مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

مطالعه تأثیر کود نیتروژن و فرایند نیم جوش کردن بر محتوای فلزات سنگین دانه برنج

آذین نصرالله زاده[۱]، آزاده قربانی حسن سرایی[۲*]، ابراهیم امیری[۳]، فاطمه حبیبی[٤]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۳- استاد گروه مهندسی کشاورزی-زراعت، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

٤- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹ /۱۰/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۱۷

کلمات کلیدی:

برنج،

خیساندن،

فلزات سنگین،

نیتروژن،

نیم جوش کردن.

DOI: 10.52547/fsct.18.05.29

* مسئول مکاتبات:

azade380@yahoo.com

چکیده

برنج قوت غالب مردم ایران است و آلودگی آن با فلزات سنگین خطرات جبران‌ناپذیری برای مصرف‌کنندگان دارد. هدف از این مطالعه یافتن راهی برای کاهش جذب فلزات سنگین از برنج است. برای مطالعه تأثیر کود نیتروژن و نیم جوش کردن بر فلزات سنگین، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش، کود نیتروژن در سه سطح (N_1:60، N_2:80 و N_3:100 KgN/Ha) و نیم جوش کردن در دو سطح دمای خیساندن (C_1: 50 و C_2: 80 درجه سانتی‌گراد) و دو سطح زمان بخاردهی (T_1: 10 و T_2:15 دقیقه) اعمال گردید. جهت تعیین فلزات سنگین از طیف‌سنج جرمی پلاسمای القایی (ICP-MS) استفاده شد. افزایش دمای خیساندن و زمان بخاردهی منجر به کاهش کلیه فلزات سنگین می‌شود اما تغییرات سطوح کود بر فلزات سنگین تأثیر معناداری نداشت. بررسی اثرات متقابل تیمارها نشان داد تیمار $N_3C_1T_1$ بالاترین درصد از حد مجاز دریافت هفتگی کروم و نیکل (به ترتیب ۹۹٪ و ۵۸٪) و همچنین تیمار $N_2C_1T_1$ بالاترین درصد از حد مجاز دریافت هفتگی جیوه و کادمیوم (به ترتیب ۱۱٪ و ۹/۵٪) را دارند. افزایش دمای خیساندن و زمان بخاردهی، دریافت هفتگی تمامی فلزات سنگین را به حداقل می‌رساند بطوریکه تیمار $N_2C_2T_2$ کمترین دریافت هفتگی از تمامی فلزات سنگین را نشان می‌دهد. در دما و زمان کمتر، فلزات سنگین باقیمانده قابل چشم‌پوشی نیستند، بنابراین نیم جوش کردن در دما و زمان بالاتر برای حفظ امنیت و سلامت مصرف‌کننده توصیه می‌شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

۱- مقدمه

از هر سه انسان در جهان ۱ نفر نیمی از انرژی دریافتی خود را از برنج و مشتقات آن دریافت می‌کند و سهم کشورهای آسیایی از برنج برای تأمین کالری موردنیاز روزانه حتی به ۷۰ درصد نیز می‌رسد [۱ و ۲]. مصرف سرانه برنج در ایران ٤٠ کیلوگرم گزارش شده است و ٦٦/٨٪ برنج مصرفی در ایران مربوط به برنج‌های ایرانی است [۳ و ٤]؛ در سال‌های اخیر، مردم و ارگان‌های نظارتی در بخش غذا به‌خصوص سازمان تجارت جهانی توجه زیادی به ایمنی غذا و تضمین کیفیت آن داشته‌اند. اولین قدم برای تحقق این امر داشتن آگاهی از وضعیت آلاینده‌های موجود در منابع غذایی است تا بر اساس آن بتوان به تدوین استانداردهای ملی و دستورالعمل‌های مربوط به تولید غذای سالم، همت گماشت [٥] و یافتن راهکارهایی که بتواند در کاهش این آلایندگی‌ها مؤثر واقع شود می‌تواند از مهم‌ترین اهداف پژوهشی متخصصان صنعت غذا باشد طبق تعریف آژانس ایمنی غذایی اروپا (EFSA): «هرگونه موادی که به‌طور غیرعمدی و به دلیل تولید، ساخت، فرآوری، آماده‌سازی، تیمار، بسته‌بندی، حمل‌ونقل و یا نگهداری و یا درنتیجه آلودگی زیست‌محیطی به مواد غذایی اضافه شده باشد، آلودگی مواد غذایی نامیده می‌شود» [٦]. یکی از اصلی‌ترین مسیرهای هدایت فلزات سنگین به بدن انسان مسیر «خاک، دانه، غذا» است [۷]؛ بنابراین ورود فلزات سمّی از طریق فعالیت‌های انسانی باعث آلودگی خاک‌ها و پس‌ازآن انتقال آن به بدنه گیاه می‌شود. در میان محصولات کشاورزی، برنج محصولی با قدرت جذب و تجمع بالای فلزات سنگین ازجمله کادمیم و سرب می‌باشد [۸]. سال‌هاست از انواع کودها برای رسیدن به بیشترین میزان تولید استفاده می‌شود. نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی در تولید برنج است و تخمین زده‌اند که ٦٧٪ از کل کود به کار رفته در مزارع برنج در سطح جهانی برای تأمین نیتروژن است [۹]. نقش نیتروژن تشکیل پروتئین لازم برای افزایش ساقه، پنجه، ساخت برگ و افزایش فتوسنتز است که می‌تواند بر میزان رسیدگی دانه و کیفیت پخت نیز تأثیر بگذارد [۱۰]؛ اما رابطه معنی‌داری بین فلزات سنگین خاک و میزان تجمع آنها در گیاه وجود دارد و کودهای ازته علیرغم فواید فراوانی که برای گیاه دارند ممکن است باعث افزایش آلاینده‌ها در بدنه گیاه نیز باشند [۱۱]. فلزات سنگین معمولاً پس از ورود به بدن، دیگر دفع نشده، بلکه در بافت‌های چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند [۱۲]. کادمیم از جمله فلزاتی می‌باشد که به سهولت به‌وسیله گیاهان جذب می‌شود و در کبد و کلیه تجمع یافته و باعث بروز انواع سرطان‌ها، افزایش فشارخون، ایجاد تومور در شش‌ها و پروستات می‌شود. سرب در عملکرد سیستم عصبی، کلیه، شش‌ها و مغز استخوان اختلال ایجاد می‌کند. بیوستنز ناقص هموگلوبین، افزایش فشارخون، سقط‌جنین، آسیب به مغز، ناباروری مزدان، از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن است. تجمع بالای سرب به‌ویژه در کودکان می‌تواند باعث کاهش رشد فکری، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات ذهنی شود [۱۳]. نیکل می‌تواند موجب اختلال در فعالیت بیولوژیکی سلول‌ها، تأخیر در رشد، کاهش خون‌سازی و تداخل در جذب آهن شود. بیشتر املاح نیکل پس از جذب در ریه و مغز تجمع می‌یابد [١٤]. جیوه موجب طیف وسیعی از اختلالات تنفسی، قلبی، تولیدمثلی، کبدی، کلیوی، خونی، پوستی، اسکلتی، روده و معده می‌باشد. کروم نیز می‌تواند بر عملکرد انسولین در ثابت نگه‌داشتن میزان قند خون اختلال ایجاد کند [۱٥]. کود دهی متوالی بر غلظت فلزات سنگین نظیر نیکل، سرب و کادمیم در خاک تأثیرگذار است که البته در این بین نقش کودهای فسفاته اغلب بیشتر از کودهای نیتروژنی گزارش شده است [١٦] و [۱۷]. پس از برداشت، شلتوک وارد مرحله پوست‌کنی می‌شود که در این زمان، امکان شکستن دانه و کاهش راندمان برنج سالم بالا خواهد بود. نیم جوش کردن یک روش نسبتاً قدیمی در آسیا، آفریقا و حتی قاره آمریکاست که به‌عنوان یک «عملیات پس از برداشت»، برای افزایش استحکام دانه و درنتیجه افزایش راندمان برنج سالم، افزایش دسترسی به مواد معدنی و افزایش کیفیت انبارداری بکار گرفته می‌شود. این فرآیند هیدروترمال شامل سه مرحله اصلی خیساندن، بخاردهی و خشک‌کردن می‌باشد (سبک رو فومنی) که می‌تواند بر آلودگی به فلزات سنگین تأثیرگذار باشد [۱۸]. مقایسه میزان آلودگی به فلزات سنگین در شرایط نیم جوش و برنج خام نشان داده کمترین میزان آرسنیک و سرب در برنج نیم جوش شده اندازه‌گیری شد [۱۹]. مجاورت آب با برنج می‌تواند محتوای فلزات سنگین در برنج را کاهش دهد. این کاهش برای برخی فلزات سنگین بیشتر و برای برخی دیگر کمتر بوده است. کاهش محتوای فلزات سنگین در برنج ناشی از حرارت پخت به‌صورت Ni> Cd>Pb> Cr است یعنی بیشترین

