نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۳۹۳-۳۷۸

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 10, No. 4, Winter 2015, p. 387-393

## مقاله کوتاه پژوهشی

# استخراج روغن تاجریزی سیاه به کمک سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن

سیمین غلامی اوارشک[۱]- جواد سرگزایی[۲*]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۶/۱۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۰/۲۶

## چکیده

تاجریزی سیاه یک گیاه خودرو است که در اکثر مناطق ایران به فراوانی می روید. دراین تحقیق از روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی به منظور بررسی اثر دما از (۵۵- ۳۵ ) درجه سلسیوس و فشار(۳۵۰-۱۷۰) بار درزمان دینامیک ۱۲۰ دقیقه، اندازه ذرات ۱۵۰ میکرون و شدت جریان ۳ لیتر بر دقیقه بر میزان استخراج روغن میوه تاجریزی سیاه و بهینه سازی عملیاتی فرایند استخراج بادی اکسید کربن فوق بحرانی استفاده شد.استخراج با حلال آلی هگزان نیز به عنوان مقایسه انتخاب شد. بر اساس نتایج به دست آمده هر دو پارامتر عملیاتی فشار و دما و اثرات درجه دوم آن ها و هم چنین اثر متقابل بین دو پارامتر تأثیر معنی داری بر میزان استخراج روغن داشتند($p\leq۰/۰۵$). میزان رطوبت بر مبنای ماده خشک ۶۶ ٪ به دست آمد. شرایط عملیاتی بهینه شامل دمای۲/ ۳۵ سلسیوس وفشار ۱۷۰ بار بود که در این شرایط میزان استخراج ۱۲٪ به دست آمد. متوسط میزان استخراج در روش سیال فوق بحرانی ۲ ۰/۴٪ و در استخراج با روش سوکسله ۴/۰۶٪ وزنی تعیین شد.

**واژه‌های کلیدی:** تاجریزی سیاه، روش سطح پاسخ، استخراج با دی اکسیدکربن فوق بحرانی

## مقدمه

تاجریزی سیاه متعلق به خانواده سولانسه است. گیاه بومی منطقه اوراسیا و در آمریکا و استرالیا معرفی شده است( Jimoh *et al*., 2010) . این گیاه در اغلب نقاط ایران، هند و اروپای جنوبی به فروانی یافت می شود (Sohrabipour *et al*.,2013). همچنین یک گیاه دارویی است که معمولاً در مناطق آب و هوایی معتدل رشد می کند( Xia *et al*., 2013). وجود عناصری هم چون پتاسیم، کلسیم، کروم، منگنز، روی، بتا کاروتن، نیکوتینیک اسید و ویتامین ث در گیاه نشان داده شده است (Jani *et al* ., 2010). عصاره گیاه در معالجه مشکلات پوستی، آسم و زخم موثر است (Kumar *et al*. , 2012). گیاه ضد عفونی کننده، مدر است و در درمان پسوریازیس، هرپس و التهاب کلیه کاربرد دارد (Yogananth *et al*. , 2009). روش های قدیمی استخراج از جمله سوکسله که برای چندین دهه کاربرد داشته زمان بر است و نیاز به مقادیر نسبتاً زیادی حلال دارد( Wang *et al*., 2006). استخراج با هگزان معمولاً غیر انتخابی است و همراه با حذف رنگدانه های غیر فرار، واکس ها ی با رنگ تیره، و عصاره های ویسکوز آلوده با بقایای حلال است (Passos *et al*., 2010). روغن در طی حذف حلال دستخوش تغییرات ناشی از اکسایش می شود علاوه بر این، این تغییرات می تواند سبب افت کیفیت و طعم روغن شده و غذاهایی که محتوی آن ها هستند می توانند توسط اکسیداسیون لیپید تحت تأثیر قرار گیرند که بر ترکیب اسید های چرب و توکوتری انول[۴] ها اثر می گذارد (Cao *et al*., 2010). در مقایسه با تکنیک های قدیمی، استخراج با سیال فوق بحرانی که دی اکسید کربن را به عنوان حلال تحت شرایط بحرانی مورد استفاده قرار می دهد توجّه زیادی را در دهه های اخیر به خود جلب کرده است (Zhao *et al*., 2013). دی اکسید کربن فوق بحرانی غیر سمّی، اشتعال ناپذیر، سازگار با محیط زیست و ارزان است و استخراج را در دماهای پائین انجام می دهد و حذف حلال را در مرحله نهایی استخراج کامل می کند(Chan *et al*., 2009). صنعت غذا یکی از عمده ترین استفاده کنندگان استخراج با سیال فوق بحرانی برای استخراج و حذف چربی ها، روغن ها، اسانس ها، رنگدانه ها، و ترکیبات تابعی و فعّال به لحاظ زیستی است (Mitra *et al*., 2009).

