

روی (Zn) عنصری فراموش شده در چرخه زندگی گیاه، دام و انسان

(چاپ دوازدهم با بازنگری کامل) - ۱۳۹۶

مرحوم دکتر امین ملکوتی*

پزشک

دکتر عزت‌الله خامسی

دندانپزشک

دکتر محمدجعفر ملکوتی

استاد دانشگاه تربیت مدرس

مرحوم دکتر عیسی بای بوردی*

استادیار دانشگاه علوم پزشکی تهران

اهمیت روی (Zn) در بهداشت و سلامتی جامعه

رتبه ایران در تأمین سلامت مردم در بین ۱۹۲ کشور جهان، جایگاه ۱۲۳ می‌باشد (۳)؛ مهمترین دلیل این جایگاه پایین، سوء تغذیه (کمبود مواد معدنی و ویتامین‌ها در رژیم غذایی) است. از علائم سوء تغذیه می‌توان به ریزش مو، بد اخلاقی، سرما خوردگی‌های مزمین، کم حوصلگی، خستگی مفرط، پوکی استخوان، کوتاهی قد، افسردگی، کم خونی، سرطان گوارشی و ایمنی پایین بدن اشاره کرد. نتیجه تحقیقات نشانگر آن است که روی، آهن، کلسیم، منیزیم و ویتامین‌ها شایع‌ترین عوامل موجد سوء تغذیه هستند (۲ و ۹). روی (Zn) در بدن انسان نقش‌های برجسته و مهمی دارد، به گونه‌ای که می‌توان از آن به عنوان پلیس راهنمایی بدن نام برد. روی (Zn) در فعالیت حدود ۳۰۰ آنزیم مختلف نقش دارد که از جمله می‌توان به نقش فعال‌کننده آنزیم سوپر اکسید دسموتاز اشاره کرد، این آنزیم سلول‌های بدن را در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کند. از سوئی، روی (Zn) در تشکیل و تبدیل پروتئین‌ها نقش اساسی دارد، برای عملکرد طبیعی سیستم ایمنی بدن مورد نیاز بوده و در التیام سریع‌تر زخم‌های درونی و بیرونی بدن بسیار مؤثر است. روی (Zn) همچنین ظرفیت جذب آهن را افزایش و رسوب کلسترول در رگ‌های خونی را کاهش می‌دهد. نقش دیگر روی (Zn) در سلامت پوست بدن است. مصرف روی (Zn) در بهبود آکنه (جوش جوانی)، خارش پوست، آلزایمر، درد دوران قاعدگی، عفونت مثانه، ناتوانی جنسی، عوارض پروستات و دیابت نوع دو نیز مفید می‌باشد. روی (Zn) از عرق کردن بیش از حد و همچنین از بوی بد عرق و دهان جلوگیری می‌کند (۲) و همچنین روی اسیدیته معده را کنترل می‌کند (۱۲).

اخیراً مسئولین وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی نیز حضور فعال روی (Zn) و ویتامین D₃ را در جلوگیری از انواع سرطان‌ها تایید نموده‌اند (۱) به نظر نگارنده اول، یکی از علل شیوع انواع سرطان، کمبود روی (Zn) در مواد غذایی مصرفی در کشورمان می‌باشد. زیرا از ویتامین‌ها A، C، E و از فلزات روی (Zn) و سلنیم (Se) جزو آنتی‌اکسیدان‌های مهم بدن بوده و ایمنی بدن را در برابر انواع بیماری‌ها از جمله سرطان افزایش می‌دهند. با مصرف ویتامین‌ها در جیره غذایی انسان، جذب روی (Zn) افزایش و تجمع آلاینده‌ها به ویژه کادمیوم (Cd) که در خون افراد سیگاری و الکلی به دلیل تشدید کمبود روی (Zn)، بالا می‌باشد، کاهش می‌یابد (۸). اخیراً وزیر محترم بهداشت اعلام نمود که سالانه بیش از ۹۰ هزار نفر در کشور به سرطان مبتلا می‌شوند. این در حالی است که ۱۵ سال قبل این رقم فقط ۳۴ هزار نفر بود (۴).

