نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 13، شماره 5، آذر - دی 1396، ص.807-798

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 5, Dec- Jan 2018, p. 798-807

بررسی تاثیر فرآیندهای مختلف رساندن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی برنج رقم طارم

عاصفه لطیفی[1]- محسن اسمعیلی[2*]

تاریخ دریافت: 1395/02/05
تاریخ پذیرش: 1395/08/08

چکیده

تغییرات اساسی برنج در انبارمانی (رسیدن در انبار) شامل سخت‌تر شدن بافت، چسبندگی کمتر دانه هنگام پخت و کاهش مواد جامد از دست‌رفته می‌باشد. حداقل زمان لازم برای رسیدن به این تغییرات مطلوب 3 تا 6 ماه است. به‌منظور تسریع زمان انبارمانی، شلتوک رقم طارم در دو سطح رطوبتی 24 و 17 درصد با دو روش بخاردهی در 100°C به مدت 5، 10 و 20 دقیقه و کنترل شرایط محیطی در دمای 43°C و رطوبت نسبی 74 درصد به مدت 11 روز نگهداری، تیمار گردید. سپس، خصوصیات کیفی برنج سفید حاصل با نمونه شاهد مقایسه شد. با اعمال تیمار کنترل شرایط محیطی، مواد جامد از دست‌رفته کاهش و نسبت طویل شدن دانه افزایش و با اعمال تیمار بخاردهی، مواد جامد ازدست‌رفته و چسبندگی کاهش و دمای ژلاتینه شدن افزایش یافت. در هر دو تیمار تغییراتی مطابق با انبارمانی ایجاد شد. تیمار محیطی قابل توصیه برای رساندن بود اما تیمار بخاردهی با وجود تغییرات مثبت در کیفیت پخت برنج، به سبب از بین رفتن کامل عطر و بو که در رقم محلی طارم مهم است قابل توصیه برای رساندن نبود.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی برنج، آنالیز حرارتی، بافت، پخت، ویسکوزیته

مقدمه

بیش از نیمی از مردم دنیا برنج مصرف می‌کنند. مصرف‌کنندگان برنج، بخصوص در آسیا می‌دانند که خصوصیات پخت برنج طی انبارمانی تغییر می‌یابد که به آن انبارمانی یا رسیدن[3] می‌گویند. رسیدن شامل سخت‌تر شدن بافت، چسبندگی کمتر دانه هنگام پخت، افزایش طول، افزایش جذب آب، کاهش مواد از دست‌رفته و تغییر خواص خمیری (ویسکوزیته) می‌باشد که مورد پسند اکثر مصرف‌کنندگان برنج است. معدودی از مصرف‌کنندگان مانند ژاپنی ها برنج تازه با خاصیت چسبندگی بالا را می‌پسندند (Zhou, 2002). طی انبارمانی، چربی به اسید چرب آزاد هیدرولیز می‌شود (به‌طور عمده با لیپاز) و خود چربی و اسید چرب آزاد تحت اکسیداسیون به ترکیبات کربونیلی تبدیل می‌شود. این ترکیبات صرف نظر از ایجاد عطر، با نشاسته و پروتئین واکنش می‌دهند (Juliano, 1985; Sodhi, *et al.*, 2003; Teo *et al.*, 2000). فرایند انبارمانی متداول 3 تا 6 ماه طول می‌کشد (Soponronnarit *et al.*, 2008; Jaisut *et al.*, 2009). این عمل نیازمند فضایی برای انبار برنج و افزایش هزینه نگهداری آن است و ممکن است در این مدت محصول مورد هجوم حشرات و جوندگان قرار گیرد. از این‌رو روش‌هایی وجود دارد تا هم روند کار تسریع شود و هم هزینه ها کاهش یابد و شرایط برنج هم مشابه برنج انبار مانده باشد که به انبارمانی تسریع‌یافته[4] معروف هستند.

مهمترین روش‌های انبارمانی تسریع‌یافته دو روش خشک و مرطوب می‌باشند (Rosniyana *et al.*, 2004; Rayaguru *et al.*, 2011). در روش مرطوب از بخاردهی به شلتوک با رطوبت اولیه بالا بهره می‌برند. دمای بخار آب می‌تواند 100 °C یا بالاتر باشد. هرچه رطوبت اولیه شلتوک بالاتر و مدت زمان بخاردهی بیشتر باشد، شدت تغییرات ایجادشده و تغییر رنگ برنج بیشتر خواهد بود. نام دیگر این روش تیمار با بخار[5] است که در هند سال‌ها مورد استقبال قرارگرفته و استفاده می‌شود اما ممکن است با این روش نقاط گچی در سطح برنج ایجاد شود و درصد شکستگی برنج افزایش یابد. همچنین فرایند بخاردهی موجب کاهش عطر و بو در ارقام معطر می‌شود. از این رو، این روش ممکن است برای ارقام با کیفیت خوب و معطر مناسب نباشد. روش جایگزین آن، حرارت‌دهی خشک شلتوک در یک محیط بسته است. در این روش شلتوک یا برنج سفید به مدت 1

1- دانشجوی دکتری صنایع غذایی، محقق موسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
2- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ارومیه، ارومیه.
(* - نویسنده مسئول Email: esmaiilim@yahoo.ie)

DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.55410

3 Aging
4 Accelerated aging
5 Steam curing

تا 3 ساعت در دمای بالا (حدود 100 °C) قرار می گیرد و بعد خنک می شود (Bhattacharya, 2013). در شرایط صنعتی طراحی دستگاه‌های مخصوصی نیاز است که هم در مرحله حرارت دادن و هم در مرحله خنک‌کردن با تزریق رطوبت و تنظیم رطوبت نسبی محیط، مانع از هرگونه کاهش رطوبت در نمونه شود تا در تبدیل شلتوک به برنج سفید درصد شکستگی افزایش نیابد.

برای انبارمانی تسریع‌یافته از خشک‌کن‌های بستر متحرک نیز استفاده می‌شود. از این خشک‌کن‌ها برای خشک‌کردن شلتوک تا رسیدن به رطوبت 18% در دمای بالا بهره می‌برند. ادامه مراحل خشک‌کردن در دمای محیط یا با خشک‌کن معمولی انجام می‌گیرد. در این شیوه نیز اغلب درصد شکستگی برنج بالا می‌رود (Wiset *et al*., 2005; Soponronnarit *et al*., 2008).

