Journal of Food Hygiene, Vol. 10, No. 39, Autumn 2020

"Research article" **DOI: 10.30495/JFH.2021.1912384.1290**

Study of quality characteristics, microbial contamination, heavy metals and toxins in different types of internal and imported rice

Naji-Tabasi, S.[1*], Verdian, A.[2], Zamani, H. [3], Asghari, L.[4], Shirzaei, SH.[4]

1. Assistant Professor Professor, Department of Food Nanotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran
2. Assistant Professor Professor, Department of Food Safety and Quality Control, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran
3. Assistant Professor Professor, Department of Food Machineries, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Razavi Quality Institute, Mashhad, Iran
4. MSc student, Department of Food Industry Engineering, Islamic Azad University of Medical Sciences, Pharmaceutical Sciences Branch, Iran

[*]Corresponding Author: s.najitabasi@rifst.ac.ir
(Received: 2020/10/16 Accepted: 2021/1/6)

Abstract

Rice is one of the major food commodities for half of the world's population. In Iran, rice is a strategic product that is the main strength of the people after bread, and it is expected this product supplies with appropriate quality and placed in the household basket. In this study, qualitative characteristics, amount of impurities, the concentration of heavy metals (cadmium, arsenic, and lead), microbial growth (mold and yeast), aflatoxin concentration, and pesticides in rice crop in different regions of Mazandaran (three species Tarom, Shiroodi, and Neda), Gilan (three species of Tarom, Ali Kazemi and Hashemi), three samples of organic rice (first crop, second crop and brown), and rice imported from Pakistan (three brands) and Indian rice (two brands) Was examined. The longitudinal range of increase was found to be 6.68-7.62, 7.60-7.62, 6.68-7.62, 6.50-7.00 and 5.80-6.20 mm for Pakistan, Indian, Mazandaran, Gilan and organic cultivars. Indian cultivars A, B, and Gilan (Hashemi) had the lowest, and Pakistani cultivar A had the highest impurities. Most of the perfumes belonged to Gilan (Talesh) and Mazandaran (Tarom). The highest starch gelatinisation and lowest amount of heavy metals were observed in Iranian cultivar samples. According to general estimates, the highest amount of heavy metals was measured in Pakistani rice, followed by Indian and then Iranian rice. The concentration of Aflatoxin in all samples, except for Pakistan samples, was lower than the detection limit. According to the results, the sample of organic rice with the least consumption of pesticides, the minimum amount of heavy metal, microbial and mycotoxin contamination is recommended to ensure public health.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Pollution, Organic, Rice, Health, Pesticides

«مقاله پژوهشی» DOI: 10.30495/JFH.2021.1912384.1290

مطالعه ویژگی‌های کیفی، آلودگی‌های میکروبی، فلزات سنگین و میزان سموم در انواع مختلف برنج‌های تولید داخل و وارداتی

سارا ناجی طبسی[1*]، اسماء وردیان[2]، حسین زمانی[3]، لعیا اصغری[4]، شفق شیرزایی[4]

۱. استادیار، گروه نانوفناوری مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
۲. استادیار، گروه ایمنی و کنترل کیفیت مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
۳. استادیار، گروه طراحی ماشین‌آلات مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مؤسسه کیفیت رضوی، مشهد، ایران
٤. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران واحد علوم دارویی، ایران
*نویسنده مسئول مکاتبات: s.najitabasi@rifst.ac.ir

(دریافت مقاله: ۹۹/۷/۲۵ پذیرش نهایی: ۹۹/۱۰/۱۷)

چکیده

برنج از مهم‌ترین اقلام غذایی است که نیمی از جمعیت جهان به برنج به‌عنوان یک غذای اصلی وابسته است. در ایران نیز برنج محصولی استراتژیک به شمار می‌رود و پس از نان، قوت اصلی مردم است. ازاین‌رو انتظار می‌رود این محصول باکیفیت مناسب عرضه و در سبد خانوار قرارگیرد. در این پژوهش، ویژگی‌های کیفی، میزان ناخالصی، غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، آرسنیک و سرب)، تعداد کپک و مخمر، میزان غلظت آفلاتوکسین و باقیمانده آفت‌کش‌ها در محصول برنج مناطق مختلف مازندران (گونه‌های طارم، شیرودی و ندا)، گیلان (گونه‌های طارم، علی‌کاظمی و هاشمی)، سه نمونه برنج ارگانیک (کشت اول، کشت دوم و قهوه‌ای) و برنج وارداتی از پاکستان (سه برند تجاری) و هندوستان (دو برند تجاری) قرار گرفت. بر اساس نتایج دامنه افزایش طولی معادل (۶/۶۸-۷/۲۶)، (۷/۶۰-۷/۶۲)، (۶/۶۸-۷/۶۲)، (۶/۵۰-۷/۰۰) و (۵/۸۰-۶/۲۰) میلی‌متر برای ارقام پاکستانی، هندی، مازندران، گیلان و ارگانیک مشاهده گردید. ارقام هندی A و B و گیلان (هاشمی) دارای کمترین و رقم پاکستانی A دارای بیشترین ناخالصی بودند. بیشترین عطر به نمونه‌های گیلان (تالش)، مازندران (طارم) تعلق داشت. بیشترین میزان ژلاتینه‌شدن نشاسته و کمترین میزان فلزات سنگین در نمونه‌های ایرانی مشاهده‌شد. بیشترین مقدار فلزات سنگین در برنج‌های پاکستانی، پس‌ازآن در برنج‌های هندی و سپس ایرانی به دست آمد. طبق نتایج، غلظت آفلاتوکسین در کلیه نمونه‌ها، به‌جز نمونه‌های پاکستانی، کمتر از حد تشخیص بود. باتوجه به نتایج، نمونه برنج ارگانیک کشت اول با کمترین مصرف سموم، حداقل میزان آلودگی‌های فلزات سنگین، میکروبی و مایکوتوکسین‌ها جهت تأمین سلامت جامعه قابل توصیه‌است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، ارگانیک، برنج، سلامتی، آفت‌کش

مقدمه

برنج با نام علمی *اوریزا ساتیوا* (*Oryza Sativa*) یکی از مهم‌ترین محصولات غله‌ای در کشورهای درحال توسعه و غذای اصلی برای بیش از نیمی از مردم جهان است. در ایران نیز برنج یکی از دو کالای استراتژیک و مهم غذایی کشور است و پس از گندم بالاترین سطح زیر کشت را دارا می‌باشد. برنج در بسیاری از کشورهای آسیایی یکی از گروه‌های غذایی مهم در الگوی مصرف مردم محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که بیش از ۱۶ درصد انرژی سرانه از برنج تأمین می‌شود (Vahaji *et al.*, 2019).

منطقه اصلی کشت برنج ایران در استان مازندران است که بزرگ‌ترین تولیدکننده برنج کشور می‌باشد و گیلان و گلستان به ترتیب در رده‌های بعدی آن‌ها قرار دارد (Cano-lamadrid *et al.*, 2015). در ایران از برنج در تهیه محصولات غذایی همچون برنج پخته، خشکبار، دسر و آرد برنج استفاده می‌شود و نمونه‌های خردشده به همراه سایر پسماندهای آن در تغذیه حیوانات به‌کار می‌رود (Najafi and Bakhshoodeh, 2002).

با توجه‌به جایگاه برنج در تأمین غذا و کالری موردنیاز مردم و نقش مهم این محصول استراتژیک در سبد غذایی مردم جهان، تعیین استانداردها، کیفیت و سلامتی آن همواره حائز اهمیت بوده است. ازاین‌رو در دنیا مطالعات متعددی جهت بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آلودگی انواع برنج انجام گرفته‌است (Juliano *et al.*, 1964; Villareal *et al.*, 1976; Prasert and Suwannaporn, 2009; Hadian *et al.*, 2009; Cano-Lamadrid *et al.*, 2015; Gharachorloo *et al.*, 2019).

