



تأثیر دما و اولتراسوند بر میزان استخراج پلی فنول‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ضایعات حاصل از سه رقم خرمای مضافتی، کبکاب و سایر

آذین خسروی لرگانی^۱، سید هادی رضوی^{۲*}

۱- دانشجوی دکترا گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فن آوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

۲- *نویسنده مسئول: استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فن آوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

در این مطالعه، تأثیر اولتراسوند و دما در سه سطح ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درجه سانتیگراد بر میزان ترکیبات پلی فنولی و خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره ضایعات حاصل از سه رقم خرمای مضافتی، کبکاب و سایر بررسی شد. برای بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی از سه آزمون خاصیت مهار رادیکال‌های DPPH، خاصیت چلاته‌کنندگی یون آهن و همچنین خاصیت مهار هیدروژن پراکسید استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از اولتراسوند در تمامی ارقام خرما موجب افزایش میزان استخراج ترکیبات پلی فنولی و فلاونوئیدها شد. همچنین افزایش دما تا ۵۰ درجه سانتیگراد موجب افزایش استخراج پلی فنول‌ها و فلاونوئیدها شده و پس از آن موجب کاهش آن گردید. بیشترین میزان استخراج پلی فنول و فلاونوئید به ترتیب $4/64 \pm 0/07$ میلی گرم اسید گالیک بر گرم و $0/112 \pm 0/326$ میلی گرم کوئرستین بر گرم در رقم سایر و با استفاده از اولتراسوند در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد اتفاق افتاد. خاصیت مهار رادیکال‌های DPPH و هیدروژن پراکسید پس از استفاده از اولتراسوند و افزایش دما تا ۵۰ درجه سانتیگراد افزایش یافته و پس از آن کاهش یافت ($P < 0.05$). بیشترین خاصیت مهار هیدروژن پراکسید در رقم مضافتی مشاهده شد. خاصیت چلاته‌کنندگی یون آهن پس از اعمال اولتراسوند در دمای ۳۰ درجه کاهش و پس از آن به صورت معناداری ($P < 0.05$) تا بیشترین میزان $40/433 \pm 0/802$ در رقم سایر افزایش یافت. همبستگی بالایی میان میزان ترکیبات پلی فنولی و خواص آنتی‌اکسیدانی در عصاره حاصل از ضایعات هر سه رقم خرما مشاهده شد بنابراین خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره حاصل از ضایعات ارقام مورد آزمایش خرما از ترکیبات پلی فنولی آن ناشی می‌شدند. همین امر می‌تواند موجب استفاده از این ضایعات به عنوان منبعی ارزان برای استخراج ترکیباتی با خواص سلامتی بخش شود.

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۷

کلمات کلیدی:

ضایعات خرما،

پلی فنول،

دما،

اولتراسوند،

آنتی‌اکسیدان.

DOI: 10.22034/FSCT.20.141.61
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.141.5.3

* مسئول مکاتبات:

srazavi@ut.ac.ir

1- مقدمه

میوه خرما (*Phoenix dactylifera* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان کشت داده شده توسط بشر بوده که توسط میلیون‌ها نفر در سراسر جهان به خصوص در شمال آفریقا و خاورمیانه مصرف می‌شود. در سال ۱۹۹۰ میزان تولید سالانه خرما ۳/۴۳ میلیون تن ثبت شد. در طول سه دهه گذشته، میزان تقاضا برای بازار جهانی این محصول افزایش داشته و در سال ۲۰۱۸ میزان تقاضا ۸/۵۲ میلیون تن رسیده است. مصر، ایران و عربستان سعودی بزرگ‌ترین تولیدکنندگان این محصول در سراسر جهان هستند [1].

خرما حاوی انواع ویتامین‌ها (شامل ریبوفلاوین، بیوتین، تیامین، فولیک اسید و آسکوربیک اسید)، مقادیر بالایی از قندهای ساده مانند گلوکز، ساکاروز و فروکتوز، پروتئین‌ها، نمک، مواد معدنی مانند پتاسیم و منیزیم و فیبر می‌باشد [2]. علاوه بر ترکیبات مغذی، خرما منبعی سرشار از ترکیباتی با خواص آنتی‌اکسیدانی و درمانی است. پلی‌فنول‌ها^۱ گروهی از این ترکیبات هستند که توجهات زیادی را در مطالعات اخیر به خود جلب کرده‌اند [3]. تجزیه و تحلیل ترکیبات پلی‌فنولی موجود در واریته‌های مختلف خرما نشان می‌دهد که این ترکیبات شامل فنولیک اسیدها^۲، گلیکوزیدهای فلاونوئیدی^۳ و اولیگومرهای پروآنتوسیانیدین‌ها^۴ هستند. علاوه بر واریته، میزان این ترکیبات در خرما به عوامل دیگری مانند شرایط رشد و مرحله رشدی که خرما در آن قرار دارد نیز بستگی دارد [4].

پلی‌فنول‌ها گروه مهمی از متابولیت‌های ثانویه بوده که به عنوان بازدارنده رادیکال‌های آزاد و لیپوپروتئین‌هایی با چگالی کم عمل کرده و از اکسیداسیون کلسترول و آسیب به DNA جلوگیری می‌کنند. تاثیرات سلامتی‌بخش و درمانی

پلی‌فنول‌ها از خواص آنتی‌اکسیدانی آن‌ها نشأت می‌گیرد [5]. این ترکیبات به دلیل توانایی اهدای الکترون دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده که موجب بروز اثرات سلامتی‌بخش مختلفی بر بدن انسان می‌شوند. پلی‌فنول‌ها رادیکال‌های آزاد را مهار کرده و دارای خاصیت چلاته‌کنندگی^۵ فلزات هستند. این رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر گونه‌های فعال اکسیژن واکنش دهنده، گونه‌هایی از اکسیژن با الکترون‌های آزاد هستند که در بسیاری از فرآورده‌های جانبی واکنش‌های بدن مانند تولید انرژی، متابولیسم لیپیدها، تنفس هوازی سلول و فرآیندهای التهابی در بدن ایجاد می‌شوند. با این وجود، اگر رادیکال‌های آزاد در بافت‌ها باقی بمانند موجب تنش اکسیداتیو در بافت‌ها شده که مرگ سلولی را افزایش داده و به بافت‌ها آسیب می‌رساند [6]. این آسیب‌ها با ناهنجاری‌های مختلفی مانند سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی، تصلب شراین و دیابت همراه هستند. علاوه بر موارد فوق، پلی‌فنول‌ها می‌توانند به عنوان عوامل ضدجوش، ضد التهاب، ضد میکروب و ضد مرگ سلولی عمل کرده و خطر بروز سرطان، دیابت و بیماری‌های قلبی عروقی را نیز کاهش دهند [7].

