

## مقایسه عملکرد فنی و اقتصادی دو نوع دستگاه جداساز شلتوک در استان فارس

محمد شاکر و هدایت‌اله رحیمی\*

\* به ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس (زرقان)، نشانی: زرقان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، ص. پ. ۷۳۴۱۵-۱۱۱، تلفن: ۴۲۲۲۴۳۲ (۰۷۱۲)، پیام‌نگار: shaker@farsagres.ir؛ عضو هیئت علمی گروه بررسی‌های اقتصادی طرح‌های تحقیقاتی کشاورزی تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۱۰/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۹/۱۱

### چکیده

در این تحقیق، عملکرد دستگاه‌های جداساز شلتوک (پادیه) نوع صندوقی و سینی شکل از نظر فنی و اقتصادی، نسبت به سه رقم شلتوک رایج در استان فارس (کامفیروزی، آمل-۳ و نعمت) ارزیابی شده است. به منظور اجرای این تحقیق، از طرح آماری کرت‌های خردشده در پنج تکرار استفاده شد. سه رقم شلتوک به عنوان کرت‌های اصلی و دو نوع دستگاه جداساز به عنوان کرت‌های فرعی انتخاب گردید. جهت مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن استفاده شد. آزمایش در یک کارگاه شالیکوبی اجرا شد. در هر تیمار با نمونه‌گیری از خروجی دستگاه‌های پوست‌کن و جداساز شلتوک، درصد شلتوک و برنج قهوه‌ای و از خروجی دستگاه صیقل‌دهنده، درصد شکستگی برنج اندازه‌گیری شد. همچنین ظرفیت و توان مورد نیاز دستگاه‌ها نیز اندازه‌گیری و مقایسه شد. به منظور مقایسه اقتصادی دو نوع دستگاه جداساز شلتوک، از روش بودجه‌بندی جزئی استفاده شد. نتایج نشان داد که درصد شلتوک و درصد برنج قهوه‌ای خروجی (میانگین داده‌های مربوط به سه رقم شلتوک در یک دستگاه جداساز) در نوع سینی شکل، به ترتیب با مقادیر ۷۶/۰۳ و ۹۹/۸۹ درصد، نسبت به نوع صندوقی، به ترتیب با مقادیر ۲۸/۳۲ و ۹۹/۵ درصد، به طور معنی‌داری بیشتر است. همچنین درصد شکستگی برنج در سیستم تبدیل مجهز به دستگاه جداساز نوع سینی شکل با ۱۸/۳۴ درصد به طور معنی‌داری کمتر از نوع صندوقی با ۲۱/۷۵ درصد بود. مشخص شد که ظرفیت دستگاه جداساز سینی شکل حدود یک و نیم برابر صندوقی و توان مورد نیاز جهت راه‌اندازی دستگاه جداساز صندوقی پنج برابر سینی شکل است. ارزیابی و مقایسه عملکرد دو نوع دستگاه جداساز نشان داد که در هر سه رقم شلتوک مورد آزمایش، دستگاه جداساز سینی شکل بهتر از نوع صندوقی است. در مجموع از نظر فنی و اقتصادی می‌توان گفت که دستگاه جداساز نوع سینی شکل برای ارقام آمل-۳ و نعمت و نوع صندوقی برای رقم کامفیروزی مناسب است.

### واژه‌های کلیدی

ارزیابی اقتصادی، برنج قهوه‌ای، دستگاه جداساز سینی شکل، دستگاه جداساز صندوقی، شلتوک

### مقدمه

فرایند تبدیل شلتوک به برنج سفید با اهمیت است که چهار مرحله کلی دارد: تمیز کردن، پوست‌کندن، سفید کردن و درجه‌بندی برنج. در هر یک از مراحل فوق ماشین‌های مختلفی استفاده می‌شود و آسیب‌هایی نیز به برنج وارد

برنج از غلات مهمی است که از دیرباز به عنوان یک کالای استراتژیک و در زمره مهم‌ترین مواد غذایی بشر مورد توجه بوده است. در روند تولید برنج و نیز در موضوع تلفات،



می‌دهد که شکستگی برنج بیشتر در اثر تنش‌های مکانیکی سیستم است نه تنش‌های گرمایی و رطوبتی.

در تحقیقی، شاکر و همکاران (Shaker *et al.*, 1998) متوسط میزان شکستگی را در کارگاه‌های برنجکوبی منطقه کربال مرودشت حدود ۲۳ درصد گزارش کردند. همچنین مشخص شده است که استفاده از دستگاه پادیه صندوقی، شکستگی برنج را ۸/۰۶ درصد کاهش می‌دهد و زمانی که دستگاه‌های مورد استفاده در خط تبدیل شامل پوست‌کن، پادیه، سفیدکن سایشی و سفیدکن تیغه‌ای (به‌عنوان مکمل) باشد، علاوه بر این که شکستگی در حدی قابل قبول است، برنج نیز بازاری‌پسندی خوبی خواهد داشت.

شاکر و همکاران (Shaker *et al.*, 2002) در تحقیق دیگر ترکیبات مختلف دستگاه‌های تبدیل برنج را مقایسه کردند و گزارش دادند که ترکیب استفاده از سه واحد سفیدکن سایشی به صورت سری همراه با سفیدکن تیغه‌ای مکمل مناسب‌ترین ترکیب جهت استفاده در کارگاه‌های تبدیل شلتوک به برنج است. در این تحقیق، ۹ ترکیب مختلف مقایسه شدند و در تمام ترکیبات از دستگاه‌های پوست‌کن غلتک لاستیکی و پادیه صندوقی استفاده شد.

میاو و همکاران (Miao *et al.*, 1994) الگوی جریان دانه‌های برنج و عملکرد جداسازی دستگاه جداساز شلتوک آزمایشگاهی را بررسی کردند. در این بررسی، سرعت دورانی دستگاه را در محدوده ۱۵ تا ۲۵ دور بر دقیقه و میزان تغذیه مواد (شلتوک و برنج قهوه‌ای) مورد آزمایش را ۱۰۰ تا ۳۰۰ گرم در دقیقه تنظیم کردند. نتایج نشان داد که خصوصیات هندسی در جریان دانه‌های برنج را می‌توان به صورت تابع خطی از سرعت دورانی دستگاه بیان کرد.

کوجیما و ساکاگوچی (Kojima & Sakaguchi, 1992) خصوصیات یک دستگاه جداساز شلتوک<sup>۱</sup> را که جهت جداسازی شلتوک از برنج قهوه‌ای طراحی شده بود، بررسی کردند. این جداساز شامل یک صفحه دندانه‌دار با دو نوع

می‌آید که از جنبه کیفی اهمیت دارد. خروجی ماشین‌های پوست‌کن، مخلوطی از برنج قهوه‌ای سالم و شکسته، شلتوک، پوست و مواد اضافی دیگر است. مجموعه برنج قهوه‌ای و شلتوک به ماشین پادیه یا جداساز وارد و شلتوک از برنج قهوه‌ای جدا می‌شود. شلتوک مجدداً به پوست‌کن برگردانده و برنج قهوه‌ای به سفیدکن وارد می‌شود.

