

# بررسی مقایسه‌ای روش‌های مختلف پیش پخت بر خواص رئولوژیکی برنج فوری تهیه شده از رقم هاشمی

سپیده ساسانیان<sup>a</sup>، بابک غیاثی طرزی<sup>b\*</sup>، فاطمه حبیبی<sup>c</sup>

<sup>a</sup> کارشناس ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

<sup>b</sup> دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

<sup>c</sup> استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۲۱

۲۲

## چکیده

**مقدمه:** افزایش کیفیت پخت به عنوان یکی از مهمترین اهداف اصلاحی در برنج مورد توجه به نژادگران می‌باشد. در این تحقیق به منظور بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی برنج فوری تهیه شده از رقم هاشمی، اثر سه روش پیش پخت تحت جوش، بخار و فشار بر خواص رئولوژیکی مورد مقایسه قرار گرفت.

**مواد و روش‌ها:** جهت تهیه برنج فوری با سه روش مورد نظر، پس از پخت نمونه‌ها در شرایط جوش، بخار و فشار، نمونه‌ها در در آن در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد خشک شدند. خواص رئولوژیکی نمونه‌های تهیه شده در سه تکرار با دستگاه ویسکو آنالیزر آزمون گردید. جهت تحلیل داده‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) و جهت مقایسه میانگین داده‌ها از روش توکی با نرم افزار SPSS۲۴ در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد.

**یافته‌ها:** با افزایش درجه حرارت، خواص رئولوژیکی یا گرانروی برنج، به علت جذب آب توسط گرانول‌های نشاسته افزایش می‌یابد و این تغییرات با معیارهایی مانند حداکثر ویسکوزیته، حداقل ویسکوزیته، ویسکوزیته نهایی، فروریزش، برگشت پذیری، زمان رسیدن به حداکثر ویسکوزیته و درجه حرارت خمیری شدن قابل اندازه‌گیری می‌باشد. اثر روش‌های پیش پخت بر کلیه صفات مربوط به خواص رئولوژیکی برنج، به استثنای زمان رسیدن به حداکثر ویسکوزیته و برگشت پذیری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. همچنین خواص رئولوژیکی نمونه برنج فوری تهیه شده با پیش پخت تحت فشار نیز تفاوت معنی‌داری با دو روش دیگر داشت.

**نتیجه‌گیری:** کیفیت پخت مربوط به عطر و طعم و همچنین ظاهر دانه پخته در نمونه‌های برنج فوری آماده شده تحت فشار نسبت به دو روش پیش پخت تحت بخار و جوش بهتر خواهد بود. پس از پخت برای مدت زمان بیشتری نرم باقی خواهد ماند و در مدت زمان کمتری آماده می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** اثر پخت، برنج فوری، ویسکوزیته

## مقدمه

برنج از مهمترین محصولات کشاورزی در ایران و جهان است و با توجه به فرهنگ مصرف ایرانیان، کیفیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. افزایش کیفیت پخت به عنوان یکی از مهمترین اهداف اصلاحی در برنج مورد توجه به نژادگران می‌باشد. کیفیت برنج به تناسب عواملی مانند میزان مصرف و سلايق مصرف کنندگان تعیین می‌شود. در این راستا ظاهر دانه، بیشترین اهمیت را در بازار پسندی برنج دارد. کیفیت پخت و خوراک پذیرش ارقام برنج توسط مصرف کننده ایرانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۱). به همین منظور برنامه‌های معرفی ارقام جدید، توجه به بهبود خصوصیات کیفی در کنار افزایش عملکرد، در رأس سیاست‌گذاری تولید برنج قرار می‌گیرد. با اینکه توجه زیادی به افزایش کیفیت پخت و خوش خوراکی ارقام مختلف برنج شده است، اما هنوز دقیقاً روشن نیست که چه عواملی روی خصوصیات پخت ارقام، بیشترین تاثیر را دارند (قلی پور و همکاران، ۱۳۸۹). با وجود اینکه گفته می‌شود مقدار آمیلوز دانه برنج بیشترین تاثیر را بر کیفیت پخت دارد، اما بسیاری از ارقام با میزان آمیلوز مشابه نیز دارای کیفیت پخت متفاوتی هستند. بنابراین به نظر می‌رسد که عوامل دیگری در تعیین کیفیت پخت ارقام برنج موثر باشند. یکی از این عوامل، خصوصیات چسبندگی دانه‌های نشاسته می‌باشد (قلی پور و همکاران، ۱۳۸۹). برنج‌هایی که در دمای بالاتری ژلاتینه می‌شوند به آب و زمان بیشتری برای پخت نیاز دارند. بنابراین ژلاتینه شدن نسبت عکس با زمان لازم برای پخت دارد (نصرالله زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

غذاهای آماده یا فرآورده‌های کنسرو شده جایگاه مهمی در زندگی شهری دارند (نصیرپور و همکاران، ۱۳۹۱). به علت کاهش زمان پخت، برنج فوری به یک محصول معروف در سال‌های اخیر تبدیل شده است (Chen et al., 2014).

