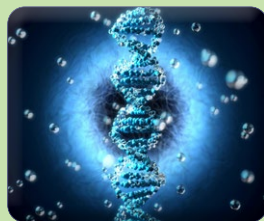




The crossover method as a simple and fast solving method in solution preparation problems



Importance of hydrophobicity and related tests in the electrical insulation industry



Investigation of mtDNA in Genetic Laboratory Sequences and Methods used in Ancient Genetic Studies



Applications of cold plasma technology in food industry



A review on Fracture Toughness; concepts and test methods



The crossover method as a simple and fast method in solving solution preparation problems

نویسنده

سبا بلقیسی

*S.Belgheisi@gmail.com

دستگاه سیال فوق بحرانی و کاربرد آن در استخراج ترکیبات زیست فعال

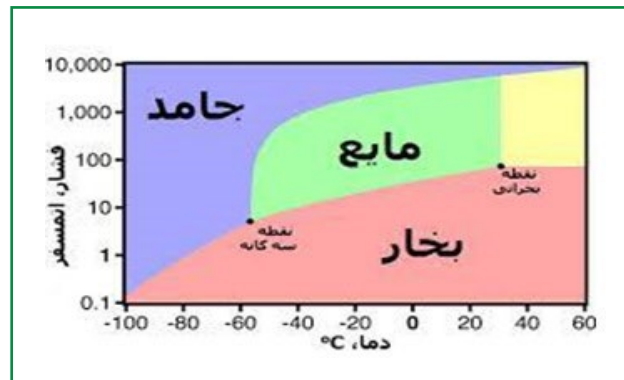
واژه‌های کلیدی

ترکیبات زیست فعال، استخراج، سیال فوق بحرانی.

چکیده

چندین دهه است که سیال‌های فوق بحرانی به‌عنوان جایگزین سایر روش‌های استخراج مورد بررسی قرار گرفته‌اند. عمده کاربردهای سیال فوق بحرانی، استخراج ترکیبات زیست فعال با ارزش به‌عنوان طعم‌دهنده، رنگ‌دهنده و خارج کردن ترکیبات نامطلوب مانند آلوده‌کننده‌های آلی، سموم و آفت‌کش‌ها است. دی‌اکسید کربن حلال اصلی به کار رفته در این روش است به ویژه زمانی که مولکول هدف غیرقطبی باشد. تجهیزات به کار رفته برای استخراج با سیال فوق شامل یک نگهدارنده حلال استخراجی (به‌طور معمول دی‌اکسید کربن)، یک پمپ برای اعمال فشار به سیال، یک آون حاوی ظرف استخراج و یک محدود کننده برای حفظ فشار بالای درون سیستم است. به دلیل عملکرد آون و پمپ، دی‌اکسید کربن از فاز مایع به شرایط بحرانی (دمای بحرانی به نسبت پایین 31.1°C و فشار بحرانی پایین 7.4 MPa) تغییر می‌کند. فقدان یا مصرف محدود حلال منجر به تولید عصاره عاری از حلال می‌شود. مرحله برداشتن فشار در فرآیند سیال فوق بحرانی تعداد واحدهای عملیاتی را کاهش می‌دهد، زیرا نیاز به مرحله جداسازی و تخلیص ندارد. انجام عملیات در دمای پایین در کل فرآیند برای ترکیبات زیستی حساس به حرارت مناسب است.

