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[1]، هدایت حسینی[2*]، زهره امیری[3]، رزیتا کمیلی[4]، ماهرو عظیمی[5]

١- 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.

٢- 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.

٣- 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.

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

٥- 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: ۹٤/۰۱/۱۵)

چکیده

استفاده از پری‌بیوتیک‌ها در فراورده‌های گوشتی یکی از راه‌های افزایش ارزش تغذیه‌ای و کاهش اثرات نامطلوب این فراورده‌ها بر عملکرد روده می‌باشد. با توجه به این‌که فراورده‌هایی مانند سوسیس به صورت سرخ‌شده مورد استفاده قرار می‌گیرند بنابراین ارزیابی خصوصیات بافت و رنگ این محصولات پس از سرخ‌کردن به منظور تولید یک محصول قابل قبول ضروری می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از طرح **mixture design (D-optimal)** سیزده فرمولاسیون برای سوسیس پری‌بیوتیک طراحی و تولید شد. اثر پری‌بیوتیک‌های بتاگلوکان و نشاسته مقاوم به هضم و میان‌کنش آنها بر بافت و رنگ سوسیس بعد از سرخ‌کردن مورد ارزیابی قرار گرفت و با خصوصیات بافت و رنگ قبل از سرخ‌کردن 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 وترکیب نشاسته گندم / نشاسته مقاوم اثر نرم‌کنندگی بر روی بافت نشان دادند ($p<0.05$). سرخ‌کردن بر روی خصوصیات بافت و رنگ اثر معنی داری را نشان داد ($p<0.05$). سرخ‌کردن سفتی و نیروی برش‌پذیری را افزایش داد و باعث افزایش رنگ قرمز قهوه ای نمونه‌ها شد در حالی که بر روی روشنی رنگ نمونه‌ها اثر معنی‌داری نداشت ($p\geq0.05$).

کلید واژگان: سوسیس، پری‌بیوتیک، سرخ‌کردن، بافت، رنگ

* مسئول مکاتبات: hedayat@sbmu.ac.ir

۱- مقدمه

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 مصرف‌کننده 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 پری‌بیوتیک ها به عنوان یک ترکیب فراسودمند افزایش یافته است .یک ترکیب پری‌بیوتیک به این صورت تعریف می‌شود" ترکیبات غیرقابل‌هضمی 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 مصرف‌کننده می‌شوند [۲].

نشاسته مقاوم به هضم به عنوان سوبسترایی برای فلور میکروبی روده عمل کرده و منجر به تولید متابولیت‌هایی مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر می‌شود. بوتیریک‌اسید تولید شده توسط باکتری‌های روده متابولیزه شده و نقش مهمی در تامین غذا و انرژی سلول‌های روده ایفا می‌کند. حداقل سطح پری‌بیوتیکی این ترکیب ۲ گرم در روز است [۳]. بتاگلوکان به عنوان یک ترکیب پری‌بیوتیک دارای اثر بیفیدوژنیک قوی بوده و میزان باکتریوئیدهای روده را نیز به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. حداقل سطح پری‌بیوتیکی این ترکیب ۰/۷۵ گرم در روز است [٤].

سرخ‌کردن یکی از روش‌های فرآوری مواد غذایی است که به طور گسترده در تولید و خرده‌فروشی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد [٥]. این فرایند یکی از روش‌های پخت و خشک‌کردن 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 می دهد. واکنش قهوه‌ای شدن در اثر واکنش قند و پروتئین رخ می دهد. جذب روغن، دانسیته محصول سرخ شده، دما و زمان سرخ کردن از فاکتورهای موثر بر روی رنگ فراورده سرخ‌شده می‌باشند. طی این فرایند تغییرات فیزیکی و فاکتورهایی مانند دما و زمان سرخ‌کردن بر روی کیفیت محصول سرخ‌شده اثر می‌گذارد. استفاده از درجه حرارت‌های بالا باعث تولید ترکیبات هتروسیکلیک در فراورده های گوشتی می‌شود، بنابراین حداکثر دمای قابل قبول برای سرخ‌کردن فراورده‌های گوشتی به منظور حفظ سلامت مصرف‌کننده ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد است [٦].

بافت و رنگ از فاکتورهای مهمی هستند که بر روی پذیرش فراورده‌ها اثر قابل توجهی دارند. سرخ‌کردن با تاثیری که بر روی بافت می‌گذارد بر روی پذیرش محصول از طرف مصرف‌کننده اثرگذار است. چربی بر روی بافت، آبدار بودن و طعم فراورده 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 سرخ‌کردن در این مطالعه اثر سرخ‌کردن بر روی سوسیس پری‌بیوتیک تولید شده با بتاگلوکان و نشاسته مقاوم به هضم مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه فرمولاسیون: فراورده 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، ۰/۳۵ درصد فسفات سدیم، ۰/۰۱۲ درصد سدیم‌نیترات، ۰/۰۲درصد آسکوربیک‌اسید ، ۰/۲ درصد فلفل قرمز، ۰/۲ درصد زنجبیل، ۰/۱ درصد مرزه، ۰/۲ درصد پودر سیر و ۱۷/٤۱۸ درصد آب بود.

