بهینه‌سازی پایداری سیستم امولسیونی سس سالاد حاوی برخی از هیدروکلوئیدها، در طی نگه‌داری سرد و منجمد توسط روش سطح پاسخ

آرزو سلمان پور[1]، محمود صوتی خیابانی[2] *، بابک قنبرزاده[3]، سید حسین جلالی[4]

1. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
2. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
3. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
4. مربی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: **94/4/18**، تاریخ پذیرش: **94/5/24**)

چکیده

در این تحقیق اثر سه متغیر مقدار کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) (0/7 تا 2/8٪)، کازئینات سدیم (CAS) (0/7 تا 2/8٪) و کربوکسی متیل سلولز (CMC) (0/066 تا 0/234٪) بر پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق، یخچال و انجماد بررسی شد که کنسانتره پروتئین آب پنیر و کازئینات سدیم به‌عنوان جایگزین تخم مرغ و کربوکسی متیل سلولز به‌عنوان قوام دهنده مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج پایداری در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) بررسی و به روش سطح پاسخ (RSM) مدل‌سازی و تجزیه شد. نتایج آزمایشات نشان داد که افزودن غلظت‌های مناسب از هیدروکلوئیدها بر روی پایداری استریکی و الکترواستاتیکی سس سالاد تهیه شده، تاثیر مثبت دارد و افزودن این هیدروکلوئیدها به سس سالاد باعث افزایش میزان پایداری طی نگه‌داری می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، نقطه بهینه غلظت متغیرهای مستقل برای تولید سس سالاد با بیش‌ترین پایداری طی نگه‌داری در دمای اتاق و یخچال به‌صورت 2/8011% WPC، 1/75% CAS و 0/192%CMC و برای تولید سس سالاد با بیش‌ترین پایداری طی نگه‌داری در حالت انجماد، به‌صورت 1/68% WPC، 0/84% CAS و 0/84% CMC به‌دست آمد. نتایج نشان داد که استفاده از غلظت‌های مناسب از کنسانتره پروتئین آب پنیر، کازئینات سدیم و کربوکسی متیل سلولز باعث افزایش پایداری طی نگه‌داری در دمای اتاق، یخچال و انجماد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پایداری، روش سطح پاسخ، کازئینات سدیم، کربوکسی متیل سلولز، کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر.

* نویسنده مسئول: m.sowti@tabrizu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

1- مقدمه

تخم مرغ به‌دلیل ارزش غذایی بالا و ویژگی‌های متعدد نظیر توانایی کمک به تشکیل و پایدارسازی امولسیون در فرمولاسیون مواد غذایی مختلف مانند سس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه تولیدکنندگان برای تولید غذاهایی با کلسترول کم‌تر و کاهش بار میکروبی و قیمت تمام شده محصول به دنبال جایگزین‌هایی برای تخم مرغ هستند. مواد پروتئینی مختلف برای این منظور مناسب هستند. خاصیت امولسیفایری و ارزش غذایی بالا از ویژگی‌های پروتئین‌های شیر است که آن‌ها را به‌عنوان جایگزین مناسب تخم مرغ مطرح ساخته است[1].

پروتئین‌های شیر دارای فعالیت سطحی هستند و در مرحله امولسیفیکاسیون به سرعت جذب سطح جدید قطرات روغن در امولسیون‌های روغن در آب می‌شوند و با کاهش کشش بین سطحی و ایجاد لایه‌ای اطراف قطرات روغن با مکانیسم‌های پایدارسازی استریکی (ممانعت فضایی) و الکترواستاتیکی از ادغام و خوشه‌ای شدن قطرات جلوگیری کرده و پایداری فیزیکی امولسیون طی فرایند تولید و نگه‌داری طولانی مدت را فراهم می‌کند[2-3]. پروتئین‌های شیر شامل دو گروه پروتئین‌های آب پنیر و کازئین‌ها هستند. پروتئین‌های آب پنیر به‌طور گسترده به‌عنوان امولسیفایر و پایدارکننده در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کنسانتره پروتئین آب پنیر[1] (حاوی25 تا ٪80 پروتئین) و ایزوله پروتئین آب پنیر [2](بیش از ٪90 پروتئین) شکل تجاری پروتئین‌های آب پنیر است که با حذف مقادیر زیادی از ترکیبات غیرپروتئینی از آب پنیر به‌دست می‌آید. هم‌چنین کازئینات‌ها به‌دلیل ویژگی‌های مطلوب مانند قابلیت انحلال بالاو توانایی ایجاد امولسیون در مواد غذایی مختلف مانند انواع سس‌ها، برای پایدار کردن ساختار امولسیونی مورد استفاده قرار می‌گیرد [4-5].

