

بهبود ویژگی‌های کیفی، رئولوژیکی و حسی اسپاگتی تهیه شده از آرد نول با استفاده از گلوتن

سید عماد حسینی^۱، فاطمه اردستانی^{۲*}

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری
۲. استادیار و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر

(تاریخ دریافت: 94/7/11، تاریخ پذیرش: 94/8/4)

چکیده

در کشور ما به علت کشت کم گندم دوروم و عدم وجود فناوری مناسب جهت تهیه سمولینا از این گندم، کیفیت فراورده‌های پاستا تولید شده چندان مطلوب نمی‌باشد. هدف از انجام این تحقیق، بهبود ویژگی‌های کیفی پاستا از طریق افزودن گلوتن در مقادیر 8 تا 14 درصد در ترکیب خمیر پاستا می‌باشد. شاخص‌های افت پخت، میزان چسبندگی، زمان پخت، مقاومت در برابر شکست یک رشته اسپاگتی و درصد جذب آب، زمان گسترش خمیر، زمان پایداری خمیر و درجه سست شدن خمیر پس از 10 دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزودن 14٪ گلوتن در ترکیب خمیر، فاکتورهای افت پخت، میزان چسبندگی اسپاگتی، مقاومت در برابر شکست یک رشته اسپاگتی و درجه سست شدن خمیر به ترتیب به میزان 49٪، 26٪، 16/34٪ و 32٪ کاهش یافته و در مقابل، شاخص‌های زمان پخت، درصد جذب آب، زمان گسترش و زمان پایداری خمیر به ترتیب به میزان 42٪، 25٪، 110/5٪ و 147٪ افزایش یافته است. هم‌چنین افزودن گلوتن تغییرات نامطلوبی در رنگ و طعم اسپاگتی ایجاد نکرده اما چسبندگی آن را کاهش و سفتی اسپاگتی را افزایش داده است. بنابراین افزودن گلوتن تا سطح 14 درصد به خمیر اسپاگتی در مجموع موجب بهبود ویژگی‌های اسپاگتی شده است.

واژه‌های کلیدی: سمولینا، گلوتن، گندم دوروم، اسپاگتی.

1- مقدمه

آب جذب می‌کند و تبدیل به یک توده الاستیک شده و باعث ایجاد بافت و ساختار مناسب در خمیر و پاستا می‌شود. گلوتن گندم‌های سخت، مقاومت و کشش خوبی دارند، ولی گلوتن گندم‌های نرم، ضعیف می‌باشد. مقدار گلوتن آرد می‌تواند با مقدار پروتئین و جذب آب رابطه مستقیمی داشته باشد. البته باید توجه داشت که کمیت پروتئین آرد به تنهایی عامل تعیین‌کننده خواص محصول نهایی نیست، بلکه کیفیت آن، از نوع گندم سخت یا نرم بودن و درصد ترکیبات مختلف پروتئین نیز می‌تواند در خواص محصول نهایی مؤثر باشد [6].

حاصل مطالعات انجام شده این بود که گلیادین موجود در آرد گندم عامل تعیین‌کننده حجم خمیر و نان است [3]. گلیادین در جذب آب، تورم و حلالیت گلوتن نقش اساسی داشته و گندم‌های حاوی بیش‌ترین مقدار گلوتنین با جرم مولکولی بالا، کیفیت نانواپی خیلی بهتری دارند [3]. سیسوزن به بررسی اثر گندم دوروم بر کیفیت ماکارونی پرداخت و گزارش کرد که گلوتنین و گلیادین و نسبت آن‌ها تاثیر زیادی بر ویژگی‌های ماکارونی داشته و آرد حاصل از گندم دوروم بهترین اثر را بر کیفیت ماکارونی تولیدی دارد [7]. سیسوزن و همکاران در پژوهش دیگری نشان دادند که بین استحکام گلوتن و سختی پاستای پخته‌شده رابطه‌ای وجود ندارد. با وجود اهمیت استحکام گلوتن در تجارت گندم، شواهد علمی تاثیر این فاکتور را در سختی پاستای تولید شده تایید نمی‌کند [8]. سانگ و استون به بررسی اثر نشاسته گندم‌های مختلف بر کیفیت پاستا پرداختند. کیفیت پاستای تولیدی بیش‌تر از این که به نشاسته وابسته باشد تحت تاثیر پروتئین می‌باشد. به طوری که در غیاب پروتئین منعقدشده، زنجیره نشاسته به تکه‌های کوچک شکسته شده و پاستای حاصل توانایی متورم شدن در آب را بعد از 20 دقیقه پخت نخواهد داشت. نتایج تحقیقات ایشان نیز نشان داده که سمولینای حاصل از گندم‌های سخت که پروتئین بالاتری دارند، مناسب‌ترین نوع آرد برای تولید پاستا می‌باشند [9]. سوزر و کایا نشان دادند که پخت پاستا در آب نمک باعث افزایش افت پخت می‌گردد. دلیل این امر افزایش حلالیت برخی از پروتئین‌های موجود در پاستا در حضور آب نمک است [10]. بیانو و همکاران

