**مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران**
**سال ششم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰، صفحات ۷۴-۶۷**

# تأثیر فرایند خشک کردن بر میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم خرمای کلوته و مضافتی (*Phoenixductylifera*)

فاطمه شهدادی[۱]، حبیب الله میرزایی[۲]، یحیی مقصودلو[۳]، محمد قربانی[۲]، امیر دارایی گرمه خانی[۴]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۴- نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، باشگاه پژوهشگران جوان، گرگان، ایران
پست الکترونیکی: amirdaraey@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۶

## چکیده

**سابقه و هدف:** خرما یکی از محصولات باغی مهم ایران است که به علت دارا بودن مواد معدنی، قندها، ویتامین‌های مختلف و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد. در این تحقیق، تأثیر فرایند خشک کردن بر میزان ترکیبات فنولی و خواص آنتی‌اکسیدانی دو رقم خرمای رایج در استان کرمان بررسی شد.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق، دو رقم خرمای رایج در استان کرمان با نام‌های مضافتی و کلوته انتخاب شد. روش خشک کردن شامل خشک کردن در آفتاب و خشک کردن در گرمخانه در دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. میزان ترکیبات فنولی توسط روش فولین سیو کالتو و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی توسط روش‌های قدرت احیا کنندگی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و DPPH اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** مقدار ترکیبات فنولی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در خرمای مضافتی (به ترتیب ۷۸۰ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن خشک نمونه و ۳۵ درصد DPPH) بیشتر از رقم کلوته (۷۲۰ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن خشک نمونه و ۲۸ درصد DPPH) بود. همچنین، خشک کردن باعث کاهش ترکیبات فنولی در مقایسه با نمونه خرمای تازه شد و با افزایش دمای خشک کردن میزان ترکیبات فنولی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب مربوط به خرمای خشک شده در آفتاب و خرمای خشک شده در گرمخانه ۸۰°C بود. به علاوه، نگهداری خرما در یک دمای ثابت به مدت طولانی نیز باعث کاهش میزان ترکیبات فنولی شد.

**نتیجه‌گیری:** خشک کردن، میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی خرما را کاهش می‌دهد. هر قدر دمای خشک کردن بیشتر باشد، میزان ترکیبات فنولی استخراج شده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره استخراجی کمتر است.

**واژگان کلیدی:** خرما، خشک کردن، ترکیبات فنولی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی

## • مقدمه

امروزه، مصرف میوه و سبزی برای حفظ سلامتی، مهم و سودمند تشخیص داده شده است. بسیاری از مطالعات اپیدمیولوژی نشان داده‌اند که مصرف مناسب میوه و سبزی نقش مهمی در پیشگیری از بیماری‌ها و مرگ و میر حاصل از بیماری‌های مزمن مثل بیماری‌های قلبی عروقی، انسداد شرایین، سرماخوردگی و بیماری‌های عصبی مثل پارکینسون و آلزایمر دارد (۱). میوه‌ها به علت دارا بودن مقادیر زیادی آنتی‌اکسیدان، نقش مهمی در سلامتی دارند که بدن انسان را در برابر واکنش‌هایی مانند غیرطبیعی شدن پروتئین، اکسید شدن چربی و آسیب دیدن DNA محافظت می‌کنند (۲). ترکیبات موجود در میوه (ویتامین‌های E و C، کاروتنوئیدها و همچنین پلی فنول‌ها) باعث حفظ سلامتی و افزایش مقاومت بدن در برابر بیماری‌ها می‌شوند (۳).

خرما یکی از محصولات باغی بسیار مهم است که غذایی طبیعی و پر ارزش برای انسان بوده است. خرما را "طلای شیرین" و میوه درخت امید و زندگی می‌نامند؛ زیرا نقش

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-12-09 ]

مهمی در تغذیه مردم در هنگام بروز قحطی‌های منطقه‌ای داشته است (۴). در بسیاری از کشورهای دنیا به ویژه خاورمیانه و شمال آفریقا میوه خرما به عنوان یکی از اجزای اساسی رژیم غذایی محسوب می‌شود. مطالعه‌های اخیر نشان می‌دهد که عصاره میوه خرما به علت وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ضد جهش دارای توانایی جذب رادیکال‌های آزاد است. غنی بودن از ترکیبات فنولی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا از جنبه‌های ارزشمند میوه خرما است. اسید گالیک، اسید پروتوکاتئیک، اسید کافئیک و اسید پی- کوماریک از ترکیبات فنولی مهم خرما هستند (۵).

