مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه‌سازی استخراج روغن از دانه مورینگا پرگرینا با استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو

نگار آهنگرنژاد[۱]، محمدهادی خوش‌تقاضا [۲*]، برات قبادیان[۲]، محمدعلی سحری[۳]

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی.

۲- استاد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی.

۳- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸

کلمات کلیدی:

دانه روغنی مورینگا،

راندمان استخراج،

پیش‌تیمار مایکروویو،

بهینه سازی.

DOI: 10.52547/fsct.18.120.18

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6

* مسئول مکاتبات:

khoshtag@modares.ac.ir

چکیده

روغن مورینگا به‌عنوان یک روغن فراسودمند در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین تحقیقات گذشته نشان داده است که امواج مایکروویو با متلاشی نمودن ساختار سلولی دانه روغنی، می‌توانند به افزایش راندمان استخراج روغن کمک نمایند. لذا در این تحقیق به منظور بالا بردن راندمان روغن‌گیری دانه مورینگا، از پیش‌تیمار امواج مایکروویو قبل از روغن‌گیری توسط پرس مارپیچی استفاده شده است. در این پژوهش، بهینه‌سازی استخراج مکانیکی این روغن از دانه مورینگا با استفاده از روش سطح پاسخ انجام گرفت. آزمایش‌های روغن‌گیری با پیش‌تیمار مایکروویو در مدت زمان‌های ۲، ۳ و ٤ دقیقه و توان‌های ۲۰۰، ٤۰۰ و ٦۰۰ وات انجام شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که راندمان استخراج با افزایش مدت زمان و توان مایکروویو ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. مقدار بهینه راندمان استخراج برابر ٥٦/٥٥ درصد در مدت زمان اعمال مایکروویو ۳/۰۲ دقیقه با شدت توان مایکروویو ۳۸۰/۱ وات به دست آمد. با توجه به مقادیر بالای ضریب همبستگی (۰/۹۷) می‌توان مدل پیش بینی شده را مناسب ارزیابی کرد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]

[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

۱- مقدمه

دانه‌های روغنی و ترکیبات حاصل از آن‌ها از منابع مهم غذایی انسان و دام هستند که از نظر تامین کالری و انرژی مورد نیاز انسان و دام، جزو با ارزش‌ترین محصولات بخش کشاورزی به شمار می رود. در سال‌های اخیر همگام با رشد جمعیت و بهبود سطح زندگی، مصرف روغن‌های گیاهی رو به افزایش نهاده است. در همین راستا پیشرفت‌هایی در زمینه فرآوری استخراج از دانه‌های روغنی، به منظور فراهم آوردن محصولی با کیفیت بالا صورت گرفته است. امروزه در روند بهبود سلامت جامعه به‌منظور داشتن یک رژیم غذایی سالم، روغن‌های گیاهی جایگزین چربی‌های حیوانی شده است. با توجه به کاهش منابع دانه‌های روغنی و افزایش تقاضا برای روغن خوراکی و صنعتی، نیاز به تحقیق به منظور پیدا کردن منابع جدید دیگری برای استخراج وجود دارد.

مورینگا به عنوان گیاه معجزه‌گر در جهان برای درمان بسیاری از بیماری‌ها، به عنوان یک منبع آسان قابل دسترس روغن خوراکی در کشورهای در حال توسعه آسیا و آفریقا محسوب می‌شود. گونه *مورینگا پرگرینا* با نام علمی ***Moringa peregrine (Forssk) Fiori*** بومی مناطق گرمسیری و مرطوب هند و پاکستان می‌باشد [۱]. این گونه درختچه‌ای بیابانی بوده و نیاز آبی کمتری نیز نسبت به گونه‌های مشابه مانند *مورینگا اولیفرا* دارد و در استان‌های جنوبی ایران مانند سیستان و بلوچستان و هرمزگان در سطح بسیار وسیع ولی با تراکم کم دیده می‌شود، که در این مناطق با نام گاز رخ یا گز روغنی شناخته می‌شود [۲]. ارزش روغن موجود در بذر مورینگا توسط تمدن‌های قدیم رومی، یونانی و مصری شناخته شده بود. آن‌ها از این روغن در ساخت عطر و محافظت از پوست بدن استفاده می‌کردند. هندی‌ها می‌دانستند که بذر این گونه دارای روغن خوراکی است. به خاطر کاربرد این روغن در عطرسازی و روغن‌کاری ماشین‌های ظریف، در قرن نوزدهم آن را به کشورهای اروپایی صادر می‌کردند [۳]. در ایران دو گونه از دانه مورینگا به نام های اولیفرا[1] و پرگرینا[2] وجود دارد که در سطح جهانی به ترتیب در درجه اول و دوم اهمیت قرار دارند [٤]. دانه دو گونه‌ی موجود در کشور نسبتا درشت است که باعث افزایش درصد روغن دانه می شود. درشتی دانه ضمن داشتن مزیت های نسبی دارای معایبی مانند کاهش طول عمر دانه نیز می باشد [۲]. آمارهای منابع مختلف، میزان روغن موجود در دانه گونه‌های مختلف مورینگا را ۲۲ تا ٥٤ درصد بیان کردند. مطالعه‌ای که روی گونه پرگرینا انجام شده، میزان روغن دانه آن را ۵۳/۹ درصد بیان کرده [۵]. دانه مورینگا به طور میانگین حدود ۳۳ درصد روغن، ۳۸ درصد پروتئین، ١٦ درصد کربوهیدرات، ۵ درصد فیبر و ۸ درصد رطوبت می‌باشد که بر مصارف خوراکی در صنایع مختلف از جمله داروسازی، آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد [٦].