تولید پاستا مرغوب در ایران به دلایل مختلفی از جمله عدم استفاده از فناوری پیشرفته و مواد اولیه مناسب (سمولینای دوروم یا فارینای گندم سخت) با مشکلات فراوانی روبه‌رو است. در شرایط کنونی انتقال فناوری پیشرفته به کشور از نظر مسائل اقتصادی، به‌ویژه در کوتاه مدت، عملی نیست و نیز به علت کشت کم گندم دوروم و عدم وجود فناوری مناسب برای تهیه سمولینا از این گندم، کیفیت پاستا تولیدی مطلوب نیست. هم‌چنین شرایط اقتصادی موجود برای واردات این نوع گندم به ایران و کمبود تولید گندم سخت، واحدهای تولیدی را مجبور به استفاده از آرد گندم نرم و یا نیمه سخت و بدون استفاده از فناوری جدید نموده است. عوامل فوق باعث تولید پاستا با وضعیت ظاهری نامناسب از نظر رنگ و لکه، افت پخت بالا، مقاومت پایین در برابر شکسته شدن، مقدار خمش‌پذیری پایین و به‌ویژه چسبندگی و خمیری شدن شده و به هیچ وجه با محصول تولیدی از سمولینای گندم دوروم و یا فارینای گندم سخت قابل قیاس نمی‌باشد [1]. تحول عظیم در تولید ماکارونی در ایران با استفاده از فناوری جدید و مواد اولیه مناسب، مدت زمان طولانی را طلب می‌نماید. بنابراین باید کیفیت پاستاهای تولیدی را با توجه به امکانات فعلی، ارتقا بخشید. محققین به برخی از عوامل مؤثر بر روی چسبندگی از جمله رقم و میزان پروتئین گندم، نوع آن اشاره کرده‌اند [2]. طبق تعریف اسکین، با ورز دادن خمیر حاصله از آب و آرد گندم، گلیادین و گلوتنین آرد گندم به همراه آب و املاح ماده‌ای به نام گلوتن را تشکیل می‌دهند [3]. گلوتن پلیمری با جرم مولکولی بالا است که پس از احیا شدن، تبدیل به واحدهایی با اندازه‌های مولکولی مختلف می‌شود [4]. باید توجه داشت که ترکیب گلوتن بر اساس وزن ماده خشک شامل 43 درصد گلیادین، 39 درصد گلوتنین، 4/4 درصد سایر پروتئین‌ها، 2/8 درصد لیپیدها، 2/1 درصد قند و 6/4 درصد نشاسته است [5]. هرچه میزان گلوتن آرد زیادتر باشد، تهیه خمیر مشکل‌تر و خروج آن از قالب با سختی بیش‌تری صورت می‌گیرد. لذا استفاده از مواد احیا کننده، برای تضعیف زنجیره گلوتن و جلوگیری از بروز مشکلات تکنیکی، ضروری است. گلوتن در حدود 2-3 برابر وزن خود، آب جذب می‌کند و تبدیل به یک توده

تأثیر دمای خشک‌کردن را بر کیفیت پاستای تولید شده از مخلوط سمولینا و آرد گندم بررسی نموده و دریافتند که پاستا

خشک‌شده در دمای بالا دارای بیش‌ترین مقدار سفتی و کم‌ترین چسبندگی بود [11]. دل‌نوبیل و همکاران نیز به بررسی تأثیر مقدار پروتئین بر کیفیت پاستا متمرکز شده و نتیجه گرفتند که در محدوده بررسی‌شده، با درصد پروتئین 12/7 تا 15/5، تفاوت قابل‌توجهی در ویژگی‌های کیفی پاستا وجود نداشته است [12]. ادواردز و همکاران نقش گلوتن و اجزای آن را در تعیین ویژگی‌های ویسکوالاستیکی خمیر سمولینا بررسی کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که افزودن گلوتن، قدرت اختلاط و افزودن گلوتنین، خواص مقاومتی خمیر را افزایش داده است [13].

تحقیق حاضر به بررسی تأثیر استفاده از گلوتن در ترکیب اسپاگتی تولید شده از آرد نول بر برخی از ویژگی‌های کیفی، رئولوژیکی و حسی محصول شامل شاخص‌های افت پخت، میزان چسبندگی، زمان پخت، مقاومت در برابر شکست اسپاگتی و درصد جذب آب، زمان گسترش خمیر، زمان مقاومت خمیر و درجه سست‌شدن خمیر می‌پردازد.