موضوعاتی نظیر کیفیت و ایمنی مواد غذایی همواره از مسائل حائز اهمیت در سطح بین‌المللی است. امروزه در دنیا توانسته‌اند تا حدی با استفاده از سیستم‌های تضمین ایمنی و کیفیت مختلف ورود آلاینده‌های میکروبی و شیمیایی در مواد غذایی را به حداقل برسانند (Zamani *et al.*, 2020). در تجارت جهانی برنج نیز، بهداشت و سلامت آن بسیار مهم بوده و ازنظر آلودگی به انواع ارگانیسم‌ها، فلزات سنگین و سموم مورد ارزیابی قرارمی‌گیرد (Aghili *et al.*, 2012).

بررسی آلودگی به آفلاتوکسین یکی از موارد مهم در تجارت برنج است. آلودگی به آفلاتوکسین عمدتاً ناشی از نگهداری نامناسب برنج بعد از برداشت است (Amanloo *et al.*, 2014). ضرر و زیان اقتصادی ناشی از مایکوتوکسین‌ها، اثرات سوء آن‌ها بر ارگان‌های مختلف بدن انسان و حیوان و آلودگی برنج به انواع مایکوتوکسین مسئله‌ای مهم ازنظر بهداشت و سلامت عمومی جامعه به شمار می‌رود (Corry *et al.*, 2007; Amanloo *et al.*,2014). آلودگی برنج به فلزات سنگین و سموم نیز از آلودگی‌های حائز اهمیت است. این آلودگی‌ها علاوه بر منشأ طبیعی، به‌طور عمده درنتیجه فعالیت‌های انسانی صورت می‌گیرد. حضور فلزات سنگین مانند کادمیوم، سرب و نیکل در مواد غذایی بیش‌ازحد استاندارد منجر به بروز انواع بیماری‌ها ازجمله اختلالات عصبی، سرطان و اختلالات ژنتیکی می‌شود (Skandari *et al.*, 2019).

در سال‌های اخیر لزوم سلامت محصولات تولید شده سبب شده تا کشاورزی ارگانیک مورد توجه خاص

قرارگیرند (Hajimohammadi *et al.*, 2016). مزایای عمده کشاورزی ارگانیک شامل امنیت غذایی و سلامت جامعه، پایداری منابع تولید، تنوع و کاهش ریسک تولید، اثرات زیست‌محیطی و اثرات اجتماعی و اقتصادی می‌باشند. البته این روش تولید دارای مشکلات و معایبی نیز هست که از آن جمله می‌توان به کاهش عملکرد تولید به دلیل کاهش استفاده از سموم و کودهای شیمیایی اشاره کرد. در استان‌های گیلان و مازندران در سال‌های اخیر کشت ارگانیک محصول برنج رواج یافته است. سطح زیر کشت برنج ارگانیک در ایران طبق آمار جهانی کشاورزی ارگانیک در سال ۲۰۱٦، ۱۰۵/۷ هکتار بوده است (FiBL, 2016).

ایران با حدود ۵۵۰ هزار هکتار شالیزار و دو میلیون تن تولید برنج سفید سهمی معادل ۰/٤ درصد سطح زیر کشت و تولید برنج جهان را به خود اختصاص می‌دهد. ازاین‌رو بخش عمده‌ای از برنج مصرفی در ایران وارداتی است. طبق گزارشات فائو، ایران از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۱٦ به‌طور میانگین عمده برنج موردنیاز خود را از کشورهای هند، پاکستان، تایلند، امارات متحده عربی و اروگوئه وارد کرده است (Faostat, 2018).

با توجه به تقاضای بالای مصرف این ماده غذایی و اهمیت بهداشتی و سلامت برنج از نظر آلاینده‌های مختلف شامل آفلاتوکسین، فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها، این مطالعه باهدف اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی، میزان ناخالصی، غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، آرسنیک و سرب)، بار میکروبی (کپک و مخمر)، میزان غلظت آفلاتوکسین و باقیمانده آفت‌کش‌ها بر روی محصول برنج مناطق مختلف مازندران (سه گونه طارم، شیرودی و ندا)، گیلان (سه گونه طارم، علی کاظمی و هاشمی)، سه نمونه برنج ارگانیک (کشت اول، کشت دوم و قهوه‌ای) و برنج وارداتی از پاکستان (سه برند تجاری) و هندوستان (دو برند تجاری) انجام‌گرفت.

مواد و روش‌ها

- مواد اولیه

برنج از مناطق مختلف مازندران (سه گونه طارم، شیرودی و ندا)، گیلان (سه گونه طارم، علی کاظمی و هاشمی)، پاکستان (سه برند تجاری A_1، B_1 و C_1، هندوستان (دو برند تجاری A_2 و B_2) و سه نمونه برنج ارگانیک (کشت اول، کشت دوم و قهوه‌ای) تأمین شد. تمام مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی تهیه شدند.

- اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی

برای اندازه‌گیری رطوبت، ۳ گرم نمونه نرم شده در پلیت توزین و در آون در دمای ۵±۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت نگهداری شد. میزان رطوبت از طریق محاسبه درصد افت وزنی تعیین گردید (ISIRI. 2705/2010).

جهت تعیین افت برنج، ابتدا یک نمونه ۸۰۰ گرمی از هر نوع برنج انتخاب و سپس به دو نمونه ٤۰۰ گرمی تقسیم شد. سپس دانه‌های دارای نقص جدا و شمارش شدند (ISIRI.127/2017). ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری شامل مواد خارجی آلی، دانه‌های آسیب‌دیده در اثر گرما، دانه‌های آسیب‌دیده، دانه‌های نارس و یا غیرطبیعی، دانه‌های گچی، دانه‌های نیمه ژلاتینه، دانه‌های سر سوخته، دانه‌های قرمز و دارای رگه قرمز، برنج واکسی، دانه شکسته بزرگ، دانه شکسته متوسط، دانه شکسته کوچک، ریزه بودند (ISIRI.127/2017). برای اندازه‌گیری میانگین طول، یکی از ٤۰۰ گرم انتخاب و از

طریق نمونه‌برداری تصادفی، دو گروه ۱۰۰ دانه‌ای برنج کامل بدون هیچ قسمت شکسته جدا شد. طول دانه‌ها به‌وسیله میکرومتر تعیین و میانگین ریاضی طول در دو گروه ۱۰۰ تایی دانه برنج تعیین شد (ISIRI.127/2017).

برای اندازه‌گیری عطر نمونه‌های برنج، ۱ گرم نمونه با ۲ میلی‌لیتر آب به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد و سپس با داوران ثابت ارزیابی و به سه درجه قوی، متوسط و ضعیف درجه‌بندی شدند (ISIRI.127/2017).

برای تعیین درجه ژلاتینی شدن برنج، ٦ دانه برنج کامل و بدون شکستگی از هر نمونه در محلول پتاسیم هیدروکسید رقیق در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۳ ساعت نگه‌داری شد تا درجه ژلاتینه شدن برنج مشخص شود. برای اطمینان بیشتر از نتایج آزمون، هر نمونه برنج در ۳ تکرار اندازه‌گیری و به‌صورت پایین، متوسط و بالا تقسیم‌بندی شدند (ISIRI.127/2017).

