

مقایسه پتانسیل قهوه‌ای شدن میوه برخی از ژنوتیپ‌های سیب ایرانی جهت معرفی برای صنایع فرآوری

The Comparison of Browning Potency of some Iranian Apple Fruit Genotypes for Introducing to Processing Industry

زهرا جاودانی^{۱*}، محمود قاسم نژاد^۲، حسن حاج نجاری^۳ و داود بخشی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۱۶

چکیده

قهوه‌ای شدن آنزیمی دلیل اصلی کاهش کیفیت محصولات فرآوری شده مثل آب میوه، چیپس و برش‌های تازه می‌باشد. در این پژوهش، خصوصیات بیوشیمیایی قهوه‌ای شدن برخی ژنوتیپ‌های سیب ایرانی ارزیابی شدند و قهوه‌ای شدن سطحی بافت، میزان فنول کل، فلاونوئید کل، نوع ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه مورد بررسی قرار گرفت. ژنوتیپ‌های آی‌آرای ۱ (IRI1)، آی‌آرای ۴ (IRI4)، آی‌آرای ۶ (IRI6) شدت قهوه‌ای شدن آنزیمی بسیار کمی در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر نشان دادند. شدت قهوه‌ای شدن یک ارتباط مثبت با فنول کل، فلاونوئید کل، کلروژنیک اسید و یک ارتباط منفی با میزان کاتچین در برش‌های سیب نشان دادند، اما ارتباطی بین شدت قهوه‌ای شدن و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین ژنوتیپ‌های مختلف سیب دیده نشد. در مجموع، ژنوتیپ‌های آی‌آرای ۱ (IRI1)، آی‌آرای ۴ (IRI4) و آی‌آرای ۶ (IRI6) که در کلکسیون تحقیقاتی سیب کرج اصلاح شده‌اند، کم‌ترین شدت قهوه‌ای شدن را نشان دادند که می‌توانند برای تهیه فرآورده‌هایی مانند برش‌های تازه سیب، آب میوه، پوره و چیپس خشک شده مناسب باشند.

واژه‌های کلیدی: قهوه‌ای شدن، پلی‌فنول‌ها، فرآوری حذاقلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

۱. دانشجوی سابق کارشناس ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

۲. استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

۳. استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

* نویسنده مسئول E-mail: z.javdani@yahoo.com

مقدمه

سیب یکی از مهم‌ترین میوه‌های مناطق معتدله است (خانی‌زاده و همکاران، 2007). در کشور کانادا حدوداً ۶۵ درصد از میوه‌های تولید شده به مصرف تازه‌خوری و ۳۵ درصد آن در صنعت فرآوری استفاده می‌شود (سانونر^۱ و همکاران، 1999). میزان و نوع ترکیبات پلی‌فنولی موجود در سیب چه به‌صورت تازه و چه به‌صورت فرآوری شده به خاطر نقش و اهمیت کیفی آن‌ها در سلامت از اهمیت زیادی برخوردار است (سان^۲، 2002). سیب‌ها از بهترین منابع ترکیبات فنولی مختلف و ظرفیت آنتی-اکسیدانی بالا هستند. ترکیبات فنولی در بین ارقام مختلف و همچنین بافت‌های مختلف به‌صورت متفاوتی پراکنده شده است (سانونر و همکاران، 1999). گزارش‌های قبلی نشان داد که نوع و میزان ترکیبات فنولی در ارقام مختلف تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار دارد (آواد و جاجر^۳، 2002). برای انتخاب بهترین رقم برای تولید فرآورده‌هایی مثل آب میوه، چیپس، پوره و فرش کات بایستی توجه خاصی به حجم پلی‌فنول‌ها و نوع آن‌ها به-خاطر تاثیرشان روی رنگ، تلخی و سفتی بافت داشت (لئا^۴، 1990). قهوه‌ای شدن، مهم‌ترین نابسامانی فیزیولوژیکی است که باعث کاهش کیفیت ظاهری، رنگ، بو، طعم، سفتی بافت، مزه و ارزش غذایی فرآورده‌های سیب می‌شود و تمایل مصرف کنندگان را برای خرید این نوع فرآورده‌ها کاهش می‌دهد. قهوه-ای شدن آنزیمی باعث کاهش کیفیت فرآورده‌های سیب مثل آب میوه، پوره و چیپس نیز می‌شود (بیوتا^۵ و همکاران، 1999). برخی از ترکیبات پلی‌فنولی نقش مهمی در ایجاد رنگ قهوه‌ای در تولیدات سیب دارند، از جمله اسید کلروژنیک که به‌عنوان یکی از ترکیبات مهم پیش ماده برای آنزیم پلی‌فنول اکسیداز (PPO) عمل می‌کند. در حضور اکسیژن و آنزیم پلی‌فنول-اکسیداز (PPO)، اسید کلروژنیک به ترکیبات او-کوئینونی^۶ و در نهایت به ترکیباتی با رنگ زرد و قهوه‌ای در بافت سیب تبدیل می‌شود (مارتینز و ویتاکر^۷، 1995).