شرایط بهینه محیطی برای انبارمانی تسریع‌یافته رقم باسماتی که رقم صادراتی، معطر و با کیفیت می‌باشد در دامنه دمایی 30 تا 50°C، رطوبت نسبی 50 تا 90% و زمان 3 تا 14 روز با روش آماری سطح پاسخ بررسی شده و شرایط بهینه نگهداری دمای 43°C، رطوبت نسبی 71% و زمان رسیدن 11 روز گزارش شده است. در این حالت راندمان برنج سفید سالم، میزان مواد جامد از دست‌رفته و افزایش طول نمونه مانند نمونه انبارمانده به مدت 6 ماه بوده است (Rayaguru *et al*., 2011).

فرایند پیش‌جوش کردن (پاربویل) هم سال‌هاست که به‌عنوان یک روش برای بهبود خواص تبدیل و پخت برنج بکار می‌رود که شامل مراحل طولانی خیساندن، بخاردهی و خشک‌کردن است. نتیجه این فرایند ژلاتیناسیون کامل نشاسته و تغییررنگ برنج می‌باشد. در انبارمانی تسریع‌یافته ژلاتینه‌شدن نشاسته به‌طور جزئی رخ می‌دهد و این فرایند به دلیل حذف مرحله طولانی خیساندن، اقتصادی‌تر از پیش‌جوش‌کردن است (Gujral, & Kumar, 2003).

با توجه به اهمیت تسریع روند رسیدن برنج، هدف این پژوهش، بررسی ارائه روشی برای بهبود خواص کیفی و فیزیکوشیمیایی برنج ایرانی طارم در کوتاه‌مدت بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق شلتوک رقم طارم (از ارقام بومی، با کیفیت و سطح زیر کشت بالا در استان مازندران) انتخاب شد.

روش اجرای تیمارهای انبارمانی تسریع‌یافته

برای انبارمانی تسریع‌یافته برنج طارم از دو روش زیر که هردو قابلیت اجرای صنعتی در کشور را دارند، استفاده شد:

الف) روش مرطوب یا بخاردهی

شلتوک برداشت شده از مزرعه به دو قسمت تقسیم شد. نیمه اول با رطوبت حین برداشت که 24% بود و نیمه دوم همان شلتوک به مدت یک روز در محیط آزمایشگاه نگهداری شد تا رطوبت اولیه آن به 17% کاهش یافت. سپس هر دو شلتوک رطوبت بالا (24 درصد) و رطوبت پایین (17 درصد) تحت تیمار بخاردهی 100°C به مدت 5، 10 و 20 دقیقه قرار گرفتند و با خشک‌کن بستر ثابت آزمایشگاهی برقی (مجهز به سیستم تنظیم دما و سرعت باد، ساخت موسسه برنج، ایران، آمل) با درجه حرارت 40°C تا رطوبت مطلوب 11% برای تبدیل به مدت 6 ساعت خشک شدند. شلتوک‌های خشک‌شده با دستگاه پوست‌کن غلطک لاستیکی و سفیدکن سایشی (Satake, japan) به برنج سفید تبدیل شدند (Wiset *et al*., 2005).

ب) روش کنترل شرایط محیطی

شلتوک رقم طارم پس از برداشت از مزرعه با خشک کن بستر ثابت آزمایشگاهی در دمای 40°C تا رطوبت 12% خشک شد و در دمای 43°C، رطوبت نسبی 74% به مدت 11 روز نگهداری شد. کنترل دمای محیط با آون و کنترل رطوبت‌نسبی محیط با محلول اشباع نمک کلرید سدیم در محیط بسته دسیکاتور صورت گرفت. محلول اشباع نمک در دمای 43°C، رطوبت نسبی 74% ایجاد می‌کند (Young, 1967). نمونه شلتوک پس از قرار گرفتن در محیط مذکور به مدت 11 روز با روش ذکر شده در بالا به برنج سفید تبدیل شد.

تیمار شاهد

مقداری از شلتوک اولیه با رطوبت 24% برای تهیه تیمار شاهد با خشک‌کن در دمای 40°C تا رطوبت 11% خشک و بعد تبدیل به برنج سفید شد تا خصوصیات برنج رسانده با دو روش مذکور با آن مورد مقایسه قرار گیرد. برنج سفید حاصل از هر سه حالت بالا غربال و برنج شکسته آن جدا شد و نهایتا برنج سفید سالم حاصل از تیمارهای مختلف تحت آزمون‌های زیر قرار گرفت. مقدار شلتوک برای هر تکرار تیمار با توجه به ظرفیت دستگاه سفیدکن 300 گرم بود.

پارامترهای ارزیابی

راندمان برنج سفید سالم[1]: نسبت وزن برنج سفید سالم (طول بیش از 3/4 طول برنج کامل) به وزن شلتوک بود (Soponronnarit *et al*., 2008).

سختی برنج خام: 10 دانه برنج سفید انتخاب و در زیر دستگاه سختی‌سنج (Lutron FG 5020, Taiwan) قرار داده شد. نیروی حداکثر در زمان شکست بر روی صفحه نمایشگر به‌عنوان سختی

1 Head rice yield

برحسب کیلوگرم نیرو ثبت گردید (Lu and Siebenmorgen, 1995).

رنگ برنج: شاخص زردی رنگ (b value) با دستگاه رنگ‌سنج (Chroma meter CR-400) سنجیده شد.

عطر و بوی برنج: نمونه‌ها توسط 10 داور ماهر از موسسه برنج (ایران، آمل) مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت ارزیابی حسی از روش امتیازدهی هدونیک 5 نقطه‌ای استفاده شد (Sirisoontarak & Noomhorm, 2007). عطر و بوی نمونه‌ها از 1 تا 5 بر مبنای 5 عالی، 4 خوب، 3 متوسط، 2 ضعیف و 1بوی نامطلوب نمره دهی شدند.

فاکتورهای پخت: بر اساس حداقل زمان پخت طبق روش سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2005) بعد از پخت 5 گرم برنج سفید سالم به شرح زیر انجام گرفت:

نسبت طویل شدن: نسبت طول 10 دانه پخته به طول 10 دانه خام می‌باشد.

جذب آب: نسبت وزن 10 دانه پخته به وزن 10 دانه خام می‌باشد.

مواد جامد از دست رفته: آب برنج پخته، به ارلن خشک از قبل وزن شده منتقل شد سپس در آون $105^{\circ}C$ تا خشک شدن کامل قرار گرفت، تفاوت وزن قبل و بعد ارلن میزان مواد جامد از دست رفته را در 5 گرم برنج پخته بر حسب درصد نشان می‌دهد.

