

بررسی ارزش تغذیه‌ای شکوفه خرما و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی عصاره اتانولی استخراجی به کمک اولتراسوند

سلما مشاور^a، مسعود هنرور^{b*}، وریا ویسانی^c

^a کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^b دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^c دانشیار گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۱۰

چکیده

مقدمه: شکوفه خرما با وجود دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال ارزشمند، تاکنون کاربرد محدودی در صنایع غذایی داشته و بیشتر در طب سنتی مورد استفاده قرار گرفته است. شواهد علمی اخیر نشان می‌دهد که این ماده می‌تواند اثرات فیزیولوژیک و تغذیه‌ای سودمندی داشته باشد. بر همین اساس، این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های تغذیه‌ای، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و خاصیت ضد میکروبی عصاره شکوفه خرما انجام شد.

مواد و روش‌ها: ترکیب مواد معدنی با استفاده از روش جذب اتمی و پروفایل اسیدآمینها با کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) تعیین گردید. استخراج عصاره‌ها با کمک اولتراسوند پره‌ای و حلال اتانول ۷۰ درصد در ۹ تیمار مختلف شامل زمان‌های ۲۰، ۷۰ و ۱۲۰ دقیقه و توان‌های ۸۰، ۲۴۰ و ۴۰۰ وات انجام شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به روش ABTS، محتوای فنولی کل با روش فولین-سیوکالتو و خاصیت ضد میکروبی به روش انتشار چاهک آگار در برابر *استافیلوکوکوس اورئوس*، *اشریشیا کلی* و *سالمونلا* ارزیابی گردید.

یافته‌ها: بیشترین بازده استخراج در توان ۴۰۰ وات و زمان ۱۲۰ دقیقه (۵,۳۶ درصد) حاصل شد، اما بهینه‌ترین شرایط از نظر حفظ خواص زیست‌فعال، تیمار ۲۴۰ وات و ۷۰ دقیقه بود که بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بیشترین میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی را نشان داد ($p < 0.05$). در میان عناصر معدنی، پتاسیم بیشترین (4401.7 mg/kg) و منگنز کمترین (262.5 mg/kg) مقدار را دارا بود. از میان اسیدهای آمینه نیز گلوتامیک اسید بیشترین (105.56 g/kg) و والین کمترین (6.49 g/kg) غلظت را داشتند. آزمون‌های ضد میکروبی نشان‌دهنده اثر معنی‌داری بر روی باکتری‌های هدف نبودند.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، شکوفه خرما منبعی غنی از مواد معدنی، اسیدهای آمینه و ترکیبات زیست‌فعال به‌ویژه فنول‌ها و فلاونوئیدها است و می‌تواند به‌عنوان یک منبع طبیعی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی مورد توجه قرار گیرد. با این حال، اثربخشی ضد میکروبی آن در این مطالعه محدود بود و برای تأیید این قابلیت، استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های پیشرفته‌تر استخراج و آزمون‌های تکمیلی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اولتراسوند، ترکیبات فنولیک، خواص آنتی‌اکسیدانی، شکوفه خرما

مقدمه

نخل خرما (*Phoenix dactylifera L.*) از تیره نخل سانان، گیاهی چند ساله، تک لپه، دوگان و دوپایه (Shah Hosseini et al., 2017) و متعلق به خانواده Arecaceae است که گل‌های نرو ماده آن روی درختان جداگانه‌ای قرار دارد (Daoud et al., 2019). اشاره‌هایی که قرآن در رابطه با گیاهان از جمله خرما دارد نشان دهنده اهمیت تغذیه و اثرات مفید آن در سلامت و بیماری است. پیشرفت‌های شگرفی که در سال‌های اخیر در علوم مختلف به ویژه علوم تجربی شده است، پرده از برخی رموز خلقت برداشته است. یکی از این پیشرفت‌ها، شناسایی ترکیبات مختلف موجود در گیاهان مغذی نظیر خرما و آشکار شدن مسیرهای متابولیسمی این ترکیبات می‌باشد. در کتاب‌های طب ایرانی مراحل رسیدن خرما را از ابتدا، هفت مرتبه ذکر کرده و هر مرتبه را به نامی موسوم نموده‌اند که به ترتیب عبارتند از طلع (بهار خرما)، بلح (غوره سبز ترش)، خلال (غوره مایل به زرد ترش)، بسر (غوره زرد مایل به شیرین)، قسب (خرمای نارس)، رطب (خرمای رسیده تازه) و تمر (خرمای خشک) هر یک از مراتب هفت گانه متناسب با طبیعت خود، دارای خواص و عملکرد ویژه‌ای است (Mousavi et al., 2014).

گل خرما از سن ۶ الی ۱۰ سالگی به بعد بصورت خوشه‌های مرکب در داخل غلاف خاصی به نام تارونه در زاویه بین دمبرگ‌ها و تنه ظاهر می‌شود و گل‌های نر و ماده روی پایه‌های جداگانه قرار دارند برای تشکیل میوه کافی باید گرده افشانی بطور مصنوعی توسط انسان انجام شود در هر اصله خرما ۷ الی ۱۲ خوشه بوجود می‌آید. دانه گرده را میتوان در یخچال با دمای بین ۴ الی ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری کرد. گرده تازه به شکل بیضی و قایقی می‌باشد و تک شیری است و در انتهای لایه خارجی منفذ دارد. بر روی لایه خارجی اکثر گرده‌ها لایه‌ای مانند موم یا لیپید قرار دارد. گرده از دو لایه تشکیل شده است که لایه خارجی (اگزین) کوتین بوده و در محل شیار نازک و لایه داخلی (انتین) نسبتاً نازک بوده و در محل شیارها ضخیم می‌شود (Tavakoli, 2019). گل‌های نر گاهی اوقات دو یا سه ماه بر حسب رقم یا شرایط آب و هوایی، یک هفته قبل از گل‌های ماده بالغ می‌شوند (Mesnoua et al., 2018).

شکوفه گل نخل نر به عنوان پودر نرم‌کننده پوست صورت و دست به کار می‌رود. پس از جمع آوری گرده، آن را در ماسوله‌ایی ریخته و به تدریج بکار می‌برند. اسپات خوشه نر خرما که در فارس آنرا تارونه می‌نامند اگر به صورت تازه مصرف شود به منظور تقویت کار قلب و کبد بسیار مفید است و مالیدن آن به دندان، باعث تقویت دندان شد و از چرکی شدن، جلوگیری می‌کند (Hassanzadeh, 2012). بطور کلی ریشه، ساقه، برگ، میوه، گل و دانه خرما شامل ترکیبات فنلی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند؛ ترکیبات فنلی از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌ها هستند که در برابر باکتری‌های سودوموناس، کلبسیلا، استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیاکلی، استرپتوکوک و آسپرژیلوس نقش ضد میکروبی دارند (Mousavi et al., 2014).

در منطقه عربستان برای تولید یک نوشیدنی مقوی ضد دیابت که اثرات آنتی‌اکسیدانی نیز دارد از شکوفه نر خرما (MDPF) استفاده می‌شود (Karra et al., 2020). این ماده معمولاً در خاورمیانه، به ویژه در مصر و عربستان سعودی به عنوان یک مکمل غذایی فعال و طبیعی و کاربردی در نظر گرفته می‌شود (Mahomoodally et al., 2024). به دلیل محتوای قابل توجه فلاونوئیدهای فعال زیستی، فنولیک‌ها و ترکیبات اسیدهای چرب غیراشباع فرار این ماده به عنوان یک ضد میکروب قوی، ضد التهاب، آنتی‌اکسیدانی و ضد تومور نقش حیاتی دارد (Xie et al., 2024). هدف از این پژوهش بررسی خواص شکوفه خرما و امکان سنجی این ماده برای جایگزین نمودن آن در صنعت غذا به عنوان افزودنی طبیعی و یا نگهدارنده مواد غذایی می‌باشد.

