Journal of Food Processing and Preservation
Print ISSN: 2322 - 2069
Online ISSN: 2322 - 2794

Evaluation of physicochemical properties, cooking quality, and heavy metals (lead and cadmium) of Champa rice

Zainab Moradi[1] | Mehrnoosh Tadayoni[2*] | Abdol Ali Gilani[3]

[1] Department of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
[2] Department of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran,
Email: m.t.tadayoni@gmail.com
[3] Agricultural Research Center, Agricultural Research Education and Extention Organization, Ahvaz, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 31.01.2019
Revised: 09.08.2019
Accepted: 22.03.2021

Keywords:
Champa
Heavy metals
Physico-chemical properties
Rice

ABSTRACT

Background and objectives: Rice is one of the most important agricultural crops and major food products of over 25% of the world's population. According to the increasing consumption of this crop, the quality of cultivated rice in different regions of the country is of great importance. In addition, the issue of rice pollution to heavy metals has caused public concern in the last decade and its measurment is necessary. Determination of the characteristics of different rice varieties will allow consumers and producers to prepare it according to their taste and need. Therefore, this study was conducted to evaluate the amount of lead and cadmium, physicochemical properties and cooking quality of champa rice in different regions of Baghmalek, Khuzestan.

Materials and methods: In this study, rice cultivated in different regions of Baghmalek was sampled in three replications and transferred to the laboratory for testing. Physicochemical tests including protein, moisture content, ash, total solid, amylose content and thousand grain weight were evaluated based on national standard of Iran. Cadmium and lead content of rice cultivated in different region of Baghmalek were evaluated. Cooking properties of studied rice including cooking time, water absorption, leakage, gelatinization score and rice elongation were evaluated. The tests were performed in a completely randomized design with SAS software and analyzed by Duncan test at a probability level of 5%.

Results: The results of proximate chemical composition (carbohydrate, protein, total solid, ash and moisture) showed that there was a significant difference between samples cultivated in different region of Baghmalek. Nearly in all samples, amylose content was in the range of 20-21%. The results of heavy metal evaluation indicated Cd in all samples were in permissible limit but lead content in both imported and cultivated rice of Sidon and Meydavoud exceeded standard permissible limit. Rice length was in medium category and elongation of rice was in the range of 1.39-1.74. The gelatinization grade of studied samples was in the range of 3.25-4.17. Evaluation of cooking properties including cooking time, water absorption and leakage indicated a significant difference between studied samples. Thousand grain weight of studied samples were in the range of 13.07-18.86 ($P<0.05$).

Conclusion: In general, selected rice samples from different regions of Baghmalek exhibited a significant difference in physicochemical

properties. With regard to cooking properties and quality, rice samples had desirable status and were comparable to imported rice. Evaluation of the safety status of studied rice samples suggests that the control of cultivated regions is necessary.

Cite this article: Moradi, Z., Tadayoni, M., Gilani, A.A. 2022. Evaluation of physicochemical properties, cooking quality and heavy metals (lead and cadmium) of Champa rice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13 (3), 133-150.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJFPP.2022.16216.1524
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵٤٤-۲٤۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲٤۲۳

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، کیفیت پخت و میزان فلزات سنگین (سرب و کادمیم) برنج چمپا

زینب مرادی[۱] | مهرنوش تدینی[۲*] | عبد العلی گیلانی[۳]

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.:
۲. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: m.t.tadayoni@gmail.com
۳. مرکز تحقیقات کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۰۲

واژه‌های کلیدی:
برنج
فلزات سنگین
خصوصیات فیزیکوشیمیایی
چمپا

چکیده

سابقه و هدف: برنج یکی از مهمترین محصولات کشاورزی و غذای اصلی بیش از ۲۵ درصد مردم جهان است. با توجه به مصرف فزایندهٔ این محصول کشاورزی، بررسی کیفیت و ویژگی‌های برنج کشت شده در مناطق مختلف کشور از اهمیت بالایی برخوردار است. علاوه بر این در دهه‌های اخیر، مساله آلودگی برنج به فلزات سنگین باعث نگرانی عمومی شده است، بنابراین ارزیابی آلودگی آن به فلزات سنگین ضروری است. تعیین ویژگی‌های ارقام برنج امکان تهیه برنج متناسب با ذائقه و نیاز را برای مصرف‌کننده و تولیدکنندگان فراهم می‌کند. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان سرب و کادمیم، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کیفیت‌پخت برنج چمپا کشت شده در مناطق مختلف باغملک خوزستان انجام گردید.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از برنج کشت شده در مناطق مختلف شهرستان باغملک، در سه تکرار، نمونه‌برداری و جهت انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل و مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های برنج (میزان پروتئین، چربی، رطوبت، آمیلوز، خاکستر، ماده خشک، فلزات سنگین، جذب‌آب و وزن هزار دانه)، همچنین ویژگی‌های پخت (نمره‌ی ژلاتینه‌شدن، ضریب ری‌آمدن و میزان نشت مواد) طبق استاندارد ملی ایران اندازه‌گیری شد. آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی و توسط نرم‌افزار SAS مورد بررسی قرار گرفتند و توسط شاخص دانکن و در سطح احتمال پنج درصد آنالیز شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های شیمیایی کلی شامل میزان کربوهیدرات، پروتئین، ماده خشک، خاکستر و رطوبت نشان داد تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های کشت شده در مناطق مختلف وجود داشت. میزان آمیلوز در همه نمونه‌های مورد بررسی به استثنای یک مورد در محدوده ۲۱-۲۰ درصد قرار داشت. نتایج حاصل از بررسی میزان فلزات سنگین کادمیم و سرب نشان داد میزان کادمیم در همه نمونه‌ها در محدوده مجاز استاندارد ولی میزان سرب در نمونه وارداتی محسن و نمونه کشت شده در مناطق صیدون و میدواد از حد مجاز استاندارد بالاتر بود. نمونه‌های مورد مطالعه از لحاظ طول در دسته دانه‌های متوسط قرار داشتند و ضریب ری‌آمدن دانه‌ها در محدوده ۱/۷۴-۱/۳۹ بود. نمره ژلاتینه شدن نمونه‌های مورد بررسی با هم اختلاف معنی‌داری داشته و در محدوده ۴/۱۷-۳/۲۵ قرار داشت.

همچنین بررسی ویژگی‌های پخت نمونه شامل زمان پخت، جذب آب و نشت مواد حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود دارد. وزن هزار دانه نمونه‌های مورد بررسی نیز در محدوده ۱۸/۸۶-۱۳/۰۷ تفاوت معنی‌داری نشان دادند (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد، برنج‌های مورد مطالعه از لحاظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین با توجه به بررسی ویژگی‌های پخت در وضعیت مناسبی قرار داشتند که با برنج وارداتی مورد مطالعه قابل مقایسه بود. بررسی وضعیت سلامت نمونه‌های مورد بررسی حاکی از لزوم اعمال کنترل بیشتر بر مناطق کشت برنج بود.

استناد: مرادی، ز.، تدینی، م.، گیلانی، ع. (۱۴۰۰). بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، کیفیت پخت و میزان فلزات سنگین (سرب و کادمیم) برنج چمپا. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۳(۳)، ۱۳۳-۱۵۰.

