

فن آوری تولید و فرآوری بذر کلزا (*Brassica napus* L.)

صبا عمید

دانشجوی دکتری رشته ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

Saba_amid65@yahoo.com

چکیده

کلزا با نام علمی (*Brassica napus*) گیاهی است از خانواده *Craucifere*، یک ساله، دگرگشن و یکی از مهم ترین گیاهان زراعی که از دانه آن جهت تولید روغن استفاده می شود. ویژگی‌های خاص گیاه کلزا از جمله میزان روغن، پروتئین و کتجاله موجود در آن این گیاه را به یکی از منابع مهم در صنایع غذایی تبدیل کرده است. دانه روغنی کلزا به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیر اشباع و درصد پایین اسیدهای چرب اشباع، از باکیفیت ترین روغن‌های خوراکی است و نقش مهمی در بهبود تغذیه و سلامت جامعه دارد. در این مقاله به کلیات فن آوری و فرآوری بذر کلزا پرداخته شده است.
کلمات کلیدی: دانه روغنی، کلزا، روغن کشی، استخراج.

۱. مقدمه

زراعت دانه‌های روغنی در جهان با توجه به افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی و بالارفتن سرانه مصرف روغن‌های نباتی گسترش چشم‌گیری داشته است. کشورهای اروپایی، کانادا و استرالیا با پرداخت یارانه‌های بالا به کشاورزان تلاش می‌کنند بازارهای جهانی را تسخیر کنند. در ایران نیز رشد جمعیت و تغییر ذائقه مردم منجر به افزایش واردات روغن گردیده است. یکی از دلته‌های روغنی قابل کشت در ایران کلزا است. استخراج روغن کلزا در ایران از سال ۱۳۱۷ آغاز شده است. کشت کلزا تقریباً در تمام اقلیم‌های کشور به صورت پاییزه انجام می‌گیرد. کشت کلزا با توجه به ویژگی‌های آن از قبیل درصد روغن و کتجاله، امکان کشت پاییزه، امکان برخورداری از نزولات آسمانی، امکان کشت در تناوب با گندم و جو و... می‌تواند میزان نیاز کشور به روغن نباتی را برآورده سازد. شناخت خصوصیات گیاه، شرایط کشت، آفات و بیماری‌ها، ارقام موجود و نیازهای آن می‌تواند به بهبود وضعیت کشت کلزا در ایران کمک کند.

۱.۱ گیاه‌شناسی کلزا

کلزا با نام علمی (*Brassica napus*) گیاهی است یک ساله، دگرگشن و یکی از مهم ترین گیاهان زراعی که از دانه آن جهت تولید روغن استفاده می شود [5]. این گیاه متعلق به خانواده *Craucifere* است و در انگلستان به آن *Rapeseed* و در فرانسه *Colza* می گویند. کلزا گیاهی از تیره شب بو و از جنس کلم است. این گیاه از تلاقی های متعدد بین جنس های *sinapis* و *brassica* حاصل گردیده است. در دهه اخیر این محصول روغنی از نظر متوسط عملکرد روغن جهانی از رتبه پنجم به رتبه سوم صعود کرده است. به دلیل وجود گونه هایی با خصوصیات متفاوت، امکان کشت آن در شرایط سرد، گرم و معتدل دنیا وجود دارد. مبداء آن کشورهای آسیای میانه و اروپا است. مقاومت به شوری کلزا حدوداً از گندم بیشتر و از جو کمتر است و آستانه خسارت ناشی از شوری در ارقام تجاری حدود ۶-۵ دسی زمینس بر متر می باشد. کلزا دو رقم بهاره و پاییزه دارد که رقم بهاره نسبت به پاییزه کم محصول تر و کوتاه تر است و مقاومت کمتری دارد. این گیاه یکی از گیاهان زراعی روغنی است که می توان آن را در مناطق معتدل و ارتفاعات بالا و تحت شرایط نسبتاً خنک کشت کرد. کلزا یک ریشه اصلی ضخیم و قوی با تعداد زیادی ریشه فرعی دارد. ارتفاع ریشه اصلی به ۸۰ سانتی متر می رسد. ارتفاع نهایی گیاه ۱۶۰ تا ۱۸۰ سانتی متر بسته به نوع رقم است. برگ ها در مرحله ابتدایی روزت طویل و عریض با حاشیه گرد و در مرحله ایستاده دنداندار است. گل های کلزا عمدتاً به رنگ زرد می باشند و ۴ کاسبرگ، ۴ گل برگ و ۶ پرچم دارند. غلاف ها پس از تلقیح از پایین به بالا تشکیل شده، هم زمان با توسعه گل تکامل می یابند. دانه ها به رنگ قهوه ای تیره یا سیاه بوده، هرچه نارس تر باشند روشن ترند. وزن هر دانه بین ۳/۵ تا ۵ گرم متغیر است. بذر دارای یک پوشش صاف یا سوراخ دار بوده و محتوی ۳۰ تا ۵۰ درصد روغن می باشند.

پوشش بذر اغلب زیر و ناصاف است. بذر کلزا حاوی ۴۵-۱۰ درصد پروتئین و ۵۰-۳۰ درصد روغن است. بذر کلزای پاییزه بزرگ تر از کلزای بهاره است. وزن بذر ها تا زمان رسیدگی کامل آن ها سیر صعودی دارند. این مسئله در برداشت با کمباین که زمان آن مصادف با رسیدگی کامل بذرهاست، قابل توجه است. کلزا معمولاً در عمق ۲/۵ تا ۳ سانتی متری (۱ تا ۱/۲ اینچ) کاشته می شود. ردیف ها باید ۱۷ سانتی متر (۷ اینچ) یا کمتر با یکدیگر فاصله داشته باشند. تحقیقات نشان می دهد فاصله ۷ سانتی متر (۳ اینچ) مابین ردیف ها موجب عملکرد بهتر و بازده بیشتر می شود. ریزی و درشتی دانه بر مقدار بذر مصرفی تاثیر گذار است. هر قدر دانه ها درشت تر باشند، در هر کیلوگرم بذر تعداد کمتری بذر وجود دارد و در نتیجه مصرف بذر بیشتر می شود. شرایط کاشت از جمله خطر بالقوه بیماری ها و آفات بر مقدار بهینه بذر مصرفی تاثیر می گذارد. در شرایطی ضعیف تر از شرایط بهینه به بذر بیشتری نیاز است. در شرایط بهتر از متوسط ۶۰ تا ۸۰ درصد بذرها گیاهان زنده تولید می کنند و در شرایط متوسط ۴۰ تا ۶۰ درصد بذرها بوته های زنده به دست می دهند. بنابراین، در موقع کاشت بذر علاوه بر قوه نامیه باید به این موارد نیز توجه شود. مقدار بذر کمتر به معنای تعداد بوته کمتر است بنابراین زمان طولانی لازم است تا گیاه سطح مزرعه را بپوشاند.

