# بررسی اثر برخی عوامل دخیل در پاربویلینگ بر راندمان تبدیل و درجه سفیدی دو رقم شلتوک متداول استان گیلان

عادل احمدی آرا[۱*]، عزت اله عسکری اصلی اردهٔ[۲]، محمدباقر دهپور[۳]، ایرج باقری[۴]، فاطمه رحیمی اجدادی[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
adel.ahmadiara@gmail.com
۲- دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳- مربی گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه گیلان
۴- استادیار گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه گیلان
۵- دانشجوی دکتری مکانیک، گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

## چکیده

پاربویلینگ از روش‌های فرآوری هیدروترمال شلتوک پیش از فرآیند تبدیل می‌باشد که سبب کاهش چشمگیر ضایعات برنج، ارتقاء سطح مواد مغذی، کیفیت پخت و نیز افزایش عمر انبارداری آن می‌گردد. ویژگی‌های تکنیکی این فرآیند شامل درجه حرارت خشک‌شدن، رطوبت نهایی دانه و زمان بخاردهی عواملی هستند که بر راندمان تبدیل و درجه سفیدی برنج پاربویل‌شده تاثیر می‌گذارند. در این تحقیق اثر درجه حرارت خشک‌کردن در دو سطح (۴۵ و ۶۰ $^{\circ}C$)، محتوای رطوبت نهایی دانه در سه سطح (۸، ۱۰ و ۱۲٪ w.b.) و زمان بخاردهی در سه سطح (۱۰، ۲۰و ۳۰ دقیقه) بر راندمان تبدیل و درجه سفیدی حاصل از تبدیل دو رقم برنج متداول در استان گیلان(هاشمی و علی‌کاظمی) مورد بررسی قرار گرفت. تبدیل نمونه‌ها بوسیله پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن سایشی آزمایشگاهی انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که تمامی اثرات اصلی بر راندمان تبدیل موثر بوده در حالی‌که تنها اثر رقم و رطوبت بر درجه سفیدی برنج موثر بود. راندمان تبدیل و درجه سفیدی، رقم علی کاظمی به ترتیب با مقادیر ۶۸/۶۴۰ و ۹۰/۵۵۰٪ به طور معنی داری بالاتر از رقم هاشمی با مقادیر متناظر ۶۸/۳۳۶ و ۹۰/۱۲۶٪ بود. از نقطه نظر اثرات اصلی، دمای خشک کن ۶۰ $^{\circ}C$، زمان بخاردهی ۱۰ دقیقه و رطوبت ۸٪ بالاترین میانگین‌های راندمان تبدیل را دارا بودند و همچنین در رطوبت ۸٪ بالاترین درجه سفیدی حاصل گردید. بهترین ترکیب های تیماری به‌دست آمده برای راندمان تبدیل شامل هاشمی، ۴۵ $^{\circ}C$، ۸٪ و ۱۰ دقیقه و برای درجه سفیدی، هاشمی، ۴۵ $^{\circ}C$، ۱۲٪ و ۳۰ دقیقه بود.

**واژه های کلیدی:** پاربویلینگ، دمای خشک کردن، درجه سفیدی، راندمان تبدیل شلتوک و زمان بخاردهی.

## مقدمه

برنج به عنوان یکی از دانه های خوراکی تقریباً نیمی از جمعیت جهان، قبل از مصرف تحت فرآیند تبدیل قرار می گیرد. تبدیل، یکی از مهمترین مراحل فرآوری شلتوک می باشد که بطور مرسوم برای تولید دانه شفاف و سفید انجام می شود. یک سیستم تبدیل تجاری شلتوک شامل یک فرآیند چند مرحله ای است که شلتوک ابتدا تحت پوست کنی و سپس حذف لایه قهوه ای خارجی قرار می گیرد که به آن سفیدکنی گفته می شود (Yadav and Jindal, 2008). یکی از مشکلات عمده در صنایع برنج شکست دانه ها در طی فرآیند تبدیل است. پاربویلینگ یکی از راهکارهای افزایش عملکرد در صنایع برنج می باشد که در آن قبل از تبدیل، شلتوک تحت فرآیندی عموماً سه مرحله ای قرار می گیرد. فرایند پاربویلینگ در خیلی از کشورهای جهان از جمله هند، بنگلادش، پاکستان، میانمار، مالزی، سریلانکا، گینه، آفریقای جنوبی، ایتالیا، اسپانیا، تایلند، سوئیس، و فرانسه انجام می شود (Pillaiyar, 1981). پاربویلینگ سبب افزایش استحکام دانه و در نتیجه افزایش راندمان برنج سالم و کاهش ضایعات تبدیل، بهبود و ارتقاء سطح خواص مغذی برنج شامل مواد معدنی بویژه فسفر و پتاسیم و افزایش ویتامین ب و نیز افزایش کیفیت انبارداری شلتوک می گردد. با توجه به مزایای این روش چه از نظر اقتصادی و چه از جنبه تغذیه ای لزوم گسترش این فناوری با توجه به نرخ بالای ضایعات برنج تبدیلی در کارخانه های شالیکوبی کشور به خوبی احساس می گردد.

