

مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های کیفی میوه چهار رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای

لیلا اصلانی^{۱*}، مصطفی مبلی^۲ و جواد کرامت^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۸)

چکیده

به منظور مطالعه خواص آنتی‌اکسیدانی و خصوصیات کیفی میوه چهار رقم فلفل دلمه‌ای، آزمایشی گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. رقم‌ها شامل فلفل دلمه‌ای سبز (Traviata)، قرمز (Inspratian)، نارنجی (Aracia) و زرد (Taranto) بود که در گلخانه با بستر کشت خاکی و به طور هم‌زمان کشت شد. میوه‌های مربوط به هر رقم، به صورت تصادفی و در مرحله نزدیک به رنگ‌اندازی کامل برداشت و فاکتورهای کیفی شامل میزان مواد جامد محلول، اسیدهای آلی، ویتامین ث و راندمان استخراج اسانس میوه و خواص آنتی‌اکسیدانی شامل میزان کل ترکیبات فنولیک، قابلیت حذف رادیکال‌های دی‌پی‌پی‌اچ و قابلیت حذف رادیکال‌های هیدروکسیل آنها اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش نشان داد که ارقام متفاوت فلفل دلمه‌ای از نظر ویژگی‌های کیفی و خواص آنتی‌اکسیدانی متفاوت هستند. میوه‌های رقم نارنجی (Aracia) دارای بیشترین میزان مواد جامد محلول و ارقام سبز (Traviata) و زرد (Taranto) دارای بیشترین میزان اسیدهای آلی بودند. بالاترین راندمان استخراج اسانس نیز در رقم زرد (Taranto) مشاهده شد. میوه‌های رقم قرمز (Inspratian) دارای بیشترین میزان ویتامین ث و خواص آنتی‌اکسیدانی بهتری شامل کل ترکیبات فنولیک، قابلیت حذف رادیکال‌های دی‌پی‌پی‌اچ و هیدروکسیل نسبت به سایر ارقام بودند، در حالی که رقم سبز (Traviata) از نظر این ویژگی‌ها در نقطه مقابل این رقم قرار داشت. در کل اطلاعات حاصل از این آزمایش می‌تواند در درک قابلیت رقم‌های متفاوت فلفل دلمه‌ای برای حفظ سلامتی انسان مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: خواص آنتی‌اکسیدانی، فلفل دلمه‌ای، کشت گلخانه‌ای، ویژگی‌های کیفی

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. دانشیار علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: l.aslani@ag.iut.ac.ir

مقدمه

شرایط نامساعد محیطی صدمات اساسی به مولکول‌های زیستی و سلول‌ها وارد می‌کند که اصطلاحاً تنش اکسیداتیو نامیده می‌شود. یعنی اکسایدها بیش از اندازه تولید و تعادل اکسایدها و آنتی‌اکسیدان‌های بدن نامتعادل می‌شود (۱۵). بدین ترتیب که با افزایش بیش از حد گونه‌های اکسیژن فعال به علت دارا بودن یک یا تعداد بیشتری از الکترون جفت نشده، به آسانی با مولکول‌های بیولوژیکی مثل پروتئین، لیپید، لیپوپروتئین، کربوهیدرات‌ها و دی‌ان‌آ واکنش می‌دهند (۱۲). واکنش رادیکال‌های آزاد با مولکول‌های بیولوژیکی بر ژن‌ها اثر گذاشته و منجر به ابتلا به بسیاری از بیماری‌ها نظیر آلزایمر، پارکینسون، ام‌اس، بیماری‌های مربوط به قلب و عروق، سرطان و دیابت می‌شود (۱۲).

آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیبات طبیعی و سنتتیک می‌باشند که باعث ممانعت یا تأخیر اکسیداسیون سایر مولکول‌ها می‌شوند (۱۸). نتیجه فعالیت اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها تعادل فیزیولوژیکی بدن است (۸). این ترکیبات از طریق به دام انداختن رادیکال‌های آزاد، کلاته کردن فلزاتی با فعالیت کاتالستی و فعال کردن الکترون دهنده‌ها قادرند پایان دهنده یا کنند کننده فرایندهای اکسایشی باشند و بدین ترتیب از مولکول‌های زیستی محافظت کنند (۱۶). به دلیل سرطان‌زا بودن آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی، علاقه به آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. این آنتی‌اکسیدان‌ها شامل ترکیبات فنولیک (آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک)، ترکیبات نیتروژنی (آلکالوئیدها، مشتقات کلروفیل، آمینواسیدها و آمین‌ها)، کاروتنوئیدها و آسکوربیک اسید می‌باشند (۱۸).