کلزا به دو روش دست پاش و مکانیزه کشت می شود. در کشت دست پاش به میزان بذر بیشتری نیاز است. در این روش بستر بذر باید کاملاً صاف شود و پس از پخش بذر یک دیسک یا غلطک بسیار سبک زده شود تا تماس کافی بین بذر و خاک ایجاد گردد. آبیاری باید با دقت زیاد انجام شود تا از شسته شدن بذر و پراکندگی در بستر مزرعه جلوگیری گردد. در روش کشت مکانیزه می توان با خطی کار غلات و یا بذر کار پنوماتیک عمل کاشت را انجام داد. در هنگام استفاده از بذر کار غلات باید تنظیم دستگاه را با توجه به عمق مناسب کاشت و میزان بذر مطلوب تغییر داد. این عمل کمی مشکل است زیرا که بذر کلزا نسبت به بذر غلات ریزتر بوده، عمق کاشت آن سطحی تر است. از آنجایی که شرایط فیزیکی خاک در همه مناطق کشور مناسب نیست و تمامی بذرها کشت شده قادر به

سبزشدن نمی‌باشند، استفاده از دستگاه پنوماتیک بجز در مناطق خاص کشور توصیه نمی‌شود. در هر دو روش کاشت، استفاده از لولر قبل از کاشت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و عامل مهمی در سبزی یکنواخت و آرایش مناسب بوته‌ها محسوب می‌شود. بذره‌های کلزا در صورت حفر کردن حدود ۶ تا ۸ کیلوگرم در هکتار و در صورت پخش کردن در حدود ۶ تا ۸ کیلوگرم در هکتار بسته به اندازه بذر و بافت خاک کشت می‌شوند. برای بازده بالاتر باید در حدود ۶ تا ۸ گیاه در هر مترمربع پس از عمل وجین و تنک کردن باقی‌ماند.

زمان برداشت مناسب جهت دستیابی به عملکرد بیشتر اهمیت زیادی دارد. برداشت زودهنگام می‌تواند کیفیت محصول را به‌علت وجود بذره‌های کوچک، نارس و کلروفیل‌دار کاهش دهد. در صورتی که برداشت به تأخیر افتد، ریزش غلاف‌ها و دانه‌ها افزایش یافته، منجر به نقصان عملکرد می‌گردد. برداشت به موقع کلزا مانع از خرد شدن آن می‌شود. زمانی که غلاف‌ها به رنگ زرد درمی‌آیند لازم است طبق برنامه هر ۳ تا ۴ روز یک‌بار مورد بازمینی قرار گیرند. تعیین زمان برداشت تنها با مشاهده رنگ دانه‌ها قابل تشخیص است. از نقطه نظر عملی محصول زمانی می‌رسد که تمام بذرها سیاه‌رنگ شده‌اند و رطوبت بذر به کمتر از ۱۵ درصد رسیده‌باشد. البته زمان برداشت با توجه به روش برداشت متفاوت است. جهت کاهش ریزش بذر، عمل برداشت باید اوایل صبح و یا عصر انجام شود. با توجه به دوره رشدی کلزا (برای ارقام پائیزه ۱۸۰-۲۷۰ روز و برای ارقام بهاره ۸۵-۱۲۵ روز) می‌توان زمان تقریبی برداشت را تخمین زد. کلزا باید با دقت نگهداری و ذخیره شود. برای این منظور سطول‌های نگه‌دارنده محکم مورد نیاز است. دانه‌ها می‌توانند حتی در رطوبت ۹ تا ۲۰ درصد در انبار دچار تعریق شوند. برای جلوگیری از گرم شدن و از بین رفتن دانه‌ها بازرسی مداوم لازم است. اگر برداشت در رطوبت بالا صورت گیرد، دانه‌ها باید به‌صورت طبیعی یا مصنوعی خشک شوند. برای حفظ کیفیت بذر دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد یا کمتر از آن برای خشک کردن محصول در تولید تجاری مناسب است. بذره‌های کوچک مانع عبور جریان هوا می‌شوند بنابراین برای خشک شدن دانه‌های مرطوب باید لایه نازکی از آن‌ها نگهداری شود. اگر میزان کاه زیاد باشد، جهت تمیز کردن محصول به اسکالپر (دستگاه جداکننده کاه از دانه یا غربال) نیاز است.

۲.۱. انتخاب ارقام

ارقام مختلفی از دانه روغنی کلزا امروزه در دسترس است به‌ویژه از منبع کانادایی آن که خصوصیات کلزا را دارا هستند. برخی از ارقام کلزا به شرح زیر است.

- Regent •
- OAC Triton •
- Hyola •
- Global •
- Andor •
- Westar •
- Tributr •
- Tower •
- Topus •

Candle • Tobin •

ارقام کلزا از نظر تیپ رشد با توجه به ریخت ارثی به سه گروه عمده تقسیم می‌شوند:

ارقام کلزا با تیپ رشد بهاره (Spring): این ارقام برای به گل رفتن به دمای حدود ۳ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته نیاز دارند.

ارقام کلزا با تیپ رشد بینابین (Intermediate): این ارقام جهت بهاره‌سازی یا شروع رشد زایشی به دمای حدود ۳ درجه سانتی‌گراد و کمتر به مدت یک ماه نیاز دارند. تیپ رشد بینابین خود به دو گروه تیپ رشد بینابین زودرس و بینابین متحمل به سرما تقسیم می‌شود.

ارقام کلزا با تیپ رشد زمستانه (Winter): این گروه تحمل به سرمای بسیار خوبی دارند و جهت شروع رشد زایشی به دمای حدود ۳ درجه سانتی‌گراد و کمتر به مدت یک ماه و نیم نیاز دارند.