روش متداول پاربویلینگ شامل سه مرحله خیساندن در آب، بخاردهی جهت تکمیل ژلاتینه شده نشاسته و خشک کردن می باشد. تغییر در مقادیر متغیرهای مربوط به هر یک از این سه مرحله مانند زمان بخاردهی، دمای خشکاندن و درصد رطوبت نهایی پس از خشکاندن محصول، بعلاوه نوع رقم مربوطه تاثیر بسیار زیادی مقدار راندمان تبدیل و افزایش استحکام دانه خواهد داشت.

نتایج یک تحقیق بر روی برنج پاربویل شده نشان داد که راندمان تبدیل برنج سالم به طور معنی داری از ۵۱٪ در برنج قهوه ای به ۸۰-۶۰٪ در برنج پاربویل شده رسید(Sareepuang *et al.*, 2008). خواص شلتوک و برنج قهوه ای تحت پاربویلینگ در مقیاس آزمایشگاهی در دو گروه شدید و ملایم توسط یک گروه تحقیقاتی مورد بررسی قرار دادند (Patindol *et al.*, 2008). نتایج نشان داد که راندمان برنج سالم تحت فرایند پاربویلینگ شدید بهبود می یابد اما تحت پاربویلینگ ملایم کاهش می یابد. همچنین نیم پزکردن عموماً سبب کاهش سفیدی برنج سالم، کاهش آمیلوز و افزایش چربی دانه می گردد. در تحقیق دیگری نشان داده شد که با افزایش زمان خیساندن افزایش معنی داری در آب جذب شده و راندمان تبدیل و راندمان برنج سالم صورت می گیرد (Kaddus Miah *et al.*, 2002). بررسی ای بر روی ارقام منطقه ای از لحاظ زمان بهینه خیساندن و نسبت برنج به آب در مرحله بخاردهی انجام شد و نسبت ۱ به ۲/۵ به عنوان نتیجه ارائه شد (Gunasekhara and Dharmasene, 2011).

در تحقیقی که روی عملکرد برنج سالم در پاربویلینگ در مقایسه با برنج قهوه ای نسبت به پاربویلینگ شلتوک انجام شد مشخص شد عملکرد برنج سالم پاربویل شده نسبت به برنج قهوه ای نیم پز شده کاهش داشته، اما نسبت به برنج خام افزایش داشته است (Parnsakhorn and Noomhorn, 2008). علاوه بر موارد ذکر شده گروه های تحقیقاتی دیگری نیز به مطالعه و

بررسی شرایط مختلف نیم پزکردن و تاثیرات آنها بر روی عملکرد تبدیل پرداختند (Oludare et *al.*, 2012; Umogbai, 2013). در ایران، تحقیقاتی بر روی تاثیر زمان بخاردهی و دمای خیساندن بر ضریب تبدیل و درصد برنج سالم در دو رقم طارم و فجر در استان مازندران مورد بررسی قرار گرفت (نصیر احمدی و همکاران،۱۳۹۰). در این تحقیق از دمای خیساندن ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درجه و زمان بخاردهی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه استفاده کردند. نتایج نشان داد که افزایش زمان بخاردهی باعث افزایش ضریب تبدیل و درصد برنج سالم در هر دو رقم می شود.

به طورکلی پاربویلینگ شلتوک با وجود مزایای زیاد آن در صنایع تبدیلی برنج در ایران توسعه نیافته و تحقیقات جامع و موثر زیادی در زمینه بررسی شرایط و روش های مناسب بر نتایج آن صورت نگرفته است و این در حالی است که ویژگی های بومی محلی بویژه نوع رقم تاثیر بسیار معنی داری بر روشهای اعمالی ممکن است داشته باشد. در نتیجه، با توجه به عدم وجود تحقیقات داخلی کافی در این زمینه، یافتن شرایط و روش های بومی محلی الزامی می باشد. بر اساس مطالب ذکر شده هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر زمان بخاردهی (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه)، دمای خشک کردن(۴۵ و ۶۰ $^{c}$°) و رطوبت نهایی جهت تبدیل (۸، ۱۰ و ۱۲٪) بر روی راندمان تبدیل و درجه سفیدی در آزمایش با دو رقم متداول (هاشمی و علی کاظمی) در استان گیلان می باشد.

## مواد و روش ها

در این تحقیق از دو رقم شلتوک از ارقام متداول در استان گیلان به نام های هاشمی و علی کاظمی استفاده شد. آزمایشات در آزمایشگاه میلینگ دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان انجام شد. قبل از اجرای آزمایشات شلتوک ها به طور دستی از مواد خارجی پاک گردیدند. سپس نمونه هایی از هر یک از ارقام مورد آزمایش، در آون یکبار با دمای ۴۵ درجه سانتیگراد و یکبار دیگر با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و برای هر رقم نمونه هایی با درصد رطوبت ۸، ۱۰و ۱۲٪ w.b. بدست آمد. هریک از این نمونه ها جهت بدست آوردن راندمان تبدیل و درجه سفید، پوست کنی و سفید کنی شد. عمل پوست کنی با پوست کن آزمایشگاهی[1] انجام شد و در نهایت راندمان تبدیل (MY) و درجه سفیدی (MD) با استفاده از روابط ۱ و ۲ بدست آمد.

$$PMY = \frac{W_w}{W_p} \times 100 \quad (1)$$

$$MD = \frac{W_w}{W_{br}} \quad (2)$$

که در آن $W_w$ وزن برنج سفید کل، $W_p$ وزن شلتوک و $W_{br}$ وزن برنج قهوه ای می باشد.

