Archive of SID

مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دهم، شماره 1، بهار 1394، صفحات 88-81

بررسی اثر افزودن نشاسته مقاوم نوع دو بر خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، حسی و پخت ماکارونی پری‌بیوتیک حاصل

عزیز همایونی‌راد[1]، امیر امینی[2]، عطا خداویردی‌وند کشتیبان[3]، منصوره محمدی[4]، ایاد بهادری منفرد[5]

1- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ایران
2- نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ایران، پست الکترونیکی: aminia@tbzmed.ac.ir
3- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ایران
4- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
5- استادیار گروه بهداشت و پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 93/3/9 تاریخ پذیرش: 93/5/18

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به افزایش سرانه مصرف محصولات ماکارونی در ایران در دهه اخیر، برای پیشگیری از بیماری‌های گوارشی، تولید محصولات ماکارونی بر پایه الیگوساکاریدهای غیرقابل هضم یا پری‌بیوتیک‌ها مورد توجه قرار گرفته‌است. هدف از انجام این پژوهش، تولید ماکارونی فراسودمند شده با نشاسته مقاوم نوع دو و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، حسی و پخت آن در مقایسه با نمونه شاهد می‌باشد.

مواد و روش‌ها: برای تولید ماکارونی از آرد سمولینای حاصل از گندم دوروم و آب استفاده شد. خمیر تولید شده از این دو ماده اولیه به عنوان نمونه شاهد و چهار نمونه تیمار شده با نشاسته مقاوم نوع دو (Hi-maize260^{TM}) با افزودن 2/5%، 5%، 7/5% و 10% فرمولاسیون در مقیاس پایلوت با خط تولید ناپیوسته تهیه شد.

یافته‌ها: افزودن نشاسته مقاوم نوع دو سبب کاهش معنی‌داری در درصد رطوبت، شاخص روشنایی، درصد افت پخت، درصد جذب آب، شاخص چسبندگی و جویدگی محصول نهایی شد ($p<0/05$). تیمار افزوده بهبود انسجام‌پذیری محصول پخته‌شده گردید و تا 10% فرمولاسیون خواص حسی مطلوب‌تری نسبت به نمونه شاهد ایجاد کرد ($p<0/05$).

نتیجه‌گیری: ماکارونی غنی‌شده با 7/5 درصد نشاسته مقاوم نوع دو در مجموع بهترین و مناسب‌ترین تیمار معرفی شد. این تیمار، ضمن ارائه کردن محصولی برتر از تیمارهای دیگر و نمونه شاهد از نقطه نظر کنترل کیفیت، تأثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی مصرف‌کننده نداشت.

واژگان کلیدی: نشاسته مقاوم، پاستا، ویژگی‌های پخت، رئولوژی، حسی

• مقدمه

امروزه محصولات حاصل از غلات نقش مهمی در تغذیه انسان داشته و حدود 7% کالری مورد نیاز بیش از دوسوم مردم جهان را تأمین می‌کند. محصولات ماکارونی، محصولاتی با ارزش غذایی بالا هستند که به دلیل ماهیت کربوهیدراتی، در پایه هرم راهنمای غذایی قرار می‌گیرند. ضمن این که محصولات ماکارونی به دلیل برخورداری از کربوهیدرات‌های پیچیده‌تر نسبت به دیگر محصولات غلات، مانند نان و برنج برتری دارند. این دسته از محصولات با دارا بودن اندیس گلایسمی پایین‌تر، با تأثیر تدریجی بر افزایش قند خون، نه‌تنها موجب بالا رفتن ناگهانی آن نمی‌شوند، بلکه برای افرادی که از افزایش وزن رنج می‌برند نیز مفید هستند (1).

پری‌بیوتیک‌ها ترکیبات غذایی مفیدی هستند که در دستگاه گوارش، غیرقابل هضم بوده و یا به مقدار کمتری مورد هضم قرار می‌گیرند و تأثیر مفید آن‌ها در سلامت انسان، اغلب از طریق افزایش فعالیت تعدادی از باکتری‌های پروبیوتیک در روده بزرگ اعمال می‌شود. این نقش توسط کربوهیدرات‌های

www.SID.ir

Archive of SID

قابل تخمیر و دیرهضم در روده بزرگ ایفا شده و موجب رشد پروبیوتیک‌هایی مانند بیفیدوباکتریوم‌ها می‌گردد. درنتیجه، با تعدیل میکروفلور طبیعی روده و کنترل میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا، سبب کاهش ابتلاء به بیماری‌های گوارشی می‌شود (1).

