

بررسی تأثیر پ هاش، نمک و حرارت بر ویژگی‌های کیفی امولسیون روغن در آب تهیه شده با مانوپروتئین مخمر کلویورومایسس مارکسیانوس

جلال محمدزاده^{۱*}، رسول کدخدایی^۲، سیدعلی مرتضوی^۳، فریده طباطبائی یزدی^۴، آرش کوچکی^۴

۱- استادیار علوم و صنایع غذایی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان * نویسنده مسئول (jmohamadzadeh@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه نانو فناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

مانوپروتئین، با ساختاری متشکل از واحدهای مانوزیل متصل به پروتئین از دیواره سلولی مخمر کلویورومایسس مارکسیانوس استخراج و خالص‌سازی شد. از آنجا که برای تهیه یک امولسیون غذایی پایدار، شناخت برهم‌کنش‌های بین اجزا تشکیل دهنده و تأثیر آنها بر خصوصیات کیفی امولسیون بسیار حائز اهمیت است، لذا در این تحقیق تأثیر تنش‌های محیطی بر برخی شاخص‌های کیفی امولسیون تهیه شده با مانوپروتئین در شرایط مختلف pH (۳ تا ۹)، نمک کلرید سدیم (۰ تا ۵۰۰ میلی مول) و فرایند حرارتی (۳۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه) بررسی گردید. ویژگی‌های امولسیون از نظر قطر متوسط قطرات، پتانسیل زتا، گرانیوی و رفتار جریان در مقایسه با پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد، افزایش قطر قطرات و تغییرات گرانیوی و رفتار جریان امولسیون‌های مانوپروتئین در pH ۵ تا ۹، نمک تا غلظت ۵۰۰ میلی مول و درجه حرارت‌های ۳۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار نبود ($P < 0.05$). همچنین با وجود تغییر معنی‌دار بار الکتریکی سطحی قطرات، پایداری امولسیون‌های مانوپروتئین در مقابل تغییرات تنش‌های محیطی به واسطه اثر معنی‌دار دافعه فضایی ناشی از شاخه‌های پلیمری مانوز علاوه بر دافعه الکترواستاتیکی بود.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۰۸

واژه‌های کلیدی

امولسیون
تنش‌های محیطی
مانوپروتئین/مانان
مخمر کلویورومایسس
مارکسیانوس

مقدمه

بیوامولسیفایرها، به عنوان امولسیفایرهای طبیعی، ترکیبات فعال سطحی هستند که از منابع بیولوژیکی معمولاً به صورت خارج سلولی یا متصل شده با سطح سلول، به وسیله باکتری‌ها، مخمرها و یا قارچ‌ها تولید می‌گردند. مانان/مانوپروتئین^۱ (لازم به ذکر است از آنجا که مانان به صورت ترکیب قندی مزدوج شده با

امولسیون‌ها از دو مایع غیر قابل امتزاج تشکیل شده‌اند، به طوری که یک مایع به صورت قطرات کروی شکل بسیار ریز در مایع دیگر پراکنده و از نظر ترمودینامیکی ناپایدار هستند، بدین لحاظ معمولاً از امولسیفایرها جهت افزایش ثبات و پایداری آنها استفاده می‌شود (Dickinson, 2003).

¹ Mannan/Mannoprotein

پروتئین فقط در دیواره سلولی مخمر یافت می‌شود، لذا در این مقاله واژه مانان و مانوپروتئین دلالت بر یک معنی دارند و می‌توانند به جای هم به کار روند)، پلیمری از مانوز بوده (رشته اصلی به همراه شاخه‌های جانبی الیگو ساکاریدیدی، تری و تترامر با اتصال‌های واحدهای مانوزیل) که با اتصال‌های کووالانسی به پروتئین متصل شده‌اند. این ترکیب از دیواره سلولی مخمر کلویورومایسس مارکسیانوس^۱ با راندمان نسبتاً بالا قابل استخراج است (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۳). این مخمر، سریع‌ترین سرعت رشد را در میان مخمرها دارا است و قادر به استفاده از لاکتوز به عنوان منبع کربنی نیز می‌باشد و از آنجا که به عنوان مخمر خوراکی شناخته شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. گلیکو پروتئین مانان با دارا بودن گروه هیدروفیلی و بخش هیدروفوبی، ساختار ترکیبات آمفی‌فیلیک طبیعی را پیدا کرده و می‌تواند برای تولید و ایجاد ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی با پایداری مطلوب در امولسیون‌ها به کار رود (Fonseca et al., 2008; Banat & Cameotra, 2000).

اصولاً برای تهیه یک امولسیون غذایی پایدار، شناخت برهم‌کنش‌های بین اجزای تشکیل دهنده آن و تأثیر آنها بر خصوصیات امولسیون بسیار حائز اهمیت است. تنش‌های محیطی از قبیل pH، قدرت یونی و درجه حرارت می‌توانند بر توانایی امولسیفایر در پایداری امولسیون مؤثر باشند. معمولاً امولسیون غذایی در طول فرایند تحت تأثیر pHهای متفاوت قرار می‌گیرند و یا پس از مصرف با شرایط مختلفی از نظر pH در دهان، معده و روده کوچک مواجه هستند. قدرت یونی نیز می‌تواند، (حضور نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم) در امولسیون‌های غذایی و نوشیدنی (از قبیل نوشیدنی‌های غنی شده با قدرت یونی نسبتاً پایین تا انواع سس‌ها و دسرها با قدرت یونی بالا) متفاوت باشد. همچنین محصولات امولسیونی ممکن است در طی ساخت تحت تأثیر انواع فرایندهای حرارتی مختلف (از قبیل پخت و یا پاستوریزاسیون) قرار گیرند. بنابراین تعیین تأثیر تنش‌های محیطی مذکور بر خصوصیات فیزیک و شیمیایی امولسیون ضروری و از اهمیت خاصی برخوردار است (Wu et

² *Saccharomyces cerevisiae*

³ Lactoglobulin

⁴ Lactoferrin

¹ *Kluyveromyces marxianus*

استیک در اتانول ۹۶ درصد) رسوب داده شد. جهت کامل شدن رسوب نمونه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس در $8000 \times g$ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ گردید (Liu et al., 2014; Araújo et al., 2009). از ستاولون (هگزا دسی تری متیل آمونیم بروماید به عنوان یک حلال آلی برای رسوب انتخابی مانوپروتئین) و جهت خلوص بیشتر، رسوب حاصل در مقابل آب مقطر توسط کیسه‌هایی به ضخامت ۳۰ میکرومتر به مدت ۴۸ ساعت دیالیز و سپس با خشک‌کن انجمادی خشک گردید (Dikit et al., 2010).

