# بهینه‌سازی فرایند استخراج آنتوسیانین زرشک در حضور امواج فراصوت

**احمد پدرام نیا[1]، اکرم شریفی[2*]، حمید توکلی‌پور[3]**

[1] عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار
[2] دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار
[3] استادیارگروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار

تاریخ دریافت : ۱۳۸۸ /۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش : ۱۳۸۹/۱/۱۸

**چکیده**

زرشک به عنوان یک محصول منحصر به‌فرد و بومی در مقیاس اقتصادی در ایران پرورش داده می‌شود و در بقیه‌ی نقاط دنیا جزء گیاهان زینتی یا دارویی به شمار می‌آید. میوه‌ی زرشک با دارا بودن رنگ مناسب و طعم دلپذیر می‌تواند علاوه بر استفاده به صورت میوه‌ی خشک در تهیه‌ی فرآورده‌های غذایی مثل ژله، شربت، مارمالاد، نکتار، لواشک و... مورد استفاده قرار گیرد. به همین دلیل شناخت و بررسی روش‌های مناسب استخراج رنگ از زرشک ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش استخراج آنتوسیانین های زرشک در حضور امواج فراصوت در سه دمای ۳۰، ٤٠ و ۵۰ درجه‌ی سانتیگراد و سه زمان ۲۰، ۱۰ و ۳۰ دقیقه با دو حلال اسید کلریدریک و اتانل انجام شد و سپس غلظت آنتوسیانین‌های عصاره و تفاله‌ی زرشک به روش pH افتراقی و بر حسب آنتوسیانین غالب زرشک (سیانیدین ۳- گلایکوزید) محاسبه گردید. نتایج، بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین را در عصاره و تفاله‌ای که با استفاده از امواج فراصوت در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و زمان ۲۰ دقیقه استخراج شده بود به میزان ۱۷۱/۲٦۰ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر محلول، نشان داد. با کاربرد امواج فراصوت برای استخراج آنتوسیانین‌ها، زمان فرایند کاهش و سرعت آن افزایش می‌یابد. از عصاره‌ی استخراج شده از زرشک پس از تغلیظ تا بریکس ٦۰ می‌توان‌یک رنگ طبیعی تولید کرد.

**واژه‌های کلیدی:** زرشک، آنتوسیانین، استخراج، امواج فرا صوت.

* مسوول مکاتبات: akramsharifi76@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

**۱ـ مقدمه**

زرشک‌ها، گروه بزرگی از درختچه‌های خاردار همیشه سبز هستند که به دلیل مصارف و کاربردهای متعدد از قبیل مصارف خوراکی میوه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. حصول دانش فنی فرآوری میوه‌ی زرشک می‌تواند به صورت یک تکنولوژی منحصر به‌فرد و بومی و اجرای آن در منطقه، ضمن ارتقای علمی، سبب گسترش و توسعه‌ی‌اقتصادی و صنعتی در منطقه گردد (۲).

در راستای هدف گسترش تولید و فراوری محصولات متنوع از میوه‌ی زرشک، تولید رنگ بر پایه‌ی زرشک که‌یک منبع غنی از آنتوسیانین است می‌تواند از جایگاه خاصی برخوردار باشد. پژوهش‌هایی درباره‌ی استخراج آنتوسیانین از میوه‌ها و بررسی پایداری آن در شرایط مختلف انجام شده است(٤).

معمولاً عصاره‌گیری از زرشک با روش‌های معمول به زمان زیاد، درجه حرارت بالا و حجم زیادی از حلال نیاز دارد. عصاره‌گیری حرارتی باعث افت آنتوسیانین‌ها شده و فعالیت‌های آنتی اکسیدانی عصاره‌ی زرشک را کاهش می‌دهد. مکانیسم اثر امواج فراصوت[1] با فرکانس پایین به طور کلی به دلیل ایجاد پدیده‌ی حفرگی[2] یا تشکیل حباب‌های بسیار ریزی است که تحت اثر انقباض و انبساط به صورت لحظه‌ای و نقطه‌ای حرارت و فشار فوق‌العاده ایجاد می‌کند. این وضعیت باعث اثرات فیزیکی شیمیایی بر مولکول‌های مجاور شده، قابلیت نفوذ سلول‌ها را افزایش می‌دهد. به همین دلیل، این فرایند در مدت زمان کوتاه‌تر و دمای کم‌تر، عمل استخراج را به انجام می‌رساند(۳).

کاربرد امواج فراصوت نسبت به روش های متداول، دارای کارایی بالاتر، کاهش زمان عصاره‌گیری و کاهش مصرف حلال می‌باشد. همچنین هیچ گونه درگیری شیمیایی که سبب افت احتمالی ترکیبات شیمیایی نمونه شود در عصاره گیری با امواج فراصوت وجود ندارد(٦).