استخراج با سیال فوق بحرانی روشی براساس به کارگیری حلال‌ها در دما و فشار بالاتر از نقطه بحرانی آن‌ها است. سهولت در تغییر شرایط عملیات به‌منظور افزایش قدرت حلالیت، این فن‌آوری را گزینه‌ای مطلوب برای بازیافت انتخابی چندین نوع ماده کرده است. کشف پدیده بحرانی به چارلز کگنیارد دلاتور در سال ۱۸۲۲ نسبت داده شده است. با توجه به مزایای مرتبط با به کارگیری سیال‌های فوق بحرانی به‌عنوان عامل استخراج، در حدود سال ۱۹۶۰ به‌عنوان جایگزین سایر روش‌های استخراج مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی سیال فوق بحرانی بین گاز و مایع است (شکل (۱)). دانسیته نزدیک به مایعات دارد و ویسکوزیته و کشش سطحی آن نزدیک به گازها است. قدرت حلالیت سیال می‌تواند با تغییرات اندک در فشار و دما، به حد مطلوب برای استخراج ترکیب هدف یا ترسیب ماده حل‌شونده محلول در سیال فوق بحرانی برسد. ویژگی‌های فیزیکی دیگر مانند نفوذپذیری نسبی و قدرت حلال، به شدت مرتبط با دانسیته است و ارتباط زیادی با فشار بالای نقطه بحرانی دارد. اولین اختراع در مورد کاربردهای صنعتی استخراج سیال فوق بحرانی در سال ۱۹۴۳ منتشر شد. اگرچه اولین کاربردهای صنعتی در سال ۱۹۷۸ صورت گرفت. عمده کاربردهای سیال فوق بحرانی در صنایع غذایی، استخراج ترکیبات زیست‌فعال با ارزش به‌عنوان طعم‌دهنده، رنگ‌دهنده و خارج کردن ترکیبات نامطلوب مانند آلوده‌کننده‌های آلی، سموم و آفت‌کش‌ها است [۱].



شکل (۱): نمودار فازی دما - فشار یک سیال و ویژگی‌های فیزیکی اصلی
سیالات در حالت گاز، مایع (در دمای اتاق) و فاز بحرانی (فشار بحرانی و دمای بحرانی) [۱].

● دی اکسید کربن فوق بحرانی

قطبی یک اصلاح‌کننده قطبی (اتانول، متانول) می‌تواند به دی اکسید کربن فوق بحرانی اضافه شود [۳]. قطبیت پایین دی اکسید کربن سبب شده است که برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال غیر قطبی به کار رود. برای استخراج ترکیبات با قطبیت پایین مانند کاروتنوئیدها دو راه حل متفاوت وجود دارد: استفاده از دی اکسید کربن خالص در فشار بالاتر (۶۰ MPa) و یا استفاده از مقدار کمی کمک حلال. هر دو روش قادر به بهبود میزان استخراج ترکیبات غیر قطبی و یا با قطبیت متوسط است. به عبارت دیگر، ماتریکس‌های غنی از ترکیبات زیست‌فعال قطبی (ترکیبات فنولیک) نیز می‌تواند با سیال فوق بحرانی با استفاده از کمک حلال جدا شوند. اگرچه بیشتر کمک حلال‌های به کار رفته اتانول و متانول هستند، اما دی اتیل آمین و آب هم برای استخراج آلکالوئیدها بررسی شده‌اند [۱]. استفاده از دی اکسید کربن فوق بحرانی مزایای زیادی نسبت به روش‌های متداول دارد. ضریب انتشار بالاتر و ویسکوزیته پایین دی اکسید کربن فوق بحرانی به نفوذ سریع درون منافذ ماتریکس‌های پیچیده کمک می‌کند، عصاره‌ها پس از به کارگیری سیال فوق بحرانی بسیار تغلیظ شده و با برداشته شدن فشار، سریع دی اکسید کربن جدا

