ORIGINAL ARTICLE

Determination of Trace Elements in some Types of Iranian Rice Using Laser Induced Breakdown Spectroscopy

Marzieh Hemati Farsani[1],
Mahsa Ghezelbash[2],
Seyyed Mohammd Reza Darbani[3],
Abdollah Eslami Majd[4],
Mahmood Soltanolkotabi[5]

[1] MSc Student in Electro-Optic Engineering, Optics and Laser Science and Technology Research Center, Faculty of Science, Maleke-Ashtar University of Technology, Shahin shahr, Isfahan
[2] PhD Student in Photonic, Optics and Laser Science and Technology Research Center, Faculty of Science, Maleke-Ashtar University of Technology, Shahin shahr, Isfahan
[3] PhD Student in Physics, Department of Physics, University of Isfahan, Isfahan, Iran
[4] Assistant Professor , Department of Electrical Engineering and Electronics, Faculty of Science, Maleke-Ashtar University of Technology, Tehran, Iran
[5] Professor, Department of Physics, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran

(Received July 16, 2014 ; Accepted November 11, 2014)

Abstract

Background and purpose: Cereals are the most important components of a healthy diet. Rice is one of the most common consumed grains in the world and a staple food of people in everyday meals. This study aimed at introducing a novel analytical approach in investigation of harmful metals and necessary elements in some types of Iranian rice by using Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) method.

Materials and methods: Six types of consumed rice produced in different parts of the country have been collected from the market in 2013. All types of rice have been analyzed for seven times using LIBSCAN100 system and then spectra recorded have been analyzed by Plasus Specieline software.

Results: In this study, necessary elements and harmful metals have been analyzed in all samples. The average concentrations of zinc, phosphorus, iron, potassium, calcium, fluorine, chromium (III), and magnesium were 93.660mg/kg, 87.666mg/kg, 348mg/kg, 379.166mg/kg, 343.666mg/kg, 22mg/kg, 24.848mg/kg 1071.833mg/kg, respectively. This average content for harmful metals were 6.095mg/kg for lead, 0.773mg/kg for mercury, 0.963mg/kg for nickel, 2.391mg/kg for chromium (VI), and 0.940mg/kg for arsenic. No samples were found with cadmium.

Conclusion: The results indicate that, the concentration of magnesium was higher in necessary elements and that Isfahan Lenjan rice contained higher content of necessary elements. Chromium (VI) was the most common harmful metal among all samples. Furthermore, the local Tarom rice was found to be the safest in all samples. Laser Induced Breakdown Spectroscopy technique could be used as a fast, nondestructive, multi elemental analyzer that does not need initial preparation.

Keywords: Iranian rice, Laser Induced Breakdown Spectroscopy, necessary elements, harmful metals

J Mazandaran Univ Med Sci 2014; 24(118): 24-32 (Persian).

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و چهارم شماره ۱۱۸ آبان سال ۱۳۹۳ (۳۲-۲۴)

تعیین عناصر موجود در برخی گونه های برنج ایرانی با استفاده از روش بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری

مرضیه همتی فارسانی[۱]
مهسا قزلباش[۲]
سید محمدرضا دربانی[۳]
عبدالله اسلامی مجد[۴]
محمود سلطان الکتابی[۵]

چکیده

سابقه و هدف: غلات از اجزای مهم رژیم غذایی سالم و مناسب به شمار می‌رود. برنج یکی از پرمصرف‌ترین غلات در جهان و یکی از اجزای اصلی سبد غذایی مردم ایران است. هدف از این مطالعه معرفی یک روش جدید آنالیز عنصری برای بررسی عناصر ضروری و فلزات مضر موجود در تعدادی از انواع برنج ایرانی با استفاده از روش بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری می‌باشد.

مواد و روش‌ها: شش نوع برنج پرمصرف تولیدی در سال ۱۳۹۲ که در نقاط مختلف کشور کشت شده‌اند، از بازار جمع آوری گردید. هرکدام از انواع برنج‌ها هفت بار با استفاده از سیستم LIBSCAN100 تحت آنالیز طیفی قرار گرفت. سپس طیف‌های ثبت شده توسط نرم افزار Plasus Specline مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: در این مطالعه عناصر ضروری و فلزات مضر موجود در نمونه‌ها مورد آنالیز قرار گرفت. میانگین میزان غلظت روی ۹۳/۶۶، فسفر ۸۷/۶۶۶، آهن ۳۴۸، پتاسیم ۳۷۹/۱۶۶، کلسیم ۳۴۳/۶۶۶، فلور ۲۲، کروم ۳ ظرفیتی ۲۴/۸۴۸ و منیزیم ۱۰۷۱/۸۳۳ میلی گرم بر کیلو گرم تعیین گردید. در حالی که این میانگین در مورد عناصر مضر سرب، جیوه ، نیکل، کروم ۶ ظرفیتی و آرسنیک به ترتیب ۶/۰۹۵ ، ۰/۷۳۳، ۰/۹۶۳، ۲/۳۹۱ و ۰/۹۴۰ میلی گرم بر کیلو گرم محاسبه گردید. درهیچ یک از نمونه‌ها کادمیوم یافت نشد. آنالیزهای فوق به صورت جداگانه برای هرکدام از انواع برنج‌ها انجام شد.