در تهیه برنج فوری باید بر روش‌هایی متمرکز شد که بتواند ژلاتینه شدن نشاسته در هنگام پخت را تسریع بخشد. اثرات روش پخت و پز، شرایط قبل و بعد از خشک کردن در خواص بافتی و قابلیت هضم نشاسته برنج فوری بررسی شده است. روش پخت و پز خواص برنج پخته شده و خواص بافتی و قابلیت هضم نشاسته راتحت تاثیر قرار

می‌دهد. درجه ژلاتینه شدن بستگی به روش پخت و زمان پخت و درجه حرارت دارد (He, 2013).

در سال ۲۰۱۳، He و همکاران به بهینه سازی فرایند و اثراتش بر ویژگی‌های برنج فوری شده پرداختند. در این تحقیق دمای خیساندن و مدت زمان خیساندن و مقدار آب افزوده شده برای خیساندن برنج به عنوان فاکتورهای جداگانه مورد بررسی قرار گرفت نتایج این تحقیق نشان داد که پخت بهینه در فشار ۸۰ کیلو پاسگال برای ۴ دقیقه برای حفظ کیفیت بهتر برنج مناسب می‌باشد.

همچنین در سال ۲۰۱۳، Gomez و همکاران پخت سریع برنج را بوسیله فشار هیدرواستاتیک بالا انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که بهترین فشار برای پخت برنج قابل قبول ۳۰۰-۴۰۰ مگا پاسگال به روش فشار هیدرو استاتیک بالا می‌باشد.

در سال ۲۰۱۲، Ali و همکاران به تهیه برنج فوری از رقم Kalijira به سه روش بخار و جوش و فشار پرداختند و مدت زمان ماندگاری برنج فوری را مشخص ساختند. آنها دریافتند برنج تهیه شده به روش فشار نسبت به دو حالت قبلی از کیفیت و ظاهر و خواص ارگانولپتیگی مناسبی برخوردار است.

در برنج فوری تولید شده تحت فشار قابلیت هضم نشاسته بیشتر و برگشت پذیری نمونه یا خشک شدن پس از سرد شدن کمتر خواهد بود (Hu, 2011).

همچنین در سال ۲۰۱۰، Rewthong و همکاران به بررسی اثر پخت به دوروش جوش و پلوپز برقی و خشک کردن در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و روش‌های آماده‌سازی بریافت و قابلیت هضم نشاسته برنج فوری پرداختند.

فشار عامل اصلی چسبیدن دانه‌های برنج در برنج فوری می‌باشد و برنج فوری سرد شده ویسکوزیته پائین‌تری نسبت به برنج خام دارد که این خود نوعی پیش ژلاتینه شدن نشاسته برنج می‌باشد و این معرف جذب آب مجدد و مدت زمان کوتاه برای پخت مجدد می‌باشد. بافت برنج پخته شده بستگی به میزان آمیلوز، آمیلوپکتین، برهم کنش بین نشاسته، پروتئین و چربی دارد. با توجه به اینکه تولید برنج فوری با سیستم پخت تحت فشار نیاز به مدت زمان کمتری دارد از بد شکل یا دفرمه شدن دانه‌های برنج در حین پخت جلوگیری شده و همچنین در میزان انرژی

رنگ سنجی (جولیانو) در طول موج ۶۲۰ نانو متر با تشکیل کمپلکس ید - نشاسته انجام گرفت. برای تعیین درجه حرارت ژلاتینی از روش لیتل و برای تعیین قوام ژل از روش چامپانگ استفاده شد (حبیبی و فروغی، ۱۳۹۳).

در این تحقیق ارزیابی خواص رئولوژیک با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سریع ویسکوزیته با مخلوط آب (۲۵ میلی لیتر) و آرد برنج (۳ گرم) با برنامه ذیل انجام گرفت:

۱- در درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه ثابت نگه داشته شد.

۲- در درجه حرارت به صورت خطی تا دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳/۸ دقیقه افزایش یافت.

۳- در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲/۵ دقیقه ثابت نگه داشته شد.

۴- درجه حرارت به صورت خطی تا دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ۳/۸ دقیقه کاهش یافت.

۵- در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱/۴ دقیقه ثابت نگه داشته شد.

