



تاثیر پیش تیمار گلو تامات سدیم بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی و ترکیبات زیست فعال گندم جوانه زده

روح الله پاشایی بهرام^۱، افشین جوادی^{۲*}، صمد بدبدک^۳، سید مصطفی اعرج خدایی^۴

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ممقان، دانشگاه آزاد اسلامی، ممقان، ایران.

۲- استاد، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، علوم پزشکی تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۴- استادیار، دانشکده طب سنتی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	هدف این تحقیق بررسی تاثیر افزودن گلو تامات سدیم به عنوان سوبسترا بر میزان تولید گاما آمینوبوتیریک اسید در طی جوانه زنی دانه گندم بود. برای این منظور دانه های گندم رقم الوند با مقادیر مختلف گلو تامات سدیم (150 mg kg^{-1} و 100 ، 50 ، 0) در طی 72 h جوانه زنی تیمار شد. ویژگی های فیزیکی (مانند وزن دانه جوانه زده، تعداد دانه جوانه زده و طول جوانه) و نیز مقادیر ترکیبات زیست فعال (مانند گاما آمینوبوتیریک اسید، فلاونوئید کل، فنول کل و فعالیت روبشی رادیکال های آزاد DPPH در بازهای زمانی 24 h ، 48 و 72 اندازه گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش غلظت گلو تامات سدیم و زمان جوانه زنی، وزن دانه جوانه زده و تعداد دانه جوانه زده افزایش یافت. همچنین با گذشت زمان مقدار فلاونوئید کل در همه نمونه ها کاهش یافت و افزایش گلو تامیک اسید نیز تاثیر معنی داری بر مقدار آن نداشت. بیشترین مقدار فنول کل، گاما آمینوبوتیریک اسید و ظرفیت آنتی اکسیدانی در نمونه تیمار شده 150 mg kg^{-1} در روز اول جوانه زنی به ترتیب برابر با $4589 \mu\text{g GAE g}^{-1}$ ، $303 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ و 57% مشاهده شد. در همه تیمارها در طی زمان جوانه زنی مقدار این ترکیبات تغییر معنی داری نداشت ($p > 0.05$). در نهایت نتیجه گیری شد که زمان جوانه زنی 24 h و مقدار 150 mg kg^{-1} گلو تامات سدیم مناسب ترین تیمار برای افزایش بیوسنتز گاما آمینوبوتیریک اسید در دانه های گندم جوانه زده بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۴	
کلمات کلیدی: گلو تامات سدیم، گاما آمینوبوتیریک اسید، گندم جوانه زده، جوانه زنی.	
DOI: 10.22034/FSCT.19.128.83 DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.17.2	
* مسئول مکاتبات: Javadi@iaut.ac.ir	

۱- مقدمه

گندم (*Triticum aestivum*) از قدیمی ترین و پرمصرف ترین گیاهان زراعی جهان می باشد. اهمیت گندم بیشتر مربوط به خواص فیزیکی شیمیایی و ترکیبات تشکیل دهنده آن است. پروتئین گندم از لحاظ تغذیه ای و تکنولوژیکی حائز اهمیت است. هم چنین سبوس گندم دارای پروتئین و ویتامین های مختلفی مانند A, B, C و E می باشد. گندم دارای سه بخش کلی آندوسپرم، پوسته و جوانه می باشد. استفاده از جوانه زنی کنترل شده به عنوان روشی برای بهبود ارزش تغذیه ای و طعم محصولات غلات مورد توجه است. افزایش فعالیت آنزیمی در طی جوانه زنی تاثیر مخربی بر کیفیت نانوائی و آردسازی گندم دارد. فرآیند جوانه زنی بر کیفیت نانوائی آرد تاثیر دارد. اما باید جوانه زنی را به عنوان یک روش مناسب برای بهبود ارزش تغذیه ای گندم در نظر گرفت [۱]. این امر به دلیل افزایش قابلیت هضم نشاسته و افزایش زیست دسترسی آمینو اسیدها و تشکیل چندین ترکیب زیست فعال در طی جوانه زنی است. مطالعات افزایش در قندهای احیاء و آمینو اسیدهای آزاد، از جمله گاما آمینو بوتیریک اسید [۲] مواد معدنی قابل دسترسی زیستی [۳]، فیبرهای رژیمی محلول، ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی [۴] را در طی جوانه زدن دانه نشان می دهد. در بین ترکیبات افزایش یافته در طی جوانه زنی، GABA به عنوان یک ترکیب موثر در ارتقاء سلامت بیشتر مورد توجه است. GABA یک آمینو اسید دکربنه و غیر پروتئینی است که جزء اصلی آمینو اسیدها آزاد در اکثر سلول های موجودات زنده پروکاریوت و یوکاریوت می باشد [۵]. GABA یکی از مهمترین نوروترانسمیترهای مهاری در سیستم عصبی مرکزی مهره داران است، از طرف دیگر دارای چندین عملکرد فیزیولوژیکی از جمله القاء کاهش فشارخون، اثرات ادرار آور و تسکین دهندگی، جلوگیری از تکثیر سلول های سرطانی، اثرات ضد استرس روی سلامت انسان می باشد و یک محرک قوی برای ترشح انسولین از پانکراس است. همچنین می تواند نقش یک تنظیم کننده تغذیه ای روی پانکراس را ایفاء کند و به طور موثری از شرایط دیابتیک جلوگیری کند. تحقیقات اخیر نشان داده است گاما آمینو بوتیریک اسید ممکن است غلظت هورمون های رشد پلازما و سرعت سنتز پروتئین در مغز را بهبود بخشد [۶]. یانگ و همکاران (۲۰۱۴)، تاثیر اولتراسوند را بر روی بهبود