استنتاج: نتایج آنالیز بیانگر این بود که در میان عناصر ضروری، منیزیم بیش‌تر ازسایر عناصر موجود بود. در میان انواع برنج های مورد آزمایش برنج لنجان اصفهان ازنظر عناصر ضروری، غنی‌تر می‌باشد. از نظر آلودگی به فلزات مضر، عنصر کروم ۶ ظرفیتی بیش از همه در نمونه‌ها یافت شد و هچنین برنج نوع طارم محلی نسبت به سایر انواع برنج‌ها، سالم تر بود. تکنیک بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری روشی سریع، غیر مخرب، دارای توانایی آنالیزی همزمان چند عنصری و بدون نیاز به آماده‌سازی نمونه بوده که کاربردهای فراوانی در آنالیز تولیدات صنایع غذایی دارد.

واژه های کلیدی: برنج ایرانی، بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری، فلزات مضر، عناصر ضروری

مقدمه

برنج یکی از اجزای اصلی سبد غذایی مردم ایران و حدود ۲/۴ میلیارد نفر از جمعیت جهان است(۱). مطابق گزارش Food and Agriculture Organization (FAO) تقریبا ۳۰ درصد از ارژی و ۲۰ درصد از پروتئین مردم

مولف مسئول: مرضیه همتی فارسانی– اصفهان: شاهین شهر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، پژوهشکده علوم و فناوری اپتیک و لیزر E-mail: m.hemati@mut-es.ac.ir
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی الکترواپتیک، مرکز تحقیقات فناوری و علوم اپتیک و لیزر، دانشکده علوم کاربردی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین‌شهر، ایران
۲. دانشجوی دکترای فوتونیک، مرکز تحقیقات فناوری و علوم اپتیک و لیزر، دانشکده علوم کاربردی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین‌شهر، ایران
۳. دانشجوی دکترای فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۴. استادیار، گروه الکترونیک، دانشکده برق و الکترونیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران
۵. استاد، گروه اپتیک کوانتمی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۳/۴/۲۵ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۳/۶/۸ تاریخ تصویب : ۱۳۹۳/۸/۲۰

مردم جهان از طریق مصرف برنج تامین می‌شود(۲). برنج تامین‌کننده عناصری مانند کلسیم، فسفر، پتاسیم، فلور، آهن و روی است. از طرفی ترکیبات مضر که همان فلزات سنگین هستند، می‌توانند از طریق خاک جذب بدن شده و وارد زنجیره غذایی انسان شوند. از این دسته فلزات می‌توان به کادمیوم، نیکل و جیوه اشاره کرد(۳). بررسی متون علمی معتبر دنیا دلالت بر عوارض سوء این عناصر بر سیستم‌های بیولوژیکی بدن انسان دارد. اثرات فلزات سنگین روی انسان مختلف بوده و عمده‌ترین آن مربوط به بروز اختلالات عصبی، سرطان‌زایی، تخریب کلیه، مشکلات ریوی و سرطان است(۴،۵). مطالعات متنوعی بر پایه روش‌های آنالیزی گوناگون در سراسر جهان برای تعیین محتوای فلزات سنگین در برنج و تعیین ارتباط آن با عوامل محیطی و شرایط اقلیمی صورت گرفته است(۹-۶). بیناب‌نمایی جذب اتمی، بیناب‌نمایی پلاسمای جفت شده القایی و بیناب‌نمایی جرمی برخی از این روش‌ها می‌باشند. در اغلب این روش‌ها نیاز به آماده‌سازی نمونه وجود داشته و نتایج آن‌ها با توجه به چشمه‌های نوری موجود در سیستم‌های اندازه‌گیری به تعدادی خاصی از عناصر محدود می‌باشد در ضمن امکان کاربرد آن‌ها برای همه حالات ماده وجود ندارد(۱۲-۱۰).

