وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی:

معرفی روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA) در خطوط روغن‌کشی زیتون

حمیدرضا گازر و فروغ شواخی

AERI

سال انتشار: ۱۴۰۳

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، کدپستی: ۳۱۳۵۹۱۳۵۳۳، مؤسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۰۰۰۰-۳۶۱۵۰(۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، آدرس دسترسی: www.aeri.ir(بخش انتشارات الکترونیکی)

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریهٔ فنی:
معرفی روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA) در خطوط روغن‌کشی زیتون

تهیه و تدوین

حمیدرضا گازر و فروغ شواخی

اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

سال انتشار

۱۴۰۳

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نوع نوشتار: نشریهٔ فنی
عنوان نوشتار: معرفی روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA) در خطوط روغن‌کشی زیتون
نگارندگان: حمیدرضا گازر و فروغ شواخی
ویراستار: محمدرضا داهی
صفحه‌آرا: شبنم جباری
طراح جلد: سمیه وطن‌دوست
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۴۰۳

مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است.

شماره ثبت ٦٥٩٤٥ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی به تاریخ ١٤٠٣/٠٦/١٨

مخاطبان نشریه:

- کلیهٔ باغداران و صاحبان واحدهای روغن‌کشی زیتون کشور

هدف‌های آموزشی:

شما خوانندگان گرامی‌در این نشریه با :

- روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA) در خطوط تولیدی
- ضرورت استفاده از روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA) در واحدهای روغن‌کشی زیتون
- به‌کارگیری روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA) در خطوط روغن‌کشی زیتون

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
مقدمه	۱
فرایند روغن‌کشی زیتون	۱
معرفی روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست (FMEA) و آثار آن	٤
مراحل به‌کارگیری FMEA در واحدهای روغن‌کشی زیتون	۷
توصیه های کاربردی برای اجرای FMEA	۱٤
فهرست منابع	۱٥

مقدمه

زیتون یکی از محصولات با ارزش باغی در ایران است. بر اساس آمار نامهٔ نولید محصولات باغی، در سال ۱۴۰۰ حدود ۵۰ هزار هکتار زیتون در سطح کشور وجود داشته و در این سال حدود ۱۲۸ هزارتن میوهٔ زیتون تولید شده است(بی نام، ۱۴۰۱). درسال ۱۴۰۲ حدود ۱۷ هزارتن روغن زیتون در کشور تولید شده است(خبرگزاری مهر، ۱۴۰۲). مناطق مختلفی در کشور ازجمله استان‌های زنجان، گیلان، قزوین، فارس و گلستان به‌عنوان پنج استان پیشرو در کشور، زیتون را تولید و فراوری می‌کنند. روغن‌کشی زیتون از صنایع مهم و با ارزش این محصول است که در استان‌های مختلف از جمله گیلان (شهرستان رودبار) فعالیت گسترده دارد. یکی از موارد بااهمیت در خطوط استحصال روغن زیتون، توجه به نقاط مهم و بحرانی در فرایند تولید است. با تشخیص صحیح نقاط بحرانی در فرایند تولید روغن زیتون می‌توان راهکارهای مناسبی را برای کاهش ضایعات و تلفات محصول پیشنهاد داد. در این نشریه بر اساس تحقیقات روی نقاط بحرانی و ضایعات فرایند روغنکشی زیتون در منطقهٔ رودبار (گازر، ۱۴۰۲) ضمن معرفی روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن یا به اختصارFMEA در صنایع تولیدی، عوامل شکست و بروز ضایعات و تلفات در هر یک از مراحل تولید روغن زیتون واحدهای روغن‌کشی زیتون مشخص شده و راهکارهای مناسب برای حذف یا کاهش ضایعات مشاهده شده در هر یک از مراحل تولید، پیشنهاد شده است. در این نشریه به جای عبارت "روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن" به اختصار از FMEA[1] استفاده شده است.

