JARC

بهینه‌سازی استخراج روغن هسته خرما در مقیاس آزمایشگاهی و نیم صنعتی

مسعود کاظمی* و صالح عبدالحسینی

۱- استادیار شیمی کاربردی، گروه شیمی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم، قم، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم، قم، ایران

دریافت: تیر ۱۳۹۱، بازنگری: شهریور ۱۳۹۱، پذیرش: شهریور ۱۳۹۱

چکیده: در این پژوهش شرایط استخراج روغن از هسته ۱۵ گونه‌ی خرمای استان‌های متفاوت ایران در مقیاس آزمایشگاهی و نیم صنعتی مورد بررسی قرار گرفت. بازده استخراج روغن از هسته خرما در مقیاس آزمایشگاهی، ۶٫۲ تا ۱۳٫۲٪ با میانگین حدود ۹٫۵٪ به دست آمده است. شرایط بهینه لازم در مقیاس آزمایشگاهی و نیم صنعتی با استفاده از حلال پترولیوم اتر، به‌دست آمد. بازده استخراج روغن در مقیاس نیم صنعتی ۶٫۶٪ به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خرما، Phoenix dactylifera، هسته خرما، بهینه‌سازی، استخراج روغن

مقدمه

خرما (Phoenix dactylifera) یکی از میوه‌های مهمی است که در مناطقی از جهان به‌ویژه خاور میانه رویش می‌کند و به‌عنوان یک میوه تجاری مهم در ایران و سایر کشورهای اسلامی مورد توجه است [۱]. خرما نقش مهمی در زندگی روزمره مردم نواحی خشک و نیم خشک بازی می‌کند [۲]. بر مبنای آمار منتشره توسط سازمان خواروبار و کشاورزی FAO مقدار تولید خرما در ایران در سال ۲۰۱۰ یک میلیون تن بوده است [۳]. هسته خرما بیش از ۱۰ درصد وزنی آن را تشکیل داده و به مقدار زیادی در کارگاه‌های فراوری خرما به شکل ضایعات تولید می‌شود. با وجود این‌که تاکنون مطالعه‌های زیادی در مورد ویژگی‌های تغذیه‌ای و زیستی میوه خرما صورت گرفته است اطلاعات محدودی در رابطه با ترکیب شیمیایی، کیفیت تغذیه ای و کاربردهای بالقوه هسته خرما در دسترس است [۱]. مطالعه‌های دیگر، برخی کاربردهای بالقوه هسته خرما را نشان می‌دهد و اجزای آن در صنایع شیمیایی، آرایشی، بهداشتی، دارویی، خوراک دام و صنایع غذایی و سلولزی کاربرد دارد [۱، ۲، ۴ تا ۷]. بنابراین، با توجه به این‌که مقدارهای انبوه هسته خرما از طریق ضایعات خرما در حین برداشت، حمل‌ونقل، انبارداری، بسته بندی و تهیه شیره خرما قابل دستیابی است و از طرف دیگر احتمال هسته‌گیری از درصد بالایی از خرماهای صادراتی وجود دارد، پیدایش راهی که هسته خرما تبدیل به فراورده سودآوری شود و ارزش افزوده بیشتری به‌دست آورد، حایز اهمیت است [۱]. هم‌چنین در بعضی کشورها مانند ایران ضایعات به‌دست آمده از هسته خرما از چالش‌های مهم در کشاورزی و صنایع تبدیلی محسوب می‌شود به‌طوری‌که یا آن‌ها را دور می‌ریزند یا این‌که خوراک دام و طیور می‌شود [۲].

گزارش‌هایی در مراجع در ارتباط با استخراج روغن هسته خرما و ترکیب اسیدهای چرب آن در کشورهای دیگر دیده می‌شود [۲، ۸ تا ۱۶]. با وجود کاربردهای روغن هسته خرما در صنایع، پژوهش‌های کمی در ارتباط با استخراج این روغن در ایران انجام

*عهده‌دار مکاتبات: smkazemit@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

شده است [۱ و ۱۷]. بنابراین، موضوع این مطالعه، بهینه کردن شرایط استخراج روغن هسته خرما جمع آوری شده از استان‌های متفاوت ایران است.

