

## روش‌های کاهش ضایعات در فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید در استان اصفهان

محسن حیدری سلطان آبادی\*

استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

### بیان مسئله و اهمیت موضوع

برنج بعد از گندم، پرمصرف‌ترین محصول کشاورزی در ایران است. شکل ظاهری و درصد شکستگی از جمله عوامل تعیین‌کننده کیفیت برنج است. وجود خرده برنج در محصول نهایی، موجب کاهش قیمت آن می‌شود. به عبارت دیگر، خرده برنج با این که قابل استفاده است، جزء ضایعات محسوب می‌شود. میزان ضایعات برنج تابع عوامل زیادی مانند رقم، عوامل محیطی، مدیریت زراعی، رطوبت هنگام برداشت و تبدیل، روش خشک کردن و وسایل به کار گرفته شده در فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید است. این فرآیند شامل خشک کردن، تمیز کردن یا بوجاری، پوست‌کنی، سفید کردن، براق کردن و درجه‌بندی است. عمده ضایعات برنج (برنج شکسته شده) در مرحله تبدیل به وجود می‌آید. برنج شکسته تا یک سوم برنج سالم افت قیمت پیدا می‌کند و زیان مستقیم آن متوجه تولیدکننده برنج است.

سطح زیرکشت برنج در استان اصفهان از ۵ هزار هکتار در سال‌های خشک تا ۱۸ هزار هکتار در سال‌های پر آب متغیر است. عملکرد متوسط شلتوک در حدود ۵۷۰۰ کیلوگرم در هکتار (با رطوبت ۱۲ درصد) گزارش شده است. با توجه به متوسط راندمان تبدیل شلتوک استان (۶۳ درصد)، در هر هکتار ۳۶۰۰ کیلوگرم برنج سالم و شکسته، ۱۱۵۰ کیلوگرم پوست شلتوک و ۶۸۰ کیلوگرم سبوس تولید می‌شود. ارقام برنج اصفهان دارای کیفیت مناسب پخت و عطر و طعم خوبی هستند ولی به دلایل مختلف، درصد شکستگی آن‌ها زیاد است که بعضاً به ۳۰ درصد می‌رسد. این عامل سبب کاهش میزان بازارپسندی و درآمد تولیدکنندگان برنج شده است. در این مقاله به معرفی روش‌های کاهش ضایعات برنج در هر یک از فرآیندهای تبدیل پرداخته می‌شود.

### معرفی دستورالعمل

در این دستورالعمل، روش مناسب خشک کردن، پوست‌کنی و سفید کردن انواع شلتوک اصفهان براساس آخرین نتایج پژوهش‌ها شرح داده شده است. همچنین نحوه اندازه‌گیری کارگاهی درصد شکستگی، درصد سفیدشدگی و راندمان تبدیل برنج ارائه می‌شود.

## دستورالعمل ۱: خشک کردن شلتوک

مقدار رطوبت اولیه شلتوک تازه برداشت شده تا ۲۰ درصد می‌رسد. پس از جمع‌آوری این شلتوک لازم است تا آن را برای نگهداری در انبار خشک کنند. در صورتی که شلتوک با رطوبت بالا انبار شود، دچار کپک‌زدگی شده و کیفیت آن به شدت کاهش می‌یابد. حداکثر رطوبت شلتوک برای انبارداری بیش از یک سال باید در حدود ۱۴ درصد باشد. زمان برداشت برنج در اصفهان مقارن با فصل پاییز است. بنابراین، اقتصادی‌ترین اقدام برای کاهش مقدار رطوبت شلتوک، استفاده از نور و گرمای خورشید در فصل پائیز است. برای خشک کردن، باید شلتوک در لایه‌ای با عمق مناسب (حداکثر ۲۰ سانتی‌متر)، براساس مساحت در اختیار که البته باید تمیز و بهداشتی باشد، در جلوی نور خورشید پهن شده و به هم زده شود. البته خشک کردن سنتی شلتوک در هوای آزاد علاوه بر زمان‌بر بودن، خسارت‌های ناشی از حمله پرندگان و خشک شدن غیر یکنواخت شلتوک را در پی خواهد داشت.

