

## تأثیر پیش‌تیمار فراصوت بر مقدار و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بتاکاروتن استخراج‌شده از تفاله هویج

رویا سیدی‌فر<sup>۱\*</sup>، نارملا آصفی<sup>۲</sup>، یحیی مقصدلو<sup>۳</sup>

- ۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آیت‌اله آملی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، ایران.  
 ۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، دانشکده کشاورزی، استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، تبریز، ایران.  
 ۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.  
 \*نویسنده مسئول مکاتبات: roya.seyedifar@yahoo.com  
 (دریافت مقاله: ۹۱/۱/۳۱ پذیرش نهایی: ۹۳/۲/۱۵)

### چکیده

امروزه تمایل برای استخراج ترکیبات شیمیایی گیاهی با روش فراصوت افزایش یافته است. در این مطالعه اثر پیش‌تیمار فراصوت در استخراج بتاکاروتن از تفاله هویج صورت گرفت. تفاله هویج تحت اثر امواج فراصوت با توان ۲۰۵ وات، فرکانس ۳۵ کیلوهرتز در شش زمان صفر (فراصوت نشده)، ۱۶، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۴۴ دقیقه و سطوح دمایی ۶۶، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۹۴ درجه سلسیوس با حلال اتیل استات تیمار شدند. سپس عصاره استخراج شده از هر تیمار از نظر مقدار ترکیبات فنل کل، بتاکاروتن و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بتاکاروتن ارزیابی شد. با توجه به نتایج به دست آمده، افزایش دما و زمان تأثیر معنی‌داری ( $p < 0/01$ ) بر میزان استخراج بتاکاروتن داشت و مناسب‌ترین دما و زمان جهت استخراج بتاکاروتن از تفاله هویج دمای ۹۰ درجه سلسیوس و زمان ۴۰ دقیقه تعیین گردید. نتایج بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد که در دماهای پایین این مقدار بیشتر است و با افزایش مدت زمان فراصوت میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر می‌شود. مناسب‌ترین دما و زمان فراصوت برای دستیابی به بالاترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از تفاله هویج دمای ۷۰ درجه سلسیوس و زمان ۴۰ دقیقه فراصوت‌دهی بود. نتایج بررسی فنل کل نشان می‌دهد که در دمای پایین میزان فنل کل بیشتر از دمای بالا است و با افزایش زمان فراصوت‌دهی در تمامی دماهای انتخاب‌شده میزان فنل کل افزایش می‌یابد. بیشترین فنل بدست آمده در این تیمارها اعمال دمای ۶۶ و زمان ۴۰ دقیقه فراصوت‌دهی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بتاکاروتن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فراصوت، فنل کل، هویج

**مقدمه**

هوچ از جمله سبزیجات ریشه‌ای و زراعی است که سهم آن در تولید سبزیجات جهانی بیش از ۳ درصد است و تقریباً در سراسر ایران تولید می‌شود. مقدار کاروتن هوچ بین ۶۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم می‌باشد ولی در بعضی از واریته‌ها تا ۳۰۰ میلی‌گرم نیز می‌رسد (فاطمی، ۱۳۸۷). محبوبیت هوچ بدلیل شیرینی آن، خواص الیتام بخشی، ضدکم‌خونی، افزایش ادرار، اثر آرام‌بخشی و تسکین‌دهی آن است (Bohm et al., 2002). این سبزی حاوی آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند بتاکاروتن، آلفاکاروتن، فیتوکمیکال‌ها و ... می‌باشد. تفاله هوچ ضمن دارا بودن ارزش غذایی مناسب و پتانسیل ایجاد ارزش افزوده به علت عدم دسترسی به فرآیند مناسب به صورت ضایعات دفع می‌شود. بخش اعظم ضایعات کارخانه‌های تولید آب‌میوه و نوشیدنی‌های غیرالکلی، تفاله می‌باشد که حدود ۲۵٪ حجم مواد خام فرآوری شده را تشکیل می‌دهد (Nawirska, 2005). هر ساله به طور میانگین ۲۰۰ میلیون تن ضایعات آلی تولید شده و در ایران میزان آن حدود ۱۷ تا ۲۰ درصد تولیدات کشاورزی می‌باشد (اسماعیلی فرد، ۱۳۹۰). علی‌رغم پیشرفت‌های قابل توجه در روش‌های فرآوری، مقادیری از ترکیبات باارزش و مغذی مثل کاروتن‌ها هنوز در تفاله باقی‌مانده و به صورت ضایعات دفع می‌شوند (Nawirska, 2005). برای استخراج کاروتنوئیدها روش‌های مختلفی پیشنهاد می‌گردد از جمله استفاده از حلال، مایکروویو، سیالات فوق‌بحرانی و استفاده از امواج فراصوت می‌باشد. از معایب تکنولوژی‌های فعلی استخراج، مصرف انرژی بالا و مواد شیمیایی مضر، تخریب ماده غذایی، وقت‌گیر بودن و

نیاز به نیروی کار زیاد را می‌توان نام برد (Chemat et al., 2011). دلایل فوق‌الذکر صنایع مختلف را وادار نموده تا تکنیک‌های جداسازی و استخراج جدیدی را بیابند که عموماً موارد مطرح شده را کمتر ایجاد نمایند. تکنیک فراصوت‌دهی به‌عنوان پیش‌فرآیند جهت افزایش راندمان استخراج رنگدانه‌ها یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی می‌باشد. روش فراصوت در مقایسه با روش‌های متداول مانند استخراج با حلال، راندمان بیشتری در مقدار استخراج و سرعت استخراج داشته و باعث کاهش دمای استخراج شده و دامنه‌گزینش حلال را افزایش می‌دهد. (Chemat et al., 2011).