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

کاهش مربوط به نیکل و کمترین کاهش مربوط به کروم می‌باشد [۲۰] و [۲۱]. علیرغم کاهش برخی از مواد مغذی در فرایند نیم جوش کردن با این حال این روش نسبت به دیگر روش‌های حرارتی منجر به حفظ بیشتر مواد معدنی، ویتامین‌ها و پروتئین‌های محلول در آب می‌شود [۲۲]. این پژوهش به‌منظور یافتن مناسب‌ترین مقدار کود نیتروژنه و بهترین دما و زمان نیم جوش کردن برای به حداقل رساندن فزات سنگین در دانه برنج انجام شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- اجرای تیمارها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در موسسه تحقیقات برنج کشور بر روی برنج رقم هاشمی اجرا شد. مزرعه تحت سه سطح کود نیتروژن (N_1:60, N_2:80, N_3:100 kgN/Ha) قرار گرفت و پس از برداشت برای نیم جوش کردن از هر تیمار کودی ۵۰۰ گرم شلتوک وزن شد نمونه‌های مربوط به هر تیمار در درون کیسه‌های پارچه‌ای قرار داده شده و ٦ ساعت در حمام بن ماری در دو سطح دمایی (C_1:۵۰ و C_2:۸۰ درجه سانتی‌گراد) خیسانده شدند. سپس نمونه‌های خیسانده شده، در اتوکلاو در دو سطح زمانی (T_1:۱۰ و T_2:۱۵ دقیقه) در فشار یک اتمسفر بخاردهی شدند. نمونه‌های بخاردهی شده به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند.

۲-۲- اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین:

برای آماده‌سازی نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند و ٤۸ ساعت در دمای c ۱۰۵ در آون قرار گرفتند سپس نمونه‌ها آسیاب شده و ۱ گرم از نمونه آسیاب شده به بالن هضم انتقال داده شد، به هر نمونه cc ۲۰ اسیدنیتریک و اسید پرکلریک ۷۰٪ به نسبت ۱+۳ به ازای هر گرم نمونه اضافه شد. به‌منظور شفاف‌سازی محلول به‌دست‌آمده ٤۵ دقیقه بر روی هیتر قرار گرفت، نمونه هضم شده با آب مقطر به حجم cc ۲۵ رسانده و با کاغذ صافی واتمن صاف گردید. در انتها برای تعیین مقدار فلزات سنگین از روش طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفتی القایی (ICP-MS) مدل ARCOS FHE 12 استفاده شد. در بین روش‌های ارزیابی طیف‌سنجی پلاسمای جفت‌شده القایی بهترین گزینه است. در این روش الکترودها کاملاً خارج از منطقه تحریک اتم‌ها هستند و احتمال مزاحمت‌های شیمیایی در آن بسیار پایین است. برای تشخیص یک عنصر به تجهیزات ویژه‌ای (از قبیل لامپی که در طیف‌سنجی جذب اتمی به کار می‌رود) نیازی نیست و این موضوع طیف‌سنج نشری ICP را بسیار منحصربه‌فرد می‌سازد. در سال‌های اخیر دستگاه ICP برای اندازه‌گیری فلزات سنگین موردتوجه قرار گرفته است زیرا تنها در یک نمونه‌برداری و اندازه‌گیری، جداسازی همه‌ی فلزات سنگین موجود در نمونه، هم‌زمان در محدودهٔ ppm یا حتی ppb با حساسیت بالاتر و حد تشخیص بهتر امکان‌پذیر می‌شود.

با توجه به اطلاعات ثبت‌شده از میزان مصرف روزانه برنج در ایران از منابع مختلف، تعیین میزان دریافت روزانه عناصر جزئی از برنج امکان‌پذیر می‌باشد؛ بنابراین میزان جذب آلاینده‌های فلزی در مواد غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز با استفاده از رابطه (۱) مورد ارزیابی قرار گرفت.

رابطه (۱)

$$EDI = C \times cons / BW$$

در این رابطه، EDI: مقدار جذب روزانهٔ آلاینده، C: غلظت فلز سنگین در برنج مصرف شده برحسب mg/kg (ppm)، Cons: متوسط مصرف روزانه برنج بر اساس استاندارد ۱۱۰ gr/day و BW: متوسط وزن بدن که برحسب کیلوگرم (٦۰ کیلوگرم) می‌باشد. سپس با تعمیم نتایج دریافت روزانه فلزات سنگین به دریافت هفتگی، اعداد به‌دست‌آمده با PTWI (میزان دریافت قابل‌تحمل هفتگی آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین که نباید در تمام عمر در بدن انسان تجمعی داشته باشند) مورد مقایسه قرار گرفت [۵] و [۲۳].