مطالعات زیادی در ارتباط با کاهش قهوه‌ای شدن در برش‌های تازه سیب انجام شده‌است، به خصوص از زمانی که دولت کانادا استفاده از سولفیت‌ها را در جلوگیری از قهوه‌ای شدن برش‌های تازه میوه‌ها و سبزی‌ها ممنوع کرده است. اگر چه ترکیبات شیمیایی بازدارنده قهوه‌ای شدن با نام‌های تجاری

Natural Seal و Fresh Xtend در بازار وجود دارند (جوشی^۸ و همکاران، 2007)، اما قیمت بالای آن‌ها باعث محدودیت استفاده از این ترکیبات شده است. اخیراً برنامه‌های تحقیقاتی زیادی به-دنبال یافتن ارقامی از سیب با پتانسیل قهوه‌ای شدن پایین، در دست اجرا می‌باشد (مارتینز و ویتاکر، 1995). با استفاده از تکنیک‌های اصلاحی به خصوص مهندسی ژنتیک، برخی ژنوتیپ‌های جدید با ویژگی قهوه‌ای شدن پایین، به صنعت فرآوری حداقلی معرفی شده است. ژنوتیپ‌هایی همچون Super Mac، SJCA16 و Eden از جمله ژنوتیپ‌های هستند که با استفاده از تکنیک‌های اصلاح سنتی در مرکز توسعه و تحقیقات کشاورزی-باغبانی کانادا واقع در کبک معرفی شده است (نیکولا و فونتانا^۹، 2007). در حال حاضر تحقیقات در این راستا، بر دو هدف اصلی شامل ارزیابی و مقایسه ژنوتیپ‌های سیب از لحاظ پتانسیل قهوه‌ای شدن پایین و بررسی عوامل بیوشیمیایی تعیین کننده قهوه‌ای شدن آنزیمی پس از برش متمرکز شده است (جوشی و همکاران، 2007). بنابراین، در پژوهش حاضر نیز اهداف فوق دنبال خواهد شد و پیدا کردن ژنوتیپ‌هایی از سیب ایرانی که از پتانسیل قهوه‌ای شدن کم‌تری برخوردار باشد می-تواند مناسب برای تکنولوژی فرآوری حداقلی، سالاد، آب میوه و چیپس سیب باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

میوه‌های ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش از کلکسیون تحقیقاتی سیب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کمال‌آباد کرج، تهیه شدند. تمام ژنوتیپ‌ها روی پایه‌های بذری پیوند شده بودند و فرم تربیت آن‌ها به صورت جامی بود. از هر درخت سه میوه به صورت تصادفی برداشت شد. شاخص بلوغ برداشت میوه‌ها، رسیدن بذر که با قهوه‌ای شدن آن همراه بود و نیز رنگ‌گیری پوست میوه‌ها بود. تعداد شش ژنوتیپ سیب ایرانی شامل شفيعی، خورسیجان، آی‌آرای ۶، آی‌آرای ۱، آی‌آرای ۴ و گلشاهی برای انجام این پژوهش گزینش و جهت انجام آزمون‌های بیوشیمیایی به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه گیلان منتقل شدند.

شاخص قهوه‌ای شدن

برای انجام این کار، ابتدا میوه‌ها با آب مقطر شستشو شدند و سپس از هر ژنوتیپ سیب سه میوه به‌صورت تصادفی

1. Sanoner
2. Sun
3. Awad and Jager
4. Lea
5. Buta
6. O-quinones
7. Martinez and Whitaker

8. Joshi

9. Nicola and Fontana

۱۰۰۰۰ دور در سانتیفریوژ یخچال دار سانتیفریوژ شدند. بخش روشنای محلول سانتیفریوژ شده با استفاده از فیلترهای با قطر منافذ $0.45 \mu\text{m}$ صاف شد. 50 میکرولیتر از عصاره صاف شده به دستگاه HPLC مدل (Waters, MA, USA) با دتکتور UV (Waters Dual λ Absorbance 2487) تزریق شد و میزان جذب در طول موج 280 نانومتر برای کاتچین و 320 نانومتر برای کلروژنیک اسید اندازه گیری شد. تشخیص نوع و محاسبه مقدار هر یک از ترکیبات با استفاده از استاندارد مربوطه، انجام شد.

ظرفیت آنتی اکسیدانی

ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره ها، از طریق خنثی-کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۱۱ و ۱۲) دیفنیل-پیکریل هیدرازیل تعیین شد (دیوانتو^۶ و همکاران، ۲۰۰۲). سپس میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (T80+ PG Instrument UV/Vis) در طول موج 515 نانومتر قرائت شد. ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\% \text{DPPH}_{\text{Sce}} = (A_{\text{cont}} - A_{\text{samp}}) / A_{\text{cont}} \times 100$$

$$\% \text{DPPH}_{\text{Sce}} = \text{درصد بازدارندگی}$$

$$A_{\text{cont}} = \text{میزان جذب DPPH}$$

$$A_{\text{samp}} = \text{میزان جذب (نمونه + DPPH)}$$

محاسبات آماری

این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار طراحی و انجام شد. وجود اختلاف معنی دار میانگین ها به کمک روش آماری مقایسه میانگین ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح 5% و با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

شدت قهوه ای سطحی بافت

در این پژوهش شاخص قهوه ای شدن در ژنوتیپ های مورد آزمایش تفاوت معنی داری را نشان دادند. به طور کلی، شدت قهوه ای شدن گوشت میوه پس از برش در ارقام مختلف بین 8 و 27 درصد متفاوت بود. همان طور که در شکل ۱ مشخص است، ژنوتیپ «گلشاهی» دارای بیشترین میزان شدت قهوه ای شدن گوشت و ژنوتیپ «آی آر ای ۴» دارای کمترین میزان بود.