فرایند روغن‌کشی زیتون

امروزه روغن‌کشی زیتون در واحدهای بیشتر مناطق تولید این محصول فرایندی صنعتی است(شکل ۱). روغن زیتون در بیان عامیانه به روش سرد (دمای کمتر ۳۵ درجه سلسیوس)

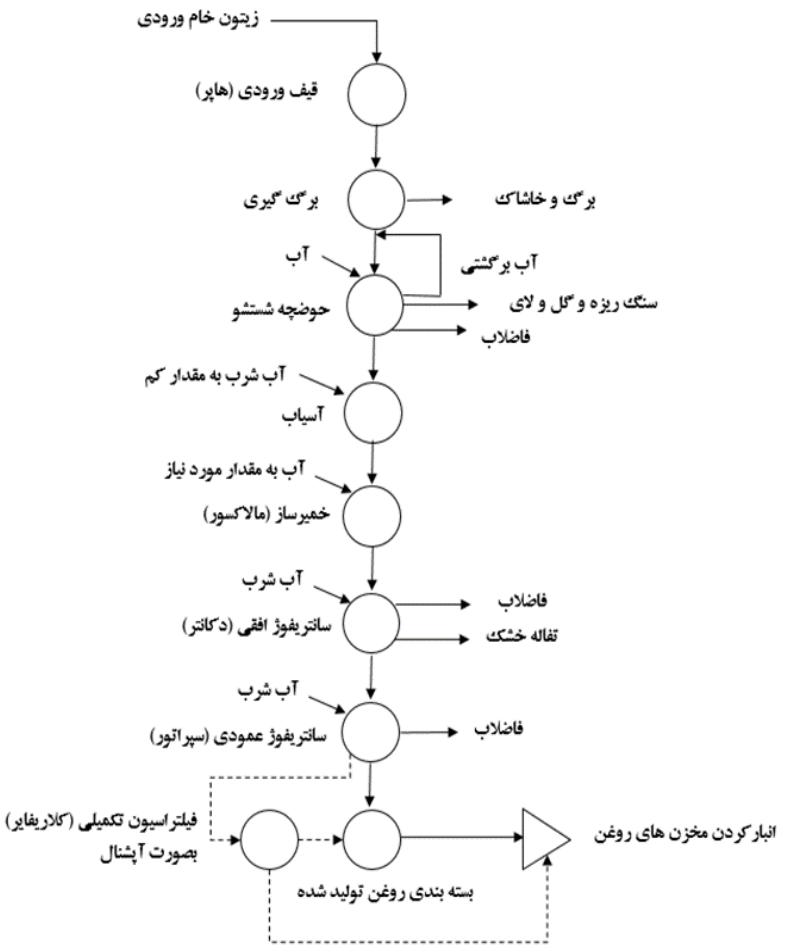
1. Failure Mode Effect and Anlaysis (FMEA)

یا گرم (دمای محدوده ۳۵ درجه سلسیوس) تولید می‌شود. معمولا در واحدهای صنعتی با حجم بالای تولید در منطقهٔ رودبار استان گیلان برای تولید روغن زیتون از روش گرم استفاده می‌شود و جدا سازی روغن از تفاله و آب (دکانتاسیون) در بیشتر کارخانه‌ها به‌صورت سه فازی است (گازر، ۱۴۰۲). فرایند روغن‌کشی از دانه‌های زیتون در کارخانه‌های منطقه رودبار استان گیلان از نه مرحله اصلی تشکیل شده است: ورود و نگهداری اولیه، برگ گیری، شستشوی دانه‌ها، آسیاب‌کردن، مالش‌دادن خمیر زیتون (مالاکسیون)، جداسازی اولیهٔ روغن از خمیر (دکانتاسیون)، جداسازی نهایی روغن (سانتریفیوژکردن)، بسته بندی و انبارکردن روغن زیتون.

لازم است گفته شود در جداسازی اولیه از دکانترهای سانتریفیوژی (با سرعت چرخش ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ دور در دقیقه) و در جداسازی نهایی از سانتریفیوژهای دیسکی استفاده می‌شود. سانتریفیوژهای دیسکی سرعت چرخش بالاتری (۵۰۰۰ تا ۷۰۰۰ دور در دقیقه) دارند و می‌توانند مواد جامد حل‌شده با قطر کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر و قطره‌های آب با همین قطر را نیز از روغن جدا کنند.

شکل ۱- یک نمونه از خط روغن کشی زیتون در منطقهٔ رودبار

مراحل تولید روغن زیتون در یک واحد روغن‌کشی به‌صورت معمول شامل مراحل مشخص شده در شکل ۲ است (بی‌نام، ۱۳۹۹).