۱- دانشیار، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی، دانشگاه آزاد شاهرود، شاهرود.
(* - نویسنده مسئول: Email: sargolzaei@um.ac.ir)

4- Tocotrienol
2- Supercritical fluid extraction

**شکل ۱-گیاه تاجریزی سیاه**

افزودنی های خوراکی با خواص تغذیه ای ودارویی شامل توکوفرول ها،کاروتنوئیدها، آلکالوئیدها واسیدهای چرب غیر اشباع است که توسط این روش قابل استخراج است ( Reverchon *et al.*,2006). هدف این مطالعه توسعه وبهینه سازی یک فرایند SFE برای استخراج روغن میوه تاجریزی سیاه و مقایسه با روش سوکسله است.

## مواد و روش‌ها

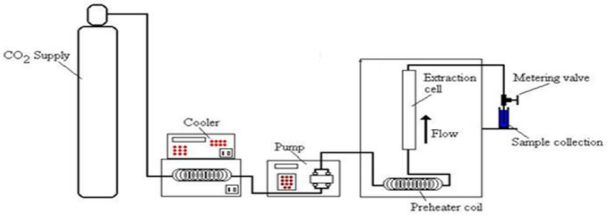
### مواد

میوه های تاجریزی سیاه پس از جمع آوری از منطقه تربت حیدریه خراسان رضوی از سایر قسمت های گیاه جدا شد و به منظور حذف ناخالصی ها شستشو شدند. خشک کردن نمونه ها در آون دیجیتال پارسیان طب ساخت ایران مدل(SDON-502) در دمای (۶۰ $^{\circ}C$) تا رسیدن به وزن ثابت ادامه یافت. دی اکسیدکربن ۹۹/۹ ٪ (کارخانه گاز اکسیژن خوراکیان مشهد)و n هگزان با درجه خلوص آزمایشگاهی (شرکت مجللی )تهیه گردید. نمونه های خشک شده توسط آسیاب برقی(AEEG 129) خردشده و پس ازآن نمونه ها داخل توری مش ۱۰۰ بااندازه ذرات ۱۵۰میکرون قرار گرفتند و تا زمان انجام آزمایشات بعدی در دمای اتاق نگه داری شدند. میزان رطوبت بر مبنای ماده خشک گیاه طبق رابطه ذیل قابل محاسبه

$$\text{رطوبت بر مبنای ماده خشک} = \frac{\text{وزن پس از خشک کردن} - \text{وزن قبل از خشک کردن}}{\text{وزن نمونه بعد از خشک کردن}} \quad (۱)$$

### استخراج روغن تاجریزی سیاه با استفاده ازدی اکسید کربن فوق بحرانی

استخراج روغن با استفاده از دستگاه طراحی شده در آزمایشگاه مهندسی شیمی دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفت . طرح کلی دستگاه در شکل ۲ نشان داده شده است. دی اکسید کربن فوق بحرانی برای استخراج ترکیبات چربی بسیار موثر است و با موفقیّت برای دانه های روغنی و مواد مشابه به کار گرفته شده است(Morrison *et al.*, 2006).




