

مقایسه اثر پیش تیمار فراصوت و مایکروویو در استخراج روغن سویا

محیا حدادی^a، مریم قراچورلو^{b*}، بابک غیائی طرزی^b

^a دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^b دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۴/۱۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۵

چکیده

مقدمه: نیاز مداوم جامعه بشری به استخراج روغن های گیاهی سبب ایجاد پژوهش های زیادی در زمینه معرفی یک فرآیند استخراج کارآمد و اقتصادی شده است. این مطالعه با هدف مقایسه نقش کاربردی امواج اولتراسونیک و مایکروویو به عنوان روش های نوین استخراج، جهت استخراج روغن و همچنین بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن استخراج شده انجام شده است.

مواد و روش ها: در این پژوهش روغن دانه سویا به کمک امواج فراصوت (سه سطح زمانی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه و دو دمای ۲۵ و ۵۰ درجه سلسیوس در حضور و بدون حضور حلال) و مایکروویو به عنوان پیش تیمار حرارتی (در سه سطح زمانی ۱، ۳ و ۵ دقیقه و توان ۱۸۰ وات در حضور و بدون حضور حلال) و سوکسله استخراج شد. راندمان استخراج و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن های بدست آمده مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: در مطالعه حاضر دانه های در تماس با حلال، تیمار شده با امواج فراصوت تحت شرایط دمایی ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۹۰ دقیقه بیشترین راندمان استخراج روغن را داشتند. استفاده از پیش تیمار فراصوت رنگدانه های روغن را نسبت به دو روش دیگر افزایش داد و نسبت به استخراج با پیش تیمار مایکروویو تاثیر کمتری بر روی افزایش اندیس اسیدی و پراکسید روغن گذاشت.

نتیجه گیری: پیش تیمار فراصوت بیش از پیش تیمار مایکروویو و هر یک از آنها به تنهایی توانایی بالاتری در استخراج روغن دانه سویا نسبت به روش سوکسله داشتند. ضمناً روش استخراج به کمک فراصوت یا مایکروویو اثر نامطلوبی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی روغن دانه سویا نمی گذارد.

واژه های کلیدی: امواج فراصوت، امواج مایکروویو، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، روغن سویا، راندمان استخراج

مقدمه

سویا با نام علمی *Glycine max* یکی از گیاهان قدیمی و بومی شرق آسیا است که به تنهایی تقریباً ۵۰ درصد تولید دانه‌های روغنی جهان را به خود اختصاص داده است. روغن سویا مهمترین روغن نباتی است که در جهان تولید می‌شود (Wang & Johnson, 2001). وجود مقدار نسبتاً زیاد اسید لینولنیک با سه پیوند دوگانه پایداری روغن را در برابر اکسیداسیون کاهش داده و باعث تغییر طعم و ایجاد بوی نامطلوب در محصول نهایی می‌گردد که این امر فساد تدریجی روغن را به همراه داشته و زمان ماندگاری آن را به شدت کاهش می‌دهد (Wang & Johnson, 2001).

برای دستیابی به روغن سویا از روش‌های گوناگون روغن‌کشی استفاده می‌شود که در این میان استخراج به روش حلال و همچنین روش مکانیکی (پرس گرم و سرد) از روش‌های معمول استخراج می‌باشند (Dunnuck, 1991). این روش‌های سنتی دستیابی به ترکیبات طبیعی گیاهان معایبی مانند اتلاف، بازده پایین، زمان استخراج طولانی، تخریب ترکیبات غیراشباع و احتمال باقیماندن حلال سمی را به دنبال دارد (Mason, et al., 1996). روش‌های نوین استخراج علاوه بر حفظ خصوصیات کیفی، معمولاً سریع‌تر و ارزان‌تر می‌باشند. مزایای استفاده از این روش‌ها شامل سرعت بالا و انرژی موثر استخراج بیشتر، انتقال جرم بیشتر، گرادیان حرارتی کمتر، زمان استخراج کوتاه‌تر و کاهش استفاده از حلال‌های آلی سمی می‌باشد. مصرف روزافزون دانه سویا، به‌عنوان گیاه استراتژیک قرن، صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای جداسازی روغن از این دانه ارزشمند را ضروری می‌نماید. از روش‌های مدرن در جداسازی روغن بوسیله حلال از دانه سویا، استفاده از فرآیند اولتراسونیک و مایکروویو می‌باشد، که نتیجه آن کاهش مصرف درصد قابل توجهی از انرژی می‌باشد (Demirdöven & Baysal, 2008).

