اثر نشاسته اصلاح شده سیب زمینی بر خواص رئولوژیکی، بافت و فیزیکی و شیمیائی کالباس مرغ

مهری داخته هارونی[۱]، علیرضا رحمن[۲*]، مانیاصالحی‌فر[۳]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران

۲-استادیار گروه صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران

۳-دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: alireza_rahman@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۳/۸، پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۴/۱۲

چکیده

در این تحقیق اثر استفاده از نشاسته استیله سیب زمینی به عنوان جایگزین چربی بر خواص رئولوژیکی، بافت و فیزیکوشیمیایی کالباس مرغ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون‌های نوسانی نشان داد که مدول الاستیک G' و مدول ویسکوز G"، نمونه‌های خمیر کالباس در سراسر محدوده فرکانس مورد بررسی، با افزایش غلظت نشاسته اصلاح شده و کاهش روغن، ویسکوزیته افزایش می‌یابد. بررسی تغییرات ویسکوزیته ظاهری نشان دهنده رفتار شبه پلاستیک نمونه‌های خمیر کالباس بود. نتایج نشان داد با افزایش درصد نشاسته استیله و کاهش درصد روغن در فرمولاسیون کالباس مرغ، میزان رطوبت، درصد خاکستر و درصد کربوهیدرات این نمونه‌ها افزایش و pH نمونه‌ها کاهش یافت. نتایج بررسی درصد چربی نشان دهنده کاهش چربی کل با افزایش نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن در فرمولاسیون است. بررسی ویژگی‌های بافتی کالباس‌های مرغ نشان داد که سفتی، حالت صمغی بافت و قابلیت جویدن با افزایش درصد نشاسته استیله و کاهش درصد روغن افزایش یافته است. با افزایش درصد نشاسته استیله از صفر به ۲ درصد وزنی میزان چسبندگی افزایش یافت و پس از آن با افزایش درصد نشاسته و کاهش درصد روغن چسبندگی کاهش یافته است، در حالیکه پیوستگی و حالت ارتجاعی بافت تغییر نکرده است. با افزایش درصد نشاسته استیله و کاهش درصد روغن میزان روشنایی کاهش L* ، پارمتر قرمزی a* افزایش و میزان رنگ آبی b* کاهش یافته است و نمونه حاوی ۴ درصد نشاسته استیله، بهترین امتیاز رنگ را به خود اختصاص داده است. بررسی عطر نمونه‌ها نشان داد هیچ تفاوتی در عطر نمونه‌های کالباس در تیمارهای مختلف وجود ندارد. امتیاز حسی مربوط به طعم و مزه نمونه‌ها نشان داد بهترین طعم و مزه مربوط به نمونه شاهد است. نتایج بررسی حسی بافت نمونه‌ها نشان داد که با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن امتیاز حسی بافت کاهش یافته است. در رابطه با پذیرش کلی نمونه‌های شاهد و تیمار ۱ و ۲ بیشترین امتیاز حسی را به خود اختصاص داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات فیزیکی وشیمیایی، رئولوژی، کالباس مرغ، نشاسته استیله سیب‌زمینی

مقدمه

مطالعات اپیدمیولوژی نشان داده است که میان نوع رژیم غذایی و خطر بروز برخی بیماری‌ها نظیر سرطان روده، چاقی و بیماری‌های قلبی و عروقی رابطه مستقیم وجود دارد. از این رو نگرانی‌های روزافزون پیرامون خطرات بالقوه مرتبط با مصرف غذاهای با چربی زیاد سبب شده است تا صنعت غذا به توسعه فرمولاسیون‌های جدید و اصلاح محصولات غذایی سنتی به فرآورده‌های با محتوی چربی کمتر روی آورد [1]. متداول‌ترین روش کاهش چربی استفاده از ترکیبات جایگزین چربی است که می‌توانند خصوصیات و ویژگی‌های چربی را در فرمولاسیون بوجود آورند که طعم و بافتی دلپذیر همانند محصولات پر چرب دارند، اما فاقد کالری‌های غیر ضروری و کلسترول می‌باشند . در این رابطه محققین

به بررسی اثر نشاسته اصلاح شده (نشاسته سیب زمینی بومی[1]، نشاسته اصلاح شده اسیدی[2]؛ نشاسته اصلاح شده دکسترینه شده[3]؛ نشاسته اصلاح شده پیش ژلاتینه[4])بر خواص رئولوژی حالت پایدار و پویا امولسیون گوشت پرداختندکه نتایج حاصله نشان داد رفتار همه امولسیون‌های مورد مطالعه غیر نیوتنی و رفتار سودوپلاستیک (شاخص جریان پذیری کمتر از ۱) بود [2]. همچنین در پژوهشی دیگر ، اثر نشاسته (ذرت، سیب زمینی و تاپیوکا) طی بررسی خواص رئولوژیکی و خواص رنگ ژل سوریمی-گوشت گاو نشان داد ندکه نشاسته اثرات منفی بر بازده پخت ژل سوریمی-گوشت گاو داشت در حالیکه در صورت استفاده از نشاسته تاپیوکا کمترین مقدار افت مشاهده شد [3]. در صنعت غذا پذیرش و مقبولیت یک فرآورده از سوی مصرف کنندگان، تضمین کننده تولید آن فرآورده و تداوم حضور آن در بازار مصرف است بنابراین ارزیابی ویژگی های حسی در انتخاب بهترین فرمولاسیون، نقش اساسی دارد؛ بنابراین ضروری است تا تحقیقات در خصوص امکان مناسب‌ترین روش تولید کالباس خشک کم چرب که علاوه بر کاهش یافتن میزان چربی از نظر و یژگی‌های کیفی نیز قابل قبول باشد، به عمل آید. لذا هدف از این تحقیق مطالعه اثر نشاسته اصلاح شده سیب زمینی بر خواص رئولوژیکی، بافت و فیزیکی و شیمیائی کالباس مرغ بود.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق مطابق جدول فرمولاسیون بکار رفته در فرمولاسیون کالباس مرغ (جدول شماره ۱) میباشد.

ارزیابی رئولوژیکی خمیر کالباس:

جهت اندازه گیری ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر کالباس از دستگاه رئومتر Anton Paar - MCR 301 (ساخت کشوراتریش) مجهز به سیستم تنظیم دمای Peltier Plate و سیرکولاتور آب با دقت ۰/۰۱± درجه سلسیوس استفاده شد [4].

آزمون روبش کرنش[5] : ناحیه ویسکوالاستیک خطی با انجام آزمون روبش کرنش در فرکانس ثابت ۱ هرتز در حالیکه مقادیر کرنش از ۱۰۰۰- ۰/۰۱ درصد در حال تغییر بود تعیین گردید. پارامترهای ضریب الاستیک یا ذخیره 'G، ضریب افت یا ویسکوز "G، تانژانت افت ($\tan\delta$) در محدوده ویسکوالاستیک خطی و نقطه تلاقی نیز محاسبه گردید [5] .

آزمون روبش فرکانس[6]: مقادیر مدول الاستیک، مدول ویسکوز و تانژانت افت به عنوان تابعی از فرکانس در محدوده ۰/۰۱ تا ۵۰ هرتز در کرنش ثابت ۱ درصد در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تعیین گردید [4] .

آزمون رفتار جریان: نمودارهای رفتار جریانی (گرانروی ظاهری در مقابل نرخ برش و تنش برشی در مقابل نرخ برش) برای هر نمونه به دست آمد. سپس داده‌های گرانروی در نرخ برش S^{-1} ۰/۵۰۰-۰۱ مقایسه گردیدند. برای توصیف خواص رئولوژیک، داده های آزمون با مدل هرشل بالکی[7] و مدل توانی یا استوالد برازش شدند (معادله ۱). در این معادله τ تنش و τ_0 تنش تسلیم[8]، k ضریب قوام[9]، γ سرعت برشی[10] و n اندیس رفتار جریان[11] است [6] .

[1] Native potato starch
[2] Acidic Modified Starch
[3] Dextrinized starch
[4] Pre-Gelatinized Starch

[5] Strain Sweep
[6] Frequency Sweep
[7] Herschel - Bulkley model
[8] Yiled stress
[9] Consistency coefficient
[10] Shear Rate
[11] Flow Behavior Index

بررسی ویژگی‌های شیمیایی کالباس: پس از تهیه نمونه‌های کالباس تا زمان انجام آزمون های شیمیایی نمونه‌ها در پوشش مناسب در دمای یخچال نگهداری شد و قبل از انجام آزمون‌ها به دمای محیط رسانده شد و ویژگی‌های شیمیایی آن شامل چربی تام (بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۲)، رطوبت و مقدار پروتئین تام(بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۵)، کربوهیدرات (بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۰۳)، خاکستر (بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴)، pH (بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۲۸) و ارزیابی باقیمانده فسفات (از آنجاییکه نشاسته استیله سیب‌زمینی به روش شیمیایی اصلاح می‌شود و در روش‌های اصلاح شیمیایی از ترکیبات فسفاته استفاده می‌شود میزان فسفات باقی‌مانده بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۳۴) در سه بار تکرار انجام گردید [26,27,28,29,30,31,32] .

