بهینه‌سازی ویژگی‌های رئولوژیکی و پایداری امولسیونی مایونز با استفاده از زرده تخم‌مرغ فرموله شده پاستوریزه منجمد

شنتیا فخاری[a]، بابک غیاثی طرزی[*b]

[a] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی- علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۶/۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۴

چکیده

مقدمه: زرده تخم‌مرغ به دلیل عمر انبار مانی محدود، تحت عملیات خشک کردن پاششی یا انجماد قرار می‌گیرد. انجماد و رفع انجماد زرده تخم‌مرغ می‌تواند باعث افزایش غیرقابل برگشت ویسکوزیته و کاهش حلالیت شده و بر ویژگی‌های امولسیفایری تاثیرگذار باشد.

مواد و روش‌ها: نمک و شکر هر کدام به‌تنهایی و در ترکیب با یکدیگر در غلظت‌های ۰ و ۵ و ۱۰ درصد به زرده تخم‌مرغ پاستوریزه افزوده شد و به دو دسته شامل زرده‌های منجمد شده در دمای $-18^{\circ}C$ در مدت زمان‌های ۳۰ و ۶۰ روز و زرده‌های یخچالی تقسیم شد. مایونزها، به‌صورت ۲۴ ساعت پس از آماده‌سازی به‌عنوان نمونه مورد آزمون در لحظه تولید و ۳ ماه پس از آماده‌سازی، آزمون شد. تاثیر فاکتورهای محتوای نمک و شکر و نحوه نگهداری زرده تخم‌مرغ به‌صورت منجمد و یخچالی، بر ویژگی‌های رئولوژیکی و پایداری مایونز بررسی و به روش سطح پاسخ بهینه‌سازی شد.

یافته‌ها: فاکتور درصد نمک، بر بهینه‌سازی فاقد تاثیر بود. درصد شکر، در بیشینه غلظت، به‌عنوان فاکتور بهینه شده در مایونزهای به محض تولید و نگهداری شده برای ۳ ماه انتخاب شد. مدت زمان نگهداری در انجماد زرده تخم‌مرغ حدود ۱۱ روز، در مایونزهای به محض تولید و مدت زمان نگهداری در انجماد زرده حدود ۲۶ روز برای مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه بیش‌ترین مطلوبیت را داشت.

نتیجه‌گیری: زرده تخم‌مرغ مایع پاستوریزه با استفاده از شکر در غلظت‌ها و مدت زمان‌های نگهداری بهینه می تواند با هدف افزایش مدت زمان ماندگاری، منجمد شده و موجب بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و پایداری مایونز نسبت به مایونزهای آماده شده با زرده های یخچالی و بدون شکر گردد.

واژه‌های کلیدی: انجماد، زرده تخم‌مرغ، غلظت شکر، غلظت نمک، مایونز

[*] نویسنده مسئول مکاتبات email: babakghiassi@hotmail.com

مقدمه

انجماد و رفع انجماد زرده تخم‌مرغ می‌تواند باعث افزایش غیرقابل برگشت ویسکوزیته و کاهش حلالیت شود. مایونز ساخته شده با زرده آسیب‌دیده از انجماد، می‌تواند شامل قطرات بزرگ‌تر و به هم پیوسته روغن گردد که نیازمند استفاده بیش‌تر از زرده منجمد است. وینتر و میلر در سال ۱۹۵۱ به‌عنوان مخالف گزارش کرده‌اند که مایونز ساخته‌شده با زرده منجمد، بسیار سفت‌تر از زرده تازه می‌باشد. وینتر نیز در ۱۹۵۱ دریافت که زرده منجمد شکر زده، مایونزی سفت‌تر از زرده منجمد نمک‌زده تولید می‌کند و زرده‌های شامل نمک و شکر، مایونز با پایداری کم‌تری تولید می‌کند. (Huang *et al*., 2016). ویسکوزیته ظاهری و پهن‌شوندگی مایونز ساخته‌شده از زرده نمک‌زده نگهداری شده در ۱۰°C- برای ۶۰ روز، با زرده مایع تازه قابل مقایسه بود و یک افزایش قابل‌توجه پایداری نسبت به زرده نمک‌زده مایع تازه داشت (Harrison and Cunningham, 1986a). ویسکوزیته مایونز ساخته‌شده با ۱۰درصد نمک در زرده تخم‌مرغ، نسبت به استفاده از غلظت ۵ و ۱۵ درصد نمک و نیز استفاده از زرده تخم‌مرغ تازه، بالاترین مقدار را داشت (Harrison and Cunningham, 1986b). زرده تخم‌مرغ پاستوریزه فاقد نمک طی نگهداری در انجماد، ژلاتینه شده و بنابراین برای آماده‌سازی مایونز مناسب نبود. پیشنهاد شد که زرده تخم‌مرغ تجاری نمک‌دار پاستوریزه شده با ۱۰ درصد نمک می‌تواند برای تهیه مایونز، برای مدت ۱۲ ماه به‌خوبی در دماهای ۱۵- و ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شود (Kim and Choi, 2002). در مقایسه با مایونز آماده‌شده با تخم‌مرغ تازه، مایونز ساخته‌شده با زرده منجمد شده در ۱۸°C- سختی بیش‌تری داشت. اندازه قطرات روغن در مایونز، طی نگهداری در انجماد برای ۳۰ روز، بزرگ‌تر شد و انجماد زرده به‌طور کلی پایداری حرارتی مایونز را کاهش داد (Huang *et al*., 2016).

مواد و روش‌ها

زرده تخم‌مرغ مایع پاستوریزه شده، به‌صورت آماده تهیه شد و نمک و شکر هرکدام به‌تنهایی و همچنین در ترکیب با یکدیگر، مطابق طرح پیشنهادی نرم‌افزار دیزاین اکسپرت[1] در قالب روش سطح پاسخ[2] و طرح مرکب مرکزی[3] در یک مخلوط‌کن آشپزخانه‌ای مدل Sanyo SM1620CG به آن افزوده و به مدت ۳۰ ثانیه با سرعت ۳ باهم مخلوط و یکنواخت شدند. سپس زرده‌های تخم‌مرغ به دو دسته؛ گروه اول شامل زرده‌های تخم‌مرغ منجمد و گروه دوم زرده‌های تخم‌مرغ یخچالی تقسیم شد. گروه اول به کیسه‌های پلی‌اتیلنی با درب نفوذناپذیر، به طوری‌که ضخامت کیسه‌های حاوی زرده در حالت خوابیده حدود ۶ میلی‌متر باشد منتقل و به فریزر با دمای ۱۸°C- انتقال داده‌شد تا پس از طی مدت‌زمان نگهداری در انجماد ۳۰ و ۶۰ روز، جهت تهیه مایونز مورداستفاده قرار گیرد. نمونه‌های مایونز، در دو دسته[4] به‌صورت ۲۴ ساعت پس از آماده‌سازی به‌عنوان نمونه مورد آزمون در لحظه تولید و ۳ ماه پس از آماده‌سازی، مورد آزمون قرار گرفت. مایونز مطابق با فرمولاسیون جدول ۱ توسط میکسر هموژنایزر ۸ کیلوگرمی تحت خلا آماده‌سازی شد. طرح متغیرهای مورد استفاده به شرح ذیل و طرح کلی آزمون مطابق جدول ۲ می‌باشد:

غلظت نمک افزوده شده به زرده تخم مرغ (۰ و ۵ و ۱۰ درصد)

غلظت شکر افزوده شده به زرده تخم‌مرغ (۰ و ۵ و ۱۰ درصد)