روی (Zn) در سلامت لثه و دندان‌ها نیز بسیار مؤثر است. در بعضی موارد کم رنگ شدن مخاط دهان و لثه و تورم لثه ناشی از کم خونی و کمبود روی (Zn) و بوی بد دهان با ترکیبات و یا آدامس‌های حاوی روی و همین‌طور دهان‌شویه‌های حاوی کلرید روی بهبود می‌یابد. این دارو از قدیم همراه با اسانس نعناع و گلاب به عنوان دهان‌شوی برای رفع بوی بد دهان تجویز می‌شد. تورم لثه که گاهی با خونریزی لثه همراه است که علت آن پلاکت باکتریال روی لثه دندان‌ها و لثه می‌باشد، با مصرف قرص روی (Zn) و دهان‌شوی بهتر می‌شود. دهان‌شوی حاوی سیترات‌روی، سبب کاهش پلاک‌دندانی و بهبود تورم لثه و دهان‌شوی حاوی سولفات‌روی، موجب کاهش التهاب مخاط دهان و گلو می‌شود. بیماری‌های پرپودنتال نیز علاوه بر درمان‌های تخصصی، با ترکیبات روی (Zn) بهتر می‌شوند. نکته قابل توجه این که وجود سیترات‌روی در دهان‌شوی‌ها و بعضی خمیردندان‌ها، سبب بهبود نسبی مینای دندان‌ها می‌شود. برای حل این مشکل می‌توان همراه با دهان‌شوی‌های حاوی روی (Zn)، از دهان‌شوی‌های دارای فلوراید هم استفاده نمود (۲ و ۹). روی (Zn) مورد نیاز بدن انسان از مواد غذایی تأمین می‌شود. کمبود روی (Zn) در مواد غذایی ناشی از تغذیه

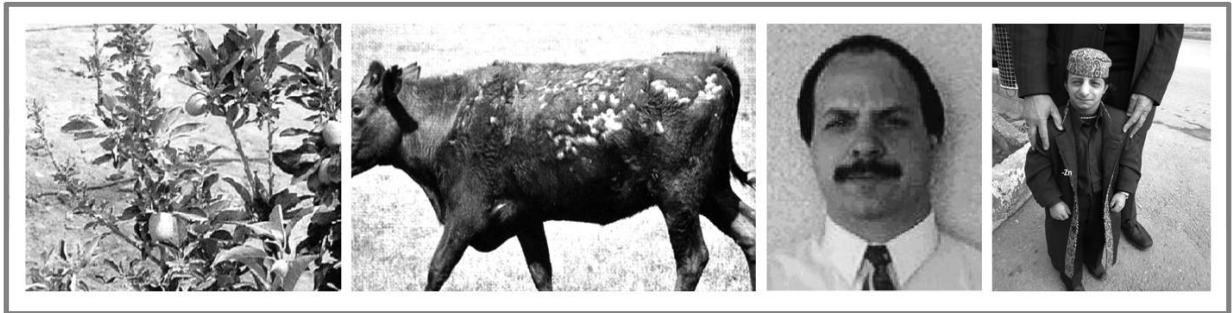
* تقدیم به ارواح پاک دکتر امین ملکوتی (پزشک) که برای اولین بار در ایران غنی سازی (Fortification) نان را با روی، آهن، کلسیم و ویتامین‌ها در کارخانجات آرد در کشور به انجام رسانید و دکتر عیسی بای‌بوردی (استادیار سابق دانشگاه علوم پزشکی تهران) که در چاپ‌های قبلی این نشریه مشارکت فعال و عالمانه داشتند.