به منظور رسیدن به رطوبت مطلوب و حفظ کیفیت در طول حمل و نقل و انبارداری، فرایند خشک کردن خرما الزامی است. در صورت مساعد بودن شرایط محیطی، فرایند خشک کردن ممکن است با پهن کردن خرما در سینی‌هایی در معرض آفتاب انجام شود (۶). کنترل شرایط خشک کردن، نقش مهمی در کیفیت خرمای نهایی دارد؛ به طوری که خشک شدن آهسته خرما می‌تواند باعث ترش شدن آن شود و در صورتی که خرما به سرعت خشک شود. خرما پوسته پوسته شده، پوست از بافت آن جدا شده و دچار پیچ خوردگی می‌شود. در نتیجه، میکروارگانیسم‌ها و آفات به سهولت از پوست عبور می‌کنند و باعث آلودگی خرمامی شوند (۷، ۴).

برای خشک کردن خرما می‌توان از روش‌های دیگری نظیر خشک کردن در گرمخانه، خشک کردن کابینتی و خشک کردن انجمادی استفاده کرد. در روش اول، خرما را درون سینی‌های گرمخانه به صورت یک لایه می‌چینند و هوای گرم با دما و سرعت مشخص از بین سینی‌ها جریان می‌یابد و خرما خشک می‌شود. در روش دوم، خرما در داخل محفظه خشک کن قرار داده می‌شود و رطوبت آن به وسیله جریان هوای گرم جدا می‌شود. بخار اشباع حاصل به وسیله پمپ از اطراف خرما خارج می‌شود. پس از اتمام عملیات خشک کردن، خرما را بسته‌بندی می‌کنند. در روش سوم، خرما را در محفظه تحت خلأ قرار می‌دهند و دمای محفظه تا ۵°C- پایین می‌آورند؛ طوری که خرما یخ می‌زند. سپس فشار داخل محفظه را با استفاده از پمپ خلأ به ۴/۶ mmHg می‌رسانند. در این حالت منبع حرارتی روشن شده و رطوبت خرمای یخ زده شروع به بخار شدن می‌کند. پس از اتمام این عملیات خرما را بسته‌بندی می‌کنند (۷، ۴).

*Allait* ۱۶ رقم خرمای رایج در بحرین را جهت بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی، مقدار کل ترکیبات فنولی و مقدار آسکوربیک اسید در مراحل مختلف رسیدن با استفاده از روش FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) مورد مطالعه قرار داد. در تحقیق وی بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب مربوط به مراحل نارس بودن رطب (خرمای نرم و رسیده) و بعد مرحله تمر (میوه خشک شده خرما) بود (FRAP: ۴/۳۱±۵/۷۷۱ ، ۱/۲ و ۰/۱۲± ۰/۹۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن میوه تازه) (۸)

*Vega-Gálvez* و همکاران تأثیر دماهای مختلف خشک کردن در گرمخانه (۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد) را بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمایی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، رنگ و میزان ترکیبات فنولی فلفل قرمز بررسی کردند. مقدار ویتامین C و میزان ترکیبات فنولی با افزایش دما از ۵۰ به ۹۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و فعالیت جذب رادیکالی بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در پایین‌ترین دما (۵۰°C) نسبت به بالاترین دما (۹۰°C) نشان داد. رنگ نمونه‌ها هم با افزایش دما کاهش یافت و نمونه‌های خشک شده در دمای ۹۰°C تقریبا بی‌رنگ بود (۹).

از یک سو، فرایند خشک کردن اهمیت بسیار زیادی در فراوری خرما دارد و نوع منطقه رشد گیاه، تأثیر فراوانی روی ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن دارد. از سوی دیگر، تاکنون مطالعه‌ای در مورد ترکیبات فنولی و خواص آنتی‌اکسیدانی خرمای کشت شده در منطقه جیرفت کرمان گزارش نشده است. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر فرایند خشک کردن در دماهای مختلف بر میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم خرمای رایج استان کرمان انجام شد.

## • مواد و روش‌ها

**مواد اولیه:** در این تحقیق، دو رقم خرمای *Phoenixductylifera* استان کرمان با نام‌های خرمای مضافتی بم و خرمای رقم کلوته جیرفت (هر کدام ۱۰ کیلو گرم) از *سازمان جهاد کشاورزی شهرستان جیرفت* تهیه شد.

**مواد شیمیایی:** عبارت بودند از: متانول، معرف فولین- سیو کالتو، کربنات سدیم، اسید گالیک، تری کلرو استیک اسید، کلرید آهن III، معرف DPPH، بافر فسفات، فری سیانید پتاسیم، مولیبدات آمونیوم، اسید سولفوریک، فسفات سدیم. کلیه مواد مورد استفاده از شرکت Merck (آلمان) و با درجه خلوص بالا تهیه شد.

