مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ١٤/ شماره ٢/سال ١٣٩٢/ص ٥٦-٤٣

بررسی روند تغییرات فیزیکوشیمیایی ارقام متداول برنج ایرانی و تأثیر مدت زمان انبارمانی بر آن

عاصفه لطیفی *

* نگارنده مسئول: محقق موسسه تحقیقات برنج کشور، نشانی: آمل، کیلومتر ٨ آمل به بابل، موسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، ص. پ. ١٤٥، تلفن: ٤-٣٢٥٣٧٨٣(٠١٢١)، پیامنگار: asefeh59@yahoo.com

تاریخ دریافت: ٩٠/٧/٣٠؛ تاریخ پذیرش: ٩١/٣/٢٧

چکیده

خصوصیات فیزیکوشیمیایی سه رقم برنج به نام‌های طارم محلی، فجر و خزر طی ١٨ ماه انبارمانی مورد بررسی قرار گرفت. این خصوصیات شامل کیفیت پخت، خواص بافتی و خواص خمیری است که طی چند ماه اول تغییر می‌یابند و سبب مطلوب شدن کیفیت خوراکی برنج می‌شوند. شلتوک‌ها از مزرعه‌ای که بر اساس توصیه فنی موسسه تحقیقات برنج کشور کشت شده بود، برداشت و در همان شرایط مرسوم در منطقه نگهداری و انبار شدند. آزمایش‌ها در لحظهٔ صفر و به منظور بررسی اثر کهنگی (انبارمانی) در زمان‌های ٣، ٦، ٩، ١٢ و ١٨ ماه بعد انبارداری در سه تکرار و همگی در رطوبت یکسان ١٢ درصد به شرح زیر اجرا شد: تعیین آمیلوز (فقط در لحظهٔ صفر)، حداقل زمان پخت، افزایش طول دانه بعد از پخت و میزان مواد جامد از دست رفته. خصوصیات بافتی شامل سختی برنج پخته با دستگاه بافت‌سنج و خصوصیات خمیری شامل ویسکوزیتهٔ ماکزیمم، ویسکوزیتهٔ مینیمم، ویسکوزیتهٔ نهایی، شکست و برگشت خمیر با دستگاه رپیدویسکوآنالایزر اندازه‌گیری شد. از میان خصوصیات پخت در این سه رقم طی انبارمانی، فقط میزان مواد جامد از دست رفته به خصوص در ماه هیجدهم، کاهش معنی‌داری نشان داد. سختی بافت برنج پخته در هر سه رقم طی انبارمانی افزایش نشان داد اما فقط در رقم خزر افزایش معنی‌دار بود. از خصوصیات خمیری نیز ویسکوزیتهٔ حداکثر در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. شکست ابتدا افزایش و بعد کاهش یافت و صفت برگشت در ارقام طارم و خزر ابتدا کاهش و بعد افزایش و در رقم فجر ابتدا روندی ثابت و سپس کاهش داشت. طرح به صورت تصادفی و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن و بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS اجرا شد.

واژه‌های کلیدی

انبارمانی برنج، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، خواص بافتی، خواص پخت، خواص خمیری

مقدمه

داشتن شناسنامهٔ کاملی از ارقام متداول برنج ایرانی و آگاهی از خواص فیزیکوشیمیایی و چگونگی روند تغییرات طی انبارداری آن‌ها ضروری است. برخی رفتارهای برنج هنگام پخت، صرفا با اندازه‌گیری‌های متداول کیفیت برنج مانند میزان آمیلوز و یا پخش در قلیا قابل پیش‌بینی نیست. برای مثال، دو رقم برنج با مقدار آمیلوز یکسان ممکن است پخت متفاوتی از خود نشان دهند، از این رو تفاوت‌ها با روش‌های تکمیلی تشخیص داده می‌شود (Ong & Blanshard, 1995; Xie *et al*., 2008). برای نمونه، ویژگی سختی[1] برنج که با دستگاه بافت‌سنج[2] اندازه‌گیری می‌شود تا حدودی وابسته به آمیلوز است (Yu *et al*., 2009) اما ممکن است دو رقم با آمیلوز یکسان سختی متفاوتی داشته باشند که راهنمایی است برای تفسیر نتایج حاصل از پخت. در دستگاه رپید ویسکو آنالایزر (RVA)، رقم دارای آمیلوز پایین‌تر، پیک

1- Hardness
2- Texture Analyzer

Archive of SID
www.SID.ir

ویسکوزیته بالاتری خواهد داشت (Luh, 1991). همچنین دو ویژگی شکست[1] و مقاومت خمیر حکایت از مقاومت برنج هنگام پخت در آب دارند. شکست بیشتر و مقاومت کمتر در خمیر نشانگر بافت نامطلوب‌تر برنج هنگام پخت است در حالی‌که ممکن است ارقام از نظر میزان آمیلوز در یک خانواده طبقه‌بندی شوند. منظور از نامطلوب بودن بافت، شل بودن و به هم چسبیده بودن برنج است که مصرف‌کننده آن را نمی‌پسندد؛ هر چند بعضی از مصرف‌کنندگان، مانند ژاپنی‌ها، برنج شل را ترجیح می‌دهند (Ohishi *et al*., 2007). علاوه بر اندازه‌گیری آمیلوز، می‌توان با انجام آزمایش‌های تکمیلی برای تعیین پاره‌ای از ویژگی‌ها مانند میزان جذب آب، چگونگی قد کشیدن برنج بعد از پخت، میزان مواد جامد از دست رفته، سختی برنج و خصوصیات خمیری برنج، به صفات متنوع‌تری از ارقام پی برد. داده‌های آزمایشی در تفسیر دقیق‌تر نتایج پخت برنج به کار می‌رود.