تمامی اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام شد و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار *SPSS* مورد تجزیه قرار گرفت و برای مقایسه میانگین غلظت عناصر سنگین از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

۳- نتیجه‌گیری و بحث

طبق تعریف استاندارد ایران، حد بیشینه رواداری فلزات سنگین عبارت است از «بیشترین مقداری از فلزات سنگین موجود در خوراک انسان و دام که مصرف آن در کوتاه‌مدت یا درازمدت سبب ایجاد عارضه سوء برای سلامت انسان نشود» غلظت سرب، کادمیم، جیوه و آرسنیک در استاندارد برنج ایران

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

(استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹٦۸) مورد ارزیابی قرار گرفته اما برای ارزیابی حدمجاز مابقی آنها می‌توان به استانداردهای WHO و codex EU مراجعه کرد [۲۳] (جدول ۱).

Table 1 Heavy metals standard range in rice

Heavy Metal	Standard Range (mg/kg)
Lead	0.0150
Mercury	0.0200
Chromium	1.0000
Cadmium	0.0600
Nickel	0.6000

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کود نیتروژن بر میزان فلزات سنگین اختلاف معناداری ایجاد نمی‌کند (جدول ۲)؛ اما دمای خیساندن و زمان بخاردهی و اثرات متقابل آنها در میزان فلزات سنگین اختلافات معنی‌داری به وجود آورده است. همچنین نتایج نشان داد در هیچ‌یک از تیمارها آلودگی به آرسنیک ثبت نشد. مطالعات عطار و همکارانش نشان داده خطر وجود آرسنیک اغلب مختص غذاهای دریایی بوده و سه عامل مجاورت با معادن فلزات گران‌بها، آب‌آلوده به آرسنیک و حشره‌کش‌های دارای آرسنیک می‌تواند باعث افزایش این آلاینده در گیاهان شود [۲٤]. عملیاتی مانند خیساندن، شستشو و حرارت دهی غلظت آرسنیک را نزدیک به صفر می‌رساند. بنابراین آرسنیک ممکن است تنها در برنج خام و یا غیر نیم جوش دیده شود [۱٤].

Table 2 Analysis of variance of heavy metals

	df	Cr	Hg	Pb	Ni	Cd
N	2	0.0110ns	0.0006ns	0.0014ns	0.0520 ns	0.000020ns
C	1	8.0750**	0.1080**	0.0230**	3.5390**	0.0020**
N*C	2	0.1220**	0.0112**	0.0312**	0.1750**	0.0010**
T	1	5.4370**	0.00001*	0.0010**	1.1040**	0.0012**
N*T	2	0.1190**	0.0113**	0.0109**	0.0340ns	0.0011**
C*T	1	1.3650**	0.0108**	0.0083**	0.1100*	0.0013**
N*C*T	2	0.4080**	0.0093**	0.0204**	0.2970**	0.0010**
error	24	0.0120	0.0007	0.0010	0.0250	0.000016
(%) c.v	--	4.5700	9.0700	13.5100	4.9600	4.0100

ns: not significant, * and ** significantly different (P<0.05 and P<0.01, respectively)

۳-۱- اثر مستقل تیمارهای دمای خیساندن و زمان بخاردهی بر فلزات سنگین

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد با افزایش دمای خیساندن و زمان بخاردهی غلظت تمامی فلزات سنگین کاهش می‌یابد. هرچند غلظت کادمیم در تیمار خیساندن یا زمان بخاردهی سبک‌تر، کمتر از حد مجاز استاندارد بود بااین‌حال افزایش دمای خیساندن (از ۵۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد) و یا زمان بخاردهی (از ۱۰ به ۱۵ دقیقه) باعث کاهش قابل‌ملاحظه‌ای از غلظت کادمیم شد (به ترتیب از ۰/۰۱٦۳ ppm به۰/۰۰۰۹ ppm) و از ۰/۰۱۲۰ ppm به ۰/۰۰۵۲ ppm). بررسی غلظت سرب و کروم نشان می‌دهد در تیمارهایی که دمای خیساندن یا زمان بخاردهی سبک‌تر اعمال‌شده، باقیمانده آنها بیش‌ازحد مجاز استاندارد است (به ترتیب ۰/۳۲۸۰ ppm و ۱/۰۵۸۰ ppm) اما با افزایش شدت تیمار، غلظت انها به کمتر از نصف میزان اولیه خود می‌رسد که در محدوده مجاز استانداردست (به ترتیب ۰/۰٤٦۰ppm و ۰/۲۸۵۰ppm). تغییرات جیوه نیز نشان داد افزایش دمای خیساندن باقیمانده جیوه را از غلظتی بالاتر از استاندارد به کمتر از ۵۰٪ حد مجاز کاهش می‌دهد (از ۰/۳٤۰۰ ppm به ۰/۱۱۰۰ppm). روند نزولی غلظت جیوه با افزایش زمان بخاردهی نیز تکرار شد، با این تفاوت که غلظت جیوه حتی با تیمار سبک‌تر بخاردهی نیز کمتر از حد مجاز استاندارد بود (از ۰/۰۲۵۵ ppm به ۰/۰۱۹۸ppm). نتایج برای نیکل نیز نشان می‌دهد با خیساندن در آب ۵۰c غلظت نیکل، ۲ برابر حد مجاز استاندارد بوده اما با افزایش دما در حد مجاز استاندارد قرار گرفت (از ۰/۹۷۰۰ppm به ۰/۹۵۰۰ ppm). درحالی‌که افزایش زمان بخاردهی اگرچه از غلظت نیکل کاست اما همچنان بالاتر از حد مجاز استاندارد باقی ماند. به‌طورکلی تغییرات دمای خیساندن در کاهش فلزات سنگین بیشتر از تغییرات زمان بخاردهی بود. همچنین کادمیم و سرب بیشترین تأثیر را با تغییرات دمای خیساندن یا زمان بخاردهی نشان دادند (شکل ۱