**فرایند خشک کردن خرما:** خشک کردن خرما با دو روش استفاده از گرمخانه و خشک کردن در آفتاب انجام شد. در

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-12-09 ]

روش خشک کردن با آفتاب نمونه‌ها پس از برداشت در سینی‌های فلزی در معرض آفتاب نگهداری شد (متوسط دمای محیط ۳۵°C ، رطوبت نسبی محیط ۸۰٪ و مدت زمان خشک شدن یک هفته در ماه شهریور) (۱۰). پس از اینکه نمونه‌ها به حدی از رطوبت رسید که در اصطلاح عامه خشک شدن گفته می‌شود (در این حالت، میزان رطوبت نمونه‌های رقم مضافتی و کلوته بعد از خشک کردن به ترتیب به ۱۴ و ۱۷ درصد رسید) از سینی‌ها برداشته و در کیسه‌های پلاستیکی در دار در فریزر (۱۸°C-) نگهداری شد.

در روش گرمخانه، نمونه‌های خرما به صورت یک ردیف در سینی‌های گرمخانه قرار داده شد و تا رسیدن به وزن ثابت در دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد با جریان هوای گرم خشک شد. نمونه‌ها پس از سرد شدن در خود گرمخانه از سینی‌ها برداشته شد و در کیسه‌های دردار پلاستیکی در فریزر (۱۸ °C-) نگهداری شد.

**استخراج عصاره فنولی از خرما:** ۴۰ گرم میوه بدون هسته خرما با استفاده از یک چاقوی تیز خرد شد و با استفاده از یک مخلوط کن (مدل SANY ، کره جنوبی) به قطعات کوچک تقسیم شد. سپس با ۱۲۰ml حلال متانول ۸۰٪ (درصد مناسب و استفاده شده در بیشتر تحقیقات خرما) مخلوط و به مدت ۱۰ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. هر چند مدت یک بار نمونه‌ها با شیکر هم زده شد. بعد از طی شدن مدت زمان استخراج، عصاره‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شد. سپس مایع فیلتر شده با یک تبخیرکننده چرخشی (مدل آی. کا- آر. وی. ۱۰، آلمان) در دمای ۴۰°C تغلیظ (تا خروج کامل حلال از عصاره) و سپس با استفاده از یک خشک‌کن انجمادی خشک شد.

**اندازه‌گیری ترکیبات فنولی:** برای اندازه‌گیری ترکیبات فنولی از روش فولین سیو کالتو استفاده شد. در این روش ۲۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده با ۱/۱۶ml آب مقطر، مخلوط و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین به محلول فوق اضافه شد. پس از ۵ دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر محلول سدیم کربنات ۲۰٪ به محلول اضافه و نمونه‌ها بعد از هم زدن با همزن لوله‌ای به مدت ۳۰ دقیقه در بن ماری ۴۰°C نگهداری شدند. سپس جذب نمونه‌ها با دستگاه طیف نورسنج در طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. نتایج برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم نمونه خشک محاسبه شد. برای رسم منحنی درجه‌بندی از اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده شد و نتایج برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن خشک نمونه محاسبه شد (۱۱).

**اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش قدرت احیاکنندگی:** توانایی عصاره‌ها برای احیای آهن سه ظرفیتی توسط روش *بیلدریم* و همکاران تعیین شد. در این روش ۱ml از غلظت‌های مختلف عصاره خرما (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ قسمت در میلیون حلال متانول ۸۰٪) با ۲/۵ml بافر فسفات (pH=۶/۶ و M=۰/۲) و ۲/۵ml فری سیانید پتاسیم (۱۰ گرم در لیتر) کاملا مخلوط و به مدت نیم ساعت در دمای ۵۰°C نگهداری شد. سپس ۲/۵ml تری کلرو استیک اسید (۱۰۰ گرم در لیتر) به مخلوط فوق اضافه و کاملاً مخلوط شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ (۱۷۰۰g) شدند. پس از آن ۲/۵ml از محلول رویی با ۲/۵ml آب مقطر و ۰/۵ml کلرید آهن III (۱ گرم در لیتر) مخلوط و جذب در طول موج ۷۰۰ نانومتر قرائت شد. میزان جذب قدرت احیاکنندگی عصاره‌ها را نشان می‌دهد (۱۲).

**اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش به دام‌اندازی رادیکال (DPPH)**

۲ و ۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) یک رادیکال چربی‌دوست است که حداکثر جذب را در طول موج ۵۱۷ نانومتر دارد. توانایی عصاره‌ها برای جذب رادیکال های DPPH طبق روش بیوس تعیین شد. برای اندازه‌گیری درصد جذب DPPH عصاره‌های استخراجی به این صورت عمل شد. ابتدا از عصاره‌های خشک شده به روش انجمادی، غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ قسمت در میلیون تهیه شد. سپس ۱ml از محلول متانولی یک میلی‌مولار DPPH با ۳ml محلول عصاره در متانول از غلظت‌های فوق مخلوط و به شدت مخلوط شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی نگهداری و در نهایت، جذب آن‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد (۱۳). فعالیت برحسب درصد نسبی DPPH محاسبه شد.

**اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل:** این روش بر اساس احیای مولیبدنوم VI به مولیبدنوم V توسط نمونه و تشکیل کمپلکس سبز رنگ فسفات مولیبدنوم در محیط اسیدی است. در این روش از عصاره‌های خشک شده به روش انجمادی، غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ قسمت در میلیون حلال متانول ۸۰٪ درصد تهیه شد. سپس ۰/۱ml از هریک از

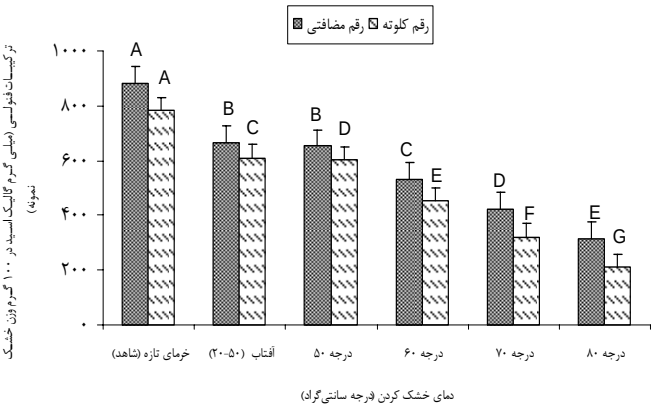
[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-12-09 ]

غلظت‌های فوق را در یک لوله اپندورف ریخته و ۱ml از محلول معرف (مخلوطی از اسید سولفوریک ۰/۶ مولار، سدیم فسفات ۲۸ میلی‌مولار و آمونیوم مولیبدات ۴ میلی‌مولار) به آن اضافه کرده و پس از دربندی به مدت ۹۰ دقیقه در بن ماری ۹۵°C نگهداری شد. بعد از سرد شدن و رسیدن به دمای اتاق، میزان جذب در طول موج ۶۹۵ نانومتر در برابر یک شاهد قرائت شد. محلول شاهد حاوی ۱ml محلول معرف و ۰/۱ml حلال متانول استفاده شده برای تهیه غلظت‌های نمونه بود که در شرایط مشابه بقیه نمونه‌ها انکوبه شد (۱۱).

**تجزیه و تحلیل آماری:** برای تجزیه و تحلیل نتایج از طرح کاملا تصادفی استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ به کار رفت. تجزیه آماری با نرم‌افزار SAS (۲۰۰۱) و برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد. کلیه تیمارها در ۳ تکرار صورت گرفت.

## • یافته‌ها

**تأثیر فرایند خشک شدن (در آفتاب و گرمخانه) بر میزان ترکیبات فنولی خرما:** شکل ۱ اثر خشک کردن با آفتاب و گرمخانه در دماهای مختلف بر میزان ترکیبات فنولی کل استخراج شده با حلال متانول در زمان ۱۰ ساعت را نشان می‌دهد.



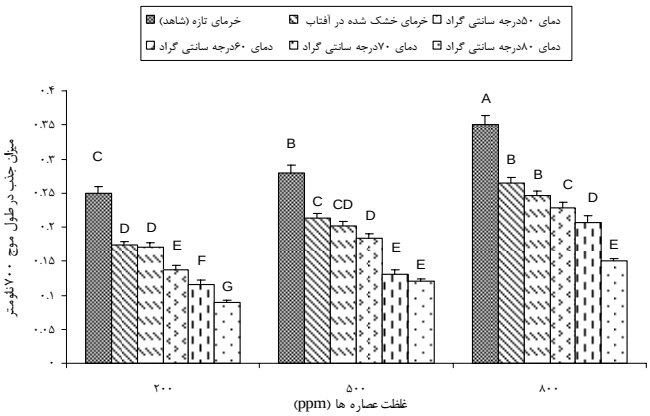

**شکل ۱- اثر خشک کردن در آفتاب و گرمخانه در دماهای مختلف بر میزان ترکیبات فنولی کل استخراج شده با حلال متانول ۸۰٪ در دو رقم خرمای مورد مطالعه**

*اعداد با حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵)

همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، خشک کردن، میزان ترکیبات فنولی را کاهش می‌دهد؛ به طوری که در رقم مضافتی بین خرمای خشک شده در آفتاب و خرمای خشک شده در گرمخانه (۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد) از نظر میزان ترکیبات فنولی کل، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (p<۰/۰۵) و روند تغییرات میزان ترکیبات فنولی با افزایش دمای خشک کردن، کاهش یافت. در حالی که بین خرمای خشک شده در آفتاب و خرمای خشک شده در گرمخانه ۵۰°C از نظر میزان ترکیبات فنولی کل، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). در رقم کلوته نیز بین خرمای خشک شده در آفتاب و خرمای خشک شده در گرمخانه از نظر میزان ترکیبات فنولی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (p<۰/۰۵).

