اثر مواد عمل آورنده و زمان تخمیر بر کاهش اسید فیتیک نان حجیم

هیفا حق پرست[۱]، محمد علی سحری*[۲]، محمد حسین عزیزی[۲] و بهروز پیرایش فر[۳]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲ – دانشیار گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳- مربی پژوهش بخش شیمی غلات موسسه نهال و بذر، وزارت جهاد کشاورزی

چکیده

چهار رقم گندم (چمران اهواز، روشن یزد، زرین ارومیه و زاگرس اهواز) که از نظر میزان تولید بالا و نیز مقدار و کیفیت پروتئین مناسب هستند، انتخاب شد. از آنها آرد با درجه استخراج کامل تهیه و مقدار اسید فیتیک آن ها اندازه گیری گردید. سپس اثر مواد مختلف عمل آورنده (مخمر۲، خمیر ترش۲۰ و جوش شیرین۱/۵درصد) در زمان های مختلف تخمیر (٤٥، ٥٥، ٧٥ دقیقه و زمان ٦٥ دقیقه به عنوان زمان شاهد) در نمونه های نان حجیم (تهیه شده از آرد با درجه استخراج ۷۰٪ در دمای ۲٦۰ ^{o} و مدت زمان ۲۰ دقیقه) بررسی و مقدار اسید فیتیک آن ها با هم مقایسه گردید. با افزایش مدت زمان تخمیر، کاهش بیشتری در مقدار اسید فیتیک مشاهده شد. کاهش بیشتر در مقدار اسید فیتیک با خمیر ترش و مدت زمان ۷۵ دقیقه در ارقام فوق به ترتیب ۹۵/۵، ۹۵/۱۳، ۹۱/٤، ۹۰/۹٦ درصد بود. اثر متقابل رقم با مدت زمان تخمیر و نوع ماده عمل آورنده در سطح ۵ درصد معنی دار بود، در صورتی که اثر متقابل نوع ماده عمل آورنده و مدت زمان تخمیر معنی دار نبود.

کلیدواژگان: اسید فیتیک، زمان تخمیر، مواد عمل آورنده، گندم، نان حجیم، ایران.

۱- مقدمه

بیشتر غلات و حبوبات از نظر پروتئین و چربی غنی هستند ولی استفاده زیاد از آنها به دلیل دارا بودن فاکتورهای ضد مغذی موقعی پیشنهاد می شود که بخصوص در تهیه نان، تخمیر به طور کامل انجام شود. یکی از این فاکتورها اسید فیتیک (میواینوزیتول هگزا فسفات) است. این ترکیب به دلیل ایجاد کمپلکس با فلزات و مواد معدنی مختلف و پیوند یافتن با پروتئین ها، قابلیت زیست دسترسی مواد مغذی مهم را کاهش می دهد [۱]. در غلات اسید فیتیک به صورت یکنواخت در دانه توزیع نشده است[۲]. در صورتی که گندم دارای ۳۲۰- ۱۷۰ میلی گرم در صد گرم اسید فیتیک باشد ، مقدار آن در سبوس و جوانه به ترتیب ۱۲۰- ۷۵ و٦۰- ۵۰ میلی گرم در صدگرم است[۳].

ساختمان اسید فیتیک از شش گروه فسفات که بر روی یک مولکول شش کربنی باوزن مولکولی پایین قرارگرفته اند ، تشکیل شده است[۲]. فیتات نقش های فیزیولوژیکی متعددی به عهده دارد. مهمترین وظیفه این ترکیب در گیاه ، ذخیره سازی فسفر با انرژی بالا برای جوانه زنی می باشد ، همچنین تحریک دوره خواب و استراحت در گیاه نیز بر عهده این ترکیب است[٤].

