تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۷/ شماره ٦٤/بهار و تابستان ۱۳۹۷/ص ۲۸-۱۵

بررسی خواص فیزیکوشیمیایی ارقام برنج در دو منطقهٔ مختلف کشت در ایران

عاصفه لطیفی[۱]، محمد زمان نوری[۱*] و فاطمه حبیبی[۱]

۱- عضو هیئت‌علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ایران.

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۲/۳۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۹

چکیده

در این مطالعه تأثیر میانگین دما و میزان بارندگی متفاوت دو منطقه بر کیفیت تبدیل و پخت برخی ارقام برنج ارزیابی شده است. در سال زراعی ۱۳۹۱، ارقام طارم محلی، فجر و شفق در استان‌های مازندران و فارس با شرایط آب و هوایی متفاوت کشت شدند و خصوصیات مرتبط با تبدیل شلتوک به برنج سفید، صفات کیفی و ویسکوزیته ارقام بررسی شد. نتایج حاکی از تغییرات معنی‌دار در خصوصیات فیزیکوشیمیایی ارقام است. منطقهٔ فارس میانگین دمای پایین‌تر و میزان بارندگی کمتری نسبت به منطقهٔ مازندران دارد. مشخص شد که درصد شکستگی دانه، میزان آمیلوز، امتیاز پخش در قلیا، نسبت طویل‌شدن دانه و میزان عطر برنج حاصل از ارقام کشت شده در منطقهٔ سردسیر فارس بیشتر از همین خصوصیات دانه‌های برنج به‌دست‌آمده در مازندران است و سختی نمونه‌های به‌دست‌آمده در مازندران بالاتر است. همچنین معلوم شد تفاوت مشخصه‌های ویسکوزیته اندازه‌گیری شده در نمونه‌های دو منطقه معنی‌دار است اما روند مشخص وابسته به دما در آن‌ها یافت نشد. دو صفت ویسکوزیتهٔ حداکثر و ویسکوزیته شکست رقم شفق در منطقهٔ سردسیر فارس کاهش معنی‌داری دارد که نشان‌دهنده بهبود خصوصیات این رقم در استان فارس است.

واژه‌های کلیدی

تبدیل، صفات کیفی، کیفیت پخت، ویسکوزیته

مقدمه

برنج ازجمله غلاتی است که به طور مستقیم و بدون فرآوری خاص به مصرف تغذیه‌ای می‌رسد. ازاین‌رو، کیفیت پخت آن یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در بازارپسندی این محصول زراعی است و همواره اولین قضاوت روی ارقام برنج، کیفیت پخت و خوراک آن است. کیفیت برخی از ارقام برنج در شرایط اقلیمی مختلف متفاوت است. برای مثال، برنج تولید شده در شمال کشور ازنظر کیفیت پخت متفاوت از محصول همان رقم در مناطقی غیر از شمال است یا حتی در یک منطقهٔ جغرافیایی، کیفیت و عطر محصول رتون (وارویش) ارقام بومی، نسبت به کشت اصلی همان رقم مطلوب‌تر است(Nouri *et al.*, 2015) در مورد تأثیر عوامل محیطی در مراحل مختلف رشد برنج بر ویژگی‌های کیفی مطالعات فراوان است. گزارش‌ها نشان می‌دهد دمای محیط بر ویژگی‌های کیفی مانند مقدار آمیلوز، مقدار پروتئین و دمای ژلاتینه شدن تأثیرگذار است (Resurreccion *et al.*, 1977). سوجاتا و همکاران (Sujatha *et al.*, 2004) فاکتورهای کیفی ارقام مختلف هندی را در سه فصل کاشت مختلف بررسی کردند و گزارش دادند میزان آمیلوز، چربی، کربوهیدرات و پروتئین در برنج در فصل پرباران بیشتر است تا در دیگر فصل‌ها. در مناطقی که برنج بیش از یک‌بار در سال کشت می‌شود، فصل‌های مختلف کشت بر خصوصیات شیمیایی برنج تأثیر می‌گذارد و گزارش شده است که ارقام برداشت شده در فصل دوم، پروتئین بالاتر و اسید فیتیک پایین‌تری دارند (Shu *et al.*, 2007). احمد و همکاران (Ahmed *et al.*, 2008) با بررسی اثر دمای پایین در مراحل رشد رقم باسماتی و میزان سنتز آمیلوز گزارش داده‌اند میزان آمیلوز به طور عمده از ویژگی‌های ژنتیکی است، اما عوامل محیطی نیز بر آن تأثیرگذار است. تحقیقات نشان داده

© 2018,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

است که شرایط آب و هوایی و میزان مواد غذایی در دورهٔ رشد برنج، نه‌تنها بر کیفیت خوراک، بلکه بر میزان پروتئین دانه نیز اثر می‌گذارد (Juliano, 1993; Martin & Fitzgerald, 2002). دما در اقلیم‌های متفاوت محلی در مازندران نیز بر درصد آمیلوز، پروتئین و نسبت طویل‌شدن دانهٔ برنج اثر دارد (Fathi *et al.*, 2017). شناسایی فاکتورهای مرتبط باکیفیت و بررسی تغییرات آن‌ها در شرایط مختلف کشت، برای برنامه‌های اصلاح و سازگاری برنج بااهمیت است. ازآنجاکه در داخل کشور در ارتباط با تأثیر شرایط محیط بر کیفیت دانهٔ برنج مطالعات اندک است، مطالعهٔ حاضر به‌منظور بررسی تفاوت در صفات مرتبط باکیفیت و تبدیل در ارقام برنج تولیدی در دو منطقهٔ مختلف در استان‌های مازندران و فارس اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه روی سه رقم برنج طارم محلی، فجر و شفق صورت گرفت. این ارقام در بهار ۱۳۹۱ در دو استان مازندران و فارس کشت شدند. در استان مازندران، ارقام در مزرعه مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان آمل، با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا و در استان فارس در منطقهٔ نسبتاً سردسیر در شهرستان سپیدان، با ارتفاع ۲۲۰۰ متر از سطح دریا کشت شدند. در دورهٔ آزمایش، شهرستان سپیدان در کل دمای پایین‌تر و بارندگی کمتر از شهرستان آمل داشته است (جدول ۲). در هر دو منطقه، عملیات زراعی طبق توصیهٔ کارشناسان برنج پیش رفته است. بدین ترتیب که بذرها پس از خیساندن و ضدعفونی شدن، جوانه‌دار و در خزانه پاشیده شدند. پس از گذشت حدود یک ماه، نشاها در مرحلهٔ ۴-۳ برگی به مزرعهٔ اصلی منتقل شدند. کودپاشی و مبارزه با آفات و بیماری‌ها بر اساس توصیه‌ها دنبال شد و در پایان فصل، ۳ کیلوگرم دانهٔ خالص از هریک از ارقام که دستی برداشت و خرمن‌کوبی شده بودند، برای آزمون‌های کیفی به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