خواص خوراکی و تغذیه ای و همچنین کیفیت جوانه های دانه سویا مورد بررسی قرار دادند. آنها دانه های سویا را تحت توان های مختلف اولتراسوند (۰ تا ۳۰۰ وات) تیمار نمودند و دریافتند که تیمار اولتراسوند سرعت جوانه زنی و طول جوانه و میزان گاما بوتیریک اسید را افزایش می دهد [۷]. ناگاوکا (۲۰۰۵)، تیمارهای مختلف جهت را جهت افزایش سطوح گاما بوتیریک اسید و اسید فیتیک کاتالیز شده توسط آنزیم های درونی دانه گندم را مورد مطالعه قرار دادند. آنها دریافتند که سطوح ترکیبات زیست فعال گندم می تواند به طور چشمگیری با دستکاری شرایط جوانه زدن و استفاده از فعالیت آنزیم های درونی افزایش یابد. نتایج این محققان نشان داد که بازدهی گاما بوتیریک اسید از گندم جوانه زده در سطوح کنترل نشده اکسیژن محلول ۱۸±۳ بار بیشتر از گندم های بدون مکمل اکسیژن بود. همچنین غلظت گاما بوتیریک اسید در ریشه گندم از سایر نقاط آن بیشتر بود [۸].

برانزلیلی و همکاران (۲۰۱۸)، تغییرات در فعالیت آنزیمی، کیفیت تکنولوژیکی و محتوای گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA) در آرد گندم جوانه زده شده را مورد بررسی قرار دادند. آنها اثرات جوانه زنی گندم قبل از برداشت از مزرعه (PHS) و شرایط جوانه زنی القا شده در آزمایشگاه به مدت ۲۴، ۸ و ۷۲ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از این بود که جوانه زنی موجب کاهش قدرت گلوتن و تضعیف پروتئین می گردد ولی با این حال سبب افزایش حجم نان و میزان گاما بوتیریک اسید شد [۹].

دینگ و همکاران (۲۰۱۸)، تاثیر جوانه زنی کنترل شده بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و خواص کاربردی آرد گندم کامل و افزایش میزان گاما بوتیریک اسید توسط اولتراسوند را مورد بررسی قرار دادند. آنها بیان کردند که بعد از ۱۵h جوانه زنی کنترل شده میزان فالینگ نامبر به طور قابل ملاحظه ای کاهش داشته و میزان گلوکز ۲۲۷-۳۵۷٪ افزایش یافت. همچنین میزان شکست در خمیر حاصله از گندم کامل کاهش یافت که نشان دهنده کاهش قابل توجه رترোগراداسیون نشاسته در یک سیستم آبی است. بعد از ۷۲h جوانه زنی میزان GABA به میزان ۳۳۹٪ در مقایسه با نمونه جوانه زده افزایش داشت. همچنین میزان GABA در نمونه حاصل از گندم نرم سفید که تحت تیمار اولتراسوند قرار گرفته بود به میزان ۳۰۷٪ بیشتر از سایر نمونه ها بود [۲].

۲-۳-۲- طول جوانه

طول جوانه با استفاده از خط کش اندازه‌گیری و بر حسب cm گزارش شد.

۲-۳-۳- وزن تر جوانه

برای اندازه‌گیری وزن تر جوانه ابتدا ریشه‌ها حذف و جوانه درون پاکت قرار گرفت و سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ توزین شد.

۲-۳-۴- مقدار GABA

مقدار GABA توسط روش لیو و همکاران (۲۰۱۳) اندازه‌گیری شد [۱۰]. برای این منظور ۰/۵ g پودر دانه جوانه‌زده شده خشک شده با ۵ mL محلول ۱۰٪ تری‌کلرواستیک اسید مخلوط و به مدت ۱ min همزده شده و سپس به مدت ۲h در ۴۰ °C جهت استخراج GABA نگهداری شد و با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ با ۱۰۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ min سانتریفیوژ شد و فاز مایع بالایی با استفاده از فیلتر ۰/۴۵ µm صاف شد. غلظت GABA در عصاره‌های استخراج شده توسط دستگاه HPLC (شیمادزو، ژاپن) و بعد مشتق‌سازی با آفتال دی آلدئید آنالیز شد. فاز متحرک از دو بافر A (استات سدیم ۰/۰۲ M، pH تنظیم شده روی ۷/۳ با اسید استیک، ۲۰۰ µM تری اتیل آمین در هر ۱۰۰۰ mL محلول) و بافر B (اسیتونیتریل با درجه کروماتوگرافی) تشکیل شده بود. ۸۰ µM عصاره نمونه‌ها با ۴۰۰ µM از محلول ۰/۴ M بافر نمک بورات (pH تنظیم شده روی ۱۰/۴ با استفاده از محلول هیدروکسید سدیم ۴۰٪) و ۸۰ µM واکنشگر مشتق‌سازی (با حل کردن ۱۰ mg آفتال دی آلدئید در ۲۰ µM از ۲-مرکاپتواتانول در ۲/۵ mL اسیتونیتریل) در دمای اتاق به مدت ۵ min جهت انجام واکنش مخلوط شد. ۲۰ µM از محلول مشتق‌سازی شده به ستون MP RP-18 دستگاه HPLC تزریق شد و با فاز متحرک حاوی بافر A و B (به نسبت ۸۰:۲۰ v/v) با سرعت جریان ۰/۸ mL min⁻¹ در ۴۰ °C عبور داده شد. مقدار GABA با استفاده از آشکارساز فرا بنفش در طول ۳۳۸ nm تعیین شد.