روش‌های متفاوتی برای استخراج روغن از دانه‌های روغنی وجود دارد که شرایط استخراج و نوع روش، اثرات مختلفی بر کیفیت نهایی، پایداری اکسیداتیو و دوره نگهداری روغن استخراج شده خواهد داشت. در تمامی روش‌های استخراج روغن خوراکی، هدف نهایی این است که روغن سالم و خالص با بازده بالا به نحوی استخراج شود که باقیمانده روغن‌گیری (کنجاله) یک محصول کم چرب و با ارزش باشد [۷]. از میان روش‌های مختلف مکانیکی و شیمیایی، مناسب‌ترین روش آن است که کمترین آسیب را به ترکیب روغن موجود در دانه وارد نماید. روش روغن‌گیری مکانیکی در مقایسه با روش شیمیایی، ساده‌تر و کم هزینه‌تر بوده و روغن در برابر درجه حرارت بالا و حلال‌های شیمیایی محافظت می‌شود. روغن حاصله دارای کیفیت بالاتر، طعم مطلوب و لذت‌بخشی است و به خالص‌سازی بیشتری نیاز ندارد و می‌توان مستقیم آن را مصرف کرد [۸]. در روش مکانیکی فشار توسط پرس مارپیچی یا هیدرولیک به دانه روغنی وارد شده و آن را فشرده می‌کند. روغن استحصالی از روزنه‌هایی که در اطراف پرس نصب شده است، به بیرون رانده می‌شود [۹]. در سال‌های اخیر، علاقه مصرف‌کنندگان به روغن‌های گیاهی تصفیه نشده و تهیه شده به روش پرس سرد در سراسر جهان افزایش یافته که این موضوع به طور عمده به دلیل شواهد در حال گسترشی است که نشان می‌دهد این

1. *Moringa oleifera*
2. *Moringa peregrina*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

روغن‌ها دارای اثرات مفید تغذیه ای و سلامتی هستند. پرس سرد به این مفهوم است که در طی این فرآیند، از اعمال دمای بالا به روغن خودداری می‌شود [۱۰]. اگرچه در به‌کارگیری روش پرس سرد، راندمان استخراج روغن نسبت به سایر روش‌ها کمتر است، اما ترکیبات مفید طبیعی آن مانند توکوفرول‌ها، استرول‌ها، کاروتنوئیدها و فسفولیپیدها بیشتر حفظ می‌گردند [۱۱].

برای استفاده از مزایای ترکیبات مفید موجود در روغن دانه‌ها، باید بافت و پوسته آنها متلاشی شده و روغن استخراج گردد. به‌کارگیری روش‌های نوین از جمله مایکروویو، میدان‌های الکتریکی پالسی وامواج فراصوت غالبا باعث افزایش سرعت و راندمان استخراج روغن می‌شود [۱۲]. میزان روغن موجود در کنجاله بستگی به میزان آب موجود در دانه روغنی دارد. چنانچه میزان آب موجود در دانه روغنی کمتر از ۲/۵ درصد باشد، میزان روغن باقیمانده در کنجاله افزایش خواهد یافت زیرا دانه روغنی حالت الاستیسیته خود را از دست می‌دهد و روغن نمی‌تواند از بافت سلولی و دانه‌های روغنی خارج گردد [۱۳]. مطالعات نشان داد که تغییرات رطوبت دانه از طریق عوامل فیزیکی و شیمیایی منجر به افزایش۸۰-۵۰ درصد میزان استخراج روغن از دانه‌های روغنی مختلف می‌شود [۱٤]. بهترین رطوبت برای استخراج روغن از دانه‌های روغنی توسط پرس مارپیچ، ۸-۷ درصد می‌باشد [۱۵]. در تحقیقی تاثیر میزان رطوبت (۸ ، ۱۱، ۱٤ و ۱۷ درصد)، حرارت دادن (۵۰، ٦۵، ۸۰، ۹۵ و۱۱۰ درجه سلسیوس)، مدت زمان حرارت دادن (۱۲، ۲۰، ۲۸ و ۳٦ دقیقه)، فشار (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ مگاپاسکال) و مدت زمان اعمال فشار (۱، ۲، ۳، ۵ و ۱۰ دقیقه) در بازده استخراج روغن از گردوی آفریقایی[3] به وسیله پرس هیدرولیکی بررسی شد. نتایج نشان داد، حداکثر مقدار روغن استخراج شده از گردوی آفریقایی ۳۹/٦ درصد و در شرایط رطوبت مغز آسیاب شده ۱۱ درصد، دمای حرارت دادن ٦۵ درجه سلسیوس، مدت زمان حرارت دادن ۲۸ دقیقه و فشار ۲۵ مگاپاسکال آمد. به طور کلی، بازده استخراج روغن از گردوی آفریقایی، در هر فشاری به میزان رطوبت نمونه، دما و مدت زمان حرارت دادن بستگی داشت [۱٦]. برای بررسی اثر تیمار مایکروویو دانه کلزا بر کیفیت روغن استخراجی، نمونه‌های کلزا در سه زمان مختلف صفر، ۲ و ٤ دقیقه با مایکروویو (فرکانس۲٤۵۰ مگاهرتز) تیمار شدند و سپس روغن آن با پرس سرد استخراج گردید. نتایج نشان داد استفاده از مایکروویو به منظور تیماردهی دانه کلزا قبل از استخراج روغن با پرس سرد می‌تواند موجب بهبود راندمان استخراج روغن، کیفیت و افزایش ترکیبات موثر گردد [۱۷]. به منظور یافتن بهترین شرایط استخراج روغن از دانه‌های گلرنگ با پیش‌تیمار مایکروویو، با توجه به اینکه توان مایکروویو در دامنه ۱۸۰ تا ۹۰۰ وات و زمان آن بین ۹۰ تا۲۷۰ تنظیم شده بود، فرآیند استخراج روغن در شرایط ذکر شده به منظور رسیدن به حداکثر راندمان استخراج روغن، پایداری اکسیداتیو و فنول کل و حداقل میزان اسیدیته بهینه‌یابی گردید. بیشترین راندمان استخراج روغن ۲۳/۱ درصد در شرایطی به دست آمد که توان و زمان مایکروویو به ترتیب ۹۰۰ وات و ۲۷۰ ثانیه بود. تحت شرایط مذکور، ارزش مطلوبیت به مقدار ۰/۷۸۳ حاصل گردید. افزایش راندمان استخراج روغن با افزایش توان و زمان مایکروویو می‌تواند به شکستگی بیشتر سلول‌های حاوی روغن در طول تیمار با مایکروویو در ارتباط باشد [۱۸]. در تحقیقی اثر پیش‌تیمار حرارتی مایکروویو بر راندمان روغن‌گیری دانه زیره سیاه[4] در شرایط مختلف توان مایکروویو (۱۸۰، ۵٤۰ و ۹۰۰ وات)، مدت زمان اعمال امواج مایکروویو (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ ثانیه) و سرعت دورانی پرس مارپیچ (۱۱، ۳٤ و ۵۷ دور در دقیقه) بررسی شد. نتایج نشان داد که توان و مدت زمان اعمال مایکروویو، اثر مستقیم بر راندمان استخراج روغن دانه زیره سیاه دارد، در حالی که سرعت دورانی پرس مارپیچ دارای اثر معکوس داشت. افزایش توان و مدت زمان اعمال امواج مایکروویو، باعث افزایش فشار داخلی سلول‌های گیاهی که منجر به تجزیه مواد سلولی، اختلال غشایی و در نتیجه افزایش راندمان استخراج روغن می‌شود. بیشترین راندمان روغن‌گیری در توان مایکروویو ۷۱۸/٦۵ وات و مدت زمان ۱۸۵/٤٤ ثانیه و سرعت دورانی ۱۱ دور در دقیقه به دست آمد [۱۹]. همچنین در تحقیق دیگری اثر امواج مایکروویو بر