**شکل ۲- طرح کلی دستگاه استخراج با سیال فوق بحرانی**

دی اکسید کربن موجود در محفظه استوانه ای شکل در یک چیلر خنک شده به صورت مایع وارد پمپ می شود. قبل از ورود دی اکسید کربن به ستون استخراج توسط کویل پیش گرمکن حرارت داده شد. فشار سیستم توسط یک رگلاتور فشار کنترل و مانیتور می شود. ستون استخراج ضد زنگ با ارتفاع ۱۲.۵ سانتی متر، قطر داخلی ۰.۹ سانتی متر و قطرخارجی ۱.۳سانتی متر به صورت دستی با پودر میوه تاجریزی سیاه قرار گرفته داخل توری مش ۱۰۰ (۱۵۰میکرون) پر شد. فرایند استخراج شامل زمان استاتیک ودینامیک است.ابتدا دی اکسید کربن وارد ستون استخراج می شود تا زمانی که تنظیم کننده فشار روی فشار عملیاتی مورد نظر تنظیم شود و دمای مطلوب از طریق دمای ثابت حمام وپیش گرمکن به دست آید. سپس پمپ خاموش می شود ومتعاقباً یک زمان استاتیک برای دی اکسید کربن فوق بحرانی در نظر گرفته می شود تا زمان تماس افزایش یابد. پس از ۲۰دقیقه استخراج استاتیک ،استخراج دینامیک با شدت جریان حجمی ثابت د ی اکسید کربن شروع می شود وبرای زمان های دینامیک مختلف روغن حل شده از ستون خارج شده ودرون ارلن جمع آوری می شود.

### استخراج توسط هگزان داغ با روش سوکسله

استخراج ۲۸ گرم از نمونه پودرشده گیاه با ۲۰۰ میلی لیتر n هگزان داخل سیستم سوکسله در دمای (۶۰ $^{oC}$) برای مدت ۸ ساعت صورت گرفت. آزمایش در سه تکرار انجام گرفت. میزان استخراج ۴/۰۶٪ به دست آمد. میزان استخراج چربی را می توان طبق رابطه ذیل محاسبه نمود.

$$\text{میزان استخراج چربی} = \frac{\text{وزن چربی بر حسب گرم}}{\text{وزن نمونه پس از خشک کردن}} \quad (۲)$$

### تجزیه و تحلیل داده ها

روش سطح پاسخ برای ارزیابی شرایط عملیاتی فرایند استخراج با دی اکسید کربن فوق بحرانی بر میزان استخراج به کارگرفته شد. پارامترهای مورد مطالعه به ترتیب شامل تغییرات دما از (۵۵ $^{oC}$ – ۳۵) وفشار از (۳۵۰bar–۱۷۰) بود. متغیرهای مستقل کد شده و بدون کد درطراحی روش سطح پاسخ در جدول ۱ آورده شده است.

**جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل ومقادیرآن ها**

| متغیر مستقل | نماد ریاضی | کد و سطح مربوطه | | |
|---|---|---|---|---|
| | $\alpha$ | -۱ | ۰ | +۱ |
| دما | A | ۳۵ | ۴۵ | ۵۵ |
| فشار | B | ۱۷۰ | ۲۶۰ | ۳۵۰ |

طراحی آزمایش براساس طرح مرکب مرکزی شامل ۲متغیر مستقل درسه سطح و۶ تکرار در سطح مرکزی برای محاسبه تکرار پذیری فرایند جهت بررسی تأثیرشرایط استخراج روغن و بهینه سازی فرایند در جدول ۲ نشان داده شده است. معادله چند جمله ای درجه دوم برای بیان میزان استخراج Y به صورت تابعی از متغیرهای مستقل به صورت زیر بیان می شود:

$$Y = \beta_{\circ} + \sum \beta i\, Xi + \beta iiXi^{2} + \sum \sum \beta ijXiXj \qquad (۳)$$

Yمتغیر پاسخ، $\beta$، $\beta i$، $\beta ii$ و $\beta ij$ به ترتیب ضریب ثابت، اثرات خطی، اثرات مربعی واثرات متقابل می باشند. xiو xj متغیرهای مستقل هستند(Ghoreishi *et al.*,2012). نرم افزار دیزاین اکسپرت نسخه ۷(میناپولیس آمریکا) برای طراحی آزمایش، آنالیز داده و ایجاد مدل کوادراتیک به کارگرفته شد.