تحقیق هالمن و رمبیلکوسکا (۶) نشان داد میوه فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annum L.*) منبع خوبی برای تعدادی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان است. به طوری که مصرف یک عدد فلفل متوسط، دو برابر نیاز روزانه به ویتامین ث بدن را تأمین می‌کند. فلفل دلمه‌ای دربرگیرنده الگوی پلی‌فنولیک قوی شامل

هیدروکسی‌سینامیدها (Hydroxycinnmates)، فلاونول‌ها (Flavonols) و فلاون‌ها (Flavones) می‌باشد (۲). پلی‌فنول‌های شناخته شده در فلفل دلمه‌ای شامل چهار نوع کوئرستین (Quercetin) چهارده نوع لوتئولین (Luteolin) و دو نوع اپیجینین (Apigenin) می‌باشند. مطالعات انجام شده پیشنهاد کرده که مصرف غذاهای غنی از ترکیبات پلی‌فنول باعث کاهش بیماری‌های قلب و عروق، سکت و انواع خاصی از سرطان می‌شوند (۵).

رنگ فلفل دلمه‌ای فاکتور مهمی در انتخاب خریدار می‌باشد (۱۷). کارتنوئیدها (Carotenoids) و فلاونوئیدها مواد رنگی مهم سبزیجات می‌باشند که معمولاً باعث ایجاد رنگ‌های نارنجی و قرمز می‌شوند. کارتنوئیدهای فلفل شامل کپسانتین (Capsanthin) و کاروتن (Carotene) است. رنگ سبز فلفل به دلیل کلروفیل و کارتنوئید (Carotenoids) کلروپلاست می‌باشد (۲ و ۱۷). رنگ زرد و نارنجی فلفل به وسیله آلفا (۱۷) و بتاکاروتن (beta-carotene and -and) با فعالیت پیش‌سازی ویتامین آ (۳)، زئاگزانتین (Zeaxanthin)، لوتئین (Lutein) و بتاکریپتوزانتین (Cryptoxanthin) تشکیل می‌شود. رنگ قرمز فلفل نیز به خاطر حضور پیگمان‌های کارتنوئید کپسانتین (Capsanthin)، کپسوربین (Capsorubin) (۲، ۳، ۴ و ۱۷) و کپسانتین ۵ و ۶ اپوکسید (Capsanthin 5, 6-epoxide) می‌باشد (۴ و ۱۷). رنگ‌های متفاوت فلفل ممکن است به دلیل سطح متفاوت این ترکیبات باشد. به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی متفاوت این ترکیبات، امکان این‌که میوه‌های فلفل دلمه‌ای با رنگ‌های متفاوت فعالیت آنتی‌اکسیدانی متفاوتی نشان دهند وجود دارد (۱۷).

از جمله بررسی‌های انجام شده در مورد خواص آنتی‌اکسیدانی فلفل دلمه‌ای می‌توان به آزمایش سان و همکاران (۱۷) اشاره کرد که با مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام فلفل دلمه‌ای با رنگ متفاوت به این نتیجه رسیدند که فلفل‌های قرمز در مجموع ترکیبات فنولیک بیشتری نسبت به فلفل‌های سبز دارند و گزارش کردند که فلفل‌های قرمز دارای بیشترین

میزان بتاکاروتن، کپستتین، کوئرستین و لوتئولین می‌باشند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی فلفل سبز رنگ که از طریق آزمون DPPH اندازه‌گیری شد کمتر از سایر فلفل‌ها بوده است. قاسم‌زاده و همکاران (۵) به بررسی اثر تاریخ برداشت بر میزان آنتی‌اکسیدان‌های میوه‌های پنج رقم فلفل‌دلمه‌ای با رنگ‌های مختلف پرداخته و اعلام کرده‌اند که تفاوت قابل توجهی بین ارقام از نظر میزان کل فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها وجود داشته است. با توجه به ترکیبات ایجاد کننده رنگ در ارقام مختلف فلفل‌دلمه‌ای به‌نظر می‌رسد ارقام مختلف دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی متفاوت باشند، بنابراین هدف از اجرای این طرح مقایسه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت میوه چهار رقم فلفل‌دلمه‌ای با رنگ‌های متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف مقایسه خواص آنتی‌اکسیدانی و خصوصیات کیفی میوه چهار رقم فلفل‌دلمه‌ای پرورش یافته در محیط کشت خاکی در گلخانه شرکت پردیس واقع در جاده قلعه شور اصفهان و با چهار تکرار انجام گردید. تیمارها شامل چهار رقم فلفل‌دلمه‌ای سبز (Traviata)، قرمز (Inspratian)، نارنجی (Aracia) و زرد (Taranto) بودند.