پلی‌ساکاریدها شامل صمغ‌ها و نشاسته از طریق افزایش ویسکوزیته، پایداری ثانویه در سیستم ایجاد می‌کنند (ویژگی استابیلایزری). استفاده از صمغ‌ها مانند کربوکسی متیل سلولز[3] با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته در سس‌ها، پایداری این محصولات را افزایش می‌دهد [6]. تاکنون پژوهش‌های متعددی برای استفاده از پروتئین‌های مختلف به‌عنوان جایگزین تخم مرغ و استفاده از پایدارکننده‌های مختلف در سس سالاد انجام یافته‌اند. تامسون و همکاران [7]، تورگئون و همکاران [8] و هرالد و همکاران [1] طی مطالعات خود نشان دادند که جایگزین کردن قسمتی از تخم مرغ با WPC، باعث افزایش پایداری و ویسکوزیته و بهبود عطر، طعم و مقبولیت کلی سس سالاد در مقایسه با محصول تولید شده با تخم مرغ می‌شود.

هدف از این پژوهش،بررسی امکان استفاده هم‌زمان از پروتئین‌های آب پنیر و کازئین‌ها به جای تخم مرغ در فرمولاسیون سس سالاد، تاثیر افزودن صمغ کربوکسی متیل سلولز بر پایداری سس و یافتن مقادیر بهینه از پروتئین‌های شیر و صمغ CMC برای رسیدن به پایداری مطلوب در سس سالاد است.

2-مواد وروش‌ها

2-1- مواد

روغن مایع خالص گیاهی و مخصوص سالاد (لادن، ایران)، نمک، شکر، فلفل سفید و خردل (به‌صورت پودر) از سوپرمارکت محلی خریداری شد. نشاسته اصلاح شده از نوع دی آدیپات نشاسته از شرکت KMC کشور دانمارک و کربوکسی متیل سلولز (هنزک شیمی، ایران) تهیه شد. کنسانتره پروتئین آب پنیر از شرکت مولتی مشهد (با 35٪ پروتئین) و کازئینات سدیم از شرکت DMV هلند (با پروتئین 88٪) خریداری شد.

2-2-روش تهیه سس سالاد

محلول‌های نشاسته (غلظت 6٪)، محلول آبی CAS (غلظت 4/9، 7/9، 12/3، 16/7 و 19/7درصد)، محلول WPC (غلظت 0/7، 1/125، 1/75، 2/375 و 2/8 درصد) و صمغ CMC (محلول آبی 0/7، 1/1، 1/7، 2/2 و 2/6 درصد) به‌صورت جداگانه تهیه شده و برای آماده سازی سس سالاد با روغن، سرکه و ادویه مخلوط شدند. محلول WPC در اسید استیک با pH برابر با 4 تهیه شد. تیمار حرارتی 90 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه روی محلول اسیدی WPC اعمال شد و بلافاصله سس سالاد تهیه شد. این تیمار حرارتی در محیط اسیدی باعث بهبود خاصیت امولسیفایری پروتئین‌های آب

1. Whey protein concentrate (WPC)
2. Whey protein isolate (WPI)
3. Carboxymethylcellulose (CMC)

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود[8]. برای آماده سازی نهایی سس سالاد، محلول CMC، CAS،WPC و سرکه، تا رسیدن به غلظت نهایی 17% در سس، و ادویه، به میزان 0/5 درصد، به محلول نشاسته اضافه شده و به مدت 1 دقیقه با سرعت پایین مخلوط‌کن Feller مدل BL700SG (ساخت ایتالیا)، هم زده شد. سپس روغن (به میزان 35 درصد) با سرعت 2 میلی‌لیتر در ثانیه به محلول حاصل اضافه شد. سس سالاد در انتها به مدت 30 ثانیه با حداکثر سرعت مخلوط کن هم زده شد [9].

3-2- بررسی پایداری امولسیون طی مدت نگه‌داری

نمونه‌ها در فالکون‌های 50 میلی‌لیتری ریخته شده و در دماهای 4 و 25 درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شده و به‌صورت روزانه بررسی شدند. مدت زمان دوفازه شدن محصول (تعداد روز تا مشاهده شکست فاز در سس و جدا شدن فاز آبی از فاز روغنی) یادداشت گردید [10].

4-2- بررسی پایداری سس سالاد طی انجماد

نمونه‌ها در فالکون‌های 50 میلی‌لیتری ریخته و به مدت یک هفته در دمای °C 18- نگه‌داری شدند. پس از رفع انجماد کامل نمونه دردمای محیط میزان جداشدن فاز روغنی (میلی‌لیتر) از سس اندازه‌گیری شد.

5-2- تحلیل آماری

برای بهینه‌سازی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و پایداری امولسیون سس سالاد از روش سطح پاسخ[1] (RSM CC0318) طرح مرکب مرکزی با سه متغیر در پنج سطح (1/682-، 1-، 0، 1+، 1/682+) شامل درصد WPC، X_1 (0/7، 1/125، 1/75، 2/375، 2/8 درصد)، درصد CAS، X_2 (0/7، 1/125، 1/75، 2/375، 2/8درصد)، درصد CMC، X_3 (0/066، 0/1، 0/15، 0/2 و 0/234 درصد) با سه تکرار استفاده شد (مطابق جدول 1).

