مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی بر خواص کیفی و بازارپسندی برنج نیم‌جوش (رقم شیرودی)

کیمیا بابازاده زیدی[۱]، سید جعفر هاشمی*[۲]، ابراهیم تقی نژاد[۲]

۱-کارشناس ارشد، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*۲-دانشیار ،گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳-دانشیار ، رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۱

تاریخ داوری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸

کلمات کلیدی:

ارزیابی حسی،

برنج نیم جوش،

راندمان برنج سالم،

رنگ سنجی،

کیفیت پخت،

میکروسکوپ الکترونی

DOI: 10.48311/fsct.2026.81622.0

* مسئول مکاتبات:

j.hashemi@sanru.ac.ir

چکیده

در این پژوهش اثر دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی بر خواص کیفی، راندمان تبدیل، خواص پخت و بازارپسندی برنج نیم‌جوش رقم شیرودی مورد بررسی قرارگرفت. بدین منظور، شلتوک در سه سطح دمایی ۵۵، ۶۵، ۷۵ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شده و در دمای ۱۰۰درجه سانتی‌گراد طی زمان‌های۵،۱۰و ۱۵دقیقه بخاردهی گردید. نمونه‌ها در آون با دمای ۳۰ درجه خشک شده و طی فرایند پوست‌کنی به برنج سفید تبدیل شدند. راندمان برنج سالم،کیفیت رنگ، مشاهده تغییرات ساختار درونی برنج با میکروسکوپ الکترونی (SEM)، خواص فیزیکی وکیفیت پخت برنج نیم-جوش مورد بررسی قرارگرفت و با برنج غیرنیم‌جوش مقایسه‌گردید. نتایج نشان داد که راندمان برنج سالم در فرایند نیم‌جوش با ٪ ۸۳/۲۴ در مقایسه با نمونه غیرنیم‌جوش با میزان ٪ ۶۵/۵۸ بطور معنی‌داری ($p<0.01$) افزایش‌یافت. بیشترین راندمان برنج در دمای غوطه‌وری ۶۵ درجه و زمان بخاردهی ۱۵دقیقه بدست‌آمد. با افزایش دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی، روشنایی برنج نیم‌جوش کاهش و ارزش رنگ افزایش یافت. برنج نیم‌جوش در دمای غوطه‌وری ۵۵ درجه و زمان بخاردهی ۵ دقیقه، بالاترین شدت روشنایی و کمترین ارزش رنگ را نسبت به بقیه تیمارها داشت. با افزایش دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی، میزان جذب آب، زمان پخت و نسبت انبساط حجمی برنج نیم‌جوش کاهش‌یافت بطوری‌که بیشترین مقدار این پارامترها مربوط به برنج غیرنیم‌جوش بود. با مشاهده حاصل از (SEM) به‌راحتی می‌توان نتیجه‌گرفت که فرایند نیم‌جوش‌کردن موجب افزایش راندمان تبدیل می‌شود و این بدلیل پیوستگی و اتصال گرانول‌های نشاسته می‌باشد. افزایش دمای غوطه‌وری، باعث افزایش انبساط طولی و کاهش تخلخل بین گرانول‌های نشاسته می‌شود، بطوری‌که مولکول‌های آب فضای کافی برای قرارگیری بین آن‌ها نخواهندداشت و نشان می‌دهد با افزایش دمای غوطه‌وری، نسبت افزایش‌حجم کاهش پیدامی‌کند. در ارزیابی، ارزیاب‌ها طعم، بافت و بلندی قد برنج پس‌از پخت را دوست داشتند؛ اما رنگ و مخصوصا بوی نامطبوع برنج نیم‌جوش راضی‌کننده نبود.

۱-مقدمه

برنج گیاهی یک‌ساله از خانواده غلات است که به‌صورت دیم و آبی کشت می‌شود و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در ایران و جهان به شمار می‌رود. بیش‌از نیمی از مردم جهان آن را به‌عنوان غذای اول خود انتخاب کرده‌اند و تأمین‌کننده بیشترین مقدار کالری، فیبر، پروتئین، ویتامین‌ها و موادِ معدنی در غذای انسان است[۱]. با توجه به افزایش جمعیت در ایران، پیش‌بینی می‌شود که نیاز به برنج تا سال ۲۰۲۰ میلادی حدوداً به ٤ میلیون تن برسد [۲].

راندمان پایین تولید، به دلیل محدودیت سطح زیر کشت، منابع آب، هزینه‌های بالای تولید برنج، عدم ثبات و تضمین در بازار خرید برنج داخلی که از مشکلات اصلی شالی‌کاران می‌باشد. با افزایش میزان تولید، مشکل کمبود راندمان تبدیل جبران نخواهد شد. میزان درصد برنج سالم در برنج رقم شیرودی نیز مانند سایر ارقام برنج بالا نیست. در این میان یکی از راه‌هایی که می‌تواند کمک مهمی در کاهش میزان ضایعات و افزایش راندمان تبدیل داشته باشد استفاده از تکنیک نیم‌جوش‌کردن است [۳].

نیم‌جوش‌کردن یک فرآیند هیدروگرمایی است که به‌عنوان یک تکنولوژی پس‌از برداشت بر روی شلتوک اعمال می‌گردد. این تکنیک فرایندی است که از سه مرحله غوطه‌وری، بخاردهی و خشک‌کردن تشکیل‌شده و در صنایع شالی‌کوبی قبل از فرایند تبدیل، قابلیت اجرایی دارد و هیچ‌گونه ماده شیمیایی در آن استفاده نمی‌شود [۵, ٤]. استفاده از این روش، به‌عنوان یک روش مفید، کاربردی و مطمئن جهت حل شکستگی برنج پیشنهادشده که تأثیر به‌سزایی در خودکفایی برنج دارد. نیم‌جوش‌کردن شلتوک منجر به افزایش محتوای رطوبت شلتوک تا ٪ ۳۵ بر پایه تر و درنتیجه، ژلاتینه شدن نشاسته می‌گردد[٦]. این فرآیند تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در کاهش درصد شکستگی برنج خواهدداشت[۷]. همچنین نیم‌جوش‌کردن موجب تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی برنج و بهبود خواص کیفی آن می‌گردد[۸ ,۹ ,۱۰].

نصیراحمدی و همکاران (۲۰۱٤) تأثیر مدت زمان بخاردهی و دمای غوطه‌وری در فرآیند نیم‌جوش کردن را بر ضریب تبدیل و درصد برنج سالم ارقام مازندران بررسی کرده‌اند. این محققان فرآیند نیم‌جوش کردن را در سه دمای غوطه‌وری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد و در سه زمان بخاردهی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تحت فشار اتمسفر روی دو رقم شلتوک طارم و فجر اعمال کردند. با اندازه‌گیری ضریب تبدیل و درصد برنج سالم، مشخص شد که افزایش مدت زمان بخاردهی باعث افزایش ضریب تبدیل و درصد برنج سالم در هر دو رقم می شود[۱۱].

لطیفی وعلیزاده (۲۰۱٤) سه رقم شلتوک طارم محلی، شیرودی و فجر را تحت فرایند نیم‌جوش کردن قراردادند و راندمان تبدیل برنج سالم، کیفیت پخت و درجه‌ی سختی برنج حاصل از دو روش نیم‌جوش و غیرنیم‌جوش را مقایسه کردند. نتایج بررسی‌های این محققان نشان می‌دهد که درصد خرد برنج در ارقام نیم‌جوش شده‌ی شیرودی و فجر کاهش قابل توجهی دارد. نیم‌جوش‌کردن عاملی مؤثر در کاهش درجه‌ی سفیدی، تغییر در خصوصیات پخت از جمله کاهش مواد جامد ازدست رفته و افزایش سختی نمونه‌ها بوده‌است[۱۲].

ابراهیم تقی‌نژاد و همکاران (۱۳۹٦) طی آزمایشاتی که بر روی برنج رقم فجر انجام‌دادند پی‌بردند که استفاده از خشک‌کن متناوب ضمن کاهش زمان عملیات خشک‌کردن تا حدود زیادی موجب افزایش راندمان برنج سالم نسبت به خشک‌کن پیوسته می‌شود[۱۳].

محققان طی مطالعاتی مبنی بر تعیین اثر نیم‌جوش‌کردن بر روی خصوصیات برنج، اذعان نمودند که برنج نیم‌جوش‌شده نیز می‌تواند همانند برنج خام از نقطه‌نظر طعم و رنگ،

خواص مطلوب خود را دارا باشد و این امر بستگی زیادی به تکنیک نیم‌جوش‌شدن، دمای غوطه‌وری، بخاردهی و pH آب مورد استفاده در فرایند دارد[۱٤].

دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی تاثیر مهمی بر رنگ برنج دارد[۱۵].رنگ برنج طی نیم‌جوش‌کردن به‌خاطر واکنش میلارد به رنگ قهوه‌ای تغییر نموده و شرایط فرآوری می‌تواند بر شدت تغییر رنگ در طی فرآیند نیم‌جوش‌کردن تاثیرگذار باشد. همچنین رنگ‌دانه‌های پوست طی غوطه‌وری به درون آندوسپرم پخش‌می‌شود[۱٦،۱۷].

سیچایا سیتیپود (۲۰۱٤) در بررسی‌هایی که بر روی عکس‌های گرفته‌شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی[1] بر روی برنج نیم‌جوش در۷۰ درجه سانتی‌گراد انجام داد؛ مشاهده‌کرد که ساختار درونی برنج بدون‌نیم‌جوش در سطح مرکزی دانه، در گرانول‌های چندضلعی نشاسته شکستگی مشاهده گردید؛ درحالی‌که در برنج نیم‌جوش‌شده تقریباً شکستگی وجود نداشت و گرانول‌ها ضمن حفظ شکل چندضلعی خود به هم متصل شده‌اند و مرزهای آن‌ها ادغام‌شده‌است[۱۸].

ساری پونگ و همکاران(۲۰۰۸) در دمای غوطه‌وری۴۰، ۵۰، ٦۰ درجه سانتی‌گراد زمان پخت و جذب آب را اندازه‌گیری کردند. آن‌ها دریافتند با افزایش دمای غوطه‌وری، زمان پخت کاهش و همچنین جذب آب نیز کاهش می‌یابد[۱۵]. کاری کام و همکاران (۲۰۱۲) ارزیابی حسی بر روی برنج نیم‌جوش و غیرنیم‌جوش انجام دادند. این ارزیابی نشان‌داد که بعد از این‌که مصرف‌کنندگان درباره‌ی مزایای برنج نیم‌جوش مطلع شدند، ٪۵۰ ارزیاب‌ها تمایل زیادی به مصرف این نوع برنج نشان دادند

[۱۹] .

برنج شیرودی از انواع برنج پرمحصول می‌باشد و در نواحی شمالی کشور کشت می‌گردد. از نظر شکل ظاهری بسیار شبیه به برنج طارم هاشمی و از لحاظ عطر و طعم در مراتب پایین‌تری از آن قرار دارد. همچنین دارای کیفیت پخت مطلوب در مقایسه با سایر ارقام پرمحصول و قابل قبول می‌باشد. به لحاظ پرمحصول بودن و طعم مناسب دارای جایگاه ویژه‌ایی در سبد غذایی خانواده‌های ایرانی دارد. بررسی اثر اجرای فرآیند مناسب نیم‌جوش بر برنج شیرودی می‌تواند منجر به افزایش راندمان تبدیل و همچنین افزایش ارزش غذایی آن نیز گردد. بنابراین در این پژوهش تأثیر دماهای مختلف غوطه‌وری و زمان‌های مختلف بخاردهی بر راندمان تبدیل، کیفیت پخت، رنگ، ساختار درونی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی(SEM) و بازارپسندی برنج نیم‌جوش رقم شیرودی مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش

۲-۱- تهیه نمونه

به‌منظور اجرای آزمایش، برنج پرمحصول رقم شیرودی که در مزارع شالیزاری مرکز تحقیقات برنج کشور در آمل کشت شده بود؛ مورد استفاده قرارگرفت. میانگین محتوای رطوبت اولیه شلتوک‌ها حدوداً ۱۲٪ (w.b) بود.

۲-۲- فرآیند نیم جوش کردن

مطابق شکل (۱) تجهیزات برای غوطه‌وری شامل سامانه کنترل دما و مخزن می‌باشد. سامانه کنترل دما، دمای آب درون مخزن را ثابت نگه می‌دارد. بعد از قرارگیری شلتوک در مخزن، غوطه‌وری در سه سطح دمایی ۵۵، ٦۵ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن رطوبت شلتوک به ۳۵٪ بر پایه تر صورت گرفت. بعد از اتمام غوطه‌وری، فرآیند بخاردهی در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و در سه سطح زمانی ۱۰،۵ و ۱۵ دقیقه اجرا شد. درنهایت شلتوک در شرایط محیطی در دمای۳۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن رطوبت به ۱۲٪ بر پایه تر خشک گردید.

1-Scanning Electron Microscopy

Figure 1. Setup of parboiling system

۳-۲- عملیات تبدیل

پس از اجرای فرآیند نیم‌جوش‌کردن، به‌منظور پوست‌کنی شلتوک و تبدیل آن به برنج، از یک دستگاه پوست‌کن برنج غلتکی آزمایشگاهی (YANMAR, Japan 50ST) و برای عملیات سفیدکردن از سفیدکن سایشی (SATAKE, TM, Japan) به مدت دو دقیقه استفاده شد.

2-4-راندمان برنج سالم

برای راندمان برنج سالم، ۱۰ گرم نمونه وزن شد. به دانه‌هایی که طول آن‌ها بیش از ۰/۷۵ طول یک برنج سالم است، دانه سالم گویند. دانه‌های کمتر این مقدار به طور دستی جدا شدند. از تقسیم وزن دانه‌های سالم به‌کل شلتوک مقدار راندمان تبدیل برحسب درصد به دست می‌آید [۲۱] .

2-5- کیفیت پخت

صفات کیفی برنج به دو دسته صفات مربوط به دانه و صفات مربوط به کیفیت دانه تقسیم می‌شود. صفات مربوط به کیفیت دانه به چهار دسته بزرگ ۱- کیفیت تبدیل(در واقع همان میزان راندمان تبدیل برنج است) ۲- کیفیت ظاهری دانه (رنگ و میزان سفیدی دانه، نبود لکه‌های گچی در دانه، بوی مطبوع) ۳-کیفیت پخت و خوراک (افزایش قد بعداز پخت، افزایش حجم بعداز پخت) ٤- کیفیت غذایی (ارزش غذایی) تقسیم می‌شود[۲۳ ,۲۲].

1-5-2-تعیین نسبت آبگیری مجدد

برای اندازه‌گیری این پارامتر، ۱۰ گرم از نمونه‌ی دانه‌های سالم به مدت ۱۵دقیقه در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب ۸۰ درجه سانتی‌گراد ریخته می‌شود؛ سپس به مدت یک دقیقه روی توری قرار داده تا آب سطحی آن خارج شود و به کمک معادله (۱) نسبت آبگیری تعیین می‌شود [۱۵].

$$WUR = \frac{W_2}{W_1} \qquad (۱)$$

WUR نسبت آبگیری، وزن نمونه قبل از آبگیری W_1، وزن نمونه بعد از آبگیری W_2

2-5-2-تعیین زمان پخت

برای تعیین زمان پخت از آزمون Ranghino test استفاده شد. در یک ظرف (بشر) ۲۵۰ میلی‌لیتری مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و ظرف بر روی اجاق‌برقی قرار داده می‌شود تا دمای آن به 98 ± 1 درجه سانتی‌گراد برسد. زمانی که آب در حال جوش است ۱۰ گرم نمونه با دانه‌های سالم درون آن ریخته، بعد از گذشت ۱۰ دقیقه، هر یک دقیقه تعداد ۱۰ عدد دانه برنج از ظرف خارج‌شده و بین دو صفحه شیشه‌ای تمیز قرار داده و فشرده می‌شود(شکل۲). زمان پخت هنگامی ثبت می‌گردد که حداقل ٪۹۰دانه‌ها دارای هسته غیر شفاف (کدر) باشند. برنج باید به مدت دو دقیقه دیگر هم آهسته بجوشد تا اطمینان حاصل شود هسته تمام دانه‌ها ژلاتینه شده‌است. زمان پخت برابر با زمان قبلی به‌علاوه دو دقیقه جوشیدن درنظر گرفته شد[۲٤].

