/۱۰e	۵/۶۳ ± ۰/۸۳b	/۴۴ ± ۰/۰۵c	۱۳/۷۵ ± ۰/۲۵bc	۰/۲۹ ± ۰/۰۰e	۴/۱۵ ± ۰/۰۵a
سبز	۱۳۲/۰۳ ± ۳/۲۰d	۸/۳۶ ± ۱/۰۰a	۴/۶۵ ± ۰/۰۹c	۴/۸۰ ± ۰/۱۰c	۰/۹۷ ± ۰/۰۱ab	۱۶/۱۳ ± ۰/۸۱a	۰/۶۴ ± ۰/۰۵c	۴/۳۲ ± ۰/۱۶a

*حروف مشابه در هر ستون (مقایسه میانگین ± انحراف معیار) بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۲- پارامترهای رنگ در گوشت و پوست میوه ارقام تجاری هلوی مشهد

رقم	رنگ گوشت			رنگ پوست		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
ردهیون	۶۶/۰۸ ± ۶/۱۶a*	۱۵/۷۱ ± ۰/۳۳a	۴۸/۲۱ ± ۸/۱۰a	۴۸/۵۶ ± ۳/۹۹c	۲۱/۲۳ ± ۴/۹۹ab	۱۳/۵۷ ± ۰/۹۰c
آلبرتا	۶۸/۱۸ ± ۱/۴۹a	۱۱/۹۷ ± ۱/۹۱b	۴۶/۲۲ ± ۰/۳۰a	۵۲/۰۸ ± ۱/۸۷c	۲۵/۸۴ ± ۰/۶۹a	۲۲/۴۱ ± ۳/۳۴ab
جی اچ هیل	۶۹/۳۲ ± ۰/۴۵a	۱۲/۰۳ ± ۰/۳۷b	۵۰/۵۰ ± ۰/۹۸a	۴۷/۳۵ ± ۴/۴۷c	۱۸/۷۲ ± ۳/۶۱ab	۱۵/۹۳ ± ۴/۸۱bc
سفید	۷۰/۶۴ ± ۵/۸۱a	۲/۱۱ ± ۱/۲۷c	۲۳/۳۳ ± ۴/۹۶b	۶۶/۵۷ ± ۲/۵۳a	۱۵/۸۴ ± ۶/۸۳abc	۲۶/۵۶ ± ۷/۵۵a
انجیری	۶۵/۱۲ ± ۱/۹۹a	۳/۹۷ ± ۰/۲۰c	۲۳/۷۸ ± ۲/۸۵b	۵۹/۵۸ ± ۰/۶۸b	۱۳/۲۴ ± ۵/۴۷bc	۲۲/۷۸ ± ۴/۷۸ab
سبز	۶۷/۲۳ ± ۳/۸۷a	-۱/۱۹ ± ۲/۰۶d	۲۷/۶۶ ± ۵/۱۶b	۶۵/۹۱ ± ۳/۵۵a	۶/۷۹ ± ۷/۷۱c	۲۳/۴۵ ± ۴/۲۱ab

*حروف مشابه در هر ستون (مقایسه میانگین ± انحراف معیار) بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۱- میزان ویتامین ث ارقام تجاری هلوی مشهد

بالاترین میزان مواد فنلی کل پوست مربوط به رقم ردهیون برابر با ۳۸۷/۸ میلی گرم بود که سپس روند نزولی را به صورت ذیل داشت: آلبرتا، جی اچ هیل و انجیری > سبز > سرخ و سفید مشهد (۶۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر).

نتایج هچنین نشان داد که میزان مواد فنلی کل گوشت ۶۵ تا ۷۰ درصد مواد فنلی پوست بود. رمورینی و همکاران[1] (۲۰۰۸)، توماس باربران و همکاران[2] (۲۰۰۱)، لئونتویچ و همکاران[3] (۲۰۰۲) و جیل و همکاران[4] (۲۰۰۲) بالاتر بودن ترکیبات فنلی را در پوست هلو در مقایسه با گوشت میوه گزارش کردند. رمورینی و همکاران (۲۰۰۸) دلیل کاهش ترکیبات فنلی کل در گوشت هلو را تغییرات شیمیایی و آنزیمی بعضی از انواع مواد فنلی در زمان رسیدن بیان کردند.

بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست در هلوی سبز به ترتیب برابر با ۴۸ و ۵۷ میلی گرم در میلی-لیتر و کمترین میزان آن در هلوی رقم سفید مشهد به ترتیب برابر با ۱۳ و ۲۴ میلی‌گرم به دست آمد (جدول ۳). همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست بالاتر از گوشت بود. به طور کلی میوه‌هایی که میزان ماده فنلی کل آنها بیشتر بود، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری هم داشتند (جدول ۳) زیرا ترکیبات فنلی از جمله ترکیبات بیوشیمیایی هستند که دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی می باشند (دروگودی و تسیپوریدیس[5] ۲۰۰۷). نتایج مشابهی توسط ارازم و همکاران (۲۰۱۰) و جیل و همکاران (۲۰۰۲) در رقم‌های مختلف هلو گزارش شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده تنها رقم هلوی سبز بود که با وجود دارا بودن بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پوست و گوشت به ترتیب برابر با ۵۷ و ۴۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر، میزان مواد فنلی کل در پوست آن کمتر بود. به هر حال این رقم بالاترین میزان مواد فنلی موجود در گوشت را در مقایسه با سایر ارقام داشت. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت سایر ارقام به ترتیب زیرکاهش

1 - Remorini *et al.*
2 - Tomás-Barberán
3 - Leontowicz *et al.*
4- Gil *et al.*
5 - Drogoudi & Tsipouridis

جدول ۳ – میزان مواد فنلی کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در گوشت و پوست میوه ارقام تجاری هلوی مشهد

رقم	مواد فنلی کل – گوشت	مواد فنلی کل – پوست	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی – گوشت	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی – پوست
	گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر		میلی‌گرم بر میلی‌لیتر	
ردهیون	۱۹۸/۰۰ ± ۴/۵۸ a*	۳۸۷/۸۴ ± ۱۸/۱۶a	۲۸/۶۳± ۴/۶۷ b	۵۶/۹۶ ± ۲/۷۵ a
آلبرتا	۷۰/۴۶ ± ۴/۲۹ b	۲۴۰/۶۳ ± ۹/۶۳b	۲۳/۴۳ ± ۴/۴۰b	۴۷/۵۰ ± ۵/۵۰b
جی اچ هیل	۴۶/۹۲ ± ۶/۳۲ c	۲۲۵/۵۳۰ ± ۲۹/۱۳b	۱۳/۶۶ ± ۱/۶۵c	۳۳/۹۶ ± ۴/۲۱c
سفید	۵۱/۰۸۰ ± ۶/۸۸ c	۶۷/۱۸ ± ۹/۰۲d	۱۳/۲۳ ± ۱/۹۵c	۲۳/۹۰ ± ۱/۲۳d
انجیری	۴۷/۷۷ ± ۷/۴۰c	۲۱۵/۲۵ ± ۲۳/۲۹b	۲۰/۳۶ ± ۱/۷۱bc	۳۷/۵۶ ± ۴/۰۰c
سبز	۲۰۹/۱۸ ±۱۶/۸۰ a	۱۸۰/۵۷ ± ۹/۱۷c	۴۸/۳۰± ۱۰/۵۰ a	۵۶/۸۳ ± ۲/۵۵a

*حروف مشابه در هر ستون (مقایسه میانگین ± انحراف معیار) بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

یافت: ردهیون و آلبرتا ≤ انجیری ≤ جی اچ هیل و رقم سرخ و سفید مشهد. روند فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست ارقام مختلف هم به صورت زیر تغییر کرد: ردهیون و سبز > آلبرتا > جی اچ هیل و انجیری > سفید مشهد.

هبستگی بین صفات

تغییرات وزن مطابق با تغییرات طول میوه هلو بود. همانطور که همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۸۶) بین طول میوه با وزن میوه به دست آمد (جدول ۴). با توجه به نتایج به دست آمده بین وزن هسته و وزن میوه هلو همبستگی وجود نداشت. در حالی که دروگودی و تسیپوریدیس (۲۰۰۷) عکس این امر را گزارش کردند.

