

## بهینه‌سازی استخراج ترکیبات مؤثره از ضایعات پیاز به کمک فرایند نفوذ خشک مایکروویو و گرانش

مهرانوش غریبی‌تهرانی<sup>1</sup>، الهام آذرپژوه<sup>2\*</sup>، امیرحسین الهامی‌راد<sup>3</sup>، پروین شرایعی<sup>2</sup>، احمدپدرام‌نیا<sup>4</sup>، هدیه یزدانفر<sup>5</sup>

- 1- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
- 2- استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران  
\* نویسنده مسئول (azarpazhooh@areo.ac.ir)
- 3- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
- 4- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
- 5- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: 1397/10/26

تاریخ پذیرش: 1398/04/24

### واژه‌های کلیدی

آنتی‌اکسیدان  
استخراج  
ضایعات پیاز  
نفوذ خشک مایکروویو و گرانش

### چکیده

فرایند نفوذ خشک مایکروویو و گرانش یکی از پیشرفته‌ترین روش‌های استخراج ترکیبات مؤثره می‌باشد که در مقیاس صنعتی و آزمایشگاهی قابل‌اجراست. هدف از این پژوهش، استخراج عصاره ضایعات پیاز به‌وسیله فرایند نفوذ خشک مایکروویو و گرانش با استفاده از روش سطح پاسخ (طرح مرکب مرکزی محوری) به‌منظور بررسی دو متغیر مستقل زمان (10، 15 و 20 دقیقه) و توان (300، 500 و 700 وات) بر ویژگی‌های کیفی عصاره مانند بازدهی نهایی استخراج، قدرت آنتی‌اکسیدانی، میزان ترکیبات فنلی کل، مقدار کوئرستین و نیز بهینه‌سازی فرایند استخراج استفاده گردید. تیمار بهینه برای استخراج عصاره از ضایعات پیاز، زمان 20 دقیقه و توان 500 وات بود که بیشترین بازده استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شامل میزان ترکیبات پلی‌فنلی، 67/47 میلی‌گرم بر کیلوگرم، میزان کوئرستین، 30/37 میلی‌گرم در 100 گرم و نیز حداکثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب شامل توان آنتی‌اکسیدانی احیای آهن 3 ظرفیتی (FRAP)، 542/09 میکرومول آهن 2 ظرفیتی بر گرم و میزان به‌دام‌اندازی رادیکال آزاد (DPPH)، 37/60 درصد به‌دست آمد. تمامی غلظت‌های عصاره ضایعات پیاز دارای فعالیت ضد میکروبی بودند، اما تأثیر حداقل غلظت مهارکنندگی عصاره بر علیه میکروارگانیسم‌های مختلف (کپک *آسپرژیلوس نایجر*، باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشرشیاکلی*) یکسان نبود. به‌طوری‌که تأثیر آن روی کپک *آسپرژیلوس نایجر* و باکتری *اشرشیاکلی* به مراتب بیشتر از باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* بود. نتایج این تحقیق نشان داد که میان ترکیبات مؤثره عصاره به‌دست‌آمده با این روش و روش استخراج با حلال اختلافات آماری معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0/05$ ). روش استخراج نفوذ خشک مایکروویو و گرانش، به‌عنوان یک تکنیک جایگزین سریع و کارآمد در برابر فرایند استخراج با حلال، جهت استخراج عصاره از گیاهان و ضایعات آنها پیشنهاد می‌شود.

ترکیبات مؤثره طی فراوری و یا مصرف مستقیم‌شان به ضایعات تبدیل‌شده و دورریخته می‌شوند، امروزه ضایعات صنایع غذایی دارای اهمیت و جایگاه ارزشمندی می‌باشند

### مقدمه

باتوجه‌به اینکه روزانه مقادیر کثیری از پوست میوه‌ها و بخش‌های خوراکی آنها (محتوی آنتی‌اکسیدان‌ها و

Pan *et al.*, ) آنتی‌اکسیدان‌ها (Tang, & Powers, 2007)، گلیکوزیدها و ترپن‌ها (Chen, Xie, & Gong, 2008)، به‌طور موفقیت‌آمیزی توسط تکنیک‌های مختلف مایکروویو استخراج شدند. Cantos, Guerrero, Liiazid, Barroso و Palma (2011) نشان دادند بعضی از ترکیبات فنلی حساس به حرارت و ترکیباتی با حساسیت کمتر، به‌راحتی تجزیه شدند که به‌دلیل حضور هوا و دمای بالا در روش‌های استخراج به کمک مایکروویو بوده است.

نفوذ خشک مایکروویو و گرانش یک تکنیک توسعه‌یافته با پتانسیل بالا جهت کاربردهای متنوع در استخراج است که به کمک این روش، استخراج اسانس از برگ‌های رزماری (Bousbia *et al.*, 2009)، نعناع و گیاه پنی‌رویال<sup>4</sup> (Vian, Fernandez, Visinoni, & Chemat, 2008) انجام شده است. این روش براساس حرارت‌دهی امواج مایکروویو (حرارت‌دهی هدایت، جابجایی و تشعشع به‌طور هم‌زمان) و نیروی جاذبه زمین تحت فشار اتمسفر می‌باشد. امواج مایکروویو به‌دلیل افزایش سریع دما و تخریب گوچه‌های حاوی اسانس در مدت زمان بسیار کوتاهی سبب آزادسازی اسانس می‌شوند (Vian *et al.*, 2008).

در این روش به‌دلیل طراحی خاص دستگاه و قرارگیری قسمت‌های کندانسور و جمع‌کننده در پایین آن مایکروویو، از نیروی جاذبه برای حرکت اسانس به قسمت خارجی کندانسور ماریچ، استفاده گردید و نهایتاً آب و اسانس در قسمت جمع‌کننده، هدایت‌شده و توسط اختلاف وزن مخصوص از هم جدا شدند.

طراحی این سیستم باعث کاهش چشمگیر زمان استخراج نسبت به سیستم‌های معمول گردید (شاد، هاشمی کهرئی، گلمکانی و مزیدی، 1394). استخراج ترکیبات طبیعی، یک رویکرد اقتصادی، با کارایی بالا، کاهش انرژی، بدون نیاز به حلال و دوستدار محیط‌زیست است. نتایج تحقیق‌های Farhat, Fabiano-Tixier, Romdhane, Visinoni و Chemat (2010) حاکی از این بود که تکنیک فرایند نفوذ خشک مایکروویو و گرانش<sup>5</sup> (MDG) جهت استخراج عصاره از دانه‌های خشک شده زیره سیاه به‌دلیل کاهش زمان و ذخیره انرژی به مقدار قابل توجهی، افزایش کارایی استخراج، کاهش ضایعات،

(خوشنویس، حکیم زاده و عابدی، 1395). در سال‌های اخیر استفاده از محصولات جانبی صنایع غذایی مانند پوست و دانه انگور، پوست مرکبات، تفاله سیب، ضایعات پوست سیب‌زمینی، پیاز و گلبرگ زعفران مورد توجه بوده است (Weisburger, 1999). براساس آمارنامه جهادکشاورزی در سال 1395، پیاز به‌عنوان یک محصول گیاهی نیمه‌فسادپذیر، با نام علمی آلیوم‌سیا<sup>1</sup> متعلق به خانواده آلیاسه<sup>2</sup> و از مهم‌ترین سبزی‌های مصرفی در ایران با سطح زیرکشت 620297 هکتار (0/53 درصد) و تولید سالانه ۲۰۴۰۰۰۵۸۵ تن (2/89 درصد) بوده است (وزارت جهادکشاورزی، 1395).

بررسی‌ها نشان دادند که گیاهان خ خانواده آلیوم<sup>3</sup> منبع مهمی از فلاونوئیدهای رژیم غذایی بودند که نقش ویژه‌ای در تغذیه و تأمین عناصر معدنی، ویتامین‌ها و ترکیبات قندی مردم داشتند (Hertog, Hollman, & Katan, 1992; Tepe, Sokmen, Akpulat, & Sokmen, 2005).

فلاونوئیدها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌ها، جمع‌آوری‌کننده رادیکال‌های آزاد و چلات‌کننده کاتیون‌های دو ظرفیتی مطرح شدند (Miller, Rigelhof, Marquart, Prakash, & Kanter, 2000). طی بررسی‌های Gao, Donner, Mazza و (1997) و Thomas, Crowther, Trueman, Griffiths و Smith (2002) دو گروه مهم از فلاونوئیدها در پیاز شناخته شده‌اند: آنتوسیانین‌ها (سیانیدین و گلیکوزیدهای پئونیدین، فلاونول‌های ایزورهمانتین، کامپفرول و گلیکوزیدهای آنها) که اساساً در غلظت‌های بالاتر در رنگ‌های متنوع زرد و قرمز یافت شدند. پوست پیاز نسبت به بخش خوراکی پیاز سطوح بالاتری از فلاونوئیدها را دارد.

فلاونوئیدهای موجود در پیاز اساساً به‌صورت گلیکوزیدهایی از کوئرستین و کامپفرول حضور داشته و از خود فعالیت ضداکسایشی نشان دادند (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995). در نتیجه فعالیت آنتی‌اکسیدانی پیاز از قسمت برگ‌های خارجی به سمت برگ‌های داخلی کاهش می‌یابد. چندین گروه از ترکیبات مانند اسانس‌ها (Chemat & Lucchesi, 2006)، ترکیبات مولد عطر و بو (Kimbaris *et al.*, 2006)، رنگدانه‌ها (Sun,

<sup>1</sup> *Allium cepa*

<sup>2</sup> *Alliaceae*

<sup>3</sup> *Allium*

<sup>4</sup> Penny Royal

<sup>5</sup> MDG, Microwave Dry Diffusion and Gravity

آلد ریچ کمپانی (St. Louis، ساخت آمریکا)، اتانول 96 درصد، متانول، کربنات سدیم، استات بافر، کلرید آهن، سولفات آهن 3 از شرکت مرک کمپانی (Darmstadt، ساخت آلمان) خریداری شدند. حمام آب گرم Memmert (مدل w350، ساخت آلمان) و دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Novaspec، ساخت انگلستان) در مرکز تحقیقات کشاورزی بخش فنی و مهندسی خراسان رضوی (مشهد) مورد استفاده قرار گرفتند.

