



مدیریت ضایعات کمی و کیفی در خطوط فرآوری روغن زیتون

فروغ شواخی^{۱*}، حمیدرضا گازر^۲

^۱ دانشیار پژوهش بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی و فناوری‌های پس از برداشت، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی

کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

^۲ دانشیار پژوهش بخش تحقیقات مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

از مرحله کاشت و برداشت زیتون تا فرآوری، نگهداری و بسته‌بندی عوامل بسیاری بر کیفیت روغن زیتون تأثیرگذار هستند. سوءمدیریت در هر کدام از این مراحل منجر به کاهش کیفیت میوه و روغن زیتون تولیدی خواهد شد. فرآوری روغن زیتون یکی از نقاط بحرانی در چرخه تولید روغن زیتون است. بهینه‌سازی فرآیند تولید و کاهش هدررفت آب و انرژی و پایداری تولید روغن زیتون در خطوط فرآوری اهمیت بسیاری دارد. در صورت اشکال در حلقه اول این زنجیره یعنی کاشت زیتون، این مشکل به حلقه‌های بعدی زنجیره منتقل می‌شود. در این مقاله، راهکارهای عملی و ساده برای پیشگیری و یا کاهش افت کمی و کیفی روغن زیتون در خطوط فرآوری روغن زیتون به تفکیک مراحل فرآوری، پیش و پس از فرآوری، ارائه شده است.

واژگان کلیدی: برداشت، تلفات، روغن زیتون، ضایعات، فرآوری، مدیریت



بیان مسئله

زیتون با نام علمی *Olea europea L.* متعلق به خانواده اولئاسه، جنس *Olea* است. این میوه یکی از محصولات مهم کشورهای مدیترانه‌ای به‌ویژه اسپانیا، ایتالیا، یونان، تونس، ترکیه و مراکش است. روغن زیتون علاوه بر ارزش غذایی اثبات‌شده، درآمدزایی و سود قابل توجهی برای تولیدکنندگان این محصول دارد. در ایران مقدار سطح زیرکشت زیتون ۳۵۵۱۲ هکتار و تولید زیتون و روغن زیتون به ترتیب ۱۱۳۷۸۹ و ۷۰۰۶ تن گزارش شده است (فائو، ۲۰۲۳). فصل روغن‌کشی زیتون در اغلب شهرهای تولیدکننده از اواخر مهر تا اواخر آذرماه است.

عدم شناخت مصرف‌کنندگان از روغن زیتون باکیفیت و نبود نظارت در نقاط مختلف زنجیره تولید و بعضاً ماهیت تولید کارگاهی از چالش‌های مهم زنجیره ارزش روغن زیتون در کشور است. بهینه‌سازی فرآیند تولید و کاهش هدررفت آب و انرژی و پایداری کیفی روغن زیتون در واحدهای فرآوری از منظر کاهش ضایعات اهمیت بسیاری دارد. آگاهی از عوامل مؤثر و تلاش برای ارتقاء وضعیت موجود به کاهش تلفات در خطوط فرآوری روغن زیتون کمک خواهد کرد.

معرفی دستورالعمل

در این دستورالعمل، عوامل و اقداماتی که منجر به کاهش ضایعات کمی و کیفی روغن زیتون در مرحله فرآوری شده و هدررفت آب و انرژی را کاهش داده و ماندگاری این روغن را افزایش می‌دهد، شرح داده شده است.

عوامل و اقدامات پیش از فرآوری محصول زیتون

رقم و زمان برداشت زیتون: کیفیت روغن تولیدشده و پایداری و ماندگاری آن در درجه اول وابسته به مراحل قبل از برداشت و برداشت زیتون است. دو عامل بسیار مهم تأثیرگذار در این زمینه، رقم و زمان مناسب برداشت هستند. ارقام زیتون بر اساس نوع مصرف به دو گروه اصلی روغنی و کنسروی تقسیم می‌شوند. برخی از ارقام نیز دو منظوره هستند. ارقام زیتون بومی مناسب روغن‌کشی در ایران، ارقام زرد و روغنی با سطح زیرکشت و میزان روغن بالا (۲۵-۲۰ درصد ماده تر) و عطر و طعم مناسب هستند (شکل ۱).