- اندازه‌گیری آفلاتوکسین‌ها

برای اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین از روش استاندارد ملی به نام خوراک انسان دام -اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین B و G به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا استفاده شد. نمونه برنج آسیاب و کاملاً یکنواخت شد. از روش فازمعکوس با استفاده از دتکتور فلورسانس تشخیص و تعیین مقدار آفلاتوکسین انجام شد (ISIRI. 6872/2011).

- اندازه‌گیری میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها

اندازه‌گیری میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها بر اساس استاندارد ملی مواد غذایی با منشأ گیاهی-اندازه گیری میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها به روش کروماتوگرافی مایع، اندازه‌گیری شد. نمونه آماده به دستگاه کروماتوگرافی مایع تزریق شد و نمودار آن با نمودارهای محلول‌های استاندارد آفت‌کش‌ها، شامل ۱۸۰ نوع سم مختلف، مورد مقایسه قرار گرفت (ISIRI. 17026/2013).

- بررسی میزان کپک و مخمر

در این مطالعه تعداد کپک و مخمر نمونه‌های برنج در محیط کشت Dg18 موردبررسی قرار گرفت. کشت سطحی از رقت‌های متفاوت (10^{-1} تا 10^{-4}) از نمونه تهیه و در گرمخانه به مدت ۵ تا ۷ روز در دمای ۲۵ درجه نگهداری و سپس مورد ارزیابی قرار گرفت (ISIRI./200810899-2).

- اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین

برای اندازه‌گیری عناصر سرب و کادمیوم در نمونه‌های برنج، ابتدا هضم نمونه‌ها انجام و سپس تعیین مقدار با روش طیف‌سنجی نوری جذب اتمی با کوره انجام شد (ISIRI. 9266/2006).

- اندازه‌گیری میزان آرسنیک

آماده‌سازی نمونه‌ها جهت تعیین مقدار آرسنیک با دستگاه طیف‌سنج اتمی انجام شد و سپس میزان آرسنیک در طول‌موج ۱۹۳/۷ نانومتر و بر اساس نمودار استاندارد تعیین مقدارشد (ISIRI.16722/2012).

یافته‌ها

- ویژگی‌های کیفی

بر اساس نتایج جدول (۱)، بیشترین طول دانه به ارقام مازندران (ندا) و هندی B تعلق داشت (۷/٦۲ میلی‌متر) و ارقام مازندران (شیرودی) و هندی A ازلحاظ طول دانه در رتبه دوم قرار گرفتند (۷/٦۰ میلی‌متر). عطر نیز یکی از ویژگی‌های مهم در ارزیابی کیفی برنج می‌باشد، به‌طوری که برنج‌های معطر ارزش

خاصی در بازارپسندی و صادرات داشته و در تجارت جهانی نیز از قیمت بالاتری نسبت به برنج غیر معطر برخوردار است. در رابطه با صفت عطر، گیلان A، مازندران A و هندی A بالاترین و هندی B پایین‌ترین عطر را داشتند. برنج‌های پاکستانی A و C و هندی A و B که از نظر میزان ژلاتینه‌شدن نشاسته در گروه متوسط قرار گرفتند. سایر ارقام ازنظر میزان ژلاتینه شدن، در گروه بالا جای گرفتند. میزان ژلاتینه شدن، یکی از خصوصیات کیفی مهم در برنج است. برنج مازندران C و ارگانیک قهوه‌ای به ترتیب کمترین (۰/۴۷ درصد) و بیشترین (۱/٦٤ درصد) میزان خاکستر را دارا بودند.

جدول (۱)- ویژگی‌های کیفی انواع مختلف برنج‌های تولید داخل و وارداتی

منطقه*	طول (mm)	ضخامت (mm)	نسبت طول به ضخامت	عطر	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	درجه حرارت ژلاتینه شدن
A_1	۷/۱۰	۱/۵۱	٤/۷۱	قوی	۹/۸۰	۰/۵۵	متوسط
B_1	۷/۲٦	۱/٤۸	٤/۹۱	متوسط	۸/۳۵	۰/۵۱	بالا
C_1	٦/٦۸	۱/۵۰	٤/٤٦	متوسط به بالا	٦/۱۷	۰/۵۲	متوسط
A_2	۷/٦۰	۱/۵۱	۵/٦۸	متوسط	۵/٤۳	۰/۵۲	متوسط
B_2	۷/٦۲	۱/۵۲	۵/۲٦	ضعیف	۷/۲۳	۰/۵۳	متوسط
A_3	٦/٦۸	۱/۵۰	٤/٤۵	قوی	۸/۰٤	۰/٦۱	بالا
B_3	۷/٦۰	۱/۵۲	٤/۹۹	متوسط	٦/۳۹	۰/٦۹	بالا
C_3	۷/٦۲	۱/۵۲	۵/۰۱	متوسط	۷/٦۷	۰/٤۷	بالا
A_4	٦/۵۰	۱/۵۲	٤/۲۸	قوی	٦/۵۷	۰/۵٤	بالا
B_4	۷/۰۰	۱/۵٤	٤/۵٦	متوسط	۷/۲۳	۰/٦۱	بالا
C_4	٦/۵۰	۱/۵٦	٤/۱۷	متوسط به بالا	٦/۱۸	۰/۵۸	بالا
A_5	٦/۲۰	۱/۵۷	۳/۹۵	متوسط به بالا	۷/۱٦	۰/٦۳	بالا
B_5	۵/۸۰	۱/۵٤	۳/۷۷	متوسط به بالا	۸/٤۸	۰/۵٦	بالا
C_5	٦/۱۹	۱/۵٤	٤/۰۲	متوسط	٦/۵۲	۱/٦٤	بالا

A_1-پاکستانی A B_1- پاکستانی B C_1 - پاکستانی C A_2-هندی A B_2-هندی B A_3 -مازندران طارم B_3- مازندران شیرودی C_3- مازندران ندا A_4-گیلان تالش B_4-گیلان کاظمی C_4-گیلان هاشمی A_5-ارگانیک کشت اول B_5-ارگانیک کشت دوم C_5-ارگانیک قهوه ای

میزان افت در ارقام هندی A و B و گیلان (هاشمی) کمتر از سایر ارقام گزارش گردید (۰/۵۹-۱/۵۷ درصد). بیشترین میزان افت در برنج پاکستانی A و مازندران (ندا) مشاهده گردید (۵/۹٦-٤/۷٦ درصد) (جدول ۲). میزان رگه‌های قرمز در ارقام هندی A و B و مازندران (ندا) کمتر و در برنج گیلان B بیش‌تر از سایر نمونه‌ها بود (جدول ۲). میزان سبوس در ارقام پاکستانی A، C، هندی B، گیلان صفر گزارش گردید. رقم کشت ارگانیک قهوه‌ای با توجه به عدم سبوس‌گیری دارای بیشترین میزان سبوس بود (۱/۸۸ درصد). کمترین میزان دانه‌های سیاه در برنج ارگانیک کشت اول اندازه‌گیری شد (۰/۰٤ درصد). ارقام پاکستانی B و C بیشترین میزان دانه‌های سیاه را دارا بودند

(۱/٦٦ و ۱/٦۲ درصد). میزان دانه‌های شکسته (مجموع دانه‌های شکسته متوسط و درشت) در ارقام پاکستانی A، Bو C از سایر ارقام بالاتر بود (۵-٤/۰٤ درصد). همچنین در برنج ارگانیک کشت دوم، قهوه‌ای و هندی A کمترین میزان دانه شکسته مشاهده‌گردید (۰/۹٦-۰/۷۸ درصد). کمترین میزان دانه خرد در ارقام هندی A و B و بیشترین میزان دانه‌های خرد در برنج گیلان هاشمی اندازه‌گیری شد.