ارقام تجاری کلزا: از دو گونه گسترش یافته‌اند، براسیکا ناپو *Brassica napus* (گونه آرژانتینی) و براسیکا کامپسترین *Brassica campestris* (گونه لهستانی). هردوی این ارقام دانه‌هایی تولید می‌کنند که از نظر اسیدهای چرب اشباع‌نشده اولئیک، لینولئیک و لینولئیک بسیار غنی است. واریته آرژانتینی نسبت به واریته لهستانی پتانسیل عملکرد و ارتفاع و درصد روغن بالاتری دارد. واریته آرژانتینی برای رسیدگی کامل به حدود ۹۵ روز و واریته لهستانی به ۸۰ روز نیاز دارد. روغن ارقام دارای اسید اروسیک در صنایع صابون‌سازی، پلاستیک‌سازی و همچنین به‌عنوان روان‌کننده در دستگاه‌های صنعتی و موتورجت کاربرد دارد. کاربرد دیگر کلزا به‌عنوان علوفه دام است. کلزا می‌تواند در یک فصل رشد در حدود ۱ تا ۲ تن ماده خشک تولید کند. علوفه کلزا در زمستان حاوی ۲۱ تا ۲۳ درصد پروتئین است در حالی که این مقدار در گندم زمستانه در حدود ۲۴ درصد است.

ارزش نهایی دانه کلزا، روغن است که مدت‌هاست به دلیل ویژگی‌های غذایی ممتازش از جمله سطح پایین اسیدهای چرب اشباع، محتوای بالای اسیدهای چرب تک غیراشباع و امگا ۳ مطلوب شناخته شده است. بخش پروتئینی دانه نیز به دلیل اسیدهای آمینه ضروری آن، از جمله آمینو اسیدهای حاوی گوگرد فراوان، مورد توجه قرار گرفته است، به طوری که پروتئین *B. napus* برای استفاده در مقیاس بزرگ در فرمولاسیون خوراک دام و ماهی در نظر گرفته شده است [1].

۲. فن آوری بذر کلزا

پوست‌گیری کلزا در مقیاس صنعتی در دهه ۱۹۸۰ در فرانسه آزمایش شد، اما این آزمایش پس از چند سال متوقف شد و به دلیل کاهش قابل توجه چربی در بخش بدنه ناشی از راندمان ضعیف در مرحله تصفیه و علاقه محدود به بازار، هرگز به کارخانه‌های روغن‌کشی دیگر تمدید نشد. با این حال، تقاضای بازار برای پروتئین‌ها باعث علاقه مجدد به این فن آوری شده است. پوست کردن دانه‌های روغنی کیفیت کنجاله و ظرفیت آسیاب روغن را افزایش می‌دهد، اما این تکنیک به ندرت در مورد کلزا بخصوص در مقیاس صنعتی

استفاده می شود. موانع اصلی آن، از دست دادن روغن در پوسته، کاهش عملکرد پرس، و اثر احتمالی غلظت گلوکوزینولات ها در کنجاله پوست کنده می باشد [3].

روغن کلزا دومین روغن خوراکی تولید شده در جهان با اسید اروسیک کم و گلوکوزینولات کم است. بنابراین کیفیت روغن کلزا توجه جهانی را به خود جلب کرده است. به نظر می رسد که روغن کلزای سرد فشرده، انتخابی ارجح نسبت به روغن تصفیه شده است، زیرا هیچ حلالی ندارد و پردازش کمتری در پرس سرد انجام می شود. روغن کلزا با فشار سرد به دلیل حفظ مشخصات اسیدهای چرب و ترکیبات زیست فعال، فوایدی برای سلامتی دارد. ترکیبات فنولی بالا، توکوفرول ها، فیتواسترول ها و محتوای کاروتنوئیدها در روغن کلزا با پرس سرد فواید سلامتی مانند تنظیم پروفایل چربی خون، حساسیت به انسولین و کنترل قند خون و همچنین فعالیت آنتی اکسیدانی و سیتوتوکسیک را ارائه می کنند. روغن کلزا پرس سرد علاوه بر استفاده به عنوان روغن خوراکی، در خوراک دام، مواد شیمیایی و سوخت نیز کاربرد دارد [4]. گونه های دانه های روغنی Brassica از زمان اهلی شدن، با توسعه فناوری های اصلاح نژادی و مولکولی دستخوش دگرگونی تدریجی شده اند. محصول کلزا (*Brassica napus*) در ۳۰ سال گذشته با نوآوری های فشرده در انواع کلزا به سرعت در سطح جهانی گسترش یافته است و بازارهای وسیع تری را جدا از صنایع غذایی فراهم می کند. تلاش های اصلاحی *B. napus*، منبع اصلی روغن کلزا و کنجاله کلزا، عمدتاً بر بهبود عملکرد دانه، کیفیت روغن و کیفیت کنجاله همراه با مقاومت به بیماری، تحمل به تنش غیرزیستی و مقاومت به علف کش متمرکز شده است. انقلاب در ژنتیک و فن آوری های ژنی، از جمله نقشه برداری ژنتیکی، نشانگرهای مولکولی، ابزارهای ژنومی، و فناوری ژن، به ویژه ابزارهای ویرایش ژن، امکان درک ساختار پیچیده ژنتیکی و عملکردهای ژنی در فرآیندهای زیستی اصل *Brassicales*، به ویژه روغن *Brassica* را فراهم کرده است.

توسعه تکنیک های اصلاحی و فناوری های مرتبط با ژنتیک و ژنومیک، کیفیت و ویژگی های زراعی واریته های کلزا را بهبود بخشیده است، که باعث می شود واریته های فعلی کلزا برای انتظارات پرورش دهندگان، بخش های فرآوری و مصرف کنندگان نهایی مناسب باشند. ظهور فن آوری ها، از جمله فناوری های omics، تبدیل ژنتیکی و ویرایش ژنوم، درک عمیق تر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تنظیم کننده توسعه صفات فنوتیپی عمده دانه های روغنی براسیکا را تسهیل کرده است، که باعث بهبودی فوق العاده در صفات مطلوب کلزا شده است. داده های ژنومی بخشی جدایی ناپذیر در توسعه استراتژی های اصلاحی و بهره برداری از پتانسیل ژنتیکی ژرم پلاسماست. انقلاب در فن آوری های توالی یابی، تحقیقات ژنوم را تسریع کرده است، جایی که قبلاً مانعی برای گونه های پلی پلوئید بود. با استفاده از ترکیبی از فن آوری های توالی یابی NGS و Sanger، اولین ژنوم *B. napus* تعیین توالی شد. مجموعه های ژنومی جدید برای گونه *Brassica* عبارتند از *B. napus* JZS v2، *B. napus*، *B. nigra*، *B. oleracea* و *Darmor-bzh* 617.