شکل ۲- مراحل عمومی تولید روغن زیتون در واحد روغن‌کشی

به‌صورت عمومی، خط روغن‌کشی شامل قسمت‌های برگ‌گیری و شستشوی زیتون، آسیاب‌کردن میوه، خمیرساز یا مالاکسور، دکانتر برای جداکردن تفاله از آب و روغن، سانتریفیوژ برای جدا کردن آب و روغن است (محمدزاده، ۱۳۸۸). نحوهٔ روغن‌کشی زیتون

یکی از مهم‌ترین مراحل تولید روغن زیتون است که نقش تعیین‌کننده در کیفیت روغن، اثرهای زیست‌محیطی، و میزان ضایعات در فرایند تولید روغن زیتون دارد. در واحدهای روغن‌کشی زیتون نیز بخشی از میوه و روغن زیتون ضایع می‌شود. کاهش ضایعات در حقیقت نوعی افزایش بهره‌وری منابع تولید است. نخستین گام برای کاهش و تعدیل ضایعات، گردآوری و تحلیل اطلاعات مستند مبتنی بر اصول علمی و فنی است. تجزیه و تحلیل ضایعات پدید آمده در واحدهای روغن‌کشی زیتون و شناسایی علت های اصلی بروز آنها نقش بسیار مهمی در اصلاح عملکردی این واحدها دارد و موجب ارتقا و بهبود فرایند تولید و کیفیت محصول نهایی خواهد شد.

معرفی روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA)

مدیریت خرابی‌ها و ضایعات شامل اقدامات یا دستورالعمل‌هایی است که می‌توانند بدون آسیب رساندن به خط تولید از فرایند حذف شوند یا به صورتی کارآتر، سریع‌تر یا ارزان‌تر اجرا کرد. خرابی‌ها و ضایعات مفاهیم نسبی هستند. هرگاه روشی بهبود یافته برای فرایند کشف شود، روش قبلی دارای اسراف و ضایعات دیده می‌شود. آشکارترین ضایعات شامل بروز سوانح اشتباهات، تصادفات، محصولات معیوب، قراضه‌ها، دوباره‌کاری‌ها و موارد مشابه هستند. اما ضایعات دیگری نیز وجود دارند که به همان اندازه زیان آور هستند ولی آشکار نیستند. افراد باید به دقت مراقب باشند چگونه ضایعات به‌وجود می‌آیند تا فعالیتشان باعث افزایش این گونه ضایعات نشود و در رفع آنها تلاش کنند. برطرف کردن یا حذف ضایعات باعث مشاهده راحت‌تر ضایعات اضافی در باقی‌مانده فعالیت‌ها می‌شود. برخورد سختگیرانه با ضایعات باید محور اصلی راهبرد مدیریت در هر شرکت یا واحدتولیدی باشد.

تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA) روش بسیار موفقی در تعیین نقاط بحرانی در فرایند جلوگیری از بروز خرابی و شکست یا ضایعات در صنایع مختلف نظامی، هوایی، دارویی، کشاورزی ، غذایی و خودروسازی است که با روشی سیستماتیک موارد منجر به بروز خرابی و شکست را از قبل پیش‌بینی‌می‌کند و راهکارهای جلوگیری از بروز آنها را

ارائه می‌دهد(درستی، ۱۳۸۰). در این روش، نخست باید اطلاعات دقیقی در مورد فرآیند به‌دست آورد و پس از آن تمامی خطرهای محیطی، تجهیزاتی، مواد، انسانی و اثر آن‌ها بر انسان، تجهیزات، محصول تولیدی، محیط زیست و مانند اینها در کاربرگ FMEA آورده شود، باید دلایل وقوع هر خطر را نیز ثبت کرد و به منظور ارزیابی بهتر، ستونی برای تشریح خطرهای ناشی از اقدامات کنترلی را در کاربرگ جای داد. سپس از طریق جدول‌های این روش و همین طور فرمول محاسبه"اولویت توجه به ریسک" [1] (یا RPN) می‌توان علاوه بر شناسایی خطرها به تعیین سطح ریسک نیز پرداخت(درستی، ۱۳۸۰، غدیری ثانی و همکاران، ۱۳۹۲). روش محاسبهٔ RPN و ارائه راهکارهای اصلاحی در صنعت روغن‌کشی زیتون در ادامه به تفصیل آمده است. پس از به‌دست آوردن اولویت‌ها (RPN) باید برای ریسک‌های با امتیاز بالا اقدامات اصلاحی در نظر گرفت و نیز در ستون آخر کاربرگ این روش (جدول ۲) برای خطرهایی که ریسک تحمل‌ناپذیر دارند اقدامات پیشنهادی ارائه داد. با این روش می‌توان تمامی ریسک‌ها و خطرهای مراحل تولیدی و واحدهای سازمانی را بررسی و ارزیابی کرد (غدیری ثانی و همکاران، ۱۳۹۲). در واقع، FMEA کاری گروهی و به گونه‌ای است که اجرای آن باید از طریق گروه‌های چند تخصصی[2] در زمینه‌های مختلف تولید محصول باشد و هر یک از تخصص‌های مربوط به فرایند تولید هر محصول در رابطه با مسئلهٔ مورد تخصص خود اظهار نظر کند. در راس تیم FMEA یک نفر مسئول قرار دارد که دارای تجربه و تسلط کافی به فرایند تولید و قدرت اجرایی بالا است و ضمن حفظ روحیهٔ تیمی در اعضا در تبادل نظرهای ارائه شده نقش هدایت کننده را بازی می‌کند.