ماکزیم دمای گلخانه در طول دوره کاشت 25 ± 7 و مینیمم میانگین دما $14 - 15$ درجه سانتی‌گراد بود. بذور در نیمه مهرماه ۱۳۹۰ در سینی‌های کاشت، در بستر پیت کاشته شد و سپس در آذر ماه به زمین اصلی با خاک متوسط و با تراکم ۳ بوته در مترمربع انتقال داده شدند. بوته‌های فلفل در ردیف‌هایی که ۸۰ سانتی‌متر از یکدیگر فاصله داشتند و فاصله بوته‌ها در ردیف نیز ۴۰ سانتی‌متر بود، کشت شدند. میوه‌ها در اواسط شهریور سال ۱۳۹۱ به‌صورت تصادفی و در مرحله نزدیک به رنگ‌اندازی کامل برداشت و به‌منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه باغبانی دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شدند.

آماده‌سازی نمونه

میوه‌ها با استفاده از آب مقطر شسته و بذرها خارج شد. سپس

درصد مواد جامد محلول

از نمونه‌های مربوط به هر تکرار آب میوه استخراج و یک قطره از آن بر روی رفکرومتر (مدل: Model K-0032) قرار گرفت و در برابر نور درصد مواد جامد محلول قرائت شد.

اسیدهای آلی

برای تعیین میزان اسیدهای آلی، از نمونه‌های مربوط به هر تکرار آب میوه استخراج و ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه با استفاده از سود ۰/۲ نرمال تیتر شد. پایان تیتراسیون با استفاده از پ - هاش متر (مدل: CP-501-ELM) و با رسیدن به پ - هاش ۸/۲ تشخیص داده شد. غلظت اسیدهای آلی به‌صورت میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره مطابق فرمول زیر محاسبه و گزارش شد (۱۵).

$$C = (N \times V \times E / \text{حجم نمونه}) \times 100$$

C: غلظت اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره بر حسب میلی‌گرم

N: نرمالیت یا فاکتور سود مصرفی

V: سانتی‌متر مکعب سود مصرفی

E: والانس گرم اسید مورد نظر (اسید مورد نظر اسید سیتریک می‌باشد)

مقدار اسید آسکوربیک

به‌منظور اندازه‌گیری غلظت اسید آسکوربیک، ۱۰ گرم از نمونه تازه هر تکرار به‌وسیله ۵ میلی‌لیتر متافسفریک اسید ۳ درصد درون هاون همگن شد. سپس حجم عصاره حاصل به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و ۱۰ میلی‌لیتر از آن با استفاده از ۲ و ۶-دی‌کلروفنل ایندوفنل تیتر گردید. تیتراسیون با مشاهده رنگ صورتی پایدار پایان یافت. ایندوفنل نیز با محلول استاندارد اسید آسکوربیک استاندارد شد. مقدار اسید آسکوربیک به‌صورت

میلی گرم در گرم وزن تازه میوه محاسبه و گزارش گردید (۵).

تهیه اسانس

۵۰ گرم از میوه مربوط به هر تکرار توزین و به صورت پوره در آورده، به پیمانهای منتقل و به وسیله ۵۰ میلی لیتر متانول همگن شد. سپس مخلوط حاصل در دمای ۶۰ درجه سلسیوس حمام آب گرم، به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد و سپس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (مدل: Gerber GmbH) (۲۰۰۰g) گردید. محلول شفاف رویی جدا و رسوب باقی مانده یکبار دیگر اسانس گیری شد، سپس محلول حاصل از این مرحله به محلول اول اضافه گردید. محلول حاصل، اسانس میوه فلفل دلمه‌ای بود (۱۷).

محاسبه راندمان استخراج

حلال موجود در اسانس‌های حاصل، به وسیله تقطیر در خلاء و با استفاده از دستگاه تبخیر تحت خلاء گردان (مدل: Heizdad WB Contr) در دمای ۶۰ درجه سلسیوس تبخیر شد. با محاسبه وزن اولیه بالن و وزن نهایی آن که حاوی اسانس تغلیظ شده بود، مقدار کل ماده استخراج شده محاسبه و به صورت درصد از وزن تازه گزارش گردید (۱۷). سپس برای استفاده در سایر اندازه‌گیری‌ها توسط ۵۰ میلی لیتر متانول رقیق شد.