بررسی ویژگی‌های فیزیکی کالباس

ارزیابی بافت: ویژگی‌های بافت با استفاده از دستگاه بافت سنج تعیین شد. برای این منظور نمونه‌هایی با ضخامت ۱۰ سانتیمتر و قطر ۲/۶ سانتیمتر از نمونه کالباس در دمای اتاق برش داده شد. جهت ارزیابی بافت، میزان بار اعمالی[1] ۱۰۰ نیوتن، با سرعت حرکت ۲۵۰ میلی متر بر دقیقه بر نمونه اعمال گردید و از تیغه‌ای با زاویه صفر درجه استفاده گردید. حداکثر نیروی برشی و مقدار انرژی مورد نیاز برای برش به ترتیب توسط پیک منحنی و سطح زیر آن اندازه‌گیری شد [26] .

ارزیابی رنگ و ارزیابی حسی: جهت ارزیابی رنگ نمونه‌ها از دستگاه هانترلب مدل Colorflex ez ساخت کشور آمریکا مطابق روش استاندارد ۱-۵۷۲۵ AOCS صورت گرفت. برای مشخص کردن میزان مقبولیت کلی محصول توسط مصرف کنندگان از ۱۰ ارزیاب آموزش دیده برای انجام آزمون استفاده شد و از آن‌ها خواسته شد که به نمونه‌ها، صفت‌های کلی لذت بخشی (هدونیک۵ نقطه‌ای) از بسیار مطلوب تا بسیار نامطلوب بدهند. خواص حسی طعم، عطر، سفتی و پذیرش کلی، در سه تکرار توسط داوران مورد بررسی قرار گرفت. [7]

آنالیز داده‌ها: با استفاده از نرم افزار Rheoplus/32 V3.21 انجام گردید. همچنین رسم نمودارهای رئولوژیکی با استفاده از نرم افزار اکسل نسخه سال ۲۰۱۶ صورت گرفت. برازش داده‌ها برای بدست آوردن پارامترهای مدل‌های رئولوژیکی با استفاده از نرم افزار متلب[2] نسخه سال ۲۰۱۶، صورت گرفت. برای این منظور در هر تیمار با استفاده از اطلاعات تنش برشی[3] – کرنش[4] ضرایب مدل هرشل بالکی و مدل توانی (τ_0، k و n در معادله (۱)) تعیین شدند و ضریب تبیین R^2 برای تعیین دقت برازش داده‌ها در هر مدل تعیین گردید.

[1] Load cell

[2] MATLAB
[3] Shear Stress
[4] Strain

جدول ۱-فرمولاسیون کالباس مرغ (اعداد بر حسب درصد وزنی است)

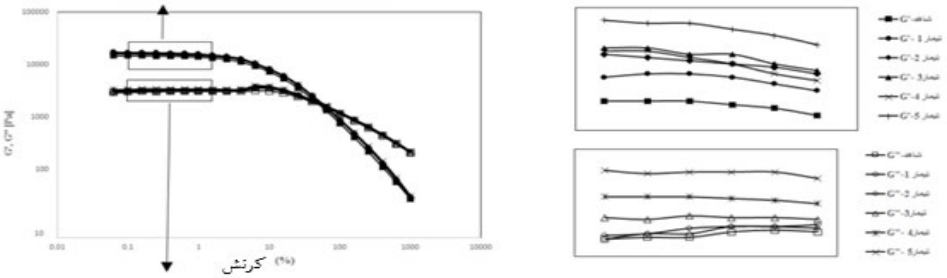
نام ترکیب	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار۳	تیمار۴	تیمار۵
گوشت مخلوط مرغ	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵
نشاسته گندم	۶	۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳
روغن نباتی	۲۲	۲۱	۲۰/۵	۲۰	۱۹/۵	۱۹
نشاسته اصلاح شده سیب‌زمینی	۰	۲	۳	۴	۵	۶
آب و یخ	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳
گلوتن	۱	۱	۱	۱	۱	۱
ادویه	۱	۱	۱	۱	۱	۱
نمک	۱/۵۵	۱/۵۵	۱/۵۵	۱/۵۵	۱/۵۵	۱/۵۵
فسفات	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
نیتریت	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
اسید آسکوربیک	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

نتایج و بحث

ارزیابی رئولوژیکی خمیر کالباس

روبش کرنش: ناحیه ویسکوالاستیک خطی[1] با انجام آزمون روبش کرنش در فرکانس ثابت ۱ هرتز در حالیکه مقادیر کرنش از ۱۰۰۰- ۰/۰۱ درصد در حال تغییر بود تعیین گردید. پارامترهای مدول الاستیک یا ذخیره G'، مدول افت یا ویسکوز G''، نقطه تلاقی دو منحنی مدول ذخیره و مدول افت محاسبه گردید [5] . شکل (۱) نشان دهنده تغییرات مدول الاستیک G' و مدول ویسکوز G''، بر اساس تغییرات کرنش است که از طریق آزمون روبش کرنش تعیین شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های نوسانی نشان می‌دهد که G' و G'' نمونه‌های خمیر کالباس وابسته به فرکانس بوده و در سراسر محدوده فرکانس مورد بررسی، با افزایش غلظت نشاسته اصلاح شده و کاهش روغن، مقدار هر دو مدول افزایش یافته، در حالی که تغییرات مدول الاستیک (G') نسبت به مدول ویسکوز (G'') بیشتر است. همچنین روند تغییرات این مدول‌ها در درصدهای کرنش مختلف تقریبا یکسان است. در نتیجه می‌توان نمونه‌ها را در دسته ژل‌ها طبقه بندی کرد. با توجه به پارامترهای روبش کرنش، با افزایش غلظت نشاسته استیله سیب‌زمینی، مؤلفه G' نسبت به G'' در ناحیه ویسکوالاستیک خطی (LVE) بیشتر بوده و این امر بیانگر رفتار جامد ویسکوالاستیک می‌باشد. بیشترین افزایش مدول ذخیره نسبت به نمونه شاهد در محدوده ویسکوالاستیک خطی مربوط به نمونه خمیر تیمار ۵ است. مقدار این افزایش در سه تیمار ۲، ۳ و ۴ تقریبا به یک میزان است. در حالی که افزایش مدول ذخیره در نمونه‌های تیمار ۱ با افزایش نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن و نشاسته گندم نسبت به نمونه شاهد کمترین مقدار است

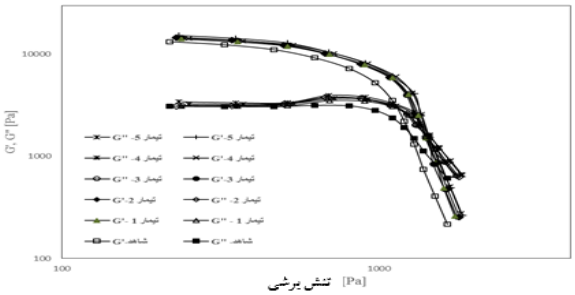
[1] Linear Viscoelastic



شکل۱. نمودار روبش کرنش (تغییرات مدول ذخیره G' و مدول افت G''، بر حسب تغییرات درصد کرنش)

تنش مورد نیاز برای تخریب ساختار خمیر افزایش یافته است. این مطلب نشان دهنده افزایش قدرت پیوندهای بین مولکولی در ساختار خمیر کالباس با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده است.

شکل (۲) نشان دهنده نمودار مدول ذخیره و افت بر حسب تنش برشی و جدول (۲) نشان دهنده تنش در نقطه تلاقی دو منحنی مدول ذخیره و افت می‌باشد. با توجه به داده‌های این جدول به راحتی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده و کاهش روغن مقدار

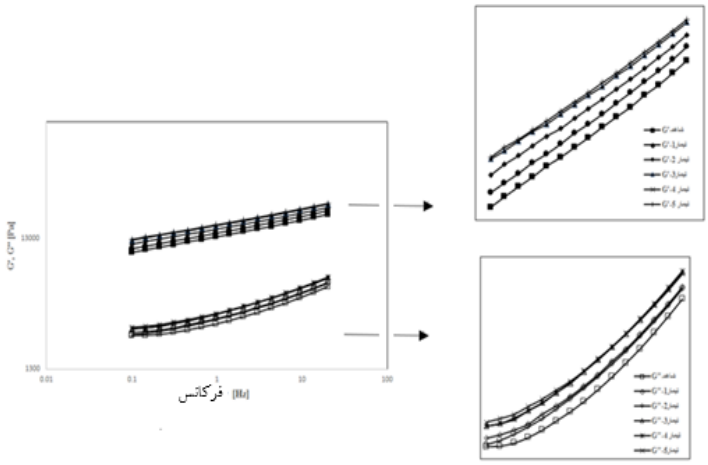


شکل ۲. نمودار روبش تنش (تغییرات مدول ذخیره G' و مدول افت G''، بر حسب تغییرات تنش برشی

جدول ۲. تنش در نقطه تلاقی دو منحنی مدول ذخیره و افت در نمونه‌های خمیر کالباس

تیمار	نقطه تلاقی مدول افت و ذخیره (پاسکال)τ_f
شاهد	۱۲۹۰
تیمار ۱	۱۴۰۰
تیمار۲	۱۴۱۰
تیمار۳	۱۴۳۰
تیمار۴	۱۴۴۰
تیمار۵	۱۴۴۰

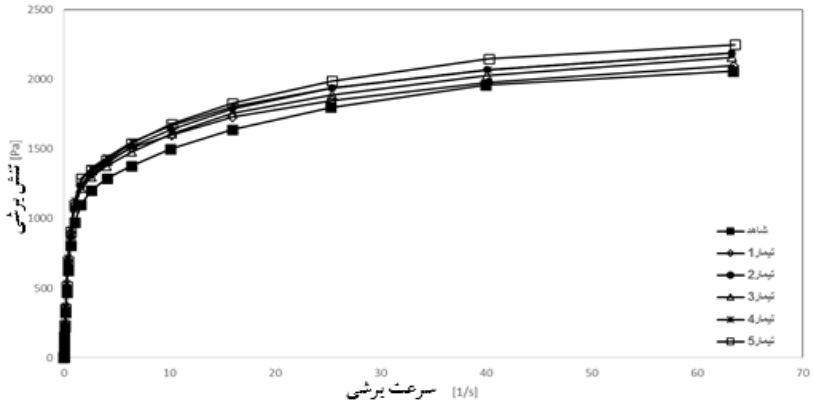
رویش فرکانس: نمودار روبش فرکانس برای نمونه‌های خمیر کالباس در تیمارهای مختلف در شکل (۳) نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود تغییرات مدول ذخیره و افت با افزایش فرکانس در نمودارهای مربوط به تیمارهای ۳، ۴ و ۵ در یک محدوده است و تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. بطوری که نمودارهای مربوط به تیمار ۳ و ۴ تقریبا همپوشانی دارند. در این نمودارها که در محدوده فرکانس‌های پایین رسم شده است، G' بزرگتر از G'' است که این امر به این دلیل است که فرکانس پایین باعث تشکیل مجدد ساختار در نمونه خمیر کالباس می‌شود و در نتیجه سبب افزایش مدول ذخیره می‌شود.



شکل ۳. نمودار روبش فرکانس (تغییرات مدول ذخیره G' و مدول افت G''، بر حسب تغییرات فرکانس)

بطور کلی نتایج حاصل از آزمون‌های نوسانی نشان می‌دهد که مدول الاستیک G' و مدول ویسکوز G''، نمونه‌های خمیر کالباس وابسته به فرکانس بوده و در سراسر محدوده فرکانس مورد بررسی، با افزایش غلظت نشاسته اصلاح شده و کاهش روغن، مقدار هر دو مدول افزایش یافته، در حالی که تغییرات مدول الاستیک (G') نسبت به مدول ویسکوز (G'') بیشتر است. همچنین روند تغییرات این مدول‌ها در درصدهای کرنش مختلف تقریباً یکسان است. افزایش دو مدول با افزایش درصد نشاسته استیله و کاهش درصد روغن با نتایج تحقیقات Wu و همکاران و Zhang و همکاران همخوانی داشت [8,3]. در تحقیق حاضر، پس از ناحیه ویسکوالاستیک خطی در کلیه نمونه‌ها با افزایش کرنش هر دو مدول ذخیره (G') و مدول اتلاف (G'') کاهش یافته است. با توجه به پارامترهای روبش کرنش، با افزایش غلظت نشاسته استیله سیب‌زمینی، مؤلفه G' نسبت به G'' در ناحیه ویسکوالاستیک خطی (LVE) بیشتر بوده و این امر بیانگر رفتار جامد ویسکوالاستیک می‌باشد که با نتایج Genccelep و همکاران همخوانی داشت[2].

بررسی مقدار تنشی که در آن مدول ذخیره و افت با یکدیگر برابر می شوند یا به عبارت دیگر تنشی است که ساختار خمیر به قدری تخریب می‌شود که شروع به جریان می‌کند، در نمونه‌های خمیر کالباس نشان داد که با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده و کاهش روغن مقدار تنشی مورد نیاز برای تخریب ساختار خمیر افزایش یافته است. این مطلب نشان دهنده افزایش قدرت پیوندهای بین مولکولی در ساختار خمیر کالباس با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده است .



شکل ۴. نمودار تنش – سرعت برش نمونه‌های خمیر کالباس مرغ

داده‌های حاصل از آزمون رئولوژیکی نشان داده شده در شکل (۴) با استفاده از دو مدل هرشل بالکی [۱۷]و مدل استوالد[۱۸] یا توان برازش شدند. پارامترهای دو مدل ارزیابی شده، ضریب هبستگی (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا[۱۹] برازش انجام شده در جدول (۳) ارائه شده است. در تمام برازش‌های صورت گرفته دقت مدل هرشل بالکی در مقایسه با مدل توانی یا استوالد بیشتر است و بهتر می‌تواند داده‌های رئولوژیکی را پیش بینی نماید. نکته قابل توجه این است تنش تسلیم که بیانگر مقدار تنشی است که باعث ایجاد تغییر فرم پلاستیک محسوس در نمونه مورد آزمون می‌شود و این مقدار نمی‌تواند منفی باشد. به عبارتی تنش تسلیم منفی از لحاظ فیزیکی معنی‌دار نمی‌باشد. از این رو با توجه به اینکه مقادیر ضریب همبستگی برازش داده‌ها توسط مدل استوالد بالاتر ۰/۹۲ است این مدل به عنوان مدلی مناسب برای پیش بینی مقدار تنش در سرعت‌های برش مختلف می‌تواند بکار گرفته شود.

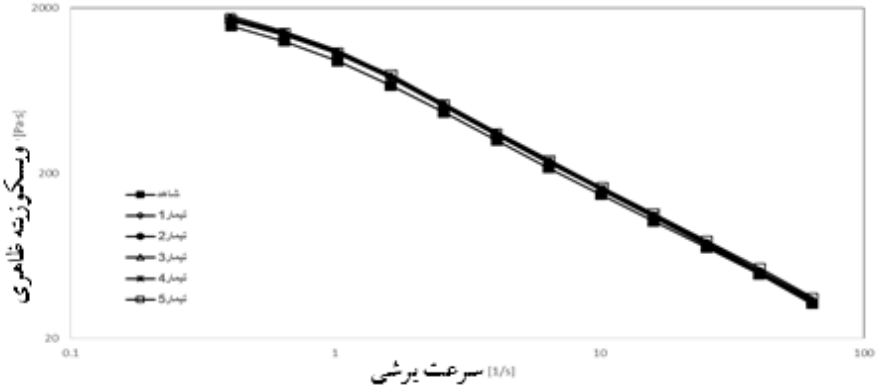
بررسی نمودارهای تنش برشی– سرعت برش بطور کلی نشان داد که با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن در نمونه‌های خمیر کالباس مورد آزمون تنش برشی در سرعت برش ثابت افزایش یافته است، این روند نیز نشان دهنده افزایش قدرت پیوندهای بین مولکولی در ساختار خمیر کالباس با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده است. برازش داده های نمودارهای تنش برشی– سرعت برش توسط مدل توان یا استوالد نشان داد که این مدل به خوبی می تواند رفتار تنش برشی بر حسب سرعت برش را پیش بینی نماید.

[17] Herschel - Bulkley model
[18] Ostwald
[19] RMSE

جدول ۳. پارامترهای مدل هرشل بالکی و مدل استوالد بر اساس برازش داده ها

	تیمار	τ_0	.	k	[۲۰]RMSE	R^2
شاهد	هرشل بالکی	-۵۱۸/۷	۰/۱۷۱۵	۸۳۱/۱	۱۱۶/۴	۰/۹۷۵۶
	استوالد	---	۰/۲۷۵۸	۳۴۵/۱	۱۷۰/۸	۰/۹۴۵۲
تیمار۱	هرشل بالکی	-۷۰۴	۰/۱۴۸۳	۱۰۶۳	۱۴۵	۰/۹۶۵۵
	استوالد	---	۰/۲۶۳	۳۸۹/۴	۲۰۶/۳	۰/۹۲۷۱
تیمار۲	هرشل بالکی	-۶۰۹/۹	۰/۱۶۴	۹۴۵/۹	۱۳۶/۸	۰/۹۷۱۱
	استوالد	---	۰/۲۷۲۱	۳۸۰/۱	۱۹۶/۶	۰/۹۳۷۷
تیمار۳	هرشل بالکی	-۶۲۹/۴	۰/۱۵۹۴	۹۷۴/۹	۱۳۳/۹	۰/۹۷۱۲
	استوالد	---	۰/۲۶۸۹	۳۸۰/۷	۱۹۳/۹	۰/۹۳۷
تیمار۴	هرشل بالکی	-۶۹۵/۶	۰/۱۵۲۶	۱۰۶۴	۱۴۳/۹	۰/۹۶۸۵
	استوالد	---	۰/۲۶۵۱	۴۰۰/۳	۲۰۷/۳	۰/۹۳۱۸
تیمار۵	هرشل بالکی	-۶۱۹/۸	۰/۱۶۵	۹۷۳/۲	۱۴۰/۷	۰/۹۷۱۱
	استوالد	---	۰/۲۷۲۶	۳۸۹/۳	۲۰۱/۴	۰/۹۳۸۱

رفتار جریان ویسکوزیته ظاهری– سرعت برشی: نمودارهای ویسکوزیته ظاهری– سرعت برشی بر اساس نتایج بررسی‌های رئولوژیکی خمیرهای کالباس در تیمارهای مختلف مورد آزمون، در نمودار شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵. نمودار ویسکوزیته ظاهری– سرعت برشی خمیرهای کالباس در تیمارهای محتلف