Figure 2. Samples after compaction between two glasses

۳-۵-۲- تعیین انبساط حجمی

انبساط حجمی با استفاده از نسبت ارتفاع برنج پخته‌شده به ارتفاع برنج خام به‌دست می‌آید. نمونه‌ها در یک استوانه سیمی $78 \times 38mm^2$ ریخته شدند و ارتفاع آن‌ها اندازه‌گیری شد. برنج درون استوانه سیمی به مدت یک ساعت در ۱۰۰ میلی‌لیتری آب مقطر خیسانده، سپس در بشری که حاوی ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در حال جوش است قرار داده و بعد از ۲۰ دقیقه برداشته می‌شود. ارتفاع برنج بعد از پختن نیز اندازه‌گیری می‌شود. انبساط حجمی با استفاده از معادله (۲) به دست می‌آید[۲۵].

$$VER = \frac{h_f - h_i}{h_i} \qquad (۲)$$

VER نسبت انبساط حجمی، h_i ارتفاع اولیه، h_f ارتفاع نهایی بعد از پخت

٦-۲- روشنایی و ارزش رنگ

برای اندازه‌گیری میزان درجه سفیدی از دستگاه رنگ‌سنج (Abzarkaran FAN-POUYA shomal, 13074) استفاده‌شد شکل (۳). دانه‌ها در یک ظرف شیشه‌ای به قطر دو سانتی‌متر و ارتفاع یک سانتی‌متر ریخته شد به‌طوری‌که کاملاً ته ظرف از برنج پوشانده شود. بعد از عکس‌برداری از نمونه با استفاده از نرم‌افزار image j و عکس‌های گرفته‌شده توسط رنگ‌سنج میزان $a^*.b^*.L^*$ سنجیده می‌شود. با جایگذاری آن‌ها در معادله (۳) مقدار کلی رنگ به‌دست می‌آید[۲٦].

$$\Delta E = [(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2\ ]^{1/2} \qquad \text{معادله (۳)}$$

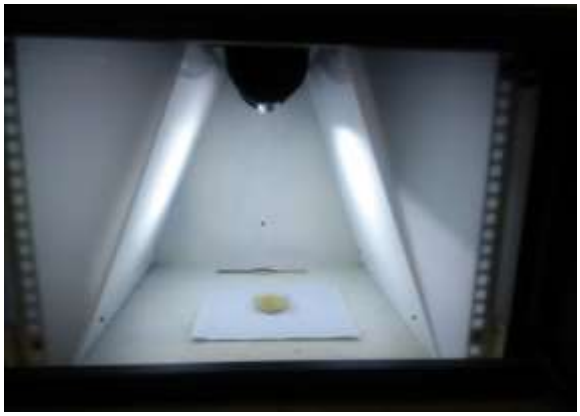


Figure 3. Color gram Equipment

۷-۲- میکروسکوپ الکترونی (SEM)

میکروسکوپ الکترونی روبشی یکی از بهترین روش‌های آنالیزی است که امروزه در حوزه‌های مختلف کاربردهای فراوانی دارد. در این آزمایش از میکروسکوپ مدل-S) 3500N, Hitachi Science Systems, Ltd., Japan)با مقدار ولتاژ ۱۵ kv و ۵۰۰ µm استفاده شد [۱۸].

نمونه‌ها ابتدا در آون کاملاً خشک گردید. سپس سطح مقطع نمونه برش زده می‌شود تا توسط لایه بسیار نازکی از یک ماده رسانا مثل طلا یا طلا/پالادیوم پوشش داده شود و بعداز آن در دستگاه گذاشته می‌شوند تا با برخورد بیم الکترونی به نمونه، الکترون‌ها مجتمع شده و پدیده‌ای به نام شارژ رخ دهد که هم‌زمان باعث انحراف الکترونی از مسیر مستقیم آن می‌گردد. این پدیده به شکل نقاط بسیار روشن در نمونه روی مانیتور نشان داده می‌شود و می‌توان عکس‌برداری و آنالیز نمونه‌ها را انجام داد .

۸-۲- ارزیابی حسی

کیفیت ظاهری (رنگ، طول دانه، نسبت طول به عرض و ...) به همراه کیفیت پخت (افزایش حجم پس‌از پخت، میزان چسبندگی دانه پس‌از پخت و ...) از صفات مهم در بازارپسندی محصول به‌شمار می‌آید. برای این منظور از ارزیابی حسی استفاده شد. نمونه‌ها پخت شدند و توسط ارزیاب‌ها موردبررسی قرارگرفت. برای این منظور از هشت نفر متخصص (٤ نفر خانم و ٤ نفر آقا) استفاده‌شد و به سؤالات مطرح شده در جدول (۱) پاسخ دادند[۲۷].

Table 1. Amount of interest in panel test

بافت texture	بلندی قد height	رنگ color	طعم taste	عطر aroma	نمره score	میزان علاقه‌مندی Amount of interest
					9	بی‌اندازه دوست دارم like so much
					8	خیلی دوست دارم very like
					7	دوست دارم like
					6	اندکی دوست دارم like a little
					5	نه دوست دارم نه بدم می‌آید don't like, don't hate
					4	اندکی بدم می‌آید don't like a bit

بدم می‌آید	do not like	3
خیلی بدم می‌آید	don't like so much	2
بی‌اندازه متنفرم	hate	1

۹-۲-تحلیل آماری

در این پژوهش از طرح فاکتوریل در قالب کاملا تصادفی با سه تکرار استفاده شد. تیمارها در سه سطح دمایی ۵۵، ٦۵، ۷۵ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند و در سه سطح ۵، ۱۰، ۱۵ دقیقه بخاردهی شدند. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار GenStat و برای رسم نمودار از نرم‌افزار excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- راندمان برنج سالم

با توجه به شکل (٤) که اثر متقابل دما-زمان را نشان می‌دهد، راندمان برنج سالم در فرایند نیم‌جوش با ٪ ۸۳/۲٤ در مقایسه با نمونه غیرنیم‌جوش با میزان ٪ ٦۵/۵۸ به‌طور معنی‌داری در سطح ۱٪ افزایش یافت. بیشترین راندمان برنج سالم مربوط به دمای غوطه‌وری ٦۵ درجه سانتی‌گراد و زمان بخاردهی ۱۵ دقیقه با مقدار ٪ ۸۳/۲٤ می‌باشد. افزایش راندمان برنج سالم می‌تواند به علت ژلاتینه شدن نشاسته و دهیدراتاسیون یکنواخت دانه برنج طی مرحله غوطه‌وری باشد. طی مرحله بخاردهی، به هم پیوستن گرانول‌های نشاسته و استحکام دانه بیشتر شده به‌نحوی‌که در مرحله تبدیل‌کردن، عملکرد برنج سالم بیشتر می‌شود[۲۸ ,۷].

کمترین مقدار راندمان مربوط دمای غوطه‌وری ۷۵ درجه سانتی‌گراد با زمان بخاردهی ۱۰ و ۱۵ دقیقه می‌باشد. به نظر می‌رسد گرانول‌های نشاسته در دمای بالا پیوستگی و شکل خود را از دست می‌دهند و همچنین جذب رطوبت با دمای زیاد سبب پختن دانه‌ها و افزایش درصد شکستگی دانه می‌شود[۱,٦]. بنابراین فرایند نیم‌جوش‌کردن موجب بهبود کیفیت تبدیل برنج سالم شیرودی در مقایسه با برنج غیرنیم-جوش آن می‌شود که با یافته‌های ساری‌پونگ و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد[۱۵].

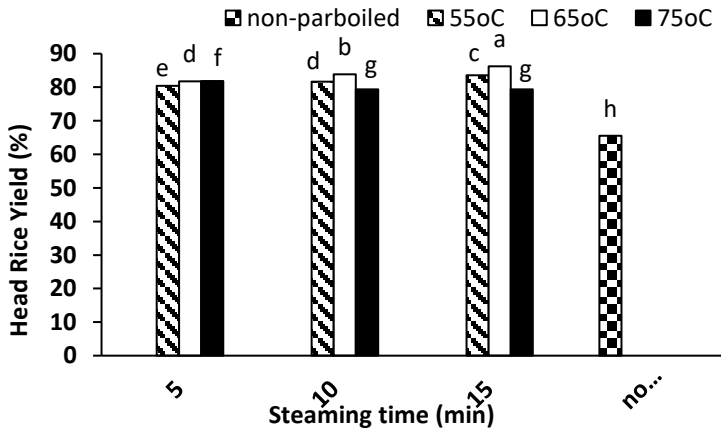


Figure 4. The interaction of soaking temperature and steaming time on Head rice yield

۲-۳ -کیفیت پخت

۱-۲-۳- تعیین نسبت آبگیری مجدد

نسبت آبگیری مجدد یا میزان جذب آب توسط دانه‌های برنج از عواملی است که بر روی بازارپسندی محصول اثر می‌گذارد. برنج‌های موسوم به واکسی با جذب آب بالا و

حالت خمیری و چسبنده‌ای که بعد از پخت پیدا می‌کنند در بسیاری از مناطق جهان محبوبیت ندارند. با توجه به جدول (۲) نسبت آبگیری در برنج بدون نیم‌جوش از مقدار ۱/٦ به مقدار ۱/۵ تا ۱/٤ در نمونه نیم‌جوش‌شده کاهش یافته‌است. هنگامی‌که دانه‌های برنج در مرحله‌ی غوطه‌وری آب جذب می‌کنند، مولکول‌های نشاسته متورم شده و فضای خالی و هوای موجود بین مولکول‌ها کمتر می‌شود. هرچه دمای آب در زمان غوطه‌وری بیشتر باشد آب جذب‌شده و درنتیجه تورم گرانول‌های نشاسته برنج شیرودی نیز بیشتر می‌شود؛ این تورم غیرقابل برگشت است[١٤,١٦]. با افزایش دمای غوطه‌وری، جذب آب کاهش یافته‌است و نمونه بدون‌نیم-جوش میزان جذب آب بالاتری نسبت به نمونه‌های نیم-جوش‌شده دارد زیرا فاصله‌ی بین مولکول‌ها هنگام فرایند نیم‌جوش‌شدن کمتر شده؛ و همچنین افزایش زمان بخاردهی نقش به‌سزایی در آبگیری مجدد نداردکه با یافته‌های هینمان و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد[١٤].