فیتاز آنزیم هیدرولیز کننده اسید فیتیک است و پروتئینی است مونومر که جرم مولکولی آن بسته به منبعی که ازآن خالص سازی می شود ، متفاوت است و می تواند منشأ گیاهی ، باکتریایی ، قارچی ، مخمری و یا حیوانی داشته باشد [۱]. در گندم حداکثر فعالیت فیتاز را سلول های آلرون و حداقل فعالیت را سلول های جوانه از خود نشان می دهند. به همین سبب آردهایی که دارای سبوس بیشتری هستند از نظر فعالیت آنزیمی در سطح بالاتری

* مسئول مکاتبات: sahari@modares.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-19]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-19]

نسبت به آردهای روشن قرار دارند[۵]. مواد حاصله از عمل فیتاز بر اسید فیتیک، اسید فسفریک و میواینوزیتول است. کاتیون ها در غلظت های وابسته به ماهیت یون بر فعالیت فیتاز مؤثر هستند. کلسیم باعث فعال شدن سیستم بیولوژیکی مذکور شده، آزاد شدن گروه فسفات را تسریع می کند[۱].

نوع و مقدار مخمر، زمان تخمیر، pH، درجه استخراج آرد، درجه حرارت و زمان پخت بر روی مقدار اسید فیتیک باقیمانده در نان مؤثر هستند[۳]. بالا بودن درجه استخراج آرد و مصرف بیشتر جوش شیرین، تخریب فیتات را کاهش می دهند[٦]. همچنین کاهش اسید فیتیک در نان های تخمیر شده با خمیر ترش نسبت به مخمر بیشتر است[۸،۷و۹]و هر چه مدت زمان تخمیر بیشتر باشد اسید فیتیک کاهش بیشتری می یابد[۱۰].

بررسی ها بر روی چند رقم از گندم نشان داد که شرایط محلی و منطقه ای اثر قابل ملاحظه ای بر تنوع میزان اسید فیتیک گندم کامل، ندارد. در صورتی که از تداخل عامل رقم و محل کشت با عواملی از جمله نوع و میزان آسیاب کردن در برخی از ارقام گندم، تغییرات قابل توجهی در مقدار اسید فیتیک پوسته رخ می دهد[۱۱].

هدف از انجام این تحقیق تعیین رقمی مناسب از میان چند رقم گندم ایرانی است که در شرایط بهینه از جمله مدت زمان تخمیر و ماده عمل آورنده مناسب باعث کاهش بیشتری در میزان اسید فیتیک باقی مانده در نان های تولیدی از آنها گردد. این طرح در قطب ضایعات کشاورزی در داشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس بررسی و انجام گردید.

۲- مواد و روش ها

در این پژوهش ٤ رقم گندم شامل روشن یزد، زرین ارومیه، زاگرس اهواز و چمران اهواز انتخاب و از هر کدام مقدار ۵ کیلو گرم نمونه به طور تصادفی از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد ودر شرایط محیط و با بسته بندی مناسب به آزمایشگاه حمل گردید. دلیل استفاده از این ارقام سطح کشت و تولید بالا و نیز مقدار وکیفیت مناسب پروتئین در آنها بوده است. برای تعیین مقدار پروتئین از روش ارایه شده در کاتالوگ دستگاه اندازه گیری اتوماتیک Kjeltec autoبه مدل ۱۰۳۰ ساخت کارخانه تکاتور سوئد استفاده شد(جدول ۱)[۱۲].

نمونه های گندم به وسیله آسیاب بوهلر آسیاب و آرد کامل تهیه شد. اندازه ذرات تا حدی بود که از الک بامش٦۰ عبور کنند. سپس میزان اسید فیتیک هر واریته با تعیین فسفر کل به روش اسپکتروفتومتری و ضرب این مقدار در ضریب ۳/۵۵ ، اندازه گیری شد [۱۳].

جدول۱ درصد وکیفیت پروتئین درواریته های گندم انتخابی[۱۲]

رقم	درصد پروتئین	کیفیت پروتئین، آزمونSDS (میلی لیتر)
زرین ارومیه	۹/٦٦	۳۰
زاگرس اهواز	۱۰/۳۳	۳۵/۷٦
چمران اهواز	۹/٦٦	۲۹
روشن یزد	۸	۲۹