تاکنون دو نوع دستگاه جداساز طراحی و ساخته شده است که عبارت‌اند از جداساز صندوقی و جداساز سینی شکل. جداساز صندوقی که در استان فارس متداول است ظرفیت بالایی ندارد و جداسازی را به خوبی انجام نمی‌دهد به طوری که به همراه شلتوک، مقداری برنج قهوه‌ای نیز به دستگاه پوست‌کن برمی‌گردد. همین امر سبب افزایش ضایعات (شکستگی برنج) در سیستم تبدیل می‌شود. به منظور رفع مشکلات فوق، اخیراً جداساز سینی‌شکل در استان فارس ساخته شده است. در اینجا ضرورت دارد عملکرد این دو دستگاه بر ارقام مختلف برنج رایج در استان، که از نظر خصوصیات فیزیکی با یکدیگر متفاوت هستند، ارزیابی و مقایسه شود.

ویمبرلی (Wimberly, 1983) گزارش کرد که ظرفیت پادیه صندوقی ۲۴ خانه‌ای برای شلتوک دانه‌بلند ۱۵۶۰ و برای شلتوک دانه کوتاه ۲۴۰۰ کیلوگرم در ساعت است. ظرفیت پادیه سینی‌شکل، بیشتر از ظرفیت صندوقی است، ظرفیت یک مدل آن برای شلتوک دانه‌بلند ۲۲۷۰ و برای شلتوک دانه کوتاه ۳۱۸۰ کیلوگرم در ساعت است. به طور کلی، ظرفیت پادیه سینی‌شکل بسته به طول دانه از ۱/۲ تا ۹/۵ تن در ساعت متغیر است. هر چه طول دانه کوتاه‌تر باشد، ظرفیت کاری دستگاه بیشتر است.

ماتیوس و همکاران (Matthews *et al.*, 1970) گزارش دادند که استفاده از دستگاه جداساز شلتوک در سیستم تبدیل شلتوک به برنج، سبب کاهش تنش‌های مکانیکی وارد بر دانه برنج می‌شود. تحقیقات نیز نشان

۲). آزمایش روی سه رقم شلتوک رایج در استان فارس شامل آمل-۳، نعمت و کامفیروزی اجرا گردید. مشخصات فیزیکی این سه رقم شلتوک شامل طول، عرض و ضخامت (بر حسب میلی‌متر) به ترتیب به شرح زیر است:

آمل-۳: ۶/۹۵، ۲ و ۱/۷۹

نعمت: ۶/۷۷، ۲/۰۲ و ۱/۷۹

کامفیروزی: ۵/۸۹، ۲/۳۷ و ۱/۷۹

آزمایش‌ها در یک کارخانه شالیکوبی (واقعی) مجهز به سیستم تبدیل رایج در سطح استان اجرا شد. این کارخانه مجهز به دستگاه‌های غربال شلتوک، پوست کن غلتک لاستیکی<sup>۱</sup>، جداساز شلتوک صندوقی<sup>۲</sup>، جداساز شلتوک نوع سینی شکل<sup>۳</sup>، سفیدکن سایشی افقی<sup>۴</sup>، صیقل دهنده و غربال برنج بود و فقط با تعویض دستگاه‌های جداساز شلتوک، دو سیستم تبدیل برای آزمایش مهیا شد.

در این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از طرح آماری کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار استفاده شد. سه رقم شلتوک به عنوان کرت‌های اصلی و دو نوع دستگاه پادیه به عنوان کرت‌های فرعی انتخاب شدند. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن استفاده شد. برای این کار، از هر رقم شلتوک ۲۰۰ کیلوگرم برای هر تیمار تهیه شد. در زمان آزمایش، رطوبت شلتوک‌های رقم آمل-۳، نعمت و کامفیروزی به ترتیب برابر با ۸، ۶/۹ و ۱۰/۶ درصد (بر اساس وزن تر) بود. در زمان اجرای طرح فقط شلتوک خشک در دسترس بود و از این رو پس از تهیه ارقام مختلف شلتوک، رطوبت آنها اندازه‌گیری شد و در هر رقم با یک مقدار رطوبت ثابت، دو نوع دستگاه جداساز شلتوک مورد ارزیابی قرار گرفت.

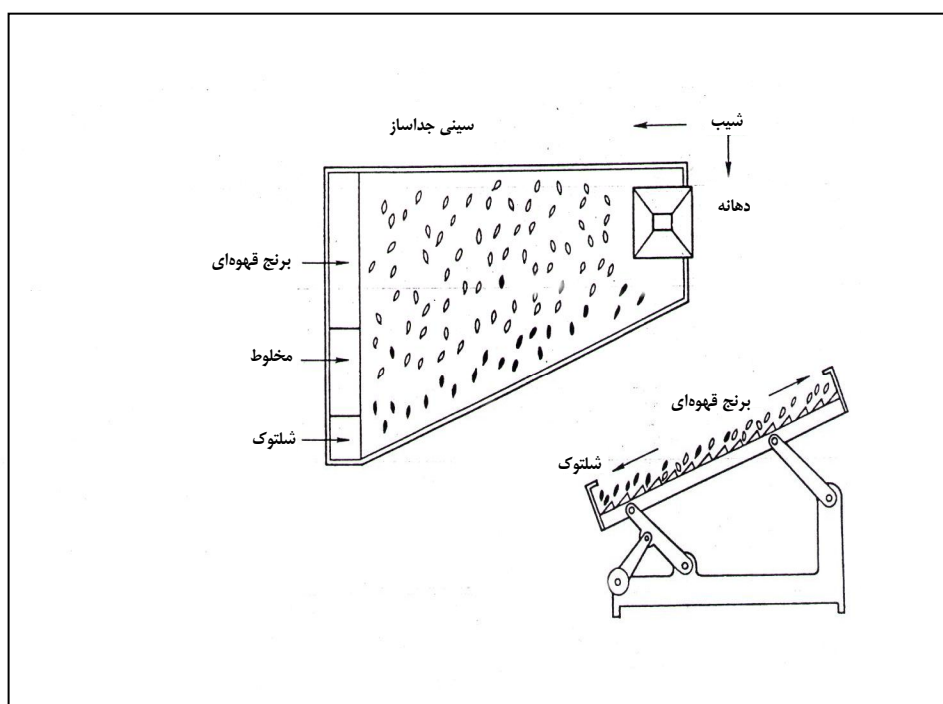
حرکت است. یک حرکت دانه را به سمت بالا سوق می‌دهد و حرکت دیگر جداسازی دانه را انجام می‌دهد. آزمایش روی دانه‌های شیشه‌ای با قطرهای مختلف نشان داد که دندان‌های روی سطح صفحه باید به گونه‌ای باشند که از لغزش برنج به سمت پایین و افتادن شلتوک درون آنها جلوگیری کنند؛ ضمن آن که اگر نسبت دانه‌های بزرگ به کوچک زیاد باشد، جداسازی بهتر اجرا می‌شود.

