

عزراة



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب



بررسی غلظت فلزات سنگین (کادمیم و سرب) و برخی از عناصر غذایی در گندم، آرد و نان تولیدی کشور

به سفارش معاونت امور زراعت (دفتر مجری طرح گندم)

نگارندگان

کریم شهبازی، کبری سادات هاشمی نسب زواره، مژگان یگانه، علی اکبر زارع، کامبیز بازرگان، اسمعیل
اسفندیاری پور، سهراب سهرابی، هنگامه خورسندی، رویا نوربخش، مصطفی مارزی،
مهدی بهشتی، ندا بهاء‌لو هوره، ناهید خرازی و فریبا نقی پور

نشریه فنی: 602

1399

مشخصات اثر

عنوان: بررسی غلظت فلزات سنگین (کادمیم و سرب) و برخی از عناصر غذایی در گندم، آرد و نان تولیدی کشور
نگارندگان: کریم شهبازی، کبری سادات هاشمی نسب زواره، مژگان یگانه، علی اکبر زارع، کامبیز بازرگان، اسمعیل اسفندیاری پور، سهراب
سهرابی، هنگامه خورسندی، رویا نوربخش، مصطفی مارزی، مهدی بهشتی، ندا بهاء‌لو هوره، ناهید خرازی و فریبا نقی پور

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا

ویراستار فنی: ناصر دوات‌گر

ویراستار ادبی: زهرا محمدی

صفحه آرا: سمانه پورمنصور

طراح جلد: سیدهرمز سجادی

سال انتشار: 1399

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره 59185 در تاریخ 99/12/17 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب

کد پستی: 3177993545 صندوق پستی: 311-31785

نمابر: 02636210121 تلفن: 026-36201900

وبسایت: <http://www.swri.ir> پست الکترونیکی: info@swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

چکیده
فصل اول: مقدمه
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

فصل دوم: روش کار
3

2-1- اقدامات مقدماتی
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

2-1-1- برگزاری جلسات هماهنگی با سازمان‌های ذیربط
Error! Bookmark not defined.

2-1-2- تهیه دستوالعمل‌ها و برگزاری کارگاه‌های آموزشی
Error! Bookmark not defined.

2-2- نمونه‌برداری
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

2-3- آماده‌سازی نمونه‌ها
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

2-4- روش تجزیه
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

2-4-1- تعیین فلزات سنگین به‌وسیله طیف‌سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی
Error! Bookmark not defined.

2-4-2- تعیین غلظت عناصر غذایی به‌وسیله طیف‌سنج نشر اتمی پلاسمای جفت شده القایی
Error! Bookmark not defined.

2-4-3- تضمین و کنترل کیفیت (QA/QC)
Error! Bookmark not defined.

2-4-3-1- محاسبه حد تشخیص (LOD) و حد کمی (LOQ)
Error! Bookmark not defined.

2-4-3-2- محاسبه درصد بازیابی
Error! Bookmark not defined.

2-5- ارزیابی غلظت فلزات سنگین (کادمیم و سرب) و برخی از عناصر غذایی در آرد و نان
14

2-5-1- انتخاب نمونه‌های گندم و جداسازی سبوس و آرد
Error! Bookmark not defined.

2-5-2- تهیه نمونه‌های آرد و نان از ناوایی‌های کشور
Error! Bookmark not defined.

فصل سوم: بررسی وضعیت فلزات سنگین (کادمیم و سرب) در گندم تولیدی کشور
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3-1- بررسی وضعیت غلظت کادمیم
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3-1-1- توصیف آماری
Error! Bookmark not defined.

3-1-2- بررسی وضعیت غلظت کادمیم با توجه به استانداردهای ملی و بین‌المللی
Error! Bookmark not defined.

3-1-3- بررسی غلظت کادمیم در گندم تولیدی استان‌های مختلف
Error! Bookmark not defined.