۲-۲-۳- تعیین زمان پخت

زمان پخت از نظر صرف انرژی و زمان قابل اهمیت است. با توجه به جدول (۲) بیشترین زمان پخت بعد از نمونه بدون‌نیم‌جوش با زمان ۱۷ دقیقه مربوط به دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد با زمان ۱۵ دقیقه و کمترین آن مربوط به دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد با زمان ۱۳ دقیقه است. هرچه دمای آب در زمان غوطه‌وری بیشتر باشد گرانول‌های نشاسته آب بیشتری جذب می‌کنند و به ژلاتینه شدن نزدیک‌تر می‌شوند. در زمان پخت نیز وقتی دانه در داخل آب جوش قرار می‌گیرد ابتدا زمانی صرف می‌شود تا ژلاتینه شود؛ و بعدازآن شروع به نرم‌شدن یا اصطلاحاً پختن می‌کنند. هرچه دمای آب در مرحله غوطه‌وری بیشتر باشد ژلاتینه شدن بیشتر اتفاق می-افتد به‌طوری‌که در هنگام پخت زمان کمتری لازم است تا برنج کاملا ژلاتینه شود؛ پس زودتر شروع به پختن می‌کند. مدت‌زمان بخاردهی تأثیر معنی‌داری در زمان پخت ندارد و فقط چند ثانیه در زمان پخت باهم اختلاف دارند[١٤,١٦].

Table 2. Water uptake ratio and cooking time

Treatments	non-parboiled	55	65	75
Cooking time (min & sec.)	17±0.1	15±0.1	14±0.2	13±0.16
Water uptake ratio	1.61±0.02	1.5±0.03	1.46±0.015	1.41±0.014

۳-۲-۳- تعیین انبساط حجمی

انبساط حجمی نیز مانند رنگ یکی از معیارهای بازارپسندی است که در اصطلاح عامیانه به «پخت برنج» معروف است که پس‌از پختن، برنج چه مقدار افزایش حجم پیدا می‌کند. هرچه افزایش حجم برنج بیشتر باشد، برنج مطلوب‌تر است.

ضخامت دانه و میزان آمیلوز بر میزان افزایش حجم تأثیرگذار است؛ اما چون در این پژوهش از یک نوع برنج استفاده شد نمی‌توان این عوامل را در کاهش یا افزایش میزان نسبت انبساط حجمی دخیل دانست. با توجه به شکل (۵ و ٦) در نمونه نیم‌جوش شده بیشترین مقدار نسبت افزایش حجم مربوط به نمونه با دمای خیساندن ۵۵ درجه و بخاردهی ۵ دقیقه با مقدار ۲/۷ و کمترین آن مربوط به نمونه با دمای خیساندن ۷۵ درجه و بخاردهی ۱۵دقیقه با مقدار ۲/٦۵ است. به‌نظر می‌رسد نمونه‌هایی که در دمای بالاتر غوطه‌ور شده‌بودند پس از جذب آب و تورم بیشتر گرانول-های نشاسته به ژلاتینه شدن نزدیکتر شدند. به همین علت

هنگامی که در شرایط سنجش انبساط حجمی قرارگرفتند به‌خاطر نبود فضای خالی بین مولکول‌ها خیلی آب جذب نکردند؛ نمونه‌هایی که در آب با دمای کمتر غوطه‌ور شده‌بودند، میزان بیشتری آب جذب‌کردند درنتیجه نسبت افزایش حجم بیشتری دارند. بین دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی با انبساط حجمی رابطه عکس وجوددارد، به‌طوری‌که با افزایش دما و زمان مقدار نسبت انبساط حجمی کاهش می‌یابد[۱٤،۱٦].

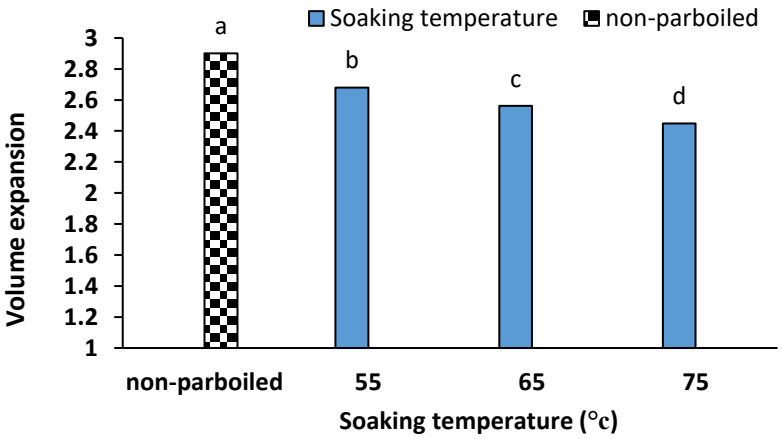


Figure 5. Soaking temperature in volume expansion ratio

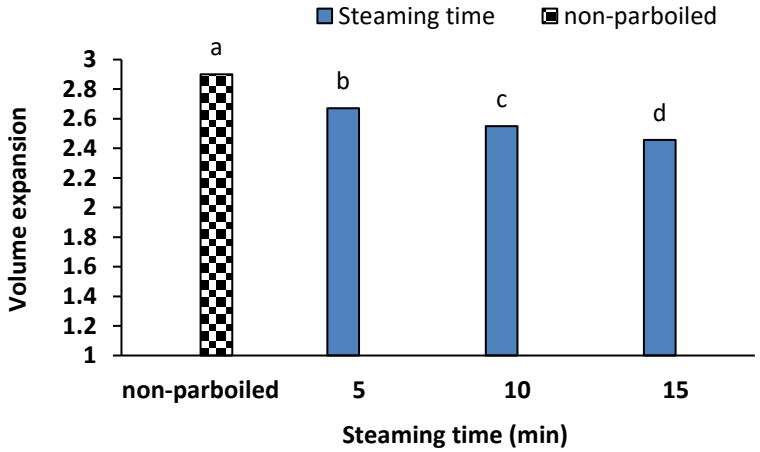


Figure 6. Steaming time in volume expansion ratio

۳-۳ - روشنایی و ارزش رنگ

رنگ عامل مهمی در میزان بازارپسندی برنج است. هرچه رنگ برنج روشن‌تر باشد، بیشتر جلب توجه می‌کند و مورد‌پسند است. با توجه به شکل(۷ الی۱۰)، در این بررسی بهترین تیمار دمای خیساندن ۵۵ درجه و زمان بخاردهی ۵ دقیقه بوده که شدت روشنایی بالاتر و ارزش رنگ کمتری نسبت به بقیه تیمارها داراست. با افزایش دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی، شدت روشنایی(L^*) کاهش و ارزش رنگ(ΔE) افزایش می‌یابد که بیانگر تیره‌تر شدن رنگ برنج است و با یافته‌های اسلام و همکاران (۲۰۰۳و۲۰۰٤) هماهنگی دارد[۲۹،۳۰] . در اثر غوطه‌وری و حرارت‌دهی به برنج شیرودی با پوسته‌ی روی آن، به دلیل جذب ویتامین‌ها و املاح و همچنین به سبب رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای که پوسته زیر شلتوک دارد؛ این رنگ‌دانه‌ها درون اندوسپرم پخش می‌شوند و رنگ محصول نهایی به سمت قهوه‌ای شدن می‌رود. این در حالی است که برنج معمولی حرارتی نمی‌بیند و پوسته‌ی آن در همان مراحل اولیه پس از برداشت زدوده شده و صیقل داده‌می‌شود.

