

اثر صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بر خصوصیات فارینوگرافی و کیفی ماکارونی بدون گلوتن

فرشته شکری^۱، مانیا صالحی فر^{۲*}، محمد حسین عزیزی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس، گروه علوم و صنایع غذایی، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۳۰)

چکیده

سلیاک عدم تحمل فرد در تمام طول عمر به بخش پروتئینی از گلیادین گندم، پرولامین چاودار، هوردئین جو و احتمالاً "آویدین یولاف" است. چالشهای فراوانی برای فرمولاسیون و تولید نان و ماکارونی بدون گلوتن وجود دارد. زیرا گلوتن به عنوان پروتئین ساختار دهنده این محصولات است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC) و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (MTGase) بر خصوصیات فارینوگرافی خمیر و کیفیت ماکارونی بدون گلوتن بود. بدین منظور صمغ HPMC در سه سطح ۱٪، ۱/۵٪ و ۲٪ و MTGase در سه سطح ۰/۳٪، ۰/۵٪ و ۰/۷٪ به فرمولاسیون اضافه شدند. نتایج نشان داد که افزودن صمغ HPMC و آنزیم MTGase در فرمولاسیون موجب افزایش مدت زمان توسعه خمیر، کاهش درجه نرم شدن خمیر، کاهش افت پخت و چسبندگی ماکارونی می شود. علاوه بر این HPMC موجب افزایش جذب آب، افزایش مدت زمان پایداری خمیر و رطوبت ماکارونی گردید. در حالی که آنزیم MTGase تاثیر معناداری بر این پارامترها نداشت. همچنین نتایج آزمون رنگ سنجی نشان داد افزودن صمغ HPMC و MTGase تاثیر معناداری بر روی رنگ ماکارونی ندارد ($P > 0.05$). در نهایت بر اساس نتایج ارزیابی حسی ماکارونی حاوی ۰/۲٪ HPMC و ۰/۷٪ آنزیم MTGase امتیاز بالاتری را از نظر بافت و پذیرش کلی در مقایسه با نمونه شاهد بدست آورد.

کلید واژگان: سلیاک، ماکارونی بدون گلوتن، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، آنزیم ترانس گلوتامیناز

* مسئول مکاتبات: salehifarmania@yahoo.com

۱- مقدمه

ماکارونی یکی از ساده ترین محصولات مبتنی بر پایه غلات است که مواد تشکیل دهنده آن تنها آرد گندم و آب است [۱]. آرد گندم به عنوان مهم ترین ماده اولیه مورد نیاز جهت تولید ماکارونی، حاوی پروتئین منحصری به نام گلوتن است که به عنوان مهمترین پروتئین ساختار دهنده در آرد بوده و مسئول خواص ویسکوالاستیکی خمیر است [۲]. اما حضور این پروتئین ممکن است سبب بروز مشکلاتی در سلامتی برخی افراد، از جمله بیماران سلیاکی شود. در واقع سلیاک عدم تحمل فرد در تمام طول عمر به بخش پروتئینی از گلیادین گندم، پرولامین چاودار، هورڈئین جو و احتمالاً "آویدین یولاف است" [۳]. این بیماری یکی از رایج ترین بیماریهای مزمن روده ای است که با التهاب مخاط روده کوچک مشخص می شود [۳ و ۴] و ممکن است منجر به سوء جذب مواد مغذی شود. از علائم عمومی این بیماری کاهش وزن، اسهال و خستگی می باشد [۵].

با توجه به اینکه تنها راه درمان مؤثر برای بیماری سلیاک، استفاده از رژیم غذایی فاقد گلوتن در تمام طول عمر بیمار است [۶]. بنابراین برای تولید ماکارونی قابل مصرف برای این قشر آسیب پذیر، لازم است گلوتن از این محصول حذف شود. جایگزینی گلوتن به منظور تولید محصولات بدون گلوتن از جمله نان و ماکارونی یک چالش تکنولوژیکی بزرگ است. زیرا بالا بودن مقدار پروتئین و گلوتن قوی (به منظور فراهم آوردن ویژگیهای ویسکوالاستیکی لازم برای خمیر) برای فرمولاسیون ماکارونی با کیفیت بالا ضروری است [۷]. مشاهدات

میکروسکوپی نشان داده است که شبکه گلوتن در ماکارونی خشک شده به طور کم و بیش منظمی در اطراف گرانولهای نشاسته قرار می گیرد، اما برخلاف انتظار نشاسته در ماکارونی خشک شده هنوز در فرم گرانولهای اولیه وجود دارد. در طول پخت، نشاسته و پروتئین رفتار کاملاً متفاوتی از خود نشان می دهند. گرانولهای نشاسته به سرعت متورم شده و بخشی از آنها به حالت محلول در می آیند، در حالی که گلوتن کاملاً نامحلول است و در طی پخت منعقد شده و ایجاد یک شبکه قوی در اطراف گرانولهای نشاسته نموده و آنها را به دام می اندازد و موجب کاهش افت پخت و چسبندگی ماکارونی و ایجاد قوام

مناسب در طی پخت می شود. بنابراین اگر شبکه پروتئینی خواص ویسکوالاستیک مناسبی نداشته باشد و یا با تاخیر تشکیل شود، گرانولهای نشاسته به آسانی متورم شده و میزان قابل توجهی از مواد نشاسته ای در طی پخت خارج می شود و در نتیجه چسبندگی و افت پخت محصول افزایش یافته و ثبات و استحکام آن نیز کاهش می یابد [۸].

به منظور بهبود خواص محصولات خمیری بدون گلوتن تحقیقات بسیاری انجام شده است. در این رابطه سیواراماکریشنان و همکاران^۱ در سال ۲۰۰۴، ویژگیهای رئولوژیکی خمیر حاصل از آرد برنج را در اثر افزودن صمغ HPMC بررسی نمودند. نتایج نشان داد افزودن HPMC موجب بهبود ویژگیهای رئولوژیکی خمیر به نحو مطلوبی می شود [۹]. تاکاس و همکاران^۲ در سال ۲۰۰۷، اثر افزودن TGase بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی و حسی نودل بدون گلوتن حاصل از آرد نخود را ارزیابی نمودند. این محققان گزارش کردند که آنزیم TGase موجب کاهش مقدار پروتئینهای محلول در آب و نمک، افزایش جذب آب و بهبود خصوصیات حسی نودلها می شود [۱۰]. یالسن و بسمن^۳ در سال ۲۰۰۸، اثر افزودن آرد ذرت ژلاتینه، صمغ لوبیای خرنوب و زانتان و آنزیم TGase را بر روی ویژگیهای کیفی نودل آرد ذرت بررسی نمودند. نتایج نشان داد استفاده از صمغ و آنزیم موجب بهبود کیفیت نودلها می شود [۱۱]. با توجه به تحقیقات انجام شده، در حال حاضر استفاده از پروتئینها، هیدروکلونیدها، آنزیمها و امولسیفایرها یک راه حل موثر برای جایگزینی گلوتن در ماکارونی و تولید ماکارونی بدون گلوتن است.

هیدروکلونیدها دارای تعدادی از پلی ساکاریدهای محلول در آب با ساختار شیمیایی مختلف هستند که به علت خصوصیات عملکردی فراوانی که دارند، در صنایع غذایی به طور وسیعی استفاده می شوند [۱۲]. صمغ HPMC یکی از مهمترین هیدروکلونیدهای استفاده شده در فرمولاسیون محصولات بدون گلوتن است که از واکنش سلولز قلیایی با مخلوط متیل کلراید و پروپیلن اکساید به دست می آید. این

1. Sivaramakrishnan et al
2. Takacs et al
3. Yalcin and Basman

آجینوموتو آلمان^۳ و صمغ HPMC ساخت شرکت دوکیمیکال^۴ در فرمولاسیون ماکارونی بدون گلوتن استفاده شد.

۲-۲-۲ روشها

۲-۲-۲-۱ تهیه تیمارها

در فرمولاسیون تمامی تیمارها از آرد برنج و نشاسته ذرت به نسبت ۷۵:۲۵ درصد وزنی به وزنی، مونو دی گلیسرید به میزان ۰/۵٪ و بتا کاروتن به میزان ۰/۰۰۳٪ استفاده شد. همچنین آنزیم MTGase در سه سطح (۰/۳٪، ۰/۵٪ و ۰/۷٪) و صمغ HPMC نیز در سه سطح (۰/۱٪، ۰/۱۵٪ و ۰/۲٪) بر پایه وزن مخلوط آردی به فرمولاسیون اضافه شدند. مقادیر متفاوت صمغ HPMC و آنزیم MTGase در فرمولاسیون تهیه تیمارها و ماکارونی در جدول ۱ نشان داده شده است.

۲-۲-۲-۲ آزمون فارینوگراف

ویژگیهای رئولوژیکی خمیر توسط دستگاه فارینوگراف ساخت شرکت برابندر آلمان و با استفاده از روش شماره AACC 54-21 تعیین گردید.

۲-۲-۲-۳ روش تولید ماکارونی بدون گلوتن

در این تحقیق، ماکارونی به شکل فرمی پنه ریگاته در شرکت زر ماکارون تولید شد. ابتدا اجزای فاز جامد شامل آرد برنج، نشاسته ذرت، مونو دی گلیسرید، صمغ HPMC و آنزیم MTGase پس از توزین به مدت حداقل ۳ دقیقه در داخل دستگاه مخلوط کن با هم مخلوط شدند تا ضمن مخلوط شدن مواد با یکدیگر، نمونه به طور کامل همگن شود. پس از اختلاط کامل مواد فاز جامد، بتا کاروتن به میزان ۰/۰۰۳ درصد پس از محلول سازی به فرمولاسیون اضافه شد و در مرحله خمیرگیری آب به صورت تدریجی به مخلوط تهیه شده اضافه شد و بعد به مدت ۱۰ دقیقه عمل هم زدن در دستگاه مخلوط کن ادامه یافت تا در نهایت خمیری با رطوبت ۳۸ درصد بدست آمد. سپس خمیر وارد اکسترودر (ساخت شرکت آنسلمو^۵ ایتالیا) تحت دمای ۴۵ درجه سانتیگراد و تحت فشار ۱۲۰ بار شد. ماکارونی ها پس از خروج از مرحله قالب گیری (قالب برنزی فرمی پنه ریگاته) و برش ابتدا

صمغ در آب سرد محلول و در آب داغ نامحلول است [۱۳]. توجه خصوصیت شیمیایی HPMC (عدم حلالیت در دمای بالا)، این صمغ می تواند یک انتخاب مناسب برای جایگزینی گلوتن در تولید ماکارونی بدون گلوتن باشد.

آنزیم TGase به عنوان یک آنزیم ترانس فرازاست که می تواند سبب ایجاد پیوندهای کووالانسی بین پروتئینها شود. این آنزیم فرآیند آسیل ترانسفراز بین گروه گاما کربوکسی آمید گلوتامین و آمین نوع اول لیزین را کاتالیز می کند. در این واکنش زنجیره های جانبی گلوتامین به عنوان دهنده و گروه آمین به عنوان پذیرنده آسیل عمل می کند [۱۴]. البته بسته به نوع سوبسترا (پروتئین یا پپتید) این واکنش ممکن است منجر به ایجاد اتصال عرضی بین پروتئین یا اتصال پپتید به پروتئین شود. زمانی که گروه آمین در دسترس نباشد، آب می تواند به عنوان پذیرنده گروه آسیل عمل نموده و موجب دامیناسیون باقیمانده های گلوتامین و تبدیل گلوتامین به اسید گلوتامیک شود [۱۵].

با توجه به افزایش گرایش مردم به مصرف ماکارونی و در نظر گرفتن اینکه گروه خاصی از مردم به ماکارونی حاوی گلوتن حساس می باشند، بنابراین تولید ماکارونی بدون گلوتن برای مصرف این قشر آسیب پذیر (بیماران سلیاکی) ضرورت دارد. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر افزودن صمغ HPMC و آنزیم MTGase در بهبود ویژگیهای رئولوژیکی خمیر و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماکارونی بدون گلوتن بود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

در این تحقیق از نشاسته ذرت تولید شده توسط شرکت فرآیند نشاسته، آرد برنج تولید شده توسط شرکت پودرینه شمال (دارای ۹/۶٪ رطوبت، ۰/۵۷۰٪ خاکستر و ۸/۵٪ پروتئین که مطابق با استاندارد AACC (1995) تعیین شد)، مونودی گلیسرید ساخت شرکت دی اس ام^۱ سوئیس، بتا کاروتن ساخت شرکت روشا^۲ سوئیس، آنزیم MTGase تولید شده توسط شرکت

3. Ajinomoto
4. Dow Chemical
5. Anselmo

1. DSM
2. Rosha

۲-۲-۴-۳- آزمون رنگ

رنگ ماکارونی های بدون گلوتن پیش از پخت توسط دستگاه هانترلب مطابق با روش استاندارد AACC شماره ۲۲-۱۴ تعیین شد.

۲-۲-۴-۴- آزمون ارزیابی حسی

جهت انجام آزمون ارزیابی حسی از یک تیم ۱۰ نفره از پرسنل شرکت زر ماکارون که آشنایی و مهارت کافی در ارزیابی و شناسایی کیفی محصولات غذایی را داشتند، استفاده شد. و ویژگیهای حسی ماکارونی نظیر رنگ، بو، طعم، بافت (نرمی، سفتی، چسبندگی و غیر یکنواخت بودن) و پذیرش کلی با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای به صورت "بسیار بد، بد، نه خوب نه بد، خوب، بسیار خوب" مورد امتیازدهی قرار گرفت.

۲-۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمونهای فیزیکوشیمیایی و رنگ سنجی از طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار استفاده شد. جهت تحلیل نتایج داده ها از روش آنالیز واریانس (ANOVA) استفاده شد و در صورت وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها، برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون حداقل تفاوت معنی دار چند دامنه ای دانکن استفاده شد. همچنین داده های حاصل از ارزیابی حسی، با استفاده از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس مورد ارزیابی قرار گرفتند. در صورت وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها از آزمون یومان ویتنی استفاده شد. در تمامی آنالیزها سطح معنی داری ۵ درصد در نظر گرفته شد و P-value کمتر از ۰/۰۵ معنی دار تفسیر گردید. کلیه آنالیزهای آماری توسط نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج خصوصیات فارینوگرافی خمیر

در جدول ۲ تاثیر افزودن سطوح مختلف صمغ HPMC و آنزیم MTGase بر جذب آب و ویژگیهای رئولوژیکی خمیر ماکارونی بدون گلوتن نشان داده شده است. بنابر نتایج بدست آمده از جدول ۲ در سطوح ۱٪، ۱/۵٪ و ۲٪ HPMC، با افزایش مقدار آنزیم تفاوت معنی داری در میزان جذب آب

بر روی سینیهای پلاستیکی ریخته شدند و فن موجود در زیر سینی جهت جلوگیری از بهم چسبیدن ماکارونیها در طول فرآیند به طور مداوم روشن بود. ماکارونیها سپس برای انتقال به خشک کن بر روی سینیهای چوبی با توری پلاستیکی قرار گرفته و داخل خشک کن اتوماتیک خشک قرار گرفتند. مرحله ابتدایی خشک کردن در دمای (حدود ۵۰ درجه سانتی گراد) و رطوبت نسبی (۵۵)

درصد) به مدت ۱ ساعت انجام گرفت. در مرحله دوم خشک کردن از دمای بالاتر (۷۵ درجه سانتی گراد) و رطوبت نسبی (۳۰ درصد) به مدت ۶ ساعت استفاده شد. ماکارونیهای خشک شده پس از سرد شدن در پوششهای پلی پروپیلن بسته بندی شده و تحت دمای ۱۸ درجه سانتیگراد جهت انجام آزمونهای محصول نابرداری شدند.

۲-۲-۴- آزمون های محصول نهایی

۲-۲-۴-۱- رطوبت

رطوبت نمونه های ماکارونی با استفاده از روش استاندارد AACC شماره ۱۶-۴۴ تعیین شد.

۲-۲-۴-۲- درصد کل مواد جامد در آب پخت و چسبندگی

درصد کل مواد جامد در آب پخت و چسبندگی با استفاده از روش استاندارد AACC شماره ۵۰-۱۶ اندازه گیری شد [۱۶]. برای تعیین درصد کل مواد جامد در آب پخت، ابتدا ۲۵ گرم ماکارونی توزین شد و در ظرف فلزی استوانه‌ای با حجم ۱ لیتر که دارای ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر در حال جوش بود ریخته شد به مدت ۱۰ دقیقه جوشید. سپس ماکارونی به مدت ۱ دقیقه آبکشی شد و آب حاصل از پخت در یک بشر که قبلاً به وزن ثابت رسیده و توزین شده بود، جمع آوری شد. آب حاصل از پخت بر روی حمام بخار جهت تبخیر آب قرار گرفت. سپس به اتوکلاو 105 ± 2 درجه سلسیوس منتقل شد، تا کاملاً خشک شود. سپس بشر تا رسیدن به دمای اتاق درون دسیکاتور قرار داده شد و پس از آن مواد جامد باقی مانده توزین شد و به عنوان شاخصی از درصد کل ماده جامد در آب پخت تعیین گردید. برای اندازه گیری چسبندگی، ماکارونی پخته شده در شرایط فوق آبکشی شد و سپس درصد وزنی ماکارونی های بهم چسبیده محاسبه گردید.

ایجاد نکرد. در حالی که با استفاده از HPMC و افزایش مقدار آن مدت زمان پایداری خمیر به طور معنی داری افزایش یافت. یکی از علت‌های افزایش مدت زمان پایداری خمیر در اثر افزودن هیدروکلونید را به توانایی هیدروکلونیدها در جذب آب نسبت دادند که می‌تواند باعث افزایش مدت زمان پایداری خمیر شود [۲۰]. همچنین تشکیل باندهای هیدروژنی بین پروتئین و پلیمرهای غیر یونی، علت دیگر افزایش در مقاومت و مدت زمان پایداری خمیر است [۱۲]. نتایج بدست آمده در این پژوهش با یافته‌های سیواراماکریشنان و همکاران در سال ۲۰۰۴، روسل و همکاران در سال ۲۰۰۷ و مجذوبی و همکاران در سال ۲۰۱۰ مطابقت داشت [۹، ۱۲ و ۲۰].

با افزودن صمغ HPMC و افزایش مقدار آن در فرمولاسیون درجه نرم شدن خمیر بدون گلوتن به طور معناداری کاهش یافت. همچنین در سطوح ۱٪ و ۲٪ HPMC، افزایش مقدار آنزیم موجب کاهش معنادار درجه نرم شدن خمیر شد. کوهاجدوا و کارویکوا^۲ علت کاهش درجه نرم شدن خمیر در اثر افزودن هیدروکلونیدها را افزایش پایداری و قوام خمیر دانستند [۲۱]. شبکه پروتئینی و پلیمرهای پروتئینی تشکیل شده در اثر افزودن آنزیم MTGase نیز می‌تواند سبب تقویت بافت خمیر و استحکام آن و در نتیجه کاهش درجه نرم شدن خمیر شود [۲۲]. نتایج مشابهی توسط کوهاجدوا و کارویکوا^۲، در ارتباط با اثر افزودن هیدروکلونیدهای مختلف و پور اسماعیل و همکاران در ارتباط با اثر افزودن صمغ گوار و آنزیم MTGase بر درجه نرم شدن خمیر گزارش شده است [۲۱، ۲۲].