در گذشته، فن‌آوری سیال فوق بحرانی به‌طور گسترده برای استخراج ترکیبات هدف از انواع ماتریکس‌ها در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی به کار رفته است. بیشتر مطالعات به‌منظور فراهم آوردن شرایط بهینه برای بازیافت ترکیبات زیست‌فعال بوده است. دی اکسید کربن، حلال اصلی به کار رفته در این روش است به ویژه زمانی که مولکول هدف غیرقطبی باشد. به هر حال، سیستم‌های آب زیر بحرانی نیز برای استخراج ترکیبات قطبی وجود دارد. نقطه بحرانی در آب بسیار بالا است (۳۷۴°C و ۲۲/۰۶۴ MPa)؛ بنابراین، آب زیر بحرانی نمی‌تواند برای استخراج ترکیبات حساس به حرارت به کار رود. در حالی که دی اکسید کربن دمای بحرانی به نسبت پایین ۳۱/۱°C و فشار بحرانی پایین ۷/۴ MPa دارد. علاوه بر ویژگی‌های فیزیکی، دی اکسید کربن ایمن و با قابلیت خوراکی است و به‌طور گسترده و با قیمت به نسبت پایین و خلوص بالا در دسترس است [۲]. دی اکسید کربن فوق بحرانی یک حلال غیر قطبی است که قدرت حلالیت آن بین پنتن و تولوئن است. برای تشدید حلالیت ترکیبات

با اتوکلاو انجام می‌شود. تاسیسات استخراج سیال فوق بحرانی برای فرآوری مواد جامد از چهار بخش اصلی تشکیل شده است:

۱. یک پمپ حجمی برای اطمینان از پمپاژ صحیح سیال، پمپ می‌تواند با یک خنک کننده که گاز را به مایع تبدیل می‌کند، همراه باشد؛
۲. مبدل حرارتی؛
۳. استخراج کننده، که فشار ایجاد می‌کند و با یک شیر تنظیم کننده، برگشت فشار حفظ می‌شود؛
۴. جداکننده (شکل (۳)).

به‌طور معمول می‌توان تا حداکثر سه جداکننده در حالت سری به‌منظور استخراج چندین جزء زیست فعال از عصاره، به کار برد. استخراج با سیال فوق بحرانی از مواد جامد به دو مرحله اصلی تقسیم می‌شود: استخراج و سپس جداسازی ماده حل شونده از حلال.

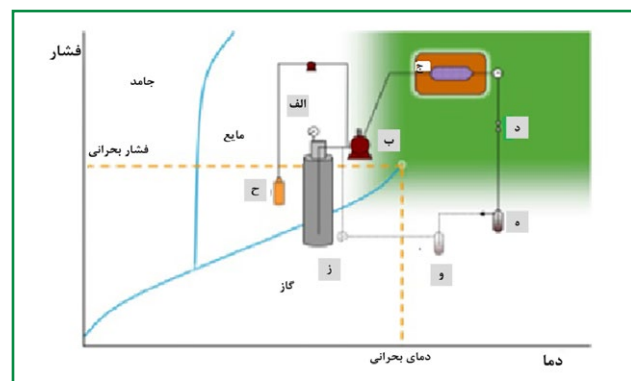
برای انجام استخراج، سیال باید در وضعیت بحرانی باشد. برای این منظور، سیال به‌طور معمول قبل از اینکه وارد استخراج کننده شود پی در پی در معرض فشار و حرارت قرار می‌گیرد. زمانی که به دما و فشار مطلوب رسید سیال فوق بحرانی از استخراج کننده با شار صعودی و نزولی عبور می‌کند و سیال فوق بحرانی ماده حل شده در ماتریکس را استخراج می‌کند. جداسازی حل شونده از سیال فوق بحرانی در جداکننده رخ می‌دهد، جایی که سیال فوق بحرانی به گاز تبدیل می‌شود. ماده حل شونده به مدت طولانی در سیال فوق بحرانی محلول نخواهد بود و به واسطه گرانش جدا می‌شود. بنابراین، عصاره‌ها در انتهای جداکننده جمع می‌شوند.