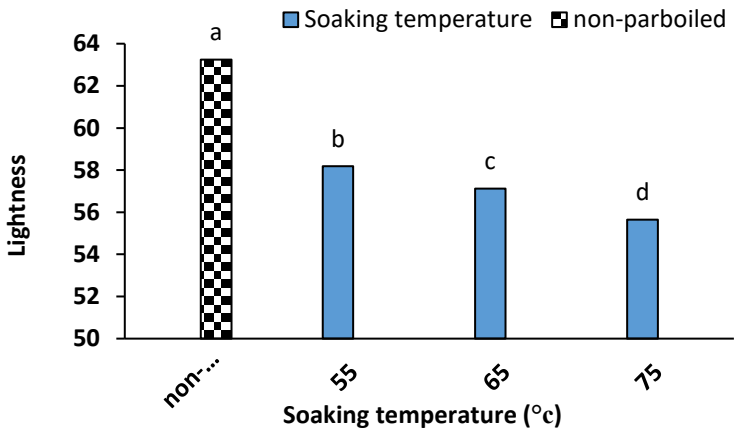


Figure 7. Soaking temperature on the lightness

بنابراین کیفیت پایین رنگ برنج نیم‌جوش‌شده رقم شیرودی در دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی بالا اتفاق می‌افتد. به‌طور کلی هرچه شدت روشنایی بیشتر و ارزش رنگ کمتر باشد رنگ برنج مطلوب‌تر است. این نتایج با کار پژوهشگران زیادی از جمله لمبرت و همکاران (۲۰۰۸) ، تقی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۵) و نقوی‌مرمتی و همکاران (۱۳۹۰) همخوانی دارد [۱۷،۳۱،۳۲].

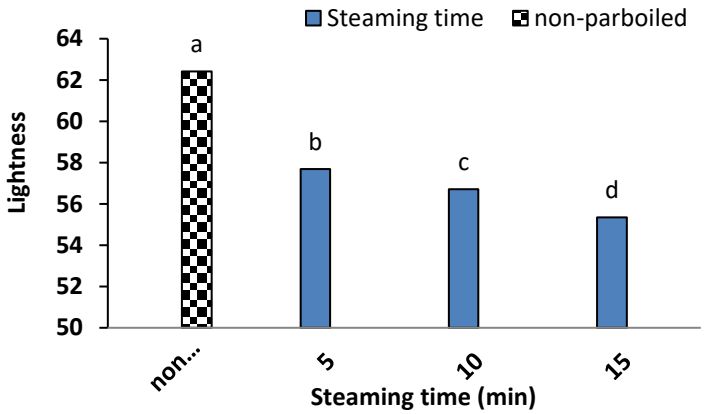


Figure 8. Steaming time in lightness

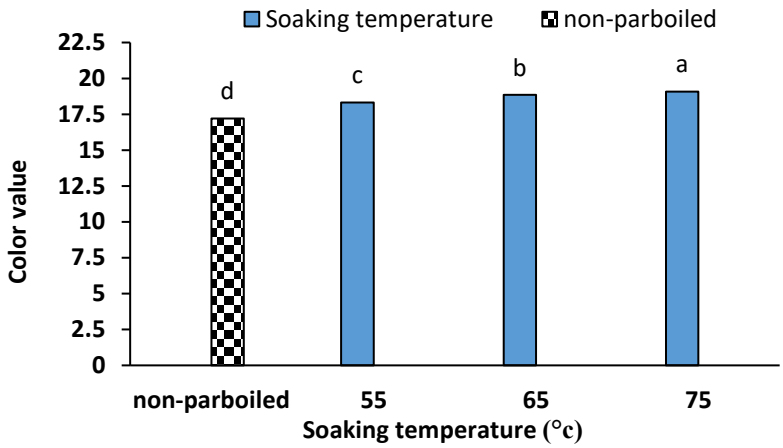


Figure 9. Soaking temperature in Color value

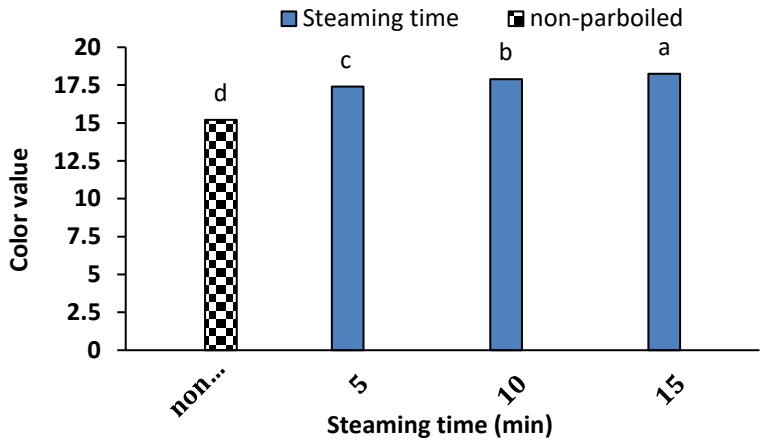


Figure 10. Steaming time in Color value

٤-٣- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

نمایی از ساختار درونی دانه برنج که با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی تهیه شده در بزرگ‌نمایی‌های مختلف در شکل (۱۱ الی ۱۳) مشاهده می‌شود. با افزایش دمای خیساندن و زمان بخاردهی، ساختار میکروسکوپی برنج به‌طور قابل‌توجهی تغییر کرده‌است. در برنج بدون‌نیم‌جوش (شکل۱۱) به نظر می‌رسد گرانول‌های نشاسته دارای ساختار نامنظم و قله‌ای هستند. فضای خالی و تخلخل بین گرانول‌های نشاسته زیاد و پیوستگی چندانی بین آن‌ها وجود ندارد. درحالی‌که به‌نظر می‌رسد در نمونه‌های نیم‌جوش شده با افزایش دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی، تخلخل به‌تدریج کم و سطح برنج، صاف و یکپارچه شده‌است؛ و همچنین گرانول‌های نشاسته که دارای ساختار نامنظم و قله‌ای در نمونه بدون‌نیم‌جوش بودند؛ در نمونه‌های نیم‌جوش ساختار منظم‌تری پیدا کرده و کمی گردتر شده‌اند.

غوطه‌وری باعث جذب آب توسط گرانول‌های نشاسته می‌شود که تورم برگشت‌ناپذیر و تغییر فرم نشاسته را در پی‌دارد. درنتیجه این انبساط طولی، فضای درون آندوسپرم پرشده و تخلخل کاهش می‌یابد و گرانول‌های نشاسته با انطباق بهتری کنار هم قرار می‌گیرند و پیوستگی و یکپارچگی آن‌ها بیشتر می‌شود. با مشاهده شکل (۱۲ و۱۳) به راحتی می‌توان نتیجه گرفت که فرایند نیم‌جوش کردن موجب افزایش راندمان تبدیل برنج سالم می‌شود و این به دلیل پیوستگی و اتصال گرانول‌های نشاسته می‌باشد، به‌طوری‌که در دمای ٦٥

درجه سانتی‌گراد که بیشترین راندمان را نسبت به دو دمای دیگر دارد پیوستگی گرانول‌های نشاسته به‌وضوح قابل مشاهده است زیرا به دمای ژلاتینه شدن نزدیک‌تر است.

درشکل (۱۲و ۱۳) می‌توان مشاهده کرد که افزایش دمای غوطه‌وری، باعث افزایش انبساط طولی و کاهش تخلخل و فضای خالی بین گرانول‌ها می‌شود به‌طوری‌که مولکول‌های آب فضای کافی برای قرارگیری نخواهند داشت که تاکیدی بر این است که با افزایش دمای غوطه‌وری، میزان نسبت افزایش حجم کاهش پیدا می‌کند. این یافته‌ها با سوآمی و همکاران(۲۰۰۸) و بوگن‌هوت و همکاران (۲۰۱۳) هماهنگی دارد[۳۳،۳٤].