1. Tetracarpidium conophorum

2. Black cumin

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

روی دانه فندق قبل از استخراج روغن با پرس سرد مطالعه شد. استفاده از امواج الکترومغناطیس منجر به کاهش زمان خشک شدن و مصرف انرژی به دلیل جذب مستقیم انرژی توسط ذرات می‌گردد. نمونه‌ها در امواج الکترومغناطیسی ۲۴۵۰ مگاهرتز قرار گرفتند و تاثیر توان (۴۰۰ و ۶۰۰ وات) و زمان حرارت دیدن (۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ ثانیه) روی افزایش میزان استخراج روغن و کیفیت آن بررسی شد. نتایج نشان داد، بازده استخراج روغن در دانه‌هایی که استفاده از امواج مایکروویو در ۴۰۰ وات به مدت ۲۴۰ ثانیه حرارت داده شده‌اند نسبت به دانه‌های حرارت داده نشده از ۶/۱ به ۴۵/۳ درصد افزایش می‌یابد [۲۰].

مسئله مهمی که در فرآیند استخراج از دانه‌های روغنی به چشم می‌خورد بازده استخراجی پائین آن است که به دنبال آن کاهش مقدار ترکیبات موثر و مفید نیز در محصول خواهد بود. براساس تحقیقات گذشته و جستجو در منابع علمی، پژوهش-هایی درباره روش‌های استخراج روغن از دانه‌های روغنی انجام شده است ولی بهینه‌سازی استخراج مکانیکی روغن از دانه مورینگا به همراه پیش‌تیمار مایکروویو مسئله‌ای است که تاکنون گزارش نشده است. با توجه به جایگاه مهم دانه روغنی مورینگا در جهان و ظرفیت تولید در استان‌های جنوبی ایران، لذا ضرورت تحقیق دربارهٔ افزایش راندمان استخراج این محصول کاملاً احساس می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اثر تیمار دانه های روغنی با مایکروویو با توجه به نوع و شرایط دانه می‌تواند متفاوت باشد. در این راستا با توجه به تحقیقات صورت گرفته و بنابر مطالب ارائه شده، و توجه به این نکته که مطالعه علمی و عمیقی در مورد اثر تیمار مایکروویو بر دانه روغنی مورینگا صورت نگرفته است، لذا امکان استفاده از این تیمار در بهبود راندمان استخراجی، قبل از استخراج با پرس که روش متداول استخراج این روغن در صنعت روغن‌گیری می‌باشد، نیز قابل بررسی است. امروزه در روغن‌گیری صنعتی با آهنگ تولید بالا، استخراج مکانیکی روغن توسط پرس مارپیچ رواج بسیاری یافته است. در تحقیق حاضر با توجه به اهمیت و کاربرد روغن مورینگا به عنوان یک روغن فراسودمند در صنایع مختلف، روغن‌گیری این دانه مورد بررسی قرار گرفت. هدف از انجام این پژوهش، بهینه‌سازی استخراج مکانیکی روغن از دانه مورینگا پرگرینا با استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو و بهینه‌سازی راندمان استخراج با استفاده از روش سطح پاسخ می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

منابع گیاهی مورد استفاده در این پژوهش دانه‌های روغنی مورینگا رقم پرگرینا بود که از استان سیستان و بلوچستان کشور در سال ۱۳۹۸ تهیه گردید و بلافاصله به سردخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انتقال یافت. در این تحقیق، دانه‌های مورینگا (حاوی ۵۰/۸ درصد روغن که توسط روش سوکسله به دست آمده بود) پس از تهیه و بوجاری در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم نسبت به نفوذ هوا و رطوبت تا زمان آزمایش در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. آزمایش‌های روغن‌گیری در محل پژوهشکده انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شد. مراحل تمیز کردن، توزین و بسته بندی دانه‌های مورینگا در شکل (۱) نشان داده شده است.

