ارزیابی فنی و اقتصادی عملکرد روش‌های مختلف تبدیل برنج در استان فارس و بررسی اثر آنها بر ارزش غذائی برنج

محمد شاکر[1*]، هدایت اله رحیمی[1]، مریم شاه امیریان[1] و سید منصور علوی منش[2]

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

۲- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

* ایمیل نویسنده مسئول: m.shaker1348@gmail.com

چکیده

در این تحقیق، عملکرد فنی و اقتصادی روش‌های مختلف تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید در استان فارس و تاثیر آنها بر ارزش غذائی برنج بررسی شد. در مجموع، شش روش مختلف به عنوان شش تیمار ارزیابی گردید. از شلتوک رقم شمیم (دانه بلند متداول در استان) با رطوبت ۱۰- ۸ درصد براساس وزن‌تر برای اجرای پروژه استفاده شد. در هر تیمار مقدار ۳۰۰ کیلوگرم شلتوک (برای سه تکرار) وارد سیستم تبدیل شد و فاکتورهای مختلف از قبیل : توان مورد نیاز سیستم، شدت جریان مصرفی، انرژی الکتریکی مصرفی، ظرفیت سیستم، راندمان تبدیل، درصد شکستگی و ترک برنج، درصد پروتئین، درصد خاکستر، درصد چربی، مقدار کلسیم و مقدار آهن اندازه گیری شد. برای ارزیابی اقتصادی، از روش تحلیل نهایی منفعت به هزینه، استفاده شد. نتایج ارزیابی فنی نشان داد که تیمار استفاده از دستگاه سفیدکن سایشی افقی + سفید کن تیغه‌ای، مناسب‌ترین روش تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید در شلتوک رقم شمیم بود. همچنین در این تیمار، انرژی الکتریکی مصرفی کمتر، ظرفیت سیستم و راندمان تبدیل بیشتر می باشد. از نظر ارزش غذایی برنج، نتایج نشان داد که عناصر چربی، پروتئین و آهن در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند و بیشترین مقدار چربی در تیمار ۳ وجود داشت. از نظر پروتئین و آهن بیشترین مقدار به ترتیب در تیمارهای ۶ و ۵ وجود داشت. جمع‌بندی نتایج نشان داد که تیمار ۶ (شامل: پوست کن غلتک لاستیکی + جداساز شلتوک نوع سینی شکل + سفیدکن سایشی عمودی + صیقل دهنده) نسبت به سایر تیمارها اقتصادی‌تر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزش غذائی برنج، برنج سفید، برنج قهوه‌ای، روش‌های تبدیل

مقدمه

برنج به‌عنوان منبع اصلی غذا در دنیا محسوب می شود. مراحل سفید کردن برنج شامل جداسازی پوسته از دانه اصلی برنج که نتیجه این مرحله تولید برنج قهوه ای می باشد. در مرحله بعد برنج قهوه ای وارد دستگاه سفیدکن می گردد و لایه سبوس نیز جدا می شود و نهایتا برنج سفید به دست می آید بنابراین طی این مراحل ساختار دانه برنج تحت تاثیر قرار می گیرد و ترکیبات مغذی آن دستخوش تغییرات می شود (Ha *et al.*, 2006). سبوس یا غشای قهوه ای رنگ برنج سرشار از ویتامین ها، مواد معدنی و پروتئین است. بر این اساس سبوس برنج اهمیت زیادی در ارزش غذایی دانه برنج دارد و حذف آن سبب می شود که ارزش غذایی برنج بطور قابل ملاحظه ای کاهش یابد. بر اساس بررسی اولیه مشخص گردید که دراستان فارس، هفت روش مختلف تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین هدف از اجرای این پژوهش، ارزیابی فنی و اقتصادی عملکرد روش‌های مختلف تبدیل برنج و انتخاب مناسب ترین روش بود. همچنین اثر آنها بر ارزش غذایی برنج مورد ارزیابی قرار گرفت.

اثر تغییر سرعت دورانی دستگاه سفیدکن سایشی افقی بر میزان شکستگی و ضایعات تبدیل دو رقم برنج در استان فارس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که سرعت دورانی مناسب دستگاه سفیدکن سایشی افقی برای برنج رقم کامفیروزی، ۶۵۰ دور در دقیقه و برای برنج رقم آمل – ۳، ۶۰۰ دور در دقیقه می باشد. در رابطه با ضایعات تبدیل شلتوک به برنج نیز مشخص گردید که بطور متوسط ضایعات تبدیل برنج رقم کامفیروزی حدود چهاربرابر رقم آمل –۳ می باشد (شاکر، ۱۳۸۴).

در تحقیقی چهار سیستم مختلف تبدیل شلتوک به برنج مورد بررسی قرار گرفت و گزارش گردید که اولاً استفاده از سفیدکن تیغه ای (اصطکاکی) به عنوان پوست کن در فرآیند تبدیل شلتوک به برنج قابل قبول نمی باشد. زیرا سبب افزایش درصد شکستگی برنج می شود. ثانیاً روش استفاده از سه واحد سفیدکن سایشی بصورت سری همراه با سفیدکن تیغه ای به عنوان پالش، بدلیل کمترین درصد شکستگی برنج، مناسب‌ترین ترکیب جهت تبدیل شلتوک به برنج می‌باشد (Afzalinia *et al.*, 2004).

به منظور بهسازی فرآیند تبدیل شلتوک ارقام آمل –۳ و چمپای خوزستان به برنج سفید، تحقیقاتی انجام شد و گزارش گردید که کاربرد سیستمی به ترتیب متشکل از پوست کن غلتک لاستیکی، پادیه، سفیدکن سایشی افقی و پالش، میزان درصد شکستگی هر دو رقم برنج را در حد قابل توجهی پایین آورده و لذا مناسب برای بهسازی فرآیند تبدیل این دو رقم شلتوک درخوزستان می باشد (رابط و همکاران، ۱۳۸۳).