جدول ۱- آمار هواشناسی شهرستان آمل در استان مازندران - سال ۱۳۹۱

ماه (شمسی)	میزان بارندگی (میلی‌متر)	متوسط دما (درجه سلسیوس)	میانگین بیشینهٔ دما	میانگین کمینهٔ دما
۱۹۹۱/۲/۱۰-۱۹۹۱/۱/۱۲	۳۵/۹	۱۸/۷	۲۶/۳	۸
۱۹۹۱/۳/۱۰-۱۹۹۱/۲/۱۱	۵/۱	۲۳/۷	۲۸/۴	۱۶/۷
۱۹۹۱/۴/۹-۱۹۹۱/۳/۱۱	۲۴/۱	۲۵/۴	۳۱/۶	۱۷/۷
۱۹۹۱/۵/۹-۱۹۹۱/۴/۱۰	۳۷/۱	۲۶/۵	۲۹/۵	۲۰/۲
۱۹۹۱/۶/۹-۱۹۹۱/۵/۱۰	۴۵/۶	۲۸/۲	۳۵/۴	۲۱/۳
۱۹۹۱/۷/۸-۱۹۹۱/۶/۱۰	۴۵	۲۵/۴	۳۰/۶	۱۷/۱

منبع: ایستگاه هواشناسی کشاورزی آمل

جدول ۲- آمار هواشناسی شهرستان سپیدان در استان فارس - سال ۱۳۹۱

ماه (شمسی)	میزان بارندگی (میلی‌متر)	متوسط دما (درجه سلسیوس)	میانگین بیشینهٔ دما	میانگین کمینهٔ دما
۱۹۹۱/۲/۱۰-۱۹۹۱/۱/۱۲	۱۷/۹	۹/۷	۱۴/۳	۵/۱
۱۹۹۱/۳/۱۰-۱۹۹۱/۲/۱۱	۳	۱۷/۱	۲۲/۲	۱۱/۹
۱۹۹۱/۴/۹-۱۹۹۱/۳/۱۱	۰	۲۲/۵	۲۸/۱	۱۷
۱۹۹۱/۵/۹-۱۹۹۱/۴/۱۰	۱/۵	۲۵/۲	۳۱/۱	۱۹/۳
۱۹۹۱/۶/۹-۱۹۹۱/۵/۱۰	۰	۲۶	۳۱/۵	۲۰/۴
۱۹۹۱/۷/۹-۱۹۹۱/۶/۱۰	۷	۲۳/۵	۲۸/۶	۱۸/۳

منبع: اداره کل هواشناسی استان فارس

روش‌ها

همهٔ نمونه‌های شلتوک با رطوبت استاندارد ۱۱ درصد بر مبنای وزن‌تر با دستگاه پوست‌کن و سفیدکن آزمایشگاهی (Satake, Japan) به برنج سفید تبدیل شدند (Fan *et al.*, 2000). رطوبت نمونه‌ها با رطوبت‌سنج (Grain moisture meter, GMK- 303, Korea) سنجیده شد. درصد شکستگی برنج بر مبنای برنج سفید بر اساس طول کمتر از سه‌چهارم طول دانهٔ کامل (Soponronnarit *et al.*, 2008) و طول دانه با دستگاه اندازه‌گیری طول (Grain measure, Japan) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میزان آمیلوز بر اساس روش کالرومتریک با دستگاه اسپکتروفتومتر (PD-303, Japan) در طول‌موج ۶۲۰ نانومتر بر اساس تشکیل کمپلکس رنگی ید با نشاسته با روش جولیانو (Juliano, 1985) اندازه‌گیری شد. برای تعیین دمای ژلاتینه‌شدن دانه، از روش پخش در قلیا[1] استفاده شد (Little *et al.*, 1958) که رابطهٔ معکوس با دمای ژلاتینه دارد. امتیاز آن از ۱ تا ۷ بر مبنای حل شدن دانه در محلول قلیایی داده می‌شود. عدد ۷ نشانهٔ پخش کامل دانه در محلول و دمای ژلاتینه زیر ۷۰ درجه سلسیوس است، عدد ۱ نشانه دانه کامل بدون حل‌شدگی در محلول قلیا و دمای ژلاتینه بالای ۷۵ درجه سلسیوس است و عدد ۴ دمای ژلاتینه متوسط، بین ۷۰ تا ۷۵ درجه سلسیوس دارد. فاکتورهای پخت بر اساس پخت ۵ گرم برنج سفید سالم در حداقل زمان پخت بعد از نیم ساعت خیساندن مطابق با روش سینگ و همکاران (Singh *et al.*,2005) اندازه‌گیری شد. نسبت طویل‌شدن[2] بر مبنای نسبت طول ۱۰ دانه پخته به طول ۱۰ دانه خام و درصد مواد جامد ازدست‌رفته بر مبنای تفاوت وزن قبل و بعد ارلن به ازای انتقال آب ۵ گرم برنج پخته به ارلن خشک از قبل وزن شده و خشکانیدن کامل آن در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد. عطر برنج: ازآنجاکه هر سه رقم موردبررسی در این پروژه معطر بودند از روش هدونیک سه‌نقطه‌ای ۱- عطر متوسط، ۲- عطر قوی و ۳- عطر بسیار قوی، با حضور ۵ ارزیاب حسی ماهر، استفاده شد. اندازه‌گیری عطر برنج با ارزیاب حسی و ارزیابی توصیفی و نیز به روش‌های شیمیایی صورت می‌گیرد (Juliano, 1985). سختی دانهٔ برنج در نمونه‌های موردمطالعه با استفاده از دستگاه سختی‌سنج (Lutron FG 5020, Taiwan) برحسب نیوتن در ۲۰ تکرار و با لودسل ۲۵ کیلوگرم نیرو مطابق روش لو و سیبن مورگن (Lu & Siebenmorgen, 1995)، با آزمون سه‌نقطه‌ای اندازه‌گیری شد. برای این کار، پروبی نوک‌تیز با سرعت ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه، به وسط برنج قرار داده‌شده در پایه، نیرو وارد کرد و نیرو در لحظه شکست دانه اندازه‌گیری شد. میزان پروتئین در نمونه‌های برنج، با آرد کردن برنج و اندازه‌گیری میزان نیتروژن به روش کجلدال و ضرب کردن آن در ضریب ۵/۹۵ محاسبه شد (Juliano, 1985). ویسکوزیته با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سریع ویسکوزیته (RVA4 -Newport, Australia) بر اساس برنامه AACC (1995) اندازه گرفته شد. نتیجهٔ آزمایش یک منحنی است که تغییرات ویسکوزیتهٔ نمونه را در تغییرات دمایی پخت نشان می‌دهد و شامل حداکثر ویسکوزیته[3] به هنگام حرارت دادن نمونه، حداقل ویسکوزیته پس از پیک[4] و ویسکوزیتهٔ نهائی[5] است. فاکتور شکست (فروریزش)[6] که از تفاضل ویسکوزیتهٔ حداکثر و حداقل و فاکتور برگشت[7] که از تفاضل ویسکوزیتهٔ نهایی و حداکثر به دست می‌آید، در محاسبه وارد شد. تجزیه مرکب داده‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد صورت گرفت. برای پردازش داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس مرکب برای صفات کیفی اندازه‌گیری شده، در جدول (۱) آمده است. اثر منطقه، رقم و اثر متقابل رقم و منطقه در صفات درصد شکستگی برنج، درصد آمیلوز و امتیاز پخش در قلیا معنی‌دار است. در صفات نسبت طویل‌شدن، اثر منطقه و رقم؛ در صفت درصد پروتئین، اثر رقم؛ در صفت درصد مواد جامد ازدست‌رفته، اثر متقابل رقم و منطقه؛ و در صفت مقدار سختی دانه، اثر منطقه و اثر متقابل رقم و منطقه معنی‌دار بوده است.