امواج فراصوت که بر اساس کاربرد به دو نوع تشخیصی (با فرکانس بالا، ۱۰-۲۰ مگاهرتز) و پر قدرت (فرکانس پایین، ۵۰۰-۲۰ کیلوهرتز) تقسیم می‌شوند، از طریق پدیده حرره‌زایی (کاویتاسیون) سبب کوچک‌تر شدن اندازه ذرات می‌شوند. تاثیرات امواج فراصوت به کاویتاسیون منظم و نامنظم نسبت داده می‌شود (Luque-Garcia & De Castro, 2003). از هم پاشیدن حباب‌های کاویتاسیون

گرمای موضعی شدید و فشار بالایی تولید می‌کند. این تنش‌ها و از هم پاشیدن مکرر حباب‌ها به دیواره مواد آسیب می‌رساند. این آسیب‌های شدید، تنش‌های مکانی و زودگذری را بر سطح ذرات تحمیل می‌کنند و در نهایت به قطعه قطعه شدن ذرات می‌انجامد. امواج فراصوت، مراحل فرآیند استخراج یعنی تورم بافت به منظور جذب حلال و نیز خروج ترکیبات از بافت به حلال را از طریق ایجاد تخلخل و منافذ در دیواره سلول هوا و بهبود انتشار و انتقال جرم تسهیل و تسریع می‌کنند. از این رو استفاده از این امواج در استخراج ترکیبات مختلف از بافت‌های گیاهی، راندمان عمل و سرعت فرآیند استخراج را افزایش داده و مصرف حلال را کاهش می‌دهد. در همین رابطه گزارش شده که استخراج روغن از دانه کلزا با کمک امواج فراصوت با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد. از سوی دیگر مشخص شده که نوع حلال راندمان استخراج با امواج فراصوت را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Romdhane & Gourdon, 2002).

استخراج با کمک امواج مایکروویو براساس جذب انرژی مایکروویو توسط مولکول‌های قطبی ترکیبات شیمیایی است. انرژی جذب شده با ثابت دی الکتریک جسم متناسب است، که موجب چرخش دو قطبی در میدان الکتریکی می‌شود (معمولاً ۴۵/۲ گیگاهرتز). استخراج در دمای بین ۱۵۰ تا ۱۹۰ درجه سلسیوس انجام می‌شود. حلال گرم امکان استخراج سریع آنالیت‌های پایدار حرارتی را فراهم می‌سازد. این روش برای استخراج آنالیت‌های ناپایدار حرارتی کم قطبی نیز بکار می‌رود (Kaufmann & Christen, 2002).

اگر چه اثر هریک از تیمارهای فراصوت و مایکروویو بطور جداگانه بر راندمان استخراج روغن سویا بررسی شده است اما براساس مطالعه صورت گرفته تاکنون مقایسه‌ای بین این دو پیش تیمار جهت استخراج روغن دانه سویا انجام نگرفته است. لذا هدف از این تحقیق مشخص نمودن نقش کاربردی و مقایسه دو پیش تیمار اولتراسونیک و مایکروویو به‌عنوان روش‌های نوین استخراج، جهت استخراج روغن و همچنین بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن استخراج شده با استفاده از دو پیش تیمار اولتراسونیک و مایکروویو می‌باشد.

مواد و روش‌ها

- مواد

نمونه دانه سویا مربوط به استان گلستان با وارسته کتول

استفاده از دستگاه تبخیر کننده دوار، حلال موجود تبخیر گردید و درصد روغن و راندمان استخراج تعیین شد.

- آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

پس از استخراج روغن آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی روی روغن سویای بدست آمده انجام گردید. عدد پراکسید به روش یدومتری و مطابق استاندارد AOCS با شماره Cd-853 از طریق تیتراسیون روغن به وسیله تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال در حضور یدید پتاسیم و معرف چسب نشاسته مورد سنجش قرار گرفت (Firestone, 1994).

برای تعیین عدد صابونی از روش AOCS به شماره CD-3-25 استفاده شد و نتایج حاصله به صورت mg KOH/g oil گزارش شد (Firestone, 1994).

عدد یدی به روش هانوس اندازه‌گیری و برحسب گرم ید مصرفی در ۱۰۰ گرم روغن گزارش شد (Weaver & Daniel, 2003).

اندیس اسیدی طبق استاندارد AOAC شماره ۹۴۰/۲۸ و از طریق تیتراسیون روغن به وسیله هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال در حضور معرف فنل فتالین اندازه‌گیری شد. تعیین رنگ با هدف بررسی تغییر رنگ احتمالی در نتیجه پیش تیمار میکروویو و اولتراسونیک با استفاده از دستگاه لایویند Tintometer مدل Wsl-2 با سل یک اینچی و مطابق با استاندارد AOCS با شماره CeBe-۹۲ انجام شد.

مقدار کلروفیل براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۵۹۵۲ توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج‌های ۶۳۰، ۶۷۰ و ۷۱۰ نانومتر تعیین گردید (Pokorny et al., 1995). مقدار کاروتنوئید براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۶۶۸۶ توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در معرض طول موج ۴۵۵ نانومتر تعیین گردید.

تعیین ترکیب اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۳۱۲۶ انجام شد. به این ترتیب که ابتدا نمونه روغن توسط پتاس متانولی ۲ مولار متیله شد، سپس متیل استرها به روش گاز کروماتوگرافی مطابق روش استاندارد AOCS به شماره Cele-91 شناسایی شدند (Ahmadi et al., 2016). دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل 6000SERIES

DPX از شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی تهیه گردید. تمام مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

- آماده‌سازی دانه‌ها

پس از جداسازی مواد خارجی نمونه آسیاب شده و در دمای یخچال نگهداری شد. قبل از انجام آزمایش‌های اصلی درصد رطوبت دانه‌ها براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۸۰۳۴ به روش آون ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت با ۳ تکرار تعیین شد.