تحقیقی به منظور تعیین مناسب‌ترین فاصله بین غلطک های پوست کن برای کاهش درصد دانه های شکسته در سه رقم برنج ایرانی (شامل بی نام، خزر وسپیدرود) انجام شد. آزمایش ها در محدوده فاصله ۰/۲۵ تا ۱/۲۵ میلیمتر بین دو غلطک با اختلاف ۰/۲

میلیمتر نسبت به یکدیگر انجام گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که مناسب‌ترین فاصله پوست‌کنی برای ارقام خزر و سپیدرود ۰/۴۵ تا ۰/۶۵ میلیمتر و برای رقم بینام ۰/۲۵ تا ۰/۶۵ میلیمتر می‌باشد (پیمان و همکاران، ۱۳۷۸).

به منظور اصلاح و بهینه سازی ماشین های خط تبدیل شلتوک به برنج سفید و کاهش ضایعات، دو سیستم متداول در استان گیلان مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با نصب پوست کن های غلطک لاستیکی به جای نوع تیغه ای در خط تبدیل کارخانه های شالیکوبی، راندمان ماشین افزایش و درصد خرده برنج کاهش می یابد و افزایشی در حدود سه درصد را می توان در برنج سالم استحصالی انتظار داشت (علی‌زاده، ۱۳۸۱).

در تحقیقی گزارش شد که سرعت روتور دستگاه سفیدکن سایشی در حین فرآیند سفید کردن یک فاکتور مؤثر بر ضایعات تبدیل می‌باشد و ۱۳۰۰ دور در دقیقه در مقایسه با ۱۵۰۰ دور در دقیقه حدود ۵۰٪ ضایعات را کاهش می دهد. ضمناً در بیشتر تیمارها میزان شکستگی برنج با افزایش سرعت دستگاه سفیدکن افزایش یافته و با افزایش مدت سفیدکردن کاهش یافته است (Farouk and Islam, 1995).

در تحقیقی مشخص گردید که با افزایش درجات سفید کردن برنج از ۰ ٪ به ۲۵ ٪ مقدار پروتئین از ۹/۲ ٪ به ۷/۲ ٪ کاهش یافت (Lamberts *et al*., 2007).

نتایج تحقیقی نشان داد که با افزایش درجه سفید کردن برنج مقدار چربی کاهش می یابد و همچنین بین ترکیبات آنتی اکسیدانی (آلفا توکوفرول) در برنج قهوه ای و سفید تفاوت معنی داری وجود داشت و با افزایش درجه سفید کردن مقدار این آنتی اکسیدان نیز کاهش یافت (Ha *et al*., 2006).

اثر درجات مختلف سفید کردن (۱۴-۸٪) بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی و حسی برنج آسیاب شده و پخته شده بررسی گردید. نتایج نشان داد که با افزایش درجه سفید کردن، مقدار رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر کاهش می یابد همچنین با افزایش درجه سفید کردن برنج ، فاکتور سفیدی افزایش یافت (Park *et al*., 2001).

در تحقیقی تاثیر فرایند سفید کردن برنج بر ارزش تغذیه ای آرد حاصل از آنها بررسی شد. نتایج نشان داد که غلظت مواد مغذی با افزایش درصد سفید کردن برنج کاهش می یابد اما مقدار انرژی (کالری) در هر دو برنج قهوه ای و آسیاب شده یکسان می باشد. اگر درصد سفید کردن برنج زیاد باشد مقدار پروتئین ممکن است تا ۸۶٪ و مقدار مواد معدنی تا ۲۳٪ کاهش پیدا کند. همچنین مقدار عنصر روی نیز به نصف کاهش یافت اما ترکیب آمینو اسیدها تحت تاثیر فرایند آسیاب کردن قرار نگرفت و در برنج آسیاب شده، مقدار اسید آمینه لیسین کمتر از برنج قهوه ای گزارش گردید (Pedersen and Eggum, 1983).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، عملکرد شش روش مختلف تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید در استان فارس مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. ضمناً اثر روش های فوق بر ارزش غذایی برنج نیز بررسی شد. این تحقیق با استفاده از طرح آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. جهت مقایسه بین میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده شد. تیمارهای مورد ارزیابی که شامل روش های مختلف تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید می‌باشند، عبارت بودند از:

۱- جداساز شلتوک نوع صندوقی + سفیدکن سایشی افقی + صیقل دهنده

۲- جداساز شلتوک نوع صندوقی + سفیدکن سایشی افقی + سفیدکن تیغه ای

۳- جداساز شلتوک نوع صندوقی + سفیدکن سایشی عمودی + صیقل دهنده

۴- جداساز شلتوک نوع صندوقی + سفیدکن سایشی عمودی + سفید کن تیغه ای

۵- جداساز شلتوک نوع صندوقی+ سفید کن تیغه ای

۶- جداساز شلتوک نوع سینی شکل + سفیدکن سایشی عمودی + صیقل دهنده (سیستم ساخت کشور چین).

در شش تیمار مورد ارزیابی از دستگاه پوست کن غلتک لاستیکی استفاده شده است.

تحقیق در کارگاه های شالیکوبی استان فارس انجام شد. از شلتوک رقم شمیم (دانه بلند) با رطوبت ۱۰- ۸ درصد براساس وزن‌تر استفاده گردید. شلتوک‌ها از یک مزرعه جهت یکسان بودن شرائط آزمایش تهیه شد. میزان درصد ترک شلتوک قبل از آزمایش، حدود ۸ درصد بود. شلتوک ها پس از تهیه در گونی های پلاستیکی دربسته نگهداری و حمل و نقل شدند و جهت انجام آزمایش به کارگاه های شالیکوبی منتقل گردیدند. در زمان شروع آزمایش در کارگاه رطوبت شلتوک اندازه گیری گردید که با توجه به نحوه‌ی نگهداری و پایین بودن رطوبت شلتوک، تغییرات محسوسی ایجاد نشده بود. در هر تیمار مقدار ۳۰۰ کیلوگرم شلتوک (برای سه تکرار) وارد سیستم تبدیل شد و فاکتورهای زیر اندازه گیری گردیدند.

فاکتورهای فنی و عملکردی

توان مورد نیاز سیستم: توان مورد نیاز سیستم، با توجه به قدرت الکتروموتورهای نصب شده بر روی دستگاه ها، بر حسب کیلووات بدست آمد.

شدت جریان مصرفی: شدت جریان مصرفی سیستم تبدیل، بوسیله یک دستگاه آمپرمتر و در حالیکه تمام دستگاه ها در حال کار بودند (اوج بار) بر حسب آمپر اندازه گیری شد.