مطالعات بسیاری ارتباط میان پلی‌فنول‌های موجود در عصاره استخراج شده از واریته‌های مختلف خرما و خواص آنتی‌اکسیدانی آن‌ها را نشان داده است. به عنوان مثال بن‌مدور^۶ و همکارانش در سال ۲۰۱۲ میزان ترکیبات پلی‌فنولی و خواص آنتی‌اکسیدانی را در واریته‌های مختلف خرما بررسی کردند. میزان ترکیبات پلی‌فنولی استخراج شده در محدوده ۷۰۹-۱۶۷ میلی گرم اسید گالیک^۷ به ازای صد گرم نمونه خشک گزارش شد و بین میزان پلی‌فنول استخراج شده و خاصیت بازدارندگی رادیکال‌های DPPH و H₂O₂ همبستگی بالایی مشاهده شد [8]. داود^۸ و

5- Chelating ability
6- Benmeddour
7- Gallic acid
8- Daoud

1- Polyphenol
2- Phenolic acid
3- Flavonoid glycosides
4- Oligomeric proanthocyanidins

2- مواد و روش

2-1- مواد مورد استفاده

در این مطالعه ضایعات حاصل از سه رقم خرماي مضافتي، کبکاب و ساير استفاده شد. نمونه‌ها با آب مقطر شست و شو داده شده، توسط خشک‌کن انجمادي خشک گردیده و توسط آسیاب خانگی به ذرات کوچک تبدیل شدند. پس از آن در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

معرف فولین سیوکالتو^۲، کربنات سدیم، نیترات سدیم، کلرید آلومینیوم، سدیم هیدروکسید، کلرید آهن، هیدروژن پراکسید، اسید گالیک، کوئرستین^۳ و معرف DPPH از شرکت مرک آلمان خریداری شدند. الکل اتانول ۹۶٪ و متانول از شرکت هامون طب خریداری شد.

2-2- استخراج ترکیبات پلی فنولی

استخراج ترکیبات پلی فنولی به دو روش انجام شد. در روش اول ۵/۰ گرم نمونه همراه با ۲۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ به مدت یک ساعت در دمای اتاق همراه با همزنی مورد استخراج قرار گرفت. پس از استخراج نمونه فیلتر شده و در ۶۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. پس از آن سوپرناتانت در روتاری تحت خلا در دمای ۴۰ درجه قرار گرفت تا حلال تبخیر شود. عصاره به دست آمده توسط فریز درایر خشک شد و پودر حاصل برای آنالیزهای بعدی در فریزر نگهداری شد [8].

در روش دوم یک گرم نمونه توسط ۲۰ میلی‌لیتر حلال (اتانول ۷۰٪) به مدت سی دقیقه در سه دمای ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درجه سانتیگراد در حمام اولتراسونیک (elmasonic S 60H) تیمار شدند سپس مانند روش اول پس از استخراج، فیلتر و سانتریفوژ شده و حلال در روتاری تحت خلا تبخیر شد [12].

همکارانش در سال ۲۰۱۷ ترکیبات پلی فنولی موجود در گرده درخت خرما را استخراج کرده و اثر بازدارندگی آن را بر روی انفاکتوس ماهیچه قلبی ایجاد شده توسط ایزوپروترونول^۱ در موش بررسی کردند. نتایج نشان داد که مصرف عصاره استخراج شده از گرده خرما به مدت ۷ روز پیش از شروع تزریق ایزوپروترونول موجب کاهش قابل توجه اثرات آسیب قلبی ایجاد شده در نتیجه مصرف این ماده می‌شود [9].

برای استخراج پلی فنول‌ها معمولاً از روش استخراج با حلال‌هایی مانند اتانول، متانول و استون استفاده می‌شود. با این وجود، بخش عمده این ترکیبات در خرما از طریق پیوندهای اتری، استری و یا گلیکوزیدی به اجزای دیواره سلولی مانند سلولز و پروتئین‌ها متصل هستند که همین امر استخراج آن‌ها را تنها با استفاده از حلال‌های ذکر شده دشوار می‌کند. بنابراین روش‌های متفاوتی مانند استفاده از امواج اولتراسوند برای بهبود استخراج این ترکیبات استفاده شده است [10].

امروزه در مراحل مختلف فرآیند تولید تجاری این محصول اعم از برداشت، ذخیره، نگهداری و بسته‌بندی مقادیری از این محصول ارزشمند به صورت ضایعات در می‌آید. ضایعات تولیدی در حین فرآوری خرما به دلایل مختلفی مانند بافت نامناسب (بسیار نرم یا بسیار سخت)، آلودگی با قارچ‌ها و حشرات و همچنین کیفیت بسیار پایین برای انسان قابل استفاده نبوده و به عنوان غذای دام به مصرف رسیده و یا حتی دور ریخته می‌شود [11]. بنابراین هدف از این مطالعه استفاده از ضایعات سه رقم خرماي مضافتي، کبکاب و ساير به عنوان منبع ارزان قیمت برای استخراج ترکیبات پلی فنولی و همچنین بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی این ضایعات و ارتباط آن با میزان ترکیبات پلی فنولی موجود در عصاره‌های استخراج شده می‌باشد.

2- Folin Ciocalteu
3- Quercetin

1- isoproterenol

3-2- اندازه‌گیری پلی‌فنول‌ها

برای اندازه‌گیری پلی‌فنول‌ها از روش الارا^۱ و همکاران استفاده شد. پنج میلی‌گرم عصاره در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و سپس ۱۰۰ میکرولیتر از آن با ۵۰۰ میکرولیتر محلول فولین سیوکالتو (رقیق سازی شده با آب مقطر به نسبت ۱۰٪ حجمی-حجمی) مخلوط شده و به مدت ۶۰ ثانیه ورتکس شد. پس از طی زمان ۱۰ دقیقه، ۳۷۵ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵٪ (وزنی-حجمی) به آن افزوده شده و نمونه به مدت دو ساعت در تاریکی نگهداری شد. پس از طی زمان مذکور جذب نمونه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد و غلظت ترکیبات فنولیک از طریق مقایسه با منحنی استاندارد اسید گالیک تهیه شده در غلظت‌های ۰/۲-۰/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر محاسبه شد و مقدار ترکیبات فنولیک کل موجود در نمونه طبق رابطه ی زیر به دست آمد:

$$TPC = \frac{c \cdot V}{m}$$

که TPC میزان ترکیبات فنولیک کل، c غلظت بدست آمده از منحنی استاندارد اسید گالیک بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر (mg/ml)، V حجم نمونه واکنش‌دهنده با معرف فولین سیوکالتو بر حسب میلی‌لیتر و m جرم عصاره موجود در همان حجم نمونه بر حسب گرم است. نتایج به صورت میلی‌گرم معادل اسید گالیک در هر گرم عصاره خشک محاسبه و گزارش شد [13].