در مرحله بعد از گندم های موجود، به وسیله آسیاب بوهلر آرد با درجه استخراج ۷۰ درصد جهت تولید یک نوع نان قالبی حجیم (استاندارد) تهیه شد[۱٤]. روش استاندارد برای تهیه نان به این صورت بود که ابتدا اجزای خشک(آرد، مخمر) با اجزای محلول (آب، نمک، شکر و اسید اسکوربیک) به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شدند. سپس تخمیر اولیه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد انجام شد. پس از ورز دادن چانه ها به مدت ۲ دقیقه، تخمیر نهایی انجام شد و عمل پخت در دمای ۲٦۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۲۰ دقیقه در فر صورت گرفت. در این پژوهش مدت زمان های ۲۰، ۲۵ و ۳۵ دقیقه برای تخمیر اولیه و ۳۵ دقیقه برای تخمیر نهایی در نظر گرفته شد. سه نوع ماده عمل آورنده، مخمر، خمیر ترش و جوش شیرین به ترتیب به مقدار۲،۲۰ و۱/۵ درصد وزن آرد استفاده شد تا عملکرد آنها در کاهش میزان اسید فیتیک نیز مقایسه گردد. علت استفاده از جوش شیرین به دلیل آنست که این ماده هنوز هم در صنایع نانوایی کشور مصرف می شود و نیز به دلیل مقایسه عملکرد این نمونه با نمونه های همراه مخمر و خمیر ترش در کاهش میزان اسید فیتیک است. پس از سرد شدن نمونه ها در آون ٦۰^{o} C خشک شده و خرد گردیدند و آزمون شیمیایی تعیین اسید فیتیک بر روی آنها انجام گرفت. همانطور که توضیح داده شد روش تعیین اسید فیتیک با تعیین فسفر کل نمونه و در نظر گرفتن ضریب ۳/۵۵، بود [۱۳].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-19]

٣- نتایج و بحث

میانگین میزان اسید فیتیک اولیه در هر رقم گندم در جدول ٢ آمده است (این اعداد میانگین ٣ تکرار و بر روی آرد کامل حاصل از گندم ارقام انتخاب شده بود).

جدول ٢ میانگین میزان اسید فیتیک در ارقام گندم انتخابی

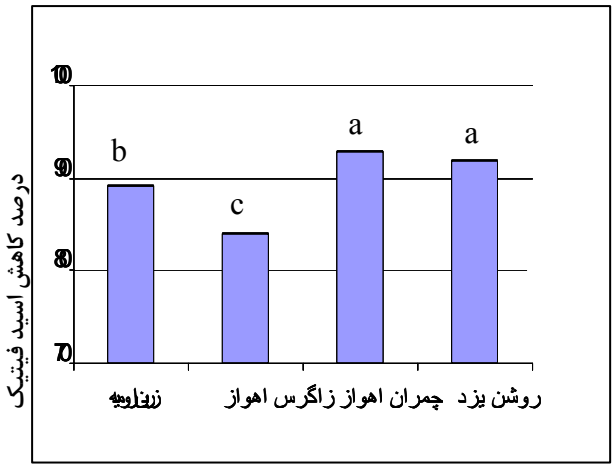
رقم	میزان اسید فیتیک (گرم بر کیلوگرم)
زرین ارومیه	٤/٤٠^{bc}
زاگرس اهواز	٣/ ٣٠^{c}
چمران اهواز	٧/٩٢^{a}
روشن یزد	٥/٨٣^{bc}

مقایسه اختلاف میانگین های میزان اسید فیتیک در این ٤ رقم گندم حاکی از معنی دار بودن اختلاف بین مقادیر اسید فیتیک آنها در سطح اطمینان ٩٥ درصد می باشد($P<٠/٠٥$) . البته ارقام زرین ارومیه و زاگرس اهواز، همچنین زرین ارومیه و روشن یزد در این زمینه اختلاف کمتری داشته و اختلاف آنها در سطح یک درصد معنی دار نبوده است. با توجه به این که نمونه های انتخاب شده برای هر رقم به صورت تصادفی از محل های ذکر شده انتخاب گردیده و عوامل مؤثر بر میزان اسید فیتیک از جمله مقادیر و نوع کودهای به کار رفته، عناصر موجود در خاک و ... در مورد آنها یکسان نبوده است بنابراین به نظر می رسد اختلاف معنی دار بین مقادیر اسید فیتیک در این نمونه ها علاوه بر نوع رقم و محل کشت به عوامل دیگر ذکر شده نیز بستگی دارد[٢].