خواص رئولوژیکی برنج‌های فوری تهیه شده با سه روش تحت جوش، بخار و فشار به همراه نمونه شاهد بر اساس برنامه پیش‌بینی شده فوق در سه تکرار توسط دستگاه اندازه‌گیری سریع ویسکوزیته مورد آزمون قرار گرفت. نتیجه آزمایش یک منحنی بود که تغییرات چسبندگی نمونه را در تغییرات دمایی پخت نشان می‌داد و شامل حداکثر ویسکوزیته در طی حرارت دادن نمونه، حداقل ویسکوزیته پس از پیک، و ویسکوزیته نهایی بود که براساس واحد سانتی پویز اندازه‌گیری شدند. نسبت و ارتباط بین این اعداد دیدگاه یا نگرشی نسبت به خواص پخت و چسبندگی ارقام می‌دهد که می‌توان جهت مقایسه ارقام مختلف از آن استفاده نمود.

علاوه بر پارامترهای ذکر شده با استفاده از داده‌های منحنی می‌توان دو پارامتر دیگر که شامل فروریزش و برگشت پذیری است را نیز بدست آورد.

فروریزش = حداکثر ویسکوزیته در طی حرارت دادن نمونه - حداکثر ویسکوزیته پس از پیک  
برگشت‌پذیری = ویسکوزیته نهایی - حداکثر ویسکوزیته در طی حرارت دادن نمونه (Ohishi et al., 2007)

مصرفی نیز صرفه جوئی بیشتری صورت می‌گیرد و نمونه تولید شده نیز پایدارتر از روش‌های حرارتی غیر تحت فشار می‌باشد (Suwannaporn et al., 2009).

مهمترین خواص نشاسته خواص پخت آن است که گرانول‌های نشاسته با جذب آب هیدراته شده و متفرق می‌گردند و باعث ژلاتینی شدن نشاسته می‌گردد. در واقع ژلاتینی شدن بسیاری از تغییرات گرانول‌های نشاسته را توجیه می‌کند. گرانول‌های نشاسته خواص کریستالی خود را از دست داده، آب جذب می‌کند و متورم می‌گردند. تغییراتی که در طی ژلاتینی شدن نشاسته در طی حرارت اتفاق می‌افتد در واقع ایجاد حالت خمیری شدن می‌باشد که بیان کننده خواص رئولوژیکی نمونه برنج می‌باشد (حبیبی و فروغی، ۱۳۹۳).

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر روش‌های مختلف پیش پخت بر خواص رئولوژیک برنج فوری رقم هاشمی بود. نتایج این بررسی می‌تواند در انتخاب بهترین روش پیش پخت در تهیه برنج فوری از رقم هاشمی و مطابق با ذائقه مصرف کننده ایرانی کمک کننده باشد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی برنج فوری هاشمی، خواص ویسکوزیته نمونه‌های تهیه شده با روش‌های مختلف پیش پخت مورد مقایسه قرار گرفت.

در این تحقیق برنج هاشمی برداشت شده از مزارع استان گیلان (روستای کشفی) با گذشت شش ماه پس از برداشت مورد آزمون قرار گرفت. نمونه‌ها به چهارگروه تقسیم شد. پس از شستشوی اولیه، یک قسمت به عنوان نمونه شاهد جدا گردید و سه قسمت دیگر هر یک به یکی از روش‌های جوش و بخار و تحت فشار تا پخت ۹۰ درصد دانه‌ها آماده گردید. سپس مجدداً نمونه یک بار با آب مقطر شستشو داده شد و در آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید.

نشاسته مهمترین عامل تاثیرگذار بر خواص چسبندگی می‌باشد و پارامترهای میزان آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینی شدن و قوام ژل از خواص مربوط به نشاسته هستند که در ارزیابی‌های کیفیت برنج اندازه‌گیری می‌شوند. در این تحقیق تعیین میزان آمیلوز با استفاده از روش کالرمتریک یا

## - تجزیه و تحلیل آماری

پس از ثبت داده‌ها، ابتدا تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و سپس تفاوت بین نمونه‌ها و شاهد با استفاده از معادلات مستقل مورد آزمون قرار گرفت. شاخص‌های آماری شامل میانگین، اشتباه معیار و حدود اطمینان ۹۵ درصد خصوصیات چسبندگی بوسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ محاسبه شد و در نهایت معیارهای مناسب برای هر یک از خصوصیات چسبندگی جهت تشخیص کیفیت پخت مناسب برنج هاشمی ارائه گردید.