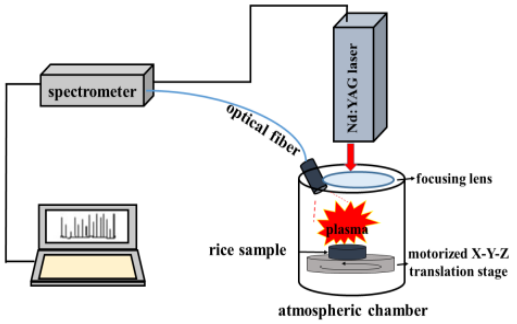
در ایران اقداماتی به منظور شناسایی عناصر سنگین در انواع مختلف برنج انجام شده که اغلب بر تکنیک‌های شیمیایی و بیناب‌نمایی جذبی استوار است(۱۷-۱۳). در این پژوهش علاوه بر معرفی تکنیک بیناب نمایی فروشکست القایی لیزری Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) به عنوان یک روش جدید آنالیز عنصری که دارای مزایای متعددی از قبیل عدم نیاز به آماده‌سازی نمونه، قابلیت آنالیز همزمان چند عنصری، سریع و غیر مخرب و قابل استفاده برای همه حالات ماده، عناصر فلزی مضر و ضروری موجود در تعدادی از انواع برنج ایرانی با استفاده از آن مورد آنالیز قرار گرفت. در این تکنیک نمونه‌ها بدون هیچ‌گونه آماده‌سازی خاصی تحت تابش لیزر قرار می‌گیرند. برای رساندن انرژی لیزر به مقدار انرژی لازم برای تبخیر نمونه تحت آنالیز، معمولا از یکسری ادوات اپتیکی نظیر عدسی برای کانونی کردن پرتو لیزر استفاده می‌شود. با تمرکز انرژی لیزر روی نمونه مورد آنالیز، ماده تبخیر شده و پلاسمای آن تشکیل می‌شود. این پلاسما ترکیبی از عناصر موجود در ماده، الکترون‌های آزاد و مراتب مختلف یونی نمونه مورد نظر می‌باشد. پس از تبخیر نمونه و تشکیل پلاسما، این پلاسما شروع به نشر کرده و با ثبت طیف نشری آن می‌توان به ترکیبات نمونه دست پیدا کرد. برخی از کاربردهای این روش آنالیزی در صنایع غذایی شامل آنالیز عناصر موجود در نان صبحانه، پوست سیب زمینی، روغن سبزیجات، رطوبت موجود در انواع مختلف پنیر و شناسایی برخی ترکیبات موجود در میوه‌ها نظیر پرتقال تاکنون گزارش شده‌اند(۲۲-۱۸). براساس اطلاعات انتشار یافته تاکنون، گزارشی مبنی‌بر استفاده از این روش برای آنالیز مواد غذایی در کشور منتشر نشده است.

مواد و روش‌ها

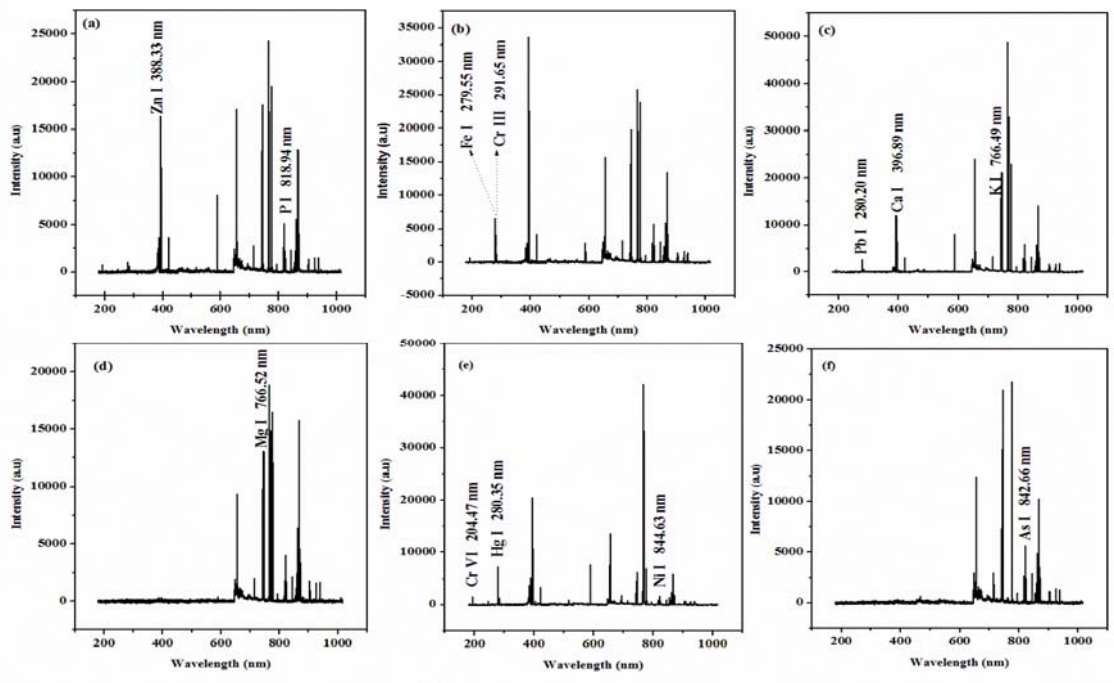
برای انجام این پژوهش شش نوع برنج پرمصرف تولیدی در سال ۱۳۹۲ که در نواحی مختلف زراعی ایران کشت شده بودند، انتخاب و از هر کدام به طور تصادفی سه نمونه از بازار خریداری شد. پراکندگی نواحی جغرافیایی کشت به‌منظور به‌دست آوردن تحلیلی از مقدار این ترکیبات مضر در آب و خاک نواحی مختلف یکی از دلایل انتخاب این نوع برنج‌هابود.