نرم افزارهای SAS 9.1 (انگلستان) و Statistica 9 (آمریکا) برای تجزیه و تحلیل داده ها و رسم نمودارهای سطح پاسخ مورد استفاده قرار گرفتند. معادله چند جمله‌ای درجه دوم استفاده شده در تجزیه و تحلیل به این صورت است:

1. Response surface methodology

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{k-1} \sum_{j=2}^{k} \beta_{ij} X_i X_j \qquad (1)$$

که در این فرمول Y متغیر وابسته یا پاسخ مدل، β_0، β_i، β_{ii} و β_{ij} به‌ترتیب ضرایب رگرسیون برای عامل‌های ضریب ثابت (عرض از مبدا)، ضریب اثرخطی، ضریب اثر درجه دوم و ضریب اثر متقابل هستند و X_i و X_j متغیرهای مستقل می‌باشند.

3-بحث و نتایج

1-3- نتایج بهینه‌سازی فرمولاسیون طی نگه‌داری در دمای اتاق و یخچال

هدف از انجام آزمایش‌های بهینه‌سازی دست‌یابی به بهترین تاثیر ترکیبی از WPC، CAS و CMC روی میزان پایداری سس طی انجماد، نگه‌داری در دمای اتاق و یخچال (متغیرهای وابسته آزمایش) می‌باشد. با توجه به جدول (2)، کم‌ترین میزان زمان پایداری سس طینگه‌داری در دمای اتاق ویخچال به‌ترتیب به مدت 50 و 89 روز (در نمونه شماره 1 با میزان WPC، CAS و CMC به‌ترتیب 1/125، 1/125 و 0/1 درصد) و بیش‌ترین میزان زمان پایداری سس طینگه‌داری در دمای اتاق و یخچال به‌ترتیب به مدت 109 و 150 روز (در نمونه شماره 8 با میزان WPC، CAS وCMC به‌ترتیب 2/375، 2/375 و 0/2 درصد) مشاهده شد.

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای زمان پایداری سس طی نگه‌داری در دمای اتاق در مرحله بهینه‌سازی در جدول (3) نشان داده شده است. مقادیر p برای مدل ($p<0/05$) و برای عدم تطابق داده ها[1] با مدل (0/13) تائیدی بر تطابق خوب مدل با داده‌های آزمایشی دارد. مقدار عددی ضریب تبیین R^2 برای میزان پایداری سس سالاد در دمای اتاق 89/45 بود که نشان دهنده میزان انحراف داده‌ها از مدل رگرسیون می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی توانسته رابطه بین متغیرهای مستقل (CAS WPC وCMC) و متغیر وابسته (پایداری سس طی نگه‌داری در دمای اتاق) را نشان داده و پیش‌بینی کند. هم‌چنان که درجدول (3) مشهود است، اثر خطی و درجه دو اجزای مدل X_1 ، X_2^2 ($p<0/01$)، X_2 و X_3^2 ($p<0/05$) معنی‌دار می‌باشند. به عبارت دیگر تاثیر WPC به‌صورت خطی، تاثیر CAS به‌صورت خطی

1. Lack of fit

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (1) طرح مرکب مرکزی برای بهینه‌سازی پایداری سس

شماره آزمایش	عامل			شماره آزمایش	عامل		
	X_1	X_2	X_3		X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	-1	10	+1/68	0	0
2	-1	-1	+1	11	0	-1/68	0
3	-1	+1	-1	12	0	+1/68	0
4	-1	+1	+1	13	0	0	-1/68
5	+1	-1	-1	14	0	0	+1/68
6	+1	-1	+1	15	0	0	0
7	+1	+1	-1	16	0	0	0
8	+1	+1	+1	17	0	0	0
9	-1/68	0	0	18	0	0	0

جدول(2) نمایش تاثیر پروتئین‌های شیر و CMC روی پایداری سس طی نگه‌داری در دمای اتاق، یخچال و پایداری طی انجماد در مرحله بهینه‌سازی(اعداد به‌صورت میانگین آورده شده‌اند)

شماره آزمایش	تعداد روز تا دوفـازه شـدن طی نگه‌داری در دمای اتاق (روز)*	تعداد روز تا دوفازه شدن طی نگه‌داری در دمای یخچال (روز)*	میزان فاز روغنی جدا شده بعد از انجماد زدایی (میلی‌لیتر)*
1	50 ±2/6	89 ±3/5	2/5 ±0/43
2	55 ±4/36	95 ±4/4	3 ±0/43
3	65 ±3/6	103 ±4/4	2 ±0/43
4	75 ±1/7	115 ±3/6	2 ±0/43
5	70 ±3/46	111 ±3/4	2 ±0/43
6	84 ±2/6	125 ±4/4	1 ±0/26
7	80 ±4/4	119 ±9/6	1 ±0/43
8	109 ±3/6	150 ±8/7	0 ±0
9	77 ±2/6	116 ±4/6	1 ±0/2
10	102 ±2/6	143 ±9/8	0/5 ±0/3
11	60 ±4/3	99 ±6	3 ±0/5
12	72 ±2/6	112 ±3/6	1 ±0/5
13	79 ±3/5	120 ±8/7	2 ±0/3
14	78 ±3	116 ±7/2	1 ±0/5
15	98 ±3	137 ±7/5	1 ±0/5
16	88 ±2/6	130 ±4/4	0/5 ±0/5
17	91 ±3/6	132 ±5/3	0/75 ±0/25
18	95 ±2/6	146 ±7/9	0/5 ±0/5

*اعداد به‌صورت میانگین ± انحراف استاندارد آورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

و درجه دوم و تاثیرCMC به‌صورت درجه دوم است که مدل به‌دست آمده برای پیش‌بینی تاثیر میزان آن‌ها روی پایداری سس طی نگه‌داری در دمای اتاق بعد از حذف عوامل غیرمعنی‌دار به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$Y=93.17+10.25X_1+6.6X_2-10.32X_2^2-5.9X_3^2 \quad (2)$$

برای نمایش تغییرات پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق با تغییرات متغیرهای مستقل، سه منحنی سطح پاسخ سه بعدی که در آن متغیر وابسته (پایداری سس سالاد طی نگه‌داری) در مقابل دو متغیر مستقل، در مقادیر بهینه متغیرسوم، ترسیم شدند. شکل 1 (الف) سطوح پاسخ و کنتور اثرات دو متغیر غلظت WPC و CAS روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق را نشان می‌دهد.

شکل اثر خطی WPC و تاثیر درجه دوم CAS را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود در غلظت‌های بالای WPC و محدوده غلظت 2/375-1/125٪ از CAS در نقطه مرکزی از غلظت کربوکسی متیل سلولز، پایداری سس طی نگه‌داری در دمای اتاق زیاد است. علت این پدیده بدین صورت است که در مرحله امولسیفیکاسیون، پروتئین‌های شیر به سرعت جذب سطح قطرات روغن جدید در امولسیون‌های روغن در آب می‌شوند و با کاهش کشش بین سطحی و ایجاد لایه‌ای اطراف قطرات روغن با مکانیسم‌های پایدارسازی استریکی و الکترواستاتیکی از ادغام و خوشه‌ای شدن قطرات جلوگیری کرده و پایداری فیزیکی امولسیون طی فرایند تولید و نگه‌داری طولانی مدت را فراهم می‌کند [11]. دافونسکا و

جدول(3) نتایج تجزیه واریانس تاثیر کنسانتره پروتئین آب پنیر، کازئین و کربوکسی متیل سلولز روی میزان پایداری طی نگه‌داری در دماهای اتاق، یخچال و حالت منجمد

منبع تغییرات	نتایج نگه‌داری در دمای اتاق			نتایج نگه‌داری در دمای یخچال			نتایج نگه‌داری در حالت منجمد		
	ضرایب رگرسیون	F	P	ضرایب رگرسیون	F	P	ضرایب رگرسیون	F	P
X_1	17/66	24/6	0/001 **	29/27	20/9	0/0018 **	0/4	16/23	0/0038 **
X_2	91/06	10/2	0/013 *	100/72	7/5	0/025 *	-4/8	19/02	0/0024 **
X_3	454/94	3/98	0/08	588/9	3/004	0/12	-24/02	4/09	0/078
X_{12}	-5/16	0/88	0/37	-7/86	1/55	0/25	0/18	0/35	0/57
$X_1 X_2$	10^{-14}x6/83	0	1	-0/32	0/0016	0/97	-0/16	0/17	0/69
$X_1 X_3$	112	1/68	0/23	108	1/18	0/308	-10	4/31	0/071
X_{22}	-26/43	23/1	0/001 **	-29/58	21/9	0/0016 **	1/3	18/36	0/003 **
$X_2 X_3$	80	0/8	0/38	92	0/86	0/38	-2	0/17	0/69
X_{32}	-2361/5	7/56	0/025 *	2855/007	8/35	0/0202 *	134/5	7/9	0/023 *
مدل	-	7/54	0/004**	-	6/57	0/007**	-	7/4	0/0048**
اثر خطی	-	12/9	0/0019	-	10/46	0/0038	-	13/11	0/0018
اثر درجه دوم	-	8/8	0/006	-	8/57	0/007	-	7/54	0/01
اثر متقابل	-	0/85	0/506	-	0/68	0/59	-	1/55	0/27
عدم تطابق داده‌ها با مدل	-	4/22	0/13	-	1/82	0/33	-	4/46	0/124

نتایج نگه‌داری در حالت منجمد R^2= 89/28%, R^2_{adj}= 77/22%, CV=30/97

نتایج نگه‌داری در دمای اتاق: R^2= 89/45%, R^2_{adj}=77/58%, CV=9/62

نتایج نگه‌داری در دمای یخچال: R^2= 88/09%, R^2_{adj}=74/68%, CV=7/33

* نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال 5% و ** نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال 1% است.

Archive of SID

www.SID.ir

همکاران [10]، تامسونو همکاران [7] و هرالد و همکاران [1] از WPC به‌عنوان جایگزین تخم مرغ در فرمولاسیون سس سالاد استفاده کردند و تاثیر مثبت این پروتئین‌های آب پنیر در مقایسه به سس‌های تهیه شده با تخم مرغ، پایداری بیش‌تری داشتند و در دمای اتاق پروتئین را روی پایداری سس طی نگه‌داری در دمای اتاق مشاهده کردند. به گونه‌ای که سس‌های تهیه شده با کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر دیرتر دوفازه شدند. نتایج پژوهش‌های این محققان با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. شکل 1 (ب) تاثیر سطوح مختلف WPC و CMC در نقطه مرکزی از غلظت CAS را بر روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، در غلظت‌های بالای WPC و CMC، میزان پایداری سس سالاد طینگه‌داری در دمای اتاق زیاد است. هیدروکلوئیدهای غیرنشاسته‌ای در غلظت‌های پایین برای تغییر پایداری فیزیک وشیمیایی و ویژگی‌های ساختاری مواد غذایی مانند انواع سس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این روش بدون تغییر قابل توجه در فرمولاسیون مواد غذایی مانند سس‌ها، می‌توان ویژگی‌های فیزیک وشیمیایی و پایداری این مواد غذایی را بهبود بخشید. خاصیت قوام دهندگی CMC باعث افزایش ویسکوزیته سس سالاد می‌شود، در نتیجه سرعت حرکت قطرات روغن و احتمال برخورد و به هم پیوستن آن‌ها کاهش پیدا می‌کند. به‌همین دلیل پایداری سس سالاد در غلظت‌های به‌نسبت بالا از کربوکسی متیل سلولز بیش‌تر است و در غلظت‌های پایین CMC با کاهش ویسکوزیته سس سالاد، حرکت قطرات روغن افزایش یافته و پایداری آن کاهش می‌یابد. هیدروکلوئیدهای غیرنشاسته‌ای علاوه‌بر تاثیر روی ویسکوزیته فاز پیوسته در انواع سس‌ها، ظرفیت نگه‌داری آب در این محصولات را نیز افزایش می‌دهد. در نتیجه غلظت مناسب از هیدروکلوئیدها، می‌تواند آب اندازی سس‌ها طی نگه‌داری در یخچال را کاهش دهد [12-13].

شکل 1 (ج) تاثیر سطوح مختلف CAS و CMC را بر روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق را نشان می‌دهد. مطابق شکل در غلظت‌های به‌نسبت بالای CMC و محدوده غلظت 2/375-1/125٪ از CAS، پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق زیاد است.

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای میزان پایداری سس طی نگه‌داری در دمای یخچال در مرحله بهینه‌سازی در جدول (3) نشان داده شده است. مقادیر p برای مدل ($p<0/05$) و برای عدم تطابق داده‌ها با مدل (0/33) تاییدی بر تطابق خوب مدل با داده‌های آزمایشی دارد. هم‌چنین مقدار عددی ضریب تبیین R^2 برای مدل رگرسیونی به‌دست آمده 88/09٪ بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی به‌خوبی توانسته است رابطه بین متغیرهای مستقل (CAS، WPC و CMC) و متغیر وابسته (پایداری سس طینگه‌داری در دمای یخچال) را بیان و پیش‌بینی کند. هم‌چنان که جدول 3 نشان می‌دهد، اثرات خطی و درجه دو اجزای مدل X_1، X_2^2 ($p<0/01$)،X_2 و X_3^2 ($p<0/05$) معنی‌دار می‌باشد. به عبارت دیگر اثر غلظت WPC به‌صورت خطی، کازئینات به‌صورت خطی و درجه دوم و CMC به‌صورت درجه دو بر پاسخ موثر است. مدل به‌دست آمده برای پیش‌بینی تاثیر میزان پروتئین‌های شیر و CMC روی پایداری سس طی نگه‌داری در دمای یخچال بعد از حذف عوامل غیرمعنی‌دار به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

(3)

$$Y = 136.4 + 10.87X_1 + 6.5X2 - 11.56X_2^2 - 7.14X_3^2$$

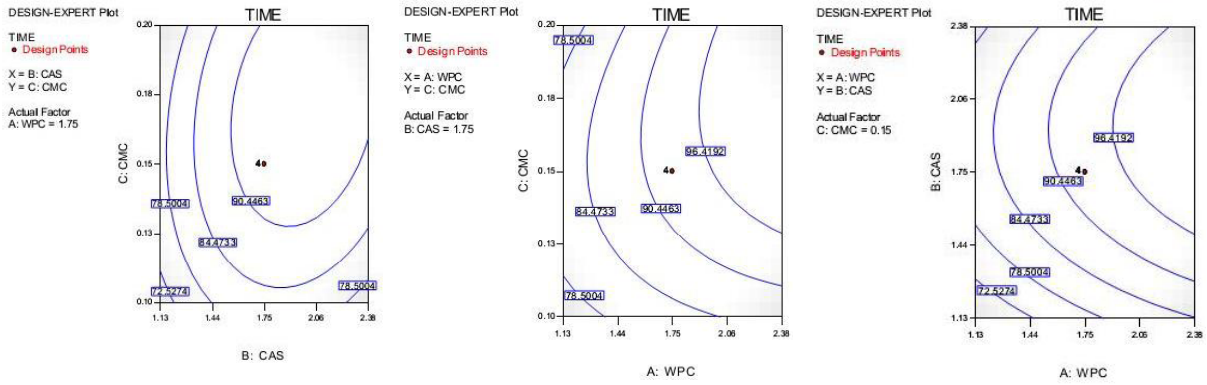
شکل 2 (الف) تاثیر سطوح مختلف WPC و CAS (w/w %) را در نقطه مرکزی از غلظت CMC بر روی پایداری سس طی نگه‌داری در دمای یخچال نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، در غلظت‌های بالای WPC و محدوده غلظت 2/375-1/75% CAS پایداری سس طی نگه‌داری در دمای یخچال زیاد است.

شکل 2 (ب) تاثیر سطوح مختلف WPC و CMC را در نقطه مرکزی از غلظت CAS بر روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای یخچال نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد در غلظت‌های بالای WPC و CMC، میزان پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای یخچال زیاد است.

شکل 2 (ج) تاثیر سطوح مختلف CAS و CMC را در نقطه مرکزی از غلظت WPC بر روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای یخچال نشان می‌دهد. مطابق شکل در محدوده غلظت 2/375-1/125% CNS پایداری سس سالاد

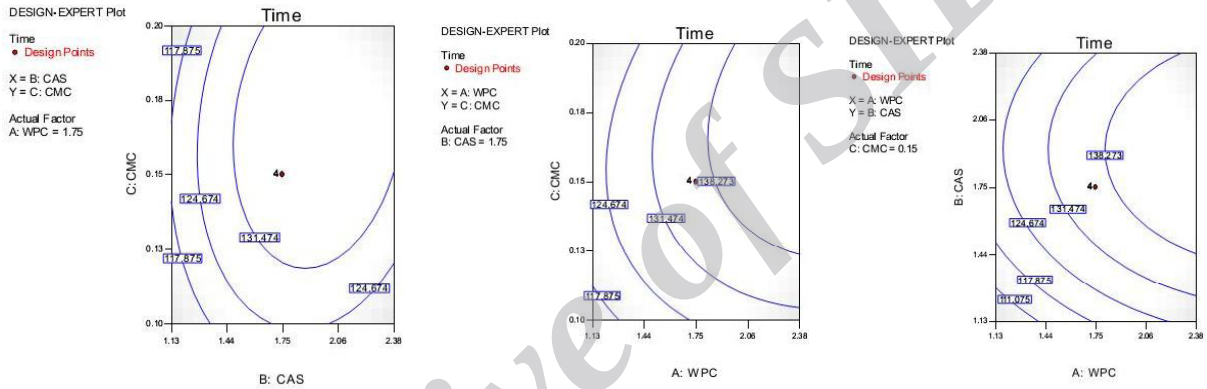
Archive of SID

www.SID.ir



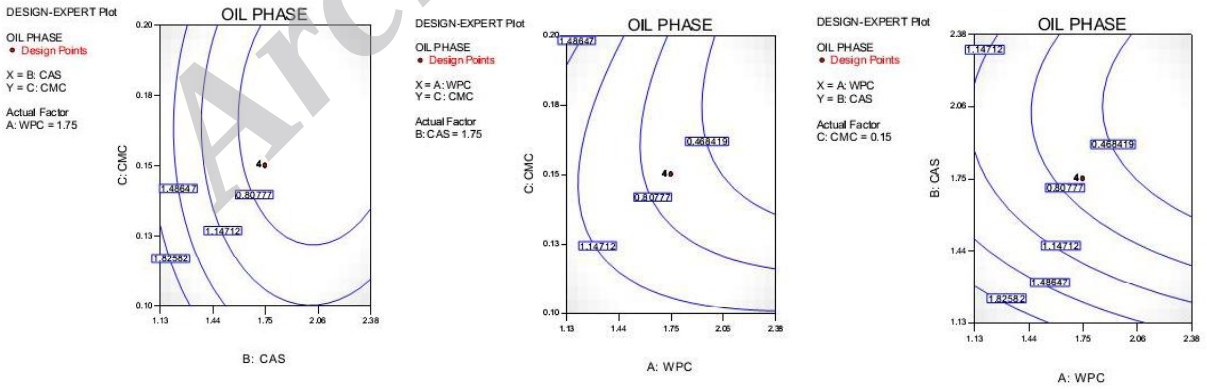
(ج) (ب) (الف)

شکل (1) الف- نمودار تاثیرWPC و CAS روی پایداری سس طی نگه‌داری در دمای اتاق (مدت زمان تا دوفازه شدن بر حسب روز، ب- نمودار تاثیر WPC و CMC روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق (مدت زمان تا دوفازه شدن بر حسب روز)، ج- نمودار تاثیر CAS و CMC روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق (مدت زمان تا دوفازه شدن بر حسب روز)



(ج) (ب) (الف)

شکل(2) الف- نمودار تاثیرWPC و CAS روی پایداری سس طی نگه‌داری در دمای یخچال (مدت زمان تا دوفازه شدن بر حسب روز)، ب- نمودار تاثیرWPC و CMC روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای یخچال (مدت زمان تا دوفازه شدن بر حسب روز)، ج-نمودار تاثیرCAS و CMC روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای یخچال (مدت زمان تا دوفازه شدن بر حسب روز)



(ج) (ب) (الف)