با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۴) بین میزان مواد فنلی پوست هلو با بعضی پارامترهای رنگ پوست و گوشت هلو نظیر a پوست و b گوشت، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. بدین صورت که ارقامی مانند ردهیون، آلبرتا و جی اچ هیل که پوست قرمزتر و یا گوشت قرمزتر دارند، میزان مواد فنلی بیشتری هم در پوست خود دارند. علت این امر بخاطر این است که در واقع در این ارقام ترکیبات فلاونوئیدی رنگی که خود زیرمجموعه ترکیبات‌فنلی محسوب‌می‌شوند، بالاتر می‌باشد لذا طبیعی بنظر می‌رسد که این ارقام ترکیبات فنلی و فعالیت‌آنتی‌اکسیدانی بالاتری داشته‌باشند. دروگودی و تسیپوریدیس (۲۰۰۷) همبستگی مثبتی بین مواد فنلی‌کل و خاصیت آنتی‌اکسیدانی‌کل با شاخص L پوست هلو نشان دادند.

تورجی و همکاران[1] (۱۹۹۸) همبستگی مثبت بین شاخص a پوست (قرمزی پوست) با میزان آنتی‌اکسیدانت ß هلوهای هسته‌چسبیده را گزارش کردند. درحالیکه دروگودی و همکاران (۲۰۰۵) همبستگی بین رنگ قرمز گوشت و اندازه کوچکتر میوه انار را با میزان آنتوسیانین آن نشان دادند. در زردآلو بین مواد آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی کل با پارامترهای رنگ همبستگی ضعیفی وجود داشت (کالیونکو و همکاران، ۲۰۰۹).

بین میزان مواد فنلی گوشت و ظرفیت آنتی اکسیدانی گوشت همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همین طور بین میزان مواد آنتی‌اکسیدانی پوست با مواد فنلی گوشت و پوست همبستگی مثبت و معنی‌داری دیده شد (جدول ۴). از طرف دیگر در برخی تحقیقات همبستگی منفی بین میزان کل ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در زردآلو (کالیونکو و همکاران، ۲۰۰۹) و آلو (روپاسینق و همکاران،[2] ۲۰۰۹) گزارش شده است.

با توجه به نتایج مندرج در جدول شماره ۴، بین میزان ویتامین ث با خاصیت آنتی‌اکسیدانی کل و میزان مواد فنلی پوست و گوشت هلو همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. دروگودی و تسیپوریدیس (۲۰۰۷) و جیل و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که بین میزان ویتامین ث و خاصیت آنتی‌اکسیدانی هلو همبستگی وجود نداشت و ویتامین ث در ایجاد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه نقشی نداشت. از سوی دیگر بین میزان ویتامین ث با شاخص درخشندگی L پوست هلو همبستگی مثبت وجود داشت و بین میزان ویتامین ث با شاخص a گوشت هلو همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت بدین صورت که هرچه رنگ گوشت قرمزتر باشد، میزان ویتامین ث بالاتر است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش اطلاعات مهمی درباره برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی ارقام تجاری هلوی کشت شده در استان خراسان رضوی را فراهم کرده است که این نتایج می تواند در انتخاب رقم برای احداث باغ در این مناطق و مناطق دیگر مفید باشد و تا حدودی امکان طبقه‌بندی میوه‌های این ارقام را از نظر ارزش تغذیه‌ای و سایر خصوصیات کیفی فراهم می‌کند. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان مواد فنلی کل گوشت به عنوان

1 - Tourjee *et al*.

2 - Rupasinghe *et al*.

جدول ٤- همبستگی پیرسون و (مقدار *P*) بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی میوه ارقام تجاری هلو مشهد