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

و ۲). تفاوت در محل تجمع هر یک از فلزات سنگین و همچنین تغییرات در میزان جذب آب و یا امکان کمپلکس دادن آنها می‌تواند از دلایل کاهش بیشتر سرب و کادمیم نسبت به دیگر فلزات سنگین باشد [۳]. همچنین کاهش بیشتر غلظت فلزات سنگین ازجمله سرب، کادمیم و آرسنیک با افزایش شدت خیساندن می‌تواند به نفوذ آب در لایه‌های دانه برنج بستگی داشته باشد در خیساندن با آب سردتر، جذب آب می‌تواند فقط در سطح دانه‌ها انجام شود که در کاهش فلزات سنگین چندان مؤثر نیست اما با افزایش دمای خیساندن، آب به لایه‌های عمیق‌تری قدرت نفوذ پیداکرده، بنابراین فلزات سنگین بیشتری در آب حل‌شده و به همراه آن از دانه خارج می‌شوند [۲۵]. سرب امکان انتقال کمتری به اندام‌های بالایی برنج را دارد و بنابراین غلظت آن در دانه‌ها نسبتاً کم است. حلالیت بالای کادمیم در آب و تحرک نسبتاً بالای آن می‌تواند از دلایلی باشد که با بالا رفتن دمای آب خیساندن و یا طولانی شدن بخاردهی، جنبش کادمیم مضاعف شده و موجب خروج آسان‌تر آن از دانه شود. علاوه براین، افزایش دما، موجب کاهش فراهمی زیستی کادمیم نیز خواهد شد [۲٦]. زیارتی نیز نشان داده خیساندن طولانی‌مدت از غلظت سرب می‌کاهد که به نظر می‌رسد تسهیل در حرکت و خروج آسان‌تر این آلاینده از پوسته برنج در حین خیساندن موجب کاهش غلظت آنها خواهد شد. به نظر می‌رسد همبستگی مثبتی بین غلظت سرب و کادمیم وجود دارد بنابراین هر عاملی منجر به تجمع یا انتقال کادمیم شود می‌تواند در جذب یا خروج سرب نیز تأثیر مستقیم بگذارند. به‌طورکلی دلایلی مانند قدرت و مقاومت لایه سطحی دانه برنج در برابر نفوذ آب در هنگام خیساندن و پخت‌وپز، مقدار ترکیبات آلی مانند پروتئین در دانه برنج (برای تشکیل کمپلکس با فلزات)، آلودگی سطحی یا عمقی دانه می‌تواند بر حذف فلزات سنگین در حین نیم جوش کردن تأثیرگذار باشد [۲۷].

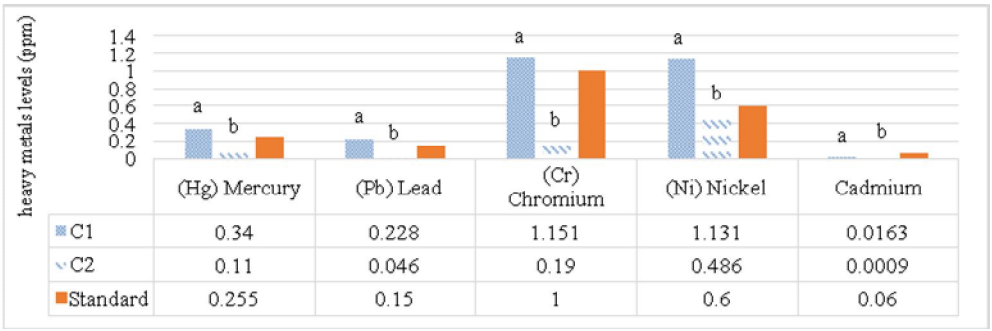


Fig 1 Effect of soaking temperature (C1:50 and C2:80 °C) on heavy metals levels (ppm)

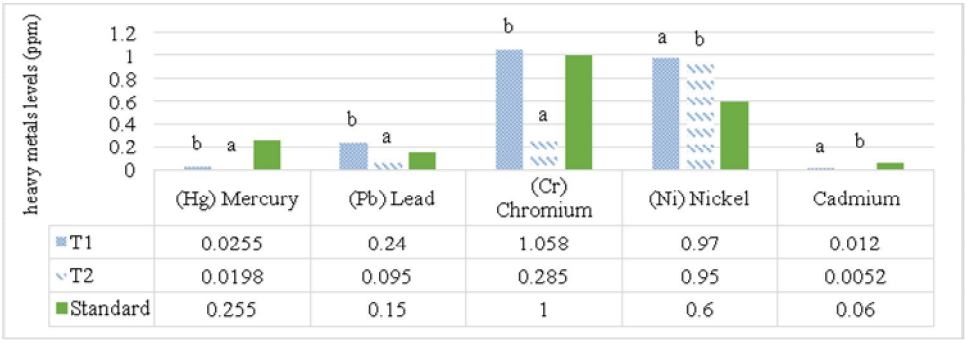


Fig 2 Effect of steaming time (T1:10 And T2:15 min) on heavy metals levels (ppm)

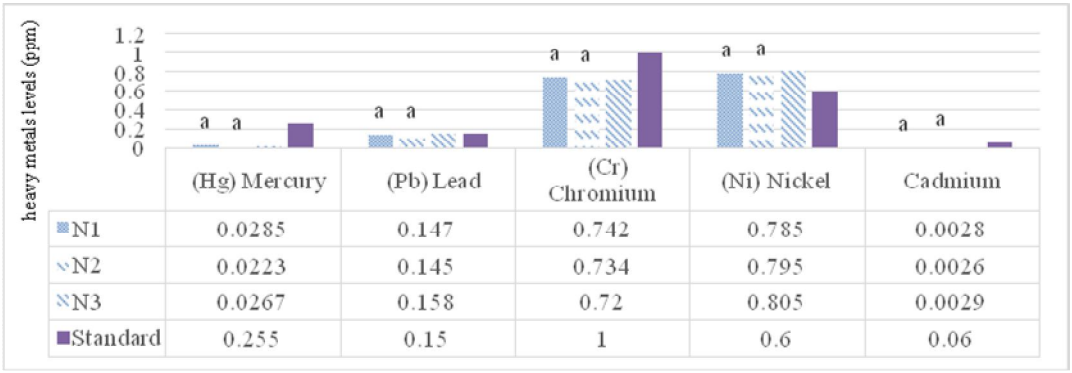
۳-۲- اثر مستقل کود نیتروژنی بر فلزات سنگین

مقایسه غلظت فلزات سنگین با استاندارد نشان می‌دهد در کلیه سطوح کودی میزان جیوه، کروم و کادمیم پایین‌تر از استاندارد بود (شکل ۳) اما غلظت نیکل در کلیه سطوح کودی بالاتر از استاندارد گزارش شد و با افزایش سطح نیتروژن بر غلظت آن نیز افزوده شد (از۰/۷۸۵۰ppm به ۰/۸۰۵۰ppm). فرایند جذب و تجمع فلزات در گیاهان مختلف به میزان کل این فلزات در خاک یا کود بستگی نداشته و خصوصیات خاک مانند اسیدیته، مواد آلی، ظرفیت تبادل یونی، پتانسیل اکسایش و کاهش، مقدار مواد معدنی، اکسیدهای اهم یا منگنز در خاک،

