مقایسه تطبیقی روش های استخراج پرس سرد، گرم و روش اولتراسونیک بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و پایداری اکسیداتیو روغن دانه کدو حلوایی

پانیذ کمالی[1]، مهرداد قوامی[2]*

[1]دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات ، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران.

[2] استاد گروه علوم و صنایع غذایی؛ واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران

ایمیل نویسنده مسئول:mehrdad_ghavami@yahoo.com

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثرات تطبیقی روش های استخراج پرس گرم ، پرس سرد و همچنین اولتراسونیک بر روی خصوصیات روغن استخراج شده و انتخاب شرایط بهینه استخراج روغن دانه کدو حلوایی می باشد. برای این منظور پرس سرد ، پرس گرم ، فشار اولتراسونیک برای استخراج روغن دانه کدو حلوایی استفاده شد. آزمون های پس از استخراج روغن دانه کدو حلوایی شامل ضریب شکست، عدد اسیدی، عدد پراکسید، پایداری اکسیداتیو، تعیین رسوب گرانروی ارزیابی شد. کلیه آزمون ها در سه تکرار در قالب طرح کاملا تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. داده های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری Minitab 17.2 و بر اساس آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح احتمال ۰/۰۵ =α آنالیز گردید. نتایج نشان داد که در تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس سرد با افزایش میزان فشار پرس و زمان استخراج اختلافا معنی داری در شاخص های ضریب شکست، عدد اسیدی، عدد پراکسید، پایداری اکسیداتیو، تعیین رسوب و گرانروی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی مشاهده نشد تنها در فشار پرس ۲۰ مگاپاسگال به مدت ۲۰ دقیقه اختلاف معنی داری مشاهده شد($p\leq$ ۰/۰۵). در روش پرس گرم نیز با افزایش درجه حرارت و فشار پرس و همچنین زمان استخراج شاخص اسیدی، عدد پراکسید، میزان رسوب و گرانروی افزایش و پایداری اکسیداتیو روغن دانه کدو حلوایی کاهش یافت. در روش اولتراسونیک نیز تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی در توان های ٦۰۰ و ۸۰۰ وات اختلاف معنی داری با تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد وجود نداشت($p\leq$ ۰/۰۵). اما در توان ۱۰۰۰ وات با روش اولتراسونیک نیز تغییرات مشابه با روش پرس گرم بود ($p\leq$ ۰/۰۵).

کلمات کلیدی: روغن دانه کدو حلوایی، روش پرس سرد، روش پرس گرم، اولتراسونیک

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر همگام با رشد جمعیت و بهبود سطح زندگی، مصرف روغن‌های گیاهی رو به افزایش نهاده است و موجب افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی گردیده است. امروزه در راستای بهبود رژیم غذایی، جایگزینی چربی‌های حیوانی با روغن‌های گیاهی به چشم می‌خورد که این موضوع به منظور داشتن یک رژیم غذایی سالم و استفاده از غذاهایی با اثر سلامت‌بخشی در ارتباط است. در همین راستا نیز پیشرفت‌هایی در فراوری دانه‌های روغنی همچون روش پرس سرد، به‌منظور فراهم آوردن محصولی با کیفیت بالا صورت گرفته است (۱). امروزه سلامت مواد غذایی در مقابل ترکیبات و عوامل بیماری‌زا بسیار مهم است و هدف حفظ ارزش تغذیه ای ماده غذایی مورد نظر در کنار حذف ترکیبات بیماریزا نقش مهمی ایفا می کند(۲). کدو حلوایی با دانه هایی به رنگ سبز تیره و مسطح که به وسیله پوسته سفید رنگی احاطه شده است. دانه کدو تنبل نه تنها دارای ویتامین ها، پروتئین ها و آنتی اکسیدان ها و بلکه دارای کارتنوئیدها و توکوفرول می باشد. در طب سنتی خوردن مغز کدو تنبل باعث از بین رفتن وتسکین سوزش ادرار، زخم معده؛ اخلاط خونی و سرفه می‌شود. تخم کدوی خام روده را دفع می کند و همچنین در درمان سرطان و ورم پروستات کاربرد دارد و روغن تخم کدو برای رفع تب و دل پیچه مفید است. کدو و تخم آن در پیشگیری از سرطان ریه بسیار مفید است. این ماده غذایی به عنوان یک منبع مفید از مواد غذایی برای انسان محسوب می شود(۳). ارزش غذایی دانه های کدو حلوایی به عنوان منبع مهم روغن و پروتئین در مطالعات زیادی بررسی شده است و این دانه ها به طور مستقیم می توانند به عنوان اسنک بعد از نمک زنی و برشته کردن و یا به عنوان افزودنی مواد غذایی نیز مورد استفاده قرار گیرند(٤). بر طبق مطالعات قبلی بر روی دانه های کدو حلوایی، می تواند دارای اثرات سلامتی بخشی مانند کاهش اندازه پروستات، کاهش احتمال آپاندیس، آرتریت، کاهش فشار مثانه و مجاری ادرار، بهبود دیابت، کاهش مشکلات گوارشی، سرطان های سینه، شش و روده بزرگ داشته باشد. دانه های کدو تنبل از نظر استرول های گیاهی که، اخیرا به جهت کاهش دهندگی کلسترول سرمی مورد توجه می‌باشد، غنی می باشد. دانه های کدو تنبل از نظر ویتامین های E (توکوفرول ها)، اسیدهای چرب چند اشباعی و همچنین فلزات واسطه مانند زینک غنی می باشند. روغن دانه کدو تنبل در استرالیا به جهت رنگ، بوی قوی و کف کنندگی آن مورد توجه و استفاده قرار گرفته، گرچه استفاده از آن به عنوان روغن پخت با محدودیت هایی همراه می‌باشد(۵). در صنعت روغن‌کشی، تکنیک‌های متعددی جهت استخراج روغن بکار گرفته می‌شود که در این میان استخراج به روش حلال و مکانیکی (پرس گرم و سرد)، از روش‌های معمول جهت استخراج روغن‌های گیاهی می‌باشند. استخراج با حلال معمولاً برای دانه‌هایی با میزان روغن پائین (۲۰٪>) مانند سویا، بکار گرفته می‌شود. این روش کارایی بالایی داشته و میزان روغن باقیمانده در خوراک بسیار پائین می‌باشد، اما در عین حال معایبی همچون هزینه‌های بالا، مسائل ایمنی، انتشار ترکیبات آلی فرار به محیط و کیفیت پایین محصولی که از طریق دماهای بالای فراورش ایجاد می‌گردد را نیز به‌همراه دارد(۹). استخراج روغن با پرس، بصورت گرم یا سرد می‌باشد. روش پرس برای دانه‌هایی مانند کلزا که حاوی مقادیر بالایی از روغن می‌باشند، بکار گرفته می‌شود. استفاده از این روش به تنهایی ناکافی بوده و میزان زیادی از روغن در خوراک باقی می‌ماند که سپس از طریق حلال استخراج می‌گردد. به‌طور کلی، استخراج روغن با پرس روشی است که در مقایسه با روش استفاده از حلال، ساده‌تر و کم هزینه‌تر بوده و لذا ایمنی و سادگی این روش آنرا نسبت به استفاده از حلال کاراتر می‌سازد. بازده استخراجی

روغن در پرس گرم بالاتر از پرس سرد بوده ولی به دلیل حرارت تولید شده در حین فشردن، کیفیت روغن حاصله پائین‌تر است و این در حالی است که روغن حاصله از پرس سرد خواص طبیعی خود را بهتر حفظ نموده و عاری از مواد شیمیایی می‌باشد(۵). حرارت دادن زیاد در حضور هوا سبب تغییرات در روغن ها می‌شود. این تغییرات خواص تغذیه ای روغن ها را تغییر می دهد و سبب شکل گیری بسیاری از ترکیبات اکسید شده و پلیمریزه می‌شود. این تغییرات فیزیکی و شیمیایی که در اثر حرارت زیاد ایجاد می شود علاوه بر تغییرات تغذیه ای سبب تغییر در مزه، طعم و بوی روغن نیز می‌گردد در اثر حرارت دادن زیاد روغن، اکسیداسیون با میزان بیشتری اتفاق می‌افتد که سبب تولید هیدروپراکسیدها و ترکیبات فرار مانند آلدئیدها، کتون‌ها و اسیدهای کربوکسیلیک و سایر مواد شیمیایی نامطلوب می‌گردد(٦). فرآیند فراصوت یا اولتراسونیک یک روش غیر حرارتی مؤثر در استخراج مواد می‌باشد. پدیده کاویتاسیون در فراصوت، نیروی برشی ایجاد می‌کند که دیواره های سلول را بصورت مکانیکی شکسته و انتقال مواد را بهبود می‌بخشد. تأثیرات مکانیکی امواج فراصوت، سبب نفوذ بیشتر حلال به درون مواد درون سلولی گردیده و در نتیجه سرعت انتقال جرم را افزایش می‌دهد. بنابراین، امواج فراصوت سبب افزایش سرعت استخراج، مصرف کمتر حلال، محافظت ویژه از ترکیبات ناپایدار در برابر حرارت و کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود(۷). شایان ذکر است که این فرآیند، دارای دقت بالا و بازدهی استخراج بیشتر نسبت به سایر روش های استخراجی مرسوم می‌باشد. کاربرد روش فراصوت در شرایط آزمایشگاهی به طور وسیعی برای استخراج ترکیبات موثر گیاهان بررسی شده است. این روش برای استخراج مواد مؤثری همچون اسانس ها، روغن ها و پلی فنول ها از گیاهان استفاده شده است و براساس مطالعات انجام شده، فراصوت می تواند بازدهی استخراج را افزایش دهد. امروزه از روش های آنزیمی، فراصوت، CO_2 فوق بحرانی و سوکسله برای استخراج روغن از منابع گیاهی و مغزها استفاده می‌شود. این در حالی است که امواج فراصوت به عنوان یک فناوری پیشرفته کاربرد های زیادی در علوم و صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی پیدا کرده است(۸).

۲-روش انجام تحقیق

۲-۱- تهیه و آماده سازی دانه کدو حلوایی

در این مطالعه کدو حلوایی رقم مارینا از گلخانه درکرج تعیین و اصالت رقم آن توسط موسسه اصلاح نهال و بذر تایید گردید. دانه ها تا قبل از آسیاب در هوای آزاد و در سایه کاملا خشک گردید تا عمل روغن کشی آن ها راحت تر صورت پذیرد(۹).

