Archive of SID

نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۶ شماره ۳/ سال ۱۳۹۵

اثر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و پلی سوربات ۲۰ بر خصوصیات کف کنندگی سفیده‌ی تخم مرغ

آرش آبایی[۱] و اشکان مددلو[۲*]

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹٤/۹/۳۰

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه تهران

[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه تهران

[*] مسئول مکاتبه: Email: a.madadlou@ut.ac.ir

چکیده

کف‌کنندگی یکی از مهم‌ترین خصوصیات کارکردی پروتئین‌های سفیده‌ی تخم مرغ است. در این پژوهش اثر به‌هم تنیدن پروتئین‌های سفیده توسط آنزیم ترانس گلوتامیناز و آلودگی سفیده به زرده، همچنین افزودن سورفکتانت پلی سوربات ۲۰ بر خصوصیات کف سفیده مورد مطالعه قرار گرفت. میزان پایداری کف ایجاد شده با افزایش مدت زمان تیمار آنزیمی سفیده افزایش یافت. تصاویر میکروسکوپ نوری نشان دادند که کف سفیده‌ی تیمار شده با آنزیم نسبت به درهم آمیختگی (کوالسانس) پایدارتر بود. با این حال، تیمار آنزیمی حجم کف ایجاد شده را کاهش داد. این موضوع به افزایش ضریب قوام (K) سفیده و در نتیجه کمتر شدن مقدار هوای وارد شده به آن حین همزنی نسبت داده شد. در اثر تیمار آنزیمی، سفیده از سیالی نیوتنی به سیالی شل شونده با برش تغییر ماهیت داد. زرده‌ی تخم مرغ توان کف کنندگی سفیده را به شدت کاهش داد و افزودن پلی سوربات ۲۰ هر چند باعث افزایش حجم کف شد اما میزان پایداری کف را هر چه بیشتر کاهش داد. افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز همراه با پلی سوربات این تاثیر نامطلوب سورفکتانت را کمتر کرد ولی حجم کف تولید شده نیز کمتر گردید. تاثیرات سورفکتانت روی خصوصیات کف سفیده به قرارگیری مولکول‌های آن در سطح مشترک به جای پروتئین و یا بیرون راندن پروتئین از سطح مشترک توسط سورفکتانت نسبت داده شد.

واژگان کلیدی: ترانس گلوتامیناز، پایداری کف، افزایش حجم کف، سفیده‌ی آلوده به زرده، پلی‌سوربات ۲۰

مقدمه

کف‌ها در صنایع غذایی جایگاه ویژه‌ای دارند و به شکل‌های متنوع از جمله نان و فراورده‌های فرپزی، فراورده‌های قنادی، و بستنی استفاده می‌شوند . در برخی موارد مثل تاپینگ‌ها کف محصول نهایی است اما در مواردی، کف در مرحله‌ای از فرایند، تولید شده و تحت فرایند بعدی قرار می‌گیرد. سفیده‌ی تخم مرغ خصوصیات کف‌کنندگی منحصر به فردی دارد که ناشی از توانایی پروتئین‌ها در جذب شدن سریع به سطح مشترک هوا-مایع و تشکیل یک فیلم ویسکوالاستیک منسجم طی فرایند زدن سفیده و تشکیل حباب می‌باشد (رایکوس و همکاران، ۲۰۰۷). مولکول‌های پروتئین دارای نواحی آب‌گریز و آب دوست بوده، هنگام مواجهه با سطح مشترک آب-هوا بخش‌های آب‌دوست پروتئین‌ها به سمت آب و بخش‌های

www.SID.ir

Archive of SID

آب‌گریز آن‌ها به سمت هوا جهت‌گیری می‌کنند. با قرار گرفتن پروتئین در سطح مشترک، کنفورماسیون آن نیز تغییر می‌کند. مولکول‌های پروتئینی جای گرفته در سطح مشترک، لایه‌ای احاطه کننده اطراف حباب‌ها می‌سازند که برای پایداری کف ضروری است (دیویس و فوجدینگ، ۲۰۰۷).

