



پودمان ۴

تصفیه و فرایندهای اصلاحی روغن



استفاده از انواع روغن‌ها و چربی‌ها از دیرباز در جوامع بشری معمول و مرسوم بوده است. با گسترش روز افزون صنعت غذا و تهیه محصولات متنوع، کمتر فراورده‌ای را می‌توان یافت که در تهیه آن به شکلی از روغن استفاده نشده باشد. بنابراین روزبه‌روز بر اهمیت این شاخه از صنعت غذا افزوده شده است. روغن خام استخراج شده حاوی ترکیبات مختلفی است. تری‌گلیسریدها مهم‌ترین ترکیب موجود در روغن خام هستند. در بین ترکیبات غیرگلیسریدی باقی ماندن برخی باعث بروز اشکالاتی حین مصرف روغن می‌شود که به آنها ناخالصی‌های غیر مفید گفته می‌شود. هدف کلی از تصفیه، جداسازی ناخالصی‌های غیر مفید با حداقل خسارت به تری‌گلیسریدها و همچنین حفظ ترکیبات مفید در روغن است. همچنین گاهی روغن‌های تصفیه شده فاقد ویژگی‌های لازم برای برخی کارکردها هستند. بنابراین در صنعت روغن فرایندهایی برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی یا شیمیایی این روغن‌ها انجام می‌شود که از آن تحت عنوان فرایندهای اصلاحی روغن نام می‌برند.

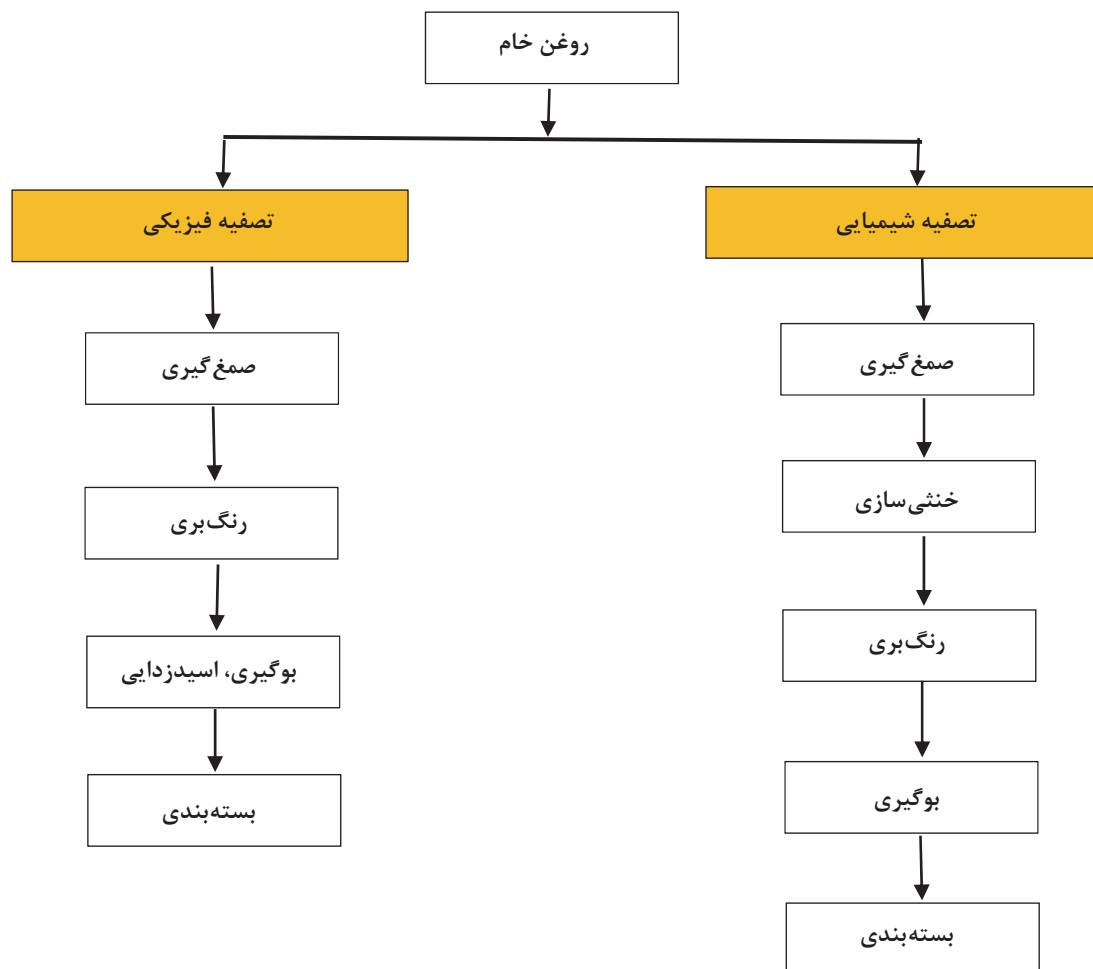
واحد یادگیری ۴

تصفیه روغن‌های خوراکی

روغن خام به روغن حاصل از مرحله استخراج گفته می‌شود که حاوی انواع ناخالصی‌ها است که از آن جمله می‌توان به ترکیبات صمغی، اسیدهای چرب آزاد، رنگدانه‌ها و محصولات فرار و مولد بو اشاره کرد. هریک از مراحل تصفیه وظیفه کاهش و یا حذف یک یا چند نوع از این ناخالصی‌ها را به عهده دارند. اما برخی از ترکیبات موجود در روغن مثل توکوفرول‌ها باید طی تصفیه تا حد ممکن حفظ شوند. به این دسته ترکیبات، ناخالصی‌های مفید گفته می‌شود. به این ترتیب هر مرحله تصفیه می‌تواند فرایند مراحل قبل از خود را تکمیل کند به نحوی که در انتهای این عملیات روغنی با حداقل ناخالصی‌های غیر مفید تولید شود. در این واحد یادگیری، فرایند تصفیه روغن‌های خوراکی در پنج مرحله کاری بیان شده است.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود تصفیه شیمیایی روغن‌های خوراکی را انجام دهند.



شکل ۱- نمودار تصفیه شیمیایی و فیزیکی روغن های گیاهی خوراکی

بیش از ۹۵ درصد ترکیب بیشتر روغن های خام، مخلوطی از تری گلیسریدها است. اجزای دیگر روغن خام شامل فسفاتیدها، اسیدهای چرب آزاد (FFA)، محصولات اکسیداسیون، مواد غیر قابل صابونی (توکوفرول، استرول، هیدروکربن ها و غیره) و ناخالصی های دیگر است. میزان این اجزای کم مقدار در روغن خام، به منبع، فرایند استخراج، فصل و منطقه جغرافیایی بستگی دارد (جدول ۱). این ترکیبات می توانند روی خواص تغذیه ای، عملکردی و حسی روغن اثر بگذارند.

جدول ۱- اجزای بعضی از روغن‌های گیاهی خام (درصد وزنی)

روغن	تری آسیل گلیسرول‌ها	فسفاتیدها	اسیدهای چرب آزاد	مواد غیر قابل صابونی
نارگیل	۹۰	۰/۰۵	۳	۰/۴
ذرت	۹۲-۹۵	۰/۷-۲	۱-۳	۲
پنبه دانه	۹۲-۹۸	۱-۲/۵	۰/۵-۲	۰/۶
زیتون	۹۰	۰/۰۱	۱-۳/۵	۰/۸
پالم	۹۰	۰/۰۵-۰/۲	۲-۵	۰/۴
کلزا	۹۰-۹۲	۱/۵-۳/۵	۱-۲	۰/۹
گلرنگ	۹۲-۹۹	۰/۴-۰/۶	۱-۲	۰/۶
سویا	۹۰-۹۳	۲-۴	۰/۵-۱	۱/۲
آفتاب‌گردان	۹۳-۹۹	۰/۵-۱/۳	۰/۵-۱/۵	۰/۷

هدف کلی از تصفیه، عبارت از حذف ناخالصی‌های روغن و به حداقل رساندن خسارت وارده به گلیسریدها، توکوفرول‌ها و سایر ناخالصی‌های مفید است. ناخالصی‌ها روی مزه و طعم روغن‌ها تأثیر منفی داشته و زمان ماندگاری روغن‌ها را کاهش می‌دهند. بعضی ترکیبات مانند اسیدهای چرب آزاد، مونو و دی آسیل گلیسرول‌ها و فسفاتیدها منشأ گلیسریدی دارند. بقیه ترکیبات به عنوان مواد غیر قابل صابونی از روغن جدا می‌شوند.

جدول ۲- اجزای کم مقدار در روغن‌های گیاهی (درصد وزنی)

روغن	مواد غیر قابل صابونی	استرول‌ها	اسکوالن	الکل‌های تری تریپن
کره کاکائو	۰/۳	۰/۲	۰	۰/۰۵
نارگیل	۰/۴	۰/۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲
ذرت	۲	۱	۰/۰۲۸	۰/۰۱
پنبه دانه	۰/۶	۰/۴	۰/۰۰۸	۰/۰۲
زیتون	۰/۸	۰/۱	۰/۳۸۳	۰/۲
پالم	۰/۴	۰/۰۳	NA	۰/۰۲
هسته پالم	۰/۴	۰/۱	NA	۰/۰۳
بادام زمینی	۰/۹	۰/۳	۰/۰۲۷	۰/۰۴
کلزا	۰/۹	۰/۶	۰/۰۲۶	۰/۰۳
گلرنگ	۰/۶	۰/۶	NA	۰/۰۷
سویا	۱/۲	۰/۴	۰/۰۱۲	۰/۰۶
آفتاب‌گردان	۰/۷	۰/۴	۰/۰۱۲	۰/۲

ترکیبات اصلی مواد غیر قابل صابونی (۲-۳ درصد) عبارت اند از، استرول ها، توکوفرول ها (ویتامین E) هیدروکربن ها، رنگدانه ها (گوسیپول، کلروفیل) و ویتامین ها (کاروتن)
NA = وجود ندارد.

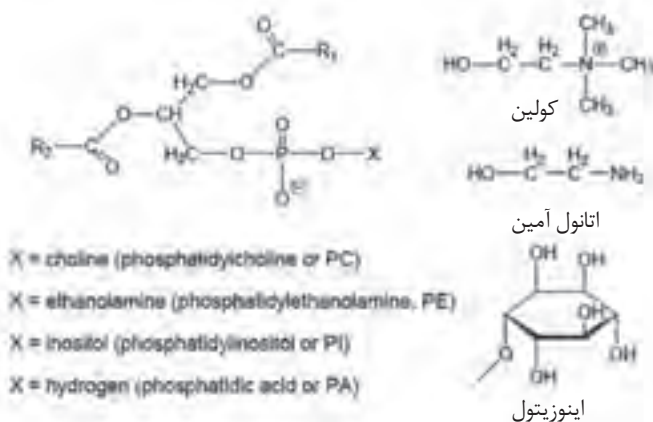
۱- مرحله صمغ گیری از روغن

معمولاً روغن های خام گیاهی پس از استخراج از دانه، دارای ناخالصی هایی هستند. یکی از این ناخالصی ها صمغ ها یا فسفاتیدها هستند که باید طی مراحل تصفیه (Refining) از روغن جدا شوند. مرحله ویژه حذف این ترکیبات، صمغ گیری نام دارد.

صمغ ها یا فسفاتیدها، به طور گسترده در صنعت غذا، خوراک دام و در فرایندهای صنعتی استفاده می شوند. فسفاتیدیل کولین، فسفاتیدیل اتانول آمین و فسفاتیدیل اینوزیتول انواع اصلی فسفاتیدها (فسفولیپیدها) هستند. از آنجا که

این ترکیبات دارای سرهای قطبی (هیدروفیل) و غیرقطبی (لیپوفیل) هستند در صنایع غذایی کاربرد زیادی دارند. به مجموع فسفولیپیدهای حاصل از صمغ گیری روغن خام در اصطلاح لسیتین تجاری گفته می شود.

روغن های خام سویا، کلزا و دانه آفتاب گردان، منابع اصلی لسیتین تجاری به شمار می آیند. زیرا فسفاتید بیشتری از سایر روغن ها دارند. در جدول زیر میزان فسفاتیدها در بعضی از روغن ها بیان شده است:



شکل ۲- ساختار شیمیایی فسفاتیدهای عمده در روغن های گیاهی خوراکی

جدول ۳- میزان فسفاتیدها در بعضی از روغن ها

نوع روغن	فسفاتیدها (درصد)	فسفر (PPM)
کلزا	۰/۵-۳/۵	۲۰۰-۱۴۰۰
سویا	۱-۳	۴۰۰-۱۲۰۰
پنبه دانه	۱-۲/۵	۴۰۰-۱۰۰۰
ذرت	۰/۷-۲	۲۵۰-۸۰۰
آفتاب گردان	۰/۵-۱/۳	۲۰۰-۵۰۰
گلرنگ	۰/۴-۰/۶	۱۵۰-۲۵۰
بادام زمینی	۰/۳-۰/۷	۱۰۰-۳۰۰
پالم	۰/۰۳-۰/۱	۱۵-۳۰
نارگیل	۰/۰۲-۰/۰۵	۱۰-۲۰

لسیتین کاربرد زیادی در بسیاری از مواد غذایی به ویژه صنایع پخت دارد.

نکته





با بررسی و مطالعه برچسب برخی مواد غذایی که در فرمولاسیون آنها لسیتین به کار رفته را پیدا کنید.

اصول صمغ گیری از روغن ها

منظور از صمغ گیری، خارج کردن تقریباً کامل فسفاتیدها و سایر مواد صمغی در روغن خام است. باقی ماندن صمغ ها در روغن باعث ته نشینی در تانک های نگهداری و بروز اشکالاتی در حمل و نقل می شود. همچنین در هنگام تصفیه افت روغن افزایش می یابد.

صمغ ها محصولات فرعی با ارزشی هستند. روغن سویای خام منبع خوبی از فسفاتیدها (۱ تا ۳ درصد) است. لسیتین سویا پس از یک تصفیه ساده و ارزان، از صمغ روغن سویا به دست می آید و بازار خوبی در تجارت دارد. لسیتین حاصل از صمغ روغن های دیگر مانند ذرت، آفتاب گردان و بادام زمینی، از نظر کمی و کیفی در حد لسیتین سویا نیست.

متداول ترین روش های صمغ گیری عبارت اند از:

۱ صمغ گیری با آب (هیدراتاسیون)

۲ صمغ گیری شیمیایی



هیدراتاسیون و هیدرولیز به چه معنا هستند؟

۱- **صمغ گیری با آب (هیدراتاسیون):** خارج کردن صمغ ها از روغن به وسیله آب روش معمول صمغ گیری بوده و معمولاً وقتی انجام می شود که بازیابی لسیتین، مورد نظر بوده و یا صمغ زیاد موجود در روغن خام، باعث بروز مشکلاتی در نگهداری و تصفیه روغن خواهد شد. صمغ گیری با آب بیشتر در مورد روغن سویا معمولاً در همان کارگاه روغن کشی با حلال، قبل از حمل و نگهداری انجام می شود.

اساس عمل صمغ گیری با آب، این گونه است که فسفاتیدهای موجود در روغن، آب جذب می کنند (هیدراته شده) و به وسیله نیروی گریز از مرکز، توسط سانتریفیوژ از روغن جدا می شوند.

روغن صمغ گیری شده یا مستقیماً به مرحله بعدی فرایند منتقل می شود و یا توسط خلأ خشک شده، خنک شده و در تانک ذخیره نگهداری می شود.

از طرفی صمغ های جدا شده از روغن یا مستقیماً با کنجاله مخلوط و به مصرف خوراک دام می رسد، یا در یک تبخیر کننده خشک شده و برای تهیه محصولات مختلف لسیتین تحت فرایند بیشتر قرار می گیرد.