٣-١- اثر رقم بر میزان کاهش اسید فیتیک در نان های تولیدی

از٤ واریته گندم انتخاب شده یک نوع نان قالبی حجیم (استاندارد) تهیه شد. میزان اسید فیتیک در این نان ها دوباره اندازه گیری گردید وبا مقدار اولیه در گندم ها مقایسه شد.

تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که اثر رقم بر میزان کاهش اسید فیتیک در نان های تولیدی در سطح ٥ درصد معنی دار بوده است($P<٠/٠٥$). همانطور که شکل ١ نشان می دهد بین میانگین های درصد کاهش اسید فیتیک در چمران اهواز و روشن یزد اختلاف معنی داری وجود ندارد اما اختلاف در مورد سایر ارقام معنی دار است. همچنین رقم چمران اهواز بیشترین درصد کاهش اسید فیتیک را داشته و روشن یزد، زرین ارومیه و زاگرس اهواز به ترتیب در رده های بعدی قرار دارند. با توجه به این که گندم های انتخاب شده علاوه بر تنوع در رقم دارای محل های مختلف کشت بوده و در نتیجه عناصر موجود درخاک به کاررفته برای آنها و نیز نوع کودهای مصرفی یکسان نبوده است بنابر این می توانند مقادیر عناصر مختلفی داشته باشند. عناصر مختلف از جمله کلسیم برای فعالیت آنزیم فیتاز مورد نیاز است وتمام اشکال آن در طول مراحل تهیه نان بر میزان هیدرولیز اسید فیتیک مؤثر می باشد. وجود اختلاف در درصد های کاهش اسید فیتیک می تواند به مقادیر متفاوت این عناصر در ارقام به کار رفته و احتمالا به ترکیب متفاوت خاک، عناصر موجود در آن، نوع کودهای به کار رفته و نوع رقم مربوط باشد[١].



*حروف متفاوت نشان از معنی دار بودن در سطح ٥درصددارد

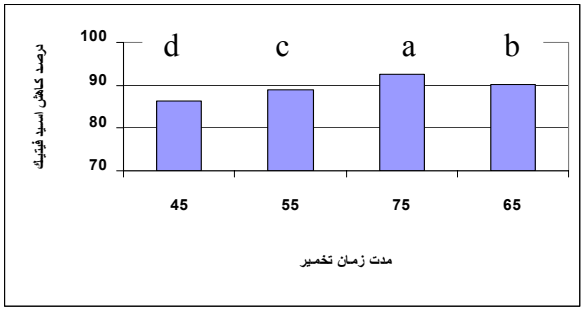
شکل ١ اثر رقم بر درصد کاهش اسید فیتیک در نان های تولیدی از ارقام گندم انتخابی

٣-٢- اثر مدت زمان تخمیر بر درصد کاهش اسید فیتیک

آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد اثرمدت زمان تخمیر بر درصد کاهش اسید فیتیک در سطح ٥ درصد معنی دار است. مطابق شکل ٢ مدت زمان تخمیر ٧٥ دقیقه بیشترین تأثیر را بر میزان کاهش اسید فیتیک داشته و مدت زمان های ٦٥، ٥٥ و ٤٥ دقیقه به ترتیب در رده های بعدی قرار دارند. یعنی هر چه مدت زمان تخمیر بیشتر باشد درصد کاهش اسید فیتیک بیشتر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-19]

است وتحقیقات قبلی این نتیجه را تأیید می کند[٦ و١٠و ١٥و٢٠]. به نظر می رسد هر چه مدت زمان تخمیر بیشتر باشد میکرو ارگانیسم های موجود در خمیر نان فرصت بیشتری برای تکثیر داشته و با اسیدی کردن بیشتر محیط، pH را به محدوده اپتیمم برای فعالیت آنزیم فیتاز نزدیک تر می کنند. لازم به ذکر است چنانچه مدت زمان تخمیر از حداکثر زمان ذکر شده بالاتر رود افزایش بازدارندگی فعالیت فیتاز به دلیل انباشتگی بیش از حد فسفر غیر آلی ناشی از رفسفوریلاسیون اسید فیتیک صورت گرفته وهیدرولیز اسید فیتیک کاهش پیدا می کند[١١].