آنزیم ترانس گلوتامیناز از گروه آنزیم‌های ترانسفراز است که در اکثر بافت‌های حیوانی و انسانی وجود دارد و در فعالیت‌های بیولوژیکی مثل انعقاد خون و بهبود زخم ایفای نقش می‌کند. این آنزیم را می‌توان از یک گونه‌ی باکتریایی به نام استرپتوورتیسیلیوم[1] استخراج و خالص سازی کرد. این آنزیم فرایند آسیل ترانسفراز را کاتالیز می‌کند و باعث ایجاد اتصال عرضی بین اسیدهای آمینه‌ی گلوتامین از یک زنجیره‌ی پروتئینی و لیزین از زنجیره‌ی پروتئین دیگر می‌شود (موتوکی و سگارو، ۱۹۹۸). pH بهینه برای فعالیت آنزیم ترانس گلوتامیناز در محدوده‌ی ۵ تا ۸ است هرچند که در pH ٤ یا ۹ این آنزیم همچنان فعال است. دمای بهینه برای فعالیت آنزیم ۵۰ درجه‌ی سلسیوس بوده و اگر برای چند دقیقه در دمای ۷۰ درجه‌ی سلسیوس قرار گیرد غیر فعال خواهد شد (اسکورچ و کاری، ۲۰۰۰). آنزیم ترانس گلوتامیناز قادر است پروتئین‌های غذایی مختلف از جمله پروتئین‌های گوشت، گندم و محصولات لبنی را به هم بتند. این امر باعث بهبود بافت و خصوصیات کارکردی ماده‌ی غذایی می‌شود. در حوزه‌ی غلات، آنزیم ترانس گلوتامیناز برای بهبود کیفیت نان حاصل از آرد ضعیف به کار رفته است. همچنین قادر است بافت پس از پخت فراورده‌های پاستا را بهبود بخشد (کوکسل و همکاران،۲۰۰۱). در صنعت لبنیات تیمار با ترانس گلوتامیناز به طور گسترده برای بهبود ویژگی‌های بافتی و کاهش آب اندازی ماست استفاده می‌شود (لورنزن و همکاران، ۲۰۰۲). گزارش شده که تیمار آنزیمی اوآلبومین سفیده‌ی تخم مرغ با آنزیم ترانس گلوتامیناز باعث بهبود خصوصیات کارکردی و تغذیه‌ای آن می‌شود (جیوسافاتو و همکاران،۲۰۱۲). در پژوهشی که با هدف مطالعه ی خواص بافتی ژل های حاصل از فعالیت آنزیم ترانسگلوتامیناز انجام شد، ساکاموتو و همکاران (۱۹۹٤) در هم تنیدگی و ژلاسیون پروتئین های مختلف غذایی از جمله سفیده و زرده تخم مرغ را بررسی کردند. آن ها نتیجه گرفتند که درهمتنیدن پروتئین های تخم مرغ با استفاده از آنزیم باعث بهبود خصوصیات بافتی ژل های حاصل می شود.

زرده‌ی تخم مرغ یک امولسیفایر بسیار خوب است که در صنایع غذایی به طور گسترده در محصولاتی مثل مایونز و سس‌های سالاد استفاده می‌شود اما آلوده شدن سفیده به زرده یکی از مشکلات اصلی صنعت تخم مرغ است که به شدت خصوصیات کارکردی سفیده از جمله توانایی تشکیل کف را تحت تاثیر قرار می‌دهد. حضور مقادیر بسیار کم زرده در سفیده‌ی تخم مرغ کاهش معنی‌داری را در توانایی کف کردن و پایداری کف سفیده در پی خواهد داشت (وانگ و وانگ، ۲۰۰۹). امروزه از ماشین‌های تخم مرغ شکن خودکار که سرعت بالایی دارند و قادرند تا حدود ۱٤٤۰۰۰ تخم مرغ را دریک ساعت بشکنند، به طور گسترده در صنعت استفاده می‌شود. استفاده از این ماشین‌ها احتمال آلوده شدن سفیده‌ی تخم مرغ به زرده را افزایش می‌دهد. بر اساس یکی از گزارشات اولیه، اضافه کردن یک قطره زرده به سفیده باعث کاهش حجم کف از ۱۳۵ میلی‌لیتر به ٤۰ میلی‌لیتر شد (جان و فلور، ۱۹۳۱). تاثیر زرده در کاهش کف‌کنندگی سفیده به ایجاد کمپلکس اجزای زرده با پروتئین اوموسین سفیده نسبت داده شده است. تفکیک اجزای این کمپلکس از یکدیگر باعث بهبود خصوصیت کف‌کنندگی سفیده‌ی تخم مرغ می‌شود (کانینگهام و کوتریل، ۱۹٦٤و یاو و همکاران، ۲۰۱٤). به نظر می‌رسد که بخش تری‌گلیسیریدی زرده نقش تعیین کننده‌تری نسبت به بخش‌های کلسترول و فسفولیپیدی دارد چرا که هیدرولیز بخش تری‌گلیسیریدی توسط آنزیم

1. *Streptoverticillium*

www.SID.ir

Archive of SID

لیپاز پانکراسی اثر تضعیف کنندگی زرده بر کف سفیده را تا حد قابل توجهی کاهش می‌دهد (کوتریل و فانک، ۱۹۶۳). سورفکتانت‌ها ترکیبات کوچک مولکولی هستند که دارای سر آبدوست و دم آب‌گریز می‌باشند. این ترکیبات قادرند در سطح مشترک روغن- آب جای‌گیری کنند و با کاهش دادن کشش بین سطحی باعث افزایش پایداری امولسیون‌ها شوند. پلی سوربات‌ها (توویِن‌ها) دسته‌ای از سورفکتانت‌های غیر یونی با کاربرد گسترده در صنعت غذا هستند. این خانواده از سورفکتانت‌ها به علت نمایه‌ی تعادل آبدوستی- چربی‌دوستی[1] بالایی که دارند قادر هستند امولسیون‌های روغن در آب را پایدار سازند (مک کلمنتس، ۲۰۰۵). پیشنهاد شده که استفاده از ترکیبات فعال سطحی ممکن است منجر به بهبود خصوصیات کف کنندگی سفیده‌ی آلوده به زرده شود (لومانیکا و میکووا، ۲۰۰۶).