۳-۲- نتایج مربوط به آزمونهای انجام شده بر محصول نهایی

۳-۲-۱- نتایج آزمون رطوبت

نتایج آزمون رطوبت نمونه‌های ماکارونی در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده در سطوح ۱٪، ۱/۵٪ و ۲٪ صمغ HPMC با افزایش مقدار آنزیم MTGase تفاوت معنی داری در مقدار رطوبت مشاهده نشد. بین سطح ۱٪ و ۱/۵٪، همچنین سطح ۱٪ و ۲٪ این صمغ اختلاف معنی داری وجود داشت. نتایج این بررسی نشان داد که افزودن صمغ به

تیمارها مشاهده نشد. اما بین هر سه سطح صمغ اختلاف معنی داری در جذب آب وجود داشت. افزایش جذب آب در اثر افزودن هیدروکلونیدها را میتوان به گروههای هیدروکسیل ساختار هیدروکلونید نسبت داد که این گروهها توسط پیوندهای هیدروژنی با با ملکولهای آب واکنش می‌دهند و موجب افزایش جذب آب می‌شوند [۱۷]. نتایج مشابهی از افزایش جذب آب با افزودن صمغ توسط سیواراماکریشنان و همکاران در سال ۲۰۰۴ و یالسین و بسمن در سال ۲۰۰۸ گزارش شد [۹ و ۱۱].

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مدت زمان گسترش خمیر با افزودن صمغ به طور معناداری افزایش یافت. بین سطوح ۱٪ و ۲٪ صمغ HPMC اختلاف معنی داری مشاهده شد. بجز در مورد تیمارهای A₂ و A₈ که افزایش مقدار صمغ از ۱٪ به ۲٪ اختلاف معنی داری را ایجاد نکرد. همچنین در سطوح ۱/۵٪ و ۲٪ HPMC، با افزایش مقدار آنزیم از ۰/۳٪ به ۰/۷٪ مدت زمان گسترش خمیر افزایش معنا داری یافت. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق با استفاده از صمغ HPMC و آنزیم MTGase و افزایش مقدار آنها در فرمولاسیون تیمارها، زمان لازم برای اینکه خمیر به حداکثر قوام خود برسد (زمان گسترش) افزایش یافت. به طوری که تیمار حاوی ۲٪ HPMC و ۰/۷٪ آنزیم MTGase دارای بالاترین مدت زمان گسترش و تیمار شاهد دارای کمترین مدت زمان گسترش بود. افزایش در مدت زمان گسترش خمیر با افزودن صمغ HPMC توسط روسل و فوئیدینگ^۱ در سال ۲۰۰۷ گزارش شده است [۱۸]. افزایش مدت زمان گسترش خمیر در اثر افزودن هیدروکلونیدها را می‌توان به اثر رقابتی آنها با سایر ترکیبات در جذب آب نسبت داد که موجب افزایش مدت زمان گسترش می‌شود. افزایش مدت زمان گسترش خمیر در اثر افزودن آنزیم MTGase را میتوان به ایجاد شبکه پروتئینی توسط این آنزیم و افزایش جذب آب نسبت داد. نتایج این تحقیق با یافته‌های پور محمدی و همکاران در سال ۲۰۱۱ مطابقت داشت [۱۹].

نتایج بدست آمده از جدول ۲، حاکی از آن بود که در هر سه سطح صمغ HPMC، افزایش مقدار آنزیم MTGase در فرمولاسیون اختلاف معنی داری در مدت زمان پایداری خمیر

2. Kohajdova and Karovicova

1. Rosell and Foegeding

آنزیم MTGase و افزایش مقدار آنها در فرمولاسیون میزان چسبندگی کاهش یافت. به طوری که کمترین درصد چسبندگی مربوط به تیمار حاوی ۲٪ صمغ و ۰/۷٪ آنزیم و بالاترین درصد آن مربوط به تیمار شاهد بود. یکی از علت‌های کاهش چسبندگی در اثر افزودن صمغها را می‌توان به تشکیل یک لایه فیلم مانند توسط صمغها بر روی ماکارونی نسبت داد که از ورود آمیلوز و سایر ترکیبات محلول در آب که عامل چسبندگی می‌باشند، جلوگیری می‌کند

[۲۰]. نتایج این تحقیق با یافته‌های چیلو و همکاران در سال ۲۰۰۷ مطابقت داشت [۲۷]. همچنین کاهش میزان چسبندگی در اثر افزودن آنزیم MTGase نیز را میتوان به تقویت شبکه پروتئینی نسبت داد که به عنوان سدی در برابر نشت نشاسته و پروتئین عمل کرده و در نهایت باعث کاهش چسبندگی می‌شود.

۳-۲-۴- نتایج آزمون رنگ

نتایج آزمون رنگ در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده از رنگ سنجی نمونه‌های ماکارونی پیش از پخت از نظر شاخص L ، a و b در این پژوهش حاکی از آن بود که افزودن صمغ HPMC و آنزیم MTGase و افزایش مقدار آنها در فرمولاسیون ماکارونی تفاوت معنی داری را در رنگ نمونه‌ها ایجاد نکرد. عدم تغییر رنگ در اثر افزودن HPMC را شاید بتوان به بی‌رنگ بودن این ماده و مقادیر کم مصرف آن در فرمولاسیون ماکارونی بدون گلوتن نسبت داد. نتایج این تحقیق با یافته‌های مجذوبی و همکاران در سال ۲۰۱۰ مطابقت داشت [۲۰]. همچنین افزودن آنزیم MTGase نیز موجب تغییر معنی داری در میزان رنگ نمونه‌ها نشد. بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده، تشکیل شبکه پروتئینی توسط این آنزیم سبب کاهش مقدار اسیدهای آمینه بویژه لیزین شده و در محصولاتی مانند نان که واکنش میلارد در آنها به وضوح رخ می‌دهد، این امر موجب کاهش واکنش میلارد شده و رنگ مغز نان سفیدتر شده و شاخص L کاهش می‌یابد. همچنین بر اساس تحقیقات زوئی فل و همکاران^۴ در سال ۲۰۰۳، واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در دمای بالا (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) و مقادیر رطوبت پایین رخ می‌دهد [۲۹]. بنابراین می‌توان علت عدم