تاکنون اثر فراصوت بر روی تفاله هوچ جهت استخراج بتاکاروتن گزارش نشده است. به این ترتیب برای اولین بار در این مطالعه تکنولوژی استفاده از امواج فراصوت در استخراج بتاکاروتن از تفاله هوچ و تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بتاکاروتن بدست‌آمده بر اساس دما و زمان عمل در دامنه فرکانس مشخص مورد بررسی قرار گرفت.

**مواد و روش‌ها**

نمونه هوچ مورد بررسی از واریته Nantes انتخاب شد که از ارقام غالب منطقه استان آذربایجان شرقی می‌باشد.

**مواد شیمیایی**

با توجه به حلالیت بتا کاروتن در حلال‌های آلی و پژوهش‌های انجام شده در این راستا حلال اتیل استات جهت استخراج بتاکاروتن استفاده گردید. مواد شیمیایی مورد استفاده در این پروژه تولیدی شرکت مرک آلمان با درجه خلوص تجزیه‌ای بودند.

**تهیه تفاله هویج**

نمونه هویج بعد از انتقال به آزمایشگاه شستشو شده و به قطعات کوچک تبدیل و با دستگاه آب میوه‌گیری خانگی آب‌گیری شدند و تفاله هویج بعد از جدا شدن آب هویج جهت انجام آزمایشات بعدی در فریزر نگه‌داری شد.

**تیمار تفاله با امواج فراصوت همراه با حلال**

جهت استفاده از امواج فراصوت از دستگاه sonorex digital (DK 512P) که با توان ۲۰۵ وات و فرکانس ۳۵ کیلوهرتز کار می‌کرد استفاده گردید. تفاله هویج با حلال اتیل استات (که مایعی بی‌رنگ است، بوی مطبوعی داشته و در آب محلول بوده و حلالیت آن با افزایش دما کاهش می‌یابد) به نسبت ۱ به ۱۰ (وزنی به حجمی) به محفظه مخصوص دستگاه اولتراسوند ریخته شده و پس از همگن شدن تحت امواج فراصوت قرار گرفت. با توجه به اینکه بتاکاروتن نسبت به دما حساسیت زیادی نشان نمی‌دهد و پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهند که اثر اولتراسوند در دماهای بین ۷۰ تا ۹۰ بیشتر از دماهای زیر ۷۰ درجه می‌باشد و ضمناً دامنه وسیعی از نقطه نظر زمان فراصوتی در بررسی‌های مختلف دیده می‌شود که گاهی تا ۳ ساعت به طول انجامیده است. در این پژوهش با توجه به اینکه نمونه مورد نظر تفاله می‌باشد و ساختار سلولی از هم پاشیده گشته لذا فواصل زمانی کوتاه جهت بررسی خروج ترکیبات فنلی از تفاله انتخاب گردیده است. به‌همین منظور نمونه‌ها در ۵ زمان ۱۶، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۴۴ دقیقه با نماد (t) انتخاب گردید و با توجه به اینکه افزودن ناخالصی به یک حلال نقطه جوش آن را بالا می‌برد در ۵ سطوح دمایی ۶۶، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۹۴ (T) درجه سلسیوس تیماردهی شد (Chemat et al., 2011).

بخش دیگر از نمونه بدون هیچگونه اعمال فرآیند فراصوت با همان نسبت حلال و تفاله به‌عنوان نمونه فراصوت نشده (نمونه کنترل) با دماهای مورد نظر، جهت مقایسه در نظر گرفته شد. تمامی تیمارها در ۳ تکرار آماده شدند و شرایط دمایی و نسبت وزن به حجم با توجه به هر تیمار در طول عملیات ثابت نگه داشته شد (فاطمی، ۱۳۸۷).

**استخراج بتا کاروتن**

جهت بررسی اینکه چه مقدار امواج فراصوت در تخریب سلول‌ها موثر واقع شده و بتاکاروتن موجود در تفاله را از سلول جدا نموده است، بعد از اتمام مدت زمان‌های مورد نظر فراصوت، تفاله حاوی حلال جهت تعیین میزان بتاکاروتن استفاده گردید. برای این منظور محلول حاوی تفاله و حلال، توسط پمپ خلأ و کیف بوخنر از کاغذ صافی واتمن شماره ۴ عبور داده شد حلالی که از صافی عبور داده شده بود در یک بشر جمع‌آوری گردید و تفاله باقی‌مانده بر روی کاغذ صافی با حلال اتیل استات تا از بین رفتن رنگ نارنجی شسته شد و حلال حاصل از این شستشو به حلال قبل اضافه گردید. عصاره‌ی جدا شده با تبخیرکننده دوار تا رسیدن به حالت کاملاً خشک تبخیر گردید و توزین شد تا با نتایج آزمایش تعیین میزان بتاکاروتن از طریق جذب نوری با اسپکتروفتومتر با مارک Unico (UV-2100) ساخت ژاپن مقایسه گردید. سپس به رنگدانه تغلیظ شده مجدداً ۵ میلی‌لیتر حلال اتیل استات اضافه گردید و در دمای ۲۰- درجه سلسیوس در ظروف تیره تا زمان آزمایش تعیین میزان بتاکاروتن و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در فریزر نگه‌داری شد.

**تعیین مقدار بتاکاروتن**

در این تحقیق با اندازه‌گیری دانسیته نوری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر طبق روش چان (Chan) و همکاران (۱۹۸۲) مقدار بتا کاروتن بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم تفاله محاسبه شد. جذب نور در طول موج ۴۳۶ نانومتر قرائت گردید و مقدار بتاکاروتن با فرمول زیر محاسبه شد.