تهیه امولسیون

فاز آبی با حل نمودن مقدار بیوامولسیفایر (۱/۲۵ درصد وزنی/وزنی) در pH برابر ۷ به همراه سدیم آزاید (۰/۰۲ درصد) به عنوان یک ماده ضد میکروبی مدت ۲ ساعت توسط یک هم زن مغناطیسی مخلوط گردید محلول حاصل به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شدند تا جذب کامل آب انجام پذیرد. امولسیون اولیه با محلول‌های امولسیفایر و روغن ذرت به ترتیب نسبت ۸۰:۲۰ با استفاده از همگن‌ساز اولتراتوراکس (T50IKA، آلمان) با سرعت ۹۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳ دقیقه تحت دمای اتاق انجام شد. برای همگن‌سازی ثانویه از امواج فراصوت، (اولتراسوند ساخت شرکت Sonix، کشور آمریکا) به مدت ۵ دقیقه و فرکانس ۲۰ کیلوهرتز در بیشینه توان اسمی دستگاه (۷۵۰ وات) استفاده شد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۳).

تأثیر pH

فاز آبی امولسیون‌ها با pHهای متفاوت (بافر ۳، ۵، ۷ و ۹)، تهیه گردید. امولسیون‌ها به مدت ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمایش‌ها در دمای یخچال نگهداری شدند (Tokle et al., 2012).

تأثیر نمک

پس از تهیه پیش مخلوط امولسیونی (بافر ۷) حاوی امولسیفایر با اندازه ذرات کوچک، قبل از اعمال فراصوت، با افزودن نمک نمونه‌ها کاملاً مخلوط شدند

۱-۰/۹ درصد می‌باشد و بیان داشتند در امولسیون پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر تغییر یافته به دلیل افزایش سهم فسفولیپیدها، وزن مولکولی و ضخامت لایه بین سطحی قطرات و وجود دافعه فضایی^۱ علاوه بر دافعه الکترواستاتیکی^۲ نسبت به تغییرات غلظت نمک، pH و حرارت پایدارتر هستند.

در مطالعه قبلی ما ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی مانوپروتئین متأثر از غلظت امولسیفایر در pH برابر ۷ و بررسی پایداری آن در طول زمان نگهداری صورت گرفت (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۳). لذا در این تحقیق به بررسی اثرات تنش‌های محیطی pH، نمک کلرید سدیم و فرایند حرارتی پرداخته شد تا با تعیین برخی شاخص‌های کیفی امولسیون، اطلاعات بیشتری جهت کاربرد این بیوامولسیفایر در مواد غذایی مختلف به دست آید.

مواد و روش‌ها

محیط اصلی کشت در یک سامانه فرمانتور غیر مداوم، (EYELA Jar Fermenter, model MBF-800, Tokyo. Japan) محتوی ۳ لیتر محیط کشت بر پایه پودر آب‌پنیر و ترکیبات مغذی دیگری ($3 \text{ KH}_2\text{PO}_4$ ، 1 g بر لیتر $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ ، 0.5 g بر لیتر $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ، 0.13 g بر لیتر NaCl ، 0.2 g بر لیتر) انجام شد. در طول تخمیر pH محیط برابر ۵/۴ و دما نیز در ۳۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۳).

استخراج و خالص‌سازی مانوپروتئین

سلول‌های مخمر به وسیله سانتریفوژ کردن محیط کشت محلول در شرایط $4500 \times g$ برای مدت ۱۰ دقیقه جدا شدند (Liu et al., 2009). رسوب حاوی دیواره سلولی (۲۰ درصد وزنی-وزنی) در محلول بافر، ۰/۱ مولار سیترات پتاسیم و ۰/۰۲ مولار متا بی سولفیت پتاسیم در $\text{pH} = 7$ به مدت ۹۰ دقیقه اتوکلاوگذاری شد. مانو پروتئین محلول حاصله پس از سانتریفوژ ($2500 \times g$ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ) به وسیله سه حجم اتانول اسیدی (۱ درصد اسید

¹ Steric repulsive

² Electrostatic repulsive

رابطه (۲)

$$\text{Span} = \frac{[d(v, 90) - d(v, 10)]}{d(v, 50)}$$

در این رابطه $d(v, 10)$ ، $d(v, 90)$ و $d(v, 50)$ به ترتیب قطر متوسط ۹۰، ۱۰ و ۵۰ درصد قطرات می‌باشند.

اندازه‌گیری شاخص پتانسیل زتا

پتانسیل زتای امولسیون‌ها با استفاده از دستگاه DLS نانو سائزر (سری ZS، شرکت مالورن انگلستان) بر مبنای سنجش جابجایی الکتروفورتیک ذرات و استفاده از قانون هنری اندازه‌گیری شد. دستگاه دارای یک سل لوله موئین بود که در دو انتهای آن الکترودهایی از جنس پلاتینیوم قرار گرفته‌اند و پتانسیل به دو سر الکترودها اعمال می‌شود. ذرات محلول با سرعت معینی به سمت الکترودهای با بار مخالف حرکت می‌کنند که این سرعت توسط دستگاه به پتانسیل زتا تبدیل شد.

سنجش گرانشی و ویژگی‌های رئولوژیکی

اندازه‌گیری خصوصیات رئولوژیکی امولسیون با غلظت‌های مختلف بیومولسیفایر بلافاصله بعد از تهیه و در طی نگهداری با استفاده از گرانشی سنج چرخشی بروکفیلد (مدل DV-III Ultra، آمریکا) در دامنه درجه برش ۱ تا ۱۰۰ (بر ثانیه) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

تحلیل آماری

میانگین و انحراف معیار کلیه آزمایشات حاصل سه تکرار در هر نمونه بوده و داده‌های حاصل از اعمال تیمارها، در قالب طرح کاملاً تصادفی با بررسی اثر میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۹۵ درصد توسط نرم‌افزار آماری-CMSTATC صورت گرفت.

به طوری که غلظت نمک در امولسیون نهایی به ترتیب (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار)، تنظیم گردید. امولسیون‌ها به مدت ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمایش در دمای یخچال نگهداری شدند (Wang et al., 2010).

تأثیر حرارت

اثر درجه حرارت بر پایداری امولسیون با pH معادل ۷ و عدم حضور نمک بررسی شد. امولسیون تهیه شده به داخل لوله‌های آزمایش منتقل و سپس لوله‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در شرایط دمایی ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم قرار گرفت. پس از این مدت نمونه‌ها بلافاصله تا دمای محیط خنک و بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در دمای یخچال مورد آزمایش قرار گرفتند (Day et al., 2009).

ضمناً خصوصیات و پایداری امولسیون تهیه شده از مانوپروتئین با امولسیون حاصل از پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر (۸۰ درصد غلیظ شده)، به عنوان امولسیفایری متداول در صنایع غذایی نیز مقایسه گردید. براساس بررسی منابع، غلظت مؤثر پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر در تمامی خصوصیات اندازه‌گیری شده یک درصد در نظر گرفته شد (Surh et al., 2006). ضمناً روش آماده سازی امولسیون نمونه‌های پروتئین آب‌پنیر با امولسیون تهیه شده توسط مانوپروتئین یکسان بود.

اندازه‌گیری اندازه قطرات

متوسط قطر قطرات امولسیون با کمک دستگاه سنجش اندازه ذرات (مدل FritschAnalysette 22، ساخت کشور آلمان) در زمان تولید و فواصل زمانی ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز پس از تولید اندازه‌گیری شد:

رابطه (۱)

$$d_{32} = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2}$$

در این رابطه، d_{32} قطر قطرات و n_i تعداد قطرات با قطر d_i می‌باشند.