فرمولاسیون سبب افزایش معنی داری در میزان رطوبت ماکارونی می‌شود. ظرفیت بالای نگهداری و حفظ آب توسط هیدروکلوئیدها میتواند دلیل این افزایش رطوبت باشد [۲۳]. نتایج مشابهی توسط پوراسماعیل و همکاران در سال ۲۰۱۱ در رابطه با افزایش رطوبت در اثر افزودن صمغ گوار در فرمولاسیون نان بدون گلوتن گزارش شد [۲۲].

۳-۲-۳- نتایج آزمون درصد کل مواد جامد در آب پخت

مقدار مواد محلول باقی مانده در آب پخت (درصد مواد جامد در آب پخت) به عنوان شاخصی از کیفیت ماکارونی می‌باشد و مقدار کم مواد باقیمانده در آب پخت نشان دهنده کیفیت بالاتر ماکارونی است [۲۴]. همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است افزودن صمغ HPMC و آنزیم MTGase و افزایش مقدار آنها در فرمولاسیون موجب کاهش درصد مواد جامد در آب پخت (افت پخت) شد. به طوری که کمترین میزان افت پخت مربوط به تیمار حاوی ۲٪ صمغ و ۰/۷٪ آنزیم و بالاترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود. صمغها میتوانند شبکه‌ای اطراف گرانولهای نشاسته بوجود آورند و گرانولها را به دام اندازند، در نتیجه موجب محدود شدن تورم بیش از حد گرانولها شده و از خروج ملکولهای آمیلوز به داخل آب پخت جلوگیری می‌کند [۲۵]. همچنین شبکه پروتئینی تشکیل شده توسط افزودن آنزیم TGase گرانولهای نشاسته را به دام می‌اندازد. با محدود شدن نشاسته در شبکه پروتئینی ایجاد شده، میزان افت پخت کاهش می‌یابد [۲۶]. نتایج این تحقیق با یافته‌های چیلو و همکاران^۳ در سال ۲۰۰۷ و تاکاس و همکاران در سال ۲۰۰۷ مطابقت داشت [۲۷ و ۱۰].

۳-۲-۳- نتایج آزمون چسبندگی

نتایج آزمون چسبندگی در جدول ۳ نشان داده شده است. چسبندگی به عنوان یکی از خصوصیات نامطلوب موثر بر کیفیت ماکارونی است که به دلیل خروج مولکولهای آمیلوز از گرانولهای نشاسته در حین ژلاتینه شدن و سپس به هم پیوستن آنها در اثر سرد شدن است. هر چه قدر میزان آمیلوز بیشتری خارج شود، چسبندگی پس از پخت بیشتر خواهد شد [۲۸]. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که با استفاده از صمغ HPMC و

۴- نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده از آزمون های انجام شده توسط دستگاه فارینوگراف، استفاده از صمغ HPMC در فرمولاسیون تاثیر مثبتی بر جذب آب، مدت زمان توسعه و پایداری خمیر و درجه نرم شدن خمیر ماکارونی بدون گلوتن داشت. همچنین آنزیم MTGase موجب افزایش مدت زمان توسعه خمیر و کاهش درجه نرم شدن خمیر شد. بررسی نتایج آزمونهای انجام شده بر روی محصول نهایی نیز نشان داد که صمغ HPMC موجب کاهش افت پخت، کاهش چسبندگی و افزایش رطوبت ماکارونی می شود. آنزیم MTGase نیز موجب کاهش معنی داری در پارامترهای افت پخت و عدد چسبندگی شد. با بررسی نتایج بدست آمده از آزمون تعیین رنگ ماکارونی مشخص شد که افزودن صمغ HPMC و آنزیم MTGase تفاوت معنی داری را در میزان رنگ نمونه های ماکارونی پیش از پخت ایجاد نمی کند. ارزیابی حسی نمونه های ماکارونی که توسط ارزیابان آموزش دیده صورت گرفت، نشانگر آن بود که ماکارونی بدون گلوتن تولید شده با ۲٪ صمغ HPMC و ۰/۷٪ آنزیم MTGase بالاترین امتیاز را از نظر ویژگی بافت بدست آورد و از آنجا که بافت یکی از ویژگیهای مهم در پذیرش یک محصول می باشد، بهبود در بافت موجب افزایش مقبولیت ماکارونی حاوی بالاترین درصد صمغ و آنزیم شد.

