اثر غنی سازی با آهن، اسیدفولیک، روی و کلسیم بر ویژگی های رئولوژیکی و شیمیایی آرد ستاره

سمیرا برنجی اردستانی [۱]، محمد حسین عزیزی [*۲] و محمدعلی سحری [۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

اثر غنی سازی آرد ستاره با آهن، اسید فولیک، روی و کلسیم بر خواص شیمیایی (گلوتن خشک، گلوتن مرطوب، عدد گلوتن، پروتئین و عدد زلنی)، رئولوژیکی (جذب آب، مقاومت، گسترش، افت بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه، مقاومت به کشش، قابلیت به کشش، ضریب کشش، حداکثر ارتفاع و انرژی خمیر) نان بربری بررسی و با شاهد مقایسه شد. تیمارها عبارت بودند از: شاهد (آرد ستاره بدون هیچگونه افزودنی)، کم مقدار (۲۰ ppm آهن، ۱/۵ ppm اسید فولیک، ۲۰ ppm فلز روی و ۹۰۰ ppm کلسیم)، متوسط مقدار (۳۰ ppm آهن، ۲ ppm اسید فولیک، ۳۰ ppm فلز روی و ۱۲۰۰ ppm کلسیم)، پر مقدار (۴۰ ppm آهن، ۲/۵ ppm اسید فولیک، ۴۰ ppm فلز روی و ۱۵۰۰ ppm کلسیم). نتایج نشان داد که در خواص شیمیایی، گلوتن خشک، گلوتن مرطوب و پروتئین اختلاف معنی داری بین نان شاهد و تیمارهای غنی شده وجود ندارد. عدد گلوتن در تیمارهای کم و متوسط مقدار افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشته و در نمونه پر مقدار نسبت به شاهد و نمونه های غنی شده کاهش معنی دار یافته است. عدد زلنی در نمونه شاهد و تیمارهای غنی شده کم و متوسط مقدار تفاوت معنی داری نداشته است، اما در تیمار پر مقدار افت معنی داری در سطح ۵ درصد نسبت به سه تیمار دیگر نشان داده است. در خواص رئولوژیک ارزیابی شده با فارینوگراف گسترش خمیر، مقاومت خمیر، افت خمیر بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه نوسانات اختلاف معنی دار نداشته اند. جذب آب در نمونه های غنی شده افزایش معنی دار در سطح ۵ درصد نسبت به شاهد داشته است. مقاومت به کشش خمیر در اکستنسوگراف ۴۵ دقیقه در نمونه کم مقدار افزایش معنی دار در سطح ۵ درصد و در نمونه های متوسط و پر مقدار کاهش معنی دار در این سطح نسبت به شاهد داشته است.. مقاومت به کشش خمیر در اکستنسوگراف ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه در نمونه کم مقدار و متوسط مقدار نسبت به شاهد کاهش معنی داری در سطح ۵ درصد داشته، در تیمار پر مقدار هم نسبت به شاهد و نمونه های کم و متوسط مقدار افت معنی دار در سطح ۵ درصد داشته ایم. در قابیلیت به کشش هم عکس این نتیجه گیری صادق است.

کلید واژگان : آهن، اسید فولیک، روی، کلسیم، آرد، غنی سازی و نان

۱- مقدمه

اگرچه تولید غذا در جهان امروز به حد کافی است وقاعدتا" نبایدگرسنه ای درجهان باشد،اما بخش زیادی ازجمعیت دنیا با وجود تامین انرژی، گرسنگی پنهان را تحمل می کنند. این اصطلاح در کمبود ریزمغذی هایی مانند ید، روی، آهن،اسید فولیک، کلسیم، ویتامین آ وب که تا مدتها علائم آن احساس نمی شوند، بکار میرود. طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی از هر ۵ نفر حداقل ۱ نفر در دنیا از کمبود این عناصر رنج می برد.یکی از استراتژی های اساسی،موثر و ارزان درمهار و پیشگیری از اختلالات ناشی از کمبود ریزمغذیها، غنی سازی مواد غذایی است. درجوامعی که کمبودمواد مغذی خاصی در برنامه غذایی روزانه وجود دارد، این مواد را به غذاهای اصلی که همه افرادروزانه وتقریبا" به مقدار یکسان استفاده می کنند،

* مسئول مکاتبات: azizitm@modares.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

اضافه نمود و کمبود را جبران کرد. نان ماده غذایی بسیار مناسبی برای غنی سازی است، زیرا اکثریت افراد جامعه بدون توجه به وضعیت اجتماعی و اقتصادی آن را مصرف می کنند و افزایش مصرف آن نیز خطری به دنبال ندارد و در هر سه وعده، غذای اصلی مورد مصرف بخش عمده ای از جامعه است و در غذاهای بین روز که در تامین انرژی لازم برای فعالیت روزانه نقش مهمی دارند. در کشور مانیز نان و غلات عمده ترین گروه غذایی در تامین کالری، پروتئین، کلسیم، آهن، تیامین و نیاسین مورد نیاز روزانه هستند[۱] .

۱-۱ ویژگی های شیمیایی مواد غنی کننده

۱-۱-۱ آهن

در بسیاری جوامع به علت شیوع وسیع کم خونی ناشی از فقر آهن، نیاز به افزایش جذب آهن در رژیم غذایی وجود دارد. استفاده آهن در غنی سازی بیشترین پیچیدگی و مشکل سازی را نسبت به سایر ریز مغذی ها دارد. دستورالعمل هایی از طرف سازمان WHO مطابق نمونه آورده شده در جدول (۱) آماده شده است [۲]

جدول ۱ غنی کننده های مناسب آهن برای غلات با توجه به توصیه های WHO[۲].