در عملیات صمغ گیری با آب، فسفاتیدهای قابل هیدراته شدن به آسانی و با مخلوط کردن روغن خام با آب داغ (۱ تا ۳ درصد وزنی نسبت به روغن) از روغن جدا می شوند. دمای بهینه عمل بین ۶۰ تا ۸۰ درجه سلسیوس است که در این صورت کمترین ضایعات روغن و بیشترین راندمان صمغ گیری به دست می آید.

افزودن بیش از اندازه آب نه تنها باعث به دست آمدن صمغ بیشتری نمی شود، بلکه، برعکس باعث می شود که امولسیون با روغن تشکیل داده و روغن وارد فاز لسیتین شود.

همچنین حرارت بیش از اندازه روی رنگ لسیتین استحصالی تأثیر می گذارد و ممکن است باعث تیرگی آن شود. زمان نگهداری برای رسوب کردن فسفاتیدهایی که آب جذب کرده اند، ۲۰ تا ۳۰ دقیقه در تانک هیدراتاسیون است. در ادامه روغن مخلوط شده با آب به آهستگی به سانتریفیوژ وارد می شود، تا صمغ های هیدراته از روغن جدا شوند.



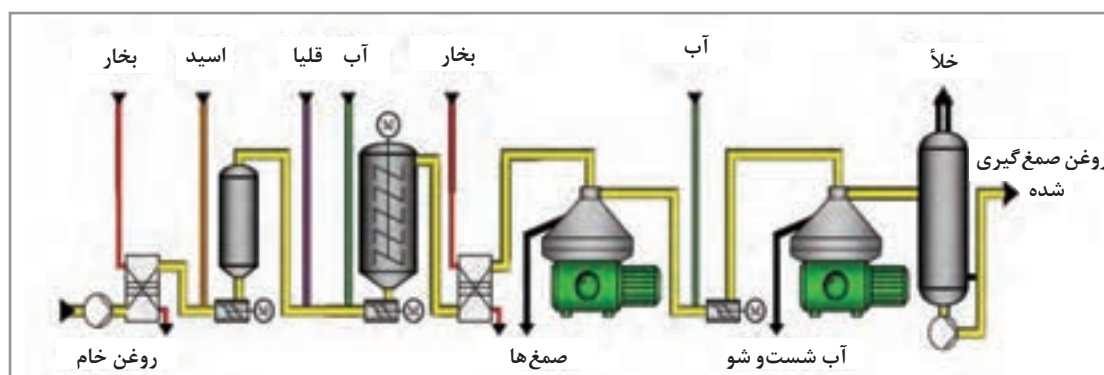
شکل ۳- سانتریفیوژ (سپراتور)

صمغ‌گیری با آب بیشتر برای بازیابی فسفاتیدها (لسیتین) از روغن سویا و روغن‌های غنی از صمغ کاربرد دارد. عملیات باید بدون شوک و فشار و با آهستگی انجام شود زیرا مخلوط روغن و آب و صمغ می‌تواند به راحتی امولسیون تشکیل دهد و باعث افزایش ضایعات روغن شود.

۲- **صمغ‌گیری شیمیایی (صمغ‌گیری اسیدی):** به دلیل واکنش‌های آنزیمی در طول مدت استخراج روغن، قسمتی از فسفاتیدها تبدیل به ترکیباتی می‌شوند که قابلیت جذب آب را ندارند. بنابراین برای خارج کردن این فسفاتیدها روش صمغ‌گیری با آب مؤثر نبوده و عمل صمغ‌گیری با استفاده از مواد شیمیایی که معمول‌ترین آنها فسفریک اسید است، کامل می‌شود. روغن سویا پس از صمغ‌گیری با آب هنوز دارای ۱۰ تا ۲۰ درصد فسفاتید به صورت نمک‌های کلسیم و منیزیم است که قابلیت جذب آب ندارند. قبل از تصفیه قلیایی لازم است که این فسفاتیدها توسط یک عمل صمغ‌گیری کامل با استفاده از فسفریک اسید خارج شوند. اصولاً این فرایند برای جدا شدن فسفاتیدهای غیرقابل هیدراته بسیار مناسب است. در دمای بین ۶۰ تا ۹۰ درجه سلسیوس اسید و روغن به شدت به هم زده می‌شوند. عمل هم زدن باید با سرعت بالا همراه باشد. به‌طوری‌که اندازه قطرات به زیر ۱۰ میکرون برسد.

چون بیشتر صمغ‌ها و فسفاتیدهای موجود در روغن سویا با آب هیدراته شده و با این روش از روغن جدا می‌شوند، بنابراین مقدار خیلی کمی از صمغ‌ها که هیدراته نشده و در روغن باقی می‌مانند باید با فسفریک اسید ۸۵ درصد با گرید غذایی در مرحله خنثی‌سازی از آن جدا شوند.

نکته



شکل ۴- فرایند صمغ‌گیری شیمیایی



صمغ گیری از روغن خام

ابزار و تجهیزات: سانتریفیوژ، بشر ۶۰۰ میلی لیتری کوتاه (۲ عدد)، ترازو، همزن برقی، هیتر مگنت دار، دماسنج، آون، قیف شیشه‌ای، کاغذ صافی، مگنت، لوله آزمایش دردار، سرنگ، لباس کار، دستکش، ماسک و کلاه

مواد: روغن سویا صمغ گیری نشده، آب مقطر

روش کار:

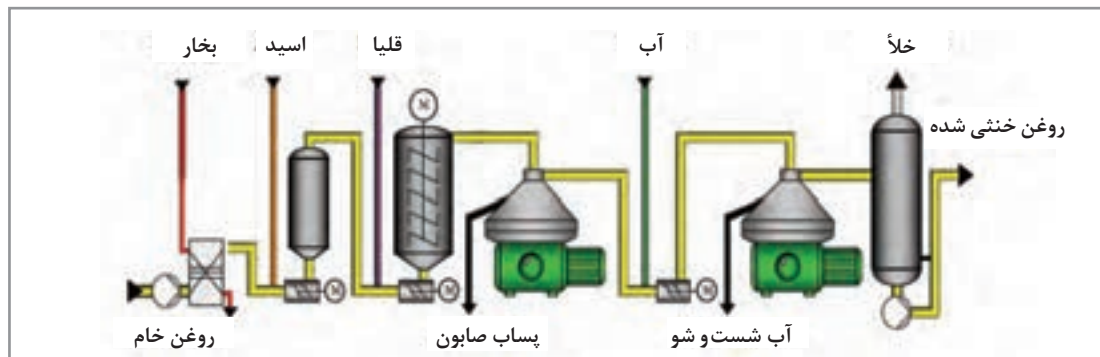
- هنجریان را به چند گروه تقسیم کنید.
- روغن خام صمغ گیری نشده را کاملاً یکنواخت کرده و حدود ۳۰۰ گرم از آن را در بشر وزن کنید.
- ۱۲ گرم آب مقطر به آن اضافه کنید.
- مگنت را داخل روغن انداخته و بشر را روی هیتر قرار دهید.
- دمای هیتر را روی ۷۰ درجه سلسیوس و سرعت آن را روی دور کند تنظیم کنید.
- پس از حدود ۱۰ دقیقه بشر را از روی هیتر بردارید.
- محتوی بشر را درون لوله‌های آزمایش دردار ریخته و سپس آنها را به صورت قرینه داخل سانتریفیوژ با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه و به مدت حدود ۵ دقیقه قرار دهید.
- پس از خاموش کردن سانتریفیوژ و اطمینان از متوقف شدن کامل آن، در آن را باز کرده و لوله‌ها را به آرامی خارج کنید.
- با استفاده از یک سرنگ روغن را از قسمت بالای لوله‌ها خارج کنید.
- با استفاده از کاغذ صافی روغن به دست آمده را صاف کنید.
- روغن صاف شده را در آون با دمای 103 ± 2 درجه سلسیوس خشک کنید.
- این روغن را اصطلاحاً روغن سویای صمغ گیری شده (degummed) می‌نامند.

۲- مرحله خنثی سازی روغن

هنگام رسیدن میوه‌های روغنی و بعد از برداشت دانه‌های روغنی و نگهداری آنها در سیلو، آنزیم‌های لیپولیتیکی فعال می‌شوند که چربی را به اسید چرب آزاد و گلیسرول تجزیه می‌کنند. همچنین رشد میکروارگانیسم‌ها، موجب افزایش اسیده‌ای چرب آزاد می‌شود. افزایش اسیده‌ای چرب آزاد، موجب تسریع اکسیداسیون روغن خواهد شد. برای جلوگیری از اکسیداسیون روغن‌ها و افزایش زمان ماندگاری باید اسیده‌ای چرب آزاد را از روغن صمغ گیری شده جدا نمود.

هدف اصلی از این مرحله حذف اسیده‌ای چرب آزاد است. در این مرحله، علاوه بر اسیده‌ای چرب آزاد، فسفاتیدها، و مقادیری از رنگدانه‌ها با استفاده از یک ماده قلیایی (معمولاً سدیم هیدروکسید) جدا می‌شوند. در مرحله بعد روغن آب شویی شده و سپس با بهره‌گیری از سانتریفیوژ و یا دکانتور از روغن جدا می‌شوند. به طور کلی خنثی سازی شامل ۳ مرحله است: خنثی سازی، شست و شو و خشک کردن.

در شکل زیر، تصویری شماتیک از تأسیسات فرایند خنثی سازی نشان داده شده است.



شکل ۵- فرایند خنثی سازی روغن

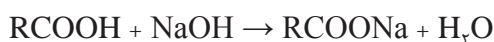
پرسش



به چه دلیل در این مرحله از ماده قلیایی استفاده می شود؟

اصول تصفیه قلیایی روغن ها

سدیم هیدروکسید (سود سوزآور) معمول ترین ماده قلیایی مصرفی برای تصفیه روغن های خوراکی بوده و انتخاب غلظت و مقدار مناسب سود اثر زیادی در کیفیت روغن تصفیه شده دارد و به کارگیری روش مناسب برای جدا کردن روغن تصفیه شده از خمیر صابون، افت روغن خنثی را به حداقل می رساند. خنثی سازی اسیدهای چرب طی واکنش صابونی شدن زیر انجام می شود:



اسید چرب آزاد + هیدروکسید سدیم ← صابون + آب

این واکنش در فشار معمولی و درجه حرارت ۶۰ تا ۸۵ درجه سلسیوس انجام می شود. هدف از این مرحله صابونی کردن اسیدهای چرب آزاد روغن با افزودن سود است. در ادامه صابون تولید شده توسط نیروی ثقل یا سانتریفیوژ از روغن جدا می شود. سپس روغن شست و شو شده و باقی مانده صابون هم از آن خارج می شود.

تعیین مقدار سدیم هیدروکسید برای عملیات خنثی سازی روغن خوراکی: مقدار سود مصرفی در مرحله تصفیه قلیایی دارای اهمیت بسیار زیادی است زیرا مصرف سود کمتر باعث باقی ماندن اسیدهای چرب آزاد در روغن و مصرف سود بیشتر باعث صابونی شدن تری گلیسیریدها و افت کمی روغن می شود. مقدار سود مصرفی برای این مرحله برابر اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن است ولی باید مقداری سود اضافه برای تکمیل عملیات تصفیه، در نظر گرفت و این مقدار اضافی بستگی به کیفیت روغن (مقدار فسفاتیدها) و قدرت سود و تا حدی برحسب تغییرات مخلوط کن (زمان تماس) دارد. معمولاً قدرت محلول های سود براساس وزن مخصوص آنها تعیین و برحسب درجه بومه (Degree Bume) بیان می شود. به طور کلی طیف قدرت محلول های مورد استفاده در مرحله تصفیه قلیایی ۱۰ تا ۳۰ درجه بومه است.



چه رابطه‌ای بین درجه بومه و درجه بریکس وجود دارد؟

روغن‌های خوراکی دارای کیفیت خوب، با محلول‌های سود ۱۲، ۱۴ و ۱۶ درجه بومه تصفیه و خنثی می‌شوند. به‌طور کلی بهترین نتیجه با استفاده از سود نسبتاً ضعیف برای تصفیه روغن‌های دارای اسید چرب آزاد کم و سود قوی برای تصفیه روغن‌های دارای اسیدیته زیاد به‌دست می‌آید. مقدار سود مصرفی براساس درصدی از سرعت جریان روغن بیان و از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{مقدار سود مصرفی} = \frac{(FFA \times 0.142) + \text{مقدار سود اضافی}}{\text{درصد NaOH} / 100}$$

در این فرمول عدد ۰/۱۴۲ = نسبت وزن مولکول سدیم هیدروکسید به اولئیک اسید است.

FFA : درصد اسید چرب آزاد

NaOH : عبارت است از مقدار سدیم هیدروکسید برحسب درصد که بیانگر درجه بومه (قدرت محلول سود) سود مصرفی در دمای ۱۵ درجه سلسیوس است.

مثال ۱



اگر اسیدهای چرب یک روغن ۰/۶۵ درصد و مقدار سود اضافی برای خنثی‌سازی ۰/۱ درصد و قدرت سود ۱۴ درجه بومه برابر مقدار ۹/۵ درصد سدیم هیدروکسید باشد، مقدار سود مصرفی چقدر خواهد بود؟

پاسخ



$$\text{مقدار سود مصرفی} = \frac{0.1 + (0.65 \times 0.142)}{9.5 / 100} = 2.02$$

مثال ۲



اگر اسید چرب آزاد یک روغن ۰/۷۵ درصد و مقدار سود اضافی ۰/۱ درصد و قدرت سود ۱۶ درجه بومه باشد، مقدار سود مصرفی مطابق معادله زیر ۱/۸۶ درصد است:

$$\text{مقدار سود مصرفی} = \frac{0.1 + (0.75 \times 0.142)}{0.11102} = 1.86 \text{ درصد}$$

تصفیه قلیایی (خنثی‌سازی) می‌تواند به‌صورت غیرمداوم و یا مداوم انجام شود.

۱ تصفیه قلیایی (خنثی‌سازی) در سیستم غیرمداوم (بچ): امروزه تصفیه قلیایی به روش غیرمداوم، در بعضی از کارخانه‌های کوچک تصفیه روغن انجام می‌شود.

سیستم غیرمداوم دارای مزایایی است. این روش هزینه سرمایه‌گذاری کمی داشته و تجهیزات را می‌توان به‌طور محلی ساخت. برای ظرفیت‌های کم مناسب بوده و هر نوع روغن با هر نوع کیفیتی را می‌توان تصفیه کرد. از معایب تصفیه غیرمداوم، افت زیاد و بالا بودن هزینه راهبری به دلیل مصرف زیاد انرژی و آب و همچنین آلودگی زیاد محیط زیست است.

تجهیزات لازم برای تصفیه غیرمداوم، ساده و شامل یک تانک یا مخزن مجهز به همزن (تا تماس بین قلیا و روغن به خوبی انجام گیرد) و کویل‌های بخار برای گرم کردن است. ته تانک مخروطی شکل و همزن از نوع پارویی بوده و دور آن قابل تنظیم است.

همزن دور تند برای مخلوط کردن شدید روغن با سود و همزن دور کند برای به حالت تعلیق درآوردن صابون است. حرارت روغن در تانک باید به‌طور سریع بالا رفته و به مقدار لازم برای فرایند رسانده شود. تصفیه غیرمداوم، به دو روش خشک و مرطوب انجام می‌شود. تفاوت این دو در مقدار و نحوه استفاده از محلول سود (قلیا) است.

در تصفیه بچ به روش خشک، روغن با سود نسبتاً قوی مخلوط و خمیر صابون به‌صورت جامد یا نیمه‌جامد در روغن خشک شده جدا می‌شود. این روش سریع و مناسب بوده و خمیر صابون حالت غلیظ و روغن تصفیه شده بدون صابون و رطوبت است.

