



مدیریت ضایعات برنج در مرحله برداشت و زنجیره فرآوری

رقیه پورباقر^{۱*}، جلال محمدزاده^۲ و مریم پورباقر^۳

^۱ کارشناس پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

^۲ استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

^۳ کارشناس مهندسی کامپیوتر دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

چکیده

برنج یکی از مهم‌ترین اقلام غذایی در ایران است و نقشی اساسی در امنیت غذایی، فرهنگ غذایی و اقتصاد کشاورزی کشور ایفاء می‌کند. سطح زیرکشت برنج در ایران حدود ۷۹۲ هزار هکتار است که با تولید سالانه ۳/۶ میلیون تُن بخش عمده‌ای از نیاز کشور را تأمین می‌کند. سالانه حدود ۱/۲ میلیون تُن برنج از کشورهای پاکستان، هند و امارات متحده عربی به دلیل قیمت پایین‌تر برنج‌های وارداتی و برای برقراری توازن بین عرضه و تقاضا وارد کشور می‌شود. برنج در مراحل برداشت و فرآوری (خشک‌کردن، پوست‌کنی، سفیدکنی) دچار تلفات می‌شود. راهکارهای پیشنهادی برای کاهش تلفات برنج در این مراحل، استفاده از کمباین هول کراپ، خشک‌کردن مرحله‌ای، به‌کارگیری فرآیندهایی مانند تمپرینگ و پاربولینگ و نیز ترکیب چند سری سفیدکن سایشی و یک پولیشر اصطکاکی است.

واژگان کلیدی: برداشت، برنج، تلفات، زنجیره تأمین، ضایعات، فرآوری



بیان مسئله

بر اساس داده‌ها در ایران سطح زیرکشت برنج ۷۹۲ هزار هکتار است. در طی یک دهه اخیر سطح زیر کشت با رشد ۴۷ درصدی از ۵۳۹ هزار هکتار به ۷۹۲ هزار هکتار رسیده است. استان‌های مازندران، گیلان و خوزستان به ترتیب بیشترین سطح زیرکشت و تولید برنج را دارا هستند (بی‌نام، ۱۴۰۳).

حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد از کل تولید برنج در کشور به‌صورت ضایعات از دست می‌رود. بیشترین سهم ضایعات مربوط به مرحله تبدیل است که حدود ۱۰/۴۳ درصد کل ضایعات را شامل می‌شود (اردکانی و دامیکو، ۲۰۲۰). این مقدار ضایعات علاوه بر هدررفت آب، انرژی و خاک، به افزایش قیمت‌ها و کاهش دسترسی به غذای کافی نیز می‌انجامد. کاهش ضایعات برنج از طریق بهبود فناوری‌های برداشت، فرآوری و نگهداری می‌تواند نقش مهمی در تقویت امنیت غذایی و دستیابی به توسعه پایدار داشته باشد. کاهش ضایعات در زنجیره تأمین به کم‌شدن نیاز به واردات و در نتیجه، کاهش خروج ارز کمک می‌کند. در کشور ۲۵۸ کارخانه شالیکوبی و فرآوری فعال با ظرفیت ۹۶۲ هزار تُن در سال وجود دارد که تمرکز بیشتر آنها بر بوجاری و آسیاب است. استفاده از روش‌های سنتی و ماشین‌های فرسوده در عملیات آسیاب و بوجاری از مهم‌ترین عوامل ایجاد ضایعات در برنج به‌شمار می‌رود. کمبود عناصر غذایی نظیر روی در خاک و دمای بالای هوا در زمان برداشت می‌تواند میزان شکستگی و ضایعات برنج را در مرحله آسیاب افزایش دهد (اردکانی و دامیکو، ۲۰۲۰). بنابراین، کاهش ضایعات برنج نیازمند مجموعه‌ای از اقدامات هماهنگ از جمله آموزش کشاورزان، ارتقاء فناوری‌های فرآوری، بهبود سیستم‌های بسته‌بندی و حمل‌ونقل و ایجاد زیرساخت‌های مناسب نگهداری است. اجرای این اقدامات می‌تواند نقش مهمی در حفظ منابع غذایی و کاهش فشارهای زیست‌محیطی ایفاء کند. مقاله حاضر به بررسی تلفات محصول برنج در مراحل برداشت و عمل‌آوری (خشک‌کردن، پوست‌کنی، سفیدکنی) پرداخته و راهکارهایی برای کاهش تلفات محصول برنج در این مراحل ارائه کرده است.