Betacarotene

$$mg/100g = \frac{(A)(S)}{\epsilon} 1000$$

A = میزان جذب S = فاکتور رقت در این محاسبه  
 $\epsilon =$  ضریب جذب برای بتاکاروتن  $1.25 \times 10^4 \mu g/l$   
 در طول موج ۴۳۶ نانومتر.

**تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره استخراجی توسط**

DPPH (۲،۲-دی فنیل -۱- پیکریل هیدرازیل)

فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمارهای مورد بررسی با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی (RSC) به کمک ۲،۲-دی فنیل -۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) مورد ارزیابی قرار گرفت. اساس روش بر پایه رزونانس و بی‌رنگ شدن استوار است که تغییرات بی‌رنگ شدن با استفاده از روش اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر و با اندازه‌گیری میزان جذب نور صورت می‌گیرد. آزمایش طبق روش Benvenuti و همکاران (۲۰۰۴) انجام گردید.

با استفاده از فرمول زیر مقادیر درصد بازدارندگی (%I) محاسبه شد و سپس نمودار I به حجم نمونه رسم شد.

$$\%I = \frac{A_{DPPH} - A_{\text{عصاره}}}{A_{DPPH}} \times 100$$

**تعیین مقدار کل ترکیبات فنولی**

مقدار کل ترکیبات فنولی موجود در عصاره توسط رنگ‌سنجی به روش فولین-سیوکالته (Folin-Ciocalteu) مورد بررسی قرار گرفت (Coseteng et al., 1987). اساس کار به این ترتیب است که ترکیب فنلی در محیط قلیایی معرف فولین را احیا کرده و خود این ترکیب فنلی اکسید می‌شود. معرف فولین در این آزمایش نقش اکسیدکننده دارد و در نتیجه واکنش، معرف احیا شده و رنگ آبی ایجاد می‌کند. رنگ ایجاد شده در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت می‌شود. مقدار کل ترکیبات فنولی با استفاده از معادله خط رسم‌شده برای اسیدگالیک (Galik acid) بر مبنای اسیدگالیک و به صورت میلی‌گرم در گرم نمونه خشک بیان گردیده است (Cemeroglu, 2010).

**تجزیه و تحلیل آماری**

داده‌های حاصل از آزمایش‌ها براساس آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور در سه تکرار با نرم افزار MSTATC تجزیه شدند مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام شد. رسم نمودارها نیز با نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

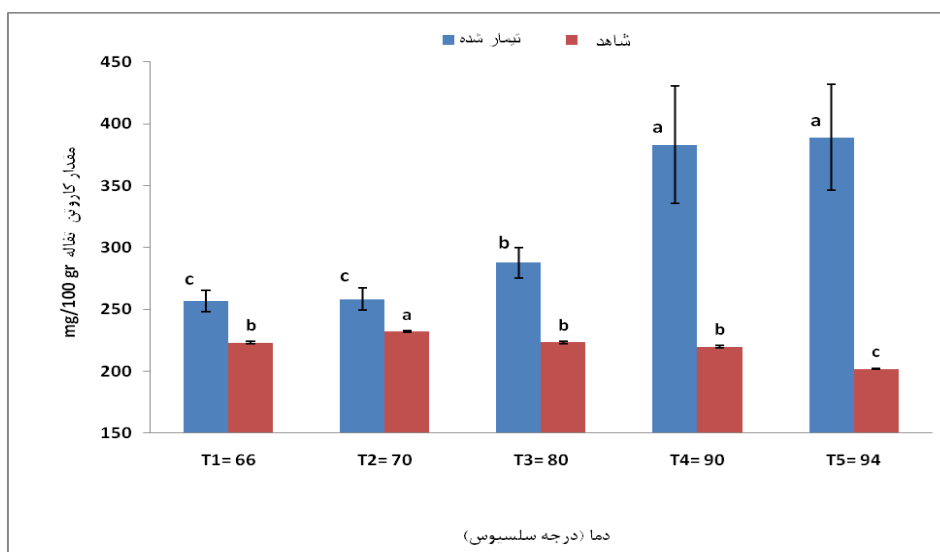
**یافته‌ها**

**نتایج مقدار بتاکاروتن بدست آمده از تفاله هویج تیمار شده**

تأثیر دما و زمان و اثر متقابل این دو فاکتور بر میزان استخراج بتاکاروتن در نمونه‌های فراصوت شده و نشده در نمودار ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تأثیر فاکتورهای اصلی و متقابل بین

کمتر می‌باشد و در نمونه‌های فراصوت شده با افزایش دما از ۶۶ به ۹۰ درجه سلسیوس مقدار استخراج کاروتن زیاد گردیده است.

فاکتورهای (دما-زمان) بر مقدار استخراج کاروتن از تفاله هویج با پیش تیمار فراصوت معنی‌دار ( $p < 0/01$ ) می‌باشد. مقایسه میانگین میزان بتاکاروتن بدست آمده در نمونه‌های فراصوت شده و شاهد نشان می‌دهد که در تمامی دماها میزان بتاکاروتن در نمونه‌های شاهد