Fig1 Preparation of Moringa seeds for extraction tests.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

برای تعیین محتوای رطوبتی از استاندارد AOAC استفاده شد [۲۱]. برای این منظور، مقدار ۲۰ گرم از دانه‌ها در ۳ تکرار به مدت ۲٤ ساعت درون آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. در نهایت رطوبت اولیه دانه‌های مورینگا ۷/۳۷ درصد بر پایه‌ی تر با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$MC = M_w - M_d / M_w \times 100$$

در این رابطه، M_c: محتوی رطوبت دانه بر پایه تر برحسب درصد، M_w: جرم اولیه نمونه برحسب گرم، M_d: جرم ماده خشک شده برحسب گرم می باشد. در این تحقیق به منظور تیمار دهی دانه‌های مورینگا قبل از استخراج روغن، از مایکروویو خانگی (Samsung، کره) با فرکانس۲٤٥۰ مگاهرتز و حداکثر قدرت ۱۰۰۰ وات استفاده شد. دانه‌ها بصورت لایه نازک در یک پتری دیش پیرکس (با قطر۲٦ سانتیمتر) پهن گردید. نمونه‌ها به مدت ۲، ۳ و ٤ دقیقه با شدت توان های ۲۰۰، ٤۰۰ و ٦۰۰ وات، با مایکروویو پیش‌تیمار شد. برای استخراج روغن از دستگاه پرس مارپیچی (Kern Kraft، آلمان) در سرعت مارپیچ ۳۰ دور بر دقیقه و دمای روغن‌گیری۵۰ درجه سلسیوس استفاده شد. شکل(۲) مراحل پیش‌تیمار دانه‌های مورینگا با مایکروویو و استخراج مکانیکی روغن توسط دستگاه پرس را نشان می‌دهد.

Fig 2 Schematic of mechanical extraction of oil from Moringa seeds.

اندازه‌گیری مقدار روغن دانه مورینگا و کنجاله آن بر اساس روش AOAC و با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین شد [۲۱]. حلال شیمیایی مورد استفاده با نام تجاری مرک[5] و ساخت آلمان بود. در این روش میزان روغن نمونه با اندازه‌گیری کاهش وزن آن پس از خروج از سوکسله و خشک شدن در ۳ تکرار انجام شد. قبل از استخراج روغن دانه مورینگا، مراحل آماده سازی مانند خشک کردن و کاهش اندازه دانه انجام شد. روش کار به این صورت بود که ابتدا ۱۰۰ گرم دانه به مدت ۲٤ ساعت درون آون (Memmert، آلمان) با درجه حرارت ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. برای یکسان‌سازی اندازه ذرات دانه، توسط آسیاب برقی مدت ۱۰ ثانیه آسیاب شد و از الک با مش شماره ۱۸ عبور داده شد. سپس دانه خرد شده را درون کاغذ صافی ریخته، سر و ته آن بسته شده و درون سوکسله قرار داده شد (شکل۳).

پس از پایان زمان استخراج، نمونه به مدت یک ساعت درون آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس برای تبخیر حلال قرار گرفت. سپس مجدداً وزن گردید. برای محاسبه میزان روغن دانه مورینگا از رابطه (۲) استفاده شد [۲۲].

$$\text{Oil Content \%} = P_1 - P_2 / P \times 100$$

در این رابطه، P_1: وزن کاغذ صافی و دانه خرد شده قبل از استخراج برحسب گرم؛ P_2: وزن کاغذ صافی و دانه خرد شده پس از خشک شدن برحسب گرم و P: وزن دانه خرد شده برحسب گرم می‌باشد. برای اندازه‌گیری راندمان استخراج روغن توسط دستگاه پرس مارپیچ، از رابطه (۳) استفاده شد [۲۳]:

$$R = (T-K)/ T \times 100$$

در این رابطه، T: مقدار روغن دانه برحسب درصد؛ K: مقدار روغن باقی‌مانده در کنجاله برحسب درصد و R: راندمان استخراج برحسب درصد می باشد.

5. Merck

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

Fig 3 Steps of sample preparation for placement in Soxhlet set.

در این پژوهش، بهینه‌سازی فرآیند استخراج روغن مورینگا با استفاده از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت[6] و روش سطح پاسخ[7] انجام شد. مزیت اصلی روش سطح پاسخ، کاهش تعداد آزمایشات است. در صورتی که متغیر خروجی تحت تأثیر فاکتورهای زیادی قرار گیرد استفاده از این روش مناسب است [۲٤]. طرح مورد استفاده در این تحقیق، طرح مرکب مرکزی[8] با پنج تکرار در نقطه مرکزی (۳ دقیقه، ٤۰۰ وات) به کار گرفته شد. پس از انتخاب طرح آزمایش، متغیرهای مستقل و وابسته و سطوح آن ها تعیین شد. در فرآیند بهینه‌سازی استخراج روغن از دانه مورینگا، مدت زمان مایکروویو (۲، ۳ و ٤ دقیقه) و شدت توان مایکروویو (۲۰۰، ٤۰۰ و ٦۰۰ وات) به عنوان متغیرهای مستقل فرآیند و راندمان استخراج روغن به عنوان متغیر پاسخ فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر کد شده و واقعی متغیرهای مستقل مورد استفاده در این فرآیند در جدول (۱) نشان داده شده است.

Table 1 Range of ANVOA.