بخش تجربی

مواد و روش‌ها

جمع آوری و آماده‌سازی هسته خرما

۱۵ گونه خرمای ایران از استان‌های خوزستان، هرمزگان، بوشهر، فارس و کرمان جمع آوری شده است (جدول ۱). هسته‌ها از خرما جدا شده سپس با آب به‌طور کامل شسته شدند. هسته‌ها پس از قرار گرفتن در هوای محیط به مدت یک هفته، خشک و بسته‌بندی شد.

جدول ۱ موقعیت جغرافیایی و فصل جمع‌آوری ۱۵ گونه از خرمای ایران

ردیف	خرما	منطقه	استان	فصل جمع آوری
۱	استعمران	شادگان	خوزستان	شهریور
۲	برحی	آبادان	خوزستان	شهریور
۳	خضراوی	اهواز	خوزستان	مهر
۴	گنطار	آبادان	خوزستان	آبان
۵	پیارم	حاجی آباد	هرمزگان	مهر
۶	شاهانی	جیرفت	بوشهر	مهر
۷	زاهدی	بوشهر	بوشهر	آبان
۸	شکر	بوشهر	بوشهر	شهریور
۹	کبکاب	دشتستان	بوشهر	آبان
۱۰	خنیزی	جهرم	فارس	مهر
۱۱	شاوی تلخ	جهرم	فارس	شهریور
۱۲	شاوی شیرین	جهرم	فارس	شهریور
۱۳	کلیته	جیرفت	کرمان	مهر
۱۴	مرداب سنگ	جیرفت	کرمان	مهر
۱۵	مضافتی	بم	کرمان	مهر

بهینه‌سازی استخراج روغن از هسته خرما در مقیاس آزمایشگاهی

این بخش از آزمایش‌ها شامل ۵ مرحله انتخاب حلال مناسب، نسبت جامد به حلال، آسیاب دوباره پودر هسته خرما بین سامانه بازروانی و سوکسله، اثر روش، زمان استخراج و نیز اندازه ذره‌های هسته خرما بر بازده استخراج روغن هسته بود. در تمام آزمایش‌ها هسته خرما (گونه زاهدی) وزن شده، به مدت ۱ ساعت درون آون گذاشته شد. پس از آسیاب کردن نمونه با آسیاب چکشی و الک کردن آن برای جداسازی دانه‌های ۱ تا ۳ میلی‌متری، مقداری از آن در بالن ریخته و حلال با نسبت‌های جامد به حلال ۱٫۲ تا ۱٫۱۵ به آن افزوده شد. حلال‌های استفاده شده شامل n–هگزان، پترولیوم اتر، کربن تتراکلرید، کلروفرم و دی اتیل اتر (مرک آلمان) بود. پس از بازروانی مخلوط به مدت ۰٫۵ تا ۳ ساعت، نمونه به مدت ۰٫۵ تا ۳ ساعت سوکسله شد. در یک مرحله نمونه پودر هسته خرما بین دو مرحله بازروانی و سوکسله دوباره آسیاب شد. پس از آن نمونه‌ها صاف و حلال از روغن به کمک دستگاه تبخیرکن چرخان جدا و روغن به دست آمده وزن شد.