با وجود استفاده‌ی نسبتا گسترده از آنزیم ترانس گلوتامیناز در صنایع مختلف غذایی، امکان بهره گیری از آن برای تاثیرگذاری و احیانا بهبود خصوصیات کف کنندگی سفیده مورد مطالعه ویژه قرار نگرفته بود. از اینرو در پژوهش حاضر اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر کف کنندگی و پایداری کف سفیده‌ی تخم مرغ مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین اثر این آنزیم و سورفکتانت توویِن ۲۰ بر خصوصیات کف‌کنندگی سفیده‌ی آلوده به زرده بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مواد

تخم مرغ کامل از شرکت تلاونگ (شهرک صنعتی نصیرآباد، تهران) تهیه شد. آنزیم ترانس گلوتامیناز(با فعالیت ۱۰۰ واحد به ازای هر گرم پودر) از شرکت آژینوموتو ژاپن و سورفکتانت توویِن ۲۰[2] از شرکت سیگما خریداری شد. سایر مواد شیمیایی استفاده شده از شرکت مرک آلمان و با خلوص کافی بودند.

روش‌ها

آماده سازی نمونه‌ها

برای تهیه‌ی همه‌ی نمونه‌ها، سفیده توسط آب مقطر رقیق شد؛ در فرمولاسیون از ۱۵ درصد آب مقطر استفاده گردید بطوری که به ۱۷۰ گرم سفیده،۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد تا مقدار نهایی نمونه‌ها به ۲۰۰ گرم برسد. افزودن آب در این حد رویه‌ای کاملا متداول در صنعت بوده و اثر بهبود دهندگی بر خاصیت کف کنندگی سفیده دارد. pH تمامی نمونه‌ها توسط اسید سیتریک ۱ مولار روی ۷/٤ تنظیم شد. فرایند زدن به مدت ۳ دقیقه توسط همزن برقی (مدل I/BSP-BM5, Berjaya Steel Product Sdn Bhd, Malaysia) مجهز به کاسه ثابت با ظرفیت ۵ لیتر و مخلوطکن شبکه‌ای شکل با چرخش سیاره‌ای انجام گرفت. سرعت همزن روی ۸۵۲ دور در دقیقه تنظیم گردید. برای بررسی اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ویژگی کف‌کنندگی سفیده تیمارهای آنزیمی صفر، ۱، ۳ و ۵ ساعته در دمای ۵۰ درجه‌ی سلسیوس در نظر گرفته شد. غلظت نهایی آنزیم در همه‌ی نمونه‌ها ۱۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بود.

برای بررسی اثر زرده‌ی تخم مرغ و سورفکتانت توویِن بر خصوصیت کف‌کنندگی سفیده، نمونه‌های سفیده با زرده (در غلظت ۵ میلی گرم در میلی لیتر) آلوده شدند. برای این کار، زرده از سفیده جدا شد و پس از یکنواخت کردن زرده از آن در مقدار مشخص نمونه گرفته شد و به سفیده اضافه شد تا غلظت نهایی زرده در سفیده به ۵ میلی گرم در میلی لیتر برسد. سورفکتانت در غلظت های ۲، ۵ و ٦ میلی گرم در میلی لیتر به سفیده‌ی حاوی زرده افزوده شد. همچنین یک نمونه سفیده‌ی حاوی زرده (۵ میلی گرم در میلی لیتر)، سورفکتانت (۵ میلی گرم در میلی لیتر) و ترانس گلوتامیناز (۱۰ میلی گرم در میلی لیتر) تهیه شد.

1. HLB

2. Tween20

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه‌ی فاقد زرده، سورفکتانت و آنزیم بعنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد.

سنجش میزان کف کنندگی

افزایش حجم کف[۱] عبارت است از نسبت حجم کف پس از زدن به حجم سفیده‌ی تخم مرغ قبل از زدن. به منظور محاسبه‌ی میزان افزایش حجم کف، وزن ۲۰۰ میلی‌لیتر کف محاسبه شد و درصد افزایش حجم با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (فیلیپس و همکاران، ۱۹۸۷).

$$\text{درصد افزایش حجم} = \frac{A-B}{\mathrm{B}} \times 100$$

A و B به ترتیب عبارتند از وزن ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول اولیه (قبل از همزنی) و وزن ۲۰۰ میلی‌لیتر از کف حاصل.

سنجش پایداری کف

پایداری کف بر اساس میزان مایع خارج شده از کف در طول زمان مشخص با توجه به حجم محلول سفیده‌ی تخم مرغ اولیه می‌باشد. به منظور محاسبه میزان پایداری کف، درصد آب اندازی کف پس از ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری شد (پاسبان و همکاران،۲۰۱٤).

سنجش گرانروی

گرانروی سفیده‌ی تخم مرغ و نمونه‌هایی که تحت تیمار آنزیمی قرار گرفته بودند توسط ویسکومتر بروکفیلد مدل (LVDV-II Pro, Brookfield Engineering Inc., USA) با اسپیندل LV در دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس اندازه گیری شد. حدود ۲۰ میلی‌لیتر از هر نمونه درون یک ظرف استوانه‌ای ریخته شد و تغییرات گرانروی با افزایش آهنگ برشی ثبت شد (آتیلگان و آنلوتورک، ۲۰۰۸).

ریزساختار کف

ریزساختار نمونه‌های کف توسط میکروسکوپ نوری (مدل BX51 شرکت OLYMPUS، ژاپن) مجهز به دوربین، عکس برداری شد. برای این منظور مقداری از کف برداشته و روی لام قرار داده شد و در بزرگ‌نمایی ۱۰۰ برابر عکسبرداری انجام گرفت. در این آزمایش کف سفیده‌ی فاقد آنزیم و سفیده‌ی تیمار شده با ۵ میلی گرم بر میلی لیتر آنزیم در فواصل زمانی ۱و ۳۰ دقیقه بعد از زدن، با هم مقایسه شدند (اوبوروسنو و همکاران، ۲۰۱٤).

آنالیز آماری داده‌ها

دراین پژوهش از طرح کاملا تصادفی استفاده شد. آزمایش ها ۳ بار تکرار شدند و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $p<0.05$ انجام شد. در همه‌ی مراحل تجزیه و تحلیل آماری به منظور آنالیز داده‌ها از برنامه آماری SAS 9.1 استفاده گردید. از نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ برای رسم منحنی‌ها استفاده گردید.

نتیجه و بحث

اثر ترانس گلوتامیناز بر خصوصیات کف‌کنندگی و گرانروی سفیده

کف یک سامانه‌ی دو فازی است که در آن فاز گازی به شکل حباب توسط غشایی مایع احاطه شده است. تشکیل و پایداری کف‌های غذایی به خصوصیات فعالیت سطحی و تشکیل فیلم پروتئین‌ها وابسته است. برخی از این پروتئین‌ها هر چند در مقادیر بسیار کم در ترکیب ماده‌ی غذایی وجود دارند، نقشی بسیار تعیین کننده در تشکیل و پایداری کف ایفا می‌کنند. فیلم پروتئینی که پیرامون حباب‌ها شکل می‌گیرد می‌بایست به اندازه‌ی کافی مستحکم باشد تا بتواند رطوبت را در خود نگه دارد و در برابر تنش‌های مکانیکی مقاوم باشد (فیلیپس و همکاران ۱۹۸۷). در مطالعه‌ای که توسط جیوسافاتو و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد از اوآلبومین سفیده‌ی تخم مرغ بعنوان سوبسترا برای آنزیم ترانس گلوتامیناز استفاده گردید. نتایج نشان داد که که تیمار آنزیمی اوآلبومین با ترانس گلوتامیناز باعث بهبود خصوصیات کارکردی ازجمله هضم پذیری و خواص مکانیکی شامل ویسکوالاستیسیته و قوام ژل این پروتئین شد. نظر به این که آنزیم تجاری استفاده شده در مطالعه حاضر، شامل ۹۹ درصد

۱. Overrun

www.SID.ir

Archive of SID

مالتودکسترین و ۱ درصد آنزیم بود برای لحاظ کردن اثر مالتودکسترین بر خصوصیات کف‌کنندگی سفیده‌ی تخم مرغ، یک نمونه بلافاصله پس از اضافه کردن آنزیم همزده شد. به محض افزودن مخلوط تجاری آنزیم، توان کف کنندگی سفیده افزایش یافت و کف حاصل دارای پایداری بیشتری بود (جدول شماره‌ی ۱). این موضوع نشان‌دهنده تاثیر مثبت مالتودکسترین بر ویژگی کف‌کنندگی سفیده است و به آبدار شدن آن حین همزنی سفیده نسبت داده می‌شود. آبدارشدن مالتودکسترین موجب افزایش گرانروی سفیده‌ی در حال زدن شده، مانع از خروج هوای وارد شده به سامانه‌ی کف در حل تشکیل گردیده و در نهایت آب اندازی کف را کاسته است. با افزایش زمان فعالیت آنزیم تا ۵ ساعت کاهش قابل توجهی در میزان مایع خروجی از کف مشاهده شد. فرایند خروج آب از کف تحت تاثیر نیروهای گرانشی و موئینگی اتفاق می‌افتد و به نظر می‌رسد به‌هم تنیدن پروتئین‌های سفیده توسط ترانس گلوتامیناز موجب کاهش فزاینده‌ای در آب‌دهی کف شده است. افزایش پایداری کف احتمالا به دلیل افزایش ضخامت و یکپارچه‌گی فیلم پروتئینی احاطه کننده‌ی حباب‌ها است که درهم آمیختن[۱] را آنها کاسته است. این فرضیه با مقایسه‌ی تصاویر میکروسکوپی گرفته شده از کف سفیده‌های تیمار شده و نشده با آنزیم در دقایق ۱ و ۳۰ پس از زدن کف (شکل شماره‌ی ۱) پشتیبانی شد. کف حاصل از سفیده‌ی تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز حاوی حباب‌های کوچک‌تر و پر تعدادتری بود و حباب‌ها نسبت به درهم آمیختگی و خروج هوا پس از گذشت ۳۰ دقیقه مقاوم‌تر بودند. استحکام بیشتر حباب‌ها به یکپارچگی فیلم پروتئینی احاطه کننده‌شان نسبت داده می‌شود. همچنین افزایش گرانروی سفیده‌ی تخم مرغ تیمار شده با آنزیم، احتمالا منجر به شکل گیری حباب‌های کوچکتر و یکدست‌تری شده که سرعت رسیدگی استوالد را کاسته است.

جدول ۱- اثر تیمار آنزیمی بر افزایش حجم و آب اندازی کف

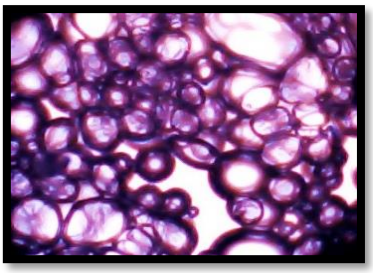
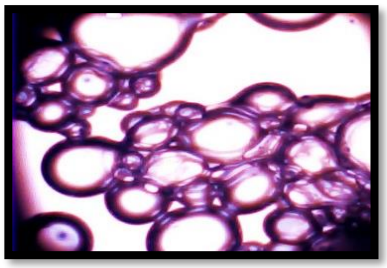
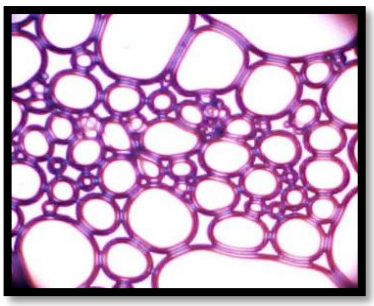
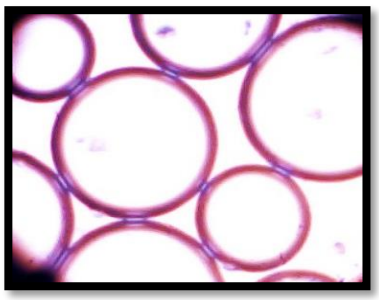
غلظت آنزیم در نمونه (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	زمان تیمار آنزیمی (ساعت)	کف کنندگی (٪)	آب اندازی کف (٪)
۰	–	۱۰۵۷ ± ۴۵^{c}	۲۵ ± ۲ ^{a}
۱۰	۰	۱۲۴۰ ± ۲۵^{a}	۱۱ ± ۰/۵۸^{b}
۱۰	۱	۱۱۸۶ ± ۲۱^{ab}	۵/۵ ± ۰/۵^{c}
۱۰	۳	۱۱۶۸ ± ۱۸^{ab}	۳/۵ ± ۰/۵۳^{d}
۱۰	۵	۱۱۴۹ ± ۱۴^{b}	۱/۶۲۵ ± ۰/۳۷^{e}

میانگین‌های دارای بالانویس‌های متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) هستند.

۱. Coalescence

www.SID.ir

Archive of SID

زمان پس از همزنی (دقیقه)	سفیده تیمار شده با آنزیم	سفیده فاقد آنزیم
۱		
۳۰		

شکل ۱- تصویر میکروسکوپ نوری کف حاصل از سفیده فاقد آنزیم و سفیده تیمار شده با آنزیم، ۱و ۳۰ دقیقه پس از هم زدن.

شکل ۲ تاثیر فعالیت آنزیم بر ضریب قوام (K) و نمایه‌ی جریان (n) سفیده‌ی تخم مرغ را نمایش می‌دهد. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری گرانروی با مدل هرشل بالکلی برازش شدند. این مدل به شرح ذیل است.

$$\sigma = K.\gamma^{n} + \sigma_0$$

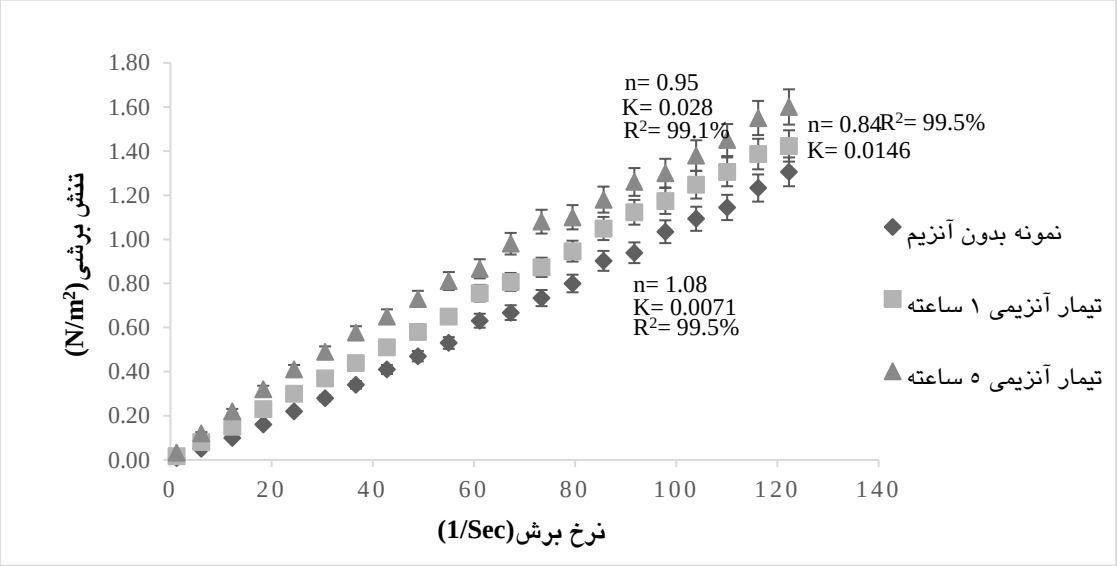
σ، K، γ ، n و σ_0 به ترتیب عبارتند از تنش برشی، ضریب قوام، آهنگ برشی، شاخص رفتار جریان و تنش تسلیم. تنش تسلیم در نمونه‌ها برابر با صفر بود. در چنین حالتی مدل هرشل بالکلی به مدل قانون توان[1] ($\sigma = K.\gamma^{n}$) تبدیل می‌شود.

به‌هم تنیدن آنزیمی برای یک ساعت ضریب قوام سفیده را افزایش داد و با افزایش زمان به‌هم تنیدن تا ۵ ساعت قوام نمونه بازهم بیشتر شد. n نمایه‌ی جریان است و نقشی اساسی در تعیین رفتار سیال هنگام اعمال نیروی برشی دارد. اگر نمایه‌ی جریان برابر با ۱ باشد سیال نیوتنی، اگر کوچکتر از ۱ باشد سیال شل شونده با برش و اگر بزرگتر از ۱ باشد سیال سفت شونده با برش است (فیگورا و تیکسیرا، ۲۰۰۷). نتایج نشان داد که نمایه‌ی جریان در نمونه‌ی سفیده نزدیک به ۱ بود که بیانگر نیوتونی بودن سیال می باشد.

1. Power low

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- تاثیر تیمار آنزیمی بر رفتار جریان سفیده‌ی تخم مرغ

خصوصیات کف‌کنندگی سفیده‌ی آلوده به زرده

وجود زرده در سفیده حتی در مقادیر بسیار کم باعث تضعیف کف‌کنندگی سفیده و کاهش پایداری کف می‌شود. در این تحقیق به نمونه‌های سفیده‌ی تخم مرغ ۵ میلی گرم بر میلی لیتر زرده اضافه شد. این کار باعث کاهش شدید کف کنندگی شد (جدول شماره‌ی ۲). دلیل این پدیده احتمالا کمپلکس شدن ترکیبات زرده با پروتئین اوموسین و ممانعت از جذب آن به سطح مشترک هوا-آب است (یاو و همکاران، ۲۰۱٤). افزودن سورفکتانت تووین به سفیده‌ی حاوی زرده باعث افزایش کف کنندگی شد و با افزایش مقدار تووین حجم کف افزایش یافت بطوری که در غلظت ٦ میلی گرم در میلی لیتر سورفکتانت، بیشترین افزایش حجم مشاهده گردید. ممکن است تووین تری‌گلیسریدهای زرده را امولسیونه کرده و مانع از برهکنش آن‌ها با اوموسین شده باشد. با توجه به نتایج گزارش شده در جدول شماره‌ی ۲، هر چند افزودن تووین حجم کف حاصل از سفیده‌ی حاوی زرده را بیشتر کرد اما حجم کف سفیده‌های حاوی زرده با هر غلظتی از سورفکتانت نسبت به سفیده‌ی عاری از زرده کمتر بود. تیمار آنزیمی سفیده‌ی تخم مرغ آلوده به زرده که به آن ۵ میلی گرم بر میلی لیتر سورفکتانت تووین اضافه شده بود باعث کاهش حجم کف تشکیل شده گردید. همچنین افزودن تووین پایداری کف تولید شده را کاهش داد (جدول شماره‌ی ۲). دلیل این موضوع احتمالا ناشی از جای‌گیری ترجیحی سورفکتانت‌های کوچک مولکول تووین در سطح حباب‌های هوا به جای پروتئین‌های درشت مولکول حین همزنی سفیده و یا بیرون راندن سریع پروتئین‌ها از سطح مشترک (اینترفیس) بلافاصله پس از تشکیل کف است. بیرون راندن پروتئین‌ها از اینترفیس توسط سورفکتانتهای کوچک مولکول پدیده‌ای شناخته شده می‌باشد. جای‌گیری مولکول‌های کوچک پلی سوربات در اینترفیس منجر به تامین پایداری استری کمتر در مقایسه با جای‌گیری پروتئین‌ها شده و کف ناپایدارتر خواهد بود. همچنین کاهش بسیار زیاد در کشش بین سطحی[1] هوا-مایع به دلیل حضور تووین می‌تواند منجر به ناپایداری کف شده باشد. چنین امری برای امولسیون‌های روغن در آب بیان شده است (مک کلمنتس، ۲۰۰۵). در کشش‌های بین سطحی خیلی کم، فیلم پوشاننده‌ی سطح مشترک دارای استحکام کافی نبوده، دو حباب مجاور هم به راحتی دفورمه می‌شوند و جاذبه واندروالسی قابل توجهی را

1. Interfacial tension

www.SID.ir

Archive of SID

تجربه می‌کنند (بینکس و همکاران، ۲۰۰۰). به این ترتیب حباب‌ها درهم آمیخته (کوالسانس) و کف پایداری خود را از دست می‌دهد. مطالعات بیشتری با اندازه‌گیری کشش بین سطحی در این سامانه‌ها به منظور درک بهتر سازوکار ناپایداری مورد نیاز است. تیمار آنزیمی نمونه‌ی آلوده به زرده که به آن ۵ میلی‌گرم بر میلی لیتر سورفکتانت اضافه شده بود باعث افزایش مقاومت کف در برابر خروج آب شد.