همان‌طورکه اشاره شد، برای آنالیز نمونه‌ها هیچ آماده‌سازی خاصی لازم نبود. برای انجام آنالیز ازسیستم LIBSCAN100 ساخت شرکت Applied Photonics استفاده شد. این سیستم مجهز به لیزر Nd:YAG با انرژی خروجی ۱۰۰mJ، پهنای پالس ۲±۷ نانوثانیه و نرخ تکرار متغیر ۱ تا ۲۰ هرتز می‌باشد. پرتو خروجی لیزر توسط عدسی روی نمونه کانونی شده که این امر باعث تولید

پلاسما می‌گردد. این پلاسما توسط هشت طیف‌سنج که با یکدیگر سری شده و قابلیت ثبت طیف در ناحیه ۱۸۰ تا ۱۱۵۷ نانومتر با دقت ۰/۰۴ نانومتر را دارا می‌باشند، ثبت گردید. طیف‌های ثبت شده توسط نرم‌افزار Plasus Specline مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این نرم‌افزار قابلیت شناسایی تمامی عناصر و اغلب مراتب یونی موجود در پلاسمای تشکیل شده را دارا می‌باشد. طرحواره شماتیکی روش آنالیزی فوق در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است. کلسیم، فسفر، آهن، روی، فلور، منیزیم و کروم سه ظرفیتی عناصر ضروری هستند که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند. آرسنیک، نیکل، سرب، جیوه، کادمیوم و کروم که بخشی از فلزات مضر موجود در مواد غذایی می‌باشند، نیز مورد بررسی قرار گرفتند. طیف‌های ثبت شده از نمونه‌های مختلف برنج در نمودار شماره ۱ آورده شده است. از روش کالیبراسیون آزاد برای به‌دست آوردن غلظت نمونه‌ها استفاده شد(۲۳). برای این کار یکی از عناصر موجود در نمونه که اطلاعات طیفی آن استخراج شده انتخاب و با استفاده از اطلاعات تئوری مربوط به ترازهای طیفی که از سایت استاندارد مواد استخراج شد(۲۴)، منحنی شدت برحسب انرژی ترازهای متناظر رسم و با استفاده از نرم‌افزار Matlab بهترین خط با کمترین خطا بر آن برازش شد(۲۳). در این مطالعه برای کالیبره نمودن داده‌ها، عنصر آهن انتخاب گردید. منحنی کالیبراسیون و خط برازش شده بر آن در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است. با استفاده از نتایج حاصل از کالیبراسیون، غلظت عناصر در نمونه‌های مختلف برنج محاسبه و نتایج آن در جداول شماره ۱و۲ آورده شده است.



تصویر شماره ۱: طرحواره شماتیکی آنالیز به روش بیناب نمایی فروشکست القایی لیزری.



نمودار شماره ۱: طیف LIBS نمونه‌های مختلف برنج ایرانی، (a) خوزستان (b) لنجان (c) طارم ناب (d)هاشمی(e)پنج ستاره فلاح (f)طارم محلی

