

اثر فراوری سبوس گندم بر کاهش اسید فیتیک و باقیمانده سموم دفع آفات نباتی

لاله مشرف*

* نگارنده مسئول: استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران. ص. پ. ۱۹۹-۸۱۷۸۵، تلفن: ۰۶۱-۳۷۷۶۰۰۳۱، پیام‌نگار: mosharaf@ag.iut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۲۴

چکیده

در پوسته خارجی (سبوس) اکثر غلات، به خصوص گندم، مواد بسیار مفیدی مثل کانی‌ها، فیبرهای رژیمی، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه وجود دارد؛ ارزش غذایی سبوس گندم نیز به دلیل غنی بودن از فیبرهای رژیمی است. با توجه به روند رو به افزایش مصرف سموم دفع آفات نباتی در گندم و از طرفی میزان بالای مصرف نان در جیره غذایی خانوارها، نگرانی‌هایی در خصوص باقیمانده سموم در سبوس گندم در نان و فراورده‌های سبوس دار وجود دارد. این پژوهش به منظور بررسی و تعیین میزان باقیمانده سموم در سبوس گندم و اثر چند فراوری بر میزان کاهش آن اجرا شد و طی آن از روش‌های هیدراتاسیون گرم و سرد، پخت و هیدروترمال با بافر برای فراوری سبوس گندم استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، نه تنها هر چهار فراوری میزان سموم باقیمانده در سبوس گندم (سموم دلتامترین، کاپتان، برومپروپیلات، فوزالون و تترادفنون) را به ترتیب از ۰/۱۶، ۰/۳۱۵، ۱/۱۶ و ۱/۸۰۷ و ۰/۱۷+ قسمت در میلیون به حداقل رساندند، بلکه کاهش ۳۳ تا ۸۳ درصدی اسید فیتیک موجود در سبوس گندم نیز ثبت گردید. از مزایای استفاده از روش‌های مذکور در فراوری سبوس گندم ضمن کاهش باقیمانده سموم می‌توان به بهبود خصوصیات تغذیه‌ای آن با استفاده از مزایای ویتامین‌ها، کانی‌ها و فیبرهای غذایی موجود در آن اشاره کرد.

واژه‌های کلیدی

اسید فیتیک، باقیمانده سموم، سبوس گندم، هیدراتاسیون سرد و گرم، هیدروترمال

مقدمه

اولویت واقع شده است و یکی از مواد غذایی پر مصرف جهان محسوب می‌گردد. غلات از اولین غذاهای شناخته شده بشری هستند. نان مهمترین منبع غذایی و تأمین کننده قسمت عمده انرژی، پروتئین، مواد معدنی، ریز مغذی‌ها و ویتامین‌های گروه B است. گندم نانویی با اسم علمی تریتیکوم آستیوم (*Triticum aestivum*) قدمتی بیش از ۱۰۰۰۰ سال دارد (Bergman et al., 2001). در پوسته خارجی دانه (سبوس) اکثر غلات، به خصوص گندم، مواد بسیار مفیدی مثل کانی‌ها، فیبرهای رژیمی، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه وجود دارد. مزایای تغذیه‌ای

یکی از مهمترین و ضروری‌ترین چالش‌های موجود که اکثر کشورهای جهان با آن مواجه هستند، تأمین مواد غذایی ضروری و سالم است. فراورده‌های غله‌ای یکی از اصلی‌ترین غذاهای جوامع بشری است که به دلیل دارا بودن مواد تغذیه‌ای مناسب و استفاده آسان، در اکثر کشورهای جهان به طور گسترده مصرف می‌شود. به عبارت دیگر؛ الگوی مصرف مواد غذایی به نحوی است که بهره‌گیری از غلات به دلیل داشتن مواد مغذی مناسب و امکان مصرف ساده‌تر و راحت‌تر از محصولات آن، در

یون‌های دو ظرفیتی مثل آهن، روی، کلسیم و منیزیم کمپلکس فیتات - یون فلز ایجاد می‌کند، از جذب کانی‌ها در بدن ممانعت می‌کند و سرانجام بیماری‌هایی نظیر کم‌خونی به وجود می‌آورد (Liu et al., 1998). با توجه به آمار ارائه شده در ارتباط با کم‌خونی، کمبود کلسیم و مشکلات تغذیه‌ای در جامعه و ارتباط رژیم غذایی در به وجود آمدن و رفع این مشکلات، اصلاح خصوصیات تغذیه‌ای نان و در عین حال بهبود خصوصیات کیفی و تغذیه‌ای از اهمیت خاصی برخوردار است. در حال حاضر در واحدهای تولید "نان سبوس‌دار" سبوس در مقادیر متفاوت، به طور مستقیم به خمیر نان آماده برای پخت اضافه می‌شود. بنابراین افزودن سبوس به آرد به دلیل دارا بودن ترکیبات مفید ذکر شده ضروری است و فراوری آن نیز به منظور کاستن از برخی ترکیبات مانند باقیمانده‌های سموم لازم خواهد بود.

روند رو به افزایش مصرف سموم دفع آفات نباتی در گندم و میزان بالای مصرف نان در جیره غذایی خانوارهای ایرانی، نگرانی‌های موجود در حذف باقیمانده‌های سموم را افزایش داده است.

در بیشتر کشورها به منظور حفظ سلامت مصرف کنندگان و ترغیب عملیات مناسب کشاورزی در کاربرد حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و سایر مواد شیمیایی، مرز بیشینه مانده آفت‌کش (MRL)^۱ تعیین و تدوین می‌شود. مرز بیشینه مانده آفت‌کش‌ها حداکثر قابل اغماض مانده آفت‌کش در فرآورده‌های کشاورزی یا خوراک دام است. این مرز از سوی مرجع قانونی و صلاحیت‌دار کشور، بر پایه آگاهی‌های به دست آمده از عملیات خوب کشاورزی (GAP)^۲ تعیین می‌گردد (Anon, 2003a).