در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی در زمینه‌ی کاربرد امواج فراصوت در فراوری مواد غذایی به انجام رسیده است. در زمینه‌ی استخراج رنگدانه، محققان در سال (۲۰۰٦) آنتوسیانین‌های تمشک قرمز را توسط فراصوت استخراج کردند و شرایط بهینه‌ی این فرایند را با بررسی تیمارهایی نظیر نسبت حلال به مواد، قدرت امواج فراصوت و زمان استخراج تعیین نمودند. نتایج، نشان داد ۳٤/۵ میلی‌گرم آنتوسیانین از ۱۰۰ گرم میوه‌ی تازه به دست آمد. این مقدار بر پایه‌ی آنتوسیانین اصلی شناسایی شده به نام سیانیدین -۳-گلایکوزید[3] تعیین شد. این آنتوسیانین ۷۸/۱۳ درصد از رنگدانه های قرمز تمشک را در بر می‌گرفت ۱۲ آنتوسیانین در تمشک قرمز توسط روش HPLC شناسایی و بررسی شد. این روش استخراج در مقایسه با روش‌های دیگر به دلیل تخریب سریع بافت میوه، راندمان بالاتری داشت(٦).

این تحقیق با هدف بهینه‌سازی فرایند استخراج آنتوسیانین‌های زرشک با استفاده از امواج فراصوت و تولیدیک رنگ طبیعی بر پایه‌ی میوه‌ی زرشک برای استفاده در مواد غذایی، انجام شد.

**۲- مواد و روش‌ها**

برای استخراج عصاره، از زرشک بی‌دانه‌ی گونه‌ی Berberis vulgaris استفاده شد. برای هر بار آزمایش مقداری زرشک از فریزر خارج و با پاشیدن آب مقطر روی آن شست‌وشو داده می‌شد و سپس به وسیله‌ی آسیاب خرد می‌شد. ۱۰ گرم زرشک خرد شده و ٤۰ میلی لیتر حلال (نسبت ۱:٤) درون لوله‌ی مخصوص دستگاه تولید امواج فراصوت (Dr.hielscher up 200H, ساخت آلمان) قرار می‌گرفت. حلال مورد استفاده شامل اتانل و اسید کلریدریک به نسبت (۱۵:۸۵) بود. برای تنظیم دما در طول آزمایش لوله‌ی درون بن‌ماری (LAUDA E 200 ساخت آلمان) در دماهای ۳۰ و٤۰ و ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه در معرض امواج فراصوت قرار می‌گرفت. توان دستگاه ثابت و ۲٤ KHZ بود. درصد توان ورودی نیز ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد و از پروب tip1 با عمق نفوذ ۱ سانتی‌متر با cycle 1 استفاده شد. در مرحله‌ی بعد، تفاله‌ی باقیمانده پس از استخراج عصاره نیز تحت اثر امواج فراصوت قرار گرفت. نمونه‌ای نیز تحت همین شرایط ولی بدون کاربرد امواج فراصوت آماده شد.

1-Ultrasound
2-Acoustic Cavitation

3-Cyanidin-3-glucoside

Archive of SID

www.SID.ir

بعد از صاف کردن تحت خلا، عصاره‌ی زرشک به دست آمد (۱و۶).

جذب آنتوسیانین عصاره و تفاله به دست آمده در pH =۱ و pH = ٤/٥ در طول موج ٥١٠ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتری (Shimadzu، UV-120-02 ، ساخت ژاپن) اندازه‌گیری و به روش pH افتراقی[1] غلظت آنتوسیانین ها در عصاره محاسبه گردید(١٤). در آخرین مرحله، عصاره‌ی استخراج شده از زرشک توسط دستگاه روتاری اواپراتور (Buchi waterbath B -480، ساخت آلمان) در دمای ٥٠ °C وبه مدت ٢ ساعت تا بریکس ٦٠ تغلیظ شد(١).