- تیمار دانه‌ها با امواج فراصوت

در این روش انرژی امواج فراصوت در استخراج روغن به کار گرفته شد. به این ترتیب که از دستگاه اولتراسوند مدل WiseClean با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز استفاده شد. در این روش دانه‌های آسیاب شده سویا با نسبت دانه به حلال ۱ به ۳ با حلال پترولیوم اتر مخلوط شدند و در ۳ بازه زمانی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه و ۲ دمای ۲۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد تحت تیمار فرا صوت قرار گرفتند، همین شرایط زمانی و دمایی فراصوت برای دانه‌های آسیاب شده بدون اختلاط با حلال نیز بکار گرفته شد.

- تیمار دانه‌ها با امواج میکروویو

در این روش انرژی امواج میکروویو در استخراج روغن به کار گرفته شد. به این ترتیب که، از میکروویو مدل Microsynth ساخت شرکت Milestonesrl آمریکا با طول موج ۲۴۵۰ مگا هرتز، توان ۱۸۰ وات استفاده شد و دانه‌های آسیاب شده سویا با نسبت ۱ به ۳ دانه به حلال پترولیوم اتر در ظروف شیشه‌ای یکسان ریخته شدند و به مدت زمان‌های ۱، ۳ و ۵ دقیقه تحت امواج میکروویو قرار گرفتند. همین شرایط عینا برای دانه‌های آسیاب شده بدون اختلاط با حلال نیز بکار گرفته شد.

- استخراج روغن

استخراج روغن از نمونه شاهد (دانه‌های آسیاب شده سویا بدون پیش تیمار) و دانه‌های سویای پیش تیمار شده با امواج اولتراسونیک یا میکروویو به روش سوکسله توسط حلال پترولیوم اتر به مدت ۴ ساعت انجام شد. سپس با

مقایسه اثر پیش تیمار فراصوت و مایکروویو در استخراج روغن سویا

تاثیر تیمارهای مختلف در ۳ تکرار به صورت کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها در سطح معنی‌دار ۰/۰۱ به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. نرم‌افزار spss برای مدیریت داده‌ها و تحلیل آماری نتایج به کار برده شد.

یافته‌ها

جدول ۱ راندمان استخراج و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (اندیس اسیدی، اندیس پراکسید، مقدار کلروفیل و کاروتنوئید) روغن سویا تحت پیش تیمار فراصوت را نشان می‌دهد. جدول ۲ راندمان استخراج و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (اندیس اسیدی، اندیس پراکسید، مقدار کلروفیل و کاروتنوئید) روغن سویا تحت تیمار مایکروویو را نشان می‌دهد.

مجهز به دتکتور FID جهت بررسی پروفایل اسیدهای چرب مورد استفاده قرار گرفت. ستون با نام SPB-Octyl با ابعاد $60\text{ m} \times 0.25\text{ m} \times 0.25\text{ }\mu\text{m}$ بود. دمای بخش تزریق نمونه ۲۵۰ درجه سلسیوس و دمای دتکتور ۲۸۰ درجه سلسیوس بود و از شیب دمایی در آن استفاده شد. به این ترتیب که دمای ابتدایی $150\text{ }^\circ\text{C}$ و توقف ۱۰ دقیقه‌ای و سپس با شیب $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ به دمای $190\text{ }^\circ\text{C}$ رسید و توقف در این دما ۲۰ دقیقه بود. از مقایسه پیک نمونه با پیک استاندارد و براساس Relative Retention Time پیک‌ها، نوع اسیدهای چرب شناسایی شد و مقدار اسید چرب با محاسبه سطح زیر منحنی پیک‌های حاصله، تعیین گردید.

- تجزیه و تحلیل آماری

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن سویا تحت پیش تیمار اولتراسونیک* در دما و زمان مختلف**