استخراج آزمایشگاهی روغن از هسته ۱۵ گونه خرما با روش بهینه

پس از به‌دست آوردن تمام شرایط بهینه برای استخراج روغن از هسته خرما، روغن هسته ۱۵ گونه خرما به‌دست آمد. هسته‌های خرما پس از آسیاب شدن برای جداسازی دانه‌های ۱ میلی‌متری الک شدند. حلال پترولیوم اتر را به نمونه پودر هسته افزوده (به نسبت S/L: ۱/۳) و به مدت زمان ۱ ساعت و نیم بازروانی شد. سپس نمونه را صاف کرده و پودر هسته، خشک و دوباره آسیاب و حلال حاوی روغن به آن افزوده شد. پس از آن مخلوط به‌دست آمده در زمان ۱ ساعت و نیم سوکسله شد. پس از آن حلال تبخیر و روغن خالص به‌دست آمده وزن و بازده استخراج حساب شد.

استخراج روغن از هسته خرما در مقیاس نیم صنعتی

در مقیاس نیم صنعتی از دستگاه سوکسله نیم صنعتی (ساخت شرکت پارسووه، ایران) استفاده شد. جریان آب کندانسور در حدود ۱٫۵ lit/min تنظیم شد. سطح حلال حداقل ۱۰ تا ۱۵ cm از گرمکن داخل ظرف تبخیر بالاتر قرار داده شد. سامانه پس از حدود ۳۰ min به حالت یکنواخت دینامیکی رسید. در این زمان اندازه‌گیری‌ها انجام شد. یک ارلن مایر یا یک بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری

Archive of SID
www.SID.ir

را به دقت وزن کرده و در انتهای آزمایش ml ۱۰۰ از فراورده حاوی حلال و روغن را در ظرف وزن شده ریخته و سپس روغن و حلال به کمک دستگاه تبخیر کن چرخان جدا و بازده عملیات محاسبه شد. برای عملیات روغن‌کشی ابتدا g ۷۵۰ از هسته خرمای زاهدی را وزن کرده و با استفاده از آسیاب چکشی آسیاب شد. دانه‌های ۱ میلی‌متری جدا و درون کیسه ریخته و درون محفظه‌ی دستگاه قرار داده شد. درون محفظه حلال ml ۲۲۵۰ حلال (با نسبت ۱/۳) ریخته و گرم‌کن آن روشن شد. هنگامی که حلال جوش آمد و بخار به سامانه بازروانی رسید، جریان آب برقرار شده تا بخار به صورت مایع در آمده و روی کیسه پودر ریخته شود. در این حالت حلال، روغن هسته را استخراج کرد. در حدود h ۶ عملیات را ادامه داده و در هر h ۰/۵، ml ۵۰ نمونه حلال و روغن (ml ۵۰ حلال تازه جای‌گزین شده) از سامانه جدا و با دستگاه چرخاننده حلال تبخیر و آن را روی دستگاه تبخیرکن دوار گذاشته شد. درصد روغن به دست آمد. در آخر کل حلال درون دستگاه را تخلیه و ml ۵۰ از حلال تبخیر شد و بازده کلی روغن به‌دست آمد. در شکل ۱ شمایی از سامانه نیم صنعتی آورده شده است.