1-Alkali spreading value
2- Elongation
3- Peak viscosity
4- Trough
5- Final viscosity
6- Breakdown
7- Setback

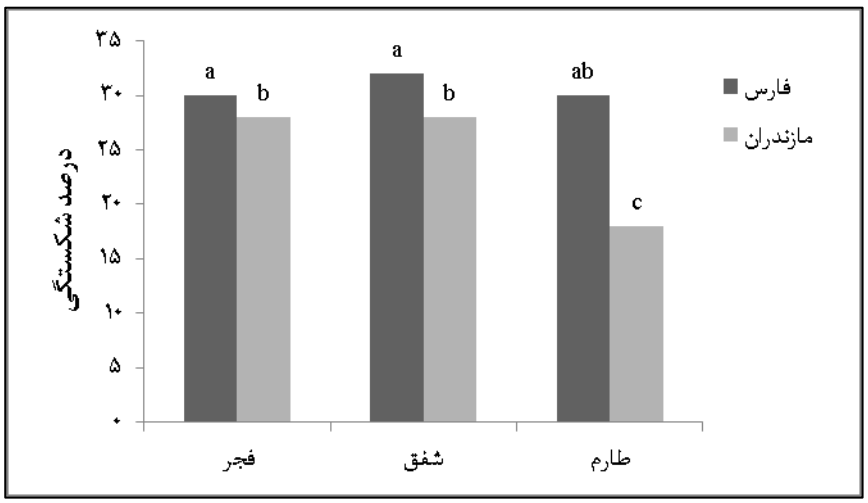
جدول ۳- تجزیهٔ واریانس مرکب خصوصیات ارقام (میانگین مربعات) در دو منطقه

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	درصد شکستگی	سختی دانه	درصد مواد جامد از دست‌رفته	نسبت طویل شدن	درصد آمیلوز	امتیاز پخش در قلیا	درصد پروتئین
منطقه	۱	۱۳۰/۰۲**	۱۹/۴*	۱۷/۶	۰/۱۲۲*	۱۸/۷**	۷/۶۸**	۰/۹۹۲
خطای a	۴	۰/۴۲	۳/۰۶	۳/۸۱	۰/۰۰۶	۰/۱۰	۰/۰۰۳	۰/۳۳۸
رقم	۲	۵۰/۰۲**	۳/۵۸	۵/۶	۰/۰۸**	۵/۲۷**	۵/۳**	۵/۵۴*
رقم×منطقه	۲	۲۰/۰۲**	۳۹/۵**	۱۴/۲**	۰/۰۰۵	/۵۶*	۳**	۱/۲۸
خطای b	۸	۰/۲۷	۳/۴۳	۱/۴۵	۰/۰۰۴	۰/۰۸۳	۰/۰۷۶	۰/۶۷
CV%		۱/۹	۱۲/۷	۱۳/۲	۴/۱	۱/۳	۵/۱	۸/۳

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

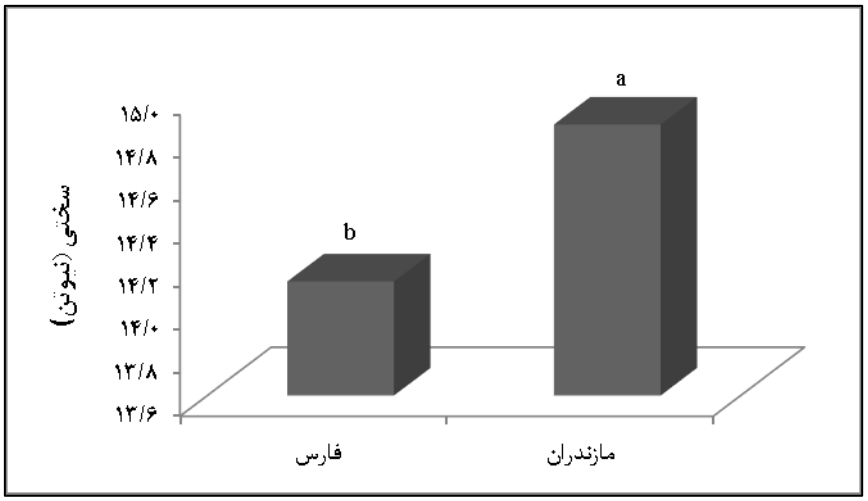
شکل‌های (۱) تا (۱۰) نتایج مقایسهٔ میانگین صفات مربوط است.

نتایج نشـان می‌دهد درصد شکستگی برنج در همهٔ ارقام در منطقهٔ سردسیر فارس بیشتر است ($p<۰/۰۱$) و در این میان، درصد شکستگی برنج رقم طارم محلی در مازندران بسیار کمتر از درصد شکستگی برنج همین رقم در استان فارس و سایر ارقام است (شکل ۱). با کاهش میانگین دمای روز، درصد شکستگی برنج افزایش یافته است. کوپر و همکاران (Cooper *et al.*, 2005; Cooper *et al.*, 2008) نشان داد فاکتورهای تبدیل برنج علاوه بر رقم به شرایط دمای محیط در مراحل مختلف رشد برنج نیز وابسته است. البته این محققان بیشتر به بررسی افزایش دمای شب پرداخته بودند و علت تغییرات را به تغییر در زنجیر آمیلوپکتین نسبت دادند و گفته‌اند تغییر در ساختار نشاسته سبب تغییر در استحکام دانه و میزان شکستگی می‌شود. هرچند کانسه و همکاران (Counce *et al.*, 2005) نیز که تغییر خصوصیات ظاهری برنج را در دماهای مختلف شب (۲۵ درجه در مقابل ۱۸ درجه سلسیوس) و درجه پلیمریزاسیون آمیلوپکتین را بررسی کرده‌اند، بعید دانستند تغییرات اندک در زنجیر آمیلوپکتین بتواند تغییرات زیادی در درصد شکستگی به وجود آورد. در مطالعهٔ آن‌ها در دمای بالاتر رشد، زنجیر متوسط آمیلوپکتین (DP13-24) یک درصد افزایش و زنجیر بلند (DP25-36) یک درصد کاهش نشان داده‌شده است.

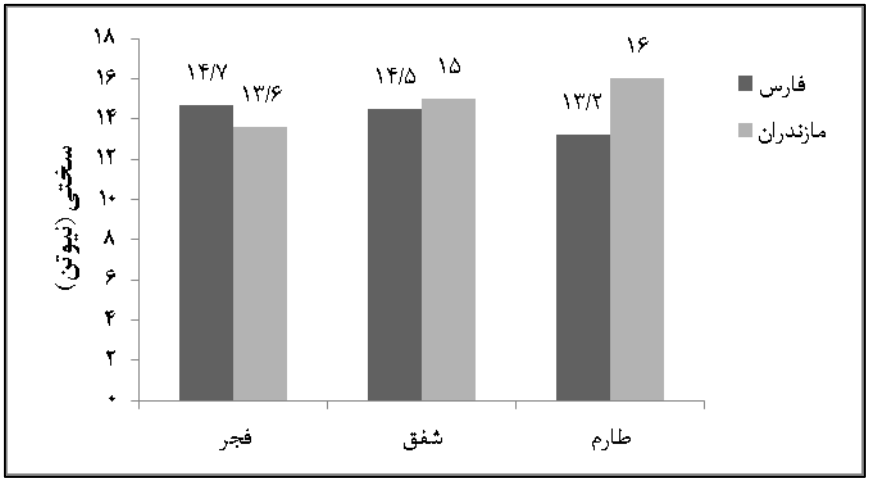


شکل ۱- مقایسهٔ میانگین درصد شکستگی ارقام برنج در دو منطقه
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