#### آماده‌سازی نمونه

ابتدا ضایعات پیاز (شامل کلیه قسمت‌های پیاز اعم از پوست و بخش‌های خوراکی) جهت استخراج عصاره توسط ترازوی دیجیتال با دقت 0/1 گرم، توزین شدند. سپس هر یک از تیمارها در سه سطح توان (300، 500 و 700 وات) در مدت زمان‌های (10، 15 و 20 دقیقه) در داخل بشر 1000 میلی‌لیتری از جنس پیرکس در داخل دستگاه میکروویو گرانشی جهت استخراج عصاره قرار داده شدند.

#### روش استخراج

##### طراحی و ساخت دستگاه MDG

دستگاه استخراج عصاره به‌طریق نفوذ خشک میکروویو و گرانش در آزمایشگاه بخش فنی مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی (مشهد) طراحی و ساخته شد (شکل 1-الف و 1-ب) (Zill-E-Huma, 2010). در ساخت این دستگاه از یک آون میکروویو خانگی 2/45 گیگاهرتز (مدل 2011، سامسونگ، ساخت کره) با حداکثر توان 1000 وات استفاده شد. زمان و توان موردنیاز قابل تنظیم بودند. ظرف استخراج عصاره، بشر از جنس پیرکس و با حجم 1000 میلی‌لیتر بود. همچنین در این روش، استخراج عصاره از ضایعات پیاز، در توان و زمان‌های متفاوت بدون اضافه‌کردن آب انجام شد. این ترکیبات به کمک پدیده انتشار همراه عصاره خام از پیاز استخراج شده و به کمک نیروی جاذبه زمین به کندانسور پایین دستگاه منتقل شد.

عصاره در قسمت پایین دستگاه در بالن ته‌گرد 1000 میلی‌لیتری جمع‌آوری و عصاره حاصل را در دستگاه آون در دمای 40 درجه سانتی‌گراد قرار داده تا خشک شد. این روش فرایند استخراج در توان‌های 300، 500 و 700 وات به مدت 10، 15 و 20 دقیقه انجام گرفت.

عدم نیاز به مصرف حلال و آب، نسبت به روش تقطیر با آب<sup>1</sup> مناسب‌تر و بهتر بود. این تکنیک جدید، حدود 40 درصد ترکیبات فلاونولی به‌همراه محتوای آب و همچنین ویژگی‌های ارگانولپتیکی پودر پیاز حفظ نمود.

Chemat و Maingonnat، Abert Vian، Zill-E (2009) نشان دادند که بیشترین میزان استخراج ترکیبات فنلی از پیاز را در روش MDG، در توان 500 وات معادل 58/29 میلی‌گرم اسیدگالیک در گرم و کمترین میزان آن، در توان 900 وات معادل 94/29 میلی‌گرم اسیدگالیک در گرم به‌دست آمد. روش استخراج اسانس به کمک نفوذ خشک میکروویو و گرانش مزایای مهمی از جمله افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی (3/10 درصد) و تولید اسانس ارزشمندتر (آلفا‌پینن<sup>2</sup>، کامفن<sup>3</sup> و 1-و-8-سینئول<sup>4</sup> هر کدام به ترتیب 0/17، 1/2 و 2/8 درصد بیشتر) نسبت به روش تقطیر با آب داشته است (شاد و همکاران، 1394). در این تحقیق، با ساخت دستگاه نفوذ خشک میکروویو و گرانش، جهت استخراج ترکیبات پلی‌فنلی از ضایعات پیاز به‌کار رفت.

پارامترهای مختلف استخراج مانند توان میکروویو و زمان بررسی شدند. در طول آنالیز تأثیر توان و مدت زمان استخراج به روش نفوذ خشک میکروویو و گرانش، بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، قدرت‌گیرندگی رادیکال‌های آزاد، خاصیت احیاکنندگی یون فریک، میزان کوئرستین، میزان ترکیبات فنلی کل و بازده استخراج عصاره موردبررسی قرار گرفت و تیمار بهینه مشخص گردید.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد و دستگاه‌ها

ضایعات پیاز زرد به نام پیاز قهدریجان رقم روز کوتاه از بازار محلی شهر مشهد جمع‌آوری شدند. مواد شیمیایی شامل معرف فولین سیوکالچو<sup>5</sup>، اسیدگالیک، کوئرستین<sup>6</sup>، معرف 2و4و6-تری‌پیریدیل‌اس-تریازین<sup>7</sup> (TPTZ)، 2و2 دی‌فنیل-1-پیکریل هیدرازیل<sup>8</sup> (DPPH) از شرکت سیگما

<sup>1</sup> HD, Hydro Distillation

<sup>2</sup> Alpha-Pinene

<sup>3</sup> Camphene

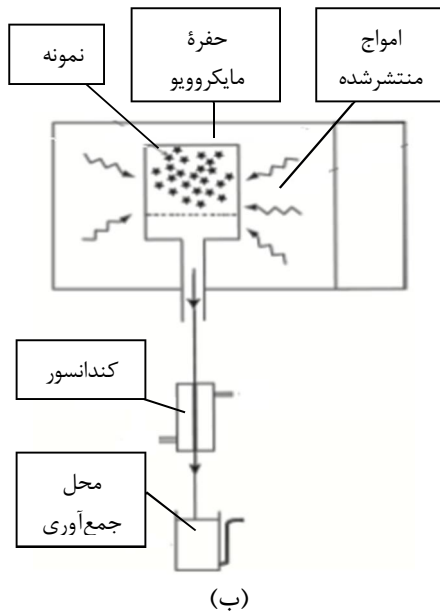
<sup>4</sup> 1,8 Cineole

<sup>5</sup> Folin-Ciocalteu reagent

<sup>6</sup> Quercetin

<sup>7</sup> 2,4,6-tripyridyl-s-triazine

<sup>8</sup> 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl



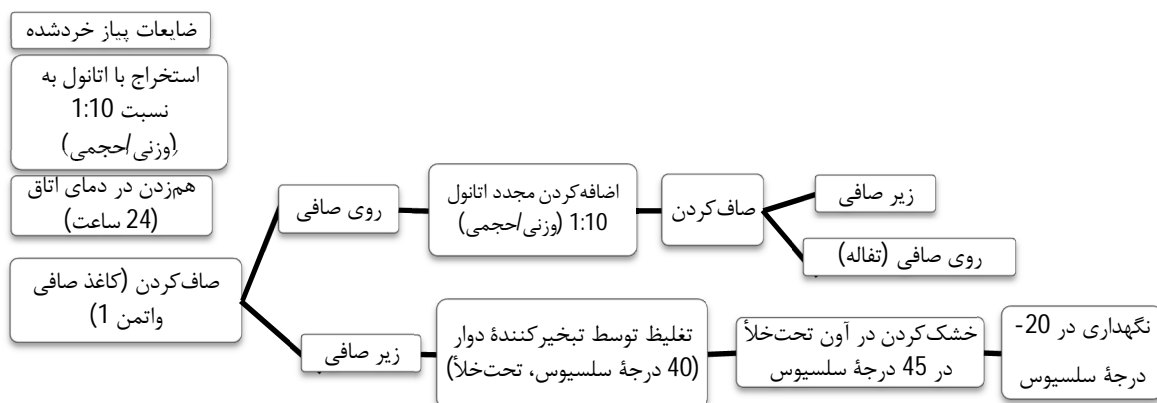
(الف)

شکل 1- الف) دستگاه نفوذ خشک مایکروویو و گرانش، ب) شماتیک دستگاه نفوذ خشک مایکروویو و گرانش (Huma, 2010)

بعدی به منظور حذف حلال، عصاره‌های حاصل در دستگاه روتاری (مدل Buchi, Rotaryvapor, EI141 ساخت سوئیس) تحت عملیات تقطیر در خلأ قرار گرفتند. در نهایت عصاره به پلیت‌های شیشه‌ای منتقل شده و در داخل بن‌ماری در دمای 45 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت حرارت داده شدند. سپس درب پلیت‌ها را بسته و با فویل آلومینیومی پوشانده و در فریزر -20 درجه سانتی‌گراد تا زمان آزمایش نگهداری شدند (Rouhani, Valizadeh, & Salimi, 2009).

### روش استخراج با حلال

استخراج عصاره ضایعات پیاز با حلال اتانول انجام شد. مراحل استخراج عصاره مانند شکل (2) می باشد. نمونه‌های ضایعات پیاز به نسبت 1 به 10 (حجمی/وزنی) با الکل اتانول 70 درصد در دماهای (25، 30 و 35 درجه سانتی‌گراد) و زمان‌های (12، 18 و 24 ساعت) توسط دستگاه همزن مغناطیسی با دور 210 دور بر دقیقه هم‌زده شدند. سپس عصاره استخراج‌شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره 1 و پمپ خلأ از مواد جامد گیاهی جدا گردید و در مرحله



شکل 2- نحوه استخراج عصاره ضایعات پیاز با حلال

براساس روش Siger، Nogala-Kalucka و Lampart-Szczapa (2008) و مطابق رابطه (3) انجام شد. رابطه (3)

$$DPPH_{sc} = (A_{count} - A_{sample}) \times 100 / A_{count}$$

در رابطه (3)،  $A_{count}$ : مقدار جذب نمونه کنترل و  $A_{sample}$ : مقدار جذب عصاره تعریف می‌شود.

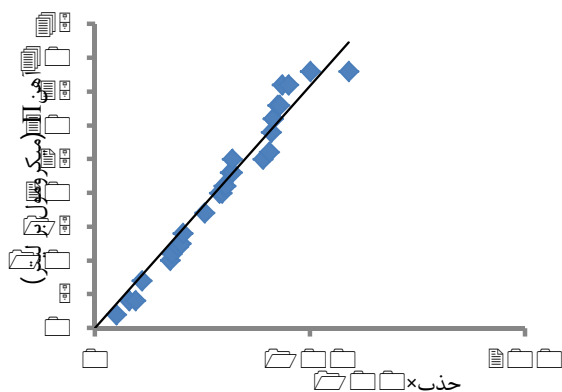
### آزمون اندازه‌گیری قدرت‌احیاکنندگی آهن سه‌ظرفیتی (FRAP)<sup>1</sup>

در این آزمون، بسته به قدرت مهارکنندگی نمونه، محلولی شامل 100 میلی‌گرم نمونه در 10 میلی‌لیتر متانول تهیه شد و 90 میکرولیتر آن با 2700 میکرولیتر محلول FRAP و 270 میکرولیتر آب مقطر در لوله آزمایش مخلوط شد. لوله آزمایش بعد از ورتکس در بن‌ماری به مدت 30 دقیقه قرار گرفت و پس از رسیدن دمای آن به 37 درجه سلسیوس، مقدار جذب در مقابل شاهد و در طول موج 595 نانومتر خوانده شد (Benzie & Strain, 1999). مقدار آهن  $\Pi$  از رابطه (4) به دست آمد. منحنی کالیبراسیون غلظت آهن  $\Pi$  در برابر جذب خوانده‌شده در طول موج 595 نانومتر در شکل (3) آورده شده است.