نشاسته مقاوم (RS) اولین بار در سال 1982 میلادی به‌عنوان یک فیبر غذایی (Dietary Fiber) معرفی شد. در طی این سه دهه تحقیقات بسیاری بر روی ویژگی‌های سلامت‌بخش این ماده انجام پذیرفته است. پایین بودن ظرفیت نگهداری آب (LWHC) در نشاسته مقاوم موجب گردیده که این ترکیب علاوه بر دارا بودن ارزش تغذیه‌ای، به عنوان یک افزودنی کارآمد در صنایع غذایی کاربرد وسیعی یافته و بافت فرآورده نهایی را بهبود بخشد (2).

نظر به این که تولید محصولات پری‌بیوتیکی روزبه‌روز در حال افزایش است و از طرف دیگر محصولات ماکارونی در تمامی جوامع از میزان مصرف بالایی برخوردار هستند، این تحقیق با هدف تولید ماکارونی غنی‌شده با نشاسته مقاوم نوع دو (RS2)، بررسی خواص فیزیکی، رئولوژیکی، حسی و پخت آن و در نهایت مقایسه با نمونه معمولی انجام شده است. این محصول، نه‌تنها به‌عنوان یک غذای پری‌بیوتیک مطرح است، بلکه به علت خصوصیات ویژه نشاسته مقاوم، می‌تواند زیرمجموعه‌ای از غذاهای فراسودمند محسوب شده و نقش مؤثری در پیشگیری از سرطان انتهای روده بزرگ (Colon Cancer) داشته باشد.

• مواد و روش‌ها

مواد اولیه: آرد سمولینا حاصل از گندم دوروم و آب تصفیه شده از کارخانه آرد زر (کرج - ایران) تهیه شد. نشاسته مقاوم نوع دو (RS2-Hi-Maize^{TM} 260) از شرکت National Starch and Chemical (هامبورگ، آلمان) خریداری شد.

آزمون‌های تعیین ویژگی‌های آرد: کیفیت آرد اولیه با استفاده از روش‌های مورد تأیید AACC تحت بررسی قرار گرفت. درصد رطوبت به روش 16-44، درصد خاکستر خشک به روش 01- 08، گلوتن مرطوب به روش 12-38، گلوتن خشک به روش 11-38، نمایه گلوتن به روش 02-38 و درصد پروتئین به روش 12- 46 اندازه‌گیری شدند. همچنین آزمون اندازه ذرات آرد نیز با استفاده از روش مرجع استاندارد ملی ایران به شماره 103 انجام شد (3).

تولید ماکارونی: برای تولید نمونه‌ها از دستگاه تولید ماکارونی در مقیاس آزمونه‌ای (Pilot) استفاده شد. آرد سمولینا درون مخلوط‌کن ریخته شد. سپس RS2، در هر بار تولید، در مقادیر 2/5، 5، 7/5 و 10 درصد فرمولاسیون به آن افزوده و به مدت 10 دقیقه توسط میکسر مخلوط شد. سپس آب 37°C به آرامی به مخلوط‌کن افزوده گردید. پس از انتقال مخلوط به درون اکسترودر و تحت‌فشار 60cmHg، مخلوط توسط تیغه‌های همزن، زده شده و پس از آن از حفره‌های قالب خارج و به اندازه‌های سه تا پنج سانتیمتری برش داده شدند. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت در شرایط حرارتی 75°C و رطوبت نسبی 80% قرار گرفته و پس از آن رطوبت و دمای خشک‌کن به ترتیب روی 30% و 50°C تنظیم شده و به مدت 19 ساعت اجازه داده شد تا آب نمونه تا رسیدن به محتوای رطوبتی حداکثر 10% تبخیر شود.

$$\text{درصد لعاب} = \frac{\text{وزن بشر- وزن نهایی بشر و نمونه پس آون‌گذاری}}{\text{وزن اولیه نمونه}} \times 100$$

بنابراین در نهایت چهار تیمار با درصدهای ذکر شده حاوی RS2 و یک تیمار حاوی صفر درصد RS2 تهیه و در کیسه‌های نفوذناپذیر به هوا و رطوبت نگهداری شدند. آزمون‌های کنترل کیفیت محصول در سه بار تکرار در کلیه نمونه‌ها انجام شد.

کنترل کیفیت ماکارونی: درصد رطوبت محصول توسط روش مرجع AACC 11-44، اندازه‌گیری pH توسط روش AOAC 940-23 و اندازه‌گیری رنگ با روش 22-14 با استفاده از دستگاه هانترلب مدل CR400 (توکیو، ژاپن) انجام گرفت. آزمون‌های پخت ماکارونی توسط روش مرجع AACC 50-16 و ارزیابی رئولوژیکی نمونه‌ها توسط روش 06-74 و با استفاده از دستگاه سنجش بافت (اینسترون) با قطر پروب 4mm و سرعت حرکت 60 mm/min مدل DBBMTCL 23277 (لندن، انگلیس) به روش فشردگی برای نمونه‌های پخته‌شده انجام شد (4).