تیمارها	راندمان استخراج روغن (%)	اندیس اسیدی	اندیس پراکسید (meq / kg)	مقدار کلروفیل (ppm)	کاروتنوئید (ppm)
شاهد	$17/31 \pm 0/11^C$	$0/28 \pm 0/03^A$	$12 \pm 0/06^A$	$0/55 \pm 0/09^D$	$99/26 \pm 13/5^E$
us 25-30	$17/42 \pm 1/76^{BC}$	$0/31 \pm 0/02^{AB}$	$1/18 \pm 0/5^A$	$0/85 \pm 0/8^{BC}$	$260/76 \pm 34/32^{BC}$
Us 25-60	$17/56 \pm 0/35^{BC}$	$0/40 \pm 0/05^{ABCD}$	$1/24 \pm 0/57^A$	$0/71 \pm 0/12^{BCD}$	$198/27 \pm 17/15^D$
Us 25-90	$17/62 \pm 0/45^{BC}$	$0/44 \pm 0/14^{ABC}$	$1/39 \pm 0/14^{AB}$	$0/57 \pm 0/07^D$	$187/20 \pm 11/33^D$
us-so 25-30	$17/98 \pm 0/19^{ABC}$	$0/40 \pm 0/02^{ABCD}$	$1/45 \pm 0/07^{AB}$	$1/26 \pm 0/23^A$	$312/72 \pm 20/31^A$
us-so 25-60	$18/06 \pm 0/15^{AB}$	$0/43 \pm 0/08^{ABCD}$	$1/59 \pm 0/14^{ABC}$	$0/96 \pm 0/07^B$	$253/79 \pm 12/52^C$
us-so 25-90	$18/25 \pm 0/34^{AB}$	$0/55 \pm 0/06^{CD}$	$1/66 \pm 0/1^{ABC}$	$0/62 \pm 0/17^{CD}$	$241/59 \pm 10/45^C$
Us 30-50	$17/50 \pm 0/31^{BC}$	$0/34 \pm 0/1^{ABC}$	$1/78 \pm 0/26^{BCD}$	$0/73 \pm 0/13^{BCD}$	$239/08 \pm 13/49^C$
Us 50-60	$17/64 \pm 0/46^{BC}$	$0/45 \pm 0/2^{ABCD}$	$1/83 \pm 0/15^{BCD}$	$0/63 \pm 0/17^{CD}$	$178/93 \pm 14/61^D$
Us 50-90	$17/87 \pm 0/92^{ABC}$	$0/50 \pm 0/09^{BCD}$	$1/98 \pm 0/18^{CD}$	$0/51 \pm 0/1^D$	$165/39 \pm 15/54^D$
us-so 30-50	$18/18 \pm 0/46^{AB}$	$0/48 \pm 0/12^{ABCD}$	$2/00 \pm 0/3^{CD}$	$0/95 \pm 0/17^B$	$293/70 \pm 45/67^{AB}$
us-so 50-60	$18/27 \pm 0/38^{AB}$	$0/53 \pm 0/06^{CD}$	$2/18 \pm 0/54^D$	$0/86 \pm 0/09^{BC}$	$237/14 \pm 10/13^C$
us-so 90-50	$18/50 \pm 0/7^A$	$0/60 \pm 0/17^D$	$2/25 \pm 0/11^D$	$0/49 \pm 0/13^D$	$202/18 \pm 11/37^D$

ارقام دارای حروف یکسان در هرستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P < 0.05$).
* منظور از us پیش تیمار اولتراسونیک و منظور از us-so پیش تیمار اولتراسونیک در حضور حلال است.
** دما و زمان‌های مختلف بصورت (25-30، 25-60، 25-90، 50-30، 50-60، 50-90) مشخص شده است.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن سویا تحت پیش تیمار مایکروویو در زمان‌های متفاوت*

تیمارها	راندمان استخراج روغن (%)	اندیس اسیدی (Mg/NaOH)	اندیس پراکسید (meq / kg)	مقدار کلروفیل (ppm)	کاروتنوئید (ppm)
شاهد	$17/13 \pm 0/11^A$	$0/28 \pm 0/03^A$	$1/2 \pm 0/06^A$	$0/55 \pm 0/09^B$	$99/26 \pm 13/5^E$
mw 1	$17/15 \pm 0/26^A$	$0/36 \pm 0/12^{AB}$	$1/39 \pm 0/17^A$	$0/72 \pm 0/11^B$	$154/59 \pm 13/76^{ABC}$
mw3	$17/18 \pm 0/33^A$	$0/43 \pm 0/07^{ABC}$	$2/25 \pm 0/31^B$	$0/69 \pm 0/07^B$	$135/58 \pm 7/59^{CD}$
mw 5	$17/23 \pm 0/28^A$	$0/54 \pm 0/1^{BC}$	$2/78 \pm 0/11^{BC}$	$0/62 \pm 0/11^B$	$129/79 \pm 18/18^D$
mw-so 1	$17/21 \pm 0/37^A$	$0/43 \pm 0/15^{ABC}$	$1/60 \pm 0/15^A$	$0/95 \pm 0/08^A$	$171/80 \pm 14/11^A$
mw-so 3	$17/28 \pm 0/43^A$	$0/52 \pm 0/08^{BC}$	$2/39 \pm 0/07^B$	$0/69 \pm 0/07^B$	$165/93 \pm 5/41^{AB}$
mw-so 5	$17/34 \pm 0/14^A$	$0/62 \pm 0/09^C$	$2/98 \pm 0/66^C$	$0/57 \pm 0/06^B$	$143/01 \pm 11/16^{BCD}$

* زمان بکار رفته جهت پیش تیمار مایکروویو بصورت (۱، ۳، ۵) نشان داده شده است. منظور از mw پیش تیمار مایکروویو و منظور از mw-so تیمار مایکروویو در حضور حلال است. ارقام دارای حروف یکسان در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p < 0.05$).

منافذ در دیواره سلول‌ها و بهبود انتشار و انتقال جرم توسط امواج فراصوت باشد. با افزایش دما در زمان ثابت نیز راندمان افزایش یافته است، دلیل این موضوع را اینگونه می‌توان بیان کرد که با افزایش دما ویسکوزیته روغن کاهش پیدا کرده است و خروج آن راحت‌تر صورت گرفته است. تفاوت بین تیمارهای مختلف فراصوت معنی‌دار نبود ($P > 0.05$) ولی اختلاف آماری معنی‌داری با نمونه شاهد ملاحظه گردید ($p < 0.05$). نتایج تحقیق حاضر با نتایج Tian و همکاران در سال ۲۰۱۳ مطابقت دارد.