۲-۲- عملیات روغن کشی

۲-۲-۱-استخراج با پرس سرد

روغن از نمونه‌های ۱۰۰ گرمی روغن دانه کدو حلوایی(نمونه‌های تیمار شده و نمونه کنترل) طبق روش وایلمز و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از پرس هیدرولیکی مقیاس آزمایشگاهی (شرکت بنیان تراش، تهران) با میزان فشار MPa ۱۰ و به مدت ۱۰ دقیقه استخراج گردید(۱۰).

۲-۲-۲- استخراج با پرس گرم

در روش پرس گرم دانه‌های روغن دانه کدو حلوایی‌تا رسیدن به دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در آون (Memmert، مدل UF500- آلمان) حرارت دید و بلافاصله به دستگاه پرس منتقل گردید. در روش پرس گرم دمای دستگاه حداکثر به ۸۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید(۱۰).

۲-۲-۳- استخراج با حلال به همراه اولتراسونیک

۱۰۰ گرم روغن دانه کدو حلوایی آسیاب شده به ظرف دو جداره انتقال داده شد و با۵۰۰ سی سی حلال هگزان کاملا مخلوط شد. فرایند استخراج در دمای ثابت ٤٠ درجه سلسیوس و همراه با هم زدن نمونه برای مدت زمان‌های ۱۰،۲۰،۳۰،٤٥ دقیقه بافرکانس۲۰ کیلوهرتز در معرض امواج فراصوت با توان‌های ۱۰۰۰ ، ٦۰۰ و ۸۰۰ وات قرار داده شد و در ادامه همانند مراحل انجام شده برای نمونه شاهد با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ و پمپ خلاء مخلوط حلال و روغن از باقیمانده روغن دانه کدو حلوایی جدا شد. حذف حلال به کمک تبخیر کننده دوار تحت خلاء و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس انجام شد(۱۱).

جدول۱-کدبندی تیمارهای تحقیق

شماره	کد تیمار	زمان	نوع روش	سایر شرایط
۱	T1	۳۰ دقیقه	پرس گرم	فشار پرس ۱۰ مگا پاسگال ، دمای ۷۰ درجه سانتی گراد
۲	T2	٤٥ دقیقه	پرس گرم	فشار پرس ۱۰ مگا پاسگال ، دمای ۸۵ درجه سانتی گراد
۳	T3	۳۰ دقیقه	پرس گرم	فشار پرس ۲۰ مگا پاسگال ، دمای ۷۰ درجه سانتی گراد
٤	T4	٤٥ دقیقه	پرس گرم	فشار پرس ۲۰ مگا پاسگال ، دمای ۸۵ درجه سانتی گراد
٥	T5	۱۰ دقیقه	پرس سرد	فشار پرس ۱۰ مگا پاسگال
٦	T6	۱۰ دقیقه	پرس سرد	فشار پرس ۲۰ مگاپاسگال
۷	T7	۲۰ دقیقه	پرس سرد	فشار پرس ۱۰ مگا پاسگال
۸	T8	۲۰ دقیقه	پرس سرد	فشار پرس ۲۰ مگاپاسگال
۹	T9	۱۰ دقیقه	اولتراسونیک	شدت توان ٦۰۰
۱۰	T10	۲۰ دقیقه	اولتراسونیک	شدت توان ٦۰۰
۱۱	T11	۱۰ دقیقه	اولتراسونیک	شدت توان ۸۰۰
۱۲	T12	۲۰ دقیقه	اولتراسونیک	شدت توان ۸۰۰
۱۳	T13	۱۰ دقیقه	اولتراسونیک	شدت توان ۱۰۰۰
۱٤	T14	۲۰ دقیقه	اولتراسونیک	شدت توان ۱۰۰۰

۲-۳- آزمون های استخراج روغن دانه کدو حلوایی

۲-۳-۱- تعیین درصد رسوب

رسوب قسمتی از مواد نامحلول در روغن و چربی خام است که می‌تواند به وسیله سانتریفوژ جدا شود و کل لایه غیرشفاف جمع شده در ته لوله اندازه‌گیری, بعد از سانتریفوژ کردن را تشکیل می‌دهد. دو لوله سانتریفوژ را با دقت

حدود ۰/۱ گرم وزن نموده و ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه تهیه شده را به دو لوله سانتریفوژ منتقل شد و به مدت ۱ ساعت ± ۵ ثانیه سانتریفوژ شد. حجم‌های رسوب تا ۱/۵ میلی متر را با دقت ۰/۰۳ میلی لیتر و حجم های رسوبی بالاتر از ۱/۵ میلی لیتر را با دقت ۰/۵ میلی‌لیتر خوانده شد. مقدار رسوب را بر اساس فرمول ۱ محاسبه شد(۱۵).

$$w = \frac{V}{(m_1 - m_2)} \times 10$$ رابطه ۱

که در آن

w= مقدار عددی میزان رسوب نمونه بر حسب میلی‌لیتر در ۱۰۰ گرم

۲-۳-۲-ارزیابی راندمان استخراج روغن

تعیین راندمان استخراج روغن طبق رابطه ۲ زیر صورت پذیرفت.

راندمان = (درصد روغن خمیر) / (درصد روغن تفاله – درصد روغن خمیر) ×۱۰۰ رابطه ۲

V= مقدار عددی حجم رسوب بر حسب میلی لیتر است

m_1 = مقدار عددی جرم لوله سانتریفوژ با نمونه بر حسب گرم می‌باشد.

m_2 = مقدار عددی جرم لوله سانتریفوژ بر حسب گرم است.

میانگین نتایج را برای دو لوله محاسبه و با دقت حدود ۱ میلی لیتر در ۱۰۰ گرم گزارش شد(۳) .

۲-٤- آزمون های ارزیابی خصوصیات روغن دانه کدو حلوایی

عدد پراکسید بر طبق روش AOCS cd 8-53 محاسبه شد. عدد اسیدی روغن بر طبق روش AOCS cd 3d-40 تعیین شد. ضریب شکست روغن با دستگاه رفراکتومتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد (آگاه و همکاران،۱۳۹۲). همچنین تعیین پایداری اکسیداسیونی روغن دانه کدو حلوایی بوسیله رنسیمت اندازه‌گیری شد. زمان پایداری با استفاده از رنسیمت مدل Metrohm برای ۱۰گرم نمونه روغن و در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری گردید(۷). رنگ نمونه روغن روغن دانه کدو حلوایی با استفاده از رنگ سنج تینتومتر لاویباند PFX 995 ساخت کشور انگلیس اندازه گیری شد. نمونه روغن به یک سل ۱۰ میلیمتری انتقال و رنگ آن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد با انطباق بر اسلایدهای رنگی استاندارد، اندازه گیری گردید. گرانروی نمونه روغن به وسیله ی گرانروی سنج چرخشی Brookfield شرکت ساخت LVDV-III Ultra Rheometer Engineering کشور آمریکا اندازه‌گیری شد (۸).

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایش ها، بر اساس طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس یک طرفه انجام گردید و میانگین ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ مقایسه شدند. تجزیه داده ها توسط نرم افزار Minitab13 انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-نتایج ارزیابی راندمان استخراج

با توجه به نمودار ۱ ملاحظه شد که اختلافات معنی داری بین میزان میانگین راندمان استخراج روغن تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی وجود داشت($p\leq$ ۰/۰۵). بالاترین میزان راندمان استخراج روغن به تیمارهای پرس گرم تعلق داشت که با افزایش میزان درجه حرارت، نوع پرس، زمان استخراج میزان راندمان تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش یافت به طوری که راندمان استخراج در پرس گرم به مدت ٤٥ دقیقه، فشار پرس ۲۰ مگا پاسکال، دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به میزان ۹٤/۳ درصد تعلق داشت. میزان راندمان استخراج در روش پرس سرد به طور قابل ملاحظه ای پایین تر از روش استخراج با روش پرس گرم و اولتراسونیک بود($p\leq$ ۰/۰۵). در روش اولتراسونیک نیز میزان راندمان استخراج روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). روند افزایشی معنی داری با افزایش میزان توان اولتراسونیک در تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی مشاهده شد به طوری که در توان ۱۰۰۰ وات میزان راندمان استخراج روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری بالاتر از تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با سایر توان ها و همچنین در مقایسه با روش پرس سرد گزارش شد($p\leq$ ۰/۰۵). بررسی نتایج ارزیابی راندمان استخراج روغن نشان داد که استفاده از روش پرس گرم در مقایسه با پرس سرد به طور معنی داری باعث افزایش میزان راندمان استخراج روغن می‌شود. در بین تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده بازده استخراج روغن با روش پرس گرم با افزایش دما و زمان فشار پرس به طور معنی داری افزایش می‌یابد. به طور کلی افزایش دما باعث باز شدن دیواره سلولی می شود که سرعت استخراج را بالا می برد که نتیجه آن در دسترس بودن ترکیبات برای استخراج سلولی است. در بین تیمارهای پرس سرد نیز با افزایش فشار پرس و مدت زمان میزان راندمان استخراج روغن به طور معنی داری افزایش می‌یابد. تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استحصال شده با روش اولتراسونیک نیز به طور معنی داری در مقایسه با تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد دارای بازدهی استخراج بالاتری بودند. تیمارهای پرس گرم نیز با تیمارشاهد داری اختلاف معنی داری بودند و میزان بازده استخراج روغن استخراج شده با روش پرس گرم در درجه حرارت بالاتر از میزان بازده استخراج روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش اولتراسونیک گزارش گردید. امواج اولتراسونیک، 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 و بهبود انتشار و انتقال جرم تسهیل و تسریع می‌کنند. از این رو استفاده از این امواج در استخراج روغن از بافت گیاهی، راندمان عمل و سرعت فرآیند استخراج را افزایش داده و مصرف حلال را نیز کاهش می‌یابد . در سال های اخیر در مورد استفاده از اولتراسونیک برای استخراج روغن از دانه های روغنی به دلیل کاهش زمان استخراج و امکان استفاده از دماهای پایین مطالعات فراوانی صورت گرفته است. امواج اولتراسونیک می‌توانند باعث ایجاد یک سری از انقباض و انبساط های متوالی در محیط شوند که این باعث فشار و حذف متوالی آن بر ماده (اثر Sponge) می‌شود، نیروهای حاصل به وسیله این مکانیسم مکانیکی می توانند نسبت به کشش سطحی که حلال را در لوله های مویینه بافت ماده را نگه می‌دارد بیشتر شوند و بنابراین ایجاد کانال های ماکروسکوپیک در دانه های روغنی کنند که این باعث استخراج آسانتر از دانه های روغنی می

