

بررسی اثر سرخ کردن بر بافت و رنگ سوسیس پری بیوتیک تولید شده با استفاده از بتاگلوکان و نشاسته مقاوم به هضم

رقیه امینی سرتشنیزی^۱، هدایت حسینی^{۲*}، زهره امیری^۳، رزیتا کمیلی^۴، ماهرو عظیمی^۵

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم پایه، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴- کارشناس آزمایشگاه، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۵- کارشناس علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۱/۱۵)

چکیده

استفاده از پری بیوتیک‌ها در فرآورده‌های گوشتی یکی از راه‌های افزایش ارزش تغذیه‌ای و کاهش اثرات نامطلوب این فرآورده‌ها بر عملکرد روده می‌باشد. با توجه به این‌که فرآورده‌هایی مانند سوسیس به صورت سرخ‌شده مورد استفاده قرار می‌گیرند بنابراین ارزیابی خصوصیات بافت و رنگ این محصولات پس از سرخ کردن به منظور تولید یک محصول قابل قبول ضروری می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از طرح (D-optimal) mixture design سیزده فرمولاسیون برای سوسیس پری بیوتیک طراحی و تولید شد. اثر پری بیوتیک‌های بتاگلوکان و نشاسته مقاوم به هضم و میان‌کنش آنها بر بافت و رنگ سوسیس بعد از سرخ کردن مورد ارزیابی قرار گرفت و با خصوصیات بافت و رنگ قبل از سرخ کردن مقایسه شد. نشاسته مقاوم، بتاگلوکان و نشاسته گندم به تنهایی اثر سفت‌کنندگی بر روی بافت نمونه‌های سرخ‌شده داشتند در حالی که ترکیب نشاسته مقاوم / بتاگلوکان و ترکیب نشاسته گندم / نشاسته مقاوم اثر نرم‌کنندگی بر روی بافت نشان دادند ($p < 0.05$). سرخ کردن بر روی خصوصیات بافت و رنگ اثر معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$). سرخ کردن سفتی و نیروی برش‌پذیری را افزایش داد و باعث افزایش رنگ قرمز قهوه‌ای نمونه‌ها شد در حالی که بر روی روشنی رنگ نمونه‌ها اثر معنی داری نداشت ($p \geq 0.05$).

کلید واژگان: سوسیس، پری بیوتیک، سرخ کردن، بافت، رنگ

* مسئول مکاتبات: hedayat@sbmu.ac.ir

۱- مقدمه

می‌باشند. طی این فرایند تغییرات فیزیکی و فاکتورهایی مانند دما و زمان سرخ کردن بر روی کیفیت محصول سرخ شده اثر می‌گذارد. استفاده از درجه حرارت‌های بالا باعث تولید ترکیبات هتروسیکلیک در فرآورده های گوشتی می‌شود، بنابراین حداکثر دمای قابل قبول برای سرخ کردن فرآورده های گوشتی به منظور حفظ سلامت مصرف کننده ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد است [۶]. بافت و رنگ از فاکتورهای مهمی هستند که بر روی پذیرش فرآورده‌ها اثر قابل توجهی دارند. سرخ کردن با تاثیری که بر روی بافت می‌گذارد بر روی پذیرش محصول از طرف مصرف کننده اثرگذار است. چربی بر روی بافت، آبدار بودن و طعم فرآورده های گوشتی موثر است و طعم محصول و پذیرش نهایی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. [۷]. با توجه به اهمیت تغییرات فرآورده گوشتی طی سرخ کردن در این مطالعه اثر سرخ کردن بر روی سوسیس پری بیوتیک تولید شده با بتاگلوکان و نشاسته مقاوم به هضم مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در گذشته غذا تنها برای تامین مواد مغذی مورد استفاده قرار می‌گرفت، اما امروزه مفهوم غذا تغییر کرده و تنها برای رفع گرسنگی و تامین مواد مغذی بدن مصرف نمی‌شود، بلکه برای جلوگیری از بیماری‌های مربوط به تغذیه و بهبود عملکرد ذهنی و جسمانی مصرف کننده نیز استفاده می‌شود. طبق تحقیقات مختلف یک ارتباط نزدیک بین سلامت بدن و فلور میکروبی روده وجود دارد. بنابراین کنترل فلور میکروبی روده در یک حد بهینه حائز اهمیت است [۱]. در سال‌های اخیر توجه به نقش پری بیوتیک‌ها به عنوان یک ترکیب فراسودمند افزایش یافته است. یک ترکیب پری بیوتیک به این صورت تعریف می‌شود "ترکیبات غیر قابل هضمی که در طول معده و روده هیدرولیز نشده و به صورت انتخابی رشد یا فعالیت یک یا تعداد محدودی از باکتری‌های روده‌ی بزرگ را تحریک کرده و موجب بهبود سلامت مصرف کننده می‌شوند [۲].