در ایران، به توصیه مدیریت حفظ نباتات سازمان جهاد کشاورزی غالباً چند نوع سم خاص به منظور مبارزه با آفت سن غلات که پراکندگی آن در بیشتر نقاط کشور مشاهده می‌شود، استفاده می‌گردد (جدول ۱).

سبوس گندم در رژیم غذایی به دلیل غنی بودن از فیبرهای رژیمی به طور گسترده در بسیاری از تحقیقات بیان شده است. بر این اساس مصرف غذاهای غنی از دانه‌های کامل و فیبر غلات به منظور کاهش خطر بیماری‌های حاد و مزمن مانند دیابت، بیماری‌های قلبی-عروقی، چاقی و انواعی از سرطان توصیه شده است (Jacobs & Gallaher, 2004). سازمان بهداشت جهانی کاهش مصرف پروتئین‌ها و چربی‌های حیوانی و افزایش مصرف غلات کامل را توصیه می‌کند که منبعی سرشار از فیبرهای رژیمی است (Larsson et al., 2005; Mosharraf et al., 2009). در ایران، بخش اعظم گندم تولیدی برای تهیه فرآورده‌های غله‌ای و حدود ۹۰ درصد آن برای تهیه نان مصرف می‌شود. نان‌های مسطح غذای اصلی ایرانیان هستند و بیشترین کالری و پروتئین رژیم غذایی را تأمین می‌کنند. با سم‌پاشی مزرعه گندم، پوسته خارجی دانه بیشترین تماس با سم و در نتیجه بیشترین جذب سموم را دارد. ورود باقیمانده‌های سموم آفت‌کش موجود در مواد غذایی به بدن انسان می‌تواند انواع مسمومیت‌های مزمن و نیز عوارضی چون سرطان، ناهنجاری‌های جنینی، ناباروری و کندذهنی را ایجاد کند (Ecobichon, 2001).

مصرف سموم در کشت گندم برای جلوگیری از بروز بیماری‌های گیاهی نظیر سیاهک و زنگ گندم، مبارزه با آفات گیاهی مثل سن و از بین بردن علف‌های هرز است. تحقیقات نشان داده است که برخی از فراوری‌ها قادر به کاهش باقیمانده‌های سموم است. علاوه بر این، برخی از این فراوری‌ها منجر به کاهش و یا حذف اسید فیتیک موجود در سبوس گندم می‌شود (Fredlund et al., 1997; Jayaraja et al., 1997; Rehinan et al., 2004). اسید فیتیک فرم ذخیره فسفر در دانه است که در لایه خارجی و آلرون و در دانه گندم جمع می‌شود (Garcia et al., 1999; Febles et al., 2002). ترکیبات فیتات جاذب کانی‌های مفید و مورد نیاز بدن است، با

1- Maximum Residue Limit (MRL)

2-Good Agricultural Practice (GAP)

جدول ۱- سموم و روش‌های توصیه شده در دفع *Eurygaster integriceps* و *Aelia spp.* (سن آفات غلات) (Anon, 2003a)

ملاحظات	میزان مصرف (در هکتار)	فرمولاسیون (درصد)	سم توصیه شده
منحصراً برای مبارزه با پوره	۳۰۰ میلی‌لیتر	EC 2.5	دل‌تامترین
-	۱ لیتر	EC 50	فنیتروتیون
-	۱/۲ - ۱ لیتر	EC 50	فنتیون
در جایی استفاده شود که احتمال بادبردگی روی محصولات نزدیک به موقع برداشت وجود نداشته باشد.	۱/۲ کیلوگرم	EC 80	تریکلورفن

گندم نشان می‌دهد که بیشترین مقدار آفت‌کش‌ها و متابولیت‌های آنها در سبوس گندم حضور دارند. مقالات ارائه شده در این زمینه نشان می‌دهد که نگرانی‌ها در مورد قرص فستوکسین مصرفی در حین نگهداری گندم کمترین و در خصوص سموم آفت‌کش از نوع مالاتیون و کلرپریفوز متیل در آرد و سبوس گندم بیشترین است. برای بررسی باقیمانده‌های سموم ارگانوفسفره در محصولات غلات تحقیقی در مورد آرد، سبوس و بیسکویت از گندم انجام شد. در این تحقیق نمونه‌های شاهد بدون سم و نمونه‌های تیمار شده به میزان بیش از حد مجاز با این سموم، در کنار هم ارزیابی شدند. پس از ۸ ماه نگهداری نمونه‌ها مشخص شد که این مدت زمان بر کاهش میزان سم تا آنجا که به مقدار کمتر از حد مجاز برسد، اثر ندارد؛ اگرچه مقدار قابل توجهی از باقیمانده‌های سموم در آرد و سبوس مشاهده شد اما فرایند تهیه بیسکویت میزان باقیمانده‌های سموم را به شدت کاهش داد (Uygun, 2009).

به منظور بررسی اثر فرایند تهیه و پخت نان بر کاهش باقیمانده‌های سموم، نمونه‌های نان از آرد گندمی تهیه شد که به مقدار ۱، ۲، ۳ و ۴ قسمت در میلیون با سموم اندوسولفان، هگزاکونازول، پروپیاکونازول، مالاتیون و دل‌تامترین مخلوط شده بودند. در فرایند تهیه نان مشاهده

پژوهش‌ها در اهمیت آلودگی و تجمع سموم آفات نباتی در محصولات کشاورزی نشان می‌دهد که استفاده بیش از حد و نا متعارف از سموم آفات نباتی، مشکلات مزمنی برای سلامتی بشر ایجاد کرده است. این نگرانی جهانی است تا آنجا که هیچکس از خطر آلودگی محیط زیست و مواد غذایی بر اثر باقیمانده‌های سموم در امان نیست (Ecobichon, 2001).