فراورده غلات	غنی کننده
آرد گندم با استخراج پایین (آردسفید)	سولفات فروس (فقط در آرد نانوایی)
آرد گندم یا بلغور ذرت جوانه گرفته	فروس فومارات
	آهن الکترولیت (دو برابر مقدار توصیه شده)
	فروس سولفات ریز پوشینه سازی شده
آرد گندم با استخراج بالا یا بلغور ذرت	NaFeEDTA
	فروس فومارات (دو برابر مقدار توصیه شده)
	فروس سولفات ریز پوشینه سازی شده (دو برابر مقدار توصیه شده)
	فروس فومارات ریز پوشینه سازی شده (دو برابر مقدار توصیه شده)
سمولینا	فروس سولفات

۱-۱-۱-۱نمک های ریز پوشینه سازی شده آهن :

اشکال پوشش دار فروس سولفات و فروس فومارات وجود دارند. مواد به کار رفته در این پوشش ها روغن های گیاهی هیدروژنه، منو و دی گلیسریدها، مالتودکسترین و اتیل سلولز هستند. مزیت پوشش های چربی محافظت مواد از واکنش های شیمیایی با چربی های غیر اشباع آرد است، اما در هنگام پخت ذوب می شوند. در صورت بزرگ بودن اندازه، این ذرات در الک نهایی از آرد جدا می شوند. قیمت این محصولات ٤ تا ۸ برابرانواع بدون پوشش است.

۱-۱-۱-۲ NaFeEDTA :

راه حل اثر ممانعت کننده اسیدفیتیک (مخصوصا" در آردهای با درجه استخراج بالا) از زیست دسترسی آهن اضافه شده، استفاده از این ترکیب است. همراه شدن آهن با EDTA مانع از پیوند آن با اسیدفیتیک شده و در نتیجه به آسانی جذب بدن می شود. اشکال قیمت بالاتر در مقایسه با سایر ترکیبات آهن و تمایل به تغییر رنگ در برخی غذاها است، اما برخلاف ترکیبات دیگر اکسیداسیون چربی در غلات ذخیره شده را بیشتر نمی کند.

۱-۱-۱-۳ پودرهای آهن عنصری :

این مواد که به نام آهن احیا شده (فروم رداکتام، Ferum Reductum) خوانده می شوند، کمترین بها و حداقل اثر زیانبخش بر روی کیفیت محصول و ماندگاری آن را دارند. البته زیست دسترسی آن ها در فراورده های مختلف باید بررسی شود. معیارهای مهم در انتخاب منبع آهن عبارتند از:

الف – زیست دسترسی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

سولفات فروس و فروس فومارات زیست دسترسی خوبی دارند، اما پودرهای عنصری آهن احیا شده پایین تر هستند. البته عوامل زیادی در وعده های غذایی و فراوری غذا جذب آهن را متاثر می کند.

ب – اثرات چشایی

سولفات فروس یک ترکیب پراکسیدان با قابلیت افزایش پیشرفت فساد ترشیدگی چربی های غیر اشباع است. چون آرد حاوی چربی کمی است، افزودن سولفات فروس می تواند ماندگاری آن را کاهش دهد. این مسئله در آرد نانوایی که نهایتا" یک ماه بعد از تولید استفاده می شود، مشکل ساز نیست، اما طعم آرد مورد استفاده در خانه ها را بعد از مدتی نگهداری متاثر می کند. آهن عنصری احیا شده در هر نوع آرد حتی با انبارداری طولانی، درصد استخراج و چربی بالا هم بی خطر است. غنی کننده های آهن مناسب آرد در شرایط مختلف اثر متفاوتی دارند، مثلا" سولفات فروس استفاده شده در شیلی، در آمریکای مرکزی به کار نمی رود. دلیل این امر شاید تفاوت در آب و هوا، نوع و میزان استخراج آرد گندم و یا کیفیت سولفات فروس موجود باشد.

ج – رنگ

مشکل دیگر در غنی سازی غلات با آهن، ایجاد یک رنگ ناخواسته است. در اثر واکنش با غلات و کاکائو به ترتیب رنگ سبز یا سبزآبی و خاکستری ایجاد می کند. سولفات فروس خشک یک پودر سبک بوده و رنگی به آرد نمی دهد، اما با سایر ترکیبات به کار رفته در فراورده غلات مانند موز، تغییرات رنگی قابل توجهی می دهد. ذرات بزرگ سولفات فروس در پوسته نان لکه های سیاه ایجاد می کنند. رنگ قرمز تیره فروس فومارات در مقدار زیاد می تواند در آرد مشکل ساز باشد. همچنین این ترکیب در خمیر به اندازه فروس سولفات، فعال و قابل انحلال نیست. پودرهای آهن عنصری، رنگ سیاهی دارند که در آرد کمی تیرگی قابل پذیرش ایجاد می کنند. رنگ آرد و فراورده های غلات نانوایی از دو روش چشمی و دستگاهی ارزیابی می شود.

د – هزینه

ارزانترین اشکال آهن افزودنی، آهن عنصری احیا شده، فروس سولفات و فروس فومارات هستند [۲].

۱-۱-۲ فلز روی

فلز روی و آهن از نظر احتیاج در رژیم غذایی، مقادیرشان در غلات و اثر بازدارنده اسیدفیتیک بر جذب آن ها مشابه هستند، پس هرگونه کمبود آهن در رژیم غذایی معمولا" در مورد فلز روی نیز صادق است. بر اساس آمار، جذب و زیست دسترسی فلز روی که توسط سازمان جهانی غذا اعلام شده است، حدود ۲۰ درصد جمعیت جهان در خطر کمبود فلز روی هستند. کمبود فلز روی در بچه ها موجب کندی رشد و افزایش خطر ابتلا به انواع بیماری ها می شود. مقادیر افزوده شده معمولا" بین ۲۰ تا ۳۰ پی پی ام می باشند.