برای تصفیه روغن‌های دارای اسیدچرب آزاد زیاد که تشکیل خمیر صابون نرم می‌دهند، نظیر روغن زیتون و بزرک، تصفیه به‌صورت مرطوب مناسب است.

در روش مرطوب روغن تا ۶۵ درجه سلسیوس حرارت داده شده و برای مدت زمان معین با سود مخلوط و سپس با آب داغ شسته شده و خمیر صابون ته‌نشین و جدا می‌شود. برای خالص کردن روغن چندین بار شست‌وشو و جدا کردن لازم بوده و سپس روغن تصفیه شده تحت خلأ خشک و برای بی‌رنگ کردن آماده است.

۲ تصفیه قلیایی (خنثی‌سازی) مداوم: در این روش محلول سود (قلیایی) و روغن توسط دستگاه‌های مخلوط‌کن به‌طور مداوم مخلوط و سپس جدا کردن خمیر صابون و روغن به‌وسیله سانتریفیوژ انجام می‌شود. در روش تصفیه مداوم

استفاده از جداکننده سانتریفیوژی افت‌ها را در مقایسه با روش غیرمداوم کاهش داده است.



شکل ۶- سیستم خنثی‌سازی مداوم روغن

برای کسب اطلاعات بیشتر به جدول «مقدار قلیا یا سود کاستیک برای خنثی‌سازی انواع روغن‌های گیاهی» کتاب همراه هنرجو مراجعه کنید.

نکته

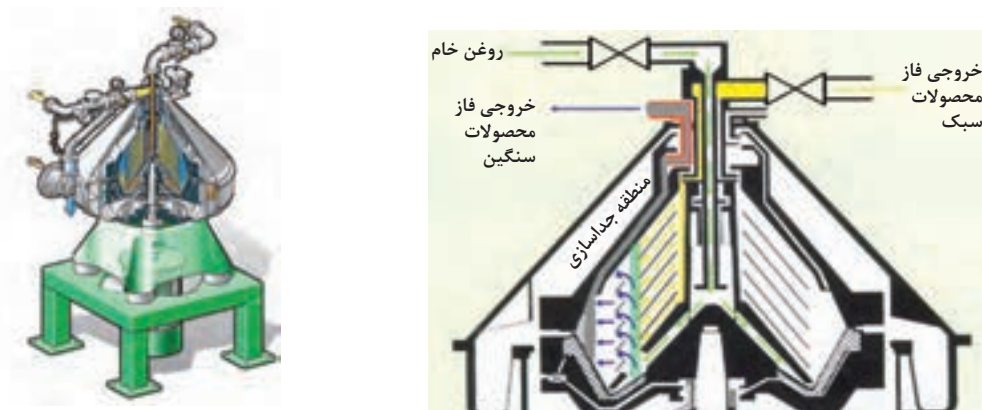


مزایای روش تصفیه مداوم به شرح زیر است:

- زمان تماس بین روغن و قلیا کاهش یافته، در نتیجه صابونی شدن روغن خنثی کاهش می‌یابد.
- بهبود جدا شدن روغن و خمیر صابون سبب کاهش افت‌ها شده است.
- کنترل بهتر فرایند سبب تولید روغن تصفیه شده با کیفیت بهتر و ثابت‌تر شده است.

به طور کلی سانتریفیوژها دو نوع هستند. نوع قدیمی تر، کاسه‌ای-لوله‌ای است ولی ظرفیت آن کم بوده و نمی‌توان آن را به طور خودکار تخلیه نمود. نوع دیگر سانتریفیوژها، نوع کاسه‌ای-صفحه‌ای است. این نوع سانتریفیوژها این قابلیت را دارند که به صورت خودکار تمیز شوند.

در شکل زیر شماتیکی از دستگاه سانتریفیوژ نمایش داده شده است:

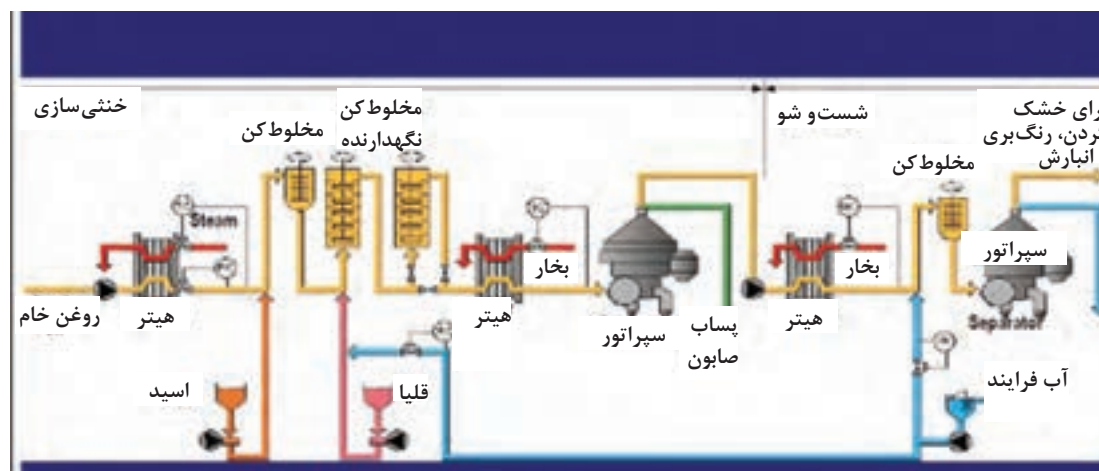


شکل ۷- شماتیک سانتریفیوژ

پس از خارج شدن روغن از سپراتور (سانتریفیوژ)، از آنجا که هنوز مقادیری صابون در روغن وجود دارد، توسط شست‌وشو با آب، این ناخالصی‌ها را جدا می‌کنند. برای این کار روغن را با ۱۰ تا ۲۰ درصد آب نرم (سختی‌گیری شده) که حرارت آن ۸۵ تا ۹۵ درجه سلسیوس است، مخلوط می‌کنند. برای مخلوط کردن روغن با آب از مخلوط‌کن‌های ثابت، تیغه‌ای و صفحه‌ای استفاده می‌شود. سپس فاز آبی و روغنی توسط سانتریفیوژ از هم جدا می‌شوند. روغن شسته شده سپس در خشک‌کن‌های تحت خلأ به طور مداوم خشک می‌شود.

روغن خشک شده باید در پایان تصفیه قلیایی مداوم کمتر از ۱/۰ درصد و ترجیحاً ۵/۰ درصد رطوبت داشته و میزان صابون که بر حسب سدیم اولئات تعیین می‌شود از ۵۰ ppm (قسمت در میلیون) تجاوز نکند.

شکل زیر شماتیکی از مراحل خنثی‌سازی مداوم توسط سانتریفیوژ را نشان می‌دهد.



شکل ۸- فرایند خنثی‌سازی مداوم با سانتریفیوژ

مراحل خنثی سازی مداوم

در زیر نموداری از جریان فرایند خنثی سازی مداوم به نمایش در آمده است:

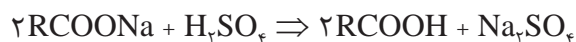


فراوری و مصرف خمیر صابون

صابون، فراورده جنبی فرایند تصفیه شیمیایی روغن است. مواد صابونی شامل نمک‌های سدیمی اسیدهای چرب آزاد خنثی شده و همچنین حاوی مقادیری تری آسیل گلیسرول‌ها، فسفاتیدها، پروتئین‌ها، رنگدانه‌ها و ترکیبات دیگر است. در بعضی از کشورها، با مخلوط کردن این ترکیبات با مواد دیگر، صابون با کیفیت پایین و یا خوراک دام تهیه می‌شود.

ارزش خمیر صابون را برحسب مقدار اسیدچرب موجود در آن (به حالت ترکیب شده و آزاد) تعیین می‌کنند. اگر روش تصفیه قلیایی به صورت غیرمداوم باشد مقدار کل اسیدچرب خمیر صابون بیشتر از روش مداوم است. خمیر صابون را به صورت خام یا اسیدی شده به بازار عرضه می‌کنند.

روش معمول عمل‌آوری خمیر صابون، اسیدی کردن آن در دمای ۸۰ تا ۹۰ درجه سلسیوس است. در این روش خمیر صابون را با سولفوریک اسید برای آزاد شدن اسیدهای چرب مخلوط می‌کنند. اسیدهای چرب آزاد شده را، می‌توان در تهیه خوراک دام، صابون‌سازی و ... استفاده کرد. خمیر صابون اسیدی شده حداقل ۸۵ و حداکثر ۹۵ درصد اسید چرب آزاد دارد.



سدیم سولفات + اسید چرب آزاد → سولفوریک اسید + صابون

تصفیه قلیایی (خنثی‌سازی) روغن‌های خام

ابزار و تجهیزات: بشر ۸۰۰ میلی‌لیتری، ترازو، بن‌ماری، هیتر مغناطیسی، مگنت، بومه‌سنج، کاغذ صافی، قیف، لباس کار، دستکش، ماسک و کلاه
مواد: روغن خام سویا، محلول سود رقیق شده برای مصرف
روش کار:

- هنجریان را به چند گروه تقسیم کنید.
- مقدار ۵۰۰ گرم روغن خام سویای کاملاً یکنواخت شده را در بشر وزن کنید.
- مگنت را داخل روغن بیندازید.
- بشر را روی هیتر قرار داده و همزن آن را روی دور تند تنظیم کنید.
- سود را به روغن داخل بشر اضافه کنید.
- بعد از ۹۰ دقیقه هیتر را روشن کرده و دمای آن را روی ۶۵ درجه سلسیوس تنظیم کرده و سرعت همزن را روی دور کند قرار دهید.
- بعد از ۲۰ دقیقه بشر را به بن‌ماری با دمای ۶۵ درجه سلسیوس منتقل کنید و به مدت ۱ ساعت در آن قرار دهید.
- سپس روغن را به مدت حدود ۱۲ ساعت در یخچال قرار دهید.
- روغن را با استفاده از کاغذ صافی از صابون جدا کنید.

فعالیت
آزمایشگاهی



نکته

در صنعت برای کفایت عمل خنثی‌سازی، روغن خنثی شده استحصال را از نظر درصد اسیدیته و رنگ مورد آزمایش قرار داده و با نتایج آزمایش روغن قبل از تصفیه مقایسه می‌کنند.

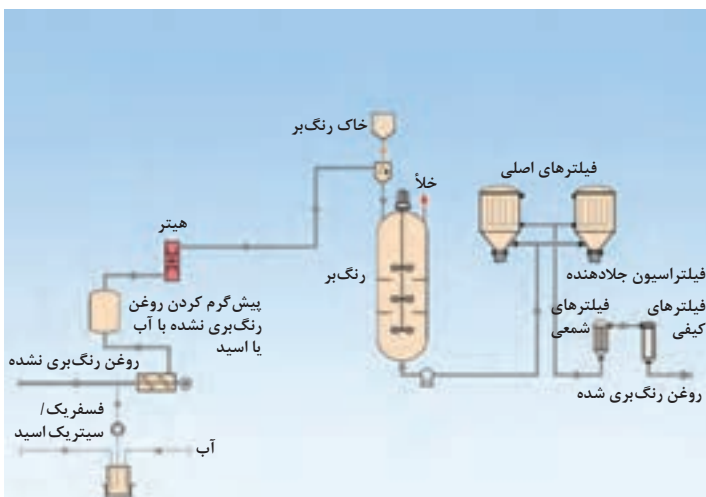


۳- مرحله رنگبری

برای تهیه یک روغن با کیفیت خوب، رنگدانه‌های موجود در آن باید تا جای ممکن کاهش پیدا کند. در مرحله تصفیه شیمیایی با قلیا قسمتی از رنگدانه‌ها کاهش پیدا می‌کنند ولی باز هم روغن دارای رنگدانه‌ها و ناخالصی‌هایی است که در فرایند رنگبری با خاک رنگ‌بر باید از روغن جدا شوند.

اصول رنگبری روغن‌ها

فرایند بی‌رنگ کردن اساساً یک عمل جذب فیزیکی است که رنگدانه و بسیاری از ناخالصی‌های روغن جذب خاک رنگ‌بر شده و از روغن خارج می‌شوند. در بیشتر موارد بی‌رنگ کردن، آخرین فرصت برای خارج کردن ناخالصی‌های باقی‌مانده در روغن است. هدف اصلی از بی‌رنگ کردن کاهش رنگ روغن‌ها است، ولی خارج شدن ناخالصی‌هایی



نظیر صمغ‌ها، صابون‌ها، فلزات کمیاب و محصولات اکسیداسیون از روغن در این مرحله، سبب بهبود مراحل بعدی فرایند چربی‌ها و روغن‌ها (هیدروژناسیون و بی‌بو کردن) شده و در نهایت در کیفیت و خصوصیات طعم و پایداری محصول نهایی مؤثر است.

رنگدانه‌های عمده در روغن‌های خوراکی، کلروفیل و کاروتنوئیدها هستند. کلروفیل باید در فرایند بی‌رنگ کردن از روغن خارج شود درحالی‌که کاروتنوئیدها در مراحل بعدی فرایند نیز در اثر حرارت از بین می‌رود.

معمول‌ترین جاذب مورد استفاده در بی‌رنگ کردن روغن‌های خوراکی، خاک رنگ‌بر است. کربن فعال و سیلیس نیز به عنوان ماده جاذب (خاک رنگ‌بری) در فرایند روغن‌ها به کار می‌روند. میزان خاک رنگ‌بر ۱۵٪ تا ۳ درصد وزن روغن و معمولاً کمتر از ۱ درصد وزن روغن است.

انواع خاک رنگ‌بر:

۱ **خاک رنگ‌بر طبیعی:** از آلومینیوم سیلیکات تشکیل شده است.

۲ **خاک رنگ‌بر فعال شده با اسید:** با اسیدی کردن خاک رنگ‌بر توسط سولفوریک اسید، قدرت رنگبری خاک را افزایش می‌دهند. برای حذف کلروفیل از روغن باید از خاک رنگ‌بر اسیدی استفاده کرد.

۳ **کربن فعال:** جاذب بهتری

برای مقادیر کم صابون باقی‌مانده و مخصوصاً رنگدانه‌های قرمز، آبی و سبز روغن‌هایی نظیر نارگیل و هسته پالم است. همچنین کربن فعال هیچ‌گونه طعم و بوی اضافی در روغن ایجاد نمی‌کند، ولی به خاطر گرانی و جذب زیاد روغن معمولاً به صورت مخلوط با خاک رنگ‌بر (۵ تا ۱۰ درصد وزن خاک رنگ‌بر) به کار می‌رود.



شکل ۱۰- خاک رنگ‌بر

در فرایند رنگ‌بری، همراه با خاک رنگ‌بر، خاک کمک صافی هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. خاک کمک صافی به منظور کمک به عمل صاف کردن و سرعت بخشیدن به عبور روغن از فیلتر پرس‌ها است. عملیات رنگ‌بری علاوه بر کاهش و یا حذف رنگدانه‌ها، باعث حذف برخی از ناخالصی‌ها از روغن هم می‌شود. خاک رنگ‌بر باعث تجزیه پراکسیدهای حاصل از اکسیداسیون می‌شود به‌طوری‌که اندیس پراکسید روغن بلافاصله پس از رنگ‌بری به صفر می‌رسد و همچنین عملیات رنگ‌بری قادر به حذف باقی‌مانده‌های صابون و فسفاتیدها از روغن است. خاک رنگ‌بر همراه با کربن فعال می‌تواند ناخالصی‌های دیگر مثل آهن و مس را از روغن جدا کند. این فلزات باعث اکسیداسیون روغن‌ها می‌شوند. در جدول ۴ نتایج و اثرات استفاده از خاک رنگ‌بر و جاذب‌های دیگر بر روی روغن رنگ‌بری شده بیان شده است.