انتخاب و با 200 ppm هیپوکلرید سدیم ضد عفونی گردید. پس از خشک شدن در دمای اتاق، میوه ها با استفاده از یک چاقوی تیز به 8 قسمت مساوی به ضخامت تقریبی $2-3$ میلی متر بریده شدند (Fan^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). شدت قهوه ای شدن سطح قطعات سیب برش خورده پس از 2 ساعت در دمای اتاق (تقریباً 25 درجه سانتی گراد) بر اساس مقیاس درجه بندی بین $5-1$ اندازه گیری شد. بدین منظور عدد $1 =$ بدون عارضه، $2 =$ شدت کم (کمتر از 5 درصد علائم قهوه ای شدن)، $3 =$ متوسط (بین $20-5$ درصد علائم قهوه ای شدن)، $4 =$ شدت ملایم ($50-20$ درصد علائم قهوه ای شدن) و $5 =$ زیاد (50 درصد > سطح آسیب دیده) در نظر گرفته شد و شاخص قهوه ای شدن در نهایت مطابق فرمول زیر محاسبه شد.

$$(\text{درصد متناظر با هر کلاس} \times \text{درجه ی قهوه ای شدن}) = \sum$$

شاخص قهوه ای شدن

فنول کل

میزان فنول کل در عصاره گوشت با روش فولین-سیوکالتو^۲ و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (T80+ PG Instrument UV/Vis Spectrometer) در طول موج 760 نانومتر قرائت شد و از اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده شد (شیو/شانکارا^۳ و همکاران، ۲۰۰۴).

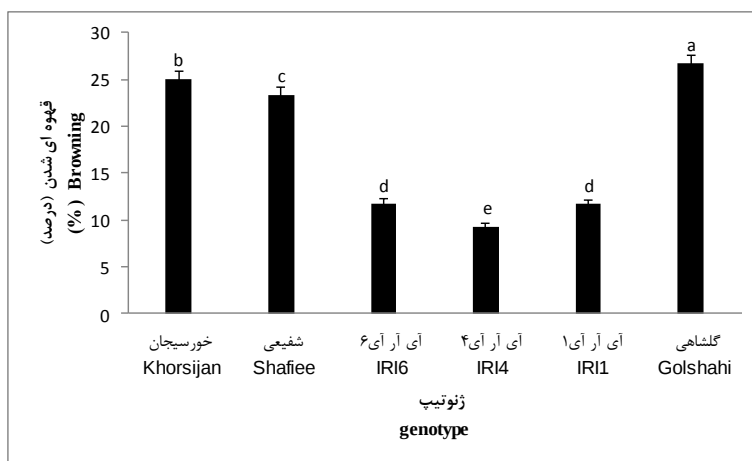
فلاونوئید کل

اندازه گیری فلاونوئید کل مطابق روش بلاسا^۴ و همکاران (۲۰۰۵) با اندکی تغییرات صورت گرفت و میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV/VIS مدل PG Instruments + T80 در طول موج 506 نانومتر قرائت شد. غلظت فلاونوئید کل بر حسب استاندارد کاتچین (300 mg/L) - $6/25$ محاسبه شد.

نوع ترکیبات فلاونوئیدی

شناسایی نوع فلاونوئیدها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) مطابق روش بخشی و آراکاوا^۵ (۲۰۰۶) صورت گرفت. برای استخراج فلاونوئیدها، یک میلی لیتر از حلال مخلوط متانول و اسید استیک $15:85$ درصد (حجمی: حجمی) به یک گرم از بافت گوشت میوه آسیاب شده اضافه شد. نمونه ها در دمای 4 درجه سانتی گراد به مدت 24 ساعت قرار گرفتند و سپس به مدت 10 دقیقه در

1. Fan
2. Folin-Ciocalteu
3. Shivashankara
4. Blasa
5. Bakhshi and Arakawa



شکل ۱: شدت قهوه‌ای شدن ژنوتیپ‌های مختلف سیب

Figure 1: The intensity of browning of apple genotypes

ترکیبات فنولی وابسته به رقم است، در حالی که پلی‌فنول‌های کل سیب بر روی ویژگی‌های کیفی میوه سیب تاثیر می‌گذارد. به‌طور کلی، عوامل زیادی بر میزان و نوع ترکیبات فنولی موجود در سیب تاثیر می‌گذارد که در بین آن‌ها ژنتیک نقش عمده را در کنترل کردن میزان و ترکیب مواد فنولی سیب‌ها دارد (لاچمن^۵ و همکاران، ۲۰۰۶).

هم‌چنین با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، یک همبستگی قوی و معنی‌داری بین شدت قهوه‌ای شدن بافت میوه و میزان فنول کل وجود داشت ($r^2=0.925$)، که نتایج ما با یافته‌های سانگی و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. در این مطالعه مشخص گردید که شدت قهوه‌ای شدن بافت میوه در دو ژنوتیپ «گلشاهی» و «خورسیجان» که دارای میزان بالاتری از فنول کل بودند، بیش‌تر از سایر ارقام بوده است. کانتوس^۶ و همکاران (۲۰۰۰) و سانگی و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که ارقامی از میوه سیب که دارای میزان بالای فنول کل هستند، شدت قهوه‌ای شدن بیش‌تری را نشان می‌دهند. هم‌چنین کم‌ترین شدت قهوه‌ای شدن بافت میوه در سه ژنوتیپ سیب آی‌آر‌آی ۱، آی‌آر‌آی ۴ و آی‌آر‌آی ۶ که دارای میزان بسیار پایین‌تری از ترکیبات فنولی بودند، دیده شد. از این رو، تفاوت در قهوه‌ای شدن آنزیمی پس از برش در میان ارقام را می‌توان حجم فنول کل در گوشت سیب نسبت داد (لی^۷ و همکاران، ۲۰۰۳).