در مرحله بعد نمونه های شلتوک ها با آب سرد شستشو داده شدند تا خاک و مواد زائد احتمالی نظیر کاه های ریز از آن جدا گردد. سپس اولین مرحله پاربویلینگ یعنی خیساندن، برای نمونه ها در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت اجرا گردید. برای خیساندن شلتوک ها با شرایط ذکر شده شلتوک ها در ظرفی قرار داده شد و در ظرفی جداگانه آب تا دمای ۱۰۰ $^{c}$° حرارت

[1] Satake Engineering co., LTD.Japan

داده شد و سپس آب جوش در ظرف محتوی شلتوک ها ریخته شد. بدین ترتیب دمای آب تا ۷۰ درجه سانتیگراد پایین آمد. با جایگزینی آب جوش با مقداری از آب ظرف دمای آب در طول مدت خیساندن در ۷۵ درجه سانتیگراد با اندازه گیری توسط دماسنج آزمایشگاهی، ثابت نگهداشته شد. سپس نمونه ها را آبکشی کرده و به سه قسمت مساوی تقسیم شد و مرحله بخاردهی با زمان های بخاردهی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه انجام گردید. مرحله بخاردهی با استفاده از روش حمام بخار اجرا گردید. پس از انجام بخاردهی، نمونه ها آبکشی شده و بر روی کاغذ قرار داده شد تا آب اضافی از نمونه ها گرفته شود. مرحله خشک کردن با دو سطح دمای خشک کردن ( ۴۵ و ۶۰ $^{\circ}$C ) در آون اجرا گردید. برای تامین محتوای رطوبت نمونه های مورد نظر، با یک دستگاه رطوبت سنج دیجیتالی[1] رطوبت نمونه ها بطور مداوم اندازه گیری شد و سپس از آون خارج شدند. سپس نمونه ها در کیسه های پلی اتیلنی آب بندی شده قرار گرفته و به مدت ۳ ساعت در دمای اتاق قرار گرفته تا به آرامی خنک شوند و پس از آن به یخچال با دمای ۴ $^{\circ}$c منتقل شدند تا رطوبت نمونه ها حفظ شود.

نمونه ها برای انجام آزمایشات تبدیل، از یخچال خارج شده و به مدت ۳ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند و پس از آن در نمونه های ۵۰ گرمی توسط ترازوی دیجیتالی توزین شده و عمل پوست گیری با دستگاه پوست کن غلطک لاستیکی[2] بر روی آنها انجام شد. نمونه ها پس از عمل پوست کنی مجدداً توزین شده و سپس به دستگاه سفیدکن سایشی منتقل شدند و پس از آن مجدداً توزین گردیدند.

برای تجزیه تحلیل داده‌ها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و برای مقایسهٔ میانگین اثرات اصلی و متقابل عوامل مستقل، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح احتمال ۵٪) استفاده شد.

## نتایج و بحث

### الف- راندمان تبدیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های بدست آمده بر راندمان تبدیل ( جدول ۱) نشان داد که کلیه اثرات اصلی عوامل شامل رقم، رطوبت، زمان بخاردهی و دمای خشک کردن بر راندمان تبدیل حاصل از تبدیل معنی دار می باشند (سطح احتمال ۱٪).

همچنین نتایج حاکی از آن است که اثرات متقابل رقم در رطوبت، رقم در زمان بخاردهی، دمای خشک کردن در رطوبت و رطوبت در زمان بخاردهی معنی دار می باشند. درحالیکه اثرات متقابل رقم در دمای خشک کردن و دمای خشک کردن در زمان بخاردهی تاثیر معنی داری بر راندمان تبدیل نداشت. در بررسی اثرات سه گانه مشخص شد که اثر رقم در دمای خشک کردن در رطوبت بر راندمان تبدیل معنی دار نبود؛ در صورتی که اثر سه گانه رقم در دمای خشک کردن در زمان بخاردهی و دمای خشک کردن در رطوبت در زمان بخاردهی معنی دار بودند. اثر چهارگانه مربوطه نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود.

[1] GMK-303
[2] Satake Engineering Co., LTD, Japan

**جدول ۱.** نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پارامترهای مورد بررسی بر راندمان تبدیل در فرآیند پاربویلینگ.