از خمیر پایه‌ی تهیه شده برای تولید هر یک از نمونه‌ها استفاده شد. فرمولاسیون‌ها در وزن‌های ۵ کیلوگرمی تولید شدند. برای هر فرمولاسیون ابتدا ٤۲۵۰ گرم از خمیر اولیه به کاتر ۵ کیلوگرمی انتقال داده شد و سپس بر اساس وجود ٦٪ ترکیبات متغیر (بتاگلوکان، نشاسته مقاوم به هضم و نشاسته گندم) این ترکیبات (مطابق جدول۱) به همراه ٤٪ نشاسته و ۵٪ آب باقی مانده در یک مینی کاتر با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه با هم مخلوط

شدند تا مجموعا برای هر نمونه ۵ کیلوگرم خمیر همگن تولید شود. به منظور پخت سوسیس‌ها از دمای ۸۰ درجه به مدت ۱ ساعت استفاده شد. به طوری که دمای مرکز سوسیس به ۳± ۷۲ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از پخت، نمونه‌های تولید شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند [۸].

Table1 Mixture composition in the sausage formulated with B-glucan (BG), Resistant Starch (RS) and starch (ST) in a three component constrained D-optimal mixture design.

	formulation		
	Resistant starch (RS)	B-glucan (BG)	Starch (ST)
Control	-	-	6
1	2	1	3
2	2	1	3
3	3	1	2
4	3	1	2
5	2.25	1.375	2.375
6	2.5	1.75	1.75
7	2.25	2.375	1.375
8	3	2	1
9	2	3	1
10	2.75	1.875	1.375
11	2	3	1
12	2	3	1
13	2	1	3

۲-۲- فرایند سرخ‌کردن

برای سرخ‌کردن نمونه‌ها از روش .Hanna Bengtsson et) al 2011) با اندکی تغییر استفاده شد [۹]. سوسیس‌ها با قطر ۲ سانتی‌متر برش داده شده و در یک سرخ‌کن (moulinex, DR5) در دمای ۱۷٤ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه سرخ شدند به طوری که دمای مرکز سوسیس‌ها به ۷۳-۷۲ درجه سانتی‌گراد رسید. سپس بافت و رنگ سوسیس‌ها قبل و بعد از سرخ‌کردن ارزیابی و با هم مقایسه شدند.

۲-۳- آزمون‌های فشردگی[1]

برای اندازه‌گیری خصوصیات بافتی از دستگاه اینسترون استفاده شد. برای انجام این آزمون از روش Bourne (1978) استفاده شد [۱۰]. نمونه‌ها به میزان ٤۰٪ ارتفاع اولیه فشرده شدند و سپس میزان تغییرات نیرو در برابر زمان رسم شد. سپس با توجه به شکل رسم شده فاکتور های مربوطه مانند صمغی بودن (gumminess)، به هم پیوستگی(cohesiveness) و... محاسبه گردید.

۲-٤- آزمون تعیین نیروی برشی[2]

برای انجام این آزمون از تیغه v شکل استفاده شد که در دستگاه اینسترون قرار گرفت. نمونه‌ها با ارتفاع ۵ سانتی‌متر تهیه شده و تیغه با سرعت ٦۰ mm/minحرکت کرده و نمونه‌ها را برش داد. سپس حداکثر نیروی لازم جهت برش‌دادن تعیین شده و شکل نیرو ـ زمان توسط نرم‌افزار ترسیم گردید.

۲-۵- آزمون تعیین مقاومت در برابر له‌شدن[3]

برای انجام این آزمون که میزان مقاومت نمونه ها در برابر له شدن را نشان می‌دهد نمونه‌ها به طول ۵ سانتی‌متر برش داده شدند و 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.

1.Compression Test

2. Warner-Bratzler Shear Force Test

3. Kramer Test

۲-۶- آزمون‌های رنگ

به منظور اندازه‌گیری خصوصیات رنگ از دستگاه رنگ‌سنج[4] (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 نمونه ها 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 سرخ‌کردن از آزمون pair t- test استفاده شد. سطح معنی‌داری$P <$۰/۰۵ 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 داشته اند. واکنش بین بتاگلوکان و نشاسته گندم و همچنین ترکیب سه فاکتور اثر سفت‌کنندگی بر روی بافت نشان داند. تاثیر فاکتورهای خطی و اثرات میان کنش‌ها بر بافت معنی‌دار بوده است ($p<$۰/۰۵). اثرات مشابهی برای سایر فاکتورهای بافتی مشاهده شد.