جدول شماره ۱: غلظت عناصر ضروری در نمونه‌های مختلف برنج

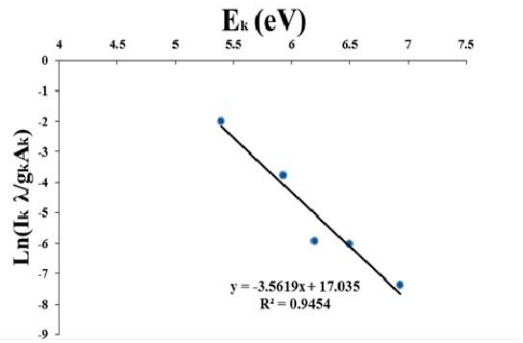
نام برنج	محل کشت	غلظت (mg/kg)							
		روی	کروم*	فسفر	آهن	پتاسیم	منیزیم	کلسیم	فلور
طارم ناب	مازندران	۱۳/۰۰۰	۰/۰۱۰	۷۶/۰۰۰	۱۲۳/۰۰۰	۴۰۰/۰۰۰	۸۰۰/۰۰۰	۱۷۰/۰۰۰	۱۸/۰۰۰
لنجان	اصفهان	۳۲/۰۰۰	۱۲/۰۰۰	۶۷/۰۰۰	۴۰۰/۰۰۰	۳۷۳/۰۰۰	۲۱۰۰/۰۰۰	۷۰۰/۰۰۰	۱۳/۰۰۰
پنج ستاره فلاح	فریدون کنار	۳۸۰/۰۰۰	۰/۰۷۰	۸۰/۰۰۰	۲۳/۰۰۰	۲۱۶/۰۰۰	۱۰۰۱/۰۰۰	۲۰۰/۰۰۰	۲۰/۰۰۰
طارم محلی	طارم	۳۷/۰۰۰	۷۲/۰۰۰	۲۰۰/۰۰۰	۹۰۰/۰۰۰	۳۱۱/۰۰۰	۷۳۰/۰۰۰	۸۵/۰۰۰	۱۹/۰۰۰
هاشمی	گیلان	۶۰/۰۰۰	۶۵/۰۰۰	۳۶/۰۰۰	۵۶۹/۰۰۰	۹۰۳/۰۰۰	۸۰۰/۰۰۰	۳۴/۰۰۰	۱۹/۰۰۰
خوزستان	خوزستان	۴۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۶۷/۰۰۰	۷۳/۰۰۰	۷۲/۰۰۰	۱۰۰۰/۰۰۰	۸۷۳/۰۰۰	۴۳/۰۰۰

*: کروم ۳ ظرفیتی

جدول شماره ۲: غلظت فلزات عناصر مضر در نمونه‌های مختلف برنج

نام برنج	محل کشت	غلظت (mg/kg)					
		کادمیوم	سرب	جیوه	نیکل	کروم*	آرسنیک
طارم ناب	مازندران	–	۳۵/۰۰۰	۰/۱۷۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶	۰/۰۹۷
لنجان	اصفهان	–	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۱/۱۷۳	۰/۹۵۴	۰/۰۲۸
پنج ستاره فلاح	فریدون کنار	–	۱/۱۹۷	۱/۲۶۷	۱/۹۰۱	۵/۹۱۶	۰/۵۴۵
طارم محلی	طارم	–	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰
هاشمی	گیلان	–	۸/۰۴۶	۳/۰۰۷	۲/۴۱۱	۶/۴۱۶	۳/۰۰۰
خوزستان	خوزستان	–	۰/۲۰۲	۰/۱۹۴	۰/۲۷۹	۱/۰۵۱	۱/۹۷۰

*: کروم ۶ ظرفیتی



نمودار شماره ۲: منحنی تغییرات شدت آهن در نمونه‌های مختلف (منحنی کالیبراسیون). E_k: انرژی تراز بالا، I: شدت متوسط نمونه، λ: طول موج انتخابی، g_k: تبهگنی تراز، A_k: احتمال گذار

یافته ها

همان‌طور که نمودار شماره۱ نشان می‌دهد، طول‌موج‌های مربوط به عناصر ضروری کلسیم، پتاسیم، آهن، منیزیم، روی، کروم سه ظرفیتی، فسفرو فلور بوضوح ثبت گردید. همچنین قله‌های طیفی مربوط به فلزات مضرکروم شش ظرفیتی، سرب، جیوه، آرسنیک و نیکل نیز مشاهده شد. از روش کالیبراسیون آزاد که اصول عملکردی آن در نمودار شماره۲ نشان داده شده است، برای محاسبه غلظت ترکیب‌ها استفاده شد. غلظت کلسیم در نمونه‌ها از۳۴ تا ۸۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم با میانگین ۳۴۳/۶۶۶ mg/kg متغیر بود. بیشترین غلظت در برنج خوزستان ۸۷۳ mg/kg و کمترین آن ۳۴ mg/kg در برنج هاشمی مشاهده شد. غلظت پتاسیم در نمونه‌ها از ۷۲ تا ۹۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و با میانگین ۳۷۹/۱۶۶ mg/kg متغیر بود. بیشترین غلظت در برنج هاشمی ۹۰۳ mg/kg و کمترین آن ۷۲ mg/kg در برنج خوزستان بود. حداکثر غلظت آهن با مقدار ۹۰۰ mg/kg برای طارم محلی و حداقل مقدار۲۳ mg/kg برای پنج ستاره فلاح ثبت گردید. بیشترین غلظت منیزیم ۲۱۰۰ mg/kg در برنج لنجان و کمترین آن ۷۳۰ mg/kg در نوع طارم محلی دیده شد. برنج پنج ستاره فلاح از نظر روی ۳۸۰ mg/kg از همه غنی‌تر و طارم ناب با ۱۳ mg/kg از همه فقیرتر بود. غلظت کروم سه ظرفیتی در نمونه‌ها از ۰/۰۱۰تا ۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم با میانگین ۲۴/۸۴۸ mg/kg متغیر بود که بیشترین مقدارآن