کوشیک و همکاران (Kaushik *et al.*, 2009) نشان دادند که فراوری‌هایی مثل شستشو، پوست‌گیری، کنسرو کردن و پخت به کاهش قابل توجه باقیمانده‌های سموم می‌انجامد و نهایتاً به افزایش ایمنی غذایی کمک می‌کند. پژوهشگران تأثیر شستشو، پوست‌گیری و فرایند سرخ کردن را بر میزان باقیمانده سموم با استفاده از روش گاز کروماتوگرافی بررسی کرده‌اند (Soliman, 2001). در میوه‌ها، بیشترین میزان تجمع سموم روی پوست بیرونی است که با پوست‌گیری یا لکه بری به روش مکانیکی یا شیمیایی یا بخار می‌توان آن را جدا کرد (Toker & Bayindirli, 2003).

پژوهش‌هایی در زمینه باقیمانده‌های سموم نباتی در غلات و محصولات آن انجام شده است. تحقیقات یوگان و همکاران (Uygun *et al.*, 2005) درباره باقیمانده‌های مالاتیون و فنیتروتیون در آرد سفید، آرد کامل و سبوس

با توجه به روند رو به افزایش مصرف سموم دفع آفات نباتی در مزارع گندم و میزان بالای مصرف نان در جیره غذایی خانوارها و نگرانی‌های موجود در میزان باقیمانده‌های سموم، این تحقیق به منظور بررسی و تعیین میزان باقیمانده‌های سموم در سبوس گندم قبل و بعد از فراوری اجرا شد. از اهداف این پژوهش می‌توان به کاهش باقیمانده‌های سموم، کاهش مقدار اسید فیتیک و بهبود خصوصیات تغذیه‌ای آن با استفاده از مزایای ویتامین‌ها، کانی‌ها و فیبرهای غذایی موجود در سبوس گندم اشاره نمود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های سبوس گندم

سبوس مورد استفاده در این تحقیق از رقم گندم سپاهان تهیه شد که در منطقه اصفهان کشت می‌شود. نمونه‌های گندم به مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج فرستاده شد. در آنجا پس از آماده‌سازی دانه‌های گندم (افزودن آب با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و سپس خواباندن دانه‌ها به مدت ۲۴ ساعت) با آسیاب بوهرل مدل (Buhler AG, Mlu 202) سبوس‌گیری شد و سبوس گندم به دست آمد.

آزمون‌های شیمیایی

شاخص‌های معرفی شده یعنی رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و فیبر خام نمونه‌های مورد آزمایش با استفاده از روش‌های مصوب^۱ (Anon, 2003a) به ترتیب به شماره‌های ۱۶-۴۴، ۰۷-۰۸، ۱۲-۴۶، ۱۰-۳۰ و ۱۷-۳۲ و میزان اسید فیتیک به روش نهاپتیان و بصیری اندازه‌گیری شد (Nahapetian & Bassiri, 1975).

شد که میزان این سموم در تیمارهای حاوی ۱ قسمت در میلیون از ۷۵ تا ۸۹ درصد و در تیمارهای حاوی ۴ قسمت در میلیون حدود از ۴۶ تا ۷۰ درصد کاهش داشته است (Sharma *et al.*, 2005).

فراوری سبوس گندم از قبیل آسیاب کردن یا پخت نان باعث کاهش مقداری از سموم دسیس و فنیتروتیون باقیمانده در آن می‌شود (Holland *et al.*, 1994)، اما انتظار می‌رود که فراوری‌هایی از قبیل هیدراتاسیون این میزان را بیشتر کاهش دهد (Miyahara & Saito, 1994)، ضمن آنکه این فراوری‌ها باعث کاهش برخی از ترکیبات ضد تغذیه ای مثل فیتات‌ها نیز می‌شود.

در خصوص فراوری سبوس گندم به منظور کاهش مقدار اسید فیتیک آن تحقیقاتی شده است. جایاراجا و همکاران (Jayaraja *et al.*, 1997) گزارش دادند که تیمار هیدراتاسیون سرد حدود ۴۰ درصد فیتات را از هر دو بخش پریکارپ و آلورون گندم حذف می‌کند. فردلاند و همکاران (Fredlund *et al.*, 1997) نیز گزارش دادند که طی فرایند هیدراتاسیون گرم در دمای ۵۵ درجه سلسیوس و مدت ۲۴ ساعت، اسید فیتیک گندم، چاودار، جو پوست نگرفته و جو پوست گرفته به ترتیب ۵۷، ۵۶، ۴۶ و ۷۷ درصد کاهش می‌یابد.

تحقیقات نشان می‌دهد که پخت باعث کاهش فیتات‌ها می‌شود و پخت تحت فشار بالاتر از فشار اتمسفر (در اتوکلاو)، میزان فیتات را باز هم پایین‌تر می‌آورد (Rehinan *et al.*, 2004). تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که تیمار هیدروترمال که در آن از بافر استات در دمای ۵۵ درجه سلسیوس و pH برابر با ۴/۸ به مدت ۲۴ ساعت استفاده شد، به دلیل کاهش اسیدفیتیک اثر مثبتی بر ارزش تغذیه‌ای سبوس داشته است (Mosharraf *et al.*, 2009).

1- American Association of Cereal Chemists, (Anon, 2003a)

پژوهش، نمونه شاهد (سبوس جدا شده از آندوسپرم در مرحله آسیاب کردن) بدون هیچ گونه فراوری بود. در فراوری هیدراتاسیون سرد، نمونه های سبوس در آب سرد ۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. پس از آن، نمونه ها در آن ۳۷ درجه سلسیوس خشک شدند و سپس آزمایش های اندازه گیری میزان اسید فیتیک و سموم دنبال شد. در فراوری هیدراتاسیون گرم، سبوس در آب ۵۵ درجه سلسیوس و در روش هیدروترمال در بافر استات با pH برابر با ۴/۵ در دمای ۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از آن، سبوس در آن ۳۷ درجه سلسیوس خشک شد و آزمایش های اندازه گیری میزان اسید فیتیک و سموم ادامه یافت. در فراوری پخت، سبوس ابتدا در آب در حال جوشیدن برای مدت ۳ ساعت قرار داده شد؛ پس از آن، مانند سایر فراوری ها خشک و آزمایش ها دنبال شد.