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات |
|---|---|---|
| رقم | ۱ | ۲/۴۸۴** |
| دمای خشک کردن | ۱ | ۱/۱۹۹** |
| رطوبت | ۲ | ۷/۲۵۸** |
| زمان بخاردهی | ۲ | ۰/۵۷۷** |
| تکرار | ۲ | ۰/۰۴۴ ns |
| رقم×دمای خشک کردن | ۱ | ۰/۰۷۴ ns |
| رقم × رطوبت | ۲ | ۰/۳۰۷* |
| رقم × زمان بخاردهی | ۲ | ۰/۹۴۰** |
| دمای خشک کردن× رطوبت | ۲ | ۲/۱۹۲** |
| دمای خشک کردن× زمان بخاردهی | ۲ | ۰/۲۳۰ ns |
| رطوبت × زمان بخاردهی | ۴ | ۰/۲۲۵ * |
| رقم×دمای خشک کردن×رطوبت | ۲ | ۰/۱۷۴ ns |
| رقم×دمای خشک کردن×زمان بخاردهی | ۲ | ۰/۳۹۷* |
| دمای خشک کردن×رطوبت×زمان بخاردهی | ۴ | ۰/۷۱۳** |
| دمای خشک کردن×رطوبت×زمان بخاردهی×رقم | ۴ | ۰/۶۷۳** |
| خطا | ۷۰ | ۰/۰۸۸ |
| مجموع | ۱۰۷ | |

**، * و ns بترتیب اثرات معنی دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی دار

**جدول۲.** نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی عوامل مورد آزمایش بر راندمان تبدیل در فرآیند پاربویلینگ.

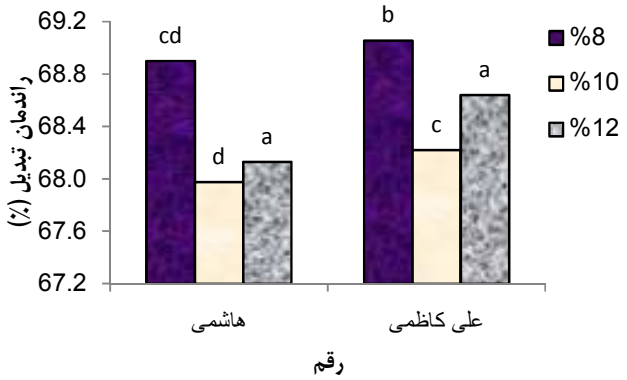
| رقم | راندمان تبدیل | دمای خشک کن (°C) | راندمان تبدیل | زمان بخاردهی (دقیقه) | راندمان تبدیل | رطوبت (%wb) | راندمان تبدیل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| هاشمی | ۶۸/۳۳۶ b | ۴۵ | ۶۸/۳۸۳b | ۱۰ | ۶۸/۶۲۸ a | ۱۲ | ۶۸/۳۸۶b |
| علی کاظمی | ۶۸/۶۴۰a | ۶۰ | ۶۸/۵۹۳a | ۲۰ | ۶۸/۳۸۹ b | ۱۰ | ۶۸/۰۹۹ c |
| | | | | ۳۰ | ۶۸/۴۴۷ b | ۸ | ۶۸/۹۷۹ a |

حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار ( سطح احتمال ۵٪) میانگین اثرات می‌باشند.

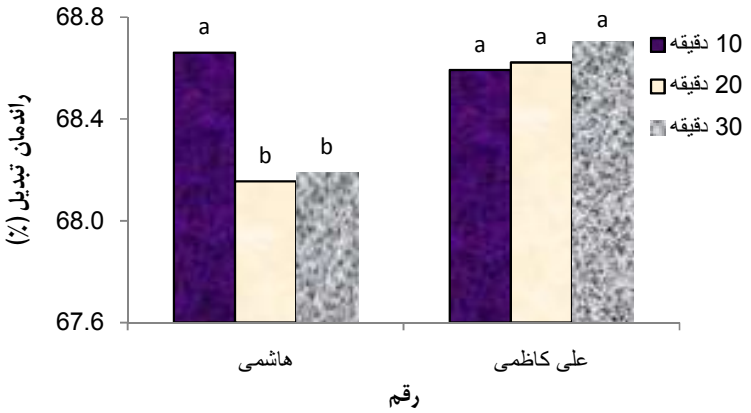
نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح عوامل مستقل (جدول ۲) نشان داد که با تغییر تمامی سطوح عوامل موثر مورد بررسی به استثنای زمان بخاردهی، تفاوت معنی داری در راندمان تبدیل ایجاد شده است. در رابطه با زمان بخاردهی تاثیر میانگین سطح ۲۰ دقیقه و ۳۰ دقیقه از لحاظ آماری بر راندمان تبدیل معنی دار نبود. رقم علی کاظمی با میانگین (۶۸/۶۴۰ ٪) از راندمان تبدیل بیشتری نسبت به رقم هاشمی با میانگین (۶۸/۳۳۶ ٪) برخوردار بود. افزایش دمای خشک کن از ۴۵ به ۶۰ درجه سانتیگراد سبب افزایش معنی داری در راندمان تبدیل گردید. بیشترین راندمان تبدیل در زمان بخاردهی ۱۰ دقیقه بدست آمد(۶۸/۶۲۸٪).