جدول ۴

ردیف	نوع خاک خاک رنگ‌بر به تنهایی یا به همراه جاذب	نتایج به‌دست آمده
۱	خاک رنگ‌بر	کاهش رنگ، کاهش پراکسید
۲	خاک کمک صافی	کمک به صاف کردن روغن
۳	کربن فعال	کاهش یا حذف ناخالصی‌های فلزی مثل آهن و مس، کاهش رنگ سبز و رنگ‌های تیره در روغن، کاهش صابون باقی‌مانده

به‌نظر شما دلیل لزوم انجام عملیات رنگ‌بری روغن چیست؟

پرسش



رنگ‌بری به دو روش غیرمداوم و مداوم انجام می‌شود.

الف) رنگ‌بری غیرمداوم

- معمولاً خاک رنگ‌بر و یا مخلوط خاک و کربن در حرارت ۷۵ تا ۸۲ درجه سلسیوس به روغن در تانک استوانه‌ای در باز با انتهای مخروطی مجهز به همزن مکانیکی اضافه می‌شود.
- در حالی‌که روغن هم‌زده می‌شود حرارت را به ۸۸ تا ۱۱۰ درجه سلسیوس می‌رسانند و مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه عمل هم‌زدن را ادامه می‌دهند.
- سپس روغن و خاک را ۷۵ تا ۸۲ درجه سلسیوس سرد می‌کنند و برای جداسازی خاک از روغن به طرف فیلتر پرس پمپ می‌کنند.

ب) رنگ‌بری مداوم: رنگ‌بری مداوم که تحت خلأ انجام می‌شود روغن را در برابر اثرات مضر اکسیداسیون محافظت می‌کند. خارج کردن هوا از روغن که به‌وسیله اسپری کردن روغن در خلأ صورت می‌گیرد، کامل‌تر از خروج هوا به‌وسیله هم‌زدن در سیستم غیرمداوم است. همچنین زمان تماس روغن و خاک کوتاه‌تر است، در نتیجه امکان ایجاد اسیدهای چرب آزاد کمتر خواهد بود.

- در رنگ‌بری مداوم روغن از مخزن نگهداری به‌طور مداوم با مقدار معینی از مواد جاذب مخلوط می‌شود و مخلوط حاصله در قسمت فوقانی یک برج تحت خلأ اسپری می‌شود و بدین ترتیب هوا و رطوبت خارج می‌شود.
- دمای روغن ۵۵ درجه سلسیوس و خلأ حدود ۱۵ اینچ جیوه است. مخلوط روغن و خاک از قسمت فوقانی

به وسیله پمپ کشیده شده و به وسیله گرمکن تا ۱۱۰ درجه سلسیوس حرارت می بیند و به قسمت فوقانی برج اسپری می شود. مقدار کمی بخار خشک در هر قسمت برج برای هم زدن روغن و کمک به خروج هوا و رطوبت استفاده می شود.



شکل ۱۱- سیستم رنگ بری

۳ از قسمت تحتانی روغن به فیلترپرس فرستاده می شود تا خاک جداسازی شده و روغن پس از عبور از دستگاه سردکن به مخزن نگهداری پمپ می شود. معمولاً در موقع صاف کردن روغن در فیلتر پرس از مواد کمکی (کمک فیلتر) استفاده می شود.

روغن پس از عملیات رنگ بری به اکسیداسیون بسیار حساس می شود. بنابراین پس از این مرحله باید روغن را تحت خلأ یا گاز ازت نگهداری کرد.

نکته



برای کسب اطلاعات بیشتر به جدول «شرایط رایج برای رنگ بری انواع روغن های خوراکی» کتاب همراه هنرجو مراجعه کنید.

نکته



رنگ بری روغن ها

ابزار و تجهیزات: ترازو، هیتر مغناطیسی با درجه تنظیم حرارت، دماسنج، بشر، قیف شیشه ای با قطر ۱۰ سانتی متر، کاغذ صافی، پایه فلزی با گیره حلقوی، لباس کار، دستکش، ماسک و کلاه

مواد: روغن سویا خنثی شده، ترکیب رنگ بر روش کار:

- هنرجویان را به چند گروه تقسیم کنید.
- حدود ۲۰۰ گرم از روغن را داخل بشر ۴۰۰ میلی لیتری ریخته و مگنت را داخل آن بیندازید.
- هیتر را روی دمای ۵۰ درجه سلسیوس و سرعت ۷۰ دور در دقیقه تنظیم کنید.
- بشر را روی هیتر قرار دهید تا دمای آن به ۵۰ درجه سلسیوس برسد.
- ترکیب رنگ بر را به روغن اضافه کنید و درجه هیتر را طوری تنظیم کنید که دمای آن به حدود ۱۲۰ درجه سلسیوس و سرعت ۲۵۰ دور در دقیقه برسد.
- پس از ۵ دقیقه هم زن را خاموش کنید.
- با استفاده از کاغذ صافی روغن را از ترکیب رنگ بر جدا کنید.

فعالیت
آزمایشگاهی

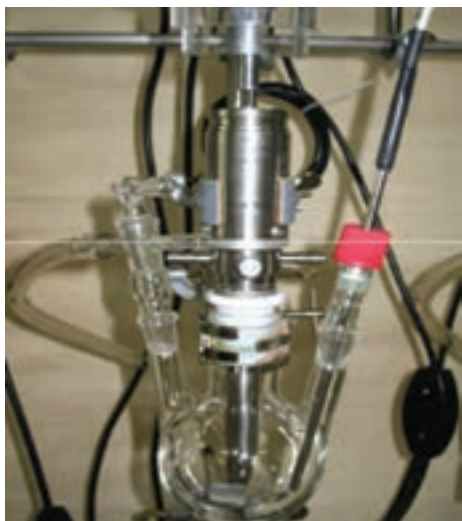


۱ برای تهیه ترکیب رنگ بر، ۲ گرم خاک بی رنگ کننده، ۰/۲ گرم خاک کمک صافی و ۰/۲ گرم کربن فعال را با هم مخلوط کنید.

نکته



۲ در صنعت برای کفایت عمل رنگ بری، روغن استحصالی را از نظر رنگ، صابون و درصد پراکسید مورد آزمایش قرار داده و با نتایج آزمایش روغن قبل از عمل رنگ بری مقایسه می کنند.



شکل ۱۲- تجهیزات رنگ‌بری تحت خلأ آزمایشگاهی

۴- مرحله بی‌بو کردن

بی‌بو کردن آخرین مرحله از پالایش روغن است. هدف از بی‌بو کردن خارج کردن ناخالصی‌های فرار معطر از روغن و تولید یک محصول بدون طعم و با بوی خالص است. و اساس این عمل تقطیر با بخار در دمای بالا و تحت خلأ است.

این فرایند اسیدهای چرب آزاد، پراکسیدها، مواد فرار و سبک حاصل از تجزیه هیدروپراکسیدها مانند ستن‌ها و آلدئیدها که بوی نامطلوب دارند، تبخیر شده و از روغن خارج می‌شوند. به این ترتیب عمر نگهداری روغن افزایش می‌یابد. به علاوه در دماهای بالای مورد استفاده رنگ‌دانه‌های کارتنوئیدی نیز تجزیه شده و در نتیجه چربی‌ها و روغن‌ها کمرنگ‌تر می‌شوند. قسمتی از تری‌گلیسریدها در اثر دمای بالا تجزیه شده و بخشی از آنها به ویژه تری‌گلیسریدهای با وزن مولکولی پایین همراه با بخار از روغن خارج می‌شوند. به این ترتیب مرحله بی‌بو کردن باعث افت کمی روغن می‌شود. افت روغن در اثر بی‌بو کردن بین ۰/۲ تا ۰/۸ درصد وزن روغن است.

به‌طور کلی روغن قبل از بی‌بو کردن قابل خوراک نیست ولی پس از خروج از این مرحله با توجه به اینکه تمام ناخالصی‌های زائد و بوی نامطلوب از روغن خارج شده بنابراین روغن شفاف و عاری از مواد زائد و بدون بو و طعم نامرغوب قابل خوراک خواهد بود.

اصول بی‌بو کردن

اساس بی‌بو کردن، اختلاف فراریت بین ناخالصی‌های فرار در روغن و بخش گلیسریدی (تری‌آسیل گلیسرول) است. بی‌بو کردن یک فرایند انتقال جرم است که از طریق حرارت دادن روغن در دمای بالا (بالا تر از ۲۰۰ درجه سلسیوس) و تحت خلأ انجام می‌شود و از یک گاز همزن که معمولاً بخار آب است برای هم زدن روغن و تسهیل تبخیر استفاده می‌شود. تزریق بخار همزن به داخل روغن فراریت این ناخالصی‌ها را افزایش داده و وجود خلأ در طول مدت بی‌بو کردن، روغن داغ را از اکسید شدن حفظ می‌کند. در بی‌بو نمودن از ماده ضد کف متیل سیلیکون به میزان ۱۵ ppm استفاده می‌شود. و برای جلوگیری از اکسیداسیون روغن، به میزان ۰/۲ درصد آنتی‌اکسیدان استفاده می‌شود. همچنین در انتهای بی‌بو کردن، سیتریک اسید به‌عنوان یک ماده چنگالی‌کننده فلزات مس و آهن اضافه می‌شود. برای اطمینان از اینکه روغن بی‌بو شده کیفیت خود را به

مدت زمان طولانی حفظ کند، افزودن آنتی اکسیدان ها و چنگالی کننده ها در مراحل انتهایی عملیات بی بو کردن و هنگام سرد کردن روغن انجام می شود. مثلاً سیتریک اسید باید در درجه حرارتی کمتر از ۱۵۰ درجه سلسیوس به روغن اضافه شود تا از تجزیه آن توسط حرارت جلوگیری شود.



عوامل مؤثر بر فرایند بی بو کردن

دما: با افزایش دما، زمان بی بو کردن کاهش می یابد. افزایش درجه حرارت باعث کاهش مقدار مصرف بخار همزن می شود و در نهایت افت روغن توسط کشیده شدن در بخار کاهش می یابد.

در دماهای بالاتر به سبب خارج شدن یا غیرفعال شدن رنگ دانه ها، پراکسیدها و ترکیبات کم میزان، بی رنگ شدن حرارتی اتفاق می افتد. اما با افزایش دما از یک سو میزان تجزیه هیدروپراکسیدها و نیز امکان تشکیل ایزومرهای ترانس اسیدهای چرب افزایش می یابد.

فشار: به واسطه دمای خیلی بالای عملیات بی بو کردن، برای جلوگیری از بروز پدیده اکسیداسیون روغن ها، این عملیات تحت خلأ شدید انجام می گیرد به طوری که دستگاه های بی بو کننده با فشاری در حدود (۰/۳ تا ۰/۸) کیلو پاسکال کار می کنند. مقدار بخار همزن با فشار مطلق بی بو کننده نسبت مستقیم دارد. برای مثال در فشار

۰/۸ کیلو پاسکال مقدار بخار همزن چهار برابر وقتی است که فشار برابر ۰/۲ کیلو پاسکال باشد. استفاده از مقدار بیشتری بخار همزن و زمان بی‌بو کردن طولانی‌تر سبب افزایش هیدرولیز گلیسرید و افزایش افت روغن می‌شود.

نکته



فشار اتمسفری یعنی فشار هوا کنار دریا معادل ۱۰۱ کیلو پاسکال است. به این ترتیب فشار کمتر از ۱ کیلو پاسکال که در این مرحله با آن روبه‌رو هستیم در حد خلأ است.

تأثیر گاز همزن: بخار مورد استفاده در سیستم بی‌بو کردن اصلاً برای افزایش دمای روغن نیست بلکه این بخار تنها عملیات هم‌زنی را انجام می‌دهد. افزایش بخار همزن به مقدار بیشتر از حد مطمئن سبب نقص در سیستم خلأ شده و کاهش بخار همزن نیز گرچه می‌تواند افت روغن در اثر کشیده شدن در بخار و هیدرولیز را کاهش دهد ولی اثری در انرژی لازم برای سیستم خلأ نداشته یا این تأثیر کم است.

نکته



برای کسب اطلاعات بیشتر به جدول «شرایط رایج برای بی‌بو کردن انواع روغن‌های گیاهی خوراکی» کتاب همراه هنرجو مراجعه کنید.

تحقیق کنید



چرا از بخار آب برای افزایش دمای روغن در مرحله بی‌بو کردن استفاده نمی‌شود؟ به جای آن از چه ماده‌ای استفاده می‌کنند.

انواع بی‌بوکننده‌ها

الف) بی‌بوکننده غیر مداوم (سیستم بیج): این بی‌بوکننده شامل یک استوانه عمودی است که بالای آن مسطح یا مخروطی شکل است. معمولاً تا ارتفاع ۲/۵ تا ۳ متر روغن و به همان اندازه فضای خالی روی سطح روغن وجود دارد. بخار از انتهای مخزن و از طریق لوله مدور سوراخ‌دار به داخل روغن تزریق می‌شود. دستگاه بی‌بوکننده مجهز به سیستم خلأ، گرم‌کن و سردکن روغن، دماسنج و فشارسنج است. در یک سیستم غیر مداوم، دمای روغن ۲۰۵ تا ۲۴۵ درجه سلسیوس، فشار ۶ تا ۱۲ میلی‌متر جیوه با زمان ۸ ساعت (یک سیکل شامل پر کردن، حرارت



شکل ۱۳- سیستم بی‌بوکننده غیر مداوم

دادن، بی‌بو کردن، سرد کردن و تخلیه) است. در این سیستم بخار عامل همزن و افزایش راندمان بی‌بو کردن است و عامل گرم‌کننده روغن نیست. گرم و سرد کردن روغن توسط لوله‌های مارپیچ (کوئل) داخلی یا به‌وسیله جریان چرخشی با فشار از بین مبدل‌های حرارتی خارجی انجام می‌شود. بی‌بو کردن بیج مناسب برای کارخانه‌هایی با ظرفیت کم، معمولاً کمتر از ۱۰۰ تن در ۲۴ ساعت است.

(ب) بی بوکننده نیمه مداوم: اگر چه عمل بی بو کردن اساساً به طور مداوم صورت می گیرد اما از آنجا که در این سیستم روغن به صورت قسمت های جداگانه و مجزا بی بو می شود به آن سیستم نیمه مداوم گفته شده است. این دستگاه شامل یک مخزن فولادی بسیار بلند عمودی استوانه ای شکل است که داخل آن معمولاً ۵ سینی به قطر ۱/۵ تا ۲ متر و ارتفاع ۶۵ سانتی متر با فواصل معین بر روی یکدیگر قرار دارند. ابتدا روغن وارد مخزن اندازه گیری می شود که حجم آن معادل ظرفیت یک سینی بی بوکننده است. روغن از مخزن وارد اولین سینی در بالای دستگاه می شود. زمان توقف در هر سینی ۳۰ دقیقه است. در سینی اول روغن با بخار تا حدود ۱۶۵ درجه سلسیوس گرم می شود و هوای داخل روغن خارج می شود، سپس روغن به سینی دوم ریخته می شود که تا دمای لازم برای بی بو کردن یعنی ۲۲۰ تا ۲۵۰ درجه سلسیوس به وسیله مایع دثوترم گرم می شود. روغن از سینی دوم به سینی سوم و سپس چهارم جریان می یابد در این دو سینی عمل بی بو کردن به وسیله دمیدن بخار به داخل روغن انجام می شود. البته در سینی های دیگر نیز مقدار مختصری بخار آب به منظور کمک به خروج هوا و برای هم زدن روغن دمیده می شود. سپس روغن به سینی پنجم ریخته می شود و توسط کویل آب سرد تا دمای حدود ۶۰ درجه سلسیوس خنک می شود.