بررسی نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که صمغ HPMC و آنزیم MTGase به علت ایجاد خواصی مشابه گلوتن، می توانند تا حدودی عملکرد گلوتن را در ماکارونی بدون گلوتن تقلید نمایند و استفاده از ۲٪ HPMC و ۰/۷٪ آنزیم MTGase موجب بهبود ویژگیهای فیزیکوشیمیایی و حسی ماکارونی به نحو مطلوب تری نسبت به نمونه شاهد می شود. با توجه به افزایش سرانه مصرف ماکارونی و سهم بالای آن در تامین انرژی مورد نیاز روزانه و با در نظر گرفتن اینکه بیماران سلیاکی به ماکارونی بدون گلوتن حساس می باشند و حق هر انسانی است که از موهبتهای الهی بهره مند شود، امید است یافته های این پژوهش بتواند گامی موثر در جهت رفع بخشی از نیازهای این قشر آسیب پذیر جامعه (بیماران سلیاکی) باشد.

تغییر رنگ در اثر افزودن این آنزیم را به این مساله نسبت داد. چرا که خشک کردن ماکارونی بدون گلوتن تولید شده در دماهای پایین تر از ۱۰۰ درجه سانتی گراد (۷۵ درجه سانتی گراد) صورت گرفت.

۳-۲-۵- نتایج آزمون ارزیابی حسی

نتایج بدست آمده از آزمون ارزیابی حسی در جدول ۵ نشان می دهد استفاده از صمغ HPMC و آنزیم MTGase و افزایش مقدار آنها در فرمولاسیون ماکارونی بر ویژگیهای رنگ، بو و طعم تاثیر معنی داری نداشته است. اما از نظر ویژگیهای بافت و پذیرش کلی اختلاف معنی داری بین تیمارها از نظر ارزیابان مشاهده شد. در سطح ۱٪ صمغ HPMC، افزایش آنزیم از ۰/۳٪ به ۰/۷٪ موجب ایجاد اختلاف معنی داری شد. همچنین در سطح ۲٪ صمغ نیز اختلاف معنی داری بین تیمارها با افزایش مقدار آنزیم بوجود آمد. افزایش صمغ از ۱٪ به ۲٪ نیز موجب ایجاد اختلاف معنی داری بین تیمارها شد. بر اساس نتایج بدست آمده افزایش در میزان صمغ و آنزیم موجب افزایش مقبولیت ماکارونی ها از نظر بافت شد.

همچنین بین تیمار شاهد و تیمار A_۱ به بعد اختلاف معنی داری در پذیرش کلی وجود داشت. در سطح ۱/۵٪ صمغ HPMC، افزایش آنزیم به ۰/۵٪ موجب ایجاد اختلاف معنی داری شد. همچنین در سطح ۲٪ صمغ با افزایش مقدار آنزیم، اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده شد. بین سطح ۱٪ و ۲٪ صمغ نیز اختلاف معنی داری وجود داشت. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش افزایش مقدار صمغ و آنزیم موجب افزایش مقبولیت ماکارونی گردید. به نحوی که بالاترین امتیاز به تیمار حاوی ۲٪ صمغ و ۰/۷٪ آنزیم تعلق گرفت. اگر چه به نظر می رسد که مزه و بوی غذا مهمترین عوامل تعیین کننده پذیرش یک ماده غذایی باشند، اما باید توجه شود عوامل دیگری نیز وجود دارند که در ایجاد طعم یا احساسی که از مصرف یک ماده غذایی به انسان دست می دهد موثر هستند، اگر چه در اولویت کمتری قرار دارند. به عنوان مثال بافت ماده غذایی یعنی درجه و کیفیت سفتی، نرمی یا تردی آن یکی از عوامل موثر در این رابطه است [۳۰]. بنابراین با افزایش میزان صمغ HPMC و آنزیم MTGase پذیرش کلی ماکارونی به علت بهبود بافت آن افزایش یافت.