**جدول ۲- شرایط طراحی مرکب مرکزی استخراج با سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن و میزان استخراج روغن تاجریزی سیاه**

| شماره ازمایش | دما | فشار | میزان استخراج (٪) |
|---|---|---|---|
| **۱** | ۳۵ | ۳۵۰ | ۲ |
| **۲** | ۵۵ | ۳۵۰ | ۱/۲ |
| **۳** | ۳۵ | ۱۷۰ | ۱۲ |
| **٤** | ۴۵ | ۲۶۰ | ۳/۱ |
| **٥** | ۴۶ | ۲۶۰ | ۲/۷ |
| **٦** | ۴۵ | ۲۶۰ | ۲/۸ |
| **۷** | ۴۵ | ۲۶۰ | ۳/۵ |
| **۸** | ۴۵ | ۲۶۰ | ۳/۲ |
| **۹** | ۳۵ | ۲۶۰ | ۶ |
| **۱۰** | ۴۵ | ۳۵۰ | ۱/۵ |
| **۱۱** | ۵۵ | ۱۷۰ | ۶ |
| **۱۲** | ۴۵ | ۱۷۰ | ۸ |
| **۱۳** | ۵۵ | ۲۶۰ | ۲ |

## نتایج و بحث

### میزان رطو بت و خصوصیات روغن استخراجی

متوسط میزان رطوبت بر مبنای ماده خشک موجود در نمونه گیاهی تاجریزی سیاه ۶۶ ٪ تعیین شد که توسط خشک کردن ۵۰۰/۴۴ گرم از میوه تازه گیاه به دست آمد. روغن استخراجی توسط دی اکسید کربن فوق بحرانی زردرنگ و روغن به دست آمده توسط حلال هگزان با دستگاه سوکسله قهوه ای رنگ بود. میزان استخراج بدست آمده در دو روش تقریباً یکسان است. روش سوکسله با وجود آن که در انتقال روغن از دانه های روغنی به حلال خیلی موثر است، متأسفانه حلال به کار گرفته شده یعنی هگزان فسفولیپید ها را استخراج می سازد که باید از روغن در مرحله بعدی به نام صمغ زدایی شسته شود. به علاوه هگزان گونه های با وزن مولکولی بالا را حذف می کند که سبب می شود روغن تصفیه نشده رنگ قهوه ای تیره پیدا کند. هگزان بسیار فرار و قابل اشتعال است و مشکلات زیست محیطی با روش های مرسوم استفاده هگزان به خاطر انتشار مقداری از هگزان به صورت ترکیبات آلی فرار می باشد(Brennecke, 2007).

### برازش مدل وآنالیز داده های تجربی

روند آزمایش بر اساس طرح مرکب مرکزی برای دو متغیرمستقل استفاده شد(جدول۱).که مشتمل بر ۱۳ تیمارآزمایشگاهی شد(جدول۲).و درصد میزان استخراج به عنوان متغیر پاسخ در نظر گرفته شد. مدل ریاضی حاصل از داده های تجربی توسط معادله کوادراتیک به صورت زیربه دست آمد:

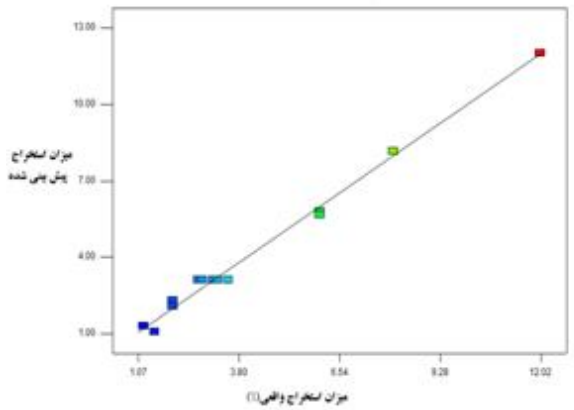
$$Y = 3.11 - 1.8A - 3.55B + 1.3AB + 0.75A^{2} + 1.5B^{2} \qquad (۴)$$