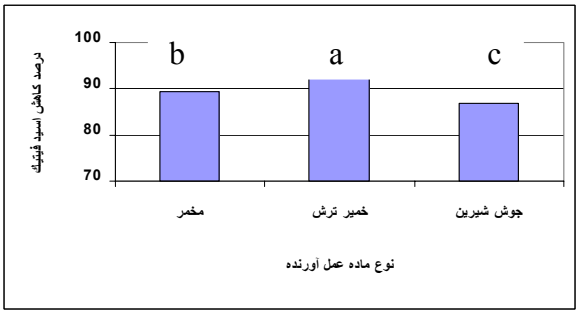


*حروف متفاوت نشان از معنی دار بودن در سطح ٥ درصد دارد.

شکل ٢ اثر مدت زمان تخمیر بر میزان کاهش اسید فیتیک

٣-٣- اثر نوع ماده عمل آورنده بر میزان کاهش اسید فیتیک

آنالیز واریانس داده ها حاکی از معنی دار بودن اثر عامل نوع ماده عمل آورنده بر کاهش اسید فیتیک در سطح ٥ درصد می باشد. همان طور که شکل ٣ نشان می دهد استفاده از خمیر ترش برای عمل آوری خمیر بیشترین کاهش را در میزان اسید فیتیک ایجاد کرده و پس از آن مخمر این اثر را داشته است. تحقیقات قبلی نیز این نتایج را تأیید می کند[٥-٦ و١٥-١٦و٢١]. در نان هایی که با خمیر ترش و مخمر تهیه شده اند میکروارگانیسم های تخمیر کننده موادی تولید می کنند که در طول تخمیر به خمیر حالت اسیدی می دهد. هیدرولیز بیشتر فیتات با کاهش pH به پیش می رود[٥]. مخمر به علت دارا بودن آنزیم فیتاز و خمیر ترش به دلیل کاهش pH حلالیت اسید فیتیک را افزایش می دهد[١٧]. در خمیر ترش میکروارگانیسم ها یی علاوه بر مخمرها شامل باکتری های لاکتیکی حضور دارند و این امر باعث کاهش بیشتر pH می گردد[١٨]. به نظر می رسد در نمونه های بکار رفته، مقداری از کاهش اسید فیتیک مربوط به آنزیم فیتاز همراه آرد کامل گندم بوده و بقیه کاهش مربوط به اثر ماده عمل آورنده می باشد. لذا کاهش اسید فیتیک در نمونه همراه جوش شیرین نیز مربوط به اثر جوش شیرین نبوده بلکه جلوگیری بیشتر از کاهش اسید فیتیک این نمونه نسبت به دو نمونه همراه مخمر و خمیر ترش، به اثر جوش شیرین بر می گردد. جوش شیرین به دلیل افزایش pH، محیط را بی انجام عمل فیتاز نامناسب می نماید[٥-٦].



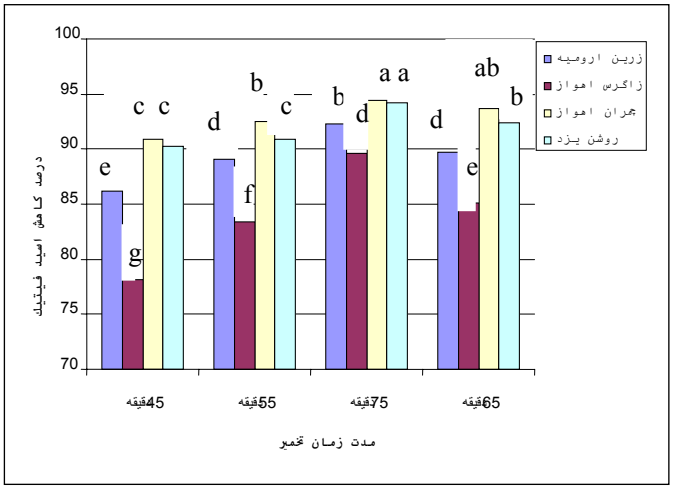
*حروف متفاوت نشان از معنی دار بودن در سطح ٥ درصد دارد.