تسوجیا و همکاران (Tsuchiya et al., 1981) جداسازی شلتوک و برنج قهوه‌ای را با استفاده از جریان هوا ارزیابی کردند. در این آزمایش خواص آیرودینامیکی شلتوک و برنج قهوه‌ای از قبیل سرعت حد، مسافت پرواز کردن و توزیع دانه در یک جریان هوای افقی مورد بررسی قرار گرفت و دبی جریان هوای مورد استفاده نیز آزمایش شد. نتایج نشان داد که در این روش ۲۰ درصد شلتوک از برنج قهوه‌ای جدا می‌شود و به طور کلی جداسازی شلتوک از برنج قهوه‌ای بسیار مشکل است.

هدف از اجرای این تحقیق، مقایسه عملکرد فنی و اقتصادی دو نوع دستگاه جداساز شلتوک روی سه رقم شلتوک رایج در استان فارس بود که از نظر ظرفیت دستگاه‌ها، تاثیر نوع دستگاه بر درصد شکستگی برنج، درصد شلتوک خروجی و درصد برنج قهوه‌ای خروجی اجرا شد. ضمن آن که ماشین‌های فوق از نظر اقتصادی نیز مورد مقایسه قرار گرفتند.

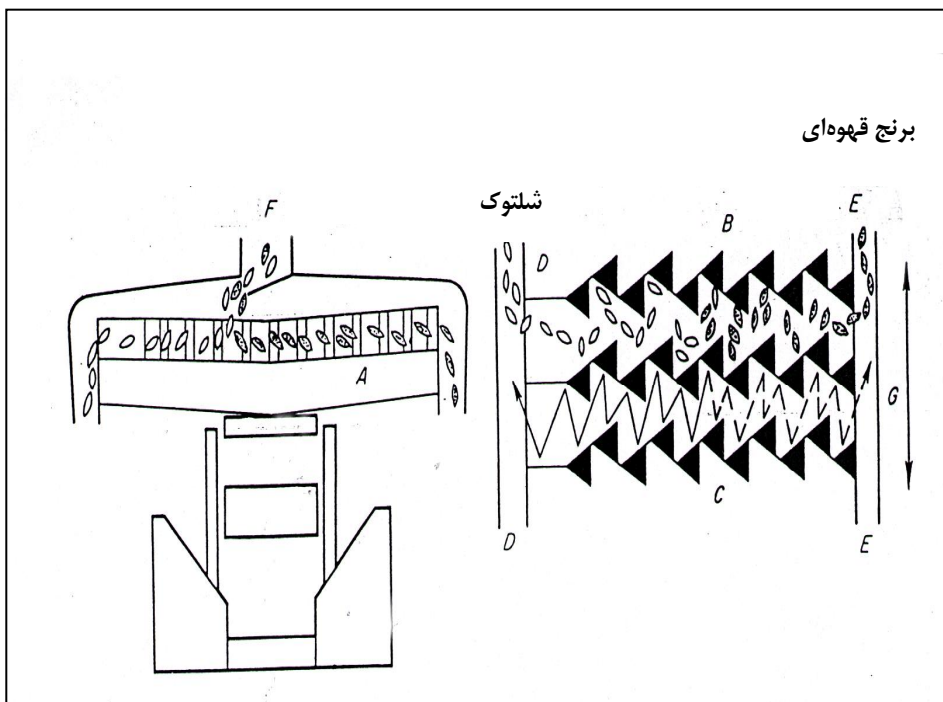
## مواد و روش‌ها

در این تحقیق، عملکرد فنی و اقتصادی دو نوع دستگاه پادیه یا جداساز شلتوک از برنج قهوه‌ای (سینی‌شکل و صندوقی)، ارزیابی و با یکدیگر مقایسه شد (شکل‌های ۱ و



شکل ۱- دستگاه جداساز سینی شکل

مقایسه عملکرد فنی و اقتصادی دو نوع دستگاه جداساز ...



شکل ۲- دستگاه جداساز صندوقی

جمعاً شش تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت که در هر تیمار با نمونه‌گیری (نمونه‌های ۱۰۰ گرمی در پنج تکرار) از خروجی دستگاه پوست‌کن (ورودی دستگاه جداساز)، خروجی‌های دستگاه جداساز و خروجی دستگاه صیقل‌دهنده، صفات زیر اندازه‌گیری شد:

۱- درصد شلتوک و برنج قهوه‌ای خروجی دستگاه پوست‌کن.  
 ۲- درصد شلتوک خروجی دستگاه جداساز به طرف دستگاه پوست‌کن.  
 ۳- درصد برنج قهوه‌ای خروجی دستگاه جداساز به طرف دستگاه سفیدکن.  
 ۴- درصد شکستگی برنج خروجی از دستگاه صیقل‌دهنده.  
 ۵- ظرفیت دو نوع دستگاه جداساز برحسب کیلوگرم در ساعت. ضمناً درصد رطوبت شلتوک و توان مورد نیاز دو نوع دستگاه جداساز بر حسب کیلووات اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شد.

درصد رطوبت شلتوک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج مخصوص شلتوک مدل رسا ۳۰۰۰ که ابتدا با روش استاندارد (آون) مقایسه و کالیبره گردید، اندازه‌گیری شد. با نمونه‌گیری از خروجی دستگاه‌های پوست‌کن و جداساز شلتوک و تفکیک دانه‌های شلتوک از برنج قهوه‌ای، درصد وزنی شلتوک و برنج قهوه‌ای موجود در نمونه‌ها محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری درصد شکستگی برنج (درصد وزنی) مربوط به کل سیستم تبدیل یا مجموع دستگاه‌ها، از خروجی دستگاه صیقل‌دهنده نمونه‌گیری و با تفکیک دانه‌های سالم از شکسته این فاکتور اندازه‌گیری شد. برنج شکسته به دانه‌هایی اطلاق می‌شود که طول آنها از سه چهارم طول یک دانه کامل کوچک‌تر باشد (Farouk & Islam, 1995)

ظرفیت دو نوع دستگاه جداساز، با اندازه‌گیری مقدار شلتوک ورودی و مدت زمان کار دستگاه برای این مقدار شلتوک، برحسب کیلوگرم در ساعت محاسبه شد. توان مورد نیاز دو نوع دستگاه جداساز با توجه به قدرت الکتروموتور نصب شده روی دستگاه، برحسب کیلووات به دست آمد.

جهت مقایسه مزایای اقتصادی دونه‌های جداساز سینی‌شکل و صندوقی، از تکنیک بودجه‌بندی جزئی استفاده شد. در این خصوص، برای اتخاذ تصمیم موارد زیر محاسبه شد:

- افزایش درآمد: افزایش درآمدی که در اثر اعمال تیمار جدید به دست می‌آید.
  - کاهش مخارج: مخارجی که در صورت عملی شدن تصمیم جدید، دیگر لازم نخواهد بود.
  - افزایش مخارج: تعیین مخارج متغیر که از عملی شدن تصمیم جدید ناشی می‌شود.
  - کاهش درآمد: محاسبه درآمدی که از عملی شدن تصمیم جدید از دست می‌رود.
- در صورتی که مجموع جبری افزایش درآمد و کاهش مخارج بیشتر از مجموع جبری افزایش مخارج و کاهش درآمد باشد، تصمیم مورد نظر قابل اجراست و گرنه از جهت اقتصادی قابل توجیه نیست.