شکل ۱- ارقام زیتون زرد (راست) و روغنی (چپ) مناسب برای روغن‌کشی

مدیریت ضایعات کمی و کیفی در خطوط فرآوری روغن زیتون / فروغ شوخی و حمیدرضا گازر

فاصله برداشت زیتون تا فرآوری بسیار اهمیت دارد. هر چه این فاصله کوتاه‌تر باشد کیفیت روغن زیتون تولیدشده بالاتر است. توصیه می‌شود زیتون حداکثر تا ۲۴ ساعت پس از برداشت، فرآوری شود. عواملی مانند رقم زیتون، شرایط آب‌وهوایی، مقدار محصول، عملیات به‌زراعی (کوددهی، هرس، آبیاری) تعیین‌کننده زمان بهینه برداشت هستند. در صورت انتخاب نادرست زمان برداشت، روغن زیتون با کیفیت پایین تولید خواهد شد. در شرایط ایران برداشت دستی به دلیل شرایط باغات و آسیب کمتر به میوه و درخت ارجح است. برداشت دستی به کمک شانه برداشت یا تکاننده و چوب هم انجام می‌شود. بدیهی است هر چه آسیب مکانیکی کمتری به میوه زیتون وارد شود، کیفیت روغن استخراج‌شده بالاتر خواهد بود. بنابراین، برداشت دستی زیتون با شانه برداشت به ضربه‌زدن با چوب ارجح است.

سوءمدیریت در برداشت زیتون و عدم توجه به زمان برداشت بهینه به‌ویژه در زیتون روغنی و تکیه بر تجربیات اجدادی در نگهداری زیتون قبل از فرآوری مانند استفاده از آب‌نمک قبل از روغن‌کشی زیتون منجر به کاهش کیفیت روغن زیتون خواهد شد. در زمان برداشت زودهنگام، میزان روغن پایین ولی کیفیت آن بالا است. در زمان برداشت دیرهنگام، میزان روغن بالا ولی کیفیت آن پایین است (شکل ۲). در زمان برداشت بهینه که میزان روغن میوه و راندمان استحصال بیشینه است و میوه کاملاً نرم نشده، میزان تلفات روغن در کمترین مقدار است.



شکل ۲- برداشت زودهنگام زیتون سبز (راست) و دیرهنگام زیتون سیاه کامل رسیده برای فرآوری

بسته‌بندی و انتقال محصول زیتون: در مرحله جابه‌جایی زیتون از باغ تا واحد فرآوری، نوع بسته‌بندی زیتون و نحوه انتقال آن بسیار مهم است. استفاده از گونی به جای سبد (شکل ۳) و حمل نامناسب و شرایط غیربهداشتی (شکل ۴) در این مرحله موجب له‌شدن زیتون، تسریع فساد میوه و در نتیجه، افت کیفی روغن استخراج‌شده می‌شود. گونی‌های چندبار مصرف که



مجله مدیریت ضایعات و پسماندهای کشاورزی / دوره ۸ / شماره ۱۴ / بهار و تابستان ۱۴۰۵ / ص ۴۸-۳۹

مخصوص حمل کود و سم هستند نیز نباید برای انتقال زیتون به واحد فرآوری استفاده شوند. این گونی‌ها منشأ آلودگی در روغن تولیدشده هستند. بهترین روش انتقال زیتون از باغ تا واحد فرآوری، استفاده از سبد پلاستیکی قابل شست‌وشو است (شکل ۵).



شکل ۳- استفاده نامناسب از گونی برای انتقال میوه زیتون به واحد فرآوری



شکل ۴- حمل نامناسب زیتون از باغ به واحد فرآوری





شکل ۵- استفاده از سبد پلاستیکی برای حفظ کیفیت میوه زیتون انتقالی به واحد فرآوری

عوامل و اقدامات وابسته به فرآوری محصول زیتون

مرحله تمیزکردن و شست‌وشوی زیتون: وجود برگ همراه زیتون موجب تلخی و سبزی نامتعارف روغن زیتون (شکل ۶) و گمراهی مصرف‌کننده می‌شود. بنابراین، حذف برگ و شست‌وشوی زیتون برداشت‌شده در تولید روغن زیتون باکیفیت مؤثر است. از آنجا که کاهش مصرف آب در شرایط فعلی کشور بسیار اهمیت دارد، در صورت برداشت زیتون سبز به شیوه دستی و با تمیزبودن زیتون ورودی به واحد فرآوری و استفاده از سبد برای انتقال می‌توان مرحله شست‌وشو را حذف کرد. بخشی از آلاینده‌های موجود در روغن زیتون (مانند بقایای آفت‌کش‌ها) مربوط به قبل از برداشت و بخش دیگر (مانند سموم قارچی) مربوط به پس از برداشت و مرحله فرآوری هستند (پیراوی‌ونک و همکاران، ۲۰۲۴؛ شواخی، ۱۴۰۱؛ شواخی و همکاران، ۲۰۲۳). جداسازی زیتون‌های معیوب، کپک‌زده یا آسیب‌دیده قبل از فرآوری به تولید روغن زیتون سالم و مرغوب کمک می‌کند.