DOI: 10.22069/EJFPP.2022.16216.1524

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

برنج یکی از گیاهان مهم تیره غلات و تأمین‌کننده بخش زیادی از کالری مورد نیاز روزانه انسان‌ها (به‌ویژه در کشورهای آسیایی) به حساب می‌آید. این محصول یک سوم کل سطح زیر کشت جهانی غلات را به خود اختصاص داده است و انرژی مورد نیاز حدود ۲/۷ میلیارد نفر در جهان را تأمین می‌کند (۲۶). در حدود ۹۵ درصد تولید برنج جهان در چین، هند و جنوب شرقی آسیا است (۲). بنابراین این محصول زراعی یکی از مهمترین محصولات صادراتی در اقتصاد آسیا محسوب می‌شود. در ایران برنج با سرانه مصرف ۴۲/۵ کیلوگرم در سال به‌عنوان دومین محصول پرمصرف کشور پس از گندم محسوب می‌شود (۲۹). استان خوزستان نیز پس از استان‌های گیلان و مازندران با تأمین ۹ درصد از برنج کشور، سومین استان کشور از نظر تولید برنج باکیفیت و شهرستان باغملک با بیش از ۳ هزار هکتار شالیزار برنج، رتبه اول کشت در خوزستان را به خود اختصاص داده است (۲۳). از آن‌جا که ارقام مختلف برنج در دامنه وسیعی از شرایط، کشت می‌شوند، این ارقام تحت تأثیر متغیرهای محیطی مانند سطوح مختلف حاصلخیزی، درجه حرارت، رطوبت، نوع خاک و عملیات زراعی ویژگی‌های متفاوتی را به‌دست می‌آورند (۱). با توجه به فرهنگ مصرف ایرانیان، کیفیت محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کیفیت برنج بستگی به ویژگی‌های ظاهری، پخت، طعم و عطر آن دارد و تعیین ویژگی ارقام مختلف برنج این امکان را برای مصرف‌کننده فراهم می‌آورد که برنج مصرفی خویش را بر اساس ذائقه خود خریداری نماید. همچنین می‌توان با شناسایی ویژگی‌های هر رقم، از آن برای تولید محصولات غذایی متنوع و جانبی نیز استفاده نمود.

افزایش جمعیت و صنعتی شدن جوامع، استفاده از فلزات در صنایع مختلف و مصرف سوخت‌های فسیلی، باعث پیدایش آلودگی محیط زیست شده است. از طرفی فلزات سنگین در اکوسیستم‌ها نفوذ کرده، وارد زنجیره غذایی می‌شوند و اثرات بسیار جدی و خطرناکی بر فعالیت متابولیکی و فیزیولوژیکی موجودات به جای می‌گذارند (۳۰). به‌طورکلی پساب واحدهای صنعتی، کشاورزی، حمل و نقل، مواد حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی، فرسایش زمین، فضولات انسانی و دامی و پساب ناشی از پرورش دام، منابع تشکیل‌دهنده فلزات سنگین هستند (۴۱). خطر اصلی فلزات سنگین به علت ویژگی تجمع‌پذیری آن‌ها در بدن موجودات زنده است که از طریق زنجیره غذایی در کل اکوسیستم به گردش درآمده و در اثر فعل و انفعالات شیمیایی به مواد سمی و سرطان‌زا تبدیل می‌شوند (۴۴). وارد شدن بیش از اندازه این فلزات به بدن باعث ایجاد عوارض و صدماتی چون اختلالات عصبی، گوارشی، استخوانی، اختلال در عمل آنزیم‌ها، کلیه‌ها، بیضه‌ها، مراکز خون‌ساز و عقب‌ماندگی ذهنی و سرطان خواهد شد. سازمان خواربار کشاورزی ملل متحد[1] (FAO) غلظت مجاز کادمیم و سرب در برنج را به‌ترتیب ۰/۲ و ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک تعیین کرده است. استاندارد ملی ایران حد مجاز فلزات سنگین کادمیم و سرب را بر اساس استاندارد ۱۲۹۶۸ در برنج به‌ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک تعیین کرده است (۱۸). در میان محصولات کشاورزی، برنج محصول ویژه با قابلیت جذب و تجمع بالای کادمیم، سرب و آرسنیک است. مطالعات نشان داده‌اند

1. Food and Agriculture Organization

که میزان آلودگی با فلزات سنگین در برنج تحت تأثیر فرآیندها و روش‌های پخت برنج قرار می‌گیرد. شکرزاده و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی میزان فلزات سنگین در آب آبیاری و برنج رقم طارم تولیدی مزارع شهرهای مرکزی استان مازندران نشان دادند میزان فلزات سنگین کادمیم و سرب نیز در نمونه برنج منطقه جویبار بالاتر از حد استاندارد بود (۴۳). اوریسکاو و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقات خود نشان دادند که غلظت فلزات سنگین در محلول خاک، نقش حیاتی در کنترل قابلیت دسترسی فلز برای گیاهان به عهده دارد (۳۳). کلاه‌کج و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی میزان آرسنیک در نمونه‌های برنج و دوز ورودی به انسان در منطقه میداود خوزستان، به این نتیجه رسیدند که میزان آرسنیک در ۳۰ درصد از نمونه‌های برنج بالاتر از حد مجاز بود (۲۳). همچنین محمدی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند میزان سرب و کادمیم در برنج‌های ایرانی و وارداتی بالاتر از حد مجاز و استاندارد غذا و دارو بود (۲۷). همچنین رمضانی و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی میزان کادمیم و سرب در دو رقم برنج کشت‌شده در سه منطقه مختلف خوزستان خوزستان نشان دادند میزان سرب در برنج رقم چمپا و سایر ارقام مورد مطالعه بیشتر از حد مجاز ولی میزان کادمیم در محدوده مجاز استاندارد بود (۳۶). مسیبی و میرزایی (۲۰۱۴) نیز در پژوهشی به میزان آلودگی مایکوتوکسین‌ها و فلزات‌سنگین در برنج‌های وارداتی استان گلستان پرداختند. نتایج مشخص کرد میزان آلودگی برنج به مایکوتوکسین‌ها و فلزات‌سنگین وارد شده از کشورهای پاکستان و هند جهت مصارف خوراکی، مطابق استاندارد و در محدوده مجاز قرار داشت (۲۹). در مطالعات انجام شده در سال‌های مختلف و ارقام متفاوت برنج کشت شده در مناطق مختلف ایران مغایرت‌هایی از لحاظ مطابقت یا عدم مطابقت با استانداردهای موجود گزارش شده که این موضوع با توجه به متغیرهای مذکور دور از انتظار نیست. حبیبی و یحیی‌نژاد (۲۰۱۵) در بررسی ارقام مختلف برنج ایرانی نشان دادند بین میزان آمیلوز، درجه‌ی ژلاتینی‌شدن و قوام ژل تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود اما از نظر مقادیر آمیلوز و آمیلوپکتین، انحلال‌پذیری در آب، درجه پلیمری‌شدن آمیلوز و آمیلوپکتین تفاوت معنی‌داری وجود دارد (۱۳). در رابطه با کیفیت برنج‌های تولیدشده در مناطق مختلف مطالعات گوناگونی صورت گرفته است؛ به‌طور مثال سینگ و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که برنج‌های با کیفیت پخت مطلوب دارای میزان متوسطی از دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و درصد آمیلوز هستند (۴۴). با توجه به اینکه تاکنون گزارش جامعی پیرامون شناسایی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، کیفیت پخت برنج چمپا کشت شده در مناطق مختلف شهرستان باغملک انجام نشده است، لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان سرب و کادمیم، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و پخت برنج چمپا در مناطق مختلف شهرستان باغملک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: در این پژوهش از برنج رقم چمپا تولید شده در هشت منطقه متفاوت شهرستان باغملک (کلگه، صیدون، اومندون، تیغن، میداود، سرپوشیده، طلاور و باغملک) به مقدار ۳ کیلوگرم در سه تکرار، نمونه‌برداری و جهت انجام آزمایشات مختلف به آزمایشگاه منتقل گردید. برنج وارداتی محسن نیز به عنوان نمونه شاهد انتخاب شد. کلیه محلول‌ها و مواد آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان خریداری گردید.

بررسی ویژگی‌های شیمیایی: اندازه‌گیری رطوبت و خاکستر مطابق با استاندارد ملی ایران (۱۳۸۹) به شماره‌های ۲۷۰۵ و ۱۰۳ صورت پذیرفت (۲۶). برای

اندازه‌گیری میزان پروتئین، ابتدا از روش کجلدال میزان نیتروژن برآورد شد و سپس از ضرب مقدار نیتروژن در ضریب ۵/۹۵ مقدار پروتئین مشخص گردید (۴۲).

اندازه‌گیری ماده خشک: نمونه‌ها درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شد. این پاکت‌ها به آون دارای دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد منتقل و به‌مدت ۴۸ ساعت (تا تثبیت وزن ماده) در این دما نگه‌داری شدند. پس از خشک شدن، وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید (۳۱).