سانور و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که قهوه‌ای شدن یکی از واکنش‌های بیوشیمیایی موثر از میزان مواد فنولی و کیفیت میوه سیب در طول فراوری می‌باشد. این واکنش و تغییر رنگ حاصل از آن معمولاً از اکسیداسیون پلی‌فنول‌ها با آنزیم‌های اکسید کننده به خصوص پلی‌فنول اکسیداز (PPO) می‌باشد (جئونگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش‌های زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد شدت قهوه‌ای شدن در ژنوتیپ‌های مختلف سیب متفاوت می‌باشد (متیو و پارپیا^۲، ۱۹۷۱). قهوه‌ای شدن مهم‌ترین آسیب فیزیولوژیکی است که کیفیت ظاهری محصول را تغییر می‌دهد و تمایل مصرف‌کننده را برای خرید این محصولات کاهش می‌دهد (لیو^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). قهوه‌ای شدن مسئله بسیار مهمی در میوه‌هایی با گوشت سفید هم‌چون سیب و گلابی می‌باشد و به‌عنوان یک عامل محدود کننده در فراوری تولید برش‌های تازه میوه و سبزی‌ها محسوب می‌شود.

فنول کل

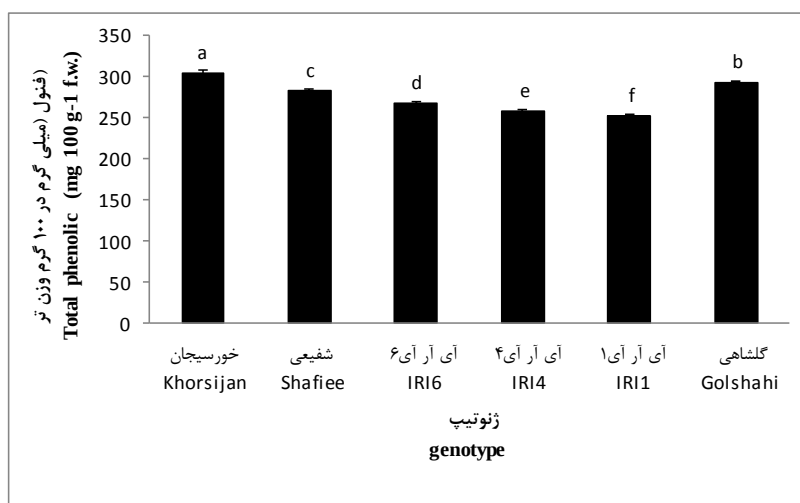
میزان فنول کل در گوشت میوه‌ها در محدوده بین ۳۰۴/۲۷ و ۲۵۲/۳۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر متفاوت بود. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، رقم «خورسیجان» دارای بیش‌ترین و «آی‌آر‌آی ۱» دارای کم‌ترین میزان فنول کل بود. گزارش‌های قبلی نیز تفاوت در میزان فنول کل بین ارقام مختلف سیب را نشان دادند (خانی‌زاده و همکاران، ۲۰۰۸). سانگی^۴ و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که نوع

5. Lachman
6. Cantos
7. Lee

1. Jeong
2. Mathew and Parpia
3. Lu
4. SongYe

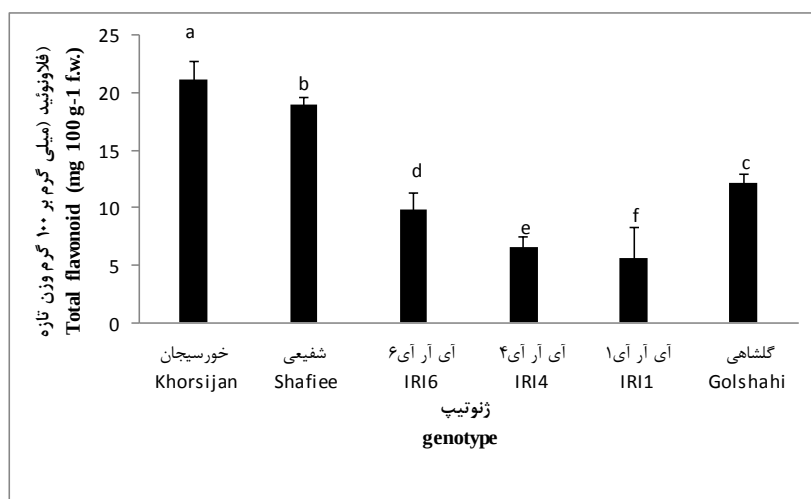
فلاونوئید کل

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان فلاونوئید کل در گوشت میوه‌ها در محدوده بین ۲۱/۱۷ و ۵/۶۷ میلی گرم بر گرم وزن تر متفاوت بود (شکل ۳). ژنوتیپ خورسیجان بیش‌ترین و آی آر آی کم‌ترین میزان فلاونوئید را داشتند.



شکل ۲: میزان فنول کل در ژنوتیپ‌های مختلف سیب

Figure 2: Total phenol content in different apple genotypes



شکل ۳: میزان فلاونوئید کل در ژنوتیپ‌های مختلف سیب

Figure 3: Total flavonoid content in different apple genotypes

می‌تواند به خاطر تفاوت ژنتیکی بین ارقام باشد. هم‌چنین بین فلاونوئید کل و شدت قهوه‌ای شدن بافت گوشت ارتباط مثبت معنی‌داری مشاهده شد ($r=0.810$). ژنوتیپ‌هایی چون خورسیجان و شفیی که میزان بالاتری از فنول را در گوشت نشان می‌دادند در این‌جا نیز از میزان فلاونوئید بالایی برخوردار بودند. پایین‌ترین میزان فلاونوئید هم در ارقامی با