روند تغییرات طی انبارداری نیز بررسی شد. محققان جنبه‌های مختلف فرایند کهنگی برنج یا انبارمانی آن را به صورت شلتوک، برنج قهوه‌ای، برنج سفید و نشاستهٔ برنج مطالعه کرده‌اند (Juliano, 1985; Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Zhou *et al*., 2002; Gujral & Kumar, 2003; Sodhi *et al*., 2003; Sirisoontaralak & Noomhorm, 2007; Mariotti, *et al*., 2009).

با وجود مطالعات فراوان در این زمینه، مکانیزم دقیق فرایند انبارمانی برنج هنوز یکی از ناشناخته‌های علم شیمی غلات است. درک این تغییرات در ارزیابی خصوصیات کیفیت و پخت برنج اهمیت دارد زیرا بافت برنج خام و پخته تحت تأثیر انبارمانی قرار می‌گیرد.

تغییراتی که طی انبارمانی اتفاق می‌افتد به برهم‌کنش نشاسته، پروتئین، و چربی مربوط می‌شود. در این تغییرات کلوئید نشاسته - پروتئین به ماده‌ای پایدارتر و انحلال‌ناپذیر تبدیل می‌شود. دلایل مختلفی برای این پدیده ذکر شده است از جمله: تغییر در دیوارهٔ سلولی و پروتئین، واکنش بین پروتئین و چربی و واکنش بین نشاسته و پروتئین. همچنین طی انبارمانی، پیوند دی‌سولفید و وزن مولکولی پروتئین برنج (اوریزین) افزایش می‌یابد که موجب کاهش حل‌پذیری پروتئین و کاهش چسبندگی می‌شود. این پدیده می‌تواند بیانگر آن باشد که در فرایند انبارمانی، پروتئین نقش مهم‌تری از نشاسته دارد (Teo *et al*., 2000; Martin & Fitzgerald, 2002).

میزان ترکیبات اساسی برنج یعنی آمیلوز، آمیلوپکتین، و نشاسته طی کهنگی تغییر نمی‌کند (Teo *et al*., 2000). طی انبارمانی تغییراتی در کیفیت پخت نیز به وجود می‌آید؛ از جمله افزایش میزان جذب آب گزارش شده است (Juliano, 1985; Zhou *et al*., 2002; Gujral & Kumar, 2003; Zhou *et al*., 2007).

بعضی از محققان نیز کاهش میزان جذب آب را گزارش داده‌اند (Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Sodhi *et al*., 2003; Sirisoontaralak & Noomhorm, 2007). وجود اطلاعات متناقض در کیفیت برنج نیز تایید شده است (Teo *et al*., 2000; Zhou *et al*., 2007). برخی از محققان میزان تغییرات طی انبارمانی را به رقم، میزان آمیلوز، و دمای نگهداری مرتبط می‌دانند (Juliano, 1985; Sodhi *et al*., 2003; Zhou *et al*., 2003). برخی نیز می‌گویند روند تغییرات با افزایش دما افزایش می‌یابد (Teo *et al*., 2000; Zhou *et al*., 2007).

کاهش میزان مواد جامد از دست رفته طی انبارمانی را محققانی چند گزارش داده‌اند (Juliano, 1985; Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Gujral & Kumar, 2003; Sodhi *et al*., 2003; Zhou *et al*., 2007). برخی از محققان نیز تغییر در خصوصیات بافتی مانند افزایش سختی برنج

1- Break Down

www.SID.ir

و کاهش چسبندگی آن را بررسی کرده‌اند (Juliano, 1985; Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Gujral & Kumar, 2003; Sodhi *et al*., 2003; Hagenimana *et al*., 2005; Ohishi *et al*., 2007; Sirisoontaralak & Noomhorm, 2007; Zhou *et al*., 2007; Yu *et al*., 2009).

اندازه‌گیری ویسکوزیتهٔ خمیر برنج نیز یکی دیگر از روش‌های تعیین کیفیت است. برای این کار از دستگاه‌های مختلفی از جمله ویسکومتر بروکفیلد، آمیلوگراف برابندر و اخیرا رپید ویسکو آنالایزر استفاده می‌شود (Yang & Tao, 2008). گفته شده که ویسکوزیتهٔ ماکزیمم طی انبارمانی افزایش می‌یابد (Juliano, 1985; Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Zhou *et al*., 2002; Sodhi *et al*., 2003; Zhou *et al*., 2003)، اما سریسونتارالاک و نومورم (Sirisoontaralak & Noomhorm 2007) کاهش ویسکوزیتهٔ ماکزیمم را طی انبارمانی را گزارش داده‌اند. بقیه فاکتورهای حاصل از به کارگیری رپید ویسکوآنالایزر نیز تغییراتی طی انبارمانی نشان می‌دهند که به رقم، آمیلوز و دما وابسته‌اند. به همین دلیل اطلاعات ضد و نقیض نیز روایت شده است (Teo *et al*., 2000; Zhou *et al*., 2003).

در این پروژه، خواص فیزیکوشیمیایی ارقام برنج ایرانی برای اولین بار به صورت جامع بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

شلتوک سه رقم برنج طارم محلی (از رقم‌های بومی و با کیفیت)، خزر و فجر(دو رقم اصلاح شده با سطح زیر کشت بالا در استان‌های شمالی) از مزرعهٔ موسسهٔ تحقیقات برنج برداشت و رطوبت آن‌ها به صورت آفتاب خشک به ۱۴ تا ۱۵ درصد رسانده شد. شلتوک در کیسه‌های متداول برنج ریخته و در شرایط معمول منطقه نگهداری شد. در زمان‌های مشخص، مقداری شلتوک نمونه‌برداری و رطوبت آن با خشک‌کن بستر ثابت آزمایشگاهی به ۱۲ درصد رسانده شد. این نمونه با دستگاه‌های تبدیل ساتاکه ژاپن به برنج سفید تبدیل گردید و آزمون‌های لازم هر یک در سه تکرار و در زمان‌های صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۸ ماه بعد انبار کردن به شرح زیر انجام گرفت:

آمیلوز: این مشخصه طبق روش جولیانو (Juliano, 1985) بر اساس طیف‌سنجی در طول موج ۶۲۰ نانومتر و فقط در لحظه صفر (حداکثر تا ۱۰ روز پس از برداشت) اندازه‌گیری شد. میزان ترکیبات اساسی برنج مانند آمیلوز طی انبارمانی تغییر نمی‌یابد (Teo *et al*., 2000).