۱-۱-۲-۱ منابع فلز روی

برخلاف منابع آهن، تمام منابع فلز روی در غنی سازی غلات سفید رنگ هستند، اما تمام نمک های فلز روی طعم نامطلوبی دارند. مثلا" اکسید روی تلخ مزه و سولفات آن قابض و گس می باشد. البته با توجه به مقادیر به کار رفته این طعم های ذاتی، ظاهر نمی شوند. سولفات روی در دو نوع خشک و آبدار وجود دارد. گزارش شده که سولفات روی آبدار باعث کلوخه شدن می شود، پس نوع خشک برتری دارد. شاید مهمترین تفاوت در منابع فلز روی قابلیت انحلال آن ها باشد، که به زیست دسترسی و تاثیر بر کیفیت غذا مربوط می شود. اکسید روی در آب نامحلول، اما در اسید رقیق محلول است. لذا در غذاهای خشک خنثی بوده و برای جذب باید در معرض اسید معده قرار گیرد. استات، گلوکونات و سولفات روی در آب محلول بوده و کلرید آن بسیار محلول است. در غنی سازی غلات معمولترین منابع به ترتیب اکسید، سولفات و در حد محدود گلوکونات فلزروی هستند. ارزانترین منبع، اکسیدروی است که قیمت آن ۰٫۳ قیمت منبع ارزان بعدی یعنی سولفات روی می باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

۱-۱-۲-۲ زیست دسترسی منابع فلز روی

به طور میانگین ۱۵ درصد فلز روی منبع غنی سازی جذب خواهد شد. این میزان در غلات با اسیدفیتیک بالا حدود ۵ تا ۱۰ درصد و در غلظت پایین آن حدود ۱۰ تا ٤۰ درصد می باشد. جذب فلز روی از اکسید آن در حضور اسید معده خوب است، اما جذب فلز روی از کربنات آن پایین است.

۱-۱-۲-۳ اثر فلز روی بر کیفیت فراورده غنی شده

غنی سازی با فلز روی اثرات مخرب بسیار اندکی بر کیفیت آرد، نان و فراورده های خمیری حتی در استفاده از مقادیر چندین برابر مقدار معمول دارد [۲].

۱-۱-۳ کلسیم

منابع اصلی کلسیم به کار رفته در غنی سازی غلات، فسفات و کربنات کلسیم هستند. فسفات کلسیم در دو نوع بدون آب با ۲۳ درصد و آبدار با ۲۷ درصد کلسیم از سنگ گچ معدنی تولید می شوند. کربنات کلسیم هم معمولا" از آسیاب سنگ آهک به دست می آید. لاکتات و سیترات کلسیم هم به ندرت در بعضی از غذاها به کار می روند، اما صرفه اقتصادی کمتری دارند. به علت حجم زیاد، کلسیم افزودنی، معمولا" جداگانه به سایر مواد مخلوط غنی کننده اضافه می شوند. هزینه آن حدود ۱ دلار در هر تن است. غنی سازی با کلسیم حتی در مقادیر زیاد هیچ اثری روی رنگ یا مزه آرد و نان ندارد. کربنات کلسیم اندکی پ هاش را بالا برده و روی آرد اثر بافری دارد، همچنین موجب بهبود کیفیت پخت نان با مخمر و افزایش مقدار خاکستر آرد می شود [۲].

۱-۱-٤ اسیدفولیک

اسیدفولیک یکی از مواد آلی ضروری است که بدن برای زنده ماندن به مقدار بسیار کم آن نیاز دارد، اما در خود بدن ساخته نمی شود. تقریبا" تامین اسیدفولیک کافی از منابع طبیعی غیر ممکن است، زیرا منابع طبیعی فولات تنها ٦۰ درصد فعالیت ویتامین ساختگی را دارد. مقدار اسیدفولیک در غلات و حتی در محصولات تهیه شده از آرد کامل هم پایین است. مطمئن ترین راه برای رساندن اسیدفولیک کافی به همه مردم، افزودن آن به غذاهای اصلی مانند آرد گندم یا بلغور ذرت می باشد. توصیه جهانی در پیشگیری از نقایص مادرزادی رشته های عصبی، استفاده زنان از اسیدفولیک مصنوعی به مقدار ۰/٤ میلی گرم در روز به غیر از منابع طبیعی آن است. بعد از غنی سازی غلات با اسیدفولیک در شمال آمریکا، میزان آن در سرم خون ۳ برابرشده و نقص مادرزادی رشته های عصبی ۲۰ درصد کاهش یافت. در شیلی در اثر برنامه ملی غنی سازی غلات با اسیدفولیک سطح هموسیستئین سرم خون کم شده و در نتیجه حملات و بیماری های قلبی کاهش یافته اند. به علت این مزایا غنی سازی با اسیدفولیک هواداران زیادی دارد. البته برخی معتقدند در مقادیر بالای ۱ میلی گرم در روز اسیدفولیک و کمبود ویتامین B_{12} مشکلات عصبی ایجاد می شود. برای رفع این نگرانی می توان این ویتامین را نیز به همراه اسیدفولیک اضافه کرد. رنگ زرد اسیدفولیک به علت استفاده در مقادیر خیلی کم، حدود ۱/۵ تا ۲/٤ پی پی ام مشکلی ندارد. مقادیری از ویتامین در معرض نور و حرارت پخت از بین می رود. نان های فراوری شده با مخمر از اسیدفولیک بیشتری بهره مندند، زیرا مخمرها خود مقدار زیادی فولات تولید می کند[۲].

برخی سوابق غنی سازی در کشورهای مختلف و ایران به این شرح می باشد:

طی پژوهشی در روسیه دریافتند که افزودن ۳۵ – ۱۵ میلی گرم آهن در ۱ کیلوگرم آرد موجب کاهش قابلیت تشکیل گاز می شود، که این در استفاده از پودر آهن شدیدتر از کاربرد محلول سولفیت فروس است. اثراتی بر روی مقادیر گلوتن موجود مشاهده نشده، بعلاوه پودر آهن، رنگ آرد را نیز تیره تر کرده است [۳] .