اندازه‌گیری آمیلوز: برای تعیین مقدار آمیلوز ۱۰۰ میلی‌گرم آرد برنج با رطوبت ۱۲ درصد به یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل، سپس ۱ میلی‌لیتر الکل اتیلیک و ۹ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سدیم اضافه شده و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام جوش قرار داده شد. پس از خارج نمودن و سرد شدن نمونه، با آب مقطر به حجم رسانده شد. پس از ۲۴ ساعت ۵ میلی‌لیتر از محلول به یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل و ۱ میلی‌لیتر اسید استیک و ۲ میلی‌لیتر محلول ید به آن اضافه گردید و محلول مورد نظر به حجم رسانده شد. پس از گذشت ۲۰ دقیقه، مقدار جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید (۲۰).

اندازه‌گیری فلزات سنگین: اندازه‌گیری کادمیم و سرب طبق استاندارد ملی ایران ۱۳۸۱ به شماره‌های ۵۶۱۶ و ۵۳۳۹ صورت گرفت (۱۹).

بررسی ویژگی‌های پخت- اندازه‌گیری طول و عرض دانه‌های برنج قبل و بعد پخت (میزان ری-آمدن): به‌منظور اندازه‌گیری طول و عرض دانه برنج قبل و بعد از پخت ابتدا از برنج کشت‌شده در هر منطقه، ۱۰ دانه انتخاب شده و طول و عرض آن‌ها توسط کولیس و در سه تکرار اندازه‌گیری شد. پس از انجام عملیات پخت، طول و عرض دانه‌ها بار دیگر توسط کولیس اندازه‌گیری شد تا اندازه آن‌هابعد از پخت نیز به دست آید. میزان ری آمدن از نسبت بین طول برنج پخته شده به طول برنج پخته نشده (خام) محاسبه شد (۴۴).

بررسی ویژگی‌های پخت-نمره ژلاتینه‌شدن: در این آزمون دانه‌های برنج در داخل محلول هیدروکسید پتاسیم رقیق قرار گرفته و درجه‌حل‌شدن دانه‌ها در محیط قلیا با دادن نمره در تک تک دانه‌ها تعیین شد. هدف از این آزمون تعیین نمره‌ی ژلاتینی‌شدن دانه برنج در محلول پتاس به مدت ۲۳ ساعت می‌باشد. بدین صورت حد پایین، متوسط و یا بالای درجه حرارت ژلاتینی شدن تعیین می‌گردد. معمولاً دامنه تغییرات آن از ۵۵ تا ۷۹ درجه سانتی‌گراد و مقیاس پخش در قلیا با نمره (۲-۷) می‌باشد (۲۵، ۱۳).

بررسی ویژگی‌های پخت-اندازه‌گیری جذب آب: جهت اندازه‌گیری میزان جذب آب توسط برنج، ۲ گرم از برنج را درون لوله ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید و در حمام آب جوش گذاشته شد. زمان پخت از طریق برداشتن دانه در فواصل زمانی مختلف و فشردن بین دو ظرف شیشه‌ای تا زمانی که هیچ باقی نماند، محاسبه گردید. دانه‌های پخته‌شده آبکش‌شده و برای این‌که آب سطحی خشک شود؛ روی کاغذ صافی فشرده شد. سپس به دقت وزن و میزان جذب آب اندازه‌گیری شد (۳۲).

بررسی ویژگی‌های پخت-میزان نشت مواد: برای تعیین مقدار مواد جامد از دست رفته، بشر حاوی لعاب باقیمانده به مدت ۲۰ ساعت در حرارت ۵۰ الی ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در آون قرار داده شد تا کلیه آب اضافی خارج شود. بشر با مواد داخل آن را وزن نموده و با کسر کردن از وزن بشر مقدار مواد جامد محاسبه گردید (۳۲، ۲۰).

بررسی ویژگی‌های فیزیکی برنج-وزن هزار دانه: تعداد پنجاه عدد از دانه برنج را شمارش کرده و بعد با استفاده از رابطه ۱، وزن هزار دانه محاسبه گردید.

رابطه ۱.

$$\text{وزن هزار دانه} = (\text{وزن دانه شمارش شده}) / (\text{تعداد دانه شمارش شده}) \times 1000$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها: بدین منظور آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام و نتایج توسط نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد آنالیز گردید. همچنین جهت رسم شکل نیز از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد.

نتایج و بحث

آنالیز واریانس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ظاهری و شاخص‌های پخت نمونه‌های برنج در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های مختلف برنج

Table1 - Analysis of variance of physicochemical properties of different rice samples

منابع تغییرات Sources of changes	میانگین مربعات Sum of square				
	رطوبت Moisture	خاکستر Ash	پروتئین Protein	آمیلوز Amylose	نمره ژلاتینه شدن Gelatinization degree
تیمار Treatment	1.168**	0.0354**	1.279**	11.715**	0.425**
خطا Error	0.004	0.0018	0.0012	0.556	0.079
ضریب تغییرات Coefficient of variation	0.77	1.11	0.346	0.81	7.41

** معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، NS عدم معنی‌داری

Significant at P < 0.05 level; NS: not significant

ویژگی‌های شیمیایی: نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های شیمیایی برنج شامل میزان کربوهیدرات، پروتئین، ماده خشک، خاکستر و رطوبت در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، در رابطه با ویژگی‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های برداشت شده از مناطق مورد بررسی مشاهده می‌شود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه‌های برنج علاوه بر نوع رقم، شرایط نگهداری و برداشت، تحت تأثیر درجات سفید کردن و نوع دستگاه‌های مورد استفاده نیز قرار می‌گیرد؛ به‌طوری‌که با افزایش درجات سفید کردن، میزان فاکتورهای پروتئین، چربی و مواد معدنی ممکن است کاهش یابد (۲۲). البته این متغیر در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته و نمونه برنج‌های آماده برای این مطالعه انتخاب شدند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین و پایین‌ترین میزان درصد رطوبت موجود در برنج‌های کشت‌شده به‌ترتیب در مناطق صیدون و طلاور با مقدار ۱۲/۲ درصد و ۷/۶ درصد بود (P<۰/۰۵). مطالعات انجام شده نشان می‌دهند شرایط رشد برنج و دما بر میزان پروتئین دانه و همچنین فصل‌های مختلف کشت بر ویژگی‌های شیمیایی برنج موثر است. طبق گزارشات میزان پروتئین و برخی فاکتورهای کیفی در اقلیم‌های متفاوت محلی به‌دلیل تغییر دمایی اختلاف معنی‌داری داشته است (۲۲). ولی در رابطه با اثر منطقه کشت بر سایر ویژگی‌های شیمیایی برنج گزارشی مشاهده نگردید. در این راستا بر اساس نتایج آلاکا و همکاران (۲۰۱۱) درصد رطوبت برنج‌های یکی از مناطق

نیجریه در تطابق با نتایج این پژوهش است (۳). جولیانو و ویارئال (۱۹۹۳) مقدار بهینه رطوبت برای بسته‌بندی را زیر ۱۴ درصد گزارش کردند. دوبرادران و همکاران (۱۳۹۲) درصد رطوبت در برنج‌های مصرفی شهر بوشهر را ۱۲/۳ درصد گزارش کرده‌اند (۲۰). برنج‌های کشت شده در مناطق اومندون و محسن به‌ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین درصد پروتئین بودند (P<۰/۰۵). پروتئین یکی از عوامل موثر بر کیفیت پخت بوده و می‌تواند بر ویژگی‌های چسبندگی، سختی دانه و مقدار جذب آب در حین پخت یا پس از آن مؤثر باشد (۱۳). مقدار پروتئین به‌دست‌آمده برای ارقام مختلف برنج در این تحقیق مطابق با سایر تحقیقات است که در آن‌ها میزان پروتئین در برنج سفید حدود ۱۰-۵ درصد گزارش شده است (۴۵، ۳۱). محتوای پروتئینی دانه برنج به عوامل بسیاری مانند نوع رقم و شرایط کشت وابسته است. در مطالعه‌ی انجام شده بر دو رقم برنج چینی درصد پروتئین در محدوده ۱۵/۷-۶ درصد گزارش شده است (۳۴). مقدار چربی در همه نمونه‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر صفر تعیین شد. به‌طورکلی اندازه‌گیری مقدار خاکستر می‌تواند به‌عنوان معیاری از اندازه‌گیری مواد معدنی محسوب گردد. در واقع مقدار بالای خاکستر موجود در برنج آسیاب‌شده، نشانگر کیفیت مناسب مواد معدنی در نمونه‌های برنج است. در این مطالعه، نمونه‌های برنج مناطق اومندون و تیغن به‌ترتیب با بالاترین و پایین‌ترین مقدار خاکستر دارای تفاوت معنی‌داری با دیگر نمونه‌ها بودند (P<۰/۰۵). آلاکا و همکاران (۲۰۱۱) درصد خاکستر موجود در برنج‌های یکی از مناطق نیجریه را بین ۰/۸ تا ۲/۴ درصد گزارش کردند (۳). نتایج بدست آمده (جدول۱) نشان می‌دهد که برنج محسن و اومندون با میانگین ۴۰/۱۷ و ۳۴/۰۹ به‌ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین میزان کربوهیدرات در بین سایر نمونه‌ها بودند (P<۰/۰۵). برنج‌های کشت‌شده در مناطق باغملک و محسن دارای بیشترین و کمترین میزان ماده خشک نسبت به سایر نمونه‌ها بود (P<۰/۰۵).

