بررسی جایگزینی آرد گندم با آرد چاودار در بهبود کیفیت و خواص فیزیکو شیمیایی نودل سفید در حضور آنزیم ترانس گلوتامیناز

لیدا شاهسونی مجرد[a*]، فاطمه حسینمردی[b]

[a] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] مربی گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۳/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱

چکیده

مقدمه: نودل محصولی غنی از کربوهیدرات و بدون کلسترول می‌باشد که میزان سدیم و چربی آن پایین است؛ ولیکن از نظر مقدار اسیدهای آمینه ضروری همچون لیزین و ترئونین بسیار فقیر می باشد. نودل به دلیل مقرون به صرفه بودن، سهولت مصرف و تنوع اشکال آن، محبوبیت خاصی در جوامع بشری دارد. با توجه به مرحله تولید این محصول، به راحتی می‌توان مواد افزودنی را به فرمولاسیون نودل اضافه نمود از اینرو جدیدترین غنی سازی در این صنعت استفاده از آرد چاودار است که مورد بررسی در این پژوهش قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش با حفظ میزان ثابت آنزیم ترانس گلوتامیناز و میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم آرد چاودار در فرمولاسیون نودل، کیفیت پخت و خواص فیزیکوشیمیایی نودل چاودار مورد بررسی قرار گرفت و آزمون‌های شیمیایی به عمل آمده بر نودل اتصال عرضی شده به همراه آرد چاودار شامل اندازه گیری رطوبت، خاکستر، فیبر، چربی، پروتئین و رنگ و همچنین آزمون ارزیابی میزان افت پخت، جذب آب و تورم انجام گردید. ارزیابی حسی نیز بر اساس روش هدونیک بررسی گردید.

یافته‌ها: از لحاظ میزان رطوبت، فیبر، خاکستر، و پروتئین محصول، اختلاف معنی دار با نمونه شاهد وجود دارد. میزان رطوبت و پروتئین با افزایش میزان آرد چاودار و کاهش مقدار آرد گندم در فرمولاسیون، به طور معنی داری کاهش یافت در حالیکه میزان مواد معدنی افزایش یافت. با افزایش میزان آرد چاودار بطور قابل توجهی درخشندگی و زردی کاهش ولی قرمزی افزایش پیدا کرد. از نظر ارزیابی حسی و پذیرش کلی نودل با میزان ۴۰ گرم آرد چاودار امتیاز بیشتری به دست آورد.

نتیجه‌گیری: در این پژوهش کیفیت پخت و خواص فیزیکوشیمیایی نودل چاودار با درصدهای متفاوت آرد چاودار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، با استفاده از این آنزیم و میزان ۴۰ گرم آرد چاودار در فرمولاسیون نودل، کاهش میزان درصد افت پخت،تورم و جذب آب حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی: آنزیم ترانس گلوتامیناز، چاودار، کیفیت پخت، نودل

* نویسنده مسئول مکاتبات email: Shahsavani.l@gmail.com

مقدمه

چاودار گیاهی از خانواده گندمیان است. چاودار دومین غله رایج در اروپا است که به طور عمده در شمال، مرکز و شرق بخش‌هایی از اروپا به مقدار زیاد در تهیه نان مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما در چند دهه‌ی اخیر سطح زیر کشت آن در دنیا کاهش پیدا کرده است. چاودار، به طور کلی حاوی سطوح بالایی از فیبر در رژیم غذایی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای آمینه ضروری، همچنین منابع خوب منیزیم، سلنیوم، منگنز، فسفر و ویتامین های گروه B، از جمله اسید فولیک می‌باشد. به علاوه، این غله منبع بسیار خوبی از فیبرهای محلول و نامحلول است (Buksa *et al*., 2015).