برای مقایسه درجه یکنواختی اندازه ذرات از شاخصی به نام عدد اسپان (پهنای توزیع اندازه ذرات) از رابطه ذیل استفاده شد:

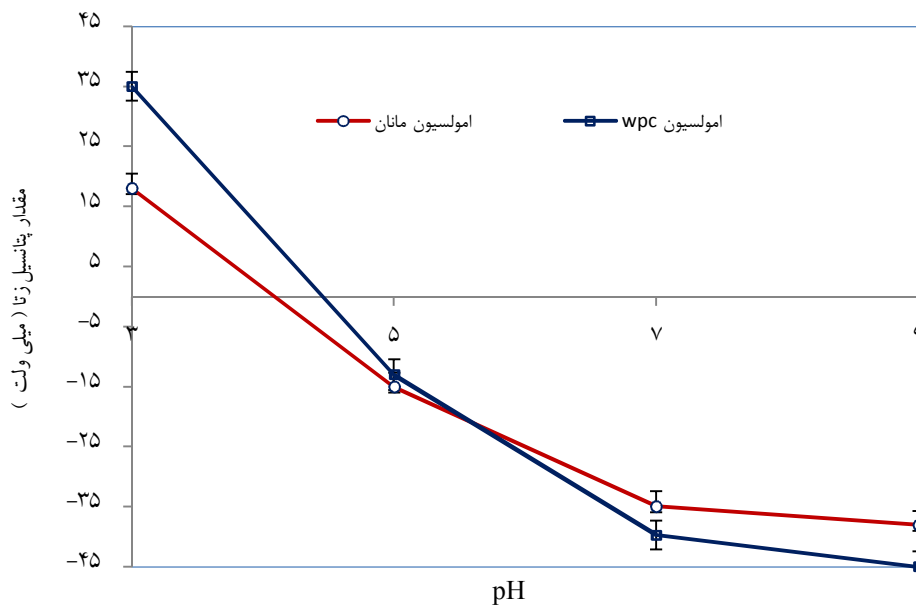
نتایج و بحث

اثر pH بر میزان تغییرات پتانسیل زتا و اندازه قطرات امولسیون

با تغییر pH مقدار پتانسیل زتای امولسیون‌های مانوپروتئین از +۱۶ میلی‌ولت در pH برابر ۳ تا -۳۸ میلی‌ولت در pH برابر ۹ تغییر کرده است. پتانسیل زتای صفر نشان‌دهنده حدود نقطه ایزوالکتریک می‌باشد (زیرا در نقطه ایزوالکتریک تعداد گروه‌های مثبت و منفی برابر بوده و بار خالص سطح قطرات خنثی و مقدار پتانسیل زتا به صفر می‌رسد). در pHهای بالای نقطه ایزوالکتریک، گروه‌های کربوکسیل بخش پروتئینی مانان دارای بار منفی و گروه‌های آمینی آن خنثی هستند و دافعه الکترواستاتیکی حاصله مانع از نزدیک شدن قطرات به یکدیگر و به هم پیوستن آنها می‌شود.

اما در pHهای زیر نقطه ایزوالکتریک، گروه‌های

آمینی بخش پروتئینی دارای بار مثبت و گروه‌های کربوکسیل بار خنثی دارند در نتیجه بار الکتریکی مانوپروتئین مثبت است. لذا دافعه الکترواستاتیکی از نوع مثبت، اما به اندازه pH برابر ۷ نیست و اندازه قطرات بزرگ‌تر شدند (شکل ۱). در مقایسه با امولسیون‌های تثبیت شده با پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر، مقدار پتانسیل زتا نیز وابستگی معنی‌داری را به pH نشان داد. مقدار پتانسیل زتای صفر نشان‌دهنده نقطه ایزوالکتریک پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر است. در pH زیر نقطه ایزوالکتریک یعنی در pH برابر ۳ پتانسیل زتا مثبت و به حدود +۳۵ میلی‌ولت رسید. تفاوت پتانسیل زتا امولسیون مانوپروتئین نسبت به پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر در pHهای مختلف ممکن است، ناشی از نوع و تعداد اسیدهای آمینه قابل یونیزه در پروتئین آنها باشد (McClements, 2004; Onssard *et al.*, 2006).



شکل ۱- تأثیر pHهای مختلف بر مقدار پتانسیل زتا

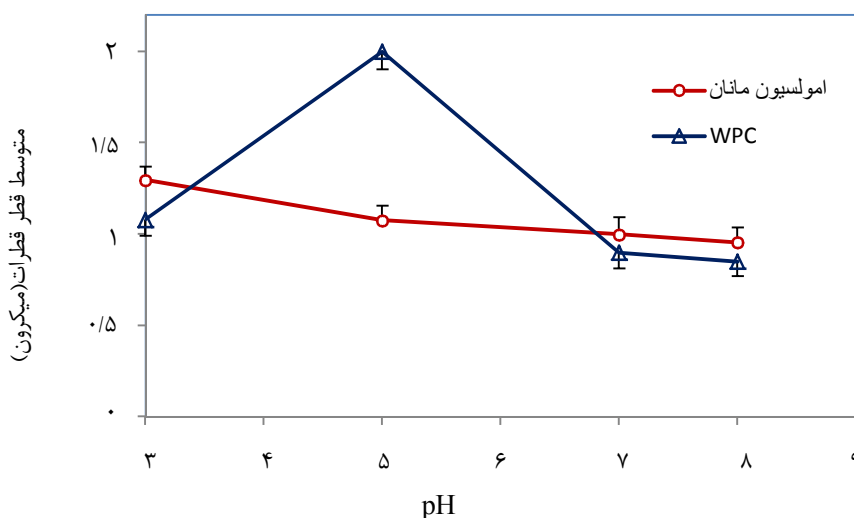
الکترواستاتیکی و فضایی می‌باشد. به نظر می‌رسد گروه هیدروفیل بخش پلی ساکاریدی مانان در فضای بین سطحی دارای آرایشی است که می‌تواند ایجاد دافعه فضایی مناسبی نماید و علی‌رغم کاهش دافعه الکترواستاتیکی به واسطه تغییرات pH، تغییر کمی در اندازه قطرات حاصل شود. به عنوان مثال با تغییر pH و حرکت به سمت pH برابر ۵ با وجود کاهش مقدار

همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، متوسط اندازه قطرات در امولسیون‌های مانوپروتئین در مقایسه با پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر با تغییر pH از نوسانات کمتری برخوردار بودند که نشان‌دهنده پایداری بهتر آنها نسبت به تغییرات pH می‌باشد. زیرا مانان یک ترکیب گلیکوپروتئینی بوده و پایداری آن در دامنه‌ای از pH به واسطه ترکیب دو نیروی دافعه

بنابراین به هم پیوستگی قطرات صورت گرفته که در نهایت سبب افزایش اندازه قطرات شده است. این نتایج تایید کننده گزارش‌هایی است که نشان دادند در محدوده pH ۴ تا ۵ ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر کاهش و اندازه قطرات درشت و بعضاً با تشکیل شبکه‌های متراکم همراه است (Surh *et al.*, 2006). Tokle و همکاران (۲۰۱۲) نیز مشاهده کردند، لاکتوفیرین به عنوان یک گلیکوپروتئین در دامنه pH بین ۲ تا ۸ نسبت به تجمع قطرات پایدار است و متوسط اندازه قطرات آنها تغییر معنی‌داری نداشته است. همچنین نتایج Dikite و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد تشکیل و پایداری امولسیون‌های تهیه شده با مانوپروتئین مخمر ساکارومایسس سرویسیه در دامنه pH ۴ تا ۸ می‌باشد.

