

## تاثیر امواج فراصوت بر مقدار و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی لیکوپین استخراج شده از تفاله گوجه فرنگی

بنفشه فیاض مهر<sup>۱\*</sup> و نارملا آصفی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۱۷

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی

<sup>۲</sup> استادیار، گروه علوم صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

\* مسئول مکاتبه: E-mail: Banafsheh\_fayyazmehr@yahoo.com

### چکیده

امروزه تقاضا برای استخراج ترکیبات شیمیایی گیاهی با روش فرا صوت افزایش یافته است. در این تحقیق اثر امواج فراصوت به صورت پیش فرآیند و تاثیر حلال به شکل ترکیبی با امواج فرا صوت در استخراج لیکوپین از تفاله گوجه فرنگی مورد مطالعه قرار گرفته و نمونه گوجه فرنگی رقم سوپر چف برای تفاله گیری انتخاب شده است. نمونه‌های تفاله گوجه فرنگی در سه تکرار تحت اثر امواج فراصوت با توان ۲۰۵ وات، فرکانس ثابت ۳۵ کیلو هرتز در چهار زمان صفر (فراصوت نشده)، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه و در سطوح دمایی ۱۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دو نوع حلال، هگزان و اتیل استات تیمار شدند. سپس عصاره استخراج شده از هر تیمار از نظر مقدار لیکوپین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) از نظر مقدار لیکوپین بدست آمده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بین نمونه‌ها وجود دارد. بیشترین مقدار ( $P < 0.01$ ) لیکوپین بدست آمده مربوط به نمونه‌های فراصوت شده با حلال هگزان در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۰ دقیقه فراصوت دهی می‌باشد. تیمار نمونه‌ها با حلال اتیل استات در طول زمان ۱۰ دقیقه فراصوت دهی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد موجب افزایش ( $P < 0.01$ ) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی لیکوپین استخراج شده در مقایسه با تیمارهای فراصوت نشده گردید. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که استفاده از پیش تیمار فراصوت به منظور تیماردهی تفاله گوجه‌فرنگی قبل از استخراج لیکوپین می‌تواند موجب افزایش مقدار لیکوپین استخراجی و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گردد.

واژه‌های کلیدی: تفاله گوجه‌فرنگی، حلال، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فراصوت، لیکوپین

## Effect of ultrasound waves on amount and antioxidant capacity of extracted lycopene from tomato residue

B Fayyazmehr<sup>1\*</sup> and N Asefi<sup>2</sup>

Received: April 17, 2012

Accepted: June 06, 2012

<sup>1</sup>MSc Student, Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Amol, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

\*Corresponding Author: E-mail: Banafsheh\_fayyazmehr@yahoo.com

### Abstract

Nowadays request for extraction of phytochemicals by using ultrasound method has been increased. In this research, the effect of ultrasound waves as pretreatment and the effect of solvent combined with ultrasound waves in lycopene extraction from tomato residue was studied and the super chef variety of tomato was chosen for treatment. Samples of tomato residue in triplicate under effect of ultrasound waves with 205 W power, constant 35 KHz frequency in four times of 0 (without ultrasound), 10, 20 and 30 min and at temperature levels of 15, 35 and 45 °C and using hexane and ethyl acetate as solvents, were employed. Then, the extract from each sample was evaluated considering the amount of lycopene and antioxidant capacity. According to the results, it was observed that, there was a significant difference ( $P<0.01$ ) between samples in the case of lycopene amount and antioxidant capacity. Maximum amount ( $P<0.01$ ) of lycopene was related to ultra-sounded samples with hexane solvent at 45 °C and 10 min time of ultrasound treatment. Treatment of samples with ethyl acetate solvent during 10 min of ultrasound treatment at 35 °C increased ( $P<0.01$ ) the antioxidant capacity of extracted lycopene compared to samples which were not treated with ultrasound. Results showed that using ultrasound pretreatment for tomato residue before extraction of lycopene increases the amount of lycopene and antioxidant capacity.