اگرچه راندمان تبدیل بدست آمده در زمان بخاردهی ۳۰ دقیقه اندکی نسبت به زمان بخاردهی ۲۰ دقیقه بیشتر بود، اما این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین راندمان تبدیل (۶۸/۹۷۹٪) در رطوبت w.b. ۸٪ بدست آمد و پس از آن بیشترین راندمان تبدیل (۶۸/۳۸۶٪) در رطوبت w.b. ۱۲٪ حاصل گردید. در محتوای رطوبت تبدیل w.b.۱۰٪ ، کمترین راندمان تبدیل بدست آمد.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و رطوبت (شکل ۱) نشان داد که راندمان تبدیل در آزمایش با دو رقم هاشمی و علی کاظمی در سطوح مختلف رطوبتی دارای تفاوت معنی داری می‌باشد. لازم به ذکر است که در رطوبت w.b. ۸٪ برای هر دو رقم بالاترین راندمان تبدیل بدست آمده است. کمترین راندمان تبدیل برای هر دو رقم مورد آزمایش در رطوبت w.b.۱۰٪ حاصل شد.




**شکل ۱.** نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و محتوای رطوبت تبدیل بر راندمان تبدیل حاصل از فرآیند پاربویلینگ. حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار ( سطح احتمال ۵٪) میانگین اثرات می‌باشند.

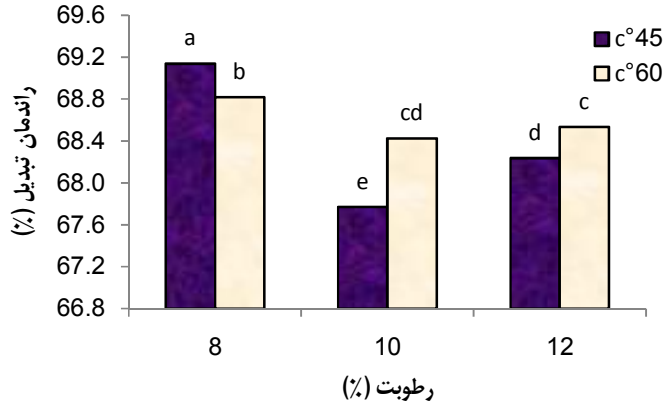



**شکل ۲.** نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل دوتایی رقم و زمان بخاردهی بر راندمان تبدیل حاصل از فرآیند پاربویلینگ

حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار ( سطح احتمال ۵٪) میانگین اثرات می‌باشند.

در مورد اثرات متقابل رقم و زمان بخاردهی (شکل ۲) برای رقم هاشمی، سطح زمان بخاردهی ۱۰ دقیقه با سطوح ۲۰ و ۳۰ دقیقه دارای اختلاف معنی داری از لحاظ راندمان تبدیل بودند؛ اما با وجودی که راندمان تبدیل در زمان بخاردهی ۳۰ دقیقه از سطح ۲۰ دقیقه بیشتر بود، این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار نبود. در مورد رقم علی کاظمی هر سه سطح زمان بخاردهی از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با هم نداشتند، اگر چه در زمان بخاردهی ۳۰ دقیقه بیشترین راندمان تبدیل بدست آمد. بطور کلی اثر متقابل رقم و زمان بخاردهی در رقم هاشمی نسبت به رقم علی کاظمی محسوس تر بود.

شکل ۳ نتایج مقایسه میانگین اثرات دوتایی رطوبت و دمای خشک کن را بر راندمان تبدیل حاصل از فرآیند پاربویلینگ نشان می دهد. با توجه به این شکل در دمای خشک کنی $^{\circ}$c ۴۵ و رطوبت ۸٪ (۶۹/۱۳۹٪) بالاترین راندمان تبدیل نسبت به سایر ترکیبات دو سطوح به دست آمده است. بعد از آن در دمای $^{\circ}$c ۶۰ و رطوبت ۸٪ بالاترین راندمان تبدیل (۶۸/۸۱۹٪) به دست آمد. چه در دمای خشک کن $^{\circ}$c ۴۵ و چه $^{\circ}$c ۶۰ بالاترین راندمان تبدیل برای رطوبت ۸٪ به دست آمده است. قابل ذکر است به جز رطوبت ۸٪ در دو سطح رطوبتی دیگر بالاترین راندمان تبدیل در دمای خشک کن ۶۰ درجه سانتیگراد بدست آمد، به این دلیل که در رطوبت ۸٪ به خاطر پایین آمدن قابل ملاحظه رطوبت دانه اعمال دمای خشک کنی $^{\circ}$c ۶۰ سبب شدت بیش از حد تنش در دانه می گردد. رطوبت ۱۰٪ و دمای خشک کن $^{\circ}$c ۶۰ از لحاظ آماری تفاوت معنی داری را با رطوبت ۱۲٪ چه در سطح دمای خشک کن $^{\circ}$c ۴۵ و چه $^{\circ}$c ۶۰ نشان نداد. کمترین راندمان تبدیل در بین میانگین های مربوط به اثر دوگانه رطوبت در دمای خشک کن در رطوبت ۱۰٪ و دمای خشک کن $^{\circ}$c ۴۵ به دست آمد(۶۷/۷۷۱٪).




**شکل ۳.** نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل دوتایی رطوبت و دمای خشک کن بر راندمان تبدیل حاصل از فرآیند پاربویلینگ.
حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار ( سطح احتمال ۵٪) میانگین اثرات می‌باشند.