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

گونه و رقم گیاه، تعیین‌کننده میزان انتقال آلاینده تجمع فلزات در گیاهان می‌باشد [۲۸] و [۵]. در بین انواع کودهای شیمیایی، تنها زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاته باعث تجمع غلظت نیترات (NO_3) و به مقدار جزئی کادمیم و آرسنیک می‌شود [۲۹]. بطوریکه سالانه یک گرم در هکتار آرسنیک و ۳ گرم در هکتار کادمیم از مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته، در خاک یافت می‌شود؛ اما کود ازته تنها در صورتی می‌تواند باعث افزایش غلظت فلزات سنگین شود که مقدار آن به بیش از ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار برسد. بررسی کلی نتایج این پژوهش نشان داده رابطه مشخصی بین غلظت فلزات سنگین و سطوح نیتروژن وجود ندارد اما در اغلب مواقع با افزایش نیتروژن غلظت آلاینده بیشتر می‌شود؛ اما این افزایش جذب در حدی نبوده که غلظت آنها را به بالاتر از حد استاندارد برساند. نیکل تنها آلاینده‌ای بوده که تغییرات کود نیز همانند تغییرات زمان بخاردهی نتوانسته غلظت آن را به کمتر از استاندارد برساند. علیرغم اینکه کادمیم آسان‌تر از بقیه فلزات سنگین از طریق خاک به گیاه منتقل می‌شود و بعد از جذب به سمت ساقه می‌رود اما محل اصلی تجمع کادمیم در دیگر قسمت‌های خوشه بوده و تراکم آن در دانه پایین است [۳۰]. هرچه سطح نیتروژن موجود در تیمارهای کودی بالاتر باشد، حرکت سرب در گیاه بیشتر شده و از ساقه‌ها به برگ‌ها و در نهایت به دانه می‌رسد. ازآنجایی‌که سرب تمایل زیادی به اتصال به اسیدآمینه سیستئین را دارد در سطوح نیتروژنی بیشتر، سرب پس از رسیدن به دانه، به سر آب‌دوست اسیدآمینه سیستئین متصل می‌شود و میزان آن را در دانه افزایش می‌دهد [۱۸]. همچنین با افزایش نیتروژن خاک بیومس گیاه افزایش یافته و این افزایش نیاز به یون‌های کلسیم را بالا می‌برد بنابراین کلسیم خاک از طریق کانال‌های ورودی کلسیم جذب گیاه می‌شود. ریشه گیاه برنج اولین مکانی است که در معرض سرب قرار می‌گیرد بنابراین سرب می‌تواند از کانال‌های ورودی کلسیم، برای ورود به ریشه استفاده کند. بیشتر جذب سرب توسط سلول‌های جوانی از ریشه که دیواره‌های نازک‌تری دارند صورت می‌گیرد [۱۶]. علت ناچیز بودن میزان جیوه در دانه به تجمع آن در ریشه مرتبط است. به‌طورکلی دسترسی جیوه خاک برای گیاهان پایین است و تمایل به تجمع زیاد جیوه در ریشه به‌عنوان مانعی برای جذب جیوه در دانه عمل می‌کند [۳۱]. همبستگی ضعیفی بین فلزات سنگین به‌ویژه جیوه در خاک و دانه وجود دارد که ممکن است به دلیل حضور اکسید آهن در اطراف ریشه باشد. ترکیب شدن اکسید آهن با فلزات سنگین می‌تواند مانع انتقالشان به بخش‌های بالای گیاه ازجمله برگ و دانه می‌شود [۳۲].



	(Hg) Mercury	(Pb) Lead	(Cr) Chromium	(Ni) Nickel	Cadmium
N1	0.0285	0.147	0.742	0.785	0.0028
N2	0.0223	0.145	0.734	0.795	0.0026
N3	0.0267	0.158	0.72	0.805	0.0029
Standard	0.255	0.15	1	0.6	0.06

Fig 3 Effect of nitrogen fertilizer levels (N1: 60, N2: 80 and N3:100 KgN /Ha) on heavy metals levels (ppm)

۳-۳- اثرات متقابل کود نیتروژنی و فرایندهای دما و زمان نیم جوش کردن بر غلظت فلزات سنگین

بررسی اثرات متقابل نشان می‌دهد تیمارهای C_2T_2 در کنار هر یک از تیمارهای نیتروژن، غلظت نیکل، کروم و سرب را به کمتر از استاندارد می‌رساند در حالیکه در تیمارهایی که در آنها C_1T_1 اعمال شده، غلظت کروم، نیکل و سرب به بیش‌ازحد استاندارد رسید. البته غلظت جیوه و کادمیم در تمامی تیمارها، از حد استاندارد کمتر بوده اما همچنان تیمارهای حاویC_2T_2 میزان جیوه و کادمیم را به حداقل می‌رساند. (شکل ٤)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