در مرحله سرد کردن و زمانی که دمای روغن به کمتر از ۱۵۰ درجه سلسیوس برسد، به طور اتوماتیک مقداری حدود ۱/۰ درصد اسید سیتریک به عنوان تقویت کننده (سینرژیست) به صورت محلول به روغن اضافه می شود و روغن به محفظه انتهای برج بی بوکننده انتقال پیدا کرده و از آنجا به فیلتر پرس مدور که دارای ۱۰ الی ۱۵ صفحه مشبک با فیلترهای کاغذی است وارد شده و پس از صاف شدن به قسمت بسته بندی هدایت می شود.

چرا مواد افزودنی مثل سیتریک اسید یا رنگ دانه ها در مرحله سرد کردن پس از بی بو کردن به روغن افزوده می شوند؟

پرسش



تمام اعمالی که در این مرحله انجام می شود تحت خلأ یعنی در فشار پایین تر از ۶ میلی متر جیوه است. هر چه فشار بالاتر باشد مقدار مصرف بخار بیشتر می شود. اگر فشار بین ۶ الی ۱۲ میلی متر جیوه باشد مقدار مصرف بخار دو برابر و اگر فشار یک اینچ جیوه باشد مقدار بخار لازم چهار برابر خواهد شد.



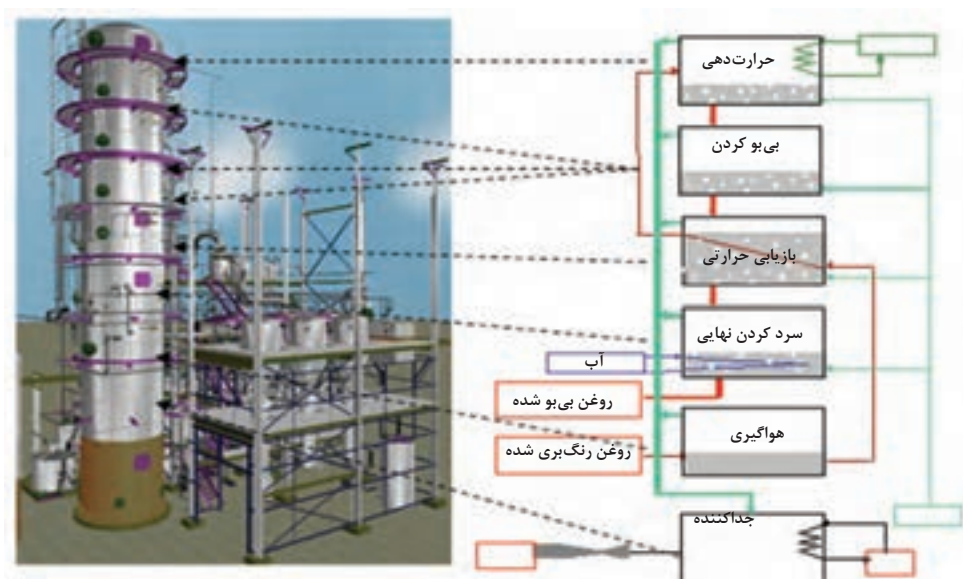
دثوترم، مخلوط یکنواخت دی فنیل و دی فنیل اکسید است که نقطه جوش آن در فشار اتمسفر ۲۶۰ درجه سلسیوس است. بنابراین از بخار آن می توان برای حرارت دادن در درجات بالا استفاده کرد.

بیشتر بدانید



شکل ۱۴- بی بوکننده غیر مداوم

ج) بی‌بوکننده مداوم: این دستگاه یک برج فولاد ضدزنگ مجهز به سینی‌های کم‌عمق است. روغن از سینی‌ها به سمت پایین برج و در جهت مخالف حرکت بخار جریان دارد. روغن خام پس از هواگیری تحت خلأ به وسیله تبادل حرارتی با روغن داغ خروجی و سپس با دئوترم گرم می‌شود. روغن بی‌بو شده به وسیله پمپ از یک دستگاه تبادل حرارتی روغن عبور می‌کند و سپس از یک دستگاه خنک‌کننده گذشته، به مخزن نگهداری و یا فیلتر روغن هدایت می‌شود. خلأ در بالای برج ۶ و در پایین ۱۸ تا ۲۲ میلی‌متر جیوه است. درجه حرارت معمولاً ۲۳۰ تا ۲۴۵ درجه سلسیوس و زمان باقی ماندن روغن در سینی‌ها ۲۰ دقیقه است.



شکل ۱۵- سیستم بی‌بوکننده مداوم

بی‌بو کردن روغن‌ها

- به همراه هنرآموز خود از یک کارخانه تولید روغن خوراکی بازدید به عمل آورید.
- از عملیات بی‌بو کردن روغن گزارشی تهیه و در کلاس ارائه دهید.

فعالیت
عملی



شکل ۱۶- دستگاه بی‌بوکننده آزمایشگاهی

۵- مرحله بسته بندی

اصول بسته بندی روغن

انواع متفاوتی از بسته بندی های شیشه ای، فلزی و پلیمری برای روغن و چربی در دسترس هستند. خصوصیات عایق بودن مواد بسته بندی در مقابل رطوبت، اکسیژن و تأثیر متقابل مواد تشکیل دهنده غذا با مواد بسته بندی اثر تعیین کننده ای در کیفیت و زمان ماندگاری غذاهای بسته بندی شده دارد.

با اینکه اغلب لایه های نازک پلاستیکی در برابر مواد تشکیل دهنده غذا تقریباً بی اثرند، ولی بخش کوچکی از اجزای منومری و یا افزودنی هایی که در ساخت لایه های بسته بندی به منظور پایداری، شکل پذیر بودن و یا دیگر خصوصیات عملکردی به کار می روند، ممکن است به داخل مواد غذایی مهاجرت کنند. مطالعات نشان داده است که مهاجرت از راه تماس مستقیم لایه بسته بندی با سطوح غذایی چرب و دمای بالا به مراتب می تواند زیادتر باشد. براساس مطالعات انجام شده کاهش پایداری روغن های گیاهی در صورت استفاده از بطری های PP (پلی پروپیلن) و PS (پلی استایرن) نسبت به PET (پلی اتیلن ترفتالات) و PVC (پلی وینیل کلراید) بیشتر است. پایداری روغن در شیشه های رنگی نسبت به شیشه های شفاف بیشتر است. قوطی های لاک دار نیز دارای پایداری اکسایشی قوی تر از همه بطری های پلاستیکی هستند.

اولین چیزی که در بسته بندی روغن باید رعایت شود این است که محیط بسته بندی کاملاً بهداشتی باشد و افرادی که در تماس مستقیم با محصول قرار دارند نکات بهداشتی را کاملاً رعایت نمایند. (مجموعه مقرراتی که تولید را در یک محیط بهداشتی میسر می کند، اصول GMP نام دارد).

محصول تولیدی در این بخش اگر قرار است، به کارخانه های دیگر برای تولید محصولات غذایی مثل کارخانه های تولید کیک و کلوچه منتقل شود نیاز به بسته بندی نداشته و به صورت فله و یا در بسته بندی های بزرگ حمل می شود این نوع بسته بندی و شیوه حمل باید دارای شرایط زیر باشد:

۱ ظرف یا مخزن مورد نظر برای حمل باید مخصوص حمل روغن خوراکی بوده و کاملاً تمیز و عاری از باقی مانده از بارگیری قبلی باشد.

۲ کلیه دریچه های ورودی و خروجی مخازن قابلیت پلمب داشته باشد، به طوری که تحویل گیرنده متوجه دست کاری احتمالی شود.

۳ ارسال کننده باید کلیه موارد و مشخصات آن را بررسی و در یک برگ آنالیز نوشته و به همراه محموله ارسال نماید و مشتری در هنگام دریافت پس از نمونه برداری و آزمایش نتایج را با هم تطبیق دهد. برگ آنالیز حتماً با امضا و مهر مسئول فنی واحد تولیدی باشد.



شکل ۱۷- سیستم پرکن و بسته بندی روغن

مشخصات مورد نیاز برای ثبت روی برگ آنالیز عبارت‌اند از:

- نام و نوع فراورده
 - نام و نشانی کارخانه و تولیدکننده و یا تأمین‌کننده (مبدأ ارسال)
 - مشخصات آنالیزی روغن و مطابقت با استاندارد مربوطه
- اما در صورت بسته‌بندی که روغن تصفیه شده، برای مصرف‌کننده نهایی، ابتدا باید ظرف مناسب برای آن در نظر گرفته و سپس یک برچسب برای آن طراحی شود.
- جنس ظروف روغن باید از درجه مواد غذایی باشد. این ظروف می‌تواند از جنس شیشه تیره رنگ، فلزی با پوشش دو طرف با لایه‌ای از فلز قلع، ظروف چند لایه مناسب و یا پلیمری (پلاستیکی از نوع مواد نو و درجه یک) باشد. استفاده از ظروف PVC ممنوع است.
- حجم ظرف با توجه به استانداردهای ملی روغن انتخاب شود. ظروف دارای در مناسب بوده و پس از دربندی غیرقابل نفوذ و فاقد هرگونه نشتی باشد.
- روی برچسب طراحی شده مطالب زیر واضح و خوانا نوشته شود:

- نام و نوع فراورده
- نام و نشانی کارخانه
- نام تجاری محصول
- شماره پروانه‌ها و مجوزهای رسمی (شماره بهداشتی و استاندارد)
- سری ساخت (شماره‌ای که در هنگام تولید به آن می‌دهند)
- شرایط نگهداری (برای مثال: دور از نور مستقیم و در جای خشک و خنک نگهداری شود).
- تاریخ تولید
- تاریخ انقضا

بسته‌بندی روغن در سه مرحله انجام می‌شود:

- ۱- پر کردن:** این کار یا توسط دستگاه به صورت خودکار و یا به شکل غیر خودکار و ساده انجام می‌شود. در روش اتومات دستگاه برای پر شدن بطری تنظیم می‌شود اما در روش ساده روغن از مخزن نگهداری توسط شیر به مقدار گنجایش ظرف در آن وارد می‌شود. سپس وزن آن را اندازه‌گیری و تنظیم می‌کنند. در این مرحله چون در بطری باز است، نفر انجام‌دهنده کار باید شرایط بهداشتی را دقیقاً رعایت کند. شست‌وشوی دست، استفاده از دستکش، کلاه و ماسک یک‌بار مصرف الزامی است.
- ۲- دربندی:** در ظرف را بلافاصله پس از پر کردن ظرف و تنظیم وزنی باید بست تا مواد آلوده‌کننده وارد محصول نشود. در باید دارای نوار محافظ (پلمپ) باشد.
- ۳- برچسب زنی و بسته‌بندی ثانویه**

چند نوع بسته‌بندی روغن خوراکی موجود در بازار را از لحاظ جنس و اطلاعات مندرج روی برچسب آنها بررسی کنید.

فعالیت
عملی





بسته بندی روغن

ابزار و تجهیزات: مخزن شیردار یا کلمن آب، بطری با در مناسب، برچسب، چسب، کارت، ترازو، لباس کار، دستکش، ماسک و کلاه

مواد: روغن

روش کار:

- هنرجویان را به چند گروه تقسیم کنید.
- مقداری روغن را در مخزن شیردار و تمیز (مانند کلمن آب) ریخته و در مخزن را ببندید.
- یک بطری با گنجایش حجم تقریبی ۵۰۰ گرم یا کمتر انتخاب کرده و ابتدا آن را وزن کنید.
- ظرف را در مقابل شیر مخزن قرار دهید و شیر را به آرامی باز کنید.
- تا نزدیکی پر شدن آن را پر کنید. (حجم خالی بالای بطری کمتر از سه سانتی متر تا لبه آن باشد)
- بطری پر شده را وزن کنید.
- بلافاصله در بطری را ببندید و برچسب طراحی شده را در محل خود بچسبانید.
- بقیه بطری ها را به همین شکل پر کرده و در جعبه قرار دهید.
- سر و ته جعبه را با چسب نواری ببندید.

ارزشیابی واحد یادگیری تصفیه روغن های خوراکی

شرح کار			
۱- صمغ گیری روغن ۲- خنثی سازی روغن ۳- رنگ بری ۴- بی بو کردن ۵- بسته بندی			
استاندارد عملکرد تصفیه شیمیایی روغن های خوراکی			
شاخص ها - صمغ گیری روغن با کنترل دما در ۶۰ تا ۸۰ درجه سلسیوس - تعیین میزان سود مصرفی با توجه به میزان اسیدهای چرب آزاد روغن - رنگ بری در دمای ۹۰ تا ۱۱۰ درجه سلسیوس و زمان ۱۰ تا ۱۵ دقیقه - بی بو کردن روغن تا حدی که پراکسید روغن خروجی به صفر برسد - بسته بندی در بسته های تیره و غیرقابل نفوذ به هوا			
شرایط انجام کار مکان: کارگاه زمان: ۶ ساعت تجهیزات: خط پالوت تصفیه روغن ابزار: لباس کار، کفش، دستکش، ماسک، کلاه، گوشی، ابزارآلات آزمایشگاهی مواد: فسفریک اسید، سود تجارتي، خاک رنگ بری، سیتريک اسيد			
معیار شایستگی			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	صمغ گیری از روغن	۱	
۲	خنثی سازی روغن	۲	
۳	رنگ بری	۱	
۴	بی بو کردن	۱	
۵	بسته بندی	۱	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: مدیریت کیفیت (N۶۳) سطح ۱ استفاده از لباس کار، کفش، دستکش، ماسک، کلاه، گوشی، دفع بهداشتی ضایعات و پساب، استفاده مجدد از اسیدهای چرب در تولید صابون توجه به سلامت مصرف کنندگان	۲	
میانگین نمرات			
			*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.			

واحد یادگیری ۵

فرایندهای اصلاحی روغن‌ها

به منظور بهبود ویژگی‌های فیزیکی و یا شیمیایی و افزایش کارایی روغن در محصولات غذایی، می‌توان روغن‌ها را تحت فرایندهای اصلاح شیمیایی و یا فیزیکی قرار داد. مهم‌ترین این فرایندها در صنعت روغن‌های خوراکی عبارت‌اند از هیدروژناسیون، اینتراستریفیکاسیون، و جزء به جزء کردن (فراکسیون‌گیری). هدف اصلی در این فرایندها تغییر خصوصیات فیزیکی یا شیمیایی روغن یا چربی است که ممکن است این عمل با کاهش غیراشباعیت روغن (هیدروژناسیون)، توزیع مجدد اسیدهای چرب در ساختار تری‌آسیل گلیسرول (اینتراستریفیکاسیون) و یا با جداسازی فیزیکی تری‌گلیسریدها از طریق کریستالیزاسیون و فیلتراسیون (جزء به جزء کردن) انجام شود. در این واحد یادگیری، فرایندهای اصلاحی روغن‌ها در سه مرحله کاری بیان شده است.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود فرایندهای اصلاحی روغن‌ها را مطابق دستورالعمل انجام دهند.