ارزیابی حسی ماکارونی: ویژگی‌های حسی ماکارونی بر اساس آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای به روش امتیازبندی و به شیوه مصرف‌کننده‌گرا انجام شد (5). به این منظور، دو قطعه ماکارونی پخته شده از هر یک از چهار تیمار و نمونه شاهد در اختیار 30 نفر ارزیاب داوطلب قرار گرفت. ارزیاب‌ها مطابق آموزش و پرسشنامه دریافتی، محصول را از نظر ویژگی‌های رنگ، شکل، قابلیت جوندگی، ترک‌خوردگی، سختی، چسبندگی، بو، مزه و پذیرش کلی با یکدیگر مقایسه کردند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: کلیه آزمون‌ها در سه تکرار و بر اساس طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها، از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد و برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری 5% استفاده شد. برای بررسی نتایج ارزیابی حسی، از آزمون

www.SID.ir

Archive of SID

کروسکال والیس استفاده شد. تمامی نتایج حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS19 به‌دست آمد و در جداول مربوطه به‌صورت میانگین و انحراف معیار نشان داده شدند. حروف لاتین یکسان، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار و حروف غیر یکسان، بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح 5% می‌باشند.

• یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد سمولینا شامل 12/37% رطوبت، 0/59% خاکستر خشک، 26/37% گلوتن مرطوب، 9/28% گلوتن خشک و 13/43% پروتئین به‌دست آمد. همچنین نمایه گلوتن آرد 81/83 اندازه‌گیری شد و میانگین قطر 91/13% اندازه ذرات آرد نیز در محدوده 150 تا 350 میکرون قرار داشت. یافته‌های حاصل نشان می‌دهد که آرد مورد استفاده دارای کمیت و کیفیت مطلوبی است. همچنین درصد رطوبت پایین آن جهت نگهداری طولانی مدت مناسب است. میانگین قطر اندازه ذرات آرد نیز حاکی از یکنواختی پراکندگی ذرات آرد دارد.

مقایسه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول، درصد رطوبت، رنگ و pH نمونه‌ها در جدول (1) گزارش شده است. با افزایش درصد تیمار در فرمولاسیون، به تدریج از میزان رطوبت نهایی کاسته شد. به‌طوری‌که این کاهش در تیمارهای 7/5 و 10 درصد در سطح 5% معنی‌دار بود ($p<0/05$). یافته‌های حاصل از آزمون رنگ‌سنجی نشان داد که در شاخص روشنایی (L) بین نمونه شاهد با تمام تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p<0/05$). همچنین تیمار 10% به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمارهای 2/5 و 5 درصد بیشترین میزان روشنایی را دارا بود. در شاخص تمایل رنگ به قرمزی (a) اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد ولی در شاخص تمایل رنگ به زردی (b) بین تمام تیمارها با شاهد و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p<0/05$). افزایش درصد نشاسته مقاوم موجب کاهش معنی‌دار شاخص زردی نسبت به روشنایی (YI) شده است ($p<0/05$). مقایسه pH نمونه‌ها حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها بود.

با مقایسه میانگین‌های حاصل از آزمون زمان بهینه پخت، با وجود کاهش نسبی در کل زمان پخت، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و با نمونه شاهد وجود نداشت. همچنین پس از مقایسه میانگین‌های حاصل از نتایج آزمون وزن پخت، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و با نمونه شاهد گزارش نشد؛ درحالی‌که با افزایش درصد RS2 در فرمولاسیون، درصد افت پخت (میزان از دست رفتن مواد جامد) به‌صورت پیوسته کاهش یافت ($p<0/05$). بیشترین افت پخت مربوط به نمونه شاهد بود. نتایج حاصل از آزمون درصد جذب آب نشان داد که بین نمونه شاهد با تیمار 10% اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p<0/05$). یافته‌های به‌دست آمده در جدول (2) نشان داده شده‌اند.