** تقدیم به تولیدکنندگان محصولات کشاورزی به ویژه آنان که اثرات مثبت مصرف روی (Zn) را در افزایش کمی-کیفی محصولات کشاورزی و ارتقاء سطح سلامت جامعه را تحقق بخشیده‌اند. از خوانندگان محترم این نوشتار که در عمل اثرات مثبت مصرف روی (Zn) را در افزایش کمی-کیفی محصولات کشاورزی و ارتقاء سطح سلامت خود مشاهده نموده‌اند، درخواست می‌شود با قرانت حمد و سوره‌ای، روح آن مرحومان را شاد نمایند. به امید روزی که شاهد غنی سازی تولیدات کشاورزی (Enrichment) کشورمان باشیم. ان شاء الله

نامطلوب گیاهان و آن نیز ناشی از قابلیت دسترسی کم روی (Zn) در خاک است. بنابراین، رابطه بسیار نزدیکی بین خاک سالم، گیاه سالم و انسان سالم وجود دارد (۸ و ۱۳). حمایت از مصرف کودهای نیتروژنی و فسفاتی و عدم حمایت از کودهای دارای عناصر ریزمغذی در طول دهه‌های گذشته در کنار آهکی بودن اغلب خاک‌های زراعی و بی‌کربناته بودن آب آبیاری کشور، از مهمترین عواملی هستند که موجب سوءتغذیه گسترده به ویژه کمبود روی (Zn) در مردم شده است (۵).

وضعیت روی (Zn) در خاک

مقدار متوسط روی (Zn) در پوسته زمین در حدود ۷۸ و در خاک‌ها با مواد آلی مناسب و رس کافی ۵۵ و در خاک‌های آهکی کمتر از ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (۱۱). روی در خاک بیشتر به شکل ترکیبات بسیار کم‌محلول هیدروکسید و یا کربنات‌روی وجود دارد که بخش عمده آن‌ها به شکل غیر قابل استفاده برای گیاهان می‌باشند. به دلیل آهکی بودن و پایین بودن مواد آلی در خاک، بی‌کربناته بودن آب آبیاری، زیاده روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم رواج مصرف کودهای ریزمغذی، قابلیت دسترسی ریزمغذی‌ها در خاک‌های زراعی کشور بسیار کم است. به‌گونه‌ای که قابلیت دسترسی روی (Zn) برای گیاهان در اکثر خاک‌های کشور بسیار کمتر از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم تخمین زده می‌شود. بنابراین، گیاهان یا نمی‌توانند ریزمغذی‌ها را جذب کنند و یا در صورت جذب، به دلیل رسوب در آوندها، امکان استفاده از آن‌ها را ندارند و در این شرایط حرکت این مواد به برگ، دانه و میوه گیاه نیز بسیار کم است. لذا غلظت ریزمغذی‌ها از جمله روی (Zn) در اندام‌های مورد مصرف انسان و دام بسیار کم است. بر این اساس، استفاده از کودهای شیمیایی دارای روی (نظیر سولفات‌روی و کلات‌روی)، استفاده از ارقام گیاهی روی‌کارا نظیر گیاه کدو و استفاده از ریزجاندارانی با توانایی افزایش قابلیت دسترسی روی برای گیاه (این ریزجانداران اغلب با ترشح اسیدهای آلی و سیدروفور موجب افزایش حلالیت ترکیبات کم‌محلول روی می‌شوند) برای تأمین روی مورد نیاز گیاه ضروری می‌باشد. از نکات جالب توجه دیگر در باره جذب روی بوسیله گیاهان، تشابه الکترونی یون کادمیوم (Cd) با یون روی (Zn) است. این تشابه موجب می‌شود در خاک‌هایی که با کمبود روی مواجه می‌باشند، کادمیوم به اشتباه و یا به ناچاری به جای روی جذب گیاه شود. لذا در خاک‌هایی که قابلیت استفاده روی در آن‌ها پایین است، جذب کادمیوم توسط ریشه گیاه افزایش می‌یابد. بنابراین، کمبود روی قابل جذب در خاک و آلودگی خاک به بوسیله کادمیوم (که منشا اصلی آن در خاک‌های زراعی مصرف زیاد و طولانی مدت کودهای فسفاتی محتوی کادمیوم است) هر دو موجب تشدید جذب کادمیوم و آلودگی محصولات کشاورزی به آن می‌شود. حد مطلوب غلظت روی (Zn) قابل دسترس برای گیاهان در خاک‌های زراعی دو، در برگ گیاهان ۵۰ و در دانه گندم ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در خون انسان ۸۰ میکروگرم بر لیتر است (۵ و ۸).