در رشتهٔ صنایع غذایی، تحقیقات زیادی در زمینهٔ کاربرد FMEA شده که به‌عنوان نمونه می‌توان به بررسی عوامل شکست و جلوگیری از بروز ضایعات در خط تولید رب گوجه‌فرنگی در شرکت یک‌ویک اشاره کرد. نتایج آن تحقیق نشان‌می‌دهد کاربرد این تکنیک

1. Risk Priority Number (RPN)
2. Cross Functional Team (CFT)

در کاهش ضایعات و توقف خط تولید رب گوجه‌فرنگی موثربوده است (ترابی، ۱۳۸۱). FMEA می‌تواند به‌عنوان روشی ساختاری برای برخورد با عواملی استفاده شود بالقوه ضایعات را در تولید محصولات کشاورزی بروز می‌دهند. این روش به منظور پیشگیری وقوع خرابی‌های محتمل در فرایند تولید محصول کشاورزی کارساز خواهد بود(گازر، ۱۳۸۴). محققان پیشنهاد کردند که کاربرد این تکنیک در تمامی ماشین‌های کشاورزی مفید است و به‌کارگیری و اجرای آن به منظور کاهش ریسک عملیات ماشینی در مزرعه مناسب خواهد بود (نامداری و همکاران،۱۳۹۰). در زمینهٔ نگهداری و سرویس ماشین‌های صنایع تولید شکر تحقیقات نشان می‌دهد ۱۳ عامل ایجاد شکست و ضایعات در خط فراوری وجود دارد که لقی زبانه‌های نگهدارنده چکش‌های دوار خرد کننده و بالانس نبودن آنها موجب بیشترین خرابی‌های ماشینی و ضایعات محصول شده است (سواردی و آری ولاندای[1]، ۲۰۱۹).

در تحقیق دیگری در اندونزی، ریسک بروز تلفات در عملیات پس از برداشت نوعی باقالای محلی در اندونزی با استفاده از FMEA بررسی شد. نتایج این بررسی نشان داد که آفات و بیماری‌های گیاهی و فقدان کارگر ماهر در زمان برداشت در مزارع موجب بروز تلفات محصول شده است. تامین آفت‌کش در هنگام برداشت و انبارمانی محصول به‌عنوان عامل اول و پس از آن به‌کارگیری کارگران ماهر در کاهش ریسک تلفات و ضایعات محصول تولید شده موثر است (سوریانینگرات [2]و همکاران، ۲۰۲۱). منابع و تحقیقات پیشین نشان می دهند که بررسی ضایعات در مراحل مختلف تولید محصولات کشاورزی تاثیر مناسبی در یافتن نقاط بحرانی تولید و ارائه راهکارهای اصلاحی و کاربردی دارد.

نتایج تحقیق در بارهٔ استفاده از روش FMEA در واحدهای روغن‌کشی شهرستان رودبار در استان گیلان نشان داد که در این واحدها عدد ریسک خرابی محصول(RPN) در مراحل ورودی و انبارکردن اولیه محصول، سانتریفیوژ افقی (دکانتر)، جداسازی

[1] Soewardi and Ari Wulandari
[2] Suryaningrat

عمودی(سپراتور)، نسبت به مراحل دیگر در سطح بالاتری قرار دارد و وضعیت زیتون‌های ورودی در انبار اولیه مناسب نیست. پساب‌های گیاهی و فاضلاب‌های تولید شده در فرایند روغن‌کشی زیتون از مشکلات جدی این صنعت در منطقهٔ رودبار است. از این رو استفاده از سبدهای فنی پلاستیکی امانی برای بار زدن و تحویل زیتون‌های برداشت شده پیشنهاد می‌شود. مدیریت کیفیت آب برگشتی و نظارت بیشتر کارگر برکاهش عدد ریسک خرابی محصول در دکانتر و سپراتور موثر خواهد بود. برای پایش و مدیریت فرایند تولید روغن زیتون لازم است یک سیستم کیفی در هرکارخانه مستقر شود و دوره‌های آموزشی مورد نیاز برای کارگرهای خط و تکنسین‌های واحدهای روغن‌کشی برگزار و مستند سازی شود (گازر، ۱۴۰۲).