4-2- اندازه‌گیری میزان فلاونوئیدها^۲

برای اندازه‌گیری میزان فلاونوئیدها از روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید استفاده شد. دو میلی‌لیتر از عصاره به مخلوط ۰/۲ میلی‌لیتر سدیم نیترات (۵٪ وزنی-وزنی) و ۰/۲ میلی‌لیتر آلومینیوم کلراید (۲٪ وزنی-وزنی) اضافه شده

و پس از آن مخلوط حاصل با دو میلی‌لیتر NaOH (۰/۱ مولار) ترکیب شد. جذب مخلوط حاصل در برابر ترکیب بلانک در ۵۱۰ نانومتر خوانده شد. کوئرتستین به عنوان استاندارد مورد استفاده قرار گرفت و مقدار کل فلاونوئید به صورت میلی‌گرم معادل کوئرتستین در هر گرم عصاره خشک محاسبه شد [14].

5-2- اندازه‌گیری خاصیت آنتی‌اکسیدانی

1-5-2- خاصیت مهارکنندگی رادیکال DPPH

در این روش در ابتدا ۶۰ میکرولیتر از نمونه خشک شده پس از استخراج با غلظت ۱ mg/ml به ۱۵۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH (۰/۱ مولار، محلول در متانول) اضافه شد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و تاریکی میزان کاهش رنگ نمونه در برابر یک نمونه شاهد در ۵۱۵ نانومتر خوانده شده و میزان بازدارندگی رادیکال DPPH به صورت زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد مهارکنندگی رادیکال‌ها} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100$$

در فرمول بالا A_0 جذب نمونه کنترل و A_1 جذب نمونه استخراج شده است [15].

2-5-2- توانایی مهار هیدروژن پراکسید

۰/۶ میلی‌لیتر از عصاره خشک شده پس از استخراج با غلظت ۱ mg/ml به ۱۰۰۰ میکرولیتر از محلول H_2O_2 (حل شده در بافر فسفات سدیم یک مولار، pH=۷/۴) با غلظت ۴۰ میلی مولار اضافه شده و مخلوط واکنش در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده می‌شود. جذب نمونه در ۲۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شده و توانایی مهار هیدروژن پراکسید توسط فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد توانایی مهار هیدروژن پراکسید} = \frac{A_e - A_c}{A_c} \times 100$$

1- Alara
2- Flavonoid

در فرمول بالا A_c جذب نمونه کنترل و A_e جذب نمونه استخراج شده است [16].

2-5-3- توانایی چلاته‌کنندگی یون آهن

۰/۰۵ میلی‌لیتر از $FeCl_2$ (دو میلی مولار) و ۰/۵ میلی‌لیتر از نمونه خشک شده پس از استخراج با غلظت ۱ mg/ml با ۱/۶ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد. مخلوط به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد، سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول فروزین (پنج میلی مولار) به آن افزوده شده و مجدداً به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. جذب در ۵۶۲ نانومتر اندازه‌گیری شده و توانایی چلاته‌کنندگی یون آهن از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد توانایی چلاته‌کنندگی یون آهن} = \frac{A_c - A_e}{A_c} \times 100$$

در معادله بالا A_c جذب کنترل، A_e جذب نمونه استخراج شده است [17].

2-6- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شده و نتایج حاصل از آن به صورت انحراف معیار $\pm$ میانگین نشان داده شد. از آزمون ANOVA دو طرفه همراه با آزمون Tukey برای آزمون‌های مربوط به مقایسات میانگین در نرم افزار R استفاده شد. بررسی همبستگی میان ترکیبات پلی‌فنولی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی توسط تجزیه و تحلیل پواسون^۱ انجام شد.

3- نتایج

3-1- میزان ترکیبات پلی‌فنولی و فلاونوئیدها

مقدار کل ترکیبات پلی‌فنولی و فلاونوئیدهای موجود در عصاره استخراج شده از ضایعات سه رقم خرمای مضافتی، کبکاب و سایر در جدول ۱ آورده شده است. همان طور که

در جدول مشخص است، ضایعات حاصل از واریته‌های متفاوت خرما میزان پلی‌فنول و فلاونوئید متفاوتی دارند ($P < 0.05$).

Table1 polyphenol and flavonoid content of three date varieties byproduct using ultrasound and different temperatures.

Sample	Polyphenol(mg GAE ² /g dry matter)	Flavonoid(mg GAE/g dry matter)
Kabkab		
Without ultrasound	2.11 ± 0.08 ⁱ	0.113 ± 0.005 ^e
Ultrasound 30°C	2.374 ± 0.0802 ^h	0.12 ± 0.001 ^{de}
Ultrasound 50°C	3.07 ± 0.07 ^{de}	0.193 ± 0.011 ^c
Ultrasound 70°C	2.8 ± 0.0351 ^{fg}	0.133 ± 0.0057 ^{de}
Mozafati		
Without ultrasound	2.743 ± 0.0907 ^g	0.12 ± 0.01 ^{de}
Ultrasound 30°C	3.01 ± 0.0953 ^{def}	0.123 ± 0.0115 ^{de}
Ultrasound 50°C	3.69 ± 0.0721 ^c	0.256 ± 0.011 ^b
Ultrasound 70°C	3.2 ± 0.036 ^d	0.174 ± 0.014 ^c
Sayer		
Without ultrasound	2.93 ± 0.0953 ^{efg}	0.146 ± 0.115 ^d
Ultrasound 30°C	3.153 ± 0.0862 ^d	0.176 ± 0.005 ^c
Ultrasound 50°C	4.64 ± 0.07 ^a	0.326 ± 0.0112 ^a
Ultrasound 70°C	4.223 ± 0.0351 ^b	0.31 ± 0.01 ^a

Different letters in each column show significant differences among mean values ($p < 0.05$)

تفاوت در میزان ترکیبات پلی‌فنولی و فلاونوئیدی ارقام مختلف خرما به تنوع ترکیبات زیستی موجود در هر رقم بستگی داشته که آن هم وابسته به شرایط محیطی و رشد است. در حقیقت، عوامل مختلفی مانند منطقه و شرایط

2- Gallic acid equivalent

1- Pearson

رشد، آب و هوا، نور، دمای محیط و شرایط نگهداری بر میزان ترکیبات پلی فنولی ضایعات ارقام مختلف خرما اثرگذار هستند [18].

استخراج ترکیبات پلی فنولی از ارقام مختلف خرما در مطالعات مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال موهامد^۱ و همکارانش در سال ۲۰۱۴ میزان ترکیبات پلی فنولی و آنتی اکسیدانی موجود در شش گونه خرمای موجود در سودان را بررسی کردند. میزان کل پلی فنولها بین ۹۹/۳۴-۳۵/۸۲ میلی گرم اسید گالیک به ازای ۱۰۰ گرم نمونه و میزان ترکیبات پلی فنولی در محدوده ۳/۳۹-۱/۷۴ میلی گرم کاتکین^۲ به ازای هر ۱۰۰ گرم نمونه گزارش شد [5]. همچنین نعمت الله^۳ و همکارانش در سال ۲۰۱۸ تاثیر حلالهای مختلف را بر روی میزان استخراج پلی فنولها از گونه خرمای آجوا^۴ بررسی کردند. حلالهای مورد استفاده در این مطالعه آب، اتانول ۷۰٪ و استون ۵۰٪ بودند. بیشترین میزان استخراج پلی فنولها و فلاونوئیدها با استفاده از استون ۵۰٪ به عنوان حلال به ترتیب ۷/۵۴۵ میلی گرم اسید گالیک به ازای هر گرم نمونه و ۰/۷۳۵ میلی گرم روتین به ازای هر گرم نمونه به دست آمد [19].