۱- مرحله هیدروژنه کردن روغن‌ها

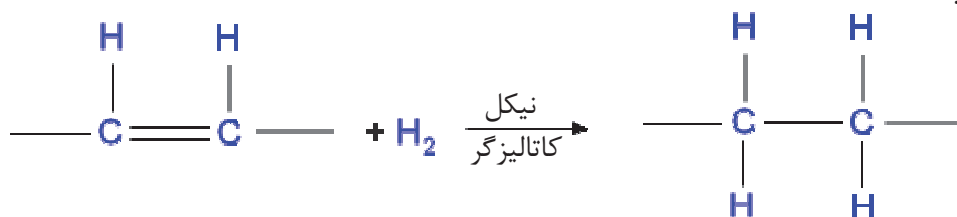
اصول هیدروژنه کردن روغن‌ها

برخی روغن‌های گیاهی مانند روغن کلزا و یا سویا و یا روغن استخراج شده از آذین در شکل طبیعی کاربرد کمی در محصولات غذایی دارند. مقادیر زیاد غیر اشباعیت مخصوصاً وجود میزان زیادی لینولئیک و لینولنیک اسید باعث شده تا این گونه روغن‌ها به اکسیداسیون کاملاً حساس بوده و به عنوان مثال برای سرخ کردن مناسب نباشند. علاوه بر این، ویژگی‌های فیزیکی این گونه روغن‌ها امکان استفاده از آنها در محصولاتی که ساختار چربی جامد مورد نیاز است (در تهیه مارگارین‌ها و اسپریدها) فراهم نمی‌کند. فرایند تبدیل روغن‌های مایع به روغن‌های نیمه جامد یا چربی‌های جامد برای مصرف و یا تهیه مارگارین و شورتنینگ را هیدروژناسیون می‌گویند.

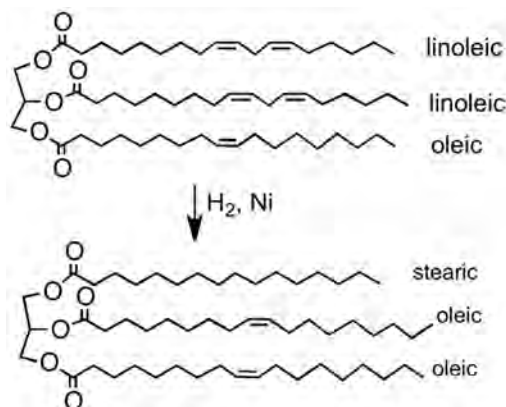
اهداف اصلی هیدروژناسیون عبارت‌اند از:

الف) تغییر حالت فیزیکی روغن و یا چربی به منظور افزایش عملکرد آنها در تهیه شورتنینگ‌ها، مارگارین‌ها و چربی‌های مخصوص
ب) بهبود پایداری اکسیداتیو روغن‌ها

مکانسیم هیدروژناسیون: هیدروژناسیون نوعی واکنش شیمیایی است که طی آن هیدروژن به محل پیوندهای غیراشباع اسیدهای چرب اضافه شده و آنها را اشباع می‌کند. انجام این واکنش نیاز به حضور یک کاتالیزگر دارد، که در هیدروژناسیون چربی‌ها و روغن‌های خوراکی تقریباً در اکثر موارد از فلز نیکل استفاده می‌شود.



معادله شیمیایی هیدروژناسیون یک پیوند غیراشباع در زنجیره کربنی به صورت زیر است.



شکل ۱- واکنش هیدروژناسیون در مولکول تری گلیسرید

واکنش وقتی انجام می‌شود که روغن مایع غیراشباع، کاتالیزگر جامد و گاز هیدروژن با هم تماس پیدا کنند. این عمل در یک راکتور که مجهز به تجهیزات گرمایی و هم‌زن مناسب است، انجام می‌شود. برای انجام واکنش، هیدروژن باید در فاز مایع (روغن) حل شده و از طریق جا به جایی از توده روغن عبور و روی سطح کاتالیزگر قرار گیرد. از سوی دیگر باند غیراشباع اسید چرب هم روی سطح کاتالیزگر قرار گرفته و با هیدروژن واکنش داده و اشباع می‌شود.

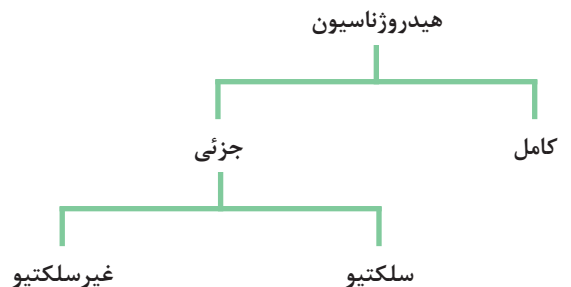
طی هیدروژناسیون، واکنش‌های جانبی مختلفی اتفاق می‌افتد که بعضی از آنها آثار زیادی بر خواص فیزیکی روغن خواهند داشت. مهم‌ترین واکنش جانبی ایزومریزاسیون اسیدهای چرب است که طی آن ایزومرهای طبیعی سیس به اشکال ترانس تبدیل می‌شوند. اسیدهای چرب ترانس دارای اثرات سوء تغذیه‌ای هستند.

مهم‌ترین اسید چرب ترانس چه نام دارد؟

پرسش



ایزومریزاسیون: در روغن‌های طبیعی مقدار بسیار کمی ایزومر ترانس وجود دارد. هم‌زمان با هیدروژناسیون، اسیدهای چرب غیراشباع میل زیادی به ایزومریزاسیون دارند. در هنگام هیدروژناسیون پیوندهای غیراشباع موجود در تری‌گلیسریدها در سطح کاتالیست می‌توانند اشباع یا ایزومر شوند. تبدیل اسیدهای چرب سیس به ترانس سبب افزایش نقطه ذوب چربی‌ها می‌شود. برای مثال اسیدالائیدیک که شکل ایزومر ترانس اسیداولئیک است دارای نقطه ذوب بالاتری (۴۳/۷ درجه سلسیوس) در مقایسه با فرم سیس است. (۱۶/۳ درجه سلسیوس) **هیدروژناسیون کامل و جزئی:** عملیات هیدروژناسیون را می‌توان به دو نوع کامل و جزئی تقسیم‌بندی نمود:



شکل ۲- نمودار انواع عملیات هیدروژناسیون روغن‌های خوراکی

الف) هیدروژناسیون کامل: هیدروژناسیون کامل وقتی اتفاق می‌افتد که عملیات هیدروژنه کردن تا رسیدن به اشباعیت کامل تمام اسیدهای چرب غیر اشباع ادامه یابد. در این فرایند چون تمام غیر اشباع‌ها به حالت اشباع در می‌آیند، بنابراین پدیده ایزومریزاسیون رخ نمی‌دهد.

ب) هیدروژناسیون جزئی: هیدروژناسیون جزئی فرایندی است که طی آن عملیات قبل از رسیدن به اشباعیت کامل متوقف می‌شود. به این ترتیب چون بخشی از پیوندهای غیر اشباع در انتهای فرایند، همچنان سیر نشده باقی می‌مانند پس پدیده ایزومریزاسیون رخ می‌دهد.

هیدروژناسیون جزئی خود به دو صورت سلکتیو (انتخابی) و غیرسلکتیو (غیرانتخابی) انجام می‌شود که در ادامه به شرح سلکتیویته پرداخته شده است.

سلکتیویته واکنش (انتخابی بودن) و کاتالیزگر: در هیدروژناسیون روغن‌ها، هدف این است که تا حد ممکن این عمل روی اسیدهای چربی متمرکز شود که دارای پیوند دوگانه بیشتری هستند. این نوع هیدروژناسیون، انتخابی یا «سلکتیو» گفته می‌شود.

در واکنش هیدروژناسیون چربی‌ها و روغن‌های خوراکی واژه «سلکتیویته» دو معنی دارد. این واژه اساساً به معنی تبدیل یک اسیدچرب دارای دو پیوند غیراشباع به یک اسیدچرب دارای یک پیوند غیراشباع و تبدیل اسیدچرب دارای یک پیوند غیر اشباع به یک اسیدچرب اشباع است که به نام انتخابی بودن (سلکتیویته)

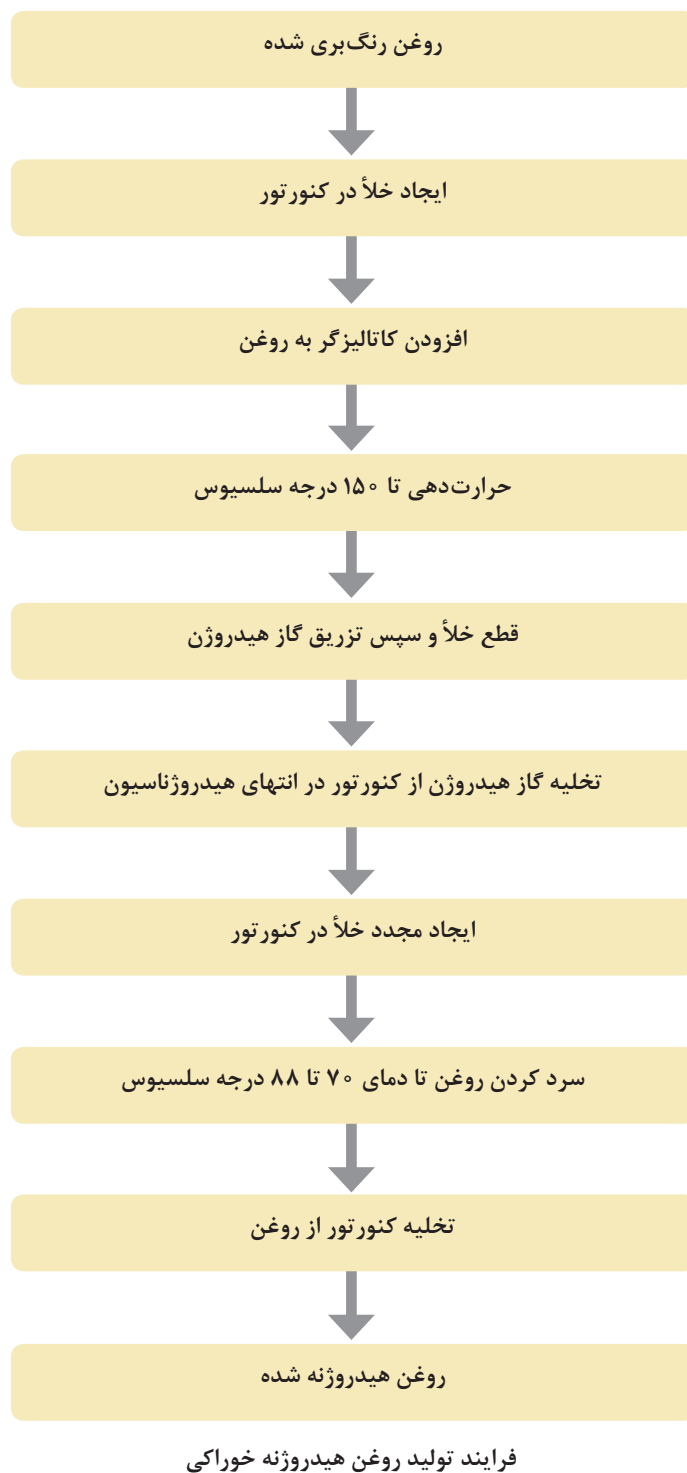
شیمیایی نیز نامیده می‌شود. زیرا سرعت واکنش‌های شیمیایی مقایسه می‌شود. در حال حاضر از روش‌های هیدروژناسیون جزئی و انتخابی (سلکتیو) استفاده می‌شود. در روش هیدروژناسیون جزئی، محصول تا عدد یدی خاصی اشباع می‌شود. در هیدروژناسیون انتخابی، هدف رسیدن به یک عدد یدی مشخص و در عین حال تبدیل اسیدهای چرب چند غیراشباع به اسیدهای با یک پیوند دوگانه است، بنابراین از تولید اسیدهای چرب اشباع از اسیدهای چرب تک غیراشباع جلوگیری می‌شود. اصطلاح سلکتیویته نشان‌دهنده ارجحیت تبدیل اسید لینولئیک به اولئیک نسبت به تبدیل اسید اولئیک به استئاریک است. این واژه در مورد کاتالیست نیز به کار می‌رود. در هنگام هیدروژناسیون، یک کاتالیزگر ممکن است بعضی از واکنش‌ها را در مقایسه با دیگر واکنش‌ها سریع‌تر کند. همچنین بعضی از کاتالیزگرها می‌توانند سرعت ایزومریزاسیون را تشدید کنند.

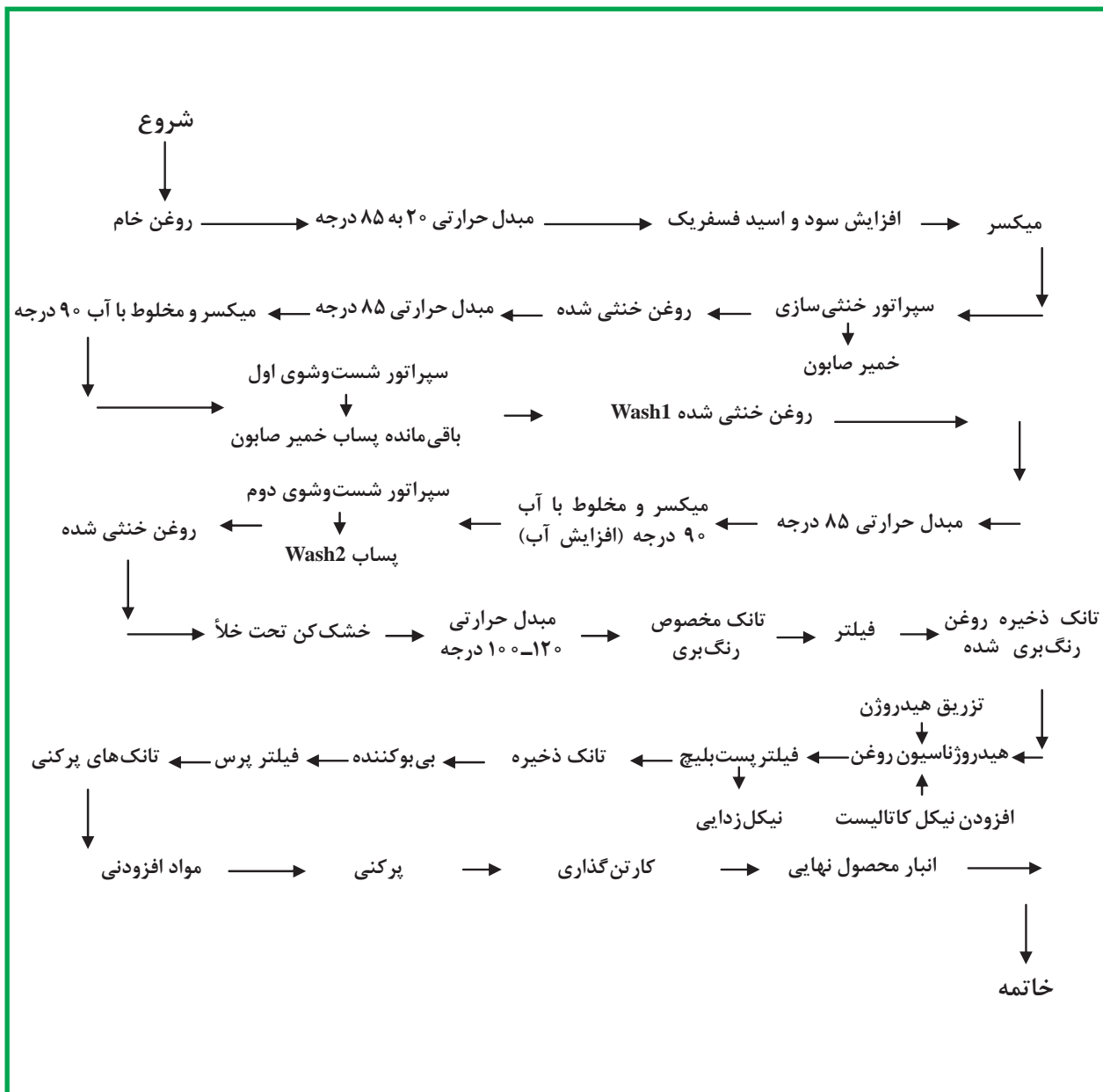
عوامل مؤثر بر فرایند هیدروژناسیون:

در فرایند هیدروژناسیون، ترکیب و خواص محصول نهایی به عوامل مختلف، شامل نوع و غلظت کاتالیزگر، سرعت هم‌زدن، دما، و فشار گاز هیدروژناسیون بستگی دارد. از میان این عوامل، مهم‌ترین آن، نوع کاتالیزگر است. فلز نیکل به شکل فعال، کاتالیزگر تجارتي است.