خصوصیات خمیری[1]: خصوصیات خمیری (ویسکوزیته) آرد برنج با دستگاه رپیدویسکوآنالایزر (RVA4 Newport, Australia) بر اساس روش AACC(1995) اندازه‌گیری شد. بدین منظور 3 گرم آرد برنج با 25 گرم آب مقطر در ظرف مخصوص نمونه مخلوط شد و تحت برنامه حرارتی $20^{\circ}C$ تا 95 با نرخ حرارتی $12^{\circ}C/min$ ، مکث در$50^{\circ}C$ به مدت یک دقیقه و در $95^{\circ}C$ به مدت 2/5 دقیقه و خنک کردن خمیر تا دمای $50^{\circ}C$ و توقف در این دما به مدت 1/4 دقیقه قرار گرفت. سپس مشخصه‌های دمای خمیری شدن، ویسکوزیته حداکثر[2] (ویسکوزیته در شروع دمای $95^{\circ}C$)، ویسکوزیته حداقل[3] (ویسکوزیته در پایان دمای $95^{\circ}C$)، ویسکوزیته نهایی[4] (ویسکوزیته در لحظه پایان در $50^{\circ}C$) و دو مشخصه فرعی شکست ویسکوزیته[5] (از تفاضل ویسکوزته حداکثر و حداقل) و برگشت ویسکوزیته[6] (از تفاضل ویسکوزیته نهایی و حدکثر) از آن بر حسب سانتی‌پوآز (Cp) بدست آمد.

خصوصیات بافت: با دستگاه بافت‌سنج (TA. XT Plus Stable Micro Systems Ltd, UK) یک دانه برنج پخته تا 50% ارتفاع اولیه با پروب استوانه‌ای با قطر 25 mm و سرعت پیش‌آزمون 1 mm/s و با سرعت آزمون و پس‌آزمون 0/50 mm/s در دو مرحله متوالی با فاصله تنفس 5 s فشرده شد. سپس از روی منحنی مربوطه (TPA) مشخصه سختی برنج پخته[7] و چسبندگی برنج[8] قرائت شد. این آزمون برای هر تیمار 10 تکرار داشت و نتیجه نهایی به صورت میانگین 10 تکرار بیان شد (Gujral & Kumar, 2003; Yu *et al*., 2009).

آنالیز حرارتی: 3 میلی‌گرم آرد در پن دستگاه سنجش تفرق حرارتی[9] (DSC1, Mettler Toledo, Switzerland) ریخته و 10 µl آب به آن اضافه شد و به مدت یک شب برای پخش یکنواخت آب در آرد به نمونه فرصت داده شد. سپس نمونه تحت برنامه حرارتی 20 تا 100 درجه سلسیوس با نرخ حرارتی $10^{\circ}C/min$ قرار گرفت. از پن خالی به‌عنوان رفرنس استفاده شد. ترموگرام مربوطه رسم شده و مشخصه های دمای شروع، دمای پیک و دمای نهایی ژلاتینه‌شدن و آنتالپی ژلاتینه‌شدن از سطح زیر منحنی از شروع تا پایان ژلاتینه‌شدن در ناحیه گذار بر حسب j/g به‌دست آمد (Wiset *et al*., 2005; Jaisut *et al*., 2009).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{19}$ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌دار 95 درصد صورت گرفت. هر یک از نمونه‌ها در سه تکرار تهیه و آزمون‌های مربوطه در مورد آنها انجام شد.

نتایج و بحث

راندمان برنج سالم

راندمان برنج سالم در تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P<0.05$) (جدول 1) و با افزایش زمان بخاردهی افزایش یافت (جدول 2). این افزایش به دلیل ژلاتینه شدن نشاسته در لایه‌های بیرونی و حل شدن ترکیباتی مانند پروتئین در آن و ایجاد دیوار سفت در لایه خارجی می باشد (Fellers & Deissinger, 1983). افزایش راندمان برنج سالم در برنج پاربویل نیز به دلیل ژلاتینه شدن کل برنج و سخت‌تر شدن بافت آن نسبت داده شد (Soponrinnarit *et al*., 2006).

1 Pasting properties
2 Peak viscosity
3 Through viscosity
4 Final viscosity
5 Breakdown viscosity
6 Setback viscosity

7 Hardness (kg)
8 Adhesiveness (kg/s)
9 Differential scanning calorimetry

سختی برنج خام

با اعمال تیمار بخاردهی سختی برنج خام نیز افزایش یافت (هر چند این افزایش معنی‌دار نبود) که منجر به افزایش راندمان برنج سالم شد(جدول 2 و 1). به بیان دیگر خرده برنج در اثر افزایش سختی کاهش یافت. سخت‌تر شدن بافت برنج به ژلاتینه شدن سطحی نشاسته برنج در اثر حرارت (Marshal *et al*., 1993) و دناتوره شدن پروتئین در آندوسپرم (Jaisut et al., 2009) نسبت داده می‌شود. محققین دیگری نیز افزایش سختی تحت تاثیر تیمار بخاردهی را گزارش کرده‌اند (Gujral & Kumar,2003; Fellers & Deissinger, 1983).

رنگ برنج

زردی رنگ برنج نیز در تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (جدول 1). تیمار شاهد و تیمار محیطی کمترین زردی رنگ و تیمارهای بخاردهی بیشترین زردی رنگ را داشتند (جدول 2) و با افزایش زمان بخاردهی زردی بیشتر افزایش می‌یافت. علت تغییر رنگ، واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد است که به ترکیب پروتئین دانه و قند در اثر حرارت‌دهی مربوط می‌شود (Lamberts *et al*., 2006; Sirisoontarak & Noomhorm, 2007; Chrastil, 1990). افزایش زردی رنگ، با افزایش تیمار حرارتی گزارش شده است (Wiset *et al*., 2005).