## یافته‌ها

آگاهی از خصوصیات فیزیکی شیمیایی می‌تواند در درک بهتر کیفیت پخت ارقام مختلف برنج بسیار کمک کننده باشد. تعیین محتوای آمیلوز و نمره ژلاتینی شدن و قوام ژل از آزمون‌هایی است که در برنامه‌های تعیین کیفیت پخت ارقام مختلف برنج اندازه‌گیری می‌شوند. در این پژوهش از رقم برنج بومی و مقبول ایرانی (هاشمی) استفاده شده است که نتایج مربوط به خصوصیات شیمیایی تعیین کننده کیفیت

پخت رقم شاهد و سه نمونه برنج فوری تهیه شده با روش‌های متفاوت، در جدول ۱ آورده شده است. استفاده از منحنی گرانی در پیش‌بینی خصوصیات مربوط به پخت و خواص رئولوژیکی بسیار مفید می‌باشد. منحنی ویسکوزیته در واقع شامل یک مرحله انتقال یا گذار از حالت پودری و پلیمر نیمه کریستالی به یک حالت خمیری ژلاتینه می‌باشد. مرحله آغازی ویسکوزیته در حضور مقدار زیاد آب در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد، زمانی که کریستال‌های آمیلو پکتین شروع به ذوب شدن می‌کنند، شروع می‌شود و پس از آن پروتئین‌ها هیدراته می‌شوند و همانگونه که حرارت دادن به نمونه افزایش می‌یابد ویسکوزیته سریعاً به خاطر تورم گرانول‌های نشاسته افزایش پیدا می‌کند.

با توجه به نتایج جدول ۲ و مقایسه خواص رئولوژیکی برنج هاشمی شاهد با برنج فوری تهیه شده با روش‌های مختلف پیش پخت، مشخص است که فرآیند پیش پخت کردن به جز زمان رسیدن به حداکثر ویسکوزیته، تأثیر معنی داری بر سایر خواص رئولوژیکی داشته است.

جدول ۱- مقایسه خصوصیات شیمیایی موثر بر کیفیت پخت در سه نمونه برنج فوری تهیه شده با رقم شاهد

ارقام	نمونه شاهد	نمونه جوش پخت	نمونه بخار پخت	نمونه پخت تحت فشار
درصد آمیلوز (بدون واحد)	۲۲/۰۳	۲۲/۵	۲۲/۹۳	۲۲/۹
نمره ژلاتینی شدن (بدون واحد)	۵	۶	۶	۶/۰۲
قوام ژل (میلی متر)	۵۰	۶۰	۵۸	۶۰

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مقایسه روش‌های پیش پخت بر خواص رئولوژیکی برنج فوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	حداکثر ویسکوزیته (سانتی پویز)	حداقل ویسکوزیته (سانتی پویز)	فروریزش (سانتی پویز)	نهایی ویسکوزیته (سانتی پویز)	برگشت پذیری (سانتی پویز)	رسیدن به حداکثر ویسکوزیته (دقیقه)	درجه حرارت خمیری شدن (درجه سانتی‌گراد)	رقم
	۴	۱۷۵۱/۲۵**	۱۵۶۱/۰۸**	۱۸۷/۶۶**	۲۱۵۳/۷۵**	۴۰۲/۵۰**	۶/۶۷ <sup>ns</sup>	۹۰/۵۵**	رقم
	۱۰	۶/۷۴۱	۴/۹۷۷	۲۰/۴۲۸	۱۴/۸۴۳	۹/۴۰۴	۰/۰۲۰	۰/۲۱۶	خطا
ضریب تغییرات		۰/۸۰۴	۰/۷۴۰	۱/۳۲۶	۰/۷۲۱	۰/۴۵۴	۰/۰۵۲	۰/۰۵۵	ضریب تغییرات