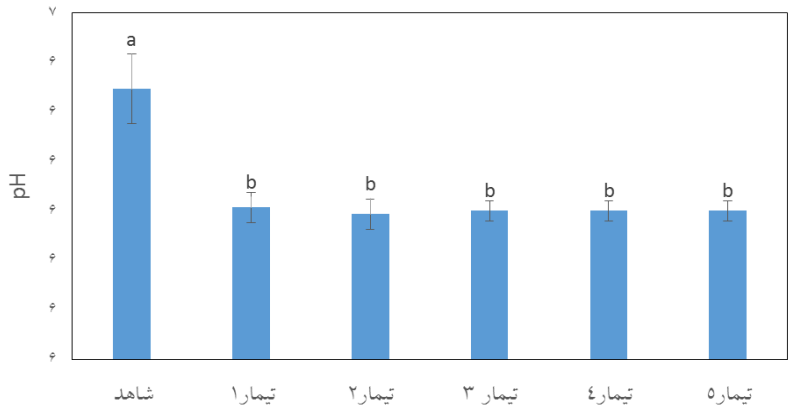
[20] Root-Mean-Square Error

بررسی تغییرات ویسکوزیته ظاهری به صورت تابعی از سرعت برشی نشان داد که در همه نمونه‌ها ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برشی کاهش یافته است، که این نوع رفتار وجه مشخصه سیالات شبه پلاستیک است. در همه نمونه‌ها ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برشی کاهش یافت که به دلیل شکسته شدن ساختار در اثر سرعت برشی است. با کاهش ویسکوزیته در طی افزایش سرعت برش، می‌توان نتیجه گیری کرد که همه نمونه‌ها رفتار رقیق شونده با برش یا سودوپلاستیک را از خود نشان داده‌اند که به دلیل تخریب ساختار ژلی در اثر برش و همچنین به دلیل ضعیف شدن برهم کنش بین ساختارهای موجود در شبکه نمونه می‌باشد [9]. در سرعت‌های برش پایین، نیروهای هیدرودینامیکی بسیار کم قادر به شکستن شبکه نبوده ولی با افزایش سرعت برشی، نیروهای هیدرودینامیک موجب تغییر شکل توده‌ها و به تدریج سبب تخریب آن‌ها و در نتیجه کاهش ویسکوزیته می‌شوند. بیشترین ویسکوزیته مربوط به نمونه خمیر تیمار ۵، بود. یعنی با افزایش غلظت نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن، ویسکوزیته نمونه‌های خمیر کالباس افزایش یافت.

روند تغییرات ویسکوزیته ظاهری نشان داد که در همه نمونه‌ها ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برشی کاهش یافته است، که این نوع رفتار وجه مشخصه سیالات شبه پلاستیک است. در همه نمونه‌ها ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برشی کاهش یافت که به دلیل تخریب ساختار ژلی در اثر برش و همچنین به دلیل ضعیف شدن برهمکنش بین ساختارهای موجود در شبکه نمونه می‌باشد. در سرعت‌های برش پایین، نیروهای هیدرودینامیکی بسیار کم قادر به شکستن شبکه نبوده ولی با افزایش سرعت برشی، نیروهای هیدرودینامیک موجب تغییر شکل توده‌ها و به تدریج سبب تخریب آن‌ها و در نتیجه کاهش ویسکوزیته می‌شوند. بیشترین ویسکوزیته مربوط به نمونه خمیر تیمار ۵، بود. یعنی با افزایش غلظت نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن، ویسکوزیته نمونه‌های خمیر کالباس افزایش یافت. این تغییر به علت حضور گروه‌های استیل در ساختار نشاسته اصلاح شده است که ویژگی نگهداری آب را در ژل افزایش می‌دهد و افزایش اتصال مولکولی به رطوبت سبب قوی تر شدن شبکه و در نتیجه مقادیر بیشتر ویسکوزیته شده است.

ارزیابی شیمیایی کالباس مرغ

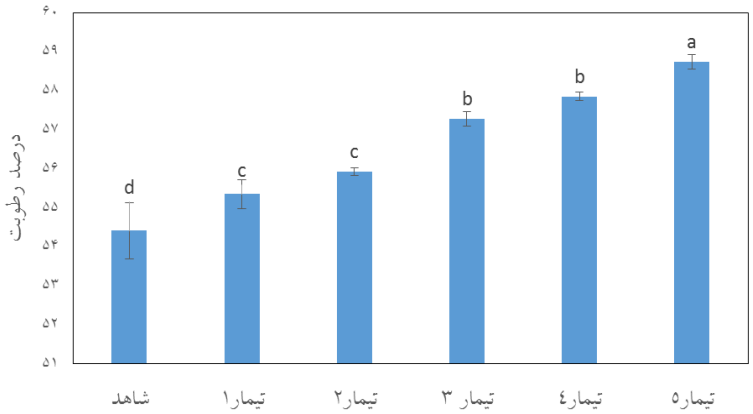
ارزیابی pH: نتایج حاصل از این آزمون در شکل (۶) نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین pH نمونه شاهد و تیمارهای دیگر مشاهده می‌شود. در حالی که pH تیمارهای حاوی نشاسته استیله سیب‌زمینی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. با بکارگیری نشاسته استیله سیب‌زمینی در فرمولاسیون نمونه‌های کالباس سبب کاهش pH نمونه‌ها شده است. این مطلب به دلیل اسیدی بودن نشاسته استیله سیب‌زمینی (pH=۶) می‌باشد.



شکل۶. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر pH نمونه‌های کالباس مرغ

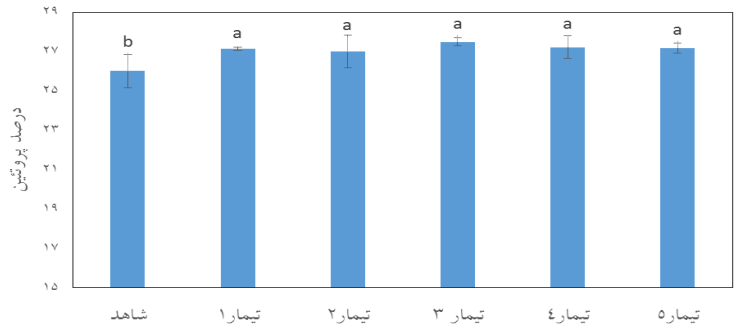
ارزیابی درصد رطوبت: نتایج مقایسه درصد رطوبت نمونه‌های کالباس حاصل از تیمارهای مختلف در شکل (۷) نشان داده شده است. با توجه به حروف کوچک قرار گرفته بر روی هر یک از ستون‌ها در این شکل می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین درصد رطوبت نمونه‌های تولیدی در تیمارهای ۵، ۴، ۲ و شاهد وجود دارد. در حالی که تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار ۳ و ۴ و همچنین دو تیمار ۲ و ۱ از لحاظ درصد رطوبت وجود ندارد (P>۰/۰۵). با افزایش درصد نشاسته استیله در فرمولاسیون کالباس مرغ، میزان رطوبت این نمونه‌ها افزایش یافته است. بکارگیری نشاسته اصلاح شده سیب زمینی سبب افزایش اتصال مولکولی به رطوبت شده و سبب افزایش قابلیت نگهداری و جذب آب می‌شود. استیله کردن نشاسته سبب افزایش قدرت تورم نشاسته می‌شود که این افزایش در اثر استیله کردن به علت قرار گرفتن گروه‌های هیدروفیل روی زنجیره نشاسته است که موجب نگهداری آب و تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌شود. تحقیقات انجام شده به بررسی اثر افزودن نشاسته تاپیوکا بر خواص فیزیکی و شیمیایی، کیفی و حسی پاته گوشتی کم چرب پرداخته اندکه نتایج بدست آمده نشان داد که میزان رطوبت به میزان زیادی تحت تاثیر میزان نشاسته قراردارد که این نتایج با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد [11] . در سال ۲۰۱۱، [21] لیمبرگر با بررسی اثر نشاسته اصلاح شده برنج در سوسیس به عنوان جایگزین چربی نشان دادند که نشاسته اصلاح شده سبب افزایش رطوبت سوسیس شده است [12] .

21 Limberger



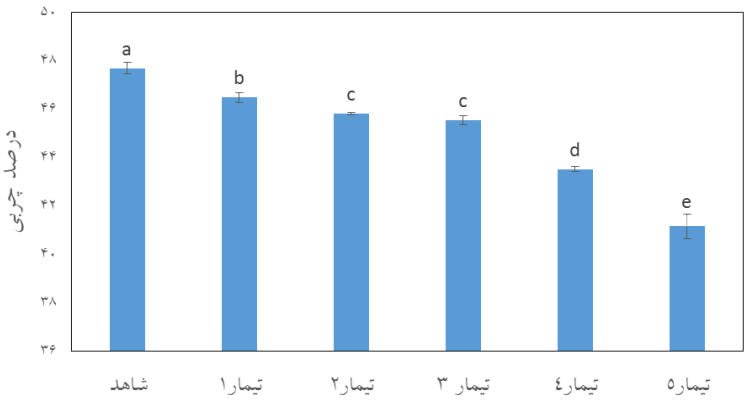
شکل ۷. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر درصد رطوبت

ارزیابی درصد پروتئین: نتایج حاصل (شکل ۸) تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) در میزان پروتئین کل نمونه شاهد و تیمارهای دیگر وجود نداشت.