شود (۱۵). همچنین استفاده از امواج فراصوت با قدرت بالا براستخراج روغن از دانه های آسیاب شده روغن دانه کدو حلوایی مشخص شد که در حضور این امواج دیواره سلول ها و بافت های گیاهی تخریب شده و ترکیبات آنتی اکسیدانی روغن دانه کدو حلوایی(پلی فنول ها و توکوفرول ها) بیشتری به داخل روغن راه یافته و باعث افزایش ارزش تغذیه و خواص آنتی اکسیدانی روغن دانه کدو حلوایی گردید. در اکثر موارد به دلیل اثرات مکانیکی امواج استخراج می‌شود. هنگام برخورد امواج با یک ماده، این امواج نیرویی را وارد می‌کنند، اگر نیرو بر سطح عمود باشد، به عنوان موج فشاری از درون ماده غذایی عبور می‌نماید و در صورتی که موج عمود بر سطح باشد باعث موج برشی می‌گردد. هر دو نوع موج هنگام عبور از ماده غذایی ضعیف می‌گردند. امواج اولتراسونیک باعث یکسری تغییرات ناگهانی در فشار و دما می‌شوند که باعث تجزیه بافت، ایجاد حباب های هوا در غذاهای مایع، نازک کردن غشاء سلولی و تولید رادیکال های آزاد که این عمل اثر کشنده بر روی میکروارگانیزم ها دارد، می‌گردند(۲۱). عمل تجزیه بافت و متلاشی کردن آن و همچنین نازک کردن غشاء سلولی باعث شده است تا از این امواج در استخراج نیز بهره گرفته شود . با استفاده از این روش می توان با کاهش چشمگیر زمان با راندمانی مشابه با حلال دست یافت. علت افزایش میزان استخراج روغن با افزایش زمان اولتراسونیک را می توان به پدیده کاویتاسیون نسبت داد که در واقع در اثر انتشار امواج صوتی در فاز جامد- مایع، چرخه های انبساطی و انقباضی در محیط ایجاد می‌شود که باعث ایجاد حباب هایی شده که این حباب ها در ادامه رشد و در نهایت متلاشی می‌شوند این عملیات باعث نوسان ذرات جامد و مایع شده و تحت عنوان اولتراسونیک سرعت پیدا می‌کند در نتیجه مواد جامد حل شونده سریعا با فاز جامد به حلال انتشار پیدا می کند. علاوه براین، دیگر اثرات مانند امولسیفیکاسیون، انتشار و صدمه به بافت نیز به افزایش استخراج مواد مورد نظراز مواد خام کمک می‌کند(١٤). تاثیر امواج فراصوت در کاهش زمان استخراج توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است و اعتقاد بر این است که تشکیل، رشد و انفجار حباب ها، گرداب ها و جریان های اغتشاشی را در سرتاسر توده سیال ایجاد می‌کند که باعث تعدیل گرادیان غلظت و افزایش سزعت انتقال جرم و در نتیجه کاهش زمان استخراج می‌گردد. به علاوه تخریب بافت و نفوذ حلال به داخل آن موجب تماس حلال- روغن شده و سرعت انتقال جرم را تشدید می کند.در همین راستا Stanisavljevic در بررسی استخراج روغن از دانه کلزا با کمک امواج اولتراسونیک نیز به نتایج مشابهی نیز دست یافتند، رابطه گزارش شده که استخراج روغن از دانه کلزا با کمک امواج اولتراسونیک با شدت بیشتری صورت می‌گیرد که با نتایج تحقیق حاضر نیز همراستا می‌باشد. کرمی و همکاران(۱۳۹۱) در بررسی مدل سازی و بهینه سازی استخراج روغن شاهدانه به کمک اولتراسونیک به نتایج مشابهی دست یافتند. آن ها دریافتند که اولتراسونیک می تواند باعث افزایش میزان بازدهی استخراج گردد که با نتایج تحقیق حاضر نیز در توافق بود.

نمودار ۱- مقایسه میانگین راندمان استخراج روغن تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی

۳-۲- نتایج ارزیابی درصد رسوب

با توجه به نمودار ۲ ملاحظه شد که اختلافات معنی داری بین میزان میانگین راندمان استخراج روغن تیمارهای روغن دانه کدو حلواییوجود داشت($p\leq$ ۰/۰۵). بالاترین میزان راندمان استخراج روغن به تیمارهای پرس گرم تعلق داشت که با افزایش میزان درجه حرارت، نوع پرس، زمان استخراج میزان راندمان تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش یافت به طوری که راندمان استخراج در پرس گرم به مدت ٤٥ دقیقه، فشار پرس ۲۰ مگا پاسگال، دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به میزان ۹٤/۳ درصد تعلق داشت. میزان راندمان استخراج در روش پرس سرد به طور قابل ملاحظه ای پایین تر از روش استخراج با روش پرس گرم و اولتراسونیک بود($p\leq$ ۰/۰۵). در روش اولتراسونیک نیز میزان راندمان استخراج روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). روند افزایشی معنی داری با افزایش میزان توان اولتراسونیک در تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی مشاهده شد به طوری که در توان ۱۰۰۰ وات میزان راندمان استخراج روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری بالاتر از تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با سایر توان ها و همچنین در مقایسه با روش پرس سرد گزارش شد($p\leq$ ۰/۰۵). ضریب رسوب اصل تعیین در زمینه نیروی اندازه گیری نمونه سرعت ثابت ته نشینی ذرات گریز از مرکز است. نتایج نشان داد که با افزایش شدت و توان استخراج اولتراسونیک میزان رسوبات در روغن به طور معنی داری کاهش می‌یابد ($p\leq$۰/۰۵). افزایش زمان استخراج اثر معکوسی بر روی میزان رسوب ناشی از استخراج داشته و با افزایش زمان فرآیند استخراج فراصوت میزان رسوب به طور معنی داری افزایش نشان داد. بررسی نتایج ارزیابی شاخص رسوب نشان داد که در روش استخراج با پرس سرد درصد رسوب در تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری از میزان درصد رسوب در روش استخراج روغن دانه کدو حلوایی با پرس سرد کمتر بوده و در هر دو روش پرس سرد و همچنین پرس گرم با افزایش مدت زمان استخراج و همچنین فشار پرس میزان شاخص رسوب تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش می‌یابد که به دلیل افزایش غلظت ترکیبات خروجی و همچنین افزایش غلظت ترکیبات خارج می‌شود که به جهت بسته شدن منافذ

خروجی غشاهای سلولی با آگلومره شدن در اثر حرارت می باشد. حرارت باعث تغییرات دیواره سلولی و افزایش میزان رسوبات در روش پرس گرم می‌شود که اختلاف قابل ملاحظه ای با روش استخراج با پرس سرد دارد. در روش اولتراسونیک نیز با افزایش میزان توان اولتراسونیک میزان شاخص رسوب در تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش می‌یابد که با افزایش میزان زمان استخراج اولتراسونیک میزان شاخص رسوب نیز به طور معنی داری افزایش می‌یابد(۸). اعتقاد براین است که تشکیل، رشد و انفجار حباب‌ها گرداب ها وجریان‌های اغتشاشی را درسرتاسرتوده سیال ایجاد می‌کند که باعث تعدیل گرادیان غلظت و افزایش سرعت انتقال جرم ودرنتیجه کاهش زمان استخراج و کاهش درصد رسوب نیز می‌گردد . به علاوه تخریب بافت و نفوذ حلال به داخل آن موجب تماس حلال– روغن شده وسرعت انتقال جرم را تشدید می‌کند(٦). در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت.بیگ محمدی و همکاران (۱۳۸۸) نیز در بررسی اثر پیش تیمار حرارتی و نوع پرس بر میزان پایداری اکسیداتیو روغن کلزای استخراج شده طی دوره نگهداری به نتایج مشابهی دست یافتند و آن ها نیز اذعان داشتند که استفاده از پرس گرم در مقایسه با پرس سرد به طورمعنی داری باعث افزایش میزان درصد رسوب در تیمارهای روغن کلزا می‌گردد که با نتایج تحقیق حاضر نیز در توافق بود. جلیلی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در بررسی بهینه سازی فرآیند استخراج روغن کانولا به کمک امواج فراصوت با روش سطح پاسخ نیز دریافتند که استفاده از امواج فراصوت در زمان و توان بالا به طور معنی داری باعث افزایش میزان رسوبات روغن کانولا گردید که با نتایج تحقیق حاضر در توافق بود.

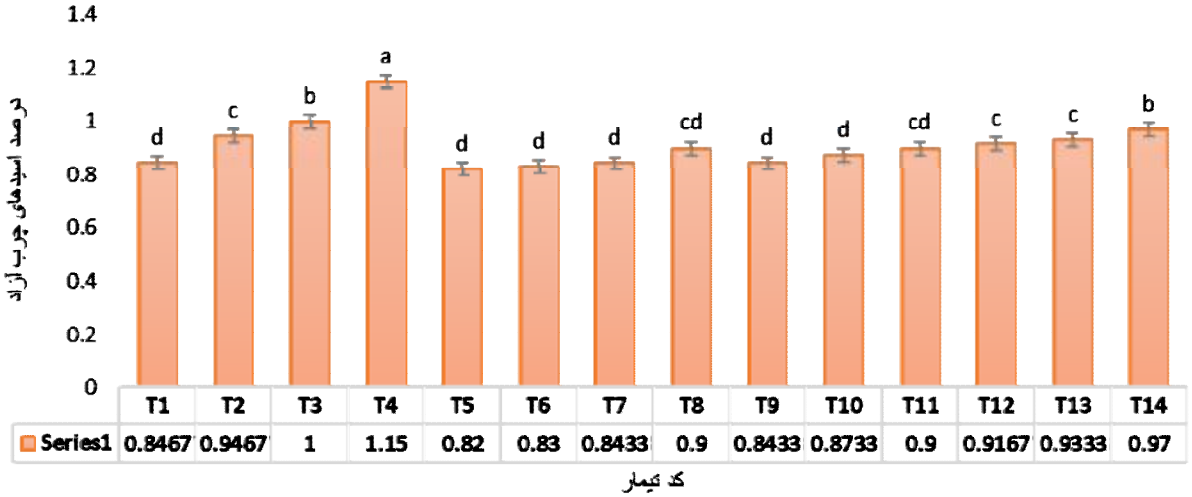
نمودار ۲- مقایسه میانگین شاخص رسوب تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی

۳-۳- نتایج ارزیابی عدد پراکسید

با توجه به نمودار ۳ ملاحظه شد که اختلافات معنی داری بین میزان عدد پراکسید تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی وجود داشت($p\leq$ ۰/۰۵). همان گونه که در نمودار مقایسه میانگین تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی وجود دارد ملاحظه گردید که در هر دو روش استخراج روغن با پرس سرد و پرس گرم، با افزایش مدت زمان استخراج روغن و