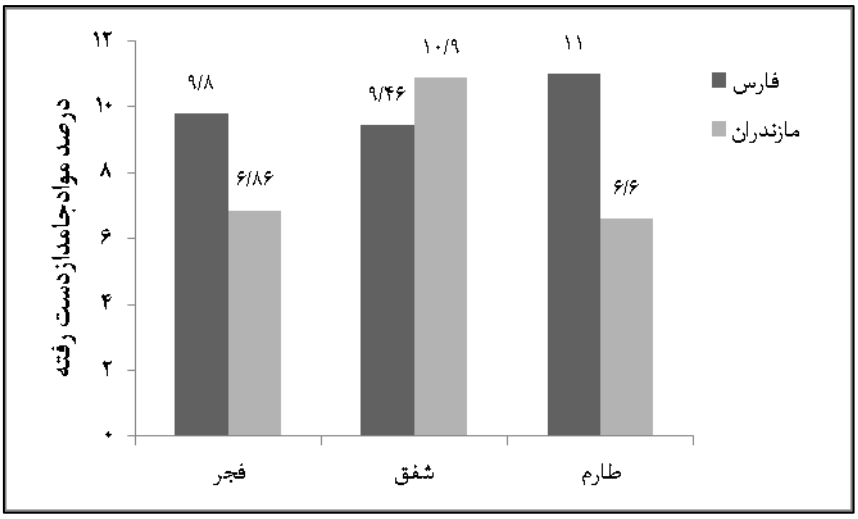
نتایج کوپر و همکاران (Cooper *et al.*, 2005) نشان داد با افزایش دمای روز در مرحله پر شدن دانه نیز درصد شکستگی کاهش می‌یابد که نتایج این تحقیق با آن همخوانی دارد. مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر منطقه بر سختی دانه معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) است یعنی سختی ارقام در مازندران به شکل معنی‌داری بیشتر از سختی ارقام در فارس است. مقایسهٔ میانگین سختی در دو منطقه در شکل (۲) آمده است. به دلیل بالا بودن سختی دانه ارقام در مازندران، درصد شکستگی برنج آن بعد از تبدیل‌شدن نیز کمتر است (شکل ۱). مارشال و همکاران (Marshal *et al.*, 1993) می‌گویند ارقام برنج با سختی بالا، به دلیل مقاومت بیشتر در فرایند تبدیل، راندمان برنج سالم بیشتری یا به‌بیان‌دیگر درصد شکستگی کمتری دارند که نتایج این پروژه با یافته‌های این محققان همخوانی دارد. میانگین سختی ارقام در دو منطقه نیز در شکل (۳) آمده است.



شکل ۲- مقایسه میانگین سختی دانه برنج سفید دو منطقه
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)



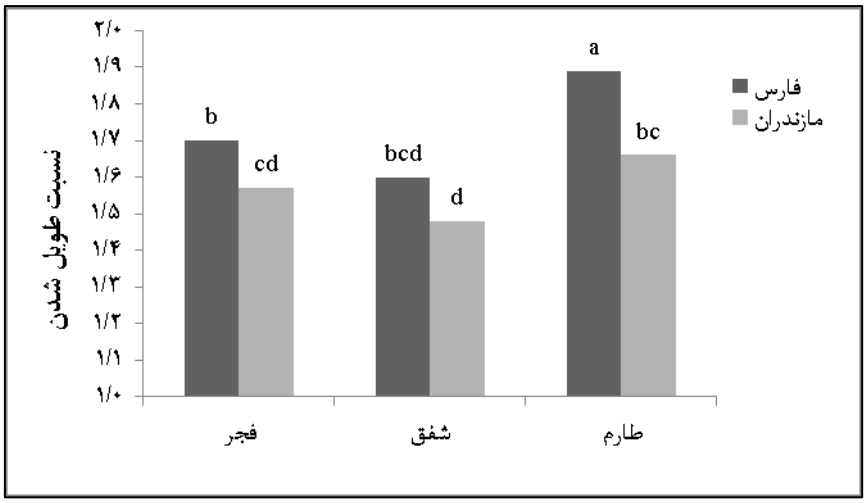
شکل ۳- میانگین سختی برنج سفید در دو منطقه



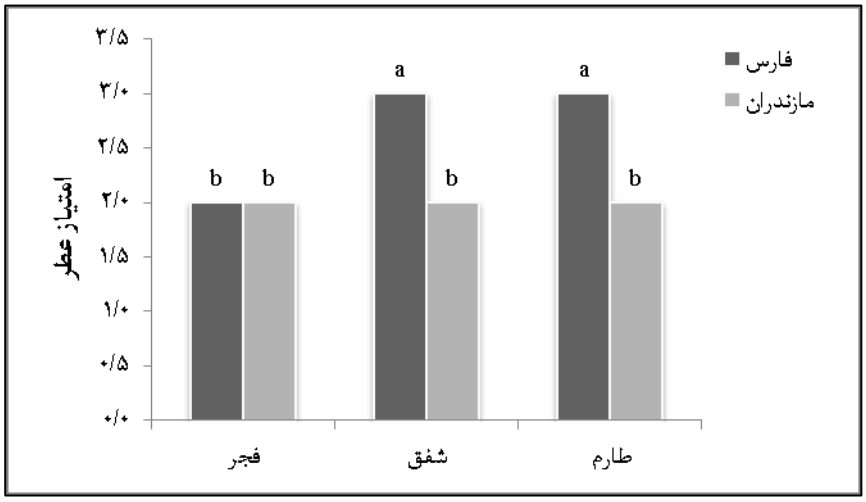
شکل ٤- میانگین درصد مواد جامد ازدست‌رفته ارقام برنج در دو منطقه

درصد مواد جامد ازدست‌رفته به‌عنوان یکی از صفات مهم کیفی برنج مورد مقایسه قرار گرفت. این فاکتور نشان‌دهندهٔ لعاب برنج بعد از پخت است و هر چه میزان آن کمتر باشد، بهتر است. نتایج تجزیهٔ واریانس جدول (۱) نشان‌دهندهٔ معنی‌دار نبودن اثر رقم و منطقه بر این فاکتور است. میزان میانگین این صفت در شکل (۴) آمده است. کمتر بودن مواد جامد از دست رفته نشانه کمتر بودن انحلال‌پذیری گرانول نشاسته و پروتئین است (Zhou *et al.*, 2007). با کاهش انحلال‌پذیری نشاسته انتظار می‌رود دانه سخت‌تر شود و به‌تبع آن درصد شکستگی در فرایند تبدیل برنج (شکل ۱) کاهش یابد که هر دو آن به‌خصوص در مورد رقم طارم رخ‌داده است.

