در
زراعت و باغبانی شماره ۷۳، زمستان ۱۳۸۵
پژوهش و سازندگی

بررسی اثر مخمر خشک غیرفعال بر روی خواص رئولوژیکی خمیر آرد گندم

• **ناصر رجب‌زاده**، استاد دانشگاه و محقق شرکت بازرگانی دولتی
• **گلایل اسـدیان حاج آقایی**، کارشناس ارشـد مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
تاریخ دریافت: دی ماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۸۵
Email:

چکیده

تغییرات خواص رئولوژیکی خمیر آرد گندم نسبتاً قوی و متوسط توسط افزودن مقادیر مختلف مخمر خشک غیرفعال بر روی خمیر توسـط دستگاه اکستنسوگراف اندازه‌گیری شد. براساس تحقیقات انجام شده، آرد مناسب صنایع بیسکویت و فرآورده‌های مشابه باید دارای کیفیت گلوتن نسـبتاً ضعیف تا متوسط باشد. در حالی‌که طبق بررسی‌های صورت گرفته عملاً آردهایی به‌مراتب قوی‌تر، بـا پروتئین و گلوتن بالاتر تحویل این صنایع می‌گردد. در بسـیاری از موارد، مصرف‌کنندگان چنیـن آردهایی جهت اصلاح خواص رئولوژیکی خمیر، از مواد احیاءکننده با منشاء شیمیایی استفاده نموده که اثرات سوء بر روی سلامتی مصرف‌کنندگان دارند.

شـبکه گلوتنی که درزمان مخلوط کردن خمیر بوجود می‌آید، در قدرت و قابلیت کشـش خمیر مؤثر می‌باشـد. مواد احیاءکننده با تأثیر بر روی اتصالات دی‌سولفیدی گلوتن، قدرت و استحکام خمیر را تغییر می‌دهند. در این تحقیق مخمر خشک، غیرفعال شده و آنگاه به آرد گندم نسـبتاً قوی و متوسـط اضافه گردید و تغییرات خواص رئولوژی خمیر در دسـتگاه اکستنسوگراف مورد مطالعه قرار گرفت. برای هر یک از صفات، تجزیه واریانس در طرح کاملاً تصادفی انجام شـد. از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت مقایسـه میانگین‌ها با یکدیگر استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داده است که مخمر خشک غیرفعال، مقاومت به کشش خمیر، انرژی مصرفی جهت کشش خمیر را کاهش و قابلیت کشش خمیر را افزایش داده است.

کلمات‌کلیدی: مخمرخشک غیرفعال، خواص رئولوژی، مواد احیاءکننده، اکستنسوگراف، مقاومت به کشش، قابلیت کشش

Pajouhesh & Sazandegi No:73 pp: 74-78

Study of the effect of inactive dry yeast on rheological properties of wheat flour dough

By: N. Rajabzadeh, professor of university Researcher of Public Trade Compony (Cereal Organization) and Professor of University.

, G. Asadiyan Haj Aghayei.,Msc of Food Science and Technology. Science and Research Compous, Islamic Azad University.

The changes in rheological properties of dough made from relatively and strong wheat flour dough due to the addition of

www.SID.ir

different amounts of inactive dry yeast to base flour were measared in a extensograph. Based on investigations mediume to relatively weak flours are suitable for biscuit production and similar products. Whereas, according to investigations, these industeries receives stronger flours with higher gluten quality. In many cases, biscuit and baked products use chemical reducing agents to modifying the rheological properties of dough. The gluten network which are produced during dough mixing, is affection on the strengh extensibility of dough. Reducing agents changed dough strengh and stability with effectiong on disulfide bonds of gluten. In this research, dry yeast was inactivated then was added to wheat flour dough and changes in rheological properties of dough were staudied in the Extensograph. The results were processed ANOVA in randomized block designed in 3 replication. DMRT was used for comparision of the means (α =5%). Results of the present research showed that, inactive dry yeast is reduced resistance to tension and used energy for dough tension and is increased dough extensibiligy.

Keywords: Inactive dry yeast, Rheological properties, Reducing agent, Extensograph, Resistance to tension, Extensibility.