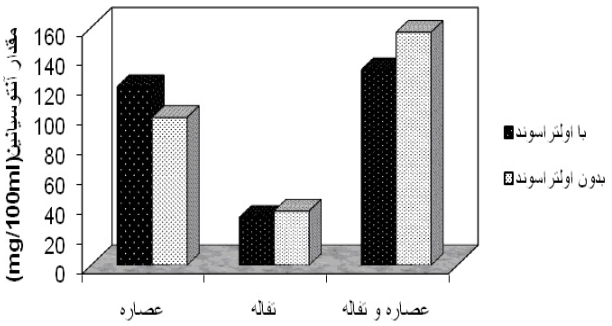
این بررسی در قالب طرح فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور که فاکتور اول درجه حرارت استخراج در سه سطح ٣٠ و٤٠ و٥٠ درجه‌ی سانتی‌گراد و فاکتور دوم زمان ٥ در سه سطح ١٠، ٢٠ و ٣٠ دقیقه و فاکتور سوم در دو سطح استفاده و عدم استفاده از امواج اولتراسوند بود. کلیه آزمایشات به منظور مشاهده میزان آنتوسیانین انجام گرفت. داده‌ها توسط نرم افزار SAS آنالیز ومیانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت شده مورد بررسی قرار گرفت و نمودارها به وسیله‌ی نرم افزار Excel رسم شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- مقدار آنتوسیانین موجود در عصاره و تفاله‌ی زرشک

نتایج تجزیه ی واریانس نشان داد که اثر استفاده از امواج فراصوت برمیانگین مقدار آنتوسیانین موجود در عصاره و آنتوسیانین باقیمانده در تفاله‌ی زرشک بی‌دانه، تحت دماها و زمان‌های مختلف کاملاً معنی‌دار است($p<0.01$). میانگین بیش‌ترین آنتوسیانین در عصاره ی استخراج شده با استفاده از امواج فراصوت (١٢٠/٣٠ mg/100ml ) مشاهده شد. در شرایط مشابه و بدون استفاده از امواج فراصوت برای استخراج آنتوسیانین میانگین ٩٩/٤٦٥ میلی گرم آنتوسیانین در ١٠٠ میلی لیتر محلول به دست آمد. نتایج، کارایی استفاده از امواج فراصوت را در استخراج آنتوسیانین اثبات می‌کند. در تحقیقی که در سال ٢٠٠٦ توسط Fang chen و همکاران روی استخراج آنتوسیانین تمشک انجام شد، نتایج مشابهی به دست آمد. طبق یافته‌های این محققان، این روش استخراج در مقایسه با روش‌های دیگر به دلیل تخریب سریع بافت میوه، راندمان بالاتری داشت(٦). همچنین، نتایج نشان داد که با استفاده از امواج فراصوت میزان آنتوسیانین باقیمانده در تفاله بعد از استخراج کم‌تر از استخراج بدون کاربرد این امواج بود. تفاله‌ی حاصل از استخراج بدون استفاده از امواج فراصوت به میزان ٣٦/٥٤١mg/100ml و با امواج فراصوت mg/100ml ٣٢/١٥٣ آنتوسیانین داشت (شکل ١).

میانگین آنتوسیانین موجود در تفاله و عصاره در استخراج با امواج فراصوت مجموعاً ١٥٦/٧٧ و بدون این امواج ١٣١/٥٣٤ میلی گرم در ١٠٠ میلی لیتر محلول بود. به نظر می‌رسد فرکانس‌های فراصوتی به خروج بهتر آنتوسیانین از سلول کمک کرده است(٦).




**شکل۱- اثر استفاده از امواج فراصوت روی مقدار آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله**

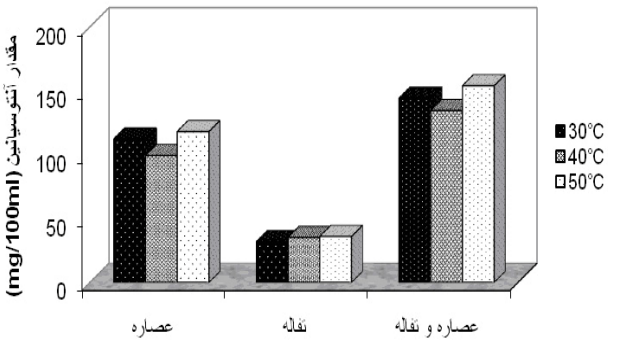
### ۳-۲-اثر دما روی مقدار آنتوسیانین موجود در عصاره و تفاله

نتایج نشان داد اثر دما بر میانگین مقدار آنتوسیانین موجود در عصاره و تفاله کاملاً معنی‌دار است ($P<0.01$). بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین در استخراج با دمای ٥٠ °C (١١٨/٠٢٥ mg/100ml) مشاهده شد. افزایش دما در اکثر روش های استخراج آنتوسیانین‌ها منجر به افزایش مقدار استخراج آنتوسیانین می‌شود. البته دمای بالای ٨٠ °C باعث تخریب شدید آنتوسیانین‌ها خواهد شد. هم‌چنین در بعضی دماها پدیده‌ی ژله ای شدن عصاره در حین استخراج اتفاق می‌افتد که منجر به کاهش راندمان استخراج می‌شود(١). همان طور که در شکل ٢ نشان داده شده است بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین موجود در تفاله در دمای ٥٠ °C و کم‌ترین مقدار آن در دمای ٣٠°C حاصل شد.