برای کاهش رطوبت شلتوک به رطوبت مناسب تبدیل، می‌توان از خشک‌کن یا نور خورشید استفاده کرد. رطوبت مناسب تبدیل شلتوک به برنج سفید در ارقام اصفهان بین ۱۰ تا ۱۲ درصد است. مناسب‌ترین روش برای خشک کردن شلتوک تا رطوبت یاد شده، استفاده از خشک‌کن است. بیشتر خشک‌کن‌های موجود در اصفهان از نوع بستر افقی هستند. در این خشک‌کن‌ها که غالباً از سوخت گازوئیل یا گاز طبیعی برای تولید گرما استفاده می‌شود، باید شلتوک را به عمق ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر درون خشک‌کن ریخته و دمای آن روی ۴۵ درجه سلسیوس تنظیم شود. در این خشک‌کن‌ها، هم‌زدن منظم شلتوک عملیات خشک کردن را تسریع می‌کند. مناسب‌ترین روش برای اندازه‌گیری رطوبت لحظه‌ای شلتوک، استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج است که امروزه به سادگی قابل تهیه و استفاده است. پس از رسیدن شلتوک به رطوبت مناسب، لازم است تا خشک‌کن خاموش شده و چند ساعتی به شلتوک خشک شده استراحت داده شود تا رطوبت به طور یکسان در توده شلتوک پخش شود. در روش خشک کردن آفتابی، شلتوک در یک لایه نازک حداکثر ۱۰ سانتی‌متری در برابر آفتاب پهن شده و هر یک الی دو ساعت یک بار به هم زده می‌شود تا به رطوبت مناسب تبدیل برسد. در جدول ۱، رطوبت مناسب تبدیل و درصد کاهش ضایعات نسبت به رطوبت‌های بالاتر برای چند رقم برنج کشت شده در اصفهان ارائه شده است.

جدول ۱- درصد رطوبت مناسب تبدیل و میزان کاهش ضایعات ارقام برنج در سامانه‌های تبدیل برنج

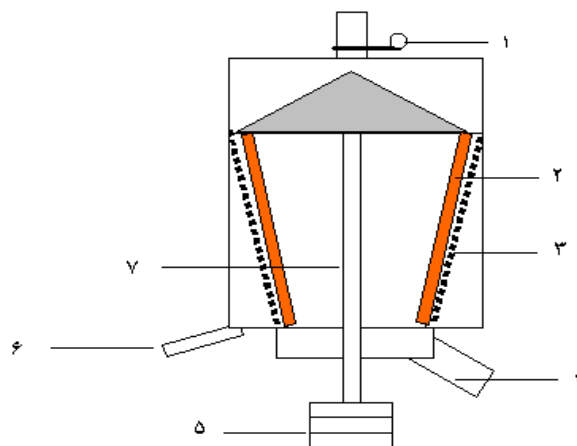
رقم	نوع سامانه تبدیل			
	تیغه‌ای		سایشی	
	درصد رطوبت مناسب	درصد کاهش ضایعات	درصد رطوبت مناسب	درصد کاهش ضایعات
فیروزان (سرخه)	۱۰	۵۱	۱۰	۲۷
سازندگی	۱۲	۳۹	۱۰	۲۵
طارم (کشت اصفهان)	۱۲	۳۵	۱۰	۱۸