ارزیابی کل ترکیبات فنولیک

اندازه‌گیری ترکیبات فنولیک براساس واکنش گر فولین - سیوکالتو انجام شد. معرف فولین با استفاده از آب مقطر ۱۰ برابر رقیق شد. ۰/۱ میلی لیتر از اسانس رقیق شده حاصل از میوه با ۰/۷۵ میلی لیتر از فولین رقیق شده، مخلوط و به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد. ۰/۷۵ میلی لیتر محلول سدیم بی‌کربنات ۶۰ گرم در لیتر به آن اضافه و به هم زده شد. محلول حاصل به مدت ۹۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری و جذب نوری محلول در طول موج ۷۵۰ نانومتر به وسیله اسپکتروفتومتر (مدل: UV-160A-SHIMADZN) قرائت شد. کنتجین نیز

به‌عنوان محلول استاندارد استفاده گردید و مقدار کل ترکیبات فنولیک براساس مقدار کنتجین معادل در گرم وزن تازه میوه فلفل دلمه‌ای محاسبه و گزارش شد (۱۷).

بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رادیکال دی‌پی‌پی‌اچ
برای تعیین قدرت عصاره گیاه در به دام انداختن رادیکال‌های آزاد دی‌پی‌پی‌اچ (۱ و ۱- دی فنیل ۱ و ۲- پیکریل هیدرازیل)، ۲۰ میکرولیتر اسانس رقیق شده فلفل با ۱/۵ میلی لیتر محلول ۰/۱ میلی مولار دی‌پی‌پی‌اچ مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و تاریکی به منظور واکنش دادن مواد با یکدیگر قرار داده شد. سپس، جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر به وسیله اسپکتروفتومتر (مدل: UV-160A-SHIMADZN) قرائت گردید. در نمونه شاهد نیز به‌جای اسانس از متانول استفاده شد. درصد بازدارندگی رادیکال‌های آزاد دی‌پی‌پی‌اچ با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (۱۷).

درصد بازدارندگی = (جذب نوری شاهد - جذب نوری نمونه) / جذب نوری شاهد) × ۱۰۰

فعالیت کلاته‌کنندگی رادیکال هیدروکسیل

۱۰۰ میکرولیتر از اسانس رقیق شده فلفل دلمه‌ای با یک میلی لیتر آهن (II) سولفات با غلظت ۱/۵ میلی مولار، ۷۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه با غلظت ۶ میلی مولار و ۳۰۰ میکرولیتر سدیم سالیسیلات با غلظت ۲۰ میلی مولار مخلوط شد و سپس به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس نگهداری و جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۶۲ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل: UV-160A-SHIMADZN) قرائت شد. درصد مانعیت نمونه‌ها از طریق فرمول زیر محاسبه گردید (۱۰).

$$A_1 = 100 \times (1 - (A_1 - A_2) / A_0)$$

A₁: جذب نوری نمونه

A₂: جذب نوری نمونه بدون سدیم سالیسیلات و عصاره

A₀: جذب نوری شاهد

جدول ۱. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ویژگی‌های کیفی و خواص آنتی‌اکسیدانی رقم‌های مختلف فلفل دلمه‌ای

میانگین مربعات							منابع تغییرات	درجه آزادی	درجه آزادی
فعالیت کلاته‌کنندگی رادیکال‌های هیدروکسیل	قابلیت حذف رادیکال‌های آزاد دی‌پی‌بی‌اچ	کل ترکیبات فنولیک	راندمان استخراج	ویتامین ث	اسیدهای آلی	مواد جامد محلول	تیمار	خطا	
۱۲۷/۱۸*	۹۸/۴۳*	۰/۱۹۵**	۵۶/۷۸**	۰/۰۴۶*	۷۹۵۹/۷۸**	۱۰/۸۷**	۳	۱۲	
۳۴/۱۲	۱۸/۱۸	۰/۰۶۷	۲/۲۶	۰/۰۰۹	۴۲۴/۶۷	۰/۱۸			

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار * : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ** : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

پردازش داده‌ها

محاسبات آماری به صورت طرح کاملاً تصادفی انجام گردید و برای مقایسات میانگین‌ها از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید. کلیه عملیات آماری توسط نرم افزار آماری SAS انجام شد.

نتایج و بحث

مواد جامد محلول

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رقم بر میزان کل مواد جامد محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین درصد مواد جامد محلول مربوط به رقم سبز (Traviata) (۴ درصد) و بیشترین میزان مربوط به رقم نارنجی (Aracia) (۸/۶۳ درصد) بود. ارقام زرد (Taranto) و قرمز (Inspratian) نیز در حد واسط این دو رقم قرار داشتند (شکل ۱). قاسم‌نژاد و همکاران نیز (۵) تفاوت معنی‌داری را بین ارقام زرد (Y-43-07) و قرمز (Y-43-09) گزارش نکردند و بیان کردند که رقم نارنجی (Aracia) دارای بیشترین میزان مواد جامد محلول بوده و با سایر ارقام تفاوت معنی‌دار داشته است. بنابراین نتایج آنها با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