۱- L^* پوست	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۲- a^* پوست	۰/۶۰ (۰/۰۰)	۱							
۳- a^* گوشت	**۰/۸۹** (۰/۰۰)	**۰/٦۷** (۰/۰۰)	۱						
۴- b^* گوشت	**۰/۸۸** (۰/۰۰)	۰/۵۴ (۰/۰۲)	**۰/۸۷** (۰/۰۰)	۱					
۵- اسیدیته کل	۰/۰۴ (۰/۸۵)	۰/۰۳ (۰/۸۹)	۰/۰۱ (۰/۹۶)	۰/۲۹ (۰/۲۴)	۱				
۶- مواد فنلی گوشت	۰/۰۵ (۰/۸۳)	۰/۲۷ (۰/۲۸)	۰/۰۳ (۰/۸۹)	۰/۰۸ (۰/۷۵)	۰/۰۲ (۰/۹۲)	۱			
۷- مواد فنلی پوست	**۰/۷۱** (۰/۰۰)	۰/۳۵ (۰/۱۵)	**۰/۷۵** (۰/۰۰)	**۰/٦۷**(۰/۰۰)	۰/۳۴ (۰/۱۶)	۰/۴۶ (۰/۰۵)	۱		
۸- آنتی‌اکسیدان‌گوشت	۰/۲۶ (۰/۲۹)	۰/۳۱ (۰/۲۰)	۰/۲۹ (۰/۲۳)	۰/۰۹ (۰/۷۱)	۰/۱۳ (۰/۶۰)	**۰/۷۹** (۰/۰۰)	۰/۱۹ (۰/۴۴)	۱	
۹- آنتی‌اکسیدان‌پوست	۰/۱۸ (۰/۴۶)	۰/۰۳ (۰/۸۸)	۰/۱۸ (۰/۴۶)	۰/۳۱ (۰/۲۰)	۰/۲۱ (۰/۳۸)	**۰/۸۳** (۰/۰۰)	**۰/٦۹** (۰/۰۰)	**۰/۷٤** (۰/۰۰)	۱
۱۰- ویتامین ث	**۰/٦٤** (۰/۰۰)	-۰/۶۰ (۰/۰۰)	**-۰/۷** (۰/۰)	-۰/۴۱ (۰/۰۸)	۰/۳۸ (۰/۱۱)	۰/۴۵ (۰/۰۵)	-۰/۴۴ (۰/۰۶)	۰/۶۰ (۰/۰۰)	۰/۲۰ (۰/۴۲)

یک فاکتور بیوشیمیایی ارزشمند، بین ۱۳ تا ۴۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر و ۴۷ تا ۲۰۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر متغیر بود. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست هلو بسیار بالاتر از گوشت آن بود که حاکی از ارزش غذایی پوست این میوه می باشد. بهترین رقم از نظر بالا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی، رقم سبز مشهد بود که از این نظر اختلاف زیادی با گزینه بعدی یعنی رقم ردهیون داشت و همچنین بیشترین میزان ویتامین ث و مواد فنلی کل هم در رقم سبز مشهد به دست آمد. این نتایج نشان دهنده ارزشمند بودن ژنوتیپ هلوی سبز مشهد به عنوان یک رقم محلی بود. بهترین رقم از لحاظ تولید بیشترین وزن میوه رقم جی اچ هیل بود. می‌توان از شاخص درخشندگی پوست میوه برای گزینش میوه‌های حاوی ویتامین ث، مواد فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا استفاده کرد. میوه‌هایی که پوست قرمزتر و گوشت زردتر داشتند، در پوست خود مواد فنلی بالاتری هم داشتند. این تحقیق به صورت محدود در طی یک دوره یکساله انجام گردید و پیشنهاد می شود در مطالعات آینده خصوصیات کمی و کیفی این ارقام در چندین سال و در چندین منطقه دیگر مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان با اطمینان بیشتری در رابطه با همبستگی بین صفات نتیجه‌گیری کرد. همچنین با توجه به اینکه اکثر ترکیبات بیوشیمیایی تحت تاثیر مرحله نموی میوه قرار می‌گیرند پیشنهاد می‌شوند تغییرات این مواد در طی دوره نمو در چندین مرحله مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

۱. جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی http://www.koaj.ir/news/default.asp?nk=63&maincatid=978

2. Albás, E.S., Jiménez, S., Aparicio, J., Betrán, J.A., and Moreno, M.A. 2004. Effect of several peach × almond hybrid rootstocks on fruits quality of peaches. Acta Horticulturae, 658: 321-326.

3. Arnao, M.B., Cano, A., and Acosta, M. 1998. Estimacio´n de la actividad antioxidante total de cı´tricos y su relacio´n con el contenido de vitamina C. Fruticultura, 93: 48–54.

4. Belitz, H.D., Grosch, W., and Schieberle, P. 2009. Fruits, In: Belitz, H.D., Grosch, W. and Schieberle: Fruits and fruit products, Food Chemistry, pp: 807-849.

5. Cevallos-Casals, BA., Byme. D., Okie, WR., and Cisneros-Zevallos. L. 2006. Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced fuctional properties. Food Chemistry, 96: 273-280.

6. Davarynejad, G., Khorshidi, S., Nyeki, J., Szebo, Z., and Gal-Remennyik, J. 2010. Antioxidant capacity, chemical composition and physical properties of some apricot (*Prunus armeniaca*) cultivars. Horticultural Environment Biotechnology, 51(6): 477-482.