شکل ۶- میوه زیتون برای فرآوری باید عاری از برگ باشد.



رعایت بهداشت در فرآوری روغن زیتون: در کارخانه‌های فرآوری روغن زیتون رعایت بهداشت دستگاه‌های خط تولید و افراد الزامی است. عدم رعایت بهداشت و استفاده از میوه‌های زیتون ضایعاتی در خطوط فرآوری منجر به تولید روغن با کیفیت پایین و شاخص‌های کیفی نامناسب مانند اسیدیته و پراکسید بالا خواهد شد (شکل ۷).

استخراج روغن زیتون: مرحله استخراج روغن و سیستم‌های مختلف استخراج (پرس، دوفاز، سه‌فاز)، ویژگی‌های دستگاهی، شاخص‌های بهداشتی و شرایط نگهداری روغن زیتون تا قبل از مصرف نیز بر کیفیت آن تاثیرگذار هستند. در حال حاضر در بیشتر واحدهای فرآوری زیتون در کشور از سیستم سه‌فاز استفاده می‌شود که معایبی مانند مصرف بالای آب، حجم بالای پساب و کاهش مقدار ترکیبات فنلی و کاهش پایداری و ماندگاری روغن زیتون دارد (شوخی، ۱۴۰۱).



شکل ۷- وضعیت نامناسب بهداشتی و استفاده از میوه ضایعاتی در فرآوری روغن زیتون

بهینه‌سازی فرایندهای مکانیکی، افزایش راندمان استخراج و کاهش ضایعات در این مرحله اهمیت دارد. در خصوص آسیاب کردن^۱، انتخاب نوع آسیاب چکشی، دیسکی، سنگی و تنظیمات بهینه برای دستیابی به اندازه ذرات مناسب خمیر زیتون مورد توجه است (شکل ۸). آسیاب چکشی پُرکاربردترین نوع آسیاب است (شکل ۹). آسیاب چکشی بسته به میزان رسیدگی میوه زیتون به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که امکان تشکیل امولسیون پایدار آب و روغن را کاهش دهد تا روغن در مراحل بعدی راحت‌تر جدا شود. ورز دادن خمیر^۲ در زمان کم (۶۰-۳۰ دقیقه) و دمای پایین‌تر از ۳۰ درجه سلسیوس باعث افزایش کیفیت حسی و فیزیکوشیمیایی روغن زیتون می‌شود و استخراج نامناسب روغن، افزایش ترکیبات بدطعم روغن زیتون و افت کیفیت را به دنبال دارد (مله^۳ و همکاران، ۲۰۱۸). جلوگیری از اکسایش روغن و از دست رفتن ترکیبات فنلی با استفاده از سیستم‌های

¹ Crushing

² Malaxation

³ Mele

مدیریت ضایعات کمی و کیفی در خطوط فرآوری روغن زیتون / فروغ شوخی و حمیدرضا گازر

کنترل اتمسفر مانند تزریق گاز بی اثر برای کاهش اکسایش و یا خلاء از روش های جدید مورد استفاده در واحدهای پیشرفته است.



شکل ۸- آسیاب های صفحه ای (الف)؛ چکشی (ب) و سنگی (پ) برای تولید خمیر زیتون



شکل ۹- آسیاب چکشی برای تولید روغن زیتون با طعم قوی و مناسب و با هزینه کمتر

توصیه می شود در کل مراحل برداشت و پس از برداشت و فرآوری میوه زیتون، دما حدود ۲۷ درجه سلسیوس باشد تا از افت کیفیت روغن زیتون جلوگیری شود. در برخی خطوط فرآوری روغن زیتون برای استحصال بیشتر روغن زیتون دما تا ۶۰ درجه سلسیوس بالا برده می شود. این عمل به شدت موجب افت کیفی روغن و تیرگی خمیر زیتون می شود (شکل ۱۰). در مرحله فیلتراسیون با دستگاه نیز دما بعضاً تا ۱۰۰ درجه سلسیوس بالا برده می شود. پرهیز از افزایش دما در این مرحله و زمان دادن به روغن برای رسوب و جداسازی لرد آن موجب تولید روغن زیتون با شاخص های کیفی بالاتر می شود. لازم به ذکر است که اولین روغن استخراج شده از خطوط فرآوری زیتون به دلیل کیفیت پایین (رده لامپانت^۱) قابلیت مصرف خوراکی ندارد و باید تصفیه شود.