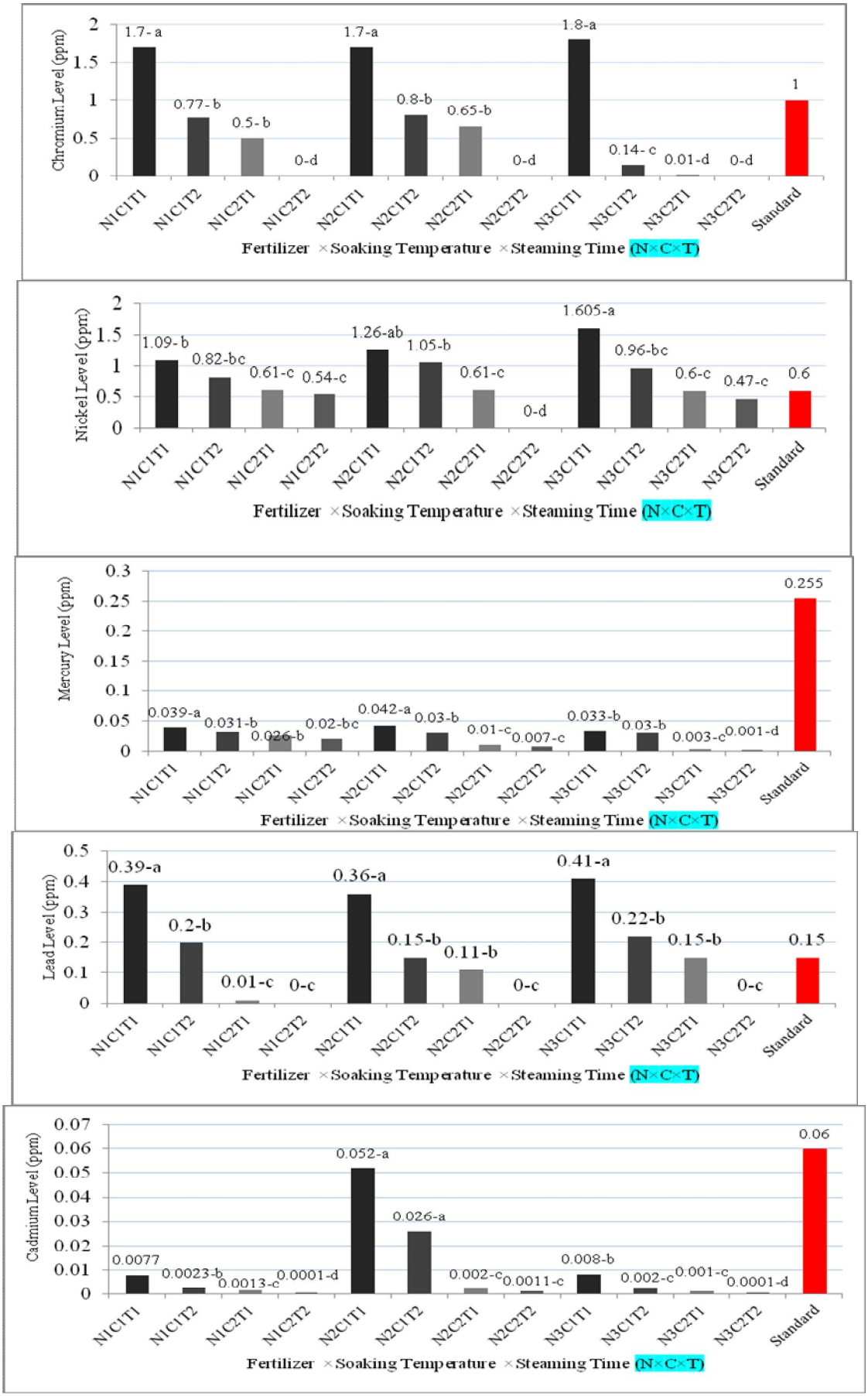


Fig 4 Effect of Fertilizer × Soaking Temperature × Steaming Time on heavy metals levels (ppm)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

آیامدو و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند هنگامی‌که برنج در شدت دمای بالای خیساندن و یا زمان بخاردهی طولانی قرار بگیرد آندوسپرم گچی به حالت مذاب درمیاید و ژلاتینه می‌شود. این اتفاق باعث مسدود شدن شکاف‌ها و حتی لبه‌های ترک‌خورده می‌شود بنابراین بافت تقریباً متراکمی ایجاد می‌کند که اجازه ورود فلزات سنگین به قسمت‌های داخلی دانه را نمی‌دهد، آنها مجبور به خروج از دانه شده و غلظتشان کاهش می‌یابد [۳۳]. همچنین کومار و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند فیتات ها می‌تواند با فلزات سنگین به‌ویژه جیوه کمپلکس ایجاد کنند و با محبوس کردن آن باعث خروجش از دانه شوند. با افزایش دمای آب خیساندن یا زمان طولانی‌تر بخاردهی انتشار اسید فیتیک در آب بیشتر شده و فلزات سنگین به‌صورت متصل با اسید فیتیک با سهولت و سرعت بیشتری از دانه خارج می‌گردد. به همین خاطر سرعت کاهش آنها با افزایش شدت تیمارهای نیم جوش بالاست [۳٤]. لیو و همکارانش در سال ۲۰۱۸ نشان دادند خیساندن می‌تواند غلظت فلزات سنگین از جمله کادمیم، سرب و آرسنیک را از طریق کاهش دسترسی زیستی‌شان کاهش دهد. دلایل اصلی کاهش در زمان و دمای بالای نیم جوش کردن به حلالیت بالا و خصوصیات جذب آب ارتباط دارد [۱۰].

۳-٤- بررسی میزان دریافت هفتگی فلزات سنگین تحت تأثیر فرایند نیم جوش کردن و کود نیتروژنی

اثرات متقابل دمای خیساندن، زمان بخاردهی و کود نیتروژنی بر میزان دریافت هفتگی آلاینده‌ها نشان داد در کلیه تیمارها میزان تمامی فلزات سنگین کمتر از حد مجاز استاندارد بوده است اما سهم دریافتی برخی از تیمارها از حد مجاز دریافت هفتگی نسبتاً چشم‌گیر بوده است (جدول ۳ و شکل ۵). بیشترین دریافتی هفتگی فلز سرب در تیمار $N_1C_1T_2$ گزارش شد که در حدود ۳۷٪ حد مجاز دریافت سرب در هفته است. بیشترین دریافتی هفتگی جیوه و کادمیم در تیمار $N_2C_1T_1$ گزارش شد که به ترتیب در حدود ۱۱٪ و ۹/۵٪ حد مجاز دریافت جیوه و کادمیم در هفته است. البته باید توجه داشت سایر منابع غذایی مانند ماهی، گندم و سبزی‌ها منابع اصلی آلودگی به کادمیم هستند که سهم بالایی از حد مجاز هفتگی را به خود اختصاص می‌دهند. همچنین علیرغم اینکه آلودگی به کادمیم کم بوده اما با توجه به درجه بالای سمی بودن آن، مصرف دراز مدت برنج حاوی این آلاینده می‌تواند به تجمع قابل‌توجه ای از کادمیم در بدن بیانجامد که اثرات جبران‌ناپذیری به بار می‌آورد.

Table 3 weekly intake of Heavy metals in comparison with standard

	Weekly Intake (µg/kg weight/kg)				
	Nickel	Chromium	Lead	Mercury	Cadmium
$N_1C_1T_1$	13.98	21.80	5	0.50	0.09
$N_1C_1T_2$	10.52	9.80	9.20	0.30	0.02
$N_1C_2T_1$	7.82	6.40	0.10	0.30	0.01
$N_1C_2T_2$	6.93	0	0	0.20	0
$N_2C_1T_1$	16.17	21.8	4.60	0.50	0.66
$N_2C_1T_2$	13.47	10.20	1.90	0.30	0.33
$N_2C_2T_1$	9.11	8.30	1.40	0.10	0.02
$N_2C_2T_2$	0	0	0	0	0.01
$N_3C_1T_1$	20.59	23.10	5.20	0.40	0.10
$N_3C_1T_2$	12.32	1.70	2.80	0.30	0.02
$N_3C_2T_1$	7.70	0.10	2.10	0	0.14
$N_3C_2T_2$	6.31	0	0	0	0
PTWI (µg/kg weight/kg)	35	23.3	25	4.9	7

بیشترین میزان دریافتی هفتگی نیکل و کروم نیز در تیمار $N_3C_1T_1$ گزارش شد که به ترتیب ۵۸٪ و ۹۹٪ حد مجاز دریافت در هفته است. تیمار $N_2C_1T_1$ نیز مقدار قابل‌ملاحظه‌ای از نیکل (۳۷٪ حد مجاز دریافت هفتگی) را نشان داد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359] [Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