اسیدهای آلی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رقم بر میزان اسیدهای آلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه

میانگین‌ها نشان داد که رقم سبز دارای بیشترین میزان اسیدهای آلی بود. سپس ارقام زرد و نارنجی قرار داشتند و رقم قرمز نیز دارای کمترین میزان بود. اما بین ارقام زرد و نارنجی و همین‌طور زرد و سبز تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت وجود نداشت (شکل ۲). قاسم‌نژاد و همکاران (۵) تفاوت معنی‌داری را بین ارقام زرد (Y-43-07) و قرمز (Y-43-09) از نظر این صفت گزارش نکردند و بیان کردند که رقم نارنجی (Aracia) دارای کمترین میزان اسیدهای آلی است و با سایر ارقام تفاوت معنی‌دار دارد. بنابراین، نتایج قاسم‌نژاد و همکاران (۵) که به مقایسه سایر ارقام پرداخته بودند با نتایج این پژوهش مغایرت دارد.

ویتامین ث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رقم بر میزان ویتامین ث در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم زرد دارای پایین‌ترین مقدار ویتامین ث است که از نظر آماری با رقم سبز تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان این پارامتر نیز مربوط به رقم قرمز بود که با رقم نارنجی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳). لیورچ و همکاران (۹) تفاوت معنی‌داری از نظر میزان ویتامین ث در بین ارقام کاهو مورد آزمون شامل Iceberg، Romaine، Continental، Red Oak Leaf و Lollo Rosso گزارش کردند و بیان نمودند که میزان این ترکیب در رقم Continental بیشتر از سایر ارقام بوده است. فلفل دلمه‌ای تازه منبع غنی

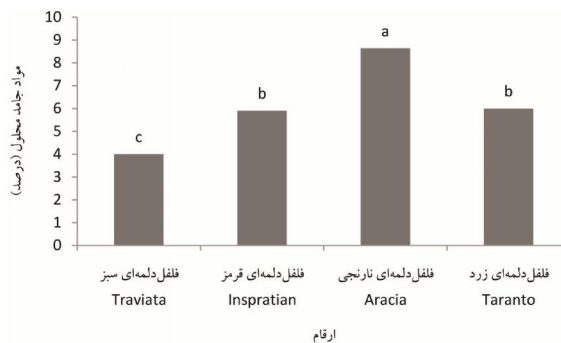
از آسکوربیک اسید است که میزان آن بین ۰/۷۶ تا ۲/۴۳ میلی گرم در گرم وزن تازه گزارش شده است (۷). تفاوت در محتوای ویتامین ث می تواند مرتبط با چندین فاکتور مثل نوسانات دمای گلخانه، پاسخ رقم و تفاوت در نمونه برداری باشد (۳). دپا و همکاران (۲) و هالمن و رمببالکوسکا (۶) نیز تفاوت معنی داری را از نظر میزان ویتامین ث در بین ارقام متفاوت فلفل دلمه ای گزارش کردند. قاسم نژاد و همکاران (۵) نیز برخلاف پژوهش حاضر، تفاوت معنی داری بین ارقام زرد (Y-43-07) و قرمز (Y-43-09) گزارش نکردند.

مقدار اسانس

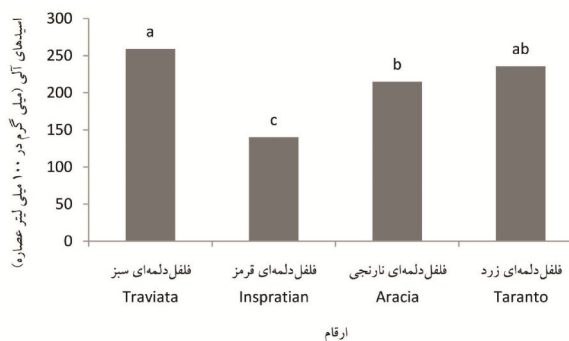
تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر رقم بر میزان راندمان استخراج در سطح احتمال یک درصد معنی دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین ها نشان داد که رقم سبز دارای کمترین و رقم زرد دارای بیشترین میزان راندمان استخراج بود. ارقام قرمز و نارنجی نیز در حد واسطه این دو رقم قرار داشتند و با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند در حالی که رقم نارنجی تفاوت معنی داری با رقم سبز نیز نشان نداد (شکل ۴). سان و همکاران (۱۷) نیز در پژوهشی به مقایسه راندمان استخراج در بین ارقام متفاوت فلفل دلمه ای با رنگ های متفاوت پرداختند و به این نتیجه رسیدند که راندمان استخراج در رقم قرمز برخلاف این آزمایش بیشتر از سایر ارقام بود و راندمان استخراج رقم سبز از سایر ارقام کمتر بود، که با این آزمایش مطابقت دارد.