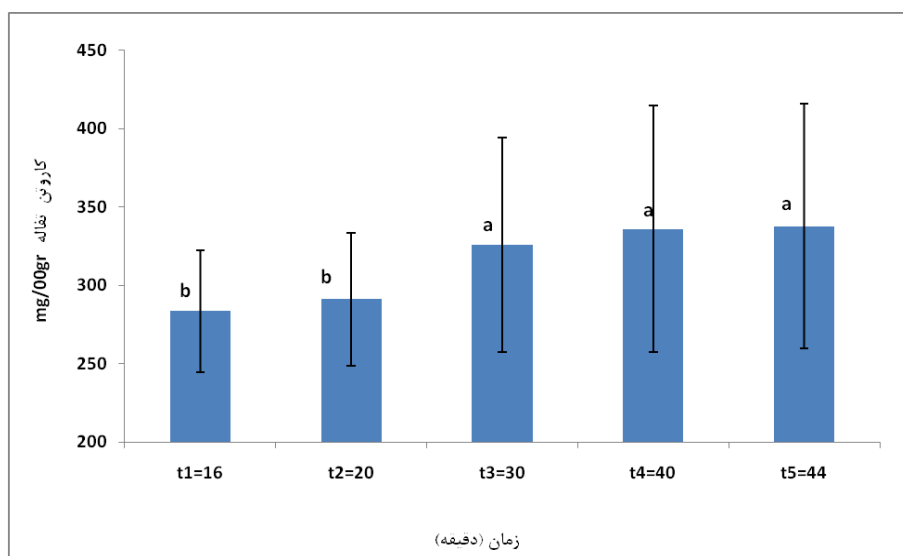


نمودار ۱- مقایسه تاثیر دما بر میزان استخراج بتاکاروتن در نمونه‌های فراصوت شده و نشده

\*حرف غیرمشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است

استخراج بتاکاروتن نداشته ولی در زمان ۳۰ دقیقه یک افزایش معنی‌دار ( $p < 0/01$ ) در میزان استخراج کاروتن در تمامی دماها دیده می‌شود.

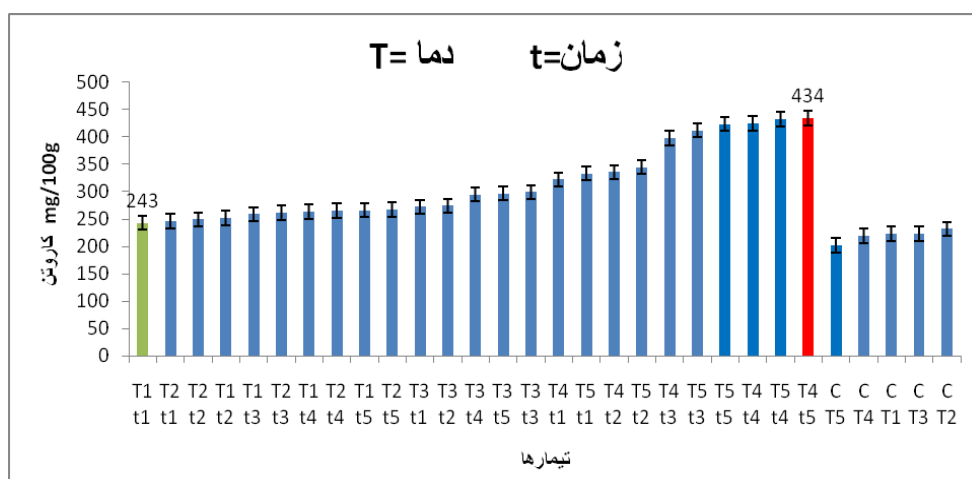
نتایج اثر زمان بر میزان استخراج بتاکاروتن در مقایسه ۵ سطوح زمان در میزان بتاکاروتن استخراج شده نشان داد که افزایش زمان تا ۲۰ دقیقه اول تاثیری در میزان



نمودار ۲- مقایسه تأثیر زمان بر میزان استخراج کاروتن در کل دماهای مورد بررسی

\*حرف غیرمشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است

بررسی اثرات متقابل دما و زمان در نمودار ۳ نشان می‌دهد که بیشترین میزان بتاکاروتن بدست آمده از تفاله در دمای ۹۰ درجه و زمان فرا صوت ۴۴ یعنی تیمارهای (T<sub>4</sub>t<sub>5</sub>) می‌باشد. کمترین میزان بتاکاروتن استخراجی در اثر دو فاکتور مربوط به دمای ۶۶ درجه و زمان ۱۶ دقیقه (T<sub>1</sub>t<sub>1</sub>) می‌باشد.

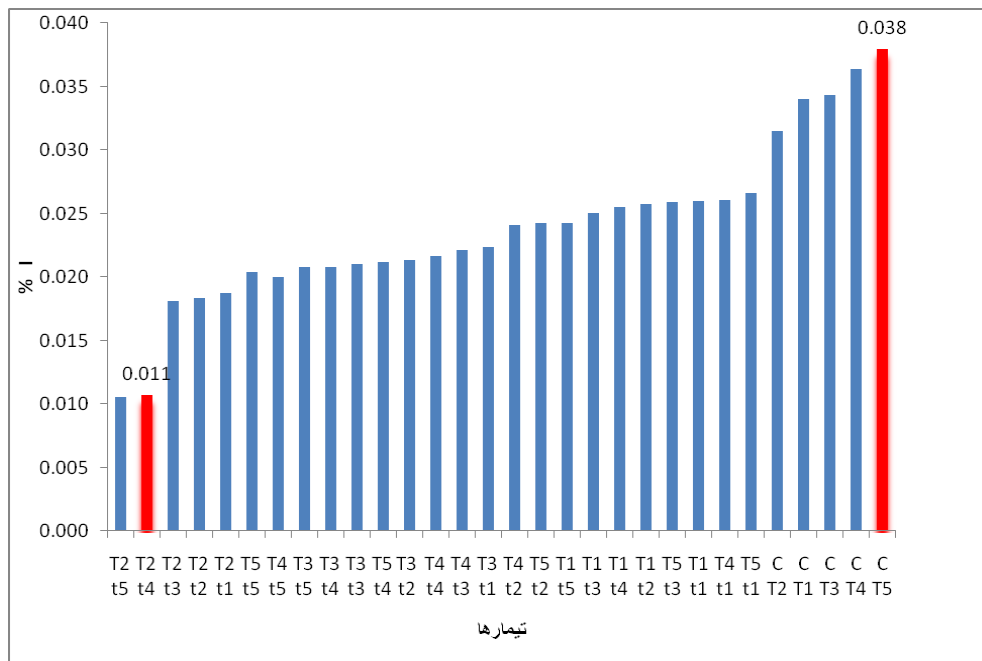


نمودار ۳- نتایج مربوط به مقایسه میانگین بتاکاروتن هویج تیمارهای مختلف به روش گروه‌بندی دانکن