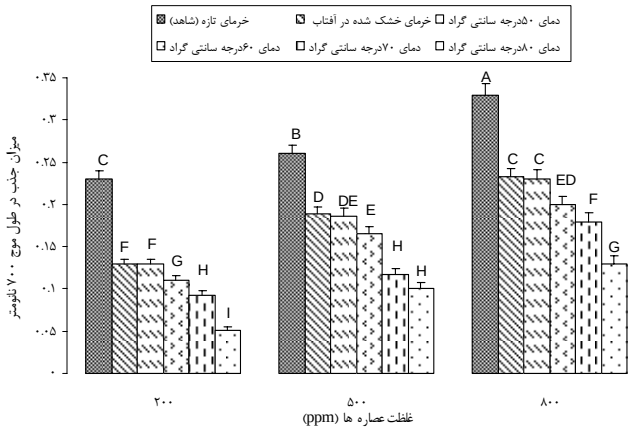
**نتایج بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی**

**میزان قدرت احیا کنندگی عصاره‌ها:** شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب اثر غلظت بر قدرت احیا کنندگی عصاره‌های متانولی خرمای مضافتی و کلوته خشک شده در آفتاب و گرمخانه در دماهای مختلف را نشان می‌دهند.




**شکل ۲- اثر غلظت بر قدرت احیا کنندگی عصاره‌های متانولی خرمای مضافتی خشک شده در آفتاب و گرمخانه**

* اعداد با حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).




**شکل ۳- اثر غلظت بر قدرت احیا کنندگی عصاره‌های متانولی خرمای کلوته خشک شده در آفتاب و گرمخانه در دماهای مختلف**

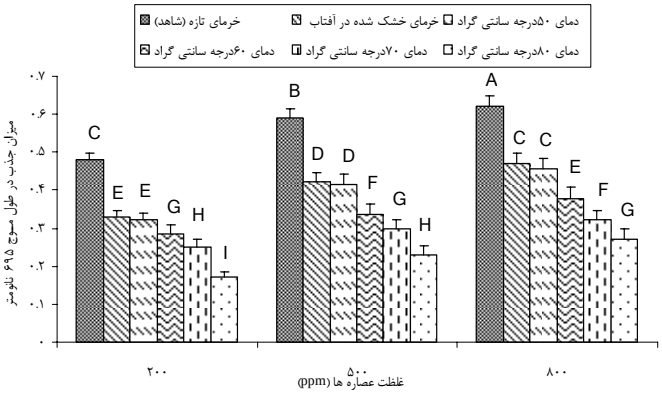
* اعداد با حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-12-09 ]

شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهند که در هر دو رقم مورد مطالعه، قدرت احیاکنندگی عصاره‌های خرمای تازه (شاهد) بیشتر از خرمای خشک شده است و با افزایش دمای خشک کردن، قدرت احیا کنندگی عصاره‌ها کاهش می‌یابد. اما بین عصاره‌های خشک شده در آفتاب و خشک شده در گرمخانه با دمای ۵۰°C از نظر قدرت احیاکنندگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

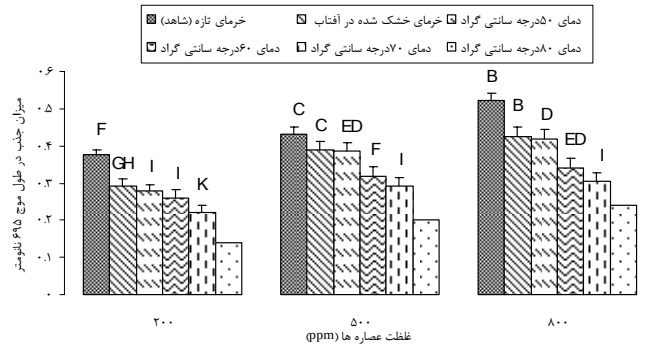
**ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در عصاره‌ها:** شکل‌های ۴ و ۵ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در عصاره‌های خرمای رقم مضافتی و کلوته خشک شده در آفتاب و گرمخانه (۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد) را نشان می‌دهد.

شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهند که در هر دو رقم مورد مطالعه، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در خرمای تازه (نمونه شاهد) بیشتر از خرمای خشک شده است و با افزایش دمای خشک کردن، میزان جذب عصاره‌های متانولی کاهش می‌یابد.