در این پژوهش با هدف شناسایی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ترکیبات زیست‌فعال، و بررسی توان آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی شکوفه خرما مطالعه‌ای جامع انجام شد. جنبه نوآوری تحقیق در به‌کارگیری روش استخراج فراصوت (اولتراسوند پره‌ای) با تیمارهای متفاوت توان و زمان نهفته است که برای نخستین بار به‌طور سیستماتیک بر روی شکوفه خرما اعمال شد و امکان دستیابی به عصاره‌ای با بازده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بهینه را فراهم آورد. این رویکرد ضمن ارائه داده‌های نوین درباره محتوای مواد معدنی و اسیدهای آمینه شکوفه خرما، ظرفیت استفاده از این منبع کمتر شناخته‌شده را در توسعه

محصولات غذایی و ترکیبات آنتی اکسیدانی طبیعی برجسته می‌سازد.

مواد و روش ها

– آماده سازی پودر شکوفه خرما

در این تحقیق شکوفه‌های درخت نخل نر گونه ربی در فصل بهار ماههای فروردین و اردیبهشت و خرداد سال ۱۳۹۹ از کشاورزان منطقه چابهار خریداری و در مقابل آفتاب طی چهار هفته خشک شده، با دستگاه میکسر پارس خزر پودر و بسته بندی شدند. مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

– آماده سازی محلول خاکستر

ابتدا بوته‌های چینی در کوره (مدل T-Control، ساخت ایران) به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا عملیات کوره‌گذاری انجام گیرد. پس از خنک شدن در دسیکاتور، وزن دقیق هر بوته اندازه‌گیری شد. سپس مقدار ۱ گرم از نمونه پودر شکوفه خرما در هر بوته ریخته شد. نمونه‌ها ابتدا روی شعله سوزانده شدند و سپس در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت خاکستری شدند. برای آماده‌سازی محلول خاکستر، جهت بررسی مواد معدنی، از اسید کلریدریک ۱ نرمال (HCl 1N) استفاده شد. به این منظور، مقدار ۵ میلی‌لیتر HCl به هر بوته حاوی خاکستر افزوده شد و نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط استاتیک نگهداری شدند تا فرآیند انحلال به طور کامل انجام شود. پس از این مرحله، محلول حاصل با افزودن آب مقطر دی‌یونیزه به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت، محلول‌ها پس از یکنواخت‌سازی کامل، با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردیدند و برای آنالیز عناصر معدنی با دستگاه جذب اتمی شعله‌ای (مدل AA-7000، Shimadzu، ژاپن) آماده شدند (Daoud et al., 2019).

– اندازه‌گیری فسفر

به طور معمول برای مواد گیاهی از معرف مونووانادات استفاده می‌شود. داخل لوله‌ی آزمایش به میزان یک به یک از معرف و نمونه با پیپت استریل ریخته و تا نمایان شدن رنگ ترکیب زرد هم زده شد. بعد از گذشت ۱۰ دقیقه جذب

ترکیب با دستگاه اسپکتوفوتومتر (مدل UV-2100 Spectrophotometer ساخت نیوجرسی آمریکا) در طول موج ۴۳۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه‌ی مقدار فسفر از استاندارد پتاسیم هیدروژن فسفات استفاده شد. در ابتدا یک محلول ۱۰۰۰ ppm از آن تهیه و سپس رقت‌سازی (حدوداً ۴-۵ رقت) انجام شد. جذب ترکیب استاندارد و معرف بعد از ۱۰ دقیقه در دستگاه خوانده شد (Daoud et al., 2019).

– اندازه‌گیری آهن

برای سنجش غلظت آهن، ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه به همراه ۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک غلیظ (۳۷٪) و ۱ میلی‌لیتر هیدروکسیل‌آمین هیدروکلراید (جهت احیای آهن سه‌ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی) در ارلن ریخته شد و مخلوط بر روی شعله حرارت داده شد. پس از خنک شدن، به محلول حاصل ۱۰ میلی‌لیتر استات آمونیوم ۳/۲ نرمال و ۲ میلی‌لیتر معرف فنانترویلین ۲/۰٪ افزوده شد تا کمپلکس رنگی آهن – فنانترویلین تشکیل گردد. میزان جذب کمپلکس پس از ۱۰ دقیقه توسط دستگاه اسپکتوفوتومتر UV-2100 (ساخت نیوجرسی، آمریکا) در طول موج ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید. برای تهیه منحنی استاندارد، محلول‌های استاندارد آهن با استفاده از فروآمونوم سولفات آماده شدند و میزان جذب آن‌ها نیز در همان شرایط اندازه‌گیری شد.

– اندازه‌گیری روی

برای سنجش غلظت روی، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه به همراه ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰.۰۴ نرمال و چند قطره فل رد ترکیب گردید. سپس آمونیاک غلیظ ۲۵٪ به صورت قطره‌قطره افزوده شد تا رنگ محلول به صورتی یا ارغوانی تغییر یابد. در ادامه، ۲۰ میلی‌لیتر سدیم استات و ۱ میلی‌لیتر تیوسولفات سدیم به محلول اضافه شدند تا کمپلکس رنگی تشکیل گردد. برای جداسازی روی در فاز آلی، ۱۰ میلی‌لیتر کلروفرم به عنوان حلال جداکننده افزوده شد و در نهایت ۰.۱ میلی‌لیتر معرف دی‌تیزون به مخلوط اضافه گردید. میزان جذب کمپلکس حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتر UV-2100 (ساخت نیوجرسی، آمریکا) در طول موج ۵۳۸ نانومتر اندازه‌گیری شد. محلول‌های استاندارد نیز با استفاده از استات روی تهیه گردیدند و به

همان روش قرائت شدند.

– اندازه‌گیری منگنز

برای تعیین غلظت منگنز، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه با ۰/۰۳ گرم معرف پودری پریودات ترکیب شد. سپس مخلوط به مدت ۱ ساعت در حمام آب گرم با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا کمپلکس رنگی صورتی تشکیل گردد. پس از خنک شدن، میزان جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-2100 (ساخت نیوجرسی، آمریکا) در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. محلول‌های استاندارد نیز با استفاده از سولفات منگنز تهیه گردیدند و به همان روش قرائت شدند.

– اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم

برای تعیین غلظت کلسیم و منیزیم، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه به همراه چند قطره معرف اریوکروم بلک T و ۱۰ میلی‌لیتر بافر آمونیاکی به محلول اضافه شد. سپس نمونه با محلول EDTA ۰/۰۱ نرمال تیترو گردید تا تغییر رنگ از بنفش به سبز مشاهده شد. حجم مصرفی EDTA در این مرحله نشان‌دهنده مجموع کلسیم و منیزیم بود. به‌منظور تعیین اختصاصی کلسیم، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر دیگر از نمونه به همراه ۲ میلی‌لیتر سود ۱ نرمال و مقدار اندکی از معرف مونواکسید (Murexide) مخلوط شد تا رنگ صورتی ایجاد گردد. محلول حاصل با EDTA ۰/۰۱ نرمال تیترو شد تا رنگ محلول از صورتی به بنفش تغییر یابد. حجم EDTA مصرف‌شده در این مرحله معرف غلظت کلسیم بود. در نهایت، با کسر مقدار کلسیم از حجم کلی (Ca + Mg)، غلظت منیزیم محاسبه گردید (Daoud et al., 2019).

– اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم

برای سنجش غلظت پتاسیم و سدیم، محلول خاکستر تهیه‌شده درون بشر ریخته شد. دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل Phlame Photo، ساخت فرانسه) برای این منظور مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا، فیلتر دستگاه روی موقعیت مربوط به پتاسیم قرار داده شد و سوزن دستگاه در آب مقطر قرار گرفت تا نقطه صفر تنظیم شود. سپس دستگاه با محلول استاندارد پتاسیم ۱۰۰ ppm کالیبره گردید و پس از آن میزان پتاسیم نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. برای سنجش

سدیم نیز فرآیند مشابهی انجام گرفت؛ بدین ترتیب که فیلتر دستگاه روی موقعیت سدیم قرار داده شد، تنظیم صفر با آب مقطر صورت گرفت و سپس با محلول استاندارد سدیم دستگاه کالیبره گردید. در نهایت، غلظت سدیم نمونه‌ها قرائت شد. در هر دو مورد، نمونه‌ها به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه در دستگاه سوزانده شدند تا قرائت‌ها پایدار و دقیق به دست آیند. (Daoud et al., 2019)

– اندازه‌گیری مس

برای سنجش غلظت مس، از روش یدومتري استفاده شد. بدین منظور، مقدار ۵ میلی‌لیتر از محلول خاکستر به همراه ۰/۱ گرم یدید پتاسیم (KI) و چند قطره محلول چسب نشاسته به‌عنوان شناساگر ترکیب گردید. سپس محلول حاصل با تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) تیترو شد تا رنگ آبی محلول به‌طور کامل بی‌رنگ گردد. در نهایت، غلظت مس موجود در نمونه‌ها بر اساس حجم تیوسولفات مصرف‌شده و با استفاده از فرمول استاندارد محاسبه شد (Daoud et al., 2019).

– اندازه‌گیری پروفایل اسید آمینه

برای استخراج، مقدار ۱ گرم از نمونه خشک شکوفه خرما با ۱۰ میلی‌لیتر محلول BHT (حاوی ۲۰۵ گرم BHT در ۵۰۰ میلی‌لیتر دی‌کلرومتان) و ۳۰ میلی‌لیتر متیل‌کلراید به مدت ۱۵ دقیقه هم‌زد شد. سپس حجم نهایی با محلول رقیق‌کننده (شامل ۶۰۰ میلی‌لیتر استونیتریل، ۱۵۰ میلی‌لیتر دی‌کلرومتان و ۱۰۰ میلی‌لیتر هگزان) تنظیم گردید. به محلول رقیق‌کننده، ۰/۰۵ میلی‌لیتر BHT و ۰/۰۵ درصد تری‌اتیل‌آمین افزوده شد. از محلول نهایی، ۱۰۰ میکرولیتر به دستگاه HPLC تزریق شد. شرایط کروماتوگرافی شامل طول موج آشکارسازی ۴۷۲ نانومتر و فاز متحرک متشکل از ۸۰۰ میلی‌لیتر استونیتریل، ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول، ۲۵ میلی‌لیتر هگزان و ۲۵ میلی‌لیتر دی‌کلرومتان به همراه ۰/۰۵ درصد تری‌اتیل‌آمین بود (Lüscher et al., 2025).

– عصاره‌گیری

برای آماده‌سازی عصاره، ۱ گرم نمونه پودری شکوفه خرما در لوله فالدکون ریخته و به آن ۹ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ افزوده شد. مخلوط برای یکنواختی بیشتر در دستگاه شیکر

(مدل SAT، ساخت شرکت بهسان، ایران) قرار گرفت. به منظور بهبود فرآیند استخراج، از دستگاه اولتراسوند (مدل Clean Ultrasonic Cleaner، ساخت کره جنوبی) استفاده شد. استخراج در قالب ۹ تیمار مختلف شامل زمان‌های ۲۰، ۷۰ و ۱۲۰ دقیقه و توان‌های ۸۰، ۲۴۰ و ۴۰۰ وات انجام گردید (Louise Angioletti Decker et al., 2025).

پس از فرآیند عصاره‌گیری، نمونه‌ها در سانتریفیوژ (مدل SAT ۲۲۰ V، ۱،۲ A، ۴۰۰۰ rpm، ساخت شرکت بهسان، ایران) به مدت ۱۰ دقیقه در سرعت ۴۰۰۰ rpm قرار داده شدند. پس از جداسازی، بخش رویی عصاره جمع‌آوری گردید و برای انجام آزمون‌های فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تعیین ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی، و بررسی خاصیت ضد میکروبی مورد استفاده قرار گرفت.

– خواص آنتی اکسیدانی

برای سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ابتدا محلول‌های پایه شامل ABTS (7 میلی‌مولار) و پتاسیم پرسولفات (۲،۲۴ میلی‌مولار) تهیه شدند. سپس مقدار ۲ میلی‌لیتر از محلول تازه‌تهیه‌شده ABTS با ۰،۲ میلی‌لیتر از غلظت‌های مختلف عصاره نمونه و استاندارد BHT مخلوط گردید. مخلوط‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در تاریکی نگهداری شدند. پس از این زمان، میزان جذب نوری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-2100 در طول موج ۷۳۴ نانومتر قرائت شد. درصد بازدارندگی رادیکال‌های آزاد ABTS با استفاده از فرمول استاندارد محاسبه گردید و نتایج به صورت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معادل اسید آسکوربیک (AAE) گزارش شدند (Harish et al., 2025).

$$I\% = (A_{blank} - A_{sample} / A_{blank}) \times 100$$

– ترکیبات فنلی

برای تعیین ترکیبات فنولی کل، مقدار ۱ میلی‌لیتر از عصاره استخراج‌شده با ۱ میلی‌لیتر معرف فولین – سیوکالتو و سپس ۳ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم مخلوط شد. پس از ترکیب شدن، محلول به رنگ آبی درآمد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-2100 در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت گردید. برای ترسیم منحنی استاندارد،

محلول‌های استاندارد از اسید گالیک در غلظت‌های مختلف تهیه شدند و همانند نمونه‌ها با معرف فولین – سیوکالتو و کربنات سدیم تیمار شدند. نتایج نهایی بر حسب میلی‌گرم معادل اسید گالیک در هر گرم وزن خشک نمونه بیان گردید (Lüscher et al., 2025).

– فلاونوئیدها

برای تعیین ترکیبات فلاونوئیدی کل، مقدار ۱ میلی‌لیتر عصاره استخراج‌شده با ۱ میلی‌لیتر محلول کلرید آلومینیوم ۲٪ اتانولی (تهیه‌شده از حل کردن ۲ گرم پودر کلرید آلومینیوم در اتانول و رساندن حجم به ۱۰۰ میلی‌لیتر) مخلوط شد. پس از ترکیب، محلول به رنگ زرد درآمد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری گردید. میزان جذب محلول‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-2100 در طول موج ۴۱۰ نانومتر قرائت شد. برای تهیه منحنی استاندارد از محلول‌های کوئرستین در اتانول استفاده گردید و نتایج به صورت میلی‌گرم معادل کوئرستین در هر گرم وزن خشک نمونه گزارش شدند.