درجه حرارت و همچنین فشار پرس میزان عدد پراکسید تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش می‌یابد($p\leq$ ۰/۰۵). در بین تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش اولتراسونیک نیز میزان عدد پراکسید تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی میزان عدد پراکسید تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی نیز به طور معنی داری افزایش می‌یابد. بالاترین میزان عدد پراکسید در روش استخراج روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس سرد نیز به تیمار با فشار ۲۰ مگاپاسکال به مدت ۲۰ دقیقه (T8) تعلق داشت. بالاترین میزان عدد پراکسید در روش استخراج گرم نیز به تیمار فشار پرس ۲۰ مگا پاسگال ، دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به مدت ٤٥ دقیقه (T4) تعلق داشت. در روش استخراج با روش اولتراسونیک نیز بالاترین میزان عدد پراکسید به روغن دانه کدو حلوایی با شدت توان ۱۰۰۰ و به مدت ۲۰ دقیقه تعلق داشت($p\leq$۰/۰۵). فرایند اکسیداسیون که طی آن تری گلیسیریدها اکسیده شده و پراکسیدها را تولید می کنند از جمله مهمترین واکنش هایی است که در طول حرارت دهی روغن ها، اتفاق می‌افتد ، افزایش عدد پراکسید می‌شود. اسید های چرب غیر اشباع از قبیل اولئیک، لینولنیک، لینولئیک و... به علت وجود باند های دوگانه در ساختار شیمیایی خود بسیار مستعد به عوامل تسریع کننده اکسیداسیون از قبیل حرارت، نور، اکسیژن، فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز و غیره می باشند. فراوانترین اسید چرب روغن دانه کدو حلوایی، اسید اولئیک و اسید پینولئیک می باشد (۸۳-۵۵ درصد) که اسد پینولئیک دارای سه پیوند غیر اشباع در ساختار خود می‌باشد، بنابراین مستعد فساد اکسیداتیو می‌باشد اما این روند خیلی آهسته می‌باشد. سرعت تشکیل و تبدیل رادیکال‌های آزاد در آن سریع تر است و بنابراین با افزایش درجه حرارت، غلظت پراکسید در آن به سرعت به حد شکست می‌رسد و سپس تشکیل پراکسیدها در آن به صورت زنجیروار ادامه پیدا می‌کند(۲۱). پراکسید از نظر شیمیایی دارای ساختار ناپایداری است و در دماهای بالا شکسته می‌شود (١٦). سرعت اکسیداسیون روغن‌های خوراکی با ازدیاد درجه حرارت افزایش می‌یابد. اثر حرارت در اینجا نسبت به اثر آن در واکنش های شیمیایی دیگر بیشتر است، زیرا باعث تجزیه هیدروپراکسید ها می شود که از این طریق نیز اکسیداسیون تشدید می‌گردد(۲۲). با افزایش درجه حرارت استخراج نیز چنین روندی مشاهده شد. در طی پرس گرم و افزیش درجه حرارت و زمان استخراج میزان تشکیل ترکیبات هیدروپراکسیدی به طور معنی داری افزایش می‌یابد. اما در پرس سرد افزایش مدت زمان و همچنین فشار پرس اثرات معنی داری بر میزان عدد پراکسید روغن دانه کدو حلوایی پس از فرآیند استخراج روغن ایجاد ننمود. هیدروپراکسیدها به عنوان محصولات اولیه تولید شده در واکنش های اکسایش شاخصی جهت بررسی میزان پیشرفت واکنش های اکسیداسیون در مرحله اول می‌باشند (۲۲). این عامل نشان دهنده کل محتوای هیدروپراکسید و عدد پراکسید چربی ها یا مواد حاوی چربی است. ترکیبات پلی فنلی روغن دانه کدو حلوایی به عنوان آنتی اکسیدان در دادن اتم هیدروژن به رادیکال های آزاد ایجاد شده ی ناشی از اکسیداسیون موثر می‌باشد. بنابراین نقش مهمی در جلوگیری از پیشرفت اکسیداسیون روغن های دارد. بنابراین افزایش ترکیبات پلی فنل از سرعت افزایش عدد پراکسید می‌کاهد (۲۱). اثرات فراصوت بر روی عددپراکسید را نیز می توان به افزایش میزان اکسیداسیون در توان ۱۰۰۰و زمان ۲۰ دقیقه استخراج اشاره نمود که باعث افزایش میزان عدد پراکسید روغن می‌شود. در بین روش های استخراج روغن دانه کدو حلوایی، روش استخراج سرد دارای کمترین میزان عدد پراکسید در مقایسه با روش استخراج گرم بوده و تیمار های روغن دانه

کدو حلوایی نیز در توان های ۶۰۰ و ۸۰۰ و زمان ۱۰ دقیقه با تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده به روش استخراج سرد اختلافات معنی داری نداشتند. در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. کرمی و همکاران (۱۳۹۱) نیز در بررسی مدل سازی و بهینه سازی استخراج روغن شاهدانه به کمک اولتراسونیک و با روش سطح پاسخ نیز به نتایج مشابهی دریافتند. آن ها دریافتند که استفاده از امواج فراصوت در توان و زمان بالای استفاده می‌تواند باعث تسریع اکسیداسیون و افزایش عدد پراکسید روغن گردد که با نتایج تحقیق حاضر نیز همراستا می‌باشد.

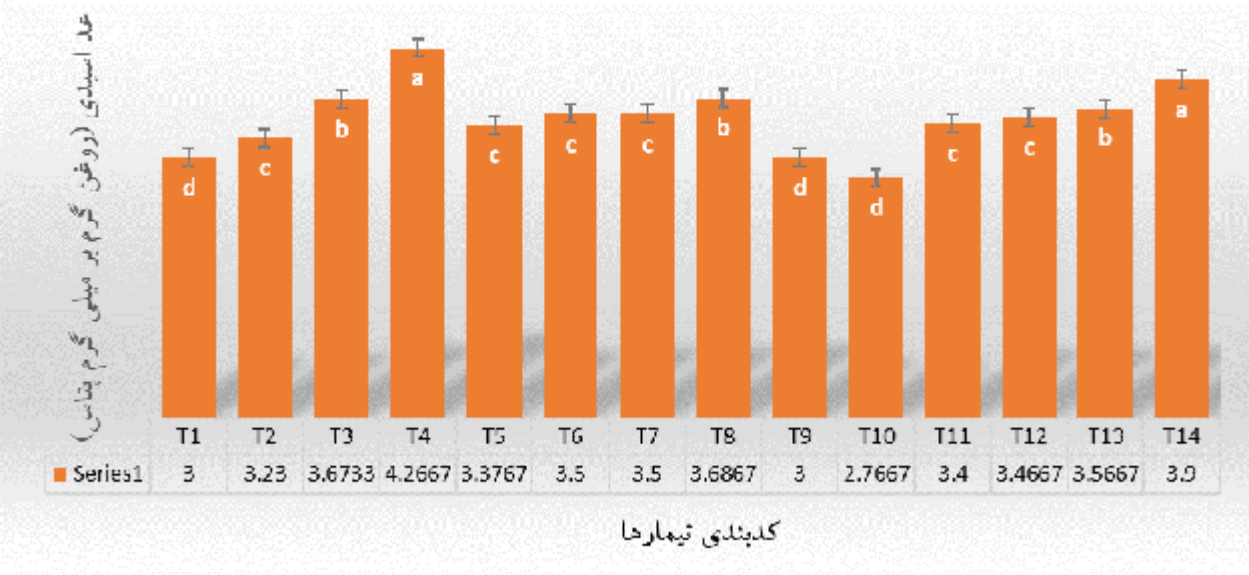


نمودار ۳- مقایسه میانگین شاخص عدد پراکسید تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی

۳-٤- نتایج ارزیابی عدد اسیدی

همان گونه که در نمودار مقایسه میانگین تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی وجود دارد ملاحظه گردید که در هر دو روش استخراج روغن با پرس سرد و پرس گرم، با افزایش مدت زمان استخراج روغن و درجه حرارت و همچنین فشار پرس میزان عدد اسیدی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش می‌یابد($p\leq$۰/۰۵). در بین تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش اولتراسونیک نیز میزان عدد اسیدی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی نیز به طور معنی داری افزایش می‌یابد. بالاترین میزان عدد اسیدی در روش استخراج روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس سرد نیز به تیمار با فشار ۲۰ مگاپاسکال به مدت ۲۰ دقیقه (T8) تعلق داشت. بالاترین میزان عدد اسیدی در روش استخراج گرم نیز به تیمار فشار پرس ۲۰ مگا پاسگال ، دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به مدت ٤۵ دقیقه (T4) تعلق داشت. در روش استخراج با روش اولتراسونیک نیز بالاترین میزان عدد اسیدی به روغن دانه کدو حلوایی با شدت توان ۱۰۰۰ و به مدت ۲۰ دقیقه تعلق داشت($p\leq$ ۰/۰۵). اندیس اسیدی یا عدد اسیدی عبارت است از میلی‌گرم پتاس مورد نیاز جهت خنثی کردن اسید های چرب آزاد موجود در یک گرم نمونه آزمایش. این اندیس نشان دهنده فاسد یا سالم بودن نمونه مورد آزمایش می‌باشد. در روغن هایی که در آن ها واکنش هیدرولیز صورت گرفته است عدد اسیدی بالا می باشد. عدد اسیدی روغن بیانگر میزان خاصیت اسیدی روغن می باشد. عدد اسیدی روغن معمولا به تدریج و با شیب کم افزایش می‌یابد. روغن ها در اثر عوامل مختلفی از جمله گرما و آلودگی به مرور زمان دستخوش تغییرات کیفی