محصولات پاستا از مهم‌ترین و بهترین غذای مردم جهان به خصوص کشورهای آسیایی به‌شمار می‌آیند. زندگی پر مشغله امروز انسان را از خوردن وعده های سالم محروم کرده است، مادران و همسران شاغل امروزی دیگر وقت چندانی برای تهیه غذاهای سنتی ندارند. از طرف دیگر خوردن غذاهای آماده و خرید از رستوران هایی که غذای فوری می‌فروشند انسان‌ها را دچار مشکلاتی در رابطه با سلامتی خود و خانواده کرده است (Andersson *et al*., 2009). ترکیبات نودل سفید، تنها از آرد، آب و نمک است که به دلیل رنگ سفید آن به این نام معروف شده است (Wu & Corke, 2005). امروزه مصرف انواع نودل به خصوص نوع غنی شده آن، به دلیل کالری کم، پخت سریع و آسان و ارزش غذایی بالا در مقایسه با قیمت پایین آن، نه تنها در آسیا بلکه در سراسر دنیا رواج فراوانی یافته است (Kim & Ellis, 2015) ولی متاسفانه در ایران مصرف نودل در مقایسه با محصولات پاستا مانند ماکارونی، از میزان بسیار پایین‌تری برخوردار است. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به طور طبیعی در اکثر بافت‌های جانوری و مایعات بدن وجود دارد. این آنزیم به وسیله تسریع پیوند کوالانس بین گروه کربوکسیل‌آمید زنجیره جانبی ریشه یک گلوتامین و گروه آمینو زنجیره جانبی لیزین، فقط روی پروتئین‌ها تاثیر می‌گذارد (Kotova *et al*., 2015). این آنزیم را در ساختمان نودل سفید به کار برده و اعلام شد که نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد بدون آنزیم دارای خواص رئولوژیکی بهتر، اندکی مطلوبیت رنگ کمتر، میزان از دست دادن مواد جامد به آب پخت کمتر داشتند (Wu & Corke, 2005). با افزودن مقداری آرد چاودار به آرد گندم خمیری با قابلیت جذب آب بیشتر به دست آمد که نودل حاصل از این خمیر قادر به حفظ تازگی بیشتر بود (Kehlet & Raben, 2017). آرد چاودار نسبت به آرد گندم ماده مغذی بیشتری را در خود حفظ می‌کند؛ زیرا به‌سختی می‌توان سبوس و جوانه‌ها را از آن جدا کرد (Surojanametakul *et al*., 2017). با افزودن مقداری آرد چاودار به آرد گندم خمیری با قابلیت جذب آب بیشتر به دست آمد و محصول نهایی تازگی خود را به مدت بیشتری حفظ کرد (Sandberg *et al*., 2017) جود پنتوزان‌ها مخصوصا پنتوزان‌های محلول در آب و پروتئین تاثیر زیادی بر روی جذب آب آرد چاودار در تهیه نان دارد (Buksa *et al*., 2015).

در این پژوهش استفاده از آرد چاودار جهت افزایش ارزش غذایی محصولات غله ای نودل برای اولین بار در ایران در سیستم آزمایشگاهی انجام میگردد. هدف از انجام این پژوهش تولید محصولی با پتانسیل بالای غذایی و کالری کمتر و کیفیت مطلوب تر است

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از آنزیم ترانس گلوتامیناز تولید شده توسط شرکت آجینومتو[1] ی آلمان استفاده شد. آرد چاودار از شرکت به مالت شاپ و آرد نول مورد استفاده جهت تیمارها از بازار محلی خریداری گردید.

- روش تهیه و آماده سازی نمونه ها

آرد گندم نول، آب، نمک طعام، آنزیم ترانس گلوتامیناز و آرد چاودار از پیش مهیا گردید. آرد گندم به میزان لازم (۱۰۰ گرم) وزن شده و مدتی در دمای محیط نگهداری شد. آب مقطر به میزان ۵۰ میلی‌لیتر، میزان آنزیم ترانس گلوتامیناز (Wu & Corke, 2005) و نمک به میزان ثابت ۱ گرم و آرد چاودار در مقادیر ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم در فرمولاسیون در نظر گرفته شد (این میزان جایگزین آرد گندم گردید).

[1] Ajinomoto

با استفاده از دستگاه مخلوط کن با سرعت متوسط تمام مواد با یکدیگر به طور یکنواخت مخلوط شده و خمیر با بافت همگن حاصل شد. با افزایش میزان آرد چاودار در فرمول زمان مورد نیاز جهت عمل مخلوطسازی بیشتر بود. خمیر حاصله به اندازه‌های یکنواخت توسط دستگاه برش دستی بریده شده، داخل کیسه پلاستیکی قرار گرفته و دردمای یخچال به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. در کلیه آزمون‌ها نمونه شاهد (دارای آرد نول و آنزیم ترانس گلوتامیناز، فاقد آرد چاودار) با کد B و نمونه‌های دارای مقادیر ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم آرد چاودار به ترتیب با کدهای B1, B2, B3 مشخص شدند.

- آزمون‌های شیمیایی

آزمون‌های شیمیایی به عمل آمده بر نودل اتصال عرضی شده به همراه آرد چاودار و نمونه شاهد شامل اندازه گیری رطوبت، خاکستر، فیبر، چربی و پروتئین مطابق استاندارد بین‌المللی AACC توسط دستگاه رطوبت سنج، سوکسله و کلدال انجام گردید. (تعیین رطوبت مطابق آزمون شماره ۱۵-۴۴، خاکستر مطابق آزمون شماره ۰۱-۰۸، پروتئین مطابق آزمون شماره ۱۳- ۴۶، چربی مطابق آزمون شماره ۱۰-۳۰، فیبر خام مطابق آزمون شماره ۱۰-۳۲).