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه فرمولاسیون: فرآورده گوشتی حرارت دیده (سوسیس) با ۵۵٪ گوشت در ۱۳ فرمول بر اساس طرح mixture design از نوع D-optimal ابتدا با استفاده از اجزای ثابت و متغیر به همراه یک نمونه شاهد حاوی ۵۵٪ گوشت تولید شد. به منظور کاهش اثر مداخله‌گرها ابتدا ۸۵٪ از فرمولاسیون به عنوان خمیر پایه تهیه شد. این خمیر شامل ۵۵٪ گوشت، ۱۰٪ روغن سویا، ۱/۵٪ نمک، ۳/۵ درصد فسفات سدیم، ۰/۱۲ درصد سدیم‌نیترات، ۰/۰۲ درصد آسکوربیک اسید، ۰/۲ درصد فلفل قرمز، ۰/۲ درصد زنجبیل، ۰/۱ درصد مرزه، ۰/۲ درصد پودر سیر و ۱۷/۴۱۸ درصد آب بود.

نشاسته مقاوم به هضم به عنوان سوبسترای برای فلور میکروبی روده عمل کرده و منجر به تولید متابولیت‌هایی مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر می‌شود. بوتیریک اسید تولید شده توسط باکتری‌های روده متابولیزه شده و نقش مهمی در تامین غذا و انرژی سلول‌های روده ایفا می‌کند. حداقل سطح پری بیوتیکی این ترکیب ۲ گرم در روز است [۳]. بتاگلوکان به عنوان یک ترکیب پری بیوتیک دارای اثر بیفیدوژنیک قوی بوده و میزان باکتریوئیدهای روده را نیز به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. حداقل سطح پری بیوتیکی این ترکیب ۷۵ گرم در روز است [۴].

از خمیر پایه‌ی تهیه شده برای تولید هر یک از نمونه‌ها استفاده شد. فرمولاسیون‌ها در وزن‌های ۵ کیلوگرمی تولید شدند. برای هر فرمولاسیون ابتدا ۴۲۵۰ گرم از خمیر اولیه به کاتر ۵ کیلوگرمی انتقال داده شد و سپس بر اساس وجود ۶٪ ترکیبات متغیر (بتاگلوکان، نشاسته مقاوم به هضم و نشاسته گندم) این ترکیبات (مطابق جدول ۱) به همراه ۴٪ نشاسته و ۵٪ آب باقی مانده در یک مینی کاتر با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه با هم مخلوط

سرخ کردن یکی از روش‌های فرآوری مواد غذایی است که به طور گسترده در تولید و خرده‌فروشی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵]. این فرایند یکی از روش‌های پخت و خشک کردن مواد غذایی است که در اثر تماس ماده غذایی با روغن داغ انجام می‌شود. در طی فرایند تغییرات فیزیکی و شیمیایی مانند ژلاتینه شدن نشاسته، دناتوره شدن پروتئین رخ می‌دهد. واکنش قهوه‌ای شدن در اثر واکنش قند و پروتئین رخ می‌دهد. جذب روغن، دانسیته محصول سرخ شده، دما و زمان سرخ کردن از فاکتورهای موثر بر روی رنگ فرآورده سرخ شده

بررسی خصوصیات بافتی نشان داد که بتاگلوکان به تنهایی سفتی بافت را افزایش داده است ($p < 0.05$). این نتیجه با نتایج به دست آمده در مطالعات پیشین متفاوت است. در مطالعات انجام شده نشان داده شده است که بتاگلوکان اثر نرم‌کنندگی روی بافت دارد. بر اساس نتایج به دست آمده افزودن ۱۳/۴۵٪ بتاگلوکان به همبرگر باعث کاهش سفتی بافت شده است [۱۱]. همچنین افزودن ۰/۸ درصد بتاگلوکان به سوسیس بلوگنا نشان داد که بتاگلوکان باعث کاهش سفتی بافت می‌شود [۱۲]. البته در مطالعات انجام شده اثر میان‌کنش بین بتاگلوکان و سایر ترکیبات مورد بررسی قرار نگرفته است. اثر سفت‌کنندگی بتاگلوکان احتمالاً به حضور ناخالصی‌های موجود در ترکیب بتاگلوکان مربوط می‌شود. بر اساس نتیجه مطالعه انجام شده توسط Burkus & Temelli, 2006; Faraj, Vasanthan, & Hoover, 2006 حضور ناخالصی‌ها از جمله نشاسته در ترکیب بتاگلوکان می‌تواند ژل حاصل از بتاگلوکان را سفت کند [۱۳, ۱۴]. نتیجه به دست آمده برای اثر ترکیب بتاگلوکان و نشاسته معمولی موید این نتیجه می‌باشد. بر اساس ضریب تاثیر ترکیب این دو ماده، نشاسته/ بتاگلوکان سفتی بافت را افزایش می‌دهند. بنابراین اثر سفت‌کنندگی بتاگلوکان و نشاسته را می‌توان به تاثیر نشاسته بر روی ژل بتاگلوکان و افزایش سختی آن نسبت داد.