میزان استخراج (درصد) روغن تاجریزی سیاه ، A وB به ترتیب مقدارواقعی متغیرهای عملیاتی فرایند شامل دما و فشارهستند. آنالیز واریانس متغیرها برای مدل سطح پاسخ در جدول (۳) آورده شده است. برای ارزیابی صحت مدل به وسیله جدول آنالیز واریانس ازمقادیر $R^2$، P وآزمون فقدان برازش استفاده می شود. مقادیرP کمتر از ۰.۰۵ نشان می دهد که ترم های مدل مهم هستند. با توجه به جدول ۳، اثر متغیرهای دما(A ) و فشار(B) به طور عمده ای روی متغیر پاسخ درصد میزان استخراج معنی دار می باشد (P<۰.۰۰۰۱). هم چنین اثر متقابل متغیرها، اثر درجه دوم متغیر فشار (B) و اثر درجه دوم متغیر دما (A) به ترتیب با P <۰.۰۰۱ و P<۰.۰۵ روی متغیر پاسخ درصد میزان استخراج معنی دار می باشند. پارامتر $R^2$ یا ضریب تعیین عبارت است از نسبت درصد مجموع مربعات رگرسیون به مجموع مربعات کل. $R^2$ مساوی ۱ به این معنی است که این مدل به طور کامل تمام داده های تجربی را برآورد می کند. $R^2$ در این تحقیق ۰/۹۹۲ به دست آمد و به مقدار $R^2_{adj}$ که ۰/۹۸۶۴است نزدیک است. پس می توان نتیجه گرفت صحت مدل تا حد زیادی تأیید می-شود.

P-value مدل مقادیر کمتر از ۰.۰۰۱ را نشان می دهد و نشان دهنده این است که برازش مدل به طور عمده ای معنی داراست. مقدار عدم برازش مدل ۰.۳۲۲۲ است که نشان می دهد عدم برازش نسبت به خطای خالص چشمگیر نیست. برازش مدل توسط نمودارهای تشخیصی یعنی مقادیر پیش بینی شده دربرابر مقادیر واقعی بررسی شد. معادله رگرسیون چند جمله ای درجه دوم با نتایج آزمایشگاهی مطابقت خوبی دارد (شکل۳).