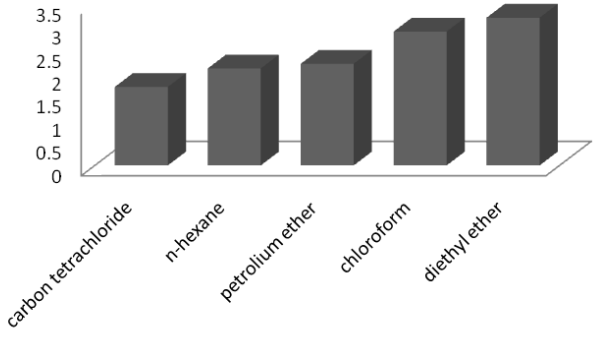
شکل ۱ شمایی از واحد نیم صنعتی

نتیجه‌ها و بحث

نتیجه‌های به‌دست آمده از بهینه‌سازی شرایط استخراج روغن از هسته‌های خرما

انتخاب حلال مناسب

برای به‌دست آوردن حلال مناسب ۵ نوع حلال شامل حلال‌های غیرقطبی پترولیم اتر، نرمال هگزان و تتراکلرید کربن و حلال‌های قطبی شامل کلروفرم و دی اتیل اتر استفاده شده است. در شکل ۲ نتیجه‌های به‌دست آمده مقدار بازده روغن استخراج شده با حلال‌های متفاوت آورده شده است. این نتیجه‌ها نشان‌دهنده بالاترین مقدار استخراج روغن برای حلال‌های غیرقطبی پترولیم اتر ۲/۲٪ است. در مورد حلال‌های دی اتیل اتر و کلروفرم بازده‌ها قابل توجه‌تر بوده که به ترتیب ۳/۲٪ و ۲/۸٪ هستند. با توجه به این‌که در استخراج روغن، هدف به‌طور عمده استخراج چربی‌ها و اسیدهای چرب است (اسیدهای چرب از ترکیب‌های غیر قطبی هستند) و ترکیب‌های دیگری مانند ترکیب‌های فنلی و ترکیب‌های نیم قطبی نیست، حلال مناسب برای استخراج، حلال غیرقطبی پترولیوم اتر است که با بالاترین درصد استخراج بین حلال‌های غیر قطبی انتخاب شده است. این در حالی است که در گزارش‌های قبلی نیز این مسأله دیده شده است [۱].



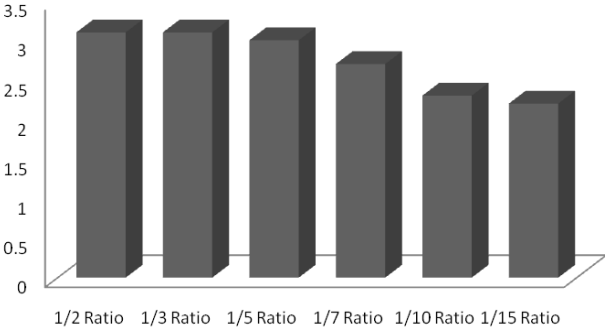
شکل ۲ مقایسه بازده روغن هسته خرما با توجه به نوع حلال (گونه زاهدی، S/L=۱۵/۱، ۳/۰ ساعت بازروانی و ۳/۰ ساعت سوکسله بدون آسیاب دوباره پودر هسته و مش mm ۳ پودر هسته)

نسبت جامد به حلال

برای به‌دست آوردن شرایط بهینه نسبت جامد به حلال یعنی پودر هسته خرما به حلال، حلال پترولیوم اتر انتخاب شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

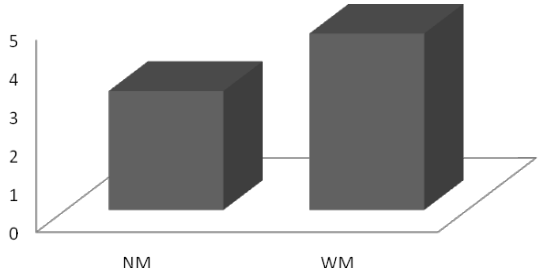
از نسبت ۱:۲ تا نسبت ۱:۱۵ آزمایش‌های انجام شده است که بازده روغن به‌دست آمده در شکل ۳ مقایسه شده است. نتیجه‌های به‌دست آمده نشان‌دهنده این است که هر چقدر نسبت جامد به حلال کوچک‌تر می‌شود بازده روغن پایین می‌آید. بیشترین مقدار بازده روغن مربوط به نسبت ۱:۲ و ۱:۳ بوده است اما به دلایل عملیاتی استخراج، هم‌چنین عملیات صاف کردن و تبخیر و نزدیک بودن بازده نسبت ۱:۳ به‌عنوان نسبت بهینه انتخاب شده است.