عطر و بوی برنج

عطر و بو یکی از مهمترین خصوصیات مثبت برای خرید برنج ایرانی است. بعضی از ارقام برنج مانند طارم، بسیار معطر می‌باشند. بنابراین تاثیر هر فرایندی بر عطر و بوی برنج حائز اهمیت است. فرایند بخاردهی تاثیر کاملا منفی بر عطر و بوی برنج خام رقم طارم داشت به‌خصوص وقتی شلتوک اولیه رطوبت بالایی داشت. عطر و بو برای شلتوک رطوبت بالا از امتیاز عالی به بد و برای شلتوک رطوبت پایین از امتیاز عالی به متوسط تنزل یافت (جدول 1 و 2). این کاهش می‌تواند به‌دلیل تسریع خروج مواد معطر در اثر حرارت باشد. به همین علت برای ارقام معطر، انبارمانی تسریع‌یافته با فرایند بخاردهی قابل توصیه نمی‌باشد و روش‌های نگهداری در دما و رطوبت مشخص، پیشنهاد می‌گردد (Rayaguru *et al*., 2011). رقم طارم نگهداری شده در شرایط محیطی توصیه شده، کاهش کمتری در میزان عطر و بو نشان داد و از عالی به خوب تنزل یافت.

فاکتورهای پخت

نسبت طویل شدن دانه بین تیمارها متفاوت بود و تیمار محیطی بالاترین مقدار نسبت طویل شدن را داشت (جدول 2). برای رقم باسماتی که رقم معطر و صادراتی هند و پاکستان است از روش محیطی کنترل‌شده برای انبارمانی تسریع‌یافته استفاده کردند که تیمار محیطی، افزایش نسبت طویل شدن دانه نشان داد (Rayaguru *et al*., 2011). میزان طویل شدن دانه برای برنج سفید نگهداری شده در آون با دمای 90 تا 110 درجه سانتی‌گراد در زمان‌های 1 تا 9 ساعت نسبت به نمونه نگهداری شده به روش طبیعی بیشتر بود (Faruq *et al*., 2003). شلتوک نگهداری شده یک رقم در آون با دمای 80، 100 و 120 درجه در زمان‌های 1/5 تا 17 ساعت نیز، افزایش طویل شدن دانه و جذب آب را نشان داد (Rosniyana *et al*., 2004). افزایش نسبت طویل شدن دانه در انبارمانی طبیعی گزارش شده است (Juliano, 1985; Sodhi *et al*., 2003). در بررسی خصوصیات ارقام برنج طی انبارمانی طبیعی که رقم طارم هم جزء آن بود، نسبت طویل شدن دانه تغییری نیافت (لطیفی، 1392). در تحقیق حاضر رقم طارم در روش کنترل شرایط محیطی، افزایش طویل شدن معنی‌داری نشان داد که ویژگی مثبت بود.

جذب آب نیز بین تیمارها تفاوت معنی‌دار نداشت. هر سه حالت افزایش در میزان جذب آب (Juliano, 1985; Zhou *et al*., 2002; Gujral & Kumar, 2003)، کاهش در میزان جذب آب (Sowbhagya & Battacharya, 2001; Sodhi *et al*., 2003; Sirisoontarak & Noomhorm, 2007) و عدم تغییر (لطیفی، 1392) طی انبارمانی طبیعی گزارش شده است. تحقیقات متعددی وجود تناقض در کیفیت برنج را طی انبارمانی تایید نمودند (teo *et al*., 2000; Zhou *et al*., 2003; Zhou *et al*., 2007).

مواد جامد ازدست‌رفته، بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد. بالاترین میزان مربوط به تیمار شاهد و پایین‌ترین مربوط به تیمار بخاردهی در زمان 20 دقیقه بود. با افزایش زمان بخاردهی میزان مواد ازدست‌رفته کمتر می‌شد و در تیمار محیطی نیز به‌طور معنی‌داری از شاهد کمتر بود (جدول 2). مهمترین تغییر در خصوصیت پخت طی انبارمانی، کاهش مواد جامد از دست رفته است (Juliano, 1985; Sowbhagya & Battacharya, 2001; Gujral & Kumar, 2003; Sodhi *et al*., 2003; Zhou et al., 2007) که علت آن را کاهش حلالیت گرانول نشاسته و پروتئین طی انبارمانی بیان نمودند. در انبارمانی تسریع‌یافته کاهش مواد جامد ازدست‌رفته به دلیل فرایند حرارتی، نشان از قوی‌تر شدن دیواره سلولی و تشکیل کمپلکس آمیلوز- چربی است که مانع از نشر مواد در پخت می‌شود (Jaisut *et al*., 2009; Soponronnarit *et al*., 2008).

خصوصیات خمیری

با توجه به شکل 1 منحنی ویسکوزیته تیمارهای بخاردهی و

تیمار محیطی متفاوت با تیمار شاهد بود. در تیمار بخاردهی، ویسکوزیته حداکثر و شکست ویسکوزیته نسبت به تیمار شاهد کاهش، و برگشت ویسکوزیته و دمای خمیری شدن (دما در شروع افزایش ویسکوزیته) افزایش داشت. شدت کاهش ویسکوزیته حداکثر، مرتبط با رطوبت و زمان بخاردهی بود هرچه رطوبت اولیه شلتوک بالاتر و زمان بخاردهی بیشتر بود به دلیل ژلاتیناسیون بیشتر، تغییرات بیشتر شد (جدول 2). ویسکوزیته حداکثر به دلیل ژلاتینه‌شدن نشاسته و توان کمتر جذب آب، کاهش یافت. ویسکوزیته حداکثر نشانه ظرفیت جذب آب مخلوط، شکست ویسکوزیته نشانه درجه متلاشی شدن گرانول و برگشت ویسکوزیته نشانه خاصیت ژله‌ای یا رتروگرادسیون می‌باشد (Soponronnarit *et al*., 2006). در انبارمانی طبیعی ویسکوزیته حداکثر ابتدا افزایش و در زمان طولانی‌تر نگهداری، کاهش می‌یابد. کاهش ویسکوزیته حداکثر طی زمان طولانی انبارمانی نشانه آن است که گرانول نشاسته انبارمانده مقاومت بیشتری به بادکردگی از خود نشان می‌دهد (Zhou *et al*, 2003). مهمترین تغییر قابل توجه در منحنی ویسکوزیته، کاهش شکست ویسکوزیته در زمان انبارمانی کافی است که نشانه نظم یافتن بیشتر اجزاء برنج و مقاوم‌تر بودن گرانول به تخریب بعد پخت است (Sowbhagya & Battacharya, 2001; Zhou *et al*., 2003). برگشت ویسکوزیته نیز معمولا طی انبارمانی افزایش می‌یابد که مرتبط با پدیده رتروگرادسیون یا همان بیاتی است و یک فاکتور کلیدی در تشخیص مناسب بودن آرد برنج برای فراورده های بدون گلوتن می‌باشد (Mariotti *et al*., 2009). در انبارمانی تسریع‌یافته نیز به کاهش ویسکوزیته حداکثر، افزایش برگشت ویسکوزیته (Jaisut *et al*., 2009; Soponronnarit *et al*., 2008) و کاهش شکست ویسکوزیته (Wiset *et al*., 2005) اشاره شده است. تغییرات مشخصه‌های ویسکوزیته در تیمارهای بخاردهی شده، مطابق با این نتایج و نتایج انبارمانی طبیعی به مدت طولانی بوده است. اما در تیمار محیطی خصوصیات ویسکوزیته مطابق با روند انبارمانی طولانی نبود. در زمان کوتاه انبارمانی گاهی شاهد افزایش ویسکوزیته حداکثر و افزایش شکست ویسکوزیته هستیم (لطیفی،1392) که در تیمار محیطی نیز اینطور بود.