رابطه (4)

$$Y = 17820X - 9.211$$

در رابطه (4)،  $Y$  میکرومول آهن  $\Pi$  بر لیتر،  $X$  جذب خوانده‌شده در طول موج 595 نانومتر می‌باشد.



شکل 3- منحنی کالیبراسیون غلظت آهن دو ظرفیتی در برابر جذب در طول موج 595 نانومتر

### اندازه‌گیری راندمان استخراج

نسبت وزنی ضایعات عصاره پیاز قبل و بعد از استخراج تعیین گردید و به‌عنوان راندمان استخراج تعیین شدند. راندمان استخراج براساس رابطه (1) محاسبه گردید. رابطه (1)

$$\%R = \frac{W_1 - W_2}{W_1}$$

در رابطه (1)،  $R$ : راندمان استخراج (درصد)؛  $W_1$ : وزن اولیه ضایعات قبل از استخراج؛  $W_2$ : وزن ضایعات پس از استخراج می‌باشد.

### آزمون اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی کل

بدین‌منظور، ابتدا ضایعات پیاز، در یک مخلوط‌کن برقی (مدل 500، کن وود، ساخت انگلستان) هم‌وزن شدند و سپس 5 گرم نمونه به 40 میلی‌لیتر متانول اضافه شد. 2/5 میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالچو (برای تهیه معرف محلول فولین سیوکالچو را به نسبت 10:1 با آب مقطر رقیق می‌کنیم) به آن اضافه‌کرده پس از اختلاط به مدت 3 دقیقه در حالت سکون قرار داده شد تا واکنش صورت گیرد. در ادامه 5 میلی‌لیتر کرنات سدیم 7/5 درصد به فاز آبی اضافه و بعد از 1 دقیقه با آب مقطر به حجم 50 میلی‌لیتر رسانده شد. نمونه به مدت 40 دقیقه در مکانی تاریک نگهداری و سپس جذب آن در طول موج 765 نانومتر در برابر شاهد قرائت شد. مقدار ترکیبات فنلی برحسب میلی‌گرم به کیلوگرم در نمونه طبق رابطه (2) محاسبه می‌گردد.

رابطه (2)

$$P = \frac{Y}{W} \times 100$$

در رابطه (2)،  $P$  مقدار ترکیبات فنلی نمونه برحسب میلی‌گرم بر گرم و  $W$  وزن نمونه برحسب گرم می‌باشد (Lister & Wilson, 2001).

### آزمون اندازه‌گیری قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد (DPPH)

در این روش ابتدا محلول 0/006 درصد رادیکال آزاد (DPPH) در متانول تهیه شد. سپس به لوله‌های آزمایش حامل 1 میلی‌لیتر محلول متانولی نمونه با غلظت‌های مختلف 1 میلی‌لیتر از محلول فوق اضافه شد. لوله‌های آزمایش بعد از ورتکس‌شدن به مدت 40 دقیقه در مکان تاریک نگهداری شدند و سپس جذب آنها در طول موج 512 نانومتر در برابر شاهد قرائت گردید. قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد (DPPH)،

<sup>1</sup> Ferric Reducing Power

Zacaria, Fracaro, Delamare, & Echeverrigaray, (2007).

### آزمون اندازه‌گیری میزان کوئرستین

این آزمون مطابق روش Chern و Wen, Yang, Chang (2002) با اندکی تغییرات انجام شد. ابتدا جهت تهیه نمونه، میزان 1/10 گرم از عصاره ضایعات خشک پیاز را در 4 سی‌سی اتانول مخلوط نموده، سپس 400 میکرومول از آن را با 1200 میکرومول متانول، 160 میکرومول کلرید آهن سه‌ظرفیتی (ALCL<sub>3</sub>) 10 درصد، 160 میکرومول پتاسیم استات 1 مولار و 2080 میکرومول آب‌مقطر را مخلوط نموده، سپس 40 دقیقه در دمای اتاق قرار داده و جذب آن در طول موج 415 نانومتر اندازه‌گیری شد.

### تحلیل آماری

#### مدل‌سازی متغیرها

به‌منظور دریافت پاسخ متغیرها، یک مدل چندجمله‌ای درجه دوم جهت تناسب داده‌ها مطابق رابطه (5) استفاده شد:

رابطه (5)

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2 + \varepsilon$$

در رابطه (5)،  $Y$ : پاسخ پیش‌بینی‌شده؛  $X_1, X_2$  متغیرها ( $X_1$  توان و  $X_2$  زمان)؛  $b_0$ : ثابت،  $b_1, b_2$ : اثرات خطی،  $b_{11}, b_{22}$ : ضرایب درجه دوم و  $b_{12}$ : ضرایب برهمکنش تعریف می‌شود. در این تحقیق به‌منظور مطالعه تأثیر فرایند استخراج بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی پیاز، از طرح مرکب مرکزی محوری جهت پارامترهای استخراج شامل توان و زمان روی ویژگی‌های ترکیبات مؤثره استخراج‌شده، استفاده گردید. این طرح شامل دو متغیر مستقل (توان و زمان) در سه سطح، 5 نقطه مرکزی تکرار بود. سطوح گذشته و واقعی هر کدام از متغیرها در جدول (1) آورده شده است. برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از نمودار سه‌بعدی سطح پاسخ رسم‌شده توسط مدل استفاده شد.

جدول 1- نمادها، مقادیر گذشته و مقادیر واقعی متغیرهای مستقل

نماد	متغیرهای مستقل	سطح گذشته
$X_1$	توان استخراج	100-300 (500 وات و 700 وات)
$X_2$	زمان استخراج	10-20 (15 و 20 دقیقه)

تحلیل آماری در معادله‌های رگرسیون توسط آنالیز واریانس (ANOVA) برای دریافت پاسخ انجام پذیرفت. برای طراحی آزمایش و آنالیز نتایج از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت نسخه 7 استفاده گردید. جهت نمایش رابطه هریک از متغیرهای وابسته در مدل رگرسیون با متغیرهای مستقل، نمودار سطوح آنها به‌وسیله این نرم‌افزار ترسیم شدند. ارزیابی صحت مدل‌های برازش‌شده، آزمون ضعف برازش<sup>2</sup>، ضریب تغییرات<sup>3</sup>، مقادیر<sup>1</sup> ضریب تبیین، ضریب

### آزمون میکروبی

تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی رشد میکروارگانیزم‌ها با استفاده از روش انتشار دیسک

ویژگی‌های ضد میکروبی عصاره ضایعات پیاز، با روش حداقل غلظت بازدارندگی تعیین شد (Sindambiwe *et al.*, 1999). برای تعیین خواص ضدباکتریایی از سه باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* با شماره ATCC 25923 به‌عنوان گرم مثبت و *اشرشیاکلی* H7:O157 با شماره 10536 ATCC به‌عنوان گرم منفی و برای تعیین خواص ضدقارچی از کپک *آسپرژیلوس نایجر* با شماره ATCC 164040 استفاده شد. میزان قطر هاله عدم رشد باکتری‌ها و کپک با روش انتشار در آگار با استفاده از دیسک تعیین گردید. در این روش ابتدا غلظت باکتری‌های موردبررسی به مقدار 0/5 مک‌فارلند کدورت‌سنجی شد. سپس، باکتری‌ها روی محیط کشت مولر هینتون آگار به شکل چمنی کشت داده شدند. به‌وسیله دی‌متیل‌سولفوکساید 10 درصد، رقت‌های 200 و 250 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره‌های متانولی تهیه شدند. دیسک‌های پیپر بلانک<sup>1</sup> 6 میلی‌متری برای رقت‌های مختلف استفاده شد. دیسک‌ها پس از 10 دقیقه خارج‌شده و به‌طور جداگانه در پلیت‌های شیشه‌ای در آون 35 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا حلال آنها تبخیر و خشک شوند. دیسک‌ها قبل و پس از ترکیب با عصاره‌ها وزن شدند و اختلاف آنها، مقدار عصاره جذب‌شده در رقت‌های مختلف بود. مقدار عصاره جذب‌شده توسط هر دیسک به‌طور میانگین برحسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تعیین گردید. دیسک‌ها پس از خشک‌شدن، با سوزن کشت استریل روی محیط کشت‌ها قرار گرفتند و پس از 24 ساعت گرم‌خانه‌گذاری هاله عدم رشد اندازه‌گیری شد (Sandri,

<sup>2</sup> Lack of fit

<sup>3</sup> Coefficient of Variation (CV)

<sup>1</sup> Paper blank

مطابق جدول (2) محدوده مقادیر ضریب تبیین پیش‌بینی‌شده (0/997-0/239) بود. همچنین ضریب تغییرات (CV) جهت ترکیبات مؤثره در محدوده قابل‌پذیرش قرار داشت، زیرا ضریب تغییرات، نشان‌دهنده اندازه‌گیری انحراف معیار به‌عنوان درصد میانگین می‌باشد و مقدار کم ضریب تغییرات قابلیت تکثیر بهتری می‌دهد. در مجموع، ضریب تغییرات بالاتر سبب تغییرات در مقدار میانگین می‌شود (Daniel & Cross, 2018). عدم برازش، شایستگی مدل را اندازه‌گیری می‌نماید و نشان‌دهنده دقت کارایی جهت پیش‌بینی ویژگی‌های ترکیبات مؤثره توسط تکنیک MDG بوده است.

تبیین برازش‌شده<sup>2</sup>، با استفاده از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت انجام شد.

## نتایج و بحث

### تعیین مدل مناسب

متغیرهای استخراج شامل شامل توان ( $x_1$ ) و زمان ( $x_2$ ) بودند. نتایج آنالیز واریانس جهت تأثیر متغیرها بر محتوای فنلی کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و راندمان استخراج توسط ضریب تبیین مطابق جدول (2) نشان داده شده است. مدل‌های رگرسیون با ضرایب آماری چشمگیر بود (0/998-0/586=ضریب تبیین). بنابراین به‌کارگیری ضریب تبیین پیش‌بینی‌شده جهت آنالیز صحت مدل بسیار مناسب بود.