زرده تخم‌مرغ به صورت یخچالی و منجمد شده برای ۳۰ و ۶۰ روز

مدت‌زمان ماندگاری مایونز در دمای کنترل شده ۲±۲۳ درجه سانتی‌گراد (به محض تولید و ۳ ماه نگهداری)

- آزمون میزان روغن انداختن

این آزمون شامل آزمون عدم پایداری تسریع شده[5] در دمای انجماد (Groves, 1970) و محاسبه میزان روغن انداختن[6] (McClements, 2007) می‌باشد. ۱۰ گرم نمونه به لوله‌های پلی‌اتیلنی مدرج منتقل و در فریزر با دمای ۱۸°C- به مدت ۴۸ ساعت جهت تسریع در شکستن امولسیون قرار داده‌شد، سپس در دمای محیط کاملا ذوب و میزان روغن انداختن مطابق رابطه ۱ محاسبه شد:

[1] Design Expert [2] Response Surface Methodology [3] Central Composite Design [4] Categories
[5] Acceleration of Instability [6] Oiling Off Tests

(رابطه ۱) $Oiling\ Off(\%) = 100*(H_O/H)$

H_O: ارتفاع لایه روغن (سانتی‌متر)

H_E: ارتفاع کل امولسیون (سانتی‌متر)

- آزمون‌های ویسکوزیته ظاهری، شاخص رقیق‌شوندگی با برش[1] و شاخص وابستگی به زمان[2]:

آزمون ویسکوزیته ظاهری، شاخص رقیق شوندگی با برش (STI)، شاخص وابستگی به زمان (TIX و -TIX Rec) توسط دستگاه بروکفیلد مدل DV-III™ Ultra Rheometer مطابق دستورالعمل دستگاه و استاندارد بین‌المللی انجمن مواد و آزمون آمریکا (ASTM D2196, 2015) در دمای محیط (۲۵ ±۰/۵°C) انجام شد.

جدول ۱- فرمولاسیون مایونز تولیدی

ردیف	نام ماده	نام تجاری	مقدار (درصد)
۱	نمک خوراکی	ریفان	۱/۷
۲	شکر	شادیانه	۴/۵
۳	سرکه سفید تقطیری ۱۱ درصد	مهرام	۷
۴	زرده تخم‌مرغ مایع پاستوریزه	زردینه	۳
۵	روغن سویا	عالیا گلستان	۶۵
۶	اسیدسیتریک	Aspritchemical Food chem (China)	۰/۰۲۶
۷	پودر خردل	G.S Dunn (#103 Canada)	۰/۲۵
۸	گزانتان	Fufeng (China)	۰/۱
۹	کربوکسی‌متیل‌سلولز	Sinocmc (China)	۰/۰۷
۱۰	گوار	Rama Industrial (India)	۰/۰۲
۱۱	بنزوات‌سدیم	Dalian Fortune Tech (China)	۰/۰۳۵
۱۲	سوربات‌پتاسیم	Aha International (China)	۰/۰۳۵
۱۳	آب	-	۱۸/۲۶۴
	مجموع		۱۰۰

جدول ۲- طرح متغیرهای مورد استفاده

Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
	A: Salt Concentration (%)	B: Sugar Concentration (%)	C: Freezing Storage (Day)	D:Shelf Life (Month)
1	5	5	30	0
2	10	10	0	0
3	10	0	60	0
4	5	5	30	3
5	5	5	30	0
6	5	5	0	0
7	5	5	0	3
8	5	5	30	0
9	0	0	0	0
10	10	0	0	3
11	0	10	60	3
12	5	10	30	0
13	0	10	0	3
14	0	10	60	0
15	10	0	60	3
16	5	5	30	0
17	0	0	0	3
18	10	10	60	0

[1] Shear Thinning Index [2] Thixotropic Index

Factor 4	Factor 3	Factor 2	Factor 1	
D:Shelf Life (Month)	C: Freezing Storage (Day)	B: Sugar Concentration (%)	A: Salt Concentration (%)	Run
3	60	5	5	19
3	60	10	10	20
0	60	0	0	21
3	30	5	5	22
0	30	0	5	23
3	30	5	0	24
0	30	5	5	25
3	60	0	0	26
3	30	5	5	27
0	30	5	5	28
3	30	5	5	29
3	30	5	5	30
0	60	5	5	31
0	0	10	0	32
3	30	5	10	33
3	30	5	5	34
0	0	0	10	35
3	30	10	5	36
3	0	10	10	37
0	30	5	0	38
3	30	0	5	39
0	30	5	10	40

- آزمون شاخص پایداری امولسیونی[1] (ESI) و شاخص فعالیت امولسیونی[2] (EAI)

در یک لوله آزمایش یک گرم نمونه توزین شد و با ۵ میلی‌لیتر محلول سدیم دودسیل سولفات ۰/۱ درصد توسط دستگاه ورتکس مدل Vortex IKA Genius 3 با دور ۵ مخلوط شد، سپس جذب محلول در طول موج ۵۰۰ نانومتر، فوراً (A_0) و پس از ۶۰ دقیقه (A_{60}) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Spectronic Genesys 5 خوانده شد (Chalamaiah *et al*., 2017).

$$EAI(m^2/g) = (2\times2.303\times dil\times A)/(c\times\theta\times10000)$$ (رابطه ۲)

$$ESI = A_0 \times \Delta t/\Delta A$$ (رابطه ۳)

dil: ضریب رقت (۱۰۰)

A: جذب در ۵۰۰nm

c: غلظت تخم‌مرغ قبل از تشکیل امولسیون (۱۸/۲۶۴÷۳)

θ: نسبت وزنی فاز دیسپرس (۰/۶۵)

$$\Delta A = A_0 - A_{60}$$

$\Delta t = 60$ min

- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم‌افزار دیزاین اکسپرت ۷ در قالب روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی بر اساس فاصله از مرکز (آلفا) برابر یک، با سه فاکتور و در دو دسته انجام شد. همچنین در کنار این نرم‌افزار از نرم‌افزار مینی‌تب ۱۸ نیز در برخی موارد استفاده شد.

یافته‌ها

- ویسکوزیته ظاهری

پاسخ‌های پرت و فاکتورهایی نظیر غلظت نمک و شکر، که بر برازش مدل معنی‌دار نبود ($P>0/05$) حذف شد. مدل درجه دوم کاهش‌یافته در پاسخ ویسکوزیته معنی‌دار بود ($P<0/05$). جدول ۳ فاکتورهای معنی‌دار بر برازش مدل را نشان می‌دهد ($P<0/05$). اختلاف ضریب تعیین تعدیل‌شده با ضریب تعیین پیش‌بینی شده کم‌تر از ۰/۲ بوده که نشان‌دهنده تصمیم مناسب[3] جهت انتخاب مدل می‌باشد. میزان دقت کافی[4] نیز برابر ۲۴/۰۴۶ بوده که حداقل قابل قبول آن ۴ می‌باشد. عدم برازش مدل[5] نیز معنی‌دار نبود

[1] Emulsion Stability Index [2] Emulsion Activity Index [3] Reasonable Agreement [4] Adeq Precision
[5] Lack of Fit

(P>۰/۰۵). ویسکوزیته در نمونه‌های به محض تولید با زرده یخچالی تا زرده های منجمد نگهداری شده برای ۳۰ روز، افزایش یافته تا به حداکثر مقدار خود رسیده و سپس تا ۶۰ روز نگهداری به صورت منجمد شروع به کاهش نموده تا به حداقل مقدار خود برسد. این روند در مورد نمونه‌های مایونز نگهداری شده به مدت ۳ ماه نیز وجود داشت. ویسکوزیته با افزایش زمان نگهداری مایونز از نمونه‌های به محض تولید به نمونه‌های نگهداری شده برای ۳ ماه، کاهش یافت. معادله نهایی فاکتورهای کد شده مربوط به پاسخ ویسکوزیته از رابطه ۴ پیروی می‌کند:

$$Viscosity = +2010.50 - 93.97\times C - 287.12\times D - 80.77\times C\times D - 284.73\times C^2$$ (رابطه ۴)