## نتایج و بحث

### نتایج مقایسه عملکرد فنی دو نوع دستگاه جداساز سینی‌شکل و صندوقی

درصد شلتوک و برنج قهوه‌ای خروجی دستگاه پوست‌کن (ورودی دستگاه جداساز) برای سه رقم شلتوک مورد ارزیابی به قرار زیر بود:

در رقم آمل ۳، میزان شلتوک و برنج قهوه‌ای به ترتیب برابر با ۹/۹۴ و ۸۹/۵۹ درصد بود. در رقم نعمت، این مقادیر به ترتیب برابر با ۹/۸۲ و ۸۸/۱۸ درصد و در شلتوک رقم کامفیروزی به ترتیب برابر با ۱۰/۷۶ و ۸۷/۱۸ درصد بود.

پس از اجرای آزمایش‌ها و اندازه‌گیری فاکتورهای لازم، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها روی سه صفت مورد اندازه‌گیری شامل: درصد شلتوک خروجی دستگاه جداساز به

شده و دارای سه خروجی با دریچه‌های قابل تنظیم است، می‌توان خروجی دستگاه جداساز را به طرف دستگاه پوست‌کن به نحوی تنظیم کرد که درصد شلتوک بیشتری از این قسمت خارج شود. در صورتی که در خروجی دستگاه جداساز صندوقی چنین مکانیزمی به کار نرفته و قابل تنظیم نیز نیست.

مقایسه میانگین‌های درصد شلتوک در اثر متقابل رقم شلتوک و نوع دستگاه جداساز در شکل ۳ ارائه شده و حاکی از آن است که در هر سه رقم شلتوک مورد ارزیابی، مقدار درصد شلتوک خروجی در دستگاه جداساز سینی‌شکل بیشتر از صندوقی بوده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در دستگاه جداساز صندوقی، بیشترین مقدار درصد شلتوک خروجی مربوط به شلتوک رقم ۳-آمل است و رقم‌های کامفیروزی و نعمت به ترتیب پس از آن قرار دارند. در دستگاه جداساز سینی‌شکل، بیشترین مقدار شلتوک خروجی به رقم کامفیروزی و پس از آن به ترتیب به رقم‌های ۳-آمل و نعمت مربوط است.

طرف دستگاه پوست‌کن، درصد برنج قهوه‌ای خروجی دستگاه جداساز به طرف دستگاه سفیدکن و درصد شکستگی برنج خروجی دستگاه صیقل دهنده انجام شد که نتایج آن در زیر شرح داده می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم شلتوک و نوع دستگاه جداساز بر مقادیر درصد شلتوک خروجی دستگاه جداساز، در جدول ۱ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که بین مقادیر درصد شلتوک در اثر رقم شلتوک، نوع دستگاه جداساز و اثر متقابل آنها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مقایسه میانگین‌های درصد شلتوک در اثر رقم شلتوک و نوع دستگاه جداساز در جدول ۲ ارائه شده است. این مقایسه نشان می‌دهد که بیشترین مقدار درصد شلتوک در رقم ۳-آمل و کمترین مقدار آن در رقم نعمت وجود دارد. همچنین مشخص می‌شود که درصد شلتوک خروجی در دستگاه جداساز سینی شکل بیش از دو برابر دستگاه جداساز صندوقی است. به نظر می‌رسد که به دلیل مکانیزمی که در دستگاه جداساز سینی‌شکل به کار گرفته

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر رقم شلتوک و نوع دستگاه جداساز بر مقادیر درصد شلتوک و برنج قهوه‌ای خروجی دستگاه جداساز و درصد شکستگی برنج خروجی دستگاه صیقل دهنده

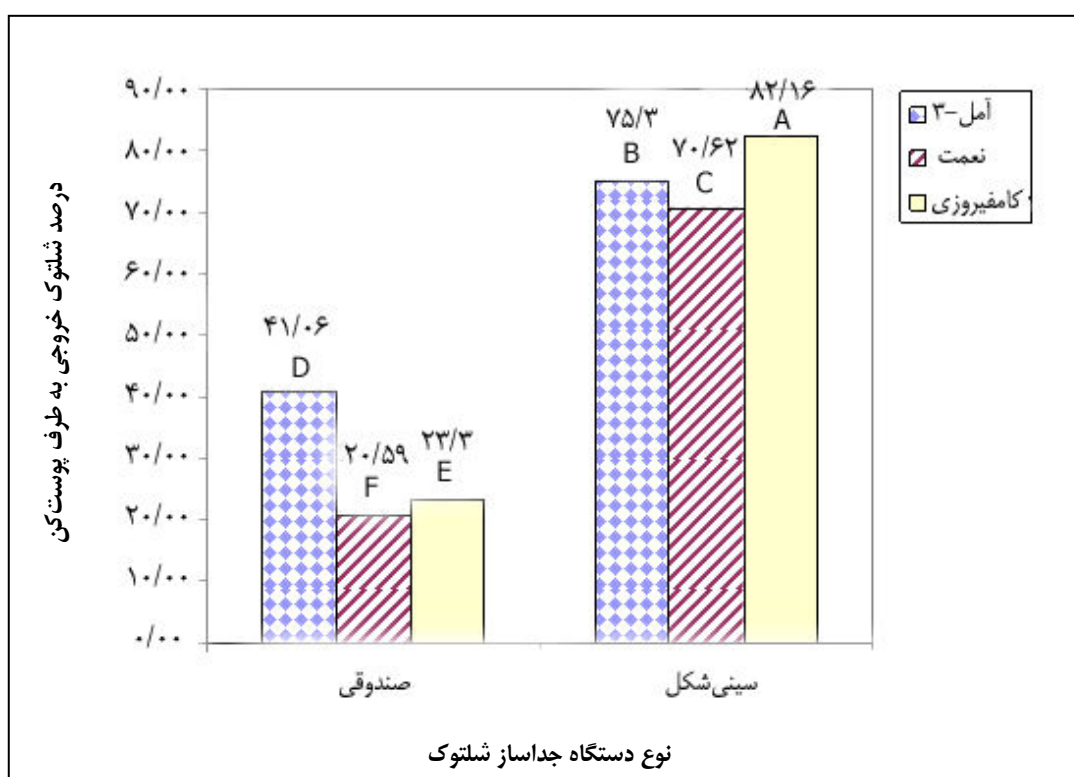
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		درصد شلتوک خروجی به طرف پوست‌کن	درصد برنج قهوه‌ای خروجی به طرف سفیدکن
تکرار	۴	۳/۶۰۵ns	۰/۰۲۲ns
رقم شلتوک (A)	۲	۳۹۸/۰۲۵**	۱/۷۰۹**
خطای عامل اصلی (a)	۸	۱/۵۵۴	۰/۰۱۷
نوع دستگاه جداساز (B)	۱	۱۷۰۷۲/۳۰۹**	۱/۱۱۰**
اثر متقابل A×B	۲	۳۸۸/۸۲۱**	۲/۱۲۲**
خطای عامل فرعی (b)	۱۲	۱/۵۶۲	۰/۰۲۰
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۴۰	۰/۱۴

