



مروری بر تاثیر برخی جایگزین های گلوتن بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی و رئولوژیکی در فرمولاسیون آرد، و نان

فروغ محترمی*؛ سجاد پیرسا^۲، اکرم لوینی^۳

۱ و ۲. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران.
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آفاق

چکیده

بیماری سلیاک یک ناهنجاری مادام العمر روده ای است که به سبب خوردن گلوتن در افراد حساس ایجاد می شود. تنها راه درمان آن اجتناب از مصرف مواد غذایی حاوی گلوتن می باشد. ماده زمینه ای گلوتن تعیین کننده اصلی ویژگی های خمیر از قبیل کشش، مقاومت به کشش و قابلیت نگهداری گازها می باشد. جایگزینی گلوتن با سایر ترکیبات عمده ترین مشکل تکنولوژیکی است که به منظور جبران حذف گلوتن و برای بهبود کیفیت فرآورده نهایی باید از ترکیبات مناسب برای ایجاد این ویژگی ها از قبیل ترکیبات هیدروکلوئیدی و پلیمری استفاده نمود تا ویژگی های ویسکوالاستیک مورد نیاز فرآورده را تأمین نمایند و همچنین تیمارهایی که بر روی آرد انجام می شود از قبیل اکستروژن کردن (Etrusion)، فشار بالا (High pressure)، حرارتی، مادون قرمز (IR) و مایکروویو (Microwave) که سبب تغییراتی در ساختار آردها می شوند و کیفیت محصول تولید شده از آنها را افزایش دهند. در این مطالعه سعی بر آن است که مروری بر پژوهش های انجام شده که به منظور تولید فرآورده های بدون گلوتن می باشند، داشته باشیم. اضافه کردن جایگزین های گلوتن از قبیل هیدروکلوئیدها، پروتئین های تخم مرغ و پروتئین های لبنی و استفاده از آردهای فاقد گلوتنی که به روش های ذکر شده تیمار شده اند باعث ایجاد خصوصیات فیزیکی شیمیایی و رئولوژیکی متفاوت در محصول می شوند. نتیجه این مطالعه نشان داد که هیدروکلوئیدها بالاترین درصد استفاده به عنوان جایگزین گلوتن را دارا می باشند و از بین آنها زانتان، گوار و کربوکسی متیل سلولز بیشتر مورد استفاده قرار گرفته و مقبولیت بیشتری داشته اند.

واژه های کلیدی: بیماری سلیاک، فرآورده های بدون گلوتن، جایگزین های گلوتن، خصوصیات فیزیکی شیمیایی و رئولوژیکی

مقدمه

سلیاک یک بیماری خود ایمنی و ژنتیکی بوده که در اثر عدم تحمل توالی خاصی از اسیدهای آمینه موجود در پرولامین (بخشی از پروتئین های گلوتنی) گندم، چاودار و جو بروز می کند (کوپر، ۲۰۰۵). عملکرد این بیماری به این صورت است که باعث تخریب پرزهای روده کوچک و از دست رفتن قدرت جذب آن ها و در نهایت ایجاد سوء تغذیه می گردد (کاگن، ۲۰۰۵). این بیماری در بین کودکان و بزرگسالان رواج دارد و ۱٪ از جمعیت کل جهان به آن مبتلا هستند (وست و همکاران، ۲۰۰۳). شیوع سلیاک در کشورهای خاورمیانه از جمله ایران به اندازه کشورهای اروپایی بوده و در مناطقی که در معرض خطر قرار دارند ۵-۳٪ گزارش شده است (پوراسماعیل و همکاران، ۱۳۹۰). در حال حاضر تنها درمان موثر و ایمن برای این بیماران رژیم غذایی مادام العمر فاقد گلوتن است که با گذشت زمان منجر به بهبود مخاط روده کوچک بیمار می شود (کاپریلس و همکاران، ۲۰۱۲). در بین غلات فاقد گلوتن، برنج مهم ترین قله ای بوده که به دلیل گستردگی فراوان و نداشتن گلوتن مورد استفاده قرار می گیرد (گلنس و گیل،