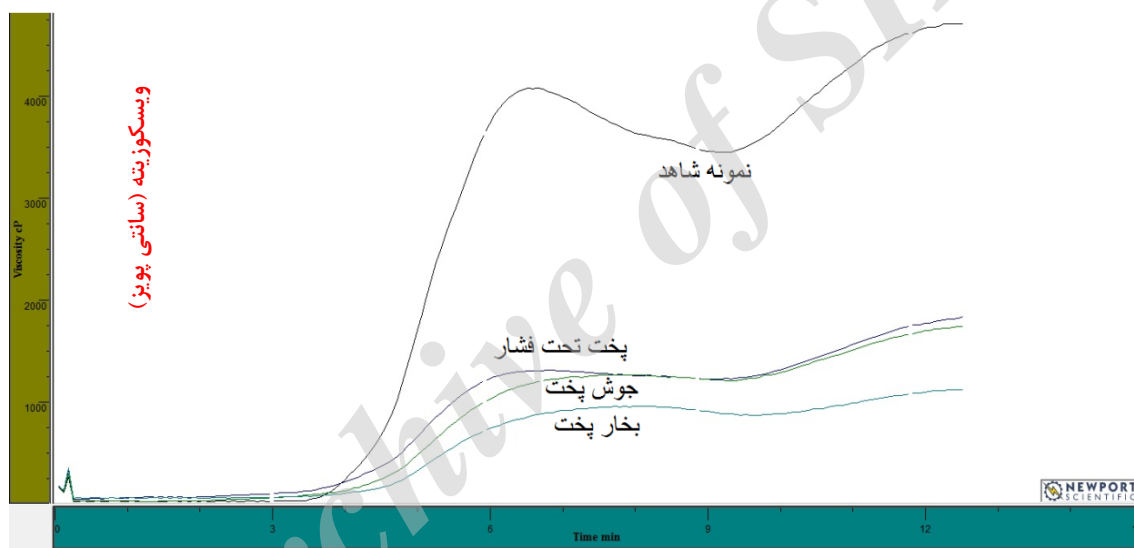
\*\* معنی دار در سطح احتمال ۵٪

ns: غیر معنی دار

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین خواص رئولوژیکی برنج فوری تهیه شده به روش های مختلف پیش پخت

ارقام برنج	حداکثر ویسکوزیته (سانتی پویز)	حداقل ویسکوزیته (سانتی پویز)	فروریزش (سانتی پویز)	ویسکوزیته نهایی (سانتی پویز)	برگشت پذیری (سانتی پویز)	زمان رسیدن به حداکثر ویسکوزیته (دقیقه)	درجه حرارت خمیری شدن (درجه سانتی گراد)
برنج شاهد	۴۰۵۸ <sup>۳۳</sup> <sup>a</sup>	۳۴۵۲/۳۳ <sup>a</sup>	۵۹۶ <sup>a</sup>	۴۶۸۱ <sup>a</sup>	۶۲۲/۶۶ <sup>a</sup>	۶/۶۹ <sup>a</sup>	۸۲/۵۷ <sup>d</sup>
برنج فوری فشار پخت	۶۴۸/۳۳ <sup>d</sup>	۶۴۷ <sup>d</sup>	۱/۳۳ <sup>c</sup>	۸۵۰ <sup>d</sup>	۲۰۱/۶۶ <sup>d</sup>	۶/۹۱ <sup>a</sup>	۹۴/۸۳ <sup>a</sup>
برنج فوری بخار پخت	۱۰۸۸ <sup>c</sup>	۱۰۰۳ <sup>c</sup>	۸۶ <sup>b</sup>	۱۶۱۰ <sup>b</sup>	۵۲۲ <sup>b</sup>	۶/۱۲ <sup>ab</sup>	۹۰/۸۵ <sup>c</sup>
برنج فوری جوش پخت	۱۲۱۰/۳۳ <sup>b</sup>	۱۱۴۳ <sup>b</sup>	۶۷/۳۳ <sup>b</sup>	۱۴۷۴ <sup>c</sup>	۲۶۳/۶۶ <sup>c</sup>	۶/۹۷ <sup>a</sup>	۹۳/۹۶ <sup>b</sup>

اعداد داخل هر ستون به روش آزمون HSD (توکی) مقایسه شده اند، اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال 5٪ معنی دار نیستند.



زمان (دقیقه)

نمودار ۱- مقایسه ویژگی های رئولوژیکی نمونه شاهد و تیمارهای جوش پخت، بخارپخت و فشارپخت (سانتی پویز)

بررسی بر خواص رئولوژیکی برنج فوری تاثیرگذار بوده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس خصوصیات چسبندگی نشان داد که بین نمونه های برنج فوری و شاهد از نظر کلیه خصوصیات چسبندگی تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد.

درجه حرارت چسبندگی نمونه های برنج فوری در محدوده ۹۴/۸۳-۹۰/۸۵ درجه سانتی گراد بود. و بالاترین مقدار آن مربوط به نمونه برنج فوری پیش پخت تحت فشار برابر ۹۴/۸۳ درجه سانتی گراد و کمترین آن متعلق به

در جدول ۳ مقایسه میانگین خواص رئولوژیکی برنج فوری تهیه شده با روش های مختلف و نمونه شاهد آورده شده است و همانگونه که مشخص است به جز ویژگی زمان رسیدن به حداکثر ویسکوزیته، نمونه های مورد بررسی در گروه های متفاوت از نظر خواص رئولوژیکی طبقه بندی شده است.