جدول (۲)- میزان ناخالصی‌های (درصد) موجود در انواع مختلف برنج‌های تولید داخل و وارداتی

منطقه[1]*	درصد افت	درصد گچی	رگه قرمز	سیوس	سیاه شده	زرد	شکسته بزرگ	شکسته متوسط	شکسته ریز	ناخالصی	موجود زنده	فساد
A_1	۵/۹٦	۵/٦۰	۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۱٦	۰/۰۰	۰/۰۰	٤/۰٤	۰/۳٤	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
B_1	٤/۱۸	۲/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۲	۱/٦٦	۰/۳۰	۱/٦۰	۳/٤۰	۱/۵۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
C_1	۳/۹۱	۱/۸٤	۰/۱۹	۰/۰۰	۱/٦۲	۰/۲۵	۰/٤۹	٤/٤۳	۰/٤۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
A_2	۰/۵۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۹٦	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
B_2	۱/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳٤	۰/۹۱	۰/۳٦	۰/۱٤	۰/۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
A_3	۲/٤٦	۱/۸۲	۰/۳۷	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۸٤	۰/۵۳	۹/۹۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
B_3	۲/۵۵	۱/۳۰	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۰۰	۰/۱٤	۱/۸۳	۹/٤۷	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰
C_3	٤/۷٦	۳/۲۹	۰/۰۰	۰/۵۳	۰/۹٤	۰/۰۰	۱/۵٤	۱/۹۲	۸/۸۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
A_4	۲/۹۲	۱/۰٤	۰/۷۱	۰/۵۰	۰/٦۸	۰/۰۰	۱/٦٤	۳/٤۰	۱/۵۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
B_4	٤/۱۲	۲/٦۲	۱/۰۵	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۸۵	۱۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
C_4	۱/۵۷	۰/۷٦	۰/۵٦	۰/۰۰	۰/۲۳	۰/۰۰	۲/۸٦	٦/۰۰	۱۷/۹٤	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰
A_5	۲/٤٤	۱/۲۸	۰/٦۲	۰/۲٦	۰/۰٤	۰/۲٤	۰/۰۸	۱/۳٤	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
B_5	۲/٤۸	۱/۷۰	۰/۲٦	۰/۱۸	۰/۱٦	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/٤۲	۱/۱۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
C_5	۳/۵٦	۰/۰۲	۰/۸۰	۱/۸۸	۰/۸٦	-	۰/۰۸	۰/۸۰	۷/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

A_1-پاکستانی A B_1- پاکستانی B C_1 - پاکستانی C A_2-هندی A B_2-هندی B A_3 -مازندران طارم B_3- مازندران شیرودی C_3- مازندران ندا A_4-گیلان تالش B_4-گیلان کاظمی C_4-گیلان هاشمی A_5-ارگانیک کشت اول B_5-ارگانیک کشت دوم C_5-ارگانیک قهوه ای

- میزان آلودگی به فلزات سنگین

نتایج ارقام برنج ازنظر میزان تجمع هر یک از فلزات سنگین به تفکیک مزرعه در جدول (۳) گزارش‌شده‌است. میانگین میزان سرب در نمونه برنج هندی B (۰/۳۵٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، پاکستانیC (۰/۱۹٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و گیلان (کاظمی) و (هاشمی) (۰/۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش از سایر نمونه‌های برنج مورد مطالعه تعیین گردید. کمترین سرب در نمونه‌های ارگانیک کشت اول، دوم و قهوه‌ای مشاهده گردید (۰/۰٤۱ تا ۰/۰۲٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم). نمونه‌های برنج پاکستانی B و C و نیز هندی A به ترتیب با ۰/۰۱۹، ۰/۰۱۱، و ۰/۰۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم ازلحاظ میزان کادمیوم بیش از سایرین بودند. کمترین میزان کادمیوم در ارقام پاکستانی A، هندی B و

ارگانیک اول، دوم و قهوه‌ای مشـاهده شد. ازلحاظ میزان آرسـنیک، ارقام پاکستانی A و ارگانیک کشت اول، کمتر از حد تشخیص بودند. بیشترین مقدار آرسنیک در ارقام هندی B و مازندران (شیرودی) مشاهده گردید.

جدول (۳)- میزان فلزات (میلی‌گرم بر کیلوگرم) موجود در انواع مختلف برنج‌های تولید داخل و وارداتی

منطقه 1*	سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آرسنیک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
حد مجاز	۰/۱۵۰	۰/۰۶۰	۰/۱۵۰
A_1	۰/۰۵۶	۰/۰۰۱	SD>*2
B_1	۰/۰۶۵	۰/۰۱۹	۰/۰۴۸
C_1	۰/۱۹۶	۰/۰۱۱	۰/۰۵
A_2	۰/۱۰۴	۰/۰۱۷	۰/۰۸۰
B_2	۰/۳۵۶	۰/۰۰۱	۰/۱۱۰
A_3	۰/۱۲۰	۰/۰۰۳	۰/۰۷۵
B_3	۰/۱۰۹	۰/۰۰۷	۰/۱۰۰
C_3	۰/۰۵۶	۰/۰۰۲	۰/۰۹
A_4	۰/۰۴۱	۰/۰۰۹	۰/۰۶۶
B_4	۰/۱۵۰	۰/۰۰۹	۰/۰۷
C_4	۰/۱۵۰	۰/۰۰۵	۰/۰۸۳
A_5	۰/۰۴۱	۰/۰۰۱	SD>*2
B_5	۰/۰۳۱	۰/۰۰۱	۰/۰۳۰
C_5	۰/۰۲۴	۰/۰۰۱	۰/۱۵۰

A_1-پاکستانی A B_1- پاکستانی B - C_1 پاکستانی C A_2-هندی A B_2-هندی B A_3-مازندران طارم B_3- مازندران شیرودی C_3- مازندران ندا A_4-گیلان تالش B_4-گیلان کاظمی C_4-گیلان هاشمی A_5-ارگانیک کشت اول B_5B-ارگانیک کشت دوم C_5-ارگانیک قهوه‌ای؛ *2 کمتر از حد تشخیص

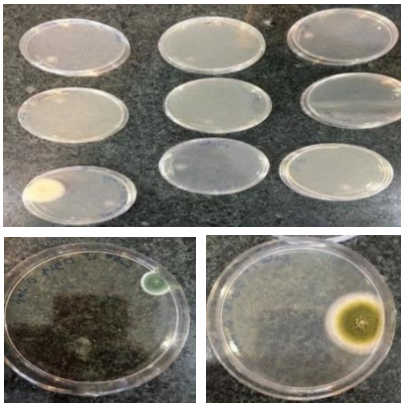
- آلودگی میکروبی و قارچی

یافته‌های حاصل از آزمایشات کپک و مخمر در جدول (٤) و شکل (۱) گزارش‌شده‌است. نمونه‌های برنج هندی B و گیلان رقم کاظمی رشد کپک را نشان‌دادند. در سایر ارقام مورد آزمایش، آلودگی کپک و مخمر مشاهده‌نشد.