¹ Lampante



مرحله جداسازی آب و روغن و تفاله در دو بخش انجام می‌شود. در مرحله اول، جداسازی به کمک سانتریفوژ افقی صورت می‌گیرد که در سیستم استخراج سه‌فاز، آب و روغن و تفاله و در سیستم استخراج دوفاز، روغن و تفاله تر جدا می‌شوند. تنظیم بهینه سرعت برای حداکثر استخراج روغن، استفاده از سانتریفوژهای دوفازی و جلوگیری از تولید پساب از راهکارهای موردتوجه برای کاهش ضایعات کمی روغن است. سرعت دکانتور در مرحله جداسازی معمولاً بین ۳۰۰۰ تا ۴۸۰۰ دور در دقیقه است. تنظیم دقیق این سرعت به نوع سیستم روغن‌کشی، ویژگی‌های خمیر زیتون، میزان رسیدگی و رطوبت میوه زیتون بستگی دارد. در مرحله بعد، برای جداسازی نهایی آب و روغن از سانتریفوژ عمودی یا سپراتور استفاده می‌شود. این سانتریفوژ سرعت حدود ۶۰۰۰ دور در دقیقه دارد و آب باقیمانده و ذرات جامد بسیار ریز را از روغن جدا می‌کند. سیستم‌های تصفیه و فیلتراسیون کارآمد و مناسب و تعویض به موقع برای جلوگیری از اتلاف روغن در این مرحله و مدیریت منابع و انرژی، رویکردی پایدار برای کاهش هدررفت محسوب می‌شود.

در خصوص بهینه‌سازی مصرف آب نیز بازچرخانی آب در مراحل شست‌وشوی میوه و کاهش مصرف آب در فرآیندهای شست‌وشوی تجهیزات راهکاری مؤثر است. استفاده از تجهیزات با راندمان انرژی بالا، سیستم‌های بازیابی حرارت از پساب و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی) می‌تواند مصرف انرژی را در سیستم کاهش دهد. اتوماسیون و کنترل فرآیندها، استفاده از سنسورها و سیستم‌های هوشمند برای پایش لحظه‌ای و بهینه‌سازی خودکار مراحل مختلف تولید از جمله راهکارهای به‌روز در این صنعت هستند. مدیریت تفاله و پساب، استخراج روغن باقیمانده از تفاله، تصفیه پساب و بازگرداندن و به‌کارگیری آن در کشاورزی، استفاده از پسماند جامد و زیتون‌های ضایعاتی جداشده در خطوط فرآوری روغن برای تولید محصولاتی مانند خوراک دام یا کمپوست از اقدامات مهم برای کاهش ضایعات هستند. پساب کارخانه‌های فرآوری زیتون یکی از محصولات جانبی مهم این صنعت است. غنی‌سازی مواد غذایی، کاهش آلودگی‌های میکروبی مواد غذایی و بسته‌بندی مواد غذایی از موارد کاربردهای این پساب در صنایع غذایی هستند (شوخی و یوسفی، ۱۴۰۱).



شکل ۱۰- تیرگی خمیر زیتون در مالاکسور به دلیل دمای بالا



عوامل و اقدامات پسا فرآوری محصول زیتون

نگهداری و بسته‌بندی روغن زیتون: در واحدهای فرآوری از مخازن استیل برای نگهداری طولانی مدت روغن زیتون استفاده می‌شود. تزریق گاز نیتروژن در بالای مخازن نگهداری، طول عمر روغن زیتون را افزایش داده و کیفیت روغن تولیدشده را حفظ می‌کند. در سطح مصرف‌کننده، استفاده از بسته‌بندی مناسب و نگهداری در تاریکی و دور از اکسیژن هوا هم به حفظ کیفیت شیمیایی و حسی روغن زیتون پس از استخراج کمک می‌کند. برای بسته‌بندی روغن زیتون، شیشه تیره و کوچک توصیه می‌شود (شکل ۱۱). قراردادن ظرف در جعبه مقوایی و به‌دور ماندن از نور نیز از راهکارهای مناسب برای حفظ کیفیت روغن زیتون هستند. ظروف استیل در سطوح عمده‌فروشی جهت نگهداری و انتقال روغن زیتون (شکل ۱۲) مناسب هستند (شواخی، ۱۳۹۸).