نشاسته مقاوم به تنهایی با داشتن ضریب مثبت، اثر سفت‌کنندگی بر روی بافت نشان داده است. این اثر احتمالاً مربوط به تشکیل باندهای هیدروژنی در حضور آمیلوز می‌باشد. نشاسته مقاوم مورد استفاده از نوع ۲ (Hi-maize 260) است و این نوع نشاسته دارای درصد بالایی از آمیلوز می‌باشد. بررسی اثر نشاسته مقاوم طی فرایند پخت در نمونه‌های پنیر مصنوعی نشان داده است که در اثر فرایند پخت، سختی بافت در حضور نشاسته مقاوم افزایش می‌یابد. این اثر به آمیلوز مربوط می‌شود. طی فرایند پخت آمیلوز از بین گرانول‌های نشاسته به بیرون نشت کرده و پس از آن طی سردکردن باعث تشکیل باندهای هیدروژنی و افزایش سفتی بافت می‌شود [۱۵].

سپس از ابزار پرس‌کننده کرامر که دارای ۱۰ تیغه بود برای فشرده کردن نمونه استفاده شد. مطابق نیروی اعمال‌شده برای له شدن نمونه‌ها، شکل نیرو- زمان ترسیم شد.

۲-۶- آزمون‌های رنگ

به منظور اندازه‌گیری خصوصیات رنگ از دستگاه رنگ‌سنج^۴ (CR-400, Minolta Co, Konica, Japan) با D_{65} استفاده شد. فاکتورهای رنگ اندازه‌گیری شده عبارتند از: L^* که بیانگر میزان روشنی نمونه‌ها می‌باشد. a^* که نشان‌دهنده میزان قرمزی نمونه‌ها می‌باشد و b^* که نشان‌دهنده زردی نمونه‌ها می‌باشد.

۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به منظور بررسی اثر بتاگلوکان و نشاسته مقاوم به هضم و میان‌کنش آن‌ها بر خصوصیات بافت و رنگ از نرم‌افزار design expert و طرح mixture design (D- optimal) استفاده شد. به منظور مقایسه رنگ و بافت نمونه‌ها قبل و بعد از سرخ کردن از آزمون pair t- test استفاده شد. سطح معنی‌داری $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر بتاگلوکان، نشاسته مقاوم، نشاسته و

میان‌کنش آنها بر خصوصیات بافتی

نتایج به دست آمده در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده نشاسته مقاوم، بتاگلوکان و نشاسته گندم به تنهایی اثر سفت‌کنندگی بر روی بافت نمونه‌های سرخ‌شده داشته است در حالی که ترکیب نشاسته مقاوم / بتاگلوکان و ترکیب نشاسته گندم / نشاسته مقاوم اثر نرم‌کنندگی بر روی بافت داشته‌اند. واکنش بین بتاگلوکان و نشاسته گندم و همچنین ترکیب سه فاکتور اثر سفت‌کنندگی بر روی بافت نشان دادند. تاثیر فاکتورهای خطی و اثرات میان‌کنش‌ها بر بافت معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$). اثرات مشابهی برای سایر فاکتورهای بافتی مشاهده شد.

4. Chromo meter

Table 2 Correlation for the adjusted model to experimental data in D-optimal mixtures design for textural parameters of fried sausages

Variable	$\lambda_1(RS)$	$\lambda_2(BG)$	$\lambda_3(ST)$	$\lambda_1\lambda_2$	$\lambda_1\lambda_3$	$\lambda_2\lambda_3$	$\lambda_1\lambda_2\lambda_3$
Hardness	1480.64*	1935*	43.27*	-2892.94*	-2910.80*	758.49*	2099.41*
Gumminess	1128.68*	12.66*	31.98*	-2204.79*	-2213.57*	568.32*	1585.45*
cohesiveness	1048*	-0.67*	0.77*	-19.26*	-19.26*	4.85*	13.45*
Warner-Bratzler shear force	837.16*	15.37*	23.38*	-1649.05*	-1648.04*	405.30*	1356.84*
Kramer factor	20756.6	246.12*	291.73*	-41042.79*	-41373.54*	10316.47*	33512.49*
Resilience	-5.6*	0.39*	0.49*	11.86*	11.96*	-3.29*	-9.10*

* Significant at 0.05 level

که فاکتورهایی مانند صمغی بودن وابسته به سفتی هستند بنابراین تاثیر فاکتورها و واکنش بین آنها مشابه اثر آنها بر سفتی بافت می‌باشد. عواملی که سفتی بافت را افزایش داده‌اند صمغی بودن را نیز افزایش داده‌اند و فاکتورهایی که باعث نرم‌تر شدن بافت شده‌اند باعث کاهش فاکتورهای صمغی بودن شده‌اند. همچنین رابطه مستقیمی بین سفتی بافت و برش‌پذیری نمونه‌ها به دست آمد. فاکتورهایی که نرمی بافت را افزایش دادند، میزان برش‌پذیری را کاهش دادند. هر چه سفتی بافت افزایش می‌یابد باعث می‌شود نیروی لازم برای برش دادن نمونه‌ها نیز افزایش یابد. رابطه مستقیم بین فاکتورهای مختلف مربوط به پروفایل بافت و فاکتور برش‌پذیری در بررسی اثر افزودن فیبرهای رژیمی به فرانکفورتر نیز به دست آمده است [۱۸].