\*\* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های درصد شلتوک خروجی دستگاه جداساز به طرف دستگاه پوست‌کن و نوع دستگاه جداساز

رقم شلتوک	درصد شلتوک خروجی به طرف پوست‌کن	نوع دستگاه جداساز	درصد شلتوک خروجی به طرف پوست‌کن
آمل-۳	۵۸/۱۸ a	صندوقی	۲۸/۳۲ b
نعمت	۴۵/۶۰ c	سینی شکل	۷۶/۰۳ A
کامفیروزی	۵۲/۷۳ b		

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های درصد شلتوک خروجی به طرف پوست‌کن در اثر متقابل نوع دستگاه جدا ساز و رقم شلتوک

نوع دستگاه جداساز، در جدول ۳ ارائه شده است که نشان می‌دهد بیشترین مقدار در شلتوک رقم آمل-۳ و کامفیروزی است که با هم در یک گروه قرار گرفته‌اند. کمترین درصد برنج قهوه‌ای در شلتوک رقم نعمت است که نسبت به دو رقم دیگر در گروهی جداگانه قرار دارد. همچنین مشخص شد که درصد برنج قهوه‌ای خروجی در دستگاه جداساز

نتایج تجزیه واریانس مقادیر برنج قهوه‌ای خروجی دستگاه جداساز به طرف دستگاه سفیدکن، در جدول ۱ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که بین مقادیر برنج قهوه‌ای در اثر رقم شلتوک، نوع دستگاه جداساز و اثر متقابل آنها، در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مقایسه میانگین‌های درصد برنج قهوه‌ای در اثر رقم شلتوک و



مقایسه عملکرد فنی و اقتصادی دو نوع دستگاه جداساز ...

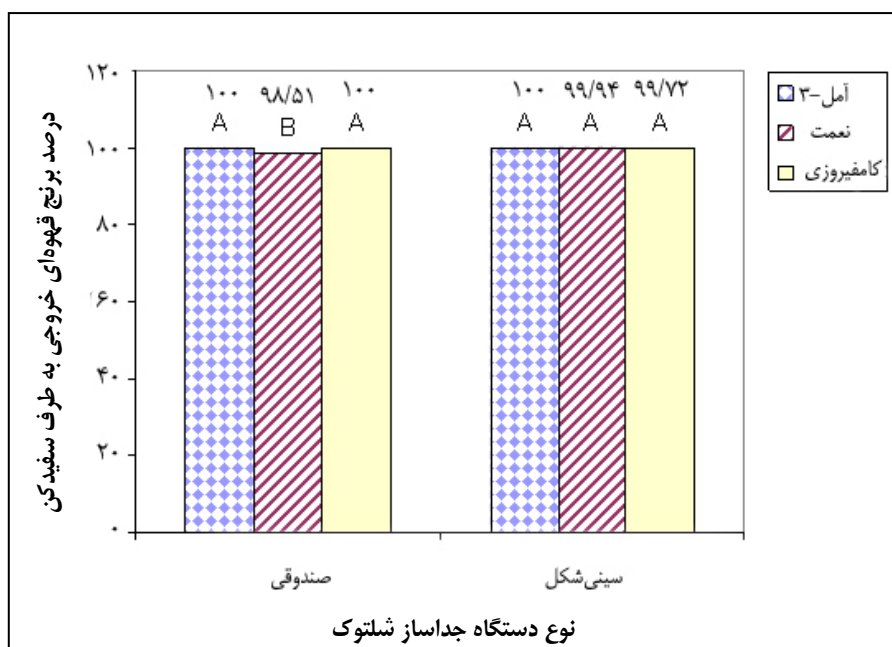
صندوقی است و نسبت به هم در دو گروه مختلف قرار دارند. نمودار همچنین نشان می‌دهد که در دستگاه جداساز صندوقی، بیشترین درصد برنج قهوه‌ای خروجی مربوط به شلتوک رقم آمل-۳ و کامفیروزی و کمترین مقدار مربوط به شلتوک رقم نعمت است. در دستگاه جداساز سینی‌شکل، درصدهای برنج قهوه‌ای خروجی در هر سه رقم شلتوک مورد ارزیابی، نسبت به هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

سینی‌شکل بیش از صندوقی است. مقایسه میانگین‌های درصد برنج قهوه‌ای در اثر متقابل رقم شلتوک و نوع دستگاه جداساز در شکل ۴ ارائه شده است که نشان می‌دهد در شلتوک‌های رقم آمل-۳ و کامفیروزی، درصد برنج قهوه‌ای خروجی، در دو نوع دستگاه مورد ارزیابی، نسبت به هم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در شلتوک رقم نعمت، درصد برنج قهوه‌ای در دستگاه جداساز سینی‌شکل، بیش از

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های درصد برنج قهوه‌ای خروجی دستگاه جداساز به طرف دستگاه سفیدکن در اثر رقم شلتوک و نوع دستگاه جداساز

رقم شلتوک	درصد برنج قهوه‌ای به طرف سفیدکن	نوع دستگاه جداساز	درصد برنج قهوه‌ای به طرف سفیدکن
آمل-۳	۱۰۰a	صندوقی	۹۹/۵۰b
نعمت	۹۹/۲۲b	سینی‌شکل	۹۹/۸۹a
کامفیروزی	۹۹/۸۶a		

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های درصد برنج قهوه‌ای خروجی به طرف سفیدکن در اثر متقابل نوع دستگاه جداساز و رقم شلتوک

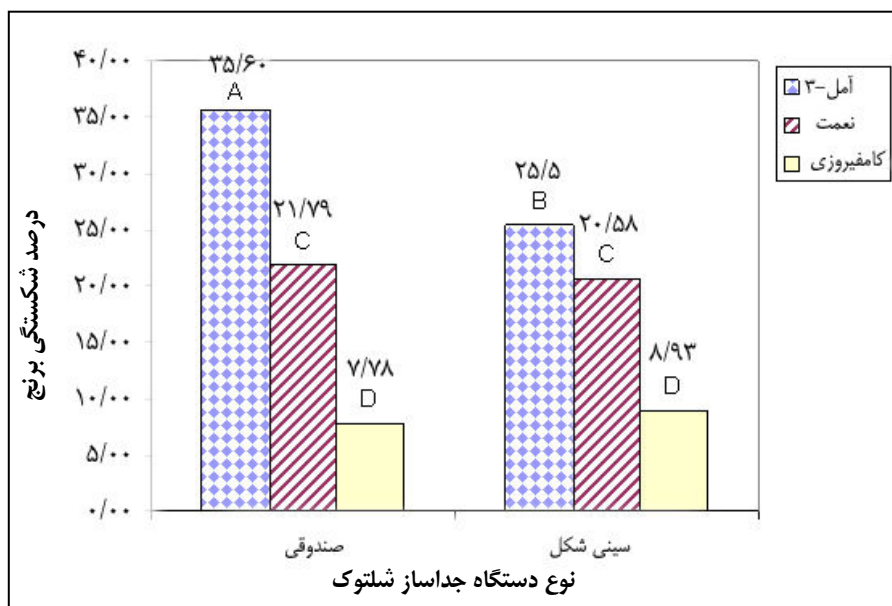
در اثر متقابل رقم شلتوک و نوع دستگاه جداساز در شکل ۵ ارائه شده است که نشان می‌دهد در شلتوک رقم نعمت و کامفیروزی، درصد شکستگی برنج در دو نوع دستگاه جداساز مورد ارزیابی نسبت به هم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در شلتوک رقم آمل-۳، درصد شکستگی برنج در دستگاه جداساز سینی‌شکل به صورت معنی‌داری کمتر از دستگاه جداساز صندوقی است. شکل همچنین نشان می‌دهد که در هر دو دستگاه جداساز مورد ارزیابی، بیشترین درصد شکستگی برنج مربوط به شلتوک رقم آمل-۳ و پس از آن به ترتیب مربوط به رقم‌های نعمت و کامفیروزی است.