کل ترکیبات فنولیک

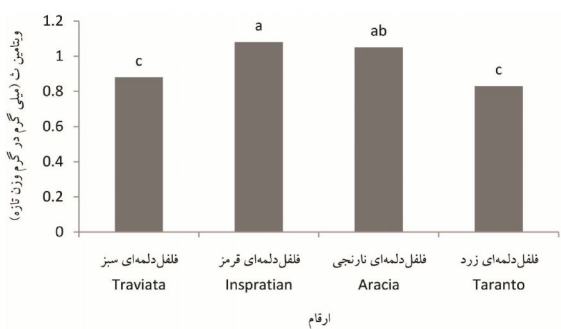
تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر رقم بر میزان کل ترکیبات فنولیک در سطح احتمال یک درصد معنی دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بیشترین ترکیبات فنولیک مربوط به رقم قرمز بوده که با ارقام نارنجی و زرد تفاوت معنی داری نداشت، کمترین میزان این پارامتر هم مربوط به رقم



شکل ۱. مقایسه میانگین میزان مواد جامد محلول رقم های متفاوت فلفل دلمه ای. میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD اختلاف معنی دار ندارند.



شکل ۲. مقایسه میانگین میزان اسیدهای آلی رقم های متفاوت فلفل دلمه ای. میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD اختلاف معنی دار ندارند.

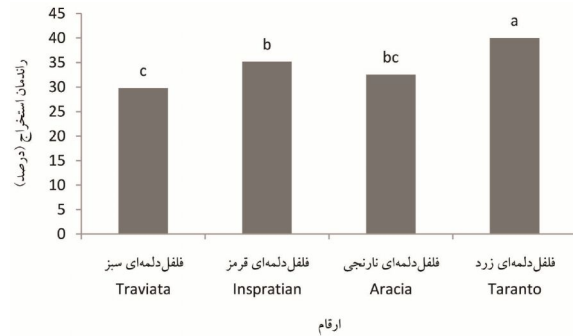


شکل ۳. مقایسه میانگین میزان ویتامین ث رقم های متفاوت فلفل دلمه ای. میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD اختلاف معنی دار ندارند.

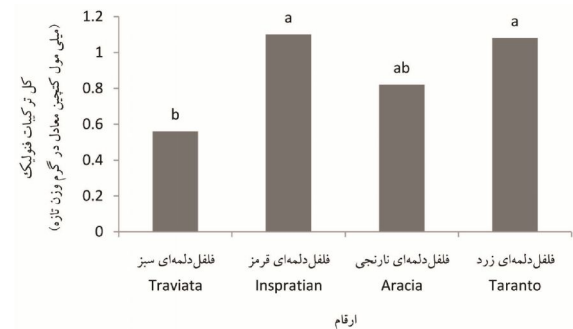
و قرمز (Y-43-09) فلفل‌دلمه‌ای گزارش نکردند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. سان و همکاران (۱۷) در پژوهشی به مقایسه میزان کل ترکیبات فنولیک در بین ارقام متفاوت فلفل‌دلمه‌ای پرداخته و به این نتیجه رسیدند که کل ترکیبات فنولیک در رقم قرمز بیشتر از سایر ارقام بود، به دنبال آن به ترتیب ارقام نارنجی و زرد قرار داشتند و میزان این پارامتر در رقم سبز نیز از سایر ارقام کمتر بود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همان‌طور که در مقدمه آورده شد، ترکیبات فنولیک در فرایندهای بیولوژیکی بسیاری نقش دارند، اما مهم‌ترین آنها فعالیت آنتی‌اکسیدانی است که با کاهش خطر ابتلا به سرطان همراه است (۱).

قابلیت حذف رادیکال‌های آزاد دی‌پی‌پی‌اچ

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رقم بر میزان قابلیت حذف رادیکال‌های آزاد دی‌پی‌پی‌اچ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان قابلیت حذف رادیکال‌های آزاد دی‌پی‌پی‌اچ مربوط به رقم زرد بوده که با رقم قرمز تفاوت معنی‌داری نشان نداده است. کمترین میزان این پارامتر نیز مربوط به رقم سبز بود که با ارقام نارنجی و قرمز تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۶). اوزگن و سکریک (۱۴) تفاوت معنی‌داری را از نظر میزان قابلیت حذف رادیکال‌های آزاد دی‌پی‌پی‌اچ در بین ارقام سبز شامل Freckles, Fonseca, Krizet و Filipus و قرمز شامل Versai, Nation, Paradai و Cherokee کاهو گزارش کردند. دپا و همکاران (۲) نیز تفاوت معنی‌داری از نظر قابلیت حذف رادیکال‌های آزاد در بین ارقام متفاوت فلفل‌دلمه‌ای گزارش کردند. مترسکا و پیریکا (۱۱) نیز گزارش کردند که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی فلفل‌دلمه‌ای قرمز بیش از سبز بوده است. قاسم‌نژاد و همکاران (۵) تفاوت معنی‌داری را بین ارقام نارنجی (Arian) و قرمز (Y-43-09) گزارش نکردند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت اما در تحقیق ایشان رقم زرد (Y-43-07) دارای کمترین میزان قابلیت حذف

