وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

AERI

# کاهش اسید فیتیک سبوس گندم به روش هیدراتاسیون گرم

نگارش
لاله مشرّف

نشریه فنی، شماره ۴۱، سال ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

# کاهش اسید فیتیک سبوس گندم به روش هیدراتاسیون گرم

تهیه و تدوین:
لاله مشرّف

زمان انتشار:
بهار ۱۳۹۱

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**

| | |
|---|---|
| **عنوان نشریه:** | کاهش اسید فیتیک سبوس گندم به روش هیدراتاسیون گرم |
| **نگارش:** | لاله مشرّف |
| **ناشر:** | مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی |
| **زمان انتشار:** | ۱۳۹۱ |
| **شمارگان:** | ۵۰۰ |
| **ویراستار:** | عادل میرمجیدی |
| **صفحه‌آرایی:** | سمیه وطن‌دوست |

**آدرس: کرج ، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵،**
**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**
**تلفن: ۲۷۰۵۳۲۰، ۲۷۰۵۲۴۲ و ۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶۱)، دورنگار: ۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶۱)**

**پایگاه اطلاعاتی مؤسسه:** www.aeri.ir

**مخاطبان نشریه:**

کلیه کارشناسـان، مروجـان ، دسـت انـدرکاران و صـاحبان صـنایع آرد، نـان و محصولات نانوایی

**اهداف آموزشی:**

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- مزایا ی مصرف سبوس و فیبر رژیمی
- معایب حضور برخی از ترکیبات ضد تغذیه‌ای (اسید فیتیک)
- نکات کاربردی در فرآوری سبوس
- ارائه نتایج حاصل از فرآوری هیدراتاسیون سبوس

**آشنا خواهید شد.**

## فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
| --- | --- |
| مقدمه | ۱ |
| اجزای گندم | ۲ |
| ارزش تغذیه‌ای گندم | ۳ |
| مزایای مصرف سبوس و فیبرهای رژیمی | ۵ |
| اسیدفیتیک | ٦ |
| اثر اسیدفیتیک بر قابلیت دسترسی بیولوژیک مواد معدنی | ۷ |
| تاثیر انواع فرآوری بر اسید فیتیک | ۸ |
| روش هیدراتاسیون گرم سبوس | ۹ |
| خصوصیات کیفی سبوس فرآوری شده به روش هیدراتاسیون گرم | ۱۰ |
| تأثیر روش هیدراتاسیون گرم بر مقدار اسید فیتیک | ۱۲ |
| نتیجه گیری | ۱۲ |
| منابع مورد استفاده | ۱۳ |

**مقدمه**

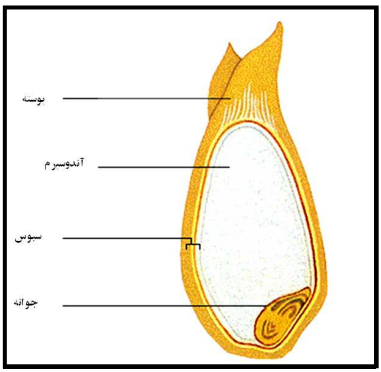
غلات یکی از اصلی‌ترین غذاهای مورد استفاده جوامع بشری است که به‌دلیل دارا بودن مواد مغذی و تأمین کننده قسمت عمده انرژی، پروتئین، مواد معدنی، ریز مغذی‌ها و ویتأمین‌های گروه B، در اکثر کشورهای جهان به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اکثر غلات به خصوص گندم در پوسته خارجی دانه (سبوس)، مواد بسیار مفیدی مانند املاح، فیبرهای رژیمی، ویتأمین‌ها و اسیدهای آمینه و در عین حال برخی ترکیبات (اسید فیتیک) که جاذب املاح مفید و مورد نیاز بدن می‌باشد، وجود دارد. مصرف فیبرهای رژیمی غلات به منظور کاهش خطر بیماری‌های کرونیک مانند دیابت، بیماری‌های قلبی- عروقی، چاقی و سرطان‌های خاص توصیه شده است. افزودن سبوس به آرد به‌دلیل دارا بودن ترکیبات مفید ذکر شده ضروری و فرآوری آن به‌دلیل کاهش مضرات آن لازم است.