نتایج تجزیه واریانس درصد شکستگی برنج خروجی دستگاه صیقل‌دهنده، در جدول ۱ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که بین مقادیر درصد شکستگی برنج در اثر رقم شلتوک، نوع دستگاه جداساز و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مقایسه میانگین‌های اثر رقم شلتوک و نوع دستگاه جداساز، بر درصد شکستگی برنج، در جدول ۴ ارائه شده است که نشان می‌دهد بیشترین مقدار درصد شکستگی برنج در رقم آمل-۳ و کمترین آن در رقم کامفیروزی است. همچنین مشخص شد که درصد شکستگی برنج در دستگاه جداساز سینی‌شکل کمتر از صندوقی است. مقایسه میانگین‌های درصد شکستگی برنج

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های درصد شکستگی برنج خروجی دستگاه صیقل‌دهنده در اثر رقم شلتوک و نوع دستگاه جداساز

رقم شلتوک	درصد شکستگی برنج	نوع دستگاه جداساز	درصد شکستگی برنج
آمل-۳	۳۰/۵۹ a	صندوقی	۲۱/۷۵ a
نعمت	۲۱/۱۹ b	سینی‌شکل	۱۸/۳۴ b
کامفیروزی	۸/۳۶ c		

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های درصد شکستگی برنج در اثر متقابل نوع دستگاه جداساز و رقم شلتوک

برنج سالم ضرب در اختلاف درصد شکستگی حاصل از اعمال تیمار دستگاه جداساز در نظر گرفته شده است (جدول ۵).

درآمد حاصل از اعمال تیمار دستگاه جداساز سینی شکل با توجه به راندمان تبدیل شلتوک به برنج در سه رقم مورد آزمایش به تفکیک در جدول ۶ محاسبه شده است. (روش محاسبه درآمد به صورت زیر است):

### نتایج مقایسه اقتصادی دو نوع دستگاه جداساز سینی شکل و صندوقی

در فرآیند تبدیل شلتوک به برنج در این طرح، تمام مراحل ثابت و مشابه یکدیگرند و بنابراین اختلاف درصد شکستگی برنج از اعمال تیمار دستگاه جداساز نوع سینی شکل و یا صندوقی ناشی می شود لذا منافع این تیمار به میزان اختلاف قیمت برنج شکسته شده با

ضریب تبدیل شلتوک به برنج  $\times$  مقدار شلتوک وارده به دستگاه = مقدار برنج تولید شده  
درصد شکستگی برنج در هر دستگاه  $\times$  مقدار برنج سفید = خرده برنج تولید شده در هر دستگاه  
اختلاف قیمت برنج سالم  $\times$  مقدار اختلاف خرده برنج تولید شده = درآمد حاصل از دستگاه که درصد با خرده برنج در هر دستگاه شکستگی کمتری داشته

جدول ۵- درصد شکستگی برنج با استفاده از دو نوع دستگاه جداساز صندوقی و سینی شکل

اختلاف درصد شکستگی برنج	نوع دستگاه		رقم شلتوک
	جداساز سینی شکل	جداساز صندوقی	
۱۰/۱۸	۲۵/۵	۳۵/۶۸	آمل-۳
۱/۲۱	۲۰/۵۸	۲۱/۷۹	نعمت
-۱/۱۵	۸/۹۳	۷/۷۸	کامفیروزی

جدول ۶- درآمد حاصل از استفاده از دستگاه جداساز سینی شکل به تفکیک ارقام شلتوک (یک تن شلتوک)

درآمد	قیمت خرده برنج	ضریب تبدیل شلتوک	قیمت یک کیلوگرم	رقم شلتوک
(ریال)	(ریال)*	به برنج**	برنج (ریال)*	
۱۲۷۵۳۵	۱۸۰۰	۶۹/۶۰٪	۳۶۰۰	آمل-۳
۱۸۰۸۹/۵	۲۳۰۰	۶۵٪	۴۶۰۰	نعمت
-۲۹۵۷۸	۴۰۰۰	۶۴/۳٪	۸۰۰۰	کامفیروزی

\* ماخذ: اطلاعات جمع آوری شده از مناطق اجرای طرح؛ \*\* ماخذ: داده های آزمایش

۱۰/۱۸ درصد شکستگی برنج کمتر بوده است. بنابراین در تبدیل شلتوک به برنج، در این دستگاه ۱۰/۱۸ درصد برنج خرده کمتر یا برنج سالم بیشتر تولید می کند. به عبارت دیگر با دستگاه جداساز سینی شکل از هر تن شلتوک رقم آمل-۳ نزدیک به ۷۰/۸۵ کیلوگرم برنج سالم بیشتر

نحوه محاسبه درآمد دستگاهی که شکستگی برنج کمتری داشته در رقم آمل-۳ به صورت زیر است:  
راندمان تبدیل شلتوک به برنج سفید در این رقم ۶۹/۶ درصد است و بنابراین به ازای یک تن شلتوک ۶۹۶ کیلوگرم برنج سفید حاصل شده است. در دستگاه جداساز سینی شکل

و به همین مقدار خرده برنج کمتر حاصل می‌شود. اختلاف برنج سالم با خرده برنج در این رقم ۱۸۰۰ ریال به ازای هر کیلوگرم است، بنابراین درآمد استفاده از این دستگاه در رقم آمل-۳، حدود ۱۲۷۵۳۰ ریال به ازای هر تن شلتوک است.

$$۶۹۶ = ۱۰۰۰ \times ۶۹\% = \text{مقدار برنج تولیدشده در رقم آمل-۳}$$

$$۲۴۸/۳۳ = ۶۹۶ \times ۳۵/۶۸\% = \text{خرده برنج تولیدی در دستگاه صندوقی}$$

$$۱۷۷/۴۸ = ۶۹۶ \times ۲۵/۵\% = \text{خرده برنج تولیدی در دستگاه سینی شکل}$$

$$۱۲۷۵۳۰ = ۱۸۰۰ \times ۷۰/۸۵ = \text{درآمد استفاده از دستگاهی که درصد شکستگی برنج در آن کمتری باشد}$$