شکل ٣ اثر نوع ماده عمل آورنده بر میزان کاهش اسید فیتیک

٣-٤- اثر متقابل رقم و مدت زمان تخمیر بر میزان کاهش اسید فیتیک

آنالیز داده ها نشان می دهد که اثر رقم و مدت زمان تخمیر بر میزان کاهش اسید فیتیک در سطح ٥ درصد معنی دار است ($P < ٠/٠٥$). همان طور که شکل ٤ نشان می دهد نان های تولیدی از ارقام مختلف گندم در مدت زمان ٧٥ دقیقه تخمیر بیشترین میزان کاهش اسید فیتیک را دارا می باشند و مدت زمان های تخمیر ٥٥، ٦٥، ٤٥ دقیقه به ترتیب در رده های بعدی قرار دارند. همچنین مدت زمان تخمیر ٧٥ دقیقه در ارقام چمران اهواز بیشترین اثر را بر کاهش اسید فیتیک داشته و ارقام روشن یزد، زرین ارومیه و زاگرس اهواز به ترتیب در رده های بعدی قرار می گیرند. سایر زمان های تخمیر نیز به همین ترتیب بر میزان کاهش اسید فیتیک مؤثر بوده اند. مدت زمان بیشتر در تخمیر به آنزیم فیتاز مجال عمل بیشتری داده و اسید فیتیک کاهش بیشتری نشان داده است [٣].

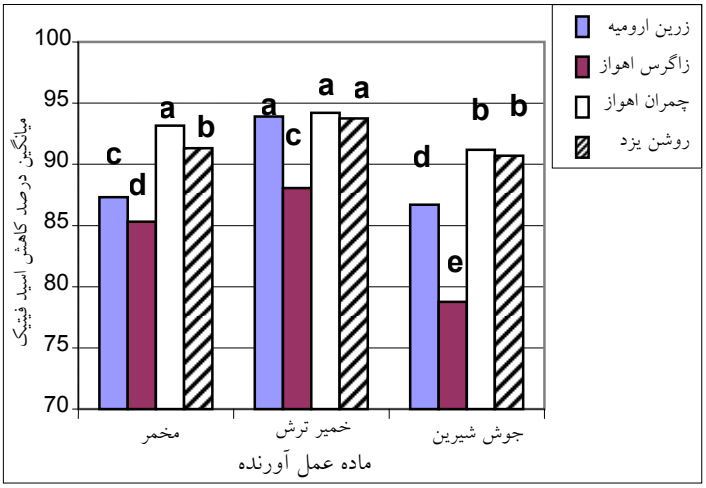
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-19]



شکل ٤ اثر متقابل رقم و مدت زمان تخمیر بر میانگین درصد کاهش اسید فیتیک در نان های تولیدی

٣-٥- اثر متقابل رقم و نوع ماده عمل آورنده بر میزان درصد کاهش اسید فیتیک

آنالیز داده ها نشان می دهد اثرمتقابل رقم و نوع ماده عمل آورنده در سطح ٥ درصد معنی دار است (٪٥>P). مطابق شکل ٥ در هر رقم استفاده از خمیر ترش برای ورآمدن خمیر نان باعث کاهش بیشتر اسید فیتیک می گردد و مخمر و جوش شیرین به ترتیب در رده های بعدی قرار دارند. همچنین درصد کاهش اسید فیتیک بر اثر استفاده از خمیر ترش به عنوان ماده عمل آورنده در رقم چمران اهواز نسبت به سایر ارقام بیشتر بوده، و ارقام روشن یزد، زرین ارومیه و زاگرس اهواز به ترتیب در رده های بعدی قرار می گیرند. اثر مخمر و جوش شیرین بر درصد کاهش اسید فیتیک در مورد این ارقام از همین روند پیروی کرده است. سلول های مخمر با مصرف مواد قندی موجود در خمیر نان اسیدهای مختلفی تولید کرده وpH خمیر را پایین می آورد[١٧و٢١]. در خمیر ترش میکروارگانیسم ها شامل باکتری های لاکتیکی ومخمرها هستند. مقدار اسیدی که توسط این میکروارگانیسم ها در خمیر ترش ساخته می شود pH را به میزان بیشتری پایین می آورد. درpH حدود ٤ رشد باکتری ها و تشکیل اسید در اثر تولید فرآورده های متابولیسمی باکتری ها متوقف می شود[١٧-١٨]. در مورد جوش شیرین (بی کربنات سدیم) واکنش تجزیه آن به سودا، آب و دی اکسید کربن انجام می شود[١٨]. بنا براین خمیر حاصل از مصرف جوش شیرین به عنوان ماده عمل آورنده دارای pH بالاتری می باشد. از pH به عنوان مهمترین عامل مؤثر برمیزان هیدرولیزاسید فیتیک نام برده شده است[١٩و٢٠].