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی نمونه‌های مختلف برنج

Table 2- Chemical compositions of different rice samples

رقم Variety / ترکیبات Compositions	محسن Mohsen	کلگه Kalgeh	صیدون Sidon	اومندون Avmandvn	تیغن Tyghen	میداود Maydavoudi	سرپوشیده Sarpoushideh	طلاور Talavar	باغملک Baghmalek
پروتئین Protein	6.94±0.1^{h}	8.69±0.2^{b}	7.26±0.2^{h}	8.93±0.2^{a}	7.82±0.1^{f}	8.05±0.2^{d}	7.98±0.2^{e}	7.5±0.1^{g}	8.37±0.2^{c}
کربوهیدرات Carbohydrate	40.17±0.3^{a}	38.79±0.4^{b}	36.29±0.7^{d}	34.09±0.6^{f}	37.5±0.5^{c}	35.15±0.7^{e}	35.15±0.7^{e}	35.15±0.8e	37.5±0.8^{c}
رطوبت Moisture	9.8±0.4^{a}	9.3±0.6^{b}	8.6±0.1^{e}	8.72±0.1^{d}	8.1±0.1^{g}	9.1±0.2^{c}	8.3±0.1^{f}	8.1±0.2^{g}	7.99±0.1^{g}
ماده خشک Dry matter	90.2±0.9^{e}	90.2±0.7^{d}	91.4±0.6^{c}	91.3±0.5^{c}	91.9±0.5^{b}	90.9±0.7^{d}	91.7±0.7^{b}	91.9±0.7^{b}	92.34±0.8^{a}
خاکستر Ash	0.85±0.001^{e}	0.94±0.004^{c}	0.92±0.001^{d}	1.02±0.009^{a}	0.69±0.003^{g}	0.93±0.01c^{d}	1.01±0.1^{a}	0.79±0.003^{f}	0.98±0.001^{b}

درصد آمیلوز: آمیلوز بخش مهمی از ترکیب نشاسته است و مقدار آن به‌عنوان مهمترین فاکتور مؤثر بر کیفیت پخت می‌باشد (۱۱). هرچه مقدار آمیلوز در نشاسته دانه برنج بیشتر باشد، میزان چسبندگی نهایی بیشتر و در نتیجه دانه‌های برنج پس از پخت خشک و سفت می‌شود (۵). به‌عبارت دیگر ارقام

برنج با میزان آمیلوز پایین (کمتر از ۱۰ درصد) بعد از پخت نرم و چسبنده هستند، ارقام برنج با میزان آمیلوز متوسط (۲۵-۲۰ درصد) پس از پخت دانه نرم و تا ساعت‌ها پس از پخت حالت نرمی خود را حفظ می‌کنند و ارقام با میزان آمیلوز بالا (۳۳-۲۵ درصد) بعد از پخت خشک و سفت می‌شوند (۳۷، ۱۳). بر اساس نتایج بدست‌آمده همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میزان آمیلوز نمونه‌های مختلف تفاوت معنی‌دار ($P<0/05$) دارند. همان‌طور که اشاره شد، بالاتر بودن و پایین‌تر بودن بیش از اندازه مقدار آمیلوز تأثیر منفی بر ویژگی‌های پخت برنج می‌گذارد. اما نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، میزان آمیلوز در همه نمونه‌ها به استثنای نمونه کلگه در محدوده ۲۰-۲۵ درصد قرار دارد و این بدان معناست که برنج این مناطق پس از پخت نرم، متورم و کاملاً از هم جداشده و مدت‌ها پس از پخت نرم می‌ماند (۴۴). لین و همکاران (۲۰۰۵) نیز در پژوهش خود نشان دادند که میزان آمیلوز، تحت تأثیر عوامل محیط قرار دارد و بنابراین نمونه‌های مناطق مختلف میزان آمیلوز متفاوتی دارند (۲۴).

جدول ۳- مقدار آمیلوز نمونه‌های مختلف برنج.

Table 3- Amylose content (%) of different rice samples

رقم برنج Rice variety	محسن Mohsen	کلگه Kalgeh	صیدون Sidon	اومندون Avmandvn	تیغن Tyghen	میداود Maydavoudi	سرپوشیده Sarpoushideh	طلاور Talavar	باغملک Baghmalek
درصد آمیلوز Amylose content (%)	21.3±0.6^{c}	26.8±0.8^{a}	21.9±0.7^{b}	21.5±0.6^{c}	20.7±0.5^{d}	21.3±0.6^{c}	21.3±0.6^{c}	20.6±0.5^{d}	20±0.5^{e}

غلظت عناصر سنگین: در دهه‌های اخیر، وجود فلزات سنگین باعث ایجاد مشکلات و معضلات زیست‌محیطی فراوانی برای انسان‌ها و دیگر موجودات شده است. آلودگی برنج به فلزات سنگین تحت شرایط خاصی از قبیل آلودگی آب، خاک و نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و فاضلاب‌های مربوطه، اتفاق می‌افتد (۹). بنابراین بررسی مقدار و چگونگی ورود این فلزات به مواد غذایی و راه‌های مقابله با آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. مطابق استاندارد ملی ایران (شماره ۱۲۹۶۸) بیشینه مقدار مجاز کادمیم و سرب در برنج به‌ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد میزان کادمیم در همه نمونه‌های برنج مورد مطالعه (پایین‌تر از حد استاندارد) و در محدوده ۰/۰۱۸- ۰/۰۴۷ و کمتر از مقدار گزارش شده در مطالعه زنگ و همکاران (۲۰۰۸) بود (۴۹). زززولی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی میزان کادمیم و سرب ۷۲ نمونه برنج کشت شده در زمین‌های کشاورزی بابل استان مازندران، میزان کادمیم را غیر قابل تشخیص و میانگین میزان سرب ۶/۴± ۱۱/۵ میکروگرم بر گرم گزارش کردند (۴۸). اما میزان سرب در برنج وارداتی محسن و برنج‌های نمونه‌برداری شده از مناطق صیدون و میداود بالاتر از حد مجاز بود. علت این موضوع، نزدیکی مزارع به کارخانه‌های صنعتی، تجمع پساب‌ها و آلاینده‌ها در کشت‌زارها، آلوده‌شدن آب‌های این مناطق و فاضلاب‌های وابسته به آن‌ها و استفاده از آفت‌کش‌ها در مزارع می‌باشد. درحقیقت جذب سرب از طریق ریشه گیاه به pH، نوع رسوبات و میزان آلودگی‌های آلی خاک بستگی دارد. خاک‌هایی که در معرض پس‌ماند آب‌های ثابت قرار می‌گیرند، مقدار سرب در آن‌ها افزایش پیدا می‌کند (۴۹). در این راستا رمضانی و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی غلظت سرب و کادمیم در برنج‌های کشت‌شده در خوزستان به این نتیجه رسیدند که غلظت سرب در برنج چمپا

۰/۴۴ و بالاتر از حد استاندارد بود اما غلظت کادمیم در محدوده مجاز اعلام شد (۳۶). همچنین مسیبی و میرزایی (۲۰۱۳) در بررسی ۸۰ نمونه برنج وارداتی نشان دادند، میانگین غلظت سرب و کادمیم به ترتیب ۰/۰۶۷ و۰/۰۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (۲۹). نتایج تحقیق دو برادران و همکاران (۲۰۱۳) و هدایتی فر و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داد که میزان فلزات سنگین کادمیم، سرب و آرسنیک در برنج‌های مورد مطالعه استان لرستان (خرم آباد، درود و بروجرد) از حد استاندارد کمتر می‌باشد (۱۵، ۱۲). در مطالعه‌ای دیگر کاباتا پندیاس (۲۰۰۰) میزان سرب و کادمیم در غلات جهان را به ترتیب ۰/۱–۱/۰۸ و ۰/۰۱۳–۰/۲۲ گزارش کرده است (۲۱).