شکل ۱۱- استفاده از شیشه تیره کوچک برای حفظ کیفیت روغن زیتون در طی نگهداری



شکل ۱۲- ظروف استیل مناسب برای انتقال و نگهداری روغن زیتون در عمده‌فروشی

توصیه ترویجی (جمع‌بندی)

کیفیت، پایداری و زمان ماندگاری روغن زیتون به مدیریت برداشت و پس از برداشت و فرآوری وابسته است. رقم و زمان مناسب برداشت زیتون از مهم‌ترین عوامل در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری روغن زیتون هستند. عدم شست‌وشوی میوه سالم که با دست چیده شده و با روش و بسته‌بندی مناسب به واحد فرآوری منتقل شده موجب صرفه‌جویی در مصرف



آب می‌شود. استفاده از سیستم‌های دوفاز روغن‌کشی زیتون، بازچرخانی آب مصرفی و مدیریت پسماند جامد و پساب فرآیند برای کاهش هزینه‌ها توصیه می‌شود. دما مهم‌ترین عامل حفظ کیفیت روغن زیتون در مرحله فرآوری است. رعایت درجه حرارت در محدوده ۲۷ تا ۳۰ درجه سلسیوس در مراحل برداشت تا انتقال و فرآوری که اصطلاحاً پرس سرد نامیده می‌شود، برای دستیابی به کیفیت بالای روغن زیتون لازم است.

روغن زیتون باید در ظروف شیشه‌ای تیره در سطح خرده‌فروشی و ظروف استیل در سطح عمده‌فروشی و در دمای ۱۵-۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شود. در صورت استفاده از میوه سالم زیتون و رعایت نکات مهم در مراحل برداشت و پس از برداشت تا استخراج و فرآوری و نیز بسته‌بندی روغن زیتون در شیشه تیره و به دور از نور و اکسیژن، می‌توان روغن زیتون را تا دو سال نگهداری و مصرف کرد. در صورت عدم رعایت این موارد، ممکن است روغن فرابکر تولیدشده در کارخانه ظرف یک تا سه ماه به روغن لامپانت تبدیل شود. مطابق استاندارد ملی ایران، روغن لامپانت قابلیت خوراکی ندارد و باید حتماً پس از تصفیه به مصرف برسد. در صورت استفاده از دمای بالا در فرآیند تصفیه، ویژگی‌های مفید تغذیه‌ای روغن زیتون از دست رفته و حتی ممکن است در حرارت بالا ترکیبات سمی مانند ۳-مونوکلروپروپان دیول^۱ در آن ایجاد شود.

فهرست منابع

- ۱- شواخی، فروغ. ۱۳۹۸. تحلیلی بر مزایا و معایب روش‌های متداول در بسته‌بندی روغن زیتون. *مجله ترویجی تولید و فرآوری زیتون*، ۱ (۱)، ص ۳۲-۴۳.
- ۲- شواخی، فروغ. ۱۴۰۱. *راهنمای کاربردی زیتون و فرآورده‌های آن*. کرج: انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- ۳- شواخی، فروغ و زهرا یوسفی. ۱۴۰۱. کاربردهای پساب کارخانه‌های فرآوری زیتون در صنایع غذایی. *مجله ترویجی تولید و فرآوری زیتون*، ۴ (۱)، ص ۲۹-۱۶.
4. FAOSTAT. 2023. *World area harvested olives, yield, oil, olive, virgin*. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>.
5. Mele, M.A., M.Z. Islam, H.M. Kang and A.M. Giuffrè. 2018. Pre-and post-harvest factors and their impact on oil composition and quality of olive fruit. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30 (7): 592-603.
6. Piravi-Vanak, Z., S. Nanvazadeh, F. Shavakhi and Z. Taghvaaee. 2024. Monitoring polycyclic aromatic hydrocarbons in edible vegetable oils consumed in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 26 (4):771-785.
7. Shavakhi, F., A. Rahmani and Z. Piravi-Vanak. 2023. A global systematic review and meta-analysis on prevalence of the aflatoxin B₁ contamination in olive oil. *Journal of Food Science and Technology*, 60 (4): 1255-1264.

¹ 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD)