

## بررسی تأثیر برخی افزودنی‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی کف سفیده تخم‌مرغ مایع پاستوریزه شده

سمیرا یگانه‌زاد<sup>۱\*</sup>، محسن دبستانی<sup>۲</sup>

۱- استادیار، گروه فرآوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران  
\* نویسنده مسئول (s.yeganehzad@rifst.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری، گروه نانوفناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۶

### واژه‌های کلیدی

سفیده تخم‌مرغ پاستوریزه

سولفات آلومینیوم

سولفات مس

کف

مواد فعال سطحی

### چکیده

کف نوعی سامانه کلوئیدی است که در آن حباب‌های هوا در محیط پیوسته مایع جامد پراکنده شده است. نظر به اهمیت حجم و پایداری کف سفیده تخم‌مرغ پاستوریزه در صنایع غذایی و تعداد محدود پژوهش‌های انجام‌شده در این خصوص، هدف این پژوهش بررسی تأثیر یون‌های مس و آلومینیوم، توئین ۸۰ و سدیم لوریل سولفات بر دانسیته مخصوص، افزایش حجم، شاخص هم‌زدن، شاخص دوام، فاز گازی، خصوصیات بافتی، کشش سطحی و ریزساختار کف پس از تنظیم pH و اعمال تیمار حرارتی مشابه پاستوریزاسیون بود. بهترین تیمار از نظر بهبود ویژگی‌های کف نمونه حاوی ۰/۲۱ میلی‌مول سولفات مس و تیمار ۰/۶۳ میلی‌مول سولفات آلومینیوم بود. در نمونه‌های حاوی تیمار سدیم لوریل سولفات و توئین ۸۰ بیشترین پایداری و حجم کف در تیمار حاوی ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام مواد فعال سطحی مشاهده شد. نتایج این پژوهش نشان داد، در شرایط عدم دسترسی به افزودنی‌های طبیعی، واحدهای فراوری سفیده تخم‌مرغ مایع می‌توانند با افزودن مقادیر بهینه از افزودنی‌های یادشده بر مشکلات ناشی از کاهش کف در اثر فراوری و عدم استقبال مصرف‌کنندگان صنعتی به این دلیل، در حد قابل توجهی فائق آیند.

نگهداری حجم زیادی از هوا در سیستم است (Belitz *et al.*, 2009).

کف حاصل از سفیده تخم‌مرغ تحت تأثیر نیروهای که باعث ایجاد ناپایداری در سامانه‌های کفی می‌شوند و نیز تحت تأثیر پاستوریزاسیون، به سرعت از بین رفته و ویژگی‌های تکنولوژیکی خود را از دست می‌دهد که محدودیت‌هایی برای مصرف‌کنندگان به همراه می‌آورد (Mac *et al.*, 1986).

گروهی از مواد که جهت افزایش حجم کف حاصل از سفیده تخم‌مرغ از طرف صنعت به شدت مورد استقبال قرار گرفته‌اند، مواد فعال سطحی<sup>۲</sup> هستند.

### مقدمه

از هم‌زدن سفیده تخم‌مرغ کفی حاصل می‌شود که هوا را در خود محبوس می‌کند، از این رو از این ماده به عنوان افزایش‌دهنده حجم در بسیاری از محصولات غذایی استفاده می‌شود. آلومین<sup>۱</sup> یک سیستم پروتئینی ناهمگون است که طی فرایند کف‌زایی برهم‌کنش‌های پروتئین-پروتئین در آن رخ می‌دهد. مکانیسم تولید کف سفیده تخم‌مرغ، ناشی از دناتوراسیون سطحی پروتئین‌های آلومین در سطح مایع-هوا و مکانیسم پایداری کف به نامحلول شدن آلومین مربوط می‌شود. مهم‌ترین کارایی آلومین در کف، افزایش مدت زمان

<sup>2</sup> Surfactant

<sup>1</sup> Albumen

حباب‌ها سطح تماس فیلم‌ها نیز بیشتر شده و این فیلم‌ها به سهولت پاره می‌شوند (Sagis *et al.*, 2001). تحقیق‌هایی درخصوص استفاده از یون‌ها و مواد فعال سطحی بر ویژگی‌های کف سفیده تخم‌مرغ صورت گرفته است که برخی از آنها در ذیل اشاره می‌شود.

تحقیق صورت‌گرفته توسط Stevenson و همکاران (۲۰۰۷) روی بررسی میزان خروج آب از کف سفیده تخم‌مرغ با تکنیک <sup>۳</sup>NMRI نشان داد که افزودن سدیم‌لوریل‌سولفات<sup>۴</sup> که ماده‌ای رایج در صنعت پخت برای افزایش قابلیت کف‌کنندگی است نه تنها باعث افزایش پایداری کف نمی‌شود که موجب خروج سریع‌تر آب از کف می‌شود. این مسأله به دلیل افزایش اندازه حباب‌های کف است (Stevenson *et al.*, 2007).

در تحقیق انجام‌شده بر مقایسه ویژگی‌های سطحی و کف‌کنندگی پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ و ایزوله پروتئین آب‌پنیر که توسط Davis و Foegeding (۲۰۰۷) انجام شد، میزان تنش تسلیم، افزایش حجم و پایداری کف‌ها در برابر خروج آب از آنها مورد بررسی قرار گرفت. در میان نمونه‌های اندازه‌گیری‌شده بیشترین میزان تنش تسلیم به ترتیب به کف حاصل از سفیده تخم‌مرغ و نمونه حاوی ۰/۱ درصد سدیم‌لوریل‌سولفات تعلق گرفت اما در سایر پروتئین‌ها این نتیجه به دست نیامد، این موضوع نشان‌گر این حقیقت است که یک افزودنی واحد نتیجه یکسانی را در مواد کف‌زای متفاوت نخواهد داد (Davis & Foegeding, 2007).

Ibanoglu و Ercelebi (۲۰۰۷) هم عنوان کردند توانایی ایجاد تغییر اساسی در ویژگی‌های سطحی و بین سطحی مواد توسط مواد فعال سطحی باعث می‌شود که آنها در پایداری و ناپایداری کف‌ها نقشی مؤثر ایفا کنند.

Sagis و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی تأثیر یون مس بر مدت زمان تشکیل کف سفیده تخم‌مرغ مایع و پایداری آن بیان کردند که علی‌رغم حضور یون مس در محیط مدت زمان مورد نیاز برای تشکیل کف توسط سفیده تخم‌مرغ افزایش یافت ولی کف‌های

این مواد باوجود اینکه در مقادیر کمی استفاده می‌شوند، تأثیر زیادی بر کشش سطحی محلول داشته و نقش مهمی در افزایش حجم و پایداری کف ایفا می‌کنند. مواد فعال سطحی مورد استفاده در محصولات می‌توانند شیمیایی و یا استخراج‌شده از منابع طبیعی باشند. هنگامی که مواد فعال سطحی جذب‌شده در لایه سطحی مجتمع شوند، می‌توانند اثر پایدارکنندگی بر کف‌ها و لایه‌های نازک داشته باشند زیرا این مواد هم باعث کاهش کشش سطحی شده و هم گرانروی را افزایش می‌دهند که افزایش گرانروی سبب ایجاد مقاومت مکانیکی در برابر نازک‌شدن و تخریب فیلم (لایه جداکننده دو حباب یا همان لاملا<sup>۱</sup>) می‌شود. به علاوه افزایش گرانروی بین سطحی، مقاومت مکانیکی در برابر بهم‌پیوستگی نیز ایجاد می‌کند (Schramm, 2005).

کاتیون‌های فلزی براساس توانایی کونالبوئین<sup>۲</sup> برای واکنش با کاتیون‌های آلومینیوم، مس، آهن و روی و تشکیل کمپلکس با آنها بر خواص عملکردی سفیده تخم‌مرغ تأثیر می‌گذارد (Sagis *et al.*, 2001). اما اطلاعاتی در مورد تأثیر فرایندهای حرارتی بر کف حاصل از سفیده پاستوریزه‌شده حاوی این نمک‌ها که خود مؤثرترین نمک‌ها در پایداری حرارتی سفیده هستند، ارائه نشده است.

پایداری کف‌ها شامل پایداری در برابر ۳ روند متفاوت است: ۱- آب‌اندازی (نازک‌شدن فیلم جداکننده حباب‌ها، هنگامی که فیلم نازک می‌شود دو یا چند حباب به یکدیگر نزدیک می‌شوند. در چنین شرایطی، حباب‌ها به یکدیگر متصل نشده و تغییری در میزان سطح کلی ایجاد نمی‌شود)، ۲- اتصال حباب‌ها (تخریب فیلم جداکننده حباب‌ها، در این شرایط بهم‌پیوستگی اتفاق می‌افتد، لایه نازک موجود بین حباب‌ها شکسته شده، حباب‌ها با هم مخلوط شده و یک حباب بزرگ‌تر تشکیل می‌دهند)، ۳- تسهیم نامتناسب حباب که فرایندی است که گاز از فیلم حباب‌های کوچک‌تر، به بزرگ‌تر انتشار می‌یابد، این فرایند مستقیماً باعث کاهش حجم کف نمی‌شود، اما به صورت غیرمستقیم اثر می‌گذارد؛ زیرا با افزایش اندازه

<sup>۳</sup> Nuclear Magnetic Resonance Imaging

<sup>۴</sup> Sodium lauryl Sulfate (SLS)

<sup>۱</sup> lamellae

<sup>۲</sup> Conalbumin

سدیم لوریل سولفات، سولفات مس و سولفات آلومینیوم مورد استفاده نیز از شرکت مرک آلمان (Chemical Co. Darmstadt, Germany Merck) تهیه شدند.

#### مراحل آماده‌سازی نمونه

سفیده تخم‌مرغ خام پس از خریداری در بسته‌بندی مناسب، به آزمایشگاه و سپس به ظرف فلزی بزرگی منتقل و در یخچال نگهداری شد. پیش از مصرف، میزان ۹۰۰ میلی‌لیتر از سفیده به یک بشر ۱ لیتری منتقل و با استفاده از همزن مغناطیسی (IKA مدل REG، ساخت آلمان) تا رسیدن به بافت روان و یکنواخت در دمای محیط و حداقل سرعت ممکن هم‌زده شد. در همه آزمون‌ها یک نمونه شاهد نیز تولید شد.

#### بررسی اثر افزودنی‌ها

پس از یکنواخت‌شدن بافت سفیده مایع و تنظیم pH در محدوده ۹ (مناسب برای حداکثر میزان تشکیل و پایداری کف طبق پیش‌تیمارها)، به‌منظور بررسی اثر سولفات مس و سولفات آلومینیوم، محلول نمک‌های هریک در غلظت‌های صفر، ۰/۲۱، ۰/۴۲ و ۰/۶۳ میلی‌مول تهیه و به‌طور جداگانه، به سفیده اضافه و با همزن مغناطیسی هم‌زده شد. پس از حرارت‌دهی در حمام آب‌گرم ۵۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه (به‌منظور شبیه‌سازی شرایط پاستوریزه‌کردن، در ظرف سرپوشیده با قابلیت هم‌زدن) و سردکردن در یخچال در همان ظرف، نمونه جهت تولید کف آماده شد.

به‌منظور بررسی اثر مواد فعال سطحی، باتوجه‌به غلظت بحرانی تشکیل میسل<sup>۲</sup> (اندازه‌گیری توسط دستگاه تنشیومتر (Krusse مدل K100 ساخت کشور آلمان) که برای ۲ ماده مورد نظر ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد)، مقادیر صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام از توئین ۸۰ و سدیم لوریل سولفات که شامل مقادیر کمتر و بیشتر از نقطه بحرانی تشکیل میسل بود انتخاب و به سفیده اضافه و توسط همزن مغناطیسی هم‌زده شد و پس از حرارت‌دهی در حمام

حاصله پایدارتر بودند. این در حالی است که یون مس بر پایداری کف‌های تولیدشده توسط پودر سفیده تخم‌مرغ تأثیری نداشت (Sagis et al., 2001).

تحقیق انجام‌شده توسط Raikos و همکاران (۲۰۰۶) در خصوص تأثیر کلریدسدیم و شکر بر کف حاصل از سفیده تخم‌مرغ نشان داد که افزایش میزان کلریدسدیم در محیط باعث افزایش جذب پروتئین‌های سفیده در سطح مشترک مایع-هوا می‌شود. این در حالی است که افزودن شکر بر خاصیت کف‌کنندگی اثر منفی داشته، اما پایداری را افزایش می‌دهد. در این پژوهش آمده است که با استفاده از حرارت ملایم و دناتوراسیون کنترل‌شده پروتئین‌ها می‌توان خاصیت کف‌زایی این پروتئین را افزایش داد. در کل نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که با تغییر شرایط محیطی می‌توان فعالیت سطحی پروتئین سفیده را بهبود داد (Raikos et al., 2006).

نظر به الزامات قانونی کشور برای پاستوریزاسیون سفیده تخم‌مرغ برای حفظ سلامت جامعه و تأثیر منفی این فرایند بر ویژگی‌های کف آن و اهمیت حجم و پایداری کف حاصل از این محصول در صنایع غذایی و نیز باتوجه‌به اینکه پژوهش‌های بسیار محدودی درخصوص کف سفیده تخم‌مرغ مایع پاستوریزه و تحت فرایند حرارتی در داخل و خارج از کشور انجام شده است هدف از این پژوهش بررسی نقش یون‌های مس، آلومینیوم، توئین<sup>۱</sup> ۸۰ و سدیم لوریل سولفات بر ویژگی‌های کف سفیده تخم‌مرغ پاستوریزه و شناسایی مکانیسم احتمالی پایداری کف با بررسی گرانروی ظاهری، کشش سطحی و ویژگی‌های ریزساختاری کف بود.

#### مواد و روش‌ها

سفیده تخم‌مرغ خام استفاده‌شده در این طرح از مرغداری اسدالله‌زاده، شرکت توکاطلایی‌پاژ (مشهد) تهیه شد. به‌منظور تثبیت pH سفیده تخم‌مرغ، HCl تولیدی شرکت مرک آلمان (Merck Chemical Co., Darmstadt, Germany) که تا میزان ۳ مول بر لیتر رقیق شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. توئین ۸۰،

<sup>2</sup> Critical Micelle Concentration

<sup>1</sup> Tween

در رابطه‌های (۱) الی (۵)،  $v_l$ : حجم سفیده تخم مرغ مایع،  $v_f$ : حجم کف تشکیل شده،  $v_d$ : حجم آب خارج شده، OR: افزایش حجم،  $m_d$ : وزن آب خروجی در مدت ۳۰ دقیقه،  $m_f$ : وزن کف،  $m_{100f}$ : جرم ۱۰۰ میلی لیتر کف،  $v_{100f}$ : حجم: ۱۰۰ میلی لیتر می باشد.

#### بافت‌سنجی و ریزساختار

جهت سنجش بافت و اندازه‌گیری شاخصه‌های بافتی از آزمون اکستروژن معکوس استفاده شد (Stable Micro Systems مدل TA.XT Plus، ساخت انگلستان). در این آزمون با استفاده از استوانه با قطر ۵۰ و ارتفاع ۱۰۵ میلی‌متر و دیسک با قطر ۴۰ میلی‌متر انسجام<sup>۱</sup>، سفتی<sup>۲</sup> و استحکام<sup>۳</sup> کف با استفاده از منحنی‌های به‌دست‌آمده از این آزمون محاسبه شد.

همچنین جهت بررسی ریزساختار، مقداری کف بین دو لامل که به فاصله ۲ میلی‌متر از هم تثبیت شده‌اند، قرار داده شد و با استفاده از بزرگ‌نمایی ۱۰۰X میکروسکوپ نوری اندازه‌های حباب‌ها بلافاصله پس از تشکیل کف عکس‌برداری شد. با استفاده از نرم‌افزار متلب تصاویر آماده‌سازی و پردازش اولیه شدند که شامل ارتقاء تمایز، تفریق پس زمینه بود و با استفاده از نرم‌افزار ایمج‌جی<sup>۴</sup> تصاویر آستانه‌گیری و اندازه‌های حباب‌ها، کرویت و تراکم آنها بررسی شدند (Sagis et al., 2001).

#### کشش سطحی و گرانیوی سنجی

کشش سطحی محلول‌های آماده‌شده با استفاده از دستگاه سنجش کشش سطحی (تنشیومتر) (KRUSS مدل K100، ساخت آلمان) در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به روش ویلهلملی<sup>۵</sup> و با استفاده از پلیت ۲×۱ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد. به‌علاوه گرانیوی محلول‌های آماده‌شده با استفاده از دستگاه ویسکومتر Brookfield مدل DV-III ULTRA LV، ساخت آمریکا) در ۴ درجه سانتی‌گراد (دمای خروج نمونه از یخچال) در محدوده تنش برشی صفر تا ۹۶ بر ثانیه بررسی و گرانیوی ظاهری محلول‌ها در تنش برشی

آب‌گرم مشابه شرایط عنوان‌شده برای نمک‌ها در بالا و سردکردن در همان ظرف، در یخچال جهت تولید کف مورد استفاده قرار گرفت.

درنهایت، ۳۰۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های حاوی افزودنی پس از طی مراحل آماده‌سازی، به هم‌زن نیمه‌صنعتی (Berjaya، ساخت مالزی) منتقل شده و به مدت ۵ دقیقه در هم‌زن هم‌زده شد و ویژگی‌های کف حاصل از آن بلافاصله پس از تشکیل کف مورد بررسی قرار گرفت.

#### آماده‌سازی نمونه جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های کف

بلافاصله پس از اتمام عملیات هم‌زدن، حجم کف تولیدشده از ۳۰۰ میلی‌لیتر سفیده خوانده شده و میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر از کف به‌صورت مستقیم و با اعمال کمترین تنش به یک قیف شیشه‌ای منتقل و وزن آن توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۱ (مدل GF-600 ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شد. قیف حاوی کف به یک گیره متصل و یک مزور ۱۰ میلی‌لیتری جهت بررسی روند و اندازه‌گیری میزان آب خروجی از کف در زیر آن قرار داده شد و میزان آب خروجی در فواصل ۵ دقیقه‌ای تا ۳۰ دقیقه پس از تشکیل کف ثبت شد (Sagis et al., 2001; Kuropatwa et al., 2009). درنهایت با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده و با استفاده از رابطه‌های شماره (۱) الی (۵)، شاخص‌های مورد نظر ارزیابی شد (Lomakina & Mikova, 2006).

رابطه (۱)

$$\frac{v_f - v_l}{v_l} \times 100 = \text{افزایش حجم}$$

رابطه (۲)

$$\frac{OR}{OR + 100} = \text{فاز گازی}$$

رابطه (۳)

$$\frac{v_f}{v_l} \times 100 = \text{شاخص هم‌زدن}$$

رابطه (۴)

$$\frac{v_f - v_d}{v_l} \times 100 = \text{شاخص دوام کف}$$

رابطه (۵)

$$\frac{m_{100f}}{v_{100f}} = \text{دانسیته مخصوص}$$

<sup>1</sup> Cohesiveness

<sup>2</sup> Firmness

<sup>3</sup> Consistency

<sup>4</sup> Image J

<sup>5</sup> Wilhelmly

۵۲ بر ثانیه جهت مقایسه نمونه‌ها با یکدیگر گزارش گردید (Davis & Foegeding, 2007).

#### تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب<sup>۱</sup> نسخه ۱۶، با روش مدل خطی عمومی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ( $\alpha=0/05$ ) صورت پذیرفت. کلیه آزمون‌ها در حداقل ۳ تکرار انجام شد و میانگین تکرارها گزارش شد.

#### نتایج و بحث

##### بررسی تأثیر آلومینیوم بر ویژگی‌های کف سفیده تخم‌مرغ پاستوریزه شده

طبق نتایج قابل مشاهده در جدول (۱) فقط در تیمار ۰/۶۳ میلی‌مول آلومینیوم بالاترین افزایش حجم و شاخص دوام کف مشاهده می‌شود. اووترانسفرین<sup>۲</sup> حدود ۱۳ درصد در سفیده وجود دارد و به تشکیل کف کمک می‌کند ولی در دمای ۵۳ درجه سانتی‌گراد شروع به دناتور شدن می‌کند. ایجاد کمپلکس با فلزات کاتیونی مقاومت این پروتئین به دناتور شدن را بهبود می‌بخشد (Cotterill *et al.*, 1992). بنابراین فقط ۰/۶۳ میلی‌مول مقدار مناسبی برای کمپلس با این پروتئین بوده است که منجر به بالاترین افزایش حجم و دوام شده است. طبق نتایج برخی محققین اضافه

کردن سولفات آلومینیوم به پودر سفیده تخم‌مرغ پاستوریزه نشده بر ویژگی‌های کف‌کنندگی به‌ویژه حجم و پایداری کف اثر مثبت داشته است (Cotterill *et al.*, 1992). در برخی تحقیقات دیگر اضافه کردن سولفات آلومینیوم به سفیده تخم‌مرغ اسیدی شده پاستوریزه نشده حجم و پایداری کف را افزایش داد ولی اضافه کردن آن بعد از پاستوریزاسیون تأثیری بر حجم و پایداری کف نداشته است که علت آن عدم تشکیل کمپلکس با اووترانسفرین به علت دناتور شدن آن می‌باشد. در پژوهش ذکر شده غلظت یون آلومینیوم ۰/۰۰۴۴ گرم در ۱۰۰ گرم سفیده پاستوریزه نشده به‌عنوان بهترین غلظت انتخاب شد (Bovskovi & Mikovi, 2011) که با توجه به تفاوت شرایط سفیده تخم‌مرغ و نیز شرایط فرایند ممکن است درصدهای مختلفی از یون‌ها به‌عنوان بهینه انتخاب شوند.

همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آلومینیوم به‌جز در شاخص انسجام، مشاهده شد ( $P<0/05$ ) با افزایش میزان یون آلومینیوم، بافت کف محکم‌تر شده و با افزایش زمان هم‌زدن و دناتور شدن هرچه بیشتر پروتئین‌ها، شبکه مستحکمی از پروتئین‌ها و یون‌های فلزی تشکیل می‌شود که باعث افزایش سفتی، استحکام و انسجام کف می‌شود.

جدول ۱- تأثیر نمک آلومینیوم بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و بافتی کف

تیمار نمک آلومینیوم (میلی‌مول)	دانسیته مخصوص (گرم بر لیتر)	شاخص دوام کف (درصد)	شاخص هم‌زدن (درصد)	افزایش حجم (درصد)	فاز گازی (حداکثر یک)	استحکام (بدون واحد)	انسجام (بدون واحد)	سفتی (نیوتن)
شاهد	۰/۱۷۲ <sup>ab</sup>	۵۸۴/۰۹ <sup>b</sup>	۶۰۳/۳۳ <sup>b</sup>	۵۰۳/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۸۳ <sup>b</sup>	۱۵۷۹/۹۸ <sup>c</sup>	۱۲/۹۵ <sup>a</sup>	۱۹۷/۴۴ <sup>b</sup>
۰/۲۱	۰/۱۷۸ <sup>a</sup>	۵۸۰/۶۳ <sup>۱b</sup>	۶۰۱/۱۱ <sup>b</sup>	۵۰۱/۱۱ <sup>b</sup>	۰/۸۳ <sup>b</sup>	۱۹۱۵/۴۱ <sup>ab</sup>	۱۵/۶۹ <sup>a</sup>	۲۴۲/۵۵ <sup>b</sup>
۰/۴۲	۰/۱۷۱ <sup>ab</sup>	۵۹۱/۸۱ <sup>b</sup>	۶۰۵/۵۵ <sup>b</sup>	۵۰۵/۵۵ <sup>b</sup>	۰/۸۴ <sup>b</sup>	۱۶۳۸/۰۷ <sup>bc</sup>	۱۷/۳۷ <sup>a</sup>	۲۰۱/۴۳ <sup>a</sup>
۰/۶۳	۰/۱۶۱ <sup>b</sup>	۶۴۸/۲۵ <sup>a</sup>	۶۷۰ <sup>a</sup>	۵۷۰ <sup>a</sup>	۰/۸۵ <sup>a</sup>	۲۰۶۷ <sup>a</sup>	۱۷/۱ <sup>a</sup>	۲۵۸/۹۴ <sup>a</sup>

آلومینیوم کشش سطحی به‌طور معنی‌داری از سایر نمونه‌ها کمتر بود.

همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود اختلاف معنی‌داری در ویژگی‌های ریزساختاری کف مشاهده نمی‌شود ( $P<0/05$ ).

با افزایش میزان آلومینیوم گرانروی ظاهری و کشش سطحی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ( $P<0/05$ ). گرانروی ظاهری در نمونه حاوی ۰/۲۱ میلی‌مول آلومینیوم بیشترین و در نمونه شاهد کمترین بود. در نمونه حاوی ۰/۲۱ میلی‌مول

<sup>1</sup> Minintab

<sup>2</sup> Ovotransferrin

جدول ۲- گرانروی، کشش سطحی و برخی شاخص‌های ریزساختاری محلول سفیده تخم مرغ حاوی نمک آلومینیوم

تیمار نمک آلومینیوم (میلی مول)	گرانروی ظاهری (میلی پاسکال ثانیه)	کشش سطحی (میلی نیوتن بر متر)	تراکم	کرویت	میانگین اندازه حباب‌ها (میکرومتر)
شاهد	۴/۵۳ <sup>c</sup>	۵۶/۸۲ <sup>a</sup>	۱۹ <sup>a</sup>	۰/۸۸ <sup>a</sup>	۶۰۶ <sup>a</sup>
۰/۲۱	۷/۷۷ <sup>a</sup>	۵۳/۶۵ <sup>d</sup>	۲۵ <sup>a</sup>	۰/۹۵ <sup>a</sup>	۵۰۵ <sup>a</sup>
۰/۴۲	۷/۳۲ <sup>b</sup>	۵۵/۸۱ <sup>c</sup>	۲۳ <sup>a</sup>	۰/۹۵ <sup>a</sup>	۴۶۶ <sup>a</sup>
۰/۶۳	۷/۲ <sup>b</sup>	۵۵/۰۹ <sup>c</sup>	۲۱ <sup>a</sup>	۰/۹۷ <sup>a</sup>	۵۶۴ <sup>a</sup>

مشاهده می‌شود و بهترین تیمار از نظر بهبود افزایش حجم و شاخص دوام کف نمونه حاوی ۰/۲۱ میلی مول مس می‌باشد

بررسی تأثیر مس بر ویژگی‌های کف سفیده تخم مرغ حرارت دیده همان گونه که در جدول (۳) نشان داده شده است، اختلاف معنی داری بین تیمارها با افزایش یون مس

جدول ۳- تأثیر نمک مس بر برخی شاخص‌های و بافتی فیزیکی کف

تیمار نمک مس (میلی مول)	دانسیته مخصوص (گرم بر میلی لیتر)	شاخص دوام کف (درصد)	شاخص هم‌زدن (درصد)	افزایش حجم (درصد)	فاز گازی (حداکثر یک)	استحکام (بدون واحد)	انسجام (بدون واحد)	سفتی (نیوتن)
شاهد	۰/۱۱۷۶ <sup>a</sup>	۵۸۶/۹۹ <sup>d</sup>	۶۰۳/۳۳ <sup>d</sup>	۵۰۳/۳۳ <sup>d</sup>	۰/۸۳ <sup>d</sup>	۱۵۹۷/۹۸ <sup>a</sup>	۱۲/۹۵ <sup>a</sup>	۱۹۷/۴۴ <sup>a</sup>
۰/۲۱	۰/۱۱۶۴ <sup>b</sup>	۷۰۷	۷۱۶/۶۶ <sup>a</sup>	۶۱۶/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۸۶ <sup>a</sup>	۱۴۰۷/۱۱ <sup>b</sup>	۲۵/۶۶ <sup>a</sup>	۱۶۲/۵۶ <sup>b</sup>
۰/۴۲	۰/۱۱۵۹ <sup>b</sup>	۶۵۹/۶۷ <sup>b</sup>	۶۷۰ <sup>b</sup>	۵۷۰ <sup>b</sup>	۰/۸۵ <sup>b</sup>	۱۲۶۸/۶۱ <sup>c</sup>	۱۸/۹۷ <sup>a</sup>	۱۳۶/۶۴ <sup>c</sup>
۰/۶۳	۰/۱۱۶۶ <sup>ab</sup>	۶۲۵/۴۱ <sup>c</sup>	۶۳۶/۶۶ <sup>c</sup>	۵۳۶/۶۶ <sup>c</sup>	۰/۸۴ <sup>c</sup>	۱۴۳۷/۵۲ <sup>b</sup>	۲۱/۶۴ <sup>a</sup>	۱۶۸/۳۹ <sup>b</sup>

تعداد یون‌های مس تقریباً معادل تعداد محل‌های اتصال مولکول‌های کونالومین در محلول است که در این پژوهش غلظت ۰/۲۱ میلی مولار غلظت مناسب می‌باشد. در حضور یون مس در واقع افزایش پایداری از طریق افزایش الاستیسیته سطح مشترک اتفاق می‌افتد (Sagis et al., 2001).

نتایج مربوط به ویژگی‌های بافتی در جدول (۳) نشان داده شده است. با افزایش یون مس سفتی و استحکام به نسبت نمونه شاهد کاهش و انسجام اختلاف معنی داری نداشته است ( $P < 0.05$ ). بیشترین سفتی و انسجام مربوط به نمونه شاهد و کمترین آن مربوط به نمونه ۰/۴۲ بود.

برخی محققین بیان کردند اضافه کردن یون مس سفتی کف را افزایش داد. علت این اختلاف ممکن است به دلیل تفاوت در نوع سفیده تخم مرغ و مقادیر اضافه شده باشد (Cotterill et al., 1992).

طبق جدول (۴)، نتایج مربوط به کشش سطحی نشان می‌دهد که افزایش یون مس تأثیر معنی داری بر

Philips و همکاران (۱۹۸۷) بیان کردند که پروتئین سفیده تخم مرغ و آلبومن تازه با سولفات مس ۱ مولار کف‌های پایداری تشکیل می‌دهد. Mac و همکاران (۱۹۸۶) به این نتیجه رسیدند که تأثیر یون مس بر پایداری کف سفیده تخم مرغ در نتیجه قدرت یون مس برای تشکیل کمپلکس با کونالومین است. کمپلکس کونالومین مس در مقابل دنا تورا سیون سطحی مقاوم تر از کونالومین به تنهایی است. Waterloh و Mennicken (۱۹۹۷) هم گزارش کردند اتصال با کاتیون‌های فلزی پروتئین را نسبت به دنا تورا سیون مقاوم می‌کند.

باتوجه به pH در این پژوهش که بالاتر از نقطه ایزوالکتریک کونالومین ۶/۶ است، کونالومین بار منفی خواهد داشت که باعث برهم کنش دافعه بین سطح مشترک فیلم خواهد شد و تشکیل کمپلکس کونالومین-مس باعث اتصال ۲ یون مثبت بر هر مولکول کونالومین خواهد شد که بار الکترواستاتیک مولکول کونالومین را کاهش می‌دهد. در این غلظت

کرویت در نمونه حاوی ۰/۶۳ میلی‌مول نمک مس قابل توجه بود (جدول ۴). نتایج برخی محققین نشان داد افزایش یون مس اختلاف معنی‌داری در اندازه حباب‌ها ایجاد نکرد (Sagis *et al.*, 2001). این بدان معنی است که در تحقیق ذکر شده احتمالاً افزایش گر انرژی فاز پیوسته مانع از نازک شدن بیش‌ازحد لاملای بین حباب‌ها شده و در نتیجه شکل حباب‌ها به جای آنکه به صورت چندوجهی درآیند به صورت کروی در محیط باقی‌مانده است که در این پژوهش به دلیل کاهش گر انرژی ظاهری کاهش کرویت مشاهده شد.

کاهش کشش سطحی نمونه‌ها داشته است. کمترین کشش سطحی مربوط به نمونه ۰/۴۲ میلی‌مول و بیشترین آن مربوط به نمونه شاهد بود. نتایج برخی تحقیق‌ها نشان داد افزایش یون مس کشش سطحی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد که همان‌گونه که قبلاً نیز عنوان شد ممکن است به دلیل تفاوت در نوع سفیده، شرایط فرایندی و غلظت مورد استفاده باشد (Sagis *et al.*, 2001).

نتایج مربوط به ریزساختار کف نشان می‌دهد با افزایش میزان یون مس، اختلاف معنی‌داری در شاخص‌ها به وجود آمده است. کاهش معنی‌دار شاخص

جدول ۴- گر انرژی، کشش سطحی و برخی شاخص‌های ریزساختاری محلول سفیده تخم مرغ حاوی نمک مس

تیمار نمک مس (mMol)	گر انرژی ظاهری (میلی‌پاسکال ثانیه)	کشش سطحی (میلی‌نیوتن بر متر)	تراکم	کرویت	میانگین اندازه حباب‌ها (میکرومتر)
شاهد	۴/۵۳ <sup>c</sup>	۵۶/۸۲ <sup>a</sup>	۱۹ <sup>c</sup>	۰/۸۸ <sup>a</sup>	۶۰۶ <sup>a</sup>
۰/۲۱	۹/۰۰ <sup>a</sup>	۵۶/۲۳ <sup>a</sup>	۳۸ <sup>b</sup>	۰/۸۷ <sup>a</sup>	۲۸۸ <sup>ab</sup>
۰/۴۲	۸/۹۰ <sup>a</sup>	۵۵/۱۶ <sup>b</sup>	۴۳ <sup>a</sup>	۰/۸۲ <sup>a</sup>	۲۳۹ <sup>b</sup>
۰/۶۳	۷/۶۸ <sup>b</sup>	۵۵/۶۴ <sup>b</sup>	۴۹ <sup>a</sup>	۰/۶۵ <sup>b</sup>	۱۹۷ <sup>c</sup>

سطحی و افزایش گر انرژی بین سطحی شوند. افزایش گر انرژی بین سطحی، مقاومت مکانیکی در برابر بهم‌پیوستگی نیز ایجاد می‌کند و باعث افزایش پایداری می‌شود (Schramm, 2005).

طبق جدول (۵) اختلاف معنی‌داری در نتایج شاخص‌های بافتی تحت تأثیر تیمارهای مختلف مشاهده می‌شود ( $P < 0.05$ ). با افزایش توئین سفتی و استحکام کف کاهش و انسجام بدون تغییر باقی‌ماند. به‌طور کلی با افزایش توئین کشش سطحی کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). گر انرژی ظاهری در کلیه نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. همچنین اختلاف معنی‌داری در اندازه حباب‌ها، تراکم و کرویت مشاهده نشد ( $P < 0.05$ ) (جدول ۶). با توجه به نحوه هوادهی و نوع محصول نتایج مختلفی توسط محققین در محصولات مختلف گزارش شده است. محققین در سال ۲۰۰۷ تأثیر افزودن توئین ۸۵ را بر قابلیت ایجاد کف پروتئین‌های شیر از طریق سیستم تزریق هوا بررسی کردند نتایج آنها نشان داد اضافه کردن توئین

بررسی تأثیر توئین بر ویژگی‌های کف سفیده تخم مرغ پاستوریزه شده

همان‌گونه که در نتایج مشاهده می‌شود، بیشترین پایداری، حجم، فاز گازی و شاخص هم‌زدن کف در تیمار چهارم ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام به دست آمد. از عوامل مهم در افزایش حجم کف غلظت ماده فعال سطحی است و همچنین قدرت تشکیل کف زمانی به حداکثر خود می‌رسد که میزان ماده فعال سطحی در غلظت‌های بیشتر یا مساوی غلظت بحرانی تشکیل میسل باشد (Walstra, 2003).

طبق نتایج نشان داده شده در جدول (۵) به نظر می‌رسد با توجه به نتایج فقط در غلظت ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام غلظت توئین برای پوشش سطح مشترک هوا-آب برای رسیدن به افزایش حجم دلخواه و بالاتر از غلظت بحرانی تشکیل میسل بوده است. چنانچه پیشتر نیز اشاره شد، علت افزایش پایداری کف این است که هنگامی که مواد فعال سطحی جذب شده، در لایه سطحی مجتمع شوند، می‌توانند باعث کاهش کشش

۸۵ قابلیت ایجاد کف را به دلیل کاهش الاستیسیته سطح مشترک حباب‌های هوا کاهش و تخریب سریع کف را موجب شد. در عوض با اضافه کردن توئین ۲۰ و ۸۰ در این سیستم تغییر قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد (Eisner et al., 2007; Maldonado-Valderrama & Patino, 2010).

جدول ۵- تأثیر توئین بر ویژگی‌های فیزیکی و بافتی کف

تیمار توئین ۸۰ (پی‌پی‌ام)	دانسیته مخصوص (گرم بر میلی‌لیتر)	شاخص دوام کف (درصد)	شاخص هم‌زدن (درصد)	افزایش حجم (درصد)	فاز گازی (حداکثر یک)	استحکام (بدون واحد)	انسجام (بدون واحد)	سفتی (نیوتن)
شاهد	۰/۱۶۹ <sup>a</sup>	۵۲۹/۹۹ <sup>d</sup>	۵۳۶/۶۶ <sup>d</sup>	۴۳۶/۶۶ <sup>d</sup>	۰/۸۱ <sup>d</sup>	۱۶۵۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱۶/۹۵ <sup>a</sup>	۱۹۷/۴۳ <sup>a</sup>
۵۰۰	۰/۱۶۴ <sup>ab</sup>	۵۶۰/۴۴ <sup>c</sup>	۵۷۳/۳۳ <sup>c</sup>	۴۷۳/۳۳ <sup>c</sup>	۰/۸۲ <sup>c</sup>	۲۲۴/۹۴ <sup>b</sup>	۱۴/۴۹ <sup>a</sup>	۲۴/۹۶ <sup>b</sup>
۱۰۰۰	۰/۱۵۰ <sup>bc</sup>	۶۷۰/۰۰ <sup>b</sup>	۶۷۰/۰۰ <sup>b</sup>	۵۷۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۸۵ <sup>b</sup>	۱۷۳/۴۷ <sup>b</sup>	۱۸/۱۷ <sup>a</sup>	۱۸/۷۲ <sup>b</sup>
۱۵۰۰	۰/۱۴۰ <sup>c</sup>	۷۷۳/۳۳ <sup>a</sup>	۷۷۳/۳۳ <sup>a</sup>	۶۷۳/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۸۷ <sup>a</sup>	۱۶۷/۸۹ <sup>b</sup>	۱۶/۲۵ <sup>a</sup>	۱۸/۹۹ <sup>b</sup>

جدول ۶- گرانروی، کشش سطحی و برخی شاخص‌های ریزساختاری محلول سفیده تخم مرغ حاوی توئین

تیمار توئین ۸۰ (پی‌پی‌ام)	گرانروی ظاهری (mPa.s)	کشش سطحی (mN/m)	تراکم	کرویت	میانگین اندازه حباب‌ها (میکرومتر)
شاهد	۴/۵۳ <sup>c</sup>	۵۶/۸۲ <sup>a</sup>	۳۷ <sup>a</sup>	۰/۶۱ <sup>a</sup>	۲۷۰ <sup>a</sup>
۵۰۰	۵/۴۸ <sup>a</sup>	۵۲/۷۰ <sup>c</sup>	۲۰ <sup>ab</sup>	۰/۵۴ <sup>a</sup>	۲۹۵ <sup>a</sup>
۱۰۰۰	۲/۶۹ <sup>d</sup>	۵۳/۹۵ <sup>b</sup>	۲۹ <sup>ab</sup>	۰/۶۷ <sup>a</sup>	۳۲۲ <sup>a</sup>
۱۵۰۰	۴/۱۶ <sup>b</sup>	۳۴/۲۸ <sup>d</sup>	۲۵ <sup>b</sup>	۰/۶۳ <sup>a</sup>	۳۴۶ <sup>a</sup>

بررسی تأثیر سدیم لوریل سولفات بر ویژگی‌های کف

سفیده تخم مرغ پاستوریزه شده

همان‌طور که در نتایج جدول (۷) مشاهده می‌شود، بیشترین پایداری، حجم، فاز گازی و شاخص هم‌زدن کف در تیمار چهار ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده می‌شود. اختلاف معنی‌داری در نتایج شاخص‌های فیزیکی مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). همچنین با افزایش سدیم لوریل سولفات، سفتی و استحکام کف کاهش و

انسجام بدون تغییر باقی‌ماند. طبق جدول (۸) در میزان کرویت نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). در صورتی که اختلاف معنی‌داری بین میانگین اندازه حباب‌ها و تراکم مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ) Setser و Kim (۱۹۸۲) برخی افزودنی‌ها را همراه با سدیم لوریل سولفات به سفیده تخم مرغ آغشته به زرده تخم مرغ اضافه کردند که افزایش گرانروی را با افزایش سدیم لوریل سولفات مشاهده کردند.

جدول ۷- اثر سدیم لوریل سولفات بر ویژگی‌های فیزیکی و بافتی کف سفیده تخم مرغ

تیمار سدیم لوریل سولفات (پی‌پی‌ام)	دانسیته مخصوص (g/ml)	شاخص دوام کف (درصد)	شاخص هم‌زدن (درصد)	افزایش حجم (درصد)	فاز گازی (۱)	استحکام (بدون واحد)	انسجام (بدون واحد)	سفتی (نیوتن)
شاهد	۰/۱۶۷ <sup>a</sup>	۵۹۴/۶۲ <sup>b</sup>	۶۰۸/۸۸ <sup>b</sup>	۵۰۸/۸۸ <sup>b</sup>	۰/۸۳ <sup>b</sup>	۱۶۵۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱۶/۹۵ <sup>a</sup>	۱۹۷/۴۳ <sup>a</sup>
۵۰۰	۰/۱۶۸ <sup>a</sup>	۵۷۵/۴۰ <sup>c</sup>	۶۰۸/۸۸ <sup>b</sup>	۵۰۸/۸۸ <sup>b</sup>	۰/۸۳ <sup>b</sup>	۱۰۶۱/۴۰ <sup>bc</sup>	۱۵/۴۰ <sup>a</sup>	۱۲۵/۸۱ <sup>bc</sup>
۱۰۰۰	۰/۱۶۴ <sup>a</sup>	۵۷۳/۷۴ <sup>c</sup>	۶۰۸/۸۸ <sup>b</sup>	۵۰۸/۸۸ <sup>b</sup>	۰/۸۳ <sup>b</sup>	۹۸۸/۱۳ <sup>c</sup>	۱۴/۳۳ <sup>a</sup>	۹۲/۲۱ <sup>c</sup>
۱۵۰۰	۰/۱۴۵ <sup>b</sup>	۶۴۳/۵۳ <sup>a</sup>	۶۷۰/۰۰ <sup>a</sup>	۵۷۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۸۵ <sup>a</sup>	۱۱۹۷/۶۸ <sup>b</sup>	۲۴/۸۵ <sup>a</sup>	۱۳۸/۸۹ <sup>b</sup>



جدول ۸- گرانروی و کشش سطحی محلول سفیده تخم مرغ حاوی سدیم لوریل سولفات

تیمار سدیم لوریل- سولفات (پی پی ام)	گرانروی ظاهری (mPa.s)	کشش سطحی (mN/m)	تراکم	کرویت	میانگین اندازه حباب‌ها (میکرومتر)
شاهد	۴/۵۳ <sup>a</sup>	۵۶/۸۲ <sup>a</sup>	۲۸ <sup>a</sup>	۰/۶۴ <sup>b</sup>	۳۸۳ <sup>a</sup>
۵۰۰	۴/۴۶ <sup>a</sup>	۴۲/۷۹ <sup>c</sup>	۲۷ <sup>a</sup>	۰/۸۱ <sup>ab</sup>	۳۸۶ <sup>a</sup>
۱۰۰۰	۴/۲۲ <sup>a</sup>	۴۴/۴۳ <sup>b</sup>	۲۵ <sup>a</sup>	۰/۷۲ <sup>ab</sup>	۴۳۱ <sup>a</sup>
۱۵۰۰	۴/۱۱ <sup>a</sup>	۳۸/۰۹ <sup>d</sup>	۲۸ <sup>a</sup>	۰/۸۷ <sup>a</sup>	۳۸۰ <sup>a</sup>

به یکدیگر نزدیک می‌شوند فیلم موجود بین حباب‌ها نه تنها شکسته نمی‌شود بلکه تا رسیدن به لاملای پایدار نازک می‌شود (Schramm, 2005).

### نتیجه‌گیری

برای افزایش حجم و پایداری کف سفیده تخم مرغ پاستوریزه شده، اضافه کردن یون‌های مس و آلومینیوم هریک به صورت جداگانه به میزان ۰/۶۳ و ۰/۲۱ میلی‌مول و اضافه کردن سدیم لوریل سولفات و یا توئین ۸۰ به میزان ۱۵۰۰ پی پی ام قبل از پاستوریزاسیون قابل استفاده است. با توجه به نتایج به دست آمده از ویژگی‌های فیزیکی، تغییرات گرانروی ظاهری، ریز ساختار و کشش سطحی و مطالب عنوان شده در خصوص مکانیسم ناپایداری کف و با توجه به منابع، اینگونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در خصوص افزودن یون‌های آلومینیوم و مس مکانیسم‌های پایداری احتمالاً شامل مقاومت در برابر تسهیم نامتناسب و درهم آمیختگی می‌باشد. اضافه کردن مواد فعال سطحی، از ناپایداری به دلیل تسهیم نامتناسب، جلوگیری می‌کند (Sagis et al., 2001). هر چند دستیابی به مکانیسم دقیق به تحقیق‌های بیشتری نیاز دارد.

مواد فعال سطحی یونی نسبت به مواد فعال سطحی غیر یونی عوامل مناسب‌تری برای تشکیل کف هستند، که احتمالاً سر یونی آنها از طریق ایجاد دافعه الکترواستاتیک بین دو طرف لاملای موجود در کف پایداری آن را افزایش می‌دهد. به طور کلی قابلیت ایجاد کف با افزایش طول زنجیرهٔ قلیایی در گروه آب‌گریز افزایش یافته و با شاخه‌ای شدن این گروه کاهش می‌یابد. به علاوه تشکیل کف به وسیلهٔ هر عامل ساختاری که سبب افزایش پیوندهای عرضی سورفکتانت در سطح شود کاهش می‌یابد که از این عوامل می‌توان به شاخه‌ای شدن گروه‌های آب‌گریز، افزایش تعداد گروه‌های اکسی اتیلن در گروه آب‌دوست مواد فعال سطحی غیر یونی یا پوشش‌دهی گروه‌های انتهایی هیدروکسیل گروه پلی‌اکسی اتیلن<sup>۱</sup> با گروه‌های کم محلول در آب اشاره کرد (Schramm, 2005).

همان‌گونه که در خصوص توئین ذکر شد این سورفکتانت نیز کشش سطحی را کاهش داده و با به حداکثر رساندن سطوح بین فازی به کمتر شدن میزان انرژی مکانیکی لازم برای تشکیل کف کمک می‌کند؛ به علاوه یک لایهٔ محافظ پیرامون حباب‌ها ایجاد کرده و از بهم پیوستن و امتزاج آنها با یکدیگر جلوگیری می‌کند. در واقع در این شرایط هنگامی که دو حباب

<sup>۱</sup> Polyoxyethylene

منابع

- 1- Belitz, H.D., Grosch, W., & Schieberle, W. 2009. Food Chemistry. Springer-Verlag, Germany.
- 2- Bovskovi, H., & Mikovi, K. 2001. Factors influencing egg white foam quality. Czech Journal of Food Science, 29(4): 322-327.
- 3- Cotterill, O.J., Chang C.C., McBee L.E., & Heymann, H. 1992. Metallic cations affect functional performce of spray-dried heat treated egg white. Journal of Food Science, 57 (6): 1321–1342.
- 4- Davis, J.P., & Foegeding, E.A. 2007. Comparisons of the foaming and interfacial properties of whey protein isolate and egg white proteins. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 54(2): 200–210.
- 5- Eisner, M., Jeelani, S., Bernhard, L., & Windhab, E. 2007. Stability of foams containing proteins, fat particles and nonionic surfactants. Chemical Engineering Science, 62(7): 1974-1987.
- 6- Ibanoglu, E., & Ercelebi, E.A. 2007. Thermal denaturation and functional properties of egg proteins in the presence of hydrocolloid gums. Food Chemistry, 101(2): 626–633.
- 7- Kim, K., & Setser, C.S. 1982: Foaming properties of fresh and commercially dried eggs in the presence of stabilizers and surfactants. Poultry Science, 61: 2194–2199.
- 8- Kuropatwa, M., Tolkach, A., & Kulozik, U. 2009. Impact of pH on the interactions between whey and egg white proteins as assessed by the foamability of their mixtures. Food Hydrocolloids, 23(8): 2174–2181.
- 9- Lomakina, K., & Mikova, K. 2006. A Study of the Factors affecting the foaming properties of egg white – a Review. Czech Journal of Food Science, 24 (3): 110–118.
- 10- Mac, Y., Postel, L.M., & Holme, J. 1986. Effects of chemical modifications on the physicochemical and cake baking properties of egg white. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 19(1): 17–22.
- 11- Maldonado-Valderrama, J., & Patino, J. 2010. Interfacial rheology of protein surfactant mixtures. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 15(4): 271-282.
- 12- Mennicken, L., & Waterloh, B. 1997. Chemistry of egg white. In: Proceedings VIIth European Symposium on the Quality of Egg and Egg Products, Poznan, 145-157.
- 13- Philips, L.G., Hague, Z., & Kinsella, J.E. 1987. A method for the measurement of foam formation and stability. Journal of Food Science, 52(4): 1074–1077.
- 14- Raikos, V., Campbell, L., & Euston, S.R. 2007. Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins, Food Research International, 40: 347–55.
- 15- Sagis, L.M.C., Groot-Mostert, A.E.A., Prins, A., & Van der Linden, E. 2001. Effect of copper ions on the drainage stability of foams prepared from egg white. Colloids and Surfaces, 180(1): 163-172.
- 16- Schramm, L.L. 2005. Emulsions, Foams, and Suspensions Fundamentals and Applications. Weinheim: wiley-vch Verlag GmbH & Co., Germany.

- 17- Stevenson, P., Mantle, M.D., & Hicks, J.M. 2007. NMRI studies of the free drainage of egg white and meringue mixture froths. *Food Hydrocolloids*, 21(2): 221–229.
- 18- Walstra, P. 2003. *Physical Chemistry of Foods*. New York: Marcel Dekker.

## Influence of Some Additives on Physical Properties of Pasteurized Liquid Egg White

Samira Yeganehzad<sup>1\*</sup>, Mohsen Dabestani<sup>2</sup>

1- Assistant Professor, Food Processing Department, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

2- Ph.D. Student, Food Nano-Technology Department, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

\* Corresponding author (s.yeganehzad@rifst.ac.ir)

### Abstract

Foam is a colloidal system in which air bubbles are scattered in solid or liquid medium. Considering the importance of overrun and stability in pasteurized egg white foam in the food industry and due to limited number of researches on the pasteurized egg white foam, the aim of this study was to investigate the effect of Tween 80, sodium lauryl sulphate, copper and aluminium ions on specific density, overrun, whipping index, durability index, gas phase, textural properties, interfacial tension, microstructure of egg white foam (after adjusting the pH and heat treatment similar to pasteurization conditions). The best treatment for improving the physical properties of the foam were 0.21 and 0.63 mM copper and aluminium, respectively. The most stability and overrun were observed in samples containing 1500 ppm sodium lauryl sulphate and Tween 80. The results from this research proved that in case of lack of access to natural additives, the mentioned additives can be used. Liquid egg white processing factories can apply the optimized level of the additives to overcome the problems originated from foam loss and instability and consequent rejection from industrial consumers, considerably.

**Keywords:** Aluminum Sulphate, Copper Sulphate, Foam, Pasteurized Egg White, Surfactants