مراحل به‌کارگیری FMEA در واحدهای روغن‌کشی زیتون

برای اجرای FMEA درخط تولید روغن زیتون، باید اطلاعات واحد روغن‌کشی و مراحل تولید روغن زیتون از زمان ورود زیتون به کارخانه تا زمان خروج روغن زیتون از کارخانه مشخص شود. نمونه ای از مشخصات فنی واحد در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- اطلاعات مورد نظر برای واحد روغن‌کشی زیتون

نام شرکت	نام مالک	سال تاسیس	خط و سیستم مورد استفاده ، ظرفیت تولید در ساعت برای روغن‌کشی زیتون	ارقام زیتون ورودی	ظرفیت کاری در سال	آدرس

در مرحلهٔ بعد، در کارخانهٔ مورد نظر تیم اجرایی FMEA تشکیل شود. هر واحد تیم اجرایی متشکل است از محقق، کارشناس فنی خط روغن‌کشی و مسئول کیفی خط تولید. اعضای کارگروه باید دارای تجربهٔ کاری در زمینهٔ روغن‌کشی زیتون باشند و قابلیت آن را نیز داشته باشند که نقاط بحرانی و مهم را در هر مرحله از فرایند شناسایی کنند. پس از

تشکیل تیم اجرایی، مراحل تولید روغن زیتون در واحد نوشته می‌شود و شاخص‌های FMEA در هریک از مراحل مختلف تولید محصول از زمان ورود میوهٔ خام تا زمان خروج محصولات نهایی (روغن و کنجاله) تعیین می‌گردد. در واقع، ابتدا در هر واحد روغن‌کشی مشخصات عمومی در دفترچهٔ اطلاعات فنی واحدهای روغن‌کشی زیتون ثبت می‌شود و پس از آن باید مشخصات فرآیند روغن‌کشی از زیتون تکمیل و نحوهٔ کار خط تولید روغن زیتون در نمودار عملیات فرایند[1] (OPC) (شکل ۲) رسم شود. در مرحلهٔ بعدی، برای هر مرحله تولید حالت‌های بروز خرابی و شکست مشخص می‌گردد و شدت اثر خرابی‌های احتمالی(بالقوه) معین و علل خرابی احتمالی (بالقوه) و احتمال وقوع آن مشخص می‌شود. سپس، کنترل‌های جاری مورد استفاده برای هر یک از مراحل ذکر شده نیز نوشته می‌شود. مرحلهٔ بعدی محاسبهٔ ریسک احتمال وقوع خرابی بالقوه (RPN) است و با توجه به حساسیت فرایند، در صورت لزوم باید اقدام اصلاحی پیشنهاد شود تا میزان ریسک پذیرش خرابی در مرحلهٔ ذکرشده تا حد قابل قبولی پایین بیاید. مجموعهٔ این عملیات باید در یک فرمت مخصوص به‌نام فرم FMEA (جدول ۲) سازماندهی شود که در ادامه توضیح داده می‌شود. اولین ستون در فرم مذکور اختصاص به‌مراحل تشکیل دهندهٔ فرایند(عملیات) دارد. حالات خرابی‌های بالقوه (محتمل) هر مرحله به تفکیک در ستون بعدی نوشته می‌شود. در ستون سوم باید آثار خرابی‌های بالقوهٔ هر یک از حالات خرابی مورد نظر ذکر شود. ستون بعدی مربوط به شاخص شدت اثر[2] است که حالات و آثار خرابی‌های بالقوه در عملیات هر مرحله با این شاخص ارزیابی می‌شود.

باید توجه شود که تاثیر خرابی‌های بالقوه و آثار آن روی کیفیت وکمیت محصول نهایی بررسی و سنجیده شود. در واقع، شاخص شدت اثر بیان‌کنندهٔ میزان تاثیر هر یک از عملیات بر سلامت محصول نهایی (روغن زیتون) است. برای بیان شدت اثر می‌توان از روش‌های مختلف استفاده کرد. معمولاً برحسب نوع فعالیت در صنایع مختلف، میزان شدت از ۱۰