نتایج و بحث

آزمون های شیمیایی سبوس گندم

میزان پروتئین، چربی، فیبر، رطوبت و خاکستر نمونه سبوس در جدول ۲ آورده شده است. میزان فیبر و پروتئین در سبوس تابع رقم گندم، نوع خاک، شرایط آب و هوایی زمان کاشت و برداشت محصول است.

اندازه گیری باقیمانده سموم با استفاده از دستگاه (GC-MS)

باقیمانده سموم موجود در سبوس گندم پس از برداشت و فراوری به روش های مختلف، با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی^۱ مدل (Agilent 7890A/5975C) ساخت امریکا، اندازه گیری شد (Ueno *et al.*, 2003). برای اجرا این آزمون، داشتن استانداردهای سم ضروری است تا هم شناسایی و هم میزان آن مشخص شود. عملیات آماده سازی و استخراج سموم از سبوس گندم قبل و بعد از فراوری برای تزریق به دستگاه ادامه یافت. استخراج و آماده سازی هر نمونه برای تزریق به دستگاه بر اساس نوع سم استفاده شده متفاوت بوده، روش آزمون بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۶۴ به کار گرفته شد. بر اساس اطلاعات موجود، بیشترین سم استفاده شده در مزارع گندم اصفهان به منظور مبارزه با سن گندم، از نوع دسیس (دلتامترین) است (Anon, 1985).

فراوری سبوس

فراوری سبوس به منظور بررسی اثر فرایند بر کاهش میزان باقیمانده سموم و اسید فیتیک موجود در آن به چهار روش هیدراتاسیون سرد، هیدراتاسیون گرم، هیدروترمال همراه با بافر و پخت اجرا شد. در این

جدول ۲ - خصوصیات شیمیایی نمونه سبوس (بر اساس درصد ماده خشک)*

نمونه سبوس گندم	رطوبت (درصد)	پروتئین (درصد)	فیبر (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)
سپاهان (شاهد)	۹/۹۳±۰/۱۱a	۱۲/۰۲±۰/۰۸a	۱۲/۱۷±۰/۱۵c	۳/۱۲±۰/۰۱a	۵/۴۶±۰/۱۵a
سپاهان (هیدراتاسیون سرد)	۸/۵۰±۰/۲۰b	۱۱/۴۹±۰/۰۹a	۱۵/۳۲±۰/۸۵b	۳/۰۷±۰/۰۲a	۲/۴۳±۰/۲۰d
سپاهان (هیدراتاسیون گرم)	۸/۵۴±۰/۰۶b	۱۱/۱۳±۰/۰۳a	۱۵/۲۸±۰/۰۱b	۲/۷۱±۰/۰۱b	۳/۰۰±۰/۰۰e
سپاهان (پخت)	۸/۱۰±۰/۰۶c	۱۱/۲۹±۰/۰۸a	۱۵/۵۸±۰/۲۰b	۲/۵۱±۰/۰۲c	۳/۶۴±۰/۲۰c
سپاهان (هیدروترمال در بافر)	۷/۹۶±۰/۱۴c	۱۰/۳۲±۰/۱۶a	۱۶/۳۳±۰/۰۵a	۲/۴۷±۰/۱۹c	۴/۵۰±۰/۳۰b

* اعداد میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند. در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

غذایی به روش‌های گوناگون وجود دارد که بیشتر آنها بر پایه فعال ساختن آنزیم فیتاز (آنزیم هیدرولیز کننده اسیدفیتیک) قرار دارند؛ روش‌هایی مانند تخمیر، شستشو و اعمال فرایندهای هیدروترمال از آن جمله‌اند (Mahgoub & Elhag, 1998; Turk *et al.*, 2000; Lopez *et al.*, 2001; Carlson & Poulsen, 2003 & Mosharraf *et al.*, 2009).

نتایج جدول ۳ حاکی از کاهش میزان اسید فیتیک در اثر فرایندهای مختلف است. آنزیم فیتاز در غلات خشک غیر فعال است اما با افزایش رطوبت میزان فعالیت آن نیز افزایش می‌یابد.

بر این اساس محققان برای فعال کردن فیتاز آندروژن غلات، خیساندن را پیشنهاد کرده‌اند (Fredlund *et al.*, 1997; Carlson & Poulsen, 2003).

بر اساس جدول ۳ بین مقدار اسیدفیتیک باقیمانده در سبوس بعد از فرایند هیدراتاسیون سرد با مقدار این ماده در تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد. این فرایند باعث کاهش ۳۳ درصد مقدار اسیدفیتیک در سبوس شده است. علت کاهش میزان اسیدفیتیک در سبوس گندم در حین فرایندهای هیدراتاسیون سرد، گرم و پخت در آب، افزایش فعالیت فیتاز اندروژن است و نتایج حاکی است که کاهش میزان اسید فیتیک در فرایندهای مذکور به ترتیب شدیدتر می‌شود تا آنجا که تیمار هیدروترمال در بافر میزان اسیدفیتیک را در نمونه سبوس حدود ۸۰ درصد کاهش داده است. فرایند هیدراتاسیون سرد نسبت به فرایند هیدروترمال به دلیل وجود محیط آبی سرد و pH خنثی تأثیر کمتری بر هیدرولیز اسیدفیتیک دارد که در این حالت فیتات به فرم فیتات منیزیم انحلال‌ناپذیر است و فیتاز بر آن تأثیر اندکی دارد. این نتیجه با نتایج تحقیقات لوپز و همکاران (Lopez *et al.*, 2001) همخوانی دارد.