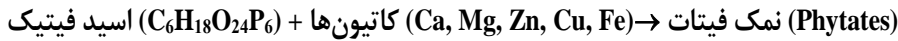
اهمیت روی (Zn) در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی

یکی از وظایف مهم روی (Zn) در گیاه، ساخت پروتئین است؛ بنابراین کمبود روی (Zn) موجب کاهش مقدار پروتئین و افزایش مقدار آمینواسیدهای آزاد و آمیدها می‌شود. علاوه بر این، روی (Zn) در تولید هورمون رشد اکسین، آنزیم‌های مسئول تولید نشاسته، فتوسنتز، سوخت و ساز نیتروژن (فعال‌سازی آنزیم نیترات رداکتاز)، آنزیم‌های انتقال دهنده فسفات (هگزوکیناز) و نیز در تولید تریپتوفان و هورمون رشد (اسید ایندول استیک) نقش مؤثری دارد. در حضور اسید ایندول استیک، کلروفیل بیشتری ساخته شده، پیری به تأخیر افتاده و میزان فتوسنتز و در نهایت تولید افزایش می‌یابد. همچنین، روی (Zn) همراه با پتاسیم (K) در کاهش نفوذپذیری دیواره سلولی گیاه نقش داشته و بدین ترتیب مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده افزایش می‌دهد (۸ و ۱۱).

نقش روی (Zn) در بهبود کیفیت نان

سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۱۹۹۶ شاخصی را به نام شاخص سلامت مطرح کرد. این شاخص می‌گوید: اگر می‌خواهید مواد معدنی موجود در هر ماده غذایی در سیستم گوارشی بدن شما قابل جذب باشد، بایستی شاخص سلامت و یا نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در آن ماده غذایی کمتر از ۲۵ باشد. اگر این نسبت در ماده غذایی از ۲۵ بزرگتر باشد، عناصر معدنی آن قابل جذب نخواهد بود. به عبارت دیگر، برای افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در بدن انسان، باید مقدار شاخص سلامت از ۲۵ کوچکتر باشد. متأسفانه مقدار این شاخص در گندم‌های تولیدی کشور از ۶۰ بیشتر است. شاخص سلامت، از دو بنیان فسفر (P) و روی (Zn) تشکیل شده است. هر چه غلظت فسفر (اسید فیتیک) بالاتر و غلظت روی (Zn) در ماده غذایی از جمله دانه گندم پایین‌تر باشد، این نسبت افزایش می‌یابد و نامطلوب خواهد بود و برعکس هر چه غلظت فسفر (اسید فیتیک) کاهش و غلظت روی (Zn) در ماده غذایی از جمله دانه گندم افزایش یابد، این شاخص مطلوب‌تر خواهد بود. مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی، عدم مصرف کودهای دارای روی (Zn) و قابلیت جذب اندک روی بومی خاک (به دلیل آهکی بودن خاک و بی‌کربناته بودن آب آبیاری) موجب افزایش غلظت اسید فیتیک ($C_6H_{18}O_{24}P_6$) در دانه گندم می‌شود. متأسفانه این نسبت در گندم‌های تولیدی در خاک‌های آهکی ایران به دلیل استمرار مصرف نامتعادل کودها به ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم مصرف کودهای محتوی روی (Zn)، از ۶۰ بیشتر می‌باشد. چون قسمت عمده (حدود ۸۰ درصد) اسید فیتیک (شکل ذخیره‌ای فسفر)، عناصر معدنی و