جدول 1. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های ماکارونی

شاخص تیمار	درصد رطوبت	pH	L	a	b	YI
RS2 0%	6/63±0/05 c	5/91±0/01 a	34/52±0/13 a	-2/45±0/16 a	34/64±0/16 a	68/02±0/2 a
RS2 %2/5	6/56±0/06 c	5/92±0/02 a	36/93±0/11 b	-2/78±0/15 a	30/38±0/17 b	63/97±0/45 a
RS2 %5	6/32±0/06 bc	5/93±0/01 a	42/19±0/14 c	-2/9±0/15 a	27/03±0/12 c	59/17±0/73 b
RS2 %7/5	6/08±0/07 ab	5/92±0/01 a	47/47±0/12 d	-2/97±0/11 a	20/31±0/16 d	56/85±0/81 bc
RS2 %10	5/90±0/02 a	5/92±0/02 a	48/88±0/18 d	-2/95±0/11 a	17/85±0/18 e	54/01±0/01 c

* حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p<0/05$)

** L: میزان نور انعکاس یافته از سطح نمونه. a: تمایل رنگ به قرمزی. b: تمایل رنگ به زردی. YI: تعادل زردی و روشنایی.

جدول 2. ویژگی‌های پخت نمونه‌های ماکارونی

شاخص تیمار	زمان بهینه پخت (دقیقه)	وزن پخت (گرم)	درصد افت پخت	درصد جذب آب
RS2 0%	13/5 a	33/59±2/90 a	6/25±3/33 a	198/55±33/03 b
RS2 %2/5	13 a	36/51±3/57 a	6/15±0/76 a	177/18±16/22 ab
RS2 %5	13 a	34/44±0/81 a	6/09±3/59 a	175/07±11/79 ab
RS2 %7/5	12/5 a	33/56±1/39 a	5/94±2/65 b	171/68±7/13 ab
RS2 %10	12/5 a	35/05±1/54 a	5/88±0/99 b	168/36±20/21 a

* حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p<0/05$)

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌های حاصل از ارزیابی رئولوژیکی نمونه‌های پخته شده در جدول (3) گزارش شده است. در شاخص سختی، تیمار 5% بیشترین مقدار را دارا بود و با نمونه‌های 2/5% و شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. تیمار 10% بیشترین میزان انسجام‌پذیری و تیمار 7/5% کمترین میزان چسبندگی را دارا بود ($p<0/05$). مقایسه شاخص قابلیت جوندگی بین نمونه شاهد و تیمار حاوی 10% RS2 نشان از وجود یک افت معنی‌دار در این شاخص داشت ($p<0/05$).

تأثیر RS2 بر ارزیابی حسی ماکارونی: در یافته‌های حاصل از ارزیابی حسی ماکارونی‌های پخته شده، تنها در شاخص چسبندگی، بین تیمار 5% و نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دیده شد ($p<0/05$)؛ در حالی‌که اثر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی محصول نهایی اعمال نکرد.

جدول 3. ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌های ماکارونی پخته‌شده

شاخص / تیمار	سختی (نیوتون)	انسجام‌پذیری	قابلیت جوندگی (نیوتون)	چسبندگی
0% RS2	0/32±0/01 a	0/75±0/02 a	0/95±0/02 b	0/54±0/03 d
2/5% RS2	0/33±0/02 a	0/79±0/01 b	0/94±0/01 b	0/48±0/04 c
5% RS2	0/39±0/01 b	0/81±0/02 b	0/95±0/03 b	0/45±0/01 bc
7/5% RS2	0/37±0/003 ab	0/87±0/02 c	0/96±0/01 b	0/39±0/01 a
10% RS2	0/34±0/01 a	0/89±0/01 c	0/96±0/007 a	0/43±0/02 b

* حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p<0/05$)

جدول 4. نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های پخته‌شده

ردیف	ویژگی	RS2%0	RS2%2/5	RS2%5	RS2%7/5	RS2%10
1	رنگ	4/17 a	4/10 a	4/17 a	4/10 a	4/13 a
2	شکل	4/10 a	4/00 a	4/20 a	4/20 a	4/03 a
3	سختی	4/33 a	4/27 a	4/23 a	4/47 a	4/53 a
4	قابلیت جویدگی	4/27 a	4/43 a	4/47 a	4/74 a	4/43 a
5	ترک‌خوردگی	4/13 a	4/10 a	4/27 a	4/30 a	4/43 a
6	چسبندگی	4/40 b	4/00 ab	3/80 a	3/97 ab	4/27 ab
7	بو	4/03 a	4/20 a	4/03 a	4/03 a	4/17 a
8	مزه	3/97 a	4/03 a	3/57 a	3/83 a	3/87 a
9	پذیرش کلی	34/37 a	33/47 a	32/73 a	33/77 a	33/73 a

* حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p<0/05$)