وابسته به نوع تجهیز، گاز دی اکسید کربن می‌تواند با تزریق مجدد در سیستم بازیابی و یا وارد اتمسفر شود. جداسازی از یک بستر مایع می‌تواند در حالت غیرمداوم انجام شود که استخراج با جذب یک مایع قرار گرفته روی جاذب با استفاده از همان دستگاه استخراج انجام می‌شود. در حالت مداوم یک ستون با جریان مخالف برای بازیافت انتخابی ماده حل شونده از بستر به کار می‌رود (شکل (۳)). خوراک (ورودی) از نیمه یا بالای ستون و فاز فوق بحرانی از پایین ستون وارد می‌شود. عصاره بازیافت شده و سیال در بالای ستون جدا می‌شود و فاز سنگین تر در انتهای ستون بازیافت می‌شود. در مقایسه با فرآیند سنتی، چندین مزیت کلیدی برای استفاده از سیال فوق بحرانی وجود دارد. فقدان یا مصرف محدود حلال (درخصوص استفاده از کمک حلال) منجر به تولید عصاره عاری از حلال می‌شود. مرحله برداشتن فشار در فرآیند سیال فوق بحرانی تعداد واحدهای عملیاتی را کاهش می‌دهد؛ زیرا نیاز به مرحله جداسازی و تخلیص ندارد. انجام عملیات در دمای پایین در کل فرآیند برای ترکیبات زیستی حساس به حرارت مناسب است [۳].

می‌شود. بنابراین، اثری از حلال‌های آلی سمی در محصول نهایی باقی نمی‌ماند. علاوه بر این، به دلیل اینکه گاز دی اکسید کربن می‌تواند بازیافت شود استخراج با دی اکسید کربن فوق بحرانی به‌عنوان فرآیند دوستدار محیط زیست (استخراج سبز) شناخته می‌شود. به‌منظور بهینه کردن شرایط استخراج می‌توان برخی از عوامل موثر در فرآیند استخراج با سیال فوق بحرانی را مانند غلظت کمک حلال، دما، فشار و زمان عملیات را تغییر داد [۴].

● اجرای عملیات

روش عمومی استخراج با سیال فوق بحرانی در سه فاز صورت می‌گیرد. در آغاز فرآیند استخراج، حلال فوق بحرانی به درون ماتریکس نفوذ می‌کند و مقاومت به انتقال جرم کاهش می‌یابد؛ پس از این مرحله، ترکیبات محلول درون سیال فوق بحرانی حل می‌شوند و با پدیده انتشار ابتدا به سطح مواد جامد انتقال می‌یابند و سپس وارد سیال فوق بحرانی می‌شوند. فرآیند استخراج با انتقال ماده حل شونده به همراه فاز سیال و خروج از استخراج کننده پایان می‌یابد. طراحی اولیه تجهیزات به کار رفته برای استخراج با سیال فوق بحرانی در شکل (۲) نشان داده شده است که شامل یک نگه دارنده حلال استخراجی (به‌طور معمول دی اکسید کربن) (۲-الف)، یک پمپ برای اعمال فشار به سیال (۲-ب)، یک آون حاوی ظرف استخراج (۲-ج) و یک محدود کننده برای حفظ فشار بالا درون سیستم (۲-د) است. به دلیل عملکرد آون و پمپ، دی اکسید کربن از فاز مایع به شرایط بحرانی تغییر می‌کند. بازیافت گاز دی اکسید کربن در یک محفظه به اصطلاح تله (۲-ه)، انجام می‌شود که در آن فشار کاهش می‌یابد و به فشار معادل با فاز گازی می‌رسد. ممکن است در برخی تجهیزات، یک محفظه دوم برای تله اندازی گاز دی اکسید کربن (۲-و) به همراه یک سیستم بازیافت گاز دی اکسید کربن (۲-ز) و یک پمپ اصلاح کننده (۲-ح) نیز وجود داشته باشد [۱].



شکل (۲): نمایی از یک دستگاه استخراج بادی اکسید کربن فوق بحرانی [۱].