**Keywords:** Antioxidant Capacity, Lycopene, Solvent, Tomato Residue, Ultrasound

### مقدمه

گوجه‌فرنگی به لحاظ اقتصادی دومین سبزی مهم دنیا است که تقریباً در سراسر کشور ما تولید می‌شود. ۸۲ درصد کاروتنوئیدهای موجود در آن را لیکوپین تشکیل می‌دهد (مظاهری تهرانی و همکاران ۱۳۸۶). لیکوپین مهمترین ترکیب شیمیایی گیاهی<sup>۱</sup> موجود در گوجه فرنگی است و با خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود قادر است رادیکال‌های آزاد را خنثی کرده و از ابتلای افراد به بیماری‌هایی از قبیل سرطان، پیری زودرس، مشکلات

قلبی و عروقی، پوکی استخوان، دیابت و بسیاری از مشکلات و بیماری‌های دیگر جلوگیری کند (بصیری ۱۳۸۷). تفاله گوجه فرنگی ضمن دارا بودن ارزش غذایی مناسب و پتانسیل ایجاد ارزش افزوده به علت عدم دسترسی به فرآیند مناسب به صورت ضایعات دفع می‌شود. این در حالی است که این ماده علاوه بر پروتئین، چربی و آنزیم‌های گیاهی، دارای مقادیر قابل توجهی از رنگدانه لیکوپین می‌باشد (عباسی و همکاران ۱۳۸۵). در صنعت تولید لیکوپین تکنیک‌های متعددی جهت استخراج بکار گرفته می‌شود که از

توسط دستگاه آبمیوه‌گیری انجام شد. برای جدا شدن آب گوجه فرنگی از تفاله، تفاله بدست آمده سانتریفوژ گردید و بدین وسیله آب گوجه‌فرنگی تا حد ممکن از تفاله جدا گردید. تفاله بدست آمده جهت انجام آزمایشات در فریزر نگهداری شد.

#### تیمار تفاله با امواج فراصوت همراه با حلال

جهت استفاده از امواج فراصوت از دستگاه فراصوت (Sonorex Digital (DK 512 P)) با توان ۲۰۵ وات، فرکانس ثابت ۳۵ کیلوهرتز استفاده شد. تفاله گوجه‌فرنگی با دو نوع حلال، هگزان ( $S_1$ ) و اتیل استات ( $S_2$ ) به طور جداگانه به نسبت ۱:۵ حلال به تفاله (حجمی به وزنی) در لوله مخصوص پس از همگن شدن تحت امواج فراصوت قرار گرفت. نمونه‌ها در سه زمان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه به ترتیب ( $T_3, T_2, T_1$ ) و در سه سطوح دمایی ۱۵ ( $H_1$ )، ۳۵ ( $H_2$ ) و ۴۵ ( $H_3$ ) درجه سانتی‌گراد تیماردهی شد. با توجه به ساختار لیکوپن و وجود پیوندهای کونژوگه کربن-کربن، لیکوپن ترکیب حساسی بوده و به وسیله نور و گرما تجزیه می‌گردد. به طور کلی در استخراج لیکوپن باید از دماهای ملایم استفاده کرد زیرا دماهای بالا منجر به تخریب و ایزومریزاسیون لیکوپن می‌گردند (لی سیه و همکاران ۲۰۱۲). بخشی از نمونه نیز بدون هیچگونه اعمال فرآیند فراصوت با همان نسبت حلال به تفاله در شرایط یکسان از نظر دما و نوع حلال به عنوان نمونه زمان صفر (فراصوت نشده) جهت مقایسه در نظر گرفته شد. تمامی تیمارها در ۳ تکرار آماده شدند و شرایط دمایی با توجه به هر تیمار در طول عملیات ثابت نگه داشته شد.

#### استخراج لیکوپن

بعد از اتمام مدت زمان‌های مورد نظر فراصوت، تفاله حاوی حلال توسط پمپ خلاء و با استفاده از قیف بوخنر و کاغذ صافی واتمن شماره ۴ صاف شد. عصاره جدا شده با تبخیر کننده دوار تا رسیدن به حالت کاملاً خشک تبخیر گردید. سپس باقی مانده در ۵ میلی‌لیتر از حلال‌های هگزان، اتیل استات در دمای ۲۰- درجه