1. f.mohtarami@urmia.ac.ir



۱۹۹۹). با این حال گلوتن پروتئین ساختاری ضروری برای افزایش کیفیت محصولات نانوبی و نکه دارنده حالت اسفنجی کیک است. بنابراین تولید محصولات فاقد گلوتن با کیفیت بالا امروزه یک چالش تکنولوژیکی است، که منجر به جستجو برای یافتن مواد و افزودنی‌هایی است که جبران کننده این نقیصه باشد (وانسا و همکاران، ۲۰۱۴). در غیاب پروتئین گلوتن در فرمول فرآورده منجر به تولید محصولات بدون گلوتن با بافت داخلی ضعیف‌تری شده و سریع‌تر بیات می‌گردند و همچنین موجب مقاومت کمتر خمیر به عملیات مکانیکی و تغییرات انجام گرفته در فرایند تخمیر می‌شود (آهلبورن و همکاران، ۲۰۰۵). به منظور جبران حذف گلوتن و برای بهبود کیفیت فرآورده نهایی باید از ترکیبات هیدروکلوئیدی و پلیمری استفاده نمود تا ویژگی‌های ویسکوالاستیک مورد نیاز فرآورده را تامین نماید (گلاگر و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین تیمارهایی که بر روی آرد انجام می‌شود از قبیل اکستروژن کردن (Etrusion)، فشار بالا (High pressure)، حرارتی، مادون قرمز (IR)، و مایکروویو (Microwave)، که سبب تغییراتی در ساختار آردها می‌شوند و کیفیت محصول تولید شده از آن را بالا می‌برند. در طول تحقیقات برای تولید فرآورده‌های بدون گلوتن، هیدروکلوئیدها تیمارها و آردهای فاقد پروتئین گلوتنی مختلفی مورد استفاده قرار گرفتند که هر کدام از این‌ها ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و رئولوژیکی به محصول می‌دهند که ما در نهایت به دنبال نتایج این‌ها خواهیم بود.

تاثیر جانشین‌ها و تیمارهای مختلف بر روی کیفیت محصولات

برای بررسی کیفیت محصولات ویژگی‌های مختلفی مورد بررسی قرار می‌گیرند که عمدتاً شامل: رطوبت، حجم مخصوص، ویسکوزیته، تخلخل، رنگ، ارزیابی حسی، سفتی (بیاتی)، پروتئین و خاکستر می‌باشند. در ادامه به بررسی تغییرات هر کدام از این ویژگی‌ها در اثر تیمارهای مختلف خواهیم پرداخت.

حجم مخصوص

حجم یک ویژگی کیفی مهم در صنایع غذایی می‌باشد چرا که توسط چشم قابل رویت بوده و با پارامترهای کیفی دیگر در ارتباط است. به عنوان مثال، بافت رابطه معکوسی با حجم دارد.

در فرآورده تخمیری مثل نان، گلوتن، CO₂ تشکیل شده در حین فرایند تخمیر را در خودش نگه می‌دارد. اما در نان‌های فاقد گلوتن CO₂ خارج می‌شود (مالکی و همکاران، ۱۹۸۰؛ وهرل و همکاران، ۱۹۹۷). به همین دلیل است که بین حجم مخصوص، میزان حجیم شدن و سایر خصوصیات کیفی محصولات فاقد گلوتن و آن‌هایی که دارای گلوتن هستند، تفاوت وجود دارد (رستمیان و همکاران، ۱۳۹۱). در نان‌ها مقدار پروتئین و شرایط تخمیر بر روی حجم تاثیر گذار هستند. بنابراین جهت تهیه یک نان فاقد گلوتن با حجم خوب، استفاده از هیدروکلوئید مناسب و آردی با پروتئین کافی لازم است (کادان، روبینسون، تیبودنوکس، پیرمان، ۲۰۰۱).

گوچرال و همکاران (۲۰۰۳)، از صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC) و آنزیم سیکلودکستریناز در تهیه نان فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج استفاده کردند. نتایج به این صورت بود که، صمغ HPMC به دلیل حفظ CO₂ و کاهش نفوذ پذیری خمیر به CO₂ و آنزیم سیکلودکستریناز با کاهش قندهای تخمیر ناپذیر باعث افزایش حجم مخصوص به میزان قابل توجهی شدند. در پژوهشی دیگر که عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳)، اثر کنجاله بادام شیرین و صمغ زانتان را در کیک تهیه شده با آرد برنج مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کنجاله بادام تاثیر بر روی افزایش حجم ندارد اما صمغ زانتان باعث افزایش حجم می‌شوند. این افزایش حجم به این خاطر است که زانتان ویسکوزیته خمیر را افزایش می‌دهد و در هنگام پخت حباب‌های گاز را نگه داشته و حجم افزایش می‌یابد. اما ذکر این نکته الزامی است که افزایش بیش از حد صمغ در فرمولاسیون محصولات تخمیری صنایع پخت باعث کاهش حجم می‌شود، به این دلیل که سبب اختلال در مرحله تخمیر و فعالیت مناسب مخمر می‌شود که این امر به دلیل افزایش بیش از حد جذب خمیر است (صحرائیان و همکاران، ۱۳۹۳). آسیاب کردن سبب آسیب بر روی نشاسته شده و رابطه معکوسی بین مقدار نشاسته آسیب دیده و حجم نان وجود دارد (دلاهر و همکاران، ۲۰۱۳).



استفاده از سبوس برنج در نان فاقد گلوتن باعث افزایش استحکام بافت، حجم مخصوص بالاتر و مغز نرم تر نان شده و هم این که باعث بالا بردن ارزش تغذیه‌ای نان می‌گردد (فیمولسریپول و همکاران، ۲۰۱۲).

رطوبت

صمغ‌ها به دلیل ساختاری که دارند قدرت بالایی در جذب و نگه داری آب در حین فرایند پخت و نگه داری هستند. وقتی از ترکیب چند صمغ استفاده می‌کنیم، اثر بیش‌تری بر روی حفظ رطوبت خواهند داشت. جذب رطوبت توسط هیدروکلوئیدها موجب حفظ محتوای رطوبت بالاتر در محصول نهایی شده و در نتیجه رتروگرادسیون (برگشت به عقب) ناشسته کمتر شده و سفتی بافت داخلی کاهش می‌یابد و در مجموع کیفیت محصول نهایی بهبود پیدا می‌کند (کوهاجدوا و کاویوکوا، ۲۰۰۹؛ روسل و همکاران، ۲۰۰۱).

رنگ

آنالیز رنگ معمولاً توسط ۳ شاخص a^* ، L^* و b^* مورد بررسی قرار می‌گیرد. شاخص L^* معرف میزان روشنایی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از منفی ۱۲۰- (آبی خالص) تا مثبت ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد (نقی پور و همکاران، ۱۳۹۲). هیدروکلوئیدها باعث افزایش روشنایی و کاهش ته رنگ قرمز می‌شوند. همچنین صمغ‌ها باعث زردتر و روشن‌تر شدن پوسته کیک به دلیل کاهش در سرعت واکنش مایلارد می‌شوند. به عنوان مثال هیدروکلوئید گوار زردی کمتری نسبت به کاراگینان نشان می‌دهد افزایش غلظت گوار رنگ را روشن‌تر اما افزایش کاراگینان رنگ را تیره‌تر می‌کند. افزایش فاکتور روشنایی توسط هیدروکلوئیدها به این معنی بوده که این مواد می‌توانند موجب افزایش سفیدی رنگ محصول شوند که این در مورد مغز کاملاً مطلوب و در مورد پوسته بستگی به نوع فراورده دارد (قریشی‌راد و همکاران، ۱۳۸۸). پروتین‌های لبنی سبب تیره شدن رنگ پوسته و روشن شدن مغز نمونه‌ها می‌شود (گالاگر و همکاران، ۲۰۰۴).

ویسکوزیته

ویسکوزیته طبق تعریف به عمل اصطکاک درون سیال و در نتیجه، مقاومت سیال در برابر جریان گفته می‌شود (رضوی و اکبری، ۱۳۹۲). عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۲)، بیان کردند که افزایش زانتان و کنجاله بادام ویسکوزیته را افزایش می‌دهد. مقادیر بالای ویسکوزیته صمغ زانتان ناشی از ساختار پلیمری آن و اثرات متقابل بین زنجیره‌های پلیمری و تغییرات فرمولاسیون می‌باشد. وجود فیبر و ترکیبات آب دوست دارای گروه هیدروکسیل در ساختار کنجاله بادام باعث افزایش ویسکوزیته شده است. دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰)، از صمغ‌های زانتان گوار، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، صمغ لوبیای خرنوب، پکتین، زانتان- گوار، زانتان- خرنوب و امولسیفایر داتم (DATEM) در فرمولاسیون نان بدون گلوتن بر پایه آرد برنج استفاده کردند و ویژگی رئولوژیکی آن را مورد بررسی قرار دادند. در بین نمونه‌های خمیر بدون امولسیفایر، زانتان قوام و ویسکوزیته ظاهری بیشتری داشت. صمغ گوار هم ویسکوزیته بیشتری را نشان داد اما ترکیب زانتان- گوار باعث افزایش بیشتر ویسکوزیته شدند. این نمونه‌ها خواص ویسکوالاستیک را از خود نشان دادند. اضافه کردن ترکیب امولسیفایر به این‌ها هم خاصیت ویسکوز و هم الاستیک را افزایش داد. تمامی نمونه رفتار رقیق شوندگی با برش دارند. با افزایش اعمال تنش برشی ویسکوزیته کاهش می‌یابد. این به دلیل فعل و انفعالات بین اجزای سیستم بوده که تحت تنش برشی شکسته می‌شوند. اعمال تیمار فشار بالا (High pressure) بر روی آردهای فاقد گلوتن نیز باعث بهبود عملکرد آن‌ها از نظر پخت می‌شود. اثر فشار باعث ژلاتینه کردن نشاسته می‌شود که از این نظر خواص ویسکوالاستیک خمیر حاصل را بالا می‌برد (والونز و همکاران، ۲۰۱۱). تاثیر دیگر فشار بالا بر روی پروتین‌ها است که



ایجاد اتصالات عرضی غیر کوالانسی (دی سولفیدی) می‌کند. اما تاثیر نشاسته ژلاتینه شده بر روی افزایش خصوصیات ویسکولاستیک بیشتر از پیوند دی سولفیدی پروتئین است (والونز و همکاران، ۲۰۱۰). معمولاً اکثر این نمونه‌های خمیر فاقد گلوتن از قانون پاورلا تبعیت می‌کنند.

$$\square = \square \left(\frac{\square}{\square} \right) \quad (1)$$

T که نشان دهنده تنش برشی، $\left(\frac{\square}{\square} \right)$ تنش برشی، k ضریب غلظت و n اندیس جریان است (محمدی فر، ۱۳۹۱).

آزمون فارینوگرافی

مقاومت خمیر در مقابل زدن توسط دستگاهی به نام فارینوگراف تعیین می‌شود. از طریق فارینوگرام (منحنی حاصل از فارینوگراف) می‌توان به مقاومت و سفتی خمیر، بازدهی و زمان گسترش، زمان اپتیمم زدن خمیر و درجه سست شدن خمیر پی برد. همچنین درصد جذب آب آرد هم به این طریق تعیین می‌شود (هماپور، ۱۳۹۱). پوراسماعیل و همکاران (۱۳۹۰)، اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز به همراه صمغ گوار بر خصوصیات رئولوژیکی خمیرها و کیفیت نان‌های حاصل از ترکیب آردی بدون گلوتن بر پایه آرد برنج، نشاسته ذرت و آرد سویا به منظور تولید نان بدون گلوتن با کیفیت مطلوب را مورد بررسی قرار دادند. اثری که این آنزیم و صمغ بر روی جذب آب آرد گذاشتند به این صورت بود که، صمغ گوار سبب افزایش معنی‌دار در میزان جذب آب مخلوط آردی نسبت به نمونه شاهد شد. آنزیم ترانس گلوتامیناز نیز موجب جذب آب بیشتر می‌شود که این به علت فعالیت پیوند عرضی دهنده آنزیم ترانس گلوتامیناز، بین اسید آمینه گلوتامین و لیزین که سبب تشکیل پلی‌مرهای پروتئینی با ظرفیت نگه داری آب بالا می‌گردد. همچنین تبدیل گلوتامین به اسید گلوتامیک توسط این آنزیم که سبب کاهش آب‌گریزی محیط و در نتیجه افزایش جذب آب می‌شود (جرارد و همکاران، ۱۹۹۸؛ لورنزن و همکاران، ۲۰۰۲). آرد سویا و ترکیبات لبنی سبب جذب آب بیشتر می‌شوند (بلیتز و گروش، ۱۹۸۷). مارکو و روزل (۲۰۰۸)، درصدهای متفاوتی از پروتئین سویا و نخود و آنزیم ترانسگلوتامین را در آرد برنج استفاده کردند و مشاهده کردند که هر چه میزان پروتئین بیشتر شود، جذب آب هم بیشتر می‌شود. دو پروتئین با هم اثر هم‌افزایی (Synergistic) نسبت به هم دارند. ترانس گلوتامین هم از طریق ایجاد اتصالات عرضی و تولید پلی‌مرهای پروتئینی با ظرفیت نگه داری آب بیشتر، اثر مثبت بر روی جذب آب دارد.

تخلخل

تخلخل یکی از ویژگی‌های مهم در بررسی کیفیت محصول نهایی است. ترابی و همکاران (۲۰۱۰)، به بررسی ساختارهای منافذ کیک حاوی صمغ‌های زانتان و گوار و پخته شده در فرهای مختلف پرداختند و نتایج نشان داد که گرمایش بیشتر در مایکروویو و افزایش بخار مرطوب باعث ایجاد اختلاف فشار بالاتر می‌شود. این اختلاف فشار می‌تواند باعث ایجاد ساختار نرم‌تر و متخلخل‌تر در کیک شود. خواص دی‌الکتریک صمغ‌ها هم ممکن است تاثیر گذار باشد. زمانی که خواص دی‌الکتریک صمغ بالا باشد، تعامل بیشتر بین خمیر کیک و مایکروویو می‌تواند رخ دهد. از این طریق ژلاتینه شدن بیشتر را خواهیم داشت و این می‌تواند دلیل تخلخل بالاتر زانتان باشد چون خواص دی‌الکتریک بیشتر از بقیه دارد. این دو صمغ ویسکوزیته بالاتری ایجاد می‌کنند. منافذ بیشتری و در نتیجه تخلخل بیشتری دارند. ترکیب زانتان-گوار بهتر از زانتان به تنهایی است. کیک شاهد که فاقد هیدروکلوئید و پخته شده در فر معمولی بود منافذ ناهمگن داشت. اما کیک حاوی زانتان-گوار دارای منافذ همگن‌تری بود. اما دو ترکیب گالاتومانان و کاراگینان تخلخل را کاهش می‌دهند. این به این دلیل است که این دو ترکیب باعث می‌شوند که حباب‌های هوا به راحتی به سطح بروند و خارج شوند. نشاسته در محصولات بدون گلوتن بر روی تشکیل ژل، سفتی، چسبندگی، حفظ رطوبت و ضد بیاتی تاثیر دارد. در پژوهشی دیگر از آرد ذرت اکستروود شده (Etrusion) در فرمولاسیون نان بدون گلوتن استفاده کردند. در آرد ذرت اکستروود شده اندازه گرانول‌های نشاسته بزرگ‌تر از نمونه‌های اکستروود نشده بود. بنابراین توانایی آرد برای جذب آب



و خواص متورم شدن افزایش پیدا کرد. بر این اساس خمیرهای حاصل از آردهای اکستروود شده سلول‌های گازی تشکیل شده را بهتر حفظ کرده و بافت نمونه را متخلخل تر و نرم تر می‌کنند (ازولا و همکاران، ۲۰۱۲).

آزمون بافت سنجی (سفتی، بیاتی)

این آزمون توسط دستگاه بافت سنج انجام می‌گیرد از این آزمون دو ویژگی مهم بافتی حاصل می‌شود، مقدار نیروی شکست (F_{max}) و مقدار تغییر شکل (D_{max}) (قنبرزاده، ۱۳۸۸). با گذشت زمان به علت مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته، بافت پوسته حالت لاستیکی و نرم‌تری پیدا می‌کند که مطلوب نیست و پاره کردن و جویدن آن سخت می‌شود. به طور کلی بهتر است که هم F_{max} و هم D_{max} برای پوسته کم باشد تا ترد بوده و جویدن آن آسان تر شود. با افزودن هیدروکلئیدها به علت افزایش گروه‌های هیدروکسیل و دیگر گروه‌های آب دوست در بافت، جذب آب در مغز بیشتر می‌شود که می‌تواند از مهاجرت آب به پوسته و در نتیجه لاستیکی شدن آن جلوگیری کند و موجب حفظ حالت تردی گردد (آنگلیولونی و کولار، ۲۰۰۸). کاهش سفت شدن بافت به دلیل جلوگیری از توزیع مجدد آب و انتقال آب از گلوتهن به نشاسته توسط هیدروکلئیدها و در نتیجه جلوگیری از در اختیار گرفتن آب توسط نشاسته است. نکته مهم دیگر این که آب آزاد موجب افزایش تحرک زنجیره‌های نشاسته و در نتیجه سازمان دهی مجدد و بهم پیوستگی آن‌ها می‌شود. این پدیده به نوعی باعث کاهش حالت تردی و افزایش حالت لاستیکی در بافت پوسته و بافت مرکزی محصول می‌گردد که چندان مطلوب نیست (قریشی‌راد و همکاران، ۱۳۸۸). اما جذب آب بسیار بالای هیدروکلئیدها در طول دوره نگه داری بافت را سفت می‌کند. در همین راستا گامبوس و همکاران، (۲۰۰۱) گزارش کردند که در مقایسه بین گوار و پکتین، گوار بافت نان را در طول زمان سفت‌تر کرده بود که این می‌تواند به علت ظرفیت بالای نگه داری آب گوار باشد. در نتیجه آب متصل شده در طی تهیه خمیر هنگام پخت آزاد شده و زلاتیناسیون نشاسته راحت‌تر صورت می‌گیرد. آمیلوز و به دنبال آن آمیلوپکتین از گرانول‌های نشاسته خارج شده و در هنگام پخت یا در طی سرد شدن نان‌ها، آمیلوز برگشت به عقب شده و در نتیجه موجب سفتی بافت مغز نان می‌گردد. بیاتی مربوط به تغییراتی است که پس از پخت رخ می‌دهد. این تغییرات در پوسته و بافت مغز فراورده صورت می‌گیرد. نشاسته ترکیب اصلی سیستم می‌باشد که نقش تعیین کننده‌ای در رتروگراداسیون دارد (مور، جوگا، اسچوبر، آرندت، ۲۰۰۷). عدم حضور گلوتهن باعث بیاتی شدیدتر این نان‌ها می‌شود. زیرا که گلوتهن مانع از مهاجرت رطوبت از پوسته به مغز و در نتیجه بیاتی سریع‌تر این‌ها می‌شود (مک‌کارتی و همکاران، ۲۰۰۵). عواملی که بر روی بیاتی موثر هستند شامل: رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلی‌مرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی (گوردا و همکاران، ۲۰۰۴).

محققان یک رابطه معکوس بین محتوای پروتئین و بیاتی نان در حین فرایند نگه داری را نشان دادند. در نان برنج فاقد گلوتهن حاوی پروتئین‌های شیر و تخم مرغ ساختارهای تار مانند تقریباً مشابه یک دیگر هستند. ولی در نان نشاسته کم پروتئین هیچ ساختار تارمانندی وجود ندارد. و می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هیدروکلئیدها به تنهایی جهت پایداری سلول‌های گاز و به تاخیر انداختن بیاتی کافی نیستند بلکه میزان پروتئین نیز تعیین کننده است (آهلپورن و همکاران، ۲۰۰۵).

ارزیابی حسی

استفاده از هیدروکلئیدها در تولید محصولات فاقد گلوتهن خصوصاً حسی محصول را ارتقا می‌دهند و نسبت به نمونه شاهد دارای مقبولیت بیشتری هستند. از بین صمغ‌ها پکتین بالاترین امتیاز حسی را کسب کرد. اما صمغ کاراگیتان تاثیرات قابل توجهی بر بهبود خواص حسی ندارد (لازارید و همکاران، ۲۰۰۷).



پروتئین و خاکستر

مایر و ستسر (۱۹۸۲)، در تحقیقات خود نشان دادند که افزودن زانتان و کربوسی متیل سلولز سبب افزایش جزئی پروتئین می‌گردد و علت آن را وجود برخی از اسیدهای آمینه در ترکیب ساختاری صمغ‌های مصرفی گزارش کردند. افزودن صمغ سبب افزایش میزان خاکستر نمونه‌ها می‌شوند. که علت آن داشتن املاح و فیبر بالا در ساختار صمغ‌ها است (موحد و همکاران، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری

نتیجه این مطالعه نشان داد که هیدروکلوئیدها بالاترین درصد استفاده به عنوان جایگزین گلوتن را دارا می‌باشند و از بین آن‌ها زانتان، گوار و کربوکسی متیل سلولز بیشتر مورد استفاده قرار گرفته و مقبولیت بیشتری داشته‌اند. تیمارهای انجام شده بر روی آرد‌های فاقد گلوتن سبب بهبود ساختار آن‌ها و بهبود کیفیت محصول نهایی می‌شوند. جایگزین‌های گلوتن قادر بر این هستند که خصوصیات گلوتن را از طریق تشکیل شبکه پروتئینی تشکیل شده توسط گلوتن است، تقلید کنند. این باعث می‌شود که از نظر ویژگی‌هایی مانند رطوبت، حجم مخصوص، رنگ، خصوصیات حسی و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر مانند فرآورده‌های تشکیل شده دارای گلوتن باشند.

منابع

- پوراسماعیل، ن؛ عزیزی، م، ح؛ عباسی، س و محمدی، م. (۱۳۹۰)، فرمولاسیون نان بدون گلوتن با استفاده از گوآر و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۱، شماره ۱، ۸۱-۷۰.
- رستمیان، م؛ میلانی، ج؛ ملکی، گ. (۱۳۹۱)، استفاده از ترکیب آرد ذرت و نخود در تهیه نان فاقد گلوتن، نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، جلد ۱، شماره ۲، ۱۲۸-۱۱۷.
- رضوی، س، م، ع و اکبری، ر. (۱۳۹۲)، خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- صحرائیان، ب؛ کریمی، م؛ حبیبی نجفی، م؛ حدادخداپرست، م، ح؛ قیافه‌داودی، م؛ شیخ‌السلامی، ز و نقی‌پور، ف. (۱۳۹۳)، بررسی تاثیر صمغ بومی بالنگوی شیرازی (*Lallemantiaroyleana*) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نان بربری نیمه حجیم بدون گلوتن سورگوم، فصل نامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۲، دوره ۱۱.
- قریشی‌راد، س، م؛ قنبرزاده، ب و گیائی‌طرزی، ب. (۱۳۹۰)، تاثیر به کارگیری هیدروکلوئیدهای گوار و کاراگینان بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی نان بربری، علوم غذایی و تغذیه، سال ۸، شماره ۲.
- قنبرزاده، ب. (۱۳۸۸)، مبانی رئولوژی مواد و بیوپلیمرهای غذایی، انتشارات دانشگاه تهران.
- محمدی‌فر، م، ا. (۱۳۹۱)، اصول طراحی کارخانه‌جات و مهندسی صنایع غذایی، تهران، موسسه آموزش عالی آزاد پارسه.
- موحد، س؛ رنجبر، س و احمدی‌چنارین، ح. (۱۳۹۲)، ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی، بیاتی و ارگونومپتیکی کیک‌های بدون گلوتن حاوی صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز، مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۴، شماره ۲، ۱۷۸-۱۷۳.
- نقی‌پور، ف؛ کریمی، م؛ حبیبی‌نجفی، م، ب؛ حدادخداپرست، م، ح؛ شیخ‌السلامی، ز؛ قیافه‌داودی، م و صحرائیان، ب. (۱۳۹۲)، بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های گوآر و زانتان، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۴۱، ۱۳۹-۱۲۷.
- هماپور، م. (۱۳۹۱)، تکنولوژی مواد غذایی (جلد دوم)، تهران، موسسه آموزش عالی آزاد پارسه.
- Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M., and Huber, C. S. (2005). Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-335.



- Angioloni, A., and Collar. (2008). Functional response of diluted dough matrixes in high-fiber systems: A viscometric and rheological approach. *Food Research International*, 41: 803-812.
- Belitz, H. D., and Grosch, W. (1987). *Food Chemistry*, Springer-Verlag, New York.
- Capriles, V.D., Martini, L.A., and Areas, J.A.G. (2009a). Metabolic osteopathy in celiac disease: importance of a gluten-free diet. *Nutrition Review*, 67(10): 599-606.
- de la Hera, E., Martinez, M., Gomez, M. (2013a). Influence of flour particle size on quality of gluten-free rice bread. *LWT Food Science and Technology*, 54, 199-206.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. (2010). Rheological properties of gluten-free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 96: 295-303
- Fasano, A., Catassi, C. (2012). Celiac disease. *New England Journal of Medicine*, 367(25): 2419-2426.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., and Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 143-152.
- Gelinas, P., Guillet, M. (1999). Relative effects of ingredient on cake staling based on an accelerated shelf-life test. *Journal of Food Science*, 64: 937-940.
- Gerrard J. A., Fayle, S. E., Wilson, A. J., Newberry, M. P., Ross, M., and Kavale, S. (1998). The effect of microbial transglutaminase on dough properties and crumb strength of white pan bread. *Journal of Food Science*, 63: 472-475.
- Gujral, H. S., Guardiola, I., Carbonell, J. V., and Rosell, C. M. (2003). Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3814-3818.
- Gurda, A., Rosell, C. M., Benedito, C., and Galotto, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agent. *Food Hydrocolloids*, 18: 241-247.
- Kadan, R. S., Robinson, M. G., Thibodeaux, D. P., and Pepperman, A. B. (2001). Texture and other physicochemical properties of whole rice bread. *Journal of Food Science*, 66: 940-944.
- Kagnoff, M. (2005). Overview and pathogenesis of celiac disease. *Gastroenterology*, 128(4, supplement 1): 10-18.
- Kohajdova, Z., and Karovicova, J. (2009). Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical Papers*, 63: 26-38
- Kupper, C. (2005). Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenterology*, 128(4): 121-127.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Bels, M., and Biliaderis, C. G. (2007). Effect of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79: 1033-1047.
- Lorenzen, P. C. H. R., Neve, H., Mautner, A., and Schlimme, E. (2002). Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 55: 152-157.
- Maleki, M., Hoseney, R.C., and Mattern, P.J. (1980). Effect of loaf volume, moisture content and protein quality on softness and staling rate of bread. *Cereal Chemistry*, 57: 138-140.
- Marco, C., and Rosell, C. M. (2008). Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. *Journal of Food Engineering*, 88: 94-103.
- McCarthy, D. F., Gallagher, E., Gormley, T. R., Schober, T. J., and Arendt, E. K. (2005). Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 609-615.
- Miller, L. L., and Sester, C. (1982). Xanthan gum in a reduce egg white angel food cake. *Cereal Chemistry*, 60: 62-65.



- Moor, M. M., Juga, B., Schober, T. J., and Arendt, E. K. (2007). Effect of lactic acid bacteria on properties of gluten-free sourdoughs, batters, and quality ultrastructure of gluten-free bread. *Cereal Chemistry*, 84: 357-364.
- Ozola, L., Straumite, E., Galoburda, R., and Klava, D. (2012). Application of Extruded Maize Flour in Glutenfree Bread Formulations. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 64: 04-25.
- Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A., and Schoenlechner, R. (2012). Quality improvement of rice-based glutenfree bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 56: 389-395.
- Rosell, C. M., Rojas, J. A., and Benedito de Barber. C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*. 15: 75-81.
- Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. (2010). Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cake containing different types of gums baked in different oven. *Food Hydrocolloids*, 24: 755-76
- Vallons, Katleen. J. R., Ryan, Liam. A. M., and Arendet, Elke. K. (2011). Promoting structure formation by high pressure in gluten-free flours. *LWT Food Science and Technology*. 44: 1672-1680.
- Vallons, Katleen. J. R., Ryan, Liam. A. M., Koehler, P., and Arendet, Elke. K. (2011). High pressure-treated sorghum flour as a functional ingredient in the production of sorghum bread. *Eur Food Res Technology*. 231:711-717.
- Vanessa, D., Areas, C., Areas, J. A. G. (2014). Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking: Interface between Food Science Nutrition, and Health. *Comperhensive Reviews in Food Science and Safety*, 13: 871-890.
- Wehrle, K., Crau, H., and Arendt, E. (1997). Effect of lactic acid, acetic acid and table salt on fundamental rheological dough properties of wheat dough. *Cereal Chemistry*. 74: 739-744.
- West, J., Logan, R. F., Hill, P. G et al. (2003). Seroprevalence, Correlates, and Characteristics of Undetected Celiac disease in England. *Gut*, 52: 960-965.



Review on the Effect of some Alternatives of Gluten on Physicochemical and Rheological Features in Flour and Bread Formulation

Forugh Mohtarami^{*1}, Sajad pirs², Akram lavini³

1, 2. Assistant Professor of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran.
f.mohtarami@urmia.ac.ir

3. M. A student in food science and technology, faculty of agriculture, Afagh university

Abstract

Celiac disease is a lifelong intestinal disorder that is caused due to the consumption of Gluten by susceptible people. The only way to treat it is to avoid eating foods containing gluten. Gluten matrix is the main determinant of dough properties such as elasticity, tensile strength and is capability of gas storage. Replacing Gluten with other compounds is the most important technological problem. In order to compensate the removal of gluten and to improve the quality of the final product, correct combination of compounds such as hydrocolloids and polymeric compounds must be used to provide the required viscoelastic properties of the product. Also treatments applied on flour such as extrusion, high pressure, thermal, infrared (IR) and microwave cause changes in the structure of flours and increase the quality of manufactured products. This research is a review of studies on gluten-free products. Addition of gluten alternatives such as hydrocolloids, dairy proteins, egg proteins, and the use of gluten-free flours that are treated by methods mentioned above, can cause different physicochemical and rheological properties on products. The result of this study showed that the highest percentage of gluten substitutes are hydrocolloids, and among them xanthan, guar and carboxymethyl cellulose used more and had more acceptance, respectively.

Keywords: Celiac disease, gluten free products, gluten alternatives, physicochemical and rheological properties