شده که عدد اسیدی بیانگر یکی از شاخص های این تغییرات می باشد(۲۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که میزان اسیدیته و عدد اسیدی در نمونه‌های روغن دانه کدو حلوایی حاصل از استخراج با روش پرس سرد در تمام دوره نگهداری به طور معنی داری کمتر از نمونه حاصل از تیمار روغن دانه کدو حلوایی تهیه شده با روش پرس گرم می-باشد و نمونه‌های روغن استخراج شده با روش اولتراسونیک نیز اختلاف معنی داری با روش پرس سرد نشان ندادند(۲۳). مقایسه میانگین ها نشان داد که میزان اسیدیته و عدد اسیدی نیز در نمونه روغن حاصل از پرس سرد در تمام دوره نگهداری به طور معنی داری پایین تر از روش استخراج روغن با روش پرس گرم بود. نتایج همچنین نشان داد که بین تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس گرم با افزایش زمان و دمای پرس و همچنین میزان فشار پرس میزان ترکیبات اسیدی روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش یافت($p\leq$۰/۰۵). در تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد اختلافات معنی داری بین میزان عدد اسیدی تیمارها با افزایش میزان زمان و دمای پرس وجود نداشت($p>$۰/۰۵). در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. امواج اولتراسیونیک اثر تخریبی و اکسایشی بر روغن ندارند. از این رو با افزایش فرکانس و زمان اولتراسونیک، سرعت استخراج افزایش و عدد اسیدی و پراکسید نمونه کاهش می‌یابد(۲۷). گرچه امواج اولتراسونیک در شکسته شدن برخی تری گلیسریدها و تولید اسیدهای چرب آزاد می‌توانند موثر باشند اما پیش تیمار اولتراسونیک موجب میزان استخراج بالای ترکیبات فنولیک از بافت های گیاهی در زمان کوتاه و همچنین بهبود کیفیت ترکیبات فنولی استخراج شده می-گردد. در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. شهیدی و همکاران (۲۰۰۶) که به بررسی خصوصیات آنتی اکسیدانی دانه کنجد سفید و سیاه پرداختند گزارش نمودند که دانه کنجد با توجه به نوع واریته دارای ۱٤٦–۱۰ میلی‌گرم بر گرم ترکیبات فنولیک می‌باشد و پیش تیمار اولتراسونیک سبب افزایش این ترکیبات در روغن استحصالی و کاهش شاخص های اکسیداسیون مانند عدد اسیدی می‌گردند. این نتـایج با یافته های دیگر محققین که گزارشات مشابهی را در این رابطه منتشرکرده اند مطابقت دارد. نتایج آزمایشات بصیری و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد استخراج با امواج فراصوت بدون این که تأثیری بر ترکیب اسیدهای چرب و مقدار کمی آن ها داشته باشد بازده استحصال بیشتری را نشان داد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. اشجعی و همکاران (۱۳۹٦) نیز در بررسی کاربرد پیش تیمار اولتراسونیک در استخراج روغن دانه کنجد و بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی آن نیز به نتایج مشابهی در رابطه با عدد اسیدی دست یافتند، آن ها نیز دریافتند که استفاده از امواج فراصوت در زمان و توان بالاتر شدت استخراج ترکیبات فنولی را افزایش داده و باعث کاهش میزان عدد اسیدی روغن کنجد گردید که با نتایج تحقیق حاضر نیز همراستا بود.



نمودار ٤- مقایسه میانگین عدد اسیدی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی

۳-۵- نتایج ارزیابی اندیس ضریب شکست

با توجه به نمودار ۵ ملاحظه شد که اختلافات معنی داری بین میزان میانگین ضریب شکست تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی وجود داشت($p\leq$۰/۰۵). با افزایش میزان فشار پرس، مدت زمان استخراج و همچنین درجه حرارت در روش پرس گرم میزان ضریب شکست تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری کاهش یافت($p\leq$۰/۰۵). در روش پرس سرد نیز بین میانگین ضریب شکست تیمارها اختلافات معنی داری با روش پرس گرم وجود داشت و میانگین ضریب شکست تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس سرد بالاتر از میانگین ضریب شکست تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس گرم بود($p\leq$۰/۰۵). در روش اولتراسونیک نیز اختلافات معنی داری بین میزان میانگین ضریب شکست تیمارها وجود نداشت و با افزایش میزان توان اولتراسونیک به ۱۰۰۰ وات میزان ضریب شکست نیز با کاهش معنی داری مواجه شد($p\leq$۰/۰۵).ضریب شکست یک جسم عبارتند از میزان انحراف نور پس از عبور از جسم مذکور عوامل موثر بر ضریب شکست روغن عبارتند از: با افزایش دما ، ضریب شکست کاهش می یابد. ضریب شکست با افزایش تعداد باندهای دوگانه و افزایش حالت کنژوگه ، افزایش می‌یابد. ضریب شکست با افزایش طول زنجیره کربنی اسیدهای چرب، زیاد می‌شود همچنین اکسیداسیون روغن، ضریب شکست را کاهش می‌دهد(۲۸). بررسی نتایج نشان داد که با افزایش درجه حرارت در روش استخراج با پرس گرم میزان ضریب شکست تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی‌داری در مقایسه با روش استخراج با پرس سرد کاهش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). همچنین با افزایش زمان استخراج و فشار پرس و افزایش میزان حرارت استخراج، میزان ضریب شکست تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی نیز به طور معنی داری کاهش یافت. در روش پرس سرد اختلافات معنی داری بین میزان ضریب شکست تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی مشاهده نشد($p\leq$ ۰/۰۵). اولتراسونیک نیز در مدت زمان و توان بالا به جهت افزایش کاویتاسیون و در معرض قرار گرفتن بیشتر روغن در طی فرایند استخراج با افزایش مدت زمان اولتراسونیک، باعث

افزایش میزان اکسیداسیون روغن می‌شود که این افزایش میزان اکسیداسیون باعث کاهش میزان ضریب شکست روغن می‌شود. در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت(۲۹). اشجعی و همکاران (۱۳۹۶) نیز نشان دادند که کاربرد پیش تیمار اولتراسونیک در استخراج روغن دانه کنجد و بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی آن نشان دادند که تیمار اولتراسونیک باعث کاهش معنی دار ضریب شکست تیمارهای روغن گردید که با نتایج تحقیق حاضر همراستا بود. Paduano & Amirante (۲۰۱۶) در بررسی استخراج روغن با روش اولتراسونیک نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن ها دریافتند که استفاده از تیمار اولتراسونیک به طور معنی‌داری در مقادیر توان بالا و مدت زمان استخراج بالا ضریب شکست روغن را کاهش داد که با نتایج تحقیق حاضر نیز همراستا بود.

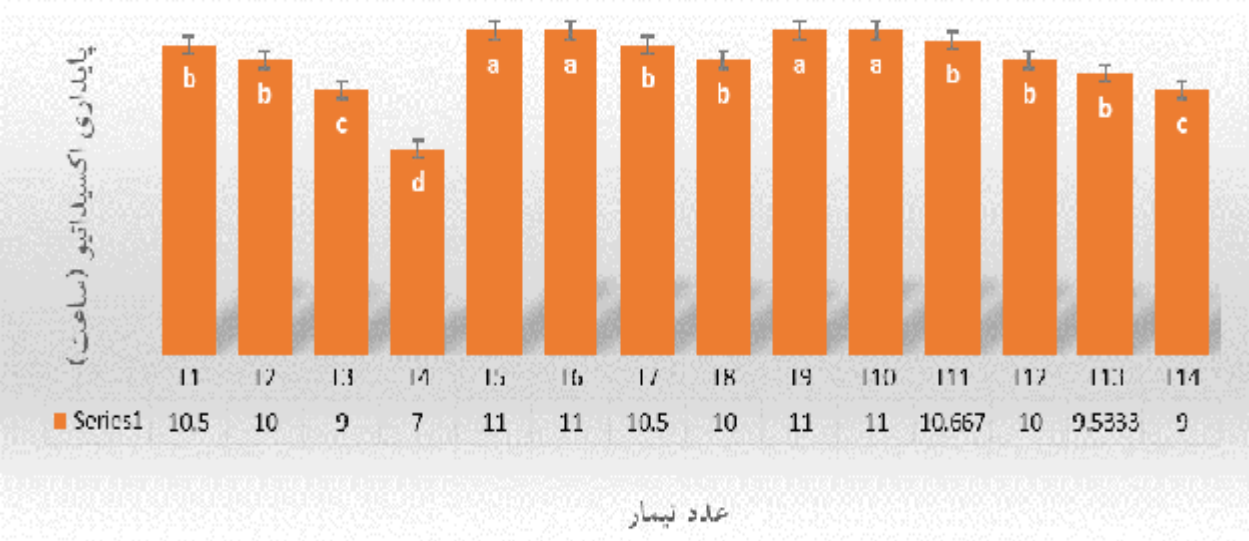
نمودار ۵- مقایسه میانگین ضریب شکست تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی

۳-٦- نتایج ارزیابی پایداری اکسیداتیو

با توجه به نمودار ٦ ملاحظه گردید که اختلافات معنی داری بین میزان میانگین پایداری اکسیداتیو (عدد رنسیمت) روغن های روغن دانه کدو حلوایی معنی‌دار بود($p\leq$ ۰/۰۵). بررسی نتایج میانگین تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی نشان داد که بالاترین میزان پایداری اکسیداتیو در تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس سرد و کمترین آن در تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس گرم بود($p\leq$ ۰/۰۵). در روش استفاده از پرس گرم نیز میزان پایداری اکسیداتیو با افزایش میزان فشار پرس، درجه حرارت و زمان استخراج به طور معنی‌داری کاهش یافت و در روش اولتراسونیک نیز با افزایش توان اولتراسونیک نیز میزان میانگین پایداری اکسیداتیو تیمارها به طور معنی داری کاهش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). افزایش زمان استخراج منجر به تجزیه اسید کربوکسیلیک بیشتر و کاهش زمان مقاومت به اکسید شدن می‌شود و این افزایش در زمان استفاده از حلال بیشتر از روش فراصوت می‌باشد. در همین زمان تیمارهایی که تحت فرایند فراصوت و حلال قرار گرفته‌اند به علت انجام فرایند و بالا رفتن میزان پراکسید، پایداری اکسیداتیو کمتری را نشان می دهد(۳۰). در روش پرس سرد نیز اختلافات معنی داری بین میزان پایداری اکسیداتیو تیمارهای روغن دانه کدو