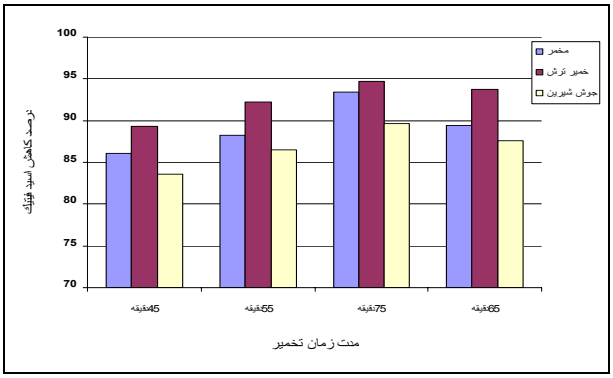
شکل ٥ اثر متقابل رقم و نوع ماده عمل آورنده بر میزان کاهش اسید فیتیک

*ستون هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند درسطح ٥ درصد اختلاف معنی داری ندارند

٣-٦- اثر متقابل مدت زمان تخمیر و نوع ماده عمل آورنده بر میزان کاهش اسید فیتیک

آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد (شکل ٦) که دو عامل مدت زمان تخمیر و نوع ماده عمل آورنده بر میزان کاهش اسید فیتیک در نان های تولیدی مستقل از یکدیگر عمل کرده و اگر اثر متقابلی هم داشته باشند از لحاظ آماری در سطح ٥ درصد معنی دار نمی باشد(٠/٠٥>P). به نظر می رسد با تغییر نوع ماده عمل آورنده (مخمر، خمیر ترش، جوش شیرین) شرایط موجود در محیط عمل آنزیم فیتاز از جمله pH تغییر می کند [١٧]. این امر منجر به ایجاد سرعتهای متفاوتی در واکنش آنزیمی هیدرولیز اسید فیتیک می گردد [١٩-٢٠]. از اینرو زمان لازم برای هیدرولیز و شکسته شدن اسید فیتیک تغییر می کند اما تجزیه و تحلیل داده ها نشان می دهد که اثر متقابل نوع ماده عمل آورنده و مدت زمان تخمیر در سطح ٥ درصد معنی دار نمی باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-19]



شکل ٦ اثر متقابل مدت زمان تخمیر و نوع ماده عمل آورنده بر میزان کاهش اسید فیتیک

به طور کلی نتایج این بررسی نشان می دهد که با استفاده از رقم چمران اهواز و خمیر ترش به عنوان ماده عمل آورنده برای مدت زمان تخمیر ۷۵ دقیقه می توان به بیشترین میزان درصد کاهش اسید فیتیک در نان های تولید شده دست یافت(۹۵/٤۹۲ درصد). ارقام روشن یزد، زرین ارومیه و زاگرس اهواز نیز با استفاده از همین شرایط (خمیر ترش به عنوان ماده عمل آورنده و مدت زمان تخمیر۷۵ دقیقه) و با درصدهای کاهش اسید فیتیک ۹۵/۱۲۹، ۹۱/٤۰۹ و ۹۰/۹٦ به ترتیب مقام های بعدی را دارا می باشند. لذا می توان با بررسی های بیشتر بر روی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی این رقم و با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش های قبلی این رقم و شرایط اعلام شده را جهت تولید نان حجیم توصیه نمود.

٤- منابع

[1] Liu, B. L. Rafiq, A., Tzeng, Y. M. and A. Rob. 1998. The induction and characterization of phytase and beyond. Enzyme and Microbial Technology, 22:415-424.