درتحقیقی پودر آسیاب شده استخوان تازه گاو و گوسفند برای ساختن غلظت نهایی کلسیم معادل ۷۸۰/۹ – ۳۹۵/۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم آرد و لاکتات روی برای ساختن غلظت نهایی فلز روی معادل ۱۱/۹۹٦ – ۵/۹۹۹ میلی گرم در ۱۰۰ گرم آرد استفاده شدند. در پی این آزمون ظرفیت نگهداری آب و میزان گسترش خمیر اندکی بهبود یافته است[٤] .

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

درتحقیقی استفاده از برخی غنی کننده های طبیعی آهن در نان های مصری ارزیابی شد. آرد سویای بدون چربی، آرد سویا، آرد پوست لوبیای سویا و ملاس در مقادیر مختلف در کنار سولفات فروس ۷ آبه، جداگانه در خمیر آرد گندم به کار رفتند. ویژگی های خمیر با استفاده از فارینوگراف برابندر مطالعه شد. نتایج نشان داد که افزودن غنی کننده ها به طور معنی داری در سطح ۵ درصد جذب آب، زمان گسترش، مقاومت و سست شدن خمیر را بهبود بخشید[۵] .
از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۵ میلادی شناسایی مشکلات و مطالعه کمبود ریز مغذی ها در ایران انجام شد. در سال ۱۹۹٦ میلادی به صورت آزمایشی غنی سازی آرد در بخشی از اصفهان شروع شد. در سال ۲۰۰۱ میلادی کار غنی سازی آرد با ٦۰ پی پی ام آهن عنصری و ۱/۵ پی پی ام اسید فولیک با توجه به آب و هوای گرم و مرطوب منطقه به طور آزمایشی در بوشهر آغاز شد. از آگوست ۲۰۰۱ میلادی پریمیکس حاوی ۳۰ پی پی ام سولفات فروس و ۱/۵ پی پی ام اسید فولیک که مناسب آردهای ایران است، به صورت محلی در شرکت های داروسازی داخلی تولید شدند. در ژانویه ۲۰۰۵ میلادی فاز اول در ناحیه فارس شروع شد که ٤ میلیون نفر را پوشش می دهد. فاز دوم که غنی سازی آرد را در سه استان کرمان، هرمزگان و گلستان گسترش می دهد، ١٦ میلیون زن در سن باروری را یاری می کند [٦] .

۲- مواد و روشها

۲-۱ مواد

آرد ستاره، مخصوص نان بربری که از سیلو تهیه شد، خمیر مایه خشک از شرکت فریمان مشهد، نمک و جوش شیرین با نامتجاری گلها، کیسه های پلی اتیلنی به ابعاد ۵۵ در ۷۰ با نام تجاری پنگوئن برای بسته بندی نان ها و مواد شیمیایی شامل: اسید فولیک (با فرمول شیمیایی $C_{19}H_{19}N_7O_6$ و وزن ملکولی ٤٤١/٤١ گرم با درصد خلوص ۹۷/۵)، اکسید روی (با فرمول شیمیایی ZnO و وزن ملکولی ۸۱/۳۷ گرم با درصد خلوص ۹۹)، سولفات آهن (II) ۷ آبه (با فرمول شیمیایی $FeSO_4.7H_2O$ و وزن ملکولی ۲۷۸/۰ گرم با درصد خلوص ۹۹/۵) و کربنات کلسیم (با فرمول شیمیایی $CaCO_3$ و وزن ملکولی ۱۰۰/۰۹گرم با درصد خلوص ۹۹/۵) از شرکت Merck آلمان تهیه شدند.

۲-۲ روشها

آزمون فارینوگراف در بررسی میزان جذب آب و خواص رئولوژیکی خمیر بر اساس استاندارد AACC با شماره ۲۱- ٥٤ انجام شد.آزمون اکستنسوگراف در بررسی خواص رئولوژیکی خمیر بر اساس استاندارد AACC با شماره ۱۰- ٥٤ انجام شد.
اندازه گیری مساحت زیر منحنی های اکستنسوگرام برای تعیین انرژی با استفاده از پلانیمترHAFF با شماره 317EF انجام شده است.تعیین میزان گلوتن خشک آرد به روش دست شوی، بر اساس استاندارد AACC با شماره ۱۰- ۳۸ انجام شد.
تعیین اندازه گلوتن مرطوب آرد ، بر اساس استاندارد AACC با شماره ۱۲- ۳۸ انجام شد. تعیین شاخص کیفیت گلوتن (گلوتن ایندکس). اندازه گیری عدد زلنی (ضریب ته نشینی)، بر اساس استاندارد AACC با شماره ۱۱- ٥٦ انجام شد [۷] .
اندازه گیری میزان پروتئین آرد با دستگاه NIR مدل ۸٦۰۰، ساخت شرکت Perten ، بر اساس خاصیت برگشت نور انجام شد.
بررسی اثر غنی سازی بر صفات مورد نظر، تجزیه و تحلیل داده ها در قالب طرح کاملا" تصادفی با چهار تیمار با نرم افزار SPSS صورت می گیرد. مقایسه میانگین هابا آزمون دانکن انجام می شود.
در این تحقیق تیمارهای شاهد (مشخص شده با شماره ۱)، تیمارکم مقدار(مشخص شده با شماره ۲)، تیمار متوسط مقدار (مشخص شده با شماره ۳) و تیمار پر مقدار(مشخص شده با شماره ٤) حضور دارند:
۱ = تیمار شاهد آرد ستاره تحویل گرفته شده ازکارخانه آرد تهران باختر بدون هیچگونه افزودنی می باشد.
۲ = تیمار کم مقدار، آرد ستاره بعلاوه افزودنی های غنی کننده در این سطح می باشد: آهن ۲۰، اسیدفولیک ۱/۵، روی ۲۰ و کلسیم ۹۰۰ پی پی ام.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

۳ = تیمارمتوسط مقدار، آرد ستاره بعلاوه افزودنی های غنی کننده در این سطح می باشد: آهن ۳۰، اسیدفولیک ۲، روی ۳۰ و کلسیم ۱۲۰۰پی پی ام.