در مقیاس صنعتی، استخراج ترکیبات زیست فعال از مواد جامد به کمک سیال فوق بحرانی با تجهیزاتی مشابه

قطبیت آن‌ها و وزن مولکولی و دمای استخراج است. در فرآیندهای استخراج با سیال فوق بحرانی با دی اکسید کربن، چنانچه قطبیت یا وزن مولکولی ماده حل شونده افزایش یابد، حلالیت اجزاء پایین می‌آید. افزایش دما در فشار ثابت قدرت حلالیت دی اکسید کربن را با کاهش دانسیته کاهش می‌دهد. در حقیقت نزدیک به فشار بحرانی، دانسیته سیال اثر غالب دارد و افزایش کمی در دما سبب کاهش مهمی در دانسیته سیال می‌شود؛ بنابراین، کاهش در حلالیت حل شونده رخ می‌دهد. در فشار بالا، فشار بخار اثر غالب دارد؛ بنابراین، حلالیت با دما افزایش می‌یابد. این پدیده به‌عنوان رفتار رتروگرید (انحطاطی) شناخته شده‌است [۱ و ۵].

● قطبیت (استفاده از کمک حلال)

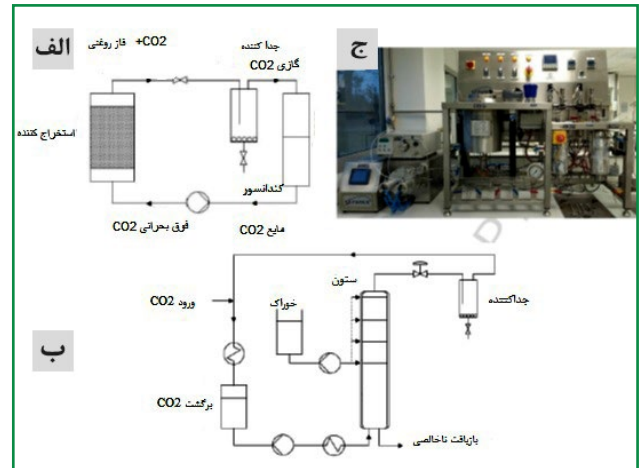
چنانچه قبلاً گفته شد، امروزه دی اکسید کربن به‌طور گسترده به‌عنوان سیال فوق بحرانی به کار می‌رود اگرچه قطبیت پایین آن کاربرد آن را برای استخراج ترکیبات با قطبیت پایین/آبگریز محدود می‌سازد. به‌منظور افزایش دامنه کاربردها، اغلب یک کمک حلال همراه با دی اکسید کربن فوق بحرانی به کار می‌رود. به‌صورت عمومی، حلال‌های آلی مانند متانول و اتانول به‌عنوان کمک‌حلال در غلظت کمتر از ۱۰ درصد وابسته به میزان دی اکسید کربن به کار رفته در استخراج، کاربرد دارند اگرچه آب هم در برخی موارد به کار برده می‌شود. در چنین شرایطی، وضعیت فیزیکی مخلوط حلال پیچیده‌تر است؛ به این دلیل که کمک حلال ممکن است در وضعیت بحرانی خود نباشد، بنابراین فازهای مختلف طی فرآیند استخراج حضور خواهند داشت. باید توجه نمود زمانی که کمک‌حلال به کار می‌رود به دلیل اینکه چنین حلال‌هایی در شرایط اتاق به شکل گاز نیستند احتمال به‌دست آوردن عصاره‌ای عاری از حلال از بین می‌رود [۱ و ۵].

با توجه به تعدد عوامل موثر بر استخراج با سیال فوق بحرانی، بهینه‌سازی فرآیند ممکن است دشوار باشد. برای بهینه‌سازی فرآیند دو راهبرد اصلی باید دنبال شود: مهندسی تعادل فاز و طراحی آزمایشگاهی.

موضوع اول براساس محاسبات ترمودینامیکی است که بسیار مفید و دقیق است اما به راحتی انجام نمی‌شود و زمانی کاربرد دارد که با ماتریکس‌های پیچیده مواجه هستیم و دیگری استفاده از طراحی آزمایش، به‌منظور کنترل عوامل آزمایش برای پیش‌بینی یا ایجاد نتایج مطلوب براساس متغیرهای وابسته و مستقل است. طراحی آزمایش، احتمال ارزیابی واکنش متقابل بین عوامل را می‌دهد در حالی که تعداد آزمایش‌ها را محدود می‌سازد. بهینه‌سازی براساس طراحی آزمایش و محاسبات آماری است [۱ و ۵].