جدول 2- آنالیز واریانس ضرایب رگرسیونی مدل‌های به‌دست‌آمده بر متغیرهای پاسخ به کمک نفوذ خشک مایکروویو و گرانش

منبع	درجه آزادی	پلی فنل کل (میلی گرم بر کیلوگرم)		قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد (درصد)		قدرت احیاکنندگی آهن سه‌ظرفیتی (میکرومول آهن بر گرم)		کوئرستین (میلی گرم بر 100 گرم وزن خشک)		بازده استخراج (درصد)
		مجموع ضریب	مجموع ضریب	مجموع ضریب	مجموع ضریب	مجموع ضریب	مجموع ضریب	مجموع ضریب	مجموع ضریب	
مدل خطی	5	250/728*	3642/79	4/221**	72/69	3964/332***	4/593	-31/646**	314/33	478/68
توان	1	ns	ns	ns	ns	-2/50 <sup>ns</sup>	203/35	0/221*	107/02	214/71
زمان	1	-32/492 <sup>ns</sup>	902/83	3/689**	51/04	-293/608*	575/06	ns	ns	2/67
درجه دوم										
توان*توان	1	ns	ns	ns	ns	3/763***	62606/43	-2/002**	207/31	197/33
زمان*زمان	1	1/164**	2739/97	-0/103*	21/65	11/222***	2/174	ns	ns	ns
اثر متقابل										
توان*زمان	1	ns	ns	ns	ns	-0/082***	27024/07	ns	ns	63/97
مانده‌ها	7	2565/77	28/55	ns	ns	480/20	ns	ns	140/61	133/86
عدم برازش	3	ns	2238/77	ns	20/46	68/07	ns	ns	83/44	40/45
خطای خالص	4	327/00	8/09			412/13			57/17	93/41
کل	12	6208/56	101/24			4/598			454/94	612/54
انحراف معیار		16/02	1/69			8/28			3/75	4/09
میانگین		38/87	35/07			357/72			25/28	70/56
ضریب تغییرات (درصد)		4/21	4/82			2/32			4/83	5/8
ضریب تبیین		0/586	0/718			0/999			0/690	0/781
ضریب تبیین برازش‌شده		0/504	0/661			0/998			0/629	0/627
ضریب تبیین پیش‌بینی‌شده		0/2391	0/438			0/997			0/438	0/373

\*\*\* ( $P < 0/001$ ), \*\* ( $P < 0/01$ ), \* ( $P < 0/05$ )

ns: در سطح 95 درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

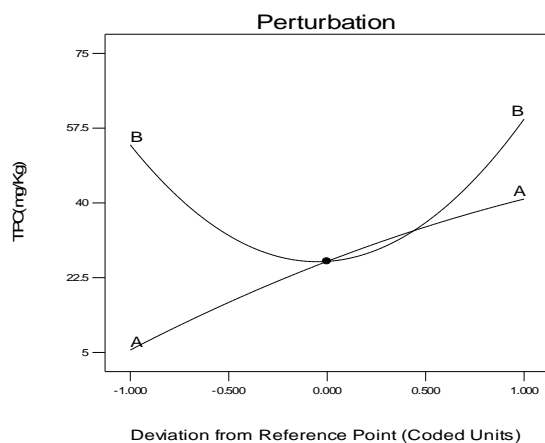
<sup>1</sup> R square

<sup>2</sup> R square (adj)

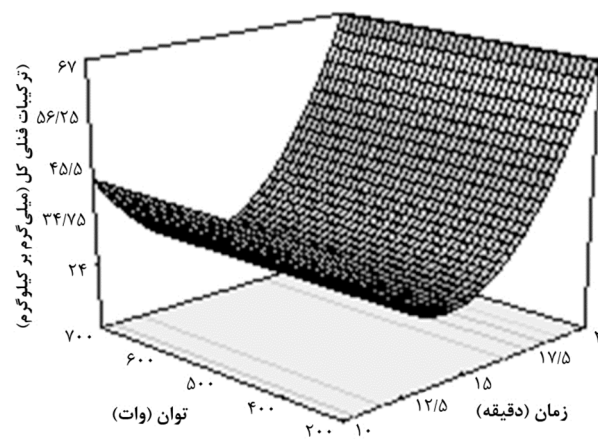
تأثیر شرایط فرایند استخراج بر میزان ترکیبات فنلی کل

در جدول (2)، نتایج آنالیز واریانس ترکیبات عصاره استخراج شده از ضایعات پیاز نشان داد که ضرایب خطی توان و زمان بر میزان استخراج ترکیبات فنلی کل معنی دار نبود ( $P>0/05$ ). به منظور به دست آوردن مدل تجربی برای پیش بینی پاسخ، رابطه های خطی و چند جمله ای درجه دوم بر داده های به دست آمده از آنالیز برازش شدند. معادله درجه دوم زمان بر میزان استخراج ترکیبات فنلی کل معنی دار بود ( $P<0/01$ ). در حالی که ضریب برهم کنش توان و زمان معنی دار نبودند ( $P>0/05$ ). ضریب تبیین مدل های پیش بینی شده در این پاسخ (0/586) بود و  $P$ -Value برای عدم برازش مدل (0/0817) بود که بیانگر عدم معنی دار بودن بود ( $P>0/05$ ). شکل (4-ب) نمودار سطح پاسخ محتوای ترکیبات پلی فنلی را به عنوان یکی از پارامترهای استخراج نشان داده است و شکل (4-ب)، نمودار پرتوربیشن به منظور ارزیابی حساسیت پاسخ به فراسنجه های مستقل مورد مطالعه را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود زمان به عنوان یک فاکتور مؤثر روی کارایی و انتخاب پذیری تکنیک استخراج مؤثر می باشد. محتوای پلی فنلی کل در طی زمان (20 دقیقه) و با افزایش توان (700 وات)، افزایش یافت. بالاترین محتوای ترکیبات فنلی کل

74/47 میلی گرم بر کیلوگرم) در توان 300 وات طی مدت زمان 15 دقیقه و کمترین میزان ترکیبات فنلی کل (13/99 میلی گرم بر کیلوگرم) در توان 500 وات طی مدت زمان 20 دقیقه بود که نشان دهنده عدم معنی دار بودن توان در استخراج ترکیبات فنلی کل می باشد ( $P>0/05$ ). با افزایش زمان استخراج که متعاقباً افزایش هم زمان دمای آب ساختار سلولی وجود دارد، ثابت دی الکتریک آب از 80 در دمای 82 درجه سانتی گراد به حدود 45 در دمای 130 درجه سانتی گراد کاهش یافت که با تحقیق های Kerr و Lide (2000) و Naczki و Shahidi (2004) مطابقت داشت. بنابراین به خاطر خاصیت نیمه قطبی ترکیبات فنلی در عصاره حاصل، حلالیت آنها در دماهای بالا افزایش می یابد. بررسی های Ramos، Kristenson و Brinkman (2002) نشان دادند افزایش دما هم زمان با افزایش توان و زمان استخراج، سبب کاهش ویسکوزیته آب میان بافتی شده که سبب افزایش سرعت انتقال جرم در طی استخراج می شود. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد زمان استخراج در مقایسه با توان، تأثیر بیشتری بر مقدار استخراج پلی فنلی دارد. معنی دار بودن عبارت درجه دوم پارامتر زمان نشان دهنده افزایش استخراج ترکیبات پلی فنلی پس از رسیدن به حداکثر زمان بود.



ب



الف

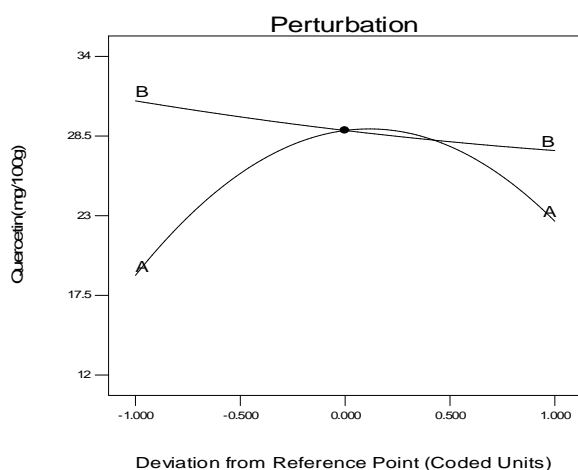
شکل 4- الف) نمودار سطح پاسخ؛ ب) نمودار پرتوربیشن تأثیر زمان (دقیقه) و توان (وات) بر میزان ترکیبات فنلی کل عصاره استخراج شده از ضایعات پیاز



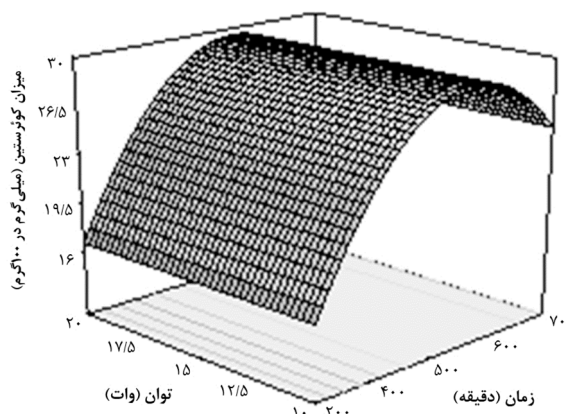
با نتایج این بررسی مطابقت داشت. همچنین با در نظر گرفتن معنی‌دار بودن عبارت درجه دوم پارامتر توان مشخص گردید که با افزایش توان استخراج تا حدود 500 وات در مدت زمان 15 دقیقه، بالاترین میزان استخراج کوئرستین (34 میلی‌گرم در 100 گرم) و کمترین میزان آن در توان 300 وات طی مدت زمان 10 دقیقه (12 میلی‌گرم در 100 گرم) بود. Aoyama و Yamamoto (2007) نشان دادند با افزایش توان بیشتر از 500 وات، میزان کوئرستین کاهش یافت. این اثر را می‌توان به افزایش توان و در نتیجه تخریب حرارتی این ترکیب نسبت داد. نتایج این بررسی با سایر محققین مطابقت داشت. با توجه به ارزیابی مدل ارائه شده برای این پارامتر، مشخص می‌گردد که رابطه حاصل از ضریب تبیین و ضریب تبیین برازش شده متناسب، بالا و معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) برای پیشگویی برخوردار است (جدول 2). آزمون ضعف برازش بی‌معنی ( $P > 0/05$ ) و ضریب تغییرات آن نیز (4/83) می‌باشد که تأییدکننده قدرت این مدل است.