**جدول ۳- نتایج آنالیز ANOVA برای میزان استخراج(٪)**

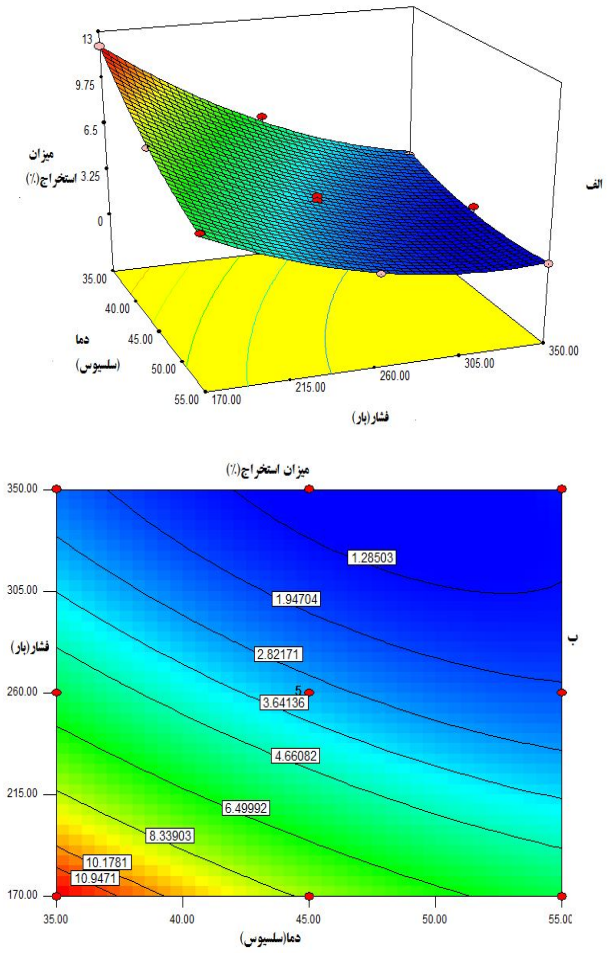
| منبع ایجاد تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | ارزش F | ارزش P |
|---|---|---|---|---|---|
| مدل | ۱۱۳/۷۱ | ۵ | ۲۲/۷۴ | ۱۷۵/۵۳ | <۰/۰۰۰۱ |
| دما(A) | ۱۹/۴۴ | ۱ | ۱۹/۴۴ | ۱۵۰/۰۵ | <۰/۰۰۰۱ |
| فشار(B) | ۷۵/۶۲ | ۱ | ۷۵/۶۲ | ۵۸۳/۶۴ | <۰/۰۰۰۱ |
| AB | ۶/۷۶ | ۱ | ۶/۷۶ | ۵۲/۱۸ | ۰/۰۰۰۲ |
| $A^2$ | ۱/۵۶ | ۱ | ۱/۵۶ | ۱۲/۰۵ | ۰/۰۱۰۴ |
| $B^2$ | ۶/۲۳ | ۱ | ۶/۲۳ | ۴۸/۰۸ | ۰/۰۰۰۲ |
| باقیمانده | ۰/۹۱ | ۷ | ۰/۱۳ | – | – |
| عدم برازش مدل | ۰/۴۹ | ۳ | ۰/۱۶ | ۱/۶ | ۰/۳۲۲۲ |




**شکل۳- مقادیر پیش بینی شده توسط نرم افزاردر برابر مقادیرواقعی برای درصد میزان استخراج**

## اثرات دما وفشارروی میزان استخراج

نمودارهای کانتور و سه بعدی سطح پاسخ مطابق با رابطه(۳) برای مطالعه اثرات بین متغیرهای انتخابی دما وفشار رسم گردید تا مقادیر بهینه آنها برای بیشترین درصد میزان استخراج به دست آید.شکل ۴ اثر فشار ودما را روی متغیرپاسخ در زمان دینامیک ثابت ۱۲۰دقیقه نشان می دهد.افزایش فشاراز یک سو سبب دانسیته بالاتر سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن می شود وانحلال پذیری روغن را افزایش می دهد وازسوی دیگر افزایش فشار نفوذپذیری وانتقال جرم جابه جایی را کاهش می دهد که منجر به کاهش میزان استخراج می شود (Ghoreishi *et al*., 2011). همان طور که در شکل ۴ دیده می شود افزایش فشار در یک دمای مشخص سبب کاهش میزان درصد استخراج می شود که نشان می دهد نفوذ پذیری وکاهش ضریب انتقال جرم موثرتر از افزایش انحلال پذیری روغن است. در فرایند استخراج با سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن، ابتدا افزایش دما سبب کاهش دانسیته دی اکسید کربن می شود که منجر به کاهش قدرت حل کنندگی حلال برای حل کردن ترکیب حل شونده می شود. از سوی دیگر افزایش دما فشار بخارنمونه را افزایش می دهد که سبب افزایش حلالیت پذیری چربی ها در دی اکسید کربن فوق بحرانی می شود. در پی آن انحلال پذیری نمونه احتمالاً کاهش می یابد یا ثابت می ماند و یا افزایش می یابد. افزایش دما در فشار ثابت بستگی به این دارد که فشار بخار جزء حل شونده یا دانسیته حلال عامل غالب باشد(X u *et al*., 2011). مطابق شکل ۴ افزایش دما در یک فشار ثابت باعث کاهش درصد میزان استخراج شده که این اثر در فشارهای پایین تر مشهود تراست.