مقدمه

رئولوژی دانشی است که به مطالعه شکل‌پذیری و جریان مواد اختصاص دارد (۱۶). یکی از ویژگی‌های اصلی و پایه در سیستم‌های رئولوژیکی و به‌خصوص رئولوژی خمیر، الاستیسیته است(۱۴). گلوتن با شبکه سه بعدی که توسط اتصالات داخلی پایدار شده است، می‌تواند الاستیسیته را توجیه نماید (۴). الاستیسیته بر روی ظرفیت نگهداری گاز توسط خمیر، اثر داشته و یکی از فاکتورهای تعیین کیفیت خمیر می‌باشد (۱۳). اولین بار، Frater ، اثر مستقیم گروه‌های سولفیدریل را بر روی فعالیت ساختمانی خمیر گزارش نمود (۵). گروه‌های سولفیدریل موجود در پروتئین آرد، به‌دلیل ایجاد خواص فیزیکی و ویژگی‌های پخت، از جمله الاستیسیته و قابلیت کشش خمیر، از اهمیت به‌سزائی برخوردارند.

بر مبنای تحقیقات صورت گرفته، پروتئین‌های آرد، پایداری خمیر را در مقابل مخلوط کردن افزایش داده، قدرت و استحکام خمیر را زیاد می‌کند(۱۹). کاهش پایداری گروه‌های دی‌سولفیدی، مبادله پیوندهای هیدروژنی را آسانتر نموده و شرایط لازم جهت انجام سایر واکنش‌های فیزیکی را فراهم می‌آورد. بدین علت است که مواد اصلاح‌کننده مانند گلوتاتیون را از مواد بهبود دهنده‌های خوب خمیر می‌دانند، زیرا باعث انجام سریع واکنش‌های احیاءکننده می‌شود.

میزان گلوتاتیون در آرد $\frac{nmol}{g}$ ۳۰۰-۲۰۰ می‌باشد که فرم احیاء شده آن(GSH) در انجام واکنش‌های اکسید و احیاء در آرد و فرآیند پخت خمیر نقش مهمی را ایفا می‌کند(۶).

از مخمر نانوایی با نام علمی *Saccharomyces cervisiae* ، در صنایع پخت و نانوایی استفاده می‌شود(۱۸). در سلول این مخمر به‌مقدار زیادی ماده‌ای به نام گلوتاتیون وجود دارد که میزان آن در عصاره این مخمر $\frac{\mu mol}{g}$ ۵۰-۱۱ گلوتاتیون احیاء شده می‌باشد(۷). گلوتاتیون، بطور وسیع در طبیعت گسترده و به فرم‌های اکسید شده[1] (دی‌سولفیدی)، احیاء شده[2]، متصل به پروتئین[3] یافت می‌شود (۲۳،۱۲). گلوتاتیون، گاما- ال- گلوتامیل – ال- سیستئینیل گلیسین به فرمول بسته $C_{10}H_{17}O_6N_3S$، طعم ترش داشته، در آب و الکل رقیق محلول بوده و غیرسمی است. سنتز گلوتاتیون در طی ۲ مرحله انجام پذیرفته و از اسیدهای آمینه گلیسین، سیستئین و اسید گلوتامیک حاصل می‌شود (۱۷،۱۵،۱۳).

تغییرات در فرم گلوتاتیون (اکسید شده، احیاء شده، دی‌سولفیدی) روی خواص رئولوژیکی خمیر اثر می‌گذارد (۲۳،۲). واکنش گلوتاتیون دی‌سولفیدی آزاد با گروه‌های سولفیدریل پروتئین‌های گلوتن منجر به آزاد شدن گلوتاتیون احیاء شده می‌شود. این فرم گلوتاتیون باعث پیوستن اتصالات دی‌سولفیدی، دپلیمره شدن گلوتنین و کاهش الاستیسیته خمیر می‌شود (۱۰،۳).

براساس تحقیقات Cunningham، گلوتاتیون با صدمه دیدن سلول مخمر، وارد محیط خمیر شده و به عنوان احیاءکننده بر روی اتصالات دی‌سولفیدی اثر نموده و گلوتن سفت با الاستیسیته زیاد را اصلاح می‌کند (۷). در اثر این امر قوام کاهش می‌یابد(۱۸) و استحکام خمیر با افزایش گروه دی‌سولفید بیش از فگلوتاتیون به خمیر، باعث تضعیف خمیر می‌شود(۲۳،۱۱).