لازم به ذکر است در مقایسه اثرات متقابل چهارتایی بالاترین راندمان تبدیل در ترکیب تیماری رقم هاشمی، دمای خشک کن $^{\circ}$c ۴۵ ، رطوبت w.b. ۸٪ و زمان بخاردهی ۱۰ دقیقه بدست آمد که درجه سفیدی در آن ۷۰/۰۱۰ ٪ بود.

**ب- درجه سفیدی**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های بدست آمده بر درجه سفیدی ( جدول ۳) نشان داد اثرات اصلی عوامل شامل رقم و رطوبت بر درجه سفیدی حاصل از تبدیل معنی دار و اثرات اصلی دمای خشک کن و زمان بخاردهی معنی دار نمی باشند.

**جدول ۳.** نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پارامترهای مورد بررسی بر درجه سفیدی در فرآیند پاربویلینگ.

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات |
|---|---|---|
| رقم | ۱ | ۴/۸۶۰* |
| دمای خشک کردن | ۱ | ۱/۰۳۴ns |
| رطوبت | ۲ | ۱۸/۵۲۳** |
| زمان بخاردهی | ۲ | ۱/۷۸۴ ns |
| تکرار | ۲ | ۰/۹۲۲ ns |
| رقم×دمای خشک کردن | ۱ | ۰/۹۲۲ ns |
| رقم × رطوبت | ۲ | ۰/۰۶۶ns |
| رقم × زمان بخاردهی | ۲ | ۱/۲۵۵** |
| دمای خشک کردن× رطوبت | ۲ | ۵/۲۷۶** |
| دمای خشک کردن× زمان بخاردهی | ۲ | ۰/۹۴۰ ns |
| رطوبت × زمان بخاردهی | ۴ | ۰/۹۹۰ ns |
| رقم×دمای خشک کردن×رطوبت | ۲ | ۱/۳۱۰ ns |
| رقم×دمای خشک کردن×زمان بخاردهی | ۲ | ۱/۶۶۱ns |
| دمای خشک کردن×رطوبت×زمان بخاردهی | ۴ | ۱/۹۷۹ns |
| دمای خشک کردن×رطوبت×زمان بخاردهی×رقم | ۴ | ۴/۳۷۱** |
| خطا | ۷۰ | ۰/۸۷۹ |
| مجموع | ۱۰۷ | |

همچنین نتایج حاکی از آن است که اثرات متقابل دوگانه رقم در زمان بخاردهی و دمای خشک کردن در رطوبت بر درجه سفیدی معنی دار و اثرات متقابل دوگانه رقم در رطوبت، رقم در دمای خشک کردن، دمای خشک کردن در زمان بخاردهی و رطوبت در زمان بخاردهی تاثیر معنی داری بر درجه سفیدی نداشت. در بررسی اثرات سه گانه مشخص شد که اثر تمامی اثرات سه گانه بر درجه سفیدی برنج معنی دار نبودند. اثر چهارگانه عوامل مورد آزمایش بر درجه سفیدی برنج معنی دار شد.

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح عوامل مستقل (جدول ۴) نشان داد که رقم علی کاظمی با میانگین (۹۰/۵۵۰ ٪) از درجه سفیدی بیشتری نسبت به رقم هاشمی با میانگین ۹۰/۱۲۶ ٪). برخوردار بوده است. افزایش دمای خشک کن از ۴۵ به ۶۰ درجه سانتیگراد سبب افزایش در درجه سفیدی برنج گردید؛ اما این تفاوت معنی دار نبود. افزایش زمان بخاردهی از ۱۰ دقیقه به ۳۰ دقیقه تاثیر معناداری بر درجه سفیدی نداشته است. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین درجه سفیدی

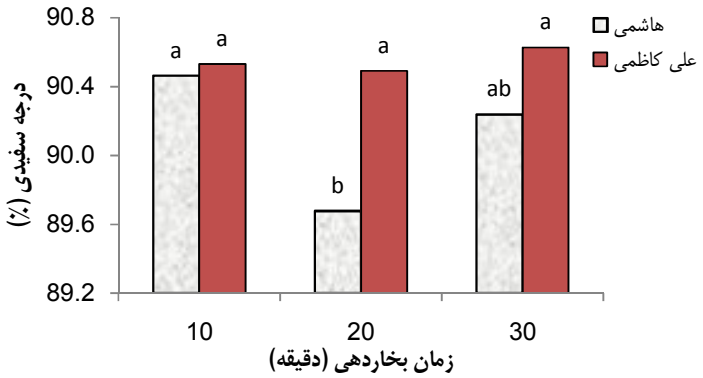
(۹۱/۰۶۱٪) در رطوبت ۸٪ w.b. بدست آمد و پس از آن بیشترین درجه سفیدی (۹۰/۳۲۶٪) در رطوبت ۱۲٪ w.b. حاصل گردید. در محتوای رطوبت ۱۰٪w.b. ، کمترین درجه سفیدی (۸۹/۶۲۷٪) بدست آمد.