### تأثیر پارامترهای استخراج بر میزان کوئرستین

بررسی جدول (2) آنالیز واریانس نشان می‌دهد در ضرایب خطی و عبارت درجه دوم تنها توان استخراج بر میزان کوئرستین معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ). اثر متقابل توان و زمان استخراج تأثیر معنی‌دار بر میزان کوئرستین نداشت ( $P > 0/05$ ). مدل رگرسیون با ضریب تبیین نسبتاً مناسب ( $R^2 = 0.690$ ) بود. براساس مجموع مربعات، متغیرهای مستقل مهم در مدل خطی توان استخراج ( $X_1$ ) و عبارت درجه دوم توان استخراج ( $X_1 X_1$ ) بود. همان‌گونه که در شکل (5) مشاهده می‌شود پارامتر توان استخراج بیشترین تأثیر را بر میزان کوئرستین داشت و موجب افزایش معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) استخراج کوئرستین شد. از آنجایی که کوئرستین ترکیب فلاونوئیدی مقاوم به حرارت می‌باشد (da Costa, Filho, do Nascimento, & Macêdo, 2002)، لذا با افزایش توان تا 500 وات که توام با افزایش دما نیز می‌باشد انحلال‌پذیری آن افزایش یافته و بازده استخراج افزایش یافت. نتایج Silva, Rogez, و Larondelle (2007) در پژوهش روی برگ‌های گیاه اینگادولیس<sup>1</sup>



ب



الف

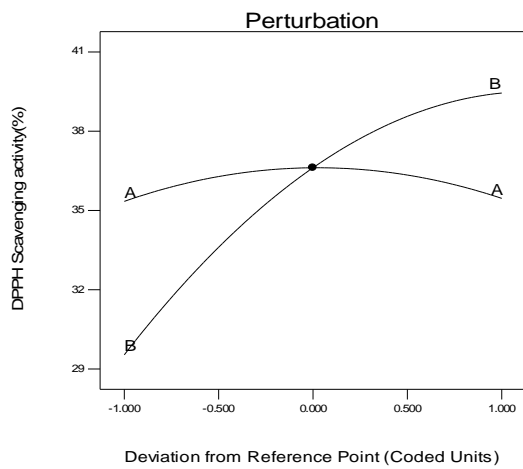
شکل 5- (الف) نمودار سطح پاسخ؛ (ب) نمودار پرتوربیشن تأثیر زمان (دقیقه) و توان (وات) بر میزان پلی‌فنل (میلی‌گرم اسیدگالیک در کیلوگرم) عصاره استخراج شده از ضایعات پیاز

<sup>1</sup> *Inga edulis*

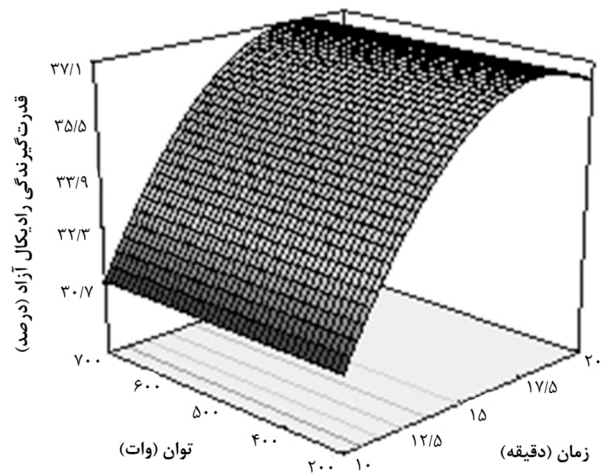
تأثیر شرایط فرایند استخراج بر میزان آنتی‌اکسیدانی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد تأثیر آنتی‌اکسیدان‌ها روی قدرت‌گیرندگی رادیکال (DPPH) به ظرفیت‌دهندگی هیدروژن آنها برمی‌گردد. نتایج جدول (2) نشان داد که تأثیر خطی و عبارت درجه‌دوم زمان استخراج به ترتیب تأثیر معنی‌داری بر قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد داشت ( $P < 0/05$ ) و ( $P < 0/01$ ). درحالی‌که ضریب عبارت برهم‌کنش توان و زمان تأثیر معنی‌داری بر قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد نداشت ( $P < 0/05$ ). مدل رگرسیون با ضریب تبیین ( $0/718$ ) به‌طور معنی‌داری بالا بود. به‌علاوه ضریب واریانس  $4/82$  بود. براساس مجموع مربعات اهمیت متغیرهای مستقل بر میزان قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد در عبارت خطی  $X_2$  و در عبارت درجه‌دوم  $X_2X_2$  و در برهم‌کنش  $X_1X_2$  بود. براساس شکل (6)، افزایش زمان استخراج تا 15 دقیقه منجر به افزایش میزان (DPPH)

تأثیر شرایط فرایند استخراج بر میزان آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد تأثیر آنتی‌اکسیدان‌ها روی قدرت‌گیرندگی رادیکال (DPPH) به ظرفیت‌دهندگی هیدروژن آنها برمی‌گردد. نتایج جدول (2) نشان داد که تأثیر خطی و عبارت درجه‌دوم زمان استخراج به ترتیب تأثیر معنی‌داری بر قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد داشت ( $P < 0/05$ ) و ( $P < 0/01$ ). درحالی‌که ضریب عبارت برهم‌کنش توان و زمان تأثیر معنی‌داری بر قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد نداشت ( $P < 0/05$ ). مدل رگرسیون با ضریب تبیین ( $0/718$ ) به‌طور معنی‌داری بالا بود. به‌علاوه ضریب واریانس  $4/82$  بود. براساس مجموع مربعات اهمیت متغیرهای مستقل بر میزان قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد در عبارت خطی  $X_2$  و در عبارت درجه‌دوم  $X_2X_2$  و در برهم‌کنش  $X_1X_2$  بود. براساس شکل (6)، افزایش زمان استخراج تا 15 دقیقه منجر به افزایش میزان (DPPH)



ب



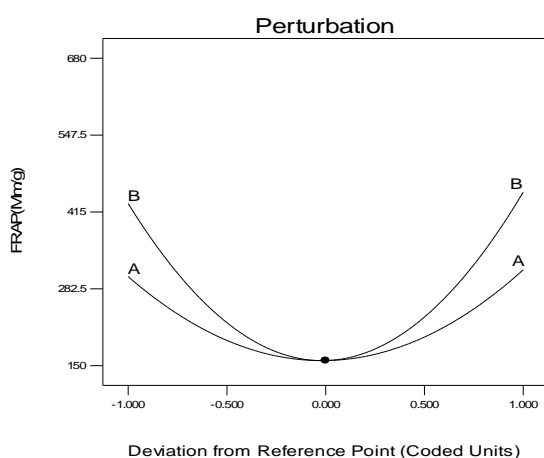
الف

شکل 6- الف) نمودار سطح پاسخ؛ ب) نمودار پرتوربیشن تأثیر زمان (دقیقه) و توان (وات) بر قدرت‌گیرندگی رادیکال آزاد عصاره استخراج‌شده از ضایعات پیاز

توان و زمان نیز بر میزان FRAP معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ). در مدل رگرسیون ضریب تبیین بسیار بالا ( $0/999$ ) و میزان ضعف برازش ( $0/877$ ) معنی‌دار نبود ( $P > 0/05$ ). این مقادیر یک مدل ریاضی مناسبی می‌دهد. بر طبق مجموع مربعات اهمیت متغیرهای مستقل بر میزان راندمان قدرت‌احیاکنندگی آهن

بررسی قدرت‌احیاکنندگی آهن سه‌ظرفیتی در این عصاره کاهش یون فریک به فرو مشاهده شد. کاهش یون فریک در واکنشگر FRAP توسط تشکیل رنگ آبی ایجاد شد. نتایج جدول (2) نشان داد که هم در عبارت خطی و هم در عبارت درجه‌دوم پارامتر توان و زمان معنی‌دار بودند ( $P < 0/05$ ). عبارت برهم‌کنش

گرم) و کمترین میزان آن در توان 500 وات و مدت زمان 15 دقیقه (66/150 میکرومول آهن دوظرفیتی بر گرم) بود. Torres, Pérez-Jiménez, Vergara-Salinas, Pérez-Correa و Agosin (2012) و احمدیان کوچکسرایبی، نیازمند و نجف نجفی (1395) نتایج تحقیق‌های نشان داد که با افزایش بیشتر توان تا 700 وات و مدت زمان بیشتر به دلیل تجزیه حرارتی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی حساس به حرارت میزان FRAP کاهش یافت.

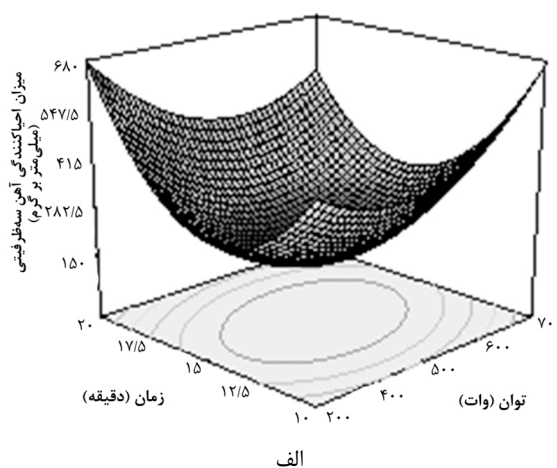


ب

شکل 7- الف) نمودار سطح پاسخ؛ ب) نمودار پرتوربیشن تأثیر زمان (دقیقه) و توان (وات) بر میزان احیاکنندگی آهن سه‌ظرفیتی عصاره استخراج‌شده از ضایعات پیاز

انتقال حرارت از داخل به خارج ضایعات پیاز می‌باشد. در این روش بازدهی نهایی استخراج عصاره به دلیل انتشار بخار از داخل به خارج گیاه و ترکیب دو مکانیسم انتقال حرارت و جرم افزایش می‌یابد (شاد و همکاران، 1394). براساس شکل (8-الف و 8-ب) بالاترین میزان بازدهی نهایی استخراج عصاره بعد از 15 دقیقه در توان 500 وات (79/10 درصد) و کمترین میزان آن در 15 دقیقه در توان 300 وات (56/88 درصد) بود. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده این است که استخراج به روش نفوذ خشک مایکروویو و گرانش به دلیل استفاده از سیستم انتقال حرارت تابشی، نیروی جاذبه، خروج عصاره از پایین و همچنین استفاده از آب داخل سلولی جهت تخریب سریع‌تر و بهتر، از سرعت استخراج بالایی برخوردار می‌باشد (Ferhat, Meklati, Smadja, & Chemat, 2006).