ویتامین‌ها در سیوس گندم تجمع می‌یابد، بنابراین، متولیان بهداشت و سلامت مردم، بجای حل علمی مشکل زیادی اسید فیتیک در دانه گندم، ساده‌ترین راه یعنی جداسازی و دورریزی سیوس از آرد مصرفی مردم را اجرا می‌کنند که خود یک اشتباه تغذیه‌ای فاحش است و سبب افت جایگاه سلامت جامعه در کشور شده و می‌شود (۸ و ۱۴). به عبارت دیگر، علت حذف سیوس را زیادی اسید فیتیک در آن ذکر کرده‌اند. اسید فیتیک در سیستم گوارشی بدن انسان از طریق ترکیب با کاتیون‌های فلزی (کلسیم، منیزیم، آهن، روی و...) تشکیل نمک فیتات داده و از سیستم گوارشی بدن، طبق واکنش زیر دفع می‌گردد:



بنابراین، اگرچه این روش (جداسازی سیوس از آرد)، شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (نسبت مولی اسید فیتیک به روی) را بهبود می‌بخشد، اما از آن جا که بخش بزرگی از عناصر معدنی و ویتامین‌ها نیز در سیوس گندم قرار دارد، این روش موجب کاهش شدید مقدار عناصر معدنی و ویتامین‌ها و در نتیجه سبب افت ارزش غذایی گندم و نان تولیدی از آن می‌گردد. برای جلوگیری از حذف و یا کاهش درصد حذف سیوس، باید غلظت اسید فیتیک در گندم‌های تولیدی را کاهش و در مقابل غلظت روی (Zn) را افزایش داد. این امر تنها از طریق غنی‌سازی گندم در مزرعه امکان‌پذیر است. بدین منظور باید مصرف کودها بهینه شود تا شاخص نامطلوب تغذیه‌ای به کمتر از ۲۵ کاهش یابد. در این صورت عناصر معدنی موجود در نان سیوس‌دار، قابل جذب شده و سطح بهداشتی جامعه نیز ارتقاء خواهد یافت (۶ و ۱۰).

مقدار و نحوه مصرف روی (Zn)

اگرچه علائم ظاهری نشان دهنده کمبود روی (Zn) در بسیاری از افراد جامعه است، اما اندازه‌گیری روی (Zn) در آزمایشگاه‌های تشخیص طبی معیار قضاوت و تشخیص واقعی است. از این رو، به افرادی که دارای کمبود روی (Zn) هستند، توصیه می‌شود هر هفته ۲ الی ۳ کپسول سولفات روی ۲۲۰ میلی‌گرمی (محتوی ۵۰ میلی‌گرم روی) مصرف کنند افرادی که دارای مشکل پروستات دارند و یا یکی از علائم کمبود روی را دارند، هر دو روز یک کپسول مصرف کنند. بهتر است سولفات روی همراه با ناهار (حتماً وسط غذا) مصرف شود. لیکن، برای افرادی که زخم معده دارند و یا نسبت به مصرف کپسول سولفات روی حساس هستند، لازم است محتویات کپسول روی را در آب پرتقال و یا در آب معمولی همراه با قرص ویتامین C جوشان (جذب روی در جوار ویتامین C تسهیل می‌یابد) حل نموده و سپس حجم آن را با آب به حدود یک لیتر رسانده و سپس به تدریج مصرف نمایند. امروزه علاوه بر سولفات روی، انواع دیگری از ترکیبات روی (Zn) نظیر انواع مولتی‌مینرال‌ها (سنتروم)، سیترات روی، گلوکونات روی و شربت روی (مخصوص کودکان) نیز در داروخانه‌ها با قیمت بالاتری قابل تهیه می‌باشد.

توجه ۱: استفاده از کپسول سولفات روی برای اولین بار، ممکن است در افرادی که دارای کمبود روی (Zn) شدید هستند، باعث ایجاد حالت تهوع گردد که با مصرف یک قاشق چای‌خوری عسل و یا با مصرف یک عدد پرتقال و یا نارنگی برطرف خواهد گردید.