## نتایج میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره استخراجی بتاکاروتن

نتایج نشان می‌دهد که تاثیر فاکتورهای اصلی و متقابل بین فاکتورهای (دما-زمان) بر مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بتاکاروتن استخراج شده از تفاله هویج با پیش‌ تیمار فراصوت معنی‌دار ( $p < 0/01$ ) می‌باشد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به شکل درصد بازدارندگی (%I) نمایش داده می‌شود. این مقدار هر چقدر کم باشد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره بالا است. مقایسه میانگین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدست آمده در نمونه‌های فراصوت شده و شاهد نشان می‌دهد که در تمامی دماها درصد بازدارندگی در نمونه‌های شاهد بالا می‌باشد. بررسی اثرات متقابل دما و زمان در نمودار ۴ نشان می‌دهد که بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به

تیمار T<sub>2</sub>t<sub>4</sub> (دمای ۷۰ درجه سلسیوس و مدت ۴۰ دقیقه) و T<sub>2</sub>t<sub>5</sub> (دمای ۷۰ درجه سلسیوس و مدت ۴۴ دقیقه) می‌باشد. ارزیابی روند تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در دماهای بالاتر کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را با افزایش دما نشان داد و اثر زمان فراصوت‌دهی باعث افزایش تدریجی در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. بطوریکه در نمونه‌های فراصوت شده نمونه T<sub>5</sub>t<sub>1</sub> و از میان نمونه‌های فراصوت نشده CT<sub>5</sub> دارای کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. با توجه به اینکه تفاوت معنی‌داری ما بین زمان ۴۰ و ۴۴ دقیقه فراصوت‌دهی وجود ندارد به علت صرفه‌جویی در زمان استفاده از دستگاه، زمان ۴۰ دقیقه انتخاب گردید و بدین ترتیب مناسب‌ترین نمونه انتخابی T<sub>2</sub>t<sub>4</sub> می‌باشد.

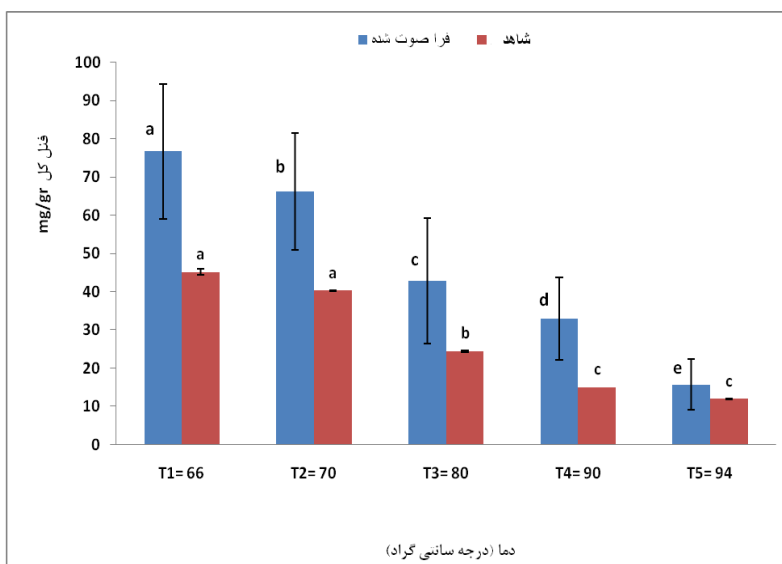


نمودار ۴- نتایج مربوط به مقایسه میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بتاکاروتن تیمارهای مختلف به روش گروه‌بندی دانکن

**نتایج مقدار فنل کل در تفاله تیمار شده**

نتایج مقدار فنل کل تفاله هویج پس از اعمال فراصوت در پنج سطح دما نشان می دهد که افزایش دما باعث کاهش فنل کل می شود. بطوریکه در دمای ۶۶ درجه سلسیوس بطور معنی داری بیشترین مقدار فنل با میانگین ۷۶/۷ بدست آمده است و در دمای ۹۴ درجه سلسیوس کمترین میزان فنل با میانگین ۱۵/۶ بدست آمده است ( $p < 0/01$ ). افزایش دما بین ۸۰ تا ۹۰ تفاوت

معنی داری در میزان فنل نداشته ولی با افزایش دما به ۹۴ درجه میزان فنل بطور معنی داری کاهش می یابد. در نمونه های فراصوت نشده نتایج مشابهی با افزایش دما دیده می شود. مقایسه دو نمونه فراصوت شده و فراصوت نشده (نمودار ۵) نشان می دهد که در تمامی شرایط تفاله های نمونه های فراصوت شده دارای میزان فنل کل بیشتری می باشند.