معرفی دستورالعمل

تلفات برنج در روش‌های مختلف برداشت

ضایعات برنج را می‌توان به دو دسته کمی و کیفی تقسیم کرد. ضایعات کمی به بخشی از محصول اشاره دارد که در مراحل تولید و تبدیل شلتوک به برنج سفید از بین می‌رود یا دیگر قابل استفاده نیست. در ضایعات کمی، عملاً بخشی از نهاده‌ها و محصول نهایی تلف می‌شوند. در ضایعات کیفی، محصول از چرخه مصرف خارج نشده اما به دلیل افت کیفیت، ارزش اقتصادی آن کاهش می‌یابد. در این حالت معمولاً نسبت برنج سالم به برنج شکسته معیار اصلی ارزیابی به‌شمار می‌رود. به‌طور کلی پنج روش برداشت برنج به شرح زیر وجود دارد:

✓ برداشت دستی (برش با داس) و خرمکوب تراکتوری

✓ برداشت با دروگر برنج و خرمکوب تراکتوری

✓ برداشت با دروگر برنج و خرمکوبی با کمباین یونیورسال مجهز به هد (سر) جمع‌کننده

✓ کمباین برنج هدفید^۱

✓ کمباین برنج هولکراپ^۲ (شکل ۱)

مقدار ضایعات برنج در روش‌های مختلف برداشت متفاوت است. معمولاً در برداشت‌های غیرمستقیم که شامل بُرش و جمع‌آوری جداگانه و سپس خرم‌نکوبی است، ضایعات بیشتری رخ می‌دهد. میانگین ضایعات کمی در برداشت غیرمستقیم حدود ۲/۵۸ درصد و در برداشت مستقیم با کمباین‌های هدفید و هولکراپ حدود ۲/۳۳ درصد است (علامه و علیزاده، ۲۰۲۰). بیشترین ضایعات برنج در روش برداشت با دروگر و خرم‌نکوبی با کمباین و کمترین آن مربوط به کمباین هدفید است. از نظر کیفیت نیز برداشت مستقیم برنج عملکرد بسیار بهتری دارد و ضایعات کیفی را از حدود ۲/۳ درصد در روش‌های غیرمستقیم به حدود ۰/۶۱ درصد کاهش می‌دهد (علامه و علیزاده، ۲۰۲۰). به‌طور کلی، هرچه فرآیند برداشت یک‌پارچه‌تر و مکانیزه‌تر باشد، ضایعات کمتر و کیفیت محصول بهتر حفظ می‌شود.



کمباین هولکراپ



کمباین هدفید



کمباین یونیورسال مجهز به هد جمع‌کننده



برداشت با دروگر برنج

شکل ۱- ماشین‌های برداشت برنج

^۱ Head-Feed

^۲ Whole-Crop



در روش برداشت مستقیم، بیشتر تلفات در مرحله برش اتفاق می‌افتد. تلفات کیفی بخش مهمی از کل تلفات برداشت در روش غیرمستقیم را تشکیل می‌دهد. در بین مراحل مختلف برداشت، مرحله دروکردن سهم عمده‌ای در ایجاد تلفات دارد و دانه‌های شکسته و پوست‌کنده کمترین سهم را دارند. همچنین، دانه‌های ترک‌خورده بیشترین سهم را در بین ضایعات کیفی به خود اختصاص می‌دهند.