**شکل٤- نمودارهای سطح پاسخ الف)سه بعدی ب) کانتور میزان استخراج(٪) به صورت تابعی از دما وفشاردر مدت زمان دینامیک۱۲۰دقیقه**

## نتیجه‌گیری

استخراج روغن تاجریزی سیاه توسط سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن به منظور بررسی متغیرهای عملیاتی دما و فشار روی درصد میزان استخراج صورت گرفت.این تحقیق نشان داد که روش سطح پاسخ یک روش قابل اعتماد برای بهینه کرن شرایط برای حصول بیشترین میزان روغن از گیاه است. مدل بالاترین درصد میزان استخراج را در دمای (۳۵ /۲$^{oC}$) و فشار (۱۷۰bar) پیش بینی کرد. بیشترین میزان استخراج۱۲ ٪ وزنی به دست آمد. صرف زمان کمتر در فرایند استخراج وکیفیت بالاتر روغن وعدم استفاده از حلال از مزایای این روش است. استخراج با سیال فوق بحرانی یک جایگزین بالقوه روش های استخراج مرسوم با استفاده از حلال های آلی برای خارج کردن ترکیبات فعال به لحاظ بیولوژیکی از گیاهان است. این نوع استخراج می تواند فرایند تغلیظ که معمولاً زمان بر است را حذف کند. علاوه بر آن جزء حل شده می تواند از حلال فوق بحرانی بدون افت ترکیبات فرار به علت فراریّت زیاد سیال فوق بحرانی جدا سازی شود (Liljun *et al.*, 2006).دانسیته شبه مایعات دی اکسید کربن فوق بحرانی از طرفی قدرت حل کنندگی بالا ایجاد می کند در حالی که نفوذ و ویسکوزیته شبه گاز آن در خواص انتقال سهم دارد که به نوبت آهنگ انتقال جرم را در مقایسه با حلال آلی مایع بالا می‌برد(Patel *et al* ., 2011). که اهمیّت این روش استخراج را آشکار می سازد.

## منابع


Brennecke,J.F.,2007 , Development of Enviromentaly Friendly SuperCritical Carbon Dioxide Extraction Technologies

Cao,Y.,Suo,Y.,2010, Extraction of Microula Sikkimensis Seed oil and Simultaneous analysis of Saturated and unsaturated fatty acids by fluorescence detection with reversed- Phase HPLC, Journal of food composition and analysis,23:100-106

Chan, K.W.,&Ismail,M.,2009, SuPercritical carbon dioxide fluid extraction of Hibiscus Cannabinus L. Seed oil :A Potential Solvent-free and high antioxidative edible oil, Food chemistry,114:970-975

Ghoreishi,M.,Bataghva,E.,Dadkhah,A.,2012,Response Surface Optimization of essential oil and Diosgenin Extraction from Tribulus terrestris via Supercritical fluid Technology,Chemical .Eng.Technol,35,133-141

Jani,D.K.,&Ahir,K.B.,2010,Kakamachi(Solanum nigrum linn)-A Prominent herb in Ayurveda, life scienceleaflets,9:234-240

Jimoh,F.O.,Adedapo,A.A.,&Afolayan,A.J.,2010,Comparison of the nutritional value and biological activities of the acetone, methanol and water extracts of the leaves of solanum nigrum and leonotis leonours , Food and Chemical Toxicology,48:964-971

Kumar,A.,Sagwal,S.,&Rani,N.S.,2012, An updated Review on molecular genetics, phytochemistry, pharmacology and physiology of black nightshade(Solanum nigrum),International Journal of pharmaceutical Sciences and Research,3:2956-2977

Liljun , W.Curtisl, W., 2006 , Recent advances in Extraction of nutraceuticals from plants, Elsevier, 300-312

Mitra, P.,Ramaswamy,H.S.,&Chang,K.,2009, Pumpkin (Cucurbita maxima) seed oil extraction using Supercritical carbon dioxide and Physicochemical Properties of the oil, Journal of food engineering,95:208-213