- پخت نودل و آزمایشات پس از پخت

پس از خروج نمونه‌ها از یخچال، یک ساعت زمان لازم است تا دمای نمونه به دمای محیط برسد. سپس نمونه‌ها وزن شده و داخل آب در حال جوش قرار گرفتند. مدت زمان ۱۵ دقیقه لازم بود تا نمونه پخته شده و آماده آزمایش شوند.

پس از پایان مدت زمان لازم، نمونه‌ها از آب در حال جوش خارج شده و آب گیری شدند. مدت زمانی لازم بود تا نمونه به‌طور کامل آب خود را از دست بدهد. سپس مجددا وزن شده و با وزن قبل از پخت خود مقایسه گردیدند و میزان جذب آب براورد گردید.

آب حاصل از پخت نیز در ابتدا وزن شده سپس داخل آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت جهت اندازه‌گیری میزان افت پخت و تورم قرار داده شد. کلیه آزمون‌های فیزیکی پس از پخت (میزان افت پخت، جذب آب و تورم) مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳ انجام و نتایج گزارش گردید.

- آزمون رنگ

رنگ نمونه ها توسط دستگاه هانترلب اندازه‌گیری شد که با مشخص کردن شاخص‌های a*، b* و L* پارامترهای 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 نمونه هاست. (بر اساس استاندارد AACC، شماره ۰۲-۲۲-۱۴).

- ارزیابی حسی

جهت انجام این آزمون از یک تیم ۱۰ نفره از پرسنل آزمایشگاه استفاده گردید و ویژگی‌های حسی نظیر رنگ، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی با استفاده از روش ۵ امتیازی مطابق با روش توصیف شده Kehlet و Raben (۲۰۱۷) به صورت " بسیار بد، بد، متوسط، خوب، بسیار خوب" مورد امتیازدهی قرار گرفت. هرکدام از این امتیازها ضریب خاص خود را داشت. به طوریکه هرچه سطح امتیازدهی به طرف بسیار خوب و خوب باشد، امتیاز مطلوبیت بیشتری خواهد داشت.

- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمون‌ها در ۳ تکرار انجام و نتایج ارائه شده میانگین سه تکرار می‌باشد. به منظور ارزیابی داده‌ها از نرم‌افزار SPSS v.12 در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد.

یافته‌ها

- آزمون شیمیایی

یافته‌های حاصل از بررسی تغییرات ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های مختلف در جدول ۱ ارائه شده است.

همانگونه که مشاهده می‌شود، از لحاظ میزان رطوبت، فیبر، خاکستر، و پروتئین محصول، اختلاف معنی‌دار با شاهد وجود دارد. نتایج حاصل از جدول مذکور نشان می‌دهد که میزان رطوبت و پروتئین با افزایش میزان آرد چاودار و کاهش مقدار آرد گندم در فرمولاسیون، به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. بر این اساس میزان رطوبت نمونه شاهد (B) با اختلاف معنی‌داری بیشتر از نمونه (B3) می‌باشد.

همچنین مقدار پروتئین نمونه (B3) با اختلاف معنی‌دار، کمتر از نمونه شاهد (B) نشان داده شده است. در ارتباط با تغییرات مواد معدنی یا خاکستر نتایج نشان داد که با افزایش میزان آرد چاودار و کاهش مقدار آرد گندم در فرمولاسیون مقدار مواد معدنی با افزایش همراه بود. نتیجه میتواند حاکی از این مطلب باشد که آرد چاودار پروتئین کمتر و مواد معدنی بیشتر در مقایسه با آرد گندم دارد. بنابراین با افزایش میزان چاودار در فرمول، میزان آرد گندم کاهش یافته در نتیجه کاهش پروتئین و افزایش فیبر و مواد معدنی را باعث میگردد. تورم نشانه جذب آب توسط گرانول‌های نشاسته است که با افزایش هرچه بیشتر میزان نشاسته در محصول مقدار آن افزایش میابد (جدول ۱).