جدول ۳ تغییرات ترکیب اسیدهای چرب در نمونه‌های پیش تیمار شده با فراصوت و مایکروویو را نشان می‌دهد. جدول ۴ تغییرات اندیس یدی، اندیس صابونی و رنگ را در روغن تحت دو پیش تیمار فراصوت و مایکروویو نشان می‌دهد.

بحث

با توجه به جدول ۱ راندمان استخراج روغن با پیش تیمار فراصوت با افزایش زمان در دماهای مختلف افزایش یافته است. دلیل این امر می‌تواند بدلیل ایجاد تخلخل و

جدول ۳- تغییرات ترکیب اسیدهای چرب در نمونه های پیش تیمار شده با فراصوت و مایکروویو (درصد)

تیمار	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	دیگر اسیدهای چرب
شاهد	۱۳/۲۷	۴/۳۴	۲۵/۸۲	۴۳/۱۳	۸/۴۵	۱/۹۹
نمونه A	۱۱/۶۵	۴/۲۱	۲۵/۳۵	۴۵/۶۶	۹/۳۹	۳/۷۴
نمونه B	۱۰/۲۲	۴/۲۶	۲۵/۹۲	۴۶/۸۵	۹/۸۳	۲/۹۲
نمونه C	۱۶/۶۲	۳/۷۴	۲۳/۳۸	۴۳/۹۱	۹/۸۳	۳/۳۵
نمونه D	۱۱/۸۵	۴/۰۴	۲۴/۸۴	۴۷/۷۱	۴/۹	۲/۱۶
نمونه E	۱۵/۴۰	۴/۲۸	۲۵/۱۸	۴۳/۴۷	۸/۸۶	۲/۵۵
نمونه F	۱۳/۳۸	۴/۰۴	۵۲/۲	۴۶/۴۵	۹/۲۷	۱/۶۶

۴۱

نمونه A = نمونه پیش تیمار شده با فراصوت (۲۵ درجه سلسیوس، زمان ۹۰ دقیقه و دانه بدون تماس با حلال)، نمونه B = نمونه پیش تیمار شده با فراصوت (دمای ۲۵ درجه سلسیوس، زمان ۹۰ دقیقه و دانه در تماس با حلال)، نمونه C = نمونه پیش تیمار شده با فراصوت (دمای ۵۰ درجه سلسیوس، زمان ۹۰ دقیقه و دانه بدون تماس با حلال)، نمونه D = نمونه پیش تیمار شده با فراصوت (دمای ۵۰ درجه سلسیوس، زمان ۹۰ دقیقه و دانه در تماس با حلال)، نمونه E = نمونه پیش تیمار شده با مایکروویو (زمان ۵ دقیقه، توان ۱۸۰ وات و دانه بدون تماس با حلال)، نمونه F = نمونه پیش تیمار شده با مایکروویو (زمان ۵ دقیقه، توان ۱۸۰ وات و دانه در تماس با حلال).

جدول ۴- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه های پیش تیمار شده با اولتراسونیک (دما و زمان مختلف) و مایکروویو (دماهای مختلف)*

تیمار	اندیس یدی (g I2/100g oil)	اندیس صابونی (mg KOH/g oil)	رنگ زرد (لاویباند)	رنگ قرمز (لاویباند)
شاهد	۱۲۴/۷۴۰	۱۹۴/۶۸۳	۹/۹	۳/۱
us 25-90	۱۲۵/۸۴۰	۱۹۴/۵۸۳	۴۰/۹	۱
us-so 25-90	۱۲۹/۸۲۸	۱۸۹/۸۶۶	۵۰	۲
us 50-90	۱۲۰/۲۴	۱۹۵/۶۸۱	۱۰	۲
us-so 50-90	۱۲۸/۹۱۳	۱۹۱/۶۷۵	۲۰	۲
mw 5-180	۱۲۶/۷	۱۹۳/۳۹۲	۵۰	۲
mw-so 5-180	۱۲۱/۹	۱۹۴/۰۵	۶۰	۲

* دما و زمان های مختلف در پیش تیمار اولتراسونیک بصورت 25-90 و 0-90 در جدول مشخص شده است. منظور از mw پیش تیمار مایکروویو و منظور از mw-so پیش تیمار مایکروویو در حضور حلال است. منظور از us پیش تیمار اولتراسونیک و منظور از us-so پیش تیمار اولتراسونیک در حضور حلال است.

در پیش تیمار مایکروویو همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در تمام تیمارها راندمان استخراج بالاتر از شاهد است، ممکن است به این دلیل باشد که در تیمار با مایکروویو نمونه‌ها در معرض امواج آن را جذب کرده حرارت ایجاد شده فشار در دیواره سلولی بالا می‌برد و موجب گسیختگی و پاره شدن سلول می‌گردند و ترکیبات راحت تر به درون حلال وارد می‌شوند. با افزایش زمان در تمام تیمارها (در حضور حلال و در عدم حضور حلال) راندمان افزایش یافته است. بالاترین راندمان در زمان ثابت در تیمارهایی حاصل شده که در حضور حلال در معرض امواج قرار گرفته‌اند. از نظر آماری بین تیمارها هیچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$) و هر ۶ تیمار از اثر گذاری یکسانی برخوردار بودند. این نتایج با درصد روغن به دست آمده از نمونه شاهد نیز تفاوت معنی‌داری نداشتند. می‌توان نتیجه گرفت که دلیل آن استفاده از حلال غیر قطبی (پترولیوم اثر) در این تحقیق بوده است. نتایج بدست آمده با گزارشات Romanik و همکاران در سال ۲۰۰۸ منطبق است.