اوریسکاوی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقاتی مشابه نشان دادند که غلظت فلزات سنگین در محلول خاک، نقش حیاتی در کنترل قابلیت دسترسی فلز برای گیاهان به عهده دارد؛ به‌طوری‌که افزایش سطح غلظت عناصر سنگین در خاک، منجر به افزایش غلظت و جذب عنصر در گیاه می‌شود (۳۳). به‌طور کلی تفاوت مقدار عناصر سنگین در برنج‌های کشت شده در مناطق مختلف را می‌توان به تفاوت غلظت عناصر سنگین در مناطق مختلف، نوع و مرحله رشد گیاه، نوع خاک و عوامل محیطی نسبت داد (۳۷).

جدول ۴- غلظت عناصر کادمیم و سرب در نمونه‌های برنج.

Table 4- Concentration of Cd and Pb in Rice Samples.

رقم برنج Rice variety	محسن Mohsen	کلگه Kalgeh	صیدون Sidon	اومندون Avmandvn	تیغن Tyghen	میداود Maydavoudi	سرپوشیده Sarpoushideh	طلاور Talavar	باغملک Baghmalek
	میزان کادمیم و سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) The Cd and Pb content (mg/ kg)								
کادمیم Cd	0.04±0.04^{ab}	0.03±0.02^{bc}	0.03±0.03^{ab}	0.02±0.01^{c}	0.04±0.04^{ab}	0.05±0.04^{a}	0.02±0.03^{bc}	0.02±0.01^{bc}	0.02±0.01^{c}
سرب Pb	0.16±0.003^{bc}	0.12±0.002^{cd}	0.27±0.006^{a}	0.08±0.001^{d}	0.00±0.000^{e}	0.18±0.003^{b}	0.12±0.002^{c}	0.12±0.002^{cd}	0.12±0.002^{cd}

ویژگی‌های پخت برنج: بررسی و مطالعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی منجر به درک بهتر کیفیت پخت ارقام مختلف برنج می‌شود. کیفیت پخت تحت تأثیر عواملی مانند درصد آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینه‌شدن، قوام ژل و ضریب ری‌آمدن (ضریب رعنایی) قرار می‌گیرد. از میان صفات فوق، قوام ژل، میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه‌شدن که مربوط به نشاسته می‌باشند، تأثیر بیشتری بر کیفیت پخت دارند (۱۷). در موسسه تحقیقات کشور ارقامی از برنج که دامنه متوسطی از هر سه ویژگی را داشته باشند، به‌عنوان ارقامی با کیفیت پخت مطلوب شناخته می‌شوند (۴). گزارش‌های مختلف نشان می‌دهند که بسیاری از ارقام برنج که دارای میزان آمیلوز مشابهی هستند، از نظر ویژگی‌های چسبندگی دانه‌های نشاسته متفاوت هستند. بنابراین ویژگی چسبندگی نشاسته نیز می‌توانند در تعیین کیفیت پخت برنج مورد استفاده قرار گیرد (۱۰). در تحقیقات اخیر علاوه بر آمیلوز، سایر ویژگی‌های نشاسته مرتبط با ساختمان آن همچون نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین، درجه پلیمری‌شدن و میزان انشعاب زنجیره به عنوان عوامل تأثیرگذار بر کیفیت پخت بررسی می‌شوند (۴۵).

طول و عرض دانه‌های برنج قبل و بعد از پخت: کیفیت دانه برنج در نقاط مختلف دنیا دارای تعاریف و شاخص‌های متفاوتی است. به عنوان مثال مصرف‌کنندگان ایرانی برنج‌هایی با دانه‌های بلند و جدا از هم را ترجیح می‌دهند (۳۵). همچنین طول

دانه نیز یکی از جنبه‌های ظاهری و فیزیکی در کیفیت برنج محسوب می‌شود و نقش بسیار مهمی را در بازارپسندی و قیمت آن دارد. ضریب ری‌آمدن و افزایش طول پس از پخت یکی از معیارهای مهم در کیفیت آن است. نتایج آزمایشات نشان داد، طول دانه‌های برنج قبل از انجام مراحل پخت بین ۵/۸۵-۵/۴۹ و بعد از پخت بین ۹/۵۶-۸/۱۶ میلی‌متر در مناطق مختلف باغملک متغیر بود. همچنین طول دانه برنج وارداتی محسن در دو مرحله (قبل و بعد از پخت) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر نمونه‌ها بود (جدول ۵). اما سایر نمونه‌های بومی باغملک از لحاظ آماری اختلاف طول معنی‌داری قبل از پخت با هم نداشتند ($P>0/05$). ضریب ری‌آمدن دانه برای نمونه‌های مختلف برنج بین ۱/۷۴-۱/۳۹ متغیر بود و برنج‌های منطقه میداود و باغملک بالاترین ضریب را به خود اختصاص دادند. همان‌طور که قبلاً به آن اشاره شد کیفیت دانه برنج به‌صورت کیفیت تبدیل، کیفیت ظاهری دانه، کیفیت پخت، کیفیت غذایی و کیفیت خوراک ارزیابی می‌گردد. دانه‌ها از نظر طول (میلی‌متر) به دانه‌های خیلی بلند (بیش از ۷/۵)، بلند (۷/۵-۶/۶۱)، متوسط (۶/۶-۵/۵۱) و کوتاه (۵/۵ میلی‌متر و یا کمتر) تقسیم می‌شوند. بر اساس تقسیم‌بندی مذکور برنج‌های کشت‌شده در مناطق مختلف باغملک از نظر طول در دسته دانه‌های متوسط قرار می‌گیرند.

جدول ۵- طول دانه برنج قبل و بعد از پخت.

Table 5- Length of rice grain before and after cooking.

رقم برنج Rice variety	طول دانه برنج (میلی‌متر) Rice grain length (mm)								
	محسن Mohsen	کلگه Kalgeh	صیدون Sidon	اومندون Avmandvn	تیغن Tyghen	میداود Maydavoudi	سرپوشیده Sarpoushideh	طلاور Talavar	باغملک Baghmalek
بعد از پخت After cooking (mm)	13.55±0.9^{a}	8.16±0.5^{i}	8.19±0.5^{h}	9.15±0.6^{f}	9.20±0.6^{e}	9.56±0.7^{c}	9.49±0.8^{d}	9.09±0.5^{g}	9.89±0.7^{b}
قبل از پخت Before cooking (mm)	8.89±0.5^{a}	5.85±0.3^{b}	5.54±0.2^{b}	5.73±0.3^{b}	5.54±0.2^{b}	5.49±0.2^{b}	5.62±0.2^{b}	5.69±0.3^{b}	5.69±0.3^{b}
میزان ری‌آمدن Elongation of rice (mm)	1.52±0.04^{bc}	1.39±0.02^{cd}	1.48±0.03^{c}	1.60±0.05^{b}	1.66±0.07^{ab}	1.74±0.08^{a}	1.69±0.07^{ab}	1.62±0.05^{b}	1.74±0.08^{a}

در جدول ۶ مقایسه عرض دانه برنج قبل و بعد از پخت در نمونه‌های مختلف نشان داده شده است. قبل از انجام مراحل پخت، برنج محسن و برنج صیدون به ترتیب با میانگین‌های ۱/۷۹۳ و ۲/۳۱۹ میلی‌متر دارای کمترین و بیشترین عرض دانه بودند. اما برنج‌های کشت‌شده در مناطق بومی باغملک از نظر عرض قبل از پخت اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. پس از پخت عرض دانه‌های کشت‌شده در مناطق مختلف باغملک اختلاف قابل ملاحظه‌ای نشان نمی‌دهند ولی عرض دانه محسن نسبت به بقیه نمونه‌ها اختلاف قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد.

جدول ۶- عرض دانه برنج قبل و بعد از پخت.

Table 6- The rice grain width before and after cooking.