1. Operational Process Chart (OPC)
2. Severity

(بیشترین اثر) تا ۱ (کمترین اثر) مقیاس‌بندی می‌شود(ترابی، ۱۳۸۱) (غدیری ثانی، ۱۳۹۲) (درستی، ۱۳۸۰). مقیاس پیشنهادی برای شدت اثر در فرایند تولید روغن زیتون در جدول ۳ ارائه شده است. لازم است یادآوری شود تعیین شاخص شدت اثر با استفاده از استانداردها، منابع علمی، تجربه‌های پیشین و نظر کارشناسی تولید کنندگان روغن زیتون انتخاب شده است (بی نام، ۱۳۹۹ ، محمدزاده، ۱۳۸۸ ، قاسم نژاد و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول ۲- فرم تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست در فرایند (FMEA) استفاده شده برای خطوط روغن‌کشی زیتون

نام واحد روغن‌کشی:				فرم تجزیه و تحلیل بالقوه شکست در فرایند و آثار آن (FMEA)							تاریخ تهیه:	تاریخ تهیهٔ اولین نسخه:	
											شماره بازنگری (ویرایش):	صفحه : از	
عملیات	حالت خرابی بالقوه	اثار خرابی بالقوه	شدت	علل خرابی بالقوه	وقوع	کنترل‌های جاری	تشخیص	RPN	اقدامات پیشنهادی	مسئولیت اجرا و تاریخ تکمیل	نتایج اقدامات انجام شده	شدت	وقوع	تشخیص	RPN

جدول ۳- ارزیابی پیشنهادی شدت اثر بروز خرابی در فرایند تولید روغن زیتون

اثر	معیار شدت تاثیر	رتبه
خطرناک بدون هشدار (فاجعه آفرین)	محصول تولیدی غیر قابل مصرف و موجب مرگ خواهد شد	۱۰
خطرناک با هشدار (بحرانی)	محصول تولیدی محصول تولیدی غیر قابل مصرف است. احتمال بیماری و بستری در بیمارستان دارد	۹
خطرناک	ماهیت محصول تولیدی تغییر کرده است ومحصول قابلیت مصرف ندارد	۸
خیلی زیاد	احتمال از بین رفتن بیش از ۸۰ درصد از محصول وجود دارد. محصول تولیدی قابلیت مصرف ندارد	۷
زیاد	احتمال از بین رفتن بیش از ۵۰ درصد از محصول وجود دارد و محصول تولیدی فاقد کیفیت است.	۶
قابل توجه	احتمال از بین رفتن بیش از ۳۰ تا ۵۰ درصد از محصول وجود دارد و محصول تولیدی دارای کیفیت پایین است	۵
متوسط	احتمال از بین رفتن بیش از ۱۰ تا ۳۰درصد از محصول وجود دارد و کیفیت محصول تولید شده مناسب نیست (محصول درجه ۳).	۴
کم	احتمال از بین رفتن بیش از ۵ تا ۱۰درصد از محصول وجود دارد و کیفیت محصول تولید شده در حد قابل قبول می باشد (محصول درجه ۲).	۳
خیلی کم	احتمال از بین رفتن ۲ تا ۵ درصد از محصول وجود دارد و کیفیت محصول تولید شده مناسب است (محصول درجه ۱)	۲
بدون اثر	احتمال از بین رفتن کمتر از ۲ درصد از محصول وجود دارد و کیفیت محصول تولید شده خوب است (محصول ممتاز).	۱

در فرم FMEA احتمال وقوع خرابی بالقوه با شاخص احتمال وقوع[1] مشخص شده است. این شاخص با توجه به میزان احتمال وقوع خرابی یا شکست بالقوه در فرایند یا محصول نهایی محاسبه می شود. در واقع درصد احتمال وقوع خرابی سنجیده شده بر حسب احتمال وقوع، از ۱ تا ۱۰ طبقه بندی شده است(جدول ۴).

1. Occurrence

جدول ٤- ارزیابی پیشنهادی احتمال وقوع خرابی فرایند تولید روغن زیتون

احتمال خرابی	میزان محتمل وقوع خرابی	رتبه
خیلی زیاد: تقریباً اجتناب ناپذیردرمحصول یا عملیات بعدی	حداقل یک خرابی در دو مورد (۵۰٪)	۱۰
	یک خرابی در سه مورد (۳۳٪)	۹
زیاد: خرابی‌های مکرر در محصول یا عملیات بعدی	یک خرابی در چهار مورد (۲۵٪)	۸
	یک خرابی در پنج مورد (۲۰٪)	۷
متوسط: خرابی‌های گاه و بیگاه درمحصول یا عملیات بعدی	یک خرابی در شش مورد (۱۷٪)	۶
	یک خرابی در هفت مورد (۱۴٪)	۵
	یک خرابی در هشت مورد (۱۲/۵٪)	۴
کم: تعداد اندک خرابی در محصول یا عملیات بعدی	یک خرابی در نه مورد(۱۱٪)	۳
	یک خرابی در ده مورد(۱۰٪)	۲
نادر: بعید بودن خرابی در محصول یا عملیات بعدی	یک خرابی در بیست مورد(۵٪)	۱