در برنج طارم محلی و کمترین آن در طارم ناب مشاهده شد. حداقل غلظت فسفر mg/kg ۳۶ متعلق به هاشمی و حداکثر آن با مقدار mg/kg ۲۰۰ متعلق به برنج طارم محلی بود. بیشترین غلظت فلور mg/kg ۴۳ در برنج خوزستان و کمترین آن mg/kg ۱۳ در نوع لنجان ثبت گردید. در میان عناصر مضر خوشبختانه کادمیوم در نمونه‌ها مشاهده نشد. غلظت کروم شش ظرفیتی در نمونه‌ها از ۰/۰۰۴تا ۶/۴۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و با میانگین آن mg/kg ۲/۳۹۱ متغیر بود. بیشترین غلظت در برنج هاشمی برابر با mg/kg ۶/۴۱۶ و کمترین آن با mg/kg ۰/۰۰۴ در طارم محلی مشاهده شد. حداکثر غلظت سرب با مقدار mg/kg ۳۵ برای برنج طارم ناب مازندران و کمترین آن در نوع طارم محلی دیده شد. برنج هاشمی با mg/kg ۳ از نظر آرسنیک از همه آلوده تر و برنج طارم محلی از همه سالم‌تر بود. غلظت نیکل در نمونه‌ها از ۰/۰۰۱ تا ۲/۴۱۱ میلی‌گرم برکیلوگرم با میانگین mg/kg ۹۶۳ متغیر بود. بیش‌ترین غلظت در برنج هاشمی و کم‌ترین آن در برنج طارم محلی مشاهده گردید.

بحث

روش‌های آنالیزی مرسوم در صنایع غذایی اغلب متکی بر بیناب‌نمایی جذب اتمی و روش‌های شیمیایی می‌باشند. این روش‌های آنالیزی بواسطه روش عملکردی آن‌ها دقت بالایی دارند لیکن اغلب توانایی شناسایی دسته محدودی از عناصر را دارند. از سوی دیگر نیاز به آماده‌سازی، غیر قابل استفاده بودن برای تمامی حالات ماده و در برخی موارد غیر مخرب بودن از محدودیت‌های عملکردی اغلب این روش‌ها می‌باشد. روش آنالیزی LIBS با توجه به ساختار عملکردی خود که مبتنی بر نشر پلاسمای گسیلی از ماده می‌باشد، محدودیت‌های فوق را نداشته و از لحاظ آنالیز کیفی (شناسایی عناصر و یون‌های موجود در نمونه) تاکنون گزارشی مبنی بر شناسایی و اندازه‌گیری ترکیبات ضروری در برنج تولیدی کشور گزارش نشده است. کروم سه ظرفیتی یک عنصر ضروری برای بدن انسان است که درمکانیسم انسولین و متابولیسم چربی،کربوهیدرات و پروتئین موثر است. مصرف لجن فاضلاب و کودهای فسفاته در زمین‌های کشاورزی و باقی‌مانده‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی از عوامل آلودگی برنج به کادمیوم است. این عنصر پس از ورود به بدن در کلیه‌ها تجمع یافته و باعث عوارض نامطلوبی مانند اسهال، استفراغ شدید، شکستگی استخوان، عقیم شدن و آسیب به سیستم ایمنی بدن می‌شود(۲۵). در این مطالعه کادمیوم در نمونه‌ها مشاهده نشد، ولی در مطالعه‌ای که توسط زززولی و همکاران روی برنج‌های هندی وارداتی به ایران انجام شد، میانگین محتوایی کادمیوم mg/kg ۰/۴اعلام گردید(۲۶). کروم به‌صورت شش ظرفیتی برای انسان سمی است. کروم اغلب از پساب کارگاه‌های فلزکاری، رنگ‌سازی و به‌صورت کرومات و بی‌کرومات وارد خاک می‌شود(۲۷). در مطالعه‌ای که توسط ملکوتیان و همکاران روی برنج‌های هندی وارداتی به ایران انجام شد، میانگین کروم mg/kg ۰/۶۵۳ تعیین مقدار گردید(۱۶). در این پژوهش میانگین غلظت این عنصر mg/kg ۰/۹۶۳ تعیین شد. آرسنیک به ۳ فرم فلزی، ۳ ظرفیتی و ۵ ظرفیتی وجود دارد و میزان سمیت آن به سرعت دفع آن از بدن و درجه تجمع آن در بافت‌های سلول بستگی دارد. فشارخون، سرطان پوست، سرطان مثانه و مشکلات تنفسی از عوارض ورود آرسنیک در بدن است. در تحقیقی که توسط صالحی‌پور و همکاران انجام شده بود، میانگین غلظت آرسنیک در برنج تولیدی اصفهان mg/kg ۰/۲۵ گزارش شده است(۲۸). میانگین غلظت این عنصر در این پژوهش برای برنج نواحی مختلف ایران mg/kg ۰/۹۴۰تعیین گردید.