انرژی الکتریکی مصـرفی: این فاکتور نیز در حالیکه تمام دستگاه ها در حال کار بودند و در طول مدت آزمایش ، بوسیله دستگاه کنتور بر حسب کیلووات ساعت اندازه گیری شد.

ظرفیت سیستم: این فاکتور با اندازه گیری مقدار وزن شلتوک ورودی و مدت زمان کارکرد سیستم برای تبدیل این مقدار شلتوک، بر حسب کیلوگرم در ساعت محاسبه شد.

راندمان تبدیل: در هر آزمایش با توزین مقدار برنج سفید شده و محاسبه نسبت آن به مقدار شلتوک ورودی سیستم، مقدار راندمان تبدیل بر حسب درصد اندازه گیری شد.

درصـد شـکسـتگی برنج: درصد شکستگی برنج، با نمونه‌گیری (نمونه های ۱۰۰ گرمی در سه تکرار) از خروجی دستگاه صیقل دهنده و تفکیک دانه‌های سـالم از شکسته، و با محاسبه نسبت وزن دانه های شکسته به مجموع وزن دانه‌های سالم و شکسته، بر حسـب درصـد اندازه‌گیری گردید. ضـمناً برنج شـکسـته به دانه‌هائی گفته می‌شود که اندازه طول آنها از سه چهارم یک دانه کامل کوچکتر باشد.

درصد ترک دانه های برنج قبل و بعداز آزمایش: جهت اندازه گیری این فاکتور، با نمونه گیری از شلتوک ورودی به سیستم و برنج خروجی دستگاه صیقل دهنده و با تفکیک دانه های سالم از ترک دار (با استفاده از دستگاه ترک بین) درصد ترک دانه‌های برنج با محاسبه نسبت تعداد دانه های ترک دار به مجموع تعداد دانه‌های سالم و ترک‌دار، بر حسب درصد اندازه‌گیری شد.

فاکتورهای تغذیه ای برنج

این فاکتورها با نمونه‌گیری از خروجی دستگاه صیقل دهنده و ارسال به آزمایشگاه، مطابق روش‌های زیر اندازه‌گیری شد.

درصـد پروتئین: درصـد پروتئین نمونه ها توسـط روش معمول کجدل دال انجام شد. ابتدا حدود ۲/۵ گرم از نمونه برنج را درون کاغذ مومی وزن کرده و درفلاسک مخصوص کلدال قرار داده و پس از اضافه کردن مواد شیمیایی مورد نیاز برنمونه، فلاسک ها را حرارت داده و پس از طی سـه مرحله اکسـیداسـیون و تقطیر و تیتراسـیون، درصـد پروتئین نمونه ها از طریق فرمول محاسـبه گردید (Horwists, 1975).

درصـد خاکسـتر: درصـد خاکسـتر نمونه ها توسـط روش معمول سـوزاندن در کوره انجام شد. به این صورت که حدود ۲ گرم از نمونه های مورد نظر به دقت درون بوته های چینی وزن کرده و سپس آن را درکوره با دمایC ۶۰۰–۵۰۰ به مدت ۶–۴ ساعت قرار داده و پس از این زمان نمونه ها را از کوره خارج کرده ، در دیسـکاتور سـرد و نهایتاً توزین گردید و از طریق فرمول درصد خاکستر محاسبه شد (حسینی، ۱۳۷۳).

درصد چربی: درصد چربی نمونه ها توسط روش سوکسله انجام شد که دراین روش ۲ گرم از نمونه مورد نظر در درون کاغذ صافی پیچیده و درون لوله مخصوص استخراج چربی قرار داده و با استفاده از حلال هگزان و حرارت دادن، چربی نمونه استخراج و نهایتاً محاسبه گردید (حسینی، ۱۳۷۳).

مقدار کلسیم: مقدار کلسیم نمونه ها مطابق روش موجود در منبع (حسینی، ۱۳۷۳) انجام شد. در این روش کلسیم نمونه ها از طریق رسوب دادن آن به صورت اگزالات کلسیم و حل کردن رسوب توسط اسید سولفوریک و نهایتاً تیتراسیون به وسیله پرمنگنات پتاسیم اندازه‌گیری شد.

مقدار آهن: مقدار آهن نمونه ها توسط روش جذب اتمی انجام گردید. دراین روش ابتدا نمونه ها خاکستر شده و سپس خاکستر فوق در اسید کلریدریک حل و صاف شده و نمونه‌های خالص شده توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید (Horwists, 1975).

ارزیابی اقتصادی

به منظور بررسی اقتصادی طرح از روش تحلیل نسبت منفعت به هزینه استفاده گردید (سلطانی، ۱۳۶۲). در این روش نسبت میانگین منافع سالانه و یا معادل یکنواخت سالانه به معادل هزینه ی یکنواخت سالانه تیمارهای مختلف در پروژه، محاسبه شد. نسبت محاسبه شده با معیار یک مقایسه گردید. در صورتی که این نسبت بزرگتر از عدد ۱ باشد تیمار از نظر اقتصادی قبول و در غیر این صورت رد می شود.

$$r_i = \frac{Bi}{Ci}$$

r_i >۱ قبول

r_i <۱ مردود

که در آن :

r_i = نسبت منفعت به هزینه تیمار i ام ، Bi = میانگین منافع تیمار i ام ، Ci = میانگین هزینه تیمار i ام

در مرحله بعد به منظور مقایسه تیمارهای مورد بررسی و انتخاب بهترین تیمار، تیمارهایی که نسبت منفعت به هزینه آنها بزرگتر از ۱ بود مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. ابتدا در این مرحله تیمار ها را بر حسب هزینهٔ آنها (از کوچک به بزرگ) مرتب و دو به دو با هم مقایسه شدند. برای مقایسه دو تیمار می بایستی نسبت تفاوت منافع سالانه به تفاوت هزینه سالانه آنها را محاسبه کرد. اگر نسبت از عدد یک کوچکتر باشد تیمار دارای هزینه کمتر پذیرفته و تیمار دارای هزینه بیشتر رد می‌گردد و چنانچه این