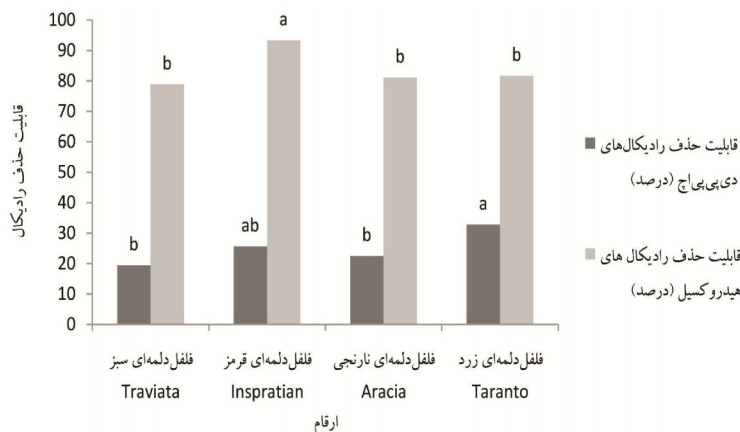


شکل ۴. مقایسه میانگین میزان راندمان استخراج اسانس رقم‌های متفاوت فلفل‌دلمه‌ای. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۵. مقایسه میانگین میزان کل ترکیبات فنولیک رقم‌های متفاوت فلفل‌دلمه‌ای. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند.

سبز بود که با رقم نارنجی تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۵). لیورچ و همکاران (۹) تفاوت معنی‌داری از نظر میزان ویتامین ث در بین ارقام کاهو مورد آزمون شامل Iceberg, Lollo Rosso و Red Oak Leaf, Continental, Romaine گزارش کردند و بیان نمودند که میزان این ترکیبات در ارقام دارای برگ قرمز بیشتر از سایر ارقام بوده است. نتایج تحقیقات نشان داده است که میزان ترکیبات فنولیک با میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی فلفل‌دلمه‌ای همبستگی مثبت دارد (۲). قاسم‌نژاد و همکاران (۵) تفاوت معنی‌داری را بین ارقام زرد (Y-43-07)



شکل ۶. مقایسه میانگین میزان قابلیت حذف رادیکال‌ها در رقم‌های متفاوت فلفل دلمه‌ای. برای هر صفت، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند.

میزان فعالیت کلاته‌کنندگی رادیکال‌های هیدروکسیل میوه مربوط به رقم قرمز بوده و بین ارقام نارنجی، زرد و سبز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ارقام متفاوت فلفل دلمه‌ای از نظر ویژگی‌های کیفی شامل مقدار کل مواد جامد محلول، اسیدهای آلی، ویتامین ث، راندمان استخراج اسانس و خواص آنتی‌اکسیدانی شامل میزان کل ترکیبات فنولیک، قابلیت حذف رادیکال‌های دی‌پی‌اچ و رادیکال‌های هیدروکسیل متفاوت بودند. میوه‌های رقم نارنجی (Arian) دارای بیشترین میزان مواد جامد محلول و ارقام سبز (Traviata) و زرد (Taranto) دارای بیشترین میزان اسیدهای آلی بودند. بالاترین راندمان استخراج اسانس نیز در رقم زرد (Taranto) مشاهده شد. میوه‌های رقم قرمز (Inspratian) دارای بیشترین میزان ویتامین ث و خواص آنتی‌اکسیدانی بهتری شامل کل ترکیبات فنولیک، قابلیت حذف رادیکال‌های دی‌پی‌اچ و هیدروکسیل نسبت به سایر ارقام بودند، درحالی‌که رقم سبز (Traviata) از نظر این ویژگی‌ها در نقطه مقابل رقم قرمز قرار داشت. در کل اطلاعات حاصل از این آزمایش می‌تواند در فهم قابلیت رقم‌های متفاوت فلفل دلمه‌ای در حفظ سلامتی انسان مفید باشد.