1- pH Differential Method

www.SID.ir

ممکن است در فرایند استخراج استفاده از دماهای ۴۰°C یا ۵۰ °C باعث تخریب دیواره‌ی سلولی و خروج پکتین از میوه شده و در نتیجه در مرحله ی فیلتراسیون در اثر تشکیل ژله، اختلال به وجود آید. وجود محیط اسیدی عصاره‌ی زرشک از نقطه نظر خنثی کردن بارهای منفی و آماده نمودن زمینه برای تشکیل پیوندهای هیدروژنی میان مولکول‌های پکتین به تشکیل ژله کمک می‌کند. در تشکیل ژله نقش ترکیبات مومی نیز حائز اهمیت است. این عوامل، باعث افزایش مقدار آنتوسیانین تفاله در این دماها شده است(۱). بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین عصاره و تفاله در دمای ۵۰ °C و به میزان ۱۵۳/۸۶۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول به دست آمد.




**شکل۲- اثر دما روی مقدار آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله**

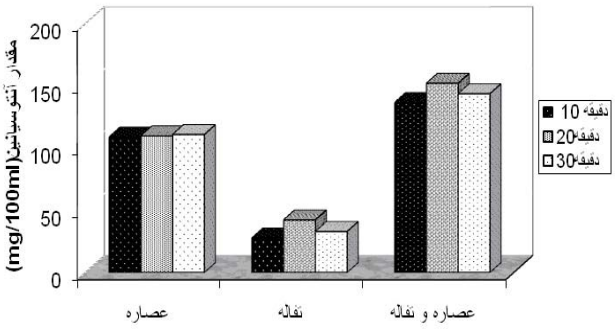
### ۳-۳-اثر زمان استخراج روی مقدار آنتوسیانین موجود در عصاره و تفاله

اثر سه زمان استخراج روی مقدار آنتوسیانین موجود در عصاره، معنی‌دار نبود. یافته‌ها نشان داد در استخراج آنتوسیانین با امواج فراصوت، زمان، نقش تعیین کننده‌ای ندارد و میزان آنتوسیانین استخراج شده در سه زمان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه تقریباً با هم مساوی است. ولی اختلاف کاملاً معنی‌داری بین میزان آنتوسیانین باقیمانده در تفاله و سه زمان استخراج در سطح یک درصد وجود داشت. کم ترین مقدار آنتوسیانین باقیمانده در تفاله مربوط به زمان استخراج ۱۰ دقیقه بود (۲۷/۷۴۲mg/100ml) (شکل۳).

با بررسی مجموع مقدار آنتوسیانین موجود در عصاره و تفاله، نتایج میانگین بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین در استخراج در طی ۲۰ دقیقه به میزان ۱۵۲/۰۷۳ mg/100ml را نشان داد (شکل ۳).

استفاده از امواج فراصوت، زمان انجام فرایند را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. Fang chen و همکاران زمان بهینه استخراج آنتوسیانین‌های تمشک با استفاده از امواج فراصوت را ۲۰۰ ثانیه تحت شدت فراصوتی ۴۰۰ وات تعیین کردند (۶).

استفاده از امواج فراصوت، باعث شکستن فیزیکی دیواره و غشاء سلول می‌شود. این پدیده، فرایند نفوذ حلال به داخل سلول‌ها را سرعت می‌بخشد و جریان انتقال جرم بین بافت و انتقال ذرات از داخل سلول به داخل حلال را آسان می‌کند. در نتیجه فرایند استخراج در زمان کوتاه تری نسبت به روش های دیگر به انجام می‌رسد(۶). در روش های دیگر استخراج، مثل روش برگشت حلال[1] و روش مخلوط و ته‌نشینی[2] در دماهای بالای ۵۰°C ، حداقل ۲ ساعت زمان برای کامل شدن فرایند استخراج، لازم است(۱). علاوه بر آنتوسیانین‌ها، ترکیبات دیگری مثل پلی فنل‌ها، پلی ساکاریدها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگدانه ها را با استفاده از امواج فراصوت در مدت زمانی کوتاه با کارایی بالا می‌توان استخراج نمود (۷). نکته‌ی قابل توجه این است که در طول فرایند استخراج آنتوسیانین در حضور امواج فراصوت ترکیب و موقعیت آنتوسیانین‌های نمونه، ثابت و هیچ گونه تغییری نمی‌کند. این امر را با روش‌های پیشرفته مثل HPLC می‌توان تشخیص داد در حالی که در سایر روش ها ترکیب آنتوسیانین‌ها مقداری تغییر خواهد کرد(۶).