● استخراج ترکیبات زیست فعال با سیال فوق بحرانی:

استخراج با سیال فوق بحرانی روشی کارآمد برای استخراج ترکیبات مقاوم به حرارت مانند کاروتنوئیدها از ماتریکس جامد یا مایع با استفاده از دی اکسید کربن فوق بحرانی



شکل (۳): (الف): نمایی از تاسیسات دی اکسید کربن فوق بحرانی برای استخراج مواد جامد و (ب): استخراج مایع، (ج): نمونه‌ای از تجهیزات سیال فوق بحرانی در مقیاس اتوکلاو یک لیتری [۳].

● عوامل استخراج با سیال فوق بحرانی:

● ماده خام

مواد خام در اینجا منظور نمونه‌ای است که استخراج روی آن صورت می‌گیرد. به‌منظور استخراج با سیال فوق بحرانی، نمونه‌ها به‌صورت جامد یا مایع به کار می‌روند و لازم است عملیات تا حدودی اصلاح شوند. در مورد نمونه‌های جامد، وضعیت فیزیکی نمونه ممکن است تاثیر زیادی داشته باشد. اندازه ذرات و تخلخل با افزایش سطح تماس اثر مهمی بر انتقال جرم دارد، اگرچه رطوبت نمونه نیز ممکن است بر فرآیند استخراج تاثیر بگذارد. به‌طور کلی، استفاده از نمونه‌های خشک نتیجه بهتری می‌دهد. ذرات کوچک سرعت استخراج را افزایش می‌دهند اما از ذرات بیش از حد ریز باید اجتناب شود چون فشرده می‌شوند و مقاومت به انتقال جرم را افزایش داده و درون بستر استخراج، کانال تشکیل می‌دهند؛ در نتیجه سرعت استخراج به دلیل استخراج ناهمگن کاهش می‌یابد. برخی اوقات، ضروری است که عاملی مانند شن دریا به‌عنوان عامل گستراننده به کار رود تا از این وضعیت جلوگیری کند. در مورد نمونه‌های مایع به‌طور معمول برای افزایش سطح تماس بین نمونه و سیال فوق بحرانی، استخراج غیر هم جهت به کار می‌رود. در چنین کاربردهایی، نمونه مایع از بخش بالایی دستگاه و دی اکسید کربن فوق بحرانی از پایین وارد می‌شوند. با انتخاب صحیح نقطه ورودی نمونه و مواد پرکننده ستون، سطح تماس افزایش می‌یابد و انتقال جرم بهینه می‌شود [۱ و ۵].

● فشار و دما (حلالیت)

یکی از مزایای سیال‌های فوق بحرانی، تنظیم حلالیت آن است که به شدت وابسته به فشار و دما است. حلالیت بیشتر اجزاء سازنده در سیال فوق بحرانی با افزایش دانسیته بیشتر می‌شود که می‌تواند با افزایش فشار استخراج همراه باشد. جنبه‌های مهم دیگر تاثیرگذار بر حلالیت اجزاء سازنده در سیال فوق بحرانی

فوق بحرانی استخراج شده‌اند. دامنه وسیعی از دمای استخراج ($35-100^{\circ}\text{C}$) به‌عنوان دمای بهینه برای استخراج پلی فنل‌ها از ضایعات با منشاء گیاهی گزارش شده‌است. به هر حال، به طور کلی نویسندگان گزارش دادند که دمای بین 40°C و 60°C بهترین است. این دما کمی پائین‌تر از شرایط بهینه برای استخراج کاروتنوئیدها است و بر اینکه پلی فنل‌ها نسبت به کاروتنوئیدها کمتر به حرارت پایدار هستند، دلالت دارد. مشابه با استخراج کاروتنوئیدها فشار بین 30MPa و 20MPa برای استخراج پلی فنل‌ها ایده‌آل است. افزایش حلالیت پلی فنل‌ها در فشارهای بالاتر مرتبط با افزایش در دانسیته حلال در فشار بالاتر است [۲ و ۴].