3-1-4- بررسی غلظت کادمیم در نمونه‌های گندم هدفمند
Error! Bookmark not defined.

3-1-5- پراکنش مکانی کادمیم گندم
Error! Bookmark not defined.

3-2- بررسی وضعیت غلظت سرب در نمونه‌های گندم
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3-2-1- توصیف آماری
Error! Bookmark not defined.

3-2-2- بررسی وضعیت غلظت سرب با توجه به استانداردهای ملی و بین‌المللی
Error! Bookmark not defined.

3-2-3- بررسی غلظت سرب در گندم تولیدی استان‌های مختلف
Error! Bookmark not defined.

3-2-4- بررسی غلظت سرب در نمونه‌های گندم هدفمند
Error! Bookmark not defined.

3-2-5- پراکنش مکانی سرب گندم
Error! Bookmark not defined.

3-3- ارزیابی خطر کادمیم و سرب در گندم تولیدی کشور
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3-3-1- مفهوم خطر و ارزیابی خطر..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3-3-2- روش انجام مطالعه..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3-3-2-1- ارزیابی قرار گرفتن در معرض آلاینده‌ها..... Error! Bookmark not defined.

3-3-2-2- تعیین خطر..... Error! Bookmark not defined.

3-3-2-3- پردازش داده‌ها..... Error! Bookmark not defined.

3-3-3- نتایج و بحث..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3-3-3-1- مواجهه کودکان و بزرگسالان ساکن کشور با کادمیم و سرب موجود در گندم تولیدی کشور با در نظر گرفتن مسیر خورده شدن گندم..... Error! Bookmark not defined.

3-3-3-2- شاخص خطر..... Error! Bookmark not defined.

3-4- بازنگری استاندارد ملی شماره 12968..... 53

3-5- بررسی غلظت فلز سنگین کادمیم در دانه کامل و آرد سفید..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

فصل چهارم: بررسی وضعیت عناصر غذایی (روی، آهن، منگنز، مس، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) در

گندم تولیدی کشور..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

4-1- بررسی وضعیت غلظت روی..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

4-1-1- توصیف آماری..... Error! Bookmark not defined.

4-1-2- پراکنش مکانی عنصر روی گندم..... Error! Bookmark not defined.

4-1-3- بررسی غلظت روی در گندم تولیدی استان‌های مختلف..... Error! Bookmark not defined.

4-1-4- رابطه بین غلظت روی و عملکرد دانه گندم..... Error! Bookmark not defined.

4-2- بررسی وضعیت غلظت آهن..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

4-2-1- توصیف آماری..... Error! Bookmark not defined.

4-2-2- پراکنش مکانی آهن گندم..... Error! Bookmark not defined.

4-2-3- بررسی غلظت آهن در گندم تولیدی استان‌های مختلف..... Error! Bookmark not defined.

4-2-4- رابطه بین غلظت آهن و عملکرد دانه گندم..... Error! Bookmark not defined.

4-3- بررسی وضعیت غلظت منگنز..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

4-3-1- توصیف آماری..... Error! Bookmark not defined.

4-3-2- پراکنش مکانی منگنز گندم..... Error! Bookmark not defined.

4-3-3- بررسی غلظت منگنز در گندم تولیدی استان‌های مختلف..... Error! Bookmark not defined.

4-3-4- رابطه بین غلظت منگنز و عملکرد دانه گندم..... Error! Bookmark not defined.

4-4- بررسی وضعیت غلظت مس..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

4-4-1- توصیف آماری..... Error! Bookmark not defined.

4-4-2- پراکنش مکانی مس گندم..... Error! Bookmark not defined.

4-4-3- بررسی غلظت مس در گندم تولیدی استان‌های مختلف..... Error! Bookmark not defined.

4-4-4- رابطه بین غلظت مس و عملکرد دانه گندم..... Error! Bookmark not defined.

4-5- بررسی وضعیت غلظت پتاسیم..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

4-5-1- توصیف آماری..... Error! Bookmark not defined.