Rice grain width (mm) عرض دانه برنج (میلی‌متر)									
رقم برنج Rice variety	محسن Mohsen	کلگه Kalgeh	صیدون Sidon	اومندون Avmandvn	تیغن Tyghen	میداود Maydavoudi	سرپوشیده Sarpoushideh	طلاور Talavar	باغملک Baghmalek
بعد از پخت After cooking (mm)	2.11±0.01^{e}	2.20±0.02^{d}	2.31±0.03^{c}	2.41±0.03^{b}	2.29±0.02^{c}	2.15±0.01^{de}	2.78±0.04^{a}	2.42±0.03^{b}	2.46±0.03^{b}
قبل از پخت Before cooking (mm)	1.79±0.01^{b}	2.21±0.02^{a}	2.31±0.03^{a}	2.21±0.02^{a}	2.23±0.02^{a}	2.27±0.02^{a}	2.27±0.02^{a}	2.31±0.03^{a}	2.30±0.03^{a}

نمره ژلاتینه شدن: دمای ژلاتینی شدن به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی کیفی مربوط به پخت دانه‌های برنج درجه حرارتی است که دانه‌های نشاسته به‌طور غیرقابل برگشت حالت کریستالی‌خود را طی پخت از دست می‌دهند. درجه حرارت ژلاتینه‌شدن، نظم ساختاری پلیمری نشاسته را نشان می‌دهد و در واقع نشان‌دهنده میزان ساختار کریستالی یا بی‌شکل بودن آن است. همچنین این پارامتر با درجه تبلور نشاسته و تعداد زنجیرهای شاخه‌ای آمیلوپکتین برنج مرتبط است. در پژوهش حاضر، جدول تجزیه واریانس تأثیر معنی‌دار مناطق مختلف کشت را بر نمره ژلاتینه‌شدن در سطح احتمال پنج درصد نشان می‌دهد (جدول ۷). برنج‌های کشت‌شده در مناطق میداود و کلگه با میانگین‌های ۴/۱۷ و ۳/۲۵ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین نمره ژلاتینه شدن بودند ($P<0/05$).

جدول ۷- نمره ژلاتینه‌شدن نمونه‌های برنج.

Table 7- Gelatinization score of rice samples.

Gelatinization Score نمره ژلاتینه شدن								
رقم برنج Rice variety	کلگه Kalgeh	صیدون Sidon	اومندون Avmandvn	تیغن Tyghen	میداود Maydavoudi	سرپوشیده Sarpoushideh	طلاور Talavar	باغملک Baghmalek
نمره ژلاتینه شدن Gelatinization score	3.25±0.2^{c}	4.08±0.3^{a}	4.08±0.3^{a}	3.33±0.2^{c}	4.17±0.3^{a}	4±0.3^{ab}	3.5±0.2^{bc}	4±0.3^{ab}

فاکتورهایی مانند میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه‌شدن تأثیر زیادی بر کیفیت پخت ارقام مختلف برنج دارند. در واقع این عوامل نقش مهمی در اصلاح کیفیت برنج ایفا می‌کنند. معمولاً ارقام برنج با مقدار آمیلوز بالا دارای دمای ژلاتینه‌شدن پایین، ارقام برنج با مقدار آمیلوز متوسط دارای دمای ژلاتینه‌شدن بالا یا متوسط و ارقام برنج با مقدار آمیلوز پایین دارای دمای ژلاتینه‌شدن بالا یا پایین می‌باشند (۳۴). علاوه بر این در مطالعات دیگر به نقش اندازه گرانول‌ها بر دمای ژلاتینه شدن نشاسته اشاره شده است؛ به‌طوری‌که در ارقامی که اندازه گرانول‌های نشاسته آن‌ها بزرگتر بوده دمای ژلاتینه شدن بالاتری گزارش شده است و مطابق مطالعات انجام شده اندازه گرانول‌ها می‌تواند تحت تأثیر دمای محیط رشد قرار گیرد (۲۰). به‌طورکلی ارقامی با میزان آمیلوز ۲۵-۲۰ درصد و نمره ژلاتینه شدن ۵-۳ دارای کیفیت پخت مطلوبی هستند (۲۴). همان‌طورکه نتایج این بررسی نشان می‌دهد در تمام نمونه‌های مورد بررسی نمره ژلاتینه‌شدن در حد مطلوب قرار دارد. دانه‌های برنج در منطقه کلگه با بالاترین درصد آمیلوز، دارای کمترین نمره ژلاتینه شدن در بین سایر نمونه‌ها بود که مطابق با اطلاعات بدست آمده است. سایر پژوهشگران در مطالعات خود

به این نتیجه رسیدند که وقوع دماهای بالا در مرحله پر شدن دانه باعث افزایش دمای ژلاتینه‌شدن برنج می‌شود (۵۰). در واقع علاوه بر صفات ژنتیکی، کیفیت برنج به‌شدت تحت‌تأثیر شرایط محیطی می‌باشد. مطالعات محمد صالحی (۱۹۸۹) نیز نشان داد دمای بالا در زمان رسیدن موجب افزایش درجه حرارت ژلاتینه‌شدن می‌شود (۲۸).

زمان پخت، جذب آب و میزان نشت مواد: همان‌طور که اشاره شد، دمای ژلاتینه‌شدن با مقدار و زمان پخت دارای همبستگی مثبت است. به عبارتی دیگر، ارقام برنج با دمای ژلاتینه‌شدن بالا نسبت به ارقامی که دارای دمای ژلاتینه‌شدن پایین یا متوسط هستند، به میزان آب و زمان پخت بیشتری نیاز دارند. از جمله دلایل دیگری که بر زمان پخت تأثیرگذار است سطح آسیاب برنج است؛ به گونه‌ای که هر چه میزان سبوس برنج بیشتر باشد، مقدار این فاکتور نیز افزایش می‌یابد (۴۶). نمونه کلگه با کمترین نمره ژلاتینه شدن (معادل دمای بالاتر ژلاتینه شدن) با میانگین ۱۹ دقیقه و ۲۹ ثانیه بالاترین زمان پخت را در مقایسه با سایر موارد به خود اختصاص داد ($P<0/05$). در رقم باغملک و میداود با بیشترین نمره ژلاتینه شدن (معادل دمای کمتر ژلاتینه شدن) کمترین میزان زمان پخت با میانگین ۱۴ دقیقه و ۵۰ ثانیه مشاهده گردید ($P<0/05$). البته در این میان نوساناتی بین زمان پخت سایر مناطق با نمره ژلاتینه شدن یکسان مشاهده می‌شود (جدول ۸). این موضوع موید این است که علاوه بر دمای ژلاتینه شدن زمان پخت نیز تحت تأثیر عوامل دیگر قرار می‌گیرد. میزان جذب آب در نمونه‌های برنج از ۶/۰۹–۷/۷۷ متغیر بود به گونه‌ای که بیشترین و کمترین میزان جذب در نمونه‌های اومندون و محسن مشاهده شد (جدول ۸). ظرفیت جذب آب یک محصول به توانایی برقراری پیوند با آب تحت شرایط کمبود آب تعریف می‌شود (۴۰). بر طبق نظر هادگ و عثمان (۱۹۷۶) نمونه‌های با جذب آب بالا دارای ترکیبات آب‌دوست بیشتری مانند پلی‌ساکاریدها هستند (۱۶). پروتئین‌های موجود در محصول نیز می‌توانند در ایجاد ظرفیت جذب آب بیشتر، موثر باشند. افزایش میزان جذب آب می‌تواند به‌دلیل بالا بودن مقدار سیستئین و یا توانایی اسیدهای آمینه قطبی برای ایجاد اتصالات جانبی نیز باشد (۱۵، ۱۶). بنابراین با توجه به اینکه میزان پروتئین در رقم اومندن و محسن به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان را داشت؛ نتایج به‌دست آمده در مورد جذب آب دور از انتظار نمی‌باشد.

جدول ۸- زمان پخت، جذب آب و نشت مواد در نمونه‌های برنج.