محتوای روغن و تخصص به عنوان اولویت روغن کلزا، محصول اصلی *B. napus*، پرمصرف ترین روغن گیاهی در سراسر جهان است. روغن غذایی کلزا دارای مشخصات اسید چرب منحصر به فردی در مقایسه با سایر انواع روغن های گیاهی است: اسید چرب اشباع کم، معمولاً ۷٪. اسیدهای چرب تک غیراشباع بالا و اسیدهای چرب چند غیراشباع، شامل ۶۱٪ اسید اولئیک، ۲۱٪ اسید لینولئیک و ۱۱٪ اسید آلفا لینولئیک. فیتواسترول ها و ویتامین E از دیگر اجزای سالم روغن کلزا هستند. برای اهداف پخت و پز و تولید سوخت زیستی، روغن کلزا با اسید اولئیک بالا (C18:1) و اسید لینولئیک کم (C18:3) از طریق ایجاد پایداری بالا و ماندگاری طولانی تر برای روغن ترجیح داده می شود عملکرد روغن بالا (۴۰ تا ۴۵ درصد جرم) و هزینه تولید پایین از ویژگی هایی هستند که کلزا را به یک محصول بالقوه برای تولید اسیدهای چرب با تقاضای بالا تبدیل می کنند. با توجه به منابع تجدیدپذیر و پایدار، اسید

اروسیک حاصل از روغن کلزا یک ماده خام عالی در تولید پلیمرهای مورد استفاده در صنایع فیلم سازی، نایلون، روان کننده و نرم کننده است. علاوه بر این، با افزایش تقاضا برای روغن کلزا برای غذا و تلاش برای ترویج منابع تجدیدپذیر کلزا با اسید اروسیک بالا، ۴۵-۶۰٪ اسید اروسیک (کمتر از ۲٪) رشد کرده اند [2].

۳. فرآوری بذر کلزا و استخراج روغن

دانه‌های کلزا پس از برداشت و حمل به کارخانه روغن‌کشی و سپس در انبارهای مناسب نگهداری می‌شوند اما قبل از روغن‌کشی طی مراحل به شرایط مناسب برای روغن‌کشی می‌رسند. گرچه فرآوری دانه‌های روغنی در کارخانجات مختلف، متفاوت است ولی در کل هدف از ذخیره کردن و آماده سازی دانه‌های روغنی قبل از روغن‌کشی و استخراج روغن، ایجاد شرایطی است که بازده روغن در حداکثر مقدار بوده و روغن خام و کنجاله حاصل دارای کیفیتی مناسب باشد.

مراحل فرآوری دانه‌های روغنی به شرح زیر است:

(۱) پذیرش دانه

این مرحله در همه کارخانجات روغن‌کشی مرحله پذیرش دانه می‌باشد. در این مرحله کنترل کیفیت و وزن دانه‌ها بسیار مهم می‌باشد.

(۲) انبارداری

انبارداری یک مرحله مهم در حفظ کیفیت و بنابراین ارزش دانه می‌باشد. دانه‌ها به عنوان یک محصول طبیعی به مرور زمان فاسد شده که این واکنش در دماهای بالا افزایش می‌یابد. به هر حال فاکتور مهم در تعیین مدت نگهداری دانه، میزان رطوبت دانه می‌باشد که باید به حداقل برسد برای این کار از روش خشک کردن استفاده می‌شود.

(۳) بوجاری اولیه

دانه بعد از سیلو توسط الواتورهای کاسه‌ای وارد دو عدد الک لرزشی شده که همراه با مکش باعث تمیز شدن نسبی دانه‌ها شده و توسط یک انتقال دهنده زنجیری وارد اولین الواتور کاسه‌ای می‌شود و دانه توسط کاسه‌های آن به طبقه پنجم انتقال می‌یابد. بعد از انتقال دانه‌های روغنی توسط الواتور، خروجی آن وارد الک لرزشی می‌شود. مواد زائدی که هنگام برداشت یا در هنگام سیلو کردن و حمل و نقل در دانه وجود دارد باید جدا گردد که شامل علفهای هرز، شاخ و برگ گیاهان، سنگهای کوچک و درشت و فلز هستند. البته میزان مواد زائد موجود در انواع دانه‌های روغنی متفاوت است. لذا بدین منظور دو عدد الک لرزشی همراه با موتور ویبره و نیز همراه با مکش هوا در نظر گرفته شده است. در این دستگاه ناخالصی‌ها توسط توری از دانه جدا می‌شود. توری‌ها دارای سوراخ‌های مختلفی هستند که ابعاد آنها بر اساس اندازه دانه تعیین می‌شود که این دستگاه از دو توری بوجاری تشکیل شده است که روی هم قرار گرفته‌اند که توری بالایی توری دانه و به توری پایینی توری خاک گفته می‌شود. دانه از توری بالایی رد شده و روی الک مواد درشت به بیرون انتقال می‌یابد. سوراخ‌های توری دوم به شکلی است که دانه از آن عبور نمی‌کند. این دستگاه به طور لرزشی کار می‌کند. سپس دانه‌ها وارد یک دستگاه شن‌گیر می‌گردند تا شن و سنگهای ریز موجود در داخل دانه‌ها گرفته و جدا شوند بعد از شن‌گیری دانه‌ها توسط دستگاه شن‌گیر، وارد دستگاه کاندیشنر می‌شوند ولی قبل از آن دانه‌ها از داخل یک آهنربای مغناطیسی عبور می‌کند که وظیفه آن جمع‌آوری براده آهن و فلزاتی مانند میخ و سوزن و ... می‌باشد.