Morrison,W.,Holser,R.,Akin,D.,2006,Cuticular Wax from flax Processing Waste with hexane and Supercritical carbon dioxide extractions, Industrial crops and products,24:119-122

Patel,R,Bandyopadhyay,S,Ganesh,A.,2011, A Simple model for supercritical fluid extraction of bio oils from biomass,Energy Conversion and management,52:652-657

Passos, C.,Silva, R., Silva,F.,Coimbra,M.,&Silva,C.,2010, Supercritical fluid extraction of grape seed(Vitis Vinifera L.) Oil .Effect of the operating conditions upon oil Composition and antioxidant capacity, Chemical Engineering Journal,160: 634-640

Reverchon, E.,&De Marco,I.,2006,Supercritical fluid extraction and fractionation of natural Matter, Journal of Supercritical fluids,38:146-166

Sohrabipour,S.,Kharazmi,F.,Soltani,N.,Kamalinejad,M.,2013,Effect of the administration of Solanum nigrum fruit on blood glucose, lipid profiles, and sensitivity of the vascular mesenteric bed to phenylephrine in streptozotocin-induced diabetic rats, Med Sci Monit Basic Res,19: 133–140

Wang,L.,&Weller,C.,2006,Recent advances in extraction of nutraceuticals from Plants, Trends in food Science&technology,17:300-312

Xia,D.,Fangshi,Z.,Yun,Y.,&Min,Li.,2013, Purification ,antitumor activity in vitro of steroidal glycoalkaloids from black nightshade(Solanum nigrum L.),141:1181-1186

Xu,L., Zhan ,X ., Zeng.,Z ., Chen, R.,Li,H.,Xie,T., Wang, Sh., 2011 Recent Advances On Supercritical Fluid Extraction Of Essential Oils, African Journal Of Pharmacy, 5:1196- 1211.

Yogananth,N.,Bhakyarai,A.,Chanthuru,S.,Parvathi,S.,&Palanivel,S.,2009,Comparative Analysis of Solasodine from In Vitro and In vivo Cultures of Solanum nigrum Linn, Kathmandu University Journal of Science,5:99-103

Zhao,S.,&Zhang,D.,2013, Parametric Study of Supercritical Carbon Dioxide extraction of oil from Moringa Oleifera Seeds using a Response Surface methodology, Separation and Purification Technology,113:9-17

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 10, No. 4, Winter 2015, p. 387-393

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۳۹۳-۳۷۸

**Brief report**

# Black nightshade oil Extraction Using Supercritical Fluid Carbon Dioxide

**S. Gholami-Avarashk[1]- J. Sargolzaei [2*]**

Received:10-09-2013
Accepted:16-01-2014

## Abstract

Black nightshade is a weed plant that grows abundantly in most parts of Iran. In this study, central composite response surface method to investigate the effect of temperature 35-55 °C and pressures 170-350 bar during the dynamic time of 120 min, the particle size of 150 microns and flow rate of 3 liters per minute on the efficiency of oil extracted from the fruits of black nightshade and optimizing operation of the extraction process using supercritical carbon dioxide was used. Extraction with an organic solvent hexane was chosen as a comparison. Based on the results, operating parameters including both pressure and temperature and their quadratic effects as well as the interaction between two parameter significant effect on the rate of extraction of oil($P<0.01$). Moisture content on a dry matter of was achieved %66. Optimal operating conditions including temperature 35.2 °C and pressure of 170 bar and the extraction rate was obtained %12 under these conditions. The average rate of extraction for supercritical fluid extraction method and Soxhlet extraction were determined 4.02 and 4.06 percent, respectively.

**Keywords:** Black nightshade, Response surface method, Extraction, Supercritical carbon dioxide.

1- Associate Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
2- Former MSc Student, Department of Engineering, Eslamic Azad University of Shahrood, Semnan, Iran.
(* - Corresponding Author Email: sargolzaei@um.ac.ir)