– خواص ضد میکروبی

برای ارزیابی خاصیت ضد میکروبی عصاره شکوفه خرما، از سه گونه باکتری / استافیلوکوکوس اورئوس، اشریشیا کلی و سالمونلا استفاده شد. ابتدا از کشت خالص هر باکتری، محلول کدورت معادل نیم مک‌فارلند تهیه گردید. سپس با استفاده از لوپ استریل و در شرایط هود میکروبی، تک‌کلنی‌ها انتخاب و در محلول رینگر حل شدند. محیط‌کشت نوترینت آگار (Nutrient Agar) آماده گردید و با استفاده از لوپ استریل، چاهک‌هایی با قطر تقریبی ۴ میلی‌متر در سطح محیط ایجاد شد. در هر چاهک، مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره اضافه گردید. پلیت‌ها در انکوباتور (مدل Shimaz Co.) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. پس از این مدت، قطر هاله عدم رشد در اطراف هر چاهک با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد و میانگین نتایج در جدول ۵ ارائه گردید.

– تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و

مقالات و گردآوری بر اساس مجموعه آزمایشات می‌باشد. نتایج آماری با استفاده از نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای رسم نمودارهای مربوطه از Excel, SPSS استفاده می‌شود. برای تحلیل داده‌ها از آزمون دانکن در سطح $P < 0.05$ و روش آنالیز واریانس استفاده می‌شود.

یافته‌ها

بررسی‌های انجام شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای (Atomic Absorption Spectrophotometer)، مدل AA-7000، ساخت شرکت Shimadzu، ژاپن) نشان داد که شکوفه خرما حاوی طیف متنوعی از عناصر معدنی شامل پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، فسفر، آهن، روی، مس و منگنز است. نتایج ارائه شده در جدول ۱ بیانگر آن است که بیشترین غلظت مربوط به کلسیم با میانگین $4304/1$ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پس از آن پتاسیم با میانگین $4477/3$ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد، در حالی که کمترین میزان به منگنز با میانگین $269/7$ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعلق دارد. غلظت بالای کلسیم و پتاسیم — دو عنصر کلیدی در تنظیم فشار خون، سلامت عضلات، اعصاب و تشکیل بافت استخوان — نشان‌دهنده ظرفیت بالای شکوفه خرما به عنوان یک منبع غذایی ارزشمند است. همچنین وجود مقادیر قابل توجهی از منیزیم ($3707/3$ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و فسفر ($1864/3$ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اهمیت زیستی این ترکیب گیاهی را بیشتر آشکار می‌سازد. عناصر کم‌مقدار مانند آهن، روی و مس نیز در غلظت‌های قابل توجه حضور داشتند که می‌تواند در ارتقاء ارزش تغذیه‌ای شکوفه خرما نقش ایفا کند. همچنین

۲۲

وجود روی و آهن می‌تواند از منظر تقویت سیستم ایمنی و پیشگیری از کم‌خونی مورد توجه باشد همچنین پتاسیم برای بیماری‌های قلبی و عروقی مناسب می‌باشد. این یافته‌ها با گزارش کارا مطابقت دارد با این تفاوت که کمترین میزان ماده معدنی در یافته‌های کارا زینک بوده است که به دلیل شرایط اقلیمی و واریته گیاه مورد آزمایش می‌تواند متفاوت باشد.

بر اساس نتایج حاصل از آنالیز HPLC، شکوفه خرما حاوی مجموعه‌ای متنوع از اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری است (شکل ۱). در میان ترکیبات شناسایی شده، گلوتامیک اسید با غلظت 105.56 g/kg بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد و پس از آن آسپارتیک اسید (53.04 g/kg) و آرژنین (35.86 g/kg) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. اسیدهای آمینه گلیسین، ایزولوسین و لوسین نیز به ترتیب با مقادیر 25.66 ، 26.80 و 26.04 g/kg حضور قابل توجهی داشتند (جدول ۲). از میان اسیدهای آمینه معطر، تیروزین (22.30 g/kg) و فیل‌آلانین (22.12 g/kg) مقادیر قابل توجهی را نشان دادند. علاوه بر این، اسیدهای آمینه ترئونین، سرین، لیزین و هیستیدین نیز در غلظت‌های 15 تا 22 g/kg شناسایی شدند. مقادیر پایین‌تر مربوط به پرولین (8.86 g/kg)، متیونین (8.64 g/kg)، سیستین (7.25 g/kg) و والین (6.49 g/kg) بود. این نتایج نشان می‌دهد که شکوفه خرما منبعی غنی از اسیدهای آمینه به‌ویژه گلوتامیک اسید و آسپارتیک اسید است که نقش مهمی در طعم‌دهی، متابولیسم سلولی و فعالیت‌های زیستی ایفا می‌کنند.

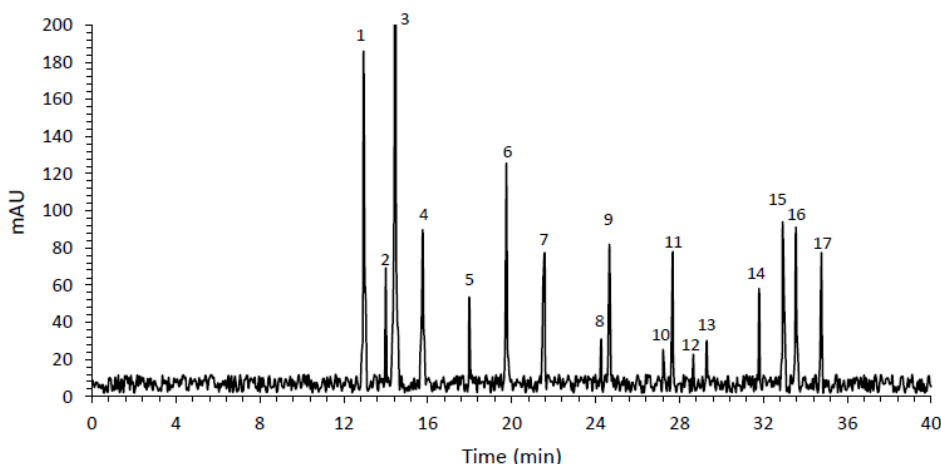


Figure 1- HPLC chromatogram of amino acids extracted from date blossom.

شکل ۱- کروماتوگرام HPLC اسیدهای آمینه استخراج شده از شکوفه خرما.

مطلوبی داشت و از نظر حفظ ترکیبات زیست فعال حساس به عنوان شرایط بهینه پیشنهاد شد. علاوه بر شدت و مدت زمان فراصوت، انتخاب حلال استخراج نیز نقش مهمی در کیفیت نهایی عصاره دارد (شکل ۲). استفاده از حلال های شیمیایی مانند هگزان، متانول یا بوتان می تواند منجر به آلودگی عصاره گردد و حتی پس از فرایند حذف حلال، مقادیر کمی از ترکیبات سمی در عصاره باقی بماند. در مقابل، حلال های ایمن همچون آب، اتانول، گلیسرین یا روغن های گیاهی انتخاب های مناسب تری محسوب می شوند که توسط سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) نیز برای مصرف انسانی تأیید شده اند.