جدول (٤)- میزان آلودگی کپک و مخمر در انواع مختلف برنج‌های تولید داخل و وارداتی

منطقه[1]*	حد مجاز	میکروبی (کپک و مخمر)
A_1	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
B_1	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
C_1	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
A_2	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
B_2	۱۰٤	بیشتر از ۱۰٤
A_3	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
B_3	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
C_3	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
A_4	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
B_4	۱۰٤	بیشتر از ۱۰٤
C_4	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
A_5	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
B_5	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤
C_5	۱۰٤	کمتر از ۱۰٤

A_1–پاکستانی A B_1– پاکستانی B C_1 – پاکستانی C A_2–هندی A B_2–هندی B A_3–مازندران طارم B_3– مازندران شیرودی C_3– مازندران ندا
A_4–گیلان تالش B_4–گیلان کاظمی C_4–گیلان هاشمی A_5–ارگانیک کشت اول B_5–ارگانیک کشت دوم C_5–ارگانیک قهوه ای



شکل (۱)- آلودگی کپکی نمونه‌های برنج

- میزان باقیمانده سموم برنج

نتایج حاصل از باقیمانده سموم آفت‌کش‌ها در برنج‌های داخلی و خارجی در جدول (۵) گزارش‌شده‌است. عمده باقیمانده سم در نمونه‌های مربوط به برنج مازندران سموم سیپرمترین تام، سیپرمترین ۱، فنازاکوئین و تری کلروفن بود. در برنج گیلان استفاده از آفت‌کش‌های سیپرمترین تام، سیپرمترین ۱، سیپرمترین ۲، فنازاکوئین، پرفنوس و دیازینون مشاهده‌شد. در نمونه گیلان تالش (A_4) از بیشترین تنوع سم برخوردار بود که شامل سموم سیپرمترین تام (۰/۰۷۵ میلی‌گرم بر

کیلوگرم)، سیپرمترین ۱ (۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، سیپرمترین ۲ (۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پرفنفوس (۰/۰۷٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. حد مجاز سیپرمترین تام ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که در نمونه A_4 این مقدار بیشتر از حد استاندارد بود. سموم موجود نمونه‌های پاکستان شامل بوتاکلر، کارتپ، دیازینون و کلرتالونیل بود که در محدوده مجاز قرار داشتند. دیازینون، فنازاکوئین و کلرپیریفوس سموم مورداستفاده در نمونه‌های برنج هندی بودند که مقدار فنازاکوئین (۰/۱۲٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش‌ازحد استاندارد حاصل شد. در نمونه‌های کشت ارگانیک نیز وجود آفت‌کش تشخیص‌داده‌شد اگرچه مقدار آن کمتر از حد استاندارد بود.

جدول (۵)- میزان سموم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) موجود در انواع مختلف برنج‌های تولید داخل و وارداتی

سموم *1	A_1	B_1	C_1	A_2	B_2	A_3	B_3	C_3	A_4	B_4	C_4	A_5	B_5	C_5	حد استاندارد (حداکثر)
بوتاکلر	nd	۰/۰۹۸	nd*2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۲۹	nd	۱
کارتپ	۰/۱۲۹	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۳٦	nd	nd	۸
کلرتالونیل	nd	۰/۰٤۸	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۵
کلرپیریفوس	nd	nd	۰/۰۵٦	۰/۰۵٦	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۱
سیپرمترین تام	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰٤٦	nd	۰/۰۵۱	۰/۰۷۵	۰/۰۵۰	nd	nd	nd	nd	۰/۰۵
سیپرمترین ۱	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰٤٦	nd	nd	۰/۰۵	۰/۰۵۰	nd	nd	nd	nd	nd
سیپرمترین ۲	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۲۵	nd	nd	nd	nd	nd	nd
دیازینون	nd	nd	۰/۰۳٦	۰/۰۳٦	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۵۸	nd	nd	nd	۰/۱
فنازاکوئین	nd	nd	nd	nd	۰/۱۲٦	۰/۰٦۳	nd	nd	nd	۰/۱۲٦	nd	nd	nd	nd	۰/۰۵
فنیتروتیون	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۳٤	nd	nd	۰/۰۵
هگزاکلروسیکلوهگزان‌ها	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۲	nd	۰/۰۵
گاما-هگزاکلروسیکلوهگزان	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۲	nd	nd
پرفنفوس	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۷٤	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰۵
تری کلروفن	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۰٤۸	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	۰/۱

A_1-پاکستانی A B_1- پاکستانی B C_1 - پاکستانی C A_2-هندی A B_2-هندیB A_3-مازندران طارم B_3- مازندران شیرودی C_3- مازندران ندا A_4-گیلان تالش B_4-گیلان کاظمی C_4-گیلان هاشمی A_5-ارگانیک کشت اول B_5-ارگانیک کشت دوم C_5-ارگانیک قهوه‌ای؛ nd: کمتر از حد تشخیص

- میزان آفلاتوکسین‌ها

نتایج میزان بررسی آفلاتوکسین B_1، B_2، G_1، G_2 و آفلاتوکسین تام در نمونه‌های برنج در جدول (٦) ارائه‌شده‌است. به‌جز برنج پاکستانی B و C، میزان آفلاتوکسین B_1 در سایر نمونه‌ها کمتر از حد تشخیص گزارش گردید و بیشترین غلظت آفلاتوکسین B_1 ، B_2 و آفلاتوکسین تام سنجش شده در برنج‌های پاکستانی B و C مشاهده‌شد. بیشترین میزان آفلاتوکسین B_1 ۱/۲٦ و ۰/۲۰ ، آفلاتوکسین B_2 ۰/۸۹ و ۰/۳۳ و آفلاتوکسین تام ۰/۱۵ و ۰/۵۳ نانوگرم بر گرم بوده که به ترتیب در برنج پاکستانی B و C اندازه‌گیری شد.

جدول (٦)- میزان آفلاتوکسین (نانوگرم برگرم) موجود در انواع مختلف برنج‌های تولید داخل و وارداتی

منطقه 1*	آفلاتوکسین B1	آفلاتوکسین B2	آفلاتوکسین G1	آفلاتوکسین G2	مجموع آفلاتوکسین‌ها
A_1	SD>*$_2$	SD>	SD>	SD>	-
B_1	١/٢٦	٠/٨٩	SD>	SD>	٠/١٥
C_1	٠/٢٠	٠/٣٣	SD>	SD>	٠/٥٣
A_2	SD>	SD>	SD>	SD>	-
B_2	SD>	SD>	SD>	SD>	-
A_3	SD>	SD>	SD>	SD>	-
B_3	SD>	SD>	SD>	SD>	-
C_3	SD>	SD>	SD>	SD>	-
A_4	SD>	SD>	SD>	SD>	-
B_4	SD>	SD>	SD>	SD>	-
C_4	SD>	SD>	SD>	SD>	-
A_5	٠/٤٩	٠/٣٨	SD>	SD>	٠/٧٧
B_5	٠/٣١	٠/٤٠	SD>	SD>	٠/٧١
C_5	٠/١٨	٠/٣٣	SD>	SD>	٠/٥١

A_1-پاکستانی A B_1- پاکستانی B C_1 - پاکستانی C A_2-هندی A B_2-هندی B A_3 -مازندران طارم B_3- مازندران شیرودی C_3- مازندران ندا A_4-گیلان تالش B_4-گیلان کاظمی C_4-گیلان هاشمی A_5-ارگانیک کشت اول B_5-ارگانیک کشت دوم C_5-ارگانیک قهوه ای