شکل ۳ مقایسه بازده روغن هسته خرما با توجه به نسبت S/L (گونه زاهدی، حلال پترولیوم اتر، ۳٫۰ ساعت بازروانی و ۳٫۰ ساعت سوکسله و اندازه دانه‌های هسته ۳ mm)

آسیاب دوباره پودر هسته خرما بین سامانه بازروانی و سوکسله

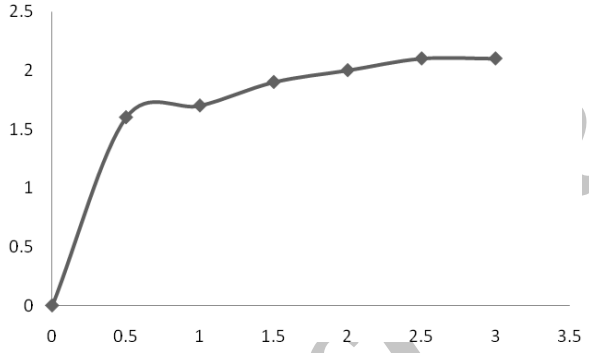
نتیجه‌های به‌دست آمده از این بررسی نشان‌دهنده این است که آسیاب کردن دوباره ذره‌ها بین عملیات بازروانی و سوکسله (۴٫۶٪) باعث افزایش بازده روغن نسبت به عدم آسیاب (۳٫۱٪) می‌شود. بنابراین در شرایط بهینه از عملیات آسیاب کردن دوباره پودر هسته خرما بین بازروانی و سوکسله استفاده می‌شود. این نتیجه‌ها در شکل ۴ آورده شده است.



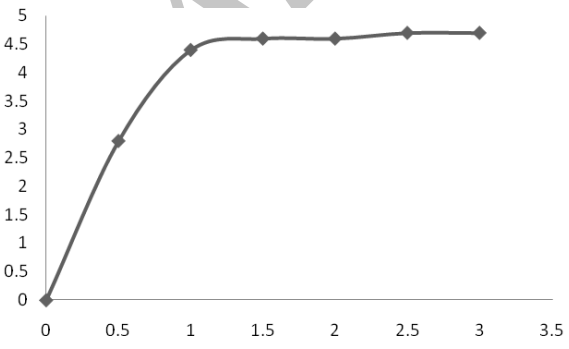
شکل ۴ مقایسه بازده روغن هسته خرما با توجه به آسیاب دوباره پودر هسته: NM: No Milling و WN: With Milling (گونه زاهدی، S/L=۳/۱، حلال پترولیوم اتر، ۳٫۰ ساعت بازروانی و ۳٫۰ ساعت سوکسله بدون آسیاب دوباره پودر هسته و اندازه دانه‌های هسته ۳ mm)

نتیجه‌های به‌دست آمده از اثر روش استخراج در بازده روغن هسته خرما

نتیجه‌های به‌دست آمده از اثر روش استخراج روغن هسته خرما در ۲ مرحله بررسی شده است. مرحله اول شامل یک مرحله بازروانی به تنهایی بوده است. نتیجه‌ها در شکل‌های ۵ و ۶ آورده شده است. در این شرایط بیشترین بازده مربوط به زمان ۳ ساعت بوده ولی با توجه به نزدیکی بازده‌ها از ۱٫۵ تا ۳ ساعت، زمان ۱٫۵ ساعت به‌عنوان بازده بهینه انتخاب شده است. سپس با انتخاب زمان ۱٫۵ ساعت بازروانی، در زمان‌های ۰٫۵ تا ۳ ساعت سوکسله انجام شده است. نتیجه‌ها در شکل‌های ۵ و ۶ نشان‌دهنده این است که پس از زمان ۱٫۵ ساعت بازده به‌تقریب ثابت مانده و در نتیجه زمان ۱٫۵ در هر دو مرحله به‌عنوان زمان بهینه انتخاب شده است.