پتانسیل زتا، اندازه ذرات افزایش کمی را نشان داده است. به عبارت، دیگر علاوه بر برهم‌کنش‌های الکترواستاتیکی، برهم‌کنش‌های فضایی نقش مهمی را در پایداری امولسیون نسبت به تجمع و به هم پیوستگی قطرات دارند.

در امولسیون پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر، از آنجا که اندازه قطرات این امولسیون فقط به واسطه نیروی دافعه الکترواستاتیکی کنترل می‌شود، لذا در pH‌های نزدیک به نقطه ایزو الکتریک، بار الکتریکی خالص پروتئین به صفر رسیده و به لحاظ تغییر در آرایش فضایی و کاهش حلالیت، نیروهای دافعه الکترواستاتیکی ضعیف تر از آن است که بتواند بر نیروهای جاذبه واندروالس و یا هیدروفوبیک بین قطرات غلبه کند.



شکل ۲- تأثیر pH‌های مختلف بر اندازه متوسط قطر قطرات امولسیون

دیگر اختلاف گرانروی در pH محدوده ۵ تا ۹ چشم‌گیر نبود و بالاترین گرانروی در pH برابر ۳ مشاهده شد. در پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر در pH برابر ۵ افزایش ضریب قوام بیانگر افزایش گرانروی است که با در نظر گرفتن افزایش رفتار رقیق‌شوندگی با برش به هم پیوستگی قطرات را تایید می‌کند (شکل ۳).

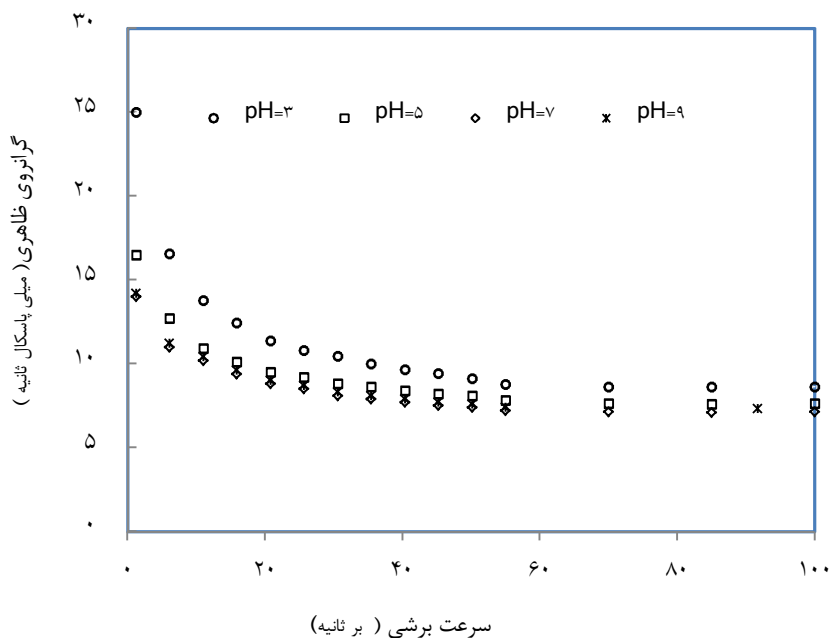
تأثیر pH بر شاخص‌های رئولوژی امولسیون

در جدول ۱ شاخص رفتار جریان و ضریب قوام در pH‌های مختلف محاسبه شده‌اند. در امولسیون مانوپروتئین با افزایش pH از ۵ به ۹ تغییر چشم‌گیری در ضریب قوام و شاخص رفتار جریان مشاهده نشد و تنها در pH برابر ۳ افزایش معنی‌داری مشاهده شد که می‌تواند ناشی از به هم پیوستگی بیشتر قطرات در این pH باشد. به عبارت

جدول ۱- تأثیر pH بر شاخص‌های رئولوژیکی امولسیون‌های مانوپروتئین و پروتئین غلیظ شده آب پنیر

WPC*			مانوپروتئین			pH
R ²	n	K(Pa.s ⁿ)	R ²	n	K(Pa.s ⁿ)	
۰/۹۹۸	۰/۹۲۱ ± ۰/۰۲۱	۰/۰۹۳۱ ± ۰/۰۰۱۷	۰/۹۹۷	۰/۸۴۳ ± ۰/۰۲۱	۰/۱۷۳۴ ± ۰/۰۰۱۷	۳
۰/۹۹۷	۰/۸۲۳ ± ۰/۰۱۰	۰/۲۰۳۱ ± ۰/۰۰۲۹	۰/۹۹۵	۰/۸۸۱ ± ۰/۰۱۷	۰/۱۲۸۶ ± ۰/۰۰۲۵	۵
۰/۹۹۵	۰/۹۳۲ ± ۰/۰۱۶	۰/۰۸۳۱ ± ۰/۰۰۳۰	۰/۹۹۶	۰/۸۹۴ ± ۰/۰۱۲	۰/۱۱۴۳ ± ۰/۰۰۳	۷
۰/۹۹۶	۰/۹۳ ± ۰/۰۱۲	۰/۰۸۸۵ ± ۰/۰۰۳۳	۰/۹۹۳	۰/۸۹۵ ± ۰/۰۱۹	۰/۱۱۲۰ ± ۰/۰۰۲۴	۹

* پروتئین غلیظ شده آب پنیر با غلظت یک درصد



شکل ۳- تغییرات گرانروی ظاهری-سرعت برشی امولسیون تهیه شده با مانوپروتئین در pHهای مختلف

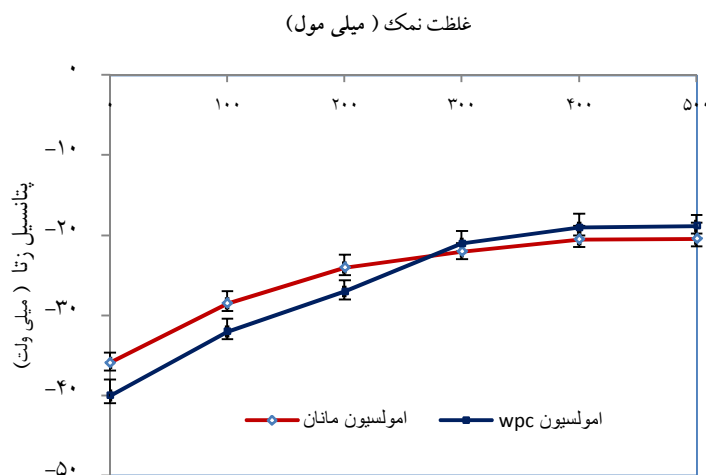
تأثیر غلظت‌های مختلف نمک بر پتانسیل زتا و اندازه قطرات امولسیون