در ایران بخش اعظم گندم تولیدی صرف تهیه محصولات غله‌ای شده و حدود ۹۰ درصد آن برای تهیه نان مصرف می‌گردد. نان‌های مسطح به عنوان غذای اصلی، بیشترین کالری و پروتئین رژیم غذایی ایرانیان را تأمین می‌کند. نان تولیدی در ایران شامل انواع مختلف تافتون، سنگک، بربری، لواش و خانگی می‌باشد. در این نان‌ها که غالباً حاوی سبوس می‌باشند، به‌دلیل حضور ترکیبات فیتات (اسید فیتیک) که با یون‌های دو ظرفیتی مثل آهن، روی، کلیسم و منیزیم ایجاد کمپلکس فیتات - یون فلز می‌نماید، از جذب املاح در بدن ممانعت می‌شود. برای بهبود قابلیت بیولوژیکی و جذب بهتر مواد معدنی،

امکان کاهش میزان اسید فیتیک به روش‌های گوناگون در سبوس وجود دارد. در بین روش های پیشنهاد شده مانند روش های خیساندن با آب سرد یا گرم، آنزیمی و تخمیری برای کاهش اسید فیتیک روش هیدراتاسیون گرم روشی مطمئن و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. در این نشریه به روش هیدراتاسیون گرم برای کاهش اسید فیتیک سبوس و تأثیر این فرآوری بر خصوصیات کیفی آن پرداخته شده است.

## اجزای گندم

دانه گندم از سه بخش جوانه، پوسته و آندوسپرم تشکیل شده است (شکل ۱). جوانه در بخش قاعده دانه قرار دارد و ۲ تا ۳ درصد وزن آن را تشکیل می‌دهد. جوانه حاوی پروتئین، ویتأمین E، چربی، قند و املاح است. فعالیت آنزیمی و اسیدهای چرب غیراشباع موجود در جوانه سبب کاهش کیفیت آرد می‌گردند. بنابراین به هنگام آردسازی، جوانه باید از آرد جدا شود.




**شکل ۱– اجزای تشکیل دهنده دانه گندم**

سبوس با داشتن چند لایه نازک و متمایز ۱۲ تا ۱۷ درصد وزن دانه را بر اساس وزن خشک به خود اختصاص داده است. پوسته سرشار از سلولز، همی سلولز و املاح است و از آندوسپرم و جوانه نگهداری می‌کند. درصد سبوس گندم‌های بهاره از گندم‌های پاییزه یا زمستانه بیشتر است.

آندوسپرم ۸۵-۸۰ درصد وزن دانه و بخش اعظم آرد را تشکیل می‌دهد و تقریباً ۷۵ درصد پروتئین‌های دانه در این قسمت قرار دارد. مواد معدنی آن کم و در حدود ۰/۳ درصد است. آندوسپرم به‌طور عمده از گرانول‌های نشاسته تشکیل شده است که در یک زمینه پروتئینی قرار دارند(Pomeranz, 1988) .

## ارزش تغذیه‌ای گندم

رطوبت موجود در گندم بسته به شرایط مختلف آب و هوایی در هنگام برداشت بین ۸ تا ۱۸ درصد متغیر است. براساس عوامل مختلف مثل رقم گندم و یا شرایط اقلیمی محیط کشت آن مقدار اجزای تشکیل دهنده آن متفاوت است. بر همین اساس مقدار پروتئین بین ۸ تا ۱۶ ، چربی ۱ تا ۲ ، فیبرهای رژیمی ۷ تا ۱۱ ، املاح ۱ تا ۲ و هیدرات‌های کربن بین ۶۰ تا ۷۰ درصد متغیر است.

آرد محصول آسیا کردن گندم است که با درجه استخراج‌های مختلف تولید می‌شود. درگذشته نان‌های تولید شده از آرد سفید طرفداران زیادی داشت، بنابراین روز به روز از درصد استخراج آرد کاسته می‌شد. آرد با درصد استخراج پایین نرم‌تر و سفیدتر است و در عین حال املاح و پروتئین کمتری

دارد و حاوی فیبر کمتری می‌باشد (پایان، ۱۳۷۷). از سوی دیگر محصولات آرد کامل، ارزش تغذیه‌ای بیشتری دارند و حاوی املاح و پروتئین بیشتری می‌باشند. محصولات حاصل از آرد کامل حاوی ترکیبات سلولزی و فیبر می‌باشند و به‌علت خاصیت جذب آب بالا، می‌توانند زمان توقف مواد غذایی در روده را کاهش داده و جذب کلسترول و گلوگز را کم کنند که در کاهش کلسترول و تنظیم مقدار قند خون مؤثر هستند (Anderson *et al*., 1990).