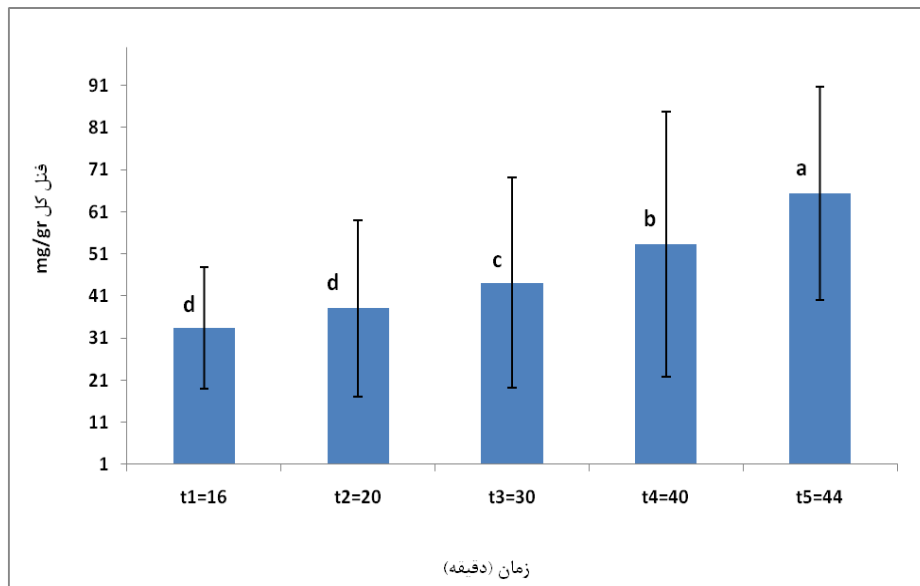
نمودار ۵- تأثیر دما در میزان فنل کل در تیمارهای فراصوت شده و نشده

حرف غیرمشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد است

۳۰ دقیقه به بعد افزایش زمان باعث افزایش میزان فنل کل می شود.

در بررسی مقدار فنل کل تفاله هویج در پنج سطح زمان (نمودار ۶) نشان می دهد که فراصوت دهی تا ۲۰ دقیقه اول تأثیری در میزان فنل کل ندارد ولی از زمان



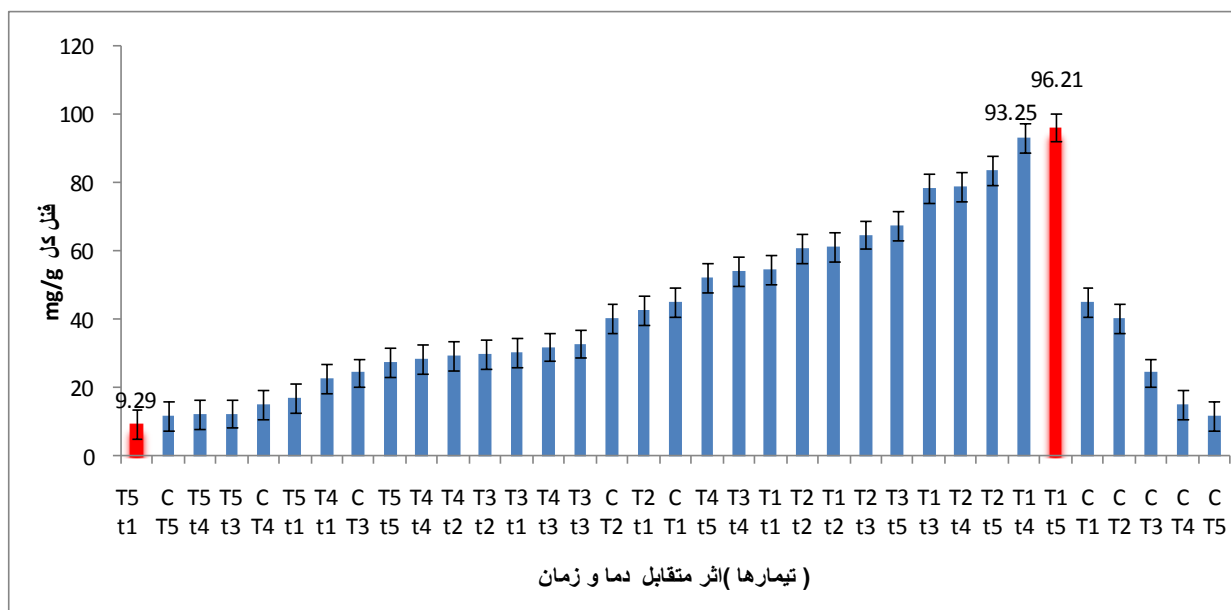


نمودار ۶- مقایسه تاثیر زمان بر میزان فنل کل در نمونه‌های تیمار شده

حرف غیرمشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است

بیشترین میزان فنل کل را دارند. کمترین میزان فنل در تیمار (T5t1) یعنی زمان ۱۶ دقیقه و دمای ۹۴ درجه می‌باشد. ضمناً در هر یک از سطوح دما، نمونه فراصوت نشده کمتر از تیمارهای مورد بررسی در آن دما دارای فنل کل می‌باشند.

بررسی اثرات متقابل دما و زمان در نمودار ۷ نشان می‌دهد که بیشترین میزان فنل کل بدست‌آمده از تفاله در تیمارهای (T1t4) یعنی تیمارهای فراصوت در دمای ۶۶ درجه سلسیوس و زمان ۴۰ دقیقه، (T1t5) یعنی تیمارهای فراصوت شده در دمای ۶۶ و زمان ۴۴ دقیقه



نمودار ۷- نتایج مربوط به مقایسه میانگین فنل کل هویج تیمارهای مختلف به روش گروه‌بندی دانکن

## بحث و نتیجه‌گیری

دمای ۶۶ درجه سلسیوس می‌باشد ( $p < 0/01$ ). بطور کلی کمترین میزان دما و زمان اعمال شده اثر بیشتری در مقایسه با نمونه‌های فراصوت نشده را نشان می‌دهند. دلیل افزایش بتاکاروتن استخراجی را می‌توان به یری دیواره سلول‌ها در اثر تخریب دمایی و اعمال زمان فرا صوت نسبت داد. نتایج مشابهی در بررسی سیواکومار و همکاران (۲۰۱۱) در استخراج ترکیبات رنگی از مواد گیاهی مختلف با استفاده از فراصوت گرفته شده است بطوری‌که به کارگیری امواج با افزایش زمان و دما به میزان ۴۵٪ تا ۱۰۰٪ موجب بهبود راندمان استخراج ترکیبات رنگی در مقایسه با استخراج متداول با هم زدن در ۴۵ درجه سلسیوس می‌شود.