ضایعات تبدیل در روش‌های مختلف برداشت

میانگین راندمان تبدیل در برداشت غیرمستقیم ۶۷ درصد و در برداشت مستقیم ۶۷/۷۲ درصد است (جدول ۱). همچنین، عملکرد برنج خُرد و سالم در برداشت غیرمستقیم به ترتیب ۲۳/۸۵ و ۷۶/۱۵ درصد و در برداشت مستقیم ۲۰/۹۶ و ۷۹/۰۴ درصد است. درصد برنج خُردشده در برداشت غیرمستقیم بیشتر از برداشت مستقیم است. این امر به تنش‌های مکانیکی وارده بر دانه‌های برنج در مراحل برداشت و خرم‌کوبی مربوط می‌شود. از سوی دیگر، تنش‌های محیطی ناشی از جذب مجدد رطوبت توسط دانه‌های خشک‌شده برنج در مزرعه می‌تواند موجب ایجاد ترک در آنها شود. در نهایت، این ترک‌ها به افزایش میزان برنج خُرد و کاهش عملکرد برنج سالم در فرآیند آسیاب منجر می‌گردد.

جدول ۱- ضایعات تبدیل در روش‌های مختلف برداشت (علامه و عزیزاده، ۲۰۲۰)

روش‌های برداشت	راندمان تبدیل (درصد)	برنج خُردشده (درصد)	برنج سالم (درصد)
برداشت دستی + خرم‌کوب تراکتوری	۶۷/۵۸	۲۳/۷۲	۷۶/۳
دروگر برنج + خرم‌کوب تراکتوری	۶۷/۰۷	۲۳/۲۸	۷۶/۷۳
دروگر برنج + خرم‌کوبی با کمباین	۶۷/۳۲	۲۴/۵۶	۷۵/۴۵
کمباین برنج هدفید	۶۷/۲۴	۲۱/۰۵	۷۸/۹۵
کمباین برنج هول‌کراپ	۶۸/۲۰	۲۰/۸۷	۷۹/۱۳

راهکارهای کاهش تلفات محصول برنج در زمان برداشت و فرآوری

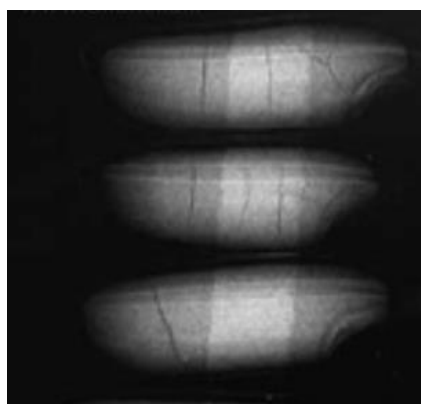
۱- برداشت برنج در زمان مناسب

زمان مناسب برای برداشت شالی نقش مهمی در کامل شدن نشاسته دانه و افزایش استحکام برنج دارد. اگر برداشت برنج خیلی زود انجام شود، دانه‌های برنج سبز و نارس می‌مانند. در برداشت دیرهنگام برنج نیز احتمال ترک‌خوردگی دانه‌ها بیشتر می‌شود (شکل ۲). در هر دو حالت، هنگام تبدیل شلتوک به برنج سفید، مقدار برنج شکسته به شکل قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. راهکارهای کاربردی توصیه‌شده به‌منظور کاهش ضایعات در هنگام برداشت برنج در جدول ۲ آورده شده است.