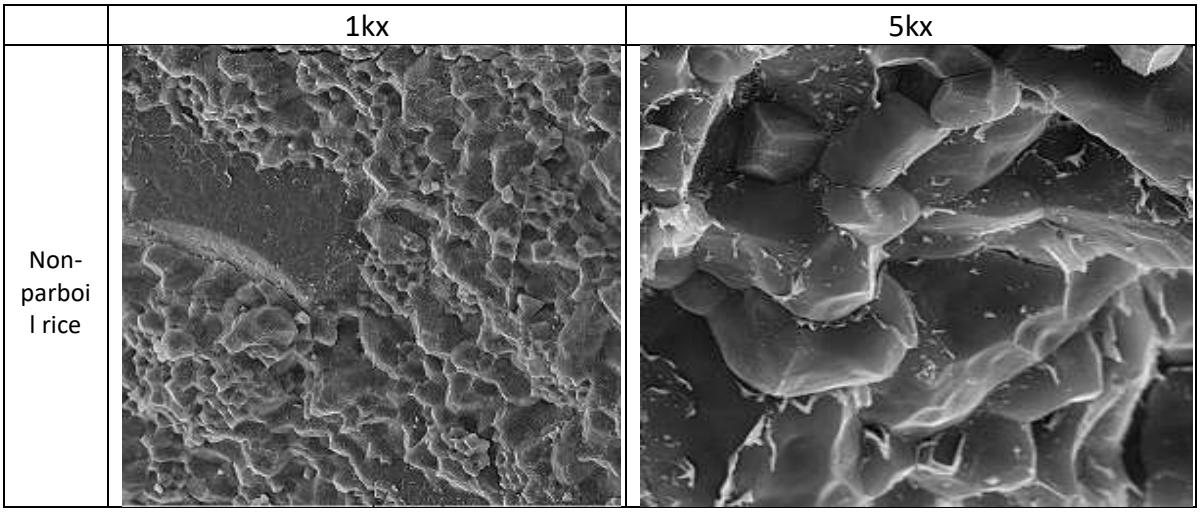
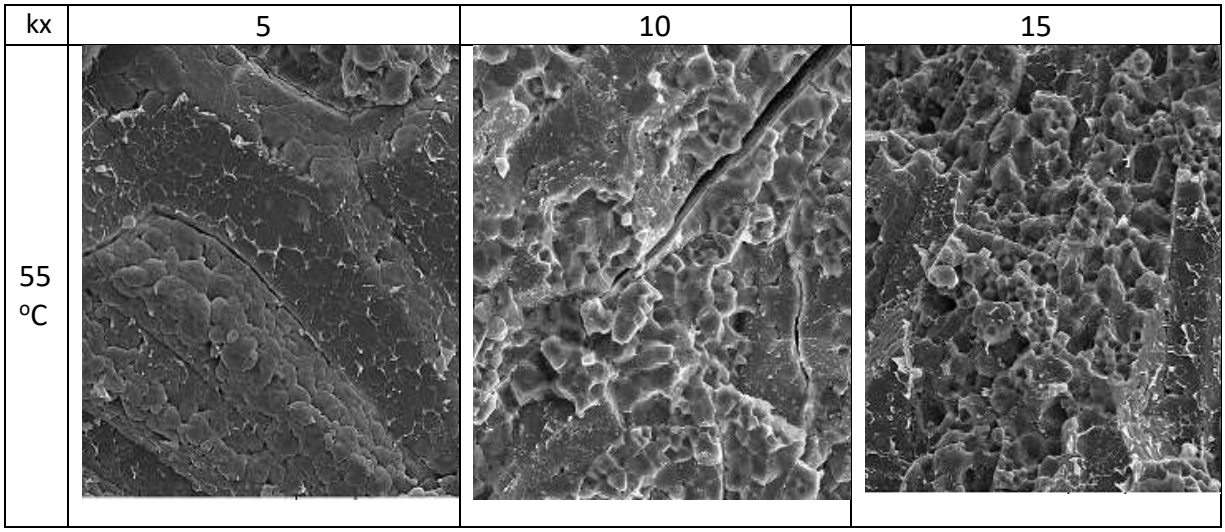


Figure 11. SEM cross-section of non-parboiled rice in 55, 65, and 75 ˚c and 5, 10, and 15 min in different zoom



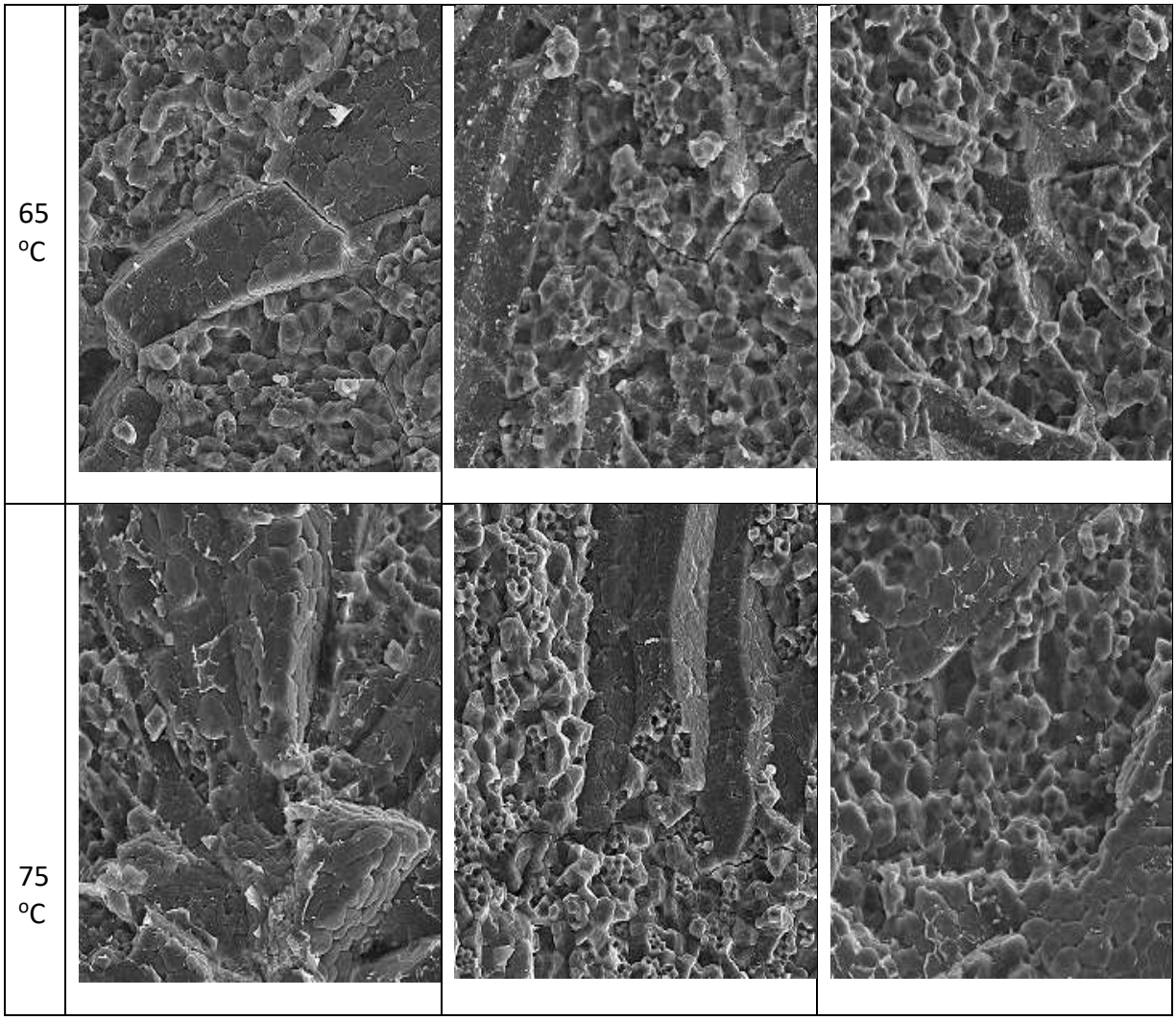
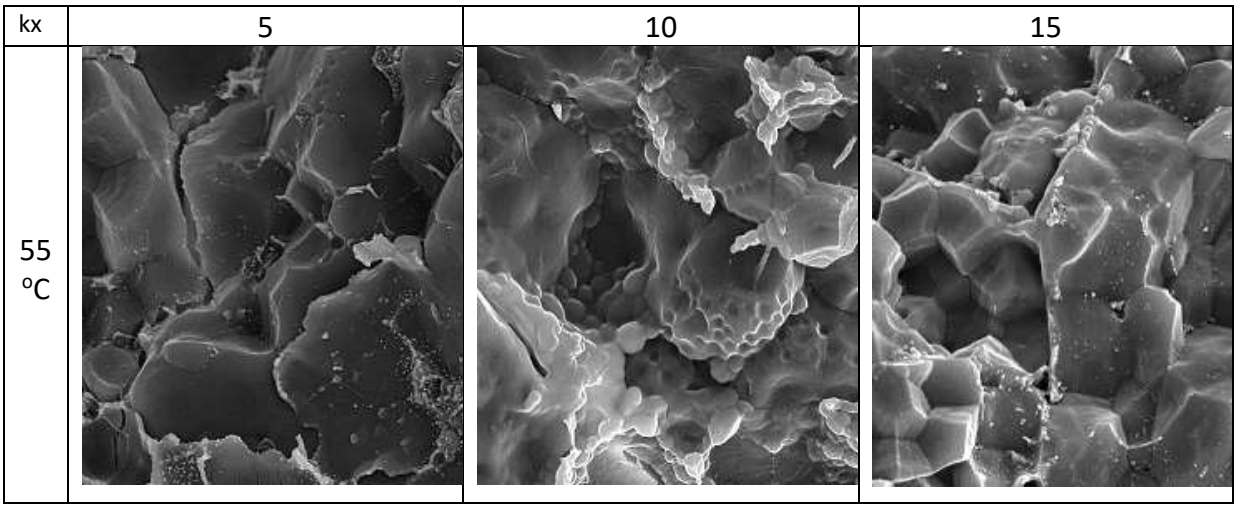