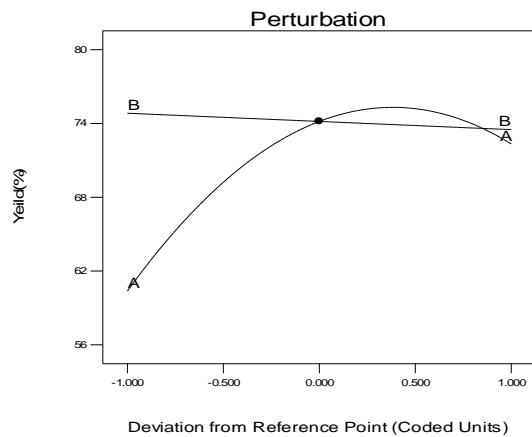
سه‌ظرفیتی شامل: عبارت خطی توان استخراج ( $x_1$ )، زمان استخراج ( $x_2$ )، عبارت درجه دوم توان ( $x_1x_1$ )، زمان ( $x_2x_2$ ) و عبارت برهم‌کنش توان و زمان استخراج ( $x_1x_2$ ) بود. همان‌طوری که در شکل (7-الف و 7-ب) نشان داده شد نیروی کاهندگی یون فریک با افزایش توان تا 500 وات و زمان تا 15 دقیقه در ابتدا کاهش (320 میکرومول آهن دوظرفیتی بر گرم) و سپس افزایش (420 میکرومول آهن دوظرفیتی بر گرم) یافت. بالاترین میزان FRAP در توان 300 وات و مدت زمان 20 دقیقه (673/09 میکرومول آهن سه‌ظرفیتی بر



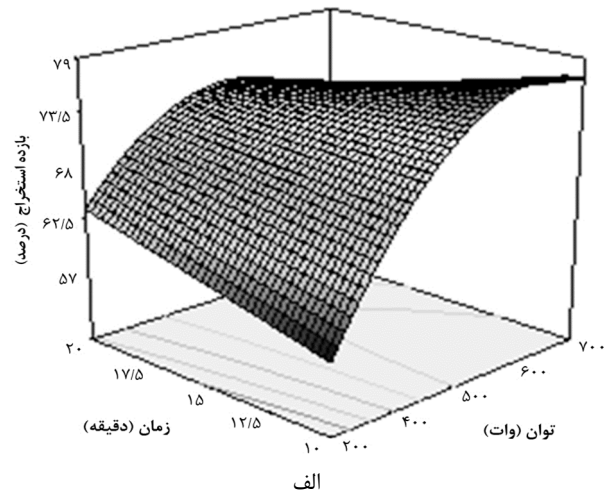
الف

#### بررسی راندمان استخراج عصاره

بازدهی نهایی استخراج عصاره ضایعات پیاز در جدول (2) نشان داده شد. در عبارت خطی و درجه دوم پارامتر توان بر میزان استخراج عصاره معنی‌دار ( $P < 0/01$ ) و در عبارت برهم‌کنش توان و زمان بر میزان استخراج عصاره معنی‌دار نبودند ( $P > 0/05$ ). در مدل رگرسیون ضریب تبیین بالا (0/781) و میزان ضعف برازش (0/781) معنی‌دار نبود ( $P > 0/05$ ). این مقادیر یک مدل ریاضی مناسبی ارائه می‌دهد. بر طبق مجموع مربعات اهمیت متغیرهای مستقل بر میزان راندمان قدرت احیاکنندگی آهن سه‌ظرفیتی شامل: عبارت خطی توان استخراج ( $x_1$ ) بود. از عوامل مهم در بازده استخراج عصاره توسط مایکروویو دو مکانیسم انتقال جرم و انتقال حرارت می‌باشد. در روش نفوذ خشک مایکروویو و گرانش به دلیل عدم وجود حلال،



ب



الف

شکل 8- (الف) نمودار سطح و پاسخ؛ (ب) نمودار پرتوربیشن تأثیر زمان (دقیقه) و توان (وات) بر میزان راندمان استخراج عصاره از ضایعات پیاز

مدل مقایسه گردید. عدم وجود تفاوت معنی دار ( $P > 0/05$ ) بین مدل‌ها و مشاهده‌های تجربی کارایی مدل‌ها را اثبات می‌کند (جدول 3). میزان بهینه استخراج ترکیبات فنلی کل، توان آنتی‌اکسیدانی و میزان کوئرستین با روش استخراج به کمک نفوذ خشک میکروویو و گرانش بیشتر از روش استخراج با حلال بود. این نشان‌دهنده توانمندی این روش برای جایگزینی با روش استخراج به کمک حلال است که دارای نیروی نفوذی عمیق‌تر و میزان استخراج بیشتر ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. بدین ترتیب در روش استخراج به کمک نفوذ خشک میکروویو و گرانش، بازده استخراج بهینه مقدار بالاتری را نشان داد که این در مقایسه با روش استخراج با حلال به زمان بسیار کمتری نیاز داشت. بنابراین انتخاب نوع روش استخراج تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر میزان استخراج ترکیبات فنلی کل و توان آنتی‌اکسیدانی دارد.

### بهینه‌سازی

بهینه‌سازی استخراج عصاره ضایعات پیاز زردرنگ جهت بیشترین میزان بازدهی استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی انجام گردید. نتایج نشان داد در صورتی که زمان استخراج 20 دقیقه، توان 500 وات باشد، بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی حاصل می‌شود. در این شرایط میزان استخراج کوئرستین (30/37 میلی‌گرم در 100 گرم)، درصد به‌دام‌اندازی رادیکال آزاد (DPPH)، (37/60 درصد)، راندمان استخراج عصاره (74/76 درصد) میزان ترکیبات فنلی کل (67/47 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و توان آنتی‌اکسیدانی احیای آهن سه‌ظرفیتی (542/09 میکرومول آهن دو ظرفیتی بر گرم) جهت بررسی صحت فرایند بهینه‌سازی شده، تیمار پیشنهادی تحت شرایط یکسان مانند سایر تیمارها تولید و نتایج حاصل از تولید ترکیبات پلی‌فنلی، آزمون (DPPH)، آزمون FRAP، میزان کوئرستین با نتایج پیشگویی شده توسط

جدول 3- مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده متغیرهای پاسخ در شرایط بهینه جهت تکنیک نفوذ خشک میکروویو و گرانش

پارامترها	نفوذ خشک میکروویو و گرانش		استخراج با حلال
	مقادیر واقعی	مقادیر پیش‌بینی شده	
ترکیبات فنلی کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	67/47±0/02 <sup>a</sup>	70/84	58/21±0/02 <sup>b</sup>
قدرت گیرندگی رادیکال آزاد (DPPH) (درصد)	37/60±0/02 <sup>a</sup>	36/98	28/67±0/02 <sup>b</sup>
قدرت احیاکنندگی آهن 3سه‌ظرفیتی (FRAP) (میکرومول آهن دو ظرفیتی بر میلی‌گرم)	542/09±0/02 <sup>a</sup>	549/09	510/78±0/01 <sup>b</sup>
میزان کوئرستین (میلی‌گرم در 100 گرم)	30/37±0/02 <sup>a</sup>	29/98	21/39±0/02 <sup>b</sup>
بازده استخراج (درصد)	74/76±0/02 <sup>a</sup>	75/71	67/66±0/01 <sup>b</sup>

ارقام دارای حروف مشترک در هر ردیف و ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند ( $P < 0/05$ ).

### بررسی حداقل غلظت بازدارندگی<sup>1</sup> عصاره ضایعات پیاز در فرایند نفوذ خشک مایکروویو و گرانش در شرایط بهینه

در پژوهش حاضر، اثرات ضد میکروبی و ضد قارچی عصاره ضایعات پیاز به‌عنوان یک جایگزین نگهدارنده شیمیایی نیترات سدیم مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور، بررسی قدرت مهارکنندگی کپک اسپرژیلوس نایجر، استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیاکلی در محیط مایع در غلظت‌های 200 و 250 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در جدول (4) مشاهده می‌شود، تمامی غلظت‌های عصاره پیاز دارای فعالیت ضد میکروبی بودند، اما تأثیر عصاره بر میکروارگانیسم‌های مختلف یکسان نبود. به‌طوری‌که تأثیر آن بر کپک و باکتری گرم منفی اشرشیاکلی به مراتب بالاتر از تأثیر آن بر باکتری استافیلوکوکوس اورئوس بود. با افزایش غلظت عصاره از 200 به 250 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، میانگین قطر هاله عدم رشد میکروارگانیسم‌ها افزایش یافت. همچنین، اثر ضد میکروبی عصاره حاصله در غلظت 250 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بر کپک اسپرژیلوس نایجر (با قطر هاله عدم رشد 12/17 میلی‌متر) تقریباً معادل با نگهدارنده سنتزی نیترات سدیم (با قطر هاله عدم رشد 13/3 میلی‌متر) بود و اثر ضد باکتریایی آن (هم برای باکتری گرم مثبت و هم گرم منفی) به مراتب بالاتر از نیترات سدیم بود. نیترات سدیم، بر طیف وسیعی از کپک‌ها و مخمرها مؤثر است. علت این پدیده، به دلیل مهار آنزیم‌های دهیدروژناز در اکسیداسیون اسیدچرب، مهار آنزیم‌های حاوی سولفیدریل و در نتیجه جفت‌نشدن فسفوریلاسیون اکسایشی، مهار کاتالاز و افزایش هیدروژن پراکسید در سلول می‌باشد. اما بر باکتری‌ها اثر ضد میکروبی کمتری دارد (Buazzi & Marth, 1991). تأثیر عصاره ضایعات پیاز بر باکتری‌های گرم منفی بیشتر از باکتری‌های گرم مثبت است که با تحقیق ولدبیگی و مرادی (1392) مطابقت نداشت، به‌طوری‌که آنها نشان دادند تأثیر گل‌سنگ‌ها روی باکتری‌های گرم مثبت بیشتر از باکتری‌های گرم منفی بود که این می‌تواند به علت اختلاف ساختار و مواد