**شکل۳- اثر زمان روی مقدار آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله**

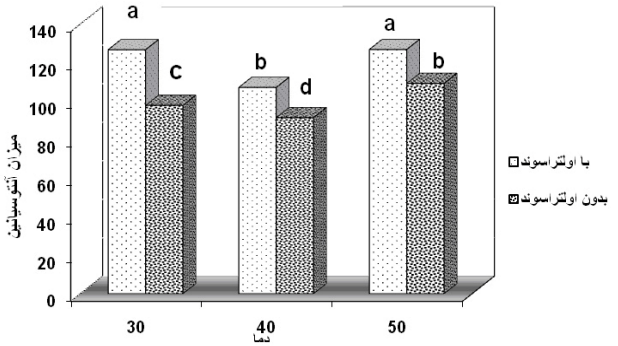
1- Reflux
2-Mixer/settler

www.SID.ir

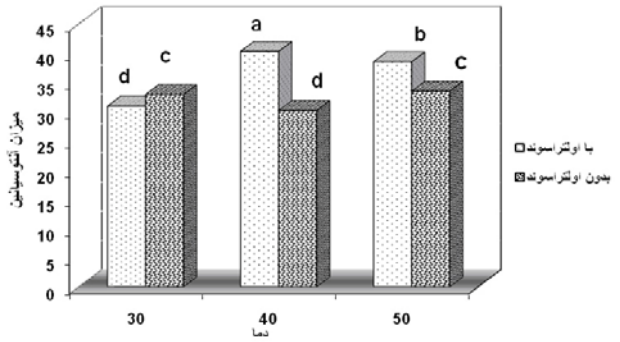
### ۳-٤-اثرات متقابل دما و امواج فراصوت در میزان آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله

نتایج، اثر دما و استفاده از امواج فراصوت را در میزان آنتوسیانین عصاره در سطح ۱ درصد کاملاً معنی‌دار نشان داد. البته با استفاده از امواج فراصوت بین دماهای استخراج ۵۰ و ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد. استخراج در دمای $50\ ^{\circ}C$ و با استفاده از امواج فراصوت با ۱۲٦/۸٤۳ mg/100ml حاوی بیش‌ترین میزان آنتوسیانین بود. کم‌ترین میزان آنتوسیانین در دمای $40\ ^{\circ}C$ و بدون استفاده از امواج فراصوت مشاهده شد (شکل ٤).

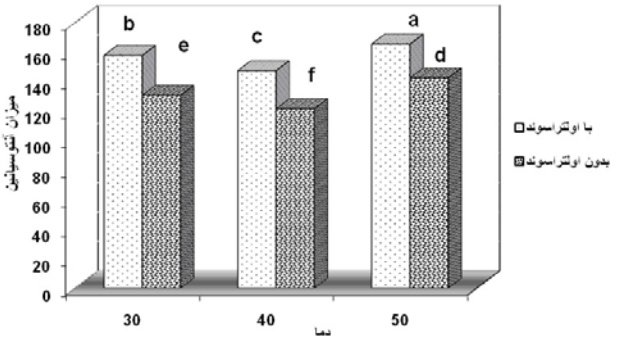
در بررسی میزان آنتوسیانین باقیمانده در تفاله، اثر دما و استفاده از امواج فراصوت در مقدار آنتوسیانین موجود در تفاله کاملاً معنی دار بود ($p<0.01$). کم ترین میزان آنتوسیانین در دمای $40\ ^{\circ}C$ و بدون استفاده از امواج فراصوت ثبت شد (شکل ۵). در مجموع میزان کل آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله در دمای $50\ ^{\circ}C$ و با استفاده از امواج فراصوت بالاترین مقدار را داشت (۱٦۵/۳۲۷ mg/100ml ) و کم‌ترین میزان آنتوسیانین در دمای $40\ ^{\circ}C$ و بدون امواج فراصوت به دست آمد. طبق اطلاعات موجود در جدول تجزیه واریانس می‌توان نتیجه گرفت که اثر دما و استفاده از امواج فراصوت روی کل آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله در سطح ۱ درصد کاملاً معنی‌دار بوده است (شکل ٦).




**شکل٤ - اثرات متقابل دما و فراصوت در میزان آنتوسیانین استخراج شده از عصاره**




**شکل ۵- اثرات متقابل دماو فراصوت در میزان آنتوسیانین باقیمانده در تفاله**




**شکل ٦ - اثرات متقابل دما و فراصوت در میزان کل آنتوسیانین موجود در عصاره و تفاله**

### ۳-۵- اثرات متقابل زمان و امواج فراصوت در میزان آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله

نتایج، نشان داد اثر زمان و استفاده از امواج فراصوت در میزان آنتوسیانین عصاره در سطح ۱ درصد کاملاً معنی‌دار بود. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آنتوسیانین به ترتیب در زمان‌های ۲۰ دقیقه با فراصوت (۱۲۷/۰٤۷ mg/100ml) و در زمان ۲۰ دقیقه بدون فراصوت (۹۲/٤۹۳ mg/100ml) به دست آمد(شکل ۷).