### بحث

در این تحقیق با بررسی سه روش پیش پخت در تهیه برنج فوری از رقم هاشمی، مشاهده شد که روش های مورد

نمونه برنج فوری پخت شده تحت بخار بود به عبارت دیگر درجه حرارت مورد نیاز جهت پخت دانه‌ها در برنج فوری تحت فشار بیشتر از نمونه برنج فوری بخارپخت و جوش پخت بود. این موضوع از له شدگی زود هنگام دانه‌ها در هنگام پخت جلوگیری می‌کند و نتایج ارزیابی حسی نیز نشان داد که نمونه برنج فوری تهیه شده تحت فشار از لحاظ ظاهر دانه پخته شده بهتر از سایر نمونه‌ها بود (جدول ۳). در نمونه‌های برنج به علت پیش پخت اولیه، تغییر شکل نشاسته از جمله بازپخت و اتصال عرضی کمتر اتفاق افتاده و به همین دلیل دانه‌های نشاسته در درجه حرارت بالاتری شروع به آماس کرده، دارای آمیلوز قابل حل بیشتری هستند.

حداکثر ویسکوزیته زمانی اتفاق می‌افتد که تورم گرانول‌های نشاسته به حداکثر می‌رسد (حبیبی و فروغی، ۱۳۹۳).

حداکثر چسبندگی در برنج‌های فوری در دامنه ۶۴۸/۳۳-۱۲۱۰/۳۳ سانتی پویز بود. پائین‌ترین مقدار حداکثر چسبندگی متعلق به نمونه برنج فوری تحت فشار برابر ۶۴۸/۳۳ سانتی پویز بود. معیار حداکثر چسبندگی که نشان دهنده حداکثر قدرت جذب آب توسط دانه‌های نشاسته و حداکثر تورم دانه‌های نشاسته در سرعت و درجه حرارت ثابت و مشابه است. هرچند که حداکثر چسبندگی با میزان ریب آمدن ارتباط مستقیم دارد اما در نتایج ارزیابی حسی و بررسی خصوصیات ظاهری پخت دانه مشخص شد که در نمونه‌های تهیه شده با روش پیش پخت تحت جوش و بخار با وجود بیشتر بودن حداکثر ویسکوزیته به دلیل مشاهده ترک‌های عرضی در دانه پخته شده نمره کمتری از نظر پذیرش مصرف کننده به آن تعلق گرفت.

با سرد شدن نمونه‌ها در اثر کاهش درجه حرارت دانه‌های نشاسته متورم شده و به قطعات کوچکتری تبدیل می‌شوند تا اینکه به حداقل چسبندگی خود می‌رسند. در این فرآیند نیز همانند حداکثر چسبندگی، دو عامل بازپخت و اتصال عرضی بسیار مهم و تعیین کننده می‌باشند، به طوری که هرچه این دو پدیده کمتر اتفاق بیفتد، میزان آمیلوز قابل حل بیشتر و شکستگی تدریجی و کند آمیلوپکتین بیشتر می‌شود و در نتیجه حداقل چسبندگی به کمترین مقدار خود می‌رسد. به این ترتیب میزان فروریختگی که

نشان دهنده کیفیت خوب پخت دانه‌های نشاسته است، افزایش می‌یابد (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹).

در برنج پخت تحت فشار احتمالاً به دلیل اتفاق افتادن پدیده‌های بازپخت و اتصال عرضی در طی فرایند سرد شدن، شاخص فروریختگی نسبت به سایر نمونه‌ها کمتر بود. با این حال، کلیه نمونه‌های برنج فوری از نظر این خصوصیت در دامنه متوسطی قرار داشتند. کمترین فروریختگی در نمونه‌های مورد مطالعه مربوط به نمونه برنج فوری تحت فشار بود. میزان فروریختگی در تعیین کیفیت نهایی پخت برنج تاثیر زیادی دارد.

چسبندگی نهایی که نشان دهنده متورم شدن مجدد دانه‌های نشاسته در طی فرایند سرد و گرم شدن نمونه هاست، با میزان آمیلوز رابطه مثبت و مستقیمی دارد (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). هر چه میزان آمیلوز بیشتر باشد، مقدار چسبندگی نهایی بیشتر و دانه‌ها پس از پخت خشک و سفت می‌شوند.