روش‌های معمول استخراج استفاده از حلال می‌باشد. این روش کارایی بالا دارد ولی در عین حال معایبی همچون هزینه بالا، مسائل ایمنی، انتشار ترکیبات آلی فرار به محیط را به همراه دارد که استفاده از روش‌های ترکیبی جهت کاهش میزان حلال مصرفی و بدست آوردن راندمان بالا از روش‌های پیشنهادی پژوهش‌گران می‌باشد. فراصوت دهی تفاله گوجه‌فرنگی قبل از استخراج به وسیله حلال موجب افزایش راندمان استخراج لیکوپن به میزان ۲۵/۲ درصد می‌شود (هان و همکاران ۲۰۰۷). بررسی‌ها نشان می‌دهد که شدت امواج ۴۰ کیلوهرتز، دمای ۸۶/۴ درجه سانتی‌گراد، زمان استخراج ۲۹/۱ دقیقه مناسب‌ترین حالت برای استخراج با فراصوت می‌باشد (لیانفو و همکاران ۲۰۰۸). شرایط اپتیوم برای استخراج لیکوپن از سس گوجه‌فرنگی توسط امواج فراصوت شدت امواج ۱۲۰ وات، دمای استخراج ۴۰ درجه سانتی‌گراد و زمان استخراج ۲۰ دقیقه گزارش شده است (هیوزینگ و همکاران ۲۰۱۰). لذا امکان استفاده از امواج فراصوت به صورت پیش‌فرآیند در بهبود راندمان استخراج همراه با حلال‌های مختلف قابل بررسی می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد

نمونه ی گوجه‌فرنگی مورد بررسی از ارقام غالب منطقه در استان آذربایجان شرقی، گونه super chef بود.

##### مواد شیمیایی

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

##### تهیه تفاله گوجه‌فرنگی

۱۰ کیلوگرم از گوجه‌فرنگی خریداری شده پس از شستشو به قطعات کوچکتر تقسیم شدند. آگیری از آنها

سانتی‌گراد در ظروف تیره تا زمان آزمایش نگهداری شد.

### آزمایش‌های مربوطه

#### تعیین مقدار لیکوپین

در این تحقیق با اندازه‌گیری دانسیته نوری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر طبق روش فیش و همکاران (۲۰۰۲)، مقدار لیکوپین بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم تفاله محاسبه شد.

(رابطه ۱)

$$\text{لیکوپین} = \frac{(A_{503}) \times (0.0312)}{g}$$

#### تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره استخراجی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمارهای مورد بررسی با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی (RSC) به کمک ۲،۲-دی‌فنیل-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 اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۱۷ نانومتر و با اندازه‌گیری میزان جذب نور صورت می‌گیرد. آزمایش طبق روش بن ونوتی و همکاران (۲۰۰۴) انجام گردید. با استفاده از فرمول زیر مقادیر درصد بازدارندگی (%I) محاسبه و سپس نمودار درصد I به حجم نمونه رسم شد.

(رابطه ۲)

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

#### آنالیز آماری

شرایط نگهداری و آزمایش برای کلیه نمونه‌ها یکسان و داده‌های حاصل از آزمایش‌ها بر اساس آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور در سه تکرار توسط نرم افزار MSTATC تجزیه شدند. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح

احتمال ( $P < 0.01$ ) انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

### نتایج و بحث

با توجه به معنی‌دار بودن اثرات ساده و اثرات متقابل هر سه فاکتور به طور کلی بررسی اثرات متقابل هر سه فاکتور (نوع حلال، دما و زمان فراصوت دهی) در این تحقیق انجام شده است.

#### تأثیر متقابل دما، زمان فراصوت و نوع حلال بر میزان لیکوپین استخراجی

با توجه به جدول ۱ نتیجه می‌گیریم که تأثیر هر یک از اثرات اصلی (حلال، دما و زمان فراصوت) بر میزان لیکوپین معنی‌دار و همچنین اثرات متقابل بین فاکتورها نیز معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) می‌باشد. نتایج مربوط به مقایسه میانگین عصاره تفاله گوجه‌فرنگی بدست آمده با توجه به شکل ۱ نشان می‌دهد که بیشترین میزان لیکوپین بدست آمده از تفاله در اثر حلال هگزان ( $S_1$ ) در دمای ۴۵ درجه و زمان فراصوت ۱۰ دقیقه (تیمار  $S_1H_3T_2$ ) می‌باشد.