۴) فلیک کردن

سپس دانه‌ها با دمایی حدود ۷۰-۶۵ درجه سانتیگراد توسط الواتور به فلیکرها منتقل می‌شود. دستگاه فلیکر از دو غلطک صاف و متحرک تشکیل شده است به طوری که فاصله دو غلطک توسط یک پمپ هیدرولیکی قابل تنظیم می‌باشد که در خلاف جهت یکدیگر حرکت می‌کنند که این امر باعث می‌شود فلیک‌هایی با ضخامت یکنواخت به دست آیند و ضخامت فلیک‌ها حدود ۰.۳۵-۰.۲۵ میلی‌متر خواهد بود. فشار ناشی از غلطک‌ها سبب پرک شدن دانه‌های روغنی می‌شود و همراه با این تغییر فیزیکی در شکل دانه، دیواره سلولی سلول‌های حاوی روغن نیز شکسته شده و از طرفی سطح تماس ماده روغن دار با حلال افزایش می‌یابد و علاوه بر این فاصله‌ای که حلال و روغن برای نزدیک شدن و انحلال در یکدیگر باید طی کنند، کوتاه‌تر می‌شود و به طور کلی با افزایش سطح سبب افزایش بازده استخراج روغن می‌شود.

۵) پختن

در ادامه دانه‌های کلزا پس از فلیک شدن وارد دیگ پخت ۶ طبقه‌ای واقع در بالای پرس‌ها می‌شود، این مرحله باعث یکنواختی میزان رطوبت در ماده خام شده و اساساً اهداف ذیل را دنبال می‌کند:

- ۱- کاهش ویسکوزیته روغن و تسهیل خروج آن
- ۲- شکستن سلول‌ها به واسطه خروج رطوبت داخلی دانه به صورت بخار
- ۳- دناتوره کردن پروتئین دانه
- ۴- استریل کردن دانه و جلوگیری از رشد کپک و باکتری و فعالیت آنزیم لیپاز
- ۵- از بین بردن ترکیبات نامطلوب موجود در دانه مانند گوسیپول در پنبه دانه

در دیگ پخت، حرارتی که به دانه‌های روغنی داده می‌شود را پختن می‌گویند. از ویژگی‌های این حرارت‌دهی این است که تنها خروج روغن را از سلول‌های روغن دار تسهیل می‌کند، به طوری که برای استخراج روغن این حرارت کافی نبوده و باید از فشار مکانیکی برای این منظور استفاده کرد. یکی از اهداف پختن این است که پروتئین‌های دیواره سلولی سلول‌های حاوی روغن را منعقد می‌کند و زمینه لازم را برای پاره کردن دیواره سلولی فراهم می‌آورد. حرارت، ویسکوزیته روغن را کاهش می‌دهد و با روان‌سازی آن امکان جدا شدن روغن را از مواد جامد سلول و بافت مواد روغن دار فراهم می‌کند. برای دناتوره کردن و سخت کردن پروتئین، از آب و بخار و یا هر دو در دانه‌های روغنی استفاده می‌شود که علاوه بر این، سلول‌های حاوی روغن، شکسته شده و آنزیم‌ها، موجودات ذره بینی و عوامل ضد تغذیه‌ای غیر فعال خواهند شد. به دلیل گرایش ویژه مواد جامد موجود در دانه روغنی به آب در مقابل روغن، آب می‌تواند روغن را از پایگاه اتصال خود به مواد جامد جابجا کرده و جایگزین روغن شود.

۶) پرس کردن

روش‌ی که برای استخراج روغن انتخاب می‌شود بستگی به طبیعت ماده اولیه روغنی و ظرفیت کارخانه تولید کننده دارد. استفاده از دستگاه پرس همراه با حلال در سطح وسیعی در کشورهای مختلف در حال انجام است، به طوری که نیمی از روغن تولیدی جهان از این دو روش به دست می‌آید. دستگاه‌های پرس در روغن در محل استقرار دستگاه‌های آماده‌سازی روغن و در یک ساختمان چیده می‌شوند چرا که طبقه بندی الکتریکی این دستگاه‌ها یکسان است. دانه روغنی در معرض حرارت خیلی بالا و فشار زیاد قرار گرفته و در نتیجه روغن آن تحت این شرایط از سلول دانه خارج می‌شود. روش‌های اعمال فشار بر روغن شامل؛ پختن، فشردن، سرد کردن و صاف کردن روغن است. همانند اغلب دستگاه‌هایی که در فرآیندهای روغن استفاده می‌شود، به طور کلی روغن‌هایی که به کمک

پرس تولید می‌شوند، حاوی ذرات خارجی زیادی هستند که از گوشت دانه ناشی می‌شوند. برای جداسازی این ذرات درشت، از مخزن غربال استفاده می‌کنند و سپس روغن را قبل از تحویل به قسمت ذخیره روغن خام، توسط این دستگاه صاف خواهد شد. اغلب رسوبات مخزن غربال کننده به دلیل داشتن درصد روغن بالا دوباره به دیگ پخت و سپس به دستگاه پرس وارد می‌شود. کیفیت غذایی این روغن اغلب از روغن استخراج شده توسط حلال بیشتر است، چون مقدار کمتری از مواد محلول در چربی مانند فسفاتیدها از روغن حذف شده‌اند. در مورد برخی از روغن‌ها مانند روغن زیتون، روغن استخراج شده توسط پرس بدون نیاز به فرآیند تصفیه مستقیماً قابل استفاده مصرف کننده می‌باشد. اگر میزان آب موجود در دانه روغنی در پرس‌ها کمتر از حدود ۲.۵ درصد باشد، میزان روغن باقی مانده در کنجاله افزایش می‌یابد، زیرا دانه روغنی حالت الاستیسیته خود را از دست می‌دهد و روغن نمی‌تواند از بافت سلولی و دانه روغنی خارج شود. دستگاه پرس وسیله مکانیکی است که جریان مداومی از ماده روغن دار را می‌پذیرد و تحت فشار خیلی بالا آن را فشرده می‌کند، تا روغن آن استخراج شده و سپس کنجاله حاصل را به صورت مداوم از خود خارج می‌کند.