بر اساس نتایج جدول ۲، بیشترین بازده استخراج مربوط به تیمار شماره ۷ (۴۰۰ وات، ۱۲۰ دقیقه) با مقدار ۵,۳۶ درصد و کمترین بازده متعلق به تیمار شماره ۲ (۸۰ وات، ۲۰ دقیقه) با مقدار ۴,۹۲ درصد بود. مکانیسم استخراج با اولتراسوند بر پایه پدیده کاویتاسیون عمل می کند؛ بدین صورت که ایجاد و انفجار حباب های ریز در محیط مایع منجر به تخریب دیواره های سلولی و افزایش رهایش ترکیبات زیست فعال می شود. با این حال، در توان های بسیار بالا یا زمان های طولانی، احتمال تخریب ساختار ترکیبات حساس وجود دارد. در این میان، تیمار شماره ۱ (۲۴۰ وات، ۷۰ دقیقه) با بازده ۵,۲۳ درصد نیز استخراج

جدول ۱- غلظت مواد معدنی مختلف در شکوفه خرما

Table 1- Concentration of various minerals in date blossom

Element	Sample 1 (mg/kg)	Sample 2 (mg/kg)	Sample 3 (mg/kg)
Fe	625.36 ± 5.0 ab	550.54 ± 5.0 b	650.58 ± 5.0 a
Mn	250.75 ± 3.0 b	295.83 ± 3.0 a	262.51 ± 3.0 b
Zn	834.09 ± 10.0 a	670.45 ± 10.0 c	793.18 ± 10.0 b
P	1794.90 ± 15.0 b	1923.10 ± 15.0 a	1875.00 ± 15.0 ab
K	4401.70 ± 20.0 b	4451.70 ± 20.0 ab	4578.70 ± 20.0 a
Na	730.99 ± 8.0 c	887.19 ± 8.0 b	977.19 ± 8.0 a
Ca	4501.40 ± 25.0 a	4300.40 ± 25.0 ab	4110.50 ± 25.0 b
Mg	3710.00 ± 20.0 ab	3760.00 ± 20.0 a	3652.00 ± 20.0 b
Cu	645.00 ± 5.0 ab	622.00 ± 5.0 b	649.00 ± 5.0 a

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
Extraction efficiency
● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value
5.36
4.92
X1 = A: Power
X2 = B: Time

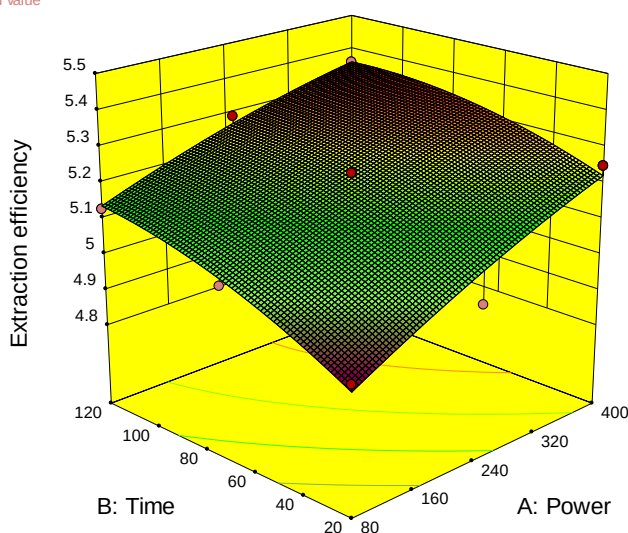


Figure 2 - Effect of time and ultrasound power on extraction efficiency.
شکل ۲- اثر زمان و توان اولتراسوند بر راندمان استخراج.

بررسی ارزش تغذیه‌ای شکوفه خرما و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی عصاره اتانولی استخراجی

جدول ۲- ارزیابی اسیدآمینه‌های عصاره شکوفه خرما

Table 2- Evaluation of amino acids in date blossom extract

Peak IDs	RT (min)	Concentration (g/kg)
Glutamic acid	14.46	105.56
Aspartic acid	12.94	53.043
Arginine	19.75	35.86
Glycine	15.77	25.66
Isoleucine	32.92	26.80
Leucine	33.54	26.04
Alanine	24.65	23.27
Tyrosine	27.67	22.30
Phenylalanine	34.76	22.12
Threonine	21.58	21.76
Serine	14.01	19.80
Lysine	31.8	16.62
Histidine	17.98	15.32
Proline	24.27	8.86
Methionine	29.3	8.64
Cystine	27.22	7.25
Valine	28.66	6.49

جدول ۳ - بازده استخراج عصاره شکوفه خرما تحت شرایط مختلف زمان (۲۰، ۷۰ و ۱۲۰ دقیقه) و توان (۸۰، ۲۴۰ و ۴۰۰ وات) با استفاده از دستگاه اولتراسوند

Table 3 - Extraction efficiency of date blossom extract under different conditions of time (20, 70 and 120 minutes) and power (80, 240 and 400 watts) using an ultrasound device

Treatment	Power (W)	Time (min)	Extraction Yield (%)
1	240	70	5.23 ± 0.01 ab
2	80	20	4.92 ± 0.08 b
3	80	120	5.13 ± 0.31 ab
4	240	20	4.99 ± 0.01 b
5	240	120	5.29 ± 0.21 a
6	400	70	5.28 ± 0.11 a
7	400	120	5.36 ± 0.12 a
8	80	70	5.04 ± 0.08 b
9	400	20	5.25 ± 0.07 a

۲۴

جدول ۴ - نتایج ارزیابی خواص آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی و ترکیبات فلاونوئید عصاره شکوفه خرما

Table 4 - Results of evaluation of antioxidant properties, phenolic compounds and flavonoid compounds of date blossom extract

Treatment	Flavonoid (g/kg)	Phenol (g/kg)	IC50 (mg/ml)
1	0.69 ± 0.01 a	10.64 ± 0.01 a	2.16 ± 0.02 c
2	0.63 ± 0.01 c	9.73 ± 0.01 c	2.44 ± 0.02 a
3	0.65 ± 0.01 bc	10.16 ± 0.01 b	2.32 ± 0.02 ab
4	0.68 ± 0.01 ab	10.58 ± 0.01 a	2.19 ± 0.02 bc
5	0.67 ± 0.01 ab	10.50 ± 0.01 a	2.21 ± 0.02 bc
6	0.67 ± 0.01 ab	10.42 ± 0.01 ab	2.25 ± 0.02 bc
7	0.65 ± 0.01 bc	10.24 ± 0.01 b	2.30 ± 0.02 bc
8	0.64 ± 0.01 c	9.97 ± 0.01 bc	2.42 ± 0.02 a
9	0.66 ± 0.01 bc	10.32 ± 0.01 b	2.29 ± 0.02 bc

جدول ۵- نتایج ارزیابی خواص ضد میکروبی با روش انتشار چاهک آگار بر روی عصاره شکوفه خرما (قطر هاله)

Table 5- Results of evaluation of antimicrobial properties using agar well diffusion method on date blossom extract (halo diameter)

Repetition	Salmonella	E. coli	Staphylococcus aureus
1	1	1	2
2	1	2	2
3	2	2	3
Ave	1.33	1.66	2.33

خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره شکوفه خرما بر اساس آزمون ABTS و شاخص $IC_{50}\%$ برای تعیین ظرفیت مهار رادیکال آزاد محاسبه گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیشترین مقدار IC_{50} مربوط به تیمار شماره ۲ با ۲,۴۴ mg/ml و کمترین مقدار مربوط به تیمار شماره ۱ با ۲,۱۶ mg/ml بود. با توجه به رابطه معکوس میان مقدار IC_{50} و قدرت آنتی‌اکسیدانی، بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به تیمار شماره ۱ اختصاص یافت (شکل ۳). این تیمار در شرایط توان ۲۴۰ وات و زمان ۷۰ دقیقه استخراج شده و بازده استخراج آن ۵/۲۳ درصد گزارش گردید.