**شکل ۴- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در عصاره‌های خرمای مضافتی خشک شده در آفتاب و گرمخانه در دماهای مختلف**

* اعداد با حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

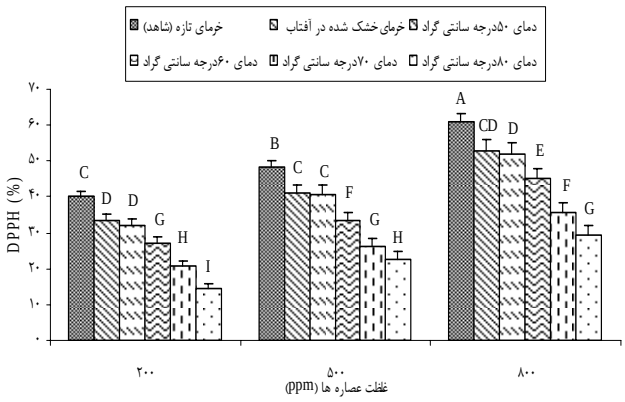



**شکل ۵- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در عصاره‌های خرمای کلوته خشک شده در آفتاب و گرمخانه در دماهای مختلف**

* اعداد با حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

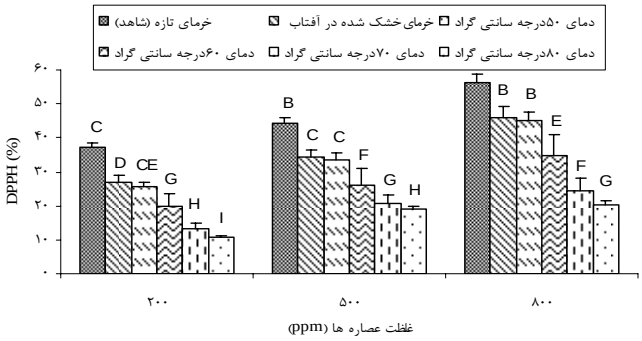
در هر دو رقم (بجز غلظت ppm ۲۰۰ در رقم کلوته، بین خرمای خشک شده در آفتاب و خرمای خشک شده در گرمخانه در ۵۰°C ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره‌های خشک شده در آفتاب و خشک شده در گرمخانه در ۵۰°C اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (p>۰/۰۵). کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با افزایش دما به علت اثر تخریبی دما بر ترکیبات فنولی بود که این ترکیبات تأثیر مستقیمی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل دارند. با افزایش دمای خشک کردن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره‌ها کاهش یافت؛ اما بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره‌های خشک شده در آفتاب و خشک شده در گرمخانه ۵۰°C تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی جذب رادیکال DPPH در عصاره‌ها:** شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب درصد حذف رادیکال آزاد DPPH عصاره‌های متانولی خرمای مضافتی و کلوته خشک شده در آفتاب و گرمخانه در دماهای مختلف را نشان می‌دهند.




**شکل ۶- درصد DPPH عصاره‌های متانولی خرمای خشک شده در آفتاب و گرمخانه در دماهای مختلف در خرمای مضافتی**

* اعداد با حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).




**شکل ۷- درصد DPPH عصاره‌های متانولی خرمای کلوته خشک شده در آفتاب و گرمخانه در دماهای مختلف**

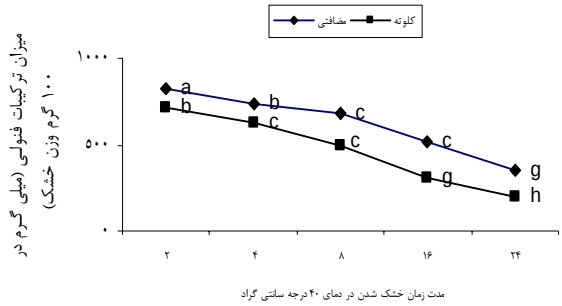
* اعداد با حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-12-09 ]

شکل‌های ۶ و ۷ نشان می‌دهند که خرمای تازه درصد جذب رادیکال آزاد بالاتری نسبت به خرمای خشک شده داشت و با افزایش دمای خشک کردن درصد حذف رادیکال آزاد DPPH عصاره‌ها کاهش یافت به عبارت دیگر، توانایی عصاره‌ها برای جذب رادیکال‌های آزاد کاهش یافت، اما از نظر جذب رادیکال‌های آزاد، عصاره‌های خشک شده در آفتاب و خشک شده در گرمخانه ۵۰°C با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (p>۰/۰۵).

شکل ۸ تغییر ترکیبات فنولی هر دو رقم خرما را با افزایش مدت زمان خشک کردن در یک دمای ثابت نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، با افزایش مدت زمان خشک کردن، میزان ترکیبات فنولی کل در هر دو رقم خرما کاهش یافت.