۷) شفاف‌سازی روغن خروجی از پرس‌ها

روغنی که از دستگاه پرس خارج می‌شود در حدود ۱۵-۲۰ درصد ماده جامد دارد، که در دو مرحله از روغن استخراج شده جدا می‌شوند، در اولین مرحله روغن خروجی از دستگاه پرس وارد یک مخزن مستطیل شکل می‌شود که مانند مخزن دکانتور عمل می‌کند. در آنجا به دلیل ماندن روغن به حالت نسبتاً ساکن، مواد جامد آن ته‌نشین می‌شوند، همچنین این مخزن دارای چندین ردیف کاردک‌های عمودی است که توسط زنجیر به همدیگر متصل هستند و توسط یک گیربکس با دور خیلی آرام، همیشه در حال گردش می‌باشد به طوری که ذرات جامد ته نشین شده را از کف مخزن به روی یک غربال زهکش، کشیده تا حد امکان روغن آن از مواد جامد جدا گردد و سپس وارد کاموایر زنجیری شده تا به موای که تازه می‌خواهند وارد دیگ پخت شوند، اضافه گردد. در مرحله دوم روغن خروجی از مخزن وارد فیلتر فلزی از نوع فیلتر نیاگارا می‌شود که داخل این دستگاه ۱۵ عدد توری دو جداره فلزی با مش‌های حدود ۴۰-۶۰ میکرون به شکل مستطیل وجود دارد که روغن در برخورد با بدنه این صفحات، وارد جداره داخلی این صفحات شده و مواد جامد موجود در روغن قادر به عبور از توری نمی‌باشد. لذا روی توری باقی می‌ماند. این امر تا زمانی ادامه می‌یابد که ضخامت مواد جامد روی توری یا کیک‌ها به قدری می‌رسد که لابه لای صفحات توری را پر کرده و اجازه عبور روغن از فیلتر را نمی‌دهد، در این زمان فشار فیلتر با توجه به فشار سنج روی فیلتر بالا خواهد رفت، لذا فرآیند فیلتراسیون را متوقف کرده و با کمک هوای فشرده، فیلتر را خشک کرده تا روغن باقی مانده در کیک‌ها جدا گردند، و سپس صفحات فیلتر که به یک ویبره بادی قوی متصل است کیک‌ها را به روی کاموایر زنجیری تخلیه کرده تا کیک‌ها به دیگ پخت جهت فرآیند مجدد انتقال یابند. خروجی فیلتر نیاگارا، روغن شفافی است که آماده ذخیره در مخازن روغن خام می‌باشد.

۸) استخراج روغن با حلال

قسمتی از روغن موجود در دانه‌ها توسط پرس کردن مقدماتی خارج و سپس باقیمانده روغن توسط استخراج با حلال خارج می‌گردد. نحوه عمل دستگاه‌های استخراج روغن با حلال بدین صورت است که پس از آماده کردن دانه‌های کلزا و خرد کردن آنها به صورت پرک‌های نازک به قسمت روغن‌کشی با حلال انتقال می‌یابند. این قسمت به دلیل قابلیت اشتعال حلال که معمولاً هگزان است جدا از سایر قسمت‌های کارخانه بوده، و شامل دستگاه‌های اکسترکتور (دستگاه‌های استخراج روغن با حلال) دستگاه تقطیر و بازیابی حلال از روغن و کنجاله است. کنجاله باقیمانده پس از حلال زدایی خشک، برشته و خنک می‌شود. در دستگاه اکسترکتور، معمولاً ماده جامد چرب در خلاف جهت حلال حرکت کرده و به تدریج غلظت روغن در حلال افزایش می‌یابد، به طوری که وقتی

ماده چرب وارد دستگاه می شود ابتدا با میسلا (مخلوط حلال - روغن) که غلظت روغن در آن نزدیک به اشباع است تماس می یابد. در هنگام خروج از دستگاه، غلظت روغن در میسلا در حدود ۳۰-۲۵ درصد بوده و باید حلال از روغن خارج شود. این عمل در دستگاه های تقطیر انجام می گیرد. این قسمت شامل یک ردیف تبخیر کننده است. در اولین تبخیر کننده غلظت روغن در میسلا از حدود ۲۸ به ۸۰ درصد رسیده در دومین تبخیر کننده غلظت روغن در مخلوط به ۹۸-۹۵ درصد رسیده، و در پایان عمل در دستگاه تقطیر تحت فشار ۵۰ میلی لیتر جیوه یا کمتر، باقیمانده حلال خارج و روغن خروجی کمتر از ۰.۱۵ درصد رطوبت و مواد فرار دارد. روغن سپس خنک و به تانک نگهداری منتقل می شود. مقدار رطوبت در روغن ذخیره شده باید تا حد امکان کم باشد، زیرا فسفاتیدها با رطوبت، به صورت صمغ از روغن خام جدا شده، و مشکلات مربوط به تمیز کردن تجهیزات نگهداری و حمل افزایش می یابد. همچنین رطوبت باقیمانده در روغن، اسید چرب آزاد روغن را افزایش داده و سبب افت بیشتر روغن خنثی در عمل تصفیه روغن می شود. اخیراً تصفیه مخلوط حلال - روغن (میسلا)، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این روش بین اولین و دومین تبخیر کننده مقداری سود به محلول میسلا اضافه و مخلوط، داخل یک جدا کننده سانتریفیوژی شده و در آنجا دو فاز از هم جدا می شوند. فاز حلال که حاوی روغن تصفیه شده است، به سیستم تقطیر وارد و حلال زدایی می شود. فاز آبی که شامل خمیر صابون جدا شده از روغن است در دستگاه حلال زدایی - برشته کن به کنجاله اضافه می شود.