جدول ۲- اثر افزودن آنزیم و سورفکتانت در میزان خروج آب از کف سفیده تخم مرغ آلوده به زرده

شماره نمونه	غلظت زرده (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	غلظت سورفکتانت (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	غلظت آنزیم (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	کف کنندگی (٪)	آب اندازی کف (٪)
۱	۰	۰	۰	۱۰۵۷/۳۳ ± ٤٥/٨٥ [a]	۲٥ ± ۲[e]
۲	٥	۰	۰	۲۰۹/٥ ± ۹/۹۱ [f]	۱۰۱/۰۲ ±۱۰[d]
۳	٥	۲	۰	٥۰٦/۲٦ ± ۲۷/۰۰ [d]	۱٥۸/۳۳ ± ۲/۸۸[b]
٤	٥	٥	۰	٦۳۲/۱٦ ± ۲۲/۷٥ [c]	۱٥٥/۰۱ ± ٥/۰۰[b]
٥	٥	٦	۰	۸۲٥/٦٦ ± ٦۰/۸۷ [b]	۱۷۰/۱۱ ± ٥/۰۳[a]
٦	٥	٥	۱۰	٤٥۳/۱۲ ± ۲۰/۹۳ [e]	۱۳۰/۰۸ ± ٤/٦۸[c]

میانگین‌های دارای بالانویس‌های متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) هستند.

نتیجه گیری کلی

کف سفیده‌ی تخم مرغ در صنعت غذا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین بهبود خصوصیات کف کنندگی سفیده‌ی تخم مرغ مورد توجه محققیق می‌باشد و تاکنون مطالعات زیادی با این هدف انجام شده‌اند. این پژوهش با هدف بهبود کف کنندگی و افزایش پایداری کف سفیده‌ی تخم مرغ انجام شد و برای اولین بار اثر ایجاد اتصالات عرضی در نتیجه‌ی تیمار آنزیمی با ترانس گلوتامیناز بر خصوصیات کف کنندگی سفیده بررسی شد. نتایج بیانگر این موضوع بود که به‌هم تنیدن پروتئین‌های تخم مرغ پایداری کف را افزایش می‌دهد. همچنین از آنجایی که آلوده شدن سفیده‌ی تخم مرغ به زرده از معضلات صنعت است، در بخشی از تحقیق از آنزیم ترانس گلوتامیناز و سورفکتانت برای بهبود خصوصیات کف کنندگی سفیده‌ی آلوده به زرده استفاده شد. سورفکتانت تووین باعث افزایش حجم سفیده‌ی تخم مرغ شد اما پایداری کف را کاهش داد. از طرفی تیمار آنزیمی باعث شد پایداری کف افزایش یابد اما حجم کف کاهش پیدا کرد. استفاده از این ترکیبات نتوانست به طور کلی اثر نامطلوب زرده را جبران کند. برای کم کردن تاثیر زرده پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی از سورفکتانت‌ها به همراه صمغ‌ها که خاصیت قوام دهندگی و جذب آب قابل توجهی دارند در فرمولاسیون استفاده شود تا پایداری کف افزایش و خروج آبی که با افزودن سورفکتانت اتفاق می‌افتد کاهش یابد. همچنین پیشنهاد می‌شود اثر صمغ‌هایی همانند صمغ عربی و تراکاگانت که علاوه بر ویژگی قوام دهندگی، فعالیت سطحی بالایی دارند نیز بررسی شود. بیوپلیمرهای دوگانه دوست[۸] بعنوان گزینه‌هایی مناسب برای جبران افت کف کنندگی ناشی از وجود زرده مطرح هستند. احتمالا این ترکیبات به علت تواناییشان در ایجاد فیلم یکپارچه، موثرتر از سورفکتانت های کوچک مولکول مثل تووین باشند.

1. Amphiphilic biopolymers

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

این پژوهش به سفارش و حمایت شرکت صنایع تخم مرغ تلاونگ انجام شد. نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از آن شرکت در فراهم آوردن مواد و تجهیزات مورد نیاز اعلام می‌کنند.

منابع مورد استفاده

Atılgan MR, and Unluturk S, 2008. Rheological properties of liquid egg products (LEPS). International Journal of Food Properties, 11: 296-309.

Binks BP, Cho WG, Fletcher PDI and Petsev DN, 2000. Stability of oil-in-water emulsions in a low interfacial tension system. Langmuir, 16:1025-1034.

Cotterill OJ and Funk EM, 1963. Effect of pH and lipase treatment on yolk-contaminated egg white. Food Technology, 17: 1183.