با توجه به کنترل‌های جاری ذکر شده در هر مرحله، باید میزان توانایی سیستم در تشخیص[1] خرابی لحاظ گردد. با توجه به توانایی تشخیص خرابی توسط کنترل‌های جاری در فرایند روغن‌کشی، این شاخص از رتبه ۱ (قویترین احتمال تشخیص) تا ۱۰ (ضعیفترین تشخیص) به شرح جدول ۵ طبقه بندی شده است. از این شاخص بازخوردهای لازم برای سنجش میزان مهارت کارگر، کارایی ماشین و وسیلهٔ مورد استفاده، تنظیمات، و کالیبراسیون وسایل به‌کار رفته به‌دست آمده است. در واقع با استفاده از شاخص تشخیص، کارایی سیستم سنجش و ارزیابی رایج در فرایند روغن‌کشی زیتون بررسی خواهد شد. با توجه به قابلیت کنترل و اندازه گیری‌ها امکان تشخیص خرابی های مورد نظر رتبه بندی خواهد شد.

1. Detection

جدول ۵- ارزیابی پیشنهادی احتمال تشخیص خرابی درفرایند تولید روغن زیتون

امکان تشخیص خرابی	معیار	رتبه
امکان تشخیص خرابی غیرممکن است	نبودِ کنترل در فرایند	۱۰
امکان تشخیص خرابی به‌ندرت است.	به احتمال زیاد توانایی در تشخیص خرابی وجود ندارد و ابزار کنترل مناسب نیست	۹-۸
احتمال تشخیص خرابی کم است	فرایند کنترل به خوبی طراحی نشده و ابزار به‌صورت صحیح به‌کارنمی رود.	۷-۶
احتمال تشخیص خرابی متوسط است	کاربرد کنترل جاری در فرایند ریسک بالا دارد.	۵-۴
احتمال تشخیص خرابی زیاد است	ابزار و فرایند کنترل به خوبی طراحی شده است و به‌کار می رود. احتمال بروز اشتباه در فرایند کنترل کم است.	۳-۲
خرابی حتماً تشخیص داده می شود.	ابزار و فرایند کنترلی به خوبی طراحی شده‌است و به‌کار می رود. احتمال بروز اشتباه در فرایند کنترل وجود ندارد.	۱

پس از طی مراحل ذکر شده، باید ریسک احتمال وقوع خرابی بالقوه[1] محاسبه شود (رابطهٔ ۱).

$$RPN= Severity \times Occurrence \times Detection \quad (۱)$$

با توجه به حساسیت فرایند در هر مرحله ، اگر RPN از حد معینی کمتر بود میزان ریسک مرحله پذیرفته می‌شود وگر نه نیاز به اقدام اصلاحی خواهد بود تا میزان ریسک تا حد قابل قبولی پایین بیاید. با توجه به تحقیقات صورت گرفته در یونان، اگر مقدار RPN از ۱۰۰ کمتر باشد کنترل های جاری کفایت می‌کند و نیازی به اقدام اصلاحی نیست (آنتونیادو و ورزکاس[2]، ۲۰۲۱) . اگر RPN از حدود قابل قبول بالاتر باشد، اقدام اصلاحی مورد نظر باید مشخص و اجرا شود. اقدامات اصلاحی پیشنهادی در قالب تعویض یا بهینه سازی ماشین‌ها و تجهیزات، تغییر روش اندازه گیری، آموزش کارگر و مستند سازی فرایند

1. Risk Priority Number (RPN)
2. Antoniadou and Varzakas

خواهد بود. اجرای این اصلاحات موجب نظارت و کنترل بیشتر فرایند وکاهش RPN در خط روغن‌کشی زیتون خواهد شد. با اقدام اصلاحی، احتمال تشخیص و وقوع بررسی و RPN مجدد محاسبه خواهد شد تا موجب کاهش احتمال ریسک وقوع یا همان RPN شود.

توصیه های کاربردی برای اجرای FMEA

به‌کارگیری FMEA در هر واحد روغن‌کشی زیتون نیاز به مشارکت عمومی و تشکیل یک کارگروه خبره و آگاه به مسایل فنی و فرایند تولید روغن زیتون دارد. آشنایی به زمان‌سنجی-های لازم در هر مرحله از فرایند و الزمات اجرایی آن نقش تعیین کننده‌ای در اجرای صحیح FMEA در فرایند روغن‌کشی زیتون خواهد داشت. موارد لازم فهرست وار در زیر اشاره شده است.