توجه ۲: نیاز روزانه روی (Zn) برای هر فرد از ۱۵ الی ۴۰ میلی‌گرم متفاوت می‌باشد. با افزایش سن، نیاز به آن بیشتر می‌شود (۱ و ۲).

توجه ۳: لازم به ذکر است که نباید در استفاده از مکمل‌های روی (Zn) زیاده روی کرد، زیرا ممکن است موجب بهم زدن تعادل سایر عناصر معدنی در بدن و خشک شدن پوست گردد. بنابراین، مصرف بیش از دو الی سه کپسول در هفته تحت هیچ شرایطی (مگر با تجویز پزشک متخصص) توصیه نمی‌گردد (۲ و ۹).

راه حل واقعی

هر چند می‌توان با تهیه و مصرف مکمل‌ها و قرص‌های حاوی عناصر ریزمغذی مشکل کمبود این عناصر را تا حدی برطرف کرد، ولی به دلیل عدم آگاهی عموم مردم، هزینه‌بر بودن و عدم دسترسی همگانی، این روش راه‌حل دائمی نیست. راه حل اساسی، غنی‌سازی محصولات کشاورزی در محل تولید (به‌ویژه گندم و برنج که مصرف فراگیر و همگانی دارند) از طریق بهبود سلامت خاک (افزایش مواد آلی) و رعایت اصول مصرف بهینه کودی در مزارع و باغ‌ها (در گیاهان زراعی، دارویی، زینتی و درختان جدیدالاحداث، کوددهی بر مبنای نتایج تجزیه خاک و در درختان مثمر و زینتی بر پایه نتایج تجزیه برگ‌ها) است (۶، ۷، ۹ و ۱۰). با این روش، زمینه بروز و شیوع بیماری‌های ناشی از کمبود عناصر غذایی به‌ویژه روی (Zn) به شدت کنترل و رتبه بهداشتی جامعه نیز ارتقاء می‌یابد (۸).



نتیجه گیری

به‌رغم آن‌که اکثر مردم کشور ما، مقدار کالری روزانه خود را دریافت می‌کنند، رژیم غذایی بیشتر آن‌ها، فاقد مقدار کافی عناصر معدنی (کلسیم، منیزیم، آهن و روی) است. به‌عبارت دیگر به‌رغم سیری شکم، سلول‌های بدن مردم گرسنه است. بهترین روش برای حل گرسنگی سلولی بدن، در اولویت اول، غنی‌سازی محصولات کشاورزی در مزرعه (Enrichment) و در اولویت بعدی، افزودن عناصر مورد نیاز به مواد غذایی در فرآیند فرآوری آن‌ها (Fortification) می‌باشد. در کوتاه مدت و بنا به دلیل فقر مواد غذایی در تامین عناصر معدنی بدن، استفاده از مکمل‌ها توصیه می‌شود. از جمله برای رفع کمبود روی (Zn) توصیه می‌شود که افراد بزرگسال حداکثر سه عدد کیسول سولفات روی در هفته و در بین غذا مصرف کنند. برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد روی (Zn)، علاوه بر منابع ذیل، به تارنمای www.zinc.org (www.iza.com) و یا تارنماهای www.zinc.org/health، انجمن تغذیه ایران، www.nutrition.org.uk و رونا س طب www.ronamed.com مراجعه فرمایید.