مدیریت ضایعات برنج در مرحله برداشت و زنجیره فرآوری / رقیه پورباقر و همکاران



دانه‌های برنج شکسته



دانه‌های برنج ترک‌خورده



دانه‌های برنج نارس

شکل ۲- دانه‌های برنج نارس، ترک‌خورده و شکسته به دلیل برداشت در زمان نامناسب

جدول ۲- معیارهای انتخاب زمان مناسب برداشت شلتوک

ردیف	موضوع	عدد یا بازه	واحد/ توضیح	نکته یا کاربرد
۱	برداشت ارقام دیررس	۱۳۰-۱۳۶	روز پس از کاشت	زمان ایده‌آل برداشت برای ارقام دیررس
۲	برداشت ارقام متوسط‌الرشد	۱۱۳-۱۲۵	روز پس از کاشت	زمان ایده‌آل برداشت برای ارقام متوسط
۳	برداشت ارقام زودرس	۱۱۰	روز پس از کاشت	زمان ایده‌آل برداشت برای ارقام زودرس
۴	برداشت در فصل خشک	۲۸-۳۵	روز پس از خوشه‌دهی	زمان بهینه برداشت در شرایط خشک
۵	برداشت در فصل مرطوب	۳۲-۳۸	روز پس از خوشه‌دهی	زمان بهینه برداشت در شرایط مرطوب
۶	درصد رطوبت مرسوم در برداشت	۲۰-۲۵	درصد (بر پایه تر)	محدوده مناسب رطوبت هنگام برداشت
۷	درصد رطوبت نهایی خشک‌کردن	۱۲-۱۴	درصد (بر پایه خشک)	رطوبت مطلوب نهایی شالی پس از خشک‌کردن
۸	شاخص بصری زردی برگ‌ها	۹۰-۹۵	درصد زردی	شاخص دیداری ورود به مرحله برداشت
۹	میزان وزن خشک دانه (درصد آمیلوز)	۲۰-۲۵	درصد از کل ترکیبات	دانه کاملاً سفت‌شده و بدون حالت شیرینی
			نشاسته موجود در دانه	

۲- استفاده از ماشین‌های مناسب برای برداشت برنج

انتخاب و استفاده از کمباین‌های مناسب نقش مهمی در کاهش ضایعات کمی و کیفی برداشت برنج دارد. کارایی کمباین تحت تأثیر طراحی هد برداشت، نوع و معماری دستگاه کوبش، سیستم تمیزکننده، ظرفیت تغذیه و امکانات تنظیم (تنظیمات دور کوبنده، سرعت پیشروی) قرار دارد. کمباین هول‌کراپ برای برداشت برنج قابل توصیه است (جدول ۳).



جدول ۳- مقایسه انواع کمباین برنج و اثرات کلیدی بر ضایعات (صفری و همکاران، ۱۳۹۲)

عامل / ویژگی	کمباین هدفید دوردیفه	کمباین هدفید سهردیفه	کمباین هول کراپ
میزان ریزش (درصد)	۱/۳۶	۱/۴۹	۱/۷۴
دانه تمیز (گرم)	۱۸۶	۱۸۶	۱۷۵
سوخت مصرفی (لیتر در هکتار)	۴۰/۲۶	۲۷/۸۶	۱۸/۶
بازده مزرعه‌ای (درصد)	۴۱/۴۹	۴۸/۳۶	۶۵/۹
هزینه (میلیون ریال در هکتار)	۷/۱۹	۶/۰۹	۱/۳۹

۳- روش و خشک‌کن مناسب برای خشک‌کردن برنج

راهکارهای ساده و کاربردی برای کاهش ضایعات برنج در مرحله خشک‌کردن به شرح زیر هستند:

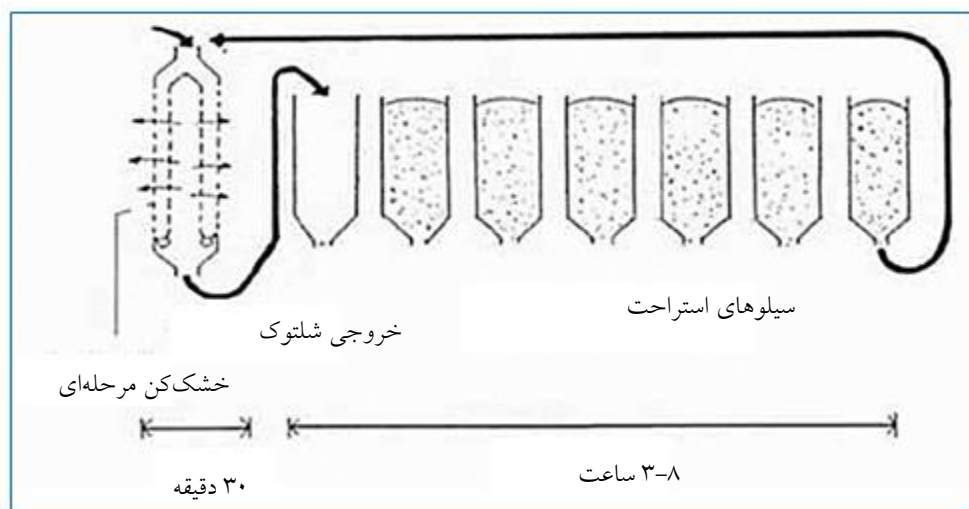
الف- به‌کارگیری سیستم‌های کنترل خودکار در خشک‌کن‌های رایج: این سیستم‌ها علاوه بر حذف خطای انسانی و کاهش مصرف انرژی، کیفیت خشک‌کردن را بهبود می‌بخشند.