۲-۳-۵- فعالیت روبشی رادیکال‌های آزاد DPPH

برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از روش مهار رادیکال ۲،۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده شد. برای این منظور در مرحله اول، محلول DPPH در متانول (۲ mM) تهیه و در یک بطری شیشه‌ای قهوه‌ای بسته

GABA از دکربوکسیلاسیون L-گلوتامیک اسید توسط آنزیم گلوتامات دکربوکسیلاز در سلول‌های زیستی تولید می‌شود. فرآیند جوانه‌زنی و افزودن اسید گلوتامیک به صورت نمک گلوتامات سدیم به عنوان پیش‌ساز GABA می‌تواند مسیر متابولیکی تولید GABA را تحریک و سرعت تولید این ماده را افزایش دهد. هدف این تحقیق بررسی اثر زمان جوانه‌زنی و مقدار گلوتامات سدیم بر میزان GABA و سایر ترکیبات زیست فعال جوانه گندم بود.

۲- مواد و روش‌ها**۲-۱- مواد مورد استفاده**

در این تحقیق گندم رقم الوند از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی تهیه شد. مواد آزمایشگاهی با درجه آنالیزی از شرکت مرک و سیگما تهیه گردیدند.

۲-۲- روش جوانه‌زنی دانه‌های گندم تیمار شده**با گلوتامات سدیم**

برای این منظور ابتدا دانه‌های گندم تمیز شده و ناخالصی‌ها از آن جدا شد. سپس از ضد عفونی با محلول هیپوکلریت سدیم ۱٪ برای مدت ۵ min و آبکشی با آب مقطر، نمونه‌ها در آب خیس‌انده شده و به مدت ۲۴ h در دمای ۳۰ °C در داخل آب نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها در یک ظرف شیشه‌ای پهن شده و پارچه سفید روی آن کشیده شد و محلول حاوی غلظت‌های مختلف گلوتامات سدیم (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ mg kg⁻¹) در آب به همراه نمونه شاهد (بدون افزودن گلوتامات سدیم) بر روی پارچه اسپری شد و نمونه‌های تیمار شده در دمای ۳۰ °C به مدت ۳ روز گرمخانه‌گذاری شدند. در روزهای اول، دوم و سوم نمونه‌برداری انجام شده و نمونه‌ها در دمای ۶۰ °C در آون به مدت ۳ h خشک شدند و در ظروف دربسته در دمای ۱۸ °C - نگهداری شدند. برای انجام آزمایشات مربوطه، نمونه‌ها با استفاده از آسیاب خانگی آسیاب شدند.

۲-۳- آزمایشات فیزیکی-شیمیایی دانه‌های**گندم جوانه‌زده****۲-۳-۱- درصد جوانه زنی**

درصد جوانه زنی از نسبت تعداد بذور جوانه‌زده به تعداد کل بذور بدست آمد.

۲-۴- آنالیز آماری

در این مطالعه اثر فاکتورهای زمان (سه سطح)، غلظت گلو تامات سدیم (۳ سطح) بر شاخص‌های جوانه زنی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات زیست‌فعال دانه گندم جوانه زده در قالب طرح کاملاً تصادفی به روش آزمایشات فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همه تیمارها در سه تکرار انجام شد. اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای اعمال شده با روش آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین تیمارها با روش حداقل میانگین مربعات در سطح احتمال ($P < 0.05$) انجام گرفت. آنالیزهای آماری با نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹/۱ و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر زمان جوانه زنی و غلظت گلو تامات

سدیم بر وزن تر

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود زمان و غلظت گلو تامات سدیم تاثیر معنی‌داری بر وزن دانه گندم جوانه زده داشت ($p \leq 0.05$) و با افزایش غلظت گلو تامات سدیم و زمان جوانه زنی وزن دانه گندم جوانه زده افزایش یافت. به طوری که وزن گندم از ۱۳۵ g در نمونه شاهد به ۱۵۵ g گرم در نمونه تیمار شده 150 mg kg^{-1} گلو تامات سدیم در روز اول رسید.

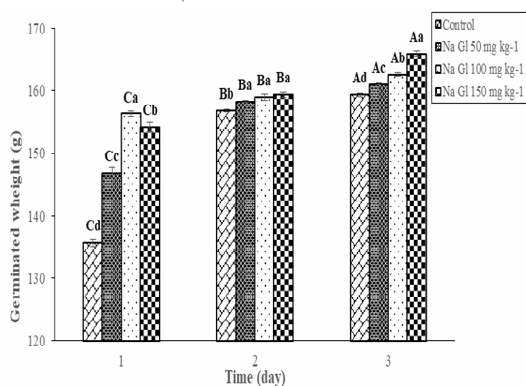


Fig 1 Time course of germinated weight in wheat seeds soaked at different concentration of sodium glutamate solutions.

