

بررسی اثر استفاده از صمغ‌های دانه شاهی و پکتین بر ویژگی‌های کیفی و ارگانولپتیکی ماکارونی فاقد گلوتن

امیرحسین صراف^a، مانیا صالحی فر^{b*}، لیدا شاهسونی مجرد^b

^aدانش آموخته کارشناسی ارشد، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
^bاستادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۷/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۳/۳۱

چکیده

مقدمه: در ماکارونی بدون گلوتن نیاز به استفاده از موادی است که بتوانند تا حدودی خواص ویسکوالاستیک گلوتن را در خمیر تقلید نموده و قابلیت جایگزینی گلوتن را داشته باشند. هدف پژوهش حاضر بررسی قابلیت جایگزین نمودن گلوتن در فرمولاسیون ماکارونی بر پایه نشاسته کاساوا با استفاده از صمغ دانه شاهی و صمغ پکتین و بررسی ویژگی‌های کیفی و ارگانولپتیکی ماکارونی فاقد گلوتن و بهینه سازی فرمولاسیون ماکارونی بوده است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از صمغ پکتین در سه سطح ۱، ۲ و ۳ درصد و صمغ دانه شاهی در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد استفاده شد. وزن بعد از پخت (عدد پخت)، درصد مواد جامد در آب پخت (لعاب)، چسبندگی، رنگ، رطوبت و ارزیابی حسی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی کلیه نتایج با روش آماری سطح پاسخ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد افزودن صمغ‌های پکتین و دانه شاهی در مورد آزمون‌های وزن بعد از پخت (عدد پخت)، درصد مواد جامد در آب پخت (لعاب)، چسبندگی، رنگ، رطوبت در سطح ۰/۵٪ معنی‌دار بوده و در ارزیابی حسی با روش هدونیک ۵ نقطه‌ای نتایج نشان داد به غیر از رنگ ویژگی‌های طعم، بو، بافت، پذیرش کلی در سطح ۰/۵٪ معنی‌دار بوده است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که افزودن صمغ‌های پکتین و دانه شاهی موجب افزایش عدد پخت و رطوبت می‌شود و نتایج لعاب و چسبندگی نشان داد در ماکارونی بدون گلوتن با افزایش میزان درصد صمغ پکتین لعاب به صورت خطی روند کاهشی داشته و با افزایش میزان درصد صمغ دانه شاهی لعاب به صورت خطی روند افزایشی دارد. نتایج آزمون رنگ سنج توسط دستگاه هانتربل با پارامترهای a^* ، b^* ، L^* نشان داد با افزایش صمغ‌های پکتین و دانه شاهی ویژگی رنگ به صورت غیرخطی در L^* روند کاهشی و در a^* ، b^* روند افزایشی دارد. نتایج آزمون ارزیابی حسی نشان داد با افزایش پکتین و دانه شاهی، تغییرات طعم و بو به صورت غیرخطی روند افزایشی دارند. در آزمون ارزیابی حسی، از نظر رنگ، بافت و پذیرش کلی ارزیابان بیشترین امتیاز را به نمونه حاوی ۲٪ صمغ پکتین و ۱٪ دانه شاهی داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: سیلیاک، صمغ دانه شاهی، صمغ پکتین، ماکارونی بدون گلوتن

مقدمه

ماکارونی از آرد سمولینا آرد حاصل از نوعی گندم سخت به نام دوروم تولید می‌گردد. آرد سمولینا به رنگ زرد کهربایی بوده و دارای پروتئین بیشتر و شبکه گلوتنی قوی‌تر هست. از نظر تغذیه‌ای ماکارونی حاوی چربی و سدیم کم، در حالی که غنی از کربوهیدرات‌های پیچیده است که به تدریج در بدن به انرژی تبدیل می‌گردند (Marchylo *et al.*, 2001). در فرآوری ماکارونی گلوتن مسئول اصلی شکل‌گیری ساختار است که موجب می‌شود طی مخلوط و اکستروژن کردن خمیر، شبکه محکمی ایجاد شود که بیشترین نقش را در کیفیت پس از پخت دارد (Mariotti *et al.*, 2011).

ماکارونی بدون گلوتن، ماکارونی رژیمی است که برای تغذیه بیماران مبتلا به سیلیاک به‌ویژه کودکان مناسب هست که در آن به جای آرد گندم، چاودار، جو و یولاف، می‌توان از مواد نشاسته‌ای مانند ذرت، سیب‌زمینی، کاساوا و... آرد سایر غلات (ارزن، برنج، سورگوم و...) که فاقد گلوتن هستند به‌عنوان ماده پایه در فرمولاسیون ماکارونی بدون گلوتن استفاده نمود. در ماکارونی بدون گلوتن نیاز به استفاده از موادی است که بتوانند تا حدودی خواص ویسکوالاستیک گلوتن را در خمیر تقلید نموده و قابلیت جایگزینی گلوتن را داشته باشند و بتوانند موجب بهبود قابلیت پذیرش نهایی محصول شوند. از جمله این مواد می‌توان به انواع صمغ‌ها و ترکیبات بافت دهنده (کاراگینان، آلژینات، صمغ دانه شاهی، زانتان، پکتین، گوار و...) اشاره نمود (Gallagher *et al.*, 2004; Houben *et al.*, 2012).

بیماری سیلیاک نوعی بیماری خود ایمنی گوارشی است که در اثر هضم گلوتن در افرادی که از لحاظ ژنتیکی مستعد آن هستند وجود دارد این بیماری نوعی التهاب مزمن روده کوچک است که به‌صورت مسطح و پهن شدن پرزهای روده در اثر خوردن پروتئین‌های سرشار از پرولین و گلوتامین نمود می‌کند (Gallagher *et al.*, 2004; Hamaker *et al.*, 2008). تنها راه درمان مؤثر جهت این بیماری استفاده مداوم و پیگیرانه از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن است که در طول زمان باعث بهبود و برگشت مخاط روده کوچک می‌گردد (Arendt *et al.*, 2007). حذف گلوتن از فرمولاسیون محصولات خمیری از جمله

ماکارونی سبب ایجاد مشکلات فراوانی از جمله، کاهش ویسکوزیته و قوام خمیر نسبت به خمیر حاصل از آرد گندم، در نتیجه عدم فرم دهی مناسب خمیر در خلال مراحل قبل از پخت، بافت و ساختار نامناسب و دیگر معایب کیفیتی می‌شود (Gallagher *et al.*, 2004). از طرفی محصولات بدون گلوتن پس از مرحله پخت نیز دارای کیفیت نامناسب، احساس دهانی ضعیف و طعمی نامناسب و باقابلیت ماندگاری کم می‌باشند.