پاپونیک و همکاران (۲۰۰۹) مطالعاتی را در مقایسه اثر حلال‌های آلی را بر روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی انجام دادند آنها نشان دادند که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از پیش‌تیمار فراصوت و حلال متانول در مقایسه

درفریند استخراج با فراصوت، کاویتاسیون (cavitation) ناشی از امواج فراصوت، نیروهایی ایجاد می‌کند که دیواره‌های سلول را به طور مکانیکی می‌شکند و انتقال مواد را بهبود می‌بخشد. با شکستن دیواره سلولی، تماس بین حلال و ترکیبات موجود در بافت سلولی افزایش می‌یابد (محقق و همکاران ۱۳۸۶). در پژوهش حاضر افزایش دما از ۶۶ به ۹۴ درجه سلسیوس و نیز افزایش زمان فراصوت از ۱۶ دقیقه تا ۴۴ دقیقه سبب افزایش معنی‌دار ( $p < 0/01$ ) در میزان استخراج بتاکاروتن از تفاله هویج می‌شود. در نمونه‌های فراصوت شده بهترین دما و زمان جهت استخراج بالاترین میزان بتاکاروتن در میان دماها و زمان‌های منتخب در این پژوهش از تفاله هویج دمای ۹۰ درجه سلسیوس و زمان ۴۰ دقیقه می‌باشد و کمترین میزان استخراج بتاکاروتن مربوط به زمان ۱۶ دقیقه و

دما به ۹۴ درجه میزان فنل بطور معنی داری کاهش می یابد. در نمونه های فراصوت نشده نتایج مشابهی با افزایش دما دیده می شود. افزایش میزان فنل کل در نمونه های تیمار شده با افزایش زمان را می توان به اثر فراصوت دهی در از هم گسیختگی دیواره سلولی و افزایش نقاط تماس بین حلال و دیواره نسبت داد. چمات و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی اثر فراصوت بر دیواره سلول ها توسط میکروسکوپ الکترونی نیز به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافتند. کامران خان و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه ای با بررسی استخراج پلی فنل از پوست پرتقال بوسیله فراصوت دریافتند که بین میزان پلی فنل های استخراجی فعالیت آنتی اکسیدانی رابطه مستقیم وجود دارد یعنی با افزایش میزان پلی فنل های استخراجی فعالیت آنتی اکسیدانی نیز تا یک محدوده دمایی مشخص افزایش می یابد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

رودریگز و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که زمان استخراج با فراصوت اثر حدود ۹۵٪ روی میزان استخراج ترکیبات فنلی دارد. ولتین و همکاران (۲۰۰۳) نیز نشان دادند که استفاده از تکنولوژی فراصوت موجب تغییرات در گرادیان غلظت درون سلولی شده و عبور جرم را افزایش می دهد بطوریکه مقدار پلی فنل های کل استخراجی در عصاره ها با روش فراصوت ۷۰٪ بیشتر از روش های متداول استخراج می باشد. که دلیل این امر را به ایجاد سوراخ هایی بسیار ریز در غشای سلول گیاهی داده شد که باعث افزایش خروج پلی فنل توسط حلال می گردد.

به طور کلی می توان نتیجه گیری کرد که روش استخراج با فراصوت، تاثیر قابل ملاحظه ای بر راندمان

با استخراج سنتی با آب افزایش می یابد علاوه بر آن کورالز و همکاران (۲۰۰۸) در استخراج آنتوسیانین ها از ضایعات انگور نشان دادند که فعالیت آنتی اکسیدانی توسط استخراج با فراصوت در مقایسه با نمونه شاهد افزایش می یابد نتایج حاصل از این پژوهش موافق یافته های آن ها را نشان داد.

در بررسی نتایج ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره چنین به نظر می رسد که با افزایش دما و باز بودن محیط فراصوت دهی به هوا با افزایش عمل اکسیداسیون توانایی بتاکاروتن استخراج شده کفایت نکرده و ظرفیت آنتی اکسیدانی علی رغم بالا بودن مقدار بتاکاروتن استخراج شده در دماهای بالا کاهش یافته است. در دماهای پایین با افزایش مدت زمان فراصوت میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی افزایش می یابد. مناسب ترین دما و زمان جهت دستیابی به بالاترین میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تفاله هویج دمای ۷۰ درجه و زمان ۴۰ دقیقه فراصوت شده در مقایسه با تمام نمونه های تیمار شده و شاهد می باشد.

نتایجی که در خصوص ترکیبات فنل کل در اثر فراصوت دهی در دماها و زمان های مختلف گرفته شد. نشان می دهد که افزایش دما باعث کاهش فنل کل می شود. یکی از دلایل این امر به علت بالا بودن فشار بخار حلال در دماهای بالا می تواند باشد که این فشار بخار حباب های زیادی را ایجاد می کند ولی به دلیل پایین بودن اختلاف فشار داخل و خارج حباب شدت ترکیدن حباب ها کم می باشد. دلیل دیگر می تواند کاهش کشش سطحی با افزایش دما باشد. که شدت خروج جرم کاهش پیدا می کند. افزایش دما بین ۸۰ تا ۹۰ تفاوت معنی داری در میزان فنل نداشته ولی با افزایش

بدین ترتیب پیشنهاد می‌شود اثر امواج فراصوت با انواع مختلف حلال و با فرکانس‌های مختلف بر راندمان استخراج بتاکاروتن از تفاله هویج مورد ارزیابی قرار بگیرد همچنین ارزیابی اثر ترکیبی فرایندهای دیگر مانند مایکروویو و فراصوت در استخراج بتاکاروتن از تفاله هویج پیشنهاد می‌شود.