کمترین میزان لیکوپین استخراجی در اثر سه فاکتور مربوط به دمای ۱۵ درجه و زمان صفر (فراصوت نشده) می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام شده در این تحقیق، اثر حلال بر روی میزان لیکوپین استخراجی از تفاله گوجه‌فرنگی نشان داد که حلال هگزان در مقایسه با اتیل استات بهتر عمل کرده است. تأثیر دما بر روی میزان لیکوپین نشان داد که افزایش دما باعث افزایش معنی‌داری در میزان لیکوپین شده است. دلیل افزایش مقدار لیکوپین استخراجی با افزایش دما را می‌توان به نفوذپذیری دیواره سلول‌ها در اثر تخریب نسبت داد. مقایسه سه سطوح زمان در میزان لیکوپین استخراج شده نشان داد که اثر فراصوت تا زمان ۱۰ دقیقه معنی‌دار بوده و در زمان‌های ۲۰ و ۳۰ دقیقه فراصوت‌دهی تأثیر معنی‌داری در میزان تولید لیکوپین دیده نمی‌شود به همین دلیل زمان

روی راندمان استخراج کاروتنوئیدها دارد. راوسون و همکاران (۲۰۱۱)، بیان کردند که زمان فراصوت اثر معنی‌داری بر روی میزان لیکوپین هندوانه دارد. به این ترتیب که با افزایش زمان از صفر به ۱۰ دقیقه میزان لیکوپین به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد ( $P < 0.01$ ). لیانفو و همکاران (۲۰۰۸)، نشان دادند که استخراج به کمک فراصوت منجر به کوتاه شدن زمان استخراج لیکوپین از تفاله گوجه‌فرنگی گردید ولی تاثیری بر روی بازده استخراج نداشت. چن و همکاران (۲۰۰۷)، در تحقیقی که روی استخراج آنتوسیانین انجام دادند نتایج مشابهی به دست آوردند. طبق یافته‌های این محققان، روش فراصوت در مقایسه با روش‌های دیگر به دلیل تخریب سریع بافت با ایجاد پدیده کاویتاسیون، راندمان بالاتری داشت.

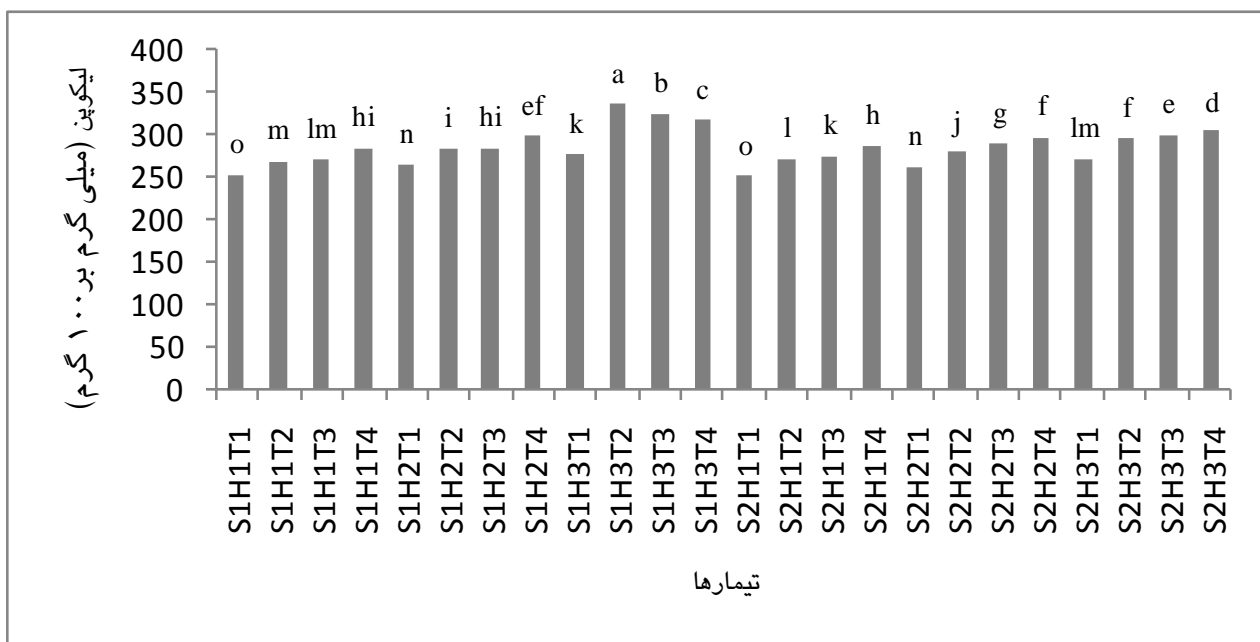
۱۰ دقیقه به عنوان بهترین زمان فراصوت‌دهی انتخاب شد.