*$_2$کمتر از حد تشخیص

بحث و نتیجه‌گیری

صفات مربوط به کیفیت دانه برنج به سه دسته تقسیم می‌شوند ١- کیفیت تبدیل ٢-کیفیت پخت و خوراک ٣- کیفیت غذایی (ارزش غذایی). ازنظر کیفیت پخت افزایش طول دانه ویژگی مطلوب و افزایش عرض دانه فاکتوری نامطلوب محسوب می‌شود. چنانچه طویل شدن دانه بعد از پخت بدون افزایش قطر باشد، به‌عنوان یک صفت مطلوب در ارقام برنج محسوب می‌شود (Habibi, 2016). بیشترین طول دانه به ارقام مازندران (ندا) و هندی B تعلق داشت و بیشترین عطر در نمونه‌های گیلان (تالش) و مازندان (طارم) مشاهده شد. بیشترین و کمترین ضخامت به ترتیب در ارقام ارگانیک کشت اول و پاکستانی B به‌دست آمد. طی عملیات پخت، طول و عرض دانه برنج به دلیل جذب آب افزایش می‌یابد (Habibi, 2016). در این تحقیق نسبت طول به عرض دانه ٥/٦٨-٣/٧٧ بوده است و ارقام هندی A و B و مازندان (ندا) بیشترین و ارقام ارگانیک کشت اول و دوم کمترین نسبت را به خود اختصاص دادند. ارقام هندی از قابلیت قدکشیدن بالایی برخوردار بودند که می‌توان به اعمال فرایند پارابویلینگ طی فرایند تولید برنج هندی مربوط باشد. عمل پارابویلینگ برای بالابردن ارزش تغذیه‌ای برنج، بیشتر در کشورهای هند و بنگلادش انجام می‌گیرد. در این روش شالی قبل از ورود به سیستم و ماشین‌آلات تبدیل برنج در مجاور بخار آب و یا آب جوش قرار می‌گیرد. در این صورت، برنج حالت پیش‌پز پیدا می‌کند و به انتقال بیشتر املاح و ویتامین‌ها که در پوسته و سبوس برنج به‌وفور یافت می‌شوند به داخل مغز برنج کمک زیادی می‌کند. در اثر عملیات نیم‌پز، برنج حالت شیشه‌ای پیداکرده و کمی زردرنگ می‌شود. در هنگام پخت قابلیت جذب آب

داشته و بدون تغییر حالت قد می‌کشد (Agha-Golzadeh, 2010). عطر نیز یکی از ویژگی‌های مهم در ارزیابی کیفی برنج می‌باشد، به‌طوری‌که برنج‌های معطر ارزش خاصی در بازارپسندی و صادرات داشته و در تجارت جهانی نیز از قیمت بالاتری نسبت به برنج غیر معطر برخوردار است (Ramesh *et al.*,2019). به نظر می‌رسد افزایش طول و نسبت طول به عرض دانه عوامل مؤثری در افزایش سطح تماس دانه با آب هستند که نتیجه آن، خروج بیشتر مواد مولد عطر به داخل آب پخت و کاهش عطر محصول است. ازاین‌رو نمونه‌های با طول مناسب از عطر مناسب‌تری برخوردار بودند.

سه عامل مهم مقدار آمیلوز، دمای ژلاتینی شدن و قوام ژل، کیفیت پخت برنج را مشخص می‌سازند (Ramezanpour *et al.*,2016). در زمان پخت برنج، خواص کریستالی خود را از دست می‌دهند، آب جذب می‌کنند، هیدراته و متورم می‌شوند که نتیجه آن ایجاد حالت خمیری است که به علت ژلاتینه شدن نشاسته در اثر حرارت اتفاق می‌افتد (Habibi, 2016). بررسی خواص مربوط به ایجاد حالت ژلاتینی نشاسته در حین جذب آب می‌تواند در بررسی‌های مربوط به کیفیت برنج بااهمیت باشد. دانه‌های باقدرت ژلاسیون بالا نسبتاً خشک و جدا از هم هستند. میزان ژلاسیون در ارقام ایرانی و پاکستانی B بیشتر بود. می‌توان نتیجه گرفت که ارقام ایرانی موردبررسی در این مطالعه ازنظر میزان ژلاتینه شدن نشاسته در مقایسه با ارقام هندی و پاکستانی در وضعیت بالاتری قرار داشتند. دانه‌های برنج با ژلاسیون پائین در هنگام پخت چسبنده می‌شوند. دانه‌های برنج با ژلاسیون متوسط تا مدت‌ها پس از پخت نرم باقی می‌مانند و مصرف‌کنندگان ایرانی بیشتر برنج‌هایی با ژلاسیون متوسط را ترجیح می‌دهند (Habibi, 2016). هرچه میزان ژلاتینه شدن بیشتر باشد، زمان پخت کوتاه‌تر می‌شود و موجب نرم شدن دانه برنج پس از پخت می‌شود (Ramezanpour *et al.*, 2016).

جهت به دست آوردن میزان مواد معدنی، میزان خاکستر در هر نمونه به‌صورت درصد بیان گردید. به‌این‌ترتیب برنج ارگانیک قهوه‌ای با داشتن میزان مناسب خاکستر می‌تواند ترکیب غذایی مناسبی برای مصرف انسان باشد و همچنین پتانسیل بالقوه مناسبی برای استفاده در فرمولاسیون‌های غذایی جدید دارد. برنج مازندران (ندا) کمترین میزان خاکستر را دارا بود که بیانگر ارزش تغذیه پایین‌تر این نمونه بود.

هر ماده یا عاملی که باعث کاهش مرغوبیت برنج گردد، افت نامیده می‌شود. افت برنج شامل ناخالصی‌های آلی (شامل بذر علف‌های هرز، پوسته، سبوس، کاه، آفت زنده و مرده و بقایای آن) و معدنی (شامل سنگ، شن و خاک) می‌باشد (ISIRI. 127/2017). گچی شدن دانه‌ها، یکی دیگر از پارامترهای مهم در کیفیت محصول نهایی است. دانه‌های گچی، به دانه‌هایی غیر از دانه‌های واکسی گفته می‌شود که تمام سطح آن به رنگ سفید مات است و بخش عمده نشاسته آندوسپرم آن‌ها از آمیلوپکتین است و در هنگام پخت ایجاد چسبندگی می‌کند (ISIRI.127/2017). کمترین درصد دانه‌های گچی در ارقام هندی A و B و ارگانیک قهوه‌ای به دست آمد (۰/۰۲ -۰/۰۰ درصد). همچنین بیشترین درصد دانه‌های گچی در رقم پاکستانی A مشاهده‌شده است (۵/۶۰ درصد). در فرایند تبدیل شلتوک به برنج، دانه‌های گچی

مقاومت کمتری از خود نشان داده و از کیفیت پخت بالایی برخوردار نیستند. بیشترین میزان دانه‌های زرد که در اثر عوامل نامساعد محیطی برداشت و نگهداری به رنگ زرد درآمده است در نمونه هندی B مشاهده گردید. اگرچه می‌تواند فرایند پارابویلینگ نیز بر این افزایش مؤثر باشد. میزان زردی دانه در ارقام پاکستانی A، گیلان و مازندران صفر مشاهده گردید. بیشترین میزان شکستگی در نمونه گیلان (تالش) مشاهده شد. گزارش‌ها نشان می‌دهند تنش‌های حاصل از تغییر یک درصد رطوبت در دانه، ۱۰۰ بار بیشتر از تنش‌های حاصل از تغییر یک درجهٔ سلسیوس دماست (Tajaddodi Talab *et al.*, 2016). یکی از مراحل تولید برنج خشک‌کردن شلتوک است که ازنظر ایجاد ضایعات مرحلهٔ مهمی به شمار می‌آید. یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد حساسیت رقم برنج در برابر ترک‌خوردگی، دمای هوای خشک‌کننده در هنگام خشک‌کردن شلتوک، رطوبت شلتوک هنگام اجرای عملیات تبدیل و نیز ضخامت لایه شلتوک درون مخزن خشک‌کننده، بر کاهش خرده برنج پس از تبدیل مؤثر هستند (Payman *et al.*, 2005). درنهایت بر اساس برآورد کلی، ارقام هندی A، B و گیلان (هاشمی) دارای کمترین و رقم پاکستانی A دارای بیشترین ناخالصی بودند.