میزان چسبندگی نهایی در سه نمونه تهیه شده در دامنه ۸۵۰ تا ۱۴۷۴ سانتی پویز می‌باشد که کمترین آن متعلق به نمونه پخت شده تحت فشار برابر ۸۵۰ سانتی پویز بود که نشان دهنده این است که نمونه برنج پخت شده تحت فشار پس از پخت نسبت به دو نمونه دیگر مدت بیشتری نرم باقی می‌ماند و به تبع آن میزان پس روی چسبندگی آن نیز که برابر ۲۰۱/۶۶ سانتی پویز می‌باشد که باز کمترین مقدار را در بین سه نمونه دارا می‌باشد. به این ترتیب چسبندگی نهایی نیز می‌تواند به عنوان یکی دیگر از عوامل تعیین کننده کیفیت پخت ارقام مد نظر قرار داده شود، به طوریکه هر چه میزان آن بیشتر باشد، نشانه بیشتر بودن آمیلوز و پائین بودن کیفیت پخت نمونه است. پس روی چسبندگی نیز فاصله بین حداقل چسبندگی و چسبندگی نهایی است و هرچه میزان آن در یک نمونه بیشتر باشد، نشان دهنده سخت شدن دانه‌ها پس از پخت بوده و از کیفیت نامناسبی برخوردار است. کمترین و بالاترین میزان پس روی چسبندگی به ترتیب مربوط به نمونه‌های پخت شده تحت فشار ۲۰۱/۶۶ سانتی پویز و نمونه برنج فوری بخارپخت ۵۲۲ سانتی پویز بود، به عبارت دیگر نمونه برنج فوری بخارپخت که کیفیت پخت کمتری نسبت به نمونه‌های دیگر برنج فوری داشت.

گونه‌ای باشد که حداقل آسیب به دانه در نظر گرفته شود و کیفیت پخت و خوراک آن مطابق ذائقه مصرف کننده باشد که در مقایسه روش‌های پیش پخت بهترین روش استفاده از سیستم تحت فشار بود.

### سیاسگزاری

از موسسه تحقیقات برنج کشور و دانشگاه آزاد اسلامی علوم و تحقیقات تهران به خاطر حمایت و فراهم نمودن امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی تقدیر و تشکر می نمایند.

### منابع

حبیبی، ف. و فروغی، م. (۱۳۹۳). بررسی تاثیر پروتئین برخواص ویسکوزیته یا گرانروی ارقام مختلف برنج ایرانی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. شماره ۴۴، دوره ۱۱، صفحات ۴۷-۵۷.

حبیبی، ف.، یحیی‌زاده، آ.، حسینی چالستری، م. و تجددی طلب، ک. (۱۳۹۱). بررسی خواص ژلاتینی شدن ارقام برنج ایرانی با روش گرماسنجی افتراقی. مجله تحقیقات غلات، شماره ۲، صفحات ۱۰۵-۹۵.

قلی پور، م. ا.، ربیعی، ب.، عبادی، ع. ا.، حسینی، م. و یکتا، م. (۱۳۸۹). خصوصیات چسبندگی نشاسته با شاخص‌های جدید جهت ارزیابی کیفیت پخت ارقام برنج. مجله علوم زراعی ایران. شماره ۱۲، صفحات ۱۵۱-۱۴۰.

نصرالله زاده ماسوله، آ.، امیری، ا.، رضوی پورکومله، ت. و طایفه، م. (۱۳۸۹). تاثیر کودهای شیمیایی و کودهای آلی بر عملکرد و خصوصیات کیفی برنج. همایش ملی علوم آب، خاک، گیاه و مکانیزاسیون کشاورزی

نصیر پور، ع.، ایزدی، ز.، امیری، ح.، حاجی هاشمی، ز.، همدی، ن. و شاهدی، م. (۱۳۹۱). اثر زانتان، مونو و دی گلیسرید و رقم برنج بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی کنسرو آن در طی نگهداری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. سال ۴، شماره ۱۲.

Ali, M. A., Hasan, S. M. K., Mahomud, M. S. & Sayed, M. A. (2012). Processing and Storage of Instant Cooked Rice. Bangladesh Research Publication Journal, 7(3), 300-305.

Cagampang, G. B. (1973). A gel consistency test for eating quality of rice. Journal of the Science of Food and Agriculture, 24(12), 1589-1594.

مدت زمان پخت نیز نشان دهنده زمان مورد نیاز جهت پخت نمونه و رسیدن به حداکثر چسبندگی است. که در بین نمونه‌ها، نمونه برنج فوری جوش پخت بیشترین مدت زمان رسیدن به حداکثر ویسکوزیته را دارا بود. مقایسه خصوصیات چسبندگی نمونه‌های برنج فوری مورد مطالعه نشان داد که این نمونه‌ها اگر چه از نظر میزان آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینی شدن و قوام ژل مشابه بودند و از این رو تعیین کیفیت پخت آنها با این خصوصیات امکان پذیر نبود، اما از نظر خصوصیات چسبندگی نشاسته، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بین نمونه‌های برنج فوری تهیه شده به روش‌های پخت متفاوت وجود داشت و به نظر می رسد که بتوان تا حدود زیادی تفاوت در کیفیت پخت ارقام برنج را به این خصوصیات نسبت داد. براین اساس و برای اینکه معیارها و شاخص‌های مناسبی برای خصوصیات چسبندگی نشاسته ارائه شود، حدود اطمینان ۹۵ درصد نمونه برنج فوری مورد مطالعه در این آزمایش ارزیابی و در جدول ۲ و ۳ ارائه گردیده است.