نان عمده‌ترین ماده غذایی در تأمین انرژی و پروتئین دریافتی روزانه مردم است. نان‌های سنتی ایران شامل بربری، سنگک، لواش، و تافتون نیز از دسته نان‌های مسطح و یک لایه‌ای هستند. پیشینه نان‌های مسطح در ایران طولانی است و نشانه‌هایی از وجود آن‌ها در دوره هخامنشیان به‌دست آمده است. به‌وجود آمدن هر یک از این نان‌ها دلایل خاصی داشته است که می‌توان به ارقام گندم، شرایط اقلیمی و ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی هر منطقه اشاره کرد.

نان‌هایی که از آرد کامل گندم تهیه می‌شوند خصوصیات تغذیه‌ای منحصر به فردی دارند. از نان های دارای مقادیر بالاتر سبوس می‌توان به نان سنگک اشاره کرد. این نان به‌دلیل دارا بودن فیبر و پروتئین بالا از نظر تغذیه‌ای مناسب است و یک نان سنگک کامل با وزن متوسط ۴۱۳ گرم، ۱۱۶ کالری انرژی و ۳۱/۱ گرم پروتئین دارد و مصرف آن ۴۲/۶ درصد پروتئین و نیمی از انرژی مورد نیاز یک فرد بالغ را در روز تأمین می‌کند.

## مزایای مصرف سبوس و فیبرهای رژیمی

سبوس به‌دلیل داشتن فیبرهای رژیمی نقش مهمی را در پیشگیری و درمان بیماری‌های خاص ایفا می‌کند. سبوس حاوی ترکیبات سلولزی و فیبری است و به‌علت خاصیت جذب آب بالا، می‌توانند زمان توقف مواد غذایی در روده را کاهش داده و جذب گلوگز و کلسترول را کم کند که در جیره غذایی بیماران مبتلا به دیابت و تصلب شرائین می‌توانند مفید واقع گردد. مقدار کافی دریافت فیبرها ۳۸ گرم در روز برای مردان بالغ و ۲۵ گرم برای زنان در نظر گرفته شده است. تاثیر مواد فیبری سبوس عبارت‌اند از:

۱- با افزایش حجم و کاهش زمان عبور مواد دفعی از روده، غلظت عوامل سرطان‌زا کم می‌شود.

۲- آمادگی و استعداد سلول‌ها برای بدخیم شدن کاهش می‌یابد.

۳- مواد فیبری و میزان چربی‌های خون به‌ویژه کلسترول را متعادل می‌سازند و در کاهش وزن بدن مؤثر هستند.

۴- سلولز، حرکات دودی روده و همچنین جذب و نگهداری آب را افزایش می‌دهد و از یبوست جلوگیری می‌کند.

مصرف کافی فیبرهای رژیمی خطر بیماری‌های قلبی را کاهش داده، از یبوست جلوگیری نموده، فراهم نمودن انرژی برای باکتری‌های روده، ایجاد حالت سیری و تنظیم کننده سطح قند و چربی خون را امکان‌پذیر می‌سازد. مطالعات نشان داده است که تغذیهٔ همراه با مقدار کم فیبرهای رژیمی باعث

ایجاد بیماری‌های قلبی - عروقی، دیابت نوع دوم ، بیماری تورم کلون و انـواع خاصی از سرطان می‌گردد. بیماری تورم کلون در بعضی از نقاط دنیـا پـس از سن چهل سالگی به‌دلیل تغییر در عادتهای غذایی فرد، خصوصاً دریافت مقدار کم فیبرهای رژیمی اتفاق می‌افتد. سرطان کلون سومین نوع شایع و کـشنده سرطان در جهان می‌باشـد (Brennan, 2005; King, 2005; Young *et al.*, 2005) .