شکل ۵ مقایسه بازده روغن هسته خرما با توجه به زمان‌های متفاوت بازروانی (گونه زاهدی، S/L=۳/۱، حلال پترولیوم اتر، بدون سوکسله با آسیاب دوباره پودر هسته و اندازه دانه‌های هسته ۳ mm)

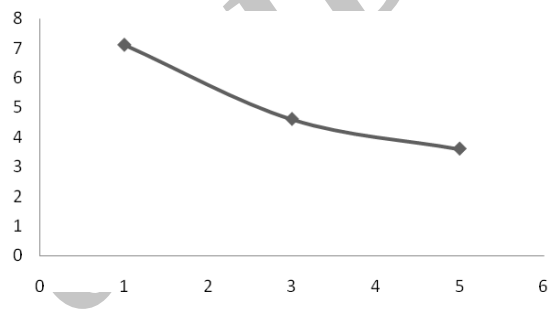


شکل ۶ مقایسه بازده روغن هسته خرما با توجه به زمان‌های متفاوت سوکسله (گونه زاهدی، S/L=۳/۱، حلال پترولیوم اتر، ۱٫۵ ساعت بازروانی با آسیاب دوباره پودر هسته و اندازه دانه‌های هسته ۳ mm)

www.SID.ir

اثر اندازه ذره‌های هسته‌ی خرما بر بازده روغن هسته

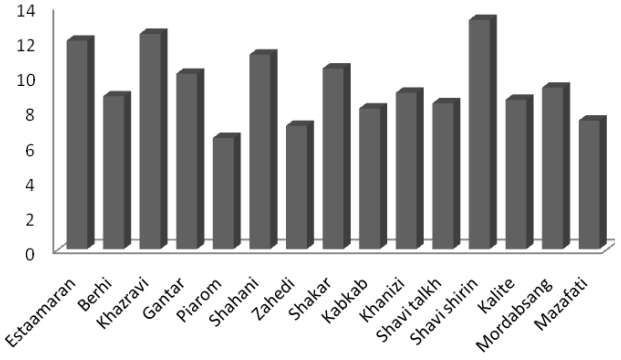
به منظور بررسی مقدار تأثیر اندازه ذره‌های هسته از ۳ مش متفاوت استفاده شده است که نتیجه‌های بازده آن در شکل ۷ مقایسه شده است. این نتیجه‌ها گویای این است که بیشترین بازده هسته مربوط به اندازه ذره‌ها ۱ میلی متر است و بنابراین، این اندازه ذره‌ها به‌عنوان اندازه بهینه انتخاب شده است که با گزارش‌های قبلی در این زمینه نیز تطابق دارد. استفاده از اندازه ذرهای کوچک‌تر به دلیل ایجاد گرما و تخریب روغن امکان پذیر نیست.



شکل ۷ مقایسه بازده روغن هسته خرما با توجه به مش پودر هسته (گونه زاهدی، S/L=۳/۱، حلال پترولیوم اتر، ۱٫۵ ساعت بازروانی و ۱٫۵ ساعت سوکسله با آسیاب دوباره پودر هسته)

نتیجه‌های به‌دست آمده از استفاده شرایط بهینه در بازده روغن هسته خرما در مقیاس آزمایشگاهی