*Different capital letters represent significant differences between different germination times in specific treatment ($P < 0.05$).

*Different lower-case letters represent significant differences between different treatments at specific germination times ($P < 0.05$).

بندی شده در کاغذ آلومینیوم، تا زمانی که استفاده در 4°C ذخیره شد. به ۱ میلی‌لیتر از عصاره نمونه‌های تیمار شده ۵ mL محلول DPPH اضافه شد. نمونه بلانک حاوی ۱ mL متانول فاقد عصاره در ۵ mL محلول DPPH تهیه شد. به نمونه‌ها در دمای اتاق 25°C در تاریکی به مدت ۳۰ min استراحت داده شد. جذب نمونه در طول موج ۵۱۷ nm با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد [۱۱]. فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{DPPH} (\%) = \left(1 - \frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}}\right) \times 100$$

که در آن A_{sample} جذب نمونه فیلم‌های تولیدی و A_{control} جذب نمونه کنترل است.

۲-۳-۶- استخراج و اندازه‌گیری مقدار فنول کل

ابتدا مقدار ۰/۵ g پودر دانه گندم جوانه زده با محلول ۸۰/۸۰ متانول در آب مخلوط و به مدت ۱ h همزده شد و سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۱ صاف شد و حجم آن با استفاده از محلول متانول ۸۰/۸۰ در آب به ۱۰ mL رسانده شد. سپس ۰/۵ mL از عصاره متانولی تا خشک شدن کامل در داخل آون 50°C خشک شد. اندازه گیری میزان فنول کل با روش فولین-سیوکالچو انجام گرفت. برای این منظور باقیمانده عصاره خشک در ۶/۵ mL آب حل شد. سپس به آن ۰/۵ mL فولین ۱۰٪ اضافه شد و نمونه کاملاً همزده شد. پس از ۵ min مقدار ۱ mL محلول کربنات سدیم اشباع (۷/۵٪) افزوده شد. پس از ۱/۵ h نگهداری در دمای اتاق با دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب نمونه در طول موج ۷۶۰ nm قرائت شد و به صورت μg معادل اسید گالیک بر g نمونه بیان شد [۱۲].

۲-۳-۷- اندازه‌گیری مقدار فلاونوئید کل

مقدار فلاونوئید کل (TFC) با دستگاه اسپکتروفتومتر و روش کلرید آلومینیوم بر اساس تشکیل کمپلکس فلاونوئید-آلومینیوم تعیین شد. برای این کار ۰/۳ mL عصاره خشک شد و باقیمانده آن در ۱۰ mL محلول متانولی کلرید آلومینیوم (AlCl_3) (۲٪ وزنی/حجمی) مخلوط شده، پس از قرارگیری در دمای اتاق به مدت ۱۵ min، جذب مخلوط واکنش داده در ۴۲۰ nm اندازه گیری شد. محتویات فلاونوئید کل از منحنی کالیبراسیون بر مبنای μg معادل کوئرستین بر g نمونه محاسبه شد [۱۲].

افزایش مقدار گلوتامیک اسید در آب خیساندن دانه جو باعث افزایش سرعت جوانه زنی می‌شود [۱۴].

۳-۱-۲- تاثیر زمان جوانه زنی و غلظت گلوتامات سدیم بر طول جوانه

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد اثر زمان جوانه زنی و غلظت گلوتامات سدیم بر طول جوانه معنی‌دار بود ($P \leq 0.05$). در روز اول اختلاف معنی‌دار بین نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها از نظر طول جوانه وجود نداشت ($P > 0.05$)، ولی در روز سوم این اختلاف مشهود بوده و با افزایش غلظت گلوتامات سدیم طول جوانه نیز بطور معنی‌دار افزایش یافت. بیشترین طول جوانه (۱۱mm) مربوط به نمونه به تیمار 150 mg kg^{-1} گلوتامات سدیم و روز سوم بود. نتیجه بدست آمده از این پژوهش مطابق با نتایج رنو و همکاران (۲۰۱۰) بود [۱۵].

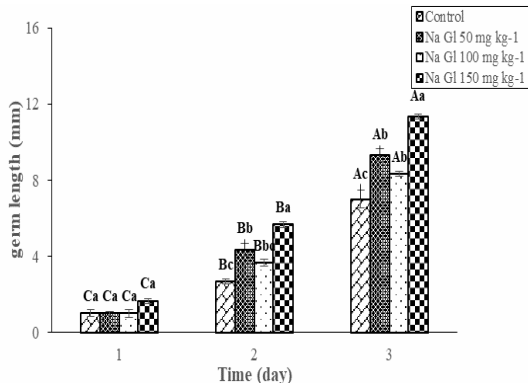


Fig 3 Time course of germ length in wheat seeds soaked at different concentration of sodium glutamate solutions.

*Different capital letters represent significant differences between different germination times in specific treatment ($P < 0.05$).

*Different lower-case letters represent significant differences between different treatments at specific germination times ($P < 0.05$).