**شکل ۲– غلات، سبزیجات و میوه ها منابع غنی از فیبرهای رژیمی**

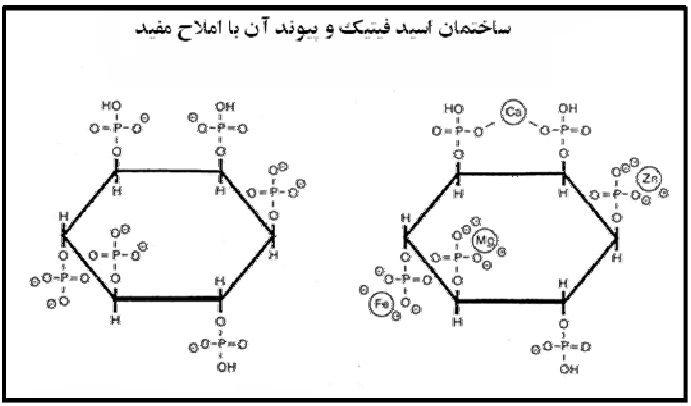
## اسید فیتیک

سبوس حاوی اسید فیتیک می‌باشد. اسـید فیتیـک ۱ تـا ۲ درصـد وزن خشک دانه‌های غلات و دانه‌های حبوبات را تشکیل می‌دهد. در غلات، اسـید فیتیک در سبوس وجود دارد. این ترکیب شامل ۶ گروه فسفات و ۶ مولکـول کربن با وزن مولکولی پایین است و شکل ذخیره‌ای فـسفر در گنـدم و دیگـر

غلات بوده، به عنوان منبع انرژی، املاح و فسفر در رشد گیاه مهم است. فسفر در گندم به‌صورت چند ترکیب وجود دارد و بیشتر بـه شـکل فـسفر غیرآلـی است. فسفر موجود در اسیدفیتیک بـیش از ۸۰ درصـد کـل فـسفر گنـدم را تشکیل می‌دهد. غلظت اسید فیتیک در مواد گیاهی تحت تاثیر مرحله بلـوغ، گونه گیاهی، عوامل اقلیمی، میزان آب، عوامل خـاک، محـل کـشت و میـزان فرآوری است.

## اثر اسیدفیتیک بر قابلیت دسترسی بیولوژیک مواد معدنی

از مدت‌ها پیش مشخص شده است که اسیدفیتیک آثـار زیـان‌بـاری بـر جذب بیولوژیکی کاتیون‌های چند ظرفیتی به ویژه آهن، کلسیم و روی دارد و باعث کمبود روی و آهن و در نتیجه ابتلا به کم‌خونی می‌شود (شکل ۳).




**شکل ۳- ساختمان اسید فیتیک (سمت چپ) و پیوند آن با املاح(سمت راست)**

قابلیت دسترسی بدن به مواد معدنی به وسیله اسیدفیتیک کاهش می‌یابد. این ترکیب به‌دلیل داشتن ساختمان خاص قادر به ایجاد پیوند با یون های فلزی بوده و پس از اتصال با این املاح از بدن دفع می‌گردد. اسیدفیتیک در مواد غذایی گیاهی قابلیت اتصال به پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه را نیز دارد و همچنین بر قابلیت هضم پروتئین در بدن اثر منفی می‌گذارد.

## تاثیر انواع فرآوری بر اسید فیتیک

اسیدفیتیک با ترکیبات غذایی مختلف فعل و انفعال دارد و از سوی دیگر قابلیت دسترسی مواد معدنی و پروتئین‌ها را کاهش می‌دهد. اسیدفیتیک مقاوم به حرارت است و به وسیله پختن، اتوکلاو کردن و برشته کردن کاهش نمی‌یابد. برای بهبود قابلیت بیولوژیکی و جذب بهتر مواد معدنی موجود در محصولات غذایی حاوی سبوس ، امکان کاهش میزان اسید فیتیک به روش‌های گوناگون وجود دارد. در بین روش‌های پیشنهاد شده به روش‌های خیساندن با آب سرد یا گرم، روش‌های فرآوری آنزیمی، تخمیری و جوانه زدن می‌توان اشاره کرد. در دانه‌ها، سبوس‌گیری سبب افزایش در مقدار پروتئین قابل هضم و افزایش محتوی نشاسته آرد کامل می‌شود. تاثیر پوست‌گیری بر حذف اسید فیتیک، بستگی به نوع دانه‌ای که تحت این فرایند قرار گرفته، دارد. برای این منظور آگاهی از نحوه توزیع آن در دانه ضروری است. برای مثال آندوسپرم گندم تقریباً فاقد اسید فیتیک است و بیشتر در سبوس ذخیره شده است. در ذرت غالب اسید فیتیک (۸۸ درصد) در جوانه و در

ارزن، در جوانه و سبوس ذخیره شده است. در حبوبات، بیشتر در لپه‌ها و اساساً در بخش‌های پروتئینی پخش شده است. در نتیجه پوست‌گیری تنها سبب کاهش اسید فیتیک در دانه‌هایی می‌شود که فیتات آنها در سبوس متمرکز شده است. در ذرت حذف جوانه راه مؤثری در کاهش اسید فیتیک است، اما در حبوبات این روش کارایی ندارد، زیرا با حذف پوشش دانه، بر مقدار اسید فیتیک دانه افزوده خواهد شد (El hag & Yousil, 2002).