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، با استفاده از اولتراسوند میزان استخراج پلی فنولها و فلاونوئیدها از هر سه رقم مضافتی، کبکاب و سایر خرما به صورت معناداری افزایش می یابد ($P < 0.05$). در میان سه رقم مورد آزمایش، بیشترین میزان استخراج مربوط به رقم سایر با مقدار $4/64 \pm 0/07$ و پس از آن مضافتی $3/69 \pm 0/0721$ و کبکاب $3/07 \pm 0/07$ میلی گرم اسید گالیک بر گرم است.

در حقیقت استفاده از اولتراسوند به دلیل ایجاد حفره در ماتریکس نمونه بر اثر پدیده کاویتاسیون، به نفوذ حلال به

داخل آن کمک می کند و تغییرات ایجاد شده در دیواره سلولی موجب افزایش رهایش پلی فنولها می شود. این تغییرات شامل شکستن پیوندهای میان پلی فنولها و اجزای دیواره سلولی در خرما بوده که نفوذپذیری دیواره سلولی را افزایش داده و در نتیجه انتقال جرم بین نمونه و حلال تسریع می گردد. تمامی این موارد موجب می شود تا پلی فنولهای متصل به پروتئینها و قندها به شکل پلی فنولهای آزاد تبدیل شوند. در نتیجه میزان استخراج این ترکیبات افزایش می یابد [20].

مطالعات بسیاری برای افزایش استخراج ترکیبات پلی فنولی از اولتراسوند استفاده کرده اند. ایزدی فر (۲۰۱۳) استخراج ترکیبات پلی فنولی را با استفاده از اولتراسوند از دانه های خشک شده گندم بررسی کرد [21]. نتایج نشان دادند که استفاده از اولتراسوند موجب افزایش بازده استخراج ترکیبات پلی فنولی می شود. همچنین در مطالعه دیگری ژونگ^۵ و همکارانش (۲۰۲۲) استخراج ترکیبات پلی فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی پوست میوه پیتایا^۶ را آزمایش کردند. آنها دریافتند که با استفاده از اولتراسوند در مدت زمان ۴۵ دقیقه بیشترین میزان بازده استخراج به دست می آید [22].

افزایش دما در حین استخراج ترکیبات پلی فنولی از ۳۰ درجه سانتیگراد به ۵۰ درجه سانتیگراد در هر سه رقم موجب افزایش استخراج ترکیبات پلی فنولی شده و پس از آن افزایش بیشتر دما از ۵۰ درجه سانتیگراد به ۷۰ درجه سانتیگراد موجب کاهش استخراج آنها می شود ($P < 0.05$). در حقیقت افزایش دما موجب افزایش تحرک حلال و نیز نفوذپذیری دیواره سلولی شده که موجب افزایش میزان استخراج پلی فنولها می شود در حالی که افزایش بیش از حد دما موجب تجزیه ترکیبات پلی فنولی شده و در نتیجه میزان استخراج آنها کاهش می یابد [10].

1- Mohamed
2- Catechin
3- Nematallah
4- Ajwa

5- Zhong
6- Pitahaya

2-3- خاصیت آنتی اکسیدانی

1-2-3- خاصیت مهار رادیکال‌های DPPH

شکل ۱ نشان‌دهنده نتایج حاصل از آزمون مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH است. همانطور که در شکل مشخص است، در میان ارقام مختلف، رقم سایر بیشترین میزان بازدارندگی رادیکال‌های DPPH را از خود نشان داده که پس از تیمار با اولتراسوند در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به بیشترین میزان خود می‌رسد ($1/201 \pm 43/266$). این افزایش در سایر ارقام نیز قابل مشاهده است.

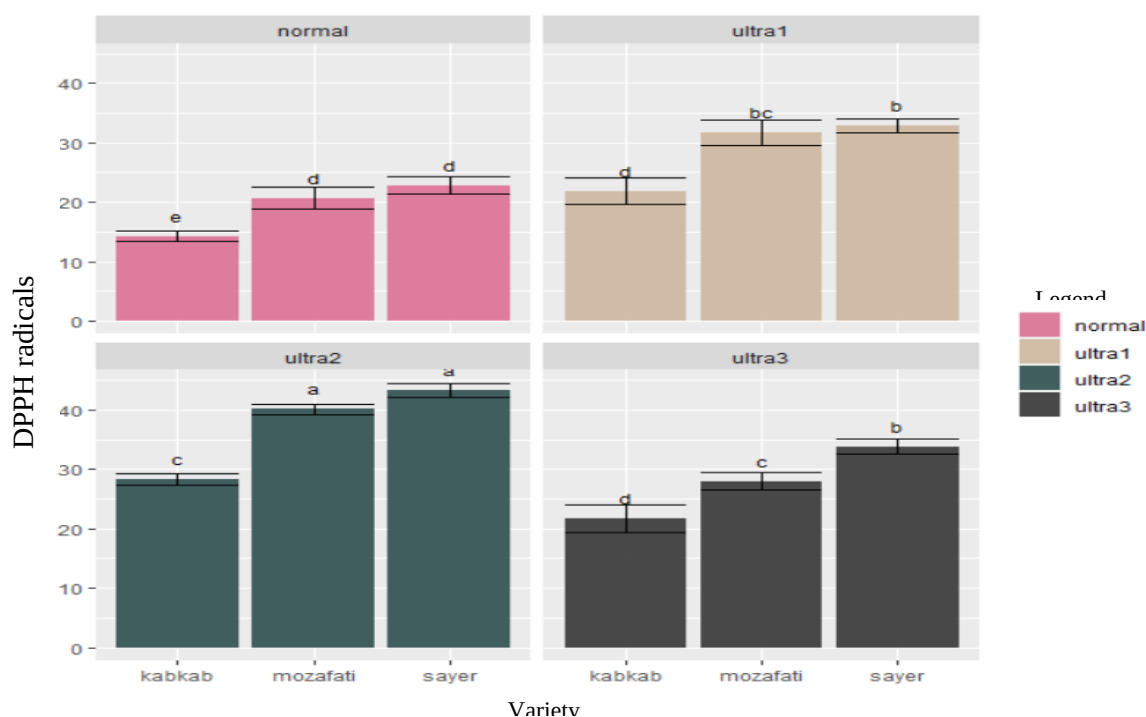


Fig 1 The DPPH radical scavenging activity of the extracts of date byproducts including Kabkab, Mozafati and Sayer after ultrasound extraction at 30, 50 and 70°C ($P < 0.05$). normal: extraction without ultrasound, ultra1: ultrasound at 30°C, ultra2: ultrasound at 50°C, and ultra3: ultrasound at 70°C.

پلی فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی پنج گونه خرمای الجزایری دریافتند که با افزایش میزان استخراج پلی فنول‌ها، میزان فعالیت مهار رادیکال‌های DPPH نیز در آن‌ها افزایش می‌یابد. مطالعات آن‌ها نشان داد که بیشترین میزان استخراج ترکیبات پلی فنولی توسط متانول ۸۰٪ با مقدار ۶۹/۸۵-

خاصیت مهار رادیکال‌های DPPH در مطالعات بسیاری به عنوان روشی برای اندازه‌گیری خاصیت آنتی اکسیدانی ارقام مختلف خرما استفاده شده است. به عنوان مثال هچانی^۱ و همکاران در سال ۲۰۱۸ با بررسی میزان استخراج ترکیبات

شده که در نتیجه به بافت‌های زنده آسیب می‌زند. بنابراین اندازه‌گیری خاصیت مهار این ترکیب می‌تواند نشان دهنده خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره مورد استفاده باشد [2].

همانطور که در شکل ۲ مشخص است، تمامی ضایعات ارقام مورد آزمایش دارای خاصیت چلاته‌کنندگی فلزات می‌باشند. پس از تیمار با اولتراسوند در ۳۰ درجه سانتیگراد بر خلاف خاصیت مهار رادیکال‌های DPPH، فعالیت چلاته‌کنندگی تمامی ضایعات ارقام خرما به صورت معناداری کاهش یافت. ($P < 0.05$) اما در دماهای ۵۰ و ۷۰ درجه سانتیگراد مجدداً افزایش یافت همچنین در میان ارقام مورد آزمایش، رقم سایر هم در تیمارهای بدون اولتراسوند و هم با تیمار اولتراسوند، بیشترین میزان خاصیت چلاته‌کنندگی یون آهن را از خود نشان داد ($\pm 1/51$ ٪) [۲۸/۴].

ایسلام^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۶ فعالیت آنتی اکسیدانی ۴۳ نوع قارچ خوراکی مورد استفاده در چین از جمله خاصیت چلاته‌کنندگی فلزات را بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که هر چند تمامی قارچ‌های مورد بررسی از نظر ترکیبات پلی فنولی و فلاونوئیدی بسیار غنی و دارای خاصیت چلاته‌کنندگی فلزات بودند، اما میان غلظت ترکیبات پلی فنولی و میزان خاصیت چلاته‌کنندگی در برخی از گونه‌ها ارتباط چندانی وجود نداشت [26].

۲۰/۳۸ میلی گرم اسید گالیک به ازای هر صد گرم نمونه خشک به دست می‌آید. با این وجود بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی و بیشترین تعداد ترکیبات پلی فنولی قابل شناسایی در عصاره‌های استخراج شده توسط استون ۷۰٪ به دست آمدند [24]. سانو^۱ و همکاران در سال ۲۰۲۳ ارتباط میان افزایش دما (در محدوده ۴۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد) در استخراج پلی فنول‌ها و میزان فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره گیاه *Hibiscus sabdariffa* L. را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در ابتدا افزایش دما موجب افزایش میزان استخراج پلی فنول‌ها و میزان مهار رادیکال‌های DPPH می‌شود و پس از آن کاهش می‌یابد. بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در دمای ۵۲ درجه سانتیگراد به دست آمد. زیرا در دماهای بالاتر ترکیبات آنتی اکسیدانی شامل پلی فنول‌ها و فلاونوئیدها دچار تجزیه می‌شوند [25].

2-3-2- خاصیت چلاته‌کنندگی یون آهن و مهار هیدروژن

پراکسید

برای بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی یک سوپسترا، واکنش مستقیم عصاره استخراج شده از ضایعات خرما تنها مکانیسم نمی‌باشد. آنتی اکسیدان‌های نوع دوم، که به عنوان ترکیبات چلاته‌کننده نیز شناخته می‌شوند با وجود عدم شرکت در تبدیل رادیکال‌های آزاد به ترکیبات پایدار، سرعت اکسیداسیون را کاهش می‌دهند. یکی از این ترکیبات اکسید کننده که با تولید رادیکال‌های آزاد در اکسایش لیپیدها موثر است، یون آهن می‌باشد. بنابراین ترکیبات چلاته‌کننده با پایدار کردن این یون‌ها موجب کاهش خطرات ناشی از رادیکال‌های آزاد می‌شوند [23]. یکی دیگر از این روش‌ها که به طور غیر مستقیم مانع از آسیب به بافت‌های زنده می‌شود، خاصیت مهار هیدروژن پراکسید می‌باشد. با وجودی که هیدروژن پراکسید به تنهایی واکنش‌پذیر نیست، اما باعث تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در درون سلول

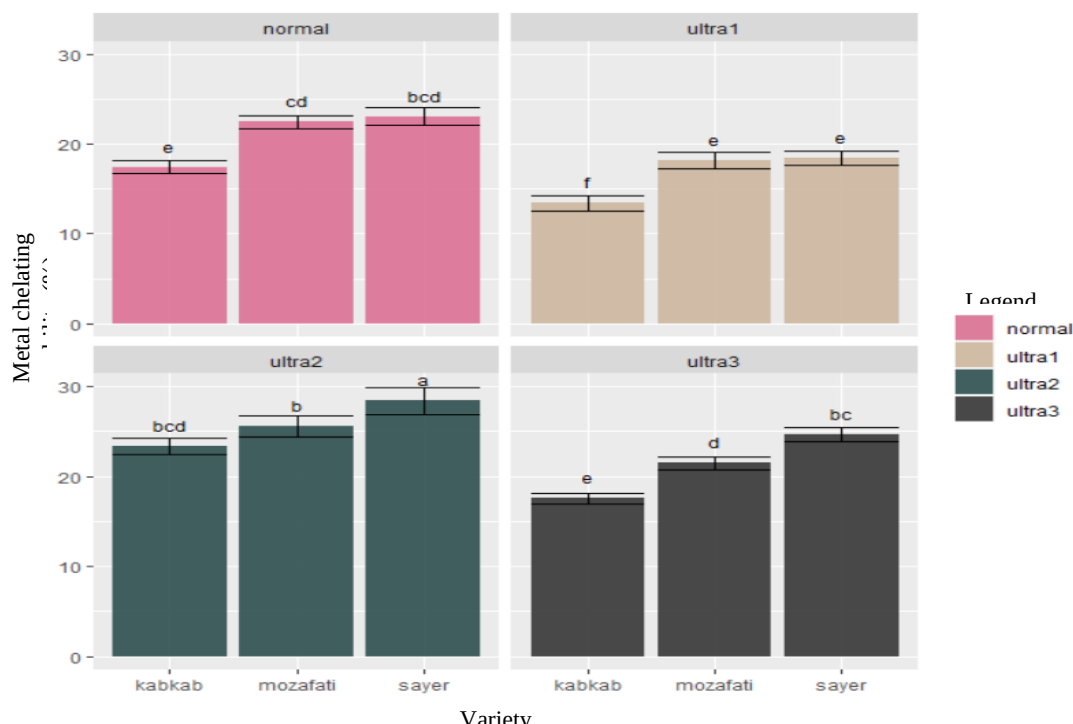


Fig 2 metal chelating ability of the extracts of date byproducts including Kabkab, Mozafati and Sayer after ultrasound extraction at 30, 50 and 70°C ($P < 0.05$). normal: extraction without ultrasound, ultra1: ultrasound at 30°C, ultra2: ultrasound at 50°C, and ultra3: ultrasound at 70°C.