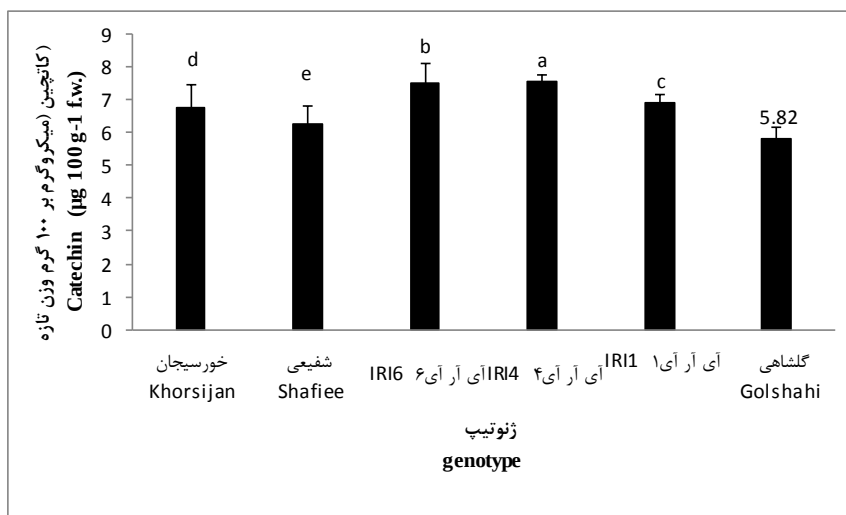
مکفی^۱ و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که مکان جغرافیایی که درختان سیب در آن رشد می‌کنند تاثیر زیادی روی نوع ترکیبات فنولی دارد، اما میزان فلاونوئید کل بستگی زیادی به نوع رقم دارد. از آنجایی که ۶ ژنوتیپ سیب مورد مطالعه در این پژوهش در شرایط آب و هوایی و عملیات باغبانی یکسان رشد کرده‌اند، تفاوت در میزان فلاونوئید کل

1. McGhie

فنول کم مانند ژنوتیپ‌های آی‌آر آی ۱ و آی‌آر آی ۴ مشاهده شد.

کاتچین

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان کاتچین در گوشت میوه‌ها در محدوده بین ۷/۵۶ و ۵/۸۲ میکروگرم بر



شکل ۴: میزان کاتچین در ژنوتیپ‌های مختلف سیب

Figure 4: Content of catechin in different apple genotypes

EdenTM ارتباطی بین شدت قهوه‌ای شدن و میزان کاتچین دیده نشده است. با توجه به نتایج به دست آمده توسط جوشی و همکاران (2007) انتظار می‌رود که عدم حضور کاتچین یا غلظت پایین ایبی کاتچین به صورت قابل توجهی توانسته است باعث ایجاد ویژگی ضد قهوه‌ای شدن در رقم EdenTM شود. در تایید این نتایج، سانگ‌یی و همکاران (2007) رقم Dai Green را به عنوان یک واریته با فنول کل کم تر و کاتچین بیش تر که به آسانی قهوه‌ای می‌شود و رقم Juliana را با سطح بالای فنول کل و درجه قهوه‌ای شدن کم توجیهی برای ارتباط مثبت بین مقدار کاتچین و شدت قهوه‌ای شدن گزارش کردند.

اسید کلروژنیک

میزان اسید کلروژنیک در گوشت میوه‌ها در محدوده بین ۴۸/۳۲ و ۱۹/۵۱ میکروگرم بر گرم وزن تر متفاوت بود. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، ژنوتیپ خورسیجان دارای بیش‌ترین و آی‌آر آی ۱ دارای کم‌ترین میزان اسید کلروژنیک بود. لاتا و همکاران (2009) گزارش کردند که مقدار اسید کلروژنیک در ژنوتیپ‌های مختلف به دلیل عواملی مختلف چون دوره‌های رشدی، موقعیت

لاتا^۱ و همکاران (2009) نیز وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام مختلف از نظر مقدار کاتچین را گزارش کردند. نتایج مطالعات قبلی نشان داد که میزان کاتچین در ارقام مختلف سیب که در مکان‌های مختلف پرورش داده شده‌اند، تفاوت معنی‌داری را نسبت به هم نشان دادند. آلود و همکاران (2002) نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین میزان کاتچین در میوه‌های رشد یافته در بخش‌های درونی و بیرونی تاج وجود ندارد. از آنجایی که میوه‌های مورد استفاده در این پژوهش در مکان جغرافیایی یکسانی رشد می‌کردند، وجود تفاوت بیش‌تر را می‌توان به ژنتیک گیاه نسبت داد.

میزان کاتچین یک ارتباط معنی‌دار منفی ($r = -0.81$)، با قهوه‌ای شدن نشان داد. با توجه به جدول ۲ ژنوتیپ‌ها آی‌آر آی ۱، آی‌آر آی ۴، آی‌آر آی ۶ دارای سطح بالایی از کاتچین بودند، در حالی که میزان قهوه‌ای شدن در این ارقام بسیار پایین بود. ژنوتیپ گلشاهی نیز علی‌رغم قهوه‌ای شدن بیش‌تری که نشان داد (جدول ۱) دارای سطح پایین‌تری از کاتچین بود. احتمالاً عوامل دیگری چون میزان اسید کلروژنیک در قهوه‌ای شدن این ژنوتیپ‌ها تاثیر گذار باشد. جوشی و همکاران (2007) نیز دریافتند که در رقم