میزان فیبر طی فراوری هیدراتاسیون در آب سرد و گرم و بافر به طور معنی‌داری افزایش یافت که این به دلیل جدا شدن آندوسپرم گندم چسبیده به سبوس در اثر شستشو در محیط آبی و در نتیجه افزایش نسبت فیبر در نمونه‌ها می‌باشد. بر اساس جدول ۲ افزایش میزان فیبر در طی فراوری هیدراتاسیون سرد بیشتر از هیدراتاسیون گرم است که علت آن را می‌توان خارج شدن مقداری از فیبرها و پروتئین‌های انحلال‌پذیر در آب موجود در سبوس در محیط آبی گرم دانست در حالی که میزان افزایش در فراوری هیدروترمال در بافر بیشتر از فراوری هیدراتاسیون گرم و سرد است که علت آن را می‌توان تأثیر محلول استات سدیم بر افزایش میزان فیبر سبوس دانست. این نتایج با مطالعات رحینان مینی بر اینکه هیدراتاسیون در محلول بی‌کربنات سدیم باعث افزایش همی‌سلولز، سلولز، فیبرهای دترجنت خنثی و اسیدی است مطابقت دارد (Rehinan *et al.*, 2004).

در سه فراوری مذکور میزان خاکستر نمونه‌های سبوس به طور معنی‌داری کاهش نشان می‌دهد. این نتیجه‌گیری با نتایج تحقیقات ونگ و همکاران (Wang *et al.*, 2008) مطابقت دارد؛ علت این کاهش، استخراج مقداری از کانی‌های سبوس در محیط آبی و بافر طی فراوری‌های مذکور است. میزان چربی نمونه‌های سبوس طی فراوری‌های یاد شده کاهش پیدا کرده است؛ دلیل این پدیده تیمار سبوس در محیط آبی و گرم و مهاجرت چربی از بافت سبوس به محیط آبی است. مشرف و همکاران (Mosharraf *et al.*, 2009) طی تحقیقی نشان داده‌اند که میزان چربی نمونه‌های سبوس گندم طی عملیات هیدروترمال کاهش می‌یابد.

آزمون‌های اسیدفیتیک نمونه‌های سبوس گندم

برای بهبود قابلیت بیولوژیکی و جذب بهتر مواد معدنی در بدن انسان امکان کاهش اسیدفیتیک مواد

جدول ۳- اسیدفیتیک موجود در نمونه‌های سبوس گندم*

کاهش فیفات** (درصد)	اسیدفیتیک بر اساس ماده خشک (میلی گرم بر گرم)	نمونه‌های سبوس گندم
-	۵۴/۶۲ ± ۲/۸۹a	سپاهان (شاهد)
۳۳	۳۶/۰۵ ± ۱/۶۱ b	سپاهان (هیدراتاسیون سرد)
۵۱	۲۶/۸۶ ± ۱/۱۹ d	سپاهان (هیدراتاسیون گرم)
۴۱/۱۰	۳۲/۲۱ ± ۱/۴۱ c	سپاهان (پخت)
۸۳/۱۲	۹/۲۰ ± ۰/۱۷e	سپاهان (هیدروترمال در بافر)

* اعداد میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند. میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
** درصد کاهش فیفات بر اساس مقدار اولیه آن در نمونه‌های تیمار نشده است.

فیفات سدیم و پتاسیم ذخیره شده است و با فرایند انتشار (دیفوزیون) از بافت محصول خارج می‌شود (Nahapetian & Bassiri, 1975).

تیمار هیدروترمال در بافر میزان اسیدفیتیک را در نمونه‌های سبوس گندم ۸۵-۸۰ درصد کاهش داده است. نتایج تحقیقات محققان دیگر نشان می‌دهد که تیمار هیدروترمال در بافر در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و pH برابر با ۴/۸ روی سبوس گندم، میزان اسید فیتیک را بیشتر از ۵۷ درصد کاهش می‌دهد. اپتیمم فعالیت آنزیم فیناز برای هیدرولیز اسید فیتیک و فیفات‌ها در دمای ۵۵-۵۰ درجه سلسیوس و pH بین ۴/۵ و ۵/۵ است (Fredlund *et al.*, 1997; Mosharraf *et al.*, 2009). اگرچه از نظر درصد کاهش اسیدفیتیک بین این تحقیقات اختلاف وجود دارد اما روند کاهش اسید فیتیک مشابه است. به نظر می‌رسد بخش عمده این اختلاف به علت تفاوت نوع نمک‌های فیفات‌ها موجود در گندم است که انحلال‌پذیری متفاوتی دارند. اجرای تیمار ملایم هیدروترمال روی نخود نشان داده است که با این روش می‌توان مقدار اسیدفیتیک را از ۰/۳۳۹ گرم به ۰/۰۷۵ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک کاهش داد که نشان دهنده کاهش فیفات در حدود ۸۰ درصد است (Lgbedioh *et al.*, 1994).

آنزیم فیناز طبیعی گندم قادر به تجزیه اسید فیتیک و فیفات‌ها است. در این فرایند آنزیمی فیفات به اینوزیتول و بنیان‌های فسفات تبدیل می‌شود. حداکثر فعالیت این آنزیم در pH حدود ۵ و دمای ۵۵ درجه سلسیوس یعنی شرایط موجود در فرایند هیدروترمال است (Mosharraf *et al.*, 2009).

ماهوب و همکاران (Mahgoub & Elhag, 1998) می‌گویند که در فرایند هیدراتاسیون سرد دو عامل انحلال‌پذیری اسیدفیتیک در آب و هیدرولیز آن به دلیل تخمیر خود به خودی فلور موجود روی سبوس، باعث کاهش اسید فیتیک می‌شود.

لیبیدیو و همکاران (Lgbedioh *et al.*, 1994) ضمن بررسی مقدار اسیدفیتیک در تعدادی از دانه‌های حبوبات و غلات دریافتند که فرایندهایی همچون خیساندن و حرارت دادن به دلیل افزایش فعالیت فیناز، از مقدار اسیدفیتیک می‌کاهند ضمن آنکه همین فرایندها را می‌توان به نوعی مقدمه جوانه زدن محسوب نمود که طی آن فعالیت آنزیمی از جمله فیناز افزایش می‌یابد.