شکل (3) الف-نمودار تاثیرWPC و CAS روی پایداری سس سالاد طی انجماد (فاز روغنی جدا شده بر حسب میلی لیتر)، ب- تاثیر سطوح مختلف WPC و CMC روی پایداری سس سالاد طی انجماد (فاز روغنی جدا شده بر حسب میلی لیتر)، ج- نمودار تاثیرCAS و CMC روی پایداری سس سالاد طی انجماد (فاز روغنی جدا شده بر حسب میلی لیتر)

Archive of SID

www.SID.ir

طی نگه‌داری در دمای یخچال زیاد است، ولی غلظت‌های بالاتر CAS روی جذب پروتئین‌های آب پنیر تاثیر منفی دارد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای یخچال بیش‌تر است. نگه‌داری در دمای پایین، به‌طور مثال 4 درجه سانتی‌گراد در یخچال، با ایجاد برهمکنش‌های پروتئین-حلال قوی‌تر و تقویت برهمکنش‌های پروتئین-پروتئین بین قطرات مجاور و برهمکنش‌های پروتئین-پروتئین در لایه پروتئینی هر قطره، ویسکوزیته سیستم را افزایش می‌دهد. با نگه‌داری در دمای پایین، امولسیون‌های حاوی پروتئین‌های آب پنیر، که تیمار حرارتی روی آن‌ها اعمال شده، پایداری بهتری نشان می‌دهند. علت این پدیده تشکیل سریع‌تر لایه اطراف گلبول‌های چربی نسبت به ناپایدار شدن امولسیون است. این نتایج با نتایج به‌دست آمده توسط تورگئون و همکاران [8] مطابقت دارد. گوش و همکاران [13] نیز در تحقیقات خود مشاهده کردند که نگه‌داری در دمای بالاتر، پایداری امولسیون سس را کاهش می‌دهد. علت این پدیده به احتمال زیاد افزایش ادغام و خوشه‌ای شدن قطرات ریز در دمای بالا است.

2-3-نتایج بهینه‌سازی پایداری سس سالاد طی انجماد

با توجه به نتایج جدول (2) کم‌ترین میزان دوفازه شدن سس سالاد بعد از انجماد زدایی به میزان 0 میلی‌لیتر از 30 میلی‌لیتر (در نمونه شماره 8) و بیش‌ترین میزان دوفازه شدن به میزان 3 میلی‌لیتر از 30 میلی‌لیتر (در نمونه 2 بامشخصات1/125% WPC، 1/125% CAS و 0/2% CMC و 11 با مشخصات 1/75% WPC، 0/7% CAS و 0/15% CMC) مشاهده شد. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای میزان فاز روغنی جدا شده بعد از انجماد در مرحله بهینه‌سازی در جدول (3) نشان داده شده است. مقادیر p برای مدل ($p<0/05$) و برای عدم تطابق داده ها با مدل (0/124) تائیدی بر تطابق خوب مدل با داده‌های آزمایشی دارد. هم‌چنین مقدار عددی ضریب تبیین R^2برای مدل رگرسیونی به‌دست آمده 89/28% بود که نشان می‌دهد مدل رگرسیونی توانسته رابطه بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته (میزان فاز روغنی جدا شده بعد از انجماد زدایی) را نشان داده و پیش‌بینی کند.مدل به‌دست آمده برای پیش‌بینی تاثیر میزان پروتئین‌های شیر و CMC روی پایداری سس طی نگه‌داری در حالت منجمد بعد از حذف عوامل غیر معنی‌دار به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$Y = 0.68 - 0.46X_1 - 0.5X_2 + 0.5X_2^2 + 0.34X_3^2 \quad (4)$$

هم‌چنان که در جدول 3مشهود است، اثرات خطی و درجه دو اجزای مدلX_2^2 ،X_1 ($p<0/01$)، X_2 و X_3^2 ($p<0/05$) معنی‌دار می‌باشد.شکل 3 (الف) تاثیر سطوح مختلف WPC و CAS را در نقطه مرکزی از غلظت CMC بر روی پایداری سس سالاد طی انجماد و میزان فاز روغنی جدا شده بعد از انجماد زدایی نشان می‌دهد. مطابق شکل با افزایش غلظت WPC میزان جدا شدن روغن از سس سالاد کاهش می‌یابد و در غلظت‌های بالای CAS (1/75-2/7%) میزان جدا شدن روغن از سس سالاد در حد کمینه است.

شکل 3 (ب) تاثیر سطوح مختلف WPC و CMC را در نقطه مرکزی از غلظت CAS بر روی پایداری سس سالاد طی انجماد نشان می‌دهد. مطابق شکل با افزایش غلظت WPC و CMC میزان جدا شدن فاز روغنی بعد از انجماد کاهش می‌یابد. سس‌ها به‌طور معمول در فرمولاسیون مواد غذایی نیمه آماده و منجمد مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون این فراورده‌ها، پایداری این سس‌ها طی انجماد را افزایش می‌دهد. آروکاس و همکاران [14] در مطالعات خود نشان دادند که استفاده از صمغ‌ها پایداری سس‌ها طی انجماد و انجماد زدایی را افزایش می‌دهد. علت این پدیده افزایش ویسکوزیته سس با افزودن صمغ و ایجاد پایداری ثانویه است. نتایج پژوهش‌های این محققان با نتایج این پروژه هماهنگی دارد.