مکانیسم عملکرد آنتی‌اکسیدان‌ها شامل مهار رادیکال‌های آزاد از طریق انتقال الکترون یا هیدروژن است که از اکسیداسیون ترکیبات حیاتی در بدن جلوگیری می‌کند. حضور ترکیبات فنلی، اسیدهای آمینه آروماتیک (مانند تیروزین و فنیل‌آلانین) و اسیدهای آمینه گوگرددار در عصاره‌ها، احتمالاً نقش کلیدی در بروز این خاصیت دارند. علاوه بر این، مکانیسم‌هایی همچون شلات‌کنندگی یون‌های فلزی سنگین و مهار فعالیت آنزیم‌های رادیکال‌زا نیز می‌توانند در تقویت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره شکوفه خرما مؤثر باشند.

ترکیبات فنلی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گروه‌های آنتی‌اکسیدانی، در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شدند بیشترین میزان ترکیبات فنلی در تیمار شماره ۱ با غلظت

۱۰/۶۴ (gr/kg) و کمترین میزان در تیمار شماره ۲ با غلظت ۹/۷۳ (gr/kg) می‌باشد (جدول ۴ و شکل ۴). فنول‌ها از طریق مهار زنجیره‌های واکنش اکسیداتیو و افزایش پایداری سلولی، نقشی کلیدی در حفاظت از بافت‌ها دارند. در بین عصاره‌ها تفاوت زیادی در محتوی فلاوونوئید وجود نداشت (شکل ۵). تنها تیمار شماره ۱ با میزان ۰/۶۹ از دیگر عصاره‌ها بیشتر بوده است. پس با این شواهد قدرت و زمان ۹ تیمار اولتراسوند شده، تاثیر بسزایی در این ماده نداشته است (جدول ۴).

بحث

یافته‌های این پژوهش به‌طور جامع نشان داد که شکوفه خرما یک منبع ارزشمند و چندوجهی از ترکیبات زیست‌فعال، مواد معدنی و اسیدهای آمینه است که می‌تواند هم در حوزه تغذیه انسانی و هم در صنایع غذایی و دارویی به‌عنوان یک ماده خام با پتانسیل بالا مورد استفاده قرار گیرد. در میان ۹ عنصر معدنی مورد ارزیابی، پتاسیم با غلظت ۴۴۰,۷ mg/kg بیشترین مقدار را داشت و پس از آن کلسیم و منیزیم در مقادیر قابل توجهی شناسایی شدند. حضور بالای پتاسیم در شکوفه خرما اهمیت زیادی دارد، زیرا این عنصر برای عملکرد صحیح عضلات، انتقال پیام‌های عصبی، و تنظیم فشار خون حیاتی است. در مقابل،

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
ABTS
● Design points above predicted value
● Design points below predicted value
2.44931
2.16053
X1 = A: Power
X2 = B: Time

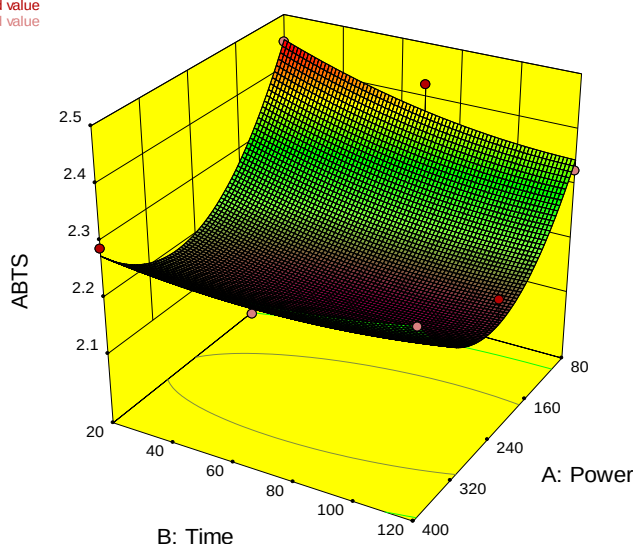


Figure 3 - Effect of time and ultrasound power on antioxidant activity.
شکل ۳ - تأثیر زمان و توان فراصوت بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
Phenol
● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value
10.64
9.73333
X1 = A: Power
X2 = B: Time

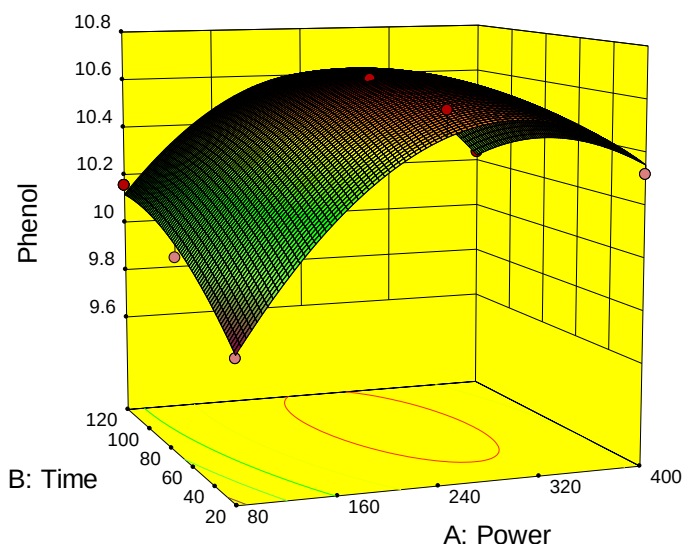


Figure 4 - Effect of ultrasound (time and power) on phenol content.
شکل ۴ - اثر اولتراسوند (زمان و توان) بر محتوای فنل.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
Phlanoid
● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value
0.692975
0.634747
X1 = A: Power
X2 = B: Time

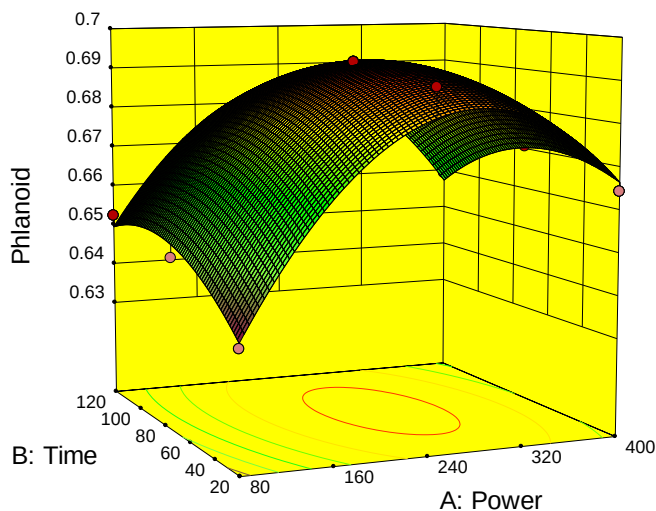


Figure 5 - Effect of ultrasound (extraction efficiency) on flavonoid content.
شکل ۵ - اثر اولتراسوند (بازده استخراج) بر محتوای فلاونوئید.

دارویی دیگر، تراکم بالاتری از عناصر ماکرو و میکرو را داراست.