اثر غلظت‌های مختلف نمک تک ظرفیتی کلرید سدیم بر مقدار پتانسیل زتا و متوسط قطر قطرات در امولسیون‌های مانوپروتئین و پروتئین آب پنیر (در pH برابر ۷) در شکل‌های ۴ و ۵ آمده است. در غلظت‌های مختلف نمک مقدار پتانسیل زتا منفی باقی ماند، زیرا در pH برابر ۷ بار قطرات امولسیون همان طور که قبلاً ذکر شد منفی است و مقدار آن در دامنه غلظتی صفر

در حالی که در سایر pHها اختلاف معنی‌داری در ضریب قوام و شاخص رفتار جریان حاصل نشد که با نتایج بخش تغییرات اندازه قطرات و پتانسیل زتا نیز مطابقت دارد. نتایج مشابهی توسط Surh و همکاران (۲۰۰۶) و Tokle و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی خصوصیات رئولوژی پروتئین آب پنیر تغییر یافته و گلیکوپروتئین لاکتوفرین متأثر از pHهای مختلف گزارش شده است.

یون مخالف Na^+ باشد. طبق رابطه هانتز $(\frac{1}{\sqrt{I}} \alpha Z)$ ، بار سطحی قطرات کروی، با قدرت یونی فاز آبی احاطه کننده آن رابطه عکس دارد و افزایش آن سبب کاهش پتانسیل زتا می‌گردد (Wang *et al.*, 2010; Kulmyrzaev & Schubert, 2004).

تا ۵۰۰ میلی مولار نمک در امولسیون مانان از ۳۵/۹- تا ۲۰/۷- میلی ولت و در پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر از ۴۰/۵- به ۱۹/۶- میلی ولت کاهش یافته است. کاهش در مقدار پتانسیل زتا می‌تواند مربوط به اثر غربال‌گری الکترواستاتیکی^۱ یون‌ها و همچنین اثر



شکل ۴- تأثیر غلظت نمک بر مقدار پتانسیل زتا امولسیون

وجود دارد مانع از این شده که قطرات در یک ارتباط نزدیک به هم قرار گیرند. لذا تغییر معنی‌داری در اندازه ذرات مشاهده نشد. اما در غلظت‌های بالاتر، دافعه الکترواستاتیکی به قدری ضعیف شده که قادر به غلبه بر نیروهای جاذبه بین قطرات مانند اندروالس یا هیدروفوب نبوده و در نتیجه تجمع قطرات و افزایش قطر آنها رخ می‌دهد. افزایش اندازه قطرات بر اثر افزودن نمک را می‌توان به کاهش دافعه الکترواستاتیکی قطرات در اثر غربال‌گری بارها توسط نمک و به دنبال آن تجمع و درهم آمیختن قطرات نسبت داد (Palazolo *et al.*, 2003; Chanamai & McClements, 2004).

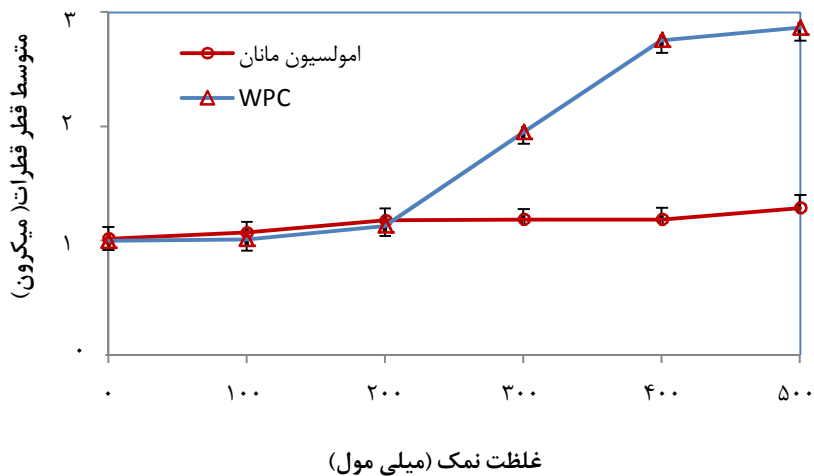
اندازه متوسط قطرات امولسیون مانوپروتئین در ابتدا به دلیل کاهش دافعه الکترواستاتیکی کمی افزایش داشت، اما در تمامی غلظت‌ها این افزایش معنی‌دار نبود. در واقع روند تقریباً ثابت اندازه قطرات را می‌توان به حضور شاخه‌های پلی ساکاریدی مانوز و وزن مولکولی مانان نسبت داد که سبب ایجاد دافعه فضایی و ضخامت بیشتر لایه بین سطحی قطرات شده است. تحقیقات قبلی نیز نشان دادند که وجود دافعه فضایی حساسیت امولسیون را به تغییرات غلظت نمک کم کرده و نسبت به تجمع و در هم آمیختن قطرات مقاوم‌تر شده‌اند. در همین راستا امولسیون‌های تهیه شده با بتا-کازئین و یا گلیکوپروتئین لاکتوفیرین به واسطه ایجاد دافعه فضایی و ضخامت لایه بین سطحی قادر به تحمل نمک کلرید سدیم تا غلظت ۵۰۰ میلی مولار بودند (Guzey & McClements, 2007).

در پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر در غلظت‌های پایین نمک (کمتر از ۲۰۰ میلی‌مولار) به دلیل اینکه هنوز دافعه الکترواستاتیکی نسبتاً قوی بین قطرات

² Counter-ion binding

³ Hunter

¹ Electrostatic Screening Effects



شکل ۵- تأثیر غلظت نمک کلرور سدیم بر متوسط اندازه قطرات در امولسیون‌های تهیه شده

گرانروی ظاهری ملاحظه نشد. این نتایج در واقع تاییدی بر پایداری ذرات امولسیون نسبت به تجمع و به هم پیوستگی در مقابل تغییرات غلظت نمک می‌باشد. فرض مسلم این است که دافعه فضایی پلیمری بین قطرات امولسیون، کاهش دافعه الکترواستاتیکی ناشی از افزایش غلظت یونی را پوشش داده و بنابراین حساسیت آنها به حضور نمک کم شده است.