## دستورالعمل ۲: پوست‌کنی شلتوک

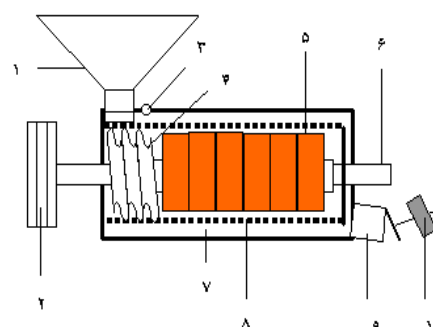
پس از خشک‌کردن و تمیزکردن شلتوک در دستگاه‌های بوجاری، عملیات پوست‌کنی شروع می‌شود. پوست‌کنی شامل جدا کردن پوست برنج به وسیله نیروهای اصطکاکی و یا ضربه‌ای است که با استفاده از دستگاه‌های پوست‌کن انجام می‌شود. در پوست‌کنی پیشرفته، برداشتن پوست به وسیله پوست‌کن غلتکی لاستیکی انجام می‌شود. مقدار شکستگی برنج در این نوع پوست‌کن در حدود ۳ درصد است. در برخی از کارخانجات شالی‌کوبی ایران از سفیدکن نوع تیغه‌ای برای پوست‌کنی برنج استفاده می‌شود که به دلیل ضایعات بالا (تا ۲۰ درصد) غیر قابل توصیه است.

## دستورالعمل ۳: سفیدکردن برنج

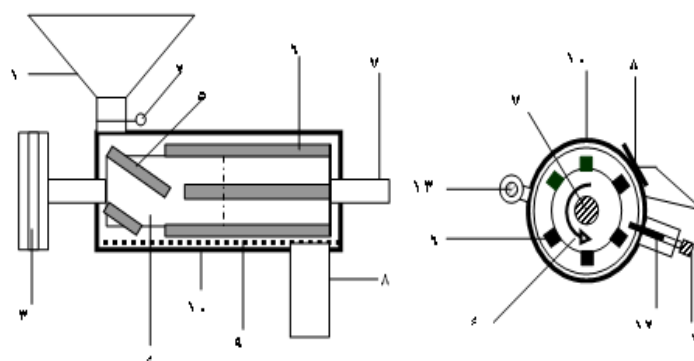
به برنج پوست‌گیری شده اصطلاحاً برنج قهوه‌ای گفته می‌شود. با استفاده از دستگاه‌های سفیدکن، سبوس از برنج قهوه‌ای جدا شده و برنج سفید به دست می‌آید. سفیدکن‌ها نقش زیادی در ایجاد ضایعات یا شکستگی برنج دارند، زیرا به دانه برنج، نیروی مکانیکی بیشتری وارد می‌کنند. همچنین، عوامل تضعیف‌کننده استحکام برنج مانند وجود ترک‌های ایجاد شده در مراحل برداشت و خشک‌کردن نیز خود را در این مرحله نشان می‌دهند. سفیدکن‌ها به دو گروه سفیدکن‌های سایشی و اصطکاکی تقسیم می‌شوند که هر یک از این دو گروه دارای انواعی هستند. ساز و کار و نحوه جداسازی سبوس در هر یک از سفیدکن‌ها متفاوت است. در نوع سایشی، سبوس موجود روی برنج قهوه‌ای توسط سایش با یک سنگ ساینده برداشته می‌شود. شکل ۱، سفیدکن سایشی مخروطی عمودی و شکل ۲، سفیدکن سایشی افقی را نشان می‌دهد. در نوع معروف به اصطکاکی، سفید شدن برنج بیشتر در اثر ایجاد تماس و اصطکاک بین دانه‌های برنج انجام می‌شود. سفیدکن تیغه‌ای (شکل ۳) یکی از انواع سفیدکن‌های اصطکاکی است.