**شکل ۸- تغییر میزان ترکیبات فنولی با افزایش زمان خشک کردن در دمای ثابت (۴۰°C)**

* اعداد با حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

## • بحث

در هر دو رقم، با افزایش دمای خشک کردن، سرعت خشک کردن افزایش یافت. با اینکه خشک کردن در دمای بالاتر باعث افزایش سرعت خشک شدن شد، اما منجر به کاهش میزان ترکیبات فنولی کل و تیره شدن رنگ خرما شد. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج گزارش شده توسط *Al-Farsi* و همکاران مطابقت داشت. این محققان مقدار ترکیبات فنولی خرمای تازه و خرمای خشک شده را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که خرمای تازه دارای میزان ترکیبات فنولی بیشتری نسبت به خرمای خشک شده است و فرایند خشک کردن باعث کاهش میزان ترکیبات فنولی کل می‌شود (۱۴). *Besbes* و همکاران در مطالعه خود گزارش کردند که با افزایش دمای خشک کردن، میزان ترکیبات فنولی کل کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل اثر تخریبی دماهای بالا روی ترکیبات فنولی باشد (۱۵). *Rakic* و همکاران تغییرات مشاهده شده در میزان ترکیبات فنولی در دمای بالا را به تأثیر حرارت بر ترکیبات تانن نسبت دادند. تانن‌های قابل هیدرولیز در درجه حرارت‌های بالا تجزیه می‌شوند (۱۶). کاهش ترکیبات فنولی بر اثر خشک کردن ممکن است ناشی از پیوند آن‌ها با ترکیبات دیگری مانند پروتئین‌ها یا بر اثر تغییر ساختار شیمیایی این ترکیبات باشد که با روش‌های موجود، استخراج و اندازه‌گیری آن‌ها ممکن نیست (۱۹-۱۷).

همچنین، کاهش ترکیبات فنولی می‌تواند به علت افزایش تانن‌های تغلیظ شده باشد که این موضوع به علت پلیمریزاسیون تانن‌ها در دماهای بالای خشک کردن است (۲۰). ترکیبات فنولی در درون اندامک‌هایی به نام واکوئل قرار دارند و فرایند خشک کردن باعث تخریب ساختار سلولی و واکوئل‌ها و خروج ترکیبات فنولی از آن‌ها می‌شود بنابراین، ترکیبات فنولی در مقابل هر تغییری حساس می‌شوند و با افزایش دما از بین می‌روند (۱۹).

کاهش قدرت احیاکنندگی با افزایش دما به علت اثر تخریبی دما بر ترکیبات فنولی است؛ زیرا این ترکیبات تأثیر مستقیمی بر قدرت احیا کنندگی عصاره‌های حاصل دارند. (۲۱).

با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان چنین بیان کرد که خشک کردن خرما میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را کاهش می‌دهد و هرچه دمای خشک کردن بیشتر باشد، میزان ترکیبات فنولی استخراج شده کمتر است. خرمای خشک شده در آفتاب و خشک شده در گرمخانه ۵۰°C تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان ترکیبات فنولی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با یکدیگر نداشتند؛ زیرا خشک شدن در آفتاب در دمای متوسط (دمای ۲۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد) انجام شد و حداکثر این دما برابر با خشک شدن در دمای گرمخانه ۵۰°C بود. از بین رقم‌های مورد مطالعه، رقم مضافتی میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به رقم کلوته دارد. بین میزان ترکیبات فنولی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندازه-گیری شده به هر سه روش (قدرت احیاکنندگی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و درصد جذب رادیکال DPPH) ارتباط معنی‌داری مشاهده شد. به این ترتیب که با افزایش میزان ترکیبات فنولی، کل فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده به هر سه روش افزایش یافت. با افزایش دمای خشک کردن، رنگ خرما نیز تیره شد؛ طوری که خرمای خشک شده در گرمخانه ۸۰°C دارای رنگ قهوه‌ای متمایل به سیاه بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که خشک کردن خرما در آفتاب اگرچه سرعت خشک کردن را کاهش می‌دهد، ولی روی میزان ترکیبات فنولی و رنگ خرما تأثیر معنی‌داری نمی‌گذارد.

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-12-09 ]