در ادامه، اثر زمان و استفاده از فراصوت روی مقدار آنتوسیانین موجود در تفاله، بررسی شد. میانگین بیش ترین مقدار آنتوسیانین در زمان ۲۰ دقیقه و بدون استفاده از امواج فراصوت (٤۷/۱٤۰ mg/100ml) و کم‌ترین آن در زمان ۱۰ دقیقه بدون استفاده از امواج فراصوت (۱۹/۰۸۳mg/100ml) مشاهده شد (شکل ۸).

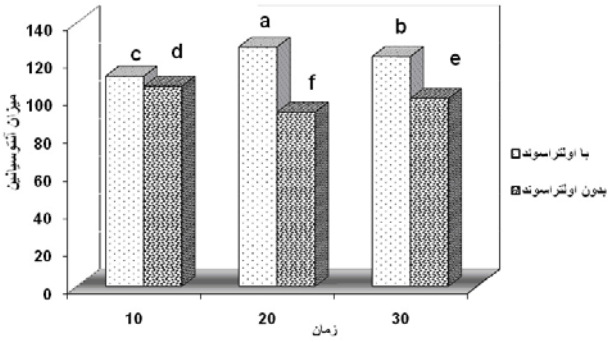
با توجه به شکل ۹، اثر متقابل زمان و امواج فراصوت در میزان کل آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله در سطح ۱ درصد کاملاً معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان آنتوسیانین کل در

Archive of SID

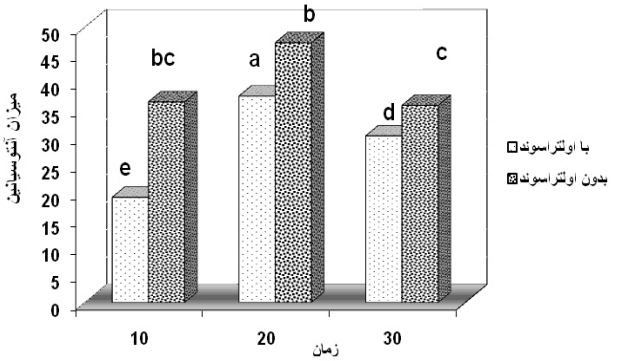
www.SID.ir

زمان استخراج ۲۰ دقیقه با فراصوت و کم‌ترین میزان آنتوسیانین کل در زمان استخراج ۱۰ دقیقه و بدون کاربرد امواج فراصوت به ترتیب ۱٦٤/٥١٣ و ۱۲٥/۲٤۰ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر محلول حاصل شد. مشاهده می‌شود که حتی در شرایط مساوی از نظر نوع و نسبت حلال، شدت و دامنه‌ی امواج و دمای استخراج، میزان آنتوسیانین بیش‌تری با کاربرد فراصوت به دست می‌آید.

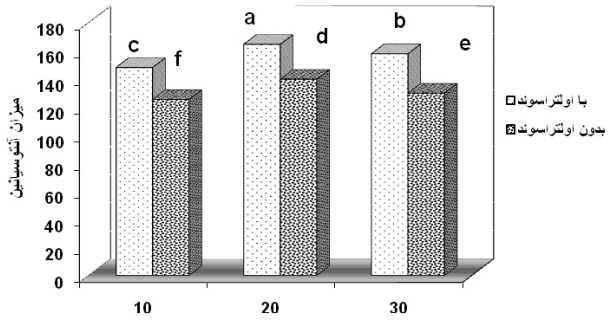
کارایی بالاتر کاربرد امواج فراصوت در فراوری مواد غذایی نسبت به دیگر روش‌ها در بخش‌های گوناگون این صنعت به اثبات رسیده است. مهماندوست و همکاران در تحقیقی امکان استفاده از امواج فراصوت در غیر فعال کردن آنزیم پکتین متیل استراز در آب پرتقال را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد که امواج فراصوت به طور قابل ملاحظه‌ای این آنزیم را غیر فعال می‌کنند (٦).