آزمون‌های پخت: این آزمون‌ها بر اساس روش سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2005) به شرح زیر انجام گرفت:

حداقل زمان پخت: ۵ گرم برنج سفید شسته و به مدت ۳۰ دقیقه در آب مقطر خیسانده شد. بعد از خالی کردن آب اضافی، این مقدار برنج به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در حال جوش در بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری اضافه و بعد حداقل به مدت ۴ دقیقه نمونهٔ برنج بین دو صفحهٔ شیشه‌ای فشرده شد. این کار در زمان‌های متوالی ادامه می‌یافت تا، بر اساس نداشتن نقطهٔ گچی در ۹۰ درصد دانه‌ها، حداقل زمان پخت به دست آید. سپس بقیهٔ فاکتورهای پخت بر اساس حداقل زمان پخت اندازه‌گیری شد.

افزایش طول بعد از پخت: نسبت طول ۱۰ دانهٔ پخته به طول ۱۰ دانه خام به دست آورده شد.

جذب آب: ۱۰ دانه برنج را بعد پخت، در حداقل زمان، از آب بیرون آورده و پس از خشکاندن آب سطحی آن‌ها با کاغذ صافی، میزان جذب آب از تفاوت وزن قبل از خیساندن (وزن ۱۰ دانه خام) و بعد از پخت محاسبه شد.

مواد جامد از دست رفته: آب برنج پخته به ارلن خشک و از قبل وزن شده ریخته و ارلن در آون ۱۰۵

Archive of SID

www.SID.ir

درجهٔ سلسیوس قرار داده شد تا آب موجود در آن به طور کامل خشک شود. تفاوت وزن قبل و بعد از قرارگیری ارلن در آون، میزان مواد جامد از دست رفته را در ۵ گرم برنج پخته نشان می‌دهد که به درصد بیان می‌شود.

خواص خمیری: برای تعیین خواص خمیری برنج از دستگاه RVA-3D ساخت کشور استرالیا استفاده شد. طبق روش محققین دیگر (Zhou *et al*., 2003; Soponronnarit *et al*., 2008)، ۳ گرم آرد برنج با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر در ظرف مخصوص دستگاه مخلوط شده و دمای خمیر، با سرعت ثابت، ۱۲ درجهٔ سلسیوس در دقیقه بالا می‌رود و در دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس یک دقیقه نگه‌داشته می‌شود. سپس با رسیدن دما به ۹۵ درجهٔ سلسیوس، برنج به مدت ۲/۵ دقیقه در این دما نگه‌داشته می‌شود؛ دما از آن پس با همان سرعت پایین آورده می‌شود. در دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس یک دقیقه مکث خواهد شد و سرانجام با نرم‌افزار متصل به کامپیوتر، منحنی ویسکوزیته رسم شده و فاکتورهای اصلی و فرعی به شرح زیر از آن به دست می‌آید:

ویسکوزیتهٔ حداکثر: ویسکوزیته در شروع دمای ۹۵ درجهٔ سلسیوس.

ویسکوزیتهٔ حداقل: ویسکوزیته در پایان دمای ۹۵ درجهٔ سلسیوس.

ویسکوزیتهٔ نهایی: ویسکوزیته در لحظهٔ پایان در دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس.

ویسکوزیتهٔ شکست: تفاضل ویسکوزیتهٔ حداکثر و حداقل.

ویسکوزیتهٔ برگشت: در دو حالت:

۱- از تفاضل ویسکوزیتهٔ نهایی و حداکثر (Ong & Blanshard, 1995; Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Sirisoontaralak & Noomhorm, 2006; Ohishi *et al*., 2007; Yang & Tao, 2008).

۲- از تفاضل ویسکوزیتهٔ نهایی و حداقل (Singh *et al*., 2006; Mariotti *et al*., 2009).

در این پروژه به تبعیت از بیشتر منابع، از روش اول استفاده شده است. در این حالت به محاسبهٔ روش دوم استحکام[1] گفته می‌شود.

خواص بافتی: برای تعیین خواص بافتی از دستگاه بافت‌سنج تستومتریک مدل M350-10CT ساخت انگلیس استفاده شد. روش کار مطابق با روش سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2005) بود.

پنجاه گرم برنج، بعد از نیم ساعت خیساندن در آب، در ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در حداقل زمان پخت، پخته شد. پانزده دقیقه بعد از آبکشی، برنج به درون قالب استوانه‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر ریخته و آزمون بک استروژن اجرا شد. قبل از شروع برنامهٔ اصلی، نیروی ۳ نیوتنی به مدت ۳۰ ثانیه با سرعت پایین ۳۰ میلی‌متر در دقیقه به برنج وارد شد تا سطح آن هموار شده و شرایط برای آزمون‌ها یکسان باشد، و بدین ترتیب خطا کاهش یابد. سپس در برنامهٔ اصلی میلهٔ صفحه‌ای فشاردهنده با سرعت ۱۰۰ میلی‌متر در دقیقه به اندازهٔ ۵۰ درصد فشردگی ارتفاع برنج به آن وارد شد (معادل ۱۰ میلی‌متر مسافت طی شده در منحنی)؛ نیروی لازم برای رسیدن به این حد فشردگی به عنوان سختی برنج پخته گزارش شد. دستگاه به کامپیوتر مجهز به نرم‌افزار Wintest analysis وصل بود. داده‌ها به صورت منحنی نیرو به مسافت طی شده توسط میله فشاردهنده رسم می‌شد.

نتایج و بحث

نتایج تحقیق در جداول ۱ تا ۳ ارائه شده است.