تأثیر غلظت‌های مختلف نمک بر شاخص‌های رئولوژی امولسیون

در مورد مانوپروتئین شاخص رفتار جریان با افزایش غلظت نمک کاهش یافت که از نظر آماری معنی‌دار نبود و در غلظت‌های ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی مول این شاخص تقریباً ثابت باقی ماند و رفتار شل شونده با برش اندکی قوی‌تر شد (جدول ۲). اما با افزایش غلظت نمک تغییری معنی‌داری در ضریب قوام و

جدول ۲- تأثیر غلظت نمک بر شاخص‌های رئولوژیکی امولسیون‌های مانوپروتئین و پروتئین آب‌پنیر

WPC*			مانوپروتئین			غلظت نمک (میلی مول)
R ²	n	K(Pa.s ⁿ)	R ²	n	K(Pa.s ⁿ)	
۰/۹۹۵	۰/۹۳۰ ± ۰/۰۱۶	۰/۰۸۳۱ ± ۰/۰۰۳۰	۰/۹۹۷	۰/۸۹۰ ± ۰/۰۲۵	۰/۱۱۵۸ ± ۰/۰۰۳	۰
۰/۹۹۶	۰/۹۳۱ ± ۰/۰۱۲	۰/۰۸۸۵ ± ۰/۰۰۳۳	۰/۹۹۵	۰/۸۸۴ ± ۰/۰۲۰	۰/۱۲۰۳ ± ۰/۰۰۲	۱۰۰
۰/۹۹۳	۰/۹۳۲ ± ۰/۰۲۷	۰/۰۹۸۵ ± ۰/۰۰۱۵	۰/۹۹۶	۰/۸۸۶ ± ۰/۰۳۴	۰/۱۲۴۳ ± ۰/۰۰۱۷	۲۰۰
۰/۹۹۵	۰/۸۰۱ ± ۰/۰۲۰	۰/۲۲۳۱ ± ۰/۰۰۲۹	۰/۹۹۴	۰/۸۶۲ ± ۰/۰۳۱	۰/۱۲۸۳ ± ۰/۰۰۲۷	۳۰۰
۰/۹۹۶	۰/۷۵۰ ± ۰/۰۲۵	۰/۳۵۳۱ ± ۰/۰۰۳۱	۰/۹۹۵	۰/۸۵۳ ± ۰/۰۲۱	۰/۱۳۲۳ ± ۰/۰۰۳۳	۴۰۰
۰/۹۹۸	۰/۷۴۳ ± ۰/۰۱۴	۰/۳۷۳۱ ± ۰/۰۰۲۴	۰/۹۹۶	۰/۸۵۰ ± ۰/۰۱۳	۰/۱۴۲۵ ± ۰/۰۰۲۵	۵۰۰

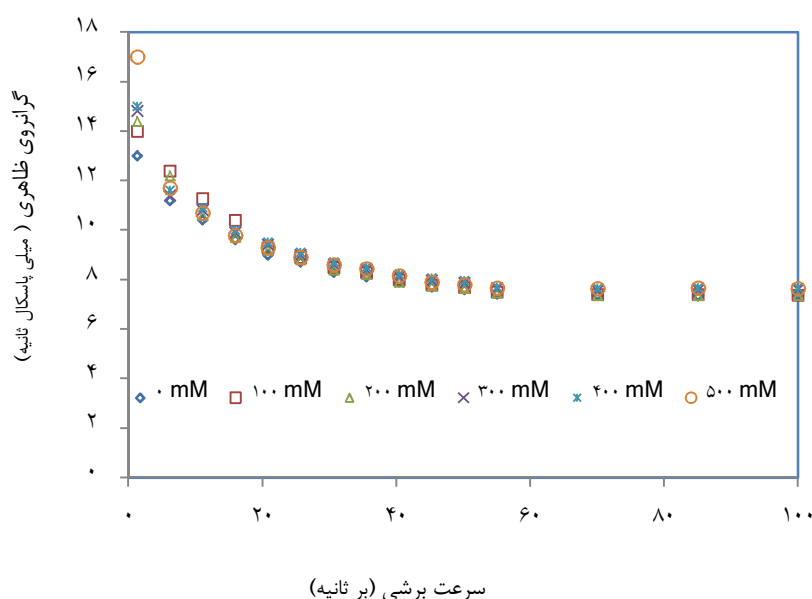
* پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر با غلظت یک درصد

غلظت بحرانی (بالتر از ۲۰۰ میلی مولار نمک) ناشی از به هم پیوستگی قطرات به واسطه کاهش دافعه

در حالی که در امولسیون پروتئین آب‌پنیر افزایش معنی‌دار ضریب قوام و کاهش شاخص رفتار جریان در

است. Kulmyrzaev & Schubert (۲۰۰۴) در بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف نمک‌های دو ظرفیتی در خصوصیات رئولوژیکی امولسیون‌های تثبیت شده با پروتئین آب‌پنیر نیز بیان کردند، با افزایش غلظت از یک حد بحرانی (۵ میلی مول به بالا در pH برابر ۷) به هم پیوستگی (فلوکولاسیون) قطرات افزایش یافته و از آنجا که این پدیده جزء حجمی مؤثر ذرات را افزایش می‌دهد گرانیوی ظاهری امولسیون‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافته، ضمن اینکه رفتار رقیق شوندگی با برش نیز تشدید شده است.

الکترواستاتیک و فائق شدن نیروهای جاذبه واندروالس و هیدروفوبی است که سبب افزایش گرانیوی ظاهری نیز شده است. امولسیون‌های به هم پیوسته (توده شده) با افزایش نرخ برش بیشتر تغییر شکل دادند و رفتار شل شوندگی در آنها قوی‌تر ظاهر شد. نتایج نشان داد، در غلظت‌های مختلف نمک سرعت کاهش گرانیوی ظاهری در امولسیون مانوپروتئین تغییر چشم‌گیری نداشت که مبین کم بودن میزان فلوکوله شدن قطرات می‌باشد و در واقع می‌تواند تاییدی بر وجود دافعه فضایی باشد که عامل اصلی ممانعت از نزدیک شدن و به هم پیوستن قطرات



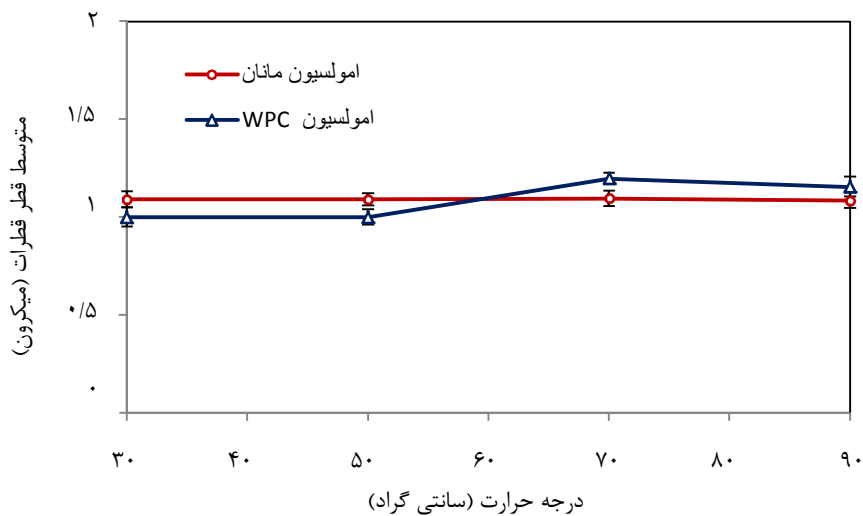
شکل ۶- تغییرات گرانیوی ظاهری-سرعت برشی امولسیون تهیه شده با مانوپروتئین در غلظت‌های مختلف نمک.