Table 8- Cooking time, water absorption and leakage amount in rice samples

رقم برنج / Rice variety ویژگی‌های پخت / Cooking features	محسن Mohsen	کلگه Kalgeh	صیدون Sidon	اومندون Avmandvn	تیغن Tyghen	میداود Maydavoudi	سرپوشیده Sarpoushideh	طلاور Talavar	باغملک Baghmalek
زمان پخت Cooking time (min)	15.05±0.2^{f}	19.29±0.^{4a}	18.44±0.4^{b}	17.04±0.3^{d}	17.04±0.3d	14.5±0.2^{g}	16.03±0.3^{e}	18.35±0.4^{c}	14.5±0.2^{g}
جذب آب Water uptake (g)	6.09±0.02^{f}	6.72±0.03^{de}	6.56±0.02^{e}	7.77±0.03^{a}	6.94±0.02^{cd}	7.25±0.03^{bc}	7.38±0.03^{b}	7.18±0.03^{bc}	7.35±0.03^{b}
میزان نشت مواد leakage amount (mm)	0.04±0.0^{bc}	0.05±0.0^{ab}	0.03±0.0^{c}	0.04±0.0^{bc}	0.04±0.0^{bc}	0.03±0.0^{c}	0.04±0.0^{bc}	0.06±0.0^{a}	0.04±0.0^{bc}

نشت مواد از جمله صفات کیفی برنج محسوب می‌شود و نشان‌دهنده لعاب برنج پس از پخت است. میزان پایین این فاکتور مطلوب بوده و حاکی از انحلال‌پذیری پایین گرانول نشاسته و پروتئین است

(۵۰). در واقع با کاهش انحلال‌پذیری، دانه سخت‌تر می‌شود و متعاقباً درصد شکستگی کاهش پیدا می‌کند و مواد کمتری در حین پخت به بیرون نشر می‌یابند (۳۹). با بررسی نتایج مشخص شد که بیشترین میزان نشت مواد، برنج منطقه طلاور با میانگین ۰/۰۶ میلی‌لیتر (P< ۰/۰۵) و کمترین میزان نشت مواد از برنج‌های مناطق میداود و صیدون با میانگین ۰/۰۳ میلی‌لیتر بود. بنابراین دانه‌های برنج این دو منطقه مواد مغذی کمتری حین پخت از دست می‌دهند.

ویژگی‌های فیزیکی برنج-وزن هزار دانه: مقدار وزن هزار دانه به‌عنوان یکی از ویژگی‌های فیزیکی برنج یک صفت ژنتیکی متأثر از نوع رقم و شرایط دوره رسیدگی است. تغییرات این صفت به‌دلیل کنترل اندازه دانه در برنج به‌وسیله پوسته زیاد نیست (۳۸). مانان و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند وزن هزار دانه معمولاً تحت تأثیر سطوح نیتروژن قرار نمی‌گیرد (۲۶). بیندرا و همکاران (۲۰۰۰) به این نتیجه رسیدند که هر چقدر مقدار محتوای کودی بیشتر باشد، وزن هزار دانه نیز بیشتر می‌گردد (۸). نتایج تجزیه واریانس اثر منطقه بر وزن هزار دانه برنج در جدول ۹ آمده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وزن هزار دانه در برنج محسن با میانگین ۱۸/۸۶۴ گرم نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر است. همچنین رقم تیغن با میانگین ۱۳/۰۷ گرم کمترین میزان وزن هزار دانه را داشت. عسکری اصلی ارده و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی ویژگی‌های فیزیکی دو رقم شلتوک برنج در گیلان محدوده ۲۹-۲۴ گرم را برای وزن هزار دانه و متاثر از درصد رطوبت شلتوک دو رقم مورد مطالعه گزارش کردند (۶). یوشیدا و همکاران (۱۹۸۱) معتقدند که کاهش وزن هزار دانه در نمونه‌های مختلف به‌علت تأثیر رطوبت و کاهش انتقال مواد غذایی در زمان پر شدن دانه در تیمارهای مختلف می‌باشد (۴۷). در این راستا بسیاری از محققان اذعان داشته‌اند که با افزایش محتوای رطوبت محصول، وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند (۷، ۲۲).

جدول ۹- وزن هزار دانه در نمونه‌های مختلف برنج.

Table 9- Thousand grain weight (T.G.W.) in different rice samples.

رقم برنج	محسن Mohsen	کلگه Kalgeh	صیدون Sidon	اومندون Avmandvn	تیغن Tyghen	میداود Maydavoudi	سرپوشیده Sarpoushideh	طلاور Talavar	باغملک Baghmalek
وزن هزار دانه (گرم) Thousand-grain weight (g)	18.86±0.7[a]	14.72±0.5[d]	14.32±0.4[f]	14.79±0.5[c]	13.07±0.4[i]	13.52±0.4[g]	13.36±0.3[h]	15.20±0.6[b]	14.69±0.5[e]

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی رقم چمپا کشت شده در مناطق مختلف باغملک نشان داد علیرغم اینکه برنج‌های مورد مطالعه از یک رقم هستند، ولی اکثر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار هستند. همچنین از لحاظ ویژگی‌های پخت و مطلوبیت، برنج‌های چمپا کشت شده در مناطق مختلف باغملک دارای کیفیت مطلوب و در دسته برنج‌های دانه بلند قرار می‌گیرند. بررسی میزان فلزات سنگین سرب و کادمیم در برنج‌های مورد مطالعه نشان داد مقدار سرب در برخی نمونه‌های مورد بررسی از میزان مجاز بیشتر بود. مطالعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و شاخص‌های پخت برنج مناطق مختلف باغملک و مقایسه آن با رقم معروف و پرمصرف برنج وارداتی نشان داد، برنج چمپا منطقه باغملک، دارای ویژگی‌های مطلوبی است که جهت درک ارتباط بین ویژگی‌های مورد بررسی به مطالعات ساختاری بیشتر نیاز است.

Refrences

1. AbdeMishani, S. and Boshehri, A.K. 1998. Plant breeding. Tehran University publication. 206 p. (In Persian)
2. Akhvat, M. 1997. Rice (Planting, Planting, Harvesting). Farabi Publications. (In Persian)
3. Alaka, I.C., Ituma, J.O.S., and Ekwu, F.C. 2011. Physical and Chemical Properties of Some Selected Rice Varieties in Ebonyi State. Nig. J. Biotech. 22: 40-46.
4. Allahgholipour, M., Ali, A.J., Alinia, F., Nagamine, T., and Kojima, Y. 2006. Relationship between rice grain amylose and pasting properties for breeding better quality rice varieties. Plant Breeding. 125: 357-362. (In Persian)
5. Allahgholipour, M., Rabiei, B., Ebadi, A.A., Hossieni, M., and Yekta, M. 2010. Starch viscosity properties: New criteria for assessment of cooking quality of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Iran J. of Crop Science. 12: 2. 140-151. (In Persian)
6. Askari Asli–Ardeh, E.A., Shakarbeigi, S., and Shojaei, S. 2011. Investigations of grain moisture content effect on some physical properties of two paddy grain varieties. J. of Agricultural and sustainable production. 21: 1. 116- 123. (In Persian)
7. Al-Mahasneh, M.A., and Rababah, T.M. 2007. Effect of moisture countet on some engineering properties of green wheat. J. Food ENG. 79: 1467-1473.
8. Bindra, A.D., Kalia, B.D., and Kumar, S., 2000. Effect of N-levels and dates of transplanting on growth, yield and yield attributes of scented rice. Advances in Agricultural Research in India. 10: 45-48.
9. Chamannejadian, A., Moezzi, A.A., Sayyad, G.A., Jahangiri, A., and Jafarnejadi, A. 2011. Spatial Distribution of Lead in Calcareous Soils and Rice Seeds of Khuzestan, Iran. Malayzian J. of Soil Science.11: 15. 115-25.
10. Champang, E.T., Bett, K.L., Vinyard, B.T., Mecheng, A.M., Bartonll, F.E., Moldenhauer, K., Linscombe, S., and Mckenzie, K. 1999. Correlation between cooked rice texture and rapid visco analyzer measurements. J. of Cereal Chemistry. 76: 764-771.
11. Cuevas, R.P., Gilbert, R.,G., and Fitzgerald, M.A. 2010. Structural differences between hot-water-soluble and hot-water insoluble fractions of starch in waxy rice (*Oryza sativa* L.). Carbohyd. Polym. 81: 524-532.
12. Dobaradaran, Q., Afrasiabi, A., Sobhani, T., and Khorsand, M. 2013. Study of cadmium, cobalt and copper in wheat and consumed rice in Bushehr city. 16th National Conference on Environmental Health in Iran. (In Persian)
13. Habibi, F. 2013. Experimental methods for measuring quality characteristic in rice grain. Rice Research Institute of Iran. Rasht. (In Persian)
14. Habibi, F., and Yahya Zadeh, A. 2015. Effect of amylose and amylopectin on the quality of Iranian rice cultivars. Agricultural Engineering Research. 16 (2): 70-61. (In Persian)
15. Hedayati Farr, M., Fallahi, A., and Birjand, M. 2010. Determination of Lead and Cadmium Metals in Lorestan Province Rice Samples and Comparison with National Standards. Quarterly J. of Lorestan University of Medical Sciences. 12: 4. 22-15. (In Persian)
16. Hodge, J.C., and Osman, E.M. 1976. Carbohydrates. In R.O., Fennema (Ed.) Principles of Food Science, Part I. Journal of Food Chemistry. 97–200. New York: Marcel Dekker.
17. IRRI. 1979. Chemical aspects of rice grain quality. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines. pp. 390.
18. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2000. Food& Feed-Maximum limit of heavy metals ISIRI. 12968. 1st. Edition, Karaj: ISIRI. (in Persian)
19. Institute of Standards and Industrial Research. 2009. Food and feed-maximum limit of heavy metals, 1st Ed., Islamic Republic of Iran, Tehran. (In Persian)
20. Juliano, B.O. 1971. Simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Science Today, 16: 334- 360.
21. Kabata-Pendias, A.2000. Trace elements in soils and plants, 3rd edn. New york. CRC Press.
22. Kheiralipour, K., Karimi, M., Tabatabaeefar, A., Naderi, M., Khoubakht, G., and Heidarbeigi K. 2008. Moisture-Depend Properties of Wheat