جدول۲- مقایسه میانگین صفات رقم طارم

*تیمار	راندمان برنج سالم(٪)	سختی برنج خام(Kg)	زردی (b*)	نسبت طویل-شدن	مواد جامد از-دست-رفته(٪)	ویسکوزیته ماکزیمم(CP)	شکست ویسکوزیته	برگشت ویسکوزیته	دما خمیری شدن(°C)	چسبندگی (kg/s)	دمای شروع ژلاتینه	دمای پیک ژلاتینه	دمای نهایی ژلاتینه	آنتالپی (J/g)	عطر و بوی برنج خام
Tc	۴۶/۶۷^{c} ±۱/۱۵	۱۴/۵۳^{a} ±۱/۸	۱۰/۷۸^{d} ±۱/۲۷	۱/۶۷^{c} ±۰/۰۵	۹/۴۶^{a} ±۰/۶۱	۳۸۰۱^{b} ±۷۴	۶۷۰^{b} ±۳۴	۵۱۸^{c} ±۲۵	۸۰/۱^{e} ±۰/۵۱	-۰/۰۲۷^{a} ±۰/۰۰۶	۷۱/۷۶^{ef} ±۰/۰۸	۷۷/۰۱^{g} ±۰/۰۱	۸۲/۲۷^{d} ±۰/۱۷	۶/۴۹^{a} ±۰/۰۵	۴/۵۵^{a}
Te	۴۷/۳۳^{c} ±۱/۱۵	۱۴/۶۰^{a} ±۰/۷	۱۰/۱۶^{cd} ±۰/۶۶	۱/۸^{a} ±۰/۰۳	۸/۳۳^{b} ±۰/۲۳	۴۲۱۴^{a} ±۸۳	۹۵۱^{a} ±۵۲	۵۰۸^{c} ±۳۷	۸۰/۶۳^{e} ±۰/۰۵	-۰/۰۲۵^{a} ±۰/۰۱۳	۷۱/۸۸^{f} ±۰/۰۴	۷۷^{g} ±۰/۰۰	۸۲/۰۴^{cd} ±۰/۰۵	۶/۰۸^{b} ±۰/۱۱	۳/۵۵^{b}
Th_5	۵۱/۳۳^{ab} ±۳/۲	۱۵/۲۰^{a} ±۰/۲۶	۱۳/۶۰^{b} ±۰/۸۵	۱/۶۶^{c} ±۰/۰۴	۶/۸۶^{cd} ±۰/۴۱	۲۸۸۳^{cd} ±۱۰۳	۲۸۱^{de} ±۲۸	۸۴۶^{a} ±۳۳	۸۴/۶^{c} ±۰/۹	-۰/۰۲۱^{a} ±۰/۰۰۱	۷۲/۰۶^{e} ±۰/۰۸	۷۸/۰۴^{f} ±۰/۰۷	۸۵/۲۲^{c} ±۰/۱۷	۴/۹۲^{ef} ±۰/۱۱	۱/۲۲^{d}
Th_{10}	۵۲/۳۳^{ab} ±۱/۱۵	۱۵/۵۶^{a} ±۰/۴۰	۱۳/۶۶^{b} ±۰/۲۳	۱/۶۹^{c} ±۰/۰۲	۶/۴۰^{de} ±۰/۴	۲۶۹۲^{d} ±۱۳	۲۲۳^{e} ±۷/۲	۸۵۷^{a} ±۱۱	۸۵/۹۳^{ab} ±۰/۳۷	-۰/۰۱۹^{a} ±۰/۰۰۱	۷۳/۳۶^{d} ±۰/۰۸	۷۹/۶۳^{c} ±۰/۰۹	۸۵/۹۶^{b} ±۰/۷۹	۴/۷۵^{f} ±۰/۲۱	۱/۶۶^{d}
Th_{20}	۵۴^{a} ±۱/۷	۱۵/۸۳^{a} ±۰/۱۵	۱۵/۴۳^{a} ±۰/۷۵	۱/۸^{a} ±۰/۰۴	۶/۶۰^{d} ±۰/۴	۲۴۱۷^{e} ±۱۲۷	۳۰۳^{d} ±۹	۷۹۵^{ab} ±۴۳	۸۷/۱۶^{a} ۰/±۳۷	-۰/۰۰۸^{a} ±۰/۰۰۰	۷۴/۲۶^{b} ±۰/۰۹	۸۱/۰۸^{a} ±۰/۱۲	۸۷/۲۷^{a} ±۰/۱۰	۴/۸۴^{ef} ±۰/۰۸	۱/۳۳^{d}
Tl_5	۵۰/۳۴^{b} ±۱/۱۵	۱۵/۳۰^{a} ±۰/۳۶	۱۲/۱۳^{c} ±۰/۵۶	۱/۷۷^{ab} ±۰/۰۵	۷/۴۶^{c} ±۰/۱۱	۲۹۱۶^{c} ±۲۲۶	۲۷۵^{de} ±۳۰	۷۴۶^{b} ±۱۸	۸۳/۵۱^{d} ±۰/۵۳	-۰/۰۱۵^{a} ±۰/۰۰۰	۷۳/۴۱^{d} ±۰/۰۱	۷۸/۴۸^{e} ±۰/۰۴	۸۴/۸۳^{c} ±۰/۲۳	۵/۴۳^{c} ±۰/۰۷	۲/۸۸^{c}
Tl_{10}	۵۰/۶۷^{b} ±۰/۵۷	۱۵/۸۶^{a} ±۰/۱۱	۱۳/۸۰^{b} ±۰/۱۷	۱/۶۹^{c} ±۰/۰۳	۶/۴۶^{d} ±۰/۱۱	۲۸۷۰^{cd} ±۲۹	۲۹۵^{d} ±۴۹	۷۷۵^{b} ±۷۲	۸۴/۶^{c} ±۰/۸	-۰/۰۱۲^{a} ±۰/۰۰۰	۷۳/۹۱^{c} ±۰/۰۴	۷۹/۱۹^{d} ±۰/۰۱	۸۵/۱۷^{c} ±۰/۰۳	۵/۰۲^{de} ±۰/۰۳	۳^{bc}
Tl_{20}	۵۳^{ab} ±۰/۰۰	۱۵/۷۳^{a} ±۰/۲۰	۱۴/۶۰^{ab} ±۰/۳۶	۱/۷۰^{bc} ±۰/۰۴	۵/۸۰^{e} ±۰/۳۴	۲۸۰۱^{cd} ±۱۰۹	۳۷۸^{c} ±۱۶	۸۰۶^{ab} ±۷	۸۶/۴^{ab} ±۰/۵۱	-۰/۰۱۲^{a} ±۰/۰۰۰	۷۴/۷۵^{a} ±۰/۰۷	۸۰^{b} ±۰/۰۰	۸۶/۰۴^{b} ±۰/۰۶	۵/۲۳^{cd} ±۰/۰۴	۳/۲۳^{cd}