از منظر پروفایل اسیدهای آمینه، در این پژوهش ۱۷ نوع اسید آمینه شناسایی شد که غلظت آن‌ها نشان‌دهنده ظرفیت تغذیه‌ای بالای این گیاه است. گلوتامیک اسید

مگنیز با غلظت ۲۶۲٫۵ mg/kg کمترین میزان را نشان داد. با این وجود، حتی حضور همین مقادیر اندک از مگنیز نیز می‌تواند در فعال‌سازی آنزیم‌ها و فرآیندهای متابولیک نقش داشته باشد. این نتایج با مطالعات پیشین همخوانی دارد که نشان داده‌اند شکوفه خرما در مقایسه با برخی گیاهان

(105.56 g/kg) بیشترین مقدار را داشت و پس از آن آسپارتیک اسید (53.04 g/kg) در رتبه دوم قرار گرفت. این دو اسیدآمین به علاوه بر مشارکت در چرخه‌های متابولیک، در ایجاد طعم «لومامی» نیز نقش دارند و همین موضوع شکوفه خرما را به یک منبع بالقوه برای جایگزینی مونوسدیم گلوتمات (MSG) در صنایع غذایی تبدیل می‌کند. در مقابل، والین (6.49 g/kg) کمترین غلظت را داشت، اما حضور آن در کنار سایر اسیدهای آمینه شاخه‌دار (لوسین و ایزولوسین) نشان‌دهنده ارزش بالای این گیاه برای سلامت عضلات و رشد بافتی است. همچنین وجود اسیدهای آمینه گوگرددار مانند متیونین و سیستئین اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا این ترکیبات در سنتز گلوپپتید و فرآیندهای سم‌زدایی بدن نقش کلیدی ایفا می‌کنند.

در زمینه استخراج، بررسی تأثیر توان و زمان نشان داد که این دو پارامتر به‌طور مستقیم بر بازده و کیفیت عصاره اثرگذار هستند. به‌طور کلی، کاهش زمان و توان موجب کاهش بازده و مقادیر ترکیبات زیست‌فعال شد، در حالی که افزایش بیش از حد آن‌ها نیز به تخریب ترکیبات حساس انجامید. بیشترین بازده استخراج در تیمار شماره ۷ (۴۰۰ وات، ۱۲۰ دقیقه) با مقدار ۵,۳۶٪ ثبت گردید و کمترین بازده به تیمار شماره ۲ (۸۰ وات، ۲۰ دقیقه) با مقدار ۴,۹۲٪ تعلق داشت. اما نکته مهم این است که بهترین شرایط برای حفظ تعادل میان بازده و پایداری ترکیبات زیست‌فعال در تیمار شماره ۱ (۲۴۰ وات، ۷۰ دقیقه) مشاهده شد که بازده ۵,۲۳٪ را به همراه داشت. این نتیجه نشان‌دهنده آن است که استخراج بهینه همواره در شرایط میانی و معتدل‌تر رخ می‌دهد و استفاده از توان یا زمان بیش از حد نه تنها بازده را افزایش نمی‌دهد بلکه موجب کاهش کیفیت عصاره نیز می‌شود. این یافته‌ها با مطالعات (Palma 2021) و (Karra et al. 2020) مطابقت دارد که گزارش کرده‌اند شرایط استخراج فراصوت نقش تعیین‌کننده‌ای در محتوای فنولی و فلاونوئیدی دارد.

در خصوص خواص آنتی‌اکسیدانی، نتایج نشان داد که تیمار شماره ۱ کمترین IC_{50} (2.16 mg/ml) و بالاترین قدرت آنتی‌اکسیدانی را داشت، در حالی که تیمار شماره ۲ بالاترین IC_{50} (2.44 mg/ml) و ضعیف‌ترین اثر آنتی‌اکسیدانی را نشان داد. این روند نشان‌دهنده رابطه معکوس میان مقدار IC_{50} و فعالیت آنتی‌اکسیدانی است.

همچنین مقایسه تیمارها نشان داد که شرایط استخراج متوسط (توان و زمان میانی) بهترین نتایج را در زمینه فعالیت آنتی‌اکسیدانی ایجاد می‌کنند. این نتایج اهمیت حضور ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی را نشان می‌دهد، زیرا این ترکیبات توانایی بالایی در مهار رادیکال‌های آزاد دارند و می‌توانند از بروز بیماری‌های مزمنی مانند سرطان و بیماری‌های قلبی-عروقی جلوگیری کنند.

در زمینه ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی، نتایج نشان داد که در توان و زمان پایین مقادیر کمی از این ترکیبات آزاد می‌شود، با افزایش تا سطح متوسط مقدار آن‌ها به حداکثر می‌رسد و با افزایش بیش از حد دوباره کاهش می‌یابد. این موضوع به خوبی نشان می‌دهد که ترکیبات زیست‌فعال موجود در شکوفه خرما حساس به شرایط استخراج هستند و در شرایط شدید ممکن است دچار تخریب شوند. با توجه به نقش حیاتی ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی در سلامت انسان، از جمله اثرات ضد سرطانی، ضد التهابی و تقویت‌کننده سیستم ایمنی، این یافته‌ها بر اهمیت انتخاب شرایط بهینه استخراج تأکید می‌کنند.

از نظر خواص ضد میکروبی، نتایج این تحقیق برخلاف انتظار چندان قوی نبود و تنها عصاره‌های غلیظ‌تر تا حدودی توانستند اثر بازدارندگی ایجاد کنند. این در حالی است که مطالعات متعددی اثرات ضد میکروبی شکوفه خرما را گزارش کرده‌اند (Daoud et al., 2019; Karra et al., 2020). علت این تفاوت می‌تواند به نوع حلال استخراج، غلظت عصاره‌ها یا روش‌های آزمایشگاهی به کار رفته مربوط باشد. از این رو، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده از روش‌های نوین مانند استخراج با مایکروویو یا سیال فوق بحرانی استفاده گردد تا پتانسیل واقعی ضد میکروبی شکوفه خرما بهتر آشکار شود. همچنین بررسی اثرات عصاره‌ها در غلظت‌های مختلف و در برابر طیف وسیع‌تری از باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌تواند اطلاعات جامع‌تری فراهم سازد.

نتیجه گیری

به‌طور کلی، این پژوهش نشان داد که شکوفه خرما از نظر ترکیبات معدنی، اسیدهای آمینه و ترکیبات زیست‌فعال، ظرفیت بالایی برای توسعه محصولات غذایی و دارویی دارد. حضور بالای پتاسیم و کلسیم اهمیت تغذیه‌ای آن را

food ingredients and alternative antioxidant source and antimicrobial agent. South African Journal of Botany, 131, 181–187. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.010>.

Karra, S., Sebi, H., Borchani, C., Danthine, S., Blecker, C., Attia, H. & Bouaziz, M. A. (2019). Physico-chemical and functional properties of dried male date palm flowers. Food Bioscience, 31(March 2018), 100441. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100441>.

Louise Angioletti Decker, B., Augusta Odorissi Xavier, A., Vidal Fonteles, T., André Narciso Fernandes, F., Tavares, G., Carcel, J. & Rodrigues, S. (2025). From low-value residue to a valuable bioactive extract: Obtaining phenolic compounds from orange peel waste combining pulsed electric field and ultrasound-assisted extraction, 103, 104057. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2025.104057>.

Lüscher, M., Cabodevilla Abdullah, M., Iglesias, A., Zamarreño, A., García-Mina, J.M., F., Goicoechea, N. & Pascual, I. (2025). ABA and defoliation improve phenolic composition of wine grapes while ABA reduces must free amino acid content and modifies its profile. Plant Science, 357, 112541. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2025.112541>.