سیف و همکاران (Saif *et al.*, 2004) می‌گویند به دلیل سخت‌تر شدن بافت برنج، مواد کمتری در حین پخت به بیرون نشر می‌یابد. مقایسهٔ نسبت طویل‌شدن دانه پس از پخت در ارقام حاصل از این دو منطقه نشان می‌دهد هم اثر منطقه ($p<۰/۰۵$) و هم اثر رقم ($p<۰/۰۱$) بر این صفت معنی‌دار است. نسبت طویل‌شدن ارقام کشت‌شده در استان فارس، بیشتر از نسبت طویل‌شدن برنج همین ارقام در مازندران است و بین ارقام بالاترین نسبت طویل‌شدن در رقم طارم فارس دیده‌شده است. نسبت طویل‌شدن دانه تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط، به‌ویژه دما در دورهٔ پر شدن دانه است. وقتی دمای هوا در مرحلهٔ پر شدن دانه پایین‌تر باشد طویل شدن دانه بیشتر اتفاق می‌افتد (Cruz *et al.*, 1989). قد کشیدن محصول رتون (وارویش) ارقام بومی نیز نسبت به کشت اصلی همان رقم بیش‌تر است (Nori *et al.*, 2015) . در فصل رشد رتون (وارویش)، دمای هوا نسبت به کشت اول خنک‌تر می‌شود. اثر منطقهٔ سردسیر فارس نیز در افزایش طویل‌شدن دانه با آنچه در خصوص محصول رتون رخ می‌دهد مطابق است. علاوه بر آن، نسبت طویل‌شدن بیشتر برنج‌های باسماتی کشت‌شده در منطقهٔ پنجاب در مقایسه با برنج‌های باسماتی پاکستان نیز به دلیل دمای پایین در مرحلهٔ پر شدن دانه گزارش‌شده است (Khush *et al.*, 1978) که با نتایج این پروژه همخوانی دارد (شکل ۵). مقایسهٔ عطر ارقام حاکی از برابر بودن عطر فجر در دو منطقه، اما قوی‌تر بودن عطر ارقام طارم و شفق در منطقهٔ سردسیر فارس است (شکل ۶). عطر محصول رتون (وارویش) ارقام بومی نیز نسبت به کشت اصلی همان رقم مطلوب‌تر است (Nori *et al.*, 2015). اثر منطقهٔ سردسیر فارس نیز در افزایش عطر مطابق با محصول رتون بوده است. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 1997) تأثیر عوامل مختلف محیطی را بر عطر برنج بررسی و اعلام کردند دمای سردتر در مرحلهٔ پر شدن دانه، موجب افزایش عطر آن می‌شود. مهم‌ترین عامل شیمیایی عطر برنج استیل پیرولین است.



شکل ۵- مقایسه میانگین نسبت طویل شدن دانه ارقام در دو منطقه
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

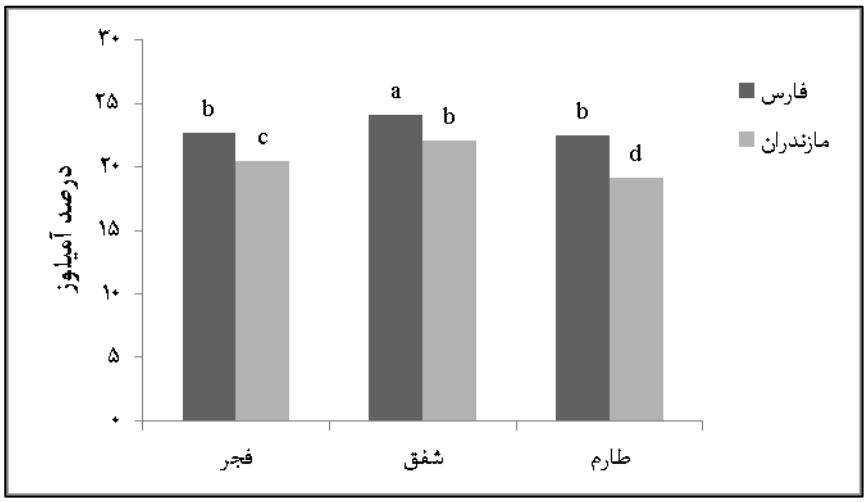


شکل ٦- مقایسه عطر دانه ارقام در دو منطقه
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.)

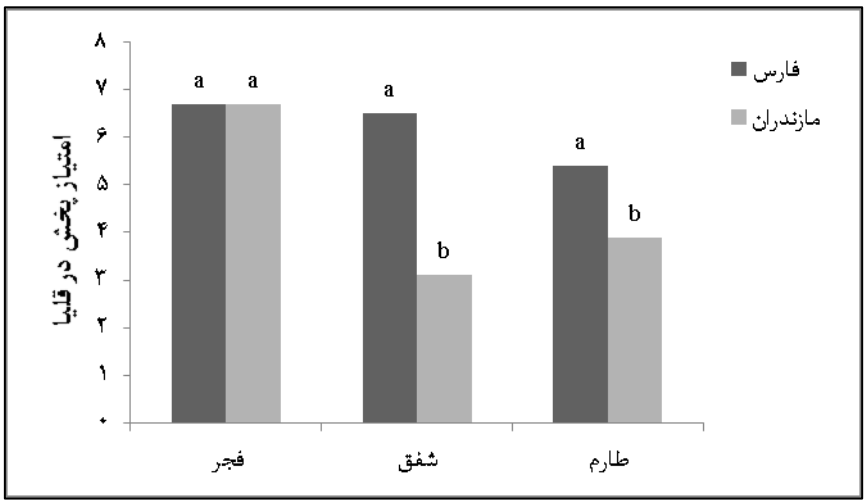
از شکل‌های بالا این‌طور استنباط می‌شود که تفاوت کیفیت و به‌خصوص تبدیل در رقم طارم در دو منطقه آب و هوایی مختلف، چشمگیرتر است. درحالی‌که ارقام اصلاح‌شده پر محصول تفاوت کیفیت کمتری در دو منطقه نشـان می‌دهند و خصوصیات کیفی آن‌ها، ازجمله طویل شدن دانه بعد پخت و عطر گاهی در منطقه فارس بیشتر است. به همین دلیل از ارقام پر محصول ذکرشده، در مناطقی غیر از مازندران بیشتر از ارقام محلی طارم استقبال و کشت می‌شود. میزان آمیلوز ارقام حاصل از منطقهٔ فارس حدود ۲ درصد بیشتر از میزان آمیلوز رقم مشابه در مازندران است (شکل ۷). مطالعات نشان می‌دهد که میزان آنزیم‌هایی که در ساخت نشاسته نقش دارند، با پایین‌تر رفتن دما افزایش می‌یابد و منجر به ساخت آمیلوز بیشتر می‌شود (Ahmed *et al.*, 2008). سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2005) نیز گزارش داده‌اند ژن کنترل‌کننده آمیلوز تا حدودی وابسته به دماست و با افزایش دما، میزان آمیلوز تا ۲ درصد کاهـش می‌یابد که با نتایج این پروژه همخوانی دارد. امتیاز پخش در قلیا در برنج‌های به‌دست‌آمده در دو منطقه متفاوت و در ارقام شفق و طارم محلی در منطقهٔ فارس بیشتر است (شکل ۸)، یعنی

سرمای محیط امتیاز پخش در قلیا یا کاهش دمای ژلاتینه‌شدن را افزایش داده است. ازآنجاکه رقم فجر در مازندران بالاترین امتیاز پخش در قلیا را داشته است امکان افزایش آن در سرما وجود نداشت.