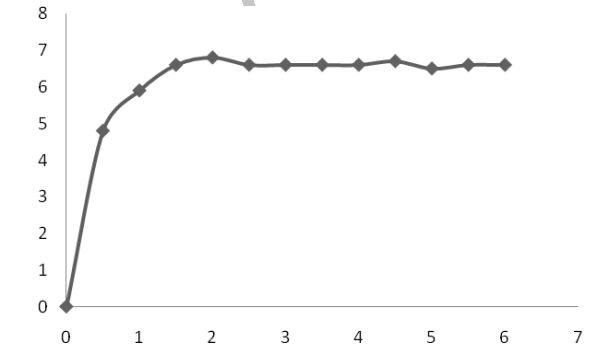
نتیجه‌های به‌دست آمده از استفاده شرایط بهینه در بازده روغن هسته‌های خرما در مقیاس آزمایشگاهی در شکل ۸ مقایسه شده است. این شرایط بهینه شامل حلال پترولیوم اتر، نسبت هسته پودر شده به حلال ۱:۳، انجام آسیاب دوباره، ۱٫۵ ساعت بازروانی و ۱٫۵ ساعت سوکسله و اندازه ذرها ۱ mm بود. در این شرایط بیشترین بازده مربوط به گونه شاوی شیرین (۱۳٫۲٪) و کمترین بازده مربوط به پیارم (۶٫۴٪) است و میانگین بازده‌ها ۹٫۵٪ بوده است. در مطالعه‌های قبلی بر روی سه گونه خرمای ایران شامل دیری، خضراوی و سعمران بازده روغن به ترتیب ۹٫۳۲، ۸٫۵۴ و ۱۰٫۸۴ به دست آمده بود [۱]. در گزارش دیگری بر روی ۱۴ گونه خرما درصد روغن بین ۵ تا ۹٪ گزارش شده بود [۱۴]. در پژوهشی بر روی خرمای تونس در مورد دو گونه دجلت نور و الیج به ترتیب ۱۰٫۱۹ و ۱۲٫۶۷ گزارش شده بود [۲]. در گزارشی دیگر بر روی خرمای کشور امارات شامل فرد، خلاص و لولو به ترتیب بازده روغن هسته ۹٫۹، ۱۳٫۲ و ۱۰٫۵ گزارش شده است [۹].



شکل ۸ مقایسه بازده روغن هسته خرما با شرایط بهینه استخراج (واریته زاهدی، S/L=۳/۱، حلال پترولیوم اتر، ۱٫۵ ساعت بازروانی و ۱٫۵ ساعت سوکسله با آسیاب دوباره پودر هسته و اندازه دانه‌های هسته ۱ mm)

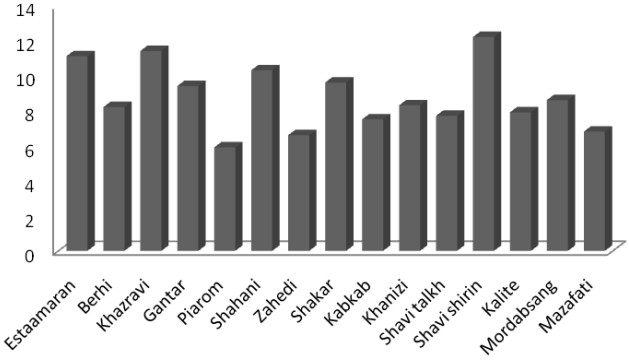
نتیجه‌های به‌دست آمده از استفاده شرایط بهینه در بازده روغن هسته خرما در مقیاس نیم صنعتی

نتیجه‌های به‌دست آمده از استفاده شرایط بهینه در بازده روغن هسته خرمای زاهدی در مقیاس نیم صنعتی در شکل ۹ آورده شده است. در این شرایط بیشترین بازده مربوط به زمان ۲ ساعت، ۶٫۸٪ است که در نهایت با بازده کل (۶٫۶٪) برابر است (با در نظر گرفتن یک ضریب خطای کوچک). این نتیجه‌ها با شرایط آزمایشگاهی هم‌خوانی دارد در جایی که بازده ۷٫۱٪ است. نتیجه‌ها نشان می‌دهد که می‌توان با اطمینان از این سامانه (سوکسله به تنهایی) برای استخراج استفاده نمود و آزمایش برای مابقی نمونه‌ها جواب مشابهی نشان داده است (شکل ۱۰).