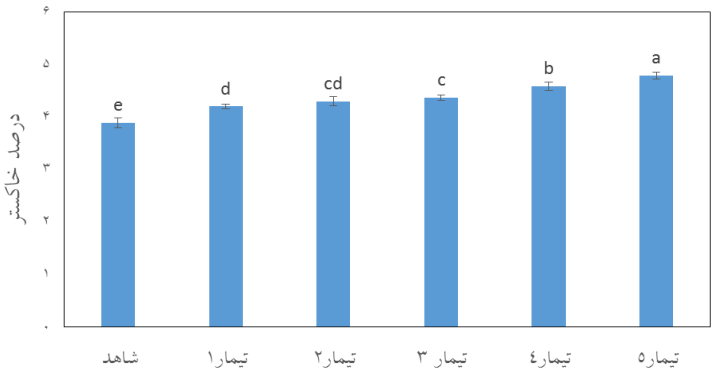
شکل ۸. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر درصد پروتئین تام

ارزیابی درصد چربی: نتایج بررسی درصد چربی شکل (۹) ترسیم شده است همان طور که از حروف روی هر ستون در این شکل مشخص است، تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) در درصد چربی در تیمارهای شاهد، ۱، ۳، ۴ و ۵ وجود دارد. در حالی که درصد چربی در تیمارهای ۲ و ۳ از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P>۰/۰۵). نتایج نشان دهنده کاهش چربی کل با افزایش نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن در فرمولاسیون است.



شکل ۹. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر درصد چربی تام

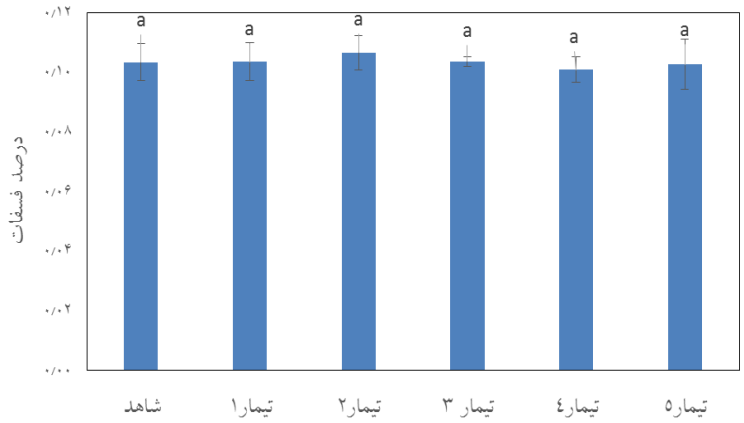
ارزیابی درصد خاکستر: نتایج حاصل از این آزمون در شکل (۱۰) نشان داده شده است. همان طورکه از حروف روی هر ستون مشخص است تفاوت معنی‌داری ($P<0/05$) بین درصد خاکستر نمونه‌های تولیدی در تیمارهای شاهد، ۱، ۳، ۴ و ۵ وجود دارد. در حالی که درصد خاکستر تیمار ۲ تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱ و ۳ ندارد ($P>0/05$). در اثر سوزاندن نمونه‌ها در دمای بالای ۵۰۰ درجه تمامی مواد آلی (از جمله مواد پروتئینی ، فیبر خام ، چربی و غیره) سوزانده شده و فقط مواد معدنی باقی می‌مانند که مجموع آنها خاکستر خام است. از آنجا که با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده درصد روغن کاهش یافته است و نشاسته جایگزین آن شده است، درصد مواد معدنی نمونه‌ها افزایش یافته است. از این رو روند افزایشی در درصد نشاسته مشاهده شده است. مطابق تحقیق صورت گرفته توسط Limberger افزودن نشاسته اصلاح شده برنج و کاساوا به فرمولاسیون سوسیس سبب افزایش درصد خاکستر شده است [12].



شکل ۱۰. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر درصد خاکستر کل

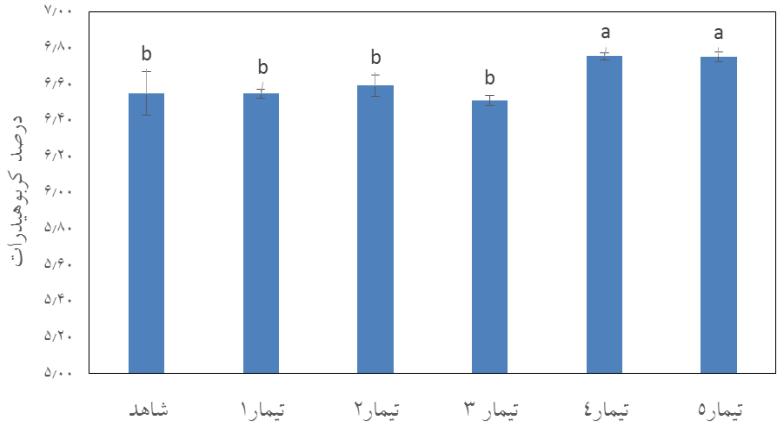
ارزیابی درصد فسفات: همان طورکه از حروف روی هر ستون در شکل (۱۱) مشخص است، تفاوت معنی‌داری در

درصد فسفات تیمارها مشاهده نمی‌شود (P>۰/۰۵). به عبارتی می‌توان گفت نشاسته استیله هیچ گونه تاثیری بر درصد فسفات نمونه‌های کالباس نداشته است. اما سبب افزایش درصد کربوهیدرات در درصدهای بالای نشاسته استیله شده است.



شکل ۱۱. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر درصد فسفات

ارزیابی درصد کربوهیدرات: نتایج حاصل از این آزمون در شکل (۱۲) نشان داده شده است. همان طور که از حروف روی هر ستون مشخص است تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین درصد کربوهیدرات نمونه‌های تولیدی در تیمارهای شاهد، و ۵ وجود دارد. در حالی که درصد کربوهیدرات در تیمار شاهد، ۱، ۲ و ۳ و همچنین دو تیمار ۴ و ۵ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند (P>۰/۰۵).

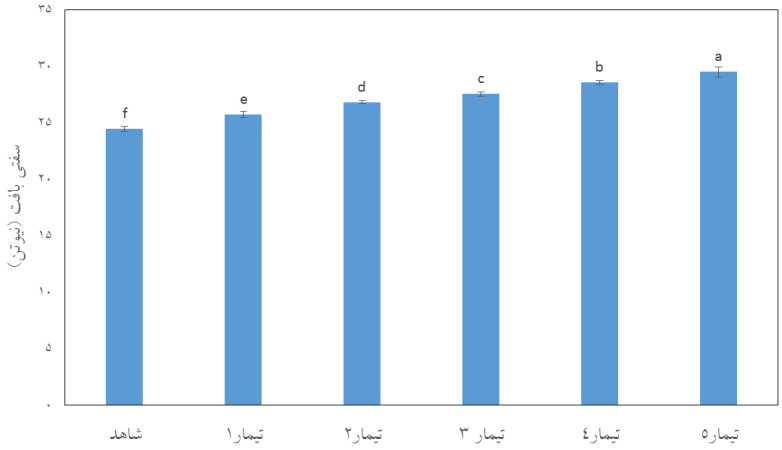


شکل ۱۲. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر درصد کربوهیدرات

ارزیابی فیزیکی کالباس مرغ

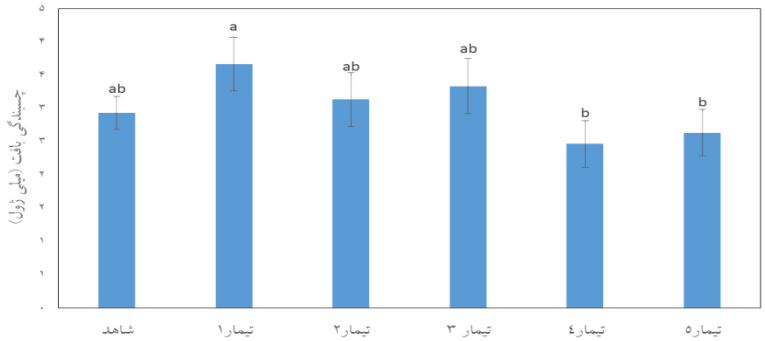
سفتی بافت: نتایج این آزمون در شکل (۱۳) نشان داده شده است. آنالیز آماری حاصل نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین سفتی بافت در کلیه تیمارها

وجود دارد. بیشترین سفتی مربوط به تیمار ۵ با بیشترین درصد نشاسته استیله سیب‌زمینی و کمترین میزان روغن است. در حالی که کمترین سفتی بافت مربوط به نمونه شاهد است که بیشترین درصد روغن را داراست و نشاسته استیله سیب‌زمینی در آن استفاده نشده است. سفتی بافت با افزایش درصد نشاسته استیله و کاهش درصد روغن را می‌توان به افزایش قدرت پیوندهای بین مولکولی در کالباس و کاهش رطوبت آزاد کالباس با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده نسبت داد. Petridis و همکاران به بررسی اثر نشاسته و سدیم کازئینات و چربی بر خصوصیات حسی کالباس گوشت خوک پرداختند. اثر منفی کاهش چربی بر قوام و سفتی به تخریب ژل پروتئینی ناشی از جداسازی فازی در کالباس نسبت داده شد[13] . Choi و همکاران با بررسی اثر نشاسته بر خواص مرتبط با محتوای چربی سوسیس بولونیا سرخ کرده نشان دادند که افزودن درصد نشاسته بر خواص اتصال و بافت تاثیر گذار بوده است. افزودن نشاسته باعث افزایش سفتی بافت گردید[15] .