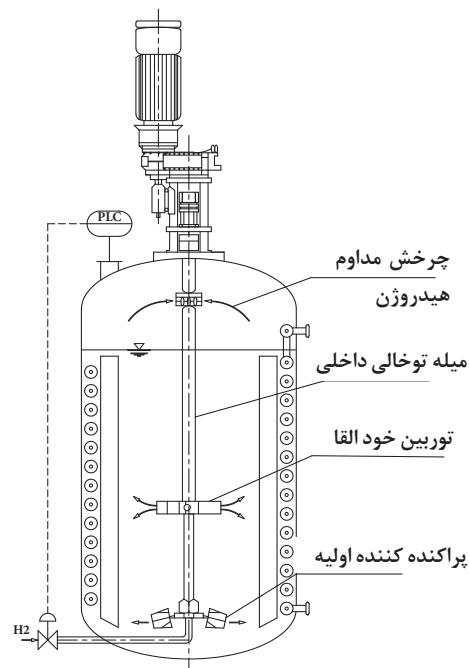
جدول ۱ – پارامترهای مؤثر بر هیدروژناسیون

پارامتر	واکنش	سرعت هیدروژناسیون	سلکتیویته	ایزومریزاسیون
فشار گاز هیدروژن	+	-	-	-
سرعت هم‌زن	+	-	-	-
دما	+	+	+	+
غلظت کاتالیزگر	+	+	+	+





شکل ۳- فرایند تولید روغن جامد هیدروژنه



شکل ۴- شماتیک کنورتور هیدروژناسیون مدل Dead end

عواقب بهداشتی هیدروژناسیون: چون مولکول اسید چرب غیراشباع ترانس، نقطه ذوب بالایی نسبت به مولکول سیس دارد، لذا فرم ترانس برای رسیدن محصول به سطح جامد مطلوب کمک می کند ولی در کنار این اثر سودمند متأسفانه با افزایش سطح کلاسترول (کلاسترول بد) و کاهش سطح کلاسترول (کلاسترول خوب) موجب افزایش خطر بیماری های قلبی - عروقی می شود.

برای کسب اطلاعات بیشتر به جدول «اثر هیدروژناسیون بر روی نقطه ذوب» کتاب همراه هنرجو مراجعه کنید.

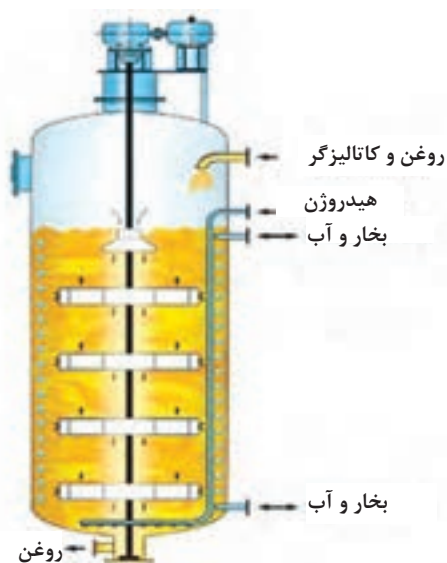
نکته



مکانیسم کنورتور غیر مداوم: هیدروژناسیون صنعتی چربی ها و روغن ها معمولاً در راکتورهای که هیدروژناتور یا کنورتور نامیده می شوند به طریق غیر مداوم انجام می شود. روغن پس از خنثی سازی و رنگ بری به کنورتور تغذیه می شود. شکل ۲ یک دستگاه مورد استفاده در هیدروژن دار شدن روغن به نام کنورتور را نشان می دهد. این دستگاه از یک مخزن عمودی مجهز به همزن توربینی با دور گردش ۱۱۰ تا ۱۲۰ دور در دقیقه تشکیل شده است. واکنش هیدروژناسیون در حرارت ۱۵۰ تا ۲۲۵ درجه سلسیوس و با فشار هیدروژن ۰/۵ تا ۴ اتمسفر انجام می شود.

گاز هیدروژن از راه یک توزیع کننده وارد دستگاه می شود. با ورود گاز به مخزن، همزن آن را به حباب های ریز تبدیل می کند تا سطح تماس گاز و روغن افزایش یابد و همچنین حباب های گاز را به داخل روغن توزیع می کنند. به نحوی که از تجمع آن در فضای بالای مخزن جلوگیری کند در این حالت که گاز هیدروژن به صورت محلول درآمد، می تواند در سطح کاتالیزگر با پیوند دوگانه، پیوند برقرار کند. در این سیستم، گاز عمل نکرده هیدروژن، از قسمت بالایی مخزن که تجمع پیدا کرده قابل بازیافت نبوده، و امکان بازگشت مجدد به داخل روغن وجود ندارد. هیدروژناسیون یک فرایند هزینه بر است مخصوصاً اینکه کاتالیزگر و هیدروژن، گران قیمت هستند. هیدروژناسیون یک واکنش گرمازا است و به ازای هر کاهش عدد یدی دمای روغن به میزان $1/7 - 1/6$ درجه سلسیوس افزایش می یابد. به همین دلیل، یک سیستم خنک کننده به منظور حفظ دمای داخل مورد نیاز است. این سیستم طوری تنظیم شده که در طی هیدروژناسیون دمای واکنش را کاهش دهد. در پایان گاز باقی مانده در فضای بالای کنورتور برای جلوگیری از احتمال آتش سوزی باید به طور کامل تخلیه شود.

در این مرحله روغن را سرد کرده تا برای صاف کردن کاتالیزگر و حذف آن مناسب باشد. برای کنترل فرایند هیدروژناسیون از ضریب شکست نور و اندیس یدی استفاده می شود. با پیشرفت هیدروژناسیون این موارد کاهش می یابند.



شکل ۵- دستگاه کنورتور بن بست (Dead End)

اصول کار کنورتورهای هیدروژناسیون: هیدروژناسیون چربی‌ها و روغن‌ها معمولاً در راکتورهایی که هیدروژناتور یا کنورتور نامیده می‌شوند به طریق بچ (غیر مداوم) انجام می‌شود. کنورتورهای بچ از نظر نحوه کار به دو صورت کنورتورهای بن بست (Dead End) و کنورتورهای دارای چرخه گاز هیدروژن (Hydrogen Recirculation) موجود هستند.

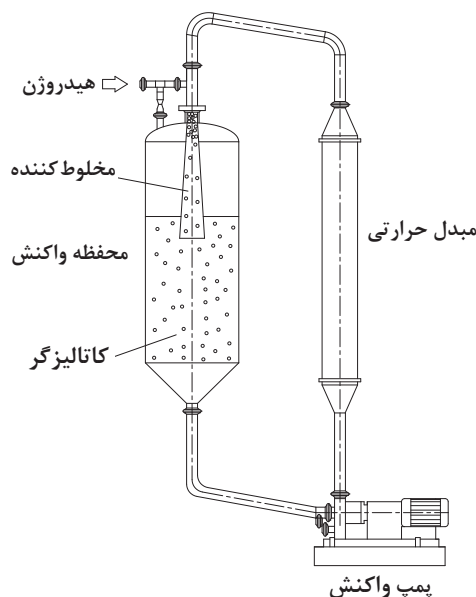
الف) سیستم کنورتورهای بن بست (Dead End): تانک‌های استوانه‌ای بسته و عمودی هستند که تحت خلأ کامل کار می‌کنند. در این نوع سیستم، هیدروژن تا جایی که لازم باشد به کنورتور تزریق می‌شود. هیدروژن جمع شده در فضای بالای تانک توسط هم‌زن به داخل روغن کشیده شده و در روغن پخش می‌شود. نحوه عملکرد هم‌زن بسیار مهم است. هم‌زن‌های توربینی نوع مناسب و استاندارد برای این نوع کنورتورها هستند. این هم‌زن‌ها در بالای تانک دارای تیغه‌های مورب و در قسمت تحتانی دارای تیغه‌های صاف هستند که این امر موجب ایجاد حرکت گردابی در سطح روغن برای بهتر کشیدن هیدروژن به داخل روغن و پخش شدن هیدروژن در پایین تانک می‌شود. کنورتور ابتدا تحت خلأ قرار می‌گیرد و بدین وسیله روغن و کاتالیزگر (۱/۰ تا ۲/۰ درصد) به داخل آن کشیده می‌شود. خلأ تا زمان رسیدن روغن به دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس ادامه دارد. سپس شیر خلأ را بسته و گاز هیدروژن وارد می‌کند تا فشار به حد معینی برسد. در طی هیدروژناسیون؛ حرارت کنورتور به ۲۰۰ درجه سلسیوس نیز می‌رسد. در پایان فرایند، جریان گاز را خاتمه داده و گاز جمع شده در قسمت بالایی همراه با سایر ناخالصی‌ها به خارج از کنورتور هدایت می‌شود. مجدداً خلأ برقرار شده و روغن را ۷۰ تا ۸۸ درجه سلسیوس با آب سرد خنک و سپس خلأ را قطع می‌کنند. این کنورتورها متداول‌ترین سیستم هیدروژناسیون هستند.

ب) سیستم کنورتورهای دارای چرخه گاز هیدروژن (Hydrogen Recirculation): در این سیستم، اختلاط هیدروژن با روغن از طریق برگشت مداوم حجم زیادی از گاز هیدروژن به کنورتور صورت می‌گیرد. این سیستم‌ها شامل یک مخزن استوانه‌ای بلند هستند. کنورتور همیشه پر از هیدروژن و تحت فشار نگه داشته می‌شود. این سیستم از کمپرسورهای قوی برای مکیدن هیدروژن از بالای کنورتور به‌طور مداوم استفاده می‌کند و پس از خالص سازی در قسمت پایین به داخل روغن می‌دمد.

در پایان هیدروژناسیون، روغن هیدروژنه از بین یک خنک‌کن که در خارج تانک قرار گرفته عبور داده می‌شود و برای خارج کردن کاتالیزگر، روغن را از فیلتر پرس عبور داده و پس از رنگ‌بری مجدد با خاک رنگ‌بر، روغن صاف شده را در تانک نگهداری می‌کنند.



شکل ۷- دستگاه کنورتور آزمایشگاهی



شکل ۶- کنورتور دارای چرخه برگشت گاز هیدروژن

هیدروژنه کردن روغن‌ها و چربی‌ها

- به همراه هنرآموز خود از یک کارخانه تولید روغن خوراکی بازدید به عمل آورید.
- از عملیات هیدروژنه کردن روغن‌ها و چربی‌ها گزارشی تهیه و در کلاس ارائه دهید.

فعالیت
عملی



۲- مرحله رنگ‌بری مجدد روغن‌ها

اصول رنگ‌بری مجدد روغن‌ها (پست بلیچ - post bleaching)

پس از خارج کردن کاتالیزگر به کمک صافی مقدار کمی از نیکل در روغن هیدروژنه شده باقی می‌ماند که سبب تغییر رنگ روغن از سفید به خاکستری خواهد شد، روغن عبوری از فیلتر حاوی ۱ تا ۱۰ ppm نیکل است که این میزان باید به کمتر از ۰/۱ ppm برسد. برای حذف ذرات کلوئیدی نیکل روغن با افزودن کمک صافی و خاک رنگ‌بر در یک مخزن رنگ‌بری ثانویه (پست بلیچ) در یک زمان معینی مخلوط می‌کنند و سپس آن را از فیلتر پرس عبور می‌دهند. در سال‌های اخیر استفاده از سیتریک اسید رقیق (۱/۰ درصد) به جای خاک رنگ‌بر مورد توجه قرار گرفته است. با این کار نیکل و کلیه فلزات موجود در روغن به حداقل کاهش پیدا کرده و بدین وسیله باعث افزایش مقاومت روغن در مراحل بعدی می‌شود. پس از اتمام رنگ‌بری مجدد، روغن به بی‌بوکننده منتقل شده و ادامه عملیات تصفیه را از سر می‌گیرد. برخی از تولیدکنندگان بر این باورند که در صورت عدم مصرف دوباره کاتالیزگر می‌توان نیاز به فرایند رنگ‌بری مجدد را به حداقل رساند.

از کاتالیزگرهای مستعمل هیدروژناسیون چه استفاده‌ای می‌توان کرد؟

پرسش





رنگ‌بری مجدد روغن‌ها

ابزار و تجهیزات: بشر، شیشه ساعتی، هیتر مغناطیسی، مگنت، قیف شیشه‌ای، کاغذ صافی، پایه فلزی و گیره مخصوص برای نگهداری قیف، لباس کار، دستکش، ماسک و کلاه
مواد: روغن جامد، خاک بی‌رنگ‌کننده (۰/۴ گرم)، خاک کمک صافی (۰/۲ گرم)، سیتریک اسید، آب مقطر، کاتالیزگر نیکل
روش کار:

- هنرجویان را به چند گروه تقسیم کنید.
- ۱ گرم کاتالیزگر نیکل را با ۵۰ گرم روغن تا دمای ۷۰ درجه سلسیوس گرم کنید تا کاتالیزگر نیکل کاملاً در روغن حل شود.
- حدود ۱۵۰ گرم روغن را درون بشر بریزید.
- محلول کاتالیزگر و روغن را به آن اضافه کنید.
- دمای هیتر را روی ۵۰ درجه سلسیوس و با سرعت ۷۰ دور در دقیقه تنظیم کنید.
- خاک بی‌رنگ‌کننده را به همراه کمک صافی به روغن اضافه کنید.
- محلول سیتریک اسید را به روغن اضافه نموده و دما را به ۸۰ درجه سلسیوس و سرعت را به ۱۰۰ دور در دقیقه برسانید.
- بعد از ۱۵ دقیقه هیتر را خاموش کرده و با استفاده از کاغذ صافی روغن را صاف کنید.

نکته

- ۱ برای تهیه محلول سیتریک اسید، ۰/۳ گرم سیتریک اسید را با نیم میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط کنید.
- ۲ منظور از روغن هیدروژنه شده، یعنی روغن خروجی از کنورتور که حاوی کاتالیزگر نیکل است.



۳- مرحله جزء به جزء کردن روغن‌ها

اصول جزء به جزء کردن روغن‌ها (فراکسیون‌گیری)

چربی‌ها و روغن‌ها از نظر شیمیایی مواد همگون نبوده بلکه مخلوطی از تری‌آسیل گلیسرول‌های متفاوت هستند. هر یک از این تری‌آسیل گلیسرول‌ها نقطه ذوب معینی دارند. روغن‌ها در دمای محیط به شکل مایع بوده و چربی‌ها در همین محیط جامد هستند. اما حتی روغن‌هایی که به ظاهر مایع هستند ممکن است حاوی ترکیبات جامدی باشند که نقطه ذوبی بالاتر از دمای محیط داشته باشند.

در فرایند جزء به جزء کردن از این تفاوت‌های فیزیکی استفاده می‌شود. لذا این امکان وجود دارد که چربی را تبدیل به اجزای متفاوت با نقطه ذوب‌های مختلف نمایند.