شکل سه نشان‌دهنده فعالیت مهار هیدروژن پراکسید در ارقام خرماي مورد آزمایش می‌باشد. فعالیت مهار هیدروژن پراکسید در عصاره‌های ضایعات ارقام مورد آزمایش در محدوده $(1/276 \pm 23/2)$ تا $(40/433 \pm 0/802)$ قرار گرفت. استفاده از اولتراسوند و دماهای بالاتر تا ۵۰ درجه سانتیگراد در تمامی ارقام موجب افزایش خاصیت مهار هیدروژن پراکسید شد و بیشترین خاصیت مهارکنندگی مربوط به رقم مضافتی در هنگام استفاده از اولتراسوند و در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد در بالاترین غلظت پلی‌فنول‌های موجود در عصاره گزارش شد. ناگولندران^۲ و همکاران در سال ۲۰۰۷ خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره استخراج شده از گیاه *Cyperus rotundus* را بررسی کردند. نتایج مطالعه

بر خلاف خاصیت مهارکنندگی رادیکال‌های DPPH، فعالیت چلاته‌کنندگی بیشتر از میزان کل ترکیبات پلی‌فنولی به نوع ترکیبات پلی‌فنولی موجود در نمونه مورد آزمایش بستگی دارد. درحقیقت فقط پلی‌فنول‌هایی با ساختار شیمیایی مشخص در واکنش چلاته‌کنندگی فلزاتی چون آهن و مس شرکت می‌کنند. وجود گروه‌های هیدروکسیل، کتو و کاتکول^۱ در ساختار حلقه بنزنی ترکیبات پلی‌فنولی میزان خاصیت چلاته‌کنندگی این ترکیبات را به شدت افزایش می‌دهند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش اولیه این ترکیبات در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد با وجود افزایش میزان پلی‌فنول‌ها و خاصیت مهارکنندگی رادیکال‌های DPPH ناشی از همین تغییر و تحول در ساختار ترکیبات پلی‌فنولی به دلیل حرارت اعمال شده است [27].

2- Nagulendran

1- Catechol

آن‌ها نشان داد که با افزایش غلظت عصاره از ۱۰ تا ۱۰۰ $\mu\text{g/mL}$ میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره از جمله فعالیت مهار هیدروژن پراکسید به صورت معناداری افزایش می‌یابد [28].

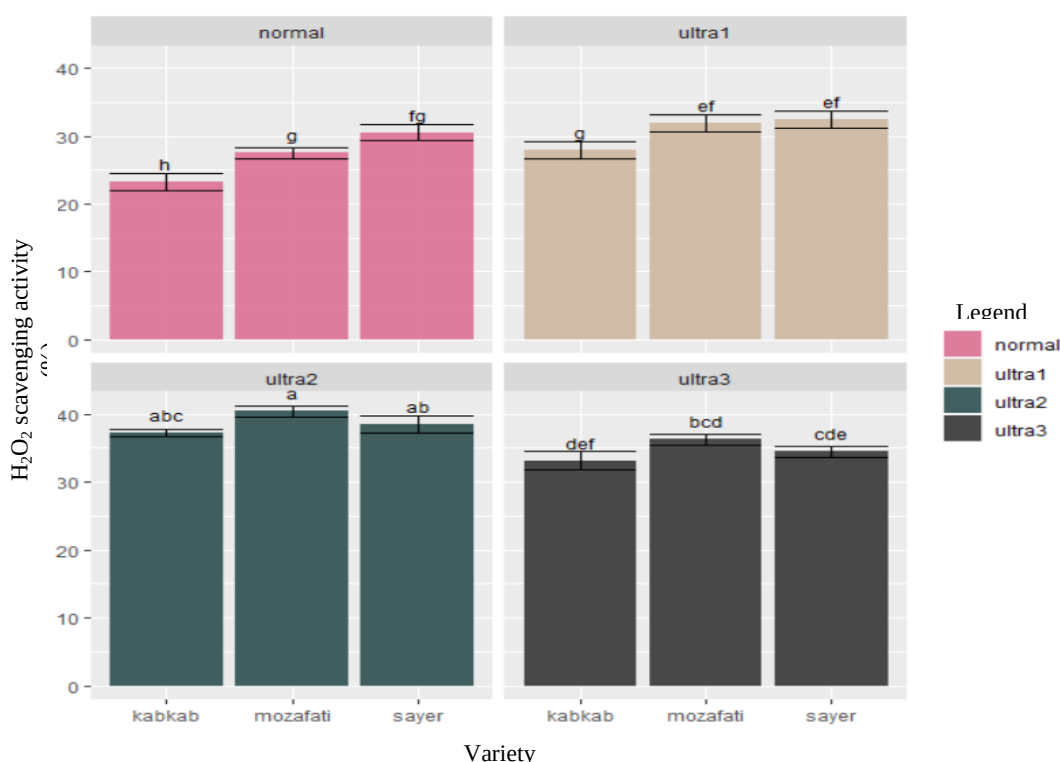


Fig 3 H₂O₂ scavenging activity of the extracts of date byproducts including Kabkab, Mozafati and Sayer after ultrasound extraction at 30, 50 and 70°C (P<0.05). normal: extraction without ultrasound, ultra1: ultrasound at 30°C, ultra2: ultrasound at 50°C, and ultra3: ultrasound at 70°C.

3-3- همبستگی میان ترکیبات پلی‌فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی

جدول ۲ نشان دهنده ضرایب همبستگی پواسون میان پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها، خاصیت مهار DPPH، خاصیت چلاته‌کنندگی یون آهن و خاصیت مهار هیدروژن پراکسید است. همانطور که در جدول نمایش داده شده است، همبستگی بسیار قوی میان پلی‌فنول‌ها و خاصیت مهار

DPPH (۰/۸۹۵۲۶۹۸) و همچنین میان فلاونوئیدها و خاصیت مهار DPPH (۰/۸۳۴۰۶۹۷) وجود دارد. همچنین میان پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدها با خاصیت چلاته‌کنندگی یون آهن و خاصیت مهار هیدروژن پراکسید همبستگی به قابل قبولی برقرار است. این ضرایب به ترتیب ۰/۸۱۵۳۷۵۹ و ۰/۷۹۷۰۹۱۶ برای خاصیت چلاته‌کنندگی و ۰/۷۳۳۸۸۳۳ برای خاصیت مهار هیدروژن پراکسید هستند.

قدرت آنتی اکسیدان آهن (۰/۹۶۴) و خاصیت مهار رادیکال‌های DPPH (۰/۹۱۴) گزارش شد [29].