بررسی خصوصیات بافتی نشان داد که بتاگلوکان به تنهایی سفتی بافت را افزایش داده است ($p<$۰/۰۵). 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 به‌دست‌آمده 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 انجام‌شده اثر میان‌کنش بین بتاگلوکان و سایر ترکیبات مورد بررسی قرار نگرفته است. اثر سفت‌کنندگی بتاگلوکان احتمالا 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 احتمالا مربوط به تشکیل باندهای هیدروژنی در حضور آمیلوز می‌باشد. نشاسته مقاوم مورد استفاده از نوع۲ (Hi-maize 260) است و این نوع نشاسته دارای درصد بالایی از آمیلوز می‌باشد. بررسی اثر نشاسته مقاوم طی فرایند پخت در نمونه های 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].

4. Chromo meter

Table2 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*	19.35*	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	10.48*	-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

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 احتمالا 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 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 شده اند 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 برش پذیری 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].

۳-۲- اثر بتاگلوکان، نشاسته مقاوم، نشاسته و میان‌کنش آن‌ها بر رنگ

نتایج به دست آمده در جدول۳ نشان داده شده است. نشاسته مقاوم باعث کاهش L^* نمونه های سرخ‌شده شد. اثر مشابهی از ترکیب بتاگلوکان/ نشاسته معمولی و ترکیب سه متغیر مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). 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.

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

۳-۳- نتایج مقایسه بافت نمونه‌های سرخ‌شده و سرخ‌نشده

نتایج در جدول ٤ 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 ($p<0.05$). ارتجاعی‌بودن 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 سرخ‌کردن ایجاد نشد. بیش‌ترین اثر سرخ‌کردن بر روی فاکتورهای برش‌پذیری بود. در اثر سرخ‌کردن فاکتور وارنر در همه نمونه‌ها به شکل معنی‌داری افزایش یافت. بررسی فاکتور کرامر نیز نشان داد در اثر سرخ‌کردن این فاکتور در همه نمونه‌ها افزایش یافته است و در بیش‌تر نمونه ها این افزایش معنی‌دار بوده است ($p<0.05$).

بررسی نتایج نشان داد که بیشترین تاثیر سرخ‌کردن بر فاکتور برش‌پذیری است. نتایج مطالعه انجام شده بر روی گوشت خوک سرخ‌شده نشان داد که با افزایش زمان سرخ کردن نیروی نفوذ نمونه‌ها افزایش یافت. این اثر به نقش فرایند سرخ‌کردن در افزایش سفتی لایه خارجی نسبت داده شد. احتمالا افزایش نیروی برشی نمونه‌های سوسیس به دلیل سفتی بیش‌تر لایه‌ی خارجی سوسیس سرخ‌شده می‌باشد [۱۹]. همچنین افزایش سفتی بافت در اثر سرخ‌کردن می‌تواند به دلیل تاثیر کاهش رطوبت باشد.

طی سرخ‌کردن 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 دناتوراسیون 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 سرخ‌کردن بالاتر بوده است (۱۷٤درجه)، بنابراین طی سرخ‌کردن سفتی بافت افزایش یافته است [۲۱].

Table4 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

٣-٤- نتایج مقایسه رنگ نمونه‌های سرخ‌شده و سرخ‌نشده

نتایج در جدول ٥ نشان داده شده است. تغییر رنگ نمونه در اثر فرایند سرخ‌کردن به دلیل استفاده از حرارت بالا و انجام واکنش ها طی این فرایند می‌باشد. فرایند سرخ‌کردن بیشترین تاثیر را بر a* و b* نشان داد ($p<0.05$) و تاثیر آن بر L* در بیشتر نمونه ها معنی‌دار نبود ($p\geq0.05$).

در گوشت تازه پیگمان‌های گوشت بیشتر به صورت میوگلوبین، اکسی‌میوگلوبین (فرم اکسیژن‌دار شده میوگلوبین که دارای Fe^{2+} می‌باشد) و میزان کمی مت‌میوگلوبین (که در آن آهن اکسید شده و به صورت Fe^{3+} در آمده است) می‌باشد. انجام مطالعات بر روی گوشت خوک سرخ‌شده نشان داده است که طی فرایند سرخ کردن با افزایش زمان سرخ‌کردن فاکتور *L کاهش‌یافته و فاکتور *a و *b افزایش یافته است. تغییرات رنگ طی سرخ‌کردن 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 دستگاهی 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 است. بنابراین افزایش این فاکتور طی سرخ‌کردن در واقع نشان‌دهنده افزایش رنگ قهوه‌ای می‌باشد [۲۲].

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

Table5 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	36.98٦±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
18.33٨±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

٤- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده سرخ‌کردن 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- قهوه ای سوسیس‌ها شد در حالی که بر روی روشنی رنگ نمونه‌ها اثر معنی‌داری را نشان نداد.

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

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

٦- 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.

[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 Suphantharika, 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.

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