Mousavi, T., Rafiee, A. & Yousefpour, M. (2014). Nutritional and therapeutic value of dates from the perspective of Islamic sources and traditional and modern medicine. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 24(177), 265–247.

Mesnoui, M., Roumani, M. & Salem, A. (2018). The effect of pollen storage temperatures on pollen viability, fruit set and fruit quality of six date palm cultivars. Scientia Horticulturae, 236(March), 279–283. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.053>.

Mahomoodally, M.F., Khadaroo, S.K.M., Hosenally, G., Zengin, M., Shariati, M. A., Khalid, A., Abdalla, A. & Algarni, N.A.S. J. (2024). Simal-Gandara Nutritional, medicinal and functional properties of different parts of the date palm and its fruit (Phoenix dactylifera L.)—A systematic review

Nashi, K., A., Hesham, S. G., Roshmon, T. M., Yousef Ahmed, A., Rashid Saleh Alngada Moaheda, E.H., Sameh, A., Sara, F., G., Layla, A., Almutairi, A. & El-Sayed Hemdan, E. (2025). Enhancing reproductive capacity in hybrid Red Tilapia (Oreochromis niloticus × O. mossambicus) via dietary administration of date palm pollen (Phoenix dactylifera L.). Aquaculture Reports, 41 (15), 102670. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102670>.

افزایش داده و غلظت بالای گلوتامیک اسید آن را به یک جایگزین طبیعی برای MSG در صنایع غذایی بدل می‌کند. همچنین، توانایی آنتی‌اکسیدانی بالا در شرایط استخراج بهینه، آن را به یک منبع طبیعی مناسب برای پیشگیری از استرس اکسیداتیو تبدیل می‌سازد. هرچند که اثرات ضد میکروبی در این تحقیق محدود بود، اما این امر لزوم به‌کارگیری روش‌های متنوع‌تر و پیشرفته‌تر برای استخراج و آزمون‌های زیستی را نشان می‌دهد.

در مجموع، شکوفه خرما یک منبع غنی و ارزشمند از ترکیبات زیست‌فعال است که می‌تواند در آینده به‌عنوان مکمل غذایی، نگهدارنده طبیعی در صنایع غذایی، و حتی منبع مواد اولیه برای داروسازی به کار رود. توسعه پژوهش‌های بیشتر در زمینه بهینه‌سازی روش‌های استخراج، بررسی خواص ضد میکروبی با روش‌های استانداردتر، و مطالعه اثرات زیستی آن در مدل‌های حیوانی و انسانی می‌تواند مسیر استفاده گسترده‌تر از این منبع طبیعی ارزشمند را هموار سازد.

منابع

Amoul, D., Malika, D., Bakari, S., Hfaiedh, N., Mnafigui, K., Kadri, A. & Gharsallah, N. (2019). Assessment of polyphenol composition, antioxidant and antimicrobial properties of various extracts of Date Palm Pollen (DPP) from two Tunisian cultivars. Arabian Journal of Chemistry, 12(8), 3075–3086. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.07.014>.

Barathikannan, P., Rambabu, K., Ihtisham, M., Sridhar, K., Mazumder, J.H., Chelliah, R., Hwan Oh, D. & Banat, F. (2025). Sustainable utilization of date palm byproducts: Bioactive potential and multifunctional applications in food and packaging. Food Chemistry, 482(1), 144216.

Dehsara, B. & Moradi Mohtasham, P. (2017). The book of date botany and its importance. Afrooz Publications. First Edition.

Hassanzadeh, N. (2012). Chemical composition and medicinal properties of dates. News Alliance, Code 1131.

Harish, S.L., Viswanathan, D., Govindasamy, R. & Nisha, B. (2025). Anti-radical, anti-inflammatory and antibacterial efficacy of iron oxide nanoparticles availed using aqueous extract of Vitex trifolia leaf. Next Materials, 8, 100767. <https://doi.org/10.1016/j.nxmte.2025.100767>.

Karra, S., Sebi, H., Jardak, M., Bouaziz, M. A., Attia, H., Blecker, C. & Besbes, S. (2020). Male date palm flowers: Valuable nutritional

Palma, A., Díaz, M. J., Ruiz-Montoya, M., Morales, E. & Giráldez, I. (2021). Ultrasound extraction optimization for bioactive molecules from *Eucalyptus globulus* leaves through antioxidant activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76.

<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105654>.

Shah Hosseini, A. & Shahsavar, A. (2017). Investigation of morphological characteristics of pollen grains and inflorescences of male trees of a number of date cultivars. *Iranian Journal of*

Horticultural Science and Technology. 18 (2), 103 -114.

Tavakoli, R. (2019). *Book of pollen and date pollination*. Measurement and Knowledge Publications. First Edition.

Xie, P., Luo, H. T., Pei, W. J., Xiao, M.Y., Li, F.F., Gu, Y. L. & Piao, X. L. (2024). Saponins derived from *Gynostemma pentaphyllum* regulate triglyceride and cholesterol metabolism and the mechanisms: a review. *Journal of Ethnopharmacology*, 319, 117186. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117186>.

Investigating the Nutritional Value of Date Blossom and the Antioxidant and Antimicrobial Activity of the Ethanolic Extract Extracted with Ultrasound

S. Moshaver^a, M. Honarvar^{b *}, W. Weisany^c

^a M.Sc. Graduated of the Department of Food Science and Technology, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^b Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^c Associate Professor of the Department of Agriculture, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 30 April 2025

Accepted: 11 September 2025

6

Abstract

Introduction: Despite being rich in valuable bioactive compounds, date palm inflorescence has had limited application in the food industry and has been primarily used in traditional medicine. Recent scientific evidence indicates that this material may exert beneficial physiological and nutritional effects. Accordingly, this study was conducted to investigate the physicochemical properties, antioxidant activity, and antimicrobial potential of date palm inflorescence extract.

Materials and Methods: Mineral composition was determined using the atomic absorption method, and amino acid profiles were analyzed by high-performance liquid chromatography (HPLC). Extracts were obtained using probe ultrasonication with 70% ethanol as the solvent under nine treatment conditions, including times of 20, 70, and 120 minutes and powers of 80, 240, and 400 W. Antioxidant activity was evaluated by the ABTS assay, total phenolic content by Folin–Ciocalteu method and antimicrobial activity by agar well diffusion method against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Salmonella*.

Results: The highest extraction yield was obtained at 400 W for 120 minutes (5.36%), whereas the optimal condition for preserving bioactive compounds was 240 W for 70 minutes, which produced the highest antioxidant activity and the greatest levels of phenolic and flavonoid compounds ($p < 0.05$). Among the minerals, potassium showed the highest concentration (4401.7 mg/kg) and manganese the lowest (262.5 mg/kg). Regarding amino acids, glutamic acid was the most abundant (105.56 g/kg), while valine had the lowest concentration (6.49 g/kg). Antimicrobial assays revealed no significant inhibitory effects against the tested bacteria ($p > 0.05$).

Conclusion: Date palm blossom is a rich source of minerals, amino acids, and bioactive compounds, particularly phenols and flavonoids, and can be considered a natural source of antioxidants. However, its antimicrobial effectiveness in this study was limited, and further confirmation using advanced extraction methods and complementary assays is recommended.

Keywords: Antioxidant Properties, Date Blossom, Phenolic Compounds, Ultrasound.

* Corresponding Author: m-honarvar@hotmail.com