شکل ۱- سفیدکن سایشی مخروطی عمودی و قسمت‌های آن: (۱- دریچه تنظیم ورودی)  
۲- صفحات ساینده ۳- صفحه مشبک ۴- دریچه خروجی برنج سفید ۵- پولی محرک توپی  
۶- دریچه خروجی سبوس برنج ۷- شافت مرکزی)



شکل ۲- سفیدکن سایشی افقی و قسمت‌های آن: (۱- مخزن ۲- پولی محرک توپی ۳- دریچه تنظیم ورودی ۴- ماریچ انتقال ۵- صفحات ساینده ۶- شافت مرکزی ۷- محفظه ۸- صفحه مشبک ۹- دریچه خروجی ۱۰- وزنه تنظیم دریچه خروجی)



شکل ۳- سفیدکن تیغه‌ای رایج و قسمت‌های آن: (۱- مخزن ۲- دریچه تنظیم ورودی ۳- پولی محرک توپی ۴- توپی سفیدکن ۵- آج‌های خمیده قسمت انتقال‌دهنده ۶- هم‌زن ۷- شافت مرکزی ۸- دریچه تنظیم خروجی ۹- صفحه مشبک ۱۰- محفظه ۱۱- پیچ تنظیم‌کننده طول تیغه ۱۲- تیغه ۱۳- لولای محفظه)

در بین انواع سفیدکن‌های برنج، استفاده از سفیدکن‌های سایشی بر تیغه‌ای ارجحیت دارد. میزان خردشدن برنج در سفیدکن‌های تیغه‌ای، ۵۷ درصد بیشتر از نوع سایشی است. همچنین سفیدشدن برنج در سفیدکن‌های سایشی کمتر از نوع تیغه‌ای است. کاهش سفیدکردن برنج علاوه بر حفظ سبوس و مواد مغذی برنج موجب کاهش ضایعات آن می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که درصد شکستگی برنج، تحت تأثیر درجه سفیدشدگی نیز واقع می‌شود. در انتهای فرآیند تبدیل برنج، با استفاده از الک‌ها و غربال‌های درجه‌بندی، برنج سالم و خرده از هم جدا می‌شود. در ساده‌ترین نوع غربال، برنج‌ها بر اساس قطر صفحات غربال، در دو دسته سالم و شکسته تقسیم می‌شوند. در

غربال‌های چند مرحله‌ای، برنج شکسته در چند اندازه جمع‌آوری می‌شود که استفاده از این نوع، مناسب‌ترین روش درجه‌بندی برنج است.

#### دستورالعمل ۴: انتخاب سامانه تبدیل برنج

سامانه‌های تبدیل برنج براساس وسایل مورد استفاده در آن به دو نوع تبدیل تیغه‌ای و سایشی تقسیم می‌شوند. یک سامانه تبدیل تیغه‌ای معمولاً شامل دستگاه بوجاری، دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی، دستگاه سفیدکن تیغه‌ای (چند دستگاه به صورت سری)، دستگاه غربال درجه‌بندی و چند دستگاه بالابر است. سامانه تبدیل سایشی نیز از دستگاه بوجاری، سنگ‌گیر، دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی، دستگاه پادیه صندوقی (جداساز شلتوک از برنج قهوه‌ای)، چند دستگاه سفیدکن سایشی افقی به صورت سری، دستگاه صیقل‌دهنده، دستگاه غربال درجه‌بندی و دستگاه بالابر تشکیل شده است. این دستگاه‌ها بر اساس کیفیت برنج خروجی و توسط اپراتور تنظیم می‌شوند. متوسط راندمان تبدیل و درصد شکستگی برنج ارقام اصفهان در تبدیل تیغه‌ای به ترتیب ۶۱/۵ و ۲۷/۵ درصد و در تبدیل سایشی ۶۴ و ۱۷/۵ درصد گزارش شده است. با توجه به این که درصد قابل توجهی از سامانه‌های تبدیل برنج در استان اصفهان هنوز از نوع تیغه‌ای است، توصیه می‌شود سامانه‌های تبدیل برنج در این استان و همچنین کشور به نوع سایشی تغییر یابد. در سامانه‌های سایشی، علاوه بر کاهش شکستگی برنج، از اتلاف وزن برنج به صورت جدا شدن بیش از حد سبوس نیز جلوگیری می‌شود.