1- Consistency

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیهٔ واریانس صفات فیزیکوشیمیایی برنج رقم طارم

صفت	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig
حداقل زمان پخت	تیمار	۴	۵/۷۳	۱/۴۳	۳/۵۶	۰/۰۵۳
	خطا	۹	۳/۶۲	۰/۴۰۳		
نسبت طویل شدن	تیمار	۴	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۱/۲۵	۰/۳۵
	خطا	۱۰	۰/۰۴	۰/۰۰۴		
نسبت جذب آب	تیمار	۴	۰/۴۴۲	۰/۱۱۱	۳/۶۹	* ۰/۰۴۳
	خطا	۱۰	۰/۳	۰/۰۳		
درصد مواد از دست رفته	تیمار	۴	۴۲/۹۲	۱۰/۷۳	۹/۳۴	** ۰/۰۰۲
	خطا	۱۰	۱۱/۴۹	۱/۱۴۹		
سختی	تیمار	۴	۱۲۵۰	۳۱۲/۵۲	۲/۰۹۷	۰/۱۵۶
	خطا	۱۰	۱۴۹۰	۱۴۹		
ویسکوزیتهٔ حداکثر	تیمار	۴	۱۰۶۱/۲	۲۶۵/۳	۱۸/۶	** ۰/۰۰۰
	خطا	۸	۱۱۳/۹	۱۴/۲		
ویسکوزیتهٔ حداقل	تیمار	۴	۱۱۹۳۵/۲۹	۲۹۸۳	۵۹	** ۰/۰۰۰
	خطا	۸	۴۰۴/۲۶	۵۰		
شکست	تیمار	۴	۱۳۵۹۵	۳۲۹۸	۱۱۹	** ۰/۰۰۰
	خطا	۸	۲۲۷	۲۸		
ویسکوزیتهٔ نهایی	تیمار	۴	۳۳۶۷	۸۴۱/۷	۱۷/۷	** ۰/۰۰۰
	خطا	۸	۳۷۹	۴۷/۴۵		
استحکام	تیمار	۴	۴۷۲۷	۱۱۸۱	۱۳۱/۸	** ۰/۰۰۰
	خطا	۸	۷۱/۷	۸/۹		
برگشت	تیمار	۴	۳۵۱۳	۸۷۸	۴۶/۸	** ۰/۰۰۰
	خطا	۸	۱۵۰	۱۸/۸		

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

آمیلوز طارم = ۱۸ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس صفات فیزیکوشیمیایی برنج رقم خزر

صفت	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig
حداقل زمان پخت	تیمار	۴	۱/۷۵	۰/۴۴	۴/۱	۰/۰۳۶
	خطا	۹	۰/۹۵	۰/۱۱		
نسبت طویل شدن	تیمار	۴	۰/۰۳۶	۰/۰۰۹	۴/۸۵	* ۰/۰۲
	خطا	۱۰	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱۹		
نسبت جذب آب	تیمار	۴	۰/۱۵	۰/۰۳۷	۱/۴۶	۰/۲۸۵
	خطا	۱۰	۰/۲۶	۰/۰۲۶		
درصد مواد از دست رفته	تیمار	۴	۷۷/۶	۱۹/۴	۱۵	** ۰/۰۰۱
	خطا	۹	۱۱/۶	۱/۳		
سختی	تیمار	۴	۶۵۱۴	۱۶۲۸	۱۱/۷	** ۰/۰۰۱
	خطا	۱۰	۱۳۸۶	۱۳۸/۶		
ویسکوزیتهٔ حداکثر	تیمار	۴	۳۶۰۶	۹۰۱/۶	۵۵/۵	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۹۷/۵	۱۶/۲		
ویسکوزیتهٔ حداقل	تیمار	۴	۹۰۴۷	۲۲۶۱	۹۶	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۱۴۱/۳	۲۳/۵		
شکست	تیمار	۴	۱۵۹۵۶	۳۹۸۹	۵۵۹	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۴۲/۷	۷/۱		
ویسکوزیتهٔ نهایی	تیمار	۴	۳۸۵۳	۹۶۳	۶۱/۷	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۹۳/۶	۱۵/۶		
استحکام	تیمار	۴	۶۷۸۷	۱۶۹۶/۸	۴۳۹	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۲۳	۳/۸		
برگشت	تیمار	۴	۲۵۳۳	۶۳۰	۲۰۴	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۱۸/۵	۳		

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

آمیلوز خزر= ۱۹ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس صفات فیزیکوشیمیایی برنج رقم فجر

صفت	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig
حداقل زمان پخت	تیمار	۴	۱/۰۶	۰/۲۶۶	۳/۵۹	۰/۰۵۱
	خطا	۹	۰/۶۶۷	۰/۰۷۴		
نسبت طویل شدن	تیمار	۴	۰/۰۲۹	۰/۰۰۷۲	۲/۵۸	۰/۱۰۲
	خطا	۱۰	۰/۰۲۸	۰/۰۰۲۸		
نسبت جذب آب	تیمار	۴	۰/۹۲۷	۰/۲۳۲	۲/۵۷	۰/۱۰۳
	خطا	۱۰	۰/۹	۰/۰۸۹		
درصد مواد از دست رفته	تیمار	۴	۶۰/۱۸	۱۵	۵/۳۸	* ۰/۰۱۴
	خطا	۱۰	۲۷/۹۴	۲/۷۹		
سختی	تیمار	۴	۲۸۲۶	۷۰۶/۶	۱/۳۲	۰/۳۲۶
	خطا	۱۰	۵۳۳۳	۵۳۳/۳		
ویسکوزیتهٔ حداکثر	تیمار	۴	۱۲۲۲۹	۳۰۵۷/۳	۳۱/۵	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۵۸۲	۹۷		
ویسکوزیتهٔ حداقل	تیمار	۴	۱۵۹۴۴	۳۹۸۶	۵۸	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۴۰۸/۵	۶۸		
شکست	تیمار	۴	۳۸۰۲/۸	۹۵۰/۷	۱۷۷	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۳۲/۱	۵/۳۶		
ویسکوزیتهٔ نهایی	تیمار	۴	۲۹۹۳۹	۷۴۸۴/۷	۶۲/۲	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۷۲۱	۱۲۰/۲		
استحکام	تیمار	۴	۱۴۲۵۹	۳۵۶۴/۸	۱۹۱	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۱۱۱/۹	۱۸/۶		
برگشت	تیمار	۴	۶۰۲۲	۱۵۰۵	۲۸۸	** ۰/۰۰۰
	خطا	۶	۳۱/۳	۵/۲		