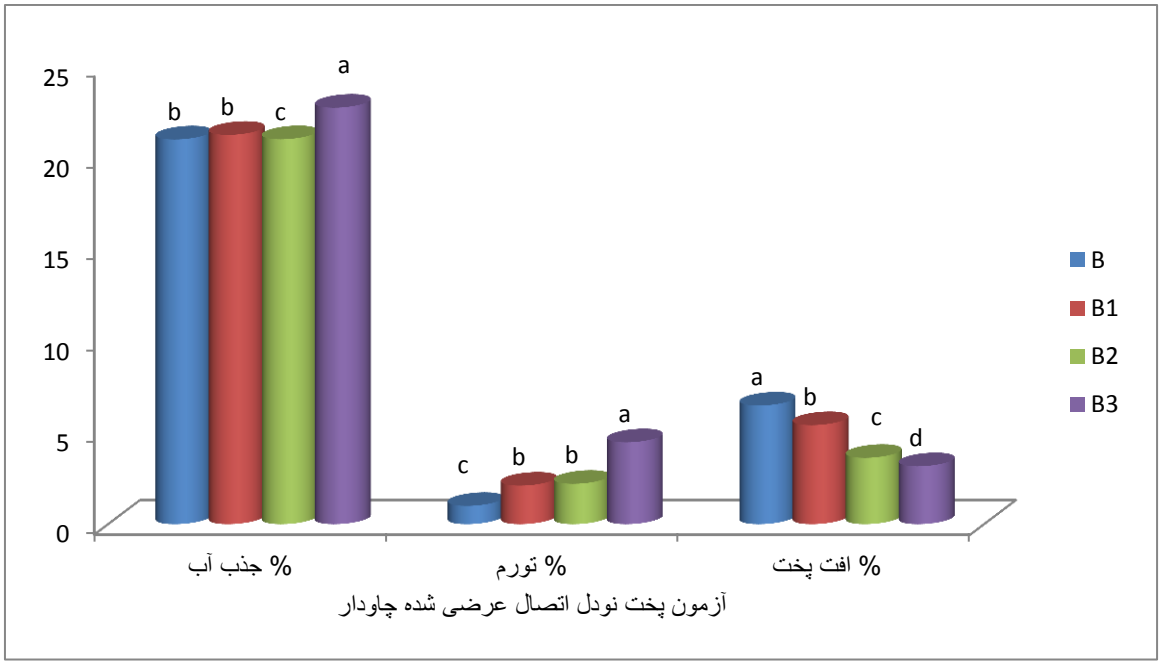
- آزمون پخت

بالاترین میزان جذب آب مربوط به نمونه B3 و پایین ترین آنها مربوط به نمونه B1 وB بوده است. نمودار شماره ۱ نشان میدهد که این دو نمونه (B1 و B)، از نظر میزان جذب آب با هم اختلاف معنی‌دار ندارند. همچنین انتظار میرفت که در اثر به کارگیری مقدار بیشتر آرد چاودار در تهیه نودل، میزان افت پخت محصول افزایش بیابد و میزان پایداری نمونه شاهد، نسبت به دیگر نمونه‌های حاوی آرد چاودار در بالاترین میزان با اختلاف معنی‌دار قرار داشته باشد در حالیکه با استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز کاهش معنی‌دار میزان افت پخت با افزایش میزان درصد آرد چاودار در فرمول نودل مشهود بود. (نمودار ۱). بر این اساس نمونه B3 کمترین افت پخت را نشان داد.

جدول ۱- میانگین آزمون شیمیایی نودل اتصال عرضی شده چاودار

نمونه	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	چربی (٪)	فیبر خام (٪)	پروتئین (٪)
B	۰/۳±۱۰/۹۳ a	۰/۲±۰/۸۹ d	۰/۴±۰/۹۸ a	۰/۲ ±۱/۱۸d	۰/۷±۴۰ ۱۳/ a
B1	۰/۴±۸/۶ b	۰/۰±۲/۲ c	۰/۹±۱/۰ a	۰/۱±۲/۲۲ c	۰/۲± ۱۱/۲۵b
B2	۰/۵±۷/۱ c	۰/۱±۲/۷ b	a ۰/۸±۱/۱a	۰/۳±۳/۲۸ b	۰/۵± ۱۰/۸۸c
B3	۰/۳±۶/۰ d	۰/۰۱±۳/۴ a	۰/۷±۱/۰ a	۰/۰±۳/۴۰ a	۰/۶± a۹/۱۸ d

ستون میانگین های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از آزمون دانکن تفاوت معنی دار ندارند. B نمونه شاهد، B1 نمونه ۲۰ گرم آرد چاودار، B2 نمونه ۴۰ گرم آرد چاودار، B3 نمونه۶۰ گرم آرد چاودار



نمودار ۱- میانگین آزمون پخت نودل اتصال عرضی شده چاودار

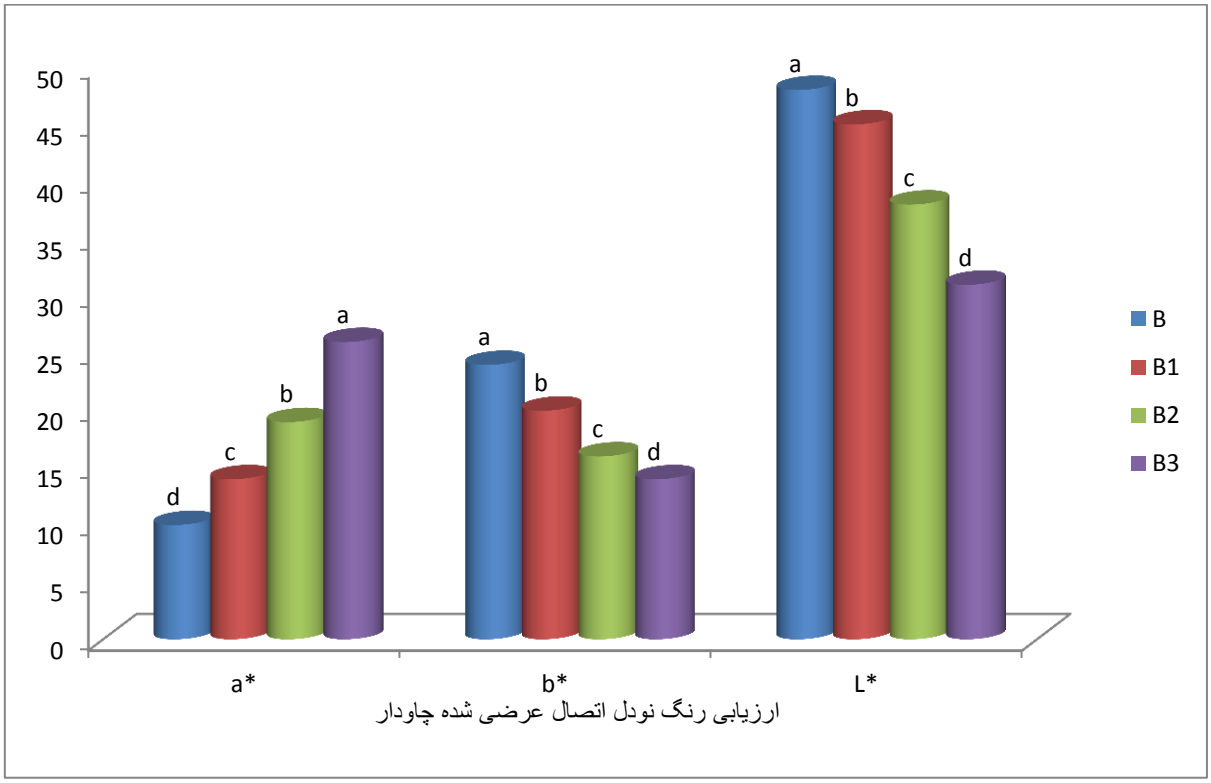
ستون میانگین های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند. B نمونه شاهد، B1 نمونه ۲۰ گرم آرد چاودار، B2 نمونه ۴۰ گرم آرد چاودار، B3 نمونه۶۰ گرم آرد چاودار

- آزمون رنگ

همانگونه که انتظار میرفت نکته قابل توجه، تغییر رنگ ورق‌های خمیر طی زمان یک ساعت نگهداری بود که ممکن است مربوط به توزیع آب در خمیر بوده باشد. بعد از هفت ساعت رنگ خمیر ثابت شد. این پدیده قبلا نیز توسط پژوهشگران گزارش شده بود (Seo *et al.*, 2016). رنگ نودل‌ها بوسیله دستگاه هانترلب ارزیابی شد. نمودار ۲ نشان داد که با افزایش میزان آرد چاودار بطور قابل توجهی درخشندگی و زردی کاهش ولی قرمزی افزایش پیدا کرد و تعداد لکه های هر ناحیه از آن نسبت به نودل تهیه شده با گندم با اختلاف معنی‌داری زیادتر بود. تمام نودل‌های حاوی ذرات غنی از فیبر چاودار نسبت به نمونه‌های شاهد تیره‌تر بوده و لکه‌های قهوه‌ای بیشتری داشتند. با این تفاضیل نمونه شاهد (B) دارای میزان زردی و درخشندگی بیشتری در مقایسه با نمونه‌های دیگر بود. بر این اساس نمونه (B3) کمترین میزان درخشندگی و زردی را دارا بود.

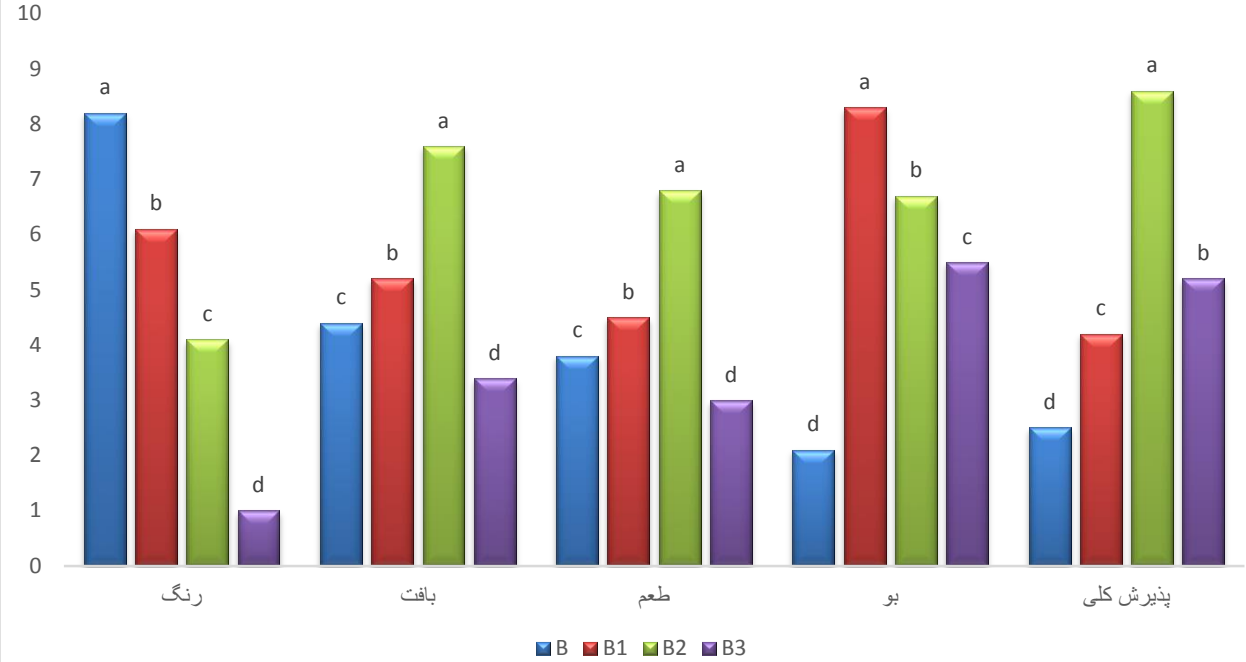
- ارزیابی حسی

بر اساس نتایج بدست آمده، و همانگونه که در نمودار ۳ مشخص گردیده، بین نمونه‌های شاهد و تیمارهای مورد آزمایش، از نظر ویژگی‌های رنگ، بو، طعم و بافت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. با افزایش میزان درصد آرد چاودار در فرمولاسیون، رنگ نودل به تیرگی متمایل گشته که این برخلاف میل و علاقه مصرف کننده می‌باشد و میزان ۶۰ گرم آرد چاودار، کمترین امتیاز را به خود اختصاص داد. در همین راستا مطلوب‌ترین طعم و بافت مربوط به میزان ۴۰ گرم آرد چاودار بود و از جهت بو بیشترین امتیاز به نودل ۲۰ گرم آرد چاودار تعلق گرفت. با اینحال از نظر پذیرش کلی نودل با میزان ۴۰ گرم آرد چاودار امتیاز بیشتری به دست آورد.



نمودار ۲- ارزیابی رنگ نودل اتصال عرضی شده چاودار

ستون میانگین های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از آزمون دانکن تفاوت معنی دار ندارند. B نمونه شاهد، B1 نمونه ۲۰ گرم آرد چاودار، B2 نمونه ۴۰ گرم آرد چاودار، B3 نمونه۶۰ گرم آرد چاودار



نمودار ۳- ارزیابی حسی نودل اتصال عرضی شده چاودار

ستون میانگین های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از آزمون دانکن تفاوت معنی دار ندارند. B نمونه شاهد، B1 نمونه ۲۰ گرم آرد چاودار، B2 نمونه ۴۰ گرم آرد چاودار، B3 نمونه۶۰ گرم آرد چاودار

بحث

تحقیقات نشان داده که افزایش خاکستر نشانه افزایش فیبر در ماده غذایی است. مقدار خاکستر و فیبر بالاتر، دلالت بر ذرات فیبری بیشتر در محصول داشته که در نمونه‌های حاوی آرد چاودار مشاهده می شود و می تواند دلیل کاهش میزان رطوبت، افزایش میزان جذب آب و در نتیجه افزایش تورم باشد. بررسی‌ها حاکی از آن است که میزان تورم در این پژوهش، در نمونه با افزودن میزان ۲۰ گرم آرد چاودار به فرمولاسیون نتوانسته تاثیر شایان توجهی به روی جذب آب پس از پخت داشته باشد. همچنین با افزایش میزان درصد آرد چاودار درصد افت پخت کمتر شد. شواهد حاصله تشابه زیادی با گزارشات به دست آمده داشت (Comino *et al.*, 2016; Huang & Lai, 2010; Wang *et al.*, 2010)