تحقیقات Handson ، اهمیت اتصالات دی‌سولفیدی در بین واحدهای تشکیل‌دهنده گلوتن را نشان داد(۹). افزودن مواد احیاءکننده به خمیر، نرم شدن، افزایش قابلیت کشش و تغییر در الاستیسیته خمیر می‌گردد(۵).

Szilli اثر اختلاط، استراحت و آماده نمودن خمیر بر روی خواص رئولوژیکی خمیر آرد گندم توسط دستگاه اکستنوگراف را مورد بررسی قرار دادند. گسترش مکانیکی خمیر به همراه عوامل شیمیایی، دوره استراحت و اختلاط و زمان گسترش خمیر را کاهش می‌دهد (۲۲). گروهی از محققین در سال ۱۹۷۴، با بررسی اثرات افزودن مقادیر ۳ تا ۶٪ مخمر روی عطر و طعم نان ملاحظه نمودند که در اثر اختلاط شدید خمیر، بدلیل فراریت ترکیبات معطر، از شدت آنها در خمیر کاسته می‌شود. افزایش زمان استراحت خمیر یک عامل مناسب جهت بهتر شدن عطر و طعم نان می‌باشد(۲۴).

هدف از این مطالعه، بررسی اثر مخمر خشک غیرفعال بر روی خواص رئولوژیکی خمیر ارزیابی شده در دستگاه اکستنوگراف می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

در ایـن تحقیق به منظور بررسـی اثر مخمر خشـک غیرفعال بر روی خواص رئولوژیکی خمیر آرد گندم، از دو نوع آرد اسـتفاده شد. ابتدا جهت ارزیابی کمی و کیفی آردها، آزمایش‌هایی به شرح زیر صورت گرفت:

- تعییـن درصـد رطوبت، خاکسـتر، چربی، پروتئین، فیبر، خاکسـتر نامحلول در اسید، pH، عدد رسوبی، گلوتن مرطوب، عدد فالینگ،
- تعیین فعالیت آلفا آمیلاز توسط دستگاه آمیلوگراف.
- تعیین خواص رئولوژیکی خمیرها (توسط دستگاه اکستنوگراف).

آزمایشات فوق مطابق روش‌های زیر انجام گرفت:

- بدیـن منظـور از اسـتانداردهای انجمن شـیمیدانان غـلات امریکا (A.A.C.C) و انجمن بین‌المللی روشـهای اسـتاندارد شیمی غلات (I.C.C) استفاده شد (۱، ۲۱).
- اندازه‌گیری تعیین رطوبت به روش اسـتفاده از حرارت بالا مطابق با استاندارد (A.A.C.C) به شماره ۴۴-۱۵A انجام شد.
- اندازه‌گیری خاکسـتر به روش خاکسـتر کردن خشـک با استفاده از حرارت و مطابق استاندارد (A.A.C.C) به شماره ۰۱-۰۸ صورت گرفت.
- پروتئین به روش کلدال با استفاده از دستگاهKjeltec Autco مطابق با استانداردA.A.C.C به شماره ۱۲-۴۶ انجام شد.
- چربـی به روش سوکسـله بـا اسـتفاده از دسـتگاهSoxtec system استانداردA.A.C.C به شماره ۱۰-۳۰ صورت گرفت.
- فیبر توسط دسـتگاهFibertec system براساس استاندارد A.A.C.C به شماره ۱۷-۳۲ مورد سنجش قرار گرفت.
- pH با اسـتفاده از دستگاه pHمتر مدل۰۲۲۱۳۲ Consort، مطابق استاندارد A.A.C.C به شماره ۱۱۶ صورت گرفت.
- اندازه‌گیری عدد رسوبی با استفاده از دستگاهShaker zeleny ساخت شرکتBrabender مطابق استانداردI.C.C به شماره ۱۱۶ صورت گرفت.
- گلوتن مرطوب توسـط گلوتن شـوGlutonatic مدل ۲۲۰۰ ساخت شـرکتFalling Number مطابـق با اسـتانداردI.C.C شـماره ۱۳۷ مورد سنجش قرار گرفت.
- عدد فالینگ توسـط دسـتگاهFalling Number مدل ۱۶۰۰ ساخت شـرکتFalling Number سـوئد براساس اسـتانداردI.C.C شـماره ۱۰۷ اندازه‌گیری شد.
- آزمایش اکستنسوگراف با استفاده از دستگاه اکستنسوگرافBrabender مطابق با استانداردI.C.C شماره ۱۱۴ صورت گرفت.
- آزمایش آمیلوگراف، طبق استانداردملی ایران به شماره ۳۲۴۸ صورت گرفت.
- آزمایش‌های تعیین رطوبت، خاکسـتر، پروتئیـن، چربی، فیبر، pH، طبق روشA.A.C.C(۱).
- آزمایش‌های زلنی (عدد رسوبی)، گلوتن مرطوب، عدد فالینگ، طبق روش هر یک از روشها به تفکیک نام برده شوندI.C.C(۲۱).

آردهای مورد استفاده در این تحقیق از کارخانه آرد آزادگان (سیلوی تهران) و کارخانه آرد کردان (کرج) تهیه شـدند. براسـاس میزان خاکستر، پروتئیـن، عدد رسـوبی و گلوتن مرطوب، آردهای مـورد آزمایش در گروه آردهای متوسط تا نسبتاً قوی ارزیابی شدند.

مخمر نانوایی که در صنایع پخت به‌عنوان مخمر خشک مطرح می‌باشد (جدول ۱) از نظر میزان فعالیت و قدرت تولید گاز کربنیک در دستگاه فشارسنج Simon ارزیابی شـد، سپس در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به‌مدت ۱۵۰ دقیقه غیرفعال و بعد از ارزیابی فعالیت مخمر و حصول نتیجه عدم فعالیت، در سـه میزان ۵-۳-۱ درصد به آردها افزوده شد (۲۴). ۳۰۰ گرم از هر آرد، ۶ گرم نمک طعام، هر کدام از سـه میزان مخمر خشک غیرفعال به‌طور جداگانه و به‌مقدار کافـی آب به‌مدت یک دقیقه در فارینوگراف مخلوط گردیـد، آنگاه به مدت ۵ دقیقه دستگاه را خاموش و خمیر را بحال خود گذاشته مجدداً، به‌مدت ۲ دقیقه مخلوط نموده، سـپس دو قطعه ۱۵۰ گرمی از خمیرهای حاصله که برای هر میزان مخمر جداگانه ۳ بار تهیه شد، را به دستگاه اکستنسوگراف منتقل نموده و تغییرات خواص رئولوژیکی خمیرها در ۳ تکرار، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

به منظور بررسی اثر مخمر خشک غیرفعال بروی هر یک از صفات مورد مطالعه پیرامون خمیر، در دسـتگاه اکسـتنوگراف، تجزیه واریانس در طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. جهت مقایسـه میانگین‌ها با یکدیگر، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ a= استفاده شد (جدول ۴).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمایشات آردها در جدول ۲ ارائه شده است. براساس میزان خاکسـتر، پروتئیـن، گلوتن مرطوب، عدد زلنی معلـوم گردید که آرد گندم تهیه شده از سیلوی تهران در گروه آردهای متوسط و آرد تهیه شده از کارخانه کردان کرج در گروه آردهای نسبتاً قوی قرار می‌گیرند.

نتایج آمیلوگرام دو نوع آرد، در جدول ۳ ارائه شده است. درجه حرارت لازم جهت ژلاتینه شـدن به فعالیت آنزیم آمیلاز بسـتگی دارد و آغاز زمان ژلاتینه با تورم همراه است. حداکثر ویسکوزیته و عدد فالینگ، بیانگر پایین بودن فعالیت آنزیم آمیلاز آردها می‌باشد.

براسـاس نتایج موجود در جدول ۲، مشخص گردید که اگر آردهای مورد آزمایش جهت تولید محصولات ظریف پخت اسـتفاده شود، خمیر حاصله سفت، دارای کشـش کم و فرم‌پذیری نامطلوب بوده و گاز تولید شـده توسط مخمر نمی‌تواند توده خمیری را به راحتی بالا برآورده و آن را پـوک کند، به همین جهـت مصرف ماده احیاءکننـده جهت تضعیف خواص رئولوژی خمیرهای فوق قابل توجیه است.

به دلیل تضعیف زیاد خمیر حاصل از آرد گندم نسـبتاً قوی و متوسـط توسـط ۵ درصد مخمر خشـک، ارزیابی تغییرات خواص رئولوژیکی میسر نبـود، لـذا از ذکر نتایج این سـطح در جـداول و ارزیابی آن در دسـتگاه اکستنوگراف، اجتناب شد.

نتایج مـوجود در جدول مقایسـه میانگین مـاده احیاءکننده (جدول ۴) مشـخص می‌نماید که مخمر خشک غیـرفعال در خمیـر آرد گنـدم متـوسـط (تهران) و نسـبتاً قوی (کرج) در مقایسـه با شـاهد در سطوح ۱ و ۳ درصـد باعث کاهش مقـاومت به کشـش و انرژی شـده و قابلیت کشـش را افزایش داده است. احیاء شدن پیوندهای دی‌سولفیدی و ایجاد گروه‌های سـولفیدریل، باعث کاهش مقاومت به کشـش و افزایش قابلیت کشـش خمیر می‌شـود. بین گلوتن و نسـبت گلیادین و گلوتنین از نظر قابلیت کشـش رابطه‌ای وجود دارد. زیاد شـدن گلیادین باعـث افزایش قابلیت کشـش خمیر و کاهش مقاومت به کشـش خمیر می‌گردد (۲۰). زیر واحدهای با وزن بالا گلوتنین، مقاومت به کشـش خمیر را افزایش و قابلیت کشش را کاهش می‌دهند(۲۰).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- فعالیت مخمر خشک قبل از غیرفعال نمودن

زمان					
فعالیت تخمیر یا	ساعت اول	ساعت دوم	ساعت سوم	ساعت چهارم	ساعت پنجم
قدرت مخمر(mmHg)					
	۹:۴۵	۱۰:۴۵	۱۱:۴۵	۱۲:۴۵	۱۳:۴۵
نمونه ۱	۱۱ ۱/۲	۲۶	۳۴	۳۸	۴۲
نمونه ۲	۱۱	۲۶	۳۴	۳۸	۴۲

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های انجام گرفته بر روی دو نوع آرد

آرد	رطوبت (٪)	پروتئین* (٪)	خاکستر* (٪)	فیبر* (٪)	چربی (٪)	گلوتن مرطوب (٪)	عدد رسوبی (میلی‌لیتر)	عدد فالینگ (ثانیه)	خاکستر نامحلول در اسید (٪) *	pH
نسبتاً قوی (کرج)	۱۳/۶	۱۱/۳۶	۰/۹۹	۰/۳۸	۱/۲۴	۲۶/۳۸	۲۳	۵۵۶	۰/۲۳	۶/۵
متوسط (تهران)	۱۲/۲۵	۱۰/۲۸	۰/۸۰	۰/۳۶	۱/۳۰	۲۲/۹	۲۰	۵۶۱	۰/۲۰	۶/۳

* نتایج بدست آمده براساس ماده خشک می‌باشد.

جدول ۳- نتایج آمیلوگرام دو نوع آرد

آرد	درجه شروع ژلاتینه شدن (سانتیگراد)		درجه خاتمه ژلاتینه (سانتیگراد)		ماکزیمم ویسکوزیته (واحد برابندر)	
نسبتاً قوی (کرج) متوسط (تهران)	۸۲/۵	۷۵	۸۸/۵	۸۸/۵	۱۲۸۰	۹۲۰

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمار (مخمر خشک غیرفعال) روی صفات مختلف مورد بررسی در دستگاه اکستنسوگراف بروی آرد گندم متوسط (تهران) و نسبتاً قوی (کرج)

تیمار	مقاومت به کشش خمیر(B.u)		قابلیت کشش خمیر(mm)		ماکزیمم ارتفاع (B.u)		ضریب		انرژی (cm۲)	
	٪۵	میانگین	٪۵	میانگین	٪۵	میانگین	٪۵	میانگین	٪۵	میانگین
آرد گندم متوسط شاهد	A	۱۵۲/۲۲۲	c	۱۰۲/۳۳۳	a	۱۴۰/۴۴۴	c	۰/۶۷۲	a	۴۰/۷۷۸
۱ درصد مخمر خشک	b	۱۴۳/۵۵۶	a	۱۴۱/۶۶۶	b	۱۲۰	b	۰/۹۸۶	b	۳۰/۳۳۳
۳درصد مخمر خشک	c	۸۳/۳۳۲	b	۱۳۳/۶۶۶	c	۸۳/۶۶۷	a	۱/۶۵۴	c	۱۳/۷۷۸
آرد گندم نسبتاً قوی شاهد	a	۲۱۴/۴۴	c	۱۴۰/۱۴۴	c	۲۲۵/۲۲۲	b	۰/۶۵۳	a	۵۳/۲۲
۱درصد مخمر خشک	b	۲۰۳	b	۱۴۴/۶۶۶	a	۲۵۱/۶۶۷	c	۰/۷۱۲	b	۵۰/۲۲۲
۳درصد مخمر خشک	c	۱۸۷	a	۱۵۵/۵۵۴	b	۲۳۸/۳۳	a	۰/۸۳۱	c	۳۴/۴۴۴

* ٪۵= سطح آماری جهت مقایسه میانگین

مواد احیاءکننده از جمله گلوتاتیون با تأثیر بر روی اتصالات دی‌سولفید گلوتنین و شکستن آنها، میزان زیر واحدهای با وزن مولکولی بالای گلوتنین را کاهش داده، باعث کاهش مقاومت بر کشش خمیر و افزایش قابلیت کشش خمیر می‌شود(۸). کاهش مقاومت به کشش خمیر توسط مخمر خشک غیرفعال با گزارش Hahn که مخمر خشک به دلیل وجود گلوتاتیون کـه دارد، مقاومت را کاهش می‌دهد، مطابقت دارد(۷). کاهش انرژی با نظریهKiffer و همکارانش که گلوتاتیون باعث فعال شدن گروه سولفیدریل و نرم شدن خمیر و کاهش انرژی می‌شود، مطابقت دارد(۴، ۷). مخمر خشک در سطوح ۱ و ۳ درصد قابلیت فشردگی خمیر را افزایش داده است. گلوتاتیون موجود در سلول مخمر، خمیر را سست نموده، قابلیت فشردگی

www.SID.ir

خمیر و تراکم آن را افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

نتیجه کلی حاصل از آزمایشات این تحقیق نشان می‌دهد، گلوتاتیون موجود در مخمر خشک غیرفعال مقاومت به کشش خمیر و انرژی را کاهش و قابلیت کشش را افزایش می‌دهد. بنابراین به‌عنوان یک ماده احیاءکننده بدون اثرات جانبی نامطلوب جهت اصلاح خواص رئولوژیکی، در سطح ۳ درصد برای خمیر آردهایی که کیفیت و کمیت گلوتن متوسط و نسبتاً قوی دارند و در صنایع نانوایی و پخت مصرف می‌شوند، برای خمیرهایی با گلوتن قوی درسطح ۵ درصد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در ضمن مخمر خشک به‌دلیل داشتن لیزین نسبتاً بالا، باعث افزایش ارزش غذایی آرد گندم و خمیر حاصل از آن نیز می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مساعدت‌های بی‌دریغ پرسنل محترم پژوهشکده غله و نان مخصوصاً جناب آقای مهندس محمود بهنام مرادی به‌دلیل مشاوره در انجام این تحقیق و بخش سنجش آمار و کامپیوتر مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بخصوص جناب آقای مهندس عبدالرسول غفاری سپاسگزاری می‌نماییم.

پاورقی‌ها

1- Oxidized glutathione (GSSG)

2-Reduced glutathione (GSH)

3- Protein-bound glutathione

منابع مورد استفاده

1-American association of cereal chemistery (A.A.C.C)., 1984; 44-15A.