کنجاله روغن کشی شده در حدود ۳۵-۲۵ درصد حلال دارد که برای مصرف در خوراک دام، باید حلال زدایی و خشک شود. کنجاله بر روی نقاله به دستگاه حلال زدایی - برشته کن (DT) داخل، حلال تبخیر و باقیمانده خشک می شود. در این شرایط آنزیم اوره از موجود در کنجاله غیر فعال و کنجاله برای مصرف در خوراک دام مناسب می شود. کنجاله در هنگام خروج از دستگاه DT ممکن است بیشتر از ۱۸ درصد رطوبت و ۱۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داشته باشد. چنین شرایطی برای نگهداری و حمل کنجاله مناسب نبوده و کنجاله باید خشک و خنک شود. این عمل معمولاً در یک دستگاه خشک کن ستونی که دارای حرکت دورانی است انجام و از جریان پرفشار هوای گرم استفاده می شود. سپس کنجاله در دومین خشک کننده ستونی به طریق تماس غیر مستقیم با آب سرد، یا توسط جریان هوای سرد، خنک می شود. پس از خنک شدن، کنجاله در یک آسیاب چکشی خرد شده و همراه با پوست ها و سایر مواد خارج شده در مراحل قبلی فرآیند مخلوط و به کنجاله اضافه می شود. در بعضی از کارخانجات، کنجاله پس از خشک کردن به صورت گرانول درآمده و به این ترتیب مرحله آسیاب کردن حذف می شود.

۹) بازیابی حلال از میسلا

ابتدا برای خارج شدن، ذرات ریز میسلا از یک صافی گذشته و سپس در یک دستگاه حلال زدایی حلال خارج و بازیابی می شود. خارج شدن حلال از میسلا در یک تبخیر کننده دو مرحله ای انجام، و سپس در یک ستون تقطیر با تزریق بخار زنده به داخل آن، عمل کامل می شود. حرارت حاصل از بخار حلال در دستگاه حلال زدایی کنجاله، برای گرم کردن مقدماتی میسلا یا مرحله اول تبخیر، و جریان بخار در بین دو جداره تبخیر کننده حرارت لازم برای دومین مرحله تبخیر را فراهم می کند. بخار حاصل از تبخیر حلال، متراکم شده، و روغن که هنوز در حدود ۵ درصد حلال دارد برای خارج کردن کامل حلال، وارد ستون تقطیر می شود در آنجا بخار زنده در خلاف جهت روغن تزریق، و روغن به صورت یک لایه نازک که سطح وسیعی دارد، بر روی ستون تقطیر جریان یافته و مقدار کم حلال باقی مانده نیز با بخار خارج می شود. ستون تقطیر تحت خلاء معادل ۷۱۱-۵۵۹ میلیمتر جیوه ۲۸-۲۵ اینچ جیوه) کار کرده و به این ترتیب فرار حلال از روغن سریعتر انجام می شود. بخار حاصل از حلال و از تقطیر کننده، سرد و متراکم شده و همراه با هم به یک جدا کننده حلال-آب داخل و در آنجا هگزان که سبکتر از آب است جدا و از بالای جدا کننده سر ریز شده و داخل تانک نگهداری

حلال می‌شود. آب که قدری از هگزان را در خود نگه داشته است از ته جداکننده توسط سیفون وارد یک دستگاه تقطیر آب می‌شود. در آنجا بقایای هگزان به طور کامل از آب جدا و آب بدون حلال از سیستم خارج می‌شود.

۱.۳. مراحل مختلف تولید روغن

روغن کشتی: ابتدا از کلیه دانه های روغنی موجود سویا، کنجد، کلزا، گلرنگ و ... روغن را حاصل می‌کنیم و پس از جدا کردن روغن از دانه، مواد دیگر آن را اعم از پوسته و کنجاله را که در فرایند تولید شده اند برای مصارف دام و طیور مورد استفاده قرار می‌دهیم. روش های استخراج صنعتی روغن از دانه های روغنی عبارتند از: روش فشار غیر مداوم، اکسپلر (روش فشار مداوم)، اکستراسیون (استخراج مداوم) و روش استخراج غیر مداوم که هر کدام از این روش ها کاربرد و کارایی خاص خود را دارند.

تصفیه خانه: دومین مرحله تصفیه خانه است که شامل خلط گیری (صمغ گیری) می باشد، جدا کردن ناخالصی ها به صورت مکانیکی این مرحله از اولین مراحل خلط گیری است که قسمتی از آن به صورت امولسیون و یا محلول در آب می شوند، به طور کلی صمغ ها به دو دسته محلول و نامحلول در آب تقسیم می شوند، صمغ گیری معمولا در دمای ۸۰-۹۰ درجه سانتی گراد انجام می شود اگر حرارت بالاتر رود ته نشینی به صورت کامل انجام نمی شود.

خنثی سازی روغن: در این مرحله صمغ و اسیدهای چرب آزاد شده روغن طی فرایند خاصی و با استفاده از چند دستگاه سانتریفوژ روغن جدا می شوند.

رنگبری: در روغن رنگ هایی شامل کاروتنوئید، کلروفیل و کاروتن وجود دارد که با استفاده از خاک رنگبری روغن بی رنگ می شوند، رنگبری خود شامل چند مرحله می باشد.

خطوط بو گیری: وظیفه آن بوگیری و حذف برخی مواد است که باید از روغن جدا شوند.

خط وینترایزر: برای حذف تری گلیسریدهای سنگین خوراکی است.

خط هیدروژیناسیون: این قسمت برای جامد کردن روغن مایع مورد استفاده قرار می گیرد.

خط پست بلیچ: برای حذف فلزات سنگین از جمله نیکل

مخزن روغن تصفیه شده: بعد از اتمام مراحل تصفیه و تولید روغن به این مخازن منتقل می شود.

پرکنی و بسته بندی: آخرین مرحله که با استفاده از دستگاه های تمام اتوماتیک در بسته بندی های مختلف و آماده پر می شوند.

۲.۳. اصول بارگیری و حمل روغن

روغن خام تولید شده در این مرحله حتما باید تصفیه شود تا برای خوراک انسان مناسب باشد. اگر کارخانه تصفیه روغن در مجاورت کارخانه روغن کشتی باشد انتقال روغن خام توسط لوله و با پمپاژ انجام می شود. نظر به اینکه در کارخانه ها تعداد زیادی مخزن با یک پمپ و لوله منتقل می شوند، باید هنگام پمپاژ یک کارگر ماهر کلیه مسیرهای انتقال را کنترل نماید تا اختلاط محتوی مخازن صورت نگیرد. اما اگر قرار است که روغن خام برای تصفیه به کارخانه ای در محل دیگری منتقل شود، انتقال توسط کامیون های مخزن دار انجام می شود.