شکل ۹ بازده روغن هسته خرما در مقیاس نیم صنعتی (واریته زاهدی، S/L=۳/۱، حلال پترولیوم اتر و اندازه دانه‌های هسته ۱ mm)

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱۰ بازده روغن هسته‌های خرما در مقیاس نیم صنعتی (S/L=۳/۱، حلال پترولیوم اتر، ۲٫۰ ساعت سوکسله و اندازه دانه‌های هسته ۱ mm)

نتیجه گیری

شرایط استخراج روغن از ۱۵ گونه خرمای ایران از استان‌های ایران در مراحل آزمایشگاهی و نیم صنعتی بررسی شده است. این شرایط بهینه شامل حلال پترولیوم اتر، نسبت هسته پودر شده به حلال ۱:۳، انجام آسیاب دوباره، ۱٫۵ ساعت بازروانی و ۱٫۵ ساعت سوکسله و اندازه ذرها ۱ mm به دست آمده است. این شرایط در مقیاس نیم صنعتی، حلال پترولیوم اتر، نسبت هسته پودر شده به حلال ۱٫۳، ۲٫۰ ساعت سوکسله و اندازه ذرها ۱ mm مشخص شده است. از این نتیجه‌ها می‌توان در استخراج صنعتی روغن از هسته خرما استفاده کرد. بیشترین بازده هسته خرما مربوط به گونه خضراوی با ۱۳٫۲٪ و کمترین آن مربوط به گونه کلیته با ۶٫۲٪ مشاهده می شود. میانگین بازده هسته ها حدود ۹٫۵٪ بوده است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم به دلیل حمایت مالی برای اجرای این پژوهش از محل طرح‌های پژوهشی سپاسگزاری به عمل می‌آید.

مراجع

[1] Hojjati, M.; J. Food Science and Technology, 5, 69-74, 2008.
[2] Besbes, S.; Blecker, C.; Deroanne, C.; Drira N. E.; Attia. H.; Food Chemistry, 84, 557-584, 2004.
[3] Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010, http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.
[4] Almana, H.A.; Mahmoud, R.M.; Ecology of Food and Nutrition, 32, 261-270, 1994.
[5] Mane, S.M.; Vanjara, A.K.; Sawant, M.R.; J. The Chinese Chemical Society, 52, 1117-1122, 2005.
[6] Joardder, M.U.H.; Shazib-Uddin, M.; Nurul-Islam, M.; Advances in Mechanical Engineering, 2012, 1-6, 2012.
[7] Abou-Zeid, A.A.; Baghlaf, A.O.; Khan, J.A.; Makhashin, S.S.; Agricultural Wastes, 8, 131–142, 1983.
[8] Al-Shahib, W.; Marshall, R.J.; J. Food Science and Technology, 38, 709-712, 2003.
[9] Al-Hooti, S.; Sidhu, J.S.; Qabazard. H.; J. Food Science and Technology, 35, 44-46, 1998.
[10] El-Shurafa, M.Y.; Ahmed H.S.; Abou-Naji, S.E.; Date Palm Journal, 1, 275 -284, 1982.
[11] Devshony, S.; Eteshola E.; Shani, A.; J. the American Oil Chemists' Society, 69, 595-597, 1992.
[12] Besbes, S.; Blecker, C.; Deroanne, C.; Logney, G.; Drira N.E.; Attia. H.; Food Chemistry, 91, 469-476, 2005.
[13] Besbes, S.; Deronne, C.; Lognay, G.; Drira N.E.; Attia. H.; Food science and technology Interntioanl, 10, 333-338, 2004.
[14] Al-Shahib, W.; Marshall, R.; Interational J. Food Science and Technology, 38, 709-712, 2003.
[15] Sawaya, W.N.; Khalil, J.K.; Safi, W.J.; J. Food Science, 49, 617-619, 1984.
[16] Al-Juhaimi, F.; Ghafoor, K.; Özcan, M.M.; J. Food Sciences and Nutrition, 63, 84-89, 2011.
[17] Ataye-Salehi, E.; Hadad-Khodaparast, M.H.; Lame, S.H.; Habibi-Najafi, M.B; Fatemi, S.H.; J. Food Science and Technology, 7, 85-90, 2010.

Archive of SID

www.SID.ir