- شاخص رقیق‌شوندگی با برش (STI)

فاکتورهایی نظیر غلظت نمک و شکر و مدت زمان نگهداری در انجماد زرده که بر برازش مدل معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) حذف شد. مدل خطی کاهش‌یافته در پاسخ شاخص رقیق‌شوندگی با برش معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). اختلاف ضریب تعیین تعدیل‌شده با ضریب تعیین پیش‌بینی شده، کم‌تر از ۰/۲ بوده که نشان‌دهنده تصمیم مناسب جهت انتخاب مدل می‌باشد. میزان دقت کافی نیز برابر ۵/۷۱۴ بوده که قابل قبول می‌باشد. عدم برازش مدل نیز معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). جدول ۳ فاکتورهای معنی‌دار بر برازش مدل، را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵). شاخص رقیق‌شوندگی با برش با افزایش مدت زمان نگهداری از مایونزهای به محض تولید به مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه، کاهش می‌یابد. معادله نهایی فاکتورهای کد شده مربوط به پاسخ شاخص رقیق‌شوندگی با برش از رابطه ۵ پیروی می‌کند:

$$STI = +6.59 - 0.31\times D$$ (رابطه ۵)

- شاخص وابستگی به زمان (TIX)

فاکتورهایی نظیر غلظت نمک و غلظت شکر و مدت زمان نگهداری در انجماد زرده که بر برازش مدل معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) حذف شد. مدل درجه دوم کاهش‌یافته در پاسخ شاخص وابستگی با زمان معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). اختلاف ضریب تعیین تعدیل‌شده با ضریب تعیین پیش‌بینی شده کم‌تر از ۰/۲ بوده که نشان‌دهنده تصمیم مناسب جهت انتخاب مدل می‌باشد. میزان دقت کافی نیز برابر ۵/۰۹۶ بوده که قابل قبول می‌باشد. عدم برازش مدل نیز معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). با توجه به این‌که تیمار ۹ دارای باقی‌مانده استیودنت شده داخلی و خارجی خارج از محدوده بود، لذا از تبدیل توانی با توان ۰/۶۶- استفاده شد. فاکتور غلظت شکر نیز (B) به دلیل استفاده از خوشه‌بندی سلسله مراتبی[1] جهت کاهش مدل، در معادله شرکت داده شد. شاخص وابستگی به زمان، با افزایش مدت زمان نگهداری نمونه‌های مایونز از نمونه‌های به محض تولید به مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه کاهش می‌یابد و با افزایش غلظت شکر از صفر به ۵ درصد، کاهش و از ۵ درصد به ۱۰ درصد، مجددا افزایش می‌یابد. جدول ۳ فاکتورهای معنی‌دار بر برازش مدل، را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵). معادله نهایی فاکتورهای کد شده مربوط به پاسخ شاخص وابستگی به زمان از رابطه ۶ پیروی می‌کند:

$$(TIX)^{-0.66} = +0.87 - 0.00805\times B + 0.016\times D - 0.027\times B^2$$ (رابطه ۶)

- شاخص وابستگی با زمان برگشت‌پذیر (TIX-Rec)

فاکتورهایی نظیر غلظت نمک، غلظت شکر و مدت زمان نگهداری مایونز که بر برازش مدل معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) حذف شد. مدل خطی کاهش‌یافته بر پاسخ شاخص وابستگی با زمان برگشت‌پذیر معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). جدول ۳ فاکتورهای معنی‌دار بر برازش مدل، را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵). اختلاف ضریب تعیین تعدیل‌شده با ضریب تعیین پیش‌بینی شده، کم‌تر از ۰/۲ بوده که نشان‌دهنده تصمیم مناسب جهت انتخاب مدل می‌باشد. میزان دقت کافی نیز برابر ۶/۹۰۴ بوده که قابل قبول می‌باشد. عدم برازش مدل نیز معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). شاخص وابستگی به زمان برگشت‌پذیر، با افزایش مدت زمان نگهداری در انجماد، از زرده‌های یخچالی به زرده‌های نگهداری شده در انجماد به مدت ۶۰ روز، کاهش می‌یابد. معادله نهایی فاکتورهای کد شده مربوط به پاسخ شاخص

[1] Hierarchical Clustering

وابستگی به زمان برگشت‌پذیر از رابطه ۷ پیروی می‌کند:

$$(TIX\text{-}Rec) = +1.07 - 0.013\times C \quad \text{(رابطه ۷)}$$

- **شاخص فعالیت امولسیونی (EAI)**

فاکتورهایی نظیر غلظت نمک و مدت زمان نگهداری در انجماد زرده که بر برازش مدل معنی دار نبود (P>۰/۰۵) حذف شد. مدل درجه دوم کاهش‌یافته بر پاسخ شاخص فعالیت امولسیونی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). جدول ۳ فاکتورهای معنی‌دار بر برازش مدل، را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵). اختلاف ضریب تعیین تعدیل‌شده با ضریب تعیین پیش‌بینی شده، کم‌تر از ۰/۲ بوده که نشان‌دهنده تصمیم مناسب جهت انتخاب مدل می‌باشد. میزان دقت کافی نیز برابر ۷/۵۸۰ بوده که قابل قبول می‌باشد. عدم برازش مدل نیز معنی دار نبود (P>۰/۰۵). شاخص فعالیت امولسیونی، با افزایش مدت زمان نگهداری از مایونزهای به محض تولید به مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه افزایش می‌یابد. این شاخص با افزایش غلظت شکر زرده از صفر به ۱۰ درصد افزایش می‌یابد.

معادله نهایی فاکتورهای کد شده مربوط به پاسخ شاخص فعالیت امولسیونی از رابطه ۸ پیروی می‌کند:

$$(EAI) = +1.24 + 0.005177\times B + 0.004098\times D + 0.005608\times B^2 \quad \text{(رابطه ۸)}$$

- **شاخص پایداری امولسیونی (ESI)**

فاکتورهایی نظیر غلظت نمک و غلظت شکر و مدت زمان نگهداری مایونز که بر برازش مدل معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) حذف شد. از مدل درجه دوم کاهش‌یافته بر پاسخ شاخص پایداری امولسیونی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). جدول ۳ فاکتورهای معنی‌دار بر برازش مدل، را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵). اختلاف ضریب تعیین تعدیل‌شده با ضریب تعیین پیش‌بینی شده کم‌تر از ۰/۲ بوده که نشان‌دهنده تصمیم مناسب جهت انتخاب مدل می‌باشد. میزان دقت کافی نیز برابر ۴/۵۰۱ بوده که قابل قبول می‌باشد. عدم برازش مدل نیز معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). فاکتور مدت زمان نگهداری در انجماد زرده، بر برازش مدل بیان شده معنی‌دار نبوده (P>۰/۰۵) و فقط جهت رعایت خوشه‌بندی سلسله مراتبی به مدل افزوده شد. شاخص پایداری امولسیونی، با افزایش مدت زمان نگهداری در انجماد، از زرده‌های غیر منجمد تا زرده‌های نگهداری شده در انجماد برای ۳۰ روز کاهش‌یافته و تا ۶۰ روز به تدریج و با شیب ملایم به میزان کمی افزایش می‌یابد که البته به طور کلی از زرده‌های یخچالی تا زرده‌های نگهداری شده در انجماد برای ۶۰ روز، شاخص پایداری امولسیونی کاهش‌یافته است. معادله نهایی فاکتورهای کد شده مربوط به پاسخ شاخص پایداری امولسیونی از رابطه ۹ پیروی می‌کند:

$$1/\sqrt{(ESI)} = +0.016 + 0.0071208\times C - 0.0017647\times C^2 \quad \text{(رابطه ۹)}$$

- **روغن انداختن**

فاکتورهایی نظیر غلظت نمک و غلظت شکر که بر برازش مدل معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) حذف شد. مدل درجه دوم کاهش‌یافته بر پاسخ روغن انداختن معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). جدول ۳ فاکتورهای معنی‌دار بر برازش مدل، را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵). اختلاف ضریب تعیین تعدیل‌شده با ضریب تعیین پیش‌بینی شده، کم‌تر از ۰/۲ بوده که نشان‌دهنده تصمیم مناسب جهت انتخاب مدل می‌باشد. میزان دقت کافی نیز برابر ۲۶/۶۷۴ بوده که قابل قبول می‌باشد. عدم برازش مدل به دلیل یکسان بودن نتایج تکرار آزمون در هر دسته قابل گزارش نیست. میزان روغن انداختن، در دسته نگهداری مایونز در ۳ ماه، با افزایش مدت زمان نگهداری در انجماد زرده، از زرده‌های یخچالی تا زرده‌های نگهداری شده در انجماد برای ۳۰ روز، کاهش یافته و مجددا با افزایش مدت زمان نگهداری در انجماد زرده تا ۶۰ روز، افزایش یافته و در دسته مایونزهای به محض تولید، با افزایش مدت زمان نگهداری در انجماد، از زرده‌های یخچالی تا زرده‌های نگهداری شده در انجماد برای ۳۰ روز با شیب بسیار کندی افزایش یافته‌است و مجددا با افزایش مدت زمان نگهداری در انجماد زرده تا ۶۰ روز، روند افزایشی خود را با شیب بسیار تندی ادامه می‌دهد. با افزایش مدت زمان نگهداری از مایونزهای به محض تولید به مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه نیز این میزان افزایش یافته است. معادله نهایی فاکتورهای کد شده

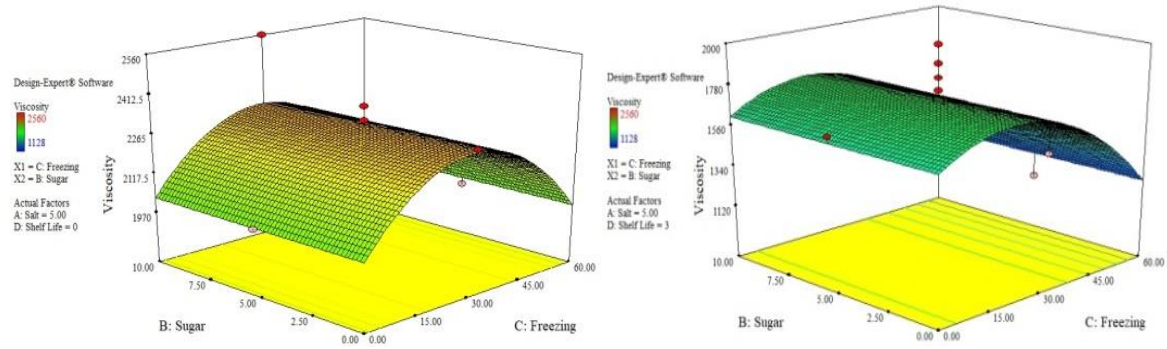
مربوط به پاسخ درصد روغن انداختن از رابطه ۱۰ پیروی می‌کند:

$$(\text{Oiling Off\%}) = +34.66 + 8.51\times C + 13.12\times D - 7.90\times C\times D + 11.07\times C^2 \quad \text{(رابطه ۱۰)}$$

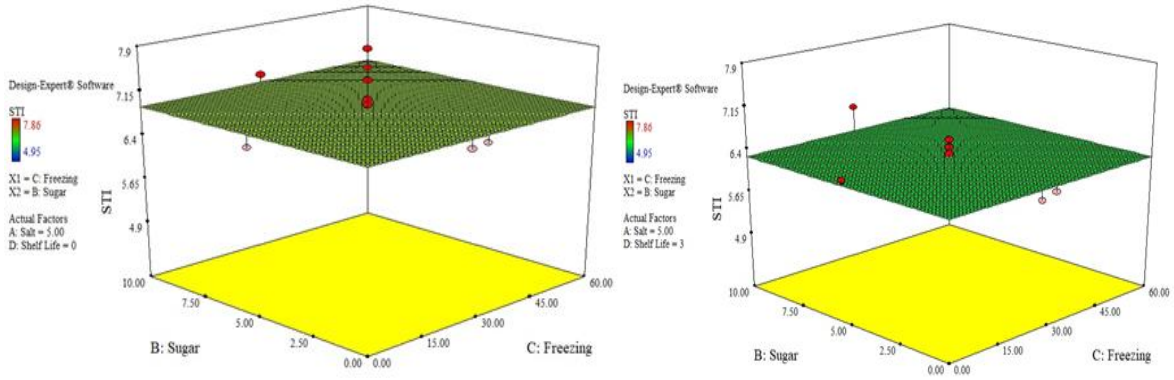
جدول ۳- نتایج آزمون

Oiling Off (%)	ESI (min)	EAI (m^2/g)	Thix-Rec	Thix	STI	Viscosity (mPa.s)	Run
18.29	4275	1.23	1.07	1.30	7.02	2188	1
11.00	8820	1.27	1.07	1.25	6.87	2000	2
52.44	4290	1.23	1.08	1.26	6.81	2080	3
51.22	4350	1.25	1.08	1.21	6.25	1820	4
18.29	2870	1.24	1.07	1.40	7.86	2320	5
19.50	8640	1.24	1.10	1.31	6.69	2020	6
53.66	4320	1.24	1.08	1.27	6.37	1648	7
18.29	4290	1.23	1.07	1.26	6.80	2263	8
14.02	5740	1.24	1.12	1.61	7.85	2180	9
54.27	4350	1.25	1.09	1.28	6.04	1508	10
56.40	4350	1.25	1.06	1.46	6.84	1390	11
17.07	4410	1.27	1.06	1.35	7.03	2560	12
56.10	2890	1.25	1.07	1.17	6.00	1504	13
51.22	5740	1.24	1.07	1.33	6.71	2100	14
55.49	3456	1.24	1.06	1.31	6.92	1295	15
18.29	3420	1.23	1.05	1.40	7.55	2134	16
55.79	8730	1.26	1.06	1.24	6.45	2244	17
52.44	4320	1.24	1.07	1.30	6.73	2028	18
56.10	4365	1.26	1.01	1.04	4.95	1128	19
54.88	3492	1.26	1.06	1.35	6.83	1230	20
53.66	4275	1.23	1.07	1.26	6.47	1900	21
51.22	4365	1.26	1.09	1.12	6.45	1752	22
13.41	2890	1.25	1.06	1.31	6.77	2308	23
50.90	4335	1.25	1.08	1.22	6.10	1540	24
18.29	3444	1.24	1.06	1.26	7.34	2371	25
57.31	3468	1.25	1.04	1.21	6.01	1195	26
51.22	4335	1.25	1.03	1.24	6.33	1995	27
18.29	2890	1.25	1.06	1.26	6.93	2081	28
51.22	5720	1.23	1.05	1.11	6.18	1895	29
51.22	3504	1.26	1.05	1.24	5.90	1701	30
52.44	5760	1.24	1.06	1.08	5.68	1972	31
26.83	5800	1.25	1.10	1.47	7.22	2028	32
52.44	3480	1.25	1.08	1.23	6.37	1836	33
51.22	4305	1.24	1.08	1.24	6.58	1630	34
26.83	5740	1.24	1.07	1.15	6.09	1984	35
50.60	3504	1.26	1.08	1.31	6.72	1668	36
54.27	2920	1.26	1.08	1.20	6.21	1712	37
22.56	4305	1.24	1.07	1.28	6.56	2304	38
50.91	2494.29	1.26	1.08	1.21	6.18	1560	39
18.29	3456	1.24	1.07	1.31	6.95	2284	40
40.21	4452.71	1.25	1.07	1.27	6.59	1874.67	Mean
16.99	1500.00	0.01	0.02	0.10	0.56	352.24	Std. Dev.
R.Q	R.Q	R.Q	R.L	R.Q	R.L	R.Q	Model
-	0.05	0.60	0.61	0.08	0.07	0.58	Lack of Fit
0.94	0.22	0.40	0.24	0.23	0.30	0.90	R^2
0.93	0.17	0.35	0.22	0.17	0.28	0.89	Adj R^2
0.91	0.07	0.25	0.14	0.05	0.22	0.87	Pred R^2
C, D, CD, C^2	C, C^2	B, B^2, D	C	B, B^2, D	D	C, D, CD, C^2	Significant Response