در هیدراتاسیون پدیده انتشار (دیفوزیون) نیز در کاهش میزان اسیدفیتیک مؤثر است هر چند این پدیده بیشتر در مورد حبوبات قابل توجه است زیرا اسیدفیتیک در این دانه‌ها به صورت تقریباً انحلال‌پذیر در آب، مانند

انتقال سموم از مزارع دیگر

مزارع گندم، به غیر از سمومی که به طور خاص و مستقیم برای جلوگیری از هجوم عوامل بیماری‌زا و آفات دریافت می‌کنند، به لحاظ همجواری با مزارع دیگر از جمله گوجه فرنگی، بادمجان، خیار و مانند آنها، در معرض دریافت سموم دیگری نیز هستند که به طور خاص در آن مزارع مصرف می‌شوند (بادبردگی).

بحث درباره این نوع سموم و پدیده بادبردگی اگرچه ممکن است خارج از حیطه این مقاله باشد اما بی ارتباط هم نیست زیرا بخشی از سموم خاص مزارع دیگر در سبوس مزارع گندم نیز یافت می‌شود. این موضوع به تحقیق جداگانه نیاز دارد و آنچه در پی می‌آید ضمن اطلاع رسانی راهی باز خواهد کرد تا محققان در این باره تحقیق و در پیوند با پژوهش حاضر نیازهای بخش تحقیقاتی را تأمین کنند.

باقیمانده سموم در سبوس گندم

بر اساس اطلاعات به دست آمده، بیشترین سم

استفاده شده در مزارع گندم اصفهان به منظور مبارزه با آفت سن گندم، دسیس (دلتمترین) است. اما به دلیل مجاورت مزارع گندم با مزارع دیگر به خصوص صیفی‌جات و محصولات جالیزی، همچنین پراکندگی کشت، قطعه قطعه بودن و ناپیوستگی آنها باعث می‌شود در هنگام سم‌پاشی، سموم به مزارع مجاور انتقال یابد.

در این پژوهش نمونه‌های گندم از سه مزرعه متفاوت برداشت شد. نمونه سبوس A از گندم برداشت شده از مزرعه گندم در مجاورت مزارع گندم دیگر تهیه گردید. اما به دلیل همجواری مزارع کشت گوجه فرنگی، خیار و بادمجان به مزارع کشت گندم نمونه‌های B و C، سبوس تهیه شده از آنها در معرض دریافت سموم دفع آفات نباتی مورد استفاده در صیفی‌جات قرار گرفته و این سموم در نمونه سبوس‌های مورد آزمایش در این پژوهش مشاهده شد (جدول ۴).

نتایج نشان می‌دهد که در صورت حضور سم دلتمترین و سموم دیگر در سبوس گندم، فرایندهای مختلف باعث کاهش یا حذف کامل آنها می‌شود.

جدول ۴- مقدار باقیمانده سموم سبوس گندم قبل و بعد از فراوری‌های هیدراتاسیون سرد و گرم، پخت و هیدروترمال با بافر

سموم	نمونه A	نمونه B	نمونه C	نمونه D	نمونه E	نمونه F	نمونه G	روش آزمون
دلتمترین (میلیون)	۰/۱۶۰	۰/۱۵۹	-	-	-	-	-	استاندارد ۲۶۶۴
کاپتان	-	۰/۳۱۵	-	-	-	-	-	استاندارد ۲۶۶۴
بروموپروپیلات	-	۱/۱۶۰	-	-	-	-	-	استاندارد ۲۶۶۴
فوزالون	-	-	۱/۸۰۷	-	-	-	-	استاندارد ۲۶۶۴
تترادیفون	-	-	۰/۰۱۷	-	-	-	-	استاندارد ۲۶۶۴

A: سبوس حاصل از گندم برداشت شده از مزارع گندم مجاور مزارع کشت گندم؛ B: سبوس حاصل از گندم برداشت شده از مزارع گندم مجاور مزارع کشت گوجه فرنگی؛ C: سبوس حاصل از گندم برداشت شده از مزارع گندم مجاور مزارع کشت گوجه فرنگی، خیار و بادمجان؛ D: سبوس گندم فراوری شده به روش هیدراتاسیون سرد؛ E: سبوس گندم فراوری شده به روش هیدراتاسیون گرم؛ F: سبوس گندم بعد از پخت؛ و G: سبوس گندم فراوری شده به روش هیدروترمال با بافر

موارد به عنوان فیبر رژیمی مصرف مستقیم آن توصیه می‌شود، نگرانی در مورد باقیمانده سموم به همراه حضور ترکیبات فیتات در آن تشدید می‌شود.

نتایج جدول ۴ حاکی از انتقال سموم از مزارع کشت گوجه فرنگی، خیار و بادمجان به مزارع کشت گندم است. سموم بروموپروپیلات، فوزالون و تترادیفون مجوز مصرف در مزارع گندم را ندارند به همین دلیل استاندارد مبنی بر میزان مجاز آنها در گندم موجود نیست. جدول ۵ مرز بیشینه مانده آفت‌کش‌ها در گوجه فرنگی، خیار و بادمجان در صیفی‌جات را نشان می‌دهد، که از استاندارد ملی ایران تحت عنوان آفت‌کش‌ها - مرز بیشینه مانده آفت‌کش‌ها - صیفی جات به شماره ۱۲۵۸۱ استخراج شده است (Anon, 2003b).

از بین سموم شناسایی شده در سبوس گندم (جدول ۴)، فقط دلتامترین و کاپتان مجاز به استفاده در مزارع گندم هستند.