#### دستورالعمل ۵: روش اندازه‌گیری پارامترهای کیفی برنج

اندازه‌گیری کارگاهی خصوصاتی مانند درصد برنج سفید سالم و شکسته، درجه سفیدشدگی و راندمان تبدیل برنج، کمک زیادی به تنظیم دستگاه‌های موجود در خط تبدیل برنج و کاهش ضایعات آن می‌کند. در صورت تجهیز هر واحد شالی‌کوبی به یک ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱ گرم، اندازه‌گیری موارد زیر در محل تبدیل برنج امکان‌پذیر است:

۱- درصد برنج سفید سالم و شکسته: از نمونه‌های ۳۰ گرمی که مخلوطی از برنج سالم و شکسته است، برنج‌های بزرگ‌تر و کوچک‌تر از سه چهارم طول یک برنج سفید کامل جدا می‌شود. نسبت وزن برنج‌های بزرگ‌تر از سه چهارم طول یک برنج سفید سالم به کل وزن نمونه ضرب در ۱۰۰، درصد برنج سفید سالم و نسبت وزن برنج‌های کوچک‌تر از آن ضرب در ۱۰۰، درصد شکستگی برنج را مشخص می‌کند.

۲- درجه سفیدشدگی برنج: درجه سفیدشدگی برنج، براساس استاندارد درصد کاهش وزن برنج قهوه‌ای در اثر سفیدشدن اندازه‌گیری می‌شود. در این روش، ۱۰۰ دانه برنج قهوه‌ای سالم و ۱۰۰ دانه برنج سفید سالم وزن شده و با استفاده از رابطه  $D = \frac{W_b - W_w}{W_b}$  که در آن  $W_b$  وزن ۱۰۰ دانه برنج قهوه‌ای سالم و  $W_w$  وزن ۱۰۰ دانه برنج

سفید سالم است، درجه سفیدشدگی ( $D$ ) به دست می‌آید.

۳- راندمان تبدیل برنج: با تقسیم وزن برنج سفید سالم و شکسته به وزن شلتوک اولیه، راندمان تبدیل برنج به دست می‌آید.

### فرآیند به‌کارگیری / نحوه اجرایی شدن

دستورالعمل‌های ذکر شده برای برنج‌کاران، صاحبان صنایع تبدیل برنج، بهره‌برداران و حتی مصرف‌کنندگانی که برنج خود را از طریق خرید شلتوک تأمین می‌کنند، قابل استفاده بوده و به‌کارگیری این دستورالعمل‌ها می‌تواند در جهت کاهش ضایعات این محصول مهم و با ارزش و کسب سود بیشتر مؤثر باشد.

### مزایا و اثربخشی

دستورالعمل حاضر را می‌توان در دو قسمت روش خشک کردن مناسب و استفاده از سامانه تبدیل مناسب خلاصه کرد. اجرای اصول خشک کردن شلتوک در آفتاب و خشک‌کن‌ها و نیز رعایت رطوبت مناسب تبدیل شلتوک به صورت مستقیم، موجب کاهش شکستگی برنج خواهد شد. به ازای کاهش هر یک درصد شکستگی برنج، در حدود ۳۶ کیلوگرم در هکتار برنج سالم به دست می‌آید که قیمت آن سه برابر برنج شکسته است. این امر سبب افزایش درآمد تولیدکنندگان برنج استان خواهد شد. تبدیل سامانه‌های تیغه‌ای به سایشی هر چند در ابتدا هزینه اولیه‌ای به دوش شالی‌کوبی‌ها می‌گذارد، اما با کاهش ۳۶/۴ درصدی خردشدن برنج نسبت به سامانه‌های تیغه‌ای، هزینه‌ها جبران خواهد شد. از طرفی، با کاهش سفیدشدن بی‌مورد برنج در سامانه‌های سایشی، راندمان تبدیل در حدود ۲/۵ درصد افزایش خواهد یافت که این به معنای بازگشت حدود ۱۴۳ کیلوگرم در هر هکتار، برنج سفیدشده به چرخه تولید است.