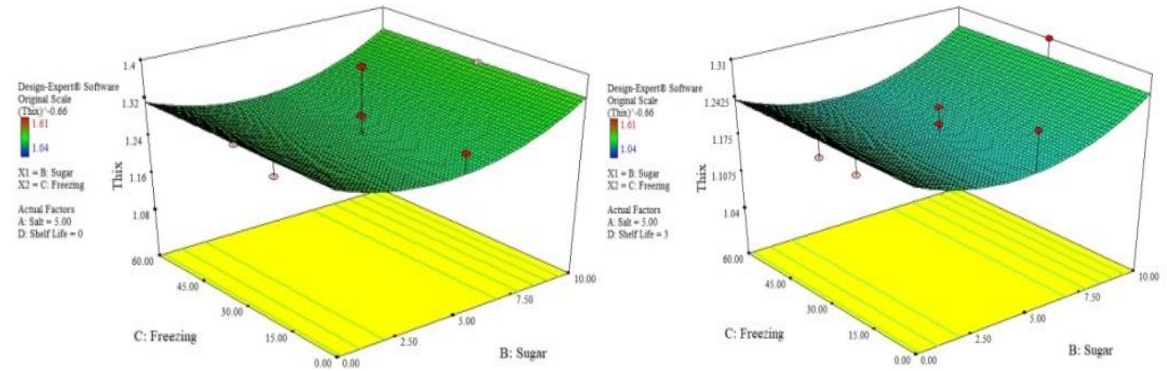
R.L: Reduced Linear, R.Q: Reduced Quadratic



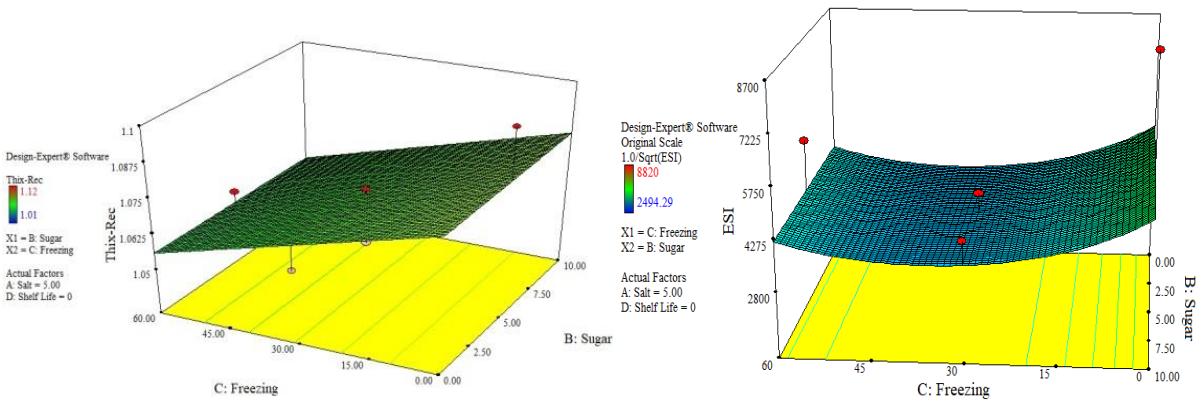
نمودار ۱- ویسکوزیته. راست: مایونزهای به محض تولید- چپ: مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه



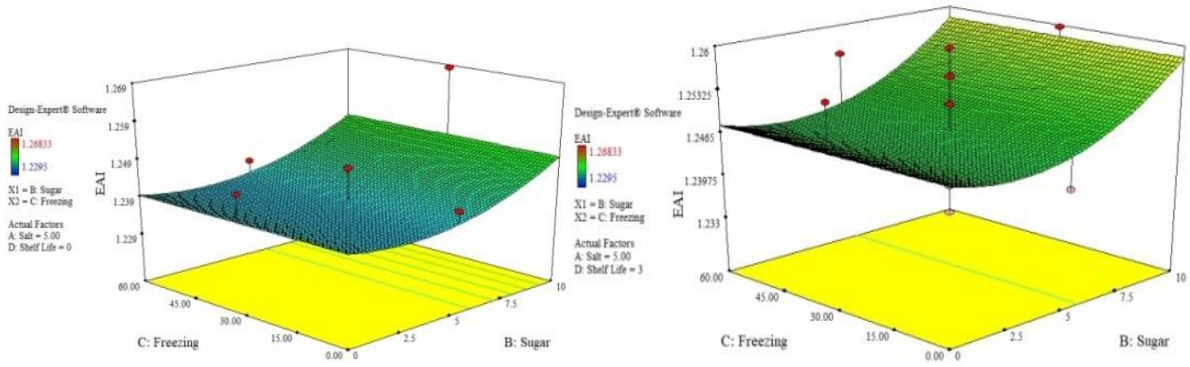
نمودار ۲ - شاخص رقیق شوندگی با برش. راست: مایونزهای به محض تولید- چپ: مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه



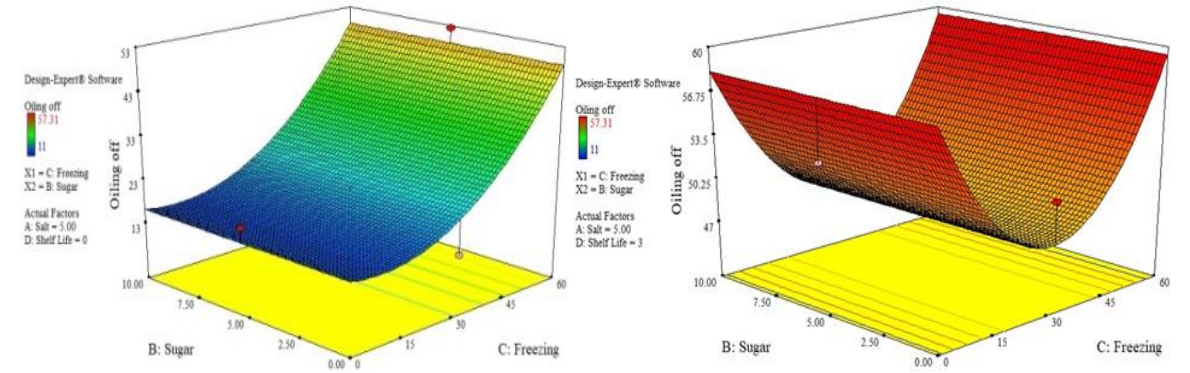
نمودار ۳- شاخص وابستگی به زمان. راست: مایونزهای به محض تولید- چپ: مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه



نمودار ٤- شاخص وابستگی به زمان برگشت‌پذیر **نمودار ٥- پایداری امولسیونی**



نمودار ٦- فعالیت امولسیونی. راست: مایونزهای به محض تولید- چپ: مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه



نمودار ۷- میزان روغن انداختن. راست: مایونزهای به محض تولید- چپ: مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه

- بهینه‌سازی نتایج آزمون

بهینه‌سازی نقاط با استفاده از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت، در دو دسته؛ مایونزهای به محض تولید و مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه، انجام شد. در این فرآیند به پاسخ‌هایی که دارای ضریب تعیین پیش‌بینی شده (Pred R^2) پایین‌تری بود، درجه اهمیت کم‌تر و به پاسخ‌هایی با ضریب تعیین پیش‌بینی شده (Pred R^2) بالاتر، درجه اهمیت بالاتری داده شد. به حد پایینی وزن پاسخ‌هایی که باید مقدار بیشینه داشته باشد، وزن ۱۰ و به حد بالایی وزن پاسخ‌هایی که باید مقدار کمینه داشته باشد وزن ۰/۱ اختصاص داده شد. مطابق طرح بهینه‌سازی و جدول ۴، در دسته مایونزهای به محض تولید، بیشینه مطلوبیت که برابر ۰/۹۶۶ می‌باشد، به دست آمد و در دسته نگهداری مایونز برای ۳ ماه، بیشینه مطلوبیت در این دسته که برابر ۰/۹۰۹ بود، به‌دست آمد.

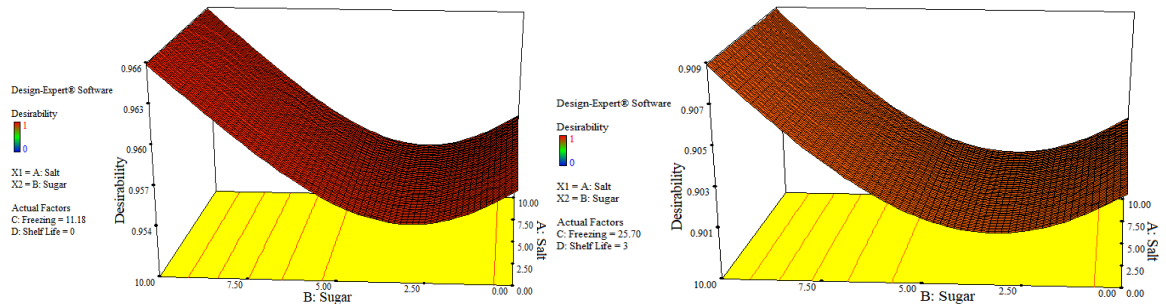
ویسکوزیته یک امولسیون به‌طور عمده توسط ویسکوزیته فاز پیوسته کنترل می‌شود و خامه‌ای شدن قطرات روغن در امولسیون‌های روغن در آب، قویاً به ویسکوزیته فاز پیوسته وابسته است (McClements, 2004). بنابراین بیشینه میزان ویسکوزیته، در حالت بهینه‌سازی انتخاب شد، به این دلیل که بالاتر بودن ویسکوزیته مایونزها، ناشی از بالاتر بودن ویسکوزیته فاز پیوسته بوده و باعث جلوگیری از خامه‌ای شدن و تحرک قطرات روغن می‌گردد. وجود رفتار رقیق‌شوندگی با برش، برای عملکرد خوب سس‌ها حیاتی است. سس‌ها باید معمولاً به آرامی از ظرف محتوی جریان پیدا کرده تا در شروع، نظیر آب باشد. برخی مطالعات نشان می‌دهد که رقیق‌شوندگی با برش، نقش مهمی در تعیین احساس دهانی سس‌ها بازی می‌کند (McClements, 2004). رقیق‌شوندگی با برش سس‌ها، ویژگی‌های حسی شامل احساس دهانی و آزادسازی طعم را افزایش داده و در عین حال سطح بالایی از قابلیت اختلاط و پمپاژ را تضمین می‌کند (Ma, 2013). بنابراین بیشینه میزان اندیس رقیق‌شوندگی با برش در حالت بهینه سازی، به دلایل فوق انتخاب شد. مشخص شده است، مایونز محصولی است که رفتار وابسته به زمان (تیکسوتروپی) از خود نشان می‌دهد

(Campbell-Platt, 2009). بنابراین اندیس‌های وابستگی به زمان و وابستگی به زمان برگشت‌پذیر در بیشینه مقدار در حالت بهینه‌سازی، به دلیل فوق انتخاب شد.

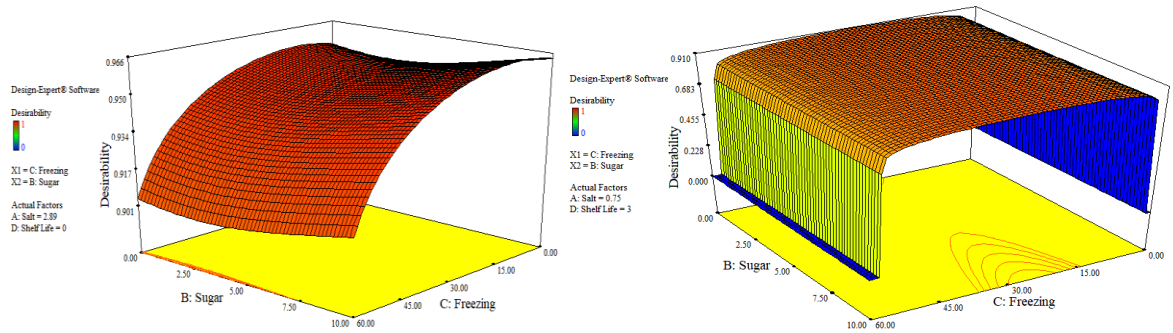
همان‌طور که گفته شد شاخص فعالیت امولسیونی، توانایی پروتئین در تشکیل و پایدار نمودن امولسیون‌های تازه ایجاد شده می‌باشد که واحد آن عبارت است از مساحت سطح پایدار شده بر واحد وزن پروتئین و از میزان کدورت امولسیون در طول موج ۵۰۰ نانومتر تخمین زده می‌شود (Hall, 1996). بنابراین با افزایش این شاخص، مساحت سطح پایدار شده توسط پروتئین بیشتر شده که نشان دهنده توانایی بالاتر پروتئین در تشکیل امولسیون است، لذا در بهینه‌سازی این شاخص در بیشینه مقدار قرار گرفت. پایداری امولسیونی نیز مقیاس دیگری از اثربخشی یک امولسیفایر برای یک کاربرد خاص است و توانایی امولسیفایر در تولید امولسیون‌هایی که پایدار باقی می‌ماند را نشان می‌دهد (McClements, 2007). بنابراین در بهینه‌سازی این مقیاس در بیشینه مقدار قرار گرفت.

جدول ٤- فاکتورها و پاسخ های بهینه شده مایونز

Shelf Life (month)	0	3
*Salt (%)	2.89	1.22
Sugar (%)	10.00	10.00
Freezing storage (days)	11.18	25.70
Viscosity (mPa.s)	2193.83	1742.59
STI	6.8965	6.284
TIX	1.35324	1.27581
TIX-Rec	1.07716	1.07086
EAI (m^2/g)	1.25	1.25819
ESI (min)	4301.22	3786.73
Oiling Off (%)	15.6044	47.9272
Desirability	0.966	0.909



نمودار ۸- شرایط بهینه شده اثر شکر و نمک زرده در مایونز. راست: مایونزهای به محض تولید- چپ: مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه



نمودار ۹- شرایط بهینه شده اثر انجماد و شکر زرده در مایونز. راست: مایونزهای به محض تولید- چپ: مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه

بحث

- ویسکوزیته

با انجماد زرده، ویسکوزیته و سفتی مایونز افزایش می‌یابد (Miller and Winter, 1951) لذا افزایش ویسکوزیته تا ۳۰ روز نگهداری زرده به‌صورت منجمد، قابل توجیه است. در اثر انجماد، پروتئین‌های زرده آب‌گریزتر می‌شود (Huang *et al*., 2016) که کاهش ویسکوزیته از ۳۰ روز نگهداری زرده به‌صورت منجمد تا ۶۰ روز نگهداری به صورت منجمد با آن قابل توجیه است.