از آنجایکه افزایش میزان لعاب یا افت پخت نمایانگر افزایش میزان نشت آمیلوز به آب پخت و افزایش میزان درجه ژلاتیناسیون نشاسته موجود در محصول می‌باشد، در حالیکه با توجه به استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی به میزان قابل توجهی از نشت آمیلوز به آب پخت کاسته شده و میزان افت پخت محصول با افزایش درصد آرد چاودار و کاهش میزان آرد گندم، کنترل گردید و کاهش یافت. علت این امر را می‌توان به توانایی آنزیم ترانس گلوتامیناز در بهبود اتصالات عرضی بین پروتئین‌ها و تقویت شبکه پروتئینی نسبت داد. بر اساس نتایج بدست آمده، اختلاف معنی‌داری در میزان جذب آب بین نمونه‌ها در سطح ۴۰ گرم وجود داشته است. نتایج حاکی از آن است که با افزایش میزان درصد آرد چاودار در محصول، میزان گلوتن کاهش میابد و طبیعتا آب کمتری برای تهیه خمیر لازم است. عدم هیدراتاسیون کامل ذرات آرد موجود در خمیر و همچنین وجود نشاسته موجود در آرد چاودار موجب سست شدن خمیر قبل از پخت می‌گردد و در نهایت محصولی با ساختار متخلخل تولید شده و این تغییر در ساختار باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و تورم نودل می‌گردد در حالیکه آنزیم ترانس گلوتامیناز، واکنش بین گروه گاما کربوکسی آمید باند پپتیدی گلوتامین و آمین‌های نوع اول کاتالیز می‌کند. پس این آنزیم قادر است اتصالات عرضی کووالانسی میان پروتئین‌ها ایجاد کند و موجب تقویت شبکه پروتئینی و استحکام ساختمان محصول شود.

بنابراین افزودن آرد چاودار به فرمولاسیون نودل با توجه به افزایش مصرف سرانه این محصول در جهت غنی سازی میتواند شروعی نو و بدیع باشد (Kehlet *et al*., 2017). ضمن اینکه همچنان جهت هرچه بهتر شدن خواص پخت پژوهش‌های بیشتری مورد نیاز است. افت پخت یکی از صفات مهم در تعیین خصوصیت نودل است و بیانگر کیفیت آن است. اصلی ترین ترکیب نشاسته موثر درمیزان لعاب، آمیلوز است و آمیلوز عامل چسبندگی در محصولات خمیری پخت می‌باشد (Heiniö *et al*., 2003). نتایج حاصل از گزارشات پژوهش‌های زیر شواهدی بر تایید نتایج بدست آمده در این پژوهش میباشد (Joo *et al*., 2011; Wang *et al*., 2010; Huang & Lai, 2010).

تغییرات رنگ را میتوان اینگونه تفسیر کرد که فعالیت پلی‌فنول‌های آرد چاودار به‌عنوان پاسخی ممکن برای مشکلات رنگی شمرده می‌شود. تمام نودل‌های چاودار نسبت به آردگندم دارای فعالیت پلی‌فنولیکی بیشتری هستند. چاودار ممکن است حاوی ۱/۵– ۲/۱ ٪ پلی فنول باشد که موجب تغییر رنگ محصول پخته شده می‌شود (چاندلا و همکاران، ۲۰۱۷). از آنجاییکه محصولات مبتنی بر چاودار، حاوی سطوح بالایی از فیبر در رژیم غذایی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای آمینه ضروری، میباشد بنابراین تیره‌تر شدن رنگ نودل با افزایش میزان آرد چاودار در فرمول قابل قبول بود (Chandla *et al*., 2017).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با حفظ میزان ثابت آنزیم ترانس گلوتامیناز و درصدهای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم آرد چاودار در فرمولاسیون نودل، کیفیت پخت و خواص فیزیکوشیمیایی نودل چاودار مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین از میزان گلوتن فرمولاسیون کاسته شده ولی با افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز، به علت ایجاد خواص مشابه گلوتن، تا حدودی عملکرد شبه گلوتن در فرمولاسیون حفظ می‌گردد. با توجه به اینکه آنزیم ترانس گلوتامیناز موجب تقویت شبکه پروتئینی از طریق ایجاد اتصالات عرضی می‌شود و به علت محدود شدن نشاسته در شبکه پروتئینی ایجاد شده، میزان افت پخت کاهش می‌یابد. در نتیجه با استفاده از این آنزیم و میزان ۴۰ گرم آرد چاودار در فرمولاسیون نودل، کاهش میزان درصد افت پخت، تورم و جذب آب حاصل گردید.

منابع

Andersson, R., Fransson, G., Tietjen, M. & Åman, P. (2009). Content and molecular-weight distribution of dietary fiber components in whole-grain rye flour and bread. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57(5), 2004-2008.

Buksa, K., Nowotna, A., Ziobro, R. & Gambuś, H. (2015). Rye flour enriched with arabinoxylans in rye bread making. Revista de Agaroquimica y Tecnologia de Alimentos, 21(1), 45-54.

Chandla, N. K., Saxena, D. C. & Singh, S. (2017). Processing and evaluation of heat moisture treated (HMT) amaranth starch noodles; An inclusive comparison with corn starch noodles. Journal of Cereal Science, 75, 306-313.

Comino, P., Collins, H., Lahnstein, J. & Gidley, M. J. (2016). Effects of diverse food processing conditions on the structure and solubility of wheat, barley and rye endosperm dietary fibre. Journal of Food Engineering, 169, 228-237.