ب- استفاده از خشک‌کن سه‌مرحله‌ای با شیب ملایم افزایشی دما در محدوده ۴۵-۳۵ درجه سلسیوس: با استفاده از خشک‌کن سه‌مرحله‌ای می‌توان میزان ضایعات برنج را در مرحله خشک‌کردن کاهش داد. در این روش، شلتوک در هر مرحله حدود ۱۵ تا ۳۰ دقیقه در معرض هوای گرم قرار می‌گیرد و در هر بار فقط ۱ تا ۳ درصد از رطوبت خود را از دست می‌دهد (شکل ۳). در روش چندمرحله‌ای، پس از هر مرحله خشک‌کردن، دستگاه خاموش می‌شود و خشک‌کردن تا رسیدن به رطوبت مطلوب مجدداً ادامه می‌یابد. برای شلتوک با رطوبت اولیه بیشتر از ۱۹ درصد، رطوبت مطلوب مرحله اول ۱۷-۱۶ درصد، مرحله دوم ۱۳/۵-۱۴/۵ درصد و مرحله سوم ۱۱-۱۲ درصد است. برای شلتوک با رطوبت اولیه کمتر از ۱۷ درصد، رطوبت مناسب مرحله اول ۱۴/۵-۱۴ درصد، مرحله دوم ۱۲/۵-۱۳ درصد و مرحله سوم ۱۱-۱۲ درصد است (تجدیدی‌طلب، ۱۳۸۴). برای شلتوک‌هایی که رطوبت اولیه آنها ۱۹ تا ۲۲ درصد است، استفاده از خشک‌کن سه‌مرحله‌ای بهترین نتیجه را می‌دهد. برای شلتوک با رطوبت ۱۵/۵ تا ۱۷ درصد نیز خشک‌کن دو مرحله‌ای توصیه می‌شود.

زمان استراحت دانه‌های برنج در سیلو (تمپرینگ^۳) بین ۴ تا ۲۴ ساعت متغیر است. اگر دما، جریان هوا و زمان استراحت دانه‌ها به‌درستی تنظیم شود، می‌توان علاوه بر جلوگیری از ترک‌خوردگی و شکستگی دانه‌ها در مصرف انرژی نیز صرفه‌جویی کرد. کارخانه‌های پیشرفته با سیستم‌های تبدیل جدید معمولاً از خشک‌کن‌های ایستاده جریان گردشی برای خشک‌کردن شلتوک استفاده می‌کنند. محدوده دمایی مورد استفاده برای خشک‌کردن شلتوک در این نوع خشک‌کن‌ها حدود ۴۵-۴۰ درجه سلسیوس است. زمان خشک‌شدن و انرژی مصرفی در این نوع خشک‌کن‌ها نسبت به خشک‌کن بستر ثابت کمتر بوده و شلتوک برای خشک‌شدن در این خشک‌کن‌ها به حدود ۲۴-۲۰ ساعت زمان نیاز دارد. در شکل ۴ نوع خشک‌کن و مقادیر بهینه دمایی برای خشک‌کردن شلتوک نشان داده شده است (گازر، ۱۳۹۷).