2- مواد و روش‌ها

آرد نول با خاکستر 0/5 درصد، رطوبت 14 درصد، پروتئین 8 درصد، چربی 0/9 درصد، فیبر 0/3 درصد و اسیدیته 3/2 از کارخانه آرد روشن تهران تهیه شد.

2-1- آماده‌سازی اسپاگتی

آرد گندم در داخل مخلوط‌کن Anselmo ساخت کشور ایتالیا، با آب به صورت تدریجی مخلوط شد تا خمیری با میزان رطوبت 36 درصد به‌دست آید. سپس خمیر به داخل دستگاه اکسترودر با فشار 60 بار و دمای 65 درجه سانتی‌گراد ریخته و پاستا با فرم رشته‌ای و با قطر 1/5 میلی‌متر تولید شد. اسپاگتی‌ها در دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 8 ساعت در چندین مرحله تا رسیدن به رطوبت 8٪ در یک دستگاه خشک‌کن دارای سیستم مکش رطوبت، خشک شدند. بسته‌بندی پاستا با لفاف پلی‌پروپیلن صورت گرفت. پاستاها با درصدهای متفاوت گلوتن (8، 10، 12 و 14 درصد) که طی زمان مخلوط‌کردن در

2-2- اندازه‌گیری ویژگی‌های خمیر اسپاگتی

آزمون‌های انجام شده بر روی خمیر اسپاگتی شامل تعیین ویژگی‌های فارینوگرافی توسط دستگاه فارینوگراف Brabender ساخت کشور آلمان انجام شد. آزمون کریپ به کمک دستگاه بافت‌سنج Stevens-LFRA ساخت کشور انگلستان، صورت گرفت. در آزمون کریپ ابتدا خمیر پاستا به صورت قطعات استوانه‌ای شکل یکسان توسط یک لوله استوانه‌ای توخالی به قطر 1 سانتی‌متر و طول 3 سانتی‌متر تهیه شد. این قطعات بر روی صفحه نگه‌دارنده دستگاه قرار داده شد. سپس جهت انجام آزمون کریپ، پروب دستگاه به قطر 2/5 سانتی‌متر و با سرعت 2 میلی‌متر بر ثانیه شروع به حرکت به سمت نمونه کرد و پس از تماس با سطح نمونه، به عمق 5 میلی‌متر در داخل نمونه فرو رفت و پس از آن با توجه به خاصیت برگشت‌پذیری (الاستیکی) خمیر و با توجه به توقف پروب، خمیر نیرویی به پروب وارد می‌نمود که این نیرو در مقابل زمان از روی صفحه نمایش دستگاه، بر حسب لود گرم ثبت شد. این عمل برای هر نمونه 5 بار تکرار شد و سپس نمودار آن بر حسب زمان-نیرو رسم شد و مقدار جزء الاستیک و ویسکوز با استفاده از نمودار به‌دست آمد. آزمون فارینوگراف و هم‌چنین آزمون اکستنسوگراف نیز براساس استانداردهای مربوط انجام شد [14].

جذب آب در آرد، عبارت است از حجم آب بر حسب میلی‌لیتر که برای تولید خمیر اضافه می‌گردد تا بیشینه قوام آن در دستگاه فارینوگراف به 500 واحد برابندر برسد. زمان گسترش خمیر عبارت است از زمان لازم به دقیقه از شروع اضافه کردن آب به آرد تا لحظه‌ای که قوام خمیر شروع به کاهش می‌نماید. مقاومت خمیر عبارت است از مدت زمان لازم به دقیقه از زمانی که قسمت فوقانی منحنی روی خط 500 قرار گیرد تا لحظه‌ای که قسمت فوقانی، خط 500 را ترک نماید. درجه سست شدن خمیر عبارت از اختلاف بین ارتفاع منحنی در نقطه پایان زمان گسترش و 12 دقیقه پس از آن بر حسب واحد برابندر است [15].

3-2- اندازه‌گیری ویژگی‌های اسپاگتی**1-3-2- زمان پخت**

بعد از پخت اسپاگتی در زمان مناسب پخت، اسپاگتی‌ها خارج شده و بعد از خنک‌شدن به مدت 5 دقیقه در دمای اتاق، توزین شدند و درصد جذب آب آن‌ها از مقدار افزایش وزن محاسبه گردید [15].