- gelatinized starch, transglutaminase and gum. *Journal of Food Quality*, 31: 465-479.
- [12] Rosell C. M, Collar C, and Haros M. 2007. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Journal of Food Hydrocolloids*, 21:454-462.
- [13] BeMiller J.N. 2007. *Carbohydrate chemistry for food scientists* (2nd ed.). St. Paul, Minnesota USA: AACC International, Inc. Ed.
- [14] Renzetti S, Dal Bello F, and Arendt E.K. 2008. Microstructure, rheology and baking characteristics of batters and breads made from different gluten-free flours treated with microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48: 33-45.
- [15] Lorand L, Conrad SM, 1984. Transglutaminases. *Development in Molecular and Cellular Biochemistry*, 4: 9-35.
- [16] AACC International, 2000. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*, 10th Ed. The Association: St. Paul, MN.
- [17] Guarda A, Rosell M.C, Benedito C., and Galotto M.J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and anti staling agents. *Journal of Food Hydrocolloids*, 18: 241-247.
- [18] Rosell C.M, and Foegeding A. 2007. Interaction of hydroxypropyl methyl cellulose with gluten proteins: Small deformation properties during thermal treatment. *Journal of Food Hydrocolloids*, 21:1092-1100.
- [19] Pourmohammadi K, Aalami M, Shahedi M, and Sadeghi Mahoonak A. 2011. Effect of microbial transglutaminase on dough rheological properties of wheat flour supplemented with hull-less barley flour. *Iranian Journal of Food Industrial Research*, 21(3): 269-279.
- [20] Majzoobi M, Ostovan R, Farahnaky A, Mesbahi G, and Skandari M. H. 2010. Quality improvement of dough and fresh pasta made by farina using hydroxypropyl cellulose. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 7(3), 11-20.
- [21] Kohajdova Z, and Karovicova J. 2008. Influence of hydrocolloids on quality of baked goods. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 7(2): 43-49.
- [1] De Noni I, and Pagani M. A. 2010. Cooking properties and heat damage of dried pasta as influenced by raw material characteristics and processing conditions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50: 465-472.
- [2] 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 .
- [3] Murray J.A. 1999. The widening spectrum of celiac disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69: 354-363.
- [4] Lopez A. C. B., Pereira A. J. G., Janqueira R. G. 2004. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. In *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(1): 63-70.
- [5] Sciarini L. S., Ribotta P. D., Leon, A. E. , Perez, G. T. 2010a. Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 2306-2312.
- [6] Niewinski M. 2008. Advances in celiac disease and gluten-free diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 108: 661-672.
- [7] D' Egidio M.G, Mariani B. M, Nardi S, Novaro P, and Cubadda R. 1990. Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. *Journal of Cereal Chemistry*, 67: 275-281.
- [8] Resmini P, and Pagani M.A. 1983. Ultrastructure studies of pasta: a review. *Food Microstructure*, 2: 1-12.
- [9] Sivaramakrishnan H, Senge B, Chattopadhyaya DK. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 62(1): 37-45.
- [10] Takacs K, Nemedi E, Marta D, Gelencser E, Kovacs E.T. 2007. Use of the enzyme transglutaminase for developing gluten free noodle products from pea flour. *Journal of Acta Alimentaria*, 36: 195-205.
- [11] Yalcin S, and Basman A. 2008b. Quality characteristics of corn noodles containing

۵- منابع

- microbial transglutaminase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 2587–2594.
- [27] Chillo S, Laverse J, Falcone PM, Del Nobile MA. 2007. Effect of carboxy methyl cellulose and pregelatinized corn starch on the quality of amaranthus spaghetti. *Journal of Food Engineering*, 83: 492–500.
- [28] Dexter JE, Matsuo RR, Morgan BC. 1983. Spaghetti stickiness: Some factors influencing stickiness and relationship to other cooking quality characteristics. *Journal of Food Science*, 48:1545-1551, 1559.
- [29] Zweifel C, Handschin S, Escher F and Conde-Petit B. 2003. Influence of high-temperature drying on structural and textural properties of durum wheat pasta. *Journal of Cereal Chemistry*, 80(2): 159-167.
- [30] Fattemi H. 2001. *Food Chemistry*. Tehran. Enteshar Publication Company, 476.
- [22] Pouresmaeil N, Azizi MH, Abbasi S and Mohamadi M. 2011. Formulation of gluten free bread using guar and microbial transglutaminase enzyme. *Iranian Journal of Food Industrial Research*, 21(1): 69-81.
- [23] Rosell C.M, Rojas J.A, and Benedito De Barber C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Journal of Food hydrocolloids*, 15: 75-81.
- [24] Del Nobile M. A., Baiano A., Conte A., and Mocchi, G. 2005. Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *Journal of Cereal Science*, 4: 337- 356.
- [25] Purnima C, Ramasarma P.R, Prabhasankar P. 2012. Studies on effect of additives on protein profile, microstructure and quality characteristics of pasta. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1): 50-57.
- [26] Wu J, and Corke H. 2005. Quality of dried white salted noodles affected by

Effect of hydroxy propyl methyl cellulose and microbial transglutaminase enzyme on farinograph and quality characteristics of gluten-free pasta

Shokri, F. ¹, Salehifar, M. ^{2*}, Azizi, M. H. ³

1. M.SC of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(Received: 92/12/20 Accepted: 93/2/30)

Celiac is life-long intolerance to the gliadin fraction of wheat and the prolamins of rye (secalins), barley (hordeins) and possibly oats (avidins). The most challenging products to formulate and produce are gluten-free bread and pasta, as gluten is their structure-building protein. The purpose of this research was to evaluate effect of Hydroxy Propyl Methyl Cellulose (HPMC) gum and Microbial Transglutaminase (MTGase) enzyme on farinograph properties of dough and quality characteristics of pasta. For this purpose HPMC at three levels (1%, 1.5%, 2%) and MTGase at three levels (0.3 %, 0.5%, 0.7 %) were added to formulation. Results showed that addition of HPMC and MTGase increased dough development time, decreased degree of dough softening, cooking loss and stickiness of pasta. In addition HPMC increased dough stability time, water absorption and moisture of pasta. While MTGase had no significant effect on these parameters. Also the colour test analysis results showed that addition of HPMC and MTGase had no significant effect on the colour of pasta. Finally results of sensory evaluation showed that pasta containing 2% HPMC and 0.7% MTGase had high mean score for texture and overall acceptability compared to control.

Key words: Celiac, Gluten-free pasta, Hydroxy propyl methyl cellulose, Transglutaminase enzyme

* Corresponding Author E-Mail Address: salehifarmania@yahoo.com