4-5-2- پراکنش مکانی پتاسیم گندم..... Error! Bookmark not defined.

4-5-3- بررسی غلظت پتاسیم در گندم تولیدی استان‌های مختلف..... Error! Bookmark not defined.

4-5-4- رابطه بین غلظت پتاسیم و عملکرد دانه گندم..... **Error! Bookmark not defined.**

6-4- بررسی وضعیت غلظت کلسیم..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

1-6-4- توصیف آماری..... **Error! Bookmark not defined.**

2-6-4- پراکنش مکانی کلسیم گندم..... **Error! Bookmark not defined.**

3-6-4- بررسی غلظت کلسیم در گندم تولیدی استان‌های مختلف..... **Error! Bookmark not defined.**

4-6-4- رابطه بین غلظت کلسیم و عملکرد دانه گندم..... **Error! Bookmark not defined.**

7-4- بررسی وضعیت غلظت منیزیم..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

1-7-4- توصیف آماری..... **Error! Bookmark not defined.**

2-7-4- پراکنش مکانی منیزیم گندم..... **Error! Bookmark not defined.**

3-7-4- بررسی غلظت منیزیم در گندم تولیدی استان‌های مختلف..... **Error! Bookmark not defined.**

4-7-4- رابطه بین غلظت منیزیم و عملکرد دانه گندم..... **Error! Bookmark not defined.**

8-4- بررسی غلظت عناصر غذایی در ارقام مختلف گندم تولیدی کشور 121..... **Error! Bookmark not defined.**

9-4- بررسی غلظت عناصر غذایی در آرد و نان‌های کشور..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

1-9-4- غلظت عناصر غذایی در نمونه‌های گندم کامل و آرد سفید..... **Error! Bookmark not defined.**

2-9-4- غلظت عناصر غذایی در نمونه‌های آرد و نان نانوائی‌های کشور... **Error! Bookmark not defined.**

3-9-4- مقایسه غلظت عناصر در گندم کامل، آرد کاملاً سفید، آرد مورد استفاده در نانوائی‌ها و نان..... **ror! Bookmark not defined.**

فصل پنجم: چالش‌ها و راهکارها..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

منابع..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

پیوست‌ها..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

تشکر و قدردانی..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

چکیده

دستیابی به غذای کافی، سالم و مغذی یکی از حقوق اساسی افراد جامعه می‌باشد که در سند چشم‌انداز بیست ساله کشور، افق 1404، مورد تأکید قرار گرفته است. گندم به‌عنوان یک محصول راهبردی که تأمین‌کننده بیشترین کالری و پروتئین مناطق شهری و روستایی ایران می‌باشد، اهمیت زیادی در برقراری امنیت غذایی دارد. کنترل بیشینه رواداری فلزات سنگین در مواد غذایی به‌ویژه گندم یکی از مواردی است که برای دستیابی به ایمنی غذایی باید به آن توجه شود. در راستای مصوبات یکصد و هفتمین اجلاس شورای عالی استاندارد مورخ 1393/12/18 مبنی بر ضرورت بازنگری استاندارد 12968 توسط سازمان ملی استاندارد ایران با همکاری وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و وزارت جهاد کشاورزی، و همچنین اجرای بند سه مصوبات یکصد و هشتمین اجلاس شورای عالی استاندارد (تاریخ 1395/2/13) در رابطه با امکان‌سنجی و مدیریت ریسک و ارائه برنامه عملیاتی و تعیین نقشه راه اجرای اجباری استاندارد ملی گندم در حوزه تولید داخل توسط سازمان ملی استاندارد و وزارت جهاد کشاورزی، تفاهم‌نامه‌ای بین معاونت امور زراعت وزارت جهاد کشاورزی، سازمان غذا و داروی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، سازمان ملی استاندارد ایران و مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای اجرای این پروژه با اهداف زیر امضاء شد: (1) بررسی وضعیت کادمیم و سرب در گندم‌های تولید شده در ایران، (2) ارزیابی خطر ناشی از وجود کادمیم و سرب در گندم‌های تولید شده در کشور برای مصرف‌کنندگان و (3) بازنگری استاندارد ملی شماره 12968 بر پایه نتایج به‌دست آمده از این مطالعه. همچنین با توجه به کمبود اطلاعات در مورد عناصر غذایی گندم، آرد و نان تولیدی کشور، مقرر شد وضعیت عناصر غذایی (روی، آهن، منگنز، مس، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) در گندم تولیدی کشور و همچنین در آرد و نان نانوائی‌ها نیز ارزیابی شود. به همین منظور تعداد 1876 نمونه گندم در سال 1397 از مزارع گندم سراسر کشور جمع‌آوری و غلظت فلزات سنگین (کادمیم و سرب) و عناصر غذایی (روی، آهن، منگنز، مس، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) در آن‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین تعداد 59 نمونه گندم به‌طور تصادفی از میان کل نمونه‌ها انتخاب و غلظت فلزات سنگین و عناصر غذایی در آرد سفید و سبوس تعیین گردید. در یک بررسی میدانی دیگر، تعداد 45 نمونه آرد و نان از نانوائی‌های سراسر کشور جمع‌آوری و غلظت عناصر غذایی در آن‌ها ارزیابی شد. در ادامه خلاصه‌ای از نتایج این مطالعه ارائه می‌گردد:

1. نتایج نشان داد که دامنه غلظت کادمیم در گندم‌های تولیدی کشور از کمتر از 0/007 تا 0/162 میلی-گرم در کیلوگرم و با میانگین 0/011 میلی-گرم در کیلوگرم بود که در مقایسه با کشورهای دیگر و حتی بسیاری از کشورهای توسعه یافته بسیار کمتر بوده و نشان‌دهنده کیفیت خوب گندم تولیدی کشور از نظر غلظت کادمیم است. نتایج بررسی غلظت کادمیم در نمونه‌های گندم نشان داد که غلظت این فلز در چهار درصد از نمونه‌های گندم تولیدی در کشور، بیشتر از بیشینه غلظت مجاز استاندارد ملی ایران (0/03 میلی-گرم در کیلوگرم) بود و بر اساس استاندارد بین‌المللی کدکس و اتحادیه اروپا (0/2 میلی-گرم در کیلوگرم) در هیچکدام از نمونه‌های گندم آلودگی مشاهده نشد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین غلظت کادمیم در گندم آبی (0/010 میلی-گرم در کیلوگرم) و گندم دیم (0/011 میلی-گرم در کیلوگرم) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

2. دامنه غلظت سرب در گندم‌های کشور از کمتر از 0/022 تا 0/72 میلی‌گرم در کیلوگرم و با میانگین 0/032 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در مقایسه با دیگر کشورها کمتر می‌باشد. نتایج نشان داد که در 99 درصد نمونه‌های آنالیز شده غلظت سرب کمتر از بیشینه غلظت مجاز استاندارد ملی ایران (0/15 میلی‌گرم در کیلوگرم) بوده و فقط در یک درصد از نمونه‌های گندم تولیدی کشور غلظت این فلز بالاتر از حد مجاز است. اگر نتایج بر اساس استاندارد بین‌المللی کدکس (0/20 میلی‌گرم در کیلوگرم) بررسی شود، تنها در 0/70 درصد از نمونه‌ها غلظت سرب بیشتر از حد مجاز می‌باشد. میانگین غلظت سرب برای گندم دیم و آبی به ترتیب 0/028 و 0/034 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد داشت.

3. ارزیابی خطر کادمیم و سرب نشان داد که گندم‌های تولیدی در کشور از نظر غلظت کادمیم و سرب در محدوده امن قرار دارند و مصرف آن‌ها خطری برای سلامت مصرف کنندگان ایجاد نخواهد کرد.

4. براساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه نمونه‌های گندم در این مطالعه و ارزیابی خطر کادمیم و سرب و همچنین با توجه به اهمیت گندم در سبد غذایی جامعه، سازمان‌های مربوطه موافقت نمودند تا در بازنگری استاندارد 12968 حد بیشینه رواداری کادمیم در گندم افزایش یابد.

5. میانگین غلظت عناصر غذایی روی، آهن، منگنز و مس در گندم تولیدی کشور به ترتیب 26/0، 32/76، 34/76 و 5/04 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در دامنه تغییرات غلظت این عناصر در گندم‌های تولیدی در کشورهای مختلف قرار داشت. غلظت این عناصر (به استثنای منگنز) در گندم آبی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گندم دیم بود. پراکنش مکانی غلظت عناصر غذایی کم مصرف در گندم به‌طور کلی نشان داد که غلظت عناصر کم مصرف در گندم تولیدی استان‌های شمال غربی کمتر از سایر استان‌ها بود.

6. میانگین غلظت عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گندم تولیدی کشور به ترتیب 4059، 394 و 1046 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. غلظت کلسیم و منیزیم در گندم آبی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گندم دیم بود ولی این تفاوت در پتاسیم معنی‌دار نبود. پراکنش مکانی غلظت این عناصر به‌خصوص کلسیم و منیزیم در گندم کشور به‌طور کلی نشان داد که گندم تولید شده در استان‌های شمال غربی کشور دارای غلظت کمتری در مقایسه با دیگر استان‌ها بود.

7. جدا کردن کامل سبوس از دانه می‌تواند غلظت عناصر غذایی آن را به‌شدت کاهش دهد. به‌طوری‌که نتایج نشان داد وقتی دانه کامل حدود 50 درصد سبوس‌گیری شود، غلظت عناصر غذایی در آرد کاملاً سفید به‌دست آمده در مقایسه با دانه کامل از 1/7 تا حدود پنج برابر برای عناصر مختلف کاهش می‌یابد. این کاهش برای روی، آهن، منگنز، مس، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب 3/5، 2/4، 5/0، 2/5، 2/4، 1/7 و 3/8 برابر بود. از این‌رو، با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف از جمله نسبت مولی اسید فیتیک به روی در سبوس، استفاده از مخمر در فرایند تهیه خمیر و ارزش تغذیه‌ای اسید فیتیک، هر اندازه در فرایند تبدیل گندم به آرد درصد سبوس‌گیری کمتر شود- با توجه به نظر متخصصان مربوطه- میزان دریافتی عناصر غذایی برای افراد جامعه از راه مصرف نان به‌شدت افزایش خواهد یافت.

8. نتایج بررسی غلظت عناصر غذایی در آرد مصرفی و نان تولیدی در نانوائی‌های مختلف نشان داد که غلظت عناصر در بعضی از حالات تا دو برابر کمتر از غلظت آن‌ها در دانه کامل بوده ولی به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از آرد کاملاً سفید به‌دست آمده با حدود 50 درصد سبوس‌گیری (دانه کاملی که 50 درصد آن حذف شد

تا اطمینان حاصل شود که سبوس در آرد سفید ایجاد شده وجود ندارد) بود. از جمله دلایل احتمالی آن می‌تواند: (1) درصد سبوس‌گیری کمتر در کارخانه‌های تولید آرد کشور که مقدار آن به‌طور میانگین 15 درصد است و (2) اضافه کردن افزودنی‌های دارای این عناصر در فرآیند تولید آرد و نان باشد. به‌طور کلی نتایج این بررسی نشان داد که با کاهش درصد سبوس‌گیری یا استفاده از نان‌های سبوس‌دار (با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف مانند نسبت مولی اسید فیتیک به روی، اثرات مثبت سبوس و شرایط تهیه خمیر و نان)، می‌توان وضعیت موجود در کیفیت نان از نظر غلظت عناصر غذایی را تا حدود دو برابر بالا برد.