به‌طور کلی روغن‌ها، تری‌گلیسریدهایی هستند که از انواع اسیدهای چرب تشکیل شده‌اند. این ترکیبات اشباع و یا غیراشباع هستند. بعضی از روغن‌ها دارای اشباعیت بالاتر بوده که طبیعتاً سفت‌تر هستند مانند روغن پالم ولی بعضی از روغن‌ها دارای غیر اشباعیت بیشتری هستند که روان‌تر هستند مثل روغن‌های آفتاب‌گردان، سویا و کلزا. جزء به جزء کردن یک جداسازی حرارتی و از نوع مکانیکی است که در آن مخلوطی که حاوی چند ماده است به‌طور فیزیکی به دو یا چند جزء با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت جدا می‌شود.

جداسازی می‌تواند بر اساس اختلاف در جامد شدن، حلالیت یا فراریت ترکیبات مختلف تشکیل‌دهنده یک ماده انجام شود.

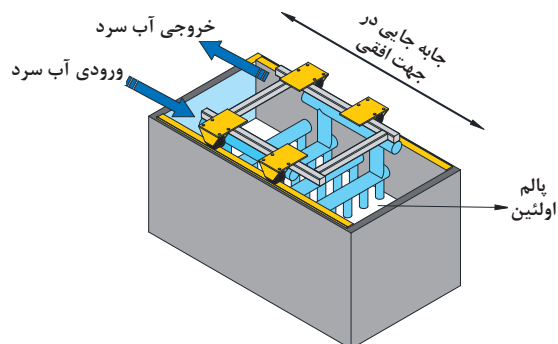
تبلور جزء به جزء کردن یک فرایند جداسازی است که در آن قسمتی از یک چربی به‌طور انتخابی بلوری شده (کریستاله شده) و سپس فاز مایع توسط صاف کردن یا جداسازی توسط سانتریفیوژ از فاز جامد (بلورها یا کریستال‌ها) جدا می‌شود.

تکنولوژی جزءبه جزء کردن: امروزه تقریباً تمامی سیستم‌های جزءبه جزء کردن خشک به طور نیمه مداوم کار می‌کنند. واحدهای اصلی کریستالیزاتور و فیلتر می‌باشد. **کریستالیزاتور:** کریستالیزاسیون را می‌توان به ۳ مرحله پی‌درپی تقسیم کرد:

خنک کردن بیش از حد محصول، تشکیل هسته، و رشد کریستال. کریستال‌ها منفرد نبوده و تمایل به تجمع خواهند داشت. شکل و اندازه کریستال با توجه به روش خنک کردن و هم زدن روغن، مشخص می‌شود.

فیلتر: راندمان فیلتر جزءبه جزء سازی تنها به رفتار کریستالیزاسیون در طی خنک کردن بستگی نداشته و بلکه به شرایط جداسازی نیز مربوط است.

دو تکنیک مختلف برای فیلتراسیون وجود دارد. فیلتراسیون تحت خلأ و فیلتراسیون غشایی. امروزه، فیلتر غشایی مناسب‌ترین تکنیک فیلتراسیون برای جزءبه جزء سازی خشک است. این تکنیک راندمان جداسازی بالاتری از سیستم تحت خلأ دارد. این فیلترها به طور معمول در حداکثر فشار ۴ تا ۸ بار عمل می‌کنند که این میزان در اکثر موارد مناسب و کافی است.



شکل ۸- انواع فیلتر مورد استفاده در جزءبه جزء کردن

جزءبه جزء کردن شامل سه مرحله است:

۱ تشکیل هسته‌های بلور از طریق سرد کردن روغن مایع

۲ رشد و ازدیاد بلورها با اندازه و شکلی که جداسازی کامل ممکن باشد.

۳ جدا کردن فازهای جامد و مایع تشکیل شده در صنعت تولید روغن‌های خوراکی، دو روش برای تبلور جزءبه جزء کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد: (الف) تبلور مایع (جزءبه جزء سازی خشک): روغن یا چربی را ذوب کرده و سپس تحت شرایط استاندارد و کنترل شده سرد می‌کنند.

(ب) تبلور روغن یا چربی حل شده در یک حلال آلی (استن یا هگزان) - (جزءبه جزء سازی مرطوب): تحت شرایط سرد کردن استاندارد و کنترل شده انجام می‌شود.

جزءبه جزء کردن فرایندی است که مورد توجه تولیدکنندگان روغن خوراکی قرار دارد. عمده‌ترین روغنی که فرایند جزءبه جزء کردن بر روی آن انجام می‌گیرد، روغن پالم است. این روغن، از دو قسمت نسبتاً مساوی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع تشکیل شده است که تفاوت نقطه ذوب آنها زیاد است. بر اثر جزءبه جزء کردن، روغن پالم به دو بخش پالم استئارین با نقطه ذوب بالا و پالم اولئین با نقطه ذوب پایین تبدیل می‌شود.

هر یک از ترکیبات پالم اولئین و پالم استئارین در چه موردی کاربرد دارند؟

پرسش



جزءبه جزء سازی خشک ساده‌ترین و ارزان‌ترین فرایند بوده و نیاز به عملیات ثانویه محصول نهایی نیست و ضایعات روغن در این روش وجود ندارد.

جزءبه جزء کردن فرایندی دو مرحله‌ای است. در مرحله اول قسمتی از روغن در کریستالیزاتورهای مخصوص توسط خنک کردن تا دمای مشخص، کریستاله می‌شود. در مرحله دوم، قسمت مایع روغن توسط فیلترهای خلأ یا فیلترهای غشایی از قسمت جامد جدا می‌شود. (شکل ۸)

شرایط فرایند: نقطه بحرانی در این روش، کنترل شرایط خنک کردن در طی کریستالیزاسیون است که مستقیماً روی انتخابی بودن کریستال‌ها و راندمان جداسازی اثر دارد.

۶ ساعت سرد شده تا دمای آن به ۳۵ و سپس تا ۲۲ درجه سلسیوس برسد. اولئین ثانوی به دست آمده از این طریق تا دمای ۵ درجه سلسیوس قابل جاری شدن بوده و به مصرف پخت و پز می‌رسد.

عملیات جزء به جزء کردن روغن پالم: برای جزء به جزء کردن روغن پالم ابتدا آن را ذوب می‌کنند تا کریستال‌های موجود در آن کاملاً شفاف شود. سپس آن را از طریق پمپ مخصوص به داخل تانک کریستالایزر انتقال می‌دهند. داخل کریستالایزر هم‌زن پروانه‌ای و صفحاتی برای تبادل حرارت وجود دارد. در ضمن دارای کویل‌های خنک کن بوده و طبق برنامه‌ای که معمولاً از قبل تنظیم می‌شود آب سرد در کویل‌ها جریان پیدا کرده و باعث می‌شود که طبق برنامه و به آرامی عمل کریستالیزاسیون صورت گیرد. مشخص است که سرعت و شرایط کریستال شدن به نحوه تبادل حرارت بستگی دارد.

سرد شدن روغن و تشکیل کریستال‌ها بر اساس اختلاف درجه حرارت روغن و آب سردی است که در کویل‌های خنک‌کننده جریان دارد. در این شرایط کریستال‌ها شکل می‌گیرند.

پس از پایان عمل کریستال شدن، روغن به صافی‌های فشاری غشایی (filters press Membrane) انتقال داده می‌شود که با فشار بین ۴ تا ۸ بار عمل صاف شدن انجام می‌گیرد. محصولاتی که در اثر جزء به جزء کردن روغن پالم به دست می‌آید عبارت‌اند از اولئین (قسمت مایع که بخش غیراشباع‌تر و دارای اندیس یدی بالاتر است) و استئارین (قسمت جامد که اشباع‌تر و دارای اندیس یدی پایین‌تر است).

از اولئین در صنایع روغن نباتی جهت تهیه انواع روغن‌ها و محصولات متنوع استفاده می‌شود. استئارین هم در صنایع قنادی و صنایع دیگر کاربردهای فراوانی دارد.

برای کسب اطلاعات بیشتر به جدول «خصوصیات روغن پالم جزء به جزء شده» کتاب همراه هنرجو مراجعه کنید.

نکته



شکل ۹- تفکیک فاز مایع و جامد روغن

هنگامی که از جامد محصول مورد نظر است، استفاده از فشار بالا باعث می‌شود که میزان اولئین کمتری در یک استئارین باقی بماند و بنابراین کیفیت استئارین از لحاظ عدد یدی کمتر، نقطه ذوب بیشتر و منحنی میزان مواد جامد با شیب بیشتر، افزایش می‌یابد.

روش جزء به جزء کردن خشک: اصول جزء به جزء کردن خشک بسیار ساده است. روغن و چربی تا دمای کمی بالای نقطه ذوب گرم می‌شود، سپس سرد شده و اجزا از یکدیگر جدا می‌شود.

در یک روش خیلی ساده و سنتی به این ترتیب عمل می‌شود:

ابتدا روغن پالم تا رسیدن به دمای ۷۵ تا ۹۰ درجه سلسیوس گرم می‌شود. سپس به آرامی و طی زمان طولانی تا دمای حدود ۳۰ تا ۳۳ درجه سلسیوس سرد می‌شود. استئارین‌های کریستال شده ته‌نشین شده و بخش مایع روغن و یا به تعبیری پالم اولئین جدا می‌شود. در این روش ساده راندمان اولئین حدود ۶۰ درصد است. این جداسازی هر چند ناقص است اما نیازهای محلی را پاسخ می‌دهد. اغلب استئارین به دست آمده تا ۸۰ درجه گرم می‌شود و طی ۴ تا



شکل ۱۰- سیستم تجهیزات جزء به جزء کردن روغن

اصول زمستانه کردن روغن‌ها (وینترایز کردن)

زمستانه کردن یکی از انواع جزء به جزء کردن خشک است که هدف آن خارج کردن مقادیر کم مواد جامد موجود در روغن تصفیه شده است که در هنگام نگهداری روغن در دمای یخچال سبب کدر شدن آن می‌شوند. این ذرات جامد تری گلیسریدهای اشباع و یا موم (Wax) هستند. برای تولید روغن با پایداری مناسب در دمای پایین (روغن مایع و مناسب سالاد)، میزان موم باید کمتر از ۱۰ ppm باشد. در فرایند زمستانه کردن که بعد از مرحله رنگ‌بری و قبل از فرایند بی‌بو کردن انجام می‌شود، روغن به آهستگی سرد شده و برای مدت طولانی (حداقل ۶ ساعت) در دمای کم (۵ تا ۱۰ درجه سلسیوس) نگه داشته می‌شود تا مواد جامد و موم‌ها متبلور شوند. سپس دمای روغن به حدود ۱۵ درجه سلسیوس می‌رسد تا با کاهش ویسکوزیته، عمل فیلتراسیون آسان‌تر انجام شود. در نمودار صفحه بعد مراحل زمستانه کردن روغن نشان داده شده است:



وجود اسیدهای چرب اشباع باعث می‌شود که روغن در دمای پایین به‌صورت نیمه جامد درآید. در زمان‌های قدیم برای تهیه روغن سالاد، روغن را در فصل زمستان در تانک‌های مخصوص ذخیره می‌کردند، این امر باعث می‌شد که اسیدهای چرب اشباع‌تر که قسمت جامد روغن را تشکیل می‌دادند در اثر سرما به‌صورت کریستال درآمده و کم‌کم ته‌نشین شده و روغن مایع که حاوی اسیدهای چرب غیر اشباع‌تر و دارای ظاهری شفاف و زلال بودند در قسمت بالای روغن بمانند. بنابراین از فاز بالای روغن می‌توانستند به عنوان روغن سالاد استفاده کنند.

به این دلیل این عمل را زمستانه کردن می‌نامیدند، از طرفی زمان زیادی طول می‌کشید تا این فرایند به انجام می‌رسید.

دوفازی شدن روغن‌های خوراکی مثل روغن زیتون بکر در یخچال نوعی عملیات زمستانه شدن است.

نکته



امروزه با تکنیک‌های جدید و تجهیزات مدرن فرایند زمستانه کردن یا وینترایز کردن در زمان کوتاه و به نحو مطلوب‌تری انجام می‌گیرد و محصول با کیفیت بهتری به دست می‌آید. این فرایند برای برخی از روغن‌ها، اعم از گیاهی و حیوانی مانند روغن پالم، پنبه‌دانه، روغن آفتاب‌گردان، روغن سویای جزئی هیدروژنه شده و روغن کانولا انجام می‌شود.

زمستانه کردن روغن‌ها می‌تواند به‌صورت غیرمداوم و یا مداوم انجام شود.

حہ

طه

من

h

پرسش



من

شد

نہا



شکل ۱۲- سیستم زمستانه کردن روغن ها

جزء به جزء کردن روغن

ابزار و تجهیزات: انکوباتور، چرخ گوشت، پارچه، لباس کار، دستکش، ماسک و کلاه

مواد: پالم یا دنبه

روش کار

- هنجریان را به چند گروه تقسیم کنید.
- ۲ کیلو گرم دنبه را کاملاً بشویید.
- سطح آن را با پارچه کاملاً خشک کنید.
- دنبه را با استفاده از چرخ گوشت، چرخ کنید.
- دنبه چرخ شده را به مدت ۳۰ دقیقه روی حرارت قرار دهید تا چربی آن ذوب شود.
- با استفاده از صافی، چربی دنبه را از باقی مانده آن جدا کنید.
- پس از سرد شدن چربی را تا ۱۰ درجه سلسیوس بالاتر از نقطه ذوب آن گرم کنید.
- روغن را در انکوباتور ۳۶ تا ۴۲ درجه سلسیوس به مدت ۱ روز قرار دهید.
- با استفاده از پارچه مناسب به عنوان صافی چربی مایع را از جامد جدا کنید.
- برای جداسازی کامل فاز مایع پارچه دیگری را روی قسمت جامد قرار داده و فشار دهید تا روغن مایع کاملاً جدا شود.

فعالیت
آزمایشگاهی



نکته

در این فعالیت به منظور آموزش عملیات جزء به جزء کردن روغن، می توان از دنبه استفاده کرد.



ارزشیابی واحد یادگیری فرایندهای اصلاحی روغن‌ها

<p>شرح کار</p> <p>۱- هیدروژنه کردن روغن‌ها ۲- رنگ‌بری مجدد روغن‌ها ۳- جزء به جزء کردن روغن‌ها ۴- زمستانه کردن روغن‌ها</p>			
<p>استاندارد عملکرد</p> <p>فرایند اصلاحی روغن‌ها مطابق دستورالعمل</p>			
<p>شاخص‌ها</p> <p>- هیدروژنه کردن روغن‌ها تا رسیدن به اندیس یدی مورد نظر</p> <p>- رنگ‌بری مجدد روغن‌ها تا حذف باقی‌مانده‌های فلزی موجود در روغن</p> <p>- جزء به جزء کردن روغن‌ها و تبدیل آنها به دو جزء اولئین و استئارین</p> <p>- زمستانه کردن روغن‌ها تا رسیدن موم باقی‌مانده به کمتر از ۱۰ ppm</p>			
<p>شرایط انجام کار</p> <p>مکان: کارگاه</p> <p>زمان: ۶ ساعت</p> <p>تجهیزات: خط پالوت تصفیه روغن‌ها</p> <p>ابزار: لباس کار، کفش، دستکش، ماسک، کلاه، گوشی، ابزارآلات آزمایشگاهی</p> <p>مواد: کاتالیزگر نیکل، روغن</p>			
<p>معیار شایستگی</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	هیدروژنه کردن روغن‌ها	۲	
۲	رنگ‌بری مجدد روغن‌ها	۱	
۳	جزء به جزء کردن روغن‌ها	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۲	
	مدیریت مواد و تجهیزات (N۶۶) سطح ۱ استفاده از لباس کار، کفش، دستکش، ماسک، کلاه، گوشی توجه به سلامت مصرف‌کنندگان		
میانگین نمرات			*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			