*Tcرقم طارم شاهد، Te طارم در شرایط محیطی کنترل شده، Th5,10,20 تیمارهای رطوبت بالا (۲۴٪) و به ترتیب ۵،۱۰،۲۰ دقیقه بخاردهی شده، Tl5,10,20 تیمارهای رطوبت پایین (۱۷٪) و به ترتیب ۵،۱۰،۲۰ دقیقه بخاردهی شده

می‌باشند. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول 1- تجزیه واریانس رقم طارم

آزمایشات	معنی‌داری رقم طارم
راندمان برنج سالم(٪)	0/000**
سختی برنج خام(kg)	0/235
زردی برنج (b^*)	0/000**
نسبت طویل‌شدن	0/003**
نسبت جذب آب	0/136
مواد جامد ازدست-رفته(٪)	0/000**
ویسکوزیته ماکزیمم(Cp)	0/000**
شکست ویسکوزیته	0/000**
برگشت ویسکوزیته	0/000**
سختی برنج پخته(kg)	0/177
چسبندگی(Kg/s)	0/057
دمای شروع ژلاتینه (C°)	0/000**
دمای پیک ژلاتینه	0/000**
دمای نهایی ژلاتینه	0/000**
آنتالپی(J/g)	0/000**
عطر و بوی برنج خام	0/000**
عطر و بوی برنج پخته	0/000**

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد و * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد

ژلاتینه شدن و تشکیل کمپلکس آمیلوز- چربی هر دو در فرایندهای حرارتی ایجاد می‌شوند و گاها نقش متفاوتی در تغییرات ویسکوزیته بازی می‌کنند. زمانی که تیمارها تحت فرایند بخاردهی قرار گرفتند میزان ژلاتینه شدن از تیمار محیطی بیشتر بوده است و بدلیل جذب آب سخت‌تر، ویسکوزیته حداکثر کاهش یافت. هرچه رطوبت اولیه شلتوک بالاتر و زمان بخاردهی بیشتر می‌شد، دمای خمیری و میزان ژلاتینه شدن بیشتر شد و ویسکوزیته حداکثر بیشتر کاهش یافت. اما در تیمار محیطی کمپلکس آمیلوز- چربی نقش مهمتری داشت زیرا دمای ژلاتینه شدن تیمار محیطی تقریبا برابر با نمونه شاهد بود، به بیان دیگر ژلاتینه شدن چندانی برای تیمار محیطی اتفاق نیفتاد و این کمپلکس موجب افزایش ویسکوزیته حداکثر حتی نسبت به نمونه شاهد شد. به کاهش ویسکوزیته حداکثر به دلیل ژلاتینه شدن و افزایش ویسکوزیته حداکثر به دلیل تشکیل کمپلکس آمیلوز- چربی طی فرایندهای حرارت‌دهی در برنج اشاره شده است (Jaisut *et al*., 2009; Kaur and Singh, 2000).

خصوصیات بافت

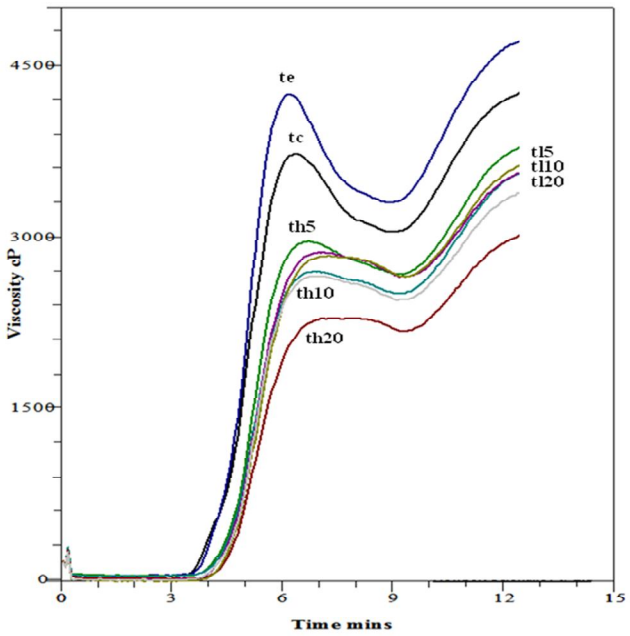
سختی برنج پخته و چسبندگی رقم طارم در هر دو تیمار نسبت به شاهد تغییر معنی‌داری نداشت (جدول 1) هرچند تیمارهای بخاردهی به مدت 20 دقیقه کمترین چسبندگی و تیمار شاهد بالاترین چسبندگی را داشت اما معنی‌دار نبود. به افزایش سختی برنج پخته به دلیل تشکیل کمپلکس آمیلوز- چربی و کاهش چسبندگی در انبارمانی طبیعی اشاره شد (Sirisoontarak & Noomhorm, 2007; Sodhi *et al*., 2003). همین تغییرات در فرایند بخاردهی برای انبارمانی تسریع‌یافته، به دلیل ژلاتینه شدن نشاسته نیز اشاره شده است (Gujral & Kumar, 2003).