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد ، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

آمیلوز فجر = ۲۰ درصد

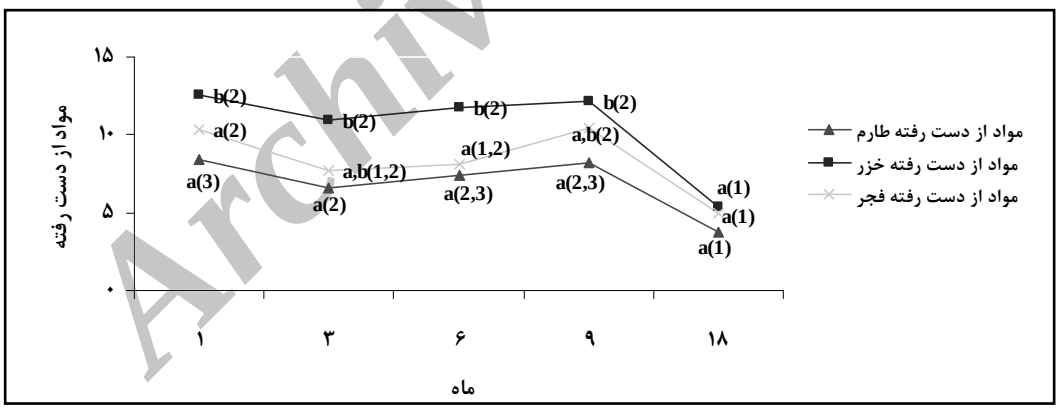
خواص پخت

در رقم طارم، با وجود تفاوت معنی‌دار در جذب آب (جدول ۱)، روند منظم کاهش یا افزایش مشاهده نشد. اما میزان مواد جامد از دست رفته در ماه هیجدهم در کمترین حد بود. در رقم خزر، زمان پخت تغییرات معنی‌داری را نشان داد (جدول۲) اما روندی منظم برای نتیجه‌گیری نهایی این تغییرات وجود نداشت. طویل شدن دانه فقط در ماه سوم افزایش معنی‌داری نسبت به بقیهٔ

Archive of SID
www.SID.ir

ماه‌ها داشت اما میزان مواد از دست رفته در ماه هیجدهم نسبت به ماه‌های دیگر بسیار کمتر بود. در رقم فجر فقط مواد از دست رفته تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول٣) که در ماه هیجدهم میزان آن نسبت به بقیه ماه‌ها کمتر بوده است.

در شکل ١ برای هر سه رقم، کاهش معنی‌داری در میزان مواد جامد از دست رفته طی انبارمانی مشاهده می‌شود. کاهش مواد از دست رفته در سال دوم انبارمانی با بررسی‌های محققین دیگر مطابقت دارد (Juliano, 1985; Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Gujral & Kumar, 2003; Sodhi *et al*., 2003; Zhou *et al*., 2007; Soponronnarit *et al*., 2008). این محققان علت آن را کاهش انحلال‌پذیری گرانول نشاسته و پروتئین و سفت‌تر شدن دیوارهٔ سلولی طی انبارمانی می‌دانند. در شکل ١ همچنین دیده می‌شود که مواد جامد از دست رفته در رقم طارم محلی، که جزء ارقام با کیفیت منطقه مازندران است، از دو رقم پر محصول دیگر کمتر است. افزایش در میزان جذب آب طی انبارمانی را برخی از محققان (Juliano, 1985; Zhou *et al*., 2002; Gujral & Kumar, 2003; Zhou *et al*., 2007) و کاهش میزان جذب آب را برخی دیگر (Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Sodhi *et al*., 2003; Sirisoontaralak & Noomhorm, 2007) گزارش داده‌اند. در سه رقم مورد بررسی، در این صفت تغییرات چندانی دیده نشد. همچنین منابع محدودی (Juliano, 1985; Sodhi *et al*., 2003) افزایش نسبت طویل شدن در انبارمانی را بیان کرده‌اند. بررسی‌های متعددی نیز وجود تناقض را در کیفیت برنج طی انبارمانی تأیید کرده‌اند (Teo *et al*., 2000; Zhou *et al*., 2003; Zhou *et al*., 2007).



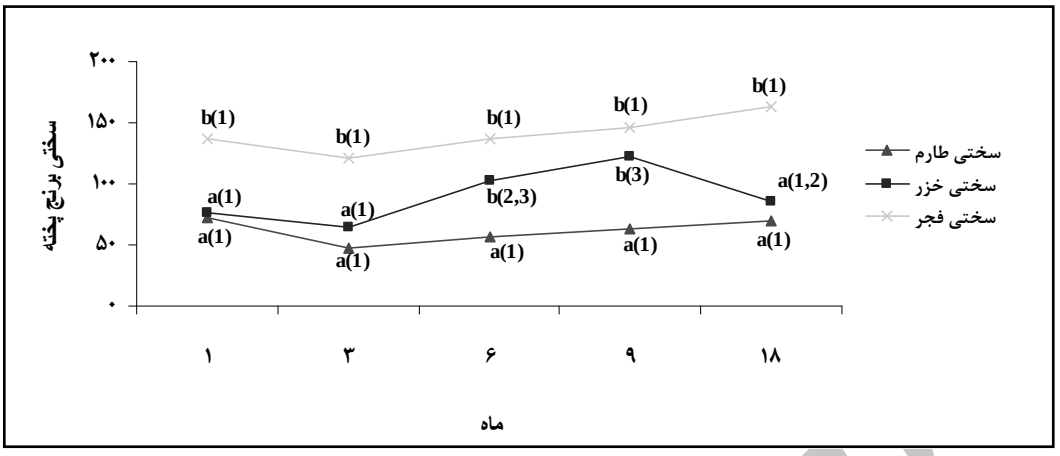
شکل ١- مواد از دست رفته

(میانگین‌های دارای حروف و اعداد مشترک در سطح احتمال ٥ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