نسبت بزرگتر از عدد یک باشد، تیمار دارای هزینه بیشتر پذیرفته و تیمار دارای هزینه کمتر مردود می‌شود. پس از این مرحله مجدداً تیمارهایی که انتخاب شدند به همین روش مورد مقایسه قرار گرفتند تا بهترین تیمار انتخاب شود.

$$r_{ij} = \frac{B_i - B_j}{C_i - C_j}$$

r_i >۱ تیمار با هزینه بزرگتر انتخاب می‌شود

r_i <۱ تیمار با هزینه کوچکتر انتخاب می‌شود

r_{rj} = نسبت تفاوت منافع سالانه به تفاوت هزینه سالانه تیمارهای i و j ، B_i = میانگین منافع تیمار i ام ، B_j = میانگین منافع تیمار j ام ، C_i= میانگین هزینه سالانه تیمار i ام ، C_j= میانگین هزینه سالانه تیمار j ام

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی فنی

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های مقادیر درصد شکستگی و ترک دانه های برنج، در جداول ۱ و ۲ و شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. در جدول ۳ نیز بقیه فاکتورهای اندازه گیری شده در روش های مختلف تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید (تیمارهای مورد ارزیابی) ارائه گردیده است. در جدول ۱ تجزیه واریانس مقادیر درصد شکستگی برنج ارائه شده و نشان می دهد که بین مقادیر این فاکتور در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در جدول ۲ تجزیه واریانس مقادیر درصد ترک دانه های برنج ارائه شده و حاکی از آن است که بین تیمارها از نظر این فاکتور نیز در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار وجود دارد.

در شکل ۱ مقایسه میانگین های مقادیر درصد شکستگی برنج در اثر تیمارهای مورد ارزیابی ارائه شده و نشان می دهد که کمترین درصد شکستگی برنج در تیمار ۶ یا سیستم وارداتی ساخت کشور چین با مقدار ۱۹/۱۹ درصد وجود دارد که البته با تیمارهای ۱، ۲ و ۳ در یک گروه قرار دارند و از لحاظ آماری اختلاف معنی داری ندارند. بیشترین درصد شکستگی برنج در تیمار استفاده از سفیدکن تیغه ای به تنهایی جهت تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید (تیمار ۵) با مقدار ۳۱/۷۹ درصد وجود دارد که نسبت به بقیه تیمارها در یک گروه جداگانه قرار گرفته است. در تیمار پنج، چون از دستگاه سفیدکن تیغه ای جهت سفید کردن برنج استفاده شده و این دستگاه بر اساس اصطکاک بین دانه های برنج و با اعمال فشار زیاد عمل سفیدکردن را انجام می‌دهد، لذا مقدار شکستگی برنج در این نوع سفیدکن زیاد تر شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس مقادیر درصد شکستگی برنج

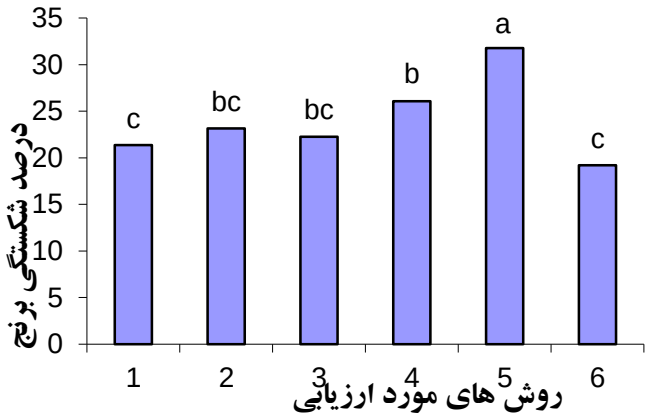
منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۲	۰/۴۰۲	۰/۲۰۱	۰/۰۸
تیمار	۵	۲۹۶/۹۰۱	۵۹/۳۸	۲۲/۹۳**
خطای آزمایشی	۱۰	۲۵/۹۰۰	۲/۵۹	

** وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ C.V. = ۶/۷۱

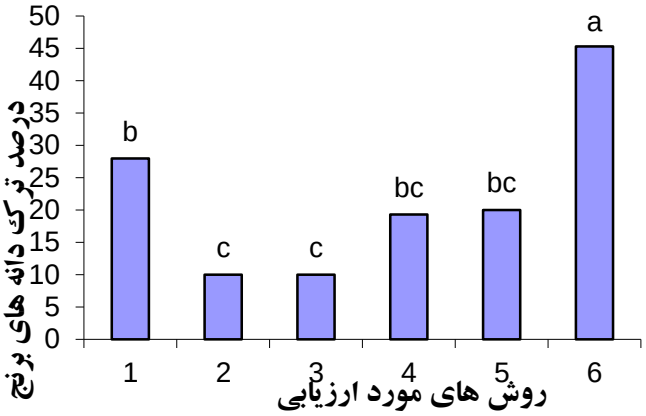
جدول ۲- تجزیه واریانس مقادیر درصد ترک دانه های برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۲	۳/۱۱	۱/۵۵	۰/۱۰
تیمار	۵	۲۶۳۸/۴۴	۵۲۷/۶۹	۳۴/۲۲**
خطای آزمایشی	۱۰	۱۵۴/۲۲	۱۵/۴۲	

** وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ C.V. = ۱۷/۷۶



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های مقادیر درصد شکستگی برنج در اثر روش‌های مورد ارزیابی



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های مقادیر درصد ترک دانه‌های برنج در اثر روش‌های مورد ارزیابی

جدول ۳- فاکتورهای اندازه گیری شده در روش‌های مختلف تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید

تیمار	توان موردنیاز سیستم (کیلو وات)	شد ت جریان* مصرفی (آمپر)	انرژی الکتریکی** مصرفی (کیلو وات ساعت)	ظرفیت سیستم (تن در ساعت)	راندمان تبدیل (٪)	نسبت برنج سفید شده سالم به برنج سفید شده (٪)
۱	۱۰۰/۷	۸۵/۹	۷	۰/۵۵	۶۲/۷۵	۷۷/۶۹
۲	۸۰/۹	۳۵/۸	۷	۰/۴۱	۶۶/۵	۷۷/۴۴
۳	۵۰/۹۵	۲۷/۱	۱۷	۰/۱۷	۶۱/۷۵	۸۷/۰۴
۴	۷۴/۷	۴۶/۵	۱۶	۰/۱۹	۶۶	۷۰/۸۳
۵	۷۲/۵	۴۷/۶	۴	۰/۴۴	۶۴/۷۳	۷۰/۰۴
۶	۸۲/۲۵	۱۰۰	–	۰/۹۲	۶۴/۷۷	۸۵/۳۵

* مربوط به اوج بار و زمانیکه تمام دستگاه ها روشن بودند می باشد.