به‌عنوان حلال استخراجی است. به‌طور کلی، دمای استخراج ($40-60^{\circ}\text{C}$)، فشار ($300-400\text{ bar}$)، زمان ($30-120\text{ min}$) و سرعت جریان دی اکسید کربن ($1-5\text{ ml/min}$) عوامل بحرانی برای استخراج کاروتنوئیدها با سیال فوق بحرانی هستند [۴]. بیشتر نویسندگان توصیه کرده‌اند که فشار بین 30MPa و 40MPa بهترین بازایافت لیکوپن و بتاکاروتن را دارد. تنظیم فشار استخراج تغییراتی در دانسیته حلال ایجاد می‌کند و بر قدرت حلالیت دی اکسید کربن فوق بحرانی اثر می‌گذارد. چنانچه فشار در دمای ثابت افزایش یابد، کاهش فضای بین مولکول‌های دی اکسید کربن سبب افزایش واکنش متقابل بین ترکیب هدف و مولکول‌های دی اکسید کربن می‌شود. بنابراین، حلالیت با فشار افزایش می‌یابد، به ویژه در فشارهای 10MPa تا 20MPa یک افزایش شدید در دانسیته دی اکسید کربن فوق بحرانی رخ می‌دهد. در فشار بالای 20MPa افزایش کمی در دانسیته حلال رخ می‌دهد. بیشتر مطالعات در فشار 20MPa تا 40MPa بوده است. پس از دما و فشار، میزان کمک‌حلال عامل بحرانی است که بازدهی کاروتنوئیدها را در استخراج با دی اکسید کربن فوق بحرانی تحت تاثیر قرار می‌دهد. اتانول و متانول، کمک‌حلال‌های متداول در روش استخراج با دی اکسید کربن فوق بحرانی هستند و بیشتر نویسندگان مقادیر به نسبت کم ($15-10\%$) آن‌ها را برای تشدید استخراج کاروتنوئیدها با دی اکسید کربن فوق بحرانی توصیه می‌کنند. به‌طور کلی، کاروتنوئیدها زنجیره‌های هیدروکربنی پلی‌انی هستند که حلقه موجود در یک یا هر دو انتهای آن‌ها سبب می‌شود که ماهیت به شدت آبگریز داشته باشند. بنابراین، جای تعجب است که افزودن حلال قطبی مانند اتانول (ثابت دی الکتریک ۳۳) استخراج کاروتنوئیدها را بهبود بخشد [۲ و ۴].

تمایل بازارهای جهانی برای مصرف پلی فنل‌ها رو به افزایش است. بیشتر پلی فنل‌هایی که به‌عنوان ماده مغذی در فرمولاسیون غذاهای عملگرا استفاده می‌شوند از منابع گیاهی استخراج می‌شوند. انواعی از ترکیبات پلی فنلی مانند روزوراتول، نارینجین و کامپفرول گلیکوزید با دی اکسید کربن

نتیجه‌گیری

به کارگیری دستگاه استخراج با سیال فوق بحرانی به دلیل فقدان یا مصرف محدود حلال آلی منجر به تولید عصاره حاوی ترکیبات زیست فعال مد نظر و عاری از حلال آلی می‌شود. به همین دلیل به‌عنوان یک روش دوستدار محیط‌زیست شناخته شده‌است. همچنین مرحله برداشتن فشار در فرآیند سیال فوق بحرانی تعداد واحدهای عملیاتی را کاهش می‌دهد زیرا نیاز به مرحله جداسازی و تخلیص ندارد. انجام عملیات در دمای پایین در کل فرآیند برای ترکیبات زیستی حساس به حرارت مناسب است.