طبق جدول ۲ در تمام تیمارها با افزایش زمان حرارت دهی، اندیس پراکسید افزایش یافته است که می‌توان دلیل آن را اینگونه توضیح داد که با افزایش زمان، اسیدهای چرب غیراشباع موجود در روغن اکسیژن بیشتری جذب کرده و در نتیجه عدد پراکسید بیش‌تر می‌شود. مقادیر اندیس پراکسید در نمونه‌های مختلف با پیش تیمار ماکروویو دارای اختلاف معنی‌دار بوده است. این بدان معناست که این تیمارها از اثرگذاری متفاوتی برخوردار بوده‌اند. نتایج بدست آمده با گزارش Hassaneini و همکاران در سال ۲۰۰۳ منطبق است.

میزان کلروفیل برای نمونه‌های تیمار شده با مایکروویو در زمان‌ها و دماهای اولیه بیشتر بوده و با افزایش زمان و دما این میزان کاهش یافته است. که این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که در نمونه‌های تیمار شده آنزیم کلروفیلاز وجود دارد اما در دماهای پائین این آنزیم فعال نیست بنابراین نمی‌تواند باعث جدا شدن قسمت فیتول از کلروفیل شود (Jiménez et al. 2007). تیمار روغن با پیش تیمار ماکروویو (دانه در حضور حلال) در زمان ۱ دقیقه و توان ۱۸۰ وات دارای بیشترین مقدار کلروفیل بوده و با سایر تیمارها و نمونه شاهد دارای تفاوت آماری

دما در پیش تیمار فراصوت منجر به مقداری هیدرولیز شده که کمی افزایش در اندیس اسیدی ملاحظه می‌گردد. در تمام تیمارها با افزایش دما و زمان اندیس اسیدی افزایش یافته است که می‌تواند به دلیل شکستن اتصالات استری ناشی از حرارت دهی در زمان‌های طولانی باشد. تفاوت میان نمونه‌ها با پیش تیمار فراصوت معنی‌دار بود و نمونه روغن با پیش تیمار فراصوت (دانه بدون حلال) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و زمان ۳۰ دقیقه دارای کمترین عدد اسیدی بود ($P < 0.05$) در این رابطه نتایج Bruhn در سال ۱۹۹۵ منطبق بر نتایج حاضر و مشاهدات Li و همکاران در سال ۲۰۱۲ مغایر با نتایج این مطالعه بود. با افزایش دما و زمان حرارت دهی اندیس پراکسید نیز افزایش یافت که می‌تواند به دلیل اکسیداسیون و خصوصا کاپیتاسیون باشد. اندیس پراکسید نمونه‌های مختلف با پیش تیمار فراصوت دارای تفاوت معنی‌دار بودند ($p < 0.05$). نتایج بدست آمده با نتایج Mason و Povey در سال ۱۹۹۸ منطبق بود.

با افزایش دما و زمان در تیمار فراصوت میزان کلروفیل کاهش یافته است و میزان آن در دماهای پائین بالاتر است که به نظر می‌رسد ممکن است به علت حرارت، تغییر در کلروفیل موجود صورت گرفته و مقدار ایزومرهای آن مثل فنوفتین افزایش یافته است. بالاترین میزان کلروفیل در دماهای ثابت در تیمارهایی حاصل شده است که در زمان‌های پائین‌تر و در حضور حلال در برابر امواج قرار گرفته‌اند. تیمار روغن با پیش تیمار فراصوت (دانه در حضور حلال) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و زمان ۳۰ دقیقه دارای بیشترین مقدار کلروفیل (۲۶ / ۱ میلی‌گرم فنوفتین آ بر کیلوگرم) بوده و با تمامی تیمارها و نمونه شاهد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد ($P < 0.05$). در این زمینه Jiménez و همکاران در سال ۲۰۰۷ گزارش کردند که پیش تیمار اولتراسونیک با قدرت بالا میزان کلروفیل را افزایش می‌دهد.

میزان کاروتنوئید با افزایش دما و زمان حرارت دهی کاهش پیدا کرده است. بالاترین میزان کاروتنوئید در دماهای ثابت در تیمارهایی حاصل شده است که در زمان‌های پائین‌تر و در حضور حلال در برابر امواج قرار گرفته‌اند. نمونه‌های مختلف با پیش تیمار فراصوت و نمونه شاهد دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشد ($P < 0.05$).

روغن و در نتیجه کیفیت بالای آن می‌باشد. (گرچی و همکاران، ۱۳۹۵).