میزان آلودگی کپکی برنج پاکستانی B و C بیش از سایر ارقام بود. خشک‌نکردن به‌موقع شلتوک برنج همچنین میزان رطوبت نهایی برنج، می‌تواند باعث بروز فساد میکروبی (قارچی، باکتریایی) شود (Tajadodi Talab, 2005). اما در سایر نمونه ها میزان آلودگی قارچی کمتر از حد مجاز بود. طبق نتایج، غلظت آفلاتوکسین G_1 و G_2 در کلیه نمونه‌ها کمتر از حد تشخیص بود. ترتیب غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های هندی، پاکستانی و ایرانی عبارت است از: کادمیوم >آرسنیک >سرب. در بین چهار نوع محصول مورد مطالعه، بیشترین مقدار فلزات سنگین در برنج‌های پاکستانی، پس‌ازآن در برنج‌های هندی و سپس ایرانی اندازه‌گیری شد. به‌علاوه نتایج بررسی نمونه‌ها نشان داد که کمترین میزان غلظت سه فلز کادمیوم، آرسنیک و سرب در برنج‌های ایرانی می‌باشد، این نتایج با یافته‌های مطالعات دیگر سازگاری داشت (Dehghani *et al.*, 2015;Cheraghi, 2015). محققان میزان میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل، آرسنیک و کادمیوم در برنج‌های ایرانی مربوط به مزارع پایین‌دست رودخانه کارون را بالاتر از برنج‌های وارداتی هندی گزارش کرده‌اند (Skandari *et al.*, 2019). کمترین میزان سرب، کادمیوم و آرسنیک در نمونه‌های ارگانیک کشت اول، دوم و قهوه‌ای مشاهده گردید. وجود آرسنیک در این ارقام می‌تواند به طبیعت خاک و بخصوص استفاده از سموم و آفت‌کش‌های شیمیائی مربوط باشد. به نظر می‌رسد، آلودگی هوا، استفاده از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات می‌توانند مهم‌ترین عوامل رسوب آرسنیک در خاک‌های کشاورزی باشند. سنگ فسفات که در تولید کود و مواد شوینده مورداستفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم آرسنیک /کیلوگرم باشد (Gharachorloo *et al.*, 2019). بررسی غلظت فلزات سنگین روی و آرسنیک در برنج شهرستان فیروزآباد نشان داده است که غلظت فلز آرسنیک در

۱۰۰ درصد نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز WHO/ FAO و میزان فلز روی در ۹۷/۳٦ درصد نمونه‌ها پایین‌تر از حد مجاز است (Cheraghi *et al.*, 2013) تحقیقات پیرامون میزان انتقال فلزات سنگین از خاک به برنج و انتقال آن‌ها به زنجیره غذایی نشان داده است که مصرف برنج‌های کشت‌شده در مزارع سبب جذب میزان بالایی از فلزات سنگین سرب و نیکل در بدن شده و آبیاری اراضی با پساب‌های صنعتی تجمع این فلزات را در برنج‌های زراعی افزایش داده‌است (Skandari *et al.*, 2019).

باقیمانده سم سیپرمترین تام در نمونه‌های مازندران رقم ندا و گیلان رقم تالش بیش از محدوده نرمال غلظت باقیمانده این سم بود. همچنین میزان باقیمانده سم فنازاکوئین در نمونه برنج گیلان نمونه کاظمی بالاتر از حد مجاز استاندارد سم فنازاکوئین مشاهده شد. مقدار باقی‌مانده سایر سموم در کلیه ارقام برنج کمتر از حد مجاز اعلام‌شده توسط سازمان استاندارد به دست آمد. سموم سیپرمترین و فنازاکوئین در نمونه‌های مازندران C و گیلان B بالاتر از حداکثر مجاز استاندارد بود. بر اساس نتایج در بین نمونه‌های ارگانیک نیز استفاده از سموم مشاهده می‌شود اگرچه کمتر از حد استاندارد در نمونه کشت اول و دوم استفاده‌شده بود. با توجه به حد مجاز این دو سم طبق استاندارد و مصرف برنج در سبد غذایی مصرف‌کنندگان، این مشکل می‌تواند تهدیدی برای مصرف‌کننده باشد. در نمونه‌های برنج، استفاده از سم‌هایی مشاهده می‌شود که در استاندارد برنج مجوزی جهت استفاده از آن‌ها نبود. غلظت‌های بالاتر آفت‌کش فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را با مکانیسم‌های متفاوتی مهار می‌کند. برای مثال، حضور باقیمانده آفت‌کش در خاک باعث اختلال فعالیت ترمودینامیکی آب با عناصر غذایی ماکرو و میکرو در خاک اطرافش می‌شود. حضور باقیمانده آفت‌کش در خاک باعث کاهش جذب آب همراه با عناصر غذایی می‌شود، زیرا که بقایای آفت‌کش بااتصال به ذرات خاک جذب عناصر غذایی از خاک را توسط ریشه تحت تأثیر قرار می‌دهد. باقیمانده آفت‌کش‌ها بر غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه و سیستم انتقال مواد غذایی اثر می‌گذارد و می‌تواند جذب عناصر را تحت تأثیر قرار دهد (Afshar mohammadian *et al.*, 2015). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که ترکیبات سمی تولیدشده توسط آفت‌کش‌ها سنتز پروتئین و کربوهیدرات را از طریق تغییر در فعالیت سیتوکروم اکسیداز، مسدود کردن مسیرهای تنفسی جایگزین و تجمع سوکسینات به تأخیر می‌اندازند (Siddiqui and Ahmed, 2006).

بیشترین غلظت آفلاتوکسین B_1 ، B_2 و آفلاتوکسین تام سنجش شده در برنج‌های پاکستانی B و C گزارش گردید. به علت سمی بودن و خاصیت سرطان‌زایی بالای آفلاتوکسین، بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته قوانین سخت‌گیرانه‌ای برای محدود کردن حداکثر مجاز آفلاتوکسین در غذا تعیین کرده‌اند. بنابراین بسیاری از کمیته‌ها و مؤسسات استاندارد، برای مقدار قابل‌قبول مایکوتوکسین ها در مواد غذایی حد تعیین کرده‌اند. به‌عنوان‌مثال کمیته اروپایی کدکس حداکثر سطح قابل‌قبول آفلاتوکسین کل در برنج را ٤ نانوگرم بر گرم و میزان ۲ نانوگرم بر گرم را برای آفلاتوکسین B1 در اتحادیه اروپا تعیین کرده است. آفلاتوکسین B_1 ازنظر

بیولوژیکی فعال‌ترین مشتق آفلاتوکسین از بین آفلاتوکسین های شناخته‌شده است. این میزان در ایالات‌متحده آمریکا ۲۰ نانوگرم بر گرم برای کل آفلاتوکسین تعیین‌شده است (Hajimohammadi *et al.*, 2016).