دستگاه روغن گیری کلزا از سری دستگاه های صنعتی و خانگی می باشد که کمک می کند تا دانه های روغنی کلزا را پرس و از آن روغن استخراج شود. دانه های روغنی کلزا به دلیل نداشتن کلسترول دارای کیفیت غذایی بالایی می باشد، حدود ۵۵٪ دانه های کلزا دارای روغن می باشد. دستگاه روغن گیری کلزا در دو حالت پرس سرد و پرس گرم توانایی تولید روغن را دارد این دو روش مزایا و معایب مخصوص به خود را دارد. با این دستگاه می توان انواع دانه های روغنی از جمله کلزا را پرس کرد و روغن موجود در آن را گرفت. از خواص روغن کلزا می توان به جلوگیری از سرطان روده، دیابت، کاهش چربی خون، رفع گرفتگی عضلات و ... اشاره نمود. کلزا دارای ماده معدنی از جمله آنتی اکسیدان طبیعی، ویتامین E و امگا ۳ می باشد. با توجه به حجم دانه هایی که در مخزن نگهدارنده دستگاه قرار می گیرد حدود ۵۰٪ از میزان دانه را می توان روغن تولید کرد.

۳.۳. مزایا روغن کلزا

چربی ها و روغن های خوراکی چند نقش مهم و حیاتی را در تغذیه و متابولیسم بدن انسان به عهده دارند. منبع فشرده انرژی برای انجام فعالیت های بدن هستند و ۴۰-۲۰ درصد کالری مورد نیاز بدن را تامین می کنند. منبع تامین اسیدهای چرب ضروری برای بدن هستند. حامل ویتامین های محلول در چربی هستند و ویتامین های A، D، E و K را به بدن می رسانند. دانشمندان علم تغذیه توصیه می کنند حداکثر ۳۰ درصد انرژی مورد نیاز بدن از چربی ها تامین شود. چربی مصرفی در رژیم غذایی شامل چربی های آشکار از جمله روغن نباتی، کره، مارگارین و چربی های پنهان شامل چربی های موجود در گوشت، پنیر، تخم مرغ، حبوبات و ... است. خاک رس توسط تقطیر با بخار بو زدایی می شود. حدود ۴۳٪ از دانه روغن به دست می آید. و باقی مانده ی آن که کنجاله کلزا هست به عنوان یک غذای با کیفیت برای دام استفاده می شود. ۲۲۶۸ کیلوگرم (۵۰ پوند) از کلزا حدود ۱۰ لیتر (۲۶۴ گالن آمریکا) روغن کلزا می دهد. روغن کلزا یک ماده ی کلیدی در بسیاری از مواد غذایی می باشد. به عنوان یک روغن سالم و سلامتی بخش معرفی شده و در بازارهای سراسر جهان تقاضای زیادی دارد. و در مجموع سومین روغن نباتی معروف در جهان است. این روغن جهت مصارف غیر غذایی زیاد استفاده می شود و اغلب جایگزین منابع غیر قابل تجدیدپذیر در محصولات است.

۴. نتیجه گیری

ویژگی های خاص گیاه کلزا از جمله میزان روغن، پروتئین و کنجاله موجود در آن این گیاه را به یکی از منابع مهم در صنایع غذایی تبدیل کرده است. کشت کلزا در کشور با توجه به نیاز آبی اندک و سازگاری با اقلیم های متفاوت فواید بسیاری دارد. با کشت کلزا علاوه بر کاهش وابستگی به واردات روغن های نباتی، بهترین تناوب و پایداری در تولید محصولات زراعی از قبیل گندم و جو ایجاد می شود. کشت این گیاه در تناوب با محصولات زراعی دیگر درآمد کشاورز را افزایش می دهد و موجب اشتغال زایی خواهد شد. کلزا با افزایش مواد آلی خاک و ارتقای حاصل خیزی آن، عملکرد گندم را بالا می برد و ساختمان خاک و دانه بندی آن را بهبود می بخشد. کلزای پاییزه می تواند به دلیل گل دهی در زمانی که گل های دیگری در دسترس نیست موجب رونق زنبورداری شود. کنجاله این گیاه برای مصارف دام و طیور مورد استفاده قرار می گیرد و کشور را از واردات خوراک دام بی نیاز می کند. کاهش جمعیت آفات، بیماری ها و علف های هرز از دیگر فوایدی است که در زراعت کلزا در تناوب با سایر محصولات کشاورزی حاصل می شود. کارشناسان تغذیه معتقدند دانه روغنی

کلزا به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیر اشباع و درصد پایین اسیدهای چرب اشباع، از باکیفیت‌ترین روغن‌های خوراکی است و نقش مهمی در بهبود تغذیه و سلامت جامعه دارد. کشت کلزا در نیمه دوم سال از شسته شدن خاک در اثر باران جلوگیری می‌کند و می‌تواند جلوی جاری شدن سیل را بگیرد. کشاورزان می‌توانند پس از برداشت گندم و جو و در نیمه دوم سال که زراعتی صورت نمی‌گیرد با کشت کلزا درآمد قابل توجهی کسب کنند. مزایای سلامتی رژیم غذایی مبتنی بر روغن کلزا از نظر بالینی به عنوان کاهش سطح گلوکز خون و خطر ابتلا به بیماری عروق کرونر قلب، ارتقای ایمنی و جلوگیری از رشد سلول‌های تومور، ثابت شده است.

۵. مراجع

- Abdwali, H., Bhinu, P., Sreekala, Ch., 2014. Genetic enhancement of *Brassica napus* seed quality. Transgenic research volume 23, 39-52
- Linh Bao, T., Ting Xiang, N., Jacqueline, B., 2020. The Use of Genetic and Gene Technologies in Shaping Modern Rapeseed Cultivars (*Brassica napus* L.)
- Patrick, C., Morgane, C., Gaëlle, R., Marie, E., 2016. Hull content and chemical composition of whole seeds, hulls and germs in cultivars of rapeseed (*Brassica napus*)
- Sook Ch., 2020. Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus*) oil: Chemistry and functionality. [Food Research International, Volume 131](#)
- Toosee, P., Atabaky, A., Pirzaad, A., 2015. Effect of consumption of different amounts of nitrogen on current photosynthesis and dry matter remobilization of two rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Production and Processing of Crops and Horticultural Products, Fifth Year, Number Seventeen.