** مربوط به مدت زمان آزمایش می باشد. ضمناً در تیمار ۶ به علت نصب نبودن دستگاه کنتور این فاکتور اندازه گیری نگردید.

در شکل ۲ مقایسه میانگین های مقادیر درصد ترک دانه های برنج در اثر تیمارهای مورد ارزیابی ارائه شده و حاکی از آن است که بیشترین مقدار درصد ترک دانه های برنج در تیمار ۶ (سیستم وارداتی ساخت کشور چین) با مقدار ۴۵/۳۳ درصد وجود دارد و از لحاظ آماری نسبت به بقیه تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار می باشد. کمترین مقدار درصد ترک، در تیمارهای ۲ و ۳ با مقدار ۱۰ درصد می باشد که البته با تیمارهای ۴ و ۵ در یک گروه قرار دارند. به نظر می رسد در تیمار ۶ که از دستگاه سفید کن سایشی عمودی + صیقل دهنده استفاده شده، در اثر اصطکاک و گرمای زیادی که در هنگام سفید کردن برنج به وجود آمده، میزان درصد ترک روی دانه های برنج افزایش یافته است.

در جدول ۳ بقیه فاکتورهای اندازه‌گیری شده در روش‌های مختلف تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید ارائه شده و نشان می دهد که از نظر شدت جریان مصرفی بیشترین مقدار در تیمار ۶ با ۱۰۰ آمپر و کمترین مقدار آن در تیمار شماره ۳ با ۲۷/۱ آمپر وجود دارد. از لحاظ انرژی الکتریکی مصرفی بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در تیمارهای ۳ و ۵ با مقادیر ۱۷ و ۴ کیلووات ساعت وجود دارد. از نظر ظرفیت سیستم بیشترین مقدار در تیمار ۶ با ۰/۹۲ تن در ساعت و کمترین مقدار آن در تیمار ۳ با ۰/۱۷ تن در ساعت واقع شده است.

از نظر راندمان تبدیل بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در تیمارهای ۲ و ۳ با مقادیر ۶۶/۵ و ۶۱/۷۵ درصد وجود دارد و از لحاظ نسبت برنج سفید شده سالم به برنج سفید شده، بیشترین مقدار در تیمار ۳ با ۸۷/۰۴ درصد و کمترین مقدار آن در تیمار ۵ با ۷۰/۰۴ درصد واقع شده است. از لحاظ توان مورد نیاز سیستم، بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۳ با مقادیر ۱۰۰/۷ و ۵۰/۹۵ کیلووات وجود دارد.

جمع بندی نتایج ارزیابی فنی نشان داد که چون تیمار ۶ بیشترین درصد ترک و تیمار ۵ بیشترین درصد شکستگی برنج را داشت، لذا نمی توان این دو روش را به عنوان مناسب ترین روش تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید انتخاب نمود. تیمار ۴ را نیز نمی توان انتخاب نمود چون نسبت به سه تیمار دیگر دارای درصد شکستگی بیشتری میباشد. با توجه به اینکه تیمارهای ۲ و ۳ دارای کمترین درصد ترک می باشند لذا از بین این دو تیمار، تیمار ۲ یا روش استفاده از دستگاه سفیدکن سایشی افقی + سفید کن تیغه ای، مناسب ترین روش تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید (برنج دانه بلند) است. زیرا دارای انرژی الکتریکی مصرفی کمتر، ظرفیت سیستم و راندمان تبدیل بیشتر می باشد. مشابه این نتایج در پژوهش افضلی نیا و همکاران (Afzalinia *et al.*, 2004) نیز ارائه شده و گزارش گردیده است که روش استفاده از سه واحد سفیدکن سایشی بصورت سری همراه با سفیدکن تیغه ای به عنوان پالش، بدلیل کمترین درصد شکستگی برنج، مناسب‌ترین ترکیب جهت تبدیل شلتوک به برنج می‌باشد. رابط و همکاران (۱۳۸۳) نیز گزارش نمودند که کاربرد سیستمی به ترتیب متشکل از پوست کن غلتک لاستیکی، پادیه، سفیدکن سایشی افقی و پالش، میزان درصد شکستگی هر دو رقم برنج مورد ارزیابی را در حد قابل توجهی پایین می‌آورده و روش مناسبی برای فرآیند تبدیل است که مشابه نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌باشد.

نتایج ارزیابی تغذیه‌ای برنج

نتایج تجزیه واریانس مقادیر فاکتورهای تغذیه‌ای برنج (شلتوک دانه بلند) در جدول ۴ ارائه شده و نشان می دهد که مقادیر درصد خاکستر در تیمار های مختلف تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. از نظر درصد پروتئین در تیمارهای مختلف در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در رابطه با درصد چربی، تیمارها در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند به گونه‌ای که تیمار ۳ بیشترین مقدار و تیمار ۵ کمترین مقدار را داشته است (شکل ۳). علت این تفاوت شاید به رقم دانه برنج بستگی داشته باشد که در دستگاه‌های مختلف سفیدکن مقدار این فاکتور متفاوت بوده است.

در مورد عنصر آهن نتایج آماری نشان داد که در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری در تیمارها وجود داشت. با توجه به شکل ۴ مشخص گردید که تیمار ۵ بیشترین مقدار آهن و تیمار ۲ کمترین مقدار آهن را دارا بود. شکل‌های ۵ و ۶ نیز مقایسه میانگین‌های مقادیر درصد پروتئین و خاکستر ارائه شده است.