آنالیز حرارتی

تیمارهای بخاردهی شده نسبت به تیمار شاهد، افزایش معنی‌دار هر سه دمای ژلاتینه شدن و کاهش معنی‌دار آنتالپی را نشان دادند و با افزایش زمان بخاردهی و میزان رطوبت، دماهای ژلاتینه بیشتر افزایش و آنتالپی بیشتر کاهش می‌یافت (جدول 2). نتایج آنالیز

حرارتی یک رقم برنج در دو حالت خشک‌شدن به روش عادی و خشک‌شدن در دمای بالا (برای به‌دست آمدن برنجی با کیفیت مشابه برنج انبار مانده) بیانگر آن بود که دمای ژلاتینه افزایش و آنتالپی کاهش یافت (Jaisut *et al*., 2009; Wiset *et al*., 2005). علت افزایش دمای ژلاتینه را ژلاتینه شدن نشاسته و تشکیل کمپلکس چربی- آمیلوز دانستند که در خشک‌کردن با دمای بالا ایجاد می‌شود. در واقع تشکیل ژل نفوذ آب را سخت‌تر کرده و همین موجب افزایش دمای ژلاتینه گرانول نشاسته می‌شود. از آنجائیکه آنتالپی میزان انرژی مورد نیاز برای ذوب کامل کریستال‌های نشاسته می‌باشد (Zhou *et al*., 2010) میزان آن بعد از ژلاتینه شدن بخشی از نشاسته در اثر حرارت، کاهش یافت.

در تیمار کنترل شرایط محیطی دماهای ژلاتینه تغییری نکرد و آنتالپی کاهش یافت. به عدم تغییر آنتالپی و دمای ژلاتینه یک رقم طی سه ماه انبارمانی در دمای 25 درجه سانتی‌گراد نیز اشاره شد در حالیکه در دماهای بالاتر نگهداری با افزایش زمان انبارمانی، دمای ژلاتینه افزایش می‌یافت (Teo *et al*., 2000). نتایج ماه شانزدهم انبارمانی سه رقم در دو دمای 4 و 37 درجه بیان‌گر آن بودکه آنتالپی تغییری نیافت اما دمای ژلاتینه در نمونه نگهداری شده در 37 درجه افزایش یافته بود (Zhou *et al*., 2003). در این پروژه با توجه به دمای بالای فصل برداشت (مرداد ماه) و دمای43 درجه تیمار محیطی، تغییری در دمای ژلاتینه شدن بین تیمار شاهد و تیمار محیطی بوجود نیامد و آنتالپی مقداری کم شد.



شکل1- منحنی ویسکوزیته رقم طارم

نتیجه‌گیری

آشکار است که تسریع در زمان رسیدن برنج سبب کاهش فضاهای مورد نیاز و هزینه‌های نگهداری می‌شود و بدین سبب انبارمانی تسریع‌یافته دارای اهمیت است. با توجه به تاثیر منفی تیمار بخاردهی بر عطر و بوی رقم طارم علیرغم تاثیرات مثبت بر کیفیت، این روش برای انبارمانی تسریع‌یافته رقم طارم قابل توصیه نمی‌باشد. اما تیمار نگهداری شده طارم در دمای 43 درجه و رطوبت نسبی 74% به مدت 11 روز با وجود کاهش یک درجه‌ای عطر و بو، تاثیرات مثبتی بر کیفیت رقم بخصوص بر ویژگی‌های پخت مانند افزایش ویژگی طویل شدن دانه و کاهش مواد جامد از دست‌رفته داشت و در عمل قابل اجرا است.

سپاسگزاری

از دانشگاه ارومیه برای حمایت مالی تحقیق، از موسسه تحقیقات برنج کشور که قسمتی از پروژه با امکانات آن انجام گرفت، از خانم دکتر فاطمه حبیبی برای همکاری در انجام آزمون خواص خمیری، از موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و خانم دکتر فوژان بدیعی برای همکاری در انجام آنالیز حرارتی نمونه‌ها سپاسگزاری می‌شود.

منابع

AACC. 1995. Determination of the pasting properties of rice with the rapid visco analyzer. AACC method. 61-02.01.

Bhattacharya, K.R. 2013. Process for accelerated aging of rice. *Cereal Foods World*, 58(1), 19-22.

Chrastil, J. 1990. Influence of storage on enzymes in rice grains. Agricultural and food chemistry, 38, 1198-1202

Faruq, G., Hadjim, M.O. and Meisner, C.A. 2003. Kernel Ageing: An Analysis in Four Malaysian Rice Varieties. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(3), 230-232.

Fellers, D.A., and Deissinger, A.E. 1983. Preliminary study on the effect of steam treatment of paddy on milling properties and rice stickiness. *Cereal Science*, 1, 147-157.

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

Jaisut, D., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W., Tungtrakul, P. and Soponronnarit, S. 2009. Accelerated aging of jasmine brown rice by high temperature fluidization technique. *Food Research International*, 42, 674-681.

Juliano, B.O. 1985. Rice Chemistry and Technology. In B.O. Juliano, Aging or storage change. (pp. 491-511) St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.

Kaur, K. and Singh, N. 2000. Amylase-lipid complex formation during cooking rice flour. *Food Chemistry*, 71, 511-517.

Lamberts, L., Brijs, K., Mohamed, R., Verhelst, N. and Delcour, J.A. 2006. Impact of browning reactions and bran pigments on color of parboiled rice. *Agricultural and Food Chemistry*, 54, 9924-9929.

Lu, R. and Siebenmorgen, T.J. 1995. Correlation of head rice yield to selected physical and mechanical properties of rice kernels. *Transactions of the* ASAE, 38(3), 889-894.

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

Marshal, W.E., Wadsworth, J.A., Verma, L.R. and Velupillai, L. 1993. Determining the degree of gelatinization in parboiled rice. *Cereal Chemistry*, 70(2), 226-230.

Rayaguru, K., Pandey, J.P. and Routray, W. 2011. Optimization of process variables for accelerated aging of Basmati rice. *Food Quality*, 34(1), 56-63.

Rosniyana, A., Hashifah, M.A. and Shariffahnorin, S.A. 2004. Effect of heat treatment (accelerated ageing) on the physicochemical and cooking properties of rice at different moisture contents. *Tropical Agriculture and Food Science*, 32(2), 155-162.

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 Chemistry*, 89, 253-259.