خواص بافتی

با توجه به شکل ٢، هر سه رقم افزایش اندکی در سختی بافت طی انبارمانی نشان داده‌اند اما تنها در رقم خزر تفاوت معنی‌دار بوده است. افزایش سختی طی انبارمانی مطابق با نتایج مطالعات سایر محققان است (Juliano, 1985; Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Gujral & Kumar, 2003; Sodhi *et al*., 2003; Hagenimana *et al*., 2005; Ohishi *et al*., 2007; Sirisoontaralak & Noomhorm, 2007; Zhou *et al*., 2007; Yu *et al*., 2009). این نتایج نشان‌دهنده بهبود بافت برنج انبارمانده و دلیلی بر کاهش مواد از دست رفته طی انبارمانی است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- سختی برنج پخته

(میانگین‌های دارای حروف و اعداد مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

خواص خمیری

ویسکوزیته حداکثر در رقم طارم تا ماه نهم افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد (شکل ۳). در رقم خزر، ویسکوزیته تا ماه ششم افزایش و سپس کاهش نشان می‌دهد که این نتایج با بررسی‌های برخی دیگر از محققان یکسان است (Juliano, 1985; Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Zhou *et al*., 2002; Sodhi *et al*., 2003; Zhou *et al*., 2003). در رقم فجر، ویسکوزیته به جای افزایش اولیه، کاهش نشان می‌دهد؛ ویسکوزیته تا ماه نهم روندی ثابت دارد اما پس از آن مانند دو رقم دیگر کاهش می‌یابد. کاهش اولیه در ویسکوزیتهٔ رقم فجر مطابق با نتایج بررسی‌های سریسونتارالاک و نومورم (Sirisoontaralak & Noomhorm, 2007) است.

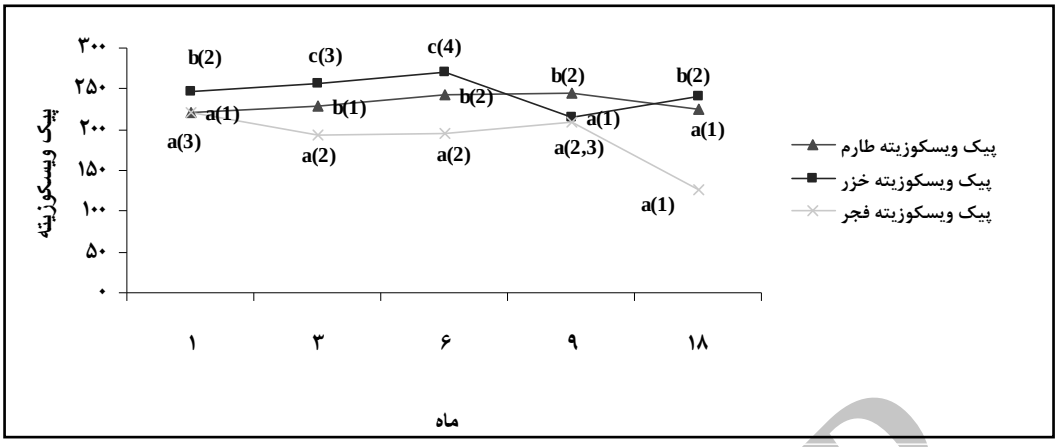
علت افزایش اولیهٔ ویسکوزیته را کاهش آنزیم α آمیلاز می‌دانند. این آنزیم موجب شکست گرانول نشاسته و در نتیجه کاهش ویسکوزیته می‌شود. البته این گفته نمی‌تواند در همه جا درست باشد چون گاهی کاهش اولیه ویسکوزیته نیز مشاهده می‌شود (از جمله در رقم فجر).

در کل، کاهش ویسکوزیته طی انبارمانی نشانگر آن است که گرانول نشاستهٔ برنج انبار خرده مقاومت بیشتری به بادکردگی در آب از خود نشان می‌دهد (Zhou *et al*., 2003).

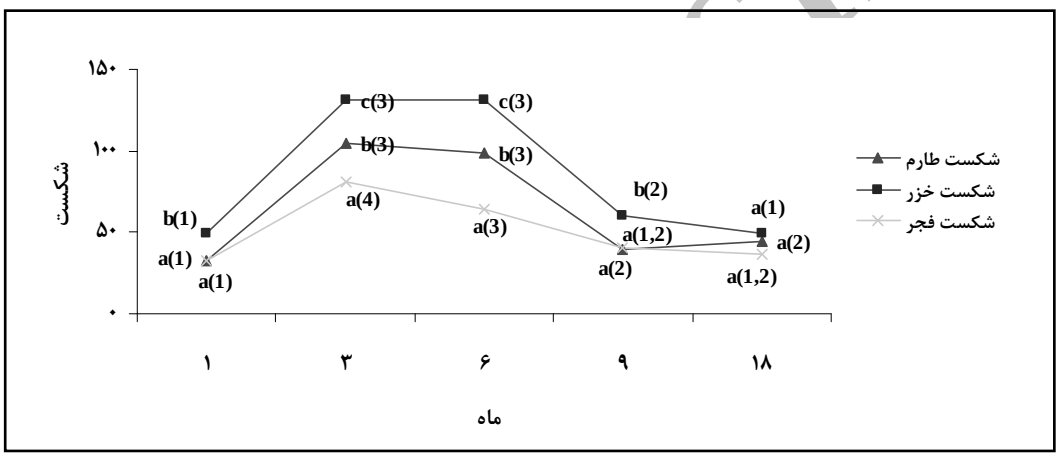
شکست در هر سه رقم برنج ایرانی مورد بررسی، مطابق با شکل ۴، ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد و برگشت[1] نیز مطابق با شکل ۵ ابتدا کاهش و سپس افزایش نشان می‌دهد. این دو مورد با تحقیقات دیگر پژوهشگران در ارتباط با خواص خمیری برنج طی انبارمانی کاملا متناقض است. در بقیهٔ منابع، شکست از ابتدای زمان انبارمانی روند کاهشی و برگشت از ابتدا روند افزایشی نشان می‌دهند. یعنی برنج ارقام ایرانی با کمی تأخیر این خصیصه را از خود بروز می‌دهند. البته به تناقض‌گویی در صفات برنج اشاره شده و دلیل آن را تفاوت در رقم، آمیلوز، و دما می‌دانند (Teo *et al*., 2000; Zhou *et al*., 2003; Zhou *et al*., 2007). در این مورد به احتمال قوی رقم تأثیرگذار بوده است.