**جدول۴.** نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی عوامل مورد آزمایش بر درجه سفیدی در فرآیند پاربویلینگ.

| رقم | درجه سفیدی | دمای خشک کن (° c) | درجه سفیدی | زمان بخاردهی (دقیقه) | درجه سفیدی | رطوبت (٪wb) | درجه سفیدی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| هاشمی | ۹۰/۱۲۶ b | ۴۵ | ۹۰/۲۴۰a | ۱۰ | ۹۰/۴۹۸ a | ۱۲ | ۹۰/۳۲۶b |
| علی کاظمی | ۹۰/۵۵۰a | ۶۰ | ۹۰/۴۳۶a | ۲۰ | ۹۰/۰۸۴ a | ۱۰ | ۸۹/۶۲۷ c |
| | | | | ۳۰ | ۹۰/۴۳۳ a | ۸ | ۹۱/۰۶۱ a |

حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار ( سطح احتمال ۵٪) میانگین اثرات می‌باشند.

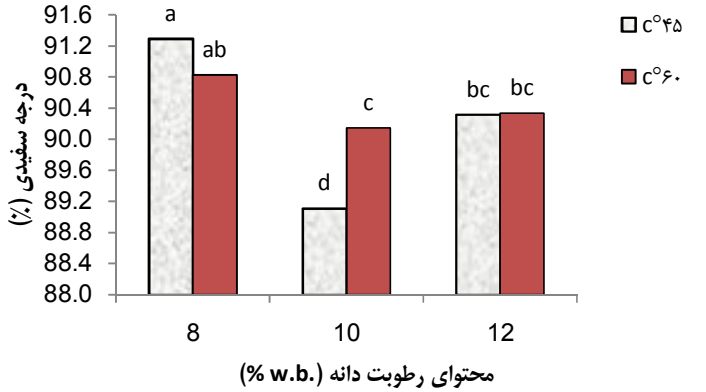
نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و زمان بخاردهی (شکل ۴) نشان داد که در آزمایش درجه سفیدی، رقم هاشمی در سطوح ۱۰ و ۲۰ دقیقه زمان بخاردهی دارای تفاوت معنی داری بوده و سطح زمان بخاردهی ۳۰ دقیقه دارای عدم معنی داری با سطوح ۱۰ و ۲۰ دقیقه بوده است. در رقم علی کاظمی سه سطح مختلف زمان بخاردهی از نظر آماری تفاوت معنی داری بر درجه سفیدی برنج نداشته است. اگر چه بیشترین درجه سفیدی (۹۰/۶۲۷٪) در زمان بخاردهی ۳۰ دقیقه حاصل گردیده است.




**شکل ۴.** نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و زمان بخاردهی تبدیل بر درجه سفیدی حاصل از فرآیند پاربویلینگ حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار ( سطح احتمال ۵٪) میانگین اثرات می‌باشند.

در مورد اثرات متقابل دمای خشک کن و رطوبت (شکل ۵) بالاترین درجه سفیدی در دمای خشک کن ° c ۴۵ و رطوبت ۸٪ بدست آمد. در رطوبت ۸٪ دمای خشک کن تاثیر معنی داری بر درجه سفیدی نداشت. بیشترین تغییر درجه سفیدی با دمای

خشک کن در رطوبت دانه ۱۰٪ مشاهده گردید و این نشان می دهد که در این رطوبت دمای خشک کردن دانه نقش مهمی را بر درجه سفیدی ایفاء می کند.




**شکل ۵.** نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل دوتایی رطوبت در دمای خشک کن بر درجه سفیدی حاصل از فرآیند پاربویلینگ
حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار ( سطح احتمال ۵٪) میانگین اثرات می‌باشند.

لازم به ذکر است در مقایسه اثرات متقابل چهارتایی بالاترین درجه سفیدی در ترکیب تیماری رقم هاشمی، دمای خشک‌کن $^{c}$ ۴۵، رطوبت نهایی دانه w.b. ۱۲٪ و زمان بخاردهی۳۰ دقیقه بدست آمد که درجه سفیدی در آن ۹۲/۵۰۰ ٪ بود.

## نتیجه گیری

نتایج حاصل از تحقیق را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- تمامی اثرات اصلی شامل رقم، زمان بخاردهی، دمای خشک کردن و رطوبت نهایی تبدیل بر راندمان تبدیل تولیدی به طور معنی داری اثرگذار بوده است. در حالیکه تنها اثر رقم و رطوبت بر درجه سفیدی معنی دار بود.

۲- تاثیر فرآیند پاربویلینگ بر رقم علی کاظمی نسبت به هاشمی از لحاظ راندمان تبدیل نهایی و درجه سفیدی بیشتر بوده است.

۳- بررسی اثرات اصلی نشان داد که رقم علی کاظمی، زمان بخاردهی ۱۰ دقیقه، دمای خشک کن $^{c}$ ۶۰ و رطوبت نهایی w.b. ۸٪ بهترین نتایج را از لحاظ راندمان تبدیل داشته اند.

۴- بالاترین راندمان تبدیل در ترکیب تیماری هاشمی با دمای خشک کنی $^{c}$ ۴۵ ، درصد رطوبت نهایی تبدیل w.b. ۸٪و زمان بخاردهی ۱۰ دقیقه بدست آمد که با راندمان تبدیل ۷۰/۰۱۰٪ بالاترین مقدار را در ترکیبات چندگانه دارا بود.