رنگ قرمز در تمام نمونه‌های پیش تیمار شده با فراصوت تقریباً ثابت است و نسبت به نمونه شاهد مقدار کمی (۳,۳ واحد لایواند) کاهش یافته است. در تمام تیمارها رنگ روغن نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته و تیره‌تر شده است. این موضوع می‌تواند به دلیل پدیده حفره‌زایی در فراصوت باشد که باعث می‌شود دیواره سلولی و بافت‌های گیاهی تخریب شده و رنگدانه‌های بیشتری به داخل روغن وارد شوند. با افزایش دما، رنگ روغن بین نمونه‌های پیش تیمار شده کاهش یافته و روشن‌تر شده است که دلیل آن می‌تواند تخریب رنگدانه‌ها در اثر افزایش دما باشد (Gang et al., 2000).

تیمار روغن با پیش تیمار مایکروویو (دانه با حلال)، زمان ۵ دقیقه و توان ۱۸۰ وات دارای بیشترین میزان زردی است که با نمونه شاهد (۹/۹ واحد لایواند) بیشترین اختلاف را نشان داده است و رنگ آن تیره‌تر شده است. این افزایش میزان رنگ را می‌توان به گسیختگی بافت‌های گیاهی در طول تیماردهی نسبت داد (Zhang et al., 2008).

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که استخراج با پیش تیمار فراصوت راندمان بالاتری را نسبت به استخراج با پیش تیمار مایکروویو و استخراج با سوکسله بدون استفاده از پیش تیمار حرارتی ایجاد می‌کند. همچنین استفاده از پیش تیمار فراصوت میزان رنگدانه‌های روغن را نسبت به دو روش فوق افزایش داده است و نسبت به استخراج با پیش تیمار مایکروویو تاثیر کمتری بر روی افزایش اندیس اسیدی و پراکسید روغن گذاشته است ولی نسبت به روش استخراج با سوکسله بدون پیش تیمار حرارتی تاثیر آن بر روی افزایش این اندیس‌ها بیشتر بوده است.

منابع

گرچی، ن، گلمکانی، م، مصباحی، غ، نیاکوثری، م. و مزیدی، س. (۱۳۹۵). بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

معنی‌داری است ($P < 0.05$). و در واقع بیشترین کارایی و اثر را در مقدار کلروفیل داشته است.

به‌طور کلی میزان رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنوئید در تیمارهای فراصوت و مایکروویو نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته‌اند در این رابطه Stanley و Aguilera در سال ۱۹۹۹ گزارش کردند که حرارت دهی با مایکروویو موجب تبخیر آب از ساختار مواد گیاهی و افزایش فشار در محیط داخلی می‌گردد که این مسئله می‌تواند سبب تجزیه مواد و گسیختگی غشاء گردد.

تفاوت در مقادیر کاروتنوئید نمونه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو همانند مقادیر کلروفیل معنی‌دار بود. در این مورد Li و همکاران در سال ۲۰۰۴ نتایج مشابهی را گزارش کردند.

با توجه به جدول ۳ در ترکیب اسیدهای چرب نمونه‌های پیش تیمار شده با فراصوت و نمونه شاهد تفاوتی ایجاد نشده است به جز نمونه تیمار شده با فراصوت تحت شرایط دمایی ۵۰ درجه سلسیوس، زمان ۹۰ دقیقه و دانه بدون حلال که در این نمونه نسبت اسیدهای چرب اشباع افزایش یافته و غیراشباع‌ها کاهش یافته است که می‌توان گفت به دلیل زیاد شدن دما و افزایش زمان در این تیمار، غیراشباع‌ها اکسید شده‌اند و نسبت آن‌ها کاهش یافته است و نسبت اسیدهای چرب اشباع بالاتر رفته است. با توجه به این نتایج می‌توان پی‌برد که امواج فراصوت تغییر محسوسی در درصد ترکیب اسیدهای چرب در نتیجه موج دهی در نمونه‌های روغن ایجاد نکرده است که با نتایج تحقیق Khan و Chemat (۲۰۱۱) و Zhang و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد.

نتایج به دست آمده از جدول ۴ نشان می‌دهد که اعداد به دست آمده برای مقادیر اندیس یدی برای نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد تفاوت زیادی ندارند و با نتایج Li و همکاران در سال ۲۰۱۲ مطابقت دارد.

مقادیر اندیس صابونی نمونه‌های پیش تیمار شده با فراصوت تفاوت معنی‌داری را بین نمونه‌ها و نمونه شاهد نشان نمی‌دهد. بالاتر بودن اندیس صابونی ممکن است به این دلیل باشد که ترکیبات گلیسریدی موجود در روغن به سرعت با KOH واکنش داده و صابونی می‌شوند که این امر نشان دهنده پائین بودن ترکیبات غیرگلیسریدی در

indigotica Fort. Industrial crops and products, 35(1), 98-104.

Luque-Garcia, J. & De Castro, M. L. (2003). Ultrasound: a powerful tool for leaching. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22(1), 41-47.

Mason, T., Paniwnyk, L. & Lorimer, J. (1996). The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics sonochemistry*, 3(3), S253-S260.

Pokorny, J., Kalinova, L. & Dyssele, P. (1995). Determination of chlorophyll pigments in crude vegetable oils: Results of a collaborative study and the standardized method (Technical Report). *Pure and applied chemistry*, 67(10), 1781-1787.

Povey, M. & Mason, T. (1998). *Ultrasound in Food Processing*. London, Blackie Academic & Professional.