1- Setback

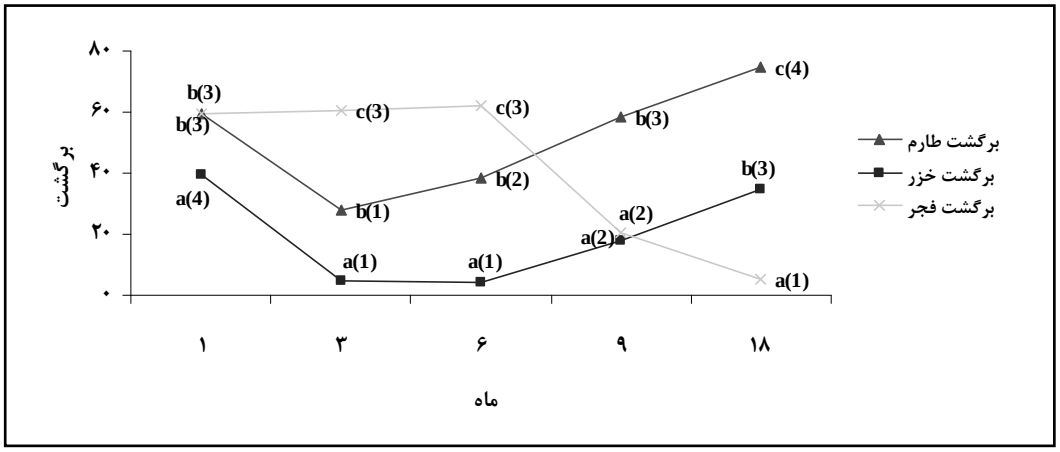
www.SID.ir



شکل ٣- ویسکوزیتهٔ حداکثر



شکل ٤- شکست



شکل ٥- برگشت

www.SID.ir

کاهش شکست طی انبارمانی نشانگر آن است که گرانول نشاسته بعد از پخت در برابر تخریب مقاوم‌تر می‌شود. شکست بزرگ، ویژگی برنج نو و مطلوب برای بعضی از مصرف‌کنندگان از جمله ژاپنی‌ها است که برنج نو با بافتی چسبنده را می‌پسندند (Zhou *et al*., 2003)، شکست بزرگ نشانه منظم‌تر شدن ساختار برنج طی انبارمانی است (Sowbhagya & Bhattacharya, 2001; Zhou *et al*., 2003). این اتفاق در برنج ایرانی با تأخیر رخ می‌دهد.

متخصصان برای تعیین کیفیت برنج حداقل ۳ تا ۴ ماه انبارمانی را در نظر می‌گیرند (Juliano, 1985). رقم فجر بعد از سه ماه روند کاهش در شکست را نشان داده است اما رقم‌های طارم و خزر از ماه ششم شروع به کاهش شکست کرده‌اند. بنابراین، دو رقم طارم و خزر بهترین کیفیت پخت را حداقل بعد از شش ماه نشان می‌دهند بدین معنی که ارقام مذکور نیاز به زمان انبارمانی بیشتر از حد متعارف دارند.

خصوصیت برگشت مرتبط با پدیده رتروگرادسیون یا بیاتی است که فاکتوری کلیدی در تشخیص مناسب بودن آرد برنج برای فرآورده‌های بدون گلوتن است. برگشت کوچک برای فراورده‌های نانوایی مناسب است چون بافت نرم‌تری می‌دهند. برنج با خصوصیت برگشت بزرگ‌تر، فراوردهٔ نانوایی با بافت شنی می‌دهد اما برای پاستا مناسب است (Mariotti *et al*., 2009).

در منابع مورد بررسی، صفت برگشت طی انبارمانی روند افزایشی دارد اما در سه رقم برنج ایرانی متفاوت است. این صفت در رقم فجر تا شش ماه ثابت است و بعد کاهش می‌یابد اما در رقم‌های خزر و طارم ابتدا کاهش و بعد افزایش نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای برگشت این سه رقم و مقادیر آن، رقم خزر کمترین مقدار را داشته و در نتیجه مناسب‌ترین رقم برای فراورده‌های نانوایی است.

نتیجه‌گیری

از میان خصوصیات پخت در این سه رقم برنج طی انبارمانی، فقط میزان مواد جامد از دست رفته کاهش معنی‌داری، به خصوص در ماه هیجدهم، دارد. این نتیجه با نتایج تحقیقات در ارقام برنج خارجی مطابقت دارد. سختی بافت برنج پخته نیز در هر سه رقم روند افزایشی دارد اما فقط در رقم خزر تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد که با منابع مورد بررسی منطبق است.