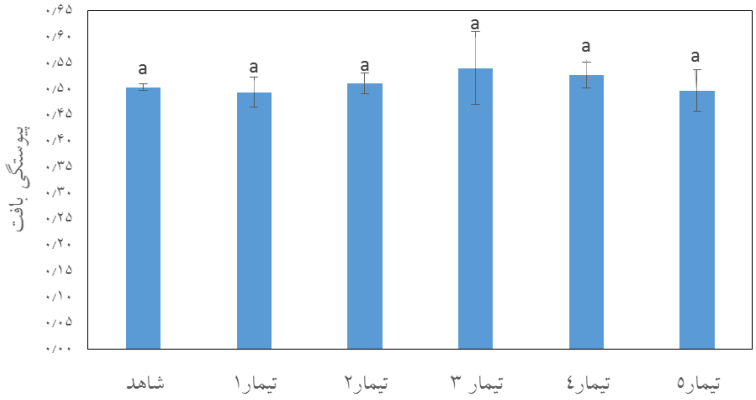
شکل ۱۳. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر خاصیت سفتی بافت

چسبندگی: نتایج حاصل از (شکل ۱۴) بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P<0/05$) چسبندگی بافت در تیمار ۱ و ۵ می‌باشد. همچنین اختلاف معنی‌داری از نظر آماری بین میزان چسبندگی در تیمارهای ۴ و ۵ مشاهده نشد ($P>0/05$). همچنین میزان چسبندگی در تیمارهای ۲، ۳ و شاهد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P>0/05$) و مقدار آن‌ها در محدوده بین میزان چسبندگی تیمار ۱ و ۵ است. روند تغییرات میزان چسبندگی با تغییر فرمولاسیون در تیمارها بدین صورت است که با بکارگیری ۲ درصد نشاسته استیله سیب‌زمینی و کاهش درصد روغن در تیمار ۱ میزان چسبندگی افزایش یافته است و با ادامه روند افزایش نشاسته استیله سیب‌زمینی و کاهش روغن میزان چسبندگی شروع به کاهش نموده است. این روند را می توان با غالب شدن اثر کاهش درصد روغن (از ۲۲ به ۱۹) بر افزایش درصد نشاسته استیله سیب‌زمینی (از ۰ الی ۶) در تیمارهای مختلف توجیه نمود.



شکل ۱۴. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر خاصیت چسبندگی بافت

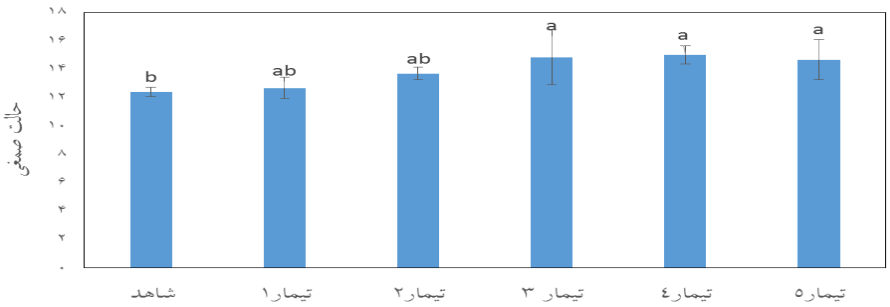
پیوستگی: نتایج جهت مقایسه تفاوت بین پیوستگی بافت در تیمارهای مختلف در شکل (۱۵) نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود میزان پیوستگی بافت در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری با یگدیگر ندارند عدم تاثیر معنی دار حضور نشاسته استیله سیب‌زمینی و کاهش چربی بر پیوستگی نمونه‌های کالباس مرغ را کاهش پیوستگی در اثر کاهش چربی و افزایش آن در اثر حضور نشاسته اصلاح شده دانست که سبب عدم تغییر پیوستگی بافت شده است. Petridis و همکاران نشان دادند که حضور نشاسته نخود در فرمولاسیون بلونیا سبب افزایش پیوستگی سوسیس کم چرب شده است. در تحقیقات انجام شده اثر متفاوت حضور نشاسته به عنوان پیوند دهنده و کاهش درصد چربی بر روی پیوستگی مشاهده شده است [16] .



شکل ۱۵. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر خاصیت پیوستگی بافت

حالت صمغی: نتایج حاصل از آنالیز واریانس درشکل (۱۶) نشان داده شده است که اثر نوع تیمار بر ویژگی حالت صمغی کالباس مرغ معنی‌دار($P<0/05$) است با افزایش درصد نشاسته استیله و کاهش درصد روغن حالت صمغی (نیروی لازم برای متلاشی ساختن بافت کالباس تا رسیدن به حد قابل بلع) افزایش یافته است. این افزایش می‌تواند به دلیل حضور نشاسته به عنوان پیوند دهنده در ساختار کالباس مرغ و اثر مستقیم کاهش چربی بر افزایش حالت صمغی باشد. نتایج تحقیقات نشان داد که افزایش نشاسته تاپیوکا در فرمولاسیون سوسیس فرانکفورتر سبب افزایش

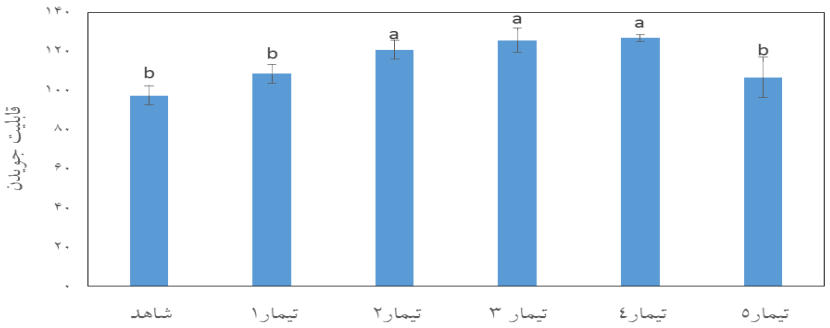
حالت صمغی بافت می‌شود. در تحقیق انجام شده که به بررسی بافت کالباس خوک کم چرب با نشاسته سیب‌زمینی پرداختنه شده است نتایج نشان داد افزودن ۴ درصد نشاسته سیب زمینی در فرمولاسیون سبب افزایش حالت صمغی گردید [24].



شکل ۱۶. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر حالت صمغی بافت

قابلیت جویدن: نتایج شکل (۱۷) بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار($P>0/05$) بین قابلیت جویدن تیمارهای ۲، ۳ و ۴ و همچنین تیمارهای ۱، ۵ و شاهد است. با توجه به نمودار شکل مذکور با افزایش درصد نشاسته استیله قابلیت جویدن افزایش یافته است و این خاصیت با افزایش درصد نشاسته استیله از ۵ به ۶ درصد افت ناگهانی نشان داده است. این افت می تواند مرتبط با کاهش بیش از حد درصد روغن و افزایش بیش از اندازه نشاسته استیله در فرمولاسیون کالباس های تولیدی باشد. بازهم تغییر روند در تیمار ۵ را می توان به برهمکنش بین دو عامل کاهش درصد روغن و نشاسته گندم و افزایش درصد نشاسته اصلاح شده سیب‌زمینی مرتبط دانست. این افزایش را می توان به حضور نشاسته به عنوان پیوند دهنده در ساختار کالباس مرغ و اثر مستقیم کاهش چربی بر افزایش قابلیت جویدن نسبت داد. پتریدیس[۲۲] و همکاران به بررسی اثر نشاسته و سدیم کازئینات و چربی بر خصوصیات کالباس گوشت خوک پرداختند. قوام، الاستیسیته و قابلیت جویدن همبستگی بسیار قوی مثبت به یک دیگر نشان دادند. همچنین نتایج بیانگر اثر مهم میزان گوشت بر قابلیت جویدن است[13].

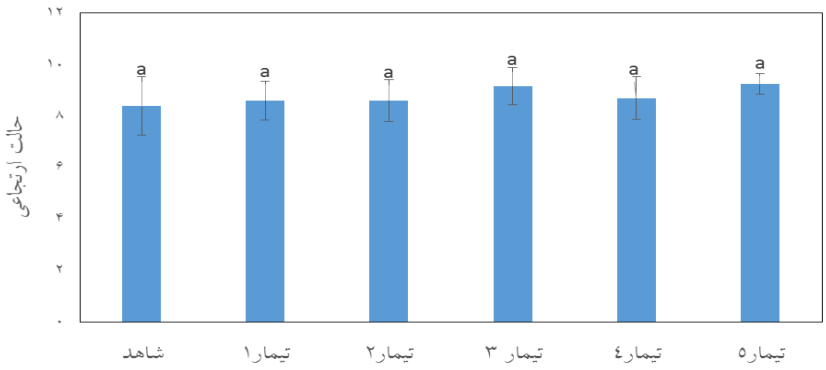
[22] Petridis



شکل ۱۷. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر قابلیت جویدن بافت

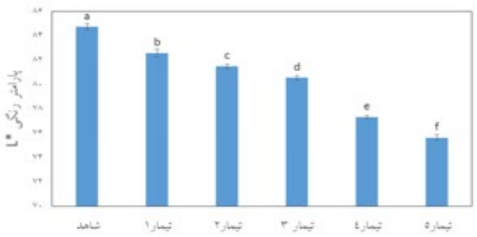
حالت ارتجاعی: با توجه به شکل (۱۸) می توان نتیجه گرفت که اثر نوع تیمار بر ویژگی حالت ارتجاعی کالباس مرغ از لحاظ آماری معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵). عدم تاثیر معنی دار کاهش چربی و بکارگیری نشاسته استیله سیب‌زمینی بر حالت ارتجاعی کالباس را در این تحقیق، می توان به اثر مخالف کاهش چربی و افزایش نشاسته بر خصوصیت حالت ارتجاعی نسبت داد. بطوری که می توان گفت کاهش چربی و افزایش نشاسته اثر یکدیگر را خنثی نموده اند. شاند در سال ۲۰۰۰ با بررسی بافت کالباس خوک کم چرب حاوی نشاسته سیب‌زمینی نشان داد که افزودن ۴ درصد نشاسته سیب زمینی در فرمولاسیون سبب افزایش حالت ارتجاعی گردید [24] . بییر[۲۳] و همکاران با بررسی اثر چربی بر خصوصیات بافتی بولونیا کم چرب نشان دادند که کاهش چربی سبب افزایش حالت ارتجاعی سوسیس شده است [25] .