Cunningham FE, Cotterill OJ and Funk EM, 1960. The Effect of Season and Age of Bird 3. On the Performance of Egg White in Angel Cakes. Poultry Science, 39:1446-1450.

Davis JP and Foegeding EA, 2007. Comparisons of the foaming and interfacial properties of whey protein isolate and egg white proteins. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 54: 200-210.

Figura LO and Teixeira AA, 2007. Food physics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Giosafatto CVL, Rigby NM, Wellner N, Ridout M, Husband F and Mackie A, R. 2012. Microbial transglutaminase-mediated modification of ovalbumin. Food Hydrocolloids, 26: 261-267.

Köksel H, Sivri D, Ng PKW and Steffe JF, 2001. Effects of transglutaminase enzyme on fundamental rheological properties of sound and bug-damaged wheat flour doughs. Cereal Chemistry, 78: 26-30.

Lomakina K and Mikova K, 2006. A study of the factors affecting the foaming properties of egg white-a review. Czech J Food Sci, 24:110-118.

Lorenzen PC, Neve H, Mautner A and Schlimme E, 2002. Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. International Journal of Dairy Technology, 55: 152-157.

McClements DJ, 2005. Food emulsions: principles, practice, and techniques. CRC press.

Motoki M and Seguro K, 1998. Transglutaminase and its use for food processing. Trends in Food science and Technology, 9:204-210.

Nielsen, H. 2000. Application of chemical methods to the determination of egg yolk contamination in commercial productions of egg white compared to enzymatic determination. LWT-Food Science and Technology, 33: 151-154.

Oboroceanu D, Wang L, Magner E, and Auty, MA, 2014. Fibrillization of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations. Journal of Food Engineering, 121: 102-111.

Partanen R, Paananen A, Forssell P, Linder MB, Lille M, Buchert J and Lantto R, 2009. Effect of transglutaminase-induced cross-linking of sodium caseinate on the properties of equilibrated interfaces and foams. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 344: 79-85.

Pasban A, Mohebbi M, Pourazarang H, and Varidi M, 2014. Effects of endemic hydrocolloids and xanthan gum on foaming properties of white button mushroom puree studied by cluster analysis: A comparative study. Journal of Taibah University for Science, 8:31-38.

Phillips LG, Haque Z and Kinsella JE, 1987. A method for the measurement of foam formation and stability. Journal of Food Science, 52: 1074-1077.

Raikos V, Campbell L and Euston SR, 2007. Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. Food Research International, 40: 347-355.

Sakamoto H, Kumazawa Y, and Motoki, M. 1994. Strength of protein gels prepared with microbial transglutaminase as related to reaction conditions. Journal of Food Science, 59: 866-871.

Schorsch C, Carrie H and Norton IT, 2000. Cross-linking casein micelles by a microbial transglutaminase: influence of cross-links in acid-induced gelation. International Dairy Journal, 10:529-539.

www.SID.ir

Archive of SID

ST John JL, Flor IH, 1931. A study of whipping and colaguation of eggs of varying quality. Poultry Science, 10: 71–82.

Wang G and Wang T, 2009. Effects of yolk contamination, shearing, and heating on foaming properties of fresh egg white. Journal of Food Science, 74: C147-C156.

Yao L, Zhou W, Wang T, Liu M and Yu C. 2014. Quantification of egg yolk contamination in egg white using UV/Vis spectroscopy: Prediction model development and analysis. Food Control, 43:88-97.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of transglutaminase and polysorbate 20 on foaming properties of egg white

A Abaee[1] and A Madadlou[2]

Received: September 02, 2014 Accepted: November 24, 2015
[1]MSc Student, Department of Food Science and Engineering, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj Campus, Karaj, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Engineering, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj Campus, Karaj, Iran
[*]Corresponding author: a.madadlou@ut.ac.ir

Abstract
Foaming is one of the most important functional properties of egg white proteins. In this study, the effect of transglutaminase-induced cross-linking of egg white proteins and contamination of egg white with yolk on the foaming properties of egg white, were investigated and polysorbate 20 was used accompanied with transglutaminase in order to compensate for the deteriorative effects of the yolk on foaming ability of egg white. Enzymatic treatment increased foam stability; the longer the treatment, the higher was the stability of foam. Optical microscopy images revealed that air bubbles coalesced much lesser in enzyme-treated egg white compared with non-treated counterpart. Nevertheless, enzymatic treatment decreased foam volume. It was argued based on apparent viscosity measurements that in enzyme-treated whites, air incorporation into the foam during white beating is decreased due to the higher consistency coefficient (K) resulting in lower foam volumes.
A considerable decrease in foaming ability was observed when egg white was contaminated with yolk. Polysorbate 20 although increased the foam volume of yolk-contaminated egg white, influenced foam stability negatively. Simultaneous addition of surfactant and enzymatic treatment could compensate the weakening effect of polysorbate to some extent; however, caused a decrease in foam volume. Preferential adsorption of surfactant molecules into the air-water interface and/or evacuation of egg white proteins from the interface by surfactants might account for the observed effect of polysorbate.

Keywords: Foam stability, Foam volume increment, Polysorbate 20, Transglutaminase, Yolk-contaminated egg white

www.SID.ir