**شکل ۷- اثر متقابل زمان و امواج فراصوت در میزان آنتوسیانین موجود در عصاره**



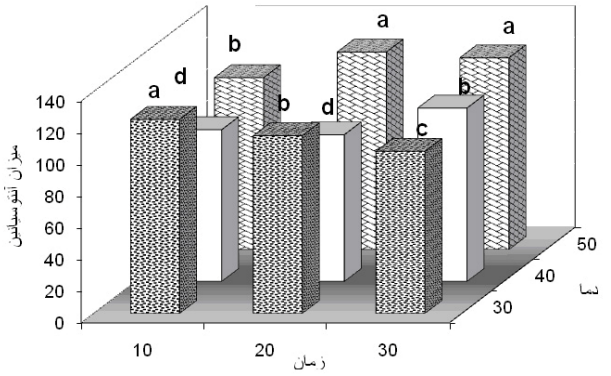

**شکل ۸- اثر متقابل زمان و امواج فراصوت در میزان آنتوسیانین موجود در تفاله**




**شکل۹ - اثر متقابل زمان و امواج فراصوت در میزان کل آنتوسیانین موجود در عصاره و تفاله**

### ۳-٦ اثرات متقابل زمان و دما در میزان آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله

میانگین بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین عصاره در زمان و دمای استخراج ۲۰ دقیقه و ۵۰°C (۱۲٤/٥۹۹mg/100ml) به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با مقدار آنتوسیانین در زمان ۳۰ دقیقه و دمای ۵۰°C (۱۲۰/۹۹۰mg/100ml) و زمان ۱۰ دقیقه و دمای ۳۰°C (۱۲۲/٤۳٥mg/100ml) نداشت. کم‌ترین مقدار آنتوسیانین عصاره در زمان و دمای استخراج ۲۰ دقیقه و ٤۰°C به میزان ۹۲/٦۰۰ mg/100ml مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با زمان ۱۰ دقیقه و دمای ٤۰ درجه‌ی سانتیگراد (۹٥/۷۳٤mg/100ml) نداشت. علاوه بر این در میزان آنتوسیانین استخراج شده در زمان ۳۰ دقیقه و دمای ٤۰°C، زمان ۱۰ دقیقه و دمای ۵۰°C و زمان ۲۰ دقیقه و دمای ۳۰°C اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل ۱۰).

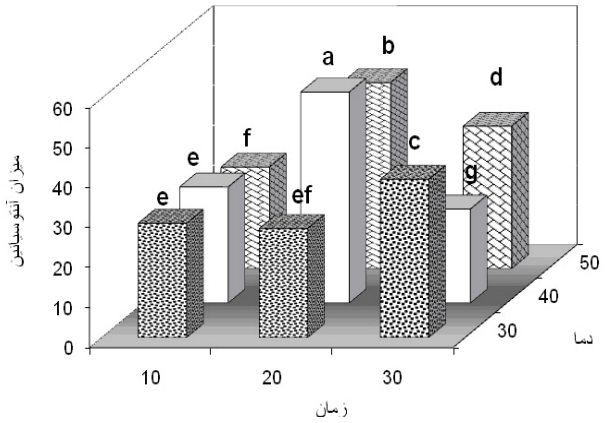



**شکل۱۰- اثر متقابل زمان و دما در میزان کل آنتوسیانین موجود در عصاره**

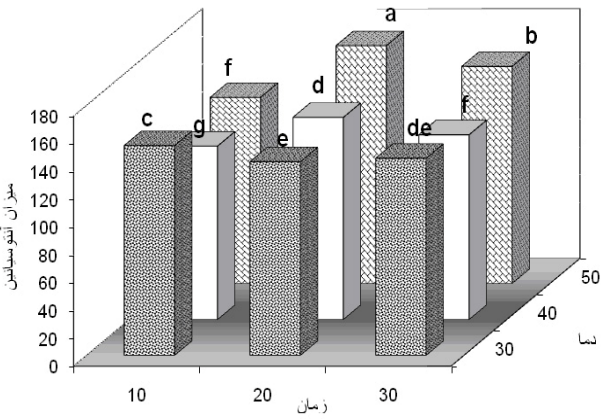
Archive of SID

www.SID.ir

در ادامه مقدار آنتوسیانین موجود در تفاله با توجه به زمان و دمای اعمال شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج، نشان داد بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین باقیمانده در تفاله در زمان ۲۰ دقیقه و دمای ٤٠ درجه‌ی سانتی‌گراد (۵۲/۹۱۵ mg/100ml ) حاصل شد. همان طور که در شکل ۱۱ مشخص شده این تیمار اختلاف کاملاً معنی‌داری با کلیه‌ی تیمارها در این بخش داشت. کم‌ترین مقدار آنتوسیانین تفاله در زمان ۳۰ دقیقه و دمای٤٠°C به میزان ۲۳/۵۷۰mg/100ml به دست آمد.