سرب به طور طبیعی در محیط زیست وجود دارد و یکی از چهار فلزی است که بیش‌ترین عوارض را روی سلامتی انسان دارد. اختلال در میزان هموگلوبین،

کم‌خونی، افزایش فشارخون، آسیب به کلیه، سقط جنین، اختلال در سیستم عصبی و کاهش قدرت یادگیری از عوارض منفی افزایش سرب در بدن است. بیشترین راه جذب سرب به بدن از طریق دستگاه گوارش بوده و برحسب سن افراد متفاوت است، به‌طوری‌که جذب سرب خورده شده در یک فرد بالغ حدود ۱۰ درصد و در کودکان ۴۰ درصد است(۲۷). در مطالعه‌ای که توسط زززولی و همکاران برروی برنج‌های ایرانی تولیدی در شمال کشور صورت گرفت، میزان سرب برابر با ۱۱/۵ mg/kg به‌دست آمد(۲۶). در این پژوهش میانگین سرب موجود ۶/۰۹۶ mg/kg اندازه‌گیری شد.

جیوه یکی دیگر از عناصر مضر برای بدن است، به‌طوری‌که وجود هر مقدار آن در بدن نشانگر آلودگی بدن به این عنصر است. تاکنون گزارشی مبنی بر اندازه گیری غلظت جیوه و نیکل در انواع مختلف برنج‌های ایرانی انتشار نیافته، ولیکن در این تحقیق میانگین غلظت نیکل ۰/۹۶۳ mg/kgو میانگین غلظت جیوه mg/kg ۰/۷۷۳تعیین گردید.

در این مطالعه روشی جدید جهت آنالیز مواد غذایی با قابلیت‌های عدم نیاز به آماده‌سازی نمونه، سریع و غیرمخرب بودن و قابلیت کاربرد برای همه حالات ماده (جامد، مایع، گاز) معرفی گردید. عناصر فلزی مضر و ضروری موجود در انواع مختلف برنج ایرانی با استفاده از این روش بررسی شد. در میان عناصر ضروری، انواع مختلف برنج ایرانی به طور میانگین بیش‌تر از همه از نظر منیزیم غنی‌تر بود و پتاسیم، آهن، کلسیم، روی، فسفر، کروم (۳ ظرفیتی) و فلور در مرتبه‌های بعدی هستند. کروم (۶ ظرفیتی) در میان عناصر مضر در نمونه‌ها بیشتر از همه وجود داشت. سرب، آرسنیک، جیوه و نیکل در مراتب بعدی قرار داشته و کادمیوم در نمونه‌ها مشاهده نشد.

سپاسگزاری

این تحقیق در پژوهشکده علوم و فناوری اپتیک و لیزر دانشگاه صنعتی مالک اشتر انجام شده است. از تمامی همکارانی که انجام این تحقیق را ممکن و میسر نمودند، سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Lampe K. Rice Research: Food for 4 billion people. Geojournal 1995; 35(3): 253-261.
2. FAO. FAO statistical databases. Food and Agriculture organization of the United Nations. 2009. Available at: http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Rice/Documents/Rice_Profile_Dec-06.pdf. Accessec May 20, 2013
3. Huang M, Zhou S, Sun B, Zhao Q. Heavy metals in wheat grain: Assessment of potential health risk for inhabitants in kunshan, china. Sci Total Environ 2008; 405(1-3): 59-61.
4. Zazouli MA, Mosseini Bandpei A, Maleki A, Saberian M, lzanloo H. Determination of cadmium and lead contents in black tea and tea liquor from Iran. Asia Journal of Chemistry 2010; 22(2): 1387-1393.
5. Lin HT, Wong SS, Li GC. Heavy metal content of rice and shellfish in Taiwan. J Food Drug Anal 2004; 12(2): 167-174.
6. Li Z, Zhang Y, Pan G, Li J, Huang X, wang J. Grain contents of cd, cu and se by 57 rice cultivars the risk significance for human dietary uptake. Huan Jing Ke Xue 2003; 24(3): 112-115.
7. Zeng F, Mao Y, Cheng W, Wu F, Zhang G. Genotypic and environmental variation in chromium, cadmium and lead concentrations in rice. Environ Pollut 2008; 153(2): 309-319.