حلوایی مشاهده نشد اما در پرس سرد با افزایش میزان فشار پرس به ۲۰ مگاپاسکال به مدت ۲۰ دقیقه نیز میزان پایداری اکسیداتیو نیز به طور معنی‌داری کاهش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). پایداری روغن به روش رنسیمت یک معیار مستقیم برای تغییر در مقاومت به اکسایش در روغن ها می‌باشد . با اندازه گیری این پارامتر برای روغن های مختلف، امکان مقایسه درجه تخریب این روغن ها در طی حرارت دهی فراهم می‌شود(۲۹) . پایان زمان مقاومت به اکسید شدن زمانی است که به علت تجزیه اسید های کربوکسیلیک حاصل از اکسیدشدن لیپید و جذب شدن آن در آب دیونیزه هدایت ویژه یک افزایش سریع را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده توسط دو روش پرس سرد و پرس گرم و همچنین روش اولتراسونیک دارای پایداری اکسیداتیو متفاوتی بوده و این تفاوت در بررسی فاکتورهای عدد اسیدی و همچنین عدد پراکسید نیز گزارش گردید(١٤). حضور ترکیبات فنولی موجود در روغن دانه کدو حلوایی باعث مهار کنندگی رادیکال های آزاد می‌شود. در روش استخراج با پرس گرم با افزایش مدت زمان پرس و درجه حرارت استخراج میزان ترکیبات فنولی موجود در روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری کاهش می‌یابد. در تیمارهایی که تحت فرایند حرارتی قرار گرفته‌اند به علت انجام فرایند و بالارفتن میزان پراکسید، پایداری اکسیداتیو کمتری را نشان می‌دهد. حرارت و افزایش دما در روش استخراج با پرس گرم باعث افزایش واکنش های اکسیداسیون، کاهش و یا تخریب آنتی اکسیدان های طبیعی و در نهایت کاهش میزان پایداری روغن های استخراج شده آن ها می‌گردد(۳۲). در روش استخراج با پرس سرد با افزایش میزان فشار پرس با توجه به عدم وجود درجه حرارت در این روش میزان استخراج ترکیبات فنولی مانند آلفا پینن[1] و بتا پینن [2]در روغن دانه کدو حلوایی افزایش می‌یابد(١٦). روش اولتراسونیک نیز به جهت تغییرات در دیواره سلولی و خروج بدون حرارت ترکیبات فنولی باعث افزایش میزان غلظت این ترکیبات در روغن گردیده و میزان ترکیبات فنولی موجود در آن در مقایسه با روش پرس سرد و گرم بالاتر از روش اولتراسونیک می‌باشد. حضور ترکیبات فنولی روغن دانه کدو حلوایی مانند آلفا[3]، بتا[4] و گاما کادینن [5] و آلفا ترپینون [6]همان‌گونه که در نتایج آزمون مهارکنندگی رادیکال های آزاد مشخص گردید با افزایش میزان مهارکنندگی رادیکال های آزاد باعث مهار واکنش های زنجیری اکسیداسیون شده و میزان پایداری روغن را در برابر اکسیداسیون کاهش می‌دهد(۳۳). در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. فریدونی نوری و همکاران (۱۳۹۵) نیز در بررسی استخراج ترکیبات فنلی برگ های رزماری به روش امواج فراصوت و تاثیر آن بر خواص ارگانولپتیکی، فیزیکوشیمیایی و پایداری اکسیداتیو روغن زیتون بکر نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن ها نیز دریافتند که استفاده از فراصوت باعث افزایش میزان استخراج ترکیبات فنولی و همچنین کاهش عدد اسیدی و افزایش پایداری اکسیداتیو می گردد که با نتایج تحقیق حاضر در توافق بود.

[1] α-Pinene
[2] β-Pinene
[3] α-Cadinene
[4] β-Cadinene
[5] γ-Cadinene
[6] α-Terpineol

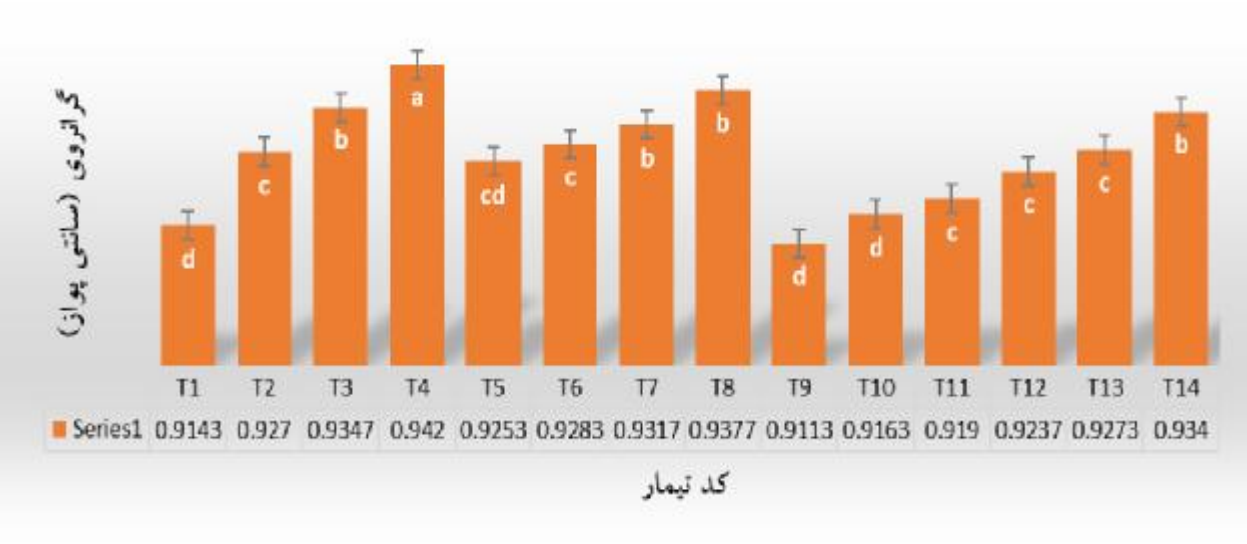


نمودار ٦- مقایسه میانگین پایداری اکسیداتیو(عدد رنسیمت) تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی

۳-۷- نتایج ارزیابی گرانروی

با توجه به نمودار ۷ ملاحظه گردید که اختلافات معنی داری بین میزان گرانروی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با توجه به اختلاف در روش استخراج وجود داشت($p\leq$ ۰/۰۵). در روش استخراج با پرس سرد اختلافات معنی‌داری بین میزان میانگین گرانروی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با افزایش میزان فشار پرس و مدت زمان استخراج وجود نداشت اما در تیمار روغن دانه کدو حلوایی با فشار پرس ۲۰ مگاپاسکال به مدت ۲۰ دقیقه میزان گرانروی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). در روش پرس گرم نیز به موازات افزایش درجه حرارت، نوع پرس و فشار پرس میزان گرانروی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی‌داری افزایش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). بالاترین میزان گرانروی در روش استخراج با روش پرس گرم به مدت ٤٥ دقیقه و فشار پرس ۲۰ مگا پاسگال، دمای ۸۵ درجه سانتی گراد مشاهده شد. در روش اولتراسونیک در توان ۱۰۰۰ وات میزان گرانروی به طور معنی‌داری افزایش یافت($p\leq$ ۰/۰۵).گرانروی عبارت است از مقاومت یک سیال در برابر اعمال تنش برشی، به تعریفی دیگر، مقاومت اصطکاکی یک مایع یا گاز را در برابر شارش یا لغزیدن لایه‌ها، هنگامی که تحت تنش برشی قرار گیرد گرانروی می‌گویند(۱۹). بررسی نتایج نشان داد که روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش استخراج گرم دارای گرانروی بالاتری از روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد بود که به دلیل افزایش میزان رسوبات ناشی از استخراج در روش استخراج گرم در مقایسه با روش پرس سرد می‌باشد. در روش اولتراسونیک نیز در مقادیر بالای فشار اولتراسونیک و افزایش میزان شدت پدیده کاویتاسیون میزان شکست و خرد شدن دیوار سلولی روغن دانه کدو حلوایی و خروج ترکیبات غیر روغنی به درون روغن و افزایش میزان ترکیبات نشاسته در درون روغن در طی فرآیند استخراج به طور معنی‌داری می‌شود که خود باعث افزایش میزان گرانروی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی می-شود(۳۵). در روش پرس سرد میزان بازده روغن دانه کدو حلوایی پایین تر از روش پرس گرم و اولتراسونیک می‌باشد. به همین دلیل میزان ترکیبات خروجی از دیواره سلول به طور معنی داری پایین تر بوده و این مسئله باعث کاهش میزان

رسوبات حاصل از استخراج در روغن شده و روغن استخراج شده با روش پرس سرد و اولتراسونیک در مقادیر فشار اولتراسونیک در شدت توان ۱۰۰۰ می باشد. در این راستا نیز تحقیقات مشابهی می‌باشد. خلج زاده و همکاران (۱۳۹۳) روش های استخراج به کمک اولتراسونیک و سوکسله در استخراج اسیدهای چرب میوه و هسته عناب بررسی و مقایسه نمودند. آن‌ها نیز دریافتند که استفاده از روش اولتراسونیک در توان و زمان بالای استخراج به طور معنی داری باعث افزایش گرانروی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی موجود در حین استخراج می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر نیز همراستا می باشد.



نمودار ۷- مقایسه میانگین گرانروی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی

۳-۸- نتایج ارزیابی رنگ سنجی

با توجه به جدول ۱ ملاحظه شد که اختلافات معنی داری بین میزان میانگین شاخص روشنایی (L^*) تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی براساس روش استخراج روغن وجود داشت($p\leq$ ۰/۰۵). به طور کلی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد از میزان شاخص روشنایی(L^*) بالاتری نسبت به تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش اولتراسونیک و پرس گرم برخوردار بوده و افزایش مدت زمان استخراج و فشار پرس تغییرات معنی داری در میزان میانگین شاخص روشنایی(L^*) تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی ایجاد ننمود($p\leq$ ۰/۰۵). در روش استخراج روغن دانه کدو حلوایی با پرس گرم با افزایش میزان فشار پرس، درجه حرارت استخراج و زمان استخراج میزان شاخص روشنایی(L^*) تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی کاهش معنی داری داشت($p\leq$ ۰/۰۵). در روش اولتراسونیک در توان ۱۰۰۰ وات نیز میزان شاخص روشنایی(L^*) به طور معنی داری کاهش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). با توجه به نمودار ۸ ملاحظه شد که اختلافات معنی داری بین شاخص زردی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با توجه به نوع روش استخراج وجود داشت($p\leq$ ۰/۰۵). به طور کلی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد از میزان شاخص زردی(b^*) بالاتری نسبت به تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش

اولتراسونیک و پرس گرم برخوردار بوده و افزایش مدت زمان استخراج و فشار پرس تغییرات معنی داری در میزان میانگین شاخص زردی(b^*) تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی ایجاد ننمود($p\leq$ ۰/۰۵). در روش استخراج روغن دانه کدو حلوایی با پرس گرم با افزایش میزان فشار پرس، درجه حرارت استخراج و زمان استخراج میزان شاخص زردی (b^*) تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی کاهش معنی داری داشت($p\leq$ ۰/۰۵). در روش اولتراسونیک در توان ۱۰۰۰ وات نیز میزان شاخص زردی(b^*) به طور معنی‌داری کاهش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). با توجه به جدول ۱ ملاحظه شد که اختلافات معنی داری بین میزان شاخص قرمزی (a^*) تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با توجه به اختلاف در روش استخراج روغن وجود داشت($p\leq$ ۰/۰۵). در روش استخراج روغن دانه کدو حلوایی با پرس گرم با افزایش درجه حرارت و میزان فشار پرس و زمان استخراج میزان شاخص قرمزی (a^*) تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری افزایش یافت اما میزان این تغییرات در روش پرس سرد در مقایسه با روش پرس گرم کمتر بود($p\leq$ ۰/۰۵). در روش اولتراسونیک نیز با افزایش توان اولتراسونیک میزان شاخص قرمزی (a^*) نیز به طور معنی داری افزایش یافت($p\leq$ ۰/۰۵). بررسی نتایج نشان داد که شاخص روشنایی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد با افزایش فشار پرس و مدت زمان استخراج اختلافات معنی داری نشان نداد($p\leq$ ۰/۰۵). اما در فشار پرس ۲۰ مگا پاسگال ، دمای ۸۵ درجه سانتی گراد میزان افزایش شاخص روشنایی به طور معنی داری شاخص روشنایی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری کاهش یافت ($p\leq$ ۰/۰۵). در روش استخراج روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس گرم نیز با افزایش درجه حرارت، فشار پرس و زمان استخراج میزان شاخص روشنایی تیمارها به طور معنی داری با یکدیگر و با تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده به روش پرس سرد اختلافات معنی داری نشان نداد ($p\leq$ ۰/۰۵). در روش اولتراسونیک نیز با افزایش توان اولتراسونیک نیز میزان شاخص روشنایی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی در توان ۱۰۰۰ وات اختلافات معنی داری با تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد نشان داد اما این اختلاف با تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس گرم معنی دار نبود($p\leq$ ۰/۰۵). در روغن های تهیه شده به روش پرس سرد که توسط دستگاه های استخراج مکانیکی مانند پرس حلزونی بدون استفاده از حرارت تهیه می‌شوند، نه تنها تغییری در ماهیت روغن صورت نمی گیرد بلکه روغن خصوصیات طبیعی و خصوصیات مرتبط با سلامتی خود را حفظ می‌کند(۱۱). بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۳۹۲، بیشینه دمای خروجی برای چربی ها و روغن های تهیه شده به روش پرس سرد بیشتر از ٤٥ درجه سلسیوس نیست. همچنین هیچ یک از مراحل تصفیه روغن های خوراکی شامل خنثی سازی، رنگ بری و بی بو سازی در این گروه از روغن‌ها مجاز نمی باشد(۱۷). پرس سرد بهترین روش جهت حفظ ترکیبات سودمندی است که در اثر حرارت دادن از بین می‌روند و در روغن‌های تهیه شده به روش پرس سرد، اسیدهای چرب ضروری به ویژه امگا۳، آنتی اکسیدان‌های طبیعی مانند توکوفرول ها مخصوصا α توکوفرول یا ویتامین E و استرول ها، بیشتر حفظ شده و روغن حاصل دارای طعم، رنگ، بو و ارزش تغذیه ای بالاتری می باشد (۱۲). اخیراً بازار روغن های حاصل از پرس سرد در اروپا و امریکا نیز در حال توسعه است. به طور کلی سطح کیفی این روغن ها از روغن های مشابه که تصفیه شیمیایی می‌شوند، بالاتر است ولی راندمان استخراج نسبت به روش حلال و پرس گرم پائین تر می‌باشد(۳٦). دلیل

اصلی افزایش تقاضا برای روغن‌های پرس سرد، بهبود ویژگی های تغذیه ای آن در مقایسه با سایر روغن‌های گیاهی است(۱۳). ممکن است به منظور استخراج بهینه روغن و بهبود خواص فیزیکوشیمیایی آن از طریق پرس سرد، پیش تیمارهایی مانند پوست گیری، کاهش ذرات، شکستن، خرد کردن و تیمار هیدرولیز آنزیمی جهت ناپایدار سازی دیواره های سلولی، انجام شود. در این راستا تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. بیگ محمدی و همکاران (۱۳۸۷) نیز در بررسی اثر نوع پرس بر ترکیب اسیدهای چرب، ترکیبات روغن و خواص فیزیکوشیمیایی روغن کلزا نیز اذعان داشتند که استفاده از پرش سرد در مقایسه با روش پرس گرم به میزان کمتری باعث تیرگی و کدورت روغن شده و میزان شاخص روشنایی تیمارهای پرس سرد به طور معنی داری در مقایسه با تیمارهای روغن کلزا استحصال شده با روش پرس گرم بالاتر می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضر در توافق بود.شاخص قرمزی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد با افزایش میزان فشار پرس و زمان استخراج تغییرات معنی داری نشان نداد($p\leq$۰/۰۵). در روش پرس گرم با افزایش میزان درچه حرارت و همچنین زمان استخراج و همچنین فشار پرس میزان شاخص قرمزی افزایش یافت که به دلیل حرارت حین فرآیند استخراج و اکسیداسیون ترکیبات کارتنوئیدی روغن دانه کدو حلوایی در مقایسه با روش استخراج سرد می‌باشد. در روش اولتراسونیک نیز در توان های ۱۰۰۰ وات میزان تغییرات شاخص قرمزی معنی دار نبوده اما در توان بالای ۱۰۰۰ وات به دلیل گرمای ایجاد شده میزان شاخص قرمزی افزایش یافت و همچنین تغییرات رنگ ناشی از اکسیداسیون نیز اختلافات معنی داری با روش پرس گرم نشان نداد اما این اختلاف با تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی استخراج شده با روش پرس سرد معنی دار بود($p\leq$ ۰/۰۵).در همین راستا Stanisavljevic در بررسی استخراج روغن از دانه کلزا با کمک امواج اولتراسونیک نیز به نتایج مشابهی نیز دست یافتند، رابطه گزارش شده که استخراج روغن از دانه کلزا با کمک امواج اولتراسونیک تغییرات معنی داری در شاخص های رنگ سنجی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی ایجاد نمی کند اما با افزایش شدت توان نیز میزان شاخص روشنایی کاهش و شاخص قرمزی افزایش یافت که با نتایج تحقیق حاضر نیز در توافق بود. شاخص زردی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس سرد نیز اختلافات معنی داری با افزایش میزان فشار پرس و همچنین زمان استخراج روغن دانه کدو حلوایی وجود نداشت($p\leq$ ۰/۰۵) اما در روش پرس گرم شاخص زردی که به دلیل کارتنوئیدهای طبیعی روغن دانه کدو حلوایی عموما از نوع گزانتوفیل می باشد در اثر تخریب حرارتی ناشی از پرس گرم کاهش می یابد. در روش اولتراسونیک با توان کمتر از ۱۰۰۰ وات نیز میزان شاخص زردی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی با روش پرس سرد اختلافات معنی داری نشان نداد($p\leq$ ۰/۰۵). در توان بالای ۱۰۰۰ وات نیز به دلیل افزایش میزان حرارت ناشی از کاویتاسیون باعث افزایش تخریب حرارتی کارتنوئیدها مانند روش پرس گرم شده و شاخص زردی تیمارهای روغن دانه کدو حلوایی به طور معنی داری نیز کاهش می‌یابد($p\leq$ ۰/۰۵). عباسی و همکاران (۱۳۹۳) کاربرد امواج اولتراسونیک در فرایند رنگبری روغن سویا و بررسی شرایط دمایی و زمانی مورد استفاده در حمام اولتراسونیک را بررسی نمودند و به این نتیجه دست یافتند که امواج اولتراسونیک در توان های بالای استفاده شاخص زردی و روشنایی را کاهش و شاخص قرمزی را افزایش دادند که با نتایج تحقیق حاضر نیز در توافق بود.

جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص های رنگ سنجی

تیمار	شاخص روشنایی (*L)	شاخص قرمزی (*a)	شاخص زردی (*b)
T1	۳٤/٦۱±۰/۰٥a	۱۷/۱±۰/۱۰d	۳/۲۱±۰/۰۱a
T2	۳۲/٥۹±۰/٦۹b	۱۷/٤٦±۰/۱٥c	۲۰/۲۲±۰/۰۱c
T3	۳۰/۰۷±۰/۰٦c	۱۷/۸٦±۰/۰٥b	۱۹/۷٦±۰/۰٤c
T4	۲۸/۲۹±۰/۰٦d	۱۸/۲۳±۰/۰٥a	۱۹/۰۰±۰/۰۰d
T5	۳٥/٥۸±۰/ ۰۲a	۱۷/۰۰±۰/۰۰d	۲۱/۲۲±۰/۰۰a
T6	۳٥/۰۰±۰/۰۰a	۱۷/۰۰±۰/۰۰d	۳/۲۱±۰/۰۱a
T7	۳٥/۲۰±۰/۰۰a	۱۷/۳±۰/۰۰ cd	۲۱/۰۰±۰/۰۰ab
T8	۳٥/۰۰±۰/۰۰a	۱۷/٥٦±۰/۰٥d	۲۱/۰۰±۰/۰۰ab
T9	۳٥/٥۱±۰/۰۲a	۱۷/۰۰±۰/۰۰d	۲۱/۲۰±۰/۰۱a
T10	۳٥/۱۳±۰/۰٥a	۱۷/۲۳±۰/۰٥cd	۲۱/۰۸±۰/a
T11	۳٤/۷٥±۰/۰٤a	۱۷/٥۰±۰/۰۰c	۲۰/۸۸±۰/۰۱b
T12	۳٤/۷٥±۰/۲٥a	۱۷/۷۳±۰/۰٥b	۲۰/۷٥±۰/۰۱b
T13	۳۳/٤٦±۰/۱۱b	۱۷/۷۳±۰/۰٥b	۲۰/٥٥±۰/۰۱b
T14	۳۳/۰۰±۰/۰۰b	۱۷/۹۰±۰/۰۰ab	۲۰/۳۳±۰/۰۱b

شکل ۲- تفاوت رنگ مربوط به روش استخراج با پرس سرد(سمت راست)و پرس گرم(سمت چپ)

٤-نتیجه گیری کلی

روغن دانه کدو حلوایی با توجه به خواص ارزشمند آن به منظور بومی سازی این روغن ارزشمند با استفاده از روش های پرس سرد و گرم استخراج شد. با در نظر گرفته فاکتورهای استخراج و ماندگاری و راندمان آن به نظر می‌رسد که با استفاده تلفیقی از روش پرس سرد با روش اولتراسونیک ضمن این که راندمان استخراج روغن را افزایش داد بلکه پایداری روغن استخراج شده را در طی نگهداری حفظ کرده و همچنین از خواص ارزشمند و ترکیبات بیوفعال آن نیز استفاده نمود. در این تحقیق تیمارهای با توان بالای ۱۰۰۰ و درجه حرارت ۸۵ و همچنین مدت زمان استخراج ٤٥ دقیقه به طور کلی تایید نشده اما استفاده از توان های پایین اولتراسونیک و همچنین روش پرس سرد بدون در نظر گرفتن بازده استخراج به عنوان روغن با کیفیت و مطلوب شناخته شد.

منابع

۱-آزادمرد دمیرچی، ص. ۱۳۸۹. روغن ها و چربی های خوراکی، شیمی و تجزیه انتشارات عمیدی تبریز.