[23] Baer

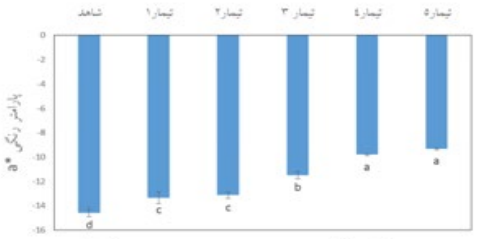


شکل ۱۸. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر حالت ارتجاعی بافت

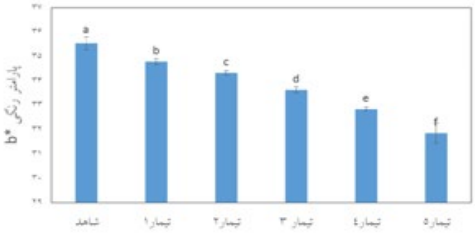
ارزیابی رنگ: نتایج بررسی تغییر رنگ نسبت به نمونه شاهد (ΔE) نشان دهنده بیشترین مقدار تغییر رنگ در نمونه تیمار ۵ است. شکل (۱۹) تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین پارامتر رنگی L* را نشان می‌دهد به طوری که روشن ترین رنگ نمونه‌های کالباس مربوط به نمونه شاهد و با افزایش نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن رنگ این نمونه‌ها تیره تر شده است. شکل (۲۰) تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین پارامتر رنگی a* در تیمارهای شاهد، ۱، ۳ و ۵ وجود داشته است. در حالی که تفاوت معنی‌داری در این پارامتر در دو تیمار ۱ و ۲ و همچنین دو تیمار ۴ و ۵ وجود ندارد ($P>۰/۰۵$). به طوری که قرمزترین رنگ نمونه‌های کالباس مربوط به نمونه ۴ و ۵ می‌باشد و با کاهش درصد روغن و افزایش نشاسته اصلاح شده از قرمزی نمونه‌های کالباس کاسته شده است. همچنین تفاوت معنی‌داری بین پارامتر رنگ b* در کلیه تیمارهای تولیدی وجود داشت. به طوری که با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده و کاهش روغن زردی نمونه‌ها کاسته شده است. زرد ترین رنگ نمونه‌های کالباس مربوط به نمونه ۵ می‌باشد و با افزایش درصد روغن و کاهش نشاسته اصلاح شده از زردی نمونه‌های کالباس کاسته شده است. دلیل اصلی کاهش روشنایی و قرمز تر شدن رنگ نمونه‌ها کاهش درصد چربی آن ها می باشد. نشاسته اصلاح شده دارای اتصالات عرضی، هنگامیکه با آب حرارت داده می‌شوند ژل شفافی تشکیل می‌دهند زیرا آمیلوپکتین موجود در نشاسته دارای اتصالات عرضی کوچکتر از طول موج نور (۲۵۰ نانومتر) است بنابراین نور را پراکنده نمی‌کندو ژل شفافی را تشکیل می‌دهندو این شفافیت در امولسیون گوشتی رنگ قرمز را منعکس می‌کند از طرفی با کاهش مقدار چربی رنگ تیره تر (قرمزی بیشتر و روشنی کمتـر) خواهد شدکه بعلت کاهش پراکم نور توام با خواص پراکندگی مربوط به چربی است [17,18] . تحقیقات متعددی کاهش روشنایی و افزایش قرمزی فراورده های گوشتی نظیر سوسیس و کالباس را با کاهش درصد روغن تایید نموده‌اند [20,19] .



شکل ۱۹. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر پارامتر رنگی L*

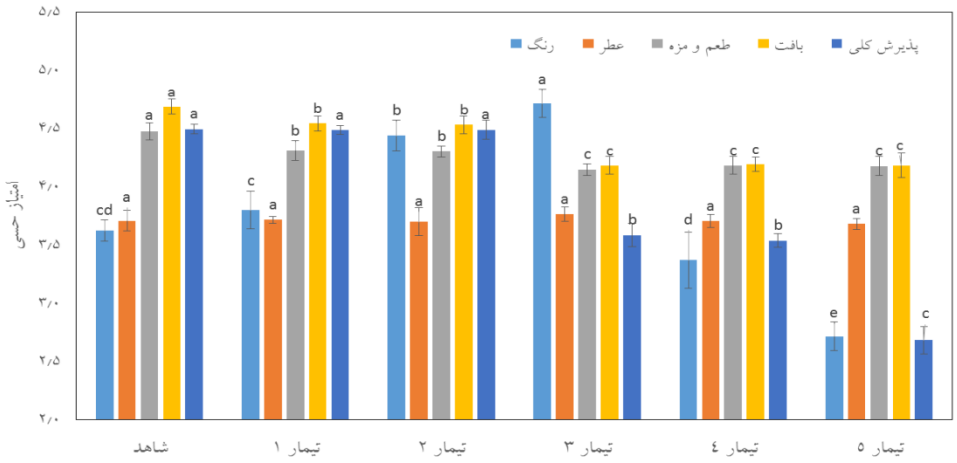


شکل ۲۰. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر پارامتر رنگی a*



شکل ۲۱. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر پارامتر رنگی b*

ارزیابی حسی: نتایج با توجه به شکل (۲۲) مربوط به امتیاز حسی بیانگر این موضوع است که با افزایش درصد نشاسته استیله سیب‌زمینی از ۰ تا ۴ درصد وزنی و کاهش درصد روغن از ۲۲ به ۲۰ درصد وزنی امتیاز حسی رنگ افزایش یافته است؛ پس از آن با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن امتیاز حسی افت شدیدی نموده است. در رابطه با امتیاز حسی عطر به خوبی واضح است که تفاوت معنی‌داری بین عطر نمونه‌های کالباس مرغ تولیدی در تیمارهای مختلف وجود ندارد. تفاوت معنی‌داری بین امتیاز حسی طعم در نمونه‌های شاهد ، ۲ و ۵ وجود دارد. در حالی که امتیاز حسی دو تیمار ۱ و ۲ و همچنین ۳ تیمار ۳، ۴ و ۵ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. بیشترین امتیاز طعم مربوط به نمونه شاهد است و با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن کاهش یافته است. این روند در رابطه با امتیاز حسی بافت نیز تکرار شده است. بطوری که با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن امتیاز حسی بافت کاهش یافته است. تفاوت معنی‌داری بین امتیاز حسی مربوط به پذیرش کلی نمونه‌های کالباس تولیدی در سه تیمار ۱ و ۲ و نمونه شاهد و همچنین دو تیمار ۳ و ۴ مشاهده نشد. بیشترین امتیاز حسی پذیرش کلی مربوط به نمونه شاهد و کمترین آن مربوط به نمونه تیمار ۵ است، زیرا نشاسته‌ها (عمدتاً بر پایه آمیلوز) ترکیبات طعم را در ساختار مارپیچی خود به دام می‌اندازند و این قبیل ترکیبات ممکن است در ماتریکس نشاسته به دام بیافتند[21]. تحقیقات انجام شده بر روی اثر نشاسته سیب زمینی اصلاح شده آمیلاز مقاوم به حرارت بر خواص حسی سوسیس کم چرب نشان داده است که حضور نشاسته اصلاح شده در فرمولاسیون سوسیس کم چرب باعث افزایش پذیرش مشتری شده است[22] .تحقیقات انجام شده نشان داده است که بکارگیری نشاسته تاپیوکا و آرد سیب زمینی در فرمولاسیون سوسیس خوک بر روی خواص حسی آن در هنگام نگهداری در یخچال (۱ ± ۴ درجه سانتی گراد) موثر بوده و در سطوح نشاسته و آرد انتخابی تا ۲۵ روز نگهداری در یخچال، این محصول دارای خواص حسی قابل قبولی بوده ولی افزایش زمان نگهداری باعث کاهش امتیاز خصوصیات حسی شده است[23].



شکل ۲۲. نتایج اثر فرمولاسیون هر تیمار بر خصوصیات حسی

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدول ویسکوز "G، نمونه‌های خمیر کالباس در سراسر محدوده فرکانس مورد بررسی، با افزایش غلظت نشاسته اصلاح شده و کاهش روغن، افزایش می‌یابد و مدول استوالد رفتار شبه پلاستیک محصول نهایی را نشان داد. سیب زمینی استیله سبب کاهش pH محصول نهایی شد. با افزایش درصد نشاسته و کاهش روغن محصول میزان رطوبت، درصد خاکستر و درصد کربوهیدرات افزایش ولی درصد چربی محصول نهایی کاهش نشان داد. همچنین در ارزیابی رئولوژیکی در پارامترهای سفتی، حالت صمغی بافت و قابلیت جویدن ، با افزایش درصد نشاسته استیله و کاهش درصد روغن افزایش مشاهده شد در مورد چسبندگی محصول ، با افزایش مقدار نشاسته استیله تا دودرصد ، مقدار چسبندگی افزایش و سپس کاهش یافته است و در پارامتر پیوستگی و ارتجاعی تغییری مشاهده نشد. نتایج بررسی خصوصیت حسی رنگ نشان داد که نمونه حاوی ۴ درصد نشاسته استیله، بهترین امتیاز رنگ را به خود اختصاص داده است. بررسی عطر نمونه‌ها نشان داد هیچ تفاوتی در عطر نمونه‌های کالباس در تیمارهای مختلف وجود ندارد. امتیاز حسی مربوط به طعم و مزه نمونه‌ها نشان داد بهترین طعم و مزه مربوط به نمونه شاهد است. نتایج بررسی حسی بافت نمونه‌ها نشان داد که با افزایش درصد نشاسته اصلاح شده و کاهش درصد روغن امتیاز حسی بافت کاهش یافته است. در رابطه با پذیرش کلی نمونه‌های شاهد و تیمار ۱ و ۲ بیشترین امتیاز حسی را به خود اختصاص داده‌اند.