از بین روش‌های پیشنهاد شده برای کاهش اسید فیتیک سبوس گندم، روش هیدراتاسیون گرم روشی مطمئن و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

## روش هیدراتاسیون گرم سبوس

تیمار هیدراتاسیون گرم فرایندی است که در آن از بافر در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد و pH برابر با ۴/۸ به مدت ۲۴ ساعت استفاده می‌کنند. این تیمار به‌دلیل کاهش اسیدفیتیک اثر مثبت بر ارزش تغذیه‌ای سبوس دارد. علاوه بر این باعث از بین بردن باکتری‌ها و کپک‌های موجود در سبوس می‌شود. مکانیزم بیوشیمیایی روش هیدراتاسیون گرم در واقع ایجاد شرایطی مناسب برای فعالیت حداکثر آنزیم فیتاز موجود در گندم و تجزیه اسید فیتیک سبوس توسط این آنزیم است.

برای انجام این فرایند مقداری از سبوس (۳۰۰ گـرم) در دو برابـر حجـم آن، بافر استات با pH برابر ۴/۸ در دمای ۵۵ درجـه سـانتیگراد و بـه مـدت یـک ساعت خیسانده می‌شود.

یک ساعت بعد از شروع هیدراتاسیون گرم، بافر استات با محلول اسـتات تـازه جایگزین می‌گردد و فرایند ۲۳ ساعت دیگر ادامه می‌یابد. بعد از پایـان مـدت مذکور، سبوس‌ها از محلـول اسـتات خـارج شـده و در ۳۵ درجـه سـانتیگراد خشک می‌گردد. برای خشک کردن سریع تر سبوس، بر روی ظـروف اسـتیل به‌صورت لایه نازک پهن می‌گردند. پس از خشک شدن سبوس، مجددا آن را آسیاب می‌کنیم. به‌منظـور یکنـواختی، ذرات سـبوس از مـش ۶۰ عبـور داده می‌شود (Mosharraf *et al*., 2009).

## خصوصیات کیفی سبوس فرآوری شده به روش هیدراتاسیون گرم

مقدار پروتئین سبوس فرآوری شده نسبت بـه سـبوس معمـولی پـس از فرآوری تغییر نمی‌کند. همچنین دو ترکیب مهم سبوس، فیبر خام و املاح آن در طی این فرآوری نیز تغییر نمی‌کند. اما مقدار چربی آن کاهش می‌یابد.

علت کاهش چربی، انجام عملیات فرآوری سبوس در محیط آبی و گرم و ایجاد محیطی مناسب برای خارج شدن مقداری از چربی نمونه‌ها می‌باشد.

فرایند هیدراتاسیون گرم باعث تغییر رنگ سبوس می‌گردد و سبوس پـس از خشک کردن کمی تیره می‌گردد (**شکل** ۴).

**شکل ٤- مقایسه رنگ سبوس فرآوری شده به روش هیدراتاسیون گرم (پایین) با سبوس معمولی (بالا)**

تصویر ذیل نان سنگک حاوی سبوس از فرایند هیدراتاسیون گرم به وسیله بافر در رقم تجن را در مقایسه با نان سنگک با سبوس معمولی را نشان می‌دهد (شکل ۵).

**شکل ٥- مقایسه نان سنگک حاوی سبوس فرآوری شده به روش هیدراتاسیون گرم (چپ) با نان سنگک حاوی سبوس معمولی (راست)**

از مزایای این فرآوری می‌توان به عدم تغییر خصوصیات کیفی سبوس گندم مثل پروتئین‌ها، فیبرها و املاح اشاره نمود. سبوس گندم منبعی غنی از املاح و فیبرهای رژیمی است.