^۳ Tempering

مدیریت ضایعات برنج در مرحله برداشت و زنجیره فرآوری / رقیه پورباقر و همکاران



شکل ۳- شماتیک خشک کن چندمرحله‌ای (پاداشت‌دهکاری و همکاران، ۱۳۹۴)



خشک کن بستر ثابت (ایستاده)

محدوده دمای بهینه: ۳۰-۵۰ درجه سلسیوس



خشک کن بستر ثابت (خوابیده)

محدوده دمای بهینه: ۳۰-۵۰ درجه سلسیوس



خشک کن ایستاده جریان گردشی

محدوده دمای بهینه: ۴۵-۳۰ درجه سلسیوس

شکل ۴- نمایی از خشک کن های مورد استفاده برای شلتوک به همراه مقادیر دمایی بهینه (گازر، ۱۳۹۷)

۴- پوست کن و سفیدکن مناسب برای فرآوری برنج

تبدیل برنج آخرین مرحله پس از برداشت شالی است و باید به گونه ای انجام شود که کیفیت مورد انتظار مصرف کننده حفظ شود. این مرحله شامل دو بخش اصلی پوست کنی و سفیدکنی است. هنگام انجام این عملیات، فشار و اصطکاک به دانه ها وارد می شود و اگر دانه ها ضعیف باشند، احتمال شکستگی آنها بیشتر است. معمولاً دانه های گچی، ترک خورده، نارس یا دارای رطوبت بالا بیشتر دچار شکستگی می شوند. برای کاهش ضایعات در این مرحله لازم است شرایط پیش از فرآوری مانند نحوه خشک کردن و میزان رطوبت دانه های برنج با دقت کنترل شود. همچنین، کنترل تنظیمات دستگاه ها و روش های فرآوری مانند نوع دستگاه، شدت و زمان سایش، میزان تغذیه دستگاه و مدت زمان تمپرینگ، ضروری است. مجموعه ای از راهکارهای فنی برای کاهش ضایعات برنج در مرحله پوست کنی و سفیدکنی در جدول ۴ آورده شده است (نصرنیا و همکاران، ۲۰۱۲؛ حیدری سلطان آبادی و همکاران، ۲۰۱۷).

توصیه ترویجی (جمع بندی)

برنج یک محصول استراتژیک در کشور است که به طور متوسط حدود ۲۲ درصد آن در قالب ضایعات زنجیره تولید تلف می شود. این موضوع موجب شکاف عمده عرضه و تقاضا و واردات ۱/۲ میلیون تن برنج و در نتیجه، خروج ارز از کشور می شود. با استفاده از فناوری های پیشرفته و نوین و حمایت دولت می توان میزان ضایعات در برنج را به حداقل رساند و

جدول ۴- راهکارهای فنی کاهش ضایعات برنج در مراحل پوست‌کنی و سفیدکنی

راهکار	مرحله کاربرد	مکانیسم	تأثیرات بر کاهش ضایعات
خشک کردن چند مرحله‌ای	قبل از پوست‌کنی	کاهش ترک‌خوردگی و همگن‌سازی رطوبت در داخل دانه	استراحت‌دهی مناسب می‌تواند عملکرد برنج سالم را افزایش و شکستگی را کاهش دهد (مقادیر وابسته به رقم و پروتکل)
بهینه‌سازی رطوبت	هنگام تغذیه به پوست‌کن و سفیدکن	رطوبت بهینه باعث کاهش شکنندگی سطحی می‌شود. البته از رطوبت‌گیری یا رطوبت‌دهی شدید باید پرهیز شود.	موجب کاهش ترک سطحی و شکنندگی دانه برنج می‌شود. بازه‌های رطوبت بهینه را برحسب رقم و دستگاه پیشنهاد می‌کنند.
کنترل پارامترهای پوست‌کن و سفیدکن (سرعت تغذیه، فشار تماس، زمان ماند)	داخل پوست‌کن و سفیدکن	کاهش ضربه و سایش بیش از حد موجب افزایش تفکیک پوسته از دانه بدون وارد آوردن تنش مکانیکی می‌شود.	کاهش سرعت تغذیه و تنظیم فشار می‌تواند درصد برنج سالم را بالا برد. البته الگوهای عددی به نوع ماشین و رقم بستگی دارند.
چند سری سفیدکن سایشی و یک پولیشر اصطکاکی	مرحله سفیدکنی و پولیش	برداشت تدریجی لایه سبوس جایگزین یک عمل نهاجمی، کاهش شکستگی و بهبود ظاهر.	سیستم سه مرحله سایش و یک مرحله پولیش معمولاً کمترین درصد شکستگی برنج و هزینه را دارد.
پیش‌غریبالگری و جداسازی دانه ترک‌خورده	پیش از پوست‌کنی و بین مراحل	حذف یا پردازش جداگانه دانه‌های آسیب‌دیده از جریان اصلی و کاهش شکستگی کلی.	جداسازی پیشین موجب کاهش سایش غیرهدفمند دستگاه و کاهش ضایعات برنج می‌شود.