بر اساس نتایج گونه‌های مختلف برنج داخلی، برندهای مختلف برنج وارداتی و با توجه به کاهش مصرف سموم، حداقل میزان آلودگی های فلزات سنگین، کپکی و مایکوتوکسین ها در کنار عملکرد مناسب کیفی و درصد افت و ناخالصی پایین، برنج ارگانیک کشت اول از ویژگی‌های مناسبی برای تأمین سلامت جامعه برخوردار است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از حمایت مالی موسسه کیفیت رضوی در انجام این پژوهش تشکر و سپاسگزاری نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Agha-Golzadeh, H. (2010). Rice Harvest and Post-Harvest Guide. Publication of Education (Institute of Agricultural Education and Extension). [In persian]
- Aghili, S.R., Shokohi, T., Khosravi, A.R., and Salmanian, B. (2012). Mycoflora Contamination of Consumed Rice in Mazandaran. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 21(86): 280-286. [In persian]
- Afshar mohammadian, M., Esmaeili, S., Almasi, Z., Shakib, F., Majidi-Shilsar, F., Shokri Vahed, H., Aliakbar, A. and Shokrzadeh Lamuki, M. (2015). Total protein and Some Mineral Elements Content under Different Pesticides Treatmentin Brown and White Grain of Three Varieties of Rice. Journal of Plant Process and Function, 3**:** 11-20.
- Amanloo, S., Rezaei Kahhka, M., Ramezani, A., and Mir L. (2014). The Mycotoxin contamination of the Imported Consumer Rice and its producing Fungi in Zabol. Pars Journal of Jahrom University of Medical Sciences. 12 (1) :17-25. [In Persian]
- Cano-Lamadrid, M., Munera-Picazo, S., Burló, F., Hojjati, M., and Carbonell-Barrachina, Á .A. (2015). Total and Inorganic Arsenic in Iranian Rice. Journal of Food Science, 80(5): T1129-T1135.
- Cheraghi, M. (2015). Comparison of Cadmium Concentration and its Weekly Intake in Imported and Iranian Rice. Food Hygiene, 5(18): 83-92.
- Cheraghi, M., Afshari Bahmanbeigloo, Z., and Seif, A. (2013). Health assessment of Arsenic and Zinc in Rice Cultivated in Fars Province (Case Study: Firoozabad fields). Food Hygiene, 3(11): 67-74.
- Corry, J. E., Jarvis, B., Passmore, S., and Hedges, A. (2007). A Critical Review of Measurement Uncertainty in The Enumeration of Food Micro-Organisms. Food Microbiology, 24(3): 230-253.
- Dehghani and Mosaferi. (2015). Determination of Heavy Metal Concentrations (Cadmium, Arsenic and Lead) in Iranian, Pakistani and Indian Rice Consumed in Hormozgan Province .Mazandaran Medical Sciences. 25(134), 363-367. [In persian]

- FAOSTAT, F. 2018. Disponível em:< http://faostat. fao. org>. Acesso em, 14.
- FiBL. www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2016.html [Online]. http://fsct.modares.ac.ir/article-7-5152-fa.html.
- Gharachorloo, M., Zulfiqar, A., Bayat, M., and Bahrami, F. (2019). Arsenic Tracking in Iranian Rice: Analysis of Agricultural Soil and Water, Unpolished Rice and White Rice. Journal of Food Biosciences and Technology, 9(1): 19-34
- Habibi, F. (2016). Determination of gelatinization temperature in rice varieties by the rapid visco analyzer (RVA). Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO), 14(64): 301-309. [In persian]
- Hadiacn, Z., Yazdanpanah, H., Azizi, M ,.Seyed, A.F., Koushki, M., Hosseini, P. S., Khoshgozaran, S. (2009). Occurrence of ochratoxin A in rice sold in chain stores in Tehran Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 4 (2) :53-59. [In Persian]
- Hajimohammadi, B., Kiani, M., Mosadegh, M., Biabani, J., Fallahzadeh, H., and Tabatabayi, M. (2016). Effect of Heating Processes and Home Cooking Methods of Rice on Concentration of Aflatoxin B1. Tolooebehdasht, 15(3): 165-175. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2008). Foods - Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc - Atomic absorption spectrophotometry. 1nd revision. ISIRI No. 9266. [In Persia]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2008). Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal Method for the Enumeration of Yeasts and Moulds -Part 2: Colony Count Technique in Products with Water Activity less than or Equal to 0.95. 2nd revision. ISIRI No. 10899. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2011). Food and Feed Stuffs Determination of Aflatoxins BandG by HPLC Method using Immunoaffinity Column Clean up-Test Method. , ISIRI No. 6872. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2010). Cereal and Cereal Products -Wheat -Specification and Test methods. 5nd revision, ISIRI No. 2705. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2013). Foods of Plant Origin— Determination of Pesticide Residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following Acetonitrile Extraction/Partitioning and Cleanup by Dispersive SPE— QuEChERS-method. 1nd revision. ISIRI No. 17026. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2013b). Foodstuffs – Determination of Trace Elements –Determination of total Arsenic by Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry (HGAAS) after Dry Ashing. 1nd version. ISIRI No. 16722. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran（ISIRI）, (2017). Rice - Characteristics and Test Methods. ISIRI No. 127. [In Persian]
- Juliano, B., Bautista, G. M., Lugay, J., and Reyes, A. C. (1964). Rice Quality, Studies on Physicochemical Properties of Rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 12(2): 131-138 .
- Najafi, B., and Bakhshoodeh, M. (2002). Effectiveness of Government Protective Policies on Rice Production in Iran. EAAE Congress 'Exploring Diversity in the European Agri-Food System', Zaragoza (Spain), 28-31 August.

- Payman, MH, Rouhi, GH R, and Alizadeh, MR. (2005). Determination of Energy Consumption in Traditional and Semi-Mechanized Methods for Rice Production (a Case Study in Gilan Province). Irrigation and Drainage Structures Engineering Research 6(1), 97-112. [In Persian]
- Prasert, W., and Suwannaporn, P. (2009). Optimization of Instant Jasmine Rice Process and its Physicochemical Properties. Journal of Food Engineering, 95(1): 54-61.
- Ramesh, B., Mohtasebi, S.S., and Rafiee, S. (2019). Classification of Different Iranian Rice Varieties and Frauded Rice based on Volatile Compounds Detected by Electronic Nose Method. Iranian Journal of Biosystems Engineering, 50(3), 595-606. [In Persian]
- Ramezanpour A, Pirdashti H, Abdollahi-mobarhan Sh, and Bahari-Saravi S, H. (2016). Quality Traits Investigation and Their Relationship with Grain Yield in Several Varieties and Promising Lines of Rice (*Oryza sativa* L.). Agronomy Journal (Pajouheshand Sazandegi). 107: 8-16. [In persian]
- Siddiqui, Z. S. and Ahmed, S. (2006). Combined Effects of Pesticide on Growth and Nutritive Composition of Soybean Plants. Pakistan Journal of Botany. 38**:** 721.
- Skandari, A., Mohammadi Rozbahani, M., and Payandeh, K. (2019). Health Assessment of Heavy Metals Pollutions in Some of Imported and Cultivated Rice of Karoon River (Case study: Shadegan City). Food Hygiene, 9(35): 13-24.
- Tajadodi talab, k. Latifi A. and Habibi, F. (2016). Effect of Paddy Moisture, Drying Air Temperature and Type of Whitener on the Whole Kernel Percentage and Quality Characteristics of the Common Rice Cultivarsin North of Iran. Cereal Research, 6(4), 423-435. [In persian]
- Tajadodi Talab, K. (2005). The Effect oF Multi Pass Drying on Milling Yield and Drying Time of Paddy. Journal of Agricultural Engineering Research, 6(22),113-124. [In persian]
- Vahaji, N., Tayefe, M., and Sadeghi, M. (2019). Comparison of the Concentration of Heavy Elements and their Weekly Absorption in Consumed Rice Planted in Different Regions of Guilan Province. Ebnesina, 21(4): 51-58. [In persian]
- Villareal, R., Resurreccion, A., Suzuki, L., and Juliano, B. (1976). Changes in Physicochemical Properties of Rice During Storage. Starch-Stärke, 28(3): 88-94 .
- Zamani, H., Naji-Tabasi, S., Afkhami-Rouhani, H., Ahmadzadeh, S. M., and Shahidi-Noghabi, M. (2020). Conceptual Explanation of the Food Production Cycle based on Tayyib Food Indices in the Holy Quran. Journal of Pizhūhish dar dīn va salāmat, 6(2): 165-179. [In persian]