رسورسن و همکاران (Resurreccion *et al.*, 1977) با بررسی اثر دمای محیط بر فاکتورهای کیفی به نتایجی مشابه دست‌یافته‌اند. فتحی و همکاران (Fathi *et al.*, 2017) در بررسی‌های خود در دماهای پایین‌تر رشد، کاهش دمای ژلاتینه‌شدن را مشاهده کردند. دمای ژلاتینه‌شدن به دمای تورم برگشت‌ناپذیر گرانول نشاسته در حضور آب گفته می‌شود که دامنه آن ۷۹-۵۵ درجه سلسیوس است. این دما تحت تأثیر دمای محیط رشد برنج قرار می‌گیرد و با مدت‌زمان پخت برنج همبستگی مثبت دارد. گفته‌شده که بعضی از ارقام برنج که دمای ژلاتینه‌شدن بالاتری دارند سایز گرانول نشاستهٔ آن‌ها بزرگ‌تر (۷ میکرون در برابر ۵ میکرون) است (Juliano, 1985). به‌احتمال‌زیاد دمای محیط بر اندازهٔ گرانول نشاسته و به‌تبع آن بر دمای ژلاتینه‌شدن تأثیرگذار است؛ در این پروژه نیز دیده می‌شود با کاهش دمای محیط، دمای ژلاتینه‌شدن کاهش یافته است.



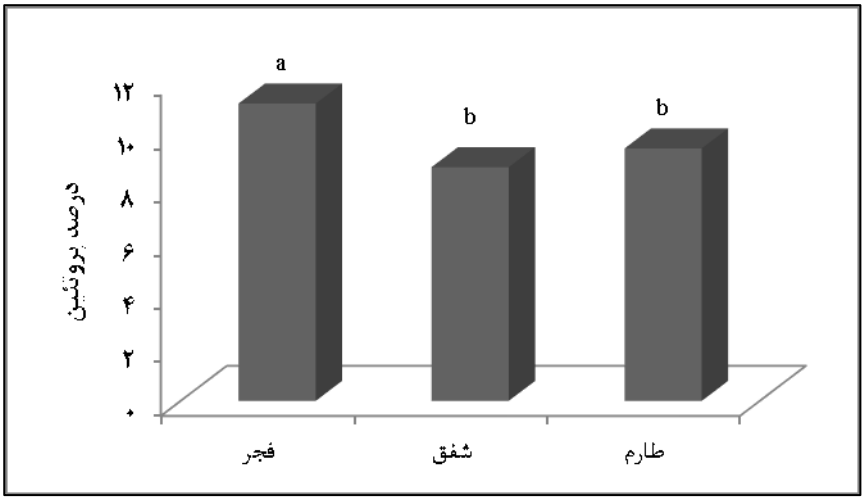
شکل ۷- مقایسه میانگین درصد آمیلوز ارقام در دو منطقه
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.)



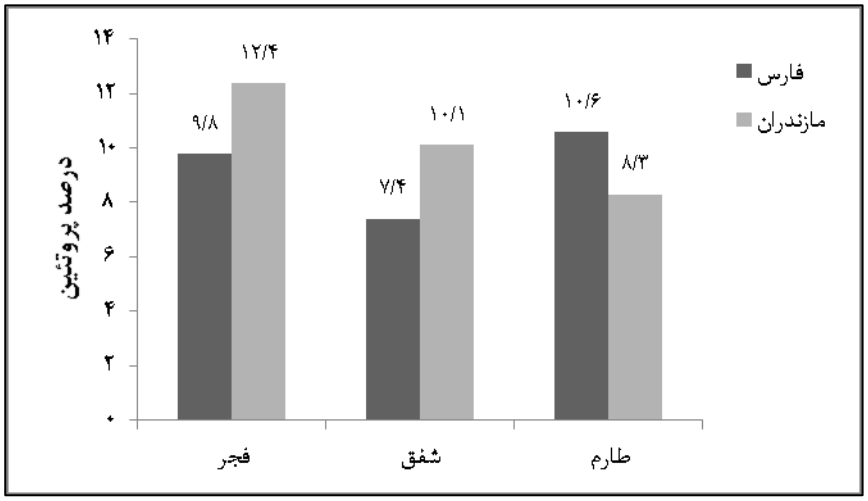
شکل ۸- مقایسه میانگین امتیاز پخش در قلیا در ارقام برنج دو منطقه
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.)

درصد پروتئین ارقام برنج به‌دست‌آمده از دو منطقه ارزیابی‌شده است (شکل ۹). برابر جدول تجزیهٔ واریانس، اثر منطقه بر پروتئین بی‌معنا شده است، اثر رقم معنادار است و رقم فجر بیشترین میزان پروتئین را نشـان داده است. رقم فجر و شفق، پروتئین بالاتری در مازندران داشته‌اند که در مرحلهٔ پر شدن دانه میانگین دما بالاتر بوده است هرچند ازنظر آماری معنی‌دار نیست (شکل ۱۰).

رسورسن و همکاران (Ressurreccion *et al.*, 1977) گزارش داده‌اند با افزایش دمای محیط تا سه درجه سلسیوس در مرحله پرشدن دانه، پروتئین دانهٔ ارقام برنج افزایش یافته است؛ (در تحقیقات این محققان، میانگین دامنه دمایی از ۱۶ تا ۲۸ درجه سلسیوس بوده است). پاره‌ای محققان گفته‌اند در دوره پرشدن دانه، افزایش دما سبب افزایش مقدار پروتئین دانه و پایین بودن دما سبب کاهش درصد پروتئین دانه (Ahmed *et al.*, 2008) خواهد شد. دمای بالا از طریق افزایش میزان آنزیم پروتئین سنتتاز موجب افزایش پروتئین دانه می‌شود (Jin *et al.*, 2005).



شکل ۹- مقایسه پروتئین ارقام برنج
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.)



شکل ۱۰- میانگین پروتئین ارقام برنج دو منطقه فارس و مازندران

نتایج تجزیه واریانس و مقایسهٔ میانگین ویسکوزیتهٔ ارقام برنج دو منطقه در جدول (۴) و (۵) و منحنی حاصل از دستگاه در شکل (۱۱) آمده است. ویسکوزیته حداکثر برنج رقم فجر در منطقهٔ سردسیر بیشتر، در رقم شفق در منطقه گرمسیر بیشتر و در رقم طارم در دو منطقه یکسان است. ویسکوزیته حداقل در هر سه رقم برنج در منطقه سردسیر بیشتر است تا در مازندران. ویسکوزیته شکست که از تفاوت دو ویسکوزیته حداکثر و حداقل است در دو رقم طارم و شفق در منطقه سردسیر فارس کمتر و در رقم فجر در منطقه سردسیر فارس بیشتر است تا در مازندران. ویسکوزیته نهایی نیز در رقم فجر در منطقه سردسیر بالاتر و در طارم در منطقهٔ سردسیر پایین‌تر است تا در منطقهٔ مازندران اما در رقم شفق در هر دو منطقه برابراست. ویسکوزیته حداکثر، نشانه ظرفیت جذب آب مخلوط است، ویسکوزیتهٔ شکست نشانه درجهٔ متلاشی شدن گرانول و ویسکوزیته برگشت نشانگر خاصیت ژله‌ای یا رتروگرادسیون است (Soponronnarit *et al.*, 2008). تأثیر آب و هوا بر شاخص‌های ویسکوزیته در ارقام مورد مطالعه روندی مشخص ندارد (شکل ۱۱).