1. Lata

(2004) که نشان دادند ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه سیب در بین ژنوتیپ‌ها مختلف تفاوت معنی داری دارد، مطابقت دارد. لیسز^۷ و همکاران (2009) نشان دادند که ظرفیت آنتی اکسیدانی که در میوه سیب اندازه گیری شد، تفاوت معنی داری بین ارقام مختلف نشان داد و پیشنهاد کردند که تفاوت‌های موجود در ارقام، می تواند ناشی از دوره های رشدی، مکان جغرافیایی، فصل رشد، روش های استخراج نمونه ها و از همه مهم تر به خاطر تفاوت ژنتیکی بین ارقام باشد. در این پژوهش، همبستگی معنی داری بین شدت قهوه ای شدن و فعالیت آنتی اکسیدانی ملاحظه نشد. اما به نظر می رسد که آنتی اکسیدان ها نقش عمده ای در بازدارندگی قهوه ای شدن دارند (جوشی و همکاران، 2007 و خانی زاده و همکاران، 2008). در این پژوهش ظرفیت آنتی اکسیدانی در ژنوتیپ خورسیجان و گلشاهی می تواند دلیلی باشد مبنی بر این که این ارقام میل طبیعی برای قهوه ای شدن آنزیمی دارند.

نتیجه گیری

ارزیابی شدت قهوه ای شدن پس از برش میوه ژنوتیپ های مختلف سیب ایران نشان داد که برخی از ژنوتیپ ها مثل آی آر آی ۱، آی آر آی ۴ و آی آر آی ۶ شدت قهوه ای شدن آنزیمی بسیار کمی را نشان دادند. همچنین بین ژنوتیپ ها از لحاظ میزان فنول کل، فلاونوئید کل، ترکیبات فنولی شامل کلروژنیک اسید، کاتچین و ظرفیت آنتی اکسیدانی اختلاف معنی داری دیده شد. بنابراین، این ژنوتیپ ها می توانند ارزش غذایی و ترکیبات آنتی اکسیدانی متفاوتی داشته باشند. بین شدت قهوه ای شدن بافت میوه سیب و میزان فنول کل و فلاونوئید کل ارتباط مثبت و معنی داری مشاهده شد. همچنین وجود ارتباط مثبت بین میزان کلروژنیک اسید و شدت قهوه ای شدن نیز دیده شد. همچنین بین کاتچین و شدت قهوه ای شدن یک ارتباط منفی دیده شد. ژنوتیپ های آی آر آی ۱، آی آر آی ۴ و آی آر آی ۶ که کم ترین شدت قهوه ای شدن آنزیمی را نشان دادند می توانند برای تهیه برش های تازه سیب، آب میوه ها، پوره ها و چیپس خشک شده مناسب باشند.

جغرافیایی، تنوع ژنتیکی و رقم متفاوت بوده که نهایتا منجر به تفاوت در قهوه ای شدن در ژنوتیپ های مختلف می شود. در این پژوهش نیز در میان ژنوتیپ های مختلف سیب ایرانی چنین تفاوت هایی وجود داشت. واموز- ویجیزو^۱ (1976) بیان کردند که اسید کلروژنیک به عنوان یکی از ترکیبات فنولی بسیار موثر در قهوه ای شدن است که به سرعت در طی نمو میوه تا رسیدن به مرحله بلوغ کاهش پیدا می کند. در این پژوهش همچنین یک ارتباط مثبت و معنی دار بین شدت قهوه ای شدن و میزان اسید کلروژنیک ($r=0.849$) مشاهده شد. کریسوستو و همکاران^۲ (1992) بیان کردند که در میوه های هلوئی که دارای میزان قهوه ای شدن بیش تر بودند، میزان بالایی از اسید کلروژنیک و او- دی فنول ها به چشم می خورد، در حالی که هلوهای که میزان اسید کلروژنیک و او- دی فنول های کمتری دارند، میزان قهوه ای شدن کم تر می باشد. جوشی و همکاران (2007) گزارش کردند که اسید کلروژنیک دارای یک ارتباط مثبت با میزان قهوه ای شدن و ارتباط منفی با شاخص سفیدی می باشد و رقم Empire که درصد پایینی از میزان شاخص سفیدی را نشان می داد دارای غلظت بالایی از اسید کلروژنیک بود.

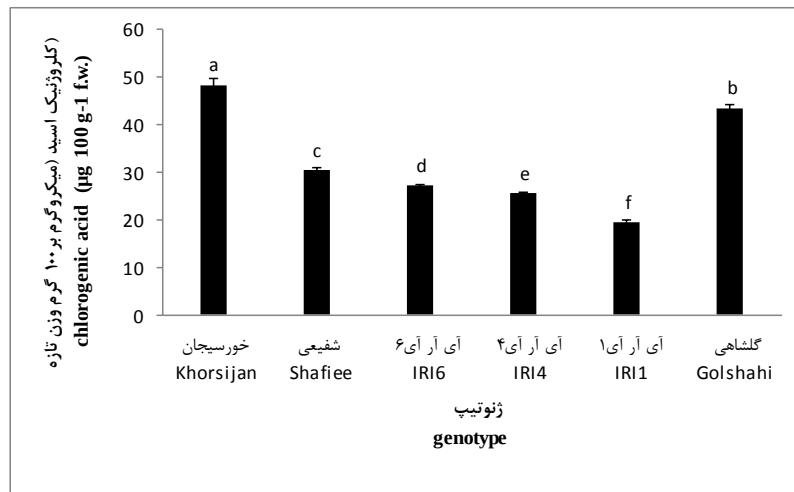
ارتباط مثبت بین قهوه ای شدن و او- دی فنول ها در گوشت و کل بافت میوه ها در میوه هلو (بوربو^۳ و سوآین^۳، 1953) نیز گزارش شده است. اوزمینسکی و لی^۴ (1990) نشان دادند که در میان ترکیبات فلاونوئیدی کاتچین و اسید کلروژنیک پیش ماده های فنولی هستند که میل ترکیبی بیشتری با آنزیم پلی فنول اکسیداز دارند. همچنین آمیوت^۵ و همکاران (1992) دریافتند که سید کلروژنیک و کاتچین بیش تر از بقیه ترکیبات فلاونوئیدی باعث ایجاد قهوه ای شدن آنزیمی می شود.