بر اساس اطلاعات ارائه شده از استاندارد ملی ایران تحت عنوان آفت‌کش‌ها - مرز بیشینه مانده آفت‌کش‌ها - غلات به شماره ۱۳۱۲۰، مرز بیشینه مانده آفت‌کش‌های دلتامترین و کاپتان در گندم به ترتیب ۲ و ۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم (یا قسمت در میلیون) است (Anon, 2003c). این نتایج حاکی از باقیماندن سموم مصرفی در مزارع گندم روی سبوس است که در مورد دلتامترین در حد مجاز و در مورد کاپتان، بسیار بالاتر از حد مجاز است. به دلیل آنکه سبوس گندم معمولاً بدون هیچگونه فراوری مصرف می‌گردد و همچنین در بعضی

جدول ۵- مرز بیشینه مانده آفت‌کش‌ها در گوجه فرنگی، خیار و بادمجان (Anon, 2003a)

MRL (میلی‌گرم در کیلوگرم)	ADI	نوع آفت‌کش	نام لاتین آفت‌کش	ماده غذایی	نام عمومی آفت‌کش
۰/۰۵	۰/۰۲	حشره کش	Phosalone	گوجه فرنگی	فوزالون
۰/۱	۰/۰۲	کنه کش	Tetradifon	گوجه فرنگی	تترادیفون
۱	۰/۰۳	کنه کش	Bromopropylate	گوجه فرنگی	بروموپروپیلات
۰/۲	۰/۰۱	حشره کش	Deltamethrin	خیار	دلتامترین
۲	۰/۰۲	کنه کش	Tetradifon	خیار	تترادیفون
۰/۵	۰/۰۳	کنه کش	Bromopropylate	خیار	بروموپروپیلات
۰/۳	۰/۰۱	حشره کش	Deltamethrin	بادمجان	دلتامترین
۰/۰۵	۰/۰۲	حشره کش	Phosalone	بادمجان	فوزالون
۰/۱	۰/۰۵	کنه کش	Tetradifon	بادمجان	تترادیفون
۰/۵	۰/۰۳	کنه کش	Bromopropylate	بادمجان	بروموپروپیلات

نتیجه‌گیری

بر اساس تحقیقات به عمل آمده، نگهداری طولانی مدت محصولات کشاورزی اثر اندکی بر کاهش باقیمانده سموم دارد و فراوری می‌تواند اثر بخشی بیشتری داشته

با توجه به مرز بیشینه مانده هر یک از این آفت‌کش‌ها، مشاهده می‌شود که به جز تترادیفون میزان باقیمانده این سموم بسیار بالاتر از حد مجاز آن حتی در محصولات جالیزی است.

باشد. فراوری ماده غذایی به منظور کاهش باقیمانده سموم به نوع ماده غذایی، نوع فراوری، نوع سم و مقدار آن در محصول بستگی دارد (Holland *et al.*, 1994). فراوری سبوس گندم از قبیل آسیاب کردن یا پخت نان باعث کاهش مقداری از سموم دسیس و فنیتروتیون باقیمانده در آن می‌گردد (Uygun *et al.*, 2008; Mosharraf *et al.*, 2009) اما همانگونه که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد فراوری‌هایی از قبیل هیدراتاسیون و هیدروترومال در بافر این میزان را بیشتر کاهش می‌دهد و باعث کاهش برخی از ترکیبات ضد تغذیه‌ای مثل فیتات‌ها نیز می‌شود. سبوس گندم بدون هیچگونه فراوری در محصولات نانوائی استفاده می‌گردد و در مواردی در کارگاه‌های تولید نان تحت عنوان نان سبوس‌دار به مقدار زیاد به خمیر نان اضافه می‌شود، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که فراوری‌های مختلف (هیدراتاسیون سرد، پخت، هیدراتاسیون گرم و هیدروترومال در بافر) به ترتیب باعث کاهش ۳۳، ۴۱/۱۰، ۵۱ و ۸۳/۱۲ درصدی اسید فیتیک سبوس گندم می‌گردد ضمن آنکه مقدار باقیمانده سموم دفع آفات را به حداقل می‌رساند. از مزایای دیگر استفاده از روش‌های مذکور در فراوری سبوس گندم می‌توان به بهبود خصوصیات تغذیه‌ای آن با استفاده از مزایای ویتامین‌ها، کانی‌ها و فیبرهای غذایی موجود در آن اشاره کرد.

مراجع

- Anon. 1985. Analytical methods for determination of organo chlorine pesticide residue in food and agricultural products. ISIRI No. 2664. 1st Ed. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Farsi)
- Anon. 2003a. Approved Methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
- Anon. 2003b. Pesticides –Maximum residue limit of pesticides – Fruit vegetables. ISIRI No. 12581. 1st Ed. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Farsi)
- Anon. 2003c. Pesticides –Maximum residue limit of pesticides – Cereals. ISIRI No. 13120. 1st Ed. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Farsi)
- Bergman, E. L., Fredlund, K., Reinikainen, P. and Sandberg, A. S. 2001. Development of predictive models for optimization of phytate degradation in wheat and rye during hydrothermal processing. *Cereal Chem.* 78, 144-150.
- Carlson, D. and Poulsen, H. D. 2003. Phytate degradation in soaked and fermented activity, pH and temperature. *Animal Feed Sci. Tech.* 103, 141-154.
- Ecobichon, D. J. 2001. Pesticide use in developing. *Toxicology.* 160(1-3): 27-33.
- Febles, C. I., Arias, A., Hardisson, A., Rodriguez-Alvarez, C. and Sierra, A. 2002. Phytic acid level in wheat flours. *J. Cereal Sci.* 36, 19-23.
- Fredlund, K., Asp, N. G., Larsson, M., Marklinder, I. and Sandberg, A. S. 1997. Phytate reduction in whole grains of wheat, rye, barley and oats after hydrothermal treatment. *J. Cereal Sci.* 25, 83-91.
- Garcia – Estepa, R. M., Guerra – Hernandez, E. and Garcia Villanova, B. 1999. Phytic acid Content in milled cereal products and breads. *Food Res. Inter.* 32, 217-221.
- Holland, P. T., Hamilton, D. J., Ohlin, B. and Skidmore, M. W. 1994. Effects of storage and processing on pesticide residues in plant products. *Pure Appl. Chem.* 66(2): 335-356.
- Jacobs, Jr. and Gallaher, D. D. 2004. Whole grain intake and cardiovascular disease: A Review. *Curr. Atheroscler. Rep.* 6, 415-423.