Romanik, G., Gilgenast, E., Przyjazny, A. & Kamiński, M. (2007). Techniques of preparing plant material for chromatographic separation and analysis. *Journal of biochemical and biophysical methods*, 70(2), 253-261.

Romdhane, M. & Gourdon, C. (2002). Investigation in solid-liquid extraction: influence of ultrasound. *Chemical Engineering Journal*, 87(1), 11-19.

Tian, Y., Xu, Z., Zheng, B. & Lo, Y. M. (2013). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil. *Ultrasonics sonochemistry*, 20(1), 202-208.

Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L. & Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 161-169.

Wang, T. & Johnson, L. A. (2001). Survey of soybean oil and meal qualities produced by different processes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(3), 311-318.

Weaver, C. M. & Daniel, J. R. (2003). *The food chemistry laboratory: a manual for experimental foods, dietetics, and food scientists*. CRC Press.

Zhang, Z. S., Wang, L. J., Li, D., Jiao, S. S., Chen, X. D. & Mao, Z. H. (2008). Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed. *Separation and Purification Technology*, 62(1), 192-198.

روغن دانه نارنج استخراج شده به روش‌های مختلف. علوم و صنایع غذایی ایران، دوره ۱۳، شماره ۵۴، صفحات ۱۳۳-۱۲۱.

Aguilera, J. M. & Stanley, D. W. (1999). *Microstructural principles of food processing and engineering*. Springer Science & Business Media.

Ahmadi, H., Noroozy, J., Farhoodi, M., Mohammad, M. & Rahmatzadeh, B. (2016). Extraction and Physicochemical Properties of Salicornia (*Salicornia persica* Akhane sub sp. *Rudshurensis* Akhane) Oil. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 11(1), 67-74.

Bruhn, C. M. (1995). Consumer attitudes and market response to irradiated food. *Journal of Food Protection*, 58(2), 175-181.

Chemat, F. & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics sonochemistry*, 18(4), 813-835.

Demirdöven, A. & Baysal, T. (2008). The use of ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Reviews International*, 25(1), 1-11.

Dunnuck, J. (1991). NTP technical report on the toxicity studies of n-Hexane in B6C3F1 Mice (Inhalation Studies)(CAS No. 110-54-3). Toxicity report series, 2, 1-32.

Firestone, D. (1994). *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. AOCS press.

Gang, X., Hong, Z. & Jian, H. (2000). Leaching method of flavone from bamboo leaves. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 28(7), 857-859.

Hassanein, M. M., El-Shami, S. M. & El-Mallah, M. H. (2003). Changes occurring in vegetable oils composition due to microwave heating. *Grasas y aceites*, 54(4), 343-349.

Jiménez, A., Beltrán, G. & Uceda, M. (2007). "High-power ultrasound in olive paste pretreatment. Effect on process yield and virgin olive oil characteristics." *Ultrasonics sonochemistry*, 14(6), 725-731.

Kaufmann, B. & Christen, P. (2002). Recent extraction techniques for natural products: microwave-assisted extraction and pressurised solvent extraction. *Phytochemical analysis*, 13(2), 105-113.

Li, T., Qu, X. Y., Zhang, Q. A. & Wang, Z. Z. (2012). Ultrasound-assisted extraction and profile characteristics of seed oil from *Isatis*

Comparative Study of the Effects of Ultrasound and Microwave Treatments on Soybean Oil Extraction

M. Haddadi^a, M. Gharachorloo^{b*}, B. Ghiassi Tarzi^b

^a M. Sc. Graduated of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^b Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 4 February 2018

Accepted: 8 July 2018

Abstract

∞

Introduction: The continuous need of human society to extract vegetable oils has led to many studies on the introduction of a more efficient and economical extraction process. The purpose of this study is to determine the effect of ultrasonic and microwave applications as new methods for extracting oil and also studying the physicochemical properties of the extracted oil using two ultrasonic and microwave pre-treatments.

Materials and Methods: In this study, soybean oil was extracted by ultrasound at three different time intervals of 30, 60 and 90 minutes, and two different temperatures of 25 and 50 °C in the presence and absence of solvent. Microwave was also applied as heat pre-treatment at three different time intervals of 1, 3 and 5 minutes, and 180 watts in the presence and absence of solvent. Soxhlet method was applied as a mean to extract the oil. The physicochemical properties of the extracted oils were studied.

Results: In the present study, the ultrasound treated samples had the highest effect on oil extraction efficiency at 50 °C for 90 minutes by solvent-treated seeds, and this effect was significant ($p < 0.05$). Ultrasound pretreatment increased oil pigments extraction in comparison with other methods and had less effect on acidity and peroxide values than microwave pretreatment.

Conclusion: Microwave preheating and ultrasound were superior to Soxhlet's method alone in the extraction efficiency of soybean oil, and ultrasound pre-treatment showed the best results. Additionally, the microwave and ultrasound extraction methods did not have adverse effects on physicochemical characteristics of soybean oil.

Keywords: *Extraction Efficiency, Microwave Waves, Physical and Chemical Properties, Soybean Oil, Ultrasonic Waves.*

* Corresponding Author: m_gharachorlo@srbiau.ac.ir