استخراج مقدار بتاکاروتن و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تفاله را دارا می‌باشد. تفاله هویج دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی است و می‌تواند به عنوان یک منبع طبیعی آنتی‌اکسیدان مورد استفاده قرار بگیرد. مقاومت حرارتی عصاره حاصل از تفاله هویج، چندان بالا نیست، اما فعالیت آنتی‌اکسیدانی مناسبی در دماهای پایین تر دارد.

## منابع

- اسماعیلی فرد، وحید (۱۳۹۰). نقش صنایع بسته‌بندی در افزایش صادرات مواد غذایی. مجموعه مقالات علوم پایه - کشاورزی و منابع طبیعی.
- فاطمی، حسن (۱۳۸۷). شیمی مواد غذایی. انتشارات دانشگاه تهران، صفحات: ۱۰۰ - ۱۱۰.
- محقق‌ی ثمرین، آزاده؛ پورآذرنگ، هاشم؛ اخلاقی، هاشمی؛ الهامی راد، امیرحسین و همت‌یار، نیما (۱۳۸۶). فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست سیب زمینی راجا. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. سال سوم، شماره ۳، صفحات: ۲۳ - ۳۲.
- Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M. and bertelli, D. (2004). Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia. *Journal of Food Science*, 69(3): 164-169.
- Bohm, V., Putpitasari, N.L., Ferruzzi, M.G. and Schwartz, S.J. (2002). Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of alfa-carotene, beta-carotene, lycopene and zeaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 221-22.
- Cemeroglu, B. (2007). Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Dernegi Yayinlari. No:34.
- Chan, H. and Cavaletto, C.G. (1982). Aseptically Packaged Papaya and Guava Puree: Changes in Chemical and Sensory Quality During Processing and Storage. *Journal of Food Science*, 47(4): 1164-1169.
- Chemat, F., Huma, Z. and KamranKhan, M. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4): 813-835.
- Chemat, F. Grondin, I., Sing, A. and Smadja, J. (2004). Deterioration of edible oils during food processing by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11(1): 13-15.
- Corrales, M., Toepfl, S., Butz, P., Knorr, D. and Tauscher, B. (2008). Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. *Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 85-91.
- Coseteng, M.Y. and Lee, C.Y. (1987). Changes in Apple Polyphenoloxidase and Polyphenol Concentrations in Relation to Degree of Browning. *Journal of Food Science*, 52(4): 985-989.
- Kamran Khan, M., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A., Dangles, O. and Chemat, F. (2010). "Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel". *Food Chemistry*, 119 (2): 851-858.

- 
- Nawirska, A. and Kwaśniewska, M. (2005). Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chemistry*, 91: 221–225.
  - Sueli, R., Gustavo, A.S.P. and Fabiano, A.N.F. (2007). Optimization of ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocosnucifera*) shell powder by response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15: 95-100
  - Sivakumar, V., Vijaeeswarri, J. and Lakshmi Anna, J. (2011). "Effective natural dye extraction from different plant materials using ultrasound". *Journal of Industrial Crops and Products*, 33(1): 116–122.
  - Welti-Chanes, J., Vélez-Ruiz, J.F. and Barbosa-Canovas, G.V. (2003). "Transport phenomena in food processing". *Food Preservation Technology Series*. ISBN: 1-56676-993-0. Florida: CRC Press.

## Effect of ultrasound waves pretreatment on quantity and antioxidant capacity of extracted beta-carotene from carrot residue

Seyedifar, R.<sup>1\*</sup>, Asefi, N.<sup>2</sup>, Maghsoudlou, Y.<sup>3</sup>

1- MSc Graduated in Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

2- Assistant Professor, Food Science and Technology Department, College of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

3- Associate Professor, Food Science and Technology Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Gorgan, Gorgan, Iran.

\*Corresponding author email: roya.seyedifar@yahoo.com

(Received: 2012/4/19 Accepted: 2014/5/5)

### Abstract

Nowadays, the tendency towards the extraction of phytochemicals by ultrasound method has been increased. In this research, the effect of ultrasound waves pretreatment on extraction of beta-carotene from carrot residue was studied. Carrot residues were treated with ultrasound waves with 205 W power, constant 35 KHz frequency during six stages of 0 (without ultrasound), 16, 20, 30, 40 and 44 min and at temperatures of 66, 70, 80, 90 and 94 °C and using ethyl acetate as solvents. Then, the extract from each sample was evaluated considering the amount of total phenolic components as well as beta-carotene and antioxidant capacity of beta-carotene. According to the results, it was observed that, there was a significant difference ( $P < 0.01$ ) between samples in the case of beta-carotene amount with increasing of temperature and time. In order to achieve the highest extraction of carotene from carrot residues, the temperature of 90 °C and 40 minutes was determined as the best temperature and time. The results also revealed that at low temperatures the antioxidant capacity was higher. With increasing time of ultrasonic at low temperatures, the antioxidant capacity was enhanced. Moreover, the temperature of 70 °C and 40 min was determined as the optimum condition to achieve the highest antioxidant capacity of carrot residues. The result showed that the total phenolic compounds are greater at low temperature compared with high temperature. Besides, at all selected temperatures, with the increasing of ultrasonic duration the amount of total phenolics increased. Most phenols obtained at 66°C for 40 min of ultrasonic treatment.

**Key words:** Beta carotene, Antioxidant capacity, Ultrasound, Total phenol, Carrot