۲-۳- اثر بتاگلوکان، نشاسته مقاوم، نشاسته و

میان‌کنش آن‌ها بر رنگ

نتایج به دست آمده در جدول ۳ نشان داده شده است. نشاسته مقاوم باعث کاهش L^* نمونه‌های سرخ‌شده شد. اثر مشابهی از ترکیب بتاگلوکان/ نشاسته معمولی و ترکیب سه متغیر مشاهده شد ($p < 0.05$). بر اساس طرح mixture design مدل مناسبی برای فاکتور a^* به دست نیامد که بیانگر این است که تغییرات a^* در سوسیس‌های سرخ‌شده در اثر افزودن بتاگلوکان و نشاسته مقاوم از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند. همچنین نشاسته مقاوم و ترکیب بتاگلوکان/ نشاسته معمولی اثر منفی بر b^* نشان دادند.

واکنش بین نشاسته مقاوم / بتاگلوکان باعث کاهش سفتی بافت نمونه‌ها شده است. این اثر به میان‌کنش بین این ترکیبات مربوط می‌شود. در مطالعه‌ای ژل حاصل از ترکیب بتاگلوکان / نشاسته مقاوم با ژل حاصل از نشاسته مقاوم مقایسه شد. نتایج مطالعه نشان داد حضور این دو ترکیب باعث می‌شود سفتی ژل حاصله به میزان قابل توجهی کاهش یابد. بتاگلوکان و نشاسته مقاوم اثر سینرژیستی بر روی کاهش سختی ژل نشان دادند. افزودن بتاگلوکان و نشاسته مقاوم منجر به تشکیل یک ژل ضعیف شد. بتاگلوکان و نشاسته مقاوم باعث شدند میزان G' (به عنوان اندیس جامد مانند در نظر گرفته می‌شود) و G'' (به عنوان اندیس مایع مانند در نظر گرفته می‌شود) افزایش یابد اما اثر آن بر روی G'' بسیار بیش‌تر از G' بود. بنابراین تاثیر ترکیب بتاگلوکان و نشاسته مقاوم بر روی خصوصیات ویسکوز بیشتر از خصوصیات الاستیک بوده است و باعث شده است که میزان ویسکوز بودن محیط افزایش یافته و منجر به تشکیل بافت نرم‌تری شود [۱۶].

با توجه به ضریب مثبت ترکیب نشاسته/ نشاسته مقاوم/ بتاگلوکان، استفاده از این سه ترکیب باعث افزایش سختی بافت شده است. که احتمالاً این اثر به دلیل اثر نشاسته بر روی افزایش سختی ژل بوده است. و این اثر سفت‌کنندگی بیش از اثر شل‌کنندگی ترکیب بتاگلوکان و نشاسته مقاوم بوده است. این نتیجه مشابه نتیجه افزودن ترکیب نشاسته با صمغ‌های کاپاکاراگینان و صمغ دانه لوکاست می‌باشد. نشاسته در حضور این صمغ‌ها باعث افزایش سفتی بافت می‌شود [۱۷]. به دلیل این

Table3 Correlation for the adjusted model to experimental data in D-optimal mixtures design for textural parameters of fried sausages

Variable	$\lambda_1(RS)$	$\lambda_2(BG)$	$\lambda_3(ST)$	$\lambda_1\lambda_2$	$\lambda_1\lambda_3$	$\lambda_2\lambda_3$	$\lambda_1\lambda_2\lambda_3$
L*	-1991.17*	34.93*	29.13*	4064.13*	4095.41*	-1056.21*	-3249.38*
a*	-	-	-	-	-	-	-
b*	-16.96*	16.5*	18.31*	72.96*	70.36*	-35.99*	-

* Significant at 0.05 level

نمونه‌ها افزایش یافت. این اثر به نقش فرایند سرخ کردن در افزایش سفتی لایه خارجی نسبت داده شد. احتمالاً افزایش نیروی برشی نمونه‌های سوسیس به دلیل سفتی بیش‌تر لایه‌ی خارجی سوسیس سرخ‌شده می‌باشد [۱۹]. همچنین افزایش سفتی بافت در اثر سرخ کردن می‌تواند به دلیل تاثیر کاهش رطوبت باشد. طی سرخ کردن آب بافت در اثر حرارت خارج می‌شود و بخشی از آن با روغن جایگزین می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده بین رطوبت و نرمی بافت رابطه مستقیمی برقرار است. با افزایش رطوبت بافت نرم‌تر می‌شود و با از دست دادن آب بافت سفت‌تر می‌شود [۲۰]. دما نیز می‌تواند بر دنا تورا سیون پروتئین‌ها و سفتی بافت موثر باشد. بر اساس مطالعات انجام شده بر روی گوشت گاو زمانی که درجه حرارت مورد استفاده برای پخت بالاتر از ۸۵ درجه سانتی‌گراد باشد سفتی بافت بیش‌ترین مقدار خواهد بود علی‌رغم این که چه مدت زمانی در این دماها قرار گیرد و گوشت‌هایی که در دمای پایین‌تر قرار می‌گیرند تردتر می‌باشند. دمای مورد استفاده برای پخت سوسیس‌ها کمتر از ۸۵ بوده (۸۰ درجه) و دمای مورد استفاده برای سرخ کردن بالاتر بوده است (۱۷۴ درجه)، بنابراین طی سرخ کردن سفتی بافت افزایش یافته است [۲۱].

۳-۳- نتایج مقایسه بافت نمونه‌های سرخ‌شده و سرخ‌نشده

نتایج در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج نشان داده شده در جدول، میزان سفتی بافت در همه نمونه‌ها افزایش یافت و در بیش‌تر نمونه‌ها این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار بود. صمغی بودن در بیش‌تر نمونه‌ها افزایش معنی‌داری را نشان داد ($p < 0.05$). ارتجاعی بودن در همه نمونه‌ها کاهش یافت اما تنها در سه نمونه این تفاوت معنی‌دار بود ($p < 0.05$). فاکتور به هم پیوستگی و انسجام بافت روند منظمی نشان نداد. در برخی نمونه‌ها کاهش معنی‌دار، در برخی افزایش معنی‌دار و در برخی نمونه‌ها تغییر معنی‌داری در اثر سرخ کردن ایجاد نشد. بیش‌ترین اثر سرخ کردن بر روی فاکتورهای برش‌پذیری بود. در اثر سرخ کردن فاکتور وارنر در همه نمونه‌ها به شکل معنی‌داری افزایش یافت. بررسی فاکتور کرامر نیز نشان داد در اثر سرخ کردن این فاکتور در همه نمونه‌ها افزایش یافته است و در بیش‌تر نمونه‌ها این افزایش معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$). بررسی نتایج نشان داد که بیشترین تاثیر سرخ کردن بر فاکتور برش‌پذیری است. نتایج مطالعه انجام شده بر روی گوشت خوک سرخ‌شده نشان داد که با افزایش زمان سرخ کردن نیروی نفوذ

Table 4 Comparison the texture of samples before and after of frying

Resilience (fried)	Resilience	Gumminess (fried)	Gumminess	Hardness(fried)	Hardness	RUN
0.47±0.01 ^A	0.497±0.00 ^A	32.61±0.46 ^B	29.017±0.00 ^A	42.25±0.42 ^B	38.191±0.84 ^A	1
0.49±0.01 ^A	0.484±0.00 ^A	31.61±0.46 ^B	29.018±0.01 ^A	42.75±0.41 ^B	39.991±0.84 ^A	2
0.43±0.00 ^B	0.573±0.004 ^A	27.005±0.55 ^A	26.512±0.96 ^A	34.43±0.00 ^A	31.41±1.24 ^A	3
0.441±0.00 ^B	0.563±0.004 ^A	27.001±0.55 ^A	26.811±0.96 ^A	34.64±1.00 ^A	32.217±1.24 ^A	4
0.449±0.02 ^A	0.448±0.00 ^A	21.84±0.2 ^B	20.026±0.002 ^A	30.55±0.005	25.70±0.02 ^A	5
0.381±0.00 ^A	0.423±0.017 ^A	20.35±1.34 ^A	22.555±0.64 ^A	30.010±0.45 ^B	28.531±0.68 ^A	6
0.384±0.01 ^B	0.441±0.017 ^A	13.75±0.91 ^B	12.749±1 ^A	22.82±0.81 ^B	18.581±2.19 ^A	7
0.364±0.00 ^A	0.602±0.021 ^A	19.35±0.88 ^A	19.721±0.84 ^A	26.37±0.37 ^B	24.156±0.3 ^A	8
0.397±0.004 ^A	0.421±0.038 ^A	12.2±0.165 ^B	10.256±0.098 ^A	19.18±0.21 ^A	17.940±1.15 ^A	9
0.401±0.12 ^B	0.474±0.01 ^A	12.82±1.05 ^B	11.183±0.68 ^A	19.33±0.33 ^B	14.47±0.93 ^A	10
0.387±0.04 ^A	0.432±0.038 ^A	13.1±0.16 ^B	10.353±0.098 ^A	19.07±0.21 ^A	18.41±1.15 ^A	11
0.387±0.04 ^A	0.431±0.038 ^A	12.5±0.16 ^B	10.251±0.098 ^A	19.28±0.21 ^A	16.24±1.15 ^A	12
0.5±0.01 ^A	0.486±0.00 ^A	31.91±0.465 ^B	28.017±0.001 ^A	45.25±0.41 ^B	38.691±0.84 ^A	13