شکل 3 (ج) تاثیر سطوح مختلف CAS و CMC را بر روی پایداری سس سالاد طی انجماد و میزان فاز روغنی جدا شده بعد از انجماد زدایی را نشان می‌دهد. شکل نمودار به‌صورت مینیمم است که نشان می‌دهد مقدار بهینه برای متغیرهای غلظت CMC و CAS در محدوده غلظت 1/75-2/375% CAS و غلظت 0/15-0/2% CMC وجود دارد. در غلظت‌های بالاتر از CAS، میزان مازاد کازئینات از مهاجرت پروتئین‌های آب پنیر به لایه بین سطحی جلوگیری کرده و در نتیجه روی میزان

Archive of SID

www.SID.ir

پایداری سس تاثیر منفی می‌گذارند.

با استفاده از مدل RSM درجه دو برای ایجاد حداکثر پایداری در سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق و یخچال، مقادیر بهینه کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر 2/8011% (w/w%)، کازئینات سدیم 1/75٪ و کربوکسی متیل سلولز 0/192٪توسط نرم افزار SAS تعیین شد.هم‌چنین برای حداکثر پایداری طی انجماد مقادیر بهینه کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر 1/68% (w/w %)، کازئینات سدیم 0/84٪ و کربوکسی متیل سلولز 0/84٪ تعیین گردید.

4- نتیجه گیری

نتایج نشان دادند که استفاده از مقادیر بهینه هیدروکلوئیدهای CAS، WPC و CMC روی پایداری سس سالاد طی نگه‌داری در دمای اتاق، یخچال و انجماد تاثیر مثبتی دارند. CMC با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و پروتئین‌های شیر با ایجاد لایه پروتئینی اطراف قطرات روغن و جلوگیری از ادغام آن‌ها پایداری این فراورده را بهبود می‌بخشند.

منابع

[1] Herald, T.J., Abugoush, M., Aramouni, F. (2009). Physical and sensory properties of egg yolk and egg yolk substitutes in a model mayonnaise system. *J. Texture Stud.*, 40, 692-709.

[2] Dickinson, E. (1999). Caseins in emulsions: interfacial properties and interactions. *Int. Dairy J.*, 9, 305–312.

[3] Raikos, V. (2010). Effect of heat treatment on milk protein functionality at emulsion interfaces. A review. *J. Food Hydrocolloids*, 24, 259-26.

[4] Foegeding, E.A., Davis, J.P., Doucet, D., McGuffey, M.K. (2002). Advances in modifying and understanding whey protein functionality. *Trend. Food Sci.Tech.*, 13, 151-159.

[5] Perrechil, F.A., Cunha, R.L. (2010). Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate: Influence of pH, high-pressure homogenization and locust bean gum addition. *J. Food Eng*., 97, 441-448.

[6] Alam, K., Ahmed, M., Akter, S., Islam, N., Eun, J.B.(2009). Effect of carboxymethylcellulose and starch as thickening agents on the quality of tomato ketchup. *Pakistan J. Nutr*., 8,1144-1149.

[7] Thompson, L.U.,Reniers, D.J. (1981). Succinylated cheese whey protein concentrates in coffee whitener and salad dressing. *J. Dairy Sci.*, 65, 1135-1140.

[8] Turgeon, S.L., Sanchez, C., Gauthier, S.F., Paquin, P. (1996). Stability and rheological properties of salad dressing containing peptidic fractions of whey proteins. *Int. Dairy J.*, 6, 645-658.

[9] Mandala, I.G., Savvas, T.P., Kostaropoulos, A.E. (2004). Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *J. Food Eng*., 64, 335-342.

[10] De Cassia da Fonseca, V., WindsonIsidoroHaminiuk, C., Izydoro, D.R., Waszczynskyj, N., De Paula Scheer, A.,Sierakowski, M. (2009). Stability and rheological behaviour of salad dressing obtained with whey and different combinations of stabilizers. *Int. J. Food Sci. Tech*., 44, 777–783.

[11] Dickinson, E. (2001). Milk protein interfacial layers and the relationship to emulsion stability and rheology, Review. *J. Colloid. Surfaces B.*, 20,197–210.

[12] Heyman, B., Depypere, F., Delbaere, F., Dewettinck, K. (2010).Effect of non-starch hydrocolloids on the physicochemical properties and stability of a commericial béchamel sauce. *J. Food Eng*., 99, 115-120.

[13] Ghoush, M.A., Samhouri, M., Al-Holy, M., Herald, T. (2008). Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of a gum–protein emulsifier

Archive of SID

www.SID.ir

in a model mayonnaise system. *J. Food Eng.*, 84,348-357.

[14] Arocas, A., Sanz, T., Fiszman, S.M. (2009). Clean label starches as thickeners in white sauces. Shearing, heating and freeze/thaw stability. *J. Food Hydrocolloid*s, 23, 2031-2037.

Archive of SID

www.SID.ir