افزایش مدت نگهداری مایونز باعث بالا رفتن قطر قطرات روغن شده که با پایداری مایونز قابل توجیه است (Triawati *et al*., 2016)، همچنین افزایش مدت زمان نگهداری مایونز، به دلیل به هم پیوستن قطرات روغن، باعث کاهش ویسکوزیته می‌شود (Paredes *et al*., 1989) در نتیجه کاهش ویسکوزیته با طول زمان نگهداری مایونز، با دلایل گفته شده قابل توضیح است.

- شاخص رقیق‌شوندگی با برش (STI)

کاهش شاخص رقیق‌شوندگی با برش با افزایش مدت زمان نگهداری از مایونزهای به محض تولید به مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه، با کاهش ویسکوزیته در طول مدت زمان نگهداری قابل توجیه است.

همان‌طور که گفته شد با افزایش مدت زمان نگهداری مایونز قطر قطرات روغن بالا می‌رود (Triawati *et al*., 2016). همچنین تاثیر افزایش اندازه ذرات بر ویسکوزیته، در تنش‌های برشی بالا، کم اهمیت‌تر است، چون نیروی برشی، بر اثر حرکات براونی غلبه می‌کند (McClements, 2004). با توجه به این‌که شاخص رقیق‌شوندگی با برش، از تقسیم ویسکوزیته در سرعت پایین‌تر (که بر اثر افزایش زمان نگهداری و بالا رفتن قطر قطرات کاهش یافته) به ویسکوزیته در سرعت بالاتر (که تاثیر افزایش اندازه قطرات بر روی آن کم‌تر است) به‌دست می‌آید، بنابراین کاهش رقیق شوندگی با برش با طول زمان قابل توجیه است.

- شاخص وابستگی به زمان (TIX)

همان‌طور که گفته شد با افزایش مدت زمان نگهداری، قطر قطرات روغن در مایونز افزایش می‌یابد (*Triawati et al*., 2016). از طرفی ذرات با اندازه‌های کوچک‌تر، سبب بالاتر رفتن تیکسوتروپی می‌شود. همچنین با افزایش ویسکوزیته، تیکسوتروپی نیز افزایش می‌یابد (Barbosa-Cánovas, 2009). بنابراین با توجه به موارد فوق می توان کاهش شاخص وابستگی به زمان، با افزایش مدت زمان نگهداری از نمونه‌های به محض تولید به مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه را توضیح داد.

از شکر با غلظت ۱۰ درصد در مواد غذایی، می‌توان به عنوان یک ماده محافظت کننده از سرما استفاده کرد (Zayas, 1997). بنابراین افزایش کلی میزان وابستگی به زمان، از غلظت شکر صفر به ۱۰ درصد، قابل توضیح است. غلظت‌های بالای قندها از تجمع پروتئین‌های زرده جلوگیری می‌کند (Powrie *et al*., 1963). احتمالا این دلیلی بر افزایش شاخص وابستگی به زمان با افزایش غلظت شکر است. از طرفی حذف تدریجی آب، تاثیر منفی بر لیپوپروتئین‌های با دانسیته پایین زرده دارد (Sato and Aoki, 1975)، لذا از آن‌جا که افزودن ۵ درصد شکر به زرده، تنها باعث پایین آمدن نقطه انجماد شده و به نقطه یوتکتیک نمی‌رسد، بنابراین احتمالا باعث حذف تدریجی آب و آسیب دیدن لیپوپروتئین‌ها با دانسیته پایین شده و شاخص وابستگی به زمان مایونز را پایین آورده است.

- شاخص وابستگی با زمان برگشت‌پذیر (TIX-Rec)

مطابق تحقیقات انجام شده، پروتئین زرده وقتی برای ۳۰ روز منجمد می‌شود، شروع به دناتوره شدن می‌کند و با افزایش زمان نگهداری در انجماد تا ۶۰ روز، میزان پروتئین‌های کریستال شده و قطر قطرات در زرده‌های نگهداری شده در انجماد برای ۳۰ روز، افزایش یافته و مایونز ساخته شده با زرده منجمد شده برای ۶۰ روز، ذرات غیریکنواخت‌تر داشته و تجمع ذرات در آن مشاهده شده است (Huang *et al*., 2016). از طرفی، ذرات با اندازهای کوچک‌تر سبب بالاتر رفتن وابستگی به زمان (تیکسوتروپی) می‌شود (Barbosa-Cánovas, 2009). کاهش شاخص وابستگی به زمان برگشت‌پذیر، با افزایش مدت زمان نگهداری در انجماد از زرده‌های یخچالی به زرده‌های نگهداری شده در انجماد برای ۶۰ روز، را شاید به‌توان با دلایل فوق توجیه نمود.

- شاخص فعالیت امولسیونی (EAI)

افزایش EAI ممکن است به دلیل تجزیه و باز شدن جزئی گلبول‌های پروتئینی باشد که باعث در معرض قرار گرفتن آمینو اسیدهای آب‌گریز شده و بنابراین فعالیت سطحی و جذب بین سطح روغن و آب را افزایش می‌دهد (Ma, 2013). بنابراین افزایش شاخص فعالیت امولسیونی، با افزایش مدت زمان نگهداری مایونز از مایونزهای به محض تولید به مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه، احتمالا به دلیل مذکور بوده است.

ظرفیت پروتئین‌ها در امولسیون کردن چربی‌ها با افزایش آب‌گریزی در مقادیر حلالیت بالای ۳۰ درصد و با افزایش مقادیر حلالیت در هر مقداری از آب‌گریزی بهبود می‌یابد. ترکیب آب‌گریزی بالا و حلالیت بالا باعث عملکرد امولسیفایری خوب می‌شود و کاهش حلالیت باعث افزایش آب‌گریزی می‌شود (Zayas, 1997). بنابراین احتمالا کاهش حلالیت و در نتیجه افزایش آب‌گریزی پروتئین‌ها باعث افزایش EAI در مدت ماندگاری مایونز شده است.

غلظت‌های بالای قندها از تجمع پروتئین‌های زرده جلوگیری می‌کند (Powrie *et al*., 1963)، از طرفی افزایش حلالیت، باعث بهبود فعالیت امولسیفایری و افزایش EAI می‌گردد (Zayas, 1997)، بنابراین افزایش میزان فعالیت امولسیونی با افزایش غلظت شکر از صفر به ۱۰ درصد قابل توجیه است، به‌طوری‌که با افزایش غلظت قند و جلوگیری از تجمع پروتئین‌ها، حلالیت پروتئین‌ها افزایش یافته که باعث بهبود فعالیت امولسیفایری و افزایش EAI می‌گردد.

- شاخص پایداری امولسیونی (ESI)

اندازه قطرات روغن در مایونز ساخته شده با زرده منجمد شده در ۳۰ روز و نیز غیریکنواختی قطرات روغن پس از نگهداری در ۶۰ روز به صورت منجمد، افزایش می‌یابد (Huang *et al*., 2016)، بنابراین کاهش شاخص پایداری امولسیونی با افزایش مدت زمان نگهداری در انجماد زرده، ممکن است با این دلیل قابل توضیح باشد.