Figure 12. SEM cross-section of parboiled rice in 55, 65, and 75 ˚c and 5, 10, and 15 min in 1 Kx



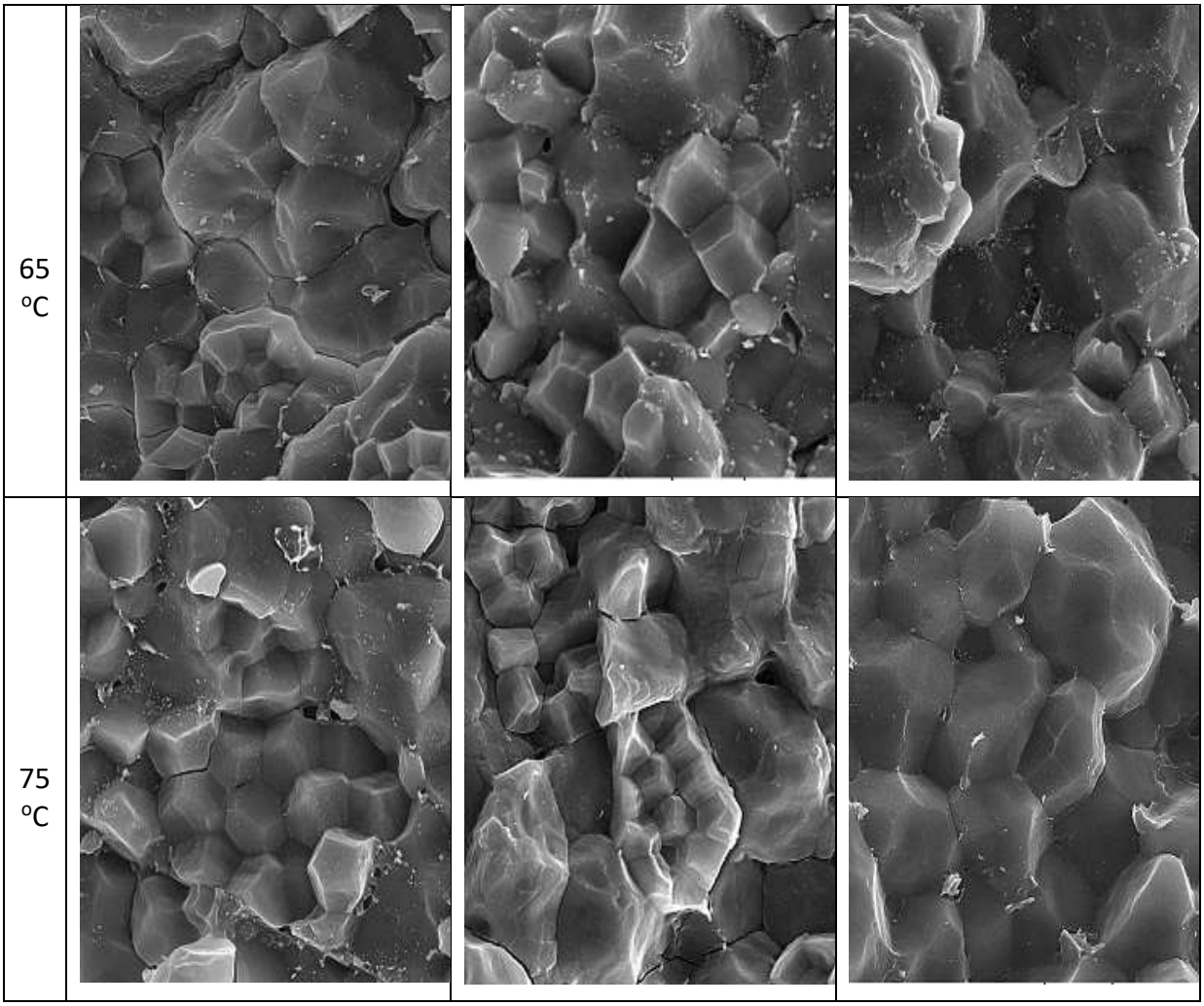


Figure 13. SEM cross-section of parboiled rice in 55, 65, and 75 ˚c and 5, 10, and 15 min in 5 Kx

۵-۳- ارزیابی حسی

در ارزیابی‌ای که انجام شد شاخصه‌هایی مانند میزان علاقه‌مندی و تنفر مصرف‌کننده در زمینه طعم، بافت، مزه و رنگ برنج توسط ارزیاب‌ها مورد بررسی قرارگرفت (جدول۱). ارزیاب‌ها طعم و بافت و بلندی قد برنج پس‌از پخت را دوست داشتند، اما رنگ و مخصوصا بوی نامطبوع برنج نیم‌جوش برای آن‌ها راضی‌کننده نبود. ارزیاب‌ها متوجه تغییر مزه و بافت در نمونه‌ها با توجه به دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی نشدند. تقریبا ۵۰٪ از ارزیاب‌ها بیان نمودند که می‌توانند برنج نیم‌جوش را جایگزین برنج معمولی (بدون نیم‌جوش) کنند و نیم دیگر آن‌ها به خاطر بوی ناخوشایند حاضر به جایگزینی نبودند.

مردم ایران بیشتر به برنج سفید و خوش‌تراش علاقه دارند و برنج نیم‌جوش شده به دلیل ناآگاهی خانواده‌ها درباره‌ی ویژگی‌های آن، کمتر مورد استقبال بوده و به میزان کمی نیز تولید می‌شود. در گفت‌وگوهای بعد از ارزیابی به ارزیاب‌ها درباره‌ی فواید و مزایای برنج نیم‌جوش گفته شد؛ و دوباره از آن‌ها سؤال شد آیا حاضر هستند از این برنج به‌جای برنج معمولی (بدون نیم‌جوش) استفاده کنند؟ جواب آن‌ها خوشحال‌کننده بود تقریباً تمام افراد به خاطر فواید زیاد برنج نیم‌جوش شده حاضر به جایگزینی بودند[۱۹].

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق راندمان برنج سالم، کیفیت پخت، رنگ و ارزیابی حسی برنج رقم شیرودی تحت شرایط مختلف غوطه‌وری و بخاردهی بررسی‌شد. تیمار با دمای ٦٥ درجه

سانتی‌گراد و زمان ۱۵ دقیقه بالاترین راندمان را داشت. نتایج نشان داد نسبت آبگیری، زمان پخت و نسبت افزایش حجم با افزایش دمای غوطه‌وری کاهش یافت. بهترین رنگ مربوط به دمای غوطه‌وری ۵۵ درجه سانتی‌گراد و زمان بخاردهی ۵ دقیقه است. با افزایش دمای غوطه‌وری و زمان بخاردهی روشنایی کاهش، و ارزش رنگ افزایش می یابد؛ که بیانگر تیره‌تر شدن رنگ برنج است و در بازارپسندی برنج نیم‌جوش تاثیر منفی می گذارد. مردم ایران بیشتر به برنج سفید و خوش‌تراش علاقه دارند و برنج نیم‌جوش‌شده به دلیل ناآگاهی خانواده‌ها درباره‌ی ویژگی‌های آن، کمتر مورد استقبال بوده‌است. اگر مردم درباره مزایای برنج نیم‌جوش شیرودی اطلاع کافی پیدا کنند مطمئناً به سمت آن جذب خواهندشد و بیشتر از این نوع برنج در وعده‌های غذایی خود استفاده خواهندکرد. با استفاده از شکل‌های (SEM) می‌توان ساختار درونی برنج را پس از نیم‌جوش‌شدن مشاهده‌کرد که با افزایش دمای خیساندن تورم گرانول‌های نشاسته و قرارگیری مناسب آن‌ها کنار یکدیگر اتفاق می‌افتد که سبب افزایش راندمان می‌شود و با کاهش تخلخل نسبت افزایش حجم کاهش می‌یابد.

برای انتخاب بهترین تیمار در برنج نیم‌جوش شیرودی بسته به نوع الویت‌ها تیمارهای متفاوتی را می‌توان درنظر گرفت. زیرا اگر فقط بحث راندمان مطرح باشد تیمار با دمای خیساندن ٦٥ درجه و زمان بخاردهی ۱۵دقیقه بهترین عملکرد را دارد، اما اگر الویت رنگ و بازارپسندی باشد تیمار با دمای خیساندن ۵۵ درجه و زمان بخاردهی ۵ دقیقه بهترین است.

رضایت‌نامه کتبی

رضایت نامه کتبی و آگاهانه از تمامی شرکت کنندگان در مطالعه اخذ شد.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافع ندارند.