## تأثیر روش هیدراتاسیون گرم بر مقدار اسید فیتیک

یکی از بهترین راه‌ها برای استفاده بیشتر فیبرهای رژیمی در غذا غنی‌سازی نان سفید با فیبرهای رژیمی مانند سبوس گندم است. فرآوری هیدراتاسیون گرم در بافر باعث کاهش اسید فیتیک در سبوس می‌گردد. پس از اعمال فرایند هیدراتاسیون میزان اسید فیتیک بیش از ۵۰ درصد در سبوس کاهش می یابد. بنابراین فرآوری هیدراتاسیون گرم در سبوس گندم می‌تواند تیمار مؤثری برای کاهش اسید فیتیک در محصول باشد. در طی این فرایند اسید فیتیک تبدیل به اینوزیتول(نوعی ویتامین) و بنیان‌های فسفات گشته، املاح متصل به آن جدا و آزاد می‌گردد.

## نتیجه‌گیری

تمام گندم تولیدی در ایران صرف تهیه محصولات غله‌ای می‌شود و در این میان حدود ۹۰ درصد آن برای تهیه نان (غذای اصلی ایرانیان) مصرف می‌گردد. با توجه به آمار ارائه شده در ارتباط با کم خونی، کمبود کلسیم و مشکلات تغذیه‌ای در جامعه و ارتباط رژیم غذایی در به‌وجود آمدن و رفع این مشکلات، اصلاح خصوصیات تغذیه‌ای نان و در عین حال بهبود خصوصیات

کیفی و تغذیه‌ای آن از اهمیت خاصی برخوردار است. در حال حاضر در واحدهای تولیدی" نان سبوس‌دار" سبوس در مقادیر متفاوت، به‌طور مستقیم به خمیر نان آماده برای پخت اضافه می‌گردد. همچنین نان‌های ایرانی حاوی مقادیر متفاوتی از سبوس می‌باشد. تجزیه اسید فیتیک در معده و روده باریک انسان بسیار کم است. بنابراین ارائه روشی مناسب برای فرآوری سبوس در جهت کاهش اسید فیتیک امری ضروری به نظر می‌رسد. برای رفع معضلات ناشی از مصرف سبوس، فرآوری هیدراتاسیون گرم با استفاده از بافر پیشنهاد می‌گردد. این روش علاوه بر آن که بخش قابل ملاحظه‌ای از فیتات آرد را کاهش می‌دهد، در میزان و محتوای فیبر، پروتئین و املاح سبوس تغییری به‌وجود نمی‌آورد.

در خصوص نان‌های مسطح مثل نان سنگک و یا نان‌های سبوس‌دار مهمترین نگرانی، همیشه وجود میزان اسید فیتیک بالا در محصول بوده است که در هر صورت استفاده از سبوس فرآوری شده ممکن است تشویقی برای مصرف آن در مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان این نوع نان‌ها باشد.

## منابع مورد استفاده

پایان، ر. ۱۳۷۷. *تکنولوژی فرآورده‌های غلات*، انتشارات نورپردازان، تهران.(۳۱۳ صفحه).

1-Anderson, J. W., D. A. Deakins, T. L. Floore and S. E. Whitis. 1990. Dietary fiber and coronary heart disease. *Crit. Rev. Food Sci. Technol*. 29: 95-147.

2-Brennan, C. 2005. Dietary fiber. Glycaemic response and diabetes. *Mol Nutr food Res*. 49: 560-570.

3-El hag, M. E. and N. E. Yousil. 2002. Effect of fermentation and dehulling on starch, phytic acid content and in vitro protein digestibility of pearl millet. *Food Chem*. 77: 193-197.

4-King, D. E. 2005. Dietary fiber, inflammation, and cardiovascular disease. *Mol Nutr Food Res*. 49:594-600

5-Mosharraf, L., M. Kadivar, M. Shahedi. 2009. Effect of hydrothermaled bran on physicochemical, rheological and microstructural characteristics of Sangak bread. Journal of Cereal Science 49 : 398–404

6-Pomeranz, M. 1988. *Wheat Chemistry and Technology*. Third Edition, American Association of Cereal Chmists, St. Paul, MN.

7-Young, K., Y. Hu, R. k. Le leu and L. Nyskohu. 2005. Dietary fiber and colorectal cancer: A model for environment-gene interactions. *Mol. Nutr. Food Res*. 49: 571-584.