رادیکال‌های آزاد بود و با سایر ارقام تفاوت معنی‌دار داشت. سان و همکاران (۱۷) در پژوهشی به مقایسه قابلیت حذف رادیکال‌های آزاد در بین ارقام متفاوت فلفل دلمه‌ای با رنگ‌های متفاوت پرداخته و به این نتیجه رسیدند که قابلیت حذف رادیکال‌های آزاد در ارقام قرمز، زرد و نارنجی تفاوت معنی‌داری ندارد و در رقم سبز از سایر ارقام کمتر می‌باشد (مشابه پژوهش حاضر) و با میزان کل ترکیبات فنولیک هماهنگی داشت که نشان دهنده نقش ترکیبات فنولیک در حذف رادیکال‌های آزاد می‌باشد. تفاوت فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین ارقام متفاوت فلفل دلمه‌ای ممکن است به علت تفاوت قدرت ترکیبات کاهش دهنده آنها یا تفاوت در میزان تجمع ترکیبات آنتی‌اکسیدان هر یک از آنها به خصوص ترکیبات فنولیک باشد. فلفل دلمه‌ای دارای شماری از ترکیبات فنولیک می‌باشد درحالی‌که امکان دارد تمام ژنوتیپ‌ها شامل ترکیبات یکسانی نباشند (در واقع یک ویژگی ژنتیکی باشد) و این تفاوت باعث تغییر فعالیت آنتی‌اکسیدانی شود (۱۳).

فعالیت کلاته‌کنندگی رادیکال‌های هیدروکسیل

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رقم بر میزان قابلیت حذف رادیکال‌های هیدروکسیل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین

منابع مورد استفاده

1. Czczot, H. 2000. Biological activities of flavonoids – A review. *Polish Journal of Food Nutrition and Science* 950: 3-13.
2. Deepaa, N., C. Kaura, B. Georgea, B. Singhb and H. C. Kapoor. 2007. Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. *Swiss Society of Food Science and Technology* 40: 121-129.
3. Deepaa, N., C. Kaura, B. Singhb and H. C. Kapoor. 2006. Antioxidant activity in some red sweet pepper cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 572-578.
4. Fox, J., A. D. Del Poze-Insfran, J. Hee Lee, S. A. Sargent and S. T. Talcott. 2005. Ripening-induced chemical and antioxidant changes in bell peppers as affected by harvest maturity and postharvest ethylene exposure. *Hort Science* 40: 732-736.
5. Ghasemnezhad, M., M. Sherafati and G. A. Payvast. 2011. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods* 3: 44-49.
6. Hallmann, E. and E. Rembalkowska. 2012. Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 2409-2415.
7. J.Buran, T., A. K. Sandhu, A. M. Azeredo, A. H. Bent, J. G. Williamson and L. Gu. 2012. Effects of exogenous abscisic acid on fruit quality, antioxidant capacities, and phytochemical contents of southern high bush blueberries. *Food Chemistry* 132: 1375-1381.
8. Kukadia, V. 1992. Developments in spice technology. *Food Technology International* 42: 141-144.
9. Llorach, R., A. Martínez-Sánchez, F. A. Tomás-Barberán, M. I. Gil and F. Ferreres. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chemistry* 108: 1028-1038.
10. Manda, K. R., C. Adams and N. Ercal. 2010. Biologically important thiols in aqueous extracts of spices and evaluation of their in vitro antioxidant propertie. *Food Chemistry* 118: 589-593.
11. Materska, M. and I. Perucka. 2005. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 1750-1756.
12. Nanosombat, S. and P. Wuttigol. 2011. Antimicrobial and antioxidant activity of spice essential oils. *Food Science and Biotechnology* 20: 45-53.
13. Neocleous, D. 2010. Yield, nutrients, and antioxidants of tomato in response to grafting and substrate. *International Journal of Vegetable Science* 16: 212-221.
14. Ozgen, S. and S. Sekerci. 2011. Effect of leaf position on the distribution of phytochemicals and antioxidant capacity among green and red lettuce cultivars. *Spanish Journal of Agriculture Research* 9: 801-809.
15. Pokorny, J. 1991. Natural antioxidants for food use. *Trends Food Science and Technology* 72: 223-227.
16. Senevirathne, M., S. Hyun Kim, N. Siriwardhana, J. Hawanha, K. Wan Lee and Y. Jin Joen. 2006. Antioxidants potential of *Ecklonia cava* on reactive oxygen species scavenging, metal chelating, reducing power and lipid peroxidation inhibition. *Food Science and Technology International* 12: 27-38.
17. Sun, T., Z. Xu, C. T. Wu, M. Janes, W. Prinyawiwatkul and H. K. No. 2007. Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science* 72: 98-102.
18. Velioglu, Y. S., G. Mazza, L. Gao and B. D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 4113-4117.