سان و همکاران (۲۰۱۱)، بیان کردند دلیل افزایش راندمان لیکوپین استخراجی با هگزان تحت فراصوت به خصوصیات فیزیکی حلال مربوط می‌شود. خصوصیات فیزیکی حلال مانند (ویسکوزیته، فشار بخار و سطح تماس) فاکتورهای اصلی هستند که راندمان استخراج فراصوت را تحت تاثیر قرار می‌دهند که فشار بخار حلال مهمترین پارامتر است. فیکسلوا و همکاران (۲۰۰۸)، میزان استخراج کاروتن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد را ۵/۶۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گزارش کردند که با افزایش دما از ۴۰ به ۶۰ نسبت به مقدار اولیه ۴/۱۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم افزایش نشان داده شده است. نتایج آنها نشان داد که افزایش دما تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد اثر مثبتی

جدول ۱- آنالیز واریانس مقدار لیکوپین در طول موج ۵۰۳ نانومتر در سطوح فاکتورهای مورد مطالعه

مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منابع تغییرات
۵۰۴/۷۴۸۱**	۷۲۵/۴۲۴	۱	۷۲۵/۴۲۴	حلال (S)
۴۶۵۳/۹۸۵۶**	۶۶۸۸/۷۰۸	۲	۱۳۳۷۷/۴۱۶	دما (H)
۲۹۱۴/۵۴۱۱**	۴۱۸۸/۷۷۸	۳	۱۲۵۶۶/۳۳۵	زمان (T)
۶۴۳/۸۵۷۴**	۹۲۵/۳۵۲	۲	۱۸۵۰/۷۰۴	حلال * دما
۷۷/۳۱۰۷**	۱۱۱/۱۱۱	۳	۳۳۳/۳۳۳	حلال * زمان
۱۷۴/۲۱۵۱**	۲۵۰/۳۸۲	۶	۱۵۰۲/۲۹۲	دما * زمان
۹۴/۷۶۲۲**	۱۳۶/۱۹۲	۶	۸۱۷/۱۵۳	حلال * دما * زمان
	۱/۴۳۷	۴۸	۶۸/۹۸۶	خطای آزمایش
		۷۱	۳۱۲۴۱/۶۴۳	کل

\*\* معنی‌دار در سطح ۱٪



شکل ۱- نتایج مربوط به مقایسه میانگین لیکوپن گوجه فرنگی تیمارهای مختلف به روش گروه‌بندی دانکن

جدول ۲- آنالیز واریانس ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در طول موج ۵۱۷ نانومتر در سطوح فاکتورهای مورد مطالعه

مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منابع تغییرات
۸۱۹۲/۰۰۱۹**	۰/۰۲۳	۱	۰/۰۲۳	حلال (S)
۳۰۱/۵۰۰۱**	۰/۰۰۱	۲	۰/۰۰۲	دما (H)
۵۰۵/۳۳۳۵**	۰/۰۰۱	۳	۰/۰۰۴	زمان (T)
۷۸/۵۰۰۰**	۰/۰۰۰۱	۲	۰/۰۰۰۲	حلال * دما
۴۷۸/۶۶۶۸**	۰/۰۰۱	۳	۰/۰۰۴	حلال * زمان
۷۴/۸۳۳۴**	۰/۰۰۰۰۶۰	۶	۰/۰۰۱	دما * زمان
۹۳/۱۶۶۷**	۰/۰۰۰۰۶۶	۶	۰/۰۰۲	حلال * دما * زمان
	۰/۰۰۰۰۰۰	۴۸	۰/۰۰۰۰۱	خطای آزمایش
		۷۱	۰/۰۳۶	کل