جدول ٤- تجزیهٔ واریانس مرکب خصوصیات ویسکوزیته (میانگین مربعات) در دو منطقه

منابع تغییر	درجه آزادی	ویسکوزیته حداکثر	ویسکوزیته حداقل	ویسکوزیته شکست	ویسکوزیته نهایی	ویسکوزیته برگشت
منطقه	۱	۱۸۷۷۵۰**	۲۹۲۹۶۸/۷**	۱۱۶۵۶/۳*	۳۱۰۸/۳*	۶۶۱۵۶/۷**
خطای a	۲	۲۰۴۹/۴	۳۹۹/۷	۳۰۱۶/۷	۲۱۶۸/۳	۲۲۲/۱
رقم	۲	۲۰۵۵۸۱/۵**	۱۵۰۰۸۴**	۱۲۶۷۹/۷*	۱۹۰۳۰۸**	۶۲۱۵۳۱/۷**
رقم×منطقه	۲	۶۲۴۱۶۳/۶**	۶۶۰۳/۲*	۵۰۳۲۳۷/۶**	۱۹۰۳۰/۶**	۲۴۵۷۳۳**
خطای b	۴	۱۹۶۰/۹	۱۰۶۷	۹۹۴/۷	۲۰۲۳/۳	۷۰۹/۸
CV%		۱/۱	۱/۰۷	۳/۹	۱	۲/۸

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

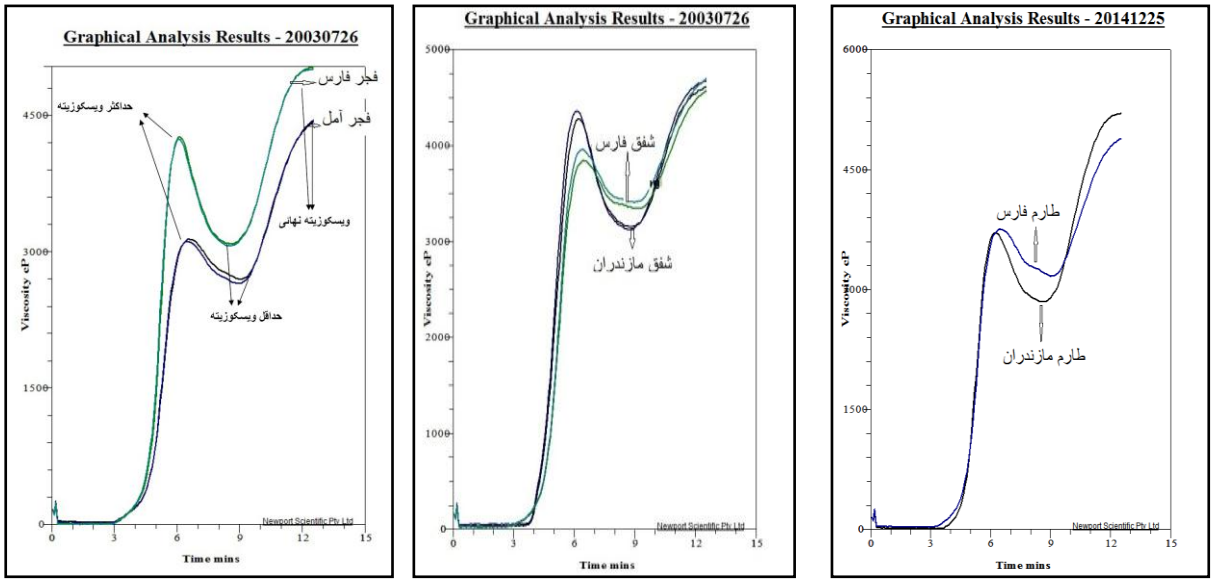
جدول ۵- مقایسهٔ میانگین داده‌های ویسکوزیته (سانتی‌پوآز)

منطقه	رقم	ویسکوزیته حداکثر	ویسکوزیته حداقل	ویسکوزیته شکست	ویسکوزیته نهایی	ویسکوزیته برگشت
فارس	فجر	۴۲۵۳^{a}	۳۰۷۵^{b}	۱۱۷۸^{a}	۵۰۲۵^{ab}	۷۷۲^{d}
	شفق	۳۹۰۳^{b}	۳۳۷۶^{a}	۵۲۶^{cd}	۴۶۳۵^{c}	۷۳۲^{d}
	طارم	۳۷۷۴^{b}	۳۱۶۱^{b}	۶۱۳^{c}	۴۹۱۷^{b}	۱۱۴۴^{c}
مازندران	فجر	۳۱۳۰^{c}	۲۶۷۷^{d}	۴۵۳^{d}	۴۴۳۹^{c}	۱۳۱۰^{b}
	شفق	۴۳۱۹^{a}	۳۱۳۹^{e}	۱۱۸۰^{a}	۴۶۴۱^{c}	۳۲۲^{e}
	طارم	۳۷۳۰^{b}	۲۸۵۹^{c}	۸۷۲^{b}	۵۱۹۱^{a}	۱۴۶۱^{a}

در هر ستون، حروف یکسان نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن شاخص‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است.

یافته‌های شو و همکاران (Shu *et al.*, 2007) نشان داد که ویسکوزیته نهایی ارقام در فصل پرباران بالاتر است. رقم طارم میزان ویسکوزیته نهایی بالاتری در مازندران داشته که پرباران است؛ اما در رقم فجر، ویسکوزیته نهایی در فارس بالاتر است که باران کمتری داشته است؛ در رقم شفق، تفاوتی از این نظر در دو منطقه دیده نمی‌شود. این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل ماهیت ژنتیکی ارقام برنج نیز باشد. کوپر و همکاران (Cooper *et al.*, 2008) ویسکوزیتهٔ ۶ رقم برنج را بررسی کردند که در مراحل رشد آن‌ها دماهای مختلف حاکم بوده است؛ این محققان اعلام کردند خصوصیات ویسکوزیته روند وابسته به دما ندارد یعنی به طور مشخص نمی‌توان گفت افزایش یا کاهش دمای محیط

سبب افزایش یا کاهش مشخصه‌های ویسکوزیته می‌شود. این گفته با نتایج این مقاله همخوانی دارد. از میان شاخص‌های ویسکوزیته دو مشخصه برای تفسیر صفات کیفی برنج بیشتر استفاده می‌شود. یکی، ویسکوزیته حداکثر و دیگری ویسکوزیته شکست است که هر دو بعد از گذشت زمان انبارمانی کافی برنج، بعد از چند ماه به سمت کاهش پیش می‌روند و نشان‌دهنده روند بهبود کیفیت هستند(Zhou *et al.*, 2002; Zhou *et al.*, 2003) . میزان این دو صفت در رقم شفق فارس کمتر از میزان این دو صفت در رقم شفق مازندران است که می‌تواند توجیه‌کننده دلایل استقبال این مناطق از رقم پرمحصول شفق باشد.