دافعه الکترواستاتیکی مناسب، به ساختار پروتئینی، دمای دناتوراسیون بالای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد (Dikit *et al.*, 2010) و همچنین برهم‌کنش‌های فضایی بخش پلی ساکارییدی (مانع از ارتباط قطرات و گسترش در هم آمیختن آنها در طی فرایند حرارتی می‌گردد)، نسبت داد. به عبارت دیگر سطح هیدروفوبی کمی در سطح مشترک دو فاز قرار گرفته و برهم‌کنش‌های جذب ضعیف‌تر از آن است که باعث ناپایداری حرارتی امولسیون مانوپروتئین شود. Day و همکاران (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی از تأثیر فرایند حرارتی بر امولسیون تثبیت شده با ایزوله پروتئین آمینه زدایی شده گندم در مقایسه با بتا-

تأثیر فرایند حرارتی بر پتانسیل زتا و اندازه قطرات امولسیون
نتایج تأثیر فرایند حرارتی (۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه) بر متوسط اندازه قطرات، پتانسیل زتا (در pH برابر ۷ و عدم حضور نمک) نشان داد در هر دو امولسیون تغییر معنی‌داری در پتانسیل زتا در دامنه حرارتی مذکور حاصل نشده است (امولسیون مانان، $-35/5 \pm 0/8$ میلی‌ولت و پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر، $1 \pm 39/9$ میلی‌ولت). تغییر اندازه قطرات امولسیون مانوپروتئین در شرایط مختلف فرایند حرارتی روند ثابتی داشت و معنی‌دار نبود. پایداری این امولسیون می‌تواند علاوه بر

برهم‌کنش‌های جاذبه بین قطرات باشد. Wang و همکاران (۲۰۱۰) نیز در بررسی تأثیر فرایند حرارتی بر پروتئین دانه کتان و سویا بیان کردند، تغییر اندازه قطرات و پتانسیل زتا در امولسیون پروتئین کتان به دلیل پایداری حرارتی و دمای دناتوراسیون بالاتر از ۹۵ درجه سانتی‌گراد در حرارت‌های مختلف معنی‌دار نبود که می‌تواند تاییدی بر نتایج این تحقیق باشد.

لاکتوگلوبولین گزارش کردند. آنان اظهار داشتند، پایداری حرارتی امولسیون ایزوله پروتئین آمینه زدایی شده گندم می‌تواند مربوط به دمای دناتوراسیون بالای آن (حدود ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد)، ضعیف بودن برهم‌کنش‌های پروتئین-پروتئین، عدم وجود سیستمین آزاد و تشکیل پیوندهای دی سولفیدی و کمتر در معرض قرار گرفتن گروه‌های هیدروفوب و



شکل ۷- تأثیر درجه حرارت‌های مختلف بر متوسط اندازه قطر قطرات در امولسیون‌های تهیه شده.

در دماهای مختلف نشان نداد (جدول ۳). در پروتئین آب‌پنیر نیز به دلیل دناتوراسیون پروتئین در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد با تشکیل یک امولسیون ژل مانند همراه بود و بنابراین ضریب قوام و گرانیروی اندکی افزایش را نشان داد. به عبارت دیگر به هم پیوستگی مولکول‌های آب حبس شده در داخل توده‌ها جزء حجمی مؤثر ذرات را گسترش داده و سبب افزایش گرانیروی می‌شوند (Dickinson, 2009).

کاهش شاخص رفتار جریان در دماهای ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد در نتیجه وجود قطرات به هم پیوسته یا توده شده در امولسیون است که با افزایش سرعت برش، قطرات فلوکوله متلاشی شده و رفتار شل شونده با برش قوی‌تر می‌شود. اما به دلیل pH برابر ۷ و عدم حضور نمک، دافعه الکترو استاتیکی بین قطرات به اندازه‌ای است که مانع از به هم پیوستگی معنی‌دار قطرات و تغییر در گرانیروی و شاخص‌های رئولوژیکی

در امولسیون پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر اندازه قطرات در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد افزایش داشت و در سایر موارد تقریباً ثابت بود. در واقع دناتوراسیون پروتئین‌ها در این شرایط، سبب باز شدن^۱ ساختار پروتئین و در سطح قرار گرفتن گروه‌های غیر قطبی و افزایش برهم‌کنش‌های جذب و گسترش تجمع قطرات شده است (McClements, 2004). اما در عین حال دافعه الکترو استاتیکی بین قطرات به اندازه‌ای بود که مانع از تغییر معنی‌دار اندازه قطرات در تمامی شرایط فرایند حرارتی در هر دو امولسیون شده است.

تأثیر فرایند حرارتی بر شاخص‌های رئولوژی امولسیون

نتایج تغییر معنی‌داری را در شاخص رفتار، ضریب قوام و بالطبع گرانیروی ظاهری امولسیون‌های مانوپروتئین

^۱ Unfolding

مطلوب هم باشد، لذا دانستن نحوه رفتار امولسیون به لحاظ پایداری به فرایند حرارتی و یا تجمع قطرات در یک دمای خاص در طراحی و فرمولاسیون مواد غذایی می‌تواند حائز اهمیت باشد.

تحت فرایندهای حرارتی امولسیون شده است. لازم به ذکر است، علی‌رغم اینکه در بسیاری از سامانه‌های امولسیونی تجمع قطرات در طی فرایند حرارتی نامطلوب است در مواردی دیگر که هدف افزایش گرانی و یا تشکیل زل در محصول است می‌تواند

جدول ۳- تأثیر درجه حرارت بر شاخص‌های رئولوژیکی امولسیون‌های مانوپروتئین و پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر

WPC*			مانوپروتئین			درجه حرارت
R ²	n	K(Pa.s ⁿ)	R ²	n	K(Pa.s ⁿ)	(سانتی‌گراد)
۰/۹۹۸	۰/۹۳۰ ± ۰/۰۲۶	۰/۰۸۴۱ ± ۰/۰۰۳۰	۰/۹۹۷	۰/۸۹۱ ± ۰/۰۱۸	۰/۱۱۳۰ ± ۰/۰۰۳	۳۰
۰/۹۹۳	۰/۹۳۱ ± ۰/۰۱۲	۰/۰۸۶۵ ± ۰/۰۰۳۳	۰/۹۹۶	۰/۸۸۷ ± ۰/۰۲۶	۰/۱۱۶۳ ± ۰/۰۰۲	۵۰
۰/۹۹۵	۰/۸۸۰ ± ۰/۰۲۰	۰/۱۴۰۴ ± ۰/۰۰۲۷	۰/۹۹۴	۰/۸۸۸ ± ۰/۰۲۳	۰/۱۱۵۲ ± ۰/۰۰۱۵	۷۰
۰/۹۹۶	۰/۸۸۴ ± ۰/۰۱۱	۰/۱۳۸۴ ± ۰/۰۰۳۱	۰/۹۹۵	۰/۸۸۶ ± ۰/۰۱۵	۰/۱۲۴۳ ± ۰/۰۰۲۵	۹۰