٤ = تیمار پر مقدار، آرد ستاره بعلاوه افزودنی های غنی کننده در این سطح می باشد: آهن ٤۰، اسیدفولیک ۲/۵، روی ٤۰ و کلسیم ۱۵۰۰ پی پی ام. لازم به ذکر است که در تمامی آزمایشها، تعداد تکرار ۳ می باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱ خواص شیمیایی آرد

نتایج حاصل از ارزیابی خواص شیمیایی آرد در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲ داده های ارزیابی خواص شیمیایی تیمارها و دامنه تغییرات آنها

تیمار	گلوتن خشک (گرم)	گلوتن مرطوب (گرم)	عدد گلوتن	پروتئین (گرم)	عدد زلنی (میلی لیتر)
۱ (شاهد)	۱۰/۵ ± ۰/۵	۲۵/۵ ± ۰/۵	۹۷/۲ ± ۰/۷	۱۰/٦ ± ۰/۱	۲۰/۵ ± ۰/۵
۲ (کم مقدار)	۱۰/۵ ± ۰/۵	۲٦ ± ۰	۹۸/۸۳ ± ۰/۸	۱۰/٦ ± ۰/۱	۲۰/۵ ± ۰/۵
۳ (متوسط مقدار)	۱۰/۵ ± ۰/۵	۲٦ ± ۰	۹۸/٦۵ ± ۰/۰۵	۱۰/٦ ± ۰/۱	۲۰/۵ ± ۰/۵
٤ (پر مقدار)	۱۰/۵ ± ۰/۵	۲٦ ± ۰	۹۵/۹ ± ۰/۳	۱۰/٦ ± ۰/۱	۱۸ ± ۱

۱- تیمار شاهد، ۲- تیمار کم مقدار، ۳- تیمار متوسط مقدار، ٤- تیمار پر مقدار

نتایج نشان می دهد که در خواص شیمیایی، گلوتن خشک، گلوتن مرطوب و پروتئین اختلاف معنی داری بین نان شاهد و تیمارهای غنی شده وجود ندارد. عدد گلوتن در تیمارهای کم و متوسط مقدار افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشته و در نمونه پر مقدار نسبت به شاهد و نمونه های غنی شده کاهش معنی دار یافته است. نتایج در تحقیقی مشابه نشان می دهند که یون های کلسیم و آلومینیوم با پروتئین ها بر همکنش داشته و باعث تقویت پروتئین ها و دادن خاصیت کشسانی به ذرات محصول و افزایش عدد گلوتن می شوند[۸]، اما در مورد کاهش این عدد در نمونه پر مقدار احتمالا" با زیاد شدن غلظت کلسیم و یا یون های آهن در غلظت بالا اثر منفی دارند.

به نظر می رسد ثابت بودن مقدار پروتئین علیرغم نوسان عدد گلوتن به این دلیل است که عدد گلوتن به مقدار گلوتن مرطوب و محتوی پروتئین وابسته نیست و نشانگر ارتباط بین گروه های مختلف پروتئین، نه کل محتوی پروتئین می باشد[۹] .

عدد زلنی در نمونه شاهد و تیمارهای غنی شده کم و متوسط مقدار تفاوت معنی داری نداشته است، اما در تیمار پر مقدار افت معنی داری در سطح ۵ درصد نسبت به سه تیمار دیگر نشان داده است. آزمایش رسوب زلنی بر اساس قدرت تورم ملکول های پروتئین گلوتن در حضور اسید لاکتیک است. اسیدهای آلی و معدنی و نمک ها نقش مهمی در تورم گلوتن دارند. نمک های قلیایی و اسیدی بر روی تورم گلوتن اثر مثبت داشته و نمک های خنثی تاثیر منفی دارند. این تاثیر منفی نمک ها بستگی به نوع آنیون های آن دارد. افزودن نمک هایی مانند کربنات کلسیم و اکسید روی تا حدی، مثلا" در تیمارهای کم و متوسط مقدار بر روی قابلیت تورم و ثبات گلوتن اثر مثبت داشته و نیز میزان رسوب آرد با میزان گلوتن مرطوب رابطه دار[۱۱،۱۰]. لذا می توان گفت در نتیجه اثر منفی افزایش غلظت یون های آهن بر عدد زلنی این ویژگی در تیمار پر مقدار کاهش معنی دار یافته است.

۳-۲ خواص رئولوژیک

۳-۲-۱ فارینوگراف

نتایج حاصل از رسم منحنی های فارینوگراف آرد در جدول ۳ آورده شده است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

جدول ۳ مقایسه داده های فارینوگراف نان های بربری شاهد و غنی شده و دامنه تغییرات آنها

تیمار	جذب آب (میلی لیتر)	گسترش خمیر (دقیقه)	مقاومت خمیر (دقیقه)	افت خمیر بعد از ۱۰ دقیقه (واحد برابندر)	افت خمیر بعد از ۲۰دقیقه (واحد برابندر)
۱	۵٦/۸ ± ۰/۱	۱/٦ ± ۰/۱	۵/۷ ± ۰/۵	٤۵ ± ۵	۷۳ ± ۷
۲	۵۸± ۰/۵	۱/٤۵ ± ۰/۰۵	۵/٦ ± ۰/۲	٤۵ ± ۵	۸۰ ± ۱۰
۳	۵۸/۷± ۰	۱/۵ ± ۰/۱	٦/٦ ± ۰/۲	٤۵ ± ۵	۸٤ ± ٦
٤	۵۸/۸± ۰/۱	۱/۳ ± ۰/۱	٦/۷۵ ± ۰/۰۵	۵٤ ± ۲	۹۳ ± ۳