## • References


1. Liu R H. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. J Nutr 2004; 134: S3479S–85.
2. Berger M M. Nutritional manipulation of oxidative stress: review of the evidence. Nutr Clin Met, 2006; 20: 48–53.
3. Proteggente AR, Pannala SA, Paganga G. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. Free Radi Rese 2002; 36: 217–233.
4. Ashraf Jahani A. Date: life fruit. Tehran: Agricultural Science; 2002 [in Persian].
5. Vayalil PK. Antioxidant and antimutagenic properties aqueous extract of date fruit (Phoenix dactylifera L. arecaceae). J Agri and Food Chem 2005; 50: 610–617.
6. Al-Farsi M, Alasalvar C, Morris A, Baron M, Shahidi F. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (Phoenix dactylifera L.) varieties grown in Oman. Food Chem 2005; 53: 1752-9.
7. Falahi M. Date growth, development and packaging. Mashhad: Barsava ; 1996. [in Persian].
8. Allaith A. Antioxidant activity of Bahraini date palm (Phoenix dactylifera L.) fruit of various cultivars. Int J Food Sci Technol 2008:1033– 40.
9. Vega-Gálvez A, Scala KD, KLemus-Mondaca R, Miranda M, López J, Perez-Won M. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (Capsicum annuum, L. var. Hungarian). Food Chem 2009; 117 (4): 647-53.
10. Abdelghani B, Hocine B, Djamod M. Solar drying of date palm fruit simulate as multi-step temperature drying. J Med 2007; 106: 1014-20.
11. Arabshahi-Delouee S, Urooj A. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (Morusindica L.) leaves. Food Chem 2006; 102: 1233-40.
12. Yildirim A, Mavi A, Kara AA. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of Rumexcrispus L. extracts. J of Agri and Food Chem 2001; 49: 4083-9.
13. Bios MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 1958; 26: 1199-200.
14. Al-Farsi M, Alasalvar C, Al-Abid M, Al-Shoaily K, Al-Amry M, Al-Rawahy F. Compositional characteristics of dates, syrups, and their by-products. Food Chem 2007; 104: 943–7.
15. Besbes S, Blecker C, Deroanne C, Bahloul N, Lognay G, Drira NE. Date seed oil: phenolic, tocopherol and sterol profiles. J Food Lipids 2004; 11: 251–5.
16. Rakic S, Petrovic S, Kukic J, Jadranin M, Tesevic V, Povrenovic D, et al. Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns from Serbia. Food Chem 2007; 104: 830-4.
17. Benzie IFF, Szeto YT. Total antioxidant capacity of teasby the ferric reducing antioxidant power assay. J Agri and Food Chem 1999; 47: 633–6.
18. Qu W, Pan Z, Ma H. Extraction modeling and activities of antioxidants from pomegranate marc. J Food Eng 2010; 99: 16–23.
19. Harboune N, Marete E, Jacquier JC, O'Riordan D. Effect of drying methods on the phenolic constituents of meadowsweet (*Filipendulaulmaria)* and willow (Salix alba). Food Chem 2009; 42(9): 1468-73.
20. Torres CD, Diaz-Maroto MC, Hermosin-Gutierrez I, Perez-Coello MS. Effect of freeze-drying and oven-drying on volatiles and phenolics composition of grape skin. Food Chem 2010: 660(1-2): 177-82.
21. Gao X, Bjo kL, Trajkovski V, Uggla M. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. J Agri and Food Chem 2000; 80: 2021-7.


[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-12-09 ]

# Effect of drying process on the phenolic-compounds content and antioxidant activity of two varieties of date-palm fruit *Kaluteh* and *Mazafati*

*Shahdadi F[1], Mirzaei H[2], Maghsoudlou Y[3], Ghorbani M[2] , Daraei Garmakhany A[*4]*

*1- M.Sc in Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.*

*2- Assistant Prof, Dept. of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.*

*3- Associate Prof, Dept. of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.*

*4-[*]Corresponding author: Ph.D Student in Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.Email: amirdaraey@yahoo.com*

**Received 5 Sep, 2010** **Accepted 26 Apr, 2011**

**Background and Objective:** Date-palm fruit is an important horticultural fruit in Iran with a high nutritive value due to its contents of minerals, sugars, vitamins and antioxidant compounds. In this research the effects of drying process on phenolic-compounds content and antioxidant properties of two common date varieties in Kerman Province, Iran, namely, *Mazafati* and *Kaluteh*, were investigated.

**Materials and Methods:** Two common date varieties in Kerman province, Iran, namely, *Mazafati* and *Kaluteh*, were chosen. They were dried by 2 methods – sun-drying and oven-drying at $50^0$, $60^0$, $70^0$ and $80^0$ C. The phenolic content was measured by the Folin–Ciocalteau method and the antioxidant activity by reducing-power assay, total antioxidant capacity, and DPPH methods.

**Results:** The drying process causes a decrease in phenolic compounds in comparison with fresh dates. The reductions in both total phenolic-compounds content and total antioxidant activity increased by increasing the drying temperature. The highest and lowest contents of phenolic compounds and antioxidant activity were found in the sun-dried and oven-dried (at $80^0$ C) samples, respectively. The *Mazafati* variety had a higher content of phenolic compounds (780 mg galic acid/100 g dry weight) and a higher antioxidant activity (35% radical scavenging DPPH) than the *Kaluteh* variety (720 mg galic acid/100 g dry weight and 28% radical scavenging DPPH, respectively). Keeping date fruits at a constant temperature for a long period also led to decreases in the phenolic-compounds content.

**Conclusion:** Drying process results in decreases in phenolic compounds and antioxidant activity of dates; the higher the drying temperature, the higher in losses in phenolic compounds and antioxidant activity.

**Keywords**: Date-palm fruit, Drying process, Phenolic compound, Antioxidant activity

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-12-09 ]