(*Triticum aestivum* L.). J. of Agricaltural Technology. 4: 1. 53-64 .(In Persian)
23. Kolahkaj, M., Battaleblooie, S., Amanipoor, H., and Modabberi, S. 2017. Study of Arsenic Accumulation in Rice and its Exposure Dose in Residents of Meydavood Area, Khoozestan Province. Iran J. of Health and Environment. 9: 4. 537-544. (In Persian)
24. Lin, J., Shi, C., Wu, M., and Wu, J. 2005. Analysis of genetic effects for cooking quality traits of Japonica rice across environments. J. of Plant Science. 168: 1501–1506.
25. Little, R.R., Hilder, G.B., and Dawson, E.H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. J. of Cereal Chemistry. 35: 111-126.
26. Mannan, M.A., Bhuiya, M.S.U., Hossain, H.M.A., and. Akhand, M. I. M. 2010. Optimization of nitrogen rate for aromatic Basmati rice (*Oriza sativa* L.). Bangladesh J. of Agricultural Research. 35: 1. 157-165.
27. Mohammadi, P., Poursadeghiyan, M., Yarmohammadi, A., Darsanj, A., Eskandari, S., Khodadadian, B., Jahangirimehr, A., and Sohrabi, Y. 2018. Evaluation of Lead and Cadmium Levels of Iranian and Imported Rice in Kermanshah (Iran). Archives of Hygiene Sciences. 7: 2. 106-111.
28. Mohammadsalehi, M.S. 1989. The laboratory methods for rice quality. Agricultural and Natural Resources Research of Guilan publication. 23 pp. (In Persian).
29. Mosayebi, M., and Mirzaee, H. 2014. Determination of Mycotoxin Contamination and Heavy Metals in Edible Rice Imported to Golestan Province. Iran J. of Health and Environ. 6: 4. 503-514. (In Persian)
30. Naseri, M., Rahmanikhah, Z., Beiygloo, V., and Ranjbar, S. 2014. Effects of Two Cooking Methods on the Concentrations of Some Heavy Metals (Cadmium, Lead, Chromium, Nickel and Cobalt) in Some Rice Brands Available in Iranian Market. J. of Chemical Health Risks. 20: 42. 65-72.
31. Oko, A.O., and Onyekwere, S.C. 2010. Studies on the proximate chemical composition, and mineral element contents of five new lowland rice varieties planted in Ebonyi State. Int. J. of Biotechnology and Biochemistry. 6: 949 – 955.
32. Oko, A.O., Ubi, B. E., and Dambaba, N. 2012. Rice Cooking Quality and Physico-Chemical Characteristics: a Comparative Analysis of Selected Local and Newly Introduced Rice Varieties in Ebonyi State, Nigeria. J. of Food and Public Health. 2: 1. 43-49.
33. Orisakwe, O.E., Nduka, J.K., Amadi, C.N., Dike, D., and Obialor, O.O. 2012. Evaluation of potential dietary toxicity of heavy metals of vegetables. J of Environmental and Analytical Toxicology. 2: 3. 1-4.
34. Pang, Y., Ali, J., Wang, X., Franje, N.J., Revilleza, J.E., Xu, J and Z, Li. 2016. Relationship of rice grain amylose, gelatinization temperature and pasting properties for breeding better eating and cooking quality of rice varieties. Plos one. 11: 12. 1-14.
35. Rabiei, B., Valizadeh, M., Ghareyazie, B., Moghaddam, M., Ali, A.J. 2004. Identification of QTLs for rice grain size and shape of Iranian cultivars using SSR markers. Int J. of Plant Breeding. 137: 3. 325-332 (In Persian).
36. Ramezani1, Z., Khodayar, M.J., Nazari, Z., Hedayatifar, R., and Gilani, A. 2014. Cadmium and Lead Contents of Rice (Oryza sativa) Grown in Khuzestan, Southwest of Iran. Jundishapur J. of Health Sciences. 5: 2. 56-71.
37. Redhikareddy, K., Ali, Z.S., and Bhattecharya, K.R. 1993. The structure of rice starch amylopectin and its relation to the texture of cooked rice. Carbohyd. Polym. 27: 267-275.
38. Saha, A., and Yamagishi, Y. 1998. Effect of time of nitrogen application on spikelet differentiation and degeneration of rice. Botanical Bulletin Academia Sinica. 39: 119-123.
39. 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. J. of Biosystems Engineering. 89: 3. 321-330.

40. Schmidt, R.H. 1981. Gelation and coagulation. In J.P., Cherry (Ed.), Protein functionality in foods, ACS symposium series .Washington, DC- American chemical Society 147: 131–147.
41. Sekhar, K.C., Charg, N.S., Kamala, C.T., Sumanraj, D.S., and Rao, S. 2003. Fractionation studies and bioaccumulation of sediment bound heavy metal in koueru lake by edible fish. Environment International. 22: 1001-1008.
42. Shih, F.F., Champagne, K.D., and Zarins, Z. 1999. Use of enzymes in the processing of protein products from rice bran and rice flour. Nahrung. 43: 14-18.
43. Shokrzadeh, M., Rokni, M.A., and Galstvan. 2012. Lead, Cadmium, and Chromium Concentrations in Irrigation Supply of/and Tarom Rice in Central Cities of Mazandaran Province-Iran. J. of Mazandaran University Medical Science. 23: 98. 234-242. (In Persian)
44. 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. J. of Food Chemistry. 89: 253-259.
45. Witec, M. 2010. The structural and hydration properties of heat-treated rice studied at multiple length scales. Food Chemistry. 120: 4. 1031-1040.
46. Won, J.G., Yoshida, T., and Uchimura, Y. 2002. Genetic effects on amylose and protein contents in the crossed rice seeds. J. of Plant Production Science. 5: 1. 17-21.
47. Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Los Banos, Philippine, International Rice Research Institute 269pp.
48. Zazooli, MA., Bandpei, AM., Ebrahimi, M., and Izanloo, H. 2010. Investigation of Cadmium and Lead contents in Iranian rice cultivated in Babol Region. Asian J. of Chemistry. 22: 2. 1369-76.
49. Zeng, F., Mao, Y., Cheng, W., Wu, F., and Zhang, G. 2008. Genotypic and environmental variation in chromium, cadmium and lead concentrations in rice. J. of Environmental Pollution. 153: 2. 309-14.
50. Zhong, L.J., and Cheng, F.M. 2003. Varietal differences in amylose accumulation and activities of major enzymes associated with starch synthesis during grain filling in rice. Acta Agronomica Sinica. 29: 452-456.