برای اندازه‌گیری زمان پخت نمونه‌ها به یک بشر 500 میلی‌لیتری، 300 میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس بشر روی شعله گاز قرار داده شده تا آب به جوش آید. در مرحله بعدی 25 گرم اسپاگتی که به اندازه‌های حدود 5 سانتی‌متری شکسته شده بود به آن اضافه شد. 2 دقیقه قبل از زمان پخت تقریبی و هر 30 ثانیه یک بار، یک تکه از اسپاگتی خارج و بین دو صفحه شیشه‌ای فشرده می‌شد تا زمانی که هیچ اثری از مغز سفید وسط اسپاگتی باقی نماند. در این صورت اسپاگتی به‌طور کامل پخته است [15].

2-3-2- افت پخت

2-3-2- چسبندگی
حداقل 6 گرم اسپاگتی را به قطعات 5 سانتی‌متری شکسته و در زمان پخت مناسب (13 دقیقه) طبخ شد. سپس محتویات آبکش شده و به مدت 10 دقیقه نگهداری شد. پلانچر آلومینیومی 19 در 40 میلی‌متری، با سرعت 4 میلی‌متر در ثانیه، نیرویی معادل 5200 نیوتن بر مترمربع وارد نموده است. با رسیدن به حداکثر نیرو، پلانچر به سمت بالا حرکت کرده تا از سطح فرآورده‌های خمیری خارج شود. به عبارتی دیگر به محض رسیدن پیک به ارتفاع 5200 نیوتن بر مترمربع (معادل 2050 گرم روی چارت) دستگاه را خاموش کرده و سپس پلانچر به طرف بالا هدایت شد. ماکزیمم تورفتگی در زیر خط پایه چارت اینستران مبین چسبندگی است. به عبارتی دیگر با رسیدن به حداکثر نیرو، پلانچر به سمت بالا حرکت کرده تا از سطح فرآورده‌های خمیری خارج شود. حداکثر تنزل منحنی در زمان بالا رفتن پلانچر، بیانگر میزان چسبندگی است [14].

افت پخت اسپاگتی در آب مقطر تعیین گردید. به این منظور 100 گرم نمونه در 300 میلی‌لیتر آب جوش در یک بشر 500 میلی‌لیتری تا رسیدن به زمان مناسب پخت برای اسپاگتی‌های تازه یعنی زمانی که خط سفید مرکزی رشته اسپاگتی در آب پخت از بین برود و این زمان برای اسپاگتی‌های با قطر 1/7 میلی‌متر در این تحقیق به‌طور متوسط 13 دقیقه منظور گردیده است، غوطه‌ور گردید. سپس اسپاگتی‌ها از بشر خارج شده و آب پخت درون بشر برای مدت 1 ساعت در یک آون در دمای 115 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا آب آن به‌طور کامل تبخیر شود. ماده خشک باقی‌مانده توزین شد و به عنوان درصد ماده از دست رفته (افت پخت) در هر زمان پخت بیان گردید [15].

3-3-2- وزن پخت

2-3-3- مقاومت در برابر شکست یک رشته اسپاگتی خشک
یک رشته اسپاگتی که از نظر بافتی، کیفیت یکسان و مشابهی داشته باشد را انتخاب کرده و روی تکیه‌گاه قرار داده شد. سپس با پروب اینستران با سرعت 80 میلی‌متر در دقیقه روی رشته اسپاگتی نیرو وارد شد. منحنی روی چارت برگشته پیکی ایجاد شده که حاصل ضرب ارتفاع پیک در 10، نیروی لازم برای شکسته شدن اسپاگتی را نشان می‌دهد. با قرار دادن این عدد در رابطه مربوط به مقاومت اسپاگتی‌های میله‌ای، مقاومت در برابر شکست یک رشته به‌دست می‌آید [15].

برای تعیین وزن پخت، مانند قبل مقدار معینی اسپاگتی را درون آب ریخته و پس از طی زمان تعیین‌شده برای پخت، محتویات بشر به‌وسیله قیف بوخنر و به مدت یک دقیقه آبکش گردید. سپس اسپاگتی به ظرفی که پیش‌تر توزین شده بود، منتقل شده و وزن پخت برای صد گرم اسپاگتی خشک تعیین گردید [15].

4-3-2- جذب آب**2-3-7- ارزیابی حسی**

برای ارزیابی حسی از پنج ارزیاب آموزش‌دیده خواسته شد تا با آزمون نمونه‌های اسپاگتی تولیدی که به‌طور تصادفی

جهت تعیین جذب آب اسپاگتی، 100 گرم رشته اسپاگتی در 300 میلی‌لیتر آب مقطر در حال جوش، غوطه‌ور گردید.