2-Chen, X., and J.D. Schofield., 1995; Determination of protein-glutathione mixed disulfides in wheat flour, J. Agriculture and food chemistey 43(1995), pp. 2362-2368.

3-Converty, D. R., P.R. Carnegie., I.K.Jones, 1972; The total glutathione content of flour and its relation to the rheological properties of dough, J. Scince of food and agriculture 23(1972), pp. 587-594.

4-Etiason, A. C., 1990; Rheological propertics of cereal proteins. pp: 67-100 in dough rheology and baked product texture. Hamed Faridi., M. Faubion. New York.

5-Frater, R., R. Hird, J.H. Moss., 1961; Role of disulfide exchange reaction in the relaxation of strains introduced in dough. J. Science of Food and Agriculture. pp: 269-273.

6-Grosch, W., 1986; Redox systems in dough. In: Blanshard, J.M.V., Frazier, P.J.T. and Galliard, T., Editors, 1986. Chemistery and physics of Baking, Royal Society of Chemistery, London, pp. 155-169.

7-Hahn, B., R. Kiffer., W. Grosch., 1996; Winking von oxidation smittlen auf cystiein and in weizenmehl und-teig. Dcutscher Baker Mai/Juni. pp: 136-139.

8-Hamed, MGE., F.Y.Refai., M.F.Hussein., 1973; Effect of dehydrated sweet potato flour on the rheological porperties of wheat flour dough. Egyption Journal of Food Science. 1(2), pp.215-224.

9-Handson, B. J.F., 1984; Developments in food proteins. Applied Science publishers LTD. 2: 60-72.

10- Kranner, I., D. Grill., 1996; Significance of thiol-disulphide exchange in resting stages of plant development. Botanica Acta 109 (1996), pp. 8-14.

11-Li, W., A.A. Tsiami., S.S. Bollecker and J.D. Schofield., 2000; Redox reaction during mixing and resting effect of reduced and oxidized glututhione and ascorbic acid on the rheological properties of gluten. In: shewry, P.R. and tatham, A.S. Editors, 2000. Wheat Gluten, pp. 239-241.

12-Li, W., S. Bollecker., J. D. Schofield., 2004; Glutathione and related thiol compaunds. I. Glutathione and related thiol compounds in flour. J. Cereal Scince. 39(2), pp. 205-212.

13-Main, K., 1992; Rheological properties and breadmaking quality of wheat flour doughs made with different dough mixers. Cereal chem. 62(2): 222-225.

14-Matz, S.A., 1951; The chemistery and technology of cereals as food and feed. The AVI publishing company INC, pp: 35-50.

15-Meister, A., 1995; Glutathione metabolism. Methods in Enzymology. 25(1). pp. 3-28.

16-Mejimar, J.A., 1990; Fundmental aspects of dough rheology. Pp: 1-15 in dough rheology and baked product texture. Hamed faridi, J. Faubion. New York.

17-Menger, A., 1972; Effect of L-cysteine in dough product manufacture. Getreide Mehl and Brot. 26(11): 307-311.

18-Pomeranz, Y., 1971; Wheat chemistery and technology. Am. Assoc.cereal chem. St. paul, mW. pp: 536-613-614.

19-Preston, K., R., 1992; Analysis of relationship between flour quality properties and protein fractions in a world wheat collection. Cereal chem. 69(5): 560-567.

20- Schropp, P. 1996; Effects of high molecular weight subunits of glutenin on the rheological properties of wheat gluten. Cereal Chem. 73(2). Pp. 410-413.

21-Standard methods of the international association of cereal chem (I.C.C)., 1984; N: 116.

22-Szilli, M., 1973; Study of rheological fundementals of accelerated methods for dough properties suetoeipar. 20(5): 186-194.

23-Tea, A., T. Genter, F. Violleau, D. Kleiber. 2005; Changes in the glutathione thiol-disulfide status in wheat grain by foliar sulphur fertilization: Consequences for the rheological properties of dough. J. Cereal Chem. 41(3).pp. 305-315.

24-Wolen, G., H. Rothe., 1974; Shortened dough development with wheat bread and its influence upon flour. III. Influence of yeast quality. 18(2): 165-170.

Archive of SID

www.SID.ir