^{AA} not significant at 0.05^{AB} significant at 0.05**Table 4** Comparison the texture of samples before and after of frying (continued)

Kramer factor (fried)	Kramer factor	Warner-bratzler(fried)	Warner-bratzler	cohesiveness (fried)	cohesiveness	
284.163±5.06 ^B	121.456±3.1 ^A	23.165±0.82 ^B	12.164±0.03 ^A	0.778±0.01 ^A	0.800±0.00 ^A	1
295.065±5.06 ^B	127.740±3.1 ^A	22.161±0.82 ^B	14.166±0.03 ^A	0.81±0.01 ^A	0.751±0.00 ^A	2
181.9±8.6 ^A	172.92±18.07 ^A	18.595±1.89 ^B	9.701±0.8 ^A	0.8001±0.02 ^A	0.862±0.00 ^A	3
8.6 ^A ±181.9	171.93±18.07 ^A	17.495±1.89 ^B	9.706±0.8 ^A	0.807±0.02 ^A	0.833±0.03 ^A	4
184.68±3.5 ^A	156.68±24.57 ^A	19.160±0.1 ^B	8.225±0.005 ^A	0.715±0.009 ^B	0.737±0.00 ^A	5
293.24±4.8 ^B	130.055±9.25 ^A	19.418±0.1 ^B	10.197±0.18 ^A	0.701±0.46 ^A	0.791±0.02 ^A	6
200.51±5.00 ^B	119.160±8.44 ^A	11.638±0.58 ^B	7.775±0.176 ^A	0.630±0.42 ^B	0.591±0.04 ^A	7
238.42±2.23 ^B	112.79±2.03 ^A	14.438±0.76 ^B	8.881±0.37 ^A	0.763±0.03 ^A	0.82±0.2 ^A	8
249.00±5.6 ^B	153.145±0.88 ^A	15.121±1.45 ^B	7.089±0.34 ^A	0.667±0.008 ^B	0.58±0.01 ^A	9
180.618±5.4 ^A	121.780±2.03 ^A	13.607±2.93 ^B	6.224±0.1 ^A	0.663±0.05 ^B	0.773±-.03 ^A	10
251.00±5.6 ^B	151.145±0.88 ^A	13.821±1.45 ^B	7.089±0.34 ^A	0.688±0.005 ^B	0.578±0.01 ^A	11
235.00±5.6 ^B	153/145±0.88 ^A	17.824±1.45 ^B	7.189±0.34 ^A	0.697±0.008 ^B	0.557±0.01 ^A	12
299.32±5.06 ^B	127.740±1.3 ^A	24.161±0.82 ^B	14.146±0.03 ^A	0.767±0.01 ^A	0.76±0.00 ^A	13

ها طی این فرایند می‌باشد. فرایند سرخ کردن بیشترین تاثیر را بر a^* و b^* نشان داد ($p < 0.05$) و تاثیر آن بر L^* در بیشتر نمونه ها معنی دار نبود ($p \geq 0.05$).

در گوشت تازه پیگمان‌های گوشت بیشتر به صورت میوگلوبین، اکسی میوگلوبین (فرم اکسیژن دار شده میوگلوبین که دارای Fe^{2+}

۳-۴- نتایج مقایسه رنگ نمونه‌های سرخ شده و سرخ نشده

نتایج در جدول ۵ نشان داده شده است. تغییر رنگ نمونه در اثر فرایند سرخ کردن به دلیل استفاده از حرارت بالا و انجام واکنش

است. بنابراین افزایش این فاکتور طی سرخ کردن در واقع نشان دهنده افزایش رنگ قهوه‌ای می‌باشد [۲۲].

به طور کلی رنگ گوشت طی فرایند پخته شدن تحت تاثیر تولید گلوبین هموکروموژن و میزان میوگلوبین دناتوره نشده مانند اکسی میوگلوبین قرار می‌گیرد. اکسیداسیون و پلیمریزه شدن چربی‌ها و سایر واکنش‌هایی که پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در آن شرکت می‌کنند در ایجاد رنگ نهایی فراورده‌های گوشتی پخته شده اثرگذار هستند [۱۹]. بالا بودن درجه حرارت مورد استفاده در فرایند سرخ کردن باعث تسریع واکنش میلارد و افزایش قهوه‌ای شدن می‌شود. به طور کلی به ازای هر ۱۰ درجه افزایش دما میزان قهوه‌ای شدن ۲-۳ برابر افزایش می‌یابد که مربوط به تشکیل ملانوئیدین‌ها می‌باشد [۲۳].

می‌باشد) و میزان کمی مت میوگلوبین (که در آن آهن اکسید شده و به صورت Fe^{3+} در آمده است) می‌باشد. انجام مطالعات بر روی گوشت خوک سرخ شده نشان داده است که طی فرایند سرخ کردن با افزایش زمان سرخ کردن فاکتور L^* کاهش یافته و فاکتور a^* و b^* افزایش یافته است. تغییرات رنگ طی سرخ کردن مربوط به واکنش‌های شیمیایی است که طی این فرایند رخ می‌دهد. از جمله اکسیداسیون آهن و تولید Fe^{3+} که مسئول ایجاد رنگ قهوه‌ای می‌باشد و یا دناتوراسیون میوگلوبین که طی فرایند اتفاق می‌افتد. فاکتور b^* اگر چه از نظر دستگامی در مقیاس زردی- آبی تعریف شده است اما با بررسی رابطه این فاکتور و ارزیابی حسی توسط OSullivan و همکاران (۲۰۰۳) نشان داده شد که این فاکتور در واقع بیانگر میزان قهوه‌ای بودن محصول

Table 5 Comparison the color of samples before and after of frying

b*(fried)	b*	a*(fried)	a*	L*(fried)	L*	
18.23±0.03 ^B	12.35±0.37 ^A	13.68±0.175 ^B	9.12±0.43 ^A	28.715±0.88 ^B	41.35±1.5 ^A	1
18.13±0.03 ^B	13.35±0.37 ^A	13.66±0.175 ^B	9.24±0.43 ^A	29.72±0.88 ^B	44.45±1.5 ^A	2
17.7±0.62 ^B	12.45±0.71 ^A	14.99±0.31 ^B	9.15±0.66 ^A	42.775±0.61 ^A	43.36±4.86 ^A	3
18.7±0.62 ^B	12.45±0.71 ^A	14.20±0.31 ^B	9.25±0.66 ^A	42.775±0.61 ^A	43.36±4.86 ^A	4
17.335±0.76 ^B	12.85±0.38 ^A	14.465±0.125 ^B	9.78±0.075 ^A	36.98±4.54 ^B	47.03±1.22 ^A	5
16.88±2.27 ^A	16.92±0.13 ^A	12.795±2.75 ^A	6.6±0.065 ^A	28.42±6.6 ^A	44.15±0.43 ^A	6
15.48±0.04 ^B	13.69±0.61 ^A	11.72±0.12 ^B	9.16±0.86 ^A	36.70±0.55 ^A	37.49±0.29 ^A	7
18.09±0.325 ^B	13.03±0.01 ^A	14.78±0.7 ^B	9.43±0.125 ^A	38.06±1.1 ^A	45.31±0.04 ^A	8
17.21±0.54 ^B	12.59±0.67 ^A	13.715±1.01 ^B	8.001±0.16 ^A	34.71±2.57 ^A	38.37±1.34 ^A	9
18.46±0.73 ^B	12.35±0.37 ^A	13.685±0.27 ^B	8.45±0.66 ^A	42.185±2.4 ^A	40.55±4.88 ^A	10
16.25±0.54 ^B	11.54±0.67 ^A	13.705±1.01 ^B	9.086±0.16 ^A	34.54±2.57 ^A	35.87±1.34 ^A	11
16.21±0.54 ^B	12.59±0.67 ^A	13.73±1.01 ^B	9.011±0.16 ^A	35.76±2.57 ^A	35.69±1.34 ^A	12
18.33±0.03 ^B	12.59±0.37 ^A	13.66±0.175 ^B	9.27±0.43 ^A	28.72±0.88 ^B	42.49±1.5 ^A	13

^{AA} not significant at 0.05

^{AB} significant at 0.05

۵- قدردانی

مطالعه فوق بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد که در معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی به ثبت رسیده است. از معاونت پژوهشی این دانشگاه به دلیل حمایت‌های مالی تقدیر و تشکر می‌شود. همچنین از کارخانه

۴- نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده سرخ کردن بر بافت و رنگ اثر معنی‌داری داشت. این فرایند باعث افزایش سفتی بافت شد و نیروی برش‌پذیری سوسیس را افزایش داد. هم چنین باعث افزایش رنگ قرمز- قهوه‌ای سوسیس‌ها شد در حالی که بر روی روشنی رنگ نمونه‌ها اثر معنی‌داری را نشان نداد.