• بحث

با افزایش درصد نشاسته مقاوم در فرمولاسیون، از مقدار آب بیشتری در مخلوط‌کن استفاده می‌شود. هنگامی‌که تیمارها خشک می‌شوند، به علت شرایط حرارتی بالا در خشک‌کن و زمان طولانی، مقداری از رطوبت جذب‌شده را از دست می‌دهند. به علت پایین بودن ظرفیت نگهداری آب نشاسته مقاوم، رطوبت بیشتری از آن طی تبخیر آزاد می‌شود (6، 2) بنابراین در تیمارهای 7/5 و 10 درصد کمترین رطوبت اندازه‌گیری شده از محصول نهایی به‌دست می‌آید. مطابق با پژوهش‌های پیشین، کاهش رطوبت قابل انتظار بود (7، 5).

به سبب این که ماهیت تیمار افزوده‌شده به ماکارونی، از جنس نشاسته است و از نظر ساختمان شیمیایی تنها تفاوت ساختاری با آن دارد، بنابراین می‌توان اظهار داشت که به نظر می‌رسد غنی‌کردن ماکارونی با RS2، موجب تغییر معنی‌داری در مقدار pH نهایی نمی‌گردد.

میزان کل نور انعکاس یافته از سطح نمونه (شاخص L) با اندازه ذرات نسبت معکوس دارد. قطر ذرات RS2 بین 10 تا 15 میکرومتر است (8). بنابراین با افزایش درصد آن در فرمولاسیون، میزان روشنایی روندی افزایشی در شاخص L

www.SID.ir

Archive of SID

صورت گرفته است. رنگ سفید نشاسته مقاوم نیز عامل دیگر مؤثر در افزایش روشنایی محصول نهایی عنوان شده است (9). بر همین اساس، روند کاهشی در شاخص b و a نیز قابل توجیه است (10). شاخص YI که به‌صورت اختصاصی زرد بودن رنگ را نسبت به میزان روشنایی می‌سنجد، در تیمارهای 5، 7/5 و 10 درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی‌داری یافته است. بنابراین به نظر می‌رسد RS2 باعث روشن‌تر شدن رنگ ماکارونی می‌شود.

افزودن RS2 به میزان 10% فرمولاسیون ماکارونی باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در زمان بهینه پخت تیمارها نسبت به یکدیگر و همین‌طور نمونه شاهد نشد. در مطالعه‌ای مشابه نیز، کاهش زمان بهینه پخت با افزودن نشاسته مقاوم مشاهده شده است (11). Bustos و همکاران، از نظر تغییرات زمان بهینه پخت محصول نهایی نوع قالب خروجی ماکارونی از محفظه اکسترودر مؤثر اعلام کرده‌اند (12).

وزن پس از پخت محصولات ماکارونی ارتباط مستقیمی با میزان پروتئین آرد اولیه دارد (13). از آنجا که در این پژوهش از آرد سمولینای دارای پروتئین باکیفیت و کمیت بالا در تولید تیمارها استفاده شده است، بنابراین می‌توان گفت جایگزینی RS2 تا 10% در فرمولاسیون ماکارونی، تغییر معنی‌داری در وزن پس از پخت محصول در مقایسه با نمونه شاهد ایجاد نمی‌کند. در همین زمینه Hernandez و همکاران نیز کمیت پروتئین را عامل اساسی در تغییر وزن پخت دانسته‌اند (14).

درصد افت پخت معیاری از حفظ ساختار ماکارونی در حین فرآیند پخت است. هرچه قدر کمیت و کیفیت پروتئین موجود در بافت ماکارونی بیشتر باشد، افت پخت کمتر می‌شود. گندم دوروم به علت محتوای پروتئینی بیشتر، و همچنین کیفیت پروتئینی بالاتر، قدرت بیشتری در تشکیل شبکه گلوتنی در هنگام اختلاط با آب را داراست (13). RS2 یک فیبر محلول است؛ بنابراین هنگامی‌که ماکارونی در آب شروع به پخته‌شدن می‌کند، با کمپلکس پروتئین-نشاسته موجود در ساختار ماکارونی اتصال آبی برقرار می‌کند. این اتصال موجب استحکام بیشتر شبکه گلوتنی شده و درنتیجه خروج آمیلوز ژلاتینه شده در حین پخت را به تعویق می‌اندازد (4). بنابراین می‌توان گفت که تیمار کردن ماکارونی با RS2 تا 10% نه‌تنها موجب خروج بیشتر مواد جامد از بافت محصول نمی‌گردد، بلکه باعث کاهش درصد افت پخت نسبت به نمونه شاهد شده است.