Independent variables	Unit	Symbols	Levels of each factor	
			Low	High
Time of microwave	min	A	2	4
Power of microwave	W	B	200	600

۳- نتایج و بحث

برای تجزیه تحلیل آماری از طرح مرکب مرکزی که شامل ۸ تیمار و ۵ تکرار در نقاط مرکزی بود استفاده شد. نتایج تیمارهای اعمالی روی پاسخ آزمایش یا راندمان استخراج در جدول (۲) ارائه شده است.

داده‌های تجربی با کمک مدل چند جمله‌ای برازش داده شد. با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری آنالیز واریانس، معنی‌داری عبارات مختلف، در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ بررسی شد. در جدول تجزیه واریانس با توجه به مدل انتخابی، اثرات مختلف متغیرهای مستقل روی پاسخ آزمایش یا راندمان استخراج مشخص شد. اثراتی که مقدار احتمالP بیشتر از ۰/۰۵ داشتند معنی‌دار نبوده و از مدل حذف شدند، زیرا نشان‌دهنده عدم اهمیت آن متغیر یا برهمکنش است.

Table 2 The experiments proposed by Central Composite Design.

Run	Independent variables		Response
	A: Time of microwave (min)	B: Power of microwave (W)	Extraction Efficiency (%)
1	2	200	52.28
2	2	400	53.41
3	2	600	51.58
4	3	400	56.1
5	3	400	56.78
6	3	400	56.31
7	3	400	56.33
8	3	600	56.29
9	3	400	56.82
10	3	200	55.69
11	4	400	53.04
12	4	600	52.15
13	4	200	52.88

نتایج تجزیه واریانس راندمان استخراج روغن در جدول (۳) نشان داده شده است.

6. Design Expert V7.
7. Respone Surface Method.
8. Central Composite Design.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

Table 3 Results of ANOVA for extraction efficiency.

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
Model	4	47.73	11.93**	64.90	<0.0001
A-Time of microwave	1	0.11	0.11^{ns}	0.58	<0.4681
B-Power of microwave	1	0.11	0.11^{ns}	0.62	<0.4522
A^2	1	33.76	33.76**	183.60	<0.0001
B^2	1	1.48	1.48*	8.03	<0.0220
Residual	8	1.47	0.18	-	-
Lack of Fit	4	1.07	0.27^{ns}	2.67	0.1822
Pure Error	4	0.4	0.10	-	-
Cor Total	12	49.2	-	-	-

**, * Significant at 1% and 5% probability level. ^{ns} not significant.

با توجه به نتایج جدول (۳)، اثرات درجه دوم زمان مایکروویو در سطح احتمال ۱٪ و توان مایکروویو در سطح احتمال ۵٪ تاثیر معناداری را در فرآیند استخراج روغن داشت. بررسی مقدارF نشان داد که در بین اثرات مدل سطح پاسخ، عبارت درجه دوم مدت زمان اعمال مایکروویو با مقدار ۱۸۳/۶۰ بیشترین تاثیر را در راندمان استخراج دارد. پس از آن عبارت درجه دوم توان مایکروویو با مقدار ۸/۰۳ نیز در راندمان استخراج روغن موثر است. لازم به ذکر است، اثرات متقابل متغیرهای زمان و توان مایکروویو، تاثیری در راندمان استخراج روغن نداشت. در جدول (٤)، معادلات رگرسیونی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته نشان داده شده است. به کمک روش آماری سطح پاسخ، پس از اصلاح و حذف پارامترهای بی تاثیر و حفظ متغیرهای مهم در مدل، معادله‌ی اصلاح شده که با ضرایب همبستگی بالا نشان دهنده‌ی وجود ارتباط تجربی میان راندمان استخراج روغن با اثرات درجه دوم پیش‌تیمار مایکروویو غیرکد شده به دست آمد.

Table 4 Result of model coefficients for extraction efficiency.

C.V %	SD	Pre R^2	Adj R^2	R^2	Final model
0.79	0.43	0.8989	0.9552	0.9701	$+56.54 + 0.13\ A - 0.14\ B - 3.5\ A^2 - 0.73\ B^2$

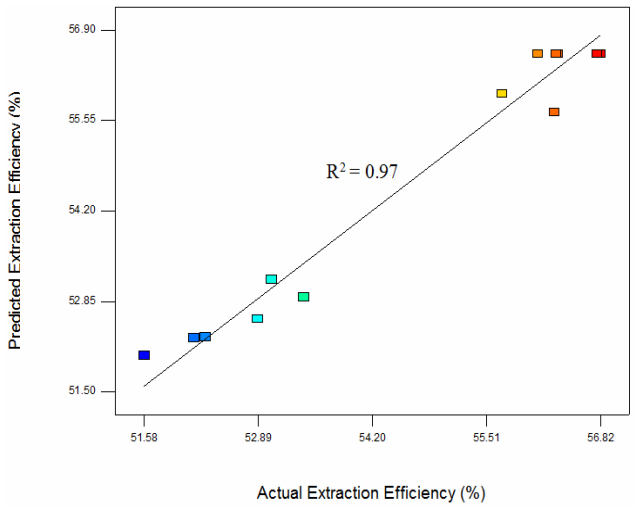

Fig 4 Actual results versus the predicted results for Extraction Efficiency.