ظرفیت آنتی اکسیدانی

مقایسه میانگین داده ها نشان داد که ظرفیت آنتی اکسیدانی در گوشت میوه ها در محدوده بین ۵۲/۳۹ و ۱۱/۸۶ درصد بازدارندگی متفاوت بود (شکل ۶). ژنوتیپ های خورسیجان و شفییعی به ترتیب دارای بیش ترین و کم ترین میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی بودند. نتایج این پژوهش با یافته های خانی زاده و همکاران (2008)، چینیکی^۶ و همکاران

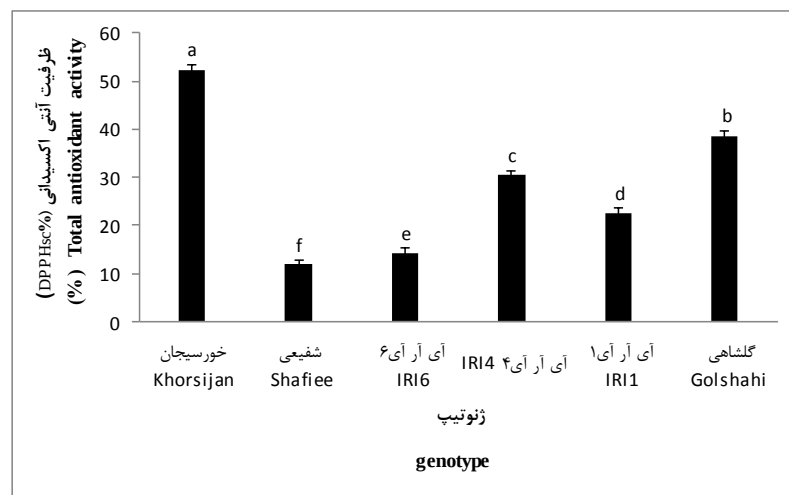
1. Vamos-Vigyazo
2. Crisosto
3. Baruah and Swain
4. Oszmianski and Lee
5. Amiot
6. Chinnici

7. Leccese



شکل ۵: میزان کلروژنیک‌اسید در ژنوتیپ‌های مختلف سیب

Figure 5: Content of chlorogenic acid in different apple genotypes



شکل ۶: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ‌های مختلف سیب

Figure 6: The antioxidant capacity in different apple genotypes

جدول ۱: ضرایب همبستگی بین شدت قهوه‌ای شدن و صفات مختلف فیزیولوژیک در ۶ رقم سیب

Table 1: The correlation between intensity of browning and different characterization Physiology in 6 apple genotypes

فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	اسید کلروژنیک Chlorogenic acid	کاتچین Catechin	فلاونوئید کل Total flavonoid	فنل کل Total phenol	
۰/۴۸۵ ^{ns}	۰/۸۴۹**	۰/۸۱۰**	۰/۸۱۰**	۰/۹۲۵**	شدت قهوه‌ای شدن Intensity of browning
0.485 ^{ns}	0.849**	-0.810**	0.810**	0.925**	