- [12] Morin, L., Temelli, F., and McMullen, L., Physical and Sensory Characteristics of Reduced-Fat Breakfast Sausages Formulated With Barley β -Glucan. *Journal of food science*, 2002. 67(6): p. 2391-2396.
- [13] Burkus, Z. and Temelli, F., Network formation by pilot plant and laboratory-extracted barley β -glucan and its rheological properties in aqueous solutions. *Cereal chemistry*, 2006. 83(6): p. 584-589.
- [14] Faraj, A., Vasanthan, T., and Hoover, R., The influence of α -amylase-hydrolysed barley starch fractions on the viscosity of low and high purity barley β -glucan concentrates. *Food chemistry*, 2006. 96(1): p. 56-65.
- [15] Mounsey, J. and O'riordan, E., Characteristics of imitation cheese containing native starches. *Journal of food science*, 2001. 66(4): p. 586-591.
- [16] Banchathanakij, R. and Supphantharika, M., Effect of different β -glucans on the gelatinisation and retrogradation of rice starch. *Food chemistry*, 2009. 114(1): p. 5-14.
- [17] Garcia, E. and Totosaus, A., Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and K-carrageenan by a mixture design approach. *Meat science*, 2008. 78(4): p. 406-413.
- [18] Grigelmo-Miguel, N., Abadías-Serós, M.a.I., and Martín-Belloso, O., Characterisation of low-fat high-dietary fibre frankfurters. *Meat science*, 1999. 52(3): p. 247-256.
- [19] Sosa-Morales, M.E., Orzuna-Espíritu, R., and Vélez-Ruiz, J.F., Mass, thermal and quality aspects of deep-fat frying of pork meat. *Journal of Food Engineering*, 2006. 77(3): p. 731-738.
- [20] Rahman, M.S. and Al-Farsi, S.A., Instrumental texture profile analysis (TPA) of date flesh as a function of moisture content. *Journal of Food Engineering*, 2005. 66(4): p. 505-511.
- [21] Califano, A., et al., Effect of processing conditions on the hardness of cooked beef. *Journal of Food Engineering*, 1997. 34(1): p. 41-54.
- [22] O'sullivan, M., et al., Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis. *Meat science*, 2003. 65(2): p. 909-918.
- [23] DeMan, J.M., Principles of food chemistry. 1999: Springer.

فراورده‌های گوشتی تهران به دلیل همکاری در طراحی و تولید فرمولاسیون‌ها تقدیر و تشکر می‌شود.

۶- منابع

- [1] Sangwan, V., et al., Galactooligosaccharides: Novel Components of Designer Foods. *Journal of food science*, 2011. 76(4): p. 103-111.
- [2] Gibson, G.R., et al., Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr Res Rev*, 2004. 17(2): p. 259-275.
- [3] Rodríguez-Cabezas, M.E., et al., The combination of fructooligosaccharides and resistant starch shows prebiotic additive effects in rats. *Clinical Nutrition*, 2010. 29(6): p. 832-839.
- [4] Mitsou, E.K., et al., Prebiotic potential of barley derived β -glucan at low intake levels: A randomised, double-blinded, placebo-controlled clinical study. *Food Research International*, 2010. 43(4): p. 1086-1092.
- [5] Makinson, J., et al., Fat uptake during deep-fat frying of coated and uncoated foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1987. 1(1): p. 93-101.
- [6] Li, C., et al., Changes in Temperature Profile, Texture and Color of Pork Loin Chop during Pan-frying. *Journal of Food Research*, 2012. 1(3): P. 184.
- [7] Amini Sarteshnizi, R., & Hosseini, H., Mousavi Khaneghah, A. and Karimi, N. (2015). A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products. *International Food Research Journal*, 22(3), 872-887.
- [8] Amini Sarteshnizi, R., et al., Optimization of prebiotic sausage formulation: Effect of using β -glucan and resistant starch by D-optimal mixture design approach. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1, Part 2): p. 704-710.9.
- [9] Bengtsson, H., Montelius, C., and Tornberg E., Heat-treated and homogenised potato pulp suspensions as additives in low-fat sausages. *Meat science*, 2011. 88(1): p. 75-81.
- [10] Bourne, M.C., Texture profile analysis. *Food technology*, 1978. 32(7): P. 62-66.
- [11] Pinero, M., et al., Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat science*, 2008. 80(3): p. 675-680.

Study the effect of frying process on texture and color of prebiotic sausage produced by using of B-glucan and resistant starch

Amini Sarteshnizi, R.¹, Hosseini, H.^{2*}, Amiri, Z.³, komeili, R.⁴, Azimi, M.⁵

1. M.Sc in Food Science & Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Corresponding author: Professor, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Department of Food Sciences & Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, Email:
3. Associate Prof, Dept. of Basic Science, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute. Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran. Iran
5. Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute. Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran. Iran

(Received: 2015/05/28 Accepted: 2015/04/04)

Use of prebiotic components is one approach for increase nutritional value and decrease undesirable effect of meat products consumption on intestinal activity. Because meat products such as sausage is used as fried form, so color and texture evaluation of sausage after frying to produce an acceptable product is essential. In this study 13 formulations of prebiotic sausages are designed and produced according to mixture design (D-optimal) approach. Effect of B-glucan (BG) and resistant starch (RS) and their interactions on texture and color of fried sausage were evaluated and compared with texture and color of sausages before frying. B-glucan, resistant starch and normal starch increased the hardness while BG/RS combination and RS/ST combination decreased hardness of sausages ($P < 0.05$). Frying showed a significant effect on color and texture of sausages ($P < 0.05$). Frying increased hardness and Warner-Bratzler Shear Force value and increased reddish-brown color of sausages while didn't have significant effect on brightness of color ($P \leq 0.05$).

Keywords: Prebiotic, Sausage, Frying, Color, Texture

* Corresponding Author E-Mail Address: hedayat@sbmu.ac.ir