برای صحت و درستی مدل آماری ارائه شده باید ضریب همبستگی بزرگتر از ۰/۹٤، ضریب همبستگی پیشگویی شده بزرگتر از ۰/۷، ضریب تغییرات نیز کوچکتر از ۱۰ و همچنین اختلاف بین ضریب همبستگی تنظیم شده و پیشگویی شده باید از ۰/۲ کوچکتر باشد [۲۵]. با توجه به نتایج جدول(٤) شرایط فوق برقرار است. بنابراین مدل از نظر آماری صحیح می باشد. مقادیر بالای ضریب همبستگی(۰/۹۷)، ضریب همبستگی تنظیم شده (۰/۹٦) و ضریب پیشگویی شده (۰/۹۰) مدل نشان داد که می‌توان مدل پیشنهادی توسط روش سطح پاسخ را برای راندمان استخراج مفید ارزیابی کرد. نمودار نتایج واقعی (حاصل از آزمایش) در مقابل اعداد پیش‌بینی شده توسط مدل رگرسیونی، برای راندمان استخراج در شکل (٤) نشان داده شده است.

با توجه به شکل (٤)، توزیع نزدیک نقاط روی خط رگرسیون، ضریب همبستگی بسیار خوبی با مقدار ۰/۹۷ را برای راندمان استخراج را نشان می‌دهد.

تنها ۳ درصد از کل تغییرات پاسخ آزمایش (راندمان استخراج) را نمی توان از روش سطح پاسخ روشن نمود. نمودار اثرات درجه دوم زمان و توان مایکروویو بر راندمان استخراج در شکل(۵) نشان داده شده است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

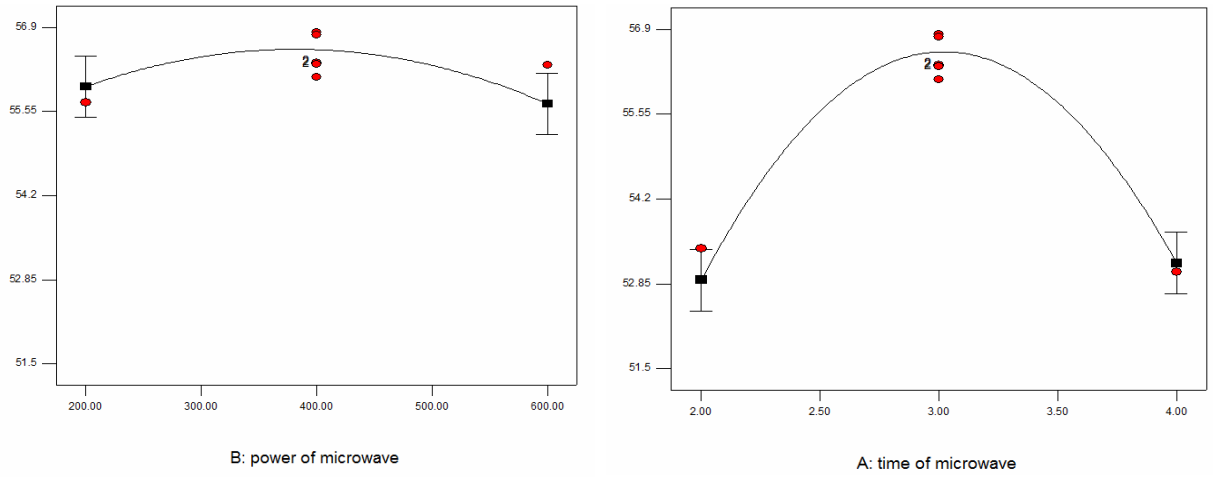

Fig 5 Effects of microwave time and microwave power on extraction efficiency.

با توجه به شکل (۵) راندمان استخراج با افزایش زمان و توان مایکروویو به صورت منحنی درجه دو تغییر می‌کند. بیشترین مقدار راندمان استخراج در نقطه میانی نمودار یعنی در زمان ۳ دقیقه و توان مایکروویو ٤۰۰ وات بدست آمد. نمودار سه بعدی اثرات همزمان زمان و توان مایکروویو بر ارزش مطلوبیت در شکل(٦) نشان داده شده است.

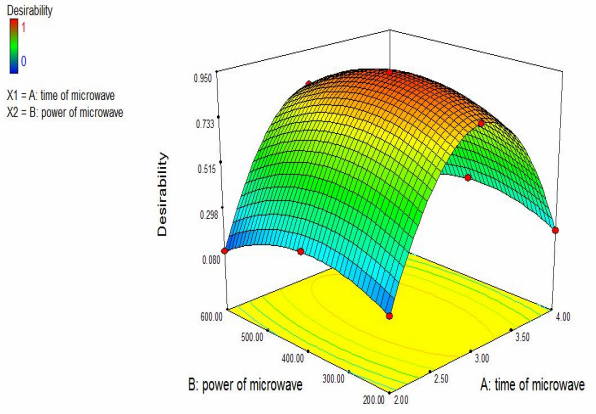

Fig 6 Response Surface 3D Effects of microwave time and power on desirability.