صمغ پکتین در محصولات غلات سبب افزایش ویسکوزیته، بهبود بافت، افزایش غلظت، افزایش ویسکوالاستیسیته و یکنواخت شدن خلل و فرج، جلوگیری از خرد شدن و آسیب‌های حمل‌ونقل، حفظ طعم و پایدارکنندگی و امولسیون‌کنندگی می‌شود. صمغ دانه شاهی از گیاه لیپیدیوم ساتیوم یا شاهی باغی یا دانه شاهی که گیاه علفی است که دانه‌های آن به علت وجود لایه‌های پلی‌ساکاریدی زمانی که در آب خیسانده می‌شوند، آب جذب می‌کنند و یک لایه‌ی موسیلاژی چسبناک در اطراف آن تولید می‌شود. نقشی که در محصولات غلات دارد مانند افزایش ویسکوزیته و جذب آب، یکنواختی بافت محصول، پایدارکنندگی و امولسیون‌کنندگی است (کاراژیان، ۲۰۰۹). با توجه به افزایش استقبال و تغییر ذائقه مصرف‌کنندگان، تولید محصولی باکیفیت برای گروه خاصی از مردم که به مصرف غذاهای حاوی گلوتن حساس می‌باشند، ضروری است. لذا هدف از این مطالعه استفاده از صمغ‌های پکتین (۱، ۲ و ۳ درصد) و دانه شاهی (۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) در فرمولاسیون ماکارونی بوده است تا بتوان تا حدودی خواص ویسکوالاستیک گلوتن را شبیه‌سازی نمود تا با استفاده از اثر سینرژیستی این دو ترکیب در کنار یکدیگر نوعی ماکارونی بدون گلوتنی، دارای کیفیت مطلوب و مشابه با ماکارونی حاوی گلوتن تولید نمود که قابلیت رقابت با محصولات خارجی را داشته باشد. لذا از این طریق می‌توان گامی مؤثر در جهت رفع بخشی از نیازهای بیماران سیلیاکی برداشت و محصولی متناسب با ذائقه آن‌ها تولید نمود.

مواد و روش‌ها

– مواد مورد استفاده در تولید ماکارونی بدون گلوتن
نشاسته کاساوا مورد استفاده در این تحقیق از شرکت

دمای 55°C توسط قالب برنزی مافالد^۲ و تحت فشار 120 میلی‌متر جیوه اکستروود شد. در طول فرآیند اکستروود شدن دمای خمیر خارج شده از قالب تحت جریان دمای آب 20°C بود تا ماکارونی‌های خارج شده (مافالد: نوعی پاستای نواری شکل پهن و صاف است که لبه‌هایی موج‌دار دارد. این پاستا از نظر ظاهری شبیه به لازانیا است با این تفاوت که از آن باریک‌تر است) از قالب به هم نچسبد و شکل خود را از دست ندهد. ماکارونی‌های مافالد خارج شده از قالب ابتدا بر روی سینی‌های پلاستیکی ریخته شد و فن موجود در زیر سینی جهت جلوگیری از به هم چسبیدن ماکارونی‌ها در طول فرآیند به‌طور مداوم روشن بود. ماکارونی‌ها سپس برای انتقال به خشک‌کن بر روی سینی‌های چوبی با توری سیمی قرار گرفت و داخل خشک‌کن اتوماتیک خشک شد. فرآیند خشک کردن ماکارونی‌ها در دو مرحله انجام گرفت. در مرحله اول خشک کردن در دمای پایین (حدود 60°C) و رطوبت بالا (۵۵ درصد) به مدت ۱ ساعت انجام گرفت که این امر جهت جلوگیری از خشک شدن سریع سطح ماکارونی و در نتیجه پیش‌گیری از ترک‌خوردگی محصول صورت پذیرفت. در مرحله دوم خشک کردن به مدت ۷ ساعت از دمای بالا (82°C) و رطوبت پایین (۲۰ تا ۳۰ درصد) استفاده گردید. در حین فرآیند خشک کردن بر روی سینی‌های حاوی ماکارونی بدون گلوتن ۲ الی ۳ سینی حاوی ضایعات ماکارونی جهت تولید رطوبت کافی هوای داخل خشک‌کن قرار داده شد. در انتهای فرآیند خشک کردن، ماکارونی‌های خشک شده بسته‌بندی و نگهداری شد.

- آزمون وزن بعد از پخت (عدد پخت)

این آزمون مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳ انجام شد.

- آزمون درصد کل مواد جامد در آب پخت (لعاب)

این آزمون مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳ انجام شد.

- آزمون چسبندگی

درنشا، آرد برنج از شرکت خزرخوش، پکتین از شرکت JOHN A.MASON و بتاکاروتن از شرکت دی اس ام سوئیس تهیه شده بودند.

روش صمغ‌گیری دانه شاهی: بدین منظور دانه شاهی از بازار محلی خریداری شد و جهت حذف تمام ذرات خارجی نظیر گردو خاک، سنگریزه، آشغال و سایر دانه‌ها به‌دقت تمیز و الک گردید. صمغ دانه شاهی از دانه کامل و با استفاده از آب مقطر با نسبت آب به دانه ۳۰ به ۱ و pH معادل ۱۰ استخراج شد. درجه حرارت آب 35°C تنظیم گردید و مخلوط آب و دانه طی فرآیند استخراج به مدت ۱۵ دقیقه حرارت دهی و به‌طور مداوم همزده شد. جداسازی صمغ از دانه‌های متورم با عبور دانه‌ها از یک اکستراکتور مجهز به صفحه چرخنده (استخراج‌کننده آزمایشگاهی) صورت گرفت. محلول به‌دست‌آمده پس از عبور از صافی خلأ به‌منظور حذف ذرات اضافی صاف و سپس در آن در دمای 60°C خشک گردید. توده خشک شده آسیاب شد و پس از بسته‌بندی در شرایط خشک و خنک نگهداری گردید (کاراژیان، ۱۳۸۹).

- روش تهیه ماکارونی

برای تهیه تیمارها از صمغ پکتین در سه سطح (۱، ۲ و ۳ درصد) به همراه صمغ دانه شاهی در سه سطح (۱/۵، ۱ و ۰/۵ درصد) استفاده شد که مقادیر ذکر شده بر پایه وزن مخلوط آردی اضافه شد و فاز جامد شامل نشاسته کاساوا به نسبت ۶۰٪ و آرد برنج به نسبت ۴۰٪ مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا آرد برنج، نشاسته کاساوا، صمغ دانه شاهی و صمغ پکتین پس از توزین به مدت حداقل ۵ دقیقه در میکسر مخلوط شد تا ضمن مخلوط شدن مواد با یکدیگر، نمونه به‌طور کامل همگن گردد. سپس به مخلوط کامل فاز جامد، بتاکاروتن پس از محلول سازی اضافه شد. پس از تهیه تیمارها، به‌آرامی آب اضافه گردید و اجازه داده شد تا به مدت ۱۰ دقیقه عمل هم زدن در دستگاه مخلوط‌کن پایلوت (ساخت شرکت آنسلمو^۱ ایتالیا) صورت پذیرد و مواد به‌طور کامل و یکنواخت ترکیب گردد و خمیری همگن (خمیری که به دست نچسبد و درعین حال بافت آن نیز بیش‌ازحد خشک نباشد) تهیه شد. درنهایت مخلوط تحت

¹ Anselmo

² Mafalde

در نظر گرفته شد و سرانجام مجموع این امتیازات به‌عنوان امتیاز کلی مشخص شد و پس از آنالیز هرکدام از صفات، با استفاده از آزمون ناپارامتری کروسکال‌والیس مورد ارزیابی قرار گرفتند.

- تجزیه و تحلیل آماری

جامعه آماری شامل سطوح مختلف صمغ پکتین و دانه شاهی است که با استفاده از نرم‌افزار Design Expert و روش سطح پاسخ (RSM) مطابق جدول ۱ طراحی شد.

جدول ۱- سطوح مختلف صمغ دانه شاهی و پکتین مورداستفاده در تولید ماکارونی بدون گلوتن

پکتین %	دانه شاهی %
۲	۰/۵
۱	۰/۵
۳	۰/۵
۲	۱
۲	۱
۱	۱/۵
۳	۱/۵
۱	۱
۳	۱
۲	۱
۲	۱
۲	۱/۵

یافته‌ها

- آزمون وزن بعد از پخت (عدد پخت)

نتایج مربوط به تجزیه واریانس وزن بعد از پخت و منحنی سه‌بعدی سطح پاسخ برای مدل ماکارونی بدون گلوتن حاوی درصد‌های مختلف صمغ پکتین و دانه شاهی (شکل ۱) نشان داد اثر پکتین در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار بوده است. با افزایش پکتین و دانه شاهی عدد پخت به‌صورت غیرخطی روند افزایشی دارد.

- درصد مواد جامد در آب پخت (لعاب)

نتایج مربوط به تجزیه واریانس درصد مواد جامد در آب پخت (لعاب) و منحنی سه‌بعدی سطح پاسخ برای مدل

چسبندگی در مورد انواع ماکارونی به مواردی گفته می‌شود که دو یا تعدادی ماکارونی به هم چسبیده باشند. این آزمون توسط روش استاندارد ۲۱۳ ایران انجام شد.

- آزمون رنگ

رنگ نمونه‌های ماکارونی بدون گلوتن توسط دستگاه هانتربل اندازه‌گیری شد که به‌وسیله بازتاب بر روی رنگ‌سنج هانتربل با پارامترهای a^* ، b^* و L^* اندازه‌گیری شد و پارامتر رنگ تعیین گردید. شاخص L^* بیانگر روشنی و تیرگی نمونه‌ها است، شاخص a^* بیانگر قرمز یا سبز بودن نمونه‌ها و شاخص b^* بیانگر زرد یا آبی بودن نمونه‌ها است که توسط دستگاه هانتربل و استاندارد شماره (AACC ۱۴-۲۲/۰۱) انجام شد. در این روش ابتدا رنگ‌سنج توسط صفحه سیاه و سپس صفحه سفید کالیبره شد. سپس نمونه‌های ماکارونی به ترتیب داخل دستگاه قرار گرفتند و تفاوت کل رنگ توسط دستگاه محاسبه گردید.

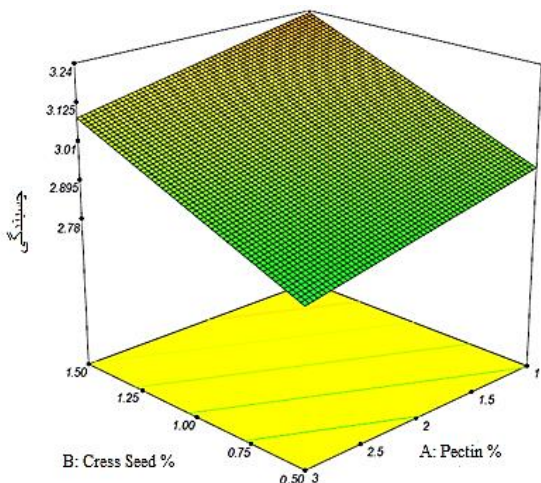
- آزمون ارزیابی حسی

به‌منظور ارزیابی حسی نمونه‌های تولیدشده، از ماکارونی‌های تولیدشده نمونه‌ای در اختیار ۱۰ ارزیاب آموزش‌دیده قرار گرفت و ارزیاب‌ها هر یک از ویژگی‌های کیفی مندرج در جدول نظیر رنگ، بو، طعم و مزه، بافت (نرمی، سفتی، چسبندگی و غیریکنواخت بودن) را با استفاده از روش هدونیک^۲ یا ۵ نقطه‌ای به‌صورت «بسیار بد، بد، نه خوب، نه بد، خوب، بسیار خوب» مورد امتیازدهی قرار دادند. هرکدام از این امتیازها ضریب خاص خود را دارد. به‌طوری‌که هرچه سطح امتیازدهی به‌طرف بسیار خوب و خوب باشد امتیاز مطلوبیت بیشتری خواهد داشت. ۱۳ تیمار ذکرشده پس از کدگذاری در اختیار ارزیابان قرار گرفتند. ابتدا از ارزیابان خواسته شد تا مقداری آب نوشیده و طعم دهان خود را خنثی نمایند. سپس نمونه‌ها به ترتیب رنگ، بو، طعم و مزه و بافت ارزیابی شد و ارزیابان نظر کلی خود را نسبت به نمونه‌ها در فرمی که قبلاً تعیین و توزیع گردیده بود یادداشت نمودند. سپس جهت رتبه‌بندی نمونه‌ها برای نمونه بسیار خوب امتیاز ۵، نمونه خوب امتیاز ۴، نمونه متوسط امتیاز ۳، نمونه بد امتیاز ۲ و نمونه بسیار بد امتیاز ۱،

¹ American Association Of Cereal Chemistry

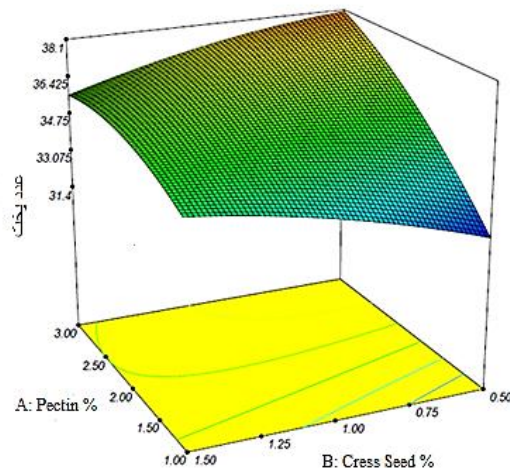
² Hedonic

این آزمون در سطح ۰/۰۵ درصد معنادار بوده است (شکل ۳).



شکل ۳- منحنی سطح پاسخ چسبندگی

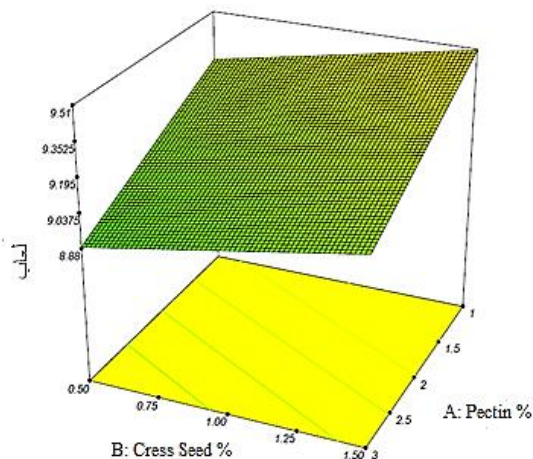
ماکارونی بدون گلوتن حاوی درصدهای مختلف صمغ پکتین و دانه شاهی نشان داد اثر پکتین- دانه شاهی و تغییرات درجه ۲ دانه شاهی در سطح ۰/۰۵ درصد معنی دار بوده است (شکل ۲).



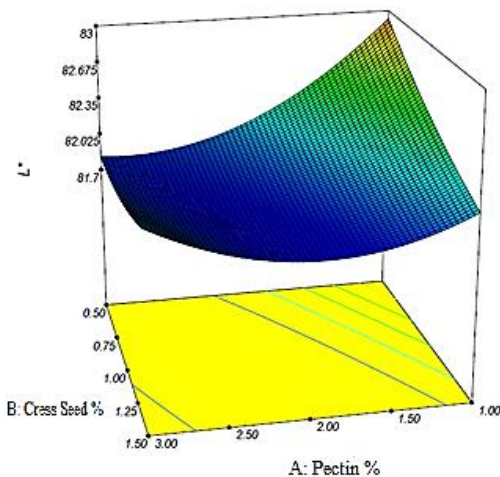
شکل ۱- منحنی سطح پاسخ وزن بعد از پخت (عدد پخت)

- آزمون رنگ

آزمون رنگ (شاخص L): رنگ غذاها در واقع بیشتر حاصل باز تابش نور است و نور عبوری نقش مهمی در فرآیند دید و پذیرش رنگ ندارد (DeMann, 2001). L^* جز نشان دهنده روشنایی است و بین ۰ و ۱۰۰ متغیر است و پارامترهای a^* از سبز تا قرمز و b^* از آبی تا زرد اجزای رنگی می باشند که بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متغیر هستند (Mendozaa et al., 2006). مدل به دست آمده از روش آماری سطح پاسخ، در مورد این آزمون معنادار بوده است (شکل ۴).



شکل ۲- منحنی سطح پاسخ درصد مواد جامد در آب پخت (لعاب)



شکل ۴- منحنی سطح پاسخ رنگ (شاخص L)

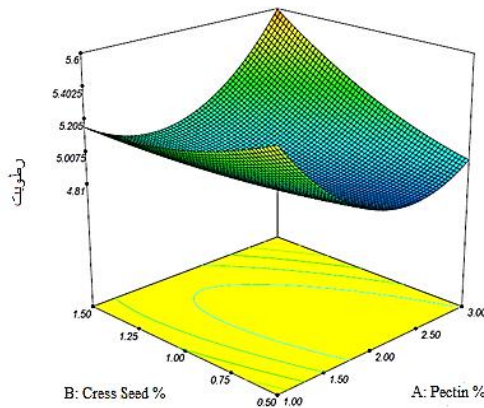
- چسبندگی

چسبندگی یکی از خصوصیات نامطلوب ماکارونی به شمار می رود که به دلیل خروج مولکول های آمیلوز از گرانول های نشاسته در حین ژلاتینه شدن و سپس به هم پیوستن آن ها در اثر سرد شدن است. هر چقدر آمیلوز بیشتری خارج شود چسبندگی پس از پخت بیشتر خواهد شد. مدل به دست آمده از روش آماری سطح پاسخ، در مورد

بررسی اثر استفاده از صمغ‌های دانه شاهی و پکتین بر ویژگی‌های ماکارونی فاقد گلوتن

- رطوبت

مدل به‌دست‌آمده از روش آماری سطح پاسخ (شکل ۷)، در مورد این آزمون معنادار بوده است. اثر پکتین-دانه شاهی و تغییرات درجه ۲ پکتین در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار بوده است.

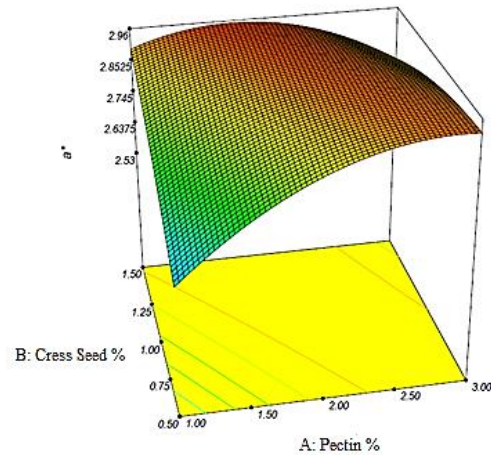


شکل ۷- منحنی سطح پاسخ رطوبت

- ارزیابی حسی

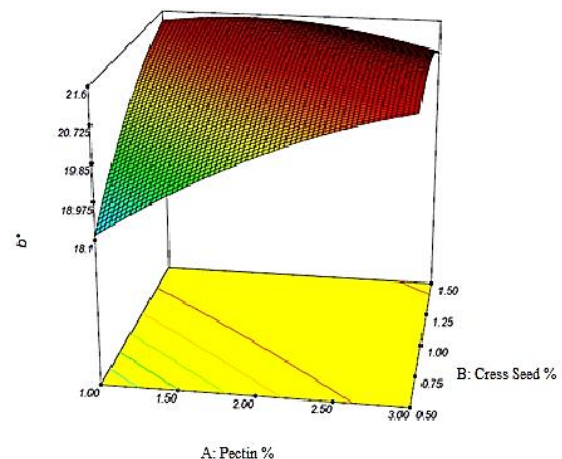
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بین نمونه‌های ماکارونی بدون گلوتن تولیدشده از نظر ویژگی‌های حسی (طعم، بو، رنگ، بافت، پذیرش کلی) که مورد بررسی ارزیابان قرار گرفت نشان داد از لحاظ طعم اثر پکتین در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار بوده است و ارزیابان بیشترین امتیاز را به نمونه‌ای که از درصد صمغ بیشتری استفاده شد اختصاص داده‌اند. در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی ارزیابی حسی طعم به‌صورت غیرخطی روند افزایشی یافته است. از لحاظ بو اثر پکتین-دانه شاهی در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار بوده است. در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی ارزیابی حسی بو به‌صورت غیرخطی روند افزایشی یافته است و نشان‌دهنده این است که افزایش میزان صمغ‌ها در بو تأثیر داشته است. در آزمون حسی رنگ ارزیابان بیشترین امتیاز را به نمونه‌ای که حاوی صمغ دانه شاهی ۱٪ و پکتین ۲٪ بوده است اختصاص داده‌اند به نظر ارزیابان رنگ این نمونه موردپسندتر بوده است. اثر هیچ‌کدام از متغیرها در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار نبوده است. در آزمون ارزیابی حسی بافت ارزیابان ماکزیمم امتیاز را به نمونه حاوی صمغ دانه شاهی ۱٪ و صمغ پکتین ۲٪ در نظر گرفته بودن. در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی ارزیابی حسی بافت به‌صورت غیرخطی روند

آزمون رنگ (شاخص a): مدل به‌دست‌آمده از روش آماری سطح پاسخ، در سطح ۰/۰۵ درصد معنادار بوده است. تأثیر متغیرهای مستقل بر روی رنگ (شاخص a) به‌صورت شمای سه‌بعدی رویه پاسخ نشان داده شده است.

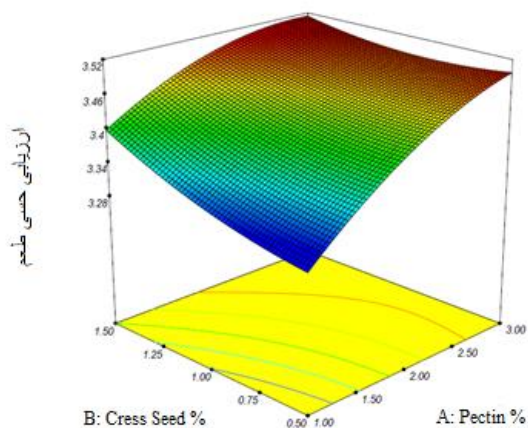


شکل ۵- منحنی سطح پاسخ رنگ (شاخص a)

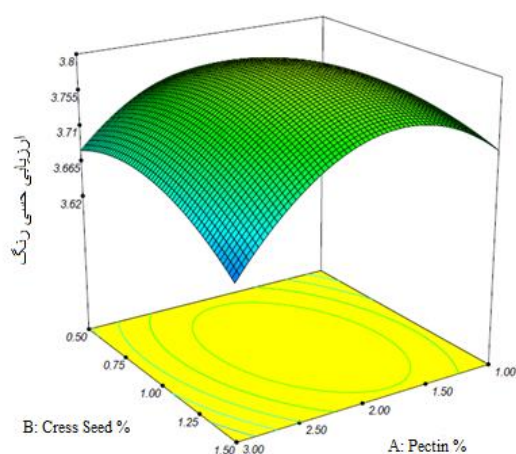
آزمون رنگ (شاخص b): نتایج مربوط به تجزیه واریانس رنگ نمونه ماکارونی و منحنی سه‌بعدی سطح پاسخ برای مدل ماکارونی بدون گلوتن حاوی درصدهای مختلف صمغ پکتین و دانه شاهی نشان داد اثر پکتین و دانه شاهی و پکتین-دانه شاهی در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار بوده است. در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی رنگ به‌صورت غیرخطی روند افزایشی یافته است. به نظر می‌رسد با افزایش میزان صمغ‌ها در شاخص b^* که بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ قرار دارد نتایج حاصل در آزمون که از رنج ۱۸ به ۲۲ در حرکت هستند نشان می‌دهند رنگ محصول به سمت زردی تمایل دارد.



شکل ۶- منحنی سطح پاسخ رنگ (شاخص b)

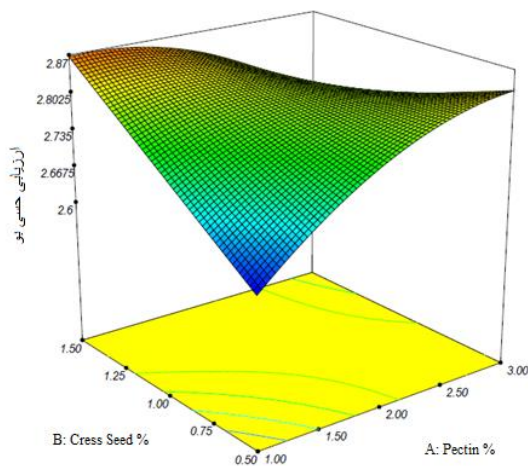


شکل ۹- منحنی سطح پاسخ ارزیابی حسی طعم



شکل ۱۰- منحنی سطح پاسخ ارزیابی حسی رنگ

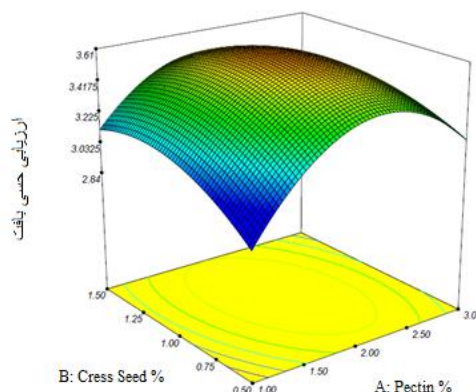
بو: در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی ارزیابی حسی بو به صورت غیرخطی روند افزایشی یافته است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- منحنی سطح پاسخ ارزیابی حسی بو

افزایشی و سپس کاهش یافته است. مدل به دست آمده از روش آماری سطح پاسخ، در مورد این آزمون اثر تغییرات درجه ۲ پکتین در سطح ۰/۰۵ درصد معنی دار بوده است و در پذیرش کلی محصول بیشترین امتیاز ارزیابان در محدوده صمغ‌های پکتین ۲٪ و دانه شاهی ۱٪ بوده است. مدل به دست آمده از روش آماری سطح پاسخ، در مورد این آزمون اثر تغییرات درجه ۲ پکتین در سطح ۰/۰۵ درصد معنی دار بوده است. تأثیر متغیرهای مستقل بر پذیرش کلی به صورت شمای سه بعدی رویه پاسخ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده از آزمون ارزیابی حسی نشان داد استفاده از صمغ‌های دانه شاهی و پکتین و افزایش مقدار آن‌ها در فرمولاسیون ماکارونی موجب افزایش مقبولیت ماکارونی گردید. به نحوی که بالاترین امتیاز به تیمار حاوی صمغ پکتین ۲٪ و دانه شاهی ۱٪ تعلق گرفت.

بافت: در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی ارزیابی حسی بافت به صورت غیرخطی روند افزایشی و سپس کاهش یافته است (شکل ۸).



شکل ۸- منحنی سطح پاسخ ارزیابی حسی بافت

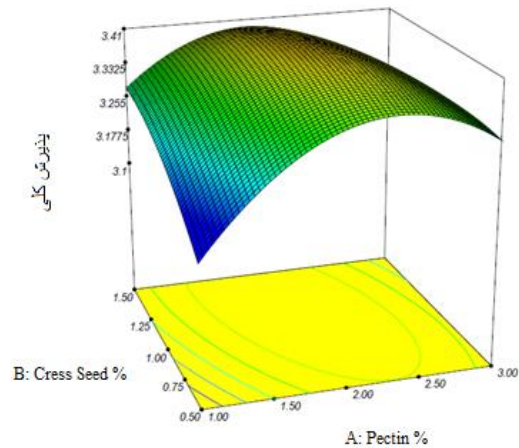
طعم: در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی ارزیابی حسی طعم به صورت غیرخطی روند افزایشی یافته است (شکل ۹).

رنگ: در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی ارزیابی حسی رنگ به صورت غیرخطی روند افزایشی و سپس کاهش یافته است (شکل ۱۰).

استحکام گرانول‌های نشاسته بیشتر باشد میزان خروج مواد جامد کمتر و در نتیجه میزان لعاب نیز پایین‌تر خواهد بود. مدل به‌دست‌آمده از روش آماری سطح پاسخ، در مورد این آزمون معنادار بوده است. در روند تغییرات با افزایش صمغ پکتین لعاب به‌صورت خطی روند کاهشی یافته و با افزایش صمغ دانه شاهی لعاب به‌صورت خطی روند افزایشی دارد. درصد مواد آب پخت یکی از صفات بسیار مهم در تعیین خصوصیات ماکارونی است. مقدار مواد باقی‌مانده در آب پخت به‌عنوان شاخصی از کیفیت ماکارونی است و به نظر می‌رسد اصلی‌ترین ترکیب نشاسته مؤثر در میزان لعاب، آمیلوز است و آمیلوز عامل چسبندگی در محصولات خمیری پخت هست (Susanna *et al.*, 2013). در ماکارونی بدون گلوتن شبکه پایدار تشکیل‌شده در اثر افزودن هیدروکلوئید موجب بهبود سفتی، استحکام و خصوصیات سطحی می‌شود. این شبکه گرانول‌های نشاسته ژلاتینه شده را به دام انداخته و از خروج آمیلوز و پروتئین و سایر کربوهیدرات‌های محلول در آب به داخل آب پخت، جلوگیری می‌کند (جمالی ماریینی و همکاران، ۱۳۹۲). Sabanis Tzia (۲۰۱۱) اعلام کردند کاهش مواد جامد در آب پخت در اثر افزودن صمغ را می‌توان به ایجاد ماتریکس و به دام افتادن گرانول‌های نشاسته نسبت داد. به نظر می‌رسد با افزایش میزان صمغ پکتین، پکتین توانسته گرانول‌های نشاسته ژلاتینه شده را به دام ببندد و مانع از خروج آمیلوز و سایر کربوهیدرات‌های محلول در آب شود ولی به نظر می‌رسد صمغ دانه شاهی در اثر حرارت موجود در زمان پخت خاصیت حفظ گرانول‌های نشاسته را از دست داده و با افزایش درصد صمغ نتوانسته است مانع از خروج آمیلوز و سایر کربوهیدرات‌های محلول در آب شود و به‌این‌علت میزان لعاب افزایش یافته است.

در روند تغییرات با افزایش پکتین چسبندگی به‌صورت خطی روند کاهشی یافته و با افزایش صمغ دانه شاهی چسبندگی به‌صورت خطی روند افزایشی دارد. به نظر می‌رسد با افزایش میزان صمغ پکتین، پکتین توانسته گرانول‌های نشاسته ژلاتینه شده را به دام بی‌اندازد و مانع از خروج آمیلوز و سایر کربوهیدرات‌های محلول در آب شده و میزان چسبندگی روبه کاهش است ولی به نظر می‌رسد صمغ دانه شاهی در اثر حرارت موجود در زمان پخت خاصیت حفظ گرانول‌های نشاسته را از دست داده و

پذیرش کلی: نتایج مربوط به تجزیه واریانس پذیرش کلی ماکارونی و منحنی سه بعدی سطح پاسخ برای مدل ماکارونی بدون گلوتن حاوی درصد‌های مختلف صمغ پکتین و دانه شاهی نشان داد اثر تغییرات درجه ۲ پکتین در سطح ۰/۰۵ درصد معنی دار بوده است. در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی پذیرش کلی به‌صورت غیرخطی روند افزایشی و سپس کاهشی یافته است (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- منحنی سطح پاسخ پذیرش کلی

بحث

نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش حاکی از آن است که استفاده از صمغ‌های دانه شاهی و پکتین و افزایش مقدار آن در فرمولاسیون تیمارها موجب افزایش وزن بعد از پخت شده است. نتایج مشابهی توسط Susanna و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شد. آن‌ها در مقایسه بین ماکارونی حاصل از سمولینا و ماکارونی بدون گلوتن نشان دادند که افزودن هیدروکلوئید به ماکارونی به علت افزایش جذب آب، موجب افزایش وزن پخت می‌شود. افزایش وزن پخت از صفات بسیار مهم در تعیین خصوصیات ماکارونی است و این خصوصیات بسیار تحت تأثیر میزان پروتئین و کیفیت پروتئین هستند. هیدروکلوئیدها گرانول‌های نشاسته ژلاتینه شده را به دام انداخته و از شکستگی سطحی ماکارونی و خروج کربوهیدرات و پروتئین به داخل آب پخت جلوگیری می‌کند (محمدزاده و همکاران، ۱۳۸۶).

به میزان مواد جامد موجود در آب پخت لعاب گفته می‌شود. استحکام گرانول‌ها در میزان لعاب حاصل از پخت تأثیرگذار است هرچه شبکه گلوتنی قوی‌تر و همچنین

نتوانسته است مانع از خروج آمیلوز و سایر کربوهیدرات‌های محلول در آب شود و به‌این‌علت میزان چسبندگی افزایش یافته است. یکی از علت‌های کاهش چسبندگی در اثر افزودن صمغ‌ها می‌تواند به دلیل تشکیل یک‌لایه فیلم مانند توسط آن‌ها بر روی ماکارونی باشد به‌طوری‌که از ورود آمیلوز و سایر ترکیبات محلول در آب که عامل چسبندگی می‌باشند جلوگیری می‌کند (مجدوبی و همکاران، ۱۳۸۹).

در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی رنگ به‌صورت غیرخطی روند کاهشی یافته است، شاخص L بیانگر روشنی نمونه (رنگ سفید) است و در این آزمون نشان می‌دهد با افزایش میزان صمغ‌ها از روشنی نمونه کاسته شده است، با توجه بر اینکه پکتین استخراجی دارای ترکیبات تیره‌رنگی است این ترکیبات می‌توانند در تغییر رنگ تأثیرگذار باشند و کاهش روشنی به علت تیره‌تر بودن رنگ صمغ‌های مورد استفاده هست که با افزایش میزان صمغ‌ها از روشنی رنگ نمونه کاسته شده است (Lazaridou, 2007).

در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی رنگ به‌صورت غیرخطی روند افزایشی یافته است. دلیل تغییر در فاکتورهای رنگ‌سنجی ماکارونی می‌تواند مربوط به ایجاد یک فیلم محافظتی بر سطح بیرونی رشته‌های ماکارونی توسط صمغ‌های پکتین و دانه شاهی باشد که این لایه از خروج ترکیبات رنگی طبیعی موجود در ماکارونی جلوگیری می‌کند. لذا دارای رنگی تیره‌تر و درمجموع زردتر است. که با نتایج ارائه شده توسط Kaya و Sozer (۲۰۰۳) مطابقت دارد.

در روند تغییرات با افزایش پکتین و دانه شاهی رطوبت به‌صورت غیرخطی روند افزایشی یافته است. نتایج این بررسی نشان داد که افزودن صمغ به فرمولاسیون سبب افزایش معنی‌داری در میزان رطوبت می‌شود که علت آن را می‌توان به ظرفیت بالای نگهداری آب توسط هیدروکلوئیدها نسبت داد (Roseil et al., 2001). نتایج مشابهی نیز توسط Moore و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که صمغ‌های پکتین و دانه شاهی قابلیت جایگزینی گلوتن را در ماکارونی

بدون گلوتن بر پایه نشاسته کاساوا و آرد برنج دارند و این دو ترکیب در کنار یکدیگر می‌توانند تا حدودی خواص ویسکوالاستیک گلوتن را تقلید نموده و ماکارونی بدون گلوتنی با ویژگی‌های مطلوب ایجاد نمایند. نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی انجام‌شده بر روی محصول نهایی نشان داد افزایش میزان صمغ‌های پکتین و دانه شاهی موجب افزایش عدد پخت، افزایش رطوبت ماکارونی و با افزایش میزان پکتین لعاب و چسبندگی کاهش و با افزایش میزان صمغ دانه شاهی لعاب و چسبندگی افزایش می‌یابد. نتایج لعاب و چسبندگی بیانگر آن بود صمغ‌ها موجب بهبود واضح در این ویژگی‌ها می‌شود و نتایج به‌دست‌آمده تا حد مطلوبی قابل‌مقایسه با ماکارونی حاصل از سمولینا می‌باشد. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تعیین رنگ ماکارونی مشخص شد که افزودن صمغ‌های پکتین و دانه شاهی با افزایش میزان صمغ‌ها شاخص L روند کاهشی دارد که نشان‌دهنده طیف سفید محصول هست که با افزایش میزان صمغ‌ها از روشنی نمونه کاسته شده است و شاخص a که از طیف سبز تا قرمز را نشان می‌دهد و شاخص b که طیف رنگی از آبی تا زرد را نشان می‌دهد روند افزایشی می‌یابد که درمجموع رنگ ماکارونی زردتر است. ارزیابی حسی نمونه‌های ماکارونی که توسط ارزیابان آموزش‌دیده صورت گرفت، نشانگر آن بود که ماکارونی بدون گلوتن تولیدشده با ۲ درصد صمغ پکتین و ۱ درصد صمغ دانه شاهی بالاترین امتیاز را از نظر ویژگی بافت به دست آوردن و از آنجا که بافت یکی از ویژگی‌های مهم در پذیرش محصول هست، بهبود در بافت موجب افزایش مقبولیت ماکارونی می‌شود و درنهایت بالاترین امتیاز کسب‌شده از نظر پذیرش کلی به ماکارونی حاوی ۲ درصد صمغ پکتین و ۱ درصد صمغ دانه شاهی تعلق گرفت. با توجه به افزایش سرانه مصرف ماکارونی و سهم بالای آن در تأمین انرژی مورد نیاز روزانه و با در نظر گرفتن اینکه بیماران سیلیاکی به ماکارونی بدون گلوتن حساس می‌باشند امید است یافته‌های این پژوهش بتواند گامی مؤثر در جهت رفع بخشی از نیازهای این قشر جامعه باشد.

سپاسگزاری

ضمن سپاس و ستایش به درگاه ایزد منان، بر خود لازم

International Pasta Organization. (2012). The World Pasta Industry Survey.

Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., Phillips, G. O., Fang, Y., Al-Assaf, S., Nishinari, K. & Farhoosh, R. (2009). Rheological properties of *Lepidium sativum* seed extract as a function of concentration, temperature and time. *Food Hydrocolloids*, 23, 2062-2068.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. & Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79, 1033-1047.

Marchylo, B. A. & Dexter, J. E. (2001). Pasta production. In G. Owens, *Cereals Processing Technology*. CRC Press. Boston.

Mariotti, M., Lametti, S., Cappa, C., Rassmussen, P. & Lucisano, M. (2011). Characterisation of gluten free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. *Journal of Cereal Science*.

Mendozaa, F., Dejmeck, P. & Aguileraa, J. (2006). Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis, *Journal of Postharvest and Biology and Technology*, 41(3), 285-295.

Moore, M. M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M. & Arendt, E. K. (2006). Network formation in gluten-free bread with the application of transglutaminase. *Journal of Cereal Chemistry*, 83, 28-36.

Rosell, C. M., Rojas, J. A., Benedito, D. E. & Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Journal of Food Hydrocolloids*, 15, 75-81.

Sabanis, D. & Tzia, C. (2011). Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten free dough and bread. *Journal of Food Science and Technology in International*, 19, 279-291.

Sozer, N. & Kaya, A. (2003). Changes in cooking and textural properties of spaghetti cooking with different levels of salt in the cooking water. *Journal of Texture Studies*, 34, 381-390.

Susanna, S. & Prabhasankar, P. (2013). A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. *Food Science and Technology*, 50, 613-621.

می‌دانم از مسئولین محترم شرکت زرماکارون به‌ویژه جناب آقای مهندس وحید جمالی ماریینی که در طی اجرای این تحقیق، همکاری صمیمانه‌ای داشتند قدردانی و تشکر نمایم.

منابع

بی نام. (۱۳۸۷). ویژگی‌ها و روش‌های آزمون ماکارونی، شماره استاندارد ۲۱۳، انتشارات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تجدید نظر چهارم.

جمالی ماریینی، م.، جوکار، م. و بلندی، م. (۱۳۹۲). تأثیر صمغ گوار بر خواص فیزیکی‌وشیمیایی و حسی پاستای بدون گلوتن. دومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان.

کاراژیان، ج. (۱۳۸۹). طبیعت پلی‌الکترولیتی صمغ دانه شاهی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۶، شماره ۱، صفحات ۴۳ تا ۳۷.

مجنوبی، م.، استوان، ر.، فرحناکی، ع.، مصباحی، غ. و اسکندری، م. (۱۳۸۹). بهبود کیفیت خمیر و ماکارونی تازه تولیدشده از آرد نول با استفاده از هیدروکسی پروپیل سلولز. مجله علوم و صنایع غذایی، سال هفتم، شماره ۳، صفحات ۱۱ - ۲.

محمدمزاده، ج.، جعفری، ج. و آگاه، ف. (۱۳۸۶). ارزیابی چهار رقم گندم دوروم استان گلستان جهت تولید ماکارونی و تعیین خصوصیات کیفی آن‌ها. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۴، شماره اول.

Arendt, E. K., Renzetti, S. & Bello, F.D. (2007). Novel approaches in the desing of fluten free cereal products. *The Science of gluten free foods and beverages Proceedings of the First International Conference of Gluten free Cereal Products and Beverages*, Cork Irland. American Association of Cereal Chemists, Inc(AACC).

DeMann, J. M. (2001). *Food chemistry* (3rd edition), New York, Marcel Dekker

Gallagher, E., Gormley, T. R. & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten free cereal based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 52-143, 143-152.

Hamaker, B. (2008). *Technology of functional cereal products*. Woodhead publishing limited.

Houben, A., Hochstotter, A. & Becker, T. (2012). Possibilites to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. *Journal of European Research Technology*, 235, 195-208.