۳-۱-۳- تاثیر زمان جوانه زنی و غلظت گلوتامات سدیم

بر محتوی فلاونوئید کل

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود تاثیر زمان جوانه زنی و مقدار گلوتامات سدیم بر محتوی فلاونوئید کل نمونه‌ها معنی‌دار بود ($P \leq 0.05$). بیشترین مقدار فلاونوئید کل در روز اول جوانه زنی مشاهده شد و با گذشت زمان مقدار آن بطور معنی‌دار کاهش یافت. همچنین در همه زمان‌ها بیشترین مقدار فلاونوئید کل مربوط به تیمار با گلوتامات سدیم 150 mg kg^{-1} بود. فلاونوئید کل در طول مدت جوانه زنی روند کاهشی داشته و از $47 \mu\text{g CE g}^{-1}$ به $38 \mu\text{g}$ در نمونه شاهد و از

همچنین این مقادیر در روز دوم و سوم آزمایش هم در نمونه شاهد و هم در نمونه های تیمار افزایش داشته است. نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج برانزلینی و همکاران (۲۰۱۸) و ناگوکا (۲۰۰۵) مطابقت داشت [۸ و ۹].

کوانتچای و همکاران (۲۰۱۴) اظهار کردند که افزودن گلوتامات سدیم باعث افزایش مقدار GABA و همچنین سنتز سریع‌تر پروتئین‌های مورد نیاز دانه در هنگام جوانه زنی شده و می‌تواند با سنتز پیش‌سازهای چرخه اسید سیتریک به رشد سریع‌تر دانه کمک کند [۱۳].

۳-۱-۱- تاثیر زمان جوانه زنی و غلظت گلوتامات سدیم

بر تعداد دانه

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد اثر زمان جوانه زنی و غلظت گلوتامات سدیم بر تعداد دانه جوانه زده معنی‌داری بود ($P < 0.05$). به طوریکه تعداد جوانه از ۵۰٪ در نمونه شاهد در روز اول به ۶۰٪ در روز سوم رسید که ناشی از تاثیر معنی‌داری زمان می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تیمار با غلظت‌های 100 mg kg^{-1} و 50 mg kg^{-1} گلوتامات سدیم معنی‌داری بر تعداد دانه جوانه زده در مقایسه با نمونه شاهد نداشتند ولی افزایش غلظت باعث افزایش تحریک جوانه زنی و افزایش تعداد دانه جوانه زده شد.

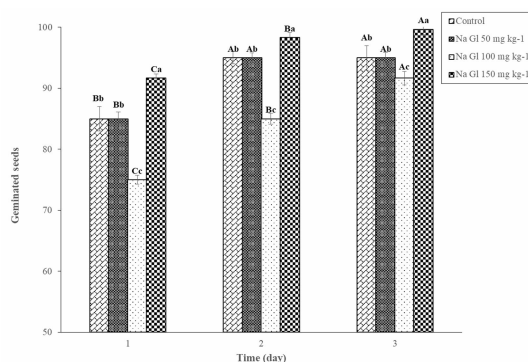


Fig 2 Time course of germinated seed numbers in wheat seeds soaked at different concentration of sodium glutamate solutions.

*Different capital letters represent significant differences between different germination times in specific treatment ($P < 0.05$).

*Different lower-case letters represent significant differences between different treatments at specific germination times ($P < 0.05$).

بطوری‌که بیشترین درصد جوانه زنی (۹۹٪) مربوط به نمونه تیمار شده با 150 mg kg^{-1} گلوتامات سدیم در روز سوم جوانه زنی بود. اینونامی و همکاران (۱۹۷۱) اظهار داشتند که

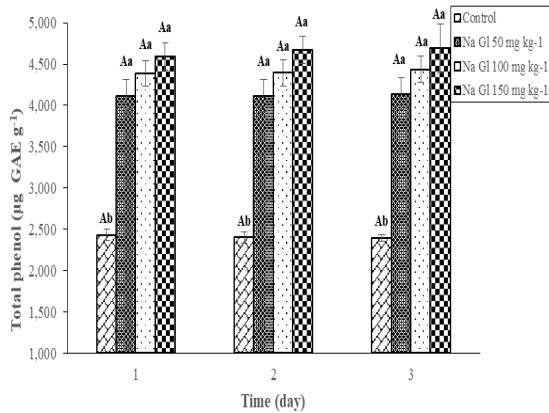


Fig 5 Time course of total phenol content in wheat seeds soaked at different concentrations of sodium glutamate.

*Different capital letters represent significant differences between different germination times in specific treatment ($P < 0.05$).

*Different lower-case letters represent significant differences between different treatments at specific germination times ($P < 0.05$).

۳-۱-۵- تاثیر زمان جوانه زنی و غلظت گلوتامات سدیم بر مقدار GABA

شکل ۶ نشان می‌دهد که فقط تاثیر مقدار گلوتامات سدیم بر مقدار GABA معنی‌دار بوده ($p \leq 0.05$) و اثر زمان جوانه زنی غیرمعنی‌دار بود.

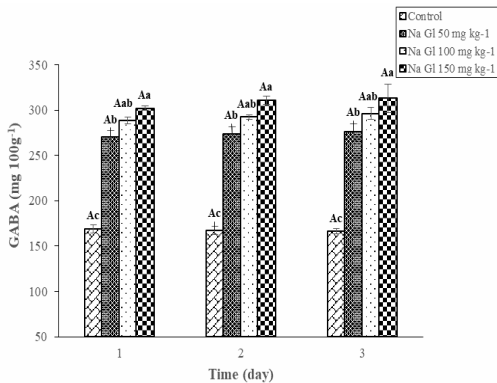


Fig 6 Time course of GABA content in wheat seeds soaked at different concentrations of sodium glutamate.

*Different Capital letters represent significant differences between different germination times in specific treatment ($P < 0.05$).

*Different lower-case letters represent significant differences between different treatments at specific germination times ($P < 0.05$).

$g^{-1} CE 46$ به 30 در نمونه تیمار با $150 mg kg^{-1}$ گلوتامات سدیم رسید. کاهش در مقدار فلاونوئید کل را می‌توان به مهار رادیکال‌های آزاد تولید شده در اثر متابولیسم میتوکندری بیان کرد. نتیجه بدست آمده از این پژوهش با نتایج رنو و همکاران (۲۰۱۰) و برانزلیلی و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت [۸ و ۹].

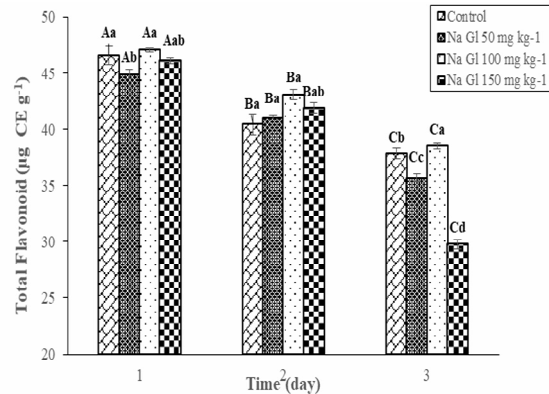


Fig 4 Time course of total flavonoid content in wheat seeds soaked at different concentrations of sodium glutamate.

*Different capital letters represent significant differences between different germination times in specific treatment ($P < 0.05$).

*Different lower-case letters represent significant differences between different treatments at specific germination times ($P < 0.05$).

۳-۱-۴- تاثیر زمان جوانه زنی و غلظت گلوتامات سدیم بر فنول کل

شکل ۵ نشان می‌دهد که فقط غلظت گلوتامات سدیم بر میزان فنول کل تاثیر معنی‌داری داشت ($p \leq 0.05$).

به طوری که فنول کل با افزایش مقدار گلوتامات سدیم اضافه شده روند افزایشی داشته و از $2432 \mu g GAE g^{-1}$ در نمونه شاهد به $4589 \mu g GAE g^{-1}$ در نمونه تیمار شده با $150 mg kg^{-1}$ گلوتامات سدیم رسید. افزایش مقدار ترکیبات فنولی در طی جوانه زدن دانه گندم را می‌توان به افزایش بیوسنتز و تجزیه لیگنین و سایر پلیمرهای دیواره سلولی نسبت داد [۱۶].

همچنین فرآیند جوانه زنی ممکن است بیوسنتز ترکیبات فنولی را افزایش دهد که این افزایش از طریق فعال شدن آنزیم‌های فنیل آلانین آمینولیز و گلوکاتایون اس ترانسفراز مربوط است [۱۷].

آنتی‌اکسیدانی به دلیل افزایش میزان ترکیبات فنولی در دانه جوانه‌زده و نرم شدن مغز دانه در اثر جذب آب دانه و آزاد شدن ترکیبات فنولی محصور در دانه نسبت داد [۲۰ و ۱۹]. علاوه بر این پس از تبدیل گلوتامیک اسید به گاما آمینو بوتیریک اسید در داخل سلول، گاما آمینو بوتیریک اسید به متابولیت‌های واسط دیگری تبدیل و وارد چرخه اسید سیتریک می‌شود که در نهایت می‌تواند باعث افزایش سنتز ترکیبات فنولی شود و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد [۱۸].

۴- نتیجه‌گیری

جوانه‌زنی دانه‌های غلات باعث سنتز ترکیبات بارزش تغذیه‌ای و زیست فعال می‌شود این تحقیق با هدف بررسی تاثیر زمان جوانه‌زنی و مقدار گلوتامات سدیم بر میزان ترکیبات زیست فعال و مقدار گاما آمینو بوتیریک انجام گرفت. مقدار گاما آمینو بوتیریک اسید در دانه گندم جوانه‌زده وابسته به مقدار گلوتامات سدیم است و طولانی‌تر شدن زمان جوانه‌زنی بیش از ۲۴h تاثیری بر مقدار آن ندارد. علاوه بر این نتایج نشان داد که افزایش غلظت گلوتامات سدیم در محیط جوانه‌زنی باعث افزایش مقدار ترکیبات فنولی شد که می‌تواند بدلیل فعال شدن مسیرهای متابولیکی و سنتز متابولیت‌های پیش‌ساز این ترکیبات باشد. کاهش مشاهده شده در مقدار ترکیبات فلاونوئیدی در طی زمان جوانه‌زنی به سبب خستگی کردن رادیکال‌های آزاد تولید شده در طی جوانه‌زنی است. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق مناسبترین زمان از لحاظ تولید گاما آمینو بوتیریک اسید و ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گندم جوانه‌زده زمان ۲۴ h و غلظت 150 mg kg^{-1} گلوتامات سدیم است و می‌توان با استفاده از این روش جهت تولید دانه گندم جوانه‌زده، ارزش تغذیه‌ای دانه گندم و آرد حاصل از آن را افزایش و به‌عنوان مکمل تغذیه‌ای و سلامت بخش در تولید فرآورده‌های آردی مانند نان، کیک و... جهت کاهش فشار خون و کنترل دیابت از آن استفاده کرد.