با توجه به شکل (٦)، افزایش زمان و توان مایکروویو ابتدا باعث افزایش مقدار مطلوبیت و سپس کاهش آن می‌شود. مقدار بهینه راندمان استخراج ٥٦/٥٥ درصد بود که در مدت زمان اعمال مایکروویو ۳/۰۲ دقیقه و شدت توان ۳۸۰/۹۲ وات مایکروویو با ارزش مطلوبیت ۰/۹٤۸ می باشد. مومنی و همکاران (۲۰۱۲)، اثر مایکروویو را بر دانه‌های انبه به عنوان پیش‌تیمار قبل از استخراج روغن توسط حلال مورد بررسی قرار دادند. آنها در این مطالعه از زمان‌های مختلف فرآیند (۷۰ ، ۹۰ ، ۱۳۰ و ۱۸۰ ثانیه) و توان‌های مختلف (۳۰۰ و ٤۰۰ وات) استفاده کردند. نتایج نشان داد که کارایی فرآیند استخراج در هنگام استفاده از این امواج حدود ۸/۹ درصد نسبت به روش مرسوم استخراج افزایش یافت [۲٦]. اند[9] و همکاران (۲۰۱۵) اقدام به بهینه‌سازی استخراج روغن از دانه‌های چریش از خانواده سنجدیان با کمک مایکروویو نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از امواج مایکروویو، زمان فرآیند را کوتاه‌تر می‌نماید و همچنین نتایج مربوط به میکروسکوپ الکترونی روبشی مشخص نمود که تخریب دیواره و ساختمان سلولی دانه ها، منجر به افزایش راندمان استخراج روغن می‌شود [۲۷]. در تحقیق دیگری تقوایی و همکاران (۲۰۱٤)، با هدف افزایش راندمان استخراج روغن از دانه‌های کتان به کمک پیش‌تیمار مایکروویو و به دست آوردن روغنی با کیفیت بهتر بیان کردند که برای رسیدن به این اهداف، نمونه ها باید ۳/۵ دقیقه در معرض این امواج قرار گیرند [۲۸]. همچنین محمد و آویاف[10] (۱۹۹۸) گزارش کردند که بهبود راندمان استخراج روغن به واسطه حرارت دهی با مایکروویو می‌تواند ناشی از تخریب ترکیبات پروتئینی نیز باشد [۲۵]. نتایج این بخش با یافته های یاشیدا[11] و همکاران (۲۰۰٦)، ترایگر[12] و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت [۲۹ و ۳۰].

٤- نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش بهینه‌سازی استخراج مکانیکی روغن مورینگا به کمک پیش‌تیمار مایکروویو با تکنیک سطح پاسخ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات درجه دو متغیرهای مدت زمان و توان مایکروویو تاثیر

9. Nde
10. Awatif,
11. Yoshida
12. Terigar

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

معناداری روی شاخص بازده استخراج دارد. با توجه به مقادیر بالای ضریب همبستگی (۰/۹۷) و عدم معناداری آزمون عدم برازش می‌توان مدل پیش‌بینی شده برای بازده استخراج، را صحیح ارزیابی کرد. نتایج نشان داد شرایط بهینه برای فرآیند استخراج روغن زمانی ایجاد می‌شود که مدت زمان پیش‌تیمار مایکروویو ۳/۰۲ دقیقه و توان آن ۳۸۰/۹۲ وات باشد. در شرایط بهینه استخراج، مقدار راندمان ۵۶/۵۵ درصد بدست آمد. نتایج آزمایشات حاکی از این بود که بهره‌گیری از امواج مایکروویو به عنوان یک پیش‌تیمار غیرمخرب قبل از استخراج، می‌تواند در بدست آوردن یک بازده تجاری قابل قبول مدنظر قرار گیرد. بنابراین می‌توان با بررسی امکان ورود آن به صنعت و توجیهات اقتصادی لازم به بهینه‌سازی و روزآمدی صنعت استخراج روغن از دانه‌های روغنی کمک نموده و علاوه بر سودآوری، در مصرف انرژی هم صرفه جویی نمود. در مجموع می‌توان گفت، پیش‌تیمار امواج مایکروویو به عنوان یک روش ساده و سریع می‌تواند بازده استخراج روغن مورینگا را به روش پرس مارپیچی بهبود بخشد.

۵- تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل قسمتی از نتایج به دست آمده از رساله دکتری انجام شده در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس می باشد.

٦- منابع

[1] Odee, D. 1988. Forest biotechnology research in drylands of Kenya: the development of Moringa species. *Dryland Biodivers,* 2: 7-8.

[2] Mirzaie- Nodoushan, H. Asadi Corom, F. 2010. Moringa Miracle of the Nature. Research Institute of Forests and Rangelands Publisher. 226 pages. (In Farsi).

[3] Wise, R. 2006. *Moringa oleifera*: Medicinal and socio-Economic uses: International course on Economic Botany.

[4] Morton, J.F. 1991. The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) a boon to arid lands? *Economic botany,* 45(3): 318-333.

[5] Al-Kahtani, H.A. 1995. *Moringa peregrina* (Al-Yassar or Al-Ban) seeds oil from Northwest Saudi Arabia. *J King Saud Univ,* 1: 31-45.

[6] Abdulkarim, S., Long, K., Lai, O., Muhammad, S. and Ghazali, H. 2005. Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food Chemistry,* 93(2): 253-263.

[7] Safari, M. 2009. Technology of Edible Oils and Fats. University of Tehran Press. 3rd Edition. 466 pages. (In Farsi).

[8] Boskou, D. 2017. Edible cold pressed oils and their biologically active components. J Exp Food Chem, 3: e108.Fasina, O. and Ajibola, O. 1989. Mechanical expression of oil from conophor nut (Tetracarpidium conophorum). *Journal of Agricultural Engineering Research,* 44: 275-287.

[9] Zarandi, M. 2011. Comparative study of mechanical and chemical peeling of Persian lilac (*Melia azedarach. L*) Fruits, and extracting oil from their seeds. M. Sc. Thesis. Mechanic Engineering of Agricultural Machinery. Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman. Iran. (In Farsi).

[10] Nederal, S., Kraljic, K., Bataljaku, A., Skevin, D., Obranovic, M. and Papesa. S. (2012). Chemical composition and oxidative stability of roasted and cold pressed pumpkin seed oils. Journal of the American Oil Chemists Society, 89, 1763–1770.

[11] Gogolewski, M., Nogala-Kałucka, M. andSzeliga, M. (2000). Changes of tocopherol and fatty acid contents in rapeseed oil during refining. European Journal of Lipid Science and Technolo, 120, 618-623.