لازم به ذکر اسـت که چون میزان خروج برنج از سـفیدکن قابل تغییر است و در سیستم های مختلف نیز متفاوت می باشد و این موضـوع روی میزان سـفید شدن برنج تاثیر می‌گذارد و درجه سفید شدن برنج نیز روی فاکتورهای تغذیه ای برنج موثر بود لذا نمی توان در رابطـه بـا نتـایج فـاکتورهای تغذیه ای برنج بحث منطقی و قابل قبولی را ارائه داد. در بعضـــی از فاکتورها اختلافات معنی‌دار نشده و در بعضی اختلافات زیادی مشاهده می‌شود.

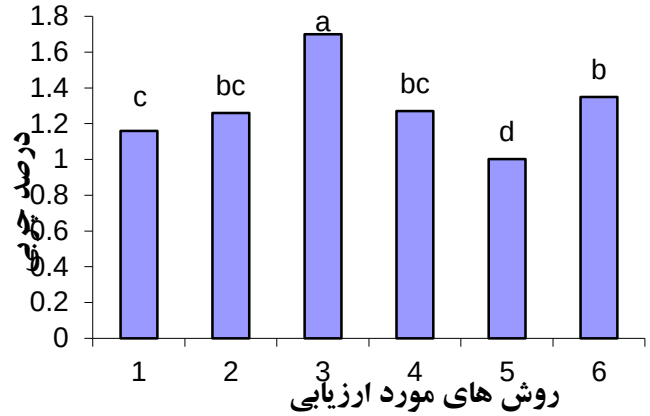
جدول ٤- تجزیه واریانس مقادیر فاکتورهای تغذیه‌ای برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد خاکستر	درصد چربی	درصد پروتئین	درصد کلسیم	آهن (ppm)
تیمار	۵	۰/۰۰۰۰۷۶ ns	۰/۱۶۶ **	۰/۸۰۱ *	–	۶۰۱/۷۳ **
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۰۴۴	۰/۰۰۶	۰/۱۷۲	–	۲/۹۴
کل	۱۷	۰/۰۰۰۰۵۴	۰/۰۵۳	۰/۳۵۷	–	۱۷۹/۰۶

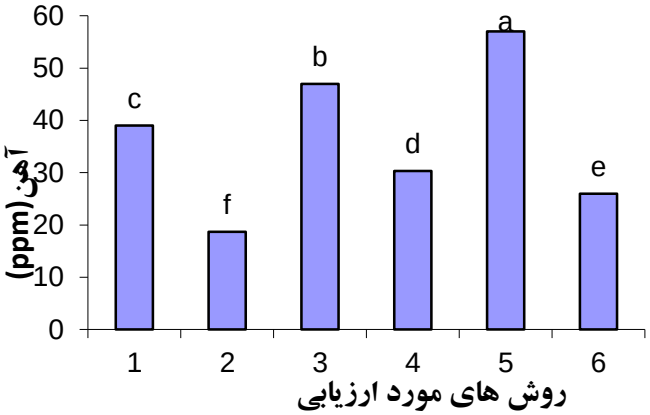
ns عدم وجود اختلاف معنی دار

* وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪

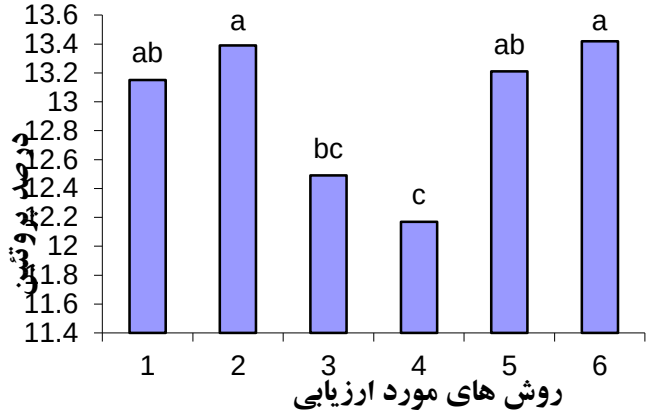
** وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪



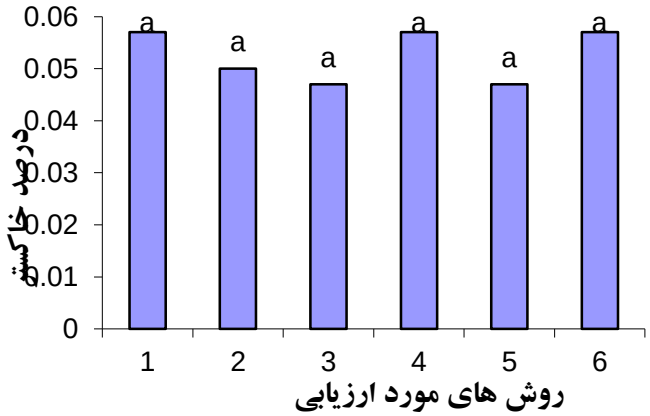
شکل ۳- مقایسه میانگین‌های مقادیر درصد چربی در اثر روش‌های مورد ارزیابی



شکل ٤- مقایسه میانگین‌های مقادیر آهن در اثر روش‌های مورد ارزیابی



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های مقادیر درصد پروتئین در اثر روش‌های مورد ارزیابی



شکل ٦- مقایسه میانگین‌های مقادیر درصد خاکستر در اثر روش‌های مورد ارزیابی

نتایج ارزیابی اقتصادی

بر اساس جدول ۳ گزارش فنی پروژه با توجه به راندمان تبدیل شلتوک به برنج در سیستم‌های مختلف، مقدار برنج حاصله از یک تن شلتوک در هر سیستم محاسبه گردیده است. و با توجه به محاسبه نسبت برنج سفید شده سالم به برنج سفید شده، مقدار برنج سالم و خرده برنج در هر سیستم محاسبه گردیده است. با توجه به اینکه قیمت برنج در سال ۱۳۹۳، ۶۰۰۰ تومان و خرده برنج نصف آن یعنی ۳۰۰۰ تومان برآورد شده است، تفاوت درآمد تیمارهای مختلف برای سفیدکردن یک تن شلتوک در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- تفاوت درآمد تیمارهای مختلف برای سفیدکردن یک تن شلتوک بر حسب تومان