سپاسگزاری: بدینوسیله از مساعدت‌های علمی و زحمات ارزنده جنابان آقایان دکتر رضا ملک‌زاده، دکتر رسول راهنمایی، مهندس بصیر عطاردی و دانشجویان دکتری خاکشناسی ورودی مهر ماه ۱۳۹۳ دانشگاه تربیت مدرس در تدوین هرچه بهتر این نوشتار، سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. اکبری، ا. ۱۳۹۳. اطلاعات علمی جدید درباره پیشگیری از سرطان. مصاحبه رسانه‌ای معاون وزیر و رئیس مرکز تحقیقات سرطان دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. شبکه خبر، تهران، ایران.
۲. زهرانی، ن. ا. ۱۳۷۲. ویتامین‌ها (ترجمه از کتاب A. A. Mindel). چاپ گلشن، ۳۹۹ صفحه. تهران، ایران.
۳. شهریاری ح. ع. ۱۳۸۷. ایران رتبه ۱۲۳ جهانی را در بین ۱۹۲ کشور دنیا در تامین سلامت مردم دارد. مصاحبه مطبوعاتی با خبرگزاری فارس در تاریخ ۲۲ آبان ماه ۱۳۸۷. تهران، ایران.
۴. قاضی زاده هاشمی. ح. ۱۳۹۲؛ سالانه ۹۰ هزار ایرانی به سرطان مبتلا می‌شوند. مصاحبه مطبوعاتی با خبرگزاری فارس تاریخ ۱۸ بهمن ماه ۱۳۹۲. تهران،
۵. ملکوتی، ا. بای‌بوردی ع و ملکوتی م ج. ۱۳۸۷. میزان غلظت روی در خون دانشجویان پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران (۸۱-۱۳۸۰). فصل نامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه (مجله بهبود). جلد ۱۲، صفحات ۱۵۸ الی ۱۷۰.
۶. ملکوتی، ا. عاکف س، ملکوتی م ج و بای‌بوردی ا. ۱۳۸۵. اثر غنی‌سازی آرد با سولفات روی و سولفات آهن بر غلظت روی و آهن سرم خون در افراد قرارگاه مقدم مرصاد. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز. جلد ۲۸، صفحات ۱۱۵ الی ۱۱۹.
۷. ملکوتی، م ج. ۱۳۹۰. راهکار افزایش کیفیت نان‌های مصرفی در کشور. مجله علمی پژوهشی فصلنامه علوم و صنایع غذایی. شماره ۳۱، صفحات ۱۱ الی ۲۰.
۸. ملکوتی، م ج. ۱۳۹۳. توصیه بهینه مصرف کود برای محصولات کشاورزی در ایران: تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها باهدف خودکفایی نسبی، تامین امنیت غذایی جامعه و افزایش درآمد کشاورزان. خانه کشاورز، شماره ۱۰۱. انتشارات مبلغان، ۳۳۰ صفحه. تهران، ایران.
۹. ملکوتی م ج، ملکوتی، ا. بای‌بوردی ع و خامسی ع. ا. ۱۳۸۹. روی (Zn) عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیاه، دام و انسان «چاپ دهم با بازنگری کامل». نشریه فنی شماره ۷، ۱۴ صفحه، انتشارات سنا. تهران، ایران.
۱۰. ملکوتی م ج، ملکوتی، ا. مجیدی ع، بای‌بوردی، ا. سالاری ا و فلاحی ا. ۱۳۸۸. مقایسه اثر بخشی غنی‌سازی گندم در مزرعه با غنی‌سازی آرد در کارخانه در ارتقاء سطح سلامت جامعه. مجله علوم و صنایع غذایی، جلد ۳. صفحات ۱۱۷ الی ۱۲۷.
11. Alloway BJ. 2004. Zinc in soils and crops nutrition. International Zinc Association (IZA), Brussels, Belgium. 127 p.
12. Kirchhoff P, Socrates Th, Sidani Sh, Duffy A, Breidhardt T, Grob Ch, Viehl CT, Beglinger Ch, Oertli D and Geibel JP. 2010. Zinc salts provide a novel, prolonged and rapid inhibition of gastric acid secretion. The American Journal of Gastroenterology: 1-9.
13. Prasad R, Shivay YS and Kumar D. 2014. Agronomic bio-fortification of cereal grains with iron and zinc. Advances in Agronomy, 125: 55-92.
14. Zimmerman, S. 2012. Phytate effect and nutrition levels in whole grain flour. Proceedings Whole Grains Summit. AACC International Inc. Grain for Health Foundation. Georgia, USA. Pp. 61-62.