تشکیل‌دهنده دیواره باکتری‌های گرم مثبت در مقایسه با باکتری‌های گرم منفی باشد. دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی بیشتر از لیپوپلی ساکاریدها تشکیل شده است که از تجمع ترکیبات در غشای سلولی باکتری ممانعت به‌عمل می‌آورد (Saenz, Garcia, & Rowe, 2006). در تحقیقی دیگر توسط Qadri و Reshi, Hamid, Kamili, Parray (2015)، نشان دادند که تأثیر عصاره متانولی کلالة زعفران روی باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکلی کمتر از باکتری‌های گرم مثبت بود به‌طوری‌که باکتری‌های گرم منفی، بیشترین مقاومت را از خود نشان دادند که شاید یکی از علت‌های آن ساختار دیواره سلولی آنها (وجود لایه پپتیدوگلیکان ضخیم) باشد که این نتایج در تطابق با تحقیق موردنظر بوده است. در تحقیقی که توسط مؤمنی و زمان‌زاد (1388) در مورد اثرات ضد میکروبی عصاره پیاز و زنجبیل روی باکتری‌ها و قارچ انجام شد، نتایج نشان داد که عصاره الکلی پیاز وسیع‌ترین ناحیه بازدارندگی را برای اشرشیاکلی و سودوموناس آئروژینوز<sup>2</sup> ایجاد کرد، که به‌عنوان حلال آلی نسبت داده شد. حلال‌های آلی، ترکیبات آلی را بهتر حل می‌کنند. بنابراین آزاد شدن ترکیبات فعال برای فعالیت آنتی‌باکتریال ضروری به‌نظر می‌رسد. اثر ضد میکروبی عصاره ضایعات پیاز، نیز احتمالاً به دلیل ترکیبات فنلی موجود در آن است. ترکیبات فنلی نقش مهمی در جلوگیری از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها دارند و میزان تأثیر این ترکیبات بسته به نوع ترکیبات فنلی، غلظت ترکیبات فنلی، روش عصاره‌گیری و حلال مورد استفاده برای عصاره‌گیری متفاوت است (Das, Tiwari, & Shrivastava, 2010).

<sup>2</sup> *Pseudomonas aeruginosa*

<sup>1</sup>-MIC (Minimum Inhibitory Concentration)

جدول 4- اثر عصاره ضایعات پیاز (فرایند نفوذ خشک مایکروویو و گرانش) در مقایسه با نگهدارنده سنتزی نیترات سدیم بر میانگین قطر هاله عدم رشد کپک *آسپرژیلوس نایجر*، *اشرشیا کلی* و *استافیلوکوکوس اورئوس*

منطقه بازدارندگی (میلی متر)			نمونه
<i>استافیلوکوکوس اورئوس</i>	<i>اشرشیا کلی</i>	<i>آسپرژیلوس نایجر</i>	
13/3 ± 0/72 <sup>a</sup>	13/45 ± 0/42 <sup>a</sup>	11/29 ± 0/15 <sup>b</sup>	عصاره پیاز (200 میلی گرم/میلی لیتر)
14/64 ± 0/35 <sup>a</sup>	14/86 ± 0/87 <sup>a</sup>	12/17 ± 0/28 <sup>b</sup>	عصاره پیاز (250 میلی گرم/میلی لیتر)
15/20 ± 0/78 <sup>a</sup>	14/88 ± 1/08 <sup>a</sup>	13/30 ± 0/31 <sup>b</sup>	نیترات سدیم (0/1 درصد)

ارقام دارای حروف مشترک در هر ستون (میانگین انحراف معیار) از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن  $P > 0/05$ ).

## نتیجه گیری

پارامتر توان و زمان استخراج موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی تیمارها شدند. مدل های پیشنهادی در این تحقیق، دارای مقادیر ضریب تبیین و ضریب تبیین برازش شده نسبتاً بالایی هستند که ضعف برازش بی معنی و ضریب تغییرات نسبتاً پایین آنها نشان دهنده مناسب بودن مدل در پیش بینی پارامترهای مورد بررسی می باشد. نتایج بهینه سازی استخراج عصاره ضایعات پیاز زرد رنگ جهت بیشترین میزان بازدهی استخراج ترکیبات آنتی اکسیدانی نشان داد در صورتی که مدت زمان استخراج عصاره 20 دقیقه، و توان 500 وات باشد، بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی حاصل می گردد. تأثیر عصاره ضایعات پیاز، بر علیه کپک *آسپرژیلوس نایجر* و باکتری گرم منفی *اشرشیا کلی* به مراتب بیشتر از تأثیر آن بر باکتری گرم منفی *استافیلوکوکوس اورئوس* بود. همچنین، اثر ضد میکروبی عصاره حاصله در غلظت 250 میلی گرم بر میلی لیتر بر کپک *آسپرژیلوس نایجر* تقریباً معادل با نگهدارنده سنتزی نیترات سدیم بود در حالی که اثر ضدباکتریایی آن به مراتب بالاتر از نیترات سدیم بود.

در این تحقیق بهینه سازی فرایند نفوذ خشک مایکروویو و گرانش جهت استخراج عصاره ضایعات پیاز و ارزیابی ویژگی های کیفی و حداقل قدرت بازدارندگی عصاره استخراج شده بر کپک *آسپرژیلوس نایجر* و باکتری گرم منفی *اشرشیا کلی* و گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس* مورد بررسی قرار گرفت. روش نوین MDG ترکیبی از تکنیک های استخراج با مایکروویو، تقطیر و نیروی جاذبه زمین با راندمان بالا می باشد که روشی سریع و به دلیل عدم مصرف حلال، آلودگی زیست محیطی پایینی دارد و جزء روش های استخراج دوست دار محیط زیست جهت استخراج عصاره پیشنهاد می گردد. این روش اثر مطلوبی بر فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره استخراج شده دارد. آنالیز سطح پاسخ مربوط به طرح مرکب مرکزی محوری با دو متغیر مستقل توان و زمان به عنوان پارامترهای مؤثر و مهم بر استخراج ترکیبات آنتی اکسیدانی عصاره ضایعات پیاز توسط نفوذ خشک مایکروویو و گرانش به انجام رسید. نتایج نشان داد که روش رویه پاسخ را می توان در ارزیابی و بررسی راندمان فرایند استخراج استفاده نمود. هر دو

## منابع

- احمدیان کوچکسرای، ز، نیازمند، ر. و نجف نجفی، م. (1395). بهینه سازی شرایط استخراج ترکیبات زیست فعال از گلبرگ زعفران به روش سطح پاسخ. پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، 5(1)، 39-54. doi:<https://doi.org/10.22101/jrifst.2016.06.01.514>
- خوشنویس، ن.، حکیم زاده، و. و عابدی، م. (1395). بررسی بهترین حلال و دما در استخراج عصاره کاروتنوئیدی پوست کدو حلواپی بر پایه لوتئین. پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، 5(4)، 337-346. doi:<https://doi.org/10.22101/jrifst.2017.02.26.002346>
- شاد، ا.، هاشمی کهروئی، ه.، گلکانی، م. و مزیدی، س. (1394). بررسی مقایسه ای روش استخراج به کمک نفوذ خشک مایکروویو و گرانش بر کیفیت اسانس رزماری. پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، 4(3)، 257-270. doi:<https://doi.org/10.22101/jrifst.2015.11.22.436>
- مؤمنی، ل. و زمان زاد، ب. (1388). بررسی اثرات ضد میکروبی عصاره پیاز و زنجبیل بر روی باکتری ها و قارچ کاندیدا آلبیکانس جدا شده از نمونه های ادرار افراد مبتلا به عفونت ادراری - تناسلی. مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، 11(4)، 81-87.

- وزارت جهاد کشاورزی. (1395). آمارنامه کشاورزی، سال زراعی 1394-1395. (جلد اول: محصولات زراعی) برگرفته از <https://www.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub65/Amarnamehj194-95-site.pdf>
- ولدبیگی، ط. و مرادی، ح. (1392). بررسی خواص ضد باکتریایی عصاره استونی و متانولی چند گونه گل‌سنگ استان ایلام. *زیست‌شناسی میکروارگانیسم‌ها*، 2(5)، 43-50.
- Ahmadian-Kouchaksaraie, Z., Niazmand, R., & Najaf Najafi, M. (2016). Optimization of Extraction Conditions of Bioactive Components from Saffron Petal Using Response Surface Method (RSM). *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 5(1), 39-54. doi:<https://doi.org/10.22101/jrifst.2016.06.01.514> (in Persian)
- Aoyama, S., & Yamamoto, Y. (2007). Antioxidant activity and flavonoid content of Welsh onion (*Allium fistulosum*) and the effect of thermal treatment. *Food science and technology research*, 13(1), 67-72. doi:<https://doi.org/10.3136/fstr.13.67>
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1999). [2] Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration *Methods in Enzymology* (Vol. 299, pp. 15-27): Academic Press.
- Bousbia, N., Abert Vian, M., Ferhat, M. A., Petitcolas, E., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2009). Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity. *Food Chemistry*, 114(1), 355-362. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.106>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. doi:[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Buazzi, M. M., & Marth, E. H. (1991). Mechanisms in the inhibition of *Listeria monocytogenes* by potassium sorbate. *Food Microbiology*, 8(3), 249-256. doi:[https://doi.org/10.1016/0740-0020\(91\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0740-0020(91)90057-9)
- Chang, C.-C., Yang, M.-H., Wen, H.-M., & Chern, J.-C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3).
- Chemat, F., & Lucchesi, M. E. (2006). Microwave-assisted Extraction of Essential Oils *Microwaves in Organic Synthesis* (pp. 959-985).
- Chen, Y., Xie, M.-Y., & Gong, X.-F. (2007). Microwave-assisted extraction used for the isolation of total triterpenoid saponins from *Ganoderma atrum*. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 162-170. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.018>
- da Costa, E. M., Filho, J. M. B., do Nascimento, T. G., & Macêdo, R. O. (2002). Thermal characterization of the quercetin and rutin flavonoids. *Thermochimica Acta*, 392-393, 79-84. doi:[https://doi.org/10.1016/S0040-6031\(02\)00087-4](https://doi.org/10.1016/S0040-6031(02)00087-4)
- Daniel, W. W., & Cross, C. L. (2018). *Biostatistics: a foundation for analysis in the health sciences*: Wiley.
- Das, K., Tiwari, R., & Shrivastava, D. (2010). Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: Current methods and future trends *Journal of medicinal plants research*, 4(2), 104-111. doi:<https://doi.org/10.5897/JMPR09.030>
- Donner, H., Gao, L., & Mazza, G. (1997). Separation and characterization of simple and malonylated anthocyanins in red onions, *Allium cepa* L. *Food Research International*, 30(8), 637-643. doi:[https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00011-8)
- Farhat, A., Fabiano-Tixier, A.-S., Visinoni, F., Romdhane, M., & Chemat, F. (2010). A surprising method for green extraction of essential oil from dry spices: Microwave dry-diffusion and gravity. *Journal of Chromatography A*, 1217(47), 7345-7350. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.09.062>
- Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., Smadja, J., & Chemat, F. (2006). An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. *Journal of Chromatography A*, 1112(1), 121-126. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.12.030>

- Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B., & Smith, B. (2002). Onions—A global benefit to health. *Phytotherapy Research*, 16(7), 603-615. doi:<https://doi.org/10.1002/ptr.1222>
- Hertog, M. G. L., Hollman, P. C. H., & Katan, M. B. (1992). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(12), 2379-2383. doi:<https://doi.org/10.1021/jf00024a011>
- Kerr, J., & Lide, D. (2000). *CRC handbook of chemistry and physics 1999-2000*, (18<sup>th</sup> ed): Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Khoshnevis, N., Hakimzadeh, V., & Abedi, M. R. (2017). Study of the Best Temperature and Solvent in Extraction of Carotenoids Based on Lutein from Pumpkin Peel. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 5(4), 337-346. doi:<https://doi.org/10.22101/jrifst.2017.02.26.002> (in Persian)
- Kimbaris, A. C., Siatis, N. G., Daferera, D. J., Tarantilis, P. A., Pappas, C. S., & Polissiou, M. G. (2006). Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 13(1), 54-60. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2004.12.003>
- Liazid, A., Guerrero, R. F., Cantos, E., Palma, M., & Barroso, C. G. (2011). Microwave assisted extraction of anthocyanins from grape skins. *Food Chemistry*, 124(3), 1238-1243. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.053>
- Lister, E., & Wilson, P. (2001). Measurement of total phenolics and ABTS assay for antioxidant activity (personal communication). *Crop Research Institute, Lincoln, New Zealand*, 235-239.
- Miller, H. E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A., & Kanter, M. (2000). Antioxidant Content of Whole Grain Breakfast Cereals, Fruits and Vegetables. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(sup3), 312S-319S. doi:<https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718966>
- Ministry of Agriculture-Jahad. (2016). Agricultural statistics, Crop year 2015-2016. (First edition, Crop Products). Retrieved from <https://www.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub65/Amarnamehj194-95-site.pdf> (in Persian)
- Momeni, I., & Zamanzad, B. (2010). The antibacterial properties of *Allium cepa* (onion) and *Zingiber officinale* (ginger) extracts on *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* and *Candida albicans* isolated from vaginal specimens. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*, 11(4), 81-87. (in Persian)
- Naczka, M., & Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054(1), 95-111. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.059>
- Pan, Y., Wang, K., Huang, S., Wang, H., Mu, X., He, C., . . . Huang, F. (2008). Antioxidant activity of microwave-assisted extract of longan (*Dimocarpus Longan* Lour.) peel. *Food Chemistry*, 106(3), 1264-1270. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.033>
- Parray, J. A., Kamili, A. N., Hamid, R., Reshi, Z. A., & Qadri, R. A. (2015). Antibacterial and antioxidant activity of methanol extracts of *Crocus sativus* L. c.v. Kashmirianus. *Frontiers in Life Science*, 8(1), 40-46. doi:<https://doi.org/10.1080/21553769.2014.951774>
- Ramos, L., Kristenson, E. M., & Brinkman, U. A. T. (2002). Current use of pressurised liquid extraction and subcritical water extraction in environmental analysis. *Journal of Chromatography A*, 975(1), 3-29. doi:[https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(02\)01336-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)01336-5)
- Rouhani, S., VALIZADEH, N., & Salimi, S. (2009). Ultrasonic Assisted Extraction of Natural Pigments from Rhizomes of *Curcuma Longa* L. *Progress Color Colorants Coat.*, 2, 103-113.
- Saenz, M. T., Garcia, M. D., & Rowe, J. G. (2006). Antimicrobial activity and phytochemical studies of some lichens from south of Spain. *Fitoterapia*, 77(3), 156-159. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.12.001>
- Sandri, I. G., Zacaria, J., Fracaro, F., Delamare, A. P. L., & Echeverrigaray, S. (2007). Antimicrobial activity of the essential oils of Brazilian species of the genus *Cunila* against foodborne pathogens and spoiling bacteria. *Food Chemistry*, 103(3), 823-828. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.032>
- Shad, E., Hashemi Gahruei, H., Golmakani, M.-T., & Mazidi, S. (2015). A Comparative study on microwave dry-diffusion and gravity extraction method on the quality of rosemary essential oil. *Research and Innovation*



- in *Food Science and Technology*, 4(3), 257-270. doi:<https://doi.org/10.22101/jrifst.2015.11.22.436> (in Persian)
- Siger, A., Nogala-Kalucka, M., & Lampart-Szczapa, E. (2008). The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. *Journal of Food Lipids*, 15(2), 137-149. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2007.00107.x>
- Silva, E. M., Rogez, H., & Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. *Separation and Purification Technology*, 55(3), 381-387. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2007.01.008>
- Sindambiwe, J. B., Calomme, M., Cos, P., Totté, J., Pieters, L., Vlietinck, A., & Vanden Berghe, D. (1999). Screening of seven selected Rwandan medicinal plants for antimicrobial and antiviral activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 65(1), 71-77. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(98\)00154-8](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(98)00154-8)
- Sun, T., Tang, J., & Powers, J. R. (2007). Antioxidant activity and quality of asparagus affected by microwave-circulated water combination and conventional sterilization. *Food Chemistry*, 100(2), 813-819. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.047>
- Tepe, B., Sokmen, M., Akpulat, H. A., & Sokmen, A. (2005). In vitro antioxidant activities of the methanol extracts of five *Allium* species from Turkey. *Food Chemistry*, 92(1), 89-92. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.016>
- Valadbeigi, T., & Moradi, H. (2013). An investigation of antibacterial effect of methanol and acetone extracts in some lichens in Ilam. *Biological Journal of Microorganism*, 2(5), 43-50. (in Persian)
- Vergara-Salinas, J. R., Pérez-Jiménez, J., Torres, J. L., Agosin, E., & Pérez-Correa, J. R. (2012). Effects of Temperature and Time on Polyphenolic Content and Antioxidant Activity in the Pressurized Hot Water Extraction of Deodorized Thyme (*Thymus vulgaris*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(44), 10920-10929. doi:<https://doi.org/10.1021/jf3027759>
- Vian, M. A., Fernandez, X., Visinoni, F., & Chemat, F. (2008). Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction of essential oils. *Journal of Chromatography A*, 1190(1), 14-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.02.086>
- Weisburger, J. H. (1999). Mechanisms of Action of Antioxidants as Exemplified in Vegetables, Tomatoes and Tea. Presented at the Antioxidant and Health Symposium of the CNRA/CNERNA in Bordeaux, 18-20 March 1998; Chairman of Committee, Professor G. Pascal, Secretary, Dr M. Suschetet. *Food and Chemical Toxicology*, 37(9), 943-948. doi:[https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(99\)00086-1](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(99)00086-1)
- Zill-E-Huma, H. (2010). *Microwave Hydro-diffusion and gravity: a novel technique for antioxidants extraction*. ((Doctoral dissertation)), Université d'Avignon. Retrieved from <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00547428/document>
- Zill e, H., Abert Vian, M., Maingonnat, J. F., & Chemat, F. (2009). Clean recovery of antioxidant flavonoids from onions: Optimising solvent free microwave extraction method. *Journal of Chromatography A*, 1216(45), 7700-7707. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.09.044>

## Optimizing the Extraction of Effective Compounds from Onion by-products Using Microwave Dry- diffusion and Gravity Method

Mehranush Gharibi Tehrani<sup>1</sup>, Elham Azarpazhooh<sup>2\*</sup>, Amirhossein Elhamirad<sup>3</sup>,  
Parvin Sharayei<sup>2</sup>, Ahmad Pedramnia<sup>4</sup>, Hediye Yazdanfar<sup>5</sup>

- 1- PhD Student, Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
- 2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
- \* Corresponding author (azarpazhooh@areeo.ac.ir)
- 3- Associated Professor, Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
- 4- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
- 5- MSc Educated, Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

### Abstract

One of the most advanced extraction techniques of effective components is microwave dry-diffusion and gravity extraction (MDG) which are applicable in both laboratory and industrial scales. The aim of this study was extraction of onion by-products by MDG. In this research, face-center design was used in order to investigate the effect of two independent variations: extraction time (10, 15 and 20 min) and microwave power (300,500 and 700 W) on quality properties consisted of the yield of total phenolic, quercetin, the antioxidant activity and extraction yield. According to the results, the best treatment was in the time of 20 min, extraction power of 500 W. Under these conditions, most antioxidant compounds were extracted consisted polyphenol compounds, 67.47 (mg/kg), quercetin, 30.37 (mg/100g), ferric ion reducing antioxidant power, 542.09 (Mm/g) and DPPH free radical scavenging activity, 37.60%. All concentrations of onion by-product extract had antimicrobial activity, but the effect of the minimum inhibitory concentration of the extract on different microorganisms (*Aspergillus niger* mites, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria) was not the same. So its effect on mold of *Aspergillus niger* and *E. coli* bacteria was much higher than that of *Staphylococcus aureus*. The results showed that, there is a significant difference between the effective compounds of extract with this method and the solvent extraction technique ( $P<0.05$ ). The process of microwave hydro diffusion and gravity proposed a fast technical and efficient method for extraction of extracts from plants and their by-products in comparison with conventional hydro distillation method.

**Keywords:** Antioxidant, Extraction, Microwave Hydro Diffusion and Gravity, Onion By-Product