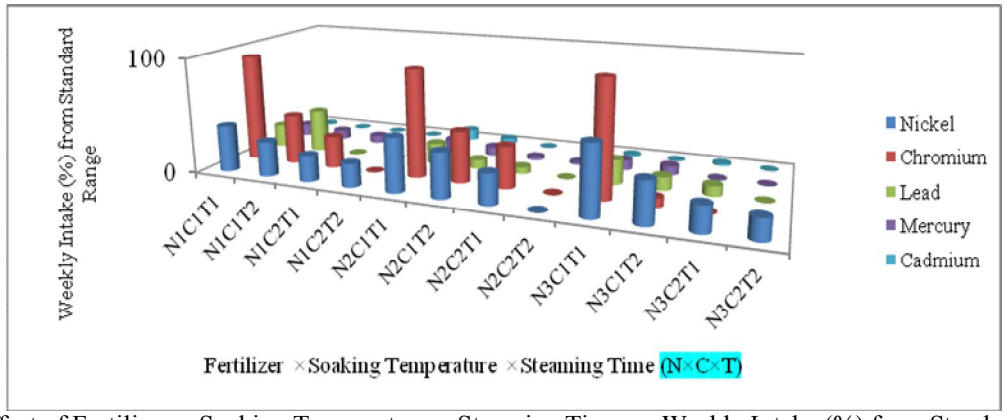


Fig 5 Effect of Fertilizer × Soaking Temperature × Steaming Time on Weekly Intake (%) from Standard Range

به‌طورکلی همان‌طور که مقایسه دریافت هفتگی مصرف هریک از تیمارها و مقایسه آنها با استاندارد مقدار مجاز دریافت هفتگی (PTWI) نشان می‌دهد با افزایش دمای خیساندن و زمان بخاردهی دریافت‌های هفتگی فلزات سنگین به کمترین میزان می‌رسند [۱۵ و ۲۳]؛ اما تیمارهای کودی در مواجهه با فلزات سنگین از الگوی یکسانی تبعیت نمی‌کنند. در تیمارهای $N_3C_2T_2$ و $N_2C_2T_2$ و $N_1C_2T_2$ میزان دریافت تمامی فلزات سنگین به حداقل می‌رسد و در بین آنها، تیمارهای حاوی کود N_2 بیشترین تأثیر را بر کاهش اکثریت فلزات سنگین (کادمیم، نیکل، جیوه و سرب) داشته است. بطوریکه سهم تیمار $N_2C_2T_2$ از استاندارد PTWI برای نیکل، کروم و سرب، نزدیک به صفر است و دریافت کادمیم و جیوه نیز در تیمار اخیر حداقل ممکن است. در حالیکه تیمار $N_3C_1T_1$ بالاترین جذب کروم و نیکل (به ترتیب ۹۹٪ و ۵۸٪ از حد مجاز هفتگی) را نشان می‌دهد. اگرچه در تمامی تیمارها میزان فلزات سنگین در مصرف هفتگی از حد قابل‌تحمل و مجاز کمتر هستند ولی در تیمارهایی که دمای خیساندن یا زمان بخاردهی سبک‌تری اعمال‌شده، میزان قابل‌ملاحظه‌ای از فلزات سنگین باقی می‌ماند که قابل چشم‌پوشی نیست. لذا نظر می‌رسد با نیم جوش کردن در دما و زمان بالاتر می‌توان برای فراهم نمودن امنیت غذایی و سلامت مصرف‌کننده گام مثبتی برداشت. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی ارزش تغذیه‌ای (مقدار پروتئین، قدرت آنتی‌اکسیدانی، مواد معدنی و ...) و خواص رئولوژیکی برنج نیم جوش شده در سطوح مختلف دمای خیساندن و زمان بخاردهی نیز مورد بررسی قرار بگیرد.

٤- منابع

[1] Tayefe, M., Shahidi, S. A., Milani, J. M., & Sadeghi, S. M. (2020). Development, optimization, and critical quality characteristics of new wheat-flour dough formulations fortified with hydrothermally-treated rice bran. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *14*(5), 2878-2888.

[2] Sangeetha, S., A. Balakrishnan, and P. Devasenapathy, (2013). Influence of organic manures on yield and quality of rice (Oryza sativa L.) and blackgram (Vigna mungo L.) in rice-blackgram cropping sequence. 4(5): p. 7.

[3] Ziarati, P. and M. Moslehisahd, (2017). Determination of heavy metals (Cd, Pb, Ni) in Iranian and imported rice consumed in Tehran. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology,. 12(2): p. 97-104.

[4] Rafe, A., Mousavi, S. S., & Shahidi, S. A. (2014). Dynamic rheological behavior of rice bran protein (RBP): Effects of concentration and temperature. *Journal of Cereal Science*, *60*(3), 514-519.

[5] Vahaji, N., M. Tayefe, and M. Sadeghi, (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): p. 51-58.

[6] Thielecke, F. and A.P. Nugent, (2018). Contaminants in grain—a major risk for whole grain safety? Nutrients, 10(9): p. 1213.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

[7] Jianjie, F., Qunfang, Z., Jiemin, L., Wei, L., Thanh, W., Qinghua, Z., & Guibin, J. (2008). High levels of heavy metals in rice from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere*, *71*, 1269-1275.

[8] Dehghani, M., Mosaferi, F., & Alipour, V. (2016). Heavy Metals in the Imported and Iranian Rice Consumed in Hormozgan Province. *Journal of health sciences and surveillance system*, *4*(3), 106-110.

[9] Sadeghi, M., Hamidizad, H., & Habibi, F. (2021). Effects of irrigation interval and nitrogen fertilizer on quality characteristics related to viscosity in Gilaneh rice cultivar. *Food Science and Technology*, *17*(109), 21-32.

[10] Liu, K., Zheng, J., & Chen, F. (2018). Effects of washing, soaking and domestic cooking on cadmium, arsenic and lead bioaccessibilities in rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98*(10), 3829-3835.

[11] Argos, M., Kalra, T., Pierce, B.L., Chen, Y., Parvez, F., Islam, T., Ahmed, A., Hasan, R., Hasan, K., Sarwar, G. and Levy, D., (2011). A prospective study of arsenic exposure from drinking water and incidence of skin lesions in Bangladesh. *American journal of epidemiology*, *174*(2), 185-194.

[12] Mansouri, B., azadi, N., & Rezaei, Z. (2015). Survey of Pb, Cd, and Cr concentrations in imported Indian and Pakistan rice distributed in Sanandaj city. *16*(49), 44-49.

[13] David, E.E., Nwobodo, V., Famurewa, A.C., Igwenyi, I.O., Egedeigwe-Ekeleme, C.A., Obeten, U.N., Obasi, D.O., Ezeilo, U.R. and Emeribole, M.N. (2020). Effect of parboiling on toxic metal content and nutritional composition of three rice varieties locally produced in Nigeria. *Scientific African*, *10*, e00580.