- Jayaraja, C. N., Tang, H. R. and Selvendran, R. R. 1997. Dephytinization of wheat bran and the sequences for fiber matrix non-starch polysaccharides. *Food Chem.* 58, 5-12.
- Kaushik, G., Santosh, S. and Naik, S. N. 2009. Food processing, a tool to pesticide residue dissipation. A Review. *Food Res. Inter.* 42, 26-40.
- Larsson, S. C., Giovannucci, E., Bergkvist, L. and Wolk, A. 2005. Whole grain consumption and risk of colorectal cancer: A population-based cohort of 60,000 women. *British J. Cancer.* 92, 1803-1807.
- Lgbedioh, S. O., Olugbemi, T. O. and Akapapunam, M. A. 1994. Effect of processing on phytic acid level and some constituents in bambara groundnut (*Vigna subterranean*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*). *J. Food Chem.* 50, 147-151.
- Liu, B. L., Rafiq, A., Tzeng, Y. M. and Rob, A. 1998. The induction and characterization of phytase and beyond. *Enzymatic Microbiol. Tech.* 22, 415-424.
- Lopez, H., Krespine, W., Messenger, A. and Remesy, C. 2001. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium. *J. Agric. Food Chem.* 44, 2657-2662.
- Mahgoub, S. E. O. and Elhag, S. A. 1998. Effect of milling, soaking, malting, heat-treatment and fermentation on phytate level four sudanese sorghum cultivars. *J. Food Chem.* 61, 77-80.
- Miyahara, M. and Saito, Y. 1994. Effects of the processing steps in tofu production on pesticide residues. *J. Agric. Food Chem.* 42(2): 369-373.
- Mosharraf, L., Kadivar, M. and Shahedi, M. 2009. Effect of hydrothermally treated bran on physicochemical, rheological and microstructural characteristics of Sangak bread. *J. Cereal Sci.* 49, 398-404.
- Nahapetian, A. and Bassiri, A. 1975. Changes in concentrations and interrelationships of phytate, phosphorus, magnesium, calcium, and zinc in wheat during maturation. *J. Agric. Food Chem.* 23, 1179-1182.
- Rehinan, Z., Rashid, M. and Shah, W. H. 2004. Insoluble dietary fibre components of food legumes as affected by soaking and cooking processes. *J. Food Chem.* 85, 245-249.
- Sharma, J., Satya, S., Kumar, V. and Tewary, D. K. 2005. Dissipation of pesticides during bread making. *J. Chem. Health Food Safety.* 12, 17-22.
- Soliman, K. M. 2001. Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. *Food Chem. Toxicol.* 39, 887-891.
- Toker, I. and Bayindirli, A. 2003. Enzymatic peeling of apricots, nectarines and peaches. *Lebensm. Wiss. Technol.* 36(2): 215-221
- Turk, M., Sandberg, A. S., Carlsson, N. G. and Andlid, T. 2000. Inositol hydrolysis by bakers yeast: Capacity kinetics and degradation products. *J. Agric. Food Chem.* 48, 100-104.
- Ueno, E., Oshima, H., Saito, I. and Akazawa, H. 2003. Determination of organophosphorus pesticide residues in onion and Welsh onion by gas chromatography with pulsed flame photometric detector. *J. Pesticide Sci.* 28(4): 422-428.
- Uygun, U. 2009. Degradation of organophosphorus pesticides in wheat during cookie processing. *Food Chem.* 117, 261-264.
- Uygun, U., Koksels, H. and Atli, A. 2005. Residue levels of malathion and its metabolites and fenitrothion in post-harvest treated wheat during storage, milling and baking. *Food Chem.* 92, 643-647.
- Uygun, U., Senoz, B. and Koksels, H. 2008. Dissipation of organophosphorus pesticides in wheat during pasta processing. *Food Chem.* 109, 355-359.
- Wang, N., Hatcher, D. W. and Gawalko, E. J. 2008. Effect of variety and processing on nutrients and retention – nutrients in field peas (*Pisum sativum*). *J. Food Chem.* 111, 132-138.

Effect of Processing on the Decrease in Phytic Acid and Pesticide Residue in Wheat Bran

L. Mosharraf*

*Corresponding author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Educational and Research Center, AREEO, P. O. Box: 81785-199, Isfahan, Iran.
Email: mosharaf@ag.iut.ac.ir

Received: 14 June 2014, Accepted: 15 November 2014

Most cereals, especially wheat, contain nutrient-rich compounds such as minerals, dietary fiber, vitamins and amino acids in the outer layer of the grain (bran). The nutritional benefits of wheat bran, which is rich in dietary fiber, are well-known. The increasing use of pesticides in wheat culture and the consumption of diets high in wheat bread cause concern about pesticide residues in the bran, bread and other cereal products. This study determined the level of pesticide residue in wheat bran and the effects of the processing methods of hot and cold hydration, cooking and hydrothermal processing in acetate buffer solution on pesticide residue. The results indicate that all four treatments decreased the level of pesticide residue for deltamethrin (0.16 ppm), captan (0.315 ppm), bromopropylate (1.16 ppm), fozalon (1.807 ppm) and tetradifon (0.017 ppm) to minimum levels. It also decreased the phytic acid content of wheat bran samples 33%-83%. The decrease in pesticide residue and increased in nutritional quality, especially of vitamins, minerals and dietary fiber, are the main advantages of processing wheat bran using the methods tested in this study.

Keywords: Cold and Hot Hydration, Hydrothermal, Pesticide Residue, Phytic Acid, Wheat Bran