رمزگذاری شماره‌ای شده بودند، نظر خود را در مورد رنگ، قابلیت جویدن (سفتی) و چسبندگی به دندان، طعم و بوی اسپاگتی‌های مورد نظر با درج رتبه‌ای بین 1 تا 5 در فرم مربوطه بیان کنند. دو نمونه برگزیده که توسط ارزیابان آموزش‌دیده متفاوت‌تر تشخیص داده بودند به همراه نمونه کنترل در اختیار 30 نفر مصرف‌کننده خانگی قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد تا براساس آزمون ترجیح، نمونه برتر را انتخاب کنند [16]. امتیازدهی به صورت زیر انجام شد:

چسبندگی: 1= بسیار زیاد، 2= زیاد، 3= متوسط، 4= چسبندگی تقریباً وجود ندارد و 5= نبود چسبندگی، سفتی: 1= خیلی کم، 2= کم، 3= کافی، 4= خوب و 5= خیلی خوب،

طعم و بو: 1= خیلی نامطبوع، 2= نامطبوع، 3= کافی، 4= خوب و 5= مطبوع و رنگ: 1= خیلی بد، 2= بد، 3= متوسط، 4= خوب، 5= خیلی خوب.

3- نتایج و بحث

3-1- تأثیر گلوتن بر افت پخت اسپاگتی

اطلاعات جدول 1 نشان می‌دهد که تیمارهای مختلف گلوتن در افت پخت تأثیر قابل توجهی داشته و کم‌ترین افت پخت مربوط به تیمار 14٪ گلوتن و بیش‌ترین افت پخت مربوط به تیمار 8٪ گلوتن بوده است. به طوری که افت پخت در نمونه اسپاگتی محتوی 14 درصد گلوتن نسبت به نمونه محتوی 8 درصد گلوتن در حدود 49٪ کم‌تر شده است. به نظر می‌رسد با

افزایش درصد گلوتن در آرد، یک شبکه قوی پروتئین-نشاسته تشکیل می‌گردد و این شبکه قوی مانع از خروج نشاسته بیش‌تر و به تبع آن، افت پخت بیش‌تر می‌شود. حذف پروتئین، اثر منفی بر نگه‌داری آمیلوز در بافت محصول داشته که این امر موجب افزایش افت پخت و چسبندگی رشته‌ها به یکدیگر می‌گردد. تحقیقات رومان و همکاران نشان داده که محتوای پروتئینی پاستا بر کاهش افت پخت و آبگیری محصول حین پخت، تأثیر مثبت دارد. به عبارت دیگر هرچه مقدار پروتئین موجود در بافت پاستا بیش‌تر باشد، افت پخت کم‌تر شده و محصول آب بیش‌تری را به خود جذب می‌کند [17].

3-2- تأثیر گلوتن بر چسبندگی اسپاگتی

چسبندگی اسپاگتی که یکی از خصوصیات نامطلوب آن به‌شمار می‌آید، به دلیل خروج نشاسته به‌ویژه بخش آمیلوزی آن از گرانول‌های نشاسته در حین ژلاتینه‌شدن آن‌ها به هنگام پخت می‌باشد. بنابراین تعیین افت پخت اسپاگتی می‌تواند به عنوان شاخص چسبندگی آن به کار رود. تحقیقات ارتباط مستقیمی میان مقدار آمیلوز نشاسته و میزان چسبندگی اسپاگتی نشان داده‌اند. در آب پخت علاوه بر نشاسته، پروتئین‌ها و سایر کربوهیدرات‌های محلول در آب نیز وجود دارند [18]. جدول 1 نشان می‌دهد که سطوح مختلف گلوتن در میزان چسبندگی اسپاگتی تأثیر قابل توجهی داشته و کم‌ترین چسبندگی در تیمار 14٪ گلوتن و بیش‌ترین آن در تیمار 8٪ گلوتن اتفاق افتاده است. یعنی با افزایش درصد گلوتن موجود در آرد از 8 به 14 درصد، چسبندگی اسپاگتی در حدود

جدول (1) تأثیر سطوح مختلف گلوتن بر ویژگی‌های کیفی و رئولوژیکی اسپاگتی تولید شده از آرد نول

درصد گلوتن	8	10	12	14
درصد افت پخت	12/87±0/05	12/43±0/02	8/32±0/03	6/57±0/05
چسبندگی (نیوتن بر مترمربع)	608	534	480	452
زمان پخت (دقیقه)	13/75	15/08	17/26	19/45
مقاومت در برابر شکست یک رشته اسپاگتی	1285	1346	1218	1075
درصد جذب آب اسپاگتی	52/26±0/15	54/82±1/15	57/09±0/65	65/35±0/5
زمان گسترش خمیر (دقیقه)	2/86±0/2	3/5±0/1	4/65±0/15	6/02±0/4
زمان پایداری خمیر (دقیقه)	3/65±0/25	4/16±0/1	6/08±0/15	9/02±0/4
درجه سست شدن خمیر پس از 10 دقیقه (واحد برابندر)	74/15±1/25	62/06±0/3	58/85±0/15	51/02±0/4

درصد گلوتن و تیمار 8 درصد گلوتن به ترتیب دارای بیشترین و کمترین زمان پخت و همچنین از بین بردن رنگ گچی مرکز اسپاگتی می‌باشند.

3-4- تاثیر گلوتن بر مقاومت در برابر شکست یک رشته اسپاگتی خشک

جدول 1 نشان می‌دهد که با افزایش درصد گلوتن آرد از 8 به 10 درصد، مقاومت اسپاگتی 4/8٪ افزایش یافته و با افزایش گلوتن تا 14 درصد، کاهش قابل توجهی به میزان 16/34٪ پیدا کرده است. به عبارت دیگر افزایش مقدار گلوتن در آرد بر روی استحکام آن اثربخشی خوبی نداشته و بهترین درصد گلوتن در این آزمایش، 10٪ می‌باشد.

3-5- تاثیر گلوتن بر درصد جذب آب اسپاگتی

نتایج حاصل نشان داد که با افزودن گلوتن به آرد، میزان جذب آب اسپاگتی افزایش یافت. بیشینه مقدار جذب آب در اثر اعمال تیمار 14٪ گلوتن مشاهده شد که مقدار جذب آب در این تیمار حدودا 65٪ بود که نسبت به نمونه شاهد (8٪ گلوتن)، 25٪ افزایش داشته است (جدول 1). اگرچه افزایش جذب آب اسپاگتی از لحاظ فنی، مناسب است، اما افزایش ظرفیت جذب آب گلوتن، سبب شل شدن خمیر و افت کیفیت پخت ماکارونی خواهد شد. وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار گلوتن سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیش‌تر و در نتیجه تبادل بیش‌تر آب شده و به همین دلیل جذب آب افزایش می‌یابد [21]. تحقیقات نشان داده که افزودن گلوتن، پودر سویا و تخم‌مرغ موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب توسط خمیر و افزایش قوام آن شده است. ایجاد قوام در خمیر به جذب و نگهداری آب توسط گلوتن مربوط می‌باشد. افزودن هیدروکلئیدهای پروتئینی یا پلی‌ساکاریدی به دلیل توانایی در جذب آب می‌تواند باعث افزایش قوام و پایداری خمیر گردد [12].

3-6- تاثیر گلوتن بر زمان گسترش خمیر

در بررسی اثر افزودن گلوتن بر ویژگی‌های فارینوگراف خمیر مشخص شد که زمان گسترش خمیر با افزودن گلوتن افزایش یافته است. به طوری که با افزایش سطح گلوتن از 8 به 14

26٪ کاهش یافته است. با افزایش گلوتن در سمولینا یا آرد نول مصرفی در تهیه پاستا، شبکه ماتریکس پروتئین-نشاسته مستحکم‌تر شده و مانع از خروج نشاسته بیش‌تر و ایجاد حفرات بیش‌تر در سطح پاستا و به تبع آن چسبندگی بیش‌تر می‌شود. علت چسبندگی تا حدی به درجه خردشدن و متلاشی شدن رشته‌ها در طی پخت نسبت داده شده است. بنابراین با افزایش درصد گلوتن آرد و خمیر، قدرت و استحکام پاستا بالاتر رفته و خردشدن پاستای پخته شده کم‌تر و به دنبال آن چسبندگی به حداقل می‌رسد.

3-3- تاثیر گلوتن بر زمان پخت اسپاگتی

در حین پخت پاستا در آب، گرانول‌های نشاسته شروع به جذب آب و ژلاتینه شدن می‌نمایند. به طوری که تعداد زیادی از گرانول‌های نشاسته ژلاتینه می‌شوند. هم‌زمان با ژلاتینه شدن نشاسته، در اثر حرارت، گلوتن دناتوره شده و البته تا حدی قابلیت جذب آب خود را حفظ می‌کند. مناسب‌ترین زمان پخت هنگامی است که تعداد زیادی از گرانول‌های نشاسته ژلاتینه شده باشند. در این حالت ساختار گچی میان رشته‌های اسپاگتی در اثر فشرده شدن قابل مشاهده نمی‌باشند. نتایج جدول 1 نشان می‌دهد که سطوح مختلف گلوتن نیز به طور مستقیم بر زمان پخت اسپاگتی تاثیرگذار بوده است. به طوری که با افزایش درصد گلوتن در ترکیب اسپاگتی، زمان پخت اسپاگتی‌های حاوی گلوتن افزایش یافته و برعکس. به عنوان مثال تیمار حاوی 14 درصد گلوتن بیش‌ترین زمان لازم جهت پخت را نیاز داشت. در مقابل، تیمار با 8 درصد گلوتن، کم‌ترین زمان لازم را جهت پخت داشته است. زمان پخت اسپاگتی محتوی 14 درصد گلوتن نسبت به اسپاگتی محتوی 8 درصد گلوتن در حدود 42 درصد کاهش داشته است. این امر می‌تواند به دلیل تاثیر پروتئین گلوتن بر دمای ژلاتینه شدن نشاسته باشد. تحقیقات نشان داده که برخی از هیدروکلئیدها مانند صمغ گوار باعث افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته می‌گردد [19-20]. به نظر می‌رسد گلوتن نیز باعث افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته می‌گردد. در نتیجه زمان طولانی‌تری لازم است تا نشاسته به طور کامل ژلاتینه گردد و ساختار گچی اسپاگتی از بین برود. پس می‌توان نتیجه گرفت که تیمار 14

درصد، زمان گسترش خمیر به میزان 110/5٪ افزایش یافته است (جدول 1).

3-7- تاثیر گلوتن بر زمان پایداری خمیر

فاکتورهای زمان گسترش و پایداری خمیر نشان دهنده میزان قدرت آرد هستند و هرچه این مقادیر بیشتر باشد، خمیرهای حاصل، قوی‌تر می‌باشند. در تحقیق حاضر نیز نتایج نشانگر این موضوع بود و تیمارهایی با زمان گسترش بالاتر دارای مقاومت بیشتری نیز بودند. آردهایی که زمان گسترش خمیر بالایی دارند، به‌طور معمول مقاومت خمیر خوبی نیز از خود نشان می‌دهند. به‌طوری که طی این تحقیق با افزایش درصد گلوتن از 8 به 14 درصد، مقاومت و پایداری خمیر بیش از 147٪ افزایش یافته است (جدول 1).

4- نتیجه‌گیری

با افزودن گلوتن، افت پخت، میزان چسبندگی اسپاگتی، مقاومت در برابر شکست یک رشته اسپاگتی و درجه سست شدن خمیر پس از 10 دقیقه کاهش یافته و در مقابل، شاخص‌های زمان پخت، درصد جذب آب، زمان گسترش و زمان پایداری خمیر افزایش یافته است. همچنین افزودن گلوتن تاثیر قابل توجهی بر رنگ و طعم اسپاگتی نداشته اما چسبندگی را کاهش و سفتی اسپاگتی را افزایش داده است. بنابراین افزودن گلوتن به خمیر توانسته است موجب بهبود ویژگی‌های این فرآورده شود.

3-8- اثر گلوتن بر درجه سست شدن خمیر پس از 10 دقیقه

نتایج نشان داد که در اثر افزودن پروتئین گلوتن، درجه سست شدن خمیر پس از زمان 10 دقیقه به‌طور منظم کاهش یافته است. در نتیجه با افزودن گلوتن به آرد، قوت آرد حاصل افزایش یافته و درجه سست شدن خمیر پس از 10 دقیقه کاهش یافته است. به‌طوری که خمیر حاوی 8٪ گلوتن بالاترین درجه سست شدن خمیر را داشته و این شاخص در خمیر حاوی 14٪ گلوتن، در حدود 32 درصد کم‌تر بوده است (جدول 1).

5- تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب سپاس خود را از پشتیبانی و حمایت معاونت‌های محترم پژوهش و فناوری دانشگاه‌های آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر و ساری در جهت اجرای مطالعات آزمایشگاهی مربوط به این طرح، ابراز می‌دارند.

3-9- تاثیر گلوتن بر ارزیابی حسی اسپاگتی پخته شده

تست پانل بر روی اسپاگتی 5 دقیقه بعد از پخت توسط 30 نفر ارزیاب انجام شد. هر ارزیاب هر نمونه را دو بار تست کرده و امتیازها از عدد 1 تا 5 ثبت شد. نتایج نشان داد که اسپاگتی تولیدی با گلوتن بیش‌تر دارای بیش‌ترین میزان سفتی بود. نتایج به‌دست آمده برای تغییرات رنگ به‌طور خلاصه در جدول 2 آورده شده است. رنگ پاستا یک فاکتور ضروری برای ارزیابی کیفیت آن است. به‌طور کلی مصرف‌کننده‌ها، پاستا با رنگ روشن‌تر را ترجیح می‌دهند. گلوتن تاثیر قابل توجهی بر رنگ اسپاگتی نداشته به‌طوری که با افزایش درصد گلوتن در ترکیب خمیر، رنگ اسپاگتی به‌طور نامنظمی کم و زیاد شده

جدول (2) تاثیر سطوح مختلف گلوتن بر ارزیابی حسی اسپاگتی تولید شده از آرد نول

گلوتن 14%	گلوتن 12%	گلوتن 10%	گلوتن 8%	درصد گلوتن
4/76	4/37	4/15	3/98	چسبندگی
4/85	4/62	4/28	3/75	سفتی
4/48	4/53	4/46	4/50	طعم و بو
4/12	4/32	4/16	4/25	رنگ
4/55	4/46	4/26	4/12	پذیرش کلی

منابع

Books., 2(2), 75-90.

- [8] Sissons, M.J., Soh, H.N., Turner, M.A. (2007). Role of gluten and its components in influencing durum wheat dough properties and spaghetti cooking quality. *J. Sci. Food Agr.*, 87, 1874-1885.
- [9] Sung, W., Stone, M. (2003). Characterization of various wheat starches in pasta development. *J. Marine Sci. Technol.*, 11(2), 61-69.
- [10] Sozer, N., Kaya A. (2003). Changes in cooking and textural properties of spaghetti cooking with different levels of salt in the cooking water. *J. Texture Stud.*, 34, 381-390
- [11] Baiano, A., Conte, A., Del Nobile, M.A. (2006). Influence of drying temperature on the spaghetti cooking quality. *J. Food Eng.*, 76(3), 341-347.
- [12] Del Nobile, M.A., Baiano, A., Conte, A., Mocci, G. (2005). Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *J. Cereal Sci.*, 41(3), 347-356.
- [13] Edwards, N.M., Mulvaney, S.J., Scanlon, M.G., Dexter, J.E. (2003). Role of gluten and its components in determining durum semolina dough viscoelastic properties. *Cereal Chem.*, 80(6), 755-763.
- [14] Salehi, F., Talebian, F. (2013). Macaroni-Specifications and test methods. Iranian National
- [1] Saperstein, H.D., David, P., Preston, K.R., Dexter, J.E. (2007). Durum wheat bread-making quality: effects of gluten strength, protein composition, semolina particle size and fermentation time. *J. Cereal. Sci.*, 45, 150-161.
- [2] Henderson, S.M., Perry, R.L. (1976). *Agricultural Process Engineering*. 3th ed., Wesport, AVI Publishing Co., pp 431.
- [3] Eskin, N.A. (1990). *Biochemistry of Food*. London, Academic Press, pp 120-134.
- [4] Shewry, P.R., Halford, N.G., Belton, P.S., Tatham, A.S. (2002). The structure and properties of gluten: An elastic protein from wheat grain. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 357, 133-142.
- [5] Wrigley, C., Bekes, F., Bushuk, W. (2006). *Gliadin and glutenin: The unique balance of wheat quality*. 1th ed., AACCC International, pp 3-32.
- [6] Sissons, M.J., Egan, N.E., Gianibelli, M.C. (2005). New insights into the role of gluten on durum pasta quality using reconstitution method. *Cereal Chem.*, 82, 601-608.
- [7] Sissons, M.J. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Global Sci.*

Standardization Organization, ISIRI No.213. 4th revision.

[15] موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1388. ماکارونی-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. شماره 213. ص 8-18.

[16] موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1388. انواع ماکارونی از سمولینای گندم دوروم-تخمین کیفیت پخت با آزمونهای حسی - قسمت دوم: روش متداول. شماره 12042، ص 2-14.

[17] Roman, A., Grzybowski, B., Donnelly, J. (1979). Cooking properties of spaghetti: factor affecting cooking quality. *J. Agr. Food Chem.*, 27(2), 380-384.

[18] Dexter, J.E., Matsuo, R.R., Morgan, B.C. (1983). Spaghetti stickiness: Some factors influencing and relationship to other cooking quality characteristics. *J. Food Sci.*, 48, 1545-1551.

[19] Barcenas, M.E., De La O-Keller, J., Rosell, C.M. (2009). Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch). *J. Food Eng.*, 94, 241-247.

[20] Funami, T., Kataoka, Y., Omoto, T., Goto, Y., Asai, I., Nishinari, K. (2005). Food hydrocolloids control the gelatinization and retrogradation behavior of starch. 2a. Functions of guar gums with different molecular weights on the gelatinization behavior of corn starch. *Food Hydrocolloid.*, 19, 15-24.

[21] Del Nobile, M.A., Baiano, A., Conte, A., Mocci, G. (2005). Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *J. Cereal Sci.*, 41(3), 347-356.