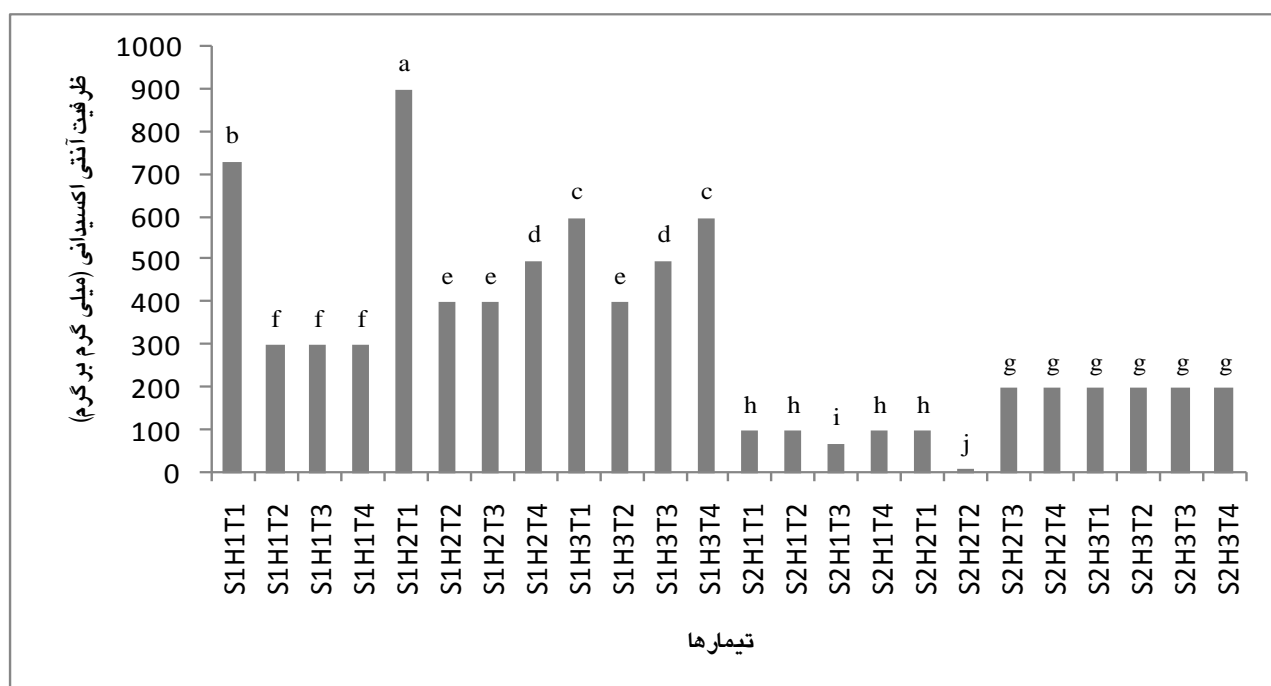
\*\* معنی‌دار در سطح ۱٪

مختلف به روش دانکن در شکل ۲ نشان می‌دهد که بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به تیمار S<sub>2</sub>H<sub>2</sub>T<sub>2</sub> (حلال اتیل استات، دمای ۳۵ درجه و زمان ۱۰ دقیقه) می‌باشد. اثر حلال بر روی میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی حاکی از این بود که عملکرد اتیل استات بالاتر از هگزان می‌باشد. ارزیابی روند تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در دماها و زمان‌های بالاتر، کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را با افزایش دما و زمان نشان داد. چنین به نظر می‌رسد که

تأثیر متقابل دما، زمان فراصوت و نوع حلال بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره استخراجی لیکوپن با توجه به جدول ۲ نتیجه می‌گیریم که تأثیر هر یک از اثرات اصلی (حلال، دما و زمان فراصوت) بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) می‌باشد. همچنین اثرات متقابل بین فاکتورها نیز معنی‌دار می‌باشد. نتایج مربوط به مقایسه میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره تفاله گوجه‌فرنگی تیمارهای

آنتی‌اکسیدانی با افزایش زمان فراصوت‌دهی می‌باشد ولی در مقایسه میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های فراصوت‌دهی شده در هر سه زمان فراصوت با حالت فراصوت نشده (زمان صفر) بیشتر می‌باشد که این نشان دهنده اثر مثبت فراصوت بر روی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. به شرطی که نباید زمان فراصوت‌دهی بیشتر اعمال گردد.

با افزایش دما و باز بودن محیط فراصوت‌دهی به هوا با افزایش عمل اکسیداسیون توانایی لیکوپین استخراج شده در مقابل این عمل کفایت نکرده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی علیرغم بالا بودن مقدار لیکوپین استخراج شده در دماهای بالا کاهش یافته است. نتایج بدست آمده از مطالعه اثر سطوح مختلف زمان بر روی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تفاله گوجه‌فرنگی بیانگر کاهش معنی‌دار در میزان ظرفیت



شکل ۲- نتایج مربوط به مقایسه میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی لیکوپین تیمارهای مختلف به روش گروه بندی دانکن

افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را به غلظت بالاتر ترکیبات فنلی کل نسبت دادند.