[12] Mason, T. J. 1998. Power ultrasound in food processing- The way forward. In: Povey, M.J.W. and Mason, T.J. Eds., Ultrasound in Food Processing, Blackie Academic and Professional, London, 105-126.

[13] Mir Nezami Ziabari, H. 1995. Edible fats and oils. Mashhad Publisher. 399 pages.

[14] Tunde-Akintunde, T., Akintunde, B. and Igbeka, J. 2001. Effects of processing factors on yield and quality of mechanically expressed soybean oil. *Journal of Agricultural Engineering and Technology,* 9: 39-45.

[15] Ogunsina, B., Koya, O. and Adeosun, O. 2008. Deformation and fracture of dika nut (*Irvingia gabonensis*) under uni-axial compressive loading. *International Agrophysics,* 22(3): 249-253.

[16] Fasina, O. and Ajibola, O. 1989. Mechanical expression of oil from conophor

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

nut (Tetracarpidium conophorum). Journal of Agricultural Engineering Research, 44: 275-287.

[17] Habibi Nodeh, F. Azadmard-Damirchi, S. Hesari, J. Nemati, M. Fathi-Achachlouei, B. Ahmadi, E. 2010. Effects of the microwave of treatment of rapeseed on the extracted oil quality. Journal of Food Research. 3(1): 19-29. (In Farsi).

[18] Dolat Abadi, Z. Mortazavi, S A. Moghimi, M. Bakhsh Abadi, H. Estiri, S H. Optimization of oil extraction process from safflower seeds by microwave pretreatment and estimation of process parameters with the help of artificial neural network. 2019. Journal of Innovation in Food Science and Technology. 10(4): 107-118. (In Farsi).

[19] Bakhshabadi, H., Mirzaei, H., Ghodsvali, A., Jafari, S.M., Ziaiifar, A.M. and Farzaneh, V. 2017. The effect of microwave pretreatment on some physico-chemical properties and bioactivity of Black cumin seeds' oil. Industrial Crops and Products, 97: 1-9.

[20] Uquiche, E., Jeréz, M. and Ortíz, J. 2008. Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (*Gevuina avellana* Mol). *Innovative food science & emerging technologies,* 9(4): 495-500.

[21] AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

[22] Maccarone E, et al. Possible alternative utilization of Cynara spp. II. Chemical characterization of their grain oil. Ind Crops Prod 1999; 10(3): 229–37.

[23] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). 2001. Edible oils and fats (Relative Density) Test methods. Iran National Standard 6077, first edition.

[24] Myers, R., Montgomery, D. and Anderson-Cook, C. 2016. Multiple Response Optimization. *Response Surface Methodology Process and Product Optimization Using Designed Experiments, 4th Ed.;.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA*: 325-368.

[25] Mohamed, H.M.A. and Awatif, I.I. 1998. The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant. Food Chemistry. 62: 269-276.

[26] Momeny, E., Rahmati, S. and Ramli, N. 2012. Effect of microwave pretreatment on the oil yield of mango seeds for the synthesis of a cocoa butter substitute. Journal of Food Processing & Technology. 3(7): 1-7. (In Farsi).

[27] Nde, B.D., Boldor, D. and Astete, C. 2015. Optimization of microwave assisted extraction parameters of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) oil using the Doehlert's experimental design. Industrial Crops and Products. 65: 233–240.

[28] Taghvaei, M., Jafari, S.M., Assadpoor, E., Nowrouzieh, S. and Alishah, O. 2014. Optimization of microwave-assisted extraction of cottonseed oil and evaluation of its oxidative stability and physicochemical properties. Food Chemistry. 160: 90–97. (In Farsi).

[29] Terigar, D. Boldor, M. and Lima, C.M., Sabliov. 2011. Soybean and rice bran oil extraction in continuous microwave system: From laboratory- to pilot-scale. Journal of Food Engineering. 104(2): 208–217.

[30] Yoshida, H., Tomiyama, Y., Hirakawa, Y. and Mizushina, Y. 2006. Microwave roasting effects on the oxidative stability of oils and molecular species of triacylglycerols in the kernels of pumpkin (Cucurbita spp.) seeds. Journal of Food Composition and Analysis. 19: 330-339.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]

[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of Extraction from Moringa Peregrina Seed Oil by Microwave Pretreatment

Ahangarnejad, N. [1], Khoshtaghaza, M. H. [2*], Ghobadian, B. [2], Sahari, M. A. [3]

1. PhD. student of Biosystems Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2 Professor of Biosystems Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3. Professor of Food Science & Technology Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2021/ 07/ 02
Accepted 2021/ 09/ 19

Keywords:

Moringa Oil Seed,
Extraction Efficiency,
Microwave Pretreatment,
Optimization.

DOI: 10.52547/fsct.18.120.18

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6

*Corresponding Author E-Mail:
khoshtag@modares.ac.ir

ABSTRACT

Moringa oil is used as a useful oil in the food, medicinal, cosmetic and health industries. Also past research has shown that microwaves can increase the extraction efficiency of oil by disintegrating the cellular structure of oil seed. Therefore, in this research, for increasing oil extraction efficiency, microwave pretreatment was used before oil extraction from Moringa seeds by spiral press. In this study, the optimization of oil mechanical extraction from Moringa seeds was done using the Response Surface Methodology. In this study, extraction experiments were done with microwave pretreatment at different level of times (2, 3 and 4 min) and powers (200, 400 and 600 W). The results showed that the extraction efficiency increases and then decreases by increasing microwave time and microwave power. The optimum extraction efficiency was 56.55% during the microwave action time of 3.02 min and the microwave power intensity of 380.92 W. Due to the high values of correlation coefficients (R^2 = 0.97) the predicted model for oil extraction efficiency can be evaluated properly.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.24.6]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.18]