۱- تیمار شاهد، ۲- تیمار کم مقدار، ۳- تیمار متوسط مقدار، ٤- تیمار پر مقدار

بررسی خواص رئولوژیک نشان می دهد که در گسترش خمیر، مقاومت خمیر، افت خمیر بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه نوسانات اختلاف معنی دار نداشته اند. جذب آب فارینوگراف در نمونه های غنی شده افزایش جذب آب نسبت به شاهد (۵٦/۸ میلی لیتر) با تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد روبرو بوده است. در تیمارهای غنی شده کم، متوسط و پر مقدار هم روند، افزایشی غیر معنی دار بود. علت را می توان به بالا رفتن میزان ماده خشک، در اثر افزودن عناصر غنی کننده پودری و خشک به آرد مربوط دانست. در تحقیقات دیگر غنی سازی آرد گندم با کلسیم (برای ساختن غلظت نهایی کلسیم معادل ۷۸۰/۹- ۳۹۵/۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم آرد) و فلز روی (برای ساختن غلظت نهایی فلز روی معادل ۱۱/۹۹٦-۵/۹۹۹ میلی گرم در ۱۰۰ گرم آرد) ظرفیت نگهداری آب و میزان گسترش خمیر بهبود یافت[٤].

۳-۲-۲ اکستنسوگراف

۳-۲-۲-۱ اکستنسوگراف ٤۵ دقیقه

نتایج حاصل از رسم منحنی های اکستنسوگراف ٤۵ دقیقه آرد در جدول ٤ آورده شده است.

جدول ٤ مقایسه داده های اکستنسوگراف ٤۵ دقیقه نان های بربری شاهد و غنی شده و دامنه تغییرات آنها

تیمار	مقاومت به کشش (واحد برابندر)	قابلیت به کشش (واحد برابندر)	ضریب کشش (واحد برابندر)	حداکثر ارتفاع (واحد برابندر)	انرژی (سانتیمتر مربع)
۱	۳۳٦ ± ٦	۱۳۱/۵ ± ۱/۵	۲/۵۵ ± ۰/۰۵	۳۸۰ ± ۱۰	٦۲/۵ ± ۵
۲	۳٤۸ ± ۸	۱۲۲/۵ ± ۲/۵	۲/۸۵ ± ۰/۰۵	۳۲۵ ± ۵	٤٤ ± ٦
۳	۲۲۲/۵ ± ۲/۵	۱۳۲/۵ ± ۷/۵	۱/۷۲ ± ۰/۰٤	۲٦۵ ± ۵	٤٦ ± ۱
٤	۲۰۵ ± ۵	۱۳۱/۵ ± ۳/۵	۱/۵۷ ± ۰/۰۷	۲۳۷ ± ۸	٤۱ ± ۱

۱- تیمار شاهد، ۲- تیمار کم مقدار، ۳- تیمار متوسط مقدار، ٤- تیمار پر مقدار

مقاومت به کشش خمیر در نمونه کم مقدار نسبت به شاهد افزایش معنی داری در سطح ۵ درصد داشته است. این ویژگی در نمونه های متوسط و پر مقدار نسبت به شاهد و نمونه کم مقدار کاهش معنی دار در سطح ۵ درصد داشته است. قابلیت به کشش در نمونه کم مقدار (۱۲۱/٦٦٦۷ واحد برابندر) نسبت به شاهد (۱۳۱ واحد برابندر) افت

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

معنی داری در سطح ۵ درصد داشته است، اما تیمارهای متوسط و پر مقدار با شاهد تفاوت معنی داری ندارند. در دو مورد مقاومت و قابلیت به کشش خمیر هم احتمالا" به علت اثر غنی کننده ها در افزایش جذب آب و عناصری مانند روی و کلسیم در نمونه کم مقدار، استقامت خمیر بالا رفته و قابلیت به کشش پایین آمده است. در تیمارهای متوسط و پر مقدار در اثر افزایش مقدار غنی کننده ها به ویژه آهن مقاومت به کشش کم شده و خمیر شل تر شده و بیشتر کش آمده است[٤] . ضریب کشش در تیمار کم مقدار(۲/۸۵۳۳ واحد برابندر) نسبت به شاهد (۲/۵٤۳۳ واحد برابندر) افزایش معنی داری در سطح ۵ درصد داشته است. سپس در تیمار متوسط مقدار (۱/۷۲۳۳ واحد برابندر) کاهش معنی داری در سطح ۵ درصد نسبت به کم مقدار داشته است. این روند کاهش به طور معنی دار در سطح ۵ درصد در تیمار پر مقدار (۱/۵٤٦۷ واحد برابندر) هم ادامه می یابد. دلیل افزایش معنی دار ضریب کشش در تیمار کم مقدار نسبت به شاهد را می توان به دلیل حضور عناصر آهن و فلز روی دانست که باعث شل شدن و زیاد کش آمدن خمیر شده اند. با افزایش مقدار این عناصر و افزایش مقدار کلسیم در تیمارهای متوسط و پر مقدار این اثر شل کنندگی خمیر مهار شده و ضریب کشش روند کاهش معنی دار یافته است[٤] . حداکثر ارتفاع منحنی با قوت خمیر رابطه مستقیم دارد. خمیر قوی منحنی اکستنسوگراف مرتفع تر و در برخی موارد طولانی تر نسبت به خمیر ضعیف دارد. به طور کلی هرچه ارتفاع منحنی زیادتر باشد، مقاومت به کشش خمیر بیشتر می باشد [۱۱]. در این کار حداکثر ارتفاع با افزایش روند غنی سازی کاهش یافته و همه تیمارهای غنی شده نسبت به شاهد کاهش معنی دار در سطح ۵ درصد داشته اند. البته در تیمار کم مقدار که افزایش معنی دار مقاومت به کشش را نسبت به شاهد داشته ایم، می توان گفت که در این خمیر که نسبت به سایر تیمارها قویتر است، منحنی طولانی تر بوده و حداکثر ارتفاع منحنی که روند کاهشی داشته در تیمار کم مقدار نسبت به شاهد، با نتیجه منطقی منافاتی ندارد. انرژی که نشان دهنده سطح زیر منحنی است، هم با افزایش روند غنی سازی، نسبت به شاهد افت معنی دار در سطح ۵ درصد داشته است.