[14] Ziarati, P., & Azizi, N. (2014). Consequences of cooking method in essential and heavy metal contents in brown and polished alikazemi rice. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, *4*(2), 280-287.

[15] Hedayatsafa, M., & Mohammadian Roshan, N. (2019). Investigating the Amount of Rice Contamination in the Main Samples and Ratoon. *Paramedical Sciences and Military Health*, *14*(2), 1-7.

[16] Shahid, M., Khalid, S., Abbas, G., Shahid, N., Nadeem, M., Sabir, M., Aslam, M. and Dumat, C. (2015). Heavy metal stress and crop productivity. In *Crop production and global environmental issues* (pp. 1-25). Springer, Cham.

[17] Zhao, K., Liu, X., Xu, J., & Selim, H. M. (2010). Heavy metal contaminations in a soil–rice system: identification of spatial dependence in relation to soil properties of paddy fields. *Journal of Hazardous Materials*, *181*(1-3), 778-787.

[18] Hajeb, P., Sloth, J. J., Shakibazadeh, S., Mahyudin, N. A., & Afsah‐Hejri, L. (2014). Toxic elements in food: Occurrence, binding, and reduction approaches. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *13*(4), 457-472.

[19] Mataveli, L. R. V., Buzzo, M. L., Arauz, L. J. D., Carvalho, M. D. F. H., Arakaki, E. E. K., Matsuzaki, R., & Tiglea, P. (2016). Total arsenic, cadmium, and lead determination in Brazilian rice samples using ICP-MS. *Journal of analytical methods in chemistry*, *2016*. ID 3968786.

[20] Naseri, M., Vazirzadeh, A., Kazemi, R., & Zaheri, F. (2015). Concentration of some heavy metals in rice types available in Shiraz market and human health risk assessment. *Food chemistry*, *175*, 243-248.

[21] Naseri, M., Rahmanikhah, Z., Beiygloo, V., & Ranjbar, S. (2018). 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. *Journal of chemical health risks*, *4*(2).

[22] Fan, Y., Zhu, T., Li, M., He, J., & Huang, R. (2017). Heavy metal contamination in soil and brown rice and human health risk assessment near three mining areas in central China. *Journal of Healthcare Engineering*, *2017*. ID 4124302.

[23] ISIRI, (2000). Food & Feed-Maximum limit of heavy metals ISIRI. 1st. Edition, Karaj: ISIRI, no12968.

[24] Rezaiyan, A. F., & Hesari, J. (2014). A study on contamination of white rice by cadmium, lead and arsenic in Tabriz. *23*(4), 581-594.

[25] Morekian, R., et al., (2013). Cooking elements affecting on heavy metal concentration in rice. Journal of Health System Research, 9 (13) :1394-1405

[26] Shindoh, K., & Yasui, A. (2003). Changes in cadmium concentration in rice

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

during cooking. *Food science and technology research*, *9*(2), 193-196.

[27] Sharafi, K., Yunesian, M., Nodehi, R. N., Mahvi, A. H., Pirsaheb, M., & Nazmara, S. (2019). The reduction of toxic metals of various rice types by different preparation and cooking processes–Human health risk assessment in Tehran households, Iran. *Food chemistry*, *280*, 294-302.

[28] Safarzadeh Shirazi, S., Ronaghi, A. M., Karimian, N., Yasrebi, J., & Emam, Y. (2012). Influence of cadmium toxicity on nitrogen and phosphorus uptake and some vegetative growth parameters in shoot of seven rice cultivars. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture-Isfahan University of Technology*, *3*(1), 107-118.

[29] Malakouti, M. J. (2011). Relationship between balanced fertilization and healthy agricultural products (a review). *4*(16), 133-150.

[30] Li, H., Luo, N., Li, Y. W., Cai, Q. Y., Li, H. Y., Mo, C. H., & Wong, M. H. (2017). Cadmium in rice: transport mechanisms, influencing factors, and minimizing measures. *Environmental Pollution*, *224*, 622-630.

[31] Rezaitabar, S., Esmailisari, A., & Bahramifar, N. (2015). Investigation of mercury concentration in soil and most cultured rice of Mazandaran province and most consumed imported rice and assess potential health risk. *Journal of Food Science & Technology (2008-8787)*, *13*(53).

[32] Bhattacharya, P., Samal, A. C., Majumdar, J., & Santra, S. C. (2010). Accumulation of arsenic and its distribution in rice plant (Oryza sativa L.) in Gangetic West Bengal, India. *Paddy and Water Environment*, *8*(1), 63-70.

[33] Ayamdoo, A. J., Demuyakor, B., Dogbe, W., Owusu, R., & Ofosu, M. A. (2013). Effect of varying parboiling conditions on physical qualities of Jasmine 85 and Nerica 14 rice varieties. *American Journal of Food Technology*, *8*(1), 31-42.

[34] Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P., & Becker, K. (2010). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food chemistry*, *120*(4), 945-959.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Comparison the effect of nitrogen fertilizer and parboiling process on heavy metals of rice grain

Nasrollah Zadeh Masouleh, A. [1], Ghorbani-HasanSaraei, A. [1]*, Amiri, E. [2], Habibi, F. [3]

1. Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli Branch, Amol, Iran
2. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran
3. Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO), Rasht, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 01/ 18
Accepted 2021/ 03/ 07

Keywords:

Heavy metals,
Nitrogen,
Parboiling,
Rice,
Soaking,
Steaming.

DOI: 10.52547/fsct.18.05.29

*Corresponding Author E-Mail:
azade380@yahoo.com

ABSTRACT

Rice is the staple food of the Iranian people and its pollution with heavy metals has irreparable dangers for consumers. The aim of this study is to find a way to reduce the absorption of heavy metals from rice. To study the effect of nitrogen fertilizer and parboiling process on heavy metals, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. In this study, nitrogen fertilizer at three levels (N_1: 60, N_2: 80 and N_3:100 KgN /Ha) and parboiling at two levels of soaking temperature (C_1:50 and C_2:80 °C) and two levels of steaming time (T_1:10 And T_2:15 min) were applied. Induced plasma mass spectrometry (ICP-MS) was used to determine heavy metals. Increasing the soaking temperature and steaming time reduced all heavy metals, but changes in fertilizer levels had no significant effect on heavy metals. The interaction effects of the treatments showed that $N_3C_1T_1$ treatment had the highest percentage of weekly allowance for Cr and Ni (99% and 58%, respectively) and $N_2C_1T_1$ treatment had the highest percentage of weekly allowance for Mg and Cd (11% and 9.5%, respectively). Increasing the soaking temperature and steaming time minimizes the weekly intake of all heavy metals so that the $N_2C_2T_2$ treatment shows the lowest weekly intake of all heavy metals. In less heat and time, the remaining heavy metals cannot be ignored, so parboiling at higher temperatures and times is recommended to maintain consumer safety and health.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-21]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.359]