۵- بالاترین درجه سفیدی برنج در ترکیب تیماری هاشمی با دمای خشک کنی $^{c}$ ° ۴۵ ، درصد رطوبت نهایی تبدیل w.b. ۸٪ و زمان بخاردهی ۳۰ دقیقه بدست آمد که با درجه سفیدی ۹۲/۵۰۰٪ بالاترین مقدار را در ترکیبات چندگانه دارا بود.

## منابع

۱- نصیر احمدی، ا؛ عمادی، ب؛ عباسپورفرد، م ح؛ آقاگل زاده، ح. ۱۳۹۰. تاثیر زمان بخاردهی و دمای خیساندن در فرآیند پاربویلینگ بر ضریب تبدیل و درصد برنج سالم ارقام مازندران. پنجمین همایش منطقه ای یافته های پژوهشی کشاورزی (غرب کشور). ۲۸ و ۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۰، ۱۸۰-۱۸۴.

2- Patindol, J., J. Newton, and Y. J. Wang. 2008. Functional properties as affected by laboratory-scale parboiling of rough rice and brown rice. Food Engineering and Physical Properties 370-377.

3- Kaddus, M. A., M. Anwarul Haque, P. Douglass and B. Clarke. 2002. Parboiling of rice. Part I: effect of hot soaking time on quality of milled rice. International Journal of Food Science and Technology 37: 527–537.

4- Gunasekara, K. G. and D. A. N. Dharmasena. 2011. Effect of grain shape and pre- soaking on cooking time and cooking energy. Tropical Agricultural Research 22 (2): 194 – 203.

5- Parnsakhorn, S. and A. Noomhorm. 2008. Changes in physicochemical properties of parboiled brown rice during heat treatment. Agricultural Engineering International: the CIGR E-journal. Manuscript FP 08 009. Vol. X. August.

6- Pillaiyar, P. 1981. Household parboiling of parboiled rice. Kishan World 8: 20–21.

7- Sareepuang, K., S. Siriamornpun, L. Wiset and N. Meeso. 2008. Effect of soaking temperature on physical, chemical and cooking properties of parboiled fragrant rice. World Journal of Agricultural Sciences 4 (4): 409-415.

8- Oludare, A., R. Akinoso, M. Olu. 2012. Some physical properties and yield of Ofada rice. Journal of Basic and Applied Science Research 2(4): 4098-4108.

9- Umogbai, V. I. 2013. Development of a farm level paddy rice parboiling device. International Journal of Recent Technology and Engineering 2 (2): 2277-3878.

10- Yadav, B.K., V.K. Jindal. 2008. Changes in head rice yield and whiteness during milling of rough rice (Oriza Sativa L.). Journal of Food Engineering 86: 113-121.

# Investigating the effect of some factors involved parboiling on milling yield and whiteness degree in two conventional rice varieties of Guilan province

Adel Ahmadi Ara[1*] Ezzatollah Askari Asli Ardeh[2] Mohammad Bagher Dehpoor[3] Iraj Bagheri[4] and Fatemeh Rahimi Ajdadi[5]

1- MSc Student, Department of Mechanic of Agricultural Machinery, University of Mohaghegh Ardabili, adel.ahmadiara@gmail.com
2- Associate professor, Department of Mechanic of Agricultural Machinery, University of Mohaghegh Ardabili
3- Assistant professor, Department of Agricultural Mechanization, University of Guilan
4- Instructor, Department of Agricultural Mechanization, University of Guilan
5- PhD student, Department of Mechanic of Agricultural Machinery, University of Mohaghegh Ardabili

**Abstract**

Parboiling is one of the methods involved paddy hydrothermal process before milling that significantly caused to reduce in rice losses, enhance in level of nutrients, cooking quality and increase in storage life. Some technical characteristics of this process are including drying temperature, final paddy moisture content and evaporating time. These affect milling yield and whiteness degree of parboiled rice. In this study, the effect of drying temperature in two levels (45 and 60$^{\circ}$c), grain moisture content in three levels (8, 10 and %12) and evaporating time in three levels (10, 20 and 30 min) were investigated on milling yield and whiteness degree for two conventional paddy varieties (Hashemi and Ali kazemi) in Guilan province. Milling of samples was performed using laboratory robber husker and friction type rice whitener. Results showed that all of the main factors had significant effect on milling yield while the effect of variety and moisture content were only effective on whiteness degree. Milling yield and whiteness degree of Ali kazemi variety with respectively 68.640 and 90.550% significantly were higher than Hashemi variety with corresponding values of 68.336 and 90.126%, respectively. From the viewpoint of main effects, drying temperature of 60$^{\circ}$c, evaporating time of 10 min and moisture content of 8% w.b. had the highest mean of milling yield and also, at the moisture content of 8%w.b. was obtained the highest value for whiteness degree. The best treatment combination for milling yield was allocated Hashemi , 45$^{\circ}$c, 8% and 10 min and also for whiteness degree was Hashemi, 45$^{\circ}$c, 12% and 30 min.

**Keywords:** Drying temperature, evaporating time, parboiling, paddy milling yield and whiteness degree.