بیانیه دسترسی‌ها

داده‌های پژوهش به اشتراک گذاشته نمی‌شوند.

۵-منابع

[1] Kashani Nejad, M. And Magnifico, u. And Rafiee, M. (1386). Investigation of moisture and change of rice density (local Tarom) in the hydrothermal process. Journal of Food Industry .79: 1383-1390.

[2] Joladar, N, B Arefi, h (1379). Effect of drying temperature and moisture content on the yield of Amol-3 and Haraz varieties in white rice. Iranian Journal of Agricultural Science, 31(2).

[3] Lamberts, L. (2005). Effect of Processing Conditions on Color Change of Brown and Milled Parboiled Rice. Cereal Chem. 83(1):80–85.

[4] Soponronnarit, S.Nathakaranakule, A.Jirajindalert, A. &Taechapairoj, C. (2006). Parboiling brown rice using superheated steam fluidization technique. Journal of Food Engineering, 75(3), 423-432

[5] Parnsakhorn, S & Noomhorm, A. (2008). Changes in Physicochemical Properties of Parboiled Brown Rice during Heat Treatment. Food Engineering and Bioprocess Technology Program, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

[6] Das , I., Das, S. K. and Bal, S. Journal of Food Engineering, (2004), 62., 9-14.

[7] Eskandari Cherati, F., Kamyab, S., Shekofteh, M. and Derikvand, R. (2012) Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 4., 2649-2652.

[8] Wu, D., Shu, Q., Wang, Z. and Xia, Y. (2002). Radiation Physics and Chemistry, 65. 79-86.

[9] Islam, M. R., Shimizu, N. and Kimura, T. Food Sci. Technol. Res., (2001), 7., 57-63.

[10] Bhattacharya, K.R. subbarao, P.V. (1966). Effect of processing condition on quality of parboiling rice, J. Food science and technology, 14(5): 476-479.

[11] Nasirahmadi, A., Emadi, B., Abbaspour-Fard, M. H. and Aghagolzade, H. (2014). Influence of moisture content, variety, and parboiling on milling quality of rice grains. Rice Sci. 21, 116-122.

[12] Latifi, A. and Alizadeh, M. R. (2014). Effect of parboiling on qualities and milling of Iranian rice. J. Agric. Eng. Res. 15, 77-88.

[13] Taghi Nejad, A. Rasouli Sharbani, and. (1396). Effect of dry-combining of hot-infrared and microwave air on some of the qualities of parboiled rice. Quarterly Journal of Food Technology. 5 (17): 38-25

[14] Heinemann, B., Fagundes,B. P. L., Pinto, E.A., and Penteado, M.V.C. (2005). Comparative nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from study o Brazil. J. Food Composition and Analysis. 18. 287-296.

[15] Sareepuang, K., Siriamornpun, S., Wiset, L., & Meeso, N. (2008). Effect of Soaking Temperature on Physical,

Chemical and Cooking Properties of Parboiled Fragrant Rice. World Journal of Agricultural Sciences, 4(4), 409-415.

[16] Lamberts L, De Bie E, Vandeputte GE, Veraverbeke WS, Derycke V, De Man W, et al. (2007). Effect of milling on color and nutritional properties of rice. Food Chem 2007; 100:1496– 503.

[17] Lamberts, L. and Rombouts, I. and Brijs, K. and Gebruers, K. and Delcour, J. A. (2008). Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. Food Chemistry. 110(4): 916-922.

[18] Sittipod, S. (2014). Changes in rice kernel and starch during the parboiling process. Department of Grain Science & Industry College of Agriculture, B.S., Kasetsart University, Thailand.

[19] Karrie Kam, Jane M. Murray b, Jayashree Arcot a, Rachelle Ward .(2012). Fortification of parboiled rice with folic acid: consumer acceptance and sensory evaluation.

[20] Islam, M. R., Roy, P., Shimizu, N. and Kimura, T. (2002). Food Sci. Technol. Res., 8. 106-112.

[21] Bello, M., Baeza, R. and Tolaba, M. P. Journal of Food Engineering, (2006), 72., 124-133.

[22] Zamani, gh. Alizadeh, M. (2005). Characterization, Identification, and Conversion of Different Varieties of Iranian Rice. Tehran: Rangin ghalam Publication.

[23] Juliano, B.O, Rice: (1971) Chemistry and Technology. The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA, 774 pp.

[24] Salehian, F (1393). Effect of Harvest Time on Physical and Thermal Properties of High Grain Long Grain Rice Varieties, Master's Thesis, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, p. 36.

[25] kimura T., (1983). Improvement and usage of rice drying service facilities in cold areas – drying characteristics of dry and storage bins by deep layered drying simulation (in Japanese). J. of JSAM, Hokkaidi branch, 24:pp.89-94.

[26] Roy, P., Shimizu, N., Shiina, T., and Kimura, T. (2006). Energy Consumption and cost analysis of local parboiling processes. J. Food Engineering. 76. 646-655.

[27] Payan, R (1387). Basics of Quality Control in the Food Industry (Fourth Edition). Tehran: Aeezh Publishing.

[28] Azizi, A., Bagherpour, H. Family of Momin, R., and Abbas Khani Dwanlou, H. (1378). Study of Iranian rice varieties suitable for parboiling. Scientific Information Center of Agriculture, No. 140. P. 382-322.

[29] Islam, M. R., Shimizu, N. and Kimura, T. Journal of Food Engineering, (2004), 63. 433-439.

[30] Islam, M.R., N. Shimizu and T. Kimura, (2003). Energy Requirement in Parboiling and Its Relationship to Some Important Quality Indicators J. Food Engin. 63: 433-439.

[31] Taghinezhad, E. Khoshtaghaza, M.H. Minaei, S. and Latifi, A. (2015). Effect of soaking temperature and steaming time. On the quality of parboiled Iranian paddy rice. J. Food Eng; 11(4): 547-556.

[32] Naghavi Mermeti, M. Azizi, A, Mehdi Zadeh Ashrafi, Z. (1390). Investigating the variation of rice coloration after parboiling the rice using Hunter lab. National Conference on Food Technology, New Technologies, Quality Control and Food Packaging. Ghowchan Free University.

[33] Swamy, Y., Bhattacharya, K., (2009). Induction and healing of cracks in rice grain during watersoaking of paddy. Journal of Food Science and Technology (Mysore) 46, 136-138.

[34] Buggenhout, J., Brijs, K., Delcour, J.A., (2013). Impact of Starch Gelatinization and Kernel Fissuring on the Milling Breakage Susceptibility of Parboiled Brown Rice. Cereal Chemistry 90, 490-496.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of soaking temperature and time on the qualitative and marketability of parboiled rice *Shiroudi* variety

Kimia Babazadeh zeidi[1] Sayed jafar Hashem⁎[2], Ebrahim Taghinezhad[3]

1-MSc Student, Post-harvest Technology, Biosystems Engineering
2*-Associate professor, Biosystems Engineering

3-Assistant Professor, Biosystems Engineering

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2018/07/23

Review: 2025/03/15

Accepted: 2025/03/18

Keywords:

Cooking quality,
HRY,
Parboiled rice,
Rice color,
Scanning electron microscopy.

DOI: **10.48311/fsct.2026.81622.0**

*Corresponding Author E-

j.hashemi@sanru.ac.ir*

ABSTRACT

This research aims to examine the effects of soaking temperature and steaming time on the qualitative properties, head rice yield, cooking properties, and marketability of parboiled rice of *Shiroudi* variety. The paddy was soaked at three temperatures of 55, 65, and 75°C and then steamed at 100°C for 5, 10 and 15 min. The samples were dried in an oven at 30°C and then hulled. Physical properties, color quality, head rice yield, internal structure, and cooking quality of parboiled rice were measured and compared. The results showed that head rice yield increased significantly ($p<0.01$) in the parboiled process by about 83.24% compared to non-parboiled rice by about 58.65%. The highest head rice yield was obtained at 65°C soaking temperature and 15 min steaming time treatment. By increasing the soaking temperature and steaming time, the lightness of the rice decreased and the color value increased. Parboiled rice at 55°C soaking temperature had the highest lightness and lowest color value than other treatments. By increasing the soaking temperature and steaming time, the amount of water uptake ratio, cooking time, and volume expansion of parboiled rice decreased. By considering microscopic (SEM) results, it can be found that the parboiled process could be able to increase the head rice yield. It was due to the cohesion of starch granules together. Increasing of soaking temperature and be a major cause of more longitudinal expansion and porosity reduction of starch granules as the water molecules do not have enough space to locate between them. The volume expansion ratio decreased by increasing the soaking temperature. The panel test results showed that the panelist liked the taste, texture, and cooking expansion of the rice after cooking, but the color and especially the odor of parboiled rice were not satisfied.