نشاسته مقاوم ظرفیت نگهداری آب کمی دارد. به همین دلیل، با افزایش میزان آن در ماکارونی، از میزان جذب آب کاسته می‌گردد. از سوی دیگر با افزایش درصد RS2 در فرمولاسیون، به علت برقراری پیوند با RS2، تعداد مناطق فعال آزاد سطح پروتئین جهت ایجاد پیوند هیدروفیلی با مولکول‌های آب کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در تیمار 10% جذب آب ماکارونی کاهش معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد ایجاد کرد. بررسی‌های انجام شده توسط Nugent و همکاران نیز یافته‌های حاصل را تأیید می‌کند (15).

از نظر شاخص سختی، بالاترین مقدار مربوط به تیمار 5% و پایین‌ترین آن به نمونه شاهد اختصاص داشت. به نظر می‌رسد که قرار گرفتن RS2 در ساختار نشاسته‌ای ماکارونی به خاطر مشابهت شیمیایی با آن و همچنین اتصال به کمپلکس نشاسته-پروتئین، موجب استحکام بیشتر بافت ماکارونی در طی شرایط حرارتی پخت می‌گردد. نظر به این که در تیمار 5% این افزایش، از نظر آماری معنی‌دار بود، به نظر می‌رسد که افزودن RS2 تا 5% فرمولاسیون ماکارونی، موجب افزایش مقاومت نمونه نسبت به تغییر شکل شده است. Sozer و همکاران نیز به نتایجی مشابه دست یافتند (4).

شاخص انسجام‌پذیری توانایی ماکارونی در حفظ ساختار یکپارچه خود در حین فرآیند پخت می‌باشد؛ بنابراین هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، حفظ شکل ماکارونی پس از پخت بهتر بوده و درنتیجه محصول پخته‌شده کیفیت بالاتری خواهد داشت (16). حضور RS2 در ماکارونی به دو علت محلول بودن در آب و دارا بودن مشابهت ساختاری با نشاسته معمولی، از عوامل تأثیرگذار در این شاخص عنوان شده است (17). در این مطالعه نیز مشاهده شد که با افزایش درصد RS2 در فرمولاسیون، افزایش معنی‌داری در انسجام‌پذیری تیمارها اتفاق افتاد.

با شروع ژلاتیناسیون نشاسته و خروج تدریجی آمیلوز از بافت ماکارونی، چسبندگی به‌تدریج افزایش می‌یابد؛ بنابراین هرچه میزان شاخص چسبندگی بیشتر باشد (برخلاف شاخص انسجام‌پذیری) احتمال چسبندگی میان رشته‌های اسپاگتی و یا چسبنده شدن قطعات ماکارونی فرمی نیز افزایش می‌یابد. بالاتر بودن دمای ژله‌ای شدن RS2 نسبت به نشاسته معمولی موجب می‌گردد که در دمایی که نشاسته ژلاتینه می‌شود، نشاسته مقاوم به‌صورت یک پوشش در اطراف آن قرارگرفته و مانع خروج آمیلوز گردد (18). مطالعات پیشین نشان داده که حضور فیبرهای دیگر به‌عنوان پری‌بیوتیک در محصولات ماکارونی، موجب تأثیر نامطلوبی روی شاخص چسبندگی

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود (20، 19، 17). بنابراین به نظر می‌رسد حضور RS2 تا 10% فرمولاسیون ماکارونی می‌تواند موجب تأثیر مطلوبی بر کاهش چسبندگی نمونه‌ها پس از پخت شود.

شاخص قابلیت جوندگی، معیاری از مدت زمانی است که نمونه آماده بلع می‌شود. هرچه این شاخص کوچک‌تر باشد، محصول کیفیت مطلوب‌تری را ارائه می‌دهد. هرچه درصد پروتئین و میزان فیبرهای نامحلول بالاتر باشد، شاخص مذکور افزایش پیدا می‌کند(11). در یافته‌های Sozer و همکاران بیان شده که نشاسته مقاوم فیبر محلولی است که نه‌تنها سبب افزایش این شاخص نشد، بلکه به دلیل ساختار فضایی مشابه با نشاسته معمولی، به خوبی در بافت ماکارونی قرار گرفته و سبب کاهش این شاخص گردید (4). با توجه به جدول (3) مشاهده شد که از نظر آماری، تنها در تیمار 10% اختلاف معنی‌دار با نمونه شاهد وجود داشت. در حالی‌که یافته‌های Agama و همکاران بیان کرد که استفاده از پودر نشاسته موز نارس (حاوی RS2) سبب افزایش این شاخص می‌شود. علت این امر را می‌توان به عدم استفاده آن‌ها از RS2 خالص عنوان کرد. بنابراین به نظر می‌رسد که افزودن نشاسته مقاوم نوع دو تا 10% فرمولاسیون سبب ایجاد کاهش معنی‌دار قابلیت جویدگی محصول نهایی شده است که امری مطلوب از نقطه نظر کنترل کیفیت عنوان می‌شود.