۳-۲-۲-۲ اکستنسوگراف ۹۰ دقیقه

نتایج حاصل از رسم منحنی های اکستنسوگراف ۹۰ دقیقه آرد در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵ مقایسه داده های اکستنسوگراف ۹۰ دقیقه نان های بربری شاهد و غنی شده و دامنه تغییرات آنها

تیمار	مقاومت به کشش (واحد برابندر)	قابلیت به کشش (واحد برابندر)	ضریب کشش (واحد برابندر)	حداکثر ارتفاع (واحد برابندر)	انرژی (سانتیمتر مربع)
۱	۳۷۵ ± ۱۵	۱۳۵ ± ۵	۲/۸۳ ± ۰/۰۷	٤۱۸ ± ۳	۵۵ ± ۵
۲	۳۳۵ ± ۵	۱۲٤ ± ۱	۲/۷ ± ۰/۰٦	۳۷۲ ± ٤	۵۱ ± ٤
۳	۳۳۱ ± ۱۱	۱۲٦ ± ٤	۲/٦٦ ± ۰/۰۵۵	۳۷۱ ± ۳	٤۹ ± ۳
٤	۲۵۸ ± ۱۱	۱٤۷ ± ۲	۱/۷۵ ± ۰/۰۵۵	۳۰۷ ± ۳	۳۸ ± ۲

۱- تیمار شاهد، ۲- تیمار کم مقدار، ۳- تیمار متوسط مقدار، ٤- تیمار پر مقدار

مقاومت به کشش در نمونه کم مقدار و متوسط مقدار نسبت به شاهد کاهش معنی داری در سطح ۵ درصد داشته، اما بین تیمار کم و متوسط مقدار تفاوت معنی دار نبوده است. در تیمار پر مقدار هم نسبت به شاهد و نمونه های کم و متوسط مقدار افت معنی دار در سطح ۵ درصد داشته ایم. کاهش معنی دار مقاومت به کشش در تیمار کم مقدار بعد از ۹۰ دقیقه تخمیر را می توان به علت اثر عامل افزایش زمان تخمیر در شل کردن خمیر نسبتا" ضعیف بربری دانست. قابلیت به کشش نمونه کم مقدار و متوسط مقدار نوسانات غیر معنی دار نسبت به شاهد داشته است. نمونه پر مقدار در

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

سطح ٥ درصد افزایش معنی داری نسبت به شاهد، تیمارهای کم و متوسط مقدار داشته است. روند کاهشی ضریب کشش در بین نمونه ها و با شاهد معنی دار نبوده است. نمونه پر مقدار نسبت به شاهد و دو تیمار غنی شده دیگر افت معنی دار در سطح ٥ درصد داشته است. احتمالا" این تغییرات را می توان به اثر آهن در مقادیر بالا که باعث شل شدن و کش آمدن بیش از حد خمیر می شود، نسبت داد. حداکثر ارتفاع در نمونه های کم و متوسط مقدار نسبت به شاهد در سطح ٥ درصد افت معنی دار داشته اند، اما بین دو تیمار غنی شده تفاوت معنی دار نبوده است. در نمونه پر مقدار هم نسبت به شاهد و دو تیمار دیگر افت معنی دار در سطح ٥ درصد مشاهده شده است. در مورد انرژی و یا سطح زیر منحنی هم روند کاهشی بوده است. در تیمارهای کم و متوسط مقدار نسبت به شاهد تفاوت معنی دار نبوده، اما در تیمارپر مقدار کاهش نسبت به شاهد و دو تیمار دیگر در سطح ٥ درصد معنی دار بوده است. کاهشی معنی دار نسبت به شاهد در حداکثر ارتفاع منحنی را می توان به ضعیف شدن نسبی خمیر بعد از افزودن مواد غنی کننده بیش از حد (در تیمار پر مقدار) نسبت داد [١١] .

٣-٢-٢-٣ اکستنسوگراف ١٣٥ دقیقه

نتایج حاصل از رسم منحنی های اکستنسوگراف ١٣٥ دقیقه آرد در جدول ٦ آورده شده است.

جدول ٦ مقایسه داده های اکستنسوگراف ١٣٥ دقیقه نان های بربری شاهد و غنی شده و دامنه تغییرات آنها

تیمار	مقاومت به کشش (واحد برابندر)	قابلیت به کشش (واحد برابندر)	ضریب کشش (واحد برابندر)	حداکثر ارتفاع (واحد برابندر)	انرژی (سانتیمتر مربع)
١	٣٥٥ ± ٥	١٢١ ± ٦	٣/٢ ± ٠/٠٥	٤٠٨ ± ١٢	٥٣ ± ٣
٢	٣٢١ ± ١	١٣٠ ± ٣	٢/٤٦ ±٠/٠٥	٣٣٦ ± ٦	٤٦/٥ ± ١/٥
٣	٣٢٢ ± ٢	١٢٤ ± ٤	٢/٦٤ ± ٠/٠٤	٣٣٤ ± ٥	٤٢/٥ ± ١/٥
٤	٢٥٤ ± ٦	١١٤ ± ٤	٢/٢٢ ± ٠/٠٣	٢٥٥ ± ٥	٣٣ ± ٤