**شکل ۱۱- اثر متقابل زمان و دما در میزان کل آنتوسیانین موجود در تفاله**




**شکل ۱۲- اثر متقابل زمان و دما در میزان کل آنتوسیانین موجود در عصاره و تفاله**

بیش‌ترین مقدار کل آنتوسیانین‌هایی که از عصاره و تفاله استخراج شد مربوط به زمان ۲۰ دقیقه و دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بود. در این تیمار مقدار آنتوسیانین استخراج شده از عصاره و تفاله به ۱۷۱/۲٦۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی لیتر محلول رسید. این مقدار، اختلاف کاملاً معنی‌داری در سطح ۱ درصد با کلیه تیمارها داشت و کم‌ترین مقدار آنتوسیانین عصاره و تفاله در زمان۱۰ دقیقه و دمای ٤٠°C به میزان ۱۲٤/۸٤۰ mg/100ml دیده شد که با بقیه‌ی تیمارها اختلاف کاملاً معنی‌دار داشت. (شکل ۱۲).

## ٤- نتیجه‌گیری

عصاره‌گیری و استخراج آنتوسیانین به روش‌های معمول، طولانی است و کارایی کمی دارد. در حالی که بیش‌ترین زمانی که برای استخراج در این تحقیق به کار برده شد ۳۰ دقیقه بود. علاوه بر این، در روش‌های متداول از دماهای بالا برای استخراج استفاده می‌شود که در نهایت به افت کمی آنتوسیانین‌ها منجر خواهد شد و کاهش فعالیت‌های آنتی اکسیدانی عصاره را به همراه خواهد داشت. بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین استخراج شده در عصاره با کاربرد امواج فراصوت به دست آمد. هم‌چنین کم‌ترین مقدار آنتوسیانین موجود در تفاله نیز در همین روش، مشاهده شد. جمع‌بندی نتایج فوق بیانگر کارایی امواج فراصوت در فرایند استخراج آنتوسیانین زرشک می‌باشد. بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین در عصاره و تفاله‌ای که با استفاده از امواج فراصوت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۲۰ دقیقه استخراج شده بود به میزان ۱۸۸/۵۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول مشاهده شد. و بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین موجود در تفاله در زمان ۲۰ دقیقه، دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و بدون کاربرد امواج فراصوت حاصل شد. بنابراین، شرایط بهینه‌ی استخراج آنتوسیانین در حضور امواج فراصوت در دمای۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و زمان ۲۰ دقیقه تعیین می‌شود. میزان آنتوسیانین استخراج شده به عواملی چون دما، زمان، نوع حلال و شدت و دامنه امواج فراصوت بستگی دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

**۵- سپاسگزاری**

بدین وسیله از کمک‌های بی‌دریغ جناب آقای دکتر مهرداد نیاکوثری عضو هیات علمی دانشگاه شیراز که در اجرای این طرح پژوهشی زحمات زیادی را متقبل شدند، تشکر و قدردانی می‌شود.

**٦- منابع**

۱- شریفی، ا. توکلی پور، ح. مسکوکی، ع. م. و الهامی راد، ا.ح.۱۳۸۷. بررسی روش‌های استخراج و ارزیابی پایداری رنگ زرشک.*پایان نامه ی کارشناسی ارشد*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار.

۲- مسکوکی، ع. م. ۱۳۷۷. طرح جامع(راهبردی) مطالعاتی اصلاح، بهبود و توسعه‌ی فناوری فرآیند فرآوری زرشک و بسته بندی آن. سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی خراسان.

۳- مسکوکی، ع. م. و مرتضوی، ع.مسکوکی، آ. ۱۳۸٦. بررسی توام فراصوت و قلیا در کاهش زمان خشک کردن انگور و تولید کشمش. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. بهار ۱۳۸٦.

٤ – مسکوکی، ع. م. و مرتضوی، ع. ۱۳۸۰. طرح جامع استراتژیک تولید، تبدیل و توزیع زرشکبی دانه، وزارت صنایع، معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد.

۵- مهماندوست، ن. کدخدایی، ر. و حامد موسویان، م.ت. ۱۳۸۷. بررسی اثر امواج فراصوت بروی آنزیم پکتین متیل استراز از آب پرتقال. هجدهمین کنگره ملی صنایع غذایی. مشهد.

6- Chen , F., sun , Y., Zhao , G., Liao , X., Hu , X., Wu, J. and Wang, Z. 2006. Optimization of ultrasound – assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using HPLC–MS, *Ultrasonics Sonochemistry*. 14 (2007)767 – 778.

7-Vilkhu,K., Mawson,R., Simons, L. and Bates, D. 2007. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry - A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2008)161–169

Archive of SID

www.SID.ir