- روغن انداختن

اندازه قطرات روغن در مایونز ساخته شده با زرده منجمد شده در ۳۰ روز و غیریکنواختی قطرات روغن پس از نگهداری در ۶۰ روز به صورت منجمد، افزایش می‌یابد (Huang *et al*., 2016). افزایش میزان روغن انداختن با افزایش مدت زمان نگهداری در انجماد زرده، با این دلیل قابل توضیح است.

علت کاهش میزان روغن انداختن در مایونزهای نگهداری شده در ۳ ماه و شیب کند افزایش آن در مایونزهای به محض تولید ساخته شده با زرده‌های نگهداری شده در انجماد برای ۳۰ روز، احتمالا به دلیل افزایش ویسکوزیته مایونزهای ساخته شده با زرده‌های نگهداری شده در انجماد برای ۳۰ روز می‌باشد.

با افزایش مدت زمان نگهداری مایونز، قطر قطرات روغن افزایش می‌یابد (Triawati *et al*., 2016)، بنابراین افزایش میزان روغن انداختن با افزایش مدت زمان نگهداری از مایونزهای به محض تولید به مایونزهای نگهداری شده برای ۳ ماه، قابل توجیه است.

نتیجه‌گیری

می‌توان با افزودن ۱۰ درصد شکر و منجمد نمودن زرده تخم‌مرغ برای حدود ۱۱ روز جهت مصرف فوری یا حدود ۲۶ روز جهت مصرف پس از ۳ ماه، شرایط را برای تولید مایونزی با ویژگی‌های رئولوژیکی و پایداری بهینه فراهم نمود. البته با توجه به عدم تاثیر افزودن نمک به زرده تخم‌مرغ در این ویژگی‌ها، از این ماده افزودنی نیز می‌توان فقط به منظور جلوگیری از سفت و ژله ای شدن زرده تخم‌مرغ جهت سهولت مصرف آن استفاده نمود.

منابع

Anon. (2015). American Society for Testing and Materials. Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational Viscometer, Http:// Www.astm.org/Standards/D2196 (Accessed 8 November 2016).

Barbosa-Cánovas, G. V. (2009). Food Engineering. Volume II, Https:// Books. Google.com/Books?Id=JO2yCwAAQBAJ.

Campbell-Platt, G. (2009). Food Science and Technology, Wiley, Https://Books.Google.com/ Books?Id=Zlaf9FX-Sqyc.

Chalamaiah, M., Esparza, Y., Temelli, F. & Wu, J. (2017). Physicochemical and Functional Properties of Livetins Fraction from Hen Egg Yolk. Food Bioscience, 18, 38–45.

Groves, M. J. (1970). Accelerated Stability Testing of Emulsions. Pesticide Science, 1(6), 274–278.

Hall, G. M. (1996). Methods of Testing Protein Functionality. Springer, Https://Books.Google.com/Books?Id=Ijaa5-9xlhyc.

Harrison, L. J. & Cunningham, F. E. (1986a). Influence of Frozen Storage Time on Properties of Salted Yolk and Its Functionality in Mayonnaise. Journal of Food Quality, 9 (3), 167–174.

Harrison, L. J. & Cunningham, F. E. (1986b). Influence of Salt on Properties of Liquid Yolk and Functionality in Mayonnaise. Poultry Science, 65 (5), 915–921.

Huang, L., Wang, T., Han, Z., Meng, Y. & Lu, X. (2016). Effect of Egg Yolk Freezing on Properties of Mayonnaise. Food Hydrocolloids, 56, 311–317.

Kato, A., Fujishige, T., Matsudomi, N. & Kobayashi, K. (1985). Determination of Emulsifying Properties of Some Proteins by Conductivity Measurements. Journal of Food Science, 50 (1), 56–58.

Kim, J. W. & Choi, C. U. (2002). Effects of Pasteurization and Frozen Storage on Changes in Quality Characteristics Of 10% Salted Egg Yolk. Korean Journal of Food Science and Technology, 34 (3), 459–465.

Ma, Z. (2013). Techno-Functional and Sensory Properties of Salad Dressing-Type Emulsion Prepared with Pulse Flours and Pulse Fractions.

Mcclements, D. J. (2004). Food Emulsions: Principles, Practices, And Techniques, CRC Press.

Mcclements, D. J. (2007). Critical Review of Techniques and Methodologies for Characterization of Emulsion Stability. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 47 (7), 611–649.

Miller, C. & Winter, A. R. (1951). Pasteurized Frozen Whole Egg and Yolk for Mayonnaise Production1. Journal of Food Science, 16 (1-6), 43–49.

Paredes, M. D., Rao, M. A. & Bourne, M. C. (1989). Rheological Characterization of Salad Dressings 2: Effect of Storage. Journal of Texture Studies, 20 (2), =235–250.

Powrie, W. D., Little, H. & Lopez, A. (1963). Gelation of Egg Yolk. Journal of Food Science, 28 (1), 38–46.

Sato, Y. & Aoki, T. (1975). Influences of Various Salts on Gelation of Low Density Lipoprotein (Egg Yolk) During Its Freezing and Thawing. Agricultural and Biological Chemistry, 39 (1), 29–35.

Triawati, N. W., Radiati, L. E., Thohari, I. & Manab, A. (2016). Microbiological and Physicochemical Properties of Mayonnaise Using Biopolymer of Whey Protein-Gelatin-Chitosan During Storage. International Journal of Current Microbiology and Applied Science, 5 (7), 191–199.

Zayas, J. F. (1997). Functionality of Proteins in Food. Springer Berlin Heidelberg, Https:// Books.Google.com/Books?Id=2-Ebqe5mzayc

.

Food Technology & Nutrition / Spring 2020 / Vol. 17 / No.2

Optimization of Rheological Properties and Emulsion Stability of Mayonnaise Using Formulated Frozen Pasteurized Egg Yolk

Sh. Fakhari[a], B. Ghiassi Tarzi[b*]

[a] M. Sc. Graduateed of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 26 August 2018 Accepted: 4 January 2019

Abstract

Introduction: The egg yolks have limited shelf life, therefore they are subjected to freezing or spray drying processes. Freezing and thawing can increase irreversible viscosity and reduce the solubility and can affect the emulsion characteristics.

Materials and Methods: Salt and sugar each alone and in combination with each other at the concentrations of 0, 5, and 10 percent were added to pasteurized egg yolks. The samples were divided into two categories including frozen storage temperature at -18ºC for 30 and 60 days and refrigeration temperature. Mayonnaises produced were tested 24 hours after preparation as a test sample at the moment of production and 3 months after preparation. The effect of sugar, salt and low storage temperature on egg yolks concerned with frozen and refrigerated forms in rheological properties and stability of mayonnaise were investigated and optimized by surface response methodology.

Results: The percentage of salt on optimization was not affecting and sugar percentage at maximum concentration in every two categories of mayonnaise tested samples was selected as the optimized factor. Storage of egg yolk by freezing about 11 days for tested samples at the moment of production and about 26 days for the stored mayonnaise at 3 months, had the most desirability.

Conclusion: Pasteurized liquid egg yolk using optimized sugar concentrations and optimized freezing storage time with the aim of increasing the shelf-life can be frozen and can improve the rheological properties and stability of mayonnaise than prepared mayonnaise with refrigerated and non-sugared yolk.

Keywords: *Freezing, Egg Yolk, Mayonnaise, Sugar Concentration, Salt Concentration.*

* Corresponding Author: babakghiassi@hotmail.com

علوم غذایی و تغذیه / بهار ۱۳۹۹ / سال هفدهم / شماره ۲