١- تیمار شاهد، ٢- تیمار کم مقدار، ٣- تیمار متوسط مقدار، ٤- تیمار پر مقدار

مقاومت به کشش در نمونه های کم و متوسط مقدار نسبت به شاهد در سطح ٥ درصد کاهش معنی دار داشته، اما بین دو تیمار غنی شده تفاوت معنی دار نبوده است. تیمار پر مقدار هم نسبت به تمام سه تیمار دیگر در سطح ٥ درصد افت معنی داری داشته است. کاهش معنی دار مقاومت به کشش در تیمار کم مقدار بعد از ٩٠ دقیقه تخمیر را می توان به علت اثر عامل افزایش زمان تخمیر در شل کردن خمیر نسبتا" ضعیف بربری دانست. قابلیت به کشش ابتدا در نمونه کم مقدار افزایش داشته و پس از آن در تیمارهای متوسط و پر مقدار روندی کاهشی داشته است. البته این نوسانات معنی دار نبوده اند. ضریب کشش در تیمارهای غنی شده نسبت به شاهد افت معنی دار در سطح ٥ درصد داشته، اما بین تیمارها نوسانات معنی دار نبوده است. حداکثر ارتفاع منحنی و انرژی هم در نمونه کم و متوسط مقدار نسبت به شاهد در سطح ٥ درصد افت معنی دار داشته، اما خود دو تیمار تفاوت معنی دار نداشتند. در تیمار پر مقدار هم نسبت به سایرین در سطح ٥ درصد افت معنی دار بوده است. کاهش حداکثر ارتفاع منحنی وانرژی (سطح زیر منحنی) را می توان به دلیل اثر آهن در مقادیر بالا و تخمیر طولانی مدت که باعث شل شدن و کش آمدن بیش از حد خمیر می شود، نسبت داد [١١] .

٤- نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد که در خواص شیمیایی، گلوتن خشک، گلوتن مرطوب و پروتئین اختلاف معنی داری بین نان شاهد و تیمارهای غنی شده وجود ندارد. عدد گلوتن در تیمارهای کم و متوسط مقدار افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشته و در نمونه پر مقدار نسبت به شاهد و نمونه های غنی شده کاهش معنی دار یافته است. عدد زلنی در نمونه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

شاهد و تیمارهای غنی شده کم و متوسط مقدار تفاوت معنی داری نداشته است، اما در تیمار پر مقدار افت معنی داری در سطح ۵ درصد نسبت به سه تیمار دیگر نشان داده است. نتایج آماری نشان داد که تیمارهای کم مقدار و متوسط مقدار در خواص رئولوژیکی و سایر نتایج آزمایش شده بهتر از تیمار پر مقدار بود. با توجه به اینکه در اکثر خواص تیمار کم مقدار و متوسط مقدار اختلاف معنی داری نداشتند، لذا به دلیل تامین کافی نیاز بدن طبق توصیه سازمان های بین المللی (WHO و FAO) تیمار متوسط مقدار جهت غنی سازی توصیه می گردد.

۵- منابع

[۱] راست منش ر. غنی سازی مواد غذایی با ریز مغذی ها. چاپ اول. نشر علوم کشاورزی. تهران ۱۳۸۲؛ صفحه ۱-۵۵.

[2] Johnson Q, Manner V, Ranum P. Fortification hand book. The Micronutrient Initiative 2004; 4: 1-120.

[3] Karadzhov G, Vangelov A, Popov D. Fortofication bread with iron on basic baking properties of wheat flour. Nauchni-Troduve, Vissh Institute-po-Khranitelna-i-Vkusova-Promyshlennost 1987; 34: 95-101.

[4] Wang S, Tang Y. Fortification of calcium and zinc in wheat flour. Journal of Zhengzhou Grain College 1995; 16: 26-34.

[5] Bakr AA. Production of iron-fortified bread employing some selected natural iron sources. Nahrung 1997; 41(5): 293-298.

[6] Tyler V. Reducing iron deficiency through wheat flour fortification in The Middle-East; 2005.

[7] Anonymus. American Association of Creal Chemists Approved Methods, Ninth edition; 1995.

[8] Gorton L. Leavening ' s other powers. Baking and Snack 2005; 46: 8-14.

[9] Sivaraman E. Using single kernel characterization to estimate rheological properties of wheat dough. Submitted in Partial Fulfillment of the Course Requirements for Advanced Econometric Age; 2001.

[10] Zczyk D. The physics of baking: rheological and polymer molecular structure-function relationships in bread making. Journal of Non-newtonian Fluid Mechanics 2004; 124: 61-69.

[۱۱] رجب زاده ن. تکنولوژی نان. چاپ چهارم. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. تهران ۱۳۸۰ ؛ ٤٥٠ صفحه.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

The Effect of Fortification with Iron, Folic acid, Zinc and Calcium on Rheology and Chemical Properties of Setareh Wheat Flour

Berenji Ardestani, S.[1] , Azizi, M. H. [2*] & Sahari M. A.[2]

1- M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Tarbiat Modarres University
2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Tarbiat Modarres University

Effects of fortification Setareh flour with iron, folic acid, zinc and calcium on chemical properties (dry gluten, wet gluten, gluten index, protein and zeleny value), rheologocal properties (water absorption, dough strength, dough extensibility, dough loses after 10 and 20 minutes, resistance to extensibility, extensibility index, maximum height of curve and energy), was considered in Barbary breads and compared with control treatment. In this study we have 4 treatments as follows:

1- Setareh pure flour without any fortificant/ as control.
2- Flour which fortified with low dosage of fortificants : (ferrous sulfate 20, folic acid 1.5, zinc oxide 20 and calcium carbonate 900 p.p.m).
3- Flour which fortified with middle dosage of fortificants : (ferrous sulfate 30, folic acid 2, zinc oxide 30 and calcium carbonate 1200 p.p.m).
4- Flour which fortified with high dosage of fortificants : (ferrous sulfate 40, folic acid 2.5, zinc oxide 40 and calcium carbonate 1500 p.p.m).

Statistical data have shown that, in all mentioned properties flour treatments fortified with minimum and middle amounts of fortificants had better results than the flour which fortified with maximum amounts of fortificants. Minimum and middle treatments didn't have any significant differences, so with due attention to international organizations (WHO, FAO) and provide vital micronutrients for body, we propose middle treatment.

Key words: Bread, Flour, Fortification, Iron, Folic acid, Zinc and Calcium.

* Corresponding author E-mail address: azizit_m@modares.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]