۱- تشکیل تیم خبرهٔ چند تخصصی متعهد و با روحیهٔ بالای کارگروهی در واحد.
۲- تهیهٔ نقشهٔ مراحل فرایند روغن‌کشی زیتون و زمان‌سنجی لازم در هر مرحله.
۳- مستندسازی عملیات هر مرحله و تعیین مشخصات ماشین‌های مورد نیاز برای هر مرحله از تولید.
۴- تعیین موارد مهم کنترلی برای هر یک از مراحل تولید و مستند سازی رویهٔ کنترل آنها.
۵- تعیین وزن خرابی‌ها و ضایعات پدید آمده در هر مرحله و ارائه بهترین روش حذف یا کاهش خرابی‌ها و ضایعات محتمل در مراحل مختلف.
۶- پرداختن به اقدام اصلاحی و بررسی بازخورد اقدامات اصلاحی اجرا شده در هر مرحله.
۷- بهتر کردن مستمر و تداوم در اجرای FMEA در فرایند روغن‌کشی زیتون به‌صورت سالانه.

فهرست منابع

بی نام. ۱۳۹۹. روغن کشی از میوه زیتون. سایت پایگاه کتابهای درسی. http://chap.sch.ir/books/6632.

بی نام. ۱۴۰۱. آمار نامه کشاورزی محصولات باغی و گلخانه ایی سال ۱۴۰۰. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، وزارت جهاد کشاورزی.

ترابی، ت. ۱۳۸۱. کاربرد تکنیک ارزیابی نقاط شکست در فرایند تولید رب گوجه فرنگی، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته صنایع غذایی. دانشگاه خاتم. تهران.

خبر گزاری مهر . ۱۴۰۲. https://www.mehrnews.com/news/5830960.

درستی، ا. ۱۳۸۰. تجزیه و تحلیل عوامل شکست وآثار آن، ویرایش سوم. شرکت خدمات علمی و صنعتی تهران.

غدیری ثانی، م.، غ.ر. دبیری، ح. ودایع‌خیری. ۱۳۹۲. آنالیز حالات بالقوه خرابی و آثار آن (FMEA) مفاهیم و روش پیاده‌سازی. شرکت تهیه و توزیع قطعات لوازم یدکی ایران خودرو، مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.

قاسم نژاد م. ، ح. میغانی، و س. افتخاری. ۱۳۹۶. اثر شاخص رسیدگی بر کیفیت میوه و روغن سه رقم زیتون منطقه‌ی رودبار. به زراعی کشاورزی، ۱۹(۲). ص۲۸۶– ۲۷۳.

گازر، ح.ر. ۱۳۸۴. کاربرد تکنیک FMEA برای جلوگیری از بروز ضایعات در فرایند تولید یک محصول کشاورزی. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

گازر، ح.ر.۱۴۰۲. بررسی ضایعات فرایند تولید روغن در واحدهای روغن‌کشی زیتون استان گیلان و ارایه راهکارهای اصلاحی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. گزارش شماره ۶۵۱۰۱ ، ۵۶ صفحه.

محمدزاده ج. ۱۳۸۸. بهینه سازی فرایند استخراج روغن زیتون. نشریه فنی، موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی. کرج.

نامداری، م.، رفیعی، ش.، جعفری، ع. ۱۳۹۰. استفاده از روش تحلیل حالات بالقوه شکست و آثار آن (FMEA) به منظور انجام شخم مطلوب با گاوآهن برگردان‌دار. نشریه ماشینهای کشاورزی، جلد ۱ شماره ۱. ص ۲۴-۱۷.

Antoniadou M., T. Varzakas. 2021. Advances in Processing, Quality, Safety, Authenticity, Nutrition, Health, and Oral Health of Extra Virgin Olive Oil. Proceedings 2021, 70, 107. https://doi.org/10.3390/foods_2020-07668. www.mdpi.com/journal/proceedings.

Soewardi H. and S. Ari Wulandari. 2019. Analysis of Machine Maintenance Processes by using FMEA Method in the Sugar Industry. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/528/1/012023.

Suryaningrat I. B., W. Amilia, Y. Wibowo, A. Setiawan Rusdianto, D. Riski Karismasari. 2021. Risk identification of post-harvest losses at farm level: A case study of edamame in Indonesia. Agriculture and natural resources.55, 292–300.