4- نتیجه گیری

در این مطالعه استخراج ترکیبات پلی فنولی از ضایعات سه رقم خرما شامل مضافتی، کبکاب و سایر، تاثیر اولتراسوند و افزایش دما و همچنین خواص آنتی اکسیدانی این ترکیبات بررسی شد. میزان پلی فنول‌های استخراج شده پس از تیمار اولتراسوند در تمامی ارقام افزایش پیدا کرد. همچنین در میان سه دمای انتخاب شده نیز افزایش دما تا ۵۰ درجه سانتیگراد موجب افزایش استخراج ترکیبات پلی فنولی و سپس کاهش آن‌ها شد. همچنین بررسی تیمارها نشان داد که با استفاده از اولتراسوند در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد بیشترین میزان استخراج ترکیبات پلی فنولی در رقم سایر به دست می‌آید. در تمامی ارقام مورد آزمایش خواص آنتی اکسیدانی به جز خاصیت چلاته‌کنندگی یون آهن با استفاده از اولتراسوند و افزایش دما تا ۵۰ درجه سانتیگراد افزایش و پس از آن کاهش یافت. همچنین ضرایب همبستگی قوی میان این ترکیبات و خواص آنتی اکسیدانی وجود داشت. بر اساس یافته‌های حاصل از این مطالعه، ضایعات حاصل از این ارقام خرما به عنوان منابع مناسبی از ترکیبات پلی فنولی می‌باشند که دارای خواص سلامتی بخش بوده و می‌توانند به عنوان منابع ارزان قیمت با ارزش افزوده مورد استفاده قرار گیرند.

5- تقدیر و تشکر

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه تهران و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور برای تامین تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای این مطالعه اعلام می‌دارند.

Table 2 Correlation coefficients between polyphenols, flavonoids, and antioxidant properties

Parameter	Polyphenol	Flavonoid	DPPH scavenging ability	Metal chelating ability	H ₂ O ₂ scavenging ability
Polyphenol	1.0000	0.9534	0.8952	0.8153	0.7710
Flavonoid	0.9534	1.0000	0.8340	0.7970	0.7330
DPPH scavenging ability	0.8952	0.8340	1.0000	0.6640	0.8420
Metal chelating ability	0.8153	0.7970	0.6640	1.0000	0.6690
H ₂ O ₂ scavenging ability	0.7710	0.7330	0.8420	0.6690	1.0000

با در نظر گرفتن ضرایب همبستگی میان ترکیبات پلی فنولی و خواص آنتی اکسیدانی می‌توان نتیجه گرفت که خواص آنتی اکسیدانی عصاره‌های استخراج شده از ضایعات ارقام مضافتی، کبکاب و سایر ناشی از ترکیبات پلی فنولی آن‌ها بوده و وجود این ترکیبات در عصاره تامین کننده اثرات سلامتی بخش بر بدن انسان است.

وجود همبستگی قوی میان محتوای پلی فنولی و خواص آنتی اکسیدانی سویسترهای مختلف در مطالعات بسیاری نشان داده شده است. به عنوان مثال، ژیاو^۱ و همکارانش در سال ۲۰۱۴ همبستگی میان ترکیبات پلی فنولی و خواص آنتی اکسیدانی (خاصیت مهار رادیکال‌های DPPH، خاصیت مهارکنندگی کاتیون‌های ABTS، قدرت احیاکنندگی و کاهش قدرت آنتی اکسیدان آهن^۲) نخود را بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که همبستگی قوی میان این ترکیبات و خواص آنتی اکسیدانی وجود دارد. بیشترین میزان همبستگی به ترتیب میان ترکیبات پلی فنولی با کاهش

1- Xiao
2- FRAP

6- منابع

- [1] Sarraf, M., Jemni, M., Kahramanoğlu, I., Artés, F., Shahkoomahally, S., Namsi, A., ... & Rastogi, A. (2021). Commercial techniques for preserving date palm (*Phoenix dactylifera*) fruit quality and safety: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(8), 4408-4420. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.04.035>
- [2] Bagherzadeh Karimi, A., Elmi, A., Zargar, A., Mirghafourvand, M., Fazljou, S. M. B., Araj-Khodaie, M., & Baghervand Navid, R. (2020). Clinical effects of date palm (*Phoenix dactylifera* L.): A systematic review on clinical trials. *Complementary Therapies in Medicine*, 51, 102429. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102429>
- [3] Abu-Reidah, I. M., Gil-Izquierdo, Á., Medina, S., & Ferreres, F. (2017). Phenolic composition profiling of different edible parts and by-products of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) by using HPLC-DAD-ESI/MSn. *Food Research International*, 100, 494-500. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.018>
- [4] Eid, N. M., Al-Awadi, B., Vauzour, D., Oruna-Concha, M. J., & Spencer, J. P. (2013). Effect of cultivar type and ripening on the polyphenol content of date palm fruit. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(10), 2453-2460. <https://doi.org/10.1021/jf303951e>
- [5] Mohamed, R. M., Fageer, A. S., Eltayeb, M. M., & Mohamed Ahmed, I. A. (2014). Chemical composition, antioxidant capacity, and mineral extractability of Sudanese date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Food science & nutrition*, 2(5), 478-489. <https://doi.org/10.1002/fsn3.123>
- [6] Sanjukta, S., Rai, A. K., Muhammed, A., Jeyaram, K., & Talukdar, N. C. (2015). Enhancement of antioxidant properties of two soybean varieties of Sikkim Himalayan region by proteolytic *Bacillus subtilis* fermentation. *Journal of Functional Foods*, 14, 650-658. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.02.033>
- [7] Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agro-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, 99(1), 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- [8] Benmeddour, Z., Mehinagic, E., Le Meurlay, D., & Louaileche, H. (2013). Phenolic composition and antioxidant capacities of ten Algerian date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars: a comparative study. *Journal of Functional Foods*, 5(1), 346-354. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.11.005>
- [9] Daoud, A., Mnafigui, K., Turki, M., Jmal, S., Ayadi, F., ElFeki, A., bid, L., Rateb, M.E., Kadri, A., & Gharsallah, N. (2017). Cardiopreventive effect of ethanolic extract of date palm pollen against isoproterenol induced myocardial infarction in rats through the inhibition of the angiotensin-converting enzyme. *Experimental and toxicologic pathology*, 69(8), 656-665. <https://doi.org/10.1016/j.etp.2017.06.004>
- [10] Khosravi, A., Razavi, S. H., & Fadda, A. M. (2020). Advanced assessments on innovative methods to improve the bioaccessibility of polyphenols in wheat. *Process Biochemistry*, 88, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.09.005>
- [11] Abbès, F., Kchaou, W., Blecker, C., Ongena, M., Lognay, G., Attia, H., & Besbes, S. (2013). Effect of processing conditions on phenolic compounds and antioxidant properties of date syrup. *Industrial crops and products*, 44, 634-642. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.09.008>
- [12] Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., & Valéro, J. R. (2011). Solid-state fermentation of apple pomace using *Phanerocheate chrysosporium*—Liberation and extraction of phenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 126(3), 1071-1080. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.129>
- [13] Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Olalere, O. A. (2020). Ethanolic extraction of flavonoids, phenolics and antioxidants from *Vernonia amygdalina* leaf using two-level factorial design. *Journal of King Saud University-Science*, 32(1), 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.08.001>
- [14] Liu, Y. H., Lin, S. Y., Lee, C. C., & Hou, W. C. (2008). Antioxidant and nitric oxide production inhibitory activities of galacturonidase hydroxamic acid. *Food chemistry*, 109(1), 159-166. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.055>
- [15] Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. (2005). Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food chemistry*, 89(3), 411-420. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.051>
- [16] Ruch, R. J., Cheng, S. J., & Klaunig, J. E. (1989). Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins

- isolated from Chinese green tea. *Carcinogenesis*, 10(6), 1003-1008. <https://doi.org/10.1093/carcin/10.6.1003>.
- [17] Decker, E. A., & Welch, B. (1990). Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 38(3), 674-677. <https://doi.org/10.1021/jf00093a019>.
- [18] Saharan, P., Sath, P. K., & Duhan, J. S. (2017). Comparative assessment of effect of fermentation on phenolics, flavanoids and free radical scavenging activity of commonly used cereals. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 12, 236-240. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.10.013>.
- [19] Nematallah, K. A., Ayoub, N. A., Abdelsattar, E., Meselhy, M. R., Elmazar, M. M., El-Khatib, A. H., Linscheid, M.W., Hathout, R.M., Godugu, K., Adel, A. & Mousa, S. A. (2018). Polyphenols LC-MS² profile of Ajwa date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) and their microemulsion: Potential impact on hepatic fibrosis. *Journal of functional foods*, 49, 401-411. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.08.032>.
- [20] Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., & Valéro, J. R. (2011). Extraction and analysis of polyphenols: recent trends. *Critical reviews in biotechnology*, 31(3), 227-249. <https://doi.org/10.3109/07388551.2010.513677>.
- [21] Izadifar, Z. (2013). Ultrasound pretreatment of wheat dried distiller's grain (DDG) for extraction of phenolic compounds. *Ultrasonics sonochemistry*, 20(6), 1359-1369. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.04.004>.
- [22] Zhong, X., Zhang, S., Wang, H., Yang, J., Li, L., Zhu, J., & Liu, Y. (2022). Ultrasound-alkaline combined extraction improves the release of bound polyphenols from pitahaya (*Hylocereus undatus*' Foo-Lon') peel: Composition, antioxidant activities and enzyme inhibitory activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, 106213. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4222850>.
- [23] Sath, P. K., Chawla, P., & Duhan, J. S. (2018). Fermentation approach on phenolic, antioxidants and functional properties of peanut press cake. *Food bioscience*, 22, 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.01.011>.
- [24] Hachani, S., Hamia, C., Boukhalkhal, S., Silva, A. M., Djeridane, A., & Yousfi, M. (2018). Morphological, physico-chemical characteristics and effects of extraction solvents on UHPLC-DAD-ESI-MSⁿ profiling of phenolic contents and antioxidant activities of five date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) growing in Algeria. *NFS journal*, 13, 10-22. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2018.10.001>.
- [25] Sanou, A., Konaté, K., Kabakdé, K., Dakuyo, R., Bazié, D., Hemayoro, S., & Dicko, M.H. (2023). Modelling and optimisation of ultrasound-assisted extraction of roselle phenolic compounds using the surface response method. *Scientific Reports*, 13(1), 358. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27434-5>.
- [26] Islam, T., Yu, X., & Xu, B. (2016). Phenolic profiles, antioxidant capacities and metal chelating ability of edible mushrooms commonly consumed in China. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 423-431. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.005>.
- [27] Sánchez-Vioque, R., Polissiou, M., Astraka, K., De Los Mozos-Pascual, M., Tarantilis, P., Herraiz-Peñalver, D., & Santana-Méridas, O. (2013). Polyphenol composition and antioxidant and metal chelating activities of the solid residues from the essential oil industry. *Industrial Crops and Products*, 49, 150-159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.04.053>.
- [28] Nagulendran, K.R., Velavan, S., Mahesh, R., & Begum, V.H. (2007). *In vitro* antioxidant activity and total polyphenolic content of *Cyperus rotundus* rhizomes. *Journal of Chemistry*, 4, 440-449.
- [29] Xiao, Y., Xing, G., Rui, X., Li, W., Chen, X., Jiang, M., & Dong, M. (2014). Enhancement of the antioxidant capacity of chickpeas by solid state fermentation with *Cordyceps militaris* SN-18. *Journal of functional foods*, 10, 210-222. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.06.008>.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir



Scientific Research

The impact of temperature and ultrasound on the polyphenols extraction and antioxidant activity of Mozafati, Sayer, and Kabkab date byproduct varieties

Azin Khosravi Largani¹, Seyed Hadi Razavi^{*2}

1- PhD Student, Department of Food Science & Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Iran

2-*Corresponding author: Professor, Department of Food Science & Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.

ABSTRACT

In this study, the effect of ultrasound and temperature at three different levels—30, 50, and 70 °C on the amount of phenolic compounds and antioxidant properties of the extract obtained from the byproducts of three date byproducts—Kabkab, Mozafati, and Sayer were evaluated. In order to conduct a comprehensive assessment of antioxidant activities, three methods including DPPH and H₂O₂ radical scavenging activities, and ion chelating ability were employed. The Pierson analysis was used to examine the correlation between polyphenolic compounds and antioxidant activities. According to the results, the use of ultrasound treatment enhanced the amount of extracted polyphenols and flavonoids in all date varieties. Furthermore, the polyphenol and flavonoid contents were found to increase up to 50°C during extraction, but decreased, subsequently. The highest amount of polyphenols and flavonoids was achieved using the ultrasound treatment in 50° C in Sayer variety, 4.64 ± 0.07 mg Gallic acid/g and 0.326 ± 0.0112 mg quercetin/g, respectively. DPPH and H₂O₂ radical scavenging activities were increased after ultrasound treatment at 50°C but then decreased (P<0.05). Maximum H₂O₂ scavenging activity was observed in Mozafati variety. The iron chelating ability decreased after extraction with ultrasound treatment at 30° C and then increased significantly (P<0.05) until reached the maximum amount of 40.433 ± 0.802% in Sayer variety. Results showed a strong correlation between polyphenols and flavonoids with antioxidant activities. Therefore, the antioxidant properties of the tested date byproducts are likely to derive from their polyphenolic content, making them an economical source of these bioactive compounds.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2022/11/20

Accepted: 2023/7/29

Keywords:

Date byproducts,

Polyphenols,

Temperature,

Ultrasound,

Antioxidant

DOI: 10.22034/FSCT.20.141.61
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.141.5.3

*Corresponding Author E-Mail:
srazavi@ut.ac.ir