Sirisoontarak, P. and Noomhorm, A. 2007. Change in physicochemical and sensory properties of irradiated rice during storage. *Stored Product Research*, 43, 282- 289.

Sodhi, N.S., singh, N., Avora, M. and Sing, J. 2003. Change in physicochemical, thermal, cooking and textural properties of rice during aging. *Food Processing and Preservation*, 27, 387-400.

Soponronnarit, S., Nathakaranakule, A., Jirajindalert, A. and Taechapairoj, C. 2006. Parboiling brown rice using super heated steam fluidization technique. *Food Engineering*, 75, 423-432.

Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P. and Taechapairoj, C. 2008. Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. *Food Engineering*, 85, 268- 276.

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

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

Wiset, L., Srzednicki, G., Wootton, M., Driscoll, R.H. and Blakeney, A.B. 2005. Effect of high temperature drying on physicochemical properties of various cultivars of rice. *Drying Technology*, 23, 2227-2237.

Young, J.F. 1967. Humidity control in the laboratory using salt solution- A review. *Applied Chemistry*, 17, 241-245.

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 Science*, 50, 139-144.

Zhou, X., Baik, B.K., Wang, R. and Lim, S.T. 2010. Retrogradation of waxy and normal corn starch gels by temperature cycling. *Cereal Science*, 51, 57-65.

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

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

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

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 5, Dec- Jan 2018, p. 798-807

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 13، شماره 5، آذر - دی 1396، ص. 807-798

Effect of accelerated aging on physicochemical properties of rice cultivar Tarom

A. Latifi[1], M. Esmaiili[2*]

Received: 2016.04.24
Accepted: 2016.10.29

Introduction: More than half of the world's people consume rice. Rice consumers, especially in Asia know that cooking properties of rice change with its storage. This phenomenon is called aging. The increase in hardness, decrease in adhesiveness during cooking and decrease in solid loss, are the major changes in rice which caused by aging. However, while some consumers prefer new rice like Japanese (Zhou, 2002) Iranian and many other consumers prefer aged rice. The change in physicochemical properties of aged rice is caused by the alteration and interaction in lipid, protein and starch (Juliano, 1985; Sodhi, et al. 2003; Teo et al. 2000). The conventional aging of rice takes 3-6 months (Jaisut et al. 2009; Soponronnarit et al. 2008).Yet this method needs more space for storage leading to high operating costs. It is necessary to examine other methods that can reduce the aging time and maintain the rice properties similar to those obtained by the conventional aging process. The process for accelerated aging could be developed either by dry or wet heat (Rayaguru et al. 2011; Rosniyana et al. 2004). The dry heat method was successfully tested with heating of rice in high temperatures in a closed container (Battacharya, 2013). One of the basic problems that occur during dry heating is that any moisture loss leads to cracking. Although the concept is simple in theory, it is complicated in practice. Another drying process for accelerated aging of rice employs a fluidized bed dryer. However, this may decrease head rice yield (Soponronnarit et al. 2008; Wiset et al. 2005), not to mention the fact that these dryers are rare and expensive in rice producing countries. Hence, wet heat is more practical and economical in the mentioned countries. The environmental optimum conditions for accelerated aging of Basmati paddy, at temperature 30–50 °C, relative humidity 50–90% and aging period 3–14 days, has been studied and reported to be 43 °C, 71.0% relative humidity (RH) and 11 days (Rayaguru et al., 2011). Parboiling has been implemented as a method of improving the quality of rice. Nonetheless, it is a lengthy process involving soaking, steaming and drying, which results in the complete gelatinization of starch (Gujral, and Kumar, 2003). According to the importance of accelerated aging, the aim of this study was to evaluate quality attributes and physicochemical properties improvement of Tarom variety of paddy.

Materials and methods: In this study, Tarom variety of paddy (a local variety, with high-quality and large area cultivation in Mazandaran province) was chosen. For accelerated aging, two methods were done: Steaming (or steam curing) and controlling the environmental conditions. In steaming method, the paddy was divided into two portions. The first which had an initial moisture content of 24% (wet base) and the second was the paddy which had been rested at the ambient temperature allowing its moisture content to reach 17%. To accelerate aging of the paddy in two moisture levels *i.e.* 24 and 17%, the samples were treated by steaming (or steam curing) for 5, 10 and 20 min, and then both of samples were dried with fixed bed dryer at 40 ˚C until the grain moisture content reached 11%. Afterwards, the paddy samples were dehusked and polished with satake miller apparatus. Milled whole rice kernels were separated from broken rice for evaluation of physicochemical properties. In controlling the environmental conditions, the samples were dried with fixed bed dryer at 40 ˚C until the moisture content reached 12%, and then stored at 43 °C and RH=74% for 11 days. Similarly, to produce white rice, the paddy samples were dehusked and polished as mentioned above. The control sample which had an initial moisture content of 24% (wet base) was only dried at 40 ˚C to moisture contend wet basis 11%. Several parameters including head rice yield (the percentage of the mass of white rice that remained as head rice after milling), hardness of raw kernel (the maximum force for breakage of raw white rice), color (b value), chalkiness (weight of the kernel that had chalkiness over one half of the kernel surface in 5 gram of white rice), aroma (using hedonic test), pasting properties (including the peak viscosity, final viscosity, breakdown viscosity and setback viscosity), texture profile analysis (TPA) and thermal properties of rice (the onset temperature, peak temperature, conclusion temperature and enthalpy of gelatinization) were determined. The resultant data were subjected to the analysis of variance using SPSS (ver. 19) software. Duncan's test was used to establish the differences between mean values at 95% confidence interval.

1. PhD student, Food science and technology, Researcher of Rice Research Institute of Iran, Mazandaran branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO).
2. Associate professor, Department of Food Science and Technology, Urmia University. Urmia.
(* Corresponding author. E-mail: m.esmaiili@urmia.ac.ir; esmaiilim@yahoo.ie)

Results and discussions: The quality attributes of the produced white rice were compared with that of the control samples. By doing the steam curing treatment, solid loss of the rice decreased, adhesiveness decreased, gelatinization temperature increased and viscosity changed. All of the mentioned changes were similar to the alterations that occur in naturally aged rice. By controlling the environmental conditions, the solid loss decreased and the elongation increased. According to sensory and apparent characteristics including aroma and chalkiness, treatment by controlling the environmental conditions could be recommended. Steaming treatment for the three levels of time led to complete loss of aroma.

Key words: Rice aging; Cooking; Texture; Pasting Properties; Thermal Analysis