تیمار	مقدار برنج حاصله	برنج سالم	خرده برنج	قیمت برنج سالم ۶۰۰۰	قیمت خرده برنج ۳۰۰۰	جمع
۱	۶۲۷/۵	۴۸۷/۵	۱۴۰	۲۹۲۵۰۰۰	۴۲۰۰۰۰	۳۳۴۵۰۰۰
۲	۶۶۵	۵۱۵	۱۵۰	۳۰۹۰۰۰۰	۴۵۰۰۰۰	۳۵۴۰۰۰۰
۳	۶۱۷/۵	۵۳۷/۵	۸۰	۳۲۲۵۰۰۰	۲۴۰۰۰۰	۳۴۶۵۰۰۰
۴	۶۶۰	۴۶۷/۵	۱۹۲/۵	۲۸۰۵۰۰۰	۵۷۷۵۰۰	۳۳۸۲۵۰۰
۵	۶۴۷/۳	۴۵۳/۴	۱۹۳/۹	۲۷۲۰۴۰۰	۵۸۱۷۰۰	۳۳۰۲۱۰۰
۶	۶۴۷/۷	۵۵۲/۸	۹۴/۹	۳۳۱۶۸۰۰	۲۸۴۷۰۰	۳۶۰۱۵۰۰

ماخذ : یافته های تحقیق

نتایج این جدول نشان می‌دهد که بیشترین درآمد مربوط به تیمار ۶ و بعد از آن به ترتیب تیمارهای ۲ ،۳ ،۴، ۱ و ۵ قرار گرفته‌اند. تفاوت هزینه تیمارهای مختلف برای سفیدکردن یک تن شلتوک در جدول ۶ آورد شده است. در این جدول قیمت اولیه هر سیستم بر اساس قیمت سال ۱۳۹۳ برآورد و عمر مفید تمام سیستم‌ها یکسان و ۱۲ سال در نظر گرفته‌شده است. ساعت کارکرد هر سیستم در سال براساس چهار ماه و در هر روز ۱۲ ساعت کار محاسبه‌شده است. ظرفیت هر سیستم بر اساس جدول ۳ گزارش فنی طرح و کارکرد سال هر سیستم با توجه به ساعت کارکرد و ظرفیت هر سیستم در سال محاسبه شده است. سهم قیمت اولیه دستگاه برای هر تن شلتوک از تقسیم قیمت اولیه بر کارکرد سال هر سیستم به دست آورده شده است. هزینه‌ی تعمیرات و هزینه‌ی برق برای هر سیستم از طریق پرسش‌نامه و با توجه به کارکرد سال هر سیستم محاسبه‌شده است.

جدول ٦- تفاوت هزینه تیمار های مختلف برای سفیدکردن یک تن شلتوک بر حسب تومان

تیمار	قیمت اولیه میلیون	عمر مفید	ساعت کارکرد سال	ظرفیت تن ساعت	کارکرد سال تن	سهم قیمت اولیه دستگاه برای هر تن شلتوک	هزینه ی تعمیرات تن شلتوک	هزینه ی برق برای یک تن	جمع هزینه‌ها برای هرتن
۱	۱۸۰	۱۲	۱۴۴۰	۱/۲۴	۱۷۸۵/۶	۸۴۰۰/۵۴	۳۳۱۵	۴۹۸/۶۱۰	۱۲۲۱۴/۱۵
۲	۱۸۰	۱۲	۱۴۴۰	۰/۵۴	۷۷۷/۶	۱۹۲۹۰/۱۲	۴۲۵۵	۴۹۸/۶۱۰	۲۴۰۴۳/۷۳
۳	۱۶۰	۱۲	۱۴۴۰	۰/۲۶	۳۷۴/۴	۳۵۶۱۲/۵۴	۶۰۵۰	۱۲۱۰/۹۱	۴۲۸۷۳/۴۵
۴	۱۶۵	۱۲	۱۴۴۰	۰/۲۵	۳۶۰	۳۸۱۹۴/۴۴	۶۱۹۵	۱۱۳۹/۶۸	۴۵۵۲۹/۱۲
۵	۱۵۰	۱۲	۱۴۴۰	۰/۷۲	۱۰۳۶/۸	۱۲۰۵۶/۳۳	۳۸۴۰	۲۸۴/۹۲	۱۶۱۸۱/۲۵
۶	۲۶۰	۱۲	۱۴۴۰	۱/۱۴	۱۶۴۱/۶	۱۳۱۹۸/۵۱	۳۳۷۵	۲۸۴/۹۲	۱۶۸۵۸/۴۳

ماخذ : یافته های تحقیق

نتایج این جدول نشان می‌دهد که بیش‌ترین هزینه مربوط به تیمار ۴ بعد از آن به ترتیب تیمارهای ۳ ،۲ ،۶ ،۵ و ۱ قرار گرفته‌اند. با توجه به جداول ۵ و ۶ ، هزینه و منافع تیمارهای مختلف در جدول ۷ آورده شده است .

با توجه به جدول ۷ و بر اساس روش تحقیق اقتصادی پروژه، ابتدا در این مرحله تیمارها بر حسب هزینهٔ آنها (از کوچک به بزرگ) مرتب و دو به دو مقایسه شدند. پس از این مرحله مجدداً تیمارهایی که انتخاب شدند به همین روش مورد مقایسه قرار گرفتند تا بهترین تیمار انتخاب شود که نتایج آن در جدول ۸ آورده شده است.

با توجه به جدول ۸ ترتیب اولویت تیمارها از نظر اقتصادی بصورت ۶، ۳، ۲، ۴، ۱ و ۵ می‌باشد. از آنجا که در این طرح تیمار ۶ از کشور چین وارد کشور شده است و مدیریت جهاد کشاورزی استان در خواست مقایسه آن را با سیستم‌های داخلی داشته است، لذا این سیستم با سایر سیستم‌ها مقایسه شده که نتایج آن در جدول ۹ آورده شده است. با توجه به جدول ۹ تیمار ۶ از سایر تیمارها اقتصادی‌تر می‌باشد.