۵- منابع

- [1] Cho, D.H., and Lim, S.T. (2016). Review: Germinated brown rice and its bio-functional compounds. Food Chemistry, 196, 259–271.
[2] Ding, J., Hou, G.G., Nemzer, B.V., Xiong, S., Dubat, A., Feng, H. (2018). Effects of controlled germination on selected physicochemical and functional properties of

به طوری که مقدار GABA در روز اول از $169 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ به 302 در نمونه تیمار شده با 150 mg kg^{-1} گلوتامات سدیم رسید. افزایش میزان گاما آمینو بوتیریک اسید با افزایش غلظت گلوتامات سدیم در آب خیساندن را به دکربوکسیلاسیون اسید گلوتامیک توسط آنزیم گلوتامات دکربوکسیلاز در طی جوانه‌زنی نسبت داد. پس از مراحل اولیه جوانه‌زنی گاما آمینو بوتیریک اسید توسط یک حامل به داخل میتوکندری منتقل شده و به سوکسینیک سمی آلدئید تبدیل و پس از تبدیل آن به سوکسینات وارد چرخه اسید سیتریک می‌شود و در نهایت می‌تواند مجدداً به گلوتامیک اسید تبدیل شود و لذا مقدار گاما آمینو بوتیریک اسید در طی زمان جوانه‌زنی ثابت باقی ماند [۱۸].

۳-۱-۶- تاثیر زمان جوانه زنی و غلظت گلوتامات سدیم بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین نشان می‌دهد که اثر مقدار غلظت گلوتامات سدیم بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$) و زمان جوانه‌زنی تاثیر معنی‌داری بر آن نداشت ($p > 0.05$).

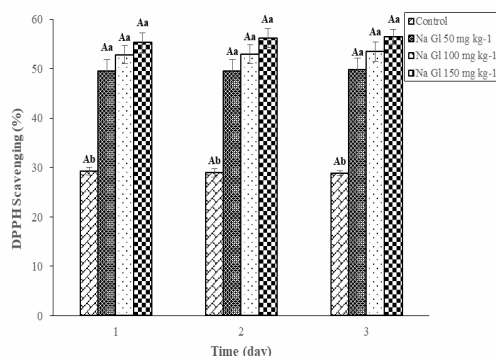


Fig 7 Time course of DPPH scavenging wheat seeds soaked at different concentrations of sodium glutamate

*Different Capital letters represent significant differences between different germination times in specific treatment ($P < 0.05$).

*Different lower-case letters represent significant differences between different treatments at specific germination times ($P < 0.05$).

افزایش غلظت گلوتامات سدیم باعث افزایش فعالیت روبشی رادیکال‌های آزاد DPPH شده است. به طوری که کم‌ترین فعالیت روبشی رادیکال‌ها آزاد DPPH مربوط به نمونه شاهد (۲۹٪) و بیشترین مقدار مربوط به نمونه تیمار شده با 150 mg kg^{-1} گلوتامات سدیم (۵۷٪) بود. افزایش ظرفیت