7. Di Vaio, C., Graziani, G., Marra, L., Cascone, A., and Ritieni, A. 2008. Antioxidant capacities, carotenoids and polyphenols evaluation of fresh and refrigerated peach and nectarine cultivars from Italy. European Journal of Food Technology, 227:1225-1231.

8. Drogoudi, P.D., Tsipouridis, C., and Michailidis, Z. 2005. Physical and chemical characters in pomegranate. Horticulture Science, 40: 1200–1203.

9. Drogoudi, P., and Tsipouridis, C. 2007. Effects of cultivar and rootstock on the antioxidant content and physical characters of clingstone peaches. Scientia Horticulture, 115: 34–39.

10. FAO. 2008. FAO Food and Nutrition Series. Statistical database http://faostat.fao.org

11. Gil, M.I., Tomás-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., and Kader, A.A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 4976-4982.

12. Guebeant, N.B., Basmussen, B.A., and Adams Dutchest, R. 1934. The value of the chemical titration method in determining the vitamin C potency of certain food substances. The journal of Nutrition 9(6): 667-675.

13. Hajilou, J., and Fakhimrezaei, S. 2011. Evaluation of physicochemical properties in some peach cultivars. Research in Plant Biology, 1(5): 16-21.

14. Halliwell, B. 1996. Vitamin C: antioxidant or pro-oxidant in vivo. Free Radical Research, 25: 439–454.

15. Kalyoncu, I., Akbulut, M., and Caklar, H. 2009. Antioxidant capacity, total phenolics and some chemical properties of semi-matured apricot cultivars grown in Malatya, Turkey. World Applied Sciences Journal, 6 (4): 519-523.

16. Leong, L.P., and Shui, G. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. Food Chemistry, 76: 69 -75.

17. Leontowicz, H., Gorinstein, S., Lojek, A., Leontowicz, M., M., Soliva-Fortuny, R., Park, Y.S., Jung, S.T. Trakhtenberg, S. and Martin-Belloso, O. 2002. Comparative content of some bioactive compounds in apples, peaches and pears and their influence on lipids and antioxidant capacity in rats. Journal of Nutritional Biochemistry, 13: 603-610.

18. McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurement. Horticulture Science, 27: 1254-1255.

19. Miliauskas, G.P.R., and Van Beek, T.A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chemistry, 85: 231-237.

20. Orazem., P, Stampar, F., and Hudina, M. 2011. Quality analysis of 'Redhaven' peach fruit grafted on eleven rootstocks of different genetic origin in a replant soil. Food Chemistry, 124 (4): 1691-1698.

21. Remorini, D., Tavarini S., Degl'Innocenti, E., Loreti, F., Massai, R., and Guidi, L. 2008. Effect of rootstock and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. Food Chemistry, 110: 361-367.

22. Rupasinghe, V.H.P., Jayasankar, S., and Lay, W. 2006. Variation in total phenolics and antioxidant capacity among European plum genotypes. Scientia Horticulturae, 108: 243-246.

23. Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J.A., and Saura Calixto, F.A. 1998. A procedure to measure antiradical efficiency of polyphenols. Journal of the Science of Food and Agriculture, 76: 270-276.

24. Scalzo, J., Politi, A., Pellegrini, N., Mezzetti, B., and Battino, M. 2005. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. Nutrition, 21: 207-213.

25. Szeto, Y.T., Tomlinson, B., and Benzie, I.F.F. 2002. Total antioxidant and ascorbic acid content of flesh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. The British Journal of Nutrition, 87: 55-59.

26. Tomás-Barberán, F.A., Gil, M.I., Cremin, P., Waterhouse, A.L., Hess-Pierce, B., and Kader, A.A. 2001. HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarins, peaches, and plums. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 4748-4760.

27. Tourjee, E.R., Barrett, D.M., Romero, M.V., and Gradziel, T.M., 1998. Measuring flesh color variability among processing clingstone peach genotypes differing in carotenoid composition. Journal of the American Society for Horticultural Science, 123: 433–437.

28. Ying, Y.B., Liu, Y.D., Wang, J.P., Fu, X.P., and Li, Y.B. 2005. Fourier transform near-infrared determination of total soluble solids and available acid in intact peaches. American Society of Agricultural Engineers, 48(1): 229-234.