References

1. Baioumy, A.A. and Abedelmaksoud, T.G., 2021. Quality properties and storage stability of beef burger as influenced by addition of orange peels (albedo). Теория и практика переработки мяса, 6(1), pp.33-38.
2. Genccelep, H., Saricaoglu, F. T., Anil, M., Agar, B., & Turhan, S. 2015. The effect of starch modification and concentration on steady-state and dynamic rheology of meat emulsions. Food Hydrocolloids, 48, 135-148.
3. Zhang, F., Fang, L., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H. and Cui, M., 2013. Effects of starches on the textural, rheological, and color properties of surimi–beef gels with

microbial tranglutaminase. Meat Science, 93(3), pp.533-537.
4. Jyoti, B.V. and Baek, S.W., 2015. Formulation and comparative study of rheological properties of loaded and unloaded ethanol-based gel propellants. Journal of Energetic Materials, 33(2), pp.125-139.
5. Zargaraan, A., Omaraee, Y., Rastmanesh, R., Taheri, N., Fadavi, G., Fadaei, M. and Mohammadifar, M.A., 2013. Rheological characterization and cluster classification of Iranian commercial foods, drinks and desserts to recommend for esophageal dysphagia diets. Iranian journal of public health, 42(12), p.1446.
6. Chandra, M.V. and Shamasundar, B.A., 2015. Rheological properties of gelatin prepared from the swim bladders of freshwater fish Catla catla. Food hydrocolloids, 48, pp.47-54.
7. Parsi, M., Hosseini, S. E., Seyedein, S. M., & Behmadi, H. 2014. Effect of rice starch and waste product of tomato processing on some physico-chemical and sensory properties of sausage. Scientific Papers: Series D, Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science, 42.
8. Wu, M., Wang, J., Ge, Q., Yu, H. and Xiong, Y.L., 2018. Rheology and microstructure of myofibrillar protein–starch composite gels: Comparison of native and modified starches. International journal of biological macromolecules, 118, pp.988-996.
9. Ma, T., Zhu, H., Wang, J., Wang, Q., Yu, L.L. and Sun, B., 2017. Influence of extraction and solubilizing treatments on the molecular structure and functional properties of peanut protein. LWT-Food Science and Technology, 79, pp.197-204.
10. Castellani, O., Al-Assaf, S., Axelos, M., Phillips, G.O. and Anton, M., 2010. Hydrocolloids with emulsifying capacity. Part 2–Adsorption properties at the n-hexadecane–Water interface. Food hydrocolloids, 24(2-3), pp.121-130.
11. Chatterjee, D., Brambila, G.S., Bowker, B.C. and Zhuang, H., 2019. Effect of tapioca flour on physicochemical properties and sensory descriptive profiles of chicken breast meat patties. Journal of Applied Poultry Research, 28(3), pp.598-605.
12. Limberger, V. M., Brum, F. B., Patias, L. D., Daniel, A. P., Comarela, C. G., Emanuelli, T., & Silva, L. P. d. 2011. Modified broken rice starch as fat substitute in sausages. Food Science and Technology (Campinas), 31(3), 789-792.
13. Petridis, D., Ritzoulis, C., Tzivanos, I., Vlazakis, E., Derlikis, E. and Vareltzis, P., 2013. Effect of fat volume fraction, sodium caseinate, and starch on the optimization of the sensory properties of frankfurter sausages. Food Science & Nutrition, 1(1), pp.32-44.
14. Aktaş, N. and Genccelep, H., 2006.

Effect of starch type and its modifications on physicochemical properties of bologna-type sausage produced with sheep tail fat. Meat Science, 74(2), pp.404-408.

15. Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Jeong, J.Y., Chung, H.J. and Kim, C.J., 2010. Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. Meat science, 84(3), pp.557-563.
16. Pietrasik, Z. and Janz, J.A.M., 2010. Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. Food Research International, 43(2), pp.602-608.
17. Mohammadi, M., Oghabi, F., Neyestani, T.R. and Hasani, I., 2013. Effect of modified starch used alone or in combination with wheat flour on the sensory characteristics of beef sausage. Archives of Advances in Biosciences, 4.
18. Marcotte, M., Cuiren, R. and Taherian, A., 2004. Kinetic Modelling of Texture Properties of Bologna Sausage During Cooking. In 2004 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
19. Nieto, G., Xiong, Y.L., Payne, F. and Castillo, M., 2015. Light backscatter fiber optic sensor: A new tool for predicting the stability of pork emulsions containing antioxidative potato protein hydrolysate. Meat science, 100, pp.262-268.
20. Jiménez-Colmenero, F., Herrero, A., Pintado, T., Solas, M.T. and Ruiz-Capillas, C., 2010. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. Food Research International, 43(8), pp.2068-2076.
21. Seo, H.W., Kang, G.H., Cho, S.H., Van Ba, H. and Seong, P.N., 2015. Quality properties of sausages made with replacement of pork with corn starch, chicken breast and surimi during refrigerated storage. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 35(5), p.638.
22. Hu, Y., Li, C., Tan, Y., McClements, D.J. and Wang, L., 2022. Insight of rheology, water distribution and in vitro digestive behavior of starch based-emulsion gel: Impact of potato starch concentration. Food Hydrocolloids, 132, p.107859.
23. Rasaei, S., Hosseini, S.E., Salehifar, M. and Behmadi, H., 2012. Effect of modified starch on some physico-chemical and sensory properties of low fat Hamburger. Iran. J. Vet. Med, 6, pp.89-94.
24. Shand, P.J., 2000. Textural, water holding, and sensory properties of low-fat pork bologna with normal or waxy starch hull-less barley. Journal of food Science, 65(1), pp.101-107.
25. Baer, A.A. and Dilger, A.C., 2014. Effect of fat quality on sausage processing, texture, and sensory characteristics. Meat Science, 96(3), pp.1242-1249.
26. Hashemiravan, M and Shokranrh, N., 2012, Effect of CMC on Chemical and Textural properties of Sausage, Journal of Food

Technology and Nutrition, 10(1)
27. Anonymous (1381). Iran Standard and Industrial Research Institute. Number 742.
28. Anonymous (1381). Iran Standard and Industrial Research Institute. Number 744.
29. Anonymous (1382). Iran Standard and Industrial Research Institute. Number 745.
30. Anonymous (1384). Iran Standard and Industrial Research Institute. Number 2303.
31. Anonymous (1386). Iran Standard and Industrial Research Institute. Number 1028.
32. Anonymous (1386). Iran Standard and Industrial Research Institute. Number 1134.

The effect of Potato Modified Starch on Rheological, Texture, Physical and Chemical Properties of Chicken Bologna

Mehri Dakhteh Harouni[1], Alireza Rahman[2]*, Mania Salehifar [2]
1-MSc Graduated, Food Science and Technology Department, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods branch, Tehran, Iran
2-Assistant Professor Food Science and Technology Department, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods branch, Tehran, Iran
3-Associate Professor, Department of Food Science and Technology Department, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods branch, Tehran, Iran
* Corresponding Author: alireza_rahman@yahoo.com
Received: 29/5/2023, Accepted: 3/7/2023

Abstract

In this study, the effect of acetylated potato starch as a fat replacer on the rheological, textural and physicochemical properties of chicken sausage were examined. Elastic and viscous modulus test results of the samples in the frequency range of the oscillating module showed that, by increasing the concentration of modified starch and reducing the oil content, viscosity was increased. The viscosity changes of the samples as a function of shear velocity represent the pseudoplastic behavior. The results showed that by increasing the percentage of starch and reducing oil content in chicken sausage formulation, moisture content, percentage of ash and carbohydrate percentage of these samples were increased and the pH of samples was decreased. The results of fat content showed that by increasing the starch content, total fat and oil content were decreased in the formulation. Investigating the texture properties of chicken sausage showed that by increasing the percentage of acetylated starch and reducing the oil content stiffness and chewing ability were increased. By increasing the acetylated starch from 0 to 2 wt%, adhesiveness was increased, but by adding more starch and reducing the oil content, adhesiveness decreased, while no change was observed in the cohesiveness and springiness of the texture. The results showed that by increasing the percentage of starch and reducing the oil percentage, the brightness L * and b * were decreased but a * was increased. The sample containing 4% starch presented the best color rating. Aroma examination showed that there is not any significant difference between the aromas of the samples in all treatments. The sensory rating related to the taste of the samples showed that the control sample is allocated as the best treatment. The sensory analysis results showed that by increasing the percentage of modified starch and reducing the oil content, the sensory score of the tissue was decreased. Regarding the general acceptance, the control sample and treatment 1 and 2, were allocated as the most sensory treatments.

Keywords: Acetylated potato starch, Physico-chemical characteristics, Rheology, Sausage