کامفیروزی غیراقتصادی است. یادآوری می‌شود که با توجه به درصد شکستگی برنج رقم کامفیروزی در زمان استفاده از دستگاه جداساز نوع صندوقی در سیستم تبدیل (۷/۷۸ درصد) و دستگاه جداساز سینی شکل (۸/۹۳ درصد)، اختلاف شکستگی برنج بین این دو دستگاه به میزان ۱/۱۵ درصد و مقدار ناچیزی است. اما با توجه به اختلاف قیمت برنج شکسته رقم کامفیروزی با برنج سالم (به ازای هر کیلوگرم ۴۰۰۰ ریال) کاهش درآمد در حالت استفاده از دستگاه سینی شکل خیلی بیشتر از افزایش هزینه استفاده از دستگاه نوع صندوقی است و از این رو در مورد رقم کامفیروزی استفاده از دستگاه سینی شکل غیر اقتصادی است. بنابراین توصیه می‌شود که دستگاه جداساز نوع سینی شکل در شهرستان‌های ممسنی و کازرون که بیشتر ارقام آمل-۳ و نعمت را می‌کارند به کار گرفته شود و در منطقه کامفیروز و مرودشت از جداساز صندوقی استفاده شود.

هزینه‌های استفاده از دو دستگاه جداساز سینی شکل و صندوقی، شامل هزینه‌های جاری و ثابت است. هزینه‌های جاری مقدار برق مصرفی و هزینه‌های ثابت شامل هزینه استهلاک سالیانه آنهاست. که در جداول ۷ و ۸ برای یک تن شلتوک محاسبه شده است.

در این مرحله، با استفاده از فرمول بودجه‌بندی جزئی بین دو نوع دستگاه جداساز سینی شکل و صندوقی مقایسه اقتصادی صورت گرفته است. اگر افزایش درآمد حاصل از استفاده از دستگاه جداساز سینی شکل به علاوه کاهش مخارج ناشی از استفاده نکردن از دستگاه جداساز صندوقی بیشتر از افزایش مخارج ناشی از دستگاه جداساز سینی شکل به علاوه کاهش درآمد حاصل از استفاده نکردن از دستگاه جداساز صندوقی باشد، انتخاب دستگاه جداساز سینی شکل اقتصادی و گرنه غیراقتصادی است.

با توجه به جدول ۹، استفاده از دستگاه جداساز سینی شکل برای ارقام آمل-۳ و نعمت اقتصادی ولی برای رقم

جدول ۷- هزینه جاری دو نوع دستگاه جداساز سینی شکل و صندوقی جهت یک تن شلتوک

نوع دستگاه	مقدار برق مصرفی (کیلووات ساعت)*	قیمت هر کیلووات ساعت برق مصرفی (ریال)**	ظرفیت دستگاه (کیلوگرم در ساعت)*	هزینه جهت یک تن شلتوک در یک ساعت (ریال)
سینی شکل	۱/۱	۱۳۴/۵۱	۱۰۰۰	۱۴۸
صندوقی	۵/۵	۱۳۴/۵۱	۶۰۰	۱۲۳۳

\* ماخذ: اطلاعات جمع‌آوری شده از مناطق اجرای طرح \*\* ماخذ: اداره کل برق منطقه فارس

جدول ۸- هزینه استهلاک دو نوع دستگاه جداساز سینی شکل و صندوقی

نوع دستگاه	قیمت تمام شده دستگاه (ریال)	عمر مفید دستگاه (سال)	استهلاک سالیانه (ریال)	هزینه استهلاک به جهت یک ساعت کار (ریال)
سینی شکل	۲۵۰۰۰۰۰	۱۰	۲۵۰۰۰۰	۲۵۰۰
صندوقی	۳۲۰۰۰۰۰	۱۰	۳۲۰۰۰۰	۳۲۰۰

ماخذ: اطلاعات جمع‌آوری شده از مناطق اجرای طرح

جدول ۹- مقایسه اقتصادی دستگاه جداساز سینی شکل و صندوقی به تفکیک ارقام شلتوک (یک تن شلتوک)

ارقام شلتوک	هزینه دستگاه جداساز سینی شکل + درآمد دستگاه جداساز صندوقی	هزینه دستگاه جداساز صندوقی + درآمد دستگاه جداساز سینی شکل	اقتصادی	غیراقتصادی
آمل-۳	۰ + ۲۶۴۸ = ۲۶۴۸	۱۲۷۵۳۵ + ۴۴۳۳ = ۱۳۱۹۶۸	*	
نعمت	۰ + ۲۶۴۸ = ۲۶۴۸	۱۸۰۸۹/۵ + ۴۴۳۳ = ۲۲۵۲۱/۵	*	
کامفیروزی	۲۹۵۷۸ + ۲۶۴۸ = ۳۲۲۲۶	۰ + ۴۴۳۳ = ۴۴۳۳		*

دستگاه جداساز سینی شکل با نتایج ماتیوس و همکاران (Matthews et al., 1970) همخوانی دارد و بیان‌گر آن است که وجود دستگاه جداساز شلتوک در سیستم تبدیل، تنش‌های مکانیکی وارد بر دانه برنج را کاهش می‌دهد. جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد که عملکرد دستگاه جداساز سینی شکل بهتر از صندوقی است. زیرا میزان شلتوک و برنج قهوه‌ای خروجی در جداساز سینی شکل (به ترتیب ۷۶/۰۳ و ۹۹/۸۹ درصد) نسبت به نوع صندوقی (به ترتیب ۲۸/۳۲ و ۹۹/۵ درصد) به طور معنی‌داری بیشتر است. همچنین مقدار شکستگی برنج در دستگاه جداساز سینی شکل (با ۱۸/۳۴ درصد) به طور معنی‌داری کمتر از صندوقی (با ۲۱/۷۵ درصد) است. به معنی دیگر، استفاده از دستگاه جداساز سینی شکل شکستگی برنج را نسبت به زمانی که از دستگاه جداساز نوع صندوقی استفاده شود حدود ۳/۴ درصد کاهش می‌دهد.

ارزیابی و مقایسه عملکرد دو نوع دستگاه جداساز، نشان می‌دهد که در هر سه رقم شلتوک مورد آزمایش، دستگاه جداساز سینی شکل بهتر از صندوقی است. اما با توجه به مقایسه اقتصادی دو نوع دستگاه و نتایج فوق، در مجموع از نظر فنی و اقتصادی می‌توان گفت که دستگاه جداساز سینی شکل برای ارقام آمل-۳ و نعمت و صندوقی برای رقم کامفیروزی مناسب است.

با توجه به این‌که تحقیقات در این زمینه ناچیز و در نتیجه منابع کمی در دسترس هست مقایسه نتایج با یافته‌های دیگران به سادگی میسر نیست. با این حال، نتایج این تحقیق در مورد ظرفیت دو نوع دستگاه جداساز، با نتایج ویمبرلی (Wimberly, 1983) همخوانی دارد به طوری که در هر دو منبع ظرفیت دستگاه جداساز سینی شکل حدود ۱/۵ برابر صندوقی به دست آمده است. نتایج تحقیق حاضر در خصوص کاهش ۳/۴ درصد شکستگی برنج با استفاده از

راه اندازی می شود که این موضوع از نظر صرفه جویی در مصرف انرژی اهمیت دارد.