۲-آگاه، ف .، عین افشار، س.، احمدزاده قویدل، ر.، محمدزاده، ج.۱۳۹۲. بررسی تاثیر استخراج آنزیمی-آبی بر راندمان استخراج روغن و میزان پروتئین کنجاله. *مجله نوآوری در علوم و فناوری غذایی*، ۳۷-۳۲.

۳-آمارنامه وزارت کشاورزی، ۱٤۰۰. ناشر مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.

۵-بصیری، ش.، فخری، ش.، کدخدایی، ر.، فرهوش، ر.۱۳۹۰. بررسی تاثیر امواج فراصوت و روش های پیش فراوری بر استخراج از هسته انار، *مجله علوم و صنایع غذایی*، دوره ۸، شماره ۳۱، ۱۲۲-۱۱۵.

٦-حبیبی نوده، ف.، آزادمرد دمیرچی.، ص، حصاری.، ج.، فتحی آچاچلویی، ب.، احمدی ع. ۱۳۸۹. تاثیر تیمار دانه کلزا با مایکروویو بر کیفیت روغن استخراجی. *مجله پژوهش های صنایع غذایی*، جلد ۳، شماره ۱، ۲۹-۱۹.

۷-ذوالفقاری ب، یکدانه ا. ۱۳۸۸. پیشرفت های اخیر در زمینه روش های استخراج ترکیب های گیاهی. *فصلنامه داروهای گیاهی* ، دوره ۱، شماره ۱، ۵۵-۵۱.

۸-سحری، م.ع.، رجایی، ا.، برزگر، م. ۱۳۸٤. روغن بذر چای و کنجد در نگهداری روغن آفتابگردان. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران*، دوره ۲، شماره ٤، ۷۰-٦۱.

۹-شهسواری، ن.، برزگر م.، سحری م.ع.، نقدی بادی ح. ۱۳۸۷. بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس گیاه آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*) در روغن سویا. *فصلنامه گیاهان دارویی*، دوره ۷، شماره ٤ ، ٥٦-٦۸.

۱۰-صمدلوئی، ح.، عزیزی، م.، برزگر، م. ۱۳۸٦. اثر آنتی اکسیدانی ترکیبات فنولیک هسته انار بر روغن سویا. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، جلد ۱٤، شماره ٤، ٥٦ -۵۰.

۱۱-فرح زاده، ح.، قربانی، ا.، هاشمی، ح.، موهبت،ل.، نیک آیین،م.، حسن زاده، ا.، یاحی، م .، صمدانیان، ف. و ح. جابری.۱۳۸۹. اندازه گیری شاخص های فساد روغن مصرفی قنادی ها و اغذیه فروشی‌های شهرستان برخوار و میمه استان اصفهان در سال ۱۳۸۷. *مجله تحقیقات نظام سلامت*، سال ٦، شماره ٤، ۳۱۷-۳۰۸.

۱۲-فیاض مهر، ب.، آصفی، ن.۱۳۹۱. تاثیر امواج فراصوت بر مقدار و ظرفیت آنتی اکسیدانی لیکوپن استخراج شده از تفاله گوجه فرنگی. *نشریه پژوهش های صنایع غذایی*. دوره ۲۲، شماره ۳، ۲٤۸-۲٤۱.

۱۳-گلزاری،م.، راحمی،م.، حسنی،د.، وحدتی،ک. و محمدی،ن.۱۳۹۲. بررسی میزان پروتئین،روغن و اسیدهای چرب برخی از ارقام گردو (*Juglans regia L*.) و تاثیر دانه گرده بر برخی خصوصیات آن. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*.دوره ۱۰، شماره ۳۸، ۳۰-۲۱.

۱٤-گلی.ا .ح . ۱۳۸۲. استخراج ترکیبات فنولیک از پوست سبز پسته و اثر آنتی اکسیدانی آن در روغن سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۸ص.

۱۵-موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.۱۳۸۳. روغن ها و چربی های خوراکی – تعیین رسوب (لرد) در روغن ها و چربی های خام – روش جانبی مرکز استاندارد ملی ایران، شماره ۷٤۱۱.

16.Adhikari, P., Zhua, X.M., Gautama, A., Jung-Ah Sh., Jiang-Ning H., Jeung-Hee, L., Casimir, C. A., Leea K.T. 2010. Scaled-up production of zero-trans margarine fat using pine nut oil and palm stearin. *Food Chemistry,* 119: 1332–1338.

17.Albu, S., Joyce, E .,Paniwnyk, L., Lorimer, J.P., Mason, TJ. 2004. Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry. *Ultrasonics Sonochemistry,* 11:261-265.

19.Babayi, H., Kolo, I., Okogun, J., Ijah U. 2004. The antimicrobial activities of methanolic extracts of Eucalyptus camaldulensis and Terminalia catappa against some pathogenic microorganisms. P*harmacology & Pharmacy*,16(2):106-111.

20. Bardaa, S., Halima N.B., Aloui F., Mansour, R.B., Jabeur, H., Bouaziz, M., Sahnoun, Z. 2016. Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo L.*) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids in Health and Disease*, 15:73-79.

21. Barreira, J., Ferreira, I., Oliveira, M and Pereira, J. 2008.Anitoxtioxidant activity and bioactive commercial almond cultivars. *Food and Chemical Toxicology*, 46:2230-2235.

22.Benedito, J., Mulet, A.,Ve lasco,J and Dobarganes, M.C.2002.Ultrasonic assessment of oil quality during frying.*Journal of Agricultural and Food Chemistry.*50(16):4531-4536.

23.Bimark,M.,A.Rahman,R.,SaleenaTaip,F.,Adzahan.N.M.,IslamSarker,Z.,Ganjloo,A.2013.Ultraso und-assisted extraction of valuable compounds from winter melon (Benincasa hispida)*seeds.International Food Research Journal:* 20(1):331-338.

24.Daudt, R.M.,Sinrod, A.J.G., Avena-Bustillos, R.J., Külkamp-Guerreiro, I.C., Marczak, L.D.F., McHugh T.H.2017. Development of edible films based on Brazilian pine seed (Araucaria angustifolia) flour reinforced with husk powder, *Food Hydrocolloids.* 71: 60–67.

25. Deepak, M., Z.F. Bhat., Sunil, K. 2016.Pine needles (*Cedrus deodara (Roxb.) Loud.*) extract as a novel preservative in cheese, *Food Packaging and Shelf Life*, 7,20-25.

26.Dolatwoski,Z.J.,Stadnik,J and D.Stasiak.,2007.Applications of ultrasound in food technology. *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentrai*.6(3):89-99.

27.Huang, W.W., Wang, W., Li,J.L and Li,Z.H. 2013.Study on the preparation process of rice bran oil by ultrasonic enzymatic extraction. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(2):213-216.

28.Jafari, M., Goli, S.A.M and Rahimmalek, M. 2012.The chemical composition of the seeds of Iranian pumpkin cultivars and physicochemical characteristics of the oil extract, *European Journal of Lipid Science and Technology*. 114: 161–167.

29.Li, Y., Jiang, L., Sui, X., Qi,B and Han,Z. 2011.The study of ultrasonic-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from peanut by response surface method. *Advanced in Control Engineering and Information Science*.15:4653-4660.

30.Mason, T.J., Danimnyk, L.J and Lorimer,J.P.1996. The use of ultrasound in food technology.*Ultrasonic Sonochemist*.3:5253-5260.

31.Murkovic, M., Piironen, V., Lampi, A. M., Kraushofer, T., Sontag, G., Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 1: Non-volatile compounds). *Food Chemistry*. 2004, 84: 359–365.

32. Sidek, H.A.A., Chow, S.P., Shaari,A.H and Senin,H.B.,1996.Ultrasonic studies of Palm oil and other vegetable oils.*ELAEIS*.8(1).37-44.

33. Wang, G.L., Ma C.G., Wang, D.Z., Ma BL.2010. Extraction of pine nut oil and analysis of its physicochemical properties. *China Oils and Fats*, 35(2):69-71.

34.Zhang, Y., Chen, X.Q. 2007. Technology for supercritical CO2 extraction of Korean pine nut oil and analysis of the fatty acids Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. *(Transactions of the CSAE)*.23(12):269-272.

35.Zhang, Q.A., Zhang, Z.Q.,Yue, X.F.,Fan, X.H and Chen,S.F. 2009.Response surface optimization of ultrasound-assisted oil extraction from autoclaved almond powder. *Food Chemistry*.116:513-518.

36. Zheng, M and Sun, K.2006.Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction, *Ultrasonics Sonochemistry*,8:137-142.

A comparative study on the extraction of pumpkin seed oil based on cold, hot, and ultrasonic pressing methods and evaluation of its physicochemical properties as a salad oil

Paniz Kamali, Mehrdad Ghavami

MSc in Food Science and Technology Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, IRAN
Assistant Professor of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Department, Tehran, IRAN
Corresponding Author's Email: *mehrdad_ghavami@yahoo.com*

Abstract

This study aimed to investigate the comparative effects of extraction (hot pressing, cold pressing, and ultrasonic methods) on the properties of pumpkin seed oil and the choice of optimal conditions for the extraction of pumpkin seed oil and the use of its properties. For this purpose, cold press (pressure 10 and 20 MPa for 10 and 20 min), hot press (pressure 10 MPa, temperature 70 and 85 ° C, 30 and 45 min), ultrasonic pressure (power intensity 600, 800 and 1000 for 10 and 20 min) were used to extract pumpkin seed oil. After the pumpkin seed oil was extracted, the refractive index, acid value, peroxide value, oxidative stability, sediment determination, and viscosity were evaluated. Sensory evaluation (pasta aroma, brown specks, oxide taste, bitterness, pungency, flavor, and overall acceptability) was assessed using a 5-point Hedonic method and three replicates in a complete randomized design. Data were analyzed using Minitab 17.2 statistical software and one-way analysis of variance (ANOVA) at $\alpha = 0.05$. In general, the results of this study showed that a significant difference in refractive index, acid value, peroxide value, oxidative stability, viscosity, and sensory properties of pumpkin seed oil treatments was not observed. Only 20 MPa pressure was observed for 20 min ($p \leq 0.05$). In the hot-pressing method, as the temperature and pressing pressure increased, the extraction time, acid index, peroxide value, sedimentation rate, and viscosity also increased, and the free radical inhibition, oxidative stability, and sensory attractiveness of the pumpkin seed oil treatments also decreased. For the ultrasonic method, pumpkin seed oil treatments at 600 and 800 watts were not significantly different from pumpkin seed oil treatments with pumpkin seed oil treatments ($P = 0.05$). However, at 1000 watts, the ultrasonic method showed the same changes as the hot press method, and sensory scores were also significantly reduced ($p \leq 0.05$).

Keywords: pumpkin seed nut oil, cold pressing method, hot pressing method, ultrasound