از منحنی‌های ویسکوزیته می‌توان برای پیش‌بینی کیفیت پخت استفاده نمود. همانگونه که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود و با توجه به نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری فاکتورهای مرتبط با نشاسته مشخص است که نمونه برنج فوری تولید شده تحت فشار در مقایسه با دو نمونه دیگر بسیار نرم‌تر می‌باشد و در مدت زمان کوتاه‌تری آماده می‌گردد که به این صورت هدف از تحقیق برآورده خواهد شد. بنابراین با کنترل فشار جهت جلوگیری از تخریب بافت نمونه‌های مورد بررسی، در یک فشار بهینه می‌توان نمونه‌ای از برنج فوری را به دست آورد که از نظر خصوصیات ظاهری، پخت و بافت بهتر از روش‌های پیش پخت تحت جوش و بخار باشد.

### نتیجه‌گیری

با توجه تغییر عادات غذایی و تمایل مصرف کننده به سمت غذاهایی با آماده سازی سریع و آسان و تبع آن صرفه جویی در مصرف انرژی، استفاده از برنج فوری در این راستا جالب توجه است. استفاده از روش‌های پیش پخت تحت جوش، بخار و فشار برای پخت اولیه نمونه‌ها و سپس خشک کردن تا رسیدن به برنج فوری با رطوبت مطلوب کمک کننده است. بنابراین روش‌های پیش پخت باید به

- Chen, X., Qian, P., Zhang, X. J., Liu, F. & Lu, R. (2014). Improving Instant Rice Quality by Novel Combined Drying. *International Journal of Drying Technology*, 32(12), 448-1456.
- Gomez, A., Boluda, A. M., Rodríguez, A., Iniesta, F. M. & Cánovas, G. (2013). Quick cooking rice by high hydrostatic pressure processing. *Food Science and Technology*, 51, 196-204.
- Hu, X., Xu, X., Jin, Z., Tian, Y., Bai, Y. & Xie, Z. (2011). Retrogradation properties of rice starch gelatinized by heat and high hydrostatic pressure (HHP). *Journal of Food Engineering*, 106, 262-266.
- He, G. & Huang, M. (2013). Process Optimization and its Impacts on Physical Properties of Instant rice. *Journal of Food Science and Technology*, 5(4), 464-468.
- Juliano, B. O. (1971). *Rice chemistry and Technology*. The American Association of cereal chemists, Inc. Stpaul, Minnesta, USA, pp.774
- Juliano, B. O. (1971). Simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Science Today*. 16, 334-338, 340, 360.
- Juliano, B. O. (1972). The rice cariopsis and its composition, Inc. Houston, D. F., *Rice Chemistry and Technology*, 2<sup>nd</sup> Ed., Am. Assoc. Cereal Chemistry, p. 774.
- Juliano, B. O. (1982). International Co-Operative testing of the alkali digestibility values for milled rice. *Starch*, 34, 21-26.
- Juliano, B.O. (1985). Criteria and Tests for Rice Grain Qualities. In: *Rice Chemistry and Technology*, 2<sup>nd</sup> Edition, American Association of Cereal Chemists, 443-524.
- Little, R. R., Hilder, G. B. & Dawson, E. H. (1958). Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry*, 35, 111-126.
- Ohishi, K., Kasai, M., Shimada, A. & Hatae, K. (2007). Effect of acetic acid on the rice gelatinization and pasting properties of rice starch during cooking. *Food Research International*. 40, 224-231.
- Rewthong, O., Soponronnarit, S., Taechapairoj, S., Tungtrakul, P. & Prachayawarakorn, S. (2011). Effects of cooking, drying and pretreatment methods on texture and starch digestibility of instant rice, *Journal of Food Engineering*, 103, 258-264.
- Suwannaporn, P. & Prasert, W. (2009). Optimization of instant jasmine rice process and its physicochemical properties, Nova Science Publishers.
- Suwannaporn, P. & Linnemann, A. (2007). Rice-eating quality among consumers in different rice grain preference countries. *Journal of Sensory Studies*, 23, 1-13.
- Suwannaporn, P. & Jinkarn, T. (2015). Trade-off analysis of packaging attributes for foods and drinks, *British Food Journal*, 117, 139-156.