جدول ۷ - جدول هزینه و منافع تیمارهای مختلف

تیمار	هزینه	منافع
۱	۱۲۲۱۴/۱۵	۳۳۴۵۰۰۰
۵	۱۶۱۸۱/۲۵	۳۳۰۲۱۰۰
۶	۱۶۸۵۸/۴۳	۳۶۰۱۵۰۰
۲	۲۴۰۴۳/۷۳	۳۵۴۰۰۰۰
۳	۴۲۸۷۳/۴۵	۳۴۶۵۰۰۰
۴	۴۵۵۲۹/۱۲	۳۳۸۲۵۰۰

ماخذ : یافته های تحقیق

جدول ۸ – مقایسه‌ی اقتصادی تیمارها

تیمار ها	۱و۵	۶و۲	۳و۴	۶و۱	۳و۶	۱و۳	۲و۵	۵و۴	۲و۴
r_{ij}	-۱۰/۸۴	-۸۰۵۷	-۳۱/۰۵	۵۵/۲۳	-۵/۲۵	۳/۹۱	۳۰/۲۶	۲/۷۴	-۷/۳۳
تیمار برتر	۱	۶	۳	۶	۶	۳	۲	۴	۲

ماخذ : یافته های تحقیق

جدول ۹ – مقایسه‌ی اقتصادی تیمار ٦ با سایر تیمارها

تیمار ها	۶و۱	۶و۲	۶و۴	۶و۳	۶و۵
r_{ij}	۵۵/۲۳	-۸۰۵۷	-۷/۶۴	-۲/۲۴	۴۴۲/۳
تیمار برتر	۶	۶	۶	۶	۶

ماخذ : یافته های تحقیق

نتیجه‌گیری کلی

نتایج ارزیابی فنی نشان داد که چون تیمار ۶ بیشترین درصد ترک به مقدار ۴۵/۳۳ درصد و تیمار ۵ بیشترین درصد شکستگی برنج به مقدار ۳۱/۷۹ درصد را داشت، لذا نمی‌توان این دو روش را به عنوان مناسب‌ترین روش تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید در شلتوک رقم شمیم (دانه بلند) انتخاب نمود. تیمار ۴ را نیز نمی‌توان انتخاب نمود چون نسبت به سه تیمار دیگر دارای درصد شکستگی بیشتری میباشد. با توجه به اینکه تیمارهای ۲ و ۳ دارای کمترین درصد ترک به مقدار ۱۰ درصد می‌باشند لذا از بین این دو تیمار، تیمار استفاده از دستگاه سفیدکن سایشی افقی + سفید کن تیغه ای (تیمار ۲)، مناسب‌ترین روش تبدیل برنج قهوه ای به برنج سفید در شلتوک رقم شمیم (دانه بلند) است. همچنین در این تیمار، انرژی الکتریکی مصرفی کمتر، ظرفیت سیستم و راندمان تبدیل بیشتر می باشد. از نظر ارزش غذایی برنج، نتایج نشان داد که عناصر چربی، پروتئین و آهن در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند و بیشترین مقدار چربی در تیمار ۳ وجود داشت. از نظر پروتئین و آهن بیشترین مقدار به ترتیب در تیمارهای ۶ و ۵ وجود داشت. جمع‌بندی نتایج نشان داد که تیمار ۶ (شامل: پوست کن غلتک لاستیکی + جداساز شلتوک نوع سینی شکل + سفیدکن سایشی عمودی + صیقل دهنده) نسبت به سایر تیمارها اقتصادی‌تر می‌باشد و پس از آن به ترتیب تیمارهای ۳، ۲، ۴، ۱ و ۵ قرار داشتند.

فهرست منابع

پیمان، م. ح.، ت. توکلی، و س. مینائی. ۱۳۷۸. تعیین فاصله مناسب بین غلطک ها در پوست کن غلطک لاستیکی برای تبدیل سه رقم برنج متداول دراستان گیلان. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، ۵ (۲۰) : ۴۸- ۳۷ .

حسینی، ز.، ۱۳۷۳. روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی. شیراز : انتشارات دانشگاه شیراز.

رابط، غ. ر.، ه. بهرامی، م. ج. شیخ داوودی، و م. شاکر. ۱۳۸۳. بهسازی فرآیند تبدیل شلتوک ارقام آمل _۳ و چمپای خوزستان به برنج سفید. چکیده مقالات سومین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران، ۱۰ - ۱۲ شهریور ۱۳۸۳، کرمان، ایران.

سلطانی، غ.، ۱۳۶۲. اقتصاد کشاورزی. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

شاکر، م.، ۱۳۸۴. بررسی اثر تغییر سرعت دورانی دستگاه سفیدکن سایشی افقی برمیزان شکستگی و ضایعات تبدیل دو رقم برنج دراستان فارس. مجموعه خلاصه مقالات دومین کنفرانس دانشجوئی مهندسی ماشینهای کشاورزی، ۳ - ۴ خردادماه ۱۳۸۴، تهران، ایران.

علیزاده، م. ر.، ۱۳۸۱. بررسی میزان ضایعات سیستم های مختلف تبدیل برنج در کارخانه های شالیکوبی استان گیلان و ارائه راه کارهایی جهت تقلیل آن. مؤسسه تحقیقات برنج کشور. شماره ثبت ۸۱/۲۳۰.

Afzalinia, S., M. Shaker, and E. Zare. 2004. Comparison of different rice milling methods. Canadian biosystems engineering, 46: 3.63-3.66.

Farouk, S. M., and M. N. Islam. 1995. Effect of parboiling and milling parameters on breakage of rice grains. Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America, 26(4): 33-38 and 43.

Ha, T. Y., S. N. Ko, S. M. Lee, H. R. Kim, and S. H. Chung. 2006. Change in nutraceutical lipid components of rice at different degrees of milling, Eur. Journal Lipidsci.Technol, 108: 175-181.

Horwists, W. 1975. Official method of analysis. 12 th Ed, Association of official Agricultural chemists, incorporated, Washington, D. C., U. S. A, 597.

Lamberts, L., E. De Bie, G. E. Vandeputte, W. S. Veraverbeke, and V. Derycke. 2007. Effect of milling on colour and nutritional properties of rice. Food Chemistry, 100: 1496-1503.

Park, J. K., S. S. Kim, and K. O. Kim. 2001. Effect of milling ratio an sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. Cereal chemistry, 78(2): 151-156.

Pedersen, B., and B. O. Eggum. 1983. The influence on the nutritive of flour from cereal grains. Qual Plant Plant Food Hum Nutrition, 33: 267-278.