[۲] سحری، م. ع و شریعتمداری، ف. ۱۳۸۱. ترکیبات ضد مغذی درخوراک انسان، دام، طیور وآبزیان . چاپ اول. انتشارات اندیشمند، تهران. ۲۰۸ص.

[۳]پیرایش فر، ب.، رشمه کریم، ک. و محمد خانی ع. ۱۳۸۰. تأثیر درجه استخراج بر کیفیت آرد و نان. مجله زیتون. شماره۱٤۸، صفحات ۱۸ تا۲۲.

[4] Abernethy, R. H. Paulsen, G. M. and R. Ellis. 1973. Relationship among phytic acid, phosphorus and zinc during maturation of winter wheat. J. Agric. Food Chem., 21: 282-284.

[۵]سحری، م. ع. ۱۳۷۷. اسید فیتیک و مشکل آن در صنایع نانوایی. فصلنامه علمی و صنعتی ایران و کشورهای مشترک المنافع. شماره ۵، صفحات ۳تا۵.

[6] Almana, H. A. 2000. Extent of phytate degradation in breads and various food consumed in Saudi Arabia. J. Food Chemistry, 70: 451-456.

[7] Garcia-Estepa, R. M., Guerra-Hernandez, E. and B. Garcia-Villanova. 1999. Phytic acid content in milled cereal products and breads. Food Research International, 32: 217-221.

[8] Lopez, H. W., Vallery, F., Levrat-Verny, M .A., Coudray, C., Demigne, C. and C. Remesy. 2000. Dietary phytic acid and wheat bran enhance mucosal phytase activity in rat small intestine. J. Nutrition, 130: 2020-2025.

[9] Wisker, E., Hudtwalcker, G. A., Ramminger, B. and W. Feldheim. 1987. Phytic acid content of fibre-rich bread. Deutsche Lebensmittel Rundschau, 83:13-15.

[10] Lonkhuysen, H. J. and A.W.Genderen. 1985. Changes in phytic acid content during Genderen, A.W.1985. Changes in phytic accid content during breadmaking with yeast or with sourdough starter. Voeding, 98-101.

[11] Tabekhia, M. M. and B. J. Donnelly. 1982. Phytic acid in durum wheat and its milled poducts. Cereal Chemistry, 59:105-107.

[12] Sahari, M. A., Ahmadi Gavlighi, H. and Azizi Tabrizzad, M. H. 2006. Classification of protein content and technological properties of eighteen wheat varieties grown in Iran International Journal of Food Science and Technology, 41(2): 6-11.

[13] Feil, B. and D. Fossati. 1997. Phytic acid in titicale grains as affected by cultivar and environment. Crop Science, 37:916-621.

[14] American Association of Cereal Chemists Approved Methods. 1995. Optimized straight-dough bread- making method. 9-th edition. AACC Method 10-10B.

[15] Ter-Sarkissian, N., Azar, M., Ghavifekr, H., Ferguson, T. and H. Hedayat. 1974. High phytic acid in Iranian breads. J. of the American Detetic Association, 65:651-653.

[16] Adeyeye, E. I., Arogundade, L. A., Akintayo, E. T., Aisida, O. A. and P. A. Alao.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-19]

2000. Calcium, zinc and phytate interrelationships in some food of major consumption in Nigeria. Food Chemistry, 71: 435-441

[17] Giovanelli, G. and R. Polo. 1994. Formation of fermentation products and reduction in phytic acid in wheat and rye flour breadmaking. Italian J. of Food Science, 6: 71-83.

[١٨]رجب زاده، ن. ١٣٧٢. تکنولوژی نان. چاپ دوم. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران .٤٤٨ص.

[19] Noll. J. S. 1985. Effect of phytate, pH and acid treatment on the falling number of sound and weathered wheats. Cereal Chemistry, 62: 22-25.

[20] Ranhotra, G. S. 1973. Factors affecting hydrolysis during breadmaking of phytic acid in wheat protein concentrate. Cereal Chemistry, 50: 353-357

[21] Tabekhia, M. M. and R. B. Toma. 1979. Chemical composition of various types of Egyptian breads. Nutrition Reports International (USA), 19: 377-382.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-19]