از خصوصیت خمیری، ویسکوزیتهٔ حداکثر در هر سه رقم ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد که با نتایج بررسی‌های محققان مطابقت دارد. دو صفت شکست و برگشت با نتایج پژوهش‌های دیگر دربارهٔ ارقام مورد بررسی در سایر نقاط دنیا مطابقت ندارد یعنی این دو صفت منحصر به رقم برنج ایرانی است. شکست ابتدا افزایش و بعد کاهش می‌یابد و برگشت در دو رقم طارم و خزر کاهش و بعد افزایش می‌یابد و در رقم فجر روند کاهشی دارد.

به دلیل متفاوت بودن صفت شکست، دو رقم طارم و خزر برای نشان دادن کیفیت پخت مطلوب نیاز به زمان انبارمانی طولانی‌تر از حد متعارف دارند.

قدردانی

از موسسهٔ تحقیقات برنج کشور به دلیل تأمین هزینهٔ اجرای این پروژهٔ تحقیقاتی، و خانم دکتر فاطمه حبیبی برای همکاری در اجرای آزمون خواص خمیری، و از گروه صنایع غذایی دانشگاه کشاورزی دانشگاه تهران که امکان استفاده از دستگاه تستومتریک را در این پروژه فراهم آوردند، سپاسگزاری می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

مراجع

Gujral, H. S. and Kumar, R. 2003. Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice. Food Eng. 59, 117- 121.

Hagenimana, A., Pu, P. and Ding, X. 2005. Study on thermal and rheological properties of native rice starches and their corresponding mixtures. Food Res. Int. 38, 257-266.

Juliano, B. O. 1985. Aging or Storage Change. In: Juliano, B. O. (Ed.) Rice Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists. St. Paul. Minnesota. USA.

Luh, B. S. 1991. Rice Flour in Baking: Rice Utilization. Westport, CT: AVI.

Mariotti, M., Sielli, N., Catenacci, F., Pagani, M. A. and Lucisano, M. 2009. Retrogradation behaviour of milled and brown rice paste during aging. Cereal Sci. 49, 171-177.

Martin, M. and Fitzgerald, M. A. 2002. Protein in rice grains influence cooking properties. Cereal Sci. 36, 285-294.

Ohishi, K., Kasai, M., Shimada, A. and Hatae, K. 2007. Effect of acetic acid on the rice gelatinization and pasting properties of rice starch dyring cooking. Food Res. Int. 40, 224-231.

Ong, M. H. and Blanshard, J. M. V. 1995. Texture determinants of cooked, parboiled rice. II: Physicochemical properties and leaching behaviour of rice. Cereal Sci. 21, 261- 269.

Singh, N., Kaur, L., Sohdi, N. S. and Sekhon, K. S. 2005. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivar. Food Chem. 89, 253-259.

Singh, N., Kaur, L., Sing Snadhu, K., Kaur, J. and Nishinari, K. 2006. Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. Food Hydrocolloid. 20, 532-542.

Sirisoontaralak, P. and Noomhorm, A. 2006. Change to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. J. Stored Prod. Res. 42, 264- 276.

Sirisoontaralak, P. and Noomhorm, A. 2007. Change in physicochemical and sensory properties of irradiated rice during storage. J. Stored Product Res. 43, 282- 289.

Sodhi, N. S., Singh, N., Arora, M. and Sing, J. 2003. Changes in physico-chemical, thermal, cooking and textural properties of rice during aging. J. Food Process. Pres. 27(5): 387-400.

Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P. and Taechapairoj, C. 2008. Comprative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. Food Eng. 85(2): 268- 276.

Sowbhagya, C. M. and Bhattacharya, K. R. 2001. Changes in pasting behaviour of rice during ageing. Cereal Sci. 34, 115-124.

Teo, C. H., Karim, A. A., Cheah, P. B., Norziah, M. H. and Seow, C. C. 2000. On the role of protein and starch in the aging of non-waxy rice flour. Food Chem. 69, 229- 238.

Xie, L., Cheng, N., Duan, B., Zhu, Z. and Liao, X. 2008. Impact of protein on pasting and cooking properties of waxy and non-waxy rice. Cereal Sci. 47, 372- 379.

Archive of SID

www.SID.ir

Yang, Y. and Tao, W. Y. 2008. Effect of lactic acid fermentation on FT-IR and pasting properties of rice flour. Food Res. Int. 41, 937-940.

Yu, S. F., Ma, Y. and Sun, D. W. 2009. Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. Cereal Sci. 50, 139-144.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C. 2002. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. Cereal Sci. 35, 65-78.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C. 2003. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. Food Res. Int. 36, 625- 634.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C. 2007. Effect of storage temperature on cooking behaviour of rice. Food Chem. 105, 491-497.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.14/No.2/2013/P:43-56

Physicochemical Properties of Iranian Rice During Storage

A. Latifi*

* Corresponding Author: Researcher of Rice Research Institute of Iran, Amol, Mazandaran, Iran. E-mail: asefeh59@yahoo.com

Received: 22 October 2011, Accepted: 16 June 2012

Three varieties of Iranian rice were evaluated in the paddy (Tarom, Khazar, Fajr) for the cooking, textural, and pasting physicochemical properties during 18 months of storage under ordinary conditions. Testing was done for were amylose, cooking time, elongation, water uptake, and solid loss. A texture analyzer and Rapid Visco Analyzer were employed to determine hardness and pasting properties. All experiments were repeated every three months for 18 months and in three replications. Amylase was determined only for the first month. Solid loss decreased significantly over the 18 month for all varieties. The hardness of the cooked rice increased for all varieties, but was only significant for Khazar. The most significant change in the pasting properties was that the peak viscosity increased initially there was decreased. There was an initial increase in breakage followed by a decrease. In Tarom and Khazar varieties, the setback initially increased and then decreased and, in Fajr, it was initially constant and then decreased.

Keywords: Cooking, Pasting properties, Physicochemical properties, Rice storage, Textural

Archive of SID

www.SID.ir