- NaCl stress. *Journal of plant physiology*, 231, pp.192-201.
- [12] Gómez-Favela, M.A., Gutiérrez-Dorado, R., Cuevas-Rodríguez, E.O., Canizalez-Román, V.A., del Rosario León-Sicairos, C., Milán-Carrillo, J. and Reyes-Moreno, C. (2017). Improvement of chia seeds with antioxidant activity, GABA, essential amino acids, and dietary fiber by controlled germination bioprocess. *Plant foods for human nutrition*, 72(4), pp.345-352.
- [13] Khwanchai, P., Chinprahast, N., Pichyangkura, R. and Chaiwanichsiri, S. (2014). Gamma-aminobutyric acid and glutamic acid contents, and the GAD activity in germinated brown rice (*Oryza sativa L.*): Effect of rice cultivars. *Food Science and Biotechnology*, 23(2), pp.373-379.
- [14] Inatomi, K. and Slaughter, J.C., 1971. The role of glutamate decarboxylase and γ -aminobutyric acid in germinating barley. *Journal of Experimental Botany*, 22(3), pp.561-571.
- [15] Renault, H., Roussel, V., El Amrani, A., Arzel, M., Renault, D., Bouchereau, A., and Deleu, C. (2010). The Arabidopsis pop2-1 mutant reveals the involvement of GABAtransaminase in salt stress tolerance. *BMC Plant Biology*, 10(1), 20.
- [16] Chen, Z., Wang, P., Weng, Y., Ma, Y., Gu, Z. and Yang, R. (2017). Comparison of phenolic profiles, antioxidant capacity and relevant enzyme activity of different Chinese wheat varieties during germination. *Food Bioscience*, 20, 159-167.
- [17] Mandal, S. M., Chakraborty, D., and Dey, S. (2010). Phenolic acids act as signaling molecules in plant-microbe symbioses. *Plant signaling and behavior*, 5(4), 359-368.
- [18] Fait, A., Fromm, H., Walter, D., Galili, G. and Fernie, A.R., (2008). Highway or byway: the metabolic role of the GABA shunt in plants. *Trends in plant science*, 13(1), 14-19
- [19] Jin, W. J., Kim, M. J., Kim, K. S. (2013). Utilization of barley or wheat bran to bioconvert glutamate to γ -aminobutyric acid. *Journal of Food Science*, 78, 1376-1382.
- [20] Guo, Y., Chen, H., Song, Y., and Gu, Z. (2011). Effects of soaking and aeration treatment on γ -aminobutyric acid accumulation in germinated soybean (*Glycine max L.*). *European Food Research and Technology*, 232, 787-795.
- whole-wheat flour and enhanced γ -aminobutyric acid accumulation by ultrasonication. *Food Chemistry*, 243, 214-221.
- [3] Platel, K., Eipeson, S.W., and Srinivasan, K. (2010). Bioaccessible mineral content of malted finger millet (*Eleusinecoracana*), wheat (*Triticumaestivum*), and barley (*Hordeumvulgare*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(13), 8100-8103.
- [4] Hung, P. Van., Hatcher, D.W., and Barker, W. (2011). Phenolic acid composition of sprouted wheats by ultra-performance liquid chromatography (UPLC) and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 126(4), 1896-1901.
- [5] Youn, Y.S., Park, J.K., Jang, H.D., and Rhee, Y.W. (2011). Sequential hydration with anaerobic and heat treatment increases GABA (gamma-aminobutyric acid) content in wheat. *Food Chemistry*, 129(4), 1631-1635.
- [6] Syu, K.Y., Lin, C.L., Huang, H.C., and Lin, J.K. (2008). Determination of theanine, GABA, and other amino acids in green, oolong, black, and pu-erh teas with dabsylation and high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(17), 7637-7643.
- [7] Yang, H., Gao, J., Yang, A., Chen, H. (2015). The ultrasound-treated soybean seeds improve edibility and nutritional quality of soybean sprouts. *Food Research International*, 77, 704-710.
- [8] Nagaoka, H. (2005). Treatment of germinated wheat to increase levels of GABA and IP6 catalyzed by endogenous enzymes. *Biotechnology Progress*, 21(2), 405-410.
- [9] Baranzelli, J., Kringel, D., Colussi, R., Dias, A.R.G. (2018). Changes in enzymatic activity, technological quality and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of wheat flour as affected by germination. *Food Science and Technology*, 90, 483-490.
- [10] Liu, R., He, X., Shi, J., Nirasawa, S., Tatsumi, E., Li, L. and Liu, H. (2013). The effect of electrolyzed water on decontamination, germination and γ -aminobutyric acid accumulation of brown rice. *Food control*, 33(1), pp.1-5.
- [11] Ma, Y., Wang, P., Chen, Z., Gu, Z. and Yang, R. (2018). GABA enhances physiological metabolism and antioxidant capacity of germinated hullless barley under



Effect of sodium glutamate pretreatment on physicochemical properties and bioactive compounds in germinated wheat

PashaeiBahram R.¹, Javadi A.^{2*}, Bodbodak S.³, Arajkhodaei M.⁴

1. Ph.D. Student of Department of Food Science and Technology, Mamagan Branch, Islamic Azad University, Mamagan, Iran.
2. Professor of Department of Food Hygiene, Tabriz Medical Science, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3. Assistant Professor of Department of Food Science and Technology, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
4. Assistant Professor of Department of Persian Medicine, School of Traditional Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

ABSTRACT

The aim of the study was to investigate the effect of sodium glutamate pretreatment, as a substrate, on the production of gamma aminobutyric acid during wheat germination. For this purpose, wheat grains (Alvand variety) were treated with different amounts of sodium glutamate (0, 50, 100, and 150 mg kg⁻¹) during 72 h germination. Physical properties (such as germinated seed weight, number of germinated seeds and germination length) and bioactive compounds contents (such as gamma aminobutyric acid, total flavonoids, total phenols and free radical scavenging activity of DPPH) were measured at 24, 48 and 72 h time intervals. The results showed that germinated seed weight and number of germinated seeds increased with increase of sodium glutamate concentration and germination time. Also, the total flavonoids contents decreased in all samples during germination time and the increase of glutamic acid did not have a significant effect on its amount. The highest levels of total phenol, gamma aminobutyric acid and antioxidant capacity were observed in the sample treated with 150 mg kg⁻¹ on the first day of germination equal to 4589 µg GAE g⁻¹, 303 mg 100 g⁻¹ and 57%, respectively. In all treatments, the amount of these compounds did not change significantly during germination time (p > 0.05). Finally, it was concluded that the 24 hours germination time and the 150 mg kg⁻¹ glutamate was the most appropriate treatment to increase the biosynthesis of gamma-aminobutyric acid and antioxidant activity in germinated wheat grains.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 04/ 16

Accepted 2022/ 05/ 25

Keywords:

Sodium glutamate,
Gama-Aminobutyric acid,
Germinated wheat,
Germination.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.83

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.17.2

*Corresponding Author E-Mail:
Javadi@iaut.ac.ir