** وجود اختلاف معنی دار در سطح یک درصد. ns: اختلاف معنی داری وجود ندارد.

** The significant different in level of 1%. ns: No significant different.

- Amiot, M. J., Tacchini, M., Aubert, S. and Nicolas, J. 1992. Phenolic Composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *Journal of Food Science*. 57: 958-962.
- Awad, M. A. and Jager, A. De. 2002. Relationship between fruit nutrients and concentrations of flavonoids and chlorogenic acid in 'Elstar' apple skin. *Scientia Horticulturae*. 92: 265-276.
- Bakhshi, D. and Arakawa, O. 2006 (b). Induction of phenolic compounds biosynthesis with light irradiation in the flesh of red and yellow apples. *Journal of Applied Horticulture*. 8(2): 101-104.
- Baruah, P. and Swain, T. 1953. The effect of L-ascorbic acid on the in vitro activity of polyphenoloxidase from potato. *Biochemistry Journal*. 55: 392-399.
- Blasa, M., Candiracci, M., Accorsi, A., Piacentini, P. M., Albertini, M. C. and Piatti, E. Raw Mille fi ori honey is packed full of antioxidants. *Food Chemistry*. 2005; 97: 217-222.
- Buta, J. G., Moline, H. E., Spaulding, D. W. and Wang, C. Y. 1999. Extending storage life of fresh-cut apple using natural products and their derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 1-6.
- Cantos, E., Garcia-Viguera, C., De, Pascual-Teresa, S. and Tomas-Barberan, F. A. 2000. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv Napoleon table grapes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 48: 4606-4612.
- Chinnici, F., Bendini, A., Gaiani, A. and Riponi, C. 2004. Radical scavenging activities of peel and pulps from Golden delicious apples as related to their phenolic composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 4684-4689.
- Crisosto, C. H., Cheng, G., Day, K. R., Garner, D., Hansen, H., Hose, E., Taylor, K., Boynton, C. and Beede, B. Skindiscoloration in peach and nectarine fruit. *California Fruit Tree Agreement. Annu. Rpt. Res. Projects*. 1992.
- Dewanto V, Adom KK and Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2002; 50:3010-3014.
- Fan X, Kimberly JB, Sokoral I, Ccheng-Hsing L, Ching-Hsing C, Peter C and Zhang HQ. Antibrowning and antimicrobial properties of sodium acid sulfate in apple slice. *Journal of Food Science*. 2005; 74: M485-M492.
- Jeong HL, Jin WJ, Kwang DM. and Kee JP. Phenolics as Related to Browning of Fresh-cut 'Fuji' Apple. *ASEAN Food Journal*. 2008; 15: 79-87.
- Joshi PK, Rupasinghe HPV, Pitts NL and Khanizadeh S. Biochemical characterization of enzymatic browning in selected apple genotypes. *Journal of Plant Science*. 2007; 87: 1067-1074.
- Khanizadeh, Sh., Tsao, R., Rekika, D., Yang, S., Charles, M.T and Rupasinghe, H.P.V. 2008. Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing. *Journal of Food Composition and analysis*. 21: 396-401.
- Khanizadeh, S, Tsao, R., Rekika, D., Yang, R., DeEll, J. 2007. Phenolic composition and antioxidant activity of selected apple genotypes. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 5 (1): 61-66.
- Lachman, J., Sulc, M., Sus, J and Pavlikova, O. 2006. Polyphenol content and antiradical activity in different apple varieties. *Journal of Horticultural Science (PRAGUE)*. 33: 95-102.
- Lata, B., Trampczynska, A and Paczesna, J. 2009. Cultivar variation in apple peel and whole fruit phenolic composition. *Scientia Horticulturae*. 121: 171-186.
- Lea, A.G.H. 1990. Bitterness and astringency: the procyanidins of fermented apples cider. In: Roussef, R.L. (Ed.), *Bitterness in Foods and Beverages*. Elsevier, Oxford, UK, pp. 123-143.
- Lee, J., Koo, N and Min, D. B. 2003. Reactive oxygene species, aging and antioxidative nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 3: 21-33.
- Leccese, A., Bartolini, S. and Viti, R. 2009. Antioxidant properties of peel and flesh in Goldrush and Florina scab-resistant apple (*Malus domestica*) cultivars. *New Zealand Journal Crop Horticulture Science*. 37: 71-78.
- Lu, S., Luo, Yg., Turner, E., Feng, H. 2007. Efficacy of sodium chlorite as an inhibitor of enzymatic browning in apple slices. *Journal of Food Chemistry*. 104: 824-829.
- McGhie, TK., Hunt, M. and Barnet, L. E. 2005. Cultivar and growing region determine the antioxidant polyphenolic concentration and composition of apples grown in New Zealand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 3065-3070.
- Martinez, M. V. and Whitaker, J. R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Food Science and Technology*. 6: 195-200.
- Mathew, A. G. and Parpia, H.A..B. 1971. Food browning as a polyphenol reaction. *Adv. Food Res*. 19:75-145.
- Nicola, S and Fontana, E. 2007. Cultivation management on the farm influences postharvest and quality safety. *Journal of Acta Horticulturae*. 746: 273-280.
- Oszmianski, J. and Lee, C. Y. 1990. Enzymic oxidative reaction of catechin and chlorogenic acid in a model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 38: 1202-1204.
- Sanoner, P., Guyot, S., Marnet, N., Molle, D. and Drilleau, J. F. 1999. Polyphenol profiles of French cider apple varieties (*Malus domestica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 4847-4853.
- Shivashankara, K. S., sobe, S. I., Alhaq, M. I., Takenaka, M. and Shina, T. 2004. Fruit antioxidant activity, ascorbic acid, total phenol, quercetin, and carotene of Irwin mango fruits stored at low-temperature after high electric field treatment. *Journal of Agricultural of Food Chemistry*. 52: 1281-1286.

- SongYe, Y., Hengl, Y. Z., Yuan-pengl, D., Chen, F. and We, Sh. 2007. Polyphenolic compound and the degree of browning in processing apple varieties. *Agricultural Sciences in China*. 6(5): 607-612.
- Sun, J., Chu, Y. F., Wu, X., Liu. and R. H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 7449-7454.
- Vamos-Vigyazo, L., Gajzago, I., Nadudvari-Markus, V. and Mihalyi, K. 1976. Studies into the enzymic browning and the polyphenol oxidase complex of apple cultivars. *Confructa*. 21: 24-35.

The Comparison of Browning Potency of some Iranian Apple Fruit Genotypes for Introducing to Processing Industry

Javdani^{1*}, Z., Ghasemnezhad², M., Haj Najari³, H. and Bakshi², D.

Abstract

Enzymatic browning of apple fruits (*Malus × domestica*.) is the main factor responsible for quality deterioration in processed products such as juice, fresh-cut slices and chips. In this study, biochemical characterization of enzymatic browning in fresh slides of some selected Iranian apple genotypes was investigated. Surface tissue browning, total phenolics and flavonoid content, polyphenolic compounds and antioxidant activity were determined. Some genotypes i.e. IRI1, IRI4 and IRI6 exhibited the low post-cutting enzymatic browning as compared to other genotypes. Browning intensity showed a positive correlation with total phenol, flavonoid content and chlorogenic acid and also a significant negative correlation with catechin in apple slides. No significant correlation was seen between antioxidant activity and browning intensity in different apple genotypes. In conclusion, IRI1, IRI4 and IRI6 genotypes that were breed in a research collection that was located in Karaj exhibited the lowest browning which can be suitable for products such as fresh-cut slices, juices, purees, and dried chips.

Keywords: Browning, Polyphenol, Minimal processing, Antioxidant capacity

1. Graduated M.Sc Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht
2. Assistant Professors, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht
3. Assistant professor of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj

*: Corresponding autor E-mail: z.javdani@yahoo.com