Heiniö, R. L., Liukkonen, K. H., Katina, K., Myllymäki, O. & Poutanen, K. (2003). Milling fractionation of rye produces different sensory profiles of both flour and bread. LWT-Food Science and Technology, 36(6), 577-583.

Huang, Y. C. & Lai, H. M. (2010). Noodle quality affected by different cereal starches. Journal of Food Engineering, 97(2), 135-143.

Joo, S. I., Kim, J. E. & Lee, S. P. (2011).Physicochemical properties of wholesoybean curd prepared by microbial transglutaminase. Food Science and Biotechnology, 20, 437-444.

Kehlet, U., Kofod, J., Holst, J. J., Ritz, C., Aaslyng, M. D. & Raben, A. (2017). Addition of Rye Bran and Pea Fiber to Pork Meatballs Enhances Subjective Satiety in Healthy Men, but Does Not Change Glycemic or Hormonal Responses: A Randomized Crossover Meal Test Study. The Journal of Nutrition, 147(9), 1700-1708.

Kim, S. & Ellis, A. (2015). Noodle production and consumption: From agriculture to food tourism in Japan. Tourism Geographies, 17(1), 151-167.

Kotova, Y. N., Abaeva, A. A., Kolyadko, V. N., Yakimenko, A. O., Ataullakhanov, F. I. & Panteleev, M. A. (2015). The role of transglutaminases in the regulation of

phosphatidylserine-positive platelet formation. Biochemistry (Moscow) Supplement Series A: Membrane and Cell Biology, 9(4), 229-235.

Sandberg, J. C., Björck, I. M. & Nilsson, A. C. (2017). Effects of whole grain rye, with and without resistant starch type 2 supplementation, on glucose tolerance, gut hormones, inflammation and appetite regulation in an 11–14.5 hour perspective; a randomized controlled study in healthy subjects. Nutrition Journal, 16(1), 25.

Seo, Y. W., Lee, Y. J. & Kim, D. Y. (2016). Development of A Freezing Resistant and High-yielding Wheat-Rye 1RS Translocation Cultivar 'TRANS'. Korean Journal of Breeding Science, 48 (3), 1-6.

Surojanametakul, V., Srikulnath, S., Chamnansin, P., Shoji, M. & Tamura, H. (2017). Survey of Thai Commercial Food Products That Have Been Reported to Contain No Wheat, Rye, Barley, or Gluten According to Their Labels. Journal of AOAC International, 100 (1), 126-132.

Wang, M., Chen, C., Sun, G., Wang, W. & Fang, H. (2010). Effects of curdlan on the color, syneresis, cooking qualities, and textural properties of potato starch noodles. Starch-Stärke, 62 (8), 429-434.

Wu, J. & Corke, H. (2005). Quality of dried white salted noodles affected by microbial transglutaminase. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85 (15), 2587-2594.

Study on the Replacement of Rye Flour with Wheat Flour in Improving the Quality and Physicochemical Properties of White Noodle in the Presence of the Transglutaminase Enzyme

L. Shahsavani [a*], F. Hosseinmardi [b]

[a] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Academic Member of the Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 8 June 2018 Accepted: 22 December 2018

Abstract

Introduction: Noodle is a product rich in carbohydrates without cholesterol, with a low sodium and fat content, but it is very poor in terms of essential amino acids such as lysine and threonine. Noodle has a particular popularity in the societies due to its cost-effectiveness, ease of use and the diversity of its forms. Due to the production stage of this product, additives can easily be added to the noodle formulation, therefore the newest enrichment in the industry is the use of rye flour, which has been studied in this research work.

Materials and Methods: In this study, by maintaining the constant level of transglutaminase enzymes and the amount of 20, 40 and 60g of rye flour in the noodle formulation, cooking quality and physicochemical properties of rye noodle were investigated and the chemical tests performed on the crossed -linked noodle with rye flour including moisture, ash, fiber, fat, protein and color. The AACC also conducted an examination of the rate of cooking loss, water absorption and swelling index. Sensory evaluation was also carried out based on the Hedonic method.

Results: In terms of moisture, fiber, ash and protein contents, there were significant differences with the control sample. The amount of moisture and protein increased significantly by increasing rye flour and reducing the amount of wheat flour in the formulation, while the amount of minerals increased. By increasing the amount of rye flour, the brightness and yellowing decreased significantly, but the redness increased. In terms of sensory evaluation and general acceptance of noodles, 40g of rye flour has gained more points.

Conclusion: In this research, the cooking quality and physicochemical properties of rye noodle with different percentages of rye flour were investigated. The results indicated that by the application of transglutaminase enzyme and 40g of rye flour in the formulation the percentage of cooking loss, swelling index and water absorption decreased.

Keywords: *Fiber, Food Value, Noodles, Rye, Transglutaminase.*

* Corresponding Author: Shahsavani.l@gmail.com