شکل ۱۱- مقایسه منحنی ویسکوزیته ارقام فجر، شفق و طارم محلی به تفکیک منطقه

نتیجه‌گیری

نتایج نشـان می‌دهد که منطقهٔ کشت بر خصوصیات کیفی برنج مؤثر است. تفاوت در دما و میزان بارندگی در دو منطقه وجود داشت که می‌توانند به‌عنوان فاکتورهای تأثیرگذار در خصوصیات کیفی مطرح گردند. از بین خصوصیات کیفی بررسی‌شده، بعضی فاکتورها الزاماً نشانهٔ بهتر یا بدتر شدن کیفیت هستند اما بعضی دیگر فقط تفاوت را نشان می‌دهند. برای مثال، دمای پایین‌تر منطقهٔ فارس سبب بهبود کیفیت پخت ازنظر طویل‌شدن دانه شده است. برنج، بعد از پخت، هرچه بلندقدتر شود بازارپسندی بهتری دارد. ارقام برنج در فارس عطر بیشتری داشته‌اند که از نظر مصرف‌کننده ایرانی یک ویژگی مثبت به‌حساب می‌آید اما ازنظر خصوصیات تبدیل ضعیف‌ترند و به دلیل کمتر بودن سختی دانه، درصد شکستگی بالاتری دارند که ازنظر تجاری فاکتوری منفی است. پروتئین دانه نیز در مناطق سردسیر تا حدودی پایین‌تر است که ازنظر تغذیه می‌تواند بااهمیت باشد. مقدار آمیلوز بالاتر و دمای ژلاتینه‌شدن کمتر در برنجِ به‌دست‌آمده از منطقهٔ سردسیر فارس صرفاً نشان‌دهنده تأثیر محیط بر این دو فاکتور است و به‌خودی‌خود نشان‌دهنده بهتر یا بدتر شدن کیفیت نیست. از بین همه خصوصیات ویسکوزیته، کاهش ویسکوزیته حداکثر و ویسکوزیتهٔ شکست برای رقم شفق در منطقهٔ سردسیر فارس اتفاق افتاده که با بهبود کیفیت رقم مرتبط است و می‌تواند یکی از دلایل استقبال این رقم در آن مناطق باشد. با اجرای این پروژه پاسخ این پرسش داده‌شده است که چرا بعضی از ارقام اصلاح‌شدهٔ پرمحصول به‌دست‌آمده در پاره‌ای از استان‌ها، نسبت به استان‌های شمالی، با استقبال بهتری مواجه می‌شوند.

قدردانی

این مقاله حاصل اجرای پروژهٔ تحقیقاتی مصوب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی است که با هزینهٔ مؤسسه تحقیقات برنج کشور و معاونت مازندران تهیه‌شـده است و بدین‌وسیله قدردانی مـی‌گردد.

مراجع

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

Ahmed, N., Maekawa, M. and Tetlow, J. 2008. Effect of low temperature on grain filling, amylose content, and activity of starch biosynthesis enzymes in endosperm of basmati rice. Australian Journal of Agricultural Research. 59(7): 599-604.

Counce, P. A., Bryant, R. J., Bergman, C. J., Bautista, R. C., Wang, Y. J., Siebenmorgen, T. J., Moldenhauer, K. A. K., and Meullenet, J. F. C. 2005. Rice milling quality, grain dimensions, and starch branching as affected by high nighttime temperatures. Cereal Chemistry. 82(6): 645-648.

Cooper, N. T. W., Siebenmorgen, T. J., Counce, P. A. and Meullenet, J. F. 2005. Explaining rice milling quality variation using a historical weather data analysis. Cereal Chemistry. 83(4): 447-450.

Cooper, N. T. W., Siebenmorgen, T. J. and Counce, P. A. 2008. Effects of nighttime temperature during kernel development on rice physicochemical properties. Cereal Chemistry. 85(3): 276–282.

Cruze, N. D. L., Kumar, I., Kuashik, R. P. and Khush, G. S. 1989. Effect of temperature during grain development on stability cooking quality component in rice. Japanese Journal of Breeding. 39(3): 299-306.

Fan, J., Siebenmorgen, T. J. and Yang, W. 2000. A study of head rice yield reduction of long and medium grain rice varieties relation to various harvest and drying condition. The American Society of Agricultural and Biological Engineers. 43(6): 1709-1714.

Fathi, N., Pirdashti, H., Nasiri, M. and Bakhshandeh, E. 2017. Effect of temperature during grain filling stage on some grain quality characteristics of rice under different local climates in Mazandaran province. Journal Plant Prod. 10(2): 141-154. (in Persian)

Jin, Z., Qian, C., Yang, J., Liu, H. and Jin, X. 2005. Effect of temperature at grain filling stage on activities of key enzymes related to starch synthesis and grain quality of rice. Rice Science.12(4): 261-266.

Juliano, B. O. 1985. Rice chemistry and Technology. The American Association of Cereal Chemist, USA.

Khush, G. S., Paul, C. and De la Cruze N. M. 1978. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI, Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality, IRRI, Los Banos, Philippines. 22-31.

Little, R. R., Hilder, G. B. and Dawson, E. H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chemistry. 35, 111-126.

Lu, R. and Siebenmorgen, T. J. 1995. Correlation of head rice yield to selected physical and mechanical properties of rice kernels. The American Society of Agricultural and Biological Engineers. 38(3): 889-894.

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.

Martin, M. and Fitzgerald, M. 2002. Proteins in rice grains influence cooking properties. Cereal Science. 36(3): 285-294.

Resurreccion, A. P., Hara, T., Juliano, B. O. and Yoshida, S. 1977. Effect of temprature during ripening on grain quality of rice. Soil Science and Plant Nutrition. 23 (1): 109-112.

Nouri, M. Z., Latifi, A., Habibi, F. and Hashemi, H. R. 2015. Study of the effects of grain protein on cooking quality of rice from various climate conditions. Research Report. No.47353. Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch. (in Persian)

Saif, S. M. H., Suter, D. A. and Lan, Y. 2004. Effect of processing conditions and environmental exposure on the tensile properties of parboiled rice. Biosystems Engineering. 89(3): 321-330.

Shu, Q. U., Zhu, X. Y., Yang, L., Wu, W. J. and Bucheli, P. 2007. Varietal and seasonal effect of rice on the physicochemical properties of rice flakes. Agricultural Science in China. 6(4): 422-429.

Singh, M. V.,Tripathi, H. N. and Tripathi, H. P. 1997. Effect of nitrogen and planting date on yield and quality of scented rice (Oryza sativa). Indian Journal of Agronomy. 42(4): 602-606.

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(2): 253-259.

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(2): 268- 276.

Sujatha, S. J., Ahmed, R. and Bhat, P. R. 2004. Physicochemical properties of raw and parboiled rice cultivated in the coastal region of Dashica, India. Food Chemistry. 86(2): 211-216.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C., 2002. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. Journal of Cereal Science. 35(1): 65–78.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C. 2003. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. Journal of Food Research. Internatuonal. 36(6): 625- 634.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C. 2007. Effect of storage temperature on cooking behavior of rice. Food Chemistry. 105(2): 491-497.

Food Engineering Research/Vol.17/No.64/Spring & Summer 2018/P:15-28

Evaluation of Physicochemical Properties of Rice Varieties in Two Different Regions of Iran

A. Latifi, M. Z. Nouri* and F. Habibi

* Corresponding Author: Member of Scientific Board at Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mazandaran,Iran.
Email: m.nouri@areeo.ac.ir
Received:21 May 2018 , Accepted: 31 July 2018

Some physicochemical properties of rice in two different regions of rice in Iran were evaluated.Tarom-Mahalli, Fajr and Shafagh cultivars were planted in Mazandaran and Fars provincesin 2012 with different climate conditions, and properties of milling, grain quality and viscosity were investigated. Significant differences have been observed for most of the quality parameters among the cultivars and locations, may be because of the differences in temperature and number of rainy days in the two regions. Fars has lower temperature and rainy days than Mazandaran. The percentage of broken rice, amylose content, alkali spreading value and aroma were higher in samples from Fars province. Rice samples of Mazandaran have higher hardness value. Pasting properties were measured by Rapid Visco Analyser were affected by climate but not in the same algorithm. Peak viscosity and break down viscosity were decreased significantly in fars shafagh varity. This indicated better quality of shafagh rice in fars province.

KeyWords: Cooking quality, Qualitative attributes, Transformation, Viscosity