پس از مقایسه یافته‌های حاصل از ارزیابی حسی ماکارونی توسط مصرف‌کنندگان، به غیر از شاخص چسبندگی، در هیچ یک از ویژگی‌های دیگر تفاوتی میان تیمارها و نمونه شاهد مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که ماهیت یکسان تیمار افزوده با ترکیب شیمیایی ماکارونی سبب عدم احساس تغییر در ویژگی‌های حسی شده است (21). نشاسته مقاوم ماده‌ای بی‌بو و بی‌مزه است. به همین علت در طعم فرآورده نهایی سبب ایجاد تفاوتی قابل تشخیص با نمونه شاهد نشد. تنها شاخص چسبندگی در نمونه شاهد بیشتر از تیمارهای غنی‌شده با نشاسته مقاوم ارزیابی شد؛ به‌طوری‌که این اختلاف در تیمار 5% از نظر آماری معنی‌دار بود. این یافته همسو با شاخص چسبندگی اندازه‌گیری شده توسط روش دستگاهی بود.

به‌صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت که RS2، به دلیل خواص منحصربه‌فردی که هم از جنبه فنی (ساخت) و هم از نظر مقبولیت پذیرش مصرف‌کننده داراست، بهترین منبع پری‌بیوتیکی برای غنی‌کردن محصولات بر پایه غلات است. از بین این محصولات، نشاسته مقاوم بیشترین شباهت ساختاری را با محصولات ماکارونی دارد. با توجه به افزایش سرانه مصرف ماکارونی در سال‌های اخیر و همچنین افزایش ظرفیت تولید آن در کشور، به نظر می‌رسد این فرآورده‌ها از بهترین بسترها جهت غنی‌سازی با RS2 برخوردار باشند. درنهایت، با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در این پژوهش، ماکارونی غنی‌شده با 7/5 درصد RS2 بهترین و مناسب‌ترین تیمار معرفی شد. این تیمار، ضمن ارائه کردن محصولی برتر از تیمارهای دیگر و نمونه شاهد از نقطه‌نظر کنترل کیفیت، تأثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی مصرف‌کننده نداشت.

سپاسگزاری: مطالعه فوق برگرفته از بخشی از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد می‌باشد که در معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تبریز به ثبت رسیده است. نویسندگان این مقاله، به دلیل حمایت‌های مالی از معاونت پژوهشی این دانشگاه کمال تشکر را دارند.

References

1. Fuentes-Zaragoza E, Riquelme-Navarrete MJ, Sánchez-Zapata E, Pérez-Álvarez JA. Resistant starch as functional ingredient: A review. Food Res Int. 2010; 43(4): 931-42.
2. Homayouni A, Amini A, Keshtiban AK, Mortazavian AM, Esazadeh K, Pourmoradian S. Resistant starch in food industry: A changing outlook for consumer and producer. Starch/Stärke. 2014; 66(1-2): 102-14.
3. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Wheat flour- specifications and test methods. ISIRI no 103. 5th revision, Karaj: ISIRI; 2002 [in Persian].
4. Sozer N, Dalgiç AC, Kaya A. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. J Food Eng. 2007; 81(2): 476-84.
5. Agama-Acevedo E, Islas-Hernandez JJ, Osorio-Díaz P, Rendón-Villalobos R, Utrilla-Coello RG, Angulo O, et al. Pasta with unripe banana flour: Physical, texture, and preference study. J Food Sci. 2009; 74(6): 263-67.
6. Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR. Resistant starch - A review. Compr Rev Food Sci F. 2006; 5(1): 1-17.
7. Aravind N, Sissons M, Fellows CM, Blazek J, Gilbert EP. Optimisation of resistant starch II and III levels in durum wheat pasta to reduce in vitro digestibility while maintaining processing and sensory characteristics. Food Chem. 2013; 136(2): 1100-9.
8. Aravind N, Sissons M, Fellows CM. Effect of soluble fibre (guar gum and carboxymethylcellulose) addition on technological, sensory and structural properties of durum wheat spaghetti. Food Chem. 2012; 131(3): 893-900.
9. Ovando-Martinez M, Sáyago-Ayerdi S, Agama-Acevedo E, Goñi I, Bello-Pérez LA. Unripe banana flour as an

www.SID.ir

Archive of SID

ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. Food Chem. 2009; 113(1): 121-26.