پی‌نوشت

۱. دکتری علوم و صنایع غذایی، عضو هیئت علمی گروه پژوهشی فرآورده‌های غذایی، حلال و کشاورزی، پژوهشکده صنایع غذایی و فرآورده‌های کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد

مراجع

- [1] Ibanez, I., Mendlola, J.A., and Castro-Puyana, M.C. (2016). Supercritical fluid extraction. Encyclopedia of Food and Health, Elsevier, 227-233.
- [2] Wijngaard, H., Hossein, H., Rai, M.B., and Nigel, B. (2012). Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of planr origin. Food research International, 46 (2), 505-513
- [3] Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., Fabiano-Tixier, A.S., and Abert-Vian, M. (2017). Review of green food processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 41,357-377.
- [4] Saini, R.K., and Keum, Y.S. (2018). Carotenoid extraction methods: a review of recent developments. Food Chemistry, 240, 90-103.
- [5] Sánchez-Camargo, A., Mendiola, J. A., Ibáñez, E., and Herrero, M. (2014). Supercritical Fluid Extraction, Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering.

Author

Saba Belgheisi***S.Belgheisi@gmail.com**

PhD of food science and technology, faculty member of Research group of food products, halal and agriculture, Research Institute of Food Industries and Agricultural Products, Standard Research Institute, Karaj, Iran



Supercritical fluid instrument and its application on bioactive compound extraction

Abstract

For decades, supercritical fluids have been considered as an alternative to other extraction methods. The main applications of supercritical fluid are the extraction of valuable bioactive compounds as flavorings, dyes and removal of undesirable compounds such as organic contaminants, toxins and pesticides. Carbon dioxide is the main solvent used in this method, especially when the target molecule is non-polar. Equipment used for extra critical fluid extraction usually includes an extraction solvent retainer (usually carbon dioxide), a pump to apply pressure to the fluid, an oven containing the extraction vessel, and a limiter to maintain high pressure inside the system. Due to the function of the oven and the pump, carbon dioxide changes from the liquid phase to the critical condition (relatively low critical temperature 31.1 ° C and low critical pressure 7.7 MPa). Lack or limited consumption of solvent leads to the production of solvent-free extract. The decompression phase in the supercritical fluid process reduces the number of operating units because it does not require the separation and purification phase. Low temperature operation throughout the process is suitable for heat sensitive bio composites.

Keywords

Bioactive compounds, Extraction, Supercritical fluid.

دانش آزمایشگاهی ایران

سال دهم ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۱ ■ شماره پیاپی ۳۷

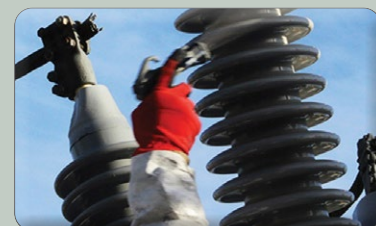
ISSN 2538-3450



دستگاه سیال فوق بحرانی و کاربرد آن در استخراج ترکیبات زیست فعال

رونق و تنوع خدمات شبکه آزمایشگاهی در سال ۱۴۰۰

بخش بین الملل شبکه آزمایشگاهی فناوری های راهبردی ...



اهمیت آبریزی و آزمون های مربوط به آن در صنعت عایق های الکتریکی



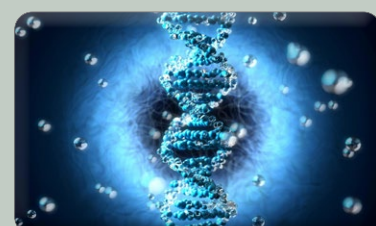
روش ضربدری روشی ساده و سریع در حل مسائل محلول سازی



کاربردهای فناوری پلاسمای سرد در صنایع غذایی



مروری بر مفاهیم و آزمون چقرمگی شکست



بررسی mtDNA در سکناس ها و روش های آزمایشگاهی ژنتیکی مورد استفاده در مطالعات ژنتیک باستان