8. Shimbo S, Zhang ZW, Watanabe T, Nakatsuka H, Mutsuda-Inoguchi N, Higashikawa K. Cadmium and lead contents in rice and other cereal products in Japan in 1998-2000. The Science of the Total Environment 2001; 281: 165-175.
9. Kim G, Kwak J, Chioi J, Park K. Detection of Nutrient Elements and Contamination by pesticides in Spinach and Rice samples using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS). J Agric Food Chem 2012; 60(3): 718-724.
10. Bilandzic N, Dokic M, Sedak M, Solomun B, Varenina I, Knezevic Z, et al. Trace elements levels in raw milk from northern and southern regions of Croatia. Food Chem 2011; 127(1): 63-66.
11. Pilarcyk R, Wojcik J, Czerniak P, Sablik P, Pilarczyk B, Tomza Marciniak A. Concentration of toxic heavy metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein - Friesian cows from organic farm. Environ Monit Assess 2013; 185(10): 8383-8392.
12. Khan N, Jeong IS, Hwang IM, Kim JS, Choi SH, Nho EY, et al. Analysis of minor and trace elements in milk and yogurts by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS). Food Chem 2014; 147: 220-224.
13. Shokrzadeh M, Rokni MA, Galstvan. Lead, cadmium and chromium concentrations in Irrigation supply of/and Tarom rice in central cities of Mazandaran Province-Iran. J Mazand Univ Med Sci 2013; 23(98): 234-242 (Persian).
14. Zazooli MA, Mohseni Bandpei A, Ebrahimi M, Izanloo H. Investigation of cadmium and lead contents in Iranian rice cultivated in Babol region. Asian Journal of Chemistry 2010; 22(2): 1369-1376.
15. Bakhtiarian A, Gholipour M, Ghazi-khansari M. Lead and cadmium content of korbal rice in Northern Iran. Iranian J Publ Health 2001; 30(3-4): 129-132 (Persian).
16. Jahed Malakootian M, Yaghmaeian K, Meserghani M, Mahvi AH, Danesh pajouh M. Determination of pb, cd, cr and Ni concentration in Imported Indian rice to Iran. Iranian J Health & Environ 2011; 4(1): 77-83.
17. Jahed Khaniki GR, Zazooli MA. Cadmium and lead content in rice (Oryza Sativa) in the North of Iran. Int J Agric Biol 2005; 7(6): 1026-1029.
18. Ferreira EC, Menezes EA, Matos WO, Milori D, Nogueira NR, Martin-Neto L. Determination of Ca in breakfast cereals by laser induced breakdown spectroscopy. Food Control 2010; 21(10): 1327-1330.
19. Lei W, Motto-Ros V, Boueri M, Ma Q, Zhang D, Zheng L, et al. Time-resolved characterization of laser induced plasma from fresh potatoes. Spectrochim Acta Part B 2009; 64(9): 891-898.
20. Mbesse Kongbonga YG, Ghalila H, Boyomo Onana M, Lakhdar ZB. Classification of vegetable oils based on their concentration of saturated fatty acids using laser induced breakdown spectroscopy (LIBS). Food Chem 2014; 147: 327-331.
21. Liu Y, Baudelet M, Richardson M. Moisture Measurement Using LIBS, Elemental and Moisture Analysis of Cheese and Other Food Products. Laboratory Journal 2012; 5-6: 16-17.
22. Yao M, Huang L, Zheng J, Fan Sh, Liu M. Assessment of feasibility in determining of Cr in Gannan Navel Orange treated in

controlled conditions by laser induced breakdown spectroscopy. Opt Laser Technol 2013; 52: 70-74.

23. Ciucci A, Corsi M, Palleschi V, Rastelli S, Salvetti A, Tognoni E. New procedure for quantitative elemental analysis by Laser-Induced Plasma Spectroscopy. Applied Spectroscopy 1999; 53(8): 960-964.
24. NIST. Atomic spectra Database. 5th ed. 2012. Available at: http://www.nist.gov/pml/data/asd.cfm. Accessed May 20, 2011.
25. Eslami M, Dadgar B, Firozkohi M, Kord A. Determination of Pb, Cd, as concentration in Imported Pakestanian rice to Iran in 2012. 2nd National Seminar on Food Security; 2012; Iran; Savadkooh Islamic Azad University. (Persian).
26. Zazooli MA, shokrzadeh M, Izanloo H, Fathi S. Cadmium content in rice and its daily intake in Ghaemshahr region of Iran. African Journal of Biotechnology 2008; 7(20): 3686-3689.
27. Chino M. The assessment of various countermeasures againist Cr Pollution in soils of Japan. Japan Scientific Soc 1981; 281-286.
28. Salhipour Bavarsad M, Ghrbani H, Afyoni M, kharabati H. Review and assess the potential risk of heavy metal concentrations rice and wheat in Isfahan. First National Congress of Modern Agricultural Science and Technology. 2012; Zanjan University, Zanjan; Iran. (Persian).