* پروتئین غلیظ شده آب‌پنیر با غلظت یک درصد

تنش‌های محیطی از خود نشان دهد و با توجه به گرانی‌های ظاهری پایین امولسیون کاربرد آن به عنوان یک امولسیفایر طبیعی مؤثر، می‌تواند جهت امولسیون‌های نوشیدنی و دارویی قابل پیشنهاد باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از امکانات آزمایشگاهی پژوهشکده علوم و صنایع غذایی مشهد انجام شده که بدین‌وسیله نویسندگان مراتب قدردانی و تشکر خود را اعلام می‌دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد امولسیون‌های تثبیت شده با مانوپروتئین قادر به تحمل pHهای ۵ تا ۹، غلظت نمک کلرید سدیم ۵۰۰ میلی‌مول و فرایندهای حرارتی ۳۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه می‌باشند. فرض مسلم این است که وجود دافعه فضایی (شاخه پلیمری مانوز) علاوه بر دافعه الکترواستاتیکی موجود در مانوپروتئین و به دنبال آن ضخامت بیشتر لایه بین سطحی قطرات، سبب شده ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی مناسبی را در طی تغییرات

منابع

- 1- محمدزاده، ج.، طباطبایی، ف.، مرتضوی، ع.، کدخدایی، ر. و کوچکی، آ. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر مانو پروتئین استخراج شده از مخمر کلویورومایسس مارکسیانوس بر شاخص‌های کیفی و پایداری امولسیون روغن در آب. مجله پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۳(۴):۳۳۱-۳۴۶.
- 2- Araujo, V., Ferreira de Melo, A., Costa, A.G., Gomes, R., Madruga, M.S., Leite de Souza, E., & Magnani, M. 2014. Followed extraction of β -glucan and mannoprotein from spent brewer's yeast (*Saccharomyces uvarum*) and application of the obtained mannoprotein as a stabilizer in mayonnaise. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 23:164-170.
- 3-Banat, I.M., Makkar, R.S., & Cameotra, S.S. 2000. Potential commercial applications of microbial surfactants. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 53:495-508.
- 4-Cameron, D.R., Cooper, D.G., & Neufeld, R.J. 1988. The mannoprotein of *Saccharomyces cerevisiae* is an effective bioemulsifier. *Applied and Environmental Microbiology*, 54:1420-1425.
- 5-Chanamai, R., & McClements, D.J. 2002. Comparison of gum Arabic, modified starch, and whey protein isolate as emulsifiers: Influence of pH, CaCl₂ and temperature. *Journal of Food Science*, 67:120-125.

- 6-Day, L., Xu, M., Ludin, L., & Wooster, T.J. 2009. Interfacial properties of deamidated wheat protein in relation to its ability to stabilise oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 23:2158-2167.
- 7-Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17:25-39.
- 8-Dickinson, E. 2009. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 23:1473-1482.
- 9-Dikit, P., Maneerat, S., Musikasang, H., & H-kittikun, A. 2010. Emulsifier properties of the mannoprotein extract from yeast isolated from sugar palm wine. *Science Asia*, 36:312-318.
- 10-Fonseca, G., Heinzle, E., Wittmann, C., & Gombert, A.K. 2008. The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79:339-354.
- 11-Guzey, D., & McClements, D.J. 2007. Impact of electrostatic interactions on formation and stability of emulsion beta-lactoglobulin pectin complexes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 475-485.
- 12-Kulmyrzaev, A.A., & Schubert, H. 2004. Influence of KCL on the physicochemical properties of whey protein stabilized emulsions. *Food Hydrocolloids*, 18:13-19.
- 13- Liu, X.Y., Wang, Q.X., Cui, S.W., & Liu, H. 2009. A new isolation methods of B-D glucans from spent yeast *saccharomyces cereviciea*. *Food Hydrocolloids*, 22:239-247.
- 14-McClement, D.J. 2004. *Food Emulsions: Principles, Practices, and techniques*, Second edition. Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group.
- 15-Onsaard, E., Vittayanont, M., Srigam, S., & McClements, D.J. 2006. Comparison of properties of oil-in-water emulsions stabilized by coconut cream proteins with those stabilized by whey protein isolate. *Food Research International*, 39:78-86.
- 16-Palazolo, G.G., Mitidieri, F.E., & Wagner, J.R. 2003. Relationship between interfacial behavior of native and denatured soybean isolates and microstructure and coalescence of oil in water emulsions- Effect of salt and protein concentration. *Food Science and Technology International*. 9:409-419.
- 17-Surh, J., Ward, L., & McClements, D.J. 2006. Ability of conventional and nutritionally-modified whey protein concentrates to stabilize oil-in-water emulsions. *Food Research International*, 39:761-771.
- 18-Tokle, T., Decker, E.A., & McClements, D.J. 2012. Utilization of interfacial engineering to produce novel emulsion properties: Pre-mixed lactoferrin/ β -lactoglobulin protein emulsifiers. *Food Research International*, 49:46-52.
- 19-Wang, B., Li, D., Wang, L.J., Adhikari, B., & Shi, J. 2010. Ability of flaxseed and soybean protein concentrates to stabilize oil-in-water emulsions. *Journal of Food Engineering*, 100:417-426.
- 20-Wu, N.N., Huang, X., Yang, X.Q., Guo, J., Zheng, E.L., Yin, S.W., Zhu, J.H., Qi, J.R., He, X.T., & Zhang, J.B. 2012. Stabilization of soybean oil body emulsions using ι -carrageenan: Effects of salt, thermal treatment and freeze-thaw cycling. *Food Hydrocolloids*, 28:110-120.

Influence of pH, Salt and Temperature on the Quality Attributes of Oil-in-Water Emulsion Prepared by Mannoprotein of *Kluyveromyces Marxianus* Yeast

Jalal Mohammadzadeh^{1*}, Rassoul Kadkhodae², Ali Mortazavi³,
Farideh Tabatabae⁴, Arash Koocheki⁴

- 1- Associate Professor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, Department of Agricultural Engineering Research
- * Corresponding author (jmohammadzadeh@yahoo.com)
- 2- Associate Professor, Department of Food Nanotechnology, Research Institute for Food science and Technology, Mashhad
- 3- Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
- 4- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract:

Mannoprotein/Mannan is a glycoprotein consists of a poly mannose backbone covalently attached to a protein moiety. It was extracted and purified from the cell wall of *Kluyveromyces marxianus* yeast. As for preparing a stable food emulsion, understanding the interaction between the components and their impact on the quality of the emulsion is very important. Therefore, in this study the effect of environmental stresses on some quality attributes of emulsions prepared with mannoprotein (20% w/w of the oil phase) at different conditions with varying pH (3 to 9), sodium chloride (0 to 500 mM) and temperature (30 to 90° C for 20 min) was investigated. Characteristics such as emulsion droplet diameter, zeta potential, viscosity and flow behavior in comparison with whey protein concentrate was measured. The results indicated that increasing droplet size, viscosity and flow behavior emulsion mannoprotein changes in pH 5 to 9, 500 mM salt concentration and temperatures 30 to 90°C was not significant ($P < 0.05$). Results also showed despite the significant changes in surface charge droplets, stability of mannoprotein emulsions against environmental stress is due to the significant effect steric repulsion of poly mannose chains in addition to the electrostatic repulsion.

Key Words: Emulsion properties, Environmental stresses, *Kluyveromyces marxianus* yeast, Mannoprotein/Mannan