وابستگی به واردات را با وجود نوسانات قیمت جهانی و تحریم‌ها کاهش داد. برای کاهش ضایعات برنج، اقدامات اصلاحی زیر توصیه می‌شود:

- استفاده هم‌زمان از خشک‌کن مناسب، جداسازی نوری و بسته‌بندی تحت خلاء در خط تولید موجب کاهش ۱۵-۱۰ درصدی ضایعات در طی فرآوری می‌شود.

- اعطای تسهیلات اصلاح ساختار مدرنیزه به کارخانجات شالیکوبی و برنج‌کوبی.

- تقویت زنجیره ارزش برنج. با ایجاد خوشه‌های صنعتی در استان‌های شمالی می‌توان بهره‌وری را افزایش و میزان ضایعات برنج را کاهش داد.

- راه‌اندازی پلتفرم‌های هوشمند و دیجیتال برای اتصال مستقیم کشاورزان به واحدهای فرآوری و بازارهای مصرف، حذف واسطه‌های غیرضروری و ارتقاء شفافیت در زنجیره تأمین.

- ایجاد سامانه ملی و به‌روز برای پایش ضایعات و کیفیت محصول برنج.



فهرست منابع

- ۱- بی نام. ۱۴۰۳. آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱. جلد اول: محصولات زراعی، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- ۲- پاداشت دهکایی، فریدون، کبری تجددی طلب، مریم حسینی، محمد ربیعی، ناصر شرفی، حسن شکری واحد، محمدرضا علیزاده، فرامرز علی نیا، محسن عمرانی، مسعود کاوسی، فرزاد مجیدی، مجید نحوی و محمدرضا یزدانی. ۱۳۹۴. راهنمای برنج (کاشت، داشت، برداشت و پس از برداشت). کرج: نشر آموزش کشاورزی.
- ۳- تجددی طلب، کبری. ۱۳۸۴. اثر خشک کردن چند مرحله ای بر بازده تبدیل و مدت زمان خشک کردن شلتوک. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۶ (۲۲)، ص ۱۱۳-۱۲۴.
- ۴- صفری، محمود، محمدرضا علیزاده و کریم گرامی. ۱۳۹۲. مقایسه سه نوع کمباین متداول برنج در منطقه مازندران. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۴ (۴)، ص ۷۳-۸۶.
- ۵- گازر، حمیدرضا. ۱۳۹۷. آشنایی با خشک کن های کشاورزی. کرج: نشر آموزش کشاورزی.
6. Allameh, A. and M.R. Alizadeh. 2020. Rice losses characteristics in various harvesting methods. *AGROFOR International Journal*, 5 (1): 94-103.
7. Ardakani, Z. and S.D'Amico. 2020. Improving food security in Iran: quantifying post-harvest rice losses. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 3 (2): 183-194.
8. Heidari Soltanabadia, M., H. Salemia, B. Tahanib and S. Fathi. 2017. Investigation of rice quality milling in abrasive and blade whiteners in terms of breakage percentage and degree of milling. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 7 (10): 198-211.
9. Nasrnia, E., M. Sadeghi and A. Masoumi. 2012. Effect of various drying and tempering conditions on whiteness index of rice in a two-stage drying method. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 8 (1): 40-48.