10. Agama-Acevedo E, Islas-Hernández JJ, Pacheco-Vargas G, Osorio-Díaz P, Bello-Pérez LA. Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. LWT - Food Sci Technol Int. 2012; 46(1): 177-82.
11. Bustos MC, Pérez GT, León AE. Effect of four types of dietary fiber on the technological quality of pasta. Food Sci Technol Int. 2011; 17(3): 213-21.
12. Bustos MC, Perez GT, León AE. Combination of resistant starches types II and IV with minimal amounts of oat bran yields good quality, low glycaemic index pasta. Food Sci Technol Int. 2012; 48(2): 309–15
13. Marconi E, Carcea M, Schiavone M, Cubadda R. Spelt (Triticum spelta L.) pasta quality: Combined effect of flour properties and drying conditions. Cereal Chem. 2002; 79(5): 634-39.
14. Hernández-Nava RG, Berrios JDJ, Pan J, Osorio-Díaz P, Bello-Perez LA. Development and characterization of Spaghetti with high resistant starch content supplemented with banana starch. Food Sci Technol Int. 2009; 15(1): 73-8.
15. Nugent AP. Health properties of resistant starch. Nutr Bulletin. 2005; 30(1): 27-54.
16. Kill R, Turnbull K. editors. Pasta and Semolina Technology. 2nd ed. London: Wiley Publisher; 2008. P. 1-119.
17. Bustos MC, Perez GT, León AE. Sensory and nutritional attributes of fibre-enriched pasta. LWT - Food Sci Technol. 2011; 44(6): 1429-34.
18. Haralampu SG .Resistant starch - a review of the physical properties and biological impact of RS3. Carbohyd Polym. 2000; 41(3): 285-92.
19. Vernaza MG, Biasutti E, Schmiele M, Jaekel LZ, Bannwart A, Chang YK. Effect of supplementation of wheat flour with resistant starch and monoglycerides in pasta dried at high temperatures. Int J Food Sci Tech. 2012; 47(6): 1302-12.
20. Mishra S, Monro J, Hedderley D. Effect of processing on slowly digestible starch and resistant starch in potato .Starch/Staerke. 2008; 60(9): 500-07.
21. Gelencsér T, Gál V, Hódsági M, Salgó A. Evaluation of quality and digestibility characteristics of resistant starch-enriched pasta. Food Bioprocess Tech. 2008; 1(2):171-79.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation of Adding Resistant Starch Type Two on the Physical, Rheological, Organoleptic and Cooking Characteristics of Fortified Probiotic Macaroni

Homayouni A[1], Amini A[2], Khodavirdivand Keshtiban A[2], Mohammadi M[3], Bahadori Monfared E[4]*

1- Dept.of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

*2-*Corresponding author: Dept.of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran. Email: aminia@tbzmed.ac.ir*

3- Dept.of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

4- Student Research Committee, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

5- Dept.of Health and Social Medical, Faculty of Medical, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received 30 May, 2014 **Accepted 9 Aug, 2014**

Background and Objectives: Functional prebiotic products have many additional health effects on the gastro-intestinal system. Due to the high consumption of pasta products in Iran during the last decade, pasta fortification with non-digestible oligosaccharides seems to be integral. Resistant starch can tolerate enzyme hydrolyzation and high moisture and temperature of pasta production line. The aim of the present study was to formulate a macaroni product with resistant starch type 2 and compare its physical, rheological, cooking and sensory properties with the control sample.

Materials and Methods: Semolina flour and industrialized water were used to produce macaroni. Resistant starch type two (Hi-maize260^{TM})-based macaroni was incorporated in four proportions (w/w): 2.5, 5.0, 7.5, and 10.0 g/100 g. After dough was produced in the extruder under 60cmHg, it was dried in appropriate conditions. Physical, rheological, cooking and sensory properties were analyzed and compared with control sample.

Results: Replacement of resistant starch type two (RS2) with semolina resulted in a significant reduction in moisture. The color of final macaroni was brighter in 10%RS2 ($p<0.05$). Cooking loss and absorption of water were significantly reduced ($p<0.01$). Textural analysis of the cooked samples declared that RS2 caused a significant increase in hardness and cohesiveness; while it reduced adhesiveness and chewiness of the final product ($p<0.01$). The results of sensory evaluation showed no negative effects on the RS samples; while it reduced adhesiveness ($p<0.05$).

Conclusion: We observed that the macaroni fortified with 7.5 g/100g RS2 was the best product from both the technological and sensory points of view.

Keywords: Resistant starch, Pasta, Cooking properties, Rheological, Sensory

www.SID.ir