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، موارد زیر قابل ذکر است:

- مقایسه عملکرد فنی دو نوع دستگاه جداساز شلتوک نشان می دهد که در هر سه رقم شلتوک مورد ارزیابی، دستگاه جداساز نوع سینی شکل نسبت به نوع صندوقی، از نظر فاکتورهای درصد شلتوک، درصد برنج قهوه ای خروجی و درصد شکستگی برنج عملکرد بهتری دارد.
- ظرفیت دستگاه جداساز سینی شکل حدود یک و نیم برابر و توان مورد نیاز جهت راه اندازی آن یک پنجم دستگاه جداساز نوع صندوقی است.
- در مجموع از نظر فنی و اقتصادی می توان گفت که دستگاه جداساز سینی شکل برای ارقام آمل-۳ و نعمت و صندوقی برای رقم کامفیروزی مناسب است. بنابراین توصیه می شود که دستگاه جداساز سینی شکل در شهرستان های ممسنی و کازرون به کار گرفته شود که بیشتر ارقام آمل-۳ و نعمت را می کارند و در منطقه کامفیروز و مرودشت از دستگاه جداساز نوع صندوقی استفاده شود.

دستگاه جداساز سینی شکل سه خروجی دارد و با دریچه هایی که در دستگاه تعبیه شده می توان مقدار خروجی ها را تغییر داد. از این رو می توان تنظیم های بهتری را روی دستگاه اعمال کرد و در نتیجه عملکردی مناسب تر به دست آورد. به عبارت دیگر، در دستگاه جداساز سینی شکل شلتوک از برنج قهوه ای کامل تر تفکیک می شود تا در نوع صندوقی. در خروجی دستگاه جداساز به طرف دستگاه پوست کن نیز مقدار کمتری برنج قهوه ای وجود دارد که در نتیجه دانه های برنج قهوه ای کمتر در معرض تنش های مکانیکی دستگاه پوست کن قرار می گیرند. به همین دلیل درصد ترک دانه های برنج قهوه ای و به تبع آن درصد شکستگی برنج نیز در دستگاه سفید کن کاهش می یابد.

در این تحقیق همچنین مشخص شد که در هر سه رقم شلتوک مورد ارزیابی، دستگاه جداساز سینی شکل نسبت به نوع صندوقی از نظر درصد شلتوک، برنج قهوه ای خروجی و شکستگی برنج عملکرد بهتری دارد. ضمناً، ظرفیت دستگاه جداساز نوع سینی شکل (با ۱۰۰۰ کیلوگرم در ساعت)، حدود یک و نیم برابر نوع صندوقی (با ۶۰۰ کیلوگرم در ساعت) است و با یک الکتروموتور ۱/۱ کیلو وات ساعت قابل راه اندازی است. در صورتی که نوع صندوقی به دلیل سنگین بودن وزن آن با یک الکتروموتور ۵/۵ کیلو وات ساعت

### قدردانی

از همکاری صمیمانه و بی دریغ مسئولان شرکت خسرو- پرویز (طراح و سازنده دستگاه های کارخانجات شالی کوبی) جهت اجرای این تحقیق، قدردانی می شود.

### مراجع

Farouk, S. M. and Islam, M. N. 1995. Effect of parboiling and milling parameters on breakage of rice grains. AMA. 26(4): 33-38.

Kojima, H. and Sakaguchi, E. 1992. Separation characteristics of a shaking table type separator. Science Reports of Faculty of Agriculture Kobe University. 20(1): 123-128.

- Matthews, J., Abadie, T. J., Deobald, H. J. and Freeman, C. C. 1970. Relation between head rice yields and defective kernels in rough rice. *Rice J.* 73(10): 6-12.
- Miao, Y., Sumikawa, O., Wu, S., Glova, A. D., Chang, S. W., Feng, C. P. and Yoshizaki, S. 1994. Continuous separation characteristics of a conical- type paddy separator. *J. Japanese Soc. Agric. Machinery.* 56(3): 63-68.
- Shaker, M. and Alizadeh, M. R. 2003. Effect of paddy moisture content on rice breakage and milling yield. *Research Report. No. 257. Fars Agricultural Research Center. (in Farsi)*
- Shaker, M., Afzalnia, S. and Jamshidi, A. 1998. Evaluation of rice breakage at milling firms in Marvdasht korbali area. *J. Agric. Eng. Res.* 11, 46-71. (in Farsi)
- Shaker, M., Afzalnia, S. and Zare, A. 2002. Comparison of different components of rice milling machinery and selecting the best one. *Proceedings of the National Congress of Agricultural Eng. and Mechanization. Oct. 30-31. Karaj. Iran. (in Farsi)*
- Tsuchiya, M., Kamide, J. and Ishiwata, K. 1981. Study on separation of unhulled and brown rice by winnowing. *J. Japanese Soc. Agric. Machinery.* 43(3): 433-442.
- Wimberly, J. E. 1983. *Paddy Rice Postharvest Industry in Developing Countries. International Rice Research Institute. Philippines.*



## **Comparison of Technical and Economical Performance of the Two Kinds of Paddy Separator in Fars Province**

**M. Shaker\* and H. Rahimi**

\* Academic Member, Agriculture Engineering Research Department, Agriculture and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 73415-111, Zarghan (Fars), Iran. E-mail: shaker@farsagres.ir

In this study, performance of the two types of paddy separator (compartment type and tray type) on three prevalent paddy varieties (Kamfiruzi, Amol-3 and Nemat) were evaluated and compared in Fars province at a milling factory. A split plot design with five replications and Duncan's multiple range test was used for statistical analysis. Three varieties of paddy and two types of paddy separator were selected as main plots and sub plots, respectively. Parameters such as percentage of paddy, brown rice, and rice breakage were measured by sampling from the outlet of husker, paddy separator and polisher in each treatment. Capacity and power requirement of paddy separators were measured and compared as well. The method of partial budgeting was used for economic comparison of two paddy separator types. Results showed that performance of the tray type paddy separator was better than compartment type in the three paddy varieties. There was a significant difference between the paddy separators from the view point of paddy percentage and brown rice. Tray type separator had more percentage of paddy 76.03% and brown rice 99.89% compared to compartment type paddy separator with 28.32% and 99.5% of paddy percentage and brown rice, respectively. Furthermore, rice breakage of tray type separator (18.34%) was significantly less than that of compartment type (21.75%). The capacity of tray type paddy separator was also one and half time as high as the capacity of compartment type, and the power requirement for compartment type was five times as high as the power requirement of tray type. Results of economic comparison showed that tray type paddy separator was proper for Amol-3 and Nemat varieties and compartment type was proper for Kamfiruzi variety.

**Key words:** Brown Rice, Compartment Type Paddy Separator, Economic Evaluation, Paddy, Tray Type Paddy Separator