#### نتیجه‌گیری

استخراج لیکوپین به روش‌های معمول طولانی است و کارایی کمی دارد در حالی که بیشترین زمانی که برای استخراج در این تحقیق به کار برده شده ۳۰ دقیقه بوده است. علاوه بر این در روش‌های متداول از دماهای بالا برای استخراج عصاره‌های گیاهی استفاده می‌شود که در نهایت به افت کیفی این مواد با ارزش منجر خواهد شد و کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره را به همراه خواهد

پانجوک و همکاران (۲۰۰۹)، در مقایسه اثر زمان اعمال فراصوت بر روی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره بیان کردند که راندمان استخراج بصورت ۱۰۰ درصد در زمان ۳۰ دقیقه و ۸۰ درصد در زمان ۴۵ دقیقه می‌باشد. یعنی با کاهش زمان استخراج راندمان افزایش می‌یابد. کامران خان و همکاران (۲۰۱۰)، در بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های استخراج شده توسط فراصوت نشان دادند میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های بدست آمده توسط روش فراصوت ۵۴ درصد و در روش استخراج متداول ۴۲ درصد می‌باشد.

داشت. بطور کلی می‌توان بیان کرد که در این پژوهش استفاده از حلال هگزان و دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه فراصوت‌دهی در فرکانس ثابت برای به دست آوردن بالاترین میزان لیکوپین استخراجی بهترین حالت می‌باشد. از نظر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی حلال اتیل استات و دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه بالاترین عملکرد را دارد.

#### منابع مورد استفاده

- بصیری ش، ۱۳۸۷. لیکوپین آنتی‌اکسیدانی با ارزش در گوجه‌فرنگی. اولین کنگره ملی فناوری تولید و فرآوری گوجه‌فرنگی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد مقدس.
- عباسی ا، نیاکوثری م، فرشادفرش، ۱۳۸۵. معرفی روش‌های مختلف استخراج لیکوپین از گوجه‌فرنگی و ضایعات کارخانجات فرآوری گوجه‌فرنگی. شانزدهمین کنگره ملی صنایع غذایی ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
- مظاهری تهرانی م، مرتضوی سع، ضیاءالحقصر، قندی ا، ۱۳۸۶. ویژگی‌های کیفی در فرآوری گوجه‌فرنگی. جلد دوم. انتشارات مرز دانش.
- 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: 164-169.
- Chen F, Sun Y, Zhao G, Liao X, Hu X, Wu J and Wang Zh, 2007. Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using high-performance liquid chromatography–mass spectrometry. *Ultrasonics Sonochemistry* 14: 767-778.
- Fikselova M, Šilhar S, Mareček J and Frančáková H, 2008. Extraction of carrot (*Daucus carota* L.) carotenes under different conditions. *Czech Journal of Food Science* 26: 268–274.
- Fish WW, Perkins-Veazie P and Collins JK, 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of Food Composition and Analysis* 15: 309-317.
- Han HE and Qun W, 2007. Study on the effect of ultrasonic on lycopene extraction. *Journal of Science and Emerging Technologies* 8: 107–117.
- Hui-Xing L, Xin Ch and Qian Ch, 2010. Study on extraction process of lycopene assisted by ultrasonic radiation from tomato ketchup. *Journal of Food Science and Emerging Technologies* 1: 202–210.
- Kamran Khan M, Abert-Vian M, Fabiano-Tixier AS, Dangles O and Chemat F, 2010. Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. *Food Chemistry* 119: 851-858.
- Lee-Sie A and Teoh SG, 2012. Novel modified ultrasonication technique for the extraction of lycopene from tomatoes. *Ultrasonics Sonochemistry* 19: 151-159.
- Lianfu Zh and Zelong L, 2008. Optimization and comparison of ultrasound/microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes. *Ultrasonics Sonochemistry*. 15: 731-737.
- Paniwnyk L, Cai H, Albu S, Mason TJ and Cole R, 2009. The enhancement and scale up of the extraction of anti-oxidants from *Rosmarinus officinalis* using ultrasound. *Journal of Ultrasonics Sonochemistry* 16: 287-292.
- Rawson A, Tiwari BK, Patras A, Brunton N, Brennan C, Cullen PJ and O'Donnell CP, 2011. Effect of thermosonication on bioactive compounds in watermelon juice. *Food Research International* 44: 1168-1173.
- Sun Y, Liu D, Chen J, Ye X and Yu D, 2011. Effects of different factors of ultrasound treatment on the extraction yield of the all-trans- $\beta$ -carotene from citrus peels. *Ultrasonics Sonochemistry* 18: 243-249.